

УДК 622

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ

Корольков А. А., студент гр. ЭЛб-191, III курс
Научный руководитель: Котляров Р. В., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева
г. Кемерово

В период четвертой промышленной революции одним из последних трендов в развитии не только экономики, но и энергетических технологий являются цифровые двойники.

Цифровой двойник (Digital Twin) – это виртуальная модель физического объекта или процесса, которая полностью отражает его работу в режиме реального времени.

Впервые концепцию цифровых двойников в своих трудах изложил профессор Мичиганского университета Майкл Гривс. По мнению Гривса, «в идеальных условиях вся информация, которую можно получить от изделия, может быть получена от его цифрового двойника». [1]

Цифровые двойники могут решать следующие задачи: произвести тестовый запуск процесса или объекта без существенных затрат; могут обнаружить проблему или уязвимость процесса или объекта до его поступления в эксплуатацию; повысить эффективность процессов и целых систем, отследив все сбои и недостатки еще до начала работы; существенно уменьшить финансовые риски, а также риски связанные с безопасностью для жизни и здоровья персонала; повышение конкурентоспособности на рынке и так далее.

Оптимальной погрешностью между работой физического объекта и его цифрового двойника принято считать не более 5%. [2]

Создание цифровых двойников включает в себя два основных этапа:

- 1) отладка алгоритмов работы системы;
- 2) проверка системы в нормальных и аварийных условиях. [4]

Цифровые двойники можно создавать различными способами: графические 3D-модели объектов, модели, основанные на базе интернета вещей, интегрированные математические модели и различные технологии виртуальной реальности (VR).

К примеру, цифровой двойник электродвигателя может включать в себя три основных имитационных модели: механическая модель, нужна для проверки механической устойчивости ротора или крепления двигателя, электрическая модель, для расчета электромагнитных полей и результирующих сил и тепловая модель, для оценки количества тепла, выделяемого вследствие электрических потерь. [3]

Цифровые модели создают с помощью большого количества датчиков, искусственного интеллекта на основе нейросетей и высокоскоростных вычислительных технологий на основе различных данных.

Данные в цифровой двойник передают специальные системы: IoT-устройства, контрольно-пропускные пункты и маяки. Также в цифровой двойник некоторые данные может вводить вручную технический персонал.

Для получения информации используется программное обеспечение, которое обобщает данные об объекте.

Цифровые двойники можно разделить на три вида: двойник-прототип, двойник-экземпляр и агрегированный двойник. [5]

Двойник-экземпляр наиболее актуален для компаний, эксплуатирующих электрические сети. Такой цифровой двойник содержит в себе информацию о технических параметрах используемого электрооборудования, о дате начала эксплуатации, о его местонахождении, а также данных с измерительных устройств. Всю эту информацию используют для проведения расчетов электрических сетей, например, расчета режимов короткого замыкания, а также для проведения расчетов по подключению потребителей электрической энергии.

Компании, которые эксплуатируют электрические сети, можно разделить на два типа: операторы магистральных сетей (обслуживают сети классом напряжения 110 – 750 кВ) и операторы распределительных сетей (обслуживают сети классом напряжения 0,4 – 110 кВ).

Концепцию цифрового двойника можно применять для каждого типа компаний, но реализация будет отличаться.

Например, в магистральных сетях меньшее количество элементов, которые более широко распределены в пространстве (более протяженные линии с меньшим количеством подстанций). У распределительных сетей, особенно городских, больше оборудования – много непротяженных кабелей, большое количество трансформаторных пунктов. [5]

Это означает, что для распределительных сетей характерно создание огромных массивов данных, которые достаточно сложно обрабатывать. Так что в этом случае задача по интеграции цифрового двойника сети усложняется, но остается решаемой. [5]

Цифрового двойника для магистральных сетей можно создать с помощью CIM (Common Information Model) модели. Это абстрактная логическая модель данных, которая описывает компоненты энергосистем в форме нотации UML – универсального языка семантического моделирования (стандарт IEC 61968). Благодаря такой стандартизации информацию, которая хранится в базе данных в формате CIM, можно использовать в различных ИТ-системах компаний. [5]

