



**DI - ELCOM s.r.o.**

U Seřadiště 93/213, 326 00 PLZEŇ



Общество с ограниченной ответственностью



# ПРОЕКТ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЯГОВЫХ АГРЕГАТОВ ОПЭ1АМ







## 1.1. Существующее электрическое оборудование тягового агрегата ОПЭ1АМ

Тяговый агрегат состоит из электровоза управления и двух моторных думпкаров. Электровоз управления и каждый думпкар четырехосные. Мощность всех тяговых двигателей электровоза и думпкаров одинаковая. Основное электрооборудование находится на электровозе управления. На думпкарах находятся тяговые двигатели и вентиляторы тяговых двигателей. Питание всех тяговых двигателей осуществляется от цепей электровоза управления. Питание всех двигателей вентиляторов одинаковое. Вентиляторы находятся на думпкарах и электровозе управления и питаются от сети собственных нужд. Вентиляцию тормозных сопротивлений обеспечивают вентиляторы с приводом постоянного тока, которые питаются прямо от блока тормозных сопротивлений. При регулировании ЭДТ (электродинамического торможения) тяговые двигатели регулируются независимым возбуждением. Все обмотки возбуждения половины ТА (как четные, так и нечетные)

включаются последовательно и питаются (каждая) от своего тягового выпрямителя, который регулирует ток возбуждения. Ток из якорей поступает в тормозные сопротивления, которые не переключаются.

Электровоз питается из сети переменного тока 10 кВ. Регулирование мощности осуществляет контролер, который переключает вторичные обмотки тягового трансформатора ОДЦЭ-8000/10У2. На его вторичных тяговых обмотках на выводах а1-х1 и а2-х2 для питания тяговых двигателей создается напряжение 1900 В (холостой ход). На обмотках для питания цепей собственных нужд создается напряжение 250, 400 и 625 В. Для регулирования тяги электровоз имеет комбинированное переключение секций вторичных обмоток посредством контакторов, которые переключают четыре основных зоны (450, 950, 1450 и 1900 В). В рамках зоны можно плавно регулировать мощность посредством тиристорных плечей управления тяговых выпрямителей. В результате, можно плавно регулировать напряжение для питания тяговых двигателей. На электровозе управления рядом с

тяговым трансформатором находятся два выпрямительных блока, которые выходным шинопроводом питают силовую схему ТА. От выпрямителей питаются две группы тяговых двигателей. Один выпрямитель питает одну группу тяговых двигателей (четную). Второй выпрямитель питает вторую группу тяговых двигателей (нечетную). ТА имеет 12 тяговых двигателей НБ511/НБ511М/ДТ9Н, у которых номинальная длительная мощность около 500 кВт, при напряжении 1500 В и токе 400 А.

На ТА имеется много контактных переключателей в силовых цепях, таких как, силовые приборы переключения, контроллеры, тормозные и линейные переключатели, линейные контакторы, реверсоры и т.д. ТА оснащен электродинамическим реостатным тормозом с плавным регулированием тормозной мощности током возбуждения. Силовая схема очень сложная для переключения между режимами тяги и ЭДТ. Неправильное переключение одного контактора может привести к выключению половины двигателей тягового агрегата. В течение ЭДТ тяговые двигатели переключаются в режим независимого возбуждения, их якоря подключаются к тормозным сопротивлениям. Переключение контакторов обеспечивает система управления и контроллер машиниста, который находится в кабине электровоза управления. Все электрооборудование ТА имеет надежную защиту от токов короткого замыкания, перегрузок, атмосферных и коммутационных перенапряжений. Защита осуществляется главным выключателем и разнообразными защитными реле.

Пневматическое торможение поезда осуществляется краном машиниста №395/394. Кроме того, электровоз управления ТА снабжен вспомогательным тормозным прямым действующим краном №254, включающим вспомогательный резервуар сжатого воздуха в общую схему распределения при недостатке воздуха для торможения ТА. Запас сжатого воздуха обеспечивают два главных компрессора, расположенные в электровозе управления. Компрессоры работают в общей схеме распределения сжатого воздуха. Электровоз оснащен устройством для выгрузки вагонов сжатым воздухом.

Для введения электровоза в рабочее состояние (подъем токоприемников) установлен вспомогательный компрессорный агрегат.

## 1.2. Почему необходима модернизация электрической части и, что это позволяет реализовать

На участках железных дорог открытых горных разработок, электрифицированных напряжением 10 кВ переменного тока, 1,5 и 3 кВ постоянного тока используются несколько типов тяговых агрегатов и промышленных электровозов производства НЭВЗ, ДЭВЗ и бывшей ГДР. ТА и промышленные электровозы производились в разные годы, и сегодня становится актуальным вопрос, покупать новые или имеющиеся модернизировать. Для правильного решения этого вопроса мы предлагаем ряд соображений, полученных в результате анализа эксплуатации действующих ТА на ГОКах и опыта эксплуатации модернизированных промышленных электровозов 27Е производства Шкоды. Мы аккумулировали большой объем информации по эксплуатации ТА, и по результатам его анализа можем предложить подробную информацию о проблемах, возникающих при эксплуатации ТА. Исходя из этих проблем и необходимости их устранения, предлагаем модернизировать электрическую часть ТА, например так, как были модернизированы промышленные электровозы 27Е, которые более 3 лет эксплуатируются на Соколовском ГОКе (Sokolovská uhelná, a.s.) в Чехии. Учитывая то, что экипажная часть эксплуатируемых сегодня ТА и промышленных электровозов конструировалась и изготавливалась с большим запасом прочности, и после проведения капитального ремонта может эксплуатироваться еще минимум 20 лет, модернизация электрической части вполне резонна. Она позволит поднять технический уровень промышленного транспорта до современного, увеличить его надежность, уменьшить расходы электрической энергии, существенно упростить эксплуатацию и управление, создать комфортные условия работы для машинистов и значительно увеличить безопасность движения. ТА ОПЭ1АМ является наиболее пригодным для модернизации. Его экипажная часть за длительный срок эксплуатации зарекомендовала себя как очень надежная. Если, при проведении капитального ремонта, произвести модернизацию электрической части ТА, это коренным образом улучшит его

свойства до такого уровня, который недостижим даже для выпущенного совсем недавно нового ТА – НП1. Несмотря на применение микропроцессорной системы управления на НП1, технический уровень электрической части НП1 не намного превышает существующий уровень ОПЭ1-АМ, т.к. основные решения, которые мы предлагаем для модернизации электрической части, не применяются.

Мы понимаем основные проблемы, возникающие при эксплуатации ТА, и, в предлагаемом проекте модернизации, решаем их устранение. Основными задачами модернизации по улучшению свойств ТА являются, значительное сокращение расходов электрической энергии, упрощение обслуживания ТА, увеличение его надежности, повышение безопасности движения, улучшение тяговой характеристики в полном диапазоне скоростей, максимальное задействование электродинамического торможения (ЭДТ) в полном диапазоне скоростей вплоть до минимальных, максимальная автоматизация системы управления, улучшение условий работы машинистов, коренное изменение алгоритма работы цепей собственных нужд и т.д. Предлагаемый проект модернизации можно разделить на три основных блока. В первом блоке – коренное улучшение системы управления ТА, во втором блоке – решение системы управления тягой или ЭДТ, и в третьем блоке, находится решение работы цепей собственных нужд.

По отношению к указанным блокам решаются все остальные задачи улучшения технических характеристик ТА, которые определяют наиболее оптимальную эксплуатацию ТА. Можно принять решение о частичной модернизации ТА, каких-либо его элементов и систем, например, тиристорных выпрямителей, компрессорной системы, системы вентиляции и т.д. Но, пока не будет комплексного решения модернизации всего ТА, невозможно устранение всех основных проблем. Эффективное решение можно получить только при комплексной модернизации и решении всех связей между электрическими системами ТА. Это раскрывается в дальнейшем описании.

### **1.2.1. Система управления тяговым агрегатом**

Основную часть модернизации представляет система управления тяговым

агрегатом, но она неотрывно зависит от решения остальных частей ТА.

Работа действующей системы управления ТА во многом зависит от опыта машиниста и уровня его квалификации. Машинист должен не только контролировать движение и состояние ТА, но и уделять большое внимание его управлению, переключать контакторы согласно требуемой тяги или ЭДТ, должен, при этом, контролировать напряжение контактной сети и скорость электровоза, должен переключать схему согласно требованиям условий работы или способа питания, включать/выключать цепи собственных нужд и т.д. Это требует большого внимания машиниста при работе ТА. Любое отвлечение или недооценка факторов приводят его к ошибкам в управлении ТА. Основная задача новой системы управления, сделать управление ТА максимально простым, дружественным машинисту по отображению необходимой информации. Система должна предупреждать его об опасных ситуациях, сотрудничать с машинистом. Машинист, прежде всего, следит за движением ТА, чем обеспечивает его безопасность. Это является главной задачей машиниста.

Задача микропроцессорной системы управления ТА – контролировать и управлять всеми напряжениями и токами, следить за направлением движения, скоростью, давлением воздуха, мгновенно реагировать на боксование и юз, и т.д. Не допускать ошибочных состояний, автоматически переключать контакторы согласно требуемой величине тяги или торможения и скорости ТА. Машинист, после включения напряжения контактной сети, только задает направление движения, управляет пневматическими тормозами и устанавливает требуемую скорость или тягу. Все остальное решает система управления. Пока все работает нормально, на дисплее, на который поступают все данные ТА, отображаются только основные данные, например, напряжение контактной сети, токи тяговых двигателей, состояние всех приборов, скорость движения.

Когда какое-нибудь показание приближается к ошибочной величине, дисплей автоматически показывает ошибку и машинист получает рекомендации от системы управления, каким образом можно продолжать работу (как исправить ошибку). Таким образом, машинисту не требуется уделять большое внимание работе систем ТА. Он получает всю

информацию о работе всех цепей в пределах допустимых ограничений без задержки, и, в случае превышения допустимых границ, должен на эту информацию реагировать. Если машинист не отреагирует на предупреждение системы управления, он будет несколько раз предупрежден и система, в случае необходимости, может автоматически остановить ТА. Кроме того, система управления постоянно контролирует информацию о состоянии всех главных цепей, движении ТА, работу машиниста. Эти данные система запоминает в память, откуда их возможно снимать и проверять. Если машинист сделает какую-нибудь ошибку, или получит ошибочную информацию от цепей ТА, или скорость ТА увеличится выше допустимой границы, машинист предупреждается сигналом опасности, система автоматически переключается в безопасное положение и рекомендует машинисту что необходимо предпринять. Система способна сотрудничать с остальными приборами и оборудованием ТА. Но возможность получать от них информацию напрямую зависит от того, какие применены приборы и остальное оборудование. Например, в случае использования действующего решения цепей собственных нужд, система управления сможет только проверять включены они или нет, работают или нет. Если применить предложенное нами в проекте модернизации питание цепей собственных нужд, система управления будет способна проверять их работу более подробно и уменьшать, например, расходы электрической энергии регулированием мощности приводов вентиляторов, устанавливать требуемую мощность ЭДТ, чтобы этой энергии хватало для питания цепей собственных нужд на время проезда нейтральной вставки. Способна задавать величину тяги или торможения отдельных осей ТА, согласно уровню адгезии и степени боксования на осях. Это означает, что у электровоза управления и думпкаров может быть различная величина силы тяги в зависимости от того, загружены думпкары или нет, машинист в этом случае только увидит на дисплее, что используются токи разной величины тяговыми двигателями электровоза управления и думпкаров. В случае срыва какой-либо оси/осей в боксование, система управления автоматически регулирует тягу таким образом, что на осях, которые боксуют, уменьшает тягу,

а на тех которые работают нормально, тягу увеличивает и таким образом стремиться сохранить величину требуемой тяги. Если же нельзя только распределением тяги вывести ТА из боксования, автоматически включается подача песка и, одновременно уменьшается значение тяги. Способ регулирования работает автоматически по отношению к увеличению или уменьшению скорости ТА.

Система управления также автоматически сравнивает требуемое и действительное направление движения. Например, если поезд в силу разных причин начинает двигаться в обратном направлении, система предупреждает машиниста и если поезд не останавливается, автоматически включается пневматическое торможение, а если при этом нет напряжения контактной сети, то включается и электродинамический тормоз. Электродинамический тормоз работает с ограниченной силой торможения и его задача, создать напряжение для питания компрессоров. В случае, если давление сжатого воздуха низкое, ЭДТ срабатывает в полную силу.

Система способна проверять также сигналы от противопожарных датчиков и включать газовые генераторы.

### 1.2.2. Система управления тягой или ЭДТ

Существующая система основана на контактном переключении зон тяги и плавным регулированием тяги в рамках одной зоны. Машинист всегда должен принимать решение, когда можно переключать зоны по отношению к скорости движения и требуемой тяге. Контактное переключение зон без изменения силы тяги, сложный процесс, полностью зависящий от правильности срабатывания групп контакторов. Регулирование тяги возможно только по двум группам двигателей (четная и нечетная). У них всегда одинаковое напряжение но разное давление на ось. Это вызывает боксование и уменьшает возможную силу тяги разрешенную условиями адгезии. Переключение в режим ЭДТ, сложный процесс не только для машиниста, но и для множества контакторов силовой части. Двигатели переключают схему независимое возбуждение, обмотки возбуждения тяговых двигателей переключаются в последовательное положение между думпкарами и электровозом управления. Пока есть напряжение в контактной сети, ток тяговых двигателей регулирует выпрямитель.

Если в контактной сети нет напряжения, обмотки тяговых двигателей питаются способом самовозбуждения. Машинист всегда должен переключать способ возбуждения. Только когда отключена контактная сеть и ЭДТ работает по системе самовозбуждения, можно питать компрессоры, но только при условии, что скорость движения выше 15 км/час. Эта скорость позволяет создать на якорях тяговых двигателей напряжение выше 300 В. Если ЭДТ используется при подключенной контактной сети, тормозная энергия не задействуется, и полностью уничтожается на тормозных сопротивлениях. Система имеет большое число контакторов, сложную связь между думпкаром и электровозом управления. Также имеется большое ограничение для использования энергии ЭДТ, когда уменьшается скорость движения (меньше 15 км/час), и при полном возбуждении уже не создается достаточное напряжение на якорях тяговых двигателей.

Новую систему можно решать разными путями. Можно произвести только замену полупроводников тяговых выпрямительных блоков и измерительных приборов, и их системы управления. Систему сделать бесконтактной, с групповым регулированием тяги или ЭДТ. Система будет плавно регулировать тягу во всем диапазоне скоростей, не будет никаких затруднений с переключением зон, не будет контакторов. Таким образом, получается бесконтактная система регулирования тяги, но выше показанные проблемы в отношении к групповому регулированию и использовании ЭДТ, не решаются. По отношению к сложности и цене, это решение самое дешевое, дешевле, чем ремонт старой контактной системы. Технические данные ТА при этом не изменяются. Мы предлагаем дополнить модернизацию тягового выпрямителя модернизацией ЭДТ. Возможно использование двух вариантов.

