

Научная статья
УДК 621.314.5
doi: 10.46684/2687-1033.2023.1.57-61

Модернизация тягового преобразователя на электропоезде «Иволга»

М.И. Таранин

АО «Центральная пригородная пассажирская компания» (АО «Центральная ППК»); г. Москва, Россия;
Maksimax301@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В настоящее время на железных дорогах Российской Федерации используются высокоскоростные электропоезда «Сапсан» и «Аллегро», а также скоростные поезда «Ласточка» и «Иволга».

Рассмотрена возможность замены комплектующих преобразователя иностранного производства на комплектующие отечественного производства.

Проведено сравнение характеристик и удельных показателей отечественного тягового преобразователя BORDLINE CC1500 DC 3kV U 2000 037 A02 и зарубежного преобразователя частоты с 3-уровневым инвертором MV9FT-31-781WAD-466+Z. Сравнительный анализ характеристик преобразователей показывает, что КПД преобразователя отечественного производства выше на 6,6 % при существенном снижении удельных показателей по массе и габаритам.

В целях увеличения эффективности тягового преобразователя на электропоезде «Иволга» предлагается его замена на преобразователь частоты с 3-уровневым инвертором на базе IGBT транзисторов MV9FT-31-781WAD-466+Z. Приведена схема преобразователя частоты с 3-уровневым инвертором на базе IGBT транзисторов.

Массогабаритные показатели данных преобразователей одинаковые, что дает возможность выпускать данное оборудование из комплектующих отечественного производства. Показана возможность создания современного тягового преобразователя на базе отечественных комплектующих.

Модернизация тягового преобразователя на электропоезде «Иволга» с применением отечественной элементной базы позволит привести его в соответствие с современными техническими требованиями, повысить экономичность электропоезда.

Ключевые слова: развитие скоростного движения; электропоезд «Иволга»; тяговый преобразователь; 3-уровневый инвертор; модернизация тягового оборудования электропоезда

Для цитирования: Таранин М.И. Модернизация тягового преобразователя на электропоезде «Иволга» // Техник транспорта: образование и практика. 2023. Т. 4. Вып. 1. С. 57–61. <https://doi.org/10.46684/2687-1033.2023.1.57-61>.

Original article

Modernization of the traction converter on the Ivolga electric train

Maxim I. Taranin

JSC "Central Suburban Passenger Company"; Moscow, Russian Federation; Maksimax301@mail.ru

ABSTRACT

Currently, the railways of the Russian Federation use high-speed electric trains Sapsan and Allegro, as well as high-speed trains Lastochka and Ivolga.

Considered the possibility of replacing foreign-made converter components with domestic-made components.

Compared the characteristics and specific indicators of the domestic traction converter BORDLINE CC1500 DC 3kV U 2000 037 A02 and the foreign frequency converter with a 3-level inverter MV9FT-31-781WAD-466+Z. A comparative analysis of the characteristics of the converters shows that the efficiency of the converter of

© М.И. Таранин, 2022

domestic production is higher by 6.6 % with a significant decrease in specific indicators in terms of weight and dimensions.

In order to increase the efficiency of the traction converter on the Ivovga electric train, it is proposed to replace it with a frequency converter with a 3-level inverter based on IGBT transistors MV9FT-31-781WAD-466+Z. A diagram of a frequency converter with a 3-level inverter based on IGBT transistors is presented.

The weight and size indicators of these converters are the same, which makes it possible to produce this equipment from components of domestic production. The possibility of creating a modern traction converter based on domestic components is shown.

Modernization of the traction converter on the Ivovga electric train using the domestic element base will make it possible to bring it into line with modern technical requirements and increase the efficiency of the electric train.

Keywords: development of high-speed traffic; electric train “Ivovga”; traction converter; 3-level inverter; modernization of electric train traction equipment

For citation: Taranin M.I. Modernization of the traction converter on the Ivovga electric train. *Transport technician: education and practice*. 2023;4(1):57-61. (In Russ.). <https://doi.org/10.46684/2687-1033.2023.1.57-61>.

