



УКРАЇНА

(19) UA (11) 34225 (13) A

(51) 6 H01F30/12, H02H7/09, H02J3/01

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ФІЛЬТР СТРУМІВ ВИЩИХ ГАРМОНІК ТРИФАЗНОЇ МЕРЕЖІ

(21) 99063337

(22) 15.06.1999

(24) 15.02.2001

(33) UA

(46) 15.02.2001, Бюл. № 1, 2001 р.

(72) Музиченко Олександр Дмитрович, Музиченко
Юрій Олександрович, Музиченко Оксана Олек-
сандрівна

(73) Музиченко Олександр Дмитрович

(57) 1. Фільтр струмів вищих гармонік трифазної мережі, який має у своєму складі затискачі трьох лінійних та нульової вхідних фаз мережі та тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщено по одній основній обмотці, кожна з яких має проміжний вивід, який ділить основну обмотку по кількості витків на частини у пропорції 2:1, 2:1 та 1:1, причому більші по кількості витків частини двох основних обмоток та третя основна обмотка ввімкнені у трикутник, точка з'єднання виводів двох більших по кількості витків частин основних обмоток підімкнена до затискача першої лінійної вхідної фази мережі, вивід кожної меншої по кількості витків частин двох основних обмоток по одному приєднаний до затискачів другої та третьої лінійної вхідної фази мережі відповідно, а проміжний вивід третьої основної обмотки, який ділить цю обмотку по кількості витків у пропорції 1:1, приєднаний до затискача нульової вхідної фази мережі, **відрізняється** тим, що до фільтру додано затискачі вихідних фаз та три додаткові однофазні трансформатори, які містять одну первинну та дві вторинні обмотки, первинні обмотки кожного однофазного трансформатора ввімкнені паралельно основним обмоткам, дві вторинні обмотки кожного однофазного трансформатора мають однакову кількість витків, споряджені проміжними виводами і з'єднані між собою різнойменними виводами, причому точка з'єднання різнойменних виводів приєднана до затискача третьої лінійної вхідної фази мережі, якщо первинна обмотка трансформатора приєднана до перших двох затискачів вхідних лінійних фаз, а якщо первинна обмотка додаткового однофазного трансформатора приєднана паралельно до основної, ввімкненої між проміжними виводами інших основних обмоток, то точка з'єднання вказаних різнойменних вторинних обмоток приєднана до затискача вхідної лінійної фази, приєданого до більших по кількості витків частин

основних обмоток, при цьому затискачі кожної лінійної вхідної фази фільтру приєднані до виводів вторинних обмоток додаткових однофазних трансформаторів, а затискачі кожної нульової вхідної фази з'єднані із затискачем нульової вхідної фази.

2. Фільтр струмів вищих гармонік трифазної мережі по п. 1, який **відрізняється** тим, що магнітопроводи додаткових однофазних трансформаторів конструктивно об'єднані з тристрижневим магнітопроводом більшого поперечного перерізу, первинні обмотки додаткових трансформаторів конструктивно об'єднані з основними обмотками більшого поперечного перерізу, а вторинні обмотки додаткових трансформаторів розміщені на стрижнях тристрижневого магнітопроводу.

3. Фільтр струмів вищих гармонік трифазної мережі по пп. 1 та 2, який **відрізняється** тим, що основна обмотка, яка має частини з однаковою кількістю витків, розміщена на середньому стрижні тристрижневого магнітопроводу.

4. Фільтр струмів вищих гармонік трифазної мережі по пп. 1-3,

який **відрізняється** тим, що відношення витків основної обмотки, розміщеної на крайньому стрижні, до витків основної обмотки, розміщеної на середньому стрижні магнітопроводу, складає 3/2.

5. Фільтр струмів вищих гармонік трифазної мережі по пп. 1-4,

який **відрізняється** тим, що затискачі вихідних лінійних та нульових фаз поділені на групи, кожна з яких має чотири затискачі, з яких три є затискачами лінійних фаз, а один є затискачем нульової фази, причому кожна група затискачів приєднана до окремого фідера.

6. Фільтр струмів вищих гармонік трифазної мережі по пп. 1-5, який **відрізняється** тим, що кількість вихідних лінійних фаз фільтру дорівнює 9, причому ці лінійні фази належать до трьох трифазних систем напруг, зсунутих між собою по фазі на кут 20 ел. гр..

