



УКРАЇНА

(19) UA (11) 74703 (13) C2

(51) МПК (2006)
H01F 30/12 (2006.01)
H02H 7/08
H02J 3/01
H02J 3/04
H02J 3/26
H02M 7/53

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ФІЛЬТР СТРУМІВ ВИЩИХ ГАРМОНІК ТРИФАЗНОЇ МЕРЕЖІ (ВАРІАНТИ)

1

(21) 2004032250
(22) 26.03.2004
(24) 16.01.2006
(46) 16.01.2006, Бюл. № 1, 2006 р.
(72) Музиченко Юрій Олександрович, Музиченко Олександр Дмитрович
(73) Музиченко Юрій Олександрович, Музиченко Олександр Дмитрович
(56) UA 34224, H01F30/12, H02H7/08, H02J3/04, H02M7/53, 15.02.2001
US 3671901, H01F33/00, 20.06.1972
EP 0483486, H01F29/02, 06.05.1992
US 5543771, H01F33/00, 06.08.1996
US 6498736, H02M1/14, 24.12.2002
(57) 1. Фільтр струмів вищих гармонік трифазної мережі, який містить затискачі трьох вхідних лінійних фаз, один затискач вхідної нульової фази, дев'ять затискачів вихідних лінійних фаз та три затискачі вихідних нульових фаз, причому усі затискачі вихідних фаз об'єднані у групи, кожна з яких складається з трьох затискачів лінійних фаз та одного затискача нульової фази, причому кожна група затискачів призначена для приєднання одного чотирипровідного фідера, кожен затискач вихідної лінійної фази другої групи по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази, при цьому затискачі вихідних нульових фаз приєднані до затискача вхідної нульової фази, а також тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщено першу, другу, третю та четверту обмотки, кожна з яких споряджена початковим та кінцевим виводами, причому четверті обмотки споряджені одним проміжним виводом, кожні дві перші обмотки між собою з'єднані різномісними, початковим та кінцевим, виводами у трикутник, а кожна одна точка з'єднання перших обмоток приєднана по одній до одного затискача вхідної лінійної фази, усі другі та треті обмотки мають однакові кількості витків, кількість витків другої обмотки складає третину від кількості витків першої обмотки, кожна друга обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, та кожна третя обмотка,

2

яка розміщена на іншому стрижні магнітопроводу, між собою ввімкнені однойменними виводами, при цьому утворені три ланцюги послідовних з'єднань других та третіх обмоток, які між собою ввімкнені у трипроменеву зірку, спільна точка зірки трьох ланцюгів приєднана до вхідної нульової фази, а кожен кінець ланцюга (променя зірки) по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази, проміжний вивід четвертої обмотки є точкою поділу четвертої обмотки на дві рівні по кількості витків частини, проміжний вивід кожної четвертої обмотки, яка розташована на тому стрижні, на якому знаходиться перша обмотка, яка приєднана виводами до двох затискачів вхідних лінійних фаз, з'єднаний із затискачем третьої вхідної лінійної фази, який **відрізняється** тим, що до фільтра додано шість додаткових обмоток, три з яких названі п'ятими, а три - шостими, кожна п'ята та кожна шоста обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі п'яті та шості обмотки мають однакову кількість витків, кожна п'ята обмотка кінцевим виводом приєднана до кінцевого виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою п'ятою обмоткою, кожна шоста обмотка початковим виводом приєднана до початкового виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою шостою обмоткою, кожен із затискачів вихідної лінійної фази першої групи приєднаний до одного початкового виводу п'ятої обмотки, кожен із затискачів вихідної лінійної фази третьої групи приєднаний до одного кінцевого виводу шостої обмотки.
2. Фільтр за п.1, який **відрізняється** тим, що кількість витків четвертої обмотки складає від 8% до 36% від кількості витків першої обмотки, наприклад 27,62%.
3. Фільтр за пп.1, 2, який **відрізняється** тим, що кількість витків п'ятої обмотки складає від 0,25% до 4,5% від кількості витків першої обмотки, на-

(13) C2
(11) 74703
(19) UA

приклад 2,27%.

4. Фільтр за пп.1-3, який **відрізняється** тим, що другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою "zigzag".

5. Фільтр за пп.1-4, який **відрізняється** тим, що другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою "лямбда".

6. Фільтр за пп.1-4, який **відрізняється** тим, що кожна друга обмотка об'єднана з частиною першої обмотки, при цьому перша та друга обмотки знаходяться на спільному стрижні магнітопроводу.

7. Фільтр за пп.1-6, який **відрізняється** тим, що провідники четвертої обмотки оточені провідниками першої обмотки, а кожен провідник другої обмотки оточений провідниками третьої обмотки, і навпаки, причому вказані обмотки розташовані на одному стрижні магнітопроводу.

8. Фільтр струмів вищих гармонік трифазної мережі, який містить затискачі трьох вхідних лінійних фаз, один затискач вхідної нульової фази, дев'ять затискачів вихідних лінійних фаз та три затискачі вихідних нульових фаз, причому усі затискачі вихідних фаз об'єднані у групи, кожна з яких складається з трьох затискачів лінійних фаз та одного затискача нульової фази, причому кожна група затискачів призначена для приєднання одного чотирипровідного фідера, при цьому затискачі вихідних нульових фаз приєднані до затискача вхідної нульової фази, а також тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщено першу, другу, третю та четверту обмотки, кожна з яких споряджена початковим та кінцевим виводами, причому четверті обмотки споряджені одним проміжним виводом, кожні дві перші обмотки між собою з'єднані різнойменними, початковим та кінцевим, виводами у трикутник, а кожна точка з'єднання перших обмоток приєднана по одній до одного затискача вхідної лінійної фази, усі другі та треті обмотки мають однакові кількості витків, кількість витків другої обмотки складає третину від кількості витків першої обмотки, кожна друга обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, та кожна третя обмотка, яка розміщена на іншому стрижні магнітопроводу, між собою ввімкнені однойменними виводами, при цьому утворені три ланцюги послідовних з'єднань других та третіх обмоток, які між собою ввімкнені у трипроменеву зірку, спільна точка зірки трьох ланцюгів приєднана до вхідної нульової фази, а кожен кінець ланцюга (променя зірки) по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази, проміжний вивід четвертої обмотки є точкою поділу четвертої обмотки на дві рівні по кількості витків частини, проміжний вивід кожної четвертої обмотки, яка розташована на тому стрижні, на якому знаходиться перша обмотка, яка приєднана виводами до двох затискачів вхідних лінійних фаз, з'єднаний із затискачем третьої вхідної лінійної фази, який **відрізняється** тим, що до фільтра додано вісімнадцять додаткових обмоток, три з яких названі п'ятими обмотками, три - шостими, три - сьомими, три - восьмими, три - дев'ятими та три - десятими обмотками, п'яті та шості обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі п'яті та шості обмотки мають однакові кількості витків, кожна п'ята обмотка кінцевим виводом приєднана

до кінцевого виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою п'ятою обмоткою, кожна шоста обмотка початковим виводом приєднана до початкового виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою шостою обмоткою, сьомі та восьмі обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі сьомі та восьмі обмотки мають однакові кількості витків, кожна сьома обмотка, яка знаходиться на тому стрижні, на якому розміщена перша обмотка, яка у свою чергу приєднана до двох затискачів вхідних лінійних фаз, початковим виводом з'єднана з початковим виводом п'ятої обмотки, кінцевий вивід якої приєднаний до кінцевого виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до третьої вхідної лінійної фази, кожна восьма обмотка, яка знаходиться на тому стрижні, на якому розміщена перша обмотка, яка у свою чергу приєднана до двох затискачів вхідних лінійних фаз, кінцевим виводом з'єднана з кінцевим виводом шостої обмотки, початковий вивід якої приєднаний до початкового виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до третьої вхідної лінійної фази, дев'яті та десяті обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі дев'яті та десяті обмотки мають однакові кількості витків, кожна дев'ята обмотка кінцевим виводом приєднана до кінцевого виводу сьомої обмотки, яка через послідовно ввімкнену п'яту обмотку з'єднана з кінцевим виводом четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою дев'ятою обмоткою, кожна десята обмотка початковим виводом приєднана до початкового виводу восьмої обмотки, яка через послідовно ввімкнену шосту обмотку з'єднана з початковим виводом четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою десятою обмоткою, кожен затискач вихідної лінійної фази першої групи по одному приєднаний до одного початкового виводу дев'ятої обмотки, кожен затискач вихідної лінійної фази другої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання початкових виводів п'ятої та сьомої обмоток, кожен затискач вихідної лінійної фази третьої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання кінцевих виводів шостої та восьмої обмоток, а кожен затискач вихідної лінійної фази четвертої групи по одному приєднаний до одного кінцевого виводу десятої обмотки.

9. Фільтр за п.8, який **відрізняється** тим, що кількість витків четвертої обмотки складає від 5,5% до 19,04% від кількості витків першої обмотки, наприклад 14,51%.

10. Фільтр за пп.8, 9, який **відрізняється** тим, що кількість витків п'ятої обмотки складає від 0,09% до 1,01% від кількості витків першої обмотки, наприклад 0,57%.

11. Фільтр за пп.8-10, який **відрізняється** тим, що кількість витків сьомої обмотки складає від 5,65% до 14,88% від кількості витків першої обмотки, на-

приклад 12,31%.

12. Фільтр за пп.8 -11, який **відрізняється** тим, що кількість витків дев'ятої обмотки складає від 0,73% до 7,92% від кількості витків першої обмотки, наприклад 4,05%.

13. Фільтр за пп.8-12, який **відрізняється** тим, що другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою "zigzag".

14. Фільтр за пп.8-13, який **відрізняється** тим, що другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою "лямбда".

15. Фільтр за пп.8 -13, який **відрізняється** тим, що кожна друга обмотка з'єднана із частиною першої обмотки, при цьому перша та друга обмотки знаходяться на спільному стрижні магнітопроводу.

16. Фільтр за пп.8-15, який **відрізняється** тим, що провідники кожної четвертої обмотки оточені провідниками першої обмотки, а кожен провідник другої обмотки оточений провідниками третьої обмотки, і навпаки, причому вказані обмотки розташовані на одному стрижні магнітопроводу.

17. Фільтр струмів вищих гармонік трифазної мережі, який містить затискачі трьох вхідних лінійних фаз, один затискач вхідної нульової фази, дев'ять затискачів вихідних лінійних фаз та три затискачі вихідних нульових фаз, причому усі затискачі вихідних фаз об'єднані у групи, кожна з яких складається з трьох затискачів лінійних фаз та одного затискача нульової фази, причому кожна група затискачів призначена для приєднання одного чотирипровідного фідера, при цьому затискачі вихідних нульових фаз приєднані до затискача вхідної нульової фази, а також тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщено першу, другу, третю та четверту обмотки, кожна з яких споряджена початковим та кінцевим виводами, причому четверті обмотки споряджені одним проміжним виводом, кожен дві перші обмотки між собою з'єднані різнойменними, початковим та кінцевим, виводами у трикутник, а кожна одна точка з'єднання перших обмоток приєднана по одній до одного затискача вхідної лінійної фази, усі другі та треті обмотки мають однакові кількості витків, кількість витків другої обмотки складає третину від кількості витків першої обмотки, кожна друга обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, та кожна третя обмотка, яка розміщена на іншому стрижні магнітопроводу, між собою ввімкнені однойменними виводами, при цьому утворені три ланцюги послідовних з'єднань других та третіх обмоток, які між собою ввімкнені у трипроменеву зірку, спільна точка зірки трьох ланцюгів приєднана до вхідної нульової фази, а кожен кінець ланцюга (променя зірки) по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази, проміжний вивід четвертої обмотки є точкою поділу четвертої обмотки на дві рівні по кількості витків частини, проміжний вивід кожної четвертої обмотки, яка розташована на тому стрижні, на якому знаходиться перша обмотка, яка приєднана виводами до двох затискачів вхідних лінійних фаз, з'єднаний із затискачем третьої вхідної лінійної фази, який **відрізняється** тим, що до фільтра додано вісімнадцять додаткових обмоток, три з яких названі п'ятими обмотками, три-шостими, три - сьомими, три - восьмими, три - дев'ятими та три - десятими

обмотками, п'яті та шості обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі п'яті та шості обмотки мають однакові кількості витків, кожна п'ята обмотка кінцевим виводом приєднана до кінцевого виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою п'ятою обмоткою, кожна шоста обмотка початковим виводом приєднана до початкового виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою шостою обмоткою, дев'яті та десяті обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі дев'яті та десяті обмотки мають однакові кількості витків, кожна дев'ята обмотка кінцевим виводом приєднана до початкового виводу п'ятої обмотки, кінцевий вивід якої з'єднаний з кінцевим виводом четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою дев'ятою обмоткою, кожна десята обмотка початковим виводом приєднана до кінцевого виводу шостої обмотки, початковий вивід якої з'єднаний з початковим виводом четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою десятою обмоткою, сьомі та восьмі обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі сьомі та восьмі обмотки мають однакові кількості витків, кожна сьома обмотка, яка знаходиться на тому стрижні, на якому розміщена перша обмотка, яка у свою чергу приєднана до двох затискачів вхідних лінійних фаз, початковим виводом з'єднана з початковим виводом дев'ятої обмотки, кінцевий вивід якої через послідовно ввімкнену п'яту обмотку приєднаний до кінцевого виводу тієї четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до третьої вхідної лінійної фази, кожна восьма обмотка, яка знаходиться на тому стрижні, на якому розміщена перша обмотка, яка у свою чергу приєднана до двох затискачів вхідних лінійних фаз, кінцевим виводом з'єднана з кінцевим виводом десятої обмотки, початковий вивід якої через послідовно ввімкнену шосту обмотку приєднаний до початкового виводу тієї четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до третьої вхідної лінійної фази, кожен затискач вхідної лінійної фази першої групи по одному приєднаний до одного кінцевого виводу сьомої обмотки, кожен затискач вхідної лінійної фази другої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання початкового виводу п'ятої та кінцевого виводу дев'ятої обмоток, кожен затискач вхідної лінійної фази третьої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання кінцевого виводу шостої та початкового виводу десятої обмоток, а кожен затискач вхідної лінійної фази четвертої групи по одному приєднаний до початкового виводу восьмої обмотки.

18. Фільтр за п.17, який **відрізняється** тим, що кількість витків четвертої обмотки складає від 5,5% до 19,04% від кількості витків першої обмотки, наприклад 14,51%.

19. Фільтр за пп.17, 18, який **відрізняється** тим, що кількість витків п'ятої обмотки складає від

0,09% до 1,01% від кількості витків першої обмотки, наприклад 0,57%.

20. Фільтр за пп.17-19, який **відрізняється** тим, що кількість витків сьомої обмотки складає від 5,65% до 14,88% від кількості витків першої обмотки, наприклад 12,31%.

21. Фільтр за пп.17-20, який **відрізняється** тим, що кількість витків дев'ятої обмотки складає від 0,73% до 7,92% від кількості витків першої обмотки, наприклад 4,05%.

22. Фільтр за пп.17-21, який **відрізняється** тим, що другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою "zigzag".

23. Фільтр за пп.17-22, який **відрізняється** тим, що другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою "лямбда".

24. Фільтр за пп.17-22, який **відрізняється** тим, що кожна друга обмотка об'єднана із частиною першої обмотки, при цьому перша та друга обмотки знаходяться на спільному стрижні магнітопроводу.

25. Фільтр за пп.17-24, який **відрізняється** тим, що провідники кожної четвертої обмотки оточені провідниками першої обмотки, а кожен провідник другої обмотки оточений провідниками третьої обмотки, і навпаки, причому вказані обмотки розташовані на одному стрижні магнітопроводу.

26. Фільтр струмів вищих гармонік трифазної мережі, який містить затискачі трьох вхідних лінійних фаз, один затискач вхідної нульової фази, дев'ять затискачів вихідних лінійних фаз та три затискачі вихідних нульових фаз, причому усі затискачі вихідних фаз об'єднані у групи, кожна з яких складається з трьох затискачів лінійних фаз та одного затискача нульової фази, причому кожна група затискачів призначена для приєднання одного чотирипровідного фідера, кожен затискач вихідної лінійної фази третьої групи по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази, при цьому затискачі вихідних нульових фаз приєднані до затискача вхідної нульової фази, а також три-стрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщено першу, другу, третю та четверту обмотки, кожна з яких споряджена початковим та кінцевим виводами, причому четверті обмотки споряджені одним проміжним виводом, кожен дві перші обмотки між собою з'єднані різнойменними, початковим та кінцевим, виводами у трикутник, а кожна одна точка з'єднання перших обмоток приєднана по одній до одного затискача вхідної лінійної фази, усі другі та треті обмотки мають однакові кількості витків, кількість витків другої обмотки складає третину від кількості витків першої обмотки, кожна друга обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, та кожна третя обмотка, яка розміщена на іншому стрижні магнітопроводу, між собою ввімкнені однойменними виводами, при цьому утворені три ланцюги послідовних з'єднань других та третіх обмоток, які між собою ввімкнені у трипроменеву зірку, спільна точка зірки трьох ланцюгів приєднана до вхідної нульової фази, а кожен кінець ланцюга (променя зірки) по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази, проміжний вивід четвертої обмотки є точкою поділу четвертої обмотки на дві рівні по кількості витків частини, проміжний вивід кожної четвертої обмот-

ки, яка розташована на тому стрижні, на якому знаходиться перша обмотка, яка приєднана виводами до двох затискачів вхідних лінійних фаз, з'єднаний із затискачем третьої вхідної лінійної фази, який **відрізняється** тим, що до фільтра додано вісімнадцять додаткових обмоток, три з яких названі п'ятима обмотками, три - шостими, три - сьомими, три - восьмими, три - дев'ятими та три - десятима обмотками, п'яті та шості обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі п'яті та шості обмотки мають однакові кількості витків, кожна п'ята обмотка кінцевим виводом приєднана до кінцевого виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою п'ятою обмоткою, кожна шоста обмотка початковим виводом приєднана до початкового виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою шостою обмоткою, сьомі та восьмі обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі сьомі та восьмі обмотки мають однакові кількості витків, кожна сьома обмотка, яка знаходиться на тому стрижні, на якому розміщена перша обмотка, яка у свою чергу приєднана до двох затискачів вхідних лінійних фаз, початковим виводом з'єднана з початковим виводом п'ятої обмотки, кінцевий вивід якої приєднаний до кінцевого виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до третьої вхідної лінійної фази, кожна восьма обмотка, яка знаходиться на тому стрижні, на якому розміщена перша обмотка, яка у свою чергу приєднана до двох затискачів вхідних лінійних фаз, кінцевим виводом з'єднана з кінцевим виводом шостої обмотки, початковий вивід якої приєднаний до початкового виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до третьої вхідної лінійної фази, дев'яті та десяті обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі дев'яті та десяті обмотки мають однакові кількості витків, кожна дев'ята обмотка кінцевим виводом приєднана до кінцевого виводу сьомої обмотки, яка через послідовно ввімкнену п'яту обмотку з'єднана з кінцевим виводом четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою дев'ятою обмоткою, кожна десята обмотка початковим виводом приєднана до початкового виводу восьмої обмотки, яка через послідовно ввімкнену шосту обмотку з'єднана з початковим виводом четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою десятою обмоткою, кожен затискач вихідної лінійної фази першої групи по одному приєднаний до одного початкового виводу дев'ятої обмотки, кожен затискач вихідної лінійної фази другої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання початкових виводів п'ятої та сьомої обмоток, кожен затискач вихідної лінійної фази четвертої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання кінцевих виводів шостої та восьмої обмоток, а кожен затискач вихідної лінійної фази п'ятої групи по одному приєднаний до одного

кінцевого виводу десятої обмотки.

