

УДК 681.03

П.Ф. Буданов, В.С. Лучков, Д.Н. Шалыгин, Е.А. Комышанская, К.В. Помогаев

Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ ЭНЕРГООБЪЕКТОВ

Проведен анализ современного состояния вопросов имитационного графоаналитического динамического представления топологических структур систем электроснабжения на основе табличного моделирования и обоснована концепция взаимных переходов между реальной схемой электроснабжения и виртуальной информационной моделью, на основе таблично-топологических методов и единого информационно-топологического пространства, которые в 3 – 4 раза повышают оперативность управления топологически близкими режимами, и возрастает эффективность подготовки оперативно – диспетчерского персонала систем энергоснабжения, а также для режимных и коммутационных имитационных моделей научно обоснованы модифицированные методы решения задач расчета установившихся и аварийных режимов, позволяющие оперативно решать задачи качественного и количественного анализа и управления системой электроснабжения и расширить возможности моделирования и диспетчерского управления.

Ключевые слова: система электроснабжения, информационная модель, имитационная модель, информационно-топологическое пространство, установившиеся и аварийные режимы.

Введение

Постановка задачи и анализ литературы.

Рассматривая процесс современного развития систем электроснабжения (СЭС) возникает необходимость в пересмотре традиционных подходов к решению ряда таких задач, как проектирование электрических схем энергообъектов, анализ их надежности, организация диспетчерского управления (отслеживание текущего состояния схемы) и эксплуатации, получение объективной информации об измеренных (ИП) и расчетных параметрах (РП) режимов, расчет и анализ топологически близких режимов, подготовка персонала и проведение тренировок посредством тренажеров и аниматоров, диагностика оборудования [1 – 3].

Для эффективного решения этих задач необходима гибкая схемная графика, при применении которой возникает специфичная ситуация, когда диспетчерские (ДС) и коммутационные схемы (КС) содержат до нескольких тысяч элементов, что значительно превышает топологические размеры традиционных расчетных схем. Даже для современных вычислительных устройств решение режимных задач при этом усложняется.

Хотя эти схемы содержат наиболее полную информацию, для анализа режимов все-таки необходимы расчетные схемы замещения, а его результаты должны возвращаться на диспетчерские и коммутационные схемы. Кроме этого, текущие изменения в реальной сети на расчетной схеме своевременно не отражаются.

Среди особенностей, присущих электроэнергетическим объектам, в первую очередь следует отметить значительную сложность большинства из них, которая проявляется в многоэлементности и иерар-

хичности структуры, обилии степеней свободы, разнообразии параметров, характеризующих состояние [1]. Наличие у электроэнергетических объектов указанных признаков позволяет причислить их к объектам кибернетического типа [2]. Кроме того, необходимо отметить, что стандартные технические решения, обычно применяемые для электростанций больших и средних мощностей, оказываются неприемлемыми для малых (мини-энергосистем). В то же время каких-либо специальных норм технологического проектирования для них не существует, что требует от проектировщика творческого подхода к решению возникающих технических проблем [3].

Изучение свойств сложных электроэнергетических объектов возможно либо с помощью регистрации процессов, либо с помощью математических моделей, на которых расчетным путем моделируются различные процессы, возникающие в электроэнергетических объектах. Очевидно, что первый путь не всегда бывает удовлетворительным, а в ряде случаев, например, при создании нового, уникального объекта (электростанции), он полностью исключен [4].

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что путь исследования, состоящий в изучении свойств имитационных моделей, является наиболее перспективным, а подчас и единственно возможным.

Можно констатировать актуальность возникающих при этом задач:

- создание модели, которая наиболее полно отражает реальное состояние сети энергоснабжения;
- гибкий учет и контроль всех изменений, происходящих в реальной сети СЭС;
- реализация преобразований для реальной се-

ти в расчетную схему замещения и выполнение на ней расчета режима;

– переход и отражение результатов анализа режима на исходную схему для их оперативного использования в процессах управления.

