

Совершенствование устройств электропитания железнодорожной автоматики и телемеханики

В. А. ШАТОХИН, канд. техн. наук, начальник отдела ЦКЖТ ПГУПС



С 2000 г. в Центре компьютерных железнодорожных технологий (ЦКЖТ) ведутся научно-исследовательские работы по совершенствованию устройств электропитания микропроцессорных комплексов железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ). В 2002 г. центр диспетчерского управления (ЦДУ) Петербургского метрополитена оборудован централизованной системой бесперебойного питания (СБП) разработки ЦКЖТ.

В 2004 г. на железнодорожном узле Санкт-Петербург Сортировочный Московский Октябрьской железной дороги были приняты в эксплуатацию устройства электропитания микропроцессорного комплекса (УЭП-МПК) из трех парков с системой бесперебойного питания на основе моноблочных устройств бесперебойного питания (УБП). Сегодня данная система широко тиражируется на магистральном транспорте ОАО «РЖД». В 2006 г. УЭП-МПК была интегрирована с микропроцессорной централизацией МПЦ-МЗ-Ф на элементной базе фирмы Siemens и пущена в эксплуатацию на Юго-Восточной железной дороге. В 2008 г. на Красноярской железной дороге были внедрены устройства электропитания микропроцессорных комплексов на основе шины постоянного тока (УЭП-МПК-ШПТ). В 2009 г. УЭП-МПК-ШПТ были адаптированы для станций «Девяткино» и «Удельная» Петербургского метрополитена и получили индекс «М»: УЭП-МПК-ШПТ-М. Данная система может с успехом применяться для любой системы ЭЦ: релейной, релейно-процессорной, микропроцессорной. При этом можно достаточно экономично и компактно организовать электропитание комплексной автоматизированной системы диспетчерского управления (КАС ДУ), электрической централизации и прочего оборудования от одной и той же установки. В 2010 г. разработана и введена в эксплуатацию система электропитания для горючей автоматической централизации УЭП-МПК-ГАЦ на 3-й горке узла Санкт-Петербург Сортиро-

вочный Московский Октябрьской железной дороги.

Особую актуальность проблема бесперебойности энергоснабжения приобретает для метрополитенов. При перерывах энергоснабжения, вызывающих задержки в перевозочном процессе и снижающих пропускную способность линий, значительно увеличивается цена потерь вследствие малого интервала попутного следования поездов, а при плотном пассажиропотоке в ограниченном пространстве возникает угроза безопасности пассажиров. Кроме того, в последнее время наблюдается тенденция к ухудшению качества и надежности энергоснабжения от внешних электрических сетей. Это вызвано тем, что скорость увеличения количества и мощности потребителей электроэнергии превышает скорость модернизации изношенной, а зачастую исчерпавшей свой ресурс энергоснабжающей инфраструктуры. Эти обстоятельства вынуждают метрополитены применять системы бесперебойного питания для потребителей, непосредственно влияющих на безопасность и непрерывность перевозочного процесса.

После анализа применяемых в настоящее время СБП на метрополитенах выявлены серьезные ошибки в выборе структуры СБП и аппаратной реализации ее элементов. За основу ошибочно были взяты моноблочные источники бесперебойного питания общего применения, предназначенные для работы в глухозаземленных сетях, без учета необходимости осуществлять электроснабжение изолированно от земли. Это решение было продиктовано отчасти не-

компетентностью людей, его принимавших, отчасти недобросовестностью продавцов оборудования, навязывающих потребителю тот товар, который легче продать. Моноблочный ИБП, как конструктивно законченный агрегат широкого применения, дешевле, и его легче перепродать, чем систему, которую нужно комплектовать и адаптировать под нужды конкретного заказчика с относительно малым объемом реализаций. Кроме того, периодическое обслуживание моноблочных агрегатов осуществляется, как правило, продавцом, и это приносит ему прибыль в течение длительного времени после продажи агрегата. Это отчасти повлияло на появление более глобальной ошибки — принятия безответственного решения о переводе потребителей, непосредственно влияющих на безопасность и непрерывность перевозочного процесса, на глухозаземленное электроснабжение с отказом от изолированного. Основным аргументом при принятии этого решения было желание не нарушать Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [1] для обеспечения электробезопасности обслуживающего персонала.

