



УДК 621.32

**SOFT START DEVISE INTRODUCTION AS A WAY TO ENERGY
EFFICIENCY OF THE ENTERPRISE****ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИСТРОЮ ПЛАВНОГО ПУСКУ - ШЛЯХ ДО
ЕНЕРГООЩАДНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА****Fedoriv M./ Федорів М.Й.***s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-8917-4159

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
15 Karpatska Str, Ivano-Frankivsk, 76019, Ukraine.**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019*

Анотація. В статті розглянуті шляхи економії в електротехнічних нафтогазових комплексах. Здійснено аналіз впровадження пристроїв плавного пуску асинхронних двигунів насосних агрегатів та їх функціонування в різних режимах роботи. Запропонована система плавного пуску дозволяє зменшити втрати потужності та забезпечити стабілізацію електроспоживання.

Ключові слова: електропривод, система електрообладнання, режими роботи електроприводу, втрати потужності, енергоощадність.

Вступ.

Сучасний етап соціально-економічного розвитку держави характеризується значним ростом споживання електроенергії. Прискорення науково-технічного прогресу диктує необхідність вдосконалення промислової електроенергетики, зокрема підготовки умов для широкого переведення її на енергозберігаючий процес розвитку [1].

Розвиток і удосконалення систем електропостачання, зростаючі вимоги до економічності та надійності вимагає впровадження пристроїв управління розподілом та споживанням електроенергії на базі сучасної обчислювальної техніки та систем плавного пуску.

Основний текст.

Головним недоліком асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором є наявність у них великих пускових струмів. І якщо теоретично методи їх зниження були добре розроблені вже досить давно, то ось практично всі ці розробки (використання пускових резисторів і реакторів, перемикання з зірки на трикутник, використання тиристорних регуляторів напруги і т.д.) застосовувалися дуже в рідкісних випадках [2].

Переважає більшість електропривідних машин працюють у важких високонавантажених режимах та оснащені при цьому нерегульованими електроприводами на основі вибухозахищених асинхронних електродвигунів. Це обумовлює підвищене зношування їхніх елементів через високі динамічні навантаження, ривків, більших пускових струмів, які виникають в основному в початковий момент при пуску.

Методи, що застосовуються для зниження динамічних навантажень за допомогою турбомуфт, електромагнітних муфт і двошвидкісних електродвигунів володіють рядом відомих недоліків і не забезпечують повною



мірою надійний та ефективний захист машин.

Найбільш ефективним способом пуску та керування приводами є застосування перетворювачів частоти. Однак висока вартість і складність обслуговування, а також проблеми охолодження перешкоджають їхньому широкому поширенню.

Три найбільш поширені схеми влаштування плавного пуску.

1. Схема влаштування плавного пуску для однофазного асинхронного електродвигуна. Вона ґрунтується на двох семисторах, встановлених на зустріч один одному. Така схема може застосовуватися і для плавного пуску асинхронного двигуна від трьох фаз, коли достатньо модулювати тільки одну фазу. Наприклад, при легкому пуску, і потужність двигуна - кілька кіловат .

2. Друга схема – це модуляція за двома фазами. Вона застосовується, коли потужність у двигуна вже велика (до кількох сотень кіловат), але обмеження струму забезпечувати немає необхідності. Основний плюс такої схеми – плавний пуск електродвигуна, який коштує дешевше, ніж повноцінна трифазна модуляція.

3. Остання схема – це повноцінне трифазне модулювання. З плюсів – можливість контролю над пусковими струмами, найбільш якісний плавний пуск асинхронного електродвигуна та зупинка. З мінусів – ціна, тому що на всіх трьох фазах встановлені семистори, а вони – найдорожча деталь пристрою плавного пуску .

Пристрій плавного пуску AU COM НІТАСНІ призначений для плавного пуску трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором.

Пристрій забезпечує плавний пуск асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором з регульованою тривалістю від 5 до 20 с.

Технічні характеристики:

Номінальна частота змінного струму, при якій повинен працювати пристрій – 50 Гц;

Номінальна напруга силового ланцюга – 1140/380 В;

Номінальний струм силового ланцюга – 250 А;

Струм транзитного навантаження – 125 А;

Пристрій має іскробезпечні ланцюги дистанційного керування;

Контрольований опір заземлюючого проводу – 50 Ом;

Уставки спрацьовування пристрою контролю ізоляції:

при напрузі мережі 380 В – 30 кОм;

при напрузі мережі 1140 В – 100 кОм;

Споживана потужність ланцюгів захисту та керування не більше 80 В·А.

