

УДК 255:29.1

ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ ЗАТВОРА ЗЛИВНОЇ ГРЕБЛІ

А. І. Гладир, О. А. Хребтова, С. О. Шаповал, К. В. Калін

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: gai@kdu.edu.ua

Розглянуто питання модернізації кранового обладнання на прикладі механізму підйому затвора зливної греблі з урахуванням особливостей роботи трансмісії. Запропоновано технічні рішення і алгоритми функціонування дводвигунного приводу при проведенні передстартової підготовки в умовах важкого пуску та забезпечення синфазного руху барабанів лебідок при виникненні нерівномірного розподілу моментів опору підйимального механізму.

Ключові слова: дводвигунний електропривод, передстартова підготовка, зливна гребля, синфазний рух.

ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА ЗАТВОРА СЛИВНОЙ ДАМБЫ

А. И. Гладырь, О. А. Хребтова, Е. А. Шаповал, К. В. Калинин

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: gai@kdu.edu.ua

Рассмотрен вопрос модернизации кранового оборудования на примере механизма подъема затвора сливной плотины с учетом особенностей работы трансмиссии. Предложены технические решения и алгоритмы функционирования двухдвигательного привода при проведении предстартовой подготовки в условиях тяжелого пуска и синфазного движения барабанов лебедок при возникновении неравномерного распределения моментов сопротивления подъемного механизма.

Ключевые слова: двухдвигательный электропривод, предстартовая подготовка, сливная плотина, синфазное движение.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Застосування частотно-регульованих електроприводів для модернізації кранового обладнання забезпечує [1, 2]:

- істотне поліпшення технологічного процесу (підвищення точності позиціонування вантажів, усунення перекосів, що виникають при переміщенні металоконструкції моста по рейкових шляхах за рахунок синхронізації обертання провідних коліс візків моста, мінімізацію коливань підвішеного вантажу);

- радикальне зниження витрат на ремонт обладнання шляхом обмеження ударних моментів і вібраційних навантажень при пусках і реверсах, підвищення плавності руху при розгоні й гальмуванні;

- економію електроенергії, особливо при використанні єдиної шини постійного струму для групи частотно-регульованих приводів підйимальних лебідок і механізмів переміщення.

Особливо гостро стоїть питання модернізації кранового обладнання гідроелектростанцій Дніпровського каскаду, оснащеного морально й фізично застарілими системами електропривода [3].

Метою роботи є розробка спеціалізованої системи кранового частотно-регульованого електропривода, призначеного для роботи в складі допоміжного технологічного обладнання гідроелектростанції з урахуванням конструктивних і експлуатаційних особливостей затвора зливної греблі та вимог, що висуваються до електропривода механізму підймання затвора зливної греблі.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Основним завданням дводвигунного електропривода механізму підймання є забезпечення синхронного обертання барабанів лебідок при підйманні й вста-

новленні затвора зливної греблі. Протягом тривалої експлуатації обладнання змінюються фізико-хімічні властивості ущільнення між затвором і основою кармана греблі, що призводить до ефекту «прилипання». Крім того, з часом металоконструкція обростає ракушняком, засмічуються й кородують напрямні затвору, зростають сили тертя між колесами й напрямними, а також сили тертя в підшипниках. Такі умови експлуатації призводять до того, що в початковий момент часу при підйманні затвора момент опору може складати 3–4 M_n [3].

Підймання затвора супроводжується складними динамічними процесами в електромеханічній системі, що обумовлено значними масогабаритними показниками металоконструкції, наявністю досить протяжної й складної механічної передачі, стохастичним характером сил і моментів опорів при русі затвора по напрямних карману. Це призводить до нерівномірного розподілу навантажень між приводами підйимальних лебідок і, як наслідок, до істотного перекосу металоконструкції через наявність розбіжностей амплітудних, частотних і фазових характеристик пружних деформацій канатів [4].

З урахуванням конструктивних і експлуатаційних особливостей об'єкта [4] стає очевидно недоцільність синхронізації обертання барабанів лебідок, оскільки синфазне обертання цих елементів трансмісії не гарантує відсутність «перекосів» металоконструкції затвора. Це означає, що в даному випадку застосування стандартних технічних рішень на базі запропонованих на ринку систем синхронного обертання від провідних компаній-виробників автоматизованого електроприводу є неефективним.

Електропривод для роботи в складі допоміжного технологічного обладнання гідроелектростанції повинен відповідати таким вимогам:

- забезпечення системи контролю кута нахилу затвора (по відношенню до основи карману);
- наявність додаткового обладнання для контролю зусиль у кожному з двох вантажозахватних пристроїв;
- контроль вібраційних і теплових навантажень пускових режимів;
- формування режимів рушення, пуску й переміщення відповідно до заданих алгоритмів функціонування.

