№10
2016

ЛОКОМОТИВ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ

РЖД

Дирекция тяги: стратегия развития

Пути совершенствования пригородного подвижного состава

Комплексная система управления надежностью локомотивов

Цветная схема цепей электровоза 3ЭС5К

Электрическая схема тепловоза 2ТЭ116

Особенности цепей управления электровоза ЧС7

Тепловоз ТЭМ14: назначение полупроводниковых устройств

Устройство и работа оборудования электровозов серии ЭП1

Пневматическая схема электровоза ЭП20

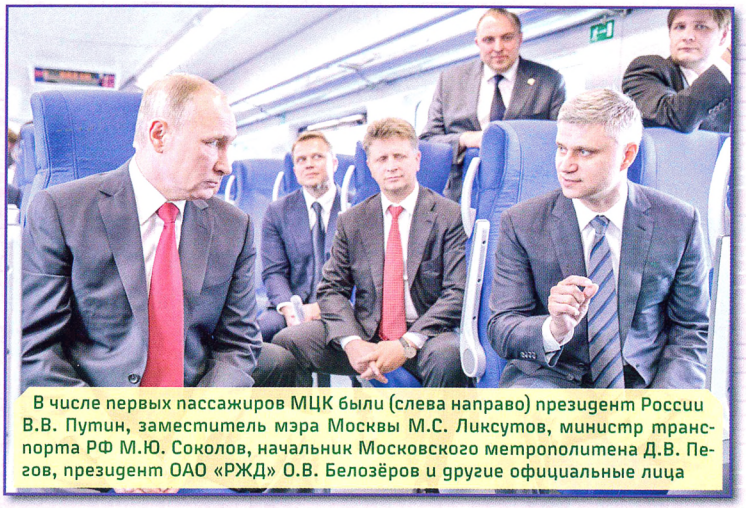
Знакомьтесь: электровоз БКГ1

Школа молодого машиниста

МОСКОВСКОЕ ЦЕНТРАЛЬНОЕ КОЛЬЦО УСТРЕМИЛОСЬ В БУДУЩЕЕ

(см. с. 9)

ISSN 0869-8147
9 770869 814001 >



В числе первых пассажиров МЦК были (слева направо) президент России В.В. Путин, заместитель мэра Москвы М.С. Ликсутов, министр транспорта РФ М.Ю. Соколов, начальник Московского метрополитена Д.В. Пегов, президент ОАО «РЖД» О.В. Белозёров и другие официальные лица

Почетное право вести «Ласточку» с высокими гостями было предоставлено машинистам депо Подмосковная Е.В. Ганже (слева) и Е.А. Смирнову

МОСКОВСКОЕ ЦЕНТРАЛЬНОЕ КОЛЬЦО УСТРЕМИЛОСЬ В БУДУЩЕЕ

10 сентября 2016 г. жители Москвы и гости столицы стали участниками грандиозного события: на Московской окружной железной дороге, получившей новое название — Московское центральное кольцо (МЦК), — началось пассажирское движение. Появился новый вид транспорта не только для столичного региона, но и для России в целом, — городская железная дорога, максимально интегрированная с сетью метрополитена и маршрутами другого наземного городского транспорта.

Кольцо было построено еще в 1908 г. До 1934 г. по нему осуществлялись пассажирские и грузовые перевозки, затем — только грузовые. После масштабной реконструкции, начавшейся в 2012 г., обновлены два главных пути магистрали, использующиеся преимущественно для пассажирского движения, а для грузовых перевозок и технологического движения сооружен новый, третий главный путь, построенный на части линии в 37 км. Вся железнодорожная инфраструктура находится в собственности ОАО «Российские железные дороги».

Магистраль протяженностью 54 км проходит, в основном, по бывшим промышленным территориям Москвы, у которых теперь появится новая жизнь. Станции МЦК представляют собой 31 транспортно-пересадочный узел. Рядом построят офисы, торговые комплексы, предприятия общественного питания, перехватывающие парковки машин. Это позволит создать более 40 тыс. новых рабочих мест. Зона влияния МЦК охватывает около 12% территории Москвы.

Подвижной состав на МЦК представлен скоростными 5-вагонными электропоездами постоянного тока ЭС2Г «Ласточка» производства ООО «Уральские локомотивы». При необходимости составность может быть увеличена до 10 вагонов.

В первый год эксплуатации услугами новой магистрали столицы воспользуются около 75 млн. пассажиров. Как предполагают специалисты-транспортники, в 2025 г. пассажиропоток увеличится до 300 млн. человек. Подробнее о МЦК рассказано на с. 9 журнала.

В результате реконструкции инфраструктура железнодорожного кольца преобразилась коренным образом

Уже через неделю с начала эксплуатации МЦК по нему проехал миллионный пассажир. Москвичке Н. Панфиловой вручили памятные подарки (слева направо) Д.В. Пегов, начальник Дирекции скоростного сообщения ОАО «РЖД» А.Ю. Петров и председатель отраслевого профсоюза Н.А. Никифоров

Москва-река встречает новое транспортное средство

Фото С.В. Гусева

ЛОКОМОТИВ

Ежемесячный производственно-технический и научно-популярный журнал

ОКТЯБРЬ 2016 г.
№ 10 (718)

Издаётся с января 1957 г.
г. Москва

УЧРЕДИТЕЛЬ:
ОАО «Российские железные дороги»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:
БЖИЦКИЙ В.Н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
ВАЛИНСКИЙ О.С.
ГАПАНОВИЧ В.А.
КАРЯНИН В.И.
(редактор отдела тепловозной тяги)
КИРЖНЕР Д.Л.
КОССОВ В.С.
МИХАЛЬЧУК Н.Л.
НАЗАРОВ О.Н.
НИКИФОРОВ Б.Д.
ОСТУДИН В.А.
(зам. главного редактора)
ОСЯЕВ А.Т.
ПОПОВ Ю.И.
РУДНЕВА Л.В.
(ответственный секретарь)
СЕРГЕЕВ Н.А.
(редактор отдела электрической тяги)
ЧАПЛИНСКИЙ С.И.
ШКОЛЬНИКОВ Е.Н.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:
Заручейский А.В. (Москва)
Иоффе А.Г. (Москва)
Ермишкин И.А. (Ожерелье)
Орлов Ю.А. (Новочеркасск)
Посмитюха А.А. (Киев)
Потанин А.А. (Воронеж)
Удальцов А.Б. (Санкт-Петербург)

Наш адрес в Интернете:
www.lokom.ru; e-mail: info@lokom.ru
Наш адрес в СПД ОАО «РЖД»:
E-mail: loko_msk@msk.rzd
Электронная версия:
http://elibrary.ru/title_about.asp?id=8816

В номере:

МИХАЛЬЧУК Н.Л. Дирекция тяги: стратегия развития . . . 2
БЫСТРАНОВ В.Е., КУДЕЛЬКИН И.Н. Как улучшить качество обслуживания пассажиров в пригородном сообщении . . . 6
ЖИТЕНЁВ Ю.А. У Московского кольца нет начала и конца . . . 9
ГОЛОВАШ А.Н., КУРШАКОВА Н.Б., РУБЕЖАНСКИЙ П.Н. Комплексная система управления надежностью локомотивов . . . 10
Тепловозы ТЭМ2 и ТГМ4Б с индексом «УГМК» обретают новую жизнь (с производственно-технической конференции) . . . 12
НИКИФОРОВ Б.Д. Энергоэффективность локомотивов в зеркале кривой статистики . 15

В ПОМОЩЬ МАШИНИСТУ И РЕМОНТНИКУ

ЕРМИШКИН И.А. Особенности цепей управления тяговым режимом электровоза ЧС7 . 16
Создан комитет по экспорту и инновациям . . . 19
АНИСИМОВ В.П. Электрическая схема тепловоза 2ТЭ116 . . . 20
КУЗНЕЦОВ К.В. Тепловоз ТЭМ14: назначение и конструкция полупроводниковых устройств . . . 25
КАБАНЦЕВ А.А. Электрические схемы электровоза 3ЭС5К (цветные схемы — на вкладке) . 27
ПОТАНИН А.А. Устройство и работа оборудования электровозов серии ЭП1 . . 28

АВТОТОРМОЗА

Схема пневматического тормозного оборудования электровоза ЭП20 . . . 32

ШКОЛА МОЛОДОГО МАШИНИСТА

РУДНЕВ В.С. Электрические передачи локомотивов. Тяговые электродвигатели тепловозов . . . 34
IGBT модули для транспорта . . . 39

НОВАЯ ТЕХНИКА

ТКАЧЕНКО С.Е. Знакомьтесь: электровоз БКГ1 . . . 40

НА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТЕМЫ

МАКАРОВ В.В., ХУДОНОГОВ А.М. Как повысить участковую скорость в грузовом движении . . . 43

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

ГЕРМАН Л.А., ГОНЧАРЕНКО В.П., МАКСИМОВА А.А. Новая схема фильтро-компенсирующей установки . . . 44

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

КАРЯНИН В.И. Творческий путь инженера тяги (к 75-летию А.С. Кулабухова) 47
МОЛЧАНОВ А.В., ЕГОРОВ А.А. Есть такое место — Лебяжье. . . . 48

На 1-й с. обложки: **электропоезд постоянного тока ЭС2Г «Ласточка» на Московском центральном кольце.** Фото С.В. ГУСЕВА

РЕДАКЦИЯ:
КУДЕЛЬКИН И.Н.
(тепловозная тяга)
МОЛЧАНОВ А.В.
(орг. отдел)
ЛАЗАРЕНКО С.В.
(отдел ИТ)
КВАЧ В.В.
(ведущий программист)
СИВЕНКОВ Д.П.
(компьютерный набор)

Адрес редакции:
129110, г. Москва,
ул. Пантелеевская, 26,
редакция журнала «Локомотив»
Тел./факс: (499) 262-12-32;
Тел.: (499) 262-30-59, 262-44-03

Подписано в печать 27.09.2016.
Офсетная печать.
Усл.-печ. л. 5,62+1,3 вкл.
Усл. кр.-отт. 22,48+5,2 вкл.
Уч.-изд. л. 10,4+1,86 вкл.
Формат 64×90/8.

Отпечатано в типографии ОАО КНПО ВТИ.
420044, г. Казань, пр. Ямашева, д. 36.
Тел.: +7 (843) 519-69-05.
E-mail: npovti.t@yandex.ru.
Тираж 4200 экз. Заказ 1078.

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-21834 от 07.09.2005 г.

© Локомотив, 2016

ДИРЕКЦИЯ ТЯГИ: СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ

Н.Л. МИХАЛЬЧУК,
заместитель начальника
Дирекции тяги ОАО «РЖД»

Направление развития Локомотивного комплекса основывается на реализации жизненно важных инициатив, утвержденных Стратегией развития Компании до 2030 г. Основной ее задачей является переход на качественно новый уровень оказания услуг железнодорожных перевозок грузов и пассажиров.

Приоритет в задачах локомотивного комплекса определен по нескольким основным направлениям:

- реализация до 2025 г. полигонных моделей эксплуатации и ремонта локомотивов, с формированием картосхем развития локомотивного комплекса, предусматривающим сокращение потребного локомотивного парка и объектов недвижимости, находящихся на балансе Дирекции тяги ОАО «РЖД» (ЦТ);
- оптимизация расходов и повышение операционной эффективности.

Конкретные мероприятия реализуются на основании данных, принятых Генеральной схемой развития сети железных дорог РЖД (полигонная технология управления тяговыми ресурсами, организация тяжеловесного движения, закупка тягового подвижного состава, развитие деповской инфраструктуры, пунктов технического обслуживания локомотивов). На рис. 1 (см. с. 3) представлены перспективные направления развития железнодорожной инфраструктуры.

Генеральной схемой предусматривается развитие инфраструктуры международных транспортных коридоров «Восток — Запад», «Север — Юг», особенно принимая во внимание прогнозируемое увеличение транзитного грузопотока к 2020 г., которое может составить свыше 33 млн. т.

Основные направления, которым необходимо уделить первоочередное внимание, являются:

- Кузбасс — Северо-Запад (Алтайская — Екатеринбург — Усть-Луга);
- Кузбасс — Центр (Алтайская — Екатеринбург — Агрыз — Вековка — Орехово-Зуево);
- Кузбасс — Юг (Алтайская — Челябинск — Сызрань — им. М. Горького — Тихорецкая — Разъезд 9 км);
- Кузбасс — Дальний Восток (Байкало-Амурская и Транссибирская магистрали).

Данные инициативы должны найти свое отражение на схемах развития полигонов эксплуатации тяговых ресурсов.

В настоящее время в Дирекции тяги организована работа специальной рабочей группы, в которую входят руководители ЦТ, Центральных дирекций управления движением и инфраструктуры, Департамента управления бизнес-блоком «Железнодорожные перевозки и инфраструктура», АО «Институт экономики и развития транспорта», сервисных компаний. Указанная группа должна разработать полигонные схемы эксплуатации и обращения тяговых ресурсов Компании с отражением по реперным точкам состояния локомотивного парка, инфраструктуры локомотивного хозяйства и ремонтной базы, плеч обращения локомотивов и локомотивных бригад.

Завершить работу по формированию документа планируется до конца текущего года, в ходе которой предполагается рассмотреть и принять технологические схемы на технико-технологических советах дорог и утвердить у руководства ОАО «РЖД». Поэтому начальникам региональных дирекций тяги требуется организовать работу на местах с учетом местных особенностей.

В настоящее время множество проектов по повышению эффективности Дирекции тяги, начатых ранее, уже дают определенный результат. На рис. 2 представлена модель основных и поддерживающих процессов Дирекции тяги.

Первостепенным проектом является постоянное повышение эффективности использования локомотивного парка. При этом основной ресурс Дирекции тяги — это локомотив.

Данная работа разделена на два направления:

- ☑ долгосрочное планирование потребности локомотивного парка;
- ☑ снижение операционных расходов в текущем году.

Рассматривая вопрос долгосрочного развития локомотивного комплекса, необходимо отметить, что существует потенциал по снижению требуемого парка локомотивов с учетом роста объемов перевозок.

Дирекцией тяги совместно с Центральной дирекцией управления движением разработана модель оптимизации потребности в локомотивном парке до 2020 г. по следующим направлениям:

① повышение производительности локомотива путем увеличения веса поезда и средней скорости в движении с удельным эффектом к 2020 г. 802 локомотива. Увеличение веса поезда брутто, технической и участковой скоростей локомотива, снижение процента вспомогательного пробега позволят ОАО «РЖД» в перспективе до 2020 г. снизить потребность в локомотивном парке на 3,35 % и в 2025 г. — на 4,43 %;

② снижение простоя тягового подвижного состава в ожидании работы на станциях оборота благодаря более точному планированию и организации движения с удельным эффектом к 2020 г. 1330 локомотивов. Пересмотр данного показателя и снижение потребности в нерабочем парке, задействованном в технологии перевозки грузов, позволит Компании снизить потребность в локомотивной тяге на 6,35 % в 2020 г. и на 9,8 % — в 2025 г.;

③ повышение эффективности технического обслуживания и ремонта локомотивов. В данном направлении помимо снижения непосредственного простоя локомотивов на ремонте планируется уменьшить время его ожидания, сократить пересылки в ремонт и из ремонта с удельным эффектом к 2020 г. 996 локомотивов. При этом, в рамках данной работы целесообразно рассмотреть формирование ремонтных программ в соответствии с сезонной потребностью того или иного типа локомотивов (ремонт только в «низкий» сезон). Пересмотр подходов к производству плановых видов обслуживания и ремонта, их жесткое нормирование позволят высвободить 7,24 % парка локомотивов до 2020 г., 9,6 % — в 2025 г.;

④ повышение качества управления парком в период сезонных колебаний. Проведенный анализ показал значительный резерв и необходимость совершенствования работы по формированию сезонного запаса локомотивов для компенсации пиковых периодов (зима — грузовые перевозки, лето — пассажирские, хозяйственная работа).

Предполагается снизить инвентарный парк благодаря отказу от невостребованных серий локомотивов и проведению им ремонтов. Удельный эффект к 2020 г. оценивается в 2454 локомотива.

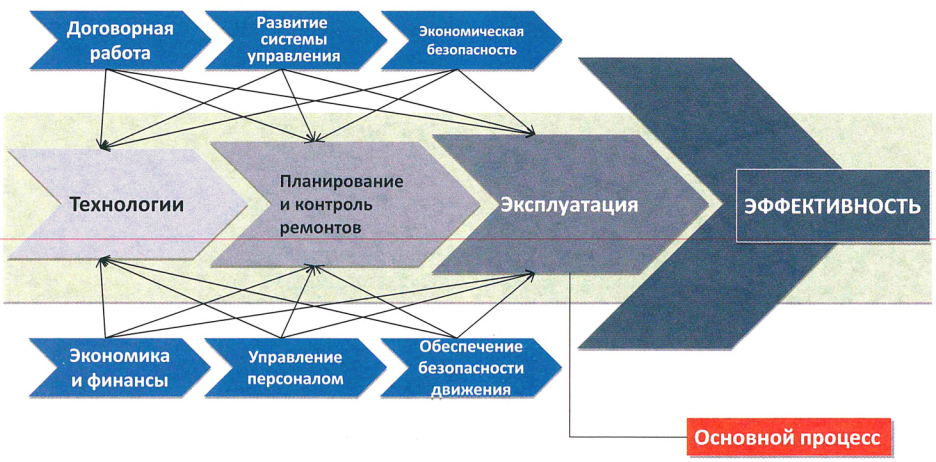
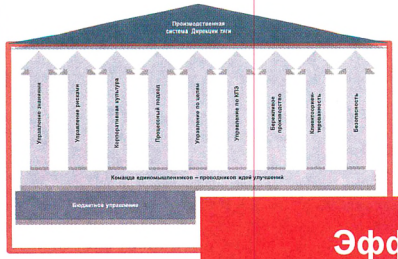


Рис. 2. Модель основных и поддерживающих процессов Дирекции тяги

Рис. 1. Перспективные направления развития железнодорожной инфраструктуры



Эффективная организационная структура

Функциональные вертикали управления

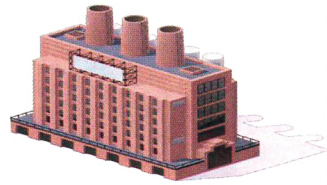
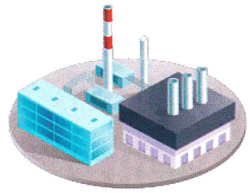
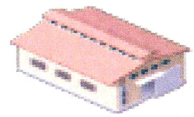
	До реформы	После реформы
Центральный уровень 	**Первый зам. Дирекции тяги** **Зам. Дирекции тяги по эксплуатации** Отдел работы локомотивов Отдел работы бригад **Зам. Дирекции тяги по производству** Отдел планирования заводского ремонта Отдел планирования деповского ремонта	**Первый зам. Дирекции тяги** **Зам. Дирекции тяги по эксплуатации** Отдел работы локомотивов Отдел работы бригад **Зам. Дирекции тяги по планированию и контролю ремонтов** Отдел планирования заводского ремонта Отдел планирования деповского ремонта
Региональный уровень  Всего: 16 Дирекций тяги	**Первый зам. региональной Дирекции тяги по эксплуатации** **Зам. Дирекции тяги по производству** Отдел работы локомотивов Отдел работы бригад **Отдел контроля ремонта локомотивов**	**Первый зам. региональной Дирекции тяги** **Зам. Дирекции тяги по эксплуатации** **Зам. Дирекции тяги по планированию и контролю ремонтов** Отдел работы локомотивов Отдел работы бригад **Отдел планирования контроля ремонта локомотивов**
Линейный уровень  Всего: 146 локомотивных депо	**Начальник эксплуатационного локомотивного депо** **Зам. начальника депо по эксплуатации** **Инженер цеха эксплуатации** **Зам. начальника депо по производству** **Отдел контроля ремонта локомотивов**	**Начальник эксплуатационного локомотивного депо** **Зам. начальника депо по эксплуатации** **Отдел эксплуатации** **Зам. начальника депо по планированию и контролю ремонтов** **Отдел планирования и контроля ремонта локомотивов**

Рис. 3. Реорганизация организационно-штатной структуры Дирекции тяги

Реализация данного предложения позволит снизить потребность в инвентарном парке локомотивов Компании на 11,76 % до 2020 г. и на 11,95 % — в 2025 г. (в первую очередь за счет списания непригодного парка). Общее удельное (без учета изменения объема работы) снижение потребности в парке до 2020 г. составит 5582 локомотива.

Перед региональными дирекциями тяги поставлена задача определить возможный объем оптимизации локомотивов инвентарного парка с учетом своих особенностей.

Решая краткосрочные задачи оптимизации необходимо отметить, что за 6 мес. 2016 г. объем перевозок по Дирекции тяги выполнен на 100,6 % (на 101,2 % к уровню прошлого года) и составил 2042,061 млрд. т·км брутто. Однако данный показатель не выполнен Октябрьской (99,0 %), Калининградской (97,2 %), Куйбышевской (98,2 %) и Дальневосточной (97,5 %) дирекциями тяги.

Несмотря на выполнение всех качественных показателей использования тягового подвижного состава, отмечено невыполнение сводной программы мероприятий по снижению расходов по перевозочным видам деятельности. Так, за 6 мес. 2016 г. фактическое выполнение составило 91,7 %.

Основными причинами срыва данной программы явились:

❶ невыполнение задания по снижению часов сверхурочной работы и непроизводительных потерь рабочего времени локомотивных бригад на 20 % к уровню прошлого года;

❷ невыполнение технологических мероприятий, направленных, в основном, на высвобождение парка локомотивов от изменения технологических процессов, изменения норм межремонтных пробегов.

Отставания допустили следующие дирекции: Восточно-Сибирская (61,5 % реализации), Красноярская (65,9 %), Забайкальская (73,8 %), Куйбышевская (79,9 %), Дальневосточная (87,3 %), Северная (88,1 %), Юго-Восточная (90,3 %). Начальникам региональных дирекций необходимо определить дополнительные мероприятия, обеспечивающие выполнение заданных параметров, установленных программой оптимизации.

За последние годы произошла кардинальная реорганизация системы управления Дирекции тяги. На рис. 3 наглядно представлена организационно-штатная структура до и после реформы. Руководствуясь изменившимися функциями, в Дирекции тяги в 2015 г. была сформирована принципиально новая организационно-штатная структура эксплуатационного локомотивного депо. Создана вертикаль блока эксплуатации, определены функциональные направления работы отделов в зависимости от наличия в депо приписного парка локомотивов и количества работников локомотивных бригад (распоряжение Дирекции тяги от 17.08.2015 № ЦТ-204/р). Расписан и утвержден функционал каждого работника отдела.

При этом итоги работы текущего года указывают на неэффективную организацию работы вновь созданного подразделения эксплуатационного локомотивного депо. Как результат, не выполняются технологические мероприятия, направленные на организацию работы в части соблюдения баланса рабочего времени локомотивных бригад (недоработка и сверхурочная работа), повышение эффективности использования локомотивного парка, приведение Технико-распорядительного акта станций в соответствие с технологией работы тяговых ресурсов, внедрение системы менеджмента безопасности движения и др.

Сегодня актуален вопрос достаточности полномочий руководителя в управлении региональной дирекцией и структурными подразделениями

В настоящее время согласно полномочиям, указанным в доверенностях начальникам региональных дирекций, расширены права на заключение договоров по обеспечению производственно-хозяйственной деятельности в рамках утвержденных бюджетов. Эту работу необходимо продолжить в рамках рабочей группы по установлению баланса полномочий и ответственности. ■

НОВОСТИ ТРАНСМАШХОЛДИНГА

Электровоз ЭП20 победил в конкурсе ОАО «РЖД» на лучшее качество подвижного состава

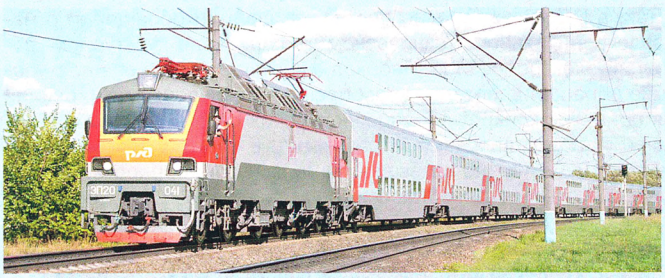
Новочеркасский электровозостроительный завод (НЭВЗ, входит в состав ЗАО «Трансмашхолдинг») завоевал первое место в конкурсе ОАО «Российские железные дороги» на лучшее качество подвижного состава и сложных технических систем. Предприятие получило приз за двухсистемный пассажирский электровоз ЭП20. Об этом сообщили в Департаменте по внешним связям холдинга.

Церемония награждения победителей и лауреатов конкурса прошла в Берлине, в рамках Международной выставки транспортной техники и логистики «ИнноТранс-2016». Приз из рук старшего вице-президента ОАО «РЖД» В.А. Гапановича получил генеральный директор НЭВЗа А.Н. Сапунков.

ЭП20 — первый в истории отечественного транспортного машиностроения скоростной (способный водить поезда на скоростях до 200 км/ч) двухсистемный пассажирский электровоз. Он спроектирован в инжиниринговом центре «ТРТранс», который создан Трансмашхолдингом совместно со своим акционером и технологическим партнером — компанией «Альстом». Локомотивы серийно выпускаются на НЭВЗе с 2012 г., к настоящему моменту построено 56 электровозов. Действующий контракт предусматривает, что до 2020 г. РЖД должны получить в общей сложности 200 таких локомотивов.

ЭП20 поставляются ОАО «РЖД» в соответствии с контрактом жизненного цикла, предполагающим, что производитель несет ответственность за техническое состояние локомотивов на протяжении всего срока их эксплуатации. Все электровозы ЭП20 приписаны к фирменному сервисному центру НЭВЗа, который располагается в Москве.

Благодаря своим техническим характеристикам, в первую очередь способности работать на линиях как переменного, так и постоянного тока, а также за счет реализуемых тяговых свойств, скорости, среднесуточные пробеги электровозов ЭП20 превышают 1000 км (для сравнения: среднесуточный пробег электровоза переменного тока ЭП1М в среднем составляет 600 км).



Генеральный директор НЭВЗа А.Н. Сапунков получил приз из рук старшего вице-президента ОАО «РЖД» В.А. Гапановича

По большинству параметров ЭП20 находится на одном уровне с лучшими зарубежными разработками, а по ряду характеристик превосходит их.

По материалам Департамента по внешним связям ЗАО «Трансмашхолдинг»

КАК УЛУЧШИТЬ КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРОВ В ПРИГОРОДНОМ СООБЩЕНИИ

В последние несколько лет все чаще возникают ситуации с отменой пригородных поездов. Особенно страдают жители отдаленных районов, где железнодорожное сообщение является чуть ли ни единственно возможным. Резонансных «стычек» населения с железнодорожниками также хватает. В этой статье попробуем разобраться в сути происходящего и рассмотреть важнейшие аспекты складывающейся ситуации.

Основным и самым крупным владельцем пригородного подвижного состава является ОАО «РЖД», парк поездов находится в распоряжении Центральной дирекции моторвагонного подвижного состава (ЦДМВ) — филиала ОАО «РЖД».

По состоянию на начало 2016 г. ЦДМВ располагает инвентарным парком в 12914 вагонов, что составляет примерно 1395 составов поездов. При этом, как всем известно, не весь инвентарный парк находится в эксплуатации, имеется и неэксплуатируемый. Эксплуатируемый парк составляет 9702 вагона (1267 составов), в том числе 7321 вагон электропоездов постоянного тока (855 составов) и 2381 вагон электропоездов переменного тока (412 составов). Остальная же часть инвентарного наличия находится в неэксплуатируемом парке и составляет приблизительно 3212 вагонов. Путем проведения капитального ремонта и модернизации, что в принципе и осуществляется с учетом заранее утвержденных планов, можно формировать составы пригородных поездов.

При этом стоит учесть, что не из всех этих 3212 вагонов возможно сформировать поезда, поскольку головных вагонов небольшое количество. Основная часть неэксплуатируемого парка — это промежуточные вагоны. Про возможность сформировать поезда из промежуточных вагонов поговорим ниже. Сейчас остановимся на эксплуатируемом парке, с которым, к слову, также имеются значительные трудности и проблемы.

Так, в ЦДМВ ежедневно поступают десятки обращений о неудовлетворительном техническом и санитарно-культурном состоянии электропоездов. Необходимо отметить, что все поступающие обращения детально разбираются сотрудниками Дирекции для принятия конкретных управленческих решений, и на все обращения подготавливаются развернутые ответы. Выполняемая работа положительно сказывается на качестве предоставляемых услуг, обратная связь от пассажиров целесообразна и необходима, особенно в русле проводимой в ОАО «РЖД» политики клиентоориентированности.

Несмотря на то, что каждый электропоезд по прибытию в депо и/или в пункт оборота максимально восстанавливается и приводится в порядок ремонтным персоналом, все равно этого недостаточно. Уровень износа парка высок, а предъявляемые требования повышаются со стремительной быстротой, с учетом скорости роста мировых показателей качества предоставляемых для пассажиров услуг. Актуальные данные по износу парка и среднему сроку службы с разбивкой по региональным дирекциям и в общем по сети представлены в таблице.

Из таблицы видно, что в среднем по сети износ парка приближается к 60 %, а средний срок службы достигает почти 19 лет. Естественно, что при таком среднем сроке службы затраты на поддержание требуемого санитарно-культурного уровня вагонов поезда с каждым годом возрастают.

Для кардинального удовлетворения растущих потребностей пассажиров в улучшении качества пригородного подвижного состава необходимо рассматривать вопросы о приобретении нового и углубленной модернизации существующего подвижного состава.

Так, в течение последних десяти лет ОАО «РЖД» закупило 5763 вагона у таких производителей моторвагонного подвижного состава, как ОАО «Демиховский машиностроительный завод», ОАО «Метровагонмаш» и ОАО «Торжокский вагоностроительный завод». Причем наибольшие объемы закупок осуществлялись в 2006 г. — 746 вагонов, в 2007 г. — 760, в 2008 г. — 809 вагонов. Однако объемы закупок не позволяют поддерживать эксплуатируемый парк на постоянном уровне. К примеру, на рис. 1 приведена динамика изменения эксплуатируемого парка электропоездов в вагонах за последние пять лет (данные предоставлены без учета закупки электропоездов типа «Ласточка», поскольку этими поездами осуществляется другой, не рассматриваемый в рамках данной тематики, формат перевозок).

Как видно из рис. 1, списание вагонов из года в год практически постоянное, а вот закупки поездов значительно сокращаются, что и приводит к общему снижению эксплуатируемого парка, а это, конечно же, негативно сказывается на качестве предоставляемых услуг.

Начиная с 2012 г. практически весь подвижной состав поставляется с конструктивными изменениями, направленными на улучшение условий пребывания пассажиров в поезде и повышение уровня безопасности движения. Эти изменения состоят в оснащении салона вагона системами видеонаблюдения, микроклимата (кондиционирования и отопления в зависимости от времени года), светодиодным освещением, принудительной вентиляцией в тамбурах, прислонно-сдвижными автоматическими наружными дверьми, беззазорными сцепными устройствами (для обеспече-

Износ и средний возраст моторвагонного подвижного состава

Дирекция	% износа парка	Средний возраст, лет
Октябрьская	53,58	16,94
Калининградская	79,86	32,64
Московская	57,11	18,03
Горьковская	45,96	14,89
Северная	62,10	19,16
Северо-Кавказская	55,48	20,77
Юго-Восточная	59,78	22,61
Приволжская	64,42	18,07
Куйбышевская	56,45	18,24
Свердловская	57,43	17,13
Южно-Уральская	51,35	17,00
Западно-Сибирская	55,54	19,35
Красноярская	68,42	28,77
Восточно-Сибирская	62,61	20,51
Забайкальская	81,02	33,58
Дальневосточная	57,10	18,99
По ЦДМВ	56,59	18,57

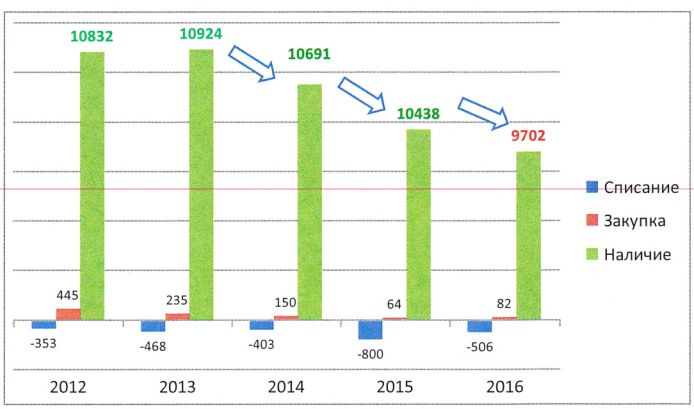


Рис. 1. Эксплуатируемый парк электропоездов и динамика их изменения (в вагонах) в период с 2012 по 2016 гг.

ния плавности хода) и герметизированными межвагонными переходами (для удобства передвижения по составу).

При модернизации подвижного состава работы делятся на два типа, которые направлены:

1. на улучшение эргономических качеств подвижного состава;
2. на приведение подвижного состава к требованиям нормативных документов РФ и ОАО «РЖД».

Работы по улучшению эргономических качеств для повышения качества обслуживания пассажиров заключаются в выполнении целого перечня модернизаций, обозначенных ниже.

- Внутреннее пространство пассажирского салона вагона модернизируется путем замены существующих стеновых панелей на новые.
- Стены, салонные перегородки облицовываются панелями из стеклопластика или другим негорючим или трудногорючим материалом.
- Раздвижные двери пассажирского салона заменяются на новые стеклопластиковые, имеющие существенно более низкую массу.
- Осуществляется замена напольного покрытия салона трудногорючим материалом повышенной износостойкости, а тамбура — с антискользящим покрытием для обеспечения безопасной посадки и высадки пассажиров.
- Штатные багажные полки, вешалки заменяются на металлические, более высокопрочные, надежные и вандалостойкие.
- Оконные блоки штатной конструкции меняются на блочные с форточками и углом их открытия не менее 29°. Устанавливаемые окна «Аварийный выход» комплектуются информационными табличками. Оконные блоки изготавливаются из алюминиевых прессованных профилей.
- Устанавливаются шестиместные пассажирские диваны в антивандальном исполнении, состоящие из съемных мягких вставок для удобства пассажиров и прочного антивандального каркаса. Диваны оснащены подголовниками, оборудуются вандалостойкими ручками для поддержания равновесия стоящих пассажиров при движении электропоезда.
- В вагонах электропоездов для обеспечения параметров охлаждения воздуха устанавливаются системы кондиционирования воздуха.
- Для поддержания параметров микроклимата в салонах вагонов устанавливаются цифровые температурные датчики с целью автоматического регулирования температурного режима.
- В салонах вагонов электропоездов устанавливается светодиодная система освещения.
- Для информирования пассажиров в пути следования модернизируются (устанавливаются) дополнительные средства оповещения: аппаратура оповещения с громкоговорителями в салоне и тамбуре, система индикации и информационная система о маршрутах следования со светодиодными табло в салонах и боковых частях кабины машиниста, система связи «пассажир — машинист», система видеонаблюдения в пассажирских тамбурах и салонах с видеокамерами в вандалостойком исполнении.
- Для обеспечения безопасной посадки и высадки пассажиров головные вагоны электропоезда оборудуются светодиодными посадочными фонарями.
- С целью снижения уровня шума и вибрации монтируются компрессорные установки с пределом громкости не более 78 дБ.
- Головные вагоны (прицепные) электропоезда оборудуются экологически чистыми туалетными комплексами типа «Экотол ЭП».

Работы по приведению подвижного состава к требованиям нормативных документов РФ, ОАО «РЖД» заключаются:

- ☑ в установке и оборудовании системами пожарной сигнализации и пожаротушения в соответствии с требованиями ФЗ-123;
- ☑ в улучшении прочностных характеристик кузовов вагонов при капитальном ремонте на ремонтных предприятиях (заводах).

Данной модернизации были подвергнуты:

- в 2012 г. — 932 вагона;
- в 2013 г.— 197 вагонов;
- в 2014 г. — 562 вагона;
- в 2015 г. — 519 вагонов;
- в 2016 г. предусмотрен лимит затрат для модернизации 499 вагонов.

Следует отметить, что снижение закупок подвижного состава ОАО «РЖД» обусловлено несколькими причинами. Одна из них состоит в том, что в связи со вступлением в силу изменений и дополнений к санитарным правилам по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте ужесточены санитарно-гигиенические требования и нормативы для моторвагонного подвижного состава по обеспечению проезда маломобильных групп населения и др. Это привело к увеличению стоимости моторвагонного подвижного состава и, как следствие, к снижению его закупок из-за ограниченности инвестиционных ресурсов.

Так, в 2016 г. в рамках выделенного инвестиционного бюджета финансирования ОАО «РЖД» приобретено лишь 82 вагона (15 электропоездов) серии ЭД4М и ЭД9Э производства ОАО «Демиховский машиностроительный завод».

Другая причина снижения закупок моторвагонного подвижного состава со стороны ОАО «РЖД» обусловлена измененным в 2014 г. подходом к организации пригородного железнодорожного сообщения. В соответствии с «Концепцией развития пригородных пассажирских перевозок железнодорожным транспортом», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 19.05.2014 № 857-р, закупка нового подвижного состава с недавнего времени является прерогативой компаний-перевозчиков.

В настоящее время крупные пригородные компании (такие как ОАО «Центральная ППК») начали приобретать новый подвижной состав самостоятельно, но в большинстве своем остальные пригородные компании на данный момент не имеют достаточных средств на его закупку и поэтому подвижной состав не приобретают, тем самым и порождая существующие проблемы в пригородном сообщении.

Итак, два вышеуказанных обстоятельства в большей степени влияют на снижение эксплуатируемого парка моторвагонного подвижного состава, но имеется и ряд других факторов, один из которых был упомянут выше в части формирования поездов из промежуточных вагонов. Формирование поездов из вагонов неэксплуатируемого парка могло бы снизить напряженность и перекрыть дефицит закупки нового подвижного состава, но опять же не все так просто.

Дело в том, что в связи со вступлением в действие в 2015 г. регламента Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава» (ТР ТС 001/2011) производство отдельных головных вагонов для формирования составов из вагонов ранее выпущенных серий невозможно, а проведение модернизации с продлением срока службы ранее выпущенным вагонам электропоездов повлечет за собой существенные изменения конструкции вагонов с последующей процедурой проведения сертификации и, как следствие, приведет к финансовым затратам, сопоставимым со стоимостью нового вагона.

По сути, по уровню финансовых затрат модернизация имеющихся промежуточных вагонов в головные с последующей сертификацией и закупка новых головных вагонов находятся на одном уровне, что, конечно же, нецелесообразно. И получается, что вагоны неэксплуатируемого парка, на которые не имеются головные вагоны, так и будут находиться в неэксплуатируемом парке, и это также усугубляет ситуацию.

На рис. 2 приведен прогнозный дефицит эксплуатируемого парка вагонов на ближайшие пять лет, вплоть до 2020 г. с разбивкой на род питающего тока электропоездов. К 2020 г. дефицит в общем по сети может составить до 1700 вагонов, что еще более

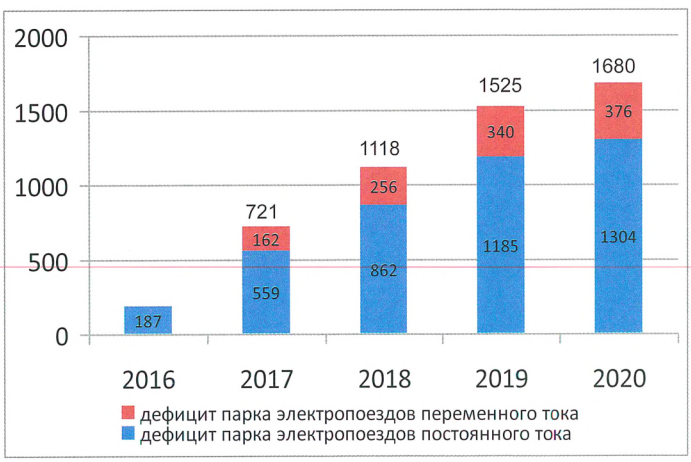


Рис. 2. Нарастающий дефицит эксплуатируемого парка моторвагонного подвижного состава (в вагонах)

усугубит ситуацию в пригородном сообщении, негативно скажется на исполнении социальных функций государства для населения, может вызвать недовольство со стороны граждан и, конечно же, приведет к негативному мультипликативному эффекту с точки зрения развития экономики, передвижения трудовых ресурсов, снизит подвижность населения.

Однако в зависимости от пассажиропотоков на различных участках эксплуатации требуются поезда различной составности. К примеру, на Октябрьской дороге в среднем требуются 9-вагонные составы, а вот на Юго-Восточной — всего лишь 4-вагонные. Но наибольший дефицит возникнет на Московской дороге, что вполне объяснимо и понятно.

В свете вышесказанного, сегодня можно рассматривать следующие возможные варианты обновления парка подвижного состава, опирающиеся на упомянутую «Концепцию развития пригородных пассажирских перевозок железнодорожным транспортом».

① **Включение субъектом Российской Федерации инвестиционной составляющей** при расчете и установлении экономически обоснованного уровня тарифа на пригородные перевозки (прямая покупка или лизинговая схема).

Этот вариант имеет риски отказа большинства субъектов Российской Федерации от принятия инвестиционных расходов в составе экономически обоснованных затрат перевозчиков — пригородных пассажирских компаний. В данных условиях возможно предоставление федеральным бюджетом субсидий на софинансирование затрат субъектов Российской Федерации на субсидирование инвестиционной составляющей в расходах перевозчиков.

② **Увеличение уставного капитала ОАО «РЖД»** со стороны государства в размере, необходимом для обновления выбывающего пригородного подвижного состава, а также развития объектов пригородной пассажирской инфраструктуры (пассажирских зданий и сооружений, платформ, обустройств), предназначенного для внесения в уставные капиталы ППК, либо для предоставления его в аренду ППК.

Для этого необходимо постановление Правительства РФ об увеличении уставного капитала ОАО «РЖД».

③ **Увеличение уставного капитала ОАО «Государственная транспортная лизинговая компания» (ОАО «ГТЛК»)** для приобретения пригородного подвижного состава либо предоставление крупными банками с государственным участием ОАО «ГТЛК» кредита на льготных условиях (субсидирование части процентной ставки по кредитам из Федерального бюджета) с последующей финансовой арендой пригородными компаниями. При формировании условий кредитования и лизинга амортизация подвижного состава определяется исходя из нормативного срока полезного использования (28 лет).

