

МАГНИТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ



АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

65-7
118

МАГНИТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ
АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНИКИ,
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ
И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

ТРУДЫ ВСЕСОЮЗНОГО
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОВЕЩАНИЯ

(Львов, сентябрь 1962 г.)



КИЕВ — 1964

В сборник включены доклады, посвященные магнитным усилителям и модуляторам, в том числе магнитомодуляционным датчикам; магнитным материалам, сердечникам и их контролю; магнитным преобразователям; магнитным элементам цифровой техники, магнитным запоминающим устройствам и вопросам перемагничивания.

Значительное внимание удалено повышению метрологических характеристик магнитомодуляционных датчиков, модуляторов, усилителей и преобразователей, а также экономичности и надежности магнитных элементов. Представлены также работы, посвященные параметронам, электромагнитным устройствам с невзаимными свойствами, элементам с многодырочными сердечниками, криотронам, варикондам.

Сборник рассчитан на научных и инженерно-технических работников, а также студентов старших курсов вузов, занимающихся автоматикой, телемеханикой, измерительной и вычислительной техникой.

Редакционная коллегия:

М. П. Афанасенко (секретарь), канд. техн. наук Р. Я. Беркман, канд. техн. наук Б. И. Блажкевич, член-кор. АН УССР В. Н. Михайловский (ответственный редактор), канд. техн. наук Л. А. Синицкий, доктор техн. наук М. А. Розенблат



КИЕВСКАЯ КНИЖНАЯ ТИПОГРАФИЯ № 5

ПРЕДИСЛОВИЕ

Магнитные и магнитно-полупроводниковые элементы, основанные на использовании нелинейного характера процессов намагничивания и явления гистерезиса ферромагнитных материалов, по-прежнему относятся к числу наиболее перспективных и прогрессивных технических средств автоматики, телемеханики, измерительной и вычислительной техники и связи и находят все более широкое и разнообразное применение в этих и других областях техники. Применение магнитных элементов значительно повышает надежность и срок службы аппаратуры, упрощает ее конструкцию и эксплуатацию, открывает новые технические возможности.

В зависимости от типа и назначения аппаратуры применение магнитных элементов обычно также дает повышение к. п. д., уменьшение габаритов, повышение быстродействия, уменьшение потребляемой мощности, повышение чувствительности и точности, удешевление аппаратуры или другие существенные выгоды.

Решение многих технических задач оказывается возможным лишь благодаря разработке и применению соответствующих магнитных элементов.

За последние годы в нашей стране достигнуты определенные успехи в области теории, разработки и применения различных типов магнитных элементов. В настоящее время созданы сложные системы управления, вычислительные машины и измерительная аппаратура, выполненные практически полностью на магнитных и магнитно-полупроводниковых элементах. Некоторые типы магнитных элементов выпускают серийно. Однако уровень развития и особенно внедрения магнитных элементов все еще отстает от потребностей народного хозяйства.

Все эти факторы определяют большую значимость результатов и темпов развития работ по магнитным элементам и широкий интерес к ним научно-технической общественности.

10—16 сентября 1962 г. во Львове состоялось Всесоюзное совещание по магнитным элементам автоматики, телемеханики, измерительной и вычислительной техники, созданное Комиссией по бесконтактным магнитным элементам АН СССР, секцией научного приборостроения Государственного комитета Совета Министров УССР по координации научно-исследовательских работ, Институтом машиноведения и автоматики АН УССР, Львовским политехническим институтом, Львовским отделением НТО, Приборпромом и Институтом автоматики и телемеханики.

В работе совещания принимали участие более 600 представителей 163 научно-исследовательских и учебных организаций, конструкторских бюро и промышленных предприятий из 32 городов Советского Союза. На совещании было прочитано и обсуждено свыше 120 докладов и сообщений, посвященных теории, расчету, проектированию, технологиям изготовления и контролю магнитных элементов.

Заседания Совещания проходили в пяти секциях:

1) магнитные усилители и магнитные модуляторы; 2) магнитные элементы цифровой техники; 3) магнитные запоминающие устройства и вопросы перемагничивания; 4) магнитные материалы, сердечники, их контроль; 6) магнитные преобразователи.

На первой секции обсуждались доклады по расчету магнитных усилителей и модуляторов, разработке унифицированных типов магнитных усилителей, повышению быстродействия и надежности схем с магнитными усилителями.

Большое внимание было уделено повышению точности преобразования и снижению нижнего порога чувствительности магнитных модуляторов и магнитомодуляционных датчиков.

На второй секции, наряду с докладами, посвященными широко известным логическим элементам, во многих докладах рассматривались новые перспективные элементы — параметроны. Исследованы условия самовозбуждения параметронов, методы построения схем с параметронами, улучшения быстродействия и надежности работы.

На третьей секции главное внимание было уделено вопросам динамики перемагничивания различных типов сердечников и созданию новых типов запоминающих устройств.

Характерной особенностью настоящего совещания было то, что значительное внимание было уделено вопросам контроля, технологии и качества магнитных материалов. Доклады на эту тему были прочитаны на четвертой секции. Значительный интерес представляли доклады, посвященные параметрам ленточных сердечников, влиянию технологических факторов на магнитные свойства сердечников, температурной стабильности пермалловых сплавов.

Пятая секция главное внимание уделила преобразователям частоты, преобразователям постоянного тока в переменный, измерительным устройствам с применением магнитных преобразователей.

Публикуемые в настоящем сборнике доклады были отобраны редакцией из соображений оригинальности результатов и важности их для народного хозяйства. Доклады, по которым ранее были опубликованы статьи в периодической печати, как правило, не включены в настоящий сборник.

Оргкомитет и редакционная коллегия настоящего сборника разделяют мнение всех участников Совещания, что выход в свет материалов Совещания существенно ускорит и расширит внедрение новых результатов исследований и разработок высоконадежных бесконтактных элементов и устройств в различные области техники.

РАЗДЕЛ I

МАГНИТНЫЕ УСИЛИТЕЛИ И МАГНИТНЫЕ МОДУЛЯТОРЫ

число B и производится вторичный переброс ПС-2. В итоге на ПС-2 образуется число, соответствующее $A - B$ в прямом коде*. Это число анализируется дешифратором «прямоугольность».

Если величина $A - B$ лежит в заданных пределах, то сигнал с дешифратора «прямоугольность» разрешает включение одного из восьми электромагнитов сортов ферритов, в зависимости от величины A , которая хранится на ПС-1. Если разность $A - B$ вследствие плохой прямоугольности феррита превышает допустимую величину, то сигнал с дешифратора «прямоугольность» включает только электромагнит брака «прямоугольность» и поступает на блок управления для выработки импульса общего сброса. Блоки управления и сортировки выполнены на стандартных полупроводниковых элементах вычислительной машины УМШН.

Блок усиления и преобразования и генератор выполнены на лампах. Длительность всех измерительных операций 6 мсек. Точность измерения амплитуды импульса 2%. Точность измерения временного сдвига—5%. Механическая часть автомата настроена на разбраковку ферритовых сердечников с наружным диаметром 1,2 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. И. Грязнов, Приборостроение, 1957, № 8.
2. Р. Г. Офенгендэн, В. З. Серман, Автомат для сортировки ферритовых сердечников, сб. «Вопросы вычислительной техники», Гостехиздат УССР, 1961.
3. Р. Г. Офенгендэн, В. З. Серман, Авторское свидетельство № 134768, Бюллетень изобретений, № 1, 1961.

* Вычитание можно осуществить, используя реверсивную пересчетную схему.

УПРОЩЕННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ КОНТРОЛЯ И ПОДБОРА СЕРДЕЧНИКОВ

М. В. ОЛЬШВАНГ

Контроль и подбор сердечников является одним из самых ответственных этапов технологического процесса производства магнитных усилителей. В серийном и массовом производстве для этого целесообразно применять специальные установки. Требование универсальности, часто предъявляемое к таким установкам, приводит к необходимости снабжать их сложными электронными устройствами (чувствительные ламповые вольтметры среднего значения переменного тока, мощные ламповые генераторы однополярных импульсов и т. д.). Это усложняет их изготовление и эксплуатацию. Ниже описывается упрощенная установка, предназначенная для контроля и подбора витых сердечников, работающих на частоте от 50 гц до нескольких килогерц. В частности, на частоте 400—500 гц установка позволяет контролировать сердечники начиная от сердечников из пермаллоя 79НМА размером 42/35-10 и кончая сердечниками из холоднокатаной стали размером 95/160-40.

Для контроля сердечников с внутренним диаметром 20—35 мм установка снабжена специальным штепсельным разъемом. Установка позволяет снять кривую размагничивания сердечника (1) магнитного усилителя в режиме вынужденного намагничения, которая полностью определяет характеристику вход-выход магнитных усилителей, работающих в режиме вынужденного намагничения (с подавленными четными гармониками).

Блок-схема установки приведена на рис. 1, а.

На рис. 1, б показан примерный вид реальной кривой размагничивания.

В рабочий полупериод сердечник перемагничивается от источника однополупериодного выпрямленного синусоидального тока 1, включенного на рабочую обмотку w_p ; в управляющий полупериод — от источника постоянного тока с дросселем для подавления переменной составляющей тока 2, включаемого на обмотку управления w_u . Для измерения изменения индукции в сердечнике используется третья измерительная обмотка w_i , включаемая на широкополосный вольтметр среднего значения напряжения с малым потреблением 4.

Все обмотки осуществляются с помощью штепсельного разъема. Для упрощения схемы измерения в установке использован способ выпрямления с помощью полупроводникового ключа с последующим измерением среднего значения однополупериодного выпрямленного напряжения микроамперметром с калиброванным сопротивлением. Такой способ измерения имеет погрешность, связанную с неравенством по длительности рабочего и управляющего полупериодов вследствие несимметрии результатирующей намагничивающей силы.

