

**ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертацію **Червоненка Івана Ігоровича**  
«Структурний синтез системи автоматичного управління оборотними  
гідроагрегатами, які працюють зі змінною частотою обертання»  
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за  
спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування

**Актуальність теми дисертації.** Створення високоефективних і енергозберігаючих систем автоматичного управління агрегатами електричних станцій на сьогоднішній день є проблемою дуже актуальною. Гідроакумуючі електростанції через особливості їх роботи зазнають величезних втрат, через зниження ефективності роботи їх оборотних гідроагрегатів при зміні розрахункових напорів. Саме тому, створення САУ для гідроагрегатів ГАЕС, яка б дозволила підвищити енергоефективність цих станцій – є надзвичайно актуальною і вкрай необхідною задачею, зважаючи на тенденцію до швидкого зростання кількості таких станцій, як в Україні, так і в світі.

Саме розв'язанню цієї актуальної задачі і присвячена дисертаційна робота Червоненка І. І.

Результати роботи є складовою частиною науково-практичних розробок при виконанні держбюджетної науково-дослідної роботи «Розвиток теорії та науково-методичних основ для створення і модернізації турбогенераторів, які задовольняють сучасним вимогам електроенергетичної системи України»(№ ДР 0115U000528), а саме її розділу «Розробка комплексного генеруючого вузла-регулятора на базі відновлюваних джерел енергії», в яких здобувач був виконавцем окремих етапів.

**Аналіз змісту дисертації і відповідність його поставленим задачам.** Зазначений вище аналіз показує, що матеріал всіх її розділів,

розрахунки, отримані моделі та дослідження повністю відповідають поставленим в дисертаційній роботі задачам.

В першому розділі дисертації автор стисло охарактеризував особливості режимів роботи оборотних гідроагрегатів ГАЕС та їх робочих процесів. Шляхом аналізу універсальних характеристик різних радіально-осьових гідротурбін показав необхідність перевodu їх в режим роботи зі змінною частотою обертання, визначив ті параметри робочого процесу, які найбільш суттєво впливають на ККД оборотних гідроагрегатів.

Автор роботи провів детальний аналіз всіх, відомих на сьогодні, систем автоматичного управління енергоагрегатів різних типів станцій, які працюють із змінною частотою обертання, охарактеризував їхні переваги та недоліки і визначив наукові задачі, які необхідно вирішити для досягнення поставлених в роботі цілей.

Другий розділ дисертації присвячений теоретичним розробкам, нової системи управління оборотних гідроагрегатів, які працюють зі змінною частотою обертання. При цьому він виконав надзвичайно важливу задачу і визначив найбільш доцільну структуру та склад об'єкту управління, в ролі якого виступає оборотний гідроагрегат. Розуміючи, що і структура САУ і її функціональні особливості суттєво залежать від структури та складу об'єкта управління, спираючись на експертні оцінки спеціалістів, автор визначив найбільш доцільну структуру об'єкта управління, яка задовольняла би всім вимогам, як з боку роботи електричної станції, так і з боку енергосистеми.

Автор ретельно проаналізував всі режими роботи гідроагрегатів, реалізацію яких повинна забезпечити САУ та розробив алгоритми її роботи, за допомогою чого провів структурний синтез системи автоматичного управління, яка забезпечує всі режими при роботі енергоблоку з синхронною частотою обертання та режим корекції ККД гідротурбіни при роботі зі змінною частотою обертання робочого колеса турбіни.

При цьому автор використав оригінальний підхід, який полягає в тому, що за базову структур САУ він приймає структуру існуючого електрогідравлічного регулятора частоти обертання гідротурбіни і шляхом введення в його електричну частину двох додаткових ланок, так званого коректора ККД, та перемикаючої ланки (фільтру режимів), змінює структуру ЕГР, що переводить цей регулятор в режим слідкуючу систему по напору, яка і корегує відкриття направляючого апарату турбіни, забезпечуючи при цьому її оптимальний ККД.

В третьому розділі розроблена математична модель синтезованої системи управління, яка дала автору змогу провести моделювання її роботи в усіх запланованих режимах. В моделі враховані всі гідромеханічні процеси в гідротурбіні, які суттєво впливають на динаміку її поведінки в усіх вищезазначених режимах. Висока точність моделі доведена співпадінням промодельованих процесів з результатами натурних випробувань цих же турбін на діючих ГАЕС.

Дослідження показали повну працездатність розробленої САУ та те, що її динамічні якості повністю відповідають вимогам до таких систем. За допомогою моделі автор визначив оптимальні параметри стабілізуючих ланок САУ.

В четвертому розділі дисертації визначено шляхи практичній реалізації синтезованої системи. Для цього дані обґрунтовані рекомендації по вибору окремих вузлів та механізмів системи. Автор проводить аналіз необхідності резервування ланок коректора ККД та фільтру режимів. Був проведений аналіз поміхостійкості розробленої САУ в умовах пульсацій тиску води вздовж проточного тракту гідротурбіни.

На нашу думку, матеріал всіх перерахованих розділів дисертації, розрахунки, отримана модель та дослідження повністю відповідають поставленим в дисертаційній роботі задачам, а проведені автором наукові дослідження дають можливість удосконалити систему автоматичного управління, за допомогою якої можна суттєво підвищити

енергоефективність роботи оборотних гідроагрегатів ГАЕС при зміні їх робочих напорів.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна.**

На основі досліджень, проведених в першому розділі дисертаційної роботи, дисертант вірно сформулював ті наукові задачі, які необхідно вирішити, щоб досягти поставленої в роботі цілі. Обґрунтованість цих завдань базується на детальному системному аналізі режимів роботи сучасних гідроакумуючих електростанцій та універсальних і експлуатаційних характеристик їх гідроагрегатів.