7. Фільтр струмів вищих гармонік трифазної мережі по пп. 1-6, який **відрізняється** тим, що на кожному стрижні між частинами основних обмоток, а також між вторинними та основними обмотками має місце тісний магнітний зв'язок.

(19) UA (11) 34225 (13) A

Фільтр відноситься до електротехніки та електроенергетики і може бути використаний як засіб зменшення струмів та напруг вищих гармонік в трифазній чотирипровідній мережі.

Майже всі види сучасної прогресивної електротехнології викликають у трифазній мережі вищі гармоніки струмів. Найбільш потужними джерелами вищих гармонік є електродугові печі, електрозварювальні апарати, прокатні стани, руднотермічні печі, тиристорний привід, електрифікований транспорт, електролізні установки, газорозрядні лампи, телевізори, комп'ютери і т. і. Такі нелінійні приймачі обумовлюють появу у живильній мережі 3-ої, 5-ої, 7-ої, 9-ої, 11-ої, 13-ої, і т.д. гармонік струму та напруги, які порушують нормальні режими роботи іншого електричного та електронного обладнання, викликаючи збої в роботі, вихід обладнання з ладу та втрати енергії у живильних мережах.

Для зменшення гармонік струму та напруги у трифазній мережі застосовують силові фільтри.

Відомі фільтри вищих гармонік струму [1, 2, 3], які мають у своєму складі ланки послідовно з'єднаних конденсаторної батареї та котушки індуктивності, причому кожна ланка настроєна в резонанс з частотою тієї гармоніки, яку необхідно подавити у напрузі та-або струмі мережі. Ці фільтри мають такі недоліки:

- кількість ланок послідовно з'єднаних конденсаторної батареї та котушки індуктивності дорівнює кількості гармонік, які необхідно подавити у напрузі та-або струмі мережі;

- великі встановлена потужність та вартість фільтру;

- ненадійність роботи конденсаторних батарей;

- у момент ввімкнення фільтрів виникають кидки струму, після чого відбувається перехідний слабозатухаючий процес, який супроводжується генерацією вищих гармонік струму та напруги.

Відомі компенсаційні фільтри вищих гармонік [4, 5, 6], які мають у своєму складі напівпровідникові генератори гармонік, фази яких зсунуті на кут 180 ел. гр. порівняно з фазами гармонік струмів мережі. Генеровані гармоніки компенсують вищі гармоніки у струмах мережі і, таким чином, покращують спектральний склад форми кривої струму, отже і напруги. Ці фільтри мають універсальні можливості, але через велику вартість та малу надійність напівпровідникових елементів не знайшли широкого поширення.

Відомі фільтри вищих гармонік [7, 8, 9, 10], засновані на взаємній компенсації вищих гармонік струмів нелінійних навантажень. Така компенсація має місце при збільшенні кількості фаз багатофазної системи струмів до 9-15. Нелінійні навантаження приєднані до багатофазного виходу фільтру, а трифазний вхід фільтру приєднаний до живильної трифазної мережі. Такий фільтр виконаний на основі трансформатора або автотрансформатора, на кожному стрижні тристрижневого магнітопроводу якого розміщено по одній першій обмотці, які між собою ввімкнені у зірку та приєднані одними кінцями до проводу нульової фази мережі, та по 5-7 інших обмоток; інші обмотки згруповані у

ланки; кожна ланка утворена однією або двома послідовно з'єднаними обмотками, розташованими на різних магнітопроводах; кожна з цих ланок ввімкнена між виводом першої обмотки, не з'єднаним з проводом нульової фази, та проводом однієї з лінійних фаз вхідної або вихідної трифазних систем струмів. При цьому вхідна трифазна чотирипровідна система перетворюється на К вихідних трифазних чотирипровідних систем, кожна з яких зсунута по фазі напруги на кут 60/К ел. гр.. Ці фільтри використовуються для зниження несинусоїдальності струмів та напруг у розвинутих країнах. Їх недолік - великі встановлена потужність обмоток фільтру та вартість.

