

Модели прогнозирования остаточного ресурса и оценки риска повреждений электрооборудования электростанций в условиях нечеткой информации при возмущениях в электроэнергетической системе (ЭЭС)

1. Номер государственной регистрации – 0107U002747, КВНТД 1.213.14.02 УДК 621.311

2. Научный руководитель - д.т.н., проф. Костерев Н.В

Результаты

Комплексное решение задач прогнозирования остаточного ресурса электрооборудования электростанций и подсистем ЭЭС и оценки риска снижения надежности электроснабжения при отказах электрооборудования происходит в условиях нечеткости, неполноты информации и практического отсутствием математического описания процессов в электрооборудовании для определения остаточного ресурса. Поэтому для решения задач работы использованы современные достижения в области искусственного интеллекта, в частности экспертные системы, центральным элементом которых является база знаний и механизм нечеткого логического вывода.

В работе предложены и обоснованы методы и модели для формирования базы знаний экспертной системы поддержки принятия решений по обеспечению надежности электроснабжения потребителей. В качестве интегрального показателя предложено использование риска нарушения электроснабжения, учитывающего вероятность отказа электрооборудования, вероятность возникновения аварийной ситуации по одному из сценариев, а также убытки экономического, материального и социального характера. В условиях ограниченного количества доступной информации и отсутствия математического описания процессов в электрооборудовании решение задачи осуществляется на основе нечетких моделей электрооборудования (выключателя и трансформатора). В качестве входных лингвистических переменных нечеткой модели выключателя принято механический и коммутационный ресурс, а в качестве выходной переменной - субъективная вероятность отказа выключателя (или сработанный ресурс). С целью повышения достоверности оценок результатов по нечеткой модели выключателя была выполнена параметрическая идентификация параметров функций принадлежности с использованием экспериментальной выборки. Сравнение результатов расчета вероятности отказа выключателя по нечеткой модели и реального технологического отказа показало высокую степень совпадения, подтверждающего адекватность нечеткой модели выключателя.

Разработана нечеткая модель послеремонтного состояния выключателя, которая позволяет определить восстановление изношенного ресурса после ремонта.

Для прогнозирования остаточного ресурса электрооборудования предложен нечеткий регрессионный анализ, при котором развитие изменения ресурса во времени представлено в виде нечеткого временного ряда, который представляет собой некоторую упорядоченную последовательность наблюдений над изменением во времени ресурса, при условии, что функция принадлежности остается неизменной. Согласно этому подходу нечеткие коэффициенты регрессионной модели определяются таким образом, что оцененный нечеткий выход имеет минимальный нечеткий разброс, который удовлетворяет заданной степени достоверности, которая задается как мера совместимости между исходными данными и моделью регрессии. Для подтверждения адекватности разработанных нечетких регрессионных моделей прогнозирования остаточного ресурса силового трансформатора на примере ТДН - 10000/110 Каневской ГЭС были выполнены расчеты остаточного ресурса по параметрам, которые определяются ФХАМ, которые показали, что срок истощения ресурса масляной изоляции силового трансформатора

составляет 4,2 года и определяется по динамике изменения тангенса угла диэлектрических потерь масла.

Для оценки риска эксплуатации электрооборудования системы собственных нужд электростанций разработана нечеткая модель и древовидные иерархические структурные схемы факторов риска, с помощью которых можно определить техническую и экономическую составляющую риска на каждом уровне иерархии, а также интегральный риск эксплуатации электрооборудования подсистем ЭЭС при агрегировании влияний отдельных групп параметров, и при поузловом агрегировании в условиях качественного и количественного представления параметров.

Предложенный подход для оценки вероятности возникновения КЗ и отказов электрооборудования на заданном интервале времени, который использует функцию распределения вероятности отказа электрооборудования на базе статистических данных генеральной совокупности отказов данного типа оборудования с уточнением индивидуальных характеристик конкретной единицы оборудования до момента наблюдения.

Достоверность полученных результатов подтверждается сравнением оценки технического состояния выключателей и трансформаторов, которые проводились с использованием нечетких моделей, с реальными эксплуатационными данными на Каневской ГЭС, Днепровской ГЭС, а также расчетами для узла нагрузки крупного промышленного предприятия.