



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 621.316.1

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Климачева А.А.

ФГБОУ ВО "АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ", Благовещенск, Россия (675028, Амурская область, город Благовещенск, Игнатьевское ш., д.21), e-mail: klimacheva_nastya21@mail.ru

В статье рассматривается новая технология цифровой двойник и эффект от ее применения в распределительных электрических сетях, а также показан пилотный проект данной технологии в распределительных сетях на основе интеграции геоинформационной системы.

Ключевые слова: Потребители электрической энергии; электрооборудование; цифровой двойник; линии электропередачи; подстанция.

INNOVATIVE APPROACHES IN THE DESIGN OF ELECTRIC DISTRIBUTION NETWORKS IN THE FAR EAST

Klimacheva A.A.

AMUR STATE UNIVERSITY, Blagoveshchensk, Russia (675028, Amur Region, Blagoveshchensk city, Ignatyevskoye sh., 21), e-mail: klimacheva_nastya21@mail.ru

The article discusses the new digital twin technology and the effect of its application in electrical distribution networks, and also shows a pilot project of this technology in distribution networks based on the integration of a geoinformation system.

Keywords: Consumers of electric energy; electrical equipment; digital twin; power transmission lines; substation.

Введение

С появлением цифровых счетчиков электроэнергии и развитием телекоммуникаций, а также элементов интеллектуальных электрических сетей, энергосистемы во всем мире обязаны осуществить "цифровой переход" или цифровизацию - значительное изменение внутренней структуры и управления. По определению, цифровизация представляет собой широкий спектр технологий и решений, которые в конечном итоге приведут к созданию цифровых электрических сетей. Все эти решения объединены через автоматизированный поток и бизнес-процессы, что исключает вмешательство человека в принятие рутинных решений. Цель цифровизации заключается не только в переходе на новую программно-аппаратную базу, но также в объединении технологических и бизнес-процессов, что позволяет снижать количество ошибок и значительно повышать скорость и точность принятия решений [1].

В современных условиях цифровизации, автоматизации и интеллектуализации, традиционная энергетика претерпевает изменения, которые сопровождаются появлением новых технологий, таких как "цифровой двойник". Эти технологии основаны на анализе больших объемов данных об объекте, системе или процессе и способны не только обнаруживать скрытые закономерности в данных, но и выявлять отклонения в параметрах функционирования с высокой чувствительностью еще на ранних стадиях, когда эти отклонения еще не оказывают влияния на состояние системы и не могут быть обнаружены с помощью традиционных систем управления и мониторинга [2].

Цифровой двойник для электрических сетей

Цифровая модель электрической сети, известная как ЦД, объединяет в себе базу данных с информацией об электрической сети и интегрируется с другими системами компании. Данные из различных источников автоматически согласовываются, чтобы точно отразить физическую структуру сети в цифровой форме.

Интеграция цифровых двойников в систему управления для электроэнергетических объектов считается ключевым моментом, необходимым для проверки эффективности предложенных решений.

Технологии цифровых двойников все более широко используются в различных технических областях, включая электроэнергетику, как в России, так и за рубежом. Однако следует отметить, что применение цифровых двойников в электроэнергетике находится на ранней стадии развития, в отличие от области автоматизированного проектирования и конструирования [3].

Цифровые двойники становятся всё более актуальными для современных энергокомпаний, поскольку в таких компаниях обычно существует только одна физическая электрическая сеть, но у неё имеется множество представлений в различных подразделениях. Каждая модель используется для разных целей и обладает разным программным обеспечением (например, для проведения сетевых расчётов, диспетчеризации, управления активами, в системе учёта и т. д.). Несоответствие данных в различных моделях может приводить к неточностям в представлении сети, неоптимальной производительности системы и проблемам, связанным с ручным обновлением данных в моделях.

Существуют три разновидности ЦД [4]:

- Двойник-прототип (Digital Twin Prototype). Элемент на всех этапах своего существования описывается в виртуальной форме, содержащей информацию о требованиях к производству, технологическим процессам и утилизации. Основные решения в этой области — это 3D-модели изделий, созданные в высокотехнологичных системах автоматизированного проектирования и полностью задокументированные.
- Двойник-экземпляр (Digital Twin Instance). Содержит в себе информацию по описанию элемента (оборудования), то есть данные о материалах, комплектующих, информацию от системы мониторинга оборудования. Этот тип чаще всего основан на математической модели системы.
- Агрегированный двойник (Digital Twin Aggregate). За собой тянет устройство или систему, объединяя прототип и экземпляр, а также собирая всю информацию, доступную об оборудовании.

