

# Цифровые изоляторы HOPERF – «стражи электробезопасности» в PTC-нагревателях электромобилей



В статье рассмотрен вопрос защиты низковольтного оборудования электромобилей и сидящих в салоне людей от электрического тока PTC-нагревателя, который обычно питается от высоковольтной сети транспортного средства. Анализируется принцип работы цифровых изоляторов в системе PTC. Представлены цифровые изоляторы HOPERF разных модификаций. Публикация представляет собой перевод статьи, выложенной на сайте HOPERF – ведущего китайского разработчика и производителя радиочастотных микросхем и интегральных датчиков.

ООО «Квест», г. Санкт-Петербург

Как известно, традиционные автомобили с ДВС могут использовать отработанное тепло двигателя для обогрева салона или батареи. Однако в электромобилях другой тип двигателя, и подобный источник тепла отсутствует (рис. 1). Поэтому для активного обогрева они используют PTC-нагреватели (Positive Temperature Coefficient). PTC-нагреватели являются ключевым компонентом электромобилей, компенсирующим отсутствие отработанного тепла двигателя. Они обогревают батарею и салон посредством электротермического преобразования с самоограничением температуры и в настоящее время являются одним из основных способов построения системы терморегулирования электромобилей.

## Принцип работы PTC-нагревателей

PTC-нагреватели можно разделить на две группы:



Рис. 1. Устройство электромобиля

- ▶ воздушного типа (обогрев воздухом);

- ▶ жидкостного типа (обогрев жидкостью).

Основной принцип работы заключается в следующем: когда ток проходит через PTC-элемент, резистор генерирует тепло за счет эффекта Джоуля<sup>1</sup>, и тепло передается аккумуляторной батарее (теплоизоляция при низких температурах для повышения эффективности заряда и разряда) или салону (для его обогрева) через воздушную среду или жидкий теплоноситель. При повышении температуры сопротивление PTC-элемента резко и нелинейно возрастает, автоматически ограничивая выходной ток во избежание локального перегрева, — рост температуры прекращается, и таким образом обеспечивается защита.

## Особенности работы

PTC-нагреватели обычно подключены к высоковольтной цепи постоянного тока (например, 400/800 В от ак-

кумуляторной батарее), в то время как блоки управления (такие как MCU, датчики) относятся к низковольтным цепям (бортовая низковольтная система 12/24 В). Поэтому необходимо принимать эффективные меры по построению контура электрической изоляции для предотвращения попадания высокого напряжения в низковольтную систему (что может привести к повреждению чувствительных компонентов), а также в целях соблюдения строгих технических требований по электробезопасности для защиты жизни водителей и пассажиров.

## Цифровые изоляторы в системе PTC

Принцип работы PTC-нагревателя в электромобилях заключается в следующем. После того как система получает сигнал на обогрев через CAN/LIN-шину, электронный блок управления (бортовой компьютер) начинает управлять IGBT или другими силовыми транзисторами, тем самым контролируя протекание тока высокого напряжения через PTC-нагреватель для обогрева. Обычно в PTC-нагревателе интегрировано несколько PTC-резисторов, и система может достигать многоуровневой выходной мощности, управляя включением и выключением разного количества резисторов, гибко

<sup>1</sup> Эффект Джоуля представляет собой явление нагрева проводника при протекании через него электрического тока. Это явление связано с преобразованием электрической энергии в тепловую. Эффект Джоуля имеет множество практических применений, включая электрические обогреватели, сварочные устройства и термомпары. — *Примеч. пер.*

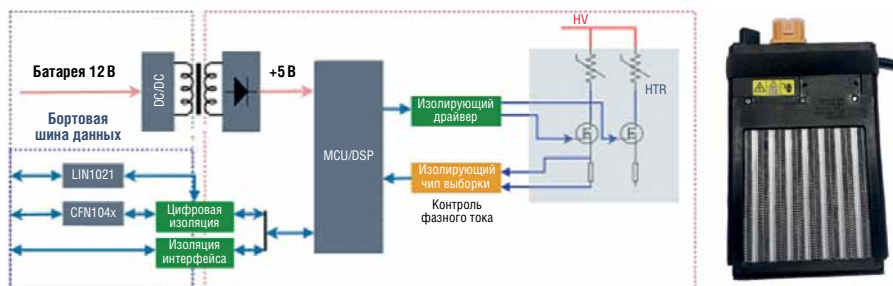


Рис. 2. Новый PTC-нагреватель для электромобилей: решение для построения контура изоляции

подстраиваясь под различные потребности обогрева салона или батареи.

