

Спосіб перемикання трифазного приймача від одного джерела трифазної напруги до другого відноситься до електроенергетики та електротехніки і може бути використаний як для неперервного живлення відповідального споживача при його перемиканні до резервного джерела енергії, так і для регулювання рівню напруг трифазного приймача.

Відомий спосіб перемикання трифазного приймача [1-3], при якому виключають ключі першої групи, за допомогою яких приймач приєднують до одного джерела, та включають ключі другої групи, які приєднують приймач до другого джерела. Моменти включення та виключення ключів визначає блок керування. Час перемикання складається з: часу вимірювання фазних або лінійних напруг; часу порівняння їх із допустимими значеннями; та/або часу виключення ключів першої групи та часу включення ключів другої групи. Найменший час перемикання (0,06 с) забезпечують тиристорні ключі. Їх недолік полягає у значних втратах у тиристорах через те, що падіння напруги на тиристорі складає 0,9-2,0 вольт. Для керування тиристорними ключами використовують мікропроцесорні блоки керування [4]. В регуляторах напруги використовують також трансформатори та автотрансформатори [5-6]. При струмі приймача, рівному 1000 А, втрати енергії складають 0,9-2,0 кВт в одному тиристорі. Оскільки у робочому режимі мінімальна кількість включених ключів дорівнює трьом, то втрата потужності складає від 2,7 кВт до 6,0 кВт. При струмі приймача, рівному 2400 А втрати потужності в тиристорах складають від 6,48 кВт до 14,4 кВт. Збитки від утрат енергії при цьому знаходяться в межах від 8,4 тис грн до 18,7 тис грн на рік. Крім того, способи перемикання з використанням тиристорів потребують значного охолодження. Тому спосіб придатний для перемикання лише малих струмів. При такому способі час перемикання складає 0,06-0,3 секунди. Відомо, що перерва електричного живлення може викликати у споживача великі збитки, які можуть обчислюватись сумою від декількох тисяч до сотень тисяч гривень і більше. Перерва електричного живлення на деяких підприємствах може викликати людські жертви. Крім того, кожна ланка електричної мережі потребує профілактичних ремонтів, що тягне за собою необхідність перемикання живлення від основного джерела на резервний у заданий час. На даний час, наскільки відомо, навіть унікальні засоби вмикання резерву спричиняють перерву живлення на 0,05 секунди. А між тим допустимий час перерви живлення для засобів електронної техніки не перевищує 0,01 секунди. Отже даний спосіб не задовольняє умовам неперервності електропостачання.

Відомий спосіб перемикання [7], при якому до приймача на час перемикання приєднують додаткове трифазне джерело - джерело неперервного живлення (UPS), що працює в режимі «оф-лайн» («на підхваті». Такий спосіб вирішує проблему, але має малу надійність і високу вартість. Тому цей спосіб знайшов застосування на крупних електростанціях і лише в аварійних режимах.

Найближчим до заявленого способу є спосіб - прототип [8] перемикання трифазного приймача енергії від одного джерела трифазної напруги до другого, при якому виключають ключі першої групи, які призначені для приєднання трифазного приймача до одного джерела трифазної напруги, та після цього включають ключі другої групи, які призначені для приєднання трифазного приймача до другого джерела трифазної напруги. Спосіб знайшов широке застосування через високу надійність. Недолік способу -прототипу: час перемикання складає 0,15-0,3 секунди, що не забезпечує умови неперервності електроживлення споживачів (0,01 с). Указаний недолік пов'язаний з одночасністю виключення або включення трьох ключів одночасно. Але така групова комутація, як показав аналіз, доцільна лише при аварійному перемиканні приймача.

У зв'язку з цим була поставлена задача: при плановому перемиканні, наприклад, при Проведенні профілактичних ремонтів, зменшити час перемикання до нуля, зменшити втрати енергії у ключах та зменшити амплітуди струмів у перехідних процесах. Поставлена задача вирішена шляхом по черговості комутації всіх ключів, а саме тим, що:

у способі перемикання трифазного приймача енергії від одного джерела напруги до другого, при якому виключають ключі першої групи, які призначені для приєднання трифазного приймача до одного джерела трифазної напруги, та після цього включають ключі другої групи, які призначені для приєднання трифазного приймача до другого джерела трифазної напруги,

уведені операції, при яких фази приймача перемикають від першого джерела до другого по черзі і по одній, виключають один із ключів першої групи, який від'єднує одну із фаз приймача від однойменної фази першого джерела трифазної напруги,

указану фазу приймача, яка перемикається, від моменту виключення одного з ключів першої групи живлять від перетворювача двох фаз трифазної системи в невідставаючу третю фазу,

після чого включають один із ключів другої групи, який приєднує вказану фазу приймача до однойменної фази другого джерела трифазної напруги.

