

вычисляем вносимые в контур параметры интегрированием по всей поверхности изделия. В результате получены выражения для вносимых параметров ВТП 3-го типа

$$R_{\text{вн } k} = \frac{K_3 K_{\Phi} W^2}{32\pi^2} \sqrt{\frac{\omega \mu_2}{2\sigma_2}} \left[\varphi_r \left(\frac{y_0}{a}; \frac{b}{a} \right) + 0,04 \varphi_6 \left(\frac{y_0}{a}, \frac{b}{a} \right) \right]; \quad (6)$$

$$L_{\text{вн } k} = -\frac{K_3 K_{\Phi} W^2}{4\pi} a \mu_1 \left\{ F \left(\frac{y_0}{a}, \frac{b}{a} \right) - \frac{1}{8\pi} \sqrt{\frac{\mu_2}{2\omega \sigma_2}} \times \right. \\ \left. \times \left[\varphi_r \left(\frac{y_0}{a}, \frac{b}{a} \right) + 0,04 \varphi_6 \left(\frac{y_0}{a}, \frac{b}{a} \right) \right] \right\};$$

где $\varphi_r \left(\frac{y_0}{a}, \frac{b}{a} \right)$, $\varphi_6 \left(\frac{y_0}{a}, \frac{b}{a} \right)$ и $F \left(\frac{y_0}{a}, \frac{b}{a} \right)$ — функции, зависящие от геометрических параметров системы «изделие — круговой контур с током».

Таким образом, получены основные математические зависимости для выходных параметров ВТП при контроле проводящих изделий сложной формы.

С использованием полученных зависимостей строятся годографы для полных вносимых импедансов ВТП, определяются выходные характеристики и основные закономерности, выполняется сравнительный анализ различных типов ВТП, что является математической основой разработки методов схемной и алгоритмической коррекции для уменьшения избыточности измерительной информации ВТП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисов В. А., Шатерников В. Е., Лелеков П. А., Куликов В. В. Бесконтактный пробник для контроля биений поверхностей коллекторов. «Электромеханика», Известия ВУЗов, № 2, 1970.
2. Денисов В. А., Шатерников В. Е. Устройства для контроля механических факторов коммутации коллекторных электрических машин. «Электротехника», № 5, 1971.
3. Середенин В. И. Контроль перемещений при высоких температурах. М.-Л., Изд-во «Энергия», 1967.
4. Лагунтьев М. А. Вариационный метод в краевых задачах для систем уравнений эллиптического типа. М, Изд-во АН СССР, 1962.
5. Тозони О. В. Математические модели для расчета электрических и магнитных полей. Киев. «Наукова думка», 1964.
6. Быховский Ю. С., Старобинский Н. М. Метод расчета параметров, вносимых в круговой контур проводящей поверхностью. Научные труды ВУЗов Поволжья, вып. II, Куйбышев, 1965.

Л. М. Капитонова, Н. М. Старобинский

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНО-УСИЛИТЕЛЬНЫХ ИНВЕРТОРОВ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ ДАТЧИКОВ С НИЗКИМ УРОВНЕМ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА

Большой класс первичных преобразователей (термопары, термометры сопротивления, тензодатчики и др.) имеют выходные сигналы низкого уровня ($0 \div 50$ мВ).

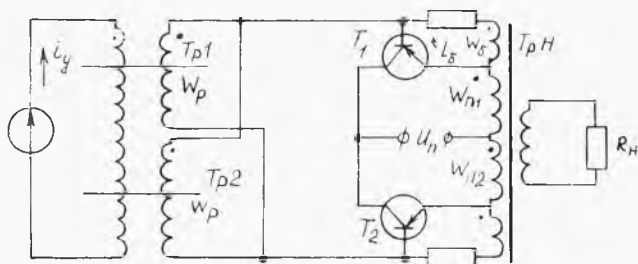


Рис. 1

Для преобразования информации таких датчиков в форму, удобную для ввода в ЭЦВМ, все шире используются методы, основанные на промежуточном преобразовании сигналов в частоту.

Обычно такие устройства содержат усилитель постоянного тока и генератор управляемой частоты, при этом к усилителю тока предъявляются весьма высокие требования. Это приводит к значительному усложнению устройства. Применение его становится целесообразным только при использовании на нескольких измерительных каналах, что в свою очередь выдвигает не менее сложную задачу коммутации сигналов низкого уровня.

Применение магнитно-усилительных инверторов позволяет отказаться от предварительного усиления преобразуемого напряжения, обеспечить высокую линейность характеристики преобразования при сравнительно простой реализации, что особенно важно при использовании преобразователя в многоканальной системе.