27. Фільтр за п.26, який **відрізняється** тим, що кількість витків четвертої обмотки складає від 8% до 23% від кількості витків першої обмотки, наприклад 19,04 %.

28. Фільтр за пп.26, 27, який **відрізняється** тим, що кількість витків п'ятої обмотки складає від 0% до 1,5% від кількості витків першої обмотки, наприклад 1,01%.

29. Фільтр за пп.26-28, який **відрізняється** тим, що кількість витків сьомої обмотки складає від 4% до 10,5% від кількості витків першої обмотки, наприклад 8,22%.

30. Фільтр за пп.26-29, який **відрізняється** тим, що кількість витків дев'ятої обмотки складає від 0,8% до 4,5% від кількості витків першої обмотки, наприклад 3,01%.

31. Фільтр за пп.26-30, який **відрізняється** тим, що другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою "zigzag".

32. Фільтр за пп.26-31, який **відрізняється** тим, що другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою "лямбда".

33. Фільтр за пп.26-31, який **відрізняється** тим, що кожна друга обмотка з'єднана частиною першої обмотки, при цьому перша та друга обмотки знаходяться на спільному стрижні магнітопроводу.

34. Фільтр за пп.26-33, який **відрізняється** тим, що провідники кожної четвертої обмотки оточені провідниками першої обмотки, а кожен провідник другої обмотки оточений провідниками третьої обмотки, і навпаки, причому вказані обмотки розташовані на одному стрижні магнітопроводу.

35. Фільтр струмів вищих гармонік трифазної мережі, який містить затискачі трьох вхідних лінійних фаз, один затискач вхідної нульової фази, дев'ять затискачів вихідних лінійних фаз та три затискачі вихідних нульових фаз, причому усі затискачі вихідних фаз об'єднані у групи, кожна з яких складається з трьох затискачів лінійних фаз та одного затискача нульової фази, причому кожна група затискачів призначена для приєднання одного чотирипровідного фідера, кожен затискач вихідної лінійної фази третьої групи по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази, при цьому затискачі вихідних нульових фаз приєднані до затискача вхідної нульової фази, а також три-стрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщено першу, другу, третю та четверту обмотки, кожна з яких споряджена початковим та кінцевим виводами, причому четверті обмотки споряджені одним проміжним виводом, кожен дві перші обмотки між собою з'єднані різнойменними, початковим та кінцевим, виводами у трикутник, а кожна точка з'єднання перших обмоток приєднана по одній до одного затискача вхідної лінійної фази, усі другі та треті обмотки мають однакові кількості витків, кількість витків другої обмотки складає третину від кількості витків першої обмотки, кожна друга обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, та кожна третя обмотка, яка розміщена на іншому стрижні магнітопроводу, між собою ввімкнені однойменними виводами, при цьому утворені три ланцюги послідовних з'єднань других та третіх обмоток, які між собою ввімкнені у трипроменеву зірку, спільна точка зірки трьох лан-

цюгів приєднана до вхідної нульової фази, а кожен кінець ланцюга (променя зірки) по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази, проміжний вивід четвертої обмотки є точкою поділу четвертої обмотки на дві рівні по кількості витків частини, проміжний вивід кожної четвертої обмотки, яка розташована на тому стрижні, на якому знаходиться перша обмотка, яка приєднана виводами до двох затискачів вхідних лінійних фаз, з'єднаний із затискачем третьої вхідної лінійної фази, який **відрізняється** тим, що до фільтра додано вісімнадцять додаткових обмоток, три з яких названі п'ятими обмотками, а три - шостими, три - сьомими, три - восьмими, три - дев'ятими, три - десятими обмотками, п'яті та шості обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі п'яті та шості обмотки мають однакові кількості витків, кожна п'ята обмотка кінцевим виводом приєднана до кінцевого виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою п'ятою обмоткою, кожна шоста обмотка початковим виводом приєднана до початкового виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою шостою обмоткою, дев'яті та десяті обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі дев'яті та десяті обмотки мають однакові кількості витків, кожна дев'ята обмотка кінцевим виводом приєднана до початкового виводу п'ятої обмотки, кінцевий вивід якої з'єднаний з кінцевим виводом четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою дев'ятою обмоткою, кожна десята обмотка початковим виводом приєднана до кінцевого виводу шостої обмотки, початковий вивід якої з'єднаний з початковим виводом четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою десятою обмоткою, сьомі та восьмі обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі сьомі та восьмі обмотки мають однакові кількості витків, кожна сьома обмотка, яка знаходиться на тому стрижні, на якому розміщена перша обмотка, яка у свою чергу приєднана до двох, затискачів вхідних лінійних фаз, початковим виводом з'єднана з початковим виводом дев'ятої обмотки, кінцевий вивід якої через послідовно ввімкнену п'яту обмотку приєднаний до кінцевого виводу тієї четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до третьої вхідної лінійної фази, кожна восьма обмотка, яка знаходиться на тому стрижні, на якому розміщена перша обмотка, яка у свою чергу приєднана до двох затискачів вхідних лінійних фаз, кінцевим виводом з'єднана з кінцевим виводом десятої обмотки, початковий вивід якої через послідовно ввімкнену шосту обмотку приєднаний до початкового виводу тієї четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до третьої вхідної лінійної фази, кожен затискач вихідної лінійної фази першої групи по одному приєднаний до одного кінцевого виводу сьомої обмотки, кожен затискач вихідної лінійної фази другої групи по одному приєднаний

до одної точки з'єднання початкового виводу п'ятої та кінцевого виводу дев'ятої обмоток, кожен затискач вихідної лінійної фази четвертої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання кінцевого виводу шостої та початкового виводу десятої обмоток, а кожен затискач вихідної лінійної фази п'ятої групи по одному приєднаний до початкового виводу восьмої обмотки.

36. Фільтр за п.35, який **відрізняється** тим, що кількість витків четвертої обмотки складає від 8% до 23% від кількості витків першої обмотки, наприклад 19,04%.

37. Фільтр за пп.35, 36, який **відрізняється** тим, що кількість витків п'ятої обмотки складає від 0% до 1,5 % від кількості витків першої обмотки, наприклад 1,01 %.

38. Фільтр за пп.35-37, який **відрізняється** тим, що кількість витків сьомої обмотки складає від 4% до 10,5% від кількості витків першої обмотки, наприклад 8,22%.

39. Фільтр за пп.35-38, який **відрізняється** тим,

що кількість витків дев'ятої обмотки складає від 0,8% до 4,5% від кількості витків першої обмотки, наприклад 3,01%.

40. Фільтр за пп.35-39, який **відрізняється** тим, що другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою "зиг'заг".

41. Фільтр за пп.35-40, який **відрізняється** тим, що другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою "лямбда".

42. Фільтр за пп.35-40, який **відрізняється** тим, що кожна друга обмотка з'єднана із частиною першої обмотки, при цьому перша та друга обмотки знаходяться на спільному стрижні магнітопроводу.

43. Фільтр за пп.35-42, який **відрізняється** тим, що провідники кожної четвертої обмотки оточені провідниками першої обмотки, а кожен провідник другої обмотки оточений провідниками третьої обмотки, і навпаки, причому вказані обмотки розташовані на одному стрижні магнітопроводу.

Фільтр відноситься до електротехніки та електроенергетики і може бути використаний як засіб для зменшення симетричних складових струмів та напруг прямої, зворотної та нульової послідовностей вищих гармонік у трифазних чотирипровідних мережах загального та спеціального призначення.

Майже всі види сучасної прогресивної електротехнології викликають у трифазній мережі вищі гармоніки. Найбільш потужними джерелами гармонік є нелінійні приймачі, які генерують струми вищих гармонік тільки в лінійній фазі. До таких нелінійних приймачів відносяться частотнокеровані електроприводи змінного струму, тиристорні електроприводи постійного струму, електролізні установки, трифазні тиристорні випрямлячі та інвертори, тощо. Спектри струмів цих приймачів у всіх лінійних фазах практично однакові. Такі приймачі енергії генерують симетричні 5-ті, 7-мі, 11-ті, 13-ті, 17-ті, 19-ті і тому подібні гармоніки струмів та напруг, порядковий номер k яких визначається з виразу:

$$k=6N\pm 1 \quad (1)$$

де N - довільне натуральне число.

Вищі гармоніки струму та напруги порушують нормальні режими роботи іншого електричного та електронного обладнання, викликають збої у роботі та вихід із ладу чутливого устаткування, а також спричиняють непередбачені додаткові втрати енергії у живильних мережах, особливо - у живильних трансформаторах. Велику небезпеку вищі гармоніки струмів становлять для конденсаторів та електронної техніки, зокрема, медичної, військової та обчислювальної.

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

Відомі фільтри вищих гармонік струму [1-3], які мають у своєму складі послідовні з'єднання конденсаторних батарей та котушок індуктивності, настроєних у резонанс із частотою тієї гармоніки, яку необхідно подати у напрузі або/та струмі мережі. Недоліки цього фільтра полягають у ненадійності його роботи та у великій вартості.

Відомі напівпровідникові компенсаційні фільтри вищих гармонік [4-6], які називають активними фільтрами, що містять напівпровідникові генератори гармонік струмів, які генерують у трифазну мережу гармоніки, фази яких зсунуті на кут 180° порівняно з фазами гармонік струму мережі. Такі фільтри є широкополосними і мають універсальні можливості, але через велику вартість та малу надійність напівпровідникових елементів не знайшли широкого застосування.

Відомі компенсаційні фільтри вищих гармонік струмів [7-13]. Пріоритет розробки деяких із таких фільтрів захищено патентами, які мають кілька незалежних пунктів формули винаходу [10]. Ці фільтри виконані на основі трансформаторів або автотрансформаторів, в яких відбувається взаємна компенсація гармонік струмів за рахунок збільшення кількості фаз вихідних лінійних напруг та рівномірного розподілу

навантажень нелінійних приймачів по всіх вихідних фазах фільтрів. При цьому вхідна трифазна система напруг перетворюється на ряд вихідних трифазних систем напруг, кожна з яких зсунута по фазі на кут α . Недоліки таких фільтрів: велика встановлена потужність елементів фільтра, рівна у найперспективніших із них 1,25-1,35, відносно велика вартість фільтра, яка обумовлена відносно великою кількістю витків, ізоляція яких до того ж працює при номінальній напрузі і вищій, а також обмежений діапазон придушення вищих гармонік.

Найближчим аналогом (прототипом) до фільтру, який заявляється, є фільтр струмів вищих гармонік трифазної мережі [14], який містить затискачі трьох вхідних лінійних фаз, один затискач вхідної нульової фази, дев'ять затискачів вихідних лінійних фаз та три затискачі вихідних нульових фаз, причому усі затискачі вихідних фаз об'єднані у групи, кожна з яких складається з трьох затискачів лінійних фаз та одного затискача нульової фази, причому кожна група затискачів призначена для приєднання одного чотирипровідного фідера, кожен затискач вихідної лінійної фази другої групи,

по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази, при цьому затискачі вихідних нульових фаз приєднані до затискача вхідної нульової фази,

а також тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщено першу, другу, третю та четверту обмотки, кожна з яких споряджена початковим та кінцевим виводами, причому четверті обмотки споряджені одним проміжним виводом,

кожні дві перші обмотки між собою з'єднані різноименними (початковим та кінцевим) виводами у трикутник, а кожна одна точка з'єднання перших обмоток приєднана по одній до одного затискача вхідної лінійної фази,

усі другі та треті обмотки мають однакові кількості витків, кількість витків другої обмотки складає третину від кількості витків першої обмотки,

кожна одна друга обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, та кожна одна третя обмотка, яка розміщена на іншому стрижні магнітопроводу, між собою ввімкнені однойменними виводами, при цьому утворені три ланцюги послідовних з'єднань других та третіх обмоток, які між собою ввімкнені у трипроменеву зірку, спільна точка зірки трьох ланцюгів приєднана до вхідної нульової фази, а кожен кінець ланцюга (променя зірки) по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази,

проміжний вивід четвертої обмотки є точкою поділу четвертої обмотки на дві рівні по кількості витків частини, проміжний вивід кожної четвертої обмотки, яка розташована на тому стрижні, на якому знаходиться перша обмотка, яка приєднана виводами до двох затискачів вхідних лінійних фаз, з'єднаний із затискачем третьої вхідної лінійної фази.

Недолік фільтру-прототипу: фільтр не достатньо подавляє струми симетричних складових прямої та зворотної послідовностей струмів вищих гармонік некратних трьом. Порядковий номер таких вищих гармонік визначається за виразом (1). Струми симетричних складових прямої та зворотної послідовностей вищих гармонік порушують якість електричної енергії та викликають додаткові втрати енергії у розподільчій мережі. Недолік фільтру-прототипу пояснюється тим, що він принципово не забезпечує або точний зсув трифазних систем напруг вихідних фідерів по фазі на кут α , або не забезпечує рівність амплітуд фазних та лінійних напруг між фідерами. При цьому, або виникає відхилення кута α від розрахункового значення до 6%, або виникає відхилення амплітуд фазних та лінійних напруг до 5% від номінального значення. Відхилення кута зсуву α трифазних систем напруг призводить до зниження кратності взаємної компенсації вищих гармонік на 5-7%, а внесення відхилення напруг може досягати нормально допустимого значення, встановленого ГОСТ 13109-97. В обох випадках виникають додаткові втрати енергії у розподільчій мережі.

У зв'язку з цим була поставлена задача збільшити кратність взаємної компенсації струмів та напруг вищих некратних трьом гармонік у трифазній чотирипровідній мережі та зменшити додаткові втрати енергії в ній.

Поставлена мета досягнута шляхом пофазно-симетричної трансформації кількості фаз фільтру, що може бути виконаним лише з допомогою додаткових обмоток та їх додаткових з'єднань, а саме тим, що:

за першим незалежним пунктом формули групи винаходів у фільтр струмів вищих гармонік трифазної мережі,

який містить затискачі трьох вхідних лінійних фаз, один затискач вхідної нульової фази, дев'ять затискачів вихідних лінійних фаз та три затискачі вихідних нульових фаз, причому усі затискачі вихідних фаз об'єднані у групи, кожна з яких складається з трьох затискачів лінійних фаз та одного затискача нульової фази, причому кожна група затискачів призначена для приєднання одного чотирипровідного фідера, кожен затискач вихідної лінійної фази другої групи по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази, при цьому затискачі вихідних нульових фаз приєднані до затискача вхідної нульової фази,

а також тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщено першу, другу, третю та четверту обмотки, кожна з яких споряджена початковим та кінцевим виводами, причому четверті обмотки споряджені одним проміжним виводом,

кожні дві перші обмотки між собою з'єднані різноименними (початковим та кінцевим) виводами у трикутник, а кожна одна точка з'єднання перших обмоток приєднана по одній до одного затискача вхідної лінійної фази,

усі другі та треті обмотки мають однакові кількості витків, кількість витків другої обмотки складає третину від кількості витків першої обмотки,

кожна одна друга обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, та кожна одна третя обмотка, яка розміщена на іншому стрижні магнітопроводу, між собою ввімкнені однойменними виводами, при цьому утворені три ланцюги послідовних з'єднань других та третіх обмоток, які між собою ввімкнені у трипроменеву зірку, спільна точка зірки трьох ланцюгів приєднана до вхідної нульової фази, а кожен кінець ланцюга (променя зірки) по одному приєднаний до, одного затискача вхідної лінійної фази,

проміжний вивід четвертої обмотки є точкою поділу четвертої обмотки на дві рівні по кількості витків частини, проміжний вивід кожної четвертої обмотки, яка розташована на тому стрижні, на якому знаходиться перша обмотка, яка приєднана виводами до двох затискачів вхідних лінійних фаз, з'єднаний із затискачем третьої вхідної лінійної фази,

додано

шість додаткових обмоток, три з яких названі п'ятими, а три-шостими, кожна п'ята та кожна шоста обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу,

усі п'яті та шості обмотки мають однакові кількості витків,

кожна п'ята обмотка кінцевим виводом приєднана до кінцевого виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою п'ятою обмоткою,

кожна шоста обмотка початковим виводом приєднана до початкового виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою шостою обмоткою,

кожен затискач вихідної лінійної фази першої групи по одному приєднаний до одного початкового виводу п'ятої обмотки, кожен затискач вихідної лінійної фази третьої групи по одному приєднаний до одного кінцевого виводу шостої обмотки;

кількість витків четвертої обмотки складає від 8% до 36% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 27,62%;

кількість витків п'ятої обмотки складає від 0,25% до 4,5% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 2,27%;

другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою зигзаг;

другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою лямбда;

кожна одна друга обмотка об'єднана по одній з частиною першої обмотки, при цьому перша та друга обмотки знаходяться на спільному стрижні магнітопроводу;

провідники четвертої обмотки оточені провідниками першої обмотки, а кожен провідник другої обмотки оточений провідниками третьої обмотки, і навпаки, причому вказані обмотки розташовані на одному стрижні магнітопроводу;

за другим незалежним пунктом формули групи винаходів поставлена мета досягнута завдяки тому, що

у фільтр струмів вищих гармонік трифазної мережі,

який містить затискачі трьох вхідних лінійних фаз, один затискач вхідної нульової фази, дев'ять затискачів вихідних лінійних фаз та три затискачі вихідних нульових фаз, причому усі затискачі вихідних фаз об'єднані у групи, кожна з яких складається з трьох затискачів лінійних фаз та одного затискача нульової фази, причому кожна група затискачів призначена для приєднання одного чотирипровідного фідера, при цьому затискачі вихідних нульових фаз приєднані до затискача вхідної нульової фази,

а також тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщено першу, другу, третю та четверту обмотки, кожна з яких споряджена початковим та кінцевим виводами, причому четверті обмотки споряджені одним проміжним виводом,

кожні дві перші обмотки між собою з'єднані різноманітними (початковим та кінцевим) виводами у трикутник, а кожна одна точка з'єднання перших обмоток приєднана по одній до одного затискача вхідної лінійної фази,