Проведенный анализ научно-технической литературы [1 – 4] показал возможность коррекции традиционных подходов к проблемам анализа, оценки и контроля состояния СЭС на основе совместного применения положений теории «распознавания образов» (ТРО) и виртуальной имитационной модели (ВИМ) на основе табличных операторов, которые являются в этом направлении одними из наиболее эффективных методологических инструментов.

Поэтому актуальным является решение задач совершенствования методов и средств управления состоянием СЭС.

Целью данной статьи является повышение эффективности и оперативности решения эксплуатационных задач управления системами электрооборудования в части анализа режимов, оценки, контроля состояния и реализации процессов моделирования на основе совершенствования информационно-имитационных методов.

Основной материал

Для повышения эффективности и оперативности решения эксплуатационных задач управления СЭС, предлагается решение следующих задач:

– обоснование развития возможностей имитационного моделирования для СЭС на основе табличных методов (ТМ);

– разработка методов моделирования режимов и подрежимов СЭС большого топологического объема на основе применения табличных операторов, адекватных системам уравнений режимов СЭС;

– оценка состояния СЭС по данным телеизмерений (ТИ) и систем контроля и учета электроэнергии (СКУЭ) с учетом различий и наличия дефектов в составе ТИ с помощью ТМ.

В результате проведенного обзора научно-технической литературы [1 – 5], авторами сделан анализ современного состояния вопросов теории и методов анализа режимов СЭС.

Анализ показал, что основным в работе современного диспетчера СЭС и функциями имитационной модели является: наблюдение за состоянием объекта; диагностика и анализ различных ситуаций; планирование и выполнение действий по нормализации ситуации и принятие решений. Причем вся информация об операциях накапливается в соответствующих журналах и базах данных.

Выполнение всех этих функций, равно как и анализ режимов опирается на создание виртуальной имитационной модели (ВИМ).

Авторами предлагается общий подход к решаемым задачам на основе табличных методов и имитационных моделей [1, 4, 5].

Виртуальная имитационная модель (ВИМ) режимов и топологии СЭС использует концепцию единого информационно-топологического пространства (ЕИТП), которая реализуется с помощью табличных методов (ТМ) и широко распространенных в настоящее время в эксплуатации СЭС графических редакторов [1, 5].

Эта концепция включает в себя методологию, информационное и алгоритмическое обеспечение решения широкого круга технологических задач качественного и количественного анализа режимов и оценки состояния СЭС, которые выполняются с помощью информационно – аналитических и графических программных комплексов.

Здесь для схем, моделирующих СЭС, основным инструментом служат графические представления, построенные с помощью стандартных графических отображений элементов СЭС. В процессе их задания непосредственным образом строится ВИМ СЭС в виде таблицы, содержащей диспетчерские и цифровые обозначения (топологию), формальные данные (марки оборудования, длины ЛЭП и др.) элементов и расчетные параметры их схем замещения. Эти параметры автоматически формируются на основе сведений из базы данных по оборудованию.

На основе проведенного анализа известных работ [4, 5] и вышеперечисленных задач, возникающих при управлении СЭС, сформулированы основные положения виртуального ИМ СЭС и их режимов с помощью теоретико-множественного подхода, являющегося теоретической основой построения ЕИТП.

В качестве математического описания ЕИТП, не претендуя на исчерпывающую полноту, авторами предлагается имитационная модель СЭС в виде глобального информационно-топологического множества

$$M \rightarrow \{M_r, M_{ty}, M_{tk}, P_d, X_o, P_c, P_r, P_n, \dots\}, \quad (1)$$

представленного следующими подмножествами:

M_r – виртуальная графическая схема замещения, состоящая из множества графических изображений элементов СЭС, соединенных между собой в соответствие с реальным состоянием СЭС;

M_{ty}, M_{tk} – табличные структуры в виде топологических списков, построенные, соответственно, по узловому и контурному принципам;

P_d, X_o – паспортные данные и характеристики оборудования;

P_c – параметры схем замещения элементов СЭС, определенные в соответствие с P_d и X_o ;

P_r – параметры режимов СЭС, найденные с помощью расчетных процедур;

P_n, P_y – ИП режимов СЭС, переданные в информационную модель, соответственно, с помощью

средств ТИ, телесигнализации, а также средств учета электроэнергии, в частности, АСКУЭ.

