

УДК 658.265

**СИНТЕЗ СТРУКТУРИ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ****М. М. Мошноріз**

Вінницький національний технічний університет

вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021, Україна. E-mail: moshnoriz@gmail.com

Розглядається система водопостачання, яка складається з насосної станції, магістрального трубопроводу й розподіленого у просторі споживача. Окреслено можливі несправності в роботі такої системи; описано стани системи водопостачання за відомими показниками тисків у диктуючих точках; сформульовано умови переходу системи з одного стану в інший. Побудовано граф функціонування системи діагностування. На основі графу роботи пристрою діагностування побудовано структуру пристрою та запропоновано його мікропроцесорну реалізацію. Розроблено програму роботи мікропроцесорного пристрою діагностування системи водопостачання для мікроконтролера Logo Siemens.

**Ключові слова:** діагностування, система водопостачання, тиск у диктуючій точці, група споживачів, мікропроцесорна структура.

**СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ****Н. Н. Мошнориз**

Винницкий национальный технический университет

ул. Хмельническое шоссе, 95, г. Винница, 21021, Украина. E-mail: moshnoriz@gmail.com

Рассматривается система водоснабжения, состоящая из насосной станции, магистрального трубопровода и распределенного в пространстве потребителя. Сформулированы возможные неисправности в работе такой системы; описаны возможные состояния системы водоснабжения по известным показателям давлений в диктующих точках; сформулированы условия перехода системы из одного состояния в другое. Построен граф функционирования системы диагностирования. На основе графа работы устройства диагностирования построена структура устройства и предложена его микропроцессорная реализация. Разработана программа работы микропроцессорного устройства диагностирования системы водоснабжения для микроконтролера Logo Siemens.

**Ключевые слова:** диагностирование, система водоснабжения, давление в диктующей точке, группа потребителей, микропроцессорная структура.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Для забезпечення надійної та безперебійної роботи систем водопостачання застосовується єдина централізована система управління, що забезпечується центральною диспетчерською службою (ЦДС) [1].

Технічна експлуатація систем водопостачання повинна забезпечувати безперебійну й надійну роботу всіх споруд при високих техніко-економічних і якісних показниках [1–7].

Для забезпечення безперебійної й економічної роботи систем водопостачання необхідне виконання багатьох умов, серед яких слід виділити наступні [1, 2, 7]: висококваліфікований технічний персонал, який виконує вимоги посадових інструкцій, правил технічної експлуатації та охорони праці; організація раціональних режимів експлуатації мереж і споруд, які забезпечують удосконалення й інтенсифікацію їх роботи; максимальне використання резервів; упровадження прогресивної технології на основі сучасних досягнень науки й техніки; механізація й автоматизація виробничих процесів, проведення заходів для зменшення втрат води, ресурсів і матеріалів; постійний контроль за якістю й кількістю питної води, що подається у водопровідну мережу та реалізується абонентам; вжиття заходів щодо попередження, вчасного виявлення й ліквідації аварій; систематична реєстрація й аналіз

причин порушень у роботі й аварій.

«У разі виникнення аварій на спорудах, мережах, устаткуванні систем водопостачання й каналізації виробник повинен негайно вжити заходів для їх швидкого виявлення, локалізації та повної ліквідації» [7].

На даний час існує система диспетчерського контролю за тиском у трубопровідній мережі споживача. Обслуговуючий персонал диспетчерської служби постійно слідкує за показниками манометрів у різних точках трубопровідної мережі й у разі перевищення допустимого значення чи зменшення або відсутності тиску взагалі робить висновок про характер і місце несправності, шляхи усунення цієї несправності та характер дій відповідно до існуючих інструкцій.

Загальна схема організації диспетчерської служби показана в [1] (рис. 1). В останні роки впроваджені автоматизовані системи управління (АСУ) у водопровідно-каналізаційному господарстві. В АСУ застосовуються сучасні автоматичні засоби обробки даних за допомогою комп'ютерів, що дозволяють реєструвати, накопичувати й відображати інформацію та за допомогою економіко-математичних методів вирішувати основні завдання управління [1–3].

Різновидом АСУ є автоматична система

управління технологічними процесами (АСУТП), яка призначена для підвищення ефективності управління основною діяльністю об'єктів водопостачання й каналізації. Це завдання здійснюється шляхом оперативного контролю технологічних режимів підйому води, її обробки, подачі та розподілу або водовідведення й оптимального управління цими процесами з використанням засобів обчислювальної техніки [1, 2].

Загальним критерієм системи управління є мінімум експлуатаційних витрат на обробку води при виконанні заданих вимог на якість води, що очищається, безперебійне забезпечення споживачів водою питної якості та водовідведення [1, 2].

АСУТП повинна функціонувати в такому режимі, при якому засоби обчислювальної техніки здійснюють централізований збір, обробку та видачу даних обслуговуючому персоналу в зручній формі, а також формують і видають диспетчеру рекомендації по оптимальному веденню технологічних процесів залежно від ситуації на виробництві [1, 2].

Однією з інформаційно-обчислювальних функцій такої АСУТП є діагностика порушень технологічних режимів [1, 2].

Відома система керування та діагностики [8], яка виконує аналіз стану магістрального та розгалуженого у просторі трубопроводу за показниками манометрів у них. Якщо з часом прохідність трубопроводу зменшується або виникають втрати тиску по довжині труби, то робиться висновок про несправності в мережі. Вся діагностика зводиться до аналізу стану корозії труб, наявності солей, тріщин, пошкодження ущільнень. Крім того, система дає інформацію про роботу насосів, відкритість засувки тощо.

