

В. А. Комар, к. т. н., доц.; А. Б. Бурыкин, к. т. н.; Надеран Реза

ТРЕНАЖЕР ПЕРСОНАЛА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КАК ЭЛЕМЕНТ SMART GRID-ТЕХНОЛОГИЙ

Возрастающие тенденции использования технологий интеллектуальных сетей Smart Grid вместе с проблемами оптимального управления электрическими сетями требуют учебы, проверки знаний и оценки деятельности оперативно-диспетчерского персонала тренажерами оперативного и противоаварийного управления. Приведенная в работе структура и основные средства создания тренажера оперативного ведения экономического режима ЭЭС могут быть использованы для построения таких тренажеров.

Ключевые слова: оперативное управление, интеллектуальные сети, учеба оперативно-диспетчерского персонала, тренажер персонала.

Введение

Основой современных объединенных электроэнергетических систем (ОЭС) являются системообразующие сети, соединяющие между собой территориально и административно электроэнергетические системы (ЭЭС), которые являются отдельными субъектами энергетического рынка. Исторически, назначением этих сетей был обмен нагрузочным, ремонтным или аварийным резервом мощности для обеспечения баланса мощности ОЭС. С появлением энергетических рынков взгляд на системообразующие сети несколько изменился. Они дополнительно получили значение транзитных коридоров для объединения децентрализованных (региональных) систем выработки электроэнергии с большой технологической разнородностью источников энергии в ЭЭС [1, 2].

Перераспределение мощностей между перегруженными линиями электропередачи и линиями с резервом мощности позволит повысить транспортные возможности и улучшить эффективность работы энергоснабжающих компаний за счет увеличения объемов поставок электроэнергии. Однако критерии оптимальности такого перераспределения различны (в зависимости от поставленных задач и заинтересованности участников энергообмена). Для ЭЭС одним из таких критериев являются потери мощности от собственных и транзитных перетоков, оптимальное управление которыми влияет на всех участников ОЭС.

Управление параллельной работой ЭЭС, принимая во внимание системные ограничения и ограничения межсистемных связей, является сложной диспетчерской задачей, решение которой возможно за счет формирования интегральной системы управления с рассредоточением части функций на основе технологий *Smart Grid* [3]. Работа с такой интегрированной системой предусматривает получение определенных умений и навыков, это в концепции интеллектуальных сетей решается путем учебы, проверки знаний и оценки деятельности оперативно-диспетчерского персонала тренажерами оперативного и противоаварийного управления. Интеллектуальным центром самой концепции интеллектуальных сетей являются математические модели, использующиеся в тренажерах, поэтому разработка отмеченных моделей уже ведется в ряде стран [4].

Целью этой статьи является разработка структуры и основных положений для создания тренажера оперативного ведения экономического режима ЭЭС со значительной технологической разнородностью источников энергии.

Задачи определения и управления потерь мощности в ЭЭС

Характерным является случай, когда мощность из системы А (передающая система) передается в систему С (принимающая система) через электрические сети системы В

(транзитная система или транзитер) (рис. 1). Протекая сетями системы транзитера, эта мощность накладывается на внутренние потоки мощности и вызывает дополнительные потери мощности в сети В. Из-за неоднородности электрических сетей система транзитера транзитная мощность искажает естественное потокораспределение не только в сетях высокого напряжения (ВН), но и в сетях низкого напряжения (НН). При этом изменения потокораспределения происходят таким образом, что возрастают суммарные потери в системе, а также отдельно потери в сетях ВН и НН. В каких из сетей, ВН или НН, в большей степени возрастают потери зависит от значений коэффициентов трансформации и автотрансформаторов связи.

