

Сердечники из расплётённого железа в импульсных источниках питания

(часть 3)

Печатается с разрешения журнала CHIP NEWS Украина (<http://chipnews.com.ua>)

Джим Кокс (Великобритания)

Перевод Артёма Терейковского

В окончании статьи (начало см. в СЭ №№ 1 и 2, 2006) описаны магнитные свойства расплётённого железа различных марок фирмы Micrometals и особенности использования сердечников из расплётённого железа в сглаживающих дросселях, сетевых фильтрах и других индуктивных элементах.

Переменная составляющая тока в обмотке дросселя постоянного тока может оказывать существенное влияние на потери в сердечнике и на индуктивность вследствие изменения начальной магнитной проницаемости материала. Кривые, представленные на рис. 2, получены при условии, что амплитудная магнитная индукция не превышает 1 мТл, что обычно соответствует менее чем 1% переменной составляющей тока в обмотке. На рис. 3 показана зависимость потерь материала -52 от амплитуды индукции переменного магнитного поля в сердечнике.

Смесь -26 наиболее широко используется при изготовлении дросселей выходных фильтров импульсных источников питания. Тем не менее, при увеличении частоты следует отдать предпочтение материалам -8, -18 и -52, имеющим меньшие потери.

Максимальные значения индукции переменного тока в сердечниках дросселей фильтров, установленных на выходе импульсных источников вторичного электропитания (ИВЭП), во время работы не превышают 1000 Гс (типичное значение составляет 200 Гс). Влияние амплитуды магнитной индукции на магнитную проницаемость различных материалов показано на рис. 8. Магнитная проницаемость большинства материалов заметно увеличивается, когда амплитуда магнитной индукции становится более 100 Гс. Наибольший рост отмечен у материалов с высокой начальной проницаемостью -26, -40, -45 и -52.

На рис. 9 показана зависимость начальной магнитной проницаемости от суммарной напряжённости магнитного поля для материала -26 при различных уровнях пульсаций в обмотке. Аналогичны эти зависимости для материалов -40 и -52.

Рассмотрим несколько примеров.

ДРОССЕЛИ С ПОДМАГНИЧИВАНИЕМ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ

Пример 1

Исходные требования. Необходимо рассчитать дроссель, индуктивность (L) которого должна составлять 45 мкГн при подмагничивании постоянным током (I) 7,5 А. При этом пульсации не должны превышать 1%. При расчёте необходимо оптимизировать конструкцию дросселя с учётом в первую очередь его стоимости, а также разогрева во время работы. Необходимо также по возможности минимизировать габариты дросселя.

Реализация задания. Сначала необходимо выбрать материал дросселя. В первую очередь рассматриваем смеси -26, -40 и -52 как наиболее дешёвые, поскольку в задании нет ограничений на изменение индуктивности дросселя при изменении тока в обмотке.

Накапливаемая в дросселе энергия составит:

$$LI^2/2 = 45 \times 7,5^2/2 = 1266 \text{ мкДж.}$$

Далее необходимо выбрать размер и форму сердечника. В данном случае

вполне подходит материал -52. Выбор кольца Т106 позволяет обойтись однослойной обмоткой при перегреве менее 25°C (рис. 2)*.

Количество витков определяется следующим образом. Согласно кривым в верхней части рис. 2 для накопления 1266 мкДж в сердечнике Т106-52 потребуется около 200 Ампер-витков. Следовательно, число витков обмотки составит:

$$N = 200/7,5 = 27.$$

По табл. 4 выбираем однослойную обмотку проводом $\varnothing 1,15$ мм. Такой выбор обеспечит перегрев менее 25°C.

Пример 2

Исходные требования. Необходимо рассчитать дроссель, индуктивность (L) которого без подмагничивания должна составлять 60 мкГн, а при подмагничивании постоянным током (I) 7,5 А – 45 мкГн. При этом степень насыщения сердечника должна быть менее 25%, а пульсации не должны превышать 1%. При расчёте необходимо оптимизировать конструкцию дросселя с учётом в первую очередь его габаритов, а также разогрева дросселя во время работы. Необходимо также по возможности минимизировать стоимость дросселя.

Реализация задания. Сначала необходимо выбрать материал дросселя. Более всего подходят смеси -8, -18, -28 и -33, т.к. они имеют наименьшую амплитудную нелинейность проницаемости. Из-за ограничения изменения индуктивности в диапазоне рабочих токов они в данном случае наиболее пригодны.

