

ваях всё большее применение находят мотор-колёса и зачастую дисковый тормозной механизм является единственным, который можно скомпоновать с ними, так как он имеет меньшие габариты и не требует наличия жёсткой механической связи с приводом. Из вышесказанного можно сделать вывод, если конструкция позволяет установить барабанный механизм, то целесообразней применять именно его.

УДК 629.113.62

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЯГОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА БАЗЕ IGBT И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

*Пинчук Владимир Сергеевич*

*Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. А.М. Сологуб  
(Белорусский национальный технический университет)*

Расширяющееся использование асинхронных двигателей требует таких преобразователей, которые обеспечивают надежную работу систем привода. Рассмотрены вопросы с применения биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT).

Применение IGBT существенно упрощает схему, уменьшает число ее элементов и, следовательно, стоимость, масса и габариты преобразовательной установки по сравнению со схемой на тиристорах GTO. Также сокращаются затраты времени на замену компонентов, а стандартизация плат и крепежа удешевляет конструкцию и способствует продлению срока службы.

**Экономичность и надежность**

1. С устранением рассеивания мощности и благодаря свойственным IGBT малым коммутационным потерям снижаются общие потери в преобразователе, следовательно, повышается его экономичность.

2. Надежность также повышается за счет уменьшения числа элементов в схеме. Кроме того, в схемах управления пре-

образователей на базе IGBT обеспечивается более полная защита от бросков тока и перенапряжений, чем существенно снижается риск отказов и повреждений.

3. Все это уменьшает также общие затраты в расчете на весь срок службы.

Техническое обслуживание электрооборудования тягового привода ограничивается простой и быстрой заменой блоков.

Для питания низковольтных цепей тягового привода и прочих бортовых потребителей электроэнергии, таких, как двигатели вентиляторов и компрессоров, освещения и заряда аккумуляторных батарей пониженным напряжением служат вспомогательные преобразователи.

Для разных случаев применения в зависимости от сформулированных заказчиком требований по входному и выходному напряжению и выходной мощности преобразователи имеют характеристики, варьирующиеся в широком диапазоне. Так, входное напряжение, как и частота, могут соответствовать любой величине напряжения и частоты в контактной сети, а потребная выходная мощность может исчисляться и в единицах, и в сотнях киловольт-ампер.

Устройство и особенности работы. Биполярный транзистор с изолированным затвором (IGBT – Insulated Gate Bipolar Transistors) – полностью управляемый полупроводниковый прибор, в основе которого трёхслойная структура. Его включение и выключение осуществляются подачей и снятием положительного напряжения между затвором и истоком. На рисунке 1 приведено условное обозначение IGBT.

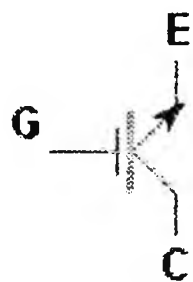


Рисунок 1 – Условное обозначение IGBT

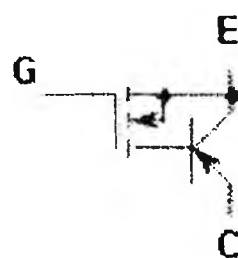
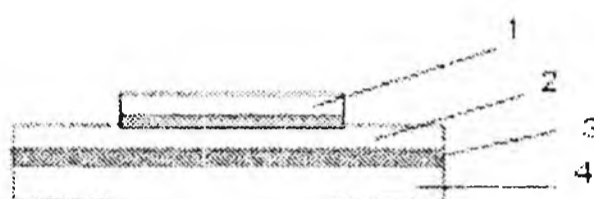


Рисунок 2 – Схема соединения транзисторов в единой структуре IGBT

В настоящее время транзисторы IGBT выпускаются, как правило, в виде модулей в прямоугольных корпусах с односторонним прижимом и охлаждением ("Mitsubishi", "Siemens", "Semikron" и др.) и таблеточном исполнении с двухсторонним охлаждением ("Toshiba Semiconductor Group"). Модули с односторонним охлаждением выполняются в прочном пластмассовом корпусе с паяными контактами и изолированным основанием. Все электрические контакты находятся в верхней части корпуса. Отвод тепла осуществляется через основание.

Типовая конструкция модуля в прямоугольном корпусе показана на рисунке 3.