**В первом варианте** ЭДТ решается системой смешанного возбуждения, при этом источники возбуждения будут питать обмотки тяговых двигателей раздельно по двигателям, что дает возможность регулировать добавочным возбуждением ток обмоток возбуждения в режиме тяги и этим регулировать тягу **по осям в определенных пределах, но при сохранении группового регулирования напряжения на якорях**. При переключении системы в ЭДТ, тяговые двигатели будут регулироваться, как двигатели с независимым возбуждением,

но регулирование будет поосным, в полном диапазоне. Напряжение на тормозных сопротивлениях будет одинаковым с напряжением на якорях тяговых двигателей. Поэтому на малых скоростях ТА будет способен тормозить, но энергию торможения невозможно будет использовать для питания цепей собственных нужд. На одну ось (один тяговый двигатель) будет только один контактор, будет мало проводов между электровозом управления и думпкарами. Для одной группы тяговых двигателей будет один источник напряжения около 100 В, от которого будут питаться транзисторы регулирования тока обмоток возбуждения. Можно использовать действующие сопротивления ослабления поля, которые находятся на ТА. Из нашего опыта, ТА очень мало использует эти сопротивления, и не имеет большого смысла делать их замену.

**Другой вариант** заключается в использовании **полного поосного регулирования тяги и ЭДТ** с использованием тяговых преобразователей. Это потребует, кроме изменения выпрямителей, которые будут проще (не требуется такое число тиристоров), чем при групповом регулировании, применения тяговых преобразователей, которые позволят **полноценно регулировать тягу и ЭДТ по осям и максимально полно использовать тормозную энергию для питания цепей собственных нужд**. Сила тяги автоматически распределяется по осям согласно их адгезии таким образом, чтобы выполнить команду машиниста по созданию заданной величины тяги. Использование тяговых преобразователей также решает переключение в ЭДТ. Система всегда работает с последовательно включенными обмотками возбуждения и якоря тяговых двигателей. Переключение делает реверсор, а ток двигателя точно регулирует тормозной транзистор. Тормозная энергия выбрасывается во входной конденсатор (входной фильтр), откуда ее, возможно, направлять для питания цепей собственных нужд, излишки тормозной энергии можно рекуперировать обратно в контактную сеть, или уничтожить на тормозных сопротивлениях. Этим возможно увеличить мощность ЭДТ и обеспечить его применение до скоростей близких к нулевым, всегда получать напряжение для питания цепей собственных нужд на уровне 600 В. Тормозной транзистор произведет трансформацию тока и напряжения,

и будет держать на входном конденсаторе (входном фильтре) регулированием мощности тормозных сопротивлений посредством транзисторов константное напряжение, например, на уровне 1800 В. Этот способ наиболее эффективный и его можно простым образом дополнить, рекуперацией излишков энергии обратно в контактную сеть, чем уменьшить расходы электрической энергии. Рекуперация разрешает передавать тормозную энергию обратно в контактную сеть. При нахождении ТА на участке без напряжения, вся излишняя тормозная энергия уничтожится на тормозных сопротивлениях. С учетом таких участков надо рассчитывать мощность тормозных сопротивлений. Система, регулированием напряжения на входных конденсаторах, автоматически способна распределять количество рекуперативной энергии и энергии, которая будет уничтожаться на тормозных сопротивлениях. Это позволяет без влияния на тормозное усилие проезжать, например, нейтральную вставку. Применением этого решения не надо делать никаких изменений на подпитывающих станциях, ТА просто будет передавать тормозную энергию обратно, рекуперировать до того момента, пока контактная сеть будет способна принимать энергию. Если контактная сеть не сможет больше принимать, остальная энергия будет уничтожена на тормозных сопротивлениях. Все работает автоматически без участия машиниста. Можно сказать, что при питании ТА переменным током, можно использовать всю тормозную энергию, пока поднят токоприемник.

Решение с использованием тяговых преобразователей очень упрощает переключение между тягой и ЭДТ, из контакторов переключается только реверсор, остальное регулирование решают транзисторы. Еще больше уменьшается число проводов между электровозом управления и думпкарами в сравнении с первым вариантом. Система всегда работает на принципе самовозбуждения и поэтому не требует никакого переключения между работой под контактной сетью и без нее. Это тоже увеличивает безопасность движения ТА. Кроме того, этот вариант упрощает управление дизельной секцией, если она находится в составе ТА. Тяговые преобразователи всегда управляют тяговыми двигателями, все цепи собственных нужд

питаются одинаковым образом, как при питании от контактной сети, так и от ЭДТ. Можно намного упростить алгоритм работы дизеля. Он будет регулировать только напряжение на выходе на одной величине, все остальное регулирует электрическая часть ТА.

Тяговые преобразователи автоматически регулируют боксование. У них посредством серийной линии производится обмен информацией о напряжениях и токах тяговых двигателей, так система управления ТА способна распределять тяговое или тормозное усилие по отношению к условиям адгезии. Таким образом, можно увеличить силу тяги в сложных условиях адгезии и регулировать тягу по осям. Этим способом решается также распределение тяги между моторными думпкарами и электровозом управления, и не имеет значения, загружены думпкары или нет. Этим также уменьшается износ тормозных колодок и колесных пар.

### 1.2.3 Блок цепей собственных нужд

Существующие цепи собственных нужд решены без необходимых связей с остальным оборудованием ТА. Практически всем вспомогательным оборудованием вручную управляет машинист. Он должен следить за своевременным включением/выключением вентиляторов охлаждения, компрессоров. Каждое включение вызывает большие пики тока и переходные пиковые процессы на контактном проводе. Решение вентиляции не является оптимальным для тяговых двигателей и поэтому увеличивает число их отказов. Расходы электрической энергии для питания приводов вентиляторов можно уменьшить в два раза, если регулировать их мощность в зависимости от температуры и текущей силы тяги тяговых двигателей. Кроме уменьшения расходов электрической энергии значительно уменьшается уровень шума вентиляции, чем улучшаются условия работы машинистов. Похожим образом решается управление компрессорами. Компрессоры должны обеспечивать сжатый воздух всегда, пока электровоз движется и давление воздуха будет ниже допустимой границы. Также требуется правильная работа зарядного устройства. Не будет проблемой прерывание заряда аккумуляторных батарей в течении нескольких секунд, но плохо отражается на состоянии батарей выключение заряда на



несколько минут и более, например, при движении без питания от контактной сети на длинном уклоне.

Основной частью питания цепей собственных нужд является источник питания, который будет обеспечивать стабилизированное выходное напряжение 600 В постоянного тока для всех цепей собственных нужд во всем диапазоне питания независимо от типа питания. Будет это напряжение контактной сети или от тормозной энергии. Это создает оптимальные условия для работы всех инверторов и преобразователей цепей собственных нужд. Источник всегда должен обеспечивать энергию, во время движения ТА. Этим увеличивает безопасность движения. При питании от ЭДТ будет достаточная энергия, при скорости движения выше 2км/час.

В основной части модернизации, рекомендуем заменить существующие поршневые компрессоры КТ-6 на роторно-пластинчатые компрессоры, например, Nudropane HV30, которые существенно более надежны в эксплуатации, гораздо проще в ремонте и обслуживании, жизненный цикл – более 30 лет. Вместе с заменой компрессоров решается система их регулирования. Система обеспечивает требуемое количество сжатого воздуха, оптимизирует работу обоих компрессоров, и абсолютно не нуждается в помощи со стороны машиниста. В зависимости от требуемого количества воздуха работает один компрессор или оба. ТА имеет малый объем резервуаров сжатого воздуха. Поэтому система управления использует частотное регулирование и, пока не требуется большое количество воздуха, работает только один компрессор на низкой частоте. Когда требуется большое количество, оба компрессора работают совместно и на большой частоте. Благодаря этому, можно регулировать производительность сжатого воздуха в диапазоне от 2м<sup>3</sup>/мин до 11м<sup>3</sup>/мин. Это имеет большое влияние на уровень шума работы компрессоров, который гораздо меньше, чем у действующих компрессоров. Система все решает автоматически и, пока нет достаточного давления, нет напряжения от контактной сети, передает сигнал в систему управления ТА, которая должна в течении движения автоматически обеспечить энергию для питания прежде всего компрессоров. Компрессорная система имеет фильтры

сжатого воздуха. Расход масла на угон очень мал – 2мг/моточас, поэтому в фильтрах находится в основном вода. В течение работы обеспечивается автоматическое удаление конденсата. Систему, по требованию заказчика, можно дополнить осушителем воздуха, который тоже будет работать от системы управления компрессоров. Система управления сравнивает число моточасов обоих компрессоров, контролирует безопасность их работы и проверяет сроки их обслуживания. Компрессоры и вентиляторы, наибольшие потребители цепей собственных нужд. Оптимальным решением их работы можно уменьшить расходы электрической энергии и увеличить безопасность движения.

Можно существенным образом улучшить вентиляцию тяговых двигателей. Это сыграет большую роль в увеличении надежности работы тяговых двигателей и уменьшении расходов электрической энергии. Всегда необходимо обеспечить достаточное количество охлаждающего воздуха для вентиляции тяговых двигателей во время движения, независимо от того, питается ТА от контактной сети или от тормозной энергии. Система охлаждения всегда регулирует количество охлаждающего воздуха по отношению к температуре и текущей мощности тяговых двигателей. Регулирование производится частотой оборотов двигателей вентиляторов. Этим обеспечивается необходимое количество охлаждающего воздуха. Кроме того, надо создать гарантированное продувание тяговых двигателей, даже во время нахождения ТА под нагрузкой или выгрузкой, чем препятствовать насасыванию пыли или снега. В этих условиях (скорость меньше 3км/час, тяга меньше 20%) вентиляция или полностью выключается, или работает на самой малой частоте. Все работает автоматически и не требует вмешательства машиниста. Вентиляция работает на полной мощности только при высокой температуре и больших токах двигателей. Мощность вентиляции должна быть рассчитана на такую работу. Но, из практики, можно сделать вывод, что время, когда реально требуется работа вентиляторов на полной мощности составляет в среднем менее 10% от общего ресурса времени работы ТА. В остальное время, возможно, уменьшать мощность вентиляции, что не только уменьшит расход электрической энергии, но и снизит уровень шума вентиляции.

С другой стороны, требуется в течение движения всегда выдувать воздух. Это решается, непрерывным питанием цепей собственных нужд, и, пока нет напряжения в контактной сети, ТА переключается в малое ЭДТ, благодаря которому, имеет напряжение для питания всех цепей собственных нужд. Действующая система основана на том, что пока электровоз тормозит посредством ЭДТ и нет напряжения от контактной сети, полностью отключается вентиляция (при этом мощность может достигать 60% от номинальной). Этого нельзя допускать, и, во время движения, всегда надо продувать или охлаждать двигатели.

Вседвигатели цепей собственных нужд будут асинхронными и будут питаться от инверторов. Только двигатели тормозных сопротивлений можно использовать постоянного тока, они будут питаться от напряжения тормозных сопротивлений. Это самое простое решение, но нельзя при этом производить доохлаждение сопротивлений после выхода из режима ЭДТ. Это возможно только при питании этих двигателей от инверторов, что позволяет частотой регулировать количество охлаждающего воздуха, и производить добавочную вентиляцию сопротивлений после окончания их работы, и этим увеличить срок их службы.

**Преимущество предлагаемого нового решения электрической части ТА можно продемонстрировать**, например, при проезде нейтральной вставки или при переключении в режим ЭДТ без контактной сети. При существующей электрической схеме машинист всегда должен выключать и обратно включать все цепи собственных нужд. Предлагаемое решение, позволяет системе управления автоматически сделать такой проезд. ТА надо в этом случае переключить в режим ЭДТ и этим обеспечить непрерывное питание цепей собственных нужд. Машинист дает команду системе управления о проезде нейтральной вставки, при этом ТА начинает немного притормаживать переходя в режим ЭДТ, чем обеспечивает энергию для питания цепей собственных нужд от тормозной энергии. Кроме того, этим исключаются проблемы с дугой на токоприемнике. Если машинист не подаст команду на проезд нейтральной вставки, питающее напряжение отключится, отключится режим тяги (если ТА был в нем) и питание цепей собственных нужд. Это

неправильный способ проезда. На нейтральной вставке появится проблема с дугой. При правильном способе проезда, когда напряжение включится вновь, в интервале меньшем чем 10 сек, все цепи автоматически по программе включаются в состояние, которое было до прохождения нейтральной вставки. Если интервал будет больше, чем 10 сек, машинист должен дать команду на обратное включение. Правильный проезд нейтральной вставки будет только тогда, когда машинист перед прохождением вставки подаст команду нажатием кнопки «нейтральная вставка» на пульте. ТА переключится в режим ЭДТ такой степени, чтобы тормозной энергии хватило для питания цепей собственных нужд. После проезда нейтральной вставки, при появлении напряжения от контактной сети, состояние ТА восстанавливается, при этом, питание цепей собственных нужд осуществляется непрерывно. У машиниста есть и другая возможность проезда нейтральной вставки. Он может переключить ТА вручную в режим торможения и обратно в тягу рукояткой ЭДТ или тяги. Но при этом, не происходит автоматическое ограничение энергии торможения достаточной для питания цепей собственных нужд. За этим должен следить машинист. Все вышеуказанные алгоритмы осуществляются на модернизированных электровозах 27Е.

Для возможности использования выше показанного решения надо сделать очень простым переход между тягой и ЭДТ и иначе использовать тормозную энергию. На действующих ТА ситуация значительно сложнее. При переходе в режим ЭДТ переключается много контакторов, всегда подключаются тормозные резисторы, пока не опущен токоприемник, энергия ЭДТ не используется, и цепи собственных нужд питаются от контактной сети. Для питания только компрессоров от энергии ЭДТ, требуется опускать токоприемник, отключать главный выключатель, переключать тяговые двигатели в самовозбуждение и, только потом, задавать мощность ЭДТ. Делать такое переключение, например, в течении проезда нейтральной вставки только для питания компрессоров, не имеет смысла. Этот способ очень сложный и машинисты его не используют. Кроме того, тормозная энергия всегда уничтожается на тормозных сопротивлениях, без учета

# ЦЕЛИ МОДЕРНИЗАЦИИ ОПЭ1-АМ

питания цепей собственных нужд и требуемую энергию для питания цепей собственных нужд нужно увеличивать с учетом потерь на тормозных сопротивлениях. При использовании нового способа регулирования, тормозная энергия, прежде всего, питает цепи собственных нужд и только когда эта энергия превысит потребность цепей собственных нужд, излишек энергии уничтожится на тормозных сопротивлениях.

Можно сказать, что существующая сегодня сложность системы переключения между режимами тяги и ЭДТ имеет решающее влияние на то, что машинисты режим ЭДТ практически не используют. Им гораздо проще использовать пневматическое торможение. Но вследствие этого, происходит мизерное использование тормозной энергии, и, кроме того, существенно увеличивается износ тормозных колодок и колесных пар. В принципе, регулирование ЭДТ, это более точный и быстрый способ торможения ТА и, если переключение между режимами тяги и ЭДТ решается элементарно, машинисты ЭДТ будут предпочитать использованию пневматического торможения. Пока переключение между тягой и ЭДТ является таким неоправданно сложным процессом, машинисты крайне редко используют ЭДТ. Не вызывает сомнения, что этот процесс необходимо максимально упростить, после чего можно предполагать, что машинисты предпочтут использовать электродинамическое торможение. Этому будет способствовать и то, что, например, проезд нейтральной вставки значительно упростится. В предлагаемом решении, для выполнения этой функции достаточно одной кнопки сигнала «нейтральная вставка». Ее использованием продлевается срок службы токоприемников (нет дуги), а в связи с тем, что машинист не должен следить за работой цепей собственных нужд увеличивается безопасность движения.