Накапливаемая в дросселе энергия, как и в примере 1, составит 1266 мкДж.

Далее выбираем размер и форму сердечника. Анализ кривых для раз-

*Рассмотрение сердечников типа E выходит за рамки данной статьи (прим. переводчика).

Таблица 10. Зависимость числа витков от диаметра провода при «полной» намотке тороидального дросселя (заполнение внутреннего диаметра 55%)

Тип	Средняя длина витка, см	Площадь поверхности, см ²	Число витков при диаметре провода, мм (удельном сопротивлении, мОм/см)															Ампер-витки при температуре нагрева из-за потерь в обмотке			Общая рассеиваемая мощность, Вт, при температуре нагрева		
			0,32 (2,13)	0,404 (1,34)	0,511 (0,842)	0,643 (0,530)	0,813 (0,330)	0,912 (0,264)	1,02 (0,210)	1,15 (0,166)	1,29 (0,132)	1,45 (0,104)	1,63 (0,0828)	1,83 (0,0651)	2,05 (0,0521)	2,30 (0,0413)	2,60 (0,0328)	10°C	25°C	40°C	10°C	25°C	40°C
																		10°C	25°C	40°C	10°C	25°C	40°C
T80	2,8	15,5	525	343	218	141	89	71	57	45	36	29	23	18	14	11	9	150	260	340	0,246	0,736	1,3
T90	3,64	22,4	648	424	269	174	110	88	70	56	45	36	28	22	18	14	11	170	300	400	0,356	1,07	1,88
T94	3,44	22	672	440	272	180	114	91	73	58	46	37	29	23	18	14	11	180	320	420	0,35	1,05	1,85
T106	4,49	31	696	455	289	187	118	95	75	60	48	38	30	24	19	15	12	190	330	440	0,492	1,47	2,59
T124	3,95	33,3	1080	707	449	290	184	147	117	93	75	60	47	37	30	23	19	260	460	610	0,529	1,58	2,79

ных материалов показывает, что смесь -8 в качестве материала сердечника позволит использовать кольцо минимальных размеров (см. рис. 6). Сердечник Т94-8 обеспечивает перегрев менее 40°C при «полной» намотке. Согласно графику в нижней части рис. 6, при накоплении 1266 мкДж сердечник Т94-8 функционирует со степенью насыщения около 15%, что полностью удовлетворяет начальным условиям.

Для определения количества витков (N) воспользуемся следующей формулой:

$$N = [L / (A_L \times \% \mu_0 / 100)]^{1/2},$$

где A_L – площадь сердечника (см²), %μ₀ – процент начальной проницаемости.

После подстановки значений получаем:

$$N = [45000 / (25 \times 0,85)]^{1/2} = 46.$$

Так как для обеспечения перегрева кольца Т94 менее 40°C требуется «полная» намотка, воспользуемся табл. 10. Рекомендуемый диаметр провода составляет 1,29 мм.

Определить количество витков в зависимости от индуктивности и максимального значения постоянного тока в обмотке для сердечников из смеси -52 можно с помощью табл. 11. Приведённые в таблице данные предполагают уровень пульсаций менее 1% и температуру перегрева 40°C вследствие потерь в обмотке и сердечнике. Значительные пульсации приведут к повышению температуры перегрева и индуктивности дросселя. Для определения диаметра провода в зависимости от максимального значения постоянного тока можно воспользоваться таблицей 12.

Таблица 11. Связь между индуктивностью, количеством витков тороидального дросселя и максимальными значениями постоянного тока при однослойной обмотке для сердечников из смеси -52

Типоразмер тороида	Индуктивность, мкГн/количество витков при постоянном токе, А							
	1	2,5	5	7,5	10	15	20	30
T50*-52**	94/59	30,7/37	10,2/22	5,0/16	2,8/12	1,3/8	0,7/6	0,2/3
T68-52A	250/74	81,6/46	27,6/28	16,7/21	8,3/16	4,4/12	2,1/8	0,8/5
T90-52	680/115	224/72	74,0/44	40,9/34	23,6/26	13/20	7,3/15	3,7/11
T106-52	1080/118	362/74	124/46	69,3/36	39,0/27	21,3/21	11,4/15	5,8/11
T131-52	1660/134	550/85	188/52	107/41	63/32	33,3/24	18,8/18	9,2/13
T157-52	3320/204	1090/129	380/81	213/64	127/50	69,3/39	40,1/30	21,5/23
T184-52	5400/202	1790/129	624/81	345/63	210/50	114/38	65/29	34/22
T250-52	14 800/270	4960/172	1720/108	978/86	591/67	332/59	195/41	102/31
T400-52	26 100/494	8690/317	3100/160	1760/157	1050/126	590/100	347/78	190/61

* Наружный диаметр тороида в дюймах × 0,01.

