

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ АСПЕКТИ ПРИ РОЗРОБЦІ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ З ІНДУКЦІЙНИМ РЕОСТАТОМ В КОЛІ РОТОРА

Головань В.І., к.т.н., Головань І.В.

Чернівецький факультет Національного технічного університету

"Харківський політехнічний інститут"

Україна, вул. Головна, 203А г. Чернівці, 58000, Україна

Тел./факс (0372) 74-24-15

Рассмотрены ресурсосберегающие аспекты при разработке технических решений асинхронных двигателей с индукционным реостатом (АДІР) в цепи ротора с позиции системного подхода с учетом их общественной потребности, влияния на внешнюю среду и общество.

Розглянуті ресурсозберігаючі аспекти при розробці технічних рішень асинхронних двигунів з індукційним реостатом (АДІР) в колі ротора з позиції системного підходу з врахуванням їх суспільної потреби, впливу на оточуюче середовище і суспільство.

Робота присвячена ресурсозберігаючим аспектам при розробці технічних рішень асинхронного двигуна (АД) з індукційним регулятором (ІР) в колі ротора, (АДІР) який призначений для електроприводів з інтенсивними режимами роботи. Якщо врахувати, що застосування електроприводу на базі АДІР підвищує продуктивність праці, надійність і термін служби обладнання, знижує собівартість і підвищує якість випускаємої продукції, то це в деякій мірі допоможе також у вирішенні проблем, як ресурсозбереження так і екології [1]. Різне обладнання, що являє собою технічні засоби, створює техносферу.

Суттєва роль АДІР як технічних засобів пояснюється тим, що вони визначають зв'язок людини з оточуючим її середовищем. Цей зв'язок повинен збільшувати можливості задоволення потреб людини. Таким чином АДІР повинні відповідати запитам життя і задачам розвитку. В результаті сучасного ускладнення техносфери, ускладнюються і проблеми задоволення матеріальних потреб людини. Властивості і особливості АДІР являють собою технічну інформацію, як результат науково-технічної діяльності. Удосконалення існуючого стану техносфери потребує більш глибокого розуміння інформації, що підвищує відповідальність її творців - проєктантів і конструкторів, які зобов'язані вірно приймати технічні рішення і чітко виявляти визначені потреби [2,12,13].

Проектні і конструкторські розробки АДІР безпосередньо пов'язані з такими важливими поняттями, як система і конструкція, які визначають суттєві властивості АДІР. Система втілює проєкт, являється результатом розумової діяльності в сфері інформації, а конструкція визначає структуру і стан виробу, яка являється результатом діяльності в сфері матеріальних об'єктів, тобто в сфері маси і енергії [2,13].

АДІР створюється для того, щоб забезпечити можливість дії, направленої на задоволення матеріальних потреб. Для пояснення дій АДІР як технічного засобу використовуємо рис.1.

Наявність зв'язків між входом і виходом АДІР

являє основу для ідентифікації його як технічного засобу. Дії технічних засобів підлягають: маса, енергія, інформація. На рис.1. I_N позначає АДІР вхід I_N якого перетворюється у вихід O_N . Таким чином, вихід O_N принципово відрізняється від входу I_N .

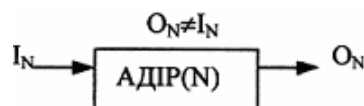


Рис. 1 Дія АДІР як технічного засобу.

Приймаючи в якості критерія вид входу і виходу АДІР можна віднести його до класу машин, в яких вхідними і вихідними величинами будуть: енергія, маса і інформація, тому що ІР як блок регулювання (автоматики) можна ідентифікувати і як блок інформації.



Рис.2 Модель взаємозв'язків людини, біосфери і техносфери при розробці технічних рішень АДІР.