ВВЕДЕНИЕ

История развития скоростного движения в России поражает, с момента открытия в стране первой железной дороги стремление к увеличению скоростей движения поездов и, следовательно, сокращению времени поездки являлось приоритетной задачей инженерного корпуса страны.

1 сентября 1853 г. из Санкт-Петербурга в Москву отправился первый скоростной поезд. Он находился в пути 12 часов, из которых 1 ч 20 мин приходился на стоянки.

Первые опыты по созданию скоростных моделей локомотивов в Советском Союзе начались в тридцатые годы XX в. В 1934 г. на Коломенском заводе выполнены эскизные проекты скоростных паровозов типа 2-3-1 с колосниковой решеткой площадью 5 м² и типов 1-3-2 и 2-3-2 с колосниковой решеткой площадью 6,5 м². Было изготовлено два опытных паровоза. Опытные поездки новых локомотивов проходили на линии Москва – Ленинград. 24 апреля 1938 г. при следовании одиночного паровоза достигнута скорость в 160 км/ч, а 29 июня на участке Лихославль – Калинин один из паровозов с поездом в 14 осей (4 вагона) развил скорость в 170 км/ч.

Планировалась постройка еще 10 локомотивов этого типа для Октябрьской железной дороги, но война помешала это осуществить.

В 1937 г. Ворошиловградский завод выпустил паровоз ИС20-16 («Иосиф Сталин») с кожухом-обтекателем. При испытаниях данный паровоз развил скорость 155 км/ч.

Скоростной паровоз № 6998 спроектирован на Ворошиловградском заводе под руководством инженера Д.В. Львова. Его изготовление завершено в апреле 1938 г. Диаметр колес составлял 2200 мм, а конструкционная скорость — 180 км/ч.

С мая 1957 г. на линии Ленинград – Москва стал курсировать тепловоз ТЭ7, который проходил расстояние между городами за 6 ч 20 мин со скоростью 134 км/ч.

12 июня 1963 г. состоялась поездка экспресса «Аврора». Расстояние между Москвой и Ленинградом он проходил за 5 ч 27 мин, а к 1965 г. за 4 ч 59 мин со скоростью 130,4 км/ч.

В 1972 г. разработаны и построены вагоны РТ200, для которых из Чехословакии были заказаны локомотивы ЧС200, развивающие скорость 200 км/ч. Состав получил название «Русская тройка». В ходе испытаний на линии Ленинград – Чудово состав развивал скорость 220 км/ч.

16 ноября 1979 г. состоялся опытный рейс электропоезда ЭР200, а с марта 1984 г. он стал курсировать по линии Ленинград – Москва со скоростью 200 км/ч. Эксплуатировался до 2009 г.

После реконструкции магистрали Санкт-Петербург – Москва, проходившей с 1996 по 2000 гг., в 2001 г. в регулярную эксплуатацию поступил скоростной поезд «Невский экспресс», а также проходил испытания скоростной электропоезд «Сокол-250». «Невский экспресс» был рассчитан на скорость до 200 км/ч в то время, как «Сокол-250» стал первым отечественным высокоскоростным составом и развивал скорость до 250 км/ч.

В настоящее время на железных дорогах Российской Федерации используются высокоскоростные электропоезда «Сапсан» и «Аллегро», а также скоростные и пригородные поезда «Ласточка» и «Иволга».

Цель данной работы — рассмотреть возможность замены комплектующих преобразователя иностранного производства на комплектующие отечественного производства.

ЭЛЕКТРОПОЕЗД «ИВОЛГА»

Электропоезд городской, 2-й тип, Тверской (ЭГ2Тв) — электропоезд постоянного тока напряжения 3 кВ, выпускаемый на ОАО «Тверской вагоностроительный завод» (ТВЗ). В 2014 г. осуществлено базовое исполнение электропоезда ЭГ2Тв как родоначальника базовой универсальной платформы российских электропоездов нового поколения. Заводское обозначение поезда ЭГ2Тв — 62-4496; заводские обозначения вагонов — 62-4497, 62-4498 и 62-4499.

