

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 135897

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ СИЛОВОГО
МАСЛЯНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 25.07.2019.

Заступник Міністра економічного розвитку і торгівлі України

Ю.П. Бровченко





УКРАЇНА

(19) UA (11) 135897 (13) U
(51) МПК
G01R 31/06 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2019 01323	(72) Винахідник(и): Розводюк Михайло Петрович (UA), Бомбик Вадим Сергійович (UA), Овчарук Василь Володимирович (UA)
(22) Дата подання заявки: 11.02.2019	(73) Власник(и): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.07.2019	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.07.2019, Бюл.№ 14	

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ СИЛОВОГО МАСЛЯНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

(57) Реферат:

Пристрій для діагностування силового масляного трансформатора містить два датчики температури, датчик напруги, датчик струму, чотири генератори імпульсів, сім логічних елементів І, шість лічильників імпульсів, суматор, два аналого-цифрові перетворювачі, цифро-аналоговий перетворювач, п'ять логічних елементів АБО, два компаратори, RS-тригер, два функціональні перетворювачі, регістр, два перетворювачі температури в постійну напругу, два перетворювачі змінної напруги в постійну, чотири нормуючі перетворювачі, блок обчислення потужності, блок задання потужності, комутатор, формувач імпульсів, логічний елемент НІ, три датчика початку руху, три логічні елементи ВИКЛЮЧНЕ АБО, логічний елемент АБО-НІ, три цифрові компаратори, три індикатори, блок задання ресурсу, електронний ключ. Додатково введено датчик коефіцієнта потужності та п'ятий нормуючий перетворювач, причому вихід датчика коефіцієнта потужності підключений до третього входу блока обчислення потужності через п'ятий нормуючий перетворювач.

UA 135897 U

Корисна модель належить до області електротехніки і може бути використана для діагностування силового масляного трансформатора.

Відомий пристрій для діагностування силового масляного трансформатора (Патент України № 69641, МПК G01R 31/06, бюл. № 9, 2012), який містить два датчики температури, датчик напруги, датчик струму, чотири генератори імпульсів, сім логічних елементів І, п'ять лічильників імпульсів, суматор, два аналого-цифрових перетворювача, цифро-аналогових перетворювач, п'ять логічних елементів АБО, два компаратори, RS-тригер, два функціональних перетворювачі, регістр, два перетворювачі температури в постійну напругу, два перетворювачі змінної напруги в постійну, чотири нормуючі перетворювачі, блок обчислення потужності, блок задання потужності, керований дільник частоти, формувач імпульсів, логічний елемент НІ, три датчики початку руху, три логічних елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО, логічний елемент АБО-НІ, три цифрові компаратори, три індикатори, блок задання ресурсу, електронний ключ, причому виходи першого і другого датчиків температури з'єднані відповідно з входами першого і другого перетворювачів температури в постійну напругу, вихід суматора через перший функціональний перетворювач підключений до першого входу першого компаратора, другий вхід якого з'єднаний з виходом цифро-аналогового перетворювача, а вихід підключений до першого входу RS-тригера, вихід якого з'єднаний з другим входом першого логічного елемента І, перший вхід якого підключений до виходу другого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з першим входом другого лічильника імпульсів, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини цифро-аналогового перетворювача, вихід першого перетворювача температури в постійну напругу через перший нормуючий перетворювач підключений до входу першого аналого-цифрового перетворювача, вихідна цифрова шина якого з'єднана з першою вхідною цифровою шиною другого функціонального перетворювача, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини регістра, вхідна цифрова шина якого разом з третьою вхідною цифровою шиною другого функціонального перетворювача з'єднані з вихідною цифровою шиною другого аналого-цифрового перетворювача, вхід якого разом з першим входом другого компаратора підключені до виходу першого перетворювача змінної напруги в постійну, вхід якого з'єднаний з виходом блока обчислення потужності, блок задання потужності підключений до другого входу другого компаратора, вихід якого з'єднаний зі входами другого функціонального перетворювача, другим входом третього логічного елемента І, входом логічного елемента НІ та першим входом другого логічного елемента І, другий вхід якого підключений до виходу третього генератора імпульсів, а вихід з'єднаний зі входом регістра, вихід датчика напруги через другий нормуючий перетворювач підключений до першого входу блока обчислення потужності, вихід датчика струму з'єднаний з входом третього нормуючого перетворювача, вихід другого перетворювача змінної напруги в постійну з'єднаний з першим входом суматора, другий вхід якого підключений до виходу четвертого нормуючого перетворювача, вхід якого з'єднаний з виходом другого перетворювача температури в постійну напругу, вихід RS-тригера підключений до входу формувача імпульсів, вихід якого з'єднаний з другим входом RS-тригера і другим входом другого лічильника імпульсів, вихід першого логічного елемента І підключений до другого входу четвертого логічного елемента І, перший вхід якого з'єднаний з виходом логічного елемента НІ, а вихід підключений до другого входу першого логічного елемента АБО, вихід якого з'єднаний зі входом першого лічильника імпульсів, а перший вхід підключений до виходу третього логічного елемента І, перший вхід якого з'єднаний з виходом керованого дільника частоти, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого функціонального перетворювача, а вхід з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, вихід першого датчика початку руху підключений до першого входу логічного елемента АБО-НІ, другого входу третього логічного елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО і до першого входу першого логічного елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого датчика початку руху, третім входом логічного елемента АБО-НІ і першим входом другого логічного елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО, другий вхід якого підключений до виходу третього логічного елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО, виходи першого, другого та третього логічних елементів ВИКЛЮЧНЕ АБО з'єднані відповідно з першими входами п'ятого, шостого та сьомого логічних елементів І, другі входи яких підключені до виходу четвертого генератора імпульсів, а виходи з'єднані з першими входами третього, четвертого та п'ятого лічильників імпульсів відповідно, другі входи лічильників імпульсів підключені до виходу логічного елемента АБО-НІ та до керуючого входу електронного ключа, вхід якого з'єднаний з виходом третього нормуючого перетворювача, а вихід підключений до другого входу блока обчислення потужності та входу другого перетворювача змінної напруги в постійну, цифровий вихід блока задання ресурсу з'єднаний з другими входами першого, другого та третього цифрових компараторів,

