

РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Заболотный И.П.

Реализация постоянно растущих требований к управлению электрическими системами требует применения высокоэффективных компьютерных технологий для обработки информации.

Существующее программное обеспечение в основном использует позадачный метод ведения информации, исчерпавший возможности развития технологии обработки информации; характеризуется неразвитым интерфейсом пользователя и содержит неавтоматизированные этапы при подготовке моделей данных прикладных задач.

По структуре существующее программное обеспечение направлено на решение отдельных технологических задач. Последнее приводит к тому, что существующие программные средства при их избытке очень неупорядочены с точки зрения информатики. Объединение нескольких программных средств в единое целое приводит к проявлению непреодолимой несовместимости, а неизбежная эволюция приводит к разрастанию программных средств, не предусмотренных первоначальной спецификацией и к их неустойчивости.

На основе анализа существующего управления электрическими системами сформулированы направления совершенствования :

1. Автоматизированная система управления электрическими системами должна иметь распределенную архитектуру построения.

С помощью традиционной концепции использования централизованной структуры системы управления для разных иерархических уровней (от энергосистемы до подстанции) нельзя реализовать современные требования в области планирования режимов работы и оперативного управления электрическими системами. Распределенная архитектура позволит за счет изменения состава технологических задач и технических средств обеспечить управление режимами от отдельных подстанций до электрической системы. За счет распределения заданий на несколько обслуживающих серверов и автоматизированных рабочих мест можно производить большой объем вычислений. Программы обрабатываются параллельно. Все компьютеры соединены друг с другом локальной сетью. Задачи реального времени (критические по времени задания) решаются отдельно от требующих большого объема вычислений программ, таких как оптимизация режима работы сети, анализ экономичности сети и др.

Таким образом, распределение управления по функциональному назначению по нескольким серверам позволяет сократить время решения задачи управления при увеличении объема вычислений.

Узел телеуправления (интерфейс телеуправления) преобразует технологические данные в необходимый для дальнейшей обработки. Основные задачи, решаемые сервером телеуправления: это обмен информацией с телеустройством; эмуляция протокола; сервисное обслуживание изображения сети или фрагмента актуальными данными; предварительной обработки информации; снабжение предварительно обработанной информацией с помощью локальной сети.

Сервер коммуникатор содержит технологические данные банка данных и необходим для обработки технологической информации; управления сетями; создания архивов.

Сервер администратор управляет БД. Другие серверы загружаются информацией администратором.

Сервер сеть имеет программное обеспечение для управления режимом работы электрической сети и для обучения персонала. Наиболее важные задачи это определение конфигурации сети, оценка режима (состояния), эквивалентирование уровней сетей, решение технологических задач реального времени и перспективных, контроль коммутационных переключений.

Сервер электрическая станция имеет программное обеспечение для управления работой электростанцией.

Сервер экспертная система содержит программное обеспечение для оценки состояния элементов электрической системы, режимов работы, работы релейной защиты и противоаварийной автоматики.

Сервер межсетевой интерфейс необходим для обмена информацией с другими локальными вычислительными сетями.

Сервер тренажер моделирует реальную сеть и организует выполнение тренировочных заданий персоналом.

2. Использование параллельных вычислительных систем, являющихся перспективным направлением развития вычислительной техники основано на развитии методов распараллеливания вычислений.

Использование в качестве рабочих станций многопроцессорных систем позволит не только не только увеличить быстродействие, но и повысит надежность и живучесть вычислительной системы. Эти качества вычислительной системы чрезвычайно важны для управления быстро протекающими технологическими процессами в энергетике, для выполнения функции подготовки оперативного персонала путем имитации реальных технологических процессов на вычислительных системах. В [1-2] приведены причины, по которым несмотря на свои явные преимущества параллельно-вычислительные системы не получили распространения. Анализ задач, решаемых при генерации, передаче и распределении электроэнергии показывает, что большинство программ основано на численных методах и реализуют алгоритмы последовательного характера.

Для использования многопроцессорных систем необходимо преобразовать соответствующие последовательные алгоритмы, создавать новые, использовать эффективные для организации параллельных вычислений математические методы.

3. Создание "дружественного" графического интерфейса пользователя, позволяющего упростить работу с программным обеспечением и тем самым повысить эффективность.

Основные требования к интерфейсу : работа с терминологией предметной области пользователя на основе графического представления информации (принципиальные схемы режимов, устройств РЗА и др.). При работе с графическими изображениями должна быть реализована возможность создания многоуровневых взаимосвязанных схем с возможностью привязки изображения или его фрагмента к символьной информации, многослойность, масштабирование, полиэкранность, динамическое окрашивание участков по различным признакам; использование библиотек стандартизированных графических образов, связанных с изображениями элементов электрических систем, различных устройств; автоматическое формирование моделей данных задач и определение их параметров; фильтрация информации по скорости, объему и точности получения в зависимости от режима работы (нормальный, оптимальный, аварийный, утяжеленный), что чрезвычайно важно для персонала в аварийных ситуациях для уменьшения стрессовой нагрузки; разбиение сети на подсети по уровням напряжения, возможным источникам питания участка с установлением связей между ними (анализ подсетей при использовании многопроцессорных систем необходимо выполнять на различных процессорах).

4. Использование универсальной информационной модели, обеспечивающей построение необходимых математических моделей для решения задач управления.

Для управления используется информационная модель в виде интегрированной базы данных, состоящей из графической и символьной частей. Символьная часть реализована в виде реляционной базы данных, структура которой соответствует топологии и компонентам электрической системы. Графическая часть базы представляет собой многоуровневую взаимосвязанную по принципу сети информацию. Для ускорения поиска информации реализован принцип технологического адреса. Последний состоит из кодов, определяющих взаимосвязь уровней графического изображения, взаимосвязь компонентов в пределах уровня, режим работы сети или фрагмента, вид элемента, данные, решаемую задачу.