У роботах [9, 10] надано розробки вчених та інженерів Російської Федерації. У них запропоновано підходи до управління насосними станціями, які базуються на підтриманні тиску в трубопроводі при роботі кількох насосних агрегатів.

Розглянуті у [8–10] системи не дозволяють виконати комплексну діагностику системи водопостачання (водоспоживання). Справа в тому, що несправність у будь-якому магістральному трубопроводі споживача проявляється в роботі всієї системи водопостачання, і не завжди ця несправність швидко виявляється обслуговуючим чи диспетчерським персоналом. Тому в даній роботі пропонується розробити структуру пристрою для діагностування системи водопостачання.

Метою дослідження є підвищення надійності роботи системи водопостачання за рахунок прискорення процесу прийняття рішення про усунення несправності під час роботи системи.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Для того, щоб реалізувати систему діагностування, необхідно мати діагностичні змінні, встановити мож-

ливі несправності системи водопостачання, побудувати модель роботи діагностичної системи, з'ясувати її структуру та запропонувати мікропроцесорну реалізацію цієї структури.

Розглянемо типову функціональну схему системи водопостачання, яка складається з джерела водозабору (водойма, свердловина), насосної станції, магістрального трубопроводу та споживачів.

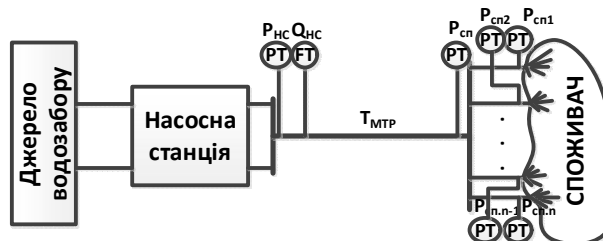


Рисунок 1 – Функціональна схема системи водопостачання

Споживачем такої системи може виступати населений пункт, підприємство тощо.

На виході насосної станції обов'язково встановлюється манометр ( $P_{нс}$ ) та витратомір ( $Q_{нс}$ ), а також манометри встановлюють на виході з магістралі ( $P_{сп}$ ) та в диктуючих точках розподіленого споживача ( $P_{сп.i}$ ) [11, 12]. Тиск споживача оцінюється саме в диктуючих точках унаслідок того, що важко й фактично неможливо управляти насосною станцією так, щоб забезпечити потрібне значення тиску кожному споживачеві. У такому разі споживачі об'єднуються у групи й встановлюється контроль параметрів трубопровідної мережі на цю групу.

Таким чином, як діагностичні змінні будемо використовувати значення тисків  $P_{нс}$ ,  $P_{сп}$  та  $P_{сп.i}$ .

Встановимо можливі несправності в роботі системи водопостачання, структуру якої зображено на рис. 1. Першою несправністю назвемо таку, коли насосна станція не качає воду. Тобто тиск на виході насосної станції дорівнює нулю або близький до нього, при тому, що вона знаходиться в запущеному стані.

Другою несправністю назвемо розрив магістрального трубопроводу, при якому насосна станція подає воду під певним ненульовим тиском, а на виході магістрального трубопроводу тиск дорівнює нулю або близький до нього.

Як третю несправність у роботі системи водопостачання розглянемо випадок, коли тиск  $P_{сп}$  відмінний від нуля, а  $P_{сп.i}$  дорівнює нулю або близький до нього. У такому випадку має місце розрив  $i$ -го трубопроводу, який подає воду  $i$ -ій групі споживачів.

Четверта несправність – випадок, коли тиск на виході насосної станції постійний немаксимальний, а на виході з магістрального трубопроводу зменшується відносно потрібного значення. У такому разі споживання води більше, ніж

генерування. Має місце невірне управління насосною станцією. Продуктивність насосної станції потрібно збільшувати.

У випадку, коли тиск  $P_{сп}$  росте при постійному значенні продуктивності станції, має місце закупорка магістрального водогону. Такий випадок будемо розуміти як п'яту несправність у роботі системи водопостачання.

Аналогічно шосту несправність можна тлумачити, коли тиск  $P_{сп.i}$  росте при постійному значенні продуктивності  $P_{сп}$ , тобто має місце випадок закупорки  $i$ -го трубопроводу, який подає воду  $i$ -ій групі споживачів.

Можливий випадок, коли продуктивність насосної станції має максимальне значення, а тиск  $P_{сп}$  зменшується. У такому разі насосна станція не може забезпечити потреб споживача й потрібно вживати заходів для збільшення продуктивності станції. Такий тип несправності, назовемо її як сьома несправність, не потребує негайних заходів по її усуненню. Обслуговуючому персоналу та адміністрації насосної станції слід мати на увазі недостатню потужність станції для забезпечення

максимальних потреб споживача. Щоб позбутися такого випадку, потрібно або збільшити кількість паралельно працюючих насосів, або замінити працюючі насоси іншими насосами більшої потужності.

Може виникнути протилежна ситуація, коли продуктивність насосної станції постійна, а тиск  $P_{сп}$  збільшується відносно потрібного значення. У такому випадку має місце восьма несправність, яка виникає як результат невірного управління насосною станцією. Продуктивність станції при цьому потрібно зменшувати.

У випадку, коли тиск на виході насосної станції зростає й не досяг ще максимального значення, а на виході з магістрального трубопроводу тиск зменшується відносно потрібного значення, має місце дев'ята несправність. У такому разі споживання води більше, ніж генерування й продуктивність станції, потрібно суттєво збільшити. Це досягається вмиканням у паралельну роботу чергового насосного агрегата.

Розглянемо математичну модель роботи системи водопостачання [5].