З метою підвищення надійності електропостачання або регулювання трифазних напруг приймача збільшують кількість джерел трифазних напруг до величини, що визначається кількістю резервних джерел живлення або кількістю рівнів регульованої напруги відповідно.

Перемикання виконують шляхом комутації ключів, приєднаних до затисків виводів трифазного трансформатора або автотрансформатора, причому кожен три однойменні виводи обмоток трифазного трансформатора або автотрансформатора використовують як окреме джерело трифазних напруг.

Параметрично компенсують струми намагнічування стрижнів тристрижневого магнітопроводу автотрансформатора або трансформатора при однофазних струмах приймача.

Компенсацію струмів намагнічування стрижнів тристрижневого магнітопроводу виконують за допомогою автотрансформаторних фільтрів струмів нульової послідовності.

Зменшують опір нульової послідовності джерел трифазних напруг та/або приймача за допомогою автотрансформаторних фільтрів струмів нульової послідовності.

Трансформатор або автотрансформатор суміщають в одній конструкції з фільтром струмів нульової послідовності.

Розглянемо графічні матеріали.

На Фіг.1 показані операції та їх послідовність у способі перемикання трифазного приймача.

На Фіг.2 представлена блок-схема силової частини пристрою, який реалізує спосіб перемикання трифазного приймача від одного джерела до другого.

На Фіг.3 подана блок-схема перемикача, який реалізує спосіб перемикання трифазного приймача напруг між чотирма джерелами трифазних напруг.

На Фіг.4 подана блок-схема перемикача, який реалізує спосіб перемикання напруг у регуляторі напруги на вторинній стороні автотрансформатора.

На Фіг.5 подана блок-схема перемикача, який реалізує спосіб перемикання напруг у регуляторі напруги на первинній стороні автотрансформатора.

На Фіг.1 позначено: 1 - операція почергового перемикання фаз трифазного приймача; 2 - операція виключення першого ключа, що належить до першої групи; 3 - операція живлення відімкненої першої фази приймача від перетворювача двох фаз трифазної системи в невисистачаючу третю фазу; 4 - операція включення першого ключа, що належить до другої групи; 5 - операція виключення другого ключа, що належить до першої групи; 6 - операція живлення відімкненої другої фази приймача від перетворювача двох фаз трифазної системи в невисистачаючу третю фазу; 7 - операція включення другого ключа, що належить до другої групи; 8 - операція виключення третього ключа, що належить до першої групи; 9 - операція живлення відімкненої третьої фази приймача від перетворювача двох фаз трифазної системи в невисистачаючу третю фазу; 10 - операція включення третього ключа, що належить до другої групи; 11, 12 та 13 - електричні сигнали, генеровані блоком керування і призначені для послідовного перемикання першої, другої та третьої фаз приймача відповідно.

На Фіг.2 позначено: 14 та 15 - перше та друге джерела трифазних напруг; 16 - приймач електричної енергії; 17 - перетворювач двох фаз трифазної системи в невисистачаючу третю фазу; 18 - блок керування; 19, 20 та 21 - перший, другий та третій ключі першої групи; 22, 23 та 24 - перший, другий та третій ключі другої групи; A1, B1, C1 та 01 - лінійні та нульова фази першого джерела трифазної напруги; A2, B2, C2 та 02 - лінійні та нульова фази другого джерела трифазної напруги; A3, B3, C3 та 03 - лінійні та нульова фази трифазного приймача енергії.

На Фіг.3 позначено: 25 та 26 - перше та друге додаткові джерела трифазної напруги; 27, 28, 29 - ключі додаткової першої групи; 30, 31, 32 - ключі додаткової другої групи; решта позначень співпадає з позначеннями Фіг.2.

