

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

С. И. Бахур

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель
Научный руководитель В. Н. Галушко

Целью работы является решение актуальной научно-технической проблемы создания эффективного метода и средств исследования надежности сложных электрических систем (СЭС) сетей 0,4 кВ. Для достижения цели исследования поставлены и решены следующие задачи: разработан метод имитационного моделирования надежности СЭС сетей 0,4 кВ; разработан программно-технологический комплекс имитационного моделирования, обеспечивающий реализацию метода; апробирован разработанный метод имитации.

Авторами предложена математическая модель, позволяющая определить параметры надежности различных сложных электрических систем (СЭС) 0,4 кВ, с применением метода Монте-Карло.

В имитационной модели могут быть реализованы произвольные вероятностные закономерности надежности свойств элементов и воздействий на систему. Поэтому имитационное моделирование определено как наиболее универсальный метод исследования надежности систем.

Имитационное моделирование – метод научного исследования систем, для которого характерно воспроизведение (на ЭВМ) процессов функционирования элементов системы с сохранением их алгоритмов, причинно-следственных связей, последовательности протекания и вероятностного характера.

Многokrатно воспроизводя процесс функционирования имитационной модели системы до отказа, можно собрать статистический материал, достаточный для оценки интересующих показателей надежности системы с заданной точностью.

Основу имитационного моделирования составляет метод статистического моделирования (метод Монте-Карло). Использование имитационного моделирования для расчета надежности сложных технических систем основано на том, что процесс их функционирования представляется математической вероятностной моделью, отражающей в реальном масштабе времени все события, происходящие в системе.

Применение методов имитационного моделирования позволяет учитывать зависимые отказы, произвольные законы распределения случайных величин и другие факторы, влияющие на надежность.

Программа расчета показателей надежности состоит из главной части и отдельных логически самостоятельных блоков-подпрограмм. В главной части в соответствии с общей логической последовательностью расчета происходят обращения к подпрограммам специального назначения, расчет показателей надежности по известным формулам и анализ статистических результатов.

При расчете надежности СЭС применяется логико-вероятностный метод. Под высказыванием X понимается любое предложение, относительно которого можно утверждать, ложно оно или истинно без учета конкретного содержания. Переменная величина, которая устанавливает лишь два значения (1 и 0), называется двоичной. Функция, определяемая набором двоичных аргументов и принимающая лишь два значения (1 и 0), называется функцией алгебры логики.

Любую электрическую систему можно представить структурной схемой надежности (ССН), на которой оборудование заменяют элементом с определенными пара-

метрами надежности. В простейшем случае она представляет системы, которые образованы последовательно-параллельным включением элементов. Однако если структурная схема не является таковой, то решить ее общей аналитической моделью практически невозможно.

В свою очередь, ССН можно сопоставить графу, в котором один или несколько последовательно соединенных элементов представлены ребрами графа, а узлы схемы – вершинами графа (рис. 1).

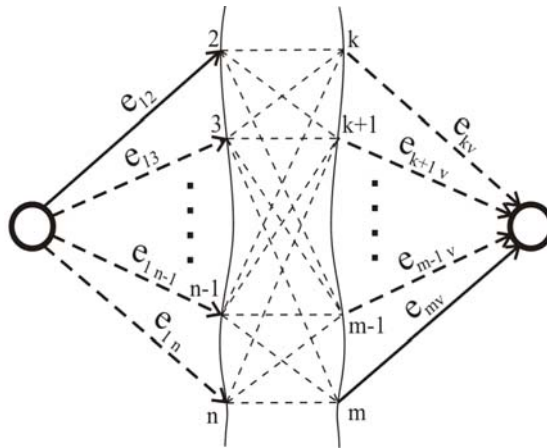


Рис. 1. Граф произвольной электрической системы с входной вершиной m и выходной n

В качестве входных вершин m выступают вторичные обмотки трансформаторов распределительных подстанций, выходными вершинами n – потребители электроэнергии (цеха, отдельные мощные электроприемники и пр.), узлы схемы – распределительные шкафы, ребра графа – линии электропитания 0,4 кВ.