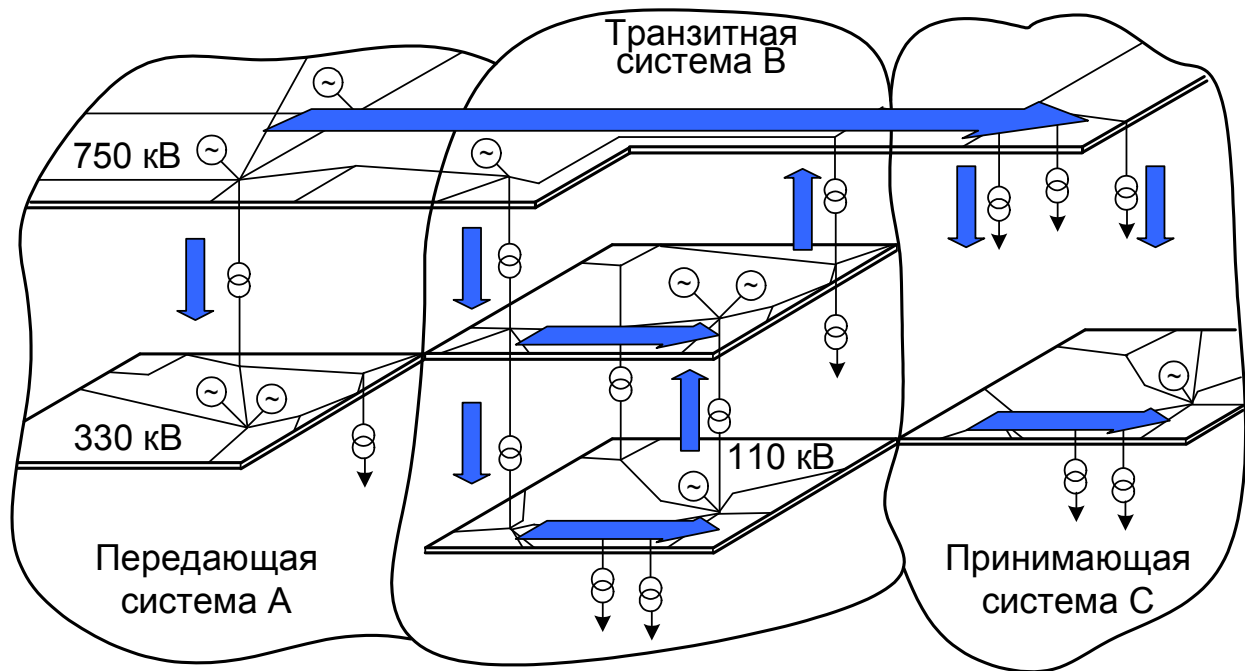


Рис. 1. Фрагмент ЭЭС, через которую происходит транзит мощности

В связи с транзитом мощности через систему **В** в ней возникают и могут решаться такие задачи.

1. Определение потерь в системе, вызванных передачей мощности от системы **А** к **С**, для того, чтобы покрыть их стоимость за счет указанных систем.

2. Анализ и оценка влияния перетоков, в том числе транзитных, на режимы, в частности на потери в сетях ВН и НН.

3. Разработка мероприятий по оптимизации потерь в сетях ВН и НН. Тут в зависимости от условий эксплуатации и взаимоотношений между субъектами ведения хозяйства возможны несколько постановок задачи:

- минимизация суммарных потерь в сетях ВН и НН с определением оптимального значения коэффициентов трансформаторов и автотрансформаторов связи

$$\min \{ \Delta P_{\Sigma} = \Delta P_{\text{ВН}} + \Delta P_{\text{НН}} \},$$

где $\Delta P_{\text{ВН}}$, $\Delta P_{\text{НН}}$ – потери мощности соответственно в сетях ВН и НН;

- “вытеснение” наведенных сетью высокого напряжения перетоков из сети НН в сеть ВН

$$\min \{ \Delta P_{\text{НН}} \}.$$

Такая задача может быть актуальной в случае наличия внешних транзитных перетоков мощности. Экономично целесообразно выполнять их передачу электрическими сетями высоких напряжений. Однако, через неоднородность ЭЭС и других факторов частично загружаются ними и сети НН. “Вытеснение” наведенных перетоков из электрических сетей

низких напряжениях повышает их пропускную способность, что особенно критично в режимах максимальных нагрузок;

– “разгрузка” сети ВН на сети. НН. Такая необходимость может возникнуть, когда сеть ВН перегружена, а сеть НН нет. Для контроля за ситуацией должны определяться дополнительные потери от транзитных потоков.

4. Определение потерь от сквозных потоков мощности в радиальной части сети НН. Здесь возможны два случая:

– все потери относятся и покрываются энергоснабжающей компанией и не делятся между отдельными районными сетями;

– потери определяются и распределяются между отдельными районными сетями для того, что бы они пропорционально покрывали их стоимость.

Решение всех перечисленных задач требует расчета значений потерь мощности в сетях энергосистемы и выделения их отдельных составляющих для их оптимизации в зависимости от постановки задачи. Реализация полученных оптимальных решений связана с повышением интенсивности использования существующих регулирующих устройств оперативно-диспетчерского персонала, что требует соответствующих навыков и умений, получение которых не возможно без систематических тренировок и имитации типовых ситуаций.

Тренажер персонала оперативного управления нормальными режимами ЭЭС

Развитие новых технологий и настройки двухстороннего обмена информации между энергообъектами согласно стандартам и подходам концепции *Smart Grid* предусматривает постепенный переход к автоматическим системам оптимального управления нормальными режимами ЭЭС. Однако определяющим для обеспечения условий адекватности управляющих воздействий и качества оперативного управления ЭЭС в целом является систематическое увеличение уровня квалификации оперативного диспетчерского персонала на базе технических систем и средств вычислительной техники. Одной из основных форм повышения уровня квалификации персонала является противоаварийные тренировки в диспетчерских центрах энергогенерирующих и энергоснабжающих компаний. Однако такие тренировки не предусматривают развитие навыков у диспетчера в отношении оптимизации нормальных режимов энергосистемы, а предназначены только для отработки, закрепления и проверки навыков по оперативной ликвидации аварийных ситуаций, а также учебе наилучшим способам их предупреждения.