Найближчим аналогом (прототипом) до фільтру, який заявляється, є фільтр струмів нульової послідовності, обмотки якого мають "А"-подібне топографічне зображення [11]. Цей фільтр вищих гармонік струмів трифазної мережі має у своєму складі затискачі трьох лінійних та нульової вхідних фаз мережі та тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщено по одній обмотці, кожна з яких має проміжний вивід, який ділить кожен обмотку по кількості витків на частини у пропорції 2:1, 2:1 та 1:1, причому більші по кількості витків частини двох обмоток та третя обмотка ввімкнені у трикутник, точка з'єднання виводів двох більших по кількості витків частин обмоток підімкнена до затискача першої лінійної вхідної фази мережі, вивід кожної меншої по кількості витків частин двох обмоток по одному приєднаний до затискачів другої та третьої лінійної вхідної фази мережі відповідно, а проміжний вивід третьої обмотки, який ділить цю обмотку по кількості витків у пропорції 1:1, приєднаний до затискача нульової вхідної фази мережі.

Фільтр-прототип компенсує лише симетричні гармоніки струму нульової послідовності, кратні трьом, тобто: 3-тю, 9-ту, 15-ту і т. і., що є його основним недоліком. Цей фільтр не компенсує вищі гармоніки прямої та зворотної послідовності.

У зв'язку з цим була поставлена задача - збільшити кількість гармонік, які взаємно компенсуються, включаючи 5-ту, 7-му, 11-ту, 13-ту, 17-ту, 19-ту і т. і. гармоніки.

Ця задача розв'язана шляхом об'єднання схеми з'єднань фільтру-прототипу [11] з перетворенням однієї трифазної системи напруг з нульовою фазою у К симетричних трифазних систем з тією ж нульовою фазою [7, 8].

Такий розв'язок задачі забезпечив зменшення встановленої потужності фільтру у 1,6-1,8 рази порівняно з встановленою потужністю фільтрів - аналогів [7, 8]. А у порівнянні до фільтру-прототипу фільтр, який заявляється, зменшує не тільки вищі гармоніки струмів нульової послідовності, але й вищі гармоніки струмів прямої та зворотної послідовності. Зменшення вищих гармонік струмів приводить до зниження додаткових втрат енергії у мережі та підвищує якість напруг.

Поставлена мета досягнута тим, що до фільтру, який має у своєму складі затискачі трьох лінійних та нульової вхідних фаз мережі і тристрижне-

вий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщено по одній основній обмотці, кожна з яких має проміжний вивід, який ділить основну обмотку по кількості витків на частини у пропорції 2:1,2:1 та 1:1, причому більшість по кількості витків частини двох основних обмоток та третя основна обмотка ввімкнені у трикутник, точка з'єднання виводів двох більших по кількості витків частин основних обмоток підімкнена до затискача першої лінійної вхідної фази мережі, вивід кожної меншої по кількості витків частин двох основних обмоток по одному приєднаний до затискачів другої та третьої лінійної вхідної фази мережі відповідно, а проміжний вивід третьої основної обмотки, який ділить цю обмотку по кількості витків у пропорції 1:1, приєднаний до затискача нульової вхідної фази мережі, додані затискачі вихідних фаз та три додаткові однофазні трансформатори, які містять одну первинну та дві вторинні обмотки, первинні обмотки кожного однофазного трансформатора ввімкнені паралельно основним обмоткам, дві вторинні обмотки кожного однофазного трансформатора мають однакову кількість витків, споряджені проміжними виводами і з'єднані між собою різноименними виводами, причому точка з'єднання різноименних виводів приєднана до затискача третьої лінійної вхідної фази мережі, якщо первинна обмотка трансформатора приєднана до затискачів перших двох вхідних лінійних фаз, а якщо первинна обмотка додаткового однофазного трансформатора приєднана паралельно до основної, ввімкненої між проміжними виводами інших основних обмоток, то точка з'єднання вказаних різноименних виводів вторинних обмоток приєднана до затискача вхідної лінійної фази, приєданого до більших по кількості витків частин основних обмоток, при цьому затискачі кожної лінійної вихідної фази фільтру приєднані до виводів вторинних обмоток додаткових однофазних трансформаторів, а затискачі кожної нульової вихідної фази з'єднані із затискачем нульової вхідної фази.