**1) Изъять преобладающую часть контактных элементов в тяговой цепи. Упростить тяговую цепь, увеличить ее надежность и упростить ее эксплуатацию, обслуживание и ремонт. Создать непрерывное плавное регулирование тяги и электродинамического торможения в полном рабочем диапазоне скоростей ТА для каждого тягового двигателя/колесной пары отдельно (поосное регулирование). Одновременно существенно повысить экономичность эксплуатации использованием плавного регулирования тяги и тормозного усилия. В течение ЭДТ максимально использовать тормозную энергию для питания всех цепей собственных нужд и только энергию, которую уже нельзя использовать, уничтожать на тормозных сопротивлениях. Таким образом, значительно повысить потребительские свойства тягового агрегата.**

**2) Отдельным регулированием напряжения на тяговых двигателях, улучшить тяговую характеристику тягового агрегата в полном рабочем диапазоне. Достигнуть управляемости тяговых двигателей в полном рабочем диапазоне непрерывным регулированием токов возбуждения статора и якоря. Обеспечить максимально возможное тяговое усилие, создаваемое сцепным весом. Обеспечить кратковременное увеличение тягового усилия посредством регулирования.**

**3) Улучшить характеристики электродинамического торможения созданием его плавного управления в полном диапазоне скоростей вплоть до минимальной. Обеспечить максимально возможное тормозное усилие на пределе сцепления отдельных осей.**

**4) Создать автоматическую систему противоскольжения и противобоксования тягового агрегата, регулированием мощности каждого тягового электродвигателя.**

5) Применить статический преобразователь для зарядки аккумуляторных батарей и создания напряжения бортовой сети, который заменит существующую схему зарядки. Бортовое напряжение будет иметь три контура. Первый контур будет обеспечивать зарядку батарей согласно значениям предписанным производителем, включая температурную коррекцию. Второй контур будет обеспечивать питание бортовой сети электровоза стабилизированным напряжением 50 V DC. Третий контур будет питать потребители напряжением 24 V DC.

6) Заменить существующие поршневые компрессоры на роторно-пластинчатые, которые существенно более надежны в эксплуатации, гораздо проще в ремонте и обслуживании, жизненный цикл – более 30 лет. Создать возможность непрерывного регулирования оборотов и, соответственно, мощности компрессоров.

7) Изменить принцип питания привода вентиляторов. Вместо питания асинхронных двигателей с вспомогательной конденсаторной фазой, использовать трехфазный инвертор, который будет регулировать число оборотов и мощность моторвентиляторов. Количество охлаждающего воздуха создавать в прямой зависимости от нагрузки и температуры тяговых двигателей. Изменением характера вентиляции сделать возможным повышение, прежде всего, кратковременных мощностей тяговых двигателей и, следовательно, всего тягового агрегата. Похожим образом осуществить питание привода масла насоса трансформатора.

8) Создать новую систему управления ТА, для существенного упрощения работы машиниста, его всеобъемлющей информированности о работе всех основных систем электрооборудования. Сделать быстрым и простым переход между тягой и электродинамическим торможением.

9) Кроме замены силовой схемы модернизировать блоки и устройства, проблематичные с точки зрения надежности в эксплуатации и доступности в обслуживании. Таким образом, создать предпосылки для повышения долговечности тяговых агрегатов, и их надежной эксплуатации на последующие 20 лет (не менее).

Это касается, прежде всего:

- главного выключателя, центральных и боковых токоприемников;
- вспомогательных коммутационных и защитных систем и приборов.

10) Улучшить условия работы локомотивной бригады, для чего, упростить обслуживание тягового агрегата, модернизировать отопление, установить кондиционеры в кабине управления. Предусмотреть установку микроволновой печи, электрочайника, холодильника.

11) Создать диагностическую систему, дающую возможность быстрого контроля всех электрических цепей электровоза в режимах обслуживания и эксплуатации. Диагностические отчеты будут записываться в постоянное ЗУ управляющего компьютера, и отображаться на сервисном дисплее пульта машиниста. Обеспечить рабочую и сервисную диагностику ТА путем отслеживания и записи рабочих и аварийных данных, получаемых из управляющей системы.

12) Обеспечить возможность ограничения максимальной скорости электровоза согласно эксплуатационным требованиям.

## ПРОЕКТ МОДЕРНИЗАЦИИ ОТДЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗА

### 3.1. Экипажная часть и тяговые двигатели

Экипажная часть, тяговый трансформатор и тяговые двигатели полностью заимствуются от модернизируемого тягового агрегата. Тяговые двигатели и механические части тормозной системы полностью восстанавливаются без концептуальных изменений. Будут выполнены все работы по капитальному ремонту в объеме КР2, кроме того будет установлен осевой датчик угла поворота, для измерения скорости, произведена замена кабельных трасс и т.п.

Тяговый агрегат состоит из трех частей - электровоза управления и двух моторных

дуппкаров. Снабжен шестью двухосными тележками с колесами диаметром 1250 мм. Каждая колесная пара приводится в движение опорноосевым тяговым двигателем. Привод оси двухсторонний с косозубым зацеплением шестерен и зубчатых колес. При модернизации будет произведен капитальный ремонт или замена изношенных деталей.

Тяговые двигатели будут капитально отремонтированы. По согласованию с заказчиком, можно обсуждать повышение класса изоляции на Н (в случае ее несоответствия), которая вместе с новой системой вентиляции создаст возможность повышения мгновенного тягового усилия до 1300 кН. Передачу этого усилия на рельс делает возможной существующая масса тягового агрегата – 368 т.

### 3.2. Главная рама

По главной раме будет произведено два вида работ. Будут произведены все работы по капитальному ремонту в объеме КР2. Второй вид работ, замена существующего оборудования на новое. Это означает, что из рамы будет демонтировано существующее электрическое оборудование, удалены его монтажные части, и будут выполнены неизбежные переделки для встраивания компонентов нового электрического оборудования. Также будут проложены новые кабельные каналы. Все дополнительные работы будут выполнены таким образом, чтобы не нарушать расчетную нагрузку несущей конструкции рамы. После монтажа нового электрооборудования будет выполнена корректировка массы рамы и ее развеса до первоначальных параметров. Масса и расположение балласта в ходе разработки конструкторской документации будут уточнены. Другие необходимые изменения связаны с подготовкой для прокладки новых кабельных трасс, необходимых в рамках модернизации электрооборудования.

Каждая единица тягового агрегата имеет самостоятельную раму, опирающуюся на тележки. Учитывая интенсивную эксплуатацию, частые сильные удары, а также большой сцепной вес ТА, рамы выполнены из толстолистовой стали и сварены коробчатыми сечениями с применением усиливающих элементов жесткости.

При модернизации конструкция рамы остается без изменения. Как правило, у

электровозов управления рама, тележки и кузов в хорошем состоянии, без влияния коррозии и трещин. Если электровоз не был в аварии, оказавшей необратимое влияние на конструкцию рамы, он является пригодным для модернизации.

### 3.3. Регулирование тяги

У тягового трансформатора ОДЦЭ 8000/10-У2 три группы вторичных обмоток. Первая и вторая, идентичные и питают через выпрямители тяговые двигатели. Тяговые обмотки имеют номинальное напряжение 450, 950, 1450 и 1900 В. Третья обмотка питает цепи собственных нужд, переменным напряжением до 625 В. Все обмотки имеют несколько выводов. На выводах тяговых обмоток сейчас стоят переключатели зон и тиристорные выпрямители, посредством которых регулируется напряжение на тяговых двигателях. Много контакторов используется при переключении в режим электродинамического торможения. Переключатели зон, сельсины, блоки формирования импульсов, выпрямители и т.д., полностью убираются и заменяются бесконтактными выпрямителями-стабилизаторами, основанными на базе тиристоров. Эти выпрямители будут расположены на месте существующих и используют существующую систему охлаждения. Выпрямители-стабилизаторы, используя выводы обмоток тягового трансформатора, постепенным включением тиристоров, регулируют напряжение на входе тяговых преобразователей, питания тяговых электродвигателей. Трансформатор остается без изменений.

Полностью убираются переключатели между тягой и электродинамическим торможением (ЭДТ). Тягой и ЭДТ по отдельным осям электровоза управления и моторных дуппкаров управляют и регулируют тяговые преобразователи. Они также регулируют тяговое или тормозное усилие для исключения боксования или юза колесных пар.

#### *Тяговый выпрямитель-стабилизатор DCR 2*

Тяговый выпрямитель-стабилизатор DCR 2 изготавливается из тиристоров и диодов. Напряжение на его выходных конденсаторах будет стабилизировано на уровне 600-1700 В. Кроме того, к конденсаторам будут

подсоединены тормозные сопротивления, мощность которых будут регулировать транзисторы. Транзисторы посредством тормозных сопротивлений будут регулировать напряжение на конденсаторах в режиме тяги и ЭДТ в пределах 1800 – 1900В. Также они будут работать как защита против пиков перенапряжения. От этого стабилизированного напряжения питаются все тяговые преобразователи и при ЭДТ, преобразователи питания цепей собственных нужд, DCC31.

Выпрямитель-стабилизатор состоит из двух диодов и четырех тиристоров. Один диод или тиристор способен работать с номинальным напряжением 4200 В и током 4000 А.

Охлаждение выпрямителя воздушное. Используется существующая система вентиляции включая ее двигатели и вентиляторы. Механическое решение вентиляции в основной части будет без изменений. Потери на выпрямителях будут в несколько раз меньше в сравнении с существующими.

### **Регулирование тяги – тяговые преобразователи DTC 3**

Регулирование тяги, для примера, показано на половине тележек ТА, которая питается от одной тяговой обмотки трансформатора. Цепь регулирования состоит из двух частей. Первая часть – тяговый тиристорный выпрямитель DCR 2, который стабилизирует напряжение на выходе в пределах 600 – 1700 В, по отношению к скорости ТА. Напряжение стабилизируется на конденсаторах, от которых питаются тяговые преобразователи DTC 3 и цепи собственных нужд. К конденсаторам подключены тормозные сопротивления, регулирующие напряжение во время ЭДТ в пределах 1800 – 1900 В и работающие как защита от перенапряжения в режиме тяги в пределах 1800 – 1900 В.

Стабилизатор защищает остальные преобразователи против перенапряжения и, кроме того, посредством регулирования напряжения в вышеуказанном диапазоне уменьшает потери на тяговых преобразователях. Пока напряжение на тяговых двигателях будет выше чем 1000 В (скорость ТА выше 20 км/час), полностью открываются транзисторы тяговых преобразователей и регулирует тягу (стабилизирует напряжение на уровне требуемом для заданой тяги по отношению к скорости оборотов тяговых

двигателей) только тиристорный стабилизатор. Стабилизированием напряжения уменьшается влияние тиристорного выпрямителя на контактную сеть, посредством того, что открытие тиристоров всегда больше чем 60% периода тока. В этом случае тяговые преобразователи регулируют только боксование. При скорости до 20 км/час, тиристорный выпрямитель стабилизирует на выходе напряжение 1000 В, а силу тяги полностью регулируют тяговые преобразователи. На выходе тиристорного стабилизатора используются существующие сглаживающие реакторы РС-2500. Пульсация тока из выпрямителей будет меньше чем 30%.

Тяговые двигатели всегда включены в последовательной связи обмотки возбуждения и якоря. Регулирование тока тяговых двигателей обеспечивают тяговые преобразователи DTC3. Они основаны на применении IGBT транзисторов. Один регулятор регулирует ток одного двигателя. Двигатели одной тележки имеют одну систему управления. Стабилизированием входного напряжения разрешается применение транзисторов класса 3300 В. Одним двигателем управляют два транзистора. Транзисторы регулируют ток в режиме тяги (тяговый транзистор) и в режиме торможения (тормозной транзистор). Кроме того, использован еще транзистор регулирующий ток тормозных сопротивлений (транзистор сопротивления). Тяговый транзистор регулирует ток двигателя в режиме тяги. Ток идет через транзистор, индуктивность тягового преобразователя в тяговый двигатель, где последовательно включены обмотки возбуждения и якоря. Система минимизирует потери на транзисторах тем, что тяговый преобразователь делает плавный запуск ТА до тех пор, пока напряжение на двигателе не уравнивается с напряжением стабилизатора, транзисторы полностью открываются и ток регулирует стабилизатор. Для этого должны взаимодействовать системы управления тяговых преобразователей и стабилизатора. Пока ток регулируется стабилизатором и начинается боксование или юз какой-либо колесной пары, ток двигателя уменьшает тяговый преобразователь. Но в случае появления юза на более чем 1/2 осей, уменьшается ток из выпрямителя.

Переход между тягой и ЭДТ осуществляется переключением реверсора.

Первоначальный ток обеспечивается включением тормозного транзистора, он возникает от самовозбуждения двигателя, независимо от напряжения контактной сети. Тормозной транзистор выключается, и энергия из двигателя течет через диод тягового транзистора обратно в конденсаторы тягового преобразователя, во входной фильтр. Пульсацией тормозного транзистора регулируется ток или тормозное усилие двигателя. Энергия увеличивает напряжение на конденсаторах. Когда это напряжение превысит значение 1800 В, начинает срабатывать транзистор тормозного сопротивления и регулирует напряжение на конденсаторах в пределах 1800 – 1900 В. Тормозной транзистор способен рекуперировать тормозную энергию на этом уровне напряжения при скоростях менее 1 км/ч. Этим исключается необходимость переключения тормозных сопротивлений и напряжение из конденсаторов можно использовать для питания всех цепей собственных нужд без переключателей.

Таким решением достигается то, что двигатели не требуют другой системы для питания возбуждения и способны переходить в торможение посредством самовозбуждения, независимо от контактной сети. Когда энергия тормозного усилия превысит энергию, требуемую для питания цепей собственных нужд (50-200 кВт), транзистор тормозного сопротивления начнет стабилизировать напряжение на конденсаторах в пределах 1800-1900 В. Такая система позволяет отдельное регулирование тяговых двигателей в режиме тяги или торможения. Транзисторные тяговые преобразователи устанавливаются в кузове электровоза управления и в форкамерах думпкаров в непосредственной близости, каждый к своей тележке, что позволяет для ее питания использовать только два провода. Транзисторы находятся в герметически закрытом шкафу. Принудительная вентиляция транзисторов осуществляется собственным вентилятором только с грубой очисткой охлаждающего воздуха. Будет использоваться постоянное сопротивление ослабления поля возбуждения. При скоростях выше расчетных, будет включаться посредством контактора, параллельно к обмотке возбуждения, шунтирующее сопротивление. Существующие блоки тормозных резисторов остаются на штатных местах в электровозе управления.

У них будет две секции. Одна секция для торможения  $\frac{1}{2}$  ТА. Не изменяется система их вентиляции.

### **Задание тяги или торможения**

Машинист использует для задания тяги или торможения две рукоятки, которые размещены на пульте. Реверсивно-селективная рукоятка, которая переключает направление движения, тягу или торможение и главная рукоятка, которая задает значение тяги или тормозного усилия (ЭДТ). В режиме тяги, машинист задает главной рукояткой скорость поезда и вычислительная система, по отношению к тяге и скорости электровоза, автоматически регулирует тягу поезда. В режиме торможения этой же рукояткой машинист задает тормозное усилие. На заданную скорость электровоз выходит с контролем ускорения, силы тяги и боксования. Во время регулирования скорости не разрешается автоматический переход в торможение (ЭДТ). Когда скорость ТА будет выше, чем заданная, например, когда ТА будет спускаться по уклону и скорость превысит заданную, в этом случае возникнет нулевая тяга, и ТА перейдет в режим торможения. Переход в торможение будет сделан автоматически только тогда, когда скорость превысит заданную. При превышении допустимой скорости, система управления сначала предупреждает машиниста, если машинист не начинает тормозить, приводит в действие автоторможение, с записью в диагностику.

