



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **120126** (13) **C2**
(51) МПК

H02K 15/12 (2006.01)

G01R 31/34 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

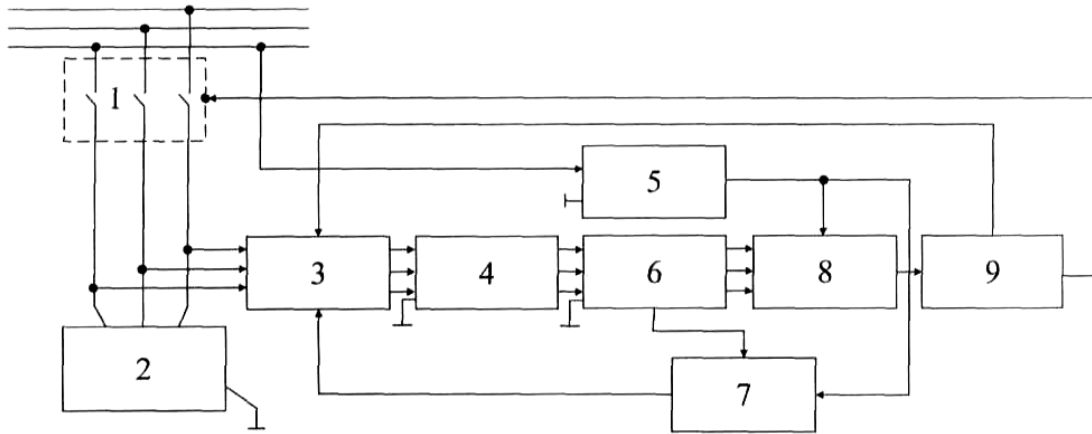
<p>(21) Номер заявки: а 2017 12353</p> <p>(22) Дата подання заявки: 13.12.2017</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.10.2019</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 25.06.2018, Бюл.№ 12</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.10.2019, Бюл.№ 19</p>	<p>(72) Винахідник(и): Кривонос Валерій Єгорович (UA), Злепко Сергій Макарович (UA), Павлов Сергій Володимирович (UA), Тимчик Сергій Васильович (UA), Кривонос Валерій Валерійович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): 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 98721 C2, 11.06.2012 SU 1309171 A1, 07.05.1987 UA 98353 C2, 10.05.2012 RU 2446546 C1, 27.03.2012 SU 741379 A1, 15.06.1980 US 5740600 A, 21.04.1998 JP 2006038688 A, 09.02.2006 EP 0038790 A1, 28.10.1981</p>
---	---

(54) ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ І ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ

(57) Реферат:

Пристрій контролю ізоляції та захисту електроустаткування належить до електротехніки, а саме до систем релейного захисту і використовується для захисту електрообладнання, що працюють на змінному струмі при локальній компенсації реактивної потужності і може бути використано для захисту медичного електрообладнання. Пристрій містить комутаційний апарат, що підключений до електроустаткування, блок конденсаторів, один з виходів якого заземлений, а три інші виходи паралельно з'єднані з трьома входами блока високоомних подільників, четвертий вхід якого також заземлений, а три виходи блока високоомних подільників з'єднані з входами мікропроцесора, четвертий вхід якого з'єднаний з блоком живлення, що з'єднаний з мережею живлення. Додатково містить блок управління, блок комутації конденсаторів, блок виділення найбільшого позитивного сигналу. При цьому вихід мікропроцесора з'єднаний з входом блока управління, виходи якого з'єднані з входом комутаційного апарата і входом блока комутації конденсаторів, три входи якого підключені до фаз, що живлять електрообладнання, а четвертий вхід - до виходу блока виділення найбільшого позитивного сигналу, три входи якого підключені до виходів блока високоомних подільників, а четвертий вхід - до блока живлення. Три виходи блока комутації конденсаторів приєднані до трьох входів блока конденсаторів. Технічним результатом є підвищення надійності і безаварійності роботи електрообладнання.