перші цифрові входи яких підключені до виходів третього, четвертого та п'ятого лічильників імпульсів відповідно, перші та другі виходи першого, другого та третього цифрових компараторів з'єднані з першими та другими входами третього, четвертого та п'ятого логічних елементів АБО відповідно, виходи яких підключені до першого, другого та третього індикаторів та до першого, другого та третього входів другого логічного елемента АБО відповідно, вихід якого з'єднаний з колами сигналізації оперативного персоналу.

Недоліком даного пристрою є недостатня точність, оскільки не в повній мірі здійснюється оцінка залишкового ресурсу силового масляного трансформатора в режимі перевантаження.

Найближчим аналогом є пристрій для діагностування силового масляного трансформатора (Патент України № 65179, МПК G01R 31/06, бюл. № 22, 2011), який містить два датчики температури, датчик напруги, датчик струму, чотири генератори імпульсів, сім логічних елементів І, шість лічильників імпульсів, суматор, два аналого-цифрові перетворювачі, цифро-аналоговий перетворювач, п'ять логічних елементів АБО, два компаратори, RS-тригер, два функціональні перетворювачі, регістр, два перетворювачі температури в постійну напругу, два перетворювачі змінної напруги в постійну, чотири нормуючі перетворювачі, блок обчислення потужності, блок задання потужності, комутатор, формувач імпульсів, логічний елемент Ш, три датчика початку руху, три логічні елементи ВИКЛЮЧНЕ АБО, логічний елемент АБО-НІ, три цифрові компаратори, три індикатори, блок задання ресурсу, електронний ключ, причому виходи першого і другого датчиків температури підключені відповідно до входів першого і другого перетворювачів температури в постійну напругу, вихід першого генератора імпульсів з'єднаний з входом першого лічильника імпульсів, вихід суматора через перший функціональний перетворювач підключений до першого входу першого компаратора, другий вхід якого з'єднаний з виходом цифро-аналогового перетворювача, а вихід підключений до першого входу RS-тригера, вихід якого з'єднаний з другим входом першого логічного елемента І, перший вхід якого підключений до виходу другого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з першим входом другого лічильника імпульсів, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини цифро-аналогового перетворювача, вихід першого перетворювача температури в постійну напругу через перший нормуючий перетворювач підключений до входу першого аналого-цифрового перетворювача, вихідна цифрова шина якого з'єднана з першою вхідною цифровою шиною другого функціонального перетворювача, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини регістра, вхідна цифрова шина якого разом з третьою вхідною цифровою шиною другого функціонального перетворювача з'єднані з вхідною цифровою шиною другого аналого-цифрового перетворювача, вхід якого разом з першим входом другого компаратора підключені до виходу першого перетворювача змінної напруги в постійну, вхід якого з'єднаний з виходом блока обчислення потужності, вихід блока задання потужності підключений до другого входу другого компаратора, вихід якого з'єднаний з входами другого функціонального перетворювача, другим входом третього логічного елемента І, входом логічного елемента НІ та першим входом другого логічного елемента І, другий вхід якого підключений до виходу третього генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з входом регістра, вихід датчика напруги через другий нормуючий перетворювач підключений до першого входу блока обчислення потужності, вихід датчика струму з'єднаний з входом третього нормуючого перетворювача, вихід другого перетворювача змінної напруги в постійну з'єднаний з першим входом суматора, другий вхід якого підключений до виходу четвертого нормуючого перетворювача, вхід якого з'єднаний з виходом другого перетворювача температури в постійну напругу, вихід RS-тригера підключений до входу формувача імпульсів, вихід якого з'єднаний з другим входом RS-тригера і другим входом другого лічильника імпульсів, вихід першого логічного елемента І підключений до другого входу четвертого логічного елемента І, перший вхід якого з'єднаний з виходом логічного елемента НІ, а вихід підключений до другого входу першого логічного елемента АБО, вихід якого з'єднаний з входом третього лічильника імпульсів, а перший вхід підключений до виходу третього логічного елемента І, перший вхід якого з'єднаний з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого функціонального перетворювача, а п'ять входів з'єднані відповідно з п'ятьма виходами першого лічильника імпульсів, вихід першого датчика початку руху підключений до першого входу логічного елемента АБО-НІ, другого входу третього логічного елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО і до першого входу першого логічного елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого датчика початку руху, третім входом логічного елемента АБО-НІ і першим входом другого логічного елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО, другий вхід якого підключений до виходу третього датчика початку руху, другого входу логічного елемента АБО-НІ і першого входу третього логічного елемента ВИ-КЛЮЧНЕ АБО, виходи першого, другого та третього логічних елементів ВИКЛЮЧНЕ АБО з'єднані відповідно з першими входами п'ятого, шостого та сьомого

логічних елементів I, другі входи яких підключені до виходу четвертого генератора імпульсів, а виходи з'єднані з першими входами четвертого, п'ятого та шостого лічильників імпульсів відповідно, другі входи лічильників імпульсів підключені до виходу логічного елемента АБО-НІ та до керуючого входу електронного ключа, вхід якого з'єднаний з виходом третього нормуючого перетворювача, а вихід підключений до другого входу блока обчислення потужності та входу другого перетворювача змінної напруги в постійну, цифровий вихід блока задання ресурсу з'єднаний з другими входами першого, другого та третього цифрових компараторів, перші цифрові входи яких підключені до виходів четвертого, п'ятого та шостого лічильників імпульсів відповідно, перші та другі входи першого, другого та третього цифрових компараторів з'єднані з першими та другими входами третього, четвертого та п'ятого логічних елементів АБО відповідно, виходи яких підключені до першого, другого та третього індикаторів та до першого, другого та третього входів другого логічного елемента АБО відповідно, вихід якого з'єднаний з колами сигналізації оперативного персоналу.

