

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ПІДНЯТТЯ ЗАТВОРУ ЗЛИВНОЇ ГРЕБЛІ НА ФІЗИЧНІЙ МОДЕЛІ

А. І. Гладир, к.т.н., доц., О. А. Хребтова, ас., О. Ю. Лещук, студ.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна

E-mail: gai@kdu.edu.ua

Розглянуто причини аварійності електропривода підняття затвору зливної греблі з урахуванням поздовжніх деформацій підймальних канатів. Розроблено математичну модель механічної частини електропривода механізму підняття затвору зливної греблі з урахуванням зазорів у зубцевих передачах. Реалізовано лабораторний комплекс для дослідження режимів роботи взаємопов'язаних частотно-регульованих електроприводів фізичній моделі затвору зливної греблі з використанням сучасних засобів автоматизації.

Ключові слова: системи синхронного обертання, поздовжня деформація канатів, формування люфтів у зубцевих передачах, лабораторний комплекс.

Вступ. Низька надійність, складність обслуговування, незадовільні енергетичні показники морально застарілих систем синхронного обертання (ССО) з допоміжними асинхронними машинами є підставою для пошуку сучасних технічних рішень, що забезпечують необхідну якість технологічного процесу при мінімальних енергетичних і експлуатаційних витратах.

У ході пошуку раціональних варіантів модернізації ССО електродвигунів підймальних лебідок механізму підняття затвору зливної греблі в умовах Кременчуцької гідроелектростанції (ГЕС) автори зіткнулись з необхідністю створення мінімізованої фізичної моделі механізму, що враховує особливості кінематики та специфіку технологічних режимів реального об'єкту.

Аналіз попередніх досліджень. У роботі [1] розглянуто властивості ССО, побудованої на базі електричного валу, встановлено головні причини недостатньої ефективності системи синхронного обертання з допоміжними асинхронними машинами при використанні в умовах механізму підняття затвору зливної греблі.

У роботі [2] запропоновано технічні рішення з модернізації електропривода затвору зливної греблі, що дозволяють зменшити кількість робочих машин, значно підвищити енергоефективність, надійність і безпеку електроприводу, значно збільшити термін служби допоміжного обладнання гідроелектростанції.

Мета роботи. Розробка та дослідження фізичної моделі електропривода механізму підняття затвору зливної греблі.

Матеріал і результати дослідження. Кінематична схема механізму підняття (рис. 1) складається з двох комплектів ідентичних елементів: приводних двигунів, допоміжних машин електричного валу, зубчастих передач (з передавальним числом $i_n = 263$), барабанів підймальних лебідок та поліспастів.

Захватні пристрої обох лебідок з'єднуються із затвором через траверсу й забезпечують підймання та встановлення затвору зливної греблі.

Процес підймання затвору з карману греблі характеризується двома етапами. На першому етапі відбувається лінійне зростання сил і моментів опорів та поздовжня деформація канатів при нерухомому затворі. Другий етап розпочинається з переходом затвору зі стану спокою в стан руху, коли тягучі зусилля та поздовжні деформації канатів набувають сталого значення.

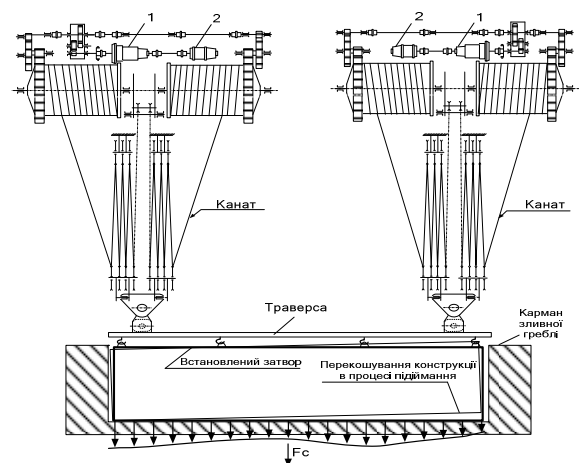


Рисунок 1 – Кінематична схема механізму підняття: 1 – головні двигуни, 2 – допоміжні машини електричного валу

Під час експлуатації зливної греблі в результаті засмічення й кородування елементів конструкції затвору поступово зростають сили тертя кочення між колесами й напрямними, сили тертя ковзання в підшипниках коліс. Це призводить до того, що моменти опорів для кожної з двох підймальних лебідок можуть значно відрізнитися. Нерівномірна поздовжня деформація канатів викликає перекошування затвору, випадання двигунів ССО із синхронізму та аварійні режими роботи.

