



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 36377

(13) A

(51) 6 G01R33/02

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ КОНТРОЛЮ РІВНЯ НАПРУЖЕНОСТІ КВАДРУПОЛЬНОЇ ПОСТІЙНОЇ СКЛАДОВОЇ
ЗОВНІШНЬОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ

(21) 99126756

(22) 13.12.1999

(24) 16.04.2001

(33) UA

(46) 16.04.2001, Бюл. № 3, 2001 р.

(72) Дегтярьов Віталій Валентинович

(73) Харківський державний технічний університет
радіоелектроніки(57) Пристрій для контролю рівня напруженості
квадрупольної постійної складової зовнішнього

магнітного поля, який містить індукційні датчики, що відрізняється тим, що він виконаний з чотирьох радіальних датчиків, які розміщені в екваторіальній площині на колі радіусу R в точках, кутова координата φ в яких приймає значення, які дорівнюють $90^\circ(N-1)$, де $N=1,2,3,4$ - номер датчика, причому котушки радіальних датчиків з'єднані послідовно згідно.

Винахід відноситься до області магнітних вимірювань і може бути використаний для контролю рівня напруженості зовнішнього магнітного поля (ЗМП) усіляких джерел, до яких виставляються вимоги щодо рівня ЗМП, при оцінці якого прийнято визначати квадрупольну складову ЗМП, величина напруженості якої убиває з відстанню пропорційно $1/R^4$.

Технічні об'єкти є джерелами ЗМП, що порушують нормальне функціонування різноманітних магніточутливих пристроїв, які знаходяться в зоні впливу їх ЗМП.

Є відомим пристрій для вимірювання дипольних магнітних моментів електрообладнання, що містить магніточутливий трьохкомпонентний датчик [1].

Недоліком відомого пристрою є невисока точність вимірювання, яка обумовлена завадонесучими мультипольними складовими ЗМП непарного порядку.

З відомих магнітометричних пристроїв найбільш близьким до даного за технічною сутністю є пристрій для вимірювання дипольних магнітних моментів, що містить чотири магніточутливих трьохкомпонентних датчики [2].

Недоліком відомого пристрою є його обмежені функціональні можливості, оскільки він не забезпечує вимірювання параметрів постійної складової напруженості квадрупольного поля технічного об'єкту.

В основу винаходу покладено задачу створити такий вимірювач, що забезпечить вимірювання осьового квадрупольного магнітного моменту джерела поля для здійснення контролю напруженості квадрупольної постійної складової ЗМП.

Такий технічний результат досягається тим, що пристрій для контролю рівня напруженості квадрупольної постійної складової зовнішнього магнітного поля, який містить індукційні датчики, виконано з чотирьох радіальних датчиків, що розміщені в екваторіальній площині на колі радіусу R в точках, кутова координата φ в яких приймає значення, які дорівнюють $90^\circ(N-1)$, де $N=1,2,3,4$ - номер датчика, причому котушки радіальних датчиків з'єднані послідовно згідно.

На фіг. 1 схематично зображено пристрій для контролю рівня напруженості квадрупольної складової зовнішнього магнітного поля.

На фіг. 2 зображено графічну залежність $\delta_{20}=f(R/L)$, що характеризує мультипольну складову методичної похибки вимірювання.

Згідно з фіг. 1 пристрій для контролю рівня напруженості квадрупольної постійної складової зовнішнього магнітного поля містить датчики 1-4, які розміщені в екваторіальній площині XOY ($\theta=90^\circ$) на колі радіусу R в точках, кутова координата φ в яких приймає значення, що дорівнюють 0° , 90° , 180° , 270° . Магнітні осі котушок датчиків 1-4 радіальні до кола радіусу R. Початок і кінець стрілок відповідають початку і кінцю обмоток котушок датчиків 1-4, які за корисним сигналом, що пропорційний напруженості постійної складової квадрупольного поля, котушки однокомпонентних датчиків 1-4 з'єднані послідовно згідно.

