

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**VIII Університетська науково-практична
студентська конференція магістрантів
Національного технічного університету
„Харківський політехнічний інститут”**

(22–24 квітня 2014 року)

Матеріали конференції

У трьох частинах

Частина 2

Харків 2014

ББК 72:74.58я73

Т66

УДК 378.4.001.2(477):001

Організаційний комітет:

Голова – ректор НТУ „ХПІ” Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ

Співголови – проректор А.П. Марченко, проректор Є.І. Сокол

Заступники голови – завідувач науково-дослідною частиною Г.В. Лісачук, завідувач навчальної частини В.Я. Бортніков

Члени оргкомітету – Д.В. Бреславський, В.В. Воїнов, О.М. Гаврись, В.П. Гамаюн, А.І. Гапон, В.В. Спіфанов, М.Й. Запововський, Ю.І. Зайцев, В.Я. Заруба, А.В. Кіпенський, С.М. Космачов, О.П. Лазуренко, С.А. Лещенко, О.П. Некрасов, П.Г. Перерва, М.А. Погребний, О.М. Рассоха, М.С. Степанов, М.О. Тарасенко, Л.П. Тижненко, В.М. Шамардіна

Секретаріат конференції – А.І. Бондаренко, В.В. Куліченко, Р.С. Томашевський

VIII Університетська науково-практична студентська конференція Т66 магістрантів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (22–24 квітня 2014 року [Текст] : матеріали конференції: у 3-х ч. – Ч. 2 / оргкомітет: Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ (голова) [та ін.]. – Харків : НТУ «ХПІ», 2014.

ISBN 978-966-593-723-4 (повне зібрання)

ISBN 978-966-593-724-2 (ч. 2)

До збірки включено тези доповідей, представлених на VIII Університетській науково-практичній студентській конференції магістрантів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», яка відбулась 22–24 квітня 2014 року.

ББК 72:74.58я73

ISBN 978-966-593-723-4 (повне зібрання)

ISBN 978-966-593-724-2 (ч. 2)

© НТУ «ХПІ», 2014

ЗМІСТ

Секція 6. Нові матеріали та технології в процесах гарячої обробки металів	4
Секція 7. Фундаментальні та прикладні проблеми фізики	44
Секція 8. Мікропроцесорна техніка в автоматичі та приладобудуванні	80
Секція 9. Електромеханічне та електричне перетворення енергії	139

СЕКЦІЯ 6. НОВІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЦЕСАХ ГАРЯЧОЇ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ

УДК 621.762

С.Ю. АНДРЮЩЕНКО, О.С. ТЕРЛЕЦЬКИЙ, канд. фіз.-мат. наук, доцент

Механічні властивості дуплексних структур алюмінієвої бронзи

Серед освоєних промисловістю сплавів і нових, що розробляються, значне місце займають сплави з дуплексною структурою. Під цим терміном, звичайно, мають на увазі двофазну суміш зерен, розмір яких і їх морфологічні особливості подібні.

Незважаючи на уявну простоту таких структур, і по теперішній час відсутній аналітичний опис взаємозв'язку параметрів дуплексної структури із границею текучості, напруженням течії, міцністю таких сплавів. Зрозуміло, що це пов'язано з доволі складним характером перерозподілу напружень та деформацій між фазовими або структурними складовими дуплексної суміші. Загально відомо, що вищевказаний перерозподіл залежить від морфологічних особливостей складових та їх розподілу в структурі, співвідношенню між ними по границі текучості, опору пластичної деформації, пластичності та ін.

Серед дуплексних сплавів, – латуней, бронз, сталей з аустенітно-феритною структурою, – була обрана алюмінієва бронза БрАЖ9-4, як матеріал дослідження по вивченню вищезазначених проблем. Можна сподіватися, що відповідні дослідження та певні кроки по вирішенню проблем будуть мати як прикладне так і наукове значення.

Для варіювання структури в роботі застосована термічна обробка, що включала різні температури нагріву та швидкості охолодження. В першому випадку, тобто шляхом варіювання температури нагріву, змінювали об'ємну частку і морфологію α і β -фаз бронзи. Варіювання швидкості охолодження дозволяло змінювати властивості β -фази. Так, при гартуванні в зернах β -фази утворювалася мартенситна β_m -фаза, яка характеризується підвищеною міцністю та достатньою пластичністю в порівнянні з α -фазою. При повільному охолодженні в режимі відпалу в зернах β -фази формувалась евтектоїдна структура, яка має високі показники міцності, але доволі низьку пластичність. Нарешті, старіння загартованих зразків дозволяло отримувати в β -складовій структури проміжкові властивості між мартенситом β_m і евтектоїдом.

Для проведення відповідних розрахунків також були досліджені загартовані на β_m -структуру зразки з різним розміром β_m -зерна, що дозволило отримати для цієї фази параметри співвідношення Холла – Петча.

Зразки з різними структурами випробували на механічне розтягування з відносною швидкістю деформації $\dot{\epsilon} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ c}^{-1}$ та записом первинних кривих розтягування.

Отримані експериментальні дані проаналізовані з погляду відповідності їм різних теоретичних моделей, зокрема – Фойгта й Рейса. Отримані результати, відзначимо, актуальні як у науковому, так і в прикладному плані.

К.І. ВЛАСЕНКО, А.І. ЗУБКОВ, канд. физ.-мат. наук, доцент

Різномірність у вакуумних конденсатах міді, легованих тугоплавкими металами

Негативний вплив різномірності обумовлений тим, що, через різні механічні та фізичні властивості окремих зерен (наприклад, великі зерна мають меншу напругу плинності, ніж дрібні), в локальних об'ємах одного виробу утворюється градієнт напруг [1]. Різномірність у металургійних металах та сплавах може виникати як в наслідок кристалізації розплаву, так і внаслідок рекристалізації деформованого металу чи сплаву [2]. У нанокристалічних металах різномірність може виникнути здебільшого в результаті аномального зростання зерна при рекристалізації [3].

Метою роботи стало вивчення причин виникнення різномірності структури вакуумних конденсатів Cu-Mo, Cu-Ta та впливу легування на її ступінь.

Плівки Cu-Ta, Cu-Mo були отримані методом електронно-променевого випаровування у вакуумі при однакових умовах. Вміст зміцнюючої фази 0,04 – 0,8 ат. %. Дослідження проводилися на електронному мікроскопі ПЕМ-100. Середній розмір зерна визначали методом січних. Основним критерієм оцінки різномірності структури було обрано ширину гістограми розподілення зерен за розмірами Δ , що визначалась як різниця між максимальним та мінімальним розміром зерна.

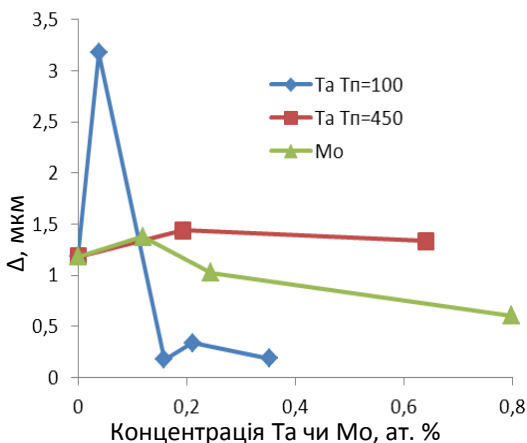


Рис. 1 – Концентраційна залежність ширини гістограми

Детальний аналіз ступеню різномірності структури зарізків чистої та легованої міді виявив різке зростання ступеню різномірності структури легованого (до 0,2 ат. %) конденсату порівняно з чистою міддю. При подальшому підвищенні концентрації Ta чи Mo в конденсатах спостерігається різкий спад та вихід на насичення концентраційної залежності $\Delta=f(\text{ат. \% Ta, Mo})$ (див. рис. 1).

При вивченні електронно-мікроскопічних зображень було виявлено, що зміни структури при легуванні міді танталом чи молібденом однотипні та мають різні ступінь вираженості при однакових концентраціях (вплив Ta більш виражений), що може бути наслідком різниці фізико-хімічних властивостей цих елементів. На темнопільних та світлопільних зображеннях конденсатів з малою концентрацією легувальних елементів не виявляється контраст, який можна було б інтерпретувати як частки другої фаз, а

на електронограмах цих зразків (рис. 2) присутні тільки дифракційні лінії, що належать ГЦК міді. Через відсутність взаємної розчинності в бінарних системах Cu-Mo, Cu-Ta [4], та часток Mo та Ta в об'ємі мідної матриці припускаємо, що атоми цих елементів повністю адсорбуються на границях зерен міді при конденсації з парової фази.

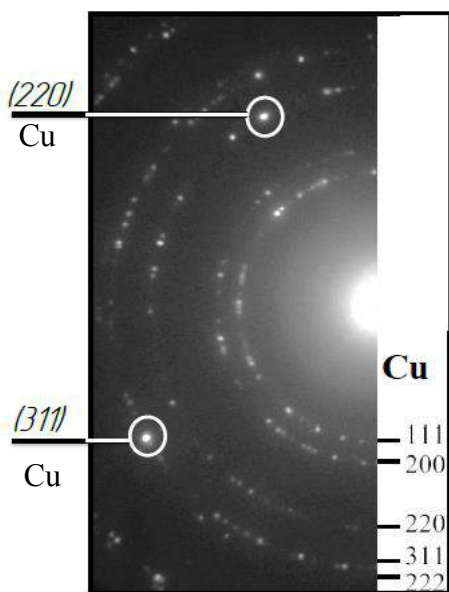


Рис. 2 – Електронограма Cu-Ta (0,04 ат.% Ta)

Підтвердженням цього припущення є те, що на електронограмах (рис. 2) різнозернистих структур вакуумних конденсатів міді спостерігається порушення залежності інтенсивності рефлексів від індексу кристалографічної площини.

Тому появу різнозернистості в структурі зразків легованих Ta чи Mo (0,1 та 0,2 ат. % відповідно) пов'язуємо з вибірковою адсорбцією легувального елементу на кристалографічних гранях з певними індексами Міллера. В таких умовах, напевно, тантал та молібден ефективно гальмують ріст тих зародків рекристалізації, у яких кристалографічні площини, що є паралельними до напрямку падаючого парового потоку, мають не великі індекси Міллера. Процес

обумовлений різною величиною поверхневої енергії та адсорбційних комірок різних кристалографічних граней.

Однорідність зеренної структури двокомпонентних конденсатів міді з вмістом Ta та Mo більш ніж 0,2 ат % викликано повним блокуванням границь зерен мідної матриці зерно граничними сегрегаціями цих елементів.

У конденсатах чистої міді відсутність різнозернистості обумовлена довершеністю рекристалізаційних процесів, що протікають під час конденсації.

Причиною виникнення різнозернистості у вакуумних конденсатах бінарних систем Cu-Mo, Cu-Ta є вибіркова міграція границь зерен, в наслідок анізотропії адсорбційної здатності різних кристалографічних площин.

Список літератури:

1. Пикун М.В. Плавка металлов, кристаллизация сплавов, затвердевание отливок: Учебное пособие для вузов. – М.: «МИСиС», 2005. – 416 с.
2. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов: Учебник. – М. – «Металлургия», 1978. 392 с.
3. Анищук В.М., Борисенко В.Е., Жданюк С.А. и др. Наноматериалы и нанотехнологии, Минск, изд. БГУ, 2008
4. Зубков А.И., Панова Ю.В. Структура и прочность нанофазных конденсатов Cu-Mo // Вісник НТУ «ХПИ». – 2011.- №24. – С. 93 – 98

Г.О. ВОРОНОВ, Д.О. ДЬОМІН ,докт. техн. наук, професор

Математичне моделювання та комп'ютерно-інтегроване управління процесом виготовлення стрижньової суміші

Незважаючи на різноманіття існуючих методів виготовлення стрижньової суміші, проблема підвищення якості виготовлюваної стрижньової суміші залишається актуальною в теперішній час [1]. На сьогоднішній день процес виготовлення сумішей є актуальною проблемою з боку якості отриманої суміші і витрат на її виготовлення. Сутність приготування якісних стрижньових сумішей полягає у отриманні рівномірного розподілення компонентів по всьому об'єму маси [2]. У даний час агрегати для виготовлення сумішей вражають своєю різноманітністю, будовою, способом дії [3].

Метою роботи являється дослідження процесу виготовлення стрижньової суміші, побудова математичної моделі процесу, розробка комп'ютерно-інтегрованого управління процесом.

Математична модель дозволяє ще на етапі проектування робити оцінку якості прийняття рішень по організації відділення приготування сумішей це суттєво знижує витрати на розробку. За допомогою моделі знайдено оптимальний закон управління процесом.

Використовуючи SCADA систему була розроблена програма, яка дає змогу керувати процесом виготовлення суміші на відстані за допомогою робочого місця оператора. Програма дає змогу наглядно спостерігати за технологічним процесом використовуючи ЕВМ та вносити корективи. Програма передбачає контроль за параметрами всього технологічного процесу в цілому. Головною складовою комп'ютерно-інтегрованої системи є програмований логічний контролер, який відповідає за правильну роботу системи.

Результати досліджень показали, що впровадження комп'ютерно-інтегрованої системи вплине на ріст якості праці та надасть змогу більш ефективно керувати процесом виготовлення стрижньової суміші. Дане впровадження направлене на зниження економічних затрат.

Список літератури:

1. Илларионов И.В. Формовочные материалы и смеси: Монография / И. В. Илларионов, Ю. П. Васин – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 1992. – 223 с.
2. Кукуй Д. М. Автоматизация ливарного производства / Д. М. Кукуй, В. Ф. Одинокко – Минск: Нове видання, 2008. – 240 с.
3. Дембовський В. В. Автоматизация управления производством / В. В. Дембовский – СПб.: СЗТУ, 2004. – 82 с.

Е.А. ГАЙС, Н.В. КРАВЦОВА, О.В. АКИМОВ, докт. техн. наук, профессор

Компьютерное моделирование процесса изготовления отливок получаемых методом ЛВМ

Основная задача метода литья по выплавляемым моделям ЛВМ – получение плотной литой структуры и обеспечение высокой герметичности в отливках ответственного назначения – в большинстве случаев решается путем разработки специальной литниково-питающей системы и выбора особых температурных режимов нагрева оболочковой формы.

Выполнение этой задачи обеспечивает система автоматизированного моделирования литейных процессах (САМ ЛП) LVMFlow. Теперь технолог-литейщик может в диалоговом режиме задать требуемые начальные установки и, получив искомое распределение температурного поля в форме, выбрать оптимальный температурный режим керамической оболочки перед заливкой.

В САМ ЛП LVMFlow эта методика реализована в двух вариантах:

1. Начальное распределение температур (послойное, цилиндрическое и сферическое) – задается технологом принудительно.
2. Моделирование прогрева – позволяет получить распределение температурного поля формы через определенное время после извлечения из прокалочной печи.

Доводка нового программного модуля на ряде ответственного назначения, получаемых методом ЛВМ.

Получение качественной отливки в большинстве случаев требует проверки значительного количества температурно-временных вариантов прогрева формы перед заливкой.

Компьютерное моделирование процесса предварительного охлаждения формы и последующего заполнения/затвердевания отливок ответственного назначения с применением САМ ЛП LVMFlow позволяет:

- отследить в режиме реального времени изменение температурно-фазовых полей процесса заполнения и последующего затвердевания отливок;
- выявить места образования усадочных дефектов;
- определить оптимальный температурный режим нагрева формы;
- сформировать рекомендации по оптимизации ЛПС.

Список литературы:

1. Монастырский В.П. Моделирование образования макропористости и усадочной раковины в отливке // Литейщик России. 2011. № 10. С. 16-21.
2. Огородникова О.М., Пигина Е.В., Мартыненко С.В. Компьютерное моделирование горячих трещин в литых деталях. – Литейное производство, 2007, №2, с.27-30.

М.А. ГЛУЩЕНКО, А.И. ЗУБКОВ, канд. физ.-мат. наук, доцент

Влияние отжига на структуру вакуумных псевдосплавов Cu-Ta

Наноструктурные металлы и сплавы, получаемые методами ИПД, имеют низкую термическую стабильность структуры. Температура начала роста зерна в этих материалах на несколько сотен градусов ниже, чем у аналогичных по составу сплавов металлургического происхождения. В этой связи вопрос повышения термической стабильности нанокристаллических материалов является актуальным.

В работе изучалось влияние отжига на структуру вакуумных псевдосплавов Cu-Ta с различным содержанием тантала. Как следует из экспериментальных зависимостей, представленных на рис. 1, температура начала роста зерна медной матрицы зависит от концентрации тантала. Видно, что в псевдосплавах с содержанием Ta 0,25 ат. % заметный рост зерна наблюдается при температурах 800°C и выше. Повышение концентрации приводит к тому, что до 1000°C значительного изменения размера зерна не происходит.

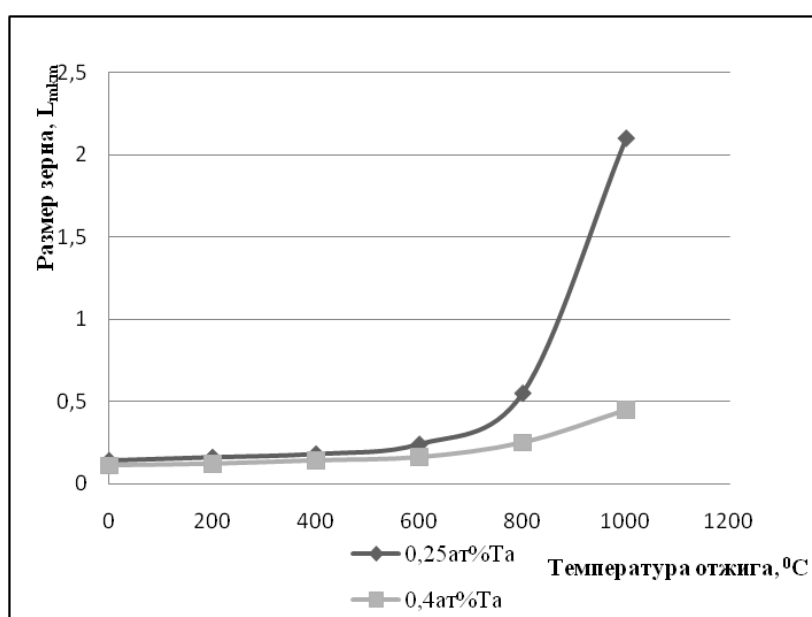


Рис. 1 – Зависимость размера зерен конденсатов Cu-Ta от температуры отжига

Причиной такой высокой термической стабильности, по-видимому, являются сегрегации тантала, образующиеся на поверхности растущих зерен меди при конденсации смесей паров Cu и Ta. Эти сегрегации препятствуют миграции границ зерен медной матрицы при нагреве. Причем тормозящий эффект увеличивается с ростом концентрации тантала в конденсате [1,2].

Список литературы:

1. Зенгуил Э. Физика поверхности / Э. Зенгуил. – М: Издательство Мир, 1990. – 530 с.
2. Зубков А. И. Структура вакуумных псевдосплавов Cu-Mo. Влияние концентрации молибдена и условий конденсации / А. И. Зубков, М. А. Глущенко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» Збірник праць, 2012. – С. 186-189.
3. Ерошенко И. Г. Диаграммы состояния металлических систем / И. Г. Ерошенко, А. М. Захаров, В. Г. Оленичева // вып. XXII. – М.: Металлургия, 1983. – 421 с.

В.Д. ДМИТРУК, О.О. ВОЛКОВ, ст. викладач

Дослідження теплостійкості сталі, що зміцнена методом ТФО при її подальшому нагріванні до різних температур

Енергозберігаючі методи обробки матеріалів в наш час набувають значної актуальності. Серед них відомий метод термофрикційної обробки (ТФО), який використовується, як ефективний метод різання – представлений в новій якості. Так, встановлено, що даний метод при певних технологічних умовах може бути використаний як ефективний метод поверхневого зміцнення. У цьому зв'язку нами проведений широкий спектр досліджень по розробці режимів термофрикційного зміцнення (ТФЗ) матеріалів, вивченню структурних і фазових перетворень, що протікають під дією ТФЗ, а також оптимізації режимів обробки, що дозволяє керувати характеристиками зміцнення (твердість зміцнення, глибина зміцнення), а також впливати на стан поверхні.

Технологія поверхневого зміцнення матеріалів методом ТФО дозволяє отримувати в поверхні виробів що зміцнюються, шари зі зміненою структурою, твердість яких в 2–3 рази більша за твердість сталей після зміцнення їх стандартним методами термічної обробки, а глибина зміцнення може досягати 1 мм (рис. 1).

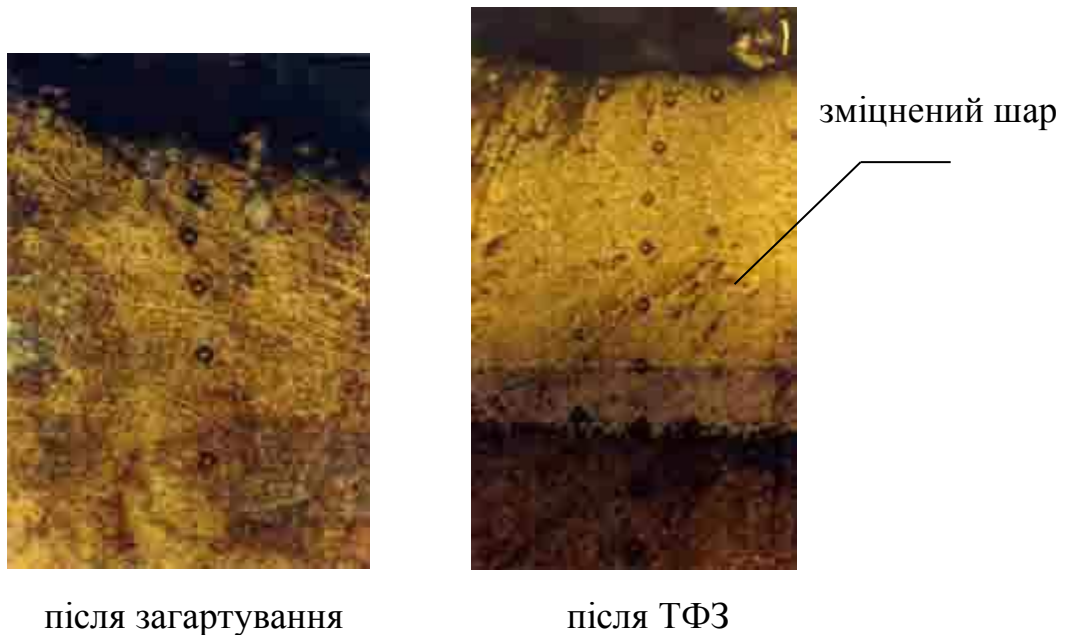


Рис. 1 – Мікроструктура сталі 65 після різних етапів обробки

Ефект зміцнення досягається завдяки одночасному термодформаційному впливу на матеріал під час ТФО. Технологія є достатньо актуальною для зміцнення деревообробного інструменту оскільки дозволяє ефективно зміцнювати кромку що ріже, та робить інструмент здатним до самозагострення в процесі експлуатації, більш теплостійким, що підвищує ресурс його роботи.

А.С. ДОЛЖЕНКО, В.О. КОСТИК, канд. техн. наук, доцент,
К.О. КОСТИК, канд. техн. наук, доцент

Низькотемпературна нітроцементация сталі 40Х в порошковому середовищі

Задача підвищення надійності машин набуває все більшого значення у зв'язку з ускладненням експлуатації виробів, що працюють в умовах тертя, великих теплових та механічних навантажень, в агресивному середовищі. На теперішній час розроблено велику кількість методів поверхневого зміцнення, заснованих на нанесенні покриттів або зміні стану поверхні. Серед них широке використання знаходить хіміко-термічна обробка.

Поверхневі дифузійні шари, отримані внаслідок такої обробки, мають низку переваг перед покриттями, нанесеними різними методами (наплавленням, газотермічним напиленням тощо). Міцність їх зчеплення з основним металом значно більша, ніж у покриттів, а поступова зміна хімічного складу по глибині дифузійного шару створює плавний перехід властивостей від поверхні до серцевини деталі.

Метою роботи є зміцнення поверхневого шару сталі 40Х методом низькотемпературної нітроцементации в порошковому середовищі. Для досягнення поставленої мети необхідно, шляхом проведення експериментальних випробувань, встановити оптимальний режим хіміко-термічної обробки [1].

Вивчення експериментальних даних показав наступне:

1. Оптимальним режимом нітроцементации є температура 550 °С, час – 5 годин, що забезпечує поверхневу твердість 10,5 ГПа і загальну глибину дифузійного шару 0,2 мм.
2. Запропонований режим дозволяє у 5–10 разів прискорити нітроцементацию сталі 40Х завдяки інтенсифікації дифузійних процесів.
3. Рентгеноструктурний фазовий аналіз досліджуваної сталі підтвердив наявність нітридів та утворення карбідних фаз.
4. Вуглець, який входить до складу насичу-вального середовища, розчиняється у цементиті та сумісно з вуглецем зі сталі формує спеціальні карбіди та карбонітриди.

Список літератури:

1. Розробка нового перспективного метода нітроцементации, який дозволяє усунути недоліки існуючих процесів ХТО/ Костик В.О., Хмелівська Ю.О., Літус К.О.// Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей ХІХ міжнародної науково-практичної конференції. – Харків, НТУ «ХПІ». – Ч. II, 01-03 червня 2011 р.

Н.В. ЕРЕМЕЕВА, А.А. ЮРЧЕНКО канд. техн. наук, доцент

Математическое моделирование процесса валковой формовки просечно-вытяжных элементов противоскальжения

Цель работы: совершенствование технологии валковой формовки новых просечно-вытяжных элементов ПВЭ.

Задачи:

1. Теоретический анализ напряженно-деформированного состояния металла элемента противоскольжения при его валковой формовке.
2. Экспериментальные исследования деформированного состояния просечно-вытяжного элемента.
3. Определение энергосиловых параметров процесса валковой формовки просечно-вытяжных элементов.
4. Оценка технико-экономической эффективности результатов работ.

Актуальность темы. Один из основных путей экономии металла - увеличение производства и поиск новых сфер применения гнутых профилей - наиболее экономичного вида металлопроката. Основными задачами совершенствования строительных металлоконструкций является снижение их веса, уменьшение трудоемкости изготовления и монтажа. Одним из путей решения этой задачи является использование в решетчатых конструкциях пешеходных настилов, тонкостенных листовых профилей с просечно-вытяжными элементами взамен решетчатых настилов.

Также широкие технологические возможности валковой формовки позволяют изготавливать профили практически любой длины, ширины и с самой сложной формой поперечного сечения, являющиеся готовыми к применению деталями и изделиями, не требующими дальнейшей механической обработки.

Основные потребители гнутых профилей – машиностроение и строительная промышленность. Применение холодногнутого профиля повышенной жесткости толщиной 1-3 мм в качестве пешеходных настилов производственных зданий и сооружений с небольшими нагрузками на покрытие позволяет получить значительный экономический эффект по сравнению с традиционными стальными конструкциями, сварными настилами, растяжными либо изготовленными из рифленой горяче-катанной стали.

Следует учесть, что ранее уже был создан ряд профилей с просечно-вытяжными элементами, но в процессе эксплуатации он показал свое несовершенство, а именно то, что малое количество просечно-вытяжных элементов на единицу площади не обеспечивает хорошее просыпания мусора, а также их форма создала проблему неудобства ходьбы по настилу.

Ввиду этих недостатков была создана новая форма просечно-вытяжного элемента, увеличено количество элементов на единицу площади, что не только повышает практичность, но и увеличивает жесткость профиля.

Для разработки технологии формовки гнутого профиля с элементом противоскольжения использовалась программа Deform-3D которая основывается на методе конечных элементов. Были смоделированы процессы формовки ПВЭ. Для этого создана 3D модель пуансона и матрицы [рис. 1], перенесена в программу и определены деформации, напряжения, в очаге деформации, также проводится модельный эксперимент с помощью этих моделей.

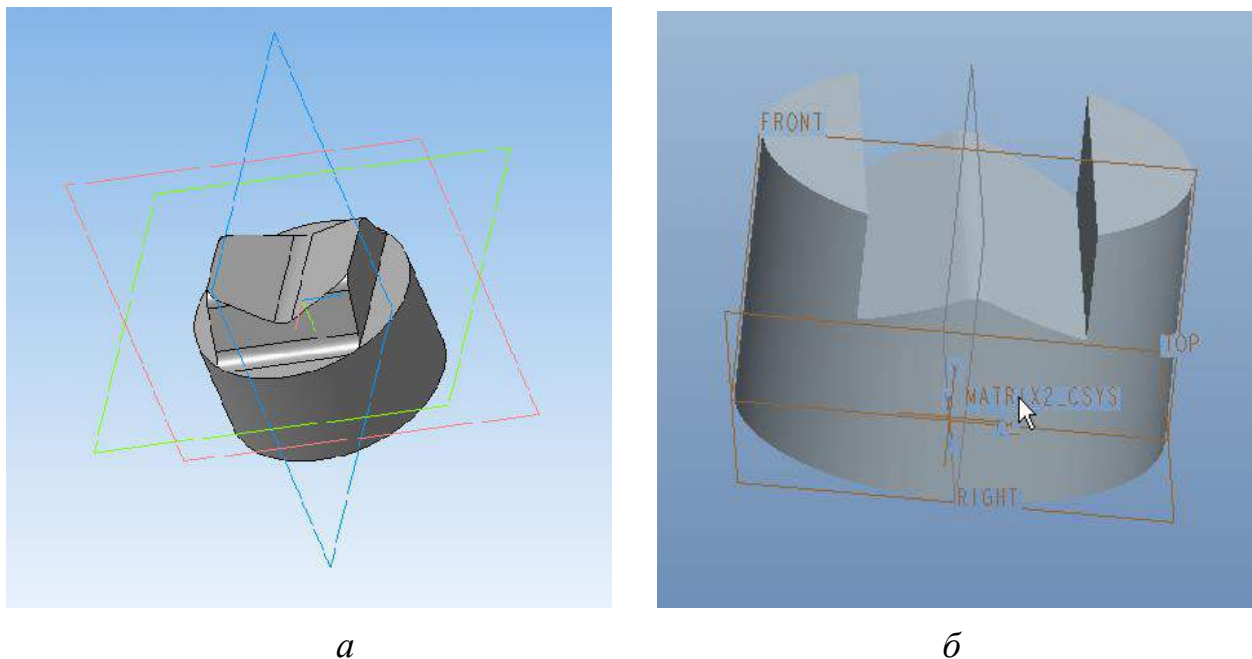


Рис. 1 – 3D модель: *a* – пуансон; *б* – матрица

Для эксперимента использовали пуансон, форма рабочей поверхности которого идентична форме рабочей поверхности пуансонов, используемых при изготовлении настила. Матрицу применяли цельную, цилиндрическую, с прямоугольным в сечении пазом на торцевой поверхности.

Выводы:

1. В результате анализа существующих методов теоретического исследования процессов ОМД установлено, что для математического моделирования процесса формовки ПВЭ наиболее рационально использовать метод конечных элементов.

2. С помощью программы Deform-3D смоделирован процесс формовки просечно-вытяжного элемента. Проанализированы напряженно-деформированное состояние, определено усилие деформирования и величина утонение металла.

3. Результаты модельного эксперимента, в ходе которого исследовали усилия деформирования и изменения толщины материала, подтвердили корректность моделирования процесса.

А.А. ЖУРБИЙ, В.В. БЕЛОЗЕРОВ, канд. техн. наук, профессор

Текстурированность конденсированных пленок на основе Cu и Al

Изучение структур приобретает практическое значение прежде всего к материалам, для которых наличие текстуры не желательно, поскольку она приводит к их разрушению при обработке.

В кристаллах всех металлов значение всех упругих и прочностных свойств в большей или меньшей степени обнаруживает зависимость от направления.

В данной работе объектом исследования служили отделенные от подложки пленки Cu-Ta и Al-Fe толщиной 5-40 мкм, содержащие до 4 ат.% Ta и до 7 ат.% Fe. Композиты получали путем испарения и совместной конденсации меди и легирующего металла на ситалловой подложке в вакууме 10^{-4} Па. Температура подложки варьировалась в интервале 20-450 °С. Состав объектов контролировали рентгеновским флюоресцентным анализом.

Текстурированность пленок проводилась фотографическим и дифрактометрическим методами по соотношению интенсивностей отражений (111) и (200), с помощью прямых и обратных полюсных фигур.

Установлено, что все исследуемые объекты имели аксиальную текстуру, тип которой зависит от химической природы материала и условий их препарирования. Так, в пленках на основе Cu (температура подложки 20 °С) текстура $\langle 111 \rangle$, степень совершенства которой не монотонно зависит от концентрации Ta.

В аналогичных пленках препарированных при температуре подложки 450 °С в основном наблюдается текстура $\langle 100 \rangle$, степень совершенства которой также зависит от концентрации Ta.

В пленках на основе Al легирования Fe приводит к появлению совершенной текстуры типа $\langle 100 \rangle$.

В общем случае, возникновение определенных текстур объясняется с одной стороны как результат деформационного процесса вследствие внутренних напряжений, а с другой стороны, как результат избирательного роста. При объяснении текстур пленок Cu-Ta и Al-Fe исходили из факторов, что скорость роста кристаллов анизотропна. При образовании ориентированных пленок из множества хаотически образованных зародышей преимущественно способным к росту оказываются те, ориентированные формы роста которых, вызванные условиями осаждения наиболее благоприятны.

В.С. ЗАБАВСКАЯ, С.И. ЛЯБУК, канд. техн. наук, доцент

Механические свойства нержавеющей стали после интенсивной пластической деформации

Известно, что диспергирование зеренной структуры приводит к повышению прочностных свойств термически не упрочняемых сталей. В метастабильных аустенитных нержавеющих сталях измельчение микроструктуры может быть реализовано за счет деформационного мартенситного превращения и обратного аустенитного превращения при нагреве (γ - α - γ превращений) [1].

Целью исследования являлась разработка метода измельчения зерна стали 12X18H9 на основе фазового наклепа при использовании γ - α - γ превращений, приводящих к формированию субмикроструктурной структуры (СМК) и ее влияние на прочностные и релаксационные свойства стали.

Объектом исследований служили образцы фольги из нержавеющей стали 12X18H9 с нестабильным аустенитом после закалки при отрицательных температурах. Температура нагрева под закалку составляла 1320 К. Структурные исследования проводились методами оптической металлографии и рентгеноструктурного анализа. Механические испытания проводили на установке высокой жесткости TIRAtest-2300 в режиме активного растяжения и последующей релаксации напряжений в интервале температур 290 К – 600 К. Релаксация напряжений оценивалась по относительной глубине релаксации ($\Delta\sigma/\sigma_0, \%$, где σ_0 – начальное напряжение на уровне предела текучести $\sigma_{0,1}$), которая, как известно, является величиной, обратной релаксационной стойкости [2]. При выполнении работы были разработаны схемы измельчения зерна аустенита, в основе которых лежит деформационное мартенситное превращение и обратное аустенитное превращение при нагреве (γ - α - γ превращений).

В субмикроструктурной стали 12X18H9 (размер зерна $\sim 0,5 - 1$ мкм) в отличие от крупнозернистой наблюдается значительное упрочнение и рост релаксационной стойкости (см. рис.1). Данному явлению способствуют частицы карбидов, выделившиеся в стали на стадии распада мартенсита при нагреве и препятствующие микроструктурному проскальзыванию при испытаниях. На рис.2 приведена структура СМК-стали после разных режимов обработки.

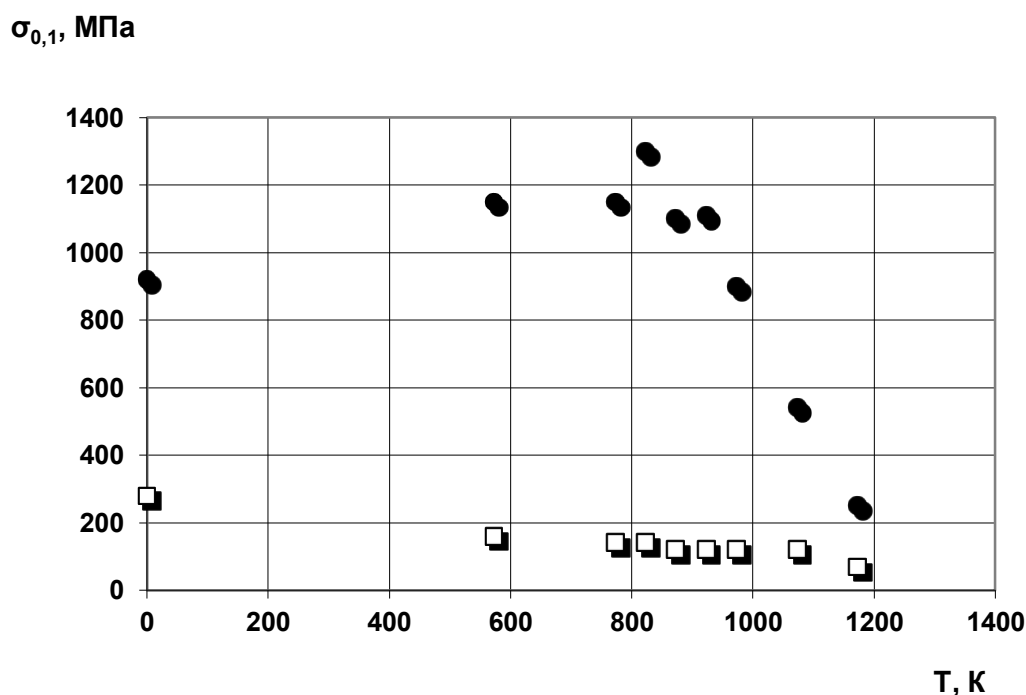


Рис.1. – Влияние температуры на величину предела текучести стали 12Х18Н9 с СМК – структурой

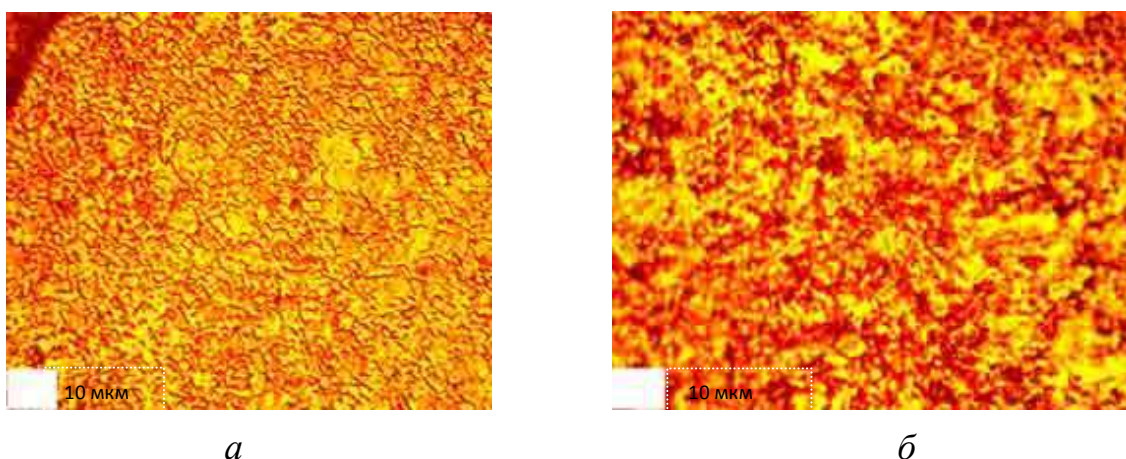


Рис. 2. – Структура СМК-стали после фазового наклепа (а, б – разные режимы обработки)

Таким образом, предложенный в работе метод фазового наклепа позволяет увеличить предел текучести стали 12Х18Н9 в ~ 5 раз и повысить релаксационную стойкость в ~ 4 раза.

Список литературы:

1. Г.А. Салищев, А.А.Закирова. Структура и механические свойства нержавеющей сталей, подвергнутых интенсивной пластической деформации // МиТОМ. № 2, 2006. С. 27-32.
2. A.I.Il'insky, S.I.Lyabuk, A.I.Zubkov. Relaxation resistance of copper films strengthened with molybdenum nanoparticles.// Functional Materials.-2003.-10.- №1.-P.52-54.

В.С. КАЛИТА, В.Н. ЛЕВЧЕНКО, канд. техн. наук, доцент

Анализ процесса холодного выдавливания деталей прямоугольной формы

В работе рассматривается выдавливание деталей с переменной по периметру толщиной стенки при несоосном расположении пуансона по отношению к матрице.

Цель работы: Разработка методики расчета технологических процессов выдавливания деталей прямоугольной формы и создание подсистемы САПР.

Задачи:

1. Анализ технологии изготовления деталей коробчатой (прямоугольной) формы.
2. Выбор методов исследования процесса выдавливания деталей прямоугольной формы.
3. Построение математической модели процесса энергетическим методом, и ее реализация на ЭВМ.
4. Моделирование процесса методом конечных элементов.
5. Проведение экспериментальных исследований.
6. Обработка и анализ результатов экспериментальных исследований.
7. Разработка методики расчета на основе полученных результатов исследований.
8. Создание подсистемы САПР.

Математическая модель процесса реализована в программной среде SMath Studio Desktop. Графики зависимостей удельного усилия деформации от величины параметров $\bar{\Delta} = \frac{\Delta}{b_n}$, $\bar{h}_t = \frac{h_t}{b_n}$ и $\bar{h}_{\partial t} = \frac{h_{\partial t}}{b_n}$ представлены на рис. 1 (для $\mu = 0,1$; $\bar{b}_n = 1$; $\bar{B} = \frac{B}{b_n} = 1,3$; $\bar{h} = \frac{h}{b_n} = 2$; $\bar{H} = \frac{H}{b_n} = 2,2$; $\bar{H}_t = \frac{H_t}{b_n} = 2,3$). Из рис. 1, а, б и в видно, например, что при $\bar{\delta} = 0,15$ для каждой пары параметров, которые варьируются, есть зона, где расположенный минимум функции (величина третьего параметра на всех трёх графиках соответствовала этой точке). При $\bar{\delta} = 0$ (отсутствие сдвига пуансона относительно матрицы), параметр $\bar{\Delta} = 0$ ($\bar{H} = \bar{H}_t = 2,2$) (см. рис. 1, г), что отвечает выдавливанию детали с одинаковой толщиной стенок при одинаковой скорости течения металла между пуансоном и матрицей.

Было проведено моделирование методом конечных элементов и полученные данные находятся в соответствии с данными математической модели. Полученные результаты можно использовать при разработке систем автоматизированного проектирования для холодного выдавливания.

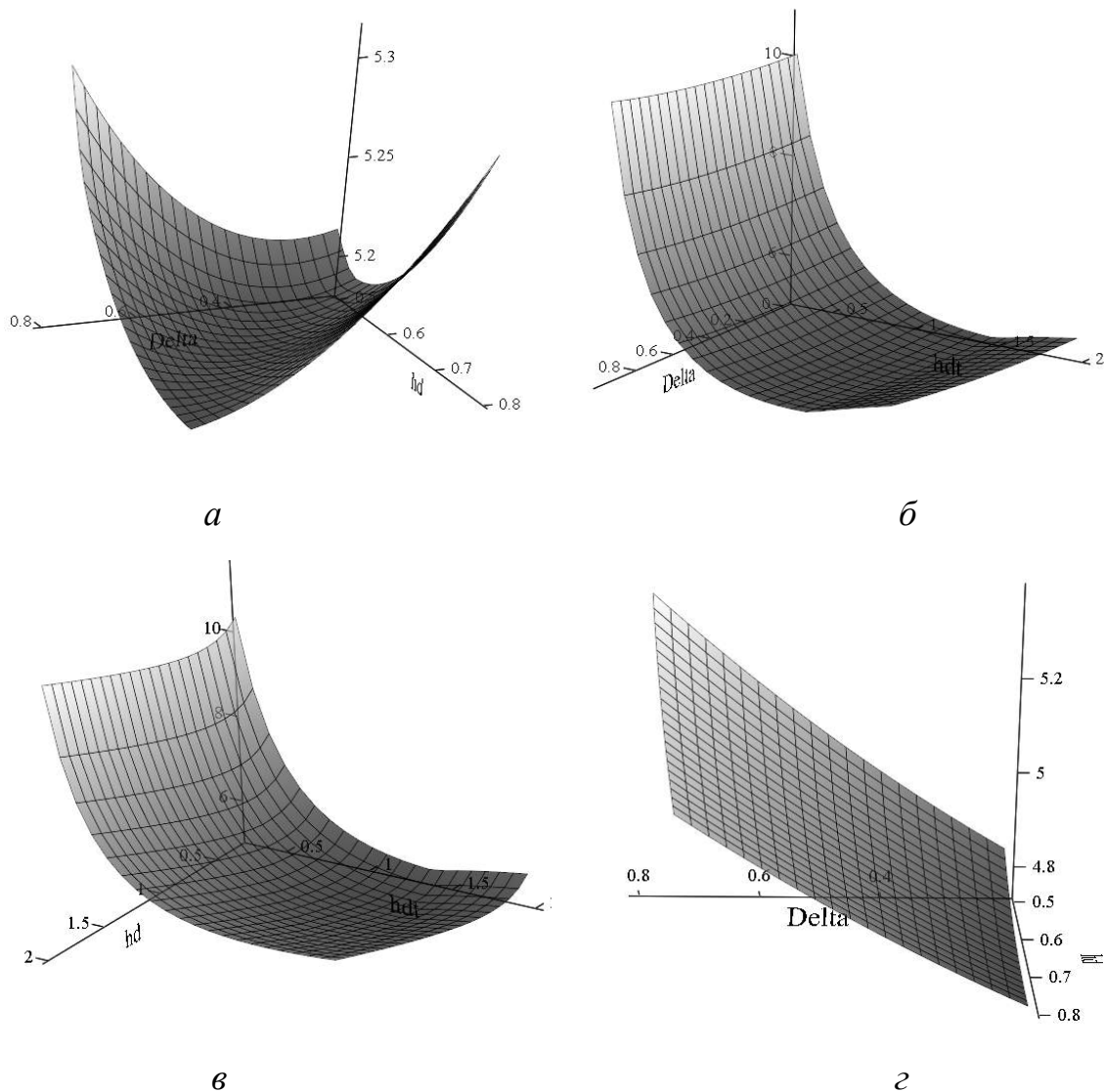


Рис. 1 – Графики зависимостей удельного усилия деформации: а, б, в – для $\bar{\delta} = 0,15$ как функции параметров $\bar{\Delta}$ и \bar{h}_∂ при $\bar{h}_{\partial t} = 1,52$, $\bar{\Delta}$ и $\bar{h}_{\partial t}$ при $\bar{h}_\partial = 0,57$, \bar{h}_∂ и $\bar{h}_{\partial t}$ при $\bar{\Delta} = 0,208$; г – при $\bar{\delta} = 0$ как функция параметров $\bar{\Delta}$ и \bar{h}_∂ при $\bar{h}_{\partial t} = 0,73$

Разработана математическая модель процесса выдавливание коробок в условиях несоосности инструмента. Данная модель реализована в пакете SMath Studio. Значения варьируемых параметров можно найти из принципа минимума полной энергии деформации.

Список литературы:

1. Евстратов В.А. Применение математических моделей для анализа и совершенствования процессов штамповки в условиях неосесимметричного течения / В.А. Евстратов, В.Н. Левченко, Г.А. Кротенко // Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве. Труды 4-й Междунар. н.-техн. конф. – Харьков: ХНПК «ФЭД», 2001.– С. 210-211.

2. Евстратов В.А., Левченко В.Н., Калита В.С. Теоретический анализ процесса выдавливания в условиях несимметричного расположения инструмента. Евстратов В.А., Левченко В.Н., Калита В.С. // Вестник Харьковского политехнического института. Новые решения в современных технологиях, 2013. – №42(1015) – С. 48-54.

Н.А. КАЧАНОВА, О.И. ПОМАРЕНКО, докт. техн. наук, профессор

Использование хромитовых песков в холоднотвердеющих смесях на жидком стекле

Технология получения отливок с использованием холоднотвердеющих смесей (ХТС) на жидком стекле (ЖС) применяется на многих предприятиях, как в Украине, так и в странах СНГ. Песчано-жидкостекольные смеси широко применяются при единичном и серийном изготовлении форм и стержней. Одной из причин широкого использования этих смесей является возможность упрочнения форм и стержней без теплового воздействия. Упрочнение может быть осуществлено выдержкой на воздухе (подвяливание), продувкой углекислым газом, или введением в смесь химического реагента, вызывающего аналогично углекислому газу коагуляцию жидкого стекла. Второй причиной является то, что благодаря использованию тепловой сушки продолжительность процесса упрочнения этих смесей значительно меньше, чем песчано-глинистых. Третьей причиной широкого применения данных смесей можно считать относительно низкую стоимость жидкого стекла, простоту его изготовления и нетоксичность этих смесей.

Существенным недостатком песчано-жидкостекольных смесей является плохая выбиваемость и регенерируемость вследствие повышенной спекаемости жидкого стекла с формовочным песком, а также ограниченное использование отработанных смесей в связи с тем, что в приготовляемых смесях накапливается содержание оксида натрия Na_2O , который снижает огнеупорность смесей.

Поэтому, разработка новых составов ХТС на ЖС является актуальной задачей литейного производства.

ХТС состоят из наполнителя (кварцевый песок, хромитовый песок), жидкостекольного связующего, катализатора отверждения и различных улучшающих смесь добавок. Приготовление смесей осуществляется последовательным перемешиванием песка, катализатора отверждения и связующего.

В качестве наполнителя для ХТС на ЖС, вместо кварцевого песка использовали хромитовый песок. Который, по сравнению, с кварцевым песком не имеет аллотропических превращений и обладает высокой прочностью при термическом ударе. Также, благодаря, высокой теплопроводности и теплоаккумулирующей способности хромита можно предотвращать неравномерность кристаллизации, которые приводят к образованию горячих трещин и напряжений в отливке.

Кроме того, хромитовые пески используются на многих предприятиях Украины, поэтому необходимо изучить физико-механические свойства ХТС на хромитовых песках.

А.А. КОРЕНЬКОВА, Ю.А. ПЛЕСНЕЦОВ, канд. техн. наук, доцент

Анализ особенностей формоизменения перфорированных профилей при их валковой формовке

На сегодняшний день перфорированные профили являются одним из перспективных видов металлопродукции, который успешно применяется в строительстве, промышленности и не только. С каждым годом значение профилирование возрастает благодаря дешевизне изготовления гнутых профилей, высокой производительности оборудования, возможности сочетания профилирование с другими технологическими операциями (пробивкой отверстий, сваркой, нанесением покрытий), многообразию сортамента, хорошему внешнему виду изделий. Заготовками для производства перфорированных профилей являются металлические листы, которые при производстве профилей постепенно изменяют угол подгиба переходя из одной клетки в другую.

Целью работы является анализ формоизменения отверстий на элементах гнутых профилей при их валковой формовке.

При разработке технических условий на изготовление перфорированных профилей и определении величины допуска на точность изготовления отверстий в гнутых профилях необходимо учитывать степень деформируемости отверстий в процессе профилирования; в случае необходимости получения в холодногнутом профиле отверстий с высокой степенью точности, их следует делать не в исходных заготовках, а в готовых профилях; экспериментальные исследования энергосиловых параметров позволили установить, что различия в величинах усилий профилирования и крутящих моментов при валковой формовке перфорированных и неперфорированных уголков незначительны.

Исследование влияния условий профилирования на величину изменения размеров отверстий, предварительно пробитых в исходных заготовках, производили на специальных контрольных полосах. Отверстия круглые калиброванные диаметром 14 мм изготавливали сверлением и пробивкой в штампе по схеме, приведенной на рис. 1. Отверстия замеряли с точностью до 0,01 мм при помощи нутромера типа НИ с индикатором. Подготовленные подобным образом заготовки формовали на профилегибочном стане в уголкового и швеллерного профили, после чего отверстия вновь измеряли. Результаты измерений до и после профилирования сравнивали, разность в показаниях индикатора составляла абсолютную величину изменения размеров отверстий, относительное же изменение размеров определяли по формуле:

$$\Delta d = \frac{d_1 - d}{d} 100,$$

где Δd - относительная величина изменения размеров отверстий;

d - диаметр отверстия до профилирования, мм;

d_1 - диаметр отверстия после профилирования, мм.

Исследованиями установлено, что в процессе профилирования в зависимости от различных факторов (ширины подгибаемых элементов, режима профилирования, величины перемычки между отверстиями, марки стали) размеры отверстий изменяются различно.

При формовке профиля в калибрах профилегибочного стана, на подгибаемых полках швеллера происходит постепенное изменение размеров отверстий. Так, если при подгибке полок на 8° еще не заметно изменение размеров отверстий, то начиная с углов подгибки, равных 18° , и до угла подгибки 70° формоизменение отверстий возрастает. В готовом профиле отверстия на полках деформированы, причем эллипсообразность отверстий хорошо различима даже без измерительных приборов. Максимальная величина относительного удлинения отверстий составляла 1,89%, сужения — 3,2%. Следовательно, при прохождении полосы из клетки в клетку происходит постепенное изменение формы и размеров отверстий, которое объясняется увеличением продольной деформации кромок подгибаемых полок.

Впервые установлено, что в подгибаемых элементах профилей появляется отрицательное пружинение, выражаемое в завале полок внутрь профиля.

Наличие перфорации на подгибаемых элементах приводит к уменьшению радиусов закругления перфорированных швеллеров на 12,5% по сравнению с радиусами закругления неперфорированных профилей.

При формовке перфорированных профилей по жестким режимам происходит многократное возрастание деформирования отверстий.

В случае необходимости получения в холодногнутых профилях отверстий с высокой степенью точности их следует делать не в исходных заготовках, а в готовых профилях.

Экспериментальные исследования энергосиловых параметров позволили установить, что значительного различия в величинах усилий профилирования и крутящих моментов при валковой формовке перфорированных и неперфорированных уголков не наблюдается.

Список літератури:

1. Тришевский И. С. Теоретические основы процессов профилирования / И. С. Тришевский, М. Е. Докторов. – М.: Металлургия, 1980. – 288 с.

2. Тришевский И.С. Производство гнутых профилей (оборудование и технология) / под ред. И.С. Тришевского и др. – М.: Металлургия, 1982. – 384 с.

3. Применение гнутых профилей проката: справочник / И. С. Тришевский, Г. В. Донец, М. Е. Докторов и др. – М.: Металлургия, 1975. – 421 с.

4. Березовский С.Ф. Производство гнутых профилей: С.Ф. Березовский, И.С. Тришевский. – М.: Металлургия, 1985. – 200 с.

Н.И. ЛАВРОВА, Д.А. ДЁМИН, докт. техн. наук, профессор

Техническое перевооружение формовочного участка литейного цеха на основе внедрения процесса импульсной формовки

Оборудование литейных цехов современных украинских промышленных предприятий в значительной степени исчерпало свой ресурс, так как может характеризоваться сегодня состоянием морального и физического износа. Вследствие этого, технологические процессы, выполняемые на этом оборудовании, не обеспечивают высоких требований к качеству литья. Получаемые отливки зачастую по своему товарному виду не обеспечивают требования заказчиков, а несоответствие фасонных отливок по геометрическим характеристикам и размерным показателям может, к тому же, способствовать снижению надежности металлообрабатывающего оборудования. Поэтому исследования, посвященные решению вопросов планирования и организации мероприятий по техническому перевооружению, обеспечивающих возможность снижения директивных сроков и рационального распределения ресурсов в процессе технического перевооружения являются актуальными.

Вопросам оптимизации технологических решений в условиях работы современных литейных цехов посвящена работа [1], в которой предложены системные подходы к формированию требований и эффективности решений, ориентированных на максимально достигаемый экономический эффект. Затронутые в данной работе технологические аспекты должны рассматриваться как часть мероприятий в контексте общего технического перевооружения машиностроительного предприятия [2]. При этом проведение модернизации участков литейного цеха может рассматриваться как альтернатива планированию и проведению комплекса ремонтных работ [3]. На этапе принятия решения о том, какая из альтернатив в конкретных условиях данного производства является предпочтительнее, должны быть четко сформулированы критерии эффективности, на основании которых собственно эти решения и должны приниматься [4]. Если говорить о литейном производстве, то при выборе альтернатив следует принимать во внимание то, что в литейном цехе могут существовать «узкие места» - те участки выполнения технологических процессов, которые обеспечивают наибольшую вероятность получения брака готовых отливок. Именно для этих участков и необходимо в первую очередь рассматривать альтернативы по дальнейшим действиям – либо совершенствовать систему ремонта, либо модернизировать производство и комплектовать эти участки современным оборудованием [5]. Как показывает анализ состояния литейных цехов, одним из «узких мест» являются участки формовки, а основная проблема на этих участках – износ формовочного оборудования. Таким образом, задача исследования может состоять в

разработке мероприятий по реконструкции формовочного оборудования, рассматривая её частью технического перевооружения формовочного участка литейного цеха.

Проведенное исследование посвящено вопросам технического перевооружения литейного цеха на основе внедрения современных технологических процессов. Результаты данного исследования, описанные в статье, могут быть использованы при планировании и проведении мероприятий по модернизации участка формовки. Это позволит минимизировать директивный срок проведения технического перевооружения и решить задачу рационального распределения ресурсов на его выполнение.

В результате проведенного исследования построен сетевой график выполнения комплекса работ по техническому перевооружению формовочного участка литейного цеха. Суть этого перевооружения – замена морально устаревших встряхивающе-прессовых машин современными машинами импульсной формовки. Установлено, что наиболее ответственными операциями при проведении подготовительных работ являются реконструкция системы приводов машин, разработка технологических схем монтажа, особостроительные работы по подготовке и монтажу приводов, монтаж сборных элементов оборудования, подготовка к монтажу основного технологического оборудования. Наиболее ответственными операциями при выполнении монтажа являются операции монтажа рамы цилиндров и прессового механизма.

Применение описанных решений может быть использовано в процессе проведения технического перевооружения формовочных участков литейных цехов.

Список литературы:

1. *Пономаренко, О. И.* Оптимизация технологических решений в условиях работы литейных цехов / *О. И. Пономаренко.* – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – 320 с.
2. *Макаров, Ф. В.* Пути совершенствования планирования новой техники / *Ф. В. Макаров.* – В кн.: Вопросы совершенствования управления общественным производством. – Саратов. – 1981. – 180 с.
3. *Драченко, В. А.* Экономика ремонта карьерного оборудования / *В. А. Драченко, Н. Г. Колобердян.* – К.: Техника. – 1974. – 96с.
4. *Демина, Е. Б.* Формирование критерия целесообразности технического перевооружения промышленного производства / *Е. Б. Демина* // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. Технический прогресс и эффективность производства. — 1999. — Выпуск № 95.
5. Производственно-технологическая комплектация литейных цехов [Текст] : справочное пособие / *Д.А. Дёмин, Е. Б. Дёмина, О.В. Акимов* и др.; под общ. ред. *Д. А. Дёмина.* – 1-6 изд. – Х.: Технологический Центр, 2012. – 320 с., ил.

А.О. МЕЙЛЕХОВ, О.В. СОБОЛЬ, докт. фіз.-мат. наук, професор

Моделювання процесу іонно-плазмової імплантації під впливом високовольтного імпульсного потенціалу при формуванні вакуумно-дугових покриттів нітриду титана

Підвищений інтерес, що проявляється дослідниками за останнє десятиліття до покриттів на основі нітридів і карбідів тугоплавких металів, пов'язаний з вдалим поєднанням у них високої твердості з зносостійкістю і хімічною стабільністю, що зробило такі покриття дуже перспективними для різноманітного промислового використання. На жаль, фізико-механічні характеристики отриманих при цьому покриттів досить істотно різняться (іноді на порядки величин) залежно від техніки осадження та конкретних параметрів процесу зростання. Одним з найбільш широко використовуваних матеріалів покриття є нітрид титану [1].

Метою дослідження є проведення аналізу впливу на структуру, пружно напружено-деформований стан і механічні властивості TiN покриттів високовольтного імпульсної стимуляції процесу осадження та моделювання імплантаційних процесів.

Зразки були отримані при використанні модернізованої вакуумно-дугової установки «Булат-б» з генератором високовольтних імпульсів, який дозволяв в процесі осадження поряд з постійним потенціалом подавати на підкладку імпульси негативного потенціалу ($U_{\text{пн}}$) амплітудою -850 В, -1000 В, -1200 В, -2000 В тривалістю $\tau=4, 10$ або 16 мкс і частотою проходження 7 кГц. Ток дугового розряду в випарнику ($I_{\text{д}}$) становив 100 .. 110 А, тиск азоту $P_{\text{N}} = 0,6$ Па.

В ході досліджень встановлено оптимум величини імпульсного потенціалу зміщення при якому спостерігається значне зростання твердості і зносостійкості (рис. 1).

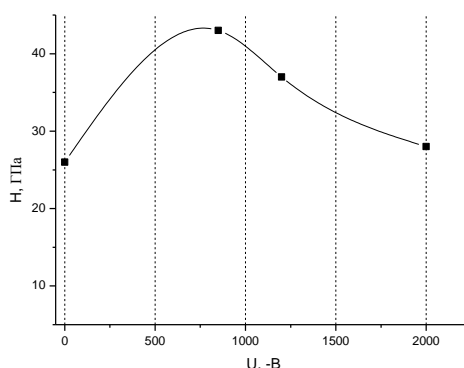


Рис. 1 – Залежність зміни твердості покриттів від напруги поданого високовольтного імпульсу в процесі осадження для тривалості імпульсу 10 мкс

Оптимум відповідає $U_{\text{пi}} \approx 1$ кВ. Для пояснення появи оптимуму запропонована модель дворівневої імплантації, відповідно до якої подача постійного потенціалу (до -230 В) забезпечує приповерхневу імплантацію, а імпульсний високовольтний потенціал $U_{\text{пi}} = (0,8 - 2)$ кВ призводить до імплантації з релаксаційним каскадоутворенням [2].

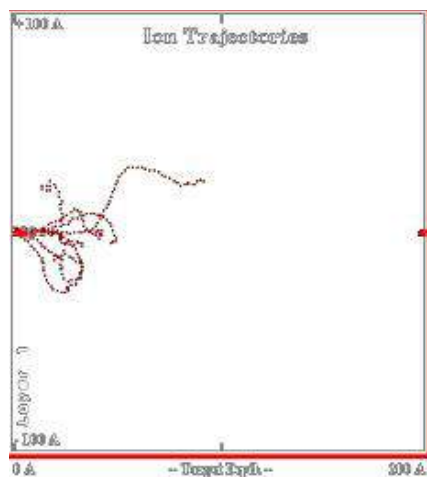


Рис.2 – Система TiN, іони азоту, енергія 1200 еВ, 10 ітерацій

Використовуючи програму TRIM [3] проведено моделювання процесів, що відбуваються під час іонної імплантації, розпилення та іонно-променевого перемішування. Моделювання проводилось у режимі “Monolayer Collision Steps/ Surface Sputtering”, який найбільше відповідає вимогам для отримання реальних плівок TiN. Під час моделювання в цьому режимі враховуються всі каскадні пошкодження. Кожен атом спостерігається до того часу, доки його енергія не впаде нижче мінімальної порогової енергії зміщення будь-якого атома мішені. Таким чином, аналізуються всі ушкодження мішені, що виникли під час зіткнень.

Проведено комп'ютерне моделювання дозволило встановити, що при зміні енергії під час утворення покриттів TiN змінюються процеси, які впливають на утворення вакансій, напружений стан, товщину та структуру покриттів. Результати моделювання порівняні з реальними експериментами. Встановлено, що подача високовольтного імпульсного потенціалу зміщення підвищує рухливість частинок і призводить до релаксаційних процесів при каскадоутворенні. Останнє забезпечує зниження ростових напружень стиснення і разорієнтацію зерен-кристалітів при малому постійному $U_{\text{пi}}$.

Список літератури:

1. Свойства, получение и применение тугоплавких соединений. Справочник / Под ред. Т.Я.Косолаповой. - М.: Металлургия, 1986. -928 с.
2. O. V. Sobol', A. A. Andreev, S. N. Grigoriev, V. F. Gorban', M. A. Volosova, S. V. Aleshin, V. A. Stolbovoi Effect of high-voltage pulses on the structure and properties of titanium nitride vacuum-arc coatings Metal Science and Heat Treatment July 2012, Volume 54, Issue 3-4, pp 195-203
3. <http://www.srim.org/SRIM/SRIMLEGL.htm>

О.М. ЛАРИН, О.В. НАЙМУШИНА, В.О. ЄВСТРАТОВ канд. техн. наук, професор, **В.М. ЛЕВЧЕНКО** канд. техн. наук, доцент

Особливості штампування вісесіметричних деталей типу «фланець» в відкритому та закритому рівчаках

У промисловості широко використовуються деталі типу фланець. Штампування цих деталей відбувається у відкритих і закритих штампах.

Наша робота присвячена оцінюванню силового режиму штампування у закритому та відкритому штампі деталей типу фланців. Прийняті в роботі припущення дозволяють оцінити вплив таких важливих параметрів, як D_ϕ/D , h/D та α . Для аналізу силового режиму використаний енергетичний метод.

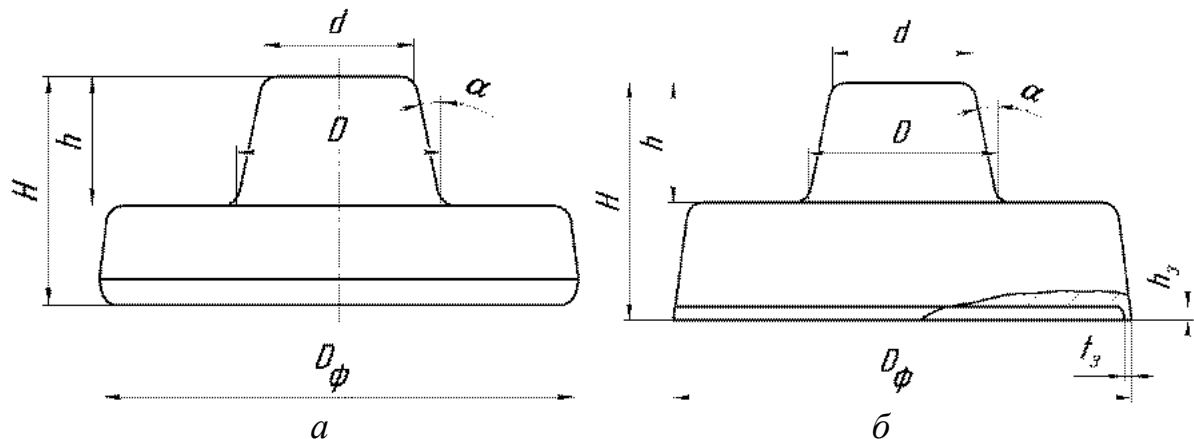


Рис. 1 – Загальний вид штампованки типу фланця: *а* – після штампування у відкритому рівчаку; *б* – після штампування у закритому рівчаку

У сучасній довідковій літературі і підручниках зусилля штампування у відкритих штампах для деталей типу фланців визначається лише за діаметром D_ϕ і не враховує ані висоти фланця h_ϕ , ані таких важливих параметрів, як D_ϕ/D та h/D [1]. Позначення наведені на рис. 1.

Мета роботи накреслити теоретичні підходи до розв'язання цієї важливої задачі. Запропонований підхід і висновки дають можливість оцінити вплив таких важливих параметрів, як D_ϕ/D та h/D .

Таким чином, аналіз процесу формоутворення при штампуванні у закритому та відкритому штампі дав змогу показати [2], що параметри D_ϕ/D та h/D суттєво впливають на силовий режим штампування: із збільшенням параметрів D_ϕ/D та h/D зусилля штампування значно збільшується.

Список літератури:

1. Ковка и штамповка. Справочник в 4-х томах. Том 2. Горячая объемная штамповка. Под ред. *Е.И. Семенова*. – М.: Машиностроение, 1986. – 592.
2. В. О. Євстратов, В. М. Левченко. Оцінка силового режиму штампування у закритому штампі деталей типу фланців. – Вісник НТУ «ХПІ», 2013. – №43. – С.94 – 99.

В.А. НАСЫРОВА, В.В. ГУБИН, О.В. АКИМОВ, докт. техн. наук,
профессор

Конструкторско-техническое проектирование корпусных литых деталей автотракторной группы

Проектирование технологических процессов является важным звеном подготовки производства, от которого в большой степени зависит его эффективность. Из стали изготавливают отливки массой от нескольких грамм до десятков тонн; конфигурация этих отливок может быть очень сложной. Сталь обладает высокой прочностью и пластичностью, выдерживает значительные напряжения при переменных и ударных нагрузках. Легированные и специальные стали обладают хорошими механическими свойствами при повышенных температурах, кислотостойкостью, окислительной стойкостью и другими важными эксплуатационными свойствами. Стали классифицируют по химическому составу, структуре, назначению, способу выплавки стали. Одной из марок конструкционных сталей является 25Л ГОСТ 977-88, широко применяемая для изготовления деталей различного назначения: станины прокатных станов, шкивы, траверсы, поршни, крышки цилиндров, плиты настольные, рамы рольгангов и тележек, детали сварно-литых конструкций, работающие при температуре от -40°C до 450°C под давлением. Вопросы разработки технологии получения фасонных отливок из стали данной марки являются актуальными для литейщиков, так как сталь обладает плохими литейными свойствами, что вносит определенные трудности в процесс получения качественных отливок.

Анализ производственных данных ХТЗ за 2013 год (февраль – ноябрь) показал, что брак на предприятии составил за отчетный период 14,42%. Преобладающим видом брака является усадочная пористость и газовые раковины. Для решения проблемы образования пористости в отливках необходимо применить компьютерное моделирование 3D модели отливок представителей при помощи программы LVMFlow с целью выявления возможных дефектов и мест их локализации.

Для подготовки расчетной модели использовался ИКС Solid Works с последующей конвертацией в формат *.stl. Из полученных результатов видно, что в теле отливки формируются дефекты – рассредоточенная усадочная пористость, локализованная в нескольких местах отливки. При выборе альтернативных путей устранения пористости, связанных либо с добавлением прибылей по бокам отливки, либо с увеличением объема прибыли, должен быть сделан выбор в пользу второй альтернативы, так как при добавлении двух дополнительных прибылей результат не улучшился.

Список литературы:

1. Акимов, О. В. Экспериментальные исследования и компьютерное моделирование для блок-картера ДВС [Текст] / О. В. Акимов, А. П. Марченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2008. – № 5/1(35). – С. 52-57.

Д.В. ОСТРИКОВ, Т.Л. КОВОРТНЫЙ, ассистент,
В.А. ЕВСТРАТОВ, докт. техн. наук, профессор

Оптимизация процесса изготовления гнутых профилей по критерию волнистости. Часть 2

Цель исследования: теоретический анализ и экспериментальное исследование очага деформации в тонкостенных специальных профилях из алюминия и алюминиевых сплавов, построение математической модели, разработка технологии производства таких профилей.

Задачи исследования: для достижения цели в работе, в первом приближении сформулирована и решена задача создания математическая модель для определения волнистости.

Объект исследования: процесс формообразования тонкостенных гнутых профилей из алюминия.

Предмет исследования: особенности пластической деформации при изготовлении тонкостенных профилей из алюминиевых сплавов формообразованием в валках, напряженно-деформированное состояние вне контактной деформации и критерии образования волнистости на кромке профиля.

Методы исследования: для теоретического анализа процесса формообразования профилей из алюминиевых сплавов использован метод сплошных сред.

Научная новизна полученных результатов:

Предложен принципиально новый подход к анализу процессов формовки и определен критерий волнистости, который позволяет определять критические параметры валковой формовки тонкостенных гнутых профилей из алюминия.

Пластическая деформация заготовки (в частности деформация кромки) начинается после того, как остаточная деформация образца при испытании на растяжение достигнет 0,2%, то есть, когда напряжение на кромке будет $\sigma_{0,2}$. В работе определено несколько особенностей, которые в предыдущих работах не учитывались. Как показали экспериментальные исследования, в местах изгиба деформация не является однородной – она неравномерна. Из-за того, что, когда профиль выходит из-под валков, происходит так называемое распружинивание, то есть, угол подгиба уменьшается. Это дает основание считать, что текущий угол изгиба профиля α_k есть кубической функцией координаты y_k .

Вполне очевидно, что значение этих параметров можно определить из вариационного уравнения (функционала), которое имеет вид:

$$F_{\delta} = \frac{1}{du} \left[\sum_{h=1}^H \iiint_V \sigma_s d\varepsilon_i dV + \sum_{m=1}^M \iint_A \tau_k \sqrt{du_k^2 + du_l^2} dA + \sum_{n=1}^N \iint_G \tau_s |du_k - du_l| dG \right]$$

где k, l – обобщенные координаты (x, y, z, r, θ); H – количество областей, на которые разбит очаг деформации; M – количество поверхностей трения, где рассчитывается работа dW_m ; N – количество поверхностей разрыва перемещений.

Очевидно, что минимизировать функционал, беря его частичные производные по каждому из параметров и приравнивая полученные уравнения к нулю (то есть, классическим способом поиска минимума функционала) в данном случае невозможно. Поэтому искать минимум нужно одним из численных методов.

Мощность внутренних сил можно определить, учитывая, что в меру перемещения заготовки, угол α изменяется от $\alpha_k = \alpha_{n-1}$ до $\alpha_k = \alpha_n$.

В процессе профилирования материал заготовки контактирует с верхним валком по поверхности, которая определяется радиусом изгиба R_n , а с нижним по поверхности, радиус которой отличается от радиуса верхнего валка. Скорость нижнего ролика в точке контакта с заготовкой будет несколько больше, чем скорость заготовки. Из-за этого на контактной поверхности будем иметь потери мощности на трение. Это трение можно существенно сократить или применением эффективного масла, или использованием разрезных валков, части которых могут вращаться с разными скоростями.

Выводы:

Таким образом, если одним из численных методов минимизировать функционал, беря его частичные производные по каждому из параметров, возможно определить минимальную энергию деформирования. Введение функционала, используемого в качестве критерия потери устойчивости элемента профиля в виде кромковой волнистости, позволяет оптимизировать схемы формообразования профилей с одновременным снижением временных и материальных затрат на технологическую подготовку производства.

Список литературы:

1. Ерманок, М. Зиновьевич, Фейгии, В. Израйлевич. Производство профилей из алюминиевых сплавов. - М. : Metallurgia, 1972.
2. Новые виды листового проката / Мелешко А. М. , Андреев В. П. , Кизиев В. Г. и др. // Сталь. - 1978. - N10. - С. 912-915.

Ю.А. ПОДЗОЛКОВА, Ю.А. ПЛЕСНЕЦОВ, канд. техн. наук, доцент

Анализ технологических возможностей упрочнения элементов специальных профилей при их валковой формовке

В современных условиях ресурсосбережение является одним из ключевых элементов создания конкурентоспособной продукции. Увеличение прочностных характеристик гнутых профилей за счет дополнительной пластической деформации участков профилей, не подвергающихся упрочнению при обычном профилировании, способствует улучшению качества самих профилей, изделий с их применением, а также позволяет снизить расход металла без ухудшения прочностных характеристик готовой продукции [1,2].

Целью работы является анализ формоизменения металла при валковой формовке упрочненных специальных профилей и возможностей организации их производства.

При валковой формовке периодических гофров местная вытяжка листового металла сопровождается утонением в зоне формовки гофров, т.е. имеет место плоское деформированное состояние, конечные деформации определяются следующим образом:

$$e_1 = -e_3 = \frac{\sqrt{3}}{2} e_i, \quad (1)$$

где e_1 - деформация в направлении ширины гофра;

e_3 - деформация по толщине металла гофра.

Распределение утонения по поперечному сечению гофров определяется по зависимости

$$\Delta S = 2 \int_0^{S/2} e_3 dy, \quad (2)$$

где S - толщина металла.

Для теоретического анализа процесса валковой формовки поверхностей противоскольжения на первом технологическом переходе использован принцип энергетического равновесия работы деформирования и жесткости клетки

$$\Phi = \frac{1}{2} G(H_1 - H)^2 + A_{ДЕФ}(H) \rightarrow \min, \quad (3)$$

где G - жесткость клетки;

H - высота формуемых рифлений;

H_1 - высота гофра по калибру валка;

$A_{ДЕФ}(H)$ - работа деформации при вытяжке рифлений.

Для анализа формоизменения металла принята схема очага деформации, приведенная на рис. 1. В связи с незначительной высотой формуемых рифлений, приняты следующие допущения:

- деформации растяжения в очаге имеют место на участке, не превышающем ширину рифления;
- напряжения и деформации связаны по линейному закону;
- валки изгибаются по дуге постоянной кривизны.

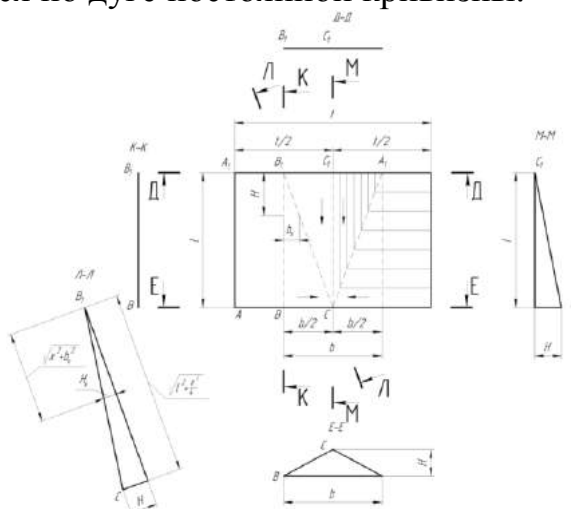


Рис. 1 – Схема очага деформации, принятая для анализа формоизменения металла при вытяжке рифлений

Задача нахождения фактической высоты рифлений решалась минимизацией функционала полной потенциальной энергии

$$\Phi_1 = A_{ДЕФ}(H) - PH \rightarrow \min \quad (4)$$

$$\Phi_2 = 2 \int_{\nu} A_{ПР}(\Delta H) dV + \sum_{i=1}^n A_{ДЕФ}(H - 2\Delta H_i) + \frac{1}{2} G(H_2 - H)^2 \rightarrow \min \quad (5)$$

где n - число формуемых рифлений;

V - объем валка;

ΔH_i - прогибы валков при формовке рифлений;

$A_{ПР}(\Delta H)$ - работа прогиба валка, зависящая от его ширины;

H - высота крайних формуемых рифлений.

Выводы: с использованием принципа энергетического равновесия работы деформирования и жесткости клетки получены аналитические зависимости для определения энергосиловых параметров процесса формовки элементов поверхности противоскольжения и рифлений. Минимизацией функционала полной потенциальной энергии решена задача нахождения фактической высоты рифлений и их осадки.

Список литературы:

1. Тришевский И. С. Теоретические основы процессов профилирования / И. С. Тришевский, М. Е. Докторов. – М.: Металлургия, 1980. – 288 с.

2. Тришевский И.С. Гнутые профили проката: справочник / И.С. Тришевский, В. В. Лемтицкий, Н.М. Воронов и др. / под ред. И.С. Тришевского. – М.: Металлургия, 1980. – 351 с.

А.В. РЕДЬКИНА, **О.А. ЧИБИЧИК**, ст. преподаватель,
О.В. АКИМОВ, докт. техн. наук, профессор

Конструкторско-технологическое проектирование литых роторов электродвигателей

Конструкторско-технологическое проектирование деталей и узлов энергетического оборудования не всегда является надежной гарантией обеспечения эксплуатационных свойств в реальных условиях. Причиной этого являются технологические ограничения, связанные с недостаточно высоким уровнем развития технологий изготовления деталей, особенно, если предполагается использование технологий литейного производства.

Принципиальным является то обстоятельство, что учет технологических возможностей производства является обязательным условием при освоении новых изделий или модернизации существующих. Одной из технологических операций при изготовлении ротора является заливка пазов предварительно нагретого сердечника ротора расплавленным алюминием, выполняемая в кокиле. От качества выполнения этой операции зависят эксплуатационные показатели привода, однако обеспечение высокого качества как раз и является серьезной проблемой, подлежащей всестороннему исследованию.

Актуальными представляется исследования, определяющие технологические режимы литья, которые сводили бы к минимуму расхождение в фактических и закладываемых конструкторами на этапе проектирования эксплуатационных характеристик энергетического оборудования.

Заливка короткозамкнутых роторов производится почти всеми известными в технике литейного производства способами, но, к сожалению, ни одна технологий не гарантирует отсутствие внутренних дефектов в пазах ротора. Наиболее приемлемой является технология вибрации формы при заливке.