Однако как бы ситуация ни развивалась и какие бы решения ни были приняты, какие финансовые схемы ни реализованы, специалисты железнодорожной отрасли всегда должны быть готовы к экстренной реализации превентивных мер. Одной из таких мер и является прогнозирование.

По прогнозам соответствующих подразделений ЦДМВ, в ближайшее время, в целях поддержания стабильного технического состояния парка на уровне, необходимом для качественного предоставления услуг по перевозке пассажиров в пригородном сообщении, возникнет потребность в приобретении со стороны ОАО «РЖД» моторвагонного подвижного состава в количестве 300 — 450 вагонов ежегодно.

В.Е. БЫСТРАНОВ,
заместитель начальника отдела планирования текущего и капитального ремонтов ЦДМВ ОАО «РЖД»,
инж. **И.Н. КУДЕЛЬКИН**, г. Москва

НОВОСТИ ТРАНСМАШХОЛДИНГА

Создан новый поезд для 1-й линии Петербургского метрополитена

Трансмашхолдинг представил губернатору Санкт-Петербурга Г.С. Полтавченко новую разработку — поезд метро серии 81-722.1/723.1/724.1, который будет эксплуатироваться на 1-й линии Санкт-Петербургского метрополитена. Об этом сообщили в Департаменте по внешним связям холдинга.

Презентация нового подвижного состава была организована в рамках Международного инновационного форума пассажирского транспорта SmartTRANSPORT, который проходил недавно в Санкт-Петербурге.

Поезд создан в соответствии с техническим заданием, разработанным специалистами Санкт-Петербургского метрополитена. У вагона новая стеклопластиковая маска, светодиодные фары и габаритные фонари круглой формы, увеличена площадь окна дверных створок. Реализовано новое цветовое решение.

Поезда формируются из восьми вагонов — головных моторных с кабиной управления в конце и начале поезда, четырех промежуточных моторных и двух прицепных немоторных в середине состава. В лобовой части головного вагона установлена приставная эвакуационная лестница для аварийного выхода пассажиров, салоны оснащены облегченными потолочными панелями из стали и окнами из пластика.

В состав штатного оборудования входят двухуровневая микропроцессорная система управления безопасности и диагностики, система внутреннего и наружного видеонаблюдения.

Вагоны оснащены удобными поручнями из сатинированной нержавеющей стали. Салон освещается светодиодной линией, состоящей из двух отдельных модулей, за вентиляцию отвечает система на основе высокопроизводительных осевых вентиляторов. В головных вагонах расположены места, предназначенные для инвалидных колясок с креплениями.

Контракт на поставку партии из двадцати восьмивагонных поездов метро подписан между входящим в состав Трансмашхолдинга Октябрьским электровагоноремонтным заводом (ОЭВРЗ) и Санкт-Петербургским метрополитеном в августе 2015 г. Завершение поставок ожидается в 2020 г.

Поезд метро серии 81-722.1/723.1/724.1 и его интерьер

Трансмашхолдинг впервые принимал участие в работе форума SmartTRANSPORT. Помимо знакомства с новым вагоном метро, посетители имели возможность посетить стенд компании, тематически посвященный возможностям расположенных в Санкт-Петербурге предприятий холдинга (ОЭВРЗ и КМТ), а также проектам в области рельсового транспорта, которые Трансмашхолдинг реализует в северной столице.

По материалам Департамента по внешним связям ЗАО «Трансмашхолдинг»

У МОСКОВСКОГО КОЛЬЦА НЕТ НАЧАЛА И КОНЦА

Традиционный праздник столицы нашей Родины — День города — ознаменовался памятным событием, которого москвичи ожидали более пяти лет: началось движение пассажирских поездов на Малом кольце Московской железной дороги. Отныне ее новое название — Московское центральное кольцо (МЦК). Малое кольцо длиною 54 км было основано в 1908 г. Более 100 лет его использовали для перевозки грузов, следующих транзитом через Московский железнодорожный узел, а также для обслуживания промышленных зон, расположенных вдоль путей. Справедливости ради отметим, что городские власти пытались привлечь пассажиров, но впоследствии администрация кольца была вынуждена отказаться от этой транспортной составляющей из-за нерентабельности перевозок.

Реконструкцию современного Малого кольца начали в 2012 г. Одобренный Правительством России проект предусматривал организацию пассажирского движения на кольце в режиме, максимально приближенном к графику метрополитена. За довольно короткий срок проведена огромная работа по переоборудованию существующей железнодорожной линии. Для обустройства железнодорожной части инфраструктуры МЦК из федерального бюджета в уставный капитал ОАО «Российские железные дороги» было внесено 74,8 млрд. руб. На строительство транспортно-пересадочных узлов (ТПУ) правительство Москвы выделило 15,5 млрд. руб.

В результате масштабной модернизации обновлены два главных пути с устройством высокотехнологичных бесстыковых участков, обеспечивающих плавный и малошумный ход поезда, электрифицировано все кольцо, включая постройку двух и реконструкцию трех тяговых подстанций, смонтированы 178 км линий электроснабжения и 419 км контактного провода, установлены более 5000 опор контактной сети, уложены почти 190 км новых путей, размещено около 400 комплектов стрелочных переводов, 650 км линий СЦБ, около 5000 единиц напольного оборудования и 760 единиц постового оборудования для устройств СЦБ. Подвешено 54 км волоконно-оптической линии связи, построены 29 очень сложных искусственных сооружений, в том числе мосты, путепроводы, эстакады. Установлено 14 км шумозащитных экранов, 31 км ограждений.

Общая площадь зоны влияния МЦК оценивается в 10800 га, или порядка 12 % территории Москвы внутри Московской кольцевой автомобильной дороги.

На 31 остановке кольца организованы полноценные ТПУ. Также предусмотрены 17 пересадок на 11 линий метрополитена и 10 пересадок — на 9 радиальных направлений железной дороги. На 13 ТПУ появятся перехватывающие парковки. На МЦК начали действовать проездные билеты и тарифы Московского метрополитена. Пересадка с кольца на метро и обратно бесплатна.

Еще одно достижение МЦК: частично удастся перераспределить транзитные транспортные потоки из центра в среднюю часть города, появится дополнительная альтернатива использованию автомобильного транспорта горожан и жителей Московской области. К тому же, МЦК позволит обеспечить транспортную доступность реорганизуемых промышленных территорий, в том числе одного из бывших автозаводов столицы — завода имени И.А. Лихачёва и других.

Объем движения на МЦК будет превышать 130 пар поездов в сутки. На первом этапе пассажирского движения по кольцу пустили 33 пятивагонных скоростных электропоезда ЭС2Г «Ласточка». Каждый из них вмещает до 1200 пассажиров, скорость движения по кольцу — до 120 км/ч. Интервал между поездами в часы пик составляет 6 мин, в остальное время — 11... 15 мин. Средняя маршрутная скорость 40 км/ч обеспечивает время поездки по кольцу 1,5 ч. Время работы МЦК будет совпадать с графиком работы метро — с 05:30 до 01:00.

С учетом сменного графика работы на кольце одновременно будут заняты не менее 700 специалистов. В общей сложности в ТПУ Московского кольца будет создано около 40 тысяч рабочих мест. Для локомотивного комплекса на кольцевой магистрали потребовались 320 человек — 160 машинистов и 160 помощников. Первый этап подготовки они прошли в учебном центре профессиональных квалификаций Московской железной дороги и моторвагонном депо Подмосковная. Затем локомотивные бригады усовершенствовали свои навыки в Центре подготовки персонала по обслуживанию высокоскоростных поездов в Санкт-Петербурге. Там на тренажере-симуляторе они отрабатывали режимы движения в любое время суток и в любых погодных условиях, а также овладевали приемами устранения возможных неисправностей подвижного состава в пути следования.

Московская Дирекция скоростного сообщения продолжает набор и обучение локомотивных бригад, которые поведут поезда по кольцу. Она приглашает машинистов, а также помощников машиниста со свидетельством на право управления электропоездом со стажем работы на железной дороге не менее 1 года. Предлагается хорошая зарплата и социальный пакет.

Чтобы обеспечить высокую частоту движения поездов, ОАО «РЖД» внедряет на МЦК систему автоматического управления движением с использованием микропроцессорной централизации нового поколения и автоблокировки с подвижными блок-участками. Система позволит осуществлять интервальное регулирование движения поездов «Ласточка» в автоматическом режиме. Действие системы основано на использовании технологий GPS/ГЛОНАСС и связи стандарта GSM-R, которые позволят отслеживать местонахождение и скорость «Ласточек», контролировать дистанцию между ними и корректировать график движения составов в режиме реального времени.

Эта инновационная технология, разработанная на Московской магистрали учеными ОАО «НИИАС», позволяет организовать движение поездов с малым интервалом, гарантированным обеспечением безопасности и повышенной комфортностью для пассажиров.

Система автоматического управления поездами работает в режиме советчика. Однако в перспективе она может функционировать и в полностью автоматическом режиме, при котором машинист выполняет контрольную функцию. В случае возникновения нештатной ситуации система будет оповещать диспетчера и по каналам связи GSM-R автоматически передавать машинистам новый график движения поездов.

На перегонах предусмотрена бессветофорная система управления движением (мачты со световыми приборами установили только на станциях МЦК). Подобная система отлично зарекомендовала себя при организации транспортного обслуживания Олимпиады-2014 в г. Сочи, когда поезда «Ласточка» перевезли 4,8 млн. пассажиров (в пик перевозок — до 311 тыс. пассажиров ежесуточно), а график движения был выполнен на 99,6 %.

Технологию поездной работы на кольце обеспечивает Московская железная дорога. Управление движением, обслуживание и контроль инфраструктуры МЦК осуществляет специальный диспетчерский круг, созданный в Центре управления пригородным комплексом. В Московской дирекции инфраструктуры создана отдельная дистанция для МЦК, куда входят путейцы, энергетики, работники службы СЦБ и связи.

Грузовое движение по кольцу будет осуществляться по специально построенному третьему главному пути либо во время ночного перерыва — по пассажирским путям. Это позволит продолжить обслуживание действующих предприятий, а также обеспечивать транзитные перевозки.

Мэрия Москвы и ОАО «Российские железные дороги» преподнесли еще один сюрприз москвичам и гостям столицы: первый месяц проезд по Московскому центральному кольцу будет бесплатным. По оценке специалистов, в первый год эксплуатации услугами новой магистрали столицы воспользуются около 75 млн. пассажиров.

Обзор публикаций прессы подготовил
инж. **Ю.А. ЖИТЕНЁВ**

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ ЛОКОМОТИВОВ

В соответствии с Правилами технической эксплуатации (ПТЭ) железных дорог Российской Федерации (Приложение № 5) железнодорожный подвижной состав должен содержаться в исправном техническом состоянии, обеспечивающем безопасность движения и эксплуатации, выполнение требований по охране труда и пожарной безопасности. «Ответственными за исправное техническое состояние, техническое обслуживание, ремонт и обеспечение установленных сроков службы железнодорожного подвижного состава являются владельцы железнодорожного подвижного состава, работники железнодорожного транспорта, непосредственно его обслуживающие».

С целью выполнения этих требований авторами создана «Комплексная система управления надежностью (техническим состоянием) локомотивов» (КСУНЛ, см. рисунок).

Согласно ПТЭ «На инфраструктуре не допускается использование железнодорожного подвижного состава и его составных частей, иных технических средств, не соответствующих требованиям норм и правил. Контроль соблюдения указанных требований осуществляет, соответственно, владелец инфраструктуры». Представителем владельца инфраструктуры по локомотивному хозяйству является Дирекция тяги — филиал ОАО «РЖД». Таким образом, Дирекция тяги несет полную ответственность за эксплуатацию, а также исправное техническое состояние локомотивов.

Нормальное функционирование блоков системы КСУНЛ, ее элементов и взаимосвязей при наличии необходимых показателей, в том числе надежности и их критериев, позволяет обеспечивать качественную эксплуатацию локомотивов, оптимизировать эксплуатационные затраты, анализировать текущее техническое состояние локомотивного парка и управлять им, вовремя выявлять и решать возникающие проблемы.

Блок 0 «Локомотив» (см. рисунок) является основным объектом в локомотивном хозяйстве. Основными факторами, влияющими на его эксплуатацию в исправном техническом состоянии и надежность, являются «Система управления локомотивным хозяйством» (блок 1), «Производство локомотивов» (блок 2), «Эксплуатация» (блок 3), «Мероприятия по повышению надежности» (блок 4) и «Сервисное обслуживание» (блок 5).

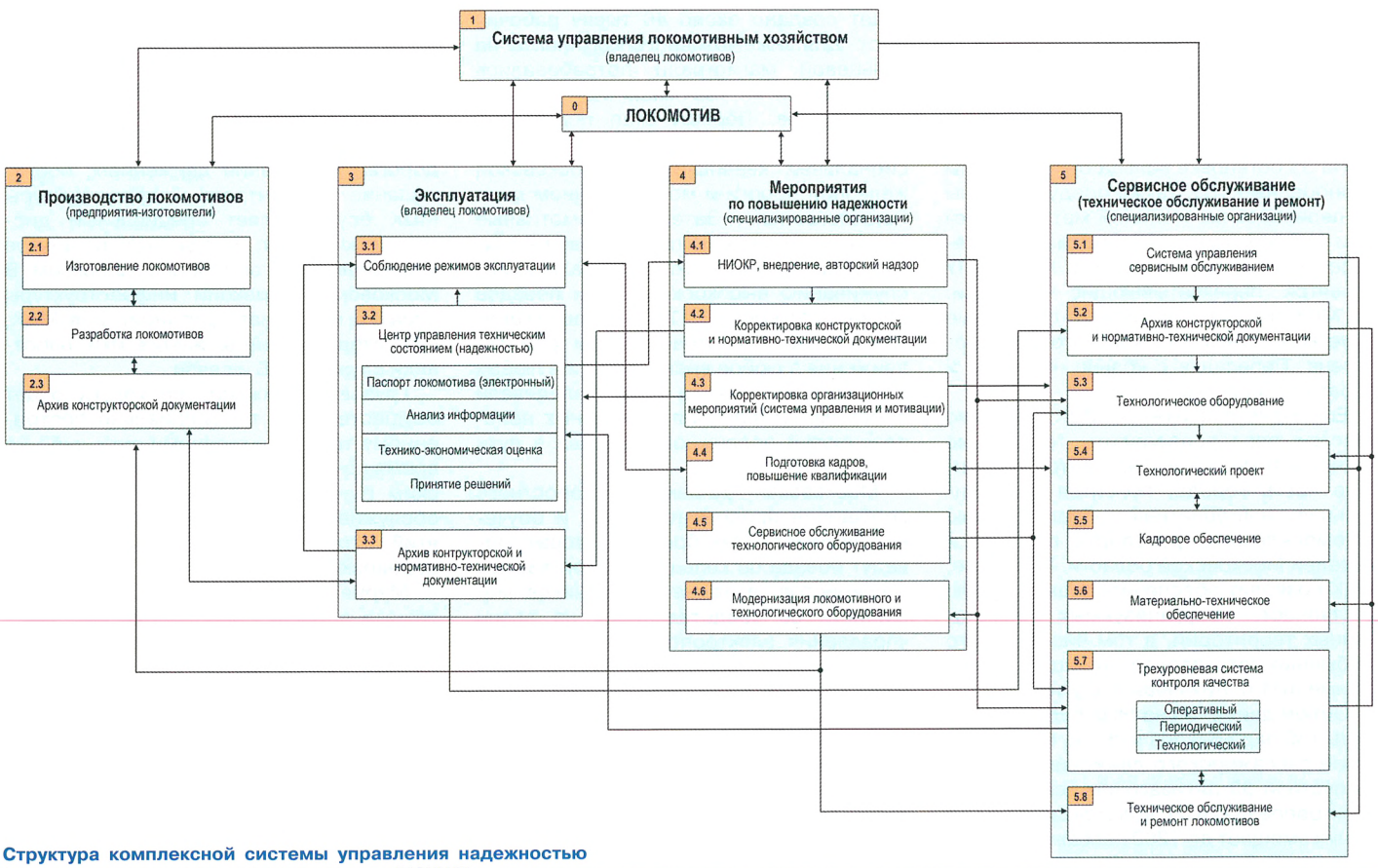
Блок 1 «Система управления локомотивным хозяйством» осуществляет стратегическое управление локомотивным хозяйством. На уровне блоков 2, 3, 4, 5 осуществляется тактическое управление, а на уровнях элементов КСУНЛ осуществляется оперативное управление.

Значительной составляющей в железнодорожном тарифе на перевозки являются затраты локомотивного хозяйства. Контроль и управление затратами осуществляет «Система управления локомотивным хозяйством» (блок 1).

Блок 2 «Производство локомотивов». Основные показатели надежности закладываются при разработке локомотива (элемент 2.2). Поэтому «Система управления локомотивным хозяйством» (блок 1) выставляет технические требования для новых локомотивов, согласовывает их цену и стоимость жизненного цикла для блока 2 «Производство локомотивов».

Блок 3 «Эксплуатация» (использование по назначению). В соответствии с ГОСТ 2.601–2013 «эксплуатация

Комплексная система управления надежностью (техническим состоянием) локомотивов (КСУНЛ)



Структура комплексной системы управления надежностью (техническим состоянием) локомотивов (КСУНЛ)

изделия» определяется как «Стадия жизненного цикла изделия с момента принятия его потребителем от предприятия-изготовителя или ремонтного предприятия до отправки в ремонт или списания». В нашем случае ответственность за эту стадию жизненного цикла локомотива несет Дирекция тяги как владелец локомотивов.

Во время эксплуатации влияние на надежность происходит путем «Соблюдения режимов эксплуатации» (элемент 3.1). Режимы эксплуатации устанавливаются требованиями конструкторской документации.

В период нахождения локомотивов на сервисном обслуживании обязательства по обеспечению их исправного, работоспособного состояния в соответствии с договором на сервисное обслуживание локомотивов берут на себя сервисные организации. На этом основании элемент 3.2 «Центр управления техническим состоянием (надежностью)», состоящий из операций по ведению паспорта локомотива, анализа информации, технико-экономической оценки и принятия решений, ведется владельцем локомотивов — Дирекцией тяги (блок 3 «Эксплуатация»). В этом же блоке ведется «Архив конструкторской и нормативно-технической документации» (элемент 3.3).

Блок 4 «Мероприятия по повышению надежности» состоит из элементов:

- 4.1 «НИОКР, внедрение, авторский надзор»;
- 4.2 «Корректировка конструкторской и нормативно-технической документации»;
- 4.3 «Корректировка организационных мероприятий (система управления и мотивации)»;
- 4.4 «Подготовка кадров, повышение квалификации»;
- 4.5 «Сервисное обслуживание технологического оборудования»;
- 4.6 «Модернизация локомотивного и технологического оборудования».

Эти работы выполняются специализированными организациями.

Блок 5 «Сервисное обслуживание (техническое обслуживание и ремонт)» выполняется специализированными организациями. Основными элементами этого блока являются:

- 5.1 «Система управления сервисным обслуживанием»;
- 5.2 «Архив конструкторской и нормативно-технической документации»;
- 5.3 «Технологическое оборудование»;
- 5.4 «Технологический проект», основой которого является разработка технологии под конкретные типы локомотивов, видов ремонта и программы ремонта;
- 5.5 «Кадровое обеспечение»;
- 5.6 «Материально-техническое обеспечение»;
- 5.7 «Трехуровневая система контроля качества», состоящая из оперативного уровня (контроль технического состояния во время эксплуатации), периодического уровня (контроль технического состояния перед ремонтом для определения объема ремонта и после ремонта для определения качества ремонта), технологического уровня (контроль технического состояния на операциях ремонта);
- 5.8 «Техническое обслуживание и ремонт локомотивов».

Взаимосвязи между блоками и элементами КСУНЛ играют не менее важную роль, чем функционирование самих блоков и элементов.

«Система управления локомотивным хозяйством» (блок 1) распределяет функции тактического управления на уровне блоков 2, 3, 4, 5 и финансовые средства, выделяемые ОАО «РЖД» на локомотивное хозяйство. Информация о техническом состоянии локомотивов поступает из блока 3 «Эксплуатация» от элемента 3.2 «Центр управлением техническим состоянием (надежностью)», который, в свою очередь, получает и обрабатывает информацию от элемента 5.7 «Трехуровневая система контроля качества». Эта информация используется также для контроля работы элемента 3.1 «Соблюдение режимов эксплуатации».

На основании данных элемента 3.2 «Центр управления техническим состоянием (надежностью)» определяются решения и организация работы элемента 4.1 «НИОКР, внедрение, авторский надзор» с последующей корректировкой конструкторской и нормативно-технической документации (элемент 4.2). Затем изготавливается разработанное технологическое оборудование (элемент 5.4), оборудование для «Трехуровневой системы контроля качества» (элемент 5.7), осуществляется модернизация локомотивного и технологического оборудования (элемент 4.6) с последующим монтажом при ремонте локомотивов (элемент 5.8) либо при их изготовлении (элемент 2.1).

После работы элемента 4.2 «Корректировка конструкторской и нормативно-технической документации» выполняется ее передача в «Архив конструкторской документации» (элемент 2.3), которая затем передается в «Архив конструкторской и нормативно-технической документации» (элемент 3.3), а оттуда — в «Архив конструкторской и нормативно-технической документации» (элемент 5.2), на основании которой работает блок 5 «Сервисное обслуживание (техническое обслуживание и ремонт)».

По результатам операций «Принятие решений» Центра управления техническим состоянием (надежностью) (элемент 3.2) для повышения надежности узлов и оборудования локомотивов заключаются договоры по элементу 4.1 «НИОКР, внедрение, авторский надзор» либо проводится «Корректировка организационных мероприятий (система управления и мотивации)» (элемент 4.3) с последующими изменениями работы блоков 3 «Эксплуатация» и 5 «Сервисное обслуживание (техническое обслуживание и ремонт)».

Использование элемента 5.1 «Архив конструкторской и нормативно-технической документации» позволяет разрабатывать или перерабатывать «Технологический проект» (элемент 5.4) для конкретного депо в зависимости от типа локомотивов, видов и программы ремонта. Для этого подбирается соответствующее «Технологическое оборудование» (элемент 5.3) и просчитываются необходимые «Кадровое обеспечение» (элемент 5.5) и «Материально-техническое обеспечение» (элемент 5.6).

При создании технического проекта прорабатывается «Трехуровневая система контроля качества» (элемент 5.7) с учетом всех требований конструкторской и нормативно-технической документации (элемент 5.2). На основании разработанного технологического проекта (элемент 5.4) «Система управления сервисным обслуживанием» (элемент 5.1) организовывает и контролирует «Техническое обслуживание и ремонт локомотивов» (элемент 5.8).

Контроль качества ремонта и технического обслуживания и «Соблюдение режимов эксплуатации» (элемент 3.1) выполняются благодаря информации, получаемой от «Трехуровневой системы контроля качества» (элемент 5.7).

«Подготовка кадров, повышение квалификации» (элемент 4.4) осуществляются для блока 5 «Сервисное обслуживание (техническое обслуживание и ремонт)» и блока 3 «Эксплуатация» в соответствии с утвержденными программами и критериями (требованиями) по каждой специальности. Элемент 4.5 «Сервисное обслуживание технологического оборудования» используется для обслуживания элемента 5.3 «Технологическое оборудование» и для обслуживания средств измерений и диагностирования элемента 5.7 «Трехуровневая система контроля качества» специализированными предприятиями-изготовителями. Оперативный и периодический уровни «Трехуровневой системы контроля качества» предназначены для ремонта по техническому состоянию.

Некачественная работа блоков, элементов и взаимосвязей между ними ведет к уменьшению надежности узлов и оборудования локомотивов и, соответственно, увеличению затрат на эксплуатацию и сервисное обслуживание локомотивов.

Система КСУНЛ может использоваться при всех видах технического обслуживания и ремонта локомотивов, в том числе для ремонта по техническому состоянию, а также, с небольшими изменениями, для других транспортных средств железнодорожного транспорта.

Канд. техн. наук **А.Н. ГОЛОВАШ**,
д-р экон. наук **Н.Б. КУРШАКОВА**,
канд. экон. наук **П.Н. РУБЕЖАНСКИЙ**,
ОАО «НИИТКД», г. Омск

ТЕПЛОВОЗЫ ТЭМ2 И ТГМ4Б С ИНДЕКСОМ «УГМК» ОБРЕТАЮТ НОВУЮ ЖИЗНЬ

С производственно-технической конференции

На АО «Шадринский автоагрегатный завод» (ШААЗ) модернизируют маневровые тепловозы ТЭМ2 и ТГМ4Б, которым присваивается индекс «УГМК». Применяемые при этом технологии и комплектующее оборудование были представлены на производственно-технической конференции, недавно состоявшейся в г. Шадринск Курганской области.

Проект глубокой модернизации тепловозов реализовали в 2014 г. специалисты завода ШААЗ, который входит в состав машиностроительного комплекса Уральской горно-металлургической компании (УГМК) совместно с компанией «Woodward-Mega» (Венгрия). Таким образом, Шадринский автоагрегатный завод, на протяжении 75 лет производивший компоненты для автомобилей, сегодня развивает еще одно направление — железнодорожное машиностроение.

ЭФФЕКТ МОДЕРНИЗАЦИИ

Приветствуя участников и гостей конференции — специалистов транспортного обслуживания горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, заместитель технического директора «УГМК-Холдинг» **С.Г. Бычков** отметил, что основными целями нового направления в производственной деятельности ШААЗа являются существенное сокращение эксплуатационных затрат, повышение производительности и коэффициента технической готовности тепловозов. Большое внимание также уделяется безопасности эксплуатации, улучшению условий труда локомотивной бригады.

Изначально проект модернизации маневровых тепловозов был ориентирован на обновление локомотивного парка предприятий Уральской горно-металлургической компании. А сегодня в Шадринске, где создали производственную базу, разработали логистику поставок оборудования и материалов, поддержку готового изделия на всех этапах его жизненного цикла, готовы выполнять заказы сторонних компаний, которые эксплуатируют маневровые тепловозы ТЭМ2 и ТГМ4Б, — обозначил цель проведения конференции С.Г. Бычков.

Генеральный директор АО «ШААЗ» **А.Н. Попов** подчеркнул особую актуальность модернизации промышленного железнодорожного транспорта России в свете скорого вступления в силу Технического регламента Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава».

В отличие от капитальных ремонтов, продлевающих срок службы локомотива, созданная технология модернизации существенно улучшает технико-экономические характеристики машины, что является основным требованием Технического регламента. Такой глубокой модернизацией в России занимается только ШААЗ, — заявил его генеральный директор.

КОНСТРУКТОРСКИЕ РЕШЕНИЯ

Заместитель технического директора по модернизации тепловозов АО «ШААЗ» **А.В. Папировский** рассказал, что в связи с выходом новых нормативных документов изменились требования к параметрам, которые устаревшие машины не обеспечивают. При модернизации на Шадринском автоагрегатном заводе эти требования учтены и обеспечены. Результаты эксплуатации модернизированных тепловозов ТЭМ2-УГМК и ТГМ4Б-УГМК на горно-металлургических предприятиях подтвердили правильность выбора заложенных в конструкцию основных решений. Прежде всего, это применение современного экономичного дизеля, электрической передачи переменно-постоянного тока, микропроцессорной системы управления, регулируемых электрических приводов вспомогательных агрегатов.

Преимущество модернизированных тепловозов — наличие дополнительной дизель-генераторной установки, которая обеспечивает функционирование цепей управления и освещения тепловоза, зарядку аккумуляторной батареи, работу независимого жидкостного отопителя и бытовых приборов в кабине машиниста при остановленном основном двигателе. Это позволяет существенно сократить общий расход топлива, снизить количество вредных выбросов, уменьшить расходы на обслуживание. Видимость с рабочего места машиниста благодаря понижению уровня крыши капотов значительно улучшается.

При проведении модернизации все расположенные на главной раме узлы и агрегаты, включая кабину и элементы кузова, демонтируются и заменяются новыми, — рассказал А.В. Папировский. — Конструкция тележек не изменяется, но они проходят ремонт, усиливается главная рама, чтобы продлить срок службы тепловоза. На раму устанавливаются новые агрегаты, кузов и кабина, которую в виде готового модуля поставляет «НПО Автоматики» (г. Екатеринбург). Дизель и генератор размещаются на поддизельной раме, закрепляемой на раме посредством 16 виброопор. Они позволяют свести к минимуму вибронагрузки, передающиеся от дизеля к раме тепловоза.

В проекте ТГМ4Б-УГМК дизель также установлен на поддизельной раме, которая крепится к основной раме через виброопоры. На завершающем этапе модернизации узлы и агрегаты подключаются к системе управления, выполняются реостатные и пробеговые испытания, на которых могут присутствовать заказчики.

Производственно-техническую конференцию вели руководители АО «ШААЗ»: генеральный директор А.Н. Попов (справа) и коммерческий директор А.А. Семенов

Участники конференции в цехе модернизации тепловозов Шадринского автоагрегатного завода

ДВИГАТЕЛИ «CUMMINS»

Поставщиком дизель-генераторов для тепловозов ТЭМ2-УГМК и ТГМ4Б-УГМК является компания «Cummins». Ее представитель **Д.В. Мамин** подчеркнул, что американский производитель дизелей насчитывает 100-летнюю историю и является сегодня крупнейшим в мире. С 2012 г. «Cummins» поставляет двигатели для маневровых тепловозов российского производства.

Локомотив ТЭМ2-УГМК оснащен дизелем «Cummins» QST30 мощностью 1200 л.с. (895 кВт). Это четырехтактный 12-цилиндровый V-образный двигатель с турбонаддувом и промежуточным охлаждением наддувочного воздуха. На тепловозе ТГМ4Б-УГМК применяется дизель QST30 мощностью 850 л.с. (635 кВт). Наличие электронной системы управления позволяет добиваться оптимальных показателей работы двигателя при различных режимах нагрузки. Кроме того, бортовая электроника осуществляет непрерывный контроль большого числа параметров его работы.

В целом, по словам разработчиков, силовой модуль имеет современную и надежную конструкцию, позволяющую исключить необходимость выполнения каких-либо ремонтных или регулировочных работ, связанных с полной либо частичной разборкой двигателя, в период до проведения его переборки. Также до первой переборки не требуется замена деталей и узлов двигателя, за исключением сменных фильтроэлементов систем смазки, охлаждения и топливной системы. Срок службы дизеля до переборки — не менее 30 тыс. ч.

Экономить значительные средства позволяют также удлиненные интервалы замены масла. Анализ данных для определения рабочего интервала замены и сокращения эксплуатационных издержек двигателя осуществляет компания «Valvoline» — партнер «Cummins», поставляющий моторное масло. По данным специалистов компании «Valvoline», наработка масла до замены на четырех модернизированных тепловозах сегодня достигла 1,1 тыс. ч.

Начальник отдела содержания транспортных средств «УГМК-Холдинг» **О.М. Калинин** отметил, что выбор поставщика дизельного двигателя в пользу «Cummins» был обоснован также наличием развитой сервисной сети этой компании на территории России. Немаловажный критерий — цена. В стоимости модернизированного тепловоза доля двигателя составляет порядка 10 %, а это в 1,5 — 2 раза ниже, чем у производителей аналогичных агрегатов, в частности, американской «Caterpillar» и немецкой MTU.

ГИДРОПЕРЕДАЧА «VOITH TURBO»

Тепловозы серии ТГМ4Б-УГМК оснащаются гидропередачей производства немецкой компании «Voith Turbo». Среди основных преимуществ агрегатов представитель компании **В.И. Попов** отметил высокую надежность, низкие расходы на обслуживание и ремонт, а также долговременное обеспечение запасными частями, в том числе гидропередач, уже снятых с серийного производства.

В настоящее время гидропередачи «Voith» мощностью от 250 до 1400 кВт применяются на маневровых, маневрово-вывозных и магистральных тепловозах, производимых в Европе. В России компания участвует в проектах выпуска магистральных тепловозов ТГ16М на Людиновском тепловозостроительном заводе и модернизированных ТГМ4Б-УГМК на Шадринском автоагрегатном заводе.

Тепловоз ТГМ4Б-УГМК оснащен гидропередачей L4r4 мощностью 1050 кВт и диапазоном частоты вращения вала турбинного колеса от 1400 до 2500 об/мин. Конструкция гидропередачи не имеет сальников, что исключает подтеки масла. Бесступенчатая регулировка силы тяги и переключение скорости осуществляются автоматически, поэтому локомотивы отличаются плавным ходом. До первого капитального ремонта (через 30 тыс. моточасов) обслуживание гидропередачи сводится к замене фильтров и масла. Расчетный срок ее эксплуатации — 120 тыс. моточасов, т.е. при работе 8 ч в день — почти 40 лет.

ГЕНЕРАТОР И СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ

Характеристики генератора модернизированных тепловозов адаптированы под требования российских нормативных документов. Специалист компании «Woodward-Mega» **Томаш Чиха** посвятил доклад особенностям тягового агрегата типа ITAG-900/175. Он содержит размещенные в одном корпусе тяговый и вспомогательный бесщеточные генераторы, а также встроенные выпрямительную установку и вентилятор охлаждения агрегата с индивидуальным электрическим приводом. Техническое обслуживание генератора сводится к добавлению через 1500 наработанных часов смазки для подшипников.

На тепловозах ТЭМ2-УГМК и ТГМ4Б-УГМК применяется микропроцессорная система управления, которая обеспечивает:

- управление запуском и остановкой дизеля, статическим преобразователем, контакторами силовых цепей, охлаждающим устройством, компрессором;
- регулирование частоты вращения коленчатого вала дизеля, мощности тягового генератора, частоты вращения валов электродвигателей приводов вспомогательных агрегатов;
- защиту дизеля, тягового агрегата и тяговых двигателей;
- защиту от боксования;
- обработку сигналов от тормозной системы, системы бдительности и пожарной сигнализации, контроль сопротивления электрических цепей;
- измерение тока и напряжения в силовых и вспомогательных цепях, частоты вращения коленчатого вала дизеля, температуры горячего и холодного контуров системы охлаждения;
- считывание данных из системы управления двигателем (давления в системах дизеля, наличия и вида неисправностей, наработки в моточасах и др.).

Данные о состоянии агрегатов и систем тепловоза выводятся на многофункциональные дисплеи, расположенные в кабине машиниста. Также фиксируются и сохраняются в памяти данные о работе агрегатов и систем тепловоза, что при необходимости предоставляет возможность передавать их на внешние серверы. В целом применение общей коммуникационной сети позволяет существенно сократить количество использующихся проводов и кабелей.

СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

С целью повышения удовлетворенности потребителей и организации бесперебойной эксплуатации модернизированных тепловозов АО «ШААЗ» предлагает услуги по проведению сервисного обслуживания и постгарантийному ремонту. Как рассказал директор по качеству АО «ШААЗ» **В.Н. Мануйлов**, для этого с предприятиями, эксплуатирующими модернизированные тепловозы, заключаются договоры на сервисное обслуживание. Чтобы успешно реализовать договорные обязательства, АО «ШААЗ» располагает мобильной группой квалифицированных специалистов, а также необходимой материальной и технической базой. Срок прибытия специалистов для выполнения работ после получения заявки составляет не более пяти рабочих дней.

В перечень услуг по сервисному обслуживанию узлов и агрегатов тепловоза входит проведение ТО, а также в случае возникновения технических отказов — неплановых ремонтов. При необходимости привлекаются специализированные организации. АО «ШААЗ» имеет договоры с поставщиками основных узлов и агрегатов. Организация сервисного обслуживания силами АО «ШААЗ» позволяет проводить своевременное техническое обслуживание, а также избавляет эксплуатирующие организации от необходимости содержать большой штат ремонтного персонала, дополнительные производственно-технические и материальные ресурсы.

ПРАКТИКА — КРИТЕРИЙ ИСТИНЫ

Экономичность, удобство и простота в обслуживании, повышенная безопасность — все эти параметры и характеристики модернизированных тепловозов уже подтверждены на практике. На сегодня модернизацию на базе АО «ШААЗ» прошли 25 локомотивов, принадлежащих предприятиям УГМК. Специалисты компаний, где модернизированные тепловозы эксплуатируются от одного года до двух лет, отмечают значительное (более чем на 30 %) снижение расхода топлива по сравнению с серийными тепловозами, повышение производительности, улучшенные условия труда локомотивных бригад.

В апреле 2015 г. на предприятие поступил первый модернизированный тепловоз ТГМ4Б-УГМК, а сейчас их уже четыре, — рассказал начальник железнодорожного управления АО «Уралэлектромедь» **В.А. Дуванов**. — Специфика эксплуатации маневрового тепловоза на предприятии такова, что почти 80 % времени он работает на холостом ходу. Если под полной нагрузкой тепловоз расходует 52 л топлива в час, то на холостом ходу — только 4 л. В этом случае очень важным является наличие дополнительной ДГУ. Она исключает работу основного дизеля, когда локомотив не осуществляет маневры. Анализ затрат показал, что на эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт тепловоза ТГМ4Б до модернизации предприятие тратило 1797 тыс. руб. в год, а после модернизации — 735.

Солидную экономию топлива отметили и специалисты УК «Кузбассразрезуголь», в адрес которой был отправлен самый первый модернизированный на ШААЗе тепловоз ТЭМ2. Сегодня на угольных разрезах Кузбасса работают уже пять прошедших модернизацию локомотивов, а до конца 2016 г. их количество увеличится до девяти.

Первый тепловоз ТЭМ2-УГМК за два года наработал 13 тыс. моточасов, выполняет большой объем маневровых работ, нареканий со стороны локомотивных бригад к нему нет, — отметил начальник управления железнодорожного транспорта УК «Кузбассразрезуголь» **В.И. Альбощий**. — В течение двух лет мы ведем сравнительный анализ затрат на содержание тепловоза ТЭМ2 до и после модернизации. Оба работают в одинаковых условиях. Расход топлива на модернизированном тепловозе снизился на 41 %, расход масла — на 18 %.

Машинистов, которые много лет обслуживали тепловозы ТЭМ2, особенно радуют комфортные условия, которые созданы на его модификации. Модернизированный локомотив отличается улучшенным обзором и удобной кабиной, в которой есть кондиционер, холодильник, микроволновая печь. Отсутствует вибрация, так как двигатель и компрессор работают практически бесшумно.

ПРОЕКТ РАЗВИВАЕТСЯ

После завершения докладов участники конференции переместились в цех модернизации тепловозов, где смогли воочию увидеть все этапы преображения машины, а затем и готовый результат. Гостям предложили не только осмотреть модернизированные тепловозы ТЭМ2-УГМК и ТГМ4Б-УГМК, но и провести небольшой тест-драйв на заводских путях.

— Впечатлены заводом ШААЗ: современные цехи, квалифицированные специалисты, которые исчерпывающе ответили на все наши вопросы, — поделился начальник железнодорожного цеха Челябинского трубопрокатного завода (ЧТПЗ) **Е.Д. Киселёв**. — Парк ЧТПЗ сегодня насчитывает 13 локомотивов, практически все нуждаются в продлении нормативного срока службы. Особенно изношены маневровые тепловозы. Сейчас появилось понимание, куда необходимо обращаться, когда будем принимать решение о модернизации выработавшего свой ресурс тепловоза. Конечно, радует, что такую технику производят на Урале.

В заключение организаторы и участники конференции обсудили проблему обновления промышленного тепловозного парка, которая сегодня остро стоит на многих предприятиях, в том числе с точки зрения стоимости модернизации или приобретения новой техники.

Специалисты АО «ШААЗ» рассказали, что, несмотря на отработанную технологию модернизации тепловозов, процесс этот не является рамочным. Проект развивается, появляются новые возможности и технические решения. По согласованию с заказчиком тепловозы ТЭМ2-УГМК и ТГМ4Б-УГМК могут быть оборудованы системой гребнесмазывания, радиостанцией, дополнительными устройствами безопасности и контроля бодрствования машиниста.

Новые возможности для выполнения сторонних заказов появятся после сертификации модернизированных тепловозов на соответствие Техническому регламенту Таможенного союза. В 2016 г. модернизированный тепловоз ТЭМ2-УГМК пройдет сертификационные испытания на соответствие Техническому регламенту Таможенного союза 001—2011 г. «О безопасности железнодорожного подвижного состава». Скоро на сертификационные испытания будет отправлен тепловоз ТГМ4Б-УГМК. В развитие проекта АО «ШААЗ» планирует освоить модернизацию тепловозов серии ТГМ6, а также сборку еще более усовершенствованной модификации локомотива на базе новых, не модернизированных рам и тележек.

Для получения дополнительной информации, заключения договоров на модернизацию и сервисное обслуживание тепловозов ТЭМ2-УГМК и ТГМ4Б-УГМК следует обращаться:
641876, Курганская обл., г. Шадринск, ул. Свердлова, д. 1, АО «ШААЗ»;
т./ф. (35253) 6-26-78, 6-32-96;
e-mail: sales@shaz.ru, www. shaaz.biz

По материалам производственно-технической конференции

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛОКОМОТИВОВ В ЗЕРКАЛЕ КРИВОЙ СТАТИСТИКИ

В журнале «Локомотив» № 8, 2016 г. была опубликована статья д-ра техн. наук В.Н. Игина «Энергоэффективность локомотивов в зеркале статистики». Этот материал вызвал неоднозначную реакцию ученых и специалистов в области локомотивного хозяйства. Редакция намерена всесторонне обсудить данную публикацию и приглашает всех желающих высказать свою точку зрения на страницах журнала. В этом номере предоставляется слово д-ру техн. наук, академику Российской инженерной академии, Лауреату Государственной премии СССР Б.Д. НИКИФОРОВУ.

Автор опубликованной статьи начинает ее со слов: «Актуальной проблемой развития локомотивной тяги, наряду с обеспечением безопасности движения поездов, является повышение энергоэффективности перевозочного процесса». Приведенное сочетание проблем тяги — безопасность движения и энергоэффективность, по своей сути, это совершенно разные по значимости и месту использования вопросы развития локомотивной тяги. По содержанию и форме центральной проблемой всегда было и будет обеспечение выполнения локомотивной тягой востребованного объема и качества перевозок с требуемым уровнем безопасности движения.

Энергоэффективность является одной из многих составляющих при решении задач, характеризующих различные стороны перевозочного процесса. Так, задания по объему, качеству, экономике перевозок действительно являются главными их параметрами. Энергоэффективность зависит от множества факторов, которым она уступает по значимости и подчиненности, например, в том числе: от скорости доставки грузов, загрузки перегонов, сортировочных и участковых станций, оснащения железнодорожной линии постоянными техническими средствами, размеров движения на линиях, массы поездов, типов локомотивов, их мощности, нагрузки на ось и других параметров.