Все заданные и действующие величины напряжения, тока, тягового усилия, скорости отображаются на дисплее пульта управления. В связи с применением микропроцессорной системы регулирования тяги или других цепей, машинисту не требуется никакой, другой информации. Отдельно от дисплея находятся только измерительные приборы контактного напряжения и давления воздуха. Контактное напряжение снимается посредством самостоятельного датчика с гальваническим развязыванием, выход этого датчика подключается к измерительному прибору и системе управления.

### **3.4. Вспомогательные приводы и устройства**

Схема питания вспомогательных приводов и устройств обеспечивает питание всех цепей собственных нужд. Состоит из двух

источников DCC31, источника питания зарядного устройства DCC23, компрессоров, моторвентиляторов тяговых двигателей, маслонасоса трансформатора, отопления и кондиционирования кабины и т.д. По расчетам мощностей приборов собственных нужд, мощность двух источников DCC31 для питания всех цепей собственных нужд составит 200 кВт. Эта мощность меньше, чем была до модернизации. Это достигается применением регулирования мощности вентиляции и остальных цепей собственных нужд. Источники DCC31 будут питаться от обмотки собственных нужд тягового трансформатора и от конденсаторов на выходе тягового выпрямителя. В режиме ЭДТ, питание цепей собственных нужд обеспечивается тормозной энергией от тяговых двигателей. На входе источника DCC31 будет стабилизированно напряжение 1000 - 1800 В постоянного тока, а на выходе стабилизированное напряжение 600 В постоянного тока, от которого будут питаться остальные преобразователи и все цепи собственных нужд. Преобразователи DCC31 работают постоянно, пока есть напряжение на входе тягового трансформатора. Напряжение гальванически развязано от контактной сети.

Преобразователи DCC31 находится на электровозе управления в количестве двух штук. Один преобразователь имеет две силовые секции мощностью 50 кВт каждая. Максимальный ток, который будет питать шину 600 В – 400 А. При выходе из строя одной силовой части, выходной ток уменьшается на 100 А.

От напряжения 600 В будут питаться зарядное устройство DCC23, двигатели компрессоров и вентиляторов, привод маслонасоса и кондиционера. Шина 600 В находится только на электровозе управления. Для питания приводов вентиляторов тяговых двигателей на думпкарах будет использовано напряжение 3x400В переменного тока от инверторов DAC21.

### 3.4.1. Компрессоры

Для модернизации предлагается замена существующих поршневых компрессоров компрессором пластинчатого типа Hydrovane HV 30. Этот компрессор работает без вибраций, и с очень малым шумом. Кроме того приблизительно на 8 раз увеличивается время до капитального ремонта в

сравнении с действующим типом. Привод этих компрессоров решен асинхронным двигателем, находящимся в одном блоке с компрессором и вентилятором радиаторов. В этом же блоке находятся входные воздушные фильтры, радиаторы охлаждения сжатого воздуха и масла, система масло/шламоудаления. Питание асинхронного двигателя обеспечивает инвертор DAC 21, который питается от сети 600 В и идентичен с инвертором для питания привода вентилятора. Только конфигурацией на зажимах система управления получает информацию, работает инвертор для питания компрессора или вентиляторов. Инвертор обеспечивает плавный пуск компрессора и работу на номинальных оборотах 1450 об/мин. Кроме того система управления инвертора контролирует все условия пуска, хода и выключения компрессора, решает автоматическое шламоудаление, при температуре окружающей среды менее -25С, включает обогрев компрессора и контролирует его температуру. Обогрев запитывается от напряжения 600 В. Инвертор DAC21 находится рядом с компрессором. Номинальная мощность источника 50 кВт. Номинальная





производительность сжатого воздуха на выходе из компрессора 4,7 м<sup>3</sup>/мин. Предлагается дополнить систему собственной фильтрацией сжатого воздуха, включая его осушение.

### **3.4.2. Вентиляторы тяговых двигателей**

Вентиляторы тяговых двигателей вместе с воздухопроводами сохраняются существующие. Для вентиляторов можно использовать действующие трехфазные асинхронные двигатели АЭ92-4. Сейчас они питаются от однофазной сети, а вспомогательная фаза сделана посредством конденсаторов. Мощность вентиляции будет регулироваться числом оборотов в отношении к мощности тяговых двигателей и их температуре. При движении ТА, вентиляция всегда будет обеспечивать давление воздуха в двигателях, поэтому в двигатели не будет насасываться пыль. Инвертор будет работать на минимальной частоте 15 Гц. Частота будет увеличиваться в зависимости от условий работы тяговых двигателей. Для питания приводов вентиляции будут использованы два преобразователя DAC21. Один преобразователь DAC 21 будет питать охлаждение трех тележек, половину ТА. На электровозе находится еще один аналогичный преобразователь, который питает маслонасос трансформатора и систему охлаждения преобразователей. Это позволяет использовать преобразователи переключением выходных шин как горячий резерв. Требуемая мощность двигателей, которые питаются из трех преобразователей суммарной мощностью 150 кВт, около 100 кВт. Это означает, что все приводы будут работать даже когда выйдет из строя один преобразователь мощностью 50 кВт, но их рабочая частота будет в зависимости от максимальной требуемой.

Системой регулирования мощности вентиляторов будут понижаться расходы энергии для питания вентиляторов. Из трехфазной сети для питания вентиляции тяговых двигателей на электровозе, питаются также вентиляторы на моторных думпкарах, т.е. питание двигателей вентиляторов тяговых двигателей на думпкарах обеспечивает инвертор на электровозе. Все вентиляторы работают на одинаковой частоте и мощности. Мощность вентиляторов будет регулироваться в зависимости от температуры и текущей мощности тяговых двигателей. Сейчас вентиляция тяговых двигателей ТА

потребляет около 100 кВт. Эта мощность расходуется только на вентиляцию тяговых двигателей. Это большой расход электрической энергии, которую можно, из нашего опыта, уменьшить регулированием оборотов вентиляторов не менее, чем в половину. Соответственно существенно уменьшится шум вентиляторов.

### **3.4.3. Вентиляторы тяговых преобразователей.**

Вентиляторы тяговых преобразователей будут трехфазные также как и двигатель маслонасоса трансформатора. Требуемая мощность этих цепей будет до 10 кВт. Предполагается, что они будут работать на номинальной частоте 50 Гц. Питание будет обеспечивать преобразователь DAC21, который будет работать вместе с преобразователями вентиляции тяговых двигателей как горячий резерв.

### **3.4.4. Тормозные резисторы и регулирование электродинамического торможения**

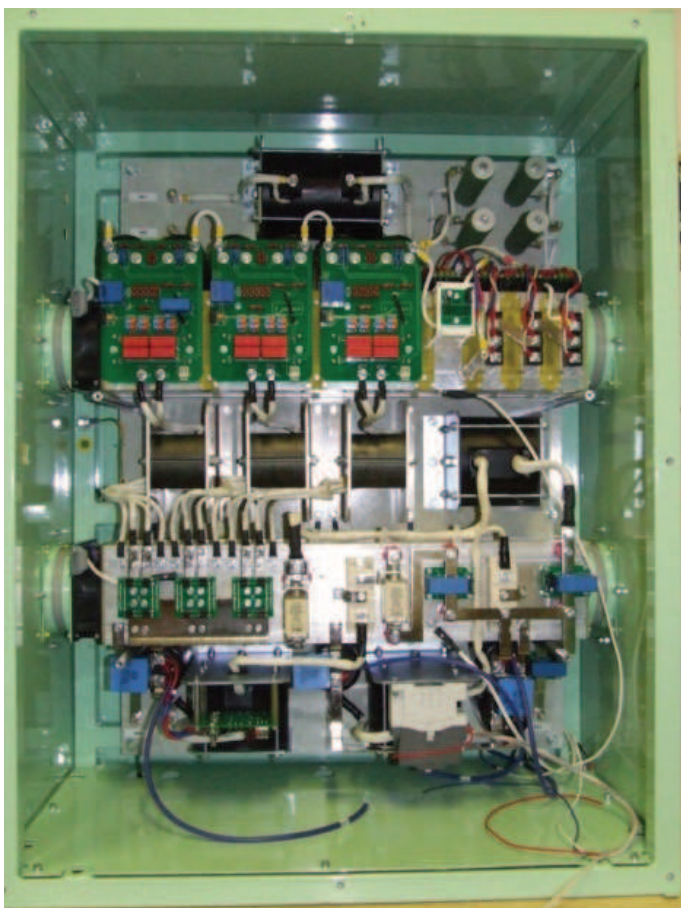
На существующем ТА имеются блоки тормозных резисторов, которые заимствуются. Охлаждение тормозных резисторов при модернизации по принципу и конструктивно заимствовано у существующего ТА. Из резисторов не будет никаких выводов (тормозные сопротивления не будут переключаться), из-за чего убираются все контакторы. Но резисторы будут дополнены транзисторным регулятором мощности тормозных сопротивлений. Транзисторный регулятор регулирует напряжение на входных конденсаторах и когда это напряжение превышает 1100 В, сопротивления уничтожают излишнюю энергию. Сопротивления работают в режиме электродинамического торможения, когда тормозная энергия подается обратно во входной фильтр, или в режиме тяги, как защита против перенапряжения.

### **3.4.5. Зарядка аккумуляторных батарей – преобразователь DCC 23**

На электровозе используется статический преобразователь для подзарядки аккумуляторных батарей, который заменит существующие зарядные устройства. Этим решением убирается существующий регулятор зарядки. Статический преобразователь

питается от сети 600 В. Он подает энергию сразу после включения главного выключателя. Зарядное устройство заряжает батареи током ограниченным до 50 А при напряжении от 55 до 65 В в зависимости от температуры, и питает стабилизированным напряжением 50 В бортовую сеть ТА. Учитывая то, что батареи постоянно подзаряжаются до оптимального напряжения, рассчитанного по их температуре, существенно повышается их долговечность. Энергию батарей можно использовать для маневровых работ ТА на короткие расстояния (до 200 м) без подключения контактного напряжения. Составной частью этого зарядного устройства является одновременно и стабилизированный источник постоянного тока для потребителей с номинальным напряжением 24 В (например, стеклоочистители, прожекторы, радиостанции и т.д.).

этих потребителей установлен инвертор напряжения мощностью 10 кВт. Инвертор имеет также однофазный вывод 230 В/50 Гц, от которого можно питать плитку, микроволновую печь мощностью 2,5 кВт, холодильник. В кабине установлена сетевая штепсельная розетка. Инвертор питается от сети 600 В. Система способна автоматически удерживать заданную температуру в кабине машиниста, по отношению к заданной температуре и датчику текущей температуры. Кондиционер и калорифер нельзя питать одновременно.



### **3.4.6. Вентиляция, отопление и кондиционирование - источник DAC 23**

Для обеспечения нормальных рабочих условий в кабине машиниста электровоз оснащен самостоятельным источником  $3 \times 400$  В/АС, который питает нагреватели в кабине или кондиционер охлаждения. Для

### 3.5. Пневмооборудование

На электровозе использованы следующие системы торможения: пневматическая автоматическая поезда (кран №395/394), пневматическая прямодействующая (кран №254), ручная, с приводом на все колесные пары, электродинамическое торможение (ЭДТ). Пневматические системы торможения не модернизируются, будет произведен только их ремонт.

Компоненты управления пневмотормозами поезда и электровоза оставлены на существующем месте. Машинист управляет ими без вмешательства управляющей системы электровоза. Применение пневмотормозов только отслеживается, и оно оказывает влияние на использование ЭДТ, так как не допускается полная загрузка пневматического и электродинамического тормозов. При использовании полной загрузки одного из тормозов, система переходит в режим «замещения», исключая нежелательные последствия.

#### 3.5.1. Очистка сжатого воздуха

За компрессором на выходе сжатого воздуха встроены фильтры грубой и тонкой очистки с автоматическим перепуском конденсата. Шламоудаление главных воздухопроводов решено электрически управляемыми клапанами с возможностью ручной или автоматической эксплуатации, вдобавок с возможностью обогрева в зимние месяцы.

#### 3.5.2. Прочее пневмооборудование - воздухопроводы

Будут устранены питающие ответвления к существующим приборам и устройствам, в которых отпала необходимость в связи с модернизацией электрооборудования. Речь идет, например, о пневматических приводах контроллеров, некоторых контактных приборов, и т.п.

Воздухопроводы рекомендуется полностью заменить, в случае возможности, выполнить их очистку. Однако для ТА старше 20 лет это не оправдывается. Воздушные резервуары могут остаться существующие, однако необходимо их надлежащим образом вычистить химическим путем.

## КАБИНА, КУЗОВ ЭЛЕКТРОВОЗА, ФОРКАМЕРЫ ДУМПКАРОВ

### 4.1. Кузов электровоза, форкамеры думпкарров

Кузов электровоза, форкамеры думпкарров их внешние габариты и размеры не изменяются. Необходимые изменения будут связаны с изменением компонентов электрооборудования и потребностями с этим связанными. Это касается крепления элементов, мест подачи охлаждающего воздуха и т.п. и актуально, прежде всего, для тяговых преобразователей, входного фильтра, преобразователей собственных нужд и других устройств.

### 4.2. Кабина управления тяговым агрегатом

Кабина машиниста будет модернизирована. Основное решение, внешняя обшивка из стального листа, ветровые и боковые окна, двери и т.п. заимствованы без переработок из существующего электровоза. Главные изменения касаются внутренней оснащения кабины, особенно элементов управления и вспомогательных устройств, что имеет целью улучшение условий работы машиниста.

Существенные изменения претерпят компоновка и оснащение пультов машиниста. В существующей кабине машиниста находятся два пульта. С каждого пульта можно управлять всеми цепями тяги или электродинамического торможения, положением реверсоров. На пультах находятся: включение главного выключателя (ГВ), пантографов, компрессоров, вентиляции. Кроме того: переключатели отопления кабины, выключатели освещения и прожекторов, выключатели стеклоочистителей, устройства подачи песка, тифона и т.д. В кабине также размещены выключатели двигателей, защитные автоматы для питания цепей бортовой сети напряжением от батарей, переключатели маневрового движения и т. д.,

то есть приборы, которыми машинист не управляет в течение штатной поездки.

Для коммуникации между машинистом и управлением ТА используется дисплей. Из измерительных приборов остаются только сопряженные манометры и указатель контактного напряжения. Прочие данные отображаются на дисплее. Для задания тягового и тормозного усилия используются два рычага, главный рычаг для задания тягового усилия или электродинамического тормоза. Отклонением рычага от среднего арритированного положения задается изменение тягового или тормозного усилия. Реверсивно-селективной рычаг, который имеет 5 позиций. Среднюю нулевую и позиции, вперед тяга или торможение, и назад тяга или торможение. Машинист управляет только этими рычагами и не решает другие задачи перехода между тягой и торможением. Поэтому переход между тягой и торможением осуществляется очень быстро.

Пульты активируются ключами, которые машинист должен поставить в рабочее положение, что активирует работу системы управления. Система после активирования проверяет состояние всех приборов и схемы безопасности. Выводы проверки отображаются на дисплее, если все в порядке машинисту разрешается поднять токоприемники. После индикации напряжения, рукоятки управления в нулевой позиции, можно включать главный выключатель ГВ. Начинается питание тяговых выпрямителей и преобразователей собственных нужд в контактом режиме. Потом включаются зарядное устройство и компрессоры. Когда в резервуарах достигнуто достаточное давление, ТА подготовлен к работе. После включения главного выключателя, все происходит автоматически. Можно включать отопление или кондиционирование. На розетках в кабине появится напряжение 230В-50Гц. Затем машинист может производить переключение реверсивно-селективной рукоятки в требуемое направление. При давлении в главных резервуарах 750-900 кПа и нормальном положении всех блокировок, разрешено задавать значение тяги или электродинамического торможения главной рукояткой. Перевод этого значения в конкретное положение контакторов и токов тяговых двигателей осуществит сама система управления.