усі другі та треті обмотки мають однакові кількості витків, кількість витків другої обмотки складає третину від кількості витків першої обмотки,

кожна одна друга обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, та кожна одна третя обмотка, яка розміщена на іншому стрижні магнітопроводу, між собою ввімкнені однойменними виводами, при цьому утворені три ланцюги послідовних з'єднань других та третіх обмоток, які між собою ввімкнені у трипроменеву зірку, спільна

точка зірки трьох ланцюгів приєднана до вхідної нульової фази, а кожен кінець ланцюга (променя зірки) по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази,

проміжний вивід четвертої обмотки є точкою поділу четвертої обмотки на дві рівні по кількості витків частини, проміжний вивід кожної четвертої обмотки, яка розташована на тому стрижні, на якому знаходиться перша обмотка, яка приєднана виводами до двох затискачів вхідних лінійних фаз, з'єднаний із затискачем третьої вхідної лінійної фази,

додано

вісімнадцять додаткових обмоток, три з яких названі п'ятима обмотками, три-шестими, три-сьомими, три-восьмими, три-дев'ятими, та три-десятьма обмотками,

п'яті та шості обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі п'яті та шості обмотки мають однакові кількості витків,

кожна п'ята обмотка кінцевим виводом приєднана до кінцевого виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою п'ятою обмоткою,

кожна шоста обмотка початковим виводом приєднана до початкового виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою шостою обмоткою,

сьомі та восьмі обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі сьомі та восьмі обмотки мають однакові кількості витків,

кожна сьома обмотка, яка знаходиться на тому стрижні, на якому розміщена перша обмотка, яка (у свою чергу) приєднана до двох затискачів вхідних лінійних фаз, початковим виводом з'єднана з початковим виводом п'ятої обмотки, кінцевий вивід якої приєднаний до кінцевого виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до третьої вхідної лінійної фази,

кожна восьма обмотка, яка знаходиться на тому стрижні, на якому розміщена перша обмотка, яка (у свою чергу) приєднана до двох затискачів вхідних лінійних фаз, кінцевим виводом з'єднана з кінцевим виводом шостої обмотки, початковий вивід якої приєднаний до початкового виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до третьої вхідної лінійної фази,

дев'яті та десяті обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі дев'яті та десяті обмотки мають однакові кількості витків,

кожна дев'ята обмотка кінцевим виводом приєднана до кінцевого виводу сьомої обмотки, яка через послідовно ввімкнену п'яту обмотку з'єднана з кінцевим виводом четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою дев'ятою обмоткою,

кожна десята обмотка початковим виводом приєднана до початкового виводу восьмої обмотки, яка через послідовно ввімкнену шосту обмотку з'єднана з початковим виводом четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою десятою обмоткою,

кожен затискач вихідної лінійної фази першої групи по одному приєднаний до одного початкового виводу дев'ятої обмотки, кожен затискач вихідної лінійної фази другої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання початкових виводів п'ятої та сьомої обмоток, кожен затискач вихідної лінійної фази третьої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання кінцевих виводів шостої та восьмої обмоток, а кожен затискач вихідної лінійної фази четвертої групи по одному приєднаний до одного кінцевого виводу десятої обмотки;

кількість витків четвертої обмотки складає від 5,5% до 19,04% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 14,51%;

кількість витків п'ятої обмотки складає від 0,09% до 1,01% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 0,57%;

кількість витків сьомої обмотки складає від 5,65% до 14,88% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 12,31%;

кількість витків дев'ятої обмотки складає від 0,73% до 7,92% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 4,05%;

другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою зигзаг;

другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою лямбда;

кожна одна друга обмотка об'єднана по одній із частиною першої обмотки, при цьому перша та друга обмотки знаходяться на спільному стрижні магнітопроводу;

провідники кожної четвертої обмотки оточені провідниками першої обмотки, а кожен провідник другої обмотки оточений провідниками третьої обмотки, і навпаки, причому вказані обмотки розташовані на одному стрижні магнітопроводу;

за третім незалежним пунктом формули групи винаходів поставлена мета досягнута завдяки тому, що

у фільтр струмів вищих гармонік трифазної мережі,

який містить затискачі трьох вхідних лінійних фаз, один затискач вхідної нульової фази, дев'ять затискачів вихідних лінійних фаз та три затискачі вихідних нульових фаз, причому усі затискачі вихідних фаз об'єднані у групи, кожна з яких складається з трьох затискачів лінійних фаз та одного затискача нульової фази, причому кожна група затискачів призначена для приєднання одного чотирипровідного фідера, при цьому затискачі вихідних нульових фаз приєднані до затискача вхідної нульової фази,

а також тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщено першу, другу, третю та четверту обмотки, кожна з яких споряджена початковим та кінцевим виводами, причому четверті обмотки споряджені одним проміжним виводом,

кожні дві перші обмотки між собою з'єднані різноіменними (початковим та кінцевим) виводами у трикутник, а кожна одна точка з'єднання перших обмоток приєднана по одній до одного затискача вхідної лінійної фази,

усі другі та треті обмотки мають однакові кількості витків, кількість витків другої обмотки складає третину від кількості витків першої обмотки,

кожна одна друга обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, та кожна одна третя обмотка, яка розміщена на іншому стрижні магнітопроводу, між собою ввімкнені однойменними виводами, при цьому утворені три ланцюги послідовних з'єднань других та третіх обмоток, які між собою ввімкнені у трипроменеву зірку, спільна точка зірки трьох ланцюгів приєднана до вхідної нульової фази, а кожен кінець ланцюга (променя зірки) по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази,

проміжний вивід четвертої обмотки є точкою поділу четвертої обмотки на дві рівні по кількості витків частини, проміжний вивід кожної четвертої обмотки, яка розташована на тому стрижні, на якому знаходиться перша обмотка, яка приєднана виводами до двох затискачів вхідних лінійних фаз, з'єднаний із затискачем третьої вхідної лінійної фази,

додано

вісімнадцять додаткових обмоток, три з яких названі п'ятима обмотками, три-шестими, три-сьомими, три-восьмими, три-дев'ятими, та три-десятьма обмотками,

п'яті та шості обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі п'яті та шості обмотки мають однакові кількості витків,

кожна п'ята обмотка кінцевим виводом приєднана до кінцевого виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою п'ятою обмоткою,

кожна шоста обмотка початковим виводом приєднана до початкового виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою шостою обмоткою,

дев'яті та десяті обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі дев'яті та десяті обмотки мають однакові кількості витків,

кожна дев'ята обмотка кінцевим виводом приєднана до початкового виводу п'ятої обмотки, кінцевий вивід якої з'єднаний з кінцевим виводом четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою дев'ятою обмоткою,

кожна десята обмотка початковим виводом приєднана до кінцевого виводу шостої обмотки, початковий вивід якої з'єднаний з початковим виводом четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою десятою обмоткою,

сьомі та восьмі обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі сьомі та восьмі обмотки мають однакові кількості витків,

кожна сьома обмотка, яка знаходиться на тому стрижні, на якому розміщена перша обмотка, яка (у свою чергу) приєднана до двох затискачів вхідних лінійних фаз, початковим виводом з'єднана з початковим виводом дев'ятої обмотки, кінцевий вивід якої через послідовно ввімкнену п'яту обмотку приєднаний до кінцевого виводу тієї четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до третьої вхідної лінійної фази,

кожна восьма обмотка, яка знаходиться на тому стрижні, на якому розміщена перша обмотка, яка (у свою чергу) приєднана до двох затискачів вхідних лінійних фаз, кінцевим виводом з'єднана з кінцевим виводом десятої обмотки, початковий вивід якої через послідовно ввімкнену шосту обмотку приєднаний до початкового виводу тієї четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до третьої вхідної лінійної фази,

кожен затискач вихідної лінійної фази першої групи по одному приєднаний до одного кінцевого виводу сьомої обмотки, кожен затискач вихідної лінійної фази другої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання початкового виводу п'ятої та кінцевого виводу дев'ятої обмоток, кожен затискач вихідної лінійної фази третьої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання кінцевого виводу шостої та початкового виводу десятої обмоток, а кожен затискач вихідної лінійної фази четвертої групи по одному приєднаний до початкового виводу восьмої обмотки; кількість витків четвертої обмотки складає від 5,5% до 19,04% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 14,51%;

кількість витків п'ятої обмотки складає від 0,09% до 1,01% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 0,57%;

кількість витків сьомої обмотки складає від 5,65% до 14,88% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 12,31%;

кількість витків дев'ятої обмотки складає від 0,73% до 7,92% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 4,05%;

другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою зигзаг;

другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою лямбда;

кожна одна друга обмотка об'єднана по одній із частиною першої обмотки, при цьому перша та друга обмотки знаходяться на спільному стрижні магнітопроводу;

провідники кожної четвертої обмотки оточені провідниками першої обмотки, а кожен провідник другої обмотки оточений провідниками третьої обмотки, і навпаки, причому вказані обмотки розташовані на одному стрижні магнітопроводу;

за четвертим незалежним пунктом формули групи винаходів поставлена мета досягнута завдяки тому, що

у фільтр струмів вищих гармонік трифазної мережі,

який містить затискачі трьох вхідних лінійних фаз, один затискач вхідної нульової фази, дев'ять затискачів вихідних лінійних фаз та три затискачі вихідних нульових фаз, причому усі затискачі вихідних фаз об'єднані у групи, кожна з яких складається з трьох затискачів лінійних фаз та одного затискача нульової фази, причому кожна група затискачів призначена для приєднання одного чотирипровідного фідера, кожен затискач вихідної лінійної фази третьої групи по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази, при цьому затискачі вихідних нульових фаз приєднані до затискача вхідної нульової фази,

а також тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщено першу, другу, третю

та четверту обмотки, кожна з яких споряджена початковим та кінцевим виводами, причому четверті обмотки споряджені одним проміжним виводом,

кожні дві перші обмотки між собою з'єднані різноімненними (початковим та кінцевим) виводами у трикутник, а кожна одна точка з'єднання перших обмоток приєднана по одній до одного затискача вхідної лінійної фази,

усі другі та треті обмотки мають однакові кількості витків, кількість витків другої обмотки складає третину від кількості витків першої обмотки,

кожна одна друга обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, та кожна одна третя обмотка, яка розміщена на іншому стрижні магнітопроводу, між собою ввімкнені однойменними виводами, при цьому утворені три ланцюги послідовних з'єднань других та третіх обмоток, які між собою ввімкнені у трипроменеву зірку, спільна точка зірки трьох ланцюгів приєднана до вхідної нульової фази, а кожен кінець ланцюга (променя зірки) по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази,

проміжний вивід четвертої обмотки є точкою поділу четвертої обмотки на дві рівні по кількості витків частини, проміжний вивід кожної четвертої обмотки, яка розташована на тому стрижні, на якому знаходиться перша обмотка, яка приєднана виводами до двох затискачів вхідних лінійних фаз, з'єднаний із затискачем третьої вхідної лінійної фази,

додано

вісімнадцять додаткових обмоток, три з яких названі п'ятима обмотками, три-шестими, три-сьомими, три-восьмими, три-дев'ятими, та три-десятьма обмотками,

п'яті та шості обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі п'яті та шості обмотки мають однакові кількості витків,

кожна п'ята обмотка кінцевим виводом приєднана до кінцевого виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою п'ятою обмоткою,

кожна шоста обмотка початковим виводом приєднана до початкового виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою шостою обмоткою,

сьомі та восьмі обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі сьомі та восьмі обмотки мають однакові кількості витків,

кожна сьома обмотка, яка знаходиться на тому стрижні, на якому розміщена перша обмотка, яка (у свою чергу) приєднана до двох затискачів вхідних лінійних фаз, початковим виводом з'єднана з початковим виводом п'ятої обмотки, кінцевий вивід якої приєднаний до кінцевого виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до третьої вхідної лінійної фази,

кожна восьма обмотка, яка знаходиться на тому стрижні, на якому розміщена перша обмотка, яка (у свою чергу) приєднана до двох затискачів вхідних лінійних фаз, кінцевим виводом з'єднана з кінцевим виводом шостої обмотки, початковий вивід якої приєднаний до початкового виводу чет-

вертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до третьої вхідної лінійної фази,

дев'ять та десять обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі дев'ять та десять обмотки мають однакові кількості витків,

кожна дев'ята обмотка кінцевим виводом приєднана до кінцевого виводу сьомої обмотки, яка через послідовно ввімкнену п'яту обмотку з'єднана з кінцевим виводом четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою дев'ятою обмоткою,

кожна десята обмотка початковим виводом приєднана до початкового виводу восьмої обмотки, яка через послідовно ввімкнену шосту обмотку з'єднана з початковим виводом четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою десятою обмоткою,

кожен затискач вхідної лінійної фази першої групи по одному приєднаний до одного початкового виводу дев'ятої обмотки, кожен затискач вхідної лінійної фази другої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання початкових виводів п'ятої та сьомої обмоток, кожен затискач вхідної лінійної фази четвертої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання кінцевих виводів шостої та восьмої обмоток, а кожен затискач вхідної лінійної фази п'ятої групи по одному приєднаний до одного кінцевого виводу десятої обмотки;

кількість витків четвертої обмотки складає від 8% до 23% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 19,04%;

кількість витків п'ятої обмотки складає від 0% до 1,5% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 1,01%;

кількість витків сьомої обмотки складає від 4% до 10,5% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 8,22%;

кількість витків дев'ятої обмотки складає від 0,8% до 4,5% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 3,01%;

другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою зигзаг;

другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою лямбда;

кожна одна друга обмотка об'єднана по одній із частиною першої обмотки, при цьому перша та друга обмотки знаходяться на спільному стрижні магнітопроводу;

провідники кожної четвертої обмотки оточені провідниками першої обмотки, а кожен провідник другої обмотки оточений провідниками третьої обмотки, і навпаки, причому вказані обмотки розташовані на одному стрижні магнітопроводу;

за п'ятим незалежним пунктом формули групи винаходів поставлена мета досягнута завдяки тому, що

у фільтр струмів вищих гармонік трифазної мережі,

який містить затискачі трьох вхідних лінійних фаз, один затискач вхідної нульової фази, дев'ять затискачів вихідних лінійних фаз та три затискачі вихідних нульових фаз, причому усі затискачі вихідних фаз об'єднані у групи, кожна з яких складається з трьох затискачів лінійних фаз та одного

затискача нульової фази, причому кожна група затискачів призначена для приєднання одного чотирипровідного фідера, кожен затискач вихідної лінійної фази третьої групи по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази, при цьому затискачі вихідних нульових фаз приєднані до затискача вхідної нульової фази,

а також тристрижневий магнітопровід, на кожному стрижні якого розміщено першу, другу, третю та четверту обмотки, кожна з яких споряджена початковим та кінцевим виводами, причому четверті обмотки споряджені одним проміжним виводом,

кожні дві перші обмотки між собою з'єднані різномісними (початковим та кінцевим) виводами у трикутник, а кожна одна точка з'єднання перших обмоток приєднана по одній до одного затискача вхідної лінійної фази,

усі другі та треті обмотки мають однакові кількості витків, кількість витків другої обмотки складає третину від кількості витків першої обмотки,

кожна одна друга обмотка, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, та кожна одна третя обмотка, яка розміщена на іншому стрижні магнітопроводу, між собою ввімкнені однойменними виводами, при цьому утворені три ланцюги послідовних з'єднань других та третіх обмоток, які між собою ввімкнені у трипроменеву зірку, спільна точка зірки трьох ланцюгів приєднана до вхідної нульової фази, а кожен кінець ланцюга (променя зірки) по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази,

проміжний вивід четвертої обмотки є точкою поділу четвертої обмотки на дві рівні по кількості витків частини, проміжний вивід кожної четвертої обмотки, яка розташована на тому стрижні, на якому знаходиться перша обмотка, яка приєднана виводами до двох затискачів вхідних лінійних фаз, з'єднаний із затискачем третьої вхідної лінійної фази,

додано

вісімнадцять додаткових обмоток, три з яких названі п'ятима обмотками, а три-шестими, три-сьомими, три-восьмими, три-дев'ятими, три-десятьма обмотками,

п'яті та шості обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі п'яті та шості обмотки мають однакові кількості витків,

кожна п'ята обмотка кінцевим виводом приєднана до кінцевого виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою п'ятою обмоткою,

кожна шоста обмотка початковим виводом приєднана до початкового виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою шостою обмоткою,

дев'ять та десять обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі дев'ять та десять обмотки мають однакові кількості витків,

кожна дев'ята обмотка кінцевим виводом приєднана до початкового виводу п'ятої обмотки, кінцевий вивід якої з'єднаний з кінцевим виводом четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, яка

розташована на одному стрижні з названою дев'ятою обмоткою,

кожна десята обмотка початковим виводом приєднана до кінцевого виводу шостої обмотки, початковий вивід якої з'єднаний з початковим виводом четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, яка розташована на одному стрижні з названою десятою обмоткою,

сьомі та восьмі обмотки розміщені по одній на кожному стрижні магнітопроводу, усі сьомі та восьмі обмотки мають однакові кількості витків,

кожна сьома обмотка, яка знаходиться на тому стрижні, на якому розміщена перша обмотка, яка (у свою чергу) приєднана до двох затискачів вхідних лінійних фаз, початковим виводом з'єднана з початковим виводом дев'ятої обмотки, кінцевий вивід якої через послідовно ввімкнену п'яту обмотку приєднаний до кінцевого виводу тієї четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до третьої вхідної лінійної фази,

кожна восьма обмотка, яка знаходиться на тому стрижні, на якому розміщена перша обмотка, яка (у свою чергу) приєднана до двох затискачів вхідних лінійних фаз, кінцевим виводом з'єднана з кінцевим виводом десятої обмотки, початковий вивід якої через послідовно ввімкнену шосту обмотку приєднаний до початкового виводу тієї четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до третьої вхідної лінійної фази,

кожен затискач вихідної лінійної фази першої групи по одному приєднаний до одного кінцевого виводу сьомої обмотки, кожен затискач вихідної лінійної фази другої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання початкового виводу п'ятої та кінцевого виводу дев'ятої обмоток, кожен затискач вихідної лінійної фази четвертої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання кінцевого виводу шостої та початкового виводу десятої обмоток, а кожен затискач вихідної лінійної фази п'ятої групи по одному приєднаний до початкового виводу восьмої обмотки;

кількість витків четвертої обмотки складає від 8% до 23% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 19,04%;

кількість витків п'ятої обмотки складає від 0% до 1,5% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 1,01%;

кількість витків сьомої обмотки складає від 4% до 10,5% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 8,22%;

кількість витків дев'ятої обмотки складає від 0,8% до 4,5% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 3,01%;

другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою зіг'заг';

другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою лямбда;

кожна одна друга обмотка об'єднана по одній із частиною першої обмотки, при цьому перша та друга обмотки знаходяться на спільному стрижні магнітопроводу;

провідники кожної четвертої обмотки оточені провідниками першої обмотки, а кожен провідник другої обмотки оточений провідниками третьої обмотки, і навпаки, причому вказані обмотки роз-

ташовані на одному стрижні магнітопроводу.

