

IV. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА (ОБЩИЕ ВОПРОСЫ)

СРАВНЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МЕТОДА НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ И FRAX-150

А.С. Семенов, магистрант
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
г. Томск, Россия,
sayal@sibmail.com

Для диагностики механического состояния обмоток трансформаторов известны два метода: метод спектрального анализа [1] и метод наносекундных импульсов [2]. Наиболее популярным в данное время является метод анализа амплитудно-частотных характеристик (FRA). Для диагностики этим методом разными фирмами выпускаются соответствующие приборы. Наиболее распространенным в нашей стране является прибор фирмы «Megger» FRAX-150 [3]. В качестве альтернативы методу амплитудно-частотного анализа в ТПУ на кафедре ЭЭС разрабатывается метод наносекундных импульсов. В качестве генератора наносекундных импульсов используется кабельный генератор по схеме Введенского типа «НАНОТЕСТ-1». Необходимо знать чувствительность этих приборов к различным дефектам обмоток трансформатора. В данной работе поставлена цель, сравнить чувствительность «FRAX-150» и «Нанотест-1» к межвитковым замыканиям.

Суть метода диагностики измерительным прибором FRAX-150 заключается в подаче синусоидального сигнала амплитудой 10 В в диапазоне частот от 1 Гц до 2 МГц на одну из обмоток трансформатора и регистрируется сигнал-отклик на другой обмотке трансформатора. Измерительный комплекс осуществляет регистрацию амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) системы двух обмоток трансформатора, которая анализируется электронной схемой прибора и представляется графически на экране встроенного дисплея в диапазоне частот FRAX-150.

Принцип диагностики методом наносекундных импульсов заключается в подаче на одну из обмоток трансформатора прямоугольного наносекундного импульса, в нашем случае от генератора типа «Нанотест-1», и регистрации на осциллографе сигнала-отклика с другой обмотки трансформатора. Используемый генератор «Нанотест-1» позволяет формировать на согласованной нагрузке 75 Ом импульс без отражений амплитудой до 200 В, длительностью фронта и спада ~10 нс и длительностью импульса ~400 нс.

Эксперименты проводились на физической модели силового трехфазного двухобмоточного трансформатора. С числом витков на обмотке высокого напряжения 120 и с числом на обмотке низкого напряжения 20 витков. Каждая обмотка содержит отпайки для искусственного создания дефектов и подключения к ним, приборов диагностики.

Схема эксперимента при использовании FRAX-150 приведена на рис. 1. К диагностируемому трансформатору к одной из обмоток от FRAX-150 по двум коаксиальным кабелям типа РК-50-3 длиной 7 м подводятся диагностирующие сигналы, с одной из других обмоток трансформатора снимается сигнал-отклик посредством коаксиального кабеля типа

РК-50-3 длиной 7 м. АЧХ регистрируется FRAX-150 и может быть сохранена в цифровом виде для последующей визуализации и обработки в специальной программе «PDDP» (" Program of digital data processing") [3]. Форма амплитудно-частотной характеристики при подаче сигнала на обмотку «А» и регистрации с обмотки «а» приведена на рис. 2.

