

1. Определение совместно показателей структурной и функциональной надежности для интересующих объектов схем электрических соединений является естественным и продуктивным. Объединяющей и обобщающей при этом является структурная надежность, а функциональная увеличивает глубину знания о метрологическом наполнении интересующих объектов схемы. Усреднение показателей функциональной надежности, равно как и структурной осуществляется через показатели состояний схемы структурной надежности. Совместные показатели структурной и функциональной надежности дают полную и качественную оценку работы оборудования и схем электрических соединений.

2. Для расчетов показателей функциональной надежности необходимо знание законов распределения вероятностей (ЗРВ) математических моделей интересующих режимных задач как ФЗ от случайных аргументов (СА), что позволяет реализовать разработанный метод селекции границ интервалов входных и выходных данных (СГИД). Разработка математических моделей как ФЗ от СА является актуальной задачей функциональной надежности.

Список литературы:

1. Шмойлов А.В., Кривова Л.В., Стоянов Е.И., Игнатьев К.В. Вероятностный метод селекции границ интервалов данных для задач электроэнергетики. – Изв. ВУЗов «Проблемы энергетики», 2008, № 7 – 8/1. – с. 146 – 157.
2. Тимченко В.Ф.. Колебания нагрузки и обменной мощности энергосистем. – М.: Энергия, 1975. – 208 с.

Исследование проблемы всережимной верификации средств моделирования электроэнергетических систем

Суворов А.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Любая современная электроэнергетическая система (ЭЭС), образует большую, нелинейную, динамическую систему. Проектирование, исследование и эксплуатация таких систем является трудной задачей из-за сложности получения достоверной, в том числе своевременной, информации о процессах в оборудовании и ЭЭС в целом в нормальных, аварийных и послеаварийных режимах их работы. Получение этой информации путем натурных испытаний, за редким исключением, недопустимо, а из-за сложности ЭЭС невозможно полноценное физическое моделирование [1,2]. В результате основным направлением для получения необходимых сведений о процессах, протекающих в оборудовании и в ЭЭС в целом, является моделирование, преимущественно математическое, полнота, достоверность и оперативность которого зависит от двух факторов:

- Полноты и достоверности математических моделей всего значимого оборудования в ЭЭС;
- Способности средств решения осуществлять реализацию этих моделей с гарантированной точностью, на необходимом интервале и с необходимой оперативностью, в том числе в реальном времени.

Что касается первого фактора, то достигнутый уровень физико-математического представления нормальных и аномальных процессов позволяет в полной мере описать весь единый спектр квазиустановившихся и переходных процессов в оборудовании и в ЭЭС в целом. Однако, полученная математическая модель, даже с учетом допустимого частичного эквивалентирования, содержит жесткую, нелинейную систему дифференциальных уравнений высокого порядка. Для решения подобных систем дифференциальных уравнений используются численные методы интегрирования, применяемые во всех программах и программно-технических комплексах моделирования ЭЭС (Мустанг, Дакар, Евростаг, RTDS и др.). Применимость таких методов определяется ограничительными условиями, определяемыми теорией методов дискретизации дифференциальных уравнений, согласно которым подобные системы уравнений оказываются плохо обусловленными на условиях применимости численных методов интегрирования. Поэтому их удовлетворительное решение маловероятно, а для улучшения обусловленности необходимо снижать жесткость, дифференциальный порядок, нелинейность и уменьшать интервал решения, осуществимые только за счет декомпозиции режимов и процессов ЭЭС, упрощения математических моделей оборудования и ЭЭС в целом, а также сокращения интервала воспроизведения процессов. Кроме того, помимо указанных упрощений, численные методы всегда имеют методическую ошибку, которая остается неизвестной в процессе всего решения, а ее определение до сих пор является одной из фундаментальных проблем присущих