В связи с этим погрешность измерения зависимости $\Delta B(H_y)$ может доходить до 10%. Однако при использовании установки для контроля и подбора можно мириться с этой погрешностью при условии, что характер ее неизменен. Важно получить разброс и воспроизводимость измерения не ниже 1—2%, что и обеспечивает данный способ измерения. При измерении индукции насыщения рабочая обмотка подключается к источнику

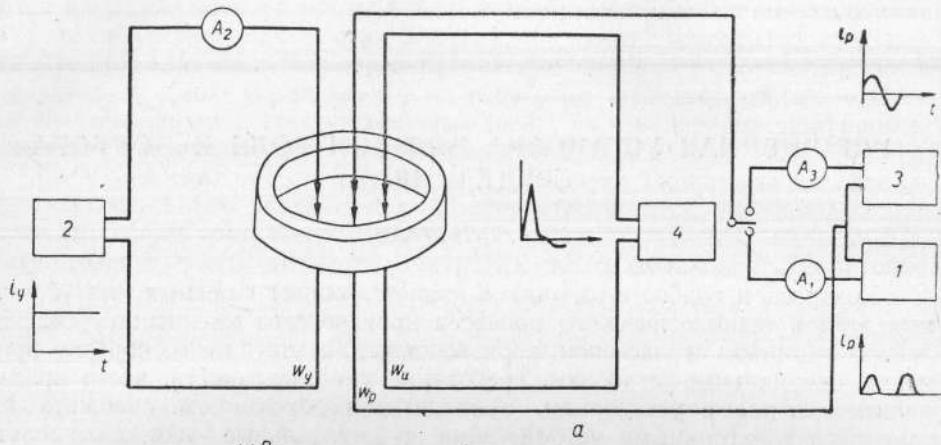


Рис. 1.

синусоидального тока 3 , а ток управления отключается. При этом указанной погрешности вообще нет. Погрешность, вызванная неравенством по длительности рабочего и управляющего полупериодов, полностью устраняется при питании установки от источника напряжения прямогоугольной формы, когда оба полупериода при любой величине тока управления равны.

Изменение индукции в сердечнике определяется по формуле

$$\Delta B = \frac{I_u R}{f w_u S} \cdot 10^2, \text{ кгс}, \quad (1)$$

где I_u — ток микроамперметра, мкА; R — сопротивление измерительной цепи, ком; f — частота питающего напряжения, герц; w_u — число витков измерительной обмотки; S — сечение сердечника, см².

Напряженность поля управления определяется по формуле

$$H_y = \frac{I_y w_y}{l_c}, \text{ асм}^{-1}, \quad (2)$$

где I_y — ток управления, а; w_y — число витков обмотки управления; l_c — средняя длина сердечника, см.

По найденным значениям ΔB и H_y можно определить динамическую проницаемость на линейном участке кривой размагничивания

$$\mu_d = \frac{\Delta B_2 - \Delta B_1}{H_{y_2} - H_{y_1}} \cdot 10^{-5}, \quad (3)$$

где $\mu_0 = 0,4\pi \cdot 10^{-8}$ гн/см.

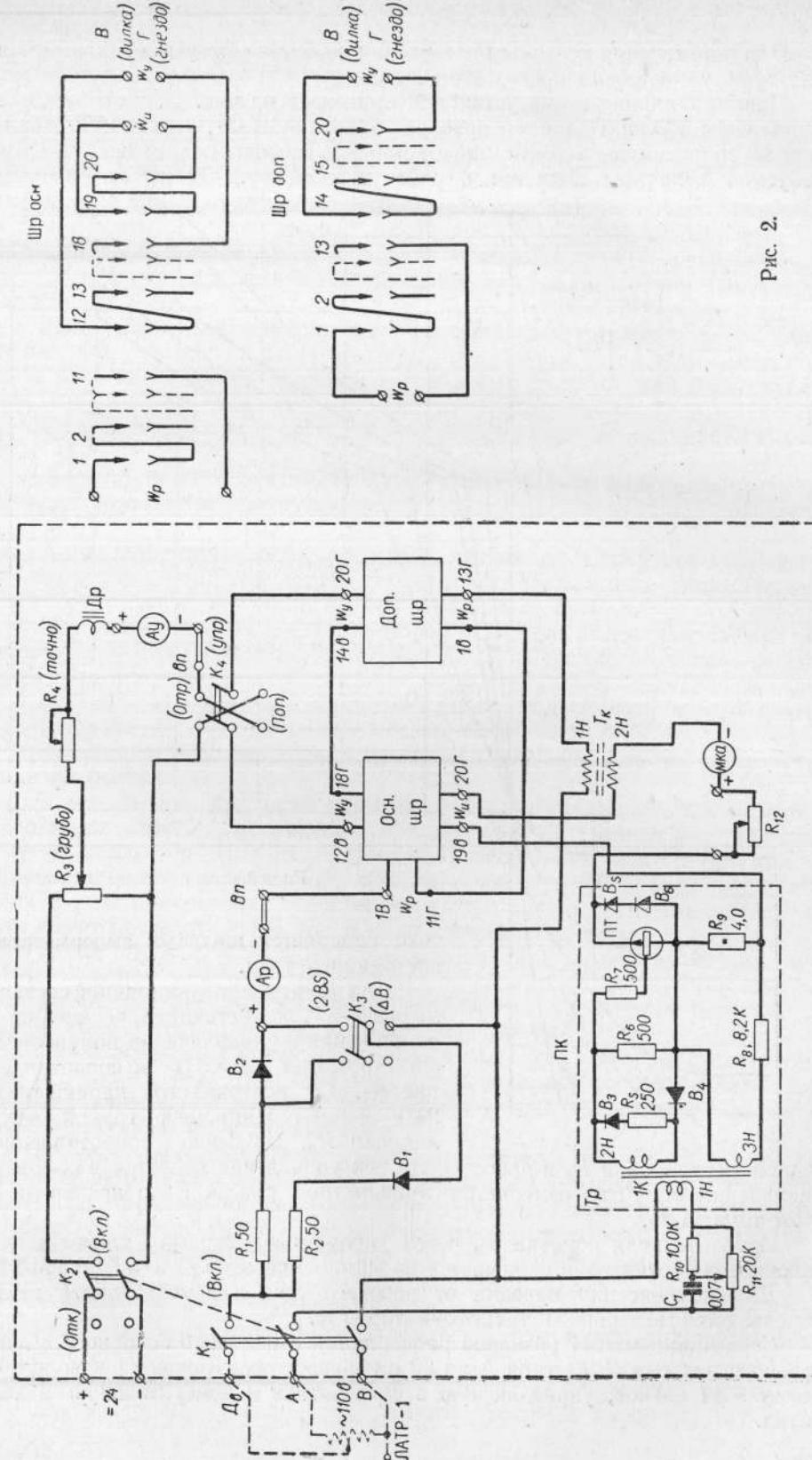


Рис. 2.

Для определения индукции насыщения рабочая обмотка подключается к источнику синусоидального тока I_3 .

Принципиальная схема установки приведена на рис. 2. От источника напряжения 500 в, например преобразователя АМГ-11, через ЛАТР, балластное сопротивление R_1 и диод типа Д-215 однополупериодный ток требуемой величины подается в рабочую обмотку. Величина рабочего

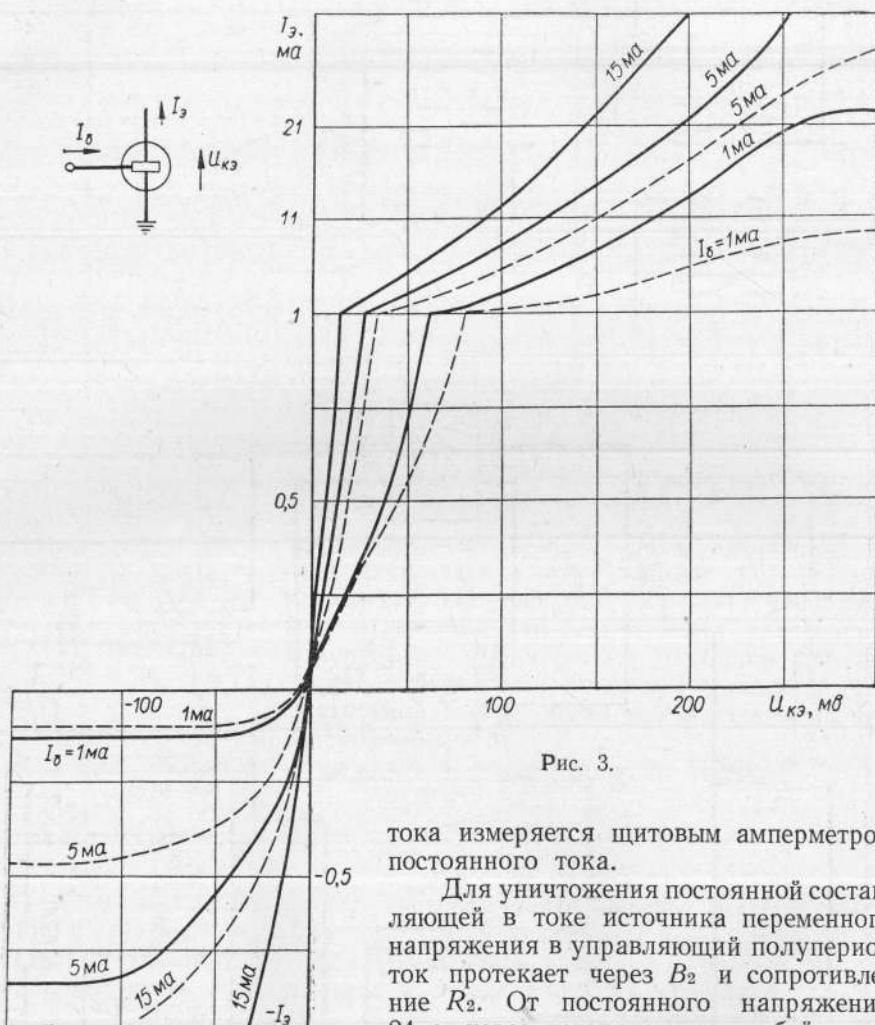


Рис. 3.

тока измеряется щитовым амперметром постоянного тока.

Для уничтожения постоянной составляющей в токе источника переменного напряжения в управляющем полупериод ток протекает через B_2 и сопротивление R_2 . От постоянного напряжения 24 в через потенциометр грубой регулировки R_3 , добавочное сопротивление

тонкой регулировки R_4 и дроссель Др ток управления подается в обмотку управления w_y . Ток измеряется амперметром класса 1,5 с пределами 1 и 2а типа М-24.

