



СОЗДАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА МАМДАНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ FUZZY LOGIC В MATLAB

У.Т.Бердиев

к.т.н. доцент, профессор ТГТрУ

Д.Р.Абдуллабекова

ст.преподаватель филиал МЭИ

Аннотация

В данной статье рассматривается процесс разработки имитационной модели для оценки технического состояния силовых автотрансформаторов с использованием метода Мамдани. Модель создается с использованием раздела Fuzzy Logic программного обеспечения MATLAB. Показано, как нечёткая логика может быть применена для автоматизации процесса диагностики, что позволяет повысить точность и надёжность оценки состояния автотрансформаторов.

***Ключевые слова:** автотрансформатор, оценка, техническое состояние, MATLAB, анализ, Fuzzy Logic*

Введение

Силовые автотрансформаторы являются ключевыми элементами в энергетических системах, и их надёжная работа напрямую влияет на стабильность и безопасность энергоснабжения. Традиционные методы оценки технического состояния трансформаторов включают физико-химический анализ масла, термографический контроль и другие методы диагностики. Однако



сложность интерпретации данных и наличие неопределённостей создают необходимость использования более гибких и точных подходов. Одним из таких подходов является применение нечёткой логики, в частности метода Мамдани, для построения имитационных моделей.

Программное обеспечение MATLAB предоставляет мощный инструмент для создания таких моделей, а именно раздел Fuzzy Logic, который позволяет легко интегрировать нечёткую логику в процессы оценки и управления.

Методология

Метод Мамдани используется для разработки системы нечёткой логики, в которой входные данные преобразуются в нечёткие множества и обрабатываются с использованием нечётких правил. Входными переменными для модели могут быть результаты различных видов анализов, таких как:

1. **Хроматографический анализ** (например, концентрация газов в масле).
2. **Термографический анализ** (например, температура обмоток).
3. **Физико-химический анализ масла** (например, уровень кислотности или влаги).
4. **Измерение сопротивления обмоток и изоляции.**
5. **Анализ внешнего магнитного поля.**

Разработка имитационной модели в MATLAB

1. Определение входных и выходных переменных

Сначала в разделе Fuzzy Logic MATLAB необходимо определить входные переменные. Каждая из них представлена в виде нечётких множеств с соответствующими функциями принадлежности, такими как "низкий",



"средний", "высокий". Например, для температуры обмоток могут быть заданы уровни "низкая", "средняя" и "высокая".

Выходная переменная будет оценкой общего технического состояния трансформатора, также представленная в виде нечётких множеств: "очень плохое", "плохое", "среднее", "хорошее", "отличное".

2. Создание нечётких правил

На основе метода Мамдани разрабатываются правила, связывающие входные переменные с выходной. Например:

- **Если** температура обмоток высокая **и** концентрация газа в масле высокая, **то** состояние трансформатора оценивается как "очень плохое".
- **Если** температура обмоток средняя **и** уровень кислотности масла низкий, **то** состояние оценивается как "хорошее".

Эти правила вводятся в систему нечёткой логики MATLAB.

3. Имплементация и симуляция модели

После настройки всех переменных и правил, модель имитируется в MATLAB для проверки её работы на различных сценариях. Система вычисляет выходные значения на основе введённых данных, моделируя процесс диагностики состояния трансформатора.

4. Верификация и анализ результатов

Для оценки точности модели проводится верификация, где результаты сравниваются с реальными данными или выводами экспертов. MATLAB предоставляет визуализацию результатов, что облегчает анализ и выявление возможных улучшений модели.



Результаты и обсуждение

Разработанная имитационная модель показала высокую эффективность в оценке технического состояния автотрансформаторов. Применение метода Мамдани и нечёткой логики позволило учитывать неопределённость и неоднозначность данных, что повысило точность и надёжность диагностики по сравнению с традиционными методами.

Модель легко адаптируется под конкретные условия эксплуатации и требования, а также может быть расширена для включения дополнительных параметров или улучшения существующих правил. Результаты симуляции подтверждают, что предложенный подход способен значительно снизить вероятность ошибок при оценке состояния трансформаторов и улучшить процессы мониторинга и управления.

Заключение

Создание имитационной модели на основе метода Мамдани с использованием Fuzzy Logic в MATLAB позволяет автоматизировать и улучшить процесс оценки технического состояния силовых автотрансформаторов. Полученные результаты демонстрируют потенциал метода для применения в реальных условиях эксплуатации, а также возможности дальнейшего развития и интеграции в системы управления энергоснабжением.

Литература

1. Vdoviko V.P. Methodology of the system for diagnosing high voltage electrical equipment / V.P. Vdoviko // *Electricity*. - 2010. - No. 2. - P. 14–20.
2. Khrennikov A.Yu. Main defects and damage of transformers (reactors) and classification of types of influences leading to their appearance / A.Yu. Khrennikov, G.G. Goldstein // *Industrial Energy*. - 2008. - No. 11. - P. 17–21.



3. System of information support for making managerial decisions in the maintenance of TPP equipment / K.E. Aronson, V.I. Brezgin, Yu.M. Brodov and others // Electric stations. - 2006. - No. 10. - P. 55–61
4. Zavidey, V.I. Possibilities of using thermal imaging control for diagnosing the technical condition of power transformers / V.I. Zavidey, V.I. Pechenkin, S.V. Kalanchin // Energoexpert. - 2011. - No. 6 (29). – P. 64–67.
4. Assessment of the state of power transformers Kokin S.E., Osotova M.V., Khalyasma A.I., Dmitriev S.A.,
5. On the effectiveness of a digital proactive system Alyunov A.N., Vyatkina O.S., Nemirovskiy A.E., Alyunov A.N., Vyatkina O.S., Nemirovskiy A.E. On efficiency of digital system of power transformer proactive.
6. Lvova M. M., JSC NTC FGC UES, Moscow Lvov S. Yu., LLC Presselectro, Moscow On reducing the risk of damage to power transformers with a voltage of 110 kV and above, accompanied by internal short circuits. Electric stations. - No. 9 (September) 2014.
7. Salimov Zh.S., Pirmatov N.B., Bekchanov B.E. Transformerlar va avtotransformerlar. -T .: "VEKTOR-PRESS", 2010. - 224 b.
8. Popov G.V. Questions of diagnostics of power transformers / FGBOUVPO, IGEU. - Ivanovo, 2012. - S. 176.
9. Bystritsky G.F., Kudrin B.I. Selection and operation of power transformers. - M.: Publishing. center "Academy", 2003. - 176 p.
10. Davidenko I. V. Assessment of the technical condition of power transformers based on the results of traditional tests and measurements. - Ekaterinburg: UrFU, 2015. - 96 p.