

5 Парадигма применения в СМИБ законодательных, нормативных и договорных требований позволяет гибко и адаптивно выстраивать локальную правовую базу, регулирующую вопросы ИБ, в том числе путем имплементации требований национального законодательства.

6 Реализацией проекта внедрения СМИБ процесс поддержания надлежащего уровня ИБ в организации не заканчивается (методологией СМИБ предусмотрены систематические мероприятия по переоценке рисков ИБ и проведения внутренних аудитов на соответствие требованиям СТБ ISO/IEC 27001).

7 Подтверждение соответствия требованиям СТБ ISO/IEC 27001 в Национальной системе соответствия Республики Беларусь СМИБ, внедренной в деятельность Предприятия, позволит получить лицензию на право выполнения работ по проектированию, созданию и аудиту систем ИБ критически важных объектов информатизации, а также укрепить деловую репутацию и инвестиционную привлекательность.

Список литературы

1 Информационные технологии. Методы обеспечения безопасности. Общий обзор и словарь : СТБ ISO/IEC 27000-2024. – Введ. 25.10.2024 (с отменой на территории РБ СТБ ISO/IEC 27000-2012). – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2024. – 23 с.

2 Информационная безопасность, кибербезопасность и защита конфиденциальности. Требования : СТБ ISO/IEC 27001-2024. – Введ. 25.10.2024 (с отменой на территории РБ СТБ ISO/IEC 27001-2016). – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2024. – 19 с.

3 Информационная безопасность, кибербезопасность и защита конфиденциальности. Средства управления информационной безопасностью : СТБ ISO/IEC 27002-2024. – Введ. 25.10.2024 (с отменой на территории РБ СТБ ISO/IEC 27002-2012). – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2024. – 132 с.

4 Информационные технологии. Методы обеспечения безопасности. Руководство по внедрению системы менеджмента информационной безопасности : СТБ ISO/IEC 27003-2014. – Введ. 14.08.2014. – Минск : Науч.-исслед. ин-т техн. защиты информации. – 59 с.

5 Информационные технологии. Методы обеспечения безопасности. Менеджмент информационной безопасности. Измерения : СТБ ISO/IEC 27004-2014. – Введ. 14.08.2014. – Минск : Науч.-исслед. ин-т техн. защиты информации. – 53 с.

6 Информационная безопасность, кибербезопасность и защита конфиденциальности. Руководство по менеджменту рисков информационной безопасности : СТБ ISO/IEC 27005-2024. – Введ. 25.10.2024 (с отменой на территории РБ СТБ ISO/IEC 27005-2012). – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2024. – 56 с.

7 О лицензировании : Закон Респ. Беларусь от 14 окт. 2022 г. № 213-З // ЭТАЛОН : информ.-поисковая система (дата обращения: 10.09.2025).

8 О кибербезопасности : Указ Президента Респ. Беларусь, 14 февр. 2023 г., № 40 // ЭТАЛОН : информ.-поисковая система (дата обращения: 10.09.2025).

9 О некоторых мерах по совершенствованию защиты информации : Указ Президента Респ. Беларусь, 16 апр. 2013 г., № 196 : в ред. Указа Президента Респ. Беларусь от 09.12.2019 г. // ЭТАЛОН : информ.-поисковая система (дата обращения: 10.09.2025).

УДК 621.314

ДИАГНОСТИКА ПРЕДОТКАЗНОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ОСНОВЕ ЧАСТОТНОГО АНАЛИЗА

И. Л. ГРОМЫКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Для диагностики неисправностей трансформаторов в настоящее время существует много различных методов. В качестве информативных параметров используются частичные разряды, анализ растворенного газа, спектроскопия, индекс поляризации, коэффициент диэлектрической проницаемости [1], сопротивление изоляции, измерение напряжения восстановления, ток поляризации и деполяризации, анализ частотных характеристик (*frequency response analysis – FRA*) и др. В последнее время FRA привлекают всё больше внимания для обнаружения механических повреждений из-за его высокой чувствительности к деформациям обмоток трехфазных трансформаторов [2].

Для проведения частотного анализа использован метод трех вольтметров. Схемы подключения задающего генератора сигналов и вольтметров для опытов холостого хода и короткого замыкания приведены на рисунке 1.