Електрична схема пристрою забезпечує: візуальну індикацію готовності до пуску після подачі напруги на пристрій; візуальну індикацію очікування пуску та часу пуску; візуальну індикацію струму електродвигуна в ході пуску та після його закінчення; дистанційне керування за допомогою кнопочового поста керування або контактів апаратури автоматизованого керування, встановленого окремо від пристрою; підключення температурного захисту, вбудованого в електродвигун і який має релейний вихід; захист від струмів короткого замикання (КЗ), які відходять від пристрою силових ланцюгів і світлову



сигналізацію після її спрацьовування. Повний час спрацьовування при струмах, які перевищують уставку пристрою максимального струмового захисту в 1,5 рази, не повинен перевищувати 0,12 с; струмовий захист від перевантаження двигуна та світлову сигналізацію після її спрацьовування; електричне блокування, яке перешкоджає включенню контакторів пристрою при опорі ізоляції в силових ланцюгах, які відходять, нижче 30 кОм при напрузі мережі до 380 В і нижче 100 кОм при напрузі мережі 1140 В і світлову сигналізацію після спрацьовування блокування; нульовий захист; захист при обриві або збільшенні опору заземлюючого ланцюга між пристроєм і керованим електроприймачем до 50 Ом та більше; захист від втрати керованості при замиканні проводів ланцюга дистанційного керування між собою або із заземлюючим проводом; захист від самовключення пристрою при короткочасному (не більше 1 с) підвищенні напруги живильного ланцюга до 1,5 $U_{ном}$, при цьому пристрій повинен залишатися в працездатному стані; перевірку дії пристрою попереднього контролю ізоляції; світлову сигналізацію про включений стан роз'єднувача і контакторів; спрацьовування загальносітьового захисту від витоків на землю у випадку «зварювання» силових контактів вакуумних контакторів у кожному із трьох полюсів у відключеному положенні пристрою (при наявності підключеного двигуна); іскробезпека ланцюгів дистанційного керування; захист від перегріву силових тиристорів і візуальну індикацію температури; захист у ланцюзі зовнішнього навантаження напругою 36 В.

В основу роботи пристрою плавного пуску покладений принцип живлення трифазного асинхронного двигуна шляхом поступового збільшення напруги при пуску, забезпечуваного тиристорним перемикачем (VD), складається із шести тиристорів включених по два паралельно в кожній фазі живильної мережі.

Тиристорний перемикач дозволяє плавно змінювати напругу при постійній частоті мережі за рахунок моменту відкривання тиристора. Керування швидкістю наростання вихідної напруги забезпечується мікропроцесорним блоком керування (МБК).

Пусковий момент двигуна змінюється пропорційно квадрату напруги при фіксованій частоті. Плавне збільшення напруги виключає кидок струму в момент ввімкнення, при цьому також виключається механічний удар у системі двигун-редуктор.

