



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 78069

(13) C2

(51) МПК (2006)

G01R 33/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**(54) СПОСІБ АВТОМАТИЧНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ ЗМІННОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ РОЗПОДІЛЬЧОГО ПРИСТРОЮ В ЗАДАНІЙ ТОЧЦІ**

1

2

(21) а200500852

(22) 31.01.2005

(24) 15.02.2007

(46) 15.02.2007, Бюл. № 2, 2007 р.

(72) Геляровська Оксана Анатоліївна, Єрисов Ана-
толій Васильович, Крюкова Наталія Валеріївна,
Лупіков Валерій Сергійович, Розов Володимир
Юрійович(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

(56) SU 1959631 A, 07.12.1983

SU 483636, 05.09.1975

SU 828132, 07.05.1981

JP 4259872, 16.09.1992

(57) Спосіб автоматичної компенсації змінного магнітного поля розподільчого пристрою в заданій точці, який включає вимірювання значень трьох просторових компонент напруженості магнітного поля, вимірювання струмів незалежних контурів силового кола, формування на їх основі амплітуд і фаз компенсаційних струмів в системі ортогонально орієнтованих в просторі електромагнітних компенсаторів поля із загальним центром, який **відрізняється** тим, що розташовують електромагнітні-компенсатори таким чином, що їх центр віддалений від точки компенсації на задану відстань, при вимкнених електромагнітних-компенсаторах вимірюють значення компонент напруженості в заданій точці компенсації уздовж трьох вибраних ортогональних осей, одна з яких направлена уздовж лінії x , що сполучає центр системи електромагнітних-компенсаторів і цю точку, а дві інші y і z - в перпендикулярних до цієї осі напрямках, орієнтують осі електромагнітних-компенсаторів уздовж вибраних ортогональних осей і при увімкнених електромагнітних-компенсаторах регулюють вели-

чини амплітуд їх струмів пропорційно амплітудам вимірюваних компонент напруженості відповідно до співвідношень:

$$I_x = -\frac{2\pi r^3}{S_x w_x k_x} H_x;$$

$$I_y = -\frac{4\pi r^3}{S_y w_y k_y} H_y;$$

$$I_z = -\frac{4\pi r^3}{S_z w_z k_z} H_z,$$

де I_u - амплітуда струму обмотки електромагнітних-компенсатора, орієнтованого уздовж ортогональної осі u (u - індекс, що приймає по черзі позначення x, y, z);

r - відстань по осі x від центра системи електромагнітних-компенсаторів до точки компенсації;

S_u - середня площа витка обмотки електромагнітних-компенсатора, призначеного для компенсації компоненти напруженості магнітного поля уздовж осі u ;

w_u - число витків обмотки електромагнітних-компенсатора, орієнтованого уздовж осі u ;

k_u - коефіцієнт посилення магнітного моменту обмотки феромагнітним сердечником електромагнітних-компенсатора, орієнтованого уздовж осі u ($k_u = 1$ за відсутності сердечника);

H_u - амплітудне значення вимірюваної компоненти напруженості уздовж осі u .

Винахід відноситься до області електротехніки і пов'язаний з забезпеченням вимог електромагнітної сумісності шляхом компенсації зовнішнього магнітного поля розподільчих пристроїв. Основними джерелами зовнішнього магнітного поля цих

пристроїв є провідники зі змінними струмами частоти мережі живлення, конструктивно виконані у вигляді шинопроводів і гнучких струмопроводів або відрізків кабелів, які розташовані в об'ємі розподільчого пристрою. Компенсація цього змінного

(13) C2

(11) 78069

(19) UA

зовнішнього магнітного поля в заданій точці необхідна, наприклад, при розташуванні в цій точці датчика магнітного поля вимірювальної системи при налагодженні пристроїв компенсації поля, або для розташування елементів електротехнічних систем, для нормального функціонування яких потрібно вилучити вплив магнітного поля розподільчого пристрою при його роботі.

