



**Новые ферритовые материалы, разработанные компанией EPCOS, оптимизированы для силовых преобразователей, работающих на частотах вплоть до 1 МГц при температуре около 100°C.**

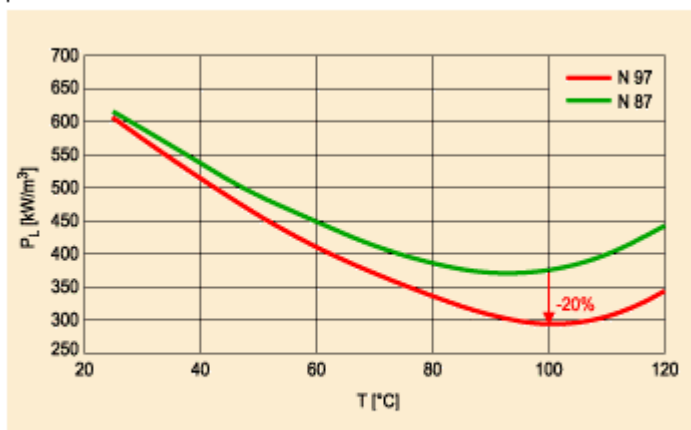
Материалы N97, N92 и N49 характеризуются более высокой удельной мощностью, более низкой рассеиваемой мощностью и расширенным диапазоном температур, что необходимо для работы в устройствах связи и передачи данных.

## РАЗРАБОТКИ ДЛЯ СИЛОВЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

В результате всё большей интеграции логических элементов в монолитную структуру стандартное 5-вольтовое питание для логических схем заменяется на 3.3, 2.5, 1.8 и 1.5 В, а к 2006 году прогнозируется использование напряжения питания 1 В. Подобная тенденция к снижению напряжений питания и повышению токов приводит к изменению конструкции источников питания. Более высокие токи сложнее распределять по схеме без значительных падений напряжений и динамических взаимодействий с монтажной платой. Данные помехи вызываются энергией, накапливаемой паразитными индуктивностями, которая возрастает пропорционально квадрату тока. Даже небольшие значения паразитных индуктивностей могут привести к возникновению достаточно высоких уровней нежелательных энергетических воздействий.

Кроме того, из-за паразитного омического сопротивления возрастает падение напряжения и происходит дополнительное выделение тепла.

### 1 Зависимость рассеиваемой мощности от температуры



**1** Рассеиваемая мощность при 100°C существенно ниже для материала N97. Измерения проведены для сердечника R34 при 100 кГц и магнитной индукции 200 мТл

элементах DC/DC –преобразователь напряжения размещается на плате рядом с электронной схемой. Оба решения (модульное и дискретное) требуют от разработчиков минимизировать габаритные размеры преобразователей и рассеиваемую ими мощность.

Поскольку все нагрузки, как правило, не могут быть расположены близко к источнику питания, распространение получила архитектура с распределением питания (Distributed Power Architecture – DPA). DPA представляет собой размещение силового преобразователя ближе к нагрузке. Изолированная шина питания, получаемого либо от батареи, либо от входного AC/DC-преобразователя, доставляет его DC/DC-преобразователям, расположенным непосредственно на схемной плате. Соответствующий модульный или выполненный на дискретных

Использование планарной технологии при изготовлении индуктивных компонентов может способствовать уменьшению высоты преобразователей. Производители ферритов уже предлагают для этих целей широкий спектр низкопрофильных сердечников. Применение новых ферритовых материалов при разработке силовых преобразователей позволяет обеспечить два важных преимущества: миниатюризацию источников питания за счёт более высокой удельной мощности и увеличение номинального значения постоянного тока.

Увеличение проходной удельной мощности

Размеры магнитных компонентов могут быть уменьшены за счёт увеличения плотности тока и повышения магнитной индукции  $B_{ACmax}$ . Плотность тока ограничивается потерями в меди, в то время как максимальная магнитная индукция определяется потерями в ферритах или насыщением. Современные схемы преобразователей работают обычно на частотах свыше 100 кГц и при условиях ограничения потерь. Это приводит к необходимости разработки материалов с низкими потерями при высоких уровнях намагничивания.