У пріоритетних варіантах магнітопроводи додаткових однофазних трансформаторів об'єднані з три стрижневим магнітопроводом, первинні обмотки додаткових трансформаторів конструктивно об'єднані з основними обмотками, а вторинні обмотки додаткових трансформаторів розміщені на стрижнях тристрижневого магнітопроводу, кожен стрижень якого виконує функції магнітопроводу однофазного трансформатора,

У пріоритетному варіанті основна обмотка, яка має рівні по кількості витків частини, розміщена на середньому стрижні тристрижневого магнітопроводу.

Для раціонального використання вікна тристрижневого магнітопроводу відношення витків основної обмотки, розміщеної на крайньому стрижні, до витків основної обмотки, розміщеної на середньому стрижні магнітопроводу, складає 3/2.

Для підвищення ефективності компенсації вищих гармонік струмів затискачі вихідних лінійних та нульових фаз поділені на групи, кожна з яких має чотири затискачі, з яких три є затискачами лінійних фаз, а один є затискачем нульової фази, причому кожна група затискачів приєднана до окремого фідера.

У пріоритетному варіанті кількість вихідних лі-

нійних фаз фільтру дорівнює 9, причому ці лінійні фази належать до трьох трифазних систем напруг, зсунутих між собою по фазі кут 20 ел. гр..

На кожному стрижні між частинами основних обмоток, а також між вторинними та основними обмотками має місце тісний магнітний зв'язок,

Запропоноване виконання фільтру дає можливість зменшити встановлену потужність фільтру з 1,0-1,2 [10] до 0,63-0,67 при множенні кількості фаз у 3-5 разів відповідно. Це означає, що фільтри, виконані за даним патентом, потребують у 1,6-1,8 разів менше міді та електротехнічної сталі порівняно з фільтрами [10] при виконанні того ж функціонального призначення. А у порівнянні до фільтру-прототипу [11] заявлений фільтр додатково подавляє вищі гармоніки струмів прямих та зворотніх послідовностей.

Для кращого розуміння суті винаходу наведені графічні матеріали.

На фіг. 1 показане топографічне зображення фільтру, у якого для подавлення гармонік струмів з порядковими номерами 3, 5, 7, 9, 11, 13 і 15 кількість вихідних фаз збільшена утричі.

На фіг. 2 подана схема приєднання затискачів вхідних та вихідних фаз фільтру до мережі постачальника та до трьох фідерів, які живлять нелінійні навантаження, наприклад, домові стояки та секційні розводки будинків, при збільшенні вихідних фаз утричі.

На фіг. 3 показане топографічне зображення фільтру, у якого для подавлення гармонік з порядковими номерами 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25 та 27 кількість вихідних фаз збільшена у п'ять разів.

На фіг. 4 подана схема приєднання затискачів вхідних фаз фільтру до мережі постачальника та вихідних фаз фільтру до п'яти фідерів, які живлять нелінійні навантаження при множенні вхідних фаз у п'ять разів.

На фіг. 5 показана принципова схема з'єднань обмоток фільтру у пріоритетному варіанті при множенні кількості вихідних фаз у п'ять разів.

На фіг. 1-5 позначено: А, В, С, О-затискачі вхідних лінійних та нульової фаз трифазної чотирипровідної живильної мережі відповідно; у пріоритетному варіанті затискачі А,В,С,О є також затискачами однієї з вихідних трифазних чотирипровідних систем напруг; А₁-А₄, В₁-В₄, С₁-С₄, О₁-О₄ - затискачі вихідних лінійних та нульової фаз трифазних чотирипровідних систем напруг; 1 - фільтр вищих гармонік; 2 - тристрижневий магнітопровід фільтру; 3-23 - обмотки фільтру.

Будову фільтру розглянемо на пріоритетних варіантах його виконання (фіг. 1-5). Фільтр 1 складається із тристрижневого магнітопроводу 2, на кожному стрижні якого знаходиться по одній основній обмотці 3-5, кожна з яких споряджена проміжним виводом, що ділить основні обмотки на частини: обмотку 3- на частини 6 та 7; обмотку 4 - на частини 10 та 11; обмотку 5 - на частини 8 та 9. Частини основних обмоток 3 та 5, а саме 6 та 7, 8 та 9, мають неоднакову кількість витків. Відношення витків обмотки 6 до витків обмотки 7 складає 2:1; така ж пропорція має місце між кількостями витків обмоток 8 та 9 (2:1). Частини основної обмотки 4 мають однакову кількість витків, тобто відношення між кількостями їх витків дорівнює 1:1.

