



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **127922** (13) **U**
(51) МПК

H02H 5/04 (2006.01)

H02K 15/12 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2018 02711	(72) Винахідник(и): Кривонос Валерій Єгорович (UA), Пирроті Євген Леонідович (UA)
(22) Дата подання заявки: 19.03.2018	(73) Власник(и): ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД "ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ", вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, Донецька обл., 87500 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 27.08.2018	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 27.08.2018, Бюл.№ 16	

(54) ПРИСТРІЙ ДІАГНОСТУВАННЯ ОСЛАБЛЕННЯ БОЛТОВИХ СТРУМОВЕДУЧИХ З'ЄДНАНЬ І ОБРИВУ СТРУМОВЕДУЧИХ ЧАСТИН СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧА

(57) Реферат:

Пристрій діагностування ослаблення болтових струмоведушних з'єднань і обриву струмоведушних частин системи електропостачання електроприймача. Корисна модель належить до електротехніки, зокрема до систем релейного захисту обладнання, що живиться від трифазної мережі напругою до 1000 В, що працює на змінному і постійному струмах. Призначено для захисту і підвищення надійності роботи електрообладнання, за рахунок своєчасного виявлення початку ослаблення болтових струмоведушних з'єднань, обриву струмоведушних ліній і неповнофазного режиму в мережі живлення електрообладнання.

UA 127922 U

Корисна модель належить до електротехніки, зокрема до систем релейного захисту обладнання, що живиться від трифазної мережі напругою до 1000 В, що працюють на змінному і постійному струмах. Призначено для захисту і підвищення надійності роботи електрообладнання, за рахунок своєчасного виявлення початку ослаблення болтових струмоведучих з'єднань, обриву струмоведучих ліній і неповнофазного режиму в мережі живлення електрообладнання. Може бути використано для захисту медичного обладнання, зокрема рентгенівського комп'ютерного томографа.

Головна проблема контактного з'єднання - це ослаблення щільності болтового з'єднання і збільшення перехідного опору контакту, в результаті чого, згідно з законом Джоуля-Ленца, виникає перегрів болтового з'єднання, що призводить до обриву однієї з фаз і виникненню одне-, дво-, і трифазного коротких замикань в вузловому з'єднанні.

У разі виникнення неповнофазного режиму електроживленням обладнання, унаслідок обриву в струмових ланцюгах або неповнофазного режиму в живильній мережі, згідно ["Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів" 4-е видання. 2011 р.], є аварійним режимом. Причинами виникнення неповнофазного режиму живлення електроустановки, крім неповнофазного режиму напруг мережі живлення, є недовключення одного з полюсів комутаційної апаратури, обрив одного з струмоведучих проводів, ослаблення з'єднань і ін.

Відомо "Пристрій для контролю температури контактних з'єднань в пристроях, що знаходиться під високою напругою" [патент RU № 2408120, кл. H02H 5/04, 2009], яке містить цифровий блок вимірювання температури болтового з'єднання пов'язаний з приймачем-передавачем, блок живлення електронних схем цифрового блока вимірювання температури болтового з'єднання і приймачем-передавачем, встановлений на шині струмового ланцюгову.

У цьому пристрої здійснюється контактний контроль температури болтового з'єднання і передачі інформації про температуру на диспетчерський пункт. Черговий персонал по значеннях температури судить про стан контактного з'єднання.

До недоліків даного пристрою можна віднести те, що тільки по температурі контактного з'єднання неможливо визначити початок розвитку аварійного процесу. Як відомо, температура контактного з'єднання залежить не тільки від перехідного опору, але і від квадрата струму навантаження, що протікає через перехідний опір. Залежно від навантаження, величина струму може змінювати своє значення від $(0,0 \pm 1,05) I_n$, відповідно, температура справного болтового з'єднання буде змінюватися від температури навколишнього середовища $t^\circ\text{C}$ до нормованої допустимої $\theta_{\text{нор}}$ не більш -120°C при цьому температура навколишнього середовища може змінюватися від $(-35 \text{ } +45)^\circ\text{C}$, змінюючи при цьому температуру болтового з'єднання, що унеможливує виявити початок збільшення перехідного опору, тобто, початок розвитку аварійної ситуації.

За значенням температури струмоведучого з'єднання неможливо здійснювати контроль цілісності струмоведучих ліній живлення електрообладнання і визначити чи працює обладнання при неповнофазному режимі в мережі живлення.

Найбільш близьким до заявленої корисної моделі є "Пристрій контролю і діагностики стану болтових з'єднань електропостачання, які працюють зі змінною навантаженням" [Патент України № 106175, кл. H02H 5/04, H02K 15/12 бюл. № 14, 25.07.1014 г.] Який містить цифровий блок контрольованої температури болтового з'єднання, приймач-передавач, блок живлення, вихід котрого з'єднаний із цифровим блоком контрольованої температури та приймачем-передавачем, також він містить цифровий блок вимірювання температури навколишнього середовища, блок вимірювання сили струму навантаження з перетворенням на цифровий сигнал, мікроконтролер, при цьому виходи усіх згаданих блоків з'єднані з відповідними входами мікроконтролера, поєднаного з приймачем-передавачем, крім того вихід блока живлення з'єднаний із входами блоків вимірювання температури навколишнього середовища, блоком вимірювання сили струму і мікроконтролером.