Эргономика задающих устройств сохранена как на существующем электровозе. Установлено свободно перемещаемое антивибрационное кресло.

Оснащение кабины делает упор на общую модернизацию и улучшение условий труда персонала. Установлено новое люминесцентное освещение приборов, стандартно употребляемых в электровозах. Модернизирован электрообогрев кабины, с целью создания комфортных условий в зимний период. Следующей мерой для улучшения условий труда является установка кондиционирования. Далее может быть установлен электрочайник, холодильник, микроволновая духовка и/или электроплитка.



# ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОВОЗА

## 5.1. Краткая характеристика

Модернизация электрооборудования является самой обширной переработкой электровоза. Основными узлами ТА всегда являются тяговый двигатель, тяговый преобразователь и тормозное сопротивление. Каждая тележка имеет два силовых узла, которые неразрывно регулируют тяговое усилие тяговых двигателей. Нет большинства силовых проводов и переключателей. Разъединение/соединение секций и, соответственно, всех цепей, кабелей, проводов и т.д. между электровозом управления и думпкаром, и между думпкаром и думпкаром можно выполнить в течение 20 минут одним человеком.

Тяговые преобразователи питают существующие тяговые двигатели постоянного тока, которые включены в последовательной связи якоря и обмотки возбуждения. Регулирование тока обеспечивают тяговые преобразователи. Цепи тяговых преобразователей и двигателей одной тележки регулируются самостоятельно. Преобразователи для одной тележки размещены в одном контейнере. Это решение вместе с конструкцией преобразователей позволяет использование максимального сцепления на всех осях ТА и, соответственно, использование его максимального тягового усилия. Тяговое усилие локомотива ограничено значением 1300 кН за время 1 мин. Это усилие используется преимущественно при разгоне и на ограниченное время. Учитывая массу тягового агрегата 368 т, он способен переносить это усилие на рельсы. При максимальных тяговых усилиях контролируется температура тяговых двигателей и максимально допустимое время использования тягового усилия.

Тяговые преобразователи охлаждаются воздухом собственных вентиляторов. При необходимости можно отключить питание какого-либо тягового двигателя или всей тележки разъединителями, расположенным около каждого преобразователя. Разъединители управляются из кабины машиниста. Они обеспечивает как отключение

преобразователя, так и разъединение якорных цепей двигателей.

ТА оснащен двумя центральными и двумя боковыми токоприемниками. Объем замены и восстановительного ремонта решает Заказчик.

Разъединители / заземлители токоприемников – управляемые вручную. Ручной заземлитель и грозоразрядник используются существующие.

## 5.2. Регулирование боксования и юза

Система управления контролирует напряжение на якорях тяговых двигателей. При появлении малейшей разницы в скоростях вращения тягового двигателя и колес в режиме тяги или торможения, система управления автоматически уменьшает ток, подаваемый на тяговые двигатели, или регулирует возбуждение. Таким образом, происходит выход из состояния боксования или юза. Регулирование боксования происходит самостоятельно для каждого двигателя. В пределах одной тележки допускается минимальная разница в токах тяговых двигателей. Разницу высчитывает система управления по отношению к разнице нагрузки на оси тележки и моментов воздействующих на тележку в данный конкретный момент времени. Регулирование срабатывает мгновенно. Другие добавочные цепи (реле боксования, и др.) не используются.

## 5.3. Цепи вспомогательных приводов

Цепи вспомогательных приводов решены совершенно по-новому. Питание тяговых двигателей, компрессоров и приводов вентиляции тяговых двигателей обеспечивают самостоятельные инверторы DAC21 мощностью 50 кВт. Инверторы питаются от сети 600 В постоянного тока, которую питают источники DCC31. Это означает, что по всему ТА проложена сеть 600 В, питающая все вспомогательное оборудование. Инверторы для питания компрессоров, приводов вентиляции тяговых двигателей и тормозных сопротивлений идентичны. Их работой управляет сигнал от системы управления высшего порядка. Согласно ему инверторы работают в сборную шину для компрессора или вентиляции, чем также меняют характер своей работы. Это делает возможным ввод резерва. Переключение резерва выполняется с помощью контакторов, которые находятся в шкафу инверторов.

## 5.4. Цепи управления тягового агрегата

На пульте управления для задания тяги, электродинамического торможения и направления движения используются два рычага. Первый рычаг – реверсивно-селективный – переключает работу ТА и имеет пять позиций: нулевую среднюю позицию, позицию вперед ЭДТ и вперед тяга. В обратном направлении – позицию назад ЭДТ и назад тяга. Все позиции фиксированы. Главная рукоятка имеет четыре позиции. Три позиции в ряд, четвертая боковая. Первая позиция убирает силу тяги (скорость) или увеличивает силу торможения, вторая средняя, фиксированная – ничего не изменяет, третья позиция увеличивает силу тяги (скорость) или уменьшает силу торможения. Боковая позиция находится у средней позиции и переводит ТА в выбег. ТА можно управлять только при включенном активирующем ключе. Система управления сама контролирует разрешенные рабочие состояния и при их несоблюдении не выполнит запрос машиниста, а дисплей машиниста немедленно информирует о задании неразрешенной операции.

На пульте управления расположен дисплей с функциональной клавиатурой, переключатель управления ТА, включатель ГВ с индикатором соединения, кнопка центрального останова, кран машиниста №395/394, вспомогательный тормозной прямодействующий кран №254, контрольные лампочки индикации выбранного направления движения, и драйверы других вспомогательных устройств (фары, освещение приборов, стеклообогреватели окон, стеклоочистители, подача песка, гудки, свистки).

На вспомогательной (манипуляционной) панели управления сосредоточены остальные переключатели: переключатель главных компрессоров, освещение ТА (кроме главных фар), освещение кабины, отопление кабины, управление разъединителем батареи, указатель напряжения и тока батареи, удаление шлама из воздухопроводов (включая обогрев кранов), отключающие переключатели отдельных тележек локомотива, переключатель отключения защиты от скольжения.

Кроме того, из кабины можно управлять разъединителями токоприемников и заземлителями, причем, обе системы управления получают информацию о том, что электровоз заземлен.

Скорость электровоза отображается на дисплее. Максимальную допустимую скорость можно ограничить до значения, которое определяет Заказчик. Эту скорость контролирует регулятор тягового усилия или ЭДТ. В случае, если ТА не способен сохранить заданную скорость (например, при движении на большом уклоне с полной нагрузкой) и скорость превысит заданную больше чем на 2 км/час, машинист предупреждается звуковым сигналом, чтобы применить пневмотормоз. В случае, если скорость поднимется больше чем на 5 км/час, произойдет автоматическое включение пневмотормоза.

При выходе из строя системы управления высшего уровня можно активизировать систему аварийного управления. При этом управлении не обеспечены некоторые контрольные действия, например, равномерная мощность компрессоров, движение с ЭДТ без токоприемников, и т.д. Эти действия должен контролировать машинист. Преобразователи реагируют только на команды реверсивно-селективной рукоятки и каждое отклонение главной рукоятки. Каждое отклонение представляет собой повышение или снижение заданного усилия на одну степень.

## 5.1. Управление высшего уровня NRL2

Управление имеет несколько уровней. Первый уровень должен обеспечить управление силовой частью ТА, от токоприемников, главного выключателя, выключателей тяговых двигателей, реверсора, переход в тормоз, работу преобразователя собственных нужд и связь с системой регулирования тяговых выпрямителей. В эту систему присоединены все основные сигналы и она управляет всеми основными цепями электровоза. В системе есть диагностика, которая контролирует перегрузки всех цепей и их изоляционный состав. Кроме того система решает безопасность работы машиниста и ТА. Систему представляет компьютер, у которого сервисная связь с остальными преобразователями электровоза. Он вычисляет все требуемые данные и связи между оборудованием ТА и управляет этим оборудованием. Снимает все данные с пульта машиниста по скорости, напряжению в контактной сети и командам машиниста на задание величины тока для тяговых выпрямителей. На основании данных мощности тяговых двигателей и их

температуры вычисляет и задает необходимые обороты вентиляторов и т.д. Эта система называется системой управления ТА. Кроме этой системы на электровозе находятся другие системы управления, которые решают конкретную задачу, например, управление тяговыми выпрямителями, зарядным устройством, инверторами и т.д. Все системы управления присоединены к сервисной линии CAN. Так решается коммуникация всех систем управления. Работой этой линии руководит система управления электровозом. Кроме сервисной линии используется несколько отдельных сигналов, для решения аварийных ситуаций. При неисправности система управления электровозом получает прямую логическую информацию об аварийной ситуации. После чего система автоматически сделает все необходимые действия для безопасной работы других преобразователей и машиниста. Если главная линия связи вышла из строя, система переключается на резервную линию коммуникации CAN, которая разрешает продолжать работу с ограниченными условиями.

Вторая часть работы системы управления касается связи с дисплеем на пульте машиниста, где отображаются основные текущие данные из всех цепей электровоза. Дисплей имеет несколько режимов работы. При первом режиме на дисплее отображается напряжение контактной сети (это напряжение также показывает отдельный измерительный прибор на пульте), ток контактной сети, данные тяги или скорости ТА, напряжение на якорях двигателей, токи двигателей, состояние всех преобразователей и цепей безопасности работы. При втором режиме на дисплее отображается размещение всех цепей на электровозе и нажатием на одну из цепей можно получить подробную информацию о работе выбранной цепи. При третьем режиме на дисплей выводятся диагностические данные из прошедшей работы ТА. Эти данные можно записать на ФЛЭШ память и контролировать на других компьютерах, таким образом проверять работу машиниста и ТА. Данные можно проверять за прошедший месяц. Для проверки выставляется дата и время события подлежащего контролю. Компьютер отображает напряжение, токи, состояние тормозов, скорость, боксование и т.д.

## 5.6. Запуск и управление тяговым агрегатом

Сначала машинист подключает аккумуляторные батареи. После включения он может управлять переключателями вспомогательного пульта, кроме переключателя главных компрессоров, который требует напряжение из контактного провода. Для запуска ТА машинист активирует управление. Затем он должен обеспечить вспомогательным компрессором, питаемым от батареи, необходимое давление воздуха для подъема пантографа, отключить заземлители, проверить, отобразится ли на дисплее закрытие предохранительной линии и получить сообщение, что системы ТА после входных проверок исправны, или же, имеются неполадки. Если о неполадке сообщает какой-либо тяговый преобразователь ТР, необходимо сначала этот ТР отключить. Потом машинист может выдать команду на подъем пантографа. После индикации высокого напряжения ВН на входе ГВ он может выдать команду на включение ГВ. Задающие рычаги на пульте должны быть в средних арретированных положениях. Машинист проверяет работу пневмотормозов, включает главные компрессоры и заполняет ресиверы до требуемого давления. Потом, при заторможенном электровозе, он переключает переключатель направления на необходимое в тяговый режим и проверяет заданием максимальной третьей степени тягового усилия прирост токов отдельных двигателей. Затем выходит в выбег, выключает пневмотормоза и может начинать движение. При движении, в ЗУ системы управления автоматически сохраняются данные о скорости, времени, пробеге и состоянии выбранных сигналов.

## 5.7. Освещение тягового агрегата

Освещение ТА питается от батареи 50 В, однако часть цепей освещения решена дополнительно через стабилизированный источник 24 V DC, который является составной частью зарядного устройства.

Главное ночное освещение поста машиниста люминесцентное, экранированное освещение лампами. Два комбинированных осветительных прибора питаются от сети 24 V DC. Управление осуществляется переключателем, установленным на вспомогательной панели управления на пульте.

Сигнальное освещение в торцах ТА концептуально заимствовано у существующего. Красный и белый сигнальные огни решены ламповыми светильниками, белый, дополнительно, с возможностью переключения полного и экранированного свечения из-за необходимости их использования также для технологического освещения пространства перед локомотивом. Выключатели сигнального освещения находятся на вспомогательной панели пульта. Переключение красного и белого света полностью автоматизировано в зависимости от выбранного направления движения. Система питания сигнальных огней составляет 24 V DC.

### 5.8. Преобразователь для зарядки батарей DCC23

На электровозе установлен статический преобразователь для зарядки батареи и питания бортовой сети ТА стабилизированным напряжением 50 V DC. Преобразователь начинает работать сразу после включения главного выключателя ГВ и появления напряжения 600 В на входе преобразователя. Преобразователь имеет два отдельных выхода напряжения. Один для зарядки батареи, который подключается прямо к батарее и второй для питания бортовой сети. В случае, если напряжение на батарее упадет ниже значения 50 V DC, преобразователь оба выхода соединяет. Это происходит в случае отсутствия контактного напряжения или неисправности преобразователя. Если преобразователь работает, батарея заряжается по U/I кривой, рекомендуемой производителем батареи. Напряжение на батарее корректируется согласно ее температуре, таким образом, батарея заряжается до оптимального значения напряжения, чтобы она была полностью заряжена и, в тоже время, не произошло газыделения. Подзаряжающие характеристики настраиваются софтом компьютера.

Преобразователь также оснащен стабилизированным выходом для питания вспомогательной сети 24 V DC мощностью 1,8 кВт.

### 5.9. Цепи безопасности

Тяговый агрегат в обязательном порядке оборудован системой защиты от проникновения в высоковольтные камеры (ВВК) и стационарным заземлителем. По всему ТА проходит петля блокировки от концевых выключателей дверей, которые должны быть закрыты при подаче напряжения от контактной сети. Посредством связи через

блокирующее реле обеспечена невозможность включения (подъема) токоприемника или/и включения ГВ. Положение стационарного заземлителя в заземленной позиции блокирует поднятие пантографов и включение главного выключателя. Когда стационарный заземлитель находится в незаземленном положении, блокируется вход в ВВК. Заземлитель ручной и блокируется от переключений в заземленную позицию при наличии напряжения на крышном оборудовании. Система управления, кроме того, контролирует напряжение на входе ГВ. Когда напряжение подано на вход ГВ, независимо от положения токоприемников блокируется вход в ВВК с сигнализацией на пульт машиниста. Тем самым система обеспечивает защиту обслуживающего персонала при наличии напряжения в первичных цепях тягового трансформатора с контролем на пульт управления.

В противопожарных целях ТА должен быть укомплектован стационарной противопожарной системой. Система состоит из 12 штук датчиков пожара и блока управления этими датчиками. Когда есть индикация пожара, машинист получает информацию на дисплей, у какого датчика пожар, при этом автоматически выключается ГВ и снимаются токоприемники.

### 5.10. Система питания кабины

Для питания кабины машиниста предлагаем применить инвертор DAC23, который дает трехфазную сеть 3x400В-50Гц и однофазную сеть 230 В-50 Гц. Трехфазная сеть для питания кондиционера или отопления кабины, однофазная сеть питает розетку в кабине 230 В-50 Гц. От этой розетки можно питать, например чайник, микроволновую печь мощностью 2,5 кВт. Калорифер и кондиционер питаются из трехфазной сети. Однофазная сеть гальванически развязана от сети 600 В и трехфазных сетей.