У пріоритетному варіанті основна обмотка 4, проміжний вивід якої ділить її по кількості витків на рівні частини 10 та 11, розташована на середньому стрижні магнітопроводу. Відношення витків основної обмотки 5 до витків обмотки 4 дорівнює $3/2$. Таке ж відношення ($3/2$) має місце між витками основних обмоток 5 та 4.

У фільтрі нульові вхідна O та вихідні O, O_1, O_2, O_3, O_4 фази з'єднані між собою і мають окреме позначення на фіг. 2 для того, щоб вказати на їх належність до порядкового номеру відхідних трифазних ліній (фідерів) від фільтру до навантажень.

У фільтрі однофазні трансформатори можуть бути виконаними окремо або суміщено з тристрижневим магнітопроводом і основними обмотками. У другому, пріоритетному, випадку використане суміщення однофазних трансформаторів з тристрижневим магнітопроводом та основними обмотками. Тому на фіг. 1-5 подані лише вторинні обмотки однофазних трансформаторів.

На кожному стрижні фільтру розташовані дві вторинні обмотки однофазних трансформаторів (12 та 13; 14 та 15; 16 та 17 (фіг. 1) при множенні вихідних фаз утричі; 12, 13 та 14, 15; 16, 17 та 18, 19, 20, 21 та 22, 23 (фіг. 3) при множенні вихідних фаз у п'ять разів), первинні обмотки яких об'єднані з основними обмотками 3, 4 та 5 відповідно, а магнітопроводи однофазних трансформаторів об'єднані із стрижнями тристрижневого магнітопроводу 2. Затискачі вхідних та вихідних лінійних фаз ($A_1, A_2, A_3, A_4, A; B_1, B_2, B_3, B_4, B; C_1, C_2, C_3, C_4, C$) фільтру приєднані до виводів вторинних обмоток однофазних трансформаторів.

На фіг. 5 показана принципова схема фільтру, у якого основна обмотка, яка має рівні по кількості витків частини (10 та 11), розміщена на середньому стрижні тристрижневого магнітопроводу. Таке розміщення підвищує надійність та термін служби фільтру.

Із топографічних зображень фіг. 1 та 3 видно, що відношення напруг на основних обмотках складає $3/2$; тому відношення витків основної обмотки, розміщеної на крайньому стрижні, до витків основної обмотки, розміщеної на середньому стрижні магнітопроводу, складає $3/2$.

На фіг. 2 та 4 затискачі вихідних лінійних та нульових фаз поділені на групи, кожна з яких має чотири затискачі, з яких три є затискачами лінійних фаз, а один є затискачем нульової фази, причому кожна група затискачів приєднана до окремого фідера.

У пріоритетному варіанті кількість вихідних лінійних фаз фільтру дорівнює 9, причому ці лінійні фази належать до трьох трифазних систем напруг, зсунутих між собою по фазі на кут 20 ел. гр. Цей варіант виконання фільтру показаний на фіг. 1. Співвідношення між вторинними обмотками, наприклад B_1B , та основними обмотками вибирається так, щоб кути $A_1OA, AOA_2, B_1OB, BOB_2, C_1OC, SOC_2$ дорівнювали 20 ел. гр..

Для зниження опору фільтру струмам вищих гармонік нульової, зворотної та прямої послідовності на кожному стрижні між частинами основних обмоток, а також між вторинними та основними обмотками має місце тісний магнітний зв'язок. Для цього обмоточні проводи частин основних обмоток та двох додаткових обмоток зближені між собою,

або намотані у біфіляр.

