

ПРИНЦИПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПЕРАТИВНОЙ РАБОТЫ ЭНЕРГОДИСПЕТЧЕРА

Сюй цзыцй, магистрант

Российский университет транспорта (МИИТ)
(Россия, г. Москва)

DOI:10.24412/2500-1000-2024-5-4-91-99

Аннотация. Актуальность темы исследования по анализу автоматизации распределения в системах электроснабжения железных дорог проявляется в нескольких ключевых аспектах. В первую очередь, железнодорожный транспорт является важным элементом инфраструктуры многих стран, обеспечивая перевозку грузов и пассажиров на длительные расстояния. Эффективное функционирование системы электроснабжения железных дорог критически важно для обеспечения безопасности и надежности работы всей железнодорожной инфраструктуры. С учетом постоянного роста пассажиропотока и объемов грузоперевозок, а также технологического прогресса в сфере железнодорожного транспорта, необходимость в постоянном совершенствовании систем электроснабжения становится все более актуальной, что обусловлено не только потребностью в обеспечении стабильной работы системы при увеличении нагрузок, но и требованием повышения энергоэффективности, снижения затрат и рисков возможных аварий или перебоев в электроснабжении.

Ключевые слова: автоматизация, распределение электроснабжения, железнодорожный транспорт, безопасность, надежность, пассажиропоток, грузоперевозки, технологический прогресс, энергоэффективность, затраты, риски, аварии, перебои.

Основными исходными данными для разработки данной темы являются данные о текущем состоянии систем электроснабжения железных дорог, их технических параметрах, характеристиках нагрузок, а также информация о существующих методах и технических решениях в области автоматизации распределения электроэнергии. Исследование данной темы имеет важное практическое значение, поскольку его результаты могут привести к разработке и внедрению новых технологий и методов автоматизации, способствующих оптимизации работы систем электроснабжения железных дорог, что даст повысить эффективность использования электроэнергии, снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций и перебоев в энергоснабжении, а также обеспечить более комфортные условия для пассажиров и более безопасные условия для перевозки грузов.

Проблема, которая подлежит исследованию в данном контексте, касается эффективности процесса формирования за-

явок на поиск в системах энергоснабжения.

Цель данного исследования заключается в улучшении процесса составления заявок для работ в системе энергоснабжения путем выявления и анализа факторов, влияющих на его эффективность, а также предложения новых подходов и методик, способствующих оптимизации данного процесса.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ существующих методов составления заявок для работ в системе энергоснабжения, подразумевая их достоинства и недостатки.

2. Выявление факторов, влияющих на эффективность процесса составления заявок, таких как технические характеристики системы энергоснабжения, изменения в нагрузках и т. д.

3. Разработка новых подходов и методик составления заявок, учитывающих выявленные факторы и направленных на повышение эффективности и надежности системы энергоснабжения.

4. Проведение экспериментальной проверки разработанных методов и оценка их эффективности на практике.

Объектом исследования в данном случае является система автоматизации распределения в системах электроснабжения железных дорог, данный объект представляет собой конкретный фрагмент реальности, в котором существует проблема, требующая непосредственного изучения. Исследование будет направлено на анализ процесса автоматизации распределения энергии в железнодорожной сети с целью выявления эффективных подходов и методов для оптимизации данного процесса.

Предметом исследования являются основные свойства системы автоматизации распределения энергии, которые имеют наибольшее значение для решения задач исследования. В частности, анализируются технические характеристики системы, алгоритмы распределения энергии, методы управления и многие другие аспекты, влияющие на эффективность и надежность работы системы электроснабжения железных дорог.

Гипотеза исследования может быть сформулирована как предположение о существовании определенной закономерной связи между различными параметрами и факторами, влияющими на процесс автоматизации распределения энергии в железнодорожной сети, к примеру гипотеза может заключаться в предположении о том, что определенные изменения в алгоритмах управления системой могут значительно повысить ее эффективность и надежность при распределении энергии.

В современных условиях электроэнергетика является одной из ключевых отраслей инфраструктуры, обеспечивающей функционирование различных секторов экономики. В контексте этой отрасли особое внимание уделяется диспетчерскому управлению, которое играет важную роль в обеспечении непрерывной и эффективной работы электроэнергетических систем. В данном обзоре мы рассмотрим существующие методы диспетчерского управления в электроэнергетике, особенности их применения и тенденции развития.