** Марка материала.

Таблица 12. Определения диаметра провода в зависимости от максимального значения постоянного тока

Постоянный ток, А	1,0	2,5	5,0	7,5	10	15	20	30
Диаметр провода, мм	0,32	0,511	0,813	1,02	1,45	1,83	2,30	2,91

ДРОССЕЛИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

В последнее время всё более высокие требования предъявляются к минимизации гармоник тока, потребляемого блоком ИВЭП от сети 220/380 В. С этой целью в состав даже относительно маломощных источников питания включают активные корректоры коэффициента мощности (ККМ). Структурная схема типичного блока ККМ приведена на рис. 14.

Корректор коэффициента мощности отличается от обычного импульсного преобразователя тем, что на его входе присутствует выпрямленное, но не сглаженное сетевое напряжение. Задача управляющей логики ККМ (на рисунке не показана) – обеспечить такой цикл переключений ключа Q1, при котором вход преобразователя со стороны сети ведет себя как некоторое активное

сопротивление. При этом между напряжением в сети и током, отбираемым от неё, отсутствует сдвиг фаз (cos φ = 1). В то же время на выходном конденсаторе поддерживается постоянное напряжение, слабо зависящее от нагрузки и напряжения сети. Расчёты потерь в сердечнике дросселя подобного преобразователя более сложны, чем в рассмотренных выше примерах, т.к. магнитный поток в сердечнике непрерывно меняется в течение полупериода напряжения питающей сети даже при неизменном входном напряжении и стабильной нагрузке.

Рассматриваемый ниже подход предполагает синусоидальную форму входного напряжения, постоянное выходное напряжение и фиксированную частоту преобразования ККМ, которая не зависит от схемы управления ККМ.

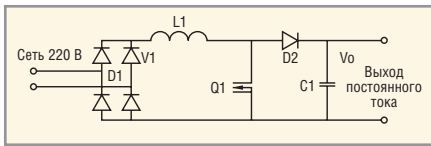


Рис. 14. Структурная схема типичного корректора коэффициента мощности

Амплитудное значение индукции в сердечнике определяется исходя из формы напряжения на дросселе по следующей формуле:

$$\hat{B} = 10^8 E \Delta T / 2NA,$$

где E – пиковое значение напряжения на дросселе (В), ΔT – интервал времени (с), N – число витков обмотки, A – сечение сердечника (см²).

Максимального значения $\hat{B}_{\text{макс}}$ достигает при $V_i = V_o/2$, где V_i – мгновенное значение входного напряжения, V_o – постоянное выходное напряжение.

Зависимость отношения $\hat{B}/\hat{B}_{\text{макс}}$ от фазы входного напряжения при разных отношениях V_i/V_o показана на рис. 15.

При фиксированной частоте преобразования потери в сердечнике пропорциональны \hat{B}^n , где значение n находится в диапазоне 1,65...3,00 для большинства порошковых материалов, включая распылённое железо. Отношение среднего значения потерь к максимальному значению (при $V_i = V_o/2$) в течение полупериода питающего напряжения для $n = 2,0, 2,5$ и $3,0$ показано на рис. 16.

Из рисунка видно, что отношение средних потерь к максимальным достигает наибольшего значения при отношении амплитудного значения

входного напряжения к постоянно-му выходному напряжению, примерно равном 0,61. При этом отношение потерь незначительно изменяется от 0,672 при $n = 3$ до 0,725 при $n = 2$.