Людина, біосфера і техносфера створюють екосферу, які все в більшій мірі перетворюються в замкнутий комплекс (рис.2). Суспільство внаслідок цього відчуває негативні дії техносфери і відповідно забрудненої біосфери, тому замкнутість атмосфери зобов'язує нас до пошуку нових технічних рішень. Системне розуміння проблеми існування і дії технічного засобу стає соціальною необхідністю [2,9,13].

Екосферу необхідно розглядати цілісно і комплексно, в зв'язку з чим АДІР, як технічний засіб явля-

ється актуальною проблемою системного проектування. При системному проектуванні в результаті оптимізації АДІР досягається межа можливості задоволення критеріїв, які були прийняті за основу оцінки [2,11].

Таким чином, можна сформулювати, що асинхронний двигун з індукційним реостатом в колі ротора - це технічний засіб, оснований на визначенні дій, визваних функціонуванням енергії, масо-габаритних параметрів і інформації, які розглядаються в часі і просторі.

Оскільки основний постулат системного проектування заключається в тому, що техносфера має значення тільки як засіб забезпечення розвитку люд-дини в умовах життя суспільства, сформуємо модель коло обертання інформації, маси і енергії.

Для досягнення поставленої мети повинні бути вирішені спочатку слідуючи основні питання:

1. Обґрунтування доцільності створення АДІР;
2. Обґрунтування доцільності розвитку АДІР.

Покращення характеристик асинхронних двигунів в динамічних режимах при запуску (роботі на упор і т.д.) в основному зводиться до збільшення опору в колі ротора. Традиційним прикладом двигуна з фазним ротором і змінними параметрами являється випадок, коли в коло ротора вмикається активний опір, який змінюється в залежності від керуючої дії положення перемикача пускового реостата. Такий спосіб дискретної зміни параметрів роторного кола потребує: при автоматичному керуванні - наявності групи контактів і системи управління із зворотнім зв'язком по швидкості, яка визначає необхідну ступінь пускового реостата, а при ручному керуванні кваліфікованого персоналу, своєчасно здійснюючого переключення ступенів реостата при пуску. Необхідно відміть, що реостати являються досить складними пристроями, а для двигунів великої потужності ще й заповнюються маслом, що ускладнює їх експлуатацію і ремонт, як в технічному, так і в екологічному відношеннях.

Переключення ступенів пускового реостату викликає механічні удари, які призводять до прискореного зношування приводу. Слід звернути увагу, що реостат з активним опором після запуску двигуна вимикається, тобто фазна обмотка ротора закорочується і двигун працює, як короткозамкнутий. У випадку перевантаження приводу або його гальмування виконавчим механізмом термін служби двигуна скорочується, або двигун виходить із ладу. До недоліків слід віднести також велику вагу і габаритні розміри, низьку надійність в роботі із-за наявності значної кількості перехідних контактів.

Безконтактну, плавну, автоматичну зміну параметрів роторного кола можна отримати при вмиканні в коло ротора спеціальних індукційних реостатів (ІР) [1,3-8]. ІР, названий так згідно принципу його дії, являє собою котушку індуктивності, розміщену на масивному феромагнітному осердді. Дія ІР ґрунтується на залежності електромагнітних параметрів масивного

магнітопровода від віхрових струмів і гістерезиса, які виникають у результаті проходження в глибину масиву електромагнітної хвилі, яка створюється магніто-рушійною силою обмотки ІР, величина якої залежить від амплітуди і частоти струму ротора.

При запуску двигуна, коли скользіння $S=1$, величина і частота струму ротора максимальні, відповідно, потужність яка поглинається магніто-проводом і його електричні параметри мають максимальні значення, що обмежує величину пускового струму і підвищує пусковий момент, при цьому значна частина втрат в колі ротора виноситься в ІР. Енергія, яка споживається ІР, витрачається на зміну запасу енергії в магнітному колі і на покриття активних втрат потужності на гістерезис і вихрові струми. Так як ці втрати виділяються поза об'ємом двигуна, то його перегріву не відбувається.