Математичне моделювання дводвигунного електропривода як багатомасової системи з люфтами вказує на значний вплив зазорів на значення електричного кута неузгодження, критичне значення якого для електричного валу складає $\leq 90^\circ$ [3].

Результати моделювання представлені для наступних умов:

порівняння вихідної координати електропривода без урахування та з урахуванням зазорів (рис. 2);

штучне збільшення зазору в редукторі барабану однієї лебідки на 50 % (рис. 2) [1];

збільшення зазору в двоступеневому редукторі однієї з лебідок на 50 % (рис. 3);

введення пульсуючої складової моменту опору для однієї з лебідок, що складає +10 % від номінального значення (рис. 4);

зміна параметрів схеми заміщення асинхронного двигуна однієї з лебідок (рис. 5).

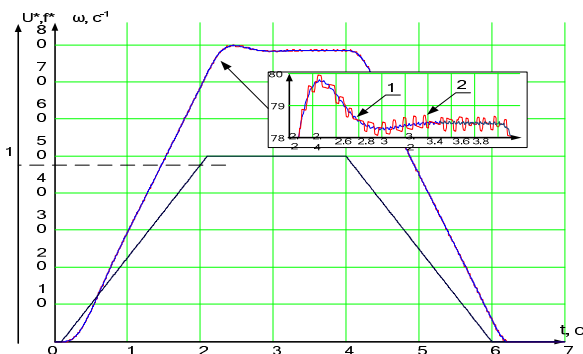


Рисунок 2 – Результати моделювання процесу пуску дводвигунного електропривода з урахуванням зазору (2) та без нього (1)

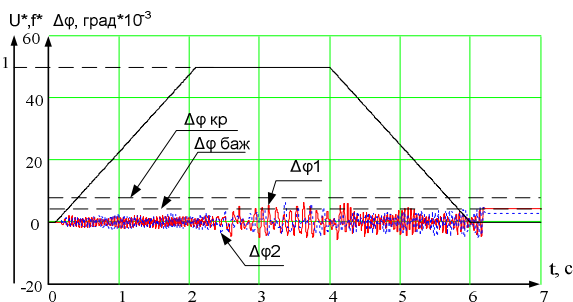


Рисунок 3 – Кут неузгодження дводвигунного привода при збільшенні значення зазору редуктора барабану на 50 % ($\Delta\phi_1$) та зазору на редукторі на 50 % ($\Delta\phi_2$)

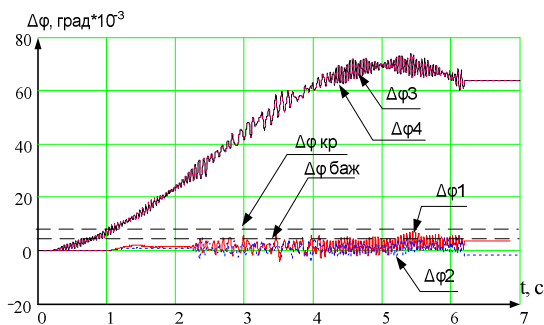


Рисунок 4 – Кут неузгодження дводвигунного привода: $\Delta\phi_1$ – при $M_{опр} = 1,1$ Мном; $\Delta\phi_2$ – 1,2 Мном; $\Delta\phi_3$ та $\Delta\phi_4$ – при наявності пульсуючої складової опору, що дорівнює 1,1 Мном та 1,2 Мном відповідно

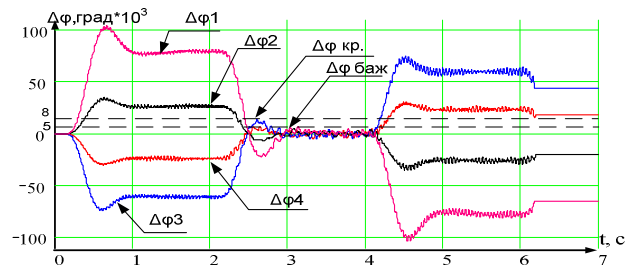


Рисунок 5 – Кут неузгодження дводвигунного привода при зміні параметрів одного з двигунів:

$\Delta\phi_1$ при 1,3 R_d ; $\Delta\phi_2$ при 1,1 R_d ; $\Delta\phi_3$ при 1,3 L_d ; $\Delta\phi_4$ при 1,1 L_d

Результати математичного моделювання з урахуванням люфтів у зубчатих передачах вказують на те, що невідповідності й розбіжності в електричних та механічних параметрах двох комплектів електроприводів значно впливають на формування кута неузгодження.