На Фіг.4 позначено: 33 - трифазний автотрансформатор; 34 - магнітопровід трифазного автотрансформатора; 35, 36, 37 - множини обмоток, кожна з яких (множин) розміщена на окремому стрижні магнітопроводу автотрансформатора відповідно; 38, 39, 40 - групи ключів, кожна з яких приєднана до однієї з фаз A, B або C відповідно; 41, 44, 47, 50, 53 - виводи обмоток, розміщених на першому стрижні магнітопроводу; 42, 45, 48, 51, 54 - виводи обмоток, розміщених на другому стрижні магнітопроводу; 43, 46, 49, 52, 55 - виводи обмоток, розміщених на третьому стрижні магнітопроводу; A4, B4, C4, 04 - затискачі трифазної мережі; решта позначень співпадає з позначеннями Фіг.2.

На Фіг.5 позначено: 56 - фільтр струмів нульової послідовності; решта позначень співпадає з позначеннями Фіг.2 та 4.

Спосіб включає такі операції (Фіг.1):

- 1 - операцію почергового перемикання фаз A3, B3, C3 трифазного приймача 16;
- 2 - операцію виключення першого ключа 19, що належить до першої групи;
- 3 - операцію живлення відімкненої першої фази A3 приймача від перетворювача двох фаз трифазної системи в невисистачаючу третю фазу 17;
- 4 - операцію включення першого ключа 22, що належить до другої групи;
- 5 - операцію виключення другого ключа 20, що належить до першої групи;
- 6 - операцію живлення відімкненої другої фази B3 приймача від перетворювача двох фаз трифазної системи в невисистачаючу третю фазу 17;
- 7 - операцію включення другого ключа 23, що належить до другої групи;
- 8 - операцію виключення третього ключа 21, який належить до першої групи;
- 9 - операцію живлення відімкненої третьої фази C3 приймача від перетворювача двох фаз трифазної системи в невисистачаючу третю фазу 17;
- 10 - операцію включення третього з ключів 24 другої групи.

Послідовність проведення операцій показана на фіг.1. Блок керування за загальною командою оператора або автоматичної системи регулювання напруги виробляє послідовно три сигнали (11, 12 та 13), кожен із яких дає команду на виконання окремої послідовності операцій. За сигналом 11 виконується послідовність операцій 2-4; за сигналом 12 виконуються операції 5-7; за сигналом 13 виконується послідовність операцій 8-10 (Фіг.1). За сигналом 11 відключають перший ключ 19, що входить до першої групи (операція 2). Фаза A3 приймача за операцією 2 від'єднується від фази A1 першого джерела 14. З моменту вимкнення ключа 19 першої групи відімкнену фазу A3 приймача живлять від перетворювача двох фаз трифазної системи в невисистачаючу третю фазу 17 (операція 3). Початок операції 3 відбувається параметрично (тобто без подачі спеціального сигналу) при зниженні напруги у першій фазі A3 навантаження 16 на 7-10% (Фіг.1 та Фіг.2). Це забезпечує неперервність живлення обірваної фази A3 приймача при відімкненні його першої фази від першого джерела, тобто перед виконанням подальших операцій. Після включення ключа 22 (операція 4), що належить до другої групи, обірвана фаза A3 приймача 16 починає живитися від однойменної фази A4 другого джерела 15, а живлення фази A3 приймача від перетворювача 17 припиняється. Це пояснюється тим, що імпеданс перетворювача 17 більший від імпедансу другого джерела напруги 15 у 4-6 разів. Через це при несиметричних фазних струмах приймача струми в перетворювачі 17 під час операції 4 зменшуються в 10-15 разів. А при рівних напругах джерел 14 та 15 під час операції 4 струм в перетворювачі 17 знижується до струму холостого ходу, що в 100-200 разів менше номінального струму. Тому живлення приймача 16 від перетворювача 17 при операції 4 практично припиняється і виконується це параметрично.

Перетворювач двох фаз трифазної системи в невисистачаючу третю фазу 17 виконується на основі тристрижневого магнітопроводу, на кожному стрижні якого розміщена певна множина обмоток. Такі пристрої мають багато варіантів виконання обмоток. Якщо перетворювач 17 живиться від симетричної системи напруг, то він працює у режимі холостого ходу. При обриві однієї з фаз трифазної мережі приймача перетворювач 17 живиться від двох лінійних фаз та нульової фази. Ця система напруг є несиметричною. Фазні кути у трикутнику

