



УКРАЇНА

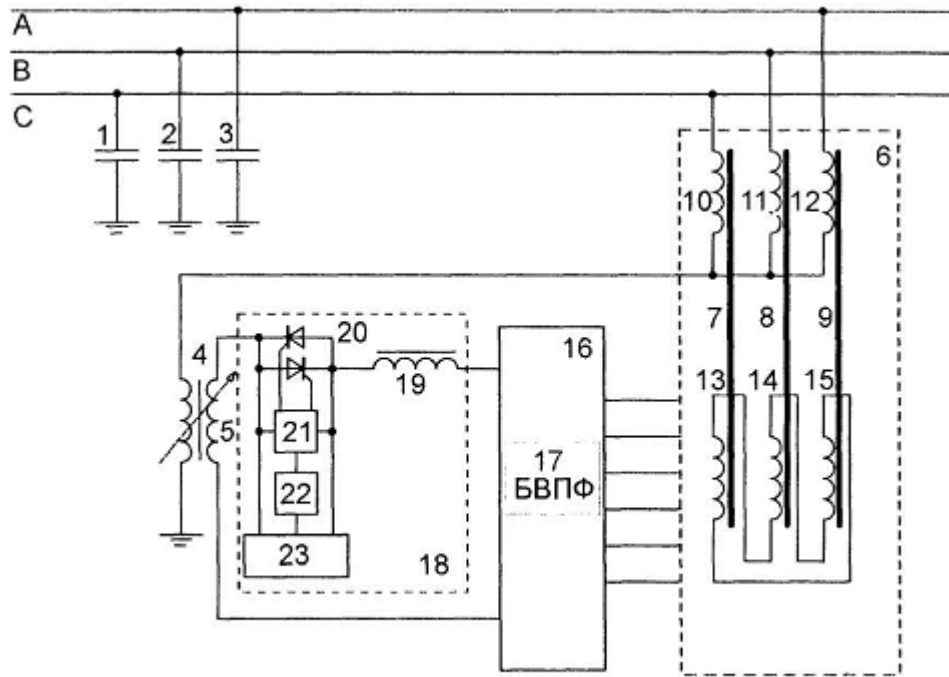
(19) **UA** (11) **102476** (13) **C2**
(51) МПК**H02H 9/08** (2006.01)**H02H 3/16** (2006.01)**H02J 3/16** (2006.01)ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

(21) Номер заявки: а 2012 05468	(72) Винахідник(и): Іванілов Борис Юрійович (UA), Целуєвський Юрій Миколайович (UA)
(22) Дата подання заявки: 03.05.2012	
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.07.2013	(73) Власник(и): Іванілов Борис Юрійович, вул. Артема, 118-а, кв. 136, м. Донецьк, 83048 (UA)
(41) Публікація відомостей про заявку: 26.11.2012, Бюл.№ 22	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: SU 813587 A1, 18.03.1981 Ефимов Ю.К., Обабков В.К., Целуевский Ю.Н., Шишкина О.Г. Система автоматического подавления дуговых замыканий в сетях собственных нужд энергоблоков 500 МВт // Электрические станции - 1992. - №5. - С. 71-75. SU 792474 A1, 30.12.1980 SU 845216 A1, 17.07.1981 SU 1737615 A1, 30.05.1992 SU 1376169 A1, 23.02.1988
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.07.2013, Бюл.№ 13	

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПОВНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ ОСНОВНОЇ ГАРМОНІКИ СТРУМУ ОДНОФАЗНОГО ЗАМИКАННЯ**(57) Реферат:**

Винахід належить до області електроенергетики й призначений для використання у високовольтних мережах з компенсованою нейтраллю. Пристрій для повної компенсації основної гармоніки струму однофазного замикання містить дугогасильний реактор, трансформаторний пристрій для підключення до нейтралі мережі, фазорегульований дросель, підключений до трифазного комутаційного пристрою із блоком вибору ушкодженої фази, складеного із двох груп по три комутаційних елемента, у кожній з яких перші виводи комутаційних елементів підключені до обмоток трансформаторного пристрою, а другі виводи комутаційних елементів з'єднані між собою в межах групи і з'єднані другі виводи першої групи комутаційних елементів підключені до першого виводу фазорегульованого дроселя, при цьому трансформаторний пристрій для підключення до нейтралі мережі являє собою трифазний тристрижневий трансформатор з виведеною нульовою точкою первинної обмотки, з'єднаної в зірку, і із вторинними обмотками, одна з яких з'єднана в трикутник, дугогасильний реактор, включений між згаданою нульовою точкою первинної обмотки й землею, оснащений вторинною обмоткою, один з виводів якої підключений до другого виводу фазорегульованого дроселя, а інший вивід - до з'єднаних між собою других виводів другої групи комутаційних елементів. Технічний результат полягає в зниженні матеріалоємності за рахунок зниження тої частини потужності, призначеної для компенсації активної складової, що витрачається на компенсацію ємнісної складової, забезпечуючи цим додаткове зниження матеріалоємності, поліпшення динаміки настроювання завдяки ослабленню взаємовпливу настроювань по ємнісній і активній складових, а також зниження вимоги до швидкодії пристрою.

