

Разработка диагностической модели обмотки трансформатора

Собовенко Кирилл Алексеевич

*Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема
магистрант*

Афанасьев Александр Петрович

*Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема
к.т.н., доцент кафедры технических дисциплин*

Аннотация

В статье рассмотрена методика оценки состояния и диагностики обмоток трансформатора, на основе контролируемых параметров разработана диагностическая модель для выявления неисправностей.

Ключевые слова: Обмотки трансформатора, неисправности, блок-схема, контролируемые параметры, диагностическая модель.

Development of the diagnostic model of the transformer winding

Sobovenko Kirill Alexeevich

*Sholom-Aleichem Priamursky State University
master student*

Afanasyev Alexander Petrovich

*Sholom-Aleichem Priamursky State University
Ph.D., Associate Professor of the Department of Technical Sciences*

Abstract

The technique of an estimation of a condition and diagnostics of transformer windings is considered, on the basis of controlled parameters the diagnostic model for revealing of faults is developed in the article.

Keywords:

Transformer winding, faults, controlled parameters, diagnostic model, block diagram.

Введение

В методику оценки состояния обмоток трансформатора входят следующие этапы:

1. Анализ неисправностей обмоток:
 - а) сбор информации об отказах;
 - б) выявление неисправностей и их причин.

2. Построение схем причинно-следственных связей неисправностей обмоток трансформатора, позволяющие связать неисправности и диагностируемые параметры;

Наиболее понятными и простыми в эксплуатации являются схемы причинно-следственных связей. Они позволяют наглядно проследить зависимость повреждения, неисправности и контролируемого параметра.

3. Выбор контролируемых параметров;

Контролируемые параметры позволяют с высокой точностью отследить наличие неисправности и предупредить выход из строя оборудования.

4. Выбор метода измерения и сбор данных измерений параметров обмоток трансформатора;

5. Установка допустимых уровней отклонения выбранных параметров;

6. Разработка диагностической модели:

а) разработка блок-схемы этапов диагностирования состояния обмоток трансформатора;

б) построение графа прохождения информации;

в) составление зависимостей, связывающих входную и выходную информацию по контролируемым параметрам.

7. Обработка результатов определения состояния обмоток и постановка диагноза;

8. Прогнозирование состояния обмоток трансформатора.

Разработка блок-схемы этапов диагностики

Способ построения диагностических моделей во многом определяется видом модели. В связи с большим разнообразием моделей электрооборудования существует множество различных способов их построения. Однако эти способы можно сгруппировать, учитывая их направленность и особенности.

Так, при построении непрерывной диагностической модели предусматривается большое число способов упрощения дифференциального или алгебраического сравнения высокого порядка, описывающего диагностируемое оборудование, до порядка, позволяющего описывать процессы с допустимой погрешностью.

Диагностическая модель должна отражать совокупность операций, выполняемых оборудованием и его отдельными частями в процессе функционирования. Такие модели рассматриваются как схемы связей между отдельными структурными единицами, диаграммы прохождения сигналов или алгоритмы функционирования.

Графические методы обладают большой наглядностью и служат как для непосредственного анализа, так и для иллюстрации аналитических методов. Эти методы полезны для исследования быстропротекающих процессов или характеристик оборудования. Среди графических методов особое место занимают методы, основанные на теории ориентированных или неориентированных графов.

Проанализировав неисправности и установив их взаимосвязь с контролируруемыми параметрами, была составлена блок-схема (рисунок 1).

Разработанная блок-схема показывает зависимость между проводимым испытанием, контролируемым параметром, который удовлетворяет или не удовлетворяет обнаружению неисправности, а также показывает цикличность испытаний. После измерения параметра мы проверяем, выходит ли он за границы работоспособности, если он выходит, происходит проверка дальнейших испытаний для определения неисправности. Если параметр не выходит за границы работоспособности, переходим к проверке следующего параметра.

