



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **122495** (13) **C2**
(51) МПК (2020.01)
H02H 3/00
H02J 9/06 (2006.01)
H02H 5/04 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2017 10424</p> <p>(22) Дата подання заявки: 30.10.2017</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 26.11.2020</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 10.05.2019, Бюл.№ 9</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 25.11.2020, Бюл.№ 22</p>	<p>(72) Винахідник(и): Кривонос Валерій Єгорович (UA), Злепко Сергій Макарович (UA), Павлов Сергій Володимирович (UA), Тимчик Сергій Васильович (UA), Кривонос Валерій Валерійович (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД "ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ", вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, Донецька обл., 87500 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 120117 U, 25.10.2017 CN 201481442 U, 26.05.2010 WO 2007025202 A2, 01.03.2007 CN 106211530 A, 07.12.2016 RU 2290730 C1, 27.12.2006 RU 2256993 C2, 20.07.2005 US 6111733 A, 29.08.2000 WO 2014042057 A1, 20.03.2014</p>
--	---

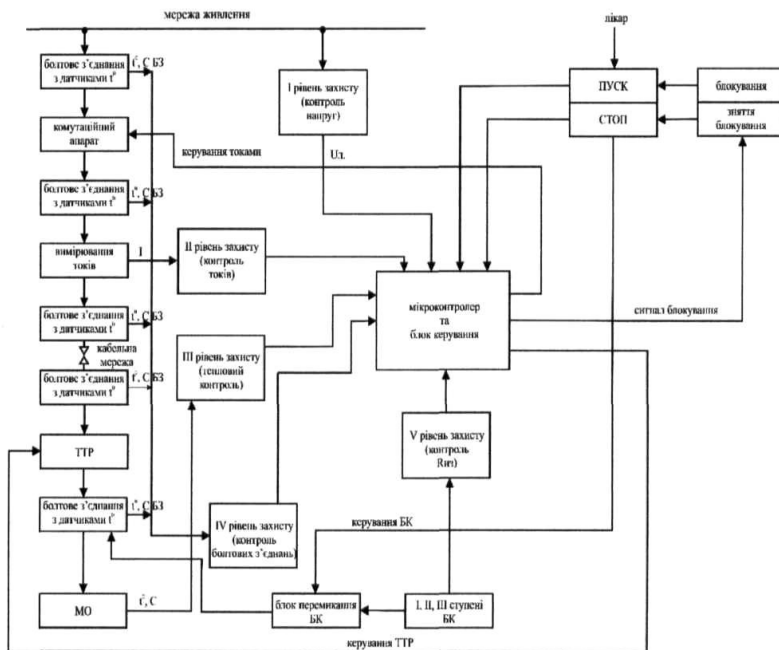
(54) СПОСІБ БАГАТОРІВНЕВОГО УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ ДІАГНОСТИКИ І ЗАХИСТУ МЕДИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

(57) Реферат:

Спосіб багаторівневого управління системою діагностики і захисту медичного обладнання належить до електротехніки, до систем управління, діагностики та захисту медичного обладнання (МО). Використовується для захисту МО, зокрема рентгенівських комп'ютерних томографів (РКТ), що працюють на змінному трифазному струмі. Призначено: для керування режимами включення МО після проведення діагностування стану струмових ланцюгів МО, аварійних режимів в мережі живлення, електричного опору ізоляції МО і кабельної лінії; в періоди роботи МО, для захисту МО від внутрішніх перенапруг, викликаних появою неповнофазного режиму мережі живлення, обриву або ослаблення болтових або гвинтових з'єднань струмоведучих частин, раптового провалу напруги, несанкціонованого відключення живлення, температурних перевантажень; при діагностуванні аварійних режимів в мережі, струмових ланцюгах і температурних перевантаженнях відключення МО від мережі без пошкодження. Згідно зі способом, проводять вимірювання трьох лінійних напруг, порівняння отриманих значень з номінальною величиною, визначення неповнофазного режиму мережі і блокування МО від підключення струмових ланцюгів. Проводять вимір величин струмів фаз, визначення пошкодження кола струму і відключення МО від мережі живлення при відсутності сили струму в одній з них. Визначають за величиною сили струму, потужності батарей конденсаторів та підключають їх паралельно МО, відрізняється тим, що перед включенням МО