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Якщо } \left\{ \begin{array}{l} P_{HC} = 0, \\ P_{сп} = 0, \end{array} \right. \text{ то } Y_1 = 1 \\ \\ \text{Якщо } \left\{ \begin{array}{l} P_{HC} > 0, \\ P_{сп} > 0, \end{array} \right. \text{ то } \left\{ \begin{array}{l} \text{якщо } P_{сп} < P_{сп.n}, \text{ то } \left\{ \begin{array}{l} \text{якщо } \left\{ \begin{array}{l} P_{HC} < P_{HC.макс'} \\ \frac{dP_{HC}}{dt} > 0, \\ P_{сп} \rightarrow 0, \end{array} \right. \text{ то } Y_2 = 1; \text{ якщо } \left\{ \begin{array}{l} P_{HC} < P_{HC.макс'} \\ \frac{dP_{HC}}{dt} > 0, \\ P_{сп} = P_{HC.макс'} \\ \frac{dP_{сп}}{dt} < 0, \\ P_{сп.i} = 0, \end{array} \right. \text{ то } Y_3 = 1; \text{ якщо } \left\{ \begin{array}{l} P_{HC} < P_{HC.макс'} \\ \frac{dP_{HC}}{dt} > 0, \\ \frac{dP_{сп}}{dt} \leq 0, \\ \left. \frac{dP_{сп}}{dt} \right|_{t \geq 4T_{MTH}} > 0, \\ P_{сп.1}, P_{сп.2}, \dots, P_{сп.n} \neq 0, \end{array} \right. \text{ то } Y_9 = 1, \\ \\ \text{якщо } P_{сп} > P_{сп.n}, \text{ то } \left\{ \begin{array}{l} \text{якщо } \left\{ \begin{array}{l} P_{HC} < P_{HC.макс'} \\ \frac{dP_{HC}}{dt} = 0, \\ \frac{dP_{сп}}{dt} \leq 0, \\ P_{сп.1}, P_{сп.2}, \dots, P_{сп.n} \neq 0, \end{array} \right. \text{ то } Y_4 = 1; \text{ якщо } \left\{ \begin{array}{l} P_{HC} = P_{HC.макс'} \\ \frac{dP_{сп}}{dt} < 0, \\ P_{сп.1}, P_{сп.2}, \dots, P_{сп.n} \neq 0, \end{array} \right. \text{ то } Y_5 = 1; \text{ Якщо } \left\{ \begin{array}{l} P_{HC} = P_{HC.макс'} \\ \frac{dP_{сп}}{dt} \Big|_{t \geq 4T_{MTH}} > 0, \\ P_{сп.1}, P_{сп.2}, \dots, P_{сп.n} \neq 0, \end{array} \right. \text{ то } Y_7 = 1, \\ \\ \text{якщо } \left\{ \begin{array}{l} \frac{dP_{HC}}{dt} = 0, \\ \frac{dP_{сп}}{dt} \geq 0, \end{array} \right. \text{ то } Y_4 = 1, \\ \\ \text{якщо } \left\{ \begin{array}{l} P_{HC} \leq P_{HC.макс'} \\ \frac{dP_{сп}}{dt} \geq 0, \end{array} \right. \text{ то } Y_8 = 1, \\ \\ \text{якщо } \left\{ \begin{array}{l} \frac{dP_{сп}}{dt} \geq 0, \\ P_{сп.i} = 0, \end{array} \right. \text{ то } Y_6 = 1. \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Рисунок 2 – Математична модель пристрою діагностування системи водопостачання

«У математичній моделі прийнято такі позначення: якщо несправність дорівнює одиниці, то вона має місце, інакше цієї несправності немає;  $P_{сп.n}$  – номінальне значення тиску в диктуючій точці водопровідної мережі;  $P_{HC.макс}$  – максимальне значення тиску на виході насосної станції (тиск, на який розрахована трубопровідна арматура й сама труба та який може бути фізично досягнутий при роботі всіх насосів);  $\frac{dP_{HC}}{dt}$  – похідна по тиску на виході насосної станції (використовується для виявлення процесу збільшення чи зменшення

тиску);  $P_{сп} \rightarrow 0$  – тиск у диктуючій точці близький до нуля;  $\frac{dP_{сп}}{dt}$  – похідна по тиску в диктуючій точці (також використовується для виявлення процесу збільшення чи зменшення тиску в даній точці);  $P_{сп.i}$  – тиск в  $i$ -ій (будь-якій) точці мережі водопостачання ( $i=1-n$ , де  $n$  – кількість груп споживачів, для яких виконується одне вимірювання тиску);  $\left. \frac{dP_{сп}}{dt} \right|_{t \geq 4T_{MTH}}$  – похідна по тиску в диктуючій точці в момент часу, коли закінчився перехідний процес встановлення тиску в

магістральному трубопроводі;  $T_{MTH}$  – стала часу магістрального трубопроводу (характеризує, як швидко на його виході з'являється усталене значення сигналу при подачі сигналу на його вхід)...»;  $Y_i$  – тип несправності, де  $i$  – номер несправності [5].

«Перше рівняння системи слід тлумачити так: якщо всі сенсори тиску сигналізують про нулевий тиск, а система в цей час знаходиться в запущеному робочому стані, то виводиться повідомлення про несправність  $Y_1$ , тобто «У системі відсутня вода». Якщо умова першого рівняння не виконується, тобто в трубопроводі встановилося певне значення тиску, відмінне від нуля, то розглядаються два випадки: якщо тиск у диктуючій точці більший за номінальний і коли цей тиск буде меншим за номінальний. У першому випадку розглядається одночасно шість варіантів, серед яких мають місце несправності  $Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_7$  та  $Y_9$ . У другому випадку одночасно розглядається три варіанти, серед яких несправності  $Y_4, Y_6$  та  $Y_8$ . Якщо не виконується жодна з перелічених умов, то система справна» [5].