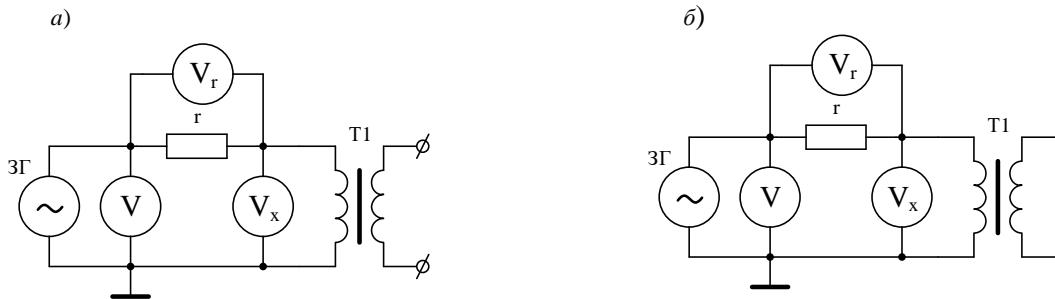


Рисунок 1 – Схемы подключения задающего генератора сигналов и вольтметров:
а – для опыта холостого хода; б – для опыта короткого замыкания

Для построения частотных характеристик используются четыре мультиметра В7-68 (один используется как частотомер, другие – как вольтметры), задающий генератор сигналов Г3-112 и высокочастотный резистор r на 4,5 Ом.

С помощью магазина измерительных сопротивлений выполнялось изменение сопротивления в широких пределах от (0,1 Ом до 100 кОм) для имитации межфазного замыкания обмоток (МФЗ) и предшествующих ему состояний.

На рисунке 2 представлены импедансные и фазочастотные характеристики трехфазного трансформатора ТМ-50/6 при МФЗ в режиме холостого хода для диапазона частот 0–100 кГц. Полученные изображения могут использоваться после нормировки в качестве исходных данных для искусственных нейронных сетей [3]. Особое внимание требуется уделить таким факторам в порядке их значимости, как форма фазовых характеристики, амплитуды резонансов, смещения резонансных частот и число резонансов, связав их с требуемой детализацией при классификации неисправностей.

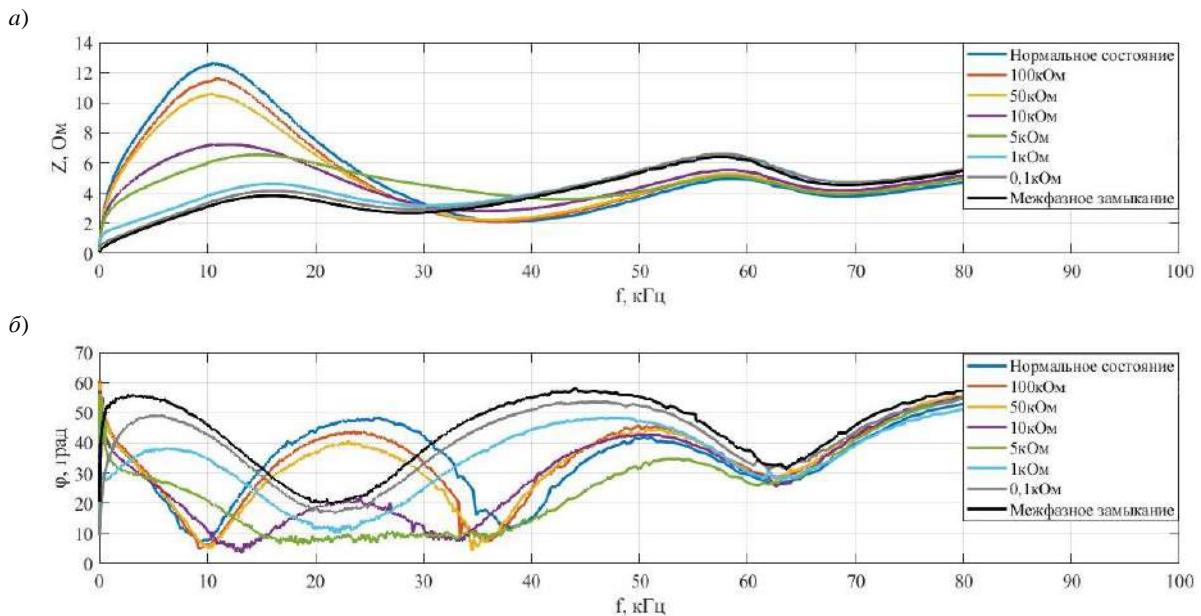


Рисунок 2 – Импедансные (а) и фазочастотные (б) характеристики при межфазном замыкании трансформатора

Из рисунка 2 можно сделать следующие выводы:

- наиболее значимые изменения присущи первой резонансной области до достижения частоты 30–50 кГц в зависимости от мощности трансформатора;
- амплитуда первой резонансной области импедансных характеристик снижается по мере уменьшения сопротивления до наступления полного МФЗ;
- фазочастотные характеристики отличаются значимым изменением формы кривой и сдвигом частоты в большую сторону для первой резонансной области.