UA 102476 C2



Фиг. 1

Винахід належить до області електроенергетики й призначений для використання у високовольтних мережах з компенсованою нейтраллю.

Відомий пристрій для компенсації активного струму замикання на землю (АС СРСР №792474, М.Кл³ H02H 1/02, H02H 3/16), що містить приєднувальний трансформатор, у нейтраль якого включений основний компенсаційний дросель з підмагнічуванням, додатковий дросель із підмагнічуванням, робоча обмотка якого послідовно з'єднана з додатковою робочою обмоткою основного компенсаційного дроселя, а також блок вибору фаз, причому послідовно з'єднані робоча обмотка додаткового дроселя й додаткова робоча обмотка компенсаційного дроселя підключені через блок вибору фаз до вторинної обмотки приєднувального трансформатора, з'єднаної у трикутник.

Недоліком даного пристрою є застосування дроселів з підмагнічуванням, для яких характерні, зокрема, нелінійність, що призводить до стрибкоподібного резонансу й несталості, підвищені активні втрати й матеріалоємність, а також інерційність, що знижує швидкодію пристрою. Більше того, повній компенсації струму однофазного замикання відповідає недокомпенсація по реактивній складовій, тобто, робота на ділянці резонансної кривої саме з боку стрибкоподібного резонансу, що робить пристрій непрацездатним ні в якому режимі, крім низькоомного замикання на землю. У випадку застосування дроселів з поперечним підмагнічуванням додатковим недоліком буде складність і не технологічність конструкції, а у випадку застосування дроселів з поздовжнім змушенням підмагнічуванням - необхідність застосування потужного джерела струму підмагнічування, дроселя або LC-фільтра в колі підмагнічування, порівняних по потужності із самим реактором, а також додатковий ріст інерційності пристрою й активних втрат у ньому. Якщо ж застосувати дроселі з поздовжнім вільним підмагнічуванням, то виникають додаткові значні труднощі при роботі в режимі переміжного дугового замикання, тому що в цьому режимі різкі зміни напруги на дроселях, які мають місце (внаслідок дугових пробів), трансформуються в коло підмагнічування, роблячи струм підмагнічування й індуктивність цих дроселів невизначеними.

Відомий пристрій для компенсації повного струму однофазного замикання на землю (АС СРСР №813587, М. Кл³ H02J 3/18), що містить дугогасильний реактор, між земляним виводом якого й землею включений однофазний залежний інвертор, що живиться від керованого випрямляча.

Його недоліком є наявність гальванічного зв'язку з високовольтною мережею, що вимагає організації відповідних захистів, а також необхідність трифазного джерела з ізолюваною нейтраллю для живлення керованого випрямляча.

Найбільш близькою до винаходу, що заявляється, є система автоматичного придушення дугових замикань у мережах власних потреб енергоблоків 500 МВт (Електричні станції, №5, 1992, с 71-75), що містить дугогасильний реактор і трансформаторний пристрій у вигляді трансформатора Бауха для підключення до нейтралі мережі, до розімкнутого трикутника вторинних обмоток якого підключений основний фазорегульований дросель як дугогасильний реактор. Крім того, для компенсації активної складової в цьому пристрої передбачений додатковий фазорегульований дросель, підключений до трифазного комутаційного пристрою із блоком вибору пошкодженої фази, функцією якого є підключення додаткового фазорегульованого дроселя до однієї з обмоток розімкнутого трикутника трансформатора Бауха (трансформаторного пристрою), а саме, до обмотки, розташованої на стрижні фази, що випереджає пошкоджену фазу; при цьому трифазний комутаційний пристрій складається із двох груп по три комутаційних елементи, другі виводи яких в межах кожної із груп з'єднані між собою, з'єднані другі виводи комутаційних елементів першої групи підключені до фазорегульованого дроселя, а перші виводи - до виводів обмоток, що утворюють розімкнутий трикутник у трансформаторі Бауха.