Використовуючи математичний апарат секвенцій, побудуємо граф роботи системи діагностування. Для цього з'ясуємо можливі стани системи:

$S_1$  – система вимкнена, всі елементи пам'яті обнулені;  $S_2$  – насосна станція працює;  $S_3$  – насосна станція вимкнена й наявна перша несправність;  $S_4$  – у системі встановилося певне ненульове значення тиску;  $S_5$  – насосна станція вимкнена й наявна друга несправність;  $S_6$  – насосна станція вимкнена й наявна третя несправність;  $S_7$  – насосна станція вимкнена й наявна четверта несправність;  $S_8$  – насосна станція вимкнена й наявна п'ята несправність;  $S_9$  – насосна станція вимкнена й наявна шоста несправність;  $S_{10}$  – насосна станція вимкнена й наявна дев'ята несправність;  $S_{11}$  – насосна станція вимкнена й наявна восьма несправність;  $S_{12}$  – насосна станція вимкнена й наявна шоста несправність.

Назвемо умови, при виконанні яких відбувається зміна стану системи:  $U_1$  – умова  $P_{HC} = 0$ ;  $U_2$  – умова  $P_{СП} = 0$ ;  $U_3$  – умова  $\begin{cases} P_{HC} > 0, \\ P_{СП} > 0, \end{cases}$ ;  $U_4$  – умова  $P_{СП} < P_{СПH}$ ;  $U_5$  – умова  $P_{СП} > P_{СПH}$ ;  $U_6$  – умова  $P_{HC} < P_{HCmax}$ ;  $U_7$  – умова  $\frac{dP_{HC}}{dt} > 0$ ;  $U_8$  – умова  $\frac{dP_{HC}}{dt} = 0$ ;  $U_9$  – умова  $\frac{dP_{СП}}{dt} \leq 0$ ;  $U_{10}$  – умова  $P_{СП1}, P_{СП2}, \dots, P_{СПn} \neq 0$ ;  $U_{11}$  – умова  $P_{HC} = P_{HCmax}$ ;  $U_{12}$  – умова  $\frac{dP_{СП}}{dt} < 0$ ;  $U_{13}$  – умова  $P_{СПi} = 0$ ;  $U_{14}$  – умова  $P_{HC} = P_{HCmax}$ , де  $P_{HCmax}$  – максимальне значення продуктивності насосної

станції;  $U_{15}$  – умова  $\frac{dP_{СП}}{dt} \Big|_{t \geq 4T_{MTH}} > 0$ , де  $T_{MTH}$  – стала часу магістрального трубопроводу (рис. 1);

$U_{16}$  – умова  $\frac{dP_{СП}}{dt} \geq 0$ ;  $U_{17}$  – пуск насосної станції;

$U_{18}$  – першу несправність усунуто;  $U_{19}$  – другу несправність усунуто;  $U_{20}$  – третю несправність усунуто;  $U_{21}$  – четверту несправність усунуто;  $U_{22}$  – п'яту несправність усунуто;  $U_{23}$  – шосту несправність усунуто;  $U_{24}$  – дев'яту несправність усунуто;  $U_{25}$  – восьму несправність усунуто;  $U_{26}$  – шосту несправність усунуто;  $R$  – обнулення програми.

Побудуємо граф роботи системи діагностування (рис. 3).

На основі побудованого графа можна побудувати систему секвенцій, яку за правилами спрощення можна мінімізувати [13]. На основі отриманої мінімізованої системи секвенцій отримаємо структурну схему пристрою для діагностування системи водопостачання (рис. 4).

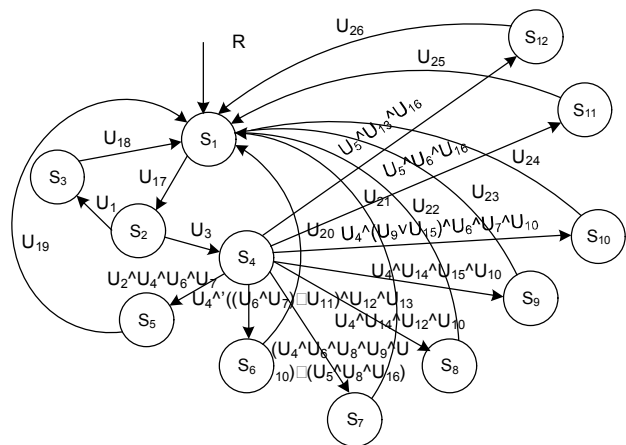


Рисунок 3 – Граф функціонування системи діагностування

На структурній схемі пристрою діагностування (рис. 4) позначено: СТнс (1) – сенсор тиску води на виході насосної станції; СТсп (2) – сенсор тиску води в диктуючій точці трубопроводної мережі; СТспі (3) – сенсор тиску води в і-й контрольній точці і-ї групи споживачів; ЗТспн (4) – задавач номінального тиску в диктуючій точці трубопроводної мережі; ЗТнсм (5) – задавач максимального тиску води на виході насосної станції, який вона може створити без руйнувань і пошкоджень запірної арматури та трубопроводу; ЗДЧ (6) – задавач дискретності часу (необхідний для виконання процедури диференціювання); 7–14 – аналогові компаратори, які формують на виході сигнал логічної «одиниці», якщо аналоговий сигнал на першому вході більший, ніж на другому; 15 – аналоговий компаратор, який формує на виході сигнал логічної «одиниці», якщо вхідні сигнали

рівні; 16 – аналоговий компаратор, який формує на виході сигнал логічної «одиниці», якщо аналоговий сигнал на першому вході менший, ніж на другому; 17–18 – диференціюючі елементи; 19–20 – логічні елементи НІ; 21 – логічний елемент І-НІ; 22–23 – логічні елементи АБО-НІ; 24–38 – логічні елементи

І; 39–47 – R-S-тригери; 48–56 – елементи індикації, призначені для сигналізації типу несправності.