Робота фільтру. Відомо, що у даний час споживачі енергії масово використовують нелінійні навантаження, які викликають у живильній мережі 3-тю, 5-ту, 7-му, і т. і. гармоніки струму, які шкідливо впливають на роботу електронної апаратури, додатково нагрівають проводи та трансформатори у споживачів і викликають додаткові втрати енергії у мережі. Ці збитки мають місце при прямому приєднанні нелінійних навантажень до живильної мережі. При приєднанні таких нелінійних навантажень, наприклад, сучасних побутових навантажень (кольорові та чорно-білі телеприймачі, радіоприймачі, комп'ютери, компактні економичні освітлювальні лампи, і т. і.) до живильної мережі через фільтр, який заявляється, вищі гармоніки компенсуються у фільтрі, внаслідок чого після фільтру у живильній трифазній мережі протікають практично синусоїдальні струми, хоч в кожному з навантажень протікають імпульсні або несинусоїдальні струми. Це пояснюється тим, що при трансформації числа фаз напруг у напрямку від джерела (A, B, C, O) до споживача ($A_1, A_2, A_3, \dots, B_1, B_2, B_3, \dots, C_1, C_2, C_3, \dots, O$) у зворотному напрямку відбувається розклад струму кожної вихідної фази на три складові. Так, якщо до фазної напруги вихідної фази фільтру, наприклад, A і (фіг. 1), приєднати довільне нелінійне навантаження, яке викличе миттєвий струм $i(a_1)$ у фазі A_1 , наприклад, рівний $1,0$, то у вхідних лінійних та нульовій фазах A, B, C, O миттєві струми рівні:

$$i(a) = 0,666; i(b) = 0,543; i(c) = 0,123; i(o) = 1,000. (1)$$

Струми (1) є імпульсами, але огинаючою кривою пікових значень цих імпульсів є синусоїда. Імпульси (1) заповнюють синусоїди трифазного струму лише на проміжку часу, який дорівнює $1/18$ частині періоду. Миттєві струми у вхідних фазах принаймні на дві третини менші миттєвого значення струму в однофазному навантаженні. Це зменшення струму відбувається за рахунок трансформації струму в обмотках фільтру. Струм одного однофазного навантаження трансформується у всі вхідні фази фільтру одночасно. При цьому струм навантаження розкладається на три складові струмів відповідно до кількості фаз вхідної системи живлення.

При підімкненні двох таких навантажень на вихідні фази A_1 та A через $1/18$ частину періоду струм фази A_1 практично зникне, а виникнуть струми, обумовлені навантаженням вихідної фази A . Струми у вхідних фазах змінюють фазу і величину:

$$i(a) = 0,666; i(b) = 0,333; i(c) = 0,333; i(o) = 1,000. (2)$$

Через дві $1/18$ -ті частини періоду струм від навантаження вихідної фази A припиняється, а підмикається навантаження фази A_2 , яке викликає у вхідних фазах струми:

$$i(a) = 0,666; i(b) = 0,123; i(c) = 0,543; i(o) = 1,000. (3)$$

Струми через три $1/18$ частини періоду у вхідних фазах при підімкненні навантаження до вихідної фази B і дорівнюють:

$$i(a) = 0,123; i(b) = 0,666; i(c) = 0,543; i(o) = 1,000. (4)$$

Із динаміки значень струмів (1)-(4) видно, що струми у мережі навіть при імпульсних навантаженнях наближаються до синусоїдальних. При підімкненні п'ятнадцяти таких навантажень на

вихідні фази $A-A_5$, $B-B_5$, $C-C_5$ діючі значення струмів у вхідних фазах A , B , C , O рівні (фіг. 3-5):

$i(a)=3,000$; $i(b)=3,000$; $i(c)=3,000$; $i(o)=0,000$, (5) причому форма струму у всіх вхідних фазах близька до синусоїдальної.

Чим більше вихідних фаз фільтру, тим форма струму ближча до синусоїди. Найбільш оптимальним можна вважати збільшення кількості фаз у 3-5 разів.

Отже при застосуванні даного фільтру можна компенсувати 5-у, 7-у і інші гармоніки прямої та зворотної послідовності; при цьому можна знизити встановлену потужність фільтру у 1,6-1,8 разів.

Експериментальні випробування підтвердили ефект зниження амплітуд 3-ої, 5-ої, 7-ої, 9-ої, 11-ої та 13-ої гармонік.

Список посилань.

1. Добрусин Л.А., Павлович А.Г. Влияние конденсаторов в составе фильтро-компенсирующего устройства на несинусоидальность напряжения сети. -Электричество. - 1975, № 12. - с. 71-74.