На рис. 1 наведена розроблена спеціалізована автоматизована система частотно-регульованого електропривода. Механічна частина складається з карману зливної греблі, затвора, траверси, канатів, поліспастів, двох підймальних лебідок. Конструкція дозволяє здійснювати підймання та опускання затвора вздовж направляючих шляхом безпосереднього навівання на барабани лебідок канатів. Електропривод представлено асинхронними двигунами з

фазним ротором типу МТН512-8, які через зубчасті муфти та багатоступеневий редуктор типу ІЦ2У передають обертальний рух барабанам лебідок. Передбачено незалежне живлення кожного з двох АД від перетворювачів частоти (ПЧ) Lenze 8200 Vector. Систему керування електроприводами реалізовано на базі сучасного програмованого логічного контролеру (ПЛК) серії VIPA 200V та датчиків контролю основних елементів механічних систем (інкрементні енкодери, тензодатчики та датчик нахилу). ПЛК складається з модуля процесора CPU214 (214-2BS32), дискретних модулів 8 DI (221-1BF30) ECO 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). Програмування контролеру здійснюється через кабель зв'язку PC/PLC Green Cable (950-0KB00) з використанням програмного забезпечення VIPA WinPLC7 або поширеного SIMATIC STEP 7.

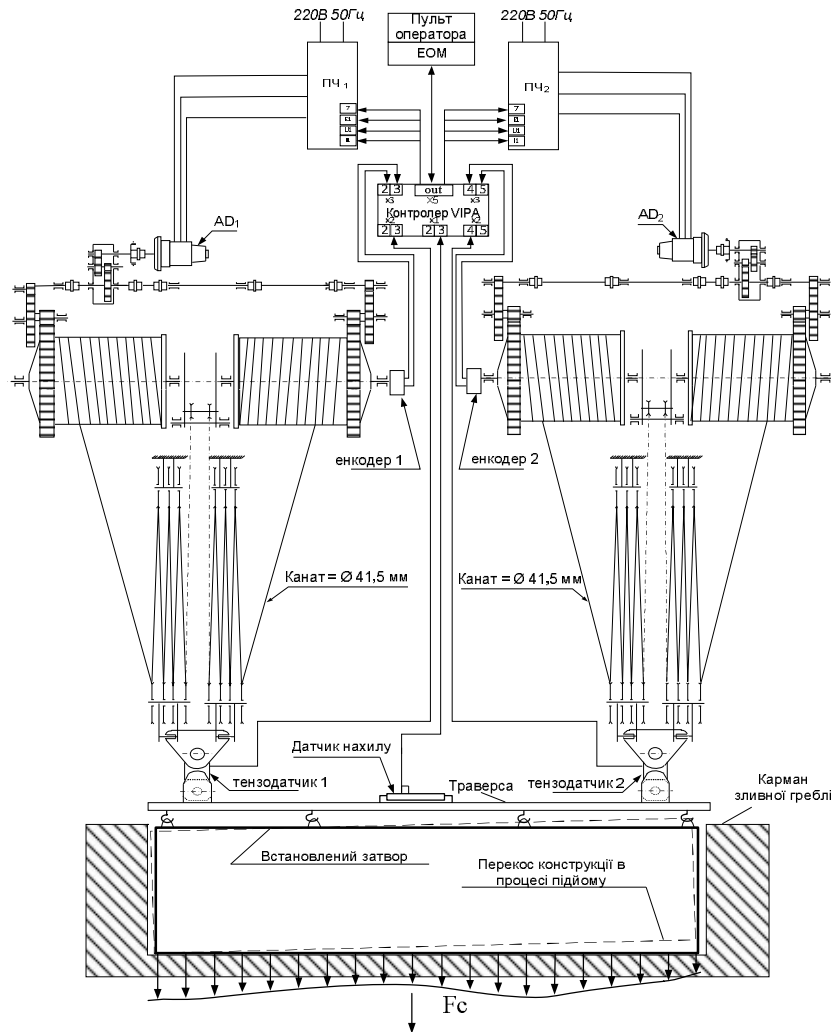


Рисунок 1 – Автоматизована система частотно-регульованого електропривода механізму підймання

Розроблена система дозволяє реалізувати проведення передстартової підготовки у разі виникнення важких умов рушання.

