

## ВИМІРЮВАННЯ ТА ДІАГНОСТИКА В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

УДК 621.586

DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2021.59.064>

### СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО НАЛАШТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗОВАНИХ ЩИТОВИХ ВИМІРЮВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧИХ ОБ'ЄКТІВ

**Б.А. Кромпляс\***, канд. техн. наук, **А.С. Левицький\*\***, докт. техн. наук, **Є.О. Зайцев\*\*\***, докт. техн. наук

Інститут електродинаміки НАН України,

пр. Перемоги, 56, Київ, 03057, Україна

e-mail: [b\\_kromp@i.ua](mailto:b_kromp@i.ua), [levitskiyanatoliymail@gmail.com](mailto:levitskiyanatoliymail@gmail.com), [zaitsev@i.ua](mailto:zaitsev@i.ua)

*Проведено аналіз функціональних можливостей електронних щитових вимірювачів електричних експлуатаційних параметрів енергогенеруючих об'єктів та розроблено перелік додаткових функцій таких вимірювачів для підвищення надійності роботи операторів блоків управління цих об'єктів. Створено структуру автоматизованої системи налаштувань удосконалених щитових вимірювачів для різних режимів роботи енергогенеруючого об'єкта, проаналізовано структури та функції складових цієї системи. Бібл. 14, рисунок.*

**Ключові слова:** енергогенеруючий об'єкт, блок щитового управління, електричний параметр, щитовий вимірювач, система налаштувань.

**Постановка проблеми.** Енергогенеруючі об'єкти обладнані великою кількістю автоматизованих та автоматичних інформаційно-вимірювальних пристроїв, систем керування окремими вузлами та блоками [1, 2]. Управління цими об'єктами або їхніми окремими елементами здійснюється операторами з блоків щитового управління (БЩУ).

Сучасні БЩУ зазвичай оснащені двома типами засобів вимірювання та індикації параметрів функціонування: мультивіконними дисплеями, на які виводиться інформація з інформаційно-вимірювальної системи об'єкта, та щитовими вимірювачами (ЩВ) значень електричних параметрів змінного струму або вимірювачами нормалізованого сигналу постійного струму від вимірювальних перетворювачів відповідного параметра. Таке поєднання зумовлено, по-перше, великою кількістю параметрів, по-друге – різними пріоритетами цих параметрів для процесу управління.

Так на дисплеї виводяться найбільш важливі й динамічні параметри, за значеннями яких на кожному з дисплеїв стежать спеціально призначені оператори. На ЩВ виводяться параметри зі сталими за номінального режиму функціонування об'єкта значеннями, довідкові та інші другорядні параметри. Стеження за показами ЩВ параметрів здебільшого періодичне, причому один оператор обслуговує цілу групу ЩВ, які можуть бути розміщені на досить значній площі щита управління і віддалені один від одного. Загалом такі ЩВ є однодіапазонними електромеханічними приладами зі стрілковими покажчиками. Діапазон вимірювання цих приладів обирається за вимогами забезпечення необхідної точності вимірювань саме в стаціонарному режимі роботи об'єкта. За ергономічними характеристиками така побудова БЩУ забезпечує достатню надійність роботи операторів – положення стрілок ЩВ легко запам'ятовується, і вихід за допустиме значення зручно відстежується.

