

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ НАСОСНИМ ОБЛАДНАННЯМ ІРИГАЦІЙНИХ СИСТЕМ

У статті проведено аналіз існуючих схем керування насосним обладнанням іригаційних систем, виявлені рішення, які доцільно застосовувати з метою комплексної автоматизації розподіленого об'єкту.

Ключові слова: НАСОСНЕ ОБЛАДНАННЯ, АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ, ЗРОШУВАЛЬНА СИСТЕМА, ДОЩУВАЛЬНА МАШИНА, ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ.

Постановка проблеми. Важливим аспектом підтримання технологічного процесу вирощування агрокультур є автоматизовані системи поливу, на території України широке розповсюдження має дощувальна машина «Фрегат» у зв'язку з чим виникають наступну проблему. Серійна механізована зрошувальна система серії «Фрегат» передбачає лише механічні методи управління що виключає дистанційне управління або управління з використанням систем автоматизованого управління [1]. Один з шляхів дистанційного керування таких систем є використання заслінок з електромеханічним приводом для вмикання або вимикання окремих фрегатів. Що у свою чергу створює задачу керування тиску у магістралі водопостачання фрегатів, шляхом керування насосним обладнанням, яке створює тиск у магістралі.

На сьогоднішній день використання автоматизованих систем та новітніх технологій у сільськогосподарському промислі є нормою та необхідністю для задоволення попиту. Перехід до ринкових відносин змінив умови наукового забезпечення агропромислового комплексу. Виник попит на наукові розробки, що забезпечують швидку окупність коштів при їх впровадженні [2]. Ціллю дослідження є розробка систем автоматизованого управління насосним обладнанням іригаційних систем, знаходження способів управління механізованого обладнання за допомогою електронних засобів автоматизації.

Основна частина. Насосні станції бувають стаціонарними і пересувними. Стаціонарні зазвичай є капітальними спорудами та обслуговують великі зрошувальні системи, виконуючи роль головного водозабірною вузла. У колгоспах і радгоспах нашої країни широке поширення знаходять пересувні насосні станції, які, в свою чергу, поділяються на сухопутні і плавучі. Вітчизняна промисловість випускає широкий асортимент сухопутних пересувних насосних станцій; плавучі станції знаходять обмежене застосування: їх використовують в тих випадках, коли неможливо або недоцільно застосовувати сухопутні, наприклад, при подачі води з вододжерел з топки, високообривистими берегами і різко мінливих рівнем води. Найбільш поширене застосування на півдні України отримали пересувні установки типу «Фрегат». Вода подається від гідрантів закритої зрошувальної мережі або зі свердловин занурювальним насосом. Над гідрантом розміщена нерухома опора - металева конструкція, закріплена на бетонному фундаменті зі стояком, навколо якого обертається машина.

Дощувальна машина «Фрегат» виконана у вигляді рухомого по колу багатоопорного трубопроводу з розміщеними на ньому середньоструменевими дощувальними апаратами і призначена для поливу сільськогосподарських культур, лугів та пасовищ, зовнішній вигляд представлено на рис. 1. Водопровідний пояс машини висотою 2,2 м над поверхнею землі спирається на самохідні опори, які мають двоколісні візки з гідроприводом, що працює від енергії поливної води. Ланка (візок) машини складається з колісної самохідної опори з механізмом гідроприводу, труби

водопровідного поясу з дощувальним апаратом, А-образної форми з системою тросового кріплення водопровідного поясу, вузлів автоматичної системи синхронізації руху і аварійної зупинки [1].



Рис. 1 — Дощувальна машина «Фрегат»

Подачею води до закритої зрошувальної системи займаються насоси встановлені на насосній станції першого підйому. Задача автоматизації цієї станції є першочерговою проблемою при автоматизації всієї системи поливу. Схему живлення водою на ділянці з восьми севооборотними полями наведено на рис. 2.

