

## ПРИСТРІЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИЛОВОГО МАСЛЯНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Синтезовано структуру пристрою для моніторингу технічного стану силового масляного трансформатора в онлайн режимі. Дозволяє визначити ресурс трансформатора в режимі нормального функціонування та в режимі перевантаження. Контролюється також ресурс пристрою регулювання напруги під навантаженням.*

**Ключові слова:** трансформатор, технічний стан, залишковий ресурс, моніторинг.

### *Abstract*

*The structure of the device for monitoring the technical condition of the power oily transformer in the online mode is synthesized. Allows you to determine the life of the transformer in normal operation mode and in overload mode. The resource of the voltage regulation device under load is also controlled.*

**Keywords:** transformer, technical condition, residual resource, monitoring.

Моніторинг технічного стану силового масляного трансформатора в онлайн режимі дозволяє спрогнозувати його зміну в майбутньому, що дає можливість обґрунтовано й об'єктивно призначити заходи щодо технічного обслуговування й ремонту.

В роботах [1] – [3] діагностування трансформаторів пропонується виконувати з використанням теорії нечітких множин. Визначення ресурсу обмоток трансформатора за формулою Монтзінгера реалізовано в роботах [4] – [9]. Крім температури найбільш нагрітої точки обмоток, в роботі [10] враховується вміст вологості твердої ізоляції, кислот та кисню в маслі, температури зовнішнього середовища. Однак поза увагою залишився такий параметр, як вібрація. Варіанти реалізації такого підходу для визначення технічного стану трансформаторів приведені в роботах [11] – [13].

В результаті досліджень синтезовано пристрій для моніторингу технічного стану силового масляного трансформатора, структура якого приведена на рис. 1. На рис. 1: 1, 23 – перший та другий датчики температури відповідно; 2 – датчик напруги; 3 – датчик струму; 4, 25 – перший та другий перетворювач температури в постійну напругу; 5, 6, 7, 27, 66, 69, 99, 105 – перший, другий, третій, четвертий, п'ятий, шостий, сьомий та восьмий нормуючі перетворювачі відповідно; 8, 13, 80 – перший, другий та третій аналого-цифрові перетворювачі відповідно; 9 – блок обчислення потужності; 10, 22, 70 – перший, другий та третій перетворювачі змінної напруги в постійну відповідно; 11 – електронний ключ; 12 – блок задання потужності; 14, 32, 101, 107 – другий, перший, третій та четвертий компаратори відповідно; 15, 18, 24, 47, 92 – третій, перший, другий, четвертий та п'ятий генератори імпульсів відповідно; 16, 26, 35, 37, 48, 49, 50, 90 – другий, перший, третій, четвертий, п'ятий, шостий, сьомий та восьмий логічні елементи I відповідно; 17, 81, 84, 96 – перший, другий, третій та четвертий регістри відповідно; 19, 29, 39, 52, 53, 54, 93 – перший, другий, третій, четвертий, п'ятий, шостий та сьомий лічильники імпульсів відповідно; 20, 30, 72, 73, 74 – другий, перший, третій, четвертий та п'ятий функціональні перетворювачі відповідно; 21 – комутатор; 28, 67, 78 – перший, другий та третій суматори відповідно; 31 – цифро-аналоговий перетворювач; 33 – RS-тригер; 34 – формувач імпульсів; 36 – логічний елемент НІ; 38, 58, 59, 60, 61 – перший, третій, четвертий, п'ятий та другий логічні елементи АБО відповідно; 40 – логічний елемент АБО-НІ; 41, 42, 43 – перший, другий та третій датчики початку руху приводу пристрою регулювання під навантаженням, відповідно; 44, 45, 46 – перший, другий та третій логічні елементи ВИКЛЮЧНЕ АБО відповідно; 51, 85, 86 – перший, другий та третій блоки задання ресурсу відповідно; 55, 56, 57, 87, 88 – перший, другий, третій, четвертий та п'ятий цифрові компаратори відповідно; 62, 63, 64, 89, 91, 102, 108 – перший, другий, третій, четвер-

тий, п'ятий, шостий та сьомий індикатори відповідно, 65 – датчик коефіцієнта потужності; 68, 75, 76, 77 – перший, другий, третій та четвертий масштабуючі підсилювачі відповідно; 71 – пристрій вибірки-зберігання; 79 – блок множення; 82, 83 – перший та другий цифрові суматори відповідно; 94 – дешифратор; 95 – блок установки нуля; 97 – датчик тиску; 98 – перетворювач тиску в постійну напругу; 100 – блок задання тиску; 103 – датчик вібрації; 104 – перетворювач вібрації в постійну напругу; 106 – блок задання рівня вібрації.

