



УКРАЇНА

(19) UA (11) 81985 (13) C2
(51) МПК (2006)
H01F 27/24МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СТАТИЧНИЙ ІНДУКТИВНИЙ ПРИСТРІЙ

1

2

(21) a200604927

(22) 03.05.2006

(24) 25.02.2008

(72) СТАВИНСЬКИЙ АНДРІЙ АНДРІЙОВИЧ, UA,
СТАВИНСЬКИЙ РОСТИСЛАВ АНДРІЙОВИЧ, UA(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА
МАКАРОВА, UA

(56)	UA	29884,	15.11.2000
	UA	70864,	15.10.2004
	SU	1658223,	23.06.1991
	UA	52271,	17.01.2005
	UA	51437,	17.01.2005
	UA	51438,	15.11.2002
	SU	765893,	23.09.1980
	SU	1312653,	23.05.1987

(57) 1. Статичний індукційний пристрій, що містить просторовий магнітопровід із стрижнів і ярем та т-фазну обмотку з котушками, встановленими в обмоткові вікна між стрижнями, який відрізняється тим, що фази обмотки та стрижні поділені по висоті обмоткового вікна на секції, що зсунуті у тангенціальному напрямку на кут ($\gamma_{зс}$), з урахуванням гармонічної складової струму нелінійного навантаження (V) у відповідності до співвідношення $\gamma_{зс} = \pi / V$.

2. Статичний індукційний пристрій за п. 1, який відрізняється тим, що між секціями суміжних стрижнів та над секціями фаз обмотки, які зсунуті, встановлені феромагнітні елементи.

Винахід відноситься до галузі трансформаторобудування і може бути використаний при виробництві т-2-фазних силових і перетворювальних трансформаторів, дроселів та реакторів з просторовим магнітопроводом та вирішує задачу підвищення якості електроенергії у електричних колах з нелінійним навантаженням у вигляді, наприклад комп'ютерних систем, або напівпровідникових перетворювачів. Вказані статичні індукційні пристрої містять електромагнітні системи, які складаються з магнітопроводів і обмоток.

Відомо про конструкції статичних індукційних пристроїв з планарними електромагнітними системами, що містять несиметричні магнітопроводи з обмотковими вікнами та трьох, або шестифазних обмоток з котушками, встановленими у вказані обмоткові вікна між стрижнями [Анализ типичных ошибок проектирования трансформаторов в маломагнитном исполнении/В.С. Луников, А.Г. Середа, Н.В. Крюкова и др. // Электротехника і електромеханіка. -2004 - №2. - С. 26 – 33]. Але особливістю цих систем є підвищені масогабаритні показники та невідповідність польовим та кондуктивним вимогам електромагнітної сумісності стосовно рівня зовнішніх магнітних полів та

кондуктивних перешкод у вигляді гармонік струму та напруги при нелінійному навантаженні.

Ознаками вказаних конструкцій, що співпадають з конструкцією згідно з винаходом, є наявність магнітопроводу з обмотковими вікнами та т-фазної обмотки з котушками, встановленими в обмоткові вікна.

Крім того, відомо про конструкцію статичного індукційного пристрою [декларційний патент України №29884 А, Кл H01F27/25], яку прийнято за прототип. Статичний індукційний пристрій містить аксіальний просторовий магнітопровід та т = 3-фазну обмотку з котушками, встановленими в обмоткові вікна. У вказаному пристрої витий аксіальний стиковий магнітопровід з паралельними твірними площинами обмоткових вікон забезпечує компактність і високий рівень просторової симетрії електромагнітної системи та відповідно низький рівень зовнішніх магнітних полів. Однак у трансформаторах з просторовими електромагнітними системами, як і з планарними системами у традиційному виконанні, має місце трансформація в зовнішнє коло гармонік струму та напруги нелінійного навантаження. Також особливістю реакторів (дроселів) вказаних систем є відсутність можливості суттєвого послаблення одночасно декількох гармонічних складових

(19) UA (11) 81985 (13) C2

струму, коли для поліпшення якості електроенергії використовується фільтр з певною індуктивною. Ознаками прототипу, що співпадають з конструкцією згідно винаходу, є наявність просторового магнітопроводу з обмотковими вікнами та m -фазної обмотки з котушками, встановленими в обмоткові вікна.

В основу винаходу покладено задачу удосконалення конструкції статичного індуктивного пристрою для використання в електричних колах з нелінійним навантаженням, у якому нова сукупність конструктивних ознак забезпечує виконання умов кондуктивної електромагнітної сумісності без традиційного використання окремих додаткових фільтрів у вигляді реакторів (дроселів) та конденсаторних блоків, що призведе до зменшення елементів, що забезпечують функціонування електричних кіл та установок з нелінійним навантаженням, і як результат, призведе до підвищення надійності і зменшення маси, габаритів і вартості електроустановок у цілому.