Измерительная обмотка w_i через полупроводниковый ключ и добавочное сопротивление включается на микроамперметр класса 1 типа М-24.

Для компенсации наводки от рабочего тока в измерительной цепи используется воздушный трансформатор TK .

Сердечники малых размеров проверяются с помощью основного штепсельного разъема (ШР) типа А на 20 штырьков, образующего рабочую обмотку в 11 витков, управляющую в семь витков и измерительную в два витка.

Для сердечников больших размеров из холоднокатаной стали вводится дополнительный ШР так, что при включении на два штепсельных разъема $w_p = 11 + 13 = 24$ и $w_y = 7 + 7 = 14$ витков.

Вследствие ограниченной мощности источника питания не удается обеспечить перемагничивание синусоидальным током для сердечников больших размеров. Вследствие этого момент прохождения через нуль производной потока в сердечнике относительно нуля напряжения питания меняется в зависимости от типоразмера сердечника. При этом для правильного измерения должен изменяться и момент «замыкания» полупроводникового ключа ПК, что обеспечивается питанием цепи возбуждения ПК через цепь R_{10} , R_{11} , C_1 .

При увеличении сопротивления, шунтирующего емкость C_1 , и одновременном уменьшении сопротивления, шунтирующего сопротивление R_{10} , фаза тока возбуждения меняется в требуемых пределах при незначительном изменении его величины.

Полупроводниковый ключ ПК построен на полупроводниковом триоде типа П-103.

Характеристики триодов этого типа при инверсном включении (использовании в качестве инжектирующего электрода коллектора) приведены на рис. 3.

Характеристики показывают, что по отношению к току, протекающему от коллектора к эмиттеру, триод можно представить в виде сопротивления $r \cdot 10 \text{ ом}$ и согласно включенной начальной э. д. с. 2—4 мв.

При замыкании базы с коллектором и подаче плюса напряжения на эмиттер ток через триод не превышает долей микроампера вплоть до напряжения в 20—30 в.

На этих двух свойствах и основана работа полупроводникового ключа ПК (рис. 2).

Управление ПК осуществляется через разделительный трансформатор тока от обмотки w_2 .

В полупериод, когда ток течет по цепи сопротивление R_7 — коллекторный переход, B_4 ПК замкнут. В следующий полупериод база замыкается на коллектор через сопротивление, равное 1 ком, и по отношению к положительному напряжению эмиттер-коллектор ПК разомкнут. Но если в этот полупериод напряжение эмиттер-коллектор отрицательно, то ток может протекать через R_6 , R_7 и эмиттерный переход.

Таким образом, в отличие от контактного ключа, полупроводниковый ключ в данной установке работает как выпрямитель при нулевом сдвиге фаз выпрямленного напряжения и напряжения управления ключом, и теряет выпрямительные свойства при сдвиге фаз 180° .

Для компенсации начальной э. д. с. триода (см. выше) на сопротивление R_9 , равное 4 ом, подается ток, ограничиваемый сопротивлением R_8 . Сопротивление R_5 служит для перемагничивания трансформатора в полуperiод разомкнутого состояния ПК.

В целях уменьшения потерь и открытия триода уже в начале полупериода трансформатор выполнен на торoidalном сердечнике из феррита 2000. Для ограничения перенапряжений, возникающих при коммутации питания установки, триод шунтирован двумя диодами Д-809. Таким образом, ПК обеспечивает измерение напряжений с амплитудой от нескольких милливольт до 20 в.

В зависимости от величины потока насыщения сердечников разных типоразмеров последовательно с микроамперметром включается добавочное сопротивление R_{12} .

В случае, если сердечники малых размеров не могут быть надеты на ШР для контроля, на них можно нанести обмотки в несколько витков и

подключить к соответствующим клеммам на правой боковой стенке установки. Сюда же подключается и специальный ШР для контроля сердечников с внутренним диаметром 20—35 мм. Переключателем K_3 — ΔB — $2B_s$ рабочая обмотка подключается, соответственно к источнику однополупериодного или переменного синусоидального тока.

В случае необходимости установка может использоваться с внешними измерительными приборами, для чего перемычка между клеммами «+» прибора и $BП$ (внешний прибор) снимается и прибор подключается к клеммам «—» и $BП$.

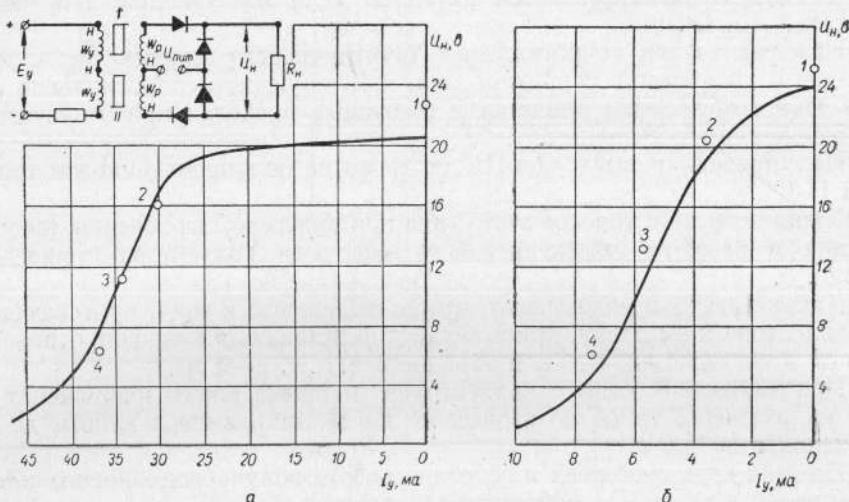


Рис. 4.

Для контроля и подбора сердечников достаточно снять три-четыре наиболее характерные точки кривой размагничивания. При такой методике можно проверить в час 50—100 сердечников.

На рис. 4 приведены экспериментальные характеристики магнитных усилителей с самоподмагничиванием и выходом на постоянном токе, выполненные на витых сердечниках.

На рис. 4, а для сердечника ОЛ 35/42,5-7,5; 50 НП, толщина 0,05 мм, $w_p = 720$; $w_y = 150$; $R_y = 1$ ком; $U_{\text{пит}} = 30$ в, $f = 400$ гц; $R_h = 120$ ом. На рис. 4, б для сердечника ОЛ 35/42,5-10; 79 НМА, $w_p = 1000$; $w_y = 80$; $R_y = 1$ ком; $U_{\text{пит}} = 40$ в; $f = 400$ гц; $R_h = 120$ ом, толщина 0,1 мм. Там же нанесены точки характеристики, рассчитанной по кривой размагничивания, снятой с сердечников магнитных усилителей на установке. Расчетные и опытные характеристики хорошо совпадают.

Установка разработана и изготовлена в соответствии с основными положениями, изложенными в работах [1 и 2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. А. Липман, И. Б. Негневицкий, Быстро действующие магнитные и магнитно-полупроводниковые усилители, Госэнергоиздат, М., 1960.
2. Ю. А. Авах, Контроль параметров и характеристик сердечников магнитных усилителей, Госэнергоиздат, М., 1960.

К ВОПРОСУ О ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МАГНИТОМЯГКИХ МАТЕРИАЛОВ

Л. М. ПЕСТОВА

Температурная стабильность магнитных элементов, изготовленных на сердечниках из магнитомягких материалов, в настоящее время является острым вопросом, требующим срочного разрешения. Вопрос этот встает в самых разнообразных областях техники и вынуждает работников научно-исследовательских институтов, заводов широким фронтом взяться за его решение.

Среди сердечников, изготавливаемых из магнитомягких материалов, наиболее температуростабильными в настоящее время считаются витые сердечники из ленточных железоникелевых сплавов. Однако эти сердечники не обладают достаточной стабильностью, не все одинаково удовлетворяют запросам техники.

Температурная стабильность сердечников зависит, с одной стороны, от температурного коэффициента магнитных характеристик, а с другой стороны, от состояния материала в сердечнике после отжига.

Отдельные работы, посвященные изучению температурной зависимости магнитных материалов и изделий из них, далеко недостаточны для удовлетворения запросов современной техники. Эта область познаний в настоящее время занимается накоплением отдельных экспериментальных данных, накоплением фактов, необходимых для дальнейших выводов.

Исследования стабильности работы магнитных элементов должны проводиться и частично проводятся по следующим направлениям.

1. Исследование температурной стабильности магнитных свойств ленточных магнитомягких материалов: определение температурного коэффициента магнитных характеристик ленточных материалов различных марок и различных толщин проката, измерение при разных температурах кривых намагничивания, петель гистерезиса, частных циклов перемагничивания и т. д. Испытания должны проводиться при отсутствии каких-либо механических воздействий на ленты магнитного материала. Частично эта работа проводилась в ЦНИИЧМ.

2. Определение температурной стабильности сердечников в зависимости от технологических условий его изготовления. Испытания должны проводиться на сердечниках, упакованных в каркасы. Каркасы предназначены для предохранения сердечников от внешних воздействий, но избежать механических напряженостей полностью не представляется возможным. Уже при охлаждении после отжига в сердечнике появляются механические напряжения. Измерения следует проводить и в статических, и в динамических условиях с контролем при испытаниях непосредственно рабочих характеристик.

ПОСТРОЕНИЕ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ НА МАГНИТНЫХ УСИЛИТЕЛЯХ С ПИТАНИЕМ ИМПУЛЬСАМИ ТОКА

Н. П. БРУСЕНЦОВ

В 1956—1957 гг. в Вычислительном центре Московского государственного университета были разработаны элементы для построения цифровых схем*, являющихся вариантом магнитных усилителей с питанием импульсами тока [1]. В последующие годы опыт применения этих элементов в ряде устройств показал, что они могут надежно работать в цифровых схемах с тактовой частотой 200 кгц при нормальных климатических условиях.

Основными достоинствами элементов являются: простота устройства и недефицитность используемых деталей (ферритовые сердечники с прямоугольной петлей гистерезиса и германиевые диоды), большой срок службы, незначительное потребление энергии и, как будет здесь показано, возможность с их помощью экономно строить различные логические узлы. В 1961 г. элементы освоены в серийном производстве.

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ

Основным способом осуществления логических операций при помощи магнитных усилителей с питанием импульсами тока является алгебраическое сложение ампер-витков, создаваемых управляющими (входными) обмотками. На рис. 1 показано выполнение этим способом операции запрета $A\bar{B}$.