UA 120126 C2



Фиг. 1

Винахід належить до електротехніки, до систем релейного захисту і використовується для захисту електроустаткування, що працюють на змінному струмі при локальній компенсації реактивної потужності, зокрема для захисту медичного обладнання. Призначено для захисту електроустаткування від роботи при появі неповнофазного режиму мережі живлення і захисту від включення електроустаткування до живильної мережі, коли опір його ізоляції нижче 0,5 МОм.

Відомий технічний пристрій, наприклад, Авт. Свід. СРСР № 1125707 кл. H02K3/30, який дозволяє виявляти наявність дефектів ізоляції в обмотках двигунів. Цей пристрій складається з двигуна, джерела живлення, гальванометра. У даному пристрої після від'єднання двигуна від мережі під'єднують джерело незалежного живлення до однієї з фаз та корпусу двигуна й за допомогою гальванометра, увімкненого в коло джерела живлення, вимірюють струм витоку. За величиною струму витоку визначають величину опору ізоляції. Якщо величина опору ізоляції нижче за 0,5 МОм, то ізоляція обмоток двигуна для подальшої експлуатації становиться непридатною. У даному технічному рішенні вимірюють опори ізоляції виключно на момент технологічних пауз при повній зупинці двигуна.

Недоліком цього рішення є те, що вимірювання опору ізоляції проводять після повної зупинки двигуна або від'єднання устаткування від живильної мережі. У даному технічному рішенні потрібне джерело живлення та гальванометр, які необхідно під'єднати до фази й корпусу двигуна після його зупинки, щоб проводити вимірювання сталого струму витоку й обчислювати величину опору ізоляції.

Відомий пристрій сушіння ізоляції обмоток двигуна Авт. Свід. СРСР № 1309171, H02K15/12. Даний пристрій складається з двигуна, комутаційного блока з пускачем, блока вимірювання опору ізоляції, блока порівняння, джерела живлення, програмного блока й джерела низьковольтної напруги.

У цьому пристрої після від'єднання двигуна від живильної мережі, комутаційний блок під'єднує блок вимірювання опору ізоляції з блоком порівняння опору ізоляції до обмоток двигуна та під'єднує джерело живлення. При зменшенні величини опору ізоляції нижче заданого рівня під'єднується програмний блок. Програмний блок подає сигнали комутаційному блоку на під'єднання обмоток двигуна до мережі або до низьковольтного джерела живлення. Після досягнення величини опору ізоляції нижче за 0,5 МОм програмний блок блокує під'єднання двигуна до живильної мережі.

Недоліком даного технічного рішення є те, що контроль стану ізоляції можливий тільки під час технологічної паузи після зупинки двигуна та під'єднання джерела живлення до фази й корпусу. Для вимірювання опору ізоляції потрібне незалежне джерело живлення, додаткова комутаційна апаратура. Виявлення неповнофазних режимів одно- й двофазних замикань у живильній мережі, мінімального спаду напруги при роботі двигуна в даному пристрої неможливо.

Найбільш близьким технічним рішенням до заявленого пристрою є пристрій, "Пристрій контролю та захисту електроустаткування" (Пат. UA №98721 МПК H02K15/12 (2006.01) G01R31/34), що складається з електродвигуна, пускача, комутаційного блока, блока живлення, блока конденсаторів, блока високоомних подільників, мікропроцесорного блока. При цьому три входи блока конденсатора під'єднано до фаз, що живлять двигун, а четвертий - заземлений. Три виходи його під'єднані до трьох входів блока високоомних подільників, четвертий вхід цього блока заземлений, а три його виходи приєднані до входів мікропроцесорного блока, вихід якого під'єднаний до одного входу комутаційного блока, другий вхід якого під'єднаний до фази живильної мережі, а вихід під'єднаний до пускача двигуна, блок живлення входом під'єднаний до фази живильної мережі, а виходом - до мікропроцесорного блока.

У робочому режимі вимірюють рівні напруг на клеммах конденсаторів при відсутності напруги на одному з конденсаторів виявляють неповнофазний режим в мережі живлення. При відключенні електроустаткування від мережі живлення вимірюють швидкість зниження напруги на клеммах конденсаторів, і за отриманою величиною швидкості розряду конденсатора судять про стан електричної ізоляції кабельної лінії та електроустаткування.