напруг фазового зображення такої системи рівні $2\pi/3$, $\pi/6$ та $\pi/6$. Характерною властивістю таких перетворювачів є генерація однофазної напруги в обірваній фазі приймача. До таких перетворювачів відносяться схема Скотта, фільтри струмів нульової послідовності та інші. Такі перетворювачі мають різну кількість (множину) обмоток унаслідок різноманітності виконання. Робота перетворювача полягає в наступному. У проміжку часу після виключення ключа 19 першої групи до моменту включення ключа 22 другої групи на перетворювач подається несиметрична система напруг, утворена двома фазними напругами, вектори яких утворюють між собою кут $2\pi/3$. Це пояснюється тим, що до перетворювача приєднані у цей момент дві фази В1 та С1 та нуль 01 (дивись стан 2 таблиці). Перетворювач генерує третю фазу А, яка приєднана до фази А3 приймача, відновлює фазу А3 і тим забезпечує режим приймача, близький до симетричного.

Після повного виконання команди 11, тобто після закінчення операцій 2-4, блок керування видає команду 12 на виконання операцій 5-7, порядок настання яких аналогічний до операцій 2-4. Унаслідок цього живлення фази В3 приймача переводиться від фази В1 джерела 14 до фази В2 джерела 15. Після повного виконання команди 12, тобто після закінчення операцій 5-7, блок керування видає команду 13 на виконання операцій 8-10, порядок настання яких аналогічний до операцій 2-4. Унаслідок цього живлення фази С3 приймача переводиться від фази С1 джерела 14 до фази С2 джерела 15 (Фіг.1 та Фіг.2).

Склад пристрою, який реалізує даний спосіб. Блок-схема пристрою показана на Фіг.2. Блок-схема включає: перше 14 та друге 15 джерела трифазних напруг, першу 19-21 та другу 22-24 групи ключів, приймач електричної енергії 16, перетворювач двох фаз трифазної системи в невисначаючу третю фазу 17 та блок керування 18. Фаза А3 приймача 16 може бути приєднана або до фази А1 першого джерела 14 з допомогою ключа 19 першої групи або до фази А2 другого джерела 15 з допомогою ключа 22 другої групи. Фаза В3 приймача 16 може бути приєднана або до фази В1 першого джерела 14 за допомогою ключа 20 першої групи або до фази В2 другого джерела 15 за допомогою ключа 23 другої групи. Фаза С3 приймача 16 може бути приєднана або до фази С1 першого джерела 14 за допомогою ключа 21 першої групи або до фази С2 другого джерела 15 за допомогою ключа 24 другої групи. Порядкові номери джерел трифазних напруг співпадають із порядковими номерами приєднаних до них груп ключів. Ключі 19-21 першої групи приєднані до першого джерела 14, а ключі 22-24 другої групи приєднані до другого джерела 15. Нульові фази приймача та джерел трифазних напруг з'єднані між собою.

Робота пристрою за даним способом проходить таким чином. Блок керування формує три сигнали 17, 18 та 19. При надходженні сигналу 11 відключається ключ 19. В результаті напруга у фазі А3 приймача 16 починає зникати. Перетворювач двох фаз трифазної системи в невисначаючу третю фазу 17 при зменшенні напруги фази А3 параметрично генерує напругу у фазі А3 приймача, яка на 7% - 10% менша від його номінального значення. У процесі "підхвату" живлення приймача в напрузі фази А3 не спостерігаються провали напруг, коливання напруг та імпульси напруги. Генерація напруги в обірвану фазу А3 дає можливість не поспішати із закінченням процесу перемикання приймача від фази А1 першого джерела до фази А2 другого джерела. Тому для комутації у заявленому способі придатні як тиристорні, так і контакторні ключі. Після цього ключ 22 включається. Ключ 22 підводить до фази А3 приймача 16 номінальну напругу другого джерела, яка вища на 5%-7% за напругу перетворювача 17. Перетворювач 17 припиняє живити фазу А3 приймача. На цьому закінчується процес переключення фази А3 приймача від першого джерела до другого. Аналогічно проходить переключення фаз В3 та С3 приймача. Для кращого розуміння операцій при перемиканні приймача в таблиці у топографічному зображенні (у формі фазорів) подані напруги першого та другого джерел. Суцільними лініями показані ті фазні напруги і тих джерел, які приєднані до приймача за даного стану. Пунктирними лініями показані ті фазні напруги і тих джерел, які за даного стану не приєднані до приймача. В таблиці наведено 7 станів. Під номерами 1 та 7 у таблиці позначені початковий та кінцевий стани. Проміжні стани процесу перемикання приймача позначені номерами 2-6. У стані 2 має місце обрив фази А3 приймача при виключенні ключа 19. У стані 3 - результат приєднання фази А3 приймача до фази А2 другого джерела 15 з допомогою ключа 22. У стані 4 - результат від'єднання фази В3 приймача від фази В1 джерела 14 з допомогою ключа 20. У стані 5 показаний результат включення ключа 23, в результаті чого фаза В3 приймача приєдналась до другого джерела 15. У стані 6 показаний результат обриву фази С3 приймача з допомогою ключа 21. У стані 7 показаний результат включення ключа 24, внаслідок чого фаза С3 приймача приєдналась до фази С2 другого джерела. Отже в стані 7 показаний кінцевий стан перемикання приймача від одного джерела до другого. Звернемо увагу на те, що: у станах 3, 4 та 5 приймач живиться одночасно від окремих фаз першого та другого джерел напруг; у стані 2 приймач живиться від першого джерела та перетворювача 17; у стані 4 - одна фаза (А) живиться від другого джерела 15, друга (В) - від перетворювача 17, а третя - від першого джерела 14; у стані 6 - приймач живиться двома фазами від другого джерела, а третьою - від перетворювача 17.