Изложенное в статье упрощенное понимание развития локомотивной тяги возможно только в случае, если локомотивы представить, как автономные стационарные поставщики электроэнергии и дизельного топлива. В этом случае данные статистики по энергоэффективности локомотивов могут определяться по методике, предлагаемой автором, но многих не интересует единичный, частный случай.

Все расчеты энергоэффективности в статье проведены для 2015 г., который характерен тем, что во всю мощь США и Евросоюз развернули санкции против России. По их расчетам, эти санкции должны были поставить нашу страну на колени, используя ее как сырьевой придаток для экспорта и с открытыми границами для сбыта излишков всех видов ресурсов на российские рынки для импорта в страну. Автор статьи не заметил этих событий. После того как была продемонстрирована военная мощь России, развернулось не просто импортозамещение, но создание новых экономических комплексов во всех регионах страны. Автор не сумел раскрыть обстановку в стране, даже располагая информацией Министерства экономического развития РФ о том, что финансирование поставки тяговых средств осуществляется за счет средств Фонда национального благосостояния (ФНБ).

Эта долларовая петля, наброшенная на финансы России, должна была стать отправным моментом для реализации антироссийскими силами США их планов о превращении России в разряд колонии. Еще в 90-х годах, при формировании функции государства под эгидой США, его статус был определен как олигархо-демократический с подвижкой финансирования развития железных дорог в область третьестепенной отрасли. Статистика не способна дать анализ специфики обстановки в стране в 2015 г., хотя были созданы условия, которые, по существу, были адекватны экономической, финансовой, политической и военной блокаде России.

Я полагаю, что такое непонимание ситуации привело к тому, что автор приводит массу цифр, выстроенных в методике энергоэффективности в виде удельного расхода топливно-энергетических ресурсов, которые должны для новых локомотивов сокращаться обратно пропорционально мощности локомотива и быть не больше в процентах выполненного объема перевозочной работы. Автор как аксиому излагает принцип оценки энергетической эффективности, заявляя: «Положим в основу качественной оценки энергетической эффективности локомотивов одну из основ термодинамики, в соответствии с которой расход топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов должен быть эквивалентен выполненному объему перевозочной работы».

Господин В.Н. Игин не уточняет, на какие основы термодинамики он ссылается, так как он, видимо, не понимает и поэтому не анализирует, что при создании новых локомотивов со сроком службы 20 — 30 и более лет **по одному году из статистики** (плюс заблуждения в методике) оценку энергоэффективности дать невозможно, тем более что 2015 г. был абсолютно не типичным для статистики. Автор статьи приводит результаты численных расчетов по предложенной им методике, в результате которой **только 5 % грузовых электровозов и 3 % тепловозов отнесены к энергоэффективным.** Автор статьи не сделал окончательных выводов о том, что же он рекомендует осуществить по ежегодной оценке энергоэффективности. И непонятно также, что автор предлагает решать с новыми локомотивами, которые имеют совершенно иные характеристики по мощности, сцеплению, коммутации, управляемости, скорости и, конечно, энергозатратам и другим параметрам.

Вполне возможно, что эти результаты, полученные автором, оппозиция будет использовать для того, чтобы сделать соответствующие негативные выводы о работе железных дорог, его руководства, науки и аппарата. Тем более, оппозиция настолько разная, что, пользуясь приведенными данными, без разбора будет говорить об ошибочной стратегии развития инноваций по локомотивам.

Вместе с тем, по вопросам совершенствования локомотивов практика выдвигает новые задачи, которые заслуживают глубокого анализа и принятия соответствующих решений. Полагаю, что можно рекомендовать МИИТу (поскольку я получил информацию, что автор статьи является его сотрудником) провести научный разбор материалов статьи, дать им оценку и выработать рекомендации по выявлению и решению нерешенных задач, а также подготовить предложения в поддержку происходящих в стране позитивных перемен в области всестороннего развития — от образования, науки, инновационного производства до социальных вопросов, специально выделив проблемы развития железнодорожного транспорта.

ОСОБЕННОСТИ ЦЕПЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОВЫМ РЕЖИМОМ ЭЛЕКТРОВОЗА ЧС7

(Продолжение. Начало см. «Локомотив» № 6 – 9, 2016 г.)

ОСОБЕННОСТИ ЦЕПЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ ПБК 330

Процессом набора/сброса позиций (рис. 6) управляют при помощи пневматического привода с двумя вентилями — В1 и В2 включающего типа. Питание в цепи управления подается тремя реле — 320 «Набор», 321 «Сброс» и 322 (шаговое реле Ш). Вначале получает питание и включается шаговое реле Ш 3221(2) по следующей цепи: АЗВ 3001(2) → контакты 1-2 ВУ 3011 или 3012 → провод 3021(2) → кнопка маневрового управления «Набор» 3261(2) → провод 3051(2) → блок-контакты 21-22 КМЭ 3051(2) → провода 3111(2) и 8041(2) → токоограничивающий резистор → катушка реле Ш 3221(2) → провод 9991(2). После включения шагового реле ток протекает через контакты 5-6 ВУ 301, провода 3010 и 8071(2), блокировки 8-7 реле, провод 3061(2). Тем самым подготавливаются две цепи самоподпитки:

① контакты 11-12 привода ПБК 330П1 → провода 8051 и 3071 → контакты кнопки «Сброс» 3251 → провод 3091 → блок-контакты 23-24 КМЭ 3051 → провода 3111 и 8041 → токоограничивающий резистор → катушка шагового реле 3221;

② контакты 13-14 привода ПБК 330П1 → провода 8061 и 3081 → контакты кнопки «Набор» 3261 → провод 3101 → блок-контакты 27-28 КМЭ 3051 → провод 3111 и 8041 → токоограничивающий резистор → катушка шагового реле 3221.

Положение «+1» КМЭ используют для набора позиций, что приводит к переключению его контактов и подаче напряжения на реле «Набор» 3201 по следующей цепи: контакты 5-6 ВУ 3011 → провод 3010 → блокировка 8-7 шагового реле Ш 3221 → провод 3061 → контакты 11-12 привода 330П1 → провода 8051 и 3071 → контакты кнопки «Сброс» 3251 → провод 3091 → блок-контакты 23-24 КМЭ 3051 → провод 3111 → блок-контакты 25-26 КМЭ 3051 → провода 3131 и 8031 → контакты 57-58 промежуточного барабана 330Б1 (включены на позициях 0 — 55) → провод 3971 → блокировка ножа 2261 → провод 3181 → токоограничивающий резистор → катушка реле «Набор» 3201 → провод 9991.

После включения реле через его блокировки создаются цепи питания вентилей В1 и В2 привода промежуточного контроллера 3301: АЗВ 3001 → контакты 1-2 ВУ 3011 → провода 3021 и 8081 → блокировка 4-3 реле «Сброс» 3211 → провод 3331 → замкнутая блокировка 6-9 реле «Набор» 3201 → провод 3351 → контакты 1-2 привода ПБК 330П1 → провод 3391 → катушка вентиля В1.

Сжатый воздух поступает в цилиндр привода, и коленчатый вал поворачивается из положения I в положение II, замыкая блокировку 3-4. От провода 3331 напряжение поступает на вентиль В2 через блокировку 6-7 реле «Набор» 3201, провод 3371, контакты 3-4 привода ПБК 330П1, провод 3401.

Вал пневматического привода переходит в положение III. В процессе перехода контакты 11-12 привода разрывают цепи питания шагового реле Ш 3221 и реле «Набор» 3201. Последнее при отключении создает общую цепь питания вентилей от провода 8081: блокировка 4-3 реле «Сброс» 3211 → провод 3331 → блокировка 6-2 реле «Набор» 3201 → провод 3361 → контакты 7-8 привода ПБК 330П1 → провод 3411 → диоды Д1, Д2 → катушки вентилей В1, В2.

В данном случае одновременное запитывание вентилей В1, В2 приводит к установке привода ПБК в положение III, которое соответствует 1-й фиксированной позиции ПБК 330, а также всем нечетным позициям. При этом собирается силовая цепь 1-й позиции ТД.

Чтобы перейти на следующую, 2-ю позицию ПБК 330, необходимо вернуть штурвал контроллера 305 в положение «Х» (ход), а затем установить в положение «+1». При возвращении контроллера в положение «Х» вновь получает питание шаговое реле 3221(2). Одновременно собирается вторая цепь питания от провода 3021 — кнопка «Набор» 3261 → провод 3051 → блок-контакты 31-32 КМЭ 305 → провода 3151, 8021 → контакты 53-54 барабана 330Б1 (замкнуты на реостатных позициях) → провод 3141 → диод 3171 → провод 8041 → катушка шагового реле 3221.

После установки КМЭ 3051 в положение «+1» вновь замыкаются его блок-контакты 25-26. Получает питание катушка реле «Набор» 3201. После включения реле размыкается его блокировка 6-2. Поскольку разомкнута также блокировка 1-2 привода ПБК 330П1, вентиль В1 обесточивается, и пневматический привод переходит в положение IV.

После этого теряет питание катушка вентиля В2 (разомкнута блокировка 3-4 привода ПБК 330П1). Это приводит к повороту вала привода в положение I. В процессе перехода вала из положения IV в положение I контакты 11-12 размыкаются, шаговое реле 3221 отключается, размыкается его блокировка 8-1, отключая реле «Набор» 3201. Так как контакты 7-8 привода ПБК 330П1 разомкнуты, оба вентиля (В1 и В2) обесточены, привод останавливается в положении I. Это состояние соответствует 2-й фиксированной позиции ПБК 330 и всем четным позициям.

Положение «+» КМЭ позволяет быстро набирать позиции до выхода на ходовые. В данном случае будут замкнуты контакты 31-32 КМЭ 3051, постоянно включены шаговое реле Ш и реле «Набор» 3201. Пневматический привод промежуточного контроллера 3301 вращается в сторону набора позиций.

Привод останавливается на ближайшей ходовой позиции из-за размыкания контактов 53-54 привода 330Б1. Если необходимо перейти на следующее соединение ТД, то КМЭ возвращают в положение «Х» (ход), а затем переводят штурвал в положение «+». При этом включается реле 3221, и цепи продолжают работать в том же порядке.

Однако процесс работы на переходных позициях 21 и 39 имеет свои особенности. Так, на них замыкаются контакты 61-62 барабана 330Б1, и шаговое реле 3221 получает питание напрямую от провода 8071. Пневматический привод переходит из положения III в положение I, завершая перегруппировку ТД. Чтобы предупредить набор более 56-ти позиций приводом, в схеме установлены контакты 57-58 барабана 330Б1, которые дополнительно разрывают цепь реле «Набор» 3201.

Кнопкой 326 «+1» можно набирать позиции, не вращая штурвал контроллера машиниста. При нажатии на кнопку разрывается цепь в проводах 3021, 3051. Однако шаговое реле 3221 останется под напряжением через собственную блокировку 8-7. Одновременно другие контакты кнопки 3261 шунтируют контакты 25-26 КМЭ 3051, подавая питание от провода 3111 на катушку реле «Набор» 3201. Привод вращается в сторону набора позиций. Затем размыкаются контакты 11-12 привода ПБК 330П1, отключаются реле 3221 и 3201 «Набор». При отпускании кнопки вновь подается питание на шаговое реле 3221, и процесс набора позиций можно повторить.

Положение «–1» используют для сброса одной позиции привода ПБК. Так, при установке штурвала КМЭ 3051 в положение «–1» замыкаются его контакты 29-30 КМЭ 3051, и собирается цепь питания катушки реле «Сброс» 3211(2) через АЗВ 3001 — провод 3001 → контакты 5-6 ВУ 3011 → провод 3010 → блокировка 8-7 шагового реле Ш 3221 → провод 3061 → контакты 13-14 привода ПБК 330П1 → провода 8061 и 3081 → контакты маневровой кнопки 3261 → провод 3101 → контакты 27-28 КМЭ 3051 → провод 3111 → контакты 29-30 КМЭ 3051 → провода 3041 и 8011 → контакты 59-60 барабана 330Б1 → провод 3171 → токоограничивающий резистор → катушка реле «Сброс» 3211. Одновременно от проводов 3111 и 8041 поступает питание к шаговому реле 3221, и оно включается.

Работа цепей при сбросе позиций зависит от положения привода. Если сброс начинается из положения I привода, то вначале вентиль В2 получает питание от провода 8081 — блокировка 4-10

реле «Сброс» 3211 → провод 3381 → блокировка 5-6 привода ПБК 330П1 → провод 3401 → вентиль В2. При переходе привода в положение IV замыкается блокировка 9-10. Ток протекает по цепи — провод 8081 → блокировка 4-5 реле «Сброс» 3211 → провод 3341 → контакты 9-10 привода ПБК 330П1 → провод 3391. Вентиль В1 получает питание, и привод продолжает двигаться в положение III.

Между положениями IV и III размыкаются контакты 13-14 привода ПБК 330П1, отключаются шаговое реле 3221 и реле «Сброс» 3211. Это приводит к образованию общей цепи питания вентилей от провода 8081 — блокировка 4-3 реле «Сброс» 3211 → провод 3331 → блокировка 6-2 реле «Набор» 3201 → провод 3361 → контакты 7-8 привода 330П1 → провод 3411 → диоды Д1, Д2 → вентили В1, В2. Привод четко фиксируется на данной позиции.

Если сброс начинается из положения III привода, то оба вентиля В1 и В2 находятся под напряжением. В данном случае при сбросе позиций первым обесточивается вентиль В2. Привод переходит в положение II. Затем теряет питание вентиль В1, и привод переходит в положение I, в котором вентили В1, В2 обесточены. Шаговое реле 3221 отключается.

Дальнейший сброс позиций возможен только после возврата штурвала КМЭ в положение «Ход» и перевода его в положение «–1», что приводит к повторному включению реле «Сброс» 3211. Таким образом, сброс позиций будет продолжаться до нуля и размыкания блокировки барабана 59-60 330Б1 в промежутке между 1-й и нулевой позициями.

Положение «–» является фиксированным (в отличие от всех остальных) и используется для автоматического сброса на нулевую позицию. При этом замкнуты контакты 29-30, 21-22 КМЭ; постоянно включены шаговое реле 3221 и реле «Сброс» 3211. Пневматический привод вращается в сторону сброса позиций до момента размыкания контактов 59-60 барабана 330Б1 и остановке его на позиции «0».

Кнопкой «–» (325) можно сбросить позиции без перемещения контроллера. При нажатии на нее напряжение напрямую от контактов 1-2 ВУ 3011 и провода 3021 будет подано на провода 3041 и 8011, контакты барабана 59-60 330Б1, провод 3171, ограничивающий резистор, катушку реле «Сброс» 3211. Пока машинист удерживает ее в нажатом состоянии, реле будет под напряжением. Привод продолжит вращаться в сторону сброса позиций. Он может остановиться, когда отпустят кнопку или разомкнутся контакты 59-60 барабана 330Б1. Поскольку контакты кнопки «–» (3251) находятся в цепи реле «Набор» 3201, позиции будут сбрасываться даже в положениях «+1» и «+» штурвала КМЭ.

Кнопка «СП-С» (327) позволяет сбрасывать позиции с любого ходового соединения ТД на низшее или с сериесного (последовательного) соединения — на ноль. При нажатии на кнопку 3271(2) через контакты 1-2 ВУ 301 получают питание провода 3161, 8001 и катушка реле 3191.

Данное реле собирает две цепи самоподпитки и реле «Сброс»:

❶ провод 3021 → кнопка 3261 «+1» → провод 3051 → контакты 32-31 КМЭ → провода 3151, 8021 → контакты 53-54 барабана 330Б1 → провод 3141 → собственная блокировка реле 3191 → провод 8001 → катушка реле 3191. Одновременно от провода 3141 через диод 3171 и провод 8041 включается шаговое реле Ш 3221;

❷ провод 3141 → блокировка реле 3191 → провод 8001 → блокировка реле 3191 → провод 8011 → контакты 59-60 барабана

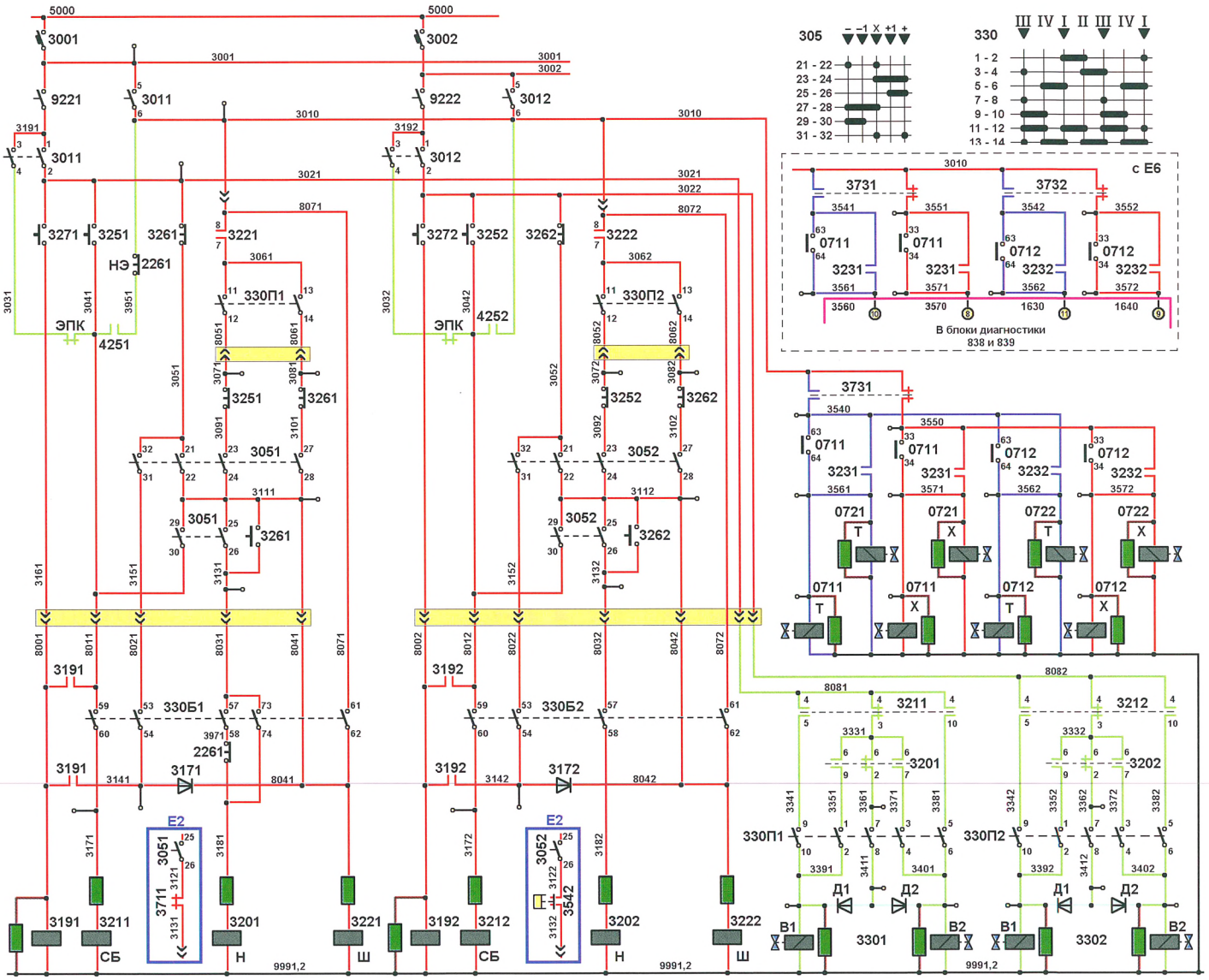


Рис. 6. Цепи управления набором/сбросом позиций ПБК 330

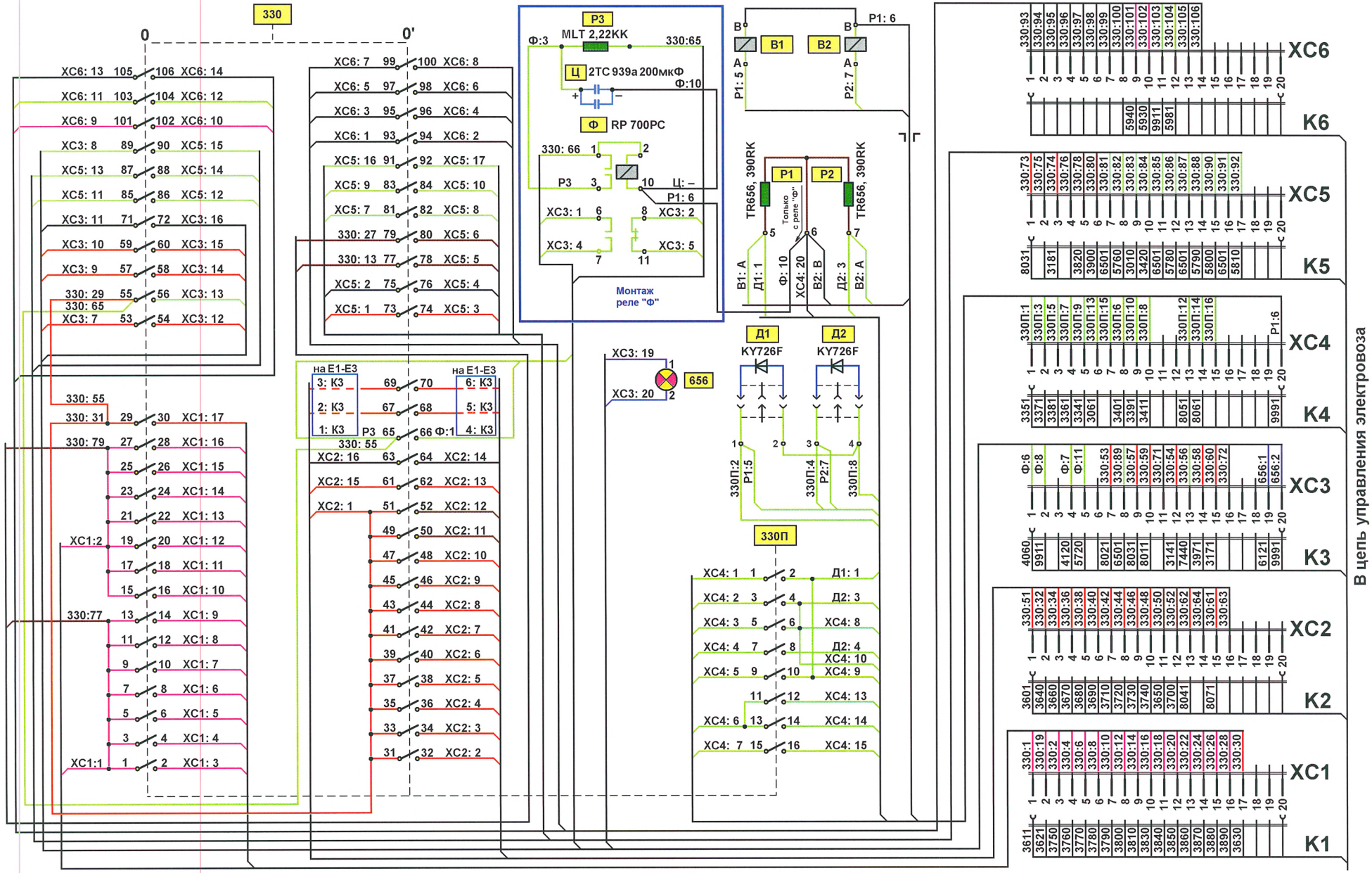


Рис. 8. Внутренний монтаж проводов промежуточного контроллера 1KND4

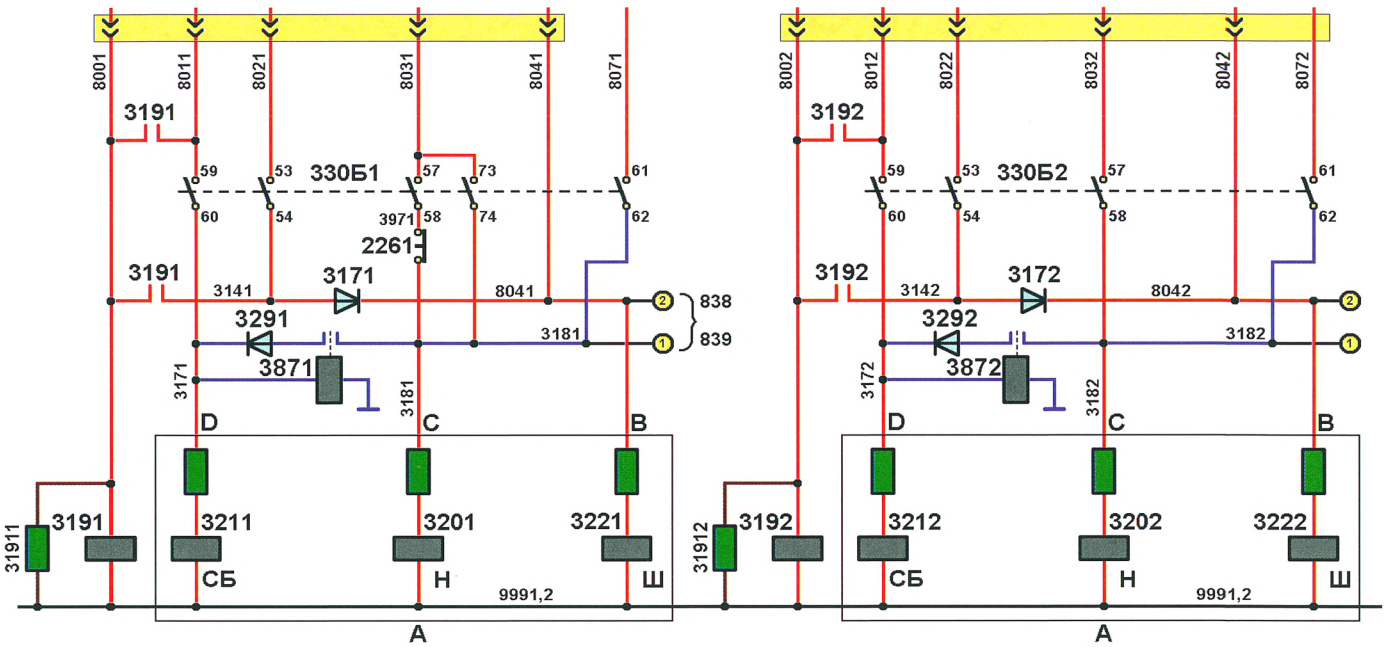


Рис. 7. Изменение схемы управления ПБК на электровозах серии Э9

330Б1 → провод 3171 → ограничивающий резистор → катушка реле «Сброс» 3211.

После включения реле 3211 «Сброс» привод будет сбрасывать позиции (по вышеописанным цепям) до момента размыкания контактов 53-54 барабана 330Б1 на ходовой позиции. Если вновь нажать кнопку 3271(2), то процесс повторится до сброса на следующую ходовую позицию.

Реле 321 «Сброс» включается в следующих аварийных режимах:

- при выключении ключа ЭПК его блокировки замыкаются параллельно контактам кнопки 3251 и подают питание в цепь провода 3041;
- после срабатывания автостопа 889 (890) и подачи питания на провода 3041, 8011 и на реле «Сброс» 3211;
- при срабатывании реле 425 образуется цепь протекания тока: провод 3010 → контакты ножа 2261 → провод 3951 → контакты реле 4251 → провод 3041 и на катушку реле 3211.

В н и м а н и е. В процессе выпуска электровозов ЧС7 в цепи управления ПБК 330 были внесены изменения (рис. 7). В первой секции машин серии Е2 в цепь реле Н 320, до провода 313, установили блок-контакты реле 3711. Во второй секции туда были введены контакты реле давления 3542. На электровозах серии Э9 изменена схема питания реле Н и Ш.

Параллельно реле «Сброс» 321 установлено дополнительное промежуточное реле 387. Блок-контакт данного устройства через диод 329 включен между проводами 317 и 318. Провод 318 получает питание после замыкания блок-контакта 61-62 ПКБ 330. Данные изменения в схеме призваны улучшить работу промежуточного контроллера ПБК 330 на переходных позициях.

Напомним, что конструктивно промежуточный контроллер 1KND4 представляет собой аппарат с пневматическим приводом, который через зубчатый редуктор приводит во вращение главный и вспомогательный валы. При этом главный вал используется для включения/выключения контакторов, а вспомогательный — для управления пневматическим приводом.

К отличиям во внутреннем монтаже промежуточных контроллеров (рис. 8) относятся разное обозначение разъемов — К1-6 или ХС1-6, наличие или отсутствие реле F, а также соответствующий монтаж подсоединенных к нему проводов.

Инж. **И.А. ЕРМИШКИН,**
г. Ожерелье

(Продолжение следует)

СОЗДАН КОМИТЕТ ПО ЭКСПОРТУ И ИННОВАЦИЯМ

В Москве состоялось первое заседание Комитета по экспорту и инновациям Некоммерческого партнерства «Объединение производителей железнодорожной техники» (НП «ОПЖТ»). Председателем комитета выбран вице-президент НП «ОПЖТ», заместитель генерального директора АО «Синара — Транспортные машины» Антон Зубихин. На мероприятии присутствовали члены НП «ОПЖТ», представители АО «Российский экспортный центр», АО «ЭКСАР», АО «Ай-Теко», банковского сообщества и другие участники.

Комитет создан с целью повышения эффективности работы Объединения по поддержке компаний на внешних рынках, активизации диалога заинтересованных компаний-членов НП «ОПЖТ» с государственными институтами поддержки экспорта (РЭЦ, ЭКСАР, Росэксимбанк и т.д.), а также федеральными органами государственной власти.

Антон Зубихин отметил, что на сегодняшний день в НП «ОПЖТ» входят более 170 компаний, которые объединяют около 90 % рынка транспортного машиностроения в России. «Соответственно, в рамках Комитета мы могли бы, с одной стороны, оказать содействие в выходе на экспортные рынки малых и средних предприятий, а с другой стороны, создать диалог между отраслью транспортного машиностроения и институтами развития», — заявил председатель Комитета.

В рамках данного Комитета будут рассматриваться вопросы взаимодействия экспортного центра и отрасли транспортного машиностроения, содействия экспорту по кредитованию и страхованию, выделения субсидий на сертификацию и выставочную деятельность, будут проводиться анализ и выработка предложений в части проектов постановлений правительства по развитию и поддержке экспорта и др.

В ходе заседания выступил заместитель генерального директора АО «Российский экспортный центр» (РЭЦ) Сергей Колдаев. Он рассказал, что РЭЦ образован в 2015 г. и является дочерней структурой Внешэкономбанка. «Концепция центра — объединение всех механизмов и инструментов поддержки экспорта в рамках одного института, а также оказание всего комплекса поддержки экспортерам в одном месте», — отметил С. Колдаев.

С предложениями и инструментами поддержки экспорта выступили управляющий директор по клиентской работе и андеррайтингу АО «ЭКСАР» Никита Гусаков, представитель ПАО «Промсвязьбанк» Светлана Дойчинова, другие специалисты банковского сектора экономики. Первое заседание Комитета по экспорту и инновациям прошло максимально успешно и эффективно.

По материалам пресс-службы НП «ОПЖТ»

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ТЕПЛОВОЗА 2ТЭ116

(Продолжение. Начало см. «Локомотив» № 8, 9, 2016 г.)

Управляемый выпрямитель возбуждения УВВ (БВК-1012). Блок выпрямителей БВК-1012 (рис. 8) конструктивно представляет собой металлический шкаф, внутри которого смонтированы блок управляемого выпрямителя (УВВ) и диод заряда батареи (ДЗБ). Блок расположен в корпусе, который закрывается дверью с замком и со съемной ручкой. Внутри корпуса на изоляционных панелях установлены силовые диоды и тиристоры. Радиаторы диодов и тиристоров размещены в воздушном канале, смонтированном в корпусе блока, чем и обеспечивается их охлаждение. На металлических планках смонтированы резисторы и конденсаторы, включенные параллельно диодам и тиристорам.

Выпрямитель выполнен по несимметричной мостовой схеме (рис. 9). Он содержит два тиристорных и два диодных плеча. Диоды, включенные последовательно с тиристорами, предназначены для обеспечения аварийного возбуждения генератора. В нормальном режиме влияния на работу схемы они не оказывают. Защита управляемого выпрямителя и возбудителя в режимах короткого замыкания, в том числе при пробое вентилей, осуществляется плавким предохранителем.

RC-цепочки служат для того, чтобы не допускать коммутационные перенапряжения и уменьшать скорость нарастания прямого напряжения, прикладываемого к полупроводниковым приборам. Диод заряда батареи установлен в цепи заряда батареи от стартер-генератора. Средняя величина выпрямленного напряжения — 200 В, выпрямленного тока — 220 А. Нормальная работа блока обеспечивается при принудительном охлаждении воздухом со скоростью не менее 10 м/с. Техническая характеристика блока представлена в табл. 1.

Рассматривая работу УВВ (рис. 10), примем, что ток на выходе полностью сглажен благодаря индуктивности обмотки возбуждения генератора. К моменту перехода ЭДС возбудителя через ноль

Таблица 1

Техническая характеристика блока выпрямителей БВК-1012А управляемого выпрямителя возбуждения

Напряжение питания, В	270
Частота питающего напряжения, Гц	220
Выпрямленный (средний) ток, А	220
Выпрямленное напряжение (среднее), В	200
Рабочий ток диода, А	1,5
Обратное напряжение, В	400
Диод заряда батареи:	
номинальный ток, А	150
номинальное напряжение, В	110
Масса, кг	35

Рис. 8. Блок выпрямителей БВК-1012

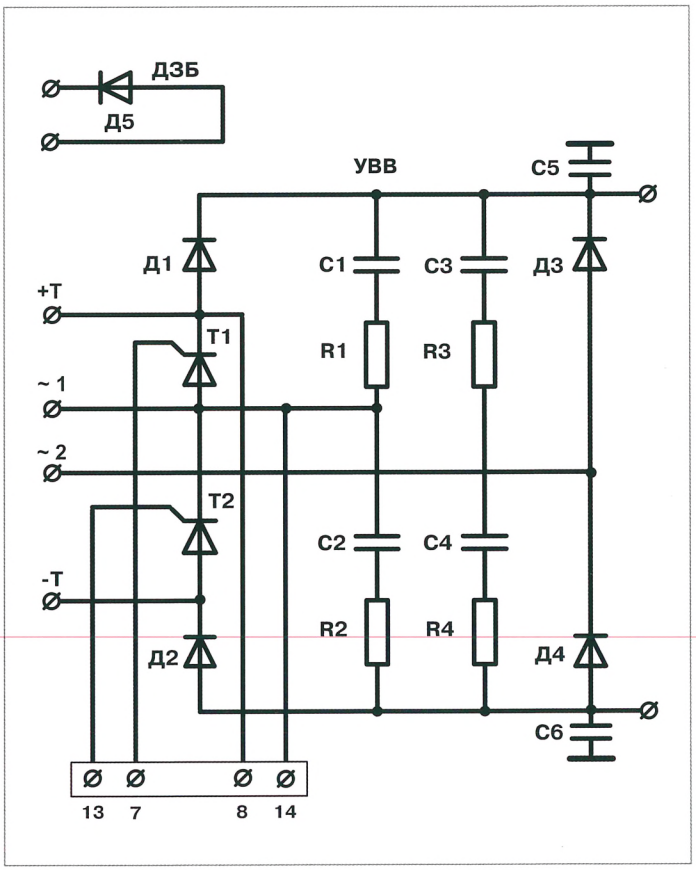


Рис. 9. Схема соединений блока БВК-1012

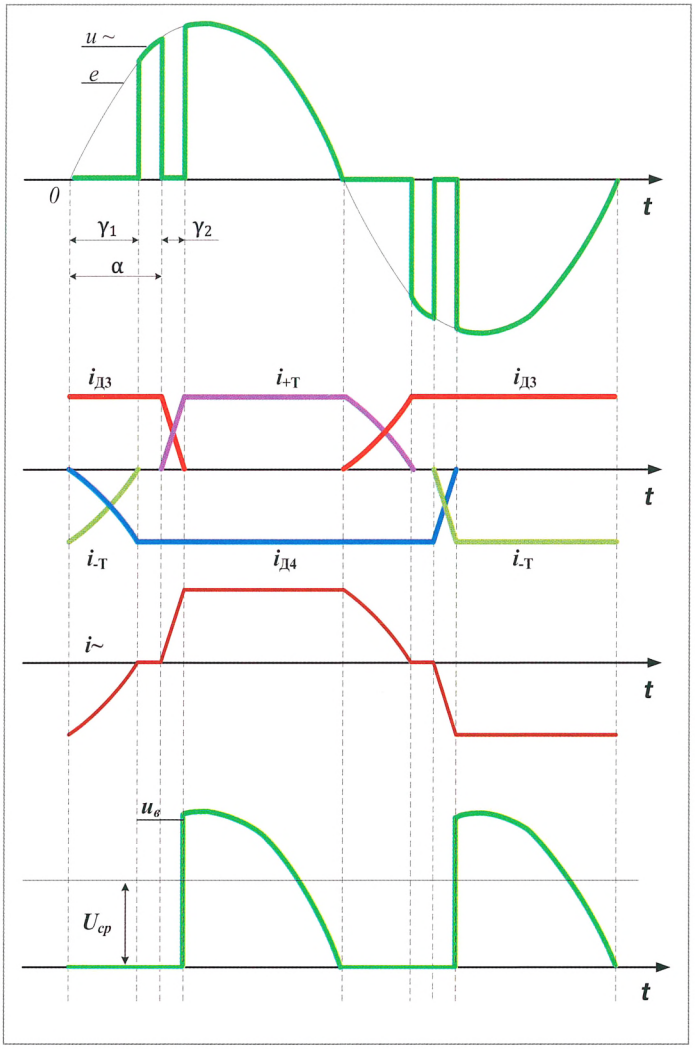


Рис. 10. Графики работы блока БВК-1012:
u~ — напряжение возбудителя; e — ЭДС возбудителя; i~ — ток возбудителя; i+T, i–T — токи тиристоров +T, –T; $i_{Д3}$, $i_{Д4}$ — токи диодов Д3, Д4; $U_в$ — напряжение на выходе управляемого выпрямителя; $U_{ср}$ — среднее значение напряжения $U_в$; Y_1, Y_2 — углы коммутации; α — угол открытия тиристоров; t — время

ток протекал через тиристор –T (T2) и диод Д3. При этом тиристор +T (T1) и диод Д4 были закрыты. После того как ЭДС стала положительной и противоположной току по направлению, последний переходит из тиристора –T в диод Д4.

Вследствие индуктивности якоря возбудителя ток в нем уменьшается не мгновенно, а в течение интервала времени γ_1, который называется первым углом коммутации. В этом интервале ЭДС возбудителя приложена к индуктивности якоря, и напряжение на выводах возбудителя равно нулю. В конце интервала γ_1, тиристор –T закрывается, и ток возбуждения генератора замыкается в контуре, образованном обмоткой возбуждения генератора и диодами Д3 и Д4, где он поддерживается энергией, запасенной в обмотке возбуждения.

Напряжение возбудителя прикладывается к тиристору –T в обратном направлении, а к тиристору +T — в прямом и в нагрузку не проходит, так как на тиристор +T не подан управляющий импульс. После подачи управляющего импульса в момент, определяемый углом α, устанавливаемым блоком управления возбуждением БУВ, тиристор +T открывается, и ток переходит из диода Д3 в цепь возбудителя и тиристора +T. Этот процесс происходит в течение интервала времени γ_2, который называется вторым углом коммутации.

В интервале γ_2 ЭДС возбудителя прикладывается к индуктивности якоря, вызывая увеличение тока, при этом напряжение на выводах возбудителя равно нулю. Его форма будет иметь характерные коммутационные провалы, площадь которых определяется индуктивностью якоря возбудителя и амплитудным значением тока нагрузки. Коммутационные провалы уменьшают напряжение возбудителя.

После уменьшения тока в обмотке возбуждения генератора, протекающего через Д3 до нуля, диод закрывается, а ток нагрузки начинает протекать по цепи тиристор +T, диод Д4. В оставшуюся часть полупериода, которую называют интервалом проводимости выпрямителя, к нагрузке приложено полное напряжение возбудителя. В этом интервале ток возбудителя является неизменным по значению и поэтому падение напряжения на индуктивном сопротивлении якоря равно нулю. Работа УВВ в отрицательном полупериоде аналогична работе в положительном периоде.

Среднее значение напряжения нагрузки $U_{СР}$, а, следовательно, и ток возбуждения можно изменять, регулируя момент подачи импульса на управляющий электрод тиристора. При угле управления α = 180° напряжение нагрузки равно нулю, при минимальном значении угла α напряжение и ток нагрузки максимальные (рис. 11).

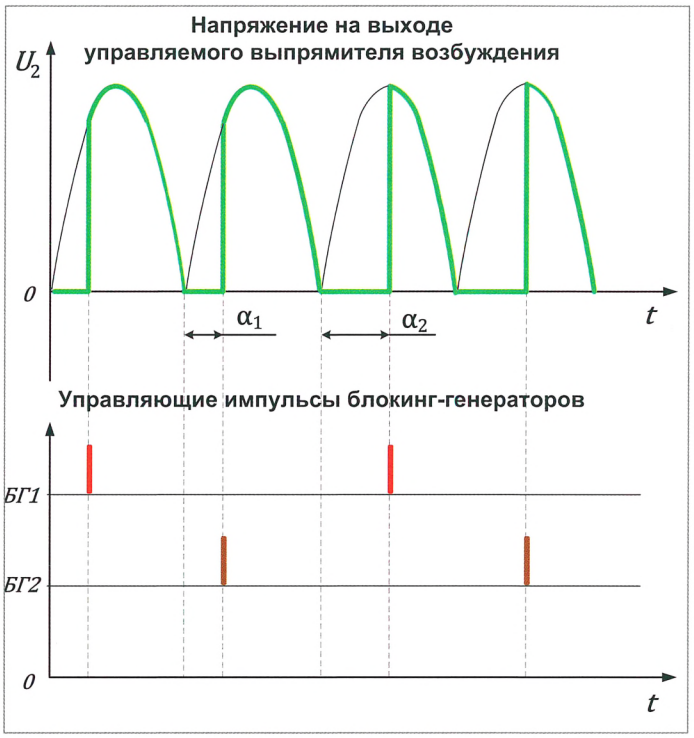


Рис. 11. Графики работы блока БВК-1012:
U_1 — напряжение синхронного возбудителя (на рисунке не показано); U_2 — напряжение на выходе управляемого выпрямителя; α_1, α_2, — углы открытия тиристоров ($\alpha_1 < \alpha_2$); t — время

Отключение подачи управляющих импульсов приводит к обесточиванию цепи возбуждения генератора. Ток возбудителя становится равным нулю после закрытия проводящего тиристора, т.е. в начале следующего полупериода. Ток на выходе УВВ даже при закрытых тиристорах в течение некоторого времени будет протекать по замкнутому контуру, образованному обмоткой возбуждения, а также диодами Д3 и Д4, уменьшаясь с постоянной времени обмотки возбуждения, которая может достигать 1 с. В рабочих режимах выключения электропередачи и при срабатывании защит требуется более быстрое гашение магнитного потока генератора.

