

ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ З АРТЕЗІАНСЬКОЇ СВЕРДЛОВИНИ

Розглянуто питання моделювання та створення системи автоматизації насосних агрегатів артезіанського водопостачання. Досліджено плавний пуск і зупинку асинхронних двигунів насосів. Розроблено алгоритм та блок-схему системи електроживлення двигунів з використанням прикладних пакетів Simulink та Mitsubishi Alpha Controller-R.

Систему артезіанського водопостачання умовно поділяють на три частини: насосний агрегат 1-го підйому, який знаходиться в свердловині і призначений для забору води з неї; виконавчі механізми резервуару; насоси 2-го підйому, що транспортують воду до споживача чи очисних споруд в потрібній кількості під необхідним тиском. У процесі роботи асинхронні двигуни насосів періодично вмикаються і вимикаються. Кожний такий цикл комутації вимагає дії оперативного персоналу. В автоматичному режимі ці операції активуються датчиками.

Насосні станції за своїм технологічним устаткуванням і за характеристикою технологічних процесів не викликають особливих проблем при автоматизації. Пуск і зупинка насосів здійснюються в певній послідовності. Число контрольованих параметрів мінімальне, контроль їх здійснюється періодично, їх вихід за встановлені межі сигналізується. Але асинхронні двигуни, що здійснюють привод насосів, при вмиканні та відключенні можуть викликати проблеми електричного характеру, пов'язані зі стрибками напруги і струму; механічні проблеми, що спричинюють інтенсивний знос і старіння будь-якої електромеханічної системи; експлуатаційні проблеми, такі як гідравлічні удари в трубопроводах та інші.

Метою роботи є створення системи автоматизації електроживлення двигунів насосних агрегатів артезіанського водопостачання на основі сучасного мікроконтролера фірми Mitsubishi серії Alpha.

Використання пристрою плавного пуску (ППП) двигунів насосних агрегатів дозволяє зменшити пусковий струм асинхронного електродвигуна шляхом плавної подачі напруги мережі на обмотки двигуна, тим самим зводить до мінімуму електричні та механічні перевантаження. При виконанні автоматизації електропостачання насосних агрегатів уточнювалась структура системи керування асинхронним двигуном з використанням пристрою ППП. Для цього було використано пакети Simulink і SimPowerSystem програмного середовища MATLAB. Дані пакети найбільш пристосовані для аналізу і синтезу різних електротехнічних систем.

Віртуальна модель системи управління асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором представлена на рис. 1. Асинхронний двигун підключений до трифазного джерела напруги і на виході має спеціальний блок вимірювання. За допомогою цього блока можна візуалізувати такі параметри двигуна: струми статора, струми ротора, швидкість на валу, електромагнітний момент і т.д.

Модель містить наступні блоки з бібліотек:

- SimPowerSystems: трифазне програмоване джерело напруги Three-Phase Programmable Voltage Source, асинхронний двигун Asynchronous Machine SI Units, блок вимірювання змінних електричної машини Machines Measurement Demux, трифазний вимикач змінного струму Three-Phase Breaker, тиристор Thyristor, вимірювачі струму Current Measurement та напруги Voltage Measurement;
- Simulink: осцилограф Scope, цифровий дисплей Display, генератор ступінчатого сигналу Step.