Заводское обозначение поезда ЭГЭ2Тв — 62-4556. По состоянию на 2020 г. создано три версии серии ЭГ2Тв, условно именуемых как «Иволга» (базовая версия с расположением сидений по схеме 2 + 1), «Иволга-1.0» (версия с увеличенным числом мест, расположенных по схеме 2 + 2 и расширенным оснащением салона) и «Иволга-2.0» (версия с более гладкой формой кабины машиниста, новыми салонными дверями и дополненным в сравнении с «Иволгой-1.0» оснащением салона). Для каждой из них существуют разные исполнения, отличающиеся схемами формирования (композициями) состава. По состоянию на 2021 г. продолжают работы по серии ЭГЭ2Тв (проект «Иволга-3.0»).

Всего по состоянию на середину 2020 г. произведен 41 состав в трех версиях: 2 пятивагонных состава базовой версии «Иволга» в 2014 и 2015 гг., 24 шестивагонных состава версии «Иволга-1.0» в период с 2018 г. по первую половину 2019 г. и 15 семивагонных составов версии «Иволга-2.0» во второй половине 2019 г.

В 2020 г. началось дополнение выпущенных составов версий 1.0 и 2.0 до одиннадцативагонной составности.

Все поезда поступили в собственность Центральной пригородной пассажирской компании для эксплуатации на радиальных направлениях Московского железнодорожного узла.

Электропоезда обслуживают Белорусское, Савеловское, Рижское и Курское направления Московской железной дороги, включая транзитные маршруты с Белорусского на Савеловское и с Рижского на Курское направления через Алексеевскую соединительную линию в рамках тарифной системы Московских центральных диаметров; до ноября 2019 г. они также работали на Киевском направлении.

Электропоезд с асинхронным тяговым приводом «Иволга» предназначен для перевозки пассажиров по железным дорогам колеи 1520 мм, электрифицированным постоянным током на-

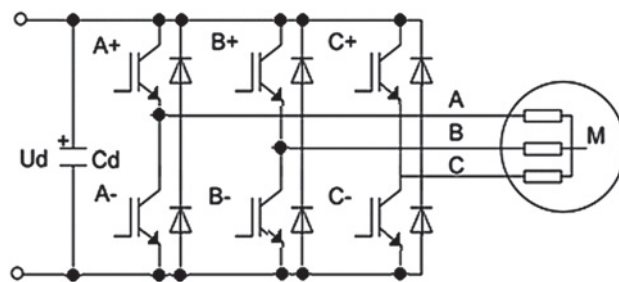


Рис. 1. Электрическая схема инвертора

пряжения 3 кВ и оборудованным пассажирскими платформами.

ТЯГОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

Тяговый преобразователь BORDLINE CC1500 DC 3kV U 2000 037 A02 состоит из подвагонных ящиков «Преобразователь» и «Охладитель», которые обеспечивают преобразование напряжения контактной сети постоянного тока в трехфазное регулируемое напряжение с изменяемой частотой, а также сетевого реактора S0514-0 DD и разъединителя 1РВ.004.

Преобразователь включает два инвертора и два тормозных прерывателя.

Каждый инвертор имеет один трехфазный выход для группового регулирования двух асинхронных тяговых двигателей в режимах тяги и электродинамического торможения. На входы таких инверторов подается постоянное сглаженное напряжение, а на выходе формируется трехфазное переменное напряжение регулируемой величины и частоты. В конструкции импульсного инвертора применяются силовые полупроводниковые приборы — биполярные транзисторы с изолированным затвором. Каждый импульсный инвертор состоит из трех фазовых модулей, подключенных параллельно к источнику постоянного входного напряжения и образующих трехфазный ШИМ-преобразователь [1–3]. Электрическая схема инвертора представлена на рис. 1.

Каждый тормозной прерыватель имеет двухконтактный выход и предназначен для регулирования мощности крышевого тормозного реостата при электродинамическом торможении, а также для штатного разряда конденсаторов входного фильтра¹.

¹ Руководство по эксплуатации «Электропоезд пригородного следования городского типа ЭГ2Тв. Модель 62-4446». ОАО «Тверской вагоностроительный завод», 29.06.2016.