На рисунке 1 приведен график рассеиваемой мощности для нового оптимизированного по потерям материала N97 в зависимости от температуры и в сравнении со стандартным материалом N87 для силовых применений. Минимальное рассеяние мощности происходит при типовом значении рабочей температуры, составляющем около 100°C. В этой рабочей точке рассеиваемая мощность для высококачественного материала N97 на 20% ниже, чем соответствующее значение для материала N87. Таким образом, трансформаторы могут разрабатываться с более высокой удельной мощностью; можно обойтись без теплоотводов и вентиляторов.

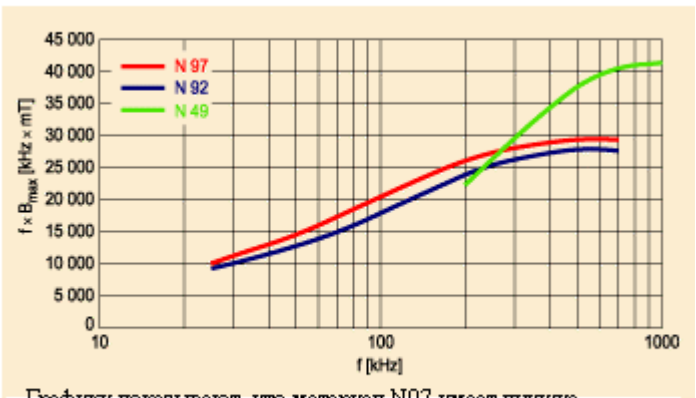
2 Рассеиваемая мощность для различных материалов

	$P_V$ [kW/m <sup>3</sup> ] at 100 °C				
	25 kHz	100 kHz	300 kHz	500 kHz	1 MHz
	200 mT	200 mT	100 mT	50 mT	50 mT
N 92	70	410	410	230	
N 97	45	300	340	205	
N 49			330	80	475

передана ферритом при постоянном уровне рассеиваемой мощности 300 кВт/м<sup>3</sup>.

В таблице 2 приведены номинальные значения потерь мощности на различных частотах при 100°C. Более применимое на практике описание поведения материалов определяется коэффициентом производительности (3), соответствующим максимальной мощности, которая может быть

3 Коэффициент производительности при 100°C



3 Графики показывают, что материал N97 имеет лучшие характеристики, чем N92. Материал N49 имеет явные преимущества на частотах свыше 250 кГц

При однонаправленном намагничивании, применяемом в прямоходовых или обратходовых преобразователях, особенно критичной является максимальная магнитная индукция. В этом случае сердечник будет насыщаться при интенсивности потока  $\Delta B$ , которая меньше пикового значения магнитной индукции насыщения  $B_s$  на величину остаточной индукции  $B_r$ .

В таблице 4 приведены значения  $\Delta B$ , основанные на измерениях в кольцевом сердечнике.  $\Delta B$  возрастает с увеличением воздушного зазора сердечника.