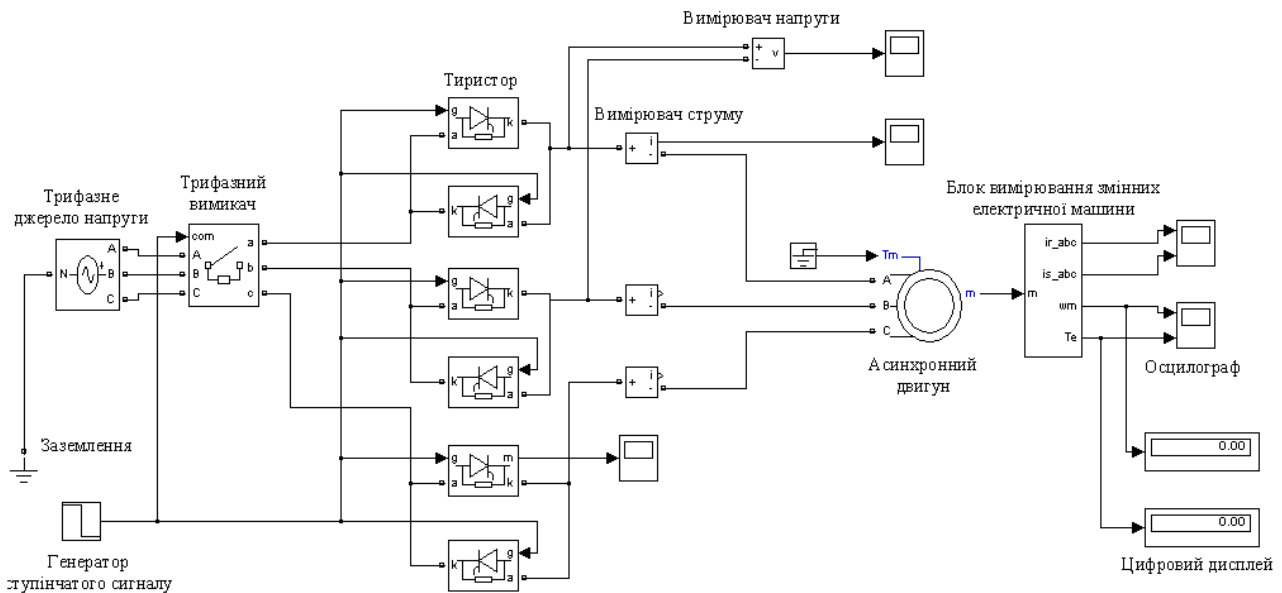


Рис. 1

Порти блока асинхронного двигуна А, В і С є виводами обмотки статора машини, а порти а, b і с – обмотки ротора машини. Порт Tm призначений для подачі моменту опору руху. На вихідному порту m формується векторний сигнал, що складається з 21 елемента: струмів, потоків і напруги ротора і статора в нерухомих системах координат, електромагнітного моменту, швидкості обертання валу, а також його кутового положення. Для зручності вилучення змінних машини з вектора передбачено блок Machines Measurement Demux.

Для виконання вибігу асинхронного двигуна після джерела фазної напруги установлені ключі Breaker. Трифазний вимикач моделює трифазний пристрій включення і виключення змінного струму. Він складається з трьох блоків Breaker, керованих одним вхідним сигналом. Включення пристрою виконується одиничним сигналом. Пристрій має вбудований RC-ланцюг, включений паралельно контактам вимикача.

Плавний пуск виконується напівпровідниковими ключами, які складаються з двох паралельно зустрічно сполучених тиристорів. Формування сигналу управління на ключі виконується блоком Step.

Налаштування моделі виконано за такими параметрами:

джерело напруги Three-Phase Voltage Source:

– частота: 50;

– Variation timing (s) (час дії зміни): [0 6]. Параметр визначає час початку і час закінчення дії зміни параметра і задається у вигляді вектора з двох значень;

генератор ступінчастого сигналу Step:

– Step time (час формування перепаду сигналу): 4;

– Initial value (початкове значення сигналу): 1;

– Final value (кінцеве значення сигналу): 0;

трифазний вимикач змінного струму Three-Phase Breaker:

– Initial status of breakers (початковий стан ключів): open – всі ключі відкриті;

– Snubber resistance Rs(Ohm)(опір ланцюга (Ом)): 100. Повинен бути в 100...500 разів більшим, ніж опір обмотки статора асинхронного двигуна;

асинхронний двигун Asynchronous Machine SI Units:

– Preset model (модель двигуна): задаємо параметри потрібної моделі;

– Rotor type (тип ротора): Squirrel-Cage – короткозамкнутий ротор;

– Reference frame (система координат): Stationary – нерухома відносно статора;

блок вимірювання змінних електричної машини Machines Measurement Demux:

– Machine type (тип машини): Asynchronous – асинхронна машина. Залежно від вибраного типу машини у вікні параметрів відобразатиметься різний набір вихідних змінних машини. Встановлюємо відмітки на:

- Rotor currents [ira, irb, irc] – струми обмотки ротора;
- Stator currents [ia, ib, ic] – струми статора;
- Rotor speed [wm] – швидкість ротора;
- Electromagnetic torque [Te] – електромагнітний момент.

Час моделювання встановлюємо б с, режим моделювання Accelerator (прискорений).

При виконанні моделювання процесу плавного пуску отримано графіки досліджуваних сигналів у функції часу.

