ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА

APPLICATION OF COMPUTER MODELING IN THE MODERNIZATION OF TRANSPORT POWER SUPPLY SYSTEMS

УДК 621.311.001.57

Урюпин Александр Сергеевич, аспирант кафедры электроэнергетика транспорта, Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва.

Uryupin Alexander Sergeevich. postgraduate student department of electric power engineering of transport, Russian University of Transport (MIIT), Moscow.

Аннотация

В статье рассматриваются перспективы и особенности применения компьютерного моделирования при модернизации систем электроснабжения транспорта. Отдельное внимание уделено специализированным программным комплексам. Также рассмотрены возможности интеллектуальных систем построения локальных, корпоративных и региональных вычислительных сетей специального назначения.

Annotation

The article discusses the prospects and features of the use of computer modeling in the modernization of transport power supply systems. Special attention is paid to the specialized software complex. The possibilities of intelligent systems for building local, corporate and regional computer networks for special purposes are also considered.

Ключевые слова: моделирование, компьютер, электроснабжение, транспорт.

Keywords: modeling, computer, power supply, transport.

Энергетика является тем сегментом экономики, который обеспечивает функционирование широкого спектра отраслей народного хозяйства, доминирующим из которых является железнодорожный транспорт. Повышение уровня безопасности перевозок грузов и пассажиров по железным дорогам возможно путем организации высокой надежности и качества функционирования тяговых электрических сетей, а также силового электрооборудования тяговых подстанций в процессе производства, передачи и потребления электроэнергии [1].

В тоже время, необходимо отметить, что отличительными особенностями системы электроснабжения железных дорог является большая неравномерность «подвижных» нагрузок, трудности защиты от короткого замыкания, несинусоидальность и несимметрия тока. Кроме того, высокий уровень физической и моральной изношенности электротехнического оборудования железных дорог влечет за собой существенное увеличение расхода электроэнергии, возникновение определенных экологических проблем, уменьшение надежности функционирования систем электроснабжения, создание аварийных ситуаций, что как следствие, снижает безопасность движения. В таких обстоятельствах развитие системных аварий, обусловленных ненадежностью электротехнического оборудования, а также ошибками персонала, как свидетельствует опыт многих стран, может привести к многомиллионным экономическим потерям.

Мировой опыт и практика убедительно доказывают тот факт, что ключевые тенденции обеспечения высокого уровня энергосбережения и безопасности движения в процессе модернизации систем электроснабжения ж/д транспорта, непосредственно связаны с компьютеризацией и интеллектуализацией процедур управления ими. Экономические расчеты и обоснования свидетельствуют о том, что эти методы являются на сегодняшний день наиболее перспективным и наименее затратным способом повышения надежности и эффективности функционирования электрических сетей по сравнению с другими [2].

Современные технологии интеллектуализации процессов управления и оптимизации электроснабжения ж/д транспорта базируются на систематическом применении вычислительных систем и компьютерных сетевых технологий.

Ведущее направление исследований, посвященных компьютерному моделированию управления в реальном времени комплексом технологических процессов поставки электроэнергии на тягу основывается на технологии SmartGrid [3]. Перспективность этой технологии связана с тем, что в мире идет так называемый энергетический переход – формирование цифровой децентрализованной малоуглеродной энергетической инфраструктуры (перспектива 3D: digitalization, decentralization, decarbonization) [4].

С учетом вышеизложенного, интеллектуализация режимов функционирования и процедур управления тяговыми электрическими сетями железных дорог в процессе их модернизации на основе современных компьютерных систем и распределенных сетевых технологий является актуальной научно-практической задачей.

Анализ имеющихся на сегодняшний день научных работ свидетельствует о том, что направление научных исследований, связанное с «интеллектуализацией» энергетики, стало общепризнанным в мире. Данной проблематикой занимаются как отечественные, так и зарубежные авторы, к числу которых можно отнести: Веселов В.Ф, Воропай Н.И, Бадер М.П, Farrokhifar M, Liu Li, Chen Yingtao.

Вопросам компьютеризации быстрых технологических процессов поставки электроэнергии для проведения непрерывного мониторинга на уровнях ее передачи и распределения посвятили свои труды Бушуев В.В, Бердин А.С, Фишов А.Г, Madureira A, Yang Shaobing, Liu Qiujiang.

Однако, несмотря на значительный интерес к исследуемым вопросам, в связи со стремительным развитием информационно-коммуникационных технологий, цифровых инноваций возникают новые задачи и дискуссионные моменты, которые требуют дальнейшего исследования и более углубленного анализа.