ЗДЧ на структурній схемі використовується для того, щоб задати інтервал диференціювання. Цей інтервал повинен бути таким, щоб оцінити вплив на систему тиску на виході насосної станції.

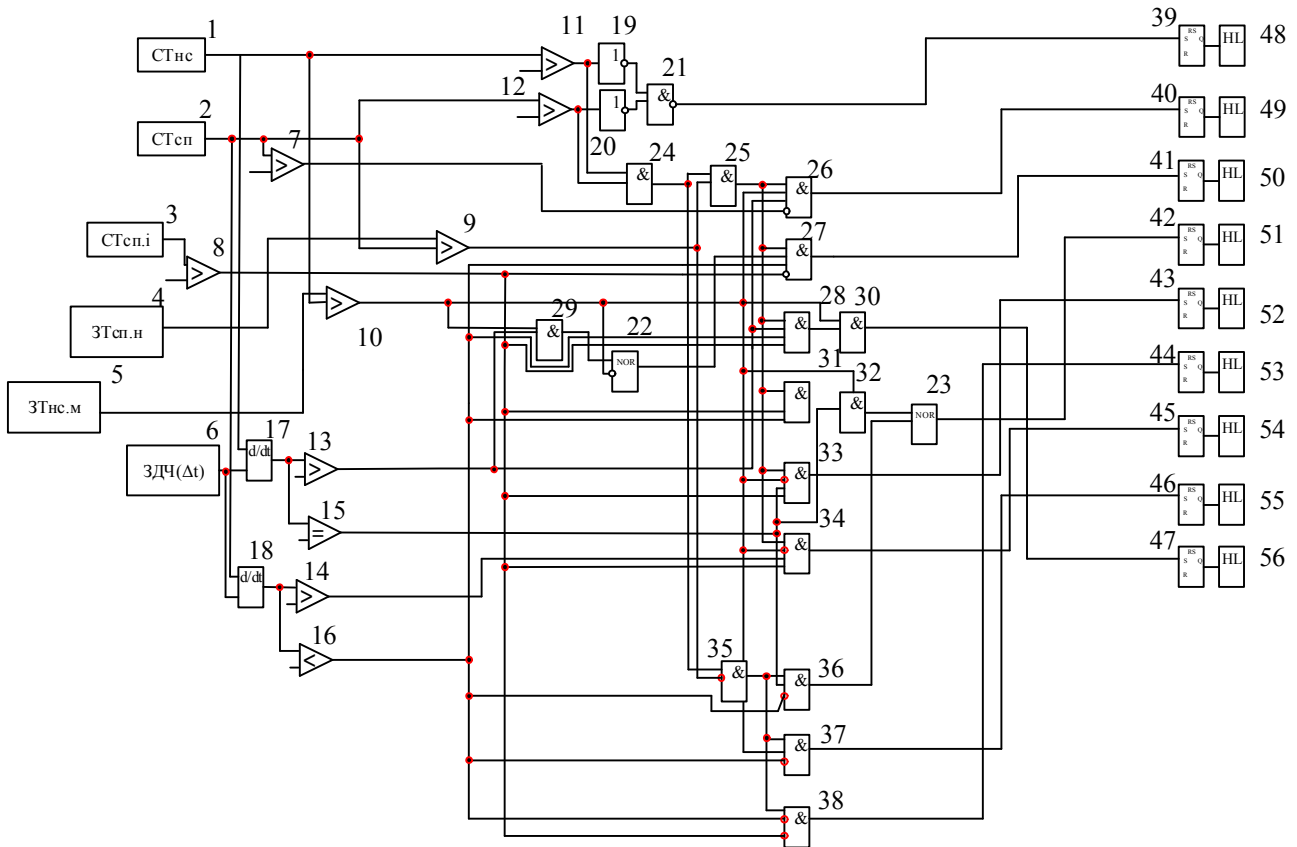


Рисунок 4 – Структурна схема пристрою для діагностування системи водопостачання

Тобто час одного циклу диференціювання повинен дорівнювати часу перехідного процесу в трубопроводі від насосної станції до диктуючої точки трубопровідної мережі.

Елементи індикації можуть бути сигнальними лампами, які при засвічуванні вказують на тип несправності. Структурна схема побудована таким чином, що лампі індикації 48 відповідає несправність Y1, лампі індикації 49 – несправність Y2 й т.ін.

На основі структурної схеми побудовано комп'ютерну модель пристрою діагностування в програмному середовищі Logo Soft Comfort (рис. 5).

На вхід пристрою (рис. 5) подаються всі

діагностичні змінні та сигнали похідних від цих змінних. На виході пристрою маємо спрацювання того чи іншого біта пам'яті (Q), який сприяє виведенню інформації про тип несправності, або просто засвічується сигнальна лампа над відповідним номером несправності.

Структурну схему пристрою діагностування побудовано в програмному середовищі Logo Soft Comfort фірми Siemens, яке використовується для програмування логічних реле Logo цієї ж фірми. Таким чином, побудована структурна схема вже є фактично написаною на мові програмування FBD програмою роботи пристрою діагностування з використанням програмованого логічного реле Logo Siemens.