У цьому пристрої вимірюють температура навколишнього середовища, температура болтового з'єднання і сила струму протікає в цьому з'єднанні. Значення сили струму перетворюється в еквівалентний тепловий сигнал. Контроль всіх параметрів дозволяє виявити початковий момент ослаблення одного з болтових з'єднань вузла, наприклад, приєднання струмоведучих ліній до комутаційної апаратури.

Недоліком даного пристрою є те, що пристрій дозволяє виявити початковий момент ослаблення болтового з'єднання в вузлі. Для трифазної системи живлення початковий момент ослаблення болтового з'єднання визначається за максимальним значенням температури одного з трьох болтових з'єднань вузла. Даний пристрій не може бути використано для захисту електрообладнання від неповнофазного режиму напруги і обриву струмоведучого дроту, так як

в цьому пристрої виміряні значення величин фазних струмів не аналізуються, вони тільки перетворюються в еквівалентні теплові сигнали.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалити пристрій діагностування ослаблення болтових струмоведучих з'єднань і обриву струмоведучих частин системи електропостачання електроприймача, в якому, за рахунок введення нових блоків і їх взаємозв'язків, досягається можливість виявити початковий момент ослаблення одного з болтових з'єднань в вузлах струмоведучих частин системи електропостачання електроприймача, контролювати появу неповнофазного режиму живлення електроустаткування, при обриві струмоведучих ліній або неповнофазного режиму напруги в мережі живлення, за рахунок вимірювання величин фазних струмів, їх аналізу і захистити електрообладнання від роботи при неповнофазному режимі.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій діагностування ослаблення болтових струмоведучих з'єднань і обриву струмоведучих частин системи електропостачання електроприймача, що містить блок вимірювання температури болтового з'єднання, блок живлення, блок вимірювання температури навколишнього середовища, блок вимірювання сили струму навантаження з перетворенням його на температурний цифровий сигнал, мікроконтролер, відповідні входи якого з'єднані з виходами блока контролю температури болтового з'єднання, блока вимірювання сили струму навантаження з перетворенням його на температурний цифровий сигнал, з виходом блока вимірювання температури навколишнього середовища, крім того вихід блока живлення з'єднаний з входами блока вимірювання температури навколишнього середовища, блока вимірювання сили струму навантаження з перетворенням його на цифровий температурний сигнал і мікроконтролер, відповідно з корисною моделлю вона додатково містить комутаційний апарат, вузли болтових з'єднань з датчиками температури болтових з'єднань по числу фаз і вузлів, які містять болтові з'єднання, блоки вимірювання температури болтових з'єднань по числу вузлів, блок вимірювання сили фазних струмів, блок управління і сигналізації та блок цифро-аналогових перетворень сигналів, при цьому комутаційний апарат з'єднаний з мережею живлення через вузлове з'єднання з датчиками температур болтових з'єднань, його вихід з'єднаний з входом блока вимірювання температури болтового з'єднання, вихід якого з'єднаний з відповідним входом блока цифро-аналогових перетворень сигналів, вихід комутаційного апарата з'єднаний з кабельною мережею через вузлове болтове з'єднання з датчиком температур болтових з'єднань, а його вихід з'єднаний з входом блока вимірювання температури болтового з'єднання, а його вихід з'єднаний з відповідним входом блока цифро-аналогових перетворень сигналів, при цьому послідовно кабельній мережі встановлений блок вимірювання сили фазних струмів, перший вихід якого з'єднаний з відповідним входом блока цифро-аналогових перетворень сигналів, а другий - з входом блока перетворень струмового сигналу в розрахунковий температурний сигнал справного болтового з'єднання і корекції цього сигналу в залежності від зміни температури навколишнього середовища, до входу якого підключений вихід блока вимірювання температури навколишнього середовища, вихід кабельної мережі з'єднаний з електроприймачем через вузлове з'єднання з датчиком температур болтових з'єднань вихід якого з'єднаний з входом блока вимірювання температури, а його вихід з'єднаний з відповідним входом блока цифро-аналогових перетворень сигналів, виходи блока цифро-аналогових перетворень сигналів з'єднані з відповідними входами мікроконтролера, вихід якого з'єднаний з входом блока управління і сигналізації, вихід якого з'єднаний з комутаційним апаратом.

Суть корисної моделі пояснюють креслення.

На фіг. 1, представлена блок-схема пристрою діагностування ослаблення болтових струмоведучих з'єднань і обриву струмоведучих частин системи електропостачання електроприймача.

На фіг. 2, представлена принципова електрична схема живлення електроприймача.

На фіг. 3, блок схема програмного алгоритму роботи мікроконтролера пристрою, де визначено: I_a, I_b, I_c - фазні струми; $T_{бза}, T_{бзв}, T_{бзс}$ - температури, відповідних фазних болтових з'єднань; $t_{нс}$ - температура навколишнього середовища, $t_{доп}$ - допустима температура болтового з'єднання, $T_{бсmax}$ - найбільша температура болтового з'єднання, $t_{р,рт}$ - розрахункова температура справного болтового з'єднання при протіканні в ньому струму навантаження, $t_{кр}$ - критична температура болтового з'єднання, K_p - розрахунковий коефіцієнт перерахунку величини струмового навантаження в еквівалентну температуру болтового з'єднання, Δt - крок дискретизації опитування датчиків температури та струму.