#### Компоненты системы изоляции

Как уже отмечалось, в электромобилях PTC-нагреватель (HTR) питается от высоковольтной аккумуляторной платформы транспортного средства (HV), а MCU/DSP – от источника 5 В постоянного тока (рис. 2). В системе присутствуют два основных компонента, обеспечивающих безопасную координацию между низковольтным управлением и высоковольтным нагревом:

- ▶ изолирующий драйвер усиливает и улучшает управляющую способность низковольтного сигнала управления от MCU/DSP, управляя включением/отключением высоковольтной цепи питания PTC-нагревателя;

- ▶ изолирующий чип выборки (семплирования)<sup>2</sup> отвечает за точный сбор сигнала фазного тока / тока шины высоковольтного PTC-нагревателя, обеспечивая логическую основу для точного управления PTC-нагревателем MCU/DSP (например, регулирование мощности, защита от неисправностей).

#### Цифровые изоляторы как основа безопасности PTC для современных электромобилей

Цифровые изоляторы являются основой безопасности систем обогрева в электромобилях. Их ключевое

значение состоит не только в обеспечении электрической изоляции между высоковольтными и низковольтными цепями, но и в создании многоуровневого защитного барьера для безопасной работы PTC-нагревателей посредством стабильной и надежной передачи сигналов, точного и эффективного отбора параметров, защиты от помех.

Чтобы полностью реализовать свое основное назначение, цифровые изоляторы должны обладать достаточно высоким изоляционным напряжением для противодействия риску высоковольтных помех, а также отличаться высокой устойчивостью к электромагнитным помехам и долговременной надежностью в условиях эксплуатации в сложной бортовой среде электротранспорта.

#### Продукты HOPERF для применения в PTC-нагревателях

Компания HOPERF разработала несколько серий стандартных цифровых изоляторов, которые можно использовать в системах управления обогревом электромобиля:

- ▶ CMT812X (2-канальные);
- ▶ CMT804X (4-канальные);
- ▶ CMT826X (6-канальные).

Эти изоляторы не только обеспечивают напряжение изоляции до 5 кВ среднеквадратичного значения, устойчивы к скачкам напряжения до 8 кВ и имеют срок службы более 40 лет, но и значительно улучшают электромагнитную совместимость (EMC), что отвечает требованиям системы по ESD, EFT, защите от скачков напряжения и электромагнитного излучения.

Заслуживает внимания и серия CMT8602X – усиленные изолированные двухканальные драйверы затворов для эффективного управления силовыми транзисторами MOSFET, IGBT и SiC MOSFET на частотах до 5 МГц с пиковыми значениями тока истока

4 А и тока стока 6 А. Управление затвором транзисторов осуществляется с лучшими в своем классе показателями задержки распространения сигнала и искажения длительности импульсов.

Серия CMT130X изолированных микросхем выборки (семплирования) не только эффективно блокирует передачу высоковольтного тока и электромагнитных помех в низковольтные цепи, но и предоставляет микроконтроллеру высокоточные сигналы в реальном времени, такие как измеренные ток, напряжение и температура, обеспечивая эффективную и надежную работу PTC-нагревателей.

Высоконадежные изолированные приемопередатчики CAN серии CMT104X обеспечивают защиту шины постоянного тока от перегрузок до  $\pm 70$  В и диапазон синфазного напряжения на линиях CAN-шины  $\pm 30$  В, а также поддерживают скорость до 5 Мбит/с (в режиме CAN FD) для более быстрой передачи данных. Это позволяет передавать сигналы между цепями с разными уровнями напряжения, защищая систему от электромагнитных помех и высоковольтных выбросов.

#### Перспективы развития

В будущем, по мере того как электромобили будут ускоренно эволюционировать в сторону более высокого напряжения, интеллектуализации и снижения массы, PTC-нагреватели столкнутся с вызовами, связанными с более высокой плотностью мощности, более высокой скоростью отклика и более строгими стандартами безопасности.

Цифровые изоляторы будут продолжать совершенствоваться в направлении высокой интеграции, низкого энергопотребления и интеллектуализации, сохраняя при этом высокие показатели изоляции, чтобы постоянно соответствовать требованиям безопасности систем управления обогревом электромобилей и способствовать качественному развитию глобальной индустрии электротранспорта.

Перевод статьи компании HOPERF «HOPERF digital isolators, the “electrical safety guards” in new energy vehicle PTC», ООО «Квест», г. Санкт-Петербург, тел.: +7 (812) 913-2755, e-mail: info@icquest.ru, сайт: www.icquest.ru

<sup>2</sup> В электронике и системах управления выборка (англ. sampling) — это процесс измерения значения непрерывного сигнала в дискретные моменты времени с последующей его оцифровкой. Это необходимо, чтобы:

- ▶ передать данные в цифровой блок управления (в данном случае — в микроконтроллер, MCU);
- ▶ обработать информацию программно;
- ▶ обеспечить обратную связь для управления системой (здесь — PTC-нагревателем). — Примеч. пер.