Недоліком даного пристрою є те, що при відключенні електроустаткування від мережі живлення конденсатори залишаються підключеними до активно-індуктивних елементів електроустаткування, наприклад, статорні обмотки електродвигуна. При симетричній напрузі мережі алгебраїчна сума залишкової напруги на клеммах конденсаторів, залишеними включеними до активно-індуктивного навантаження, дорівнює нулю. При наявності несиметрії напруг в мережі живлення на клеммах конденсаторів залишиться напруга, викликана наявністю несиметрією напруг в мережі, яка докладена до послідовно з'єднаних активно-індуктивних елементів електроустаткування, опору ізоляції "фаза-корпус" і вузла заземлення конденсаторів.

При величині коефіцієнта несиметрії в мережі рівному 2,5 % величина цієї напруги дорівнює кілька мілівольт, що недостатньо для контролю ізоляції.

В основу винаходу поставлена задача: розробити можливість контролювати стан ізоляції незалежно від несиметричних режимів напруг мережі живлення, що дозволяє підвищити достовірність виявлення аварійного стану ізоляції електроустаткування незалежно від несиметричного режиму напруги мережі живлення. Пристрій контролю стану ізоляції та захисту електрообладнання, в якому за рахунок введення нових блоків та їх взаємозв'язку досягається достовірність контролю стану ізоляції електроустаткування.

Для вирішення поставленої задачі пристрій контрольної ізоляції та захисту електроустаткування, що містить комутаційний апарат, з підключенням до електроустаткування, блок конденсаторів, один з виходів якого заземлений, в три виходи паралельно з'єднані з трьома входами блока високоомних подільників, четвертий вхід якого також заземлений, а три його виходи з'єднані з входами мікропроцесором, четвертий вхід якого з'єднаний з блоком живлення, з'єднаним з мережею живлення, відповідно у винахід додатково введені блок управління, блок комутації конденсаторів, блок виділення найбільшого позитивного сигналу, при цьому вихід мікропроцесора з'єднаний з блоком управління, вихід якого з'єднаний з комутаційним апаратом і блоком комутації конденсаторів, три входи якого підключенням до фаз, що живлять електроустаткування, четвертий - до виходу блока виділення найбільшого позитивного сигналу з трьома входами, підключеними до виходів блока високоомних подільників, а четвертим входом - до блока живлення, крім того, три виходи блока комутації конденсаторів під'єднані до трьох входів блока конденсаторів.

Суть винаходу пояснюється схемами, представленими на кресленнях.

На схемі Фіг. 1 наведена блок-схема пристрою, на Фіг. 2 наведено програмний алгоритм роботи мікропроцесора.

Пристрій містить комутаційний апарат 1, електроустаткування 2, блок комутації конденсаторів 3, блок конденсаторів 4, блок живлення 5, блок високоомних подільників 6, блок виділення найбільшого позитивного напруги 7, мікропроцесора 8, блок управління 9.

На Фіг. 2 позначено: U_{-} - допустима величина зниження напруги, V_{-} - допустима швидкість зниження напруги на клеммах батареї конденсатора, Δt_1 - інтервал опитування датчиків в період робочого електрообладнання, Δt_2 - інтервал опитування датчиків в період технологічної паузи.