При живленні нелінійних електроприймачів заявлені фільтри покращують якість електричної енергії за рахунок збільшення кількості фільтрованих гармонік, порядковий номер яких визначається з (1), зменшення струмів та напруг нульової послідовності, а також збільшення кратності фільтрації всіх симетричних та несиметричних гармонік струму та напруги, порядковий номер яких є як парним, так і непарним числом. Це дає можливість зменшити додаткові втрати електричної енергії у живильній мережі, зокрема - у трансформаторах.

Для кращого пояснення суті винаходу розглянемо графічні матеріали.

На Фіг.1 показане топографічне (фазорне) зображення фільтру з трьома виходами при з'єднанні других та третіх обмоток за схемою зіг'заг'.

На Фіг.2 показане топографічне зображення фільтру з трьома виходами при з'єднанні других та третіх обмоток за схемою лямбда.

На Фіг.3 показане топографічне зображення фільтру з трьома виходами при з'єднанні других та третіх обмоток за схемою зіг'заг' при об'єднанні кожної другої обмотки з частиною першої обмотки.

На Фіг.4 подана принципова схема з'єднань елементів фільтру з трьома виходами при з'єднанні других та третіх обмоток за схемою зіг'заг'.

На Фіг.5 показане топографічне (фазорне) зображення фільтру з чотирма виходами при з'єднанні сьомих та дев'ятих обмоток кінцевими виводами та при з'єднанні других та третіх обмоток за схемою зіг'заг'.

На Фіг.6 показане топографічне зображення фільтру з чотирма виходами при з'єднанні сьомих та дев'ятих обмоток кінцевими виводами та при з'єднанні других та третіх обмоток за схемою лямбда.

На Фіг.7 показане топографічне зображення фільтру з чотирма виходами при з'єднанні сьомих та дев'ятих обмоток кінцевими виводами та при з'єднанні других та третіх обмоток за схемою зіг'заг' при об'єднанні кожної другої обмотки з частиною першої обмотки.

На Фіг.8 подана принципова схема з'єднань елементів фільтру з чотирма виходами при з'єднанні сьомих та дев'ятих обмоток кінцевими виводами та при з'єднанні других та третіх обмоток за схемою зіг'заг'.

На Фіг.9 показане топографічне (фазорне) зображення фільтру з чотирма виходами при з'єднанні сьомих та дев'ятих обмоток початковими виводами та при з'єднанні других та третіх обмоток за схемою зіг'заг'.

На Фіг.10 показане топографічне зображення фільтру з чотирма виходами при з'єднанні сьомих та дев'ятих обмоток початковими виводами та при з'єднанні других та третіх обмоток за схемою лямбда.

На Фіг.11 показане топографічне зображення фільтру з чотирма виходами при з'єднанні сьомих та дев'ятих обмоток початковими виводами та при з'єднанні других та третіх обмоток за схемою зіг'заг' при об'єднанні кожної другої обмотки з частиною першої обмотки.

На Фіг.12 подана принципова схема з'єднань елементів фільтру з чотирма виходами при з'єд-

нанні сьомих та дев'ятих обмоток початковими виводами та при з'єднанні других та третіх обмоток за схемою зиг'заг'.

На Фіг.13 показане топографічне (фазорне) зображення фільтру з п'ятьма виходами при з'єднанні сьомих та дев'ятих обмоток кінцевими виводами та при з'єднанні других та третіх обмоток за схемою зиг'заг'.

На Фіг.14 показане топографічне зображення фільтру з п'ятьма виходами при з'єднанні сьомих та дев'ятих обмоток кінцевими виводами та при з'єднанні других та третіх обмоток за схемою лямбда.

На Фіг.15 показане топографічне зображення фільтру з п'ятьма виходами при з'єднанні сьомих та дев'ятих обмоток кінцевими виводами та при з'єднанні других та третіх обмоток за схемою зиг'заг' при об'єднанні кожної другої обмотки з частиною першої обмотки.

На Фіг.16 подана принципова схема з'єднань елементів фільтру з п'ятьма виходами при з'єднанні сьомих та дев'ятих обмоток кінцевими виводами та при з'єднанні других та третіх обмоток за схемою зиг'заг'.

На Фіг.17 показане топографічне (фазорне) зображення фільтру з п'ятьма виходами при з'єднанні сьомих та дев'ятих обмоток початковими виводами та при з'єднанні других та третіх обмоток за схемою зиг'заг'.

На Фіг.18 показане топографічне зображення фільтру з п'ятьма виходами при з'єднанні сьомих та дев'ятих обмоток початковими виводами та при з'єднанні других та третіх обмоток за схемою лямбда.

На Фіг.19 показане топографічне зображення фільтру з п'ятьма виходами при з'єднанні сьомих та дев'ятих обмоток початковими виводами та при з'єднанні других та третіх обмоток за схемою зиг'заг' при об'єднанні кожної другої обмотки з частиною першої обмотки.

На Фіг.20 подана принципова схема з'єднань елементів фільтру з п'ятьма виходами при з'єднанні сьомих та дев'ятих обмоток початковими виводами та при з'єднанні других та третіх обмоток за схемою зиг'заг'.

На Фіг.21 показаний один із варіантів застосування фільтру для живлення чотирьох стояків будинку.

На Фіг.1 позначено:

W1÷W6 - обмотки з порядковим номером від першої до шостої; А, В, С, 0 - затискачі вхідних фаз; А1, В1, С1, 01 - затискачі вихідних лінійних та нульової фаз першої групи відповідно; А2, В2, С2, 02 - затискачі вихідних лінійних та нульової фаз другої групи відповідно; А3, В3, С3, 03 - затискачі вихідних лінійних та нульової фаз третьої групи відповідно; 1÷6 - точки сполучення обмоток.

На Фіг.2 позначення співпадають із позначеннями Фіг.1.

На Фіг.3 позначення співпадають із позначеннями Фіг.1.

На Фіг.4 позначення співпадають із позначеннями Фіг.1, за винятком: 7 - ярмо; 8, 9 та 10 - стрижні магнітопроводу.

На Фіг.5 позначено:

W1÷W10 - обмотки з порядковим номером від

першої до десятої; А, В, С, 0 - затискачі вхідних фаз; А1, В1, С1, 01 - затискачі вихідних лінійних та нульової фаз першої групи відповідно; А2, В2, С2, 02 - затискачі вихідних лінійних та нульової фаз другої групи відповідно; А3, В3, С3, 03 - затискачі вихідних лінійних та нульової фаз третьої групи відповідно; А4, В4, С4, 04 - затискачі вихідних лінійних та нульової фаз четвертої групи відповідно; 7 - ярмо; 8, 9 та 10 - стрижні магнітопроводу; 11÷22 - точки сполучення обмоток.

На Фіг.6-Фіг.20 позначення співпадають із позначеннями Фіг.5.

На Фіг.21 позначено: 23 - трансформатор розподільчої мережі; 24 - шини розподільчого щита низької сторони трансформатора; 25 - розподільчий щит будинку.

Влаштування фільтру.

Влаштування фільтру за першим незалежним пунктом формули групи винаходів. До складу фільтру (Фіг.1-Фіг.4) входять: три затискачі (А, В, С) вхідних лінійних фаз та один затискач (0) вхідної нульової фази, призначені для приєднання фільтру до трифазної мережі; дванадцять затискачів вихідних фаз, дев'ять (А1, В1, С1, А2, В2, С2, А3, В3, С3) з яких є затискачами лінійних фаз, а три (01, 02, 03) є затискачами нульових фаз; тристрижневий магнітопровід, який складається із ярма 7 та стрижнів 8, 9 та 10, на кожному з яких розміщена котушка (Фіг.4). Затискачі вихідних фаз поділені на групи: перша група - А1, В1, С1, 01; друга група - А2, В2, С2, 02; третя група - А3, В3, С3, 03. Затискач вхідної нульової фази приєднаний до затискачів нульових фаз першої, другої та третьої груп. Кожна котушка складається з шести обмоток W1÷W6 (Фіг.4). Перші обмотки W1 мають однакові кількості витків і між собою з'єднані у трикутник, а кожна точка з'єднання перших обмоток приєднана по одній до одного затискача вхідної лінійної фази. Кожна обмотка споряджена початковим та кінцевим виводами. Другі W2 та треті W3 обмотки мають однакові кількості витків. Кількість витків другої обмотки складає третину від кількості витків першої обмотки. Четверті W4 обмотки мають однакові кількості витків. Кожна друга обмотка W2, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, та кожна одна третя обмотка W3, яка розміщена на іншому стрижні магнітопроводу, між собою з'єднані однойменними, наприклад, кінцевими виводами. Три ланцюги послідовних з'єднань (А0, В0, С0) других та третіх обмоток між собою ввімкнені у трипроменеву зірку. Спільна точка зірки трьох ланцюгів приєднана до вхідної нульової фази (0). Кожен кінець ланцюга (променя зірки) по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази. Кожна четверта обмотка має проміжний вивід, який ділить її на дві рівні за кількістю витків частини. Проміжний вивід кожної четвертої обмотки з'єднаний із затискачем тієї вхідної лінійної фази, до якої неприєднана одним виводом перша обмотка, яка розміщена на тому ж стрижні що і четверта обмотка. Усі п'яті W5 та шості W6 обмотки мають однакові кількості витків. Кожна п'ята обмотка, наприклад, W5(А1,1) кінцевим виводом 1 приєднана до кінцевого виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу, наприклад, А тієї першої обмотки W1(А,С),

яка розташована на одному стрижні з названою п'ятою обмоткою. Тут і далі запис $W5(A1,1)$ означає, що п'ята обмотка ввімкнута між вузлами $A1$ та 1 . Кожна шоста обмотка, наприклад, $W6(A3,2)$ початковим виводом 2 приєднана до початкового виводу четвертої обмотки, проміжний вивід, наприклад, A якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки $W1(A,B)$, яка розташована на одному стрижні з названою шостою обмоткою (Фіг.1-Фіг.4). Кожен затискач, наприклад, $A1$ вхідної лінійної фази першої групи по одному приєднаний до одного початкового виводу п'ятої обмотки, наприклад, $W5(A1,1)$. Кожен затискач, наприклад, $A2$ вхідної лінійної фази другої групи по одному приєднаний до одного затискача, наприклад, A вхідної лінійної фази. Кожен затискач, наприклад, $A3$ вхідної лінійної фази третьої групи по одному приєднаний до одного кінцевого виводу шостої обмотки, наприклад, $W6(A3,2)$. Фільтр має більші кратності подавлення вищих гармонік при таких умовах: кількість витків четвертої обмотки складає від 8% до 36% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 27,62%; кількість витків п'ятої обмотки складає від 0,25% до 4,5% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 2,27%; другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою зиг'заг (Фіг.1, Фіг.3, Фіг.4); другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою лямбда (Фіг.2); кожна одна друга обмотка об'єднана по одній з частиною першої обмотки, при цьому перша та друга обмотки знаходяться на спільному стрижні магнітопроводу (Фіг.3); провідники четвертої обмотки оточені провідниками першої обмотки, а кожен провідник другої обмотки оточений провідниками третьої обмотки, і навпаки, причому вказані обмотки розташовані на одному стрижні магнітопроводу.

Влаштування Фільтру за другим незалежним пунктом Формули групи винаходів. До складу фільтру (Фіг.5-Фіг.8) входять: три затискачі (A , B , C) вхідних лінійних фаз, один затискач (0) вхідної нульової фази, шістнадцять затискачів вихідних фаз, дванадцять ($A1$, $B1$, $C1$, $A2$, $B2$, $C2$, $A3$, $B3$, $C3$, $A4$, $B4$, $C4$) із яких є затискачами лінійних фаз, а чотири (01 , 02 , 03 , 04) є затискачами нульових фаз; тристрижневий магнітопровід, який складається із ярма 7 та стрижнів 8 , 9 та 10 (Фіг.8). Затискачі вихідних фаз поділені на чотири групи: перша група - $A1$, $B1$, $C1$, 01 ; друга група - $A2$, $B2$, $C2$, 02 ; третя група - $A3$, $B3$, $C3$, 03 ; четверта група - $A4$, $B4$, $C4$, 04 . Затискач 0 вхідної нульової фази приєднаний до затискачів 01 , 02 , 03 та 04 нульових фаз першої, другої, третьої та четвертої груп відповідно. На кожному стрижні магнітопроводу розміщено по одній котушці. Котушка складається із десяти обмоток, які мають назви від першої $W1$ до десятої $W10$ (Фіг.8). Кожна обмотка споряджена початковим та кінцевим виводами. Перші обмотки $W1$ мають однакові кількості витків і між собою з'єднані у трикутник, а кожна точка з'єднання перших обмоток приєднана по одній до одного затискача вхідної лінійної фази. Другі $W2$ та треті $W3$ обмотки мають однакові кількості витків. Кількість витків другої обмотки складає третину від кількості витків першої обмотки. Кожна друга обмотка $W2$, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, та кожна одна третя обмотка $W3$, яка розміщена

на іншому стрижні магнітопроводу, між собою з'єднані однойменними, наприклад, кінцевими виводами (Фіг.5, Фіг.8)). Три ланцюги послідовних з'єднань ($A0$, $B0$, $C0$) других та третіх обмоток між собою ввімкнені у трипроменеву зірку (Фіг.5-Фіг.8). Спільна точка зірки трьох ланцюгів приєднана до вхідної нульової фази (0). Кожен кінець ланцюга (променя зірки) по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази. Четверті $W4$ обмотки мають однакові кількості витків. Кожна четверта обмотка має проміжний вивід, який ділить її на дві рівні за кількістю витків частини. Проміжний вивід кожної четвертої обмотки з'єднаний із затискачем тієї вхідної лінійної фази, до якого не приєднана ні одним виводом перша обмотка, яка розміщена на тому ж стрижні що і четверта обмотка. Усі п'яті $W5$ та шості $W6$ обмотки мають однакові кількості витків. Кожна п'ята обмотка, наприклад, $W5(A2,12)$ кінцевим виводом 12 приєднана до кінцевого виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу, наприклад, A тієї першої обмотки, наприклад, $W1(A,C)$, яка розташована на одному стрижні з названою п'ятою обмоткою $W5(A2,12)$. Тут і далі запис $W5(A2,12)$ означає, що п'ята обмотка ввімкнута між вузлами $A2$ та 12 . Кожна шоста обмотка, наприклад, $W6(A3,13)$ початковим виводом 13 приєднана до початкового виводу четвертої обмотки, проміжний вивід, наприклад, A якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, наприклад, $W1(A,B)$, яка розташована на одному і тому ж стрижні з названою шостою обмоткою, наприклад, $W6(A3,13)$ (Фіг.5-Фіг.8). Кожна сьома обмотка початковим виводом з'єднана з початковим виводом п'ятої обмотки. Кінцевий вивід п'ятої обмотки приєднаний до кінцевого виводу четвертої обмотки. Проміжний вивід четвертої обмотки приєднаний до тієї вхідної лінійної фази, до якої не приєднаний жоден, з двох виводів першої обмотки. При цьому сьома та перша обмотки повинні бути розташовані на одному і тому ж стрижні. Кожна восьма обмотка кінцевим виводом з'єднана з кінцевим виводом шостої обмотки, початковий вивід якої приєднаний до початкового виводу четвертої обмотки. Проміжний вивід четвертої обмотки приєднаний до тієї вхідної лінійної фази, до якої неприєднані виводи першої обмотки. При цьому восьма та перша обмотки повинні бути розташовані на одному і тому ж стрижні. Кожна дев'ята обмотка кінцевим виводом, наприклад, 11 приєднана до кінцевого виводу сьомої обмотки, наприклад, $W7(A2,11)$, яка через послідовно ввімкнену п'яту обмотку, наприклад, $W5(A2,12)$ з'єднана з кінцевим виводом четвертої обмотки. Проміжний вивід четвертої обмотки приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, наприклад, $W1(A,C)$, яка розташована на одному стрижні з названою дев'ятою обмоткою, наприклад, $W9(A1,11)$. Кожна десята обмотка, наприклад, $W10(A4,14)$ початковим виводом 14 приєднана до початкового виводу восьмої обмотки, яка через послідовно ввімкнену шосту обмотку з'єднана з початковим виводом четвертої обмотки, проміжний вивід A якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, наприклад, $W1(A,B)$, яка розташована на одному стрижні, наприклад, 8 з названою десятою обмоткою (Фіг.8). Кожен зати-

скач, наприклад, A1 вихідної лінійної фази першої групи по одному приєднаний до одного початкового виводу дев'ятої обмотки, наприклад, W9(A1,11). Кожен затискач вихідної лінійної фази другої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання початкових виводів п'ятої та сьомої обмоток. Кожен затискач, наприклад, B3 вихідної лінійної фази третьої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання кінцевих виводів шостої, наприклад, W6(B3,17) та восьмої, наприклад, W8(B3,18) обмоток (Фіг.5-Фіг.8). А кожен затискач вихідної лінійної фази четвертої групи по одному приєднаний до одного кінцевого виводу десятої обмотки (Фіг.5-Фіг.8). Другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою зигзаг (Фіг.5, фіг7, Фіг.8). Другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою лямбда (Фіг.6). Кожна одна друга обмотка об'єднана по одній із частиною першої обмотки, при цьому перша та друга обмотки повинні знаходитися на спільному стрижні магнітопроводу (Фіг.7). Провідники кожної четвертої обмотки оточені провідниками першої обмотки, а кожен провідник другої обмотки оточений провідниками третьої обмотки, і навпаки, причому вказані обмотки розташовані на одному стрижні магнітопроводу (Фіг.6-Фіг.8). Фільтр має більші кратності подавлення вищих гармонік при таких умовах: кількість витків четвертої обмотки складає від 5,5% до 19,04% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 14,51%; кількість витків п'ятої обмотки складає від 0,09% до 1,01% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 0,57%; кількість витків сьомої обмотки складає від 5,65% до 14,88% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 12,31%; кількість витків дев'ятої обмотки складає від 0,73% до 7,92% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 4,05%.