При выключении контактора КВ цепь обмотки возбуждения синхронного генератора, чтобы избегать перенапряжений, замыкается через резистор гашения поля СГП. Так как сопротивление резистора СГП (4,02 Ом) почти в восемь раз превышает сопротивление обмотки возбуждения (0,51 Ом), достигается быстрое гашение поля генератора.

Блок задания возбуждения БЗВ (БА-430). По принципу действия БЗВ (рис. 12) представляет собой устройство, преобразующее частоту напряжения возбудителя в пропорциональное ей напряжение. Основным его элементом является насыщающийся трансформатор Т1 с сердечником из пермаллоя 50НП — высококачественного магнитного материала с характеристикой намагничивания, близкой к прямоугольной. Принципиальная схема блока представлена на рис. 13, техническая характеристика — в табл. 2.

Первичная обмотка трансформатора (контакты 1-4) подключена через балластный резистор СБЗ к возбудителю СВ. Вторичная обмотка (контакты 2-3) через выпрямительный мост соединяется с потенциометрами задания селективного узла, чем обеспечива-

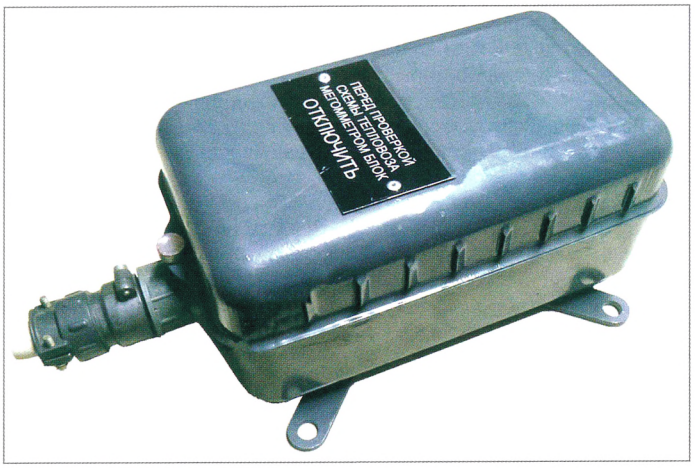


Рис. 12. Блок БА-430

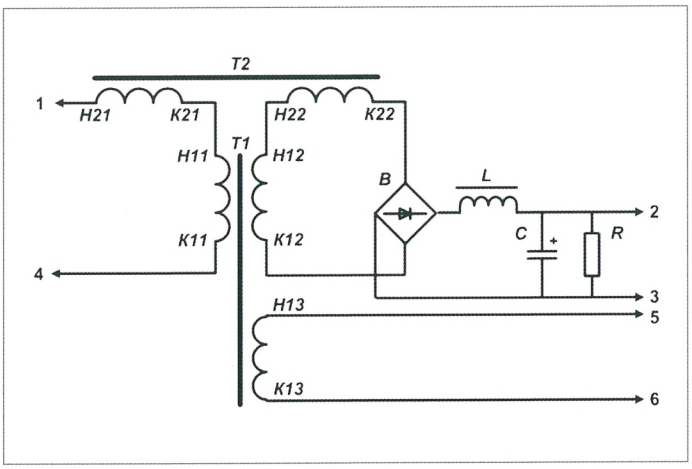


Рис. 13. Схема блока БА-430

Таблица 2

Техническая характеристика блока задания возбуждения БА-430

Номинальное напряжение, В: зажим 2-3 зажим 5-6	 40 + 0,8 15 + 1,5
Частота, Гц	55 — 220
Сопротивление нагрузки, Ом наибольшее наименьшее	 550 60
Напряжение на входе, В	250
Стабильность выходной характеристики, %	3,5

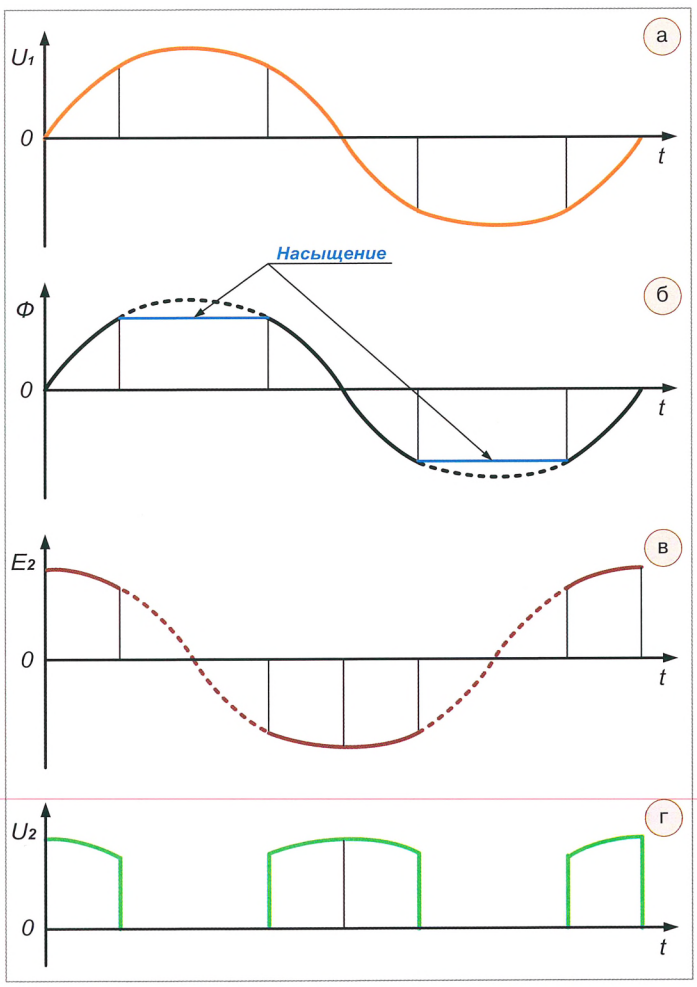


Рис. 14. Графики работы (а, б, в, г) насыщающегося трансформатора: U_1 — напряжение возбудителя; Ф — магнитный поток в сердечнике трансформатора; E_2 — ЭДС во вторичной обмотке трансформатора; U_2 — напряжение на выходе блока БА-430; t — время

ется автоматическое управление возбуждением генератора по частоте вращения ротора. Кроме насыщающегося трансформатора Т1, в состав блока входят компенсирующий трансформатор Т2 и сглаживающий фильтр L—C—R. Компенсирующий трансформатор выполнен на тороидальном сердечнике из альсифера, который не насыщен. Его первичная обмотка Н21—К21 соединена последовательно и согласно с первичной обмоткой Н11—К11 насыщающегося трансформатора, а напряжение, приложенное к ней, пропорционально напряжению СВ.

Вторичная обмотка Н22—К22 компенсирующего трансформатора включена последовательно и встречно со вторичной обмоткой Н12—К12 насыщающегося трансформатора, а ее ЭДС компенсирует часть ЭДС вторичной обмотки насыщающегося трансформатора, которая обусловлена влиянием частоты первичного напряжения и величины тока первичной обмотки на напряжение выхода БЗВ. Этим достигаются независимость напряжения выхода БЗВ от напряжения возбудителя СВ и увеличение точности работы блока.

Вторичная обмотка Н13—К13 насыщающегося трансформатора Т1 (контакты 5-6) служит для питания цепей индуктивного датчика ИД. Выходное напряжение БЗВ выпрямляется выпрямительным мостом В. Пульсация выходного напряжения сглаживается фильтром, состоящим из дросселя L на Ш-образном сердечнике с регулируемым воздушным зазором, двух параллельно включенных электролитических конденсаторов С и резистора R.

У ненасыщенного трансформатора вторичное напряжение изменяется пропорционально первичному (рис. 14,а). В насыщающемся трансформаторе при перемагничивании сердечника переменным током в течение одного периода дважды достигается насыщение сердечника (рис. 14,б). При изменении магнитного потока в сердечнике во вторичной обмотке будет индуктироваться ЭДС. При насыщении сердечника (Ф = const) ЭДС во вторичной обмотке не индуктируется, а напряжение возбудителя СВ в оставшейся части полупериода будет приложено к балластному резистору СБЗ. Таким образом, форма ЭДС во вторичной обмотке будет иметь вид импульсов различной полярности (рис. 14,в).

После выпрямления импульсы напряжения будут иметь одинаковую полярность (рис. 14,г). Площадь каждого импульса практически не зависит от величины первичного напряжения. Колебания напряжения возбудителя не сказываются на значении среднего выпрямленного напряжения U_{CP}, так как меняется только форма импульса, а вольт-секундная площадь его остается неизменной. Поэтому среднее значение напряжения U_{CP} на выходе насыщающегося трансформатора будет зависеть от количества импульсов в единицу времени, т.е. от частоты переменного тока (рис. 15, а, б).

Таким образом, выпрямленное напряжение на выходе моста В будет представлять последовательность импульсов с удвоенной частотой возбудителя. По характеристике насыщающегося трансформатора (рис. 16) видно, что при малых значениях первичного напряжения U_1 вторичное напряжение U_2 растет пропорционально первичному, а при насыщении вторичное напряжение остается почти неизменным, зависящим лишь от частоты питающего напряжения.

Трансформаторы постоянного напряжения (ТПН-61) и постоянного тока (1, 4 — ТПТ-23, 2, 3 — ТПТ-24). Обратную связь по току генератора обеспечивают трансформаторы постоянного

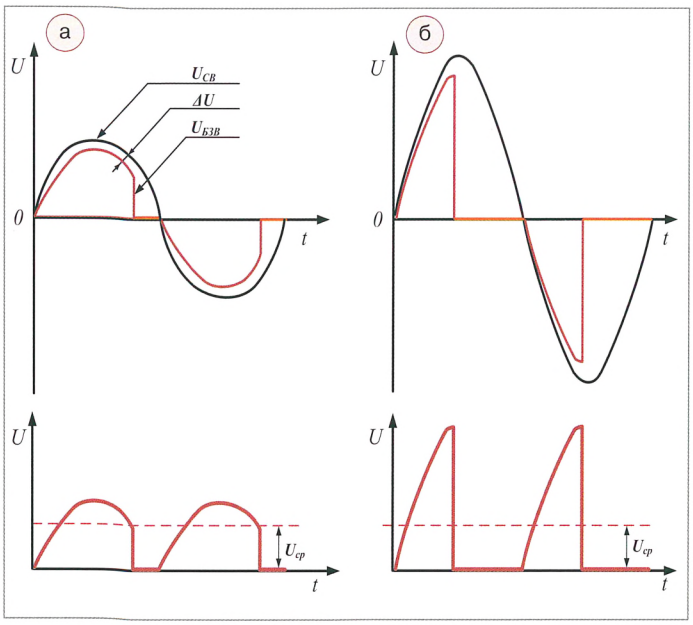


Рис. 15. Графики работы блока БА-430:
$U_{СВ}$ — напряжение возбудителя ($U_{СВ}$ рис. б = $2U_{СВ}$ рис. а); ΔU — напряжение на резисторе СБЗ; $U_{БЗВ}$ — напряжение на входе блока БА-430; $U_{СР}$ — среднее напряжение на выходе блока БА-430; t — время

тока ТПТ1, ТПТ2, ТПТ3 и ТПТ4, а по напряжению — трансформатор ТПН-61. Принципиальные электрические схемы трансформаторов постоянного напряжения и постоянного тока приводятся на рис. 17.

Трансформатор постоянного напряжения ТПН-61 (рис. 18) состоит из двух тороидальных сердечников, намотанных из ленты высококачественного магнитного сплава, на каждом из которых расположены рабочие обмотки, включенные между собой встречно. Управляющая обмотка охватывает оба сердечника. Сердечники с обмотками и выводами залиты компаундом на основе эпоксидной смолы, скрепляющим его в монолитный неразъемный блок. Литая оболочка образует установочную поверхность для крепления трансформатора на тепловозе, которое осуществляется через центральное отверстие с помощью болта. Трансформатор устанавливается на металлической планке и фиксируется за счет паза на поверхности.

Работа трансформатора постоянного напряжения основана на изменении индуктивного сопротивления его рабочих обмоток под влиянием подмагничивания сердечника обмоткой управления. Выходным параметром трансформатора является вторичный ток, величина которого пропорциональна величине тока в обмотке управления. Рабочая обмотка подключена к питающему трансформатору ТР2 (выводы 11 и 12), первичная обмотка которого подключена к синхронному возбудителю СВ.

Управляющая обмотка подключена через резистор СТН к выпрямительной установке ВУ, и величина тока в ней пропорциональна напряжению в силовой цепи. Цепь управляющей обмотки трансформатора ТПН: «плюс» выпрямительной установки ВУ → кабели 526×3 и 527×3 → провод 504 → управляющая обмотка У—У трансформатора ТПН → провод 505 → резистор СТН → провод 635 → кабели 525×3 и 524×3 → «минус» выпрямительной установки ВУ.

Рабочая обмотка ТПН разделена на две части. Каждая часть рабочей обмотки в своем кольцевом сердечнике наводит переменный магнитный поток, а ЭДС, возникающие в катушках рабочей обмотки, направлены встречно, причем ЭДС катушки насыщенного сердечника (в данном полупериоде питающего напряжения) неизмеримо меньше ЭДС катушки ненасыщенного сердечника (в том же полупериоде). Поэтому в точке стыковки катушек эти встречные ЭДС лишь частично взаимно компенсируются.

В рабочей обмотке протекает переменный ток, и если в первой катушке в данном полупериоде питающего напряжения магнитный поток совпадает с потоком подмагничивания, то во второй катушке магнитный поток направлен встречно подмагничиванию. В следующем полупериоде поток в катушках меняет направление на противоположное. Управляющая обмотка влияет на индуктивное сопротивление рабочих обмоток. При повышении напряжения тягового генератора степень насыщения сердечников увеличивается, индуктивное сопротивление рабочих обмоток уменьшается, и ток в рабочих обмотках растет.

Так, на любой позиции контроллера машиниста КМ напряжение, поданное на рабочую обмотку от трансформатора ТР2, имеет максимальную (для данной позиции КМ) и постоянную величину, а величина тока, протекающего через рабочую обмотку, изменяется в зависимости от тока в подмагничивающей обмотке У—У (т.е. от напряжения в силовой цепи). Таким образом, управляющая обмотка является регулятором величины тока, протекающего через рабочую обмотку, так как ток в рабочей обмотке пропорционален току в подмагничивающей обмотке. Поэтому трансформатор ТПН можно назвать измерителем напряжения синхронного генератора СГ.

Рассмотрим принцип действия трансформатора ТПН по графику, представленному на рис. 19, где по вертикальной оси отложена величина магнитной индукции в сердечниках трансформатора В, а по горизонтали — напряженность магнитного поля Н. Последнюю создает магнитодвижущая сила МДС управляющей обмотки, равная произведению числа витков управляющей обмотки на величину тока в ней.

С увеличением тока в управляющей обмотке в сердечниках трансформатора ТПН магнитная индукция возрастает пропорционально протекающему току, т.е. по прямой 0 — А. При дальнейшем увеличении тока подмагничивания рост индукции (плотности) магнитного потока замедляется ввиду перехода в зону насыщения (участок А — С). В точке С наступает полное насыщение сердечников, поэтому при дальнейшем возрастании тока подмагничивания увеличение магнитной индукции в сердечниках происходит весьма медленно по прямой С — С2.

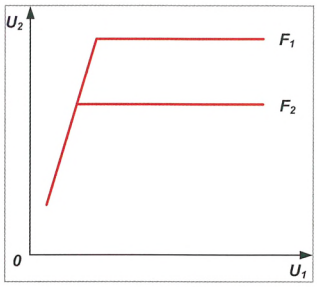


Рис. 16. Характеристика насыщающегося трансформатора при разной частоте питающего напряжения

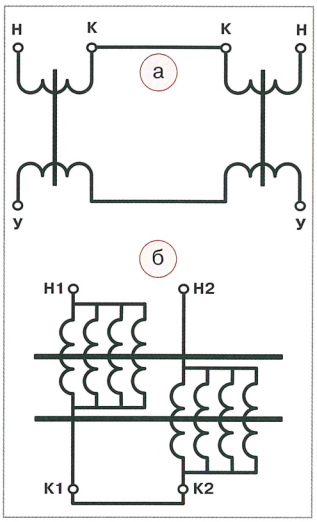


Рис. 17. Схемы соединений трансформаторов:
а — ТПН; б — ТПТ

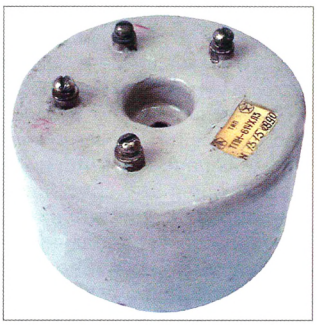


Рис. 18. Трансформатор ТПН-61

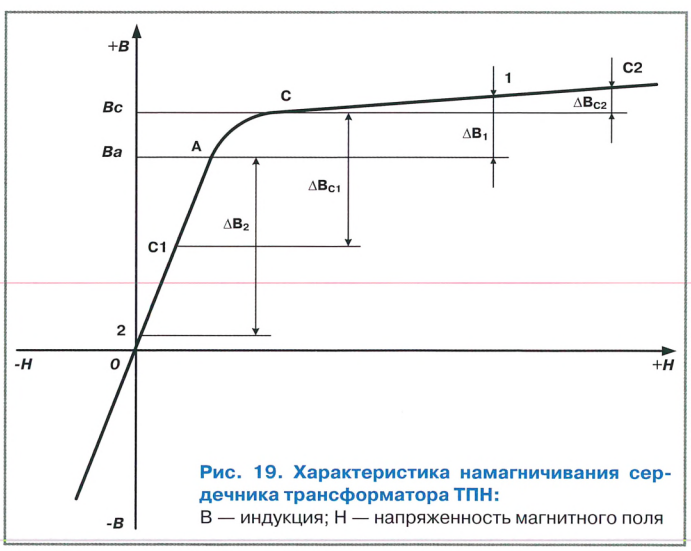


Рис. 19. Характеристика намагничивания сердечника трансформатора ТПН:
В — индукция; Н — напряженность магнитного поля

Механизм индуктивного сопротивления заключается в возникновении ЭДС самоиндукции, которая всегда направлена против причины ее появления, т.е. против изменения тока в рабочей обмотке. Напряжению питающего трансформатора приходится преодолевать ЭДС самоиндукции. Очевидно, что регулятором тока в рабочей обмотке является ненасыщенный сердечник в порядке сменяемости состояний: если в данном полупериоде первый сердечник ненасыщен, а второй насыщен, то в следующем полупериоде насыщенным будет первый сердечник, а ненасыщенным — второй.

В каждом полупериоде ненасыщенный сердечник будет являться регулятором тока в рабочей обмотке из-за изменения в нем величины индуктивного сопротивления, которое равно произведению частоты тока в рабочей обмотке на ее индуктивность. Индуктивность катушки с сердечником пропорциональна квадрату числа ее витков, площади сечения сердечника и его магнитной проницаемости. Последняя в тысячи раз превышает проницаемость вакуума и обратно пропорциональна длине сердечника.

Предположим, что ток в управляющей обмотке создал в сердечниках магнитную индукцию В (точка А, см. рис. 19) и в рассматриваемом полупериоде переменного тока магнитный поток первой катушки совпадает с током подмагничивания. За полупериод тока в рабочей обмотке индукция в первом сердечнике возрастает до точки 1, а к концу полупериода снова падает до уровня точки А. Амплитуда магнитной индукции в первом сердечнике, изменившись, составит $\Delta B1$. При этом во втором сердечнике магнитный поток рабочей катушки направлен встречно подмагничиванию. Поэтому за тот же полупериод тока рабочей обмотки магнитная индукция во втором сердечнике упадет до точки 2, т.е. на $\Delta B2$, а к концу полупериода возвратится в ту же точку А.

В первой катушке возникает ЭДС самоиндукции, пропорциональная $\Delta B1$, а во второй ЭДС самоиндукции будет большей и пропорциональной $\Delta B2$. Общая ЭДС самоиндукции всей рабочей обмотки будет пропорциональна изменению магнитной индукции в обоих сердечниках на $\Delta B2 - \Delta B1$, так как ЭДС самоиндукции катушек рабочей обмотки направлена встречно и частично взаимно компенсируется.

Если увеличить ток в подмагничивающей обмотке до насыщения сердечников в точке С, то за каждый полупериод переменного тока рабочей обмотки общее изменение магнитной индукции в сердечниках уменьшится, так как $\Delta BC2$ и $\Delta BC1$ очевидно меньше, чем $\Delta B2$ и $\Delta B1$. А если уменьшится изменение магнитной индукции, то уменьшится и ЭДС самоиндукции катушек рабочей обмотки и уменьшится ее сопротивление переменному току.

В результате, чем больше ток в обмотке управления (например, индукция подмагничивания будет между точками С и С2), тем меньше изменяется индукция в катушках, тем меньше будет возникающая ЭДС самоиндукции и тем меньшим будет индуктивное сопротивление катушек рабочей обмотки. При значительном перенасыщении сердечников током подмагничивания изменения индукции В будут происходить в них по пологому участку намагничивания (по графику на рис. 19 изменения ΔB будут почти равновелики), значит, наступит их взаимокомпенсация, поэтому индуктивное сопротивление уменьшится практически до нуля, и полное сопротивление катушек будет равно только активному сопротивлению провода катушек.

Рабочая обмотка ТПН подключена последовательно к отдельным участкам потенциометров обратной связи ССУ1.3 и ССУ1.4, а также к обмотке 3-6 магнитного усилителя МУ блока БУВ через потенциометры ССУ2.3 и ССУ2.4. При постоянном токе в обмотке управления все напряжение источника питания (трансформатора ТР2) падет на потенциометрах ССУ1.3, ССУ1.4 и на обмотке 3-6 магнитного усилителя МУ блока БУВ. Падение напряжения на рабочей обмотке ТПН минимально.

При непрерывном уменьшении тока подмагничивания индуктивное сопротивление рабочей обмотки возрастает, и большая часть питающего напряжения от трансформатора ТР2 приходится на его рабочие обмотки, а меньшая часть, соответственно, для потенциометров ССУ1.3 и ССУ1.4 и для обмотки 3-6 магнитного усилителя МУ блока БУВ. Следовательно, угол открытия тиристоров блока УВВ уменьшается, а возбуждение генератора увеличивается.

И, наоборот, при непрерывном увеличении тока подмагничивания индуктивное сопротивление рабочей обмотки уменьшается практически до нуля, и на рабочую обмотку ТПН приходится совсем малое напряжение от трансформатора ТР2. Значит, все большая его часть остается для потенциометров ССУ1.3 и ССУ1.4 и для обмотки 3-6 магнитного усилителя МУ блока БУВ, соответственно, угол открытия тиристоров увеличивается, они открываются позже, и возбуждение генератора уменьшается. Таков механизм влияния тока подмагничивания на величину тока в рабочей обмотке при неизменном, приложенном к ней, напряжении.

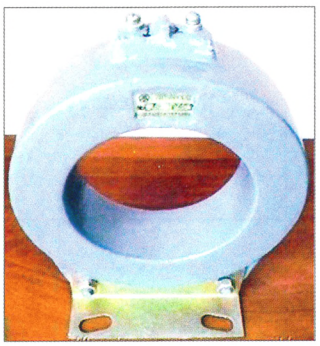


Рис. 20. Трансформатор ТПТ-24

Трансформатор постоянного тока ТПТ-24У3 (рис. 20) состоит из двух тороидальных сердечников, намотанных из ленты высококачественного магнитного сплава, на каждом из которых намотаны рабочие обмотки. Рабочие обмотки соединены между собой встречно-последовательно, а управляющей обмоткой служат силовые провода (кабели), пропущенные через центральное отверстие (окно) трансформатора. Для снижения влияния помех, создаваемых посторонними сильноточными кабелями и стальными массами, на измерение трансформатором постоянного тока каждая из рабочих обмоток выполнена из четырех секций, которые соединены параллельно. Сердечник, обмотки, выводы концов обмоток и расположенные в нижней части трансформатора шпильки залиты компаундом, скрепляющим его в монолитный неразъемный блок. К шпилькам прикреплены съемные угольники, при помощи которых трансформаторы устанавливаются и крепятся на тепловозе.

Принцип работы трансформатора постоянного тока такой же, как и трансформатора постоянного напряжения. Подмагничивание сердечника осуществляется током, протекающим в кабелях (шинах), проходящих через окно трансформатора. При увеличении тока в тяговых двигателях степень насыщения сердечников увеличивается, индуктивное сопротивление рабочей обмотки уменьшается, и ток в рабочей цепи трансформатора изменяется пропорционально суммарному току подключенных к нему тяговых двигателей.

На тепловозе 2ТЭ116 у трансформаторов ТПТ1 и ТПТ4 через окно сердечника проходит по одной силовой шине (соответственно, от электродвигателей 1 и 6, наиболее склонных к боксованию), а у ТПТ2 и ТПТ3 — по две (соответственно, от пар электродвигателей 2, 3 и 4, 5), но поскольку у последних двух трансформаторов коэффициенты трансформации отличаются от первых в два раза, напряжения на выходе выпрямительных мостов всех ТПТ практически одинаковы. Рассмотрим подробно цепи рабочих обмоток трансформаторов для первого полупериода.

ТПТ1: зажим 3 трансформатора ТР2 → провод 576 → зажим 2 трансформатора ТПТ1 → рабочая обмотка трансформатора ТПТ1 → зажим 1 трансформатора ТПТ1 → провод 578 → зажим 10/5 → провод 580 → штепсельный разъем 1 блока БС3.3 → плечо переменного тока блока БС3.3 → штепсельный разъем 3 блока БС3.3 → провод 573 → зажим 4 трансформатора ТР2;

ТПТ2: зажим 5 трансформатора ТР2 → провод 569 → зажим 2 трансформатора ТПТ2 → рабочая обмотка трансформатора ТПТ2 → зажим 1 трансформатора ТПТ2 → провод 566 → зажим 10/6 → провод 564 → штепсельный разъем 4 блока БС3.3 → плечо переменного тока блока БС3.3 → штепсельный разъем 5 блока БС3.3 → провод 572 → зажим 6 трансформатора ТР2;

ТПТ3: зажим 3 трансформатора ТР2 → провод 562 → зажим 2 трансформатора ТПТ3 → рабочая обмотка трансформатора ТПТ3 → зажим 1 трансформатора ТПТ3 → провод 558 → зажим 10/7 → провод 560 → штепсельный разъем 6 блока БС3.3 → плечо переменного тока блока БС3.3 → штепсельный разъем 7 блока БС 3.3 → провод 563 → зажим 8 трансформатора ТР2;

ТПТ4: зажим 9 трансформатора ТР2 → провод 587 → зажим 2 трансформатора ТПТ4 → рабочая обмотка трансформатора ТПТ4 → зажим 1 трансформатора ТПТ4 → провод 577 → зажим 10/8 → провод 580 → штепсельный разъем 2 блока БС4 → плечо переменного тока блока БС4 → штепсельный разъем 1 блока БС4 → провод 613 → зажим 10 трансформатора ТР2.

(Продолжение следует)

В.П. АНИСИМОВ,
преподаватель Санкт-Петербургского подразделения
Октябрьского учебного центра
профессиональных квалификаций

ТЕПЛОВОЗ ТЭМ14: НАЗНАЧЕНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ УСТРОЙСТВ

ВЫПРЯМИТЕЛЬ В-МППД-3,6К-510-3У2

Выпрямитель предназначен для преобразования переменного тока тягового агрегата в постоянный, питающий тяговые электродвигатели тепловоза. Расположен он на тяговом агрегате в специальных силовых шкафах, соединенных между собой задними стенками. Охлаждение выпрямителя выполнено как единое целое с системой охлаждения тягового агрегата тепловоза.

Выпрямитель соединен с двумя трехфазными обмотками статора тягового агрегата, каждая из которых соединена по типу «звезда». Обмотки не имеют соединения с выпрямителем по нулевым выводам и сдвинуты друг относительно друга на 30 электрических градусов.

Конструктивно выпрямитель (рис. 1) представляет собой два металлических шкафа, в которых размещены трехфазные выпрямительные мосты. В каждом шкафу находится по одному трехфазному мосту 1 и 2. Мосты соединены между собой по выходу параллельно или последовательно. Крышки шкафов 8 и 20 выполнены съемными. Задняя панель шкафа изготовлена из стеклотекстолита и имеет также съемную конструкцию. Изоляционные стенки 15 и перегородки 4, выполненные из стеклотекстолита, выполняют роль не только изоляторов, но и используются как элементы системы охлаждения трехфазных мостов, так как совместно с рамками блоков диодов 6, 16, 21 и 24 образуют два канала для прохода охлаждающего воздуха, в которых размещаются охладители диодных блоков.

В основе выпрямительных мостов лежат по два блока лавинных диодов 6, 16 и 21, 24 соответственно. В каждом блоке установлены три пары диодов, смонтированные на едином алюминиевом прессованном профиле, выполняющим роль охладителя. Токовыводы 5, 22 являются плюсовыми, а 3, 23 — минусовыми. Данная полярность зависит от установки диодов на едином прессованном профиле.

Токовыводы располагаются на сторонах входа и выхода охлаждающего воздуха, а именно: токовыводы 3, 5, 22 и 23 (вход) находятся со стороны входа, а 10, 11, 12, 17, 18 и 19 (выход) — на стороне выхода.

Соответствующие пары плюсовых и минусовых диодов соединены между собой посредством шин и через них же соединяются с одной из фаз (токовыводов) тягового генератора, образуя таким образом трехфазные мосты.

В каждом шкафу под съемной крышкой (8 и 20 соответственно) располагаются контактные группы 13. Контакты данной группы размыкаются при снятии крышки (8 и 20 соответственно) с силового шкафа (1 и 2 соответственно). Провода от контактной группы 13 выведены на клеммные колодки зажимов 14.

На нижних уголках силовых шкафов со стороны выводов «+» и «—» расположены болты заземления.

В шкафах имеется ряд отверстий. Отверстия, расположенные на заглушках со стороны входа охлаждающего воздуха, служат для подсоединения проводов электрической схемы тепловоза к токовыводам выпрямителя, а отверстия на верхних стенках силовых шкафов предназначены для проведения замеров статического давления охлаждающего воздуха. На рис. 2 представлена электрическая схема выпрямителя В-МППД-3,6К-510-3У2, основные его технические данные приведены в табл. 1.

РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ БРН-20У2

Регулятор предназначен для стабилизации напряжения вспомогательного генератора тепловоза. Общий вид регулятора представлен на рис. 3, а на рис. 4 приведена его принципиальная электрическая схема.

Все элементы схемы регулятора размещены на печатной плате, которая, в свою

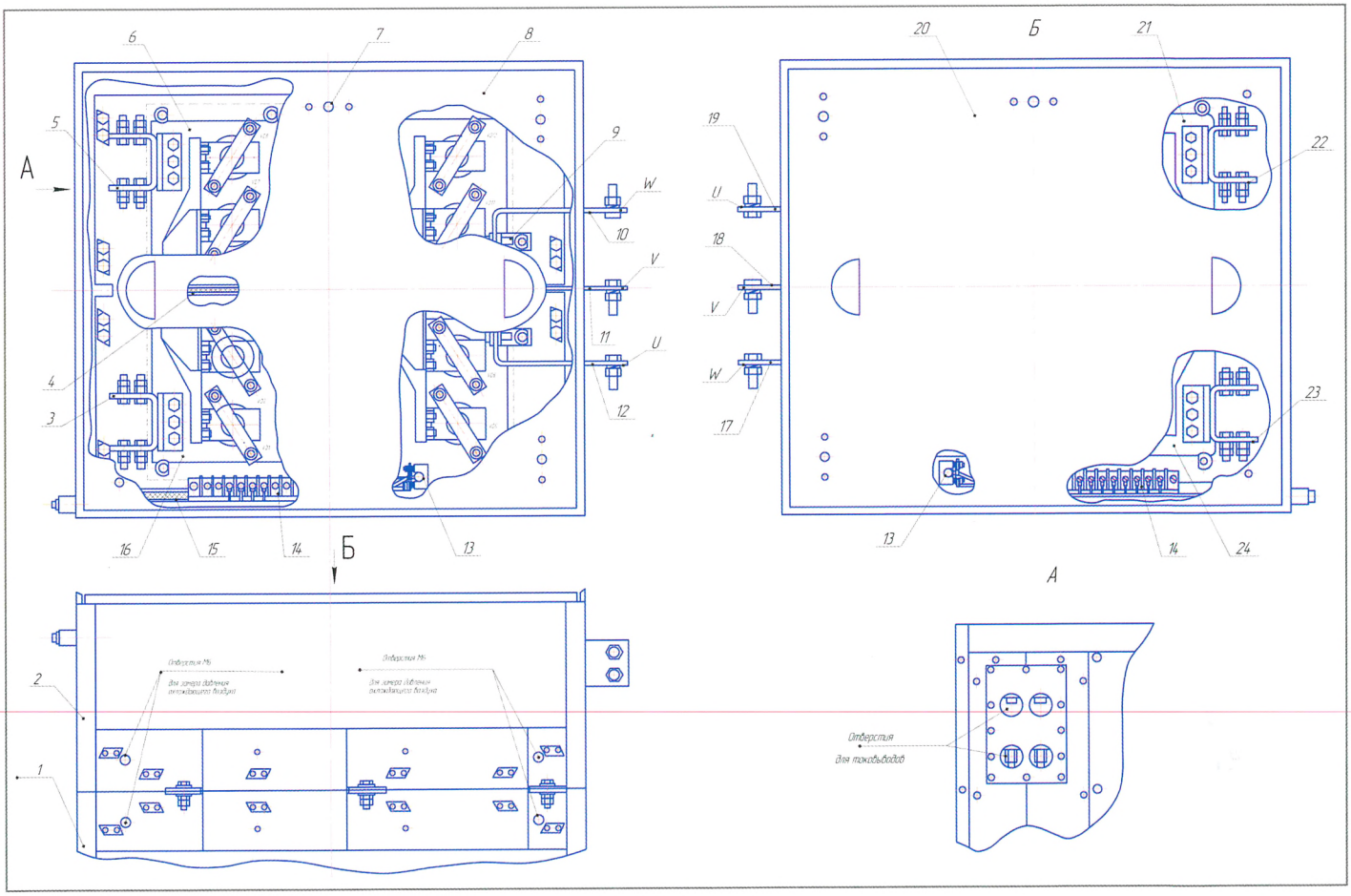


Рис. 1. Общий вид выпрямителя В-МППД-3,6К-510-3У2:
1, 2 — силовые шкафы; 3, 5, 22, 23 — токовыводы; 4 — перегородка; 6, 16, 21, 24 — блоки диодов; 7 — замок; 8, 20 — крышки; 9 — опора; 10, 11, 12, 17, 18, 19 — токовыводы; 13 — контактная группа; 14 — колодка зажимов; 15 — стенка

Таблица 1

Характеристики выпрямителя В-МППД-3,6К-510-3У2

Наименование сборочных единиц	Наименование показателя		Нормируемое значение
Главная цепь	Параметры входа	Напряжение линейное, $U_{1л}$, В	400
		Ток фазный, I_1, А	680/1385
		Частота питающей сети, Гц	30 — 100
		Максимальный фазный ток, I_{1max}, А	1875
	Параметры выхода	Ток выпрямленный I_d, А	1725/3600
		Напряжение выпрямленное, В	510/245
		Номинальная мощность на стороне выпрямленного тока, кВт	880
		Максимальный ток выпрямленный (в течение 5 мин при номинальном расходе охлаждающего воздуха), I_{dmax}, А	5000
Вспомогательная цепь (цепь контактов блокировки крышек силовых шкафов)	Количество контактов блокировки крышки каждого силового шкафа	замыкающих, шт.	1
		размыкающих, шт.	1
	Номинальное напряжение $U_н$, В		110
	Номинальный коммутируемый ток $I_н$ (при постоянной времени нагрузки не более 0,05 с), А		1,0

Таблица 2

Характеристики регулятора напряжения БРН-20У2

Технические данные	Значение
Параметры первичного источника питания: ✓ род тока ✓ напряжение, В	 постоянный 65 — 121
Ток возбуждения вспомогательного генератора (среднее значение), А, не более	20
Напряжение, поддерживаемое на выходных зажимах вспомогательного генератора при допустимых изменениях частоты вращения, нагрузки и температуры окружающей среды, В	110 ± 1
Охлаждение регулятора	естественное
Режим работы блока	продолжительный
Габаритные размеры, мм	345 × 137 × 206
Масса, кг, не более	3

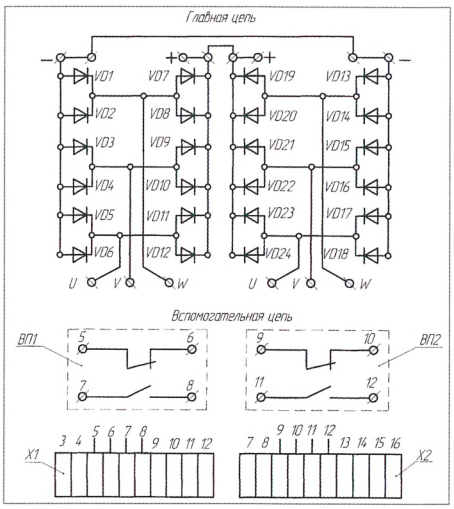


Рис. 2. Электрическая схема выпрямителя В-МППД-3,6К-510-3У2:
VD1 — VD24 — диоды ДЛ553-2000-23-А УХЛ2; ВП1, ВП2 — контактные группы; X1, X2 —колодки зажимов

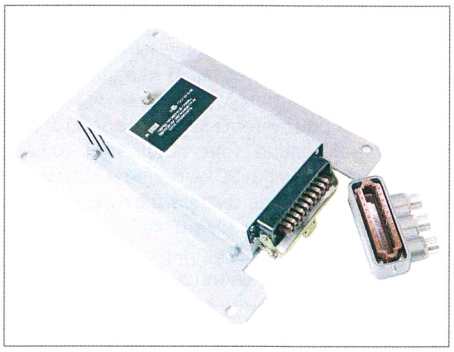


Рис. 3. Общий вид регулятора напряжения БРН-20У2

очередь, закреплена внутри специальной кассеты. В нижней части кассеты расположено штепсельное соединение, с помощью которого осуществляется подсоединение регулятора к тепловозу.

В основу работы регулятора БРН-20У2 заложен широтно-импульсный метод регулирования (ШИМ) с постоянной частотой.

Обмотка возбуждения (ОВ) вспомогательного генератора является нагрузкой регулятора. Относительная длительность импульсов напряжения на выходе регулятора определяет среднее значение тока ОВ.

Уровень напряжения Uoc является определяющим фактом для изменения длительности включенного и выключенного состояния силового транзистора V6 в каждый тактовый период. Это позволяет поддерживать напряжение вспомогательного генератора с заданной точностью.

За формирование однополярных прямоугольных импульсов, следующих с постоянной частотой, отвечает микросхема ШИМ контроллера D1, которая размещена на печатной плате.

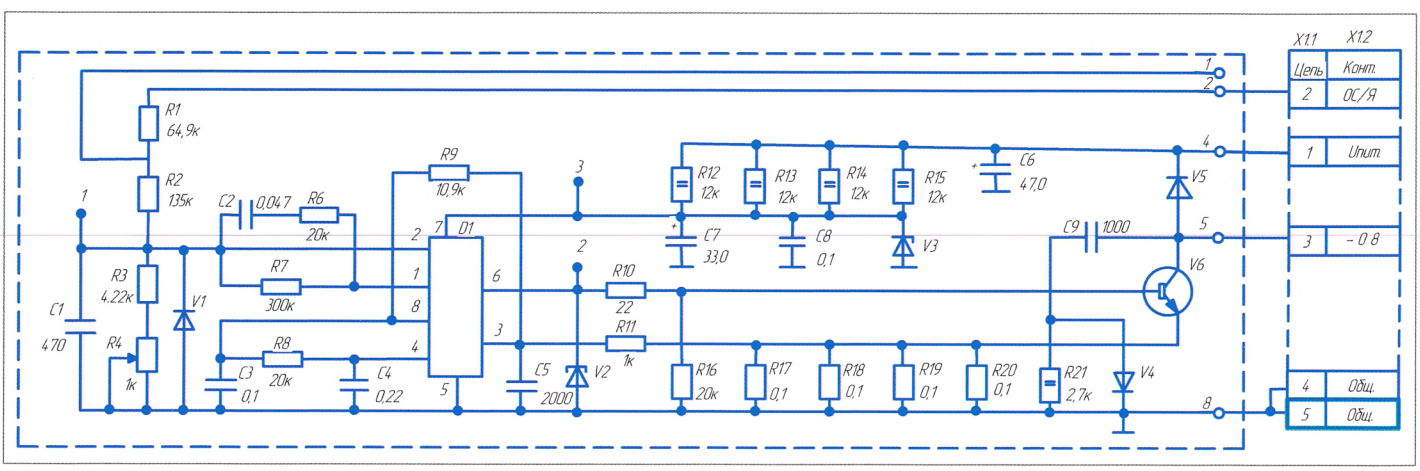


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема регулятора напряжения БРН-20У2

Таблица 3

Характеристики компонентов регулятора напряжения БРН-20У2

Обозначение	Наименование	Кол-во
Конденсаторы		
C1	К10-17Б или X7R-470 ± 10 %	1
C2	К10-17Б или X7R-0,047 мкФ ± 10 %	1
C3, C8	К10-17Б или X7R-0,1 мкФ ± 10 %	2
C4	К73-11-63В-0,22 мкФ ± 10 % ОЖО 461.093ТУ	1
C5	К10-17Б или X7R-2000 ± 10 %	1
C6	ESG 160b-330 мкФ ± 20 % HITANO	1
C7	ESX 25В-100 мкФ ± 20 % HITANO	1
C9	К78-2-1600В-1000 ± 10 %	1
D1	Микросхема UC2843AN Unitrade	1
Резисторы		
R1	С2-29В-0,25-64,9 кОм ± 0,1 %-1,0-А ОЖО 467.130ТУ	1
R2	С2-29В-0,25-135 кОм ± 0,1 %-1,0-А ОЖО 467.130ТУ	1
R3	С2-29В-0,125-4,22 кОм ± 0,1 %-1,0-А ОЖО 467.130ТУ	1
R4	PVC6H - 0.5Вт-1кОм ± 10 % Murata	1
R6, R8	С2-23-0,25-20 кОм ± 5 % ОЖО 467.081ТУ	2
R7	С2-23-0,25-300 кОм ± 5 % ОЖО 467.081ТУ	1
R9	С2-29В-0,125-10,9 кОм ± 0,1 %-1,0-А ОЖО 467.130ТУ	1
R10	С2-23-0,25-22 кОм ± 5 % ОЖО 467.081ТУ	1
R11	С2-29В-0,125-1 кОм ± 0,1 %-1,0-А ОЖО 467.130ТУ	1
R12 — R15	С2-23-2-12 кОм ± 5 % ОЖО 467.081ТУ	4
R16	С2-23-0,25-20 кОм ± 5 % ОЖО 467.081ТУ	1
R17 — R20	SQP-5-0,1 Ом ± 5 % Murata	4
R21	С2-23-2-2,7 кОм ± 5 % ОЖО 467.081ТУ	1
Полупроводники		
V1	Диод 1N4148 Temic Semiconductors	1
V2	Диод 1N5819 Temic Semiconductors	1
V3	Стабилитрон 1N4744A National Semiconductors	1
V4	Диод КД226Д аАО.336.543ТУ	1
V5	Диод HFA30PA60C International Rectifier	1
V6	Транзистор IRG4PC50S International Rectifier	1
Прочее		
X1.1	Вилка ШР27П7НШ9 ГЕО.364.107ТУ	1
X1.2	Розетка ШР27П7НШ9 ГЕО.364.107ТУ	1

В зависимости от величины напряжения, снимаемого с якоря (ОС/Я) вспомогательного генератора, меняется длительность импульсов — от нуля до максимальной величины. Через контакт 2 платы напряжение (ОС/Я) поступает на вход 2 ШИМ контроллера D1.