Эффективным способом решения этой проблемы является создание компьютерных тренажеров для подготовки оперативного персонала в сфере моделирования нормальных режимов энергосистем и оптимального управления ними. Такие системы, используя современные аппаратные и программные средства, обеспечивают высокую адекватность имитации процессов передачи и распределения электроэнергии в ЭЭС и управление ними.

Для обучения, диспетчерских тренировок и сертификации персонала используют тренажеры подготовки операторов, которые содержат два основных компонента – модель электроэнергетической системы (*Power System Model – PSM*) и модель центра управления (*Control Center Model – CCM*) [4].

Использование подобной структуры для разработки тренажера операторов ЭЭС в объединении с наполнением модели энергосистемы натурными данными от оперативно-информационного комплекса (ОИК) позволяет проводить тренировки по оптимальному ведению режима параллельно с работающим оперативным персоналом. Это позволит моментально оценивать действия обучающегося персонала, максимально приблизить условия тренировок к реальным, а со временем и коллективно принимать решения по оптимальному ведению режима.

В соответствии с *PSM/CCM*-структурой тренажер должен включать в себя два основных уровня. Каждый из них имеет свое функциональное значения и программно-аппаратное обеспечение, которое соответствует сервис-ориентированной архитектуре (*Services Oriented*

Architecture – SOA) (рис. 2). Использование последней является важным требованием к разработке программного обеспечения соответственно концепции развития интеллектуальных сетей [5], поскольку позволяет заменять части программного обеспечения тренажера без нарушения взаимосвязей и общей его структуры.

