

В. С. Иванов¹, И. А. Баринов¹

¹Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

ДИОДНО-ТРАНЗИСТОРНАЯ БАЗА МОТОРВАГОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Аннотация. В данной статье осуществляется анализ силовых полупроводниковых приборов и их компоновка в штатном выпрямительно-инверторном преобразователе и выпрямительной установке возбуждения электропоезда переменного тока. Далее авторами предлагается перспективное техническое решение реализации выпрямительно-инверторного преобразователя и выпрямительной установки возбуждения на базе современных силовых полупроводниковых приборов IGBT-транзисторов, совместно работающих с высоковольтными диодными модулями.

Ключевые слова: выпрямительно-инверторный преобразователь (ВИП), выпрямительная установка возбуждения (ВУВ), тиристор, IGBT-транзистор, диод, электропоезд, моторвагонный подвижной состав (МВПС), снабберная цепь.

V. S. Ivanov¹, I. A. Barinov¹

¹Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

DIODE-TRANSISTOR BASE RAILCAR ROLLING STOCK AC

Abstract. This article analyzes power semiconductor devices and their arrangement in a regular rectifier-inverter Converter and rectifier installation of AC electric train excitation. Further, the authors propose a promising technical solution for the implementation of rectifier-inverter Converter and rectifier excitation unit based on modern power semiconductor devices IGBT-transistors, working together with high-voltage diode modules

Keywords: rectifier-inverter converters, rectifier installation excitation, thyristor, IGBT transistor, diode, electric, motorwagen rolling stock, snubber circuit.

На сегодняшний день, отечественный МВПС переменного тока обладает относительно низким коэффициентом мощности в режимах тяги и рекуперативного торможения, ввиду того что на данных электропоездах применяется морально устаревшая тиристорная база. Как показывает многолетняя практика, дальнейшее повышение коэффициента мощности электропоездов на данном полупроводниковом приборе является весьма проблематичной задачей, по причине его полууправляемости. Это доказывает полувековая практика применения тиристорных на электровозах.

На современных электропоездах переменного тока серии ЭД9Э и ЭПЗД устанавливаются выпрямительно-инверторный преобразователь - ВИП-1000-У1 и выпрямительная установка возбуждения (блок – БТ.02.У2) на базе силовых тиристорных, рис. 1.

ВИП-1000-У1 осуществляет четырехзонное регулирование выпрямленного напряжения, подаваемого на тяговые электродвигатели (ТЭД) электропоезда, при подключении к трехсекционному тяговому трансформатору ОДЦЭ-2000/25Б-У1 [1]. Конфигурация типового преобразователя включает в себя восемь плеч, (рис. 2), в состав которых входят тиристоры марки Т853-800-28В, (рис. 1 а). Схема соединения тиристорных в плече ВИП показана на (рис. 3) [2].

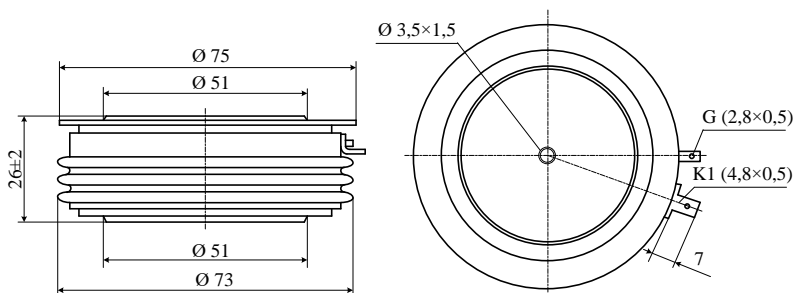
Блок БТ.02.У2 (ВУВ) предназначен для выпрямления и плавного регулирования тока в обмотках возбуждения тяговых двигателей в режиме рекуперативного торможения. Блок представляет собой тиристорный мост из силовых четырех тиристорных Т171-320-10, (рис. 1 б); 4, подключенный к дополнительной секции тягового трансформатора [3].

Как показывает практика, электропоезда с данными преобразователями имеют повышенный расход электроэнергии на тягу и низкий процент рекупируемой электроэнергии, о чем свидетельствуют низкие коэффициенты мощности в соответствующих режимах. Кроме того, ВИП и ВУВ на базе тиристоров вызывают высокочастотные искажающие воздействия на контактную сеть, что снижает надежность работы электрооборудования МВПС.