По мірі розгону ротора і зменшення скользіння, величина і частота струму в колі ротора зменшується, зменшується потужність що поглинається магнітопроводом, здійснюється автоматична і плавна зміна параметрів роторного кола. Завдяки функціональній залежності параметрів ІР від амплітуди і частоти струму ротора, є можливість використати АДІР для формування механічних характеристик, які забезпечують ефективну роботу механізмів з різними навантажувальними характеристиками.

На рис.3 представлені у відносних одиницях механічні характеристики і криві тривало допустимих моментів двигунів з різним виконанням ротора на базі двигуна АОК2-52-4. За базисний момент прийнято номінальний момент базового двигуна. Криві 1 і 1' представляють собою відповідно механічну характеристику і криву тривало допустимого моменту двигуна з короткозамкнутим ротором, 2 і 2' - двигуна з ІР, 3 і 3' - двигуна з масивним ротором.

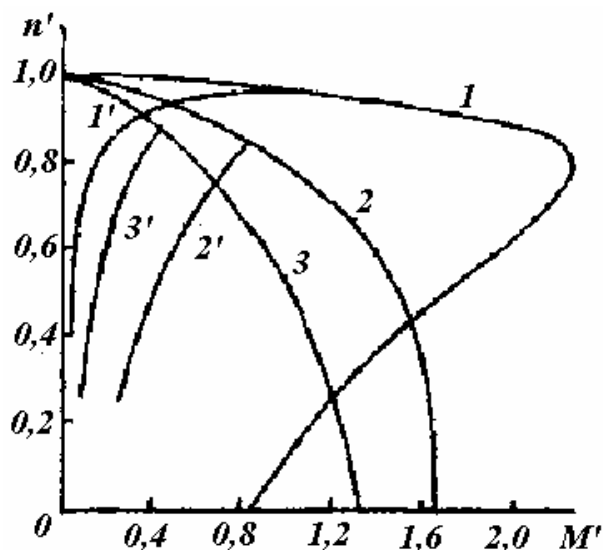


Рис.3 Механічні характеристики і криві тривало-допустимих моментів двигунів з різним виконанням ротора на базі двигуна АОУК2-52-4.

З рисунка видно, що двигун з ІР більш вигідний

в якості приводу з регулюємою швидкістю обертання з точки зору використання габаритної потужності, ніж двигун з масивним ротором.

Порівняння асинхронних двигунів різних типів для визначення їх ефективності при роботі в системах параметричного регулювання частоти обертання рахувати найбільш об'єктивним, якщо порівнюються двигуни одної габаритної потужності з однаковим класом ізоляції по нагрівостійкості при однакових системах охолодження і при одному і тому ж виконанні по вибухозахисту.

На рис.4 приведені у відносних одиницях механічні характеристики і криві тривало допустимих моментів двигуна з різним виконанням ротора на базі вибухозахисного двигуна КО11-4.

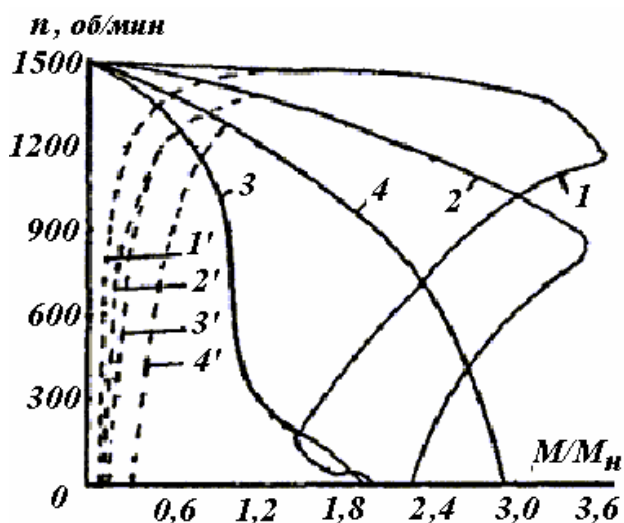


Рис.4 Механічні характеристики і криві тривало-допустимих моментів двигуна КО 11-4 з різними типами роторів