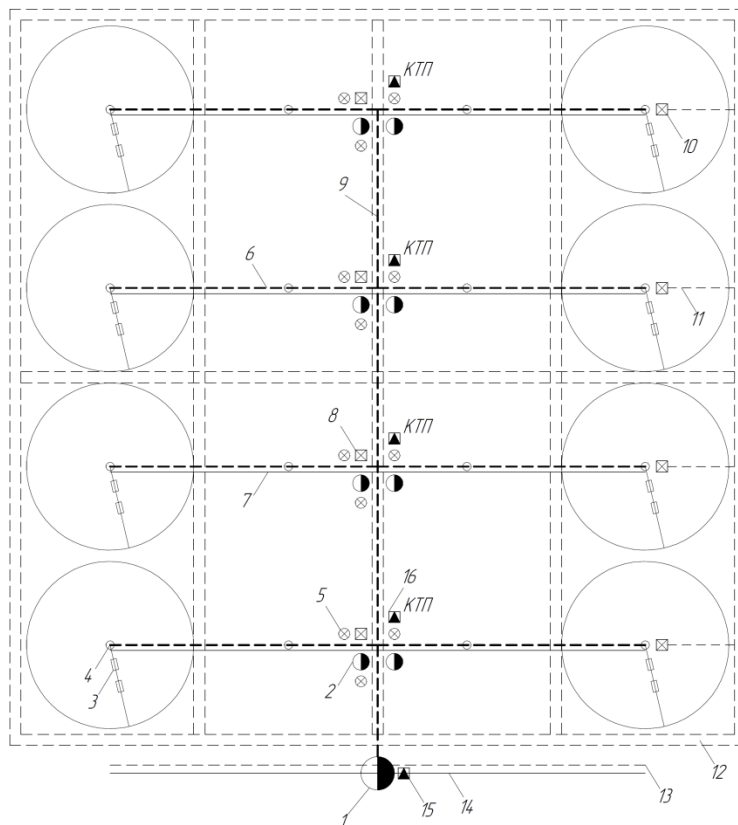


Рис. 2 – Схема живлення водою на ділянці з восьми севооборотними полями при поливі дощувальними машинами «Фрегат»

На рис. 2 застосовано наступні позначення: 1 - насосна станція; 2 - підкачувальна насосна станція; 3 - дощувальна машина «Фрегат»; 4 - гідрант для підключення машини

«Фрегат»; 5 – гідрант для підключення підкачувальної насосної станції; 6 - зрошувальний трубопровід; 7 - польові та експлуатаційні дороги; 8 - ремонтна засувка; 9 - розподільний трубопровід; 10 - скідна засувка; 11 - скідний трубопровід; 12 - лісосмуга; 13 - лінія зв'язку; 14 - лінія електропередачі; 15 - трансформаторна підстанція; 16 - комплектна трансформаторна підстанція [3].

Сучасна насосна станція - це група насосів і їх система управління, яка працює за певним законом в автоматичному режимі, що оснащується повним набором електричних і технологічних систем захисту.

Розглянемо докладніше, які рішення пропонують провідні виробники насосних станцій та систем управління для них [4]. У номенклатурних рядах різного виконання можна виділити п'ять основних схем побудови систем управління:

1. Електродвигуни насосів в станції підключаються безпосередньо до мережі через пускачі. При потужності двигунів понад 4 кВт запуск здійснюється за схемою зірка / трикутник. Контур регулювання виконаний на зовнішньому контролері. До нього ж підключається датчик тиску напірного і всмоктуючого колектора, а також котушки пускачів.

2. Один з насосів в станції має вбудований децентралізований перетворювач частоти. Контур регулювання виконаний на базі зовнішнього контролера з ПІ-регулятором, який змінює продуктивність головного насоса по шині зв'язку. При збільшенні необхідної витрати системи регулятор за допомогою вбудованих реле контролера комутує котушки пускачів додаткових насосів. При потужності електродвигунів більше 4 кВт запуск проводиться за схемою зірка / трикутник.