Відомий спосіб компенсації магнітного поля провідника зі струмом в заданій точці [1]. Відповідно до цього способу вимірюють напруженість магнітного поля в заданій точці, визначають напруженість магнітного поля в точках, одна з яких розташована між заданою точкою і провідником зі струмом, а друга - симетрично їй, складають результати вимірювань, і по результуючому сигналу формують сигнал компенсації. Недоліком відомою способу є вузька область його застосування, обмежена одиночним провідником зі струмом. Для розподільчих пристроїв, що містять провідники зі струмами, які міняються залежно від режиму роботи, при застосуванні відомого способу знижується точність визначення магнітного поля і, як наслідок, знижується точність компенсації магнітного поля в заданій точці.

Найближчим за технічною суттю є спосіб автоматичної компенсації змінного зовнішнього магнітного поля частоти мережі розподільчого пристрою, що містить фідері [2], які створюють струмові контури - джерела магнітного поля. Спосіб реалізований у вигляді системи автоматичної компенсації магнітного моменту - параметричної системи регулювання, до складу якої входять датчики струму фідерів, однотипні пристрої обробки їх сигналів, що містять регульовані підсилювачі і фазозсувні пристрої по числу фідерів розподільчого пристрою, три суматори і три електромагнітні компенсатори, осі обмоток яких орієнтовані уздовж трьох ортогональних просторових осей. Відомий спосіб включає попередню настройку коефіцієнтів передачі регульованих підсилювачів і електричних кутів фазозсувних пристроїв параметричної системи автоматичної компенсації за даними вимірювань трьох просторових компонент вектора напруженості магнітного поля для кожного з режимів роботи, що характеризується набором одночасно включених фідерів силового кола, вимірювання в цьому режимі струмів фідерів, які створюють незалежні контури силового кола розподільчого пристрою, і формування на їх основі компенсаційних струмів в системі електромагнітів компенсаторів в процесі роботи розподільчого пристрою. Цей спосіб забезпечує високу ефективність компенсації зовнішнього магнітного поля в точках зовнішнього простору, віддалених від центру електромагнітних компенсаторів на відстань, що перевищує 3-5 габаритів розподільчого пристрою. Недоліком способу-прототипу є низька ефективність компенсації магнітного поля на відстані менше 3-5 габаритів розподільчого пристрою.

Мета винаходу - підвищення точності компенсації зовнішнього магнітного поля частоти мережі в заданій точці простору поблизу поверхні розподільчого пристрою і розширення функціональних можливостей способу автоматичної компенсації зовнішнього магнітного поля.

Поставлена мета досягається тим, що в собі автоматичної компенсації змінного магнітного поля частоти мережі, яке створюється розподільчим пристроєм в заданій точці, що включає вимірювання значень трьох просторових компонент напруженості магнітного поля, вимірювання струмів незалежних контурів силового кола, формування на їх основі амплітуд і фаз компенсаційних струмів в системі ортогонально орієнтованих в просторі електромагнітних компенсаторів поля із загальним центром, розташовують електромагнітні компенсатори таким чином, що їх центр віддалений від точки компенсації на задану відстань, при відключених електромагнітах-компенсаторів вимірюють значення компонент напруженості в заданій точці компенсації уздовж трьох вибраних ортогональних осей, одна з яких направлена уздовж лінії x , що сполучає центр системи електромагнітів компенсаторів і цю точку, а дві інші y і z - в перпендикулярних до цієї осі напрямках, орієнтують осі електромагнітних компенсаторів уздовж вибраних ортогональних осей і при включених електромагнітах-компенсаторів регулюють величини амплітуд їх струмів пропорційно амплітудам вимірюваних компонент напруженості відповідно до співвідношень:

$$I_x = -\frac{2\pi r^3}{S_x w_x k_x} H_x; \quad I_y = -\frac{4\pi r^3}{S_y w_y k_y} H_y; \quad I_z = -\frac{4\pi r^3}{S_z w_z k_z} H_z,$$

де I_u - амплітуда струму обмотки електромагнітних компенсаторів, орієнтованого уздовж ортогональної осі u (u - індекс, що приймає по черзі позначення x, y, z);

r - відстань по осі x від центру системи електромагнітних компенсаторів до точки компенсації;

S_u - середня площа витка обмотки електромагнітних компенсаторів, призначеного для компенсації компоненти напруженості магнітного поля уздовж осі u ;

w_u - число витків обмотки електромагнітних компенсаторів, орієнтованого уздовж осі u ;

k_u - коефіцієнт посилення магнітного моменту обмотки феромагнітним сердечником електромагнітних компенсаторів, орієнтованого уздовж осі u ($k_u = 1$ за відсутності сердечника);

H_u - амплітудне значення вимірюваної компоненти напруженості уздовж осі u .