На сегодняшний день устранение выше перечисленных недостатков возможно только с использованием современных и передовых технологий в области силовой электроники и схемотехнике.

В настоящее время, научно-технический прогресс (НТП), привел к появлению IGBT-транзисторов (Insulated Gate Bipolar Transistor) или БТИЗ (биполярный транзистор с изолированным затвором). Эти полупроводниковые приборы рассматриваются в схемотехнике как составной с первым каскадом из полевого транзистора и вторым из биполярного, вследствие чего объединяет их наилучшие свойства по управлению и выходных характеристик соответственно.

а)



б)

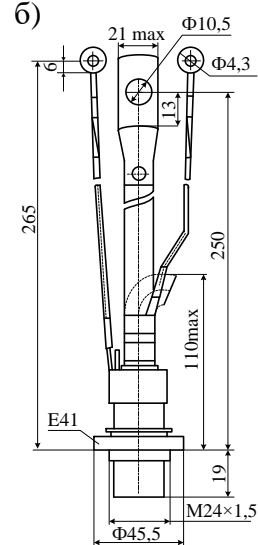


Рис. 1. Силовые тиристоры: а) выпрямительно-инверторного преобразователя (Т853-800-28В); б) выпрямительной установки возбуждения (Т171-320-10)

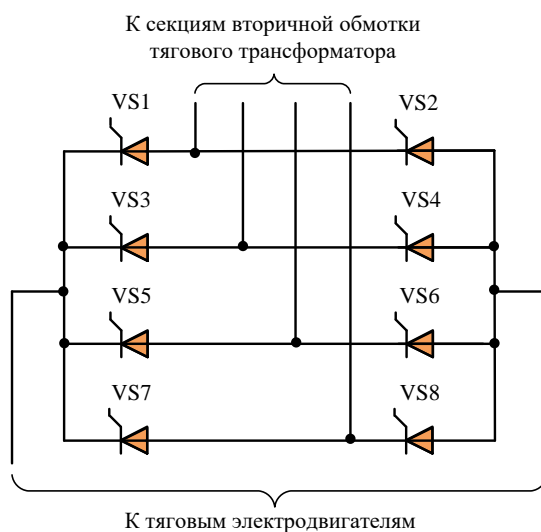


Рис. 2. Конфигурация плеч ВИП-1000-У1 электропоезда переменного тока

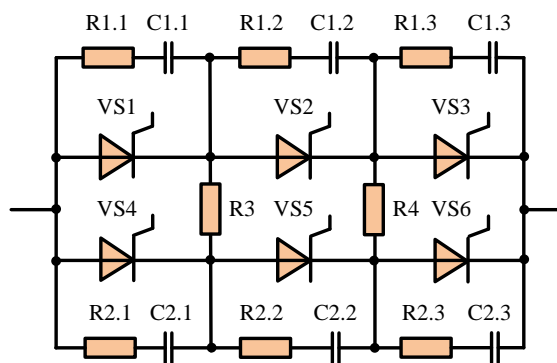


Рис. 3. Плечо ВИП-1000-У1 электропоезда переменного тока

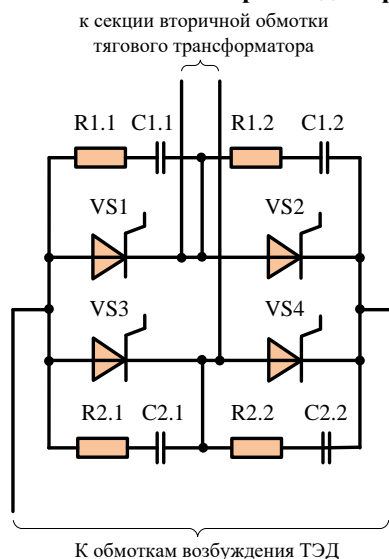


Рис. 4. Схема блока БТ.02.У2 (ВУВ) электропоезда переменного тока электропоездов серии ЭД9Э и ЭП3Д

С момента появления IGBT-транзисторов мегаваттного класса перед инженерами открылась возможность проектировки и разработки элементов силовых цепей МВПС на базе таких приборов, причем с массогабаритными показателями, позволяющими размещать преобразователи на существующих и вновь разрабатываемых МВПС.