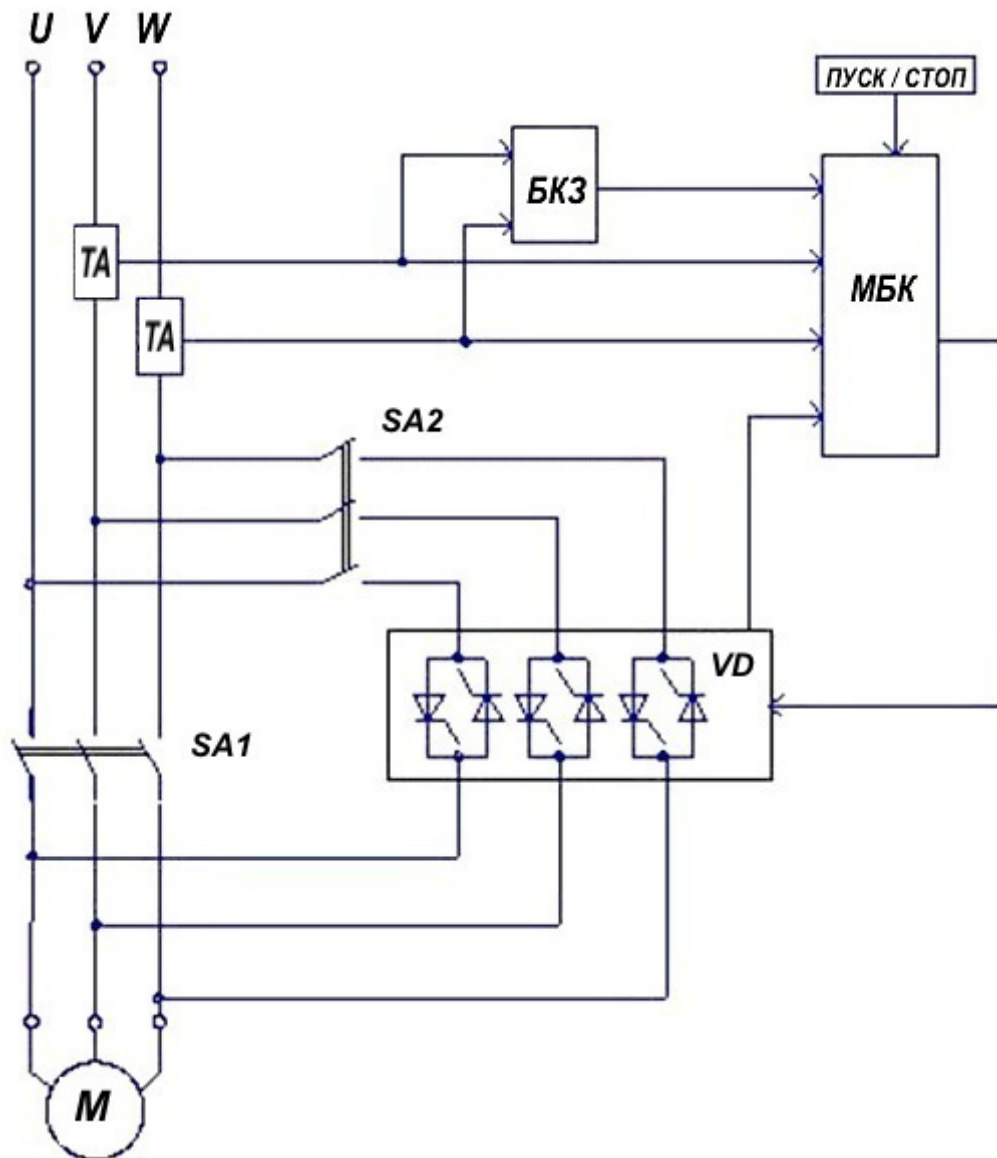
Структурна схема пристрою наведена на рисунку 1.

У програму мікропроцесора МБК закладена функція контролю струму навантаження. Ця функція виконує захист від обриву фази, захист від перевантаження двигуна та підтримує кратність обмеження пускового струму стосовно номінального, яка задається користувачем за допомогою перемикачів.

МБК виконаний у металевому корпусі. На його передній стінці є рідиннокристалічний дисплей для відображення основних налаштувань і параметрів. Програмування параметрів пуску здійснюється за допомогою багатопозиційних перемикачів, розташованих на задній стінці, за допомогою яких задаються наступні дані:



- час пуску;
- номінальний струм;
- кратність пускового струму;
- стартова напруга (%).



*ТА – датчик струму; БКЗ – блок комплексного захисту;
 МБК – мікропроцесорний блок керування; VD – тиристорний перемикач;
 SA – вакуумний контактор; M – асинхронний двигун*

Рисунок 1 – Структурна схема пристрою плавного пуску

Тиристорний перемикач виконаний у вигляді модуля, який складається із шести тиристорів, установлених на загальному радіаторі. Для примусового повітряного охолодження радіатор VD оснащений вентилятором. Контроль температури радіатора здійснюється напівпровідниковим датчиком, сигнал від якого передається в МБК. Значення температури виводиться на дисплей. При нагріванні радіатора понад 80 °С МБК відключає пристрій. У модулі є також плата трансформаторів, що забезпечують гальванічну розв'язку схеми керування тиристорами від силової та плата синхронізації схеми керування з



кожною фазою мережі.

У пристрої застосовані два вакуумних контактори. Контакттор SA1 шунтує тиристорний перемикач по закінченні розгону, щоб запобігти надмірному підвищенню температури тиристорів у замкнутому просторі вибухонепроникної оболонки. Контакттор SA2 забезпечує у відключеному стані, в порівнянні з тиристорами, більш надійну ізоляцію силового ланцюга, що відходить.

