

# Новые силовые трансформаторы серии RET

**Экономия энергии априори является целенаправленным шагом на пути достижения целей закона «О возобновляемых источниках энергии». То же самое относится и к теплоотдаче за счет потерь энергии: чем меньше образуется тепла, тем меньше тепла необходимо отводить, например, путем принудительной конвекции с использованием дополнительных первичных источников энергии. Силовые трансформаторы серии RET фирмы Michael Riedel Transformatorbau GmbH (официальный представитель в России ООО «Элим СП»), обеспечивают значительное снижение потерь энергии в стали трансформатора, повышение общего коэффициента полезного действия, снижение уровня шума, а также значительное снижение конечной температуры.**

**Мартин Бруст**  
(Martin Brust)

brust@riedel-trafobau.de

**К**онструктивная серия RET (рис. 1) является продуктом новой технологии фирмы Michael Riedel, согласно которой в трансформаторостроении используется инновационная геометрия сердечника. Это позволяет снизить потери в стали трансформатора: по сравнению с используемыми в настоящее время трансформаторами с ленточными сердечниками новая геометрия сердечника позволяет также снизить магнитное сопротивление в пакете активной стали. При использовании аналогичного материала (прошедшая заключительный отжиг электротехническая листовая сталь с ориентированной зернистой структурой M165-35 S согласно DIN EN 10107) потери энергии в стали трансформатора снижаются на величину до 45%. Дополнительный положительный эффект заключается в снижении уровня шума за счет использования специальной компоновки сердечников.

Известно, что мощность и потери тепла являются двумя сторонами одной медали. При снижении магнитного сопротивления потери энергии снижаются, что обуславливает снижение теплоотдачи от стального сердечника: уже при испытании первых опытных образцов нового трансформатора, в которых использовался тот же исходный материал, такое же поперечное сечение стальных элементов и идентичные обмотки (первичная и вторичная), значения конечной температуры трансформаторов типа RET, как при работе в режиме сети, так и при режиме PWM (при тактовой частоте 4 кГц), в среднем на 15 К ниже. Если же при изготовлении трансформаторов используются все преимущества новой технологии RET, новая серия трансформаторов характеризуется еще более низкими значениями конечной температуры.

## Конструкция и геометрия сердечника

Как и трансформаторы стандартного исполнения, новые силовые трансформаторы конструктивной серии RET предназначены для стационарной установки в сухих помещениях. Форма исполнения в клас-

се изоляции А ( $t_a = +40\text{ °C}$ ) является открытой, при этом трансформатор располагается в «стоячем» или «лежащем» положении. Трансформаторы отвечают требованиям всех национальных и международных предписаний согласно VDE 0570/EN 61558, при этом их конструктивное исполнение оптимизировано для достижения максимального КПД.

Особенностью технологии Riedel является новая геометрия и конструкция сердечника, при которой листовая трансформаторная сталь имеет форму, напоминающую кольца. В качестве исходного материала используется электротехническая листовая сталь с ориентированной зернистой структурой, чтобы при высоких требованиях к магнитной проницаемости и поляризации до минимума снизить потери на перемагничивание. Перечисленные ниже меры позволяют уменьшить магнитное сопротивление, наполовину снизить потери энергии в стали трансформатора, снизить уровень шума и теплоотдачу.

Обычная трансформаторная сталь (как стандартного сечения UI/U3, так и пластинчатые сердечники) характеризуется прямоугольной геометрией, которая не соответствует дугообразной форме силовых линий (рис. 2). Поэтому при вынужденном изменении направления силовые линии магнитного поля в стальном сердечнике имеют неравномерную характеристику, они переплетаются, что обуславливает повышение сопротивления.

Этот отрицательный эффект усиливается за счет того, что в зонах уже и так неравномерной характеристики расположены отверстия для крепления пакета активной стали, в результате чего дополнительно уменьшается эффективное сечение сердечника и повышается сопротивление магнитному потоку.