Поскольку большинство ККМ функционируют при отношении потерь, близком к максимальному значению, при разработке рекомендуется использовать эмпирическое правило, согласно которому в худшем случае среднее значение потерь составляет 70% значения, вычисленного при $V_i = V_o/2$. Амплитудная индукция в сердечнике определяется по следующей формуле:

$$\hat{B} = 10^8 V_o / 8NAf,$$

где f – частота переключения преобразователя.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ

Производители магнитных материалов обычно приводят уравнение Штейнмеца для определения потерь в сердечниках:

$$P_{\text{серд}} = kf^x \Delta B^y.$$

В этой формуле потери выражаются в мВт/см³, частота – в кГц, индукция в сердечнике – в теслах (Тл). Коэффициенты Штейнмеца k, x и y подбираются для наилучшего соответствия результатам измерений. К сожалению, использование этого уравнения даёт корректный результат только в ограниченных диапазонах рабочей частоты и плотности магнитного потока в сердечнике.

Поэтому производители обычно указывают несколько наборов коэффициентов для соответствующих диапазонов. Однако, как показано в статье [1], это может привести к значительным несоответствиям при определении потерь на границах диапазонов.

Совокупные потери в сердечнике равны сумме потерь на перемагничивание и на вихревые токи. Потери на вихревые токи пропорциональны квадрату амплитудного значения магнитного потока и квадрату рабочей частоты. Потери на перемагничивание зависят от частоты линейно, но соотношение между составляющими потерь изменяется в зависимости от плотности магнитного потока и материала сердечника.

Бозорт в работе [2] доказал, что потери на перемагничивание для распылённого железа пропорциональны B^3 при очень малых значениях индукции и $B^{1.6}$ при больших значениях индукции. При изменении индукции экспонента плавно меняется в диапазоне 1,6...3. Эти изменения экспоненты определяются реакцией стенок магнитных доменов материала на изменение внешнего магнитного поля. При слабых магнитных полях стенки доменов постепенно смещаются, но остаются «привязанными» к различным дефектам и неоднородностям кристаллической решетки. С ростом напряжённости поля возрастает энергия домена и происходит скачкообразное преодоление дефекта решётки. В сильных магнитных полях материал достигает насыщения; диполи ориентируются вдоль силовых линий поля, и дальнейшего роста намагниченности не происходит.

Если считать, что потери на перемагничивание ограничены тремя прямыми линиями (см. верхнюю

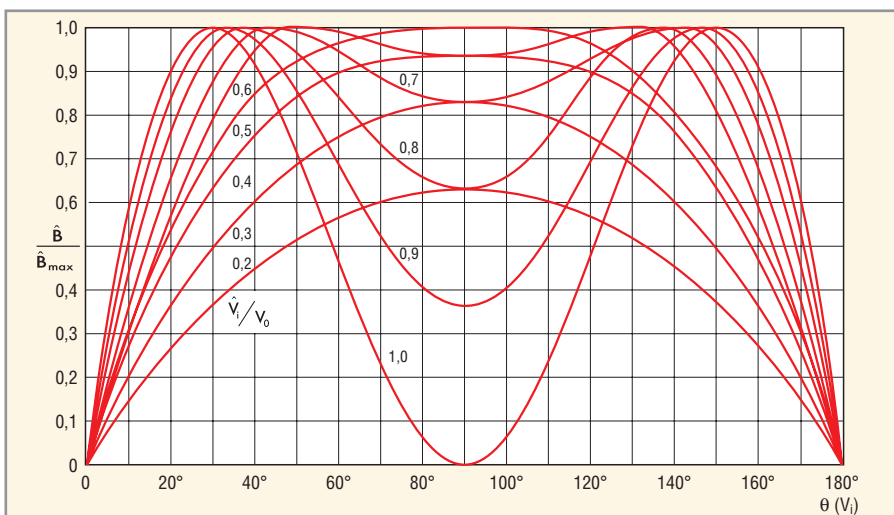


Рис. 15. Зависимость отношения индукции в сердечнике дросселя ККМ от фазы входного напряжения

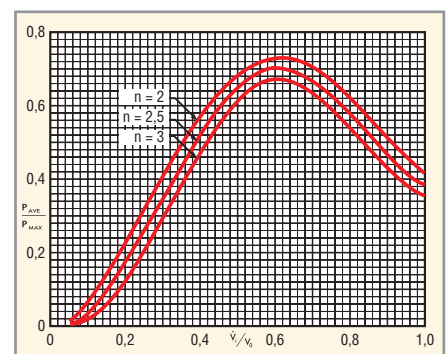


Рис. 16. Зависимость относительного уровня потерь от нормализованного входного напряжения

Снижение габаритов и потерь энергии



Высокоэффективные магнитодиэлектрические сердечники Micrometals для силовой электроники и ВЧ-техники