Скалярний магнітний потенціал квадрупольної постійної складової ЗМП в сферичній системі координат R, φ , θ описується виразом [3]:

$$U_{20} = \frac{1}{4\pi R^3} g_{20} P_2^0(\cos\theta) \quad (1)$$

де $g_{20} = M_{20}$ - осьовий квадрупольний магнітний момент джерела ЗМП, що підлягає вимірюванням;
 $P_2^0(\cos\theta)$ - поліном Лежандра другого порядку.

$$H_R = \frac{1}{4\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n+1}{R^{n+2}} \sum_{m=0}^n (g_{nm} \cos m\varphi + h_{nm} \sin m\varphi) P_n^m(\cos\theta) \quad (2)$$

де g_{nm}, h_{nm} - мультипольні магнітні моменти сферичної гармоніки n -го порядку;

$P_n^m(\cos\theta)$ - приєднані поліноми Лежандра;

n - порядковий номер гармоніки ЗМП;

Магнітні осі котушок датчиків 1-4 є радіальними до кола радіусу R . Тому на магнітні осі цих котушок впливає тільки радіальна компонента напруженості ЗМП джерела, що математично описується сферичним гармонічним рядом [3]:

m - порядковий номер елементарного мультиполя n -го порядку.

Результуючий електричний сигнал, що наводиться в котушках датчиків 1-4 радіальною компонентою ЗМП H_R (2) досліджуемого джерела ЗМП визначається виразом:

$$E_{20} = \frac{1}{k_f} (H_R|_{\varphi=0, \theta=90^\circ} + H_R|_{\varphi=90^\circ, \theta=90^\circ} + H_R|_{\varphi=180^\circ, \theta=90^\circ} + H_R|_{\varphi=270^\circ, \theta=90^\circ}) = \frac{1}{k_f} \cdot 6 \frac{g_{20}}{R^4} + \dots = E'_{20} + \dots \quad (3)$$

де k_f [мВ/мТл] - постійна датчиків по напруженості магнітного поля;

E'_{20} - корисний сигнал, що пропорційний g_{20} .

За вимірюним електричним сигналом E_{20} визначається величина осьового квадрупольного магнітного моменту джерела ЗМП

$$M_{20} = g_{20} = \frac{1}{6} E_{20} k_f R^4$$

і компоненти напруженості постійної складової квадрупольного поля в заданих точках зовнішнього простору:

$$H_{R_{20}} = -\frac{\partial U_{20}}{\partial R} = \frac{3}{16\pi 6^4} g_{20} (1 + 3\cos 2\theta),$$

$$H_{\varphi_{20}} = -\frac{1}{R \sin\theta} \frac{\partial U_{20}}{\partial \varphi} = 0,$$

$$H_{\theta_{20}} = -\frac{1}{R} \frac{\partial U_{20}}{\partial \theta} = \frac{3}{8\pi R^4} g_{20} \sin 2\theta$$

З (3) виходить, що в результуючому сигналі E_{20} відсутні сигнали завад, що обумовлені завадно-несучими мультиполями сферичних гармонік непарного порядку. Тому на точність вимірювання осьового квадрупольного магнітного моменту впливають тільки гармоніки парних порядків, в основному гармоніки порядку $n=4,6$.

Електричні сигнали завад, що створюються цими гармоніками, відповідно дорівнюють:

$$E_{20}^{(4)} = \frac{1}{k_f} \sum_{N=1}^4 H_{R_{6N}} = -\frac{60}{k_f R^6} \left(\frac{1}{8} g_{40} + 35 g_{44} \right),$$

$$E_{20}^{(6)} = \frac{1}{k_f} \sum_{N=1}^4 H_{R_{4N}} = -\frac{70}{k_f R^8} \left(\frac{1}{8} g_{60} + 189 g_{64} \right),$$

де $H_{R4} = -\frac{\partial U_4}{\partial R}$, $H_{R6} = -\frac{\partial U_6}{\partial R}$ - радіальні компоненти напруженості магнітного поля завадно-несучих гармонік четвертого і шостого порядків.