Недоліком даного пристрою є недостатня точність, оскільки при визначенні поточного значення активної потужності трансформатора не враховується коефіцієнт потужності.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення пристрою діагностування силового масляного трансформатора, в якому за рахунок введення нових блоків, та зв'язків між ними досягається підвищення точності роботи пристрою, а як наслідок, є можливість більш об'єктивно оцінити технічний стан трансформатора на даний момент часу й спрогнозувати його зміну в майбутньому, що дає можливість обґрунтовано й об'єктивно призначити заходи щодо технічного обслуговування й ремонту.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для діагностування силового масляного трансформатора, який містить два датчики температури, датчик напруги, датчик струму, чотири генератори імпульсів, сім логічних елементів I, шість лічильників імпульсів, суматор, два аналого-цифрові перетворювачі, цифро-аналоговий перетворювач, п'ять логічних елементів АБО, два компаратори, RS-тригер, два функціональні перетворювачі, регістр, два перетворювачі температури в постійну напругу, два перетворювачі змінної напруги в постійну, чотири нормуючі перетворювачі, блок обчислення потужності, блок задання потужності, комутатор, формувач імпульсів, логічний елемент НІ, три датчика початку руху, три логічні елементи ВИКЛЮЧЕНЕ АБО, логічний елемент АБО-НІ, три цифрові компаратори, три індикатори, блок задання ресурсу, електронний ключ, причому виходи першого і другого датчиків температури підключені відповідно до входів першого і другого перетворювачів температури в постійну напругу, вихід першого генератора імпульсів з'єднаний з входом першого лічильника імпульсів, вихід суматора через перший функціональний перетворювач підключений до першого входу першого компаратора, другий вхід якого з'єднаний з виходом цифро-аналогового перетворювача, а вихід підключений до першого входу RS-тригера, вихід якого з'єднаний з другим входом першого логічного елемента I, перший вхід якого підключений до виходу другого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з першим входом другого лічильника імпульсів, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини цифро-аналогового перетворювача, вихід першого перетворювача температури в постійну напругу через перший нормуючий перетворювач підключений до входу першого аналого-цифрового перетворювача, вихідна цифрова шина якого з'єднана з першою вхідною цифровою шиною другого функціонального перетворювача, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини регістра, вхідна цифрова шина якого разом з третьою вхідною цифровою шиною другого функціонального перетворювача з'єднані з вихідною цифровою шиною другого аналого-цифрового перетворювача, вхід якого разом з першим входом другого компаратора підключені до виходу першого перетворювача змінної напруги в постійну, вхід якого з'єднаний з виходом блока обчислення потужності, вихід блока задання потужності підключений до другого входу другого компаратора, вихід якого з'єднаний з входами другого функціонального перетворювача, другим входом третього логічного елемента I, входом логічного елемента НІ та першим входом другого логічного елемента I, другий вхід якого підключений до виходу третього генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з входом регістра, вихід датчика напруги через другий нормуючий перетворювач підключений до першого входу блока обчислення потужності, вихід датчика струму з'єднаний з входом третього нормуючого перетворювача, вихід другого перетворювача змінної напруги в постійну з'єднаний з першим входом суматора, другий вхід якого підключений до виходу четвертого нормуючого перетворювача, вхід якого з'єднаний з виходом другого перетворювача температури в постійну напругу, вихід RS-тригера підключений до входу формувача імпульсів, вихід якого з'єднаний з другим входом RS-тригера і другим входом другого лічильника імпульсів, вихід першого логічного елемента I підключений до другого входу четвертого логічного елемента I, перший

вхід якого з'єднаний з виходом логічного елемента НІ, а вихід підключений до другого входу першого логічного елемента АБО, вихід якого з'єднаний з входом третього лічильника імпульсів, а перший вхід підключений до виходу третього логічного елемента І, перший вхід якого з'єднаний з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого функціонального перетворювача, а η входів з'єднані відповідно з η виходами першого лічильника імпульсів, вихід першого датчика початку руху підключений до першого входу логічного елемента АБО-НІ, другого входу третього логічного елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО і до першого входу першого логічного елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого датчика початку руху, третім входом логічного елемента АБО-НІ і першим входом другого логічного елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО, другий вхід якого підключений до виходу третього датчика початку руху, другого входу логічного елемента АБО-НІ і першого входу третього логічного елемента ВИ-КЛЮЧНЕ АБО, виходи першого, другого та третього логічних елементів ВИКЛЮЧНЕ АБО з'єднані відповідно з першими входами п'ятого, шостого та сьомого логічних елементів І, другі входи яких підключені до виходу четвертого генератора імпульсів, а виходи з'єднані з першими входами четвертого, п'ятого та шостого лічильників імпульсів відповідно, другі входи лічильників імпульсів підключені до виходу логічного елемента АБО-НІ та до керуючого входу електронного ключа, вхід якого з'єднаний з виходом третього нормуючого перетворювача, а вихід підключений до другого входу блока обчислення потужності та входу другого перетворювача змінної напруги в постійну, цифровий вихід блока задання ресурсу з'єднаний з другими входами першого, другого та третього цифрових компараторів, перші цифрові входи яких підключені до виходів четвертого, п'ятого та шостого лічильників імпульсів відповідно, перші та другі виходи першого, другого та третього цифрових компараторів з'єднані з першими та другими входами третього, четвертого та п'ятого логічних елементів АБО відповідно, виходи яких підключені до першого, другого та третього індикаторів та до першого, другого та третього входів другого логічного елемента АБО відповідно, вихід якого з'єднаний з колами сигналізації оперативного персоналу, введено датчик коефіцієнта потужності та п'ятий нормуючий перетворювач, причому вихід датчика коефіцієнта потужності підключений до третього входу блока обчислення потужності через п'ятий нормуючий перетворювач.