На фіг. 1. і фіг. 2: вузол болтових з'єднань з датчиками температури болтових з'єднань - 1, блок вимірювання температури болтового з'єднання - 2, комутаційний апарат - 3, вузол болтових з'єднань з датчиками температури болтових з'єднань - 4, блок вимірювання

температури болтового з'єднання - 5, блок вимірювання сили фазних струмів - 6, блок перетворень струмового сигналу в розрахунковий температурний сигнал справного болтового з'єднання і корекції цього сигналу в залежності від зміни температури навколишнього середовища - 7, вузол болтових з'єднань з датчиками температури болтових з'єднань - 8, блок вимірювання температури болтового з'єднання - 9, блок вимірювання температури навколишнього середовища - 10, блок цифро-аналогового перетворення сигналів - 11, мікроконтролер - 12, блок управління і сигналізації - 13, блок живлення - 14, електроприймач - 15.

1.4.8 - вузли болтових з'єднань з датчиками температури болтових з'єднань - це три болтових з'єднання в вузлі кожної фази. Вузли болтових з'єднань є місцями кріплення трьох фаз комутаційного апарата - 3 з живильною і кабельною мережами, а також трьох фаз кабельної мережі з електроприймачем - 15. Як температурний датчик використаний жорстко закріплений до кожного болтового з'єднання терморезистор дискового типу СТ 10-1 Д, діапазон зміни температур від $(-60 \pm + 185 \text{ }^\circ\text{C})$ 3.

2.5.9 - блоки вимірювання температури болтового з'єднання, виконаний у вигляді мостової схеми опорів, однією гілкою є терморезистор, розташований на кожному болтовому з'єднанні вузлів болтових з'єднань з датчиками температури болтових з'єднань 1, 4, 8, інші гілки виконані звичайними високоомними опорами типу С2-29М, 300 кОм. На одну діагональ мостової схеми подається живлення з блока живлення 14, з другої діагоналі отримують сигнал у вигляді напруження, яке еквівалентно температурі кожного болтового з'єднання у вузлах болтових з'єднань з датчиками температури болтових з'єднань 1, 4, 8.

Комутаційний апарат - 3 за який використовується електромагнітний пускач з операційними ланцюгами управління, до яких підключений вихід блока - 13 управління і сигналізації.

Блок вимірювання сили фазних струмів - 6, використані трансформатори струму, сердечник трансформатора струму, виконаний з швидконасиченої сталі, на ньому намотана емальованим дротом вторинна обмотка, що дозволяє контролювати зміна струму навантаження від (0,1 до 1,05) Ін. У вторинній ланцюг трансформаторів струму кожної фази встановлені шунтові дільники, які виконані як дільник напруги за допомогою низькоомних опорів, співвідношення опорів 1/5. Напруга на одному з плечей дільника змінюється від 0 до 2,5 В при зміні струму навантаження від 0 до 1,05 Ін. Ця напруга є вхідним сигналом блок цифро-аналогового перетворення сигналів - 11, і вимірює силу фазних струмів.

Блок - 7, перетворення струмового сигналу в розрахунковий температурний сигнал і корекція цього сигналу в залежності від зміни температури навколишнього середовища. Для цього використано напруга другого плеча шунтового подільника блок вимірювання сили фазних струмів - 6. Величина даної напруги, при постійному струмі навантаження, може змінюватися в залежності від зміни температури навколишнього середовища за рахунок того, що датчик температури навколишнього середовища блока вимірювання температури навколишнього середовища - 10, за який використовується терморезистор бусінічного типу СТ6-1, паралельно включений до другого плеча шунтового подільника. Отриманий скоректований сигнал є вхідним сигналом для блока цифро-аналогового перетворення сигналів - 11.

Блок 10 - блок вимірювання температури навколишнього середовища, виконано на базі терморезистора бусінічного типу СТ6-1, який паралельно включений до другого плеча шунтового подільника блок вимірювання сили фазних струмів - 6.

Блок цифро-аналогового перетворення сигналів - 11, за який використано мікросхему, наприклад, тип АЦП АД7091 R. Мікроконтролер - 12 виконаний на базі мікроконтролера АТmega88 фірми Atmel. Входами мікроконтролера - 12 є вихідні сигнали з блоків 2, 5, 6, 7, 9. Виходи мікроконтролера використані для включення виконавчими реле блока управління і сигналізації - 13.

Блок управління і сигналізації - 13 виконаний у вигляді кнопок "Пуск" і "Стоп", управління комутаційним апаратом 3, операційних ланцюгів, що включають проміжні реле і їх контактів, для управління комутаційним апаратом - 3 і засобами сигналізації.

Блок живлення - 14, утворений трьома однофазними трансформаторами напруги, які підключені до лінійних напруг живильної мережі, у вторинні котушки включені мостові випрямлячі з паралельно-послідовною фільтрацією напруги. Три позитивних виходи випрямленої напруги з послідовно включеними діодами в кожній лінії з'єднані, що дозволяє отримати живлення для блоків 2, 5, 9, 11, 12, 13 не залежно від неповнофазного напруги в мережі живлення, негативні потенціали об'єднані в загальну точку та заземлені. Електроприймач - електричне обладнання, наприклад, рентгенівський комп'ютерний томограф.

