

М. С. Сегеда¹
П. М. Баран¹
В. П. Кідиба¹
Я. Д. Пришляк¹

АНАЛІЗ РОБОТИ РЕЛЕ ЧАСТОТИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ ТЕСТУВАННЯ

¹Національний університет «Львівська політехніка»

Для перевірки та налаштування складних пристроїв релейного захисту й автоматики (РЗА), якими є цифрові реле частоти, застосовують спеціальні технічні засоби, виконані із застосуванням цифрової техніки. Тому задачу автоматичної перевірки характеристик спрацювання цифрового реле частоти розв'язано шляхом створення алгоритмів перевірки характеристик спрацювання за типовими та особливими характеристиками цифрового реле частоти. На основі алгоритмів створений спеціалізований модуль перевірки реле частоти, що став підсистемою вітчизняних цифрових тестових систем перевірки пристроїв релейного захисту й автоматики «РЗА-Тестер», «Реле-Тестер» та «РТС-М». Розроблений модуль дозволяє автоматично перевірити практично всі характеристики вітчизняного цифрового реле частоти серії УРЧ-3М в режимах автоматичного частотного розвантаження, частотного автоматичного повторного зв'язування, автоматичного частотного розвантаження з блокуванням по швидкості зниження частоти, контролю швидкості зниження частоти, контролю швидкості підвищення частоти. Функціональний блок спеціалізованого модуля дозволяє за один цикл здійснити перевірку всіх характеристик реле частоти та суттєво зменшити час його перевірки. Модуль перевірки реле частоти показав високу ефективність на етапі виготовлення реле частоти серії УРЧ-3М на технологічних лініях науково-виробничого підприємства з виготовлення релейного обладнання «РЕЛСІС» та під час налагодження реле частоти в енергосистемах України.

Ключові слова: електрична мережа, релейний захист та автоматика, реле частоти, цифрові пристрої, цифрова система тестування, модуль, цифрограми, характеристики реле.

Вступ

Останнім часом в енергосистемах України активно впроваджуються цифрові пристрої релейного захисту та автоматики [1], [2]. Виникають труднощі в забезпеченні вимог щодо перевірки пристроїв РЗА наявними в енергосистемах України традиційними засобами. Зазвичай, ці традиційні технічні засоби перевірки виконані на аналоговій техніці і не можуть забезпечити відповідної точності та вимагають суттєвих часових затрат.

На сьогодні за кордоном та в Україні створені сучасні програмно-апаратні засоби для налаштування та перевірки пристроїв РЗА. Ці цифрові системи дозволяють якісно та швидко перевіряти характеристики пристроїв РЗА, в тому числі і спеціалізованих складних реле, зокрема реле частоти. Найбільш поширеними сучасними системами для перевірки пристроїв РЗА, що застосовуються в енергосистемах України є «Omicron» (Австрія), «Double» (США), «Реле-Томограф» (Росія) та вітчизняні «РЗА-Тестер», «Реле-Тестер» та «РТС-М» [3]—[6].

Метою статті є розробка модуля автоматичної перевірки характеристик цифрового реле УРЧ-3М з використанням сучасних цифрових систем тестування.

Відповідно до вказаної мети в роботі розв'язуються такі *задачі*: розробка алгоритмів перевірки сучасних цифрових реле частоти, зокрема реле УРЧ-3М; їх цифрова реалізація; створення спеціалізованого модуля перевірки реле частоти для цифрової системи тестування.

Результати досліджень

У вітчизняних цифрових системах тестування «РЗА-Тестер», «Реле-Тестер» та «РТС-М» використовується спеціальне програмне забезпечення (СПЗ) GRAN Test System [5], [6].

За допомогою спеціального програмного забезпечення GRAN Test System:

- здійснюється керування цифровою системою тестування;
- задаються параметри перевірки конкретного пристрою РЗА;
- формуються в цифровій формі сигнали напруг та струмів;
- формуються протоколи перевірки.

СПЗ GRAN Test System розроблене для роботи в середовищі операційної системи Windows, має зручний та простий інтерфейс користувача. СПЗ має модульну структуру. Окремі модулі дають можливість користувачу формувати цифrogramи залежно від об'єкта перевірки — дистанційні захисти, диференційні, струмові тощо. Також GRAN Test System забезпечує формування цифrogram напруг та струмів, що відповідають різним режимам енергосистеми: коротких замикань (як в перехідних, так і в усталених режимах), синхронних хитань, асинхронного ходу, неповнофазних режимів тощо.