Пристрій для діагностування силового масляного трансформатора, пояснюється кресленням, на якому зображена його структурна схема, де: 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- перший, другий, третій, четвертий та п'ятий нормуючі перетворювачі відповідно; 8, 13- перший та другий аналого-цифрові перетворювачі відповідно; 9- блок обчислення потужності; 10, 22 - перший та другий перетворювачі змінної напруги в постійну відповідно; 11 - електронний ключ; 12 - блок задання потужності; 14, 32- другий та перший компаратори відповідно; 15, 18, 24, 47- третій, перший, другий та четвертий генератори імпульсів відповідно; 16, 26, 35, 37, 48, 49, 50 - другий, перший, третій, четвертий, п'ятий, шостий та сьомий логічні елементи І відповідно; 17- реєстр; 19, 29, 39, 52, 53, 54- перший, другий, третій четвертий, п'ятий та шостий лічильники імпульсів відповідно; 20, 30- другий та перший функціональні перетворювачі відповідно; 21-комутатор; 28- суматор; 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 РПН відповідно; 44, 45, 46 - перший, другий та третій логічні елементи ВИКЛЮЧНЕ АБО відповідно; 51 - блок задання ресурсу; 55, 56, 57 - перший, другий та третій цифрові компаратори відповідно; 62, 63, 64- перший, другий та третій індикатори відповідно, причому виходи першого 1 і другого 23 датчиків температури підключені відповідно до входів першого 4 і другого 25 перетворювачів температури в постійну напругу, вихід першого генератора імпульсів 18 з'єднаний з входом першого лічильника імпульсів 19, вихід суматора 28 через перший функціональний перетворювач 30 підключений до першого входу першого компаратора 32, другий вхід якого з'єднаний з виходом цифро-аналогового перетворювача 31, а вихід підключений до першого входу RS-тригера 33, вихід якого з'єднаний з другим входом першого логічного елемента І 26, перший вхід якого підключений до виходу другого генератора імпульсів 24, а вихід з'єднаний з першим входом другого лічильника імпульсів 29, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини цифро-аналогового перетворювача 31, вихід першого перетворювача температури в постійну напругу 4 через перший нормуючий перетворювач 5 підключений до входу першого аналого-цифрового перетворювача 8, вихідна цифрова шина якого з'єднана з першою вхідною цифровою шиною другого функціонального перетворювача 20, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини

регiстра 17, вхiдна цифрова шина якого разом з третьою вхiдною цифровою шиною другого функцiонального перетворювача 20 з'єднанi з вихiдною цифровою шиною другого аналого-цифрового перетворювача 13, вхiд якого разом з першим входом другого компаратора 14 пiдключенi до виходу першого перетворювача змiнної напруги в постiйну 10, вхiд якого з'єднаний з виходом блока обчислення потужностi 9, вихiд блока задання потужностi 12 пiдключений до другого входу другого компаратора 14, вихiд якого з'єднаний зi входами другого функцiонального перетворювача 20, другим входом третього логiчного елемента I 35, входом логiчного елемента NI 36 та першим входом другого логiчного елемента 116, другий вхiд якого пiдключений до виходу третього генератора iмпульсiв 15, а вихiд з'єднаний зi входом регiстра 17, вихiд датчика напруги 2 через другий нормуючий перетворювач 6 пiдключений до першого входу блока обчислення потужностi 9, вихiд датчика струму 3 з'єднаний з входом третього нормуючого перетворювача 7, вихiд другого перетворювача змiнної напруги в постiйну 22 з'єднаний з першим входом суматора 28, другий вхiд якого пiдключений до виходу четвертого нормуючого перетворювача 27, вхiд якого з'єднаний з виходом другого перетворювача температури в постiйну напругу 25, вихiд RS-тригера 33 пiдключений до входу формувача iмпульсiв 34, вихiд якого з'єднаний з другим входом RS-тригера 33 i другим входом другого лiчильника iмпульсiв 29, вихiд першого логiчного елемента I 26 пiдключений до другого входу четвертого логiчного елемента I 37, перший вхiд якого з'єднаний з виходом логiчного елемента NI 36, а вихiд пiдключений до другого входу першого логiчного елемента АБО 38, вихiд якого з'єднаний зi входом третього лiчильника iмпульсiв 39, а перший вхiд пiдключений до виходу третього логiчного елемента I 35, перший вхiд якого з'єднаний з виходом комутатора 21, вхiдна цифрова шина якого пiдключена до вихiдної цифрової шини другого функцiонального перетворювача 20, а пi входiв з'єднанi вiдповiдно з η виходами першого лiчильника iмпульсiв 19, вихiд першого датчика початку руху 41 пiдключений до першого входу логiчного елемента АБО-NI 40, другого входу третього логiчного елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО 46 i до першого входу першого логiчного елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО 44, другий вхiд якого з'єднаний з виходом другого датчика початку руху 42, третiм входом логiчного елемента АБО-NI 40 i першим входом другого логiчного елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО 45, другий вхiд якого пiдключений до виходу третього датчика початку руху 43, другого входу логiчного елемента АБО-NI 40 i першого входу третього логiчного елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО 46, виходи першого 44, другого 45 та третього 46 логiчних елементiв ВИКЛЮЧНЕ АБО з'єднанi вiдповiдно з першими входами п'ятого 48, шостого 49 та сьомого 50 логiчних елементiв I, другi входи яких пiдключенi до виходу четвертого генератора iмпульсiв 47, а виходи з'єднанi з першими входами четвертого 52, п'ятого 53 та шостого 54 лiчильникiв iмпульсiв вiдповiдно, другi входи лiчильникiв iмпульсiв пiдключенi до виходу логiчного елемента АБО-NI 40 та до керуючого входу електронного ключа 11, вхiд якого з'єднаний з виходом третього нормуючого перетворювача 7, а вихiд пiдключений до другого входу блока обчислення потужностi 9 та входу другого перетворювача змiнної напруги в постiйну 22, цифровий вихiд блока задання ресурсу 51 з'єднаний з другими входами першого 55, другого 56 та третього 57 цифрових компараторiв, першi цифровi входи яких пiдключенi до виходiв четвертого 52, п'ятого 53 та шостого 54 лiчильникiв iмпульсiв вiдповiдно, першi та другi виходи першого 55, другого 56 та третього 57 цифрових компараторiв з'єднанi з першими та другими входами третього 58, четвертого 59 та п'ятого 60 логiчних елементiв АБО вiдповiдно, виходи яких пiдключенi до першого 62, другого 63 та третього 64 iндикаторiв та до першого, другого та третього входiв другого логiчного елемента АБО 61 вiдповiдно, вихiд якого з'єднаний з колами сигналяцiї оперативного персоналу, вихiд датчика коефiцiєнта потужностi 65 пiдключений до третього входу блока обчислення потужностi 9 через п'ятий нормуючий перетворювач 66.