У процесі моделювання були отримані числові характеристики, які використані для складання блок-схеми управління двигуном водяного насосу за допомогою програми Mitsubishi Alpha Controller-R.

Дана програма має простий інтерфейс контролера з використанням екрану функціональної блок-схеми Function Block Diagram (Fbd) Screen. За допомогою системного екрану схематичного уявлення програми виконано розробку та проведено перевірку алгоритму програмування з використанням імітатора.

При роботі з програмою використовуємо три режими роботи, а саме:

- режим програмування (Program Mode), де складаємо функціональну блок-схему і проводимо необхідні підключення;
- режим імітації (Simulation Mode), де моделюємо і перевіряємо хід сигналів і функцій Fbd. Також перевіряємо правильність підключення. Це дуже важливо і корисно виконати перед записом програми в реальний контролер;
- режим моніторингу (Monitor Mode), де проводимо спостереження і тестування апаратних засобів реального контролера, який підключений до комп'ютера через інтерфейс RS232.

У вікні Fbd window сформовано сигнали і функції, а також проведено переміщення і зміну параметрів та виконано підключення. Функціональна блок-схема системи складається з двох частин: вхідні прямокутники розміщені біля лівої межі вікна Fbd і вихідні – біля правої межі.

На інструментальній панелі Input Accessories вхідних сигналів були вибрані:

- перемикач важеля з перекидною головкою Toggle Switch;
- перемикач нажимної дії Push Switch;
- обмежувальний датчик Limit Sensor;
- безперервний ON Continuos ON;
- 1-секундний відлік годинника – 1 Second Clock.

На інструментальній панелі Output Accessories вихідних сигналів використано:

- світловий індикатор Light;
- світлодіод LED;
- двигун Motor;
- пристрій звукової сигналізації Buzzer.

На інструментальній панелі Function Accessories використано наступні функції:

- булева Boolean;
- встановити/скинути – Set/Reset;
- затримка – Delay.

Булева-функція є логічним виразом, і за допомогою вікна параметрів до неї записуються необхідні логічні дії, які виконуються над вхідними сигналами. Булева-функція використовується для спрощення схеми. Кожен елемент блок-схеми ідентифікується за пристроєм, який він представляє, і за номером даного пристрою. В схемі використані пристрої I, O, B, M:

I01 – вхідні сигнали, що розміщуються у вхідних прямокутниках вікна Fbd;

O01 – вихідні сигнали, що розміщуються у вихідних прямокутниках вікна Fbd;

B01 – функції і сигнали, що розміщуються в області підключення вікна Fbd;

M01 – спеціальні системні входні сигнали, що розміщуються в області підключення вікна Fbd.

Стан значка (ON/OFF) сигналів у режимі імітації або моніторингу змінювався за допомогою натиснення лівої кнопки миші.

Програма надає можливість вибору контролерів серії AL і AL 2 залежно від необхідного числа входів і виходів. У системі використані контролер AL 2 з 15-ма входами і 9-ма виходами, а також контролер серії AL з 12-ма входами і 8-ма виходами.

На рис. 2 представлена функціональна блок-схема управління двигуном насоса 1-го підйому.