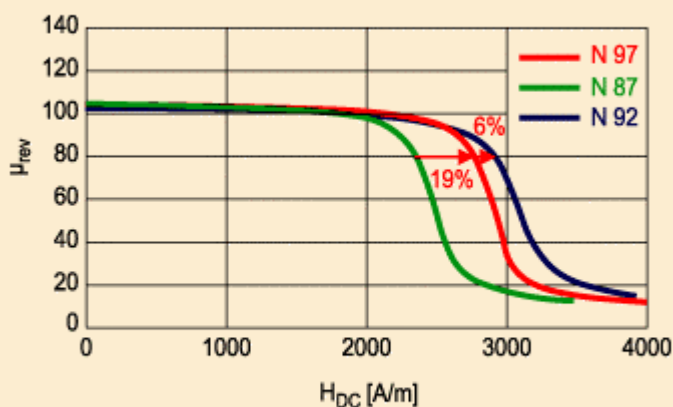
## Материал N49 для высоких частот

### 4 Магнитная индукция

	$\mu_i$	$B_s$ [mT]		$B_r$ [mT]		$\Delta B = B_s - B_r$ [mT]	
		25 °C	100 °C	25 °C	100 °C	25 °C	100 °C
N 92	1500	500	440	315	100	185	340
N 97	2300	510	410	250	90	260	320
N 49	1300	490	400	160	125	330	275

Магнитная индукция насыщения  $B_s$  и  $B_s - B_r$  в зависимости от остаточной магнитной индукции  $B_r$ . Измерения проведены для сердечника R34

### 5 Характеристики насыщения для различных материалов



Подмагничивание постоянным током.

Измерения проведены для сердечников с зазором ETD39:  $n=100$ ,  $f=10\text{ кГц}$ ,  $B=0.25\text{ мТл}$ ,  $T=100^\circ\text{C}$

### 6 Основные характеристики ферритовых материалов

	$\mu_i$	$B_s$ [mT]		$\rho$ [ $\Omega \cdot \text{м}$ ]	$T_c$ [ $^\circ\text{C}$ ]	Особенности
		25 °C	100 °C			
N 92	1500	500	440	8	>280	Высокий уровень подмагничивания
N 97	2300	510	410	8	>230	Низкие потери
N 49	1500	490	400	17	>240	Работа на высокой частоте

Одним из способов предотвращения чрезмерного увеличения магнитной индукции, кроме перехода к более крупному сердечнику, является повышение рабочей частоты. Для ферритовых материалов характерно, что магнитная индукция имеет большее влияние на потери, чем частота. В оптимизированном для каждого материала частотном диапазоне коэффициент производительности увеличивается вместе с ростом частоты. При постоянной рассеиваемой мощности размер трансформатора напрямую связан с частотой переключения. Таким образом, для заданной рассеиваемой мощности увеличение частоты приводит к уменьшению размеров магнитных компонентов. Выходные дроссели должны отфильтровать нежелательные импульсные сигналы при минимальном значении индуктивности, пропуская в то же время постоянный ток. В обратноходовых и аналогичных им типах преобразователей требуются магнитные компоненты, накапливающие энергию. Для обеих категорий необходимы компоненты, имеющие достаточную индуктивность, позволяющую работать при больших постоянных токах и наличии переменной составляющей. Постоянный ток, протекающий через обмотку, подмагничивает сердечник и уменьшает его магнитную проницаемость  $\mu_{rev}$ .

По мере увеличения постоянной составляющей магнитного поля индук-

тивность постепенно уменьшается и сердечник приближается к насыщению. Графики результатов измерений, приведенные на рисунке 5, показывают изменение насыщения в зависимости от напряженности магнитного поля, определяемой постоянным током через обмотку. Оптимизированный для подмагничивания постоянным током материал N92 может работать при постоянном токе, значение которого на 25% больше, чем у стандартного материала N87, при этом индуктивность уменьшается на 20%. Другими словами, при одних и тех же размерах сердечника по обмотке может протекать больший постоянный ток. В таблице 6 приведены основные характеристики новых материалов для силовых применений. Эти материалы предназначены для AC/DC- и DC/DC-преобразователей, работающих в телекоммуникационных системах и системах передачи данных.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Благодаря новым ферритовым материалам компании EPCOS могут разрабатываться более компактные силовые преобразователи, предназначенные для применения в области телекоммуникаций и передачи данных. Эти ферриты характеризуются:

- широким диапазоном рабочих температур;
- низкими потерями;
- большим запасом по индуктивности даже при токах со значительной постоянной составляющей;
- компактной конструкцией, обеспечивающей возможность миниатюризации оборудования;
- возможностью работы на частотах вплоть до 1 МГц.