Для пояснення реалізації запропонованого способу компенсації зовнішнього магнітного поля на Фіг.1 приведена схема розташування точки компенсації і системи електромагнітних компенсаторів поля щодо шафи трифазного розподільчого пристрою. Позначення на схемі: 1 - розподільчий пристрій; 2 - точка компенсації; 3-5 - електромагнітні компенсатори системи автоматичної компенсації зовнішнього магнітного поля; 6 - центр системи електромагнітних компенсаторів.

Відповідно до запропонованого способу, електромагнітні компенсатори розташовують так, що їх центр видалений від точки компенсації на мінімально можливу відстань.

Компоненти напруженості змінного зовнішнього магнітного поля на частоті мережі, виміряні в

точці компенсації 2, розташованої на заданому видаленні $R < (3-5)$ габаритів розподільчого пристрою при відключених електромагнітних компенсаторах, можуть бути описані комплексними величинами, кожна з яких характеризується модулем і фазою, які є функціями струмів незалежних контурів в одному режимі його роботи.

Для компенсації кожної з компонент напруженості зовнішнього магнітного поля в точці 2 в одному з режимів роботи розподільчого пристрою орієнтують осі електромагнітних компенсаторів уздовж вибраних ортогональних осей. При цьому при включених електромагнітних компенсаторах створюється компенсуюче магнітне поле, компо-

ненти якого $\dot{H}_{KX}, \dot{H}_{KY}, \dot{H}_{KZ}$ відповідають умові компенсації: забезпечення рівності по модулю і протилежності по знаку значень компонент напруженості виміряного і компенсуючого магнітних полів. Тобто сума відповідних складових поля розподільчого пристрою і компенсуючого полів, яке створюється електромагнітними компенсаторами, для кожної компоненти дорівнює нулю в межах допустимої похибки компенсації. Допустима похибка компенсації зовнішнього змінного магнітного поля забезпечується за рахунок обмеження величин зсувів електромагнітних компенсаторів щодо їх загального центру. За рахунок нього в точці компенсації 2 кожним електромагнітним компенсатором забезпечується створення зовнішнього магнітного поля, яке характеризується тільки дипольною складовою. При цьому сам електромагнітний компенсатор характеризується магнітним моментом, який також характеризується як комплексна величина, часова фаза якого співпадає з відповідною фазою компоненти напруженості. Тим самим забезпечується розширення функціональних можливостей способу у області простору поблизу поверхні розподільчого пристрою, на відстані менше 3-5 його габариту: спосіб забезпечує повну компенсацію зовнішнього магнітного поля, а не тільки окремої складової (дипольної, пропорційної магнітному моменту на відстані більша 3-5 габариту).

Зв'язок вимірних компонент напруженості

$\dot{H}_x, \dot{H}_y, \dot{H}_z$ зовнішнього магнітного поля розподільчого пристрою, компонент компенсуючого поля

$\dot{H}_{KX}, \dot{H}_{KY}, \dot{H}_{KZ}$ і магнітних моментів $\dot{M}_x, \dot{M}_y, \dot{M}_z$ електромагнітних компенсаторів з урахуванням вибраної системи координат описується в матричній записі наступним рівнянням:

$$\begin{pmatrix} \dot{H}_{KX} \\ \dot{H}_{KY} \\ \dot{H}_{KZ} \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} \dot{H}_x \\ \dot{H}_y \\ \dot{H}_z \end{pmatrix} = \frac{1}{4\pi r^3} \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{M}_x \\ \dot{M}_y \\ \dot{M}_z \end{pmatrix}$$

$$\text{де } A = \frac{1}{4\pi r^3} \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} - \text{матриця коефіцієнтів;}$$

тв;

r - відстань між точкою центру електромагнітних компенсаторів і точкою компенсації.

З приведеного співвідношення можна відзначити наступне.