При описании работы схемы удобно рассматривать магнитный усилитель как управляемый трансформатор тока, у которого в цепь нагрузки последовательно включен диод, запертый напряжением E . Диод предотвращает возникновение тока в цепи нагрузки трансформатора при намагничивании сердечника управляющими импульсами. Напряжение E предотвращает возникновение токов в цепях связи трансформаторов под действием э. д. с. управляющих обмоток.

Введением этого напряжения достигается коренное улучшение характеристик усилителя: 1) необходимая для уверенного срабатывания энергия управляющего импульса не зависит от количества связанных со входами усилителя цепей и определяется практически только потерями на перемагничивание сердечника; 2) выход усилителя является совершен-

* В работе, связанной с созданием элементов, на различных этапах участвовали сотрудники Вычислительного центра МГУ В. М. Березин, В. Я. Бедрединов, Л. М. Бедрединова, В. В. Веригин, В. В. Веригина, Н. Д. Дмитриади, Е. В. Журавлева, Н. С. Карцева, С. П. Маслов, В. П. Розин, А. М. Тишуллина, Б. Я. Фельдман.

ным генератором тока, причем амплитуда выходных импульсов i_{cb} в первом приближении пропорциональна амплитуде импульсов тока питания. В реальных схемах напряжение E получается пропусканием токов питания i_1 и i_{II} через общее для всех цепей связи нелинейное сопротивление, обладающее характеристикой стабилитрона [2].

Стабильность амплитуды импульсов тока на выходе усилителя позволяет просто стандартизовать управляющие ампер-витки: все входные обмотки должны иметь одинаковое число витков и соединяться друг с другом во избежание разветвлений тока только последовательно. При

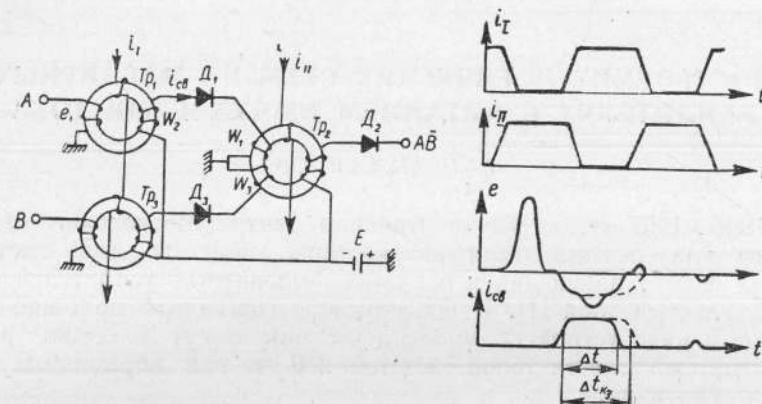


Рис. 1.

этом ампер-витки, создаваемые возбужденными входными обмотками, будут различаться только знаком, который определяется направлением включения обмотки. Положительно включенная обмотка (положительный вход усилителя) создает ампер-витки, противоположные по знаку ампер-виткам обмотки питания. Возбуждение положительной обмотки импульсом тока в течение управляющего полупериода вызывает появление импульса на выходе усилителя в следующем рабочем полупериоде. Отрицательно включенная или «запрещающая» обмотка при возбуждении ее импульсов тока полностью компенсирует эффект положительной обмотки и, таким образом, запрещает передачу сигнала усилителем.

На рис. 1 усилитель с трансформатором Tp_2 , выполняющий операцию $A\bar{B}$, имеет положительную обмотку w_1 и отрицательную обмотку w_3 . Импульс тока на выходе усилителя появляется только в том случае, если была возбуждена обмотка w_1 и не была возбуждена обмотка w_3 .

При изображении магнитных усилителей на логических схемах применяются следующие условные обозначения: усилитель представляется квадратиком, положительные входы — стрелками, направленными к квадратику, обмотки запрета — линиями, перечеркивающими квадратик, выход усилителя — стрелкой, направленной от квадратика. Принадлежность усилителя к первому или второму каналу питания обозначается черточкой, помещенной соответственно под квадратиком или над ним. Схема, данная на рис. 1, может быть изображена условно, как показано на рис. 2.

Наряду с операцией запрета $A\bar{B}$ при построении логических схем на магнитных усилителях используются операции «И», «ИЛИ» и непрерывные серии импульсов.

Операция «И» осуществляется при помощи усилителя с постоянно возбужденной обмоткой запрета. Эта обмотка условно обозначается пере-

черкивающей квадратик линией с кружком на конце (рис. 3). Импульс тока на выходе такого усилителя получается только в том случае, когда на его входы поступят одновременно два совпадающих по времени сигнала.

Операция «ИЛИ» может быть реализована двумя способами:

1) присоединением нескольких выходов к одному входу благодаря наличию диода в выходной цепи каждого усилителя (рис. 4, а); 2) использованием отдельных входных обмоток (рис. 4, б), если соединение выходов нежелательно.

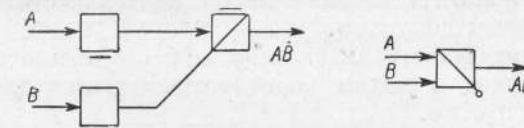


Рис. 2.

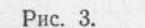


Рис. 3.

Квадратиком с двойным контуром на рис. 4, б обозначен усилитель, рассчитанный на одновременное возбуждение двух положительных входных обмоток. Параллельное присоединение к выходу этого усилителя двух входов является просто условным изображением на логической схеме, которому в действительности соответствует последовательное соединение двух входных обмоток.

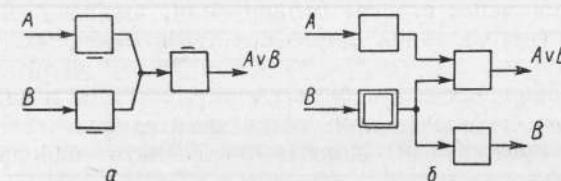


Рис. 4.

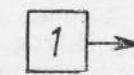


Рис. 5.

Непрерывная серия импульсов получается при помощи усилителя с постоянно возбужденной положительной обмоткой (генератор единиц). Условное обозначение такого усилителя дано на рис. 5.

ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИ ПОСТРОЕНИИ СХЕМ

Составление схем из описанных элементов было бы совсем несложно, если бы входы и выходы этих элементов можно было соединять друг с другом в любых комбинациях, заботясь лишь о правильном осуществлении заданных логических функций.

Использование реальных элементов связано с рядом ограничений, существенно усложняющих построение схем.

Первым ограничением является нагрузочная способность усилителя. Амплитуда импульса тока на выходе усилителя практически не изменяется при варьировании нагрузки в широких пределах, но длительность этого импульса зависит от нагрузки очень сильно. Например, если стандартный усилитель, рассчитанный на возбуждение одного входа, нагрузить двумя входами, то длительность его входного импульса уменьшится на 30%. Эту нестабильность можно ослабить, увеличив потребляемую мощность, однако это приведет к удорожанию элементов, поэтому признано целесообразным допустить значительную нестабильность, учитывая ее при составлении схем. Для построения схем необходимыми оказались усилители с двумя значениями нагрузочной способности: 1) простой

усилитель, — обеспечивающий номинальную длительность импульса при нагрузке одним положительным входом; 2) более мощный усилитель, — обеспечивающий номинальную длительность при нагрузке двумя положительными входами.

Номинальная длительность выходного импульса выбрана такой, чтобы она могла обеспечить уверенное срабатывание усилителя при подаче этого импульса на его положительный вход. Длительность выходного импульса простого усилителя в режиме короткого замыкания (при работе на запрещающую обмотку) выбрана равной длительности импульсов тока питания с минусовым допуском.

Такую же длительность имеет импульс более мощного усилителя при нагрузке на один вход, а режим короткого замыкания для более мощного усилителя недопустим.

Второе ограничение обусловлено тем, что во избежание размагничивающего действия невозбужденных обмоток запрета при перемагничивании сердечника ампер-витками положительной входной обмотки суммарная э. д. с. последовательно соединенных обмоток запрета не должна существенно превышать напряжения E , запирающего диод в цепи связи. Величина напряжения E принята приблизительно равной амплитуде э. д. с., возникающей на одной обмотке, поэтому недопустимо соединение обмоток запрета, расположенных на сердечниках, которые могут перемагничиваться одновременно.

Кроме того, имеются менее строгие ограничения, являющиеся следствием несовершенства гистерезисной характеристики реальных сердечников.

Перечисленные ограничения могут быть сформулированы в виде правил, которые необходимо соблюдать при составлении схем:

1. Выход простого элемента не должен возбуждать одновременно более одного положительного входа.
2. Выход более мощного элемента не должен возбуждать одновременно менее одного и более двух положительных входов.
3. Выход, возбуждающий положительный вход элемента, обладающего обмоткой запрета, должен быть нагружен не менее чем выход, работающий на эту обмотку запрета.
4. Если обмотки запрета нескольких элементов соединены в общую цепь, то недопустимо одновременное срабатывание более чем одного из этих элементов.
5. Количество параллельно соединенных выходов не должно превышать пяти.
6. Количество последовательно соединенных входных обмоток не должно превышать десяти.

ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ СХЕМ

Сформулированные выше ограничения могут показаться слишком тяжелыми для того, чтобы данные элементы можно было практически использовать для построения схем. Однако, если в качестве основного приема построения логики применить переключение одного выходного сигнала между входами нескольких усилителей, соблюсти эти ограничения при составлении реальных схем не так уж трудно.

Простейшей иллюстрацией этого приема является схема, где сигнал A при отсутствии сигнала B проходит через верхний усилитель, а под действием сигнала B переключается в нижний канал (рис. 6, a). Как видно, в схеме этого переключателя соблюдены все перечисленные

выше правила. Аналогичный переключатель на n выходов (рис. 6, б) получается простым добавлением усилителей, выполняющих операцию «И».

Два других полезных приема — применение взаимного запрета сигналов и использование генератора единиц для получения инвертированного сигнала — показаны на примере схемы двухразрядного двоичного дешифратора (рис. 7).