Существенными факторами, влияющими на формирование внутренней пористости, являются температура металла перед началом разливки, длительность заливки кокиля и время вибрации кокиля.

В ходе проведенных исследований были определены оптимальные параметры заливки: температура металла 790°C, время заливки от 10 до 30 с при времени вибрации 6 мин.

Список литературы:

1. *Акимов, О. В.* Проблемы обеспечения качества отливок малоразмерных колес турбин турбокомпрессоров для наддува ДВС. (Часть 1 и Часть 2) / О. В. Акимов, В. А. Петросянец, В. А. Солошенко // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – 1999. – Вып.30. – с.48-51

М. А. РУДЮК, Ю. А. ПЛЕСНЕЦОВ, канд. техн. наук

Исследование напряженно-деформированного исследования и гнутых профилей с отбортовками

Актуальность темы. Тонкостенные гнутые профили с отбортовками все шире применяются в различных отраслях промышленности и строительства. Это позволяет уменьшить число элементов в конструкциях, улучшить их внешний вид, повысить технологичность изготовления, ускорить сборку изделий из профилей и монтаж конструкций из них и т.д. Отбортовки могут выполняться на полках швеллеров, корытных, С-образных, зетовых и других сортовых профилей. Наличие отбортовки повышает местную устойчивость плоских участков, жесткость полок и профиля в целом без увеличения его толщины и металлоемкости.

Анализ последних исследований и литературы. Профили с отбортовками имеют сложную форму поперечного сечения, большое число мест изгиба и подгибаемых элементов. Поскольку они, как правило, служат готовыми элементами сборных конструкций, предъявляются повышенные требования к их прямолинейности по всей длине и к геометрии концевых участков (не допускается искажение формы вследствие пружинения) В связи с этим, при проектировании технологии изготовления таких профилей большое внимание уделяется [1-3]:

- разработке рациональных схем профилирования;
- выбору оптимального режима подгибки элементов по переходам;
- применению специальных приемов и способов формовки, обеспечивающих подгибку элементов профиля на заданные углы и качественное выполнение мест изгиба требуемой кривизны, получение профилей без концевых дефектов и смятия кромок, без потери устойчивости и искажения геометрии подгибаемых элементов и профиля в целом, а профилей полузакрытой и закрытой формы – со стабильным зазором между кромками смыкающихся элементов.

Материалы исследований. С технологической точки зрения отбортовки на полках профиля позволяют увеличить площадь контакта кромок полок с валками и усилия, передаваемые посредством полок к местам изгиба, для качественной отформовки профиля без смятия кромок. Благодаря наличию отбортовок усилие передается на больший по длине участок полки и тем самым предотвращается местная потеря ее устойчивости.

Напряженно-деформированное состояние металла и утонение заготовки в местах изгиба существенно зависят от величины относительного радиуса кривизны. Минимальный относительный радиус определяется из условий прочности и неразрушения профиля. При их соблюдении, как правило, улучшаются геометрические характеристики профиля, повышается срок

службы валков (благодаря созданию плюсовых припусков на износ и увеличению числа возможных переточек при ремонте), оказывается возможным профилировать материалы высокой прочности и ограниченной пластичности без разрушения.

Для качественной отформовки мест изгиба с минимальными радиусами кривизны в профилях с отбортовками разработаны и применяются специальные схемы и способы формовки – с дополнительным приложением внешних сил, вызывающих изгиб и поперечное растяжение или сжатие мест изгиба. При изготовлении профилей открытой формы предусматривается поперечное растяжение мест изгиба и примыкающих к ним участков, а при изготовлении закрытых профилей – обжатие профиля по контуру и поперечное сжатие мест изгиба в последних переходах

Выводы:

1. Полученные в работе зависимости позволяют определять параметры напряженно-деформированного состояния металла и минимальные возможные радиусы изгиба.

2. Схемы подгибки с дополнительным приложением поперечных сил в калибрах валков успешно применены для качественной отформовки мест изгиба профилей на заданные радиусы кривизны, уменьшения пружинения при профилировании, получения профилей без концевых дефектов и смятия кромок, с заданными зазорами между кромками.

3. Результаты исследования могут быть использованы, как при разработке технологических схем профилирования, так и при конструировании калибров рабочих валков, для чего необходимо предусматривать формообразование криволинейных участков по схеме изгиба с растяжением, то есть в последнем переходе радиусы сопряжения стенки с боковыми стенками следует уменьшать на 25%.

4. По разработанной технологии могут изготавливаться тонкостенные профили корытной и С-образной формы, с элементами двойной толщины, со сложными многоэлементными отбортовками.

Список источников информации

1. *Тришевский И. С.* Теоретические основы процесса профилирования / *Тришевский И. С., Докторов М. Е.* - М.: Металлургия, 1980. – 288 с.

2. *Сторожев М. В.* Теория обработки металлов давлением./ *Сторожев М. В., Попов Е. А.* - М.: Машиностроение, 1971. – 424 с.

3. *Мошин Е. Н.* Определение основных параметров процесса гибки с растяжением. – Вестник машиностроения. Машгиз, 1953, № 12, с. 36-41.

4. *Тришевский И. С.* Особенности производства гнутых профилей с многоэлементными отбортовками. / *Тришевский И. С., Докторов М. Е., Пшеничная Н. В.* // Сталь, 1981, № 3, с. 51-54.

5. *Тришевский И. С.* Минимальные радиусы изгиба при профилировании в валках. / *Тришевский И. С., Докторов М. Е., Антипенко А. П.* // Металлург, 1970, № 8, с. 30-32.

6. *Докторов М. Е.* К вопросу изготовления гнутых профилей с отбортовками. / *Докторов М. Е., Пшеничная Н. В.* // В сб.: Теория и технология производства гнутых профилей проката. - Харьков: УкрНИИМет, 1981, с. 15-23.

Е.В. СИМОНОВА, О. И. ПОНОМАРЕНКО, докт. техн. наук, профессор

Использование технологий смоляных ХТС на хромитовых песках

В последнее время в литейном производстве в качестве связующих распространение получают синтетические смолы. ХТС со смолами имеют большие преимущества, чем смеси с другими связующими: высокая прочность при малом (1–2 %) расходе связующего, повышенная точность размеров стержней (и, соответственно, отливок); отпадает необходимость в тепловой сушке, не требуется применение сушильных плит, возможно использование оснастки из любых материалов (металлов, древесины, пластмасс), конструкция стержневых ящиков проще, чем нагреваемых. Смеси со смолами имеют высокую текучесть и за счет этого легко уплотняются даже кратковременной вибрацией. Стержни негигроскопичны, имеют хорошую податливость и выбиваемость. Применение ХТС позволяет механизировать и автоматизировать изготовление стержней, повышает производительность труда и чистоту поверхности отливок, снижает брак и себестоимость отливок.

Разработанное в НТУ «ХПИ» новое экологическое связующее ОФОС на основе олигофурфурилоксисилоксанов на сегодня полностью удовлетворяет всем современным требованиям, предъявляемым к связующим материалам в литейном производстве. Основной особенностью связующего является отсутствие в его составе отравляющих веществ, благодаря чему оно признано экологически чистым.

Для получения крупных чугунных и стальных отливок с чистой поверхностью вместо кварцевых песков целесообразнее использовать хромитовый песок. В отличие от кварцевого песка, который имеет аллотропические превращения, хромитовый песок их не имеет, стоек к ошлакованию оксидами железа, обладает высокой прочностью при термическом ударе. При относительно высокой температуре плавления 1880°C, он имеет низкую температуру спекания (1100 °C).

Зона конденсации влаги в сырой форме на основе хромита образуется на значительно большей глубине, чем в смесях на кварцевом песке. Хромит инертен к оксидам железа при высоких температурах в любой газовой атмосфере, плохо смачивается жидким металлом. Все эти факторы, при изготовлении крупных стальных отливок, способствуют предотвращению образования химического и механического пригара, ужимин, улучшают условия кристаллизации металла. Благодаря высокой теплопроводности и теплоаккумулирующей способности хромита, можно осуществлять направленное затвердевание отливок и предотвращать неравномерность кристаллизации, приводящие к образованию усадочных дефектов, горячих трещин и напряжений в отливке.

В.А. СИРОТЕНКО, В.В. ГУБІН, ген. директор «Харківський тракторний завод ім. Орджонікідзе»

Комп'ютерно-інтегроване управління процесом очищення чавунного литва

Незважаючи на різноманіття існуючих методів очищення литва, проблема підвищення якості поверхні виробів залишається актуальною в теперішній час [1]. На сьогоднішній день найбільш широке застосування серед існуючих методів очищення литва знайшла дробеметна очистка. Сутність очищення заключається в контакті поверхні виробів з абразивним агентом [2]. Якість очищення виробів залежить від способу та інтенсивності процесу очищення. В даний час очисні агенти вражають своєю різноманітністю, будовою, способом дії [3].

Метою роботи являється розробка комп'ютерно-інтегрованого управління процесом очищення чавунного литва та подальше його впровадження на діючі установки ПАТ «Харківський тракторний завод».

Дане впровадження системикомп'ютерного управління установкою очищення чавунного литва являється актуальним на даний момент і є доцільним для підвищення продуктивності праці і росту об'ємів виробництва.

Використовуючи SCADA системи була розроблена програма, яка дає змогу керувати процесом очищення литва на відстані за допомогою робочого місця оператора. Програма дає змогу наглядно спостерігати за тех. процесом використовуючи дисплей ЕВМ та вносити корективи. Програма передбачає контроль за декількома параметрами і всього тех. процесу в цілому. Головною складовою комп'ютерно-інтегрованої системи є процесор, який відповідає за правильну роботу системи.

На основі аналізу роботи установки була побудована математична модель об'єкта, знайдено оптимальний закон управління. Математична модель дала змогу суттєво знизити затрати на стадії розробки.

Результати досліджень показали, що впровадження даної комп'ютерно – інтегрованої системи вплине на ріст якості праці та надасть змогу більш ефективно керувати процесом очищення литва. Дане впровадження направлене на зниження економічних затрат.

Список літератури:

1. Можарин В.П. Ливарне виробництво/В. П. Можарин – Томск: ТПУ, 2011. – 468 с.
2. Кукуй Д.М. Автоматизація ливарного виробництва/Д. М. Кукуй, В. Ф. Одинокко – Минск: Нове видання, 2008. –240 с.
3. Дембовський В.В. Автоматизацияуправленияпроизводством/ В. В. Дембровский – СПб.: СЗТУ, 2004. – 82 с.

М. А. СОБОЛЬ, В. Я. ДАНИЛЕНКО, доцент

Исследование процесса наполнения и опорожнения цилиндра паровоздушного штамповочного молота

Актуальность: Анализ работы молотов основывается на изучении характера работы пара в цилиндре молота по индикаторным диаграммам и определения на их основании показателей работы молота. Изменение площади проходного сечения нижних и верхних окон золотниковой втулки позволяет скорректировать характер изменения давления в каждой из полостей цилиндра молота в различные периоды его работы, что позволит значительно приблизить уточненные индикаторные диаграммы к действительным.

Цель: проанализировать работу распределительного механизма паровоздушного штамповочного молота и выполнить термомеханический расчёт.

В работе были поставлены следующие **задачи:**

- 1) Определить закон изменения площади проходного сечения окон золотниковой втулки для различных циклов работы молота;
- 2) Определить объем входящего и выходящего энергоносителя в и из нижней и верхней полостей цилиндра;
- 3) Рассчитать изменение давления в соответствующих полостях цилиндра;
- 4) Проанализировать изменение давления в полостях цилиндра молота при изменяющемся сечении окон золотниковой втулки.

В работе рассмотрены два основных цикла – ход падающих частей вверх и ход вниз — полный удар. Исходя из уравнения количества движения и неразрывности потока, определяется путь и скорость бабы в зависимости от времени с учётом изменения давления энергоносителя. Исследовав процесс наполнения энергоносителем рабочей полости цилиндра молота в зависимости от времени, мы определили скорость и объем проходящего энергоносителя через изменяющееся проходное сечение окон золотниковой втулки.

Выводы:

- 1) Рассчитали изменение давления в соответствующих полостях цилиндра при ходе вверх и ходе вниз;
- 2) Определили объем проходящего энергоносителя;
- 3) Полученные результаты показывают сходимость полученных результатов особенно для полного удара;
- 4) Отличие индикаторных диаграмм холостого хода вверх объясняется влиянием медленной скоростью закрытия нижних окон золотниковой втулки.

Список литературы:

1. *Зимин А. И.* Машины и автоматы кузнечно-штамповочного производства. Молоты Ч. 1 / *А. И. Зимин* // – М. Машгиз, 1995.
2. *Дунаев П. А.* Расчет параметров кузнечных молотов – М.: Машгиз, 1949.

Н.С. ТРИНЕВ, О.И. ПОНОМАРЕНКО, докт. техн. наук, профессор

Применение метода распознавания образов для описания локализации дефектов в отливках.

Выпуск изделий машиностроения в настоящее время невозможен без существенного повышения сложности, качества, эксплуатационных свойств деталей, точности и уменьшения стенок литых заготовок. При использовании программных продуктов САД/САЕ технологи и конструкторы получают новый инструмент для проектирования и получения качественных отливок. Программы САД/САЕ открывают новые возможности в проектировании технологии приготовления отливки и в конструировании оснастки. С помощью данных программ можно наглядно изучить процесс моделирования заливки формы металлом, процесс охлаждения отливки, определить места дислокации дефектов. Кроме того САД/САЕ дают возможность ускорить выпуск новых изделий, сократить издержки производства заменой физических макетов виртуальными, экономить за счет многократного использования проектных данных, расширить возможности оптимизации изделий, снизить затраты.

Целью исследования является конструкторско-технологическое моделирование получения отливки поршня 51 – 23 – 30, изготавливаемого на ОАО «АВТРАМАТ», которое включает компьютерное моделирование процесса заполнения кокиля расплавом и охлаждения отливки выявление мест дислокации внутренних дефектов; определение их размеров и определения влияния дефектов на несущую способность поршня.

Анализ разбраковки поршней показал, что недостатками существующей технологии является образование усадочной пористости и недостаточной плотности структуры сплава в ответственных местах отливки поршня вследствие слишком быстрого протекания процесса кристаллизации.

Поэтому для моделирования процессов заливки была изготовлена 3D модель отливки поршня, в процессе моделирования были установлены места возникновения усадочной пористости. Для исследований использовался пакет LVMFlow.

Для определения мест расположения и размеров дефектов был выбран метод распознавания образов, который позволяет количественно описать дефекты усадочного характера и их влияние на снижение несущей способности поршня.

Список литературы:

1. Пономаренко О.И. Компьютерное моделирование процессов кристаллизации как резерв повышения качества поршней ДВС / Пономаренко О.И., Тринев Н.С. //Технологический аудит и резервы производства. –2013. – №6. – С.36-40

М.С. УСИКОВ, Д.А. ДЁМИН, докт. техн. наук, профессор

Освоение новой номенклатуры отливок на этапе технического перевооружения литейного производства

В современных условиях жесткой конкуренции продукции литейного производства первоочередного решения требуют задачи глубокой модернизации литейных цехов, большинство из которых было построено в середине прошлого века. Моральный и физический износ оборудования литейных цехов сегодня таков, что практически не представляется возможным конкурировать с иностранными предприятиями по качеству литья. Более того, рынок требует от предприятий, в которых функционируют литейные цеха, быстрого освоения новых отливок с заданным комплексом свойств. Складывающаяся таким образом ситуация требует решать параллельно двух задач – собственно модернизации и быстрого освоения технологии новых отливок, не входящих в типовую номенклатуру литейного цеха. Именно поэтому научные исследования, направленные на данную тематику, сегодня являются актуальными.

Вопросами реконструкции современного производства занимаются многие исследователи в Украине. Как правило, эти исследования проводятся в нескольких направлениях, среди которых могут быть выделены ниже следующие. Изучается сущность финансово-монетарной реструктуризации, организационно-управленческих нововведений и реинжиниринга, теоретические и методические проблемы управления интенсификацией обновления активной части основных производственных фондов на машиностроительных предприятиях [1, 2]. Рассматриваются вопросы предпосылок реструктуризации отечественных предприятий и методические подходы к осуществлению реструктуризации предприятий за счет разработки соответствующих структурно-логических схем и выявления потенциала машиностроительных предприятий [3]. В ряде работ рассмотрены вопросы технического перевооружения как составляющей части процесса реструктуризации [4].

В статье описаны мероприятия по освоению новых отливок на этапе технического перевооружения литейного производства. В качестве примера нескольких технических решений показана технология отливки «тормозной барабан» в условиях модернизации формовочного участка литейного цеха.

Результаты моделирования процессов заполнения формы с разной величиной статического напора приведены на рис. 1.

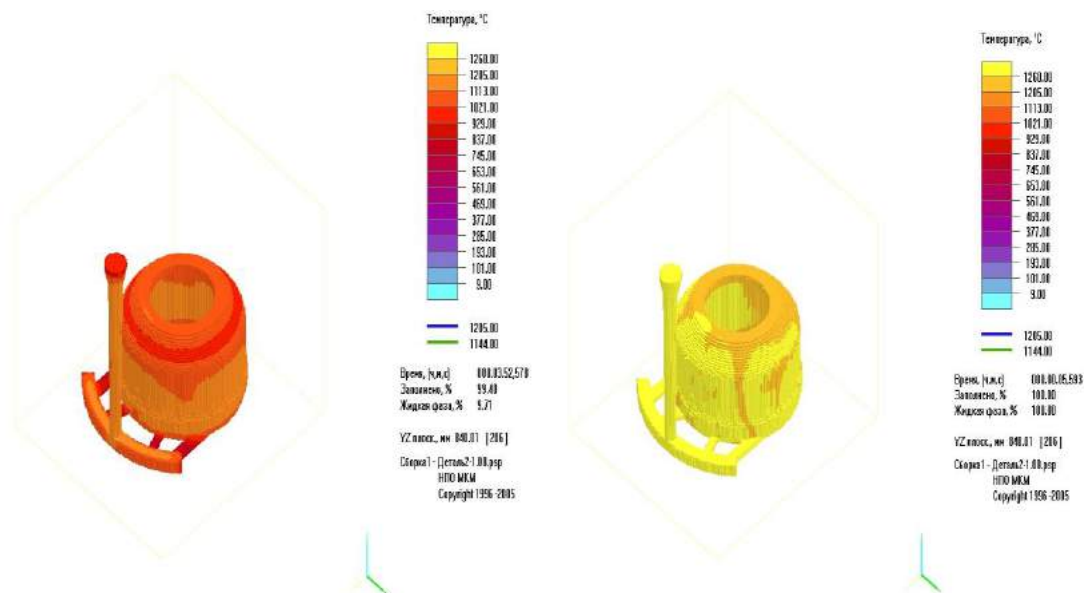


Рис.1 – Результаты моделирования процессов заполнения формы при величине статического напора $H=200$ мм (слева), результаты моделирования процессов заполнения формы при величине статического напора $H=250$ мм (справа).

Используя подходы оперативного менеджмента и методы построения оптимальной стратегии технического перевооружения литейных цехов, в сочетании с современными методами компьютерного моделирования и оптимизационным проектированием литейной оснастки, открывается возможность проведения технического перевооружения литейных цехов при минимальных затратах на реализацию соответствующих мероприятий. При таком варианте становится возможным также проведение в полном объеме мероприятий по освоению новых отливок номенклатуры, отличающейся от типовой номенклатуры литья, изготавливаемого в данном цехе.

Список литературы:

1. Ковалев, А. И. Управление реструктуризацией предприятия: Монография. – К.: АВРИО, 2006. – 367 с.
2. Корпоративное управление машиностроительным предприятием: проблемы, пути решения. Монография / Под общ. Ред. Д.э.н. про. Пономаренко В. С., д.э.н., доц. Ястремской Е. М., / Авторский коллектив: В. С. Пономаренко, Е. Н. Ястремская, В. М. Луцковский, С. Л. Кушнарь, Д. А. Репка, Н. В. Беликова. – Харьков: ИД «ИНЖЭК», 2006. – 232с.
3. Онищенко С.П. Формирование оптимального состава программы развития предприятия / С. П. Онищенко, Е.С. Арабаджи // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. - №6/3 (54). – С. 60-66.
4. Следь А. Н. Обновление производственной базы предприятий машиностроения как фактор повышения конкурентоспособности продукции на внешних рынках / А. Н. Следь // Проблеми розвитку внешнеэкономических связей и привлечения иностранных инвестиций: регіональний аспект: сб. научн. тр. – Донецк:ДонТУ, 2004. – ч.2. – с.520 - 523

Т.А. ХРОМОВА, О.О. ПАВЛЮЧЕНКО, канд. техн. наук, доцент

Дослідження впливу СВЧ на структуроутворення в сталях в процесі хіміко-термічної обробки

Розвиток техніки та створення нових машин часом гальмується через відсутність матеріалів з особливими властивостями або ж великою їх вартістю. Одержання матеріалів з комплексом властивостей можна здійснити методами хіміко-термічної обробки.

До матеріалів нафтогазової, хімічної й ін. промисловості пред'являються підвищені вимоги міцності, зносо- і корозійної стійкості. Недостатні властивості значно знижують термін служби деталей обладнання і підвищують вартість виробництва.

Значне підвищення корозійно-стійкості та зносостійкості можливо в процесі застосування титанування. Однак сам процес титанування, який здійснюється в наш час є тривалим процесом. Тому метою даної роботи було пошук методів титанування, які прискорюють цей процес. Для цього в роботі було використано нагрівання СВЧ. Середовище, що насичує, складалося з порошку, який містить титан і активаторів

У процесі проведення титанування було встановлено, що нагрівання СВЧ значно прискорює утворення дифузійного шару. За 10 хв. при оптимальному режимі роботи установки СВЧ був отриманий шар товщиною 100 мкм, у той час як при пічному нагріванні аналогічний шар можна одержати тільки за 2–3 години.

Дослідження впливу вмісту вуглецю в сталі показало схильність до підвищення мікротвердості шару від 10 000 МПа (сталь 20) до 30 000 МПа (сталь У8). При цьому можливо регулювати структурний склад дифузійного шару залежно від призначення титанування, а саме з метою підвищення корозійної стійкості або забезпечення високої твердості та зносостійкості.

Таким чином проаналізувавши отримані результати дослідження процесу титанування при нагріванні СВЧ можна зробити наступні висновки: нагрівання СВЧ сприяє прискоренню утворення титанованого дифузійного шару в 5–6 разів. Залежно від вимог титанування дозволяє одержувати корозійностійкі й зносостійкі шари на конструкційних та інструментальних сталях.

А.И. ЦЕЛУЙКО, В.И. КУЗЬМЕНКО, канд. техн. наук, профессор

Анализ проблем и постановка задачи исследования процесса выдавливания стержневых конических деталей

Стержневые детали с коническими элементами большой длины и малой конусности широко используются в разных отраслях промышленности. Указанные детали характеризуются значительным разнообразием конструктивных и технологических параметров, их изготавливают из сталей различных марок (20Х, 40Х, 40ХН, 50 ПП и др.), они имеют различные величины углов конических элементов ($3^\circ \leq 2\alpha \leq 20^\circ$, $60^\circ \leq 2\beta \leq 120^\circ$) и характеризуются большим диапазоном соотношений диаметров. По этой причине разработка оптимальных техпроцессов холодного выдавливания и конструкций штампов является сложной задачей. Эти детали изготавливают различными методами, такими как точение из прутка или из горячештампованной заготовки ($\text{КИМ} \leq 0,5$), а также с использованием прогрессивных методов, в том числе холодного выдавливания. Холодное выдавливание обеспечивает $\text{КИМ} 0,75 \dots 0,87$, экономию металла от 0,83 до 6,3 кг на одной детали и значительное снижение трудоёмкости механической обработки.

Сложность холодного выдавливания заключается в том, что многие детали имеют две конических поверхности: одну с малой конусностью большой длины и сопряжённую с ней переходную поверхность с большой конусностью малой длины (величины углов конических элементов $3^\circ \leq 2\alpha \leq 20^\circ$, $60^\circ \leq 2\beta \leq 120^\circ$), а также они характеризуются большим диапазоном диаметров. Процесс сопровождается значительным обновлением поверхности деформируемого тела, повышением температуры в области контакта. При этом доля трения велика и значительно влияет на силовой режим, напряженно-деформированное состояние заготовки и, как следствие, рост нагрузок на матрицу и снижение её стойкости. Даже при оптимальных граничных условиях потери на трение составляют 30...60% от общих затрат энергии на выдавливание. Величина потерь на трение значительно зависит от вида смазки.

Целью работы является создание методики расчета процесса прямого холодного выдавливания деталей данного типа с помощью МКЭ, что позволит провести анализ процесса, определить возникающие усилия, а также вычислить потери на трение, определить силовой режим и наметить пути их снижения, что позволит повысить стойкость матрицы.

На данном этапе нами опробован алгоритм расчета, построена модель процесса и получены первые результаты. Предложена методика дальнейшего исследования с учетом существующих параметров. Указанные результаты приведены в докладе.

М.И. ШЕВЧЕНКО, А.В. САЕНКО,

О.И. ПОНОМАРЕНКО, докт. техн. наук, профессор

Повышение качества формовочных смесей в условиях автоматизированного производства

Повышение качества формовочных смесей – одна из актуальных задач литейного производства. Так, по существующим данным, 40-60% дефектов обусловлено неудовлетворительным качеством формовочных материалов и смесей. Качество формовочных смесей можно оценить средним уровнем основных физико-механических показателей и значением их разброса в реальных условиях литейного цеха. Как правило, технические условия на формовочные смеси однозначно фиксируют рецептуру и допустимые диапазоны изменения свойств готовой смеси, соблюдение которых обеспечит получение качественных отливок.

Статистический анализ смесеприготовительных отделений литейных цехов показывает, что из-за большого колебания свойств исходных формовочных материалов даже строгое соблюдение рекомендуемой техническими условиями рецептуры не гарантирует требуемых выходных свойств смеси. Получающееся на выходе рассеивание свойств готовой смеси значительно перекрывает допустимый техническими условиями интервал их изменения, что и является одной из основных причин возникновения литейных дефектов в отливках. Одним из основных направлений повышения качества отливок и снижения уровня брака по вине формовочных смесей является стабилизация их свойств.

При решении этой задачи используются два подхода: эмпирический, когда рецептура технология приготовления смесей разрабатывается и корректируется непосредственно в производственных условиях и расчетно-аналитический, согласно которому для решения этой задачи используются математические модели.

Анализ производственных данных показывает, что в условиях литейного цеха АО «ХТЗ» имеется значительное колебание свойств исходных материалов и технологических свойств приготавливаемых смесей. Так, например, прочность на сжатие сырых образцов колеблется в пределах 0,075...0,105 МПа; влажность – 6,0...7,0 %; газопроницаемость – 4,2...5 %. Повышенная влажность влияет на снижение газопроницаемости и прочности, что приводит к образованию газовых раковин в отливках, кипению, обвалу форм. Существует нарушение рецептуры приготовления смеси из-за нерегулярного ввода кварцевого песка как освежающей добавки.

Математические модели свойств формовочной смеси являются основой для создания адаптивной системы стабилизации их свойств. Для разработки эффективных математических моделей целесообразно использовать данные активного промышленного эксперимента.

СЕКЦІЯ 7. ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ

УДК 621.3

Р.В. АНИЩЕНКО, О.Л. РЕЗИНКИН, докт. техн. наук, зав. кафедрой теоретических основ электротехники

Исследования образцов нелинейных диэлектриков, синтезированных методом вакуумного аэрозольного напыления

Нелинейные диэлектрики нашли широкое применение в различных областях науки и техники. Использование нелинейных диэлектриков позволяет осуществлять генерирование, усиление, модуляцию электрических сигналов, сохранение и преобразование информации. По мере наращивания сложности электронной аппаратуры и перехода к функциональной электронике роль и значение активных диэлектрических материалов при решении важнейших научных и технических задач непрерывно возрастают. Наиболее характерными нелинейными диэлектриками являются сегнетоэлектрики. Благодаря большим значениям диэлектрической проницаемости их используют в качестве материала для конденсаторов высокой удельной емкости. Существенная нелинейность диэлектрической проницаемости сегнетоэлектриков в электрическом поле делает возможным использование сегнетокерамик в качестве активной среды нелинейных формирующих линий.

Целью работы является исследования образцов нелинейных диэлектриков, синтезированных на лабораторной установке (рис.1) методом вакуумного аэрозольного напыления.

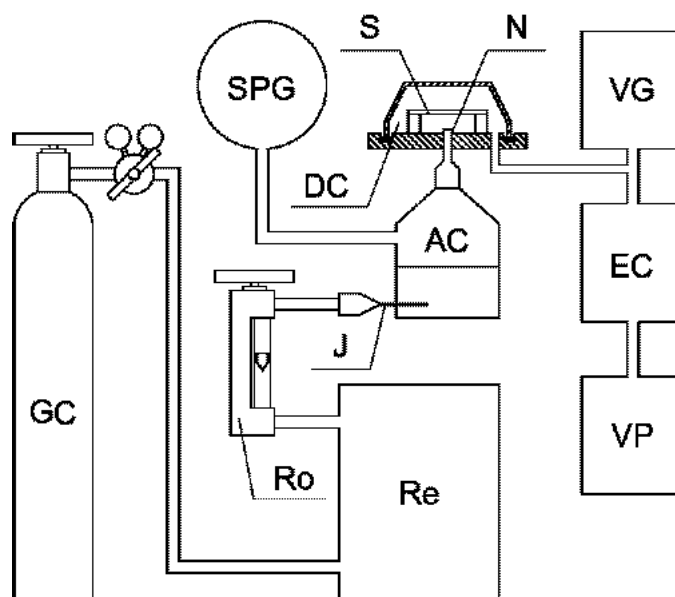


Рис.1 – Схема станда для синтеза нелинейных диэлектриков методом ВНКТ

На рис. 1 обозначены следующие технологические элементы:

AC - генератор аэрозоля; *C* - вакуумная камера; *VP* - вакуумный насос;

N – сопло;

S – подкладка;

VG - вакуумметр 13BT3-003;

SPG - образцовый манометр В; *GC* - балон с газом (N_2 под давлением);

Re – ресирвер;

Ro - ротаметр РС 3А;

J - жиклер-дозатор;

EC – электорфильтр.

На установке (рис. 1) были получены образцы сегнетокерамики, путем напыления мелкодисперсного сегнетоэлектрика. Путем разгона порошка сегнетоэлектрика до сверхзвуковой скорости с помощью подачи газообразного азота под высоким давлением.

Решение задачи исследования сегнетоэлектриков в сильных электрических полях возможно путем модификации методики Сойера-Тауэра согласно импульсного режима работы. Импульсная форма действующего поля позволяет добиться высокой информативности результатов эксперимента.

Для реализации модифицированной методики Сойера-Тауэра, которая позволила провести исследования поляризации сегнетоэлектриков в широком диапазоне фронтов монотонного роста действующих импульсов напряжения и тока, разработаны три экспериментальные стенды - миллисекундного, микросекундного и суб-микросекундного диапазонов роста напряженности электрического поля в исследуемых образцах .

Исследования, проведенные в миллисекундного диапазоне времен роста на напряженности электрического поля, позволили провести сравнение характеристик нелинейных диэлектриков при их импульсной поляризации с данными, полученными при воздействии на образцы переменного напряжения промышленной частоты.

Для проведения экспериментов в микро- и в субмикросекундных диапазонах роста напряженности электрического поля использованы специально разработанные генераторы монотонно растущих импульсов, выполненных по схеме Блюмлейна. Реализация модифицированной методики Сойера-Тауэра позволила измерить параметры поляризации сегнетоэлектриков при быстром монотонном росте у них напряженности электрического поля.

Список литературы:

1. Ф. Иона, Д. Ширане. Сегнетоэлектрические кристаллы. – Мир. – 1965. – 556 с.
2. В.М. Гуревич. Электропроводность сегнетоэлектриков. – Москва. – 1969. – 359 с.
3. А.С. Сонин, Б.А. Струков. Введение в сегнетоэлектричество.–Москва.– 1970.– 438 с.

Н.С. БЕРЕЖНАЯ, С.В. БАЗДЫРЕВА, аспирант,
С.В. СУРОВИЦКИЙ, инженер

Изменение структуры и субструктуры вольфрама при циклическом облучении водородной плазмой

Важным конструктивным элементом международного экспериментального термоядерного реактора (ITER - International Thermonuclear Experimental Reactor) является дивертор. Дивертор поглощает срывы плазмы при работе реактора, поэтому в качестве материала элементов защиты дивертора ITER решено использовать тугоплавкий вольфрам. Поведение вольфрама при воздействии циклических плазменных нагрузок при развитии переходных явлений в ITER, таких как срывы тока (disruption) и граничные локализованные моды (Edge Locales Modes – ELM), остаётся одной из самых важных проблем, которые будут определять работу современного ТОКАМАКа.

В данной работе комплексно изучается эволюция структурного состояния, развитие остаточных макронапряжений и формирование поверхностных трещин при многократном циклическом (до 400 имп.) облучении плазмой вольфрамовых образцов (99, 99%) нового типа, полученных способом двойного деформирования (double forging). Образцы облучали водородной плазмой в условиях, моделирующих переходные явления в ITER, на квазистационарном плазменном ускорителе КСПУ X-50 (ХФТИ). Плотность энергии в потоке, достигающего поверхности вольфрама за один импульсом, составляла $0,45 \text{ МДж/м}^2$, длительность импульса – 0,25 мс. Исследования морфологии и структуры, субструктуры и напряженного состояния выполняли методами растровой электронной микроскопии и рентгеновской дифрактометрии. Информацию о состоянии структуры и её изменение при облучении получали путём анализа положения, ширины, интенсивности и характера распределения интенсивности в профиле дифракционных линий. Остаточные макронапряжения (σ) и период решётки в ненапряженном состоянии (a_0) определяли с помощью $a\text{-sin}^2\psi$ -графиков.

В образцах выявлена аксиальная текстура, характеризуемая осью [100] вдоль нормали к поверхности и шириной кривой качания $\approx 20^\circ$. После облучения текстура не меняется. Установлено, что в исходном состоянии значение периода решётки в недеформируемом сечении a_0 составляет $0,31640 \pm 0,00002 \text{ нм}$, а при облучении он незначительно увеличивается. После облучения исходные остаточные макронапряжения сжатия отжигаются и вместо них формируются напряжения растяжения. С увеличением количества импульсов величина напряжений стабилизируется и составляет $270 \pm 20 \text{ МПа}$. При этом уменьшается ширина дифракционных линий на 10-20 % и изменяется знак асимметрии профиля дифракционных линий, что свидетельствует о перераспределении структурных дефектов.

Д.С. БУТЕНКО, В.В. РУДАКОВ, докт. техн. наук, профессор

Эффективность работы плоского гелиоколлектора с разным количеством трубок с теплоносителем на абсорбере

В последнее время получение тепловой энергии с помощью гелиоколлекторов получает все большее распространение. Однако одной из главных проблем, препятствующих массовому внедрению гелиоколлекторов, является большая материалоемкость, а, следовательно, и стоимость их главного элемента – абсорбера.

Это связано в первую очередь со стремлением получить максимально равномерное температурное поле, исключив либо минимизировав зоны перегрева на всей поглощающей поверхности. Выполнение этого условия позволит уменьшить тепловые потери через теплоизоляцию нагревателя, а, следовательно, и повысить его КПД [2].

Однако для решения поставленного вопроса необходимо либо повышать толщину пластины абсорбера, либо максимально уменьшать расстояние между трубопроводами, через которые протекающий теплоноситель охлаждает абсорбер [1].

Но выполнение таких условий, максимальное уменьшение шага между трубопроводами и увеличение толщины абсорбера проблематично. Потребуется неоправданное увеличение расхода конструкционных материалов для изготовления нагревателя, а, следовательно, и резкое повышение его себестоимости при непонятной предварительной оценке эффективности.

Для выполнения вышеприведенных условий и одновременной экономии ресурсов дополнена программа по тепловому расчету модели абсорбера с возможностью менять его толщину, материал, а также варьировать диаметры и шаг трубопроводов.

Для практической проверки полученных результатов были изготовлены несколько гелиоколлекторов с различным шагом трубопроводов. При этом полученные результаты по работе данных нагревателей сравнивались с расчетными результатами, которые были получены на математической модели теплового процесса.

Проведенные практические эксперименты позволили уточнить математическую модель гелиоколлектора, что в свою очередь позволяет оперативно и с небольшими затратами просчитывать оптимальную конструкцию практически любого плоского нагревателя.

Список литературы:

1. Твайдел Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.
2. Брикфорд Дж. Солнечная энергия для человека. – М.: Мир, 1976. – 291 с.

В.В. ДАЦЕНКО, Л.З. ЛУБЯНИЙ, канд. техн. наук,
С.В. ЮШКО, ст. викладач

Розробка і проектування системи для охолодження насіння соняшника

В наш час приділяється велика увага економії енергоресурсів та якості продукції. Саме тому нам необхідно обирати найефективніші способи використання і перетворення енергії. Існують різні методи очистки насіння соняшника від лушпиння.

Одним із способів очищення насіння соняшника є їх охолодження, а потім удар про болванку. Цей метод називається низькотемпературне обрушування насіння. Цей метод забезпечує гарну якість очистки насіння соняшника від лушпиння. В даній роботі розроблено систему для охолодження насіння соняшника до потрібної температури.

В роботі розглянута теорія обрушування. Визначені термодинамічні параметри насіння соняшника необхідні для проектування конвеєра.

У роботі зроблено тепловий розрахунок трьох холодильних машин (каскадної, газової та ступінчастої холодильних машин). Визначено холодильний коефіцієнт кожної із холодильних машин. На основі отриманих із розрахунків даних зроблено висновки по ефективності кожної з них для поставленої задачі. Вибраний самий оптимальний спосіб охолодження насіння соняшника.

Розглянуто різні можливі способи охолодження самого насіння. Вибраний спосіб – конвеєрне охолодження. Спроектовано конвеєр, по якому рухається насіння і охолоджується за рахунок потоку повітря.

Список літератури:

1. Сакун И. А. Холодильные машины. – Львов: Машиностроения, 1985. – 506 с.
2. Розенфельд Л. М., Ткачев А. Г. Холодильные машины и аппараты. – Москва: Госторгиздат, 1960. – 656 с.
3. Кошкин Н. Н. Холодильные машины. – М.:Пищевая промышленность, 1973. – 512 с.
4. Микулин Е. И. Криогенна техника – Москва: Машиностроения, 1969. – 272 с.
5. Епифанова В. И. Низкотемпературные радиальные турбодетандеры. – Москва: Машиностроения, 1974. – 503 с.
6. Кошкин Н. Н. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин. – Львов: Машиностроения, 1976. – 464 с.

А.І. ДОБРОЖАН, Р.В. ЗАЙЦЕВ, канд. техн. наук, ст. викладач,
В.Р. КОПАЧ, канд. техн. наук, доцент

Вплив умов опромінювання і температури на фотострум і вихідні параметри багатоперехідних кремнієвих фотоелектричних перетворювачів

Серед сучасних монокристалічних фотоелектричних перетворювачів (ФЕП) одними з найбільш перспективних є багатоперехідні (БП) *Si*-ФЕП з вертикальними діодними комітками (ВДК) у зв'язку з тим, що вони надають можливість отримувати електричну енергію найбільш дешевим способом, оптимально використовуючи концентроване сонячне випромінювання [1].

Мета роботи – отримання експериментальних даних стосовно впливу умов опромінювання і температури на фотострум та вихідні параметри сучасних БП *Si*-ФЕП з ВДК для визначення оптимальних режимів використання таких приладів у складі фотоенергетичних установок концентраторного типу.

Методикою дослідження є аналітичне опрацювання навантажувальних світлових вольт-амперних характеристик високоефективних БП *Si*-ФЕП з ВДК, вимірюваних при ступенях концентрації $1 \leq K_B \leq 500$ імітованого сонячного випромінювання і температурах $25 \leq T \leq 55$ °С в умовах опромінювання фронтальної, тильної та одночасно обох фотоприймальних поверхонь цих приладів.

Методика вимірювання припускає атестацію досліджуваних зразків в умовах геометрії й інтенсивності опромінювання, максимально наближених до умов їх наземного використання або на низькій навколоремній орбіті, коли одна фотоприймальна поверхня БП *Si*-ФЕП орієнтована на Сонце, а інша - до площини, що відбиває світло з деякими відмінностями інтенсивності (наприклад сніг, пісок, хмарний покрив).

З'ясовано, що вплив нерівнозначності опромінювання обох фотоприймальних поверхонь БП *Si*-ФЕП досягає найбільшого ефекту при концентраціях випромінювання $K_B = 100$ та $K_B = 300$, а при подальшому збільшенні K_B величина ККД наближається до свого максимального значення і вплив нерівнозначності опромінювання поступово зменшується.

Обґрунтовано доцільність використання K_B не більше 300 при односторонньому або двосторонньому рівнозначному опромінюванні БП *Si*-ФЕП та K_B близько 500 у випадку двостороннього нерівнозначного за потужністю опромінювання для забезпечення оптимальних техніко-економічних показників сонячної батареї з таких приладів.

Збільшення температури БП *Si*-ФЕП на 30 °С – від 25 °С до 55 °С – призводить до зменшення величини ККД в середньому на 3,4 %, а величини P_{HM} – на 1,4 Вт при односторонньому опроміненні та на 2,8 Вт при двосторонньому опроміненні.

Список літератури:

1. Стребков Д. С. Матричные солнечные элементы. В 3- томах. Том 2. / Д. С. Стребков М.: ГНУ ВИЭСХ, 2009. – 228 с.

О.Л. ІВАНОВ, Р.В. ЗАЙЦЕВ. канд. техн. наук, ст. викладач,
М.В. КІРІЧЕНКО, канд. техн. наук, наук. співр., **В.Р. КОПАЧ,** канд. техн. наук, доцент

Вплив стаціонарного магнітного поля на ефективність роботи кремнієвих багатоперехідних фотоелектричних перетворювачів з вертикальними діодними комітками

Стрімкий розвиток екологічно чистих технологій енергозабезпечення та вражаючі практичні досягнення фотоенергетики викликали зростання світового виробництва фотоелектричних перетворювачів (ФЕП) сонячної енергії.

Достатньо широке застосування мають зараз ФЕП на основі монокристалічного кремнію (Si-ФЕП), серійний випуск яких складає близько 40 % об'єму світового виготовлення усіх ФЕП. Їм притаманна висока надійність роботи, а ККД (η) кращих лабораторних зразків таких Si-ФЕП при 25 °C в умовах наземної інсоляції (режим опромінювання AM1,5) наближується до 25 % [1]. Але, вітчизняні Si-ФЕП мають недостатню ефективність і високу ціну. Це зумовлює актуальність досліджень, спрямованих на зниження вартості і підвищення ККД монокристалічних й полікристалічних Si-ФЕП та фотоенергетичних установок (ФЕУ) на їх основі.

Сучасним і перспективним методом низьковитратного підвищення ККД кристалічних Si-ФЕП є дія на них стаціонарного магнітного поля (СМП), яке може викликати структурну перебудову початкового ансамблю точкових дефектів і їх комплексів у кремнієвих кристалах, а також найбільш доцільним є залучення з відповідних ефектів тих, які при мінімальних енергетичних і матеріальних витратах та відносно простій техніці їх реалізації спроможні забезпечити помітне зростання ефективного часу життя τ нерівноважних неосновних носіїв заряду усередині базових кристалів, оскільки саме вказаний характер зміни величини τ є ключовим чинником підвищення ККД приладів зазначеного типу.

В роботі була практично застосована дія стаціонарного магнітного поля на багатоперехідний (БП) Si-ФЕП з вертикальними діодними комітками (ВДК) протягом 56 діб і проведена атестація цього приладу за допомогою метода навантажувальної світлової вольт-амперної характеристики при різних ступенях концентрації імітованого сонячного випромінювання зі спектральним складом, який відповідає режиму AM1,5.

Аналіз результатів досліджень надав підставу вважати, що оптимальним часом обробки монокристалічного зразка БП Si-ФЕП у однорідному СМП з $B = 0,2$ Тл є 35 діб, при якому ККД при різних ступенях концентрації імітованого сонячного випромінювання зріс на 0,69-2,19%, збільшення ж часу обробки до 56 діб виявляється менш ефективним.

Список літератури:

1. Green M. A., Emery K., Hishikawa Y. and Warta W. Solar cell efficiency tables (version 36) / M.A. Green // Sydney: Wiley Online Library. – 2010. – P. 346 –352.

М.Л. КИМ, Л.З. ЛУБЯНИЙ, канд. техн. наук, професор

Вивчення магніторезистивних характеристик мультішарових датчиків

Серед сучасних технічних засобів чимало пристроїв і об'єктів, робота яких заснована на взаємодії з магнітним полем або в яких останнє використовується в якості керуючого середовища. Значення магнітних полів настільки велике, що вельми актуальними є завдання по контролю магнітного поля, їх вивчення та ефективному застосуванню в науці, техніці й побуті. Використання перетворювачів магнітного поля першого покоління дозволило істотно підвищити надійність і експлуатаційні характеристики багатьох пристроїв автоматики і обчислювальної техніки, зменшити їх габарити і вартість [1].

Були розроблені багатошарові смуги зі схрещеними осями легкого намагнічування. Встановлено, що у феромагнітних шарах реалізується однодоменний стан, стійкість якого обумовлена замиканням потоку уздовж короткої сторони смужки. Цей стан зберігається при зміні зовнішнього поля, прикладеного вздовж довгої сторони смужки, від насичення до негативного порогового поля перемикання – H_p . Перемагнічування відбувається практично без гістерезису. Магнітоопір dp/p змінює знак при зміні напрямку поля. Перемикання плівки в негативному полі вище порогового H_p здійснюється шляхом зародження і зростання доменів зворотної намагніченості з одночасним утворенням краєвих доменів. Краєві домени можуть бути відповідальними за збільшення порогового поля H_p при зменшенні ширини смужки. Просування доменів призводить до незворотного перемагнічування в негативному полі вище порогового, що супроводжується стрибкоподібною зміною dp/p .

Розглянуті перспективи використання плівок з схрещеними вісями намагнічення у вимірювальній техніці і в техніці запису інформації. Перевагою вказаних плівок є можливість виготовлення датчиків поля, які дозволяють визначати не лише величину, але і знак поля без використання зміщуючих пристроїв. Магнітна пам'ять побудована на магніторезистивних елементах з схрещеними вісями легкого намагнічування, для свого функціонування не вимагає великих струмів через елемент.

В результаті проведеного аналізу показано, що при перемагнічуванні зразка товщиною 50 мкм при куті повороту 30 градусів досягається найбільше змінення магнітоопору, перемагнічування відбувається одним стрибком та значення поля переключення найбільш стабільне, тому в якості порогового елемента рекомендовано використання цього зразка.

Список літератури:

1. Холерики О.К. Полупроводниковые преобразователи магнитного поля. – М.: Энергоиздат, 1986. – 136 с.

С.Є. КІРЕВИЧ, В.М. МИХАЙЛОВ, докт. техн. наук, професор

Дослідження дії імпульсного магнітного поля на циліндричну провідну оболонку

Магнітно-імпульсна обробка металів (МІОМ) є безвідходною та екологічно чистою технологією [1]. При цьому обробка виконується за допомогою силового впливу електромагнітного поля на металеві тонкостінні заготовки циліндричної або плоскої форми.

Розглянуто проникнення у циліндричну заготовку зовнішнього магнітного поля, напруженість котрого змінюється за формулою:

$$H(0,t) = H_0 e^{-\alpha t} \sin \omega t, \quad (1)$$

де H_0 - стала, α - коефіцієнт згасання, ω - кутова частота.

Напруженість поля всередині заготовки дорівнює [2]:

$$H(d,t) = 2H_0 \sum_{k=1}^{k=\infty} \frac{1}{x_k \sin x_k \left[1 + \frac{R}{2\mu_r d} \left(1 + x_k^2 \frac{R}{2\mu_r d} \right) \right]} \cdot \frac{x_k^2}{d^2 \mu \gamma \left(\left(-\frac{x_k^2}{d^2 \mu \gamma} + \alpha \right)^2 + \omega^2 \right)} \times \\ \times \left[\exp(-\alpha t) \left(\left(\frac{x_k^2}{d^2 \mu \gamma} - \alpha \right) \sin \omega t - \omega \cos \omega t \right) + \omega \exp\left(-\frac{x_k^2}{d^2 \mu \gamma} t\right) \right], \quad (2)$$

де d, R - товщина та внутрішній радіус заготовки;

μ, μ_r, γ - абсолютна й відносна магнітні проникності та питома електропровідність матеріалу заготовки;

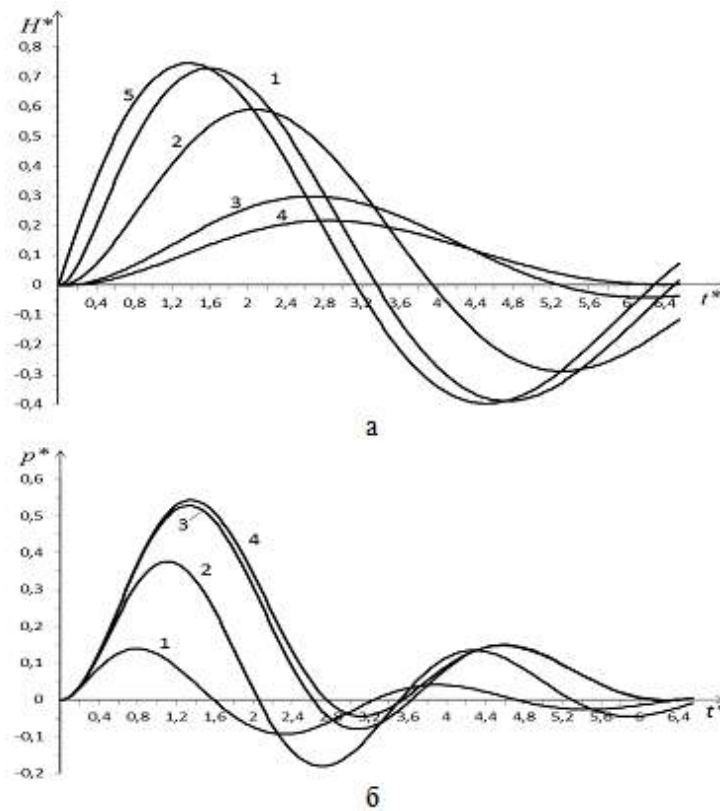
x_k - відомі корені трансцендентного рівняння.

Тиск імпульсного магнітного поля, що діє на заготовку, а також лінійну густину вихрових струмів в ній розраховуємо за формулами:

$$p(t) = \frac{\mu}{2} [H^2(0,t) - H^2(d,t)], \quad (3)$$

$$\eta(t) = H(0,t) - H(d,t). \quad (4)$$

Результати розрахунків за формулами (2), (3) зображені на рис. 1 ($t^* = \omega t$, $H^* = H/H_0$, $p^* = p/p_0$).



1-4- $H^*(d, t^*)$; 1 - $d/\Delta_0 = 0.1$, 2 - 0,2, 3 - 0,4, 4 - 0,4, 5 - $H^*(0, t^*)$

Рис. 1 – Напруженості (а) й тиск (б) магнітного поля при $\alpha/\omega = 0,2, d/R = 0,05$

Імпульси тиску магнітного поля складаються з позитивних та негативних півхвиль. Позитивні півхвилі імпульсів викликають обтиск оболонки, негативні – розширення.

Для аналізу впливу електропровідності та розмірів циліндричної оболонки, а також частоти на тиск імпульсного магнітного поля використовували два критерії подібності d/Δ_0 та d/R . За малих значень d/Δ_0 (криві 1) магнітне поле інтенсивно проникає усередину оболонки, різниця амплітуд та зсув фаз між максимумами зовнішнього поля та поля, що проникло, незначні, тому амплітуди позитивного та негативного тиску теж незначні.

Зі збільшенням d/Δ_0 мають місце дві тенденції: зменшення амплітуди поля, що проникло усередину заготовки, та збільшення вказаного зсуву фаз. Перша тенденція призводить до зростання амплітуди позитивного тиску, а друга – до зростання негативного тиску (криві 2-4).

У подальшому планується ускладнити розглянуту модель з урахуванням деформації циліндричної заготовки у часі.

Список літератури:

1. Бржезицький В.О., Ісакова А.В., Рудаков В.В. та ін. Техніка і електрофізика високих напруг. – Харків: НТУ«ХП» - Торнадо, 2005.
2. Михайлов В.М. Импульсные электромагнитные поля. - Харьков: Вища школа. – 1979. – 140 с.

М.П. КОЛОДЯЖНАЯ, К.Р. ЖЕКОВ, мл. научный сотрудник

Низкотемпературные фазовые переходы в редкоземельном ферроборате $\text{Nd}_{0,6}\text{Dy}_{0,4}\text{Fe}(\text{BO}_3)_4$

Интерес к изучению редкоземельных ферроборатов $\text{RFe}_3(\text{BO}_3)_4$ ($\text{R} = \text{Y}; \text{La}-\text{Nd}; \text{Sm}-\text{Er}$), имеющих ромбоэдрическую структуру (тригональная пространственная группа $\text{R}\bar{3}2$), связан с обнаружением в них связи магнитной, электрической и упругой подсистем, в частности, в некоторых из них мультиферроэлектрических эффектов. Специфика их оптических, магнитных и магнитоэлектрических свойств обусловлена обменным взаимодействием между магнитными подсистемами ионов железа и редкой земли [1]. Магнитные структуры, которые реализуются в кристаллах этой группы, весьма разнообразны: в зависимости от типа редкоземельного иона эти соединения могут быть легкоосными (ферробораты Pr, Tb, Dy) или легкоплоскостными антиферромагнетиками (ферроборат Nd, Sm, Er), либо спонтанным образом переходить из легкоосного к легкоплоскостному состоянию (ферробораты Gd, Ho). Представляет интерес изучение конкурирующего вклада различных редкоземельных ионов в магнитную анизотропию ферроборатов бинарных составов типа $\text{R1}_{1-x}\text{R2}_x\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$ (где $\text{R1} = \text{Dy}, \text{Tb}$, а $\text{R2} = \text{Nd}, \text{Er}$)[2], в которых можно ожидать реализации спонтанных ориентационных переходов от легкоплоскостного к легкоосному состоянию.

Изометричные монокристаллы $\text{Nd}_{0,6}\text{Dy}_{0,4}\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$ выращивались из растворов-расплавов на основе тримолибдата висмута по технологии, подробно описанной в [3], и достигали размеров до 10-12 мм. Целью работы является изучение поведения акустических характеристик в зависимости от температуры и напряженности внешнего магнитного поля в монокристалле $\text{Nd}_{0,6}\text{Dy}_{0,4}\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$. Кристаллы представляют собой прозрачную шестигранную призму зеленого цвета высотой порядка 5-7 мм в направлении, близком к оси симметрии третьего порядка C_3 . Акустические исследования проводились на звуковой установке по мостовой схеме. Образцы ориентировались с помощью метода обратной съемки (метод Лауэ).

В области температур ниже точки Нееля монокристалл находится легкоосном состоянии. Переход из легкоосного состояния в легкоплоскостное происходит в 2 этапа, через некую промежуточную фазу, структура которой не известна. На рис. 1 представлена фазовая диаграмма ферробората $\text{Nd}_{0,6}\text{Dy}_{0,4}\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$.

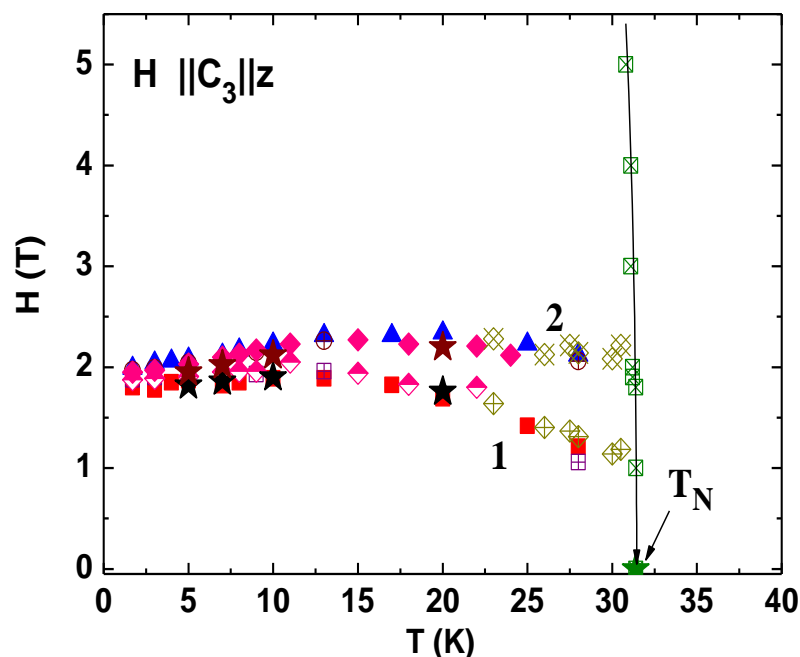


Рис. 1 – Фазовая H-T диаграмма кристалла $\text{Nd}_{0,6}\text{Dy}_{0,4}\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$, $\text{H} \parallel \text{C}_3 \parallel z$. Четырехугольники соответствуют положению особенностей в температурных и магнитопольевых зависимостях скоростей и поглощения различных акустических мод, звездочки – особенности в намагниченности

В ходе проведенных исследований впервые определена температура Нееля для монокристалла $\text{Nd}_{0,6}\text{Dy}_{0,4}\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$ в 31.4 К; обнаружены индуцированные магнитным полем фазовые переходы типа спин-флоп по полю, приложенному вдоль направления оси C_3 , вероятно, обусловленные спиновой переориентацией нескольких магнитных подрешеток кристалла; построен низкотемпературный фрагмент фазовой H-T диаграммы.

Список литературы:

1. Huang M., Chen Y., Chen X et al. Simultaneous green and blue laser radiation based on a nonlinear laser crystal $\text{Nd}:\text{GdAl}_3(\text{BO}_3)_4$ and a nonlinear optical crystal KTP // Optics Commun.-2002. – 208. – P.163.
2. Звягина Г. А., Жеков К. Р., Билыч И. В., Звягин А. А., Безматерных Л. Н., Гудим И.А. Низкотемпературные фазовые переходы в редкоземельном ферроборате $\text{Nd}_{0,75}\text{Dy}_{0,25}\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$ // ФНТ. – 2010. – Вып. №36. – С. 352.
3. Попов Ю. Ф., Кадомцева К. М., Воробьев Г. П., Мухин А. А., Иванов В. Ю., Кузьменко А. М., Прохоров А. С., Безматерных А. Н., Теремов В. Л. Обнаружение спонтанной спиновой переориентации в ферроборатах $\text{Nd}_{1-x}\text{Dy}_x\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$ с конкурирующим R-Fe обменом // Письма в ЖЭТФ. – 2009. – Том 89. – Вып. №7. – С. 405-411.

А.А. КОРОБКО, В.В. РУДАКОВ, докт. техн. наук, профессор

Исследование влагосодержания диэлектрического масла диэлькометрическим методом

Несмотря на разнообразие существующих методов и стандартов измерения влагосодержания, четко прослеживаются два основных недостатка методов измерения: применение реагентов для измерения; длительное время измерения. В связи с этим возникает необходимость разработки метода экспресс анализа влагосодержания, позволяющего с небольшими материальными и временными затратами определять с достаточной точностью концентрацию воды в диэлектрических маслах [1].

Суть диэлькометрического метода заключается в том, что исследуемое масло помещается в измерительный преобразователь, представляющий собой конденсатор, в котором роль диэлектрика выполняет исследуемое вещество. В этом случае диэлектрическая проницаемость диэлектрика будет зависеть от концентрации воды в нем. Соответственно изменение диэлектрической проницаемости влечет за собой изменение емкости измерительного преобразователя. Подключив измерительный преобразователь к генератору гармонических колебаний, получаем зависимость частоты колебаний в контуре от концентрации воды [2,3].

Задача исследования состоит в:

1. Проведении измерения смесей типа: трансформаторное масло - вода, полярный растворитель - вода. Концентрации воды 0.03-10%, в диапазоне частот измерения 40кГц - 5 МГц.
2. Выполнении компьютерного моделирования измерения влагосодержания в смесях при помощи табуляции математических моделей смеси.

В ходе проведенных исследований измерения влагосодержания смесей типа трансформаторное масло - вода, полярный растворитель - вода, были получены закономерности поведения смесей на различных частотах и концентрациях. Найдено соответствие экспериментальных результатов теоретическим моделям смесей.

Список литературы:

1. Мелкумян В.Е. Измерение и контроль влажности материалов. – М.: Издат. Комитета стандартов мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, 1970. – 138 с.
2. Коробко А.А. Електрофізичний метод визначення вмісту вологи в нафтовому маслі: дипл. работа бакалавра : 6.05070104 : захищено 24.05.12 / Коробко Александр Анатольевич. - Х., 2012. - 50с. - ФТ-38.04
3. Бензарь В. К. Техника СВЧ-влагометрии.- Минск.: "Высшая школа", 1974.-352 с.

В.Є. КОРСУН, Г.С. ХРИПУНОВ, докт. техн. наук, професор,
М.М. ХАРЧЕНКО, наук. спів.

Отримання та властивості тонких плівок CuI

CuI використовується у напівпровідникових гетероструктурах, органічних фотоелектричних перетворювачах, у створенні мікроконденсаторів, ізоляційних шарів, хвилеводів, польових еміторів, оптичної пам'яті та ін. Завдяки інтенсивній випромінювальній рекомбінації екситону, CuI є перспективним для створення напівпровідникових лазерів та світлодіодів в фіолетовій області спектру Також CuI часто використовується в якості прозорого контакту з великою роботою виходу в сонячних елементах та в органічних електролюмінісцентних ФЕП. Через швидку деградацію силіконових концентраторів та, власне, кремнієвих фотоелектричних перетворювачів під впливом УФ – випромінення, було поставлено за мету розробку захисного шару. За матеріал було обрано CuI, що одночасно має високий показник поглинання у діапазоні УФ-випромінення та є прозорим у видимій частині спектру.

Тонкі шари CuI були отримані шляхом вакуумного напилення міді на скляну, силіконову підкладку та кремнієвий ФЕП з подальшою витримкою в парах йоду. Фазовий склад та структура осаджених плівок досліджувалась з використанням рентгенівського дифрактометру ДРОН-4М. Спектри пропускання були виміряні за допомогою спектрофотометру СФ-2000. Дослідження квантової ефективності від довжини хвилі було проведено за допомогою подвійного монохроматора розсіяння ПМР-4.

В роботі проведено пошук оптимальних режимів отримання тонких плівок CuI. В результаті досліджень було показано, що отримані плівки мають високий рівень прозорості у видимій частині спектру та високе поглинання УФ-випромінення, показано наявність люменісцентних піків та значне покращення чутливості кремнієвого ФЕП у короткохвильовій та видимій частині спектру опромінення.

Н.М. ЛОЗИНСЬКИЙ, І.М. ЛУКІЄНКО, мол. наук. співр.

Магнітооптичні та оптичні властивості в одновимірному магнітному фотонному кристалі $\text{GGG}/[\text{TiO}_2/\text{SiO}_2]^4/\text{Bi:YiG}/[\text{SiO}_2/\text{TiO}_2]^4$ з ферит-гранатовим мікродрезонатором

Фотонні кристали (ФК) - це штучні періодичні діелектричні або напівпровідникові слоїсті структури із періодичною зміною показника заломлення в просторових напрямках та із забороненою фотонною зоною, що перешкоджає поширенню світла у визначеному частотному діапазоні.

В роботі досліджувався одновимірний магнітний ФК $[\text{TiO}_2/\text{SiO}_2]^4/\text{M}/[\text{SiO}_2/\text{TiO}_2]^4$ із магнітним шаром М – $\text{Bi}_{1.0}\text{Y}_{0.5}\text{Gd}_{1.5}\text{Fe}_{4.2}\text{Al}_{0.8}\text{O}_{12}$ (BiYGd -ферит-гранату), і брегівськими дзеркалами – $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$, вирощений на кристалічній підкладці гадоліній галієвого гранату GGG ($\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$) - рис. 1.

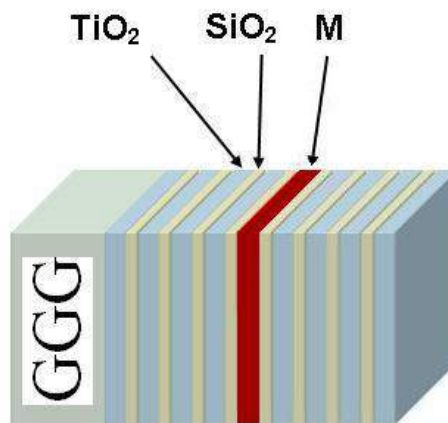


Рис. 1 – Схематичне зображення структури одновимірного магнітного фотонного кристалу $\text{GGG}/[\text{TiO}_2/\text{SiO}_2]^4/\text{Bi:YiG}/[\text{SiO}_2/\text{TiO}_2]^4$

Зразок був отриманий методом електронно-променевого випаровування із оптичним контролем товщини плівок напилення. Швидкість осадження магнітооптичного шару складала від 5,7 до 6,6 нм/хв. Залишковий тиск при напиленні складав 5×10^{-6} Торр, тиск аргону – 5×10^{-4} Торр, тиск кисню – $0,5 \times 10^{-4}$ Торр, прискорююча напруга – 5 кВ, потік іонного пучка – 160 мА. Для кристалізації магнітооптичного слою зразок відпалювався після осадження при температурі 690°C на протязі 20-ти хвилин.

Для отримання забороненої фотонної зони і резонансного піку пропускання в ній, товщини брегівських дзеркал і магнітооптичних шарів задавалися з урахуванням виконання умов інтерференції.

Оптична товщина $t_{\text{опт}}$ брегівських дзеркал була кратна $\frac{1}{2}$ резонансної довжини хвилі падаючого світла $\frac{\lambda_R}{2}$: $t_{\text{опт}}(\text{TiO}_2) = n(\text{TiO}_2) d(\text{TiO}_2) = \frac{\lambda_R}{4}$; $t_{\text{опт}}(\text{SiO}_2) = n(\text{SiO}_2) d(\text{SiO}_2) = \frac{\lambda_R}{4}$; $t_{\text{опт}}(\text{TiO}_2) + t_{\text{опт}}(\text{SiO}_2) = \frac{\lambda_R}{2}$, де n – показник заломлення і d – товщина слою. Товщина шарів SiO_2 і TiO_2 при напиленні склали 117 і 76 нм, відповідно. Оптична товщина магнітного шару M була кратна $\frac{\lambda_R}{2}$, і становить 160 нм.

Виміри проводилися на магнітооптичній установці. Складовими установки є: джерело світла – галогенова лампа розжарювання, монохроматор, поляризатори, електромагніт, модулятор, ФЕП - фотоелектронний помножувач, фазовий детектор, генератор звукових коливань, реєструючий прилад - ПК.

На рис. 2 червоним представлено спектральну залежність обертання Фарадея в ФК. Сині точки на рисунку відповідають значенням обертання Фарадея, які були отримані прямим нуль-методом. Внесок підкладки в цьому методі автоматично віднімався. Чорним на рисунку представлено спектр пропускання кристалу.

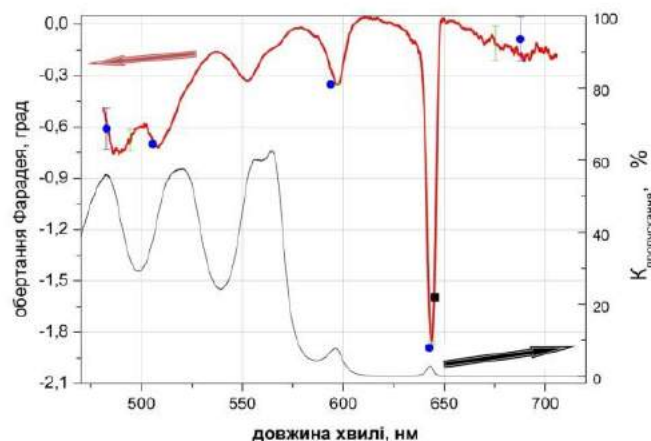


Рис. 2 – Залежності кута повороту Фарадея в одномірному магнітному ФК разом із підкладкою в магнітному полі 1,24 кЕ та коефіцієнту пропускання від довжини хвилі випромінювання. Чорна (прямокутна) точка відповідає польовій залежності обертання Фарадея даного кристалу при довжині хвилі 645.5 нм

Отримані дані підкреслюють незвичайність даного виду кристалів, тобто вони характеризуються великим кутом обертання площини поляризації світла саме при резонансній довжині падаючого випромінювання.

Такі кристали є перспективними для конструювання мікромініатюрних приладів оптоелектроніки, систем зберігання і передачі інформації, що робить їх цікавими для дослідження в подальшому.

Д.А. МАКСИМОВ, Н.П. ПЕТРЕНКО,
О.Я. КОНОВАЛОВ, канд. техн. наук, доцент

О решениях задач продолжения поля с оси в элементарных функциях

Для определения профилей электродов или массивных соленоидов, обеспечивающих заданные распределения напряженностей поля на граничной поверхности, формулируют задачу продолжения поля – потенциала, силовой функции или магнитного потока, которая представляет собой задачу Коши для соответствующего уравнения эллиптического типа. Решения таких задач, полученные методом частных решений, непрерывно зависящих от параметра, содержат несобственные интегралы, область сходимости которых зависит от заданного распределения поля и ограничена в направлении нормали к граничной поверхности. Последнее приводит к некоторым затруднениям и погрешностям при нахождении контура профиля. С другой стороны, для оценки сходимости несобственных интегралов желательно знать интегральные преобразования Фурье заданных распределений поля, а число таких распределений ограничено. Поэтому представляет интерес поиск таких распределений поля даже на граничных поверхностях простой формы, для которых решения соответствующих задач продолжения поля могут быть представлены элементарными функциями.

Рассматриваем в декартовых координатах x, y плоскопараллельное поле над плоской граничной поверхностью $y = 0$, на которой задано распределение $H_x(x, 0)$ (рис. 1, 2). Среда в области $y > 0$ имеет магнитную проницаемость μ и является непроводящей. Формулировка и решение задачи продолжения магнитного поля с оси x для силовой функции магнитного поля v_m имеет вид:

$$\frac{\partial^2 v_m}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_m}{\partial y^2} = 0; \quad (1)$$

$$v_m(x, 0) = V_{m0}; \quad (2)$$

$$\left. \frac{\partial v_m}{\partial y} \right|_{y=0} = -H_x(x, 0); \quad (3)$$

$$v_m(x, y) = V_{m0} - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^{\infty} [F(\lambda)/\lambda] \cos(\lambda x) \operatorname{sh}(\lambda y) d\lambda, \quad (4)$$

где V_{m0} – постоянная, $F(\lambda)$ – косинус-преобразование Фурье $H_x(x, 0)$.

Физический смысл задачи (1) – (3): магнитное поле над осью x при идеальном поверхностном эффекте. В случае электростатики задано распределение $E_y(x, 0)$. Формулировка и решение задачи для потенциала $\varphi(x, y)$ имеют аналогичный вид. При этом V_{m0} следует заменить на U_0 , а $H_x(x, 0)$ – на $E_y(x, 0)$.

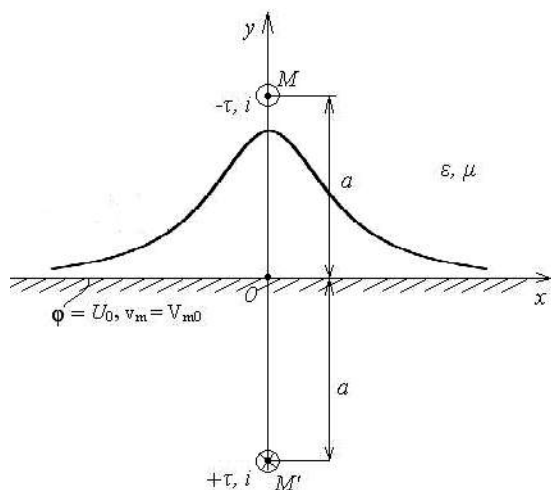


Рис. 1 – Распределение $H_x(x,0)$ или $E_y(x,0)$, создаваемое двумя линейными источниками на границе $y = 0$

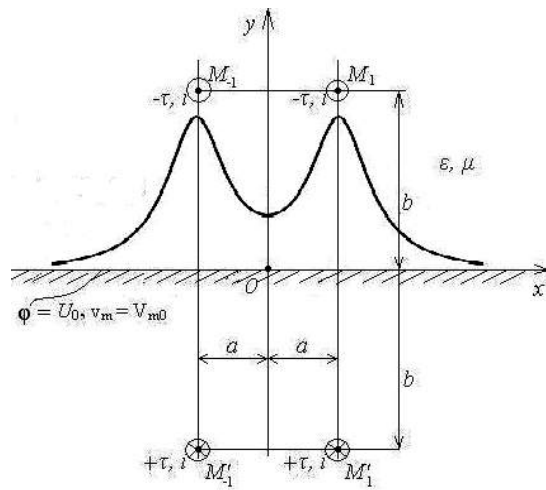


Рис. 2 – Распределение $H_x(x,0)$ или $E_y(x,0)$, создаваемое двумя парами линейных источников на границе $y = 0$

Рассмотрим вначале функцию

$$v_m(x, y) = V_{m0} + \frac{1}{4} \ln \left[\frac{x^2 + (y - a)^2}{x^2 + (y + a)^2} \right], \quad (5)$$

где a – действительная постоянная, $a > 0$.

Подстановкой (5) можно убедиться, что эта функция удовлетворяет уравнению (1) и граничному условию (2). Дифференцируя (5) по y , получим

$$\left. \frac{\partial v_m}{\partial y} \right|_{y=0} = -\frac{a}{x^2 + a^2}. \quad (6)$$

Поскольку правая часть выражения (6) является аналитической функцией, то функция (5) является единственным решением задачи (1) – (3) при

$$H_x(x,0) = \frac{a}{x^2 + a^2}. \quad (7)$$

Пусть теперь

$$v_m(x, y) = V_{m0} + \frac{1}{4} \ln \left\{ \frac{(x - a)^2 + (y - b)^2}{(x - a)^2 + (y + b)^2} \right\} \left\{ \frac{(x + a)^2 + (y - b)^2}{(x + a)^2 + (y + b)^2} \right\}, \quad (8)$$

Выражение (8) является единственным решением задачи (1) – (3) при

$$H_x(x,0) = b \left[\frac{1}{(x - a)^2 + b^2} + \frac{1}{(x + a)^2 + b^2} \right]. \quad (9)$$

Решения аналогичных электростатических задач отличаются от (5), (8) тем же, что и соответствующие решения с несобственными интегралами.

Решение (5) и распределение (7) соответствуют магнитному полю двух параллельных осей с токами i противоположного направления, а решение (8) и распределение (9) – двум парам подобных источников поля, расположенным симметрично осям y и x в точках $M_1, M'_{-1}, M_{-1}, M'_1$ (рис. 2). Все величины, входящие в выражения (1) – (9), полагаются безразмерными.

Д.А. МАЛЯРЕНКО, М.З. РУДЕНКО, канд. техн. наук, ст.викладач

Утилізація тепла промислових викидів

Реальні співвідношення цін на електроенергію, тепло ТЕЦ і паливо змушують більшість підприємств переходити на власні генератори теплоти. У зв'язку з цим потенційне зростання цін на енергоносії і в найближчому майбутньому, і зараз стимулює "справжнього господаря" застосовувати енергоефективні технології для свого підприємства.

Застосування теплонасосних установок (ТНУ) для промислового підприємства найбільш ефективно для [1]:

- утилізації теплоти водооборотних систем у технологічних процесах;
- утилізації теплоти вентиляційних викидів ;
- утилізація теплоти скидних вод з подальшим використанням теплоносія.

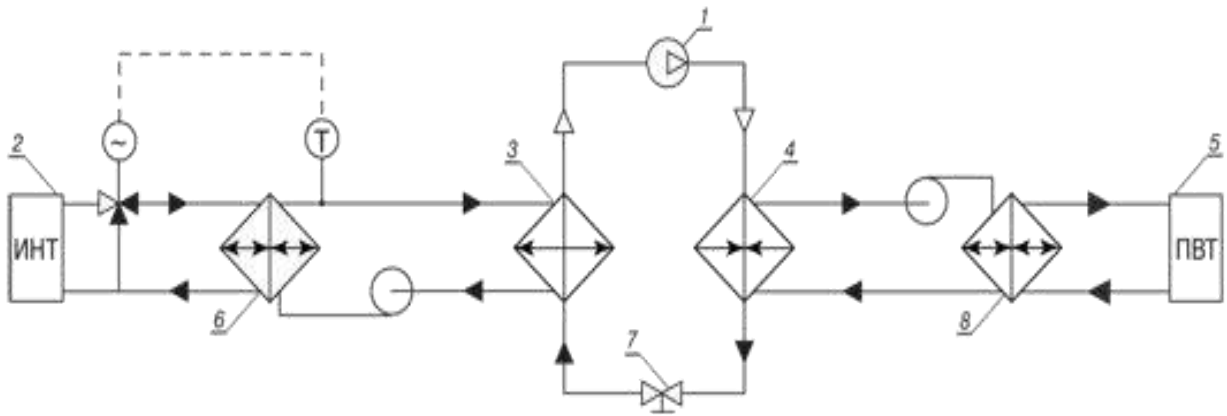
Особливо гостро проблема позначилася в теплопостачанні об'єктів ЖКХ, де витрати палива на виробництво теплоти, перевершують в 1,7 раз витрати на електропостачання. Основним недоліком децентралізованих джерел теплопостачання являється низька енергетична, економічна та екологічна ефективність [2]. А високі транспортні тарифи на доставку енергоносіїв та часті аварії на теплотрасах посилюють негативні фактори, властиві традиційному централізованому теплопостачанню.

Одним з ефективних енергозберігаючих способів, що дають можливість економити органічне топливо, знижувати забруднення навколишнього середовища, задовольняти потреби в технологічному теплі, є використання теплонасосних технологій виробництва тепла.

Використання екологічно чистих джерел енергії можуть запобігти енергетичну кризу, що назріває в Україні. Поряд з пошуками традиційних джерел (газ, нафта), перспективним напрямком є використання енергії, що накопичується у водоймах, ґрунті, геотермальних джерелах, технологічних викидах (повітря, вода, стоки та ін.) [3].

Але температура цих джерел достатньо низька (0-25°C) та для ефективного їх використання необхідно здійснити перенос цієї енергії на більш високий температурний рівень (50–100 °C). Реалізується таке перетворення тепловими насосами (ТН), які, по суті, являються парокомпресійними холодильними машинами.

Метою цієї роботи є зниження викидів парникових газів і споживання природного газу в результаті застосування енергетичної установки «теплові насоси + когенераційна установка (працює за способом комбінованого виробництва електричної і теплової енергії)» в м. Житомир.



1 – компрессор; 2 – джерело теплоти низького рівня (ДНТ); 3 – випарник теплового насосу; 4 – конденсатор теплового насосу; 5 – споживач теплоти високого рівня (СВТ); 6 – низькотемпературний теплообмінник; 7 – регулятор потоку холодоагенту; 8 – високотемпературний теплообмінник.

Рис. 1 – Гідравлічна схема теплового насосу

Безпосередньо з територією котельної на межує ріка Тетерів, низькопотенційне тепло якої буде використано для підігріву води.

Якщо температура води в річці не нижче $+7^{\circ}\text{C}$, то теплові насоси будуть працювати. Виходячи із наданих даних про «середньомісячну температуру води в р.Тетерів» температура річкової води опускається нижче $+7^{\circ}\text{C}$ в січні, лютому, грудні.

За результатами аналізу: хімічний склад річкової води відповідає по воді вимогам фірми, у якої будуть придбані компресорні установки.

Максимальна температура подачі гарячої води у котельню $+85^{\circ}\text{C}$.

Перепад температур на гарячій воді $\Delta t = 15^{\circ}\text{C}$.

У котельні встановлюється два двоступінчатих аміачних теплових насоса, дві закриті градирні, чотири насоса оборотної води.

Потужність теплових насосів підбиралась так, щоб розвантажити котельню у середньому на 46% по ГВП. Отримуємо 6956 Гкалл/місяць або 8088 кВт.

Список літератури:

1. <http://www.ecothermo.com.ua/page-utiliz.html> від 10.01.14.
2. http://ecothermo.com.ua/page-uch_center11.html від 11.01.14.
3. В.В.Харитонов и др. «Вторичные теплоэнергоресурсы и охрана окружающей среды», Минск: Высшая школа, 1988.