Недоліком цього пристрою є підвищена матеріалоємність, обумовлена застосуванням трансформатора Бауха, що має п'ятистріжневий магнітопровід, а напруга на його первинних обмотках може досягати подвоєної фазної напруги мережі. Ця обставина обмежує доцільність застосування пристрою-прототипу короткими мережами (наприклад, мережами власних потреб електростанцій). Крім того, використання для компенсації активної складової струму несиметрії з фазою, що випереджає фазу ЕДС пошкодженої фази, означає, що в точці точного настроювання контур нульової послідовності мережі не буде настроєний у резонанс, тому що від нього буде потрібно здійснювати фазовий зсув напруги нейтралі на 30°. У результаті, частина потужності, призначеної для компенсації активної складової, буде витрачатися на компенсацію емнісної складової, що призведе до додаткового збільшення матеріалоємності пристрою, а також до погіршення динаміки настроювання компенсації через взаємовплив настроювань по емнісній і активній складових. Виникаюча при цьому істотна взаємна залежність

настроювань компенсації ємнісної й активної складових ускладнює динаміку автонастройки. Також, відсутність точного резонансного настроювання підвищує вимоги до швидкодії пристрою, оскільки попереднє настроювання контуру нульової послідовності мережі в нормальному режимі із заданою досить значною розстройкою, що залежить, до того ж, і від добротності цього контуру, є важко-досяжним, і тому завершувати настроювання прийдеться вже після виникнення замикання.

В основу запропонованого винаходу поставлена задача зниження матеріалоемності й додаткового вдосконалення пристрою для повної компенсації основної гармоніки струму однофазного замикання за рахунок зниження тої частини потужності, призначеної для компенсації активної складової, що витрачається на компенсацію ємнісної складової, забезпечуючи цим додаткове зниження матеріалоемності, поліпшення динаміки настроювання завдяки ослабленню взаємовпливу настроювань по ємнісній і активній складових, а також зниження вимоги до швидкодії пристрою.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в пристрої для повної компенсації основної гармоніки струму однофазного замикання, що містить дугогасильний реактор, трансформаторний пристрій для підключення до нейтралі мережі, фазорегульований дросель, підключений до трифазного комутаційного пристрою із блоком вибору пошкодженої фази, складеного із двох груп по три комутаційних елементи, у кожній з яких перші виводи комутаційних елементів підключені до обмоток трансформаторного пристрою, а другі виводи комутаційних елементів з'єднані між собою в межах групи, і ці з'єднані другі виводи першої групи комутаційних елементів підключені до першого виводу фазорегульованого дроселя, згідно з винаходом, трансформаторний пристрій для підключення до нейтралі мережі являє собою трифазний тристрижневий трансформатор з виведеною нульовою точкою первинної обмотки, з'єднаної в зірку, і із вторинними обмотками, одна з яких з'єднана в трикутник, дугогасильний реактор, включений між згаданою нульовою точкою первинної обмотки й землею, оснащений вторинною обмоткою, один з виводів якої підключений до другого виводу фазорегульованого дроселя, а інший вивід - до з'єднаних між собою других виводів другої групи комутаційних елементів.

Крім того, трифазний тристрижневий трансформатор має вторинну обмотку, з'єднану в зірку з виведеною нульовою точкою, а в трифазному комутаційному пристрої перші виводи комутаційних елементів першої й другої груп з'єднані з фазними виводами фаз даної вторинної обмотки й блоком вибору пошкодженої фази таким чином, що спрацьовування блока вибору пошкодженої фази замикає в кожній групі комутаційний елемент, підключений до фазного виводу тої фази, з'єднаної в зірку вторинної обмотки, що намотана на стрижні фази первинної обмотки, відповідно, що відстає від пошкодженої й випереджає пошкоджену фазу.

Крім того, у трифазному комутаційному пристрої перші виводи комутаційних елементів першої й другої груп з'єднані з виводами з'єднаної в трикутник вторинної обмотки й блоком вибору пошкодженої фази таким чином, що спрацьовування блока вибору пошкодженої фази замикає в кожній групі комутаційний елемент, підключений, відповідно, до першого й другого виводів тої фази, з'єднаної в трикутник вторинної обмотки, що намотана на стрижні фази первинної обмотки, що випереджає пошкоджену фазу.