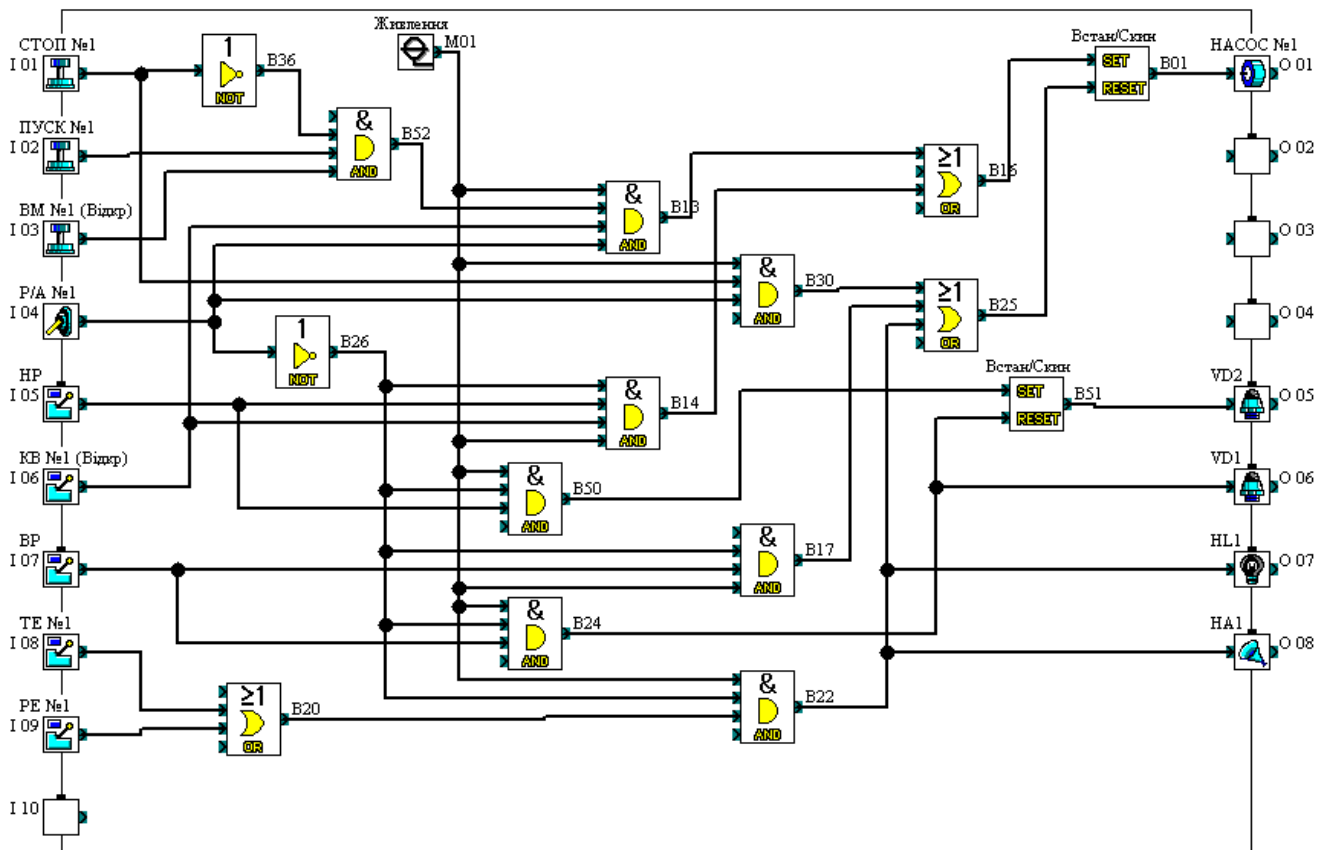


Рис. 2

До входних сигналів блок-схеми на рис. 2 відносяться:

СТОП № 1 – кнопка зупинки двигуна; ПУСК № 1 – кнопка запуску двигуна; ВМ № 1 (Відкр.) – кнопка відкриття засувки (виконавчого механізму № 1); Р/А № 1 – перемикач режиму роботи (ручний/автоматичний); НР – датчик нижнього рівня; КВ № 1 (Відкр.) – кінцевий вимикач (відкриття); ВР – датчик верхнього рівня; ТЕ № 1 – датчик температури підшипників двигуна; РЕ № 1 – датчик тиску.

Вихідні сигнали: НАСОС № 1 – двигун насоса; VD1, VD2 – світлодіоди рівнів (VD1-ВР, VD2-НР); HL1 – світловий індикатор аварійного стану; HA1 – пристрій звукової сигналізації.

Функціональна схема може відтворювати два режими: ручний та автоматичний. Ручний режим виконується натисканням кнопки ПУСК № 1 і ВМ № 1, перемикач Р/А № 1 ставиться в ручний режим (вгору). Після спрацювання КВ № 1 двигун запуститься. Відключення відбувається при натисканні кнопки СТОП № 1.

Автоматичний режим виконується шляхом установки перемикача Р/А №1 вниз, при цьому спрацює датчик НР і КВ №1 та відбувається включення двигуна. Відключення – датчик ВР або аварійне відключення виконують датчики ТЕ № 1 і РЕ № 1, якщо ще не спра-

цював ВР. При включенні датчиків рівня засвітаються відповідні VD, а при аварійному відключенні – HL1, HA1.

На рис. 3 представлено функціональну блок-схему управління двома двигунами насосів 2-го підйому, один з яких робочий, а другий резервний.