На основе построенной блок-схемы (рисунок 1) можно составить блок-схему обнаружения неисправностей в обмотках трансформатора (рисунок 2). Эта блок-схема представляет собой схематическое изображение разработанной диагностической модели. Выявлены основные неисправности обмоток трансформатора: витковое замыкание, обрыв цепи, пробой, деформация обмоток.

В таблице 1 представлены значения контролируемых параметров, показывающие границы Δ для определения неисправностей.

Таблица 1 – Границы Δ

| Параметр | Границы для определения неисправности |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| $\Delta 1$, сопротивление обмоток постоянному току | 2% |
| $\Delta 2$, tg δ диэлектрических потерь | 1% |
| $\Delta 3$, потери х.х. | 5% |
| $\Delta 4$, сопротивление изоляции обмотки | 35 кВ и ниже – 1,3 МОм; 110 кВ и выше – 1,5-2 МОм |
| $\Delta 5$, сопротивление к.з. | 3% |

где $\Delta 1$, $\Delta 2$, $\Delta 3$, $\Delta 4$ – значения контролируемых параметров, полученные в ходе эксперимента.

Данная схема показывает прохождение всех этапов диагностирования до выявления результата. Блоки условий показывают, находятся ли отклонение в пределах работоспособности объекта.

Для блок-схемы, представленной на рисунке 2, был построен ориентированный граф, который будет иметь вид на рисунке 3. Связи с четными номерами свидетельствуют о том, что выхода за пределы нет, с нечетными номерами - выход за пределы имеется. Вершины показывают принадлежность к контролируемому параметру.