Варіанти реалізації способу. Вище подано опис способу за п.1 формули винаходу. Цей спосіб поширений на випадок перемикання приймача між трьома, чотирма, п'ятьма і більше джерелами трифазних напруг. Збільшення кількості джерел трифазних напруг підвищує надійність електропостачання (Фіг.3). На Фіг.3 подана блок-схема перемикача, який реалізує спосіб перемикання трифазного приймача між чотирма джерелами трифазних напруг. Нульові фази всіх джерел та приймача з'єднані між собою. Аналогічно до описаного вище способу, живлення приймача перемикається між джерелами 15 та додатковим джерелом 25 і між додатковими джерелами 25 та 26 і т. п.. Приймач 16 приєднується до третього джерела 25 за допомогою ключів 27, 28 та 29, які належать до третьої групи. Четверта група ключів складається із ключів 30, 31 та 32 і призначена для приєднання приймача до четвертого джерела 26. Перетворювач 17 забезпечує неперервне живлення приймача при виключенні будь-якого одного ключа будь-якого з чотирьох джерел. Комутація ключів виконується за сигналами блоку керування 18, причому при кожному перемиканні блок керування генерує сигнали (команди), аналогічні до 11-13. Зазначимо, що у випадку використання способу для перемикання приймача до резервного джерела (перший варіант використання) величини напруг джерел 14, 15, 25 та 26 вибираються джерела з однаковими напругами. Але у випадку використання способу для регулювання величини напруг приймача джерела 14, 15, 25 та 26 мають різні, наприклад, фазні напруги. Як правило, у цьому випадку однойменні величини напруг джерел утворюють арифметичну прогресію (Фіг.3).

Другий з варіантів виконання способу призначений для регулювання напруг на вторинному боці

автотрансформатора. Множину джерел трифазних напруг утворюють із допомогою трифазного трансформатора або автотрансформатора, який живиться від однієї трифазної мережі А4, В4, С4 та О4. Перемикання виконують шляхом комутації ключів, приєднаних одним кінцем по одному до одного із затискачів виводів обмоток трифазного трансформатора або автотрансформатора, а другим кінцем до фази приймача. На Фіг.4 подана блок-схема перемикача, який реалізує спосіб перемикання напруг приймача, реалізованого на вторинному боці автотрансформатора. Тут „первинність” визначається за схемою приєднанням живильної мережі до сторони автотрансформатора. Силова схема пристрою за даним способом включає приймач 16, перетворювач двох фаз трифазної системи в невивистачаючу третю фазу 17, автотрансформатор 33 та групи ключів 38, 39 та 40. Автотрансформатор 33 складається з тристрижневого магнітопроводу 34 та множин обмоток 35, 36 та 37. Кожна множина обмоток, наприклад, 35 розташована на окремому стрижні. Кожна множина обмоток має ряд виводів на вторинній стороні автотрансформатора, а один вивід - на первинній стороні. Усі множини обмоток мають практично однакове виконання. Затискачі трьох однойменних виводів, наприклад, 41, 42, 43 обмоток, які розташовані на різних стрижнях, представляють собою затискачі окремих джерел живлення. Кількість таких джерел трифазних напруг необмежена, наприклад, може бути рівна п'яти (Фіг.4). Виводи лінійних фаз джерел трифазних напруг позначені так: перше джерело - 41, 42, 43; друге джерело - 44, 45, 46; третє джерело - 47, 48, 49; четверте джерело - 50, 51, 52; п'яте джерело - 53, 54, 55. За даним способом трифазний приймач із допомогою груп ключів 38, 39 та 40 перемикають між затискачами виводів обмоток трифазного автотрансформатора. Змінюючи коефіцієнт трансформації напруг, досягають регулювання трифазних напруг. Як правило, величини напруг на різнойменних виводах обмоток однієї множини, розміщених на стрижні, утворюють арифметичну прогресію.