Для експериментального дослідження морально застарілих систем синхронного обертання авторами розроблено лабораторний комплекс, зовнішній вигляд якого представлено на рис. 6.

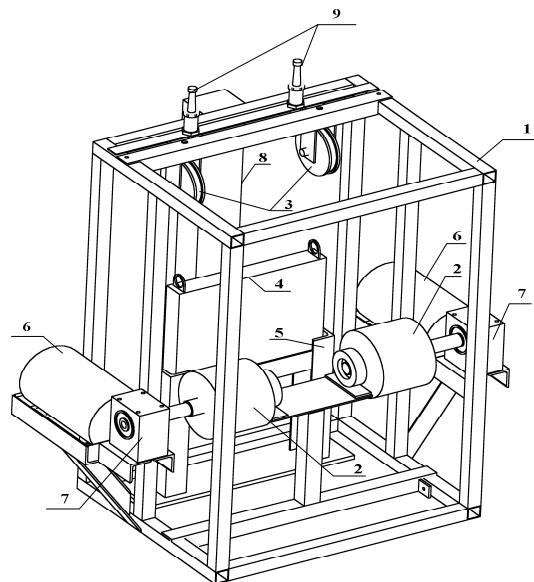


Рисунок 6 – Зовнішній вигляд механічної частини комплексу: 1 – несуча рама; 2 – підймальні лебідки; 3 – фіксовані блоки; 4 – затвор; 5 – направляючі; 6 – асинхронні двигуни; 7 – черв'ячні редуктори; 8 – блок індуктивних датчиків; 9 – ультразвукові датчики переміщення

Механічна частина комплексу, яка являє собою фізичну модель затвору зливної греблі, складається з несучої рами (1), двох підймальних лебідок (2), двох фіксованих блоків (3) та затвору (4). Конструкція дозволяє здійснювати підймання/спускання затвору вздовж направляючих (5) шляхом безпосереднього навівання на барабани лебідок канатів, які через нерухомі блоки з'єднані із затвором.

Електропривод комплексу представлено асинхронними двигунами (АД) типу MS6324 (6), які через черв'ячні редуктори (7) передають обертальний рух барабанам лебідок. Передбачено незалежне живлення кожного з двох АД від перетворювачів частоти (ПЧ) Lenze 8200 Vector.

Систему керування електроприводами (рис. 7) реалізовано на базі програмованого логічного контролера (ПЛК) серії VIPA 200V, який складається з модуля процесора CPU214 (214-2BS32), дискретних модулів 8 DI (221-1BF30) ESO та 8 DO (222-1BF30), модуля лічильника 2 (4) каналу 1Mhz 250-1BA00, аналогових модулів 4 AI (231-1BD53) та 4 AO (232-1BD51), об'єднувальної плати кріплення модулів (290-0AA80).

переміщення UA18CLD06AGM1, сигнали від яких надходять до модулів введення інформації ПЛК. Для можливості дослідження систем слідкуючого приводу та систем синхронного обертання валів із заданим співвідношенням швидкостей та кутів повороту передбачено використання інкрементних енкодерів E40S8-1024-3-T-24, що встановлено безпосередньо на вали навивальних барабанів. На підставі отриманої інформації ПЛК забезпечує програмне управління ПЧ1 та ПЧ2 у відповідності до обраних алгоритмів функціонування.

Для реєстрації миттєвих значень швидкостей обертання електричних машин безпосередньо на їх вали встановлено малоінерційні тахогенератори ДП-1-26 зі збудженням від постійних магнітів.