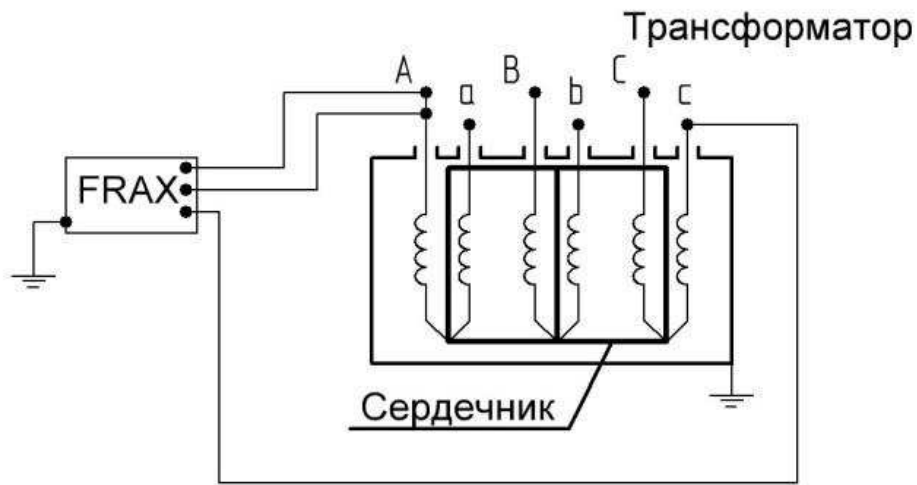


Рисунок 1. Схема эксперимента с FRAX-150

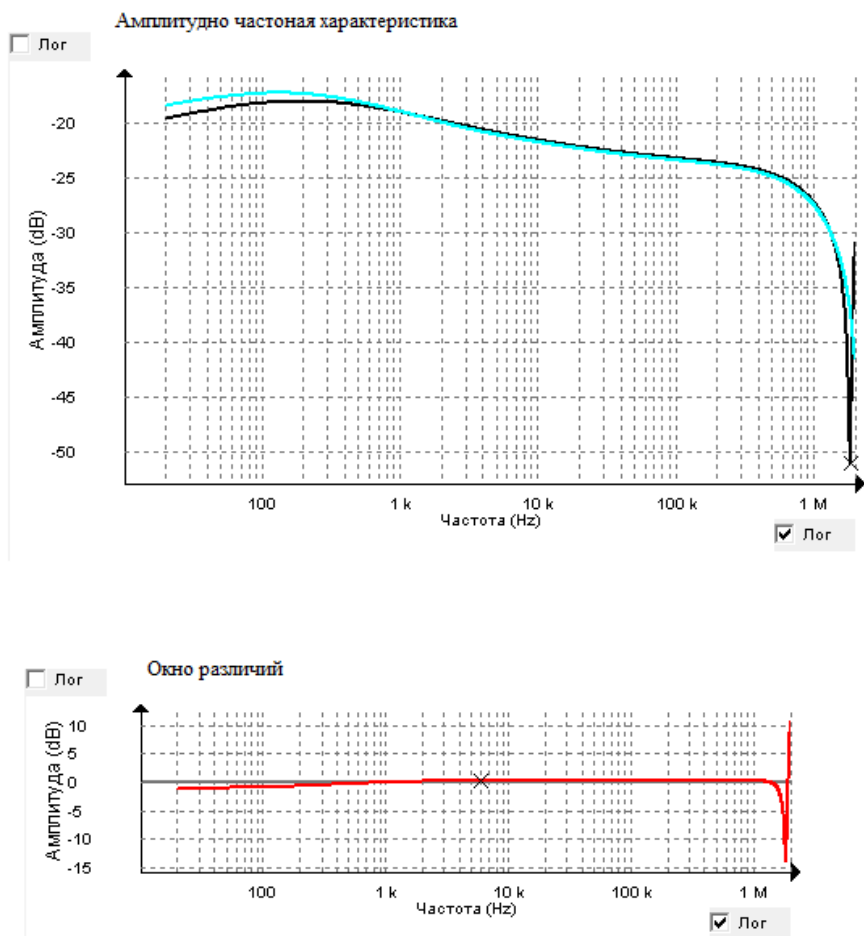


Рисунок 2. Характеристики, полученные с помощью FRAX-150: амплитудно-частотная характеристика черного цвета – обмотки без дефектов; кривая синего цвета – высоковольтная обмотка с дефектом (замкнуты 24 витка)

Схема эксперимента при использовании метода наносекундных импульсов приведена на рис. 3. Зондирующий импульс от генератора "Нанотест-1" подается на одну из обмоток трансформатора кабелем типа РК-50-3 длиной 7 м. С этой же точки от обмотки другим кабелем РК-50-3 сигнал передается на второй канал осциллографа №1. Сигнал-отклик с низковольтной обмотки трансформатора подается на другой осциллограф кабелем РК-50-3. Для контроля качества подаваемого импульса на канал №1 осциллографа №1 заводится контрольный импульс от генератора. Форма сигнала на обмотке «А» приведена на рис. 4, сигнал-отклик с обмотки «а» приведен на рис. 5. Для сравнения степени отличия сигналов-откликов при разных состояний обмоток применялась специальная программа "PDDP" [3].