Железнодорожный транспорт в Российской Федерации остается одним из основных средств перевозок как грузов, так и пассажиров. Более 84% всех перевозок осуществляются по электрифицированным железным дорогам [1]. Постоянное увеличение объемов перевозок требует постоянного обновления и совершенствования инфраструктуры железнодорожного транспорта, подразумевая систему электроснабжения.

Система электроснабжения железных дорог представляет собой капиталоемкую и технически сложную инфраструктуру, подверженную износу и старению. Ежегодно производится значительное количество работ по замене и модернизации оборудования, к примеру заменяется до 650 км контактного провода, 500 км дефектного несущего троса, а также более 14500 опор контактной сети [2]. Помимо этого, осуществляется модернизация подвески контактной сети для повышения надежности и эффективности работы.

Для обеспечения эффективного управления системой электроснабжения железных дорог применяются различные методы диспетчерского управления. Стремление к автоматизации и централизации процессов управления привело к появлению новых технологий и систем.

С начала электрификации железных дорог применялись простые методы диспетчерского управления, основанные на телефонной связи и селекторных системах, но невзирая на это, эффективность таких методов была ограничена [3]. С развитием информационных технологий и автоматизации появились более современные системы управления, такие как системы телемеханики и автоматики.

Одной из ключевых особенностей диспетчерского управления в электроэнергетике является строгая централизация процессов управления. Все работы по обновлению и реконструкции железнодорожной инфраструктуры осуществляются на основе централизованных принципов, через диспетчерские структуры различных уровней [4].

Оперативное руководство работами по обеспечению электроснабжения осу-

ществляется через энергодиспетчерские структуры. Энергодиспетчерская служба играет важную роль в обеспечении непрерывности электроснабжения и координации работ по обновлению и модернизации системы электроснабжения железных дорог [5].

Анализ работы диспетчера в электроэнергетике осуществляется с применением математических методов [6, 7, 8], к примеру Е.Е. Бакеев использовал для анализа методы теории массового обслуживания, а также логические схемы информационных процессов для математического моделирования работы энергодиспетчера дистанции электроснабжения [5, 8], описанные методы позволяют оценить временные характеристики процесса и провести анализ деятельности диспетчера по элементарным операциям. Технические средства автоматики и телемеханики являются неотъемлемой частью процесса оперативного управления системой электроснабжения железнодорожного транспорта, но невзирая на это, большинство используемых сегодня систем не соответствуют требуемому уровню функциональности и морально устарели. С развитием средств вычислительной техники структура систем управления энергодиспетчерским кругом подвергается корректировкам. Теперь управляющие воздействия (команды телеуправления ТУ) могут формироваться не только диспетчером, но и компьютером [9, 10, 11, 12], что повышает "интеллектуальность" контролируемого пункта и способствует децентрализации процесса управления, особенно в быстропротекающих процессах. В 90-е годы на электрифицированных железных дорогах начали широко внедряться новые системы телемеханики. Одной из таких систем является МСТ-95, которая имела несколько модификаций с рядом новых принципиальных решений, для примера скажем в этой системе использовались программные фильтры на основе сигнальных процессоров, разработаны универсальные передатчики и приемники каналов, а также было реализовано многофункциональное использование тракта ТС для ТИ, надо сказать, компьютерная технология была внедрена в ТМ МСТ-95,

что позволило значительно улучшить управление энергодиспетчерским кругом. Технологические инновации в области диспетчерского управления в электроэнергетике продолжают активно развиваться, стремясь к повышению эффективности и оперативности контроля и управления системами электроснабжения, незаменимой составляющей современного развития является применение математических методов для анализа работы диспетчеров. Использование теории массового обслуживания и логических схем информационных процессов позволяет оценить временные характеристики процесса и провести детальный анализ деятельности диспетчеров, что в свою очередь способствует повышению оперативности управления. Современные системы диспетчерского управления становятся все более автоматизированными и интеллектуальными. Развитие средств вычислительной техники позволяет внести значительные коррективы в структуру управления, в том числе возможность формирования управляющих воздействий не только диспетчером, но и компьютером, что открывает новые перспективы для децентрализации процесса управления и повышения оперативности реагирования на изменяющиеся условия. Системы телемеханики также продолжают развиваться, применяя передовые технологии и инновационные решения. Новые модификации, такие как МСТ-95, внедряют программные фильтры, универсальные передатчики и приемники каналов, а также многофункциональное использование тракта для передачи информации. Использование компьютерных технологий в этих системах позволяет значительно улучшить процесс управления, повысить его надежность и эффективность.