Для распределительных сетей Дальнего Востока, наиболее актуален двойник-экземпляр. Он основывается на математической модели сети.

Цифровой двойник электрической сети содержит информацию о технических параметрах такого оборудования, как кабели, трансформаторы, выключатели и прочее. Он также включает данные о дате ввода в эксплуатацию, географические координаты и информацию, полученную от измерительных устройств. Эти данные используются для различных расчетов, включая расчеты при подключении новых потребителей и анализ параметров электрических сетей, включая режимы работы, токи короткого замыкания, и настройку релейной защиты. Обычно каждое подразделение в компании использует свою собственную математическую модель одной и той же физической сети, что влечет за собой возможные ошибки и снижение точности. Использование единого цифрового двойника всеми подразделениями позволяет преодолеть эту проблему.

Основными преимуществами цифрового двойника являются [1]:

1. Улучшение точности и согласованности модели (единого источника информации) для проведения расчетов и управления, включая:

- Снижение вероятности серьезных ошибок в эксплуатации или планировании, вызванных некорректными данными в модели.
- Отслеживание изменений в модели с возможностью восстановления состояний после изменений («контрольный журнал»).
- Взаимодействие с ключевыми источниками данных и функциями, такими как система управления активами или геоинформационная система (ГИС).

2. Повышение эффективности и оптимизация процессов в планировании и эксплуатации, включая:

- Устранение дублирующих процессов путем совместного использования модели сети в планировании и эксплуатации.
- Автоматизация процессов, например, с использованием автоматического построения модели распределительной сети.
- Сокращение сроков технологического присоединения к электрической сети.
- Внедрение унифицированного процесса моделирования и управления данными для различных функций.

3. Обеспечение более простой интеграции подсистем в будущем и увеличение общей цифровизации компании, включая:

- Более эффективное использование ресурсов сети, позволяющее эксплуатировать ее ближе к возможным предельным значениям.
- Внедрение адаптивных установок релейной защиты, которые автоматически реагируют на изменения в сети и обеспечивают более точную и надежную защиту.
- Предотвращение или отсрочка необходимости проведения работ по усилению сети путем использования моделирования и оптимизации в реальном времени.
- Возможность проведения моделирования в режиме реального времени, как например, динамическая оценка и оценка безопасности защиты, а также прогнозирование на день вперед, что позволяет предотвратить отключения электроэнергии и обеспечить безопасную работу сети.

Важно отметить, что операторы магистральных сетей и операторы распределительных сетей имеют свою специфику, хотя их основные функции - передача электроэнергии и

обслуживание активов - схожи. В случае магистральных сетей, цифровой двойник может представлять собой базу данных, в которой модель сети хранится в формате CIM с использованием программного обеспечения. Для распределительных сетей, база данных, основанная на программном обеспечении для расчета электрических сетей и геоинформационной системы (ГИС), может выступать в качестве единого источника информации. Различие обусловлено тем, что распределительные сети имеют гораздо большее количество элементов, и в сочетании с частыми изменениями создают огромные объемы данных, обработка которых достаточно сложна.

Пример реализации технологии цифрового двойника для распределительных сетей

Пример создания цифрового двойника для распределительных сетей можно найти в проекте интеграции геоинформационной системы (ГИС) и программного обеспечения PSS SINCAL, реализованном компанией VSE Group в Словакии, которая является частью European RWE Group. Распределительная сеть компании передает ежегодно 3800 ГВтч электроэнергии в географическом районе, эквивалентном одной трети восточной Словакии, занимающем примерно 16 200 кв. км. Для обслуживания более чем 610 000 домашних хозяйств в сети используются 34 подстанции 110/22 кВ и 6000 подстанций 22/0,4 кВ. Общая длина воздушных и кабельных линий электропередачи составляет 21 тыс. км. К 2009 году компания установила большое количество информационных технологий (SCADA, ГИС, SAP), для оптимальной работы которых требовалась актуальная модель электрической сети. Создание цифрового двойника электрической сети успешно завершилось с внедрением расчетного комплекса для электрических сетей. Автоматическое преобразование данных позволило пользователям создавать точную модель распределительной сети в кратчайшие сроки. Внедрение данного решения в VSE Group существенно улучшило качество анализа распределительной сети и используется в качестве одного из критериев приоритизации обслуживания оборудования.

