

где $A_{ij} = \frac{\partial A}{\partial D_i} \cdot \frac{\partial A}{\partial D_j}$, $i, j = 1, 2, 3$;

$\det A = 2.241$, $\det A_{11} = 1.733$, $\det A_{22} = 1.416$, $\det A_{33} = 1.350$,

$\det A_{12} = 1.416$, $\det A_{23} = 2.666$, $\det A_{31} = 1.750$, $\det A_{13} = 1.350$,

$\det A_{123} = 1.750$, $\det A_{113} = 3.250$.

Результаты:

Узлы	U	Узлы	U
1	18	3	12
2	10	4	0

Ветви	R	I	Ветви	R	I
1	4	1	1	3	2
2	2	1	2	3	2
3	4	5	3	4	6

Мощность потребителей равна 81 кВт. Мощность источников - 81 кВт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чаршачետյան Ս.Ս., Հակոբջանյան Չ.Պ. Էլեկտրատեխնիկայի տեսական հիմունքները - Երևան: Լույս, 1986 - 550 էջ:
2. Савш С., Рид М.Б. Линейные графы и электрические цепи -М. Высшая школа, 1971. -445 с.
3. Беллерт С., Возняшки Г. Анализ и синтез электрических цепей методом структурных чисел - М. Мир, 1972 - 330 с.
4. Հակոբջանյան Չ.Պ., Սաֆարյան Վ.Ս. Էլեկտրական շղթաների հետազոտումը կառուցվածքային թվերի համրահաշվի փիրառումներ / 1963. - Երևան, 1995. - 71 էջ:

ГИУА

16.12 1996

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. 1, № 3, 1997 - 220-225

УДК 621.317

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Г. А. КАРДАШЯН

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МАГНИТОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР

Մշակված է համազգեստի մագնիսական «տիկ» սարք, որը հնարավորություն է թույլատրում էլեկտրատեխնիկական պողպատների սահմանափակ տեղադրությունը բարձր էշտությունը որոշել մագնիսական ինդուկցիայի և դաշտի լարվածություն անալիստիկայի սլաքները տեսակարար կորությունները, կոլեքտիվ ուղի և մուտադրույուն մագնիսական ինդուկցիան ապահովելով ինդուկցիայի կազմի միաստվողախոսքունը միևեխ կառուցվածքով:

Разработан универсальный магнитоизмерительный прибор, позволяющий с высокой точностью определить амплитудные значения

магнитной индукции, напряженности магнитного поля, удельных потерь, коэрцитивной силы и остаточной магнитной индукции. Обеспечивается синусоидальный режим перемагничивания в локальных областях электротехнических сталей до индукции 2,1 Тл.

Ил. 2 Библиогр.: 4 назв.

A multipurpose magnetic meter has been developed. It permits to determine with high precision the peak value of the magnetic induction, magnetic field intensity, specific loss, coercivity and residual magnetic induction. Sinusoidal conditions for the magnetization reversal in the local regions of electrical-sheet steel having induction up to 2,1Tl are ensured. The coefficient of the distorted form of the magnetic induction curve does not exceed 5%.

Ил.2. Ref. 4.

Для получения однозначных результатов при измерениях магнитных параметров ферромагнитных материалов необходим определенный режим перемагничивания.