К.В. МАРТИНОВА, О.І. РОГАЧЕВА, докт. фіз.-мат. наук,
Г.М. ДОРОШЕНКО, аспірант

Кінетичні властивості твердих розчинів $\text{Bi}_{100-x}\text{Sb}_x$ в області малих концентрацій сурми

Тверді розчини $\text{Bi}_{100-x}\text{Sb}_x$ є кращими термоелектричними матеріалами за температур нижче ~ 200 К [1]. При вмісті сурми $x \sim 0.5 - 1.5$ на концентраційних залежностях механічних та електричних властивостей даних твердих розчинів були виявлені аномальні ділянки. Слід зазначити, що екстремальна поведінка різних властивостей при малих концентраціях одного з компонентів також спостерігалась у ряді інших металевих та напівпровідникових систем [2]. Досі не існує єдиної точки зору на природу виявлених аномалій. Було зроблене припущення о їх зв'язку з перколяційним фазовим переходом (ФП) від розбавлених до концентрованих твердих розчинів [3]. Перколяційні ФП подібні до фазових переходів II роду і супроводжуються критичними явищами поблизу критичної точки. [4]. Однак, на теперішній час, кількість робіт, що присвячені вивченню твердих розчинів $\text{Bi}_{100-x}\text{Sb}_x$ в області малих концентрацій Sb, та перелік досліджуваних властивостей, досить обмежені.

Мета роботи – дослідження впливу малих концентрацій сурми на кінетичні властивості твердих розчинів $\text{Bi}_{100-x}\text{Sb}_x$ при температурі 300 К. Об'єкти дослідження – полікристалічні тверді розчини $\text{Bi}_{100-x}\text{Sb}_x$ ($x = 0 - 2$) отримані шляхом сплавлення чистих елементів Bi і Sb у вакуумованих кварцових ампулах та їх подальшого відпалу протягом 720 годин за температури 250 °С. Із отриманих злитків були виготовлені зразки для вимірювання гальваноманітних властивостей у формі паралелепіпедів ($10 \times 3 \times 3$ мм).

Проведено вимірювання електропровідності σ і коефіцієнта Холла R_H при величині магнітного поля 0.05 і 1.0 Тл та розраховано холлівську рухливість μ_H і концентрацію носіїв заряду n . На ізотермах вказаних властивостей виявлені аномальні ділянки поблизу $x \sim 0.75 - 1.0$. Наявність екстремумів пов'язується з реалізацією фазового переходу перколяційного типу від розбавлених до концентрованих твердих розчинів.

Список літератури:

1. Анатычук Л.И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства: справочник. – Киев: Наукова думка, 1979.
2. Ормонт Б.Ф. Эффект неоднократных скачков свойств на краях диаграмм состояния полупроводниковых систем // ЖФХ. – 52 (2). – 1978. – С. 342.
3. Rogacheva E.I. Percolation effects and thermoelectric material science // Journal of Thermoelectricity. – 2. – 2007. – P. 61.
4. Эфрос А.Л. Физика и геометрия беспорядка. – М.: Наука. – 1982.

И.К. МЕЛЬНИКОВ, С.В. МАЛЫХИН, докт. физ.-мат. наук,
С.В. БАЗДЫРЕВА, аспирант

Исследования развития остаточных макронапряжений в вольфрамовых мишенях при плазменном облучении

Объектами исследования являются образцы вольфрама, облучённого потоками водородной плазмы с удельной энергией близкой к тепловым нагрузкам на поверхности термоядерного реактора ИТЕР. Основные параметры плазменных потоков были следующими: энергия частиц до 400 эВ, длительность импульса 0,25 мс. Тепловая нагрузка на поверхность образца составляла $0,45 \text{ МДж}\cdot\text{м}^{-2}$. Исследование напряжённого состояния образцов проводилось на дифрактометре ДРОН-2 в фильтрованном медном излучении способом многократных наклонных съёмок. Результаты исследований в виде $a - \sin^2 \psi$ -графиков представлены на рис. 1.

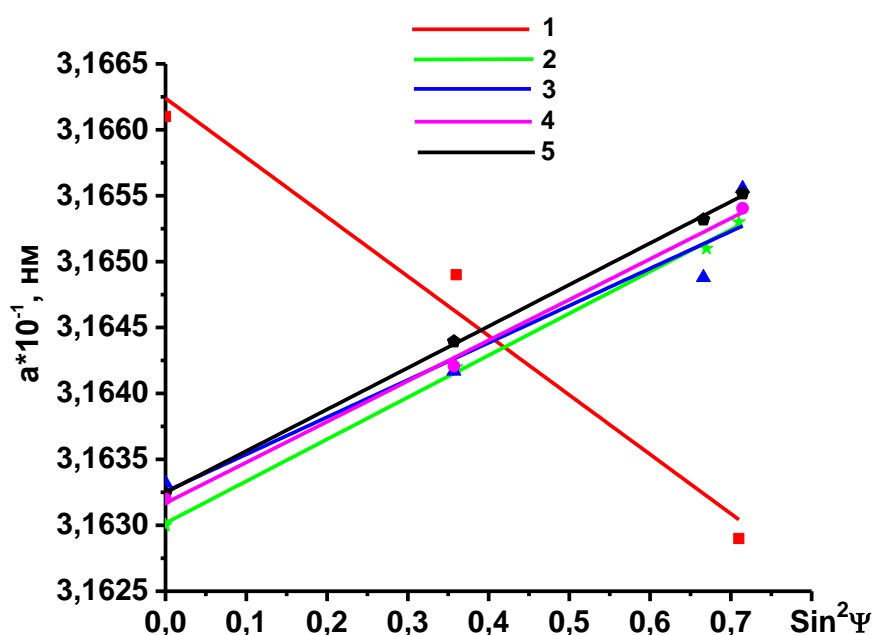


Рис. 1 – $a - \sin^2 \psi$ - графики для образца вольфрама в исходном состоянии (1) и после облучения: (2) – после 100 импульсов; (3) – после 200 импульсов; (4) – после 300 импульсов; (5) – после 400 импульсов

Наклон графика в исходном состоянии свидетельствует, что в образце действуют остаточные макронапряжения сжатия. После облучения угол наклона изменяется. Это означает, что в поверхностном слое образца в результате воздействия исходные напряжения отжигаются и развиваются макронапряжения растяжения. Природа этих напряжения заключается в

неоднородном нагреве образца по глубине, реализуемом при краткосрочном воздействии, и она находится в хорошем согласии с теоретическими положениями [1].

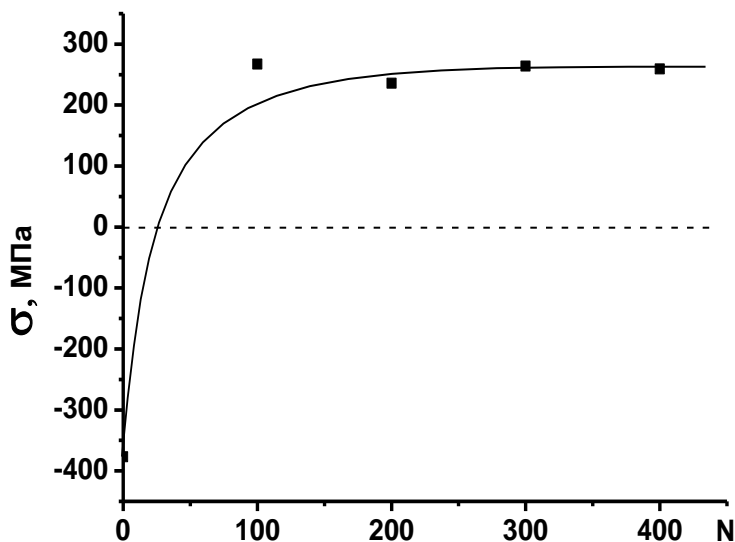


Рис. 2 – Зависимость величины остаточных напряжений от N – количества импульсов облучения

С увеличением дозы облучения величина остаточных напряжений изменяется от -380 ± 20 МПа до 270 ± 20 МПа при 100 циклах облучения, как это показано на рис. 2. Увеличение количества циклов облучения до 400 значение остаточных напряжений изменяет незначительно. В ранее исследованных образцах [2] напряжения также стремительно развивались и примерно в таких же масштабах. Однако затем напряжения снижались, а на поверхности формировалась система макро- и микротрещин. В нашем случае этих эффектов не наблюдается. И это для работы ИТЕРа является важным.

Мы предполагаем, что данные различия заключаются в изменении фирмой изготовителем образцов (Pensee, Австрия) технологии их изготовления. Для изготовления данных образцов использовали технологию двойного деформирования, а предыдущие изготавливали способом однократной вытяжки.

Список литературы:

1. Гладких Л.И., Малыхин С.В., Пугачёв А.Т. Дифракционные методы анализа внутренних напряжений. – Харьков:НТУ «ХПИ». – 2006 – С. 303.
2. Makhraj V.A., Garkusha I.E., Malykhin S.V., Pugachov A.T., Landman I Residual stresses in tungsten under exposure with ITER ELM-like plasma loads // Physica Scripta. – 2009. – P. 1–5.

Є.І. МИРОШКІНА, А.І. ДОБРОЖАН, В.Р. КОПАЧ, канд. техн. наук, доцент,
Р.В. ЗАЙЦЕВ, канд. техн. наук, ст. викладач

Дослідження ефективності роботи багатоперехідних монокристалічних кремнієвих фотоелектричних перетворювачів в залежності від умов опромінювання і температури

Багатоперехідні монокристалічні кремнієві фотоелектричні перетворювачі (БП Si-ФЕП) належать до сучасних ФЕП, що є найбільш перспективними для роботи у складі фотоенергетичних установок (ФЕУ), призначених перетворювати енергію висококонцентрованого сонячного випромінювання у електричну і теплову. Це викликає необхідність дослідження ефективності роботи таких приладів в залежності від умов їх опромінювання і температури. Для визначення ефективності роботи БП Si-ФЕП вимірюють та аналітично опрацьовують навантажувальну світлову вольт-амперу характеристику (НСВАХ), за допомогою якої визначають вихідні параметри – струм короткого замикання, напругу холостого ходу, фактор заповнення НСВАХ, максимальну електричну потужність P_{HM} , що надходить від Si-ФЕП до опору навантаження, і ККД.

Метою роботи є отримання даних щодо залежності вихідних параметрів досліджуваних БП Si-ФЕП від умов їх опромінювання і температури для обґрунтованого вибору оптимального способу застосування приладів такого типу.

В роботі досліджувались високоефективні БП Si-ФЕП з вертикальними діодними комірками p^+-n-n^+ типу та двосторонньою чутливістю і площею фотоприймальної поверхні 1 см^2 з фронтального і тильного боків.

Вимірювання НСВАХ досліджуваних приладів проводилося в імпульсному режимі зі спектральним складом, наближеним до АМ0 при ступенях концентрації $1 \leq K_B \leq 500$ імітованого сонячного випромінювання і температурах $25 \leq T \leq 55 \text{ }^\circ\text{C}$ та різних способах опромінювання. Отримані експериментальні дані дозволили побудувати і аналітично опрацьовати НСВАХ за допомогою ПК для визначення вихідних параметрів БП Si-ФЕП.

З'ясовано, що вплив нерівнозначності опромінювання обох фотоприймальних поверхонь БП Si-ФЕП досягає найбільшого ефекту при концентраціях випромінювання $K_B = 100$ та $K_B = 300$, а при подальшому збільшенні K_B до 500 величина ККД підвищується до свого максимального значення близько 23% ($P_{HM} = 15,6 \text{ Вт/см}^2$) і вплив нерівнозначності опромінювання поступово зменшується.

Обґрунтовано доцільність використання K_B не більше 300 при односторонньому або двосторонньому рівнозначному опромінюванні БП Si-ФЕП та K_B близько 500 у випадку двостороннього нерівнозначного за потужністю опромінювання для забезпечення оптимальних техніко-економічних показників сонячної батареї з таких приладів.

Збільшення температури БП Si-ФЕП на $30 \text{ }^\circ\text{C}$ – від $25 \text{ }^\circ\text{C}$ до $55 \text{ }^\circ\text{C}$ – призводить до зменшення величини ККД в середньому на 3,4 %, а величини P_{HM} – на $1,4 \text{ Вт/см}^2$.

Т.В. НОВИКОВА, Н.П. МИХИН, докт. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.

Исследование неравновесных жидких включений в ГПУ матрице твердого раствора 1% ^3He в ^4He методом ЯМР

Исследование фазового состава быстро выращенных образцов твердого гелия показали наличие в них значительного количества неравновесных макроскопических аморфных включений [1]. Особый интерес указанные включения вызывали в связи с недавно обнаруженным в твердом гелии явлением "supersolidity", объяснение которого связано с стеклообразными (разупорядоченными) включениями в ГПУ решетке гелиевых кристаллов [2].

Целью работы является свойств аморфных включений в ГПУ кристаллах смеси ^3He - ^4He методом ЯМР.

Исследования проводились в криостате с откачкой паров над жидким гелием в интервале температур 1.2-2.2 К. Образцы выращивались методом блокировки капилляра при давлениях 36 бар в специально изготовленной ячейке.

Характерное поведение сигналов ЯМР в момент перехода жидких включений в разупорядоченное состояние указано стрелкой на рис. 1.

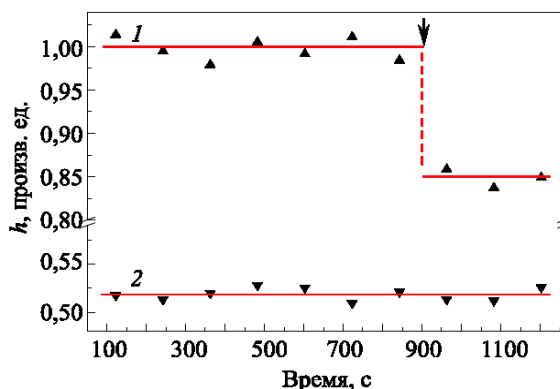


Рис. 1 – Зависимость амплитуды сигналов спинного эха от времени при 1,5 К. 1- сигнал от всего объема образца; 2 – сигнал от ГПУ матрицы.

В ходе проведенных исследований был подтвержден жидкостной характер включений в свежеприготовленном образце и их спонтанный переход в новое разупорядоченное состояние. Измерена скорость спин-спиной ядерной релаксации ^3He в новом состоянии.

Список литературы:

1. Vekhov, Y.O. Fast Diffusion Process in Quenched hcp Dilute Solid ^3He - ^4He Mixture / Vekhov, A.P. Birchenko, N.P. Mikhin, и др. // – J. Low Temp Phys. – №3/4. – 2010. – С. 496–501.
2. Boninsegni, M. Superglass phase of He / M. Boninsegni, N. Prokof'ev, B.Svistunov. // Phys. Rev. Lett. – №10. – 2006. – С. 105-301.

Т.В. НОВИКОВА, В.В. СТАРИКОВ, канд. физ.-мат. наук, доцент

Исследование свойств пленок ZnSe, полученных методом электрохимического осаждения

Истощение ископаемых энергоресурсов и нарастающие трудности решения экологических проблем развития энергетики приводят к необходимости поиска новых нетрадиционных методов получения энергии, среди которых одним из наиболее перспективных является фотоэлектрический метод преобразования солнечной энергии [1-4].

Актуальным материалом в данной области являются пленки ZnSe, которые широко используются в оптоэлектронике в роли солнечных преобразователей, сцинтилляционной технике, люминесцентных приборах, светоизлучающих диодах.

Основным методом осаждения является вакуумный. Этот метод имеет ряд недостатков: ограниченность размеров подложек для нанесения пленок, неоднородность пленок, себестоимость. Альтернативой вакуумным методикам осаждения является гидрохимическое осаждение ZnSe. Но при использовании последней методики пленки имеют низкую адгезию, что стимулировало исследования в области электрохимического синтеза пленок. Явным преимуществом данного метода является управление реакцией, ликвидация недостатков вакуумного метода и увеличение адгезионной прочности пленок.

Синтезированные пленки осаждались при температуре раствора 75-80 °С, с вариациями концентрации Se от 0,1 до 0,5 М и щелочи 1-5М. Время осаждения изменялось от 5 до 20 мин при пропускании плотности тока – 0,06-0,4 А/см².

При помощи рентген-дифрактометрии было установлено, что полученные пленки являются однофазными и представлены фазой ZnSe. Замечено, что с ростом концентрации КОН в начале происходит сглаживание рельефа и увеличивается сплошность пленки. При концентрации КОН больше 3М начинается разрушение поверхности и образование высокоразвитого рельефа. В свою очередь, увеличение концентрации селена в растворе улучшает морфологию синтезированных пленок, что проявляется в сглаживании рельефа.

Наилучшими являются пленки, полученные при $C(\text{KOH})=3\text{M}$ и $C(\text{Se})=0,5\text{M}$, что показывает стабильность и постоянство значений измеренного электросопротивления равного $2,3\text{E}+05 - 4,15\text{E}+06$ Ом.

Найденные значения оптической ширины запрещенной зоны лежат в диапазоне 2,35-2,5 эВ, что хорошо совпадает с данными пленок, полученных вакуумным методом.

Список литературы:

1. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения / Андреев В. М., Грилихес В. А., Румянцев В. Д. – М.: Наука, 1989. – 310 с.
2. Тонкопленочные солнечные элементы / К. Чопра, С. Дас.–М.:Мир,1986.– 435 с.
3. Kasap S., Capper P. The Springer Handbook of El. and Photonic Mat. -2007.– P.141-146.
4. Преобразование солнечной энергии. Вопр. физ. тв. тела/Серафино Б.–М.:1987. – 623с.

А.В. РОБИТНИЦКИЙ, Н.З. РУДЕНКО, канд. техн. наук, доцент

Повышение эффективности кислородных газификаторов малого объема

Большинство компаний поставляют промышленные газы и газовые смеси в баллонах или моноблоках (те же баллоны, подсоединённые к одному штуцеру).

Сегодня это уже морально устаревшее оборудование, которое имеет много недостатков.

К основным недостаткам можно отнести значительную массу баллона – 70 кг, а масса смеси в нём может достигать 12 кг. Приходится также часто отсоединять, присоединять баллоны из-за малой вместительности, использовать грузоподъёмные механизмы.

Большие риски присутствуют и в отношении качества смеси, потому, что велика вероятность попадания воздуха и/или конденсата из внешней среды.

В баллоне всегда присутствует влага и окислы металлов, а из-за этого после резки металлического листа появляются так называемые «наплывы», которые требуют дальнейшей обработки.

На данный момент на территории Украины данный вид транспортировки промышленных газов в жидком состоянии не получил широкого распространения.

Поэтому актуальность данной работы довольно высока.

Но так как фирмы, предоставляющие криогенные цилиндры, уже созданы и развиваются, необходимо повысить выгодность данных систем для выхода на рынок.

Целью настоящей работы является исследование существующих моделей газификаторов малого объема (криоцилиндров), принципа их действия и устройства, а также проведение расчетов, необходимых для осуществления набора модификаций на основе существующих аналогов.

На сегодняшний день отечественные фирмы-производители криогенных цилиндров предлагают системы объемом от 175 до 210 литров, которые заменяют от 22 до 29 стандартных баллонов соответственно. Наибольшее рабочее давление от 13,7 до 28 бар в зависимости от модели.

В результате проведенных модификаций ожидается получить повышение рабочего давления газа, а также увеличение времени хранения жидкости в криоцилиндре.

Список литературы:

1. J. Patrick Kelley Applications of Cryogenic Technology. – 1991, Plenum Press, New York – p. 322.
2. C.Higman, Maarten Van der Burgt Gasification – 2011. – p. 422.

Л.Р. САНЖАРЕВСЬКА, Л.З. ЛУБЯНИЙ, канд. техн. наук, професор,
С.В. ЮШКО, ст. викладач

Проектування газифікатора для скрапленого природного газу

Природний газ - корисна копалина, яка знаходиться у надрах землі. Перед тим як його використовувати він проходить ряд певних етапів: видобуток природного газу, очищення, зрідження, транспортування та газифікація.

Зріджують природний газ для того, щоб він займав менше місця і його було зручніше перевозити в цистернах або танкерах, якщо не можлива транспортування по трубопроводу. У рідкому вигляді газ займає в 600 разів менше місця, ніж у газоподібному. Потім його можна знову повернути в газоподібний стан.

Метою роботи є розрахунок теплообмінного апарату (газифікатора) для газифікації скрапленого природного газу. На рис. 1 представлена схема газифікатора (вигляд згори), яка використовувалася в роботі.

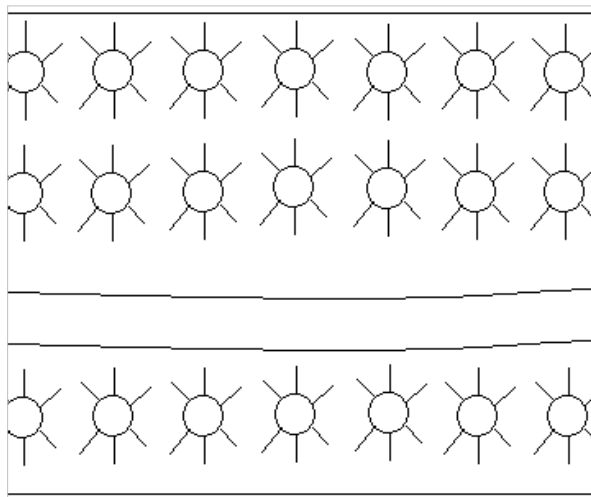


Рис. 1 – Схема теплообмінного апарата (вигляд згори)

Для розрахунку газифікатора задавали кількість ребер, їх висоту і товщину, внутрішній і зовнішній діаметри труби, кількість труб по горизонталі і вертикалі і відстань між трубами [1, 2].

Розрахунок проводився за допомогою пакету Mathcad.

Список літератури:

1. Ісаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача - М.: Енергоіздат, 1981 - 416 с.
2. Кулінченко В.Р. Довідник з теплообмінним розрахунками – К.: Техніка, 1990 - 165с.

С.О. СОСНІН, Р.В. ЗАЙЦЕВ. канд. техн. наук, ст. викладач,
М.В. КІРІЧЕНКО, канд. техн. наук, наук. співр.,
В.Р. КОПАЧ, канд. техн. наук, доцент

Дослідження впливу попередньої обробки стаціонарним магнітним полем на вихідні параметри одноперехідних кремнієвих фотоелектричних перетворювачів

Сучасні темпи енергоспоживання не дають змоги перейти до екологічно чистих альтернативних джерел енергії внаслідок низької ефективності приладів, що використовуються для її перетворення. Ця проблема дуже гостро постає в геліоенергетиці, у зв'язку з чим постає питання про вдосконалення конструктивно-технологічних рішень фотоелектричних перетворювачів (ФЕП).

Проте, відомі методи оптимізації вичерпали себе і більше не дають змоги вдосконалювати такі прилади. Внаслідок цього розглядаються альтернативні способи та методи підвищення ефективності перетворення сонячної енергії, такі як, наприклад, використання стаціонарного магнітного поля (СМП) для обробки вже виготовлених ФЕП, оскільки проведені раніше дослідження показали, що під дією СМП відбувається перебудова ансамблю точкових дефектів у кристалах кремнію, що подовжує час життя нерівноважних носіїв заряду – електрон-діркових пар та дає позитивні доданки до значень вихідних параметрів приладів.

Для досліджень було взято три фрагменти серійних ФЕП виробництва ПАТ «Квazar», м. Київ, що представляють собою одноперехідні кремнієві ФЕП з горизонтальною діодною структурою площею 38,44 см².

Було проведено попередню обробку у СМП з індукцією 0,2 Тл і вимірювання навантажувальних світлових вольт-амперних характеристик зразків компенсаційним методом в режимі опромінення АМ0 з подальшим опрацюванням для отримання значень вихідних параметрів за допомогою ПК та спеціального програмного забезпечення. Аналогічно були отримані вихідні параметри приладів перед початком їх обробки у СМП.

Отримані результати показали, що попередня обробка у СМП дає суттєві прирости до вихідних параметрів ФЕП, а саме I_{K3} , U_{XX} та FF , що призводить до підвищення ККД приладів на 0,6 - 3,5% в умовах опромінювання, наближених до неконцентрованого сонячного випромінювання.

Аналіз результатів проведеного дослідження показав, що попередня обробка ФЕП у СМП дійсно позитивно впливає на ефективність роботи приладів і є одним із низьковитратних способів її підвищення. Також було запропоновано попередню обробку у СМП з більшою індукцією та використання магнітного вінілу для роботи приладів безпосередньо у магнітному полі, оскільки результати досліджень, проведених раніше, дають підстави вважати, що такі методи підвищення ефективності перетворення енергії є не менш ефективними.

Г.М. ТЮРІКОВА, Л.З. ЛУБ'ЯНИЙ, канд. техн. наук, професор

Дослідження шумів в магнітометрах, основаних на ортогональних плівкових ферозондах

При пошуку корисних копалин, вивченні структури геомагнітного поля, полів космічного простору та в автоматизації виробничих процесів починають використовувати вимірники магнітної індукції. За допомогою індукційних перетворювачів проводиться повітряна магнітометрична розвідка для вивчення геологічної будови та тектонічного районування. Але у таких пристроях магнітні шуми створюють перешкоди, які й визначають мінімально знайдений рівень сигналу. Тому, необхідно займатися підвищенням чутливості датчиків магнітного поля.

Щоб виконати ферозонд з найкращими характеристиками, спочатку необхідно дослідити магнітні параметри осердь ферозонда. Для цього в роботі використовуються зразки, які відрізняються матеріалами прошарків, кількістю шарів та сумарною товщиною.

У роботі досліджуються параметри зразків, такі як рівень згасання вздовж довжини зразка, залежність зміни сигналу від частоти, коефіцієнт перетворення. Одними з головних характеристик є рівень флуктуаційних шумів, який визначає поріг чутливості ферозонда, та відношення корисного сигналу до шумів.

У роботі визначаються коефіцієнти перетворення ферозондів. Завдяки цьому стає можливим будування залежності параметрів від поля збудження, а не від струму, що є більш фізичним. Отримані в роботі експериментальні дані дозволяють побудувати окремо графіки залежності другої гармоніки при зміні постійної складової та другої гармоніки від змінної складової сигналу. Знайдено залежність другої гармоніки від поля збудження, яка необхідна щоб отримати оптимальні параметри, тобто осердя з найкращими характеристиками.

Список літератури:

1. Козлов М. Г. Метрология и стандартизация.- М., Наука, 1984.
2. Ю. В. Афанасьев. Феррозондовые приборы. - Л., Энергоатомиздат, 1986.
3. Г.И. Фролов. Однонаправленная анизотропия в ферромагнитной пленочной структуре // Журнал технической физики. – 78. – 2005.
4. Праттон М. Тонкие ферромагнитные пленки/ Под ред. О.Е. Брянской, Н.Н. Калинина. Л.: Судостроение, 1967.
5. Тикадзуми С. Физика ферромагнетизма. Под ред. *Р.В.Писарева*. М.: Мир, 1987.

Н.В. ФЁДОРОВА, А.А. ПЕТКОВ, докт. техн. наук, доцент

Вероятностные характеристики зоны защиты стержневого молниеотвода

В условиях повышения грозовой активности, которое наблюдается в последнее время в большинстве регионов планеты, все большее значение уделяется защите различных объектов от прямых ударов молнии. Одним из основных средств обеспечивающих такую защиту являются стержневые молниеотводы [1, 2].

Целью работы является анализ методик определения зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов.

В данной работе произведен анализ двух основных формы зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов, представленных на рис. 1: конусообразной формы (рис. 1а), расчеты параметров которой базируются на экспериментальных данных по поражению объектов длинной искрой, имитирующей молнию, и сферической формы (рис. 1б), основой которой является электрогеометрический метод расчета вероятности поражения объектов. Эффективность конусообразной формы характеризуется надежностью защиты P_3 , сферической – дистанцией поражения R .

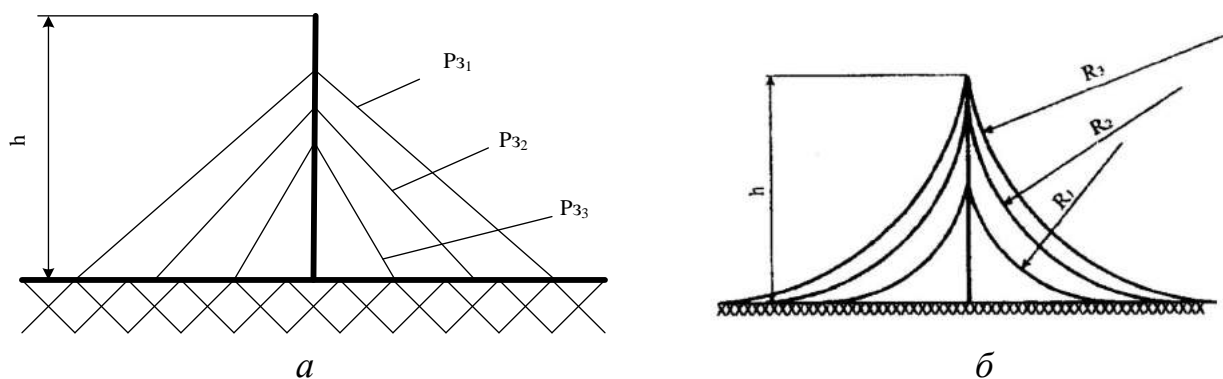


Рис. 1 – Зоны защиты стержневого молниеотвода

В ходе проведенного анализа установлено, что существующие методики расчета параметров зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода имеют противоречивый характер и требуют дополнительных исследований и модернизации для установления их адекватности экспериментальным данным.

Список литературы:

1. Ларионов В.П. Основы молниезащиты / В.П. Ларионов : под ред. И.М. Бортника. – М. : Знак, 1999. – 104 с.
2. Кужекин И.П. Молния и молниезащита / И.П. Кужекин – М. : Знак, 2003. – 330 с.

А.В. ЦАЦОРИНА, А.Ю. БОНДАРЕНКО, канд. техн. наук, доцент, с.н.с.

Ветронасосная установка малой мощности

В настоящее время мир переходит на энергию, не требующую затрат ресурсов недр Земли, экологически чистую и фактически неисчерпаемую. Это энергия ветра и солнца, приливов и отливов, геотермальная энергия. Из-за особенностей географии, каждой местности присущи свои источники и возможность их использования разная. Для Украины это энергия ветра и солнца. Годовой технический ветроэнергетический потенциал нашей страны – 30 ГВт·ч. Основные нетрадиционные источники энергии в Украине это крупные ветростанции. В последнее время интенсивно развивается строительство и разработка новых конструкций маломощных ветроустановок, применяемых в фермерских хозяйствах.

В работе рассматривается вариант обеспечения водой частного дома, либо же, небольшого хозяйства, в пределах от 100 до 500 литров в сутки, с помощью автономной механической ветроустановки.

Целью работы является расчет, проектирование и изготовление механической ветроустановки для подъема воды из скважины для обеспечения частного хозяйства.

Для достижения поставленной цели был проведен расчет ветроколеса, башни ветроустановки, а так же насоса на основе кулачкового механизма, который позволяет при минимальном потреблении энергии обеспечить подъем воды указанного количества воды на высоту 10 метров.

Ветроколесо рассчитано по методике [1]. Так как скорость вращения ветроколеса не должна быть большой, что необходимо для плавной работы насоса, то выбрано количество лопастей – 8; при средней скорости ветра в Харьковской области 3,4 м/с.

Определены ветровые нагрузки на башню. Рассчитан изгибающий момент, действующий на башню от силы лобового давления при расчетной и предельно допустимой скорости ветра [2].

Особенностью ветронасосной установки является поршневой насос с кулачковым механизмом, который за счет специальной формы колеса, по которому движется кулачек, обеспечивает его плавность хода, тем самым увеличивается срок его эксплуатации.

Разработанная ветроустановка в настоящее время работает в частном доме.

Список литературы:

1. В.А. Сафоноф, В.А. Белопольский, С.Б. Смирнов. Некоторые вопросы конструирования и экспериментальных режимов работы ветроустановок с горизонтальной осью вращения.– Севастополь: СНИЯЭиП, 2004. – 208 с.
2. В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. Неисчерпаемая энергия. Кн. 2. Ветроэнергетика – Х.: нац. аэрокосм.ун-т «Харьк. авиац. ин-т», Севастополь: Севаст. нац. техн. ун-т, 2004. – 519 с.

Б.В. ЧЕРНИШОВ, А.В. МЕРІУЦ, канд. фіз.-мат. наук, доцент

Розрахунок вольт-амперної характеристики бар'єру Шотткі з урахуванням двох типів носіїв заряду.

Контакти метал-напівпровідник широко застосовуються для випрямлення струму, у якості одного з основних елементів у ряді напівпровідникових НВЧ-пристроїв, а також для дослідження фундаментальних фізичних параметрів напівпровідникових матеріалів і тому доволі детально вивчені.

Існують декілька підходів різної складності для опису процесів переносу у таких структурах. Однак загальним недоліком цих підходів з те, що при теоретичних розрахунках вольт-амперної характеристики контакту метал-напівпровідник завжди розглядають тільки один тип носіїв заряду. Це не дозволяє врахувати інверсні шари, які можуть виникати на контактах та рекомбінаційні процеси. Ще одним з недоліків є те, що контактні шари, які виникають на границях, розглядаються окремо [1,2]. Проте з розвитком мікро- та наноелектроніки розміри напівпровідникових шарів постійно зменшуються. Це приводить до необхідності враховувати взаємодію шарів об'ємного заряду, що виникають на різних контактах до напівпровідникового шару.

Метою роботи було одержати вираз для вольт амперної характеристики структури метал-напівпровідник-метал, на одному з контактів якої утворено бар'єр Шотткі, з врахуванням наявності двох типів носіїв заряду та можливості інверсії типу провідності на контакті.

Було отримано вираз для ВАХ, який на відміну від існуючих в літературі враховує можливість появи інверсного шару а також рекомбінації на контактах. У спрощеному вигляді, коли рекомбінація на контактах сильна (прямує до нескінченності) цей вираз має наступний вигляд:

$$j = \frac{\sigma_n V_t \exp\left(\frac{-j/\sigma_n^r}{V_t}\right)}{r_d \int_0^a e^{-\varphi} dx} \left[1 - \exp\left(\frac{j r_c - V}{V_t}\right) \right] + \frac{\sigma_p V_t \exp\left(\frac{j/\sigma_n^r}{V_t}\right)}{r_d \int_0^a e^{\varphi} dx} \left[\exp\left(\frac{V - j r_c}{V_t}\right) - 1 \right], \quad (1)$$

де $\sigma_{n,p}$ – електронна та діркова електропровідність, r_c – опір контактів, σ_n^r – поверхнева електропровідність правого контакту, r_d – дебаєвська довжина екранування, $V_t = k_B T/e$ – тепловий потенціал, a – розмір зразка, $\varphi(x)$ – розподіл електричного потенціалу в шарі об'ємного заряду.

Проведені числові ВАХ показали, що у порівнянні з наявними в літературі виразами для ВАХ одержаний вираз має схожий якісний вигляд але з меншою величиною струму і зі слабшою залежністю струму від напруги за рахунок додаткової залежності струму насичення від напруги, що показано на рис. 1.

Встановлено, що для, наприклад, для Si *n*-типу при концентраціях електронів $>10^{14}$ см⁻³ струм на прямій гілці майже повністю визначається електронами. При менших концентраціях електронів внесок дірок у повний струм необхідно враховувати.

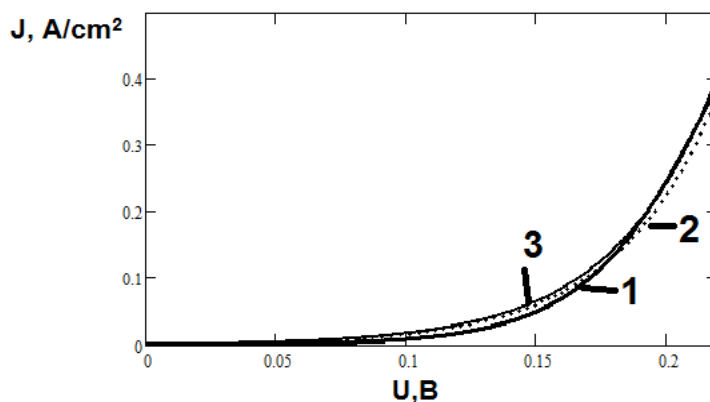


Рис. 1 – ВАХ за виразом (1) (1), за дифузійною теорією (2), за діодною теорією (3)

Виявлено, що на зворотній гілці ВАХ електронна компонента струму має ділянку з від’ємним опором (див рис. 2). Тобто ігнорування діркової компоненти, як це зазвичай робиться в літературі, призводить до того, що теоретичний вираз для ВАХ не відповідає експериментальній картині.

Таким чином, можна зробити висновок, що для адекватного опису експериментально спостережених ВАХ необхідно враховувати діркову компоненту струму, або вважати, що при зворотному включенні протікання струму визначається як дифузійним так і діодним механізмами.

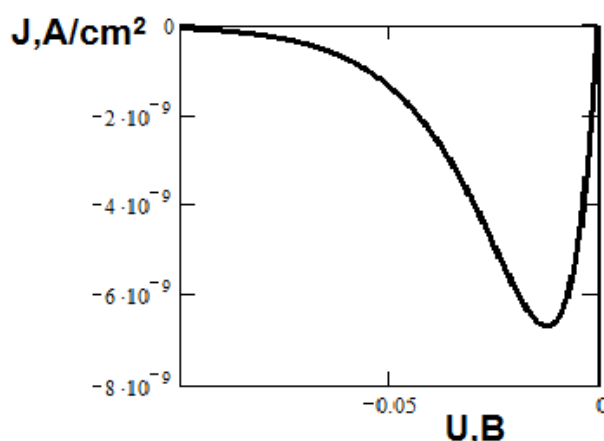


Рис. 2 – Електронна компонента зворотної гілки ВАХ

Список літератури:

1. Зи С. Физика полупроводниковых приборов, т.1. – М.: Мир, 1984.
2. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. – М.: Наука, 1977.

С.А. ШАМУНОВ, Г.С. ХРИПУНОВ, докт. техн. наук, профессор

**Исследование спектральной зависимости коэффициента собирания
солнечных элементов при различных значениях напряжения
смещения**

В настоящее время расширяется производство отечественных кристаллических однопереходных кремниевых фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) с горизонтальной диодной структурой. Кроме того перспективным является разработка многопереходных кремниевых ФЭП с вертикальными диодными ячейками [1]. Кремниевые вертикальные ячейки фотовольта имеют ряд важных преимуществ по сравнению с однопереходными кремниевыми ФЭП, среди которых наиболее существенным является упрощенная технология производства и возможность обеспечения КПД $\eta > 20\%$. Приборная структура многопереходных вертикальных ячеек представляет собой $p-n-n^+$ переход, который формируется путем резки горизонтальной диодной структуры и последовательной спайки, формируя новый образец [2].

Целью работы является исследование поведения спектральных зависимостей коэффициента квантовой эффективности различных типов кремниевых солнечных элементов при прикладывании на них положительного и отрицательного напряжения смещения.

При исследовании однопереходного кремниевого ФЭП с горизонтальной диодной структурой было установлено, что коротковолновая граница фотоотклика обусловлена поглощением коротковолновых фотонов в n^+ слое. При прикладывании на образец положительного напряжения смещения в 0,5 В фотоотклик уменьшается на порядок во всем диапазоне длин волн что связано с уменьшением суммарного электрического поля в связи с чем резко понижается эффективность разделения неравновесных носителей зарядов. При отрицательном напряжении смещения наблюдается увеличение площади под спектральной зависимостью что характеризуется увеличением ширины области пространственного заряда (ОПЗ) см. рис. 1.

Исследуя образец с вертикальными диодными ячейками отметим, что из-за высокой концентрации примесей в n^+ слое, толщина которого 1,5-2 мкм характерен высокий уровень объемной рекомбинации. Поэтому, неравновесные носители заряда, генерируемые в этом слое при поглощения коротковолновых фотонов, не дают существенного вклада в фототок. С увеличением обратного смещения увеличиваются размеры ОПЗ гомоперехода $n^+ Si - p-Si$ и на спектральной зависимости наблюдается незначительное увеличение вклада от неравновесных носителей заряда, генерируемых под действием фотонов.

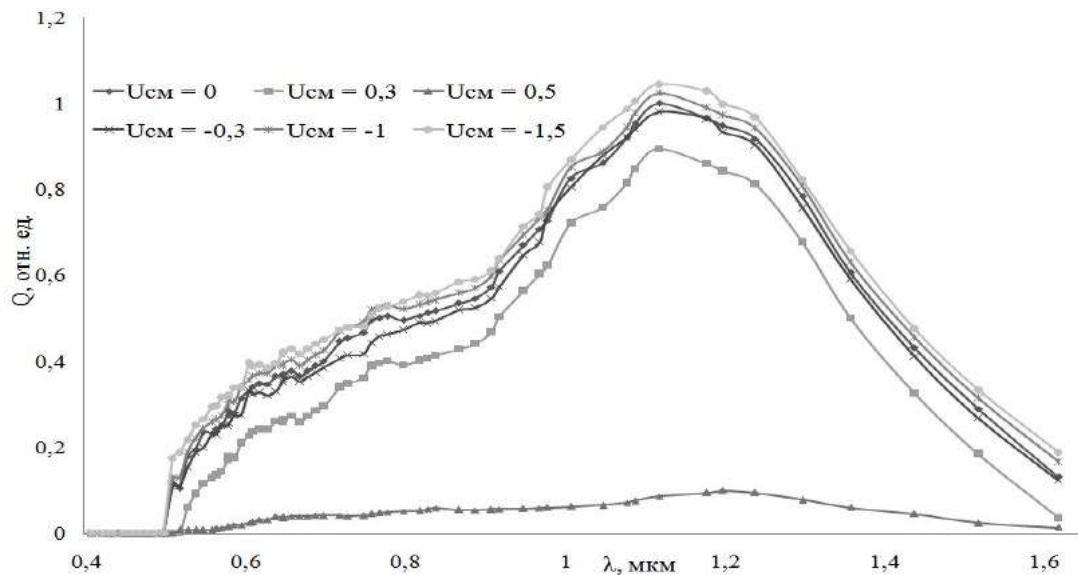


Рис. 1 – Спектральная зависимость коэффициента собирания стандартного кремниевого ФЭП при различных значениях напряжения смещения

При положительном напряжении смещения наблюдаются подобные эффекты как и для однопереходного кремниевого ФЭП с горизонтальной диодной структурой см. рис. 2.

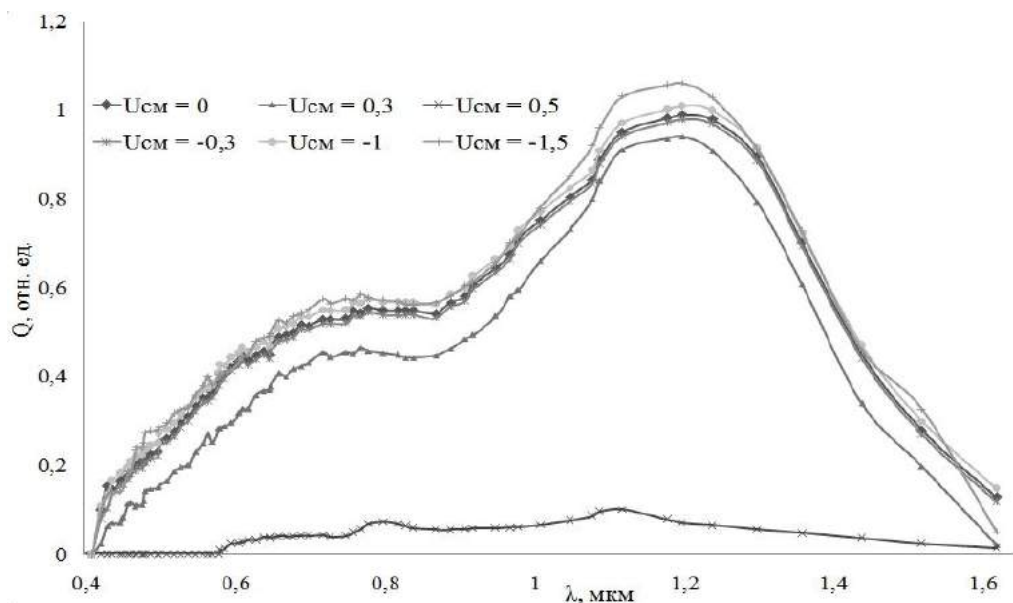


Рис. 2 – Спектральная зависимость коэффициента собирания многопереходного ФЭП при различных значениях напряжения смещения

Список литературы:

1. Чопра, К. Тонкопленочные солнечные элементы / К. Чопра, С. Дас. – М.: Мир, 1986. – С. 435.
2. Martin A. The Path to 25% Silicon Solar Cell Efficiency: History of Silicon Cell Evolution // - 2009. – P. 7.

СЕКЦІЯ 8. МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА В АВТОМАТИЦІ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННІ

УДК 69.05

О.О. БЕЗУС, О.П. ДАВИДЕНКО, канд. техн. наук, професор

Контроль технічного стану будівель та споруд

Для сучасного етапу економічного і суспільного розвитку характерне проведення масштабного будівництва у великих містах, що супроводжується постійним зростанням складності споруджуваних об'єктів. У зв'язку з цим особливого значення набуває проблема контролю технічного стану будівель і споруд з метою попередження виникнення аварійних ситуацій. В даний час існує широкий спектр типів реєструючих приладів і відповідних датчиків, які можуть з високою точністю та в поточному масштабі часу визначати деформації і переміщення конструктивних елементів різних технічних і будівельних об'єктів. Використання відповідних приладів вимірювання деформацій і методів розрахунку дозволить виявити факт виникнення небезпечної ситуації і своєчасно оповістити людей.

Залежно від параметрів споруди, які необхідно контролювати, можна виділити три основні блоки повноцінної системи моніторингу будівель та споруд:

- контроль зміни напружено-деформованого стану основних конструктивних елементів фундаменту і надземної частини будівель;
- контроль зміни просторових характеристик об'єкта, структурної цілісності конструкції в цілому, технологічних швів, стиків і зчленувань, переміщень основних елементів відносно один одного;
- контроль стану ґрунтового масиву в основі і в околиці будівлі, що впливають на навколишню забудову;

Метою роботи є найбільш повна характеристика складу і параметрів устаткування, яке застосовується для створення комплексної системи довготривалого контролю технічного стану будівель і споруд.

Зміна напружено-деформованого стану конструкцій може бути обумовлена безліччю причин, таких як низька якість матеріалів, порушення порядку проведення будівельно-монтажних робіт, нерівномірні осідання будівель, невраховані проектом додаткові навантаження і т.д. Для контролю динаміки розвитку напружень в конструктивних елементах використовуються тензометричні датчики різних типів (залежно від типу сенсора і схеми установки). Вони дозволяють вимірювати реальну величину відносної деформації в точці установки. Спостереження можуть проводитися безперервно, в тому числі в автоматичному режимі, і, тим самим, відстежувати динаміку зміни цієї величини. Тензометричні датчики дозволяють контролювати розвиток напружень в конструкції з моменту її зведення і протягом усього терміну експлуатації об'єкта.

При виникненні нерівномірного осідання ґрунтів основи або порушенні в роботі конструкції будуть спостерігатися зміни просторових характеристик

будівлі, такі як відхилення від вертикалі, зміщення конструктивних елементів і т.д. Для контролю цих параметрів можуть використовуватися як різні геодезичні методи (від традиційного нівелювання до просторового лазерного сканування об'єкта та GPS-технологій), так і широкий набір інструментальних засобів.

Для вимірювання відхилення будівлі від вертикалі використовуються датчики нахилу поверхні (нахиломіри). Чутливий елемент датчика представлений струною з підвішеним на ній вантажем. Нахиломір може бути встановлений на стінах, колонах і плитах перекриття для вимірювання кутів нахилу конструкції під впливом деформації несучих конструкцій, або нерівномірних осідань ґрунту. Для отримання повноцінної картини деформаційного стану конструкції висотної будівлі необхідно додатково контролювати переміщення елементів конструкції відносно один одного і розкриття тріщин, так як ця інформація безпосередньо відображає порушення структурної цілісності конструкції. Даний тип вимірювань здійснюється за допомогою датчиків переміщень, оснащених різними типами сенсорів: механічним, електричним, струнним та ін.

Контроль пошарових осад проводиться за допомогою свердловинних магнітних екстенсометрів. Після установки екстенсометра в ґрунтовий масив за допомогою магнітного детекторного зонда проводиться визначення початкового положення магнітних кілець. Потім, за даними вимірів, в задані моменти часу розраховують величини поінтервальних зміщень кілець щодо їх початкового положення. Зміна відстані між двома сусідніми датчиками відповідає деформації ґрунту за період, що цікавить в межах шару, розташованого між цими кільцями. Надалі ці значення зіставляються з попередніми розрахунками та будуються графіки динаміки розвитку осаду за заданими інтервалами.

Контроль горизонтальних переміщень ґрунту здійснюється за допомогою інклінометрів. Установка датчика проводиться в заздалегідь пробурену свердловину, з встановленими в ній інклінометричними трубками. Інклінометр дозволяє контролювати зсувні переміщення ґрунту, переміщення свай при горизонтальних навантаженнях, деформації шпунтового огороження стін у ґрунті.

Моніторинг будівель дозволяє забезпечити безпечне функціонування споруд за рахунок своєчасного виявлення зміни напружено-деформованого стану конструкцій і ґрунтів основ. Моніторинг необхідний для відстеження ступеня і швидкості зміни технічного стану об'єкта при його будівництві, експлуатації та прийнятті, у разі необхідності, екстрених заходів щодо запобігання його обвалення.

Список літератури:

1. Таракановский В.К. Обзор современных средств мониторинга состояния конструкций высотных зданий. / Таракановский В.К. // Вестник Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. – М.: – 2010 – 40
2. Котюк А.Ф. Датчики в современных измерениях /А.Ф.Котюк. – М.: Радио и связь, 2006 – 94 с.
3. Фрайден Дж. Современные датчики / Дж. Фрайден – М: Техносфера, 2005 – 592 с.

А.С. БЕЛЄВЦОВА, І.В. ГРИГОРЕНКО, канд. техн. наук, доцент

Створення пристрою для контролю лазерних систем

Створення лазерів, що дозволило цілеспрямовано використовувати світлову енергію, за значимістю можна порівняти з відкриттям і освоєнням електричної енергії. В даний час промислова технологія в усьому світі, мабуть, знаходиться напередодні якісного стрибка, обумовленого широким впровадженням лазерів. Від темпів розробки технологічних лазерів і їх впровадження у виробництво буде значною мірою залежати ефективність виробництва в нашій країні і місце, яке вона буде займати в цьому відношенні серед найбільш розвинених країн [1].

За допомогою лазерного контролю геометричних розмірів і якості поверхні виробів можна з більшою точністю визначати недоліки і похибки цих виробів, що дасть змогу виявити «слабкі» сторони способів виробництва і можливість його удосконалення. Введення лазерного контролю дасть можливість підвищити якість продукції, зменшити вплив суб'єктивної похибки через використання інформаційних технологій на стадії контролю продукції, зменшити витрати підприємства через відсутність необхідності бракування неякісної продукції, тобто сприяє економічному розвитку підприємства та підвищенню конкурентоспроможності продукції на міжнародному ринку [2].

Метою роботи є створення пристрою і розробка методу тестового контролю для існуючого лазерного діагностичного приладу, який надасть можливість практично реалізувати теорію реляційно-різницевого оператора корекції для підвищення точності контролю лазерних систем.

В роботі [3] вперше запропоновано метод підвищення точності вимірювальних перетворювачів (ВП) на основі динамічних реляційно-різницевого оператора корекції, що дозволило значно знизити похибку нелінійності та динамічну складову похибки, за рахунок впровадження «ковзаючого» тестового контролю ВП одночасно з дією вхідного сигналу.

Розглянемо можливість використання такого підходу для побудови тестових сигналів у лазерних системах контролю. У таких системах маємо справу зі світловими потоками. Оскільки інтенсивність світлового потоку можна перетворити на електричний сигнал, то відповідно є можливість порівняти два сигнали – один від об'єкту вимірювання, другий – від еталонної поверхні.

Сутність роботи системи пояснюється на рис. 1. Пристрій, працює наступним чином: Світловий потік від лазерного каналу 1, проходячи через фокусуючу двоопуклу лінзу 2, потрапляє на світлоподільну призму 3, яка ділить один світловий потік на два різних за інтенсивністю світлопотока. Обидва потоки фокусуються за допомогою окремих фокусуючих систем 4, 5.

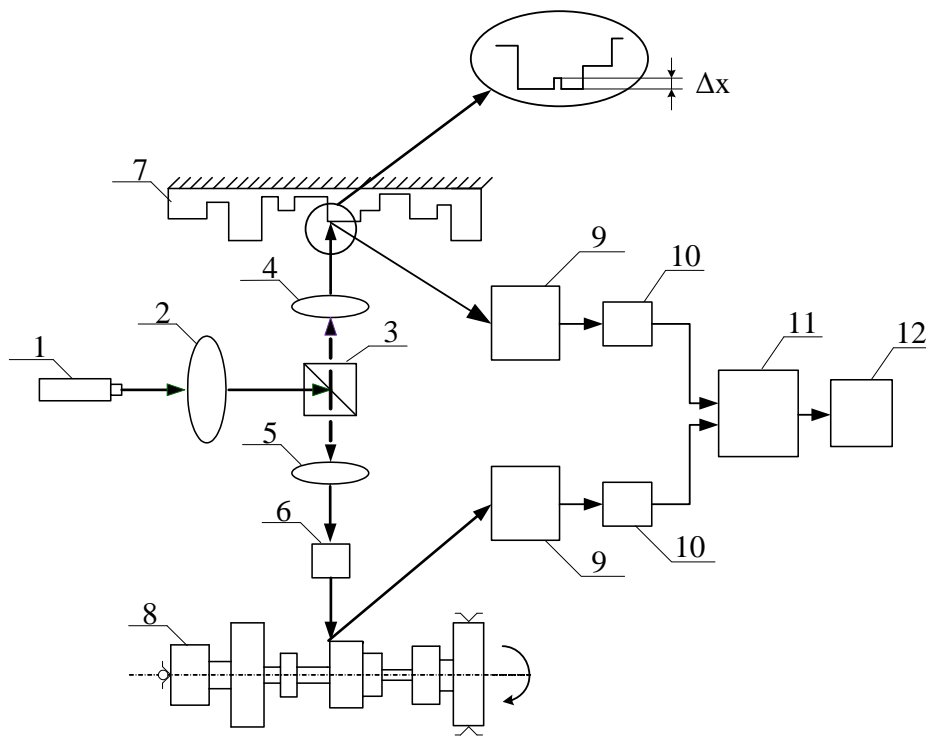


Рис. 1. – Схема системи контролю

Для вирівнювання інтенсивностей на шляху робочого світлового потоку встановлено оптичний атенюатор 6. Світлові потоки потрапляють відповідно на еталонну за геометричними розмірами поверхню 7 і об'єкт вимірювання 8. На еталонну поверхню нанесено ділянку зразкового перепаду розміру ΔX . З об'єктів 7 і 8 зчитується інформація про якість їх поверхні за допомогою відбиття світлових потоків від поверхонь даних об'єктів. Відбиваючись від об'єктів 7 і 8, світловий потік потрапляє на фотоприймачі 9, які перетворюють інтенсивність світлового потоку в електричний сигнал. З виходів фотоприймачів 9 обидва електричні сигнали (напряга) підсилюються, надходячи до підсилювачів 10. Для порівняння електричних сигналів використовуємо компаратор 11. Дані передаються на блок обробки даних 12.

Аналіз отриманих результатів дає можливість стверджувати, що при використанні діагностичного приладу для лазерних систем контролю буде уможливлено підвищення точності вимірювань за рахунок тестових ділянок зразкового розміру і обумовлює використання реляційно-різницевої моделі операторів корекції при обробці результатів.

Список літератури:

1. Попов Е.П. Автоматическое регулирование и управление / Е.П. Попов – М. : Госиздат, 1962.
2. Левшина Е.С. Электрические измерения физических величин / Е.С. Левшина, П.В. Новицкий. – Л. : Энергоатомиздат, 1983.
3. Кондрашов С.І. Підвищення точності вимірювальних перетворювачів з формуванням у реальних умовах тестових впливів: дис. на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук: 05.11.05 / Сергій Іванович Кондрашов – Харків, 2004. – 412 с.

В.А. ВЛАСЕНКО, А.В. ИВАШКО, канд. техн. наук

Выбор структур оптимальных нелинейных фильтров на основе сортирующих сетей

Цифровая обработка сигналов и изображений активно используется в ряде областей науки и техники таких, как телекоммуникации, метеорология, радиолокация и гидролокация, медицинская визуализация, цифровое аудио- и телевизионное вещание, разведка нефтяных и газовых месторождений и ряде других. Одним из направлений цифровой обработки сигналов является устранение случайных помех или шумов, при этом фундаментальной проблемой является эффективное удаление шума при сохранении важных для последующего распознавания деталей сигнала или изображения. В ряде исследований указывается, что нелинейные фильтры в большей степени удовлетворяют указанным требованиям.

Одним из основных ограничений нелинейных методов является недостаток теории, объединяющей все известные классы фильтров. Различные нелинейные фильтры разрабатываются с применением эмпирических методов, что затрудняет их оптимизацию.

В связи с этим, целью данного проекта считается нахождение оптимальных нелинейных фильтров на основе сортирующих сетей, обеспечивающих высокое шумоподавление при приемлемых программных и аппаратных затратах.

Наиболее известными среди нелинейных фильтров являются медианные фильтры, обеспечивающие эффективное подавление импульсных помех на сигналах и изображениях. Однако их применение может быть ограничено ввиду сложности аппаратной и программной реализации, что особенно актуально при обработке сигналов в реальном масштабе времени. Поэтому были предприняты попытки снижения аппаратной сложности нелинейных, в частности, медианных фильтров.

Наиболее регулярный и простой для понимания «пузырьковый» метод поиска медианы не является оптимальным с точки зрения быстродействия и аппаратной сложности. Поэтому были приведены исследования по сокращению числа элементов сравнения при сортировке и поиске медианы. Тем не менее, было установлено, что с увеличением апертуры фильтра N сложность реализации быстро растет, и приблизительно пропорциональна квадрату апертуры, что не всегда допустимо для больших значений апертур и повышенных требованиях к быстродействию фильтра.

В работе предложено использовать фильтры на основе сортирующих сетей хотя и обладающие несколько меньшим по сравнению с медианными коэффициентом подавления помех, но в тоже время существенно менее сложные и более быстродействующие.

В вычислительной среде MatLab разработан пакет программ, осуществляющий поиск оптимальных в плане шумоподавления нелинейных фильтров для заданных значений сложности и быстродействия.

Программными средствами, реализованными в среде Matlab, перебраны сортирующие сети с различными количествами входов, элементов сортировки и разным числом уровней в цепи. При помощи данных программ проведен ряд расчетов, в результате которых построены графики зависимости коэффициента помехоподавления от числа уровней и количества элементов сортировки в сети, на основе которых могут быть выделены оптимальные структуры фильтров. Пример такого графика для сети с пятью входами приведен на рис. 1.

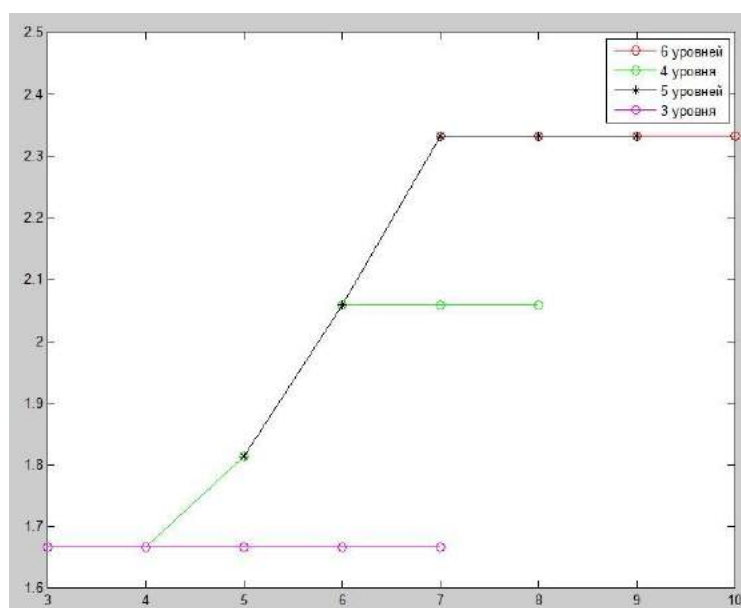


Рис.1 – График зависимости K_n от числа уровней и элементов

Предложенные алгоритмы являются весьма трудоемкими и не позволяют анализировать сортирующие сети с большим числом входов, уровней и элементов сравнения. Сократить время поиска оптимальных сетей можно путем оптимизации применяемых алгоритмов.

Таким образом, разработаны программные средства, которые при заданной апертуре и размерности позволяют выделять оптимальные фильтры. Полученные фильтры обеспечивают при соизмеримой степени шумоподавления существенно меньшую аппаратную сложность по сравнению с ранее известными медианными фильтрами, что может оказаться полезным в системах обработки сигналов и изображений.

Список литературы:

1. Быстрые алгоритмы в цифровой обработке изображений / Под. Ред. Т.С. Хуанга. – М.: Радио и связь, 1984. – 224 с.
2. Хемминг Р.В. Цифровые фильтры. – М.: Недра, 1987. – 221с.
3. Ивашко А.В. Методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов. Уч. Пособие – Харьков: НТУ «ХПИ» – 2005. – 240 с.

А.В. ГАПЕЕНКО, Л.В. ДЕРБУНОВИЧ, докт. техн. наук, профессор

Использование сдвиговых регистров с нелинейными обратными связями в генераторах ключевых последовательностей

Все более широкое применение электронных средств передачи данных, в сочетании с ростом использования компьютерной техники приводит к необходимости расширения ассортимента и повышения качества методов защиты информации.

Криптография является одним из наиболее часто используемых практических методов защиты информации, передаваемой по незащищенному каналу. Для защиты больших объемов данных, а также данных, передаваемых на высоких скоростях, очевидным выбором является симметричный способ шифрования. К симметричным методам криптографической защиты данных относятся специализированные блочные и поточные алгоритмы шифрования. Однако им обоим характерен один существенный недостаток: необходимость обеспечения надёжных средств и процедур по созданию, распространению и хранению ключей шифрования. Для создания качественных с криптографической точки зрения ключевых последовательностей используются генераторы случайных и псевдослучайных чисел [1]. Такие генераторы позволяют получать непредсказуемые или труднопредсказуемые последовательности битов, которые могут быть интерпретированы как случайные или псевдослучайные числа или в криптографических средствах – как ключи шифрования.

Основной причиной использования непредсказуемых случайных битовых последовательностей (СБП) в криптографии является невозможность по короткому фрагменту такой последовательности при наличии необходимых вычислительных ресурсов определить все биты этой последовательности.

Для получения СБП широко используются специализированные генераторы псевдослучайных битов (ГПБ). Для того чтобы битовая последовательность была случайной, её период должен быть достаточно большим и различные модели заданной длины должны быть равномерно распределены по последовательности.

Наиболее простым и распространённым методом генерации СБП является использование сдвиговых регистров с обратной связью, которые служат основным функциональным элементом в большом разнообразии схем генераторов псевдослучайных чисел [2].

Простейшим и наиболее популярным видом сдвигового регистра с обратной связью является сдвиговый регистр с линейной обратной связью (СРЛОС). Обратная связь в этом устройстве реализуется просто как сумма по модулю 2 всех (или некоторых) выходов запоминающих ячеек регистра. Биты, которые участвуют в обратной связи, образуют отводную последовательность. СРЛОС имеют многочисленные области применения, в

том числе выявление и исправление ошибок, сжатие данных, тестирование и криптография.

Помимо СРЛОС существуют сдвиговые регистры, обратная связь которых представляет собой некоторую нелинейную булеву функцию. Такие регистры называются сдвиговыми регистрами с нелинейными обратными связями или СРНОС. Случайные последовательности, получаемые с помощью сдвиговых регистров этого типа, обладают очень хорошими статистическими свойствами, которые по некоторым параметрам оказываются значительно лучше, чем у последовательностей, получаемых с помощью СРЛОС. Однако для СРНОС отсутствует пока решение для ряда фундаментальных теоретических проблем, важнейшей из которых является отсутствие формализованной систематической процедуры построения схемы для получения последовательности с гарантированно максимальным периодом.

Исследованию принципов построения СРНОС и поиска описанной выше процедуры посвящено множество работ [3–5] и в этой области наблюдается определённый прогресс. Возникает задача разработки новых схем генерации псевдослучайных последовательностей на СРНОС или адаптация уже существующих на базе СРЛОС.

В качестве цели работы был поставлен анализ возможностей и поиск способов применения СРНОС в схемах генераторов псевдослучайных битовых последовательностей, основанных на использовании СРЛОС. Применение СРНОС в качестве основного функционального элемента в этих генераторах может привести к существенному улучшению статистических качественных характеристик генерируемой последовательности при незначительном увеличении аппаратных затрат.

Как показывает практика реализации схем СРНОС, перестройка функциональной составляющей схем СРЛОС для реализации нелинейных функций приводит к незначительному увеличению затрат аппаратных средств вследствие увеличения функционального логического базиса и возникновения необходимости в введении дополнительных связей между элементами схемы.

Таким образом, технически возможно в типовых схемах заменить СРЛОС на СРНОС при условии всестороннего изучения статистических характеристик и критериев криптографической стойкости и подтверждение того, что они не ухудшатся. Принципиальных различий в реализации между ними нет.

Список литературы:

1. Шнайер. Б. Прикладная криптография (Applied Cryptography), 2-е издание. – 1994.
2. Kencheng Zeng. "Pseudorandom Bit Generators in Stream-Cipher Cryptography," / Kencheng Zeng, Chung-Huang Yang, Dah-Yea Wei, T.R.N. Rao // Computer, vol. 24, no. 2, -- 1991. -- pp. 8-17,
3. Annexstein F.S. Generating de Bruijn sequences: An efficient Implementation // IEEE Trans. On. Computers. – 1997. – Vol. C-46, №2. – p.198 – 200.
4. Дербунович Л. В. Генераторы тестов для дискретных ДУ с самотестированием / Дербунович Л.В., Татаренко Д.А., Темников И.Н. // Информационно – управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2004. – № 1. – с. 40 – 45.
5. Темников И. Н. Генератор нелинейной псевдослучайной тестовой последовательности // Вестник ХГПУ. – Харьков: ХГПУ. – 2000. – Вып. 112. – с. 130 –134.

К. В. ГОЛІКОВА, Ю. Ф. ПАВЛЕНКО, докт. техн. наук, професор

Методи точного вимірювання амплітудної модуляції

Якість радіомовлення, телебачення і багатьох інших радіосистем з використанням модульованих коливань в значній мірі залежать від рівня метрологічного забезпечення цих систем.

Методи вимірювання параметрів амплітудної модуляції можна поділити на 3 групи: амплітудного детектування, спектральні і часові.

Перші полягають у виділенні модулюючої функції амплітудно модульованого сигналу шляхом демодуляції (детектування) і дозволяють вимірювати коефіцієнт амплітудної модуляції, нелінійні спотворення і амплітудні шуми (паразитну амплітудну модуляцію) [1].

Спектральні методи використовують властивості спектрального розкладу амплітудно модульованих сигналів і дозволяють вимірювати коефіцієнт амплітудної модуляції по відношенню до спектральних складових амплітудно модульованого сигналу $m = 2 \frac{U_{\omega+\Omega}}{U_{\omega}}$. Графічне зображення спектра представлено на рис. 1

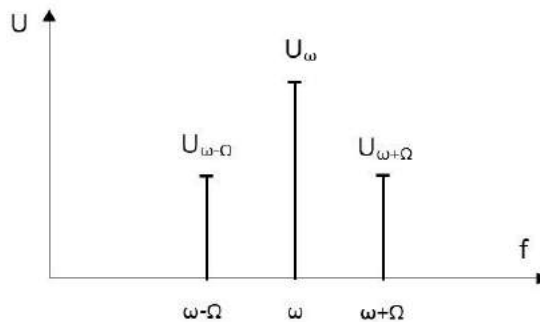


Рис. 1– Графічне зображення спектра амплітуди

Часові методи дозволяють вимірювати коефіцієнт амплітудної модуляції за амплітудно часовим відображенням, осцилограмою амплітудно модульованого сигналу (рис. 2).

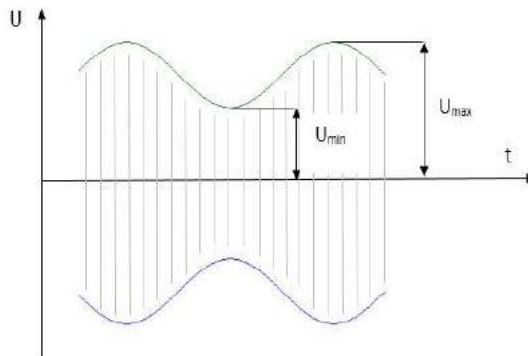


Рис. 2 – Осцилограма амплітудно модульованого сигналу

Методи першої групи є найбільш універсальними з точки зору функціональних можливостей, але реалізуються вони за допомогою спеціального приладу – модулометра.

Спектральні і часові методи можуть бути реалізовані з використанням приладів загального призначення – калібратора спектра і осцилографа. Треба відзначити, що амплітудно – часовий метод дозволяє встановити значення коефіцієнта амплітудної модуляції $m=100\%$ з дуже високою точністю (рис. 3).

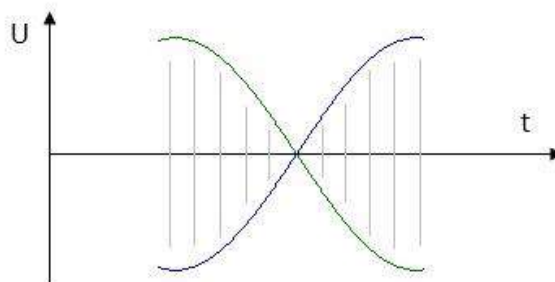


Рис. 3 – Графік міри коефіцієнта амплітудної модуляції

При гармонічній амплітудній модуляції і лінійній модуляційній характеристиці генератора він дозволяє встановлювати межі (відносно 100%) коефіцієнта амплітудної модуляції шляхом модульованої напруги в визначене число разів (рис. 4). Цей метод використовують в еталоні амплітудної модуляції для побудови міри коефіцієнта амплітудної модуляції.

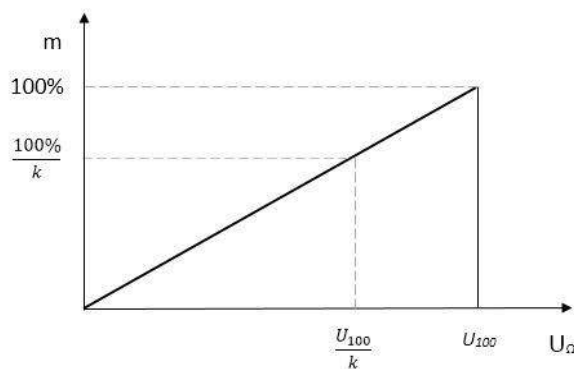


Рис. 4 – Лінійна модуляційна характеристика генератора

Список літератури:

1. Забезпечення єдності електрорадіовимірювань : навч. посібник для студ. вищих навч. закладів / Ю.Ф. Павленко, І.П. Захаров, С.І. Кондрашов, В.К. Гусельников / за ред. Ю.Ф. Павленка. – Х. : Вид-во «Підручник НТУ «ХПІ». – 232 с.
2. Чинков В.М. Основи метрології та виміральної техніки / В.М. Чинков. – Харків : НТУ «ХПІ», 2005. – 524 с.
3. Болмусов Ю.Д. Метрологическое обеспечение измерителей модуляции / Ю.Д. Болмусов, Ю.Ф. Павленко, Н.П. Соколовский – М.: Военное издательство, 1992.– 192 с.

Г.В. ГРУЗДЬ, В.К. ГУСЕЛЬНИКОВ, канд. техн. наук, професор

Розробка цифрової вимірювальної установки для теплового господарства

На сьогоднішній день в Україні та в країнах СНД квітковий бізнес існує переважно завдяки імпорту. Необхідність розробки такої системи пов'язана з тим, що використання такої установки є необхідною умовою цілорічного знімання якісного врожаю квітів у теплицях, що дозволить практично відмовитися від імпорту значної кількості зрізки квітів троянд, завезених у країни СНД в осіннє – зимове – весняний періоди із країн далекого зарубіжжя, що організаційно й економічно було б дуже вигідно для виробників і споживачів квіткової продукції в країнах СНД.

На цей час велика кількість установок для теплового господарства виставлені у середовищі Інтернет. Розглянуті системи мають один важливий недолік – велика ціна. У джерелі [1] наведена система контролю за технологічними параметрами в теплицях, але в ній не розглядаються можливі похибки даної вимірювальної системи, переваги її використання, також не розглядаються питання метрологічної надійності та елементної бази, що в них використовується.

Тому актуальною задачею є створення сучасної мікроконтролерної системи, що буде забезпечувати своєчасний контроль основних параметрів мікроклімату у теплицях та склад ґрунту. Використання такої системи є необхідною умовою цілорічного знімання якісного врожаю квітів у теплицях.

Структурна схема вимірювальної установки для теплового господарства, що наведена на рис. 1 включає аналогову й цифрову частини.

Аналогова частина містить у собі: первинні вимірювальні перетворювачі: ПВП1 – призначений для виміру вологості ґрунту й субстратів та температури; ПВП2 – призначений для контролю CO_2 у теплиці; ПВП3 – призначений для виміру освітленості; ПВП4 – призначений для контролю відносної вологості й температури повітря.

У цифрову частину входять аналого–цифрові перетворювачі (АЦП), призначені для перетворення вхідної безперервної величини (напруги), що містить вимірювальну інформацію у цифровий код і передачі її на мікроконтролер; мікроконтролер, необхідний для обробки вимірювальної інформації, що представлена у цифровому вигляді, для керування даною інформацією та забезпечення обміну даними між окремими частинами установки та зовнішніми пристроями; генератор синхронізуючих імпульсів (ГСІ) виробляє синхроімпульси, необхідні для роботи мікроконтролера; сторожовий таймер (СТ), що стежить за живлячою напругою й забезпечує зовнішнє скидання мікропроцесорної системи; пульт управління (ПУ); інтерфейс (ІФ), призначений для обміну даними із зовнішніми пристроями,

зокрема з персональним комп'ютером (ПЕОМ); цифровий відліковий пристрій (ЦВП) необхідний для цифрового відображення інформації на екрані; ПЗП – постійний запам'ятовуючий пристрій, призначений для зберігання уставок, необхідних для подальшого порівняння з величиною, що вимірюється; блок живлення (БЖ) забезпечує необхідну напругу для роботи приладу.

Для контролю рівня рН використаний первинний вимірювальний перетворювач ПВП5. Він має свій датчик температури та АЦП, тому на його виході маємо цифровий код, який безпосередньо подається на мікроконтролер.

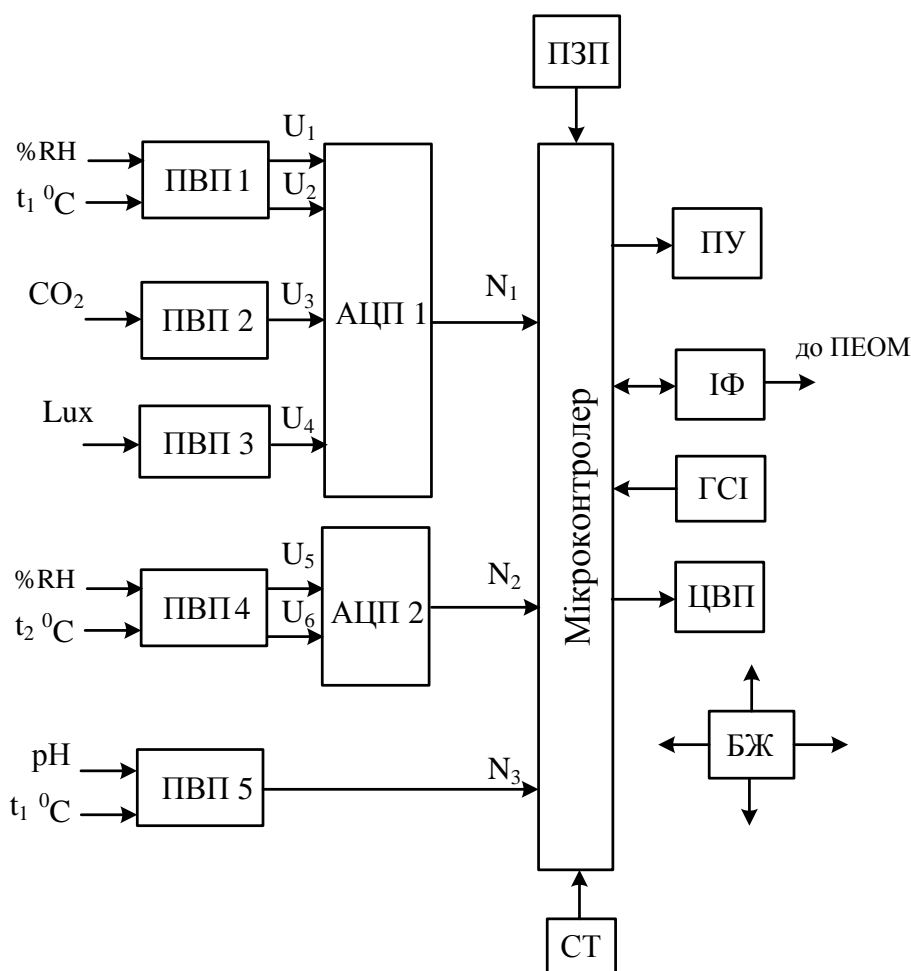


Рис. 1 – Цифрова вимірювальна установка для теплового господарства

Сумарна похибка цифрової вимірювальної установки для теплового господарства при обраній елементній базі не перевищує 5%.

Список літератури:

1. Система контролю за технологічними параметрами в теплицях <http://www.greenhouses.ru/Kontrol-za-tehnicheskimi-parametrami-v-teplicah>.
2. ДСТУ 3651.0-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні положення, назва та позначення.

О.О. ДЗЯБЕНКО, О.Л. ХАРЧЕНКО, канд. техн. наук, доцент

Повірка коаксіальних навантажень для надвисокочастотної апаратури

У роботі наведений аналіз методів повірки коаксіальних навантажень типів 1А, 1Б та вибір оптимального. Виявлено шляхи зменшення власного коефіцієнта відбиття.

За допомогою коаксіальних навантажень типів 1А, 1Б здійснюється повірка (калібрування) цілої низки засобів вимірювальної техніки. Такі засоби вимірювальної техніки в свою чергу використовуються для визначення параметрів приладів та трактів надвисоких частот радіотехнічних систем. У зв'язку з цим удосконалення методів повірки коаксіальних навантажень є актуальною науково-технічною задачею.

Метою доповіді є аналіз методів зменшення похибки визначення модулю коефіцієнта відбиття коаксіальних навантажень при їх повірці.

Коаксіальні навантаження, основні параметри й метрологічні характеристики яких відповідають ГОСТ 8.172-75 (8.173–75) застосовуються для налаштування надвисокочастотної (НВЧ) апаратури в якості самостійних зразкових мір або входять у комплект засобів вимірювальної техніки. Найбільш широко застосовуються навантаження типів 1А, 1Б [1], як робочі еталони другого розряду, що проходять повірку методом прямих вимірювань або методом порівняння за допомогою компаратора на установках для перевірки мір коефіцієнту стоячої хвилі напруги (КСХН) і повного опору з використанням комплектів мір КСХН і повного опору 1-го розряду. Похибка атестації, яких повинна бути не більше 1...2 % по КСХН і 1...2° по фазі коефіцієнта відбиття.

Відповідно до ГОСТ Р 8 597–2003 повірка коаксіальних навантажень 2-го розряду здійснюється з використанням вимірювальних ліній 1-го класу. Допускається застосування вимірювальних ліній більш низького класу, якщо їхні метрологічні характеристики задовольняють необхідній точності перевірки [2].

Вимірювання параметрів коаксіальних навантажень за допомогою вимірювальних ліній зводиться до порівняння повного (комплексного) опору навантаження (Z_H) із хвильовим опором тракту вимірювальної лінії (Z_0) який служить еталонним опором [3]. За рахунок допусків на геометричні розміри вимірювальної лінії при її виготовленні й ряду інших причин Z_0 відрізняється від номінального значення.