Пристрій працює наступним чином.

При натисканні кнопки "Пуск", блока управління та сигналізації - 13, комутаційний апаратом - 3 підключає електроприймач - 15 до мережі живлення. Протікання фазних струмів I_a , I_b , I_c в струмоведучих болтових з'єднання призводить до їх нагрівання. Значення температур нагріву болтових з'єднань $t_{бза}$, $t_{бзв}$, $t_{бзс}$ визначить величина сили фазного струму, що протікає в болтовому з'єднанні та температурою навколишнього повітря $t_{нс}$, яка може змінюватися у неопалюваних приміщеннях в межах від $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ і від $+14\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ в опалювальних приміщеннях та величиною перехідного опору болтового з'єднання. Несиметрія струмів I_a , I_b , I_c , викликана не симетрією напруг мережі живлення, призведе до різних значення температур болтових з'єднань в одному із вузлів болтових з'єднань з датчиками температури болтових з'єднань - 1, 4 та 8. Блоки вимірювання температури болтового з'єднання - 2, 5, 9 визначають температурні значення кожного болтового з'єднання. Величини цих сигналів надходять на вхід блока цифро-аналогового перетворення сигналів - 11, а після перетворень надходять на входи мікроконтролера - 12. Блок вимірювання сили фазних струмів - 6 вимірює величини сил фазних струмів I_a , I_b , I_c , ці значення надходять на входи блока цифро-аналогового перетворення сигналів - 11, де аналоговий сигнал перетворюється в цифрові значення і надходять на вхід мікроконтролера - 12. Відсутність одного з струмових сигналів визначає неповнофазний аварійний режим, причиною якого є обрив однієї з фаз струмових ланцюгів або появи неповнофазного режиму в мережі живлення. Сигнал з мікроконтролера - 12 надходить на вхід блока управління і сигналізації - 13, який вмикає сигналізацію про неповнофазному режимі та подає сигнал в операційні ланцюги комутаційного апарату - 3. Електроприймач - 15 відключається від мережі живлення.

Контроль наявності трьох величин фазних струмів I_a , I_b , I_c здійснюється безперервно на всьому протязі роботи електроприймача - 15. Якщо немає аварійного режиму в струмових ланцюгах і мережі живлення блок перетворення токового сигналу в розрахунковий температурний сигнал і корекція цього сигналу в залежності від зміни температури навколишнього середовища - 7, перетворює струмовий сигнал в розрахунковий температурний сигнал $t_{р,рт}$, який відповідає температурі виправленого болтового з'єднання, одночасно блок вимірювання температури навколишнього середовища - 10 вимірює температуру навколишнього середовища $t_{нс}$, що оточує болтові з'єднання, цей сигнал надходить на вхід блока перетворення токового сигналу у розрахунковий температурний сигнал і корекція цього сигналу в залежності від зміни температури навколишнього середовища - 7 і коригує розрахунковий температурний сигнал, в залежності від зміни температури навколишнього середовища. Корегований сигнал з виходу блока перетворення токового сигналу в розрахунковий температурний сигнал і корекція цього сигналу в залежності від зміни температури навколишнього середовища - 7, надходить на вхід блока цифро-аналогового перетворення сигналів - 11, перетворюється в цифровий сигнал та надходить на вхід та мікроконтролер 12. Струм, що протікає в болтовому з'єднанні, призведе до росту його температури, блоки вимірювання температури болтового з'єднання - 2, 5, 9 вимірюють температури кожного болтових з'єднань кожного вузла, виявляють максимальне значення і цей сигнал надходить на вхід блока цифро-аналогового перетворення сигналів - 11, перетворюється в цифровий сигнал та надходить на вхід та мікроконтролер 12. Мікроконтролер - 12 обробляє цю інформацію.

Нормальний режим роботи електроприймача - 15 при цілісному болтовому з'єднанні.

В пристрої вимірювані величини сигналів перетворюються в сигнали напруги, так величини струмових сигналів I_a , I_b , I_c - відповідають сигналу напруги $U_{т.н}$, температурні величини болтових з'єднань $t_{бза}$, $t_{бзв}$, $t_{бзс}$ відповідають сигналу напруги $U_{т.бз}$. Величини температурного сигналу навколишнього середовища $t_{нс}$ - відповідає сигналу напруги U_0 ср.

При температурі навколишнього середовища $t_{нс}=24\text{ }^{\circ}\text{C}$. Фазні струми, які протікають по струмових лініях та у вузлах болтових з'єднань з датчиками температури - 1, 4, 8, призведе до нагрівання болтових з'єднань. На виходах блоків вимірювання температури болтового з'єднання 2, 5, 9 з'являються сигнали, які дорівнюють температурі болтового з'єднання - $U_{т.бз}$. На виходу блока перетворення токового сигналу в розрахунковий температурний сигнал і корекція цього сигналу в залежності від зміни температури навколишнього середовища - 7 також з'явиться сигнал - $U_{т.н}$. Сигнали надходять у блок цифро-аналогового перетворення сигналів - 11 та мікроконтролер - 12, який обробляє сигнали.