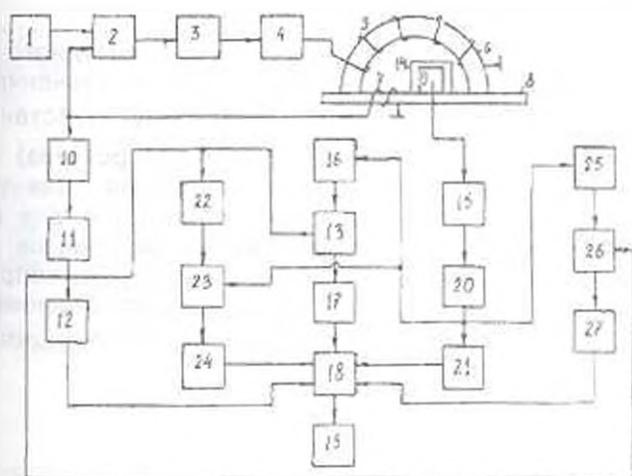


Рис. 1

Проблема обеспечения синусоидального режима перемагничивания в локальных областях электротехнических сталей до индукции 2...2,1 Тл с коэффициентом нелинейных искажений магнитной индукции, не превышающем 2-5%, разработана в [1, 2]. На рис. 1 представлена схема синусоидального режима перемагничивающей обмотки 5, намотанная на намагничивающий сердечник 6, питается от задающего генератора синусоидального напряжения 1 через неинвертирующий вход дифференциального усилителя 2, интегратора 3 и усилителя мощности 4. При этом сигнал напряжения с выхода из преобразователя магнитной индукции 7, намотанной на феррообразце 8, подается на инвертирующий вход дифференциального усилителя 2. В результате обеспечивается глубокая отрицательная обратная связь, и индукция в образце имеет заданный закон, независимо от степени насыщения ферромагнетика. Вышеизложенный процесс математически обоснован в [1], где

установлено, что заданный режим перемагничивания обеспечивается при условии

$$\frac{t_{\text{ИО}}}{K_4 \mu_{\text{ИО}} W_{\text{II}} W_2 S_{\text{ИО}}} \ll 1, \quad (1)$$

где t — постоянная времени интегратора 3; $l_{\text{ИО}}, S_{\text{ИО}}, \mu_{\text{ИО}}$ — длина, сечение и магнитная проницаемость испытуемого образца; W_{II} — количество витков намагничивающей обмотки, 5; W_2 — количество витков измерительной обмотки, 7; K_4 — коэффициент передачи усилителя мощности 4.

При обеспечении синусоидальной формы кривой магнитной индукции $B(t) = B_m \sin \omega t$ в испытуемом образце спектр напряженности магнитного поля занимает достаточно широкий диапазон, который можно представить следующим образом:

$$H(t) = H_{1m} \sin(\omega t + \psi_1) + H_{3m} \sin(3\omega t + \psi_3) + H_{5m} \sin(5\omega t + \psi_5) + \dots \quad (2)$$

Следует отметить, что отношение амплитудного значения напряженности магнитного поля к ее среднему значению много больше единицы: $H_{1m} / H_m \gg 1$. Поэтому чувствительность вторичного преобразователя (множительного устройства) низка, что приводит к увеличению погрешности измерения. Для устранения этих недостатков в [2, 3] разработано устройство для измерения удельной магнитной энергии ферромагнитных материалов, в которых предлагается перед подачей искаженного сигнала напряженности магнитного поля на вход умножительного прибора ограничить его на уровне $K H_c$, где K — коэффициент пропорциональности; H_c — коэрцитивная сила.

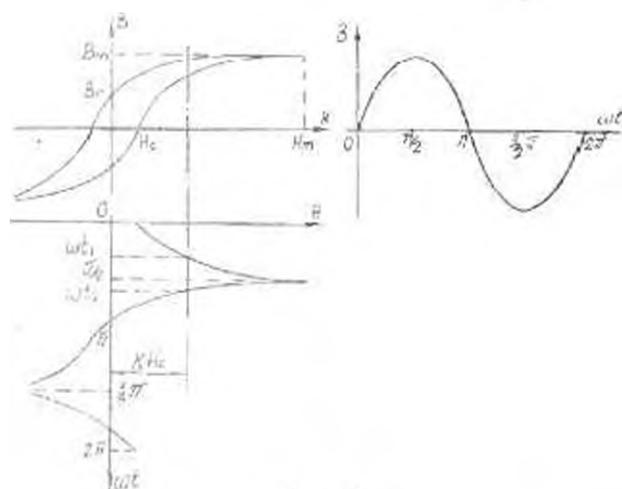


Рис. 2

При значениях магнитной индукции, близких к насыщению, и обеспечении синусоидального изменения индукции у петли

гистерезиса имеется достаточно большой "носик" $H_c = (100 \dots 300)H_c$, в котором содержится незначительная информация о потерях в материале, поскольку площадь, заключенная в "носиках", мала (рис. 2). В [3] осуществлено математическое обоснование вышеизложенного, что позволяет выбрать значение K таким образом, чтобы методическая погрешность измерения от ограничения кривой напряженности магнитного поля не превышала заданную величину.