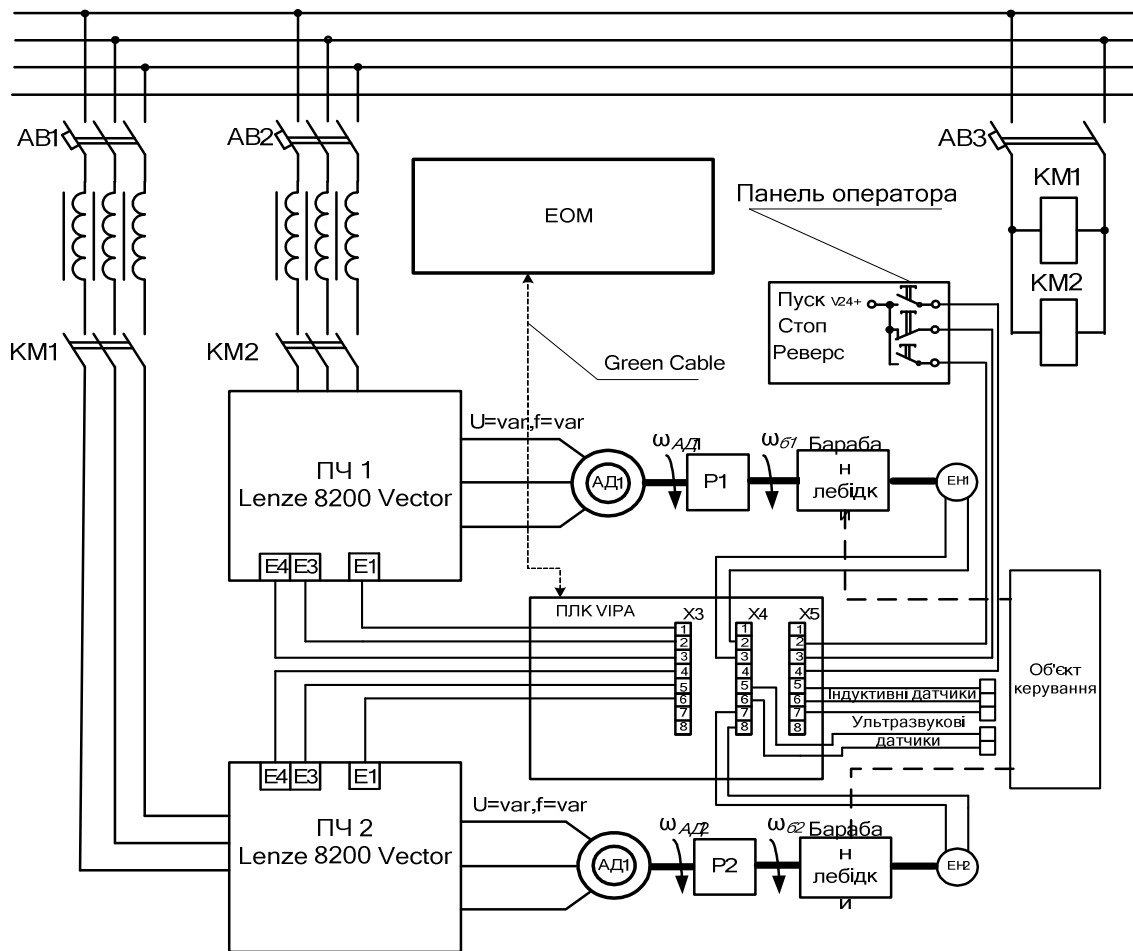
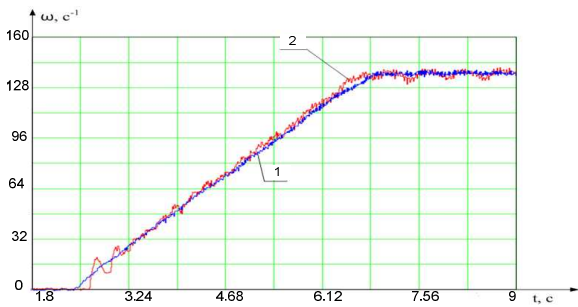


Рисунок 7 – Функціональна схема комплексу

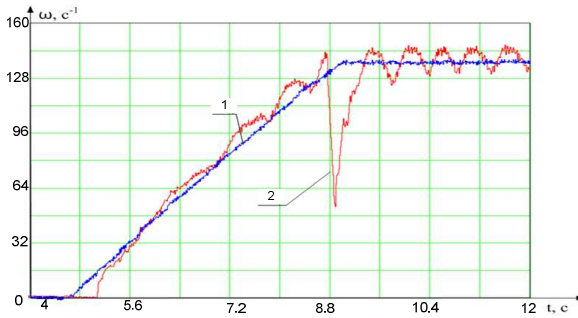
Програмування контролера здійснюється через кабель зв'язку PC/PLC Green Cable (950-0KB00) з використанням програмного забезпечення VIPA WinPLC7 або поширеного SIMATIC STEP 7.