Розроблена в третьому розділі математична модель базується на реальних фізичних процесах, які мають місце при роботі гідроагрегатів ГЕС і ГАЕС, а саме їх гідротурбін та генераторів.

Положення і висновки відносно суті проблеми, принципів і методів побудови математичної моделі в роботі достатньо обґрунтовані і базуються на принципах, які добре зарекомендували себе на практиці, а саме, принципах системного аналізу, теорії автоматичного управління, математичного моделювання та методів оптимізації.

Достовірність їх забезпечена коректністю використання математичного апарату та наукових положень. Вона підтверджена перевіркою на адекватність математичної моделі, аналогічними дослідженнями, які були проведені в експлуатаційних умовах для гідротурбін на діючих станціях.

З усім переліком наукових досягнень автора, які, на його думку, складають наукову новизну одержаних результатів, можна погодитись. Наведені в дисертаційній роботі Червоненка І. І. висновки і рекомендації, щодо використання результатів досліджень достатньо обґрунтовані і відповідають дійсності.

При вирішенні своєї задачі дисертант зробив крок вперед в застосуванні систем із змінною структурою, розширивши коло їх

функціональних задач, які можна вирішувати за допомогою перебудови структури основного регулятора чи системи управління в цілому. В цьому випадку, на відміну від традиційних задач, які зводились до забезпечення необхідних перехідних процесів САУ, була вирішена задача режимного характеру, яка пов'язана з оптимізацією одного із параметрів робочого процесу оборотних агрегатів ГАЕС. В цьому, на мою думку, полягає **наукова цінність** роботи Червоненка І. І.

**Практична цінність** цієї роботи полягає в тому, що проектант та експлуатаційники систем автоматичного управління агрегатами ГЕС і ГАЕС отримали нові підходи до проектування та модернізації цих систем, за допомогою яких можна вирішувати задачі підвищення енергоефективності та надійності функціонування обладнання цих станцій.

**Повнота відображення в публікаціях.** Основний зміст дисертаційної роботи, з необхідною повнотою, відображено в 10 публікаціях здобувача, з яких 5 в науково-технічних виданнях, що входять до переліку фахових видань ВАК України, 2 публікації в іноземних наукових збірниках, 2 в матеріалах конференцій та 1 патент України. Дисертаційна робота пройшла апробацію на 4 Міжнародних науково-практичних конференціях і доповідалась на засіданні науково-технічної ради Укргідроенерго. У публікаціях автора досить докладно відображені основні результати роботи. Зміст автореферату дисертації повністю відображає основні положення роботи, отримані в ній результати та рекомендації, його оформлення відповідає всім вимогам ВАК України.

**Структура й обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 140 сторінок, включаючи 56 рисунків по тексту; 3 таблиці по тексту; 1 таблиця на 1 сторінці; 91 найменування використаних джерел на 11 сторінках, 1 додаток на 5 сторінках.

**Зауваження:**

1. На стор. 11 дисертації автор звертає особливу увагу на шахтні ГАЕС, але не пояснює чи є які-небудь її особливості з точки зору управління агрегатами в порівнянні зі звичайними ГАЕС.

2. В другому розділі дисертації автор оптимізував структуру та склад об'єкта управління ГАЕС, і ввів в цю структуру новий тип генератора, а саме асинхронізований синхронний генератор-двигун. Далі в дослідженнях мова весь час йде про корекцію ККД гідротурбіни, але нічого не говориться про ККД генератора.

3. Із роботи не ясно, чи розглядались якісь інші варіанти побудови САУ оборотних гідроагрегатів, крім САУ зі зміною структурою, якщо так, то чому вони були відкинуті.

4. В синтезовану систему введено додатково до чутливого елементу частоти обертання агрегату ще і чутливий елемент ККД гідротурбіни, який автор назвав коректором ККД. Не зовсім ясно яку роль він виконує тоді, коли система забезпечує штатні режими.

5. На стор. 89 дисертації наведена повна структурна схема синтезованої САУ, в якій передаточна функція гідромеханічної частини має рівняння досить високого порядку. Далі автор каже про те, що для проведення досліджень він дещо спрощує модель, але при цьому не видно саме як і за рахунок чого він це робить.

6. В авторефераті недостатньо розкрито принципи функціонування блоку корекції ККД на основі апроксимації універсальних характеристик гідроагрегата, хоча саме це визначає наукову новизну роботи в плані структурно-параметричного синтезу оптимальної адаптивної системи керування гідроагрегатом за критерієм максимуму ККД.

Наведені вище зауваження ніяким чином не знижують науковий рівень роботи та її наукову і практичну цінність.

**Висновок.** Дисертаційна робота Червоненка Івана Ігоровича є закінченим дослідженням, в результаті якого знайдені шляхи науково обґрунтованого підходу до створення та ефективної експлуатації системи автоматичного управління оборотних гідроагрегатів ГАЕС, які працюють зі змінною частотою обертання. Робота відповідає всім вимогам нормативних документів ВАК України, пунктам 9, 11 і 12, «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» щодо кандидатських дисертацій, а її автор Червоненко Іван Ігорович заслуговує на присудження йому наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

Декан факультету енергетики,  
енергозберігаючих технологій і  
автоматизації енергетичних процесів  
Української інженерно-педагогічної академії,  
доктор технічних наук, професор кафедри  
теплоенергетики та енергозбереження



  
Канюк Г.І.