Запропонований пристрiй працює так. При подачi напруги живлення перший 18, другий 24, третiй 15 та четвертий 47 генератори iмпульсiв починають формувати вiдповiднi послiдовностi iмпульсiв.

Для вимiрювання спрацювання обмоток силового масляного трансформатора датчики пристрою розподiленi по об'єкту таким чином: другий датчик температури 23 установлений на трансформаторi та призначений для вимiрювання температури верхнiх шарiв трансформаторного масла. Датчик струму 3 установлений в колi вторинної обмотки силового трансформатора. Цi два датчики дозволяють здiйснити оцiнку робочого ресурсу обмоток силового трансформатора в нормальному режимi його функцiонування.

Перший датчик температури 1 розташований бiля силового трансформатора i дозволяє контролювати температуру навколишнього середовища. Датчик напруги 2 призначений для вимiрювання значення напруги силового трансформатора. Датчик коефiцiєнта потужностi 65 встановлений у вторинному колi трансформатора. За допомогою датчикiв 1, 2, 3 та 65 можна

контролювати спрацювання ресурсу ізоляції обмоток силового трансформатора, який працює в режимі перевантаження.

Перший датчик початку руху 41 установлений на валу привода перемикачів відпайок фази А пристрою регулювання напруги під навантаженням (РПН), другий датчик початку руху 42 установлений на валу привода перемикачів відпайок фази В, а третій датчик початку руху 43 установлений на валу привода перемикачів відпайок фази С. За допомогою датчиків 41, 42, 43 можна визначити неодноразовість перемикачів пристрою РПН при пофазному перемикачів відпайок.

Згідно з рівнянням Монтзінгера, яке прийнято як закон старіння ізоляції обмоток:

$$L = L_0 e^{\alpha \theta} = L_0 e^{\alpha(\theta_T + \theta_0)}, \quad (1)$$

де L - тривалість "життя" ізоляції;

L_0 - термін служби ізоляції, що відповідає нормованій температурі, -нормативний термін служби обмоток силового трансформатора;

α - коефіцієнт, що враховує зміну терміну служби ізоляції при зміні температури θ найбільш нагрітої точки ізоляції обмоток;

θ_T - перевищення температури найбільш нагрітої точки ізоляції, викликане зміною струмів навантаження;

θ_0 - температура ізоляції обмоток.

Перевищення температури обмотки θ_T , враховуючи можливість нехтування її сталої часу нагрівання, можна представити у вигляді:

$$\theta_T = \beta' \tau_n k^n, \quad (2)$$

де β' - коефіцієнт, що враховує різницю температур між середньою та найбільш нагрітою точками обмоток;

τ_n - усталений середній перегрів обмотки над її температурою в номінальному режимі;

k^n - кратність струму навантаження трансформатора;

n - коефіцієнт, який залежить від системи охолодження трансформатора.

Відповідно до (1) миттєве старіння ізоляції трансформатора визначається експоненціальною функцією зі степенем, який дорівнює $(\theta_T + \theta_0)$.

Тоді сумарне значення спрацювання обмоток силового трансформатора, працюючого як в нормальному режимі, так і в режимі перевантаження, за деякий проміжок часу визначається за формулою:

$$R = m \int_0^t e^{\alpha(\theta_T + \theta_0)} dt + R_n, \quad (3)$$

де m - масштабний коефіцієнт;

R_n - ресурс, що спрацьовується в режимі перевантаження трансформатора.

При вимірюванні робочого ресурсу ізоляції обмоток силового масляного трансформатора в нормальному режимі його функціонування сигнали з другого датчика температури 23 та датчика струму 3 через другий перетворювач температури в постійну напругу 25, четвертий нормуючий перетворювач 27, третій нормуючий перетворювач 7, електронний ключ 11 та другий перетворювач змінної напруги в постійну 22 відповідно подаються на входи суматора 28. При цьому на його виході встановлюється сигнал, пропорційний $(\theta_T + \theta_0)$.