Крім того, в трифазному комутаційному пристрої перші виводи комутаційних елементів першої й другої груп з'єднані з виводами з'єднаної в трикутник вторинної обмотки й блоком вибору пошкодженої фази таким чином, що спрацьовування блока вибору пошкодженої фази замикає в кожній групі комутаційний елемент, підключений, відповідно, до першого й другого виводів тої фази, з'єднаної в трикутник вторинної обмотки, що намотана на стрижні фази первинної обмотки, що відстає від пошкодженої фази.

На фіг. 1 показана принципово-функціональна схема пристрою, на фіг. 2 - приклад векторної діаграми роботи пристрою по п. 2 формули винаходу при замиканні на землю фази А, на фіг. 3 - функціонально-принципова схема трансформаторного пристрою для підключення до нейтралі й трифазного комутаційного пристрою для випадку реалізації пристрою по п. 2 формули винаходу, на фіг. 4 - функціонально-принципова схема трансформаторного пристрою для підключення до нейтралі й трифазного комутаційного пристрою для випадку реалізації пристрою по пп. 3, 4 формули винаходу, на фіг. 5 і 6 - векторні діаграми роботи пристрою по пп. 3, 4 формули винаходу відповідно, при замиканні на землю фази А.

На фіг. 1 позначені: мережа з ємностями 1, 2 і 3 фаз щодо землі, дугогасильний реактор 4 із вторинною обмоткою 5, трансформаторний пристрій 6 для підключення до нейтралі зі стрижнями 7, 8 і 9, первинними обмотками 10, 11 і 12, вторинними обмотками 13, 14 і 15, з'єднаними в трикутник, трифазний комутаційний пристрій 16 із блоком 17 вибору пошкодженої фази, що, і фазорегульований дросель 18, що містить котушку індуктивності 19,

двонаправлений тиристорний (симісторний) ключ 20, формувач відмикаючих імпульсів 21, елемент витримки часу 22 і датчик запирання тиристорів 23.

На фіг. 2, 5, 6 позначені: 24 і 25 - вектори напруги зсуву нейтралі й струму несиметрії, створюваного при компенсації активної складової; 26, 27, 28 - вектори фазних ЕДС, відповідно, фаз А, В і С; 29 - вектор лінійної напруги мережі між непошкодженими фазами; 30 - годограф положень вектора напруги зсуву нейтралі мережі при струмі несиметрії, що відповідає вектору 25 і зміні індуктивності дугогасильного реактора 4 у широких межах.

На фіг. 3, 4 позначені: 31, 32, 33 - перша група ключів трифазного комутаційного пристрою, 34, 35, 36 - друга група ключів, 37, 38, 39 - вторинна обмотка трансформаторного пристрою 6, з'єднана в зірку з виведеною нейтраллю.

Пристрій працює в такий спосіб.

Дугогасильний реактор 4, підключений між нейтраллю мережі й землею за допомогою трансформаторного пристрою 6, при відповідному настроюванні забезпечує компенсацію емнісної складової струму однофазного замикання на землю. Трансформаторний пристрій 6 для підключення до нейтралі, що являє собою тристрижневий приєднувальний трансформатор з виведеним нулем первинних обмоток 10, 11, 12 і із вторинною обмоткою 13, 14, 15, з'єднаною в трикутник, має значно меншу матеріалоемність, чим трансформатор Бауха в прототипі, оскільки має три стрижні (замість п'яти в прототипі), а первинні обмотки на цих стрижнях розраховані на однократну (а не дворазову в прототипі) фазну напругу, чим досягається поставлена задача винаходу. Щоб зберегти при цьому наявну в прототипі функціональну можливість компенсації активної складової, при виникненні однофазного замикання блок 17 вибору пошкодженої фази замикає по одному з комутаційних елементів у кожній із груп 31-33 і 34-36, відповідно до таблиці.