По-перше, кожна з вимірних компонент напруженості залежить тільки від одного з магнітних моментів електромагнітних компенсаторів. Оскільки число значущих складових напруженості при цьому скорочується в три рази в порівнянні з будь-яким іншим розташуванням осей (у тому числі і відомим, коли напрями осей системи координат і геометричних осей x', y', z' шафи розподільчого пристрою співпадають), то відповідно зменшується і похибка компенсації магнітного поля.

По-друге, діагональний вид матриці коефіцієнтів указує на те, що така ж однозначна відповідність між вимірною компонентою зовнішнього магнітного поля і магнітним моментом електромагнітних компенсаторів існує і для їх модулів. Це дозволяє підвищити точність компенсації поля, оскільки при настройці параметрів електромагнітних компенсаторів системи автоматичної компенсації достатньо контролювати один параметр (амплітуду магнітного моменту) замість двох (амплітуду і фазу).

По-третє, враховуючи, що амплітуда магнітного моменту електромагнітних компенсаторів, призначеного для компенсації складової магнітного поля вздовж осі u ($u = x, y, z$), рівна добутку амплітуди струму I_u , площі витка S_u обмотки і числу її витків w_u , з цього співвідношення виводять формули для амплітуд струмів, встановлюваних при настройці системи автоматичної компенсації:

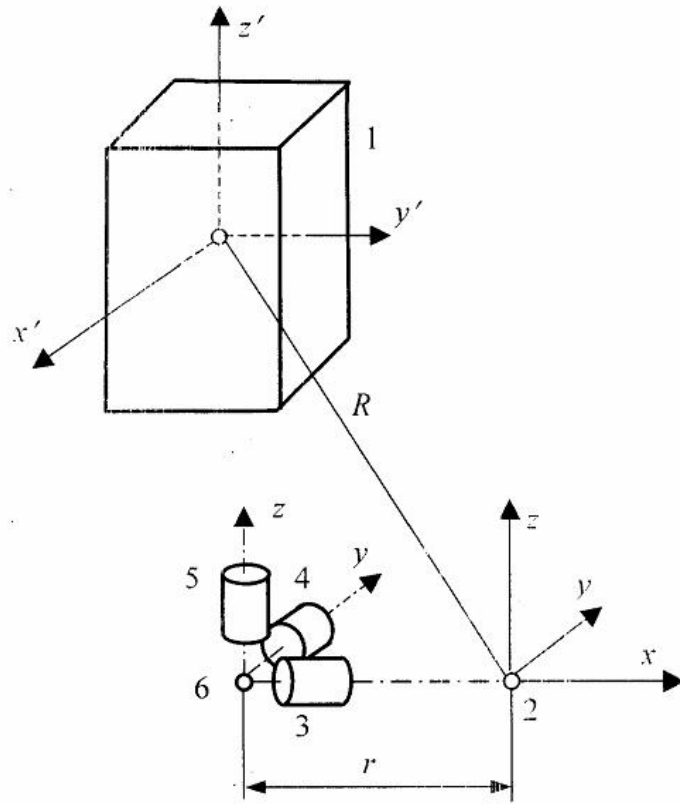
$$I_x = - \frac{2\pi r^3}{S_x w_x k_x} H_x; \quad I_y = - \frac{4\pi r^3}{S_y w_y k_y} H_y; \quad I_z = - \frac{4\pi r^3}{S_z w_z k_z} H_z.$$

Таким чином, регулювання амплітуд струмів відповідно до цих співвідношень забезпечує точну компенсацію зовнішнього магнітного поля розподільчого пристрою в заданій точці компенсації.

Джерела інформації:

1. Авторское свидетельство 828132 СССР. МКИ G01R33/00. Способ компенсации магнитного поля проводника с током в заданной точке /Б.З. Михлин, Г.С. Письман. М.Б. Трахтегерц (СССР). - №2710678/18-21; Заявлено 10.01.79; Опубл. 07.05.81. Бюл. №17. 2с.

2. Розов В.Ю., Ерисов А.В., Лукиков В.С. Особенности снижения внешних магнитных полей распределительных устройств и полупроводниковых преобразователей: Препр. /НАН Украины. Ин-т электродинамики: №791. -К.: 1996. -47с. (прототип).



Фиг. 1