

УДК 514.743.4+621.316

ТЕНЗОРНЫЕ СЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ СИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ШАХТНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Петров Андрей Евгеньевич, доктор технических наук, академик РАЕН, профессор кафедры АПД НИТУ «МИСиС», профессор кафедры геоинформационных систем университета «Дубна»

Аннотация

В статье показано, каким образом система генерации и передачи электроэнергии может быть представлена в виде сетевой модели при помощи тензорного метода двойственных сетей в целях повышения эффективности управления указанной системой. Освещается один из вариантов применения предложенной модели — системы вентиляции на предприятиях горнодобывающей промышленности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тензорный метод, двойственные сети, передача электроэнергии, шахтная вентиляция, горнодобывающая промышленность.

TENSOR NETWORK MODELS FOR SYSTEMS OF ELECTRIC POWER TRANSMISSION AND MINING VENTILATION

Petrov Andrey Eugenievitch, Doctor of Technical Sciences, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Professor of the CAD Department of NSTU "MISiS", Professor of the GIS Department of the University "Dubna"

Abstract

The article shows how the system of generation and transmission of electricity can be represented in the form of a network model using the tensor method of dual networks in order to increase the efficiency of control of this system. One of the options for applying the proposed model — ventilation systems at mining enterprises — is highlighted.

KEYWORDS: tensor method, dual networks, power transmission, mine ventilation, mining.

Физические, технические и экономические системы состоят из элементов, соединения которых образуют структуру. В системах протекают потоки энергии, измеряемые как отклики в элементах на приложенные воздействия. Возрастает сложность систем по числу элементов, связей между ними, происходят изменения структуры. Для управления такими системами необходим расчет изменения процессов при изменении структуры, включая разделение системы на части и расчет по частям.

Тензорный метод двойственных сетей обобщает метод исследования сложных систем по частям (диакоптику) Г. Крона [1], обеспечивая расчет сетевых моделей при изменениях структуры (соединения, разъединения, разделение на части, соединения частей в целое). Преобразования структуры связывает инвариант двойственности – постоянство суммы метрических тензоров (матриц решения) двух сетей с двойственной структурой. В электротехнике это постоянство суммы рассеиваемых мощностей (потока энергии) двух электрических цепей при изменении их структуры [2, 3].

В двойственной сети при этом произойдут обратные изменения, то есть, замкнутся узлы, уменьшится число разомкнутых путей и увеличится число контуров.

Задача сети состоит в расчете откликов на приложенные воздействия при изменении структуры. Расчет откликов на внутренние источники (напряжения) обеспечивает матрица преобразования замкнутых путей C . Расчет откликов на внешние источники (тока) обеспечивает ортогональная матрица преобразования разомкнутых путей $A = C_t^{-1}$. Независимость замкнутых и разомкнутых путей позволяет применять их для создания сетевых моделей сложных систем.

Сетевая модель системы генерации и передачи электроэнергии связывает источники разных видов и потребителей, которые должны обеспечивать возможность обмена генерируемой мощностью от источников разных видов (тепловая, солнечная, гидро-, ветро, и др. генерация) в двух направлениях не только на уровне магистральных линий, но и на уровне распределения.

Модель, разработанная для Университета «Дубна», обеспечивает динамическое управление параметрами сложно структурированной сети с присоединенными разнородными источниками и потребителями электроэнергии. Это позволяет оптимизировать процессы перетока энергии и сократить технические потери.

Источники и потребители электроэнергии представлены ветвями. Генерируемые мощности, которые поставляют в электроэнергию в сеть, представлены по аналогии узловыми токами.

Матрица C преобразует пути в каждой ветви в пути в соединенной сети. Строки показывают, из каких ветвей состоит путь, столбцы показывают, в какие пути входит данная ветвь.

Матрица A имеет такой же смысл для двойственной сети, или связывает базисные пути взаимного базиса.