UA 122495 C2

перевіряють наявність блокування МО від включення в мережу, виділяють першу гармонійну складову лінійних напруг, визначають швидкість зміни фронту миттєвого значення напруги, порівнюють із заданою величиною. При нульовому значенні швидкості зміни однієї або двох лінійних напруг визначають неповнофазний режим мережі живлення, відключають МО; при швидкості зміни напруги нижче рівня заданої величини фіксують провал напруги, визначають час тривалості провалу напруги і при досягненні тривалості провалу заданої величини відключають МО від мережі живлення, а при швидкості зміни напруги вище рівня заданої величини фіксують підвищення напруги, визначають час тривалості підвищеної напруги і при досягненні тривалості заданої величини відключають МО від мережі живлення. Вимірюють температуру МО, обчислюють температуру МО, еквівалентну значенню величини сили струму, що протікає в МО, коригують обчислену величину в залежності від зміни температури навколишнього повітря, порівнюють вимірне і обчислене значення і при перевищенні встановленої температури МО, обчисленого значення, визначають забруднення фільтрів повітря, а при перевищенні встановленої температури і обчисленого допустимого значення визначають пошкодження МО і при перевищенні значень вимірної температури МО і обчисленого допустимого значення і виявлення перевищення рівнів лінійних напруги номінального значення, визначають струмове перевантаження, пов'язане з режимом мережі, і при досягненні температури МО допустимої величини відключають МО від мережі. Вимірюють температуру болтових з'єднань, навколишнього повітря, обчислюють температуру болтового з'єднання еквівалентну значенню величини сили струму, що протікає в цьому болтовому з'єднанні, коригують обчислену величину в залежності від зміни температури навколишнього повітря, порівнюють вимірне значення температури болтового з'єднання з обчисленим і при перевищенні температури болтового з'єднання обчисленого значення визначають початковий момент ослаблення болтового з'єднання, а при досягненні температур болтового з'єднання допустимої величини відключають МО від мережі. При технологічному відключенні МО від мережі підключають батареї конденсаторів до клем "фаза-корпус МО", вимірюють швидкість зміни напруги на клеммах батарей конденсаторів, порівнюють отримане значення з допустимою величиною і при значенні швидкості зміни напруги на клеммах конденсаторів нижче допустимої величини визначають зниження опору ізоляції МО нижче 0,5 МОм, МО блокують від підключення до мережі живлення. Використання способу багаторівневого управління системою діагностики і захисту медичного обладнання дозволило створити єдину систему, в якій "МО + живить мережу" розглядається як єдиний комплекс. Встановлена черговість діагностування стану режимів мережі, цілісності струмових ланцюгів, болтових з'єднань, діагностування причин теплових перевантажень МО, контроль величини опору ізоляції МО до його включення в мережу і безаварійне відключення МО від мережі при виявленні аварійної ситуації, дозволяє підвищити достовірність виявлення аварійних режимів мережі живлення і забезпечити безаварійну роботу МО при обстеженні хворого.



Фіг. 1

Винахід належить до електротехніки, до систем управління, діагностики та захисту медичного обладнання (МО). Використовується для захисту МО, зокрема рентгенівських комп'ютерних томографів (РКТ), що працюють на змінному трифазному струмі. Призначено: для управління режимами включення МО після проведення діагностування стану струмових ланцюгів МО, аварійних режимів в мережі живлення, електричного опору ізоляції МО і кабельної мережі в періоди роботи МО, для захисту МО від внутрішніх перенапруг, викликаних появою неповнофазного режиму мережі живлення, обриву або ослаблення болтових або гвинтових з'єднань струмоведучих частин, раптового провалу напруги, несанкціонованого відключення живлення, температурних перевантажень. При діагностуванні аварійних режимів в мережі, струмових ланцюгах і температурних перевантаженнях, відключення МО від мережі без пошкодження.

В даний час все діагностичне і терапевтичне МО працює за наступним способом управління: за допомогою комутаційного апарату (КА) подається харчування на МО, після чого оператор (лікар, медпрацівник) з пульта управління, розташованого на медичному апараті, приводить апарат в стан прогріву. За допомогою програмного забезпечення задається режим, час і потужність випромінювання параметра і проводиться обстеження пацієнта. Оператор під час включення КА для подачі живлення на МО та проведення обстеження не контролює технічний стан системи електропостачання, тобто цілісність струмових ланцюгів, фіксацію болтових з'єднань, стан ізоляції МО і кабельної лінії, аварійні режими в мережі живлення, рівні відхилень величин напруг мережі і струмів в навантаженні від номінальних значень. Неповнофазні режими в мережі, відхилення величин напруги від номінального значення є причиною виникнення внутрішніх поломок МО і/або отримання недостовірного результату обстеження хворого. При роботі МО важливо забезпечити узгодження всіх видів захисту МО і режимних змін в енергосистемі з метою виявлення початкового моменту виникнення аварійної ситуації та запобігання її розвитку.

Існують наступні способи захисту МО від аварій.

Тепловий спосіб захисту ("Спосіб захисту електроустановок від перегріву" патент RU № 2456731, МПК H02H5/04), в якому контролюють температуру вузла і при досягненні температури заданої величини, через перевищення величині робочого струму або напруги допустимого діапазону, відключають МО від мережі.

Спосіб захисту від аварій в електромережах реалізований пристроєм управління та захисту електрообладнання (патент RU 2461107, МПК H02H3, H02H 7/00B), у якому контролюють величини напружень, порівнюють їх з допустимими значеннями і при відхиленнях вимірюваних величин від заданих значень відключають МО від мережі.

Термочутливі або температурні способи захисту, наприклад "спосіб контролю и теплового захисту обмоток електричних машин, які працюють у запиленних середовищах" (патент UK № 107898, МПК H02H, 5/04 (2006.01) опуб. 25.02.2015, бюл. № 4 - 5 с.), в яких вимірюють величину термоопору, що змінюється в залежності від температури датчика, встановленого на вузлі МО, порівнюють набуте значення із заданою величиною і по перевищенні заданої величини судять про температурні перевантаження, сигналізують про аварійну ситуацію або відключають МО від мережі.

Максимально струмові способи захисту електрообладнання, реалізовані в пристрої захисту трифазних навантажень (патент RU № 2118029, МПК H02H), в яких вимірюють величину сили струмів в одній, двох або трьох фазах навантаження, встановлюють допустиму величину сили струму, кратну номінальній величині сили струму МО, і при перевищенні цього значення миттєво відключають електрообладнання від мережі.

