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.

Запропоновано структуру пристрою діагностування системи водопостачання, який дозволить проводити діагностування за відомими сигналами із сенсорів тиску на виході насосної станції, тиску в диктуючій точці трубопровідної мережі та тисків окремих груп споживачів. Сформульовано умови, за якими відбувається зміна стану системи діагностування. Побудовано граф роботи системи, на базі якого запропоновано структуру пристрою для діагностування. Розглянуто два варіанти його мікропроцесорної реалізації.

Ключові слова: діагностування, система водопостачання, тиск у диктуючій точці, група споживачів, мікропроцесорна 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 [2].

«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» [2].

Однією з інформаційно-обчислювальних функцій деяких сучасних автоматизованих систем управління технологічним процесом (АСУТП) є діагностика порушень технологічних режимів [1, 3], тому в даній роботі пропонується розробити структуру пристрою для діагностування системи водопостачання.

Метою роботи 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 можливі 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, свердловини), насосної станції, магістрального трубопроводу та споживачів (рис. 1).

Споживачем такої системи може виступати населений пункт, підприємство тощо.

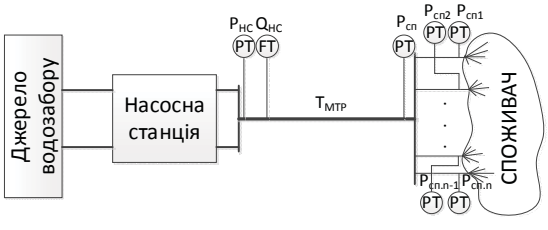

Рисунок 1 – Функціональна схема системи водопостачання

На виході насосної станції обов'язково встановлюється манометр (*Рнс*) та витратомір (*Qнс*), а також манометри встановлюють на виході з магістралі (*Рсп*) та в диктуючих точках розподіленого споживача (*Рсп.і*). [3, 4].

Тиск споживача оцінюється саме у диктуючих точках по причині 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 *Рнс*, *Рсп* та *Рсп.і.*

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, притому що вона знаходиться в запущеному стані. Друга несправність – 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 *Рсп* відмінний від нуля, а *Рсп.і* дорівнює нулю або близький до нього. У такому разі має місце розрив і-го трубопроводу, який подає воду *і*-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 випадку споживання води більше, ніж генерування. Має місце невірне управління насосною станцією, продуктивність якої потрібно збільшувати.

У випадку, коли тиск *Рсп* 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 *Рсп.і* росте при постійному значенні продуктивності *Рсп*, тобто має місце випадок закупорки *і*-го трубопроводу, який подає воду *і*-ій групі

споживачів.

Можливий випадок, коли продуктивність насосної станції має максимальне значення, а тиск *Рсп* зменшується. У такому разі насосна станція не може забезпечити потреб споживача й потрібно приймати міри для збільшення продуктивності станції. Такий тип несправності, назвемо її як сьома несправність, не потребує негайних мір 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, більш потужними.

Може виникнути протилежна ситуація, коли продуктивність насосної станції постійна, а тиск *Рсп* 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, і продуктивність станції потрібно суттєво збільшити. Це досягається вмиканням у паралельну роботу чергового насосного агрегата.

Використовуючи математичний апарат секвенцій, побудуємо граф роботи системи діагностування. Для цього з'ясуємо можливі стани системи: *S1* – система вимкнена, всі елементи пам'яті обнулені; *S2* – насосна станція працює; *S3* – насосна станція вимкнена й наявна перша несправність; *S4* – у системі встановилося певне ненулеве значення тиску; *S5* – насосна станція вимкнена й наявна друга несправність; *S6* – насосна станція вимкнена й наявна третя несправність; *S7* – насосна станція вимкнена й наявна четверта несправність; *S8* – насосна станція вимкнена й наявна п'ята несправність; *S9* – насосна станція вимкнена й наявна сьома несправність; *S10* – насосна станція вимкнена й наявна дев'ята несправність; *S11* – насосна станція вимкнена й наявна восьма несправність; *S12* – насосна станція вимкнена й наявна шоста несправність.