Електроустаткування 2 і кабель живлення (Фіг. 1) підключені до мережі живлення через комутаційний апарат 1. Паралельно електроустаткування 2 до кожної фази підключені входи однополюсних пускачів блока комутації конденсаторів 3, до виходів однополюсних пускачів до кожної фази під'єднаний конденсатор (блок конденсаторів 4), тип MER-1000B 0,022 мкф. з заземленням загальної точки. До клем конденсаторів блока 4 приєднані входи блока високоомних подільників 6, як подільник використані резистори 25 МОм у верхньому плечі й 330 КОм у нижньому плечі. Загальна точка нижнього плеча заземлена. Напруга з нижніх резисторів високоомного подільника надходить на вхід мікропроцесора 8. Ця ж напруга надходить на вхід блока виділення найбільшої позитивної напруги 7. Блок виділення найбільшої позитивної напруги 7 виконаний трьома компараторами на базі операційних підсилювачів, наприклад Іm358, опорна напруга вибрана такої величини, що при вхідних позитивних напругах спрацьовує проміжне реле, підключаючи один конденсатор з найбільшою напругою до однієї з фаз. Конденсатор з найбільшим позитивним напруженням розряджається в електричному ланцюгу, одним з елементів якої є опір ізоляції електроустаткування 2 і кабелю живлення. Мікропроцесора 8, за який використано, наприклад, мікросхема АТmega88 фірми Atmel. Виходи мікропроцесора 8 під'єднані до входів блока управління 9. У блоці управління 9, в якому використані виконавчі реле з лампами сигналізації, які підключені до виходів мікропроцесора 8, кнопок "Пуск" і "Стоп" для управління електроустаткуванням. Контакти виконавчих реле під'єднані до операційних кіл комутаційного апарата 1 і однополюсним пускачів блока комутації конденсаторів 3.

Робота запропонованого пристрою розглянуто для контролю зміни стану ізоляції електроустаткування, наприклад, асинхронний електродвигун та живильний кабель під час технологічних пауз й захисту електроустаткування від обриву фази, одно- і двофазних замикань у мережі.

Режими управління та захисту електрообладнання пояснює програмний алгоритм роботи мікропроцесора, Фіг. 2.

Технологічний цикл роботи електроустаткування настає при натисканні кнопки "Пуск" блока управління 9. Сигнали надходять в операційні ланцюги комутаційного апарата 1 і блока комутації конденсаторів 3. Електроустаткування підключається до мережі, а блок конденсаторів підключається паралельно електроустаткуванню для компенсації реактивної потужності. На

клеммах конденсаторів (блок конденсаторів 4) з'являється напруга. Під дією цієї напруги блок високоомних подільників 6 формує сигнали, що надходить на входи мікроконтролера 8. Програмне забезпечення мікропроцесора 8 дозволяє вимірювати миттєві значення напруги на кожному з конденсаторів та провести обчислення діючих значень прямої й зворотної послідовностей напруги, розрахувати коефіцієнт несиметрії напруги. За отриманим значенням виявляються мінімальний спад напруги (нижча ніж на 20 % від номінального значення), одно-, двофазні замикання в мережі на землю з точною вказівкою фази, а також міжфазні короткі замикання й обрив фази. Отримані результати обчислення порівнюються з завданими значеннями. Результати порівнянь приводять до формування сигналу на виході мікропроцесора 8, цей сигнал надходить в блок управління 9. При виявленні аварійного режиму в мережі живлення блок управління 9 включає сигналізацію про аварійний режим, а сигнал на відключення електроустаткування в першу чергу надходить в блок комутації конденсаторів 3, що в першу чергу відключаються від мережі блока конденсаторів 4, в другу чергу вимикають електроустаткування. На клеммах кожного конденсатора залишається напруга значення, і знак якої визначається вектором миттєвого значення напруги мережі на момент відключення конденсаторів від мережі. У другу чергу сигнал з блока управління 9 надходить в операційні ланцюги комутаційного апарата 1, здійснюються відключення електроустаткування 2 від мережі. Залишкова напруга на клеммах конденсаторів надходить через блок високоомних подільників 6 на блок виявлення найбільшої напруги 7. У блоці 7 виявляється із конденсаторів найбільша напруга. Після відключення електроустаткування 2 комутаційним апаратом 1 і виявленні конденсатора з найбільшою напругою однополюсний пускач підключає цей конденсатор до фази електроустаткування. У разі виявлення двох однакових за величиною та полярності напруг на клеммах конденсаторів вибирається один з конденсаторів, який підключається до фази. Відбувається розряд конденсатора через елементи електроустаткування і опору ізоляції, вимірюється час розряду і величина падіння напруги на клеммах конденсатора за цей термін часу та розраховується швидкість розряду конденсатора. За швидкістю розряду конденсатора проводиться оцінка стану ізоляції.