Комбінований спосіб захисту "Спосіб захисту споживачів енергії мережі змінного струму від аварійних режимів роботи і пристрій для його здійснення" (патент RU № 2263382, МПК: H02H), в якому одночасно контролюють величини декількох параметрів, встановлюють черговість вимірювання контрольованих величин, встановлюють межі відхилення вимірюваних величин, порівнюють отримані значення з заданими відхиленнями і при відхиленні вимірюваної величини від заданого граничного значення відключають МО від мережі.

Недоліками існуючих способів захисту є те, що вони діють вибірково і їхні дії спрямовані на виявлення і захист електрообладнання від певного виду дефекту. Момент дії цих захистів настає після підключення електроустаткування до мережі живлення, а дія захисту здійснюється під час роботи електрообладнання та при досягненні контрольованого параметра критичної позначки. При експлуатації МО не виключається можливість підключення МО до мережі живлення при наявності неповнофазного режиму в мережі, ослабленому болтовому струмоведучому з'єднанні, обриві кола струму однієї з фаз і при величині опорі ізоляції МО і кабелю живлення нижче 0,5 МОм.

Недоліком цих способів захистів є те, що у них не проводиться виявлення причин відключення електрообладнання від мережі. У відомих захистах МО відключається від мережі без попередження при досягненні контрольованого параметра критичної позначки. Для МО, такого як РКТ, раптове відключення від мережі призводить до виникнення електрорушійної сили (ЕРС) самоіндукції, появи високої напруги на внутрішніх елементах РКТ, що приводить до поломки елементів РКТ.

Найбільш близьким технічним рішенням до винаходу, що заявляється, є спосіб, реалізований в пристрої захисту рентгенівського комп'ютерного томографа (РКТ), (позитивне рішення по заявці № 201793730 про видачу патенту № 21696 / 3У / 17 від 28.08.17), що містить включення комутаційного апарату і подачі напруги мережі до блоків вимірювання сили струмів, лінійних напруг і на силовий вхід твердотільного реле (ТТР), постійне вимірювання трьох лінійних напруг, порівняння отриманих величин з номінальними значеннями напруг. У разі рівного розподілу трьох лінійних напруг номінальних значень роблять висновок про нормальний стан мережі і після цього здійснюють включення струмового ланцюга, надіславши керуючий сигнал на ТТР. Переверяють зміну сили струму в трьох фазах і за отриманими величинами сили струму визначають величину потужності батареї конденсаторів (БК), яку підключають паралельно МО. Безупинно вимірюють силу струму в кожній фазі. Обрив одного з проводів призводить до нульового значення струму в пошкодженному проводі і збільшення сили струмів в двох непошкоджених проводах. При наявності трьох лінійних напруг і відсутності одного токового значення фіксують обрив кола струму, МО відключається від мережі.

Неповнофазний режим мережі призводить до зникнення однієї лінійної напруги і струму в одній з фаз. Відсутність однієї лінійної напруги і струму в одній з фаз свідчить про неповнофазний режим в мережі і здійснюють відключення МО від мережі.

Несанкціоноване відключення мережі призводить до зникнення трьох лінійних напруг і трьох струмів в фазах. Короткочасні провали напруги в мережі призводять до одночасного зниження рівнів напруг і струмів. При короткочасному провалі напруги до 5 мс напруга мережі залишається включеною на клеммах РКТ, розряд конденсаторів дозволяє підтримувати рівень напруги на клеммах РКТ в межах нормованого значення, з допустимим відхиленням не більше +10 %. Провал напруги, тривалість якого перевищує 5 мс, визначається як несанкціоноване відключення напруги мережі. В цьому випадку МО відключається від мережі в аварійному режимі.

До недоліків даного способу управління і захисту РКТ належать:

1. Включення комутаційного апарату і подача напруги на клеми МО проводиться без контролю наявності блокування МО від підключення до мережі, наприклад, відсутній контроль перевірки опору ізоляції та/або інших пошкоджень, що відбулися в період робочого режиму. Як відомо, процеси незворотного старіння ізоляції відбуваються під дією механічних, динамічних та теплових впливів на ізоляцію за часів роботи електрообладнання. У період технологічної паузи можливе зниження опору ізоляції через вологу, що знаходиться в повітрі. Для надійного підключення МО до мережі необхідний контроль за станом ізоляції перед включенням МО в мережу (Старіння ізоляції під дією теплових, кліматичних і механічних чинників /Електронний доступ: <http://refleader.ru/otrattyfsjge.html>.)

2. У даному способі визначення рівня провалу напруги здійснюється за діючим значенням напруги. Згідно з (Л.Р. Нейман, К.С. Демірчян, "Теоретичні основи електротехніки" М., - Л.: видавництво "Енергія", 1966, - 522 с., Том 1, с. 159) чинна напруга визначається виразом:

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int U^2 dt}$$

де - T період, для промислової частоти f=50 гц, період дорівнює 0,02 секунди або 20 мкс.

Тому, в даному способі чутливість при визначенні провалу напруги, що дорівнює 0,005 сек. (чверть періоду), не забезпечується і провести діагностування появи аварійних режимів в мережі, за період рівний 0,02 секунди, неможливо. Наявність вищих гармонійних складових у мережі призводить до неправильного визначення миттєвої складової напруги, а відповідно і його діючого значення, що призводить до некоректного визначення діючого значення напруги і неправильного визначення початкового моменту появи провалу напруги.