Під час програмування визначається режим функціонування комплексу: використання тих чи інших датчиків, можливість роботи за циклограмою в автоматичному режимі або за командою оператора («Пуск», «Стоп», «Ревєрс» і т. п.). Для контролю за станом об'єкту керування застосовуються індуктивні датчики положення IA30ASN22NOM1 та ультразвукові датчики

Інформація про швидкість обертання надходить до АЦП m-DAQ, з'єднаного з персональним комп'ютером через USB-порт. Отримані результати обробляються та зберігаються у стандартних математичних пакетах засобами EOM. На підставі експериментальних даних робляться висновки щодо результатів досліджень. На рис. 8 наведено результати експериментального дослідження дводвигунного електропривода, де головний двигун задає закон руху підпорядкованого двигуна в замкненій системі регулювання з від'ємним зворотнім зв'язком за кутом повороту вала.



а)



б)

Рисунок 8 – Перехідні процеси за швидкістю головного двигуна 1 та підпорядкованого двигуна 2 при оптимальному (а) та підвищеному (б) значенні коефіцієнта підсилення П-регулятора.

Висновки. Розроблений лабораторний комплекс дозволяє досліджувати режими роботи слідкуючих та позиційного приводів, систем синхронного обертання та синфазного руху складових ланок системи. Представлене обладнання надає можливість швидкого набуття

вмінь та навичок у програмуванні промислових контролерів, може бути корисним у якості дослідного зразка на етапах проектування, налагодження та експлуатації сучасних систем електропривода.

ЛІТЕРАТУРА

1. Martsyniuk V., Khrebtova O. Assessment of expediency of modernization of the dam's shutter // Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 07–08 квітня 2011 р. – Кременчук, КНУ, 2011. – С. 117–118.

2. Гладир А.І., Хребтова О.А. Модернизация электропривода подъема затвора сливной плотины в условиях Кременчугской ГЭС // Вісник КДУ ім. М. Остроградського. Наукові праці КДУ. – Вип. 4 (63), ч. 2. – Кременчук: КДУ, 2010. – С. 59–63.

3. Унгру Ф., Иордан И. Системы согласованного вращения асинхронных электродвигателей. – М.: Энергия, 1971. – 182 с.

Стаття надійшла 30.06.2011 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Чорним О.П.

ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА ЗАТВОРА СЛИВНОЙ ПЛОТИНЫ

А. И. Гладырь, к.т.н., доц., О. А. Хребтова, асс., А. Ю. Лещук, студ.
Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина
E-mail: gai@kdu.edu.ua

Рассмотрены причины аварийности электропривода подъема затвора сливной плотины с учетом продольных деформаций подъемных канатов. Разработана математическая модель механической части электропривода механизма подъема с учетом зазоров в зубчатых передачах. Реализован лабораторный комплекс для исследования режимов работы взаимосвязанных частотно-регулируемых электроприводов физической модели затвора сливной плотины с использованием современных средств автоматизации.

Ключевые слова: системы синхронного вращения, продольная деформация канатов, формирование люфтов в зубчатых передачах, лабораторный комплекс.

ELEMENTS OF THE PHYSICAL MODEL OF THE ELECTRIC DRIVE'S LIFTING MECHANISM OF THE DAM'S SHUTTER

A. Gladyr, Cand.Sc. (Eng.), Assoc. Prof., O. Khrebtova, as., O. Leshchuk, stud.
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University
vul. Pershotravneva, 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine
E-mail: gai@kdu.edu.ua

The causes of breakdowns of electric drive for lifting the dam's shutter, taking into account the longitudinal deformations of the hoisting ropes are analyzed. The mathematical model of a mechanical part of the electric drive of the dam's shutter taking into account the gaps in the gears is developed. The laboratory complex for studying the modes of operating the dam's shutter with using the modern equipment of automation is presented.

Key words: systems of synchronous rotation, the longitudinal deformations, the forming backlash in gears, the laboratory complex.