

УДК 631.3:621.1

ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ПЛАВНОГО ПУСКУ В ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ ЗАНУРЮВАЛЬНИХ НАСОСІВ

В.Є. Василенков, кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

e-mail: wasil14@ukr.net

Анотація. *Визначені особливості розрахунку та побудови механічної характеристики асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором з пристроєм плавного пуску на прикладі електронасосного агрегату з такими паспортними характеристиками: занурювальний відцентровий насос ЭЦВ-8-40-90, $P_m = 19,5$ кВт, електродвигун ПЭДВ-22-180; $P_n = 22$ кВт, $I_n = 48,5$ А. Застосування пристрою плавного пуску в технологічному процесі баштової системи водопостачання в сільській місцевості призводить до зменшення пускових моментів на валу двигуна при включенні його в роботу. Встановлено заємозв'язки величини пускових моментів вибраного пристрою плавного пуску, які впливають на форму механічної характеристики електродвигуна. Визначено, що з пристроєм плавного пуску термін безвідмовної роботи збільшується на 10...15 % і буде в межах 39600...41400 год при пускових моментах двигуна, що можуть коливатися від 18,7 до 49,8 Н·м відносно до номінального 73,3, що в відсотках складає від 25,5 до 67,9 %.*

Ключові слова: *система водопостачання, пусковий момент, електронасосний агрегат, пристрій плавного пуску*

Актуальність. Відомо, що при баштовій системі водопостачання для підйому води зі свердловин широко застосовуються заглибні електронасоси. Заглибний електронасос складається з багатоступінчастого відцентрового насоса та заглибного електродвигуна. У сільському господарстві України найчастіше використовуються заглибні асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором серії ПЭДВ потужністю від 2 до 65 кВт. Характерною особливістю цих двигунів є те, що вони призначені для роботи під водою у свердловинах невеликого діаметра, тому мають посилену ізоляцію, яка здатна працювати у

воді, та видовжену форму корпусу. Підшипникова пара заглибних двигунів є парою ковзання: сталь- гума, сталь – текстоліт, сталь - пластик. Маса ротора сприймається підп'ятником, який складається із сталеві п'яти, насадженої на кінець вала ротора, та гумового чи текстолітового кільця, запресованого в розточку підшипникового щита. Перед вмиканням заглибного електродвигуна в його внутрішню порожнину обов'язково заливають чисту воду, яка охолоджує обмотки двигуна і змащує підшипники.

Потужні заглибні насоси при пуску за рахунок великого початкового динамічного моменту можуть збурювати воду на вході в забірний фільтр. При цьому вода з мулом проходить через двигун, потрапляє в підшипники, що призводить до скорочення строку служби двигуна. Використовуючи регульований електропривод, можна плавно запустити насосну установку і запобігти можливого збурення води у водозаборі.

Отже, застосування сучасних технологій для зменшення динамічних моментів є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.. Особливістю асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором при прямому пуску є великий пусковий струм, який в 3,5...8 разів більший за номінальний, та великий пусковий момент, кратність якого сягає (1,4...2,2) $M_{ном}$. [3]. Щоб запобігти перегріванню двигуна пусковими струмами, частота пусків не повинна перевищувати 3 разів за годину. [1– 4]. Підвищення надійності роботи занурювальних насосів за рахунок зменшення динамічних моментів – це питання, яке потребує сучасного рішення. Для досягнення цієї мети використовуються різні методи, одним із яких є використання пристроїв плавного пуску [3]. Ця технологія має певні переваги, головною з яких є плавне наростання напруги на обмотках електродвигуна. Це дозволяє під час пуску утримувати параметри електродвигуна в безпечних межах, що знижує імовірність перегрівання обмоток і запобігає ривкам в

механічній частині привода, а також імовірності виникнення гідравлічних ударів в трубах і засувках в момент пуску і зупинки, що підвищує показники довговічності і безвідмови електродвигуна і його привода.

Мета дослідження – визначення динаміки включення занурювального насосу для покращення функціонування роботи систем водопостачання в сільській місцевості як напрямком економії енергетичних ресурсів і раціональних режимів роботи

Матеріали та методи дослідження. При дослідженнях використовувалися паспортні характеристики занурювального насоса ЭЦВ-8-40-90 з електродвигуном- ПЭДВ-22-180 і пристроєм плавного пуску VLT®MCD 100. Використовувалася методика побудови механічної характеристики електродвигуна з пристроєм плавного пуску і без нього.