Для наименьших изменений в силовой схеме, а также в цепях управления электропоезда, предлагается применять аналогично, как и в штатном ВИП четырехзонное регулирование выпрямленного напряжения, подаваемого на ТЭД. Схема предлагаемого ВИП имеет аналогичное восьмиплечевое исполнение с добавлением дополнительного разрядного плеча, включенного последовательно с транзистором, необходимое для поддержки тока в ТЭД в промежутки времени, когда плечи предлагаемого ВИП закрыты, (рис. 5).

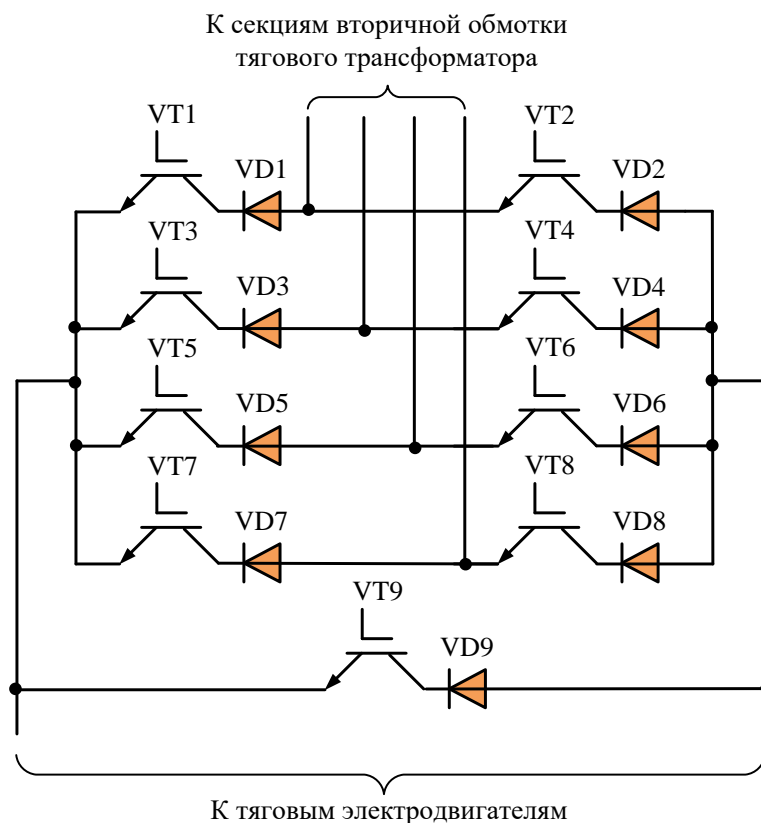


Рис. 5. Конфигурация плеч предлагаемого ВИП электропоезда переменного тока

Плечо ВИП, состоит из двух IGBT-транзисторов VT1.1, VT1.2 с последовательно включенными выпрямительными диодами VD1.1, VD1.2, и цепями защиты каждого транзистора, для VT1.1 это обратный диод VD1 и снабберная RC-цепь, состоящая из последовательно соединенных резистора R1.1 и конденсатора C1.1 подключенных к выводам коллектор-эмиттер силового IGBT-транзистора. Для VT1.2 аналогичная снабберная цепь состоит из резистора R1.2, конденсатора C1.2, параллельно которой подключен диод VD2, (рис. 6).

Выпрямительные диоды VD1.1 и VD1.2 предназначены для выпрямления переменного тока в пульсирующий, а также для защиты IGBT-транзистора от подачи обратного напряжения на переход коллектор-эмиттер и предотвращения протекания обратного тока по вторичной обмотке ТТ.

Силовые IGBT-транзисторы VT1.1, VT1.2, предназначены для осуществления управления выпрямленным напряжением, согласно алгоритму управления параметры которых выбираются для тех же условий по току и напряжению.

В состав предлагаемой ВУВ входит диодный мост, предназначенный для выпрямления переменного тока в пульсирующий, а также установленный в общую цепь IGBT-транзистор VT1, необходимый для осуществления управления выпрямленным напряжением в обмотках возбуждения ТЭД. Диод VD5 предназначен для поддержания тока возбуждения в моменты закрытого состояния транзистора VT1, за счет запаса электромагнитной энергии в обмотках возбуждения, а также для защиты выбросов напряжения при коммутационных переключениях, (рис. 7).