Сигнал з блока вимірювання температури навколишнього середовища - $10-U_0$ ср надходить на вхід блок перетворення токового сигналу в розрахунковий температурний сигнал і корекція цього сигналу в залежності від зміни температури навколишнього середовища та корегує розрахунковий температурний сигнал - 7. При цьому U_0 ср=0, відповідає $24\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Мікроконтролер - 12 перевіряє виконання нерівності $U_{т.н} > U_{т.бз}$, яке відповідає справному болтовому з'єднанню. При цьому сигнал з виходу мікроконтролера - 12 надходить на вхід блока управління і сигналізації - 13, який відображає істинні значення струму навантаження, температури навколишнього середовища і температури болтового з'єднання.

5 Наступні зміни струму навантаження приведуть до відповідної зміни сигналів $U_{т.н}$ і $U_{т.бз}$ на величину, пропорційну зміні струму навантаження. Величини сигналів визначаються як: $U_{т.н} \pm \Delta U_{т.н} (I_n)$ та $U_{т.бз} \pm \Delta U_{т.бз} (I_n)$ умови $U_{т.н} \pm \Delta U_{т.н} (I_n) > U_{т.бз} \pm \Delta U_{т.бз} (I_n)$ зберігаються, незалежно від часу теплового перехідного режиму.

10 Якщо під час незмінного навантаження відбулася зміна температури навколишнього середовища на величину $\mp \Delta t^{\circ} \text{н.с } C$, сигнал з виходу блока перетворення токового сигналу в розрахунковий температурний сигнал і корекція цього сигналу в залежності від зміни температури навколишнього середовища - 7 пропорційно змінить свою величину на $0 \pm \Delta t^{\circ} C$, а величини сигналів з блоків вимірювання температури болтового з'єднання 2,5,9, відповідно, зміняться та визначаться як:

15 $U_{т.н} \pm \Delta U_{т.н} (\Delta t^{\circ} \text{н.с}C)$ і, відповідно, $U_{т.бз} \pm \Delta U_{т.бз} (\Delta t^{\circ} \text{о.с}C)$.

Умова $U_{т.н} \pm \Delta U_{т.н} (\Delta t^{\circ} \text{о.с}C) > U_{т.бз} \pm \Delta U_{т.бз} (\Delta t^{\circ} \text{о.с}C)$ знову виконається.

Режим зміни струму навантаження і температури навколишнього середовища приведе до відповідних змін сигналів. Значення сигналів буде визначатися так: для сигналу з виходу блока перетворення токового сигналу в розрахунковий температурний сигнал і корекція цього сигналу в залежності від зміни температури навколишнього середовища - 7 (струмового сигналу) $U_{т.н} \pm \Delta U_{т.н} (\Delta t^{\circ} \text{н.с}C) \pm \Delta U_{т.н} (I_n)$, для сигналів з виходів блоків вимірювання температури болтового з'єднання - 2, 5, 9 (температурного сигналу болтового з'єднання) $U_{т.бз} \pm \Delta U_{т.бз} (\Delta t^{\circ} C) \pm \Delta U_{т.бз} (I_n)$, а умова $U_{т.н} \pm \Delta U_{т.н} (\Delta t^{\circ} \text{н.с}C) \pm \Delta U_{т.н} (I_n) > U_{т.бз} \pm \Delta U_{т.бз} (\Delta t^{\circ} \text{н.с}C) \pm \Delta U_{т.бз} (I_n)$ знову виконається.

25 Режим початку ослаблення болтового з'єднання у вузлах болтових з'єднань з датчиками температури болтових з'єднань 1, 4, 8.

За умови, що сила струму і температура навколишнього середовища не змінилися, ослаблення одного з болтових з'єднань в вузлах 1, 4, 8 приведе до збільшення його перехідного опору. Величина відділеного тепла в цьому болтовому з'єднанні, згідно з законом Джоуля-Ленца, пропорційна квадрату струму навантаження, перехідному опору болтового з'єднання и годині протікання струму, так як струм навантаження та температури навколишнього середовища не змінилися, сигнал з блока вимірювання температури навколишнього середовища - 10 та сигнал виходу блока перетворення токового сигналу в розрахунковий температурний сигнал і корекція цього сигналу в залежності від зміни температури навколишнього середовища - 7 залишаються постійними. Зростання температури аварійного болтового з'єднання відбувається за рахунок збільшення перехідного опору. Рівень сигналу на виході блока вимірювання температури болтового з'єднання 2, або на виході блока вимірювання температури болтового з'єднання 5, або на виході блока вимірювання температури болтового з'єднання 9 росте, мікроконтролер - 12 визначає максимальну величину температури аварійного болтового з'єднання і по цьому значенню виробляє порівняння сигналів, що надійшли від блоків 2 або 5 або 9 і блока 7. Настає момент, коли;

$U_{т.н} \pm \Delta U_{т.н} (\Delta t^{\circ} \text{н.с}C) \pm \Delta U_{т.н} (I_n) < U_{т.бз} \pm \Delta U_{т.бз} (\Delta t^{\circ} \text{н.с}C) \pm \Delta U_{т.бз} (I_n) + \Delta U_{т.бз} (R \text{ пер})$.