Таблиця

Реалізація за пунктами формули винаходу	Пошкоджена фаза		
	А	В	С
2	31,34	32,35	33,36
3	31,36	33,34	32,35
4	32,35	31,36	33,34

25

У результаті до кола, що складається з послідовно включених фазорегульованого дроселя 18 (у свою чергу, що складається з елементів 19, 20, 21, 22, і 23) і вторинної обмотки 5 дугогасильного реактора 4, прикладається напруга, пропорційна: лінійній напрузі 29 між непошкодженими фазами у випадку реалізації пристрою по п. 2 формули винаходу; фазної ЕДС 28 джерела фази, що випереджає пошкоджену у випадку реалізації пристрою по п. 3 формули винаходу, або фазної ЕДС 27 джерела фази, що відстає від пошкодженої у випадку реалізації пристрою по п. 4 формули винаходу. Завдяки індуктивному характеру реактора 24, через обмотку 5 у контур нульової послідовності мережі буде уведений струм несиметрії: синфазний з ЕДС пошкодженої фази у випадку реалізації пристрою по п. 2 формули винаходу на 30 градусів випереджальний ЕДС джерела пошкодженої фази у випадку реалізації пристрою по п. 3 формули винаходу або ж на 30 градусів відстаючий від ЕДС джерела пошкодженої фази у випадку реалізації пристрою по п. 4 формули винаходу (позиція 25 на фіг. 2, 5 і 6). Цей струм несиметрії й служить для компенсації активної складової.

Нехай, наприклад, для визначеності, відбувся дуговий пробій на землю ізоляції фази А. Перезаряд ємностей 1, 2, 3 мережі й обумовлений наявністю дугогасильного реактора 4 коливальний перехідний процес викликали тимчасове зниження напруги пошкодженої фази й загасання дуги. Далі, блок 17 вибору пошкодженої фази, що перебуває в трифазному комутаційному пристрої 16, розпізнає фазу А як пошкоджену й замкне два комутаційних елементи відповідно до таблиці. У контурі нульової послідовності з'явиться струм несиметрії 25, що викличе появу в напрузі нейтралі змушеної складової, якій відповідає вектор 24 напруги нейтралі, що лежить на годографі 30.

Установкою (за допомогою настроювання дугогасильного реактора 4) у контурі нульової послідовності мережі: точного резонансного настроювання (при реалізації по п. 2 формули винаходу), деякої недокомпенсації (при реалізації по п. 3 формули) або деякої перекомпенсації (при реалізації по п. 4 формули), і фазоімпульсного настроювання дроселя 18, можна домогтися поєднання вектора 24 змушеної складової напруги нейтралі з вектором 26 (в інших випадках - 27 або 28) ЕДС пошкодженої фази. При цьому, настроюванню дугогасильного реактора відповідає переміщення вектора 24 напруги нейтралі по годографі 30, а настроюванню

фазорегульованого дроселя 18 - зміна діаметра цього годографа внаслідок зміни величини струму 25 штучної несиметрії. Зазначене сполучення означає зниження до нуля змущеної складової (промислової частоти) у напрузі пошкодженої фази (яке є різницею між ЕДС джерела пошкодженої фази й напруги зсуву нейтралі), а оскільки після загасання перехідних процесів напруга пошкодженої фази наблизиться до своєї вимушеної складової (як показано - нульової), то дуговий процес на пошкодженій фазі більше не відновиться у зв'язку з низькою напругою на ній. Аналогічним чином пристрій працює й у режимі бездугового замикання. При цьому ті ж умови настроювання елементів 4 і 18 дадуть повне зникнення першої гармоніки зі струму замикання, що й означає її повну компенсацію.

Реалізація пристрою відповідно до п. 2 (фіг. 3), внаслідок точного резонансного настроювання контуру нульової послідовності мережі в точці повної компенсації напруги й струму в місці замикання, забезпечує найменші вимоги до потужності засобів компенсації активної складової (додаткової обмотки 5 дугогасильного реактора 4, дроселя 19, ключа 20), і, отже - економію матеріалів, а також більшу незалежність контурів настроювання компенсації ємнісної і активної складових, що поліпшує динамічні характеристики, і мінімальну (завдяки резонансному настроюванню) швидкість наростання напруги на пошкодженій фазі після дугового пробою, що знижує вимоги до швидкодії й підвищує ефективність дугогасіння. Однак вона вимагає наявності на приєднувальному трансформаторі 6 вторинної обмотки 37, 38, 39, з'єднаної в зірку, яка не завжди є. У цьому випадку кращими можуть виявитися реалізації по пп. 3 або 4. Для них характерно також зсув діапазону регулювання по ємнісній складовій, відповідно, убік більших і менших струмів, що забезпечує розширення діапазону регулювання. Зсув же діапазону убік більших струмів для пристрою по п. 3 формули винаходу без збільшення потужності дугогасильного реактора 4 означає додаткове зниження матеріалоємності.