Современные системы диспетчерского управления в электроэнергетике продолжают развиваться, с тем чтобы обеспечить более эффективное и надежное управление энергосистемами, принципиальным элементом этого развития является использование передовых технологий и методов передачи данных в системах телемеханики. Применяемые в МСТ-95 протоколы передачи данных, хотя и обеспечивают

основные функции передачи команд телеуправления и телесигнализации, обладают рядом недостатков, таких как низкая степень защиты передаваемой информации и ограниченные возможности наращивания содержания и объема передаваемой информации [12]. Для преодоления этих недостатков необходим переход на современные цифровые протоколы передачи данных, но невзирая на это, , низкая скорость передачи данных в существующих каналах связи ограничивает возможности передачи больших объемов информации. С 2004 года на сетях железных дорог России стала внедряться программная телемеханика АТСР, разработанная МИИТом, данная система использует программные протоколы, модулируемые на высокочастотные каналы, и передачу данных осуществляет посредством радиостанций на УКВ диапазоне, хотя нестабильность радиосвязи, особенно в сложных метеорологических условиях, делает использование этой системы нецелесообразным для управления системой тягового электрооборудования. Для преодоления этих проблем были разработаны новые комплексы телемеханики, такие как АСТМУ, разработанные НИИФА, описанные комплексы отличаются использованием цифровых протоколов передачи данных и микроконтроллеров в оборудовании контролируемых пунктов, они обладают большей емкостью по передаче команд телеуправления и телесигнализации, а также позволяют передавать диагностическую информацию о работе силового оборудования, хотя, применение этих систем столкнулось с трудностями из-за особенностей организации системы связи, что привело к значительному ухудшению временных параметров системы АСТМУ. Важным аспектом выбора протоколов передачи данных является их соответствие международным стандартам. В данном случае использование протокола ModBus, не рекомендованного Международным электротехническим комитетом к использованию в системах телемеханики, вызвало определенные затруднения [13].

Важным аспектом современного диспетчерского управления в электроэнерге-

тике является необходимость эффективного использования существующих каналов связи и методов передачи данных. В современных системах диспетчерского управления часто возникают трудности в связи с низкоскоростными каналами передачи данных, которые могут замедлять передачу значительных объемов информации. Для преодоления этой проблемы, инженеры и специалисты разработали ряд методов и технологий. Примером такого подхода является система телемеханики АМТ, созданная специалистами МЭЗ ОАО РЖД, которая использует высокоскоростные сети передачи данных и протоколы ТСР/IP, данная система находится в опытной эксплуатации на ЭЧ-8 Московской железной дороги, хотя использование таких технологий может вызывать трудности при подключении контролируемых пунктов, удаленных от точек подключения к сети, а также требует изменения структуры обслуживания. Основным сдерживающим фактором при внедрении новых технологий является несоответствие существующих отраслевых документов, которые не предусматривают применение протоколов ТСР/IP для телеуправления. Поэтому для эффективного функционирования новых систем необходимо внести изменения в структуру обслуживания и принять новые стандарты. Практика работы энергодиспетчерских центров показывает, что эффективность работы значительно повышается при использовании метода диспетчерских карт типовых заявок, данный метод, предложенный В.В.Ивановым, основывается на заранее подготовленном массиве данных, охватывающем все возможные заявки конкретного круга ЭЧЦ. Использование типовых заявок позволяет снизить трудозатраты энергодиспетчера на выполнение переключений и оформление оперативной документации, а также уменьшить вероятность ошибок при выборе вариантов переключений, хотя для успешной реализации метода типовых заявок необходима разработка универсальной методики, которая упростит подготовку и использование таких заявок, что позволит эффективно использовать существующие автоматизированные системы

управления и повысить производительность труда энергодиспетчеров.