Решение о переходе от изолированной системы энергоснабжения к глухозаземленной ошибочно по следующим причинам. Электроустановки ЖАТ относятся к специальным электроустановкам и должны регламентироваться отраслевыми нормативными документами, а не ПУЭ. В ПУЭ регламентированы правила построения электроустановок, не связанных с производством и сбытом электроэнергии, с учетом того, что с этими электроустановками могут работать люди, не подготовленные по электробезопасности. Однако электроустановки ЖАТ эксплуатирует персонал, который должен в обязательном порядке иметь допуск не ниже чем по третьей группе электробезопасности, и доступ к этим электроустановкам ограничен. При неисправности в электроустановке с глухозаземленным электроснабжением сра-

бывают устройства защиты. Они прерывают подачу электроэнергии, производственный процесс останавливается и только после устранения неисправности возобновляется. Это неприменимо для ответственных технологических процессов (в медицине, судовой и атомной технике, железнодорожной автоматике и т. п.), поэтому для них применяется изолированное электроснабжение. При неисправности в электроустановке с изолированным электроснабжением устройствами контроля включается аварийная сигнализация, но подача энергии не прерывается. Решение об остановке производственного процесса принимает уполномоченный оператор, а у обслуживающего персонала обычно есть время устранить неисправность, не прерывая технологический процесс. При этом безопасность обслуживающего персонала, работающего в неисправной электроустановке, находящейся под напряжением, решается организационными (обучение, допуск к работе, порядок работы, использование средств групповой и индивидуальной защиты от поражения электрическим током и т. п.) и техническими (применение системы уравнивания потенциалов, контроль и сигнализация, диагностика, мониторинг и т. п.) мероприятиями.

Решение о переходе от изолированной системы энергоснабжения к глухозаземленной безответственно по ряду причин. Глухозаземленные системы более пожароопасны, чем изолированные. В последних токи короткого замыкания на землю пренебрежимо малы, а в глухозаземленных системах могут превышать несколько тысяч ампер. Кроме того, безответственно защищать от электрического тока подготовленного электрика и ставить под угрозу безопасность тысяч неподготовленных пассажиров.

В результате проведенных исследований были сформулированы основные требования, которым должна соответствовать электроустановка (ЭУ), осуществляющая электропитание ЖАТ метрополитена. Итак, ЭУ должна:

- иметь изоляцию от земли на всем протяжении от фидеров до питаемого оборудования;
- иметь контроль изоляции всех изолированных источников с выводом сигнала тревоги локально и в системы верхнего уровня;
- быть масштабируемой — допускать увеличение мощности при изменении потребления путем добавления компонентов без замены или перемонтажа эксплуатируемой части;

- реализовывать принципы унификации, заключающейся в однотипности оборудования для разных категорий станций;
- иметь открытую архитектуру, при которой можно использовать компоненты разных производителей и разработчиков для исключения монополизации;
- позволять перейти от регламентного технического обслуживания к техническому обслуживанию по состоянию;
- иметь время восстановления полностью исправного состояния после отказа не более одного часа силами персонала с квалификацией «электромеханик»;
- допускать «горячую» замену электрических блоков и узлов без прерывания электроснабжения потребителя;
- состоять из заменяемых элементов, вес которых не должен превышать 20 кг — норму поднятия тяжестей на одного человека согласно требованиям нормативных документов по охране труда;
- не иметь напряжений на открытых токоведущих частях, доступных обслуживающему персоналу при ремонте превышающих значения низких безопасных напряжений (110 В постоянно и 50 В переменного);
- иметь резервирование аккумуляторных батарей;
- содержать в своем составе герметичные аккумуляторные батареи, не требующие долива воды;
- иметь резервирование по технологии N+1, заключающейся в параллельном включении нескольких элементов (АКБ, выпрямителей, инверторов, конвертеров) с избыточностью на один элемент по сравнению с расчетными значениями;

- иметь корректор мощности для снижения реактивности входных цепей;
- осуществлять бестоковую коммутацию входных силовых цепей для увеличения ресурса коммутируемого оборудования;
- позволять работать с неодинаковыми фидерами (одно-, двух-, трех- и многофазными) в любом сочетании и с равномерной прогрузкой последних;
- выполнять требования нормативных документов по электромагнитной совместимости и воздействий внешних дестабилизирующих факторов;
- обеспечивать защиту от пыли и влаги не ниже IP45;
- при одинаковом напряжении и способе заземления по входу и выходу иметь возможность организации обходной линии (байпас);
- выполнять требования функциональной безопасности.