Алгоритм роботи МБК побудований таким чином, щоб при виконанні команди «ПУСК» забезпечити бездугову комутацію контакторів, тобто включається SA2, відкриваються тиристори, включається SA1, закриваються тиристори, відключається SA2. При виконанні команди «СТОП» включається SA2, відкриваються тиристори, відключається SA1, закриваються тиристори, відключається SA2.

Використані при розробці пристрою схемні та конструкторські рішення дозволили розмістити його в вибухонепроникній оболонці пускача, що серійно випускається ПВР-Р, який складається з корпусу, кришки, яка швидко відкривається, кришок вступного та вивідного відділень, кабельних вступних пристроїв.

Пристрій плавного пуску має одне транзитне уведення, три входи для ввімкнення силових кабелів і чотири входи для ввімкнення гнучких кабелів. входи для ввімкнення силових кабелів розраховані на підключення як гнучких, так і броньованих кабелів з можливістю виконання сухого оброблення.

У корпусі пристрою розташовані роз'єднувач, панель із двома контакторами на струм 250 і 160 А відповідно, два датчики струму, трансформатор напруги, два блока форсованого включення контакторів (БФВ) і вивідні ізолятори.

У процесі пусків за допомогою осцилографа записувалося амплітудне значення струму двигуна і швидкість обертання вала. З неї визначено параметрами пуску: час пуску – 15 с; номінальний струм – 250 А; кратність струму обмеження – 3; початкова напруга – 10 % номінальної.

Для пуску з такими параметрами характерний плавний ріст струму, однак початок обертання ротора двигуна зафіксовано тільки через 5 с після подачі напруги. Такий режим пуску небажаний за умовами нагрівання двигуна. Більш оптимальним є режим з наступними параметрами: час пуску – 14 с; номінальний струм – 250 А; кратність струму обмеження – 3; початкова напруга – 30 % номінального.

Аналіз осцилограм показує збільшення струму в початковий момент пуску, при якому створюється обертаючий момент, достатній для подолання даного моменту опору. Обертання ротора починається менш чим через одну секунду. При цьому відсутні втрати енергії на небажане нагрівання двигуна.

У процесі випробувань вимірялася температура радіатора VD. Після виконання 15 пусків навантаженого двигуна з інтервалом 5 хвилин температура збільшилася на 30 °С, що свідчить про правильний вибір площі радіатора та алгоритму керування тиристорами.



Для оптимального пуску були експериментально підібрані наступні параметри: час пуску – 7 с; номінальний струм – 170 А; кратність струму обмеження – 4; початкова напруга – 25-30 % номінальної.

Висновки.

Пристрої плавного пуску дають можливість зменшити рівень пускових струмів, зменшити механічні перенавантаження двигуна і насоса, зменшити гідроудари в системі та зменшити перенавантаження на запірну й регулюючу арматуру. Як результат, збільшується термін роботи обладнання, мінімізується кількість пошкоджень трубопроводів та зменшуються витрати на ремонти, а це також економія, хоча і не пряма. Дослідження пристрою для керування приводом нафтового насоса перекачки нафти на головні споруди підтвердив необхідність ретельного підбору параметрів пуску пристрою в кожному конкретному випадку.

Література:

1. Надійність електропостачання. Навчальний посібник / М.Й. Федорів, М.І.Михайлів – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2020. –183 с.
2. Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Савченко П.І., Синявський О.Ю., Войтюк Д.Г., Лисенко В.П. Електропривод: підручник (за ред. Лавріненка Ю.М.). – К.: вид-во Лір-К., 2009. – 504 с.
3. Федорів М.Й.,Галушак І.Д., Проблема підвищення надійності релейного захисту в електроенергетичних системах . Sworld –International stientific integration : Збірник матеріалів конференції , 2020 с.92-94 (9-10 листопада) (Index Copernicus).
4. Електронний ресурс http://www.energysavecom.ru/download/vektorn_uprav.pdf

***Abstract.** The article discusses ways of saving in electrotechnical oil and gas complexes. An analysis of the introduction of soft start devices for asynchronous motors of pumping units and their functioning in different modes of operation was carried out. The proposed soft start system allows you to reduce power losses and stabilize power consumption.*

***Keywords:** electric drive, electrical equipment system, electric drive operating modes, power losses, energy saving.*