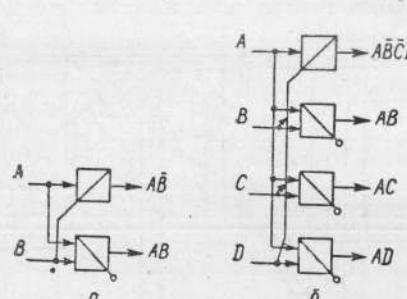


Рис. 6.

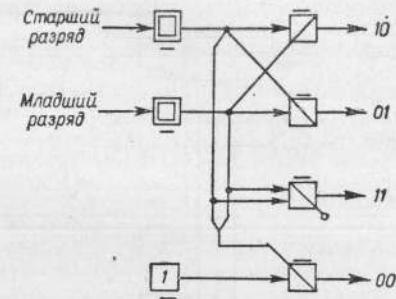


Рис. 7.

ПОСТРОЕНИЕ ТРОИЧНЫХ СХЕМ

При осуществлении цифровых схем, работающих в троичном коде, элементарная троичная ячейка образуется соединением двух магнитных усилителей таким образом, что импульс, поданный на положительный вход первого усилителя, запрещает второй усилитель, а импульс, поданный на положительный вход второго усилителя, запрещает первый усилитель (рис. 8). Применительно к использованию троичной системы счисления с цифрами 1; 0; -1 можно условиться, что наличие импульса на первом (верхнем) входе элемента обозначает цифру 1, наличие импульса на втором входе обозначает цифру -1, отсутствие импульсов на обоих входах соответствует цифре 0. Очевидно, что при одновременном поступлении импульсов на оба входа также получается нулевой эффект, что вполне логично: $1+(-1)=0$. Следует отметить, что наличие этой взаимной компенсации сигналов в троичном элементе существенно повышает устойчивость его работы — в случае, когда сигналы ни на один из входов не подаются, происходит взаимная компенсация поступающих на оба входа элемента паразитных сигналов.

В качестве примера троичной схемы (рис. 9) показан двухразрядный троичный дешифратор. Импульсы, представляющие двухразрядный троичный код, подаются одновременно на входы дешифратора «младший разряд» и «старший разряд». В зависимости от поступившей на входы комбинации получается импульс на одном из девяти выходов дешифратора. При отсутствии импульсов на входах происходит непрерывная выдача импульсов на выход «00».

Интересно отметить, что исключением из схемы троичного дешифратора усилителей и соединений, связанных с «отрицательными единицами», получается двоичный дешифратор, приведенный на рис. 7.

Другими примерами троичных схем являются представленный на рис. 10 полусумматор и построенные на основе его сумматор и счетчик [3, 4]. Работа троичного полусумматора описывается выражениями,

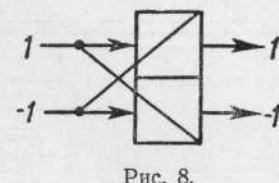


Рис. 8.

определенными цифру разряда суммы S и переноса Q в зависимости от цифр соответствующего разряда слагаемых A и B :

$$S = A\bar{b}_p\bar{b}_n + \bar{B}\bar{a}_p\bar{a}_n + a_n b_n - a_p b_p;$$

$$Q = a_p b_p - a_n b_n,$$

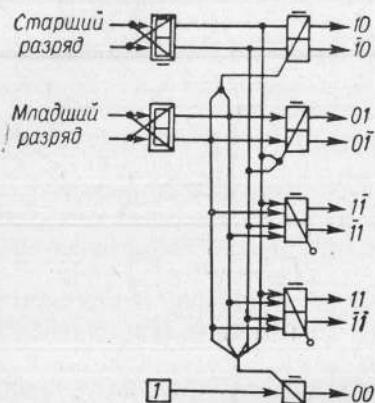


Рис. 9.

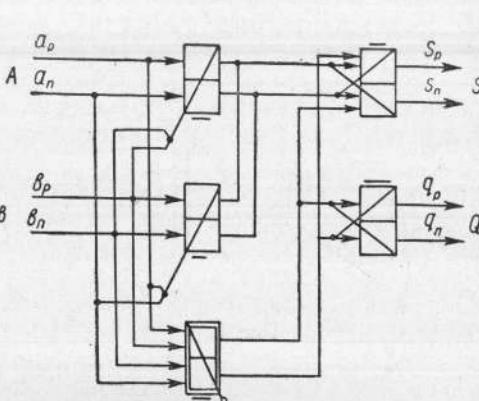


Рис. 10.

Где

$$A = a_p - a_n;$$

$$B = b_p - b_n;$$

a_p, a_n, b_p, b_n — двоичные переменные.

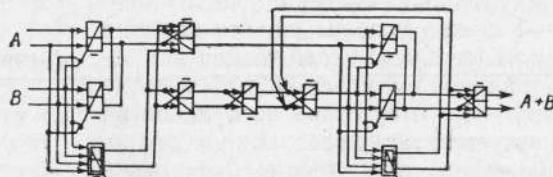


Рис. 11.

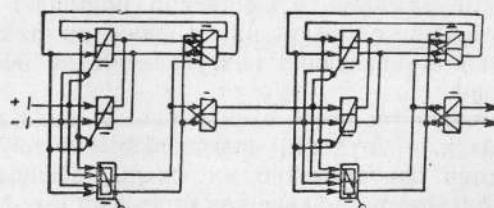


Рис. 12.

Знаки «+» и «-» — употреблены в их обычном арифметическом значении.

Представление троичной переменной в виде разности двух двоичных переменных соответствует реализации троичного элемента в виде двух взаимно скомпенсированных двоичных элементов.

Троичный сумматор (рис. 11) производит сложение чисел с учетом их знаков, т. е. является алгебраическим.

Троичный счетчик (рис. 12) является реверсивным в том смысле, что из числа импульсов, поступивших на положительный вход, вычитается число импульсов, поступивших на отрицательный вход счетчика.

Как и в дешифраторе, исключением из схемы троичного сумматора и счетчика элементов, связанных с «отрицательной единицей», можно получить схемы двоичного сумматора и двоичного счетчика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. П. Брусенцов, Цифровые элементы типа магнитных усилителей с питанием импульсами тока. Всесоюзное совещание по магнитным элементам автоматики, теплоэнергетики и вычислительной техники, М., 1957 (аннотация).
2. Н. П. Брусенцов, Логический элемент. Авторское свидетельство № 145070, «Бюллетень изобретений», 1962, № 4.
3. Н. П. Брусенцов, Сумматор последовательного действия. Авторское свидетельство № 133679, «Бюллетень изобретений», 1960, № 22.
4. Н. П. Брусенцов, С. П. Маслов, Троичный счетчик. Авторское свидетельство № 145065, «Бюллетень изобретений», 1962, № 4.

чика на ячейках типа «И-2» (клапан на два входа) и динамический триггер со счетным входом (T); делитель частоты (деление в 32 раза) на ячейках запрета «З» и задержки «П». Все схемы с управлением к ним и схемами регистрации сбоев составляли 132 ячейки и охватывали все типы ячеек.

Согласно программе испытаний на теплоустойчивость в течение 10 часов ячейки находились в термокамере при температуре $+50^\circ\text{C}$ и работали нормально, без сбоев. Дальше надо было выдержать ячейки в течение четырех часов при температуре $+65^\circ\text{C}$, затем предусматривалась четырехчасовая выдержка их в нормальных условиях, после чего схемы должны нормально работать. В результате испытаний было установлено, что схемы работали без сбоев вплоть до максимальной температуры, установленной программой испытаний ($+65^\circ\text{C}$).

Программой испытаний на холдоустойчивость предусматривалась четырехчасовая работа ячеек при температуре -10°C , при этом не было зафиксировано ни одного сбоя. При дальнейшем снижении температуры было установлено, что схема сумматора-вычитателя работала без сбоев до -18°C , после чего наблюдались массовые сбои: схемы счетчиков продолжали работать при пониженной температуре до -30°C .

После испытаний на предельную температуру (-50°C) в течение двух часов и выдержки в нормальных условиях в течение двух часов схемы работали нормально. Требования нормалей НО. 005. 004 на климатические испытания наземной аппаратуры III группы предусматривают нормальную работу элементов в пределах изменения температуры от -10°C до $+50^\circ\text{C}$. Проведенные испытания позволяют сделать выводы, что магнитные логические элементы, применяемые в описываемом сумматоре-вычитателе параллельного действия, значительно перекрывают этот диапазон. Остальные элементы сумматора-вычитателя (рабочие и запретные усилители, усилители считывания, ферритовая матрица) были подвергнуты испытаниям на теплоустойчивость и показали надежную работу до $+60^\circ\text{C}$. Сумматор-вычитатель надежно работает при изменении питающих напряжений усилителей в пределах $\pm 20\%$ от номинальных значений.

ЛИТЕРАТУРА

- Г. К. Столяров, Сумматор параллельного действия. Описание изобретения к авторскому свидетельству № 126667, класс 42 т, «Бюллетень изобр.», 1960, № 5.
- Р. К. Ричардс, Арифметические операции на цифровых вычислительных машинах, ИИЛ, 1957.
- М. Н. Карцев, Арифметические устройства цифровых вычислительных машин, Физматгиз, М., 1958.
- А. И. Китов, Н. А. Криницкий, Электронные цифровые машины и программируемое, Физматгиз, М., 1961.
- Сборник «Автоматическое управление и вычислительная техника», Машгиз, 1958.
- Г. И. Стороженко, Магнитные логические элементы (см. настоящий сборник).

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛЕСТИЧНОГО ТИПА В ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМАХ

О. А. НЕЖИВОВ, А. Д. РЯБИНИН

Одним из основных путей повышения надежности в сложных системах автоматики и вычислительной техники является использование таких малогабаритных и надежных элементов, как ферритовые сердечники, изготовленные из ферромагнитного материала с прямоугольной петлей гистерезиса.

Тороидальные сердечники, имеющие прямоугольную петлю гистерезиса, в настоящее время широко используются в качестве элементов памяти и переключения в логических системах.

Разработаны также сердечники с несколькими отверстиями — трансфлюксоры.

В иностранной литературе [1] описаны устройства, у которых электрические связи между сердечниками заменены магнитными потокосцеплениями.

Нами изготовлен и исследован ферритовый сердечник лестничного типа (рис. 1). Принцип действия ферритовой «лесенки» рассмотрим на примере работы ее в качестве ячейки U (рис. 2).