Кінцевим же результатом застосування даного пристрою є обнуління першої гармоніки промислової частоти в напрузі пошкодженої фази й у струму замикання, що припиняє дугові процеси в місці замикання, і цим усуває дугові перенапруги й небезпеку розвитку ушкодження в міжфазне, підвищує ймовірність самоліквідації ушкодження й обмежує потужність, що виділяється в місці ушкодження, у випадку бездугового замикання, що також знижує ймовірність пожежі, електротравматизму й виникнення міжфазного замикання.

Запропонований винахід дозволяє знизити матеріалоємність, забезпечити повну компенсацію основної гармоніки струму однофазного замикання за рахунок зниження тої частини потужності, призначеної для компенсації активної складової, що витрачається на компенсацію ємнісної складової, забезпечуючи цим додаткове зниження матеріалоємності, поліпшення динаміки настроювання завдяки ослабленню взаємовпливу настроювань по ємнісній і активній складовим, а також зниження вимоги до швидкодії пристрою.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Пристрій для повної компенсації основної гармоніки струму однофазного замикання, що містить дугогасильний реактор, трансформаторний пристрій для підключення до нейтралі мережі, фазорегульований дросель, підключений до трифазного комутаційного пристрою із блоком вибору пошкодженої фази, складеного із двох груп по три комутаційних елементи, у кожній з яких перші виводи комутаційних елементів підключені до обмоток трансформаторного пристрою, а другі виводи комутаційних елементів з'єднані між собою в межах групи і з'єднані другі виводи першої групи комутаційних елементів підключені до першого виводу фазорегульованого дроселя, який **відрізняється** тим, що трансформаторний пристрій для підключення до нейтралі мережі являє собою трифазний тристрижневий трансформатор з виведеною нульовою точкою первинної обмотки, з'єднаної в зірку, і із вторинними обмотками, одна з яких з'єднана в трикутник, дугогасильний реактор, включений між згаданою нульовою точкою первинної обмотки й землею, оснащений вторинною обмоткою, один з виводів якої підключений до другого виводу фазорегульованого дроселя, а інший вивід - до з'єднаних між собою других виводів другої групи комутаційних елементів.

2. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що трифазний тристрижневий трансформатор має вторинну обмотку, з'єднану в зірку з виведеною нульовою точкою, а в трифазному комутаційному пристрої перші виводи комутаційних елементів першої й другої груп комутаційних елементів з'єднані з фазними виводами фаз даної вторинної обмотки й блоком вибору пошкодженої фази таким чином, що спрацьовування блока вибору пошкодженої фази замикає в кожній групі комутаційний елемент, підключений до фазного виводу тої фази, з'єднаної в зірку вторинної обмотки, що намотана на стрижні фази первинної обмотки, яка, відповідно, відстає від пошкодженої й випереджає пошкоджену фазу.

3. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що в трифазному комутаційному пристрої перші виводи комутаційних елементів першої й другої груп комутаційних елементів з'єднані з виводами з'єднаної в трикутник вторинної обмотки й блоком вибору пошкодженої фази таким чином, що спрацювання блока вибору пошкодженої фази замикає в кожній групі