данным методам. В связи с высокой вероятностью получения недостоверных результатов моделирования, для особо ответственных расчетов, таких как расчет уставок релейной защиты и автоматики (РЗА), такие средства моделирования не применяются, а используются программные комплексы (АРМ СРЗА), с помощью которых рассчитываются установившиеся аварийные режимы. За счет целенаправленных допущений, связанных с исключением переходных процессов, возникает необходимость применять приближенную коррекцию результатов с помощью обобщенных коэффициентов. Ввиду вышеизложенного перспектива радикального решения проблем адекватности моделирования ЭЭС, с помощью используемых в настоящее время средств, не просматривается. Единственным способом получения приемлемых практических результатов, в определенном диапазоне процессов, посредством существующих программных комплексов является их надежная верификация. В настоящее время можно надежно и достоверно обеспечить верификацию расчетов установившихся режимов используя *достоверизированные* данные оперативно-измерительных комплексов ЭЭС, SCADA-систем и т.п. Проблема возникает с верификацией расчетов переходных процессов. Для получения данных о переходных процессах объявлена и постепенно реализуется программа РАО "ЕЭС России" о внедрении системы мониторинга переходных режимов (СМНР) [3], которая предполагает: установку аварийных регистраторов на всех значимых присоединениях ЭЭС, организацию информационно-управляющей системы по синхронному сбору и хранению получаемой информации. Данное мероприятие является весьма затратным и рассчитанным на длительный временной период, связанный с накоплением информации о всевозможных нормальных и аномальных процессах в оборудовании и в ЭЭС в целом. Одним из альтернативных направлений верификации существующих ПК представляется подход, основанный на сравнение существующих ПК со средствами, которые позволяют методически точно, с гарантированной инструментальной погрешностью, на неограниченном временном интервале решать системы дифференциальных уравнений любой жесткости, нелинейности и дифференциального порядка. Если весь непрерывный спектр всевозможных нормальных и аномальных процессов в ЭЭС воспроизводится в результате методически точного, непрерывного решения в реальном времени всегда одной и той же математической модели ЭЭС, то любой воспроизводимый установившийся режим является результатом решения этой математической модели и представляет собой одну из составляющих всевозможного нормального и аномального спектра процессов, в частности при частоте $f=50$ Гц. Так как происходит непрерывное, бездекомпозиционное, методически точное решение математической модели, то экспериментальную точность воспроизведения установившегося режима можно распространять на весь рабочий диапазон частот $0\div 1000$ Гц. При этом достоверность полученных экспериментальных результатов устанавливается путем сравнения с данными контрольных диспетчерских замеров установившегося режима любой реальной ЭЭС. Данным средством может выступать Всережимный моделирующий комплекс реального времени электроэнергетических систем (ВМК РВ ЭЭС), созданный на базе Энергетического института Томского политехнического университета [4].

Список литературы:

1. Веников В.А. Теория подобия и моделирование применительно к задачам электроэнергетики. – М.: Высш. шк., 1966. – 487с.
2. Щедрин Н.Н. Упрощение электрических систем при моделировании. – М. – Л.: Энергия, 1966. – 156с.
3. Приказ № 344 от 01.06.05 г. ОАО РАО «ЕЭС России» «О создании системы мониторинга переходных режимов ЭЭС/ОЭС».
4. Боровиков Ю. С., Гусев А. С., Сулайманов А. О. Принципы построения средств моделирования в реальном времени интеллектуальных энергосистем // Электричество. – 2012. – №6. – С.10 – 13.

Анализ показателей надежности выпрямительного диода МД1-950-44-Е в корпусе М.Е1.

Анисимов Н.С., Кравченко Е.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Современные полупроводниковые выпрямительные модули выдерживают средний переменный ток до 807А при температуре $+85^{\circ}\text{C}$ (частота 50Гц, в течение полупериода), напряжение до 2600В и имеют изолированный корпус с напряжением изоляции 3000В АС в течение 1 мин, соответствующий промышленным требованиям и стандартам