### 5.11. Маневровая езда MR2

Это устройство делает возможным передвижение ТА на короткие расстояния без контактного провода. Это используется, например, при заходе ТА в ремонтный цех. ТА не нуждается ни в каком маневровом электровозе. Машинист переключает ТА на маневровую езду, включает только тележки электровоза управления, к которым



подключен режим маневровой езды. После задания тяги ТА передвигается со скоростью около 2 км/час от собственной батареи. Цепь решена таким образом, что увеличивает напряжение от батарей на величину около 300 В. Это напряжение подается через отключатель на вход тяговых преобразователей, которые имеют сигнал из системы управления высшего уровня, что требуется маневровая езда. Потом работают только тяговые преобразователи на электровозе управления и не работают цепи собственных нужд. Тяговые преобразователи регулируют ток двигателей с ограничением на 50 А. Для этих потребностей в ремонтном цехе электровоз управления оснащен внешней штепсельной розеткой, к которой можно подключить внешний источник 50 В. Это используется при ревизиях ТА в депо, когда через это штепсельное гнездо постоянно подзаряжается батарея и питается бортовая сеть. ТА может начать маневровую езду от внешнего источника. Штепсельное гнездо сконструировано таким образом, что

оно позволяет выдергивание кабеля без необходимости останковки ТА, далее он питается от батареи.

## 5.12. Источник питания сети 600 В в ремонтном цехе (депо) SP 1

Кроме этого на электровозе управления ТА находится штепсельная розетка сети 3x380В. Это напряжение идет через трансформатор и выпрямитель на сеть 600 В. Это означает, что от этого напряжения можно питать в депо преобразователи собственных нужд и производить их проверку без других источников питания. Также не возникает необходимости в присоединении цеховой системы сжатого воздуха. Заказчик должен решить, ставить такой источник только в ремонтном цеху и питать электровозы управления ТА выходным напряжением из этого источника (540 В постоянного тока) или ставить такой источник на каждый электровоз.

# ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОВОЗА

## 6.1. Климатические условия эксплуатации

Электровоз пригоден для постоянной и безопасной эксплуатации при следующих условиях, которые неразрывно связаны с его техническими данными:

Максимальная высота н. у. моря	2000 м
Максимальный диапазон температур	от -45 °С по + 50 °С
Максимальная скорость ветра	30 м/с
Относительная влажность воздуха	макс. 95 % при 20 °С
Прочие допустимые условия	наружная пыль, пыль, возникающая при торможении, летающие травы и семена, дождь, пушистый снег, талый снег и лед

## 6.2. Основные технические данные электровоза после модернизации

Основные размеры электровоза не изменяются, см. существующие технические данные.

Ширина колеи	1520 мм
Масса электровоза	368 ± 3% т
Нагрузка на ось	30,5 ± 3% т
Осевая формула	3(Bo' Bo')
Минимальный радиус вписывания в кривые пути в горизонтальной плоскости	R = 80 м при скорости 5 км/час

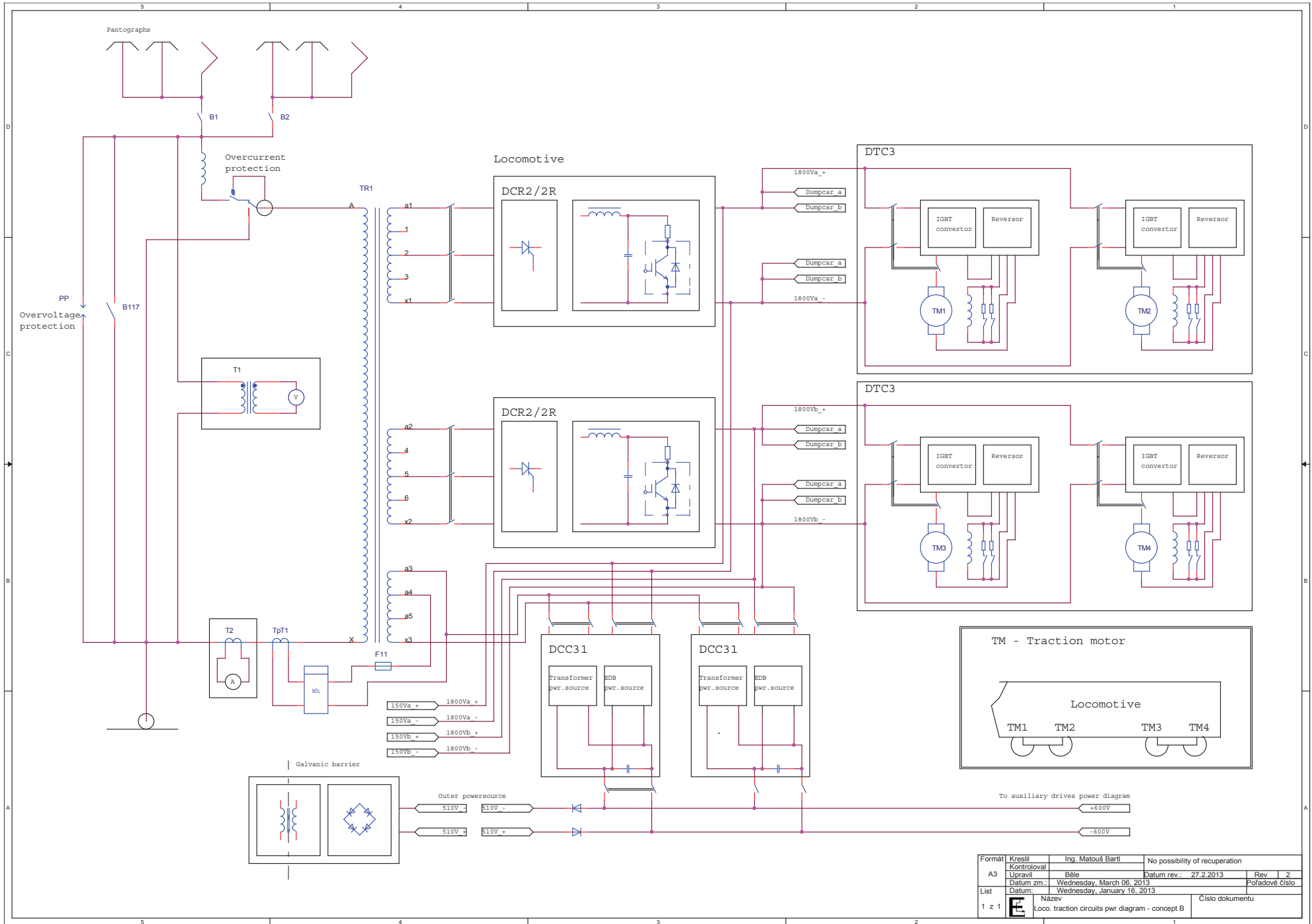
Максимальное тяговое усилие	1300 кН (при 368 т, $\mu=0,33$ )
Номинальное напряжение контактной сети	10 кВ
Количество тяговых двигателей	12
Максимальная мощность	12 x 580 кВт = 6960 кВт
Часовая мощность	12 x 455 кВт = 5460 кВт
Длительная мощность	12 x 420 кВт = 5040 кВт
Диаметр ведущих колес с новым бандажом	1250 мм
Передаточное число от тягового двигателя на ось	5,353 : 1
Тяговое усилие при 15-мин. режиме	1060 кН
Тяговое усилие при часовой выработке	728 кН
Скорость при длительной мощности	29,6 км/ч
Макс. конструктивная скорость локомотива	65 км/ч
Макс. мощность ЭДТ на окружности колес на пределе адгезии (при 368 т, $\mu=0,33$ )	около 5000 кВт

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА МОДЕРНИЗАЦИИ

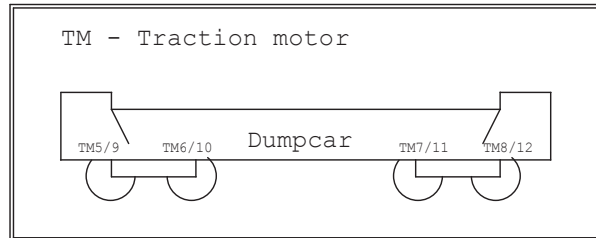
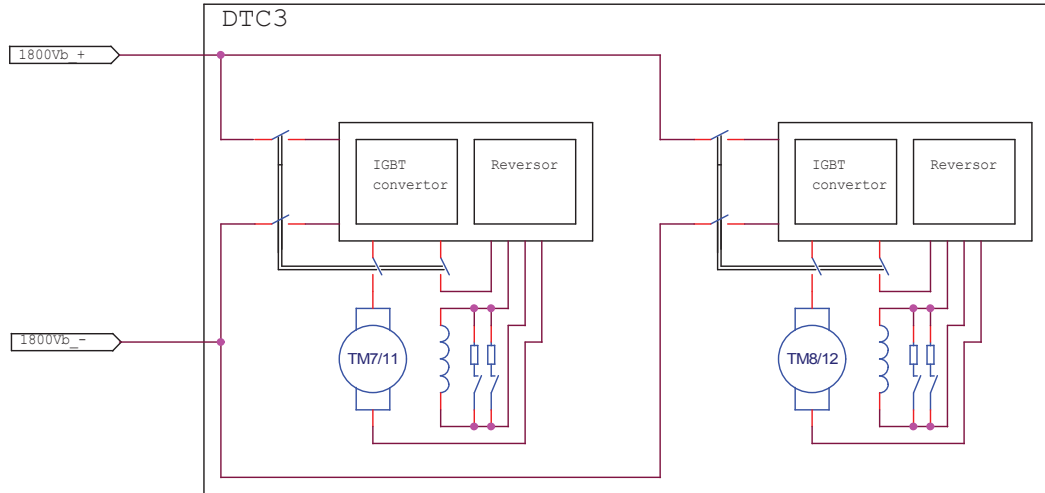
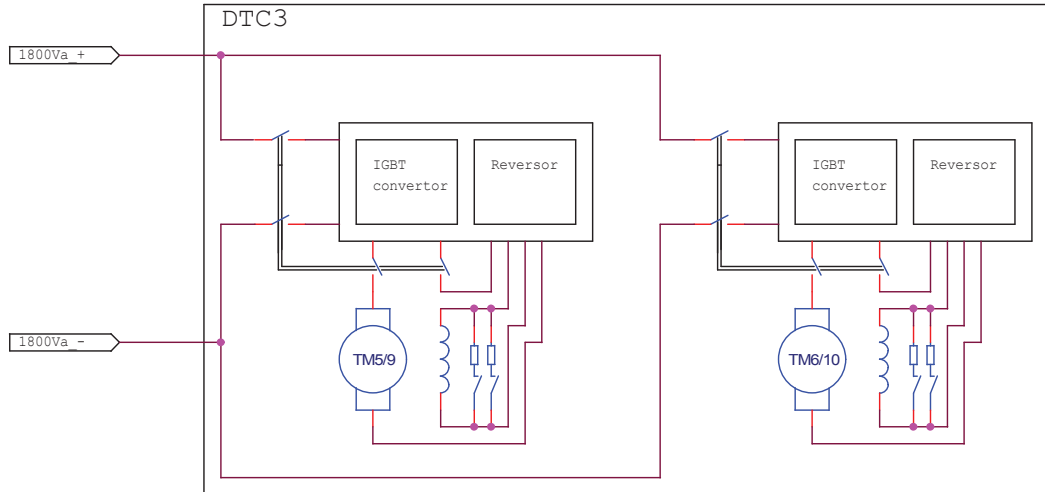
- Экономия эксплуатационных расходов на поддержание жизненного цикла ТА. Упрощение и сокращение объемов обслуживания ТА в течение эксплуатации.
- Экономия расходов электроэнергии при эксплуатации.
- Повышение надежности.
- Комфортность и простота управления электровозом.
- Увеличение силы тяги при разгоне ТА.
- Возрастание полезной загрузки ТА (возможность перевозить дополнительные грузовые думпкары), что обеспечивается применением надежной системы противодействия боксованию и юзу и достижением максимально возможного тягового усилия, обеспечиваемого сцепным весом ТА.
- Уменьшение износа колесных пар и тормозных колодок применением быстрого и простого переключения между режимами тяги и торможения с максимальным использованием электродинамического торможения, практически до нулевой скорости.
- При модернизации ТА срок эксплуатации удлинится на 25 лет, что исключает необходимость закупки новых электровозов.
- После модернизации электрической части ТА, получается электровоз, свойства которого сравнимы с новыми электровозами самого высокого технического уровня.
- Электровоз с таким решением электрической части для тяговых агрегатов до сих пор не выпускался.

# СПИСОК ПРИЛОЖЕНИЙ

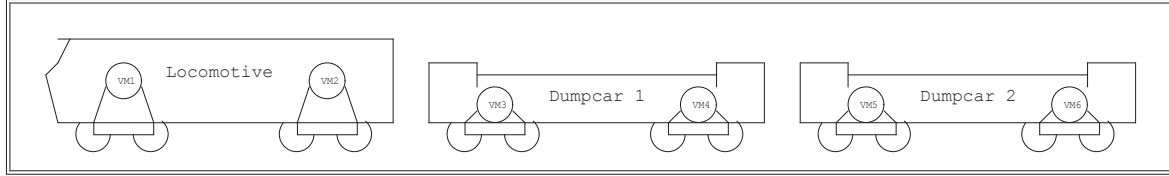
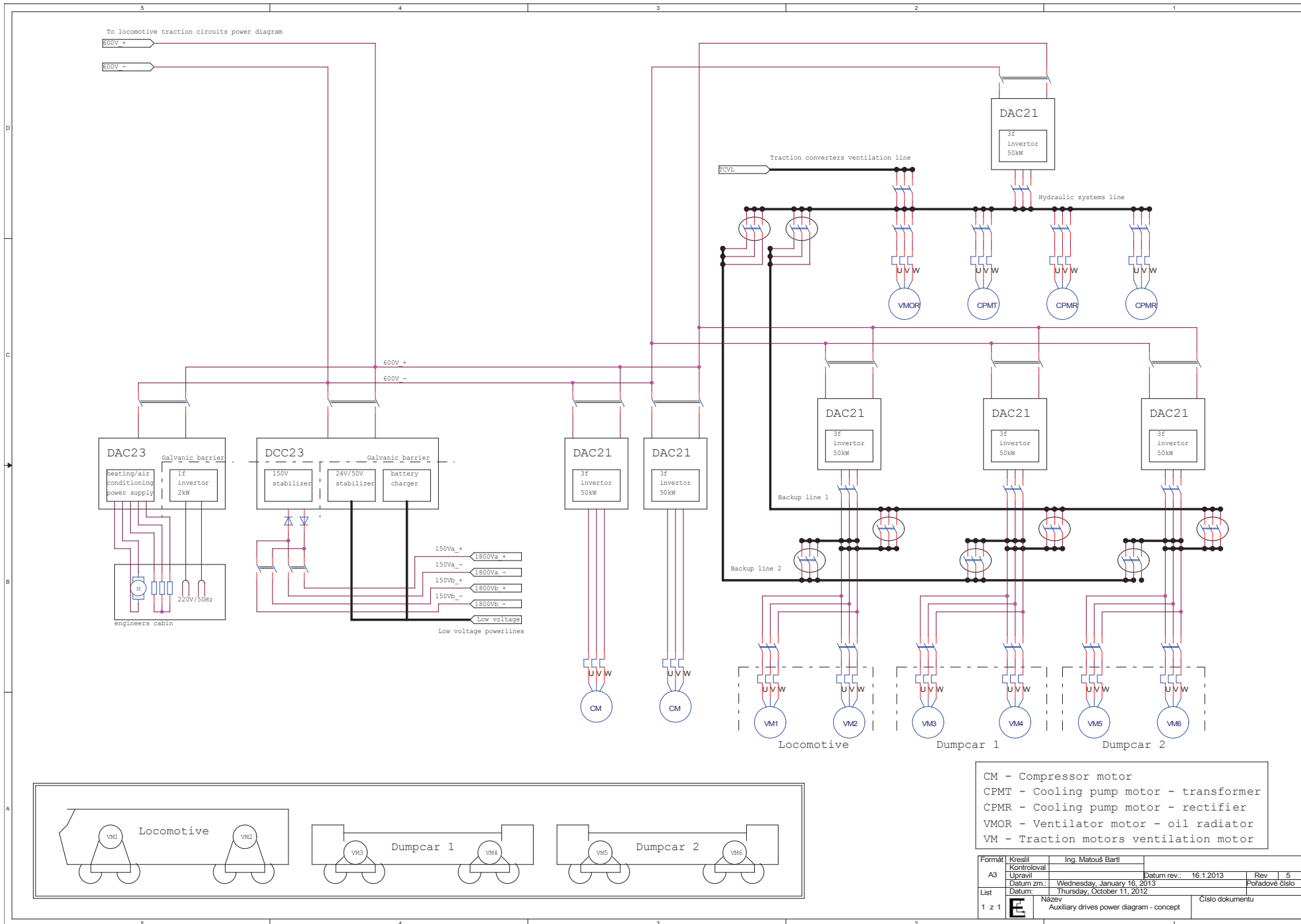
Приложение № 1:	Принципиальная электрическая схема силовых цепей для поосевого регулирования силы тяги и ЭДТ (электровоз управления)
Приложение № 2:	Принципиальная электрическая схема силовых цепей для поосевого регулирования силы тяги и ЭДТ (моторный думпкарь)
Приложение № 3:	Принципиальная схема цепей собственных нужд
Приложение № 4:	Тяговая характеристика
Приложение № 5:	Характеристика торможения
Приложение № 6:	Схема размещения электрооборудования (электровоз управления)
Приложение № 7:	Схема размещения электрооборудования (моторный думпкарь)
Приложение № 8:	Перечень преобразователей
Приложение № 9:	Модернизация дизельной секции
Приложение №10:	Принципиальная схема работы дизельной секции