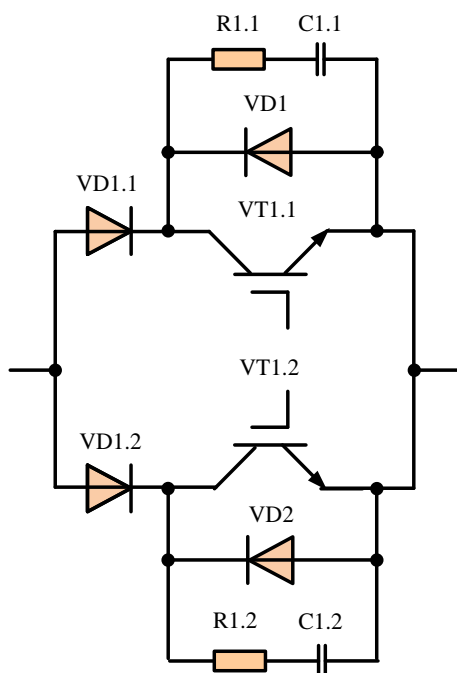


Рис. 6. Плечо предлагаемого ВИП на базе IGBT-транзисторов электропоезда переменного тока

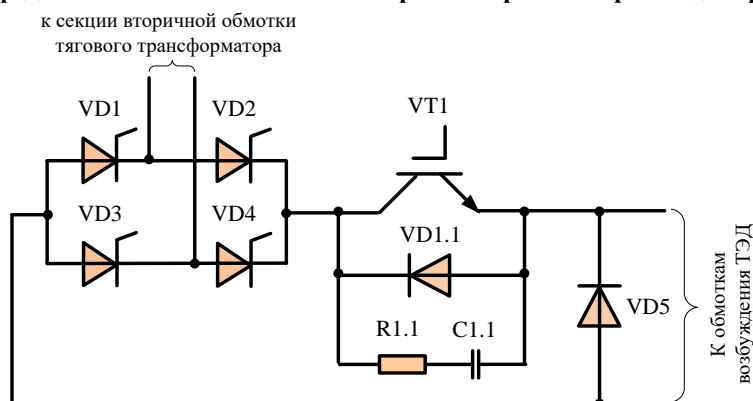


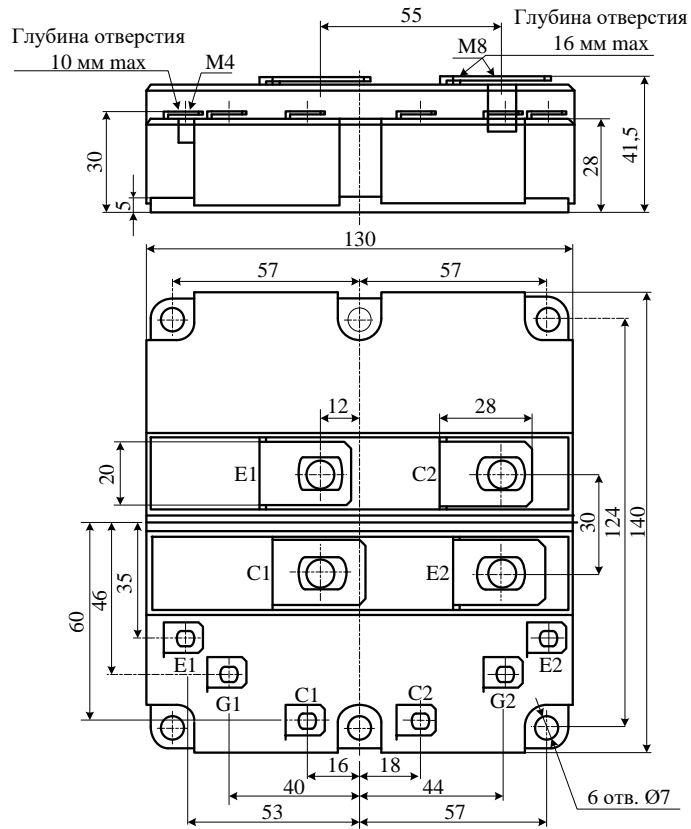
Рис. 7. Схема предлагаемой выпрямительной установки возбуждения электропоезда переменного тока

На сегодняшний день, выпуск силовых, высоковольтных IGBT-транзисторов, необходимых для предлагаемого ВИП и ВУВ, осуществляется как зарубежными производителями: Mitsubishi Electric, Hitachi, Toshiba, Semikron, IXYS «UK Westcode», так и отечественными: ПАО «Электровыпрямитель», АО «Протон-Электротекс».

