

УДК 681.5:[621.311.25:556.55]

Н. І. Косач¹
П. С. Бейнер¹

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ГІДРОТЕРМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЦИРКУЛЯЦІЙНОЇ ВОДИ НА ВХОДІ В БЛОЧНІ НАСОСНІ СТАНЦІЇ НА АЕС

¹Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Запропоновано удосконалену систему контролю гідротермічних параметрів циркуляційної води безпосередньо на вході в блочні насосні станції атомних електростанцій. Проведено розрахунок економічного ефекту від впровадження розробленої системи автоматизованого контролю температурного режиму циркуляційної води на АЕС.

Ключові слова: АЕС, температура циркуляційної води, система автоматизованого контролю.

Вступ

Безпечне та ефективне функціонування атомних електростанцій (АЕС) забезпечується, зокрема, шляхом підтримки розрахункового вакууму і запобігання забруднення конденсаторів і циркуляційних водоводів, що, в свою чергу, залежить як від безперебійного подання охолодженої води в необхідній кількості, так і від підтримки її температурного режиму — температура охолодженої води на вході в блочні насосні станції (БНС) не має перевищувати 33 °С [1]. Ці вимоги приводять до того, що під час експлуатації АЕС виникають сезонні обмеження потужності роботи енергоблоків [2, 3]. У зв'язку з цим, першочергове значення має достовірний контроль гідротермічних параметрів циркуляційної води безпосередньо на вході в БНС, а особливо її температурного режиму.

Метою роботи є удосконалення системи контролю гідротермічних параметрів циркуляційної води, зокрема її температурного режиму, в оборотній системі водопостачання АЕС.

Розв'язання цієї задачі розглянуто на прикладі системи гідротехнічних споруд, які застосовуються для охолодження циркуляційних вод на Запорізької АЕС (ЗАЕС).

Результати дослідження

На сьогодні контроль температурного режиму циркуляційної води (вимірювання її температури), зокрема на ЗАЕС, здійснюється у ручному режимі два рази на добу у визначених контрольних точках за допомогою скляного рідинного термометра. Результати вимірювання заносяться до «Журналу контролю температурного режиму» [2]. Такий принцип отримання даних призводить до втрати інформації, ускладнює її обробку і не забезпечує необхідної точності визначення температури циркуляційної води. А це, в свою чергу, приводить до того, що розрахунок максимально допустимої потужності ЗАЕС, яка може бути вироблена під час сезонних обмежень, виходить заниженим через температурний коефіцієнт, що входить до цього розрахунку, значення якого залежить від точності визначення температури. При цьому похибка визначення температури досягає 1,5 °С.

Враховуючи важливість економічної і раціональної роботи АЕС, необхідно, щоб вимірювання гідротермічних параметрів, реєстрація отриманих даних, їх систематизація і оброблення здійснювалися в автоматичному режимі у реальному проміжку часу, що дозволить зменшити втрати отриманих даних і збільшити точність і достовірність їх вимірювань.

На рис. 1 показано схему запропонованої системи автоматизованого збору і реєстрації гідрометричних параметрів, зокрема температури циркуляційної води.

Система складається з таких основних компонентів: вимірювальні перетворювачі температури та рівня води, система реєстрації даних, блок обробки даних, блок управління.