Основным назначением множественного описания (1) является реализация ряда основных информационных и расчетных процессов ИМ, в полном объеме, которые представлены в работе.

Табличный метод (ТМ) описания электрической схемы заключается в представлении информации о схеме сети в виде списковых табличных операторов. Основными из них являются таблицы: узловых соединений (T_y); узловых характеристик (T_{yx}); контурных характеристик I и II рода ($T_{кх1}$, $T_{кх2}$) и др.

Эти таблицы строятся автоматически редактором при формировании графического изображения схемы, являясь составной частью ИМ, они дают возможность получить решения уравнений состояния СЭС без их составления и подготовки.

Авторами предлагается реализовывать табличные модификации основных методов анализа и расчета, установившихся режимов (УР) и токов короткого замыкания (КЗ), с помощью метода сопряженных градиентов (МСГ). При использовании имитационных моделей в промышленных масштабах объем данных, которые необходимо моделировать и анализировать, очень большой. Так, например, при моделировании городской сети в коммутационной сети (КС) число ТП и РП вместе с коммутационными аппаратами составляет несколько тысяч.

Управление нормальными и аварийными режимами в этом случае ограничивается тем, что оперативно-диспетчерский персонал (ОДП) не сможет использовать большинство собираемой информации из-за ее разнообразия, огромного количества и отсутствия ЕИТП, что делает бессмысленным само внедрение автоматизированных систем управления. Фактически они выполняют только функции измерения и хранения данных. В работе показано, что результаты расчета УР для СЭС, имеющих несколько ступеней номинальных напряжений, могут быть получены с использованием итерационных процедур метода Гаусса-Зейделя, Ньютона-Рафсона и градиентного метода с помощью ТМ без формирования соответствующих уравнений.

Уравнения режимов в таких сетях составлены с учетом того, что: задано положительное направление от узла начала ветви (УНВ) p к узлу конца ветви (УКВ) q ; продольное сопротивление ветви Z вычислено для ступени номинального напряжения сети, где находится УНВ p ; идеальный трансформатор принимается без потерь и находится всегда в УКВ; известен коэффициент трансформации \dot{K}_{pq} .

Сущность табличной модификации расчета УР по методу Гаусса-Зейделя состоит в использовании узловых уравнений, которые для произвольного узла p могут быть реализованы с помощью табличного оператора T_{yx} :

$$\dot{U}_p = \frac{T_{yx} \left\{ \sum_q \dot{K}_{pq} \dot{U}_q Y_{pq} + \sum_q K_{qp}^* \dot{U}_q Y_{qp} \right\}}{T_{yx} \left\{ \sum_q Y_{pq} + \sum_q \dot{K}_{qp}^2 Y_{qp} \right\}}. \quad (2)$$

В выражении (2) в числителе и знаменателе присутствуют по две суммы. В каждой паре сумм первая составляется по всем ветвям, для которых узел p является УНВ; вторая – по всем ветвям, для которых узел p является УКВ.

Самым целесообразным способом построения вычислительного процесса в этом случае представляется способ суммирования, при последовательном просмотре всех строк T_{yx} . При этом для каждого пакета узловых характеристик p производится набор сумм, участвующих в выражении (2) и вычисляется новое значение напряжения узла p .

По окончании просмотра T_{yx} оказываются определены напряжения во всех узлах схемы.

При построении итерационного процесса решения УР по методу Ньютона-Рафсона система нелинейных уравнений $W(X) = 0$, где переменными являются модули U и фазы δ напряжений узлов, а функция W соответствует узловым небалансам активной ΔP и реактивной ΔQ мощности на каждой i -ой итерации последовательно заменяется линейной системой, реализуемой с помощью табличного оператора T_y

$$T_y \left\{ \frac{\partial W}{\partial X} \cdot \Delta X^{(i)} = -W(X^{(i-1)}) \right\}, \quad (3)$$

где $X = \begin{bmatrix} \delta \\ U \end{bmatrix}, W = \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix}.$

Ее решения дают значения неизвестных X_i , более близкие к решению названной нелинейной системы, чем предыдущие приближения X_{i-1} .