45 Блок управління і сигналізації - 13 сигналізує про початок ослаблення болтового з'єднання і початок розвитку аварійної ситуації. При досягненні температури ослабленого аварійного болтового з'єднання величини $t_{доп}$ - допустима температура рівної $100^{\circ} C$, на виході мікроконтролера 12 з'явиться сигнал який надходить на вхід блока управління і сигналізації - 13, надається сигнал початку розвитку аварійної ситуації. При досягненні температури ослабленого аварійного болтового з'єднання величини $t_{кр}$ - критичної температури рівної $120^{\circ} C$, електроприймач - 15 відключається від мережі живлення і включається відповідна сигналізація.

50 Перевірку роботи пристрою здійснено в лабораторних умовах, як джерело електроенергії використано генератор змінного струму ПСМ АТ 50, що дозволяє отримувати трифазну напругу $0,4 \text{ кВ}$, змінювати струм від 10 до 100 А , здійснили за допомогою рухомого реостатного навантаження. Для вимірювання струму навантаження використані трансформатори струму ТТ $100/5$ напругою в $0,4 \text{ кВ}$. Інші блоки виконані на елементній базі, описаній вище. Зміна температури навколишнього середовища проводити за допомогою теплового фена, тепловий потік впливав одночасно на термодатчики блоків 2, 5, 9 і 10. Зміну температури болтового з'єднання при незмінному навантаженні здійснювали за допомогою ослабленням болтового з'єднання при різних значеннях відносної величини перехідних опорів ослабленого болтового з'єднання до значення величини опору справного болтового опору. Перевірку роботи пристрою здійснили в порядку, описаному вище.

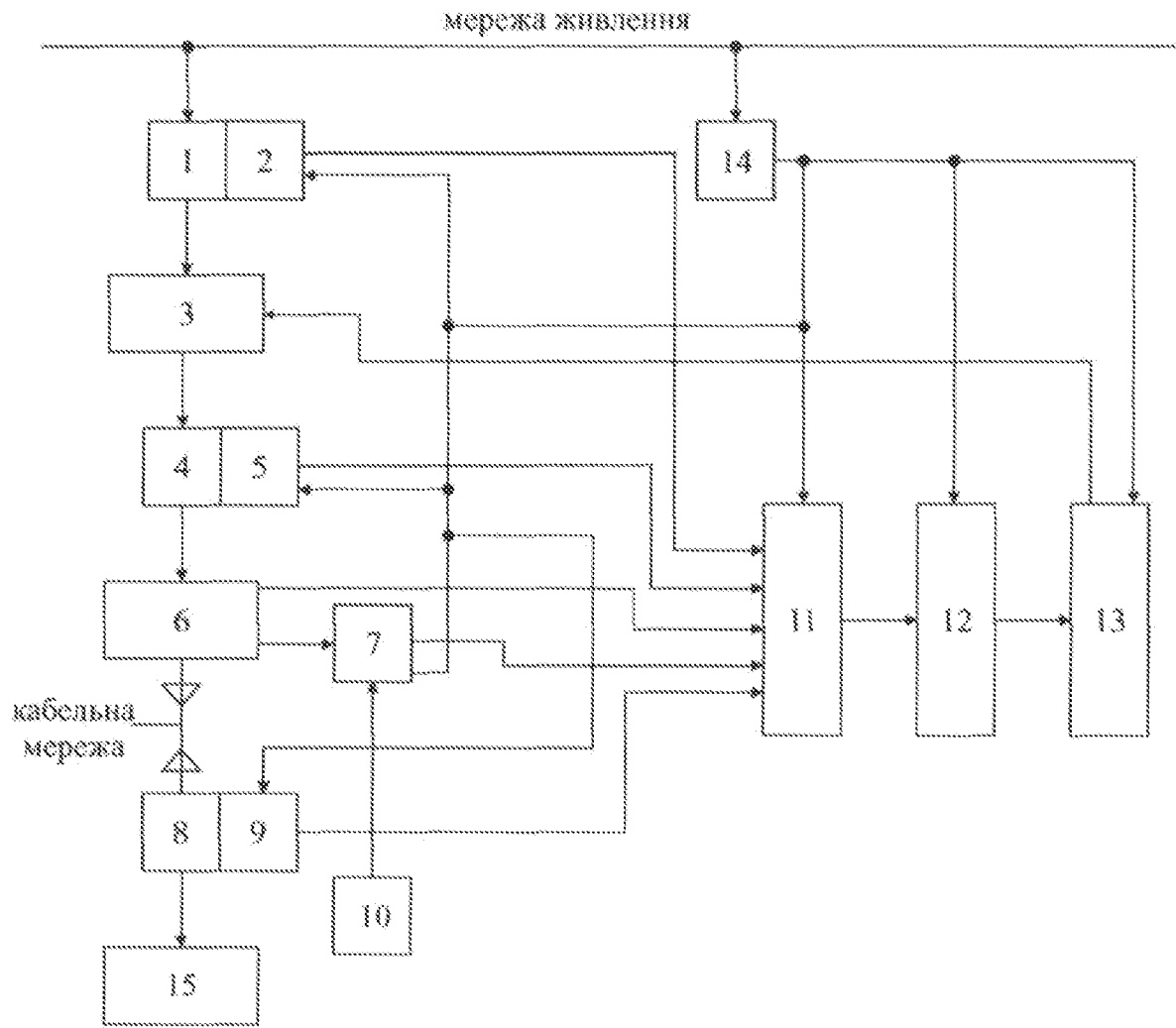
1. Вимкнення одного з фазних струмів призвело до відключення електроприймача 15 від мережі живлення і включенню сигналізації про цей режим.