3. При виявленні обриву кола струму не діагностуються причини пошкодження кола струму, пов'язані з ослабленням болтових або гвинтових з'єднань, недовключення одного з полюсів комутаційного апарату, пошкодження живильного проводу та ін. Робота МО при обриві кола струму є аварійною (Правила улаштування електроустановок споживачів - Х.: Форт, 2009. - 704 с.). При виявленні початкового моменту ослаблення болтового або гвинтового струмоведучого з'єднання відключати МО від мережі не потрібно, так як процес розвитку аварій може тривати

від кількох годин до кількох місяців. Контроль за станом струмових ланцюгів та діагностуванням їх стану є важливим фактором підвищення надійної роботи МО.

4. Не визначаються причини теплового навантаження МО. Причинами, що приводять до теплового перевантаження, можуть бути: підвищена напруга в мережі, неповнофазний режим мережі, внутрішні несправності МО, надмірне забруднення повітряних фільтрів. Не у всіх випадках появи теплового навантаження МО потрібно відключати від мережі миттєво, так при забрудненні фільтрів або короткочасного підвищення напруги в мережі можна завершити обстеження хворого.

5. В даному способі діагностування аварійних ситуацій в МО і в мережі живлення проводиться окремо, що не дозволяє погоджувати черговість виявлення аварійних ситуацій як в МО, так і в мережі живлення і не проводити необґрунтованих і раптових відключень МО.

Створення багаторівневої системи діагностування та захисту МО, в якій "МО + живить мережу" розглядаються як єдиний комплекс, дозволяє усунути ці недоліки.

В основу винаходу поставлена задача розробити спосіб багаторівневого управління системою діагностики і захисту медичного обладнання, в якому введення нових операцій дозволить розглядати "МО + живить мережу" як єдиний комплекс, що дозволить визначити рівні і зони дії захистів, встановити черговість діагностування стану режимів мережі, цілісності струмових ланцюгів, болтових з'єднань, діагностувати причини теплових перевантажень МО, контролювати опір ізоляції МО до його включення в мережу і безаварійно відключати МО від мережі при виявленні аварійної ситуації, що підвищить достовірність виявлення аварійних режимів мережі живлення і забезпечить безаварійну роботу МО при обстеженні хворого.

Для вирішення поставленої задачі у способі багаторівневого управління системою діагностики і захисту медичного обладнання (МО), що містить вимірювання трьох лінійних напруг, порівняння отриманих значень з номінальною величиною, визначення неповнофазного режиму мережі живлення і блокування МО від підключення струмових ланцюгів при відсутності одного з значень лінійних напруг, вимір величин струмів фаз, визначення пошкоджень струму в колі і відключення МО від мережі живлення при відсутності сили струму в одній з них, визначення за величиною сили струму потужності батарей конденсаторів, які підключають паралельно МО, відповідно до винаходу, перед включенням МО перевіряють наявність блокування МО від включення в мережу живлення, виділяють першу гармонійну складову лінійних напруг, фіксують момент проходження миттєвого значення синусоїди напруги через нульове значення і визначають швидкість зміни фронту миттєвого значення напруги, порівнюють його із заданою величиною і при нульовому значенні швидкості зміни однієї або двох лінійних напруг визначають неповнофазний режим мережі живлення, відключають МО; при швидкості зміни напруги нижче рівня заданої величини фіксують провал напруги, визначають час тривалості провалу напруги і при досягненні тривалості провалу заданої величини відключають МО від мережі, а при швидкості зміни напруги вище рівня заданої величини фіксують підвищену напругу, визначають час тривалості підвищеної напруги і при досягненні тривалості заданої величини відключають МО від мережі; потім вимірюють температуру МО, обчислюють температуру МО, еквівалентну значенню величини сили струму, що протікає в МО, коригують обчислену величину в залежності від зміни температури навколишнього повітря, порівнюють виміряне і обчислене значення і при перевищенні встановленої температури МО, обчисленого значення, визначають забруднення фільтрів повітря, а при перевищенні виміряної і обчисленої температур допустимого значення визначають пошкодження МО і при перевищенні значень виміряної температури МО і обчисленої до допустимого значення і виявлення перевищення рівнів лінійних напруги номінального значення, визначають струмове перевантаження, пов'язане з режимом мережі, і при досягненні температури МО допустимої величини відключають МО від мережі; потім вимірюють температуру болтових з'єднань, навколишнього повітря, обчислюють температуру болтового з'єднання, еквівалентну значенню величини сили струму, що протікає в цьому болтовому з'єднанні, коригують обчислену величину в залежності від зміни температури навколишнього повітря, порівнюють виміряне значення температури болтового з'єднання з обчисленим і при перевищенні температури болтового з'єднання обчисленого значення визначають початковий момент ослаблення болтового з'єднання, а при досягненні температур болтового з'єднання допустимої величини відключають МО від мережі; крім того, при технологічному відключенні МО від мережі підключають батареї конденсаторів до клем "фаза-корпус МО", вимірюють швидкість зміни напруги на клеммах батарей конденсаторів, порівнюють отримані значення з допустимою величиною і при значенні швидкості зміни напруги на клеммах конденсаторів нижче допустимої величини визначають зниження опору ізоляції МО нижче 0,5 МОм, МО блокують від підключення до мережі живлення.

На фіг. 1 представлена логічна модель проходження сигналів управління рівнів захистів "МО + живить мережу".