Влаштування фільтру за третім незалежним пунктом формули групи винаходів. До складу фільтру (Фіг.9-Фіг.12) входять: три затискачі (A, B, C) вхідних лінійних фаз, один затискач (0) вхідної нульової фази, шістнадцять затискачів вихідних фаз, дванадцять (A1, B1, C1, A2, B2, C2, A3, B3, C3, A4, B4, C4) із яких є затискачами лінійних фаз, а чотири (01, 02, 03, 04) є затискачами нульових фаз; тристрижневий магнітопровід, який складається із ярма 7 та стрижнів 8, 9 та 10. Затискачі вихідних фаз поділені на чотири групи: перша група - A1, B1, C1, 01; друга група - A2, B2, C2, 02; третя група - A3, B3, C3, 03, четверта група - A4, B4, C4, 04. Затискач 0 вхідної нульової фази приєднаний до затискачів 01, 02, 03 та 04 нульових фаз першої, другої, третьої та четвертої груп відповідно. На кожному стрижні магнітопроводу розміщено по одній котушці. Котушка складається із десяти обмоток, які мають назви від першої W1 до десятої W10 (Фіг.12). Перші обмотки W1 мають однакові кількості витків і між собою з'єднані у трикутник, а кожна точка з'єднання перших обмоток приєднана по одній до одного затискача вхідної лінійної фази. Кожна обмотка споряджена початковим та кінцевим виводами. Другі W2 та треті W3 обмотки мають однакові кількості витків. Кількість витків другої обмотки складає третину від кількості витків першої обмотки. Четверті W4 обмотки мають однакові кількості витків. Кожна друга обмотка W2, яка розміщена на одному стрижні магнітопро-

воду, та кожна одна третя обмотка W3, яка розміщена на іншому стрижні магнітопроводу, між собою з'єднані однойменними, наприклад, кінцевими виводами. Три ланцюги послідовних з'єднань (A0, B0, C0) других та третіх обмоток між собою ввімкнені у трипроменеву зірку (Фіг.9-Фіг.12). Спільна точка зірки трьох ланцюгів приєднана до вхідної нульової фази (0). Кожен кінець ланцюга (променя зірки) по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази. Кожна четверта обмотка має проміжний вивід, який ділить її на дві рівні за кількістю витків частини. Проміжний вивід кожної четвертої обмотки з'єднаний із затискачем тієї вхідної лінійної фази, до якого не приєднана жодним виводом перша обмотка, яка розміщена на тому ж стрижні що і четверта обмотка. Усі п'яті W5 та шості W6 обмотки мають однакові кількості витків. Кожна п'ята обмотка, наприклад, W5(A2,12) кінцевим виводом 12 приєднана до кінцевого виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу, наприклад, A тієї першої обмотки W1(A,C), яка розташована на одному стрижні з названою п'ятою обмоткою W5(A2,12). Тут і далі запис W5(A2,12) означає, що п'ята обмотка ввімкнута між вузлами A2 та 12. Кожна шоста обмотка, наприклад, W6(A3,13) початковим виводом 13 приєднана до початкового виводу четвертої обмотки, проміжний вивід, наприклад, A якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, наприклад, W1(A,B), яка розташована на одному і тому ж стрижні з названою шостою обмоткою, наприклад, W6(A3,13) (Фіг.9-Фіг.12). Кожна дев'ята обмотка кінцевим виводом, наприклад, A2 приєднана до початкового виводу п'ятої обмотки, наприклад, W5(A2,12), яка кінцевим виводом з'єднана з кінцевим виводом четвертої обмотки. Проміжний вивід четвертої обмотки приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, наприклад, W1(A,C), яка розташована на одному стрижні з названою дев'ятою обмоткою, наприклад, W9(A2,11). Кожна десята обмотка, наприклад, W10(A3,14) початковим виводом A3 приєднана до кінцевого виводу шостої обмотки, яка початковим виводом з'єднана з початковим виводом четвертої обмотки, проміжний вивід A якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, наприклад, W1(A,B), яка розташована на одному стрижні, наприклад, 8 з названою десятою обмоткою. Кожна сьома обмотка початковим виводом з'єднана з початковим виводом дев'ятої обмотки. Кінцевий вивід дев'ятої обмотки через послідовно ввімкнену п'яту обмотку приєднаний до кінцевого виводу четвертої обмотки. Проміжний вивід четвертої обмотки приєднаний до тієї вхідної лінійної фази, до якої не приєднані два виводи першої обмотки. При цьому сьома та перша обмотки повинні бути розташовані на одному і тому ж стрижні. Кожна восьма обмотка кінцевим виводом з'єднана з кінцевим виводом десятої обмотки, початковий вивід якої через послідовно ввімкнену шосту обмотку приєднаний до початкового виводу четвертої обмотки. Проміжний вивід четвертої обмотки приєднаний до тієї вхідної лінійної фази, наприклад, A, до якої не приєднані виводи першої обмотки, наприклад, W1(B,C). При цьому восьма, наприклад, W8(A4,14) та перша, наприклад, W1(B,C)

обмотки повинні бути розташовані на одному і тому ж стрижні, наприклад, 9. Кожен затискач, наприклад, A1 вихідної лінійної фази першої групи по одному приєднаний до одного кінцевого виводу сьомої обмотки, наприклад, W7(A1,11). Кожен затискач вихідної лінійної фази другої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання початкового виводу п'ятої та кінцевого виводу дев'ятої обмоток. Кожен затискач, наприклад, B3 вихідної лінійної фази третьої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання кінцевого виводу шостої, наприклад, W6(B3,17) обмотки та початкового виводу десятої обмотки, наприклад, W10(B3,18) обмоток. А кожен затискач вихідної лінійної фази четвертої групи по одному приєднаний до одного початкового виводу восьмої обмотки (Фіг.9-Фіг.12). Другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою зигзаг (Фіг.9, Фіг.11, Фіг.12). Другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою лямбда (Фіг.10). Кожна одна друга обмотка об'єднана по одній із частиною першої обмотки, при цьому перша та друга обмотки знаходяться на спільному стрижні магнітопроводу (Фіг.11). Провідники кожної четвертої обмотки оточені провідниками першої обмотки, а кожен провідник другої обмотки оточений провідниками третьої обмотки, і навпаки, причому вказані обмотки розташовані на одному стрижні магнітопроводу (фіг9 - Фіг.12). Фільтр має більші кратності подавлення вищих гармонік при таких умовах: кількість витків четвертої обмотки складає від 5,5% до 19,04% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 14,51%; кількість витків п'ятої обмотки складає від 0,09% до 1,01% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 0,57%; кількість витків сьомої обмотки складає від 5,65% до 14,88% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 12,31%; кількість витків дев'ятої обмотки складає від 0,73% до 7,92% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 4,05%.

Влаштування фільтру за четвертим незалежним пунктом формули групи винаходів. До складу фільтру (Фіг.13-Фіг.16) входять: три затискачі (A, B, C) вхідних лінійних фаз, один затискач (0) вхідної нульової фази, двадцять затискачів вихідних фаз, п'ятнадцять (A1, B1, C1, A2, B2, C2, A3, B3, C3, A4, B4, C4, A5, B5, C5) із яких є затискачами лінійних фаз, а п'ять (01, 02, 03, 04, 05) є затискачами нульових фаз; тристрижневий магнітопровід, який складається із яра 7 та стрижнів 8, 9 та 10 (Фіг.16). Затискачі вихідних фаз поділені на п'ять груп: перша група - A1, B1, C1, 01; друга група - A2, B2, C2, 02; третя група - A3, B3, C3, 03, четверта група - A4, B4, C4, 04, п'ята група - A5, B5, C5, 05. Затискач 0 вхідної нульової фази приєднаний до затискачів 01, 02, 03, 04 та 05 вихідних нульових фаз першої, другої, третьої та четвертої груп відповідно. На кожному стрижні магнітопроводу розміщено по одній котушці. Котушка складається із десяти обмоток, які мають назви від першої W1 до десятої W10 (Фіг.16). Кожна обмотка споряджена початковим та кінцевим виводами. Перші обмотки W1 мають однакові кількості витків і між собою з'єднані у трикутник, а кожна точка з'єднання перших обмоток приєднана по одній до одного затискача вхідної лінійної фази. Другі W2 та треті W3 обмотки мають однакові кількості витків. Кількість

витків другої обмотки складає третину від кількості витків першої обмотки. Кожна друга обмотка W2, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, та кожна одна третя обмотка W3, яка розміщена на іншому стрижні магнітопроводу, між собою з'єднані однойменними, наприклад, кінцевими виводами (Фіг.13). Три ланцюги послідовних з'єднань (A0, B0, C0) других та третіх обмоток між собою ввімкнені у трипроменеву зірку (Фіг.13-Фіг.16). Спільна точка зірки трьох ланцюгів приєднана до вхідної нульової фази (0). Кожен кінець ланцюга (променя зірки) по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази. Четверті W4 обмотки мають однакові кількості витків. Кожна четверта обмотка має проміжний вивід, який ділить її на дві рівні за кількістю витків частини. Проміжний вивід кожної четвертої обмотки з'єднаний із затискачем тієї вхідної лінійної фази, до якого не приєднана ні одним виводом перша обмотка, яка розміщена на тому ж стрижні що і четверта обмотка. Усі п'яті W5 та шості W6 обмотки мають однакові кількості витків. Кожна п'ята обмотка, наприклад, W5(A2,12) кінцевим виводом 12 приєднана до кінцевого виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу, наприклад, A тієї першої обмотки, наприклад, W1(A,C), яка розташована на одному стрижні з названою тут п'ятою обмоткою W5(A2,12). Тут і далі запис W5(A2,12) означає, що п'ята обмотка ввімкнута між вузлами A2 та 12. Кожна шоста обмотка, наприклад, W6(A4,13) початковим виводом 13 приєднана до початкового виводу четвертої обмотки, проміжний вивід, наприклад, A якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, наприклад, W1(A,B), яка розташована на одному і тому ж стрижні з названою тут шостою обмоткою, наприклад, W6(A4,13) (Фіг.13-Фіг.16). Кожна сьома обмотка початковим виводом з'єднана з початковим виводом п'ятої обмотки. Кінцевий вивід п'ятої обмотки приєднаний до кінцевого виводу четвертої обмотки. Проміжний вивід четвертої обмотки приєднаний до тієї вхідної лінійної фази, до якої не приєднаний жоден з двох виводів першої обмотки. При цьому сьома та перша обмотки повинні бути розташовані на одному і тому ж стрижні. Кожна восьма обмотка кінцевим виводом з'єднана з кінцевим виводом шостої обмотки, початковий вивід якої приєднаний до початкового виводу четвертої обмотки. Проміжний вивід четвертої обмотки приєднаний до тієї вхідної лінійної фази, до якої не приєднаний ні один вивід першої обмотки. При цьому восьма та перша обмотки повинні бути розташовані на одному і тому ж стрижні. Кожна дев'ята обмотка кінцевим виводом, наприклад, 11 приєднана до кінцевого виводу сьомої обмотки, наприклад, W7(A2,11), яка через послідовно ввімкнену п'яту обмотку, наприклад, W5(A2,12) з'єднана з кінцевим виводом четвертої обмотки. Проміжний вивід четвертої обмотки приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, наприклад, W1(A,C), яка розташована на одному стрижні з названою дев'ятою обмоткою, наприклад, W9(A1,11). Кожна десята обмотка, наприклад, W10(A5,14) початковим виводом 14 приєднана до початкового виводу восьмої обмотки, яка через послідовно ввімкнену шосту обмотку з'єднана з

початковим виводом четвертої обмотки, проміжний вивід А якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, наприклад, W1(A,B), яка розташована на одному стрижні, наприклад, 8 з названою десятою обмоткою (Фіг.16). Кожен затискач, наприклад, A1 вихідної лінійної фази першої групи по одному приєднаний до одного початкового виводу дев'ятої обмотки, наприклад, W9(A1,11). Кожен затискач вихідної лінійної фази другої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання початкових виводів п'ятої та сьомої обмоток. Кожен затискач, наприклад, B3 вихідної лінійної фази третьої групи по одному приєднаний до одного затискача, наприклад, В вхідної лінійної фази. Кожен затискач, наприклад, B4 вихідної лінійної фази четвертої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання кінцевих виводів шостої, наприклад, W6(B4,17) та восьмої, наприклад, W8(B4,18) обмоток (Фіг.13-Фіг.16). А кожен затискач, наприклад, C5 вихідної лінійної фази п'ятої групи по одному приєднаний до одного кінцевого виводу десятої обмотки, наприклад, W10(C5,22). Другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою зігзаг (Фіг.13, Фіг.15, Фіг.16). Другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою лямбда (Фіг.14). Кожна одна друга обмотка об'єднана по одній із частиною першої обмотки, при цьому перша та друга обмотки знаходяться на спільному стрижні магнітопроводу (Фіг.15). Провідники кожної четвертої обмотки оточені провідниками першої обмотки, а кожен провідник другої обмотки оточений провідниками третьої обмотки, і навпаки, причому вказані обмотки розташовані на одному стрижні магнітопроводу (Фіг.13, Фіг.15, Фіг.16). Фільтр має більші кратності подавлення вищих гармонік при таких умовах: кількість витків четвертої обмотки складає від 8% до 23% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 19,04%; кількість витків п'ятої обмотки складає від 0% до 1,5% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 1,01%; кількість витків сьомої обмотки складає від 4% до 10,5% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 8,22%; кількість витків дев'ятої обмотки складає від 0,8% до 4,5% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 3,01%.

Влаштування Фільтру за п'ятим незалежним пунктом формули групи винаходів. До складу фільтру (Фіг.17-Фіг.20) входять: три затискачі (А, В, С) вхідних лінійних фаз, один затискач (0) вхідної нульової фази, двадцять затискачів вихідних фаз, п'ятнадцять (A1, B1, C1, A2, B2, C2, A3, B3, C3, A4, B4, C4, A5, B5, C5) із яких є затискачами лінійних фаз, а п'ять (01, 02, 03, 04, 05) є затискачами нульових фаз; тристрижневий магнітопровід, який складається із ярма 7 та стрижнів 8, 9 та 10. Затискачі вихідних фаз поділені на п'ять груп: перша група - A1, B1, C1, 01; друга група - A2, B2, C2, 02; третя група - A3, B3, C3, 03, четверта група - A4, B4, C4, 04, п'ята група - A5, B5, C5, 05. Затискач 0 вхідної нульової фази приєднаний до затискачів 01, 02, 03, 04 та 05 нульових фаз першої, другої, третьої, четвертої та п'ятої груп відповідно. На кожному стрижні 8, 9 та 10 магнітопроводу розміщено по одній котушці. Котушка складається із десяти обмоток, які мають назви від першої W1 до десятої W10 (Фіг.20). Перші обмотки W1 мають

однакові кількості витків і між собою з'єднані у трикутник, а кожна точка з'єднання перших обмоток приєднана по одній до одного затискача вхідної лінійної фази. Кожна обмотка споряджена початковим та кінцевим виводами. Другі W2 та треті W3 обмотки мають однакові кількості витків. Кількість витків другої обмотки складає третину від кількості витків першої обмотки. Четверті W4 обмотки мають однакові кількості витків. Кожна друга обмотка W2, яка розміщена на одному стрижні магнітопроводу, та кожна одна третя обмотка W3, яка розміщена на іншому стрижні магнітопроводу, між собою з'єднані однойменними, наприклад, кінцевими виводами. Три ланцюги послідовних з'єднань (A0, B0, C0) других та третіх обмоток між собою ввімкнені у трипроменеву зірку. Спільна точка зірки трьох ланцюгів приєднана до вхідної нульової фази (0) (Фіг.17-Фіг.20). Кожен кінець ланцюга (промена зірки) по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази. Кожна четверта обмотка має проміжний вивід, який ділить її на дві рівні за кількістю витків частини. Проміжний вивід кожної четвертої обмотки з'єднаний із затискачем тієї вхідної лінійної фази, до якого не приєднана одним виводом перша обмотка, яка розміщена на тому ж стрижні що і четверта обмотка. Усі п'яті W5 та шості W6 обмотки мають однакові кількості витків. Кожна п'ята обмотка, наприклад, W5(A2,12) кінцевим виводом 12 приєднана до кінцевого виводу четвертої обмотки, проміжний вивід якої приєднаний до кінцевого виводу, наприклад, А тієї першої обмотки W1(A,C), яка розташована на одному стрижні з названою п'ятою обмоткою W5(A2,12). Тут і далі запис W5(A2,12) означає, що п'ята обмотка ввімкнута між вузлами A2 та 12. Кожна шоста обмотка, наприклад, W6(A4,13) початковим виводом 13 приєднана до початкового виводу четвертої обмотки, проміжний вивід, наприклад, А якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, наприклад, W1(A,B), яка розташована на одному стрижні з названою шостою обмоткою, наприклад, W6(A4,13) (Фіг.17-Фіг.20). Кожна дев'ята обмотка кінцевим виводом, наприклад, A2 приєднана до початкового виводу п'ятої обмотки, наприклад, W5(A2,12), яка кінцевим виводом з'єднана з кінцевим виводом четвертої обмотки. Проміжний вивід четвертої обмотки приєднаний до кінцевого виводу тієї першої обмотки, наприклад, W1(A,C), яка розташована на одному стрижні з названою дев'ятою обмоткою, наприклад, W9(A2,11). Кожна десята обмотка, наприклад, W10(A4,14) початковим виводом A4 приєднана до кінцевого виводу шостої обмотки, яка початковим виводом з'єднана з початковим виводом четвертої обмотки, проміжний вивід А якої приєднаний до початкового виводу тієї першої обмотки, наприклад, W1(A,B), яка розташована на одному стрижні, наприклад, 8 з названою десятою обмоткою. Кожна сьома обмотка початковим виводом з'єднана з початковим виводом дев'ятої обмотки. Кінцевий вивід дев'ятої обмотки через послідовно ввімкнену п'яту обмотку приєднаний до кінцевого виводу четвертої обмотки. Проміжний вивід четвертої обмотки приєднаний до тієї вхідної лінійної фази, до якої не приєднані два виводи першої обмотки. При цьому сьома та перша обмо-

тки повинні бути розташовані на одному і тому ж стрижні. Кожна восьма обмотка, наприклад, W8(A5,14) кінцевим виводом з'єднана з кінцевим виводом десятої обмотки, початковий вивід якої через послідовно ввімкнену шосту обмотку приєднаний до початкового виводу четвертої обмотки. Проміжний вивід четвертої обмотки приєднаний до тієї вхідної лінійної фази, наприклад, А, до якої не приєднані виводи першої обмотки, наприклад, W1(B,C). При цьому восьма, наприклад, W8(A5,14), та перша, наприклад, W1(B,C) обмотки повинні бути розташовані на одному і тому ж стрижні, наприклад, 9. Кожен затискач, наприклад, А1 вихідної лінійної фази першої групи по одному приєднаний до одного кінцевого виводу сьомої обмотки, наприклад, W7(A1,11). Кожен затискач, наприклад, В2 вихідної лінійної фази другої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання початкового виводу п'ятої, наприклад, W5(B2,16) та кінцевого виводу дев'ятої, наприклад, W9(B2,15) обмоток. Кожен затискач, наприклад, С3 вихідної лінійної фази третьої групи по одному приєднаний до одного затискача вхідної лінійної фази, наприклад, В. Кожен затискач, наприклад, В4 вихідної лінійної фази четвертої групи по одному приєднаний до одної точки з'єднання кінцевого виводу шостої, наприклад, W6(B4,17) обмотки та початкового виводу десятої обмотки, наприклад, W10(B4,18) обмоток. А кожен затискач, наприклад, А5 вихідної лінійної фази п'ятої групи по одному приєднаний до одного початкового виводу восьмої обмотки, наприклад, W8(A5,14). Другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою зіг'заг (Фіг.17, Фіг.19, Фіг.20). Другі та треті обмотки між собою з'єднані за схемою лямбда (Фіг.18). Кожна одна друга обмотка об'єднана по одній із частиною першої обмотки, при цьому перша та друга обмотки знаходяться на спільному стрижні магнітопроводу (Фіг.19). Провідники кожної четвертої обмотки оточені провідниками першої обмотки, а кожен провідник другої обмотки оточений провідниками третьої обмотки, і навпаки, причому вказані обмотки розташовані на одному стрижні магнітопроводу (Фіг.17, Фіг.19, Фіг.20). Фільтр має більші кратності подавлення вищих гармонік при таких умовах: кількість витків четвертої обмотки складає від 8% до 23% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 19,04%; кількість витків п'ятої обмотки складає від 0% до 1,5% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 1,01%; кількість витків сьомої обмотки складає від 4% до 10,5% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 8,22%; кількість витків дев'ятої обмотки складає від 0,8% до 4,5% від кількості витків першої обмотки, наприклад, 3,01%.