Назвемо умови, при виконанні яких відбувається зміна стану системи: *U1* – умова $P_{HC} = 0$; *U2* – умова $P_{cn} = 0$; *U3* – умова $\begin{cases} P_{HC} > 0, \\ P_{cn} > 0, \end{cases}$; *U4* – умова $P_{cn} < P_{cn.н}$; *U5* – умова $P_{cn} > P_{cn.н}$; *U6* – умова $P_{HC} < P_{HC.макс}$; *U7* – умова $\frac{dP_{HC}}{dt} > 0$; *U8* – умова $\frac{dP_{HC}}{dt} = 0$; *U9* – умова $\frac{dP_{cn}}{dt} \le 0$; *U10* – умова $P_{cn.1}, P_{cn.2}, ..., P_{cn.n} \ne 0$; *U11* – умова $P_{HC} = P_{HC.макс}$; *U12* – умова $\frac{dP_{cn}}{dt} < 0$; *U13* – умова $P_{cn.i} = 0$; *U14* – умова $P_{HC} = P_{HC.макс}$, де $P_{HC.макс}$ – максимальне значення продуктивності насосної станції; *U15* – умова $\frac{dP_{cn}}{dt} > 0$, де $T_{МТН}$ – стала часу магістрального трубопроводу (рис. 1); *U16* – умова $\frac{dP_{cn}}{dt} \ge 0$; *U17* – пуск насосної станції; *U18* – першу несправність усунуто; *U19* – другу несправність усунуто; *U20* – третю несправність усунуто; *U21* – четверту несправність усунуто; *U22* – п'яту несправність усунуто; *U23* – сьому несправність усунуто; *U24* – дев'яту несправність усунуто; *U25* – восьму несправність усунуто; *U26* – шосту несправність усунуто; *R* – обнулення програми.

Побудуємо граф роботи системи діагностування (рис. 2).

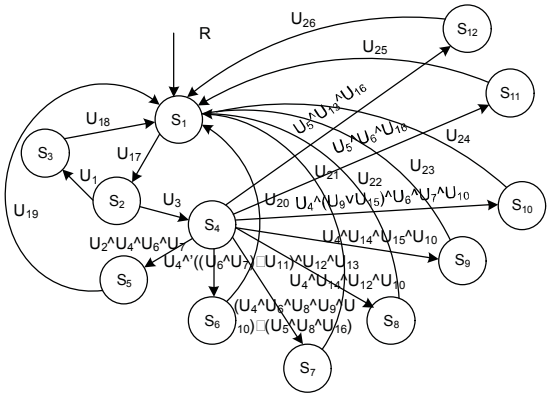

Рисунок 2 – Граф функціонування системи діагностування

На основі побудованого графа можна побудувати систему секвенцій, яку за правилами спрощення можна мінімізувати [5]. На основі отриманої мінімізованої системи секвенцій отримаємо структурну схему пристрою для діагностування системи водопостачання (рис. 3).

На вхід пристрою (рис. 3) 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 засвідчується 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.