Заключение

Использование цифровых двойников для распределительных сетей имеет ряд преимуществ и позволяет:

1. Создавать единый источник информации о состоянии сети, объединяя данные из различных подсистем и создавая модель, которая отражает поведение реальной системы.
2. Снижать издержки на создание модели и использовать их для анализа сети, что позволяет более эффективно использовать ресурсы и сократить расходы.
3. Улучшать качество информации о состоянии электрической сети, обеспечивая более точные данные для принятия решений и управления сетью.
4. Упрощать процесс заявок на технологическое присоединение, ускоряя процесс и сокращая бюрократические процедуры.
5. Более точно рассчитывать технические потери в сети, что позволяет оптимизировать эффективность работы сети и снизить потери электроэнергии.

Применение технологий цифровых двойников также способствует улучшению работы дежурных электромонтеров, позволяя им более эффективно выполнять свои задачи и получать более достоверную информацию о текущем состоянии и остаточном ресурсе оборудования. Использование технологии цифрового двойника в составе Интеллектуальной системы

диагностики и технического обслуживания приносит значительные выгоды, такие как снижение эксплуатационных расходов за счет сокращения времени простоя оборудования из-за непредвиденных ремонтов и оптимизации планирования и выполнения ремонтных работ. Отображение электрооборудования, такого как генераторы, в виде цифрового двойника предоставляет возможности для анализа и прогнозирования. Технология позволяет моделировать различные ситуации, которые могут возникать в процессе эксплуатации оборудования и помогает в предотвращении проблем и принятии информированных решений.

Список литературы

1. Никитина Е.В., Полуэктов А.Н., Кох С. Цифровой двойник для электрических сетей//Энергия единой сети. – 2019. – № 4 (46). – С. 32-36.
2. С. А. Ерошенко, А. И. Хальясмаа//Электроэнергетика глазами молодежи-2019 : материалы юбилейной X Международной научно-технической конференции, Иркутск, 16–20 сентября 2019 года. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2019. – С. 55-58. – EDN IECAJH.
3. Гвозде Д.Б., Болоннов В.О., Окнин Е.П. [и др.]. О возможности применения цифровых двойников в управлении объектами электроэнергетики//Электроэнергия. Передача и распределение. – 2019. – № 6(57). – С. 30-35. – EDN BUZZXR.
4. Салов И.В., Щербатов И.А., Салова Ю.А. Применение цифровых двойников и киберфизических систем на объектах генерации тепловой и электрической энергии / И. В. Салов, И. А. Щербатов, Ю. А. Салова//International Journal of Open Information Technologies. – 2022. – Т. 10. – № 3. – С. 57-62. – EDN FHNYUS.

References

1. Nikitina E.V., Poluektov A.N., Koch S. Digital double for electric networks // The energy of a single network. – 2019. – № 4 (46). – pp. 32-36.
 2. S. A. Eroshenko, A. I. Khalyasmaa//Electric power industry through the eyes of youth-2019 : materials of the jubilee X International Scientific and Technical Conference, Irkutsk, September 16-20, 2019. – Irkutsk: Irkutsk National Research Technical University, 2019. – pp. 55-58. – EDN IECAJH.
 3. Gvozdi D.B., Bolonov V.O., Agnin E.P. [et al.]. About the possibility of using digital twins in the management of electric power facilities//Electricity. Transmission and distribution. – 2019. – № 6(57). – pp. 30-35. – EDN BUZZXR.
 4. Salov I.V., Shcherbatov I.A., Salova Yu.A. Application of digital twins and cyberphysical systems at thermal and electric energy generation facilities / I. V. Salov, I. A. Shcherbatov, Yu.A. Salova//International Journal of Open Information Technologies. – 2022. – Vol. 10. – No. 3. – pp. 57-62. – EDN FHNYUS.
-