6. Автоматизация построения моделей данных прикладных задач.

Использование на более низких уровнях (подсетях) электрической сети эквивалентов с использованием уравнений связи между подсетями. Анализ установившихся режимов целесообразно выполнять, используя методы Шаманского или Нобо. Оба метода приспособлены и для параллельных вычислений.

Для анализа режимов включения или отключения элемента в подсети с целью повышения быстродействия использовать для коррекции обращенной матрицы метод Шермана-Моррисона. Этот метод будет эффективен и при использовании многопроцессорных вычислительных систем. При их использовании каждая подсеть может анализироваться параллельно. Для расчетов режимов в подсетях повышения быстродействия расчетов в подсетях.

7. Использование метода наименьших квадратов при решении задачи "оценки состояния сети с целью учета проблем, отмеченных в [3-4] из-за наличия в векторе параметров установившегося режима телеизмерений. Поскольку измерения сопровождаются ошибками, то нелинейные уравнения, полученные методом узловых напряжений для баланса мощностей в узлах, в общем виде могут быть записаны следующим образом

$$Z = F(X) + B,$$

где B – m -вектор ошибок.

Последнее уравнение запишем в виде

$$B = Z - F(X).$$

Целью алгоритма является нахождение X обеспечивающего минимум нормы B . При рассмотрении нормы в евклидовом пространстве для этого нужно минимизировать выражение

$$\sum_{i=1}^m (Z_i - F_i(X))^2.$$

Для решения задачи используется метод Ньютона-Рафсона.

Реализован подход Джонеса. для построения итерационного процесса минимизации нормы вектора невязок на основании анализа точек, лежащих на спиральной кривой в плоскости вектора-градиента и вектора параметров, полученного по методу Ньютона-Рафсона. Предложено рекуррентное соотношение для расчета точек на спирали, позволяющее легко вычислять точки что и обеспечивает преимущество перед алгоритмом Марквардта

$$\lambda_{N+1} = \frac{2\lambda}{1+\lambda_N},$$

где служит для последовательного вычисления точек путем деления прямой, соединяющей точки в направлении антиградиента и точки, в направлении где сумма квадратов не уменьшается; n – номер точки.

8. Использование классической модели многомашинной многоузловой электрической системы с использованием полученной автором статьи математической модели минимальной сложности генератора, позволяющей учесть достаточно точно процессы в роторе генератора. При расчете статической ус-

тойчивости на основании модели генератора в систему уравнений вводится выражение для расчета демпферного коэффициента вида:

$$P_d = S^2 * Z1 * \sin 2\delta + S(Z2 + Z3 * \sin 2\delta),$$

где $Z1, Z2, Z3$ – определяются параметрами схем замещения и зависят от скольжения, при S до 5 % выражения упрощаются и не зависят от скольжения.

9. Программное обеспечение должно быть открытой системой, имеющей свойства адаптации к растущим требованиям управления электрическими системами.

Анализ основных классов программного обеспечения показал возможность реализации программного обеспечения с помощью системы AutoCAD, которая позволяет не только использовать графические изображения созданными внешними приложениями, но и создавать свои меню, диалоговые окна, статусную строку, писать свои приложения внутри AutoCAD на диалекте Lisp-а или при помощи ADS на языке C, а начиная с версии R13 использовать новый интерфейс программирования ARX, позволяющий реализовать приложения как динамически компонуемые библиотеки в том числе и объектные библиотеки для языка C++ и поддерживать Microsoft Windows NT 3.51 и Windos 95.

Направления в разной мере реализованы в созданной "инструментальная" оболочке программного обеспечения управления электрическими сетями на базе AutoCAD.

Выполнена оценка эффективности путем создания прикладных систем управления в виде автоматизированных рабочих места инженера службы линий, инженера-электрика предприятия электрических сетей, инженера РЭС и др.

Доступ к выбранной точке или операции ввода в модель данных реализуется через технологический адрес. Посредством расположения данных в технологической последовательности осуществляется доступ к прикладным задачам. Первое наименование представляет самый верхний участок, последнее содержит информацию об элементе сети.

Интерфейс пользователя является основой для функционирования ПО. Представляет собой набор редакторов и конверторов, позволяющих инженеру-электрику работать с программным продуктом при использовании терминологии предметной области, автоматизировать процесс создания моделей данных прикладных программ и выполнять настройку функциональных программ на решение технологических задач. К основным компонентам интерфейса относятся:

- графический редактор ACAD, использующий библиотеки графических изображений элементов сетей;
- конвертор графических изображений электрических сетей в математические модели описания их топологии;

- конвертор получения эквивалентов уровня электрической сети;
- редактор связей между уровнями;
- редактор формирования режимов работы электрической сети и др.

Список литературы

1. Enslow: "Multiprocessors – a survey", Computer Surveys, ACM, Vol. 9, №. 1, 1977.
2. Bell, Strecker: Computer Structures: What have we learned from the PDP11?, IEEE Computer Society, The III annual symposium on computer architecture, Jan. 19 – 21, 1976, pp. 1-14.
3. Автоматизация управления технологическим расходом и потреблением электроэнергии. / Ю.В.Щербина, В.Д.Лепорский, В.А.Жмурко. – К.: Техника, 1984. – 112 с.
4. Совалов С.А., Семенов В.А. Противоаварийное управление в энергосистемах. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 416 с.