Мультипольна складова методичної похибки вимірювання осьового квадрупольного моменту визначається виразом:

$$\delta_{20} = \frac{E_{20}^{(4)} + E_{20}^{(6)}}{E_{20}^{(2)}} \cdot 100\% = \frac{5}{2} \left(\frac{k_z}{R/L_z} \right)^2 \left[1 - \frac{7}{4} \left(\frac{k_z}{R/L_z} \right)^2 \right] \cdot 100\%,$$

де $k_z = z_0/L_z \leq 1/2$, z_0 - координата ексцентричності магнітного диполя за координатним напрямком Z , що створює мультипольні магнітні моменти g_{20}, g_{40}, g_{44} і g_{64} ;

L_z - габаритний розмір джерела ЗМП за координатним напрямком Z .

З аналізу графічної залежності $\delta_{20} = f(R/L)$, що зображена на фіг. 2, випливає, що при вимірюванні осьового квадрупольного магнітного моменту на відстані трьох габаритних розмірів джерела ЗМП мультипольна складова методичної похибки при $k_z = 1/3$ становить 3%.

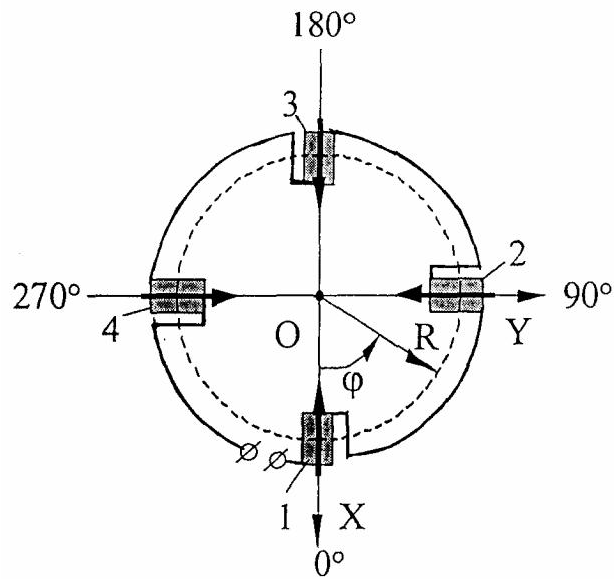
Таким чином, пристрій для контролю рівня напруженості квадрупольної постійної складової зовнішнього магнітного поля значно підвищує точність вимірювання шляхом виключення сигналів завад, що створюються просторовими гармоніками ЗМП непарного порядку.

Джерела інформації.

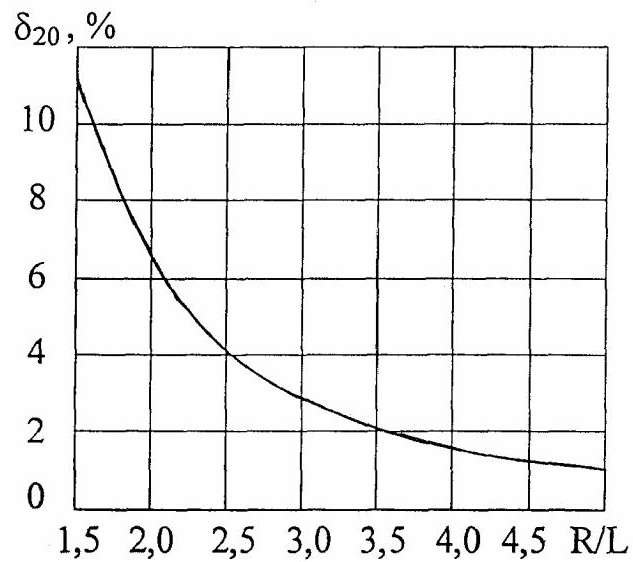
1. Лупіков В.С., Брикова Є.В. Метод визначення магнітного моменту за результатами вимірювання ЗМП поблизу електрообладнання // Вимірювальна техніка. - 1992. - № 10. - С. 36-37.

2. ГОСТ Р 50010-92. Сумісність технічних засобів електромагнітна. Електрообладнання силове. Норми параметрів низькочастотного періодичного магнітного поля. - Введ. 01.07.93. - М.: Вид-во стандартів, 1993. - 5с.

3. Яновський Б.М. Земний магнетизм. - Л.: ЛДУ, 1978. - 592с.



Фіг. 1



Фіг. 2

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

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

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