Formát	Kreslil	Ing. Matouš Bartl	No possibility of recuperation	
A3	Kontroloval	Béla	Datum rev.:	27.2.2013
	Upravil		Rev	2
	Datum zm.:	Wednesday, March 06, 2013	Pořadové číslo	
List	Datum:	Wednesday, January 16, 2013		
1 z 1	Název	Loco. traction circuits pwr diagram - concept B	Číslo dokumentu	



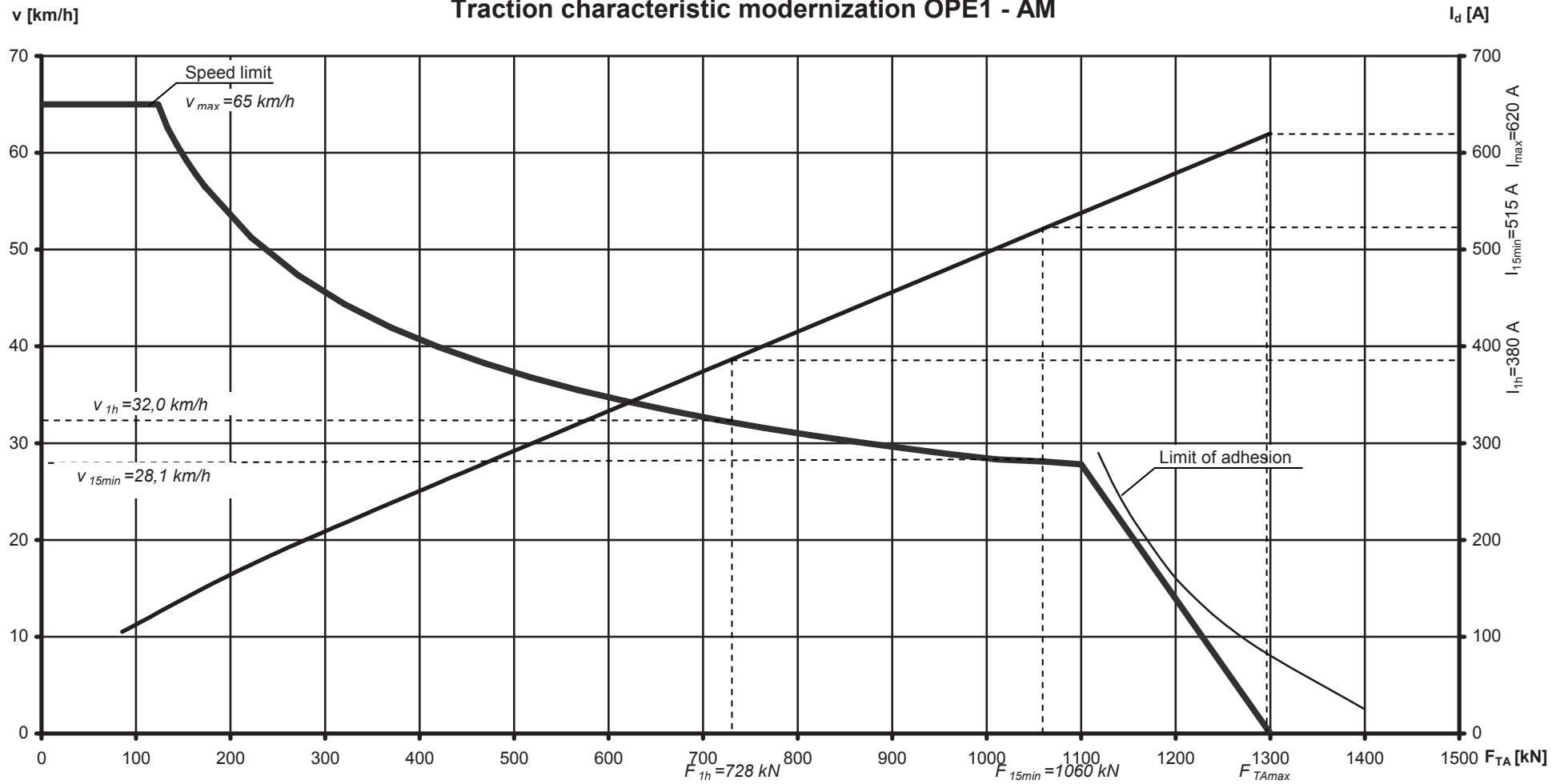
Formát	Kreslil	Ing. Matouš Bartl	
A4	Kontroloval		
	Upravil	Datum rev.:	16.1.2012
List	Datum zm.:	Wednesday, January 16, 2013	
	Datum:	Thursday, October 11, 2012	
1 z 1	Název	Číslo dokumentu	
	Dump. traction circuits pwr diagram - concept		



CM - Compressor motor  
 CPMT - Cooling pump motor - transformer  
 CPMR - Cooling pump motor - rectifier  
 VMOR - Ventilator motor - oil radiator  
 VM - Traction motors ventilation motor

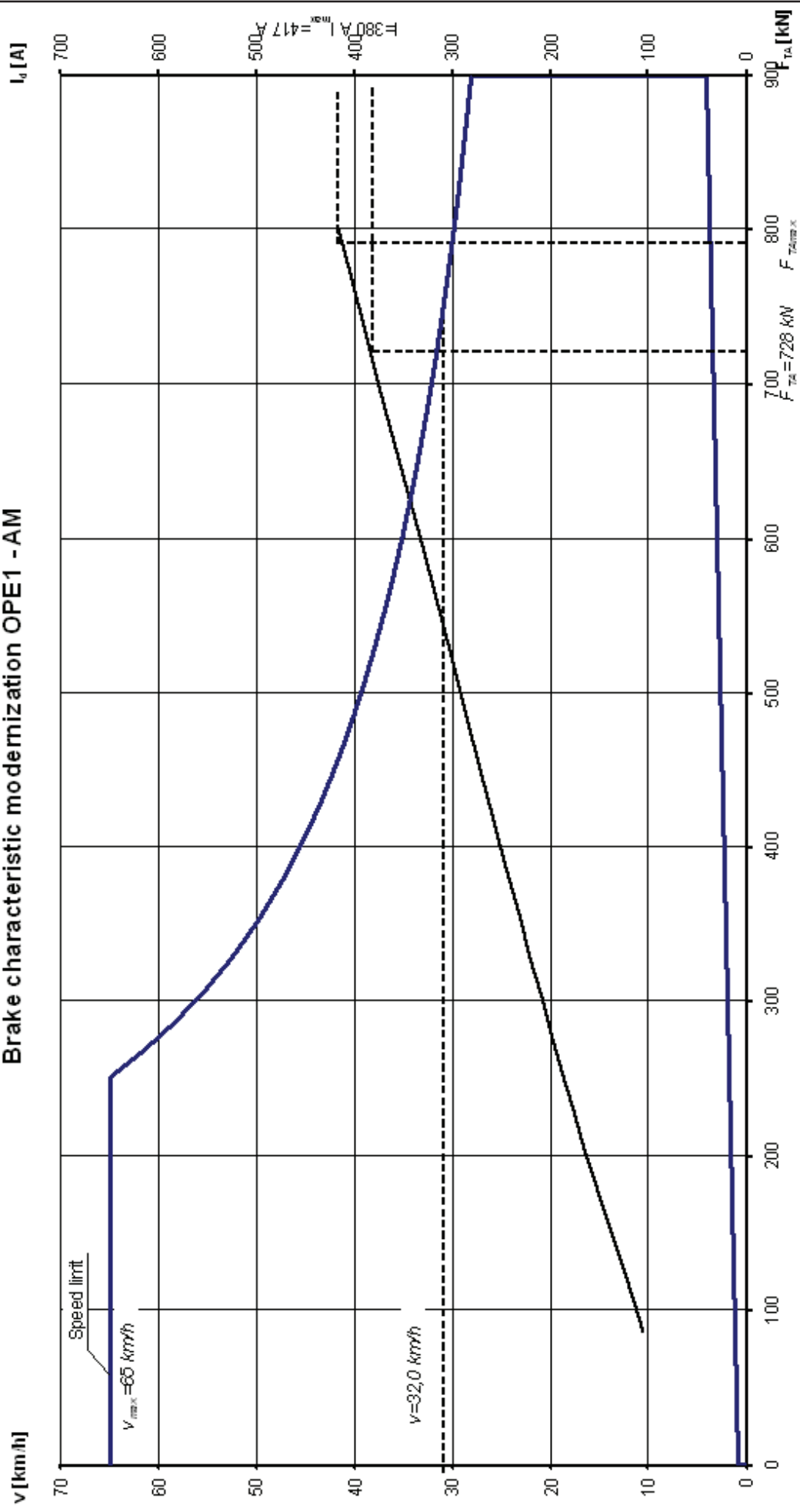
Formát	Kreslil	Ing. Matouš Bartl		
A3	Kontroloval		Datum rev.: 16.1.2013	Rev   5
	Upravil		Datum zm.: Wednesday, January 16, 2013	Přídavné číslo
List	Datum:	Thursday, October 11, 2012		
1 z 1	Název	Auxiliary drives power diagram - concept		Číslo dokumentu

### Traction characteristic modernization OPE1 - AM

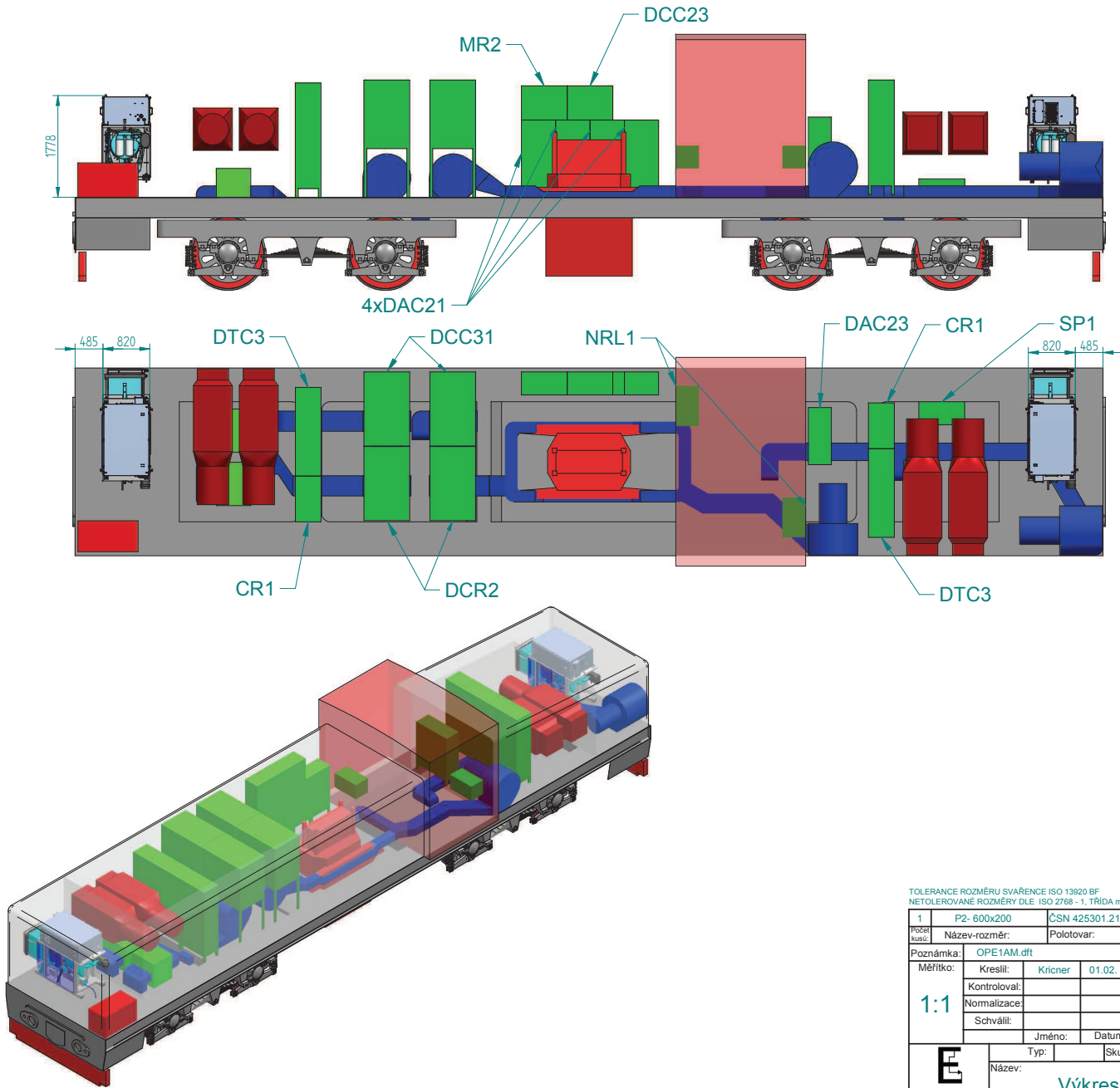


Input voltage, [V]            10000  
 Type of traction motor        STK-520U1  
 Wheel diameter, [mm]        1250  
 Gearbox ratio                    5,353