Результати досліджень та їх обговорення. Для дослідження динаміки включення занурювального насосу в роботу для прикладу візьмемо електронасосний агрегат із такими паспортними характеристиками: насос ЭЦВ-8-40-90, $P_m = 19,5$ кВт, двигун – ПЭДВ-22-180; $P_n = 22$ кВт, $I_n = 48,5$ А, $n = 2850$ об/хв, $\eta = 0,86$, $\cos \phi = 0,8$, $S = 3,3\%$, $M_{max}/M_n = 2$, $M_{min}/M_n = 0,7$, $M_{пуск}/M_n = 0,85$, $I_n/I_n = 7$, підібраний пристрій плавного пуску марки VLT®MCD 100 під характеристики занурювального насосу і можливостями регулювання зменшення моменту на валу двигуна в діапазоні на 30 і 80 % від номінального моменту. Для визначення кількісних показників моменту на валу електродвигуна використовуємо методику розрахунку і побудови механічної характеристики електродвигуна за паспортними даними [3] з наступними авторськими особливостями розрахунку і побудови зміненої форми механічної характеристики електродвигуна, що є напрямком реалізації енергозберігаючих технологій.

На основі результатів розрахунків механічної характеристики робочої машини та електродвигуна робочої машини в таблиці представлені результати

розрахунків механічної характеристики електропривода в динаміці змінювання його кутової швидкості

Результати розрахунків динамічного моменту

w, c^{-1}	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
$M, H \cdot m$	53,8	59,2	65,9	74,1	84,4	97,4	113,6	132,5	146,4	120,8	0
$M_{e.зв} H \cdot m$	20,5	20	22,7	25,4	28,9	33,4	38,6	44,8	51,9	59,7	68,4
$M_{дин} H \cdot m$	33,3	39,2	43,2	48,7	55,5	64	75	87,7	94,5	61,1	-

Розрахунок та побудову механічної характеристики асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором із застосуванням пристрою плавного пуску виконували за характерними точками

1. Номінальний момент, $M_{ном} = 73,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$ 2. Номінальне ковзання, $S_{ном} = 0,05$

3. Критичний момент, $M_{кр} = 146,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$ 4. Критичне ковзання, $S_{кр} = 0,19$

5. Пусковий момент:

Для 30% $M_{ном}$:

$$M_{пуск} = 0,85 \cdot 0,3 \cdot 73,3 = 18,7 (\text{Н} \cdot \text{м})$$

Для 80% $M_{ном}$:

$$M_{пуск} = 0,85 \cdot 0,8 \cdot 73,3 = 49,8 (\text{Н} \cdot \text{м})$$

Результати розрахунків представлено на графіку (рис.1)

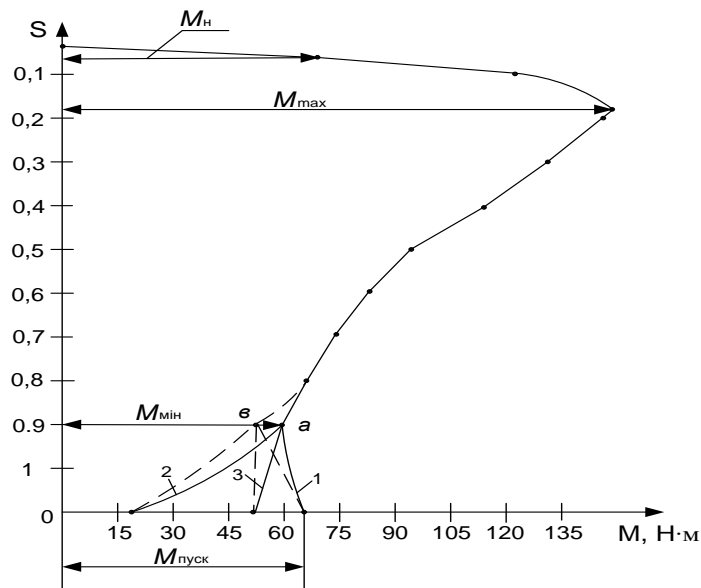


Рис 1. Механічна характеристика електродвигуна:

крива 1 – без використання пристроїв плавного пуску; крива 2 – при 30%

$M_{ном.}$; крива 3 – при 80% $M_{ном.}$

Аналіз рис.1 і вибраного типу пристрою плавного пуску показує, що регулювання пускового моменту електродвигуна пристроєм плавного пуску (ППП) може коливатися від 18,7 (крива 2) до 67,9 Н м (крива 3) відносно номінального 73,3, що в відсотках складає від 25,5 до 67,9 %. від номінального.

Робочі характеристики пристрою: напруга живлення 380...415 В (трифазні); потужність двигуна 1,5...11 кВт; час розгону 1...40 с (регулюється); час гальмування 0...40 с (регулюється); пусковий момент 30 %...80 % M_n (регулюється); ступінь захисту IP20; робоча температура 25...+50 град.