Таблица 1

Основные параметры тягового преобразователя

Наименование параметра	Значение
Топология	2-уровневый, 6,5 кВ IGBT
Вид охлаждения	Жидкостное
Расход охлаждающей жидкости охладителя, л/мин	75
Степень защиты по ГОСТ 14254	IP65
Инвертор	
Входное напряжение, В	1500
Выходное напряжение, В	0–2340
Частота, Гц	0–170
Максимальный фазный ток, А	340
Максимальная мощность, кВт	865
Максимальная скорость нарастания напряжения на выходе, кВ/мкс	5
Габаритные размеры преобразователей, мм	5350 × 1456 × 1469

Основные параметры тягового преобразователя приведены в табл. 1.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ

В целях увеличения эффективности тягового преобразователя на электропоезде «Иволга» предлагается его замена на преобразователь частоты с 3-уровневым инвертором на базе IGBT транзисторов MV9FT-31-781WAD-466+Z [4–6].

Схема преобразователя частоты с 3-уровневым инвертором на базе IGBT транзисторов показана на рис. 2.

Таблица 2

Сравнение преобразователей

Наименование преобразователя	CC1500 DC 3kV U 2000 037 A02	MV9FT-31-781WAD-466+Z
Топология	2-уровневый, 6,5 кВ IGBT	3-уровневый, 7,5 кВ IGBT
Вид охлаждения	Жидкостное	Жидкостное
Расход охлаждающей жидкости охладителя, л/мин	75	104,33
Степень защиты по ГОСТ 14254	IP65	IP44
Инвертор		
Выходное напряжение, В	0–2340	0–3200
Частота, Гц	0–170	0–170
Максимальный фазный ток, А	340	1782
Максимальная мощность, кВт	865	1350
Максимальная скорость нарастания напряжения на выходе, кВ/мкс	5	1,5
Габаритные размеры преобразователей, мм	5350 × 1456 × 1469	1800 × 2300 × 1205
Масса, кг	970 ± 5 %	TBD (подлежит определению)
КПД, %	90	96,6
Удельные показатели		
кг/кВт	149,23	74,62
м³/кВт	1,76	0,67

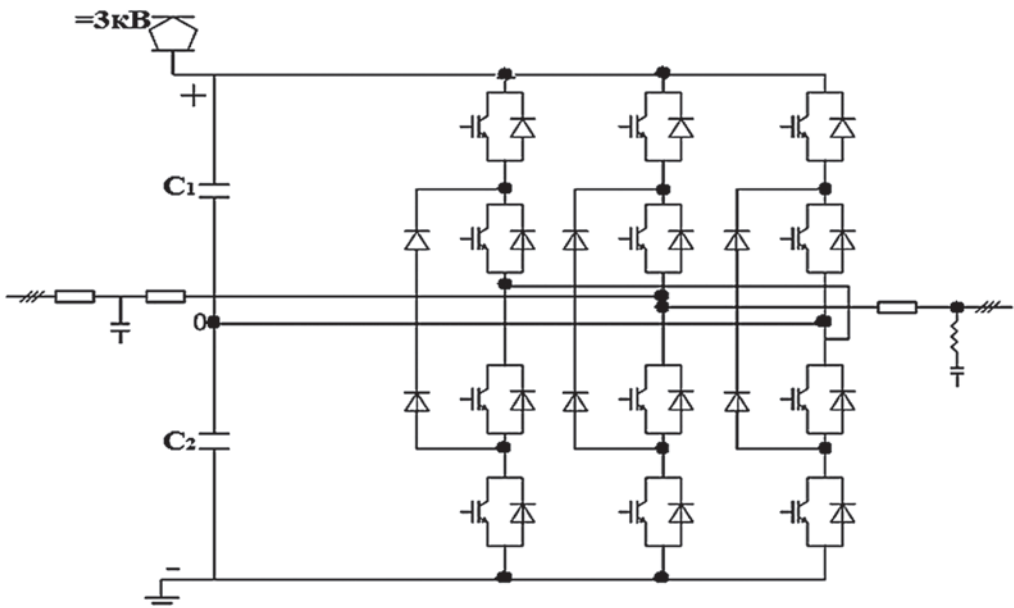


Рис. 2. Схема преобразователя частоты с 3-уровневым инвертором на базе IGBT транзисторов

Сравнение удельных показателей тягового преобразователя BORDLINE CC1500 DC 3kV U 2000 037 A02 и преобразователя частоты с 3-уровневым инвертором приведено в табл. 2 [1].