Частота микросхемы ШИМ формируется конденсатором С3 и резистором R8. Резисторы R1, R2, R3, R4 образуют делитель обратной связи по напряжению.

С вывода 6 контроллера уже сформированные импульсы поступают на затвор силового транзистора V6. Стабилитрон V3 осуществляет питание контроллера. В эмиттер силового транзистора V6 включены резисторы R17, R18, R19, R20, с которых снимается подаваемый на вывод 3 контроллера сигнал защиты по току силового транзистора. Через эти же резисторы (R17, R18, R19, R20) эмиттер транзистора V6 подключается к общему «минусу» бортовой сети (Общ). Между коллектором транзистора V6 и «плюсом» бортовой сети подключается обмотка возбуждения ОВ.

Стабилизация напряжения на выходных зажимах вспомогательного генератора обеспечивается посредством изменения протекания тока через обмотку возбуждения.

Более точную настройку напряжения регулируемой машины производят при помощи подстроечного резистора R4, размещенного на плате. Подстройку производят через специальное отверстие в корпусе кассеты. Основные технические данные регулятора напряжения БРН-20У2 представлены в табл. 2. В табл. 3 приведен перечень и параметры входящих в его состав изделий.

Инж. **К.В. КУЗНЕЦОВ**,
г. Брянск

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОВОЗА 3ЭС5К

Цветные схемы — на вкладке

Электровозы 2(3, 4)ЭС5К «Ермак» выпускаются с 2004 г. в ООО «ПК "Новочеркасский электровозостроительный завод"», входящей в состав компании «Трансмашхолдинг». Они предназначены для вождения грузовых, пассажирских поездов на дорогах переменного тока с номинальным напряжением 25 кВ частотой 50 Гц. Разработаны для замены электровозов серий ВЛ85 и ВЛ80. Различные модификации — Э5К, 2ЭС5К, 3ЭС5К, 4ЭС5К — отличаются числом секций. Электровоз 4ЭС5К в 2014 г. стал самым мощным локомотивом переменного тока в мире (часовая мощность — 13 120 кВт).

В 2007 г. была сертифицирована бустерная (промежуточная) секция для локомотива данной серии, которая позволяет увеличить его мощность в 1,5 раза и использовать для вождения составов повышенной массы и длины или работы на участках пути со значительным уклоном. Эта секция конструктивно не отличается от обычной, только вместо кабины управления у нее имеется второй межсекционный переход, что обеспечивает удобство работы по сравнению с электровозами ВЛ80С и ВЛ80Р, эксплуатируемыми в сцепе из трех секций.

Трехсекционный локомотив вначале получил наименование «2ЭС5КБ», однако позже его переименовали в «3ЭС5К». Модернизированная машина имеет стальной кузов вагонного типа с главной рамой, на которой установлена пластиковая кабина управления. Электровоз имеет привод с опорно-осевым подвешиванием тяговых двигателей и моторно-осевыми подшипниками скольжения. На локомотиве применены усовершенствованные тяговые электрические двигатели НБ-514Д, рекуперативное торможение, а также микропроцессорная система управления. Последняя обеспечивает ручное и автоматическое управление движением, диагностику параметров движения и работы всего оборудования электровоза.

Расположение оборудования и электрическая схема локомотивов «Ермак» похожи на установленное в секциях электровозов ВЛ85. От предшественников они отличаются применением технических решений, уже опробованных на электровозах семейства ЭП1 — более экономичной системой вентиляции, конденсаторным запуском вспомогательных двигателей с возможностью их работы в режиме низкой скорости (ПЧФ), применением микропроцессорной системы управления и диагностики.

Однако конденсаторный запуск вспомогательных машин, на электровозах серии ВЛ, используемый как резервный, а на ЭП1 и Э5К как основной, впоследствии был дополнен системой с пусковым двигателем ПД (он выполняет те же функции, что фазорасщепитель на ВЛ60, ВЛ80 всех индексов и ВЛ85). В отличие от электровозов ВЛ на «Ермаках» в качестве фазорасщепителя применена не специальная электромашина, а двигатель такого же типа, как для привода вентиляторов — НВА-55.

В электровозе установлены следующие системы безопасности движения: КЛУБ-У, САУТ-ЦМ/485 и ТСКБМ. Усовершенствованы конструкция кабины управления, установлены термоэлектрические кондиционеры и панельные нагреватели, в целом улучшены условия работы локомотивной бригады (электровоз оборудован холодильником и сантехническим оборудованием).

По просьбам наших подписчиков в этом номере редакция публикует на вкладке основные цветные электрические схемы электровоза 3ЭС5К, которые подготовил наш читатель А.А. КАБАНЦЕВ из депо Уссурийск Дальневосточной дирекции тяги. Надеемся, что они станут хорошим подспорьем для всех локомотивщиков, занимающихся эксплуатацией и ремонтом данных электровозов.

УСТРОЙСТВО И РАБОТА ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОВОЗОВ СЕРИИ ЭП1

(Продолжение. Начало см. «Локомотив» № 8 и 9, 2016 г.)

БУКСОВЫЕ УЗЛЫ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

Буксы предназначены для передачи на колесные пары подрессоренной массы электровоза, силы тяги и силы торможения, а также боковых горизонтальных сил от колесных пар на раму тележки. Корпус буксы 12 (рис. 1) отлит из стали с четырьмя приливами для крепления буксовых поводков 5 и двумя приливами 11 для рессорного подвешивания. К одному из приливов приварен кронштейн гидродемпфера 13.

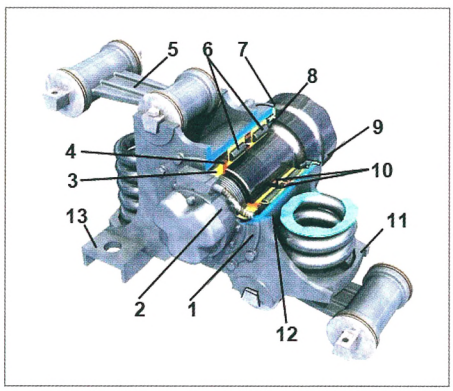


Рис. 1. Букса электровоза ЭП1, ЭП1М(П):
1 — крышка буксы; 2 — корпус токоотводящего устройства; 3 — гайка; 4 — дистанционное кольцо; 5 — поводок; 6 — подшипник; 7 — задняя крышка: 8 — лабиринтовое уплотнение; 9 — ось колесной пары; 10 — дистанционное кольцо; 11 — прилив для установки пружин рессорного подвешивания; 12 — корпус буксы; 13 — кронштейн гидродемпфера

На предподступичную шейку оси колесной пары 9 в горячем состоянии насаживают кольцо лабиринтового уплотнения 8, которое вращается вместе с колесной парой. Затем устанавливают заднюю крышку буксы 7. Выточки в кольце и задней крышке образуют лабиринт, препятствующий попаданию пыли в полость буксы и вытеканию смазки из буксы.

Внутри корпуса размещают роликовые подшипники 6, разделенные дистанционными кольцами 10. Внутренние кольца подшипников насаживают в горячем состоянии. Кольцо со стороны задней крышки имеет буртик, ограничивающий перемещение сепаратора с роликами.

Наружные кольца подшипников с роликами размещены в корпусе с использованием скользящей посадки. Внутренние кольца через дистанционное кольцо 4 стягивают гайкой 3, которая стопорится планкой, закрепленной двумя болтами М16 в специальном пазу на торце оси. Подбором толщины дистанционного кольца 4 выставляют осевой разбег буксы, который должен быть 0,5... 1 мм (в эксплуатации допускается не более 2 мм). Пространство в буксе заполняют смазкой ЖРО («Буксол») массой 3,5... 4 кг. (Напоминаю, что избыток смазки или ее недостаток вызывает нагрев буксы и усиленный износ подшипников.)

Поводки букс 5 предназначены для передачи тяговых и тормозных усилий, исключая трение и износ. Корпус поводка — стальное литье. Он состоит из двух горловин, соединенных перемычкой с ребрами. В горловины запрессованы набор резиновых и металлических шайб и валики, концы которых имеют трапецеидальную форму. Они заходят в трапецеидальные пазы приливов корпуса буксы и фиксируются двумя болтами. Усилие передается через клин. Поэтому между дном паза прилива корпуса буксы и валиком всегда должен быть зазор не менее 0,5 мм.

Буксы имеют передние крышки 1 с фланцами для установки на них датчиков угла поворота, токоотводящего устройства 2, конструкция которых показана на рис. 2. Токоотводящее устройство устанавливают на неклейменый торец оси колесной пары: на торец оси двумя болтами 1 прикрепляют стопорную планку 3 и лабиринтовое кольцо 4. На последнем при помощи четырех болтов установлен диск 6. К передней крышке 5 через изоляционную шайбу присоединяют литой корпус 9.

В нем расположены три латунных щеткодержателя 11, в котором установлены цилиндрические щетки 8 марки МГС21Н, закрытые крышкой 10. Нажатие на щетку осуществляется винтовой цилиндрической пружиной с усилием 6,35... 7,75 кгс при высоте щетки 57 мм и 4,6... 6,1 кгс — при высоте до 26 мм. Износ щетки в эксплуатации измеряют глубиномером штангенциркуля через отверстие в гайке щеткодержателя (должно быть от 104 до 136 мм).

РЕССОРНОЕ ПОДВЕШИВАНИЕ

Рессорное подвешивание предназначено для передачи массы кузова, тележек и находящегося на них оборудования на колесную пару и смягчения толчков и ударов, возникающих в пути следования (рис. 3). На электровозах ЭП1, ЭП1М(П) каждая букса колесной пары имеет свою точку подвешивания (независимую систему рессор и пружин). Масса перечисленных частей от кронштейна 4, прикрепленного к раме тележки тремя болтами, передается через втулку 5, регулировочные прокладки 11, пружину 2 на прилив корпуса буксы 12. Втулка 5 фиксирует пружину от смещения. С другой стороны верх пружины упирается через втулку 5 и прокладки 6 непосредственно на опорную площадку большого буксового кронштейна, а нижняя часть через втулку 8 — на прилив корпуса буксы.

Через поводки 9 тяговые и тормозные усилия передаются от корпуса буксы на раму тележки. Параллельно пружинам рессорного подвешивания (вертикально) установлены гидродемпферы 1, по одному на каждой буксе. Нижняя часть гидродемпфера прикреплена к кронштейну корпуса буксы через резиновые амортизаторы, верхняя — к кронштейну рамы тележки при помощи валика и гайки. При исправном подвешивании расстояние между верхним

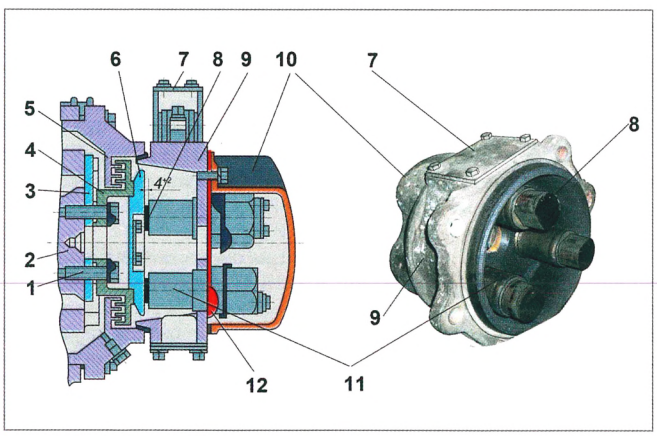


Рис. 2. Букса с токоотводящим устройством:
1 — болт; 2 — ось колесной пары; 3 — планка; 4 — лабиринтовое кольцо; 5 — крышка буксы; 6 — диск; 7 — коробка с зажимами; 8 — щетка; 9 — корпус; 10 — крышка; 11 — щеткодержатель; 12 — шайба

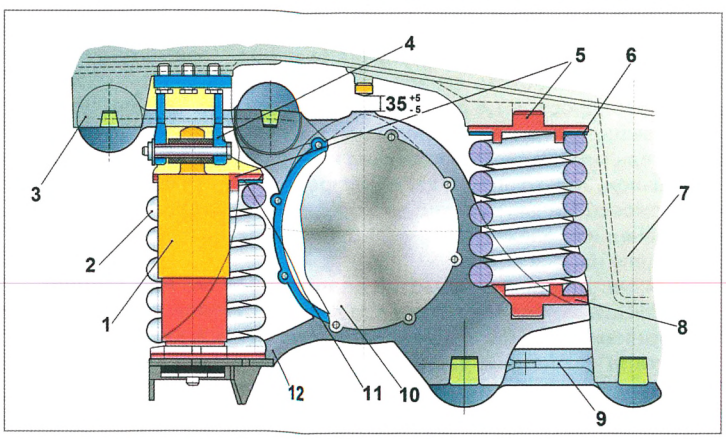


Рис. 3. Рессорное подвешивание ЭП1, ЭП1М(П):
1 — гидродемпфер; 2 — пружина; 3 — буксовый кронштейн (малый); 4 — кронштейн гидродемпфера; 5, 8 — втулки; 6 — прокладка; 7 — буксовый кронштейн (большой); 9 — буксовый поводок; 10 — букса; 11 — кронштейн рессорного подвешивания; 12 — кронштейн корпуса буксы

приливом корпуса буксы и рамой тележки должно составлять 35 ± 5 мм.

ПОДВЕСКА ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ТЯГОВЫЕ ПЕРЕДАЧИ

На электровозах ЭП1, ЭП1М(П) применено опорно-рамное подвешивание тяговых двигателей (ТД) 6 (рис. 4). С одной стороны ТД опирается через два валика 5 на кронштейны 13 поперечной балки рамы тележки, с другой через кронштейн 8, опору 11 — на концевую балку рамы тележки 9. При помощи регулировочных прокладок между опорой 11 и кронштейном 9 концевой балки рамы тележки достигают соосности торсионного вала 12 передаточного механизма 2 и расточки в якоре ТД.

Тяговый редуктор (рис. 5) передает вращающий момент на колесную пару. Редуктор — одноступенчатый, с шевронными зубчатыми колесами. На ось колесной пары 8 насажена ступица зубчатого колеса 9, к которой при помощи призонных болтов прикреплены синфазно (с одинаковым смещением зубьев) два зубчатых венца 13 (с углом наклона зуба 24°). Они зафиксированы стопорными шайбами.

Два зубчатых венца 13, установленные на ступицу, образуют шевронное колесо. На ступице зубчатого колеса смонтированы два роликовых подшипника 11 и 16, внутренние кольца которых установлены с натягом. Наружные кольца подшипников размещены в корпусах 12, 25 и закрыты лабиринтовыми крышками 10, 27.

Подшипники смазывают смазкой «Буксол». К корпусам подшипников 12, 25 при помощи болтов прикреплен корпус редуктора, состоящий из нижней 3 и верхней 4 частей сварной конструкции. Нижняя половина 3 изготовлена из стальных листов толщиной 6 мм, верхняя 4 — из листов 12 мм (боковые стенки) и 6 мм (обводные). Чтобы увеличить жесткость боковых стенок верхней половины, их связали двумя толстостенными трубками ∅40 мм.

В верхней части корпуса имеются кронштейн 5 для подвески редуктора и сапун, призванный выравнивать давление внутри редуктора с атмосферным. Нижняя половина является емкостью для смазки зубчатой передачи: через верхнюю пробку заливают редукторную смазку (полная заправка — 8,6 кг), нижняя служит для полного слива масла.

В расточках корпуса установлен блок шестерни. Он включает в себя вал 22, две шестерни 16 с встречными углами наклона зубьев, составляющие в сборе шевронную шестерню, два подшипника 17, 21 с лабиринтовыми уплотнениями 14 и 23, закрытые крышками 18, 24. На валу блока шестерни установлен фланец 6 сварной конструкции. Нижняя и верхняя половины корпуса редуктора соединены друг с другом болтами.

Второй конец редуктора подвешен через резиновые шайбы 6 и диски 5, 7 к кронштейну 3 поперечной баки рамы тележки 4 при помощи подвески 8 (рис. 6). Имеется предохранительная скоба 2, исключающая падение редуктора на путь в случае обрыва подвески.

С помощью передаточного механизма через резинокордную муфту 14 и фланец 15 передается вращающий момент от якоря тягового двигателя на вал шестерни редуктора 9, и компенсируются перемещения колесной пары относительно рамы тележки. Сам механизм состоит из торсионного вала 12 со сферической шестерней 16, на который напрессована ступица 13.

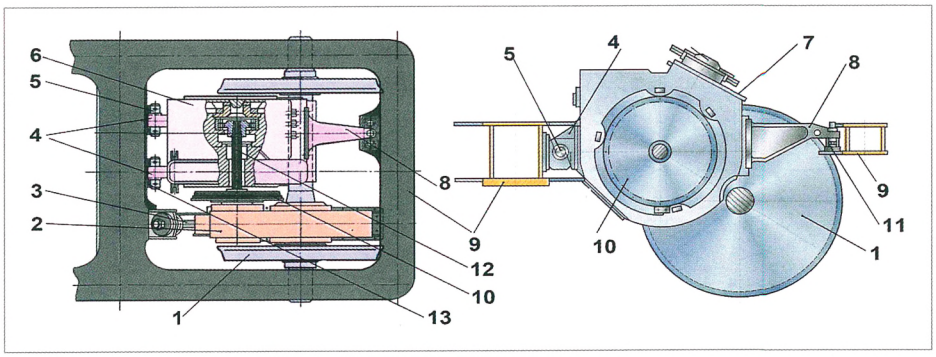


Рис. 4. Опорно-рамное подвешивание тяговых двигателей:
1 — колесная пара; 2 — редуктор; 3 — подвеска; 4 — кронштейн; 5 — валик; 6 — тяговый двигатель; 7 — смотровой люк; 8 — кронштейн; 9 — рама тележки; 10 — резинокордная муфта; 11 — опора; 12 — торсионный вал; 13 — кронштейн

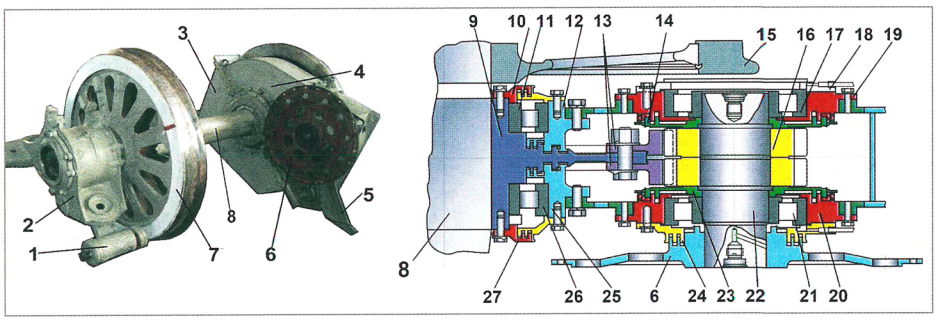


Рис. 5. Зубчатая передача электровоза ЭП1, ЭП1М(П):
1 — поводок; 2 — букса; 3 — нижняя часть корпуса редуктора; 4 — верхняя часть корпуса; 5 — кронштейн; 6 — фланец; 7 — колесный центр с бандажом; 8 — ось колесной пары; 9 — ступица зубчатого колеса; 10, 18, 24, 27 — крышки; 11, 17, 21, 26 — подшипники; 12, 25 — корпуса подшипников; 13 — венец зубчатого колеса; 14, 23 — лабиринтовые кольца; 15 — бандаж колесной пары; 16 — шестерни; 19, 20 — опоры подшипников; 22 — вал

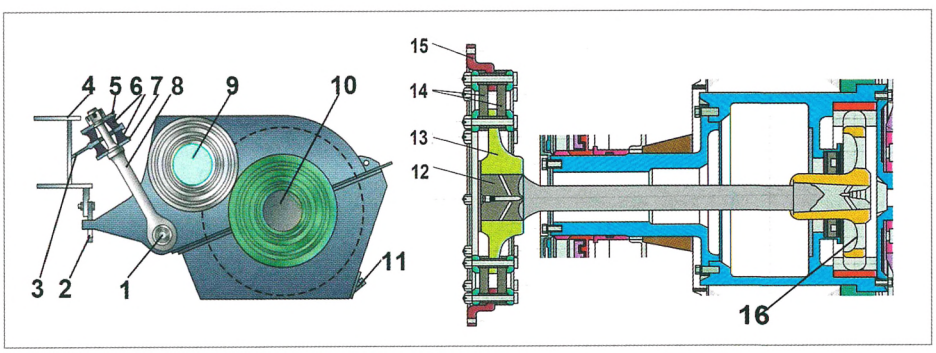


Рис. 6. Подвешивание тягового редуктора и передаточный механизм:
1 — валик; 2 — предохранительная скоба; 3 — кронштейн; 4 — средний брус рамы тележки; 5, 7 — диски; 6 — резиновые шайбы; 8 — подвеска; 9 — вал блока шестерни; 10 — ось колесной пары; 11 — пробка для заливки масла; 12 — торсионный вал; 13 — ступица; 14 — резинокордная муфта; 15 — фланец; 16 — сферическая шестерня

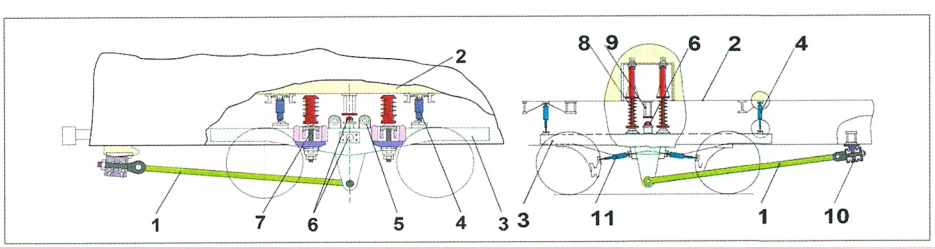


Рис. 7. Связи и соединения рамы кузова с рамами тележек:
1 — тяга; 2 — рама кузова; 3 — рама тележки; 4 — вертикальный гидродемпфер; 5 — горизонтальный гидродемпфер; 6, 9 — упоры; 7 — люлечное подвешивание; 8 — опора кузова; 10 — буферное устройство кузова; 11 — антивилятельный гидродемпфер

СВЯЗИ И СОЕДИНЕНИЯ РАМЫ КУЗОВА С РАМАМИ ТЕЛЕЖЕК

Рама кузова электровоза 2 (рис. 7) соединена с рамами тележек 3 наклонной тягой 1, гидравлическими гасителями ко-

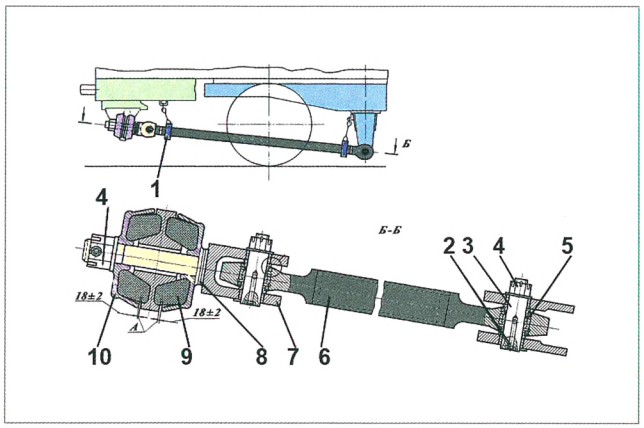


Рис. 8. Наклонная тяга:
1 — скоба со страховочным тросиком; 2 — стопорная планка; 3 — валик; 4 — гайка; 5 — сферический подшипник; 6 — тяга; 7 — вилка; 8, 10 — стальные шайбы; 9 — резиновые шайбы

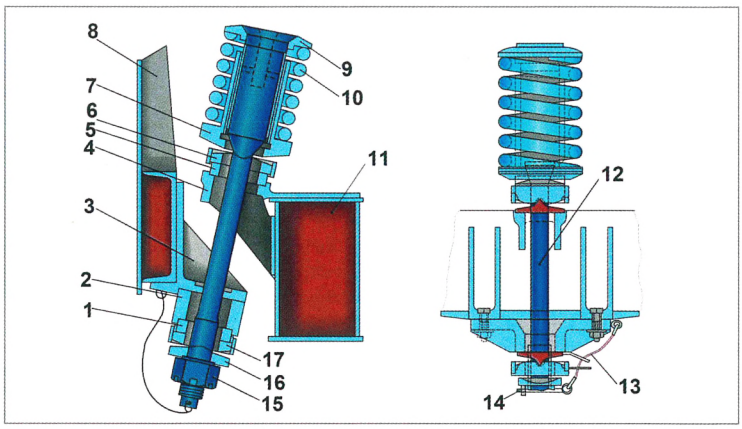


Рис. 9. Люлечное подвешивание:
1, 5, 16 — опоры; 2 — балочка; 3 — кронштейн рамы кузова; 4 — кронштейн рамы тележки; 6, 17 — прокладка; 7 — стакан; 8 — рама кузова; 9 — шайба; 10 — пружина; 11 — рама тележки; 12 — стержень; 13 — трос; 14 — болт; 15 — гайка.

лебаний 4, крайние тележки — люлечным подвешиванием 7, средняя тележка — опорами кузова 8. Имеются упоры 6 и 9, ограничивающие перемещение тележек относительно рамы кузова.

Наклонные тяги (рис. 8) предназначены для передачи тяговых и тормозных усилий от рамы кузова на раму тележек, и наоборот. Тяга 6 представляет собой толстостенную трубу с литыми головками, приваренными к ее концам. Через одну головку тяга прикреплена к вилке 7 буферного устройства кузова. Оно состоит из двух резиновых шайб 9, охваченных стальными шайбами 8, 10 и стянутых гайкой 4 до обеспечения зазора А между кронштейном кузова и стальной шайбой 18 ± 2 мм. Другая головка присоединена к кронштейну на раме тележки при помощи валика 3 с гайкой 4 и стопорной планкой 2.

Подвижность тяги в горизонтальной плоскости при относе кузова и разворотах тележки обеспечивают шарнирные подшипники 5, к которым подается смазка по осевым и радиальным каналам. После смазки канал заглушается болтом. Наклонные тяги имеют страховочные тросики 1, которые предохраняют тягу от падения на путь при поломках.

Люлечное подвешивание кузова на крайних тележках передает массу кузова на раму тележки и служит второй ступенью рессорного подвешивания кузова. Кроме того, оно является также возвращающим устройством кузова.

Масса электровоза (рис. 9) передается от кронштейна рамы кузова 3, балочку 2, шарнирный узел, состоящий из двух опор 1 и 16 с кулачками, расположенными под углом 90° друг к другу. Между ними находится прокладка 17 с впадинами на гайку 15. Гайка 15 зафиксирована болтом 14 на стержне 12. Поэтому масса через стержень передается на шайбу 9, пружину 10 и стакан 7, внутри которого находится марганцовистая втулка. От стакана 7 через прокладку 17 масса передается на опору 5 и кронштейн рамы тележки 4, расположенный на боковом брусе рамы тележки 11.

На крайних тележках есть четыре точки люлечного подвешивания 12, через каждый стержень подвешивания передается нагрузка порядка 7 тс. Поэтому любой из них снабжен страховочным тросиком 13, предохраняющим детали подвешивания от падения на путь в случае обрыва стержня. В его верхней части 12 имеются каналы для подачи смазки (пасты ВНИИНП-232 или солидола) под втулку стакана.

Система верхнего и нижнего шарнирных узлов обеспечивает поперечные перемещения кузова относительно тележки, а также поворот тележек под кузовом при прохождении кривых. При этом центр тяжести кузова отклоняется от оси, и под действием веса кузов на люлечном подвешивании стремится вернуться в центральное положение.

Опоры кузова на средней тележке предназначены для передачи массы кузова, сглаживания толчков и ударов при прохождении электровозом неровностей пути. Опора (рис. 10) представляет собой упругий сжатый стержень, опирающийся на кузов 12 и раму тележки 1 через сферические шарниры, которые обеспечивают подвижность кузова относительно рамы тележки в горизонтальном направлении.

Этот элемент подвешивания состоит из нижнего стержня 10, верхнего стакана 9, пружины 8 с регулировочными шайбами 4. Внутренняя поверхность верхнего стакана 9 облицована износостойкими втулками из марганцовистой стали, по которым скользит нижний стержень. Нижний конец опоры через вкладыш 6 опирается на опору 11, запрессованную в опору тележки. Вкладыш 6 и опора 11 образуют нижний сферический шарнир опоры кузова.

Верхний конец опоры через вкладыш 6, запрессованный в верхний стакан, опирается на головку 5, запрессованную в винт 2. Вкладыш 6 и головка 5 образуют верхний сферический шарнир. Для выравнивания нагрузок между четырьмя опорами средней тележки (6500 кгс) винт 2 может перемещаться в гайке 3, закрепленной на раме кузова 12. Чтобы разгрузить резьбу винта после регулировки опор, между винтом 2 и гайкой 3 устанавливают пакет шайб 4, толщина которого соответствует размеру зазора А.

Схема установки гасителей колебаний и упоров на крайних тележках ЭП1 приведена на рис. 11. Вертикальный упор состоит из фланца с приваренной к нему крышкой. К ней при помощи болтов прикреплен вертикальный упор 2. Зазор между ним и вертикальным ограничителем (25 ± 5 мм) регулируют установкой прокладок.

Горизонтальный упор 9 состоит из крышки, пружины 10 и стакана, который закреплен на кронштейне рамы кузова 5 через пакет регулировочных прокладок. При поперечном перемещении на 30^{+3} мм горизонтальные усилия воспринимаются люлечными подвесками, от 30 до 45 мм (при контакте крышки с накладкой на боковине рамы тележки 8) — совместно люлечными подвесками и пружиной 10 упора. При сжатии пружины до соприкосновения стакана 7 с корпусом (отклонения кузова — 45 мм) упор работает как жесткий ограничитель.

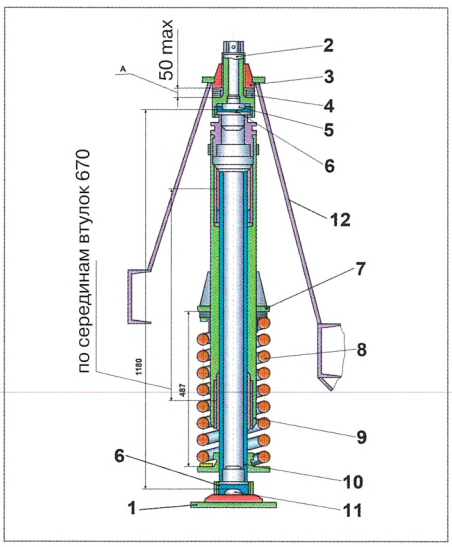


Рис. 10. Опора кузова на среднюю тележку:
1 — рама тележки; 2 — винт; 3 — гайка; 4 — шайба; 5 — головка; 6 — вкладыш; 7 — прокладки; 8 — пружина; 9 — стакан; 10 — стержень; 11 — опора; 12 — рама кузова

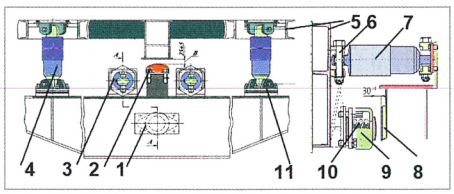


Рис. 11. Установка гасителей колебаний и упоров на крайних тележках:
1, 8 — накладки рамы тележки; 2 — вертикальный упор; 3, 7 — горизонтальные гидродемпферы; 4 — вертикальный гидродемпфер; 5 — рама кузова; 6 — валик; 9 — горизонтальный упор; 10 — пружина; 11 — кронштейн

Гидравлические демпферы предназначены для гашения колебаний кузова на пружинном подвешивании в вертикальной и горизонтальной плоскостях. На крайних тележках установлены по четыре вертикальных 4 и горизонтальных 7 гидродемпферов (два — на сторону). Гасители колебаний крепят посредством валика 6, гайки, шайбы и шплинта к кронштейнам 11 рамы кузова и рамы тележки.

С помощью прокладок между кронштейнами 11 и рамой тележки выставляют зазоры, разделяющие ограничители. На средней тележке вертикальные гидродемпферы разнесены для более эффективного устранения колебаний. Вместо горизонтальных устройств между рамой тележки и рамой кузова установлены антивилятельные гасители. Гашение колебаний происходит путем преобразования механической энергии в тепловую при перекачивании веретенного масла (900 г) через калиброванные (дроссельные) отверстия (рис. 12) из одной полости демпфера в другую.

Если кузов электровоза опускается, то в полости под поршнем 7 повышается давление масла. Преодолевая давление пружины, отжимается пластинчатый клапан, открывая дроссельные отверстия 6. Масло перетекает в полость над поршнем 7. При резком перемещении кузова или загустевании масла давление под поршнем резко повышается. Когда оно достигает 45 ± 5 кгс/см^2, масло, не прошедшее через дроссельные отверстия, перетекает через перепускной шариковый клапан 5 в полость между корпусом и цилиндром.

При движении кузова вверх масло из полости между корпусом и цилиндром через дроссельные отверстия отжимает пластинчатый клапан 9 и перетекает в полость под поршнем 7. Когда давление в полости над поршнем станет больше 45 ± 5 кгс/см^2, масло через перепускной шариковый клапан 5 также поступает в полость под поршнем. Ход поршней вертикального и горизонтального демпферов — 190 мм, антивилятельного — 250 мм, сила сопротивления — 19 ± 3 кН.

Подвижность демпфера в точках крепления при колебаниях электровоза обеспечивают сферические подшипники 12 (см. рис. 12) в головках демпферов 1, защищенных от загрязнения фторопластовыми кольцами 11 и втулками 10.

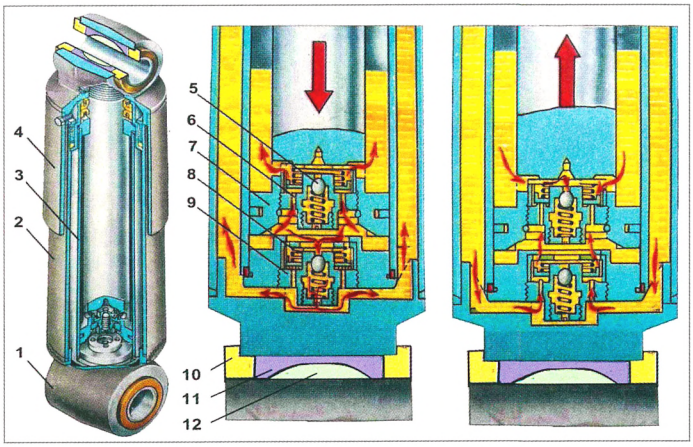


Рис. 12. Гидродемпферы:
1 — головка гидродемпфера; 2 — корпус; 3 — цилиндр; 4 — защитный кожух; 5 — шариковый клапан; 6 — дроссельные каналы; 7 — поршень; 8 — пружина; 9 — пластинчатый клапан; 10 — втулка; 11 — фторопластовое кольцо; 12 — сферический подшипник

(Продолжение следует)

Инж. **А.А. ПОТАНИН**,
преподаватель Юго-Восточного центра профессиональных квалификаций Юго-Восточной дороги

НОВОСТИ ТРАНСМАШХОЛДИНГА

Снегоочистителям «Трансмаша» — 60 лет!

В нынешнем году Энгельсский завод транспортного машиностроения (ОАО «Трансмаш», г. Энгельс Саратовской обл., входит в ЗАО «Трансмашхолдинг») отметил знаменательную дату — 60 лет со дня выпуска первого снегоочистителя. Первые механические снегоочистители появились в 80-х годах XIX века, а в 30-е годы XX века была начата интенсивная разработка снегоочистительной техники.

Наиболее удачной оказалась конструкция вагонного снегоочистителя, предложенная в 1893 г. российским инженером А.Э. Бурковским. Он был изготовлен в виде плуга, оборудованного двумя боковыми крыльями, расположенными под вагоном. Использовался такой снегоочиститель до 1935 г.

Покровский механический завод (так назывался ОАО «Трансмаш» с 1954 по 1965 г.) решил внести свою лепту в разработку и выпуск снегоуборочной техники. По инициативе директора завода С.А. Алешкова и технической службы было решено приступить к организации производства мощных цельнометаллических снегоуборочных машин серии СДПМ, каждая из которых смогла облегчить труд двухсот рабочих.

Взяв за основу чертежи, разработанные в Московском конструкторском бюро Министерства путей сообщения, заводские инженеры с энтузиазмом занялись доработкой чертежей и модернизацией основных частей машины. В 1957 г. начался их серийный выпуск. В серийное производство снегоочиститель серии СДПМ был поставлен в 1964 г. (главным конструктором в то время был И.М. Свистунов).

Начиная с 1956 г., коллективом завода по сегодняшний день выпущено более 3,5 тыс. машин, в том числе для инфраструктуры ОАО «РЖД», Казахстанских железных дорог, а также крупнейших промышленных предприятий, таких как ПАО «Газпром», ПАО «Мечел» и других компаний.

СДП-М2 (снегоочиститель двухпутный, плужный) представляет собой специальный цельнометаллический четырехосный вагон, оборудованный по концам отвальными плоскостями под углом 50° к оси пути. Основные узлы и механизмы снегоочистителя: рама и ходовые части, подрезной щит с механизмом подъема, боковое крыло с механизмами подъема и открытия, угловое крыло с механизмами подъема и открытия, автосцепка с фиксатором, кузов, пневматическое и тормозное оборудование.

Особенностью снегоочистителя СДП-М2 является возможность производить очистку путей от снега с локомотивом, поставленным как сзади, так и впереди него, благодаря чему он может использоваться не только для очистки перегонов от снега, а также для очистки станционных железнодорожных путей и подъездных путей промышленных предприятий.

Снегоочиститель СДП-М2

Для работы снегоочистителя требуется локомотив любой серии, имеющий тормозную и питательную магистрали, оборудованный компрессором и генератором с напряжением 50, 75 или 110 В.

В связи с постоянно увеличивающимися требованиями к экологии, санитарии и содержанию пути, а также требованиями безопасности при эксплуатации подвижного состава на путях ОАО «РЖД», ОАО «Трансмаш» постоянно совершенствует конструкцию снегоочистителя. В настоящее время завод проводит глубокую модернизацию снегоочистителей серии СДП-М2 с целью улучшения комфорта обслуживающей бригады и соответствия изделия требованиям Технического регламента Таможенного Союза (ТР ТС 001/2011).

По материалам Департамента по внешним связям ЗАО «Трансмашхолдинг»

СХЕМА ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТОРМОЗНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОВОЗА ЭП20

(Окончание. Начало см. «Локомотив» № 9, 2016 г.)

Работа вспомогательного тормоза. Кран вспомогательного тормоза (КВТ) применяется для управления прямодействующим пневматическим тормозом локомотива. КВТ, так же как и КМ, функционально состоит из управляющей и исполнительной частей. Управляющая часть КВТ представляет собой пятипозиционный контроллер крана вспомогательного тормоза ККВТ1 (ККВТ2), расположенный на пульте машиниста. Исполнительной частью КВТ является блок исполнительного оборудования (БИ1), размещенный в модуле тормозного оборудования.

Также в состав КВТ входит кран резервного управления прямодействующим тормозом локомотива, предназначенный для резервного управления исполнительной частью КВТ в случае ее выхода из строя по электрической части.

Рукоятка ККВТ1 (ККВТ2) контроллера имеет пять позиций: одну поездную и четыре тормозные. Электрические сигналы передаются от контроллера в электронный блок управления и далее — на электропневматические вентили. Каждому положению контроллера соответствует определенная величина давления в тормозных цилиндрах локомотива. Режимы работы КВТ приведены в табл. 2.

Принцип работы исполнительного блока КВТ заключается в следующем: сжатый воздух поступает из питательной магистрали через разобщительный кран КрРШ, расположенный в исполнительном блоке БИ1. Пройдя через редуктор Ред (БИ1), он поступает на вентили отпуска и торможения ВО (БИ1) и ВТ (БИ1) соответственно. Далее через клапан управления ЭПР1 (БИ1) он поступает в управляющую полость реле давления РД. От реле давления сжатый воздух через устройство блокировки тормозов и переключательный клапан ПК4 (БТО) поступает к управляющей полости реле давления. Далее процесс торможения происходит аналогично описанному выше.

Разобщительный кран КрРШ8 (БТО) предназначен для защиты тормозной системы электровоза во время его пересылки в недействующем состоянии от накопления сжатого воздуха перед управляющей полостью РД за счет перетечек воздуха через вентиль ВТ (БИ1).

В случае возникновения неисправностей в электропневматической части КВТ предусмотрено пневматическое управление прямодействующим тормозом посредством крана резервного управления КРУ-025Л.

Для перехода на резервное управление необходимо:

- открыть разобщительный кран КН34 (КН35) под правой тумбой машиниста для обеспечения питания крана резервного управления;
- для снятия питания с исполнительного оборудования КВТ отключить автоматический выключатель «КВТ», расположенный в модуле МТО.