Поставлена задача вирішується тим, що у статичному індукційному пристрої, що містить просторовий магнітопровід з обмотковими вікнами та m -фазну обмотку з котушками, встановленими в обмоткові вікна, згідно з винаходом, фази обмотки та магнітопровід поділені по висоті обмоткового вікна на секції, що зсунуті у тангенціальному напрямку на кут з урахуванням гармонічної складової струму нелінійного навантаження.

Між секціями магнітопроводу та над секціями фаз обмотки, що зсунуті, встановлені феромагнітні елементи.

Ширина обмоткових вікон у основ секцій магнітопроводу, що зсунуті, перевищує ширину обмоткових вікон над секціями фаз обмотки.

Сукупність вказаних ознак, тобто виконання статичного індукційного пристрою з фазами обмотки та магнітопроводом, які поділені по висоті обмоткового вікна на секції, що зсунуті у тангенціальному напрямку на кут, з урахуванням гармонічної складової струму нелінійного навантаження, забезпечує вимоги кондуктивної електромагнітної сумісності відносно вищих гармонік струму певного порядку.

Завдяки виконанню статичного індукційного пристрою таким, що між секціями магнітопроводу та над секціями фаз обмотки, що зсунуті, встановлені феромагнітні елементи, утворюється перерозподіл силових ліній магнітного поля з компенсацією заданих гармонік магнітних індукцій і потоку, а також зменшується магнітний опір стикового зазору.

Завдяки виконанню статичного індукційного пристрою таким, що ширина обмоткових вікон у основ секцій магнітопроводу, що зсунуті, перевищує ширину обмоткових вікон над секціями фаз обмотки, утворюється перерозподіл силових ліній магнітного поля з компенсацією заданих гармонік магнітних індукцій і потоку і зменшується магнітний опір стикового зазору.

Забезпечення вимог кондуктивної електромагнітної сумісності досягається способом електромагнітної компенсації заданої v -ї

гармоніки струму та кратних їй гармонік порядку vk , де $k = 1, 2, 3 \dots \infty$ - ряд простих чисел, шляхом компенсації відповідних гармонік електрорушійних сил у зсунутих секціях обмотки, а також послаблення гармонік струму порядку, що наближається до v .

Винахід ілюструється рисунками. На фіг.1 і фіг.2 показані вид зверху і розгортка варіанта конструкції електромагнітної системи трифазного трансформатора, який компенсує гармоніки нелінійного навантаження порядку $v=3k$. Рисунок (фіг.1) містить розрізи, що характеризують сутність конструкції.

На фіг.3 показано розподіл першої $\Phi'_{\delta m1}$, $\Phi'_{\delta m1}$ та третьої $\Phi'_{\delta m3}$, $\Phi'_{\delta m3}$ в гармонік магнітного потоку $\Phi'_{\delta m}$, $\Phi'_{\delta m}$ у стиковому зазорі за кутовою координатою α у випадку, коли фази трансформатора (фіг.1, фіг.3) підключені до однофазних випрямлячів. На фіг.4 показана розгортка варіанта конструкції електромагнітної системи статичного індуктивного пристрою з послабленням гармонік нелінійного навантаження порядків $v=5k$ і $v=7k$.

Кожна з просторових електромагнітних систем за першим варіантом конструкції (фіг.1, фіг.2) та за другим варіантом конструкції (фіг.4) містить просторовий магнітопровід 1 з обмотковими вікнами 2 та трифазну обмотку 3 з котушками 4 первинних фаз та котушками 5 вторинних фаз, які встановлені в обмоткових вікнах 2 магнітопроводу 1. Фази обмотки 3 та магнітопровід 1 поділені по висоті h_0 обмоткового вікна 2 відповідно на секції 6, 7 і 8, 9, які зсунуті у тангенціальному напрямку (по куту α , фіг.1) на кут зсуву γ_{zc} . Між секціями 8 і 9 магнітопроводу 1 та над секціями 6 і 7 обмотки 3, що зсунуті на γ_{zc} , встановлені шихтовані феромагнітні елементи 10, які закріплені на електроізоляційній основі 11. У електромагнітній системі, що характеризується фіг.4, ширина B обмоткових вікон 2 у основ секцій 8, 9 магнітопроводу 1, що зсунуті, перевищує ширину b_2 обмоткових вікон 2 над секціями 6, 7 фаз обмотки 3. Кут γ_{zc} визначається гармонічною складовою струму нелінійного навантаження. Для ліквідації (при умові практичної електромагнітної симетрії системи) заданої гармоніки любого порядку v , кут зсуву повинен складати $\gamma_{zc} = \pi/v$. Ступінь послаблення вищих гармонік струму і напруги любого порядку v визначається коефіцієнтом тангенціального зсуву $K_{zcv} = \cos(\gamma_{zc}/2)$.