Схема преобразователя (инвертора) на базе обычного магнитного усилителя (МУ) приведена на рис. 1. Для того, чтобы частота на выходе инвертора была пропорциональна входному сигналу, необходимо, чтобы переключение транзисторов T_1 , T_2 происходило при насыщении одного из трансформаторов магнитного усилителя, подмагничиваемого током датчика, тогда

$$f = F_1 [\Delta B (i_y)] = F_2 (i_y),$$

где f — частота на выходе инвертора; ΔB — изменение индукции в сердечнике МУ; i_y — ток обмотки управления МУ.

При этом параметры нагрузочного трансформатора должны обеспечить его работу в линейном режиме. Зависимость частоты выходного напряжения от управляющего сигнала является выходной характеристикой преобразователя (ее часто называют характеристикой управления).

Важными показателями работы преобразователя являются чувствительность схемы, линейность характеристики управления, быстродействие.

Характеристика управления инвертора на базе обычного магнитного усилителя на рабочем участке описывается следующим выражением:

$$f = \frac{(R_6 + r_p)^2 i_y'}{L_s \left[(U_n + n_6 \cdot U_n + i_y' r_p) \ln \frac{j_y + j_p}{j_y + j_p + \beta i_{\beta_6} n_6} + \beta n_6 i_{\beta_6} (R_6 + r_p) \right]}, \quad (1)$$

где R_6 — сопротивление в цепи базы транзисторов $T_1, (T_2)$;

r_p — сопротивление рабочих обмоток;

L_s — индуктивность в области насыщения;

U_n — напряжение питания.

$$j_p = \frac{U_n + n_6 U_n}{R_6 + r_p}; \quad j_y = \frac{i_n' r_p}{R_x + r_p};$$

β — коэффициент усиления по току транзистора $n_6 = \frac{\omega_{\beta}}{\omega_n}$.

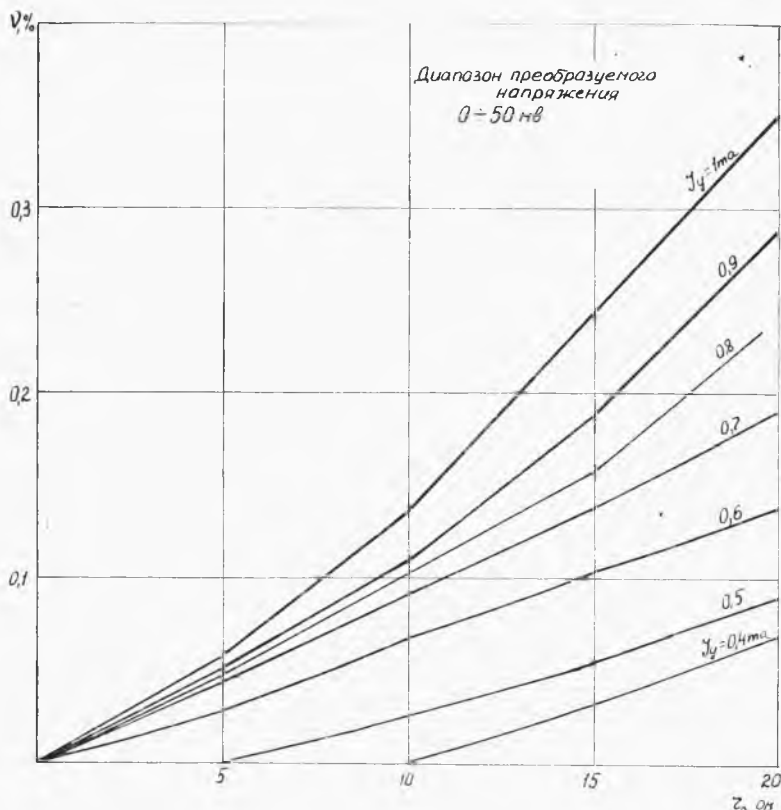


Рис. 2а

Как видно из выражения (1), зависимость частоты от тока управления имеет нелинейный характер. Поскольку эта зависимость представляет собой трансцендентную функцию, то получение аналитического выражения для погрешности нелинейности затруднительно. Поэтому оценка нелинейности характеристики управления производится следующим образом. На ЭВМ были рассчитаны характеристики по выражению (1) и производилось их сравнение с линейными характеристиками, рассчитанными по формуле

