УКРАЇНА

(19) UA (11) 20681 (13) U

(51) МПК (2006)
H02J 3/01

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) КОМБІНОВАНИЙ ФІЛЬТРОКОМПЕНСУЮЧИЙ ПРИСТРІЙ

(21) u200606556
(22) 13.06.2006
(24) 15.02.2007
(46) 15.02.2007, Бюл. № 2, 2007 р.
(72) Журавльов Дмитро Володимирович, Кущ Володимир Володимирович, Назаров Адольф Іванович
(73) ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(57) Комбінований фільтрокомпенсуючий пристрій, що містить індивідуальні високовольтні силові фільтри відповідних частот, що складаються зі з'єднаних послідовно реактора з конденсатором, які приєднуються за допомогою індивідуальних комутаційних апаратів безпосередньо між кожною фазою високовольтної мережі і заземлювальним контуром, який **відрізняється** тим, що містить між кожною високовольтною фазою і заземлювальним контуром високовольтний комбінований фільтрокомпенсуючий блок, що складається з послідовно з'єднаних регульованого реактора з необхідною кількістю відпаювань з фазними короткозамикачами високовольтних контакторів, конденсатора і первинної обмотки трансформатора струму, до низьковольтних виводів якого приєднано реле струму, низьковольтний комбінований блок високочастотних фільтрів відповідних гармонік, що складається з послідовно з'єднаних між кожною фазою і заземлювальним контуром індуктивності, ємності і двох резисторів, а паралельно резисторам приєднаний напівпровідниковий випрямляч, між виводами якого приєднано реле постійного струму і паралельно резистору з боку заземлювального контуру приєднаний розімкнений роз'єднувач, причому живлення фільтрів здійснюється від низьковольтних виводів трансформатора струму високовольтної мережі, шунтованих резистором відповідного опору, низьковольтну схему керування режимами роботи високовольтного комбінованого фільтрокомпенсуючого блока, що складається із з'єднаних паралельно високовольтних контакторів конкретних частот, в кожній частині яких з'єднані послідовно індивідуальний розімкнений контакт відповідного контактора і замкнуті контакти інших контакторів, причому приєднання до низьковольтної напруги всієї схеми керування при промисловій частоті виконано загальним замкнутим контактом, а його розімкнені контакти приєднані паралельно індивідуальним розімкненим контактам в кожному ланцюзі, низьковольтну схему контролю режимів роботи елементів фільтрокомпенсуючого пристрою, що складається зі з'єднаних паралельно відповідних реле напруги, причому послідовно з одним реле напруги з'єднаний нормально розімкнений контакт струмового реле у вторинному ланцюзі трансформатора струму високовольтного комбінованого фільтрокомпенсуючого блока, а послідовно іншому реле приєднані паралельно ланцюги з послідовно з'єднаними і нормально розімкненими кожними парами роз'єднувачів різнойменних частот, функціональні взаємні електричні зв'язки між низьковольтними схемами керування і контролю режимами роботи елементів пристрою, а також їх індивідуальні електричні зв'язки з низьковольтним комбінованим блоком високочастотних фільтрів, що мають безпосередній електричний зв'язок з високовольтним комбінованим фільтрокомпенсуючим блоком.

Корисна модель відноситься до електроенергетики в частині підвищення техніко-економічної ефективності і надійності експлуатації розподільних мереж 6-10кВ промислових підприємств, що живлять дугові і руднотермічні печі, тиристорні приводи в прокатному виробництві металургійних заводів, однофазні тягові навантаження та інші різкозмінні електроприймачі великих потужностей.

Як аналог прийнята узагальнена однолінійна схема підстанції промислового підприємства, що живить вентильне навантаження, з паралельно встановленими на живильних шинах силовими фільтрами тільки п'ятої гармоніки напруги [Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. -М.:Энергоатомиздат, 1987, с.155-156, рис.6.32].

(19) UA (11) 20681 (13) U

Основними недоліками аналога стосовно дугових і руднотермічних печей є неможливість необхідної вибіркової компенсації технологічно виникаючих максимальних величин п'ятої, сьомої або одинадцятої стандартних гармонік напруг у процесах розплавів шихти або відповідного конгломерату до видачі готової продукції зазначеними печами, а отже, зниження якості електричної енергії й збільшення електричних втрат.