Розглянемо режим технологічної паузи.

Сигнал на відключення електроустаткування здійснюється кнопкою "Стоп" блока управління 9. В першу чергу сигнал надходить в блок комутації конденсаторів 3. Конденсатори (блок конденсаторів 4) в першу чергу відключаються від мережі. На клеммах кожного конденсатора залишається напруга величина і знак, якого визначається вектором миттєвої напруги мережі на момент відключення конденсаторів від мережі. У другу чергу сигнал з блока управління 9 надходить в операційні ланцюги комутаційного апарата 1, проводиться відключення електроустаткування від мережі живлення. Залишкова напруга на клеммах конденсаторів надходить через блок високоомних подільників 6 на блок виявлення найбільшої напруги 7. У блоці 7 виявляється із конденсаторів найбільшу напругу. Після виявлення конденсатора з найбільшим напруга однополюсний пускач підключає цей конденсатор до фази. Відбувається розряд конденсатора і вимірюється час, й величина падіння напруги на клеммах конденсатора за цей період та розраховується швидкість розряду конденсатора.

За швидкістю зміни напруги визначаються стан ізоляції електроустаткування, а також й кабелю, що живить його. Це можливо так, як під час технологічної паузи еквівалентний опір ізоляції електроустаткування + опір ізоляції кабелю під'єднані послідовно конденсатору, який має найбільшу напругу і створюється замкнутий ланцюг для розряду конденсатора. Паралельно конденсатору (блок конденсаторів 4), підключений високоомний подільник (блок 6) сигнали, з якого надходять на входи мікропроцесора 8.

При доброму стані ізоляції електроустаткування й живильного кабелю їх опір прагне до нескінченності, в цьому випадку швидкість розряду конденсатора зумовлена величиною струму розряду, ця величина визначена в основному значенні опорів високоомного подільника 6.

При отриманні дефекту або природного старіння ізоляції опір прагне до нульового значення, а струм розряду конденсатора - до нескінченності. Швидкість зміни напруги стає максимальною та зумовлена розрядом конденсаторів блока 4 на опір ізоляції. Енергія, яку запасли в конденсаторах, після від'єднання електроустаткування від мережі, перетворюється у теплову енергію, виділену на нагрів опорів високоомних подільників. Повний розряд конденсаторів настає протягом декількох секунд, це гарантує безпеку роботи пристрою.

Розглянемо характерні випадки зміни опору ізоляції електроустаткування та живильного кабелю.

1. Опір ізоляції електроустаткування й кабелю справні. Після режиму роботи електроустаткування його ізоляція знаходиться у сухому стані, якщо ізоляція знаходиться в справному стані опір ізоляції прагне до нескінченності, а швидкість розряду конденсатора

зумовлена струмом розряду, величина якого визначена величиною опорів високоомного подільника блок 6. Враховуючи маленьку величину струму розряду, швидкість розряду конденсатора незначна.

2. Під час роботи електроустаткування незворотні процеси старіння його ізоляції й живильного кабелю протікають значно інтенсивніше, ніж старіння ізоляції конденсатора в блоці конденсаторів 4. Опір ізоляції електроустаткування зменшується. При технологічній паузі конденсатори розряджуються через паралельно сполучені опори ізоляції електроустаткування + кабелю й опору високоомного подільника. Якщо величини опорів приблизно однакові, то струм розряду збільшується вдвічі. Швидкість падіння напруги на конденсаторі у два рази вище, ніж у попередньому випадку і він розрядиться за значно менший час.

3. Зниження опору ізоляції електроустаткування, нижче за припустимий (0,5 МОм), призведе до критичної швидкості падіння напруги на конденсаторах та на виході мікропроцесора 8 формується сигнал для блокування електроустаткування від під'єднання його до живильної мережі.

15 Перевірка працездатності роботи пристрою здійснено таким чином.