На основании исходных данных составляется матрица надежности СЭС для различных вариантов. Каждая из ячеек матрицы надежности СЭС представляет собой вероятность безотказной работы для i -го трансформатора подстанции и j -го потребителя. При отсутствии связи между потребителем и трансформатором ячейка не заполняется.

При заполнении ячеек для оценки надежности данной информации используется графоаналитический (рис. 1) способ либо на основе последовательно-параллельных связей элементов используется приближенный метод преобразования треугольника в звезду и обратно. В качестве источника информации может быть использован комплекс автоматизированного диспетчерского управления и другие программы, использующиеся для анализа текущего электроснабжения.

После заполнения ячеек матрицы для каждого элемента ее содержимого, характеризующегося определенной вероятностью безотказной работы, с помощью генераторов псевдослучайных чисел на каждый элемент разыгрывается случайное число, определяющее его состояние. После розыгрыша каждый элемент системы принимает одно из двух логических значений: исправен ($a_i = 1$) или неисправен ($a_i = 0$).

На основе вышеизложенных методик была построена математическая модель определения показателей надежности сложных электрических систем.

Программный инструмент имитационной модели при анализе работоспособности системы позволяет моделировать отказ потребителя электрической энер-

гии, исходя из различных условий его эксплуатации (рис. 2). Для этой цели используются дополнительные элементы программы, реализованные в виде аналитических моделей определения показателей безотказности, функционирования восстанавливаемых или невозстанавливаемых объектов в программе Mathcad для различных законов распределения. В качестве наиболее значимых показателей безотказности используются следующие: вероятность безотказной работы, средняя наработка до отказа, средняя остаточная наработка до отказа.

Vas privetstvuyet programma ras4eta nadezhnosti elektri4eskix setei. Zapolnite dannie o potrebiteliah.

Ykazite koli4estvo ras4etnix elementov na kazdom potrebitele. Potom nazmite "Dobavit" i "Dalee"

TR: TM-1-160	Model/Imya potrebitelia:	Столярный цех	koli4estvo elementov:	7
TR: TM-1-160	Model/Imya potrebitelia:	Мех. мастерская	koli4estvo elementov:	7
TR: TM-1-160	Model/Imya potrebitelia:	Поселок	koli4estvo elementov:	7
TR: TM-1-160	Model/Imya potrebitelia:	Нептун	koli4estvo elementov:	7
TR: TM-1-160	Model/Imya potrebitelia:	Автоколонна	koli4estvo elementov:	7
TR: TM-1-160	Model/Imya potrebitelia:	Пилорама	koli4estvo elementov:	7
TR: TM-2-160	Model/Imya potrebitelia:	Растворный узел	koli4estvo elementov:	7
TR: TM-2-160	Model/Imya potrebitelia:	Резерв	koli4estvo elementov:	7
TR: TM-2-160	Model/Imya potrebitelia:	Резерв	koli4estvo elementov:	7
TR: TM-2-160	Model/Imya potrebitelia:	Склад цемента	koli4estvo elementov:	7
TR: TM-2-160	Model/Imya potrebitelia:	Компрессорная	koli4estvo elementov:	7
TR: TM-2-160	Model/Imya potrebitelia:	Резерв	koli4estvo elementov:	7
TR: TM-2-160	Model/Imya potrebitelia:	Конденсаторная	koli4estvo elementov:	7

Dobavit

Рис. 2. Пример реализации программного инструментария

Этап анализа результатов модельных экспериментов на имитационной модели СЭС при анализе различных альтернативных вариантов электроснабжения реализуется следующей последовательностью шагов: оценка надежности всей системы и каждого потребителя в отдельности с помощью множества откликов при изменении параметров процесса; выбор рационального варианта организации СЭС с точки зрения надежности; поиск «узких» мест в СЭС. Опишем технологию решения каждой задачи.