Криві 1 і 1' представляють собою відповідно механічну характеристику і криву тривало допустимого моменту двигуна з нормальним алюмінієвим ротором, 2 і 2' - двигуна з підвищеним скользінням, 3 і 3' - двигуна з масивним ротором, 4 і 4' - двигуна з ІР в колі ротора. В якості базисної величини прийнято номінальний момент двигуна з ІР. Як видно з рисунку, значення тривало допустимих моментів двигуна з ІР в режимах малих швидкостей більше ніж в 2 рази перевищує відповідні значення моментів всіх порівнюваних двигунів, що пояснюється винесенням значної частини тепла з об'єму машини в ІР.

З рис. 3 і 4 видно, що відношення між пусковим струмом і пусковим моментом у двигуна з ІР досить широкі. При прямому включенні двигуна в мережу пусковий момент являється двохкратний по відношенню до номінального, а пусковий струм - напівкратний. У звичайного короткозамкнутого асинхронного двигуна пусковий момент на 10-30% перевищує номінальний, а пусковий струм $I_r = (5 \div 7) I_{\text{н}}$. Сприятливі пускові властивості двигуна з ІР дозволяють йому знайти застосування і без регулятора

швидкості для обладнання механізмів з важкими чи частими пусками.

При установці ІР на валу ротора і при безпосередньому включенні його обмотки до обмотки ротора, тобто при відсутності ковзаючих контактів, надійність двигуна з ІР не поступається асинхронному двигуну з короткозамкнутим ротором. Таким чином, асинхронні двигуни з ІР в колі ротором завдяки простоті, невисокій вартості, підвищеній надійності, добрим пусковим і регулюючим властивостям переважають традиційні види приводів і знаходять все більше застосування в народному господарстві.

Ці обґрунтування дозволяють визначити доцільність створення А ДІР.

Індукційний регулятор виконаний по формі три стержневого трансформатора, масивний магнітопровід якого складається із труб, на яких розміщені обмотки і ярма. Обмотки ІР поєднуються до контактно-щіткової системи. Із-за наявності контактних кілець і щіток робота двигуна і його параметри стають нестабільними. Як одноступеневий спосіб пуску, так і спосіб пуску з багатоступеневим переключенням мають складні схеми комутації, велику кількість контактно-релейної апаратури і, як наслідок, низьку надійність експлуатації. Ступеневий характер переключення викликає кидки струму і неможливість оптимізації пуску в функції часу [3].

Крім цього до недоліків ІР як і реостатів з активним опором відноситься те, що вони займають виробничі площі і викликають їх подорожання.

Спрацювання кілець і щіток із створенням пилу, збільшення нестабільності і зменшення надійності цих технічних засобів спричиняє негативний вплив на техносферу і в той же час на біосферу. При відновлювані контактно-релейної апаратури, контактних кілець і щіток витрачається багато часу, значних витрат на їх ремонт і обслуговування, що зменшує можливість задоволення потреб людини.

Таким чином потреба викликається існуванням невідповідності в чому-небудь. Це може бути недостача або надлишок. Надлишок в рележно-контактно-щітковій системі вносить труднощі в життя.

В зв'язку з цим, виникла потреба на базі індукційного реостату створення індукційного опору, призначеного усунути перераховані недоліки шляхом посадки його на вал ротора. Замість контактно-щіткової системи, обмотки якого безпосередньо з'єднуються з обмотками фазного ротора.