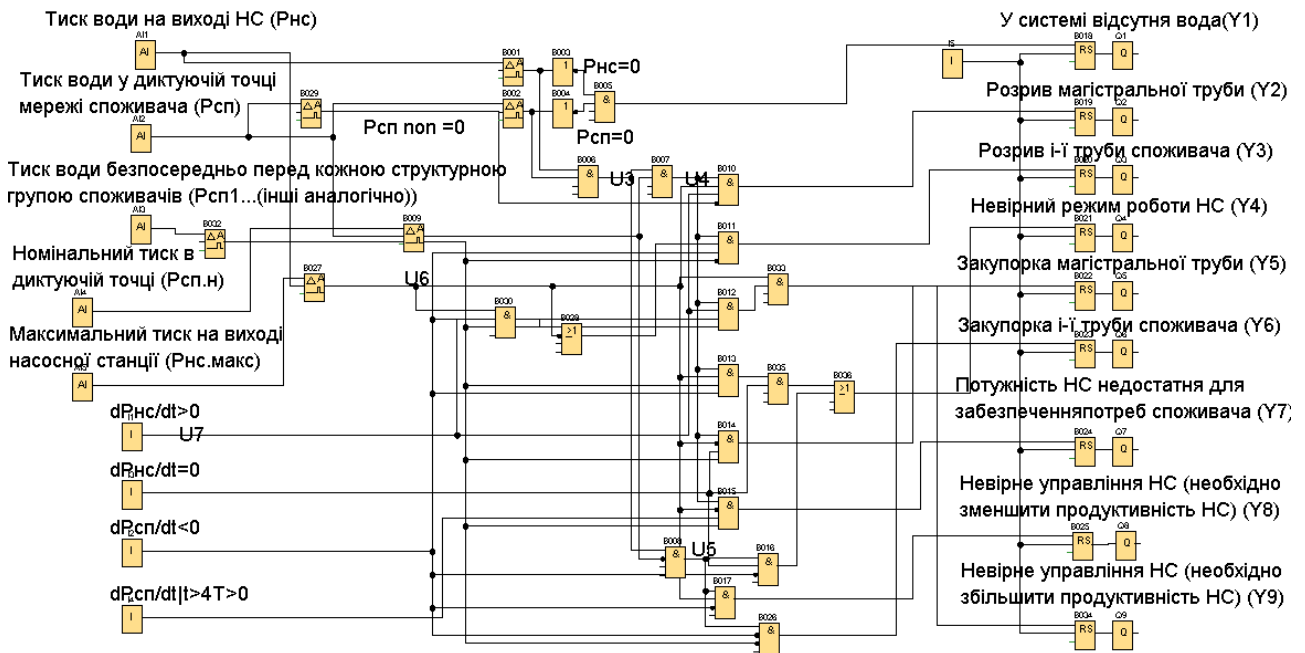


Рисунок 5 – Комп’ютерна модель (програма роботи) пристрою для діагностування системи водопостачання

Результати комп’ютерного моделювання підтвердили правдивість виконаних побудов. Нижче наведено приклад моделювання першої

несправності («у системі відсутня вода») у вікні програми Logo Soft Comfort (рис. 6).