2. При досягненні температури 100 °С несправного болтового з'єднання призвело до спрацьовування блока управління і сигналізації - 13, включенню сигналізації про виявлення початку ослаблення болтового з'єднання, що підтвердило правильність дій розроблення пристрою.

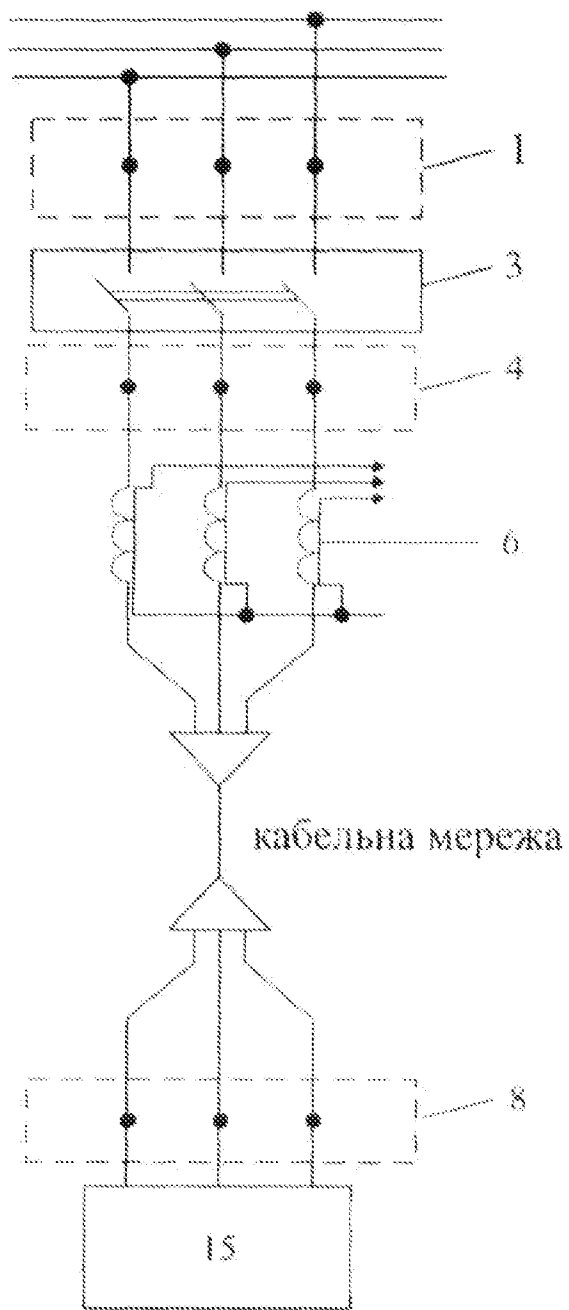
Застосування даної корисної моделі дозволяє точно виявити початковий момент зміни перехідного опору болтового з'єднання за рахунок, контролю істинної температури контактного з'єднання, обліку температури навколишнього середовища і зміни значення струму навантаження. Постійний контролю величин фазних струмів дозволяє своєчасно виявити неповнофазний режим електропостачання і захистити електроприймач від роботи в цьому аварійному режимі.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