Розробка АДІР здійснюється в двох напрямках, тобто створення ІР в вигляді дисків [4,5,7,8] і в вигляді стержнів [1,6]. Ці технічні дії здійсненні з метою змін, які відповідають запитам життя, що обумовлює доцільність їх розвитку. Різновидність конструкцій визначається характерними для даного періоду дослідницькими, творчими і виробничими, тобто соціально-господарськими можливостями.

Таким чином недостача або надлишок це невідповідності які викликають потреби, які надають сенс

нашим діям. При такому розумінні проблеми потреби АДІР можна виділити дії, направлені головним чином на виключення елементів АДІР із техносфери і дії, направлені головним чином на додавання елементів АДІР (техносфери) до екосфери. В умовах сучасного бурхливого розвитку АДІР все більш виразно починає вимальовуватися необхідність розуміння суттєвості і складності процесу задоволення потреб. При розробці АДІР необхідно навчитись комплексно сприймати складні явища, які в них відбуваються.

Однією із негативних змін-антипотреб АДІР являється виконання стержнів ІР суцільними, внаслідок чого збільшилась маса пристрою. Одним із шляхів покращення конструкцій і характеристик ІР являється виконання стержнів магнітопровода порожнистими [1]. Можливість виконання стержнів порожнистими, пояснюється слідуючим чином. При різкому проявленні поверхневого ефекту у внутрішньому шарі за глибиною 5-7мм від поверхні феромагнітного стержня хвиля магнітного поля повністю затухає. В цій області зосереджені практично всі втрати на вихрові струми і перемагнічування. Таким чином, необхідно забрати неефективну внутрішню частину металу і стержні виконати порожнистими [6,8].

Необхідно відмітити, що зменшення маси ІО шляхом виключення внутрішньої частини стержнів покращує пуско-регулюючі і енергетичні характеристики АДІР, оскільки зменшуються інерційні маси. Ці потреби можуть бути актуальними або потенціальними. До актуальних потреб відносяться ті потреби в АДІР, які починають задовольнятися з часу їх виявлення. Потреби в АДІР, які починають вимальовуватися в світі перспективи розвитку, відносяться до потенціальних. Таким чином дослідження процесу задоволення потреб в АДІР являється просторово-часовою функцією.

Одним із ефективних способів покращення енергетичних показників АДІР і зниження встановленої потужності являється введення проміжних ступенів синхронних швидкостей обертання магнітного поля двигуна, яке забезпечує зменшення максимальної величини скользіння. Це призводить до значного зменшення втрат скользіння, підвищення використання габариту двигуна, збільшення допустимого по нагріву моменту в зоні низьких швидкостей. Реалізація цього способу пов'язана з розробкою спеціальної конструкції ротора, в якому досягається безконтактна зміна числа пар полюсів обмотки ротора при зміні числа пар полюсів обмотки статора і повне використання індукційного опору на кожній ступені швидкості двигуна.

Необхідно звернути увагу на складність процесу задоволення потреб, пов'язаних з використанням нових технічних рішень АДІР. Необхідною умовою спеціально-технічної адекватності АДІР, являється існування інформаційних зв'язків. Із інформаційної моделі відносин зв'язку в комплексній системі (рис.5), видно, що дані експлуатації ер в сфері задоволення потреб, становлять умови задачі для проектування рг і

конструювання ks, а також і дослідження ба. Цей зв'язок в сфері потреб повинен існувати між проектуванням рг, конструюванням ks і експлуатацією ер, оскільки необхідною умовою являється розпізнавання потреби» Стрілка рг і ks означає приток інформації із сфери потреб, а стрілки до ер-вплив на процес експлуатації. Цим підкреслюється значення необхідної єдності операційної дії при задовільненні потреб. Таким чином технічна творчість вимагає раціоналізації, яка стає можливою в результаті проведення наукових і практичних досліджень. Дослідницька система ба пов'язана з виробничою системою wt. Основоположене значення проектування і конструювання реалізується завдяки двохстороннім зв'язкам. Але дослідники не впливають безпосередньо на виробництво, в результаті чого тут має місце одностороння направленість зв'язку, тобто від wt до ба. Між рг, ks і ба повинні існувати двохсторонні зв'язки. Проектування і конструювання дають інформацію про дослідження, які необхідні для раціоналізації системи в конструкції. Таким чином, творчий операційний процес впливає на хід досліджень [2,12,13].