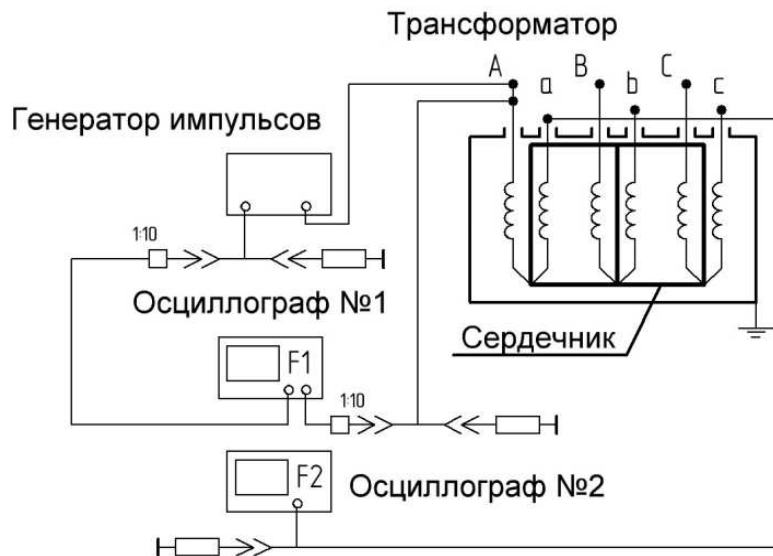


Рисунок 3. Схема эксперимента с «Нанотест-1»

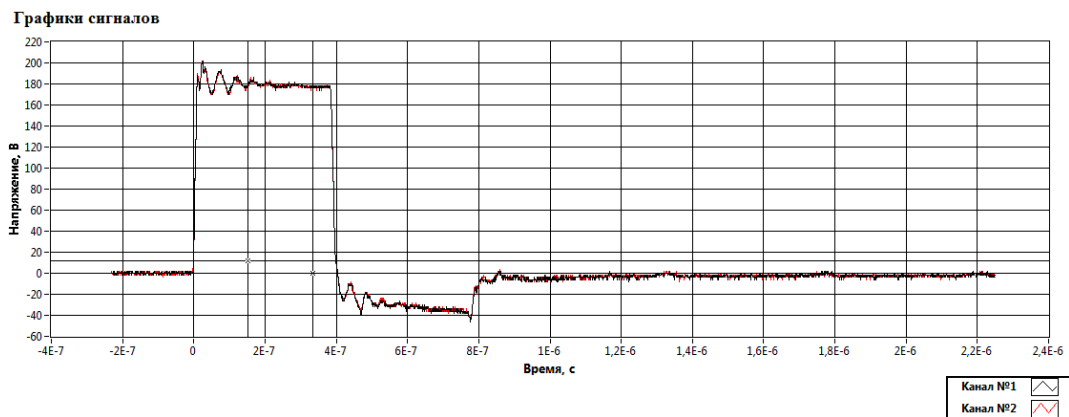
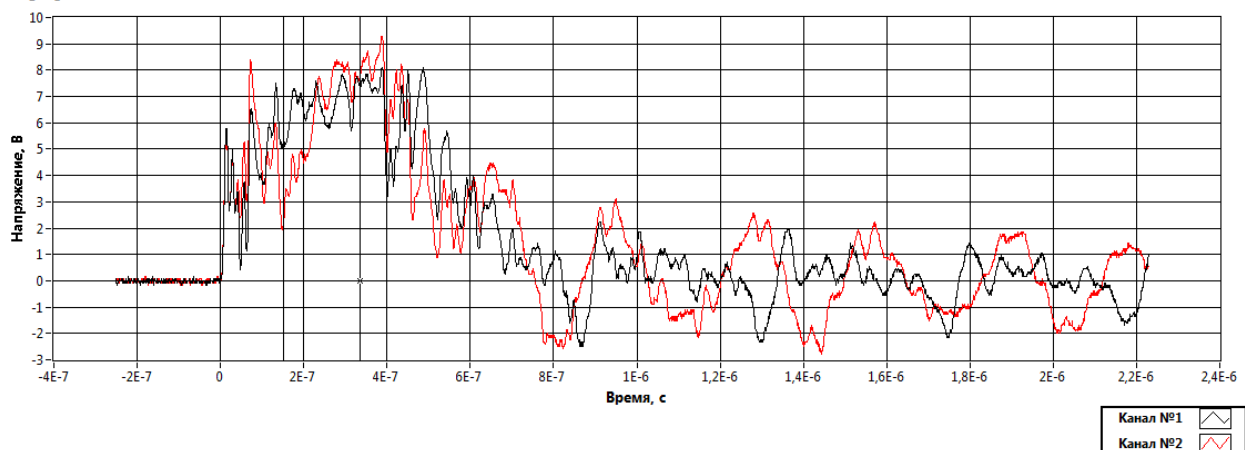