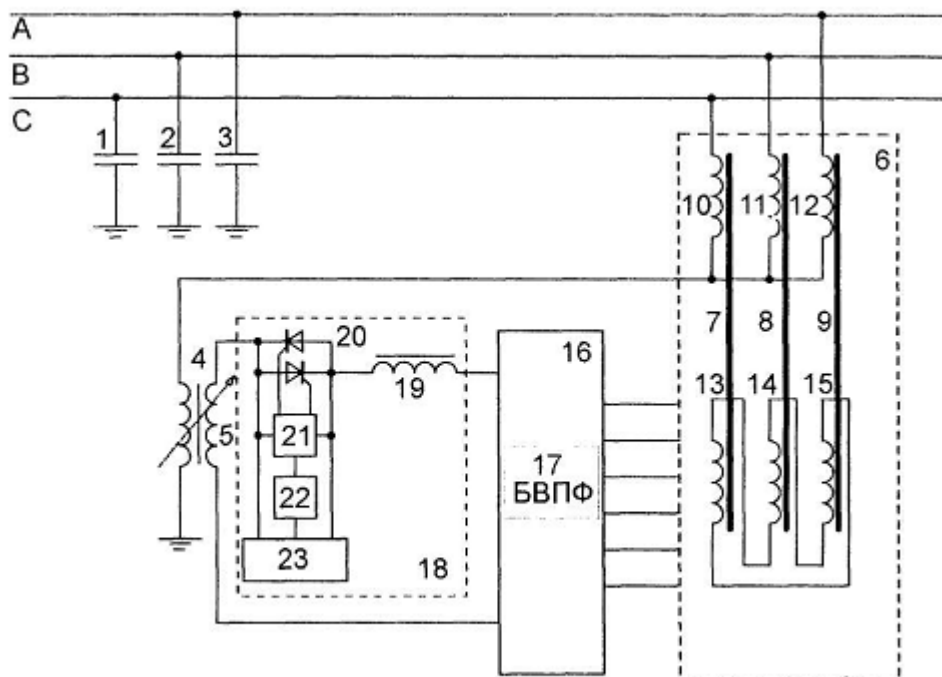
5

комутаційний елемент, підключений, відповідно, до першого й другого виводів тої фази, з'єднаної в трикутник вторинної обмотки, що намотана на стрижні фази первинної обмотки, яка випереджає пошкоджену фазу.

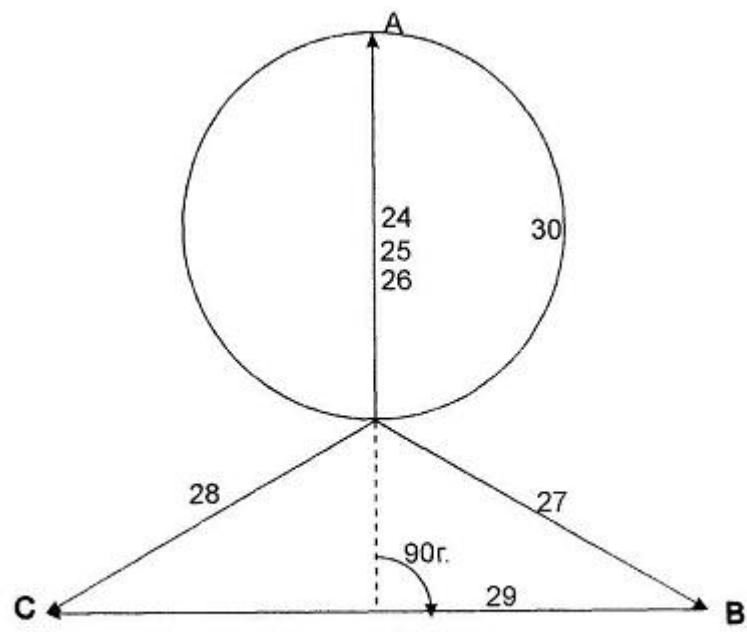
4. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що в трифазному комутаційному пристрої перші виводи комутаційних елементів першої й другої груп комутаційних елементів з'єднані з виводами з'єднаної в трикутник вторинної обмотки й блоком вибору пошкодженої фази таким

10

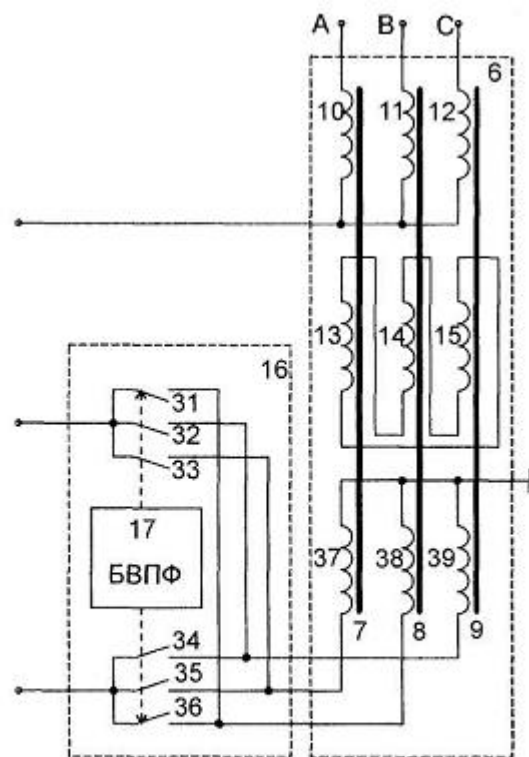
чином, що спрацювання блока вибору пошкодженої фази замикає в кожній групі комутаційний елемент, підключений, відповідно, до першого й другого виводів тої фази, з'єднаної в трикутник вторинної обмотки, що намотана на стрижні фази первинної обмотки, яка відстає від пошкодженої фази.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