Таблица 2

Режим работы КВТ

Режим	ВО	ВТ	ЭПР1	ЭПР2
Отпуск	+	—	+	+
Перекрыша	—	—	+	—
Торможение	—	+	+	+

Условные обозначения: «+» — напряжение на вентиле; «—» — вентиль обесточен

При переходе на управление локомотивным тормозом посредством КРУ воздух из питательной магистрали через разобщительный кран КрРШ2 (БТО) и редуктор Ред1 (БТО) поступает в питательную полость крана КРУ-025Л. После крана резервного управления сжатый воздух, пройдя через блокировку пневматического резервного модуля БПРМ (БТО) и ЭПР1 (БИ1), попадает в управляющую полость РД (БИ1) и далее через импульсную магистраль вспомогательного тормоза описанным выше путем — к тормозным цилиндрам.

Управление пневматическим стояночным тормозом. Пневматический стояночный тормоз с пружинным энергоаккумулятором предназначен для затормаживания электровоза во время стоянки даже в случае отсутствия необходимого давления в тормозных цилиндрах. Стояночным тормозом оборудована каждая ось электровоза.

Управление стояночным тормозом может осуществляться дистанционно при помощи кнопок «СТОЯНОЧНЫЙ ТОРМОЗ ВКЛ.» S1 (S2) и «СТОЯНОЧНЫЙ ТОРМОЗ ВЫКЛ.» S3 (S4), расположенных на поперечной стенке кабины машиниста. Стояночный тормоз можно также привести в действие вручную путем перевода в крайнее верхнее положение толкателя ручного привода блока стояночного тормоза (БУСТ) для затормаживания локомотива, либо переводом в крайнее нижнее положение — для растормаживания.

Исполнительным устройством системы управления стояночным тормозом является блок СУСТ, встроенный в блок БТО. Сжатый воздух из питательной магистрали через разобщительный кран КрРШ9 (БТО), редуктор Ред5 (БТО), БУСТ и переключательный клапан ПК2 (БТО) поступает в цилиндр стояночного тормоза, отжимая при этом пружину энергоаккумулятора. Для затормаживания колесных пар необходимо переводом БУСТ в положение «ЭПВН ВКЛ.» выпустить сжатый воздух из магистрали стояночного тормоза в атмосферу.

На время следования электровоза в недействующем состоянии постоянная расторможенность колесных пар поддерживается за счет запаса сжатого воздуха в группе резервуаров РР2 — РР4, подпитываемой из тормозной магистрали поезда. Запас сжатого воздуха защищен обратным клапаном КО2 (БТО). При этом трехходовой кран КрРШ10 находится в позиции «резерв» и сообщает группу резервуаров с магистралью стояночного тормоза.

Контроль работы стояночного тормоза осуществляется при помощи:

- индикаторов АСТ на блоке индикации;
- манометра МН1, расположенного в кузове электровоза в модуле тормозного оборудования Е-300Т;
- двойных индикаторов торможения, расположенных на боковине рамы кузова в районе средней тележки.

Электровоз ЭП20 оборудован системой блокировки тормозов, обеспечивающей правильное затормаживание локомотива при покидании электровоза или смене кабин управления. В ее состав входят:

- выключатель цепей управления;
- устройство блокировки тормозов.

Для управления устройством блокировки тормозов служит ключ ВЦУ, вставляемый в гнездо выключателя цепей управления SQ1 (SQ2). На каждый электровоз выдается только один ключ на обе кабины. Работа с двумя ключами не допускается!

Ключ ВЦУ имеет три фиксированных положения:

1. первое положение (включено) осуществляется поворотом ключа до упора по часовой стрелке;
2. второе положение (выключено) достигается поворотом ключа из первого положения на 90° против часовой стрелки;
3. третье положение (смена кабин) достигается поворотом ключа еще на 90° против часовой стрелки, при этом ключ вынимается из гнезда.

Для смены кабины управления необходимо:

- в оставляемой кабине произвести полное торможение контроллером крана вспомогательного тормоза ККВТ1 (ККВТ2), а затем выполнить экстренное торможение контроллером крана машиниста ККМ1 (ККМ2);
- после того как в тормозной магистрали давление сжатого воздуха станет ниже 0,09 МПа, а в импульсной магистрали КВТ повысится выше 0,3 МПа, система управления КМ подаст напряжение на вентиль В9 (БЭПП), в результате чего сжатый воздух поступит к пневматической блокировке ВЦУ, разблокировав возможность перевести ключ ВЦУ в положение 3.

Режимы работы ВЦУ приведены в табл. 3.

Схемой предусмотрена возможность отпуска автоматического тормоза электровоза без отпуска тормозов состава. Для этого необходимо после применения служебного торможения нажать клавишу «ОТПУСК ТОРМОЗА», расположенную на блоке сенсорных клавиш S21 (S22). При этом получает питание электропневматический вентиль КЭБ, который открывает выход сжатого воздуха в атмосферу — происходит отпуск тормоза только на электровозе. Для прекращения отпуска тормозов локомотива необходимо произвести повторное нажатие на клавишу «ОТПУСК ТОРМОЗА».

Взаимодействие электрического и пневматического тормозов. Схемой предусмотрено исключение одновременного действия на электровозе электрического и автоматического пневматического торможения. Для этого используется клапан КЭБ (БТО). При включении электрического торможения подается напряжение на катушку вентиля ЭПВН5 клапана КЭБ (БТО), и клапан перекрывает проход сжатого воздуха из воздухораспределителя в тормозные цилиндры. При этом имеющийся в тормозных цилиндрах сжатый воздух выходит в атмосферу через переключательный орган (ПО) клапана КЭБ (БТО) и РД1 — РД3 (БИО).

Таблица 3

Режим работы выключателя цепей управления

Положение ручки ВЦУ	Устройство блокировки тормозов		
	В1	В2	В9
I	+	—	—
II	—	+	+
III	—	—	—

Условные обозначения: «+» — напряжение на вентиле; «—» — вентиль обесточен

Таблица 4

Рабочие положения разобщительных кранов

Режим работы электровоза			КНК1	КНК2	КНК3	КНК4	КрРШ1 (МТО)	КрРШ2 (МТО)	КрРШ5 — КрРШ8 (МТО), КрРШ9 (МТО),* КрРШ1 (БПО)*, КН20, КН21 (ЭЛ), КН40 — КН43 (ЭЛ), КН34, КН35 (ЭЛ), КН14, КН15 (ЭЛ)	КрРШ9 (БТО), КрРШ1 — КрРШ3 (БИО), КрРШ6 — КрРШ8 (БИО), КрРШ2 (БПО)*, КрРШ3 (МТО), КН1(ЭЛ), (КН2 — КН13) (ЭЛ)*, (КН16 — КН19) (ЭЛ)*, (КН31 — КН33) (ЭЛ)*, (КН36 — КН38) (ЭЛ)*, (КН22 — КН24) (ЭЛ)*, КН51, КН52 (ЭЛ), КН (БМК3)*, КНБ1 (А9)*, КНБ1 (А10)*, КрРШ10 (МТО)*	КрРШ5 (БИО), КрРШ2 — КрРШ7 (БТО), КрРШ (БИ1), КрРШ (БИ2), КН50 (ЭЛ)*	КрРШ8 (БТО), КрРШ10 (БТО), КрРШ4 (БИО), КрРШ9 (БИО)
Движение с составом			–	–	–	+	+	+	–	+	+	–
Движение резервом			–	–	–	–	+	+	–	+	+	–
Пересылка в недействующем состоянии	сплотками и в составе грузовых поездов		–	–	+	+	–	–	–	+	–	+
	в составе пассажирского поезда	вагоны которого имеют ПМ	+	+	+	+	–	–	–	+	–	+
		вагоны которого не имеют ПМ	–	–	+	+	–	–	–	+	–	+

Условные обозначения: «+» — кран открыт; «—» — кран закрыт; «*» — кран на схеме не показан.
Примечание. В скобках указан блок, в котором размещен данный разобщительный кран; «ЭЛ» — разобщительный кран расположен в кузове электровоза вне блоков комплекта тормозного оборудования; «МТО» — разобщительный кран расположен в модуле тормозного оборудования вне какого-либо блока

Схемой предусмотрена возможность применения вспомогательного тормоза во время действия электрического торможения до давления в тормозных цилиндрах в диапазоне от 0,13 до 0,15 МПа. При достижении указанного давления электрическое торможение автоматически отключается. Это же конструктивное решение обеспечивает возможность затормаживания электровоза вспомогательным тормозом при неисправностях электроблокировочного клапана КЭБ (БТО).

Если при движении электровоза в режиме электрического торможения произойдет разбор электрической схемы торможения, то автоматически включится замещение электрического торможения пневматическим с давлением в тормозных цилиндрах, соответствующим тормозному усилию электродинамического тормоза на момент разбора схемы. Важно помнить, что электродинамический тормоз электровоза значительно мощнее пневматического, поэтому в случае, если величина тормозного усилия электродинамического тормоза на момент срыва превышала максимально возможное усилие пневматического тормоза, система замещения наполнит тормозные цилиндры локомотива максимальным давлением.

Принцип действия схемы адекватного замещения заключается в следующем. Сжатый воздух из питательной магистрали через разобщительный кран КрРШ5 (БТО) и редуктор Ред4 (БТО) поступает к вентилям торможения и отпуска. Система управления электровоза по определенному алгоритму воздействует на вентили отпуска ВО (БТО) и торможения ВТ (БТО), плавно повышая давление в тормозных цилиндрах до величины, равной тормозному усилию, создаваемому электрическим тормозом в момент его срыва. Далее сжатый воздух от вентилей ВТ и ВО поступает на переключательный клапан ПК3 (БТО) и в управляющую полость реле давления РД1 — РД3 (БТО). Затем процесс наполнения тормозных цилиндров происходит описанным выше путем.

Движение электровоза в недействующем состоянии. Для перевода тормозного оборудования электровоза в режим недействующего состояния необходимо выполнить действия в следующей последовательности:

① закрыть разобщительные краны КрРШ1, КрРШ2 (МТО) и КрРШ (БИ2) для отключения крана машиниста и исполнительного оборудования электропневматического клапана автостопа от тормозной и питательной магистралей;

② закрыть разобщительный кран КрРШ5 (БИО) для предотвращения расхода сжатого воздуха из тормозной магистрали на наполнение питательной магистрали локомотива;

③ открыть разобщительные краны КрРШ6 — КрРШ8 (МТО), выпустить сжатый воздух из питательных резервуаров ПР1 — ПР3, после чего их закрыть;

④ установить трехходовой кран КрРШ9 (БИО) в положение ограничения давления в тормозных цилиндрах при движении в недействующем состоянии; в данном положении ручка разобщительного крана должна находиться параллельно проходному коридору;

⑤ для обеспечения наполнения питательных резервуаров и запасных резервуаров стояночного тормоза из тормозной магистрали открыть разобщительный кран КрРШ4 (БИО), ручка разобщительного крана должна находиться в горизонтальном положении;

⑥ установить толкатель ручного привода блока стояночного тормоза в положение включения (крайнее верхнее положение);

⑦ перевести стояночный тормоз в режим движения в недействующем состоянии; для этого нужно установить ручку трехходового крана КрРШ10 (БТО) в положение, перпендикулярное плите тормозного оборудования;

⑧ для предотвращения наполнения тормозных цилиндров от перетекания сжатого воздуха через исполнительное оборудование крана вспомогательного тормоза открыть разобщительный кран КрРШ8 (БТО), ручка разобщительного крана должна находиться в горизонтальном положении;

⑨ проверить положение остальных разобщительных кранов (см. табл. 4).

Положения разобщительных кранов для подготовки электровоза к движению в различных режимах указаны в табл. 4.

Дополнительные функции системы тормоза. Для осуществления торможения экстренным темпом при возникновении аварийной ситуации на электровозе предусмотрены клапаны аварийно-экстренного торможения КАЭТ1/У35 — КАЭТ4/У38, установленные на пульте машиниста и помощника. При нажатии на кнопку клапана происходит сообщение тормозной магистрали с атмосферой и прекращение питания магистрали, что приводит к экстренному торможению. Так же при нажатии на данный клапан происходит выключение из работы системы противоюзной защиты.

Электровоз оборудован двухступенчатой системой автоматического торможения. Для торможения «высокой» ступенью давления предусмотрены редуктор Ред2 (БТО) и управляющий электропневматический клапан ЭПВН1 (БТО). Воздух из питательной магистрали через разобщительный кран КрРШ3 (БТО), редуктор Ред2 и электропневматический клапан ЭПВН1 поступает к переключательному клапану ПК1 и через него описанным выше путем — к тормозным цилиндрам.

Во избежание движения электровоза с неполностью выпущенным сжатым воздухом из тормозных цилиндров предусмотрена сигнализация на блоке индикации, информирующая машиниста об остаточном давлении (неотпуск тормоза) в тормозных цилиндрах каждой тележки. Сигнальный индикатор горит до понижения давления в цилиндрах ниже 0,03 МПа ± 0,01 МПа.

Электровоз оборудован устройством автоматического торможения при проезде запрещающих сигналов светофора. Для этого в пневматическую схему включен электропневматический клапан автостопа ЭПК-151Д. Данное устройство обеспечивает сброс сжатого воздуха из тормозной магистрали при нарушении правил проезда сигналов светофора темпом экстренного торможения, что приводит к срабатыванию автоматических пневматических тормозов.

Электропневматический клапан КЭ предназначен для приведения в действие автоматического пневматического тормоза электровоза и состава темпом экстренного торможения по команде диспетчера независимо от действий машиниста.

Комплекс процессорного противоюзного устройства предназначен для предотвращения юза и исключения блокировки колесных пар при торможении, чем достигается защита поверхности катания колесных пар от повреждений, повышения безопасности движения, увеличения эффективности торможения. Исполнительным органом противоюзной системы являются клапаны У51 — У56, установленные на каждой колесной паре электровоза.

На каждом колесе локомотива установлена система питания блоков восстановления поверхности катания. Сжатый воздух из питательной магистрали через разобщительный кран КрРШ4 (БТО), редуктор Ред3 (БТО) и управляющий клапан ЭПВН2 (БТО) поступает к колодочно-очищающим блокам каждого колеса электровоза.

По материалам ЗАО «Трансмашхолдинг»

ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ТЕПЛОВОЗА

(Продолжение цикла статей. Начало см. «Локомотив» № 8 — 12, 2015 г.; № 1 — 9, 2016 г.)

Часть 12. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ ЛОКОМОТИВОВ

(Продолжение части 12. Начало см. № 9, 2016 г.)

12.2. ТЯГОВЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ ТЕПЛОВОЗОВ

Тяговые электродвигатели служат для преобразования электрической энергии в механическую, передаваемую затем с помощью специальных устройств на ведущие колесные пары локомотива.

Классификация тяговых электродвигателей. Тяговые электродвигатели локомотивов классифицируют по ряду признаков, а именно: по способу питания, конструктивному исполнению, по типу привода колесных пар и роду тока.

Электродвигатели различают по способу питания электрической энергией: от тягового генератора (на тепловозах), от контактного провода или от тяговых аккумуляторных батарей (на электровозах и тяговых агрегатах).

Если тяговый электродвигатель осуществляет механический привод одной оси, то это *индивидуальный* привод, нескольких осей — *групповой* привод. Наибольшее применение на локомотивах с электрическим приводом колесных пар стран мира получил индивидуальный привод. Однако в ряде стран, например, во Франции, серийно строились тепловозы и электровозы с групповым приводом колесных пар.

В нашей стране в середине 70-х годов прошлого века на Людиновском тепловозостроительном заводе (ныне ОАО «Людиновотепловоз») также был построен опытный тепловоз ТЭМ12 мощностью 880 кВт (1200 л.с.), который имел групповой привод колесных пар. На четырехосном тепловозе ТЭМ12 были установлены два электродвигателя типа ЭД121, по одному на тележку. Якори обоих двигателей ЭД121 были соединены между собой и с колесными парами тепловоза посредством карданных валов и осевых редукторов по схеме, похожей на тяговый привод колесных пар тепловоза ТГМ6 с гидропередачей.

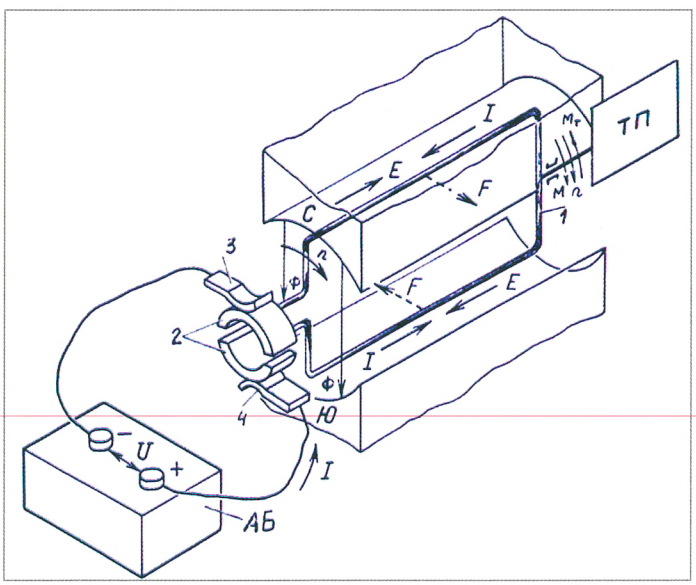


Рис. 1. Схема устройства простейшего электродвигателя постоянного тока:
1 — рамка (виток); 2 — контактные полукольца; 3, 4 — щетки; С, Ю — постоянные магниты; АБ — аккумуляторная батарея; ТП — тяговый привод

В зависимости от рода тока, подводимого к двигателю, различают тяговые электродвигатели постоянного тока (ТЭД) и переменного (ТАД). В свою очередь, тяговые электродвигатели переменного тока подразделяются на асинхронные и вентильные. Асинхронные ТАД получили наибольшее распространение на локомотивах и применены на серийных магистральных тепловозах с передачей переменного тока 2ТЭ25А и 2ТЭ25АМ, а также на опытных тепловозах ТЭ120 и ТЭМ21.

Вентильные (синхронные) ТАД переменного тока по принципу действия подобны коллекторным машинам постоянного тока. Вместо коллектора на них используется система силовых управляемых вентилей (полупроводников) преобразовательной установки, которые служат для преобразования тока (как коллектор) и управления режимами работы ТАД и локомотива в целом. Вентильные ТАД применены на электровозах переменного тока ВЛ80В, ЭП200.

Принцип работы двигателей постоянного тока. Как уже отмечалось ранее (см. «Локомотив» № 9, 2016 г.), все электрические машины постоянного тока обладают свойствами обратимости и без особого изменения конструкции могут работать в генераторном или двигательном режиме. Поэтому, если сравнить устройство простейшего генератора и электродвигателя, то можно найти много общего.

Устройство простейшего электродвигателя показано на рис. 1. Магнитное поле с магнитным потоком Ф создается постоянными магнитами разной полярности С и Ю. В магнитном поле Ф находится металлическая рамка 1. Если к рамке 1, состоящей из двух проводников, с помощью щеток 3 и 4 и двух полуколец 2 подвести электрическую энергию постоянного тока I, например, от аккумуляторной батареи АБ, то на каждый проводник с током в соответствии с законом Ампера будет действовать электромеханическая сила F, стремящаяся вытолкнуть их из магнитного поля.

Направление действия этой силы F и движения проводника с током определяется правилом левой руки, в соответствии с которым: *на проводник, находящийся под полюсом Ю, действует сила F (влево), а на проводник под полюсом С — сила F, имеющая противоположное направление действия*. Эти две силы F создают так называемый электромагнитный момент М, под действием которого рамка будет вращаться по часовой стрелке (см. рис. 1) и обеспечивать привод какого-либо устройства ТП, например, колесной пары локомотива.

Как уже отмечалось, в реальных конструкциях тяговых электрических машин постоянного тока для создания магнитного потока Ф вместо постоянных магнитов применяют специальные катушки (обмотки) возбуждения, изготовленные из медного провода или шинной меди, которые размещают на стальных сердечниках полюсов. Функции рамки с током в ТЭД выполняет якорь с обмоткой, витки которой соединяют с пластинами коллектора.

Возникает вопрос: на преодоление каких сил сопротивления при работе ТЭД расходуются сотни киловатт электрической энергии, поступающей с зажимов тягового генератора или выпрямительной установки локомотива?

В связи с тем, что проводники рамки (якоря) будут пересекать магнитные силовые линии магнитного потока Ф, согласно закону электромагнитной индукции (закону Фарадея) в проводниках рамки будет индуктироваться (наводиться) ЭДС самоиндукции Е. Величина Е двигателя прямо пропорциональна магнитному потоку

Ф, частоте вращения рамки (якоря) n и некой магнитной постоянной (коэффициенту) c_e, т.е. $E = c_e \cdot n \cdot Ф$. При вращении витка 1 с помощью полуколец 2 обеспечивается переключение направления тока в проводниках таким образом, что электромагнитные силы F, приложенные к верхнему и нижнему (см. рис. 1) проводникам рамки, будут сохранять свои направления действия, чем, в итоге, и обеспечивается постоянство направления вращения якоря ТЭД (величин M и n).

Напряжение $U_{тэд}$, подводимое к двигателю, создает ток I в рамке (обмотке якоря), а величина ЭДС самоиндукции E препятствует протеканию тока, так как в соответствии с правилом правой руки E направлена навстречу подводимому напряжению. Другими словами, одним из условий работы электрической машины в двигательном режиме является выполнение следующего требования: подводимое к ТЭД напряжение $U_{тэд}$ должно всегда превосходить величину ЭДС самоиндукции E. То есть необходимо соблюдение неравенства $U_{тэд} > E$, или $U_{тэд} = E + \Delta U$, где ΔU — потери напряжения в обмотках электродвигателя сопротивлением $R_я$, которые в соответствии с законом Ома равны $\Delta U = I \cdot R_я$.

Чем больше электрическая мощность генератора и, соответственно, подводимое к ТЭД напряжение $U_{тэд}$, тем быстрее вращаются якорь двигателя и колесные пары (при постоянстве сопротивления движению) и увеличивается величина ЭДС самоиндукции E, на преодоление которой и затрачивается напряжение. Значит, именно на преодоление ЭДС самоиндукции E и расходуются сотни киловатт электрической энергии, вырабатываемой тяговым генератором тепловоза. В принципе, для ТЭД локомотива может быть справедливо и другое объяснение: мощность его тяговых двигателей, имеющих жесткую механическую связь с колесными парами локомотива, затрачивается на преодоление сил сопротивления движению поезда.

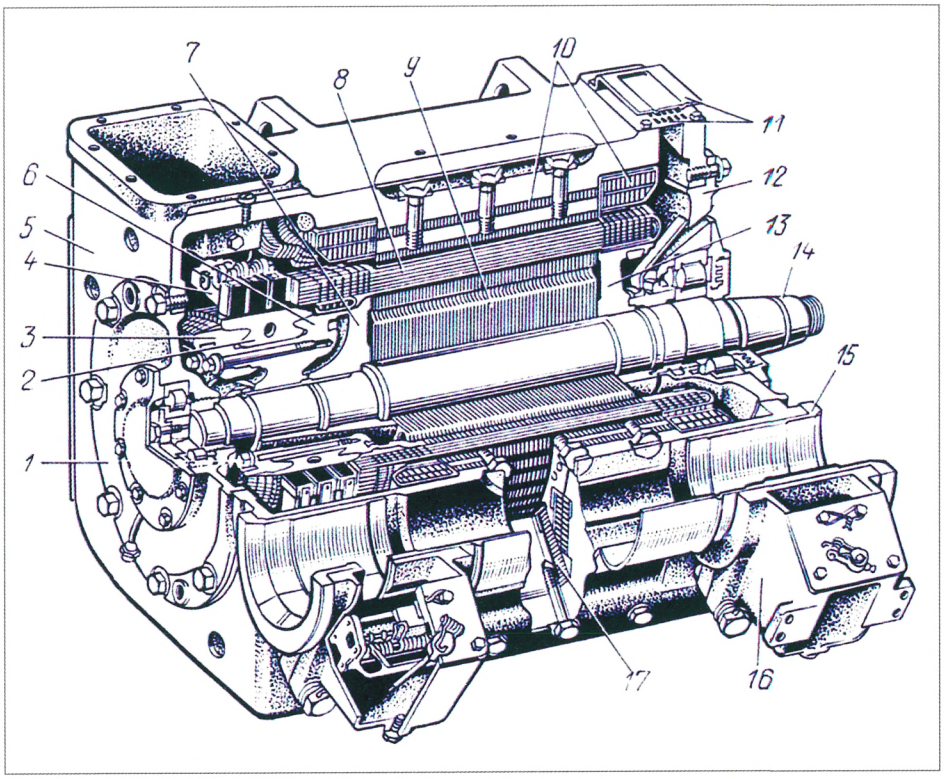


Рис. 2. Тяговый электродвигатель ЭД118А постоянного тока:
1 — передний подшипниковый щит; 2 — коллекторная пластина; 3 — нажимной конус; 4 — щеткодержатель со щетками; 5 — остов; 6 — корпус коллектора; 7 — передняя нажимная шайба; 8 — обмотка якоря; 9 — сердечник якоря; 10 — сердечник и катушка возбуждения главного полюса; 11 — защитный козырек; 12 — задний подшипниковый щит; 13 — задняя нажимная шайба; 14 — вал якоря; 15 — моторно-осевой подшипник; 16 — крышка моторно-осевого подшипника; 17 — добавочный полюс

Сформулируем основные условия, при выполнении которых электрическая машина постоянного тока способна работать в двигательном режиме:

⇨ создание магнитного потока Ф постоянными магнитами или катушками возбуждения, питаемыми от источника постоянного тока;

⇨ подведение к якорю извне электрической энергии постоянного тока напряжением U, величина которого должна быть больше ЭДС самоиндукции E; направления тока I и ЭДС E всегда противоположны;

⇨ совпадение по направлению величин электромагнитного момента M и частоты вращения якоря n.

В целом, можно отметить, что отличия в принципах работы простейшего двигателя и генератора заключаются только во взаимном направлении ЭДС E, тока I, электромагнитного момента M и частоты вращения якоря n.

Особенности устройства тепловозных тяговых электродвигателей постоянного тока. По конструкции, характеристикам и, что особенно важно, по условиям эксплуатации ТЭД тепловозов заметно отличаются от тяговых генераторов и электрических машин общего назначения.

ТЭД локомотивов работают в крайне неблагоприятных для электрических машин условиях, а именно: при движении тепловоза происходят увлажнение и загрязнение рабочих поверхностей изоляции, а также электрических контактов из-за попадания внутрь двигателя воды, снега и пыли; возникают высокие перегрузки и перепады температур обмоток, особенно в зимнее время, а также механическое воздействие (большие ударные нагрузки и вибрация) от неровностей пути и др. Не случайно, что именно тяжелые условия эксплуатации и недостаточное качество ремонта ТЭД часто являются причинами отказов и порч тепловозов в пути следования.

Устройство ТЭД рассмотрим на примере двигателя постоянного тока ЭД118А, который применяется на серийных грузовых тепловозах 2М62У, 2ТЭ10В, 3ТЭ10М, 2ТЭ116 и др.

Основными узлами двигателя ЭД118А являются (рис. 2) неподвижный остов 5, закрытый подшипниковыми щитами 1, 12, и вращающийся якорь 9 с обмотками 8, соединенный с помощью тягового редуктора с колесной парой тепловоза.

Внутри остова 5, поперечное сечение которого — неправильный восьмигранник, закреплены четыре главных 10 и четыре добавочных 17 полюса. Сердечники главных полюсов 10 набраны из отдельных стальных листов толщиной 2 мм, на них размещаются обмотки возбуждения, изготовленные из шинной меди сечением 8×25 мм. Как и в конструкциях тяговых генераторов постоянного тока, главные полюсы с катушками предназначены для создания магнитного поля (потока) Ф возбуждения в ТЭД.

Добавочные полюсы 17 изготавливают из толстостенного проката. Их назначение — улучшение условий коммутации ТЭД. Катушки добавочных полюсов выполнены также из шинной меди сечением 6×30 мм.

Магнитная система двигателя ЭД118А включает в себя остов 5, главные 10 и добавочные 17 полюса с обмотками.

Якорь двигателя состоит из сердечника 9, вала 14, обмотки 8 и коллектора 6. Сердечник 9 якоря для уменьшения действия вихревых токов набран из тонких листов (толщиной 0,5 мм) электротехнической стали, покрытых лаком. Вал 14 якоря опирается на два роликовых (якорных) подшипника, запрессованных в ступицы переднего 1 и заднего 12 подшипниковых щитов. На один конец вала 14, который выведен из остова 5, со стороны подшипникового щита 12 напрессована шестерня тягового редуктора (на рис. 2 не показана).

Обмотка якоря 8 состоит из изолированных витков медного провода. Выводы петлевой обмотки якоря впаяны в петушки коллекторных пластин 2.

Двигатель ЭД118А оборудован четырьмя щеткодержателями 4, в каждом из которых размещены по три разрезных щетки.

Свойства тяговых электродвигателей постоянного тока. Свойства электродвигателей постоянного тока определяются, преимущественно, способом включения обмотки возбуждения по отношению к их обмотке якоря.

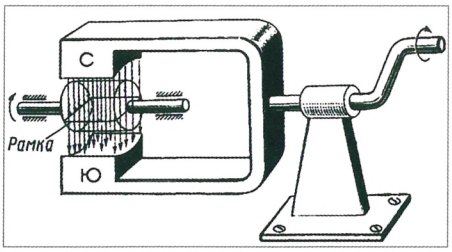


Рис. 3. Схема простейшей асинхронной электромашины переменного тока с вращающимся магнитным полем

В технике и на локомотивах нашли применение электродвигатели постоянного тока со следующими системами возбуждения: последовательным; параллельным; смешанным; независимым (от постороннего источника электрической энергии).

На подавляющем большинстве серий тепловозов с электрической передачей и электровозах применяют *последовательное* включение обмотки возбуждения с обмоткой якоря ТЭД.

Для того чтобы ответить на вопрос: почему система последовательного возбуждения оказалась предпочтительнее для локомотивной тяги, рассмотрим основные свойства ТЭД постоянного тока.

Вращающий электромагнитный момент ТЭД $M_{тэд}$ прямо пропорционален величинам силы тока якоря I и магнитного потока Ф, т.е. $M_{тэд} = c_м \cdot I \cdot Ф$, где $c_м$ — постоянный коэффициент для каждого типа ТЭД. При движении локомотива с поездом величина $M_{тэд}$ равна моменту сопротивления $M_т$, величина которого определяется профилем железнодорожного пути (силами сопротивления движению поезда). Чем больше сопротивление движению поезда, тем больше должна быть величина вращающего момента $M_{тэд}$, создаваемого на якорях ТЭД, и, соответственно, сила тяги на ободе колес локомотива, иначе поезд будет замедлять свое движение и может остановиться.

Частота вращения якоря двигателя n прямо пропорциональна подводимому напряжению $U_{тэд}$ и обратно пропорциональна величине Ф, об/мин:

$$n = \frac{E}{c_e Ф} = \frac{U_{тэд} - I\sum R_я}{c_e Ф}, \quad (1)$$

где $U_{тэд}$ -— напряжение, подводимое к двигателю, В;
I — сила тока якоря двигателя, А;
$R_я$ — суммарное сопротивление обмоток якоря, Ом;
Ф — магнитный поток двигателя, Вб;
c_e — магнитная постоянная.

Из уравнения (1) следует: чем больше подводимое к ТЭД напряжение $U_{тэд}$ и меньше величина магнитного потока Ф, тем выше частота вращения якоря ТЭД и, соответственно, колесных пар локомотива.

Коэффициентом полезного действия η двигателя называют отношение полезной мощности к затраченной. Видимо, полезная мощность — это та механическая энергия, которая передается от ТЭД к колесной паре посредством тягового редуктора, а затрачиваемая — электрическая энергия, подводимая к двигателю от генератора или выпрямительной установки тепловоза. КПД тяговых электрических двигателей тепловозов достигает 92 %. Это означает, что примерно 8 % электрической мощности расходуется на магнитные, механические (в подшипниках и на трение щеток о коллектор) и электрические потери в самом двигателе.

Вернемся к вопросу: какая из вышеперечисленных систем возбуждения ТЭД наиболее полно отвечает требованиям, предъявленным к тяговой электрической передаче тепловоза?

При трогании с места и разгоне локомотива его тяговые электродвигатели должны создавать наибольший вращающий момент $M_{тэд}$ и, соответственно, силу тяги $F_к$. ЭДС Е на этом режиме работы ТЭД имеет минимальное значение, так как зависит от частоты вращения якоря, а сила тока I в обмотках якоря ТЭД, наоборот, окажется близкой к наибольшему значению. В ТЭД с последовательным возбуждением ток возбуждения $i_в$ равен току обмоток якоря I, следовательно, величина магнитного потока Ф двигателя при разгоне достигает также наибольшего значения.

Учитывая то обстоятельство, что величина магнитного потока Ф, в основном, зависит от силы тока возбуждения $i_в$, можно сделать вывод, что для ТЭД с последовательным возбуждением величина вращающего момента $M_{тэд}$, которая пропорциональна квадрату силы тока якоря I^2 ($M_{тэд} \equiv I^2$), будет наибольшей по сравнению с другими системами возбуждения, как и значение силы тяги $F_к$ на колесных парах локомотива, так как $F_к \equiv M_{тэд}/R_к$, где $R_к$ — радиус колеса колесных пар. Соответственно, тепловоз с ТЭД с последовательным возбуждением будет иметь наилучшие разгонные качества и тяговые свойства.

Можно отметить, что ТЭД с последовательным возбуждением лучше переносят перегрузки. Поэтому ТЭД с такой системой возбуждения применяют в тяжелых условиях пуска и разгона, что, собственно, и характеризует условия трогания с места и разгона тепловозов с составом.

Можно также отметить, что ТЭД с последовательным возбуждением более приспособлены к перегрузкам по сравнению с ТЭД с другими системами возбуждения, что очень важно при их работе в качестве приводов колесных пар тепловозов с электрической передачей, электровозов, а также грузоподъемных механизмов (лифты, краны и др.)

К достоинствам ТЭД с последовательным возбуждением также нужно отнести и то обстоятельство, что они обеспечивают более равномерное распределение нагрузок на каждый двигатель в случаях неравномерного износа бандажей колесных пар и появления заметной разницы в диаметрах круга их катания. При заметной разнице диаметров колес колесных пар и расхождении электромеханических характеристик ТЭД одной тележки или тепловоза возникает неравенство сил тяги, создаваемых различными колесными парами при взаимодействии с рельсами. Эти обстоятельства повышают вероятность возникновения боксования тех колесных пар локомотива, на которых реализуются бóльшие значения силы тяги. Разница в диаметрах колес также негативно сказывается на реализации тормозной силы, создаваемой тормозными средствами самого локомотива.

Недостатком двигателей с последовательным возбуждением является то, что при малых внешних нагрузках (например, при движении локомотива в режиме тяги на спуске) величина магнитного потока Ф заметно уменьшается, а частота вращения наоборот гипотетически может сильно вырасти, т.е. двигатель может пойти вразнос. Для исключения этого явления колесные пары тепловоза жестко соединены с якорем ТЭД постоянного тока через тяговый редуктор.

Необходимо отметить, что на некоторых сериях современных тепловозов и электровозов стали применять независимую систему возбуждения ТЭД, когда обмотка возбуждения статора питается от постороннего источника постоянного тока. Двигатели с независимым возбуждением имеют жесткую электротяговую характеристику, т.е. зависимость V = f(I) представляет собою почти горизонтальную линию. Это означает, что скорость движения локомотива с поездом может быть практически постоянной на любом по трудности элементе профиля.

В целом применение независимой системы позволяет оптимизировать характеристики ТЭД постоянного тока и получить более высокие тяговые свойства локомотива с электрическим приводом колесных пар. Однако при этом значительно усложняется система регулирования тока возбуждения ТЭД.

Принцип работы асинхронного электрического двигателя переменного тока. Асинхронные электрические двигатели переменного тока получили широкое применение в самых различных отраслях техники, в том числе на локомотивах, прежде всего благодаря простоте устройства и надежности. Электродвигатели переменного тока, как и двигатели постоянного тока, предназначены для преобразования электрической энергии в механическую. Однако в способах осуществления этого принципа в электродвигателях двух типов имеются существенные различия. Так, в электродвигателях переменного тока используется *вращающееся магнитное поле*. Наиболее простой и наглядный способ получения вращающегося магнитного поля в электрической машине — вращать два постоянных магнита различной полярности (С, Ю), например, с помощью рукоятки (рис. 3).

Если во вращающееся магнитное поле поместить проводник, выполненный в виде замкнутой рамки из медной проволоки на оси, т.е. ротор, то по закону Фарадея магнитный поток, пересекая рабочие стороны рамки, будет индуктировать в них ЭДС Е, как в любом электрическом генераторе, и по замкнутой рамке пойдет переменный синусоидальный электрический ток I. Необходимо отметить, что оси вращения магнитного потока и рамки должны совпадать. В соответствии с законом Ампера на рамку с током начнет действовать электромагнитный момент, который обеспечит вращение рамки (ротора). В результате мы получили конструкцию простейшей электромашины переменного тока, правда, которая не получает электрической энергии от внешнего источника.

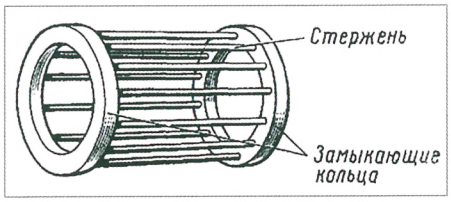


Рис. 4. Схема обмотки короткозамкнутого ротора типа «беличье колесо»

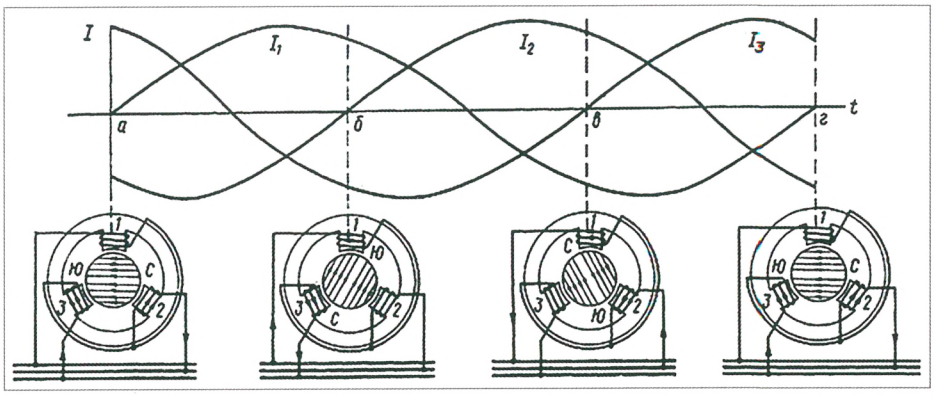


Рис. 5. Схема образования вращающегося магнитного поля в трехфазном асинхронном электродвигателе

Частота вращения рамки (ротора) n_2 такой электромашины (см. рис. 3) будет несколько меньше частоты вращения n_1 магнитного поля. При равенстве частот вращения ротора и магнитов магнитное поле не будет пересекать проводники рамки, исчезнет ток в витках, являющийся причиной вращения ротора. Поэтому ротор и магнитное поле вращаются не с одинаковой частотой, или, как говорят, вращаются несинхронно (асинхронно).

Электрические машины, работающие по рассмотренному принципу, получили название *асинхронные*. Само слово «асинхронный» образовано с помощью приставки «а», используемой в иностранных, преимущественно греческого происхождения, словах, выражающей отрицание или отсутствие какого-либо качества. Соответственно, в асинхронном двигателе отсутствует качество синхронного вращения магнитного поля и ротора.

Для характеристики отставания частоты вращения ротора двигателя n_2 от частоты вращения магнитного поля n_1 используется безразмерный параметр — скольжение, который обычно выражают в процентах:

$$s = (n_1 - n_2)\cdot 100/n_1. \qquad (2)$$

Наличие скольжения, т.е. разница частот вращения магнитного поля и ротора является *необходимым условием* возникновения на роторе асинхронной электромашины электромагнитного момента. При отсутствии скольжения (s = 0) асинхронная электромашина прекращает свою работу. Следует отметить, что назвать такую электромашину, схема которой представлена на рис. 1, электродвигателем, видимо, нельзя, так как для ее работы необходимо использование не электрической энергии тока, а механической энергии вращения постоянных магнитов.

Перейдем к рассмотрению принципа работы собственно асинхронного двигателя переменного тока. Вращающееся магнитное поле асинхронного двигателя может быть получено с помощью многофазного, например, трехфазного тока. Такие двигатели получили название трехфазные. Трехфазные асинхронные двигатели (АД) состоят из двух основных частей: неподвижного статора, обмотки которого подключены к источнику трехфазного электрического тока, и вращающегося ротора с обмоткой. Статор АД состоит из следующих частей: литого остова, сердечника и полюсов с обмотками статора (катушек). В отличие от ТЭД постоянного тока сердечник статора АД выполняют из отдельных листов электротехнической стали, изолированных один от другого. В результате уменьшаются потери в магнитной системе от вредного воздействия вихревых токов. В листах сердечника статора имеются пазы, в которых размещают обмотки статора.

Для повышения эксплуатационной надежности АД обычно цилиндрический сердечник запрессовывают в литой остов. На полюсах стального сердечника статора кольцевой формы, который является магнитопроводом, размещены три обмотки (катушки), смещенные последовательно на угол в 120°. Обычно статорная обмотка проектируется таким образом, что токи, протекающие по обмоткам отдельных фаз, создают единое вращающееся магнитное поле, изменяющееся по закону синуса. Таким образом, статор обеспечивает сложение магнитных полей отдельных фаз обмоток статора и образование результирующего магнитного поля.

Ротор размещается внутри статора АД на подшипниковых узлах, расположенных в крышках остова двигателя. Ротор АД состоит из сердечника, который изготавливают из штампованных листов электротехнической стали, и обмотки. Обмотка ротора укладывается в пазы сердечника. В зависимости от типа обмотки ротора асинхронные электродвигатели разделяются на двигатели с *короткозамкнутым* ротором и *фазным* ротором. Простейшим является короткозамкнутый ротор. Короткозамкнутая обмотка выполняется из медных стержней, соединенных по торцам медными замыкающими кольцами (рис. 4). Такого типа обмотка получила название «беличьего колеса». Медные стержни нет необходимости изолировать в пазах.