Розроблено окремий модуль, що дозволяє перевірити практично всі характеристики вітчизняного цифрового реле частоти серії УРЧ-3М в режимах автоматичного частотного розвантаження (АЧР), частотного автоматичного повторного ввімкнення (ЧАПВ), АЧР з блокуванням за швидкістю зниження частоти, контролю швидкості зниження частоти, контролю швидкості підвищення частоти [7], [9].

Модуль перевірки реле частоти складається з трьох функціональних сторінок: «Конфігурація», «Перевірка», «Результати».

На функціональній сторінці «Конфігурація» задається загальна інформація про реле частоти та об'єкт його застосування. Ця інформація носить інформативний характер, заноситься в протокол випробування і безпосередньо у випробуванні реле не використовується. На тій самій сторінці

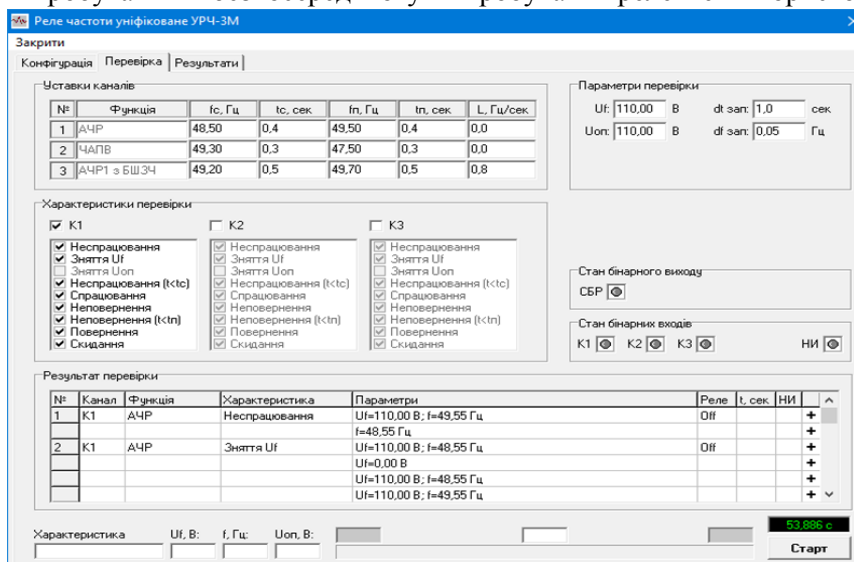


Рис. 1. Сторінка перевірки «Конфігурація»

задається інформація про приєднання реле до кіл напруги випробувального пристрою; номери бінарних входів, до яких під'єднують вихідні канали реле частоти, та номер бінарного виходу, призначеного для зовнішнього керування досліджуваним реле частоти.

На сторінці модуля «Перевірка» задається інформація, яка використовується безпосередньо для перевірки реле (рис. 1).

Реле частоти має у своєму складі три незалежних канали (K1, K2, K3) контролю зни-

ження та підвищення частоти з уставками частоти (f_c) та часу (t_c) спрацювання, частоти (f_n) та часу (t_n) повернення, а також уставкою швидкості зниження/підвищення частоти (L). Також реле частоти містить вихідні реле, що відповідають трьом незалежним каналам.

У полі «Уставки каналів» окремо для кожного каналу задають відповідні уставки.

Функція каналу реле частоти визначається автоматично, залежно від заданих уставок відповідного каналу.

У полі «Параметри перевірки» задають значення напруги контрольованої мережі та напруги оперативного живлення, які подаються в процесі перевірки від випробувального пристрою на реле частоти, а також необхідний запас за часом та частотою.

У полі «Характеристики перевірки» визначають канали, які перевіряють (K1, K2, K3) та відповідні характеристики окремо по кожному каналу.

У полях «Стан бінарного виходу» та «Стан бінарних входів» відображається стан відповідних бінарних сигналів під час перевірки характеристик реле.

Після закінчення всіх підготовчих операцій необхідно натиснути на кнопку «Старт», тоді пристрій почне автоматичну перевірку реле частоти. Робота пристрою закінчиться після виконання всіх запланованих дослідів, або в будь-який момент часу шляхом натиснення на кнопку «Стоп».

Перевірка кожної характеристики складається з окремих етапів. На кожному з етапів формуються відповідні аналогові та бінарні сигнали, які подаються з випробувального пристрою на реле частоти та очікується реакція реле протягом заданого часу.