Відхилення хвильового опору вимірювальної лінії від номінального значення контролюється у процесі експлуатації лінії за рахунок оцінки її власного коефіцієнта відбиття (K_{CTV}), що визначається за допомогою навантажень зі змінною фазою.

Параметром навантаження, який підлягає визначенню, є Z_H що дорівнює $Z_H = R_H + jX_H$. Зв'язок між комплексним коефіцієнтом відбиття навантаження (Γ_H) і повним опором визначається виразом

$$\Gamma_i = \frac{(Z_i / Z_i) - 1}{(Z_i / Z_i) + 1}. \quad (1)$$

За допомогою вимірювальної лінії звичайно визначається модуль $|K_H|$ і фаза φ_K коефіцієнта стоячої хвилі навантаження, причому

$$|\hat{E}_i| = \frac{1 + |\Gamma_i|}{1 - |\Gamma_i|}, \quad (2)$$

де $|\Gamma_H|$ - модуль коефіцієнта відбиття навантаження.

Похибка визначення $|K_H|$ у відсотках Δ_K дорівнює [1]

$$\Delta_{\hat{E}} = \pm 1,7 \sqrt{\sigma_{1\hat{E}}^2 + \sigma_{2\hat{E}}^2 + \sigma_{3\hat{E}}^2}, \quad (3)$$

де σ_{1K} - середнє квадратичне відхилення результатів вимірювання за рахунок власного коефіцієнта стоячої хвилі (КСХН) вимірювальної лінії у відсотках; σ_{2K} - середнє квадратичне відхилення результатів вимірювання за рахунок мінливості зв'язку зонда з полем лінії у відсотках; σ_{3K} - середнє квадратичне відхилення результатів вимірювання за рахунок індикаторного приладу.

Найбільший внесок в Δ_K вносить [1,2] похибка за рахунок σ_{1K} , що дорівнює

$$\sigma_{1\hat{E}} = 0,7(K_{CTU} - 1)100\%. \quad (4)$$

Допуск на K_{CTU} залежить від класу вимірювальної лінії. Для вимірювальної лінії 1-го класу $K_{CTU} < 1.012$, для ліній 2-го класу – 1.04. У цей час в Україні відсутні вимірювальні лінії 1-го класу.

Похибка визначення $|K_H|$ за допомогою вимірювальної лінії 2-го класу тільки за рахунок K_{CTU} складе величину 2,8%, що у багатьох випадках не задовольняє пропонованим вимогам до перевірки навантажень [4].

Зменшення власного K_{CTU} вимірювальної лінії представляє собою досить складне завдання. Тому, що відбиття у вимірювальній лінії залежать від конструкцій перехідних пристроїв, щільної секції, опору центрального провідника та ін.

Вимірювальні лінії, що використовуються для перевірки коаксіальних навантажень, атестуються на фіксованих частотах. Тому, щоб усунути вплив власного K_{CTU} на вимірювані параметри навантаження, необхідно компенсувати неоднорідності вимірювальної лінії на конкретній частоті.

Список літератури:

1. ГОСТ Р8 597-2003. Нагрузки коаксиальные. Методы поверки.
2. ГОСТ 8.351-79 ГСИ Линии измерительные. Методы и средства поверки.
3. Стариков В.Д. Методы измерения на СВЧ с применением измерительных линий / Стариков В.Д. – Г. Советское радио, 1972. –145 с.

К.В. ДУНЯК, С.И. КОНДРАШОВ, докт. техн. наук, профессор,
В.В. ЛИСЕНКО

Проблема маркировки продукции в Украине, содержащей ГМО и (или) их источники

В работе рассмотрена законодательная база Украины по вопросам маркировки продуктов питания, ввоза импортной продукции, содержащей ГМО.

Генетически модифицированный организм (ГМО) – это организм, в котором генетический материал был изменен с помощью искусственных приемов переноса генов.

Генетически модифицированные источники (ГМИ) – продукты полученные переработкой генетически модифицированных растений и животных, а также с помощью микроорганизмов.

Маркировка отечественных пищевых продуктов должна включать следующее: наименование товара, которое должно быть понятно потребителю, конкретно и достоверно характеризовать товар, его отличительные признаки, а при необходимости и указывать информацию об отличительных состояниях и специальной обработке; наименование и местонахождение изготовителя, включая страну, юридический адрес, при необходимости, организации, уполномоченной на принятие претензий от потребителей; товарный знак изготовителя, утвержденный или принятый изготовителем в установленном порядке; состав товара; количественные характеристики товаров; назначение и условия для применения срок годности или хранения; дату изготовления и дату упаковывания; обозначение документа, в соответствии с которым изготовлен и может быть идентифицирован товар; информацию о подтверждении соответствия в форме знака соответствия или знака обращения на рынке; противопоказания или ограничения. В настоящее время в быт человека активно внедряют ГМО и ГМИ. До сих пор среди ученых разных наук продолжаются дискуссии о вреде, наносимом человеку из-за потребления этих продуктов. Безвредность их также не доказана. Вот ряд положений проблемы:

- отсутствует чёткая законодательная база, обеспечивающая биологическую безопасность населения, растений, животных и окружающей среды в Украине;

- не работает система контроля над ввозом и распространением чужеродных и искусственно созданных биологических организмов и продуктов их переработки;

- низкий уровень материально-технической базы по проверке качества и тестированию генно-модифицированных биологических объектов;

- средства массовой информации недостаточно освещают эту проблему.

В Украине, также как и во всем мире, мнения относительно использования ГМО сильно расходятся. Некоторые ученые считают, что генетическая модификация растений – один из двигателей научно-технического прогресса. Это касается таких отраслей науки как медицина, нефтехимия, выращивание технических культур и др. Однако в Украине есть и противники ГМО. Они видят взаимосвязь между возросшим бесплодием у женщин и потреблением ими ГМО.

31.05.2007 г. в пакете законов ВТО принят закон Украины "О государственной системе биобезопасности при создании, испытании, транспортировании и использовании ГМО" (регистр N3595) [1]. Этот закон нарушает существующий Закон "О защите прав потребителей" [2]. 1.08. 2007 г. Кабмин принял постановление, согласно которому с 1.11.2007 г. ввоз и реализация продуктов, которые содержат ГМО в количестве, большем 0,9% должны иметь соответствующую маркировку. В октябре 2007 постановление было отменено. 7.12.2007 г. Всеукраинская экологическая лига подала иск на незаконные действия Кабмина в части отмены своего же постановления. 11.02.2008 г. Административный окружной суд Киева признал противоправным постановление Кабмина Украины. Таким образом, автоматически вступило в силу предыдущее постановление Кабмина N985 от 1.08.2007 г.

Президент Всеукраинской общественной организации "Живая планета" С.Берзина заявила, что постановление Кабмина Украины (N985 от 1.08.2007 г.), не было подкреплено механизмом проведения процедуры сертификации продукции относительно содержания ГМО, оно также не подкреплено никакими дополнительными нормативными актами.

Очевидна необходимость в разработке закона об обязательной маркировке продуктов питания, содержащих ГМО и продуктов, содержащих ГМИ. Социально-этический маркетинг государственных структур должен воздействовать на общество и способствовать реализации данного закона и стратегическому развитию Украины в области экологических товаров и повышению экологической грамотности населения.

Список литературы:

1. Закон Украины: О государственной системе биобезопасности при создании, испытании, транспортировании и использовании ГМО: по сост. на 31.05.2007 г. // Верховна Рада Украины. – Офиц.изд. – К. : Парлам. вид-во 2007.– (регистр N3595) – (Библиотека официальных изданий).

2. Закон Украины: О защите прав потребителей: по сост. на 10.01.2006 г. // Верховна Рада Украины. – Офиц.изд. – К. : Парлам. вид-во 2006 г. – (Библиотека официальных изданий).

3. Постановление Кабинета Министров Украины: Вопросы оборота пищевых продуктов, которые содержат ГМО и (или) микроорганизмы: по сост. на 01.08.2007. // Верховна Рада Украины. – Офиц.изд. – К. : Парлам. вид-во 2007.– (регистр.N985) – (Библиотека официальных изданий).

О. Н. ЕВСЕЕНКО, А. И. ГАПОН, канд. техн. наук, профессор

Применение метода ШИМ-регулирувания с предсказанием к управлению температурным полем объекта

Поиск новых методов управления температурой объекта связан с подорожанием энергоносителей, повышением требований к микроклимату помещений, устареванием текущих методов управления подачей тепла, скачком в развитии микропроцессорной техники за последние годы.

В [1] рассмотрен метод управления температурой объекта при помощи релейного регулятора, недостатком которого является высокая погрешность результата из-за тепловой инерции нагревателя. В [2] рассмотрен метод управления тепловым режимом здания при помощи грубой и точной настройки, недостаток которого – невозможность использования данного метода для управления объектом с распределёнными параметрами.

Цель работы заключается в практическом применении предложенного метода [3] по управлению температурным полем объекта.

Для реализации данной идеи разработан аппаратно-программный комплекс, включающий в себя оригинальный способ регулирования, объект управления, нагреватель, датчики температуры, контроллер, программу управления. Проведён эксперимент по поддержанию заданной температуры объекта.

Полученные результаты и погрешности натурального эксперимента позволяют сделать вывод о том, что следует отказаться от одноинтервального предсказания и перейти к предсказанию на два и более интервалов, с уменьшением длительности периода дискретизации до значения, равного зоне нечувствительности объекта.

Предложенный способ относится к системам управления температурой объекта по заданной программе и может быть реализован в энергетике, химической, металлургической, пищевой, жилищно-бытовой и других областях промышленности.

Список литературы:

1. Инструкция по настройке регуляторов системы теплоснабжения на базе вычислителя количества теплоты ВКТ-5 : прил. к руководству по эксплуатации РБЯК.400880.028 РЭ / ЗАО Теплоком. – СПб., 2002. – 36 с.
2. Спосіб програмного регулювання температурного поля: патент на корисну модель 77636 Україна: МПК G05D 23/19 (2006.01) / *Савицький С. М., Гапон А. І., Качанов П. О. Римар С. І.*; заявник Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т». – № u201208541; заявл. 10.07.2012; опубл. 25.02.2013, Бюл. № 4. – 4 с.
3. Спосіб програмного управління тепловим об'єктом з застосуванням широтно-імпульсної модуляції: патент на корисну модель 81276 Україна : МПК G05D 23/19 (2006.01) / *Савицький С. М., Гапон А. І., Качанов П. О., Євсєєнко О. М., Вискребенцев В. О.* ; заявник Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т». – № u201300059 ; заявл. 02.01.2013 ; опубл. 25.06.2013, Бюл. № 12. – 4 с.

Р.Ю. ЕФИМОВ, И.В.ГОРМАКОВА, ассистент

Микропроцессорное устройство дистанционной передачи данных по GSM-технологии

На сегодняшний день в различных отраслях науки и производства есть потребность в быстром сборе и обработке информации, удобном и наглядном мониторинге технологических процессов и т.д. В настоящее время технология дистанционной передачи данных (ДПД) по GSM-каналу решает эти задачи и значительно расширяет возможности в производстве.

ДПД существенно упрощает сбор информации, её структурирование, а также мониторинг различных технологических процессов. ДПД осуществляется при помощи GSM технологии. Это глобальный стандарт цифровой мобильной сотовой связи с разделением каналов по времени TDMA (Time Division Multiple Access) и частоте FDMA (Frequency Division Multiple Access).

На сегодняшний день формат GSM используется во многих типах устройств, применяемых во различных сферах деятельности. Это спутниковые навигаторы, применяемые в локомотивах и автомобилях для отображения координат и местонахождения объекта, мобильные телефоны, охранные системы, имеющие возможность передавать информацию о состоянии охраняемого объекта на максимально возможное расстояние, регистраторы, измерители устройства, применяемые в промышленности, которые осуществляют передачу измеренных данных для дальнейшей обработки [1].

Разработанное в данной работе микропроцессорное устройство ДПД решает одну из перечисленных задач, а именно измерения, регистрации и передачи данных по GSM-каналу.

Устройство выполняет следующие функции:

- 1) измерение и регистрация сигнала постоянного напряжения в диапазоне от 0 до 1В по двум измерительным входам;
- 2) сбор и архивирование данных, полученных от других приборов по интерфейсу RS-485 (протокол Modbus RTU);
- 3) передача накопленного архива через GSM канал в виде сообщений на электронную почту получателя.

На измерительные входы устройства подаются сигналы напряжения, которые обрабатываются встроенным в микроконтроллер аналого-цифровым преобразователем (АЦП). После чего данные архивируются на съемную SD-карту памяти. Архивные данные могут при помощи встроенного модема передаваться другим устройствам GSM-каналу.

Сбор и регистрация данных от других устройств осуществляется по одному из интерфейсов RS-485 [2]. Данный интерфейс обеспечивает высокую

скорость передачи сигнала (до 10 Мбит/с), высокую мощность передатчика и помехоустойчивость [3].

Основные блоки устройства (микроконтроллер и модем) обеспечиваются стабильным напряжением, которое поступает с выходов линейных стабилизаторов, что гарантирует правильную и стабильную работу устройства.

Для обмена информацией с ПЭВМ при задании параметров настройки служит интерфейс USB.

На рисунке 1 приведена структурная схема устройства:

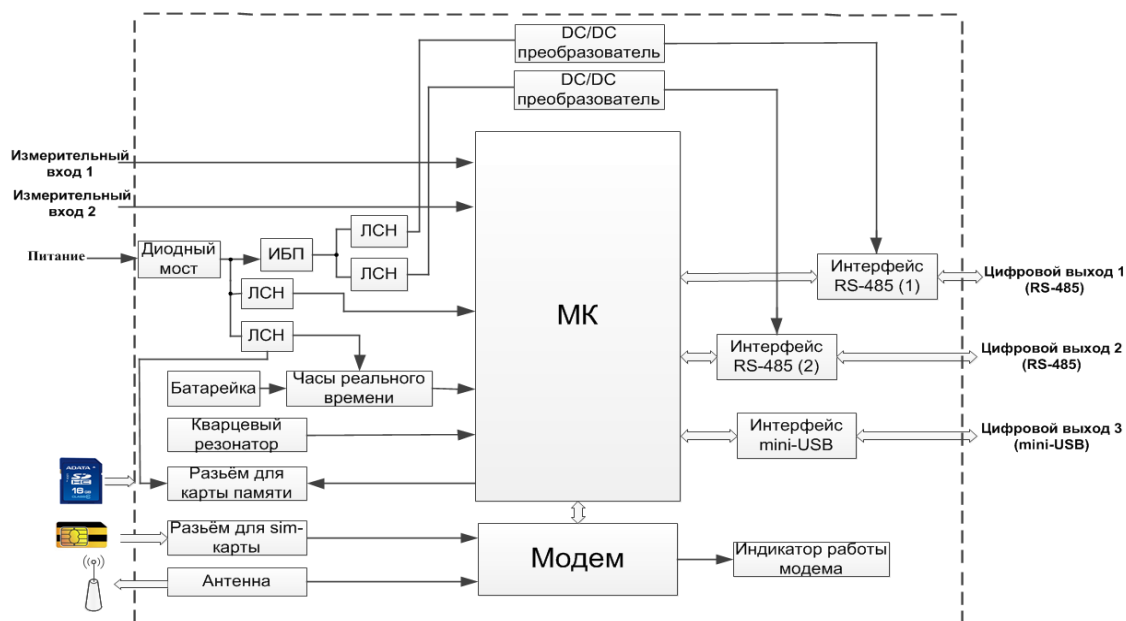


Рис. 1 – Структурная схема устройства

Разработанное устройство имеет хорошие технические и конструктивные характеристики. А применение GSM-технологии, которая является актуальной и одной из основных в мире, делает устройства доступными для применения во многих сферах деятельности.

Список литературы:

1. Разников В. Обзор оборудования Thermokon в свете LON-технологий / В. Разников // Современные технологии автоматизации. – 2008. – №4. – с. 16-20.
2. Самуйлов К. Е. Сети сотовой подвижной связи в стандарте GSM / К. Е. Самуйлов, М. В. Никитина.– 1996. –№ 06. – с. 2-5.
3. <http://www.modbus.org/docs/Modbus> – MODBUS APPLICATION PROTOCOL SPECIFICATION

И.М. КОРЖОВ, Е.Е. ТВЕРИТНИКОВА, канд. истор. наук, доцент

Моделирование потенциала обнаружения акустической системы неразрушающего контроля газопровода

Различные нарушения герметичности газопроводов приводят как материальному ущербу, так и к загрязнению окружающей среды. Улучшение свойств систем обнаружения утечек (СОУ) способствует минимизации потерь, а так же к удешевлению и повышению безопасности процесса транспортировки [1]. Утечка в газотранспортной магистрали является источником шумового сигнала, который имеет неизвестные параметры по спектру, корреляционные свойства, время появления, длительность и формы огибающих шумов. Такая неопределённость априорных данных существенно усложняет задачу теоретического анализа в сравнении с вариантом выделения сигнала с известными параметрами. Из этого следует, что результаты исследований при известных сигналах, которые получены в большинстве научных трудов, посвящённых корреляционным методам обработки сигналов, лишь частично могут быть использованы для проектирования систем обнаружения утечек.[2]

Цель работы заключается в разработки теоретической основы для моделирования и исследования возможностей акустической системы обнаружения утечек. По результатам моделирования оценить расстояние между датчиками акустической системы неразрушающего контроля.

Кроме неизвестных параметров источника акустического сигнала, также присутствует недостаток информации о параметрах распространения акустических колебаний в сложной среде. Также осложняет необходимость рационального выбора параметров системы связанных с датчиками, внешними шумами, усилителями, аналогово-цифровых преобразователей и цифровой корреляционной обработкой данных [3].

Такая неопределённость априорной информации характерна для проектирования сложных систем. Некоторые принципы проектирования сложных систем можно использовать при теоретическом исследовании системы обнаружения утечек. Так создание универсальной модели обнаружения акустического сигнала для любой среды достаточно сложная задача, более рационально использовать подход создания различных моделей для разных сред. При этом общие принципы построения таких моделей могут быть идентичными [4].

В условиях неопределенности при системном подходе целесообразно разделить канал распространения полезного сигнала на относительно независимые фрагменты, задаваясь при этом необходимостью решения общей задачи. Для каждого из фрагментов канала необходимо найти комплексный параметр, который наиболее полно будет характеризовать его влияние на

сигнал. Для акустической системы обнаружения утечек, возможно такое разбиение на фрагменты: источник сигнала, среда распространения (трубопровод), принимающая часть.

Для моделирования было принято, что утечка излучает сложный сигнал, произведение длительности которого на ширину его спектра частот гораздо больше единицы. Типовым сложным сигналом является «Розовый» шум, такой сигнал обладает узким пиком функции неопределённости и взаимно корреляционной функции, что позволяет достичь наилучшего обнаружения по дальности. Реальный источник может обладать несколько худшими параметрами, в связи с этим, результаты моделирования максимально оптимистичны. Такой подход даёт возможность начать исследование системы обнаружения не с параметров источника, а с приёмной части, параметры которой гораздо в большей степени известны.

Для варианта линейной структуры трубопровода проведено моделирование и оценка параметров источников шумового сигнала, а также расстояния, на котором они могут быть обнаружены. Для моделирования был выбран математический программный пакет MatLab, в котором было написана программа моделирования. В результате моделирования было получено семейство графических зависимостей.

Таким образом, описанный подход к моделированию системы позволяет проанализировать возможности системы обнаруживать источники сигнала и расстояния до них. Результаты моделирования показывает реальную возможность контроля трубопровода на расстояниях до нескольких десятков километров между датчиками. При практическом применении дальность между датчиками будет несколько меньше, так как при моделировании не учитывалось множество влияющих факторов.

Список литературы:

1. Коржов И.М. Приборы и методы обнаружения утечек из газопроводов / И.М. Коржов // Сб. тез. докладов I Всеукр. научно-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные тенденции развития приборостроения». научно-техн. конф., Луганск, 19-20 нояб. 2012 г.» – Луг. 2012, – С. 140–141.

2. Болдырев В. Теоретические основы и моделирование корреляционного метода обнаружения источников шума (часть 2) / В. Болдырев // Современная электроника. – 2007. – № 1. – С. 64–69.

3. Кутуков С.Е. Проблема повышения чувствительности, надёжности и быстродействия систем обнаружения утечек в трубопроводах» / С.Е. Кутуков // Информационные технологии. Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Т. 2. – 2004. – С. 28–45.

4. Болдырев В. Теоретические основы и моделирование корреляционного метода обнаружения источников шума (часть 1) / В. Болдырев // Современная электроника. – 2006. – № 9. – С. 56–59.

І.М. КОРЖОВ, В.В. ЛИСЕНКО, ст. викладач

Програмне забезпечення автоматизування розрахунків обробки результатів вимірювань «CALIBR»

Підтримка засобів вимірювальної техніки у справному стані, та визначення їх метрологічних характеристик є однією з найважливіших завдань метрологічного забезпечення виробництва і наукових досліджень. Основними процедурами для визначення метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки є метрологічна атестація, повірка, калібрування [1]. Під час проведення яких доводиться виконувати значну кількість розрахункових операцій, враховувати фактори, що впливають та інше [2]. Тому автоматизація процесу проведення метрологічних операцій має велике значення для скорочення часу, підвищення їх точності та надійності.

Головна мета праці є огляд можливостей та застосування універсального програмного забезпечення по обробці вимірювальної інформації CALIBR 1.1 власної розробки.

Автоматизації розрахунків результатів експериментальних досліджень метрологічних характеристик ЗВТ складаються у наступному: обов'язкове виконання вимог порядку проведення метрологічної атестації, повірки і калібрування; виконання вимог державних і міжнародних стандартів що до оцінювання невизначеності вимірювань [3], необхідних для визнання сертифікатів калібрування; підвищення рівня якості виконання метрологічних задач і робіт.

Програма CALIBR 1.1 допомагає автоматизувати процес калібрування та розрахунку абсолютної та відносної похибки, невизначеностей по типу A , B та сумарну невизначеність. Головне призначення програми – автоматичне отримання заданої кількості вимірюваних значень безпосередньо від вимірювального обладнання, по інтерфейсу RS-232 (COM-порт), або завантаження вже отриманих значень з файлу, та подальша обробка інформації для отримання значень похибок та невизначеностей.

Функціонально CALIBR 1.1 складається з 6 блоків: блок роботи з COM - портом, блок роботи з отриманими значеннями з файлу, блок відображення отриманих значень, блок розрахунків, блок графічного відображення, блок створення звіту. У блоці роботи з COM - портом реалізовано автоматичний пошук наявних в комп'ютері COM - портів та відображення списку їх імен для вибору необхідного, налаштування швидкості з'єднання, та елементи візуального відображення стану порту та процесу зчитування. У цьому блоці необхідно вказати кількість вимірювань для зчитування.

Блок роботи з отриманими значеннями з файлу, призначений для завантаження готових вимірювань з файлу, та збереження зчитаних даних у файл. Також у блоці відображається інформація про вимірювання –

максимальне, мінімальне та середнє значення вимірювальної величини.

У блоці відображення отриманих значень, відображаються отримані значення з файлу або в режимі реального часу при зчитуванні з СОМ – порту.

Блок розрахунків призначений для вводу необхідних даних для розрахунків – довірчої ймовірності, номінальної величини, одиниці молодшого розряду, максимальну допустиму похибку джерела еталонного сигналу, та отримання розрахункових даних – абсолютної та відносної похибки, невизначеностей по типу A , B та сумарну невизначеність.

Блок графічного відображення – інтерактивний графік, на якому відображаються отримані вимірювання. Блок відображення має можливості: масштабування, авто масштабування, функцію підсвічування значень точок, можливість збереження графіка в різних форматах, можливість безпосереднього роздруку графіка.

Блок створення звіту допомагає створити та зберегти звіт у який за вибором можливо включити такі данні як результати розрахунків, параметри розрахунків та значення вимірювань.

Тестування і практичне застосування програми CALIBR 1.1 проводилося у складі автоматизованої системи калібрування з залученням генератора тестових (еталонних) сигналів. Приладами, що калібрувалися, були: вимірювач частоти промислової мережі «ИЧПС-1М» та «ВЧС-4нт» розробки кафедри ІВТС НТУ «ХП». Калібрування проводилось методом безпосереднього звірення згідно з Державною повірочною схемою для засобів вимірювань часу і частоти – ДСТУ 3538:2009. Виконання робіт проводиться в відповідності до вимог розділу 4 ДСТУ 3989-2000 «Калібрування засобів вимірювальної техніки».

Розрахунок результатів вимірювання чи калібрування ЗВТ проводиться по методикам і формулам приведених в [3]. При цьому проводиться оцінювання стандартної невизначеності вимірювання за типами A і B , сумарної і розширеної невизначеності з урахуванням коефіцієнта охоплення k , який вибирається відповідно до заданого рівня довіри P .

Описана програма CALIBR 1.1 дає можливість автоматизувати і прискорити процес проведення калібрування засобів вимірювальної техніки, знизити ризик помилок, підвищити технологічний рівень калібрувальної лабораторії.

Список літератури:

1. Павленко Ю.Ф. Забезпечення єдності електрорадіовимірювань : нав. посіб. / Ю. Ф. Павленко, І.П. Захаров, С.І. Кондрашов, В.К. Гусельніков / – Х.: Вид-во «Підручник НТУ ХП». – 232 с.
2. ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 Загальні вимоги до компетенції випробувальних та калібрувальних лабораторій.
3. Кондрашов С.І. Невизначеність вимірювання : нав. посіб. / С.І. Кондрашов, В.М. Чинков, О.Л.Харченко / – Х.: НТУ «ХП». 2010. – 80 с.

Е. А. КУЗЬМИНА, В. Н. БАЛЕВ, канд. техн. наук, доцент

Анализ измерителя показателей качества электрической энергии для бытового потребителя

Качество электроэнергии - это вопрос экономический и вместе с тем, сегодня это вопрос культуры производства и потребления - качества жизни общества. Электрическая энергия сегодня все больше становится товаром, а где товар, там и качество товара [1].

Качество электроэнергии является совокупностью свойств электрической энергии, показателей качества электроэнергии (ПКЭ) которые определяют ее качество для потребителя [2].

Для того чтобы провести контроль ПКЭ используются различные приборы, которые отличаются количеством измеряемых величин, диапазоном, страной производителем и стоимостью. В первую очередь такие приборы используются на предприятиях для обеспечения контроля ПКЭ. Они трехфазные, имеют много функций, но их стоимость соответственно очень высока. Чтобы обеспечить контроль ПКЭ обычного потребителя, необходимо разработать такой прибор, однофазный, который был бы простым в эксплуатации, отвечал всем нормам и требованиям, имел достаточное количество параметров, и был намного дешевле производимых приборов, предлагаемых на нашем рынке [3]. Структурная схема такого измерителя представлена ниже на рис 1.

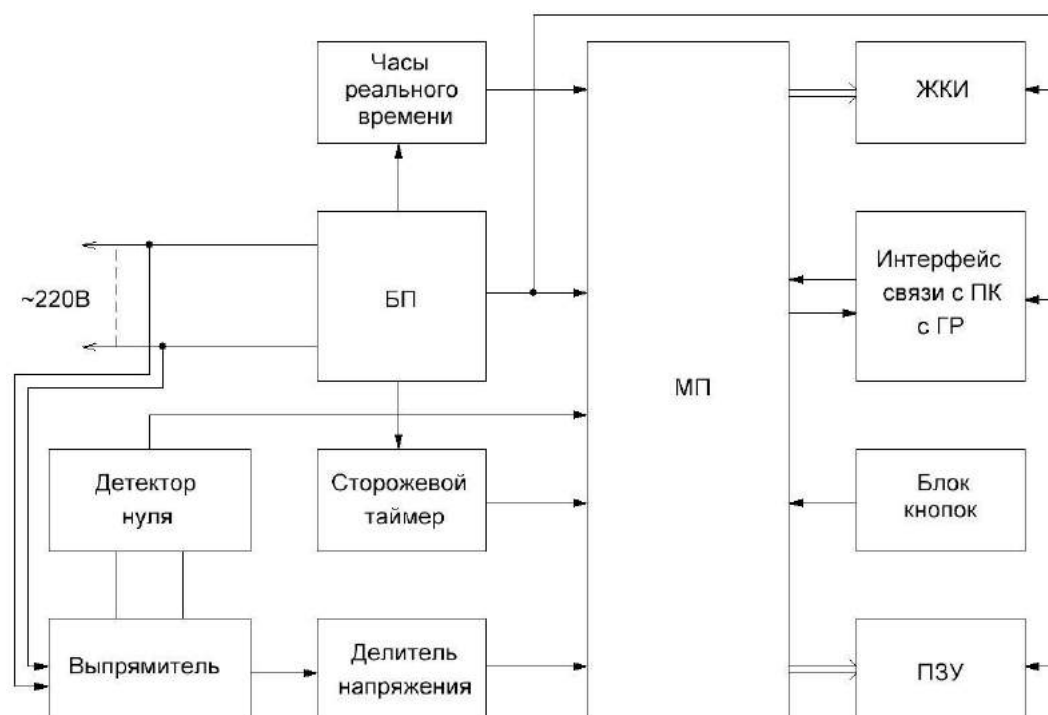


Рис. 1 – Структурная схема измерителя ПКЭ

На основании данной структурной схемы, была разработана схема электрическая принципиальная, печатная плата, а также сам измеритель ПКЭ. Изображение печатной платы измерителя ПКЭ приведено ниже на рис 2.

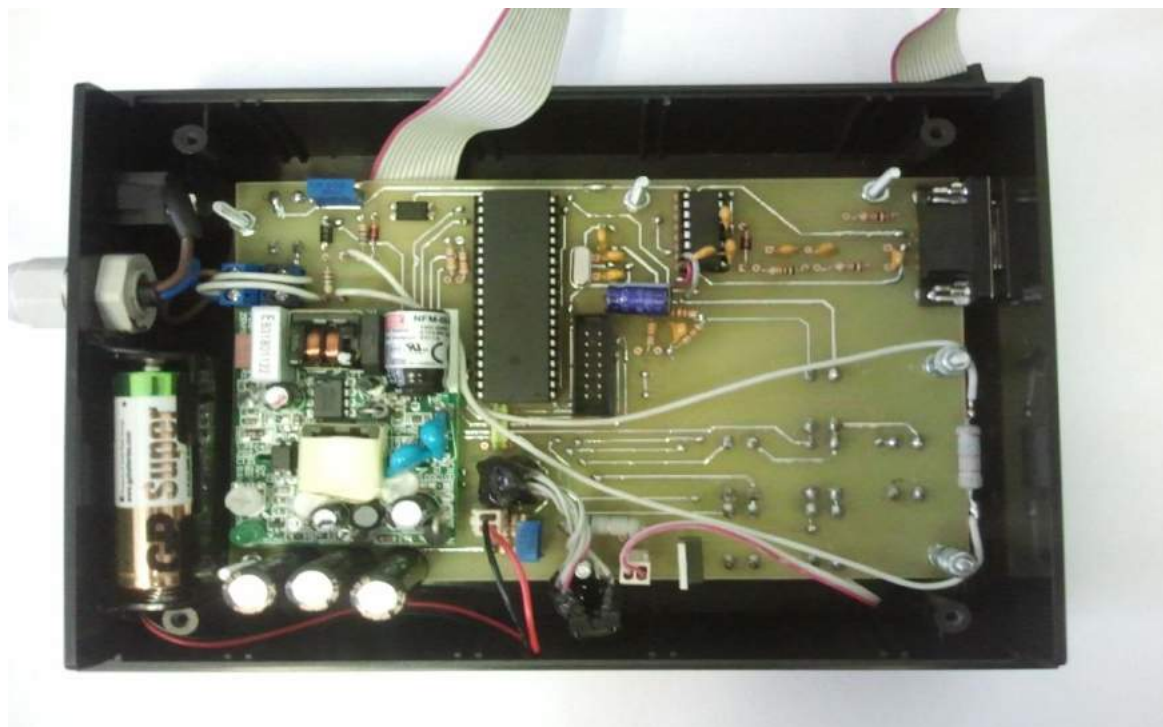


Рис. 2 – Печатная плата измерителя ПКЭ

Уменьшение стоимости такого прибора главным образом достигается за счет меньшей функциональности (количества контролируемых характеристик), по сравнению со специализированными приборами. Также простота его заключается в том, что измеряемых параметров не слишком много и, проанализировав их, мы можем судить о качестве сети бытового потребителя.

Таким образом, на основании проведенной работы был собран однофазный измеритель показателей качества электрической энергии. Основные достоинства, которого заключаются в том, что данный измеритель прост в использовании, имеет достаточное количество показателей, чтобы судить о качестве электрической энергии и цена его вполне реальная.

Список литературы:

1. Гаврилов Ф.А. Качество электрической энергии / Ф.А. Гаврилов. – Приазовский ГТУ, 2007. – 96с.
2. Межгосударственный стандарт ГОСТ 13109-97. «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения», Минск, Издание официальное, 31 с.
3. Горюнов И.Т. Основные принципы построения системы контроля, анализа и управления качеством электроэнергии. Электрические станции / И.Т Горюнов, В.С. Мозгалев, Е.В. Дубинский, В.А. Богданов и др. –1998, №12.

В. А. ЛАВРІК, Ю. Ф. ПАВЛЕНКО, докт. техн. наук, професор

Електронно-лічильний частотомір, його функціональні і метрологічні можливості та шляхи їх розширення

Опису ЕЛЧ, принципів їх побудови і схемних рішень присвячено багато літератури, але питання розширення їх функціональних і метрологічних характеристик висвітлені недостатньо.

Електронно-лічильні частотоміри відносяться до класу цифрових приладів для частотно-часових вимірювань. Високі метрологічні характеристики і широкі функціональні можливості роблять багато сучасних частотомірів ідеальними приладами для процедур вимірювання і калібрування з високою точністю. Широкий вибір режимів вимірювання дозволяє значно розширити їх функціональні можливості далеко за межі вимірювання частоти. Електронно-лічильний частотомір широко застосовуються для вимірювання та контролю частотно-часових параметрів радіосигналів, при дослідженнях в різних галузях науки і техніки, а також при експлуатації та виробництві радіоапаратури. При використанні відповідних датчиків електронно-лічильні частотоміри можуть вимірювати різноманітні фізичні величини, а результат вимірювання може бути виражений в потрібних одиницях вимірювання. При цьому забезпечується більш висока точність, ніж при використанні традиційних методів та інструментів. Завдяки таким можливостям ЕЛЧ знаходять все більш широке використання в машинобудуванні, авіа- та автомобілебудуванні та інших галузях народного господарства [1, 2].

Метою роботи є дослідження функціональних і метрологічних можливостей електронно-лічильного частотоміру, а також питання розширення цих можливостей за допомогою змінних блоків і додаткових приладів.

Головною функцією електронно-лічильного частотоміра є здійснення вимірювання значення частоти та періоду електричних коливань. Але крім цих функцій електронно-лічильний частотомір може вимірювати відношення частот двох сигналів, тривалість інтервалу часу між двома імпульсами, тривалість імпульсу, здійснювати підрахунок числа коливань за встановлений інтервал часу. Ці додаткові функції часто не використовуються оскільки потребують поглиблених знань, а також вміння розраховувати метрологічні характеристики ЕЛЧ в цих режимах.

Крім того, для збільшення функціональних і метрологічних можливостей електронно-лічильного частотоміра можуть використовуватись змінні блоки, а також додаткові пристрої. Змінні блоки розширюють функції і підвищують технічні характеристики. Вони перетворюють частоти НВЧ діапазону в діапазон безпосереднього рахунку електронно-лічильного частотоміра, посилюють напругу і помножують частоти вхідних вимірюваних сигналів, перетворюють постійну напругу або напругу, яка повільно змінюється, в

частоту. До змінних блоків відносяться: перетворювач напруга – частота ЯЗЧ-25; підсилювач широкополосний ЯЗЧ-31; блок попереднього вибору ЯЗЧ-34; перетворювач частоти ЯЗЧ-41; блок підсилення ЯЗЧ-59; блок формування гармонік ЯЗЧ-61. Грамотне творче використання змінних блоків дозволяє перетворити електронно-лічильний частотомір в універсальний багатофункційний засіб вимірювання, а також генератор високо стабільних сигналів [3].

Крім того, електронно-лічильні частотоміри можуть успішно працювати з такими приладами, як перетворювачі частоти гетеродинного і функційного типу, переносниками, тощо.

В перетворювачах застосовуються високодобротні фільтри, широкодіапазонні змішувачі і генератори гармонік. Такі перетворювачі дозволяють вимірювати частоти електронно-лічильним частотоміром в НВЧ діапазоні з похибкою 10^{-9} - 10^{-11} і роздільною здатністю 1 Гц за час вимірювання 1 с.

Електронно-лічильний частотомір з блоком переносу частоти на ряду з півавтоматичним вимірюванням частоти неперервної генерації може вимірювати несучу частоту модульованих сигналів. Похибка вимірювання частоти з блоком переносу складає 10^{-6} - 10^{-8} . Роздільна здатність 10 – 100 Гц за час вимірювання 1 с.

Особливостями блоків переносу є широкий діапазон перетворення частот (0,1–12 ГГц і 12–70 ГГц) і можливість вимірювання в комплекті разом з електронно – лічильним частотоміром тривалості імпульсів, частоти імпульсів сигналів і ряду параметрів амплітудної і частотної модуляції (АМ і ЧМ) сигналів в НВЧ діапазоні.

Усі блоки володіють єдиним конструктивним виконанням і забезпечують безпосереднє механічне і електричне з'єднання з електронно-лічильним частотоміром. Будь-який з блоків можна використовувати самостійно без ЕЛЧ безпосередньо за призначенням, подаючи відповідне живлення і необхідні сигнали [1].

В ході написання даної роботи відмічено, те, що завдяки своїм можливостям, частотоміри в наш час є засобами вимірювання, які застосовуються в багатьох галузях виробництва. Сучасні електронно-лічильні частотоміри - це універсальні прилади. А за допомогою змінних блоків можливо ще значно збільшити можливості електронно-лічильного частотоміра.

Список літератури:

1. Горшков А.П. Аппаратура для частотных и временных измерений / Горшков А.П. – М.: Изд. «Советское радио», 1971.– С. 259–264.
2. Чинков В.М. Основи метрології та виміральної техніки / Чинков В.М. – Харків: НТУ ХП, 2005. – С. 112 .
3. Справочник по радиоизмерительным приборам / под ред. В.С. Носова – М.: Издательство «Советское радио», 1978. – С. 83 - 127.

А.В. ЛАТИШЕВА, О.П. ДАВИДЕНКО, канд. техн. наук, професор

Вольтамперометричний метод досліджень кількісного та якісного складу рідин

На сучасному етапі розвитку людства одним з основоположних факторів в індустріальному суспільстві є охорона навколишнього середовища, яка не можлива без контролю викидів шкідливих речовин в атмосферу. Актуальною проблемою є контроль стічних вод промислових підприємств, а також водойми, в яких можливий підвищений ризик забруднення.

Існує багато методів досліджень кількісного та якісного складу рідин. Найпоширеніший і більш відомий вольтамперометричний метод аналізу, заснований на реєстрації і вивченні залежності струму, що протікає через електролітичну комірку, від зовнішньої накладеної напруги [1].

Залежно від типу індикаторного електрода вольтамперометричні методи прийнято ділити на полярографію і власне вольтамперометрію. Якщо в якості індикаторного електрода використовують ртутний електрод, то отримані залежності сили струму від напруги називають полярограмою і відповідно метод аналізу – полярографія. Метод був створений видатним чеським електрохіміком лауреатом Нобелівської премії Я. Гейровським. Цей метод викликав зацікавленість тим, що дозволяє одночасно вести визначення кількох речовин, не прибігаючи до попереднього їх поділу.

Ще однією характерною особливістю полярографічного методу є можливість застосування його тільки для розчинів, що містять малі концентрації електровідновних і електроокисних речовин. У період виникнення полярографія в значній мірі була емпіричним методом. Проте в результаті наступних досліджень школи Гейровського та інших вчених вона отримала теоретичні обґрунтування.

Класична полярографія, заснована на застосуванні ртутного крапельного електрода, за рахунок чого весь час створюється однакова оновлена поверхня електрода. Це обумовлює високу відтворюваність отримуваних результатів. За допомогою твердих електродів не можна отримати таку відтворюваність, так як їх поверхня піддається незворотнім змінам, що відбуваються через утворення сплавів і окисних плівок. Однак рішення деяких питань без застосування таких електродів не можливе. До таких питань належать: анодна полярографія речовин; полярографія наведених розчинів, полярографія іонних розплавів.

Таким чином за допомогою твердих електродів можна не тільки розширити межі застосування аналітичного методу, але і досліджувати багато електрохімічних процесів. Явище на твердих електродах вперше спостерігав Є. Саломон. Так само розвивали полярографію на твердих електродах Г.Лейтінен,

І.Кольтгоф і Р.Адамс. В даний час полярографія на твердих електродах є таким же науково обґрунтованим і експериментально розробленим методом як і на ртутному електроді. І цей метод дає можливість вирішувати ряд важливих і цікавих завдань, що відносяться до водних і не водних розчинів [2].

Залежно від мети аналізу розрізняють якісний аналіз і кількісний аналіз. Завдання першого – виявлення та ідентифікація компонентів аналізованого зразка, другого – визначення їх концентрацій або мас.

Якісний аналіз – найстаріший різновид. Заснований на проведенні специфічних для аналізованої речовини реакціях, супроводжуваних певними змінами.

Сигнали методів якісного аналізу:

- творення або розчинення осаду;
- поява, зміна, зникнення забарвлення розчину (кольорові реакції: безбарвний, фіолетовий, зелений);
- виділення газу;
- реакції утворення кристалів суворо певної форми (мікрокристалоскопічних реакцій);
- реакції фарбування полум'я;

Кількісний аналіз спирається на ті ж фізичні і хімічні методи, що і якісний аналіз. При цьому використовуються закони збереження маси, сталості складу, газові закони [3].

У роботі розглянуто полярографічний метод аналізу з використанням хлорсрібного електрода. Хлорсрібний електрод (ХСЕ) завдяки стабільності потенціалу і простоті конструкції є одним з найбільш часто вживаних в лабораторній практиці електродів порівняння. Являє собою срібну пластинку (або дротик), покриті шаром малорозчинної солі срібла (зазвичай – хлориду) і опущену в насичений розчин хлориду калію.

Реалізована схема пристрою, що дозволяє визначати наявність різних речовин і їх концентрацій у водних розчинах. Пристрій призначений для застосування в системах контролю чистоти природних водойм, аналізі промислових рідин та контролі стічних вод підприємств. Використання пристрою дозволяє прискорити обробку результатів і максимально обмежити вплив людського фактора на результат вимірювання.

Список літератури:

1. Будніков Г. К. Основи сучасного електрохімічного аналізу / Г. К. Будніков. – М. : Мир: Бинум ЛЗ, 2003. – 592 с.
2. Брук Б. С. Полярографічні методи, 2 вид. / Б. С Брук. – М., 1972
3. Крешков А.П. Основи аналітичної хімії; Якісний і кількісний аналіз : Підручник / А. П. Крешков. – 3-е вид., перероб. – М. : Хімія, 1970. Т. 3: Фізико-хімічні (інструментальні) методи аналізу. – 1970. – 471 с.

К.В.ЛИСЕНКО, С.І.КОНДРАШОВ, докт. техн. наук, професор

Система управління якістю підприємства тютюнового виробництва

Тютюновий ринок України є одним з найбільш конкурентних та динамічно розвинутих серед національних ринків харчової продукції. Він складається приблизно зі 100 бренд-сімей, що включає до себе понад 350 найменувань сигарет. Таким чином формується широка пропозиція та високий рівень внутрішньої конкуренції. Тютюнова галузь є однією з провідних індустрій за кількістю податкових відрахувань до національного бюджету. При цьому, згідно з звітних даних міністерства фінансів України [1], щорічно акцизний збір на тютюнови вироби складає 16-17 мільярдів гривень. На сучасному етапі тютюнова промисловість України має свої особливості розвитку та певні проблеми, які потрібно вирішувати спираючись на зміни у чинному законодавстві та актуальну соціально-політичну ситуацію.

Головним завданням тютюнового виробництва є забезпечення певної якості виробництва згідно міждержавного стандарту ДСТУ ГОСТ 3935:2004 [2], де наведені загальні технічні вимоги до сигаретної продукції.

Для вирішення цієї задачі пропонується впровадження системи управління якістю згідно ДСТУ ISO 9001:2009 [3] з урахуванням широкого спектру інструментів менеджменту якості [4]: діаграми Парето, контрольної карти, діаграми розкиду, стратифікації, гістограми, контрольного листка і, як найважливіше – діаграми Ісікави. Застосування цих інструментів потребує певного набору контрольно-вимірювальних засобів. До них відносяться: вимірювачі вологості, маси сировини, інгредієнтів і продукту; прилади контролю стану внутрішнього середовища виробництва та інші. Для контролю змісту сигаретного диму призначена спеціальна «курильна машина», яка оперативно визначає кількість смол та нікотину у сигареті. Сигаретний дим містить велику кількість хімічних часток, які збирають спеціальним фільтруючим елементом. Вимірювання вмісту окису вуглецю виконується окремо із застосуванням приладів спектрального аналізу.

Висновок. Для забезпечення якості тютюнової продукції, а саме: зменшення ризиків її небезпеки і виконання умов нормативно-технічних документів, підприємства тютюнового виробництва повинні впроваджувати системи управління якістю із залученням сучасного контрольно-вимірювального обладнання.

Список літератури:

1. Сайт міністерства фінансів України. <http://minfin.kmu.gov.ua>
2. ДСТУ ГОСТ 3935:2004. Сигарети. Загальні технічні умови. Введений: 01.01.2005 р.
3. ДСТУ ISO 9001:2009. Системи управління якістю. Основні положення. Введений: 22.06.2009 р.
4. Технічне регулювання та підтвердження відповідності в Україні: Підручник / С.Т.Черепков, С.І.Кондрашов та інші. - Х.: НТУ «ХП», 2010. – 433 с.

К.В. МАТЯШ, Р.П. МИГУЩЕНКО, канд. техн. наук, доцент

Аналіз припущень при побудові математичних моделей гальмівного приводу автомобіля

Кожна з математичних моделей, яка входить до загальної моделі, що описує гальмування автомобіля з АБС, складені при деяких допущеннях, які не суттєво впливають на отримані результати, але при цьому дозволяють значно спростити саму модель. Математичний опис руху непідресорених і підресорених мас.

При практичній роботі аналіз впливу АБС з МТ зі ЗПП відбувається на базі існуючої комплексної просторової моделі автомобіля з ресорною підвіскою переднього моста і ресорно-балансирною підвіскою середнього і заднього мостів на прикладі гальмівного режиму з використанням АБС [1].

В процесі складання математичної моделі прийняті наступні допущення і спрощення:

- вважаємо остов автомобіля абсолютно твердим тілом, що має подовжню площину симетрії, деформаціями рами на кручення та вигин нехтуємо, що в загальному випадку для тривісних автомобілів не справедливо [2], але це допущення йде в запас розрахункової стійкості автомобіля;

- координати положення центру непідресорених і підресорених мас відлічуємо від положення статичної рівноваги;

- вважаємо, що в процесі руху площина колеса залишається вертикальною, а поворот мостів в горизонтальній площині при дії різних вертикальних навантажень відсутній (тобто не враховуємо вплив кінематики підвіски автомобіля), що підвищує розрахункову стійкість автомобіля, але, враховуючи малий статичний і динамічний хід підвіски автомобіля, дане допущення правомірно;

- пружні та демпфуючі елементи підвіски вважаємо безмасовими, тобто вони характеризуються тільки податливістю і демпфуванням, а маса елементів віднесена до підресореної та непідресореної частин автомобіля ;

- кути зміни напрямку руху незаблокованих коліс за рахунок перекоосу осі із залежною ресорною підвіскою при крені кузова під дією бічних сил малі в порівнянні з кутами відведення, викликаними цими ж силами, і ними можна нехтувати [3];

- невірноваженість і гіроскопічні моменти мас трансмісії та двигуна, що обертаються, рівні нулю, гальмування відбувається при відключеному від трансмісії двигуні, а частина моменту інерції деталей трансмісії включається в загальний момент інерції кожного колеса;

– у разі екстреного гальмування з відключеним двигуном можна нехтувати силою опору повітря і моментами опору коченню коліс автомобіля зважаючи на мале значення даних величин в гальмівному режимі;

– кут, що характеризує зміну напрямку руху передньої осі автомобіля за рахунок невідповідності кінематики рульового приводу і підвіски, у разі залежної підвіски малий (змінюється в межах одного градуса) і ним можна нехтувати [4];

– гальмування відбувається на горизонтальній поверхні, контакт шини з дорогою крапковий, у вертикальному напрямі до неї прикладається одна сила, визначувана ординатою дорожньої поверхні під центром колеса, що в загальному випадку справедливо для руху автомобіля по асфальтобетонних і ґрунтових дорогах;

– всі сили і моменти, що виникають в підвісці від додатку тангенціальних гальмівних сил в контактi шин з поверхнею дороги, передбачаються урівноваженими реакціями направляючого пристрою, що забезпечує два ступеня свободи для відносного переміщення моста.

Оскільки розглядаються тільки вертикальні коливання автомобіля в подовжній і поперечній площині після початку гальмування, в кінематичних зв'язках шин з опорною поверхнею тангенціальна жорсткість розглядається тільки у зв'язку зі зміною нормальної жорсткості, таким чином, еквівалентна автомобілю коливальна система відрізняється від найпоширенішої в теорії коливань і плавності ходу автомобіля прикладеними в контактi коліс з опорною поверхнею тангенціальними реакціями, що викликають інерційну силу, прикладену в центрі тяжіння автомобіля. Це справедливо тільки в припущенні, що направляючий пристрій підвіски забезпечує передачу рамі та кузову автомобіля подовжніх сил, прикладених до коліс, за рахунок замкнутих внутрішніх зусиль, і кінематика підвіски не залежить від відносного зсуву по вертикалі точок кріплення ресор до підресорених і непідресорених мас. Ці умови близькі до умов, створюваних направляючим пристроєм підвіски з листовими ресорами в конструкціях автомобілів.

Список літератури:

1. Бондаренко А.І. Результати математичного моделювання процесу гальмування автомобіля з АБС (модулятор тиску із змінними прохідними перетинами) та оптимізація основних параметрів модулятора тиску / А.І. Бондаренко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2008. – № 6/5 (36). – С. 11 –17.

2. Чудаков Е.А. Теория автомобиля / Е.А. Чудаков. – М. : Изд-во "Машгиз", 1950. – 214 с

3. Сахно В.П. Математична модель для визначення тягово-швидкісних властивостей автомобіля при використанні двигунів різної потужності. / В.П. Сахно, О.А. Корпач // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ – 2011. – Вип. 9. –С.165-171

4. Розанов В.Г. Торможение автомобиля и автопоезда. Элементы теории торможения, методы оценки тормозных свойств, пути совершенствования тормозных систем / В.Г. Розанов – М.: Машиностроение, 1964. – 243 с.

С.В. МІШИНА, О.П. ДАВИДЕНКО, канд. техн. наук, професор

Діагностика серцево-судинних захворювань за допомогою фонокардіографічної системи

У зв'язку з щорічним зростанням в Україні кількості серцево-судинних захворювань, і як наслідок – смертей від хвороб, пов'язаних з ними, **актуальною задачею** є удосконалення методів, що вже добре зарекомендували себе на практиці, в основному за рахунок вдосконалення електронної схемотехніки, алгоритмів обробки сигналів і методичних прийомів використання результатів. Сьогодні лікарями активно використовуються апаратурні методи реєстрації акустичних коливань, що характеризують якість роботи серцевого м'яза, клапанів серця, великих судин, які підходять до серця, властивості потоку крові, роботу сухожил'я та ін. [1].

Звукові явища в працюючому серці приваблювали лікарів ще у глибокій старовині. Аускультативний метод дослідження серця став надбанням широкого кола лікарів лише з часу Лаєнієка (1819), що запропонував стетоскоп – перший прилад для інструментального дослідження серця. З того часу, за останніх 150 років, аускультативна стала одним з найважливіших фізіологічних методів дослідження, а сам стетоскоп – навіть символом лікарської майстерності. Проте навіть тонкий слух лікаря не завжди може дати досить повне уявлення про звукові явища в серці, оскільки на їх характеристику може впливати безліч чинників: товщина жирового шару грудної клітки, спектральний склад звуків серця, тимчасова характеристика «розташування» шумів в сердечному циклі і, нарешті, суб'єктивна оцінка звукових характеристик серця, що нерідко викликає розбіжності і суперечки навіть серед фахівців. Все це знижує цінність аускультативного методу дослідження серця. Клінічна практика вимагала об'єктивних і точних методів здобуття інформації про звукові явища працюючого серця. Одним з таких методів і виявилася фонокардіографія.

Фонокардіографія (ФКГ) – реєстрація акустичних феноменів, що виникають в результаті діяльності серця. Вона застосовується для дослідження і діагностики вроджених і придбаних вад серця. Звуки серця вперше графічно були зареєстровані голландським ученим Ейнтховеном ще в 1894 р. Проте через недосконалість апаратури клінічного поширення метод ФКГ набув після створення досить надійних апаратів. ФКГ має ряд переваг перед аускультативною. Вона дозволяє досліджувати звуки серця в діапазонах, не доступних або майже не доступних слуховому сприйняттю (наприклад, III і IV тони серця); дослідження форми і тривалості звуків за допомогою ФКГ дозволяє проводити їх якісний і кількісний аналіз, що також недоступно аускультативній. Нарешті, фонокардіографічне дослідження є документальним і дозволяє здійснювати спостереження за змінами звукових явищ, що виникають при роботі серця

хворого, в динаміці. Фонокардіограф – прилад, що складається з мікрофона, підсилювача, системи частотних фільтрів і реєструючого пристрою. Мікрофон перетворює звукову енергію в електричні сигнали. Він повинен мати максимальну чутливість, не вносити спотворень в передані сигнали і бути малосприйнятливим до зовнішніх шумів. Електричний сигнал подається на підсилювач, у завдання якого входить не просто посилити всі звуки в рівній мірі, а більшою мірою посилити слабкі високочастотні коливання, що відповідають серцевим шумам, і в меншій мірі низькочастотні, що відповідають серцевим тонам. Тому весь спектр розбивається на діапазони низьких, середніх і високих частот. У кожному такому діапазоні забезпечується необхідне підсилення. Повну картину звуків серця одержують при аналізі фонокардіограм, отриманих в кожному діапазоні частот [2].

Типова аналогова апаратура для ФКГ незручна у використанні з кількох причин. Основні з них:

- для отримання якісної фонокардіограми необхідна хороша завадостійкість сигналу без втрати інформації (тобто фільтрація сигналу перешкоди фільтрами високого порядку, так як перешкоди лежать в смузі сигналу). Це складна і дорога задача;

- при записі фонокардіограми будь-який випадковий сторонній вплив на мікрофон може зіпсувати весь запис (і досить дорогий термо- або фотопапір);

- аналогова апаратура не дозволяє варіювати частотними характеристиками фонокардіограми після її запису [3].

У зв'язку з цим пропонується використовувати як фонокардіограф персональний комп'ютер. Вживання сучасних комп'ютерних технологій істотно дешевше за кардіографи, що серійно випускаються, та дозволяє якісно поліпшити процес зняття фонокардіограм, виключаючи людський чинник. Окрім цього, використовуючи методи цифрової обробки сигналів і спектрального аналізу, можна отримати повнішу, ніж звичайним способом, діагностичну інформацію. Практичне вживання цього методу дає лікарю коштовну діагностичну інформацію, особливо при рішенні питання про характер вродженої або придбаної вади серця, дозволяє в динаміці простежити за післяопераційним перебігом операцій на серці, об'єктивізувати віддалені спостереження.

Список літератури:

1. Настанова з кардіології / За ред. В.М. Коваленка. – К. : МОРІОН, 2009. – 1368 с.
2. Олейник В.П. Аппаратные методы исследований в биологии и медицине : учеб. пособ. / В.П. Олейник, С.Н. Кулиш. – К. : НАУ «ХАИ», 2004. – 110 с.
3. Плакуев А.Н. Функциональные методы исследования сердечно-сосудистой системы : метод. рекоменд. / А.Н. Плакуев – Архангельск : Северный государственный медицинский университет, 2011. – 48 с.

О.Е. НЕСТЕРЕНКО, А.Л. ХАРЧЕНКО, канд. техн. наук, доцент

Измеритель параметров однофазной сети

На современном этапе развития общества в условиях научно-технического прогресса непрерывно возрастает потребность в использовании качественной электроэнергии и бесперебойного ее предоставления потребителям. Возникает необходимость повышения эффективности управления энергопотреблением. Одним из направлений решения данной задачи является точный контроль и учет электроэнергии. Самая главная задача на сегодняшний день является экономичное использование существующего электрического оборудования и разработка нового с улучшенными параметрами.

Измерения напряжения, тока, сопротивления и даже обычная проверка провода на обрыв или пригодность батарейки не обойдётся без использования измерительных приборов.

На сегодняшний день нередко требуется измерить одновременно ток, напряжение и мощность того или иного электрооборудования. Для решения этих задач существуют специальные приборы – ваттметры и универсальные вольт-ампер-фазометры, но такие приборы далеко не всегда показывают все параметры сразу. В интернете встречаются очень простые и дешёвые конструкции, например, электронный фазометр [1], но они очень узкоспециализированные (так фазометр измеряет только угол сдвига фаз между напряжением и током).

Фирма AnalogDevices предлагает целый спектр различных электроизмерительных микросхем, предназначенных для построения электросчётчиков и решения прочих электроизмерительных задач.

Фирма Atmel публикует в качестве одного из примеров использования МК AVR описание конструкции некоего счётчика электроэнергии на доступной элементной базе – МК AVR465 [2], который показывает потреблённую мощность на электромеханическом счётчике с колёсиками с цифрами (подобно бытовому счётчикам электроэнергии).

Микросхема AVR465 представляет собой однофазный измеритель параметров электрической сети с логикой детектирования изменения внешней схемы подключения. С него помощью можно измерить активную мощность, напряжение и ток в однофазной среде распространения. Он отличается от обычных однофазных счётчиков тем, что использует два датчика тока [3] для измерения активной мощности в реальном времени. Он позволяет обнаружить сигнал, и позволяет оценить его, учитывая даже внешние попытки фальсификации.

Любой сигнал перед измерением необходимо нормировать – т.е. привести его к допустимому диапазону и прочим параметрам используемого измерительного узла. В нашей схеме измерительный узел – интегрированный в

МК AVR АЦП, способный измерять напряжение в диапазоне 0...5В. Подача на него других напряжений (отрицательных либо больших 5В) приведёт к выходу из строя в лучшем случае только АЦП, в худшем – всего МК.

Сердцем прибора является микроконтроллер AVR. Все измерения осуществляются в цифровом виде и результаты измерений доступны в виде частотно-модулированных импульсных выходов и как текстовые значения, доступные через USART-интерфейс. Это позволяет использовать конструкцию в экономически эффективных приложениях, основанных на механических счетчиках. С другой стороны, устройство позволяет использовать больше компьютерных программ с такими функциями, как дистанционное считывание показаний (AMR), спрос записи и другие.

Прототип, построенный для сети 230В и 10А, имеет погрешность менее 1% в динамическом диапазоне 500:1. При аккуратной разработке печатной платы и в соответствии с рекомендациями, точность может быть увеличена. Прибор легко настраивается, чтобы соответствовать любым другим напряжениям и текущим настройкам.

Микрокод контроллера написан на языке Си с использованием компилятора C_vAVR. Он постоянно опрашивает каналы АЦП, пересчитывает напряжение на его входах в реальные измеряемые величины и выводит полученные значения на дисплей. Каждый цикл замеров длится 0,5 с, после чего данные обрабатываются (рассчитываются измеряемые параметры) и выводятся на дисплей. Каждый замер включает в себя измерение напряжений на входах ADC1-ADC3 и расчёт предварительных величин, на основании которых вычисляются искомые напряжение, ток, мощность и прочие параметры [2].

Достоинствами AVR465 являются полная гальваническая развязка от измеряемой сети, возможность питания от любого источника (БП, батарейки, USB-порта компьютера и т.п.), широкий диапазон настроек, доступная элементная база, большой спектр измеряемых величин, возможность передачи результатов измерений в другие вычислительные системы (например, в ПК).

Измерители параметров электрических сетей позволяют измерять параметры сетей питания, как в промышленных зонах, так и сферах ЖКХ, бытовом секторе и прочих объектах народного хозяйства. Такие измерители обычно оснащены токовыми трансформаторами с защелкой, которая позволяет быстро и просто осуществлять монтаж измерителей.

Список литературы:

1. Бутаев В. Электронный фазометр / В. Бутаев // Радио, 1990. – №5. – С. 56-58.
2. Atmel AVR465: Single-Phase Power/Energy Meter with Tamper Detection.
3. Современные промышленные датчики тока / Современная электроника, №10, 2004.

Н.А. НЕЧИПОРУК, А.В. ИВАШКО, канд. техн. наук, профессор

Алгоритмы и программы нелинейной фильтрации изображений

В процессе формирования изображения различными системами (фотографирование, голографии, телевидение) они обычно подвергаются воздействию случайных помех и шумов. Основной проблемой в области обработке изображений является эффективное удаление шума с сохранением важных данных для последующего распознавания деталей изображения. Наиболее распространенным видом помех является случайный аддитивный шум. На каком-либо этапе преобразования он может рассматриваться как сумма полезного и случайного сигналов. Модель аддитивного шума хорошо описывает зернистость фотопленки, шум в радиотехнических системах и т.д.

В последние два десятилетия активно развиваются нелинейные алгоритмы фильтрации изображений на основе ранговой статистики для восстановления изображений, поврежденных различными шумами. Такого рода алгоритмы позволяют избежать дополнительного искажения, а также улучшают результаты работы фильтров на изображениях с высокой степенью зашумленности.

Целью работы является исследование различных нелинейных фильтров и составления их сравнительной характеристики.

Сгладить изображение с сохранением четких границ позволяет использование билатерального и трилатерального фильтров.

Билатеральная фильтрация пользуется большой популярностью среди исследователей. Данный метод был адаптирован для таких задач, как удаление текстуры и обработка фотографий, выделение контуров, объемное шумоподавление и коррекция видео.

Трилатеральный фильтр предлагает более заметные улучшения изображения и обеспечивает сильное подавление шума. Так же как и билатеральный фильтр, он легко применяется для многомерных изображений, но он также предлагает более высокую производительность для визуальных приложений.

В ходе исследования были определены достоинства и недостатки различных алгоритмов, а также были получены результаты с помощью их моделирования в программной среде Matlab.

Список литературы:

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005.
2. Красильников Н.Н. Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: учеб. пособие, – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 608с.: ил. – (Учебная литература для вузов).

Т.Ю. ПОТОПАХИНА, А.В. ИВАШКО, канд. техн. наук, профессор

Алгоритмы и программы для автоматического анализа качества ЭКГ

Приборы и системы для медицины постоянно совершенствуются и обновляются. Это связано, с одной стороны, с развитием технологической базы электроники и вычислительной техники, а с другой – с появлением новых медицинских технологий, совершенствованием существующих и с расширением сфер применения медицинской техники.

Одна из наиболее важных задач медицинской электронной аппаратуры – это автоматический анализ биомедицинской информации, целями которого являются: оценка физиологических параметров организма, информационная поддержка диагностических решений врача, а также автоматическая диагностика патологических изменений состояния человека. В связи с этим, практически в любом виде медицинской аппаратуры в том или ином виде присутствуют вычислительные компоненты (микропроцессоры, встраиваемые микро-ЭВМ, персональные компьютеры), программное обеспечение которых реализует функции автоматической обработки данных.

При оценке состояния сердца и сердечно-сосудистой системы ключевую роль играет анализ электрокардиограммы (ЭКГ), представляющей собой запись наблюдаемых на поверхности тела проекций объёмных электрических процессов, происходящих в сердце. ЭКГ несёт информацию как о текущем состоянии сердечно-сосудистой системы, так и о патологических изменениях в самом сердце. К настоящему времени проблема автоматической обработки и анализа электрокардиосигнала (ЭКС) сложилась в отдельное направление, разветвлённое на множество более частных задач, связанных с различными применениями и аспектами исследования сердечно-сосудистой системы. Одной из таких задач является длительный непрерывный контроль ЭКС, представляющий собой одну из важнейших функций аппаратуры для кардиологического наблюдения, к которой относятся приборы и системы для прикроватного и амбулаторного мониторингового наблюдения ЭКГ, телеметрического наблюдения за состоянием организма, автономного контроля сердечной деятельности, функциональных исследований сердечно-сосудистой системы и решения ряда других задач.

Автоматический анализ ЭКС представляет собой достаточно сложную теоретическую проблему. Повышение эффективности методов автоматической обработки и анализа ЭКС сдерживается ограничениями, связанными с вычислительной мощностью используемых процессоров. Это в наибольшей степени относится к аппаратуре непрерывного наблюдения, так как обработка сигналов в ней должна выполняться в реальном масштабе времени. С другой стороны, производительность вычислительных средств постоянно повышается. В связи с этим, становятся востребованными такие методы обработки и анализа сигналов, применение которых в системах реального времени представлялось

ранее технически неосуществимым.

Основной задачей данной работы является разработка теоретической базы и практических методов для создания нового поколения алгоритмов длительного непрерывного автоматического анализа ЭКС, опирающихся на наиболее современные подходы к обработке сигналов и обладающие более высоким качеством работы, чем использовавшиеся ранее.

Внедрение разработанных методов и алгоритмов в приборы и системы медицинского назначения позволяет обеспечить повышение точности и надёжности формируемых диагностических заключений, что, в конечном счёте, способствует повышению эффективности диагностики и лечения патологий сердечно-сосудистой системы человека.

Целью поставленной задачи является повышение точности и надёжности формирования диагностических заключений о состоянии сердечно-сосудистой системы человека в приборах и системах непрерывного кардиологического наблюдения за счёт развития новых компьютерных методов обработки электрокардиосигнала, а также создания алгоритмического и программного обеспечения, реализующего эти методы.

Для решения поставленных теоретических задач используются методы математической статистики, спектрального анализа, математического моделирования, распознавания образов, анализа случайных процессов. Экспериментальные исследования выполняются с использованием наборов реальных записей сигналов, полученных как непосредственно в медицинских учреждениях, так и из доступных банков данных, в частности, из баз данных, размещённых на сайте «<http://www.physionet.org/>». Программное обеспечение для проведения экспериментов разрабатываются с использованием программных сред MS Visual C++ и MATLAB.

В результате проведения теоретических и экспериментальных исследований, будет решен ряд проблем теоретического характера и создан комплекс методов цифровой обработки и анализа биомедицинских сигналов, что позволит расширить класс анализируемых показателей сердечной деятельности человека и повысить качество и надёжность приборов и систем кардиологического наблюдения за счёт реализации разработанных алгоритмов и методов в виде прикладных программных комплексов.

Список литературы:

1. Калиниченко А.Н. Влияние частоты дискретизации ЭКГ на точность вычисления спектральных параметров variability сердечного ритма / А.Н. Калиниченко, О.Д. Юрьева // Информационно-управляющие системы. – 2008. – № 2. – С. 46 – 49.

2. Калиниченко А.Н. Анализ спектральных параметров variability сердечного ритма в реальном масштабе времени / А.Н. Калиниченко, Ю.И. Гончаренко, Н.И. Родина // В кн.: Биотехнические системы в медицине и биологии. Под общ. ред. проф. Е.П. Попечителява. – СПб.: Изд-во "Политехника", 2002. – С. 68–71.

Д.Р. ПРИХОДЬКО, Д.Г. КАРАМАН, ассистент

Аппаратный модуль защиты данных на базе стандартизированного симметричного криптографического алгоритма

Применение криптографии является надежным способом для идентификации объектов, защиты и обеспечения целостности данных. Для безопасной передачи данных используют аппаратные и программные средства.

Не смотря на то, что криптографические методы защиты информации постоянно развиваются и усложняются, не теряют актуальность и популярность алгоритмы, изобретенные ранее. Ярким примером таких решений является симметричный блочный криптографический алгоритм DES. Благодаря своей простоте реализации, высокому быстродействию и своей лицензионной свободе алгоритм DES получил широкое распространение в областях, для которых уровень его криптографической надежности и крипто аналитической стойкости является приемлемым. Задача разработки универсального недорогого масштабируемого модуля защиты данных на базе криптографического алгоритма DES является актуальной и востребованной.

Для решения этой задачи был выполнен анализ современной элементной базы и современных методов проектирования цифровых устройств и их компонентов, который позволил выбрать наиболее экономически и технологически эффективный способ реализации модуля защиты информации. Также была разработана структурная и принципиальная схема устройства.

DES осуществляет шифрование 64-битовых блоков данных с помощью 56-битового ключа. Процесс шифрования заключается в начальной перестановке битов 64-битового блока, шестнадцати циклах шифрования и, наконец, обратной перестановке битов. На рисунке 1 представлена структурная схема модуля шифрования.

По приведённой структурной схеме разработаны принципиальные схемы устройства, а также проработаны алгоритмы его функционирования. В среде проектирования цифровых устройств Active-HDL синтезирована функциональная модель системы шифрования в виде многовыходной комбинационной схемы и управляющего автомата. После этого был проведён анализ и выбор наиболее подходящей элементной базы и проведено функциональное моделирование системы шифрования.

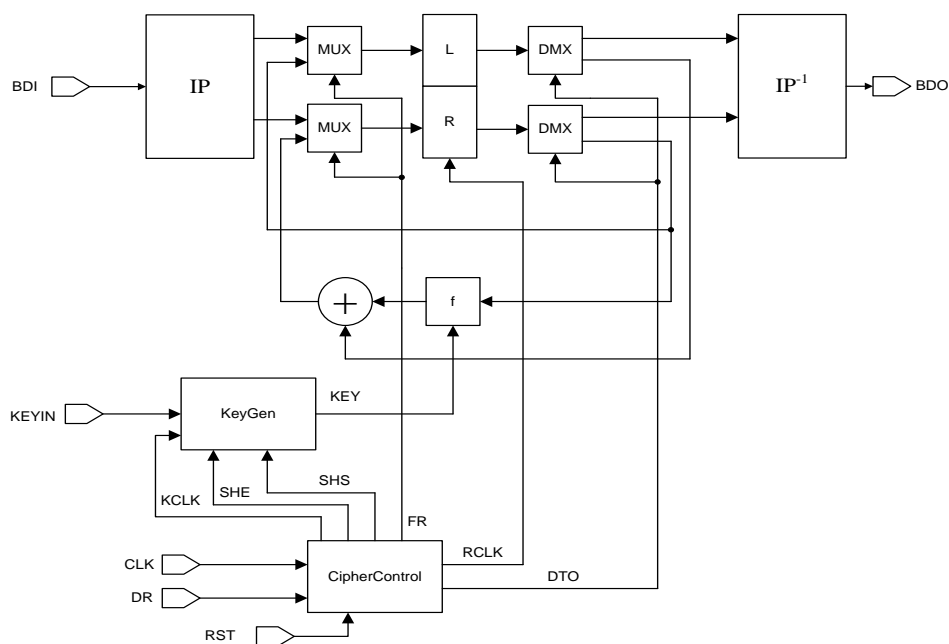


Рис. 1 – Схема шифрования метода DES

Результаты функционального моделирования, которые были получены в процессе выполнения эксперимента, изображены на рисунке 2.

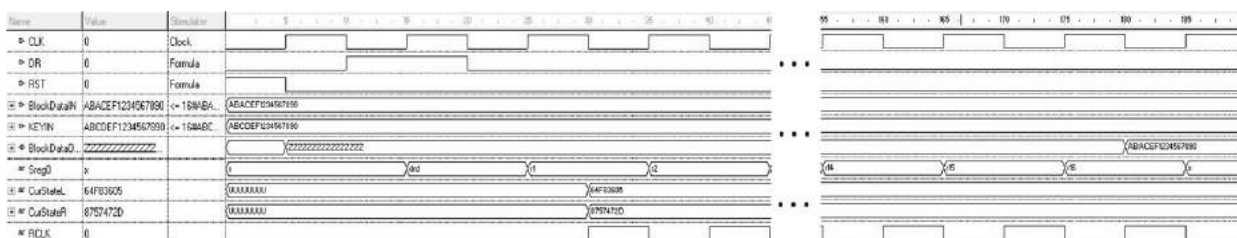


Рис. 2 – Результаты моделирования системы шифрования

Результаты проведенного моделирования и функционального анализа показывают, что разработанная модель не уступает аналогам по функциональности, быстродействию, занимаемым аппаратным ресурсам. Представленное решение может быть реализовано как индивидуальное самостоятельное устройство, такое как криптопроцессор, либо структурный компонент в составе более сложного цифрового устройства.

Список литературы:

1. Баричев С.Г, Серов Р.Е. Основы современной криптографии: Учебное пособие. – М.: Горячая линия. – Телеком, 2002.
2. Аппаратные и программные реализации DES [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://r3al.ru/kripto_2/apparatnyye_i_programmnye_realiza.htm.
3. Data encryption standard (DES) // Federal information processing standards publication (FIPS) – 1999.

И.А. РУДАКОВ, А.В. ИВАШКО, канд. техн. наук, профессор

Алгоритмы и программы обработки сигналов на основе целочисленных вейвлет-преобразований

Проблема сжатия данных в настоящее время приобретает все большую актуальность в связи с необходимостью передачи или хранения больших потоков информации при решении ряда прикладных задач (обработки изображений, фильтрации, распознавания образов и др.). Отсюда возникает постоянный интерес к улучшению алгоритмов сжатия данных. Сложность алгоритмов, используемых для компрессии изображений, неуклонно растет – сказанное касается не только объема вычислений, но и идейных основ построения алгоритмов.

В последние годы для решения задач сжатия и распознавания сигналов и изображений применяются так называемые вейвлет-преобразования [1], позволяющие адекватно описывать как общее поведение сигнала, так и отдельные его составляющие.

Применение непрерывных вейвлетов требует значительных вычислительных затрат, поэтому параметры масштабирования и сдвига по времени принято дискретизировать с некоторым шагом, переходя к дискретному вейвлет-преобразованию [2]. Особенно значительное сокращение объема вычислений достигается при использовании целочисленных вейвлетов, позволяющих использовать аппаратные средства с короткой длиной машинного слова и уменьшающих ошибки округления.

Целью работы является разработка алгоритма и определение свойств целочисленного вейвлет-преобразования (ЦВП) с целью значительного упрощения алгоритма расчёта дискретных коэффициентов разложения сигнала и при этом незначительного ухудшения параметров сигнала после сжатия.

Анализ сигнала производился путем его фильтрации двумя цифровыми фильтрами: высокочастотным и низкочастотным. Фильтрация выполнялась путем линейной свертки исходного сигнала с импульсными характеристиками фильтров. Далее сигнал подвергался прореживанию (децимации). При синтезе сигнала последовательности интерполируются путем вставки нулей на место исключенных отсчетов. После интерполяции последовательности фильтруются транспонированными фильтрами и суммируются.

При сжатии сигнала часть коэффициентов детализации, не несущих существенной информации может быть отброшена, при этом количество хранимых коэффициентов существенно меньше количества отсчетов сигнала в выборке, а восстановленный сигнал незначительно отличается от исходного.

При сжатии сигнала происходит прореживание отсчетов через один, т.е. те коэффициенты, которые меньше порогового значения, отсеиваются, и размер рассматриваемого блока становится меньше. Количество прореживаний

зависит от числа уровней декомпозиции.

Изменение коэффициента сжатия может осуществляться путем изменения порогового значения. Следует при этом учесть, что при выборе слишком большого значения порога могут отсеиваться и коэффициенты, которые несут в себе информацию о сигнале и восстановленный сигнал будет существенно отличаться от исходного.

На рис. 1 приведены результаты сжатия электрокардиографического сигнала при различных коэффициентах сжатия.

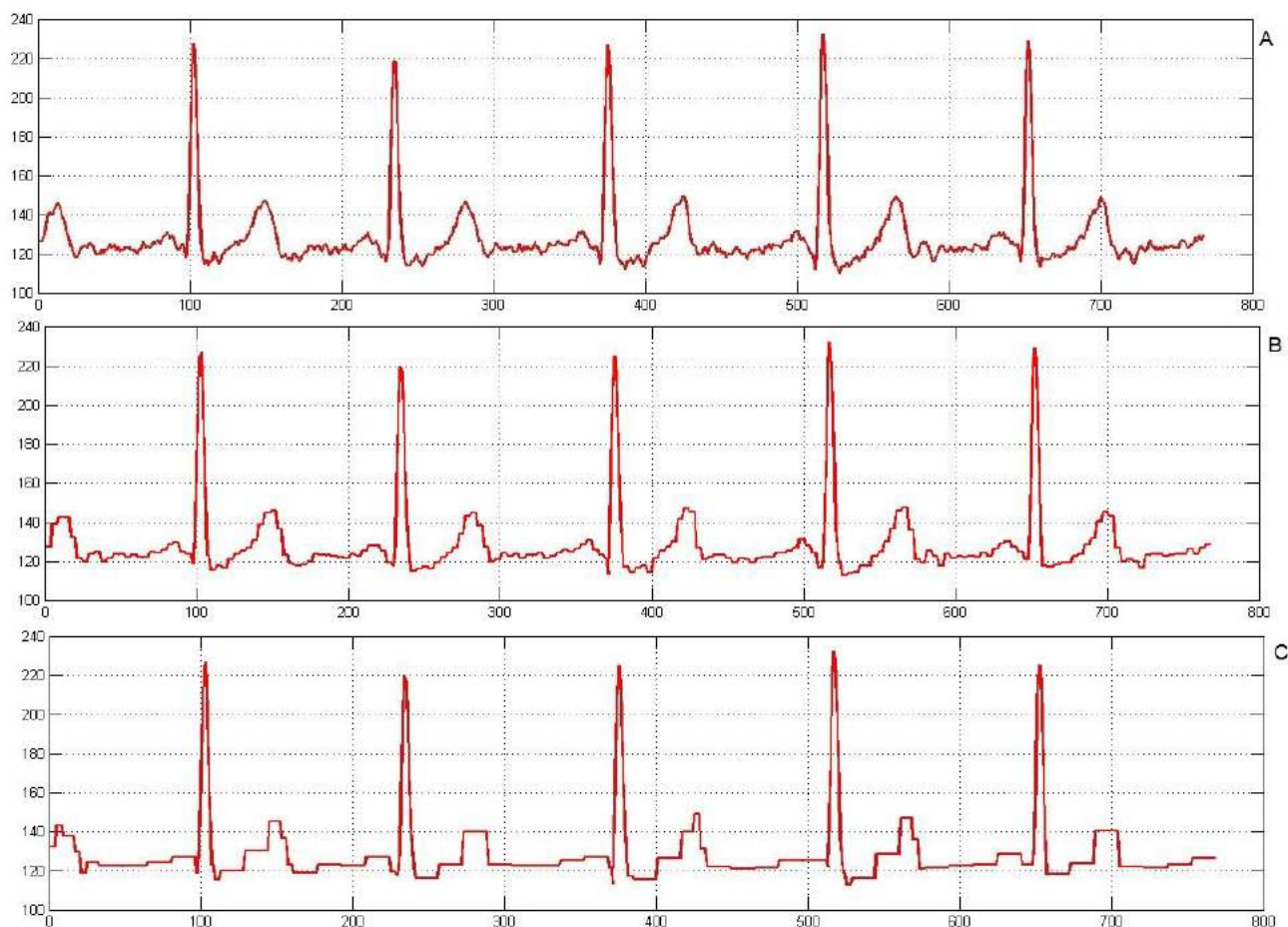


Рис. 1 – Результаты сжатия ЭКГ с коэффициентом сжатия:
А - $K_{сж}=0$; В - $K_{сж}=3,5$; С - $K_{сж}=7,5$

Из рисунка 1 очевидно, что коэффициент сжатия 3,5 обеспечивает приемлемое качество восстановления. В то же время при сжатии в 7,5 раз на ЭКГ теряются важные диагностические признаки.

Список литературы:

1. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. – М.: ДМК Пресс, 2005. – №1 – с. 68.
2. Ивашко А.В. Методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов. – Харьков: НТУ «ХПИ» – 2005. – №2 – с. 193.