Так, в частности, постепенное внедрение интеллектуально управляемых

источников энергии, а также их присоединение к тяговым сетям, с одной стороны, вызывает проблемы несогласованности режимов их работы, а с другой - открывает новые возможности в поиске оптимальных распределений потоков мощностей при питании систем электрической тяги. Проведение дополнительно цикла исследований с целью обеспечения высокого уровня интеграции электрических тяговых сетей железных дорог и компьютерных информационно-управляющих комплексов нуждается задача нахождения общих свойств математических моделей, компьютерно-ориентированных методов, вычислительных алгоритмов и архитектур вычислительных систем управления сетями, которые адекватны топологиям тяговых.

Таким образом, с учетом вышеизложенного, цель статьи заключается в проведении исследования возможностей использования компьютерного моделирования в процессе модернизации систем электроснабжения транспорта.

Модель интеллектуализации электрических сетей на основе компьютерного моделирования предусматривает совокупность организационных, научных и технических решений в области информационных и сетевых технологий, автоматизированных систем управления процессами электроснабжения и диспетчерского - ситуационного управления, которые позволят оптимизировать затраты и обеспечить надежность и качество электроэнергии [5].

На сегодняшний день для эффективного функционирования систем тягового электроснабжения с использованием компьютерного моделирования в составе интегрированных информационных комплексов используются специальные программные продукты. Назначение таких продуктов заключается в расчете режимных показателей системы тягового электроснабжения для железных дорог постоянного и переменного тока, а именно значений фидерных и первичных токов, индикаторов распределения токов в контактной сети, потерь напряжения, мощности, расхода электрической энергии и основных показателей качества электроэнергии в системе тягового электроснабжения. Также специализированные программы позволяют выполнять оптимизационные расчеты основных параметров системы тягового электроснабжения и определять

законы управления техническими средствами с целью повышения эффективности режима работы систем электроснабжения транспорта в целом.

Обобщая вышеизложенное, можем отметить, что компьютерное моделирование дает возможность решить три ключевых задачи в процессе модернизации систем электроснабжения транспорта:

1) провести общий расчет системы тягового электроснабжения;

2) осуществить параметрическую оптимизацию;

3) формализовать наиболее эффективный контур управления.

В рамках первой задачи пользователь, после проведения общего расчета, задает граничные условия по уровню напряжения. Система проверяет соответствие полученных результатов заданным условиям, и, если расчетные данные соответствуют им, то принимается решение, что в оптимизации нет необходимости и расчет завершается. Если полученные результаты не соответствуют поставленным условиям, тогда осуществляется переход к выбору одно из вариантов оптимизации: параметрической или оптимизации управления.

В процессе параметрической оптимизации осуществляется корректировка параметров системы электроснабжения, а именно: площади поперечного сечения контактной сети, выходной мощности тяговых подстанций, расположения постов секционирования и пунктов параллельного соединения, длины зон между подстанциями.

В режиме оптимизации управления производится расчет и анализ для двух вариантов: усиление системы тягового электроснабжения с помощью установлением специальных пунктов и стабилизация напряжения в контактной сети.

На рис. 1 представлена структура главного интерфейса программы, с выделением основных классов компонент.

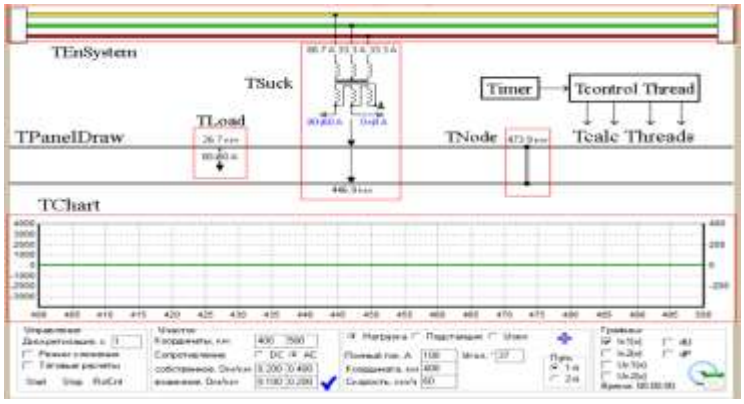

Рис. 1 Структура интерфейса программы с основными классами решаемых задач в процессе модернизации систем электроснабжения транспорта

Для обеспечения высокого уровня эффективности электроэнергетического оборудования на основании принципов и методологии компьютеризации сетей электроснабжения железных дорог значительный потенциал эффективности и отдачи имеют способы организации вычислительных сетей специального назначения, где в качестве сетевых узлов используется ряд микропроцессорных систем, реализующих мониторинг и идентификацию режимов тяговых сетей, определение запаса ресурса высоковольтных выключателей, осуществляющих контроль диэлектрических параметров высоковольтных трансформаторов.

Рассмотрим возможности их применения на практике.