Якщо RS-тригер 33 встановлений в одиничний стан (а це має місце, коли на виході формувача імпульсів 34 короткочасно з'являється сигнал логічної одиниці), то перший логічний елемент І 26 відкритий і імпульси з виходу другого генератора імпульсів 24 надходять на вхід другого лічильника імпульсів 29, з виходу якого сигнали по цифровій шині подаються на вхід цифро-аналогового перетворювача 31 та з його виходу лінійно зростаючий аналоговий сигнал надходить на другий вхід першого компаратора 32, на перший вхід якого надходить сигнал, пропорційний $e^{\alpha(\theta_T + \theta_0)}$ з виходу першого функціонального перетворювача 30, що здійснює перетворення вхідного сигналу по експоненціальному закону. Коли сигнали на входах першого компаратора 32 зрівнюються, то на його виході з'являється сигнал логічної одиниці, який переводить RS-тригер 33 в нульовий стан, перший логічний елемент І 26 закривається та

подача імпульсів від другого генератора імпульсів 24 до другого лічильника імпульсів 29 припиняється. В цей момент на виході формувача імпульсів 34 з'являється короткий імпульс, яким здійснюється скид другого лічильника імпульсів 29 та установка в одиничний стан RS-тригера 33. Цикл роботи при цьому повторюється. В період, коли відкритий перший логічний елемент I 26, імпульси з його виходу через четвертий логічний елемент I 37 та перший логічний елемент АБО 38 надходять також в третій лічильник імпульсів 39 та фіксуються в ньому як ресурс роботи ізоляції обмоток трансформатора за період, починаючи з часу t_1 коли відкривається перший логічний елемент I 26, та до часу t_2 , коли перший логічний елемент I 26 закривається, у вигляді інтегралу:

$$m \int_0^t e^{\alpha(\theta_t + \theta_0)} dt$$

Обчислюючи суму інтегралів у вигляді суми імпульсів, які надходять в третій лічильник імпульсів 39 в кожному циклі роботи блоків пристрою, можна визначити спрацьований в нормальному режимі роботи ресурс ізоляції обмоток трансформатора. Зазначимо, що в третьому лічильнику імпульсів 39 введено у вигляді двійкового коду загальний робочий ресурс ізоляції обмоток трансформатора, витрачання якого здійснюється при надходженні на вхід лічильника різних послідовностей імпульсів в нормальному режимі роботи трансформатора та в режимі перевантаження.

В режимі перевантаження трансформатора з виходів першого датчика температури 1, датчика напруги 2, датчика струму 3 та датчика коефіцієнта потужності 65 сигнали, що відповідають значенням температури навколишнього середовища, напруги трансформатора, струму, що протікає через трансформатор, коефіцієнту потужності відповідно надходять через відповідні перетворювачі сигналів - перший перетворювач температури в постійну напругу 4, перший нормуючий перетворювач 5, другий нормуючий перетворювач 6, третій нормуючий перетворювач 7 та шостий нормуючий перетворювач 66 до блока обчислення потужності 9.

У блоці обчислення потужності 9 визначається поточне значення активної потужності трансформатора. Сигнал, що відповідає значенню обчисленої потужності, надходить через перший перетворювач змінної напруги в постійну 10 на перший вхід другого компаратора 14, на другий вхід якого подається з виходу блока задання потужності 12 сигнал, пропорційний найбільшому значенню потужності нормального режиму роботи силового трансформатора.

У разі, коли поточне значення потужності силового трансформатора перевищує межу нормального режиму роботи на виході другого компаратора 14 з'являється сигнал логічної одиниці, яким закривається другий логічний елемент I 16, внаслідок чого в регістрі 17 залишається записаним після подачі останнього імпульсу з третього генератора імпульсів 15 значення потужності нормального режиму роботи трансформатора. Одночасно вихідним сигналом другого компаратора 14 відкривається третій логічний елемент I 35 та через логічний елемент ІІ 36 закривається четвертий логічний елемент I 37, внаслідок чого в третій лічильник імпульсів 39 спрямовується послідовність імпульсів, що характеризує спрацювання робочого ресурсу силового трансформатора в режимі перевантаження.

Крім того, вихідним сигналом другого компаратора 14 розблоковується робота другого функціонального перетворювача 20, на входи якого подається з виходу першого аналого-цифрового перетворювача 8 код, пропорційний температурі навколишнього середовища, з виходу регістра 17 - код, пропорційний значенню потужності роботи трансформатора в нормальному режимі, та код, що відповідає значенню потужності трансформатора в режимі перевантаження, який надходить з виходу другого аналого-цифрового перетворювача 13, на вхід якого надходить сигнал з виходу першого перетворювача змінної напруги в постійну 10.

Під дією вхідних сигналів на виході другого функціонального перетворювача 20 формується в цифровій формі поточне значення залишкового робочого ресурсу ізоляції обмоток силового трансформатора.

Вихідний цифровий код з виходу другого функціонального перетворювача 20 надходить на вхідну цифрову шину комутатора 21, внаслідок чого в залежності від поданого цифрового коду послідовність імпульсів з одного із виходів першого лічильника імпульсів 19 надходить на вхід комутатора 21 і далі через третій логічний елемент I 35 та перший логічний елемент АБО 38 подається на вхід третього лічильника імпульсів 39, фіксуючи в ньому використання робочого ресурсу ізоляції обмоток силового трансформатора при поточному перевантаженні.

Якщо параметри перевантаження силового трансформатора змінюється, то на виході другого функціонального перетворювача 20 з'являється інший код і послідовність імпульсів з іншого виходу першого лічильника імпульсів 19 подається в третій лічильник імпульсів 39.

Послідовність імпульсів на виході першого лічильника імпульсів 19 формуються під дією вихідних сигналів першого генератора імпульсів 18.

При завершенні режиму перевантаження силового масляного трансформатора на виході другого компаратора 14 з'являється сигнал логічного нуля і пристрій переходить в режим відслідковування спрацювання ресурсу ізоляції обмоток в нормальному режимі роботи трансформатора.

Підкреслимо, що при конкретній реалізації пристрою залежно від діапазону та дискретності вхідних сигналів спектр сигналів різних частот легко розширити за допомогою першого лічильника імпульсів 19.