Применение сердечников MICROMETALS позволяет:

- Снизить стоимость индуктивных компонентов в 3...5 раз
- Снизить потери на 30...50% по сравнению с ферритами
- Оптимально распределить потери между сердечником и обмоткой
- Повысить надёжность аппаратуры
- Оптимизировать конструкцию и уменьшить габариты индуктивных компонентов

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ДОСТОИНСТВА

- Большая номенклатура типоразмеров – от 3,4 мм до 165 мм
- Токоизолирующее полимерное покрытие до 3 слоёв
- Торoidalные, Ш- и U-образные, трубчатые, низкопрофильные сердечники, стержни, шайбы, бусины и др.
- Силовые магнитопроводы до 5 МГц
- ВЧ-сердечники для частот от 0,01 до 500 МГц
- Рабочая температура до 2000°C
- Высокая стабильность параметров

СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ

состоят из 4 модулей для расчёта индуктивностей:

- Фильтров постоянного тока, включая дифференциальные фильтры
- Индукторов с фиксированной зависимостью изменения индуктивности от величины тока намагничивания
- Катушек с управляемой индуктивностью 10 : 1 или 20 : 1 с использованием композиционных сердечников из феррита и магнитодиэлектрика
- Катушек индуктивности для АККМ, повышающих и понижающих DC/DC - преобразователей



CERTIFICATE OF REGISTRATION PRINCIPAL REGISTER

The Mark shown in this certificate has been registered in the United States Patent and Trademark Office to the named registrant.

The records of the United States Patent and Trademark Office show that an application for registration of the Mark shown in this Certificate was filed in the Office; that the application was examined and determined to be in compliance with the requirements of the law and with the regulations prescribed by the Director of the United States Patent and Trademark Office; and that the Applicant is entitled to registration of the Mark under the Trademark Act of 1946, as Amended.

A copy of the Mark and pertinent data from the application are part of this certificate.

This registration shall remain in force for TEN (10) years, unless terminated earlier as provided by law, and subject to compliance with the provisions of Section 8 of the Trademark Act of 1946, as Amended.



Director of the United States Patent and Trademark Office

Micrometals наносит на свои изделия запатентованную цветовую маркировку в качестве защиты от подделок. Оригинальная продукция Micrometals в компании ПРОСОФТ

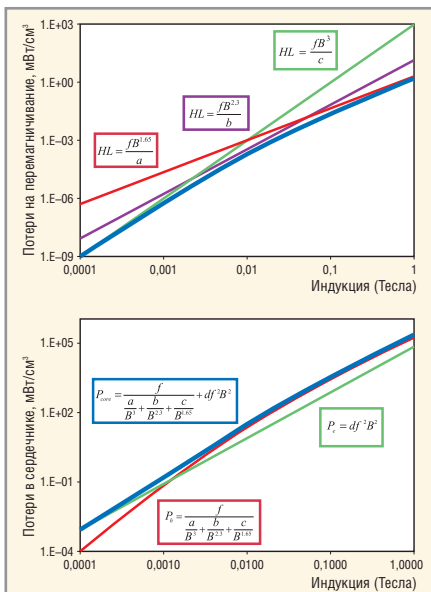


Рис. 17. Составляющие потерь распыленного железа

часть рис. 17), то кривая потерь определяется как обратное значение суммы обратных величин уравнений, описывающих данные прямые:

$$P_h = f / [(a/B^3) + (b/B^{2.3}) + (c/B^{1.65})].$$

Потери на вихревые токи определяются по формуле:

$$P_e = df^2B^2.$$

Следовательно, совокупные потери в сердечнике составят:

$$P_{\text{совокуп}} = f / [(a/B^3) + (b/B^{2.3}) + (c/B^{1.65})] + df^2B^2.$$

Модель, описываемая этим уравнением, известна как модель Оливера. Для максимальных значений индукции выбрано значение экспоненты 1,65 вместо 1,6 как наиболее точно подходящее для распыленного железа. Значения экспонент для минимальных и промежуточных значений индукции также оптимальны для всех типов распыленного железа, производимого фирмой Micrometals. Изменяются только значения коэффициентов *a*, *b* и *c*.

В нижней части рис. 17 приведены кривые потерь на перемагничивание, вихревые токи и совокупные потери смеси -52 на частоте 100 кГц.