Передстартова підготовка починається з пуску асинхронних двигунів АД₁, АД₂ на мінімально припустимій швидкості обертання (рис. 2). З цієї метою впродовж часу $t = t_p$ перетворювачі частоти ПЧ₁, ПЧ₂ поступово збільшують кутові швидкості обертання відповідних асинхронних двигунів до значення $\omega_1 = \omega_{min}$ та $\omega_2 = \omega_{min}$ за одним зі стандартних законів частотного керування. Після досягнення ω_{min} відбувається переміщення затвору зливної греблі на задану відстань (l_z) при незмінній швидкості обертання. Величина переміщення l_z задається за допомогою датчиків кута повороту або безпосередньо оператором; якщо задане значення кута повороту співпадає з поточним, то відбувається зупинка конкретного двигуна. Після виконання заданого переміщення система керування подає відповідні сигнали керування на ПЧ₁ та ПЧ₂, які, у свою чергу, виконують зупинку АД₁ та АД₂. Після

цього відбувається оцінка ступеня перекосу затвору зливної греблі за допомогою нахиломіру, який встановлено безпосередньо на робочому органі. Якщо перекоп присутній, то значення кута нахилу затвору a_{nom} буде позитивне або негативне в залежності від сторони нахилу. Якщо $a_{nom} > 0$, то система керування здійснює пуск АД₂ на малих частотах обертання та збільшує його швидкість через перетворювач частоти ПЧ₂ з метою усунення перекопу робочого органу. Робота двигуна відбувається до тих пір, доки кут нахилу робочого органу a_{max} не буде дорівнювати нулю $a_{max} = 0$. Після усунення перекопу система керування зупиняє відповідний двигун. Якщо $a_{max} < 0$, то система керування здійснює пуск АД₁ на малих частотах обертання та збільшує його швидкість через перетворювач частоти ПЧ₁ з метою усунення перекопу робочого органу. Робота двигуна відбувається до тих пір, доки кут нахилу робочого органу a_{max} не буде дорівнювати нулю $a_{max} = 0$.

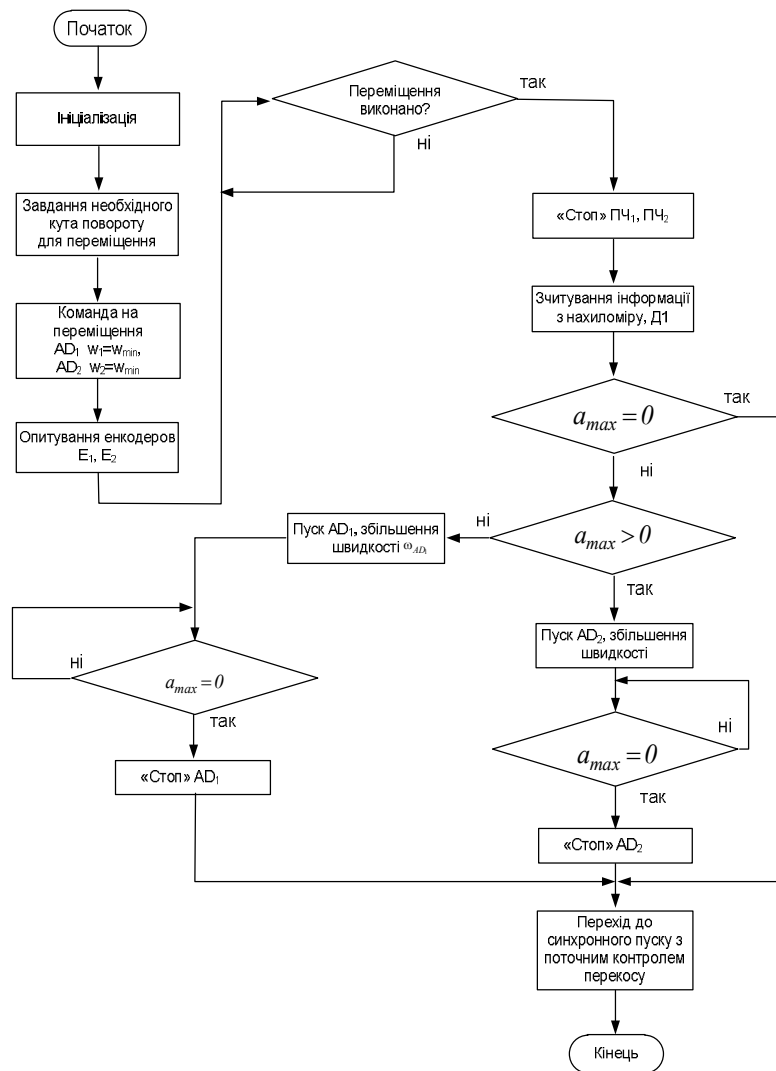


Рисунок 2 – Алгоритм роботи автоматизованої системи при проведенні передстартової підготовки

Після усунення перекосу система керування зупиняє АД1. Таким чином, відбувається горизонтальне вирівнювання затвору, що дає можливість перейти до синхронного пуску АД1 та АД2 з поточним контролем кута нахилу робочого органу.