3. Всі насоси станції мають вбудовані перетворювачі частоти. Контур регулювання виконаний на базі ПІ-Регулятора одного з перетворювачів частоти. Регулятор за єдиною шині здійснює підключення і відключення підлеглих перетворювачів частоти, а також формує для них завдання швидкості обертання.

4. У системі управління присутній зовнішній перетворювач частоти, який має додаткову можливість перемикання на будь-який з електродвигунів насосів станції за допомогою комутації пускачів силових вихідних ланцюгів. Контур регулювання також виконаний на його програмному ПІ-регуляторі. Котушки пускачів додаткових насосів комутуються від декількох реле перетворювача частоти. При потужності електродвигунів понад 4 кВт підключення і відключення додаткових двигунів здійснюється за схемою зірка / трикутник.

5. Всі електродвигуни насосів управляються від зовнішніх перетворювачів частоти. Контур регулювання виконаний на базі ПІ-регулятора одного з перетворювачів частоти. Регулятор здійснює підключення і відключення підлеглих перетворювачів частоти, а також за єдиною шині формує для них завдання швидкості обертання. Схеми 1 і 2, що забезпечують прямі запуски насосів, створюють значні скачки тиску, гідроудари в системі. Отже, їх застосування можливе лише при наявності гідропневматичних баків підвищеного потрібного обсягу в напірної стороні станції. Це в свою чергу можливо в невеликих системах, де обсяги баків не перевищують 1 м³. У системах з необхідним великим об'ємом баків рівень витрат перевищує початкові інвестиції від вибору більш функціональних змін станцій 3 або 5. Зазначені зміни схем побудови систем управління працездатні для готових насосних станцій з одиничною потужністю електродвигуна до 30 – 45 кВт. Практично це межа для більшості загальнопромислових систем при роботі станцій в автоматичному режимі з прямими пусками на відкриту засувку. Загальна функціональна схема таких систем управління з одним перетворювачем частоти приведена на рис. 3. Подальше збільшення габариту насосів і одиничної потужності електродвигунів насосів в станціях визначає значні відмінності в схемах управління від зазначених вище конфігурацій.

Загальнопромислові насоси з потужністю електродвигуна понад 45 кВт практично завжди запускалися зі знизеним моментом на закрити засувку і вимагають постійного обслуговування і моніторингу з боку технічних служб. Сучасні вимоги до автоматизації насосних станцій не дозволяють в повній мірі поширити світовий досвід на вітчизняні промислові об'єкти. Причин тут багато і пов'язані вони більше з питаннями щодо низької окупності повних проектів реконструкції. Тому в подальшому має сенс розглядати автоматизацію насосних станцій з позицій модернізації приводної частини і контрольно-вимірювального обладнання[5].

Як вже було сказано, через неможливість запусків на відкриту засувку варіанти конфігурацій схем систем управління 1, 2, 4 не можуть бути використані.

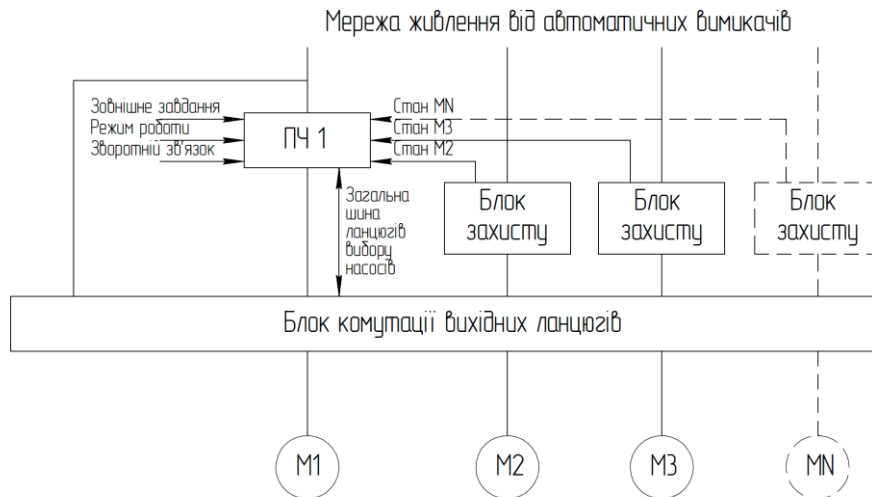


Рис. 3 – Функціональна схема управління насосною станцією 1: M1, M2, M3, MN – асинхронні електродвигуни насосів у станції; ПЧ 1 – перетворювач частоти