У лабораторних умовах створена модель мережі: знижувальний трифазний трансформатор 5 кВт, 380/220 В як електроустаткування використано трифазний двигун потужністю 1,2 кВт, напругою 220 В, 1450 об./хв., обмотки з'єднані "трикутником". Вимірювання опору ізоляції здійснено мегомметром 1000 В. Опір ізоляції обмоток двигуна склав значення більш ніж 100 20 МОм - ізоляція знаходиться в справному стані.

Імітацію зниження опору ізоляції двигуна до позначки нижче ніж 0,5 МОм здійснено ввімкненням постійного резистора між фазами двигуна та його корпусом. Пристрій упевнено провів вимірювання опору ізоляції і протягом двох секунд після від'єднання живлення блокував включення двигуна.

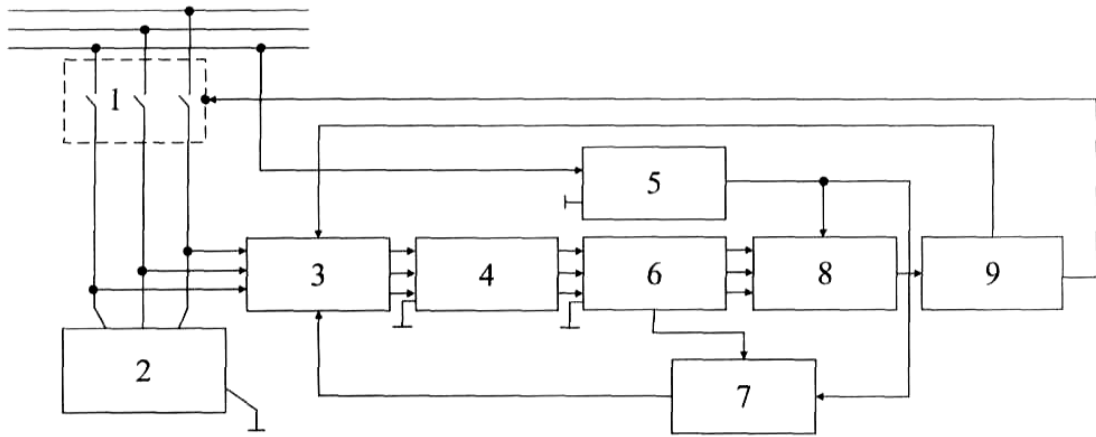
25 Під час роботи двигуна по чергово від'єднували одну з фаз (імітація обриву фази), пристрій протягом 1-2 секунд проводять зупинку двигуна з відповідною сигналізацією. Від'єднання двох фаз також приводить до від'єднання двигуна від мережі й вмиканням відповідної сигналізації. При спаду напруги нижче ніж 20 % від номінального значення двигун відмикається від мережі.

30 Таким чином, при локальній компенсації реактивної потужності контроль рівнів напруг на клеммах конденсаторів в робочому режимі електрообладнання дозволяє діагностувати аварійні режими в мережі живлення і своєчасно захистити електроустаткування. У момент настання технологічної паузи використання енергії, запасеної в конденсаторах дозволяє контролювати стан ізоляції електроустаткування та кабелю живлення без додаткового джерела живлення. Використання винаходу підвищує надійність і безаварійність роботи електроустаткування.