При синхронізації руху, алгоритм якого наведено на рис. 3, на початку відбувається пуск приводних двигунів АД1, АД2 через перетворювачі частоти ПЧ1, ПЧ2. Відразу після початку руху затвору зливної греблі система керування починає опитування датчика ступеня нахилу робочого органу. Перевіряється рівність кута нахилу робочого органу нулю; якщо $a_{max} = 0$, то це вказує на відсутність перекосу, і система керування продовжує опитування датчика ступеня нахилу. За наявності перекосу значення кута нахилу робочого органу a_{max} буде додатне або від'ємне, залежно від сторони нахилу. Якщо $a_{max} > 0$, то система керування здійснює збільшення швидкості асинхронного двигуна АД2 через перетворювач частоти ПЧ2 для усунення перекосу робочого органу. Кутлова швидкість першого асинхронного двигуна ω_{AD_1} залишається незмінною. Збільшення швидкості ω_{AD_2} відбувається до тих пір, доки кут нахилу робочого органу a_{max} не буде дорівнювати нулю $a_{max} = 0$. У випадку, коли $\omega_{AD_2} = \omega_{2max}$, а

перекос присутній ($a_{max} \neq 0$), система керування через перетворювач частоти ПЧ1 забезпечує зменшення швидкості ω_{AD_1} до тих пір, доки a_{max} не буде дорівнювати нулю ($a_{max} = 0$). Якщо $a_{max} < 0$, то система керування здійснює збільшення швидкості асинхронного двигуна АД1 через перетворювач частоти ПЧ1 для усунення перекосу робочого органу. Кутова швидкість другого асинхронного двигуна ω_{AD_2} залишається незмінною. Збільшення швидкості ω_{AD_1} відбувається до тих пір, доки кут нахилу робочого органу a_{max} не буде дорівнювати нулю $a_{max} = 0$. У випадку, коли $\omega_{AD_1} = \omega_{1max}$, а перекос присутній ($a_{max} \neq 0$), система керування через перетворювач частоти ПЧ2 забезпечує зменшення швидкості ω_{AD_2} до тих пір, доки a_{max} не буде дорівнювати нулю ($a_{max} = 0$). Збільшення або зменшення швидкості відповідних двигунів відбувається в залежності від їх поточної завантаженості. Опитування датчика міри нахилу робочого органу відбувається постійно протягом руху, і таким чином вдається контролювати положення робочого органу та запобігати появі перекосу в процесі роботи.