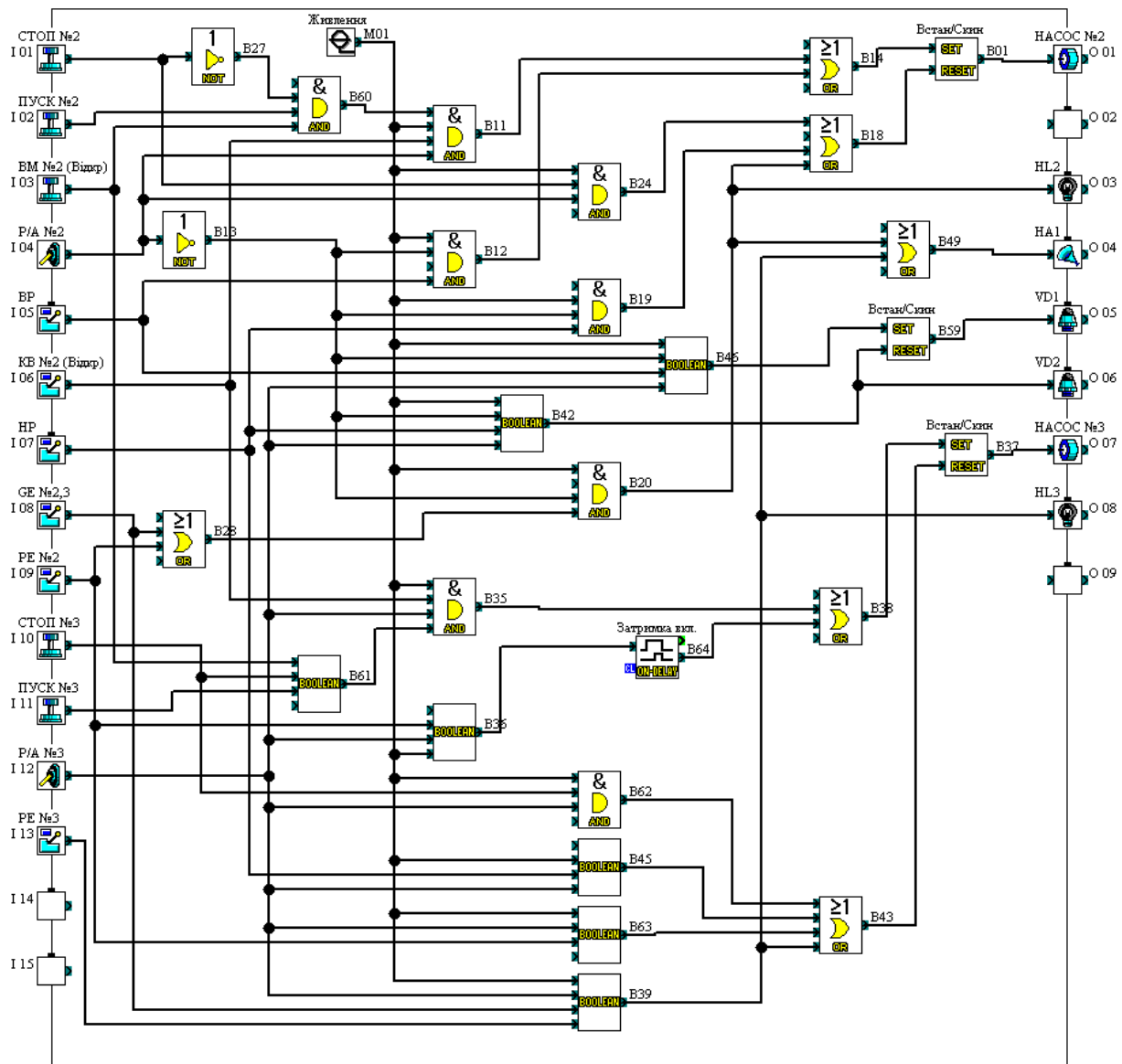


Рис. 3

Вхідні сигнали відповідають представленим вище, за винятком одного, замість датчика TE № 1 використовується датчик сухого ходу GE № 2,3.

Ручний режим залишається без змін, використовуються кнопки і перемикачі необхідних насосів, а також кінцевий вимикач другого виконавчого механізму. Схема дозволяє запустити як обидва насоси, так і один.