Третій з варіантів виконання способу призначений для регулювання напруг на первинній стороні автотрансформатора. Перемикання виконують також шляхом почергової комутації ключів, ввімкнених між затискачами виводів обмоток трифазного, наприклад, автотрансформатора та живильною мережею А4, В4, С4, О4. Однойменні виводи обмоток, розташовані на вторинній стороні автотрансформатора, приєднані по одному до однієї фази приймача. У способі з допомогою послідовної комутації ключів змінюють коефіцієнт трансформації напруг автотрансформатора, що є еквівалентом перемикання джерел напруг на первинній стороні автотрансформатора. На Фіг.5 подана блок-схема регулятора напруги, який реалізує спосіб перемикання джерел трифазних напруг на первинній стороні автотрансформатора. Різниця третього варіанту від другого полягає також у тому, що в автотрансформаторі (Фіг.5) параметрично компенсують струми намагнічування стрижнів тристрижневого магнітопроводу при однофазних струмах приймача. У даному конкретному випадку вказана компенсація досягається завдяки тому, що у множині, яка складається з трьох обмоток, кількість витків однієї обмотки приблизно удвічі більша кількості витків кожної із двох інших обмоток. Ці співвідношення мають місце для кожної із множин 35, 36, 37 обмоток. Крім того, в даному способі зменшують опір нульової послідовності живильної мережі з допомогою фільтру струмів нульової послідовності 56.

Кількість блоків, які входять до регулятора напруги, виконаного за даним способом, може бути зменшена, якщо вказаний вище трансформатор або автотрансформатор сумістити в одній конструкції з фільтром струмів нульової послідовності. Так, автотрансформатор 33 може бути об'єднаний із перетворювачем двох фаз трифазної системи в невивистачаючу третю фазу 17 (Фіг.4). Але у другому варіанті (Фіг.4) вказане об'єднання не може бути реалізоване через систему виводів обмоток та ключі. Таке об'єднання реалізоване у третьому варіанті (Фіг.5).

Отже спосіб дозволяє зменшити до нульового значення час перерви електропостачання. При використанні контакторних ключів утрати енергії можна зменшити більш ніж у 15 разів. Регулятори напруги приймача, виконані за даним способом, створюють у 10-20 разів менші амплітуди струмів та напруг у перехідних процесах. Тому спосіб доцільно застосовувати також для регулювання потужності конденсаторної батареї.

Спосіб реалізований у пристрої потужністю 3,0 кВт та напругою 3х220В. Пристрій виконує: і функцію перемикання приймача від одного джерела напруг до другого і функцію регулювання напруги приймача. Пристрій пройшов лабораторні випробування і показав задовільні результати.

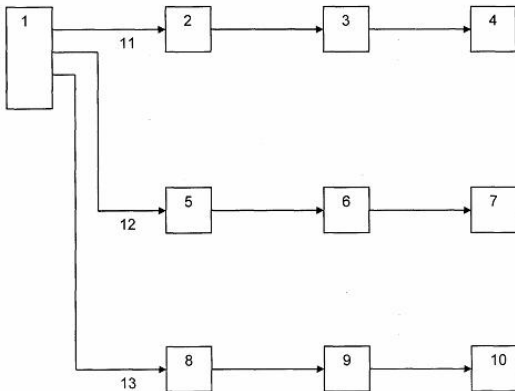
Даний спосіб може бути застосований як для неперервного живлення приймача при його перемиканні від одного джерела напруги до другого, так і для регулювання напруг трифазного приймача.