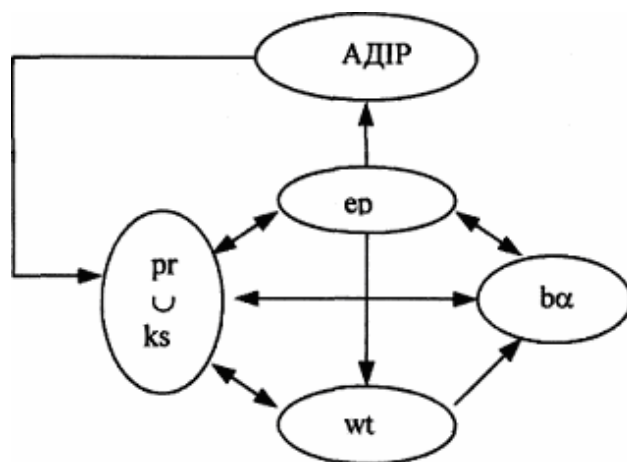


Рис.5 Інформаційна модель відносин зв'язку в комплексній системі

В результаті прикладних досліджень інформаційна модель складає основу процедур, безпосередньо направлених на рішення задач задоволення потреб АДІР.

Активність і прагнення до нових технічних рішень АДІР пояснюються бажанням підвищувати ефективність дій. Аналізуючи правила технічної дії, можна визначити суттєві властивості цієї дії, тобто відношення до критерію, яким може бути: мінімізація затрат, або максимізація ефекту. Чим ширша область можливих рішень і чим більш вдало вибрані критерії, тим більша ймовірність знаходження абсолютного оптимуму. Таким чином використання цих критеріїв дозволяє здійснити оптимізацію.

Задача оптимізації існує тільки тоді, коли існує область можливих рішень. Формальний підхід оптимального рішення АДІР можна проілюструвати з допомогою схеми (рис.6). Якщо існує задача, яка потребує виділення, то необхідно: розглянути можливості її

рішення, що може бути здійснено шляхом вибору серед відомих, або пошуку нових рішень; встановити основні оцінки необхідної для раціонального вибору, тобто використати відповідно даній задачі критерії. [11]. В результаті цього виникає задача створення області можливих рішень, для якої можуть бути використані логічні евристичні методи [10].

Таким чином підбір критеріїв необхідно ґрунтувати на відповідних закономірностях. Необхідно відмітити, що критерії обумовлюють створення системи і конструкції: система являє собою основу функціонування АДПР; конструкція являє собою основу створення АДПР.

До останнього часу розробників АДПР цікавила головним чином технічна ефективність і в меншій мірі значення факторів оточення.

В наш час, облік всіх суттєвих факторів і ефектів, пов'язаних з процесом задоволення потреб при допомозі АДПР, вважається з позицій екології необхідним. При умові незалежності факторів один від другого математична модель має вид [2]:

$$P = P_t \cdot P_z \cdot P_0 \cdot P_p \cdot P_a, \quad (1)$$

де P - надійність ефективності процесу, задоволення потреби; P_t - технічна надійність АДПР; P_z - надійність дії АДПР в функціональних умовах оточення; P_0 - надійність ефективної дії оператора, який управляє АДПР; P_p - надійність ефективного задоволення потреби з точки зору конкретних умов, дійсних для відповідного часу; P_a - гарантія відсутності шкідливої дії АДПР на оточення, що могло б знизити його суспільну користь.