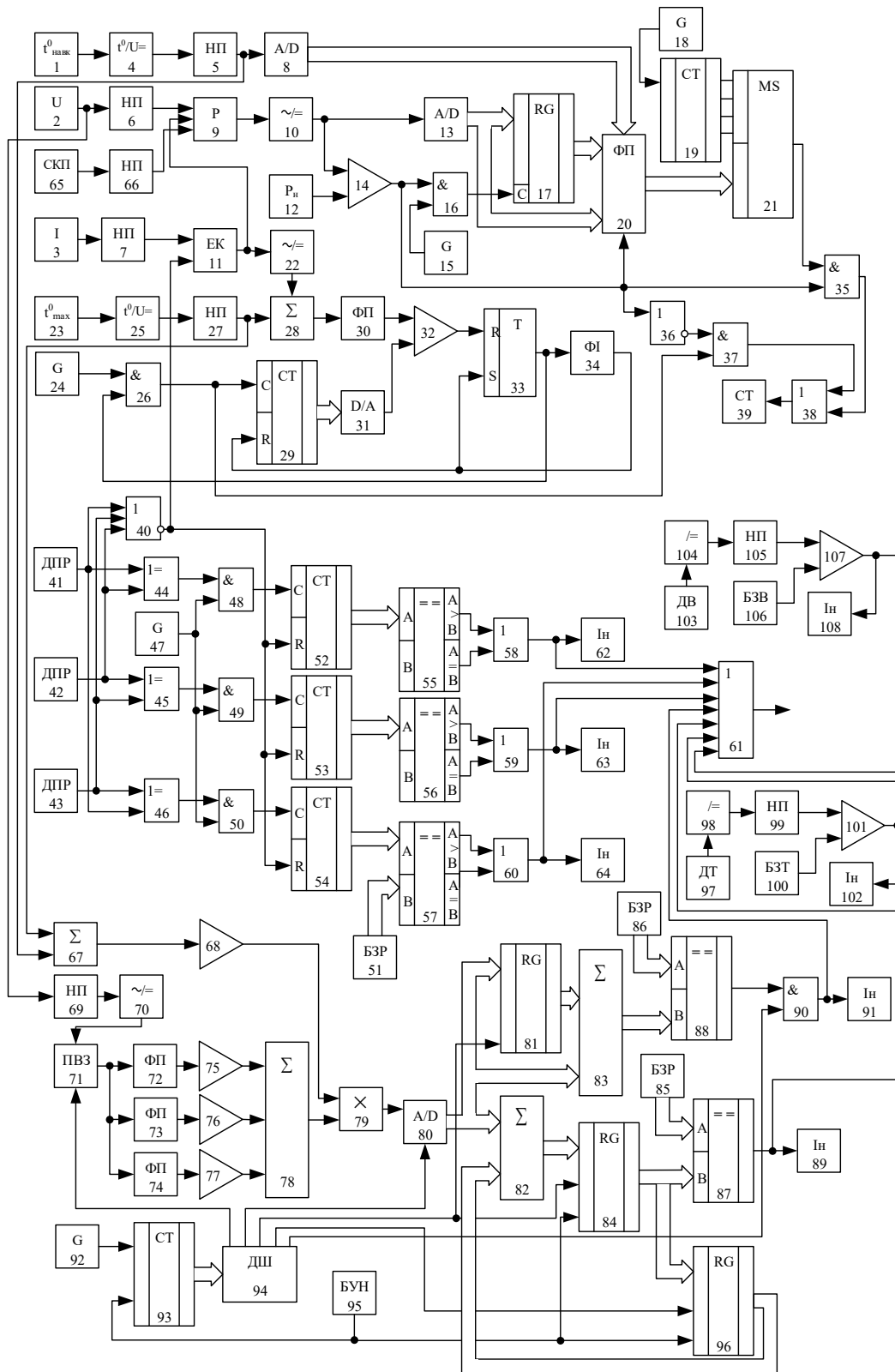


Рис. 1. Структура пристрою для моніторингу технічного стану силового масляного трансформатора