### Brake characteristic modernization OPE1 - AM

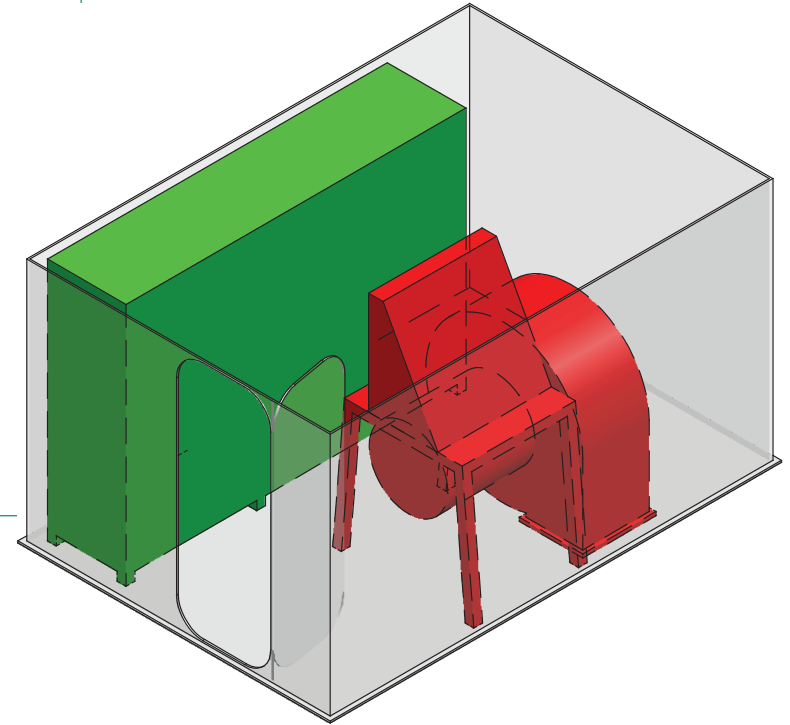
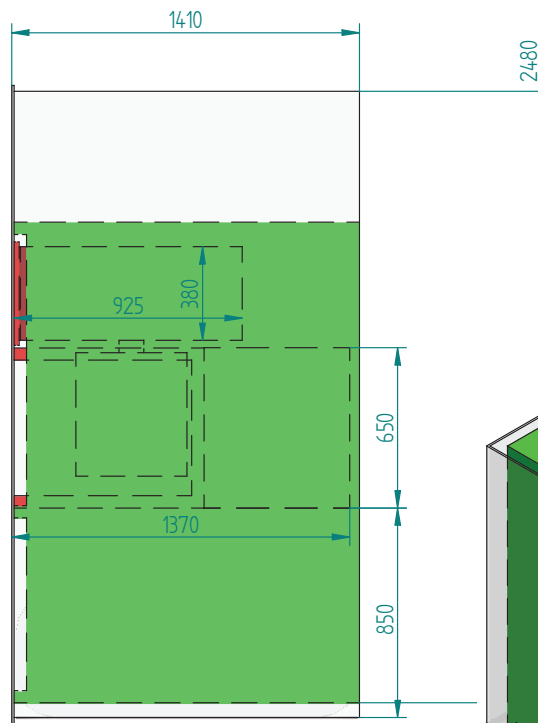
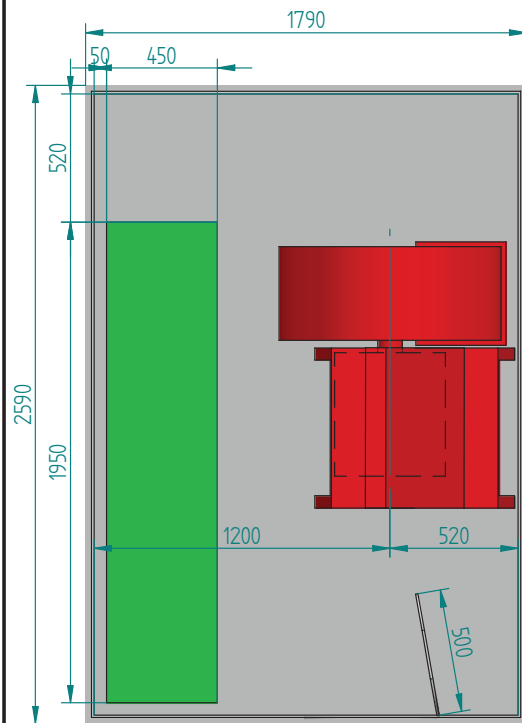






TOLERANCE ROZMĚRU SVÁŘENCE ISO 13920 BF  
NETOLEROVANÉ ROZMĚRY DLE ISO 2768 - 1, TRÍDA m; ISO 2768 - 2, TRÍDA K

1	P2-600x200	ČSN 425301.21	11373	11373	3689394	571	DE00002	2
Práci kusů:	Název-rozměr:	Polotovár:	Mat. konečný:	Mat. vých:	Č.hmot.:	Výkr. sestavy:	Poz.:	
Poznámka: OPE1AM.dft								
Měřtko:	Kreslil:	Křicner	01.02.13					
	Kontroloval:							
	Normalizace:							
	Schválil:							
	Jméno:	Datum:	Podpis:	Změna:	Index:	Datum:	Jméno:	
	Typ:	Skupina:	Starý výkres:	Provedení:				
	Název:		Číslo výkresu:					
			Výkres 1				DE 00001	



TOLERANCE ROZMĚRU SVAŘENCE ISO 13920 BF  
NETOLEROVANÉ ROZMĚRY DLE ISO 2768 - 1, TŘÍDA m; ISO 2768 - 2, TŘÍDA K

1	P2- 600x200	ČSN 425301.21	11373	11373	14246,9 kg	DE 00002	2
Počet kusů:	Název-rozměr:	Polotovár:	Mat. konečný:	Mat. vých:	Č.hmot.:	Výkr. sestavy:	Poz.:
Poznámka:	DUMPCAR_S.dft						
Měřítka:  1:1	Kreslil:	Kricner	01.02.13				
	Kontroloval:						
	Normalizace:						
	Schválil:						
	Jméno:	Datum:	Podpis:	Změna:	Index:	Datum:	Jméno:
<b>E</b>	Typ:	Skupina:	Starý výkres:	Provedení:			
	Název:	Výkres1		Číslo výkresu:	DE 00001		Index:

## ПЕРЕЧЕНЬ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ, РАЗМЕЩАЕМЫХ НА ТЯГОВОМ АГРЕГАТЕ ОПЭ1АМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МОДЕРНИЗАЦИИ

Обозначение	Наименование	Кол-во
DAC21	Инвертор питания и управления привода вентилятора*	6(4)
DAC22	Инвертор питания и управления привода компрессора	2
DAC23	Инвертор питания и управления кондиционером кабины, печами отопления и создания в кабине напряжения 220В-50Гц	1
DCR2	Тяговый выпрямитель-стабилизатор**	2
DTC3	Тяговый преобразователь двигателей одной тележки (поосевое регулирование тяги)***	6
CR1	Преобразователь тормозных сопротивлений (регулирование напряжения на входных конденсаторах – входной фильтр)	2
SP1	Преобразователь создания питания цепи собственных нужд 600 В в ремонтном цехе (депо) от внешнего источника 3х380 В****1	
NRL1	Микропроцессорная система управления тяговым агрегатом	2
DCC23	Статический преобразователь напряжения для заряда аккумуляторных батарей и питания бортовой сети (50 В) тягового агрегата	1
DCC31	Источник питания собственных нужд 600В	2
MR2	Преобразователь создания питания от аккумуляторных батарей только тяговых двигателей электровоза управления для режима маневров (заезд/выезд в депо/ремонтный цех без маневрового тепловоза)*****	1

\*Четыре инвертора размещаются на электровозе управления и два на моторных думпкарах, по одному в каждом (возможен вариант использования только четырех инверторов). Используются следующим образом:

- два инвертора для приводов компрессоров;
- один инвертор для приводов вентиляторов охлаждения тяговых двигателей ЭУ;
- два инвертора для приводов вентиляторов охлаждения тяговых двигателей думпкаров (возможен вариант без установки инверторов на думпкарах);
- один инвертор для приводов вентиляторов охлаждения тягового трансформатора, реакторов и маслонасосов.

\*\*Выпрямители-стабилизаторы монтируются на места существующих ВПБ совместно с источниками собственных нужд. Система охлаждения сохраняется.

\*\*\*Два тяговых преобразователя размещаются на электровозе управления и четыре на моторных думпкарах, по одному в каждой форкамере.

\*\*\*\* Заказчик должен решить, ставить такой источник только в депо и питать электровозы управления ТА выходным напряжением из этого источника или ставить такой источник, снабженный внешней штепсельной розеткой, на каждый электровоз управления.

\*\*\*\*\* Для выполнения маневровых передвижений в депо/ремонтном цехе преобразователь оснащен внешней штепсельной розеткой, к которой можно подключить внешний источник 50В. Это используется при ревизиях ТА в депо, когда через это штепсельное гнездо постоянно подзаряжается батарея и питается бортовая сеть. ТА может начать маневровое передвижение от внешнего источника. Штепсельное гнездо сконструировано таким образом, что оно позволяет выдергивание кабеля без необходимости остановки ТА, далее он питается от батареи. Передвижение ТА возможно в пределах 200 м. Заказчик должен решить, нужен ли ему режим маневров.

При проведении модернизации тягового агрегата ОПЭ1АМ с дизельной секцией, на ней будут размещены два тяговых преобразователя DTC 3, два инвертора питания вентиляторов DAC 21. Остальные изменения в силовых цепях и цепях управления дизельной секции отображены в проекте модернизации ТА ОПЭ1АМ.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ДИЗЕЛЬНОЙ СЕКЦИИ

В случае, если ТА поставляется на модернизацию с дизельной секцией, предлагается выполнить следующие работы, изменения/дополнения дизельной секции.

1. Производится капитальный ремонт ходовой части и кузова дизельной секции.

2. Производится капитальный ремонт дизеля и оборудования обеспечивающего его работу.

3. Силовая цепь от генератора дизельной секции подсоединяется в электровозе управления (ЭУ) сразу после выпрямителей к силовой цепи, которая регулирует тягу и ЭДТ тяговых двигателей в режиме питания от контактной сети. Создается силовая цепь от генератора к преобразователю (источник DCC 21) для питания цепей собственных нужд 600 В. По дизельной секции прокладывается цепь собственных нужд 600 В, обеспечивающая охлаждение тяговых двигателей, питание асинхронных двигателей компрессоров через инверторы и охлаждение генератора (если принимается пункт 6). Создаются цепи управления дизельной секцией.

4. Для создания возможности работы системы управления тяговыми двигателями дизельной секции аналогичной электровозу управления и моторных думпкаров, дизельная секция оборудуется инверторами управления тяговыми двигателями (транзисторными преобразователями-регуляторами) и тормозными резисторами. Таким образом, система управления тяговыми двигателями всего ТА будет одинакова в режимах работы под контактную сетью или от дизель-генератора. Регулирование тяги или ЭДТ создают тяговые преобразователи, которые регулируют токи тяговых двигателей по тележкам. Питание тяговых преобразователей при использовании напряжения из контактной сети обеспечивает тяговый выпрямитель-стабилизатор, который по отношению к скорости ТА стабилизирует напряжение на выходе в пределах 1000 – 1500 В. Похожим образом осуществляется питание тяговых преобразователей при использовании напряжения от генератора дизельной секции. На выходе генератора во всех диапазонах скоростей напряжение будет регулироваться системой возбуждения в пределах 600 – 1000 В. В результате того, что силовые цепи выходного напряжения из тягового трансформатора и

генератора соединяются за выпрямителями, использование каких-либо переключателей исключается. Какое напряжение будет выше, то и будет питать тяговые преобразователи. При напряжении выше, чем 600 В, от этих же силовых цепей питаются преобразователи цепей собственных нужд. Таким образом, силовая схема очень упрощается и имеет большое преимущество в режиме ЭДТ, когда от тормозной энергии питаются все цепи собственных нужд и создается возможность обратного питания главного генератора дизельной секции, что уменьшает расход топлива в режиме торможения. Обратная цепь, питающая генератор, обеспечивает вращение дизеля на холостых оборотах, дизель прекращает свою работу. После окончания торможения дизель возобновляет свою работу. При переключении в ЭДТ, тяговые двигатели начинают тормозить самовозбуждением. Часть энергии торможения уничтожится в тормозных резисторах, часть пойдет на поддержание работы вспомогательных машин ТА через цепь 600 В.

5. Для привода вентиляторов охлаждения тяговых двигателей используются действующие трехфазные асинхронные двигатели АЭ92-4. Они будут работать с большим запасом мощности. Сейчас они питаются от однофазной сети, а вспомогательная фаза сделана посредством конденсаторов. При подключении к трехфазной сети, мощность двигателей будет значительно больше, чем требуется для работы вентиляторов. Все конденсаторы будут убраны, а двигатели будут запитаны от трехфазного инвертора DAC 21, который, в свою очередь питается от сети 600 В постоянного напряжения. Частота и мощность инвертора DAC 21 будет регулироваться в зависимости от температуры и нагрузки тяговых двигателей. Системой регулирования мощности вентиляторов будут понижаться расходы энергии для питания вентиляторов. Такое решение позволит охлаждать тяговые двигатели независимо от режима питания ТА: контактная сеть, или дизель-генератор, или тормозные резисторы при ЭДТ.

6. По согласованию с заказчиком и учитывая пункт 4, предлагается заменить существующий главный генератор постоянного тока, вспомогательный генератор, возбудитель,

подвозбудитель, выпрямитель, амплистат и т.д. на альтернатор (генератор переменного тока) с полупроводниковым статическим возбудителем и тяговым выпрямителем. Выходное напряжение тягового выпрямителя будет стабилизировано регулированием возбуждения альтернатора в пределах 600 – 1500 В, в зависимости от работы ТА. Вместо вспомогательного генератора применить статический преобразователь (зарядное устройство). Он подключается к сети 600 В и создает напряжение цепей управления дизельной секции (75 В) и, одновременно, обеспечивает непрерывную (независимо от режима питания ТА: контактная сеть, или дизель-генератор, или тормозные резисторы при ЭДТ) подзарядку аккумуляторных батарей дизельной секции до оптимального напряжения, рассчитанного по их температуре, что существенно повысит их долговечность. При демонтаже вспомогательного генератора система охлаждения главного генератора остается без привода. В качестве привода будет применен асинхронный двигатель мощностью 5-10 кВт, питающийся заданной частотой от инвертора. Система управления будет задавать обороты двигателя в зависимости от температуры главного генератора.

Такие изменения позволят упростить систему управления дизель-генератором, увеличить полезную мощность генератора, повысить надежность работы системы.

7. Существующая система управления дизельной секцией изменяется. Т.к. контроллер машиниста при модернизации ЭУ ТА убирается, на пульте управления будет установлен выключатель работы дизельной секции. Задание значений тягового усилия и ЭДТ в режиме питания ТА от дизельной секции, как и под контактной сетью, будет производиться двумя рукоятками пульта управления, селективно-реверсивной и главной. Для связи существующей системы управления дизельной секцией и модернизированной системой управления ТА будут применены электропневматические компоненты и существующие в дизельной секции контакторы. Основные параметры работы дизельной секции будут отображаться на дисплее пульта управления при первом и втором режиме его работы. Автоматические режимы работы дизель-генератора сохраняются. Системой подачи топлива и регулированием возбуждения управляет система управления ТА согласно значения требуемой тяги.

8. По согласованию с заказчиком, при возможности произвести градуировку топливных

баков дизельной секции, она снабжается системой непрерывного измерения объема топлива и контроля его расхода. Информация об объеме топлива/его расходе, включая плотность и температуру, передается по линии CAN на центральный процессор системы управления высшего уровня и отображается на дисплее пульта управления в текущем (реальная плотность и температура) и приведенном (плотность при температуре 20 градусов С) виде. Информация фиксируется в запоминающем устройстве центрального процессора и в любое время может быть снята.