Джерела інформації:

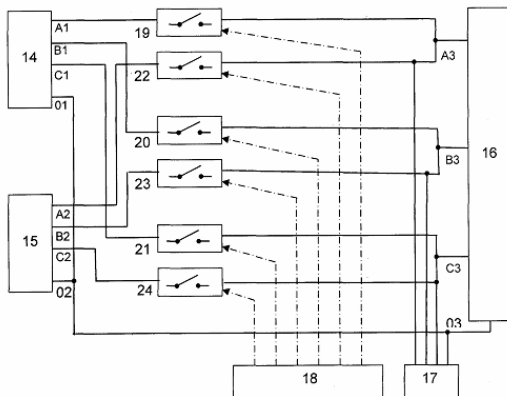
1. Белов Б.В. Устройство для автоматического переключения однофазных сетей. Авторське свідоцтво СРСР № 1 377 960, МПК Н 02 J 9/06. 1988, Бюлл. Изобр. № 8.
2. Григорьев В.А., Игнатов А.А., Винокуров В.М. Устройство для автоматического переключения нагрузки с одного источника питания на другой. Авторське свідоцтво СРСР № 1 654 921, МПК Н 02 J 9/06. 1991, Бюлл. Изобр. № 21.
3. Sabol L. A. Load-transfer system protects important loads, "Transmiss. And Distrib.", 1986, 38, № 5, С. 28, 30 (англ.)
4. Donati F., Strozzi L. Unterbrechungsfreie Stromversorgung. „Bull. Schweiz. Electrotechn. Ver.", 1986, 77, N 19, С. 1218 - 1221.
5. Tez E.S. Microprocessor-based controller for tap-changing transformers. "Control 85: Int. Conf. Cambridge, 9-11 July, 1985, Vol. 2". London, New York, 1985, p/609-613. 6-Bilger H., Ravot J.-F. Three-phase transformer with in Phase Regulating Winding for the Regulation of phase Voltages. Патент США № 5 977 761, H01F 30/12. Виданий 02.11.1999.
7. Radu G.A. Three-phase Auto Transformer with two Tap Changers for ratio and Phase-Angle Control. Патент США № 6 011 381, G05 1/14. Виданий 04.01.2000.
8. Шаповалов И.Ф. Справочник по расчету электрических сетей, Издавництво «Будівельник», Київ, 1974, 237 с.

Таблиця

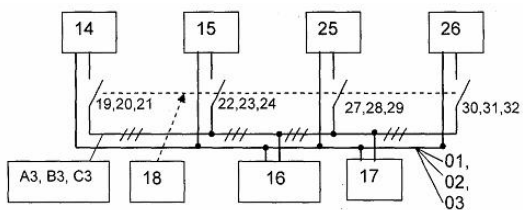
Початковий, проміжні та кінцевий стани процесу перемикання трифазного приймача від одного трифазного джерела до другого						
Стан № 1	Стан № 2	Стан № 3	Стан № 4	Стан № 5	Стан № 6	Стан № 7
Перше джерело напруги						
Друге джерело напруги						



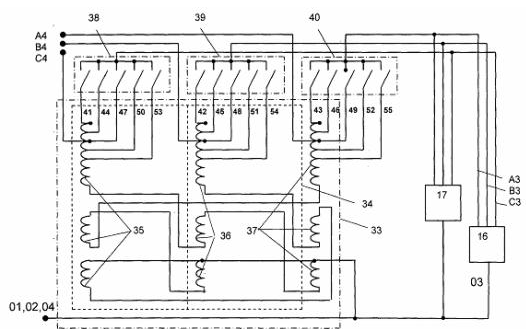
Фіг. 1



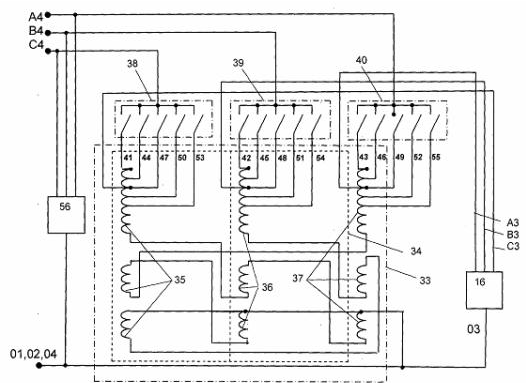
Фіг. 2



Фіг. 3



$\Phi_{ir. 4}$



$\Phi_{ir. 5}$