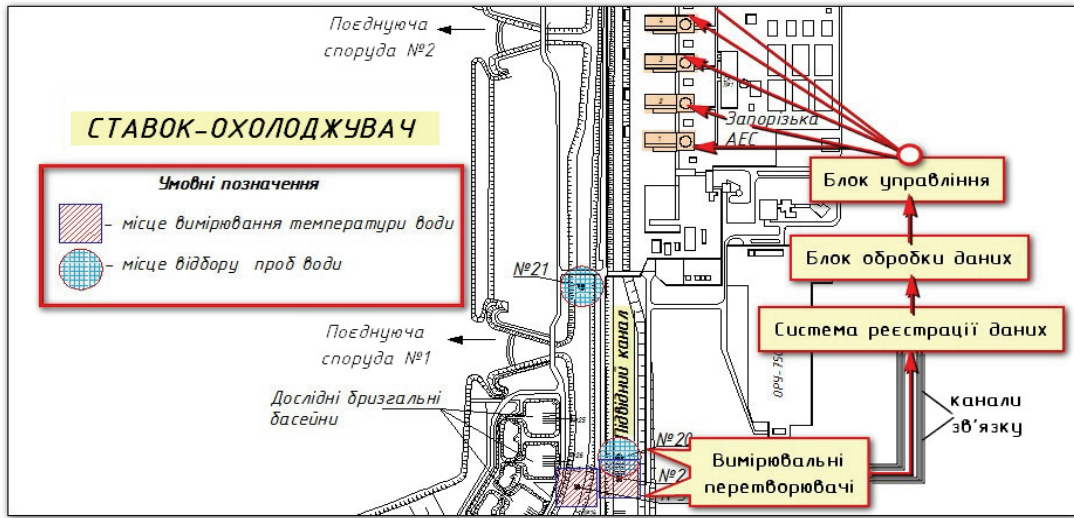


Рис. 1. Система контролю температурного режиму циркуляційної води на ЗАЕС

Блок обробки даних призначений для виконання математичної обробки отриманої інформації за заданим алгоритмом. До нього також входить пристрій запам'ятовування для зберігання даних. Блок відображення інформації застосовується для надання отриманої інформації оператору. Він може складатися з декодуючих, реєструючих пристроїв і пристроїв, які відображають інформацію про виміряні величини. За аналізом отриманих даних повинно бути прийнято рішення щодо визначення режиму роботи АЕС, і за необхідністю здійснювати вплив на об'єкт регулювання. Пристрій управління призначено для організації взаємодії всіх інших пристроїв [4].

Вимірювальні перетворювачі температури та рівня води, розташовані на спеціальному опускному пристрої, призначені для автоматичного дистанційного вимірювання та передачі даних про рівень і температуру води і мають такі характеристики:

- діапазони вимірювання рівня води (0...3) м, (0...6) м и (0...15) м, границі зведеної похибки $\pm 0,4\%$;

- діапазони вимірювання температури води від мінус $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, границі абсолютної похибки $\pm 0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$;

- інтервал передачі значень виміряних величин становить 15 хв.

Для прийому даних з первинних вимірювальних перетворювачів та подальшої їх передачі на сервер пропонується використовувати запрограмовану плату HolaDuo-PC [5].

Модуль обробки інформаційного потоку гідротермічних параметрів на БНС Запорізької АЕС розроблений з використанням таких засобів і мов програмування: PHP (Preprocessor HyperText) і JavaScript, технології Ajax (Asynchronous Javascript and XML), гіпертекстової розмітки HTML (HyperText Markup Language), таблиць стилів CSS (Cascading Style Sheets), СУБД MySQL. Для створення інтерактивної карти ставка-охолоджувача з метою візуалізації контрольованих даних у точках заміру застосована SVG-технологія [6—9].

Блок-схему моніторингу гідротермічного режиму гідротехнічних споруд (ГТС) АЕС, зокрема на БНС, показано на рис. 2.