На кожному з етапів перевірки відбувається зміна частоти, напруги контрольованої мережі або напруги оперативного живлення залежно від виду характеристики. Зміна частоти здійснюється стрибкоподібно або із визначеною швидкістю.

Результати кожного етапу перевірки заносяться в полі «Результат перевірки» у таблицю окремим записом (див. рис. 1).

На сторінці модуля «Результати» відображається цифрограма перевірки характеристик вибраного каналу реле. Цифрограма містить зміну в часі аналогових сигналів: діючого значення напруги контрольованої мережі, напруги оперативного живлення, частоти напруги контрольованої мережі та бінарних сигналів: вихідного реле вибраного каналу, вихідного реле несправності [10].

Після перевірки автоматично формується протокол перевірки, що містить вхідну інформацію та результати перевірки.

Як приклад, наведемо декілька цифрограм перевірки реле частоти. На рис. 2 показана цифрограма перевірки характеристик функції АЧР1 з блокуванням за швидкістю зниження частоти (БШЗЧ).

Задані такі уставки каналу:

$$f_c = 49,2 \text{ Гц}; t_c = 0,5 \text{ с}; f_{\text{п}} = 49,7 \text{ Гц}; \\ t_{\text{п}} = 0,5 \text{ с}; L = 0,8 \text{ Гц/с}.$$

Здійснювалася перевірка таких характеристик: неспрацювання, зняття U_f , неспрацювання ($t < t_c$), спрацювання, неповернення, неповернення ($t < t_{\text{п}}$), повернення, скидання.

На цифрограмі відображено часову діаграму зміни частоти та спрацювання вихідного реле каналу, характеристики розділені вертикальними маркерами.

На рис. 3 показано фрагмент цифрограми під час перевірки характеристики спрацювання АЧР1 з блокуванням за швидкістю зниження частоти.

Алгоритм перевірки у цьому випадку реалізується у два етапи. Спочатку на реле подається напруга частотою $f_{\text{поч}} = f_{\text{п}} + (L - \Delta L) \times \Delta t = 49,7 + (0,8 - 0,06) \cdot 1 = 50,44 \text{ Гц}$ протягом часу $t = t_{\text{п}} + \Delta t = 0,5 + 1 = 1,5 \text{ с}$. Далі здійснюється зниження частоти зі швидкістю на ΔL меншою за уставку швидкості зміни частоти L ($0,8 - 0,06 = 0,74 \text{ Гц/с}$) до значення $f_{\text{кін}} = f_c - (L - \Delta L) \cdot (t_c + \Delta t) = 49,2 - (0,8 - 0,06) \cdot (0,5 + 1) = 48,09 \text{ Гц}$.

Відлік часу спрацювання реле здійснюється після зниження частоти до значення уставки спрацювання f_c , за умови, що швидкість зниження залишається до моменту спрацювання меншою або рівною уставці швидкості зміни частоти L . Як видно з цифрограми (див. рис. 3) час спрацювання склав $0,52 \text{ с}$, що з урахуванням допустимої похибки відповідає заданій уставці.

Модуль перевірки реле частоти показав високу ефективність на етапі виготовлення реле частоти серії УРЧ-3М на технологічних лініях науково-виробничого підприємства «РЕЛСІС» та під час їх налагодження в енергосистемах України.