Последнее требование необходимо прокомментировать. При использовании СБП необходимо обеспечить ее функциональную безопасность. Суть проблемы состоит в том, что при любых отказах аппаратно-программных средств СБП нельзя допускать превышения напряжения и генерации частот, совпадающих с рабочими частотами рельсовых цепей, а также цепей кодирования, цепей АЛС-АРС и функциональных преобразователей управления стрелок и сигналов. По своей сути СБП — мощный программно управляемый генератор. При повышении напряжения на выходе СБП более 280 В при отказе ее элементов или сбое программного обеспечения может не выполняться шунтовой режим рельсовой цепи, а это опасный отказ. При генерации частот, совпадающих с рабочими частотами рельсовых цепей и цепей

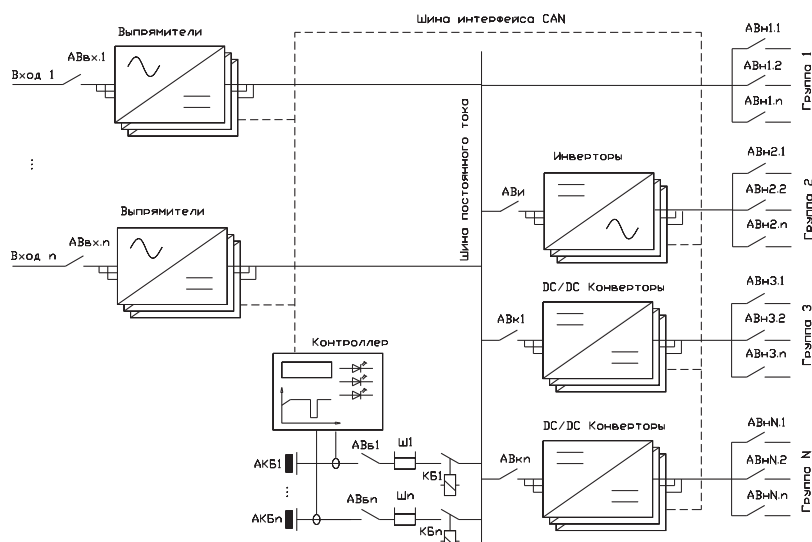


Рис. 1

кодирования, возможно включение путевого приемника от этих паразитных частот в обход рельсовой цепи, это тоже опасный отказ. В рамках научно-исследовательских работ ЦКЖТ проводил исследование соответствия требованиям функциональной безопасности различных типов устройств бесперебойного питания (УБП) и инверторов различных производителей для ОАО «РЖД» с 2000 г. В результате этих исследований были выработаны рекомендации, на основании которых в настоящее время построены все установки бесперебойного питания на ОАО «РЖД». Но вследствие разобщенности с магистральным транспортом метрополитены этим серьезным вопросам до сих пор не уделяют должного внимания и применяют для электропитания ЖАТ непроверенные УБП.

Для выполнения приведенных здесь требований наиболее подходящей является СБП на основе шины постоянного тока (ШПТ), которая на протяжении нескольких десятилетий используется для электропитания телекоммуникационных систем. Обобщенная структурная схема СБП на основе ШПТ приведена на рис. 1. Принцип работы СБП ШПТ заключается в следующем. Одно-, двух- или трехфазное входное напряжение равномерно распределяется в комплекте выпрямителей (КВ). Выходы выпрямителей объединяются ШПТ. Нагрузки

постоянного тока с напряжением, совпадающим с напряжением ШПТ (1 группа нагрузок), питаются непосредственно от ШПТ через элементы токовой защиты (АВ). Нагрузки переменного тока (2 группа нагрузок) получают электропитание от комплекта инверторов (КИ), который питается от ШПТ через элементы токовой защиты (АВ). Нагрузки постоянного тока с напряжением, отличным от напряжения ШПТ (3 группа нагрузок), получают питание от DC/DC конверторов, образующих комплекты преобразователей (КП). Контроль и управление осуществляет контроллер, основные функции которого состоят в равномерном распределении мощности между резервируемыми элементами и в обеспечении диагностики и мониторинга работы системы. При отказе контроллера система питания способна длительное время работать самостоятельно, обеспечивая нагрузку необходимым питанием, а также заряжать батарею. Сигнализация состояния системы может выдаваться различными интерфейсами, а также беспотенциальными «сухими» контактами. В УЭП-МПК-ШПТ на автоматизированное рабочее место дежурной по станции (АРМ ДСП) передается обобщенный сигнал «Авария питающей», а детализированные сигналы, необходимые для поиска и устранения повреждения, отображаются на мнемосхеме рабочего места дежурного элект-