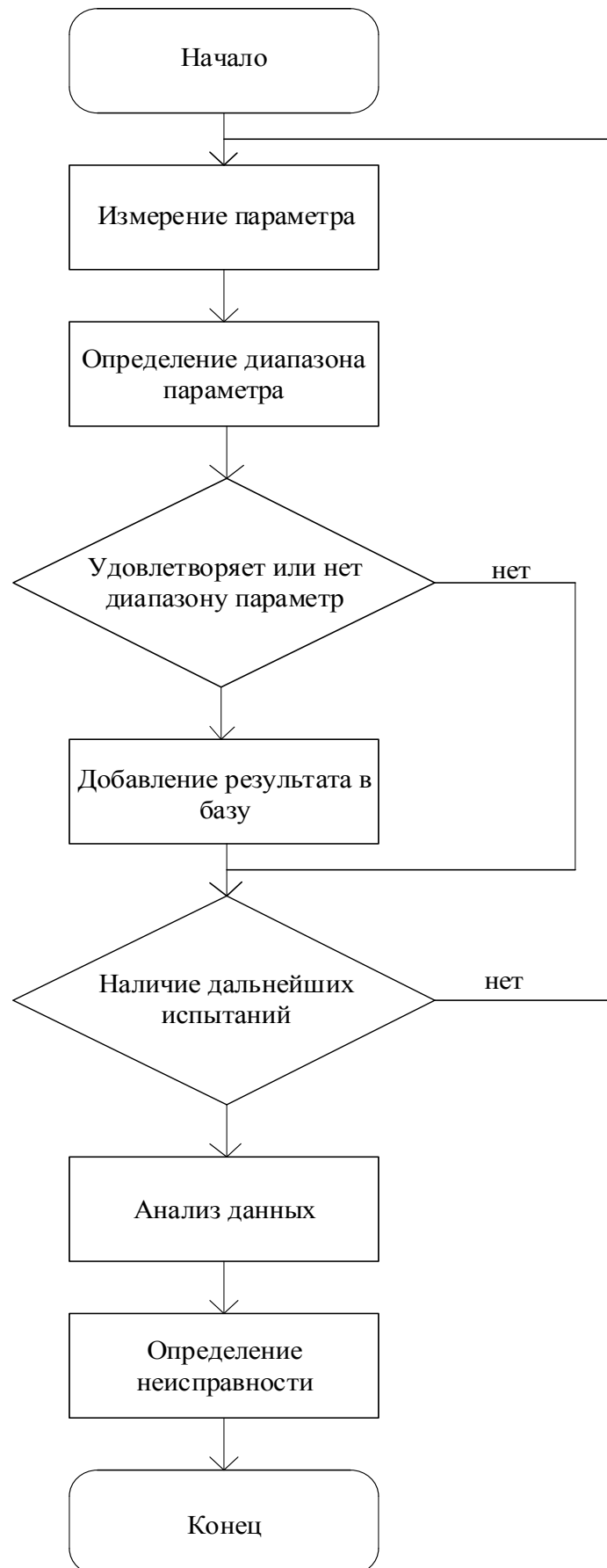


Рисунок 1 – Общая блок-схема

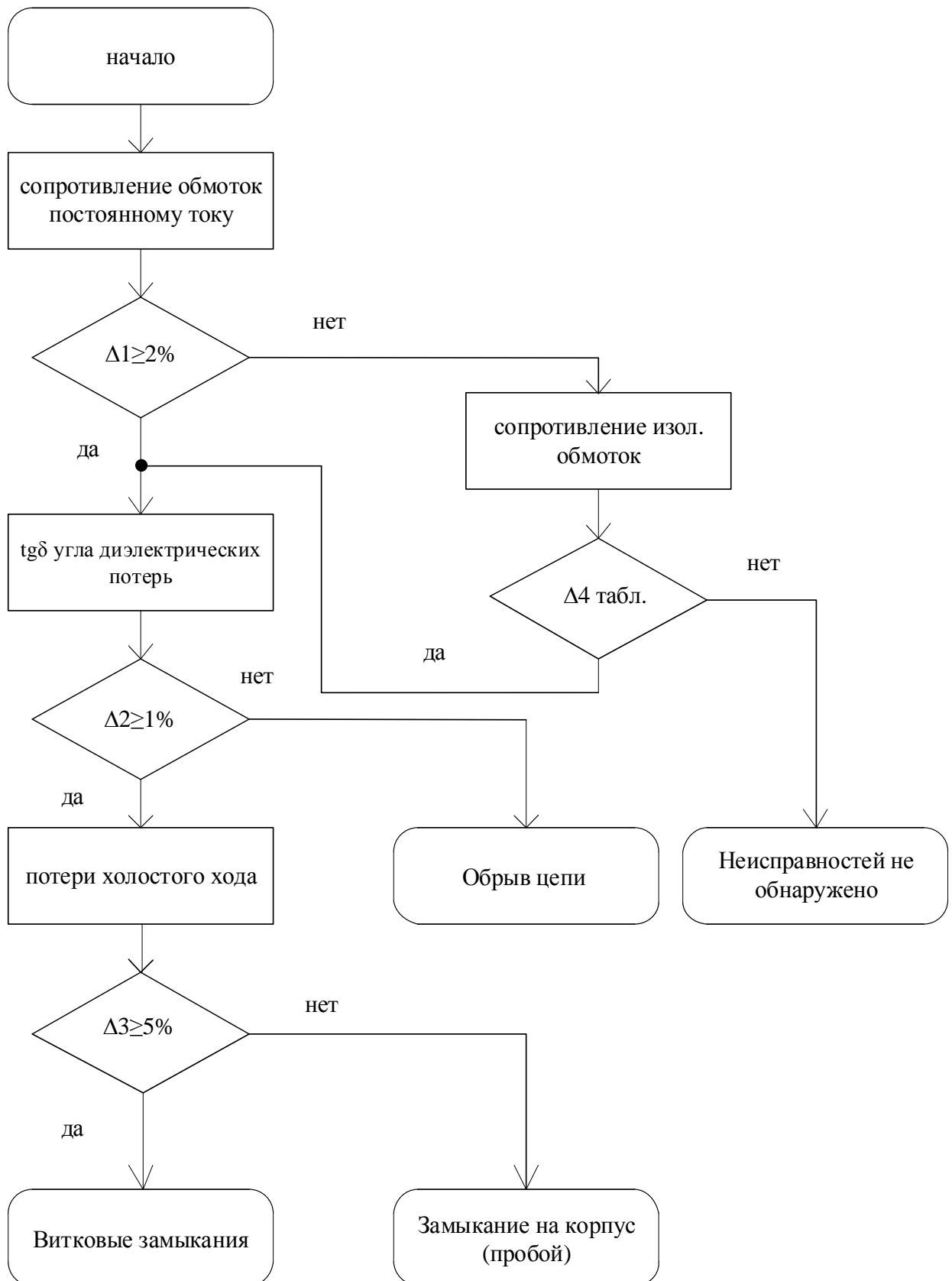


Рисунок 2 – Блок-схема определения неисправности

Граф-модель с ориентированными связями между параметрами позволяет наглядно определить необходимое количество испытаний для выявления контролируемых параметров.

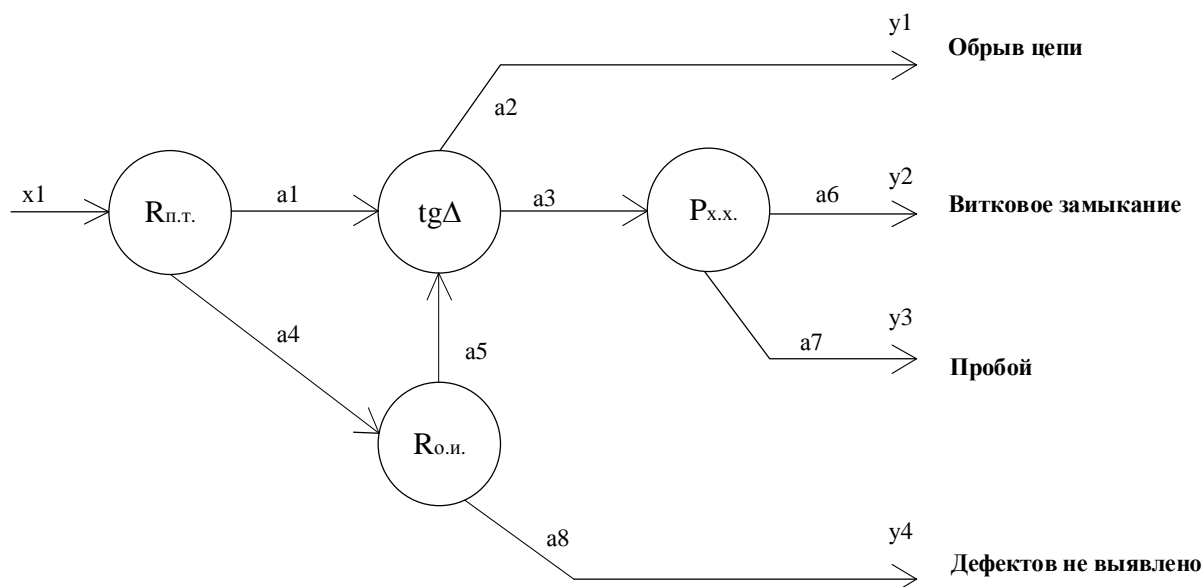


Рисунок 3 – Диагностическая модель

Обозначения на рисунке 3:

x1 – входной сигнал;

y1, y2, y3, y4 – выходные сигналы;

a1, a2, a3, a4, a5, a6, a7, a8 – значимость i-го элемента.

На основе спроектированной модели получим блок выражений:

$$\begin{cases} y1 = \Delta1 * a1 + \Delta2 * a2; \\ y2 = \Delta1 * a1 + \Delta2 * a3 + \Delta3 * a6; \\ y3 = \Delta1 * a4 + \Delta4 * a5 + \Delta2 * a3 + \Delta3 * a7; \\ y4 = \Delta1 * a4 + \Delta4 * a8 \end{cases}$$

Матрица является квадратной и имеет вид:

$$C = [c_{ij}], i = \overline{1, n}; j = \overline{1, n},$$

где n – число блоков.