В 2016 году компания Fingrid создала цифрового двойника для магистральных сетей в проекте ELVIS (ELectricty Verkko Information System). [5]

Fingrid – это оператор магистральных сетей в Финляндии. Он обслуживает 116 высоковольтных подстанций, 4600 км линий по 400 кВ, 2200 км линий по 220 кВ и 7600 км линий по 110 кВ. Все информационные системы компании

объединили вокруг единой базы данных электрической сети, которая хранила информацию в формате IEC CIM 61970. [5]

Специалисты настроили цифрового двойника так, что данные из систем SCADA, геоинформационной системы ArcGIS, и системы управления активами Maximo, стали поступать в единую базу CIM-модели. [5]

Всю эту информацию Fingrid стала использовать для обслуживания сети и проведения различных расчетов. В результате цифровой двойник позволил компании повысить производительность, снизить затраты, повысить надежность передачи электроэнергии и улучшить эффективность бизнес-процессов.

Для распределительных сетей, как уже было сказано, характерно большее количество элементов. Из-за этого сложнее внедрять различные ИТ-решения и интегрировать их между собой. [5]

Оптимальный способ для создания цифрового двойника в этом случае — использование геоинформационной системы (ГИС) и расчетного комплекса, который содержит математическую модель электрической сети. [5]

Словакская распределительная компания VSE Group (часть European RWE Group) обслуживает более 610 000 потребителей с помощью 34 подстанций по 110/22 кВ и 6000 подстанций по 22/0,4 кВ. Общая протяженность высоковольтных линий по 110, 22 и 0,4 кВ, а также кабельных сетей – 21 тыс. км.

Компания внедрила большое количество ИТ-систем, для эффективной работы которых требовалась актуальная математическая модель сети. На ведение такой модели уходило до 5 тыс. часов в год. Кроме того, любые изменения физической сети, которые происходят постоянно, требовали корректировок математической модели сети. [5]

Эту проблему решил адаптор, который установили между геоинформационной системой и расчетным комплексом. Он стал выгружать данные из ГИС и переводил их в формат, который мог считывать расчетный комплекс. [5]

После того как данные преобразовывались, дополнительная информация из SCADA и системы учета добавлялась непосредственно в эту базу данных. Такое решение позволяет добавлять данные и параметры различного оборудования, включая оборудование сети низкого напряжения, устройства защиты и информацию по нагрузкам. [5]

Цифровые двойники базируются на целом ряде эволюционирующих технологий, поэтому их развитие напрямую зависит от роста возможностей этих технологий. Большую роль в новых возможностях ЦД играет рост доступных вычислительных ресурсов для математического моделирования. [1]

Цифровые двойники являются одной из основных частей умной энергосети. Их можно назвать информационными моделями производственных объектов электроэнергетики: электростанции, подстанции, магистральные и распределительные сети. Виртуальные копии объектов энергетики помогают управлять электросетями более эффективно.

Список литературы:

1. Прохоров А., Лысачев М. Научный редактор профессор Боровков А. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. Издание первое, исправленное и дополненное. – М.: ООО «АльянсПринт», 2020. – 401 стр., ил.
2. Что такое цифровые двойники и где их используют / РБК тренды – Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/6107e5339a79478125166eeb>
3. Цифровой двойник: концепция, уровни, связь с Интернетом вещей и роль численного и системного моделирования / Денис Хитрых, директор по маркетингу АО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс» - Режим доступа: <https://sapr.ru/article/26079>
4. Энергетические комплексы будущего: внедрение возможно в ближайшие 3 года / Хабр – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/573152/>
5. Виртуальные электросети: как работают цифровые двойники в электроэнергетике / Stockinfokus – Режим доступа:
<https://stockinfocus.ru/2019/11/12/virtualnye-jelektroseti-kak-rabotajut-cifrovye-dvojnikи-v-jelektrojenergetike/>