На фіг. 2 представлена принципова електрична схема лабораторної установки для апробації способу багаторівневого управління системою діагностики і захисту медичного обладнання.

На фіг. 1 позначено: вузлове з'єднання під болт з датчиками контролю температури - 1, комутаційний апарат - 2, вузлове з'єднання під болт з датчиками контролю температури - 3, контроль сили струмів фаз - 4, вузлове з'єднання під болт з датчиками контролю температури - 5, вузлове болтове з'єднання з датчиками контролю температури - 6, твердотільні реле (ТТР) - 7, вузлове з'єднання під болт з датчиками контролю температури - 8, медичне обладнання з контролем температури - 9, перший рівень захисту - 10, другий рівень захисту - 11, третій рівень захисту - 12, четвертий рівень захисту - 13, блок перемикачів батарей конденсаторів - 14, мікроконтролер і управління - 15, п'ятий рівень захисту - 16 здійснення контролю швидкості розряду батареї конденсаторів, ступені батарей конденсаторів - 17, управління "Пуск" і "Стоп" - 18, управління "Блокування" і "Зняття блокування" - 19.

Вузлове болтове з'єднання з датчиками контролю температури - 1, 3, 5, 6, 8, служить для з'єднання елементів силової електричної схеми, тобто приєднання МО - 9 до ТТР - 7, ТТР до кабельної лінії, кабельної лінії до вимірювачів трансформаторів струму - 4, комутаційного апарату - 2 до живильної лінії.

Перший рівень захисту - 10 забезпечує вимір лінійних напруг мережі, виділення першої гармонійної складової лінійних напруг, формування сигналів, що надходять в мікроконтролер 15, де діагностуються нормальний і аварійний режими мережі живлення. Перед включенням МО перевіряють наявність блокування МО. Для діагностування аварійних режимів мережі живлення постійно виділяють першу гармонійну складову лінійних напруг, фіксують момент проходження миттєвого значення синусоїди через нульове значення і визначають швидкість зміни фронту миттєвого значення напруги, порівнюють його із заданою величиною і при нульовому значенні швидкості зміни одного або двох лінійних напруг визначають неповнофазний режим мережі живлення, блокують МО від підключення до мережі живлення або, в разі його роботи, відключають МО. Якщо швидкість зміни напруги нижче рівня заданої величини фіксують провал напруги, визначають час тривалості провалу напруги і при досягненні тривалості провалу заданої величини відключають МО від мережі. Якщо швидкість зміни напруги вище рівня заданої величини фіксують підвищену напругу, визначають час тривалості підвищеної напруги і при досягненні тривалості заданої величини відключають МО від мережі. Все відключення МО від мережі живлення здійснюють при проходженні синусоїди струму булевої позначки, таке відключення забезпечує ТТР - 7.

Другий рівень захисту - 11 забезпечує контроль струмів фаз, формує сигнали, що надходять в мікроконтролер 15, де діагностуються нормальний і аварійний режими струмових ланцюгів. В якому безупинно вимірюють силу струму в кожній фазі. Обрив одного з проводів призводить до нульового значення струму в пошкодженому проводі і збільшення сили струмів в двох непошкоджених проводах. При наявності трьох лінійних напруг і відсутності одного струмового значення фіксують обрив кола струму, МО відключається від мережі при проходженні синусоїди струму булевої позначки, таке відключення забезпечує ТТР - 7.

Третій рівень захисту - 12 забезпечує контроль температури МО, величин струмів фаз і рівнів напруг в мережі живлення. Отримані величини надходять в мікроконтролер 15, де діагностуються причини теплового навантаження МО. Для діагностування вимірюють температуру МО, обчислюють температуру МО, еквівалентну значенню величини сили струму, що протікає в МО, коригують обчислену величину в залежності від зміни температури навколишнього повітря, порівнюють виміряне і обчислене значення і при перевищенні встановленої температури МО обчисленого значення, визначають забруднення фільтрів повітря, а при перевищенні встановленої температури і обчисленого допустимого значення визначають пошкодження МО і при перевищенні значень виміряної температури МО і вчисленого допустимого значення і виявлення перевищення рівнів лінійної напруги номінального значення, визначають струмове перевантаження, пов'язане з режимом мережі, і при досягненні температури МО допустимої величини відключають МО від мережі.

Четвертий рівень захисту - 13 - контроль температури болтових з'єднань, температури навколишнього повітря і сили струму фаз. Отримані величини надходять в мікроконтролер 15, де діагностується початковий момент ослаблення болтового з'єднання. Для діагностування цілісності контактного з'єднання струмоведучого болтового з'єднання вимірюють температуру болтових з'єднань, навколишнього повітря, обчислюють температуру болтового з'єднання, еквівалентну значенню величини сили струму, що протікає в цьому болтовому з'єднанні,

коригують обчислену величину в залежності від зміни температури навколишнього повітря, порівнюють виміряне значення температури болтового з'єднання з обчисленим і при перевищенні температури болтового з'єднання обчисленого значення визначають початковий момент ослаблення болтового з'єднання, здійснюють сигналізацію про виникнення передаварійної ситуації. При досягненні температурою болтового з'єднання критичної величини відключають МО від мережі живлення. Відключення МО здійснюється як в попередніх випадках.