Датчики початку руху рееструють момент пофазного перемикання пристрою РПН. Під час спрацювання датчиків початку руху сигнал надходить у логічний елемент АБО-НІ 40, вихідний сигнал якщо розмикає електронний ключ 11, вимикаючи канал діагностування трансформатора в режимі перевантаження, та розблоковує роботу четвертого 52, п'ятого 53 та шостого 54 лічильників імпульсів. Припустимо, що у фазі А почалось перемикання раніше ніж у фазах В та С Тоді на виході першого датчика початку руху 41 сигнал з'являється раніше, ніж на датчиках 42 та 43. Відповідно сигнал з датчика 41 подається на перший 44 та третій 46 логічні елементи ВИКЛЮЧНЕ АБО, вихідні сигнали з яких дають можливість проходження імпульсів з четвертого генератора імпульсів 47 через п'ятий 48 та сьомий 50 логічні елементи І до четвертого 52 та шостого 54 лічильників імпульсів відповідно, вихідні цифрові коди яких порівнюються у першому 55 та третьому 57 цифрових компараторах із цифровим кодом, який надходить із блока задання ресурсу 51. Якщо цифровий код, який записаний у лічильник імпульсів менший цифрового коду, який записаний у блоці задання ресурсу, то пристрій РПН працює у допустимому режимі роботи. В іншому випадку на виходах першого 55 та третього 57 цифрових компараторів з'являються сигнали, які через третій 58 та п'ятий 60 логічні елементи АБО відповідно надходять на перший 62 та третій 64 індикатори та на другий логічний елемент АБО 61, з якого сигнал надходить у кола сигналізації оперативного персоналу.

Аналогічно пристрій працює, якщо перемикання починається раніше у фазі В. У цьому випадку сигнал проходить через другий 45 та перший 44 логічні елементи ВИКЛЮЧНЕ АБО, шостий 49 та п'ятий 48 логічні елементи І, п'ятий 53 та четвертий 52 лічильники імпульсів, другий 56 та перший 55 цифрові компаратори, четвертий 59 та третій 58 логічні елементи АБО. При перевищенні кількості імпульсів записаних у лічильниках імпульсів допустимого значення буде надходити сигнал у другий 63 та перший 62 індикатори та через другий логічний елемент АБО 61 у кола сигналізації оперативного персоналу. Аналогічним чином працюватиме пристрій, якщо перемикання починається раніше у фазі С.

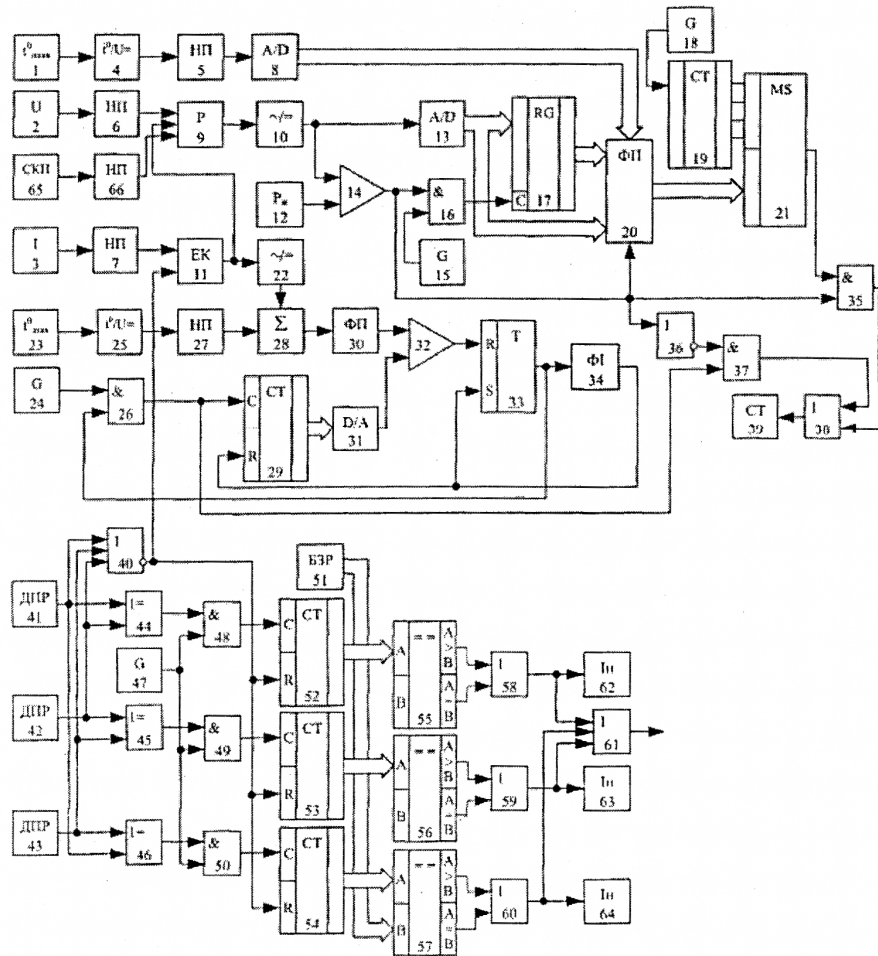
Після закінчення переключення електронний ключ 11 замикається, режим діагностування обмоток трансформатора відновлюється, четвертий 52, п'ятий 53 та шостий 54 лічильники імпульсів обнуляються і пристрій переходить в режим очікування перемикання пристроєм РПН відпайок фаз силового масляного трансформатора.