2. Moran Gunter, Richter Walter, Fitscher Gerhard, Filteranordnung. Патент Австрії № 393765, МПК H03H 1/02, Опубл. 10.12.1991.

3. Яценко А. А., Вахнина В. В. и др. Устройство для регулирования мощности трехфазных фильтров. Авт. свид. СССР № 1381650, МПК H02S 3/18, Опубл. Бюл. изобр. 1988, № 10.

4. Арефьев А. Н., Смирнов В. С. Электрический фильтр-компенсатор, Авт. свид. СССР № 813586. Опубл. 18.03.1981.

5. Kawahira H., Nakamura T., Nakasawa S., Nomura M. Active power filter//Inter. Power Electron. Conf., Tokyo, 27-31 March, 1983, Vol. 2", 1983, с. 981-992.

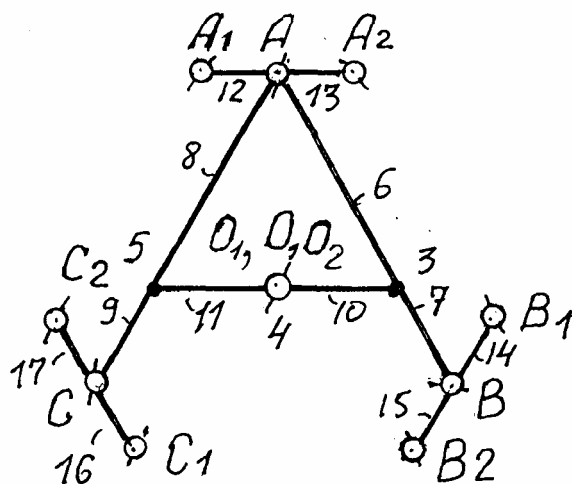
6. Davis William F. High frequency line ripple cancellation circuit. Патент США № 4341990, МПК G05F 1/56, вид. 27.07.1982.

7. Levin M. Zero phase sequence current filter with adjustable impedance. Патент США № 5406437, МПК H02H 007/08, вид. 11.04.95.

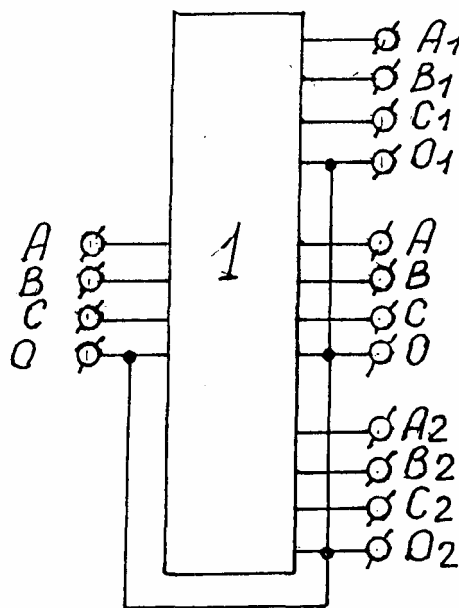
8. Levin M. I. Combinet phase-shifting directional zero phase sequence current and method for using thereof. Патент США № 5416688, МПК H02J 001/02, вид. 16.05.1995.

9. Менке Д., Уолліс В., Франк Б., Джон Дж. Перетворювач розводки електропостачання для не-лінійних навантажень. Патент США № 5416458, МПК H01F 033/00, вид. 16.05.1995. Ю.Левін М. І. Фазозсуваючий перетворювач з низьким опором нульової послідовності. Патент США № 5801610, МПК H01F 033/00, вид. 1.08.1998.