Ю.П. САВГЕН, Р.П. МИГУЩЕНКО, канд. техн. наук, доцент

Застосування вейвлет-перетворення для обробки діагностичних вібраційних інформаційно-вимірювальних сигналів

Діагностичні вібраційні інформаційно-вимірювальні сигнали, які надходять з первинних перетворювачів встановлених на об'єкт діагностування, завжди є функцією амплітуди активного чи пасивного електричного параметра у часі. Проте за такими часовими сигналами досить важко виявити критеріальні ознаки для діагностики цих об'єктів. Діагностика стану об'єктів стає значно зручнішою, коли вібраційні інформаційно-вимірювальні сигнали перетворюють засобами спектрального, регресійного, дисперсійного та ін. аналізу і подають у іншій формі.

Існує багато часто використовуваних перетворень сигналу. Прикладами є перетворення Гілберта, перетворення Фур'є (ПФ), віконне перетворення Фур'є (ВПФ), розподілення Вігнера, перетворення Уолша, вейвлет-перетворення, перетворення Лапласа і багато інших [1]. Для кожного перетворення можна вказати область де його застосування найбільш ефективно, а також переваги та недоліки.

Для вібродіагностики найбільш доцільними є:

- перетворення Фур'є;
- віконне перетворення Фур'є;
- вейвлет-перетворення.

Перетворення Фур'є традиційно є найбільш уживаним. Його застосовують при діагностиці стану промислових об'єктів, в медицині, системах контролю та управління, в системному аналізі і в багатьох інших сферах життєдіяльності людини.

За допомогою ПФ амплітудно-часове представлення сигналу переводиться в частотну область. Частотний спектр, який є сукупністю частотних спектральних компонент, відображає наявність тих чи інших частот в сигналі і наочно демонструє ознаки, які неможливо відобразити в часовій області [2].

Переваги ПФ поширюються лише на стаціонарні сигнали. Для нестационарних у часі сигналів виникають методичні похибки. Для усунення методичних похибок при застосуванні ПФ на практиці використовують віконне перетворення Фур'є (ВПФ). У ВПФ фактично нестационарний у часі сигнал розбивають на інтервали (вікна), в межах яких сигнал вважається стаціонарним.

На відміну від ПФ, ВПФ локалізує пікові значення перетворення на різних інтервалах часу у відповідності з вихідним сигналом. Проте, чітке представлення сигналу в частотно-часовій області досягається правильним вибором ширини вікна.

Проблеми ВПФ мають свої корні в явищі, яке називають принципом невизначеності Гейзенберга. За цим принципом, при застосуванні до частотно-часового перетворення, неможливо отримати довільно точні представлення

сигналу по частоті і за часом. Відносно ВПФ це значить що при виборі вузького вікна можна очікувати на хорошу роздільну здатність по частоті і погану за часом. Широке вікно призводить до протилежних результатів.

Не зважаючи на те, що принцип невизначеності Гейзенберга має фізичний характер, існує відносно новий альтернативний підхід до аналізу нестационарних сигналів, який називається кратномасштабним аналізом або вейвлет-аналізом. При вейвлет-перетворенні аналізується сигнал на різних частотах і з різною роздільною здатністю одночасно [3].

Вейвлет-перетворення дозволяє отримати хороше розрішення за часом (погане за частотою) на високих частотах, і хороше розрішення за частотою (погане за часом) на низьких частотах. Такий підхід стає особливо ефективним коли вихідний сигнал має високочастотні складові малої протяжності і протяжні низькочастотні складові. Вимірювальні вібраційні інформаційно-вимірювальні сигнали якраз і мають таку фізичну природу.

Вейвлет-аналіз – це сучасний і перспективний метод обробки даних.

На даний момент вейвлет-перетворення класифікують на:

- неперервне вейвлет-перетворення;
- дискретне вейвлет-перетворення.

У неперервному вейвлет-перетворенні виділяють дискретизоване вейвлет-перетворення, яке використовують для вирішення прикладних задач.

Пряме вейвлет-перетворення виконується відповідно до виразу

$$W_{\psi}(a, b)X = \frac{1}{\sqrt{C_{\psi}}} \int \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) X(t) dt, \quad (1)$$

де $W_{\psi}(a, b)X$ – вейвлет-коефіцієнти;

$\psi(t)$ – материнський вейвлет;

a і b – параметри, які визначають відповідно масштаб (частоту) і зсув (час) функції $\psi(t)$;

C_{ψ} – нормувальний множник.

Щодо представлення вейвлет-зображення, то на основі визначення вейвлет-перетворення (1) очевидно, що воно здійснює перетворення одномірного сигналу в набір вейвлет-коефіцієнтів, які представляють собою функцію двох змінних – масштабу і зсуву. Самі вейвлет-зображення подають у вигляді тримірних графіків.

Вказане перетворення надає великі можливості при обробці нестационарних вібросигналів та діагностуванні вібраційних об'єктів. Саме тому вейвлет-перетворення широко використане в дослідженнях.

Список литературы:

1. Астафьева Н. М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения / Н. М. Астафьева // Успехи физических наук. – 1996. - №11 - С. 1145-1152.
2. Дремин И. М. Вейвлеты и их использование / И. М. Дремин, О. В., Иванов и др. // Успехи физических наук. 2001. - №5. - С. 465-490.
3. Воробьев В. И. Теория и практика вейвлет-преобразования / В.И. Воробьев // Обзоры актуальных проблем. -1999.-№ 1. - С. 4-11.

В.В. СЕЛЮТИНА, Л.В. ДЕРБУНОВИЧ, докт. техн. наук, профессор

Компактная и энергоэффективная система потокового шифрования

Проблема тайной передачи сообщений существует столько времени, сколько существует письменность. Для защиты информации используется, прежде всего, шифрование. При шифровании происходит преобразование данных в вид, недоступный для чтения без соответствующей информации (ключа шифрования). Задача состоит в том, чтобы обеспечить конфиденциальность, скрыв информацию от лиц, которым она не предназначена. Современные требования к криптографии накладывают жесткие рамки к скорости обработки информации. В данном ключе актуальными становятся потоковые алгоритмы шифрования.

Алгоритм шифрования RC4 – это симметричный потоковый шифр, который поддерживает различные длины ключа. RC4 допускает различную длину ключа – до 256 байт. Алгоритм RC4 строится, как и любой потоковый шифр на основе параметризованного ключом генератора псевдослучайных битов с равномерным распределением. Основные преимущества шифра — высокая скорость работы и переменный размер ключа, простой алгоритм, назначение каждого шага которого объяснимо и логично. Главные факторы, способствующие широкому применению RC4, – это простота его аппаратной и программной реализации, а также высокая скорость работы алгоритма в обоих случаях. Системы потокового шифрования на основе алгоритма RC4 могут быть использованы для систем защиты данных при передаче по беспроводным каналам связи WEP, шифрования данных в Microsoft Point-to-Point, защиты данных в документах формата PDF, протоколов обмена сообщениями Skype.

Цель работы заключается в реализации программной модели системы потокового шифрования на базе алгоритма RC4. Предложенное решение является программной моделью устройства, реализующей теоретико-числовые преобразования. Система может применяться как при синтезе устройства, так и при непосредственной проверке полученных результатов расчёта с использованием других методов.

Для выполнения поставленной цели разработана структурная схема, по которой синтезирована компьютерная модель генератора ключевой последовательности и самого алгоритма в целом. На рисунке 1 представлена структурная схема модуля, выполняющего шифрование в соответствии с алгоритмом RC4. Схема состоит из 2-х 8-разрядных двоичный счетчиков («Счетчик i» и «Счетчик j» — накопительный счетчик-сумматор с неравномерным шагом), модуля памяти («S-блок»), сумматора по модулю 256 («Сумматор mod 256») и K-блока – выдает на выходе ключевую последовательность.

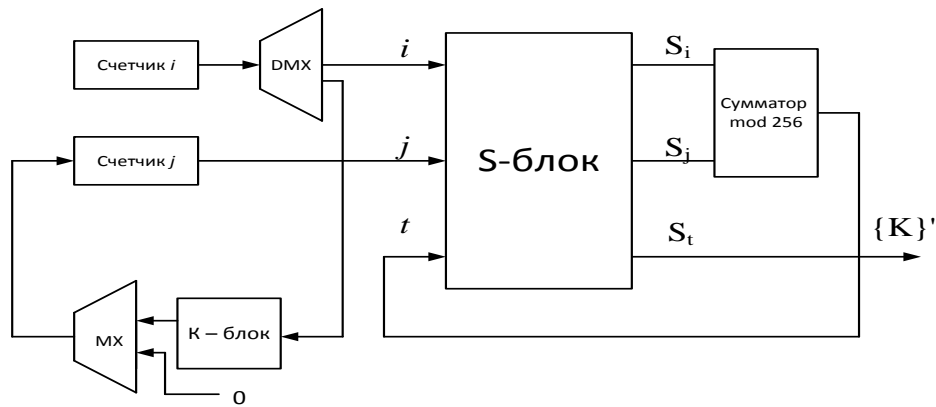


Рис. 1 – Структурная схема модуля шифрования

В среде проектирования цифровых устройств Active-HDL синтезирована многовыходная комбинационная схема потокового шифрования, реализующая структурную схему (рис. 1), и проведено исчерпывающее функциональное моделирование, результаты которого изображены на рисунке 2.

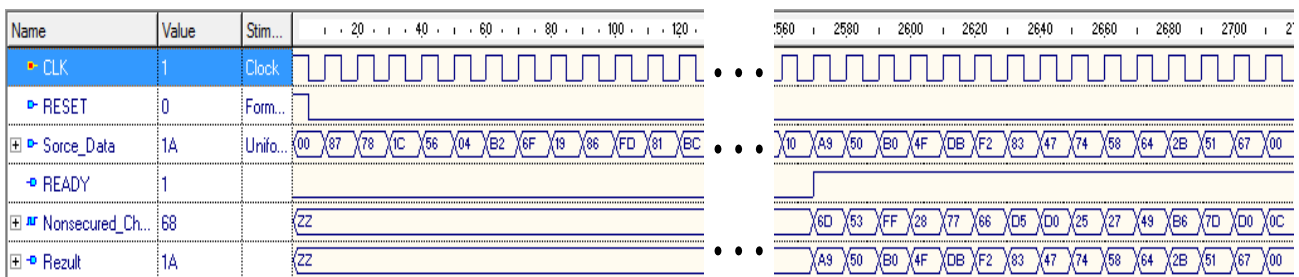


Рис. 2 – Результаты моделирования системы шифрования

Результаты моделирования показывают высокую эффективность системы. Шифрование по алгоритму RC4 примерно в 10 раз быстрее, чем шифрование DES при программной реализации. Основные преимущества шифра – высокая скорость работы и переменный размер ключа.

Список литературы:

1. Баричев С. Г, Серов Р. Е. Основы современной криптографии: Учебное пособие. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002.
2. Ю. В. Ветров, С. Б. Макаров. Криптографические методы защиты информации в телекоммуникационных системах: Учебное пособие. – СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2011. – 174с.
3. Сергиенко А.М. VHDL для проектирования вычислительных устройств. – К.: ЧП «Корнейчук», ООО «ТИД «ДС», 2003. – 208 с.
4. Б. Шнайер. Прикладная криптография. Второе издание – М.: Триумф, 2002. – 816 с.

А.И. СИВАЛЬНЕВА, М.В.ГУНБИН, канд. техн. наук, доцент

Прибор для измерения концентрации глюкозы в крови, основанный на методе спектроскопии

В последние годы в медицинской практике широко внедряются физические методы, позволяющие осуществлять более точную диагностику заболеваний, контроль над эффективностью проведенного лечения. Своевременное и правильное назначение физиотерапии дает возможность быстро обнаружить различные проявления патологических процессов.

Одним из методов физиотерапии, который применяется во многих областях медицины, является применение инфракрасного излучения (ИК-излучение). При этом используются спектры различных диапазонов в зависимости от объекта физиотерапии.

В современном мире существует много болезней нуждающихся в физиотерапии. Одной из таких болезней является сахарный диабет.

Анализ концентрации глюкозы в крови (КГК) безопасней проводить с помощью спектроскопии, так как приборы, основанные на этом методе, являются неинвазивными.

Существует ряд научных работ, решающих проблему неинвазивного анализа концентрации глюкозы в крови при помощи спектроскопии оптической/ближней инфракрасной зон [1,2]. Однако все известные нам методы не содержат одновременного спектрофотометрического анализа. Более того, не учитывается ряд нелинейных зависимостей, характерных для биологических сред. Устройства зачастую сложны и содержат механические или движущиеся компоненты, что делает их непригодными для повседневной эксплуатации не подготовленными пользователями.

Целью данной работы является разработка простого в эксплуатации спектрометрического глюкометра.

Основой спектроскопии оптической/ближней инфракрасной зон является измерение поглощенной или отраженной электромагнитной энергии оптического и инфракрасного диапазонов на различных длинах волн [3]. Эта энергия возникает в результате перехода электронов на более высокий вибрационный уровень при поглощении кванта оптической энергии. Согласно квантовой теории Планка такой переход осуществляется только при определенных дискретных уровнях энергии. Первые гармоники молекулярных соединений типа «С-Н», «О-Н», «N-Н» приходятся на средневолновой инфракрасный диапазон, т.е. на длины волн от 2.5 до 25 мкм. Проблема заключается в том, что неинвазивный анализ растворов в этом диапазоне осложнен поглощением света водой, которая составляет более 50% крови. Эта трудность устраняется путем использования оптического и ближнего

инфракрасного диапазона (0.4 - 1.5 мкм), где поглощение света водой значительно меньше.

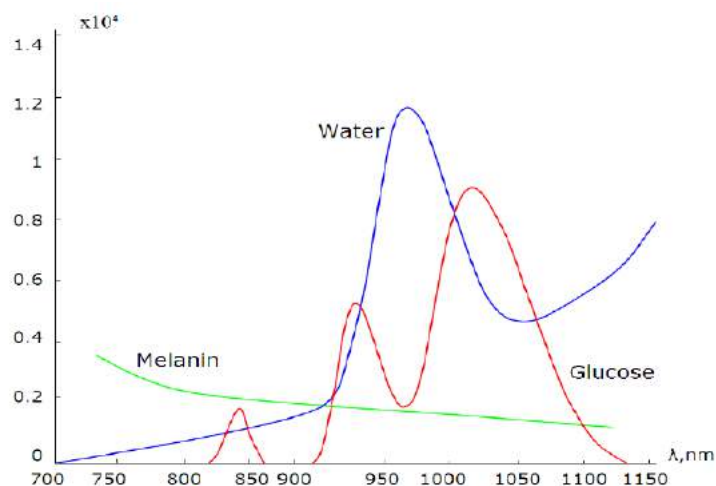


Рис.1 – Спектры поглощения глюкозы, воды, меланина в ближнем инфракрасном диапазоне

Измерения выполняются при помощи источников ИК-света, а именно светодиодов, в диапазонах 2,5 и 1,5 мкм (диапазоны поглощения глюкозы и воды соответственно) [3]. Приемниками служат фотодиоды принимающие проходящий свет через палец пациента. Измеряемая область выбрана на тех основаниях, что в пальце человека много кровеносных сосудов и измерения легче всего проводить из-за доступности этого участка. Фотоприемник преобразует свет в электрический сигнал, он усиливается, демодулируется и превращается в двоичный код измеренной спектральной интенсивности. В микропроцессоре этот двоичный код запоминается. Данные обрабатываются и выводятся на ЖКИ экран. В зависимости от выведенного результата можно судить о состоянии здоровья пациента.

В ходе выполнения данной работы разработана электрическая принципиальная схема прибора для измерения КГК с помощью спектрометрического метода. Прибор предназначен как для использования в домашних условиях, так и в медицинских кабинетах.

Список литературы

1. Хубер, Д.; Фалко-Джонсон, Л.; Тейлери, М.; Штахель, W.; Стадлер, Н.;Деваррат, Ф.;Кадюф. Мульти-сенсор для неинвазивного непрерывного контроля уровня глюкозы, 10-й Международной Конференции, 2007 г., С.1-10.

2. Кривенко С.С., Пулавский А.А., Литвин С.А., Меланка В.Е. Термоспектроскопический неинвазивный измеритель концентрации глюкозы в цельной крови человека. Научно-производственный комплекс «Биопроминь».

3. Фесечко В.А., Луай Х.А. Афана, Романов В.В., Елизаров А.А. Анализатор инфракрасного поглощения для неинвазивного измерения концентрации глюкозы в крови. Электроника и связь. Тематический выпуск «Электроника и нанотехнологии», ч.2, 2009.

Л. І. СИДОРОВА, О. П. ДАВИДЕНКО, канд. техн. наук, професор

Вимірювання витрати рідини без порушення цілісності системи

Подальший розвиток світової економіки ґрунтується на впровадженні останніх досягнень науки у виробництво, розробці та серійному виробництві новітніх приладів та матеріалів. Функціонування будь-якої галузі сучасної економіки, наприклад, енергетики, машинобудування, хімічної та харчової промисловості неможливе без використання сучасних лічильників та витратомірів для автоматизації технологічних процесів. У світлі неухильного зростання тарифів на енергоресурси та воду в сфері житлового та промислового споживання все більш актуальною стає тема більш точного підрахунку витрат цих ресурсів.

Мета дослідження – розглянути можливість застосування кореляційного методу, заснованого на акустичних сигналах, для контролю витрат води в трубопроводах без допоміжних джерел збурення.

Оскільки в рідині завжди присутні найдрібніші бульбашки газу або пари, то, рухаючись з потоком і потрапляючи в область тиску $p < p_{кр}$, вони втрачають стійкість і набувають здібності до необмеженого зростання. Після переходу в зону підвищеного тиску і вичерпання кінетичної енергії рідини, що розширюється, бульбашки припиняють зростання і вони починають скорочуватися. Якщо бульбашка містить достатньо багато газу, то після досягнення нею мінімального радіусу, вона відновлюється і здійснює декілька циклів затухаючих коливань. А якщо газу мало, то бульбашка закривається повністю в першому періоді життя. Таким чином, поблизу обтічного тіла створюється досить чітко обмежена "зона кавітації", заповнена рухомими бульбашками. Скорочення бульбашки відбувається з великою швидкістю і супроводжується звуковим імпульсом.

Якщо ступінь розвитку кавітації такий, що у випадкові моменти часу виникає і закривається безліч бульбашок, то явище супроводжується сильним шумом з суцільним спектром від декількох сотень Гц до сотень і тисяч кГц.

Для досліду до трубопроводу кріпиться два електретні мікрофона, які під'єднуються до звукової карти на персональному комп'ютері. Якщо відкрити кран на трубопроводі, утворюється потік води в якому бульбашки води здійснюють шум. За допомогою програми віртуального осцилографа на персональному комп'ютері вираховуються дані цього шуму (точки відліку).

Експериментально визначено, що 10 літрів води витікає за 82 секунди. Від відстані мікрофонів один від одного залежить кількість точок відліку. Експеримент проводився на відстані 10 мм. Для розрахунку витрати рідини потрібно визначити час, за який вода пройде 10 мм відстані. Два максимуми на кореляційній кривій, відповідають моменту проходження води у двох точках. В

експерименті ці точки – це точки закріплення на трубі електретних мікрофонів. Частота дискретизації звукової карти 48 кГц.

При математичній обробці даних у програмі «Mathcad», знаючи об'єм води, визначається значення витрати води, яке дорівнює 0,12 л/с. За допомогою значень площі перерізу труби і витрати води, знаходиться середня швидкість потоку води 604,69 мм/с. Визначивши час, за який вода протікає відстань між двома мікрофонами і час дискретизації, розраховується теоретична кількість точок відліку, за які кореляційна функція досягне максимуму. В результаті розрахунку отримуємо 825 точок відліку.

Експериментально визначили, що кореляційна функція досягає максимум у точці 898, що відповідає швидкості потоку 556,792 мм/с.

Визначивши теоретичний і експериментальний максимуми на кореляційній кривій, можна побачити різницю значень. Це говорить про присутність похибки експерименту, яка приблизно дорівнює 10%. Відстань між мікрофонами має бути малою, щоб сигнал не змінював свої характеристики. Але відстань, яка була взята для експерименту майже така, як і діаметр мікрофонів. Це вочевидь і є причиною великої похибки експерименту. Для зменшення похибки необхідне конструктивне рішення – точковий контакт мікрофонів з трубопроводом.

За допомогою даного експерименту підтверджено працездатність кореляційного методу для визначення витрат рідини в трубопроводі без порушення цілісності системи і без допоміжних джерел збурення. Для використання цього методу на практиці у побутовій чи виробничій сфері, необхідно вирішити ще ряд основних питань, а саме: удосконалити конструкцію установки та провести експеримент на основі нової конструкції, а також визначити оптимальну відстань між мікрофонами. Ще необхідно застосовувати більш ефективний метод математичної обробки результатів експерименту.

Список літератури:

1. Бендат Д. Измерение анализ случайных процессов: справочник / Д. Бендат. – К.: Изд-во «Мир», 1971. – 464 с.
2. Кремлевский П. П. Расходомеры и счетчики количества: справочник / П. П. Кремлевский. – К.: Изд-во «Мишиностроение», 1989. – 567 с.
3. Бриндли К. Измерительные преобразователи: справочник / К. Бриндли. – К.: Изд-во «Энергоатомиздат», 1991. – 346 с.
4. Джексон Р. Г. Новейшие датчики / Р. Г. Джексон. – К.: Изд-во «Техносфера», 2007. – 384 с.
5. Евтихийев Н. Н. Измерение электрических и неэлектрических величин / Н. Н. Евтихийев. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.

Т.О. ТРОХИМЕНКО, Р.П. МИГУЩЕНКО, канд. техн. наук, доцент

Аналіз інформаційно-вимірювальних сигналів, що характеризують поточний стан динамічних промислових об'єктів

Діагностика поточного стану будь-якого об'єкту чи процесу є важливим чинником, за допомогою якого можливо визначити основні технічні та функціональні параметри об'єкту чи процесу, попередити розвиток дефектів і скорочення затрат на їх відновлення, визначити оптимальні технології при експлуатації діагностованого об'єкту, оцінити залишковий ресурс. До об'єктів діагностики можна віднести практично любий промисловий об'єкт або технологічні процеси, які він використовує; біологічні об'єкти та їх складові (конкретні органи); екологічні процеси що визначають технологічність використовуваного обладнання; соціальні процеси тощо.

Дана робота спрямована на розгляд, аналіз та діагностику промислових об'єктів і процесів. Саме промислові об'єкти вважаються найбільш широким класом використовуваних об'єктів на практиці і займають визначне місце в підвищенні економічних показників держави та покращенні добробуту населення.

За допомогою безпосередніх методів відбувається визначення основних діагностичних характеристик у ході експерименту або планової перевірки. При використанні непрямих методів визначається певний параметр, за яким з допомогою додаткової математичної (статистичної) обробки визначаються діагностичні характеристики. Перелічені методи діагностики стану складних промислових об'єктів мають певні переваги і недоліки. Основною перевагою непрямих методів діагностики є те, що вони дозволяють здійснювати широке впровадження неруйнівного контролю та безрозбірних технологій в діагностичні процедури. Це якраз і спричинило домінуюче використання названих методів в сучасних засобах діагностики вітчизняного та закордонного виробництва.

Бурний розвиток комп'ютерних технологій (як в плані апаратури, так і в плані програмного забезпечення) в останній час сприяв широкому впровадженню комп'ютерних систем діагностики в промисловості. Такі комп'ютерні системи допомагають вирішувати проблеми, які можуть виникати в процесі експлуатації промислових об'єктів. Крім цього, це зумовило використання саме непрямих методів діагностики, де здійснюється математична (статистична) обробка отриманих вимірювальних сигналів.

В даній роботі запропонований підхід до діагностики стану промислових об'єктів на основі аналізу вібросигналів з застосуванням дисперсійного та коваріаційного аналізу. В якості вихідних даних обрано нестаціонарні та малостаціонарні вібросигнали трубки паливного насосу високого тиску дизельних агрегатів. Тому виникає потреба більш детально розглянути існуючі методи та обладнання для діагностики стану дизельних агрегатів. Далі здійснена спроба перенести розроблені діагностичні технології на інші об'єкти

промислового та непромислового призначення. Наприклад, на рис. 1 наведені інформаційні сигнали виведення та поглинання газоподібних речовин на тепловій конденсаційній електростанції. Незважаючи на великі постійні часу інформаційних сигналів (десятки хвилин) на всьому інтервалі спостереження вихідний сигнал має ознаки вібросигналу.

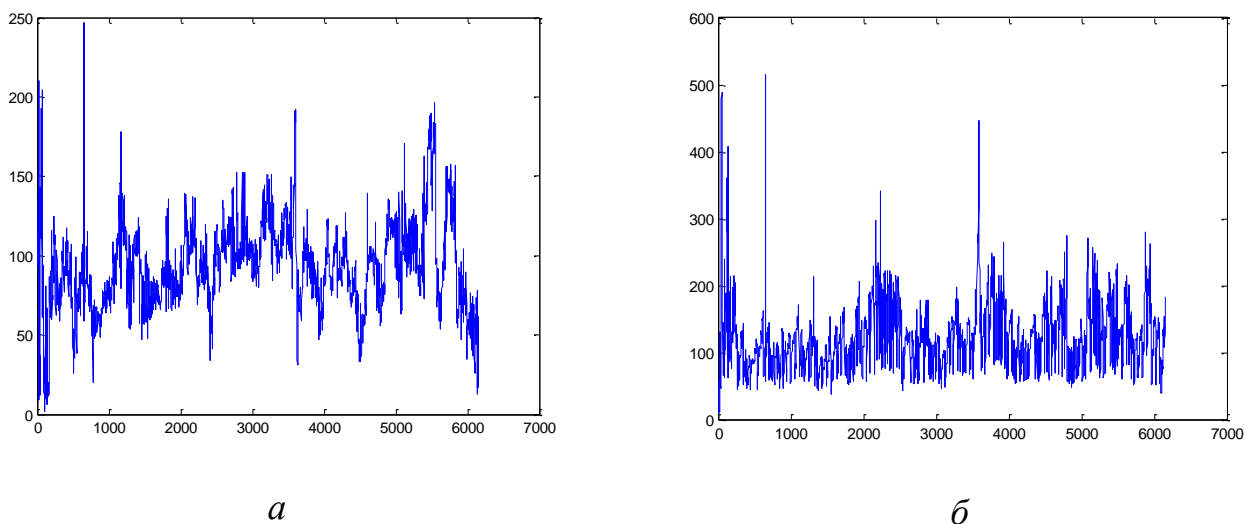


Рис. 1 – Інформаційні сигнали виведення та поглинання газоподібних речовин на тепловій конденсаційній електростанції: *а* – добові зміни концентрації оксиду азоту; *б* – добові зміни концентрації оксиду вуглецю

Методи та системи локальної діагностики, в основному, розробляються для визначення технічного стану основних вузлів об'єкта контролю. При технічному контролі дизелів найбільш поширеними методами є аналіз робочого процесу, віброакустична діагностика, аналіз відпрацьованих газів, визначення герметичності циліндровопоршневої групи, визначення потужності двигуна і нерівномірності роботи циліндрів, аналіз відпрацьованих масел. При цьому системи контролю робочого процесу створюються як у вигляді автономних приладів для локального діагностування, так і як спеціальні субблоки в складі систем загального діагностування.

Робота з розробки та впровадження нових засобів діагностики триває і зараз. Цьому сприяють нові прориви в теоретичних засадах (наприклад, широке використання теорії вейвлет-перетворення) та бурний розвиток комп'ютерних технологій.

Список літератури:

1. Сучасний стан технічних засобів аналізу вібрації / А.В. Барков, Н.А. Баркова, П.П. Якобсон. –2003.
2. Моніторинг і діагностика роторних машин по вібрації: навч. посібн. / А.В. Барков, Н.А. Баркова, А.Ю. Азовцев. – 2000. – 159с.
3. Практичні основи віброакустичної діагностики машинного обладнання / Костюков В.Н., Науменко А.П. –2002. - 108 с.
4. Вібрація роторних машин / Гольдін А.С. – 2000. – 344 с.

Г.В. ЧОРНА, В.К. ГУСЕЛЬНИКОВ, канд. техн. наук, професор

Розробка цифрового вимірювача фізичних параметрів повітряного середовища

На даному етапі все більше уваги приділяється комфортності середі перебування людини, і, як наслідок, зростає потреба в системах контролю параметрів довкілля. Вимірювання вологості, температури, атмосферного тиску та швидкості вітру з використанням сучасних сенсорів знайшли широке застосування і є одним із поширених напрямків вимірювань. Це обумовлено тим, що вологість, температура, атмосферний тиск значно впливають як на роботу технічних об'єктів, так і на самопочуття людей. У зв'язку з цим досить важливим завданням сучасного приладобудування та вимірювальної техніки є вибір надійних методів вимірювання цих величин.

Метою статті є розвиток і удосконалення цифрових вимірювачів фізичних параметрів повітряного середовища з митою забезпечення високої точності вимірювань при зниженні вартості приладів.

Для забезпечення високої точності вимірювань необхідно здійснити підсилення сигналу первинного перетворювача, лінеаризацію передатної характеристики, компенсацію початкового зміщення та похибок, які виникають у зв'язку зі зміною температури довкілля. Ефективно виконувати подібні перетворення можна тільки з використанням цифрової обробки даних і виконання одночасно з вимірюванням вологості вимірювання температури навколишнього середовища. Останнім часом намітилась стійка тенденція щодо зменшення вартості мікроелектронних пристроїв обробки інформації, зокрема, на основі мікропроцесорних систем, внаслідок чого первинні вимірювальні перетворювачі поступово набувають визначальної ролі з точки зору вартості інформаційно-вимірювальної системи.

Структурна схема цифрового вимірювача фізичних параметрів повітряного середовища наведено на рис. 1. включає наступні елементи: 1 – ПВП1, ПВП2, ПВП3 і ПВП4 – первинні вимірювальні перетворювачі.. ПВП1 – датчик відносної вологості, ПВП2 – датчик температури, ПВП3 – датчик атмосферного тиску, ПВП4 – ультра звуковий датчик швидкості вітру; 2 – ВВП – вторинний вимірювальний перетворювач. ; 3 – П – підсилювач сигналу; 4 – АЦП – аналого-цифровий перетворювач.; 5 – МК – мікроконтролер.; 6 – ІФБ – інтерфейсний блок; 7 - ПК – пульт керування.; 8 - ЦВП - цифровий відліковий пристрій; 9 - ПЗП – постійний запам'ятовуючий пристрій; 10 - Блок живлення – допоміжний пристрій.

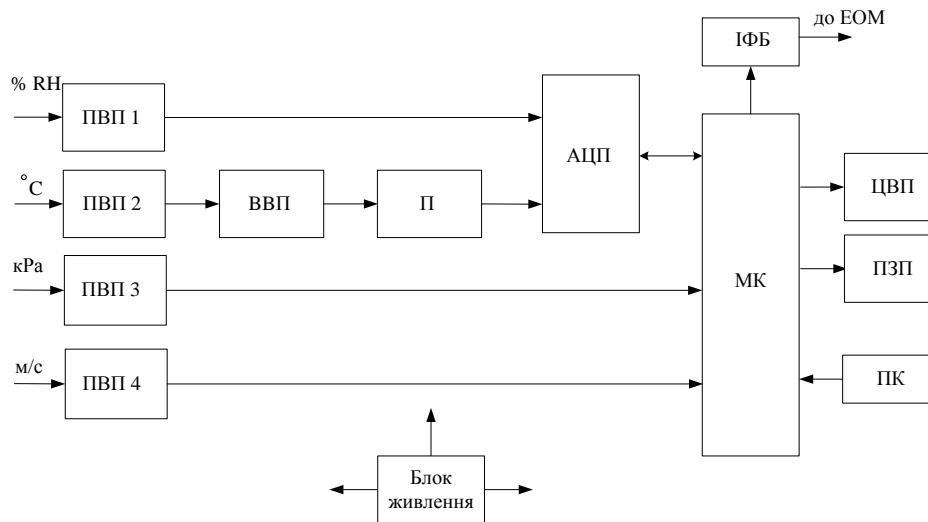


Рис. 1. – Цифровий вимірювач фізичних параметрів повітряного середовища

Для задачі, що стоїть в даній роботі, а саме, незначна віддаленість від об'єкту вимірювань, можна зупинитися на варіанті двохпровідного підключення терморезистору до мостової схеми.

Датчик вологості НіН 4010 00Х має на виході сигнал напруги, що має розмах 4,0...5,8 В, що дозволяє напряму підключати їх до АЦП [3].

Датчик атмосферного тиску представляє собою мініатюрний гібридний модуль, що виготовляється на основі п'єзорезистивного датчика тиску й інтерфейсної мікросхеми аналого-цифрового перетворювача.

Датчик швидкості вітру – це ультразвуковий анемометр S1404Z не має частин, що рухаються. Широкий діапазон робочих температур (від - 55°C до +55°C), має міцну й надійну конструкцію

Сумарна похибка цифрового вимірювача фізичних параметрів повітряного середовища при обраній елементній базі не перевищує 3%.

Після розробки можна зробити висновки, що ціна дослідного зразка цифрового вимірювача фізичних параметрів повітряного середовища склала 3829,8 грн., що у два рази менше існуючих аналогів.

Список літератури:

1. Система климат контроль в умном доме <http://smarton.com.ua>.
2. Встроенные системы климат контроля <http://library.stroit.ru>.
3. Fairchild Semiconductor. Справочник микросхем, 2003г // <http://www.fairchildsemi.com>.
4. ДСТУ 3651.0-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні положення, назва та позначення.

Е.П. ШУПИК, А.И. РОГАЧЁВ, докт. техн. наук, профессор

Энергосберегающее управление процессом пропарки при сушке капиллярно-пористых материалов

Прогресс в строительной отрасли требует повышения качества материалов и деталей из капиллярно-пористых материалов, которые подлежат предварительной сушке после изготовления. Основным этапом сушки таких материалов является этап пропарки, который заключается в доведении температуры и влажности высушиваемых изделий до заданных значений при сохранении постоянной психометрической разности температур «влажного» и «сухого» термометров. При этом необходимо выполнить требования к качеству рассматриваемых материалов при предельно возможном сокращении времени пропарки и минимизации расходов теплоносителя.

Задачи повышения эффективности процесса сушки исследовались в ряде работ при различных критериях оптимальности. В работах [1, 2] рассматривалась возможность сокращения времени этапа пропарки при отсутствии ограничения на величину энергозатрат. В работе [3] исследовалась задача минимизации расхода теплоносителя при критерии качества в виде интеграла от функции, линейно зависящей от управляющего воздействия.

Целью данной работы является задача минимизации расхода теплоносителя при критерии качества в виде квадратичного функционала от управляющего воздействия.

Конвективная сушка – сложный нестационарный процесс теплообмена, который в динамике описывается нелинейными дифференциальными уравнениями в частных производных. Но экспериментально доказано, что вблизи рабочего режима статические характеристики сушильных камер с достаточной степенью точности можно линеаризовать, а параметры камеры в пределах каждого технологического цикла считать стационарными. Тогда динамика сушильной камеры может быть описана линейным дифференциальным уравнением с постоянными коэффициентами. Рассмотрим вариант, когда заготовка бруса достаточно тонкие. Тогда высушиваемые материалы можно представить в виде простого апериодического звена, при этом обязательно должно учитываться ограничение по скорости изменения температуры в материале.

На основании исследования переходных характеристик камеры отдельно для каналов регулирования по «сухому» и «мокрому» термометрам и физических зависимостей между отдельными величинами, характеризующими процессы в камере, можно составить обобщенную структурную схему с двумя входами и одним выходом (см. рис. 1) [1].

Динамика процесса пропарки может быть описана дифференциальными уравнениями пятого порядка, которые можно представить в виде системы

дифференциальных уравнений первого порядка:

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_1(t) &= \lambda_1 x_1(t), \\ \dot{x}_2(t) &= \lambda_2 x_2(t), \\ \dot{x}_3(t) &= \lambda_3 x_3(t) + v_3 U_1(t), \\ \dot{x}_4(t) &= \lambda_4 x_4(t) + v_4 U_1(t), \\ \dot{x}_5(t) &= \lambda_5 x_5(t) + v_5 U_1(t). \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Для решения задачи минимизации расхода теплоносителя используем квадратичный функционал:

$$q = \int_0^T U_1^2(t) dt \rightarrow \min \quad (2)$$

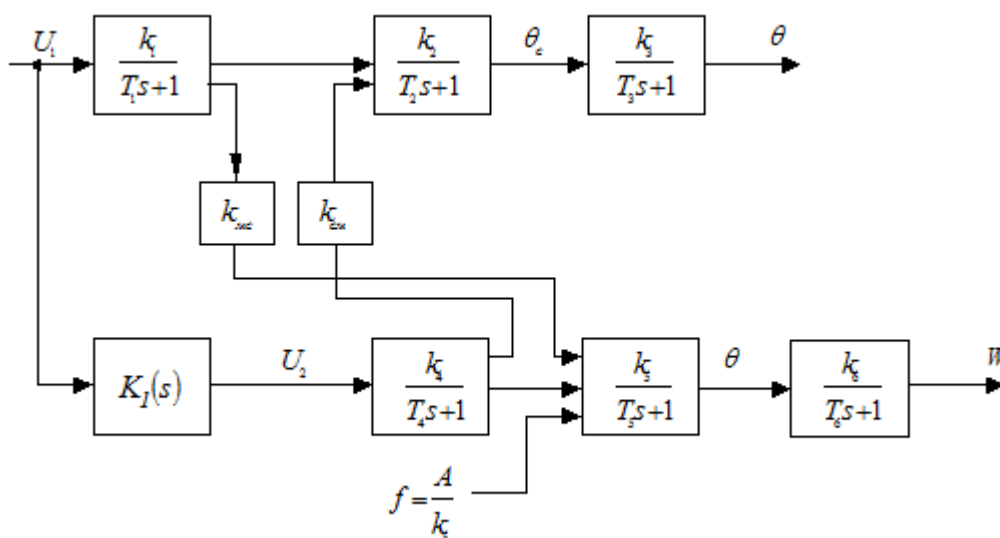


Рис.1 – Структурная схема объектов управления

Решение задачи минимизации расхода теплоносителя для процесса сушки капиллярно-пористых материалов позволяет найти закон минимизирующий расход теплоносителя на этапе прогрева высушиваемого материала при заданных ограничениях на управление и скорости прогрева.

Список литературы:

1. Воронов В.Г., Гопп А.Ю. Синтез оптимального управления режимами теплофизической обработки // Локальные автоматизированные системы автоматики и вычислительной техники – Киев, «Наукова думка» – 1976. – с.10-36.
2. Воронов В.Г., Качанов П.А., Рогачёв А.И. Разработка алгоритма оптимального управления процессом нагрева при сушке капиллярно-пористых материалов // Труды Всесоюзной конференции «Актуальные направления развития сушки древесины». – Архангельск: ЦНИИМОД, 1980. – с.232-239.
3. Рогачёв А.И. Минимизация расхода теплоносителя в объекте с вырожденной передаточной функцией // Интегрированные технологии и энергосбережение. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. - №1. – с.11-14.

Е. Н. ЯКУШКО, М. В. ТРОХИН,

А.П. ДАВИДЕНКО, канд. техн. наук, доцент

Исследование динамических характеристик преобразователей температуры

Целью данной научно-исследовательской работы является исследование динамических характеристик преобразователей температуры при ступенчатом изменении температуры измеряемой среды.

Для построения комплекса, связанного с измерением температуры (в состоянии её снижения или повышения) существует множество различных конструктивных вариантов. Стоит отметить, что основными элементами при этом являются нагреватель и охладитель. Необходим конструктивный элемент, который сможет не только произвести нагрев либо же охлаждение за короткое время, но и способен поддерживать стабильную температуру объекта в процессе проведения эксперимента.

Наиболее удобным решением для данного комплекса является термоэлектрический метод нагрева с использованием элемента Пельтье, в качестве, как нагревателя, так и охладителя (в зависимости от его полярности).

В работе исследуются медный термометр сопротивления, платиновый термометр сопротивления и полупроводниковый датчик температуры.

Разработана структурная схема комплекса, которая представлена на рис. 1.

Структурная схема состоит из следующих конструктивных блоков: источник питания, медный брусок с закрепленными в нём исследуемыми преобразователями, ртутным термометром (выступающим в качестве рабочего эталона) и предохранителем, нагреватель и охладитель, роль которых выполняет элемент Пельтье, преобразователи сопротивление-напряжение (для подачи корректной формы сигнала на логический контроллер), узел контроля, кулер (для отвода лишнего тепла от измерительного ядра комплекса), пульт управления, программируемый логический контроллер и цифровое отсчетное устройство.

При этом необходимо учесть ряд погрешностей, возникающих при подобного рода измерениях. Наиболее общий источник погрешности обусловлен отличием теплофизических характеристик термодатчика и исследуемого объекта. Термоэлектрический преобразователь (термодатчик)

находится в непосредственном контакте с объектом, температура которого измеряется. Поскольку термодатчик является по существу посторонним телом по отношению к объекту, он искажает температурное поле объекта в месте установки, а также вызывает искажение процесса теплообмена объекта с другими физическими телами. Другой важный источник погрешностей – наличие перепада температуры между измеряемым объектом и окружающими физическими телами. При этом возникают погрешности, обусловленные теплообменом чувствительного элемента с окружающими телами. Третий источник – нестационарность тепловых процессов. Возникающие вследствие этого динамические погрешности обусловлены термической инерцией термодатчика.

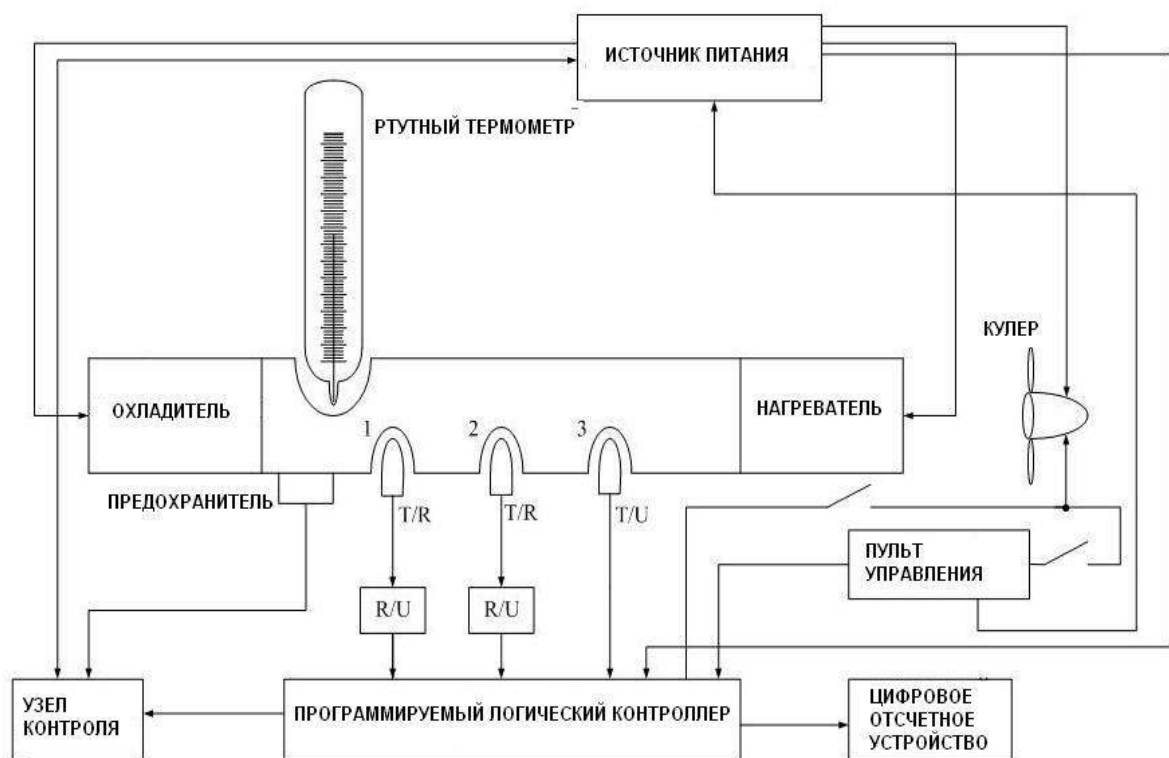


Рис. 1 – Структурная схема измерительного комплекса

В связи с этим важна изоляция измерительного ядра комплекса от влияния внешних источников, а также равноудаленность исследуемых преобразователей температуры от ртутного термометра, с показаниями которого сверяются значения, полученные в процессе измерения.

СЕКЦІЯ 9. ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНЕ ТА ЕЛЕКТРИЧНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ

УДК 538.22.08

I.O. АРСЕЄВА, М.М. СІРЕНКО, канд. техн. наук, професор

Магнітометр для моніторингу магнітних полів

Для вимірювання магнітних полів на поверхні або поблизу поверхні промислових джерел магнітних полів застосовують магнітні перетворювачі, принцип роботи яких заснований на нелінійних властивостях феромагнітних матеріалів. Прикладом таких приладів є магнітовимірювальні прилади з ферозондовими перетворювачами, які називаються магнітометрами [1].

Магнітометр – це прилад для вимірювання характеристик магнітного поля навколишнього середовища і магнітних властивостей матеріалів [2]. Важливим є використання магнітометрів службами санітарно-епідеміологічного нагляду з метою виявлення і визначення місцезнаходження шкідливих електромагнітних випромінювань штучного походження, що впливають на людину на її робочому місці. Крім цього, такі прилади можуть бути використані для атестації робочих місць за вимогами санітарно-технічних нормативів.

Метою роботи було вивчення можливостей застосування магнітометра з ферозондовим перетворювачем для екологічного моніторингу магнітних постійних і повільно мінливих полів промислового походження та його метрологічного забезпечення. Тому для цього був запропонований ферозондовий магнітометр, призначений для вимірювання напруженості магнітного потоку в просторі і на поверхні виробів. Магнітометр вимірює обидві полярності магнітного поля. Це досягається зміною полярності імпульсу у вихідній обмотці ферозонду і напрямку струму в обмотці зворотного зв'язку. Вибір полярності проводиться автоматично [2].

Датчик магнітометра являє собою ферозондовий чутливий елемент, включений за схемою вимірювача поля. Два осердя виконані з аморфного матеріалу. З метою підвищення стійкості роботи введена обмотка, що збільшує розбаланс характеристик. Для компенсації нелінійності осердя поміщені в обмотку зворотного зв'язку, яка є, як і обмотка розбалансу, багатошаровим соленоїдом. Для захисту від механічних пошкоджень датчик знаходиться у циліндричному дюралюмінієвому корпусі [1].

Розроблений макет лабораторної установки для екологічного моніторингу зовнішніх електромагнітних полів. Розроблена методика перевірки магнітометра, яка базується на методі опосередкованих вимірювань.

Встановлено, що відносні похибки градування не перевищують 2,0 %, що є допустимим значенням за технічними вимогами виробника.

Список використаних джерел:

- 1 Афанасьев В.В. Ферозонды. Л., "Энергия", 1969. 168 с.
- 2 Афанасьев Ю.В., Студенцов Н.В., Щелкин А.П. Магнитометрические преобразователи, приборы, установки. Л., "Энергия", 1972. 272 с.

О. В. БАСТРЮЧЕНКО, С. Г. ЛЬВОВ, канд. техн. наук, доцент

Исследование методов неразрушающего контроля рельсов

Рельсы являются одним из наиболее ответственных элементов верхнего строения железнодорожного пути.

Одним из основных условий обеспечения безопасности движения поездов является регулярный неразрушающий контроль (НК) рельсов.

Главная задача НК рельсов состоит в своевременном выявлении на ранней стадии развития трещин в рельсах, уложенных в путь.

Причины зарождения и развития дефектов в рельсах можно разбить на две группы: эксплуатационные, например, неудовлетворительное состояние пути и подвижного состава и заводские – из-за наличия дефектов, допущенных при изготовлении рельсов.

На железной дороге получили распространение следующие методы НК рельсов: визуально- акустический, магнитный и ультразвуковой.

Визуально-акустический метод – простейший метод, позволяющий выявлять некоторые дефекты рельсов с использованием зеркала, щупа, лупы и молоточка. Дефектные рельсы обнаруживаются визуально по темным продольным полосам на поверхности катания, ржавым или синим полосам на переходах от шейки рельса к головке и подошве, местным уширениям головки и выщербинам на ней.

Магнитный метод основан на образовании в зоне дефекта резко выраженной неоднородности поля, наведенного в металле извне. В силу различной магнитной проницаемости неповрежденных и дефектных участков в зоне дефекта (трещины, инородных включений и т.п.) имеет место интенсивное искажение магнитных силовых линий.

Ультразвуковой метод проводится путём излучения и принятия ультразвуковых колебаний, и дальнейшего анализа их амплитуды, времени прихода, формы и пр. с помощью специального оборудования - ультразвукового дефектоскопа.

Преимущества магнитного метода, по сравнению с ультразвуковым, заключаются в уверенном обнаружении наиболее опасных дефектов в виде сильноразвитых поперечных трещин в головке рельса, продольных трещин и расслоений, надежном контроле поверхностных слоев головки, безконтактности, возможности проведения контроля на высоких скоростях.

Список литературы:

1. А. К. Гурвич, И. Н. Ермолов, С. Г. Сажин. Неразрушающий контроль.
2. Марков А. А., Шпагин Д. А. Ультразвуковая дефектоскопия рельсов. 2 изд. — СПб.: Образование и культура, 2008 г. 283 с.
3. Классификатор дефектов рельсов НТД/ЦП-1-93. Москва: «Транспорт», 1993 г.

М.А. БОБРОВ, Ю.П. ГОНЧАРОВ, докт. техн. наук, профессор

Полупроводниковые преобразователи с мягкой коммутацией для перспективных систем электроснабжения

Приблизительно 70 % энергии, потребляемой человечеством в промышленности и быту, является электрической. В связи с неизбежным истощением природных запасов таких привычных энергоносителей как нефть и газ, возникла необходимость в поиске альтернативных источников электроэнергии. В областях гелио энергетики и ветроэнергетики были совершены существенные качественные изменения. Так, например, за счёт изменения технологии производства фото-генераторов, был достигнут коэффициент преобразования солнечной энергии до 44% [1].

Однако использование солнечных панелей в качестве источников электроэнергии связано с рядом характерных особенностей. Фото генератор целесообразно использовать как источник постоянного тока [1]. Эффективно использовать фото- и ветро- генераторы, включая их в однофазную распределительную сеть с накопителями энергии. Это позволяет устранить суточные, и даже сезонные колебания количества генерируемой энергии. Для этого нужно использовать обратимый переходной преобразователь, который сможет работать как инвертор со стороны накопителя или панели и как выпрямитель со стороны сети [3].

Важным аспектом в развитии современных преобразователей является получение максимального значения удельной мощности. Эффективным способом достижения этой цели является повышение рабочей частоты преобразователей, это позволяет существенно уменьшить габариты пассивных элементов прибора (дросселей, конденсаторов). Однако с повышением частоты включения и выключения полупроводниковых ключей возрастают их потери при коммутации, что зачастую делает использование преобразователей с ШИМ менее эффективным на высоких частотах. Выходом из положения является использование резонансных преобразователей [2]. Действие резонансного контура создаёт условия, при которых в определённый момент времени ключ может быть переключен практически без потерь. На основе приведенных выше рекомендаций была предложена структура однофазного резонансного обратимого преобразователя [3], приведенная на рисунке 1,а.

На схеме присутствуют: 1) Источник однофазного синусоидального переменного напряжения (сеть); 2) Трансформатор T ; 3) Последовательный резонансный LC – контур; 4) Выходной фильтр C_d ; 5) Накопитель $BESS$; 6) Резистор R_d , который учитывает активное сопротивление линий электропередачи на стороне постоянного и переменного тока.

На рисунке 1,б изображена векторная диаграмма, которая поясняет принцип фазового управления.

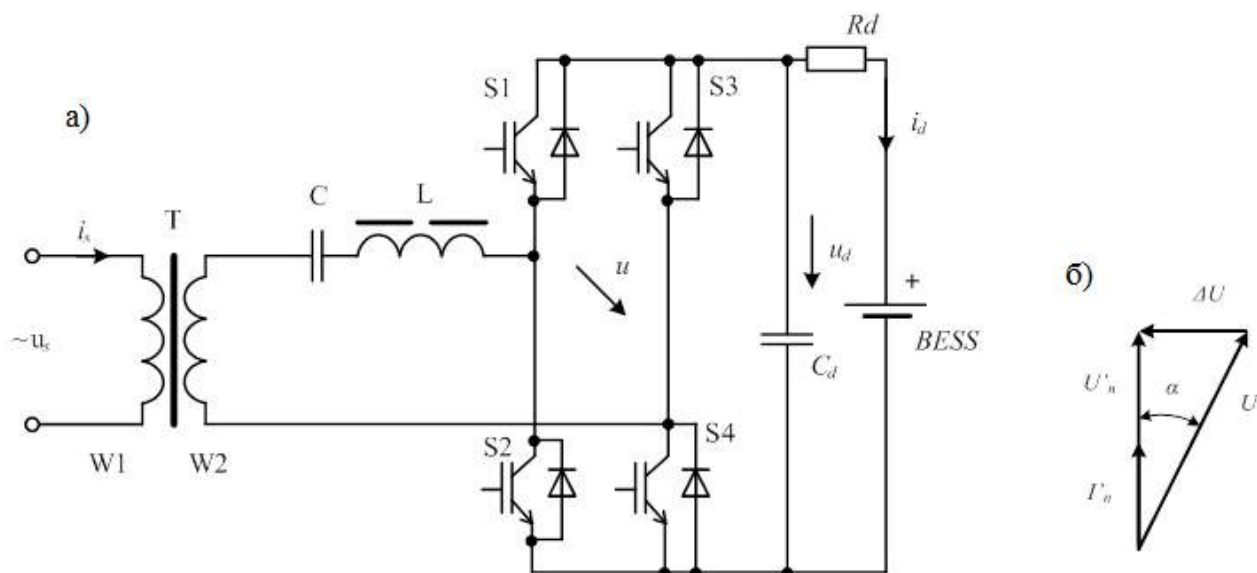


Рис. 1 – Базовая схема резонансного преобразователя: а – силовая схема; б – векторная диаграмма, поясняющая принцип фазового управления

Ключи управляются таким образом, чтобы сформировать на входе коммутатора переменное напряжение прямоугольной формы с частотой сети. Системой управления коммутатора можно повернуть вектор U относительно вектора U_n' на заданный угол управления α . Ясно, что при изменении знака угла управления направление потока мощности изменяется на обратное. Таким образом, фазовое управление по рассматриваемому принципу обеспечивает двусторонний регулируемый обмен энергией между сетью и накопителем. А за счёт использования расстройки резонанса путем превышения индуктивного сопротивления над емкостным, можно достигнуть отставания вектора тока I_n' от вектора напряжения ΔU на угол $\pi/2$, что позволит преобразователю при малых углах управления работать без генерации реактивной мощности в сети. В граничном режиме, при $\alpha=0$, обмена энергии между сетью и накопителем нет [3]. В ходе работы была составлена компьютерная модель рассматриваемого преобразователя, которая позволила подтвердить соответствие схемы предполагаемым параметрам и изучить особенности её работы.

Список литературы:

1. Mukund R. Patel Wind and Solar Power Systems. Design, Analysis, and Operation Second Edition. Taylor & Francis. 2006, 433p.
2. Браун М. Источники питания. Расчёт и конструирование. «МК-Пресс» 2007, 288с.
3. Sokol, E.I.; Goncharov, Yu.P.; Eresko, A.V.; Ivakhno, V.V.; Krivosheev, S.Yu.; Zamaruev, V.V.; Lobko, A.V.; Voytovich, Yu.S., "Rectifiers with a combined filtration of primary current for high-frequency power systems," Compatibility and Power Electronics (CPE), 2013 8th International Conference on , vol., no., pp.316,319, 5-7 June 2013 doi: 10.1109/CPE.2013.6601176.

Вибір форми лопатей вітроенергетичних установок по аеродинамічним параметрам

Багато сторіч людина намагається перетворити енергію вітру собі на користь, зробити пристрої, що виконують різні функції: млини, водяні і нафтові насоси, електростанції. Як показала практика і досвід багатьох країн, використання енергії вітру вигідно. В даний час в світі функціонує більше 30000 вітроелектричних агрегатів, сумарна потужність яких перевищує 30 млн. кВт. Темпи зростання кількості ВЕС збільшуються щорічно на 30%. В даний час частка вітроенергетики в енергобалансі Європи складає приблизно 5,5%, а до 2020 року повинна досягти 12 %. У США, Канаді, Австрії, Данії і Німеччині розвитку вітроенергетики приділяється особлива увага, причому на державному рівні з інвестиціями, позитивною банківською і податковою політикою, що заохочує цей важливий напрям енерговиробництва.

В Україні найбільш перспективними районами для використання ВЕС є Приазов'я, побережжя Чорного моря, Придніпров'я, Прикарпаття, де швидкість вітру досягає 6 м/с і більш. Енергія ВЕС дозволить забезпечити електроенергією віддалених споживачів і покрити провали в піковий години навантаження.

Відомі різні типи вітродвигунів, зокрема роторні, карусельні, барабанні і ін. В більшості країн широке застосування одержали тільки горизонтально - осьові крильчаті вітродвигуни. Основним робочим органом таких вітродвигунів є вітроколесо з лопатями, розташованим по радіусах під деяким кутом до площини обертання. Для вітроелектричних агрегатів переважне застосування одержали трьох- і дволопатеві вітроколеса. Принцип роботи крильчатого вітродвигуна пояснює план швидкостей повітряного потоку, що набігає на елемент лопаті, і діючих сил, рис.1.

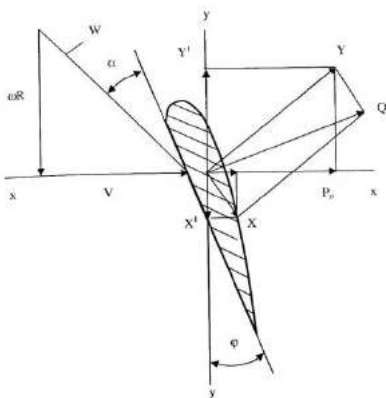


Рис. 1 – План швидкостей і сил, що діють на елемент лопаті

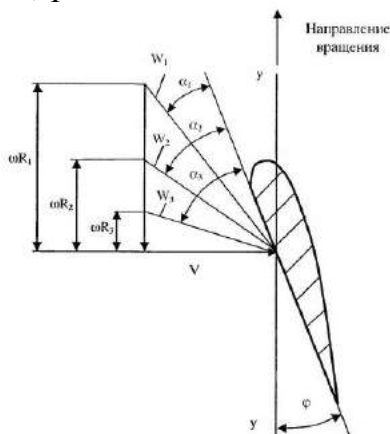


Рис. 2 – План швидкостей повітряного потоку, що набігає на пряму лопать

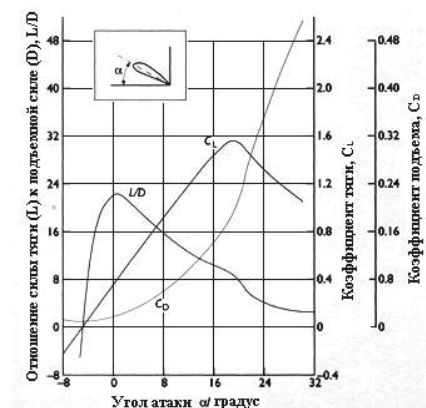


Рис. 3 – Коефіцієнт тяги C_L , коефіцієнт підйому C_D , і відношення сили тяги к підйомній силі, (L/D) , для різних значень кута атаки

У сучасних вітродвигунах застосовуються лопаті, що мають спеціальний аеродинамічний профіль, що забезпечує високий коефіцієнт використання енергії вітру. Вітер перед вітроколесом підходить до лопаті з швидкістю V . Унаслідок обертання вітроколеса в площині y - z елемент лопаті зустрічає повітряний потік із швидкістю ωR . Швидкості V і ωR , складаючись геометрично, дають результуючу швидкість W , з якою повітряний потік набігає на елемент лопаті під кутом атаки α щодо хорди лопаті. Швидкість W , названа відносною, викликає силу Q , яку можна розкласти на підйомну силу Y і силу опору X , яка збільшує лобовий тиск $P_{\text{л}}$ і створює складову опору обертанню X' .

Складова сили Y' , що діє по осі y - z , забезпечує обертання вітроколеса. Кут між хордою лопаті і віссю y - z в площині обертання називають кутом заклинювання і позначають буквою φ . З результатів продувань моделей вітроколес в аеродинамічних трубах відомо, що підйомна сила лопаті має найбільшу величину при малих кутах атаки α , рівних $2 \div 8^\circ$. Пряма лопать, що має постійний кут заклинювання φ унаслідок різних значень окружної швидкості, має кут атаки α , що змінюється по довжині лопаті в широких межах (рис. 2). Кожне крило має певний кут атаки, при якому коефіцієнт, рівний відношенню підйомної сили до сили тяги, (C_L/C_D), максимальний. Цей кут атаки визначається значенням максимальної сили і тому є найефективнішою налаштуванням повороту лопатей вітротурбіни.

На рис. 3 наведено типові коефіцієнти підйому і тяги для перерізів крила. Область практичного використання відповідного кута атаки тільки справа від піку в кривій C_L . Вони пропорційні величини виробленої електроенергії.

На сьогодні не існує однозначної і раціональної методики вибору ідеальних аеродинамічних профілів для заданої вітротурбіни. Це пояснюється тим, що, з одного боку, лопать працює в широкому діапазоні кутів атаки, а з іншою - існує незліченна безліч геометричних комбінацій профілів, хорд, які можливо застосувати при розробці лопаті. Різний вплив багатьох чинників уздовж лопаті вітротурбіни формує різні вимоги до аеродинаміки на кожній ділянці лопаті. Йде інтенсивна розробка профілів з щільною, закрилками і передкрилками, як що володіють значним коефіцієнтом підйомної сили і хорошою керованістю режимами ВЕУ у великому діапазоні вимірювань швидкості вітру.

Список літератури:

1. Шевченко В.В., Лизан И.Я. Проблемы, перспективы и основные направления развития экологически чистых источников электроэнергии в Украине // Якість технологій та освіти. Збірник наукових праць. - Вип. 1. - Х.: УПА, 2011. - С. 77-87.

2. Шевченко В.В., Баженов А.С., Лавренко Т.А. Конструкции ветроэнергетических установок при решении проблем промышленной энергетики // Системи обробки інформації. Збір. наук. праць. Харківський університет повітряних сил. – 2008. - № 3(70). - С. 151-156.

3. Шевченко В.В., Заныхайло Е.А. Порівняльний аналіз енергетичних параметрів генераторів, які використовуються у вітроенергетичних установках // Вестник НТУ «ХПИ», № 46. - 2010 - С. 234-241.

Т.В. ВАКАРЮК, М.Я.ПЕТРЕНКО, канд. техн. наук, доцент

Дослідження процесів нагріву і температурного поля частотно-керованого асинхронного двигуна на основі математичних моделей при різних законах регулювання та джерелах живлення

Одним з найбільш ефективних способів поліпшення техніко-економічних показників електроприводів є заміна нерегульованих електроприводів регульованими. Робота асинхронних двигунів в регульованому електроприводі пов'язана зі зміною частоти обертання в широкому діапазоні, зміною величини і частоти напруги, що живить двигун і зміною ефективності системи охолодження.

При аналізі теплового стану двигуна працюючого у складі регульованого електроприводу враховується діапазон регулювання частоти обертання, закон регулювання та характер і величина навантаження, що визначають допустиму по нагріву потужність двигуна. Особливістю теплових процесів у таких двигунах є наявність додаткових електричних і магнітних втрат від вищих гармонік струму і магнітного потоку. Проведені дослідження показали, що при використанні асинхронних двигунів загального призначення, як частотно-регульованих і перетворювача частоти (ППЧ з АІН) потужність зменшується на 15-20%. Для аналізу використовується метод еквівалентних теплових схем (ЕТС) на базі яких записані рівняння теплового балансу.

Температура вузлів ЕТС визначалась шляхом рішення системи рівнянь теплового балансу для заходів пропорційного і квадратичного регулювання, а також для закону регулювання при постійній потужності зміна коефіцієнту регулювання $1,0 < \alpha < 1,5$ додаткові втрати потужності зменшуються на 17,9% і 16,6% відповідно. Втрати і умови охолодження змінюються одно направлено. Теоретичні дослідження процесів нагріву і температурного поля при різних законах регулювання та джерелах живлення підтверджені експериментальними даними, які отримані на асинхронному двигуні АИР90Н4.

Список літератури:

1. Петрушин В.С. Асинхронные двигатели в регулируемом электроприводе: учебное пособие / В.С. Петрушин. – Одесса: Наука и техника, - 2006. -320с.;
2. Петренко А.Н. Дополнительные потери мощности частотно-управляемого асинхронного двигателя от высших гармоник напряжения /А.Н. Петренко, В.Ю. Таянский Н.Я. Петренко // Електротехніка і Електромеханіка.-2012.-№5.-с.34-35.
3. Осташевский Н.А. Математическая модель теплового состояния частотно-управляемого асинхронного двигателя в стационарных режимах / Н.А. Осташевский, А.Н. Петренко // Проблемы Автоматизованого Електропривода. Теорія і практика «Електроінформ». – 2009. –с.266-270.

ВАФИН О.М., ХУДЯЕВ А.А., канд. техн. наук, доцент

Итерационный двухканальный электропривод механизма подачи с вращающейся ходовой гайкой для прецизионного металлорежущего станка

Существенное повышение динамической и статической точности следящих ЭП подач современных станков с ЧПУ может быть достигнуто за счёт применения многоканального управления. Такое управление основано на сочетании процессов «грубого» и «точного» воспроизведения задающего воздействия. В настоящее время многоканальные системы грубого и точного управления ЭП, построенные по итерационному принципу последовательных приближений, объединены в общем классе итерационных многоканальных систем автоматического управления ЭП.

В ходе исследования рассмотрен итерационный двухканальный следящий ЭП механизма подачи с суммированием управляющих воздействий на ходовом винте для многоцелевого металлорежущего станка особо высокой точности модели 24К60АФ4.

В процессе проектирования выполнялись следующие задачи:

1) произведен выбор исполнительных двигателей приводов каналов управления;

2) рассчитаны параметры и выполнен синтез системы управления базового (основного) одноканального ЭП;

3) синтезированы параметры основного К-1 и компенсирующего К-2 каналов управления с подчиненной настройкой;

4) выбрана структура двухканальной системы автоматического управления ЭП механизма подачи станка;

5) разработана математическая модель механической части двухканального ЭП продольной подачи рабочего органа на базе двухдвигательного безредукторного механизма подачи типа «винт-гайка».

6) рассчитаны динамические и точностные характеристики синтезированных двухканального и соответствующего базового одноканального следящих ЭП (по разработанной имитационной компьютерной модели);

7) выполнен сравнительный анализ показателей качества работы одноканального и двухканального ЭП.

Результаты исследований показали потенциальную возможность кардинального повышения точностных и динамических показателей двухканального итерационного ЭП по сравнению с традиционным одноканальным ЭП подачи станка.

Сисок литературы:

1. Лещенко В.А. Станки с числовым программным управлением. – М.: Машиностроение, 1979.

2. Лебедев А.М., Орлова Р.Т., Пальцев А.В. Следящие электроприводы станков с ЧПУ. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 223 с.

3. Кузнецов Б.И., Худяев А.А., Богаенко И.Н. Многоканальные итерационные системы управления. – К: НПК «КИА», 1998. – 224 с.

Е. Г. ВИКАРИЙ, Е. И. КОРОЛЬ, канд. техн. наук, доцент

Измерение концентрации озона в озono-кислородной смеси фотометрическим методом

В последнее время озонотерапия приобретает все большую популярность во всем мире. Лечение с помощью озono-кислородной смеси (ОКС) является очень эффективным против многих заболеваний. Озон оказывает иммуностимулирующее, антибактериальное, дезинфицирующее и общеукрепляющее воздействие. Однако озон в больших концентрациях (более $0,3 \text{ мг/м}^3$) губителен для человеческого организма, поэтому дозировка при процедурах является важным аспектом метода. При этом точность дозировки обеспечивается надежными методами измерения концентрации озона в ОКС. На данный момент основными методами измерения концентрации являются: фотометрический, полярографический, атомно-абсорбционный.

Для обеспечения постоянной и точной концентрации озона на выходе разрядной камеры озонатора целесообразно реализовать систему обратной связи с выхода измерителя концентрации озона на систему управления разрядной камерой озонатора, которая будет регулировать концентрацию исходя из данных измерителя. По мнению авторов, наиболее точным и не дорогим способом измерения концентрации является фотометрический метод.

Целью работы является разработка оптического измерителя концентрации озона в ОКС с длиной волны ультрафиолетового излучения равной $253,7 \text{ нм}$.

Фотометрический метод измерения концентрации основан на том, что озон имеет полосу поглощения ультрафиолетового излучения с максимумом на длине волны равной $253,7 \text{ нм}$. Измерение концентрации фотометрическим методом проводится по закону Бугера-Ламберта-Бера, согласно которому ослабление параллельного монохроматического пучка света происходит при распространении его в поглощающей среде. Исходя из этого, возможно измерять концентрацию озона основываясь на доле прошедшего через ОКС ультрафиолетового излучения, при этом, зная начальную интенсивность источника света и интенсивность света на выходе ОКС, можно преобразовать это значений в концентрацию озона.

$$I_{ИСК} = I_0 e^{-k_\lambda l}$$

где: $I_{ИСК}$ – искомая интенсивность излучения;

I_0 – интенсивность излучения, входящего в среду;

k_λ – показатель поглощения на данной длине волны;

l – толщина слоя вещества, через которое проходит свет.

На рисунке 1 приведена структурная схема блока измерения концентрации озона (БИКО), работающего совместно с озонатором, который позволяет стабилизировать концентрацию.

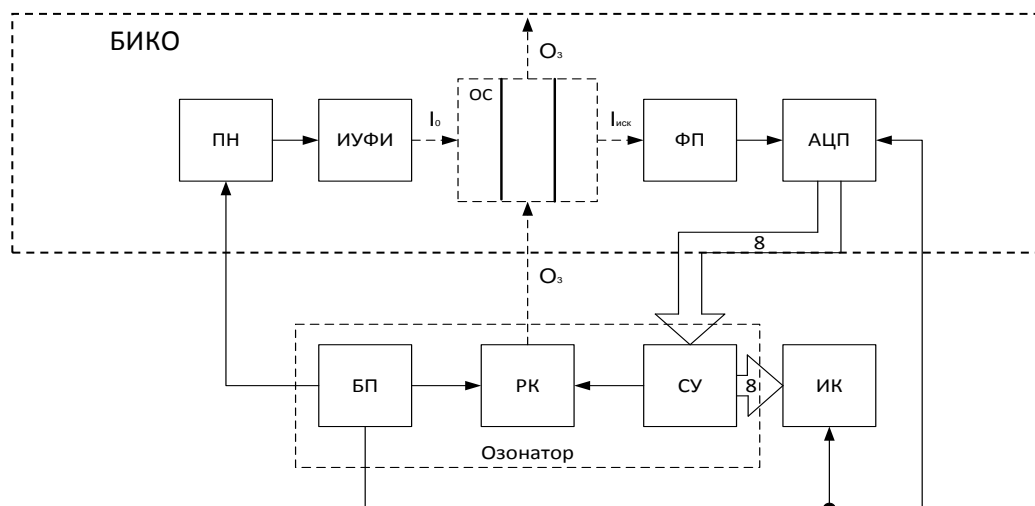


Рис. 1 – Структурная схема системы поддержания концентрации озона.

В данной схеме (рис. 1) блок питания (БП) подает напряжение на преобразователь напряжения (ПН), который, в свою очередь, питает источник ультрафиолетового излучения (ИУФИ). УФ-излучение проходит через оптическую систему (ОС), которая представляет из себя систему линз, а также тракт, по которому проходит озон. Тракт выполнен из прозрачного материала, который не поглощает УФ-излучение с длиной волны 253,7 нм. Далее излучение, которое не поглотилось озоном поступает на фотоприемник (ФП) и оцифровывается с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП). С АЦП данные передаются на систему управления (СУ) озонатора, которая, в свою очередь, управляет процессом генерации озона в разрядной камере (РК) с целью стабилизации концентрации. Численное значение концентрации отображается на индикаторе концентрации (ИК).

Список литературы:

1. Лунин В.В., Попович М.П., Ткаченко С.Н. Физическая химия озона – 1998. - С. 139.
2. Основные принципы и тактика озонотерапии. Пособие для врачей [Текст] / Под общей ред. проф. С. Н. Разумова. — Москва, 2000. — 16 с.

А.Р. ВІРЧЕНКО, Л.В. ШИЛКОВА, асистент

Дослідження впливу марки електротехнічної сталі для магнітопроводу асинхронного двигуна

Об'єктом дослідження є асинхронний двигун (АД) потужністю 4 кВт, з синхронною частотою обертання 1500 об/хв. Метою роботи є виявлення марки сталі, що забезпечує найліпші вихідні параметри.

У табл. 1 наведені основні параметри при застосуванні електротехнічної сталі для осердь статора та ротора асинхронного двигуна марки 2013 у порівнянні зі застосуванням сталі марки 2411.

Як, видно з розрахунків, що наведені у табл.1 найкращою маркою сталі виявилась марка 2013, та яка і була застосована. Хоча при застосуванні марок 2411 та 2312 і зменшились магнітні втрати, але питома частина прийшла на збільшення електричних втрат у обмотках статора та ротора за рахунок збільшення намагнічувальної складової і тому у підсумку найбільше ККД виявилось при розрахунку у якому застосовувалась сталь марки 2013.

Також проводиться порівняльне проектування з використанням сталі марок 2013, 2312 та 2411 та виявленням впливу на параметри наведені у табл.2.

Розрахунок наведений у табл. 2 також підтверджує доцільність використання сталі марки 2013 для магнітопроводу АД.

Таблиця 1

Порівняння параметрів АД при різних марках сталі

Параметри		U_s , В	Φ , мВб	ΣF , А	I_{sm} , А	I_s , А	P_{sel} , Вт	P_{smag} , Вт	η , в.о.	$\cos\phi$, в.о.
Марка сталі	2013	220	6,5	391,74	4,03	8,58	383,62	155,81	0,842	0,83
	2411	220	6,5	511,38	5,27	9,29	449,73	106,24	0,839	0,77

Таблиця 2

Основні параметри АД в залежності від марок сталі

Параметри	Марка сталі		
	2013	2312	2411
Ковзання, s	0,0398	0,0403	0,0404
Кратність максимального моменту, K_{Mm}	3,79	3,87	3,88
Кратність початкового пускового обертового моменту, K_{Ml}	2,59	2,62	2,65
Середня температура обмотки статора, θ_{wsav}	124,23	128,88	131,21

Список літератури:

1. Гольдберг О.Д., Гурин Я.С., Свириденко И.С. Проектирование электрических машин. – М.: Высш. шк., 1984.– 431 с.;
2. Справочник по электротехническим материалам: в 3-х т. Т.1 / Под ред. Ю.В.Корицкого и др.- Энергоатомиздат, 1986.- 526 с.

В.В. ВОЙТЕНКО, Ю.Н. КУТОВОЙ, канд. техн. наук, профессор

Замкнутые системы управления электроприводом с двигателем постоянного тока последовательного возбуждения на основе нейронных сетей

Двигатели постоянного тока последовательного возбуждения широко применяются в различных машинах и механизмах. Однако, при прямом пуске электродвигателя мощностью выше 1 кВт ток, протекающий через обмотку якоря, достигает больших значений, что приводит либо к пробое изоляции обмотки, либо к короткому замыканию. Вследствие этого, электродвигатель выходит из строя. Для ограничения значений токов обмоток якоря и возбуждения при пуске двигателя на допустимом значении, как правило, применяются разомкнутые релейно-контакторные схемы, которые предоставляют возможность пуска электродвигателя в функции времени, тока или скорости. Однако, выше описанный способ запуска электродвигателей, имеет ряд недостатков: невозможно поддерживать заданную скорость при изменении момента нагрузки; снижается надежность работы всего электропривода из-за невысокой надежности релейно-контакторной аппаратуры; повышается расход электроэнергии из-за добавочных потерь на сопротивлениях включаемых последовательно с обмоткой якоря, а также в катушках реле; увеличиваются эксплуатационные расходы, расходы на ремонт и др.

Поэтому актуальной задачей является создание замкнутой системы управления такими электродвигателями. Такое управление требует введения внешних обратных связей по всем основным координатам электропривода. Устранить вышеуказанный недостаток можно введением в систему такого нелинейного регулятора, который имел бы на входе информацию по легко измеряемым одной или нескольким координатам и обеспечивал бы требуемое управление электроприводом. К таким регуляторам могут быть отнесены нейроконтроллеры [1-3].

В ходе исследования решена задача построения замкнутой нейросетевой системы управления двигателем постоянного тока последовательного возбуждения. Структурно-алгоритмическая схема такой нейросетевой системы управления приведена на рис. 1. Переходные процессы в двигателе постоянного тока последовательного возбуждения с нейросетевой системой управления представлены на рис. 2.

С помощью нейронной сети удалось построить замкнутую систему управления двигателем постоянного тока последовательного возбуждения.

Как показало моделирование системы управления максимальное значение якорного тока по отношению к номинальному составляет примерно 2,5, что является безопасным режимом работы двигателей такого типа.

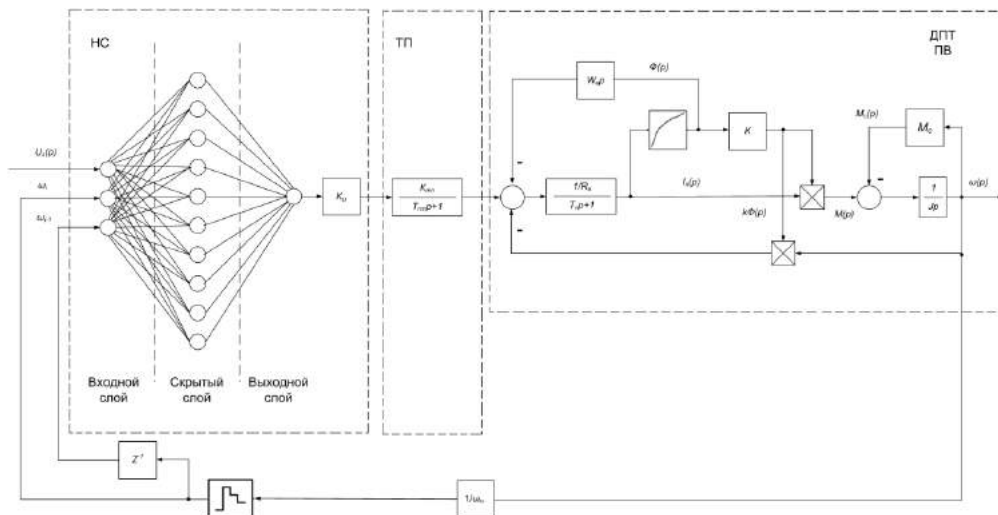


Рис. 1 – Структурно-алгоритмическая схема нейросетевой системы управления двигателем постоянного тока последовательного возбуждения

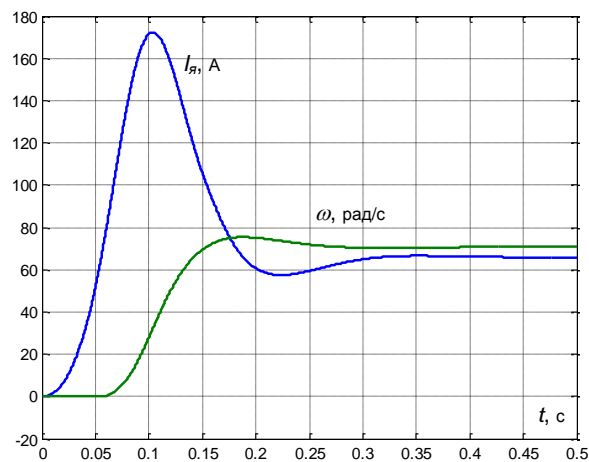


Рис. 2 – Переходные процессы в двигателе постоянного тока последовательного возбуждения с нейросетевой системой управления

При этом, максимальное значение скорости превышает заданное на 6,7 %. За счет применения замкнутой системы управления также удалось повысить быстродействие системы примерно в 2 раза, по сравнению с быстродействием системы, реализованной при помощи релейно-контакторной аппаратуры.

Приведенное выше решение задачи управления двигателем постоянного тока последовательного возбуждения на базе нейронных сетей является новым и весьма перспективным способом регулирования электромеханическими объектами в современных условиях с требуемыми параметрами качества переходных процессов.