В качестве входных данных задаются: количество трансформаторов и потребителей; параметры элементов графа СЭС; данные о параметрах надежности элементов; количество проводимых автоматически модельных экспериментов. В качестве откликов ИМ использовались:

- вероятность безотказной работы для каждого источника и потребителя;
- вероятность безотказной работы для всех источников;
- вероятность безотказной работы для всех потребителей;
- вероятность безотказной работы для всей системы с учетом важности влияния каждого из элементов СЭС, за счет использования весовых коэффициентов.

При поиске «узких мест» исследовалось распределение «узких мест» для трех групп компонентов: источников, потребителей, вариантов организации СЭС.

Основные научные результаты данной работы заключаются в следующем:

1. Предложен метод имитационного моделирования надежности СЭС сетей 0,4 кВ.
2. Разработан программно-технологический комплекс имитационного моделирования, обеспечивающего реализацию метода.

3. Апробирована технология использования программно-технологического комплекса, обеспечивающая реализацию предложенного метода имитации функционирования СЭС.

Практическое применение программного инструментария заключается в оптимизации технических решений по обеспечению надежности при проектировании и эксплуатации сложных электрических систем. Результаты исследования позволяют: прогнозировать показатели надежности электрооборудования СЭС; установить «узкие места» в обеспечении надежности; разработать мероприятия по повышению эффективности функционирования электрооборудования.

КОМПЛЕКТНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД АСИНХРОННОГО С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ И ФАЗОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ НАПРЯЖЕНИЕМ В ЦЕПИ СТАТОРА В ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННОМ ИСПОЛНЕНИИ

А. С. Бутраменко, И. И. Бадьков, Д. П. Антипенко, А. Н. Михайлова

*Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет», г. Могилев, Беларусь*

Научный руководитель О. Н. Парфенович

В настоящее время в связи с возможностями микроэлектроники информационная подсистема (ИПС) электроприводов может обеспечить практически неограниченное количество функциональных операций с электродвигателем, причем, в блоке с достаточно небольшими размерами. Достижения в области IGBT и MOSFET технологий производства мощных транзисторов позволили значительно снизить и габаритные характеристики силового электронного блока, так называемой энергетической подсистемы (ЭПС) преобразователей. Как результат, электротехнические компании с началом нового столетия стали предлагать рынку электромехатронные (ЭМПТ) изделия, у которых подсистемы ИПС–ЭПС были совмещены в однокорпусной конструкции. Но дальше дело не пошло! Рынок не принял такие изделия. Сейчас предлагается преобразователи, системы управления и защиты устанавливать отдельно от электродвигателей. Почему? С нашей точки зрения, потому что, во-первых, стоимость ЭМПТ с преобразователем частоты в однокорпусном исполнении в 4–5 раз превышает стоимость электродвигателя (при этом окупаемость затрат весьма проблематична); во-вторых, потери электроэнергии непосредственно в электронном преобразователе частотно-регулируемого электропривода, работающего на модулируемой частоте 4–15 кГц, настолько значительны, что они дополнительно разогревают корпус электродвигателя, тем самым снижая его выходную мощность. Имеются также проблемы с электромагнитной совместимостью в одном корпусе подсистемы ИПС и ЭПС, работающих в среде широкого спектра мощных гармоник от коммутации силовых токов электродвигателя с частотой 4–15 кГц, что существенно влияет на надежность электропривода в целом. Здесь следует, пожалуй, отметить то, что к настоящему времени многие электротехнические компании, производящие силовую преобразовательную технику и электродвигатели, усиленно рекламируют и рекомендуют к применению в различных отраслях производства именно частотно-регулируемые (ПЧ) электроприводы, работающие на модулируемой частоте 4–15 кГц.

При этом обращается внимание прежде всего на возможность получения в таких системах сверх широкого диапазона регулирования скорости асинхронного электродвигателя, расширение функциональных возможностей электропривода в целом, и как один из примеров – «Установка в нагнетателях вместо дросселирования регулируемых электродвигателей дает экономию электроэнергии до 40–50 %, воды – до 10–15 %, тепла – до 20 %» [1].