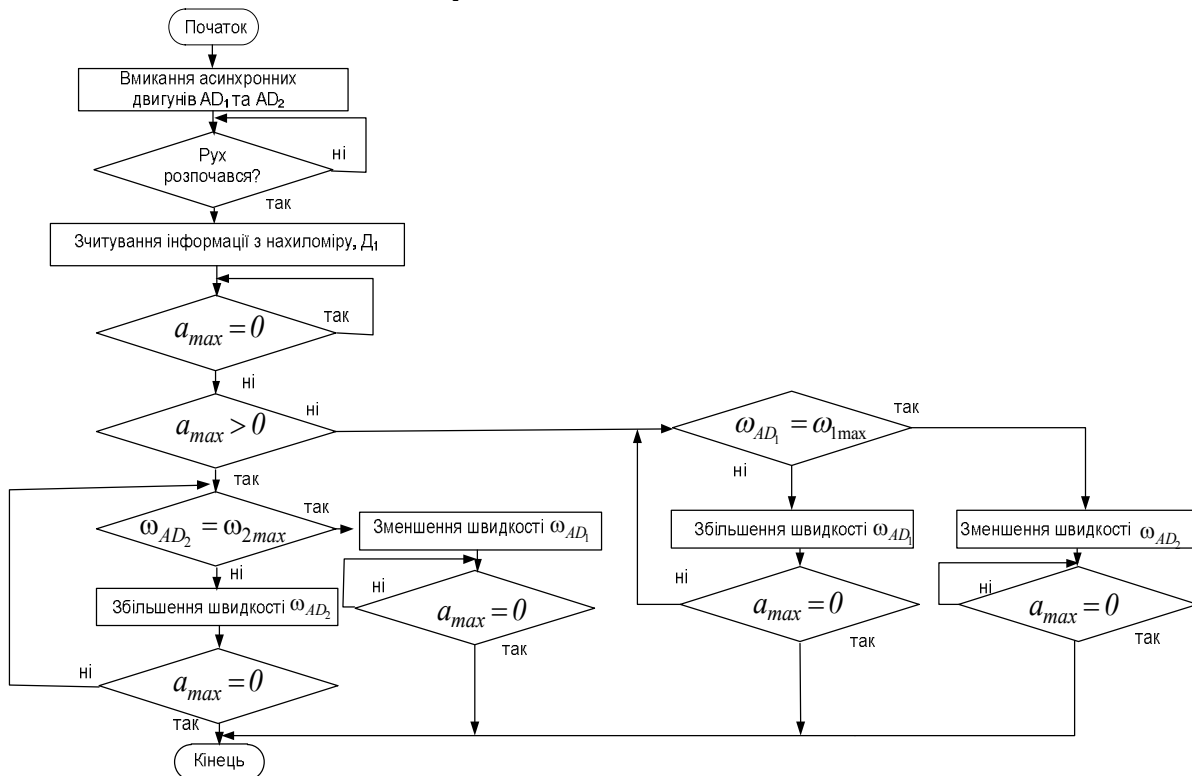


Рисунок 3 – Алгоритм роботи автоматизованої системи з контролем нахилу габаритного вантажу, що піднімається

ВИСНОВКИ. За результатами аналізу конструктивних і експлуатаційних особливостей затвора зливної греблі розроблено спеціалізовану систему

частотно-регульованого електропривода, що забезпечує безаварійні та енергоефективні режими роботи дводвигунного ЕП механізму підйому затвора

зливної греблі. При цьому система керування кранового електропривода містить комплект датчиків для контролю кута нахилу затвора, зусиль у канатах та програмований логічний пристрій для проведення передстартової підготовки та вирівнювання положення габаритного вантажу в процесі підймання та встановлення затвору в карман зливної греблі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Проектирование электроприводов крановых механизмов // Техническая коллекция Schneider Electric. – 2009. – Вып. № 12. – 76 с.

2. Методика по силовому расчету частотно-регулируемых электроприводов крановых механизмов: Техническая тетрадь № 7 // Schneider Electric. – 2007. – 120 с.

3. Гладырь А.И., Хребтова О.А. Особенности трогания кранового электропривода подъема затвора сливной плотины // Вестник национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика. – 2009. – Вып. № 30. – С. 381–384.

4. Гладир А.І., Хребтова О.А. Модернізація електропривода механізму підймання затвора зливної греблі в умовах кременчуцької ГЕС // Вісник Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДУ, 2010. – Вип. 4/2010 (63), ч. 2. – С. 56–58.

VARIABLE FREQUENCY ELECTRIC HOIST SHUTTER DRAIN DAM

A. Gladyr, O. Khrebtova, Ye. Shapoval, K. Kalin

Kremenchuk Mykhaylo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: gai@kdu.edu.ua

The question of upgrading the equipment crane lifting mechanism on the example of the discharge gate of the dam, taking into account characteristics of the transmission. Provided technical solutions and algorithms functioning of twin-engine drive during prelaunch under heavy start-up and in-phase motion of winch drum when an uneven distribution of the moments of resistance to the lifting mechanism.

Key words: twin electric drive, launch preparation, drain the dam, in-phase motion.

REFERENCES

1. Development of electrical machines crane mechanisms // *Technical collection Schneider Electric*. – 2009. – Iss. № 12. – 76 p. [in Russian]

2. The method according to the force calculation of variable frequency drives for crane mechanisms: Technical Notebook № 7 // *Schneider Electric*. – 2007. – 120 p. [in Russian]

3. Gladyr A.I., Khrebtova O.A. Features of the pick-up electric crane lift gate drain the dam // *Bulletin of the National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute". Problems of automated electric. Theory and practice*. – 2009. – Iss. 30. – PP. 381–384. [in Russian]

4. Gladyr A.I., Khrebtova O.A. Modernization of electric lifting mechanism shutter drain the dam in Kremenchug hydroelectric // *Bulletin of the Kremenchuk Mykhaylo Ostrohradskyi State University*. – Kremenchug: KSU, 2010. – Iss. 4/2010 (63), part 2. – PP. 56–58. [in Russian]

Стаття надійшла 23.05.2012.

Рекомендовано до друку
д.т.н., проф. Родькіним Д.Й.