С целью обеспечения высокой надежности и бесперебойной работы плечей ВИП и ВУВ необходимо применять приборы, параметры которых несколько выше, чем номинальные токи и напряжения при продолжительном режиме работы ВИП и ВУВ. Кроме того, для осуществления модернизации ВИП и ВУВ, IGBT-транзисторы и диоды с необходимыми техническими характеристиками должны вписываться в габариты существующих конструкций преобразователей.

Исходя из вышеперечисленных требований, предъявляемых к СПП авторами, был произведен анализ выпускаемых IGBT-транзисторов и диодов различных производителей, на основе которого, были выбраны полупроводниковые приборы, удовлетворяющие этим требованиям. Основные характеристики, выбранных силовых IGBT-транзисторов и диодов для ВИП и ВУВ приведены в табл. 1 и 2, соответственно. Габаритные размеры данных СПП и их конфигурация показаны на (рис.8, 9) [4,5].

а)



б)

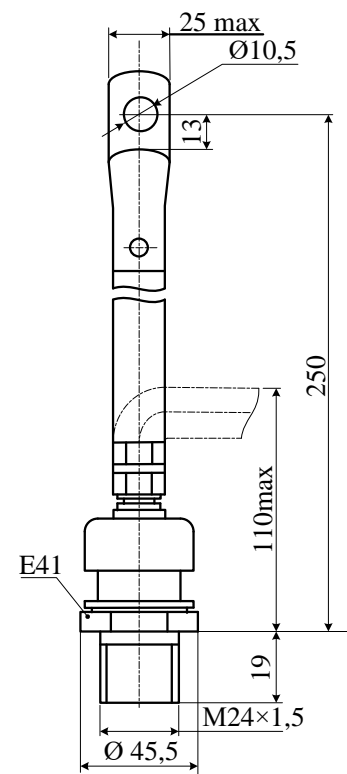
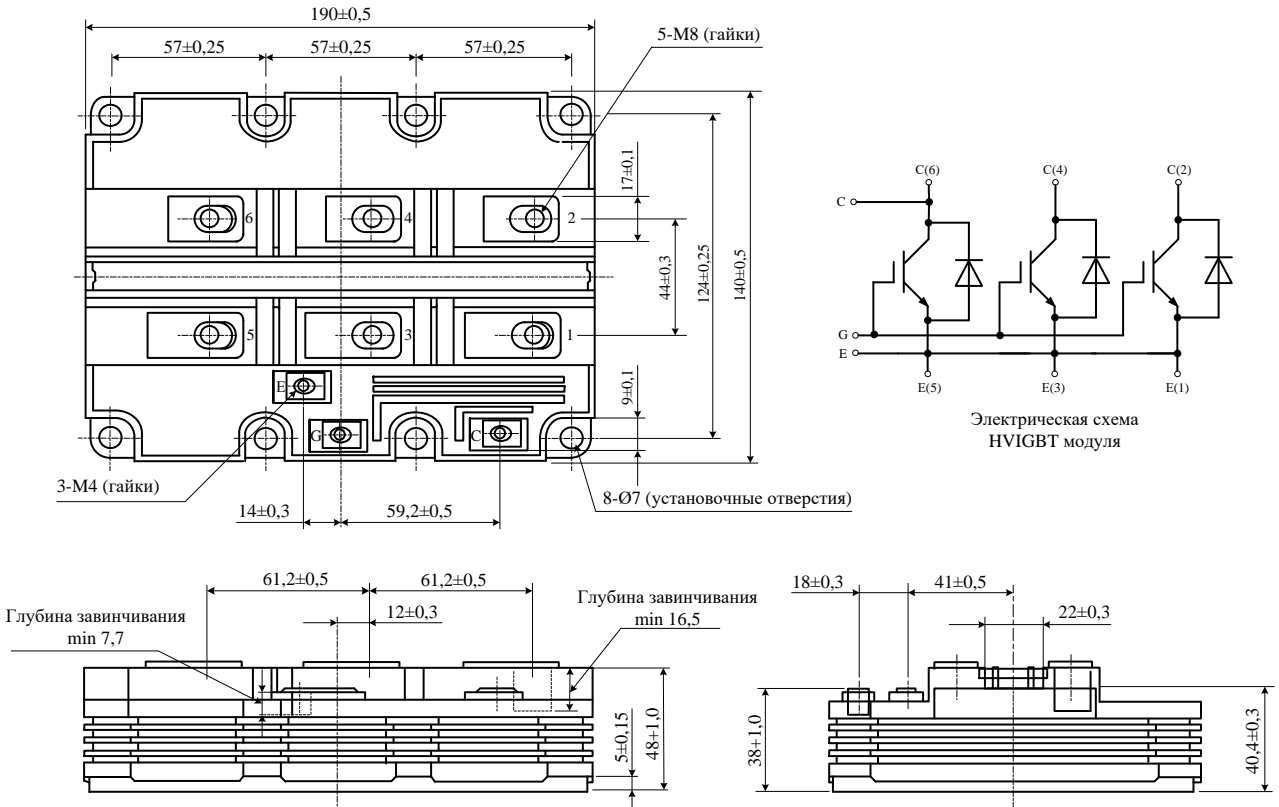