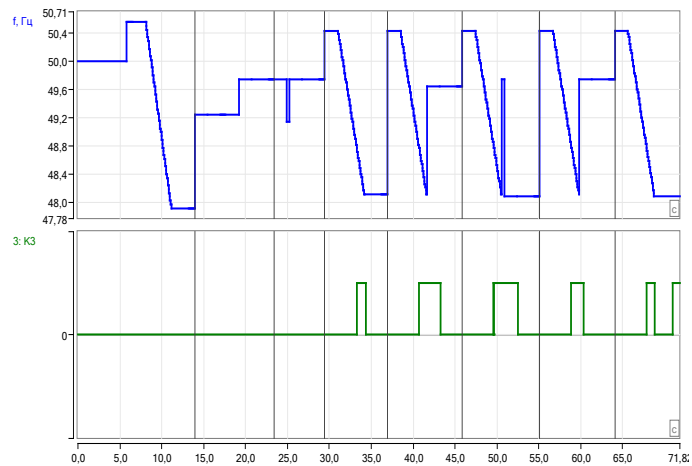


Рис. 2. Цифрограма перевірки АЧР1 з БШЗЧ

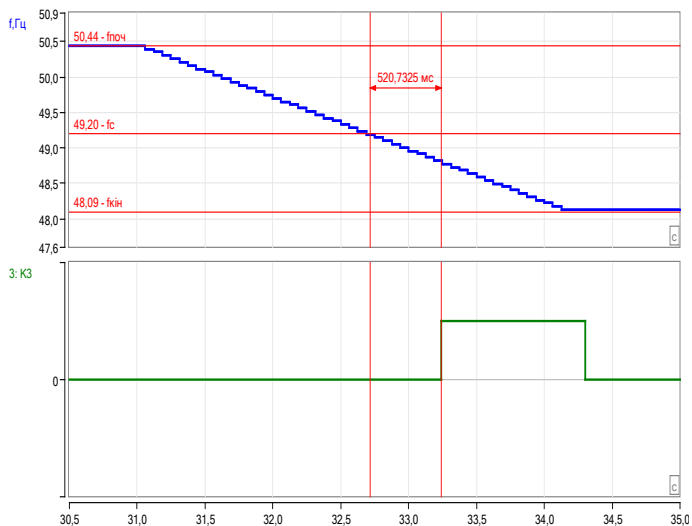


Рис. 3. Цифрограма спрацювання АЧР1 з БШЗЧ

Висновки

1. Розроблено алгоритм та виготовлено для його реалізації спеціалізований модуль для автоматизації процесу налаштування та перевірки реле частоти, зокрема УРЧ-3М.
2. Функціональний блок спеціалізованого модуля дозволяє за один цикл здійснити перевірку всіх характеристик реле частоти та суттєво зменшити час його перевірки.
3. Під час проведення дослідів з перевірки характеристик реле частоти автоматично формується протокол перевірки, який записується в архів протоколів.
4. Передбачено можливість формування бібліотеки модулів перевірки, що дозволяє використати їх для перевірки таких самих та подібних реле частоти на інших об'єктах енергосистем.
5. Ефективність розробленого модуля підтвердилась на етапі виготовлення реле частоти серії УРЧ-3М на технологічних лініях науково-виробничого підприємства «РЕЛСІС».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] О. С. Яндульський, і О. О. Дмитренко, *Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем*, навч. посіб., О. С. Яндульський, Ред. Київ, Україна: НТУУ «КПІ», 2016, с. 92-102. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.nas.gov.ua/EN/Book/Pages/default.aspx?BookID=0000009962>.
- [2] В. Г. Гловацкий, и И. В. Пономарев, *Современные средства релейной защиты и автоматики электросетей*. Энергомашвин, 2003, 535 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://tza.org.ua/down/open/Sovremennye-sredstva-releynoy-zashchiti-i-avtomatiki-elektrosetey--V-G--Glovatskiy--I-V--Ponomarev_46.html.
- [3] В. С. Мельник, «Особенности застосування діагностичного обладнання для релейного захисту РЕТОМ в лабораторному практикумі навчальної дисципліни «Основи релейного захисту та автоматики електричних систем», в *Матеріалах XLVIII Науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ*, Вінниця, 13-15 березня 2019 р.
- [4] G. Nimmersjo, M. Saha, and B. Hillstrom, "Protective relay testing using a modern digital real time simulator," in *2000 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting. Conference Proceedings*. 2000.
- [5] П. М. Баран, В. П. Кідиба, В. М. Шмагала, і Я. Д. Пришляк, «Спеціальне програмне забезпечення цифрової тестової системи для перевірки пристроїв релейного захисту та автоматики,» *Енергетика та електрифікація*, № 6, с. 25-32, 2006.
- [6] Peter Baran, Victor Kidyba, and Vasyl Shmagala, "Digital testing system for the relay protection devices," in *XIII Conference Computer Applications in Electrical Engineering*. Poznan, April 2008, pp. 251-252.
- [7] А. Д. Голота, *Автоматика в електроенергетичних системах*, навч. посіб. Київ, Україна: Вища шк., 2006, 367 с.
- [8] НВП «РЕЛСІС», *Реле частоти уніфіковані УРЧ-3М. Методичні вказівки по технічному обслуговуванню*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://reلسis.ua/upload/urch-3m_mu.pdf.
- [9] НВП «РЕЛСІС», *Реле частоты унифицированное УРЧ-3М-С. Руководство по эксплуатации*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://reلسis.ua/upload/urch-3m-c.pdf>.
- [10] П. М. Баран, В. П. Кідиба, Я. Д. Пришляк, і В. М. Шмагала, «Програмне забезпечення аналізу інформації з цифрових пристроїв захисту та автоматики,» *Вісник Національного ун-ту «Львівська політехніка»*, № 479, с. 10-17, 2003.