Сравнительный анализ характеристик преобразователей показывает, что КПД преобразователя отечественного производства выше на 6,6 % при существенном снижении удельных показателей по массе и габаритам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Провели сравнение характеристик и удельных показателей отечественного тягового преобразова-

теля BORDLINE CC1500 DC 3kV U 2000 037 A02 и зарубежного преобразователя частоты с 3-уровневым инвертором MV9FT-31-781WAD-466+Z.

Массогабаритные показатели данных преобразователей одинаковые, что дает возможность выпускать данное оборудование из комплектующих отечественного производства. Показана возможность создания современного тягового преобразователя на базе отечественных комплектующих.

Модернизация тягового преобразователя на электропоезде «Иволга» с применением отечественной элементной базы позволит привести его в соответствие с современными техническими требованиями, повысить экономичность электропоезда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боравская Е.Н., Шапилов Е.Д. Использование электрической тяги для скоростного высокоскоростного железнодорожного транспорта // Скоростной и высокоскоростной железнодорожный транспорт. 2001. Т. 1. С. 176–177.
2. Пылев Д.С. Электрооборудования электропоезда с асинхронными тяговыми двигателями АО «РЭЗ». Рига, 82 с.
3. Калинин Д.А., Емельянов Д.В., Кобылянский В.В., Васильев И.П. Развитие линейки электропоездов «Иволга» // Локомотив. 2021. № 1. С. 10–13.
4. Hochbruck H. Hochgeschwindigkeitsfahrzeuge // Eisenbahntechnische Rundschau. 2015. Issue 5. Pp. 14–27.
5. Jänsch E. Mischverkehr auf Neubaustrecken // Eisenbahntechnische Rundschau. 2015. Issue 5. Pp. 28–32.
6. Shi Y., Mnich P. Chinesischer HGV/IC-Verkehr mit “vernünftigen” Betriebsgeschwindigkeiten // Eisenbahntechnische Rundschau. 2015. Issue 5. Pp. 34–43.

REFERENCES

1. Borovskaya E.N., Shapilov E.D. The use of electric traction for high-speed high-speed rail transport. *High-speed and high-speed rail transport*. 2001;1:176-177. (In Russ.).
2. Pylev D.C. *Electrical equipment of electric trains with asynchronous traction motors of JSC “REZ”*. Riga, Latvia, 82. (In Russ.).
3. Kalinin D.A., Emelyanov D.V., Kobylansky V.V., Vasiliev I.P. Development of the line of electric trains “Ivolga”. *Lokomotiv*. 2021;1:10-13. (In Russ.).
4. Hochbruck H. Hochgeschwindigkeitsfahrzeuge. *Eisenbahntechnische Rundschau*. 2015;5:14-27.
5. Jänsch E. Mischverkehr auf Neubaustrecken. *Eisenbahntechnische Rundschau*. 2015;5:28-32.
6. Shi Y., Mnich P. Chinesischer HGV/IC-Verkehr mit “vernünftigen” Betriebsgeschwindigkeiten. *Eisenbahntechnische Rundschau*. 2015;5:34-43.

Об авторе

Максим Игоревич Таранин — инженер сектора планирования эксплуатационной работы; АО «Центральная пригородная пассажирская компания» (АО «Центральная ППК»); 107078, г. Москва, ул. Новорязанская, д. 18, стр. 22; Maksimax301@mail.ru.

Bionotes

Maxim I. Taranin — Operations Planning Sector Engineer; JSC “Central PPK”; 107078, Moscow, Novoryazanskaya str., 18, p. 22; Maksimax301@mail.ru.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 05.09.2022; одобрена после рецензирования 30.09.2022; принята к публикации 28.02.2023.
The article was submitted 05.09.2022; approved after reviewing 30.09.2022; accepted for publication 28.02.2023.