Рис. 8. Силовые полупроводниковые приборы для выпрямительной установки возбуждения: а) Диодно-транзисторный модуль (Чоппер) МДТКИ-600-12 (ПАО «Электровыпрямитель», Россия); б) Диод Д171-400-12 (ПАО «Электровыпрямитель», Россия)

а)



б)

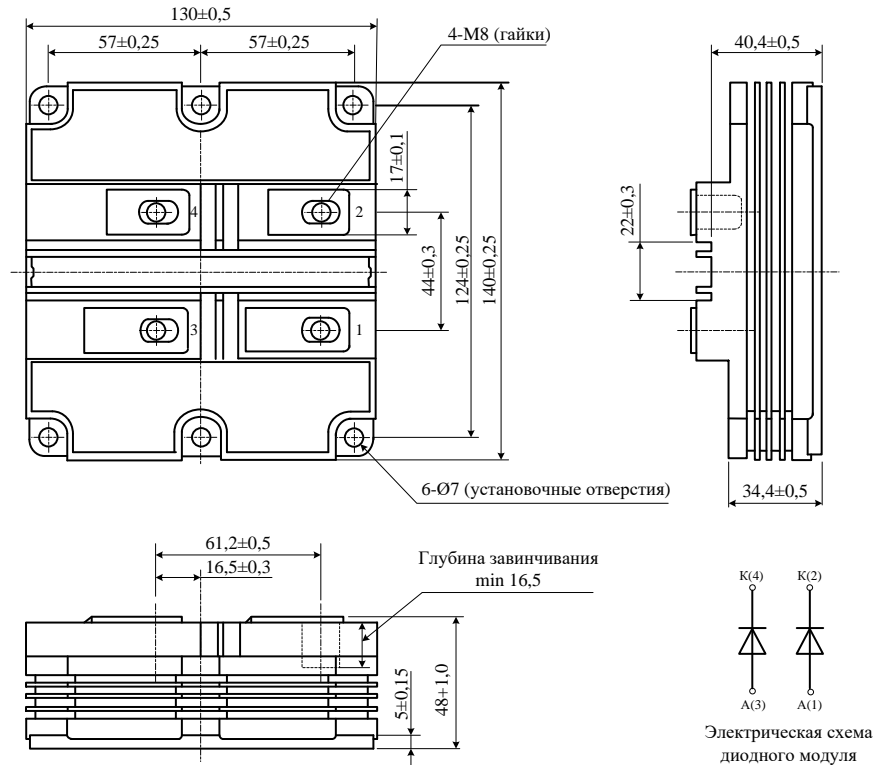


Рис. 9. Силовые, высоковольтные модули для выпрямительно-инверторного преобразователя: а) IGBT-модуль CM600HG-130H (Mitsubishi Electric, Япония); б) диодный модуль RM600DG-130S (Mitsubishi Electric, Япония)

Таблица 1. Силовые IGBT-транзисторы для ВИП и ВУВ с их основными характеристиками

Страна производителя, завод	Вид СПП	Наименование СПП	Тип конструкции СПП	Напряжение коллектор-эмиттер, В	Ток коллектора, эмиттера, А	Напряжение изоляции, В
Для выпрямительно-инверторного преобразователя						
Япония, Mitsubishi Electric	IGBT-транзистор	CM600HG-130H	Модульный	6500	600	10200
Для выпрямительной установки возбуждения						
Россия, Электровыпрямитель	Чоппер (IGBT-транзистор + диод)	МДТКИ-600-12	Модульный	1200	600	2500