Робота фільтру.

Робота фільтру за першим незалежним пунктом формули групи винаходів. Даний фільтр виконує дві функції: функцію подавлення струму нульової складової основної та вищих гармонік струму, викликаних нелінійними електроприймачами, ввімкненими між лінійною та нульовою фазами, а також функцію взаємної компенсації симетричних складових прямої та зворотної послідовності струму вищих гармонік, викликаних нелінійними електроприймачами, ввімкненими між

лінійними фазами. При роботі фільтру нелінійні електроприймачі приєднані до кожного із трьох фідерів. Кожний з фідерів має трифазну чотирипровідну систему напруг. Трифазна система напруг одного фідера зсунута по фазі на кут α по відношенню до трифазної системи напруг іншого фідера. Нелінійні електроприймачі, ввімкнені між лінійною та нульовою фазами, генерують струми вищих гармонік, порядкові номери яких є непарними та знаходяться у діапазоні від третьої до сорок дев'ятої і вище. Подавлення струмів нульової послідовності основної та вищих гармонік відбувається наступним чином. Другі та треті обмотки між собою з'єднані у зіг'заг. Особливості цього з'єднання у даному фільтрі полягає у тому, що другі та треті обмотки зіг'загу не є самостійними, оскільки крім них на стрижні магнітопроводу знаходяться ще вісім обмоток, які можуть намагнітити даний стрижень, в результаті чого зіг'заг втратить свої властивості. Властивість зіг'загу у зв'язаних схемах може бути збереженою при умові, що струми у гілках зіг'загу не приводять до додаткового намагнічування стрижнів магнітопроводу. Експериментально встановлено, що і у даному випадку зіг'заг має малий опір нульової послідовності (Фіг.1). Малий опір нульової послідовності має лямбдоподібна схема з'єднання других та третіх обмоток (Фіг.2), а також схеми, у яких другі обмотки зіг'загу об'єднані з частиною перших обмоток (Фіг.3). Крім того, при приєднанні приймачів до першого та третього фідерів по четвертих та п'ятих обмотках протікають струми нульової послідовності, але вони також не намагнічують стрижні, оскільки намагнічуючі ампер-витки цих обмоток врівноважуються розмагнічуючими ампер-витками перших обмоток. Тому дія фільтру нульової послідовності поширюється на всі вихідні фідери. Фільтр має малий опір нульової послідовності Zok для струмів k-их гармонік. Дія фільтру полягає у закорочуванні струмів нульової послідовності вищих гармонік, які виникають у нелінійних електроприймачах. У відповідності із рівнянням (2) напруга нульової послідовності Uok у пункті приєднання фільтру до розподільчої мережі дорівнює нулеві.

$$U_{ok}=I_{ok} \cdot Z_{ok} \quad (2)$$

В результаті цього фільтр при трьох ($\phi=3$) фідерах забезпечує коефіцієнти подавлення вищих гармонік струму, вказані у таблиці 1.

Таблиця 1

Кратність подавлення нульових складових основної вищих гармонік струму при $\phi=3$

1	3	6	9	12	15	18	21	27	30	33	36	39
6-12	5-8	4-7	4-7	4-6	4-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6

У даний час масово використовуються також нелінійні приймачі електричної енергії, які вмикаються між лінійними фазами. Такі приймачі викликають у трифазній мережі струми вищих гармонік, порядковий номер k яких визначається за виразом (1): $k=6N \pm 1$, де N - довільне ціле число. При цьому $k=5, 7, 11, 13, \dots$, тобто k виражене непарним числом, некратним трьом. Вказані приймачі викликають також парні гармоніки струмів. Типовим представником цієї групи нелінійних приймачів є

тиристорний привід змінного струму. Друга функція фільтру, який пропонується, полягає у взаємній компенсації струмів вищих непарних та парних гармонік, які некрatні трьом. Компенсація вищих гармонік відбувається таким чином. Кожен із трьох фідерів приєднаний до однієї групи затискачів фільтру. Припустимо, що всі фідери живлять три однотипні електроприймачі, наприклад, тиристорні приводи змінного струму однакової потужності. У фільтрі в напрямку від мережі до нелінійних приймачів відбувається пофазно - симетричне множення кількості лінійних фаз напруги, а у зворотному напрямку відбувається перетворення та сумування струмів. Трифазна система напруг першого фідера (затискачі A1, B1, C1, O1) зсунута на кут $+\alpha$ порівняно з трифазною системою другого фідера (A2, B2, C2, O2), а трифазна система напруг третього фідера (A3, B3, C3, O3) зсунута на

кут $-\alpha$ також порівняно з трифазною системою другого фідера. Основна властивість фільтру полягає у тому, що поворот фазних кутів трифазної системи напруг i -того фідера на кут $\pm\alpha(i)$ приводить до повороту фазних кутів гармонік струму на вході фільтру (затискачі A, B, C) на кут $\pm\alpha(i)(k\pm 1)$. Взаємна повна компенсація струмів вищих гармонік має місце на вході фільтру за умови (3)

$$\sum_{i=1}^{i=3} \text{lik} * \cos(\alpha(i)(k \pm 1)) = 0 \quad (3)$$

де i - порядковий номер фідера, а lik - діюче значення струму k -ої гармоніки в лінійному проводі i -того фідера. Кратність взаємної компенсації вищих гармонік струму при трьох ($\phi=3$) фідерах, які рівномірно завантажені нелінійними приймачами, показана у таблиці 2.

Таблиця 2

Кратність взаємної компенсації вищих гармонік струмів при $\phi=3$

α/k	5	7	11	13	17	19	23	25	29	31	35	37	41	43	47	49
$\pi/12$	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00
$\pi/9$	>20	>20	>20	>20	1,00	1,00	>20	>20	>20	>20	1,00	1,00	>20	>20	>20	>20

Даний фільтр компенсує також струми симетричних складових парних гармонік (таблиця 3).

Таблиця 3

Кратність взаємної компенсації симетричних складових прямої та зворотної послідовностей вищих парних гармонік струмів при $\phi=3$

α/k	2	4	8	10	14	16	20	22	26	28	32	34	38	40
$\pi/12$	1,24	1,24	2,41	2,41	2,41	2,41	1,24	1,24	1,24	1,24	2,41	2,41	2,41	2,41
$\pi/9$	1,50	1,50	3,00	3,00	1,50	1,50	1,50	1,50	3,00	3,00	1,50	1,50	1,50	1,50

Отже поєднання двох функцій в одному фільтрі зменшує коефіцієнт спотворення синусоїдності струмів та напруг не менше ніж у 3-4 разів, що підвищує якість струмів та напруг до рівня, допустимого стандартами.

Робота фільтру за другим незалежним пунктом формули групи винаходів. Даний фільтр також виконує дві функції: функцію подавлення струму нульової складової основної та вищих гармонік струму, викликаних нелінійними електроприймачами, ввімкненими між лінійною та нульовою фазами, а також функцію взаємної компенсації симетричних складових прямої та зворотної послідовності струмів вищих гармонік, викликаних нелінійними електроприймачами, ввімкненими між лінійними фазами: При роботі фільтр приєднаний до розподільчої трифазної мережі, а до затискачів вихідних фаз фільтру приєднані чотири фідери. Нелінійні електроприймачі приєднані до кожного з чотирьох фідерів (Фіг.21). Кожний із фідерів має трифазну чотирипровідну систему напруг. Трифазна система напруг одного фідера зсунута по фазі на кут α по відношенню до трифазної системи напруг іншого фідера. Нелінійні електроприймачі, ввімкнуті між лінійною та нульовою фазами, генерують струми вищих гармонік, порядкові номери яких є непарними та знаходяться у діапазоні від третьої до сорок дев'ятої і вище. Подавлення струмів нульової послідовності основної та вищих гармонік відбувається наступним чином. Подавити вищі гармоніки можна двома способами: або пос-

лідовно у коло вищих гармонік струму включити опір, що прямує до нескінченності, або паралельно до джерела гармонік струму ввімкнути опір-шунт, величина якого прямує до нуля. У даних фільтрів опір нульової послідовності, прямує до нуля. Опір нульової послідовності, близький до нульового значення, створений послідовними з'єднаннями других та третіх обмоток (Фіг.5-Фіг.8). Другі та треті обмотки між собою з'єднані у зигзаг, (Фіг.5, Фіг.7, Фіг.8). Особливості цього з'єднання у даному фільтрі полягає у тому, що другі та треті обмотки зигзагу не є самостійними, оскільки крім них на стрижні магнітопроводу знаходяться ще вісім обмоток, які можуть намагнітити даний стрижень, в результаті чого зигзаг втратить свої властивості. Властивість зигзагу (забезпечувати порівняно малий опір нульової послідовності) у зв'язаних схемах може бути збереженою при умові, що струми у гілках зигзагу не приводять до додаткового намагнічування стрижнів магнітопроводу у всіх режимах фільтру. Експериментально встановлено, що у даному випадку зигзаг має малий опір нульової послідовності (Фіг.5) незалежно від струмів решти восьми обмоток. Малий опір нульової послідовності має також лямбдоподібна схема з'єднання других та третіх обмоток (Фіг.6), а також схеми, у яких другі обмотки зигзагу об'єднані з частиною перших обмоток (Фіг.7). Крім того, при приєднанні приймачів до першого, другого, третього та четвертого фідерів по обмотках (від четвертого порядкового номера по десятий) проти-

кають струми нульової послідовності, які також не намагнічують стрижні, оскільки намагнічуючі ампер-витки цих обмоток врівноважуються розмагнічуючими ампер-витками перших обмоток. Тому дія фільтру нульової послідовності поширюється на всі вихідні фідери. Фільтр має малий опір нульової послідовності Z_{0k} для струмів k -их гармонік. Дія фільтру полягає у закорочуванні струмів нульової послідовності вищих гармонік, які виникають у нелінійних електроприймачах. У відповідності із рівнянням (4) напруга нульової послідовності U_{0k} у

пункті приєднання фільтру до розподільчої мережі прямує до нуля, оскільки опір нульової послідовності Z_{0k} має мале значення.

$$U_{0k} = I_{0k} \cdot Z_{0k} \quad (4)$$

Це означає, що фільтр закорочує струми нульової послідовності на себе і не пропускає їх до розподільчого трансформатора. Фільтр при чотирьох ($\phi=4$) фідерах забезпечує коефіцієнти подавлення вищих гармонік струму, вказані у таблиці 4.

Таблиця 4

Кратність подавлення нульових складових основної і вищих гармонік струму при $\phi=4$

1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39
6-8	5-6	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4

Розглянемо взаємну компенсацію вищих гармонік, генерованих нелінійними приймачами електричної енергії, які вмикаються між лінійними фазами. Як правило, такі приймачі викликають у трифазній мережі струми вищих гармонік, порядковий номер k яких визначається за виразом (1), тобто $k=6N \pm 1$, де N - довільне ціле число. Число k виражене непарним числом, не кратним трьом. Типовим представником цієї групи нелінійних приймачів є тиристорні випрямлячі. Крім непарних гармонік такі нелінійні приймачі генерують струми парних гармонік прямої та зворотної послідовності. Друга функція фільтру, що заявляється, полягає у взаємній компенсації струмів як вищих непарних не кратних трьом гармонік так і парних гармонік. Компенсація вищих гармонік відбувається таким чином. Кожен із чотирьох фідерів приєднаний до затисків вихідних фаз фільтру. Припустимо, що всі фідери живлять однотипні нелінійні електроприймачі, наприклад, тиристорні випрямлячі. У фільтрі в напрямку від мережі до нелінійних приймачів відбувається пофазно-симетричне множення кількості лінійних фаз напруги, а у зворотному напрямку відбувається перетворення та сумування струмів. Трифазна система напруг першого фідера

(затискі А1, В1, С1, О1) зсунута на кут $+\alpha$ порівняно з трифазною системою напруг другого фідера (затискі А2, В2, С2, О2). Трифазна система напруг другого фідера зсунута на кут $+\alpha$ порівняно з трифазною системою напруг третього фідера (А3, В3, С3, О3). Трифазна система напруг третього фідера зсунута на кут α порівняно з трифазною системою напруг четвертого фідера (А4, В4, С4, О4). Основна властивість фільтру полягає у тому, що поворот фазних кутів трифазної системи напруг i -того фідера на кут $\pm\alpha(i)$ приводить до повороту фазного кута струму k -ої гармоніки на вході фільтру (затискі А, В, С) на кут $\pm\alpha(i)(k \pm 1)$. Повна взаємна компенсація струмів вищих гармонік має місце при умові (5)

$$\sum_{i=1}^4 I_{ik} \cdot \cos(\alpha(i)(k \pm 1)) = 0 \quad (5)$$

де i - порядковий номер фідера, а I_{ik} - діюче значення струму k -ої гармоніки в i -тому фідері. Кратність взаємної компенсації вищих гармонік струму при чотирьох ($\phi=4$) фідерах, рівномірно завантажених нелінійними приймачами, показана у таблиці 5.

Таблиця 5

Кратність взаємної компенсації вищих гармонік струмів при $\phi=4$

α	5	7	11	13	17	19	23	25	29	31	35	37	41	43	47	49
$\pi/15$	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	1,00	1,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
$\pi/12$	>20	>20	>20	>20	>20	>20	1,00	1,00	>20	>20	>20	>20	>20	>20	1,00	1,00

Крім непарних не кратних трьом гармонік фільтр компенсує також парні гармоніки. Кратність взаємної компенсації струмів парних гармонік вказана у таблиці 6.

Таблиця 6

Кратність взаємної компенсації симетричних складових прямої та зворотної послідовностей вищих парних гармонік струмів при $\phi=4$

α/k	2	4	8	10	14	16	20	22	26	28	32	34	38	40
$12^\circ \pi/15$	1,30	1,30	5,51	5,51	∞	∞	5,51	5,51	1,30	1,30	1,30	1,30	5,51	5,51
$15^\circ \pi/12$	1,53	1,53	3,69	3,69	3,69	3,69	1,53	1,53	1,53	1,53	3,69	3,69	3,69	3,69

Поєднання двох функцій в одному фільтрі з чотирма групами затисків зменшує коефіцієнт спотворення синусоїдності струмів та напруг не менше ніж у 3,5-4,5 рази, що підвищує якість струмів та напруг до рівня, допустимого стандартами.

Робота фільтру за третім незалежним пунктом формули групи винаходів.

Даний фільтр також виконує дві функції: функцію подавлення струму нульової складової основної та вищих гармонік струму, викликаних неліній-

ними електроприймачами, ввімкненими між лінійною та нульовою фазами, а також функцію взаємної компенсації симетричних складових прямої та зворотної послідовності струмів вищих гармонік, викликаних нелінійними електроприймачами, ввімкненими між лінійними фазами. При роботі вхідні затискачі фільтра приєднані до розподільчої трифазної мережі, а до затискачів вихідних фаз фільтру приєднані чотири фідери. Нелінійні електроприймачі приєднані до кожного із чотирьох фідерів. Кожний з фідерів має трифазну чотирипровідну систему напруг. Трифазна система напруг одного фідера зсунута по фазі на кут α по відношенню до трифазної системи напруг іншого фідера. Нелінійні електроприймачі, ввімкнуті між лінійною та нульовою фазами, генерують струми вищих гармонік, порядкові номери яких є непарними та знаходяться у діапазоні від третьої до сорок дев'ятої і вище. Подавлення струмів нульової послідовності основної та вищих гармонік відбувається наступним чином. Подавити вищі гармоніки можна шляхом приєднання до джерела гармонік струму опору шунта, величина опору якого прямує до нуля. Опір нульової послідовності фільтру близький до нульового значення і створений послідовними з'єднаннями других та третіх обмоток (Фіг.9-Фіг.12). Другі та треті обмотки між собою, з'єднані у зигзаг, (Фіг.9, Фіг.11, Фіг.12). Особливості цього з'єднання у даному фільтрі полягає у тому, що другі та треті обмотки зигзагу не є самостійними, оскільки крім них на стрижні магнітопроводу знаходяться ще вісім обмоток, які можуть намагнітити даний стрижень, в результаті чого зигзаг втратить свої властивості. Властивість зигзагу (забезпечувати порів-

няно малий опір нульової послідовності) у зв'язаних схемах може бути збереженою при умові, що струми у гілках зигзагу не приводять до додаткового намагнічування стрижнів магнітопроводу у всіх режимах фільтру. Експериментально встановлено, що у даному випадку зигзаг має малий опір нульової послідовності незалежно від струмів решти восьми обмоток. Малий опір нульової послідовності має також лямбдоподібна схема з'єднання других та третіх обмоток (Фіг.10), а також схеми, у яких другі обмотки зигзагу об'єднані з частиною перших обмоток (Фіг.11). Крім того, при приєднанні приймачів до першого, другого, третього та четвертого фідерів по обмотках (від четвертого порядкового номера по десятій) протікають струми нульової послідовності, які також не намагнічують стрижні, оскільки намагнічуючі ампервитки цих обмоток врівноважуються розмагнічуючими ампер-витками перших обмоток. Тому дія фільтру нульової послідовності поширюється на всі вихідні фідери. Фільтр має малий опір нульової послідовності Z_{0k} для струмів k -их вищих гармонік. Дія фільтру полягає у закорочуванні струмів I_{0k} нульової послідовності вищих гармонік, які виникають у нелінійних електроприймачах. У відповідності із рівнянням (6) напруга U_{0k} нульової послідовності у пункті приєднання фільтру до розподільчої мережі дорівнює нулеві.

$$U_{0k} = I_{0k} \cdot Z_{0k} \quad (6)$$

Це означає, що фільтр закорочує струми нульової послідовності на себе і не пропускає їх до розподільчого трансформатора. Кратність подавлення струмів вищих гармонік кратних трьом показана у таблиці 7.

