

1. Попов Д. Н. Нестационарные гидромеханические процессы.— М.: Машиностроение, 1982.— 240 с.
2. Тарс С. М. Основные задачи теории ламинарных течений.— М.:— Л.: ГИТТЛ, 1951.— 415 с.
3. Лыкова А. В. Теория теплопроводности.— М.: Наука, 1967.— 599 с.
4. Слезкин Н. А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости.— М.: ГИТТЛ, 1955.— 432 с.
5. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел.— М.: ИЛ, 1964.— 487 с.

ЕрПИ им. К. Маркса

7. VI. 1988

Наз. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLIII, № 4, 1990, с. 188—192

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

УДК 621.317

Э. В. КАЗАРЯН, М. К. БАГДАСАРЯН

К РАСЧЕТУ МАГНИТНОЙ ЦЕПИ БЕСКОНТАКТНОГО
ТОКОИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА НА ЭВМ

Приведены результаты аналитического исследования зависимостей изменения магнитного потока от положения проводника с током и программа для расчета на ЭВМ, которая позволяет определить параметры токоизмерительного устройства и оценить погрешность измерения, соответствующую различным геометрическим размерам и свойствам материала магнитопровода, вдоль длины магнитопровода, охваченного обмоткой. Это позволяет конструировать бесконтактные токоизмерительные устройства с минимальной погрешностью измерения.

Ил. 3. Библиогр.: 3 назв.

Քերված են հասրի հազրրդիքի դիրքի փոփոխութունից կախված մագնիսական հոսքի փոփոխման վերլուծական կախվածութունը և էՀՄ-ով հաշվարկի ծրագիրը, որի միջոցով որոշվում է հոսանքաչափի սարքի պարամետրերը և գնահատվում է մագնիսաչափի սարքերի չափերին և նյութի հատկություններին համապատասխանող չափման սխալը հոսանքի հազրրդիքի սարքերի դիրքերում: Գտնարագրություն է տալիս նախագծել նվազագույն չափման սխալով անկրճատիկ հոսանքաչափի սարք:

При инженерных расчетах магнитных цепей чаще всего используются методы коэффициентов рассеяния, конечных разностей и графоаналитический [1]. Выполнение расчетов этими методами достаточно сложно и трудоемко из-за нелинейности магнитной цепи, поэтому расчет магнитной цепи целесообразно проводить аналитическим методом [2] с использованием ЭВМ. Рассматриваемая магнитная система электроизмерительных клещей переменного тока типа Ц4505 состоит из стального шихтованного магнитопровода, выполненного из двух С-образных половин с расположенными на них одинаковыми обмотками $W_2/2$, соединенными согласно (рис. 1а). Между половинами магнитопровода имеются технологические воздушные зазоры δ_1 и δ_2 . Схема за-

мещения магнитной цепи приводится на рис. 1б. Предлагаемый аналитический метод расчета с использованием ЭВМ позволяет определить величины: суммарного магнитного потока Φ_x , потока рассеяния Φ_6 , потока в сечении магнитопровода Φ_x при значении координаты $0 \leq x \leq l$, для разных значений измеряемого тока $I_1 W_1$ ($W_1 = 1$).

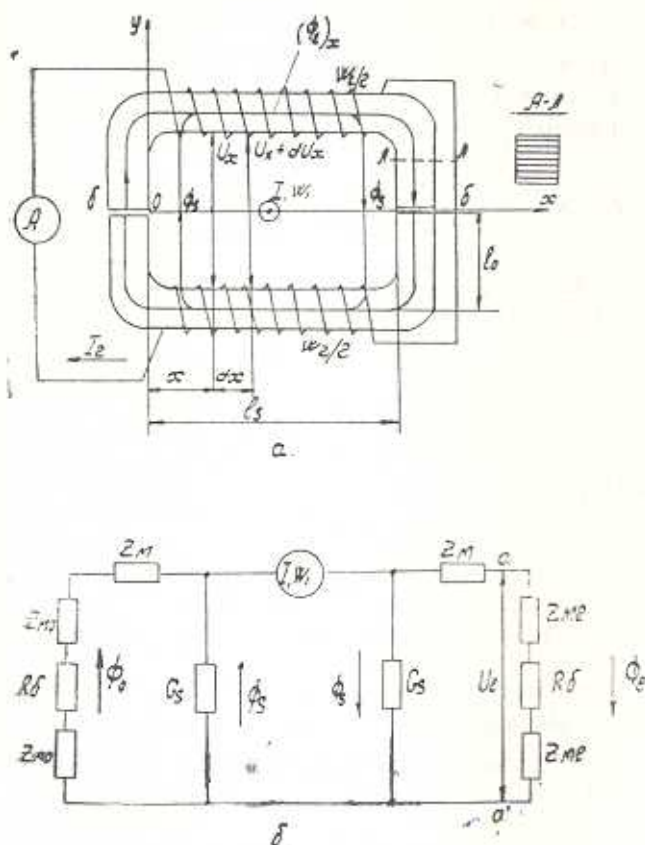


Рис. 1. Магнитная цепь (а) и схема ее замещения (б).