Повышение эффективности управления системой электроснабжения является одним из важнейших аспектов в развитии электроэнергетики. В этом контексте создание центральных энергодиспетчерских пунктов (ЦЭДП) играет ключевую роль. Работы по созданию ЦЭДП дорог начали проводиться еще в 1980-е годы, под руководством специалистов РИИЖТа, таких как Ю.А. Жарков [14], описанные пункты представляют собой важное звено в системе управления эксплуатацией электроэнергетического хозяйства железных дорог.

Аспектом эффективного управления является оперативное получение информации о состоянии устройств электроснабжения и реагирование на возможные повреждения. В прошлом телесигнализация осуществлялась с использованием тональных каналов связи телемеханики, что ограничивало скорость передачи данных. В настоящее время применение корпоративных сетей позволяет получать информацию о состоянии системы электроснабжения в реальном времени и повышать оперативность принятия решений в аварийных ситуациях [15].

ЦЭДП выполняют ряд важных функций, подразумевая координацию оперативного управления, сигнализацию о состоянии устройств электроснабжения, обобщение оперативной информации и обработку оперативно-технологической информации, описанные функции требуют использования компьютерных технологий для автоматизации работы энергодиспетчеров дистанции электроснабжения.

В прошлом, с начала 1980-х годов, компьютерные технологии начали применяться для автоматизации оперативной работы. В первые годы использовались компьютеры серии "СМ", но их ограниченная вычислительная мощность и низкая надежность не позволяли реализовать сложные задачи, но с появлением мощных персональных компьютеров возможности автоматизации значительно расширились. В настоящее время широко внедряются автоматизированные рабочие места (АРМ)

для энергодиспетчеров центров управления электроснабжением.

Рассмотрение существующих методов диспетчерского управления в электроэнергетике позволяет увидеть значительное разнообразие подходов и технологий, применяемых в данной области, значимой частью эффективного управления системой электроснабжения является использование автоматизированных рабочих мест (АРМ) энергодиспетчеров. Такие системы должны обеспечивать широкий спектр функций, подразумевая индикацию положения объектов, автоматизацию производства работ, контроль условий безопасности и выдачу оперативной информации. В прошлом, первые попытки создания адаптеров связи на аппаратном уровне не принесли ожидаемых результатов из-за низкой надежности устройств, но с развитием микропроцессорных технологий и появлением микроконтроллеров стали возможны успешные разработки более надежных адаптеров связи, для примера скажем адаптеры связи «Топаз-98» и «Топаз 2001», разработанные НПП «Автоматика-Сервис», стали широко используемыми устройствами в системах телемеханики на железных дорогах. Современные адаптеры связи осуществляют ряд важных функций, таких как фильтрация и демодуляция сигналов в линии связи телесигнализации, дешифрация и проверка сообщений на достоверность, анализ состояния объектов и передача информации в компьютер, модуляция и фильтрация сигналов в линии связи телеуправления, а также формирование команд для временной и частотной подсистем, но главной тенденцией при создании новых систем управления является значительное расширение их функциональности. В настоящее время активно разрабатываются и внедряются системы, позволяющие осуществлять непрерывный мониторинг состояния системы электроснабжения, интегрируя в себя подсистемы диагностики, защиты, автоматизации и электронного документооборота, что позволяет осуществлять эффективное управление режимами работы системы с учетом максимальной надежности и снижения потерь электроэнергии.

Из анализа вышеуказанного классификатора действий диспетчеров энергодиспетчерского пункта (ЭЧЦ) на железнодорожной инфраструктуре можно сделать вывод о многообразии задач и оперативных действий, которые выполняются в течение суток. Основная деятельность ЭЧЦ, охватывающая позиции 1, 2 и 3, представляет собой систематическое обслуживание запланированных работ, контроль за системой электроснабжения и выполнение оперативных мероприятий. В то время как эти действия представляют собой регулярные и повседневные задачи, позиция 4 отражает эпизодические ситуации, требующие немедленного реагирования и внимания со стороны диспетчера. Следует отметить, что характер работы ЭЧЦ весьма неравномерен в течение суток. Наибольшая загрузка приходится на дневную смену, особенно на утренние часы, когда начинаются работы по обслуживанию инфраструктуры. Задача диспетчеров заключается в обеспечении эффективного и безопасного функционирования системы электроснабжения в условиях повышенной нагрузки, надо заметить, данные представленного анализа позволяют провести количественную оценку оперативной деятельности ЭЧЦ. Статистический анализ показывает изменчивость количества рабочих заявок, согласований и организационно-оперативных мероприятий в зависимости от времени суток, дня недели, сезона и других факторов. Используя методы регрессионного анализа, мы можем определить тенденции и закономерности в динамике работы диспетчеров. Построение линий регрессии и оценка их коэффициентов позволяют предсказывать изменения в рабочей нагрузке ЭЧЦ и адаптировать ресурсы и процессы в соответствии с этими изменениями.

