

# Использование энергии торможения поезда как способ экономии ресурсов на железной дороге постоянного тока

А. В. МИЗИНЦЕВ, канд. техн. наук, председатель совета директоров ООО «НИИЭФА-ЭНЕРГО»,

А. В. КОВТУН, канд. техн. наук, начальник отдела преобразовательной техники



**ООО «НИИЭФА-ЭНЕРГО» осуществляет комплектную поставку современного оборудования для инфраструктуры энергообеспечения железных дорог. В 2010–2011 гг. в институте были разработаны шести- и двенадцатипульсовые инверторы, предназначенные для рекуперации энергии электрического торможения подвижного состава на участках пути постоянного тока со сложным профилем. Они позволяют существенно сократить расход энергоресурсов.**

для замены морально устаревших и физически изношенных преобразователей 1970–1990-х гг. выпуска на тяговых подстанциях, сохранивших необходимое для работы инвертора трансформаторное и реакторное оборудование. Двенадцатипульсовая схема применяется на новых тяговых подстанциях.

Одним из перспективных направлений работы железных дорог является повышение эффективности перевозок путем уменьшения расходов на электроэнергию и затрат на обслуживание оборудования. С этой целью на электрифицированных участках железных дорог постоянного тока со сложным профилем пути — затяжными и значительными уклонами — применяются

инверторы, которые обеспечивают частичный возврат электроэнергии в питающую сеть, а также позволяют сократить износ тормозных колодок, предотвратить их перегрев на участках с затяжными уклонами, благодаря чему повышается и безопасность движения поездов.

Шестипульсовые инверторы, разработанные специалистами ООО «НИИЭФА-ЭНЕРГО», предназначены

## Конструкторские решения

В инверторах за счет применения современных полупроводниковых приборов и эффективной системы охлаждения с использованием тепловых труб удалось избавиться от параллельного включения тиристоров в полупериод моста и уменьшить занимаемую преобразователем площадь в 3,5 раза, а массу — в 4,5 раза. Средние потери мощности в современных инверторах



Рис. 1. Двенадцатипульсовый инвертор, разработанный для использования при строительстве новых тяговых подстанций: панель управления (а), преобразователь (б).

в 3 раза ниже, чем в ранее используемых ВИПЭ-2У3.

Основные конструкторские решения отработаны на выпускаемых тяговых выпрямителях. Инвертор размещен в типовой конструкции с габаритами 2100 × 1300 × 2400 мм, обслуживается с двух сторон (рис. 1). На панели управления индицируется состояние работы инвертора, фиксируются основные выходные параметры. Предусмотрена возможность дистанционного управления и контроля. Электровентиляторы принудительной системы охлаждения, расположенные между тиристорными блоками, включаются по потребности с учетом температуры тиристорных перегрева и тока нагрузки, при этом эффективность работы охладителей на основе тепловых труб повышается в 2,5 раза. Каждый блок тиристорных элементов оснащен общим прижимным механизмом на все последовательно соединенные приборы и визуальным контролем усилия сжатия. Это существенно облегчает замену тиристорных элементов при ремонте без применения специального инструмента и динамометрических ключей. Замена тиристорных элементов не требует демонтажа блока из шкафа инвертора.

### Тепловой контроль

Наиболее показательным параметром контроля полупроводниковых приборов в процессе работы является их температура, которая зависит не только от тока нагрузки, но и от эффективности системы охлаждения, усилия сжатия, деградации приборов с течением времени. Сопоставляя токовую нагрузку инвертора с температурой, можно судить о работе преобразователя и прогнозировать предаварийное состояние.

Каждый тиристорный блок преобразователя имеет гальванически развязанный датчик температуры. Помимо этого в верхней части инвертора установлен бесконтактный инфракрасный датчик контроля температуры наиболее нагретой точки. Вентиляторы принудительного охлаждения включаются при превышении установленного теплового уровня любого датчика, а также при токе инвертирования более 1 кА. С учетом того, что уровни инвертируемого тока изменяются в широких пределах, необходимость включения принудительного охлаждения наступает не часто, благодаря чему снижаются потери энергии на собственные нужды и повышается ресурс вентиляторов. Исправность системы охлаждения постоянно контролируется в процессе работы. Многоступенчатый контроль