$$f = S \cdot I_y(r), \text{ где}$$

$$S = \frac{df}{dl} = \text{const.}$$

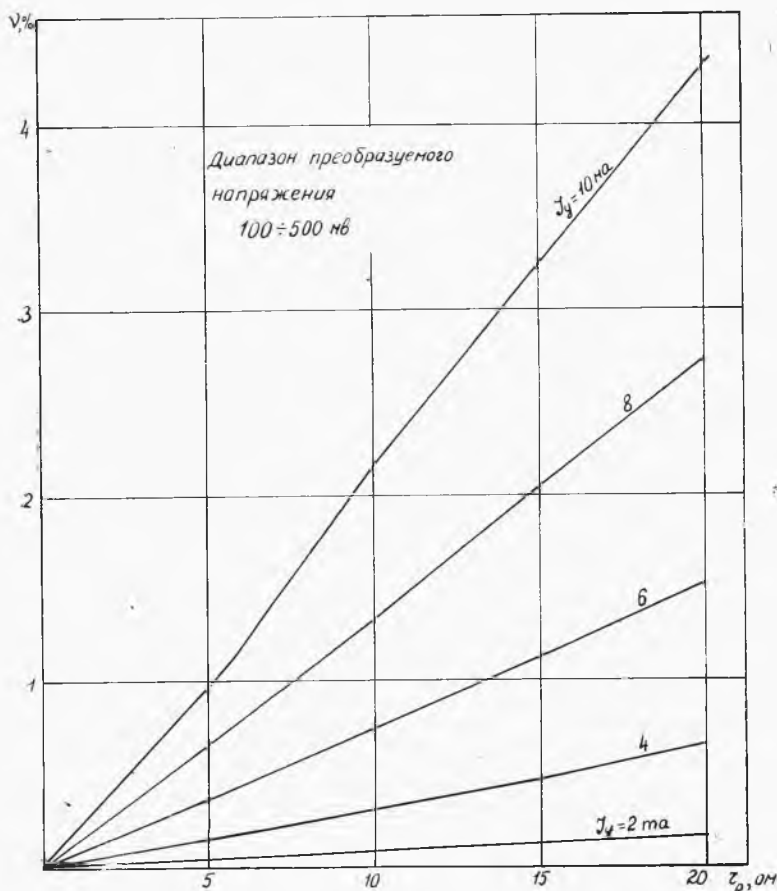


Рис. 26.

Относительная погрешность нелинейности определялась как отношение разности частот, найденных из (1) и (2), к девятикратности частоты ($f_k - f_n$), соответствующей заданному диапазону изменения управляющего сигнала.

Зависимость относительной погрешности нелинейности от тока управления и сопротивления рабочих обмоток приведена на рис. 2а, 2б. При увеличении сопротивления обмоток r_p от 5 до 20 *ом* погрешность нелинейности возрастает почти в 6 раз. Для уменьшения нелинейности характеристики управления необходимо, чтобы величина r_p не превышала 5÷10 *ом*.

При возрастании тока управления погрешность от линейности также возрастает. В диапазоне преобразуемых напряжений 0—50 *мв*, где максимальная величина тока управления составляет $I_{y\max} = 1$ *ма*, погрешность нелинейности не превышает $\nu = 0,35\%$, в то время как в диапазоне $U_y = 100 \div 500$ *мв*, где $I_{y\max} = 10$ *ма*, $\nu = 4,25\%$. Это еще раз подтверждает целесообразность использования магнитно-усилительных инверторов в режиме преобразования сигналов датчиков низкого уровня, где они имеют высокую линейность характеристики преобразования.

Экспериментальные данные довольно точно совпадают с теоретическими выводами. Экспериментальный образец преобразователя, выполненного на сердечниках из пермаллоя типа 79НМ при $r_p = 12$ *ом* в диапазоне напряжений 0÷20 *мв* имеет погрешность от нелинейности, определенную методом наименьших квадратов $\nu^\circ = 0,23\%$.

Весьма важным вопросом при применении магнитно-усилительных инверторов для преобразования информации датчиков с низким уровнем выходного сигнала является обеспечение достаточной крутизны характеристики преобразования или чувствительности.

Крутизна характеристики управления у магнитно-усилительных инверторов при выборе оптимальных геометрических размеров сердечников, параметров схемы и оптимального диаметра обмоточного провода может достигать $1000 \div 1500 \frac{\text{Гц}}{\text{мВ}}$ [1]. Практически для обеспечения необходимой разрешающей способности устройства достаточна чувствительность порядка $150 \div 200 \frac{\text{Гц}}{\text{мВ}}$. Высокая чувствительность позволяет при работе с датчиками в системах телеметрии вводить дополнительное сопротивление в цепь управления для устранения погрешности от изменения сопротивления линии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Капитонова Л. М., Старобинский Н. М. К вопросу чувствительности магнитно-усилительного инвертора в режиме преобразования сигналов низкого уровня. Труды IV симпозиума по автоматизации научных исследований морей и океанов. Севастополь, 1971.