

Раздел 1.
Информатика и вычислительная техника

УДК 004.021

**ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ТЕРРИТОРИАЛЬНО ПРОТЯЖЁННЫХ
СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ГРАФОВ И СЕТЕЙ
ПЕТРИ**

*Пащенко Д.В., д.т.н., Пензенский государственный университет (г.
Пенза, Россия)*

*Пащенко А.Д., студент, Московский государственный институт
международных отношений (университет) Министерства иностранных
дел Российской Федерации (г. Москва, Россия)*

**FORMATION OF MODEL OF TERRITORIALLY APPORTIONED
SYSTEMS WITH USE OF THE Graph THEORY OF AND Petry NETs**

Pashchenko D.V., Dr.Sci.Tech., Penza state university (Penza, Russia)

*Pashchenko A.D., student, Moscow State Institute of International Relations
(university) of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation
(Moscow, Russia)*

В статье рассматриваются подходы к анализу территориально протяженных систем.

***Ключевые слова:** распределённые протяженные системы, сети Петри*

The article discusses approaches to the analysis of geographically extensive systems.

***Keywords:** distributed extended systems, Petri nets*

Топологические особенности территориально протяжённых систем и взаимосвязь между их отдельными элементами предопределяют необходимость единого подхода к их представлению. В управлении большими сложно структурированными системами важно, как наглядное представление объектов, так и математический аппарат для его описания [1]. Это обеспечивает высокие показатели надёжности управления работой таких объектов.

Одним из типичных примеров таких систем являются энергетические сети. Существующая в России единая энергетическая система состоит из многих, по сути автономных, предприятий, каждое из которых самостоятельно решает вопросы обеспечения эффективности своей работы. Решение таких задач требует постоянного анализа всех сторон деятельности предприятий: от финансового обеспечения до непосредственного производства энергии. Оптимизация любого из процессов в крупных организациях способна дать экономический эффект. Создаваемые для решения этой проблемы информационные системы (ИС) должны обеспечить увеличение доходов и сокращение расходов энергетических предприятий, прежде всего за счет повышения контроля над процессами расчетов с потребителями и оптимизации процессов управления ресурсами и материальными потоками. Среди решаемых ИС задач — предоставление

актуальной оперативной информации в реальном времени для ускорения процесса принятия решений на всех уровнях. Информационная сеть служит для энергетических и других сетей распределения как бы соединительной тканью. Она переносит информацию от уровня к точкам решений и обратно.

Для эффективного решения задачи управления энергетическими системами необходимо промоделировать их поведение. Предлагается создание модели поведения локального участка такой системы. Для моделирования используются сети Петри и уравнения модели системной динамики. Сети Петри применяются для моделирования различных событий в системе, в частности потока информации о состоянии работы системы. Поскольку сети Петри определены как модель системы с параллельными действиями, то с их помощью обеспечивается возможность моделирования большого количества сложных и взаимосвязанных ситуаций и систем. При построении имитационных моделей в виде сетей событий используется расширение сетей Петри. Базовая структура модели дополняется системой уравнений, которые связывают характеристики её уровней.

С использованием данной математической схемы построение модели осуществляется в три этапа:

- 1) построение базовой структуры модели в виде специализированного графа;
- 2) параметризация графа и построение соответствующей системы уравнений;
- 3) описание полученной модели и проведение машинных экспериментов.

К числу достоинств предложенной математической схемы относится: возможность отражения практически любой причинно-следственной связи; простое математическое представление; возможность использования терминологии, синонимичной языку экономики и производства.

Имитационные модели в виде сетей событий могут быть использованы при решении проблем прогнозирования катастроф, защиты и восстановления объектов, пострадавших в результате воздействия природы и человека. При решении задач восстановления, пострадавших в ходе развития катастроф технических объектов необходимо учитывать топологические особенности территориально протяжённых систем. На территориях промышленно развитых стран существует развитая инфраструктура коммуникаций. Это газопроводы, нефтепроводы, линии телефонной и телеграфной связи, линии электропередач (ЛЭП). Для ликвидации одиночных аварий на таких объектах, обычно, достаточно мощностей штатных аварийных бригад. Но при природных и техногенных катастрофах возникает проблема выбора очередности восстановления, связанная с нехваткой аварийных служб.

Решение этой проблемы наиболее эффективно при использовании геоинформационных систем. Для определения порядка восстановления аварийных участков предлагается представить линии электропередач рёбрами неориентированного графа, а подстанции и точки разветвления ЛЭП – узлами. Для каждого узла вводятся приоритеты восстановления. Полученный преобразованием матрицы поврежденного графа (эквивалент возникшей вследствие катастрофы аварии объекта) стянутый граф исследуется с помощью алгоритма нахождения кратчайших путей от

источников до всех подстанций. После определения порядка восстановления критических неисправностей, делающих граф несвязным, остаются хорды, восстановление которых не имеет решающего значения для функционирования системы. Но для повышения надёжности и связности графа необходимо провести оценку и классификацию имеющихся хорд ЛЭП по топологическим признакам.

Для установления очерёдности восстановления хорд повреждённого графа, их необходимо расположить в последовательности, увеличивающей компоненты связности.

При анализе важно знать, степень связности графа, а также списки «мостов» для связного графа. Для получения этих характеристик предлагается использовать алгоритм нахождения мостов и алгоритмы нахождения количественных характеристик связности графа, алгоритмы разложения графа в ширину и глубину [2]. При такой укладке графа важным является определение главной вершины графа, от которой и происходит анализ всей структуры. Если главной вершины не существует её нужно «придумать» [3]. По разложенному в глубину графу системы легко оценивать её надёжность. Это необходимо при модернизации, либо при восстановлении системы. Важной составляющей такой системы управления служит информационная сеть, дающая информацию для выработки управляющих воздействий. С одной стороны, это телеметрическая информация, полученная со спутников, а с другой сообщения о состоянии системы, полученные как со стационарных, так и с мобильных наземных источников.

Программа, реализующая алгоритм поиска кратчайших путей в неориентированном графе для задач электроэнергетики получила апробацию. Результаты анализа очерёдности восстановления хорд повреждённого графа могут использоваться при восстановлении ЛЭП после множественной аварии.

Результатом использования предложенной модели территориально протяжённых систем с использованием теории графов и сетей Петри является оптимальный по выбранным приоритетам график устранения множественных аварий при ограниченном времени и ресурсах восстановления.

Список литературы

1. Клина И. *Оптимизация энергетических систем: Пер с чешского Л.Г. Ублинской / Под ред. В.Р. Огорокова.* – М.: Высш. шк., 1991. – 302 с.
2. Сигорский В.П. *Математический аппарат инженера.* Киев, «Техника», 1975, 768 с.
3. Майника Э. *Алгоритмы оптимизации на сетях и графах: Пер. с англ.* – М.: Мир, 1981. – 323 с.