Результаты исследований, проведенных на примере ЭЧЦ-12 Октябрьской железной дороги и Московской железной дороги, позволяют выявить значимые зависимости и тенденции в работе энергодиспетчеров. Гистограмма максимального количества предоставленных окон для работ на контактной сети за сутки любого месяца представляет собой важный инструмент в ана-

лизе оперативной работы. На ее основе можно выявить пиковые значения оперативной нагрузки, что позволяет оптимизировать планирование ресурсов и повысить эффективность работы энергодиспетчеров. Выявлена связь между общим количеством обслуженных заявок за месяц и максимальным количеством предоставленных окон для работ на контактной сети, что позволяет сделать вывод о том, что максимальное количество обслуженных заявок за сутки является важным показателем эффективности работы энергодиспетчерского пункта. Проведенный анализ позволяет также выявить различия в оперативной работе между различными железнодорожными дорогами, для примера скажем скоростная железная дорога Октябрьская железная дорога характеризуется большим размером движения, что может сказаться на оперативной нагрузке для энергодиспетчеров. Результаты исследования, позволяют оценить общее количество обслуженных заявок на контактной сети за год по различным дистанциям железной дороги, это важная информация для планирования ресурсов и организации работы энергодиспетчеров.

При анализе работ с секционными изоляторами (СИ) в системе энергоснабжения следует учитывать различные конфигурации станций, на которых выполняются эти работы. Различают станции с минимальным путевым развитием (линейные), станции со средним путевым развитием и станции с большим путевым развитием. На линейных станциях количество СИ невелико, и наложение на них шунтов происходит относительно просто. Станции со средним путевым развитием имеют существенное количество секций КС, что позволяет образовывать группы СИ, охваченные простыми или сочлененными шунтами. На станциях с большим путевым развитием секции КС сгруппированы по паркам, и конфигурация секций внутри парка может быть различной. Важно учитывать, что работы на СИ могут повлиять на электроснабжение станций и требуют соответствующих мероприятий, для примера наличие открытых или закрытых шунтов может изменить условия защиты выключо-

чателей, что требует внимательного анализа и корректировки технических параметров. При формировании типовых заявок для работ на СИ необходимо учитывать конфигурацию путевого развития и КС конкретной станции. На линейных станциях СИ устанавливаются на съездах между главными путями, и в заявке указывается необходимость включения секционных разъединителей. Для станций среднего и большого путевого развития типовая заявка фиксирует работы на группе СИ, объединенных сочлененным шунтом. В таких случаях необходимо включить или проверить включенное положение секционных разъединителей в соответствии с типом шунта.

При разработке типовых заявок для работ на контактной сети (КС) важно учитывать рациональные критерии, определяющие оптимальные способы выполнения работ с учетом различных условий и ограничений, принципиальным моментом является эффективное управление секционными разъединителями (с/р), что влияет на время переключений и обеспечивает безопасность проводимых работ. Предположим, что требуется выполнить работу «р» на секции I КС, ограниченной изолирующими сопряжениями 1,2 с соответствующими с/р 1,2. Для обеспечения безопасности работ необходимо отключить секционные разъединители с/р 1,2, но способы управления этими секционными разъединителями могут различаться в зависимости от их реализации по техническим условиям (ТУ), договорным условиям (ДУ), регламентам управления (РУ). Исходя из этого, для максимизации "чистого" времени работы на КС необходимо выбрать такой вариант управления с/р 1,2, при котором время переключения будет минимальным. Следовательно, рациональная типовая заявка должна быть сформулирована таким образом, чтобы время переключения с/р 1,2 было минимальным среди возможных вариантов управления, для примера если рассматривается конфигурация I типовой заявки, то оптимальным будет выбор управления с/р 1,2 по ТУ. При этом количество возможных комбинаций переключений с/р 1,2 составляет 9. Анализ по-

казывает, что варианты с управлением секционного разъединителя по РУ являются менее рациональными, так как время переключения с РУ равно времени переключения с ТУ.