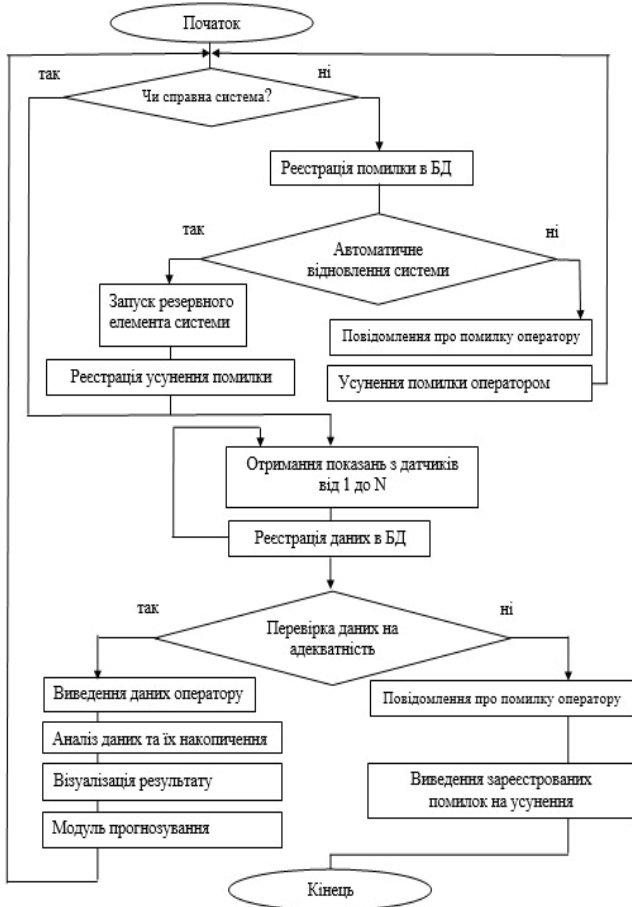


Рис. 2. Блок-схема моніторингу гідротермічного режиму ГТС АЕС

Вибір технічних засобів для запропонованої системи повинен здійснюватися за такими критеріями: надійність, працездатність, безвідмовність, довговічність, збереженість. Тому, в першу чергу, виникає необхідність перевірки запропонованої системи, є вимірювально-інформаційною системою, на справність (працездатність). Для цього має здійснюватися опитування кожного елемента системи на справність:

- опитування первинних вимірювальних перетворювачів;
- перевірка зв'язку з базою даних (БД) та перевірка її на цілісність;
- перевірка системи реєстрації даних.

Якщо опитування системи показало, що вона виконує задані функції із заданими у технічній документації параметрами, то можна переходити на наступний етап — опитування первинних вимірювальних перетворювачів. Якщо опитування системи показало, що її стан незадовільний, тобто вона не виконує задані функції із заданими у технічній документації параметрами, то треба виконати реєстрацію помилки в БД і здійснити спробу автоматичного відновлення системи. Запуск резервного елемента і реєстрація усунення помилки дозволить продовжити роботу.

Надійність зберігання інформації щодо отриманих даних вимірювань в БД є найважливішим аспектом функціонування системи. Ця вимога передбачає, зокрема, можливість відновлення узгодженого стану бази даних після будь-якого роду апаратних і програмних збоїв. Для виконання відновлень необхідна деяка додаткова інформація, яка підтримується у вигляді журналу змін бази даних [9]. Якщо після виявлення несправності система не піддається автоматичному регулюванню, оператору видається повідомлення про помилку, після чого він повинен усунути неполадки.

Наступний етап — приймання інформації з первинних вимірювальних перетворювачів, записування даних в БД, їх оброблення та візуалізація.

Економічний ефект від впровадження запропонованої системи

Розрахунок економічного ефекту від впровадження розробленої системи контролю гідротермічних параметрів на вході в БНС на АЕС здійснено з урахуванням капітальних витрат користувача на її створення.

Капітальні витрати користувача визначено за методикою, запропонованої Баррі Боемом [10], подані в табл. і складають 274 623 грн. (розрахунок зроблено на той час, коли курс гривня/долар був 1:8).

Капітальні витрати на створення системи

	Найменування	Умовні позначення	Довжина, м	Кількість	Ціна за одиницю	Сума, грн.
1	Витрати на створення програмного продукту	Цпп	—	—	—	109693,84
2	Витрати на доопрацювання та адаптацію	Ра			—	—
3	Витрати на прив'язку та підстава на конкретному об'єкті (10 % от Цпп)	Ро	—	—	10969,38	10969,38
4	Доукомплектування технічних засобів:	Рд				
	Плата HoloDuo-PC	—	—	6	960	5760
	Опускний пристрій з вимірювальними перетворювачами температури і рівня води	—	—	6	4700	28200
	Репітер VDSL Ethernet Extender Kit	—	—	40	3000	120000
	Кабель F/UTP кат.5	—	10000	—	34,75	347500
	Разом капітальні витрати користувача	Квп	—	—	—	274623,22

Запропонована система дозволяє збільшити точність вимірювання температури циркуляційної води на вході в БНС, що, в свою чергу, дає можливість точніше здійснювати прогнозування її температури. Зменшення похибки вимірювання на 0,5 °С дозволить збільшити номінальну потужність одного блоку на 0,3 %, що в грошовому еквіваленті становить 690 грн/год; на 5 блоків — 3450 грн/год, а за добу — 82800 грн.

Таким чином, враховуючи капітальні витрати користувача (див. табл.) запропонована система може окупитися за 1 літній сезон.