Рекомендована кафедрою електричних станцій та систем ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 25.10.2021

Сегеда Михайло Станкович — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри електроенергетики та систем управління;

Баран Петро Михайлович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електроенергетики та систем управління;

Кідиба Віктор Павлович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електроенергетики та систем управління;

Пришляк Ярослава Дмитрівна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електроенергетики та систем управління, e-mail: pryshlak@gmail.com.

Національний університет «Львівська політехніка», Львів

M. S. Sehed¹
P. M. Baran¹
V. P. Kidyba¹
Ya. D. Pryshliak¹

Analysis of Work of Frequency Relay with Application of Digital Testing System

¹National University "Lviv Polytechnic"

We were given the task of automatically checking the characteristics of the digital frequency relay. To test and configure complex devices of relay protection and automation, which are digital frequency relays, there have been used special technical means using digital technology. Therefore, this problem is solved by creating algorithms to verify the

characteristics of the operation of the typical and special characteristics of the digital frequency relay. On the basis of algorithms the specialized module of check of the frequency relay which became a subsystem of domestic digital test systems of check of devices of relay protection and automatic equipment "RZA-Tester", "Relay-Tester" and "RTS-M" is created. The developed module allows to check almost all characteristics of the domestic digital frequency relay of the URCH-3M series in the modes of automatic frequency unloading, frequency automatic restart, automatic frequency unloading with blocking on speed of decrease in frequency, control of speed of decrease in frequency. The functional unit of the specialized module allows to check all the characteristics of the frequency relay in one cycle and significantly reduce its testing time. The frequency relay test module showed high efficiency at the stage of manufacturing the URCH-3M series frequency relay on the technological lines of the RELSIS research and production enterprise and during the adjustment of the frequency relay in the power systems of Ukraine.

Keywords: electrical network, relay protection and automation, frequency relays, digital devices, digital testing system, module, digits, relay characteristics.

Seheda Mykhailo S. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Electric Power Engineering and Control Systems;
Baran Petro M. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Electric Power Engineering and Control Systems;

Kidyba Victor P. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Electric Power Engineering and Control Systems;

Pryshliak Yaroslava D. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Electric Power Engineering and Control Systems, e-mail: pryshlak@gmail.com

М. С. Сегеда¹
П. М. Баран¹
В. П. Кидыба¹
Я. Д. Пришляк¹

Анализ работы реле частоты с использованием цифровой системы тестирования

¹Национальный университет «Львовская политехника»

Для проверки и настройки сложных устройств релейной защиты и автоматики (РЗА), которыми являются цифровые реле частоты, применяют специальные технические средства, выполненные с применением цифровой техники. Поэтому задача автоматической проверки характеристик срабатывания цифрового реле частоты решена путем создания алгоритмов проверки характеристик срабатывания по типовым и особым характеристикам цифрового реле частоты. На основе алгоритмов создан специализированный модуль проверки реле частоты, который стал подсистемой отечественных цифровых тестовых систем проверки устройств релейной защиты и автоматики «РЗА-Тестер», «Реле-Тестер» и «РТС-М». Разработанный модуль позволяет автоматически проверить практически все характеристики отечественного цифрового реле частоты серии УРЧ-3М в режимах автоматической частотной разгрузки, частотного автоматического повторного включения, автоматической частотной разгрузки с блокировкой по скорости снижения частоты, контроля скорости снижения частоты, контроля скорости повышения частоты. Функциональный блок специализированного модуля позволяет за один цикл осуществить проверку всех характеристик реле частоты и существенно уменьшить время его проверки. Модуль проверки реле частоты показал высокую эффективность на этапе изготовления реле частоты серии УРЧ-3М на технологических линиях научно-производственного предприятия по изготовлению релейного оборудования «РЕЛСИС» и во время отладки реле частоты в энергосистемах Украины.

Ключевые слова: электрическая сеть, релейная защита и автоматика, реле частоты, цифровые устройства, цифровая система тестирования, модуль, цифrogramмы, характеристики реле.

Сегеда Михаил Станкович — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой электроэнергетики и систем управления;

Баран Петр Михайлович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры электроэнергетики и систем управления;

Кидыба Виктор Павлович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры электроэнергетики и систем управления;

Пришляк Ярослава Дмитриевна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры электроэнергетики и систем управления, e-mail: pryshlak@gmail.com