В автоматичному режимі пуск робочого насоса здійснюється при верхньому рівні, а зупинка – при нижньому рівні: аварійне відключення – датчик PE № 2, якщо ще не спрацював НР. При аварійному відключенні підключається резервний насос з затримкою на включення на випадок, якщо PE № 2 знову вимкнеться. Насос працює доти, поки не спрацює НР або датчик PE № 2 робочого насоса не вимкнеться через певний час. Резервний насос також припиняє роботу від датчика PE № 3. Обидва двигуни зупиняються при спрацюванні GE №

2,3, у зв'язку з цим не потрібне підтвердження кінцевого вимикача для включення насосів. Аварійне відключення сигнализують – НЛ по кожному двигуну і НА1.

На рис. 4 представлено функціональну блок-схему управління двома виконавчими механізмами (засувки перед резервуаром і за ним).

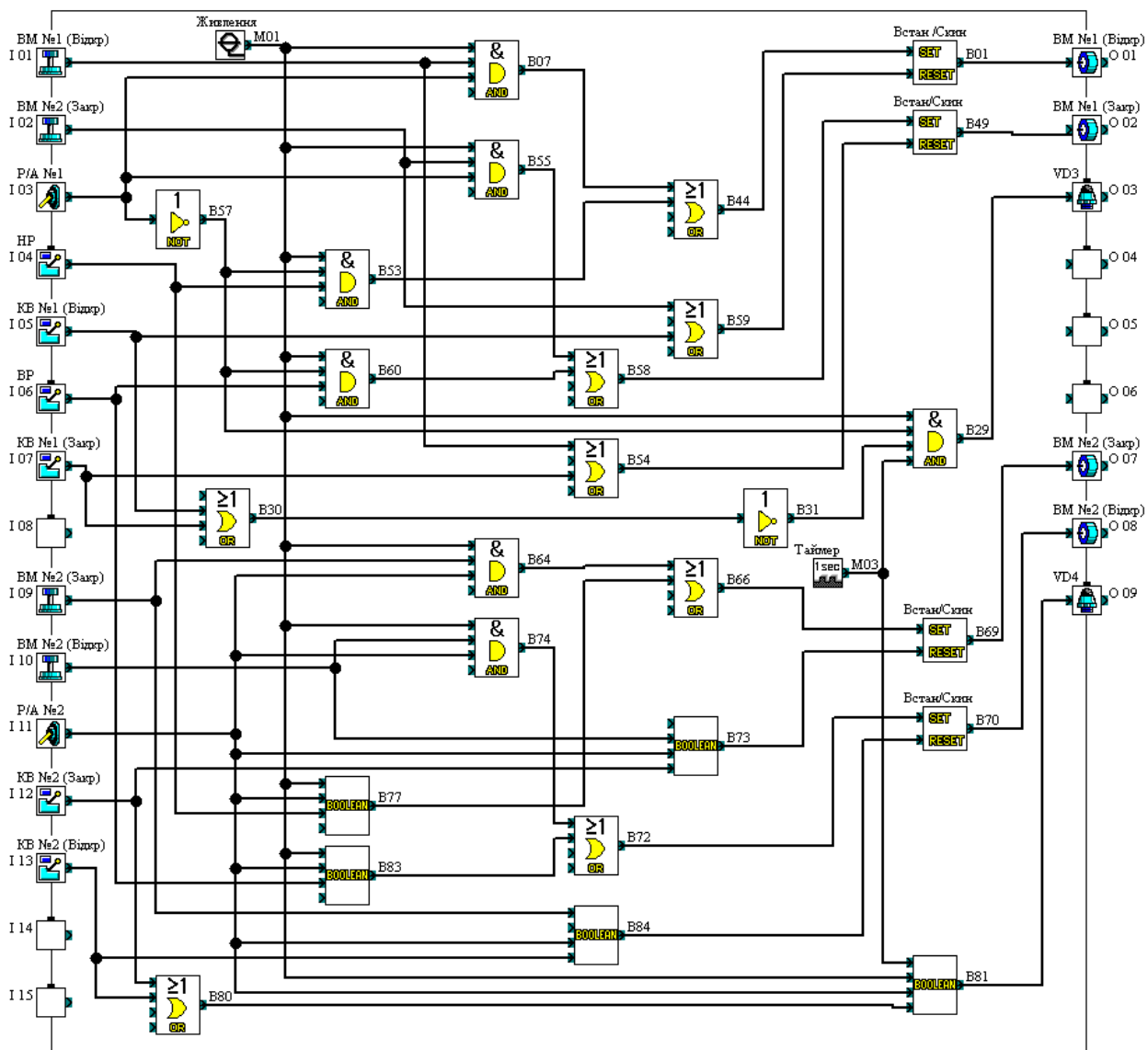


Рис. 4

До вхідних сигналів відносяться: ВМ № 1 (Відкр.), ВМ № 2 (Відкр.) – кнопки відкриття засувки виконавчих механізмів №1 і 2; ВМ № 1 (Закр.), ВМ № 2 (Закр.) – кнопки закриття засувки виконавчих механізмів № 1 і 2; КВ № 1 (Відкр.), КВ № 2 (Відкр.) – кінцеві вимикачі відкриття засувки виконавчих механізмів № 1 і 2;

КВ № 1 (Закр.), КВ № 2 (Закр.) – кінцеві вимикачі закриття засувки виконавчих механізмів № 1 і 2.

Вихідні сигнали: ВМ № 1 (Відкр.), ВМ № 2 (Відкр.) – двигуни виконавчих механізмів № 1 і 2 на відкриття засувки; ВМ № 1 (Закр.), ВМ № 2 (Закр.) – двигуни виконавчих механізмів № 1 і 2 на закриття засувки; VD3, VD4 – світлодіоди положення засувки (VD3-ВМ № 1, VD4-ВМ № 2).

Алгоритм функціонування в ручному та автоматичному режимах можна представити наступним чином:

Ручний режим – перемикачі поставити в ручний режим. Натиснути кнопки ВМ № 1 (Відкр.), ВМ № 2 (Закр.) або ВМ №1 (Закр.), ВМ №2 (Відкр.), вибір залежить від роботи системи на закачування води в резервуар або забір, двигуни запускаються в тому або іншому напрямку обертання. Коли спрацюють кінцеві вимикачі відповідних граничних положень засувки, двигуни відключаються. Для запобігання включенню двигуна в обох напрямках блокується один з напрямів.