Поскольку существенный интерес с точки зрения анализа аномальных режимов работы электрической сети, представляют первичные данные, характеризующие аварийный процесс, послеаварийный режим и незначительную часть данных доаварийного режима, то соответственно появляется необходимость в разработке моделей и таких методов непрерывного мониторинга, благодаря использованию которых может быть реализована регистрация первичной информации, которая отражает синхронно по времени работу микропроцессорной системы защиты, а, соответственно, доаномальний, аномальный и после аномальный процессы.

С использованием методов компьютерного моделирования в данном случае возможно построить модель мониторинга режимов. Первичная информация регистрируется на выходах датчиков сети электроснабжения и силового

электрооборудования тяговых подстанций, а также систем релейной и микропроцессорной защиты различных сегментов электрического комплекса железных дорог, и может быть представлена в аналоговой и дискретной формах.

Важнейшими задачами в процессе построения данной модели является организация единого информационного пространства в состав которого будут входить единые общесистемные позиции, компоненты информационной среды, для совокупности токов I_{ke}, напряжений U_{ke}, а также набора других аналоговых сигналов F_{kl}. В математическом виде данная модель может быть представлена следующим образом:

$$I_{ke} = Z^{i}_{ke}(I^{d}_{kl}, I^{a}_{kl}, I^{p}_{kl}, \tau, t, S^{i}_{kl}, C^{i}_{kl}, T)$$

$$U_{ke} = Z^{u}_{ke}(U^{d}_{kl}, U^{a}_{kl}, U^{p}_{kl}, \tau, t, S^{u}_{kl}, C^{u}_{kl}, T)$$

$$F_{ke} = Z^{f}_{ke}(F^{d}_{kl}, F^{a}_{kl}, F^{p}_{kl}, \tau, t, S^{f}_{kl}, C^{f}_{kl}, T)$$

где $I^{d}_{kl}, U^{d}_{kl}, F^{d}_{kl}$ - сигналы доаварийного режима;

$I^{a}_{kl}, U^{a}_{kl}, F^{a}_{kl}$ - сигналы аварийного режима;

$I^{p}_{kl}, U^{p}_{kl}, F^{p}_{kl}$ - сигналы после аварийного режима;

$S^{i}_{kl}, S^{u}_{kl}, S^{f}_{kl}$ - параметры, определяющие синхронность регистрации информации в различных сегментах сети электроснабжения;

$C^{i}_{kl}, C^{u}_{kl}, C^{f}_{kl}$ - параметры, которые определяют особенности организации первичной информации с единых общесистемных позиций;

n - число дискет за период T;

z - число фидеров сети электроснабжения.

На рис. 2 представлена полученная по результатам компьютерного моделирования осциллограмма, которая позволяет, в реальном режиме управлять качеством электроснабжения, а также энергосбережением и безопасностью движения.



Рис. 2 Осциллограмма аварии на фидере контактной сети

Благодаря осциллограмме было установлено, что авария продолжалась около 90 миллисекунд, также была зафиксирована работа системы защиты.

Таким образом, проведенный анализ показал, что применение компьютерного моделирования в процессе модернизации систем электроснабжения железнодорожного транспорта позволяет оптимизировать электропотребление и обеспечить безопасность движения. На основе компьютерных моделей могут эффективно реализовываться методы исследования и оценки компьютерных архитектур для организации всережимной системы управления электропотреблением железных дорог.

Литература

1. Chen, Ling. Modelling and control of a novel AT-fed co-phase traction power supply system for electrified railway // International journal of electrical power & energy systems. 2021. Volume 125; pp 122-132.
2. Модернизация системы электроснабжения железной дороги Matterhorn Gotthard // Железные дороги мира. 2019. № 9. С. 71-73.
3. Chen, Minwu. Fault diagnosis and location of electrified railway grounding grids based on intelligent algorithm // International transactions on electrical energy systems. 2021. Volume 31: Number 2; pp 14-19.

4. Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050 // IRENA 2019; p 52
5. Femine, Antonio Delle. Power Quality Assessment in Railway Traction Supply Systems // IEEE transactions on instrumentation and measurement. 2020. Volume 69: Number 5; pp 2355-2366.

Literature

1. Chen, Ling. Modeling and control of a novel AT-fed co-phase traction power supply system for electrified railway // International journal of electrical power & energy systems. 2021. Volume 125; pp 122-132.
2. Modernization of the power supply system of the Matterhorn Gotthard railway // World Railways. 2019.No. 9.P. 71-73.
3. Chen, Minwu. Fault diagnosis and location of electrified railway grounding grids based on intelligent algorithm // International transactions on electrical energy systems. 2021. Volume 31: Number 2; pp 14-19.
4. Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050 // IRENA 2019; p 52
5. Femine, Antonio Delle. Power Quality Assessment in Railway Traction Supply Systems // IEEE transactions on instrumentation and measurement. 2020. Volume 69: Number 5; pp 2355-2366.