Вначале в обмотку w_1 подается в указанном на рисунке направлении



Рис. 1.

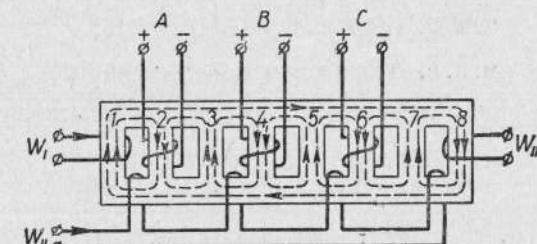


Рис. 2.

импульс тока подготовки. При этом в нечетных ступенях лесенки магнитный поток будет направлен вверх, а в четных — вниз.

Если в обмотку w_1 , размещенную на первой ступени лесенки, подать импульс тока считывания в указанном направлении, то на основании за-

кона Кирхгофа для магнитной цепи можно утверждать, что поток считывания замкнется по кратчайшему пути, т. е. через ступень 2. Однако, если одновременно с импульсом считывания будет подан импульс тока в обмотку A , размещенную на второй ступени лесенки, такой полярности, что созданный им поток блокировки ступени 2 будет совпадать с потоком подготовки, то поток считывания замкнется только через ступень 4, так как ступень 3 будет уже насыщена и ее магнитное сопротивление будет велико.

Точно так же, если одновременно с импульсом считывания будут поданы импульсы тока блокировки в обмотки A , B и C , то поток считывания замкнется через ступень 8 и в выходной обмотке w_{III} ферритовой лесенки образуется импульс э. д. с. Следовательно, ферритовая лесенка с обмотками A , B и C моделирует алгебраическую функцию

$$F = ABC. \quad (1)$$

Ферритовая лесенка обладает неограниченной во времени памятью. Действительно, если после импульса считывания подать вновь импульс подготовки, то в выходной обмотке будет индуцироваться импульс э. д. с. обратной полярности при условии, что в момент подачи импульса считывания величины A , B и C были представлены.

Следует отметить, что токи блокировки должны превышать определенный минимум. Поскольку они служат для блокировки уже насыщенных ступеней, то для них не существует ограничения по максимуму. Отсюда следует, что если на каждую ступень лесенки намотать по несколько обмоток и через каждую из них пропустить ток по величине, не меньшей минимального значения, необходимого для поддержания соответствующей ступени в насыщенном состоянии, то может быть промоделирована алгебраическая функция вида

$$F = (A_{11} + A_{12} + \dots + A_{1n})(B_{21} + \dots + B_{2m})(C_{31} + \dots + C_{3k}). \quad (2)$$

Таким образом, с помощью ферритовой лесенки может быть реализован большой класс логических функций, если входные импульсы представляют переменные A , B , C , ..., K , либо их отрицания \bar{A} , \bar{B} , \bar{C} , ..., \bar{K} .

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ

Основными электрическими параметрами схемы, построенной на ферритовой лесенке, являются:

$$\text{м. д. с. подготовки} — M_H = I_H w_H; \quad (3)$$

$$\text{м. д. с. считывания} — M_I = I_I w_I; \quad (4)$$

$$\text{м. д. с. блокировки } n\text{-й ступени} — M_n = I_n w_n. \quad (5)$$

В качестве вспомогательного параметра удобно использовать коэффициент блокировки

$$K_b = \frac{M_n}{M_I}.$$

При однородной структуре лесенки (рис. 3) коэффициент K_b будет равен отношению той части пути перемагничивания I_{bcd} , которая лежит за ступенью n , ко всему пути перемагничивания I_{abcd} и равен:

$$K_b = \frac{M_n}{M_I} = \frac{I_{acd}}{I_{abcd}} = \frac{m + 2(N-n)L}{2m + 2(N-1)L} = \frac{N-n+m/2L}{N-1+m/L}, \quad (6)$$

где N — количество ступеней лесенки.

М. д. с. подготовки M_H может быть определена из выражения

$$M_H = I_H w_H = \frac{H_m(2L + 2m)}{0,4\pi} = \frac{H_m(L + m)}{0,2\pi}, \quad (7)$$

м. д. с. считывания M_I для случая $F = ABCDEG$ будет равна:

$$M_I = I_I w_I = \frac{H_m \cdot l_{abcd}}{0,4\pi} = \frac{H_m[m + (N-1)L]}{0,2\pi}. \quad (8)$$

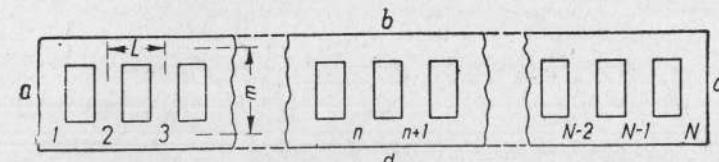


Рис. 3.

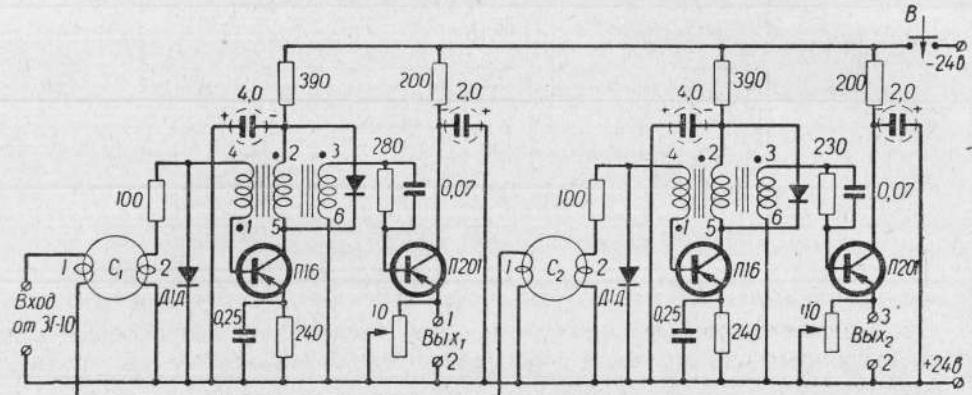


Рис. 4.

Используя выражения (6) и (8), определяем м. д. с. блокировки для n -й ступени лесенки, которая равна

$$M_n = K_b \cdot M_I = \frac{H_m[m + 2(N-n)L]}{0,4\pi}. \quad (9)$$

Выражения (7), (8) и (9) являются основными при расчете логических схем на ферритовых лесенках. Для экспериментального определения основных параметров ферритовых лесенок была разработана и изготовлена установка, принципиальная схема которой изображена на рис. 4, 5.

Установка состоит из двухтактного транзисторного генератора импульсов (рис. 4) и коммутирующего устройства (рис. 5), с помощью которого измерительный осциллограф и миллиамперметр подключаются к необходимым узлам схемы.

Частота следования импульсов генератора может изменяться в пределах от 10 до 10 000 гц, а амплитуда импульсов — от 0 до 3 а, при длительности импульса 15—20 мксек.

Осциллограмма напряжений на выходах генератора приведена на рис. 6.

Ферритовые лесенки были изготовлены по нашим разработкам Институтом металлокерамики и специальных сплавов АН УССР.

В таблице приведены значения коэффициента блокировки K_b , полученные в результате экспериментальных исследований, а также теоретические значения коэффициента K_b , определенные из выражения (6). Значения м. д. с. подготовки и м. д. с. считывания были определены из выражений (7) и (8).

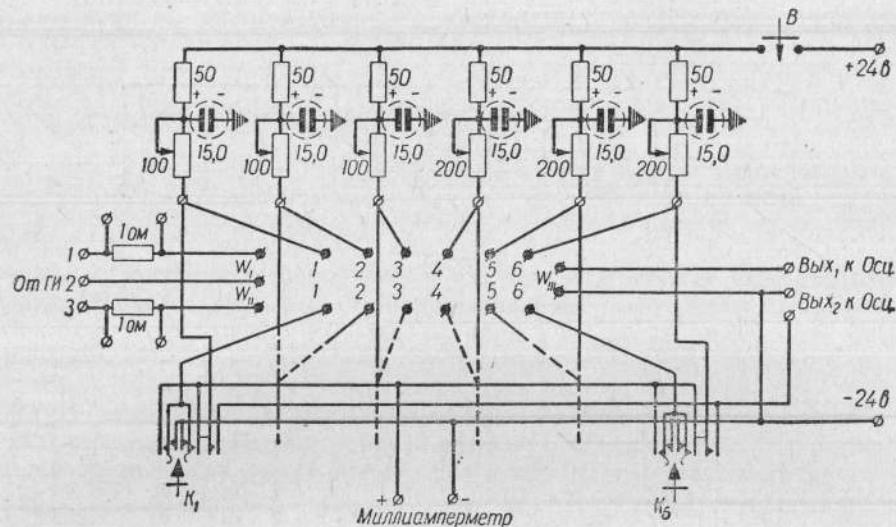


Рис. 5.

Экспериментальные значения м. д. с. блокировки были определены уменьшением их до минимальных значений, обеспечивающих полную блокировку n -й ступени лесенки.

Экспериментально полученные значения м. д. с. блокировки отличаются от теоретических примерно на 7%, что свидетельствует о достаточной инженерной точности формул (6)–(9).

На рис. 7 изображены осциллограммы напряжений на выходе схемы совпадения, построенной на ферритовой лесенке при различных комбинациях входных величин для случая, когда все токи блокировки имели расчетные оптимальные значения.

Как следует из приведенных осциллограмм, отношение полезного сигнала к помехе при перемагничивании лесенки импульсами считывания не меньше 7 и не зависит от комбинации входных величин.

Отношение полезного сигнала к помехе при перемагничивании лесенки импульсами подготовки зависит от комбинации входных величин и уве-

Наименование величин	Количество ступеней						Примечание
	2	4	6	8	10	12	
K_b расч.	0,73	0,60	0,47	0,34	0,20	0,07	$M_{II}=1,43 \text{ аз}$
K_b эксп.	0,68	0,58	0,45	0,31	0,18	0,065	$M_I=4 \text{ аз}$
M_n расч. (аз)	2,9	2,4	1,9	1,36	0,8	0,28	$N=14$
M_n эксп. (аз)	2,7	2,3	1,8	1,35	0,75	0,25	

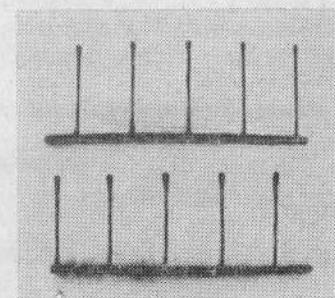


Рис. 6.