Автоматичний режим – засувка перед резервуаром відкривається при НР і закривається при ВР, а засувка після резервуару навпаки. Двигуни включаються від датчиків рівня, а відключаються від кінцевих вимикачів. VD мерехтять, якщо засувка знаходиться в проміжному стані, а досягши одного з граничних положень, гаснуть.

Розроблена схема управління, окрім функцій пуску та зупинки електродвигуна насоса та виконавчого механізму, має функції захисту від падіння тиску в трубопроводі, підвищення температури підшипників, неповного відкриття засувки на напірній лінії, а також захист електродвигуна від короткого замикання і перевантажень.

Використання пакета Simulink дало можливість більш якісно виконати аналіз динамічних властивостей електродвигунів з точки зору відповідності технологічним вимогам, уточнити структуру системи керування, типи регуляторів, їх параметри. При моделюванні досліджена поведінка системи в аварійних ситуаціях, що неможливо виконати на лабораторних і тим паче на діючих промислових установках.

Пристрій плавного пуску пом'якшує гідравлічний удар у трубопроводах при пуску і зупинці; знижує пусковий струм; зводить до мінімуму механічне навантаження на валу двигуна.

Використання програмного пакета Mitsubishi Alpha Controller-R дало змогу змоделювати і перевірити роботу сигналів і функцій, правильність підключення перед записом програми в реальний контролер.

Представлений підхід до створення системи електроживлення електродвигунів насосів водопостачання суттєво скорочує та спрощує процес реалізації автоматизованої системи.

Рассмотрены вопросы моделирования и создания системы автоматизации насосных агрегатов артезианского водоснабжения. Исследованы плавный пуск и остановка асинхронных двигателей насосов. Разработаны алгоритм и блок-схема системы электропитания двигателей с использованием прикладных пакетов Simulink и Mitsubishi Alpha Controller-R.

The problems of simulation and making of a system of automation of pumping aggregates of water supply are surveyed. The smoothly varying starting and stopping of induction motors of pumps is explored. The algorithm and block the circuit of model of a management system with usage of application packages Simulink and Mitsubishi Alpha Controller-R is designed.

Надійшла 16.08.2010