Рассмотрим принцип образования вращающегося магнитного поля в трехфазном асинхронном электродвигателе (рис. 5). Подключим три катушки (фазы) статора (на рис. 5 фазы обмотки статора обозначены цифрами 1, 2, 3) к источнику переменного трехфазного тока по схеме, представленной на рис. 5. Более подробно проанализируем процесс изменения силы переменного тока I и величины магнитного потока Ф в зависимости от времени t в каждой фазе. По аналогии с генераторами переменного тока, начало фазы в трехфазном асинхронном электродвигателе принято обозначать заглавными буквами начала латинского алфавита (A, B, C), а конец фазы — заглавными буквами окончания того же алфавита (X, Y, Z) соответственно. Условно считается, если ток направлен от начала катушки к ее концу, например, A — X, то ток положительный, наоборот — отрицательный.

Направления токов в обмотках фаз двигателя обозначают точками (к нам) и крестиками (от нас). Как видно из графиков изменения силы переменного тока I в зависимости от времени t в каждой фазе статора, в положении «а» ток в фазе 1 будет равен 0, т.е. $I_1 = 0$, во второй фазе I_2 — отрицателен, в третьей I_3 — положителен. Следовательно, по катушке 1 ток проходить не будет, в катушке 2 он будет направлен от конца Y к началу B, а в катушке 3 — от начала C к концу Z.

Если с помощью правила правой руки определить направление магнитного потока, то в положении «а» северным полюсом С окажется конец сердечника катушки 2, а южным Ю — конец сердечника катушки 3. Направление магнитных силовых линий внутри статора АД будет горизонтальным (на рис. 5 направление Ф показано стрелками). Через $^1/_3$ периода (120°, положение «б») ток I_1 будет положителен, I_3 — отрицателен, а $I_2 = 0$. Созданное катушками 1 и 3 магнитное поле повернется на 120° и изменит свое направление: северным полюсом станет катушка 3, а южным — катушка 1. В положении «в» магнитное поле повернется еще на 120° и вновь изменит свое направление: северным полюсом станет катушка 1, южным — катушка 2. В положении «г» (через 360°) магнитный поток будет иметь то же направление, что и в положении «а».

Таким образом, при питании трех катушек, сдвинутых на угол 120° относительно друг друга, трехфазным переменным током мы получим двухполюсное вращающееся магнитное поле с постоянной частотой вращения n = f/p, где f — частота тока; p — число пар полюсов (в данном случае p = 1). Следовательно, частота вращения двухполюсного магнитного поля статора АД, представленного на рис. 5, равна частоте тока, а за один период изменения переменного тока магнитный поток сделает полный оборот. Под действием магнитного поля почти на оборот (с учетом скольжения) повернется и ротор АД. Если статор АД оборудовать, например, шестью катушками, то образуются два магнитных потока, девятью — три потока.

В общем случае, частота вращения ротора АД, с учетом относительного скольжения s, будет выражена следующим равенством, об/мин:

$$n_p = (60\cdot f/p)\cdot(1 - s), \qquad (3)$$

где f — частота трехфазного тока, Гц;

p — число пар полюсов статора.

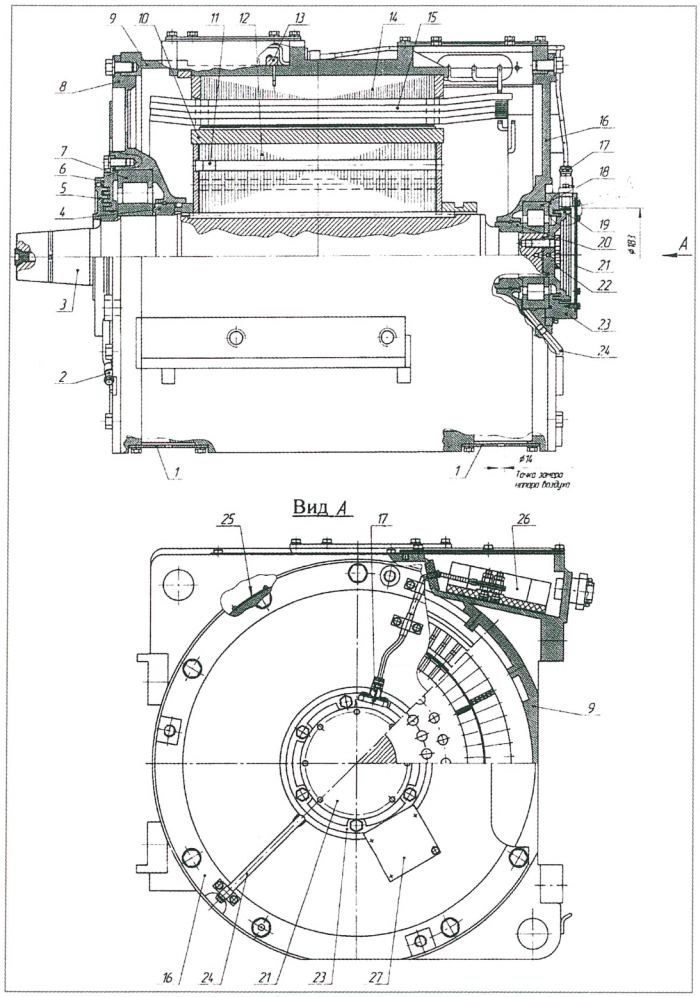


Рис. 6. Асинхронный тяговый электродвигатель АД917УХЛ переменного тока:
1 — крышка; 2 — трубка для подачи смазки; 3 — вал; 4 — кольцо; 5 — уплотнительное кольцо; 6 — крышка подшипника; 7 — роликовый подшипник; 8 — подшипниковый щит; 9 — корпус статора; 10 — стержень; 11 — балансировочный груз; 12 — шихтованный ротор; 13 — датчик температуры; 14 — листы стопорные; 15 — катушка; 16 — подшипниковый щит; 17 — датчик частоты вращения;18 — роликовый подшипник; 19 — упор; 20 — кольцо; 21 — крышка; 22 — шайба; 23 — крышка подшипника; 24 — трубка для подачи смазки; 25 — табличка; 26 — коробка выводов; 27 — крышка

Особенности устройства тепловозных тяговых электродвигателей переменного тока. Устройство тяговых электродвигателей переменного тока (ТАД) рассмотрим на примере асинхронного двигателя переменного тока АД917УХЛ номинальной мощностью 350 кВт, который устанавливают на серийные грузовые тепловозы серий 2ТЭ25А и 2ТЭ25АМ с электрической передачей переменного тока. Тяговый двигатель АД917УХЛ, но уже мощностью 470 кВт, в перспективе предполагается устанавливать на грузовые тепловозы серии 2ТЭ35А мощностью 2х3500 кВт. Эти тепловозные ТАД имеют опорно-осевое маятниковое подвешивание и, что особенно важно, моторно-осевые подшипники *качения* с постоянной смазкой.

Основными узлами двигателя АД917УХЛ являются (рис. 6.): неподвижный литой корпус статора 9, закрытый подшипниковыми щитами 8 и 16, статор 9, состоящий из отдельных листов электротехнической стали, изолированных один от другого, катушек 15 и ротор. Катушки 15 статора образуют обмотку статора, выполненную по схеме трехфазной звезды.

Ротор состоит из вала 3, который соединяет ТАД с помощью тягового редуктора с колесной парой тепловоза, роторных шихтованных листов 12 и обмотки, выполненной в виде «беличьего колеса» (см. рис. 4.). В пазах роторных листов уложены медные стержни, которые присоединены к короткозамыкающим медным листам (кольцам). Свободное вращение ротора ТАД обеспечивают роликовые подшипники 7 и 18, закрепленные в подшипниковых щитах.

В отличие от тепловозных тяговых электродвигателей постоянного тока у двигателя АД917УХЛ нет коллектора и петлевой обмотки якоря, что позволило почти в два раза уменьшить его весогабаритные показатели при одинаковой мощности. Так, если двигатель постоянного тока ЭД118А имеет массу 3100 кг при мощности 305 кВт, то двигатель АД917УХЛ имеет массу всего 2200 кг при мощности 350 кВт. При этом уменьшение массы последнего связано, в основном, с экономией расхода электротехнической меди на его изготовление.

Двигатель АД917УХЛ оборудован двумя датчиками: частоты вращения 17 и температуры обмоток 13, показания которых выводятся на дисплей, находящийся на пульте управления в кабине машиниста тепловоза 2ТЭ25А. Для обеспечения необходимого охлаждения узлов двигателя АД917УХЛ применяется независимая осевая система вентиляции.

Реверсирование двигателей АД917УХЛ переменного тока тепловоза 2ТЭ25А осуществляется изменением схемы подключения любых двух фаз статорной обмотки, в результате чего магнитное поле статора начинает вращаться в противоположном направлении и, соответственно, меняется направление движения тепловоза.

Особенностями тепловозных ТАД является компактность их конструкции, минимальные весовые показатели и высокая удельная мощность (кВт/кг), связанные с ограничением места для их размещения в экипажной части тепловозов и допустимыми нагрузками на ось. Охлаждение поверхностей статора и ротора при осевой вентиляции производится через воздушный зазор между ротором и катушками статора. У тепловозных ТАД этот зазор стремятся выполнить минимальным для уменьшения величины намагничивающего тока. В результате не удается полностью отводить тепловую энергию от поверхностей статора и ротора, что может привести к перегреву обмоток ТАД в эксплуатации по сравнению с асинхронными электрическими машинами, применяемыми в стационарных условиях.

В целом, учитывая, что работа ТАД при движении тепловоза сопровождается частыми механическими, тепловыми и электрическими перегрузками, значительными колебаниями параметров окружающей среды (влажности, давления, температуры, запыленности и др.), ударными нагрузками и вибрацией, в конструкции тяговых электродвигателей тепловозов должны быть заложена повышенная электрическая и механичная прочность основных их деталей и узлов.

Сравнение тепловозных тяговых электродвигателей постоянного и переменного тока. По сравнению с тяговыми ТЭД постоянного тока тепловозные асинхронные ТАД трехфазного тока с короткозамкнутым ротором имеют целый ряд преимуществ:

- меньшие (почти в два раза) масса двигателя и габаритные размеры, а также динамическое воздействие неподрессоренных масс экипажной части тепловоза на железнодорожный путь;
- значительно выше эксплуатационная надежность работы благодаря отсутствию коллектора, щеточного аппарата, дополнительных полюсов, ряда обмоток и других деталей и узлов;
- сняты ограничения по допустимой окружной скорости ротора и коммутации;
- значительно уменьшен расход электротехнической меди и других дефицитных материалов на изготовление ТАД;
- вращающееся магнитное поле обеспечивает более высокое использование электромагнитных сил в ТАД;
- снижена трудоемкость технического обслуживания и ремонта;
- меньшая «склонность» к возникновению боксования колесных пар и выше сцепные свойства локомотива.

К числу существенных недостатков тепловозных ТАД можно отнести:

- применение в тяговой передаче переменного тока дополнительного, сложного по устройству, дорогого и неустойчиво работающего электронного узла — тягового преобразователя частоты, что снижает эксплуатационную надежность магистрального тепловоза;
- снижение КПД тяговой электрической передачи и тепловоза в целом;
- определенные трудности с организацией технического обслуживания и ремонта тягового статического преобразователя частоты в условиях локомотивных депо.

Режимы работы, характеристики и способы регулирования тепловозных тяговых генераторов и электродвигателей, а также тепловозов с электрической передачей переменного тока мы рассмотрим в следующей статье.

В.С. РУДНЕВ,
профессор МИИТа

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

ЭЛЕКТРОВЫПРЯМИТЕЛЬ

www.elvpr.ru

IGBT МОДУЛИ ДЛЯ ТРАНСПОРТА

ПАРАМЕТРЫ, УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ:

- *Токи от 50 до 2400 А*
- *Напряжение 1700 В*
- *Напряжение изоляции до 15 кВ*
- *Диапазон рабочих температур окружающей среды: - 50 ÷ + 60 °С*
- *5 лет безотказной эксплуатации в сибирском климате в ПСН электровоза ЭС5К («Ермак»)*
- *Пробег более 400 000 км*

ЗНАКОМЬТЕСЬ: ЭЛЕКТРОВОЗ БКГ1

С 2012 г. на Белорусскую железную дорогу начались поставки электровозов БКГ1, которые изготавливает Датунский электровозостроительный завод (КНР). Локомотив создан на базе китайского электровоза серии HXD2, в свою очередь разработанного совместно с компанией «Alstom» (Франция) на основе электровозов семейства «Alstom Prima», эксплуатируемых во Франции и в Марокко.

Электровоз БКГ1 — двухсекционный грузовой магистральный мощностью 9600 кВт с асинхронными тяговыми электродвигателями (АТД). Предназначен для вождения грузовых поездов на железных дорогах колеи 1520 мм, электрифицированных на переменном токе напряжением 25 кВ промышленной частоты 50 Гц. На рис. 1 показаны зависимости создаваемого электровозом тягового усилия ($F_{тяг}$, кН) от скорости его движения (V, км/ч) для всех позиций контроллера в режиме тяги.

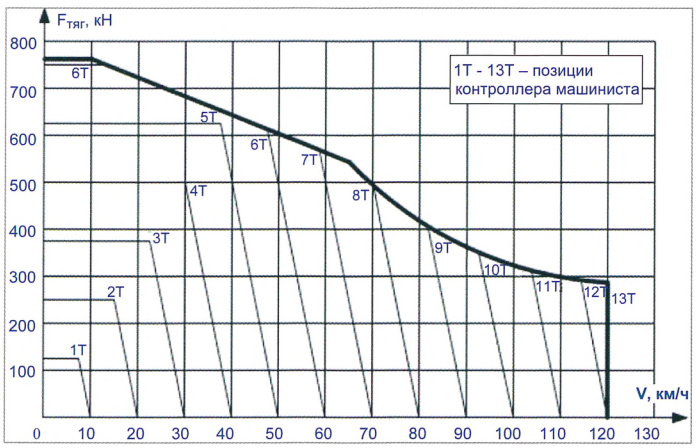


Рис. 1. Тяговая характеристика электровоза БКГ1

Технические характеристики электровоза БКГ1

Формула ходовой части	2 (2_0–2_0)
Ширина колеи, мм	1520
Конструкционная скорость, км/ч	120
Скорость длительного режима, не менее, км/ч	65
Нагрузка от колесной пары на рельсы, тс	25
Полный служебный вес, тс	195
Мощность длительного режима на валах АТД, кВт	9600
Пусковое тяговое усилие, кН	760
Тяговое усилие непрерывного режима, не менее, кН	533
Длина секции по осям автосцепки, мм	19075
Высота электровоза от головки рельса до верхней точки опущенного токоприемника, мм	4849
Ширина электровоза, мм	3231
Тип электропривода	Переменно-постоянно-переменный
Система регулирования напряжения на тяговых двигателях	Плавное регулирование
Вид торможения	Пневматическое и электрическое рекуперативное
Подвешивание АТД	Опорно-осевое
Общий КПД	86 %

Каждой позиции контроллера в режиме тяги соответствует заданная скорость движения электровоза, равная произведению номера позиции на величину 10. Например, на 4-й тяговой позиции контроллера машиниста (4Т) заданная скорость равна 40 км/ч (см. рис. 1). При этом электровоз следует с максимальным тяговым усилием 500 кН, соответствующим данной позиции, в диапазоне скоростей до 30 км/ч, а затем тяговое усилие по мере приближения к заданной скорости 40 км/ч линейно снижается до нуля.

На рис. 2 изображена зависимость создаваемого электровозом тормозного усилия ($F_{торм.}$, кН) от скорости его движения (V, км/ч) и позиции контроллера машиниста в режиме электродинамического торможения. Каждой тормозной позиции контроллера машиниста соответствует заданное тормозное усилие. Максимальная его величина 480 кН создается на 12-й тормозной позиции контроллера машиниста (12F) в диапазоне скоростей от 72 до 5 км/ч. Когда скорость достигает 6 км/ч, начинается процесс автоматического замещения электрического рекуперативного тормоза пневматическим. При неисправности электрического рекуперативного тормоза реализуется его автоматическое замещение пневматическим.

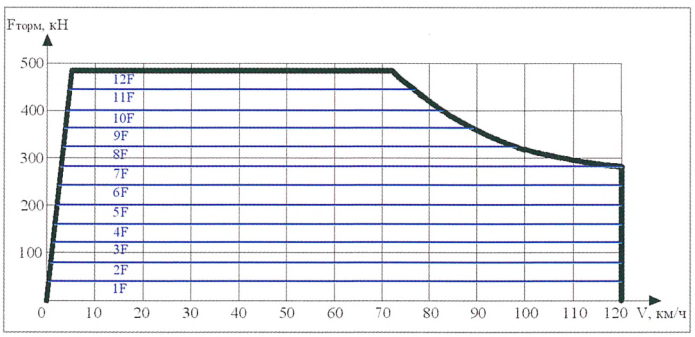


Рис. 2. Характеристика электродинамического тормоза электровоза

На рис. 3 в графическом виде представляется зависимость максимальной реализуемой мощности электровоза в режимах тяги и электродинамического торможения от напряжения контактной сети. Максимальная реализуемая мощность 9600 кВт достигается электровозом в пределах напряжения контактной сети от 22,5 до 30 кВ.

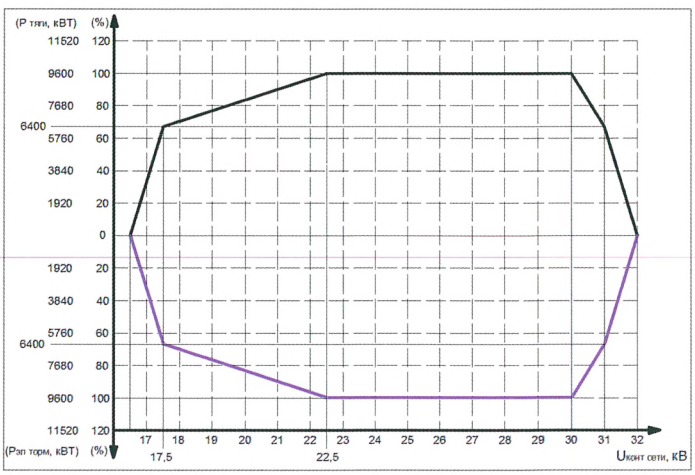


Рис. 3. График зависимости мощности электровоза от напряжения контактной сети

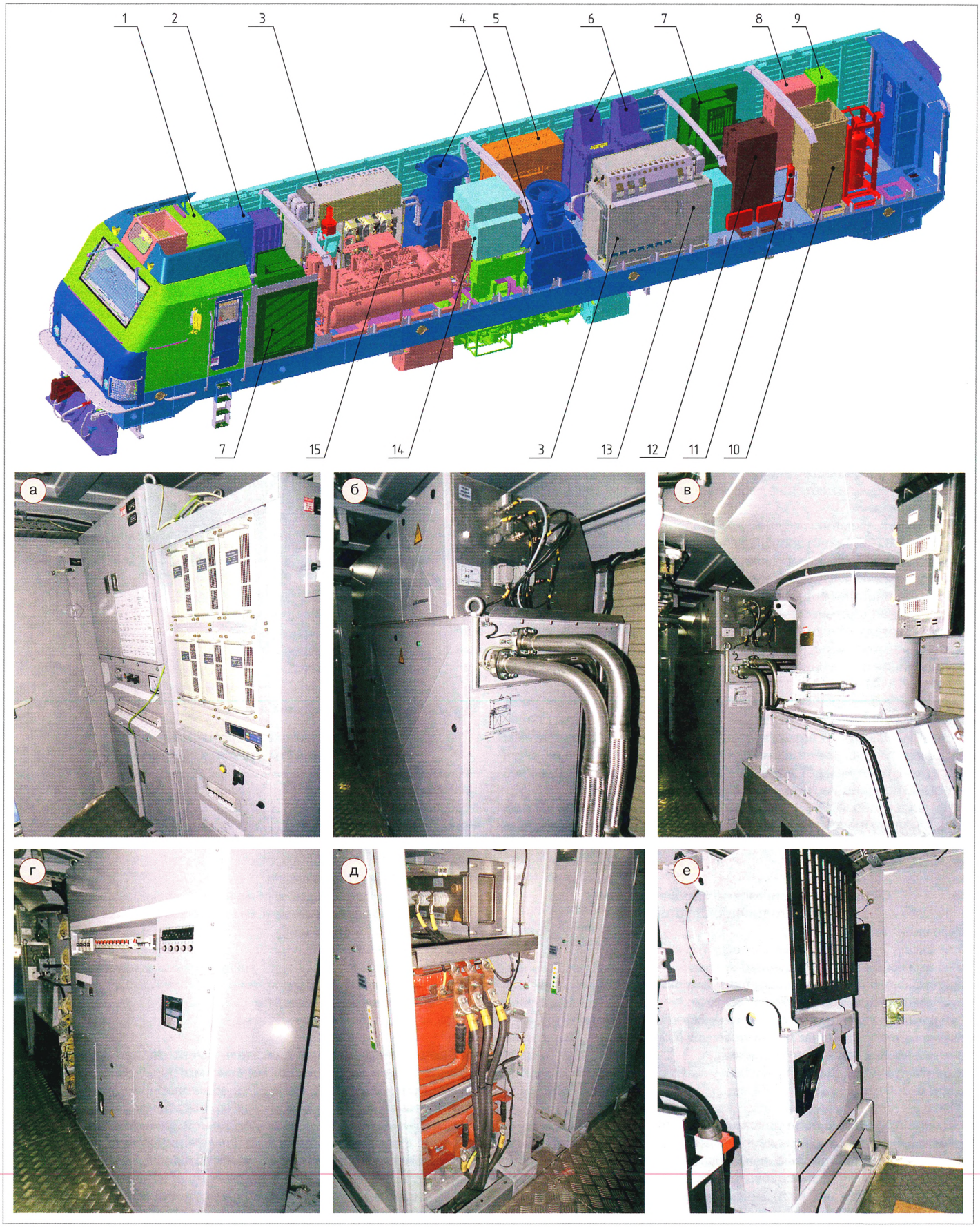


Рис. 4. Расположение оборудования в машинном отделении БКГ1:
1 – шкаф управляющего компьютера; 2 – шкаф зарядного устройства; 3 – шкаф главного преобразователя; 4 – охладитель башенного типа; 5 – шкаф низковольтной аппаратуры; 6 – шкаф фильтра; 7 – вентиляционная установка; 8 – бытовой шкаф (только на секции А); 9 – шкаф для одежды (только на секции А); 10 – баллон системы пожаротушения; 11 – инструментальный шкаф; 12 – шкаф аппаратуры КЛУБ; 13 – шкаф источника питания кондиционера; 14 – шкаф тормозного оборудования; 15 – система подачи воздуха (главный компрессор, вспомогательный, осушители воздуха, резервуары); а — шкафы компьютера и зарядного устройства; б — шкаф главного преобразователя; в — охладитель башенного типа; г — шкаф низковольтной аппаратуры; д — шкаф фильтра; е — вентиляторы охлаждения

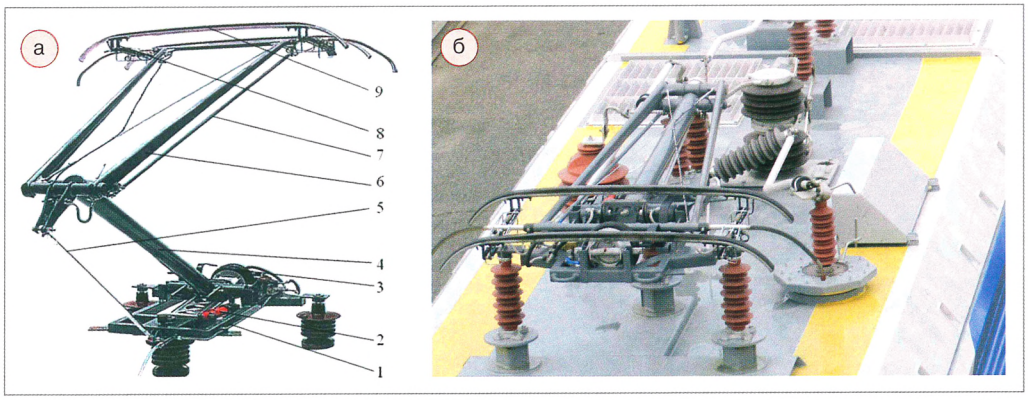


Рис. 5. Токоприемник DSA200 (а) на крыше электровоза БКГ1 (б):
1 — основание токоприемника; 2 — амортизатор; 3 — устройство подъема токоприемника; 4 — нижняя подвижная рама; 5 — нижний направляющий рычаг; 6 — верхняя подвижная рама; 7 — верхний направляющий рычаг; 8 — каретка; 9 — полоз

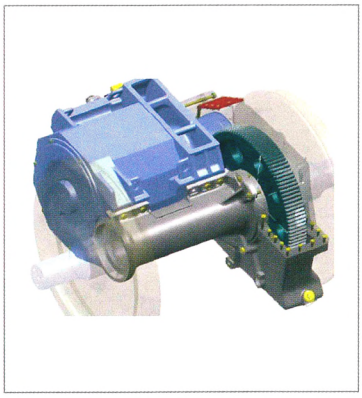


Рис. 6. Колесно-моторный блок электровоза БКГ1

При изготовлении электровозов БКГ1 применяются разработки ведущих в мире компаний транспортного машиностроения «Альстом» (Франция), «Бомбардье» (Германия), «АВВ» (Швеция), «Кнорр-Бремзе» (Германия). Электропривод — переменно-постоянно-переменный (AC-DC-AC) разработки компании «Бомбардье». От четырех вторичных обмоток тягового трансформатора (на одной секции) получают питание два конвертера MITRAC TC 3300 AC V07, от которых питаются четыре асинхронных трехфазных тяговых двигателя.

Основной элемент тяговых преобразователей — модули из силовых IGBT-транзисторов. При возникновении неисправности в тяговом преобразователе или АТД предусмотрено автоматическое отключение тягового блока с выдачей информации на экран пульта машиниста. На электровозе применяется распределенная компьютерная система типа TCMS компании «Бомбардье», которая осуществляет функции логического управления, самодиагностики, самозащиты и дублирования функций. Расположение оборудования в машинном помещении локомотива приводится на рис. 4 (см. с. 41).

На крыше электровоза устанавливаются асимметричный токоприемник DSA200 (рис. 5,а, б), рассчитанный на скорость следования до 200 км/ч, и вакуумный выключатель с высоковольтным разрядником. Для соединения секций электровоза предназначен высоковольтный межсекционный разъединитель. Крышевые изоляторы выполнены из гибкого полимерного материала.

На электровозе БКГ1 применяется тяговый трансформатор BMQ. Он преобразует напряжение контактной сети в напряжение для питания цепей асинхронных тяговых двигателей и собственных нужд локомотива.

Основные технические характеристики тягового трансформатора BMQ

Номинальная мощность, кВт	6197
Номинальное напряжение первичной обмотки, кВ	25
Номинальный ток первичной обмотки, А	248
Номинальное напряжение тяговой вторичной обмотки, В	4×1317
Номинальный ток тяговой вторичной обмотки, А	4×1164
Номинальное напряжение вспомогательной вторичной обмотки, В	220
Номинальный ток вспомогательной вторичной обмотки, А	296
Номинальный ток резонансного реактора, А	900
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	3955×1820×2336
Масса, кг	8200 ± 1 %

На электровозе используются восемь трехфазных короткозамкнутых асинхронных тяговых двигателей типа 4 FIA 7058 A. Питание электродвигателей переменным током осуществляется от конвертеров (тяговых преобразователей). Изменение скорости движения и силы тяги локомотива достигается изменением частоты тока, питающего АТД.

Частота тока регулируется тяговыми преобразователями на основе силовых полупроводниковых приборов типа IGBT (биполярных транзисторов с изолированным затвором), выполняющих функцию мощных выключателей, которые позволяют осуществлять коммутационные операции с большой частотой. Все тяговые двигатели оборудованы датчиками температуры статора и частоты вращения ротора.

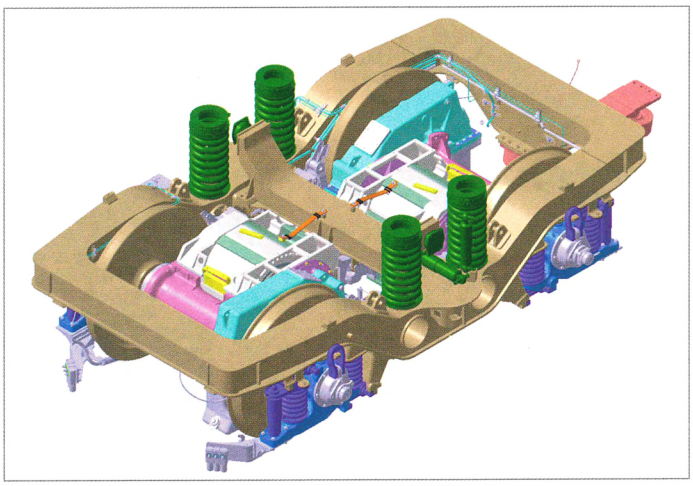


Рис. 7. Двухосная тележка в сборе

Техническая характеристика тягового электродвигателя 4 FIA 7058 A

Число полюсов	4
Число фаз	3
Номинальная мощность, кВт	1250
Номинальное напряжение, В	2150
Номинальный ток, А	377
Пусковой ток, А	499
Пусковой вращающий момент, Н·м	11148
Номинальная частота вращения, об/мин	1499
Номинальный вращающий момент, Н·м	7960
КПД, %	94,9
Коэффициент мощности	0.937
Способ охлаждения	принудительное воздушное охлаждение
Расход охлаждающего воздуха, $м^3$/мин	1,26
Давление воздуха (избыточное), Па	1700
Масса, кг	2700 ± 1 %

Асинхронный тяговый двигатель имеет опорно-осевое подвешивание. На рис. 6 показан колесно-моторный блок, а на рис. 7 — двухосная тележка в сборе. Привод колесной пары — односторонний через прямозубую шестерню. Рессорное подвешивание — двухступенчатое с раздельной системой демпфирования каждой ступени. Конструкция рессорного подвешивания предусматривает возможность регулировки поколесной развески.

Основные узлы АТД: остов (статор) с трехфазной обмоткой, ротор с короткозамкнутой обмоткой, подшипниковые щиты с подшипниками качения. Статор состоит из сварной стальной станины, в которой жестко закреплен сердечник, выполненный из изолированных между собой листов электротехнической стали с высокой магнитной проницаемостью.

(Окончание следует)

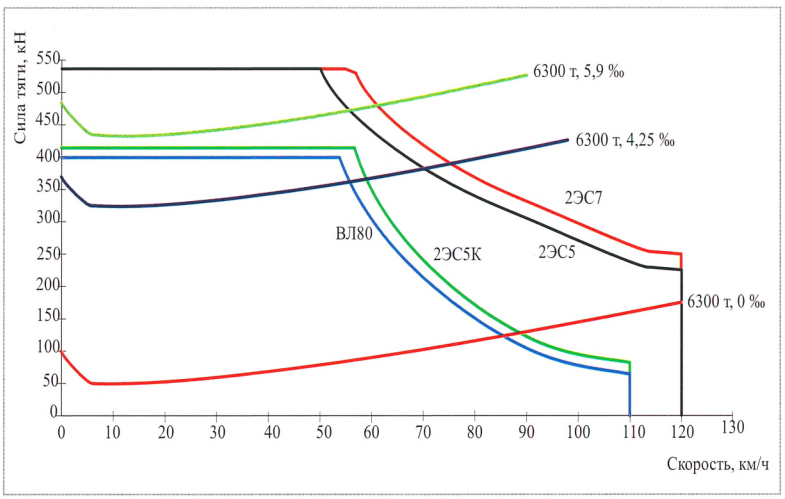
С.Е. ТКАЧЕНКО,
заместитель начальника отдела службы локомотивного хозяйства Белорусской железной дороги

КАК ПОВЫСИТЬ УЧАСТКОВУЮ СКОРОСТЬ В ГРУЗОВОМ ДВИЖЕНИИ

В работах профессора МИИТа А.С. Курбасова [1, 2] высказаны соображения о возможности улучшения базовых показателей деятельности холдинга ОАО «РЖД». В них рассматриваются преимущественно грузовые перевозки, как определяющие основную физическую нагрузку на сеть дорог и финансовое состояние Компании.

Стратегическая цель высказываемых инновационных предложений — существенное повышение участковых скоростей движения поездов и увеличение скоростей доставки грузов. По утверждению А.С. Курбасова, сделать это можно, в том числе путем внедрения в эксплуатацию грузовых электровозов с асинхронным тяговым приводом.

Как известно, для железных дорог России, в основном Восточного полигона, двумя российско-зарубежными компаниями велись разработки электровозов пятого поколения с асинхронным тяговым приводом. Это электровоз 2ЭС7 производства ООО «Уральские локомотивы» (совместное предприятие группы «Синара» и концерна «Siemens AG») и электровоз 2ЭС5 «Скиф» производства ООО «ПК "НЭВЗ"» (входит в состав компании ЗАО «Трансмашхолдинг») при участии французской фирмы «Alstom Transport».



Сравнение тяговых характеристик электровозов переменного тока

Сравнительный анализ этих двух электровозов и привел в своей работе [2] профессор А.С. Курбасов, в которой указано на преимущество электровозов 2ЭС7 перед электровозами 2ЭС5. Данное преимущество заключается в возможности реализации более высоких скоростей движения поезда расчетного веса на расчетном подъеме, что подтверждается при сравнении тяговых характеристик грузовых электровозов переменного тока (см. рисунок). Как следует из этого рисунка, электровозы с асинхронным тяговым приводом значительно превосходят электровозы с коллекторным тяговым приводом по тяговым и скоростным показателям.

Тяговые характеристики электровозов с асинхронным тяговым приводом одинаковы в зоне ограничений, однако они отличаются в рабочей зоне. Например, при движении по подъему крутизной 5,9 ‰ с поездом массой 6300 т длительная скорость движения поезда с электровозом 2ЭС5 будет примерно составлять 57 км/ч, а с электровозом 2ЭС7 — 63 км/ч, что значительно выше. При этом у электровоза 2ЭС7 расчетный коэффициент сцепления составляет порядка 0,265, что приемлемо по условиям сцепления колеса и рельса, а у электровоза 2ЭС5 — 0,345, при котором становится сомнительной возможность устойчивой реализации расчетной силы тяги.

Именно условия движения поездов на подъеме обуславливают значительное число отказов оборудования, повышенный износ бандажей и рельсов, а также приводят к сбоям движения из-за растяжек поездов. Важно и то, что пониженные скорости на подъеме ограничивают пропускную способность, и там, где она на пределе, необходимо будет снижать массу поезда, чтобы повысить скорость движения по подъему.

В конце 2014 г. на Восточно-Сибирской дороге были проведены испытания нового электровоза 2ЭС5 с асинхронным тяговым приводом. По результатам 22-х опытных поездок был составлен отчет [3].

В заключительной части отчета испытателями было рекомендовано организовать на полигоне Тайшет — Таксимо — Тайшет опытную эксплуатацию локомотивов 2ЭС5 продолжительностью до трех месяцев в целях наработки рекомендованного пробега и достижения требуемого проката бандажей колесных пар, настройки алгоритма системы управления специалистами ООО «ПК "НЭВЗ"» и «ТРТранс». По неизвестным нам причинам, повторные испытания электровозов 2ЭС5 пока не проведены, а данных по испытанию электровозов 2ЭС7 найти не удалось. Поэтому у некоторых специалистов-«тяговиков» бытует мнение, что электровозам с коллекторным тяговым приводом нет альтернативы.

Однако в этом же отчете приведены результаты анализа расшифровки скоростемерных лент грузовых электровозов 2ЭС5К с коллекторными тяговыми электродвигателями за 2013 г. и 10 мес. 2014 г. на участке Тайшет — Таксимо — Тайшет. Ниже приведем некоторые выдержки из этого анализа.

Так, за 10 мес. 2014 г. в журнале формы ТУ-133 № 4 по эксплуатационным локомотивным депо северного хода Восточно-Сибирской дороги зарегистрировано 5282 случая проследования лимитирующих подъемов со скоростями ниже расчетных, что на 56,8 % больше, чем за весь 2013 г. (на 82,9 % больше, чем за 10 мес. 2013 г.)

Наибольшее количество невыполненных расчетных скоростей движения по северному ходу приходится на участки Новый Уоян — Новая Чара и Тайшет — Вихоревка, соответственно, 3,8 % и 8,7 % к общему количеству случаев за 10 мес. 2014 г. Вводом в эксплуатацию на этих участках грузовых электровозов с асинхронным тяговым приводом можно кардинально изменить картину по повышению участковой скорости и значительно снизить случаи движения со скоростью ниже расчетной.

Канд. техн. наук **В.В. МАКАРОВ**,
проректор, доцент Иркутского государственного университета путей сообщения,
д-р техн. наук **А.М. ХУДОНОГОВ**,
профессор кафедры «Электроподвижной состав» ИРГУПС

Библиография:

1. Курбасов А.С. Устойчивость перевозок транспортных систем. // «Транспорт Российской Федерации», 2009, № 2.

2. Курбасов А.С.. Социальная значимость железных дорог России: потребности и возможности. // «Транспорт Российской Федерации», 2009, № 4.

3. ОТЧЕТ-ТЭЛ.094-14-2014. Тягово-энергетические испытания по оценке тяговых свойств электровоза серии 2ЭС5 с асинхронным тяговым приводом на участке Тайшет — Таксимо, установление критической нормы массы поезда для серии 2ЭС5.

НОВАЯ СХЕМА ФИЛЬТРОКОМПЕНСИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ

На состоявшемся недавно техническом совете Управления электрификации и электроснабжения Центральной дирекции инфраструктуры ОАО «Российские железные дороги» было решено запретить установку в системах тягового электроснабжения переменного тока двухрезонансных фильтрокомпенсирующих установок (ФКУ) из-за их неэффективности. В качестве альтернативного варианта специалисты Нижегородского филиала Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ) совместно с представителями ООО «НИИЭФА-ЭНЕРГО», созданного на базе одного из крупнейших научно-технических центров нашей страны — Научно-исследовательского института электрофизической аппаратуры имени Д.В. Ефремова (г. Санкт-Петербург) — предложили новую схему ФКУ. В общем случае установка состоит из двух секций и комплектуется функциональными модулями, которые подбирают в зависимости от конкретной задачи. Предлагаем вниманию читателей статью с описанием новой фильтрокомпенсирующей установки и ее преимуществ по сравнению с традиционными устройствами.

Отметим, что схемы многорезонансных ФКУ известны с давних пор. В частности, еще в 1968 г. специалисты Центрального научно-исследовательского института Министерства путей сообщения (ныне — АО «ВНИИЖТ») предложили ФКУ из трех резонансных цепей, настроенных на частоты 150, 250 и 350 Гц. Аналогичные схемы разрабатывали в Омском институте инженеров железнодорожного транспорта — многофункциональное оптимизируемое устройство. Кроме того, ученые ВНИИЖТа предложили включать цепи R—C (широкополосный фильтр) для гашения волновых процессов в тяговой сети. Однако из-за несовершенства технических решений эти схемы не нашли применения.

Особенности новой схемы ФКУ. В новой схеме ФКУ устранены недостатки указанных схем благодаря внедрению ряда разработок. Так, для ограничения перенапряжений и бросков тока при коммутации секций ФКУ изменены значения пусковых резисторов. В результате перенапряжения снижены до 1,05...1,1$U_{ном}$ (где $U_{ном}$ — номинальное напряжение на конденсаторах), что позволило регулировать мощность ФКУ путем включения-отключения их секций без снижения надежности установки. Подобные ФКУ называют отключаемыми, т.е. допускающими до 10 переключений в сутки.

На новых экономичных конденсаторах создана линия номинальных мощностей ФКУ. При этом учтены резонансные явления между секциями, настроенными на частоты 150 и 250 Гц: в расчетах приняты во внимание полные мощности гармоник 150 Гц в секции 1, настроенной на 150 Гц, и 250 Гц — в секции 2.

Кроме того, учтены изменения резонансных частот при включении широкополосного фильтра. Для снижения мощности его предложено включать в секцию, настроенную на частоту 250 Гц, и предусмотреть ее автоматическое отключение при снижении тяговой нагрузки с целью снижения потерь мощности. Также предусмотрено модульное построение ФКУ, чтобы упростить их проектирование, монтаж и эксплуатацию.

Новая схема многосекционной ФКУ со ступенчатым регулированием мощности, получившая название ФКУ-2, позволяет решить комплекс задач:

- компенсировать реактивную мощность;
- повышать напряжение в тяговой сети;
- фильтровать высшие гармоники;
- симметрировать напряжение на шинах 27,5 кВ;
- демпфировать (гасить) колебательные процессы в тяговой сети;
- снижать потери мощности в тяговой сети от гармонических составляющих токов.

На основании анализа схем и их технико-экономических показателей в основу ФКУ-2 положена схема установки поперечной емкостной компенсации с функцией фильтрации и демпфирования высших гармоник (рис. 1), состоящая из следующих модулей:

м о д у л ь 1 — коммутационный блок для оперативных и аварийных переключений;

м о д у л ь 2, настроенный на частоты 135... 142 Гц, компенсирует реактивную мощность на частоте 50 Гц и отфильтровывает гармоники тока частотой 150 Гц. Если включается секция на 250 Гц, то она настраивается на частоту 240 Гц;

м о д у л ь 3 с резистором ограничивает броски тока и напряжения при коммутации;

м о д у л ь 4 с демпфирующим резистором формирует широкополосный фильтр, который гасит гармоники с частотами от 450 Гц и выше.

Вариант двухсекционного ФКУ, представленный на рис. 2, кроме базовой секции, включает в себя еще одну секцию — контур, настроенный на частоту пятой гармоники (250 Гц). Включение второй секции возможно только при задействованной первой базовой секции. Таким образом, формируются две ступени мощности установки. В данной схеме можно использовать один выключатель для шунтирования пусковых резисторов.

Схема работает следующим образом. Пусть в исходном состоянии выключатели Q1 и Q31 включены, а Q2 и Q32 — отключены, требуется подключить вторую секцию. Для этого включается Q2, а затем Q32. В качестве устройств Q31 и Q32 используются однофазные вакуумные выключатели специального исполнения напряжением 10 кВ по разработкам ООО «Таврида Электрик».

Демпфирующая цепь гармоник высокого порядка $C_д$ — $R2_д$, формирующая широкополосный фильтр, подключается в точке «нулевого» потенциала на частоте 50 Гц, так как C12 и L21 настроены на этой частоте в резонанс напряжений. В расчетах принято, что сопротивление демпфирующего резистора — 80 ± 15 % Ом, а емкость конденсатора $C_д$ — 4 мкФ. Емкость Сд ограничивает токи через резистор $R2_д$. При снижении тяговой нагрузки и, соответственно, гармоник ниже предельных значений возможно отключение второй секции Q21 в автоматическом режиме.