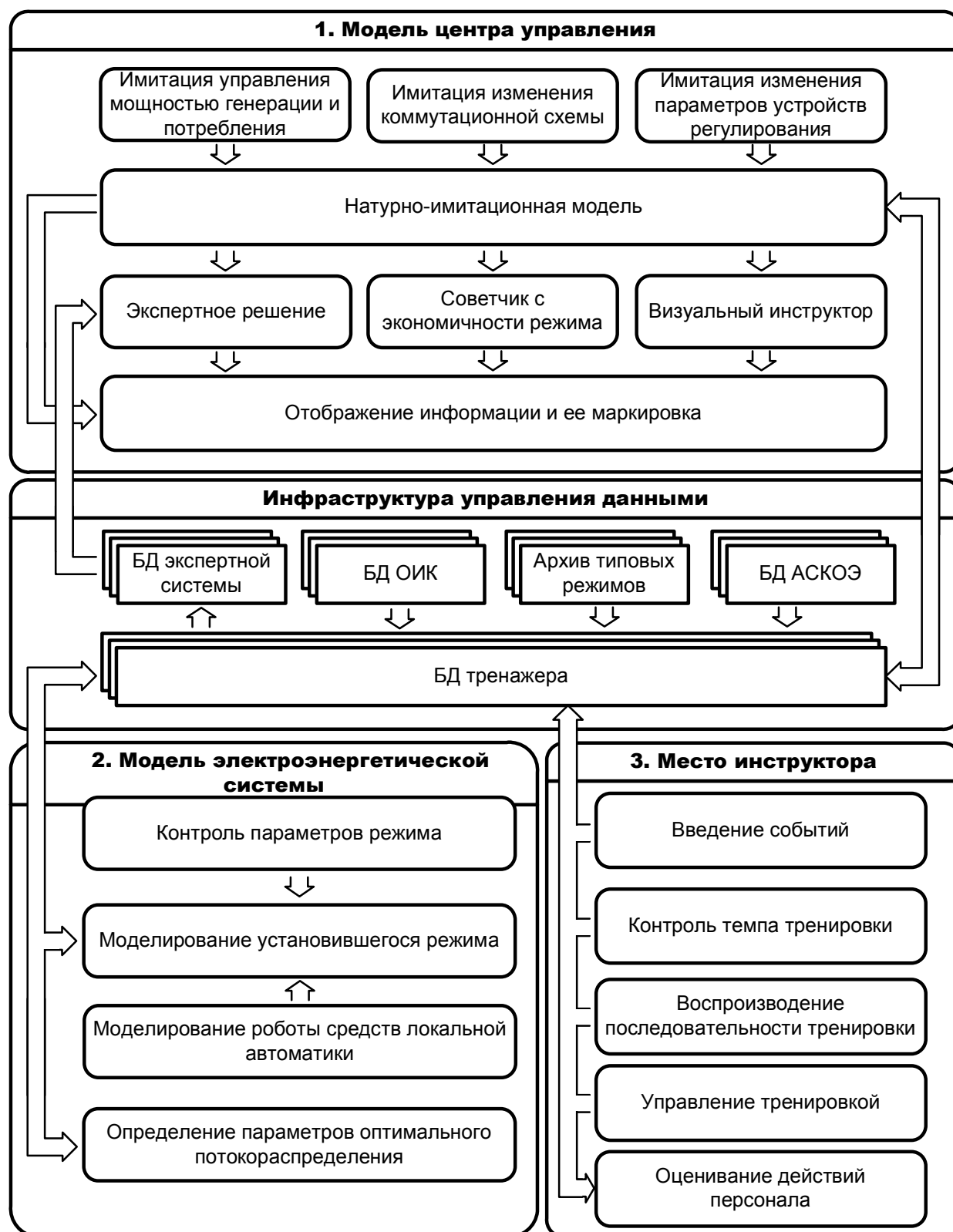


Рис.2. Структура тренажера подготовки оператора по оптимальному оперативному управлению

имеющегося графического интерфейса, например, имеющейся SCADA-системы. На этом уровне происходит связь с базой данных (БД) тренажера, считывание с БД и отображение текущего состояния оборудования и параметров режима, а также выдача команд оптимального управления процессом в реальном времени.

Использование графического интерфейса SCADA-системы оправдано также тем, что такие системы имеют встроенные аналитические инструменты для поддержания коммуникаций между объектами сервис-ориентированной архитектуры, поэтому модель центра управления может быть реализована на основе произвольной SCADA-системы с графическим интерфейсом и поддержкой БД.

На втором уровне при помощи модели электроэнергетической системы выполняется воспроизведение установившихся режимов с использованием натуральных данных с БД оперативно-информационного комплекса ЭЭС или БД автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ), а также контролируются параметры имитируемого режима. Оптимизация режимов предусматривает натурное моделирование установившихся режимов ЭЭС на основе сформированного вектора независимых параметров электроэнергетической системы [6, 7]. Формирование последнего является сложной задачей, решение которой – одна из базовых функций *Smart Grid*.

Место инструктора (см. рис. 2) предусмотрено для изменения режима тренировки с автоматического (по данным ОИК), на ролевой режим, в котором инструктор контролирует скорость изменения нагрузки, вводит внезапные события, корректирует неверные решения, оценивает качество тренировки и др.

Таким образом, использование разработанной структуры тренажера подготовки оператора по управлению на основе имитационной модели ЭЭС с учетом параметров системы с БД ОИК (то есть натурно-имитационной модели ЭЭС [7]) позволяет обеспечить учебу, повысить качество и эффективность диспетчерских тренировок и сертификации персонала по оптимальному ведению режима электроэнергетической системы.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стогний Б., Павловский В. Определение транзитных потерь мощности в фрагментированных электрических сетях областных энергоснабжающих компаний // Энергетическая политика Украины. – 2004. – №5. – С. 26–31.
2. Бурикін О. Б. Визначення втрат потужності від транзитного перетікання в електричних мережах [Електронний ресурс] / Бурикін О. Б., Видмиш В. А., Медяний П. П. // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – № 1. – 2010. Режим доступу до журн.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2010-1.files/uk/10abbien_ua.pdf.
3. Стогний Б.С., Кириленко О.В., Денисюк С.П. Інтелектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення // Технічна електродинаміка. – 2010. – № 6. – С. 44–50.
4. Debs, A.; Hansen, C.; Yu-Chi Wu, "Effective electricity market simulators", Computer Applications in Power, IEEE., 2001. – vol. 14., Issue 1. pp. 29–34.
5. Don Von Dollen, Report to NIST on the Smart Grid Interoperability Standards Roadmap. [Електронний ресурс] // August 10, 2009. Режим доступу: http://collaborate.nist.gov/twiki-sggrid/pub/_SmartGridInterimRoadmap/InterimRoadmapFinal/Report_to_NIST1August10.pdf
6. Aschower N., Handschin E., Dobesch H., Grein W., Petroianu A. State estimation simulation for the design of an optimal on-line solution. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. PWRS-1, No 1, February 1986
7. Лежнюк П.Д., Бурикін О.Б., Лесько В.О. Натурно-імітаційна модель оцінки чутливості втрат потужності в електроенергетичних системах до транзитних перетікань // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія – 2008. – №1. – С. 83–87.

Комар Вячеслав Александрович – к. т. н., доцент кафедри електричних станцій і систем, тел. 598377.

Бурыкин Александр Борисович – к. т. н., доцент кафедри електричних станцій і систем, тел. 598259.

Вінницький національний технічний університет.

Надеран Реза – директор фірми "Таван"(Tavan), г. Горган, Іран.