П'ятий рівень захисту - 16. Дія захисту настає при технологічному відключенні МО від мережі живлення по технологічному випадку. При цьому, перемикають батареї конденсаторів до клем "фаза-корпус МО". Збережена енергія в конденсаторах розряджається на опір ізоляції. Кожен раз при відключенні, вимірюють швидкість зміни напруги на клеммах батарей конденсаторів, порівнюють отримане значення з допустимою величиною і при значенні швидкості зміни напруги на клеммах конденсаторів нижче допустимої величини визначають зниження опору ізоляції МО нижче 0,5 мОм, в цьому випадку МО блокують від підключення до мережі живлення та вмикається відповідна сигналізація.

Управління "Пуск" і "Стоп" - 18 формує сигнал для здійснення дії, необхідного рівня захисту і включення або відключення МО.

Управління "Блокування" - 19 формує сигнали при спрацьовуванні будь-якого рівня захисту для безаварійного відключення МО від мережі живлення і не дозволяє аварійно включити МО в роботу при наявності будь-яких пошкоджень МО. "Зняття блокування" здійснюється після усунення причин пошкоджень МО або у мережі живлення та струмових кіл.

Спосіб здійснюється наступним чином:

1. Лікар або оператор дає команду на вхід системи управління блоком - 18, для підключення МО до мережі живлення.

2. Система управління МО, до якої належить мікроконтролер - 15, перед підключенням МО до мережі живлення перевіряє наявність або відсутність блокування.

3. При відсутності блокування сигнал з командного блока "Пуск" - "Стоп" подається на вхід мікроконтролерам - 15.

4. Мікроконтролер - 15 дає команду на включення першого ступеня захисту. Відсутність аварійних режимів в мережі живлення формує сигнал, який надходить на вхід мікроконтролера - 15.

5. При нормальному режимі роботи мережі живлення, мікроконтролер - 15 дає команду на включення комутаційного апарату - 2 і включення ТТР - 7. МО - 9 включається в режим роботи, наприклад обстеження хворого. Поява струмів визначає настання черговості другого ступеня захисту.

6. Функцією другого ступеня є вимірювання величин фазних струмів. За величинам яких визначається наявність цілісності струмових кіл і визначення потрібної потужності включення батарей конденсаторів паралельно МО. Це дозволяє забезпечити компенсацію реактивної потужності та мінімізувати фазовий кут зсуву між напругою та струмом, що створює сприятливі умови роботи для ТТР.

7. У процесі роботи МО - 9 постійно проводиться моніторинг зміна швидкості фронту першої гармонійної складової лінійних напруг мережі живлення, діагностуються провали, підвищення напруги або неповнофазні режими напруг в мережі живлення. При діагностиці провалу напруги, термін якого перевищує 40 мкс, в одній з лінійних напруг, розмикають струмовий ланцюг твердотільними реле в момент, коли значення фазного струму дорівнює нулю, а енергія, запасена в БК, використовується для плавного зниження рівня напруги на клеммах МО.

8. При досягненні МО усталеного режиму, який визначається для різних вузлів електропостачання величиною постійного нагріву, включається третій ступінь діагностики та захисту обладнання - температурний захист, при якому вимірюють температуру МО, температуру навколишнього середовища, величину струму. Обчислюють розрахункову температуру МО, еквівалентну силі струму, що протікає, коригують це значення в залежності від температури навколишнього повітря і порівнюють ці значення. За результатами порівняння виробляють діагностування причин теплових перевантажень МО.

9. У сталому тепловому режимі МО виробляють діагностування і прогнозування початкового моменту ослаблення болтового з'єднання і визначають час досягнення температури болтового з'єднання критичного значення - це четвертий рівень захисту.

10. При надходженні команди "Стоп" - 18, мікроконтролер - 15 включає п'ятий рівень захисту - контроль величини опору ізоляції МО та живильного кабелю. Батареї конденсаторів - 17 підключають до клем "фаза-корпус МО" і вимірюють швидкість розряду БК. Порівнюють отримане значення швидкості зміни напруги розряду конденсаторів з встановленим значенням,

яке визначає величину опору ізоляції, рівну 0,5 мОм і нижче. При досягненні контрольованими параметрами критичних значень включається МО та включається команда "Блокування".

11. Зняття блокування можливе після усунення причин, що привели до аварійного режиму та відключення МО.

5 Правильність роботи розробленого способу перевірили в лабораторних умовах. На фіг.2 наведена принципова електрична схема, де позначено:

Генератор змінного струму ПСМ АТ 50, що використаний як джерело енергії, що дозволяє отримувати трифазну напругу 0,4 кВ, потужність 35 кВт, до якого підключено Тр-р - трифазний регулятор напруги ІР-6, потужність 5,6 кВа, 50 гц, що дозволяє регулювати напругу від 0 до 380 В,

Q1 - триполюсний автомат для подачі живлення в лабораторній установці.

Q2, Q3, Q4 - однополюсні автомати, що дозволяють створювати неповнофазний режим напруги мережі живлення.

Q5, Q6, Q7 - однополюсні автомати, що дозволяють створювати обрив кола струму.

15 Q8, Q9, Q10 - однополюсні автомати для перемикання потужності батареї конденсаторів,

Ш1, Ш2, Ш3 - шунти для підключення струмових ланцюгів до приладів вимірювання, наприклад аналізатора спектра "Флюк 438" і осцилографа.

Для створення навантаження використовували індуктивно-активні елементи регульованого навантаження. Індуктивність $L=0,38$ гн, активний опір $R=36$ ом.