Таблиця 7

Кратність подавлення нульових складових основної і вищих гармонік струму при $\phi=4$

1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39
6-8	5-6	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4

Розглянемо взаємну компенсацію вищих гармонік, генерованих нелінійними приймачами електричної енергії, які вмикаються між лінійними фазами. Як правило, такі приймачі викликають у трифазній мережі струми вищих гармонік, порядковий номер k яких визначається за виразом (1), тобто $k=6N\pm 1$, де N - довільне ціле число. Число k виражене непарним числом, некратним трьом. Типовим представником цієї групи нелінійних приймачів є тиристорні випрямлячі. Крім непарних гармонік такі нелінійні приймачі генерують струми парних гармонік прямої та зворотної послідовності. Друга функція фільтру, що заявляється, полягає у взаємній компенсації струмів як вищих непарних некратних трьом гармонік так і парних гармонік. Компенсація вищих гармонік відбувається таким чином. Кожен із чотирьох фідерів приєднаний до затискачів вихідних фаз фільтру. Припустимо, що всі фідери живлять однотипні нелінійні електроприймачі, наприклад, тиристорні випрямлячі. У фільтрі в напрямку від мережі до нелінійних приймачів відбувається пофазно-симетричне множення кількості лінійних фаз напруги, а у зворотному напрямку відбувається перетворення та сумування струмів. Трифазна система напруг першого фідера

(затискачі A1, B1, C1, 01) зсунута на кут $+\alpha$ порівняно з трифазною системою напруг другого фідера (затискачі A2, B2, C2, 02). Трифазна система напруг другого фідера зсунута на кут $+\alpha$ порівняно з трифазною системою напруг третього фідера (A3, B3, C3, 03). Трифазна система напруг третього фідера зсунута на кут α порівняно з трифазною системою напруг четвертого фідера (A4, B4, C4, 04). Основна властивість фільтру полягає у тому, що поворот фазних кутів трифазної системи напруг i -того фідера на кут $\pm\alpha(i)$ приводить до повороту фазного кута струму k -ої гармоніки на вході фільтру (затискачі A, B, C) на кут $\pm\alpha(i)(k\pm 1)$. Повна взаємна компенсація струмів вищих гармонік має місце при умові (7)

$$\sum_{i=1}^4 I_{ik} \cdot \cos(\alpha(i)(k\pm 1)) = 0 \quad (7)$$

де i - порядковий номер фідера, а I_{ik} - діюче значення струму k -ої гармоніки в i -тому фідері. Кратність взаємної компенсації вищих гармонік струму при чотирьох ($\phi=4$) фідерах, рівномірно завантажених нелінійними приймачами, показана у таблиці 8.

Таблиця 8

Кратність взаємної компенсації вищих гармонік струмів при $\phi=4$

α	5	7	11	13	17	19	23	25	29	31	35	37	41	43	47	49
$\pi/15$	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	1,00	1,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
$\pi/12$	>20	>20	>20	>20	>20	>20	1,00	1,00	>20	>20	>20	>20	>20	>20	1,00	1,00

Крім непарних некратних трьом гармонік фільтр компенсує також парні гармоніки. Кратність взаємної компенсації струмів парних гармонік вказана у таблиці 9.

Таблиця 9

Кратність взаємної компенсації симетричних складових прямої та зворотної послідовностей вищих парних гармонік струмів при $\phi=4$

α/k	2	4	8	10	14	16	20	22	26	28	32	34	38	40
$12^\circ \pi/15$	1,30	1,30	5,51	5,51	∞	∞	5,51	5,51	1,30	1,30	1,30	1,30	5,51	5,51
$15^\circ \pi/12$	1,53	1,53	3,69	3,69	3,69	3,69	1,53	1,53	1,53	1,53	3,69	3,69	3,69	3,69

Поєднання двох функцій в одному фільтрі з чотирма групами затискачів зменшує коефіцієнт спотворення синусоїдності струмів та напруг не менше ніж у 3,5-4,5 рази, що підвищує якість струмів та напруг до рівня, допустимого стандартами.

Порівняння виразів (5) та (7), а також кратностей подавлення, вміщених у таблицях 4-6 та таблицях 7-9, вказує на однакові спроможності другого та третього варіантів виконання фільтрів, описаних за другим та третім незалежними пунктами формули винаходу.

Робота фільтру за четвертим незалежним пунктом формули групи винаходів. Даний фільтр також виконує дві функції: функцію подавлення струму нульової складової основної та вищих гармонік струму, викликаних нелінійними електроприймачами, ввімкненими між лінійною та нульовою фазами, а також функцію взаємної компенсації симетричних складових прямої та зворотної послідовності струмів вищих гармонік, викликаних нелінійними електроприймачами, ввімкненими між лінійними фазами. При роботі вхідні затискачі фільтра приєднані до розподільчої трифазної мережі, а до затискачів вихідних фаз фільтру приєднані п'ять фідерів. Нелінійні електроприймачі приєднані до кожного з п'яти фідерів. Кожний з фідерів має трифазну чотирипровідну систему напруг. Трифазна система напруг одного фідера зсунута по фазі на кут α по відношенню до трифазної системи напруг іншого фідера. Нелінійні електроприймачі, ввімкнуті між лінійною та нульовою фазами, генерують струми вищих гармонік, порядкові номери яких є непарними та знаходяться у діапазоні від третьої до сорок дев'ятої і вище. Подавлення струмів нульової послідовності основної та вищих гармонік відбувається наступним чином. Подавити вищі гармоніки можна шляхом приєднання до джерела гармонік струму опору-шунта, величина опору якого прямує до нуля. Опір нульової послідовності фільтру близький до нульового значення і створений послідовними з'єднаннями других та третіх обмоток (Фіг.13-Фіг.16). Другі та треті обмот-

ки між собою з'єднані у зигзаг, (Фіг.13, Фіг.15, Фіг.16). Особливість цього з'єднання у даному фільтрі полягає у тому, що другі та треті обмотки зигзагу не є самостійними, оскільки крім них на стрижні магнітопроводу знаходяться ще вісім обмоток, які можуть намагнітити даний стрижень, в результаті чого зигзаг втрачить свої властивості. Властивість зигзагу (забезпечувати порівняно малий опір нульової послідовності) у зв'язаних схемах може бути збереженою при умові, що струми у гілках зигзагу не приводять до додаткового намагнічування стрижнів магнітопроводу у всіх режимах фільтру. Експериментально встановлено, що і у даному випадку зигзаг має малий опір нульової послідовності незалежно від струмів решти восьми обмоток. Малий опір нульової послідовності має також лямбдоподібна схема з'єднання других та третіх обмоток (Фіг.14), а також схеми, у яких другі обмотки зигзагу об'єднані з частиною перших обмоток (Фіг.15). Крім того, при приєднанні приймачів до першого, другого, третього, четвертого та п'ятого фідерів по обмотках (від четвертого порядкового номера по десятій) протікають струми нульової послідовності, які також не намагнічують стрижні, оскільки намагнічуючі ампер-витки цих обмоток врівноважуються розмагнічуючими ампер-витками перших обмоток. Тому дія фільтру нульової послідовності поширюється на всі вихідні фідери. Фільтр має малий опір нульової послідовності Z_{0k} для струмів k -их вищих гармонік. Дія фільтру полягає у закорочуванні струмів I_{0k} нульової послідовності вищих гармонік, які виникають у нелінійних електроприймачах. У відповідності із рівнянням (8) напруга U_{0k} нульової послідовності у пункті приєднання фільтру до розподільчої мережі дорівнює нулеві.

$$U_{0k} = I_{0k} \cdot Z_{0k} \quad (8)$$

Це означає, що фільтр закорочує струми нульової послідовності на себе і не пропускає їх до розподільчого трансформатора. Кратність подавлення струмів вищих гармонік кратних трьом показана у таблиці 10.

Таблиця 10

Кратність подавлення нульових складових основної і вищих гармонік струму при $\phi=5$

1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39
5-7	5-6	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4

Нелінійні приймачі електричної енергії вмикаються також між лінійними фазами. Такі приймачі викликають у трифазній мережі струми вищих гармонік прямої та зворотної послідовності. Порядковий номер k таких гармонік визначається за виразом (1), тобто $k=6N\pm 1$, де N - довільне ціле число. Порядковий номер k виражений непарним числом, некратним трьом. Друга функція фільтру, який пропонується, полягає у взаємній компенсації струмів вищих непарних некратних трьом гармонік. Компенсація вищих гармонік відбувається наступним чином. Кожен із п'яти фідерів, приєднаний до затисків фільтру, рівномірно завантажений імпульсними струмами одного характеру. Це має місце при умові, що всі фідери живлять однотипні електроприймачі, наприклад, тиристорні випрямлячі. У фільтрі у напрямку від мережі до нелінійних навантажень відбувається пофазно-симетричне множення кількості лінійних фаз напруги, а у зворотному напрямку відбувається перетворення та сумування струмів. Трифазна система напруг першого фідера (затискі А1, В1, С1, О1) зсунута на кут $+\alpha$ порівняно з трифазною системою напруг другого фідера (А2, В2, С2, О2). Трифазна система напруг другого фідера зсунута на кут $+\alpha$ порівняно

з трифазною системою напруг третього фідера (А3, В3, С3, О3). Трифазна система напруг третього фідера зсунута на кут α порівняно з трифазною системою напруг четвертого фідера (А4, В4, С4, О4). А трифазна система напруг четвертого фідера зсунута на кут α порівняно з трифазною системою напруг п'ятого фідера (А5, В5, С5, О5). Основна властивість фільтру полягає у тому, що поворот фазних кутів трифазної системи напруг i -того фідера на кут $\pm\alpha$ приводить до повороту фазного кута струму k -ої гармоніки на вході фільтру (затискі А, В, С) на кут $\pm\alpha(i)(k\pm 1)$. Знак "+" перед одиницею відноситься до вищих гармонік зворотної послідовності, а знак "-" перед одиницею відноситься до вищих гармонік прямої послідовності. Повна взаємна компенсація струмів вищих гармонік має місце при умові (9)

$$\sum_{i=1}^5 i k * \cos(\alpha(i)(k \pm 1)) = 0 \quad (9)$$

де i - порядковий номер фідера, а $i k$ - діюче значення струму k -ої гармоніки в лінійному проводі i -того фідера. Кратність взаємної компенсації вищих гармонік струму при п'яти ($\phi=5$) фідерах показана у таблиці 11.

Таблиця 11

Кратність взаємної компенсації вищих гармонік струмів при $\phi=5$

α	5	7	11	13	17	19	23	25	29	31	35	37	41	43	47	49
$10^\circ \pi/18$	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	1,00	1,00	5,00	5,00	5,00	5,00
$12^\circ \pi/15$	>20	>20	>20	>20	>20	>20	>20	>20	1,00	1,00	>20	>20	>20	>20	>20	>20

Кратність взаємної компенсації вищих гармонік вказана у таблиці 12.

Таблиця 12

Розрахункова кратність зменшення симетричних складових прямої та зворотної послідовностей вищих парних гармонік струмів при $\phi=5$

α/k	2	4	8	10	14	16	20	22	26	28	32	34	38	40
$\pi/18$	1,34	1,34	5,00	5,00	18,7	18,7	18,7	18,7	5,00	5,00	1,34	1,34	1,34	1,34
$\pi/15$	1,54	1,54	4,05	4,05	5,00	5,00	4,05	4,05	1,54	1,54	1,54	1,54	4,05	4,05

Подавлення гармонік нульової послідовності струмів основної та вищих гармонік разом із взаємною компенсацією вищих непарних некратних трьом та парних гармонік струму у цьому фільтрі зменшує коефіцієнт спотворення синусоїдності струмів та напруг приблизно у 4,0-5,0 разів, що підвищує якість струмів та напруг до допустимого рівня.

Робота фільтру за п'ятим незалежним пунктом формули групи винаходів. За п'ятим незалежним пунктом формули винаходу виконує також дві функції: функцію подавлення струму нульової складової основної та вищих гармонік струму, викликаних нелінійними електроприймачами, ввімкненими між лінійною та нульовою фазами, а також функцію взаємної компенсації симетричних складових прямої та зворотної послідовності струмів вищих

гармонік, викликаних нелінійними електроприймачами, ввімкненими між лінійними фазами. При роботі вхідні затискі фільтра приєднані до розподільчої трифазної мережі, а до затисків вихідних фаз фільтру приєднані також п'ять фідерів. Нелінійні електроприймачі приєднані до кожного з п'яти фідерів. Кожний з фідерів має трифазну чотирипровідну систему напруг. Трифазна система напруг одного фідера зсунута по фазі на кут α по відношенню до трифазної системи напруг іншого фідера. Нелінійні електроприймачі, ввімкнуті між лінійною та нульовою фазами, генерують струми вищих гармонік, порядкові номери яких є непарними та знаходяться у діапазоні від третьої до сорок дев'ятої і вище. Подавлення струмів нульової послідовності основної та вищих гармонік відбувається наступним чином. Подавити вищі гар-

моніки можна шляхом приєднання до джерела гармонік струму опору-шунта, величина опору якого прямує до нуля. Опір нульової послідовності фільтру близький до нульового значення і створений послідовними з'єднаннями других та третіх обмоток (Фіг.17-Фіг.20). Другі та треті обмотки між собою з'єднані у зигзаг, (Фіг.17, Фіг.19, Фіг.20). Особливість цього з'єднання полягає в тому, що другі та треті обмотки зигзагу не є самостійними, оскільки крім них на стрижні магнітопроводу знаходяться ще вісім обмоток, які можуть намагнітити даний стрижень, в результаті чого зигзаг втратить свої властивості. Властивість зигзагу (забезпечувати порівняно малий опір нульової послідовності) у зв'язаних схемах може бути збереженою при умові, що струми у гілках зигзагу не приводять до додаткового намагнічування стрижнів магнітопроводу у всіх режимах фільтру. Експериментально встановлено, що і у даному випадку зигзаг має малий опір нульової послідовності незалежно від струмів решти восьми обмоток. Малий опір нульової послідовності має також лямбдоподібна схема з'єднання других та третіх обмоток (Фіг.18), а також схеми, у яких другі обмотки зигзагу об'єднані з

частиною перших обмоток (Фіг.19). Крім того, при приєднанні приймачів до першого, другого, третього, четвертого та п'ятого фідерів по обмотках (від четвертого порядкового номера по десятий) протікають струми нульової послідовності, які також не намагнічують стрижні, оскільки намагнічуючі ампер-витки цих обмоток врівноважуються розмагнічуючими ампер-витками перших обмоток. Тому дія фільтру нульової послідовності поширюється на всі вихідні фідери. Фільтр має малий опір нульової послідовності Zок для струмів k-их вищих гармонік. Дія фільтру полягає у закорочуванні струмів Iок нульової послідовності вищих гармонік, які виникають у нелінійних електроприймачах. У відповідності із рівнянням (10) напруга Uок нульової послідовності у пункті приєднання фільтру до розподільчої мережі дорівнює нулеві.

$$U_{ок} = I_{ок} \cdot Z_{ок} \quad (10)$$

Це означає, що фільтр закорочує струми нульової послідовності на себе і не пропускає їх до розподільчого трансформатора. Кратність подавлення струмів вищих гармонік кратних трьом показана у таблиці 13.

Таблиця 13

Кратність подавлення нульових складових основної і вищих гармонік струму при $\phi=5$

1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39
5-7	5-6	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4

Нелінійні приймачі електричної енергії вмикаються також між лінійними фазами. Такі приймачі викликають у трифазній мережі струми вищих гармонік прямої та зворотної послідовності. Порядковий номер k таких гармонік визначається за виразом (1), тобто $k=6N \pm 1$, де N - довільне ціле число. Порядковий номер k виражений непарним числом, некратним трьом. Друга функція фільтру, який пропонується, полягає у взаємній компенсації струмів вищих непарних некратних трьом гармонік. Компенсація вищих гармонік відбувається наступним чином. Кожен із п'яти фідерів, приєднаний до затисків фільтру, рівномірно завантажений імпульсними струмами одного характеру. Це має місце при умові, що всі фідери живлять однотипні електроприймачі, наприклад, тиристорні випрямлячі. У фільтрі у напрямку від мережі до нелінійних навантажень відбувається пофазно-симетричне множення кількості лінійних фаз напруги, а у зворотному напрямку відбувається перетворення та сумування струмів. Трифазна система напруг першого фідера (затискі A1, B1, C1, O1) зсунута на кут $+\alpha$ порівняно з трифазною системою напруг другого фідера (A2, B2, C2, O2). Трифазна система напруг другого фідера зсунута на кут $+\alpha$ порівняно

з трифазною системою напруг третього фідера (A3, B3, C3, O3). Трифазна система напруг третього фідера зсунута на кут α порівняно з трифазною системою напруг четвертого фідера (A4, B4, C4, O4). А трифазна система напруг четвертого фідера зсунута на кут α порівняно з трифазною системою напруг п'ятого фідера (A5, B5, C5, O5). Основна властивість фільтру полягає у тому, що поворот фазних кутів трифазної системи напруг i-того фідера на кут $\pm\alpha$ приводить до повороту фазного кута струму k-ої гармоніки на вході фільтру (затискі A, B, C) на кут $\pm\alpha(i)(k \pm 1)$. Знак "+" перед одиницею відноситься до вищих гармонік зворотної послідовності, а знак "-" перед одиницею відноситься до вищих гармонік прямої послідовності. Повна взаємна компенсація струмів вищих гармонік має місце при умові (11)

$$\sum_{i=1}^5 I_{ik} \cdot \cos(\alpha(i)(k \pm 1)) = 0 \quad (11)$$

де i - порядковий номер фідера, а I_{ik} - діюче значення струму k-ої гармоніки в лінійному проводі i-того фідера. Кратність взаємної компенсації вищих гармонік струму при п'яти ($\phi=5$) фідерах показана у таблиці 14.

Таблиця 14

Кратність взаємної компенсації вищих гармонік струмів при $\phi=5$

α	5	7	11	13	17	19	23	25	29	31	35	37	41	43	47	49
$10^\circ \pi/18$	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	1,00	1,00	5,00	5,00	5,00	5,00
$12^\circ \pi/15$	>20	>20	>20	>20	>20	>20	>20	>20	1,00	1,00	>20	>20	>20	>20	>20	>20

Кратність взаємної компенсації парних гармонік вказана у таблиці 15.