На сьогодні у вказаних електричних мережах виникають різкозмінні потоки реактивної потужності, процеси генерації в мережу вищих гармонік та несиметрії струмів і напруг, що призводить до погіршення параметрів якості електричної енергії, а також до підвищення електричних втрат і величин внутрішніх перенапружень.

Це спричинило необхідність виробництва й упровадження в цей час тиристорного компенсатора реактивної потужності (ТКРП), прийнятого за найближчий аналог і побудованого за схемою непрямої компенсації, коли джерелом випереджаючої реактивної потужності є конденсаторні установки (КУ) силових фільтрів вищих гармонік, стабілізувальним і симетризувальним елементом - напівпровідниковий стабілізатор потужності (НСП), зустрічно-паралельно включені тиристори, які разом з компенсувальними реакторами з'єднані за схемою трикутника [Овчаренко А.С., Розінський Д.І. Підвищення ефективності електропостачання промислових підприємств. -К.: Техніка, 1989, С.137-140, Рис.33 - Функціональна схема тиристорного компенсатора реактивної потужності].

Вимикачі 6-10кВ широко застосовуються в ланцюгах елементів ТКРП, оскільки тут вони працюють в легших режимах і зношення їх контактних систем значно менше.

Необхідно відзначити основні недоліки комбінованих пристроїв струмової компенсації реактивної потужності (СКРП) і напівпровідникового стабілізатора потужності (НСП) в умовах експлуатації:

1. Технічні вимоги послідовності підключень силових фільтрів за зростаючими величинами гармонік і протилежної послідовності їх відключень здійснимі тільки при планових комутаціях, які порушуються при нестандартному аварійному відключенні будь-якого з фільтрів, окрім найбільшого за частотою з подальшими різними варіантами пошкоджень фільтрів, що залишилися.

2. При відхиленні навіть одного параметра в будь-якому фільтрі індуктивності або ємності) струморозподілення у фільтрах теж порушується. Наприклад, при відхиленні індуктивності фільтра п'ятої гармоніки на 15% у бік збільшення струм фільтрованої гармоніки в ньому зменшується приблизно в три рази порівнянне з нормальним режимом резонансного налагодження фільтрів, а струм у фільтрі сьомої гармоніки збільшується в два рази. Одночасно в мережі протікає струм у 1,8 рази більший, ніж при нормальному режимі резонансного налагодження, тобто якість фільтрації погіршується.

3. При відхиленні параметрів вказаних фільтрів в один і той же бік від резонансного налагодження спостерігається значне перевантаження обох фільтрів струмами гармонік й істотне погіршення фільтрації. Наприклад, при збільшенні опору ємності кожного фільтра на 10% обидва фільтри виявляються переобтяженими струмом фільтрувальної гармоніки в 1,9 рази порівнянне з нормальним режимом. У цьому режимі саме застосування фільтрів втрачає значення, оскільки обидва фільтри переобтяжені струмом гармоніки і майже не здійснюють фільтрації.

4. Важчі режими роботи фільтрів виникають при відхиленні їх параметрів від резонансного налагодження в різні боки. У фільтрі п'ятої гармоніки виникає відхилення від резонансного налагодження в індуктивний бік на 20% від характеристичного опору, у фільтрі сьомої гармоніки - в бік ємності на 10%. Струм гармоніки в п'ятому фільтрі збільшується більш ніж у 1,6 рази, а в сьомому - в 3,2 рази, тобто більший струм гармоніки ніж той, який проходить мережі за відсутності фільтрів.

Виникає парадоксальна ситуація: фільтри, встановлені спеціально для зменшення струму фільтрованої гармоніки в мережі, при цьому відхиленні їх параметрів не тільки не зменшують струм гармоніки в мережі, але навіть збільшують його, при цьому самі фільтри значно перевантажуються струмом. Таке збільшення струму фільтрованої гармоніки при під'єднанні до шин підстанції паралельних розузгоджувальних фільтрів, називається режимом антифільтрації.

Що стосується наявності фільтра третьої гармоніки, то в ньому немає практичної необхідності у зв'язку з тим, що компенсація струму вказаної частоти здійснюється достатньо ефективно обмотками 6-10кВ живлячих силових трансформаторів, з'єднаними за схемою замкнутого трикутника, а величина струму 13-ої гармоніки щодо інших зовсім не значна, а отже, теж немає необхідності його компенсації.