Рисунок 4. Форма зондирующего сигнала

Для сравнительной оценки чувствительности двух методов диагностики на обмотках смоделированы замыкания между 24, 12 и 6 витками. Для примера, на рисунках 4 и 5 приведены результаты анализа откликов, без дефекта и с замыканием на 24 витка.

Графики сигналов



Разность сигналов

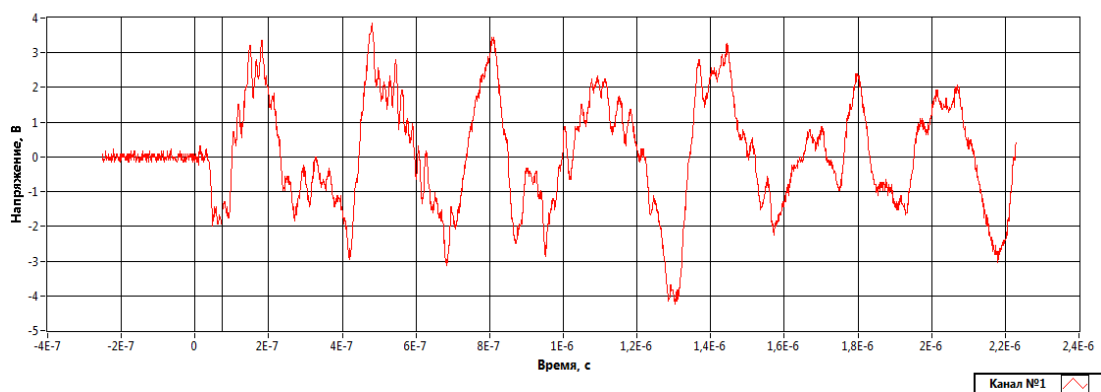


Рисунок 5. Характеристики, полученные методом наносекундных импульсов

На рисунке 5 кривая характеристика черного цвета является кривой трансформатора без дефектов, кривая красного цвета – сигнал отклика с замыканием между 24 витками обмотки высокого напряжения.

В таблице 1 в относительных единицах приведены результаты сравнения чувствительности методом наносекундных импульсов при подаче зондирующего импульса на обмотку фазы «А» и регистрации сигнала-отклика на обмотке «а».

Таблица 1. Чувствительность метода наносекундных импульсов

Опыт	«Нанотест-1»			
	отн. ед.	отн. ед.	отн. ед.	отн. ед.
Состояние обмоток	Без дефекта	Замкнуты витки		
		24	12	6
«А-а»	0,08	0,34	0,31	0,24

Аналогичные результаты для экспериментов с FRAX-150 приведены в таблице 2.

Таблица 2. Чувствительность метода АЧХ

Опыт	«FRAX-150»			
Единицы измерения	отн. ед.	отн. ед.	отн. ед.	отн. ед.
Состояние обмоток	Без дефекта	Замкнуты витки		
		24	12	6
«А-а»	0	0,21	0,11	0,06

Вывод

Проведенные исследования показывают, что методом наносекундных импульсов с применением генератора «Нанотест-1» достигается более высокая чувствительность к межвитковым замыканиям, по сравнению с прибором «FRAX-150».

Список литературы:

1. А.В. Хренников Методы диагностики механического состояния обмоток, журнал «Новости электротехники» №3 (57), 2009 год.
2. Lavrinovich V.A., Isaev Y.N., Mytnikov A.V. Advanced Control State Technology of Transformer Windings. – International Journal on "Technical and Physical Problems of Electrical Engineering", Published by International Organization of IO TPE. December 2013, Issue 17, Volume 5, Number 4, Pages 94–98.
3. <http://www.electropergam.ru/search.html>.
4. Лавринович А.В., Васильева О.В. Цифровая обработка осциллограмм по результатам диагностики силового трансформатора в среде LabView, журнал «Современные проблемы науки и образования» №6, 2013 г.