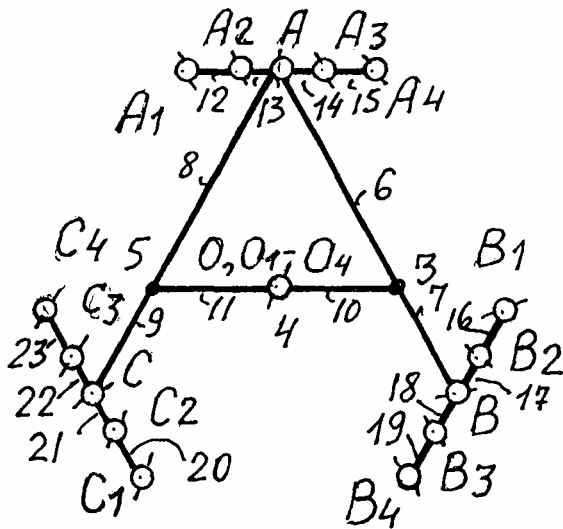
11. Шидловский А. К., Новский В. А., Каплич-ный Н. Н. Стабилизация параметров электрической энергии в распределительных сетях. - Киев, Наукова думка, 1989 (стр. 57, рис.14,в).



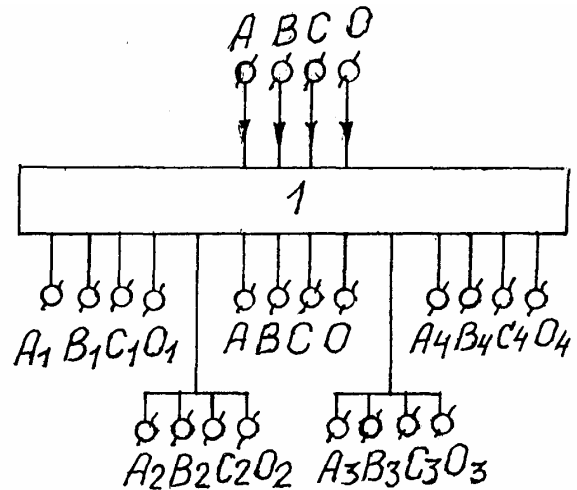
Фиг. 1



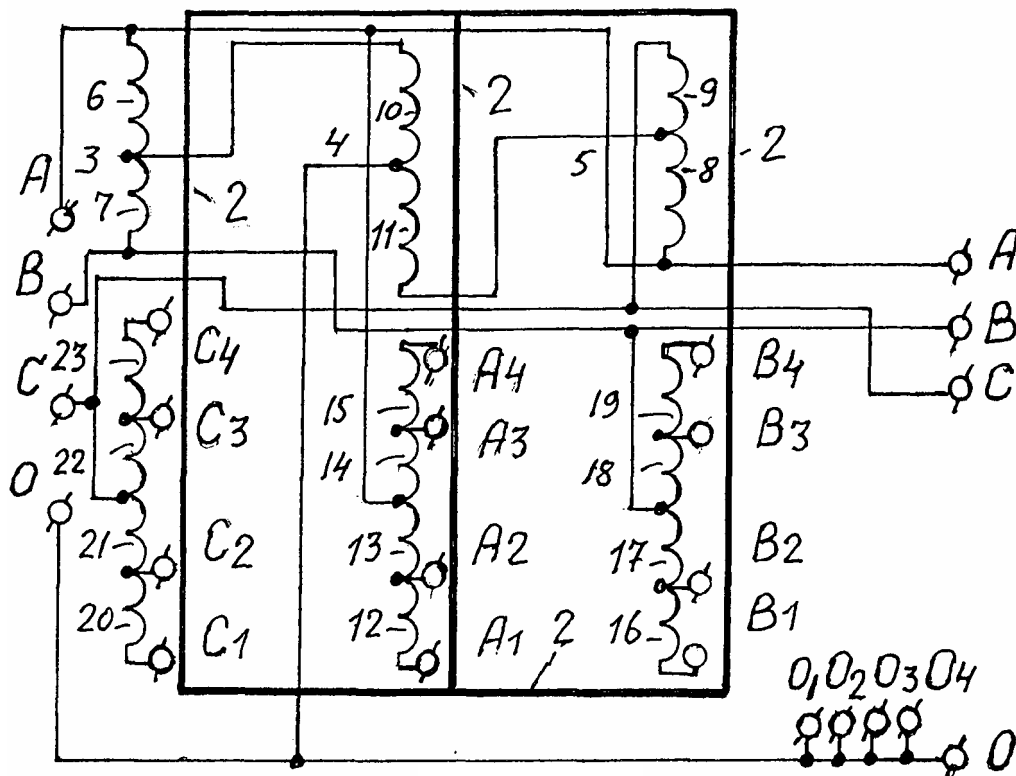
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60x84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22