Таким чином, паралельна робота фільтрів при реальних відхиленнях їх параметрів від резонансного налагодження супроводжується істотним погіршенням якості фільтрації, виникненням ненормальних режимів струморозподілу фільтрованої гармоніки і повним виходом з ладу практично майже всіх елементів.

В основу корисної моделі покладено завдання створення пристрою з найефективнішою індивідуальною компенсацією однієї з найбільших 5-ої, 7-ої або 11-ої гармонік, величини яких змінюються в процесі змін технологічних режимів, особливо в дугових і руднотермічних печах, а також при порушеннях нормальних умов експлуатації промислових електричних мереж, включаючи аварійні режими.

Поставлене завдання вирішується за рахунок того, що пропонований комбінований фільтрокомпенсуючий пристрій містить: індивідуальний високовольтні силові фільтри відповідних частот, що складаються зі з'єднаних послідовно реактора з конденсатором які під'єднуються за допомогою індивідуальних комутаційних апаратів безпосередньо між кожною фазою високовольтної мережі заземлювальним контуром, причому між кожною високовольтної фазою і заземлювальним контуром високовольтний комбінований фільтрокомпенсуючий блок, що складається з послідовно з'єднаних регульованого реактора з необхідною кількістю відпаювань з фазними короткозамикача-

ми високовольтних контакторів, конденсатора і первинної обмотки трансформатора струму, до низьковольтних виводів якого приєднано реле струму, до низьковольтних виводів якого реле струму, приєднано реле струму, низьковольтний комбінований блок високочастотних фільтрів відповідних гармонік, що складається з послідовно з'єднаних між кожною фазою і заземлювальним контуром індуктивності, ємності і двох резисторів, а паралельно резисторам приєднаний напівпровідниковий випрямляч, між виводами якого приєднано реле постійного струму і паралельно резистору з боку заземлювального контурі приєднаний розімкнений роз'єднувач, причому живлення фільтрів здійснюється від низьковольтних виводів трансформатора струму високовольтної мережі, шунтованих резистором відповідного опору, низьковольтну схему керування режимами роботи високовольтного комбінованого фільтрокомпенсуючого блока, що складається із з'єднаних паралельно високовольтних контакторів конкретних частот, в кожній частині яких з'єднані послідовно індивідуальний розімкнений контакт відповідного контактора і замкнуті контакти інших контакторів, причому приєднання до низьковольтної напруги всієї схеми керування промисловій частоті виконано загальним замкнутим контактом, а його розімкнені контакти приєднані паралельно індивідуальним розімкненим контактам в кожному ланцюзі, низьковольтну схему контролю режимів роботи елементів фільтрокомпенсуючого пристрою, що складається зі з'єднаних паралельно відповідних реле напруг, причому послідовно з одним реле напруги з'єднаний нормально розімкнений контакт струмового реле у вторинному ланцюзі трансформатора струму високовольтного комбінованого фільтрокомпенсуючого блока, а послідовно іншому реле приєднані паралельно ланцюги з послідовно з’єднаними і нормально розімкненими кожними парами роз’єднувачів різноіменних частот, функціональні взаємні електричні зв’язки між низьковольтними схемами керування і контролю режимами роботи елементів пристрою, а також їх індивідуальні електричні зв'язки з низьковольтним комбінованим блоком високочастотних фільтрів, що мають безпосередній електричний зв'язок з високовольтним комбінованим фільтрокомпенсуючим блоком.

Порівнянно з найближчим аналогом відмінними істотними ознаками є те, що функціональні взаємодії між вказаними елементами пристрою забезпечують оптимальні техніко-економічні показники роботи електричних мереж при добових графіках роботи КУ, що змінюються, з урахуванням конкретних режимів роботи споживачів електричної енергії і, в першу чергу, на основі аналізу добових графіків навантаження промислових підприємств, забезпечуючи при цьому мінімальні втрати електроенергії від передачі реактивної потужності і підтримка напруги або його регулювання в зоні технічно допустимих значень з урахуванням режимів роботи енергосистеми.