20 БС3-1, БС3-2, БС3-3, болтові струмоведучі з'єднання з датчиками температури, болтові з'єднання як температурні датчики, використаний жорстко закріплений до болтових з'єднань терморезистор дискового типу СТ 10-1 Д, діапазон зміни температур від $(-60 \div + 185 \text{ } ^\circ\text{C})$, значенням 300 кОм.

Черговість роботи лабораторної установки:

25 1. Вимкнули автомат Q2 - імітація неповнофазного режиму напруги мережі живлення. Відсутність лінійної напруги призвела до спрацювання сигналізації.

2. Вимкнули автомат Q5 - імітація обриву кола струму. Відсутність фазного струму призвела до спрацювання сигналізації

30 3. Зміна опору навантаження призвела до збільшення температури датчика і струму навантаження, рівні напруги в мережі залишилися незмінними. Досягнення температури датчика, встановленого на навантаженні, величини рівної $90 \text{ } ^\circ\text{C}$, призвело до спрацювання сигналізації про ушкодження елемента навантаження.

35 При симетричному навантаженні збільшили напругу мережі на 20 %, відповідно збільшилися значення струмів в фазах і температура датчика. Досягнення температури датчика величини $90 \text{ } ^\circ\text{C}$ призвело до спрацювання сигналізації про аварійний режим мережі. При встановленні номінальних значень напруги мережі і номінальних значень струмів температура навантаження досягла $80 \text{ } ^\circ\text{C}$. Забруднення фільтрів імітували, нагріваючи повітря навколо навантаження феном. Досягнення температури датчика величини, рівної $90 \text{ } ^\circ\text{C}$, призвело до спрацювання сигналізації про забруднення повітряних фільтрів.

40 4. Зміну температури болтового з'єднання, при незмінному струмовому навантаженні, здійснювали шляхом послаблення цілісності болтового з'єднання, що дозволило змінити відносну величину перехідних опорів ослабленого болтового з'єднання від значення величини опору справного болтового опору до несправного. Досягнення температури несправного болтового з'єднання значення $130 \text{ } ^\circ\text{C}$ призвело до включення сигналізації про виявлення початку ослаблення болтового з'єднання.

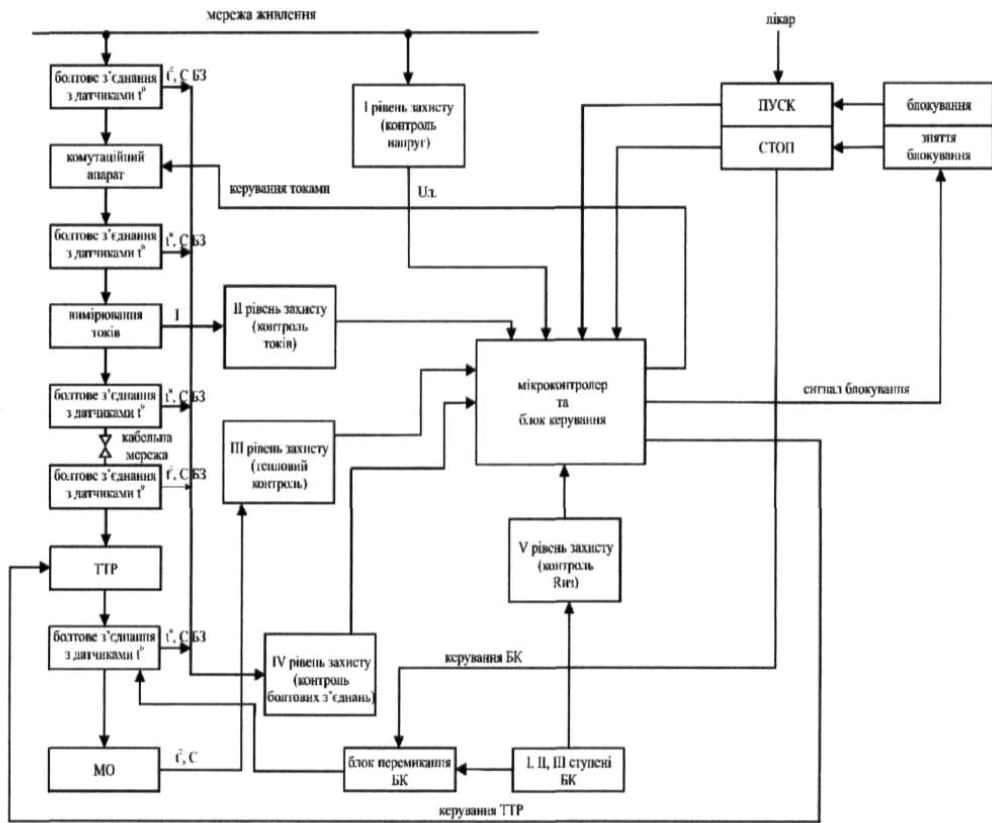
45 5. Для контролю величини опору ізоляції МО та кабельної лінії конденсаторні батареї підключали до клем "фаза-корпус МО". Провели вимір швидкості розряду конденсаторів. При величині опору ізоляції рівній 150 МОм, швидкість розряду конденсаторів становила 0,03 В/хв. Для отримання величини опору ізоляції 0,5 мОм або менш, паралельно клемам "фаза-корпус МО" під'єднали змінний резистор. При значенні величини опору ізоляції 0,5 мОм швидкість розряду конденсатора склала 8 В/с, при цьому значенні спрацювала сигналізація і блокування.