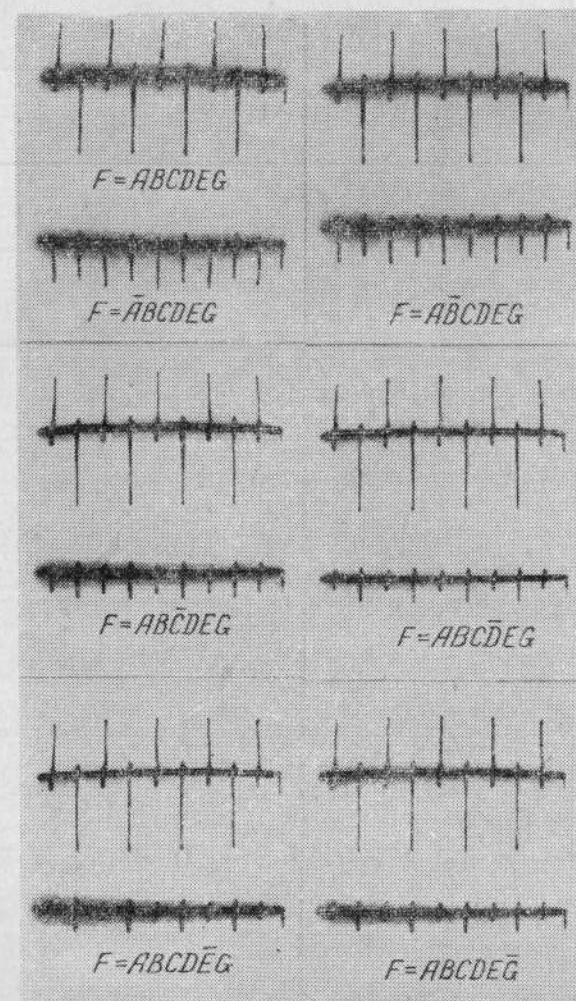


Рис. 7.

личивается по мере удаления разблокированной ступени от первой ступени от 2 до 5.

Отношение полезного сигнала к помехе ухудшается, когда токи блокировки меньше оптимальных. Методы улучшения отношения полезный сигнал — помеха на данном этапе не рассматривались

Исследования показали, что ферритовые лесенки могут успешно применяться в различных логических схемах, — они просты по конструкции, надежны, обладают малыми габаритами и дешевы в производстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. U. F. Gianola and T. H. Crowley, «The Laddic — A Magnetic Device for Performing Logic» Bell System «Technical Journal», January 1959, № 1, p. 45—72.
2. Л. П. Крайзмер, Новые элементы электронных вычислительных машин, Госэнергоиздат, М., 1961.

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСКОНТАКТНЫХ МАГНИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ РЕГУЛЯТОРАХ

П. И. ЧИНАЕВ

Современные самонастраивающиеся системы могут быть созданы на основе различных принципов. В настоящее время уже достаточно четко разграничены три класса самонастраивающихся систем: экстремальные, инвариантные и оптимальные.

Определим самонастраивающиеся системы как автоматические системы, которые получают необходимую рабочую информацию, используют ее в процессе функционирования системы и обеспечивают при этом наибольший эффект при произвольно изменяемых внешних и внутренних условиях.

При разработке подобных систем обычно возникают две задачи: первая задача состоит в отыскании наиболее эффективных способов оценки динамических свойств системы, вторая — в выработке оптимального управления системой.

Для решения первой задачи применяют способ оценки, основанный на использовании нормального хода рабочего процесса, и способ с использованием искусственно созданных пробных сигналов.

Решение второй задачи, относящейся к исполнению, зависит в первую очередь от критерия, положенного в основу самонастраивающейся системы.

Для систем со многими контролируемыми параметрами основной тенденцией является уплотнение информации, т. е. в выработке такого обобщенного критерия, который бы наиболее полно характеризовал свойство системы.

Если принять в качестве характеристики системы отклонения Δx_i^2 ее контролируемых величин от некоторых эталонных значений, а функцию

$$Q = \sum_{i=1}^N (\Delta x_i)^2$$

принять за характеристику процесса, то, очевидно, при некоторых режимах эта функция будет обладать наименьшим значением. В таком случае минимум функции Q является тем критерием качества самонастраивающейся системы, который подлежит реализации в большинстве самонастраивающихся систем.

В качестве технического решения этой и других экстремальных задач применяются экстремальные регуляторы.

После того как решена задача принципиально, возникают не менее важные задачи конструктивного и эксплуатационного характера. Пожалуй, наиболее важной задачей является обеспечение высокой надежности. Одновременно должны быть решены задачи по уменьшению габаритов регулятора, а также расхода его мощности.

- B_s — индукция насыщения в сердечнике, $\text{сек}/\text{см}^2$;
 B_b — фиксированное значение индукции в сердечнике, $\text{сек}/\text{см}^2$;
 S_w — коэффициент переключения в сердечнике, $a \cdot \text{сек}/\text{см}^2$;
 $r(b)$ — динамическое сопротивление в сердечнике, $\text{ом}/\text{см}$;
 r_m — коэффициент динамического сопротивления, $\text{ом}/\text{см}$;
 l — средняя длина силовой линии, см ;
 S — сечение феррита, см^2 ;
 K — количество ферритов в сердечнике;
 I — ток, a ;
 Q — заряд, $a/\text{сек}$;
 R — электрическое сопротивление цепи, ом ;
 $R(b)$ — магнитное сопротивление сердечника, ом ;
 τ — время изменения индукции сердечника между двумя заданными значениями*.

ЛИТЕРАТУРА

- А. И. Пирогов, Динамика импульсного перемагничивания ферритов с прямоугольной петлей гистерезиса, Материалы научно-технической конференции; «Новые разработки в области вычислительной математики и вычислительной техники», К., 1960.
- Ю. М. Шамаев, Основы расчета быстродействующих переключающих цепей ЦВМ, содержащих ферромагнитные сердечники с прямоугольной петлей гистерезиса и диоды. Материалы научно-технической конференции. Новые разработки в области вычислительной математики и вычислительной техники, К., 1960.
- К. М. Поливанов, Ферромагнетики, Госэнергоиздат, 1958.
- Э. В. Богоявлов, Ю. М. Шамаев, М. И. Логинов, Переходные процессы в цепи, содержащей емкость или индуктивность и ферромагнетик с прямоугольной петлей гистерезиса, «Электричество», 1961, № 11.
- Сильяфино, Характеристики ферромагнитных материалов с прямоугольной петлей гистерезиса, Труды I Международного конгресса Международной Федерации по автоматическому управлению, т. IV, 1960.

* Для различия сердечников и их параметров введены следующие обозначения: сердечникам, с которых снимается информация, приписывается индекс «*x*» или реже индекс «*0*», а сердечникам, принимающим информацию,— индекс «*i*».

Из других индексов — *λ* приписываются обозначениям характеристик первичных цепей данного сердечника; *j* — обозначениям вторичных цепей и т. д.

Во всех других случаях, где нет необходимости, индексы опускаются.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
-----------------------	---

Раздел I. Магнитные усилители и магнитные модуляторы

В. Н. Михайловский, Современные возможности измерения и контроля магнитных величин при помощи магнитомодуляционных датчиков	7
Ф. И. Керников, М. А. Розенблат, Новый тип интегрирующего магнитного усилителя	16
В. А. Фатюшин, А. И. Москалев, К вопросу разработки операционных магнитных усилителей	21
И. А. Петрусенко, Некоторые вопросы динамического расчета магнитных усилителей	28
Л. В. Сафрис, Замещение магнитных усилителей четырехполюсниками	38
И. Н. Черняк, Работа магнитного усилителя на выпрямитель с емкостной реакцией	50
Р. А. Липман, И. Б. Негневицкий, Х. Э. Зайдель, Новая методика расчета двухтактного магнитного усилителя постоянного тока	64
Ю. И. Хунт, О применении магнитных усилителей для усиления низкочастотного напряжения	72
А. Н. Милях, Б. Е. Кубышин, Л. Н. Быков, Бесконтактные трансформаторные устройства для реверсирования выпрямленного тока	76
Ж. А. Ямпольский, Трансформаторы, регулируемые подмагничиванием, и реверсивные магнитные усилители с пермаллоевыми вставками (ячейками)	85
Б. Н. Иванчук, Р. А. Липман, Б. Я. Рувинов, Магнитные усилители для управления асинхронными двигателями	94
Ж. А. Ямпольский, В. В. Михалевский, Управляемые двухфазные и однофазные реверсивные асинхронные микродвигатели (магнито-моторные усилители)	104
Г. Ф. Зайцев, Фазочувствительный дифференциатор переменного тока с емкостным запоминающим устройством	112
А. Х. Тигранян, Разработка трансформаторов с подмагничиваемым шунтом . .	118
Т. Х. Стефанович, О выборе параметров магнитных усилителей с самонасыщением, предназначенных для работы в однофазных двухтактных схемах переменного тока	121
Б. И. Блажкевич, В. С. Верховцев, В. Ю. Воробьевич, И. С. Данилюк, Н. С. Пилипенко, М. А. Раков, Л. А. Синицкий, В. А. Школьный, Магнитно-полупроводниковый маливольтметр с модулятором второй гармоники	130
М. П. Афанасенко, В. Ф. Петров, Ю. И. Спектор, Измерение козероговой силы ферромагнитных образцов с разомкнутой магнитной цепью . .	135
В. М. Плужников, Диэлектрические преобразователи малых сигналов	138
В. А. Сомов, В. В. Шуть, С. А. Бобриков, О возможности работы дросселя насыщения безискажения формы кривой регулируемого тока	150
А. М. Бамдас, С. В. Шапиро, Некоторые конструкции ферромагнитных умножителей частоты	155
Г. Н. Самохвалов, Л. А. Агаркова, Е. А. Голованов, Быстродействующий двухполупериодный двухтактный магнитный усилитель с управлением напряжением сигнала переменного тока	164
Я. М. Клейнман, М. А. Либкинд, Бестрансформаторный трехфазный реверсивный магнитный усилитель	170
А. А. Немура, М. А. Паулаускас, Работа магнитного усилителя с самонасыщением, нагруженного омическим сопротивлением и встречной э. д. с. .	175
Р. Я. Беркман, В. Н. Михайловский, Р. Е. Мартынюк-Лотоцкий,	