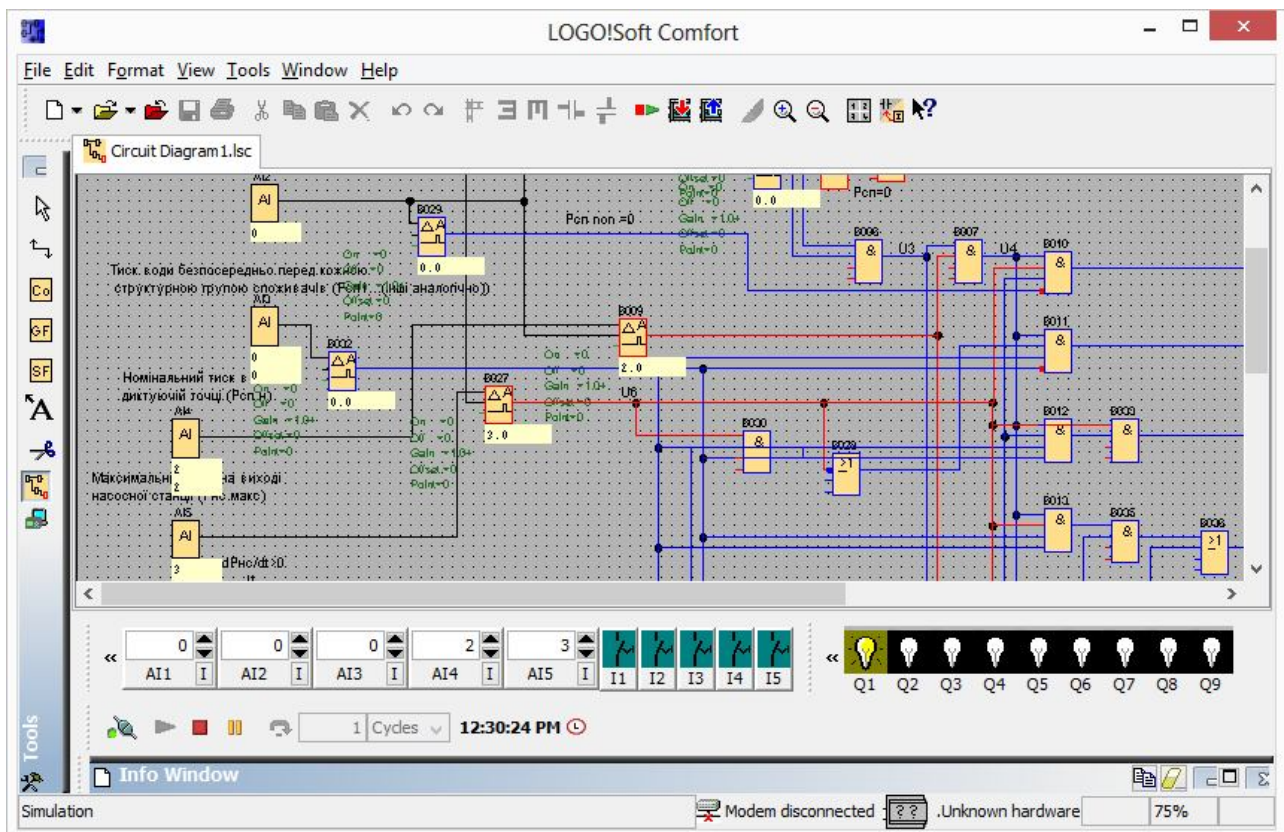


Рисунок 6 – Імітація першої несправності системи водопостачання (Y1) у програмі Logo Soft Comfort

Для реалізації пристрою діагностування на базі програмованого логічного реле Logo Siemens необхідно крім самого логічного реле та блока живлення встановити додатково аналоговий модуль.

Цей модуль потрібен для сприйняття інформації про значення тисків та продуктивностей у системі водопостачання. Оскільки таких сигналів може бути багато, адже розподілених груп споживачів може

бути більше 100 у великому місті, значення тиску яких потрібно вимірювати, то реалізувати функцію діагностування всієї системи водопостачання на базі програмованого логічного реле Logo Siemens буде дуже складно й дорого.

Для здешевлення системи діагностування пропонується узагальнена мікропроцесорна структура пристрою на базі мікроконтролера, який матиме необхідну кількість аналогових входів та виходів (рис. 7).

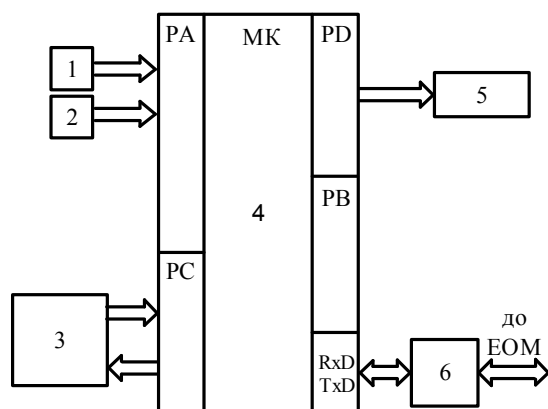


Рисунок 7 – Мікропроцесорна структурна схема пристрою для діагностування системи водопостачання

На порт А (РА) мікроконтролера МК 4 поступає інформація із сенсорів 1 аналогових величин (діагностичних змінних) та сенсорів 2 працездатності системи водопостачання. Через пристрій вводу-виводу інформації 3 (клавіатуру) та порт С (РС) відбувається введення необхідних параметрів. Через програмований індикатор 5, який підключений до порта D (PD), відбувається сигналізація про стан системи.

Мікроконтролер через виходи RxD, TxD та перетворювач рівнів сигналів 6 підключений до електронно-обчислювальної машини (ЕОМ) (рис. 5). На виході системи (порт В мікроконтролера) формується керуючий сигнал про ту чи іншу несправність.

Для реалізації системи діагностування на базі запропонованої мікропроцесорної структури можна використати мікропроцесор фірми Atmel сімейства ATmega восьмої серії.

**ВИСНОВКИ.** Таким чином, використовуючи метод теорії графів, виконано синтез структури пристрою для діагностування системи водопостачання. Запропоновано мікропроцесорну структуру пристрою, яка дозволить проводити діагностування за відомими сигналами із сенсорів тиску на виході насосної станції, тиску в диктуючій точці трубопровідної мережі й тисків окремих груп споживачів.

Для роботи пристрою не потрібно суттєвих капітальних затрат, оскільки він обробляє інформацію, яка на даний час виводиться диспетчеру.

Для реалізації пристрою діагностування запропоновано два варіанти: на базі програмованого логічного реле Logo Siemens і на базі мікропроцесора фірми Atmel сімейства ATmega восьмої серії.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Душкин С.С., Благодарная Г.И., Коваленко А.Н., Солодовник М.В. Эксплуатация очистных сооружений водопроводно-канализационных систем: конспект лекций для студентов 5–6 курсов дневной и заочной форм обучения, экстернов, магистрантов и иностранных студентов специальности 7.092601, 8.092601 – «Водоснабжение и водоотведение». – Харьков: Харьковська національна академія міського господарства, 2010. – 183 с.

2. Сайт комунального підприємства Дніпропетровської міської ради «ДНІПРОВОДОКАНАЛУ». Центральна диспетчерська служба [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vodokanal.dp.ua/index.php?lang=uk&class=publication&id=15>.

3. Мошнориз Н.Н., Довганич О.Н. Усовершенствование системы управления водоснабжением отдельного населённого пункта на основании применения нечёткого регулятора // Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи: материалы Второй российской молодежной научной школы-конференции, Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ООО "СКАН", 2014. – С. 89–93.

4. Грабко В.В., Мошнориз М.М. Вдосконалення роботи насосної станції водопостачання // Вісник ВПІ. – 2006. – Вип. 6. – С. 138–141.

5. Мошнориз М.М., Петровський В.М. Математична модель для діагностування системи водопостачання // Вісник Хмельницького національного університету. Серія «Технічні науки». – Хмельницьк: Хмельницький національний університет, 2015. – Вип. 2 (223). – С. 214–217.

6. Мошнориз М.М. Синтез структури пристрою для діагностування системи водопостачання // Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика. Наукове видання. – Кременчук: КрНУ, 2015. – Вип. 1/2015 (3). – С. 167–170.