В качестве исходных данных принимаются: геометрические размеры магнитопровода, удельное магнитное сопротивление стали δ , удельная магнитная проводимость g для потоков рассеяния на длине l_s и магнитное сопротивление воздушных зазоров R_i .

При расчете принимаются следующие допущения: воздушные зазоры равны $\delta_1 = \delta_2$; число витков обмоток, расположенных на С-образных половинах, одинаково $W_2/2$; крайние потоки воздушных зазоров не учитываются.

Для получения соотношений между величинами, характеризующими магнитное поле рассматриваемой магнитной цепи, воспользуемся известными дифференциальными уравнениями [2]

$$\begin{cases} \frac{d^2 \dot{U}_x}{dx^2} - g \dot{U}_x - \frac{\dot{Z}_N}{l} = 0, \\ \frac{d^2 \dot{\Phi}_x}{dx^2} + g \left(\frac{l_1 W_1}{l} - \frac{\dot{Z}_N}{l} \dot{\Phi}_x \right) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где \dot{U}_x и $\dot{\Phi}_x$ — соответственно магнитный потенциал и поток в сечении магнитопровода при значении координаты $0 \leq x \leq l_s$, \dot{Z}_M — полное комплексное магнитное сопротивление стали,

Решение системы уравнений (1) имеет вид

$$\begin{cases} \dot{U}_x = \dot{U}_l \operatorname{ch} A + \sqrt{\frac{2\dot{Z}_M}{G_S}} \left(\dot{\Phi}_l - \frac{l_1 W_1}{2\dot{Z}_M} \right) \operatorname{sh} A, \\ \dot{\Phi}_x = \frac{l_1 W_1}{2\dot{Z}_M} + \dot{U}_l \sqrt{\frac{G_S}{2\dot{Z}_M}} \operatorname{sh} A + \left(\dot{\Phi}_l - \frac{l_1 W_1}{2\dot{Z}_M} \right) \operatorname{ch} A, \end{cases} \quad (2)$$

где

$$A = \sqrt{2\dot{Z}_M G_S} \left(1 - \frac{x}{l} \right). \quad (3)$$

Из схемы 1б следует, что

$$\dot{U}_l = \dot{\Phi}_l \dot{Z}_{aav}, \quad (4)$$

$$\dot{\Phi}_l = \frac{l_1 W_1}{(\dot{Z}_M + 2R_z)(2\dot{Z}_M G_S + R_z G_S + 1)}, \quad (5)$$

где \dot{Z}_{aav} — комплексное магнитное сопротивление зоны воздушного зазора, в которое выходят активное магнитное сопротивление зазора R_z и комплексное магнитное сопротивление стали \dot{Z}_M на длине участка l_0 (рис. 1б):

$$\dot{Z}_{aav} = R_z + 2\dot{Z}_M, \quad (6)$$

G_S — полная магнитная проводимость рассеяния магнитопровода на длине l_s ,

$$\dot{Z}_M = \rho_R + j\rho_x \frac{l}{S}, \quad l = 2l_0 + l_s. \quad (7)$$

Расчетные формулы магнитных проводимостей рассеяния и воздушного зазора выбираются с учетом геометрической формы магнитопровода [3]. Для расчета на ЭВМ используются совместно выражения (2)–(7). С помощью блока 2 (рис. 2) вводятся исходные данные. В блоки 3, 4 и 5 соответственно поступают начальные значения длины магнитопровода $l_{\text{нач}}$, показания измеряемого тока $i_1 W_{1\text{нач}}$ и значение $x = 0$, затем дается приращение параметру x (блок 3) шагом Δx и после анализа условия $x \leq x_{\text{кон}}$ (конечное значение выбирается в зависимости от вида и размеров магнитопровода) в случае положительного ответа производится расчет $(\dot{\Phi}_x)_{\text{ср}}$, $(\dot{\Phi}_x)_x$, $\dot{\Phi}_s$ (блок 6).

После того, как проведен расчет для всех возможных значений, дается приращение параметру $I_1 W_1$ с шагом $\Delta I_1 W_1$ (блок 10) и проверяется условие $I_1 W_1 \leq I_1 W_{1\text{кон}}$ (блок 11), если оно выполняется, то расчет ведется вновь, начиная с блока 5. После обследования всех значений x , $I_1 W_1$ результаты выводятся на печать (блок 7). Этот вариант соответствует начальному значению длины магнитопровода $l_{\text{нач}}$, затем расчет повторяется при других значениях l . Машинное время расчета магнитной цепи на ЭВМ ЕС-1022 составляет 5 минут.