Таким чином, нові ознаки при взаємодії з відомими ознаками забезпечують виявлення нових технічних властивостей шляхом схематичних удосконалень розроблено комбінований фільтрокомпенсуючий пристрій

Схема комбінованого фільтрокомпенсуючого пристрою представлена на кресленні (Фіг.1) і містить фільтр вищих гармонік, який є ланцюгом з послідовно з'єднаних реактора Р і конденсатора С, причому реактор має три відпаювання, що дає можливість настроювати фільтр на 5, 7 або 11 гармоніки шляхом його підключення до шин 6-10кВ, а додатково в ланцюг фільтра включений трансформатор струму ТА1, до низьковольтної обмотки якого приєднане реле струму РС вимірювальну частину, що складається з трансформатора струму ТА2, низьковольтна обмотка якого закорочена резистором R1, а паралельно вказаному резистору приєднані фільтри 5, 7 і 11 гармонік, виконані за схемами L5-C5, L7-C7 і L11-C11, послідовно яким приєднані резистори R2 і R3, R4 і R5, R6 і R7, які теж мають послідовні з'єднання, падіння напруг на яких прикладаються до напівпровідникових випрямлячів ВП5, ВП7 і ВП11, що забезпечують на виході живлення постійним струмом струмових реле РТ5, РТ7 і РТ11, причому паралельно кожному резистору R3, R5 і R7 приєднані паралельно нормально розімкнені контакти КН2, оперативну частину, виконану з використанням двох вторинних схем (фіг. 2 та фіг. 3), приєднаних до напруги 220 В, перша схема контролю (фіг. 2) містить реле напруг РН1 і РН2 з нормально розімкненими контактами КРТ і КРТ5, КРТ7, КРТ11, причому вказані контакти реле напруги РН2 сполучені з трьома паралельно сполученими ланцюгами, кожна з яких містить сполучені послідовно контакти КРТ5 і КРТ7, КРТ7 і КРТ11, КРТ5 і КРТ11, відповідно, а друга схема керування (фіг. 3) містить сполучені паралельно контактори ВМ5, ВМ7 і ВМ11 з нормально замкнутим загальним контактом КРН1.1 і індивідуальними, сполученими послідовно контактами КВМ7 і КВМ11, КВМ5 і КВМ11, КВМ5 і КВМ7 відповідно, причому паралельно кожному розімкненому контакту КРТ5, КРТ7 і КРТ11 приєднаний паралельно теж нормально розімкнений, додатковий контакт КРН1.2.

Пристрій працює таким чином.

При проходженні струму основної частоти і виникненні струмів вищих гармонік на шинах 6-10кВ відбувається їх трансформація на низьковольтну обмотку трансформатора струму ТА2 з протіканням через резистор R1, що зумовлюють до падіння напруги $\Delta U_{R1}=I\cdot R_1$

Припустимо, що з'явилася найістотніша величина струму п'ятої гармоніки I5 який протікає через фільтр L5C5 і створює падіння напруги $\Delta U_5=I5\cdot(R_2+R_3)$, завдяки якому через випрямний міст ВП5 протікатиме випрямлений струм по котушці струмового реле РТ5, яке своїми контактами КРТ5 замкне ланцюг живлення контактора ВМ5, який у свою чергу своїми силовими контактами К5 включить фільтр РС, налаштований на п'яту гармоніку в мережах вказаних напруг.

Через вказаний фільтр потече струм, який спричинить спрацьовування реле струму РС між низьковольтними виводами трансформатора струму ТАЇ і замикання у вторинному ланцюзі його контакту КРС з подачею живлення на реле напруги РН1, яке при спрацьовуванні розмикає свій нор-

мально замкнутий контакт КРН1.1 і замикає нормально розімкнений контакт КРН1.2 паралельний контакту КРТ5, забезпечуючи збереження живлення котушки контактора ВМ5 і його увімкнутий стан протягом усього часу протікання через фільтр РС струму п'ятої гармоніки 15 до моменту зменшення його величини, що приводить відповідно до зменшення струму в реле РС і відключенню його контакту КР з одночасним зникненням живлення котушки реле напруги РН1, яка своїми знов нормально розімкненими контактами КРН1.2 зніме живлення з контактора ВМ5, а контакт КРН1.1, що замкнувся, приведе пристрій у початковий стан.

При появі струмів сьомої 17 або одинадцятої 111 гармонік пристрій працює практично аналогічним способом.

У цих випадках в кінцевому результаті спрацьовують контактори ВМ7 і ВМ11, що приводять до ввімкнення силових контактів К7 або К11 із створенням компенсувальних фільтрів вказаних гармонік завдяки зміні величини індуктивного опору реактора Р.