Оцінка робочого ресурсу обмоток силового масляного трансформатора в нормальному режимі його функціонування здійснюється за даними датчика струму 3 та другого датчика температури 23. Ці датчики розподілені по об'єкту таким чином: датчик струму 3 встановлений в колі вторинної обмотки силового трансформатора, а другий датчик температури 23 встановлений в середині трансформатора та призначений для вимірювання температури верхніх шарів трансформаторного масла.

Спрацювання ресурсу ізоляції обмоток силового масляного трансформатора в режимі перевантаження здійснюється за даними першого датчика температури 1, датчика напруги 2, датчика струму 3 та датчика коефіцієнта потужності 65. Перший датчик температури 1 розташований поблизу силового масляного трансформатора та дозволяє контролювати температуру навколишнього середовища. Датчик напруги 2 призначений для вимірювання значення напруги в електричній мережі трансформатора. Датчик коефіцієнта потужності 65 встановлений у вторинному колі трансформатора.

Контролювання неодночасності перемикання пристрою регулювання під навантаженням при пофазному перемиканні відпайок силового трансформатора здійснюється за даними першого 41, другого 42 та третього 43 датчиків початку руху приводу пристрою регулювання під навантаженням. Перший датчик початку руху 41 встановлений на валу приводу перемикання відпайок фази А пристрою регулювання під навантаженням, другий датчик початку руху 42 встановлений на валу приводу перемикання відпайок фази В, а третій датчик початку руху 43 встановлений на валу приводу перемикання відпайок фази С.

Контролювання тиску у маслі високовольтного вводу силового масляного трансформатора здійснюється за даними датчика тиску 97, який встановлений у високовольтному ввіді трансформатора. Термін роботи високовольтного вводу силового масляного трансформатора визначається за значенням концентрації розчинених в маслі газів та швидкістю її зростання.

Контролювання рівня вібрації трансформатора здійснюється за даними датчика вібрації 103.

## Висновки

Запропонований пристрій для моніторингу технічного стану силового масляного трансформатора в процесі його функціонування, який враховує такі параметри: температуру верхніх шарів масла в баку, струм в колі вторинної обмотки, напругу, коефіцієнт потужності, температуру навколишнього середовища, тиск масла в високовольтному ввіді, концентрацію газів у маслі високовольтного вводу, швидкість їх зростання, рівень вібрації. Ресурс роботи силового масляного трансформатора відслідковується як в нормальному режимі його функціонування, так і в режимі перевантаження. Крім того, можливим є визначення залишкового механічного та комутаційного ресурсів пристрою регулювання напруги під навантаженням.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лежнюк П.Д. Діагностування силових трансформаторів з використанням нечітких множин / П.Д. Лежнюк, О.Є. Рубаненко, І.А. Жук // Вісник ВПІ. – 2005. – №1. – С. 43-51.
2. Рубаненко О.Є. Нейро-нечітке моделювання в задачах оперативного діагностування електрообладнання. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/3772/1/03.pdf>
3. Розводюк М. П. Визначення залишкового ресурсу силового масляного трансформатора на базі нечіткої логіки / М.П. Розводюк, В.В. Овчарук, В.Є. Вдовиченко, І.М. Овчар // Monografia. Pokonferencyjna. Science, research, development #16. Technics and technology. Barcelona 29.04.2019 - 30.04.2019. – Zbiór artykułów naukowych enzowanych. Zbiór artykułów naukowych z Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej (on-line) zorganizowanej dla pracowników naukowych uczelni, jednostek naukowo-badawczych oraz badawczych z państw obszaru byłego Związku Radzieckiego oraz byłej Jugosławii. (30.04.2019). – Warszawa, 2019. – 84 str. – S.71-77.
4. Розводюк М. П. Структура пристрою для визначення ресурсу силового масляного трансформатора / М.П. Розводюк, В.Є. Вдовиченко, К.М. Розводюк // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – Випуск 3/2019 (47). – С.35-47. DOI: 10.30929/2072-2052.2019.3.47.35-47.
5. Розводюк М.П. Синтез структури пристрою для контролю технічного стану силового масляного трансформатора / М.П. Розводюк, С.С. Левашов // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (МН-2019), м. Вінниця, Вінницький національний технічний університет, 11-30 травня 2019 р. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2019/paper/view/6231>
6. Пат. 141850 UA, МПК G01R 31/00. Пристрій для контролю технічного стану силового масляного трансформатора / Розводюк М.П., Розводюк К.М., Овчар І.М., Овчар І.М., Вдовиченко В.Є. – № u 201910977; заявл. 07.11.2019; опубл. 27.04.2020, бюл. № 8. – 14 с.: кресл.