Пристрій плавного пуску забезпечує фазове регулювання напруги короткозамкненого асинхронного двигуна. Силова схема пристрою плавного пуску складається з трьох пар зустрічно – паралельно включених тиристорів і дозволяє регулювати напругу асинхронного двигуна при його постійній частоті за рахунок зміни кула відкриття тиристорів. Пристрої плавного пуску з

фазовим керуванням характеризується простою силовою схемою, відсутністю вхідних дроселів, високою надійністю в роботі, малими втратами потужності в регуляторі.. При лінійному законі зміни напруги задаються три параметри: час розгону $t_{РОЗГ}$; час уповільнення $t_{ГАЛЬМ}$; початкова напруга (початковий крутний момент) $U_{ПОЧ}$

Діаграма зміни вихідної напруги пристрою плавного пуску з лінійним наростанням напруги при пуску і лінійним спадом при гальмуванні показана на рис.2 і побудована згідно отриманих експериментальних даних.

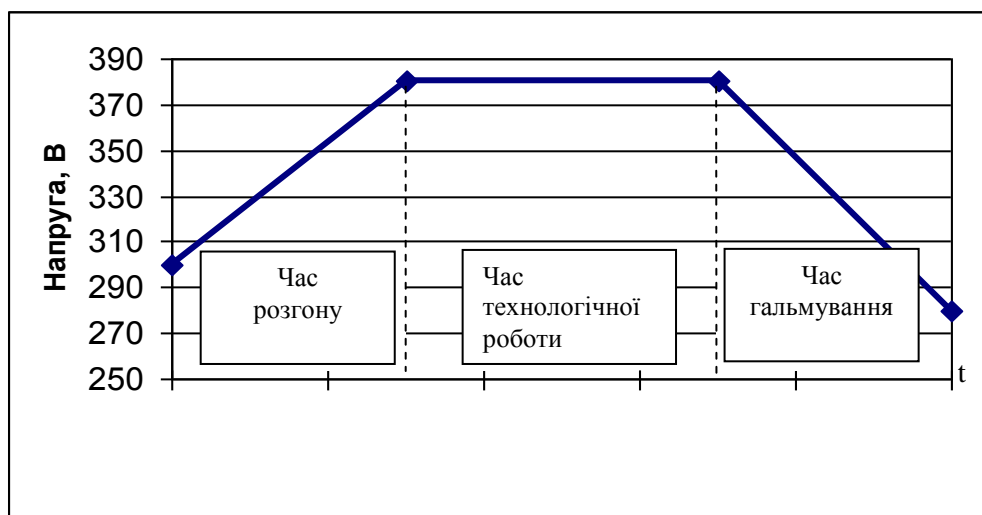


Рис. 2. Діаграма зміни вихідної напруги пристрою плавного пуску з лінійним наростанням напруги при пуску і лінійним спадом при гальмуванні

Проведені експериментальні дослідження показали, що початкова напруга складає 300 В, час розгону до 380 В складає до 1,2 с. а саме через кожні 0,3 секунди йде наростання напруги на 20 В і доходить до режимного 380 В , потім йде другий період – вихід на робочий режим (час робочого режиму визначається середньодобовим споживанням води), третій період – час гальмування, він складає до 4 сек. і падіння напруги до 280 В. Залежність часу

розгону і гальмування двигуна показано плавними прямими лініями, що свідчить про плавність процесу.

Нормальні прямі, які проведені пунктиром – це робота занурювального насосу без пристрою плавного пуску, що вказує на різкий пуск і зупинку електродвигуна.

У багатьох випадках електродвигуни насосних установок вмикають за програмою, складеною відповідно до технологічної карти водопостачання. Для цього використовують різного роду програмні пристрої, наприклад, програмне циклічне реле часу з добовим і тижневим циклом РВЦ-03-2, яке призначене для вмикання і вимикання різних побутових, промислових приладів за завчасно заданою програмою в реальному масштабі часу. Стосовно насосних установок реле можна використати для вмикання і вимикання їх у певні години доби або дні тижня..

Економічна ефективність процесу водопостачання при застосуванні пристрою плавного пуску розрахована за роботою [4]. Найбільша інтенсивність відмов насосів з електродвигуном дорівнює $\lambda=27,4 \cdot 10^{-6}$ год. Тоді термін безвідмовної роботи знаходиться за формулою

$$T = \frac{1}{\sum \lambda}, \text{ год},$$

де: λ – інтенсивність відмов 1/год.

Для занурювального насосу з електродвигуном термін безвідмовної роботи буде складати

$$T = \frac{1}{27,4 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{27,4} \approx 36000 \text{ годин}$$

З пристроєм плавного пуску термін безвідмовної роботи збільшується на 10...15 % і буде в межах 39600...41400 год.