Аппроксимируя динамическую петлю гистерезиса по [4], сигнал напряженности магнитного поля представляется в виде

$$H(t) = \begin{cases} \frac{a_B B_m \sin \omega t + C_B H_c}{-B_m \sin \omega t + C_B}, & 0 \leq \omega t \leq \frac{\pi}{2}, \\ \frac{-a_H B_m \sin \omega t + C_H H_c}{B_m \sin \omega t - C_H}, & \frac{\pi}{2} \leq \omega t \leq \pi, \end{cases} \quad (3)$$

где a_B , a_H , C_B , C_H — постоянные петли гистерезиса для восходящей и нисходящей ветвей; B_m — амплитудное значение индукции; ω — круговая частота.

Из (3) следует, что при $\omega t = 0$ имеем $H(t) = H_c$, а при $\omega t = \pi$ $H(t) = -H_c$. Это значит, что напряженность магнитного поля приравнивается к коэрцитивной силе H_c в момент, когда значения магнитной индукции приравниваются к нулю.

Решение (3) относительно магнитной индукции $B(t)$ приводит к зависимости $B(H)$ [4]:

$$B(t) = \frac{CH(t)}{a + H(t)} \mp \frac{B_0 a + H(t)D}{a + H(t)}, \quad (4)$$

где B_0 — остаточный магнетизм; $D = \frac{1}{2}(C_H - C_B)$.

Из (4), а также из рис. 2 следует, что при $H(t) = 0$ имеем $B(t) = B_0$, т.е. в момент, когда периодическая кривая напряженности магнитного поля проходит через свое нулевое значение, магнитная индукция приравнивается к значению остаточной индукции в исследуемом образце.

На основании вышеизложенного разработан универсальный прибор, структурная схема которого представлена на рис. 1. Прибор работает следующим образом. Синусоидальное напряжение, пропорциональное магнитной индукции в образце 8, при выходе из измерительной обмотки 7 через делитель по толщине и ширине испытываемого образца и усилитель 11 подается на один из входов множителя 13. Значение этого напряжения определяется как

$$u = -K_1 A_1 W_1 b d \frac{db}{dt}, \quad (5)$$

где K_1 — коэффициент передачи делителя по толщине 10; A_1 — коэффициент передачи усилителя 11; b и d — ширина и толщина испытываемой площадки; W_1 — число витков преобразователя индукции.

На первый вход умножителя 13 поступает напряжение, соответствующее индукции в образце $B_m \sin \omega t$. Пиковый детектор 12, вход которого подключен к этому же напряжению, выдает на выходе постоянное напряжение, равное по величине амплитудному значению магнитной индукции B_m образца 8. При команде ключа 18 "Измерение B_m " напряжение, численно равное B_m , с выхода из преобразователя 12 подается на вход цифрового измерителя 19.

Для измерения напряженности магнитного поля в приборе имеется группа тангенциальных преобразователей Холла 9 в изолированном держателе 14. Холловское напряжение на выходе сумматора 15 образует напряжение

$$U_{11}' = A_2 S H(t), \quad (6)$$

где A_2 — коэффициент передачи сумматора 15; S — чувствительность преобразователей Холла; $H(t)$ — напряженность магнитного поля.

При выполнении равенства

$$A_2 S I A_3 = 10^4 \text{ А/мВ}, \quad (7)$$

где A_3 — коэффициент передачи усилителя 20, на входе пикового детектора 21 и усилителя ограничителя 16 возникает напряжение, соответствующее значению $H(t)$. При команде ключа 18 "Измерение H_m " напряжение, численно равное H_m , с выхода из преобразователя 21 подается на вход цифрового усилителя 19.