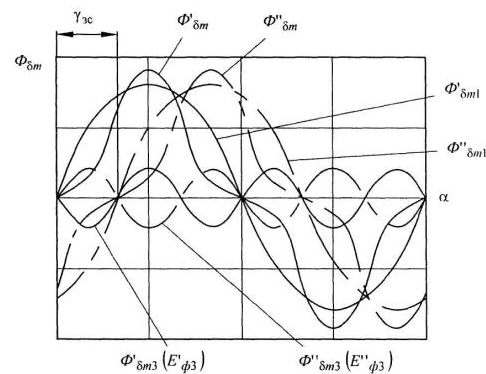
Секції 8, 9 магнітопроводу 1 статичного індукційного пристрою (фіг.1, фіг.2) можуть бути виконані розрізанням заготовки, що навита із стрічки електротехнічної сталі. Конфігурація активної частини статичного індукційного пристрою згідно з фіг.4, може бути утворена штамповкою трапецевидних виїмок при намотці витої заготовки магнітопроводу.

При роботі статичного індуктивного пристрою, наприклад $m=3$ -фазного трансформатора (фіг.1, фіг.2), нелінійні струми навантаження котушок 5 вторинних фаз, сумісно із струмами котушок 4 первинних фаз, утворюють результуючі магніторушійні сили секцій 6, 7 обмотки 3. Вказані

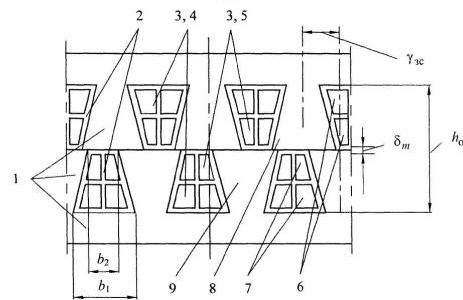
сили створюють результуючий магнітний потік взаємодукції, який уявляється геометричною сумою перших $\Phi'_{\delta m1}$ і $\Phi''_{\delta m1}$ та третіх $\Phi'_{\delta m3}$ і $\Phi''_{\delta m3}$ гармонік несинусоїдальних потоків взаємодукції $\Phi'_{\delta m}$ і $\Phi''_{\delta m}$. Феромагнітні елементи 10 забезпечують розподіл потоків $\Phi'_{\delta m}$ і $\Phi''_{\delta m}$ із зсувом гармонік та зменшують магнітний опір стикового технологічного зазору δ_m (фіг.2). Вказані потоки створюються окремо секціями 6 та секціями 7 фаз обмотки 3 в електромагнітній системі, яка поділена стиковим зазором δ_m на дві симетричні та зсунуті у просторі частини. Завдяки вказаному поділу та зсуву елементів електромагнітної системи на кут $\gamma_{zc}=60^\circ$ (фіг.1, фіг.2, фіг.3) гармоніки потоку $\Phi'_{\delta m3}$ і $\Phi''_{\delta m3}$, також гармоніки фазних електрорушійних сил $E'_{\phi 3}$ і $E''_{\phi 3}$ та гармоніки порядку $v = 3k$ ($k=1,2,3,\dots,\infty$) взаємокомпенсуються. Як результат, гармоніки струму і напруги порядку $v=3k$ у зовнішнє коло не трансформуються. При роботі статичного індукційного пристрою (фіг.4) з секціями 6, 7 обмотки 3 та секціями 8, 9 магнітопроводу 1, що зсунуті на кут, наприклад $\gamma_{zc}=30^\circ$ суттєво та одночасно послаблюються гармоніки порядку $v=5k$ і $v=7k$, для яких коефіцієнт тангенціального зсуву $(K_{3c}(v=5k)=K_{3c}(v=7k)) = \cos(5 \cdot 30/2) = \cos(7 \cdot 30/2) = 0,259$.

Завдяки виконанню статичного індукційного пристрою з шириною b_1 обмоткових вікон 2 у основ секцій 8, 9 магнітопроводу 1, що зсунуті, яка перевищує ширину b_2 обмоткових вікон 2 над секціями 6, 7 обмотки 3, також створюється тангенціальний зсув і послаблення гармонік нелінійного навантаження та зменшується магнітний опір стикового технологічного зазору.

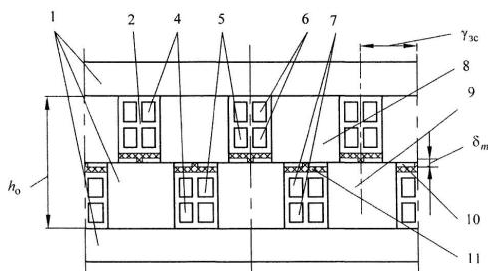
Відносно прототипу статичний індуктивний пристрій з кутом тангенціального зсуву секцій, наприклад $\gamma_{zc}=\pi/5$, що сполучений, наприклад з автономним інвертором струму, виключає наявність у складі струму і напруги електричної мережі гармонічних складових порядку $v=5k$ та суттєво послаблює гармоніки $v=3k$ і $v=7k$. Це обумовлює можливість отримання значного економічного ефекту, оскільки іншим шляхом рішення задачі послаблення вказаних гармонік є застосування додаткового пристрою у вигляді фільтра п'ятої гармоніки. Масогабаритні та вартісні показники подібного фільтра наближаються до індукційного перетворювача (фіг.4) що живить нелінійне навантаження.



Фіг. 3



Фіг. 4



Фіг. 2