При обычной конструкции трансформаторов листовая трансформаторная сталь формируется из плоских штампованных элементов, которые объединяются в пакеты. В конструкции RET отдельные элементы представляют собой сформированные в трех измерениях стальные ленты, которые особым

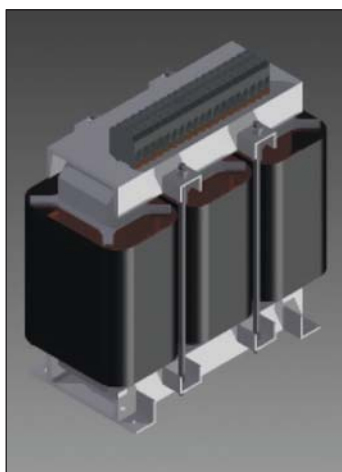
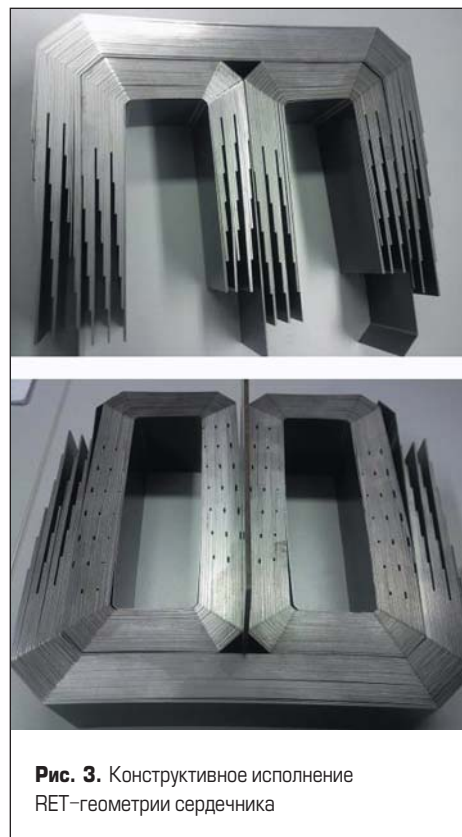
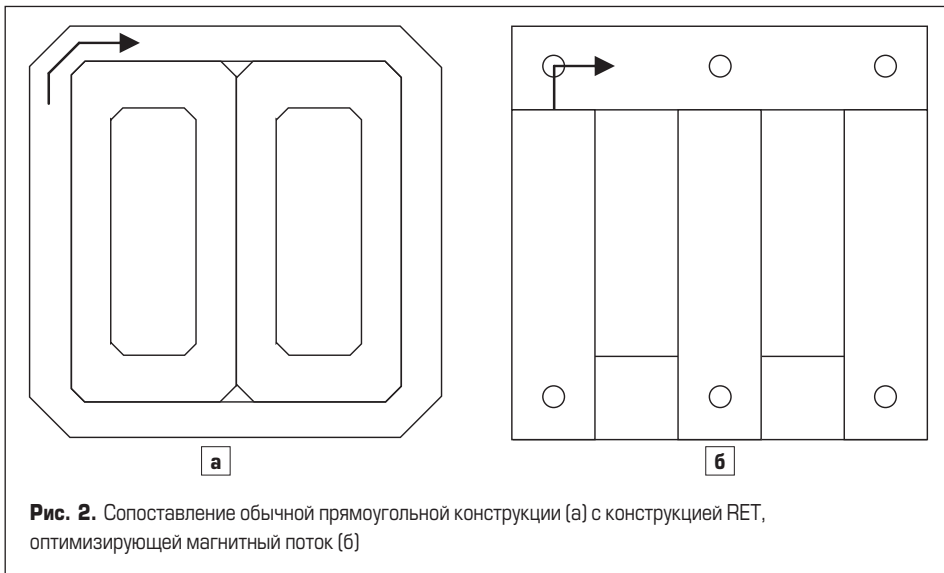


Рис. 1. Трансформатор серии RET



образом формируются в пакеты (рис. 3). В этом случае магнитный поток постоянно направлен в оптимальном направлении (другими словами, он выбирает путь наименьшего сопротивления).