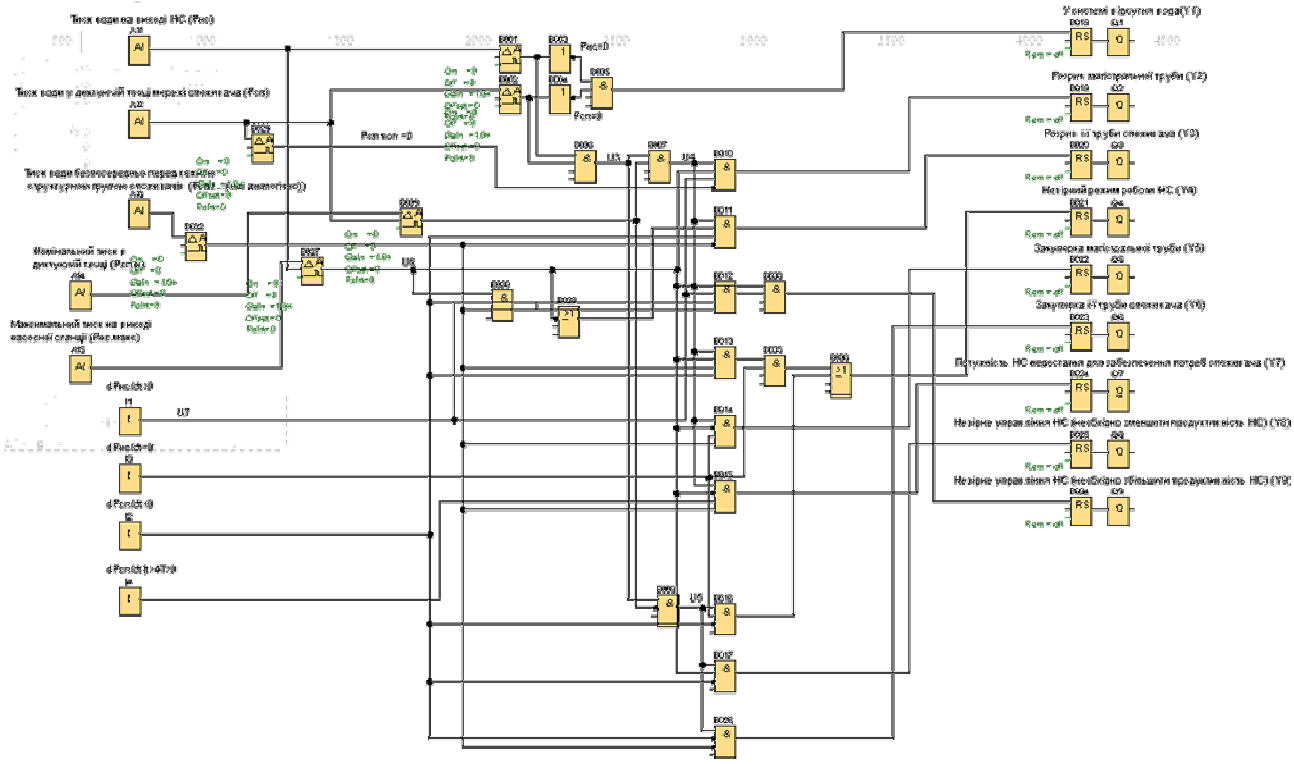

Рисунок 3 – Структурна схема пристрою для діагностування системи водопостачання

Для здешевлення системи діагностування можна використати узагальнену мікропроцесорну структуру пристрою на базі мікроконтролера, який матиме необхідну кількість аналогових входів та виходів.

ВИСНОВКИ. Таким чином, запропонована структура пристрою діагностування системи водопостачання дозволить проводити діагностування за відомими сигналами із сенсорів тиску на виході насосної станції, тиску в диктуючій точці трубопровідної мережі та 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 та 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: ХНАГХ, 2010. – 183 с.

2. 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.).

3. Лезнов Б.С. Экономия электроэнергии в насосных установках. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 144 с.

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

5. 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, Vinnytsya, 21021, Ukraine. E-mail: moshnoriz@gmail.com.

The structure of the water supply device diagnostics that allow for diagnosing the known signals from the pressure sensors at the output of the pumping station, pressure pipe network dictating point pressure and some consumer groups. Formulated the conditions under which a change in state of the system diagnostics. We construct the graph of the system on which the device structure proposed for the diagnosis. Two options for microprocessor implementation.

Key words: diagnostics, system water, 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), *Ekspluatatsiya ochistnykh sooruzheniy vodoprovodno-kanalizatsionnykh sistem: konspekt lektsiy dlya studentov 5–6 kursov dnevnoy i zaochnoy form obucheniya, eksternov, magistrantov i inostrannykh studentov spetsialnosti 7.092601, 8.092601 – «Vodosnabzheniye i vodootvedeniye»* [Operation of sewage treatment plants plumbing: lectures 5–6 courses for students of day and correspondence forms of training, external students, undergraduates and international students majoring 7.092601, 8.092601 – "Water Supply and Sanitation"], KHNAGKH, Kharkov. (in Russian)

2. (2008), *Nakaz № 30 Derzhavnogo komitetu Ukrainy po zhytlovo-komunalnomu gospodarstvu Pro zatverdzhennya Pravyl tekhnichnoyi ekspluatatsiyi system vodopostachannya ta kanalizatsiyi naselenykh punktiv Ukrainy vid 05.07.1995 r. (zi zminamy 2005 ta 2008 rr.)* [Order № 30, State Committee of Ukraine on Housing On Approval of Operating Rules of water supply and sewerage settlements of Ukraine of 07.05.1995 p. (Amended 2005 and 2008)]. (in Ukrainian)

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

4. Zalutskiy, E.V. and Petrukhno, D.I. (1987), *Nasosnye stantsii. Kursovoye proyektirovaniye* [Pumping stations. Course design], Vishcha shkola, Kiev. (in Russian)

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