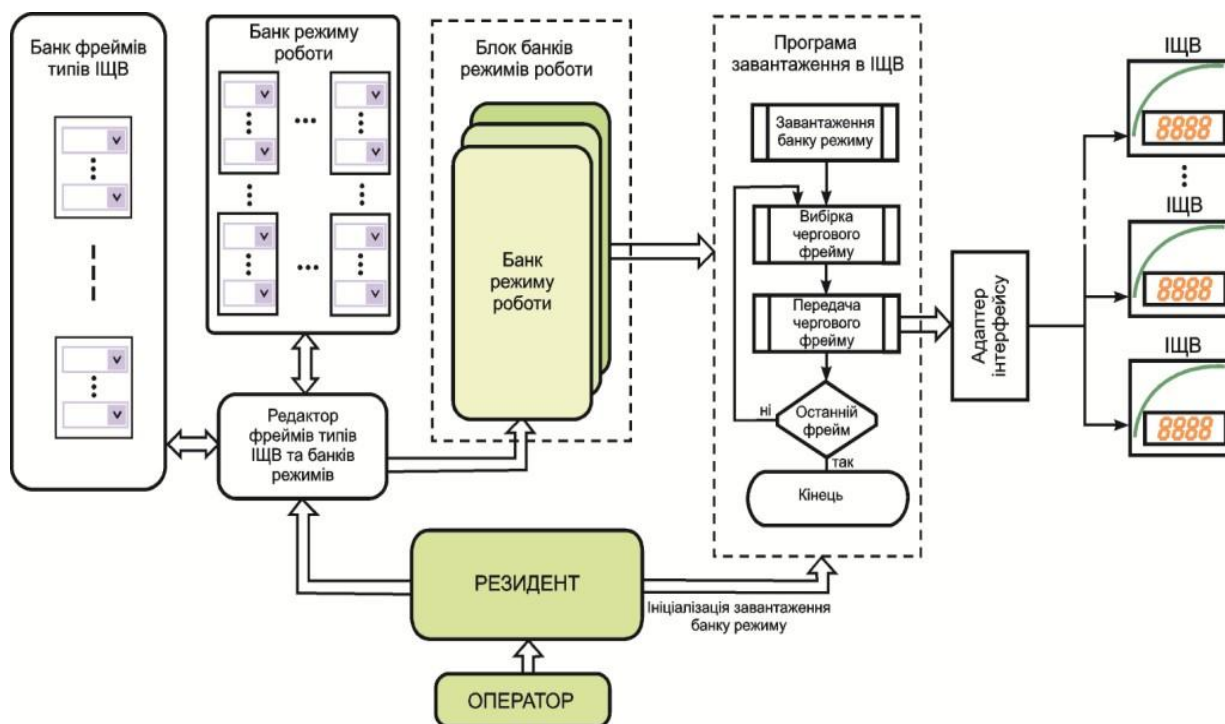
Водночас в умовах спеціальних режимів роботи об'єкта (випробування після планових ремонтів, модернізації окремих вузлів тощо) значення параметрів можуть значно відрізнятися від номінальних і швидко змінюватися, що значно підвищує ймовірність прийняття хибного рішення оператором. Становище ускладнюється ще й тим, що в цих режимах частково або повністю відключаються штатні автоматичні системи захисту, що може призвести (і призводило навіть на АЕС) до тяжких і вартісних аварій [3].

Цю проблему частково вирішувало б впровадження електронних щитових вимірювачів, не дивлячись на те, що вони, на відміну від електромеханічних, вимагають безперебійного електроживлення [4–7]. У цих ЩВ реалізовано (повністю або частково): вищу точність вимірювань та індикацію результатів у цифровій формі; можливість роботи в кількох діапазонах вимірювань [6, 7]; індикацію прямих значень вимірюваного параметра, а не сигналу нормалізації [7]; контроль за допустимими значеннями вхідного параметра та сигналізацію виходу за їхні межі (візуальну, звукову, комутаційну тощо) [4, 5, 7]; наявність цифрових та аналого-цифрових шкал для більшої наочності й полегшення візуального аналізу значення параметра [4, 6]; наявність засобів реалізації системного інтерфейсу (переважно послідовного з адресацією ЩВ) та передачі результатів вимірювань системному контролеру вищого рівня.

Налаштування параметрів режиму роботи таких ЩВ (діапазону вимірювання, граничних допустимих значень параметра) здебільшого виконується вручну з клавіатури ЩВ, що суттєво обмежує їхнє застосування на БЦУ об'єктів зі значною кількістю ЩВ та кількома режимами роботи.

У зв'язку з викладеним **метою цієї статті** є створення системи автоматизованого налаштування ЩВ, яка може бути використана для підвищення надійності роботи операторів за умов усіх режимів функціонування енергогенеруючого об'єкта [8].

Функціональна схема системи, яка була створена в Інституті електродинаміки НАН України, зображена на рисунку.