Найбільш популярна і бюджетна конфігурація систем нагадує схему 4 з додаванням в неї тиристорних пристроїв плавного запуску і зупинки електродвигунів підлеглих насосів. Це забезпечує їх ненаголошений запуск і зупинку на відкриту систему трубопроводів. Функціональна схема цієї конфігурації з одним перетворювачем частоти та пристроями плавного пуску приведена на рис. 4.

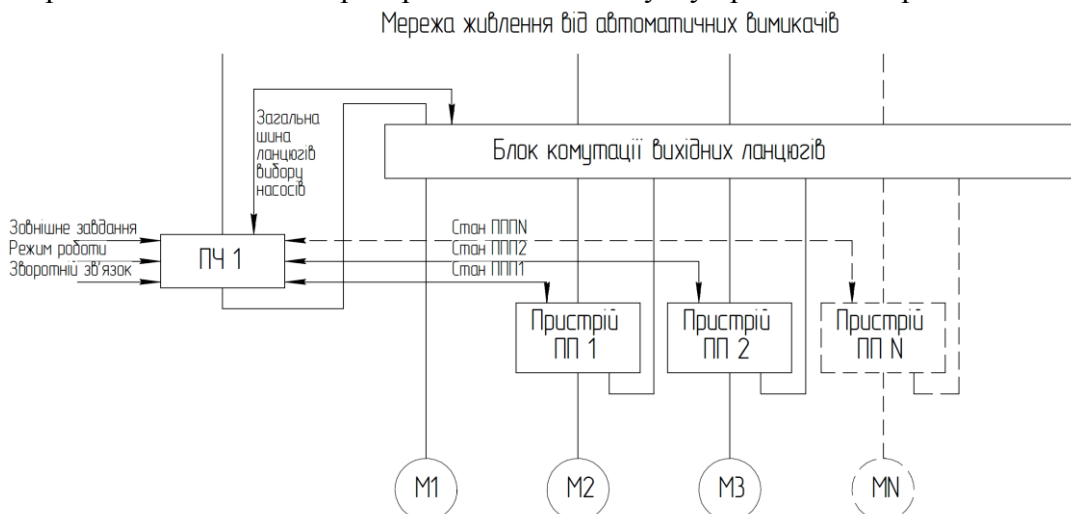


Рис. 4 – Функціональна схема управління насосною станцією 2: ПП 1, ПП 2, ПП N – тиристорні пристрої плавного пуску

Слід виділити ще один підхід, коли вихідні ланцюги перетворювача частоти можуть бути з'єднані з електродвигуном кожного підлеглого насоса через додаткові пускачі. Це дозволяє здійснювати перемикання частотного приводу на будь-який з електродвигунів станції, що забезпечує безперебійну роботу системи при виході з ладу будь-якого насоса, а також зрівнює в часі їх завантаження зі збільшенням ресурсу всієї схеми.

Серед недоліків цього рішення можна відзначити зростання кількості пускорегулювальної апаратури [6]. Починаючи з потужності електродвигуна більше 90 кВт це мало виправдано і веде до збільшення витрат в обслуговуванні і експлуатації. Тому при одиничній потужності понад 110 кВт доцільна схема конфігурації 5 системи управління станцією, коли на кожен електродвигун встановлюється свій перетворювач частоти.

Функціональна схема такої системи управління насосною станцією з підлеглими перетворювачами частоти приведена на рис. 5. Ефект від однієї швидкості обертання всіх насосів може мати додатково до 10 ... 12% від загального вкладу в енергозбереження. Причина полягає в тому, що відсутні втрати тиску у вихідному колекторі через різних швидкостей потоків перекачується від насосів в групі. При цьому відбувається істотне зниження витрат на обслуговування і експлуатацію самої системи управління станцією.