З метою виключення одночасного спрацьовування контакторів ВМ5, ВМ7 і ВМ11 передбачене блокування, яке виконане за допомогою допоміжних, нормально замкнутих контактів.

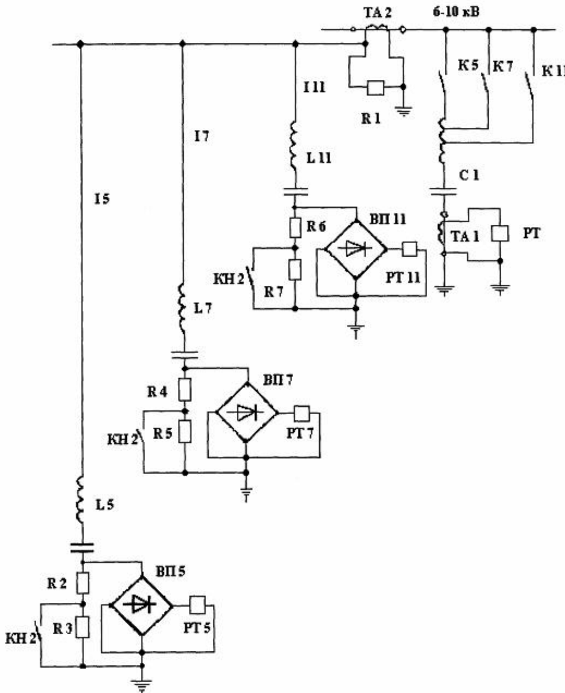
Наприклад, при спрацьовуванні вищезгаданого контактора ВМ5 його допоміжні контакти КВМ7 і КВМ11 в оперативних ланцюгах контакторів ВМ11 і ВМ7 перервуть відповідно схеми їх з'єднань, що виключить можливості увімкнень силових контактів К7 і К11.

У разі протікання через вказані фільтри струмів, що створюють падіння напруг, достатніх для спрацьовувань трьох або якихось двох реле струмів РТ5, РТ7 і РТ11 передбачене блокування, яке виконане за допомогою реле напруги РН2, котушка якого одержує живлення тільки при одночасному закритті нормально відкритих контактів КРТ6 і КРТ7, КРТ7 і КРТ11, КРТ5 і КРТ11 в реле фільтрів РТ5, РТ7 і РТ11, відповідно.

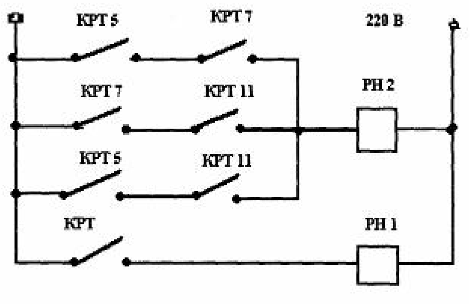
При одночасному спрацьовуванні двох або трьох вказаних реле струмів замикаються нормально відкриті контакти КН2 і шунтуються резистори R3, R5 і R7, а отже, зменшаться напруги, що прикладаються до фільтрів, і спрацює реле того фільтра, величина струму якого найбільша.

Таким чином, схема дозволяє перебудовувати автоматично фільтри на компенсацію більшої за величиною з трьох вищезгаданих високочастотних струмів.

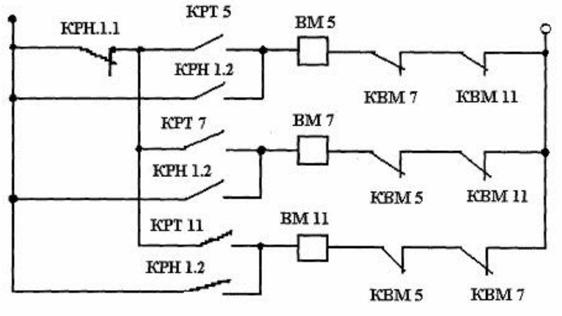
На закінчення доцільно відзначити, що принципово з метою компенсації струмів вищих частот можна виконати додаткові відпаювання на реакторі Р, але практично в цьому немає необхідності, оскільки струми вищих частот мають набагато меншу величину, а їх компенсація ускладнює роботу фільтрокомпенсуючого пристрою і знижує надійність його експлуатації.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

Комп'ютерна верстка Н. Лисенко Підписне Тираж 26 прим.

Міністерство освіти і науки України

Державний департамент інтелектуальної власності, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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