Таблица 2. Силовые диоды для ВИП и ВУВ с их основными характеристиками

Страна производителя, завод	Вид СПП	Наименование СПП	Тип конструкции СПП	Пиковое обратное напряжение, В	Прямой ток, А	Напряжение изоляции, В
Для выпрямительно-инверторного преобразователя						
Япония, Mitsubishi Electric	Диод	RM600DG-130S	Модульный	6500	600	10200
Для выпрямительной установки возбуждения						
Россия, Электровыпрямитель	Диод	Д171-400-12	Штырьевой	1200	400	-

Заключение

На сегодняшний день имеется возможность постройки новых ВИП и ВУВ для МВПС с высокими коэффициентами мощности, следовательно, значительное снижение потребления электрической энергии может сказаться на снижении тарифных цен за проезд пассажира.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Математическое моделирование тягового трансформатора электропоезда переменного тока серии ЭД9Э в среде имитационного моделирования MATLAB SIMULINK [Текст] / Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Девятой Междунар. науч.-практ. конф., 10 – 13 апреля 2018 г. Иркутск: в 2 т. – Иркутск: ИрГУПС, 2018. – Т.2. –688 с.
2. Преобразователь выпрямительно-инверторный ВИП-1000-У1. Руководство по эксплуатации ИЕАЛ.435411.046 РЭ [Текст] / ОАО «Электровыпрямитель», 2008. – 35 с.
3. Электропоезд ЭД9Э. Руководство по эксплуатации [Текст] / ОАО «Демиковский машиностроительный завод», 2015. – 433 с.
4. Сайт компании ПАО «Электровыпрямитель» [Электронный ресурс]. –Саранск.2018 – Режим доступа: <http://www.elvpr.ru>, свободный.
5. Сайт компании ООО «Mitsubishi Electric» [Электронный ресурс]. –Токио.2018 – Режим доступа: <http://www.mitsubishielectric.com>, свободный.

REFERENCES

1. Mathematical modeling of the traction transformer of an electric train of an alternating current of the ED9E series in the environment of imitational modeling MATLAB SIMULINK [Text] / Transport infrastructure of the Siberian region: materials of the Ninth International scientific-practical Conf., April 10 - 13, 2018. Irkutsk: in 2 tons. - Irkutsk: IrGUPS, 2018. - Vol.2. – 688 p.
2. Rectifier-Inverter Converter VIP-1000-U1. Operation manual IEAL.435411.046 RE [Text] / Electrovypryamitel OJSC, 2008. - 35 p.
3. Electric train ED9E. Operation manual [Text] / Demikhovsky Machine-Building Plant OJSC, 2015. - 433 p.
4. The site of the company PJSC "Elektrovypryamitel" [Electronic resource]. –Saransk.2018 - Access mode: <http://www.elvpr.ru>, free.
5. The site of the company LLC Mitsubishi Electric [Electronic resource]. –Tokio.2018 - Access mode: <http://www.mitsubishielectric.com>, free.

Информация об авторах

Иванов Владислав Сергеевич – аспирант, ассистент кафедры «Электроподвижной состав», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: Vladislav-Sergeevich-Irgups@mail.ru;

Баринов Игорь Александрович – аспирант, ассистент кафедры «Электроподвижной состав», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: ib4558@yahoo.com.

Authors

Ivanov Vladislav Sergeevich - postgraduate student, Assistant of the Department “Electric rolling stock”, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: Vladislav-Sergeevich-Irgups@mail.ru;

Barinov Igor Alexandrovich - postgraduate student, Assistant of the Department “Electric rolling stock”, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: ib4558@yahoo.com.

Для цитирования

Иванов В. С. Диодно-транзисторная база моторвагонного подвижного состава переменного тока [Электронный ресурс] / В. С. Иванов, И. А. Баринов // «Молодая наука Сибири»: электрон. науч. журн. – 2018. – № 1. – Режим доступа: <http://mnv.irgups.ru/toma/11-2018>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения: 08.10.2018)

For citation

Ivanov V.S. Diode-transistor base of AC motor rolling stock [Electronic resource] / V. S. Ivanov, I. A. Barinov // “Young Science of Siberia”: electron. scientific journals – 2018. – № 2. – Access mode: <http://mnv.irgups.ru/toma/11-2018>, free. – Title from the screen. – Yaz. rus (the date of the appeal: 08.10.2018)