Было проведено сравнение потерь, полученных по результатам измерений (на примере кольца Т106-52), с потерями, рассчитанными по уравнениям Штейнмеца и Оливера в диапазоне от 60 Гц до 500 кГц. Сравнение показало, что средняя погрешность модели Оливера не превышает 4,9%. При расчётах коэффициенты в уравнении Оливера были взяты из табл. 13. Средняя погрешность при использовании модели Штейнмеца достигает 20%. Наибольшую погрешность модель Штейнмеца даёт при малых значениях индукции и потерь в сердечнике, поскольку изначально она была оптимизирована для потерь, превышающих 10 мВт/см³.

Модель Оливера, будучи более точной, позволяет определить долю каждой составляющей в совокупных потерях и рассчитать индуктивные элементы, работающие в предельных режимах, с достаточной точностью.

Как видно из рис. 17, отношение между составляющими потерь меняется в зависимости от индукции в сердечнике на заданной частоте. Характерно, что при минимальных значениях индукции преобладают потери на вихревые токи. Имея возможность экстраполировать вплоть до очень малых значений индукции, мы можем определить точные значения коэффициентов модели Оливера. Для этого потребуется измерить коэффициент *Q* при помощи прецизионного LCR-измерителя. Реальные потери в сердечнике вычисляются из следующего соотношения:

$$Q = V_{\text{вх}} I_{\text{вх}} / (P_{\text{обмот}} + P_{\text{серд}}).$$

Если измерения коэффициента *Q* произведены при достаточно высоких частотах и низких значениях индукции, при которых преобладают потери на вихревые токи, можно определить значение коэффициента *d* модели Оливера.

Воспользуемся сердечником Т106-52 с обмоткой из 100 витков. Индукция в сердечнике ограничена на уровне 0,01 мТл, сопротивление об-

мотки переменному току на частоте 100 кГц составляет 0,74 Ом. При $V_{\text{вх}} = 29$ мВ, $I_{\text{вх}} = 0,049$ мА и $Q = 45,5$ потери в сердечнике составляют $2,99 \times 10^{-8}$ Вт. Пересчитав потери в удельное значение в мВт/см³, получаем коэффициент *d*, равный 6,9. Примечательно, что при этих значениях индукции и частоты потери на вихревые токи составляют до 99% совокупных потерь для смеси -52. Остальные коэффициенты могут быть получены по принципу наилучшего соответствия из результатов точных измерений на низких частотах.

Другое преимущество модели Оливера заключается в том, что для всех значений рабочих частот и индукции в сердечнике используется один и тот же набор коэффициентов.

Хотя модель Оливера разработана специально для распыленного железа, подобная методика применима для других магнитодиэлектриков, таких как альсифер (KoolMu, SuperMSS), молипермаллой (МРР), и для ферритов. В каждом случае следует уточнить формулу определения потерь на перемагничивание для наиболее полного соответствия свойствам конкретного материала.

РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТЧИКОВ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Температура окружающей среды накладывает ограничения на допустимый перегрев сердечника. Проект следует начинать при одинаковых значениях потерь в обмотке и сердечнике. Желательно, чтобы расчётные потери в сердечнике оказались меньше потерь в обмотке, поскольку отвести тепло от обмотки значительно легче, чем от сердечника.

Для расчёта индуктивных элементов на сайтах имеются различные программы (например, бесплатная программа фирмы Micrometals [3]). Они позволяют оценить продолжительность безопасного функционирования сердечника в заданных условиях, учитывающих описанное выше явление термического старения.

Если устройство позволяет использовать вентилятор для отвода тепла, желательно устанавливать вентилятор с постоянной скоростью враще-

Таблица 13. Значения коэффициентов для уравнения Оливера

Материал	a	b	c	d
Micrometals -52	$1,0 \times 10^{-6}$	$6,94 \times 10^{-5}$	$5,27 \times 10^{-4}$	6,9

ния. В большинстве случаев потери в сердечнике не зависят от мощности на выходе импульсного источника питания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Распылённое железо в течение нескольких десятилетий используется в радиоэлектронной аппаратуре промышленного и бытового назначения. Чаще всего сердечники из распылённого железа применяются

в дросселях фильтров с большими токами смещения/подмагничивания, дросселях электронных балластов ламп дневного света, помехоподавляющих дросселях, дросселях ККМ и DC/DC-преобразователей, работающих в непрерывном режиме. Распылённое железо является самым дешёвым из порошковых материалов с высокой индукцией насыщения, благодаря чему его применение во многих случаях оказывается эко-

номически более эффективным, чем применение молипермаллоя (МПП), альсифера (KoolMu, SuperMSS) или материала HiFlux.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ridley R. and Nace A. Modeling Ferrite Core Losses. Switching Power Magazine. Winter 2002.
2. Bozorth, Richard M. Ferromagnetism. Princeton: D. Van Nostrand, 1951.
3. www.micrometals.com.