Элементы матрицы Якоби – это частные производные небалансов активной и реактивной мощности по модулям и фазам напряжений узлов, которые в расчетной процедуре по методу Ньютона-Рафсона реализуются в табличной форме с помощью оператора T_y :

$$T_y \left\{ \frac{\partial W}{\partial X} = \begin{bmatrix} H & N \\ L & K \end{bmatrix} \right\},$$

где $H = \frac{\partial \Delta P}{\partial d}; N = \frac{\partial \Delta P}{\partial U}; L = \frac{\partial \Delta Q}{\partial \delta}; K = \frac{\partial \Delta Q}{\partial U}.$

При построении итерационного процесса по градиентному методу в системе нелинейных УУР, $W(X) = 0$, где вектор X и W и составлены из вещественных $U1, \Pi$ и мнимых $U2, I2$ значений узловых напряжений и токов, а функция W соответствует вещественным и мнимым значениям узловых небалансов по току. Вводится неотрицательный функционал $\phi = (W^* W_T)$, равный квадрату евклидовой длины вектора W . Здесь

обозначены символами « $\langle \rangle$ » - скалярное произведение векторов и « \top » - транспонирование.

На каждой $i+1$ -й итерации новые значения X_{i+1} находят в виде

$$X_{i+1} = X_i - T_y \text{grad}_X \phi t \quad (4)$$

с шагом t по вектору-антиградиенту, вычисленному в X_i , то есть по направлению наискорейшего спуска к абсолютному минимуму ϕ , соответствующему положению электрического равновесия по первому закону Кирхгофа для токов в узлах.

Это дает значения неизвестных X_{i+1} , более близкие к решению линейной системы, чем исходное приближение.

$$\begin{aligned} \text{grad}_{\tilde{I}_{\text{нб}}} \phi &= 2T_y \left\{ \left[\frac{\partial \tilde{I}_{\text{нб}}}{\partial U} \right] \cdot \tilde{I}_{\text{нб}} \right\} = \\ &= 2T_y \left\{ (\tilde{Y} \cdot \tilde{I}_{\text{нб}}) - 2D \left(\frac{\partial \tilde{J}}{\partial U} \cdot \tilde{I}_{\text{нб}} \right) \right\}, \end{aligned} \quad (5)$$

$\tilde{I}_{\text{нб}}$ - вектор узловых токов небаланса; \tilde{J} - вектор узловых задающих токов.

Сравнительный анализ рассмотренных методов, а также принципов построения и основных позиций алгоритмов по выражениям (2) - (5) с помощью табличных операторов T_{yx} и T_y , показал, что в них по определению вычисления проводятся только по реально существующим связям (ветвям), то есть арифметические операции с нулевыми элементами в отличие от процедур, построенных на основе матричных методов, полностью исключены. Для расчета режима КЗ в узловой форме в работе предлагается модификация МСГ непосредственно по T_y .

При решении УР в комплексной форме производится их эквивалентное преобразование к вещественному виду и умножение основной матрицы A системы на транспонированную матрицу, чтобы она стала симметричной и положительно определенной.

Предлагаемая модификация МСГ в эквивалентной вещественной форме позволяет сократить количество вычислительных операций в 2-4 раза по сравнению с комплексной формой.

Рассмотренные подходы к расчетам режимов КЗ и УР СЭС с использованием табличного способа описания ее топологической структуры, представляется возможным, реализовать в программном комплексе.

Авторами отмечается, что с помощью методов табличного анализа решаются задачи, часто возникающие в процессах имитационного моделирования и управления СЭС. Они связаны с расчетами подрежимов, отличающихся от режима, принятого за основной некоторыми изменениями параметров схемы и режима.