Розрахункова кратність зменшення симетричних складових
прямої та зворотної послідовностей вищих парних гармонік струмів при $\phi=5$

α/k	2	4	8	10	14	16	20	22	26	28	32	34	38	40
$\pi/18$	1,34	1,34	5,00	5,00	18,7	18,7	18,7	18,7	5,00	5,00	1,34	1,34	1,34	1,34
$\pi/15$	1,54	1,54	4,05	4,05	5,00	5,00	4,05	4,05	1,54	1,54	1,54	1,54	4,05	4,05

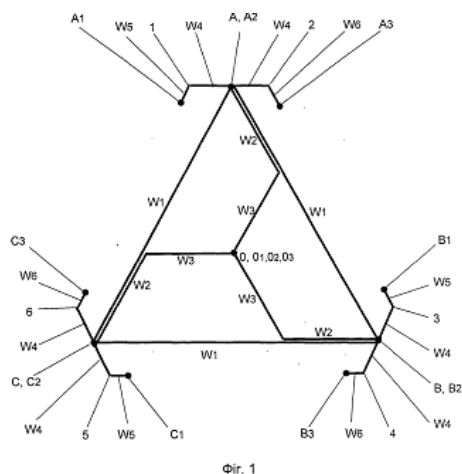
Подавлення гармонік нульової послідовності струмів основної та вищих гармонік разом із взаємною компенсацією вищих непарних неkratних трьом та парних гармонік струму у цьому фільтрі зменшує коефіцієнт спотворення синусоїдності струмів та напруг приблизно у 4,0-5,0 разів, що підвищує якість струмів та напруг до допустимого рівня.

Пріоритетні варіанти. Оптимальний варіант виконання фільтру визначається за даними спектру струму конкретних нелінійних приймачів електроенергії, за їх кількістю та за способом електропостачання. Оптимальний варіант обирається за декількома критеріями. Перший - мінімум втрат у трифазній живильній мережі; другий - мінімум величини лінійних струмів; третій - мінімум коефіцієнту спотворення синусоїдності форми кривих напруг; четвертий - комбінація критеріїв із врахуванням вагових коефіцієнтів, тощо.

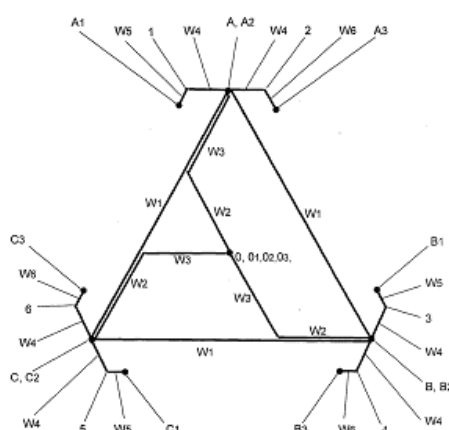
Експериментальні випробування підтвердили

передбачувану ефективність фільтрів за даною групою винаходів.

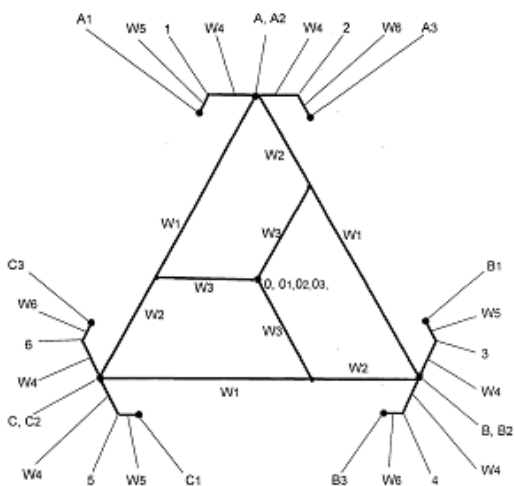
Фільтр призначений для зменшення вищих гармонік струмів та напруг прямої та зворотної послідовностей у 4-5 разів при приєднанні нелінійних електроприймачів до лінійних напруг, а також для зменшення вищих гармонік струмів та напруг нульової послідовності основної та вищих гармонік при приєднанні нелінійних електроприймачів до фазних напруг трифазної чотирипровідної мережі, що, в свою чергу, у 4-6 разів зменшує коефіцієнт спотворення синусоїдності напруг та струмів гармонік кратних трьом, та у стільки ж разів знижує додаткові втрати електричної енергії. Він може бути використаний для покращення якості електричної енергії у мережах загального призначення, у джерелах гарантованого живлення та автономних системах, які живляться від дизеля-генератора.



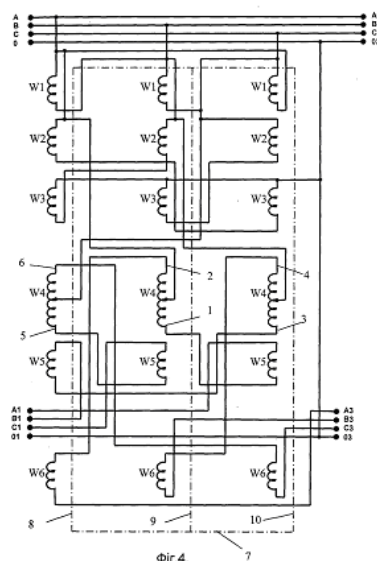
Фиг. 1



Фиг. 2

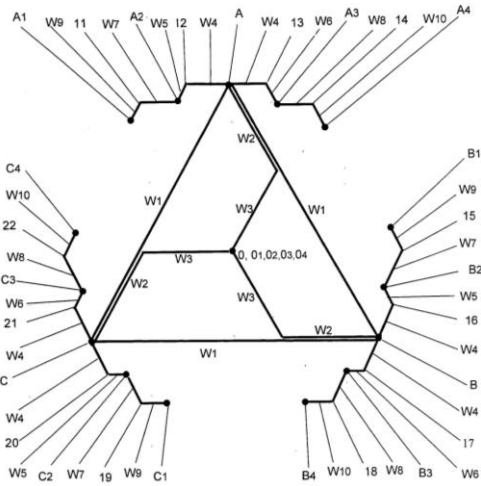


Фиг. 3



Фиг. 4

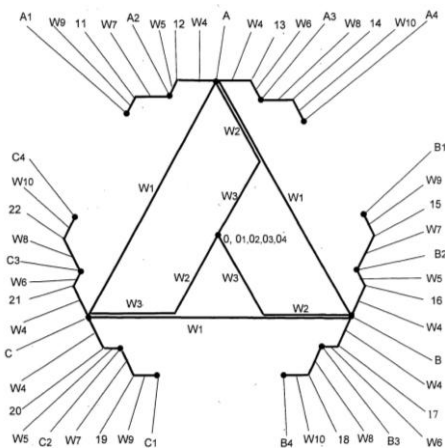
51



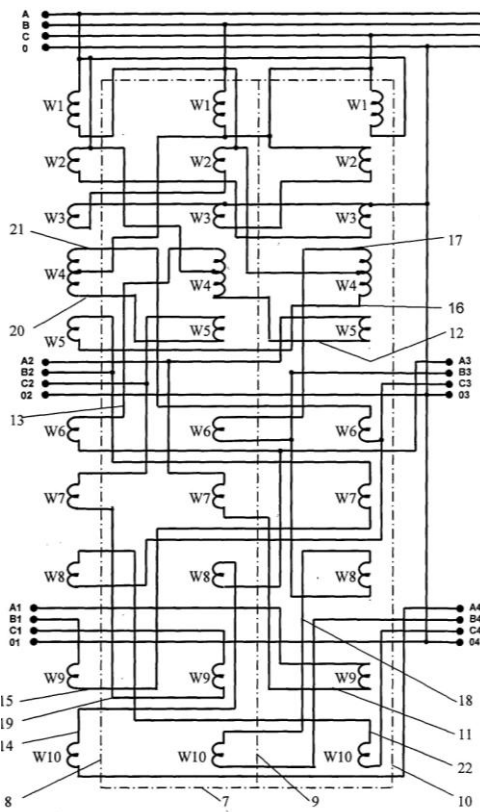
Φir. 5

74703

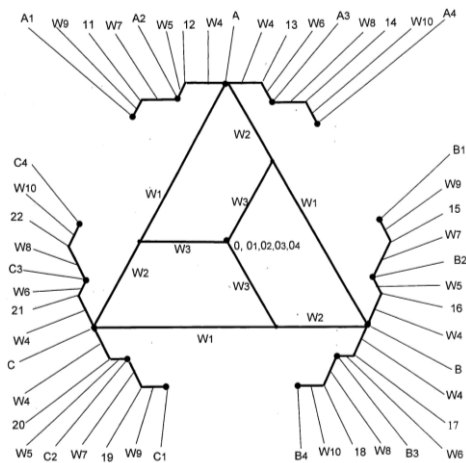
52



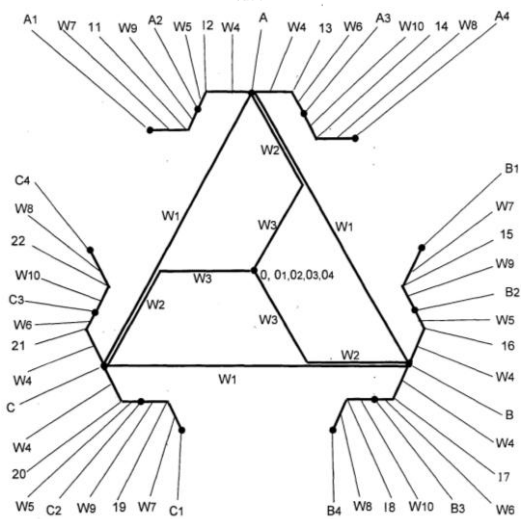
Φir. 6



Φir. 8.

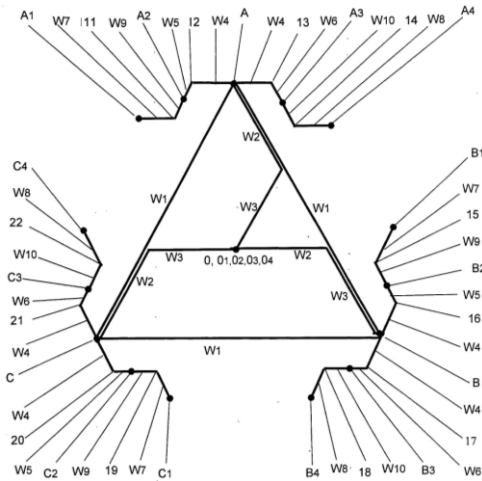


Φir. 7

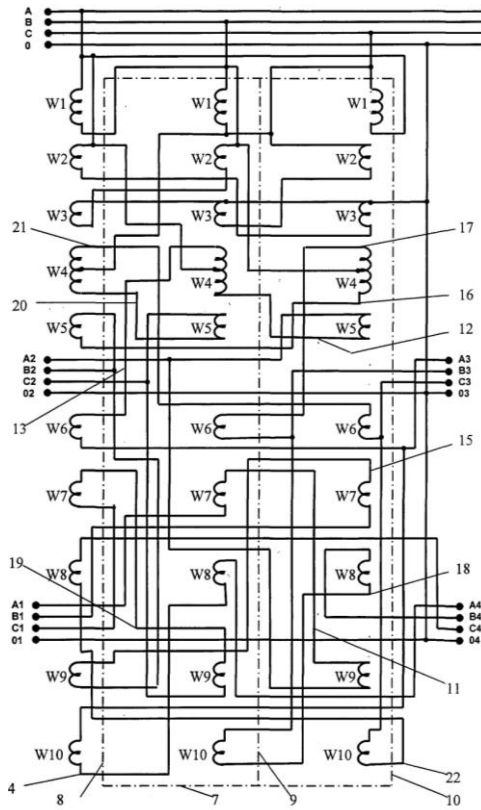


Φir. 9

53



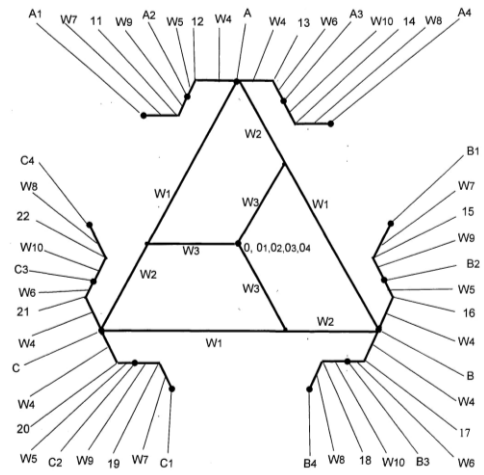
Φir. 10



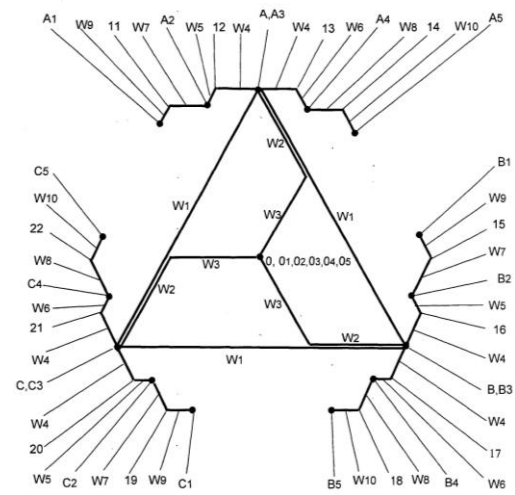
Φir. 12

74703

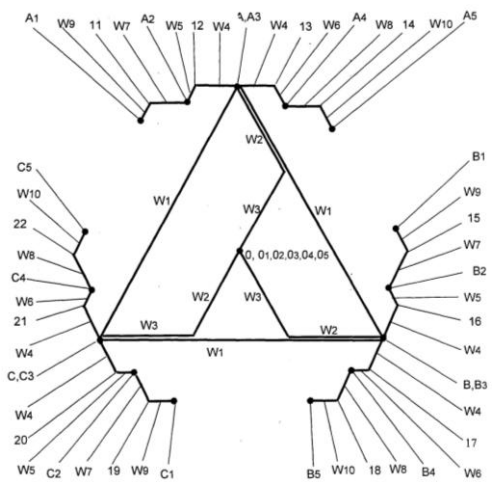
54



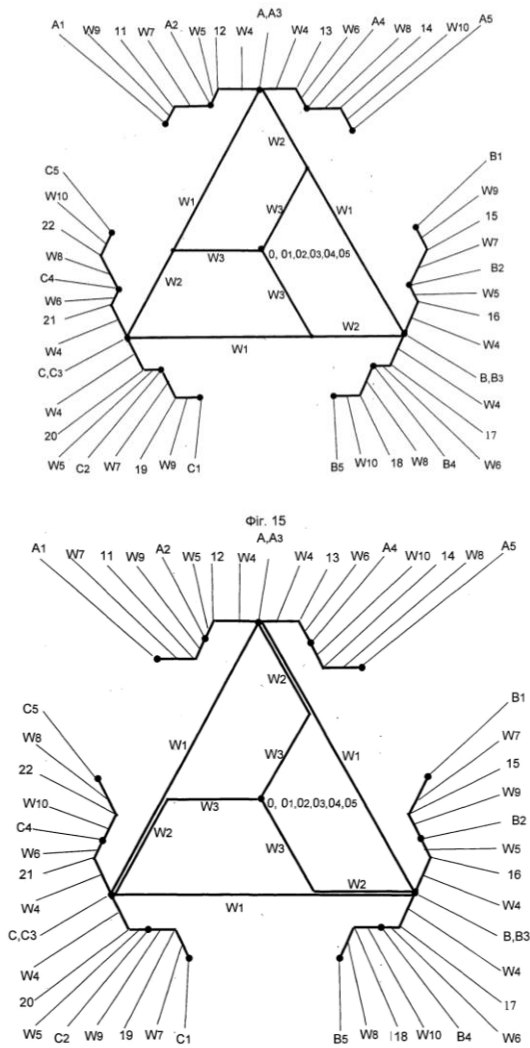
Φir. 11



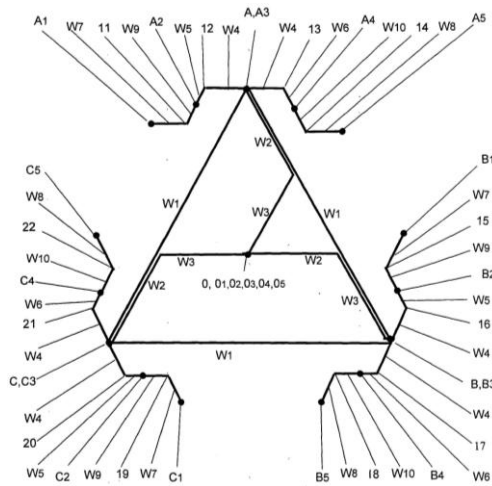
Φir. 13



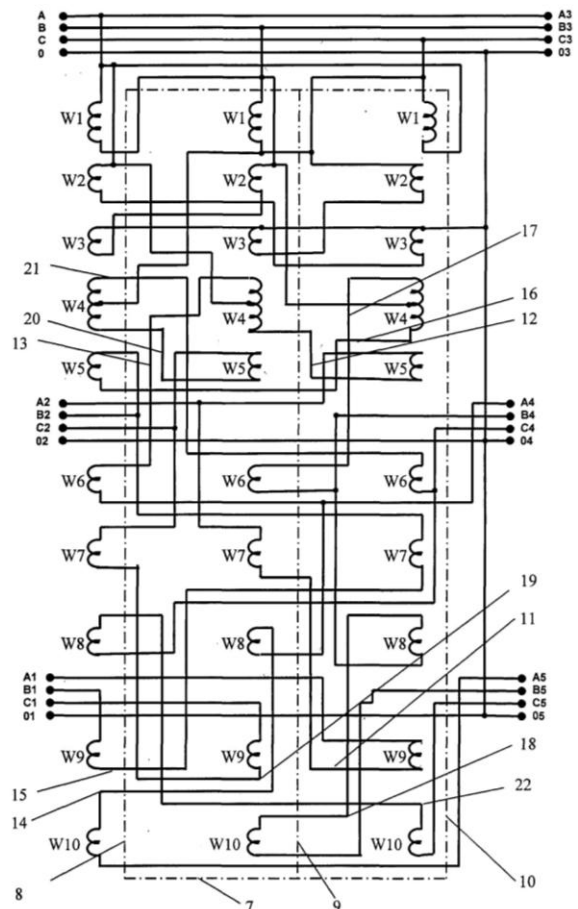
Φir. 14



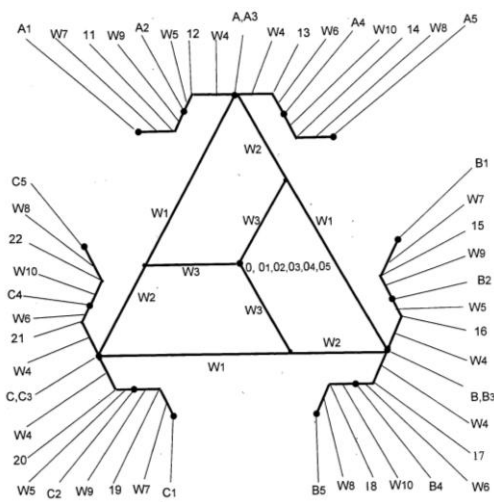
Φir. 17



Φir. 18



Φir. 16



Φir. 19