$$c_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ когда блоки } i \text{ и } j \text{ непосредственно соединены,} \\ 0, \text{ когда блоки } i \text{ и } j \text{ непосредственно не соединены} \end{cases}$$

Строками в этой матрице служат конечные результаты уравнений (неисправности), столбцами – параметры диагностирования Δ.

$$C = \begin{vmatrix} \Delta 1 * a1 & \Delta 2 * a2 & 0 & 0 \\ \Delta 1 * a1 & \Delta 2 * a3 & \Delta 3 * a6 & 0 \\ \Delta 1 * a4 & \Delta 2 * a3 & \Delta 3 * a7 & \Delta 4 * a5 \\ \Delta 1 * a4 & 0 & 0 & \Delta 4 * a8 \end{vmatrix}$$

При обнаружении таких неисправностей, как: витковое замыкание и пробой, желательно производить проверку сопротивления короткого замыкания. При отклонении параметра Z_k можно судить о таком дефекте, как деформация обмоток (рисунок 4).

Деформация обмоток наступает из-за протекания сверхтоков и сопровождается обильным выделением тепла. При деформации обмоток повышается шанс возникновения дополнительных неисправностей в изоляции, а также в магнитопроводе.

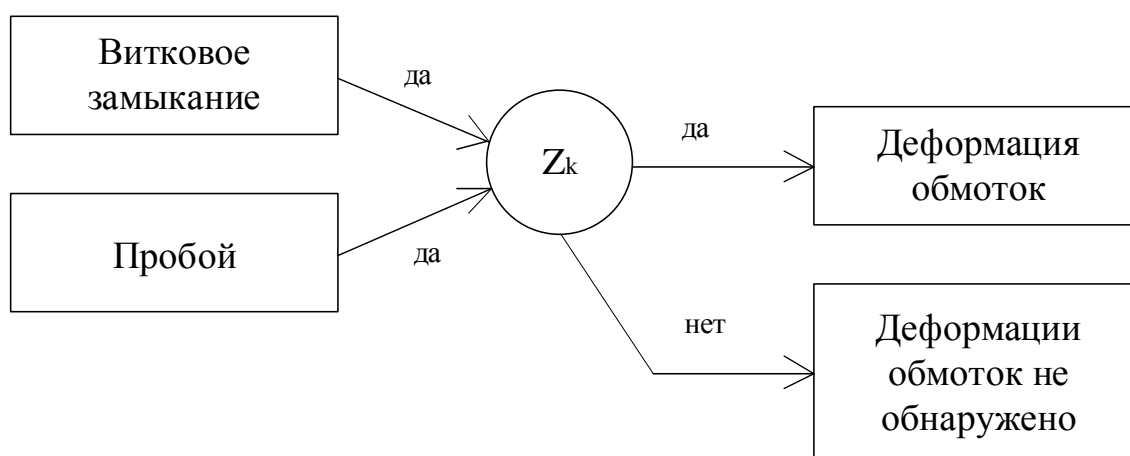


Рисунок 4 – Обнаружение деформации обмоток

Результаты имитационного эксперимента

Результаты эксперимента показали, что разработанная модель диагностирования выявляет основные неисправности в обмотках силовых трансформаторов: а) обрыв; б) пробой; в) витковое замыкание; г) деформация обмотки.

Библиографический список

1. Калявин В.П. Рыбаков Л.М. Надежность и диагностика элементов электрооборудования. СПб.: Элмор, 2009.
2. Калявин В.П. Рыбаков Л.М. Надежность и диагностика электроустановок. Йошкар-Ола: Марийский госуниверситет, 2000.
3. Соколов В. В., Цурпал С. В., Конов Ю. С., Короленко В. В. Определение деформаций обмоток крупных силовых трансформаторов. Электрические станции, 1988.
4. Ананьин А.Д., Михлин В.М., Габитов И.И. Диагностика и техническое обслуживание машин. М.: Академия, 2008.
5. Робишо Л., Буавер М., Робер Ж.: Направленные графы и их приложение к электрическим цепям и машинам, 1964.