Характерными случаями этих изменений являются отключение существующих и подключение

новых ветвей схемы, перемещение точки КЗ по ветви, сети и др.

При этом нередко в расчетах возникают численная неустойчивость или полное расхождение результатов с предполагаемыми. Решение задач, связанных с этими изменениями возможно двумя способами: первый из них - изменение топологии сети. В результате перестраивается ВИМ, и по ней любым методом расчета режимов находится новое решение.

В качестве второго способа, прежде всего, для режимов КЗ в сложноразветвленных сетях для анализа подрежимов предлагается использовать метод наложения. В частности, хорошо известно, что с помощью этого метода действительный режим КЗ можно рассматривать как результат наложения собственно аварийного режима на предшествующий доаварийный.

При решении систем уравнений узловых напряжений и контурных токов, составленных в комплексной форме, с основными матрицами узловых проводимостей \underline{Y}_y и контурных сопротивлений \underline{Z}_k для них применяют общепринятое L-U разложение на произведение двух треугольных матриц.

С учетом слабого заполнения оно реализуется в так называемой упорядоченной форме (в виде табличных списков) для минимизации появления новых нулевых элементов.

Факт изменения основных матриц систем уравнений узловых напряжений и контурных токов в подрежимах очевиден.

В связи с этим авторами предлагается методика расчета подрежимов без изменений матриц \underline{Y}_y и \underline{Z}_k основного режима, но с их косвенным учетом с помощью метода наложения.

При этом становится возможной самую трудоемкую операцию L-U разложение для анализируемой расчетной схемы выполнить только один раз.

Расчетные процедуры учета в правых частях основной системы уравнений физических условий и изменений, связанных с моделированием подрежимов показывают, что по результатам решения систем уравнений с помощью L-U разложения, можно найти комплексный вектор токов ветвей $\dot{I}_{\text{и}}$ исходного режима, а далее - токораспределение $\dot{I}_{\text{р}}$ для подрежима, отличающегося, например, от исходного режима совместным отключением и подключением ветвей j, k, l, f .

Для этого на исходный режим (рис. 1) накладывается искусственный (рис. 2), в котором в отключаемых ветвях включены источники э.д.с. $\dot{E}_{\text{рj}}$, $\dot{E}_{\text{рк}}$, создающие в этих ветвях совместным действием токи $\dot{I}_{\text{рj}}$, $\dot{I}_{\text{рк}}$, равные по величине токам исход-

ного режима \dot{I}_{ij} , $\dot{I}_{ик}$, но противоположные по направлению.

В результате наложения искусственного режима на исходный, токи в ветвях j, k будут отсутствовать.