Система призначена для роботи з електронними ЩВ, у яких, крім перелічених вище функціональних можливостей, мають бути реалізовані додаткові можливості [9], а саме – встановлення через системний інтерфейс таких налаштувань приладу: робочого діапазону вимірювання параметра; граничних допустимих значень вимірюваного параметра; виду алгоритму прийняття рішень про сигналізацію за вихід значень параметра за допустимі.

Реалізація зазначених функціональних можливостей притаманна Smart засобам вимірювання та вимагає від програмного забезпечення ЩВ забезпечення організації відповідної адресної структури даних. Тому ЩВ, які забезпечують визначені концепціями Smart функції, будемо визначати як *інтелектуалізовані* щитові вимірювачі (ІЩВ).

В Інституті електродинаміки НАН України з огляду на гарантування реалізації функціональності ІЩВ був створений експериментальний зразок ІЩВ для вимірювання напруги змінного струму [10], у якому забезпечено реалізацію концепцій Smart у контексті розвитку положень "Енергетики 4.0" [11].

Для встановлення обраної структури (рисунок) відповідно до концепцій Smart вносити зміни в уже застосовувані структури для побудови ЩВ [1] не було потреби, а тому апаратна структура вимірювача залишилася майже без змін. У цьому разі апаратна частина містить: системний контролер на базі ПЕОМ, апаратні засоби послідовного інтерфейсу та ЩВ, які послідовно зв'язані лініями інтерфейсу.

Наступна структура програмного забезпечення системного контролера на відміну від описаних в [1] набула змін, що дало змогу реалізувати зазначені вище функції та забезпечити реалізацію ЩВ. У цьому разі базовим інформаційним елементом системи є фрейм, який містить дані налаштувань адресованого ЩВ на певний режим функціонування енергогенеруючого об'єкта. Фрейм формується або редагується оператором системи за допомогою розробленого редактора фреймів, який ініціалізується оператором через програму "Резидент". Для зручності внесення даних налаштувань у фрейм включено графічні елементи вводу: однорядкові та багаторядкові поля вводу, списки, прокрутки тощо.

Для полегшення формування робочих фреймів для кожного з режимів функціонування енергогенеруючого об'єкта та різновиду ЩВ, який може бути застосований, забезпечено можливість створення банку фреймів типів ЩВ – адже в системах управління енергогенеруючих об'єктів зазвичай наявні ЩВ різних типів. Для кожного з режимів роботи об'єкта створюється відповідний банк режиму функціонування енергогенеруючого об'єкта, що містить адресовані кожному з ЩВ фрейми з даними налаштувань. Формування банку (банків) режимів із банку фреймів для кожного типу ЩВ може відбуватися за допомогою редактора.

У разі встановлення або зміни режиму роботи енергогенеруючого об'єкта оператор системи в ручному режимі за допомогою клавіатури системного контролера обирає, а в разі відсутності задає відповідний банк режимів й ініціалізує програму завантаження цього банку в ЩВ, водночас дані налаштувань заносяться в пам'ять відповідних ЩВ. Відстежування процесів налаштувань ЩВ і формування відповідних повідомлень оператору системи здійснюються за допомогою програми "Резидент". У випадку успішного закінчення вводу налаштувань управління "щит" стає готовим для управління об'єктом у встановленому режимі роботи.

Для забезпечення високої надійності встановлення налаштувань ЩВ розроблено протокол завантаження даних, який дає змогу забезпечити зворотний обмін даними між елементами системи. Обмін даними в системі здійснюється з використанням послідовного інтерфейсу, який застосовується в енергетиці: MODBUS [12], PROFIBUS [13], FT2 [14]. Використання інтерфейсу дає змогу забезпечити достатню надійність передачі даних від системного контролера до ЩВ.

**Висновок.** ЩВ електричних експлуатаційних параметрів енергогенеруючих об'єктів у складі запропонованої автоматизованої системи налаштувань будуть давати можливість операторам БЩУ суттєво полегшити контроль за параметрами, що вимірюються ЩВ, а, отже, підвищити надійність управління об'єктом у всіх його режимах функціонування.