ромеханика (АРМ ШН). Система выполнена по архитектуре N+1. Все блоки и аккумуляторные линейки меняются в «горячем» режиме. Кроме того, значительно снижены масса и габариты устройства за счет отказа от трансформаторов, работающих на частоте 50 Гц, и применения преобразователей и конверторов с гальванической развязкой на высокочастотных трансформаторах.

Структура системы электропитания, адаптированной для станции «Девяткино» Петербургского метрополитена, приведена на рис. 2. В ранее реализованных в Петербургском метрополитене проектах электроснабжения на моноблочных агрегатах предусматривалась отдельная установка из двух параллельно работающих УБП для КАС ДУ и отдельная установка для электрической централизации. При этом на входе каждого ИБП устанавливался изолирующий трансформатор. Применение УЭП-МПК-ШПТ-М позволило независимое питание как КАС ДУ, так и МПЦ-МПК, и отказаться от громоздких трансформаторов.

Особенность системы состоит и в том, что электропитание средств вычислительной техники (СВТ) осуществляется изолировано от земли. Для электропитания СВТ, использующих импульсные источники питания с симметричными фильграми по входу, больше подходит симметрично изолированная от земли сеть электропитания, а питание компьютерной техники глухозаземленным напряжением снижает эффективность помехозащитных средств, ухудшая ее помехоустойчивость [2].

В ЦКЖТ продолжают работы по совершенствованию устройств электропитания ЖАТ. В установках электропитания разработки ЦКЖТ используется только качественные компоненты, прошедшие испытания на функциональную безопасность и электромагнитную совместимость. Приоритеты отдаются не продвижению заданного типа оборудования определенного производителя, а разработке оптимальной структуры электроустановки под нужды конкретного объекта электропитания с использованием оборудования различных производителей.

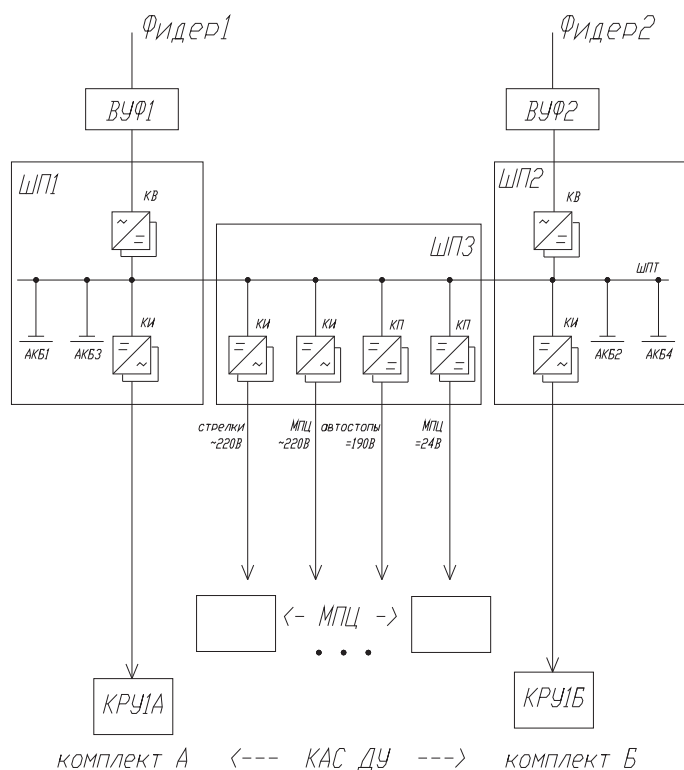


Рис. 2

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. М.: 2006.
2. Компьютер и система электроснабжения в офисе: современные аспекты безопасной эксплуатации. / Под. ред. О. А. Григорьева. — М.: Изд-во РУДН, 2002.