Висновки і пропозиції подальших досліджень.. 1. Використання пристрою плавного пуску з фазовим регулюванням дозволяє забезпечити регулювання пускового моменту електродвигуна від 18,7 до 67,9 Н .м відносно до номінального 73,3, що у відсотках складає від 25,5 до 67,9 %.

2. З пристроєм плавного пуску термін безвідмовної роботи збільшується на 10...15 % і буде в межах 39600...41400 год проти нормативного 36000 год.

Список використаних джерел

1. Марченко О.С. Електропривод: ч.1. За ред. О.С. Марченка / О.С. Марченко, Ю.М. Лавріненко, П.І. Савченко, Є.Л. Жулай. – К.: Урожай, 1995. – 208 с.

2. Чиликин М. Г. Общий курс электропривода / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 572 с.

3. Лавріненко Ю. М. Практикум з електропривода. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни „ Електропривод і автоматизація“ / Лавріненко Ю.М., Синявський О.Ю., Олійник П.В., Савченко В.В.. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2012. – 68 с.

4. Пастушенко В. С. Надійність діагностування систем автоматичного регулювання / В. С. Пастушенко. – К., 2010. – 88 с.

References

1. Marchenko, O.S., Lavrinenko, Yu.M., Savchenko, P.I., Zhulay, Ye.L. (1995). Elektropy`vod: ch.1. [Electric drive: Part 1.]. Kyiv: Urozhai, 208.

2. Chilikin, M.G., Sandler, A.S. (1981). Obshhy`j kurs elektropy`voda [General course of electric drive]. Moscow: Energoatomizdat, 572.

3. Lavrinenko, Yu.M., Sinyavsky, A.Yu., Olijnyk, P.V., Savchenko, V.V. (2012). Praktykum z elektropyvodu. Methodychni vkazivky do vykonannya laboratornyh robit z dyscypliny „ Elektropyvod i avtomatyzaciya“. [Workshop on electric drive. Methodical instructions for laboratory work on discipline "Electric drive and automation"], Kyiv: Vydavny`chyj centr NUBIPU, 68.

4. Pastushenko V.C. (2010). Nadijnist` diagnostuvannya sy`stem avtomaty`chnogo regulyuvannya [Reliability of diagnostics of automatic control systems]. Kyiv, 88.

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВ ПЛАВНОГО ПУСКА В ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ ПОГРУЖНЫХ НАСОСОВ

В. Е. Василенков

Аннотация. *Определены особенности расчета и построения механической характеристики асинхронного электродвигуна с короткозамкнутым ротором с устройством плавного пуска на примере электронасосного агрегата со следующими паспортными характеристиками: погружной центробежный насос ЭЦВ-8-40-90, $P_m = 19,5$ кВт, двигатель ПЭДВ-22 -180; $P_n = 22$ кВт, $I_n = 48,5$ А. Применение его в технологическом процессе башенной системы водоснабжения в сельской местности приводит к уменьшению пусковых моментов на валу двигателя при включении его в работу. Установлена взаимосвязь величины пусковых моментов выбранного устройства плавного пуска, которые влияют на форму механической характеристики электродвигателя. Определено, что с устройством плавного пуска срок безотказной работы увеличивается на 10 ... 15% и будет составлять 39600 ... 41400 ч при пусковых моментах двигателя, которые могут колебаться от 18,7 до 49,8 Н·м по отношению к номинальному 73, 3, что в процентах составляет от 25,5 до 67,9%.*

Ключевые слова: *система водоснабжения, пусковой момент, электронасосный агрегат, устройство плавного пуска*

THE SUBSTANTIATION OF THE APPLICATION OF DEVICES FOR SMOOTH PUMP IN ELECTRIC DRIVE OF SUBMERSIBLE PUMPS

V. Vasilenkov

Abstract. *Specific features of calculation and construction of a mechanical characteristic of an asynchronous electric drive with a short-circuited rotor with a soft starter device are given, for example, an electric pump unit with the following passport characteristics: submersible centrifugal pump - ЭЦВ-8-40-90, $P = 19.5$ kW, engine - ПЭДВ-22 -180; $P_n = 22$ kW, $I_n = 48.5$. Its application in the technological process of the tower system of water supply in rural areas leads to a reduction in the starting moments on the motor shaft when it is put into operation. The values of the starting moments of the selected soft starter are determined, which affect the shape of the mechanical characteristic of the electric motor. It is determined that with the softstarter the life of the fail-safe operation increases by 10 ... 15 % and will be within 39600 ... 41400 h at the starting moments of the engine, which can vary from 18.7 to 49.8 Nm in relation to to the nominal 73, 3, which in percentage ranges from 25.5 to 67.9%.*

Key words: *water supply system, starting moment, electric pump unit, soft start device*