При традиционной конструкции трансформаторов воздушный зазор, который образуется при сборке сердечника, геометрически распределяется по всему сечению пакета трансформаторной стали. Этот постоянный зазор повышает его магнитное сопротивление.

В случае конструктивного исполнения RET используется особый метод сборки сердечника, при котором воздушный зазор распределяется по периферии пакета трансформаторной стали (рис. 4). Это, с одной стороны, способствует снижению магнитного сопротивления и, с другой стороны, обуславливает снижение уровня шума.



Рис. 4. Внешний вид распределения воздушного зазора в пакете

**Новые трансформаторы позволяют отказаться от использования внешних систем охлаждения для шкафов комплектного распределительного устройства**

Таким образом, основными преимуществами трансформаторов конструктивного исполнения RET является повышение общего КПД до 99% (в больших трансформаторах с медными обмотками), снижение на 45% потерь энергии в стали трансформатора и, следовательно, уменьшение теплоотдачи за счет более низких конечных температур при работе в режиме сети и в режиме PWM.

Кроме того, меньшие габариты основных элементов трансформаторов упрощают их установку в шкафах комплектного распределительного устройства.

Значительной сферой эффективного использования таких трансформаторов является автомобилестроение. При этом основным направлением является отказ от внешних систем охлаждения для распределительных коробок. При этом не имеет значения конструктивное исполнение таких систем охлаждения, будь то активные охладители, теплообменники или мощные вентиляторы: трансформаторы нового поколения обеспечивают достижение поставленной цели в любом случае.

**Ориентировочный расчет рентабельности**

Фактически экономия энергии в случае использования силового трансформатора типа RET мощностью 100 кВ·А по сравнению с традиционными трансформаторами составляет  $P_{SPAR} = 250$  Вт. При среднегодовой эксплуатации  $T = 8760$  ч и при стоимости электроэнергии  $K = 0,20$  €/кВт·ч годовой объем сэкономленной энергии составит:

$$E = T \times P_{SPAR} \times K = 8760 \times 0,25 \times 0,20 = €438.$$

Таким образом, использование новой технологии Riedel при изготовлении трансформаторов обеспечивает существенную экономию денежных средств и энергоресурсов, при этом использование единичных трансформаторов в технологических установках, в которых часто установлены сотни распределительных шкафов, следует рассматривать, скорее, как исключительный случай.

**Выводы**

Новая серия RET трансформаторов фирмы Michael Riedel Transformatorenbau с использованием новой технологии изготовления сердечников означает более высокий стандарт качества известной продукции этого

производителя, при этом потери энергии в стали трансформатора снижаются на 45%. Повышение общего КПД и значительное снижение конечных температур позволяет уменьшить габаритные размеры трансформаторов, благодаря чему упрощается их использование в зонах с дефицитом пространства, например в шкафах комплектного распределительного устройства.

Трансформаторы новой трехфазной конструктивной серии могут использоваться в качестве сетевых, разделительных, защитных и автотрансформаторов с алюминиевой или медной обмотками, при этом они покрывают диапазон мощностей 2–800 кВ·А. При использовании медной обмотки общий КПД трансформатора может достигать 99%. В настоящее время специалисты компании заняты разработкой новой конструктивной концепции RET в фильтрах.

Основными преимуществами новых эффективных технологий Riedel являются:

- экономия ресурсов и первичных источников энергии;
- сокращение расходов на электроэнергию на производствах;
- использование льготных тарифов при использовании регенеративных источников энергии;
- быстрая окупаемость вложений;
- более низкий уровень шума;
- снижение рабочих температур и теплоотдачи;
- уменьшение габаритных размеров.

Последние две позиции имеют особое значение для автомобилестроения, так как это позволяет отказаться от использования внешних систем охлаждения для распределительных коробок.