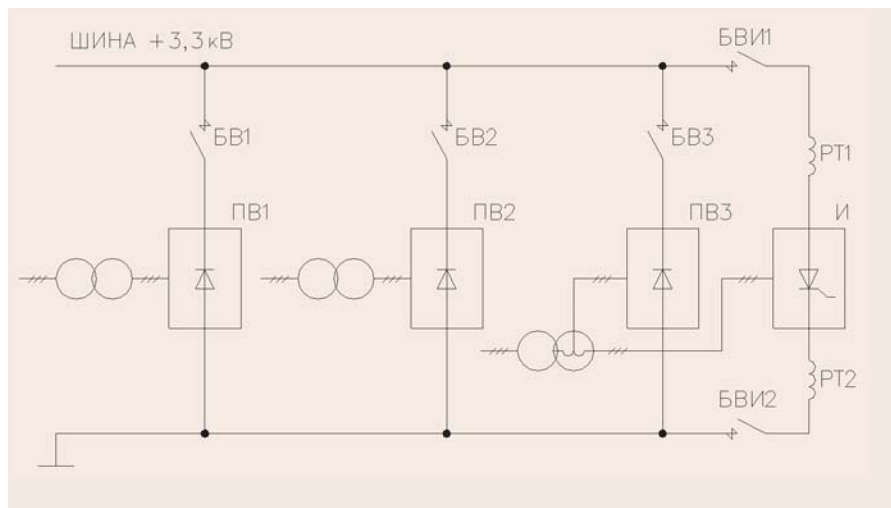


Рис. 2. Схема включения инвертора на тяговой подстанции

состояния преобразователя позволяет повысить надежность работы инвертора в целом.

### Электрическая схема инверторов

Схема включения инверторов (И) на тяговой подстанции с тяговыми выпрямителями ПВ1–ПВ3 представлена на рис. 2. Реакторы РТ1, РТ2 обеспечивают необходимое сглаживание пульсаций напряжения и ограничивают скорость нарастания тока в аварийных процессах. После подачи напряжения питания через согласующий трансформатор автоматически запускается алгоритм диагностики работоспособности инвертора, по результатам которого выдается разрешение на подключение к контактной сети.

Система регулирования и управления поддерживает заданный уровень напряжения на выходе тяговой подстанции. Превышение выходным напряжением тяговой подстанции установленного значения является свидетельством начала рекуперативного торможения электроподвижного состава, инвертор автоматически входит в режим возврата энергии в питающую сеть.

Встроенная система диагностики обеспечивает отключение оборудования при отказе, сигнализирует о приближении параметров к предельно допустимым и о необходимости внеплановых регламентных работ.

### Эффективная экономия

Выпускаемые инверторы рассчитаны на длительное преобразование тока рекуперации 2 кА при напряжении 3,8 кВ, а в течение 10 с выдерживают ток 3,2 кА. Они имеют встроенную защиту от опрокидывания, неполнофазного режима, минимального питающего на-

пряжения, отказов системы управления и силовых элементов.

На новых подстанциях целесообразно использование двенадцатипульсовых инверторов, которые обеспечивают более низкие искажения питающей сети, отвечающие современным рекомендациям Международной электротехнической комиссии. Как правило, влияние работы инверторов на питающую сеть благодаря соотношению мощностей преобразователя и короткого замыкания не требует дополнительных мер для снижения уровня фильтрации высших гармонических составляющих.

Опыт эксплуатации показал, что для наиболее эффективного использования инверторов требуется согласование регламентов управления оборудованием для поддержания на всех подстанциях участка железной дороги необходимого напряжения. Это исключит потери электрической энергии от возникающих уравнивающих токов между тяговыми подстанциями при отсутствии согласования. Экономия электроэнергии с использованием инверторов в значительной степени зависит от грузонапряженности участка железной дороги и профиля пути. Точные расчеты до начала оснащения участков инверторами позволят более полно использовать возможности современной техники и эффективно расходовать ресурсы.

### ООО «НИИЭФА-ЭНЕРГО»

196641, Санкт-Петербург,  
 пос. Металлострой, промзона «Металлострой»  
 Дорога на Металлострой, 3, корп. 2  
 Тел.: 8 (812)464-45-92  
 Факс: 8 (812) 464-46-34  
 info@nfenergo.ru  
 www.nfenergo.ru