Висновки

Впровадження розробленої системи автоматизованого контролю гідротермічних параметрів циркуляційної води на вході в БНС на АЕС дозволить забезпечити отримання достовірних даних про вимірювальні величини, здійснювати аналіз отриманої інформації в реальному часі, її систематизацію і зберігання в базі даних, а також зекономити часовий ресурс. Але головне — ці данні необхідні для прогнозування температури циркуляційної води на вході в БНС. Чім точніше розрахунок значення температури циркуляційної води на наступну добу, тим більш максимально допустиму заявлену робочу потужність енергоблоків можна задати, що, в свою чергу, дозволить збільшити номінальну потужність АЕС в літній період, коли виникають сезонні обмеження потужності роботи енергоблоків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основные правила обеспечения эксплуатации атомных станций/ Министерство Российской Федерации по атомной энергии. — 2-е изд. Утверд. 9 декабря 1997 г. — М.: РУССЛИТ, 1998
2. Инструкция по эксплуатации пруда-охладителя 00.ГЦ.УЛ.ИЭ.01.А — Энергодар : ОП ЗАЭС, 2012. — 15 с.
3. Бейнер П. С. Анализ влияния метеоусловий на температуру воды в подводном канале Запорожской АЭС / П. С. Бейнер, Н. В. Бейнер, О. Д. Чужикова-Проскурнина // 36. научн. тр. НАН Украины, МГИ. — Севастополь. — 2013. — Выпуск 19 — С. 221—224.
4. Отладочная плата Hola(Duo)-PC [Электронный ресурс] : Инструкция пользователя. — Режим доступа : <http://starterkit.ru/>.
5. Бейнер П. С. Разработка структурной схемы автоматизированной системы мониторинга температурного режима пруда охладителя Запорожской АЭС / П. С. Бейнер, Н. В. Бейнер // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникации «РТ-2013» : материалы IX международной молодежной науч. техн. конф., Севастополь, 22—26 апреля 2013 г. — Севастополь : СевНТУ, 2013 г. — С. 318.
6. Стивен Шафер HTML, XHTML и CSS. Библия пользователя. — 5-е изд. — М. : Диалектика, 2010 — 656 с.
7. Alexei White. Major JavaScript Engines // JavaScript Programmer's Reference. — Indianapolis, IN 46256: Wiley Publishing, Inc., 2009. — P. 12—13
8. Мэтт Зандстра PHP : объекты, шаблоны и методики программирования. — 3-е издание. — М. : Вильямс, 2010. — С. 560
9. Корнеев, В. В. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации. [Текст] / В. В. Корнеев, А. Ф. Гареев, С. В. Васютин, В. В. Райх. — М. : Нолидж, 2000 — 284 с.
10. Barry Boehm Software cost estimation with COCOMO II / Chris Abts, A. Winsor Brown, Sunita Chulani [et al.] // Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall, 2000. — 493 p.

Рекомендована кафедрою метрології та промислової автоматики ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 11.12.2014

Косач Наталія Ігорівна — д-р техн. наук, старший науковий співробітник, професор кафедри «Авіаційні прилади та вимірювання», e-mail: kosach.nata@mail.ru;

Бейнер Петро Сергійович — аспірант кафедри «Авіаційні прилади та вимірювання».

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», Харків

N. I. Kosach¹
P. S. Beiner¹

Modernization of the circulating water hydrothermal parameters control system at the point of entry into block pump station at NPP

¹National Aerospace University named after N. E. Zhukovsky "KhAI", Kharkiv

The improvements to circulating water hydrothermal parameters control system directly at the point of entry to the block pumping station at NPP are suggested. The calculation of economic benefits from the implementation of the developed system for automated control of circulating water temperature mode at nuclear power plant is carried out in the paper.

Keywords: NPP, circulating water temperature, automated control system.

Kosach Nataliya I. — Dr. Sc. (Eng.), Professor of the Chair of Aviation Devices and Measurements, e-mail: kosach.nata@mail.ru;

Beiner Petro S. — Post-Graduate Student of the Chair of Aviation Devices and Measurements

Н. И. Косач¹
П. С. Бейнер¹

Усовершенствование системы контроля гидротермических параметров циркуляционной воды на входе в блочные насосные станции на АЭС

¹Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

Предложено усовершенствование системы контроля гидротермических параметров циркуляционной воды непосредственно на входе в блочные насосные станции на атомных электростанциях. Проведен расчет экономического эффекта от внедрения разработанной системы автоматизированного контроля температурного режима циркуляционной воды на АЭС.

Ключевые слова: АЭС, температура циркуляционной воды, система автоматизированного контроля.

Косач Наталья Игоревна — д-р техн. наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры «Авиационные приборы и измерения», e-mail: kosach.nata@mail.ru;

Бейнер Петр Сергеевич — аспирант кафедры «Авиационные приборы и измерения»