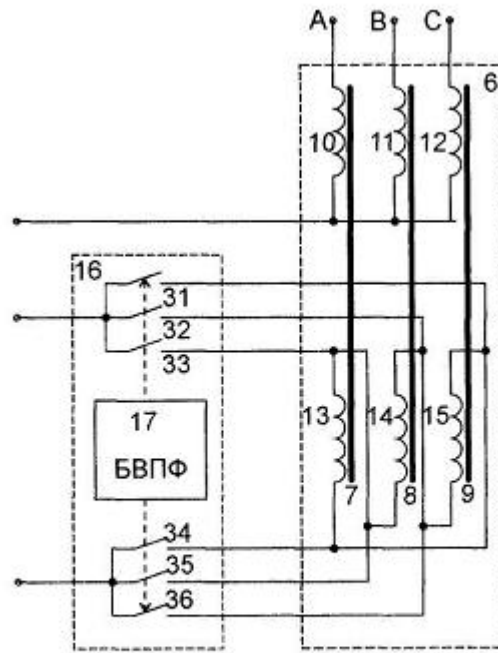


Fig. 4

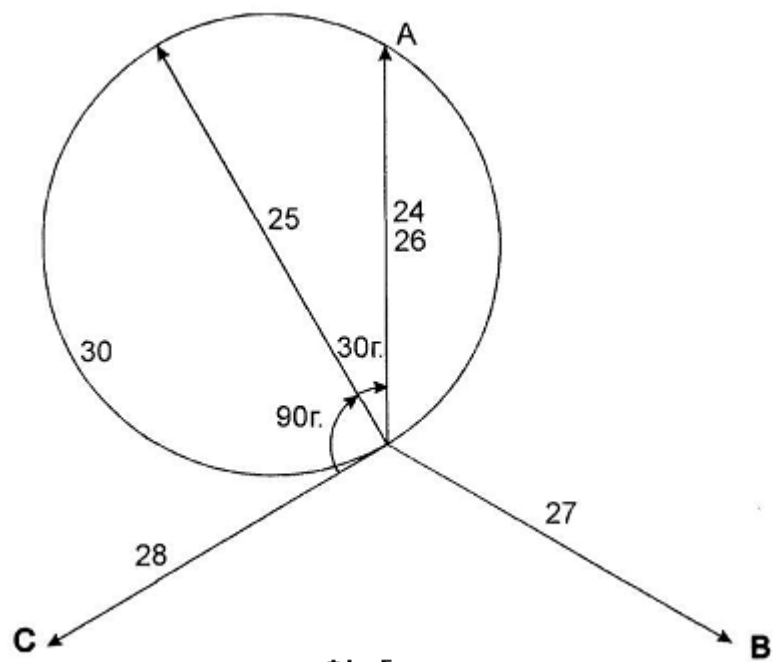


Fig. 5

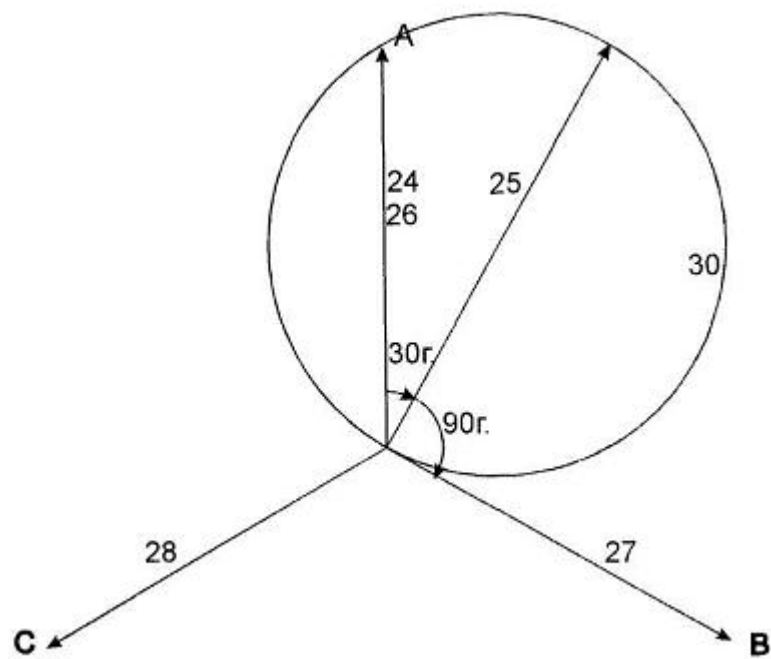


Fig. 6

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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