

# Планарные устройства

## компании Payton

**Одной из основных задач при разработке трансформатора является уменьшение его габаритных размеров при одновременном увеличении эффективной мощности. Сегодня трансформатор переживает второе рождение — на смену традиционной технологии построения трансформатора приходит новая — планарная технология. Принцип построения электромагнитных устройств по новой технологии заключается в использовании печатных плат вместо каркасной сборки и проволочной обмотки. Роль обмотки в новой технологии выполняют дорожки, нанесенные на плату печатным способом. Платы укладываются в несколько слоев, разделенных между собой изоляционным материалом, и заключаются в ферритовый сердечник.**

**Александр Слабухин**

alex@icquest.ru

### Планарная технология

До середины 80-х годов планарные технологии производства трансформаторов ограничивались в основном разработками в военной и аэрокосмической промышленности. Пионером широкого коммерческого использования планарных технологий был Алекс Естров, опубликовавший в 1986 году некоторые данные о своих разработках в области производства планарных трансформаторов, работающих на резонансной частоте 1 МГц. Идею ожидал успех. Некоторое время спустя Естров организовал компанию (сегодня Payton Power Magnetics Ltd.), начавшую производство силовых планарных трансформаторов и дросселей.

Что же такое планарная технология и чем она примечательна? Рассмотрим пример, который объясняет принцип построения планарных трансформаторов (рис. 1). На рисунке представлен трансформатор в разобранном виде. Он состоит из нескольких пластин с нанесенными на них витками обмотки и изоляционных пластин, отделяющих пластины обмотки друг от друга. Обмотка трансформатора выполнена в виде дорожек на печатных платах или участках меди, нанесенных на плату печатным способом. Все слои размещаются друг над другом и удерживаются двумя частями ферритового сердечника.

Стремление к уменьшению габаритных размеров и в то же время к повышению мощности — общая дилемма развития современных силовых устройств. В планарном трансформаторе чередование слоев с первичной и вторичной обмотками приводит к образованию сильной магнитной связи и, как следствие, к значительному повышению КПД трансформатора. В то же время благодаря планарной технологии уменьшаются габаритные размеры устройства. При этом планарные трансформаторы, в отличие от традиционных, имеют относительно большую эффективную площадь охлаждения и их легче охлаждать — можно использовать различные варианты — естественное, принудительное, односторонний и двусторонний радиатор, жидкостное.

Еще одна положительная черта планарных устройств — малый разброс электрических параметров от устройства к устройству. Трансформатор с проволочной обмоткой обладает большим разбросом пара-

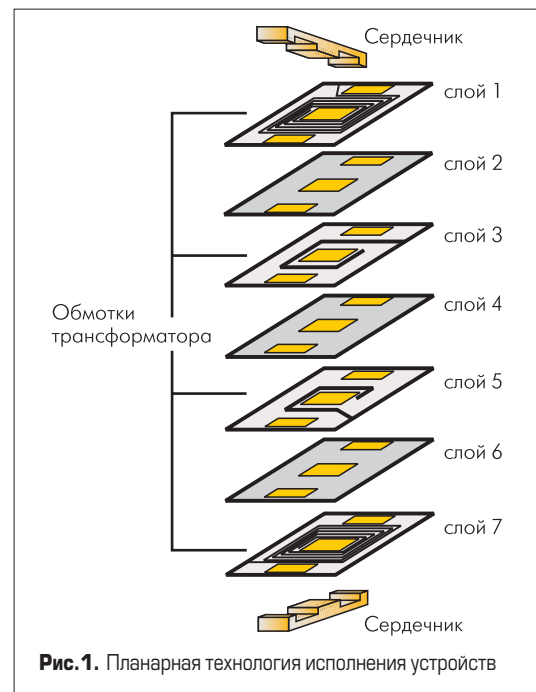


Рис. 1. Планарная технология исполнения устройств

метров, так как проволока в процессе намотки ложится на каркас неравномерно, что не может не влиять на параметры устройства (например, индуктивность, добротность). Планарные трансформаторы собираются на основе многослойных печатных плат. Каждая плата изготавливается одним и тем же способом. Дорожки на платах также наносятся печатным способом. Травление плат — всегда один и тот же процесс. Погрешности параметров планарного трансформатора в сотни раз меньше погрешностей традиционного трансформатора с проволочной обмоткой.

Планарные трансформаторы идеально подходят для телекоммуникационных систем, компьютеров, авиационных бортовых систем, силовых источников питания, сварочных аппаратов, систем индукционного нагрева — везде, где необходимы силовые трансформаторы с высоким КПД и малыми габаритами.

Основные преимущества планарных трансформаторов:

- высокая мощность при небольших габаритных размерах (10 Вт — 20 кВт);

- высокий КПД устройств (97–99%);
- широкий температурный диапазон: от –40 до +130 °С;
- диэлектрическая прочность устройств 4–5 кВ;
- низкая индуктивность рассеяния;
- диапазон рабочих частот планарных устройств лежит в пределах от 20 кГц до 2,5 МГц;
- высокая мощность при малых размерах — планарные трансформаторы включают, как правило, от одной до семи обмоток;
- малый разброс параметров при серийном производстве устройств;
- очень низкий уровень электромагнитных помех;
- малые габариты и вес.

### Планарные трансформаторы Payton

Payton производит широкую номенклатуру планарных трансформаторов мощностью от 5 Вт до 20 кВт. Трансформаторы Payton, обладающие небольшими размерами (рис. 2), способны работать на больших мощностях и обеспечивают хорошие тепловые характеристики. В таблице 1 представлены данные по размеру, мощности, весу и по типоразмеру сердечника.