Ограничение бросков тока и напряжения при коммутации ФКУ. При подключении ФКУ возникают переходные процессы, вызывающие значительные перенапряжения и броски токов. Без использования пусковых резисторов броски тока могут достигать 3,8... 4$I_{ном}$ ($I_{ном}$ — номинальный ток

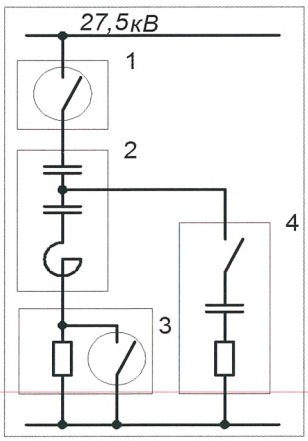


Рис. 1. Модульное построение базового варианта фильтрокомпенсирующей установки:
1 — коммутационный блок для оперативных и аварийных переключений; 2 — блок компенсации реактивной мощности; 3 — блок ограничения бросков тока и напряжения при коммутации; 4 — демпфирующий фильтр

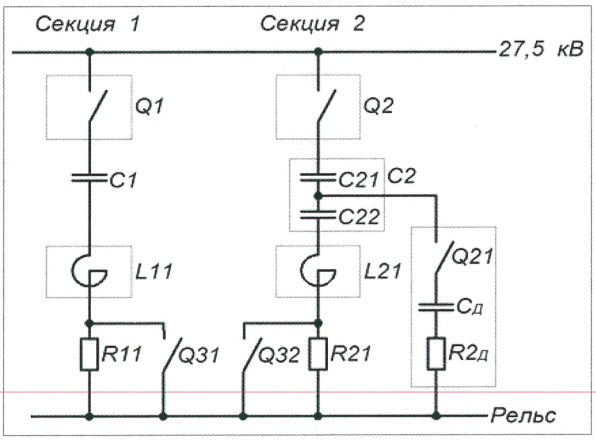


Рис. 2. Двухсекционная фильтрокомпенсирующая установка с демпфирующей цепью

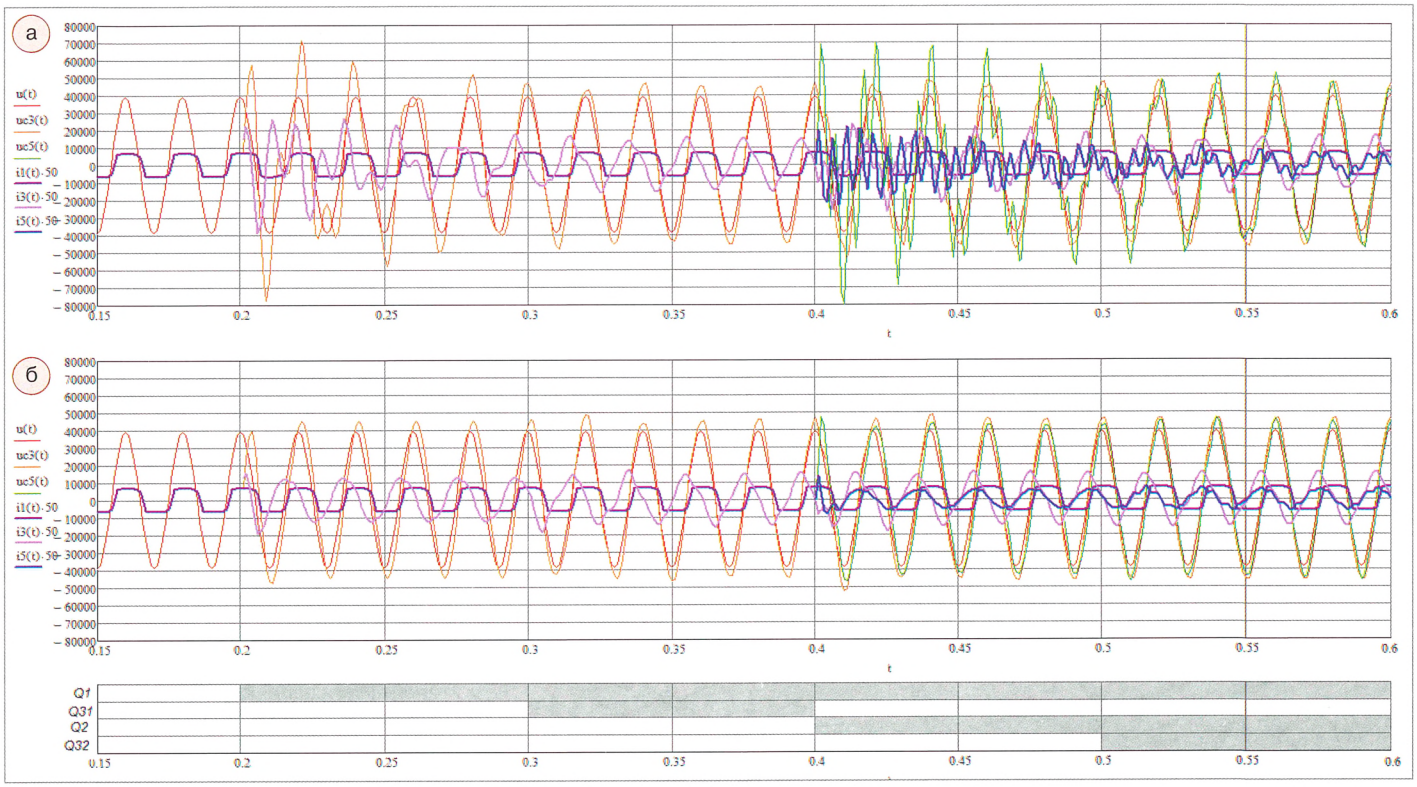


Рис. 3. Переходные процессы при включении фильтрокомпенсирующей установки в два этапа:
а — при отсутствии пусковых резисторов; б — при наличии пусковых резисторов

включаемой секции), а перенапряжения — 1,5... $2U_{ном}$ ($U_{ном}$ — номинальное напряжение конденсаторной батареи ФКУ).

Наиболее опасными для конденсаторных батарей являются перенапряжения. Как пример, на рис. 3 показаны графики изменения напряжений и токов элементов ФКУ при включении секции 150 Гц (рис. 4,а) и 250 Гц (рис. 4,б) без пусковых резисторов: броски тока составляют $2,8I_{ном}$, а перенапряжения — $1,74U_{ном}$.

Чтобы ограничивать броски тока и напряжения при коммутации секций ФКУ, применяют пусковые резисторы R11 и R21, которые вводятся в цепь компенсирующего устройства при включении Q1, Q2, а затем шунтируются вакуумными выключателями Q31 и Q32. Задача пусковых резисторов — ограничить пусковой ток и перенапряжения при включении Q1 (Q2) и ограничить перенапряжения на конденсаторах при шунтировании R11 (R21). Как видно (см. рис. 4,б), переходные процессы при переключении резисторов затухают через 1... 2 периода.

При увеличении сопротивления пускового резистора броски тока и перенапряжения на первом этапе уменьшаются, а на втором этапе (после шунтирования) — возрастают. Характерный график перенапряжений при изменении сопротивления представлен на рис. 4.

Как показали результаты расчетов для режима, при котором возникают максимальные перенапряжения, секция ФКУ включается в момент максимальной амплитуды питающего напряжения, а резисторы шунтируются при нуле напряжения, во всех вариантах схем оптимальная величина резистора R11, при которой броски напряжения не превышают допустимой величины (k = 1,05... 1,1), составляет 40 Ом, для R21 — 60 Ом.

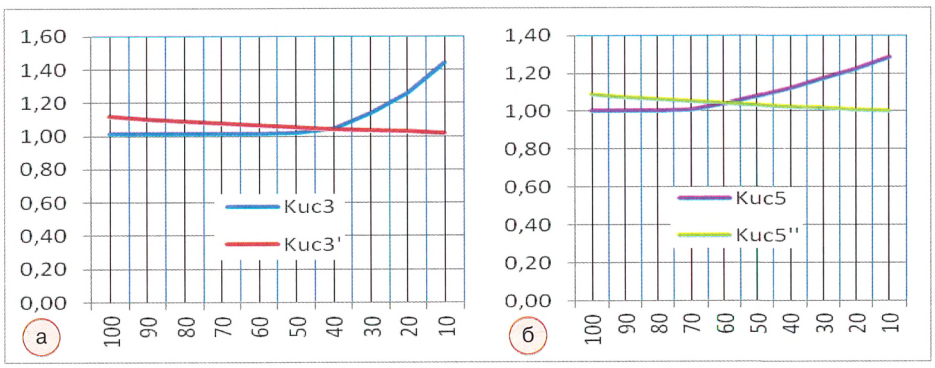


Рис. 4. Зависимость бросков напряжения от величины R11 (R21) при коммутациях ФКУ:
а — зависимость перенапряжения на конденсаторах секции 1, настроенной на 3-ю гармонику, от сопротивления пускового резистора секции 1; б — зависимость перенапряжения на конденсаторах секции 2, настроенной на 5-ю гармонику, от сопротивления пускового резистора секции 2; Kuc3(5) — включение секции 1(2); Kuc3'(5') — шунтирование пускового резистора R11(R21)

Выбор оптимальных величин сопротивлений для снижения перенапряжений до нормированных значений позволяет регулировать мощность отключаемой установки ФКУ-2 путем ввода-отключения секций.

Характер изменения тяговой нагрузки требует регулировать ее, прежде всего, для поддержания напряжения в допустимых пределах. Особенно это важно для ФКУ постов секционирования. В связи с тем, что для электроподвижного состава допустим сравнительно широкий диапазон напряжений на токоприемнике 21 (24)... 28 (29) кВ, ориентировочное число переключений ФКУ постов секционирования на основании специально проведенных экспериментов не будет превышать, как правило, 6 — 10 в сутки. Поэтому заводской ресурс выключателя будет достаточным в течение всего срока службы.

Что касается снижения потерь мощности в тяговой сети при регулировании ФКУ-2, то известно: для режима тяговой нагрузки нет необходимости в плавном регулировании мощности. Достаточно включить две-три секции ступенчато регулируемого ФКУ-2.

В качестве пусковых резисторов (R11, R21) применили резисторы РШ-2-КУ, которые успешно прошли эксплуатационные испытания на тяговых подстанциях Горьковской дороги. Заводские параметры резисторов представлены в табл. 1. Главное, что следует учесть: воздействие на резисторы должно быть ограничено по времени — 0,5 с. Поэтому в алгоритме автоматики переключений вакуумных выключателей следует предусмотреть шунтирование резисторов через 0,2... 0,3 с.

Частотные характеристики ФКУ. В зависимости от поставленной задачи широкополосный фильтр включают в секцию, настроенную на 150 Гц в одноступенчатом ФКУ, или в секцию на 250 Гц — в двухступенчатом ФКУ. Как видно на рис. 5, подключе-

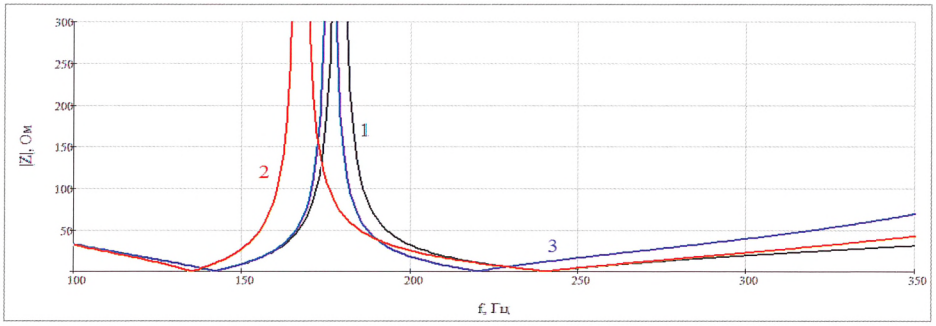


Рис. 5. Частотные характеристики двухсекционной фильтрокомпенсирующей установки при различных вариантах подключения демпфирующего фильтра:
1 — без подключения демпфирующих цепей; 2 — с подключением демпфирующего фильтра в секцию 1, настроенную на 3-ю гармонику; 3 — с подключением ДФ в секцию 2, настроенную на 5-ю гармонику

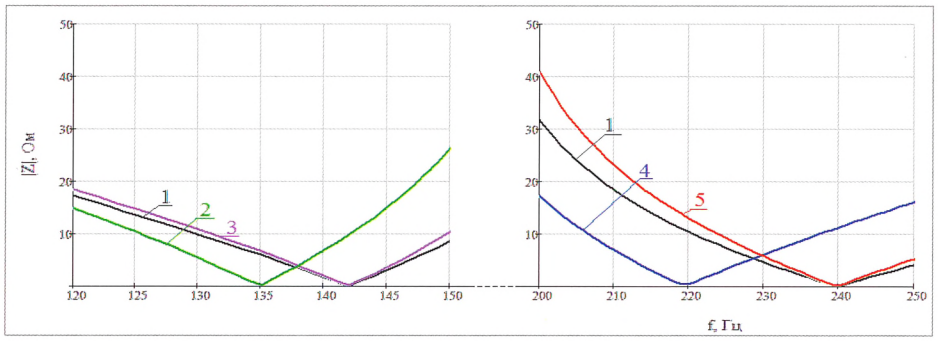


Рис. 6. Фрагменты частотных характеристик при различных вариантах:
1 — без подключения демпфирующих цепей; 2 — с подключением демпфирующего фильтра в секцию 1 с параметрами ФКУ, не учитывающими смещение резонансной частоты; 3 — с подключением демпфирующего фильтра в секцию 1 с параметрами ФКУ, учитывающими смещение резонансной частоты; 4 — с подключением демпфирующего фильтра в секцию 2 с параметрами ФКУ, не учитывающими смещение резонансной частоты; 5 — с подключением демпфирующего фильтра в секцию 2 с параметрами ФКУ, учитывающими смещение резонансной частоты

Таблица 1

Параметры резистора РШ-2-КУ

Параметр	Значение
Сопротивление, Ом	(40) 60
Номинальное воздействующее напряжение, кВ	10
Время воздействия номинального напряжения, с	0,5
Минимальный интервал между воздействиями в номинальном режиме, мин	0,1 (одно автоматическое повторное включение)
Число воздействий в год	2000
Максимально возможное воздействующее напряжение, кВ	29
Время воздействия максимального напряжения, с	0,1
Срок службы, лет	25

Таблица 2

Параметры элементов двухсекционной ФКУ при разных вариантах подключения модулей установки

Схема ФКУ	Суммарная емкость конденсаторных батарей секции 1 ФКУ (C1), мкФ	Суммарная емкость конденсаторных батарей секции 2 ФКУ (C2), мкФ	Индуктивность реактора секции 1 (L1), мГн	Индуктивность реактора секции 2 (L2) мГн
Две секции включены, демпфирующие фильтры отсутствуют	16,97	12,89	74	34
Две секции, демпфирующий фильтр подключен к секции 1, учтено смещение резонансной частоты	17,19		66	
Две секции, демпфирующий фильтр подключен к секции 2, учтено смещение резонансной частоты	16,97	12,99	74	28

ние демпфирующего фильтра смещает частотную резонансную настройку секции установки.

Это хорошо иллюстрирует рис. 6: при включении демпфирующего фильтра в секцию 1 частотная характеристика уходит влево — от 142 до 135 Гц, и от 240 до 220 Гц — после встраивания в секцию 2. Другими словами, фильтр смещает резонансные частоты на 5... 8 %. Однако сопротивление ФКУ-2 на частотах 150 и 250 Гц увеличивается в 2,5 раза. Следовательно, в 2,5 раза уменьшается фильтрация гармоники 150 и 250 Гц. Вот почему при включении широкополосного фильтра следует корректировать резонансные частоты фильтров для соблюдения принятой резонансной частоты настройки.

В табл. 2 представлены параметры элементов секций ФКУ-2, рассчитанные с учетом влияния демпфирующих цепей на частотные резонансные настройки. Из табл. 2 следует, что при включении широкополосных фильтров емкость конденсаторов корректируется на 0,7... 1,3 %, а индуктивность — на 12... 21 % по сравнению с вариантом без широкополосных фильтров. Поэтому, не желая усложнять схему секции с демпфирующим резистором, авторы решили: при необходимости отключить демпфирующий резистор следует отключить и всю секцию.

Мощность ФКУ. По предложению разработчиков из ООО «НИИЭФА-ЭНЕРГО» в новом ФКУ применены конденсаторы мощностью 400 квар, что существенно уменьшило площадь, занимаемую ФКУ. С указанными конденсаторами предложены номинальные мощности для односекционной ФКУ-2 — 3,2; 3,7 и 4,6 Мвар. Для двухсекционной ФКУ-2 наиболее обоснованы варианты мощности [3,7 + 3,2(3,7)] Мвар и [4,6 + 3,2(3,7)] Мвар.

Целесообразность применения в первой секции ФКУ мощностью до 5 Мвар объясняется следующим. При снижении нагрузки в тяговой сети напряжение на ФКУ поста секционирования (при включенной мощности 4,6 Мвар), как правило, не будет превышать 29 кВ, что приведет к более устойчивой работе системы тягового электроснабжения.

Заслуживает внимания сравнение новой схемы ФКУ с зарубежными образцами. Известны экспериментальные образцы статических тиристорных компенсаторов (СТК) в тяговой сети переменного тока, задачей которых является быстродействующее регулирование реактивной мощности и напряжения в тяговой сети. Укажем на преимущества новой схемы ФКУ-2 перед СТК.

Так, поскольку схема ФКУ-2 значительно проще, чем схема СТК, капитальные вложения на порядок меньше. В зависимости от конкретных требований устанавливают минимальное число модулей, что обеспечивает минимальную стоимость ФКУ. В предлагаемом устройстве потери энергии в два раза меньше.

Надежность функционирования в ФКУ-2 выше, так как исключен тиристорно-реакторный блок, плавно регулирующий мощность. (СТК генерируют высшие гармонические составляющие, которые необходимо дополнительно компенсировать, а в ФКУ-2 этого нет.) Быстродействие СТК нельзя считать существенным преимуществом для тягового электроснабжения.

Поэтому установку ФКУ-2 с функциями фильтрации гармоник и симметрирования напряжения в тяговом электроснабжении необходимо применять как типовой вариант с одной или с двумя секциями в массовом порядке для компенсации реактивной мощности, фильтрации и демпфирования гармонических составляющих.

Д-р техн. наук **Л.А. ГЕРМАН**,
Нижегородский филиал МИИТ
канд. техн. наук **В.П. ГОНЧАРЕНКО**,
заместитель генерального директора
ООО «НИИЭФА-ЭНЕРГО»,
лауреат Государственной премии
в области науки и технологий,
инж. **А.А. МАКСИМОВА**,
ООО «Таврида-Электрик»,
г. Санкт-Петербург

ТВОРЧЕСКИЙ ПУТЬ ИНЖЕНЕРА ТЯГИ

К 75-летию А.С. Кулабухова

Основатель железнодорожной династии Кулабуховых — дед Петр Григорьевич, уроженец города Белёва Тульской губернии, служил главным кондуктором, сопровождал грузовые поезда на участке Мичуринск — Смоленск. Отец Александра — Сергей Петрович, окончивший МЭМИИТ в 1936 г. по специальности «Тепловозы», работал в депо Москва-Курская. А рядом на улице Чкалова в доме, где до революции жил начальник Курского вокзала, обитала семья Кулабуховых.

В детстве Саша, когда появлялось свободное время, часто бегал в паровозное депо. Хорошо запомнилось, как однажды отец показал ему первый послевоенный тепловоз ТЭ1-20, поразивший мальчишку ровным гулом мотора, просторной кабиной, рядами кнопок и приборов на пульте. Тогда и зародилась у паренька любовь и тяга к этим локомотивам. Поэтому вопрос, в какой институт пойти учиться после окончания школы, перед ним уже не стоял.

Александр Кулабухов поступил в 1959 г. в Московский институт инженеров железнодорожного транспорта (МИИТ) и после его окончания в феврале 1965 г. по специальности «Тепловозы и тепловозное хозяйство» был оставлен на кафедре «Локомотивы и локомотивное хозяйство» стажером-исследователем.

За плечами главного специалиста Департамента локомотивного хозяйства МПС России в отставке, ныне инженера отдела новых локомотивов и эксплуатационных испытаний Проектно-конструкторского бюро локомотивного хозяйства (ПКБ ЦТ) ОАО «РЖД» А.С. Кулабухова столько событий и свершений в отечественном тепловозостроении, к которым причастен, что невольно поражаешься его энергии, жизнелюбию и преданности избранному делу.

Фото Д.В. Мамина

Шестидесятые годы прошлого века — период развития в СССР полупроводниковой техники. Железнодорожная отрасль идет в ногу со временем. В научно-исследовательской тепловозной лаборатории при кафедре разрабатывают генератор импульсов и фазосдвигающее устройство на базе магнитного усилителя. Затем делают первые попытки использовать тиристоры в электрической передаче. В эти годы Александр Кулабухов формируется как специалист в электрооборудовании дизельного локомотива под руководством И.П. Бородулина — известного ученого, начальника тепловозной лаборатории МИИТа.

Итогом исследований по применению тиристоров стали не только разработка, но и изготовление опытного образца, а затем стендовые испытания системы питания цепей управления и возбуждения тягового генератора тепловоза 2ТЭ10Л от вспомогательного синхронного генератора. Это позволило заменить на локомотиве две электрические машины постоянного тока (вспомогательный генератор, возбудитель) и синхронный подвозбудитель одним трехфазным генератором переменного тока.

Согласно решению Главного управления локомотивного хозяйства МПС в 1970 г. на Ворошиловградском тепловозостроительном заводе был построен тепловоз 2ТЭ10Л-1220, на котором была применена разработанная в МИИТе и защищенная авторским свидетельством СССР система питания на полупроводниках. Опытный тепловоз успешно эксплуатировался в депо Муром Горьковской дороги до 1980 г.

Немногим позже в Научно-исследовательском тепловозном институте (ВНИТИ, г. Коломна), в 2002 г. переименованном во Всероссийский научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава (ВНИКТИ), испытали разработанную в тепловозной научно-исследовательской лаборатории МИИТа схему использования синхронного генератора для питания собственных потребителей тепловоза ТЭ109. Его цепи управления, возбуждения тягового и вспомогательного генераторов, двигателя привода компрессора стали получать питание от вспомогательного синхронного генератора и тиристорных выпрямителей. Сегодня в электрической схеме маневрового тепловоза ТЭМ18ДМ также используется, но уже на новой элементной базе, та самая схема, которая была реализована на тепловозе 2ТЭ10Л-1220 и защищена патентом Российской Федерации.

С 1980 г. А.С. Кулабухов — ведущий инженер отдела электрических машин и электрооборудования тепловозов тепловозного управления Главного управления локомотивного хозяйства МПС СССР. Он курировал разработки тяговых электрических машин, которые в те годы изготавливались харьковскими заводами «Электротяжмаш» и «Электромашина».

Александр Сергеевич проявил себя не только как талантливый научный работник, но и умелый организатор. В 1985 г. согласно Постановлению ЦК КПСС и Совета Министров СССР Министерству путей сообщения было поручено разработать и доставить на БАМ для работы на сорокатысячном обходе Северо-Муйского тоннеля Байкало-Амурской магистрали 16 тепловозов ТЭМ2У, оборудованных реостатным тормозом.

В сжатые сроки (сентябрь — декабрь) конструкторы ПКБ ЦТ разработали проект модернизации серийно выпускаемых Брянским машиностроительным заводом тепловозов ТЭМ2У. В депо Брянск I проект воплотили в металл и, опережая установленные сроки, организовали модернизацию локомотивов. Сотрудники ВНИИЖТа провели испытания опытных образцов, по итогам которых было отмечено, что конструкторы ПКБ ЦТ проявили особую творческую смекалку, создав оригинальную схему охлаждения тормозных резисторов электрического тормоза тепловоза, используя при этом вентиляторы охлаждения теплоносителей дизеля.

В декабре тепловозы ТЭМ2У уже водили поезда через Северо-Муйский обход, обеспечивая без задержек доставку грузов для строителей БАМа. За успешное выполнение важного задания группа специалистов ПКБ ЦТ, депо Брянск I, ВНИИЖТ и МПС была отмечена отраслевыми наградами. Ведущий инженер ЦТ, возглавлявший проектные и производственные работы, был удостоен знаком «Почетному железнодорожнику».

После распада СССР в МПС вплотную взялись за создание отечественной базы производства электрооборудования тепловозов. Куратором этого проекта стал опытнейший инженер А.С. Кулабухов. Во многом благодаря ему было организовано производство тяговых и вспомогательных электрических машин в ОАО «Привод» в г. Лысьва, аппаратуры на Пензенском заводе точных приборов, выпрямительных установок в г. Саранск.

При участии А.С. Кулабухова во ВНИКТИ была создана система поосного регулирования тяговых двигателей тепловозов с электрической передачей переменно-постоянного тока, защищенная несколькими патентами Российской Федерации, которую внедрили на тепловозах 2ТЭ70, 2ТЭ25К, 2ТЭ116У и 2ТЭ25КМ. Благодаря применению этих изобретений тепловозы реализуют расчетные тяговые параметры при следовании поезда на расчетном подъеме с критическим для конкретного участка весом и неблагоприятных условиях сцепления.

Авторитетный специалист в области электрических передач и электрооборудования тепловозов, почетный железнодорожник, отмеченный знаком «За безупречный труд на железнодорожном транспорте 30 лет», другими отраслевыми наградами, Александр Сергеевич Кулабухов в свои 75 лет и сегодня полон энергии, оптимизма, творческих планов и новых технических решений. Он активный участник проектов и экспертиз, наставник, автор статей и консультант журнала. Пожелаем ему крепкого здоровья и дальнейших удач в творческом пути!

В.И. КАРЯНИН,
редактор отдела тепловозной тяги журнала «Локомотив»

ЕСТЬ ТАКОЕ МЕСТО — ЛЕБЯЖЬЕ

Если отправиться на электропоезде с Балтийского вокзала Санкт-Петербурга в направлении Калище (через Петергоф и Ораниенбаум), то через полтора часа езды будет станция Лебяжье. Примерно в километре от платформы в живописном хвойном бору можно увидеть площадку, огороженную забором, к которой подходят подъездные пути. Из-за забора видны крыши различной исторической железнодорожной техники — паровозов, электровозов, тепловозов, железнодорожных кранов. Это — фондовая площадка натурных экспонатов «Пионерский парк» Центрального музея железнодорожного транспорта России (ЦМЖТ). Еще в 1979 г. по указанию МПС СССР на данный музей была возложена почетная миссия по поиску и отбору экспонатов для будущих экспозиций железнодорожных музеев.

Сама площадка была построена в 1930-х годах для обслуживания и ремонта железнодорожных артиллерийских транспортеров. Специально от станции Лебяжье были проложены подъездные пути. Данное место получило официальное название станция Пионерская, откуда и берет свое происхождение название фондовой площадки «Пионерский парк». В дальнейшем площадка была передана под нужды музея.

Здесь собрана уникальная коллекция локомотивов самых разных эпох, насчитывающая более 50 единиц техники. Некоторые экспонаты демонстрируются в настоящее время в музеях Октябрьской и Московской дорог.

Изначально посещение данного места было затруднительным: здесь действовала погранзона, и чтобы сюда попасть, необходимо было помимо договоренности с администрацией музея также заблаговременно заказать пропуск в управлении погранвойск. Регулярные экскурсии на площадку не осуществлялись. Однако в последние несколько лет ситуация изменилась в лучшую сторону: пропускной режим в Лебяжьем упразднили, а экскурсии на площадку стали регулярными в теплое время года (по графику — один раз в месяц).

На площадке собрана уникальная коллекция паровозов серии Э различных индексов и годов выпуска, которые были самыми массовыми грузовыми паровозами на отечественных магистралях. Среди них следует особо отметить паровоз Э-918, построенный в 1913 г. «Русским обществом машиностроительных заводов Гартмана» по заказу Владикавказской дороги. Данный локомотив поступил из Армавирского предприятия «Промжелдортранс» в 1985 г. Имеются также паровозы Э более поздних выпусков — это серии $Э^{у}$, $Э^{м}$, $Э^{р}$.

Рядом виднеется паровоз ФД20 («Феликс Дзержинский») 1934 г. постройки типа 1–5–1. Серия ФД была признана основной среди грузовых паровозов СССР второй пятилетки. Экземпляр с номером 163 поступил в ЦМЖТ в 1983 г. из локомотивного депо Курск. Локомотив находится в полной комплектации и при необходимости может быть доведен до рабочего состояния. На площадке имеется еще один паровоз ФД20 более позднего выпуска.

В коллекции имеются паровозы зарубежного производства серий $Е^{м}$ (завода «АЛКО», США) и ТЭ (завода «Шкода»).

Гордостью экспозиции является коллекция пассажирских паровозов $С^{у}$ («Сормовский усиленный») завода «Красное Сормово». Здесь собраны три локомотива 1935, 1949 и 1950 годов постройки, имеющих между собой конструктивные отличия.

Среди грузовых паровозов следует отметить СО17 («Серго Орджоникидзе»). Выпуск данной серии был налажен в Луганске сразу после войны. На площадке также имеются широко известные по другим музеям паровозы Л и ЛВ.

Пассажирский паровоз П36-0249 является представителем последней серии паровозов, выпущенных в нашей стране.

Рядом с паровозами соседствуют пришедшие им на смену представители современных видов тяги — тепловозы и электровозы. Среди них следует особо отметить электровоз ВЛ22-179 постройки завода «Динамо» им. С.М. Кирова (1941 г.), работавший ранее на Закавказской дороге. Это один из немногочисленных сохранившихся электровозов данной серии довоенной постройки. Характерная его особенность — клепаный кузов и подшипники скольжения.

В коллекции имеются грузовые электровозы отечественной постройки ВЛ8 и ВЛ23, чехословацкий пассажирский электровоз ЧС3 (1961 г.).

Тепловозы $Д^{а}$ поставлялись в нашу страну по ленд-лизу из США. Представленный на площадке $Д^{а}$20-31 был выпущен заводом «АЛКО» в 1944 г. и до передачи в ЦМЖТ работал на Ашхабадской дороге. На базе тепловоза $Д^{а}$ в дальнейшем был создан тепловоз ТЭ1, строившийся в Харькове на заводе им. Малышева.

Недалеко от $Д^{а}$ находится тепловоз ТЭ2-066. Этот локомотив двухсекционный мощностью 2×1000 л.с. и имеет уже кузов вагонного типа. Впоследствии данный тип кузова стал основным на отечественных магистральных локомотивах.

Неподалеку расположился тепловоз с похожей круглой кабиной, но уже с шестиосным экипажем. Это — ТЭ3, ставший дальнейшим этапом совершенствования тепловоза ТЭ2. Тепловозы ТЭ3 мощностью 2×2000 л.с. были основной серией грузовых тепловозов в нашей стране в период 1960 — 1970-х годов. Их выпуск в течение нескольких лет был организован сразу на трех заводах (Харьковском им. Малышева, Коломенском и Луганском), что позволило быстро пополнить парк тепловозами в период реконструкции тяги. Конкретно представленный экземпляр ТЭ3-100 был построен Харьковским заводом в 1957 г. и работал в депо Петропавловск (этот тепловоз принадлежит музею Октябрьской дороги).

Рядом с главным входом на площадку стоит тепловоз 2ТЭ10Л-0941 Луганского завода выпуска 1969 г., который пришел на смену тепловозам ТЭ3. Его мощность уже составляла 2×3000 л.с. В дальнейшем его конструкция совершенствовалась, и на его базе было создано целое «семейство» тепловозов типа ТЭ10 в двух-, трех- и четырехсекционном исполнениях. Данный экземпляр поступил в музей в 1991 г. из депо Сенная.

Особое внимание посетителей привлекает локомотив малинового цвета. Это — пассажирский тепловоз ТЭП60 Коломенского завода. Конструкционная его скорость — 160 км/ч. ТЭП60-1171 ранее работал в Великих Луках, а по мере поступления тепловозов ТЭП70 оказался на базе запаса, откуда был передан в Лебяжье.

В последние несколько лет фондовая площадка «Пионерский парк» пополнилась маневровыми тепловозами серий ЧМЭ2, ЧМЭ3, ТЭМ1, ТЭМ2 и ТЭМ3. Несмотря на то, что некоторые из данных серий локомотивов еще встречаются повсеместно в эксплуатации на ряде дорог, отрадно отметить, что об их сохранении задумались уже сейчас.

Электровозы ЧС2 чехословацкой постройки, еще до недавнего времени работавшие с пассажирскими поездами на ряде дорог, теперь в России можно увидеть только с хозяйственными поездами. ЧС2-165 (1963 г.) поступил в фонды из депо Барабинск Западно-Сибирской дороги. Еще один «новичок» в экспозиции — дизель-поезд Д1 венгерского производства, ранее использовавшийся как служебный поезд руководства Октябрьской дороги.

В конце колонны локомотивов находится грузовой тепловоз 2ТЭ121 Луганского завода мощностью 2×4000 л.с. Предполагалось, что эти тепловозы получат большое распространение на магистралях страны. Однако распад СССР и последующие события в стране не позволили осуществить данные планы. 2ТЭ121-047 поступил в музей в 2013 г. с базы запаса Дно Октябрьской дороги. Всего же в России сохранилось только два тепловоза данной серии.

К сожалению, время и непогода берут свое, и часть экспонатов нуждается в реставрационных работах. Отрадно, что несколько локомотивов удалось привести в хороший вид и данный процесс продолжается.

Некоторые локомотивы восстановлены до рабочего состояния. Так, паровоз $С^{у}$ 206-56 (1935 г.) с эмблемой Царскосельской дороги иногда используется для динамического показа зрителям на площадке, а также в киносъемках.

Обо всех представленных здесь локомотивах можно рассказывать очень долго. Приезжайте и вы на фондовую площадку «Пионерский парк» в Лебяжьем — не пожалеете!

А.В. МОЛЧАНОВ, А.А. ЕГОРОВ,
спец. корр. журнала

Читайте в ближайших номерах:

- **Электронные образовательные ресурсы в подготовке рабочих кадров**
- **Электрическая схема тепловоза 2ТЭ116**
- **Некоторые изменения в электрических цепях электровоза ЭП1**
- **Своевременно устранять повреждения крышевого оборудования электровоза ЧС7**
- **Знакомьтесь: электровоз БКГ1**
- **Тележечное оборудование фрикционного тормоза для подвижного состава**
- **Маневровый тепловоз ТЭМ31М готовится к серийному выпуску**
- **Школа молодого машиниста**

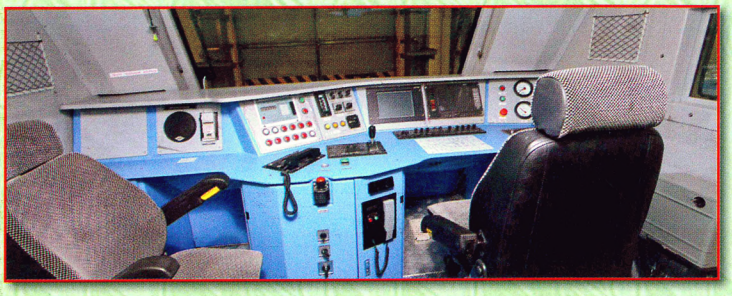
ЗАПОВЕДНЫЙ УГОЛОК

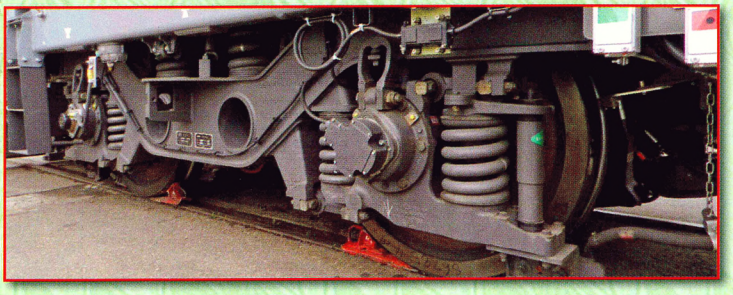
Недалеко от станции Лебяжье Октябрьской дороги в сосновом бору находится фондовая площадка «Пионерский парк» Центрального музея железнодорожного транспорта России. Здесь собрана уникальная коллекция исторических локомотивов. Знакомим читателей с некоторыми из них. На снимках:

❶ грузовой тепловоз 2ТЭ10Л Луганского завода;
❷ паровоз С^{у}206-56 завода «Красное Сормово» (1935 г. постройки) восстановлен до рабочего состояния;
❸ трофейный паровоз серии ТЭ завода «Шкода»;
❹ первый крупносерийный двухсекционный тепловоз ТЭ2 Харьковского завода им. Малышева;
❺ тепловоз Д^{А} американской компании «АЛКО»;
❻ тепловоз Луганского завода 2ТЭ121 мощностью 4000 л.с. в секции;
❼ пассажирский тепловоз Коломенского завода ТЭП60;
❽ дизель-поезд венгерского производства Д1.

Фото А.В. Молчанова

Фото А.В. Бачило





Индекс 71103 (для организаций — 73559)

ГРУЗОВОЙ ЭЛЕКТРОВОЗ БКГ1 ДЛЯ БЕЛАРУСИ

Средний вес грузовых поездов, следующих транзитом из России через Беларусь, в последние годы постоянно увеличивался и достиг 7 — 9 тыс. т. Составы приходилось расформировывать по станции Орша. Это уменьшало пропускную способность, вызывало дополнительные финансовые затраты на содержание локомотивов, поездных бригад и маневровую работу, так как весовая норма для эксплуатируемых электровозов ВЛ80С мощностью 6520 кВт составляет 4,7 — 5,5 тыс. т.

С целью развития тяжеловесного движения электрифицировали участок Гомель — Минск, где потребовались современные грузовые электровозы, способные водить поезда большого веса. Белорусская дорога заключила контракт с Корпорацией по экспорту и импорту электрооборудования и Датунским электровозостроительным заводом (Китай) на поставку 12 грузовых магистральных двухсекционных электровозов переменного тока БКГ1 мощностью 9600 кВт и конструкционной скоростью 120 км/ч. Они созданы на базе электровозов семейства HXD2, которые разработаны для железных дорог Китая совместно компанией «Альстом» (Франция).

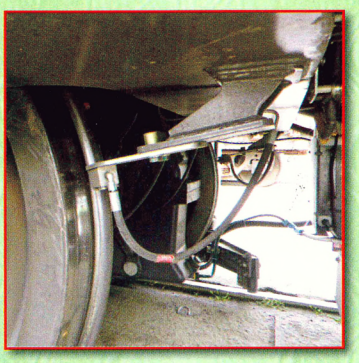
Независимый поосный тяговый привод нового поколения с индивидуальным регулированием обеспечивает стабильность тягового усилия, необходимое резервирование мощности, а также реализацию рекуперативного торможения. Применены асинхронные тяговые двигатели, которые позволяют получить увеличенную мощность при одновременном уменьшении габаритных размеров.

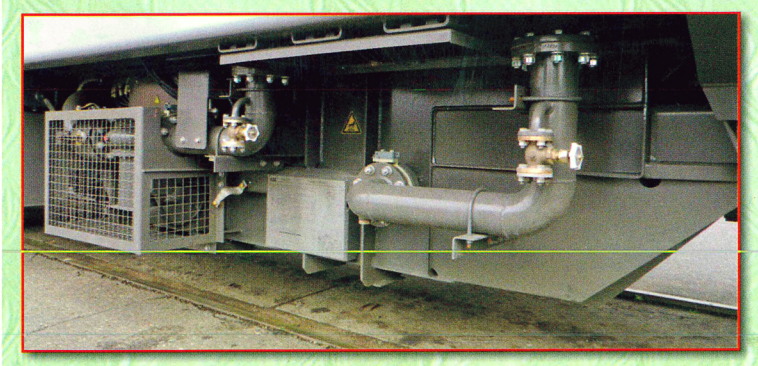
На электровозе используется распределенная компьютерная система, работающая по протоколу «Wordfip», которая точно определяет неисправный модуль, а также осуществляет функции логического управления и самодиагностики, благодаря чему оперативно устраняются неисправности в пути следования. Применена тормозная система разработки компании «Кнорр-Бремзе» (Германия), адаптированная для совместной работы с тормозами эксплуатируемых на Белорусской дороге грузовых вагонов.

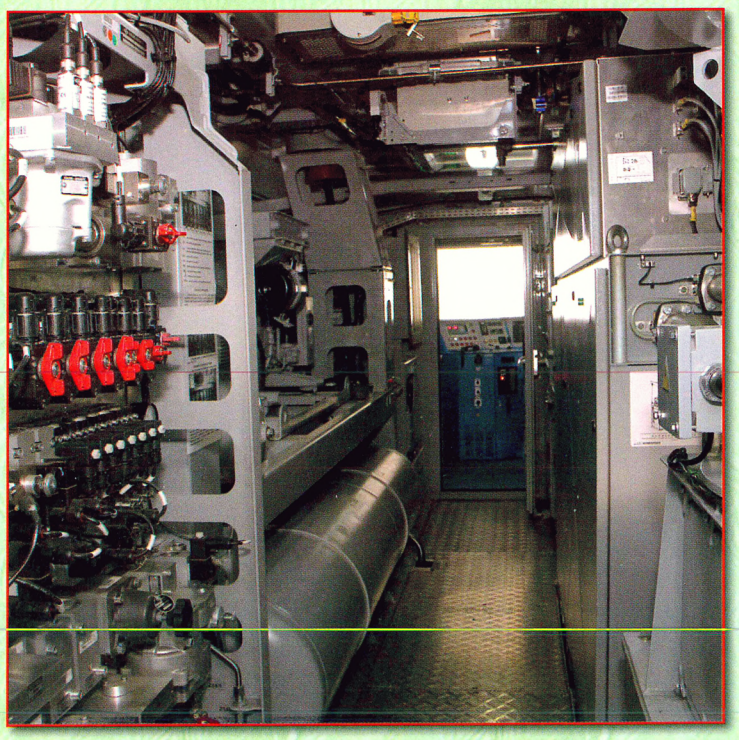
На с. 40 — 42 журнала более подробно представлены особенности грузового электровоза БКГ1.

На фото (слева направо, сверху вниз):

- локомотив подготавливается в очередной рейс;
- на пульте управления: устройство безопасности КЛУБ-У, поездная радиосвязь и система контроля бодрствования машиниста ТСКБМ российского производства;
- двухосная тележка сварной конструкции связана с кузовом в вертикальном и поперечном направлениях с помощью упругих и демпфирующих элементов;
- гребнесмазыватель;
- высоковольтное заземляющее устройство с ручным приводом;
- тяговый трансформатор;
- в машинном отделении БКГ1.







ISSN 0869 — 8147, Локомотив, 2016, № 10, 1 – 48 (1 вкладка)