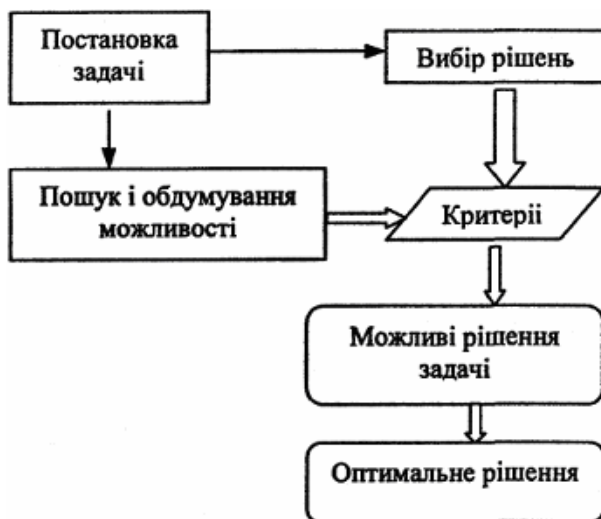


Рис. 6 Формальна схема оптимізації АДПР.

Для АДПР абсолютна надійність неймовірна тому, що всі технічні засоби відказують. Використовуючи термін «надійність», як суттєвий критерій адекватності, будемо розглядати відносну надійність P формувати задачу в відповідності з виразом

$$P + \bar{P} = 1, \quad (2)$$

Вираз (2) являє собою аксіому: надійність і ненадійність в сумі складають одиницю, тобто абсолютну надійність. Задачу ненадійності можна розглядати, безпосередньо оцінюючи надійність відповідно (2).

$$\bar{P} = 1 - P \quad (3)$$

Визначення надійності, як міри технічної адекватності вимагає перевірки шляхом експериментальних досліджень.

Зв'язок людини з технічними засобами складна і не з усіх точок зору розкрита і проаналізована.

Задоволення потреб являє собою відкриту задачу, яка може постійно доповнюватися і коректуватися.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Головань В.И., Головань И.В. Асинхронные двигатели с индукционным сопротивлением в цепи фазного ротора. - Черновцы: Прут, 2000 - 160 с.
- [2] Дитрих Я. Проектирование и конструирование: Системный подход. Пер. с польск. - М.: Мир, 1981.-456с.
- [3] Абрамов А.Г. Размерный ряд автоматических restos для электродвигателей с фазным ротором // Электричество. -1965.№12.
- [4] Вербовой В.П., Заболотный А.П., Съянов А.М. Асинхронные двигатели для тиристорного электропривода.- Киев: Наукова думка. -1994.-224с.
- [5] Власов В.Г., Иванов В.Л., Тимофеева Л.И. Взрывозащищенный тиристорный электропривод переменного тока.-М.:Энегия.-1977.-160с.
- [6] Войтех А.А., Сторожко С.П. Асинхронные двигатели с переменным составом рабочих гармоник магнитного поля. Препринт ИЭТ АН УССР: К.-1974.-66С.
- [7] Розов Ю.М., Тигунов А.П. Методические рекомендации по расчету асинхронного двигателя с индукционным роторным сопротивлением // АН УССР. Институт проблем моделирования в энергетике. -Киев: Наукова думка, 1981.-52с.
- [8] Киричек Г.М. Индукционные сопротивления в цепи ротора двухскоростного асинхронного двигателя // Техническая электродинамика. - 1979, №1.-С.52-56.
- [9] Юдин Э.Г. Системный подход и принцип деятельности. -М.: Наука.-1978.
- [10] Альтшуллер Г.С. Алгоритм изобретения. - М.: Московский рабочий. - 1973.
- [11] Уайлд Д. Оптимальное проектирование. Пер. с англ.- М.: Мир.- 1981.
- [12] Dietrych J., Konstrukcja i konstruowanie, WNT, Warszawa.-1968.
- [13] Dietrych J., Projektowanie i konstruowanie, WNT, Warszawa.-1974.

Надійшла 16.04.03