55 Використання способу багаторівневого управління системою діагностики і захисту медичного обладнання дозволило створити єдину систему, в якій "МО + живильна мережа" розглядається як єдиний комплекс. Встановлена черговість діагностування стану режимів мережі, цілісності струмових ланцюгів, болтових з'єднань, діагностування причин теплових перевантажень МО, контроль величини опору ізоляції МО. Включення МО в безаварійну мережу живлення та безаварійне відключення МО від мережі при виявленні аварійної ситуації дозволяє забезпечити безаварійну роботу МО при обстеженні хворого.

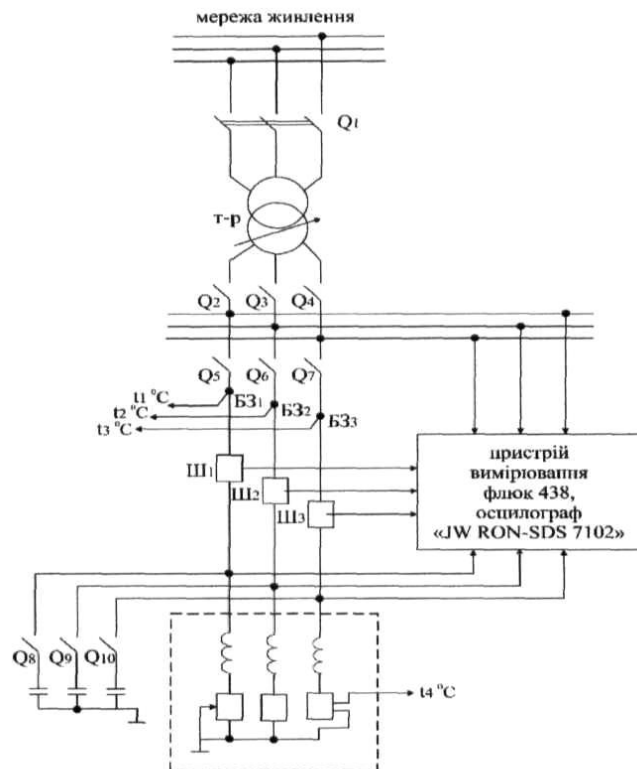
60

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб багаторівневого управління системою діагностики і захисту медичного обладнання (МО), що включає вимірювання трьох лінійних напруг, порівняння отриманих значень з номінальною величиною, визначення неповнофазного режиму мережі живлення і блокування МО від підключення струмових ланцюгів при відсутності одного зі значень лінійних напруг, вимір величин струмів фаз, визначення пошкоджень кола струму і відключення МО від мережі живлення при відсутності сили струму в одній з них, визначення за величиною сили струму потужності батарей конденсаторів, які підключають паралельно МО, який **відрізняється** тим, що перед включенням МО перевіряють наявність блокування МО від включення в мережу живлення, виділяють першу гармонійну складову лінійних напруг, фіксують момент проходження миттєвого значення синусоїди напруги через нульове значення, визначають швидкість зміни фронту миттєвого значення напруги, порівнюють його із заданою величиною і при нульовому значенні швидкості зміни одного або двох лінійних напруг визначають неповнофазний режим мережі живлення та відключають МО, а при швидкості зміни напруги нижче рівня заданої величини фіксують провал напруги, визначають час тривалості провалу напруги і при досягненні тривалості провалу заданої величини відключають МО від мережі, а при швидкості зміни напруги вище рівня заданої величини фіксують підвищений рівень напруги, визначають час тривалості підвищеної напруги і при досягненні тривалості заданої величини відключають МО від мережі, потім вимірюють температуру МО, обчислюють температуру МО, еквівалентну значенню величини сили струму, що протікає в МО, коригують обчислену величину в залежності від зміни температури навколишнього повітря, порівнюють виміряне і обчислене значення і при перевищенні встановленої температури МО, обчисленого значення, визначають забруднення фільтрів повітря, а при перевищенні виміряної і обчисленої температур допустимого значення визначають пошкодження МО і при перевищенні значень виміряної температури МО і обчисленої до допустимого значення і виявлення перевищення рівнів лінійної напруги номінального значення визначають струмове перевантаження, що пов'язане з режимом мережі, і при досягненні температури МО допустимої величини відключають МО від мережі, потім вимірюють температуру болтових з'єднань і навколишнього повітря та обчислюють температуру болтового з'єднання, еквівалентну значенню величини сили струму, що протікає в цьому болтовому з'єднанні, коригують обчислену величину в залежності від зміни температури навколишнього повітря, порівнюють виміряне значення температури болтового з'єднання з обчисленим, і при перевищенні температури болтового з'єднання обчисленого значення визначають початковий момент ослаблення болтового з'єднання, а при досягненні температури болтового з'єднання допустимої величини відключають МО від мережі, крім того, при технологічному відключенні МО від мережі підключають батареї конденсаторів до клем "фаза-корпус МО", вимірюють швидкість зміни напруги на клеммах батарей конденсаторів, порівнюють отримані значення з допустимою величиною і при значенні швидкості зміни напруги на клеммах конденсаторів нижче допустимої величини визначають зниження опору ізоляції МО нижче 0,5 мОм та блокують МО від підключення до мережі живлення.



Фіг. 1



Фіг. 2