Для измерения удельных потерь на перемагничивание образца применяется усилитель-ограничитель 16, а операция умножения осуществляется на основе умножителя 13, основным элементом которого является микросхема типа 525ПС-3. На первый вход умножителя 13 поступает напряжение, пропорциональное магнитной индукции $B(t) = B_m \sin \omega t$, а на второй вход — напряжение, пропорциональное напряженности магнитного поля из нечетных гармоник:

$$H(t) = H_{1m} \sin(\omega t + \psi_1) + H_{3m} \sin(3\omega t + \psi_3) + \dots + H_{5m} \sin(5\omega t + \psi_5) + \dots \quad (8)$$

При перемагничивании образца сигнал напряженности магнитного поля ограничивается усилителем-ограничителем на уровне KH_1 , и умноженный сигнал интегрируется в интеграторе 17. На выходе интегратора 17 образуется сигнал

$$P_v = \frac{1}{T} \int H dB, \quad (9)$$

пропорциональный удельным потерям на перемагничивание. При команде ключа 18 "Измерение P_v " напряжение, численно равное P_v , с выхода из интегратора 17 подается на вход измерителя 19.

На основании (3) и рис. 2 для измерения коэрцитивной силы в схему рис. 1 введены новый блок-орган 22, ключ 23 и пиковый детектор 24. Выход первичного преобразователя магнитной индукции 7, где образуются синусоидальное напряжение, через делитель 10 подключается к входу нуля-органа 22 с нулевым

опорным напряжением. На выходе нуля-органа 22 образуется управляющий импульс в момент времени, соответствующий нулевому значению магнитной индукции. На управляющий вход ключа 23 поступает сигнал от нуля-органа, при этом на выходе ключа 23 появляется напряжение, соответствующее коэрцитивной силе, а на выходе пикового детектора 24 - напряжение, равное H_c .

Аналогично, для измерения остаточной индукции B_r в схему рис. 1 введены новый блок нуля-органа 25 и ключ 26. Управляющий вход нуля-органа 25 через усилитель 20 и сумматор 15 подключается к выходу первичного преобразователя напряженности магнитного поля 9, который представляет собой тангенциальный преобразователь Холла. Выход нуля-органа 25 подключен к управляющему входу ключа 26. вход которого через усилитель 11 и делитель 10 подключен к выходу первичного преобразователя магнитной индукции 7, где, как было указано выше, возникает синусоидальное напряжение, пропорциональное мгновенному значению магнитной индукции в локальных областях испытуемого материала 8. Выход ключа 26 через пиковый детектор 27 подключен к одному из входов ключа 18. При команде "Измерение B_r " на выходе ключа 18 появляется напряжение, равное значению B_r .

С помощью разработанного прибора проведены многократные измерения магнитной индукции, напряженности магнитного поля, удельных потерь, коэрцитивной силы и остаточной магнитной индукции ряда вторичных эталонных образцов из различных марок электротехнических сталей.

При анализе результатов экспериментальных исследований и сравнении их с эталонными данными установлено, что разработанный прибор позволяет определить амплитудные значения магнитной индукции и напряженности магнитного поля с погрешностью, не превышающей 2%, удельной магнитной энергии с погрешностью 5%, коэрцитивной силы и остаточной магнитной индукции с погрешностью 5%. Одновременно с помощью прибора можно изучать неоднородность магнитных параметров.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Кардашян Ж.А. О возможности обеспечения синусоидальных режимов намагничивания в локальных областях электротехнических сталей // Изв. вузов СССР. Приборостроение, - 1981 - № 6 - С. 67-72.
- 2 А.с. № 635442 СССР. Устройство для измерения удельной магнитной энергии ферромагнитных материалов / Ж.А. Кардашян (СССР). - Оpubл. 1978, Бюл. № 44.
- 3 Кардашян Ж.А., Маслов Ю.Н. Изменение удельных потерь ферромагнитных материалов при близких к насыщению индукциях // Изв. вузов СССР. Приборостроение, - 1980 - № 3 - С. 24-27.
- 4 Панасенков М.А. Электромагнитные расчеты устройств с нелинейными параметрами. - М.: Энергия, 1971 - 216 с.