Новости мира News of the World Новости мира

Сверхминиатюрное язычковое реле

Компания Coto Technology разработала сверхминиатюрное язычковое реле 9852, занимающее на плате площадь всего лишь 0,5 см². Это устройство предназначено для использования в автоматической испытательной и контрольно-измерительной аппаратуре, а также в телекоммуникационных системах.



рудовании, где требуется высокая надёжность и недопустимо присутствие машинных масел.

www.e7e.ru

Новые приёмники и передатчики от National Semiconductor

Корпорация National Semiconductor добавила пять новых теплоустойчивых приёмников и передатчиков к своему семейству низковольтных устройств, передающих информацию низковольтными дифференциальными сигналами (LVDS). Эти универсальные устройства разработаны для передачи сигналов через кабели в системах, работающих в жёстких условиях, например, в автомобилях и военной технике.

Передатчик DS90LV011AH, приёмник DS90LT012AH, двойной передатчик DS90LV027AH, двойной приёмник DS90LV028AH и интегральный двойной передатчик DS90LV049H способны работать при температурах до 125°C. Приёмники и передатчики обеспечивают скорость передачи данных до 400 Мбит/с и обладают неплохой помехоустойчивостью.

Согласно пресс-релизу, новые передатчики и приёмники поддерживают дифференциальный интерфейс LVDS. Модель DS90LT012AH имеет входные контакты LVDS, позволяющие сохранить место на плате. Модели DS90LV027AH и DS90LV028AH отличаются конфигурацией выводов типа flow-through, что помогает упростить схему расположения компонентов на плате.

Модели DS90LV011AH и DS90LT012AH выполнены в корпусах SOT-23 с пятью выводами, модели DS90LV027AH и DS90LV028AH изготавливаются в восьмивыводных корпусах SOIC, а DS90LV049H имеет корпус TSSOP с шестнадцатью выводами.

www.e7e.ru



Реле 9852 отличается превосходной выносливостью и способно выдержать 200 млн. N/O или 100 млн. N/C переключений при напряжении 1 В и нагрузке 10 мА. Полосовая характеристика составляет -3 дБ при частоте 4 ГГц (N/O) или 3 ГГц (N/C), что является невозможным для механических реле. При частоте 1 ГГц изоляция и обратные потери составляют соответственно -10 и -20 дБ.

Кроме того, внешний магнитный экран уменьшает электромагнитное взаимодействие между тесно расположенными реле. Устройство имеет корпус с выводами в форме крыла чайки, J-образными или осевыми выводами.

Реле 9852 стоит \$10,40 за штуку при объёме закупки 5000 шт.

www.e7e.ru

Микромоторы с воздушным подшипником

Благодаря системе с воздушным подшипником, новые микромоторы корпо-

рации Sanyo обеспечивают высокую скорость и тихую работу при высоких температурах. Использование воздуха позволяет решить проблему разрушения при длительной эксплуатации и высоких температурах, которая возникает в обычных электродвигателях, где в качестве смазывающего материала используется масло.

Бесщёточные микромоторы серии PM имеют диаметр статора 20 мм и максимальный диаметр ротора 25 мм при высоте мотора 25 мм. В данный момент разрабатываются модели с высотой 14 мм. Моторы работают от постоянного напряжения 12 В при токе нагрузки около 70 мА. Среднее число оборотов в минуту 10 000. Диапазон рабочих температур от 0 до 90°C. Температура хранения от -20 до 90°C.

Схема с воздушным подшипником работает следующим образом: между втулкой и ротором имеется зазор величиной от 3 до 5 мкм. Магниты в верхней части ротора отталкивают их друг от друга, поэтому при вращении в зазоре создаётся давление воздуха, позволяющее ротору вращаться, не соприкасаясь со втулкой.

Такие моторы чрезвычайно надёжны. Они были протестированы с помощью более чем одного миллиона включений/выключений.

Моторы предназначены главным образом для применения в медицинском обо-