

– каждый случай должен быть должным образом проанализированы с учетом характеристик, как двигателя, так и преобразователя, учитывая следующие параметры: рабочая частота, частота переключения, диапазон скоростей, нагрузка и мощность двигателя, суммарный коэффициент гармонических искажений и т.д.;

– увеличение частоты коммутации увеличивает КПД двигателя и снижает КПД инвертора (из-за увеличения потерь на переключениях силовых ключей).

Литература:

1. Дробов, А.В. Электрические машины : учеб. пособие / А. В. Дробов, В. Н. Галушко. – Минск: РИПО, 2015. – 292 с. : ил.

2. В. Н. Галушко, С. Г. Додолев; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 154 с.

УДК 621.3.019.3

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

ДРОБОВ А.В., аспирант, ГАЛУШКО В.Н.

Белорусский государственный университет транспорта,
г. Гомель, Республика Беларусь

Ключевые слова: имитационное моделирование, система электроснабжения, электрическая сеть, надежность систем электроснабжения.

Реферат: разработан метод имитационного моделирования надежности СЭС сетей 0,4 кВ; разработан программно-технологический комплекс имитационного моделирования, обеспечивающий реализацию метода.

Автором 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 надежностных свойств элементов и воздействий на систему. Поэтому стандарты [1] определяют имитационное моделирование в качестве наиболее универсального метода исследования надежности систем.

Другими достоинствами имитационного моделирования является возможность [2, 3]:

– визуального наблюдения за процессом функционирования системы в течение некоторого времени;

– рассматривать различные варианты системы, отвечающие различным сторонам функционирования и возможным структурным преобразованиям;

– имитировать большое число отказов аппаратных и программных средств, что практически неосуществимо при натурных испытаниях;

– создать во время испытаний всё множество технологических ситуаций;

– проводить испытания модели системы в ускоренном или замедленном машинном времени.

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 (детальное описание реализованных имитационных моделей представлено в справочнике [4]).

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

Время счёта показателей надёжности методом имитационного моделирования зависит от полного числа опытов N , числа рассматриваемых состояний СЭС, числа элементов в ней. Анализ сформированных состояний производится на протяжении всего рассматриваемого интервала времени T .

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

Описание имитационной модели. Любую электрическую систему можно представить структурной схемой надёжности (СН), на которой оборудование заменяют элементом с определёнными параметрами надёжности. В свою очередь СН можно сопоставить графу, в котором один или несколько последовательно соединённых элементов представлены ребрами графа, а узлы схемы – вершинами графа.

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 (кабельные, воздушные).

На основании исходных данных составляется матрица надёжности СЭС для различных вариантов в следующем виде (рисунок 1)

	1	2	...	n
1				
...				
m				

Рисунок 1 – Матрица надёжности СЭС

Каждая из ячеек матрицы надёжности 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 надёжности данной информации используется графоаналитический (рисунок 2) способ, либо на основе последовательно-параллельных связей элементов (для упрощения схем используется приближенный метод преобразования треугольника в звезду и обратно (рисунок 3)). В качестве источника информации может быть использован Комплекс автоматизированного диспетчерского управления (рисунок 4) и другие программы, использующиеся для анализа текущего электроснабжения.

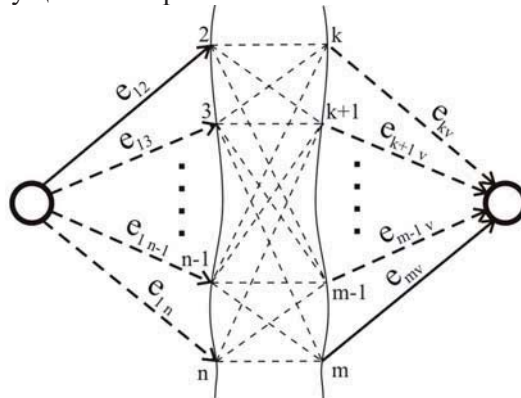


Рисунок 2 – Граф произвольной электрической системы с входной вершиной m и выходной n