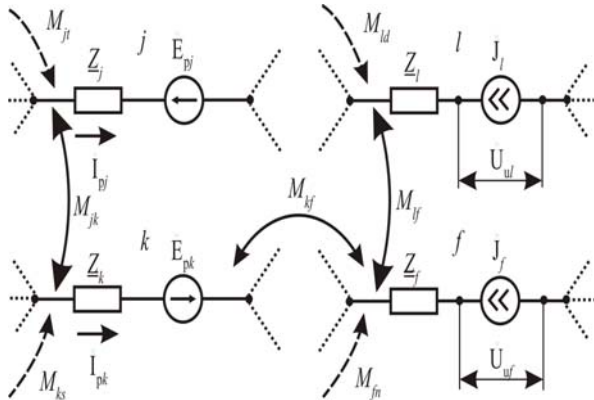


Рис. 1. Естественный режим

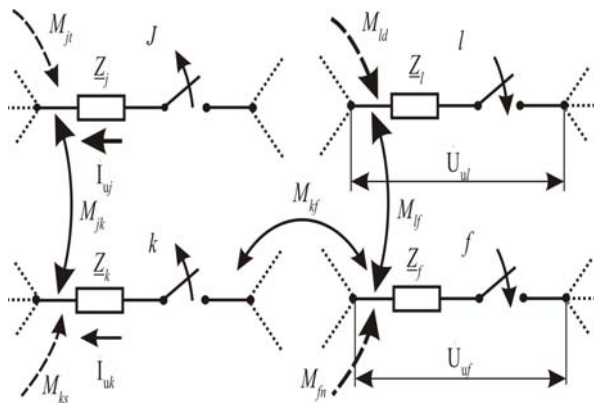


Рис. 2. Искусственный режим

В подключаемых ветвях вводятся источники тока \dot{J}_l, \dot{J}_f суммарное действие которых должно обеспечивать на каждом из них напряжение подключения $\dot{U}_{il}, \dot{U}_{if}$, равное тому, которое было между узлами подключения каждой новой ветви в исходном режиме.

При произвольном числе отключаемых n_o и подключаемых n_n ветвей система уравнений для определения значений э.д.с. и токов соответственно источников напряжения и тока может быть записана в матричном виде в комплексной форме

$$\left. \begin{aligned} \underline{Y}_{po} \dot{E}_{po} + \underline{K}_m \dot{J}_{pn} &= \dot{I}_{po} = -\dot{I}_u; \\ \underline{K}_n \dot{E}_{po} + \underline{Z}_{pn} \dot{J}_{pn} &= \dot{U}_{pn} = \dot{U}_u \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где \dot{I}_{po} – ток, создаваемый источником напряжения в искусственном режиме при отключении линии, равный по величине исходному току \dot{I}_u , но противоположный ему по направлению; \dot{U}_{pn} – напряжение на зажимах источника тока, вводимого в схему при подключении линии, равное исходному напряжению

\dot{U}_u ; \underline{Y}_{po} и \underline{Z}_{pn} – подматрицы узловых проводимостей и контурных сопротивлений при отключении и подключении линий соответственно; \dot{J}_{pn} и \dot{E}_{po} – источники тока и э.д.с при подключении и отключении линии, соответственно. Число уравнений в системе (6) равно $(n_o + n_n)$. Размерности векторов \dot{E}_{po} , \dot{I}_{po} и \dot{J}_{pn} , \dot{U}_{pn} , а также подматриц \underline{Y}_{po} и \underline{Z}_{pn} определяются соответственно числами n_o и n_n .

Подматрица \underline{K}_m , имеющая размерность (n_o, n_n) , определяет коэффициенты связей по току ветвей с источниками тока и ветвей с источниками напряжения, или, иначе говоря, между подключаемыми и отключаемыми ветвями.

Аналогично подматрица \underline{K}_n , имеющая размерность (n_n, n_o) , определяет коэффициенты связей по напряжению ветвей с источниками напряжения и ветвей с источниками тока, или между отключаемыми и подключаемыми ветвями.

Определение элементов подматриц \underline{Y}_{po} и \underline{Z}_{pn} производится по результатам расчетов парциальных режимов (ПР).

ПР определяются по тому же треугольному разложению основной матрицы сети.

При этом для наиболее простого случая, когда отключается одна ветвь, рассматривается искусственный режим, в котором все источники сети отключены, а в рассматриваемой сети включен единичный источник эдс, направленный против тока предшествующего режима.

Этот режим и получил название парциального. Теперь после решения для него основной системы уравнений, по соотношению предшествующего и парциального тока данной ветви определяется коэффициент пропорциональности, позволяющий получить значение эдс источника из граничного условия по равенству тока отключаемой ветви току предшествующего режима, а также все токи и напряжения от этого одного искусственного источника.

Накладывая этот режим на исходный, получаем ноль – отсутствие тока в отключенной ветви и, соответственно, токи и напряжения режима в новом состоянии сети. Аналогично источники тока определяются в ПР и для подключения ветвей, только в этом случае подключаются единичные источники тока, и определение граничных условий производится по напряжениям.

С использованием предлагаемых принципов в работе решаются и другие задачи: изменение параметров ветвей, в том числе и коэффициентов трансформации, подключение и отключение источников в сети, и изменение их режимного состояния, перемещение точки короткого замыкания по узлам и ветвям сети и т.д.