7. Наказ № 30 Державного комітету України по житлово-комунальному господарству «Про затвердження Правил технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації населених пунктів України від 05.07.1995 р. (зі змінами 2005 та 2008 рр.).

8. Almeida A.B., Ramos H.M. (2010), Water supply operation diagnosis and reliability analysis in a Lisbon pumping system // Journal of Water Supply: Research and Tehnology – AQUA. – 2010. – Iss. 59 (1). – PP. 66–78.

9. Осененко С.П. Восстановление работоспособности системы управления для водозаборного



узла № 1 по адресу: МО, Красногорский р-н, п. Нахабино, ул. Панфилова. – Рабочий проект. – ООО «Малое научно-производственное предприятие «САТУРН», 2012. – С. 16.

10. Шкафы автоматики для тепловых пунктов «Данфосс» («ША–Комфорт»). – М.: ООО «Данфос», 2007. – С. 20.

11. Лезнов Б.С. Экономия электроэнергии в

насосных установках. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 144 с.

12. Залуцкий Э.В., Петрухно Д.И. Насосные станции. Курсовое проектирование. – К.: Вища школа, 1987. – 167 с.

13. Захаров В.Н. Автоматы с распределенной памятью. – М.: Энергия, 1975. – 136 с.

## SYNTHESIS OF STRUCTURES UNIT FOR DIAGNOSTIC SYSTEM WATER

**M. Moshnoriz**

Vinnitsia National Technical University

vul. Khmelnytske shose, 95, Vinnitsa, 21021, Ukraine. E-mail: moshnoriz@gmail.com

This paper considers the water system, which consists of a pumping station, pipeline, and distributed in the space of the consumer; outlined the possible malfunction of the system; given the state of the water supply system from the known parameters of pressure at key points; outlines the conditions of transition from one state to another; construct a graph of the system diagnostics. On the basis of the count of the device diagnostics built device structure and its proposed implementation of the microprocessor. Also in the program of work is designed microprocessor diagnostics system of water supply for the microcontroller Logo Siemens.

**Key words:** diagnosis, water supply system, the pressure in dictating the point group of consumers, microprocessor structure.

## REFERENCES

1. Dushkin, S.S., Blagodarnaya, G.I., Kovalenko, A.N. and Solodovnik, M.V. (2010), Operation of treatment facilities of water supply and sewerage systems (Lectures for students of 5–6 courses of full-time and correspondence forms of training, external students, undergraduates and international students majoring 7.092601, 8.092601 – "Water supply and sanitation"), Kharkiv National Academy of Municipal Economy, Kharkov. (in Russian)

2. Website the central office of dispatcher [E-resource], available at: <http://vodokanal.dp.ua/index.php?lang=uk&class=publication&id=15>.

3. Moshnoriz, N.N. and Dovganich, O.N. (2014), "Improvement of water supply management otdehnogo settlement based on the application of fuzzy controller", *Energetika, elektromekhanika i energoefektivnyye tekhnologii glazami molodezhi: materialy Vtoroy vsereossiyskoy molodezhnoy nauchnoy shkoly-konferenii*, Tomskiy politekhnicheskii universitet, Tomsk. (in Russian)

4. Grabko, V.V. and Moshnoriz, M.M. (2006), "Improvement of water supply pump station", *Visnyk VPI*, no. 6, pp. 138–141. (in Russian)

5. Moshnoriz, M.M. and Petrovsky, V.M. (2015), "Mathematical model for diagnostuvannya systemu vodopostachannya", *Novosti Khmelnytskoho natsionalnoho universitetu*, Vol. 2, no. 223, pp. 214–217. (in Ukrainian)

6. Moshnoriz, M.M. (2015), "Structure synthesis annex for diagnostuvannya systemu vodopostachannya", *Problemy energoresursozberezhenniya v elektrotekhnichnih systemah. Nauka, Osvita i Praktyka*, Kremenchuk, Vol. 1, no. 3, pp. 167–170. (in Ukrainian)

7. Order № 30 of the State Committee of Ukraine on Housing "On Approval of Rules of technical operation of water supply and sewerage settlements of Ukraine from 05.07.1995. (Amended 2005 and 2008). (in Ukrainian)

8. Almeida, A.B. and Ramos, H.M. (2010), "Water supply operation diagnosis and reliability analysis in a Lisbon pumping system", *Journal of Water Supply: Research and Tehnology – AQUA*, no. 59.1, pp. 66–78.

9. Osenenko, S.P. (2012), To restore the control system for the diversion unit no. 1 at the address: MR, Krasnogorsk district, p. Nakhabino, s. Panfilova, Detailed design, *ООО «Maloye Nauchno-Proizvodstvennoye Predpriyatiye «SATURN»*. (in Russian)

10. *Shkafy avtomatiki dlya teplovykh punktov «Danfoss» («SHA–Komfort»)* [Built-in automation for heat points "Danfoss"] (2007), Moscow. (in Russian)

11. Leznov, B.S. (1991), *Ekonomiya elektroenergii v nasosnykh ustanovkakh* [Energy savings in pumping installations], Energoatomizdat, Moscow. (in Russian)

12. Zalutskii, E.V. and Petruhno, D.I. (1987), *Nasosnyye stantsii. Kursovoye proyektirovaniye* [Pumping stations, Course design], Vischa shkola, Kyiv. (in Russian)

13. Zakharov, V.N. (1975), *Avtomaty s raspredelennoy pamyatyu* [Machines with distributed memory], Energiya, Moscow. (in Russian)

Стаття надійшла 21.07.2015.