Список литературы:

1. De Jong K. A. Genetic Algorithms: A 10 Year Perspective //In: Procs of the First Int. Conf. on Genetic Algorithms, 1985. – pp. 167 – 177
2. Rumelhart D. E., Hinton G. E., Williams R. J. Learning representation by back-propagating errors // *Nature*. – 1986. – vol. 323. – pp. 533 – 536.
3. Holland J. H. Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application to biology, control, and artificial intelligence. – London: Bradford book edition, 1994. – 211 p.

А.В. БЕЗЪЯЗЫЧНЫЙ, Ю.С. ВОЙТОВИЧ,
Ю.П. ГОНЧАРОВ докт. техн. наук, профессор

Параллельный активный фильтр гармоник входного тока тяговой подстанции

В настоящее время «Укрзалізниця» проводит модернизацию тяговых подстанций постоянного тока путем замены устаревших 6-пульсных выпрямительных агрегатов на более совершенные 12-пульсные. Последние позволяют существенно улучшить электромагнитную совместимость подстанций, как с питающей промышленной трехфазной сетью, так и с нагрузками. Тем не менее, новым мировым стандартам на качество потребляемой электроэнергии 12-пульсные агрегаты уже сейчас не удовлетворяют, а с учетом непрерывного ужесточения стандартов, которое идет в связи с мировым энергетическим кризисом, разрыв между фактическим гармоническим составом потребляемого тока и требованиями к нему будет непрерывно увеличиваться. Ранее авторами была предложена комбинированная система активной фильтрации входного и выходного токов, которая позволяет решить эту проблему [1].

Ущербные гармоники входного тока подавляются в ней параллельным активным фильтром (АФ), который может устанавливаться как в каждом из выпрямительных агрегатов, так и как одно устройство на подстанции [2]. Общее исполнение проще, но требует установки более высоковольтного развязывающего трансформатора. Для сокращения его массы, повышения к. п. д. и снижения класса изоляции, развязку целесообразно проводить на повышенной частоте фильтруемых гармоник. Но тогда возникает проблема их отделения от основной частоты 50 Гц, прежде всего по напряжению, поскольку наличие существенной основной гармоники в магнитном потоке сводит на нет все преимущества высокочастотного исполнения. Проблема осложняется тем, что в магнитном потоке содержание основной гармоники в K раз выше, чем в напряжении, где K – это номер подавляемой гармоники. В данном случае наибольшей по амплитуде из высших гармоник является одиннадцатая, то есть требования к содержанию основной гармоники в потоке на порядок выше, чем в напряжении. Отметим также, что устранение первой гармоники напряжения на первичной обмотке развязывающего трансформатора позволяет в несколько раз снизить класс изоляции трансформатора, что является немаловажным фактором. Снижается также величина рабочего напряжения на полупроводниковых ключах собственно АФ, что позволяет применить менее мощные, а поэтому более быстродействующие приборы, в том числе быстро прогрессирующие MOSFET. Известные работы по активным фильтрам, обзор

которых содержится, например, в работе [3], либо вовсе не предусматривают отделения основной гармоники напряжения от высших, либо не содержат информации о том, каким образом понизить содержание основных гармоник напряжения и тока до приемлемых значений

Задача данной работы состояла в разработке схемы параллельного АФ, минимизирующей содержание основной гармоники напряжения в напряжении на развязывающем трансформаторе и на других элементах схемы АФ, а также определение параметров соответствующих узлов силовой схемы и системы управления.

В ходе проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Применение развязывающего трансформатора на повышенной частоте подавляемых гармоник позволяет в несколько раз снизить его размеры, а также установленную мощность собственно активного фильтра, но требует эффективного ограничения основной гармоники напряжения на обмотках трансформатора.

2. Принцип ограничения основной гармоники напряжения состоит в создании для нее режима короткого замыкания на выводах вторичной обмотке средствами силовой схемы в сочетании со средствами управления.

3. Силовой демпфированный резонансный контур обеспечивает для основной гармоники режим, близкий к короткому замыканию, при одновременном использовании демпфированного резистора для повышения скорости установления режима.

4. Дополнительная обратная связь по основной гармонике снижает установленную мощность силового резонансного контура более чем на порядок.

5. Компьютерное моделирование подтвердило работоспособность предлагаемых технических решений и основные соотношения для выбора параметров дополнительных узлов.

Список литературы:

1. Гончаров Ю. П., Замаруев В. В., Ивахно В. В. и др. Система активной фильтрации преобразовательного агрегата тяговой подстанции электрифицированной дороги постоянного тока „Гірнична електромеханіка та автоматика” Науко-технічний збірник №87, Дніпропетровського національного гірничого університету, 2011, с. 21-26.

2. Панасенко М. Б., Бойко В. В. та ін. Стабілізуючі тягові перетворювальні агрегати з системою активної фільтрації для електропостачання тягових мереж постійного струму швидкісних магістралей. Залізничний транспорт України, 2012, № , с

3. Schröder D. Leistungselektronische Schaltungen. Springer, 2008, 1301 s.

ВУ СУАН ВЬОНГ, Л.В. ФЕТЮХИНА, канд. техн. наук, доцент

Взвешивание транспортных устройств в динамике

Взвешивание в движении – это наиболее перспективное направление весоизмерения, которое заключается в том, что масса грузовых вагонов определяется во время их перемещения по железнодорожным путям, уложенным на специальные грузоприёмные платформы, путём измерения силового воздействия на эти платформы.

Вагонные весы такого типа – это автоматические устройства, которые за короткие промежутки взвешивания определяют значение постоянной составляющей силы, действующей на преобразователи весов, и регистрируют взвешивания, передавая его в контроллер. Основная трудность измерения обусловлена динамическим характером процесса взвешивания, заключающаяся в том, что контроллер регистрирует динамическую составляющую нагрузки, вызванную неизбежно присутствующими источниками помех (неровностью пути, овальностью колес, выбоинами в рельсах и колесах, ветровой нагрузкой и т. п.). Эта динамическая составляющая представляет собой низкочастотную периодическую помеху, диапазон которой 3–10 Гц [1].

Исходя из этого, для обеспечения точности измерения сигнала 0,1–0,2 % за ограниченное время (меньше секунды) регистрирующая аппаратура должна обеспечить фильтрацию постоянной составляющей с подавлением помех в 100-200 раз. Измеренный сигнал обрабатывается с помощью модели, описывающей динамические свойства измерительного канала, в частности его передаточной функции. Обеспечить необходимую точность коррекции и при этом добиться высокого качества фильтрации сигнала планируется путем использования вейвлет-фильтров. Они эффективно работают с широким набором сигналов, не требуют большого количества информации относительно формы и свойств измеряемого сигнала и шума, а также позволяют удалять широкополосный шум из спектра обрабатываемого сигнала.

Список литературы:

1. Быкова Т.В., Черепашук Г.А. Способ повышения эффективности оценки измеряемой физической величины при динамических измерениях // Системи обробки інформації: Збірник наукових праць. Невизначеність вимірювання: наукові, нормативні прикладні та методичні аспекти. - Вип. 6 (64). с. 10-12.

Выбор генераторов для ветроэнергетических установок разной мощности

Повышение интереса к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) вызвало подорожание с 70-х годов 20 в. ископаемого топлива (особенно нефти), для выработки электроэнергии. Солнечная энергетика для Украины возможна для очень небольшого географического региона и не весь календарный год, а другие нетрадиционные способы получения энергии для Украины не рентабельны или невозможны. Только ветроэнергетика может быть перспективна у нас в стране для обеспечения электроэнергией индивидуальных (удаленных) энергопотребителей. Ветроэнергетика, в сравнении с другими источниками энергии, обладает очевидными преимуществами. Среди них:

- отсутствие затрат на добычу и транспортировку топлива;
- низкие удельные трудозатраты на сооружение ветроэнергетической установки (ВЭУ) - затраты на порядок меньше, чем для ТЭС и АЭС;
- широкий технологический диапазон прямого использования энергии ВЭУ (в частности, автономность и работа в централизованных сетях, совместимость с другими источниками энергии);
- короткие сроки ввода мощностей в эксплуатацию и отсутствие вредного воздействия на окружающую среду.

Одним из основных условий, влияющим на рентабельность ВЭУ, является тип установленного генератора - важнейшего элемента электрооборудования энергоустановки. Кроме основного назначения генератор должен выполнять определенные функции по стабилизации и регулированию параметров, характеризующих качество вырабатываемой электроэнергии.

Для применения в ВЭУ возможны следующие типы генераторов:

- 1) асинхронные генераторы с к.з. ротором;
- 2) синхронные генераторы (СГ) с электромагнитным возбуждением;
- 3) асинхронизированный синхронный генератор;
- 4) асинхронные генераторы с фазным ротором;
- 5) синхронные генераторы с магнитоэлектрическим возбуждением, т.е. с возбуждением от постоянных магнитов.
- 6) Специальные СГ: индукторные, с когтеобразным ротором и другие.

Каждый из указанных типов генераторов имеет преимущества и недостатки. Для окончательного выбора генератора для ВЭУ необходимо:

- 1) рассчитать влияние скорости ветра на объем вырабатываемой электроэнергии и на энергетических параметры автономной электрической сети;
- 2) провести расчет надежности выбранных электрических генераторов и сделать их сравнительный анализ;
- 3) провести экономический анализ и сравнение выбранных вариантов ветроэнергетических установок с разными типами электрических генераторов;

4) экспериментально проверить расчеты влияния скорости ветра на энергетические параметры автономной электрической сети.

На рис.1 представлен типичный вариант выработки электроэнергии ВЭУ в зависимости от скорости ветра. Рассмотрена пошаговая скорость ветра с изменением в 1 м/с. Это выполнено в пределах операционного ряда изменения скорости ветра для ветротурбины, (т.е. между входом и выходом воздуха).

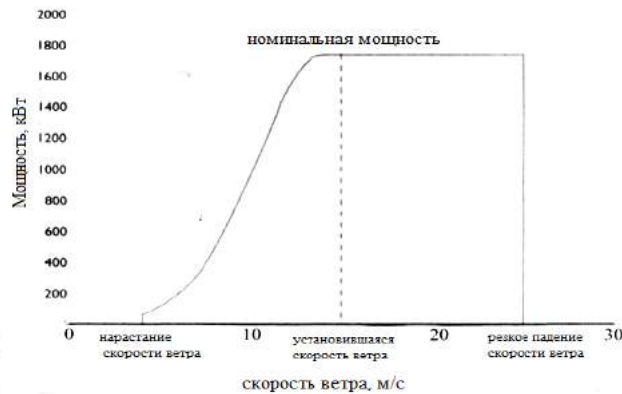


Рис.1 – Зависимость мощности ВЭУ от скорости вращения ВГ

Чем более длинный интервал времени измерения, тем точнее оценка распределения скорости ветра. Мощность зависит от скорости ветра в кубе, поэтому даже маленькая ошибка в определении скорости может привести к большой погрешности при установлении величины вырабатываемой электроэнергии.

Асинхронные генераторы, которые установлены практически на всех ВЭУ Европы, ограничены в промышленном применении из-за искажения формы выходного напряжения и неудовлетворительных динамических свойств. Поэтому применение АГ на ВЭУ становится нерациональным в электрических сетях во всем спектре мощностей до 100÷200 кВт. В результате проведенных расчетов можно сказать, что наиболее выгодными в интервалах мощностей до 10 кВт и 100 кВт являются (СГ) с возбуждением от постоянных магнитов. При использовании ВЭУ, как генерирующей мощности при работе на единую энергосеть, рекомендуется установка АГ с к.з ротором мощностью до 1 МВт. При мощности свыше указанной мы рекомендуем асинхронизированные ТГ или синхронные генераторы с электромагнитным возбуждением.

Список литературы:

1. Шевченко В.В. Проблемы и основные направления развития электроэнергетики в Украине // Энергетика та електрифікація. – 2007. - № 7(287) - С. 11-16.
2. Шевченко В.В., Заныхайло Е.А. Выбор типа генератора ВЭУ для работы при минимальной скорости ветра // П-я Международная НПК «Качество технологий – качество жизни», г. Судак, Украина, 15-19 сентября 2010. - С. 25-26.
3. Шевченко В.В., Горюшкин Н.И. Выбор ветродвигателей ветроэнергетических установок по аэродинамическим параметрам // Збірник матеріалів 5-а щорічної міжвузівської НТК викладачів, молодих вчених та студентів «Енерго- та ресурсозберігаючі технології при експлуатації машин та устаткування», грудень 2013 р., Донецький інститут залізничного транспорту. – С. 54-56.

К.С. ДЕЙКО, С.М. ГЛОБА, канд. техн. наук, доцент

Сучасна капілярна дефектоскопія промислових об'єктів

Капілярна дефектоскопія на цей час широко використовується для виявлення невидимих і слабо видимих неозброєним оком поверхневих дефектів об'єктів контролю будь-яких розмірів і форм, які виготовлені з чорних і кольорових металів, сплавів, пластмас, скла, кераміки, а також інших твердих матеріалів [1–3]. Капілярними методами знаходять дефекти, що виходять на поверхню, порожнина яких не заповнена оксидами або іншими речовинами. Необхідною умовою виявлення дефектів порушення суцільності матеріалу типу порожнинних є відносна їх не забрудненість сторонніми речовинами. За допомогою капілярного контролю можна не тільки виявити поверхневі і наскрізні дефекти, але по їх розташуванню, протяжності, форми і орієнтації по поверхні можна отримати більш цінну інформацію про характер дефекту.

Капілярний неруйнівний контроль дозволяє знаходити тріщини в лопатках турбін, двигунів літака, в зварному шві газо- і нафтопроводу. Володіючи високою чутливістю (наприклад, по першому класу вітчизняному чутливості у межі він може виявити тріщини з розкриттям менше ніж 1 мкм), капілярний контроль не вимагає складних і дорогих технічних засобів, технологія його порівняно проста і дефектоскопічні матеріали цілком доступні [1–3]. Процедура і особливості методу капілярної дефектоскопії встановлює загальні вимоги до дефектоскопічних матеріалами, технологічної послідовності виконання операцій обробки, оформлення результатів контролю та вимоги безпеки. Температурний режим становить від – 10 до + 50 °С.

Найбільш зручною і часто використовуваною на практиці упаковкою дефектоскопічних матеріалів для сучасного капілярного контролю є герметичні аерозольні балончики (форма випуску: аерозолі – 500 мл). При використанні цих балончиків відпадає додаткова необхідність у застосуванні кистей, немає загрози перевитрати або розливу дефектоскопічного матеріалу.

Ціль роботи – дослідження кольорового методу капілярного контролю металевих конструкцій з використанням сучасного аерозольного дефектоскопічного набору "MR-CHEMIE" GMBH (Німеччина).

Представлений на рис. 1 сучасний набір дефектоскопічних матеріалів для кольорової дефектоскопії "MR-CHEMIE" GMBH (пенетрант MR-68 С,



Рис.1 – Сучасний набір дефектоскопічних матеріалів "MR-CHEMIE" GMBH

очисник MR-88, проявник MR-70) добре зарекомендували себе на практиці неруйнівного контролю поверхневих дефектів широкого асортименту контрольованих об'єктів. Набір "MR-CHEMIE" є взаємозалежним цільовим поєднанням основних дефектоскопічних матеріалів (очисника, пенетранту, проявника). В таблиці 1 приведені основні характеристики дефектоскопічних матеріалів набору "MR-CHEMIE" GMBH.

Таблиця 1

Основні характеристики дефектоскопічних матеріалів "MR-CHEMIE" GMBH

Очисник MR 88 "MR-CHEMIE"	Пенетрант MR 68 С "MR-CHEMIE"	Проявник MR 70 "MR-CHEMIE"
- екологічно безпечний розчинник-очисник; - миттєво випаровується не залишаючи осаду	- дуже висока чутливість; - не містить азокрасителів і ароматизованих розчинників; - добре змивається водою - має незначний запах	- дуже дрібнозернистий білий порошок на основі розчинника; - не містить ароматичних добавок

Кольоровий метод є найбільш поширеним серед капілярних методів неруйнівного контролю на сучасному етапі, а особливо в польових умовах використання. Одним з його переваг є те, що він може бути використаний при звичайному освітленні без застосування необхідного спеціального опромінення ультрафіолетовим світлом і затемненого приміщення для огляду виробу, а комплект необхідних дефектоскопічних матеріалів може бути розміщений в невеликій переносній сумці.

В результаті проведеного дослідження сучасного набору дефектоскопічних матеріалів для кольорової дефектоскопії "MR-CHEMIE" GMBH були встановлені основні переваги використання сучасних дефектоскопічних матеріалів у формі аерозольних балончиків: висока чутливість виявлення; зручна перевірка деталей складної геометричної форми; комфортність розміщення комплекту дефектоскопічних матеріалів у невеликій переносній сумці; можливість застосування різних методик з різною чутливістю; простота виконання при вибірковому контролі; висока продуктивність при потоковому контролі.

Список літератури:

1. Незрушающий контроль: Справочник: В 8 т. / Под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 4: В 3 кн. Кн. 1: В.А. Анисимов, Б.И. Каторгин, А.Н. Куценко и др. Акустическая тензометрия. Кн. 2: Г.С. Шелихов. Магнитопорошковый метод контроля. Кн. 3: М.В. Филинов. Капиллярный контроль. – 2-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2006. – 736 с.
2. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования: ГОСТ 18442-80. – М.: Госстандарт, 1980. – 16 с.
3. Глоба С.Н. Капиллярный неразрушающий контроль. Чувствительность и оценка результатов контроля: Учебн.-метод. пособие / С.Н. Глоба, Б.М. Горкунов. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2005. – 72 с.

С.О. ДЕМЕНКО, Е.И. БАЙДА, канд. техн. наук, доцент

Влияние времени начала размыкания контактов при аварийных сверхтоках на значение интеграла Джоуля

В настоящее время во всем мире происходит рост энергопотребления, что приводит к значительному росту аварийных сверхтоков в электрических цепях которые в некоторых случаях могут достигать значений в десятки и сотни килоампер. Для защиты токоподводящих линий и оборудования в таких цепях устанавливают автоматические выключатели (АВ) токоограничивающего исполнения. Задачей таких выключателей является ограничение аварийного сверхтока по амплитуде и времени его воздействия на защищаемый объект.

Для расчета процесса ограничения тока можно воспользоваться уравнением:

$$L \cdot \frac{di(t)}{dt} + R \cdot i(t) = u(t) - u_d(t), \quad (1)$$

где L – индуктивность цепи при аварийном сверхтоке; R – активное сопротивление; $u(t)$ – напряжение сети; $u_d(t)$ – напряжение на электрической дуге.

Напряжение на дуге задавалось на основании экспериментальных данных [1, 2] для токоограничивающих АВ и приближенно может быть представлено в виде (см. рис. 1)

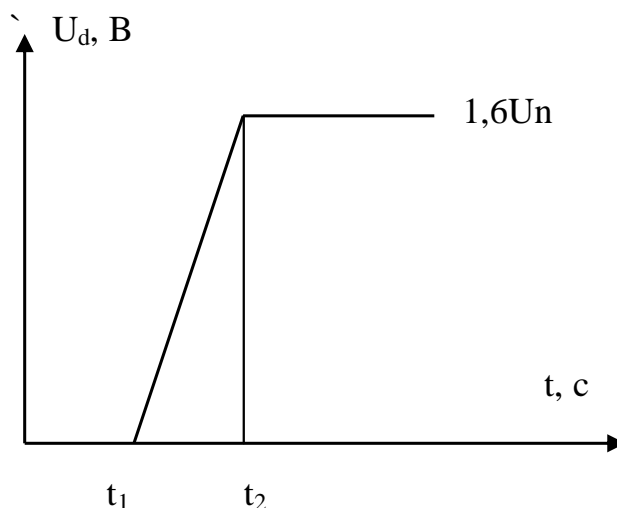


Рис.1 – Характеристика падения напряжения на дуге:

t_1 – начало процесса ограничения тока;

t_2 – горение дуги в пластинах решетки дугогасительной камеры

Как следует из [3], значение максимального тока и времени его воздействия на защищаемую цепь зависит от времени начала расхождения контактов при заданной скорости нарастания напряжения на дуге.

Целью работы является исследование зависимости максимального значения аварийного сверхтока и интеграла Джоуля в функции времени начала расхождения контактов АВ.

Исследование проводилось в системе MATLAB с использованием пакета программ SimuLink и SymPowerSystem.

Результаты расчета показаны на рис. 2 и табл. 1.

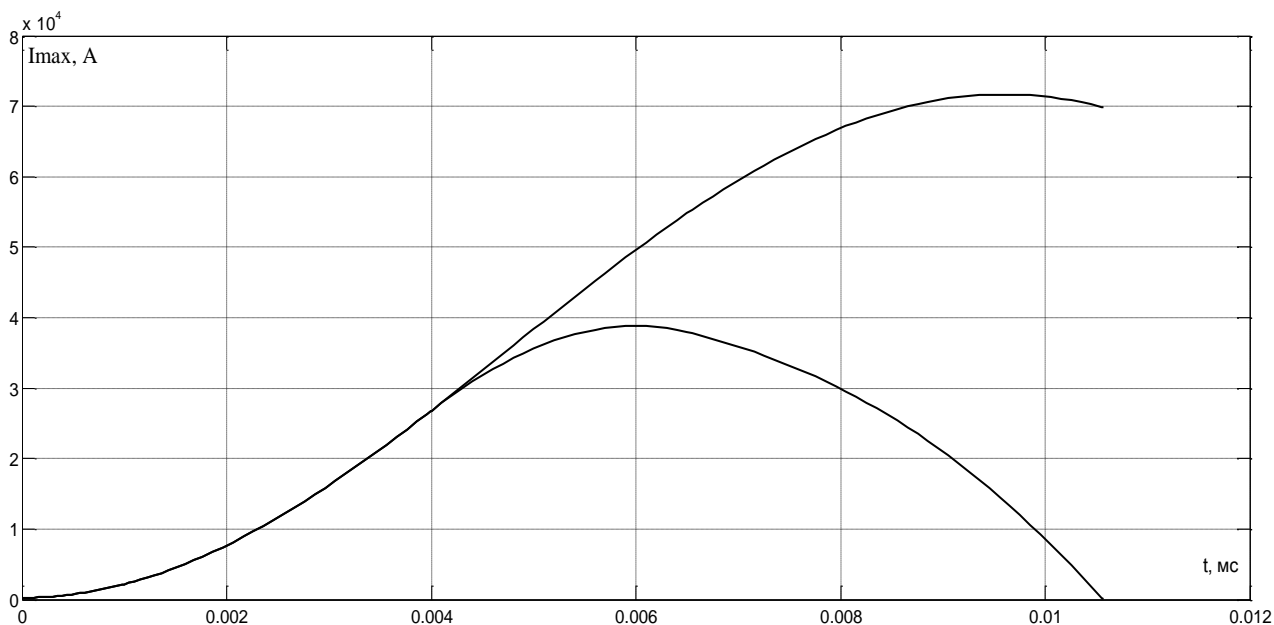


Рис. 2 –Значения ожидаемого и ограниченного аварийного сверхтока

Таблица 1

Амплитудное значения ограниченного тока и интеграл Джоуля в функции времени начала расхождения контактов

t, мс	1	2	3	4	5	6
I_{max} , А	16	27,5	38,8	48,9	57,4	64,1
G, $A^2 \cdot c$	9,60E+05	3,20E+06	6,52E+06	1,07E+07	1,51E+07	1,96E+07

Список литературы:

1. Гуцин В.Я. Повышение коммутационной способности автоматических выключателей за счет применения электродинамических устройств. / В.Я. Гуцин //Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Харьков, 1972.

2. Кобозев А.С. Повышение предельной коммутационной способности / А.С. Кобозев //токоограничивающих выключателей за счет оптимизации их параметров. Харьков, 1980.

3. Байда Е.И., Гапоненко Г.Н. Моделирование процессов отключения тока короткого замыкания / Е.И.Байда, Г.Н. Гапоненко // Електротехніка і електромеханіка. – 2007. – № 5. – С. 5 - 9.

Д.О. ДОЛІНІН, Р.С. ТОМАШЕВСЬКИЙ, канд. техн. наук, доцент

Огляд методів голографічної інтерферометрії та доцільність їх застосування у медичній практиці для дослідження еритроцитів

Можливість дослідження еритроцитів дає змогу виявляти захворювання та патології різноманітного характеру вже на ранніх стадіях їх прояву. На сьогодні більшість методів такого дослідження вимагає попередньої обробки досліджуваних зразків, що негативно впливає на результати досліджень внаслідок зміни характеристик еритроцитів після обробки.

Великий інтерес мають методи голографічної інтерференційної мікроскопії [1], які дають змогу проводити дослідження фазових об'єктів без застосування попередньої обробки. Тому актуальною темою є огляд цих методів та визначення доцільності їх використання у портативному голографічному інтерференційному мікроскопі з метою його використання для дослідження еритроцитів крові у медичній практиці.

У роботі [2] розглянута велика кількість методів реалізації досліджень з використанням голографічної інтерферометрії. Великий інтерес викликає використання некогерентного випромінювання. Такий метод має дуже малий вплив аберацій на результуючу картину, що дозволяє проводити дослідження з великою точністю, але вимагає використання двох голограм та велику точність позиціонування компонентів схеми, що значно ускладнює практичну реалізацію портативного пристрою. До того ж цей, та більшість інших розглянутих методів, призначено для дослідження динамічних фазових об'єктів. У нашому випадку спостережувана картина є цілком статичною. Це дозволяє використовувати найбільш простий двопроменевий метод з використанням однієї експозиції голограми, який було використано у роботі [3]. Для зменшення габаритів та ціни портативного пристрою є доцільним використання напівпровідникового (н/п) лазера. Тому, для зменшення впливу аберацій та малої когерентності н/п лазера на результуючу картину, має сенс введення у таку схему дифузного розсіювача, як це зазначено у [1].

Розглянутий метод з використанням двопроменевої схеми, зважаючи на його простоту, у поєднанні з обробкою отриманої інтерференційної картини за допомогою ЕОМ, відкриває великі перспективи у дослідженні нативних зразків крові для виявлення захворювань та патологій різноманітного генезису.

Список літератури:

1. *Вест, Ч. М.* Голографическая интерферометрия : пер. с англ. / *Вест, Ч. М.* // Москва: Мир, 1982. – 504 С.
2. *Ляликов, А. М.* Высококонтрастная голографическая интерферометрия фазовых объектов: моногр. / *Ляликов, А. М.* // Гродно: ГрГУ, 2010. – 215 С.
3. *Тишко, Т. В.* Голографическая микроскопия. Трехмерная визуализация фазовых микрообъектов. / *Тишко, Т. В., Титарь, В. П., Тишко, Д. Н.* // Прикладная радиоэлектроника. 2009. – Т. 8. – № 1. – С. 40-45.

Р.В. ДУБЯГА, С.В. ДУБЯГА, В.І. МІЛИХ, докт. техн. наук

Розрахунок та гармонійний аналіз магнітного поля в проміжку турбогенератора в режимі навантаження

Вступ. Принцип дії електричних машин (ЕМ) оснований на існуванні і взаємодії магнітних полів. У класичній теорії ЕМ обґрунтування найважливіших явищ базується, як правило, на розподілі магнітної індукції (МІ) в проміжку між статором і ротором, де вона визначається методом магнітного кола з низкою грубих припущень, причому звичайно розрахунки магнітного поля обмежуються випадками дії однієї з обмоток – індуктора – це загальноприйнятий режим неробочого ходу.

Відмовитися від ряду припущень при розрахунку магнітних полів у ЕМ дозволяють чисельні методи в поєднанні з сучасним комп'ютерним програмним забезпеченням [1]. Однак, на практиці в більшості випадків обмежуються розглядом координатного розподілу МІ в проміжку ЕМ і подальшого гармонійного аналізу цього розподілу і пов'язаних з ним інших величин. Чисельні методи дозволяють розглянути й інші функції електромагнітних величин [2], які є більш корисними і правомірними для аналізу різних процесів в ЕМ.

Мета роботи. В даній роботі ставиться мета – представлення принципів і результатів чисельно-польового розрахунку і відповідного гармонійного аналізу координатних і часових функцій магнітного поля в режимі навантаження (РН) в активній зоні одного з найвідповідальніших типів ЕМ – потужному ТГ (рис.1).

У розширений склад, окрім традиційного розгляду координатної (кутової) функції МІ в проміжку на окружностях радіусів r_1 , r_2 і r_3 , входять ще часові функції МІ в нерухомих точках t_6 , t_7 і t_8 , в точках t_1 – t_5 , пов'язаних з поверхнею обертового ротора, а також магнітного потокозчеплення (МПЗ) обмотки статора.

Об'єкт дослідження – ТГ потужністю 225 МВт представлений на рис.1

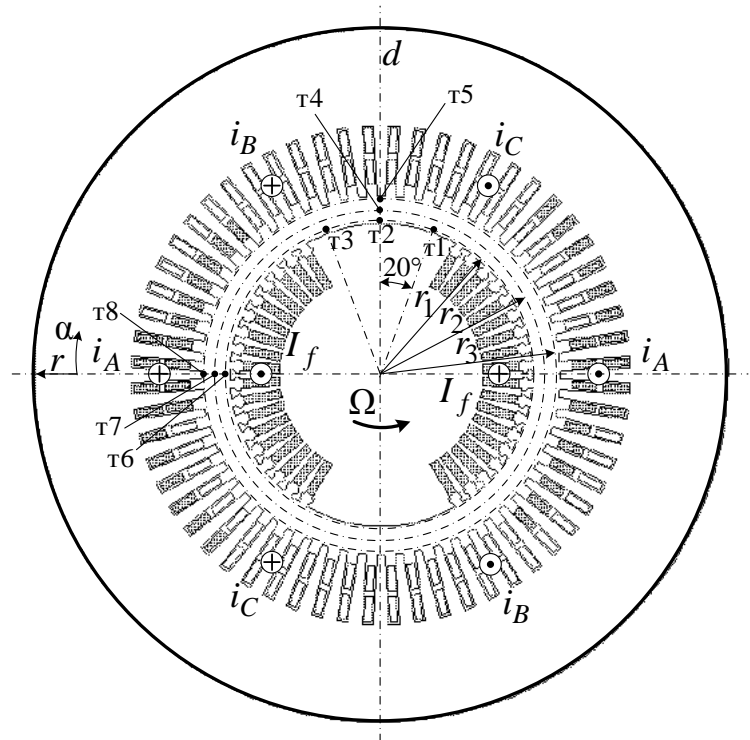


Рис. 1 – Розрахункова модель турбогенератора

моделлю його електромагнітної системи. Одна з трьох фазних зон обмотки статора виділена затемненням стрижнів в пазах. Також позначені: Ω – кутова швидкість обертання ротора і магнітних полів; прийнята полярна (r, α) система координат; d – поздовжня вісь ротора. Напрями струму обмотки збудження I_f і миттєвих фазних струмів обмотки статора i_A, i_B, i_C , відповідні режиму номінального навантаження (НН).

Для отримання координатних функцій МІ досить задати ці струми, провести однопозиційний розрахунок магнітного поля за програмою FEMM [2] і проаналізувати результати.

Для отримання часових функцій електромагнітних величин проводяться багатопозиційні розрахунки магнітних полів для заданого з кроком Δt часового ряду $t_k = \Delta t \cdot (k-1)$ та відповідного ряду кутових позицій ротора $\alpha_k = \Delta \alpha \cdot (k-1)$ з кроком $\Delta \alpha = \Omega \cdot \Delta t$, де $k=1, 2, \dots, K$, а K – мінімальна кількість позицій, що дозволяє сформулювати конкретні часові функції на їх періоді зміни. Повороти ротора і обчислення трифазної симетричної системи струмів статора в моменти часу t_k і збір необхідних результатів розрахунку проводилися при роботі програми FEMM автоматично з використанням спеціально написаної підпрограми на мові Lua, вбудованій в FEMM. При розрахунках кут повороту ротора $\Delta \alpha$ між фіксованими позиціями взятий досить малим – $0,5^\circ$ і у підсумку часова функція МІ $B_r(t)$ отримана у вигляді дискретного числового ряду $B_r(t_k)$, $k=1, 2, \dots, K$, як і інші часові функції.

Для точок, пов'язаних з обертовим ротором, період зміни часових функцій МІ $B_r(t)$, як показано в [3], становить одну шосту періоду струмів статора. З повних значень B_r виділяється змінна складова магнітної індукції за формулою $B_{rt}(t_k) = B_r(t_k) - B_{rav}$, де B_{rav} – середнє повне значення МІ для конкретної точки.

Окрім функцій МІ розглянута також часова функція МПЗ фазної обмотки статора.

Усі координатні та часові функції зазначених величин пройшли гармонійний аналіз у вигляді рядів Фур'є, результати якого порівняні з аналогічним аналізом на основі класичних методів, прийнятих для ЕМ.

Результати розрахунків подані у графічній та числовій формі, а також на їхній основі зроблена низка висновків, які підтверджують ефективність і новизну виконаного чисельно-польового аналізу координатних і часових функцій електромагнітних величин в активній зоні ТГ.

Список літератури:

1. Милых, В.И., Полякова, Н.В. Определение электромагнитных параметров электрических машин на основе численных расчетов магнитных полей // Электротехника і електромеханіка.–2006.–№2.–С.40-46.
2. Meeker, D. Finite Element Method Magnetics. FEMM 4.2 32 bit Executable (11 apr 2012) [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.femm.info/wiki/Download>. – 2013.
3. Милых, В.И., Полякова, Н.В. Анализ переменной составляющей магнитного поля на поверхности вращающегося ротора турбогенератора // Электротехника і електромеханіка.– 2013.– №5.– С.40-45.

В.С. ЖИЗДРА, Л.В. АКИМОВ, докт. техн. наук, профессор

Синтез высокоточного с квазимодальной структурой упругого двухмассового позиционного электропривода скоростного лифта

Лифтовое оборудование постоянно совершенствуется по мере развития элементной базы электротехники, электроники и приборостроения.

На лифтах, эксплуатирующихся в настоящее время, используются нерегулируемые и регулируемые электроприводы с этажностью от 20 до 40 остановок.

При разработке как нерегулируемых, так и регулируемых электроприводов лифтов основное внимание уделяется: надежности и безопасности, комплектности поставки и высокой заводской готовности электрооборудования; обеспечению встроенной в систему управления диагностики об отказах; обеспечению сервисными средствами наладки, как на заводах-изготовителях, так и в условиях эксплуатации.

В ходе проектирования выполнен синтез высокоточного с квазимодальной структурой упругого двухмассового позиционного электропривода скоростного лифта.

В процессе проектирования решались следующие задачи:

- расчет и выбор мощности асинхронного короткозамкнутого двигателя скоростного лифта;
- выбор силового электрооборудования, в частности тиристорного преобразователя напряжения (ТПН);
- определение передаточных функций элементов системы управления с учетом упругости канатов;
- расчет параметров системы подчиненного регулирования (СПР) и подсистемы модального управления (СМУ) электропривода ТПН-АД лифта;
- исследование динамических режимов разработанных СПР и СМУ на ЭВМ;
- синтез высокоточного с квазимодальной структурой упругого двухмассового позиционного электропривода ТПН-АД.

В проекте исследовался и выполнен анализ влияния переменности жесткости каната, момента инерции кабины, с учетом её заполнения, и среднегеометрических корней модального регулятора и наблюдателя состояния на качество переходных процессов. Полученные показатели обуславливают возможность использования СМУ скоростного лифта как подсистемы квазимодального управления, обеспечивающей не только требуемое качество переходных процессов, но и повышенную точность остановки кабины.

Список литературы:

1. Соколов М.М. Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов. – М.: Энергия, 1969. – 544 с.
2. Ключев В.И., Терехов В.М. – Электропривод и автоматизация общепромыш-ленных механизмов: Учебник для вузов. – М.: Энергия, 1980. – 360 с.
3. Дранников В.Г., Звягин И.Е. Автоматизированный электропривод подъемно-транспортных машин. –М.: Вш., 1973. –278 с.

А.П. ЗАЙКА, М.М. СІРЕНКО, канд. техн. наук, професор

Повірка стаціонарного газоаналізатора

В роботі розглянута актуальність і необхідність газоаналітичних вимірювань для вирішення промислових завдань з підвищення енергоефективності котельного газового обладнання та завдань екологічного моніторингу навколишнього середовища, особливо у робочих зонах підвищеної хімічної небезпеки.

Об'єктом дослідження обраний типовий стаціонарний газоаналізатор ОКСИ 5С-О₂/СО вітчизняного виробника для котельного обладнання з позиції досягнення двох цілей: застосування його для екологічного моніторингу навколишнього середовища та підвищення енергоефективності і коефіцієнту корисної дії котельного обладнання.

Газоаналізатори використовуються для : контролю забруднення повітря у виробничих приміщеннях та лабораторіях хімічних виробництв; контролю параметрів повітря поблизу штучних джерел забруднення атмосфери; вимірювання концентрацій метану та інших небезпечних газів у шахтах, біля свердловин, каналізаційних систем тощо; аналізу кисню в газах, що виділяються системами, які представляють медико-біологічний інтерес;

Метою роботи є розробка метрологічного забезпечення для газоаналізатора ОКСИ 5С-О₂/СО.

Для виконання цієї мети у роботі було виконано ряд завдань: визначені технічні характеристики приладу, розроблений порядок роботи з приладом та методика його градування.

Крім цього була розроблена методика повірки приладу; визначені типи повірочних газових сумішей та розглянуті методи їх виготовлення. Також запропоновані типові генератори для виготовлення газових сумішей та розглянуті їх характеристики і принципи дії.

В роботі для створення системи комплексного метрологічного забезпечення газоаналізатору були визначені та запропоновані додаткові технічні засоби для повірки газоаналізаторів; досліджені питання охорони праці при роботі з газоаналізаторами та питання економічної ефективності при застосуванні цих приладів.

Список використаних джерел:

1. <http://www.ecotest.ua>.
2. Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища” – К.: Україна. – 1991. - 59 с. (з усіма редакціями до 2013 року)
3. ГОСТ 12.0.003 – 74*. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – Введ. 01.01.76.
4. ДСТУ 2681-94. Державна система забезпечення єдності вимірювань. Метрологія. Терміни та визначення.
5. <http://www.analitech.ru>.

И.Е. КАРИХ, Р.С. ТОМАШЕВСКИЙ, канд. техн. наук, доцент

Система автоматического регулирования физической нагрузки в спортивной и восстановительной медицине

Жизнь человека невозможна без дыхания, без поглощения кислорода воздуха и выделения образовавшейся в организме углекислоты. Работа аппарата дыхания, как и деятельность сердца, происходит в течение всей жизни человека непрерывно. Дыхание может ослабляться или усиливаться в зависимости от потребностей организма. В состоянии покоя в одну минуту человек производит вдох и выдох 16–20 раз.

Дыхание может быть глубоким или поверхностным, редким или частым, правильным или неправильным. Правильным дыханием считается ритмичное глубокое дыхание, сопровождающееся полным расширением грудной клетки. Ритм дыхания может изменяться по разным причинам: от физического усилия, под влиянием температуры, при заболевании. По частоте дыхания можно судить и о влиянии физических упражнений на организм человека [1].

Целью работы является определение параметров дыхания, которые необходимо контролировать и разработка системы автоматического регулирования физической нагрузки в спортивной медицине на основе показателей дыхания.

Известной совокупностью методов измерения физической работы и уровня работоспособности человека путем регистрации его мышечной работы является эргометрия. Регистрация и запись мышечной работы проводится с помощью специальных приборов – эргометров и эргографов. В клинической практике широкое распространение получили велоэргометр, который используют для измерения работы, совершаемой человеком при вращении педалей неподвижного велосипеда, и тредмилэргометр (тредмил) – для измерения работы, совершаемой при ходьбе или беге по движущейся дорожке. Дозированная мышечная работы на эргометре с одновременным электрокардиографическим и клиническим наблюдением позволяет определить физическую работоспособность обследуемого, оценить уровень аэробных возможностей организма. Учитывая, что расход энергии и динамика роста потребления кислорода зависят прежде всего от интенсивности работы, эргометрические исследования применяют для непрямой оценки величины так называемого максимального поглощения кислорода. В клинической практике эргометрия используется, в частности, для выявления скрытых и ранних форм ишемической болезни сердца, а также контроля за эффективностью проводимой медикаментозной терапии. В процессе лечения можно определять порог переносимости той или иной физической нагрузки, превышение которого ведет к развитию клинических и электрокардиографических признаков ишемии миокарда. Установление такого порога позволяет дать

количественную характеристику степени устойчивости больного к физической нагрузке, создает возможность воспроизводимости результатов исследования. Известно, что в покое легочная вентиляция у спортсменов равна 6–8 л в минуту, а при выполнении спортивных нагрузок (бег, ходьба на лыжах, плавание, езда на велосипеде) легочная вентиляция повышается до 120–130 л и более в минуту [2].

Для объективной оценки допустимости различных физических нагрузок у здоровых и больных применяют функциональные пробы сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Данные пробы позволяют определить физическую работоспособность, компенсаторные возможности организма. На рисунке 1 представлена схема автоматического регулирования физической нагрузки.

При выполнении физических нагрузок резко возрастает потребление кислорода работающими мышцами, мозгом, в связи с чем возрастает функция органов дыхания. Физическая нагрузка увеличивает размеры грудной клетки, ее подвижность, повышает частоту и глубину дыхания – легочную вентиляцию, т.е. количество вдыхаемого и выдыхаемого воздуха [3].

Таким образом, контроль дыхания, важнейший элемент при любых видах нагрузки, позволяющий правильно распределять силу во время тренировки.

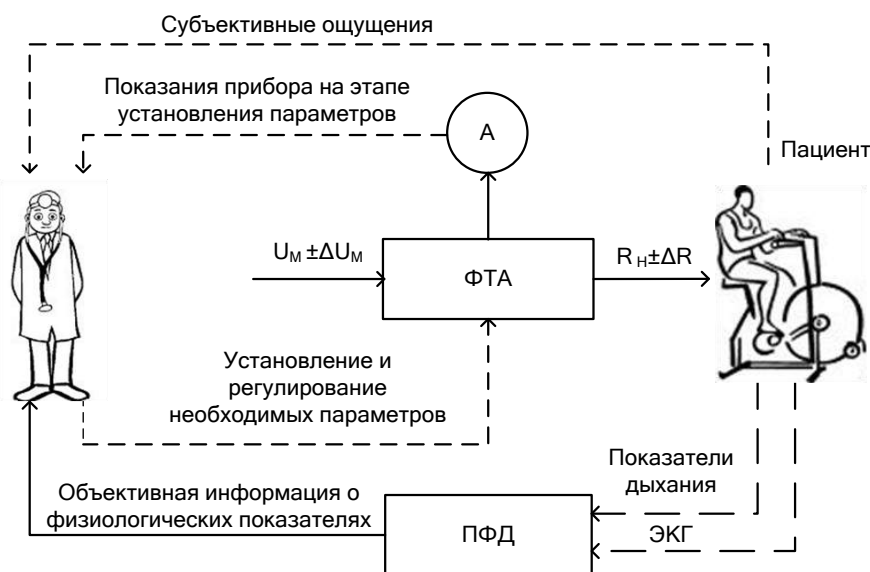


Рис. 1 – Схема автоматического регулирования физической нагрузки
 ФТА – физиотерапевтический аппарат; ПФД – прибор функциональной диагностики

Список литературы:

1. О.Е. Фалова. Физиология дыхательной системы – Ульяновск, 2006– С.4-12.
2. А.А. Хадарцев, С.Н. Гонтарева, Л.Г. Агасарова . Восстановительная медицина – Тула-Белгород, 2011 – С.43-45.
3. Ю.Л. Масленникова. Состояние внешнего дыхания, кардиодинамики и состава крови у тренированных и детренированных лиц. – Ярославский педагогический вестник, 2010.

І.М. КАРПЕНКО, О.Ю. ЮР'ЄВА, канд. техн. наук, доцент

Перетворення енергії в лінійних коаксіальних двигунах для плунжерних насосів

Розвиток нафто- та газовидобувної промисловості в Україні потребує створення нового обладнання для умов нашої країни. Це потребує створення мобільного, універсального, швидкопереналагоджуваного обладнання.

Однією з частин такого обладнання є установка для відкачки пластової рідини, робочим органом якої є плунжерний занурюваний насос. В існуючих конструкціях таких насосів в якості привода використовуються електричні двигуни різного типу та конструкцій. Найперспективнішою конструкцією для приводів такого типу є лінійний коаксіальний двигун.

Метою роботи є дослідження енергетичних процесів, що виникають при перетворенні електричної енергії на механічну, в лінійному коаксіальному двигуні.

За принципом дії запропонований лінійний коаксіальний двигун (рис. 1) є синхронною машиною, в якій статор і ротор розгорнуто в лінію [1]. На трифазну обмотку статора *1* подається змінний струм від перетворювача частоти. Обмотка статора виконується з окремих котушок, з'єднаних послідовно в межах однієї фази. Фазні обмотки з'єднуються за схемою «зірка».

Котушки обмотки статора вкладаються до відкритих прямокутних пазів осердя статора *2*. Застосування перетворювача частоти дозволяє змінювати частоту струму, що в свою чергу дає можливість регулювання швидкості пересування ротора *3*. На роторі встановлюються постійні магніти *4*. Постійні магніти мають осьове намагнічування для створення магнітного потоку збудження, який буде охоплювати витки обмотки статора.

Якщо отриману конструкцію лінійного двигуна згорнути в коло, то можна отримати конструкцію трифазного синхронного двигуна з зосередженою обмоткою статора та зі збудженням від постійних магнітів.

Основою роботи електричної машини в режимі двигуна є застосування закону Ампера [2].

Для реалізації перетворення електричної енергії в механічну необхідно на обмотку статора подати живлення від джерела змінного струму. При з'єднанні фазних обмоток статора за схемою «зірка» максимум магнітного поля переміщується уздовж осьової лінії двигуна, тобто створюється біжуча хвиля магнітного поля. Полюси магнітного поля статора притягують до себе різнойменні полюси ротора. Ротор починає переміщуватися в осьовому напрямку. Таким чином електрична енергія перетворюється на механічну.

При будь-якому перетворенні енергії виникають втрати потужності в елементах конструкції двигуна, які приймають участь в цьому перетворенні.

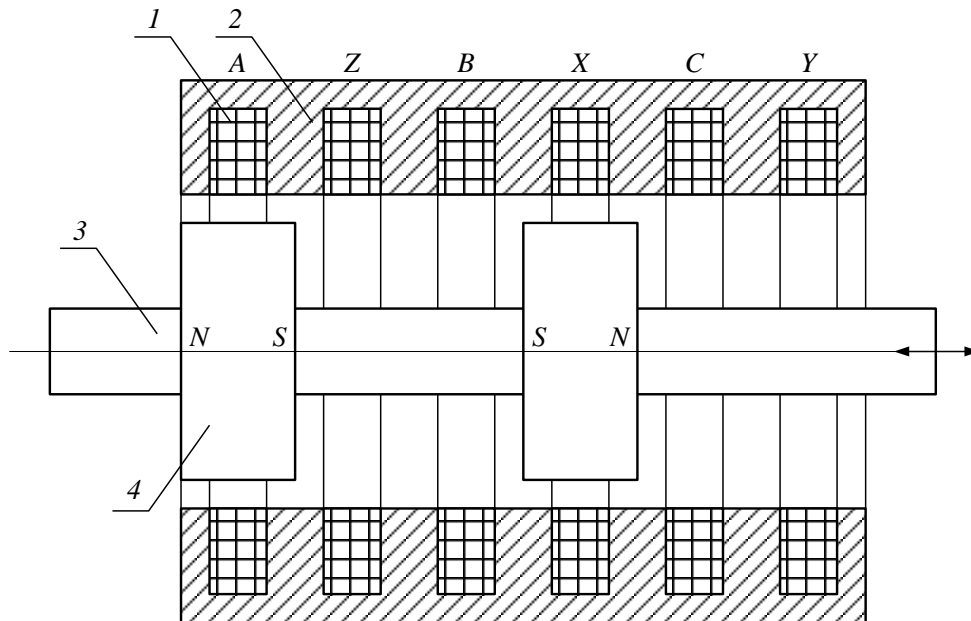


Рис. 1 – Конструктивна схема лінійного коаксіального двигуна

Проведені дослідження довели, що електричні втрати потужності в 2 рази менші за такі самі втрати в синхронному двигуні класичної конструкції. Магнітні втрати залежать від частоти перемагнічування магнітного потоку. Для забезпечення повільного пересування ротора в осьовому напрямку частота струму повинна бути зменшена до 5 Гц [3]. Це дає зменшення магнітних втрат в 10 разів або дозволяє перейти на більш дешеві сталі. Величина втрат потужності обумовлюється головним чином механічними втратами, які викликані процесами осьового тертя в опорах вала.

Проведені дослідження дозволяють визначити розподіл втрат потужності в лінійному коаксіальному двигуні для забезпечення необхідного рівня ККД на етапі проектування двигуна.

Список літератури:

1. Карпенко І.М. Вибір головних розмірів коаксіального лінійного двигуна для занурюваних насосів / І.М.Карпенко, О.Ю Юр'єва // – VII Університетська науково-практична студентська конференція магістрантів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (26–28 березня 2013 року Текст: матеріали конференції: у 3-х ч. – Ч. 1 – Харків : НТУ «ХПІ», 2013. –С.224.
2. Мілих В.І. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка / В.І. Мілих, О.О. Шавьолкін. – К.: Каравела. – 2007. – 688 с.
3. Карпенко І.Н. Машинная постоянная линейных коаксиальных двигателей // И.Н. Карпенко, Е.Ю. Юрьева / Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей ХНІ міжнародної науково-практичної конференції, Ч.ІІ (29-31 травня 2013 р., Харків) / за ред. проф. Товажнянського Л.Л. – Харків, НТУ «ХПІ». – С.145.

В.В. КОВАЛЬ, О.А. АВРАМЕНКО, канд. техн. наук, доцент

Визначення динамічних характеристик феромагнітних зразків за допомогою ферометра

Феромагнетики – речовини (як правило, у твердому кристалічному або аморфному стані), в яких нижче певної критичної температури (точки Кюрі) встановлюється феромагнітний порядок магнітних моментів атомів або іонів (в неметалічних кристалах). Феромагнітні матеріали відіграють величезну роль в самих різних областях сучасної техніки. Магнітом'яккі матеріали використовуються в електротехніці при виготовленні трансформаторів, електромоторів, генераторів, в слаботочній техніці зв'язку і радіотехніці; магнітожорсткі матеріали застосовують при виготовленні постійних магнітів. Широке поширення в радіотехніці, особливо в високочастотній радіотехніці, отримали ферити, які поєднують феромагнітні і напівпровідникові властивості. Магнітні матеріали широко використовуються в традиційній технології запису інформації в вінчестері.

Метою наукової роботи є визначення динамічних характеристик феромагнітних зразків за допомогою ферометра.

Основними характеристиками феромагнітних матеріалів при випробуваннях в змінних магнітних полях є динамічна петля гістерезису і динамічна крива намагнічування.

Дія ферометра заснована на визначенні миттєвих значень періодичних величин за допомогою фазочутливих приладів.

Можливість використання інерційних приладів для вимірювання миттєвих значень електричної величини заснований на зв'язку між середнім значенням похідної функції і миттєвим значенням самої функції.

Для дослідів було узятو сплав 34НКМП ГОСТ 10160-75. Це сплав з магнітною текстурою і прямокутною петлею гістерезису, високою магнітною проникністю і індукцією насичення не менше 1,2–1,5 Тл, що й підтвердили проведені вимірювання.

Список використаних джерел:

1. Преображенский А. А. Магнитные материалы. Сводный тематический план 1965 г. учебников для вузов и техникумов. 234 с.

2. Кифер И.И. Испытания ферромагнитных материалов / И.И. Кифер. – М.: Энергия, 1969. – 544 с.

3. Авраменко А.А., Горкунов Б.М., Сиренко Н.Н., С.Г. Львов Методические указания к лабораторной работе "Измерение магнитных характеристик с помощью феррометра" по курсу "Магнитные и электрические виды неразрушающего контроля" для студентов специальности 6.05100305 "Приборы и системы неразрушающего контроля" Харьков: НТУ "ХПИ", 2012. - 20 с.

Д.В. КОЛЬВАХ, М.Я. ПЕТРЕНКО, канд. техн. наук, доцент

Дослідження динамічного теплового стану частотно-керованого асинхронного двигуна при переміжному режимі S_б

Підвищення цін, яке відбулося в останні роки в Україні, на енергоресурси принципово змінює ставлення до впровадження енергоощадних заходів.

Нерівномірність навантаження асинхронного електродвигуна, що викликано технологічними умовами виробництва призводить до не ефективного використання приводу. Так зменшення навантаження до 0,5 P_{2N} призводить до зниження ККД на (3-4)% і cosφ на (20-22)%. Таким чином істотне покращення енергетичних показників двигунів, що працюють при широкому діапазоні змін навантаження, є заміна нерегульованих електродвигунів на регульовані.

Останнім часом найбільш перспективним є регулювання електроприводу на базі асинхронних двигунів і напівпровідникових перетворювачів частоти (РЕП АД). В експлуатації перебуває велика кількість РЕП АД, у яких живлення двигунів здійснюється від напівпровідникових перетворювачів частоти з автономним інвертором напруги (НПЧ з АІН) [1]. Це забезпечує ступінчасту форму фазної напруги, яка створює додаткові електричні і магнітні втрати потужності.

Вищі гармоніки збільшують основні і додаткові втрати, які є джерелом тепла в активних частинах двигуна. Для дослідження теплового стану асинхронного частотно-керованого двигуна застосовується динамічна еквівалентна тепла схема (ЕТС), розвинута до 16 вузлів. Для дослідження температури вузлів статора і ротора на стадії виготовлення було закладено 37 термодатчиків.

На підставі динамічної ЕТС складена система рівнянь теплового балансу, яка перетвориться в систему лінійних диференціальних рівнянь першого порядку. Система вирішується по універсально-гібридному методу Аданса - BDF.

Теоретичні та експериментальні дослідження проводилися для двигуна АІР90LB2, прийнято: ПН = 60 %, тривалість циклу 10 хв., інтервал навантаження – 6 хв., холостий хід – 4 хв. Кожен інтервал характеризувався своїм рівнем основних і додаткових втрат. Розглянемо закон пропорційного регулювання при номінальному навантаженні $v = \alpha = 1.0$ ($v = \frac{U_1}{U_{1N}}; a = \frac{f_1}{f_{1N}}$)

Для дослідження температури вузлів ротора датчики встановлені в гніздах короткозамкнутих кілець обмотки ротора, в радіальному каналі стрижня обмотки ротора. Для контролю охолоджуючого повітря датчики встановлені в міжреберних каналах корпусу двигуна.

Результати теоретичних і експериментальних досліджень представлені на рис. 1. З результатів теоретичних досліджень випливає, що теплообмін у вузлах

двигуна на початковій ділянці (перший і другий цикл) відзначаються від теплообміну в квазіустановившимся режимі.

Теоретичні експериментальні данні показали, що найбільший розмах температури відзначений для пазової і лобової частини обмотки статора (близько 15 °С). Структура температурного поля визначена за допомогою аксіального і радіального розподілу температур вузлів ЕТС [2]. Це пов'язано з великою зміною потужності тепловиділення в обмотці статора на інтервалах T_n і T_x в порівнянні з іншими вузлами.

Встановлено, що при переміжному режимі S6 теплообмін частин двигуна відрізняється від теплообміну в квазіустановившемся режимі. Можливе збільшення температури на інтервалах холостого ходу, коли потужність тепловиділення зменшуються. Коливання температури у вузлах конструкції двигуна в межах одного циклу в квазіустановившемся режимі (S6). Розмах коливань температури обмежується додатковими електричними і магнітними втратами від вищих гармонік струму [3].

Використовуючи систему рівнянь теплового балансу теплового стану асинхронного частотно-керованого двигуна в нестационарному режимі, можна еквівалентувати по нагріванню тривалим режимом S1, режими S3-S8, що дозволить оптимально використовувати за потужністю асинхронні двигуни загальнопромислового виготовлення при роботі в інших режимах.

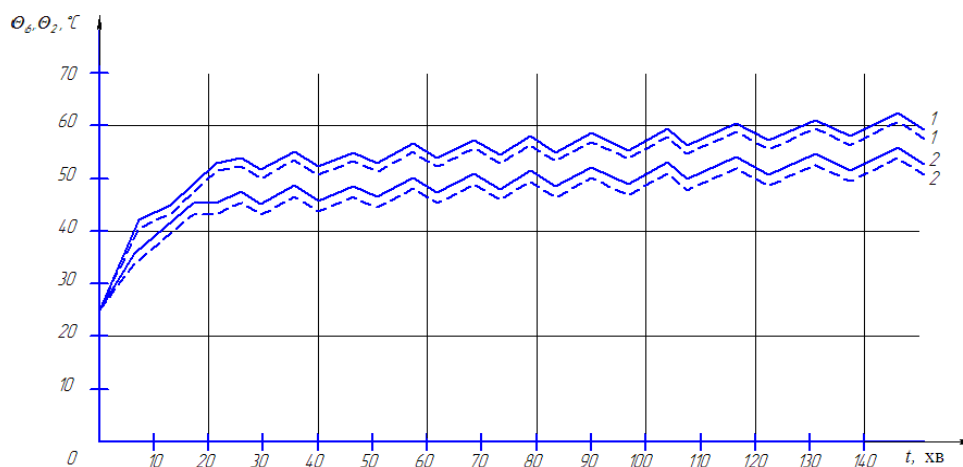


Рис. 1 – Залежність температури осердя статора – 1 і корпусу – 2 від часу
 $\gamma = \alpha = 1,0$ ——— - дослід, ——— розрахунок

Список літератури:

1. Петрушин В.С. Асинхронные двигатели в регулируемом электроприводе: учебное пособие / В.С. Петрушин . – Одесса: Наука и техника, - 2006. - 320с.;
2. Петренко А.Н. Дополнительные потери мощности частотно-управляемого асинхронного двигателя от высших гармоник напряжения /А.Н. Петренко, В.Ю. Таянский Н.Я. Петренко // Електротехніка і Електромеханіка.-2012.-№5.-с.34-35.
3. Кольвах Д.В., Петренко Н.Я. Исследование теплового состояния асинхронного частотно-управляемого двигателя при перемежающемся режиме S6. Міжнародний симпозіум "Проблеми удосконалення електрических машин і апаратів. Теорія і практика" (SIEMA 2013), НТУ "ХПІ".

А.І. КОНАШЕНКОВА, Г.М. СУЧКОВ, докт. техн. наук, професор

Дослідження виявляємості внутрішніх дефектів заготовки круглого перетину ультразвуковим методом

Безперервне підвищення вимог до надійності і безпеки роботи устаткування підприємств промисловості зумовлює широке застосування фізичних методів і приладів неруйнівного контролю якості. Неруйнівний контроль є невід'ємною частиною технічного діагностування і використовується для оцінки технічного стану вузлів устаткування без застосування руйнівних операцій, які можуть бути пов'язані з додатковими витратами.

Серед методів неруйнівного контролю провідне положення займає ультразвуковий контроль УЗК, принцип роботи якого полягає у випромінюванні і прийомі ультразвукових коливань [1]. Згідно діючої НТД цей метод дозволяє виявляти дефекти від 3 мм і більше. В той час, коли вже необхідно визначати дефекти від 1мм [2]. Таким чином необхідне підвищення чутливості методу до внутрішніх дефектів заготовок. Тож тема є досить актуальною та своєчасною.

Для досягнення поставленої мети пропонується замінити ударне збудження п'єзоперетворювачів збудженням імпульсами у вигляді пакету з заданою тривалістю. Такий імпульс, в залежності від тривалості, має більш вузький частотний спектр. Отже, можливо підвищити чутливість контролю за рахунок виділення корисного сигналу у вузькому діапазоні частот. Для проведення експериментів розроблені генератор радіоімпульсів струму, який підсилює корисний сигнал в заданій смузі частот, та попередній підсилювач сигналів донного імпульсу та сигналів від дефектів. Смуги частот генератора і попереднього підсилювача необхідно регулювати, бо різні зразки мають не однакову частотну характеристику.

Таким чином було розроблено експериментальний стенд з виявлення моделей дефектів у вигляді плоскодонних відбивачів, за допомогою якого встановлено, що для забезпечення достатньої чутливості УЗК заготовок круглого перетину частоту УЗК необхідно встановлювати в інтервалі 4,2...4,5 МГц, а часову тривалість імпульсу – 6...8 періодів заповнення вказаної частоти. Експериментально показано, що для виявлення дефектів меншого розміру необхідно збільшувати частоту заповнення пакетних імпульсів струму, які живлять ПЕП.

Список джерел інформації

1. Неразрушающий контроль. Справочник. В 7 т. Под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 3. Ультразвуковой контроль (И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге) — М.: Машиностроение, 2004. - 864с.

2. Огляд методів та засобів для ультразвукового контролю заготовок та залізничних осей / Г.М. Сучков, М.Є. Познякова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Електроенергетика та перетворювальна техніка. – Х. : НТУ «ХП», 2013. – № 34 (1007). – С. 90-98.

А.А. КОРОБКА, Н.В. МАХОНИН

Анализ методик озонотерапии и определение необходимых параметров озono-кислородной смеси

Актуальность широкого внедрения и клинического применения методов озонотерапии подтверждается многочисленными научными и клиническими исследованиями, а также медицинской практикой широкого использования медицинского озона врачами разных специальностей во всем мире.

В медицине озон используется в виде озono-кислородной смеси (ОКС) для местного и системного применения. ОКС обладает большим разнообразием терапевтических эффектов: бактерицидным, противовирусным, фунгицидным, иммуномодулирующим и т.д. Под её действием происходит стимуляция антиоксидантной защиты, репарации и микроциркуляции, а также оптимизация обменных процессов. Все это позволяет широко и эффективно применять данный метод терапии при многих заболеваниях [1].

Применение данного метода терапии является регламентированным, а лечение озоном производится по определенным методикам [2].

Методики наружного воздействия включает в себя:

- применение озонированных растворов;
- аппликация озонированных мазей и растительных масел;
- проточная газация ОКС в пластиковой камере, в том числе под повышенным давлением;
- озонирование и барботаж воды в ванной с гидромассажем;
- проточные вагинальные инстилляци и инсуффляци;
- ингаляци мелкодисперсных суспензий гидрозоля озонида.
- Парентеральные методики (инвазивные с помощью иглы) воздействия:
- большая и малая аутогемотерапия озонированной кровью;
- экстракорпоральная (воздействие вне тела) обработка ОКС плазмы;
- подкожные инъекци ОКС, в том числе в биологически активные точки;
- внутри- и пересуставное введение ОКС;
- внутримышечное введение ОКС (паравертебральное);
- внутривенные инфузии озонированного физиологического раствора.
- Энтеральные (воздействие через желудочно-кишечный тракт) методики применения ОКС, применяемые при патологии желудочно-кишечного тракта:
- прием озонированных дистиллированной воды или масла;
- кишечные орошения озонированной дистиллированной водой;
- ректальные инсуффляци ОКС.

Для генерации медицинского озона используется специальное оборудование – медицинские озонаторы, которые обеспечивают регулирование концентрации озона в ОКС, а также ее расход. Возможность регулирования указанных параметров ОКС, позволяет применять медицинские озонаторы для проведения процедур по различным методикам [3].

Для определения диапазонов регулирования параметров ОКС был проведен анализ основных методик озонотерапии. Так, наименьший расход

ОКС 0,1 л/мин требуется при проведении инсуффляции, а наибольший 1 л/мин – для озонирования масла. Наименьшая концентрация, равная 0,1 мг/л, используется для лимфотропного введения озона, а наибольшая 80 мг/л – для проточной газации озоном в пластиковой камере. Эти характеристики параметров медицинского озонатора являются граничными в диапазоне задания. На основе анализа методик были произведены расчеты и построены графики зависимостей уровня концентрации C озона в ОКС и производительности $S=C \cdot Q$ медицинского озонатора в функции фиксированных значений расхода Q ОКС, которые изображены на рисунке 1.

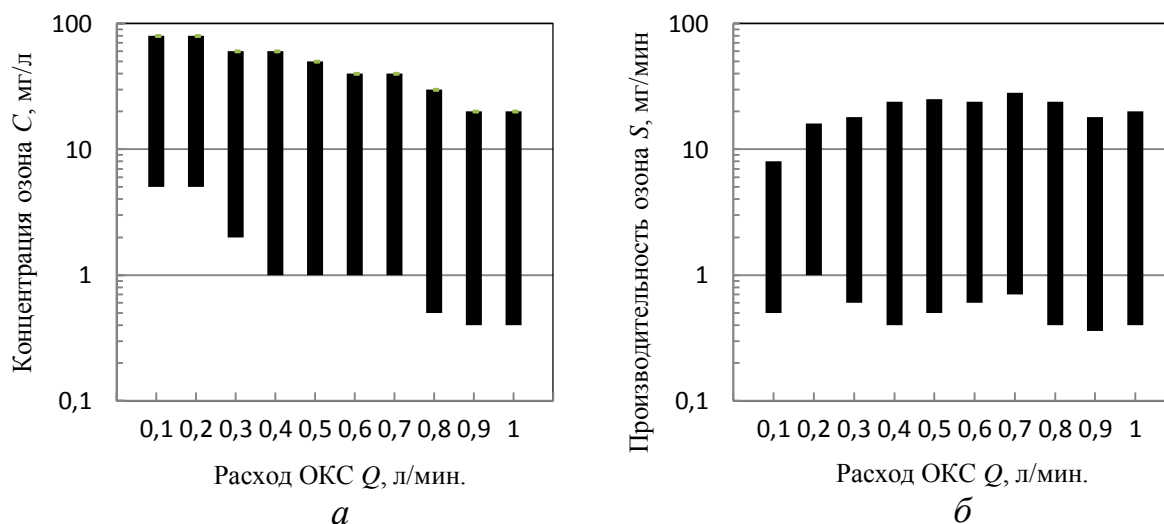


Рис. 1 – Необходимая концентрация озона (а) и производительность (б) при различных расходах согласно с методиками озонотерапии

Из рисунка видно, что при дискретных значениях расхода от 0,1 до 1,0 л/мин диапазон регулирования концентрации озона в ОКС, который необходим для проведения процедур по различным методикам, составляет 1:200. При указанных условиях диапазон регулирования производительности озонатора составляет 1:78, т.е. практически в 3 раза меньше.

Проведенные исследования показали, что при любой мощности электрической энергии, подводимой к электродам разрядной камеры и достаточной для устойчивого синтеза озона, изменение расхода будет приводить лишь к изменению концентрации, а производительность остается без изменений. Таким образом, для обеспечения возможности проведения процедур озонотерапии по различным методикам, в медицинском озонаторе необходимо, прежде всего, обеспечение требуемого диапазона регулирования производительности.

Список литературы:

1. Нижегородский медицинский журнал. Приложение: Озонотерапия. – Н. Новгород, 2003. – 344 с.
2. Методики применения озона в медицине (методические рекомендации) – К.: УЦНМИПР, 2004. – 56 с.
3. Основные принципы и тактика озонотерапии. Пособие для врачей / А.А. Миненков., Р.М. Филимонов, В.И. Покровский и др. – Москва: «ПАИМС», 2001. – 40 с.

Н.В.КОСТЮЧЕНКО, Б.М.ГОРКУНОВ, докт. техн. наук, професор

Установка для магнітних вимірювань

Вимірювання магнітних характеристик промислових виробів та зразків ферромагнітних матеріалів мають широке промислове застосування, оскільки пов'язані з визначенням остаточної якості продукції, насамперед продукції електротехнічної промисловості. Зразки для випробування можуть бути різноманітні за матеріалами, формою, геометричними розмірами, способами виготовлення, умовами майбутнього застосування тощо. Тому виникає важлива задача вибору методів випробування виробів та умов вимірювання, пов'язаних з випробуваннями у постійних або змінних магнітних полях.

Метою наукової роботи є дослідження та розрахунок параметрів магнітовимірювальних установок для статичних та динамічних магнітних випробувань конкретного зразка із заданими параметрами.

Для цього за допомогою феррометричного методу, який по точкам дозволяє будувати симетричні динамічні петлі перемагнічування ферромагнітних зразків у змінних періодичних магнітних полях (зазвичай промислові частоти), а також здійснювати запис петель перемагнічування двохкоординатним самописцем на папері або на екрані осцилографа та методу амперметра - вольтметра - найбільш простого методу визначення точок основної кривої індукції в змінних магнітних полях при вимірюванні напруги на вторинній обмотці, були виконані розрахунки параметрів ферромагнітного зразка при випробуваннях в постійному та змінному магнітному полі, параметри ланцюга намагнічувальної обмотки при випробуванні зразка в постійному магнітному полі та розрахунки параметрів установок для вимірювання магнітних характеристик зразків в змінному магнітному полі.

Грунтуючись на результатах вимірювання характеристик зразків та визначення похибок вимірювань можна зробити висновок, що феррометричний метод є більш точним в порівнянні з методом амперметра-вольтметра та іншими, оскільки при визначенні магнітних характеристик насамперед методом амперметра-вольтметра похибка в окремих випадках перевищує допустимі відхилення, не дивлячись на високу точність використовуваних приладів.

Список використаних джерел:

1. Кифер И.И. Испытания ферромагнитных материалов. – М.: Энергия, 1968. – 360 с.
2. Испытания магнитных материалов и систем / Под ред. А.Я. Шихина – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 376 с.
3. Шкурин Г. П. Справочник по электро- и электронно – измерительным приборам. – М.: Воен. изд. Мин. обороны СССР, 1972 – 448 с.

О.П. КОШЕВОЙ, В.В. ШЕВЧЕНКО, канд.техн.наук, доцент

Влияние параметров турбогенераторов на характеристики энергосистем

Уровень турбогенераторостроения в целом определяет уровень развития электроэнергетики любой страны. Проблема исследования будущего мировой энергетики состоит в том, что необходимо учесть сложный комплекс факторов – направления и приоритеты совместного развития мировой экономики и промышленности, технологические, ресурсные и экологические возможности, энергетические, политические, демографические проблемы, а также необходимость учета взаимного влияния всех указанных факторов друг на друга. Важно учесть зависимость развития энергетики и уровня экономики. Задачи всемирной энергетики едины: поиск новых, современных способов и источников, технологий получения, передачи и распределения электроэнергии с непрерывным увеличением ее выработки и снижением потерь. Все это может быть обеспечено только при системном подходе к развитию энергетики страны.

Работы по совершенствованию конструкции, повышению качества и экономичности турбогенераторов (ТГ) в условиях усиления конкурентной борьбы за право поставок энергетического оборудования на мировой рынок имеют большое значение, повышают требований к эксплуатационным показателям ТГ. В первую очередь это относится к увеличению сроков службы и межремонтных периодов, повышению требований к коэффициенту готовности, маневренности, запасам мощности, обеспечению безаварийной работы ТГ в режимах с потреблением реактивной мощности, снижению расходов на обслуживание и ремонты, обеспечению надежности, долговечности отдельных узлов и деталей. Последнее обеспечивается за счет оптимального регламента проведения ремонта, индустриализации ремонтных работ, создания совершенной технологии ремонта. Направления повышения эффективности ТГ связано с совершенствованиями систем обеспечения (системы газо- и маслоснабжения, водяного хозяйства, возбуждения), широким внедрением в этих системах микропроцессорной техники и высоким уровнем автоматизации. Дальнейшее улучшение показателей надежности электрооборудования будет также достигнуто за счет применения средств технической диагностики состояния напряженных узлов и элементов в режимах *on-line*, при плановых и аварийных ремонтах. Внедрение комплексных систем диагностики позволит своевременно выявлять предаварийное состояние машин, устранять имеющиеся неисправности и избегать длительного простоя ТГ из-за аварийного выхода из строя.

На практике все чаще проявляется тенденция уменьшения продолжительности межремонтных периодов при возрастании продолжительности и объемов (стоимости) ремонтов и ускоряются разрушительные процессы, которые снижают КПД и надежность. После значительного времени наработки (300 тыс. час и большее) деградация

энергоблока достигнет уровня, за которого дальнейшая его работа становится все более убыточной, а значит - нецелесообразной, и восстановление его трудоспособного состояния тоже нецелесообразно.

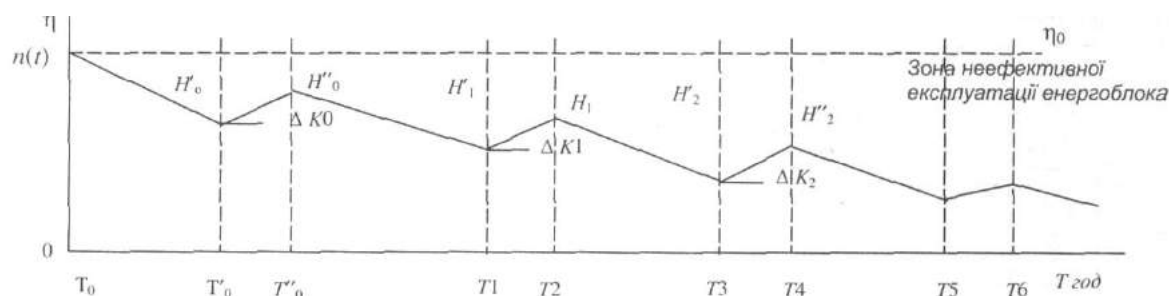


Рис. 1 – Схематическое представление деградации турбогенератора

Важно максимально точно оценить время "предельного состояния" еще трудоспособного, но уже неэффективного энергоблока. Для прогнозирования остаточного ресурса ТГ, как системы, необходимо использовать: показатели состояния работающей машины; показатели, полученные на остановленной для ремонта машине; результаты специальных испытаний.

В настоящее время опять актуален вопрос повышения единичной мощности ТГ, т.к. это является одним из реальных направлений энергосбережения: общая мощность энергосетей страны стала выше, т.е. устойчивее в случае внезапного отключения мощного генерирующего элемента системы. В настоящее время в Великобритании и США проектируют ТГ мощностью до 2000 МВт. Анализ перспектив развития энергетики показывает, что в ближайшие годы потребуются ТГ мощностью 1500 МВт для работы в блоках с атомными реакторами. При этом должны быть продолжены исследования по выявлению и возможному устранению повышенных местных нагревов, концентраторов механических напряжений и мест повышенных напряженностей электрического поля.

Одно из новых направлений в развитии турбогенеростроения связано с использованием явления сверхпроводимости. Повысить надежность ТГ позволит переход от водородного к ТГ с полным воздушным охлаждением. Существующий многолетний опыт их применения показал, что это экономически целесообразно, что они более простые в эксплуатации и менее пожароопасные. Общему прогрессу электромашиностроения сопутствует оценка его конкурентоспособности, одним из главных критерием которых являются массогабаритные характеристики ТГ.

Список литературы:

1. Шевченко В.В. Проблемы и основные направления развития электроэнергетики в Украине // Энергетика та електрифікація. – 2007. - № 7(287) - С. 11-16.
2. Шевченко В.В., Кошевой О.П. Конструктивные особенности турбогенераторов с воздушным охлаждением // Вісник НТУ «ХПИ» № 65 - 2013 - С. 99-106
3. Шевченко В.В., Кошевой О.П. Усовершенствование генерирующих элементов электроэнергетических систем //Збір. матеріалів 5-а щорічної міжвузівської НТК викладачів, молодих вчених та студентів «Енерго- та ресурсозберігаючі технології при експлуатації машин та устаткування», грудень 2013 р., Донецький інститут залізничного транспорту – С. 8-9.

О.О. КУТИК, Б.О. ЄГОРОВ, канд. техн. наук, професор

Вибір та розрахунок обмоток електропечного трансформатора

Електропечні трансформатори (ЕПТ) являють собою один з різновидів силових трансформаторів спеціального призначення (спеціальних трансформаторів). Необхідність у ЕПТ обумовлена тим, що живляться ними приймачі електроенергії - промислові електричні печі (ЕП), які відрізняються особливими параметрами, умовами, режимом роботи і характером навантаження. У комплексі електрообладнання, з якого складається промислова електропечна установка, одним з найважливіших елементів поряд з її основним елементом ЕП є ЕПТ.

Метою даної наукової роботи є аналіз вибору типу обмотки ЕПТ та розрахунок положення і розмірів обмоток вищої та нижчої напруги (ВН, НН).

Основні задачі проектувальника при розрахунку будь-якого ЕПТ є отримання заданої потужності, напруги обмотки, які відповідають характеристикам ЕП, достатньо міцним в електричному та механічному відношенні, нагрівостійкий, найбільш простий і дешевий у виробництві. Вибір необхідного варіанта при розрахунку окремих частин трансформатора – магнітної системи, обмоток, охолоджуючої системи і т. п. – зазвичай виконують шляхом порівняння різноманітних розрахункових варіантів.

Розглянемо перетворювальний трифазний трансформатор потужністю 1000 кВА, напругою 6 кВ, призначення якого є живлення ЕП постійного струму.

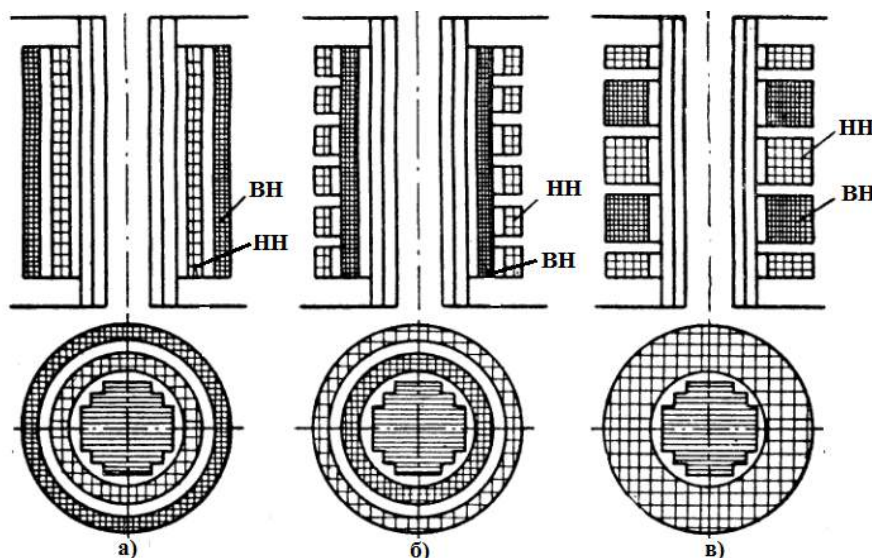


Рис 1 – Концентрична (а і б) та чередуюча (в) обмотки

Зазвичай ЕПТ мають дві електрично окремі обмотки. Одна під'єднується

до мережі – ВН, інша виходить на вводи ЕП - НН. Розташування обмоток на осерді може бути концентричним (рис.1,а і б) або чередуючим (рис.1,в).

Характерною особливістю ЕПТ є підвищене значення напруги короткого замикання і великий струм в обмотці НН, і тому необхідно цю обмотку поділити на паралельні вітки. Концентрична обмотка (рис. 1,а) не відповідає цим умовам, тому і не використовується для ЕПТ. В окремих випадках використовують обмотку (рис. 1,б), вона зручно розбиває обмотку НН на ряд паралельних витків, але має обмеження по нарузі короткого замикання. Найбільш зручне розташування для цього типу трансформатора є чередуюча обмотка (рис 1,в), яка дозволяє отримати різноманітну кількість паралельних витків НН, широкий спектр напруги короткого замикання. Тому після порівняння різноманітних розрахунків і аналізу, обмотка цього ЕПТ має оптимальний вид на рис.2.