При анализе методики составления заявок для работ в системе энергоснабжения, особенно важно учитывать различные факторы, влияющие на выбор оптимального варианта типовой заявки. Один из ключевых аспектов – это станционное развитие, которое может значительно варьироваться в зависимости от конкретной ситуации.

Представим себе ситуацию, когда заявлена работа на контактной сети, и она ограничена секционными разъединителями, если управление секционным разъединителем 1 осуществляется по радиоуправлению (РУ), то конфигурация I не является оптимальной. В таком случае необходимо рассмотреть конфигурацию II, но, если в ее составе присутствует станция M с секционными разъединителями 1 и 3, управляемыми по технологическому управлению (ТУ) или дистанционному управлению (ДУ), выбор оптимальной типовой заявки становится сложнее.

Для выбора оптимального варианта необходимо учитывать несколько факторов. Во-первых, общее количество секционных разъединителей боковых путей должно быть минимальным для сокращения суммарного времени на переключение. Во-вторых, если среди этих секционных разъединителей есть те, которые управляются по РУ, их суммарное время переключения должно быть меньше времени переключения исходного секционного разъединителя 1 по РУ.

При сочетаниях различных способов управления секционными разъединителями станции M важно выбирать оптимальный вариант, учитывая время переключения по ДУ, ТУ и другим условиям. Дополнительно, возможна группировка секционных разъединителей с переключением из одного пункта управления с целью сокращения времени переключения.

Фидеры питания обычно подключаются к контактной сети главных путей на границах секций, это создает необходимость

адаптации типовых заявок в зависимости от конфигурации секционных разъединителей и подключенных фидеров. В соответствии с рассмотренной схемой, фидеры могут быть подключены к секционным разъединителям с различных сторон или вовсе отсутствовать. Варианты подключения фидеров к секционным разъединителям имеют существенное значение при выборе оптимального способа управления как самими фидерами, так и секционными разъединителями. Исходя из особенностей комплектации стоек телемеханики на фидерах, таких как электрощитовые центры (ЭЧЭ) или распределительные шкафы (ПС), управление секционными разъединителями и фидерными разъединителями осуществляется по технологическому управлению (ТУ), что обеспечивает некоторую степень определенности при выборе оптимальной конфигурации типовой заявки для проведения работ.

В случае, если секционный разъединитель 1 переключается по РУ, более целесообразно отказаться от конфигурации I и рассмотреть конфигурацию II. В этой конфигурации, например, для варианта 4, обеспечивается оптимальное сочетание управления секционными разъединителями и фидерами питания, что позволяет эффективно организовать выполнение работ в системе энергоснабжения.

В ходе исследования была проведена аналитическая работа по анализу автоматизации распределения в системах электроснабжения железных дорог с целью выявления современных трендов, эффективных методов и перспективных направлений развития данной области.

Библиографический список

1. Резчиков А.Ф. Систематизация задач и подсистем АСУ энергохозяйством предприятия / А.Ф. Резчиков, В.А. Иващенко, В.И. Захаров // Приборы и системы управления. – 1979. – № 4. – С. 10-11.
2. Иващенко В.А. Информационно-логическая схема автоматизированного управления процессом электропотребления на промышленных предприятиях / В.А. Иващенко // Материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. по динамике технологических систем «ДТС-2004». – Саратов: СГТУ, 2004. – С. 158-161.
3. Иващенко В.А. Формализованное описание системы электроснабжения промышленных предприятий / В.А. Иващенко // Автоматизация и управление в машино- и приборостроении: сб. науч. статей. – Саратов: СГТУ, 2005. – С. 74-77.
4. Васильев Д.А. Методы обеспечения достоверности измерительной информации при решении задач управления электропотреблением промышленных предприятий /

Основные выводы:

Проведенный анализ позволил выявить, что существует необходимость в совершенствовании систем автоматизации распределения энергии на железных дорогах, из ключевых проблем выделяется устаревшее оборудование и методы управления, которые не соответствуют современным требованиям энергоснабжения.