*Робота виконана за держбюджетною темою «Розвиток наукових засад методів і засобів вимірювання експлуатаційних параметрів обладнання електростанцій» Шифр «Параметр». Державний реєстраційний номер 0116U007285.*

1. Кенсницький О.Г., Кромплас Б.А., Левицький А.С., Федоренко Г.М. Методи та засоби підвищення надійності виконавчих механізмів регульовально-запірної арматури трубопроводів АЕС: монографія. Чорнобиль: Ін-т проблем безпеки АЕС НАН України, 2016. 136 с.
2. Zaitsev Ie., Levytskyi A. Hybrid electro-optic capacitive sensors for the fault diagnostic system of power hydro-generator. *Clean Generators - Advances in Modeling of Hydro and Wind Generators*: монографія. За ред. Dr. A. Ebrahimi. 185 p.: Intechopen, 2020. P. 25–42. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.77988>.
3. СБУ підозрює диверсію на енергоблоці №1 Хмельницької АЕС. URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/sbu-pidozruie-dyversiiu-na-enerhoblotsi-%E2%84%961-khmelnytskoi-aes> (дата звернення: 12.06.2021).
4. Вимірювачі параметрів електричної мережі. URL: [http://www.microl.ua/index.php?option=com\\_virtuemart&page=shop.browse&category\\_id=116&Itemid=71&lang=ru](http://www.microl.ua/index.php?option=com_virtuemart&page=shop.browse&category_id=116&Itemid=71&lang=ru) (дата звернення: 12.06.2021)
5. Амперметры и вольтметры цифровые щитовые серии 3020. Руководство эксплуатации 3.340.007 РЭ. ОИУСН 140.003 РЭ. 45 с.
6. Приборы для измерения унифицированных электрических сигналов постоянного напряжения, постоянного тока, температуры Ф1775.1 АД Ф/ 1775.2 АД. URL: <https://vbrspb.ru/product/odnokanalnye-panelnye-pribory-dlja-sistem-kontrolja-i-regulirovanija-f1775-ad-v-metallicheskom-korpuse/> (дата звернення: 12.07.2021)

7. Амперметры и вольтметры постоянного тока для АЭС. URL: <https://www.elpribor.ru/catalog/56/1047/> (дата звернення: 12.03.2020).
8. Кромпльяс Б.А. Підвищення надійності роботи операторів щита управління енергогенеруючого об'єкта. *Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2021)* Чотирнадцята міжнародна науково-практична конференція 18–19 травня 2021 р. Київ, Україна. К.: НАУ, 2021. С. 85–86.
9. Кромпльяс Б.А. Концепція побудови інтелектуалізованих щитових вимірювачів функціональних параметрів енергогенеруючих об'єктів. *Приладобудування: стан і перспективи*: Матеріали XX Міжнародної науково-технічної конференції, 18–19 травня 2021 р. Київ, Україна. С. 245–246.
10. Вимірювачі цифрові щитові напруги змінного струму серії МТЕ Щ 1... Технічний опис та настанова з експлуатації Щ 24077728.2.001 HE. 2020. 21 с.
11. Schneider Electric. Electricity 4.0 for smart energy. URL: <https://www.se.com/ww/en/work/campaign/electricity-4-0/sustainable-energy-generation.jsp>. (дата звернення: 17.06.2021)
12. MODBUS. URL: [https://modbus.org/about\\_us.php](https://modbus.org/about_us.php) (дата звернення: 12.06.2021).
13. Profibus and Modbus: comparison. URL: <https://www.automation.com/en-us/articles/2013-2/profibus-and-modbus-a-comparison> (дата звернення: 12.07.2021).
14. Устройства и системы телемеханики Часть 5. Протоколы передачи. ГОСТ Р МЭК870-5-101-2001. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200019789?marker=7D20K3> (дата звернення: 12.07.2021).