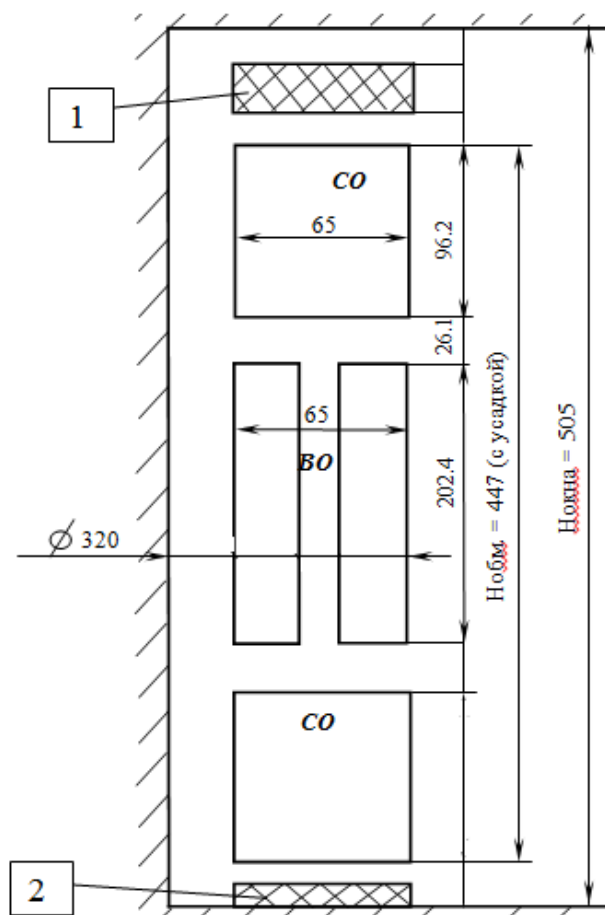


Рис. 2 – Розміщення обмоток у вікні

1, 2 – Верхнє та нижнє оприсовувальнє кільце. CO –обмотка ВН, що підключена до мережі, BO – вентиляна обмотка НН, що підключена до ЕП

Список литературы:

1. Тихомиров, П. М. Расчет трансформаторов для дуговых электрических печей / Ю. П. Устинова // Государственное энергетическое издательство. – 1959. С. 24.

С.А. ЛУКЬЯНЧИКОВА, В.Д. ЮХИМЧУК, канд. техн. наук, профессор

Улучшение массогабаритных показателей турбогенераторов за счёт применения новых материалов и технологий их изготовления

Вопросами усовершенствования конструкций турбогенераторов в мире и в Украине занимаются постоянно. Но эти исследования практически все посвящены исследованию активной зоны. В вопросах совершенствования системы охлаждения турбогенераторов и повышения их конкурентоспособности (снижение массогабаритных показателей) значительную роль играет состояние неактивной зоны. Рассмотрению этого вопроса посвящена настоящая работа.

Важнейшими условиями создания и эффективного использования электрических машин и оборудования является обеспечение их прочности и ресурса при одновременном снижении энерго- и материалоёмкости. Одной из характерных особенностей современных электрических машин, удовлетворяющим требованиям мировых стандартов - это широкое применение в их конструкциях новых материалов, вместо традиционных материалов и сплавов. Эти материалы, получившие название композиционных, обладают рядом свойств, выгодно отличающих их от металлов. На рис. 1 приведены сравнительные данные по удельной прочности и жёсткости различных металлов и композиционных материалов.

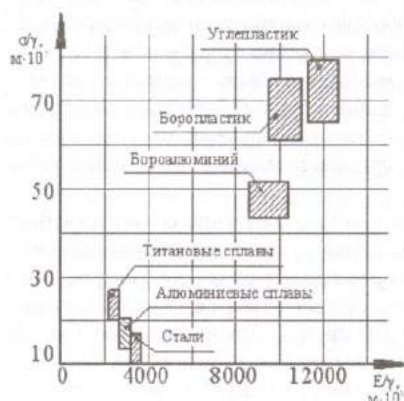


Рис. 1 – Сравнительные данные по удельной прочности и жесткости различных металлов и композиционных материалов

Композиционные материалы превосходят стали, алюминий и титан по удельной прочности в 2 – 8 раза, по удельному модулю упругости: в 5 – 6 раз.

Технология изготовления деталей из композиционных материалов также отличается от традиционной. Изделия создаются за 1 – 2 операции; армирующие волокна укладывают в нужных направлениях, затем пропитывают соответствующими веществами и проводят горячую прессовку. В результате

получается монолитное изделие, производство которого не требует сложного оборудования, больших энергетических затрат и легко поддается автоматизации производственных операций.

Практика показывает, что изготовление из углепластика (армированная углеродными волокнами эпоксидная смола) рабочих поверхностей, рам, баков, люков, коробов, корпусов и др. деталей конструкции снижает их массу более, чем на 30%, повышает прочность, противоударную стойкость, надёжность и в итоге обеспечивает экономию топлива и материальных затрат.

Таким образом, всё большее место занимают изделия, изготовленные из специальных материалов, которые, как правило, трудно поддаются обработке традиционными методами. Целесообразно применять способы обработки, дающие наибольшую экономию дорогостоящих материалов. К ним относится, в первую очередь, применение лазерной техники.

В настоящее время для элементов конструкций неактивной зоны турбогенераторов наиболее функциональной, оптимальной является низколегированная сталь, которая занимает второе место после привычной стали Ст.3. К низколегированным сталям условно относятся стали с содержанием легирующих элементов до 4,5%.

Применение термически обработанной низкоуглеродистой нелегированной стали во многих случаях позволит заменить легированную конструкционную сталь, обеспечив снижение веса конструкции. В ряде случаев вес детали снижается потому, что низкоуглеродистая нелегированная сталь более технологична вследствие хорошей свариваемости и способности к штамповке.

Цена низкоуглеродистой нелегированной стали почти в 2 раза ниже стоимости улучшаемой легированной конструкционной стали типа 30ХГСА.

Изыскание новых марок низколегированной стали продолжается. Это объясняется тем возросшим стремлением к экономии металла и резкому снижению веса машины и её габаритов.

В весовом соотношении в машиностроительных конструкциях (вкладыши подшипников, обтекатели) не последнее место занимают литые детали. На их долю приходится 10 – 15 % веса машин. Вес литых деталей можно уменьшить, если их изготавливать из модифицированных, высокопрочных чугунов. Нагрузка на детали этого чугуна может быть увеличена в 1,5 – 2 раза, он также обладает лучшими литейными свойствами. На некоторых заводах из чугуна изготавливают валы, шатуны, поршни, ползуны, шестерни, корпуса подшипников, рычаги, цапфы и др. детали. Пока не могут отливать детали большого веса (100 – 140 т).

Список литературы:

1. Кузьмин В.В., Шевченко В.В., Минко А.Н. Оптимизация массогабаритных параметров неактивных частей турбогенераторов. – Х.:Монограф СПДФЛ Чальцев А.В., 2012 – 246 с.
2. Голованенко С.А. Оптимизация легирования сталей. Сб. науч. Трудов. М.:1987. – 119 с.
3. Муценек К. Я. Пути снижения веса электрических машин и экономия металла. – Рига, 1961. – 113 с.

Д.А.МАКАРЕВИЧ, Ю.П. ГОНЧАРОВ, докт. техн. наук, профессор

Моделирование преобразователей с мягкой коммутацией для систем с накопителем энергии

В полупроводниковых преобразователях с целью повышения КПД и надежности применяют режим «мягкой» коммутации. «Мягкая» коммутация ключа происходит при нулевом токе или напряжении, что уменьшает коммутационные потери [1]. Основная идея - разделение по времени переходного процесса напряжения и тока и минимизации времени их перекрытия.

Целью работы является моделирование преобразователя с мягкой коммутацией для систем с накопителем энергии.

Разнообразие схем преобразователей, которые работают на «мягкой» коммутации, основаны на резонансной или квазирезонансной технологии.

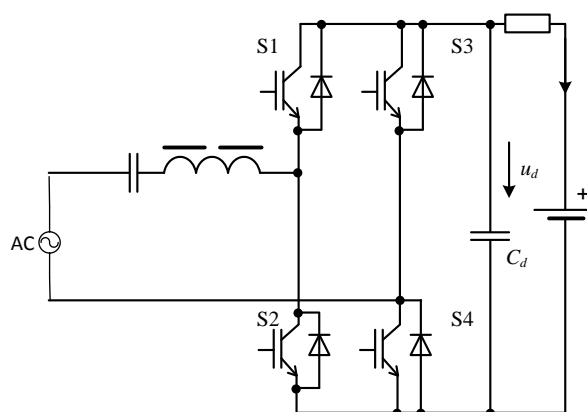


Рис. 1 – Схема преобразователя с мягкой коммутацией

Схема состоит из следующих компонентов: источника электропитания, входного LC-фильтра, коммутатора, выходного фильтра и нагрузки. Так как в системе присутствует накопитель энергии преобразователь должен быть обратимым для возврата энергии из накопителя в сеть. При условии точной настройки в резонанс индуктивная и ёмкостная составляющие импеданса равны. Для системы управления используем пропорционально – интегральный регулятор, который регулирует ток накопителя. Однако в цепи обратной связи по току можно использовать только И-звено, что соответствует в замкнутой системе апериодическому звену. Преобразователь представляет собой колебательное звено, но приближенно может быть представлен пропорциональным звеном. Определенной проблемой является склонность к возникновению незатухающих автоколебаний малой амплитуды на разностной частоте. В ходе работы над созданием модели были подтверждены указанные выше свойства.

Список литературы:

1. Гончаров Ю.П., Будьоний О.В., Морозов В.Г., Панасенко М.В., Ромашко В.Я., Руденко В.С. Перетворювальна техніка. Ч.2. – Харків: Фоліо, 2000. – 360 с.

Е.О. МАРИИНСКАЯ, О.Я. БУБИСЬ,

Б.М. ГОРКУНОВ, докт. техн. наук, профессор

Разработка универсальной модели вихретокового преобразователя

Для контроля и диагностирования состояния металлических конструкций ответственного оборудования широко применяется вихретоковый бесконтактный метод неразрушающего контроля (НК), основанный на взаимодействии внешнего по отношению к объекту контроля (ОК) возбуждающего электромагнитного поля с индуцированными в материале ОК вихревыми токами.

Несмотря на достаточное развитие теоретических и прикладных аспектов современных методов и средств вихретокового НК, надежных и эффективных средств получения и обработки экспериментальных данных в настоящее время весьма ограничено. Иными словами, определение функциональных зависимостей между состоянием ОК и сигналами вихретокового преобразователя (ВТП), а также восстановление параметров структуры ОК по измеренным данным разработаны слабо в силу большой сложности и многозначности задачи.

Применение ряда известных в математике методов реконструкции (инверсии) затруднено по причине больших затрат на ресурсы и время выполнения вычислительных операций. Надежный метод инверсии полученных результатов должен опираться на разработанную математическую модель, адекватно описывающую процесс получения экспериментальных данных.

Основным элементом, преобразующим физические явления в электрический сигнал, при вихретоковом контроле, является ВТП. При проектировании ВТП всегда возникает задача определения распределения электромагнитного поля в преобразователе, ОК и окружающем пространстве.

Что касается численных методов расчета, то при всем многообразии методологических подходов они в той или иной мере основаны на дискретизации расчетной области, т.е. за счет аппроксимации уравнений и граничных условий дифференциальная или интегральная краевая задача сводится к системе алгебраических уравнений. В случае дифференциальной краевой задачи находится решение дифференциального уравнения Пуассона или Гельмгольца с соответствующими граничными условиями объектов сложной геометрии, причем для решения можно использовать разработанное программное обеспечение. При существенной неоднородности среды целесообразно воспользоваться методами граничных интегральных и пространственных интегральных уравнений.

Применение перечисленных методов при проектировании ВТП позволяет успешно находить распределение электромагнитного поля в ОК со сложной

геометрией и нелинейными свойствами с достаточно высокой точностью, но при больших затратах машинного времени. На данный момент в современных исследованиях в области вихретокового контроля основной упор сделан на решение проблемы, связанной с разработкой методов обработки информации ВТП, направленных на сокращение временных затрат. Эффективность численных методов расчета оценивается по конечным параметрам: точности и производительности программного продукта, простоте реализации. Среди численных моделей, гарантирующих минимальные упрощения в описании физики процедуры вихретокового контроля, выделяются модели на основе метода конечных элементов. Однако стандартный подход в применении этого универсального численного метода требует значительных вычислительных ресурсов (затрат памяти для хранения данных и времени расчета), особенно для трехмерных задач. Эти затраты численного решения задач можно снизить выбором эффективных схем организации расчетов.

На рис. 1 представлена модель вихретокового трансформаторного преобразователя проходного типа.

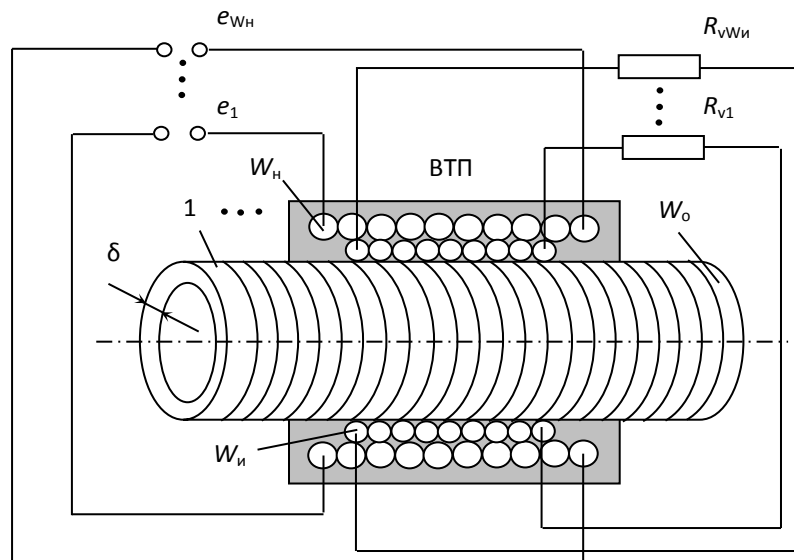


Рис. 1 – Модель вихретокового преобразователя проходного типа с объектом контроля цилиндрической формы

В работе предложены теоретическая обработка и результаты моделирования вихретокового преобразователя проходного типа, основанные на суперпозиции электромагнитных полей токов отдельных витков намагничивающей, измерительной обмоток и вихретоковых токов в объекте контроля, который представлен цилиндрическим электропроводящим образцом. В данной модели каждый виток намагничивающей обмотки замкнутый на источник переменного тока, витки измерительной обмотки подключены к вольтметру с внутренним сопротивлением. Исследованная модель имеет простую реализацию и может быть рассчитана с помощью любого вычислительного устройства.

П.І. МАТВЄЄНКО, В.В. ШЕВЧЕНКО, канд.техн.наук, доцент

Необхідність і особливості роботи турбогенератора в режимі синхронного компенсатора

Компенсація реактивної потужності на великих промислових підприємствах приводить до розвантаження підключених мереж живлення від значних перетікань реактивної потужності, що суттєво знижує втрати напруги й поліпшує якість електроенергії в розподільних мережах. Існують різні засоби керування балансом реактивної потужності в електромережах. Проблема компенсації реактивної енергії (РЕ) завжди займала важливе місце в загальному комплексі питань підвищення ефективності передачі, розподілу і споживання електричної енергії. Раціональна компенсація РЕ передбачає економію грошових і матеріальних ресурсів, призводить до зниження втрат активної потужності із-за перетікань РЕ, забезпечує належну якість електроенергії, що споживається, за рахунок регулювання і стабілізації рівня напруги в електромережах.

Слідством роботи з підвищеними напругами є прискорений знос і підвищена аварійність електрообладнання. Для вирішення цієї проблеми вживаються спеціальні заходи, які нерідко приводять до погіршення показників стійкості і економічності роботи енергосистем. Зокрема, для нормалізації рівнів напруги, персонал електростанцій, що працюють на шини 110÷500 кВ, вимушений переводити турбогенератор (ТГ) в режими споживання РЕ, що дозволяє декілька понизити рівні напруги. Це з часом приводить до прискореного зносу ТГ, а, у ряді випадків, і до аварійних відключень із-за руйнування торцевих зон статорів, оскільки ТГ не розраховані на ці режими. Також не менш важливими і все більш актуальними є проблеми підвищення стійкості і надійності роботи електроенергетичних систем в цілому з урахуванням тенденції до збільшення перетікань потужності по існуючих лініях електропередач і забезпечення транспорту електроенергії на значні відстані.

СК може працювати в режимі поліпшення $\cos\varphi$ або в режимі стабілізації напруги. Звичайно електрична мережа, що живить електроенергією промислові підприємства, навантажена струмом I_n , що відстає по фазі від напруги мережі U_c . Для поліпшення $\cos\varphi$ мережі СК повинен працювати в режимі перезбудження. При цьому струм збудження регулюється так, щоб струм якоря I_a СК випереджав на 90° напругу мережі U_c і був приблизно рівний реактивній складовій $I_{N\text{reac}}$ струму навантаження I_N . В результаті мережа завантажується тільки активним струмом навантаження $I_c = I_{N\text{act}}$. При роботі в режимі стабілізації напруги струм збудження СК встановлюється постійним, такого значення, щоб ЕРС компенсатора E_0 дорівнювала номінальній напрузі мережі $U_{c.N}$. У мережі при цьому є деякий струм I_n , що визначає падіння напруги

$$\Delta U \approx I_N R_c \cos\varphi + I_N X_c \sin\varphi, \text{ В}$$

де R_c і X_c – активні і індуктивні опори мережі;

φ – кут здвигу фаз між векторами напруги і струму мережі.

Якщо напруга мережі в точці підключення СК дещо знижується із-за зростання струму навантаження I_N і стає меншим за його номінальне значення, то СК починає забирати з мережі реактивний випереджаючий струм I_a . Це зменшує падіння напруги в ній на величину $\Delta U_k = I_a X_c$. При підвищенні напруги в мережі, коли $U_c > U_{cN}$, СК завантажує мережу реактивним відстаючим струмом I_a , що приводить до збільшення падіння напруги на величину $\Delta U_k = I_a X_c$.

Останнім часом для усунення перегріву лопаток застосовують схеми вентиляції турбін невеликою кількістю пари, що дозволяє використовувати потужні ТГ, як СК, без від'єднання від турбіни. Регулюючи збудження, можна примусити СК працювати з перезбудженням, тобто віддавати реактивну потужність в мережу, або з недозбудженням, тобто споживати реактивну потужність з мережі. У тому і другому випадках СК споживає з мережі активну потужність, яка витрачається на покриття втрат, як в самому СК, так і на обертання турбіни. Тому для зниження втрат необхідно від'єднувати турбіну від валу ТГ або зменшувати опір її обертанню. Від'єднати парову турбіну від валу ТГ можна і це проводиться, коли генератор повинен працювати в режимі СК тривало. Як правило, пуск від'єданого від турбіни СГ проводиться частотним засобом.

Реабілітація зношеного електрообладнання не завжди рентабельна. У ряді випадків для підтримки необхідного рівня напруги в системі доцільно завжди ТГ використовувати, як СК. Для ТГ потужністю до 200 МВт, які потребують капітального ремонту, перспективно розглядати зміну режиму експлуатації. Необхідність інтенсивного регулювання реактивної потужності в енергосистемах робить актуальною пропозицію по переводу встановлених ТГ в режим СК. За кордоном є певний досвід в цьому питанні. Наприклад, вперше процедуру переводу ТГ в режим СК провели в кінці 80-х років французькі енергетики на ТЕС «Нанте-Шевіре».

Рішення проблеми компенсації реактивної потужності в енергосистемі України вимагає ухвалення рішень на урядовому рівні: введення заборони на демонтаж генераторного устаткування старих енергоблоків потужністю до 200 МВт включно і використання його як СК. Треба визначити механізм стимулювання електричних станцій за підтримку рівня напруги і регулювання реактивної енергії в енергосистемі, проводити комплексний, науково - обґрунтований розгляд питань компенсації реактивної енергії в діючих енергосистемах із залученням фахівців провідних організацій України і досвіду зарубіжних енергетичних організацій.

Список літератури:

1. Шевченко В.В. Оценка технической и экологической перспективы развития энергетики Украины // Якість технологій та освіти. Збір. наук. праць. - Вип. 2. – 2011. - Харків. - С. 19-25.
2. Шевченко В.В., Матвеенко П.И. О целесообразности перевода турбогенераторов в режим синхронных компенсаторов // Вісник НТУ «ХПИ» №51 - 2013 - С. 76-81.
3. Шевченко В.В., Матвеенко П.И. Способы регулирования реактивной мощности в энергосистемах // Збірник 5-ї міжвузівської НТК викладачів, молодих вчених та студентів «Енерго- та ресурсозберігаючі технології при експлуатації машин та устаткування», 11-12 грудня 2013 р., Донецький інститут залізничного транспорту. – Донецьк. – С. 53-54.

О.А. МАТРОСОВА, Ю.В. ХОМЯК, канд. техн. наук

Дослідження вихрострумowego дефектоскопу

Для оцінки технічного стану відповідальних об'єктів і вузлів на різних стадіях виробництва і експлуатації у багатьох галузях промисловості широко застосовуються методи неруйнівного контролю. Особливе місце серед великої кількості методів і засобів неруйнівного контролю металевих виробів займають вихрострумові методи. Для здійснення сучасної вихрострумової дефектоскопії застосовують широку номенклатуру серійних приладів. Але в кожному окремому випадку має місце специфіка (структури і властивостей об'єкту контролю, його форми і конструкції і т.п.), яка обумовлює необхідність додаткових досліджень і розробку спеціалізованих засобів контролю.

Метою наукової роботи є дослідження можливостей та виявлення особливостей застосування діючого макету вихрострумowego дефектоскопу ВД-1 ГД.

У даному дефектоскопі використаний амплітудний метод визначення дефектів. Тобто, сигнал на виході приймальної котушки ВСП має амплітуду пропорційну параметрам і наявності дефекту в контрольованому зразку. Для забезпечення мінімального енергоспоживання було прийнято рішення живити ВСП одиночним імпульсом. При цьому використано принцип, що дозволяє максимально наблизити форму сигналу збудливою обмотки ВСП до синусоїдальної, а так само зменшити втрати в кабелі, що з'єднує ВСП і електронний модуль дефектоскопа. Для отримання максимального сигналу з ВСП необхідне підстроювання тривалості збуджуючого імпульсу, яка повинна відповідати частоті резонансу коливального контуру збуджувальної обмотки ВСП.

Для дослідів використовувався контрольний металевий (ст.3) зразок з моделями дефектів у вигляді пазів розкриттям 0,35 мм глибинами 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15 і 20 мм виконаними з точністю $\pm 0,05$ мм.

Досліди показали що портативний мікропроцесорний вихрострумовой дефектоскоп з ВСП ортогонального типу дозволяє виявляти й оцінювати глибину тріщин до 20 мм.

Дослідженнями метрологічних характеристик встановлено, що похибка оцінки глибини дефектів при налаштуванні на заданий нормативно-технічною документацією дефект не перевищує 3% -9,2% залежно від глибини моделі дефекту.

Список використаних джерел:

1 Ключев В.В. Неруйнівний контроль та діагностика: довідник / В.В. Ключев, Ф.Р. Соснін, Ковальов О. В. та ін; Під ред. В.В. Ключева. - 3-е вид., Перероб. і доп. - М.: Машинобудування, 2005. - 656 с.

2. Metals handbook [Text] / Amer.soc.for metals. - 9th ed. - Metals Park (Oh): [s. n.]. Vol. 17: Nondestructive evaluation and quality control. - 9th. ed. - 1989. - XI, 795 p.p.: ill.

3. Дорофеев А.Л. Электромагнитна дефектоскопія / А.Л. Дорофеев А.Л., Ю.Г. Казаманов. - М.: Машинобудування, 1980. - 232 с.

М.В. МЕЖЕРИЦКИЙ, В.В. ЗАМАРУЕВ, канд. техн. наук, профессор

Двухзвенный преобразователь постоянного напряжения с разделенной коммутацией

В двухзвенных преобразователях постоянного напряжения с высоким входным (более 1 кВ) и низким выходным (до 500 В) напряжениями для снижения коммутационных потерь предлагается, наряду с применением модифицированного алгоритма, реализующего разделенную коммутацию, в первичном звене применить инвертор тока на IGBT с последовательным диодом, а во вторичном – ключи без «хвоста тока», например, MOSFET. Ключи первичного звена выключаются в нулях тока, а ключи вторичного звена включаются в нулях напряжения. На рис. 1 представлена схема двухзвенного преобразователя постоянного напряжения.

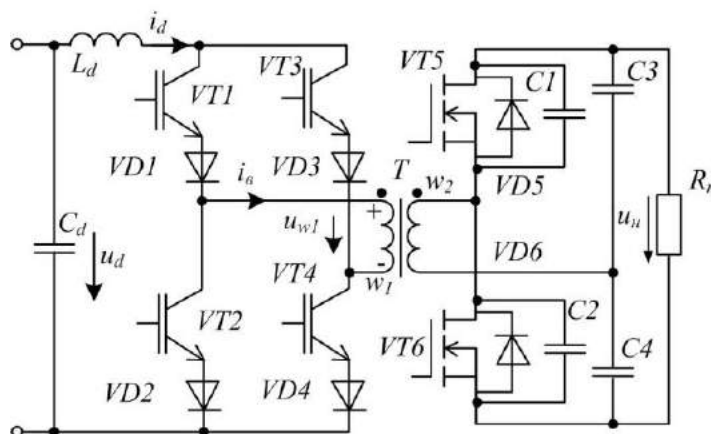


Рис. 1 – Двухзвенный преобразователь постоянного напряжения с разделенной коммутацией

Целью работы является исследование возможности снижения динамических потерь в предлагаемом двухзвенном преобразователе постоянного напряжения с разделенной коммутацией.

За счет применения различных снабберов и модифицированного алгоритма управления ключами обеспечивают режимы переключения силовых ключей в нулях напряжения на ключе (zero voltage switching, ZVS) либо в нулях тока ключа (zero-current switching, ZCS) [1] и, следовательно, существенно уменьшают коммутационные потери в силовых ключах в сравнении с режимом жесткой коммутации.

Принцип работы данной схемы напоминает принцип работы схемы повышающего преобразователя (имеются интервалы накопления энергии во входном дросселе L_d и интервалы передачи энергии в нагрузку). Во вторичном звене используется синхронный выпрямитель – удвоитель напряжения.

Процессы на полупериоде преобразования происходят следующим образом. Пусть включены $VT1$, $VT4$, а также $VT5$ и $VD5$, при этом $u_d < u_{w_1}$, $C1$ разряжен, $C2$ заряжен до u_H , ток i_d спадает (передача энергии в нагрузку). При включении $VT2$ и снятии управления с $VT4$ диод $VD4$ закрывается, ток i_d нарастает, а i_b прекращается (начинается накопление энергии в дросселе; $VT4$ выключается естественно, в режиме ZCS). При этом напряжение u_{w_1} не меняется, т.к. включен $VT5$. Сквозные токи в контуре коммутации диода $VD4$ ограничиваются индуктивностью рассеяния трансформатора T . По окончании интервала накопления снимают управление с $VT1$ и включают $VT3$. Диод $VD1$ закрывается, токи в контуре его коммутации ограничиваются индуктивностью рассеяния трансформатора T (снабберная коммутация); $VT1$ выключается естественно, в режиме ZCS. Ток i_b , как и ток обмотки w_2 , меняет знак; т.к. $VT5$ включен, напряжение u_{w_1} прежнее (при этом $VD5$ выключается). Начинается возврат энергии в источник питания. Длительность интервала возврата энергии составляет небольшую часть полупериода. Далее производят выключение $VT5$, током обмотки w_2 конденсатор $C1$ заряжается до u_H , а $C2$ разряжается до нуля, т.е. производится снабберная коммутация. По достижении напряжением транзистора $VT5$ величины u_H , а напряжением на $VT6$ нуля включается диод $VD6$, и производят включение $VT6$ (в режиме ZVS); при этом напряжение u_{w_1} поменяло знак на противоположный. На следующем полупериоде работы преобразования процессы происходят аналогично.

Модифицированный алгоритм управления обеспечивает, с одной стороны, режимы ZVS для ключей инвертора напряжения (ИН) и ZCS для ключей инвертора тока (ИТ) и, с другой стороны, создание контура холостого хода при одновременном проводящем состоянии двух ключей инверторной стойки ИТ. При этом возврат энергии производится лишь на относительно небольшом интервале полупериода от момента выключения транзистора ИН до момента включения ключа ИТ, формирующего совместно с ранее проводившим ключом ИТ контур холостого хода [2].

Увеличением емкости конденсаторов $C1$, $C2$ можно добиться достаточно малой величины мощности потерь при выключении MOSFET, в том числе существенно меньшей, чем мощность статических потерь.

Имитационное моделирование процессов в преобразователе подтвердило теоретические положения работы.

Список литературы:

1. Erickson R.W., Maksimovic D. Fundamentals of Power Electronics, Second Edition. Springer, 2001. - 912 p.
2. Ivakhno V.V., Zamaruev V.V., Lastovka A.P., Blinov A.B., Vinnikov D.V. About possibility of improvement of energetic characteristics of two-stage DC/DC converter with separated commutation // Технічна електродинаміка Тематичний випуск: Силова електроніка та енергоефективність. Ч. 2. - К.: Інститут електродинаміки НАН України, 2011. С. 88-92

Е.В. МИХАЛЕВСКИЙ, Б.В. КЛИМЕНКО, докт. техн. наук, профессор

Методика компенсации реактивной мощности с использованием «расстроенных» (detuned) фильтров

В настоящее время все большую долю в общем объеме суммарных электрических нагрузок занимают резкопеременные и нелинейные нагрузки с повышенным потреблением реактивной мощности. Реактивная мощность – величина, характеризующая нагрузки, создаваемые в электротехнических устройствах колебаниями энергии электромагнитного поля в цепи синусоидального переменного тока [1]. Реактивная мощность и энергия ухудшают показатели работы энергосистемы, загрузка реактивными токами генераторов электростанций увеличивает расход топлива, увеличиваются потери в подводящих сетях и приемниках, увеличивается падение напряжения в сетях. Для уменьшения реактивной мощности в сетях с индуктивной нагрузкой целесообразно ее компенсировать конденсаторами. При использовании конденсаторов для увеличения коэффициента мощности мы сталкиваемся с проблемой высших гармоник. При подключении компенсирующего конденсатора индуктивность трансформатора совместно с емкостью конденсатора образуют резонансную цепь, которая может возбуждаться генерируемыми нагрузкой гармоническими токами. Если частота одной из гармоник совпадает или близка к частоте собственных колебаний резонансной цепи, в ней могут возникнуть паразитные колебания тока большой амплитуды. Это приведет к значительному увеличению напряжения на конденсаторе, трансформаторе и в подключенных параллельно с ними цепях [2].

Для устранения указанного недостатка в таких цепях могут применяться так называемые «расстроенные» фильтры, в которых риск возникновения резонанса уменьшается благодаря тому, что частота собственных колебаний цепи сдвигается вниз, в область, где не может быть гармоник за счет подключения к резонансной цепи дополнительной индуктивности. Эта индуктивность подключается последовательно с силовым конденсатором цепи компенсации.

Компоненты цепи компенсации коэффициента мощности с «расстроенным» фильтром должны тщательно подбираться в зависимости от необходимой степени коррекции, наличия определенных гармоник напряжения питания, необходимых фильтрующих характеристик, мощности короткого замыкания и характеристик резонансной цепи. Например, напряжение на конденсаторе при последовательном подключении индуктивности будет выше напряжения в питающей сети.

Катушка индуктивности обеспечивает необходимое значение резонансной частоты, и должна пропускать рабочий ток, достаточный для отвода ожидаемых гармоник. Резонансная частота фильтра f_{RES} обычно определяется косвенно через коэффициент расстройки p и измеряется в процентах.

$$p = 100 \cdot X_L / X_C = (f / f_{RES})^2 \cdot 100$$

Значение коэффициента расстройки используется для выбора параметров элементов «расстроенного» фильтра.

При этом последовательность построения «расстроенного» фильтра предполагает следующие шаги:

1. Определение необходимой эффективной мощности (кВАр) конденсатора для коррекции коэффициента мощности.

2. Разработка батареи конденсаторов, обеспечивающей ступенчатость переключения емкости в 15%...20% от необходимой мощности.

3. Измерение существующих в питающем кабеле токов гармоник при отсутствии конденсатора коррекции и при различных нагрузках. Определение частоты и максимальной амплитуды каждой из присутствующих гармоник. Вычисление суммарного коэффициента гармоник тока THD (Total Harmonic Distorsions - показателя, характеризующего степень отличия формы сигнала от синусоидальной):

$$THD_i = 100 \cdot \sqrt{((I_3)^2 + (I_5)^2 + \dots + (I_n)^2)} / I_1$$

Вычисление отдельных коэффициентов каждой из гармоник:

$$THD_{ik} = 100 \cdot I_k / I_1$$

4. Измерение наличия гармоник напряжения питания снаружи системы. Предпочтительно измерение их на высоковольтной стороне. Вычисление суммарного коэффициента гармоник напряжения:

$$THD_u = 100 \cdot \sqrt{((U_3)^2 + (U_5)^2 + \dots + (U_n)^2)} / U_1$$

5. Если уровень гармоник (измеренный без конденсатора) выше или ниже $THD_i > 10\%$ или $THD_u > 3\%$, следует использовать компенсатор с «расстроенным» фильтром и переходить к шагу 6. Иначе следует использовать стандартный компенсатор.

6. Если уровень 3-й гармоники тока $I_3 > 0.2 \cdot I_5$, следует использовать фильтр с коэффициентом расстройки $p = 14\%$ и пропустить шаг 7. Иначе следует использовать фильтр, в котором $p = 7\%$ или $5,67\%$ и перейти к шагу 7.

7. Если $THD_u = 3\% \dots 7\%$, нужен фильтр, в котором $p = 7\%$; при $THD_u > 7\%$ нужен фильтр, в котором $p = 5,67\%$; при $THD_u > 10\%$ требуется специальная конструкция фильтра.

8. Подборка подходящих компонентов с использованием таблиц для компенсаторов с «расстроенным» фильтром и стандартные значения эффективной мощности, сетевого напряжения, частоты и определенного ранее коэффициента расстройки p [3].

Компенсация реактивной мощности имеет большое значение и является частью общей проблемы повышения КПД работы систем электроснабжения и улучшения качества электроэнергии.

Список литературы:

1. Минин Г.П. Реактивная мощность. – М.: Энергия, 1978. – 18с.
2. Красник В.В. Автоматические устройства по компенсации реактивной мощности в электросетях предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 136с.
3. Супронович Г. Улучшение коэффициента мощности преобразовательных установок: Пер. с польск. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 136с.

А.Ю. МОВЕНКО, Е.Л. НОЗДРАЧЕВА, канд. техн. наук, доцент

Обзор основных методов неразрушающего контроля сварных соединений

Для получения качественных сварных соединений на всех этапах их изготовления используются различные методы неразрушающего контроля, обеспечивающие выявление дефектов и их предупреждение. Вид и количество методов зависят от технической оснащенности сварочного производства и ответственности сварного соединения.

Целью работы является анализ методов неразрушающего контроля и выделения наиболее применяемых для контроля сварных соединений.

Во всех случаях для обнаружения дефектов сварных швов любого вида обязательно проводится визуально-оптический контроль с применением или без применения оптических средств и специальных приспособлений, луп, микроскопов и т.д. При этом виде контроля определяют непровары, наплывы, подрезы и другие дефекты, доступные обозрению. Данному контролю подвергают все виды сварных соединений, несмотря на использования дальнейших методов.

Радиационный контроль позволяет обнаружить в полости шва дефекты, невидимые при наружном осмотре. Сварной шов просвечивают рентгеновским или гамма-излучением, проникающим через металл, для этого излучатель размещают напротив контролируемого шва, а с противоположной стороны устанавливают рентгеновскую пленку, на которую засвечивается изображение детали. Лучи, проходя через металл, облучают пленку, оставляя в местах дефектов более темные пятна, так как дефектные места обладают меньшим поглощением.

Рентгеновский метод более безопасен для работающих, однако его установка слишком громоздка, поэтому он используется только в стационарных условиях.

Гамма-излучатели обладают значительной интенсивностью и позволяют контролировать металл большей толщины. Благодаря портативности аппаратуры и дешевизне метода этот тип контроля широко распространен в монтажных организациях. Но гамма-излучение представляет большую опасность при неосторожном обращении, поэтому пользоваться этим методом можно только после соответствующего обучения. К недостаткам радиографического контроля относят тот факт, что просвечивание не позволяет выявить трещины, расположенные не по направлению основного луча.

Ультразвуковой метод относится к акустическим методам контроля, обнаруживающим дефекты с малым раскрытием: трещины, газовые поры и шлаковые включения, в том числе и те, которые невозможно определить радиационной дефектоскопией. Принцип его действия основан на способности

ультразвуковых волн отражаться от границы раздела двух сред. В практике контроля качества сварки пользуются в основном эхо-импульсным методом.

К преимуществам ультразвукового контроля сварных соединений относят: большую проникающую способность, позволяющую контролировать материалы большой толщины; высокую производительность прибора.

К недостаткам системы можно отнести сложность определения вида дефекта. Поэтому ультразвуковой метод контроля иногда применяют в комплексе с радиационным.

Магнитные методы контроля основаны на выявлении магнитных потоков рассеяния, возникающих на кромках дефектов в намагниченных изделиях из ферромагнитных материалов. В зависимости от способа регистрации магнитного потока рассеяния, магнитные методы контроля делятся на магнитопорошковый, магнитографический, феррозондовый и магнитополупроводниковый. Для контроля качества сварки, как правило, используют два первых метода.

Суть магнитопорошкового метода состоит в том, что на поверхность намагниченной детали наносят ферромагнитный порошок в виде суспензии с керосином, маслом, мыльным раствором («мокрый» метод) или в виде магнитного аэрозоля («сухой» метод). Под действием сил, формируемых магнитными полями рассеяния, частички порошка перемещаются по поверхности детали и концентрируются в виде валиков над кромками дефектов. Формируемые порошком на поверхности изделия изображения соответствуют контурам поверхностных и подповерхностных дефектов.

Метод отличается высокой чувствительностью к тонким и мелким трещинам, простотой выполнения, оперативностью и наглядностью результатов. Этот метод широко применяют для контроля продольных сварных швов изделий, выполненных из магнитных материалов.

Суть магнитографического метода заключается в намагничивании контролируемого участка сварного шва и околошовной зоны с одновременной записью магнитного поля на магнитную ленту. Дальнейшее считывание полученной информации из нее специальными устройствами дефектоскопов магнитографов. Магнитографический метод, в основном, применяют для контроля стыковых швов, выполненных сваркой плавлением.

Из выше изложенного можно сделать вывод, что для достоверности выявления и определения характера дефекта, его местоположения и требований, предъявляемых предприятиями к продукции не всегда достаточно использование только одного вида контроля. Следовательно можно использовать их комбинацию или поочередно.

Список литературы:

1. Волченко В.Н. Контроль качества сварки / А.К.Гуревич, А.И.Майоров и др. // Машиностроение, 1975. - 328 с.
2. Ключев В.В. Неразрушающий контроль. Справочник. Том 3. / И.Н.Ермолов, Ю.В.Ланге. // Машиностроение, Москва, 2004 год.

О.А. НОСКО, Н.В. АНИЩЕНКО, канд.тех.наук., профессор

Представление частотно-регулируемого асинхронного электропривода как объекта управления в интервальном виде

В последнее время чрезвычайно актуально совершенствование технологических процессов и производств, повышение производительности существующего технологического оборудования и качества выпускаемой продукции, что определяет возрастание требований к автоматизированным электроприводам. Прежде всего, это относится к повышению точности регулирования выходных координат в установившихся и переходных режимах при воздействии внешних и параметрических возмущений.

Синтез любой системы автоматического регулирования (САР) проводится на основе математической модели объекта регулирования, которая должна соответствовать ряду противоречивых требований. С одной стороны, модель должна быть достаточно простой, чтобы процедура синтеза не была громоздкой, а полученные алгоритмы регулирования имели минимальную сложность. С другой стороны, модель должна отражать все основные особенности объекта регулирования, что позволяет обеспечить желаемые показатели качества системы автоматизированного электропривода.

Актуальной задачей на этапе синтеза замкнутой САР является выбор адекватной точечной модели из всего множества точечных, которые составляют интервальную модель объекта. Обычно для синтеза регуляторов используют точечный объект, параметры которого соответствуют номинальным значениям.

Цель исследования заключается в представлении математических аспектов описания системы ПЧ-АД с двухмассовой механической частью в интервальном виде, и получении аналитической модели объекта, пригодной для синтеза цифровой векторной системы управления частотно-регулируемого асинхронного электропривода. В дальнейшем точечные и интервальные модели могут быть использованы для синтеза и анализа замкнутых робастных систем управления АД.

Список литературы:

1. *Ишиматов З.Ш.* Микропроцессорное управление электроприводами и технологическими объектами. Полиномиальные методы / *З.Ш. Ишиматов.* Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007. 278 с.
2. *Перельмутер В.М.* Цифровые системы управления тиристорным электроприводом / *В.М. Перельмутер, А.К. Соловьев.* - К.: Техшка, 1983. 104 с.
3. *Поляк Б.Т.* Робастная устойчивость и управление / *Б.Т. Поляк, П.С. Щербаков.* М.: Наука, 2002. 303 с.

Н.М. ОБЧАРЕНКО, Г.М. СУЧКОВ, докт. техн. наук, профессор

Вихретоковый контроль металлоизделий с оценкой глубины дефектов

На сегодняшний день для контроля поверхности металлоизделий широко применяется вихретоковый метод, имеющий ряд преимуществ. Оценка глубины поверхностных трещин современными вихретоковыми дефектоскопами лежит в пределах до 5мм. Исследования возможности контроля глубоких дефектов вихретоковым методом малоизвестны, так как классически приняты ограничения обусловленные скин-эффектом.

Были проведены исследования разработанных вихретоковых преобразователей (ВТП) для контроля и оценки глубины поверхностных трещин.

Зависимости сигналов ВТП от глубины дефектов показаны на рис. 1.

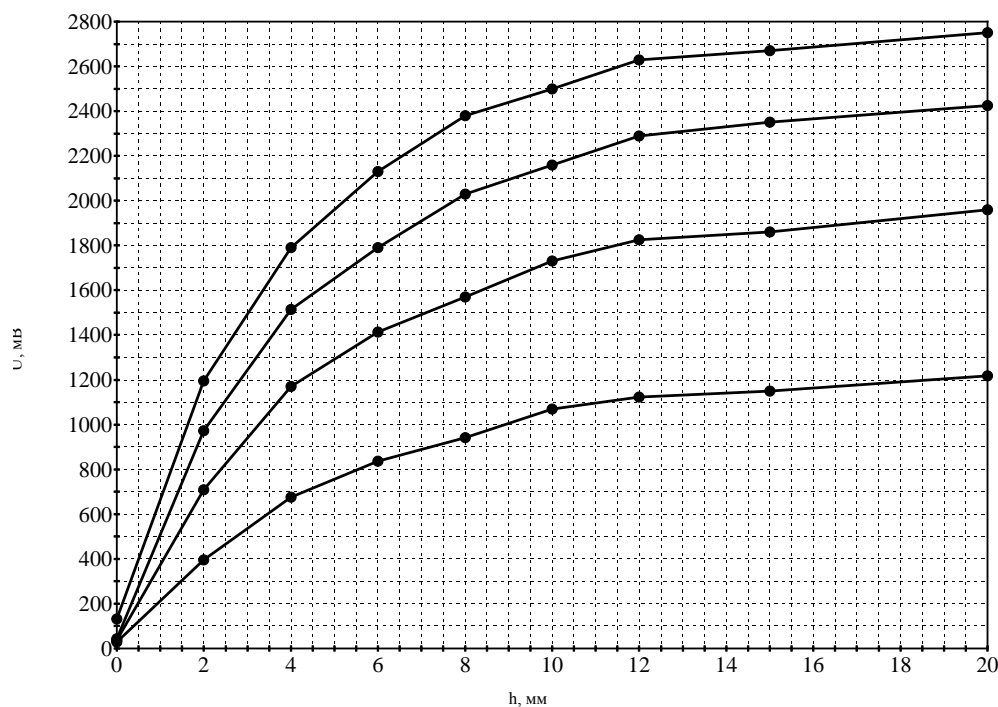


Рис. 1 – Зависимости сигналов ВТП от глубины дефектов на четырех частотах: 25, 50, 100, 200 кГц (кривые снизу – вверх соответственно)

Анализ результатов исследований показывает, что оценку глубины дефектов рационально проводить на частоте 200 кГц (на частотах более 250 кГц падает соотношение сигнал-шум). По полученным зависимостям был настроен дефектоскоп ВД-1ГД (разработка каф. ПМНК НТУ «ХПИ»). В лабораторных условиях прибор с достаточной достоверностью определяет глубину искусственного дефекта глубиной от 2 мм до 20 мм.

Таким образом, показана возможность оценки относительно глубоких поверхностных дефектов с помощью вихретокового метода.

А.С. ПАЛИЮК, С.Н. ДМИТРЕНКО, М.А. ШИШКИН, канд. техн. наук,
доцент, **К.В. КОЛЕСНИК**, канд. техн. наук

Система дистанционного мониторинга с передачей данных по беспроводному каналу связи

Создание современных и эффективных средств и систем первичного контроля физических показателей, универсальных по отношению к способам измерения физических параметров факторам мониторинга, мобильных с точки зрения возможности их быстрого разворачивания в различных условиях эксплуатации и относительно недорогих при условии высокой надёжности, является сейчас задачей актуальной и перспективной. К системам, работающим по такому принципу, в области мониторинга условий окружающей среды, в частности, можно отнести и мобильные радиотехнические системы экологического мониторинга (МРТС ЭМ) ЧС [1]. Учитывая наличие в Украине достаточно разветвленной сети мобильной GSM-связи, возможно использование именно её для данного класса систем. Помехоустойчивость и эффективность данных систем определяется возможностями применяемой мобильной сети и конструктивно-технологическими решениями их программно-аппаратной части [2].

Поскольку основной задачей исследовательской работы является получение практических результатов по передаче информации о физических параметрах по GSM-каналу связи, то решено использовать мобильную радиотехническую систему экологического мониторинга чрезвычайных ситуаций (рис. 1).

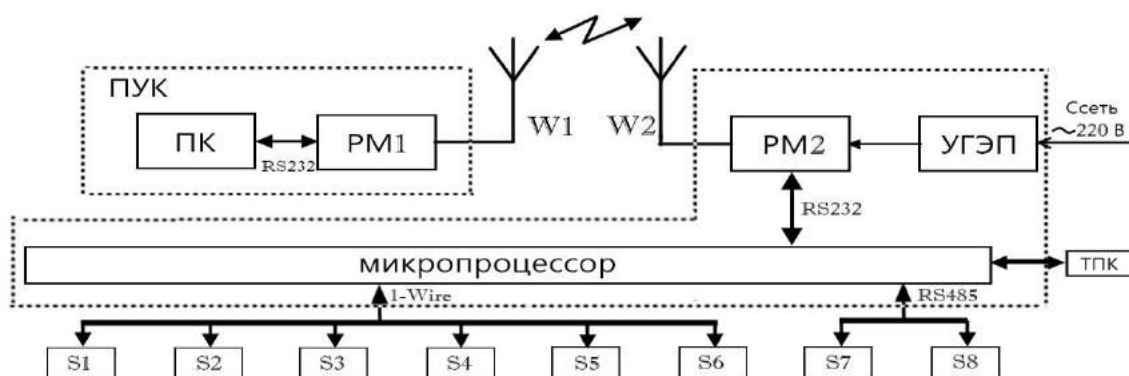


Рис.1 – Структурная схема МРТС ЭМ

Измерение параметров окружающей среды производится при помощи датчиков контроля S1-S8, которые подключены через соответствующие интерфейсы (RS485 и 1-Wire) ко входам контроллера GSM. В состав GSM-контроллера входит микропроцессор, который обеспечивает необходимый алгоритм опроса датчиков, производит первичное преобразование информации и формирование информационного кадра, который через интерфейс RS 232

передаётся в радиомодем. Радиомодемы (PM1 и PM2) осуществляют передачу команд управления и информации от датчиков контроля через радиоканал между GSM-контроллером и пультом управления и контроля (ПУК), расположенным в центре её обработки. Устройство гарантированного электропитания (УГЭП) GSM-контроллера обеспечивает автономное его питание от встроенных источников тока или от промышленной сети при её наличии. В качестве ПУК может использоваться любой персональный компьютер (ПК) при наличии в нём GSM-модема с применением специально разработанного программного обеспечения. Загрузка программ в микропроцессор осуществляется с технологического ПК (ТПК) через интерфейс RS232 [3].

Были проведены исследования по возможности получения информации с внешних датчиков МРТС ЭМ могут быть с успехом использованы для построения на базе МРТС ЭМ системы дистанционного мониторинга биофизических параметров с передачей данных по беспроводному каналу связи GSM. В качестве датчика физических параметров использовался интегральный датчик освещенности, полученная зависимость и часть массива данных с датчика показана на рис. 2.

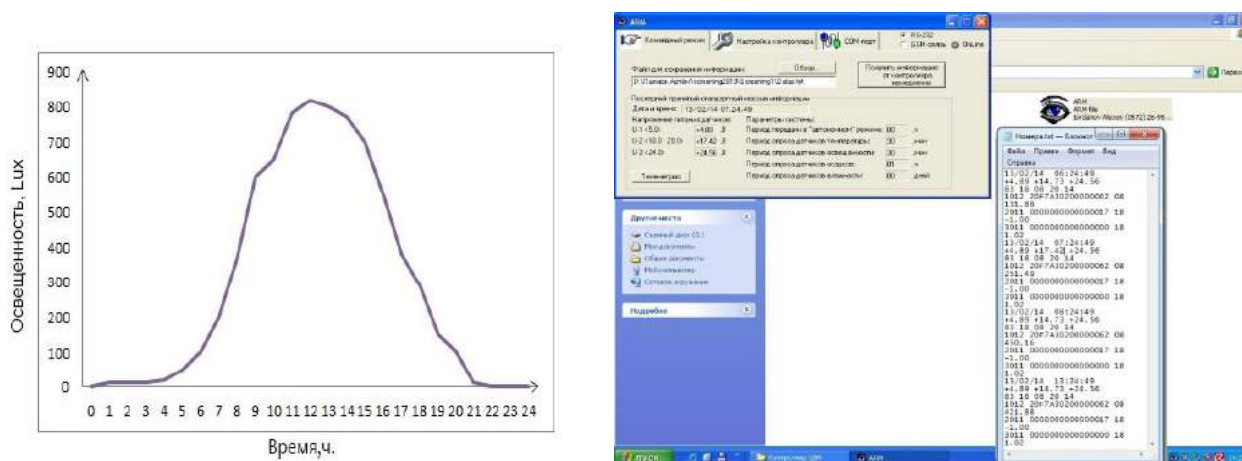


Рис.2 – График из данных и часть массива данных, полученные с датчика освещённости на протяжении дня

Предложенная МРТС ЭМ обеспечивает мобильность и универсальность в использовании, сравнительно низкую стоимость и простоту эксплуатации, что делает её достаточно интересной в плане использования в качестве быстроразворачиваемого поста контроля в структуре экологического мониторинга ЧС.

Список литературы:

1. МНПК «современные информационные и электронные технологии»
2. <http://siblink.ru/modems.htm> GSM-модемы. 3G модемы.
3. Гусельников М.Э., Бородин Ю.В. Методы и приборы контроля окружающей среды и экологический мониторинг: учебное пособие.-Томск: издательство Томского Политехнического университета, 2010.-176 с.

О.С. ПОЙМАНОВА, Е.Л. НОЗДРАЧЕВА, канд. техн. наук, доцент

Высоко- и низкочастотные методы контроля длинномерных металлоизделий

Ультразвуковой контроль (УЗК) – является одним из методов неразрушающего контроля и позволяет измерять геометрические параметры, например толщину при одностороннем доступе к изделию, физико-механические свойства материалов, а также обнаруживать скрытые внутренние дефекты в объектах контроля без их разрушения или разделения. При проведении УЗК немаловажную роль играют частоты, на которых проводится контроль. Выбор частоты посылок зондирующих импульсов определяется задачами контроля, размерами и геометрической формой объекта контроля.

Правильный выбор частоты посылаемых ультразвуковых импульсов обеспечивает необходимую чувствительность ультразвукового контроля. Чем выше частота, тем меньше длина УЗК в контролируемом изделии и тем лучше условия отражения их от дефектов. Повышение частоты прозвучивания увеличивает направленность излучения и приема. При этом возрастает отношение отраженной от дефекта энергии к общей энергии, вводимой в изделие, что также способствует повышению чувствительности контроля.

Однако с увеличением частоты повышается коэффициент затухания УЗК в металле, ухудшаются условия их прохождения через поверхность ввода, увеличивается интенсивность отражений от границ зерен и неоднородностей металла, не являющихся дефектами. Частота колебаний при контроле определяется в основном коэффициентом затухания, уровнем структурной реверберации металла и габаритами контролируемого изделия. Зная эти характеристики, можно оценить и выбрать оптимальную частоту, которая обеспечит наибольшую чувствительность контроля при минимальных потерях энергии на рассеяние и поглощение ее зернами металла.

Контроль проката (листов, труб, трубопроводов, рельсов и т.д.) проводят на высоких частотах. Высокочастотный (ВЧ) ультразвук (УЗ) распространяется на небольшие расстояния. С помощью ВЧ волн есть возможность определения таких дефектов (несплошностей) как расслоение, деформированные шлаковые включения, а также специфические дефекты: рванины - надрывы на поверхности, риски - канавки на поверхности, пресс-утяжины - конусообразные несплошности в центральной части, шевроны - разрывы в осевой зоне. Дефекты обычно вытянуты вдоль направления прокатки. Все эти дефекты удовлетворительно выявляются при ВЧ УЗ-контроле. ВЧ УЗ-контроль характеризуется большим затуханием, что не позволяет проводить контроль на большие расстояния. При этом поверхность контролируемого изделия приходится тщательно очищать и производить дополнительный контроль торцов прокатки, что требует не только значительных затрат времени, но и средств на подготовку поверхности.

Во всем мире эксплуатируется множество протяженных инженерных конструкций и других объектов, основными из которых являются нефте - и газопроводы , железнодорожные рельсы , тепло - и водомогагистрали , основания морских платформ , каналы вантовых мостов, плоские речные сваи , и т.п. Результатом длительной эксплуатации этих конструкций в естественных условиях является образование в них повреждений различного происхождения и формы (трещины , коррозия и т.п.). Для предотвращения аварийных ситуаций при эксплуатации таких протяженных объектов должен постоянно проводиться мониторинг их технологического состояния. Однако используемые в течение последних пятидесяти лет методы контроля протяженных инженерных сооружений имеют основной недостаток: с определенного места может быть проконтролировано только небольшая по площади зона с максимальными размерами, измеряемыми десятками миллиметров. Это значит, что для контроля протяженных конструкций, таких как трубопроводы и трубные, мостовые канаты, рукавные части оснований морских платформ и др. Необходимы большие временные и финансовые затраты. Кроме того, эти методы контроля требуют доступа непосредственно ко всем участкам конструкции в целом. Расходы на обеспечение доступа к поверхностям конструкции могут превышать расходы по диагностике конструкции в 5 ... 10 раз, что приводит к увеличению общих расходов.

С помощью направленных НЧ волн можно обнаружить коррозионные участки на внутренних и внешних поверхностях трубы. При этом направлены волны характеризуются небольшим затуханием, что позволяет контролировать объект от нескольких десятков метров до нескольких километров.

Производительность НЧ УЗ – контроля, по сравнению с традиционным ВЧ на несколько порядков выше. При этом значительно сокращается стоимость вспомогательных мероприятий, связанных с: снятием и повторным наложением изоляции за исключением мест, где крепится антенна с преобразователями; возможностью контроля недоступных участков, на которых находятся накладки, зажимы, а также секции, поднятые над землей или находятся под землей, 100 % -й контроль всего сечения металла.

Список литературы:

1. Неразрушающий контроль: справочник в 7 т. Т.3. Ультразвуковой контроль / В.В.Клюев, И.Н.Ермолов, Ю.В. Ланге ; под ред. В.В.Клюева. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с.
2. Выборнов Б.И. Ультразвуковая дефектоскопия / Б.И. Выборнов. – М.:Металлургия, 1985. – 256 с.
3. Сучков Г.М. Підвищення продуктивності й надійності виявлення дефектів в стрижнях / Г.М. Сучков, К.Л. Ноздрачова// Вісник НТУ“ХПІ”. – 2008. – Вип. 48. – С. 104–109.
4. Дымкин Г.Я. Акустический тракт при эхоимпульсном контроле ограниченных протяженных изделий / Г.Я. Дымкин // Дефектоскопия. – 1990. – № 6. – С.18–24.
5. Акустическая дефектоскопия прутков с использованием многократных отражений / Г.А. Буденков, О.В. Недзведская, Б.А. Буденков и др. //Дефектоскопия. – 2004. – №8 – С. 52–58.

В.В.САМОЙЛЕНКО, Р.С.ТОМАШЕВСКИЙ, канд. техн. наук, доцент

Использование барьерного разряда для получения озона в медицине

Озон – это газ, состоящий из трёхатомных молекул O_3 , представляет собой аллотропную модификацию кислорода. Он обладает высоким окислительным, противовирусным и антибактериальным действием. Озон находит широкое применение в медицинской практике: лечебное, стерилизация медицинского инструмента, дезинфекция больничных и медицинских технических помещений. Каждая из сфер применения озона в медицине имеет специфические требования к диапазонам концентраций озона, скорости подачи озono-кислородной смеси (ОКС) или озono-воздушной смеси (ОВС), погрешностями задания этих параметров, общей производительности. Все эти требования могут быть обеспечены за счет технических средств, а именно за счет медицинских озонаторов.

Одной из составных частей таких устройств является блок генерации озона, и в большинстве случаев именно он определяет основные технические характеристики озонатора.

На сегодняшний день существуют различные методы получения озона: электролитические, фотохимические, электрофизические. Анализ технического обеспечения показал, что наиболее часто в медицинских генераторах озона используют блоки в основу работы которых положено явление барьерного разряда.

Барьерный разряд – это разряд в узком газовом зазоре, между плоскими или коаксиальными электродами, один из которых (или оба) покрыты слоем твердого диэлектрика.

Такой способ получения озона на сегодня является наиболее экономичным и энергоэффективным.

Основным блоком генератора озона является разрядная камера. Существуют два основных вида камеры: с одним диэлектриком и с двумя диэлектриками. Они имеют различное строение, каждое из которых имеет свои достоинства и недостатки. Поэтому целью дипломной работы является разработка модели разрядной камеры с наилучшими требуемыми характеристиками, моделирование протекания барьерного разряда и распределение потока воздуха в ней.

Список литературы:

1. Пичугин Ю.П. "Генераторы озона и озонные технологии". – Москва, 2000. – с.43-50.
2. В.В. Лунин, М.П. Попович, С.Н. Ткаченко. "Физическая химия озона". – Москва.,1998. – с. 43-48.
3. Самойлович В.Г., Гибалов В.И., Козлов К.В. "Физическая химия барьерного разряда". – М., 1989. –с.67-69.

Р.Я. СЕЛЕПІЙ, Б.В. КЛИМЕНКО, докт. техн. наук, професор,
О.О. ЧЕПЕЛЮК, канд. техн. наук, доцент

Особливості застосування повітряних відмикачів з мікропроцесорними розчіплювачами та мікропроцесорних контролерів автоматичного вмикання резерву (АВР) у пристроях АВР напругою 0,4 кВ

Пристрої АВР використовуються в системах гарантованого електропостачання промислових підприємств, об'єктів зв'язку і транспорту, медичних установ, банківської сфери для забезпечення надійності електропостачання споживачів I категорії та виконують функцію автоматичного перемикачів між основним і резервним джерелами живлення в разі появи несправності, або неприпустимому відхиленні параметрів мережі в одному з них [1–2]. Діапазон номінативних струмів сучасних пристроїв АВР напругою 0,4 кВ сягає до 6300 А. В діапазоні струмів понад 1600 А найбільш поширеними є електромеханічні пристрої АВР, реалізовані на повітряних відмикачах з мікропроцесорними розчіплювачами, керованих мікропроцесорними контролерами АВР, у яких відмикач одночасно виконує функції двох апаратів - захисного та комутуючого [3–4]. Такі технічні рішення пристроїв АВР мають певні конструктивні та функціональні особливості, які потребують додаткового аналізу та врахування для виключення можливих технічних збоїв у роботі АВР і більш широкого використання функціональних можливостей вказаних пристроїв.

Повітряні відмикачі на струми понад 1600 А виконуються у металевому каркасі і, як правило, в базовій комплектації являють собою вимикач-роз'єднувач, що здатен лише на комутацію кіл в ручному режимі. Комплектування відмикача здійснюється згідно опитувального листа, де замовник вказує всі необхідні аксесуари для виконання певних функцій (це, наприклад, моторний привід для зведення пружини, вмикаюча котушка, незалежний розчіплювач, розчіплювач мінімальної напруги, сигнальні контакти, блокувальний механізм та ін.). Для виконання захисних функцій такі відмикачі комплектуються мікропроцесорними розчіплювачами, які дають можливість налаштування в них різноманітних часо-струмових характеристик для захисту лінії від струмів короткого замикання, струмів перевантаження, струмів витоку, згідно з якими буде працювати відмикач. Окрім цього, мікропроцесорні розчіплювачі сучасних повітряних відмикачів здатні виконувати функції взагалі непридатні для термомагнітних розчіплювачів, а саме: функцію автоматичного повторного ввімкнення (АПВ), захист від асиметрії фаз, захист від пониженої напруги, захист від перенапруги, захист від зворотної потужності, захист від пониженої частоти мережі, захист від підвищеної частоти мережі. Для унеможливлення замикання двох відмикачів на навантагу в пристроях АВР необхідно вводити їх механічне блокування, адже повністю виключити невірну роботу контролера АВР неможливо. У повітряних відмикачах таке блокування здійснюється за допомогою тросів, які під'єднуються до встановлених у відмикачках блокувальних механізмів та дають можливість встановлювати відмикачі на відстані у кілька метрів один від одного. Наявність сигнальних контактів у відмикачках дозволяє реалізовувати електричне блокування замикання двох відмикачів на навантагу.

Мікропроцесорні контролери АВР випускаються у вигляді окремих функціональних блоків у модульному або щитовому виконаннях і, в залежності від призначення АВР, можуть виконувати контроль напруг живлення; забезпечувати (за необхідності) певні витримки часу при перемиканні в разі відхилення напруги живлення робочого (в даний момент часу) уводу від норми; видавати, в разі аварійних ситуацій у живильних лініях, команди силовим комутуючим апаратам на перемикання уводів, а також виявляти аварійні режими в лініях електроприймачів і видавати команди на їх відключення (без перемикання на інший увід).

Крім зазначених вище функцій, сучасні мікропроцесорні контролери АВР дозволяють також контролювати частоту і фазу обох джерел живлення та дозволяти перемикання тільки в тому випадку, якщо фазове зміщення не перевищує допустимого. Крім цього мікропроцесорні контролери АВР дозволяють вимірювати в цифровому вигляді не тільки величину напруги і струму в кожній фазі, а й інші важливі параметри (реактивну складову струму, середні значення напруги і струму, $\cos \varphi$, К-фактор, активну і реактивну потужності, кількість спожитої електроенергії в кВт·год, перекис фаз у %), а також підраховувати кількість перемикань і складати протокол перемикань в реальному масштабі часу.

Контролери АВР оснащуються інформаційними табло, на які, за необхідності, виводиться зазначена інформація і, як правило, мають можливість підключення до комунікаційного порту персонального комп'ютера безпосередньо або через телефонну лінію. У сукупності зі спеціальним програмним забезпеченням це дозволяє дистанційно керувати і контролювати стан пристрою АВР, а також контролювати витрати електроенергії та її якість.

Аналізуючи функціональні можливості сучасних повітряних відмикачів з мікропроцесорними розчіплювачами та мікропроцесорних контролерів АВР слід відзначити, що пристрої АВР, реалізовані на їх основі водночас є найбільш функціональними у порівнянні з іншими пристроями АВР та найбільш складними не лише з точки зору їх проектування та підбору відповідного обладнання і аксесуарів, але й з точки зору їх налаштування під конкретні умови експлуатації – при невірно вибраному обладнанні, по меншій мірі, можливі зайві фінансові витрати, а наслідком невірної роботи АВР, у тому числі і через неправильне налаштування, може стати аварія з серйозними наслідками. Окремо також слід зазначити, що при проектуванні та налаштуванні вказаних пристроїв АВР слід уникати дублювання окремих функцій одночасно на контролері АВР та розчіплювачах відмикача (наприклад захист від відхилення частоти та ін.), інакше робота пристрою АВР може бути порушена.

Список літератури:

1. Правила улаштування електроустановок. 2-ге вид., перероб. і доп. - Харків: Вид-во «Форт», 2009. - 736 с.
2. *Клименко Б.В.* Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс: навчальний посібник (видання друге, допрацьоване та доповнене). – Харків: Вид-во «Гочка», 2013. – 400 с.
3. *Кулакевич О.М., Клименко Б.В.* Автоматичне вмикання резерву – надійний засіб безперебійного електропостачання // Електротехніка і електромеханіка. Харків. 2010.– №1. – с.55-60.
4. *Чепелюк А.А., Емельянов В.Л.* Анализ конструктивных схем электромеханических устройств автоматического включения резерва напряжением 0,4 кВ // Вісник НТУ "ХПІ". - 2010. - № 55. – с.113-119.

S. SKLIAR, G. ZHEMEROV, Dr.Sci.Tech, Prof

Energy Conversion Systems in Windpower Engineering

Contemporary wind power is one of the rapidly developing sectors of renewable energy, it based on transformation of wind energy into a useful form of energy. Wind power, as an alternative to fossil fuels, is plentiful, renewable, widely distributed, clean, produces no greenhouse gas emissions during operation and uses little land. The effects on the environment are generally less problematic than those from other power sources.

Nowadays wind power farms located in offshore and onshore. Offshore wind is steadier and stronger than on land, and offshore farms have less visual impact, but construction and maintenance costs are considerably higher [1].

By the end of 2013 global installed wind power generation capacity reaches 318 GW [2].

For effective conversion of wind energy into electrical power applied conversion systems. The typical energy conversion systems consist of a turbine rotor, a gearbox, a generator, power electronic converter, power transformer, and grid connection.

Particular interest is the generator and power electronics unit. The generator converts the mechanical power, which being fed into a grid possibly through power electronic converters, and transformer with circuit breakers and electricity meters. The two most common types of electrical machines used in wind turbines are induction generators and synchronous generators. Power converter is the interface between the generator and the grid. Power electronic converters are constructed by semiconductor devices, driving, protection, and frequency conversion and control. A converter, depending on the topology and application, may allow both direction of power flow. There two different types of converter system: grid commutated and self-commutated convert system. The grid commutated converters are mainly thyristor converters with high power capacity of 6 or 12 or even more pulses [3, 4].

References:

1. Fthenakis, V.; Kim, H. C. (2009). "Land use and electricity generation: A life-cycle analysis". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **13** (6–7): 1465.
2. Report of the World Wind Energy Association in 2013
3. M.P. Kazmierkowski, R. Krishnan, and F. Blaabjerg, Control in Power Electronics – Selected Problems. London, U.K.: Academic, 2002.
4. Z. Chen and E. Snooper, "Voltage source inverters for high-power, variable-voltage dc power sources," Proc. Inst. Electr. Eng. Generation, Transmiss. Distrib., vol. 148, no 5, pp. 439-447, Sep. 2001

Г.С. СКРИПНІК, С. Г. ЛЬВОВ, канд. техн. наук, доцент

Дослідження хроматографічних методів і засобів газового аналізу

Хроматографічний метод аналізу дозволяє вирішити одну із найактуальніших задач – аналіз багатокомпонентних сумішей речовин.

В хроматографічному методі суміш речовин, що має бути проаналізована, подається в шар нерухомої фази-сорбенту і разом з рухомою фазою переміщується вздовж всього шару сорбенту.

Кожен із компонентів суміші взаємодіє з сорбентом нерухомої фази. При цьому відбуваються процеси сорбції і десорбції, які для кожного із компонентів суміші мають різну швидкість, в результаті чого забезпечується висока ефективність розділення багатокомпонентної суміші речовин.

Хроматографічний аналізатор-пристрій, принцип дії якого базується на розділенні складної багатокомпонентної суміші на окремі компоненти в процесах сорбції і десорбції компонентів при русі суміші вздовж сорбенту, і на подальшому визначенні концентрації кожного із компонентів.

Перспективним є застосування методів і засобів газової хроматографії для ідентифікації і вимірювання мікроконцентрацій шкідливих речовин в повітрі, які здійснюються з високою селективністю і точністю.

Хроматографія дозволяє розділяти і аналізувати будь-які газоподібні і рідкі речовини, що недоступно іншим аналітичним методам.

За допомогою хроматографії можна аналізувати як малу, так і велику кількість суміші.

Хроматографічні аналізатори умовно можна поділити на дві групи:

- хроматографічні аналізатори, що призначені для вирішення конкретної аналітичної задачі;
- універсальні хроматографічні аналізатори, що призначені для вирішення різноманітних аналітичних задач.

Сучасні хроматографічні аналізатори характеризуються блочною конструкцією, широким набором детекторів та наявністю найрізноманітніших додаткових пристроїв. Процеси аналізу хроматограф, ідентифікація і кількісна обробка результатів виконуються за допомогою сучасної мікропроцесорної техніки і систем автоматичної обробки результатів вимірювання.

Список літератури:

1. Айвазов Б.В. Введение в хроматографию.-М.: Высшая школа, 1983.-240с.
2. Грушка Э. и др. Количественный анализ хроматографическими методами./ Пер с англ.- М.: Мир, 1990.-319с.
3. Лурье А.А. Хроматографические материалы: Справочник .-М.: Химия,1978. -439с.
4. Экспериментальные методы адсорбции и молекулярной хроматографии./ Под ред. Ю.С. Никитина, Р.С. Петровой. 2-е изд.- М.: Изд-во МГУ,1990 -315с.
5. Гуревич А.Л. и др. Автоматический хроматографический анализ.-Л.Химия,1980.- 192с.

І.О. СЛЕПУЩЕНКО, Ю.В. ХОМЯК, канд. техн. наук

Термокондуктометричні газоаналізатори

При проведенні екологічного моніторингу довкілля застосовують фізичні, фізико-хімічні і хімічні методи аналізу [1].

Фізичні методи аналізу базуються на вимірюванні фізичних величин, які притаманні речовині, що аналізується, наприклад, вимірювання густини, в'язкості, теплопровідності, магнітної сприйнятливості, показника заломлення, коефіцієнта поглинання.

Фізико-хімічні базуються на хімічних перетвореннях речовини і вимірюванні фізичних величин, що супроводжують ці перетворення, наприклад, температури або інтенсивності випромінювання.

Хімічні базуються на хімічних перетвореннях і вимірюванні складу речовин (кількісний аналіз), або отриманні інформації про те, з яких речовин складається об'єкт, що досліджується (якісний аналіз).

Найбільш технологічними у виробництві є термокондуктометричні газоаналізатори. Вони не потребують складних хімічних реактивів та можуть використовуватися для широкого кола газових сумішей [2–3].

Робота термокондуктометричних газоаналізаторів заснована на залежності теплопровідності газової суміші від наявності різних компонентів, що входять до її складу. Вимірювальна частина датчика представляє зазвичай циліндричний канал, що заповнюється газовою сумішшю і виконана з матеріалу що добре проводить тепло. Усередині каналу розташовується нагрівальний елемент, який живиться від джерела напруги. При заповненні каналу повітрям за умови стабільного струму, температура нагрівального елемента буде мати певне значення, при якій кількість тепла, отриманого елементом, дорівнюватиме кількості тепла, що віддається їм матеріалу каналу внаслідок теплопровідності суміші. Якщо замість повітря канал буде заповнений газом із теплопровідністю що відрізняється, то температура нагрівального елемента зміниться, причому, якщо теплопровідність газу буде більше теплопровідності повітря, то температура елемента знизиться, а якщо менше - підвищиться. Отже, вимірюючи температуру нагрівального елемента за допомогою датчиків температури, можна судити про процентний вміст в суміші компонентів з певною теплопровідністю.

Газоаналізатор даного типу може використовуватися для вимірювань відносних концентрацій He, Ar, H₂, CO₂, парів води у складі газових сумішей з O₂, N₂ (повітрям) та інш.

Список використаних джерел:

- 1 Порєв В.А. Аналітичні екологічні прилади та системи / В.А. Порєв, О.А. Дашковський, Я.Л. Миндюк, Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, – 2009 – 267с.
2. Джексон Р.Г. Новейшие датчики / Р.Г. Джексон, – М.: Техносфера, – 2007. – 384 с.
3. Розинов Г.Л. Автоматические анализаторы и измерительные комплексы контроля загрязненной атмосферы. — Приборы и системы управления, – 1994, – № 9 – С.22-37.

П.О. СОСОННЫЙ, А.В. ЕРЕСЬКО, канд. техн. наук, доцент

Система выпрямления на основе параллельного соединения вентильных мостов

В современных условиях при использовании мощных ключевых полупроводниковых приборов (IGBT транзисторов, GTO и IGCT тиристоров) изменилась стратегия построения выпрямительных устройств и законов управления. Наметилась тенденция к переходу к усложненным законам управления, применение которых не только позволяет поддерживать основные рабочие параметры в заданных пределах, но и значительно снизить, как уровень потребления реактивной мощности, так и уровень высших гармоник.

Целью работы является исследование систем выпрямления на базе современных ключевых полупроводниковых приборов.

Выпрямитель — устройство, преобразующее переменный ток в постоянный — нерегулируемый на диодах и регулируемый на тиристорах. Для тиристорных выпрямителей используется система импульсно-фазового управления (СИФУ), предназначенная для формирования последовательности управляющих импульсов синхронизированные с частотой питающей сети и подаваемые на управляющие переходы силовых вентильных комплектов. Со времен построения первых выпрямителей используется аналоговые СИФУ, Информационная часть систем управления строится на базе интегральных микросхем. Функциональная схема СИФУ [3] приведена на рис. 1 [3]:

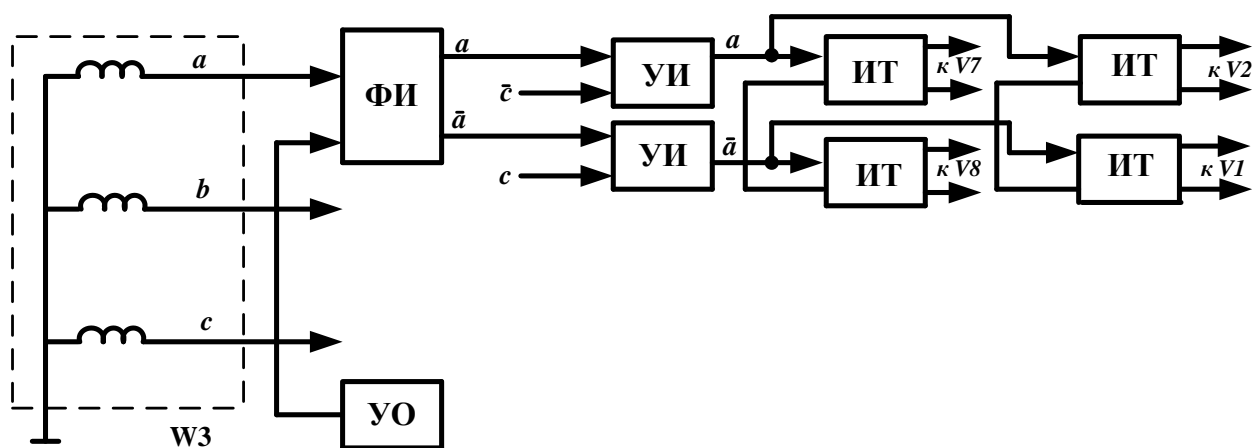


Рис. 1 – Функциональная схема СИФУ

СИФУ состоит из следующих основных узлов: источника синхронизирующего напряжения — ИСН; формирователей импульсов —

ФИ1...ФИЗ; управляющего органа – УО; усилителей импульсов – УИ, импульсных трансформаторов.

Перспективными являются преобразователи на основе компенсированных управляемых выпрямителей (КУВ) [2]. Вентильная часть которых в общем случае состоит из одной или нескольких вентильных групп на однотипных или разнотипных управляемых вентилях. Способ управления 12-ти пульсными КУВ [2], выполненных на основе параллельного соединения вентильных мостов, имеет более сложную структуру из-за наличия уравнивающих токов, протекающих между вентильными мостами. На рис. 2 приведена схема [2] двенадцатипульсного параллельного КУВ с одной вентильной обмоткой преобразовательного трансформатора и временные диаграммы напряжений вентильных мостов.

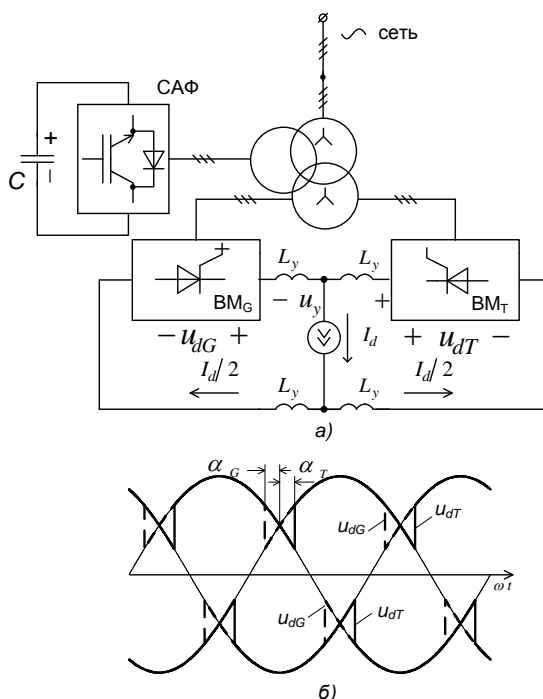


Рис. 2 – Схема и временные диаграммы напряжений двенадцатипульсного параллельного КУВ

В ходе изучения аналогов управляемых выпрямителей и стоящих перед ними задач были определены наиболее перспективные схемные решения, а также было принято решение использовать цифровую схему СИФУ на базе микроконтроллера, что даёт ряд преимуществ: снизить габариты СИФУ, уменьшить стоимость, повысить надежность всего изделия и получить гибкость в управлении.

Список литературы:

1. М.В.Гельман, М.М.Дудкин, К.А.Преображенский Преобразовательная техника(2009)
2. Бутова О.А. Анализ принципов построения систем управления многопульсными выпрямителями.
3. <http://msd.com.ua/dvigateli-postoyannogo-toka/komplektnyj-elektroprivod-podachi-tipa-btu3601/>

Д. В. ТИТОВ, Е. Л. НОЗДРАЧЕВА, канд. техн. наук, доцент

Метод измерения поглощённой радиационной дозы на линейном ускорителе электронов

В данной работе рассматриваются колориметрический и химический методы радиационной дозиметрии на линейных ускорителях электронов до 10 МэВ.

На линейных ускорителях электронов, с мощностью излучения до 10 МэВ при наличии конвейера, производится радиационная обработка медицинских изделий (стерилизация), таких как: вата, таблетки, салфетки, бинты, и т.д. Стерилизация необходима для выпуска в использование перевязочных средств, применение которых предусматривает контакт с раневой поверхностью. В производстве медицинских изделий применяются фильтрование, термический, химический и радиационный методы стерилизации. Для финишной стерилизации перевязочных средств в упаковке рекомендован радиационный метод, при котором применяется как электронное, так и тормозное рентгеновское излучения с использованием радиационно-технологических ускорителей электронов промышленного применения.

Радиационная дозиметрия производится для определения необходимой дозы обработки объекта, которая зависит от материала объекта, чистоты производства медицинских изделий других факторов.

После определения необходимой радиационной дозы, целая партия медицинской продукции проезжает на конвейере, где облучается пучком электронов. Распределение дозы зависит от разных факторов: скорости конвейера, энергии, среднего тока, от ширины сканирования, и от частоты посылок импульсов.

После окончания обработки, продукция возвращается заказчику. Частным предпринимателям, больницам, аптекам, и т.д.

Следовательно, такая стерилизация медпродукции эффективна, экологически безопасна и технологична (стерилизуется полностью готовое и упакованное изделие).

Список литературы:

1. Ростов В.В. Сильноточный импульсно-периодический ускоритель электронов прямого действия как средство стерилизации медицинских изделий однократного применения / В.В. Ростов, П.И. Алексеенко, П.В. Выходцев и др. / Известия. – Томск : Томский политехнический университет. – 2012. – Т. 321. № 2. – С. 48.
2. Романовский С.К. Сравнение методов измерения профиля сканируемого пучка электронов/ Титов, Д.В., Шевченко В.А., Ванжа С.А., и др./ВАНТ – Харьков : ННЦ «ХФТИ» - 2014. [находится в печати].

О.М. ТОКАР, С.М. ГЛОБА, канд. техн. наук, доцент

Капілярний контроль виробів складної поверхневої форми

Підвищення рівня надійності та збільшення ресурсу машин та інших промислових об'єктів можливо тільки за умови випуску продукції високої якості в усіх галузях машинобудування. Це вимагає безперервного вдосконалювання технології виробництва та методів контролю якості. Для забезпечення високої експлуатаційної надійності машин і механізмів велике значення має також періодичний контроль їхнього стану без демонтажу або з обмеженим розбиранням, вироблений при обслуговуванні в експлуатації або при ремонті.