Ю. И. Спектор, О квадратурной составляющей э. д. с. магнитомодуляционных датчиков при измерениях в неоднородных магнитных полях	183	и вычислительной техники	386
М. П. Афанасенко, Ю. И. Спектор, К вопросу об определении характеристики преобразования магнитомодуляционного датчика при работе в неоднородных магнитных полях	190	Ю. Д. Розенталь, Применение быстродействующих магнитных усилителей (БМУ) с последовательным включением нагрузки в качестве элемента цифровой техники	391
Ю. И. Спектор, Влияние второй гармоники в возбуждающем токе на погрешность нуля магнитных модуляторов и магнитомодуляционных датчиков с выходом на удвоенной частоте	199	Г. И. Стороженко, Магнитные логические элементы	398
Э. Т. Абгарян, Г. С. Суварян, Серия силовых магнитных усилителей, разработанная в АФВНИИЭМ	203	К. А. Ируду, О расчете магнитных импульсных элементов и узлов на потенциальную конструктивную надежность	402
Ю. Ф. Пономарев, К теории магнитных модуляторов, работающих в режиме нагрузки	212	В. В. Веригин, В. В. Веригина, Импедансные магнитные элементы на ферритовых сердечниках с прямоугольной петлей гистерезиса	409
М. А. Раков, Л. А. Синицкий, Анализ работы магнитных модуляторов второй гармоники при прямоугольном напряжении возбуждения	224	М. Г. Когон, М. Э. Парылиц, К. Н. Сидлер, Использование магнитных элементов в управляющих цифровых машинах для поточно-транспортных систем с автоматическим адресованием грузов	414
М. Б. Коновалов, К расчету трехфазных дросселей насыщения с нулевым магнитопроводом из сплошного материала	232	А. В. Нетушил, К. М. Поливанов, Ф. П. Жарков, В. А. Соколов, Некоторые особенности автоколебаний в нелинейных элементах автоматики	421
Я. М. Клейман, А. А. Надель, Б. А. Бондаренко, Датчики телеметрии электрических параметров	239	Ю. Н. Ефимов, Условия самовозбуждения, стационарный режим и явления самомодуляции в параметронах	431
В. А. Петровский, Бесконтактные релейные устройства	243	О. П. Ситников, Н. В. Виноградова, Новые логические схемы на параметронах	442
Раздел II. Магнитные материалы, сердечники, их контроль			
Е. А. Андриевский, Б. Л. Бондарук, Исследование температурной стабильности пермаллоевых сплавов	251	О. П. Ситников, Н. В. Виноградова, А. И. Смирнов, Динамика параметрона	447
И. И. Иванова, Параметры ленточных сердечников с прямоугольной петлей гистерезиса	259	Ю. Н. Ефимов, К вопросу об аналогии теорий индуктивного и емкостного параметронов	452
Е. А. Сизов, Ленты микронной толщины для устройств счетно-вычислительной техники	264	Ф. П. Жарков, Резистивный параметрон	458
Е. В. Артамонов, Е. Н. Чечурина, Автоматический измеритель характеристик динамической петли гистерезиса	271	Я. С. Кан, Е. Г. Крутко, В. А. Рахубовский, Элементы и схемы цифровых вычислительных машин (ЦВМ) на криотронах	463
И. Б. Негневицкий, Э. Л. Соловкин, Х. Э. Зайдель, Установка для контроля тороидальных сердечников магнитных усилителей	274	Б. Я. Фельдман, В. А. Обходов, Магнитный нуль-орган параметрического типа	468
Р. Г. Офенгенден, В. З. Серман, Ю. А. Далюк, Измерительное устройство для автоматического контроля запоминающих ферритовых сердечников с прямоугольной петлей гистерезиса	279	Ф. Н. Зыков, Использование ферромагнитных материалов в преобразователях кода в напряжение и напряжения в код	470
М. В. Ольшванг, Упрощенная установка для контроля и подбора сердечников	285	В. Н. Дайнеко, Сумматор-вычитатель параллельного действия на трехтактных феррит-диодных ячейках с магнитным формирователем кода переноса (заема)	474
Л. М. Пестова, К вопросу о температурной стабильности изделий из магнитомягких материалов	291	О. А. Неживов, А. Д. Рябинин, Применение магнитных элементов лестничного типа в логических схемах	481
В. Т. Киреев, Производственный контроль тороидальных сердечников	294	П. И. Чинаев, Применение бесконтактных магнитных элементов в экстремальных регуляторах	487
В. В. Бардих, Е. Ф. Бережной, Л. Л. Мохель, В. М. Сметанина, Ленточные сердечники для логических элементов цифровых вычислительных машин	299	Г. В. Бессаробов, Одноходовой распределитель без элементов задержки в цепях связи	491
Раздел III. Магнитные преобразователи			
А. Н. Милях, Б. Е. Кубышин, И. В. Волков, Индуктивно-емкостные преобразователи	307	А. М. Сутилин, В. К. Захаров, Расчет феррит-транзисторных ячеек, выполненных на основе задержанного блокинг-генератора с ферритом, обладающим прямоугольной петлей гистерезиса	496
В. Б. Михалевский, Ж. А. Ямпольский, Применение магнитных элементов для бесконтактной сигнализации оборотов с преобразованием частоты в пропорциональный ток	316	Г. И. Якобсон, Расчет феррит-транзисторной ячейки	504
Е. Г. Саяпина, Расчет датчиков положения на принципе магнитного усиления	321	Н. А. Левченко, В. А. Толиманчук, Инженерный метод расчета устройств на феррит-диодных элементах	515
М. А. Раков, Л. А. Синицкий, Ю. М. Шумков, Анализ магнитных детекторов частоты	329	Л. Б. Грайсберг, Е. Д. Харламова, Феррит-транзисторные элементы с промежуточным запоминанием на трансформаторе	522
Л. Л. Рожанский, В. Л. Бенин, И. Н. Сенкевич, В. А. Раюшкин, Некоторые исследования ферромагнитных умножителей частоты	338	Л. П. Афиногенов, В. Д. Ефремов, В. Г. Колесов, Построение схем на ферритах с использованием принципа распределения токов	530
А. Н. Милях, А. К. Шидловский, Электромагнитные устройства автоматики с необратимыми свойствами	344	О. В. Лебедев, Блок времени для сложных многоступенчатых защит энергосистем	538
А. Н. Кравченко, Принцип взаимности и необратимость трехфазного фазовращающего трансформатора	355	В. А. Афанасьев, Л. В. Пикалевский, Дешифраторные схемы на феррит-транзисторных элементах	542
Раздел IV. Магнитные элементы цифровой техники			
Н. П. Брусенцов, Построение логических схем на магнитных усилителях с питанием импульсами тока	361	Л. С. Ситников, Л. Л. Утиков, Многочастотные триггеры с подмагничивающимися сердечниками	549
Г. И. Панов, В. А. Попов, Логические схемы на основе феррит-диодной ячейки с мостовой связью	368	А. Я. Корниенко, Нагрузочная способность феррит-транзисторных ячеек	554
В. А. Попов, Бездиодная двухтактная ферритовая ячейка с мостовой связью	376	Л. В. Шопен, Малогабаритные магнитно-диодные элементы с напряжением питания промышленной частоты	563
Г. И. Дмитракова, Б. М. Панфилов, Феррит-диодные модули автоматики		Е. Ф. Бережной, В. Г. Михалев, Л. Л. Мохель, В. И. Перекатов, Магнитно-триодные логические элементы с использованием сердечников из пермаллоевой ленты	568
Раздел V. Магнитные запоминающие устройства и вопросы перемагничивания			
А. Б. Ляско, Л. И. Островская, Э. П. Матафонова, Влияние времени магнитного последействия ферроматериала на форму выходного сигнала и на характеристику $B=f(H)$	583		
А. Б. Ляско, Л. И. Островская, Е. М. Кац, М. В. Ляско, Параметрические колебания в цепях второго порядка на ферромагнетиках. Теория параметрона в третьей субгармонике	590		
А. Б. Ляско, Л. И. Островская, Э. П. Матафонова, Параметрические явления в цепях с сосредоточенными параметрами первого порядка	604		

В. В. Китович, З. П. Вострикова, В. Г. Страхов, Макет пленочного запоминающего устройства типа π с постоянным полем смещения	616
Л. П. Комардина, Б. Я. Фельдман, Долговременное запоминающее устройство на трансформаторах, работающих в режиме, близком к режиму короткого замыкания	625
Н. К. Бабенко, А. Д. Бех, И. Д. Войтович, Ф. Н. Зыков, Л. Я. Приступа, Г. А. Михайлов, Ферритовые запоминающие устройства машин УМШН	631
Н. К. Бабенко, А. Д. Бех, Ф. Н. Зыков, Г. А. Михайлов, Запоминающее устройство повышенного быстродействия с полупроводниковым управлением	636
А. Г. Хускивадзе, Теория и расчет схем с ферромагнитными сердечниками, работающих в импульсном режиме	643

42262

Печатается по постановлению ученого совета
Физико-механического института АН УССР

Редакторы Т. К. Ременник, Д. М. Косницер
Художественный редактор И. П. Антонюк

Оформление художника И. Д. Милехина

Технический редактор Ю. Б. Дахно

Корректоры В. А. Литовкина, А. Д. Яковенко

БФ 04973. Зак. № 142. Изд. № 42. Тираж 3450. Формат бумаги 70×108 $\frac{1}{16}$. Печ. физ. листов 41,0.
Условн. печ. листов 56,17. Учетно-изд. листов 48,1. Подписано к печати 29.IX 1964 г. Цена 3 р. 56 коп.
т. п. 1964 г. поз. 186.

Издательство «Наукова думка». Киев, Репина, 3.
Киевская книжная типография № 5 Государственного комитета Совета Министров УССР по печати—
Киев, Репина, 4.

ОЭ 1965 г.
Акт № 122