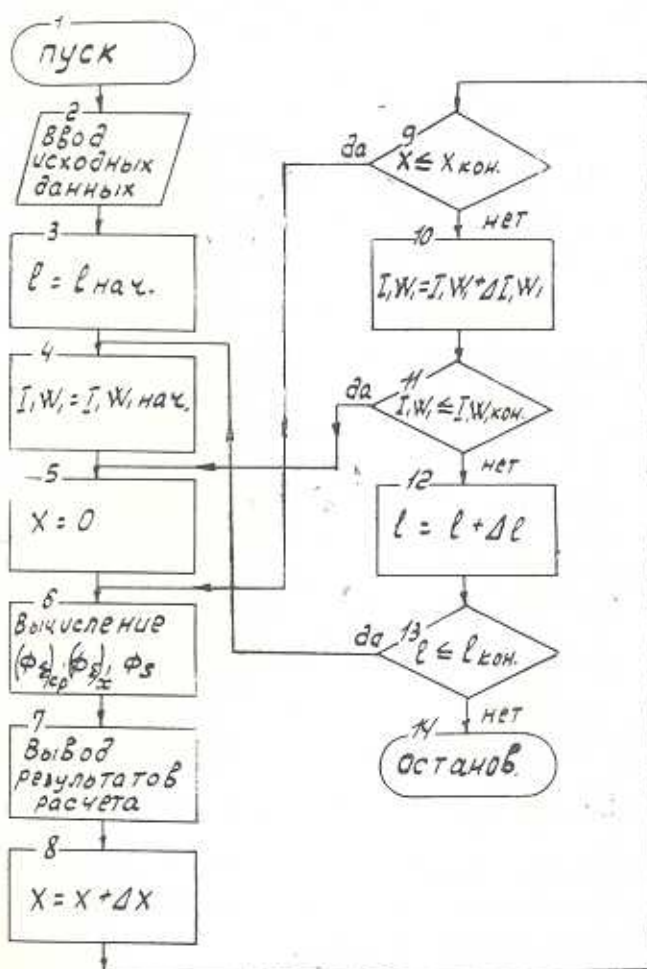


Рис. 2. Структурная схема программы ЭВМ.

На рис. 3 приведены зависимости изменения суммарного магнитного потока $(\Phi_x)_x$ и потока рассеяния Φ_s вдоль длины l_s магнитопровода ($y = 0$) от местоположения проводника с измеряемым током $I_1 W_1$ (в пределах $0 \leq x \leq l_s$). Экспериментальное исследование показало, что максимальная погрешность измерения соответствует зоне

вблизи воздушного зазора (с координатами $x = 0$, $y = 0$). Поэтому полученные аналитические зависимости и результаты расчета на ЭВМ суммарного потока Φ_{Σ} , потока рассеяния Φ_{Σ} на длине $0 \leq x \leq l_s$ при $y = 0$ позволяют при заданных исходных данных оценить составляющие погрешности измерения, соответствующие различным длинам магнитопровода, свойствам материала магнитопровода и величине измеряемого тока при различных положениях проводника с измеряемым током по формуле

$$\delta = \frac{(\Phi_{\Sigma})_{\text{ср}} - (\Phi_{\Sigma})_x}{(\Phi_{\Sigma})_{\text{ср}}}, \quad (8)$$

где $(\Phi_{\Sigma})_{\text{ср}}$ — магнитный поток в сердечнике, соответствующий положению проводника с измеряемым током с координатами $x = l_s/2$ и $y = 0$, $(\Phi_{\Sigma})_x$ — магнитный поток, соответствующий положению проводника с измеряемым током с координатами $0 \leq x \leq l_s$ и $y = 0$. Составляющая погрешности, обусловленная потоком рассеяния, определяется аналогично (8).

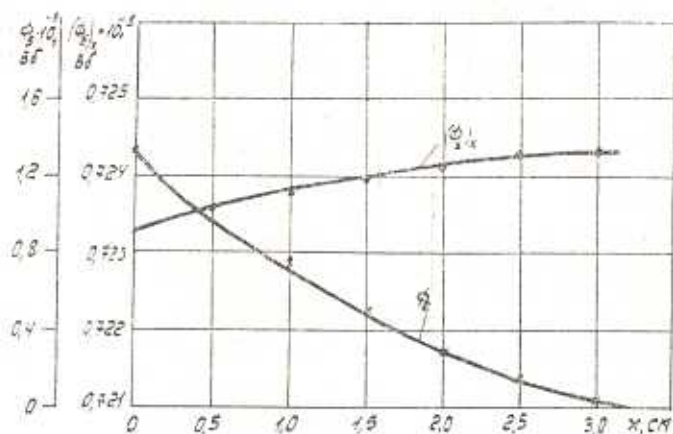


Рис. 3. Изменение магнитного потока вдоль длины магнитопровода.

Разработанная методика расчета позволяет решить общую задачу минимизации погрешности измерения токоизмерительных клещей при заданном диапазоне измеряемых токов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таев Н. С. и др. Основы теории электрических аппаратов. — М.: Высшая школа, 1987. — 351 с.
2. Буль Б. К. Основы теории и расчета магнитных цепей. — М.: Энергия, 1964. — 463 с.
3. Пятин Ю. М. Постоянные магниты: Справочник. — М.: Энергия, 1971. — 375 с.