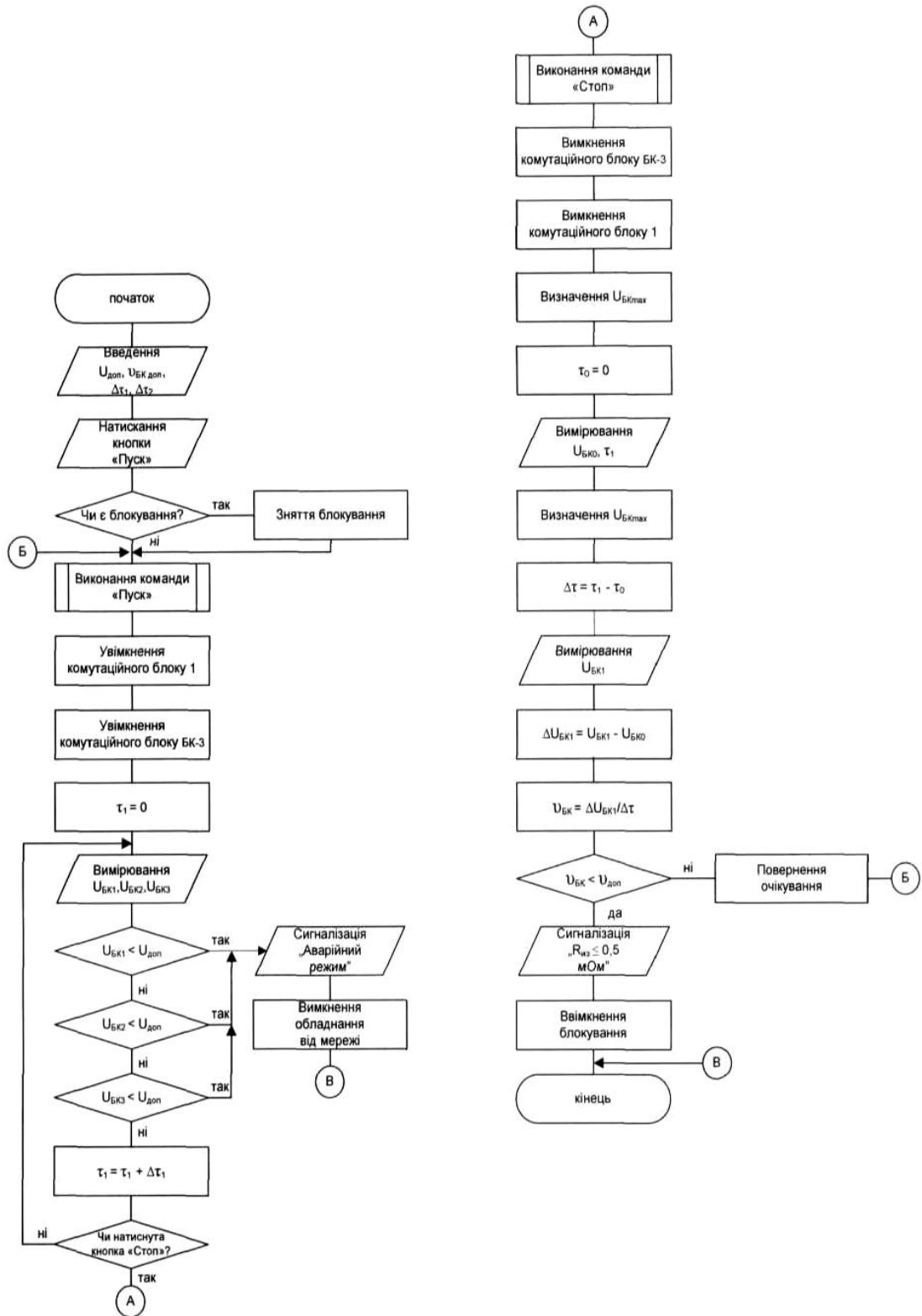
35

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

40 Пристрій контролю стану ізоляції і захисту електроустаткування, що містить комутаційний апарат, що підключений до електроустаткування, блок конденсаторів, один з виходів якого заземлений, а три інші виходи паралельно з'єднані з трьома входами блока високоомних подільників, четвертий вхід якого також заземлений, а три виходи блока високоомних подільників з'єднані з входами мікропроцесора, четвертий вхід якого з'єднаний з блоком живлення, що з'єднаний з мережею живлення, який **відрізняється** тим, що додатково містить блок управління, блок комутації конденсаторів, блок виділення найбільшого позитивного 45 сигналу, при цьому вихід мікропроцесора з'єднаний з входом блока управління, виходи якого з'єднані з входом комутаційного апарата і входом блока комутації конденсаторів, три входи якого підключені до фаз, що живлять електрообладнання, а четвертий вхід - до виходу блока виділення найбільшого позитивного сигналу, три входи якого підключені до виходів блока високоомних подільників, а четвертий вхід - до блока живлення, крім того, три виходи блока 50 комутації конденсаторів приєднані до трьох входів блока конденсаторів.



Фиг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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