1 — кристалл; 2 — слой керамики; 3 — спайка;  
4 — нижнее тепловыводящее основание

Рисунок 3 — Типовая конструкция IGBT-модуля

Ток управления IGBT мал, поэтому цепь управления — драйвер (программное обеспечение) конструктивно компактна. Наиболее целесообразно располагать цепи драйвера в непосредственной близости от силового ключа. В модулях IGBT драйверы непосредственно включены в их структуру. "Интеллектуальные" транзисторные модули (ИТМ), выполненные на IGBT, также содержат "интеллектуальные" устройства защиты от токов короткого замыкания, системы диагностирования, обеспечивающие защиту от исчезновения управляющего сигнала, одновременной проводимости в противоположных плечах силовой схемы, исчезновения напряжения источника питания и других аварийных явлений. В структуре ИТМ на IGBT предусматривается в ряде случаев система управления с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) и однокристалльная ЭВМ. Во многих модулях имеется схема активного фильтра для коррекции коэффициента мощности и уменьшения содержания колебаний в питающей сети.

IGBT-модуль по внутренней электрической схеме может представлять собой единственный IGBT, двойной модуль (half-bridge), где два IGBT соединены последовательно (полумост), прерыватель (chopper), в котором единственный IGBT последовательно соединён с диодом, однофазный или трёхфазный мост. Во всех случаях, кроме прерывателя, модуль содержит параллельно каждому IGBT встроенный обратный диод. Наиболее распространённые схемы соединений IGBT-модулей приведены на рисунке 4.

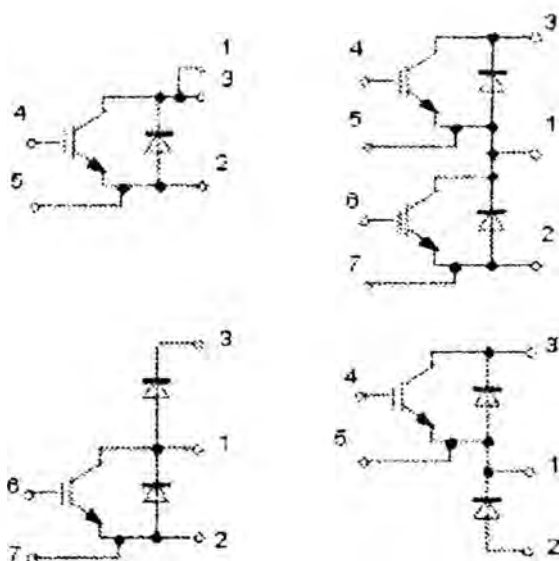


Рисунок 4 – Схемы IGBT-модулей

На сегодняшний день IGBT как класс приборов силовой электроники занимает и будет занимать доминирующее положение для диапазона мощностей от единиц киловатт до единиц мегаватт.

Дальнейшее развитие IGBT связано с требованиями рынка и будет идти по пути:

- повышения диапазона предельных коммутируемых токов и напряжений (единицы килоампер, 5–7 кВ);
- повышения быстродействия;
- повышения стойкости к перегрузкам и аварийным режимам;
- снижения прямого падения напряжения;
- разработка новых структур с плотностями токов, приближающихся к тиристорным;
- развития "интеллектуальных" IGBT (с встроенными функциями диагностики и защит) и модулей на их основе;

- создания новых высоконадёжных корпусов, в том числе с использованием MMC (AlSiC) и прижимной конструкции;
- повышения частоты и снижение потерь SiC быстровосстанавливающихся обратных диодов;
- применения прямого водяного охлаждения для исключения соединения «основание – охладитель».

УДК 629.113.62

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ МОТОР-КОЛЕСНЫХ ПРИВОДОВ НА ПНЕВМОКОЛЕСНОМ ТРАНСПОРТЕ**

*Романович Александр Владимирович  
Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. Сологуб А.М.  
(Белорусский национальный технический университет)*

В работе рассматриваются предложения по применению мотор-колесного привода, на пневмоколесном транспорте, тракторах, погрузчиках, троллейбусах и других машинах.

Повышение конкурентоспособности белорусской техники на мировом рынке требует постоянного ее технического совершенствования. Одним из наиболее реальных направлений является развитие транспортных средств с электромеханическим приводом, соответствующего мировым тенденциям развития машиностроения.

Поэтому одной из первоочередных задач в Республике Беларусь стоит в создании мотор-колесных приводов в городском электрическом транспорте, автомобилях, тракторах, погрузчиках, а также в других транспортных средствах, таких как многоцелевые колесные машины, различной дорожной, строительной и землеройной технике.