Список литературы

- 1 **Behjat, V.** A new statistical approach to interpret power transformer frequency response analysis: Nonparametric statistical methods / V. Behjat, M. Mahvi, E. Rahimpour // 30th International Power System Conference (PSC), Tehran, Iran. – 2015. – P. 142–148. – DOI: 10.1109/IPSC.2015.7827740.
- 2 Evaluation of numerical indices for the assessment of transformer frequency response. IET Generation, Transmission & Distribution / M. H. Samimi, S. Tenbohlen, A. A. S. Akmal, H. Mohseni. – 2017. – Vol. 11, № 1. – P. 218–227. – DOI: 10.1049/iet-gtd.2016.0879.
- 3 **Громыко, И. Л.** Метод неразрушающего контроля состояния однофазных и трёхфазных трансформаторов на основе частотных характеристик / И. Л. Громыко, В. Н. Галушко // Приборы и методы измерений. – 2025. – Т. 16, № 2. – С. 58–167. – DOI: 10.21122/2220-9506-2025-16-2-158-167.

УДК 004.052.32+681.518.5

К ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ САМОДВОЙСТВЕННОСТИ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ НА ВЫХОДАХ ДИСКРЕТНЫХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ ЛОГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ СИГНАЛОВ И РАВНОВЕСНЫХ КОДОВ

Д. В. ЕФАНОВ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Российская Федерация

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

В ряде работ [1–3] показано, что одним из эффективных подходов к организации схем встроенного контроля (СВК) для дискретных устройств автоматики и вычислительной техники является использование сразу же нескольких диагностических признаков. При незначительном усложнении контрольного оборудования удается значительно повысить наблюдаемость ошибок на контрольных выходах СВК по сравнению с традиционными методами контроля по одному диагностическому признаку. В зависимости от элементной базы объекта диагностирования, конфигурации элементов и связей между ними, сложности реализуемых булевых функций на его выходах, видов неисправностей удается повысить показатели наблюдаемости в среднем на 25–40 %. Такой эффект объясняется импульсным режимом работы при подаче сигналов логического 0 и логической 1 в виде последовательностей импульсов 0101...01 и 1010...10 соответственно и дополнительным кодовым контролем вычислений. Естественно, это требует временной избыточности и специальной настройки работы устройств [4–6].

В [7, 8] обсуждаются вопросы применения равновесных кодов при организации СВК на основе ЛКС с дополнительным контролем вычислений по признаку самодвойственности булевых функций, описывающих контролируемые выходы. Предлагается для организации контроля вычислений таким образом использовать равновесные коды «*r* из *2r*» (*r/2r*-коды), где *r* – вес кодового слова, а *2r* = *n* – длина кодового слова (количество разрядов в нем). Среди равновесных кодов только такие коды можно использовать для организации контроля вычислений сразу же по двум диагностическим признакам. Это объясняется тем фактом, что множество кодовых слов *r/2r*-кодов содержит пары ортогональных по всем разрядам кодовых слов. Именно поэтому данные коды и можно применить при организации СВК по двум диагностическим признакам.

Среди равновесных кодов вида *r/2r* можно выделить коды 2/4, 3/6, 4/8, 5/10 и т. д. Мощности *N* множеств кодовых слов данных кодов образуют такую последовательность: 6, 20, 70, 252, Это последовательность центральных биномиальных коэффициентов (A000984 в последовательности Слоана [9]). С ростом *n* существенно растет мощность множества кодовых слов равновесного кода, что приводит и к росту сложности тестера. Кроме того, в общем случае при синтезе СВК по двум диагностическим признакам требуется учитывать ограничение $2^t \geq C_{2r}^r$, где $t \in \mathbb{N}$ – число входов объекта диагностирования. Это равносильно условию $t \geq \log_2 C_{2r}^r$. В противном случае не удастся сгенерировать полное множество кодовых слов кода *r/2r*. Здесь возникает ограничение числа входов *t_{min}* объекта диагностирования для применения контроля вычислений по нескольким диагностическим признакам (таблица 1).