Слід зазначити, що при спрацюванні пристрою, коли має місце несинхронне перемикання відпайок пристрою РПН, вмикаються одночасно два індикатори. Якщо вмикається перший індикатор 62 (даний індикатор символізує про присутність несинхронного режиму під час перемикання між фазами А та В) та третій індикатор 64 (даний індикатор символізує про присутність несинхронного режиму під час перемикання між фазами А та С), відповідно робиться висновок про ненормальну роботу пристрою РПН у фазі А. Якщо вмикається перший індикатор 62 та другий індикатор 63 (даний індикатор символізує про присутність несинхронного режиму під час перемикання між фазами В та С), відповідно робиться висновок про ненормальну роботу пристрою РПН у фазі В. Якщо вмикається другий індикатор 63 та третій індикатор 64, відповідно робиться висновок про ненормальну роботу пристрою РПН у фазі С.

50 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для діагностування силового масляного трансформатора, який містить два датчики температури, датчик напруги, датчик струму, чотири генератори імпульсів, сім логічних елементів І, шість лічильників імпульсів, суматор, два аналого-цифрові перетворювачі, цифро-аналоговий перетворювач, п'ять логічних елементів АБО, два компаратори, RS-тригер, два функціональні перетворювачі, регістр, два перетворювачі температури в постійну напругу, два перетворювачі змінної напруги в постійну, чотири нормуючі перетворювачі, блок обчислення потужності, блок задання потужності, комутатор, формувач імпульсів, логічний елемент НІ, три датчика початку руху, три логічні елементи ВИКЛЮЧНЕ АБО, логічний елемент АБО-НІ, три цифрові компаратори, три індикатори, блок задання ресурсу, електронний ключ, причому

виходи першого і другого датчиків температури підключені відповідно до входів першого і другого перетворювачів температури в постійну напругу, вихід першого генератора імпульсів з'єднаний з входом першого лічильника імпульсів, вихід суматора через перший функціональний перетворювач підключений до першого входу першого компаратора, другий вхід якого з'єднаний з виходом цифро-аналогового перетворювача, а вихід підключений до першого входу RS-тригера, вихід якого з'єднаний з другим входом першого логічного елемента I, перший вхід якого підключений до виходу другого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з першим входом другого лічильника імпульсів, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини цифро-аналогового перетворювача, вихід першого перетворювача температури в постійну напругу через перший нормуючий перетворювач підключений до входу першого аналого-цифрового перетворювача, вихідна цифрова шина якого з'єднана з першою вхідною цифровою шиною другого функціонального перетворювача, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини регістра, вхідна цифрова шина якого разом з третьою вхідною цифровою шиною другого функціонального перетворювача з'єднані з вихідною цифровою шиною другого аналого-цифрового перетворювача, вхід якого разом з першим входом другого компаратора підключені до виходу першого перетворювача змінної напруги в постійну, вхід якого з'єднаний з виходом блока обчислення потужності, вихід блока задання потужності підключений до другого входу другого компаратора, вихід якого з'єднаний з входами другого функціонального перетворювача, другим входом третього логічного елемента I, входом логічного елемента NI та першим входом другого логічного елемента I, другий вхід якого підключений до виходу третього генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з входом регістра, вихід датчика напруги через другий нормуючий перетворювач підключений до першого входу блока обчислення потужності, вихід датчика струму з'єднаний з входом третього нормуючого перетворювача, вихід другого перетворювача змінної напруги в постійну з'єднаний з першим входом суматора, другий вхід якого підключений до виходу четвертого нормуючого перетворювача, вхід якого з'єднаний з виходом другого перетворювача температури в постійну напругу, вихід RS-тригера підключений до входу формувача імпульсів, вихід якого з'єднаний з другим входом RS-тригера і другим входом другого лічильника імпульсів, вихід першого логічного елемента I підключений до другого входу четвертого логічного елемента I, перший вхід якого з'єднаний з виходом логічного елемента NI, а вихід підключений до другого входу першого логічного елемента АБО, вихід якого з'єднаний з входом третього лічильника імпульсів, а перший вхід підключений до виходу третього логічного елемента I, перший вхід якого з'єднаний з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини другого функціонального перетворювача, а η входів з'єднані відповідно з η виходами першого лічильника імпульсів, вихід першого датчика початку руху підключений до першого входу логічного елемента АБО-NI, другого входу третього логічного елемента АБО-NI і до першого входу першого логічного елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого датчика початку руху, третім входом логічного елемента АБО-NI і першим входом другого логічного елемента ВИКЛЮЧНЕ АБО, другий вхід якого підключений до виходу третього датчика початку руху, другого входу логічного елемента АБО-NI і першого входу третього логічного елемента ВИ-КЛЮЧНЕ АБО, виходи першого, другого та третього логічних елементів ВИКЛЮЧНЕ АБО з'єднані відповідно з першими входами п'ятого, шостого та сьомого логічних елементів I, другі входи яких підключені до виходу четвертого генератора імпульсів, а виходи з'єднані з першими входами четвертого, п'ятого та шостого лічильників імпульсів відповідно, другі входи лічильників імпульсів підключені до виходу логічного елемента АБО-NI та до керуючого входу електронного ключа, вхід якого з'єднаний з виходом третього нормуючого перетворювача, а вихід підключений до другого входу блока обчислення потужності та входу другого перетворювача змінної напруги в постійну, цифровий вихід блока задання ресурсу з'єднаний з другими входами першого, другого та третього цифрових компараторів, перші цифрові входи яких підключені до виходів четвертого, п'ятого та шостого лічильників імпульсів відповідно, перші та другі виходи першого, другого та третього цифрових компараторів з'єднані з першими та другими входами третього, четвертого та п'ятого логічних елементів АБО відповідно, виходи яких підключені до першого, другого та третього індикаторів та до першого, другого та третього входів другого логічного елемента АБО відповідно, вихід якого з'єднаний з колами сигналізації оперативного персоналу, який відрізняється тим, що в нього введено датчик коефіцієнта потужності та п'ятий нормуючий перетворювач, причому вихід датчика коефіцієнта потужності підключений до третього входу блока обчислення потужності через п'ятий нормуючий перетворювач.



Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601