Серед різноманітних видів НК для контролю поверхневих дефектів знайшов широке використання капілярний неруйнівний контроль (КНК). Капілярні методи засновані на капілярному проникненні індикаторних рідин (пенетрантів) у порожнини поверхневих і наскрізних несучільностей матеріалу об'єктів контролю й реєстрації індикаторних слідів, що утворюються, візуальним способом або за допомогою перетворювача для виявлення невидимих або слабовидимих неозброєним оком поверхневих та наскрізних дефектів (тріщини, пори, раковини, непровари, тощо) в об'єкті контролю (ОК), визначення їх розташування, протяжності і орієнтації по поверхні [1–4]. Необхідною умовою виявлення дефектів типу порушення суцільності матеріалу капілярними методами є наявність порожнин, вільних від забруднень і інших речовин, що мають вихід на поверхню об'єктів і глибину поширення, що значно перевищує ширину їх розкриття [2, 3].

Капілярний неруйнівний контроль дозволяє діагностувати об'єкти будь-яких розмірів і форм, які виготовлені з чорних і кольорових металів, сплавів, пластмас, скла, кераміки, а також інших твердих неферромагнітних матеріалів, починаючи від корпусу ракети і закінчуючи мініатюрною лопаткою турбореактивного двигуна, які мають дуже складну форму і виконані з немагнітних матеріалів. І тільки капілярні методи забезпечують повний контроль всій поверхні лопатки, гарантуючи безпечну роботу авіадвигуна і всього літального апарату.

Капілярні методи знаходять широке застосування в енергетиці, авіації, ракетній техніці, суднобудуванні, хімічній промисловості, в машинобудуванні, медицині. З чутливості по вітчизняному класу 1 (ширина розкриття дефектів менше ніж 1 мкм) контролюють лопатки турбореактивних двигунів, ущільнювальні поверхні клапанів і їх гнізд, металеві прокладки ущільнювачів фланців та ін. По класу 2 (ширина розкриття дефектів 1–10 мкм) перевіряють корпуси та антикорозійні наплавлення реакторів, основний метал і зварні з'єднання трубопроводів, деталі підшипників. По класу 3 (ширина розкриття дефектів 10–100 мкм) перевіряють кріплення ряду об'єктів, по класу 4 (ширина розкриття дефектів 100–500 мкм) – товстостінне лиття. Залежно від конфігурації виробу (ступеня складності геометрії поверхні), можуть бути запропоновані декілька способів нанесення дефектоскопічних матеріалів: зануренням виробу у ванну або аерозольним розпиленням з повітряних розпилювачів. Залежно від необхідної

продуктивності і ваги виробу, може бути запропонована різна ступінь автоматизації ділянки контролю: від монолітних постів контролю до автоматизованих ліній замкнутого циклу транспортування виробів.

В результаті проведення необхідних досліджень в роботі були досліджені кольоровий та флуоресцентний капілярні методи контролю на конкретних зразках складної геометричної форми, був проведений контроль із використанням сучасних зарубіжних наборів дефектоскопічних матеріалів ("MR-CHEMIE" GMBH, OVERCHECK, "HELLING" GMBH) та зроблені висновки щодо доцільності використання. На рис. 1 показані результати виявлення поверхневих дефектів у виробі складної форми.

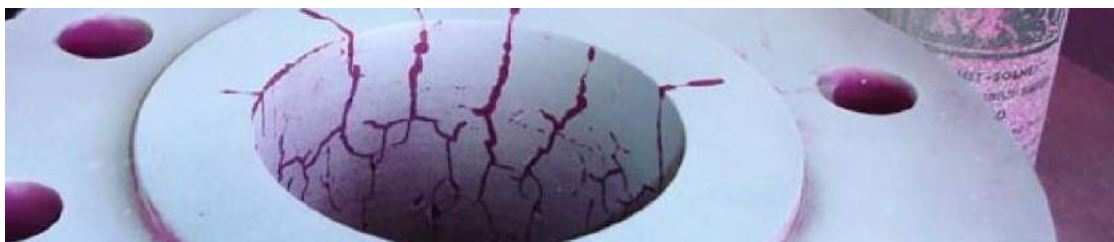


Рис.1 – Виявлення поверхневих дефектів у виробі складної форми

При контролі виробів складної геометричної форми у більшості випадків за технічними вимогами необхідно виявляти настільки малі дефекти, що помітити їх при візуальному та вимірювальному контролі практично неможливо, а при вихрострумовому контролі необхідні умови доступу вихрострумових перетворювачів к поверхні ОК, що іноді не можливо при виявленні поверхневих дефектів із-за складної форми виробів. У таких випадках на практиці добре зарекомендували себе капілярні методи контролю, особливо кольоровий та флуоресцентні методи. Таким чином, маючи високу чутливість, капілярні методи контролю не вимагають складних і дорогих технічних засобів, є зручними в переносці при розміщенні набору дефектоскопічних матеріалів у невеликому кейсі, технологія капілярного контролю порівняно проста та дефектоскопічні матеріали цілком доступні, а перевірка на наявність поверхневих дефектів у виробках складної геометричної форми показала широке застосування капілярних методів контролю в усіх галузях машинобудування.

Список літератури:

1. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. / Под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 4: В 3 кн. Кн. 1: В.А. Анисимов, Б.И. Каторгин, А.Н. Куценко и др. Акустическая тензометрия. Кн. 2: Г.С. Шелихов. Магнитопорошковый метод контроля. Кн. 3: М.В. Филинов. Капиллярный контроль. – 2-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2006. – 736 с.
2. Глоба С.Н. Капиллярный неразрушающий контроль. Чувствительность и оценка результатов контроля: Учебн.-метод. пособие / С.Н. Глоба, Б.М. Горкунов. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2005. – 72 с.
3. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования: ГОСТ 18442-80. – М.: Госстандарт, 1980. – 16 с.
4. Глоба С.Н. Особенности проведения капиллярного метода неразрушающего контроля / С.Н. Глоба, Н.Ф. Хорло, С.В. Сторожженко // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ "ХПИ", 2010. – № 12.– С. 122-127.

Е.А. ТОПЧИЙ, Р.С. ТОМАШЕВСКИЙ, канд. техн. наук, доцент

Моделирование слуховой системы человека для исследования отоакустической эмиссии

Рост больных сенсоневральной тугоухостью обуславливает необходимость усовершенствования процессов диагностики и медицинских диагностических приборов для исследования слуха, а также внедрения аудиологического скрининга новорожденных. Современный алгоритм скрининга новорожденных является двухэтапным и состоит из проведения объективных аудиологических исследований – регистрации отоакустической эмиссии (ОАЭ) и регистрации коротколатентных слуховых вызванных потенциалов.

Для решения инженерных задач при проектировании прибора для диагностики слуха методом отоакустической эмиссии необходимо исследовать существующие модели-аналоги слуховой системы человека.

Передающая функция среднего уха может быть рассчитана математически, однако такое представление описывает поведение каждого элемента системы слуха не достаточно точно. В то время как электроакустические модели детально передают основные физиологические явления в среднем и внутреннем ухе, такие как потери на внутреннее трение, теплопроводность, масса и эластичность органов, которые могут быть смоделированы с помощью набора простейших электрических компонентов.

Для описания механизма слуха Дж. Звислоцки предложил выделить 6 основных компонентов слуховой системы (рис.1) и, определив основные параметры каждого из компонентов, разработал замещающую электрическую схему, которая модифицируется учеными для различных исследовательских задач. Модель, разработанная К. Гигьером и П.К. Вудлендом в части среднего уха построена по этому же принципу. Итак, модель состоит из 5 резонансных компонентов и 1 дополнительного элемента, который отражает объем ушного канала (ОУК) при измерении акустического сопротивления барабанной перепонки зондом, герметично размещенном в ушном канале.

В принципе работы этих приборов заложен механизм оценивания акустических характеристик слуховой системы и замещение этих акустических характеристик электрическими. Так, электрическим током и напряжением замещают скорость прохождения звука через секции акустического канала с различными диаметрами и звуковое давление, а индуктивностью, емкостью и сопротивлением – массу, эластичность и акустическое сопротивление соответственно.

Поскольку основной задачей исследовательской работы является изучение процессов генерации и регистрации ОАЭ наиболее точной для этой цели считается активная модель-аналог системы слуха, предложенная К. Гигьером и П.К. Вудлендом. Эта модель отображает процессы слухового тракта от наружного уха до наружных волосковых клеток внутреннего уха. Рассмотрение

отделов наружного и среднего уха важно с точки зрения передачи сигналов ОАЭ, в то время как исследование внутреннего уха, в частности наружных волосковых клеток, неотъемлемо, в виду того, что последние являются непосредственными ее генераторами. Так, слуховой проход моделируется как 4 Т-образные секции в каскаде, который является дискретизированной формой единой линии передачи. Среднее ухо моделируется как электрическая цепь на основе его функциональной анатомии (см. рис.1). Идеальный трансформатор, который соединяет среднее ухо и улитку представляет собой эффективную акустическую проводимость от барабанной перепонки к овальному окну. Улитка моделируется как неоднородная и нелинейная линия передачи, разделенная на сегменты (от ее основания к вершине) и каждый сегмент представлен резонансным R-L-C – контуром. В модели активные нелинейные источники напряжения используются для симуляции функции наружных волосковых клеток, от которых зависит чувствительность и частотная селективность улитки.

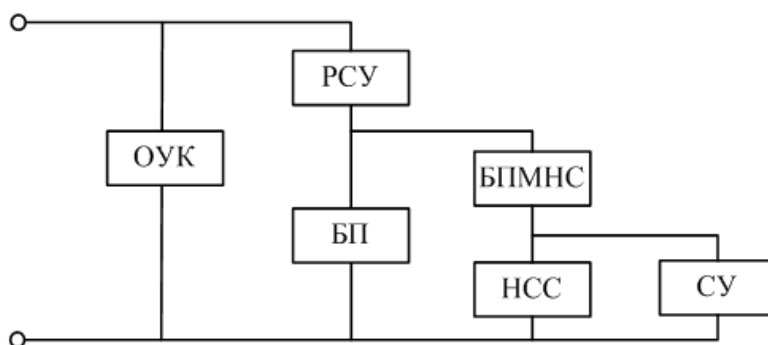


Рис. 1 – Функциональная схема электроакустических составляющих среднего и внутреннего уха. РСУ – резонаторы среднего уха; БП – движение барабанной перепонки (не синхронизированное с движением цепи слуховых косточек); БПМНС – синхронизированное движение барабанной перепонки, молоточка, наковальни и стремечка; НСС – потери энергии в наковальне-стремennom суставе; СУ – стремечко и улитка.

Исследование моделей слуховой системы человека позволяет усовершенствовать диагностику слуха методом регистрации отоакустической эмиссии. А именно: в виду того, что с ростом частоты сигнала стимула растет временная задержка генерации сигналов задержанной вызванной ОАЭ, что в свою очередь подтверждает тот факт, что источниками ОАЭ, в зависимости от частоты стимуляции, являются соответствующие характерные участки улитки. Таким образом, представляется возможной реализация картирования улитки с выявлением этих участков. Картирование же позволит существенно повысить информативность метода и уточнить основные параметры диагностики.

Список литературы:

1. C. Giguere and P.C. Woodland, «A computational model of the auditory periphery for speech and hearing research. I. Ascending path», J. Acoustic. Soc. Am, vol. 95, pp. 331-342, 1994.

А.И. ТУРМАНИДЗЕ, *А.В. ЕРЕСЬКО*, канд. техн. наук, доцент

Применение цифровых систем управления силовыми активными фильтрами

Современные преобразователи все чаще находят применение в различных областях электротехники. Среди них различного рода преобразователи такие как регулируемый электропривод, источники питания технологических установок, и другие преобразовательные устройства. Мощность отдельных преобразователей может превышать десятки мегаватт. К тому же продолжают использоваться преобразователи переменного тока в постоянный, которые используют диодные или тиристорные приборы, а также другие потребители реактивной энергии (электродвигатели и т.п.). Следствием использования подобных преобразователей является существенное снижение как коэффициента мощности, так и искажения формы питающей сети. Со времен появления систем переменного тока принимались меры для компенсации реактивной мощности. Основными техническими средствами, с помощью которых на протяжении долгого времени, осуществлялась компенсация реактивной мощности, на промышленных предприятиях были статические конденсаторы, синхронные двигатели, синхронные компенсаторы, компенсационные преобразователи [1].

Развитие преобразовательной техники идет путем расширения функциональных возможностей преобразователей электрической энергии и систем на их основе, направленной на снижение генерируемых искажений в сеть. Растущие требования к качеству электрической энергии [4], поставляемой потребителям, при одновременном росте реактивных и нелинейных нагрузок, подключенных к энергетической системе, приводят к необходимости использования преобразователей, выполняющих помимо основных функций, компенсацию реактивной мощности.

Повышение сложности задач, решаемых с помощью преобразователей электрической энергии, требует управления с использованием новых, более сложных алгоритмов управления. Усложнение алгоритмов управления преобразователями электрической энергии, повышение требований к функциональности и размерам систем управления и послужило причиной перехода к цифровым системам управления. Особенностью цифровых систем является высокая гибкость и низкая стоимость, что позволяет возлагать на них широкий спектр задач, в том числе и задачи улучшения качества потребляемой энергии.

В последнее время для подавления неактивных составляющих мощности находят применение силовые активные фильтры (САФ). Особенностью работы САФ в системах электропитания является необходимость подавления токов/напряжений с предопределенными частотами – гармоник основной

частоты. Широкий спектр подавляемых гармоник делает целесообразным использование распределенного САФ [3], состоящего из ряда силовых активных фильтров, каждый из которых подавляет гармоники своего частотного диапазона. Система распределенной фильтрации и АЧХ каждого из САФ приведены на рис. 1.

Совместная работа нескольких САФ позволяет выбрать оптимальный рабочий диапазон частот, мощность, схемные решения и применяемую элементную базу для каждого САФ по критериям минимума потерь, стоимости и т.д.[лит] При совместной работе нескольких активных фильтров большую роль играет согласование их АЧХ и ФЧХ в перекрывающейся области их полос пропускания (область «а» на рис. 1) [2]. Формирование этих характеристик производится системой управления.

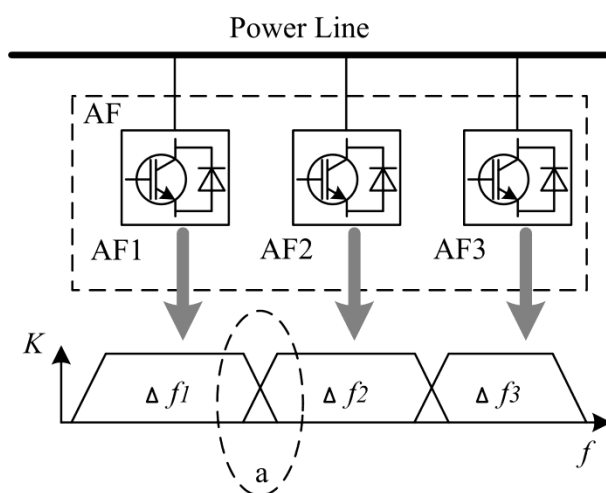


Рис. 1 – Схема распределенного САФ

Таким образом, работы направленные на расширение возможностей цифровых систем управления САФ являются актуальными и требуют дополнительных исследований.

Список литературы:

1. И. Ф. Домнин, Г. Г. Домнин, Е. И. Сокол "Перспективы применения полупроводниковых компенсаторов реактивной мощности в сетях электроснабжения промышленных предприятий." "Технічна електродинаміка" тематичний випуск. Силова електроніка та енергоефективність Ч.1. с.с. 37-42, 2002
2. V. V. Zamaruiev - "The use of the Dirichlet Kernel in the Control Systems of Active Filters for Industrial Power Line" IEEE 2013.
3. Замаруев В.В. Распределенная система активной фильтрации// Технічна електродинаміка Тематичний випуск: Силова електроніка та енергоефективність. Ч. 3. -К.: Інститут електродинаміки НАН України, 2012. С. 18-21
4. "Harmonic Limits" IEEE Std 519-1992.

А.П. ТЯГЛОВ, А.В. КИПЕНСКИЙ, докт. техн. наук, профессор

Сопоставительный анализ различных способов формирования диадинамических токов

Диадинамические токи (ДДТ) представляют собой последовательности импульсов с синусоидальным фронтом и экспоненциальным срезом. Метод лечебного применения ДДТ, называемый диадинамотерапией, был разработан и предложен в 30-х годах XX века французским врачом-стоматологом П. Бернардом. При разработке метода П. Бернар исходил из того, что изменение характера электрического раздражения препятствует возникновению адаптационных процессов, а, следовательно, повышает терапевтический эффект [1].

Формирование ДДТ в ламповых (СНИМ-1) и транзисторных (Тонус-1, Тонус-2М) аппаратах осуществляется путем одно- (рис. 1, а) или двухполупериодного (рис. 1, б) выпрямления пониженного напряжения питающей сети с последующим затягиванием среза импульсов. При этом частота следования импульсов будет составлять 50 Гц или 100 Гц.

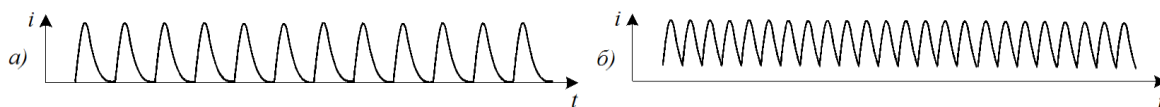


Рис. 1 – Основные виды непрерывных ДДТ

Следует отметить, что подача ДДТ к пациенту, в большинстве случаев, осуществляется отдельными сериями, чередующимися с паузами (рис. 2, а). Такой подход является более физиологичным, поскольку на интервалах пауз происходит релаксация тканей, что необходимо, например, при сокращении мышц. Еще одной особенностью ДДТ является то, что у отдельных их видов амплитуда импульсов непостоянна, а изменяется по определенному закону (нарастает в начале серии и убывает в ее конце, рис 2, б).

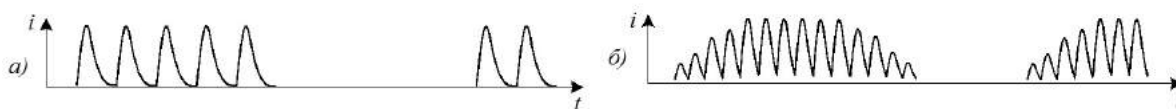


Рис. 2 – Примеры ДДТ, представляющих собой серии импульсов, чередующимися с паузами

Такие виды ДДТ обеспечивают более плавное, безболезненное сокращение мышц [2]. Характеристики ДДТ (частота, продолжительность серий и пауз, характер изменения амплитуды) определяют их терапевтическую направленность.

Недостатком аппаратов, у которых ДДТ формируются с использованием

сетевого переменного напряжения, является существенное влияние изменений этого напряжения на ток в контуре пациента, что затрудняет дозирование воздействия и не всегда позволяет достичь требуемого терапевтического эффекта [3].

В данной работе проводится анализ различных способов формирования ДДТ с целью определения путей строгого дозирования параметров воздействия при проведении процедур диадинамотерапии.

Стабилизировать среднее значение ДДТ на интервале действия импульса оказывается возможным, если диоды в выпрямителе заменить управляемыми ключами в сочетании с системой импульсно-фазового управления [4]. При этом среднее значение тока можно регулировать путем изменения угла отпирания ключа, угла его запираания или одновременного изменения двух углов. Анализ такого способа регулирования среднего значения ДДТ показал, что во всех случаях регулировочные характеристики управляемого выпрямителя оказываются нелинейными, что усложняет алгоритмы управления, а в гармоническом составе токов появляются дополнительные составляющие, что может повлечь к снижению терапевтического эффекта [5].

Существенно лучших результатов удалось добиться при формировании ДДТ из постоянного стабилизированного напряжения. Здесь могут быть использованы методы частотно-импульсной (ЧИМ), широтно-импульсной (ШИМ) и амплитудно-импульсной модуляции (АИМ). Сравнение различных вариантов формирования ДДТ осуществлялось путем сопоставления их гармонических составов. Проведенные исследования показали, что при достаточно высокой частоте модуляции все методы позволяют получить аналогичный гармонический состав ДДТ. Дополнительное улучшение гармонического состава может быть достигнуто за счет применения фильтров.

В процессе создания многофункционального электротерапевтического аппарата был предложен новый метод формирования ДДТ, сочетающий ШИМ и амплитудную модуляцию. Этот метод позволяет формировать не только ДДТ, но и прямоугольные импульсы, что существенно расширяет функциональные возможности аппарата.

Список литературы:

1. Клиническая физиотерапия / Под ред. В.В. Оржешковского. – К.: Здоров'я, 1984. – 448 с.
2. Ливенсон А.Р. Электромедицинская аппаратура. – М.: Медицина, 1981. – 344 с.
3. Сокол Е.И., Кипенский А.В., Доценко М.Е. Анализ влияния возмущающих факторов на выходной ток аппаратов для диадинамотерапии // Технічна електродинаміка. Тем. вип.: Силова електроніка та енергоефективність. – Ч.4. – К.: ІЕД НАНУ, 2006. – С. 121-130.
4. Исследование характеристик диадинамических токов при различных способах их формирования / А.В. Кипенский, Е.И. Король, О.Ф. Федорчук [и др.] // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. Серия «Новые решения в современных технологиях». – Харьков: ХГПУ, 2000. – Вып. 118. – С. 52-56.
5. Кипенский А.В., Король Е.И., Федорчук Гармонический анализ диадинамических токов при различных способах их формирования // Вісник Национального технічного університету «ХПІ». Тем. вип. Мікропроцесорні системи імпульсного управління. – Харків: НТУ «ХПІ», 2002. – № 1. – С. 129-135.

А. Ю. ФЕДОРЕНКО**САПР наблюдающих устройств для электромеханических систем**

Во многих случаях требуется косвенно оценивать значения координат электропривода, которые невозможно или нецелесообразно определять прямым измерением с помощью датчиков. Эффективным средством оценивания являются асимптотические наблюдатели состояния [1].

Существуют разные методы построения таких наблюдателей. Процесс проектирования наблюдателей – это процесс сложный, итерационный, состоящий из многих этапов. К основным этапам относятся: спецификация требований, идентификация объекта наблюдения, выбор одной из идентифицированных моделей объекта, выбор средств прямого измерения, выбор наблюдаемой части объекта, редукция выбранной модели, выбор структуры наблюдателя, параметрический синтез наблюдателя, редукция наблюдателя, анализ вариантов наблюдателей для их последующего выбора, техническая реализация наблюдателей.

Сложность и трудоемкость процесса проектирования наблюдателей требует применения средств его автоматизации.

Одним из сложных этапов проектирования является снижение порядка наблюдателя. Это снижение можно обеспечить выбором типа наблюдателя или выбором модели объекта наблюдения (рис. 1). Для упрощения синтеза, анализа, реализации и настройки наблюдателя эта модель, лежащая в основе наблюдателя, должна быть как можно более простой.

Известно несколько подходов к построению упрощенных моделей динамических объектов, из которых требуется выбирать лучший, в большей степени удовлетворяющий конкретной задаче проектирования. Один из них — это понижение порядка уже имеющейся, но слишком сложной модели. Такое понижение называется редукцией модели.



Рис. 1 – Порядок редукции

Предложены десятки методов редукции, которые можно разделить на несколько групп [2] среди которых:

- 1) Эвристические методы;
- 2) Методы аппроксимации;
- 3) Методы вычеркивания.

Каждый из методов имеет свои особенности, достоинства и недостатки. При проектировании наблюдателей выбор метода, в силу его трудоемкости и сложности, необходимо автоматизировать. При создании САПР наблюдателей, обеспечивающей такую автоматизацию, были выдвинуты такие требования:

1. Хранение проектной информации, такой как данные типичных механизмов электропривода. Поиск таких данных часто затруднен, и наличие базы данных может его упростить;

2. Расчет обобщенных параметров объекта наблюдения. Это позволит уменьшить число параметров и даст возможность переносить результаты синтеза и анализа с одних механизмов на другие;

3. Структурный и параметрический синтез наблюдателей разными известными методами;

4. Расчет характеристик синтезированных наблюдателей и систем управления. Для анализа полученных результатов применения наблюдателей должны рассчитываться временные, корневые и частотные характеристики как самих наблюдателей, так и системы управления в целом.

К основным функциям САПР наблюдателей относятся: работа с базой данных механизмов, расчет обобщенных параметров и характеристик объектов наблюдения, структурный и параметрический синтез наблюдателей, визуализация и анализ результатов проектирования, работа с базой данных результатов проектирования.

Исходя из предъявленных требований, была разработана структура САПР. Средой программирования САПР был выбран пакет Matlab, так как данный пакет является одним из самых распространенных при проектировании электромеханических систем. Хранение информации в САПР реализовано при помощи СУБД Access, так как формат данных этой СУБД является одним из самых распространенных. Данные из СУБД загружаются в рабочее пространство пакета Matlab, после чего с ними в соответствии с разработанными алгоритмами выполняются необходимые проектные операции.

Реализованы графический пользовательский интерфейс САПР, упрощающий работу проектировщика, и командный интерфейс САПР, обеспечивающий взаимодействие САПР с другими программными средствами.

САПР с такими возможностями создана впервые, ее аналоги неизвестны.

Список литературы

1. Кузовков Н. Т. Модальное управление и наблюдающие устройства.-М.: Машиностроение, 1976.
2. Котляров В.О. Жилевская Л. А.. Синтез наблюдателей с редуцированными моделями электропривода. Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Випуск 3/2012 (19)

А.А. ФЕДОРЧЕНКО, Ю.С. ГРИЩУК, канд. техн. наук, професор

Автоматизація досліджень захисних електричних апаратів

8XC251SB – перший МК в сімействі MCS251 компанії Intel. Нове сімейство 8-бітових мікроконтролерів підвищує функціональність і продуктивність широко поширених мікроконтролерів MCS51 при збереженні сумісності на рівні двійкових кодів. Завдяки сумісності по контактах з 8XC51FX МК 8XC251SB може служити засобом підвищення продуктивності існуючих апаратно-програмних систем. До типових областей застосування 8XC251SB можна віднести системи управління.

Всім МК сімейства MCS251 властиві такі загальні особливості:

- 24-бітова лінійна адресація до 16 Мбайт пам'яті;
- конвеєрний спосіб обробки команд;
- збереження програм, написаних для МК MCS51;
- значно вища швидкість обробки, чим у МК MCS51 при тій же тактовій частоті;
- підтримка програм і даних великого розміру;
- підвищена продуктивність програм на мові С;
- швидкодія 100 наносекунд.

Ядро процесора, загальне для всіх мікроконтролерів MCS251. Окремі контролери сімейства відрізняються по набору периферійних блоків на кристалі, портів вводу-виводу, по зовнішній системній шині, розміру ОЗП на кристалі, а також по типу і об'єму внутрішньої пам'яті програм. Мікроконтролери MCS251 мають розширену систему команд, доповнену новими операціями, режимами адресації і операндами.

Багато команд можуть працювати з 8-, 16- і 32-бітовими оперантами, що забезпечують зручне і ефективне програмування на мовах високого рівня типу С. У будь-якому режимі 8XC251SB може виконувати всі команди архітектури MCS51 і MCS251.

Схеми АСУ ТПВ з паралельними АЦП дозволяє набагато скоротити терміни проведення досліджень комутаційних електричних апаратів захисту, підвищити достовірність результатів досліджень і їх економічну ефективність. Розроблені АСУ ТПВ і алгоритми можуть використовуватися при проведенні випробувань або досліджень і інших електричних апаратів і пристроїв.

Список літератури:

1. Грищук Ю.С. Мікропроцесорні пристрої.-Харків: НТУ “ХП”, 2008.-348 с.
2. Конструирование устройств на микроконтроллерах. – СПб.: Наука и техника, 2005. – 256 с.: ил.

О. О. ХАНИН, Б. А. ЕГОРОВ, канд. техн. наук, профессор

Вибрация лобовых частей обмотки статора гидрогенератора

Части обмотки статора генератора или электродвигателя находящиеся вне сердечника статора называются лобовыми частями. Лобовые части обмотки находятся под высоким напряжением и нуждаются в поддержке от механических вибраций обусловленных электромагнитными силами. Лобовые части обмоток машин сконструированы таким образом, что при нормальных обстоятельствах эти механические нагрузки достаточно контролируются, чтобы предотвратить повреждения. Тем не менее, лобовые части обмотки могут быть повреждены в результате:

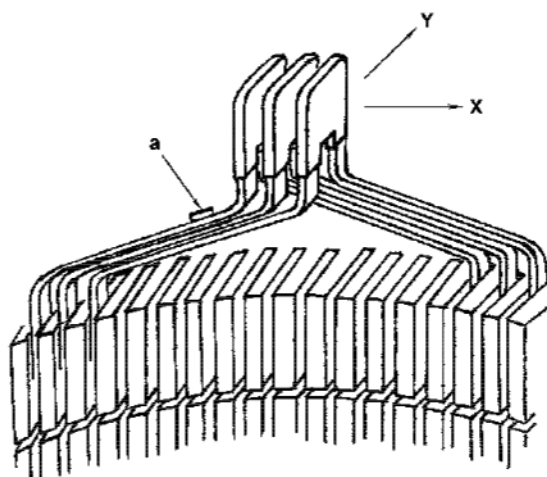
- ослабления поддержки лобовых частей и связующей структуры из-за механического старения и теплового расширения;
- плохой конструкции крепления лобовых частей в условиях близких к резонансу к первичным механическим силам частоты вращения и двойной частоты сети (100/120 Гц);
- ненормальных условий работы, таких как короткие замыкания, в результате которых силовые напряжения и пространственные отклонения компонентов обмотки превышают их механические пределы;
- относительное движение одного компонента относительно другого, которое может вызвать истирание высоковольтной изоляции катушек обмотки.

Вибрация лобовых частей обмотки может привести к растрескиванию изоляции катушки/стержня вблизи паза статора, а в тяжелых случаях может привести к усталостным трещинам медных проводников, что вызывает большие дуговые токи. В конце концов, любая из этих проблем может привести к замыканию обмотки статора на землю.

Цель мониторинга вибрации лобовых частей обмотки это непосредственное измерение возможной вибрации лобовых частей статора во время нормальной работы, таким образом, любая зарождающаяся вибрация может быть обнаружена (и исправлена) на ранней стадии, задолго до отказа. Система мониторинга состоит из четырех элементов:

- датчики (акселерометры) вибрации, установленные в критических местах лобовой части обмотки;
- оптоволоконный кабель для подключения датчиков вне корпуса генератора или электродвигателя;
- электрооптического блока для преобразования оптических сигналов в милливольты, пропорционально ускорению;
- система мониторинга для оцифровки, обработки и хранения данных вибрации.

На рис. 1 показана принципиальная схема установки датчиков измерения вибраций, и направления действующих вибраций на лобовые части обмотки статора.



а – место установки датчиков вибрации;
у – радиальное направление измеряемой вибрации;
х – тангенциальное направление измеряемой вибрации

Рис. 1 – Принципиальная схема лобовых частей двухслойной обмотки статора генератора

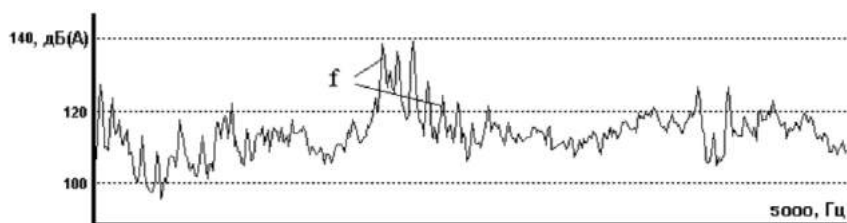


Рис. 2 – Спектры вибрации лобовых частей обмотки статора без дефектов

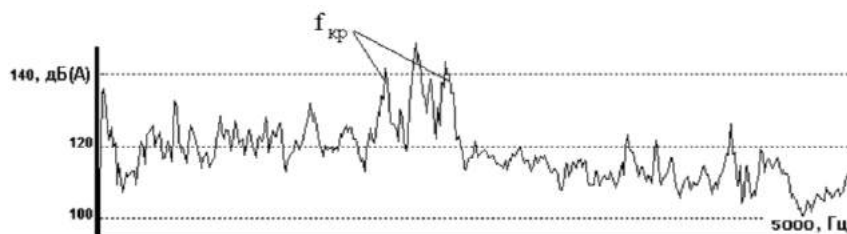


Рис. 3 – Спектры вибрации лобовых частей обмотки статора с дефектами

Таким образом, осуществление контроля вибрации лобовых частей и в целом обмотки статора гидрогенератора является неотъемлемой частью эксплуатации агрегата.

Список литературы:

1. В.И.Брызгалов «Из опыта создания и освоения Красноярской и Саяно-Шушенской гидроэлектростанций»
2. Барков А.В., Баркова Н.А., Азовцев А.Ю. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации. Рекомендации для пользователей систем диагностики. Издательство СПбГМТУ, Санкт-Петербург, 2000.

Д. А. ХИМЕНКО, А. П. ТЯГЛОВ, Ю. П. ФЕДОРЕНКО, инж.,
К. В. КОЛЕСНИК, канд. техн. наук

Фантом для измерения выходной мощности аппаратов УВЧ-терапии

При разработке, производстве и техническом обслуживании аппаратов УВЧ-терапии необходим контроль рабочей частоты генерации, выходной мощности, а также ее стабильности при наличии внешних возмущений. Для выполнения этих измерений в выходной контур аппарата вносят нагрузку, эквивалентную по комплексному сопротивлению реальной, имеющей место при проведении процедур [1]. Обычно для измерения выходной мощности аппаратов УВЧ-терапии используют фотометрические измерители с лампами накаливания в качестве нагрузки. Однако такие измерители имеют нелинейную передаточную характеристику, что приводит к снижению точности измерений [2].

Целью работы является разработка фантома для измерения выходной мощности аппаратов УВЧ-терапии, обеспечивающего достаточную точность измерений.

Необходимую точность измерений выходной мощности аппаратов УВЧ-терапии можно обеспечить при использовании резисторов в качестве эквивалентной нагрузки. Учитывая рабочие частоты УВЧ-поля (27,12 МГц, 40,68 МГц), к выбору резисторов фантома предъявляются повышенные требования. Индуктивная составляющая комплексного сопротивления этих резисторов не должна оказывать существенного влияния на выходную характеристику фантома.

С учетом основных требований [1], для измерения параметров аппаратов УВЧ-терапии был разработан фантом с резистивной эквивалентной нагрузкой сопротивлением 110 Ом и мощностью 150 Вт, см. рис. 1. Конструктивно фантом состоит из корпуса, на противоположных боковых стенках которого параллельно друг другу расположены два диска 2 из фольгированного стеклотекстолита диаметром 170 мм. Между дисками включена нагрузка 3, представляющая собой блок резисторов типа RC 2512. В цепь нагрузки включено измерительное устройство 4 со стрелочным индикатором, в качестве которого используется микроамперметр магнитоэлектрической системы с диапазоном измерения от 0 до 200 мкА. При проведении измерений электроды 1 аппарата УВЧ-терапии располагаются параллельно дискам 2.

Фантом имеет переключатель поддиапазонов измерения, подключенный к измерительной схеме через резистивные делители. В поддиапазоне 1 возможно измерение мощности от 0 до 50 Вт, в поддиапазоне 2 – 0-100 Вт, в поддиапазоне 3 – 0-150 Вт. Разделение общего диапазона измерения выходной мощности аппарата на поддиапазоны позволило повысить точность измерений.

При калибровке измерительного устройства осуществляется настройка

резистивных делителей, позволяющих установить предельное значение измеряемой мощности в каждом из трех положений переключателя поддиапазонов.

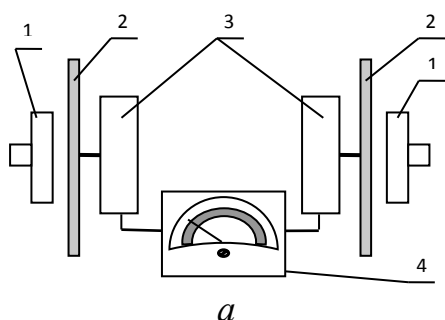


Рис. 1 – Схематическое изображение разработанного фантома: *а* – конструкция; *б* – внешний вид

Мощность, измеряемая с помощью фантома, определяется по выражению

$$P = k \cdot I,$$

где k – коэффициент поддиапазона измерения, равный $2,5 \cdot 10^5$ В для поддиапазона 1, $5 \cdot 10^5$ В для поддиапазона 2 и $7,5 \cdot 10^5$ В для поддиапазона 3;

I – сила тока по показаниям микроамперметра, мкА.

Результаты измерения выходной мощности аппарата УВЧ-терапии с помощью разработанного фантома представлены в виде графиков на рис. 2.

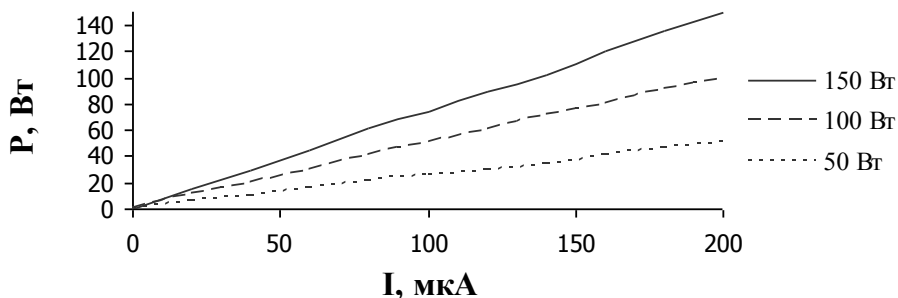


Рис. 2 – Зависимость выходной мощности аппарата УВЧ-терапии от показаний микроамперметра измерительного устройства

В заключение следует отметить, что разработанный фантом обеспечивает возможность измерения выходной мощности аппаратов УВЧ-терапии, имеет по сравнению с аналогами более высокую точность измерения, линейную передаточную характеристику, а также создает нагрузку аппарата для измерения других его параметров.

Список литературы:

- ГОСТ 28603-90 / Аппараты для УВЧ-терапии. Общие технические требования и методы испытаний.
- Осипов А.Н. Электронная лечебная аппаратура. / А.Н. Осипов, В.М. Бондарик // Мн.: БГУИР, 2006. – 88 с.

С.В. ХУХРЯНСКИЙ, А.А. ХУДЯЕВ, канд. техн. наук, доцент

Итерационный трехканальный электропривод подачи для тяжелого металлорежущего станка особо высокой точности

Существенное повышение динамической и статической точности следящих ЭП подач современных станков с ЧПУ может быть достигнуто за счёт применения многоканального управления. Такое управление основано на сочетании процессов «грубого» и «точного» воспроизведения задающего воздействия. В настоящее время многоканальные системы грубого и точного управления ЭП, построенные по итерационному принципу последовательных приближений, объединены в общем классе итерационных многоканальных систем автоматического управления ЭП.

В ходе исследования рассмотрен итерационный трехканальный следящего ЭП с двумя механическими дифференциалами механизма подачи рабочего органа для тяжелого металлорежущего станка особо высокой точности модели 24К70АФ4.

В процессе проектирования выполнялись следующие задачи:

- произведен выбор исполнительных двигателей ЭП каналов управления;
- синтезированы параметры основного К-1, компенсирующего К-2 и точного К-3 каналов управления трехканального следящего ЭП;
- выбрана структура трехканальной следящей САУ механизма подачи станка;
- разработана математическая модель движения механической части с двумя механическими дифференциалами трехканального дифференциального ЭП;
- рассчитаны и исследованы динамические и точностные характеристики синтезированного итерационного трехканального следящего ЭП механизма подачи станка;
- выполнен сравнительный анализ предложенной трехканальной системы по сравнению с современной одноканальной ЭП подачи, устанавливаемым на станки данного типа.

Результаты исследований показали потенциальную возможность кардинального повышения точностных и динамических показателей трехканального итерационного ЭП по сравнению с традиционным одноканальным ЭП подачи станка.

Сисок литературы:

1. Лещенко В.А. Станки с числовым программным управлением. – М.: Машиностроение, 1979.
2. Лебедев А.М., Орлова Р.Т., Пальцев А.В. Следящие электроприводы станков с ЧПУ. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 223 с.
3. Кузнецов Б.И., Худяев А.А., Богаенко И.Н. Многоканальные итерационные системы управления. – К: НПК «КИА», 1998. – 224 с.

А.П. ЦИВКІН, В.І. МІЛИХ, докт. техн. наук, професор

Розрахунковий аналіз динаміки силових дій в активній частині турбогенератора у режимі навантаження

З розвитком чисельних методів розрахунку магнітних полів проблема розрахунку сил, що діють на елементи конструкції електричної машини (ЕМ), стає значною мірою вирішеною. Вже немає обмеження на врахування конструктивних форм машин та їх елементів, на детальне врахування насичення магнітопроводу.

Робота спрямована на розвиток системи проектування ЕМ. Базою для реалізації цього є об'єднання досягнень в галузях комп'ютерної техніки, чисельних методів розрахунку електромагнітних полів і параметрів, а також класичної системи проектування, що зазначено в [1].

Аналіз стаціонарних силових взаємодій у різних режимах роботи був проведений в [2] для потужного турбогенератора (ТГ). Там були розглянуті статичні сили в конкретний момент часу у фіксованому положенні ротора і струмів обмоток. Однак руйнівні процеси в механічних системах викликані не тільки статичними силами, а більшою мірою – багаторазовими циклічними їх змінами, і найбільшою мірою для ТГ це проявляється в режимі навантаження (РН).

Метою даної роботи є проведення аналізу динаміки силових дій в одному з найвідповідальніших типів ЕМ – потужному ТГ в РН.

До аналізу приймаються силові дії в активній частині ТГ, які мають циклічний динамічний характер: змінна складова електромагнітного моменту (ЕММ); сила, що діє на зубець статора в кутовому напрямку; сила, що діє в осерді статора в межах полюсного кроку; сила, що діє на стрижень обмотки статора в пазу.

Демонстрацію конкретних розрахункових результатів проведено для ТГ потужністю 235 МВт. На рис.1 позначені фазні зони обмотки статора $A-A'$, $B-B'$ і $C-C'$, а явно структура стрижнів в пазах показана для першої з цих фазних обмоток. Ще подані напрями координат (r, α) полярної системи та кутової швидкості обертання ротора і магнітних полів Ω , а також струмів в обмотках, що відповідає режиму навантаження в початковий момент часу t , з якого розглядається динаміка силових дій.

Динаміка силових дій проявляється часовими функціями ЕММ і сил, прикладених до елементів конструкції ТГ. Силові дії отримуються на основі розрахунку магнітних полів ТГ методом скінчених елементів за загальнодоступною програмою FEMM [3]. Розрахунок сил, що діють на стрижні обмотки статора в пазу, виконуються на основі закону Ампера, ЕММ і сил, що діють на елементі феромагнітного осердя – через тензор магнітного натягнення Максвелла [1].

Часові функції силових дій виявляються багатопозиційними розрахунками магнітних полів [1] для часового ряду $t_k = \Delta t \cdot (k-1)$ з кроком Δt та з забезпеченням обертання ротора з його поворотами з кутовим кроком $\Delta\alpha = \Omega \cdot \Delta t$ в кутові позиції $\alpha_k = \Delta\alpha \cdot (k-1)$ і синхронного обертання магнітного поля статора через миттєві значення симетричної системи фазних струмів в стрижнях його обмотки у

моменти часу t_k , де $k=1, 2, \dots, K$, а K – мінімальна кількість позицій, що дозволяє сформувати конкретні часові функції на їх періоді зміни (було $K=120$ при $\Delta\alpha=0,5^\circ$).

У підсумку шукані часові силові функції представлялися дискретним числовим рядом $F(t_k)$, $k=1,2,\dots, K$, де під F маємо загальне позначення будь-якої з силових величин, що розглядаються. Усі часові функції силових величин отримані шляхом зазначених вище багатопозиційних розрахунків магнітних полів в ТГ в режимі номінального навантаження. Ці функції представлено в числовій та графічній формах, а також у вигляді гармонійного розкладання, тому що ці функції є періодичними.

Виявлено, що розглянуті сили мають подвійну частоту порівняно з частотою струмів обмотки статора, а пульсації ЕММ – шості кратну частоту. І вони досягають таких значень, що обов'язково повинні враховуватися в процесі проектування силової системи турбогенераторів.

Принцип розрахункового аналізу динаміки силових дій, продемонстрований на прикладі турбогенератора, може бути поширений і на інші типи електричних машин з іншою конструкцією елементів їхньої активної частини.

Список літератури:

1. Милых В.И., Полякова Н.В. Определение электромагнитных параметров электрических машин на основе численных расчетов магнитных полей // Электротехника і електромеханіка.–2006.–№2.–С.40-46.
2. Милых В.И., Полякова Н.В. Силовые взаимодействия в турбогенераторе в различных стационарных режимах работы // Технічна електродинаміка.–2013. – №5. – С.47-54.
3. Meeker D. Finite Element Method Magnetics. FEMM 4.2 32 bit Executable (11 арг 2012) [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.femm.info/wiki/Download>. – 2013.

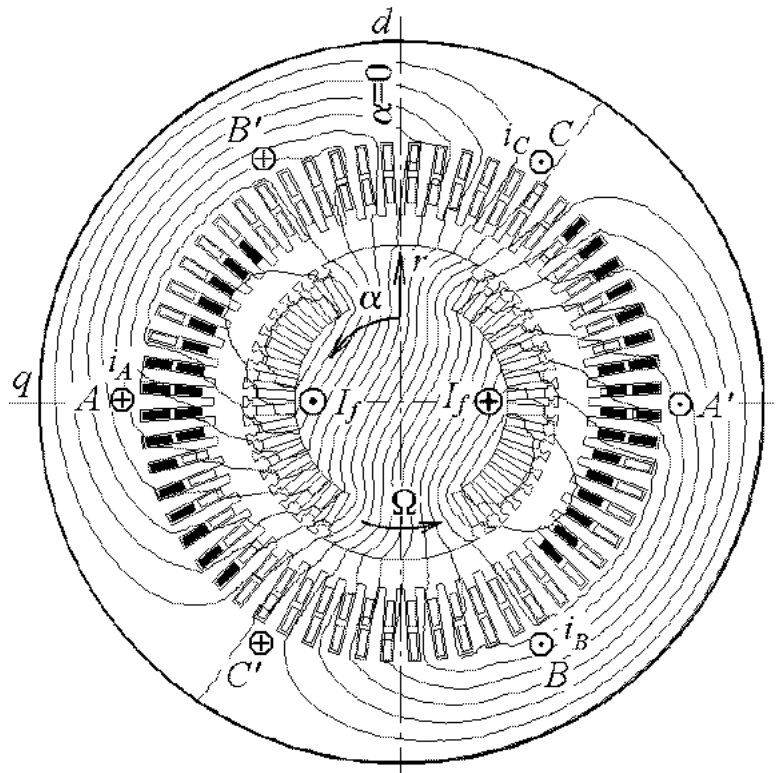


Рис. 1 – Поперечний переріз ТГ з картиною магнітних полів в початковий момент часу для режиму навантаження

А.П. ЦЫВКИН, А.Г. МИРОШНИЧЕНКО, канд. техн. наук., доцент

Стратегия энергосбережения Украины и правовая поддержка в сфере использования альтернативных источников энергии

В настоящее время энергообеспеченность все больше становится важнейшим фактором устойчивого экономического развития и политической стабильности на планете. Поэтому целью энергетической политики каждой страны является максимально эффективное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики, повышения качества жизни населения и содействия укреплению внешнеэкономических позиций государств.

Уровень развития энергетики имеет решающее влияние на состояние экономики в государстве, решение проблем социальной сферы и уровня жизни человека. Украина ежегодно потребляет около 210 млн тонн условного топлива и относится к энергодефицитным странам: 75 % необходимого объема природного газа и 85 % сырой нефти и нефтепродуктов импортируется. Ввозится даже каменный уголь (20 % требуемого), хотя его запасы более чем достаточны. Низкий уровень обеспеченности Украины собственными энергоресурсами в значительной степени объясняется чрезмерной расточительностью ее экономики. Энергоемкость валового внутреннего продукта (ВВП) Украины в 2,6 раза превышает средний уровень энергоемкости развитых стран мира.

В Украине разработана энергетическая стратегия до 2030 года [1], которая была пересмотрена и доработана в 2012-м. Это главная государственная программа, указывающая наиболее эффективные пути развития энергетического комплекса. Она предусматривает увеличение производства и потребления собственного угля в Украине в 2,2 раза с одновременным уменьшением потребления газа: сначала на 10 млрд куб. м, а в дальнейшем – на треть. Также эта стратегия описывает несколько путей удовлетворения энергетического голода: увеличивать поступление традиционных энергоносителей за счет диверсификации источников снабжения. Во-первых – увеличивать собственную добычу нефти, газа, угля, используя самые современные технологии. Во-вторых – внедрять энергосберегающие технологии. А в третьих – активно использовать восстановительные и нетрадиционные источники энергии. Однако Украина не может действовать по всем направлениям: первый способ требует согласования украинских потребностей с возможностями других стран и желанием сотрудничать; второй способ может быть технологически нецелесообразным и не решает проблемы энергосбережения в долгосрочной перспективе. Потому третье направление – энергосбережение, становится сегодня важнейшим направлением развития украинской энергетики.

В Украине отношения в сфере использования энергоресурсов

регулируются законами Украины, указами президента, постановлениями Кабинета министров, распоряжениями, приказами и рядом нормативных актов. К одним из таковых относится закон Украины «Об альтернативных источниках энергии» [2]. Основными принципами государственной политики в сфере альтернативных источников энергии являются:

– наращивание объемов производства и потребления энергии, произведенной из альтернативных источников, с целью экономного расходования традиционных топливно-энергетических ресурсов и уменьшения зависимости Украины от их импорта путем реструктуризации производства и рационального потребления энергии за счет увеличения доли энергии, произведенной из альтернативных источников;

– соблюдения экологической безопасности за счет уменьшения негативного влияния на состояние окружающей среды при создании и эксплуатации объектов альтернативной энергетики, а также при передаче, транспортировке, поставке, хранении и потреблении энергии, произведенной из альтернативных источников;

– научно-техническое обеспечение развития альтернативной энергетики, популяризация и внедрение научно-технических достижений в этой сфере, подготовка соответствующих специалистов в высших и средних учебных заведениях;

– соблюдения условий рационального потребления и экономии энергии, произведенной из альтернативных источников;

– привлечение отечественных и иностранных инвестиций и поддержка предпринимательства в сфере альтернативных источников энергии, в том числе путем разработки и осуществления общегосударственных и местных программ развития альтернативной энергетики.

Выводы:

1. Энергосбережение и повышение энергоэффективности всех отраслей хозяйства – приоритетная задача, решение которой будет способствовать дальнейшему устойчивому развитию экономики и росту конкурентоспособности.

2. Законодательство Украины в области энергоэффективности и возобновляемых источников энергии (ВИЭ) представляет собой достаточно объемную базу нормативно-правовых актов различного уровня, которые определяют правовые, экономические и организационные основы деятельности физических и юридических лиц в области энергосбережения и повышения энергоэффективности, а также цели, формы и направления поддержки использования ВИЭ. Но ряд вопросов не отражен в нормативно-правовой базе. В законах отсутствуют положения о контроле и ведении мониторинга выполнения утвержденных программ по энергосбережению.

Список литературы:

1. Энергетическая стратегия Украины на период до 2030 года (одобрена постановлением Кабинета министров Украины от 15.03.2006 №145-р).
2. Закон Украины «Об альтернативных источниках энергии» №555-IV от 20.02.2003.

Т.В. ВАКАРЮК, А.Г. МИРОШНИЧЕНКО, канд. техн. наук, доцент

Гелиоэнергетика и перспективы ее развития

Световое излучение можно улавливать непосредственно, когда оно достигает Земли. Это называется прямым использованием солнечной энергии. Она обеспечивает круговорот воды, циркуляцию воздуха и накопление органического вещества в биосфере. Значит, обращаясь к этим энергоресурсам, мы, по сути, занимаемся непрямым использованием солнечной энергии.

После второй мировой войны рынок захватили газовые и электрические водонагреватели благодаря доступности природного газа и дешевизне электричества.

Солнце - источник энергии очень большой мощности. Всего 22 дня солнечного сияния по суммарной мощности, приходящей на Землю, равны всем запасам органического топлива на планете.

Первые попытки использования солнечной энергии на коммерческой основе относятся к 80-м годам XX столетия. Крупнейших успехов в этой области добилась фирма Loose industries (США). В 1989г. ею введена в эксплуатацию солнечно-газовая станция мощностью 80 МВт. В Калифорнии в 1994г. введено еще 480 МВт электрической мощности, причем стоимость 1 кВт/ч энергии – 7-8 центов. Это ниже, чем на традиционных станциях. Электростанция в Калифорнии продемонстрировала, что газ и Солнце как основные источники ближайшего будущего способны эффективно дополнять друг друга. В ночное время и зимой энергию дает газ, а летом и в дневное время - Солнце. Эффективный солнечный водонагреватель был изобретен в 1909 г [1].

Различают три основных преобразователя солнечной энергии в электрическую:

1. Фотоэлектрические преобразователи- ФЭП - полупроводниковые устройства, прямо преобразующие солнечную энергию в электрическую. Несколько объединённых ФЭП называются солнечной батареей (СБ).

2. Гелиоэлектростанции (ГЕЭС) - солнечные установки, использующие высококонцентрированное солнечное излучение в качестве энергии для приведения в действие тепловых и др. машин (паровой, газотурбинной, термоэлектрической и др.).

3. Солнечные коллекторы (СК) - солнечные нагревательные низкотемпературные установки.

По мнению специалистов, наиболее привлекательной идеей относительно преобразования солнечной энергии является использование фотоэлектрического эффекта в полупроводниках [2].

Электростанция в Калифорнии продемонстрировала, что газ и солнце, как основные источники энергии ближайшего будущего, способны эффективно дополнять друг друга. Поэтому не случаен вывод, что в качестве партнера

солнечной энергии должны выступать различные виды жидкого или газообразного топлива.

Перед установкой приемника солнечной энергии необходимо определить, какое количество энергии требуется собрать, как предполагается использовать собранную энергию. Тогда можно рассчитать размер приемника.

В идеале требуемые данные могут быть получены в результате измерений лучистой энергии, проводимых в течение нескольких лет на месте установки. Это трудно осуществить, поэтому требуемые статистические данные оцениваются по имеющимся метеорологическим данным для данного места или для некоторого близкого места, для которого предполагается наличие подобной облученности. При этом очень важно учитывать флуктуации, имеющие место в течение дня, так как они влияют на количество накопленной энергии, которая необходима для функционирования гелиоэнергетической системы. Поэтому при проектировании данных систем обычно опираются на приближенные средние данные, такие как среднемесячная суточная облученность. Оценить эти приближенные значения легче, чем предсказать полную модель излучения.

Сфокусировать солнечные лучи можно с помощью вогнутого зеркала. Оно является основной частью гелиоконцентратора, прибора, в котором параллельные солнечные лучи собираются с помощью вогнутого зеркала. Если в фокус зеркала поместить трубу с водой, то она нагреется. Таков принцип действия солнечных преобразователей прямого действия.

Наиболее эффективно их можно использовать в южных широтах, но и в средней полосе они находят применение. Зеркала в установках используются либо традиционные - стеклянные либо из полированного алюминия.

Основным энергетическим показателем концентратора солнечного излучения является коэффициент концентрации, который определяется как отношение средней плотности сконцентрированного излучения к плотности лучевого потока, падающего на отражающую поверхность при условии точной ориентации на Солнце [3].

Заключение:

Использование солнечной энергии является одним из весьма перспективных направлений энергетики. Экологичность, возобновимость ресурсов, отсутствие затрат на капремонт фотомодулей как минимум в течение первых 30 лет эксплуатации, в перспективе - снижение стоимости относительно традиционных методов получения электроэнергии - всё это является положительными сторонами солнечной энергетики.

С точки зрения окружающей среды и устойчивого развития эти альтернативные источники электричества вполне надежны.

За альтернативными источниками энергии стоит наше будущее. Необходимо объединить усилия для борьбы за чистую планету, чистый воздух, чистую воду!

Список литературы:

1. Володин В.Е., Хазановский П.И. "Энергия, век двадцать первый". – М.:Знание, 1998.
2. Рубан С.С. Нетрадиционные источники энергии-М.: Энергия, 2003.
3. Андреев С.В. Солнечные электростанции - М.:Наука 2002.

И.Н.КАРПЕНКО, А.Г.МИРОШНИЧЕНКО, канд. техн. наук, доцент

Проблемы развития ветроэнергетики в Украине

Уровень экономики любой страны в известной мере зависит от запасов энергоресурсов и состояния и развития энергетики. Традиционно в качестве энергоресурсов используется углеводородное сырье (уголь, нефть и газ). Интенсивное расходование энергоресурсов приводит к их истощению. Кроме того, экологический ущерб, наносимый окружающей среде использованием традиционных невозобновляемых источников энергии, может привести к глобальной экологической катастрофе. Поэтому ощущается настоятельная необходимость в переходе на нетрадиционные возобновляемые источники энергии, такие как солнце, ветер, энергия волн и приливов, геотермальные источники. Использование энергии ветра является наиболее экономичным и привлекательным по сравнению с другими источниками.

Проблемы ветроэнергетики Украины сводятся к нескольким аспектам. Прежде всего, это монополизм традиционной энергетики, основанный на отработанности потоков энергоносителей, наличии необходимой инфраструктуры, но особенно – на колоссальной доле электростанций разного типа в национальном капитале.

Во-вторых, альтернативная энергетика требует иного мышления и другого рода квалификации кадров.

В-третьих, сказывается запущенность проблемы на национальном уровне, поэтому вторжение украинских производителей на мировой рынок ветроэнергетического оборудования должно пройти такой же тернистый путь, как их утверждение в авиастроении или ракетной технике. Но в отличие от указанных отраслей производства, располагающих высокоэффективными технологиями, в производстве ветроагрегатов «все схвачено», и пробиться можно только с чем-то качественно новым.

В-четвертых, Украина сама подставила себе «подножку», приняв новый Земельный кодекс (и узаконив частную собственность на землю, розданную практически бесплатно) до того, как было осуществлено межхозяйственное землеустройство, т. е. рациональное распределение земель, в том числе для природоохранных и ресурсосберегающих целей. Из-за этого, чтобы создавать государственные ВЭС, пришлось бы довольно часто покупать землю у частных владельцев (розданную им) или же довольствоваться приобретением энергии, произведенной силой ветра [1].

Среднегодовая скорость ветра в приземном слое на территории Украины достаточно низкая – 4,3 м/с. Многие ветроагрегаты начинают вырабатывать промышленный ток начиная со скорости ветра 5 м/с. Если учитывать, что они могут использовать энергию ветра до высоты 50 м (на некоторой высоте от поверхности скорость ветра возрастает), то энергетический потенциал на территории Украины составляет гигантскую величину 330 млрд. кВт и

превышает установленную мощность электростанций Украины в 6 тысяч раз. Разумеется, никто не допускает мысли о возможности его полного использования, но все равно эта величина впечатляет. Хотя, следует отметить, что это ориентировочные расчетные данные, поскольку прямые измерения скорости ветра на высотах выше мачты флюгера единичны [2]. Ветровые условия района относительно использования ветра определяются ветроэнергетическим кадастром, который включает различные показатели скорости ветра, обусловленные результатами многолетних наблюдений: среднегодовые и среднемесячные скорости ветра; повторяемость скорости ветровых направлений на протяжении года, месяца, суток. С уменьшением влияния теплых и влажных атлантических воздушных масс, которые поступают на территорию Украины с северо-запада, происходит усиление континентальности климата, что формирует благоприятные условия развития ветроэнергетики [3]. На значение ветроэнергетического потенциала южных и юго-восточных территорий влияет также энергичное перемещение воздушных масс с Черного и Азовского морей, и кроме того – формирование ветров местного значения – в береговой зоне морей.

Ветроэнергетика является составной частью Национальной энергетической программы Украины. По Указу Президента от 1996 года в Украине действует Комплексная программа строительства ветровых электростанций. Целью программы является производство ветроагрегатов и строительство промышленных ВЭС в составе электроэнергетических систем. В соответствии с этой программой до 2015 года предусмотрено строительство ВЭС суммарной установленной мощностью 1990 МВт и достижение при этом производства электроэнергии около 5,3 млрд. кВтч. ежегодно, что позволит экономить почти 2 млн. т условного топлива в год.[2]

Заключение:

Ветроэнергетика – только одна сторона сложного сочетания энергоисточников на возобновимых и неисчерпаемых энергоносителях. Одновременно необходимо сосредоточить внимание на синергизме, который возможен, если такого рода установки и энергопроизводства образуют достаточно развитую территориальную сеть. Благодаря этому могут поддерживаться и некие средние показатели пространственно-временной изменчивости энергоносителей (например, некоторую среднюю скорость ветра или интенсивность солнечного сияния, несмотря на неустойчивость погодноклиматических условий).

Список литературы:

1. Вайков Н.М., Гринкевич Р.Н., Александрова И.И. Основные тенденции развития мировой энергетики на перспективу до 2020г.-М.:ИМЭМО РАН, 2009.
2. Безруких П.П., Безруких П.П. (младший). "Что может дать энергия ветра". М., НИЦ "Инженер", 1998.
3. Изменения и дополнения к Комплексной программе строительства ветровых электрических станций (одобрено Межотраслевым координационным Советом по исполнению Комплексной программы строительства ВЭС, протокол № 11 от 30 марта 2000 г.).

Д.В.КОЛЬВАХ, А.Г.МІРОШНИЧЕНКО, канд. техн. наук, доцент

Перспектива використання в Україні геоенергетики, як один із видів нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії

Підвищення цін, яке відбулося в останні роки в Україні, на органічне паливо принципово змінює ставлення до впровадження енергоощадних заходів при виробництві і споживанні теплової енергії та впровадження нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії (НВДЕ). Розвиток НВДЕ в багатьох державах є пріоритетною задачею технічної політики в галузі енергетики. В деяких державах ця політика реалізується через прийняту законодавчу і нормативну базу, в якій встановлені правові, економічні та організаційні основи використання НВДЕ. Зокрема, економічні основи полягають в різних заходах підтримки НВДЕ на стадії освоєння ними енергетичного ринку (податкова та кредитні пільги, прямі дотації та інше). Перспективний розвиток НВДЕ в країні, згідно з основними принципам и Зеленої книги, має відбуватися на основі економічної конкуренції з іншими джерелами енергії з одночасним впровадженням заходів державної підтримки перспективних технологій НВДЕ, які відображують суспільний інтерес щодо підвищення рівня енергетичної безпеки, екологічної чистоти та протидії глобальним змінам клімату. На сьогодні частка НВДЕ у енергетичному балансі не перевищує 8 відсотків, що неприпустимо мало для сучасно країни. Одним із перспективних напрямків розвитку НВДЕ в Україні є геотермальна енергія (природне тепло Землі). Згідно з оцінкою Світової Енергетичної Ради з усіх НВДЕ найнижча ціна за 1кВт·год у ГеоТЕС (приблизно 2–10 центів). Геотермальна енергія акумульована в перших десятих кілометрах Земної кори, за оцінкою МРЕК досягає 137 трлн. т у.п., що в 10 разів перевищує геологічні ресурси усіх видів палива разом узятих. Геотермальна енергія в Україні має значні потенційні ресурси, які можливо використовувати в наступних районах: Крим, Закарпаття, Прикарпаття, Донецька, Запорізька, Полтавська, Харківська, Херсонська та Чернігівська області [1].

За різними оцінками потенційні ресурси геотермальної енергії можуть забезпечити роботу геотермальних електростанцій загальною потужністю 200 – 250 млн. кВт і систем теплопостачання загальною потужністю 1,2 – 1,5 млрд. кВт (з періодом роботи станцій до 50 років).

Уже в найближчі 7–10 років за допомогою сучасних технологій локального теплопостачання завдяки термальному теплу можна заощадити значні ресурси органічного палива. Один із перспективних напрямів є використання тепла високомінералізованих підземних термальних вод і перетворення його в електричну енергію. З цією метою була розроблена технологічна схема для будівництва ГеоТЕС, що складається з геотермальної циркуляційної системи (ГЦС) і паротурбінної установки (ПТУ). Відмінною особливістю такої технологічної схеми від відомих є те, що в ній роль

випаровувача і перегрівача виконує внутрішньосвердловинний вертикальний протиточний теплообмінник, розташований в верхній частині нагнітательної свердловини, куди з наземного трубопроводу підводиться видобута високотемпературна термальна вода, яка після передачі тепла вторинному теплоносію закачується назад в пласт. Вторинний теплоносій з конденсатора паротурбінної установки самопливом надходить в зону нагріву по трубі, яка спущена всередині теплообмінника до днища.

Найбільш важливим моментом при будівництві ГеоТЕС є вибір робочого тіла у вторинному контурі. Робоче тіло, обране для геотермальної установки, має володіти сприятливими хімічними, фізичними та експлуатаційними властивостями при заданих умовах роботи, тобто бути стабільним, негорючим, вибухобезпечним, нетоксичним, інертним по відношенню до конструкційних матеріалів і дешевим. Бажано вибирати робоче тіло з більш низьким коефіцієнтом динамічної в'язкості (менші гідравлічні втрати) і з більш високим коефіцієнтом теплопровідності (поліпшується теплообмін) [2].

Мінімальна, технологічно прийнятна для виробництва електроенергії при існуючих технічних можливостях, температура гірських порід становить 150 °С. Така температура гірських порід у межах України зафіксована на глибинах 3–10 км (у Донбасі – 4–6 км). Відповідно до проведеної оцінки геологічні ресурси геотермальної енергії найперспективніших в Україні площ в інтервалі глибин 3–10 км складають близько 15 трлн. т у.п. [3]. У зв'язку з необхідністю вкладання великих коштів в буріння свердловин в сучасних економічних умовах України розвиток геотермального теплопостачання украї скрутний. Але немає необхідності заглиблюватись занадто далеко в земну кору. Для опалення будинку достатньо перепаду у декілька градусів. Для використання цього перепаду необхідно використати так званий тепловий насос.

Таким чином можна підсумувати, що геотермальних ресурсів Землі теоретично більш ніж достатньо для забезпечення енергією людства, але лише дуже невелика частина може бути вигідно використана.

Основним недоліком впровадженням такого виду НВДЕ в Україні є вартість спорудження свердловин яка виростає зі збільшенням глибини буріння. Прогнози на майбутнє геотермальної енергії залежить від розвитку технології, цін на енергоносії, субсидій і процентні ставки з боку держави. Опитування показують, що незабаром ми будемо готові заплатити трохи більше за відновлюваніджерела енергії та екологічно чисті, такі як геотермальна енергія.

Список літератури:

1. Геотермальна енергетика: перспективи розвитку/ Енерго-інформ. С. 10-12. 2009 рік.
2. А. Е Севастопольский. Геотермальная энергия: Ресурсы, разработка, использование : Пер. с англ. Издательство Мир, 1975.
3. Дворов И. М. Глубинное тепло Земли / Отв. ред. доктор геолого-минералогических наук А. В. Щербаков. — М.: Наука, 1972. — 208 с. — (Настоящее и будущее человечества).

Е.И.ГРИШКОВЦОВ, Д.А.ШЕВЧЕНКО, Н.А.ТИМЧЕНКО, канд. техн. наук, доцент

Моделирование преобразователя постоянного напряжения в переменное с RLC - нагрузкой

Системы электропитания с выходным напряжением повышенной частоты, порядка единиц и сотен кГц, и мощностью в единицы и десятки кВт нашли широкое применение в электроиндукционных установках. При анализе технических характеристик этих систем электропитания используют виртуальные модели, сформированные на основе математических методов, и реализованные на персональном компьютере.

Одним из эффективных вариантов разработки математической модели преобразователя напряжения повышенной частоты является применение пакета программ Matlab-Simulink-SimPowerSystem [1-2].

Целью работы является формирование системы уравнений, которые представляют параметры преобразователя, трансформатора и колебательного контура, с учетом резонанса на заданной частоте в последовательной RLC-цепи. Система уравнений должна отражать процессы в частотной области.

На рис.1 представлена Matlab - модель анализируемой системы питания.

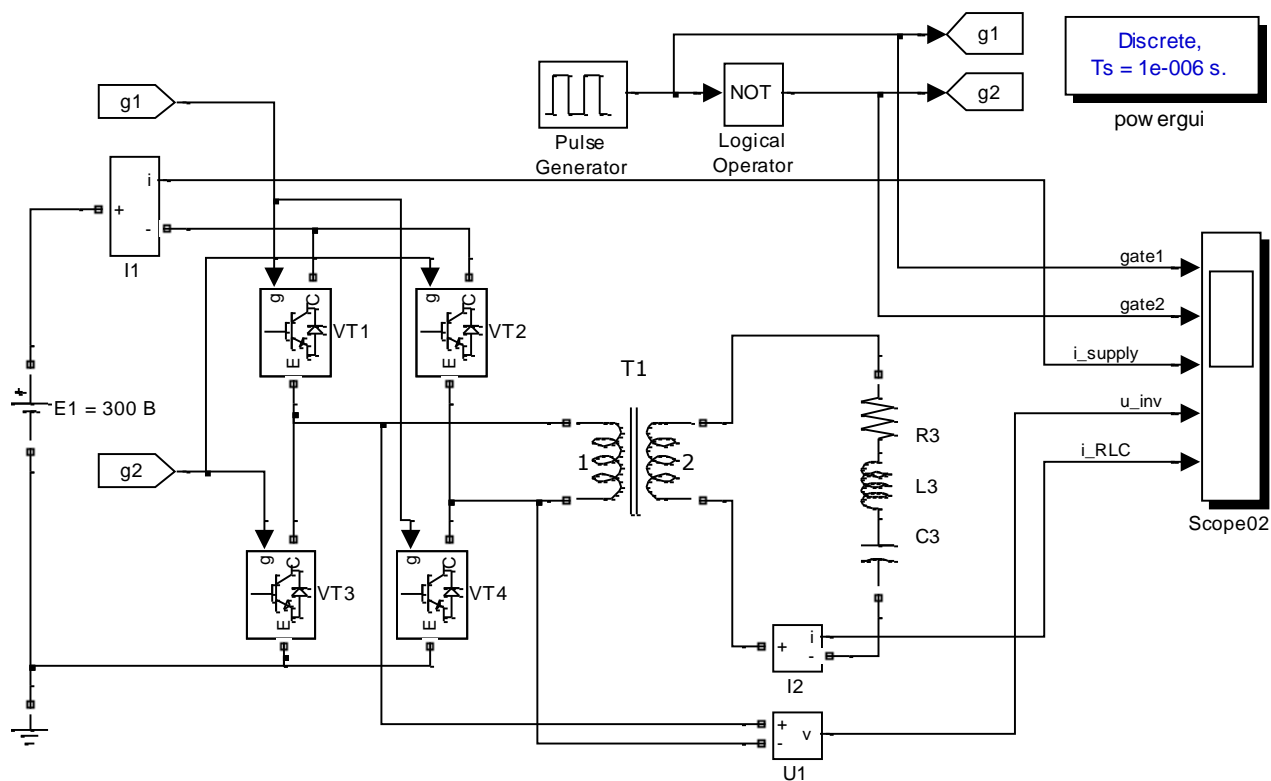


Рис. 1 – Схема преобразователя постоянного напряжения в переменное в пакете Matlab – Simulink - SimPowerSystem

При формировании системы уравнений для реактивных элементов схемы используем допущения, приведенные в работах [1–3].

Пренебрегаем, ввиду незначительности, намагничивающим током трансформатора, для выходного напряжения преобразователя учтем только действующее значение $U1$ первой гармоники, для обмоток трансформатора с числом витков n_1 и n_2 учитываем коэффициент $M = (L1 \times L2)^{1/2}$ взаимной индукции.

Составляем комплексные уравнения для контура первичной обмотки трансформатора, подключенной к выходу преобразователя, и контура вторичной обмотки трансформатора, нагруженной на звено $R3-L3-C3$.

Обозначим: полное сопротивление первого контура $Z1 = R1 + j\omega L1$, полное сопротивление второго контура: $Z2 = R2 + j\omega L2 + R3 + j(\omega L3 - 1/\omega C3)$.

При этом комплексные уравнения анализируемой схемы имеют вид:

$$\dot{U}1 - Z1 \times \dot{I}1 - j\omega M \times \dot{I}2 = 0; \quad (1)$$

$$Z2 \times \dot{I}2 + j\omega M \times \dot{I}1 = 0; \quad (2)$$

$$\dot{I}1 - \dot{I}2 \times (n_2 / n_1) = 0. \quad (3)$$

Для технологической установки известны значения: круговой частоты ω , действующего значения тока второго контура $\dot{I}2$, числа витков $n_2 = 1$, активного сопротивления $R3$, индуктивности $L3$, а величина $L2 = 0.01 \times L3$. Из уравнения (3) и закона электромагнитной индукции получаем соотношения:

$$\dot{I}1 = \dot{I}2 / n1; L1 = L2 \times n1^2.$$

При этих условиях из уравнения (2) определено: $C3 = 1 / (L3 \times \omega^2)$, а для определения значения $n1$ из уравнения (1) принимаем условие: $R1 = \omega L1$, тогда коэффициент $M = L2 \times n1$ и после преобразований получаем:

$$n1 = U1 / (\omega L2 \times \dot{I}2).$$

Сформированная система уравнений (1–3) с комплексными коэффициентами применена для выбора параметров преобразователя и при разработке системы управления. Результаты моделирования могут быть основой сравнительного анализа виртуальной модели и физического образца преобразователя напряжения.

Список литературы:

1. Герман-Галкин С.Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab - Simulink. Учебник. - СПб: Лань, 2013. – 448 с.
2. Черных, И.В. SimPowerSystems: Моделирование электротехнических устройств и систем в Simulink [Электронный ресурс]: учебник / И.В. Черных. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/simpower/book1/index.php> – 21.04.2012.
3. Лукманов В.С. Теоретические основы электротехники. Часть I. Теория линейных электрических цепей: Учебное пособие / В.С. Лукманов; Уфимск. гос. авиац.техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2005. – 120 с.

О.П. ШИМКО, В.Л. ЄМЕЛЬЯНОВ, ст. викладач

Мікропроцесорний пристрій керування з гібридною комутацією обмоток актуатора вакуумного вимикача

Сучасні електроустановки середніх напруг (6–35 кВ) характеризуються великими значеннями струмів коротких замикань (КЗ), які досягають десятків тисяч ампер. В даний час на ринку вимикачів середніх напруг домінують вакуумні вимикачі [1]. Це пов'язано не тільки з високою відмикаючою здатністю таких вимикачів, їх високою надійністю, комутаційною зносостійкістю і відносно малими габаритами, але і з успішним рішенням тих проблем (в першу чергу, проблеми зрізу струму, яка породжувала появу небезпечних комутаційних перенапружень, а також проблеми приварювання контактів), які раніше обмежували можливості їх застосування.

Метою даної роботи є проектування та дослідження системи керування з гібридною комутацією двохпозиційного актуатора вакуумного вимикача.

Основою роботи є система керування вакуумного вимикача в якій управління зміною положення двохпозиційного актуатора здійснюється за допомогою одночасного використання двох обмоток актуатора як у режимі вмикання, так й у режимі вимикання [2].

При проектуванні було запропоновано систему керування (рис. 1), яка забезпечила належне виконання усіх головних функцій вимикача.

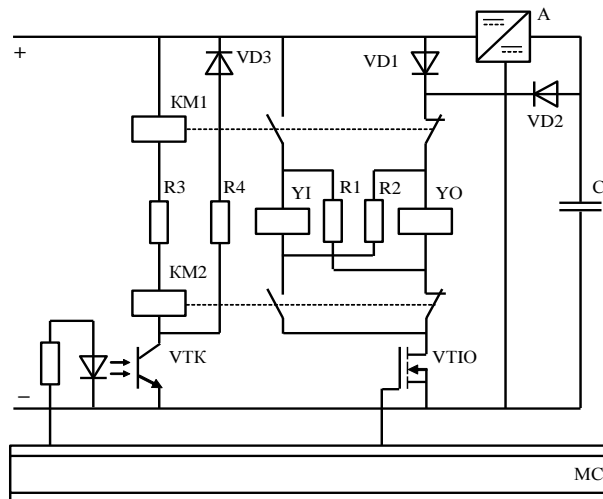


Рис. 1 – Принципова схема системи керування вимикача із гібридною комутацією

Алгоритм керування транзисторами VTK та VTIO є таким. У вихідному стані (вимикач знаходиться у вимкненому положенні), реле KM1 та KM2 знаходяться у вимкненому положенні. Після отримання команди на вмикання мікроконтролер забезпечує відкриття транзистора VTK, в результаті чого спрацьовують реле KM1 та KM2, причому перемикання їх контактів відбуваються без струму, оскільки транзистор VTIO є закритим. Приблизно через 10 мс після відкриття транзистора

ВТК (час, достатній для перемикавання з рахуванням вібрації контактів) мікроконтролер забезпечує відкриття транзистора VTIO, в результаті чого напруга від джерела живлення подається на обмотку вмикання YI актуатора вимикача безпосередньо та на обмотку вимикання YO через резистори R1 та R2 у протилежному напрямі (принцип спільного застосування обмоток). Вимикач виконує операцію вмикання й одразу після приходу рухомої частини актуатора у кінцеве положення мікроконтролер закриває транзистор VTIO, і, витримавши паузу приблизно 100 мкс, закриває й транзистор ВТК, підготувавши силове коло до операції вимикання вимикача.

Якщо мікроконтролер отримує команду на вимикання, він, проаналізувавши сигнали датчиків положення, відкриває транзистор VTIO без відкриття транзистора ВТК, в результаті чого напруга від джерела живлення подається на обмотку вимикання YO актуатора вимикача безпосередньо та на обмотку вимикання YI через резистори R1 та R2 у протилежному напрямі. Вимикач виконує операцію вимикання й одразу після приходу рухомої частини актуатора у кінцеве положення мікроконтролер закриває транзистор VTIO, підготувавши вимикач до операції вмикання.

Можливість використання реле для вибору режиму вмикання або вимикання вакуумного вимикача здійснюється за рахунок того, що перемикавання контактів реле відбувається без струму, а при цьому електричний знос контактів реле відсутній та існує лише механічний знос.

Одночасне використання як напівпровідникової за рахунок транзисторів ВТК та VTIO, так й електромеханічної за рахунок реле КМ1 та КМ2 елементної бази (гібридна комутація) система керування забезпечує високу зносостійкість, малий час вмикання та, особливо, вимикання вакуумного вимикача, малі габаритні розміри плати керування, а за рахунок використання мікроконтролеру – різноманітні режими управління, контролю та зручне налаштування вакуумного вимикача.

Експериментально доведено, що система керування з гібридною комутацією забезпечує належне виконання усіх головних функцій вимикача: чітке виконання операцій вмикання та вимикання при зниженні напруги живлення в межах вимог стандартів, чітке виконання автоматичного повторного вмикання (АПВ), чітке виконання операції вимикання при зникненні напруги живлення через десять хвилин після зникнення напруги живлення та автоматичне вимикання вимикача при не повністю виконаній операції вмикання внаслідок порушень в кінематичній системі.

Список літератури:

1. Евдокунин Г.А., Тилер Г.А Современная вакуумная коммутационная техника для сетей среднего напряжения. – С.-Петербург: Издательство Сизова М.П., 2002. – 147 с.
2. Бугайчук В.М., Клименко Б.В., Емельянов В.Л. Теоретическое обоснование возможности совместной работы обмоток включения и выключения в бистабильных электромагнитных приводах вакуумных выключателей. Електротехніка і електромеханіка. – 2011. – №3. С.21-25.

Науково-практичне видання

**VIII Університетська науково-практична
студентська конференція магістрантів
Національного технічного університету
„Харківський політехнічний інститут”**

(22–24 квітня 2014 року)

Матеріали конференції

У трьох частинах

Частина 2

Відповідальний за випуск *А.І. Бондаренко*

Редактор *К.О. Костик*

Формат 60x84 1/16. Папір офісний. Різо-друк. Гарнітура Таймс.

Ум. друк. арк. 10,9. Наклад 100 прим.

Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХПІ»

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 116 від 10.07.2000 р.

61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Друкарня НТУ "ХПІ". 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21