Было выявлено, что эффективное управление распределением энергии в системах железнодорожного транспорта требует внедрения инновационных технологий, таких как системы автоматизации на базе искусственного интеллекта, распределенные сети и смарт-технологии.

Результаты исследования подтвердили гипотезу о том, что современные методы и технологии могут значительно повысить эффективность и надежность работы систем электроснабжения железнодорожного транспорта.

Дальнейшее развитие исследования данной проблемы может включать в себя более глубокий анализ технических аспектов систем автоматизации, а также разработку и внедрение новых технологических решений и методов управления.

Важным направлением для будущих исследований является изучение влияния автоматизации на эффективность и экономическую эффективность работы систем электроснабжения железнодорожного транспорта.

Также целесообразным будет изучение проблем энергетической безопасности и устойчивости систем при внедрении новых технологий автоматизации.

Д.А. Васильев, В.А. Иващенко, А.Ф. Резчиков // Проблемы точной механики и управления: сб. науч. тр. / ИПТМУ РАН. – Саратов, 2004. – С. 133-135.

5. Иващенко В.А. О выборе интервала дискретности процесса измерения электрической нагрузки для задач принятия решений по управлению электроснабжением предприятия в АСУЭ / В.А. Иващенко, Н.Ф. Скрипай // Методы и системы управления и диагностирования: межвуз. науч. сб. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1984. – С. 21-24.

6. Аппаратура микропроцессорной системы телемеханики АМТ. – М.: МЭЗ ДКРЭ ОАО РЖД, 2018. – 31 с.

7. Протокол технического Совета ЗабНТЭ. Приложение 2: приказ № 227 от 23 июля 2020 г. по РРУ ЭЧ-1. – Чита: ЗабНТЭ, 2020. – 4 с.

8. Проект технического перевооружения системы телемеханики на участке Хилок-Яблоновая: рабочая документация 6036-0.0-ТЛМ. – Чита: ЗабНТЭ, 2018. – 62 с.

9. Иващенко В.А. Подход к построению структур автоматизированного управления электропотреблением промышленных предприятий / В.А. Иващенко, А.Ф. Резчиков, Е.И. Шлычков // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2006. – № 5. – С. 53-56.

10. SWD Software: Применение ОС QNX в промышленности. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.swd.ru/qnx/support/literature/vote/004.html>.

11. Иващенко В.А. Аппаратно-программная реализация систем управления электроэнергетикой промышленных предприятий / В.А. Иващенко, Ю.И. Мартынов, А.Ф. Резчиков // Информационные технологии в науке, производстве и социальной сфере: сб. науч. тр. / под ред. акад. Ю.В. Гуляева. – Саратов: Научная книга, 2005. – С. 294-297.

12. Datasheet California Eastern Labs. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.alldatasheet.com (дата обращения: 11.04.2024).

13. ChipDip. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.chipdip.ru> (дата обращения: 11.04.2024).

14. Шишов О.В. Современные технологии промышленной автоматизации. – Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 256 с.

15. Аппаратура микроэлектронной системы телемеханики МСТ-95. – М.: МЭЗ ДКРЭ ОАО РЖД, 2001. – 14 с.

PRINCIPLES OF MODELING THE OPERATIONAL WORK OF AN ENERGY DISPATCHER

Xu Ziqi, Graduate Student
Russian University of Transport (МИТ)
(Russia, Moscow)

Abstract. *The relevance of the research topic on the analysis of distribution automation in railway power supply systems is manifested in several key aspects. First of all, railway transport is an important element of the infrastructure of many countries, providing transportation of goods and passengers over long distances. The efficient operation of the railway power supply system is critical to ensuring the safety and reliability of the entire railway infrastructure. Taking into account the constant growth of passenger traffic and cargo transportation volumes, as well as technological progress in the field of railway transport, the need for continuous improvement of power supply systems is becoming increasingly urgent, which is due not only to the need to ensure stable operation of the system with increasing loads, but also to the requirement to increase energy efficiency, reduce costs and risks of possible accidents or power outages.*

Keywords: *automation, power distribution, railway transport, safety, reliability, passenger traffic, cargo transportation, technological progress, energy efficiency, costs, risks, accidents, interruptions.*