## SYSTEM OF AUTOMATED ADJUSTMENT OF INTELLECTUALIZED PANEL METERS OF ELECTRICAL PARAMETERS OF ENERGY GENERATING OBJECTS

**B. Kromplyas, A. Levytskyi, Ie. Zaitsev**

Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine,  
pr. Peremohy, 56, Kyiv, 03057, Ukraine

e-mail: [b\\_kromp@i.ua](mailto:b_kromp@i.ua), [levitskiyanatoliymail@gmail.com](mailto:levitskiyanatoliymail@gmail.com), [zaitsev@i.ua](mailto:zaitsev@i.ua).

*The analysis of functional possibilities of electronic panel meters of electric operational parameters of power generating objects is carried out. The list of additional functions of such meters for the increase of reliability of work of operators of control units of power generating objects is developed. The structure of the automated system of settings of advanced panel meters for different modes of operation of the power generating object is created, the structures and functions of the components of this system are analyzed. Ref. 14, figure.*

**Keywords:** energy generating object, panel control unit, electrical parameter, panel meter, adjustment system.

1. Kensitsky O.G., Kromplyas B.A., Levitsky A.S., Fedorenko G.M. Methods and means of increasing the reliability of actuators of control and shut-off valves of NPP pipelines. Chernobyl: Inst. Of NPP safety problems of the NAS of Ukraine, 2016. 136 p.
2. Zaitsev Ie., Levytskyi A. Hybrid electro-optic capacitive sensors for the fault diagnostic system of power hydro-generator. *Clean Generators - Advances in Modeling of Hydro and Wind Generators*. 185 p.: Intechopen, 2020, Pp. 25–42. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.77988>.
3. The SSU suspects sabotage at Unit №1 of the Khmelnytsky NPP. URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/sbupidozriiie-dyversiiu-na-enerhoblotsi-%E2%84%961-khmelnytskoi-aes> (accessed: 12.06.2021). (Ukr)
4. Meters of parameters of an electric network. URL: [http://www.microl.ua/index.php?option=com\\_virtuemart&page=shop\\_browse&category\\_id=116&Itemid=71&lang=ru](http://www.microl.ua/index.php?option=com_virtuemart&page=shop_browse&category_id=116&Itemid=71&lang=ru) (accessed: 12.06.2021). (Ukr)
5. Digital panel ammeters and voltmeters 3020. Operation manual. 45 p. (Rus)
6. Instruments for measuring unified electrical signals of direct voltage, direct current, temperature F1775.1 AD F/1775.2 AD. URL: <https://vbrspb.ru/product/odnokanalnye-panelnye-pribory-dlja-sistem-kontrolja-i-regulirovaniya-f1775-ad-v-metallicheskome-korpuse/> (accessed: 12.07.2021). (Rus)
7. DC ammeters and voltmeters for NPP. URL: <https://www.elpribor.ru/catalog/56/1047/> (accessed: 12.06.2021). (Rus)
8. Kromplyas B. Improving the reliability of the control panel operators of the power generation facility. Fourteenth International Scientific and Practical Conference. *Integrated intelligent robotic complexes (IIRTK-2021)*. Kyiv, Ukraine, May 18–19, 2021, Pp. 85–86. (Ukr)
9. Kromplyas B. The concept of construction of intellectualized panel meters of functional parameters of energy generating objects. XX International Scientific and Technical Conference "INSTRUMENT MANUFACTURING: state and prospects". Kyiv, Ukraine, May 18–19, 2021. Pp. 245–246. (Ukr)
10. Digital digital panel meters of alternating current series MTE SH 1... Technical description and operating instructions SH 24077728.2.001 HE. 2020. 21 p. (Rus)
11. Schneider Electric. Electricity 4.0 for smart energy. URL: <https://www.se.com/ww/en/work/campaign/electricity-4-0/sustainable-energy-generation.jsp>. (accessed: 17.06.2021)
12. MODBUS. URL: [https://modbus.org/about\\_us.php](https://modbus.org/about_us.php) (accessed: 12.06.2021)
13. Profibus and Modbus: comparison. URL: <https://www.automation.com/en-us/articles/2013-2/profibus-and-modbus-a-comparison> (accessed: 12.06.2021).
14. Telemechanics devices and systems. Part 5. Transmission protocols. GOST R MEK870-5-101-2001. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200019789?marker=7D20K3> (accessed: 12.07.2021). (Rus)