7. Пат. 141849 UA, МПК G01R 31/00. Пристрій для визначення залишкового ресурсу силового масляного трансформатора / Розводюк М.П., Розводюк К.М., Овчар І.М., Овчар І.М., Вдовиченко В.Є. – № у 201910976; заявл. 07.11.2019; опубл. 27.04.2020, бюл. № 8. – 14 с.: кресл.

8. Пат. 135897 UA, МПК G01R 31/06. Пристрій для діагностування силового масляного трансформатора / Розводюк М.П., Бомбик В.С., Овчарук В.В. – № у 201901323; заявл. 11.02.2019; опубл. 25.07.2019, Бюл. № 14. – 10 с.: кресл.

9. Пат. 135680 UA, МПК G01R 31/06. Пристрій для контролю технічного стану силового масляного трансформатора / Розводюк М.П., Овчарук В.В., Бомбик В.С., Левашов С.С. – № у 201901342; заявл. 11.02.2019; опубл. 10.07.2019, Бюл. № 13. – 10 с.: кресл.

10. Розводюк М.П. Визначення відносного зношення ізоляції обмоток силового масляного трансформатора / М.П. Розводюк, В.Є. Вдовиченко, К.М. Розводюк // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (МН-2020), м. Вінниця, Вінницький національний технічний університет, 1-15 травня 2020 р. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2020/paper/view/8463>

11. Аксенов Ю.П. Техническое диагностирование силовых трансформаторов с измерениями вибрационных характеристик / Ю.П. Аксенов, Д.Ю. Аксенов, А.П. Прошлецов, И.В. Ярошенко, В.В. Титовец. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://diacs.com/blog/tehnicheskoe-diagnostirovanie-silovyh-transformatorov-s-izmereniyami-vibracionnyh-harakteristik>

12. Вибродиагностика трансформаторов. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vibropoint.ru/vibrodiagnostika-transformatorov/>

13. Вибрационное обследование и диагностика состояния трансформаторов. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://forca.ru/stati/podstancii/vibracionnoe-obsledovanie-i-diagnostika-sostoyaniya-transformatorov.html>

**Розводюк Михайло Петрович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, [rozvodiukmp@gmail.com](mailto:rozvodiukmp@gmail.com)

**Розводюк Катерина Михайлівна** – студентка групи 2КН-20, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [rozvodiukkm@gmail.com](mailto:rozvodiukkm@gmail.com)

**Вдовиченко Віталій Євгенійович** – аспірант кафедри електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, [vitosvdovychenko0704@gmail.com](mailto:vitosvdovychenko0704@gmail.com)

**Гудзевич Назар Анатолійович** – студент групи 1ЕМ-206, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінниця, e-mail: [nazar.gudzevich13@gmail.com](mailto:nazar.gudzevich13@gmail.com)

**Rozvodiuk Mykhailo P.** – Cand. Sci (Tech.), Associate Professor, Department of electromechanical systems automation in industry and transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [rozvodiukmp@gmail.com](mailto:rozvodiukmp@gmail.com)

**Rozvodiuk Kateryna M.** – student of Faculty for Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia, e-mail: [rozvodiukkm@gmail.com](mailto:rozvodiukkm@gmail.com)

**Vdovychenko Vitalii E.** – Postgraduate student, Department of electromechanical systems automation in industry and transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, [vitosvdovychenko0704@gmail.com](mailto:vitosvdovychenko0704@gmail.com)

**Gudzevich Nazar A.** – student of the Faculty of Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [nazar.gudzevich13@gmail.com](mailto:nazar.gudzevich13@gmail.com)