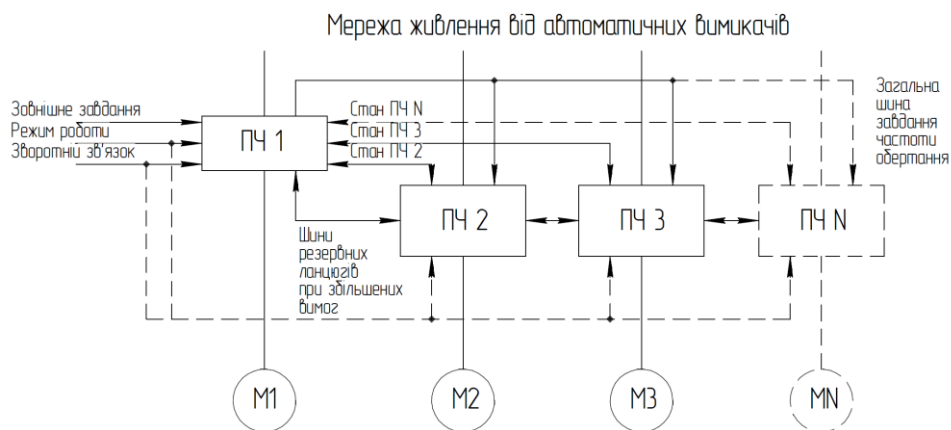


Рис. 5 – Функціональна схема управління насосною станцією 3: ПЧ 1, ПЧ 2, ..., ПЧ N – перетворювачі частоти

Можна забезпечити вибір будь-якого насоса в якості основного без громіздких схем комутації вихідних ланцюгів і в аварійних ситуаціях по вихідних ланцюгів перетворювача частоти залишити контур регулювання в роботі на інших насосах. Вибір частот, при яких проводиться плавний запуск, зупинка і регулювання швидкості електродвигунів підлеглих насосів проводиться по зонах максимального ККД насосів, з урахуванням допустимої кількості запусків на годину електродвигунів і допустимого зміни тиску в системі трубопроводів.

Висновки. Найбільш перспективними підходами до автоматизації насосної станції закритої поливної системи можна вважати, по перше систему з одним перетворювачем частоти та пристроями плавного пуску, що забезпечує оптимальний варіант при одиничній потужності електродвигуна від 30 до 110 кВт. По друге коли одинична потужність електродвигунів перевищує 90 кВт, система управління станцією, коли на кожен електродвигун встановлюється свій перетворювач частоти.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Орошение дождеванием: Учебное пособие /Ю.Б. Полетаев, К.Н. Криулин, М.Ю. Патрина; СПб. гос. Политехн. ун-т, 2003, 53 с.
2. Нагорный В.А. Экологически безопасные водосберегающие технологии в орошаемом земледелии саратовской области / В.А. Нагорный // Научные технологии в мелиорации. – 2005. – С. 145
3. Подготовка оператора дождевальных машин и установок: методические указания по выполнению практических занятий для обучающихся IV курса направления подготовки 23.03.02«Наземные транспортно-технологические комплексы» / Сост.: А.В. Русинов // ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. – Саратов, 2017. – 144 с.
4. Чебаевский В. Ф. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок / В. Ф. Чебаевский, К. П. Вишнеvский, Н. Н. Накладов. – Москва: Колос, 2000. – 376 с.
5. Толпаров Д.В. Эффективность использования насосов со встроенным преобразователями частоты в системах вентиляции, отопления и водоснабжения // Оборудование – регион. – 2006. – №3. С.23.
6. Толпаров Д. В. Анализ систем управления насосных станций / Д. В. Толпаров, Ю. Н. Дементьев. // Известия ТПУ. – 2007. – №4. – С. 113–118.