В результате решения системы (6) определяются значения э.д.с. и токов источников напряжения и

тока, являющиеся коэффициентами пропорциональности изменения величин токов парциальных режимов и токораспределение \dot{I}_c подрежима совместно го подключения и отключения ветвей:

$$\dot{I}_c = \dot{I}_u + \dot{E}_{pj} \dot{I}'_j + \dot{J}_{пl} \dot{I}'_l + \dots \quad (7)$$

Предлагаемая методика анализа подрежимов КЗ может быть реализована для ряда схем структурных объектов энергопотребления.

Выводы

В работе обоснована концепция взаимных переходов между реальной схемой электроснабжения и виртуальной информационной моделью, на основе таблично-топологических методов и единого информационно-топологического пространства, которые в 3-4 раза повышают оперативность управления топологически близкими режимами, и возрастает эффективность подготовки оперативно – диспетчерского персонала систем энергоснабжения.

Список литературы

1. Коротков Б.А. Алгоритмы имитационного моделирования переходных процессов в электрических системах / Б.А. Коротков, Е.Н. Попков. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1987. – 280 с.
2. Веников В.А. Кибернетические модели электрических систем / В.А. Веников. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 328 с.
3. Бут Д.А. Синтез автономных электроэнергетических систем / Д.А. Бут // *Электричество*. – 1994. – № 1. – С. 1-17.
4. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – М.: Наука, 1978. – 440 с.
5. Кавалеров Б.В. Выбор способа моделирования взаимодействия структурных элементов системы электроснабжения / Б.В. Кавалеров // *Наука, техника, инновации: Мат-лы докладов рег/ научн. конф. 5 – 8 декабря 2002 г., ч. 2.* – Новосибирск, 2002. – С. 137-138.

Поступила в редколлегию 25.02.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.Ф. Артюх, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков.

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯМ ЕНЕРГООБ'ЄКТІВ

П.Ф. Буданов, В.С. Лучков, Д.М. Шалигін, О.А. Комишанська, К.В. Помогаєв

Проведений аналіз сучасного стану питань імітаційного графоаналітичного динамічного представлення топологічних структур систем електропостачання на основі табличного моделювання і обґрунтована концепція взаємних переходів між реальною схемою електропостачання і віртуальною інформаційною моделлю, на основі таблично-топологічних методів і єдиного інформаційно-топологічного простору, які в 3 – 4 рази підвищують оперативність управління топологічно близькими режимами, і зростає ефективність підготовки оперативно-диспетчерського персоналу систем енергопостачання, а також для режимних і комутаційних імітаційних моделей науково обґрунтовані модифіковані методи вирішення завдань розрахунку сталих і аварійних режимів, що дозволяють оперативно вирішувати завдання якісного і кількісного аналізу і управління системою електропостачання і розширити можливості моделювання і диспетчерського управління.

Ключові слова: система електропостачання, інформаційна модель, імітаційна модель, інформаційно-топологічний простір, сталі і аварійні режими.

APPLICATION OF INFORMATIVELY-IMITATION MODELS IS IN CONTROL THE SYSTEM EKTROSABZHENIEM OF POWER OBJECTS

P.F. Budanov, V.S. Luchkov, D.N. Shalygin, E.A. Komyshanskaya, K.V. Pomogaev

The analysis of the modern state of questions of imitation graphic-analytical dynamic presentation of topology structures of the systems of power supply is conducted on the basis of tabular design and conception of mutual transitions is grounded between the real chart of электроснабжения and virtual informative model, on the basis of tabularly-topology methods and single informatively-topology space, which in 3 – 4 times promote a management operationability topology by the near modes, and efficiency of preparation of operatively-controller's personnel of the systems of energy supply increases, and also for regime and interconnect simulation models the modified methods are scientifically grounded decisions of tasks of calculation of the set and emergency modes, allowing operatively to decide the tasks of high-quality and quantitative analysis and management the system of power supply and extend possibilities of design and controller's management.

Keywords: system of power supply, informative model, simulation model, informatively-topology space, set and emergency modes.