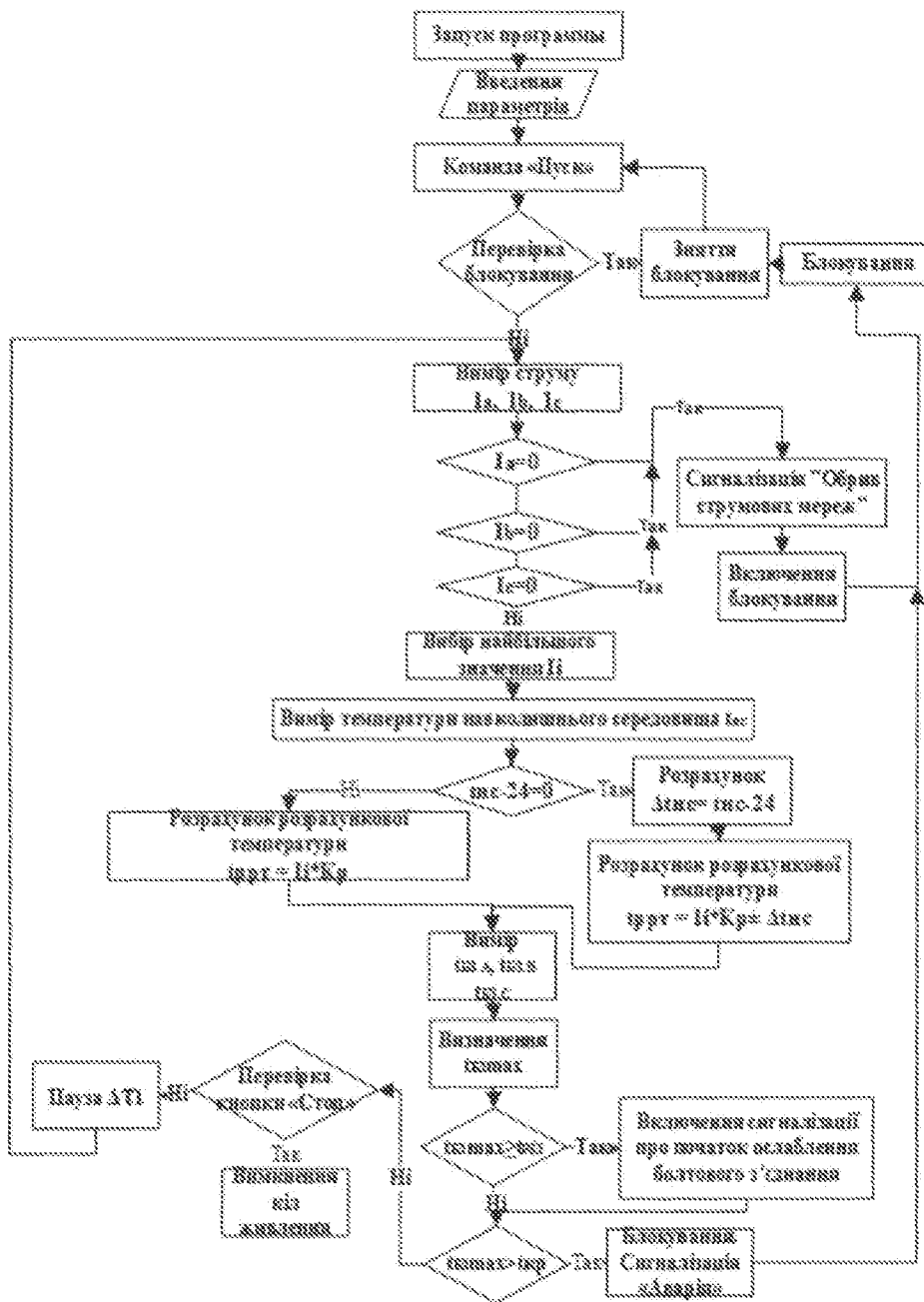
15 Пристрій діагностування ослаблення болтових струмоведучих з'єднань і обриву струмоведучих частин системи електропостачання електроприймача, що містить блок вимірювання температури болтового з'єднання, блок живлення, блок вимірювання температури навколишнього середовища, блок вимірювання сили струму навантаження з перетворенням його на температурний цифровий сигнал, мікроконтролер, відповідні входи якого з'єднані з виходами блока контролю температури болтового з'єднання, блока вимірювання сили струму навантаження з перетворенням його на температурний цифровий сигнал, з виходом блока вимірювання температури навколишнього середовища, крім того вихід блока живлення з'єднаний з входами блока вимірювання температури навколишнього середовища, блока вимірювання сили струму навантаження з перетворенням його на цифровий температурний сигнал і мікроконтролер, який **відрізняється** тим, що додатково містить комутаційний апарат, вузли болтових з'єднань з датчиками температури болтових з'єднань по числу фаз і вузлів, які містять болтові з'єднання, блоки вимірювання температури болтових з'єднань по числу вузлів, блок вимірювання сили фазних струмів, блок управління і сигналізації і блок цифро-аналогових перетворень сигналів, при цьому комутаційний апарат з'єднаний з мережею живлення через вузлове з'єднання з датчиками температур болтових з'єднань, його вихід з'єднаний з входом блока вимірювання температури болтового з'єднання, вихід якого з'єднаний з відповідним входом блока цифро-аналогових перетворень сигналів, вихід комутаційного апарата з'єднаний з кабельною мережею через вузлове болтове з'єднання з датчиком температур болтових з'єднань, а його вихід з'єднаний з входом блока вимірювання температури болтового з'єднання, а його вихід з'єднаний з відповідним входом блока цифро-аналогових перетворень сигналів, при цьому послідовно кабельній мережі встановлений блок вимірювання сили фазних струмів, перший вихід якого з'єднаний з відповідним входом блока цифро-аналогових перетворень сигналів, а другий - з входом блока перетворень струмового сигналу в розрахунковий температурний сигнал справного болтового з'єднання і корекції цього сигналу в залежності від зміни температури навколишнього середовища, до входу якого підключений вихід блока вимірювання температури навколишнього середовища, вихід кабельної мережі з'єднаний з електроприймачем через вузлове з'єднання з датчиком температур болтових з'єднань, вихід якого з'єднаний з входом блока вимірювання температури, а його вихід з'єднаний з відповідним входом блока цифро-аналогових перетворень сигналів, виходи блока цифро-аналогових перетворень сигналів з'єднані з відповідними входами мікроконтролера, вихід якого з'єднаний з входом блока управління і сигналізації, вихід якого з'єднаний з комутаційним апаратом.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

Комп'ютерна верстка М. Мацело

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