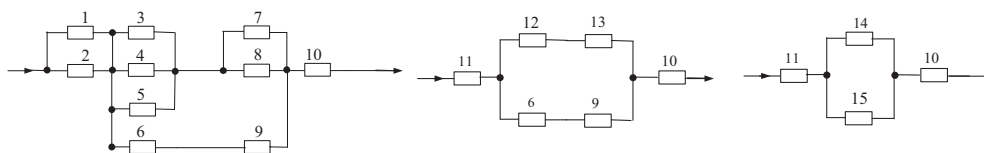


Рисунок 3 – Пример составления схемы замещения по надежности системы электроснабжения, состоящей из десяти элементов

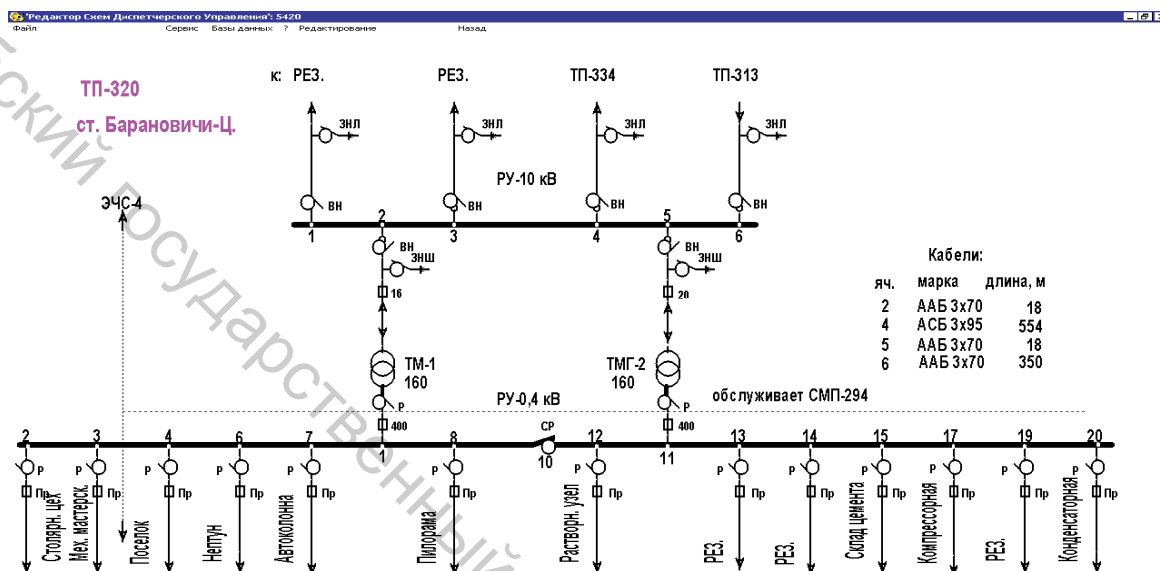


Рисунок 4 – Пример составления связи источник – потребитель на основе комплекса автоматизированного диспетчерского управления

Основные допущения при имитационном моделировании:

1 Перерывы электроснабжения, ликвидируемые работой автоматики (АПВ, АВР), не учитываются. Устройства релейной защиты считаются действующими безотказно.

2 Расчетные схемы для всех видов отключений составляются отдельно для каждого потребителя или (и) групп потребителей.

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.

Литература:

1. Жаднов, В. В. Современные проблемы автоматизации расчетов надежности / В. В. Жаднов, И. В. Жаднов, С. Н. Полесский // Надежность. – 2007. – № 2 (21). – С. 3–12.
2. Максимей, И. В. Имитационное моделирование на ЭВМ / И. В. Максимей. – М. : Радио и связь, 1988. – 232 с.
3. Сертификация и доказательство безопасности систем железнодорожной автоматики / под ред. Вл. В. Сапожникова. – М. : Транспорт, 1997. – 288 с.
4. Задачи и модели исследования операций. Ч.3. Технология имитации на ЭВМ и принятие решений : учеб. пособие / И. В. Максимей [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 1999. – 150 с.