Сетевая модель состоит из ветвей источников и потребителей, а также их соединений. Источники создают распределение токов в сети, которые представляют поданную электроэнергию. Мощности потребителей представляют распределение токов в сети, которые соответствуют требуемой мощности. Разность между токами в первом и во втором случае определяет избыток или недостаток мощности на участке (ветви) каждого потребителя. Избыток мощности передается в магистральную сеть, за это система генерации получает платежи. Недостаток мощности система потребляет из магистральной сети, и за это платит. Контроль движения мощности осуществляется по показаниям счетчиков.

Изменение структуры и распределения токов в ветвях сетевой модели происходит динамически. Например, днем получаем пик генерации от солнечной энергии и спад требований по потреблению энергии на освещение. Ночью эти ветви генерации не работают,

сеть, по сути, меняет структуру. Возможны скачки генерации солнечной и ветровой энергии при изменении погоды. Это требует управления распределением мощности. Матрица C меняется, и это обеспечивает расчет нового распределения потоков энергии в сети.

Для повышения эффективности управления большими системами энергоснабжения могут применяться алгоритмы расчета процессов при изменении структуры [2, 3]. Сетевая модель генерации и потребления электроэнергии представлена в [4], где, в частности, рассмотрена возможность расчета денежных потоков при разной стоимости генерации от различных источников.

Интеграция генераторов и потребителей электрической энергии в сетевой модели позволяет организовать непрерывный и дифференцированный учет выданной и потребленной электроэнергии. Возможность формирования рынка электроэнергии на районном уровне, с учетом реального спроса и предложения в различное время суток с помощью алгоритмов взаимодействия множества оборудования с целью оптимизации критериев работы системы.

На предприятиях горнодобывающей промышленности системы вентиляции обеспечивают воздухом сложные сети ходов сообщения, путей транспортировки продукции, горных пород, структура которых меняется при развитии производства и при аварийных ситуациях.

В шахте внешние насосы создают потоки воздуха с поверхности. В сетевой модели аналогами являются источники тока, а базисом – независимые разомкнутые пути. Внутри шахты насосы, расположенные в забоях, штольнях, обеспечивают циркуляцию воздуха; аналогами являются источники напряжения, а базисом – независимые контуры [5].

Потоки воздуха складываются из совокупности откликов на внешние и внутренние воздействия. Изменения структуры состоят в создании новых ходов, или закрытии старых, особенно при авариях, связанных с завалами, выбросами газа и т.д. Расчет нового распределения воздушных потоков производится по новым матрицам C и A . Также на сеть потоков воздуха могут накладываться потоки газов из-за выбросов. По замерам датчиков производится расчет изменения мощности и размещения насосов, которые приведут смесь газа и воздуха в пределы допустимых значений. Расчеты процессов при изменении структуры обеспечивают повышение скорости вычислений и могут выполняться с применением параллельных вычислений на суперкомпьютерах. Сетевая модель позволяет провести расчеты вариантов возможных аварийных ситуаций, и создать базу данных необходимых действий для обеспечения безопасности.

Литература

1. Крон Г. Исследование сложных систем по частям (диакоптика). — М.: Наука, 1972. — 544 с.
2. Петров А.Е. Тензорный метод двойственных сетей. — М.: ООО ЦИТвП, 2007. — 496 с.
3. Петров А.Е. Двойственные сетевые модели больших систем / Управление большими системами. Специальный выпуск 30.1 «Сетевые модели в управлении». М.: ИПУ РАН, 2010. С. 76-90.
4. Крюков Ю.А., Петров А.Е. Технологии интеллектуального взаимодействия источников и потребителей электроэнергии в рамках резонансной сети передачи электроэнергии и данных // Электронное научное издание «Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление». Том 8, №4 (17), 2012, ст. 8. С. 76-97.
5. Петров А.Е. Тензорные аналогии сетевых моделей систем горной промышленности – части I и II // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — М.: Горная книга, 2014. – №8. – С. 285-291, №9. – С. 139-148.