Линия продуктов компании Payton включает в себя устройства, рассчитанные на различные мощности и предназначенные для использования в телекоммуникационном оборудовании, в источниках питания, AC/DC и DC/DC-преобразователях и т. п. В таблице 2 представлены характеристики некоторых типов планарных трансформаторов компании Payton.

Изначально разработчики компании Payton ориентировались на производство трансформаторов только для импульсных источников питания (ИИП), для применения в сварочных аппаратах и системах индукционного нагрева. Однако сейчас они применяются практически повсеместно.

Трансформаторы Payton идеально подходят для применения в ИИП для сварочных аппаратов. Трансформаторы отлично вписываются в структуру источника, гарантируя большую продолжительность его работы. Известно, что ИИП сварочных аппаратов генерируют критично высокие значения выходных токов. Поэтому вторичных витков в большинстве случаев всего несколько. Планарные трансформаторы подходят, таким образом, для работы с высокими значениями токов и могут исполь-



Рис. 2. Трансформаторы на основе сердечников по размерам, приведенным в таблице 1

Таблица 1. Различные варианты сердечников

Типоразмер сердечника	20	32	40	55	80
Мощность, Вт	10–30	20–75	25–100	50–360	200–1400
Размеры Д×Ш×В, мм	17×15×6	19×18,5×7	23×20×10	30×26×10	40×32×12
Вес, г	5	8	12	25	50

Таблица 2. Характеристики моделей трансформаторов

Типоразмер	Мощность, Вт	Максимальный ток, А	Диапазон рабочих частот, кГц	Диэлектрическая прочность, В	Средний вес, г
SIZE 20	10–40	10	100–2500	1500	5
SIZE 25	25–100	25	100–2500	1000	8
SIZE 50	50–400	50	100–2500	≤4000	25
SIZE 80	200–1000	100	100–2500	≤5000	45
SIZE 250	500–2600	200	100–1000	≤4000	150
SIZE 1000	1000–10000	1000	50–2000	≤4000	500
SIZE 5000	5000–20000	1000	20–300	≤4000	2500

зоваться в сварочном оборудовании. Применение планарных трансформаторов может значительно уменьшить размеры и вес конечного устройства.

Планарный трансформатор также хорошо вписывается в структуру источников питания для систем индукционного нагрева. Для этих целей, например, был выпущен трансформатор мощностью 20 кВт (рис. 3) и размерами 180×104×20 мм.



Рис. 3. Трансформатор для использования в ИИП сварочного аппарата

Компания Payton предлагает трансформаторы с выводами для различных способов монтажа. Возможны варианты как для поверхностного, так и сквозного монтажа на печатную плату. Плоские поверхности сердечников пригодны для автоматического монтажа. Кроме того, есть устройства с выводами для навесного монтажа.

### Планарные дроссели Payton

Payton производит широкую номенклатуру дросселей, собираемых по планарной технологии. Дроссели Payton, как и трансформаторы, при небольших размерах обеспечивают значительную мощность. Дроссели производятся по технологии предварительного намагничивания сердечника. Хотя, данная технология известна давно, она не находила широкого применения вследствие высокой стоимости специальных магнитных материалов, традиционно используемых для изготовления сердечников, невозможности работы устройств на высоких частотах и ухудшения характеристик в результате размагничивания сердечника. Разработчикам Payton удалось устранить эти недостатки путем использования сердечников из ферромагнитных материалов — недорогой и эффективной замены сердечникам из специальных магнитов.

Технология предварительного намагничивания сердечников позволяет удвоить значение индуктивности дросселя без изменения тока, либо удвоить значение тока при неиз-



Рис. 4. Дроссели, выполненные по новой и старой технологии предварительного намагничивания с одинаковыми параметрами

менной индуктивности. Новая технология производства дросселей позволяет снизить потери мощности в 4 раза и уменьшить контактную площадку на 30–40% (рис. 4).

Тестирование дросселей на ухудшение магнитных свойств показало, что на рабочих частотах до 1 МГц ухудшения магнитных свойств сердечников не происходит даже при 10-кратном превышении напряженности поля по сравнению с обычным эксплуатационным значением.

### Гибридные дроссели

Кроме того, Payton активно развивает технологию построения гибридных планарных дросселей, которые способны работать на высоких резонансных частотах. Эти устройства построены на основе «6-коленного» планарного ферромагнитного сердечника, совмещенного с многожильной обмоткой. Такое сочетание позволяет достигнуть высокого показателя добротности на высоких частотах. Например, значение добротности дросселя индуктивностью 40 мкГн при токе 3 А и рабочей частоте 1 МГц составляет 500!

### Дроссель-фильтр

Payton также производит планарные дроссели, специально разработанные для ослабления синфазных помех. Соотношение между индуктивностью рассеяния и собственной индуктивностью устройства уменьшено до 0,005%. Благодаря высокому значению собственной емкости, планарные дроссели синфазных помех могут включать в себя входные и выходные конденсаторы. Поэтому этот вид дросселей может использоваться как фильтр синфазных помех. Уже сегодня идут разработки планарных дроссель-фильтров, которые будут работать при токах до 200 А.

### Заключение

Благодаря стабильности технических характеристик, высокому КПД и эффективному методу охлаждения планарных устройств компании Payton их использование — привлекательное решение для производителей силовых источников питания. Тенденция удешевления производства многослойных печатных плат делает планарные трансформаторы все более доступными для самых разнообразных применений. Можно предположить, что в ближайшем будущем планарные устройства полностью вытеснят традиционные трансформаторы с проволоочной обмоткой.