

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ИСТОЧНИКА ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6–10 кВ

А. Х. Мусин, А. А. Зарубин

Рассмотрены вопросы компьютерного моделирования режимов работы источника зондирующих сигналов для непрерывного контроля изоляции электрических сетей 6–10 кВ, имеющих целью выявление зон устойчивой работы резонансного контура, определение его нагрузочной способности, оптимизация режимных и весогабаритных параметров. Моделирование осуществлялось в программной среде MatLab.

Ключевые слова: источник зондирующих сигналов, контроль изоляции, MatLab.

Эффективная работа распределительных электрических сетей напряжением 6–10 кВ обеспечивается комплексом различных мероприятий. Одним из новых мероприятий является осуществление непрерывного контроля изоляции электрической сети, предложенное в [1]. Суть мероприятия заключается в том, что в контролируруемую электрическую сеть непрерывно посылаются зондирующие электрические сигналы от специального источника напряжения, названного авторами «источником зондирующих сигналов» (ИЗС). ИЗС подключается между нейтральной точкой электрической сети и землёй. Под действием напряжения ИЗС через изоляцию электрической сети протекает некоторый ток утечки. При ухудшении изоляции ток утечки возрастает пропорционально степени ухудшения. Таким образом, контролируя ток утечки, можно судить о состоянии изоляции.

ИЗС представляет собой колебательный контур, работающий в режиме параметрического резонанса (рисунок 1).

Модулируемым во времени (переменным) параметром такого контура является индуктивность, которая представляет собой обмотку со стальным сердечником.

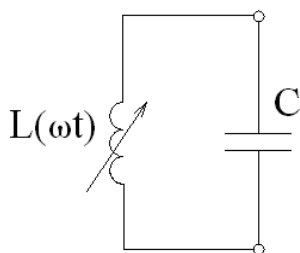


Рисунок 1 – Схема замещения колебательного контура ИЗС

Степень намагниченности сердечника периодически изменяется во времени при помощи схемы на рисунке 2. Схема содержит два одинаковых трансформатора с обмотками: W_1 – первичная, W_2 – вторичная. Первичные обмотки соединяются последовательно встречно, вторичные – последовательно согласованно.

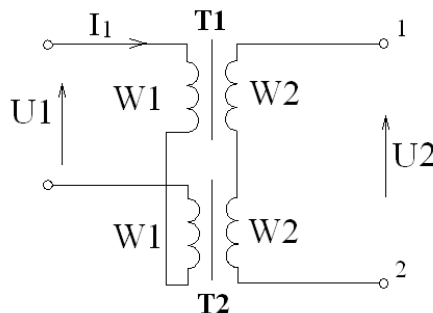


Рисунок 2 – Схема включения трансформаторов ИЗС

На первичные обмотки подаётся напряжение U_1 частотой 50 Гц. Степень намагниченности сердечника периодически изменяется во времени под действием тока I_1 . Вторичное напряжение U_2 равно нулю. Индуктивность вторичной обмотки относительно клемм 1 и 2 является переменной во времени.

Целью излагаемого в данной статье моделирования является выявление зон устойчивой работы резонансного контура, определение его нагрузочной способности, оптимизация режимных и весогабаритных параметров. Моделирование осуществлялось в виртуальной форме в программной среде MatLab.

Параметры трансформаторов T_1 и T_2 (рисунок 2) приняты следующими:

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ИСТОЧНИКА ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ
ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ
НАПРЯЖЕНИЕМ 6–10 кВ**

- количество витков первичной обмотки W_1 – 112;
 - площадь сечения магнитопровода S – 48 см²;
 - длина средней силовой линии l – 0,84 м;
 Исследовались три различные модели ИЗС, отличающиеся количеством витков вторичной обмотки W_2 :

Номер модели	Количество витков W_2
1	250
2	500
3	1000

Характеристика намагничивания магнитопровода ИЗС представлена в таблице 1 и на рисунке 3.

В ходе исследования моделей определено, что режим устойчивого резонанса на

частоте 50 Гц достигается изменением значений емкости колебательного контура и напряжения накачки U_1 . В результате проведенных опытов получены зависимости величины резонансного напряжения от напряжения накачки при соответствующих значениях емкости в контуре (рисунок 4).

Исследованиями установлено, что режим резонанса в ИЗС достигается в некотором интервале значений емкости колебательного контура. При этом при значительном увеличении напряжения накачки U_1 , например до 350 В, резонанс приобретает неустойчивую форму. Зона устойчивого резонанса в данном случае уменьшается и сдвигается в сторону увеличения емкости конденсатора. При данном напряжении накачки устойчивый резонанс наблюдается только в модели № 3 (рисунок 5).

Таблица 1 – Характеристика намагничивания магнитопровода ИЗС

B, Тл	0	0,5	0,8	1	1,15	1,2	1,25	1,275	1,3
H, А/м	0	40	100	200	400	600	800	1000	1200
Psi, Вб	0	0,191	0,305	0,381	0,438	0,458	0,477	0,486	0,496
I, А	0	0,3	0,75	1,5	3	4,5	6	7,5	9

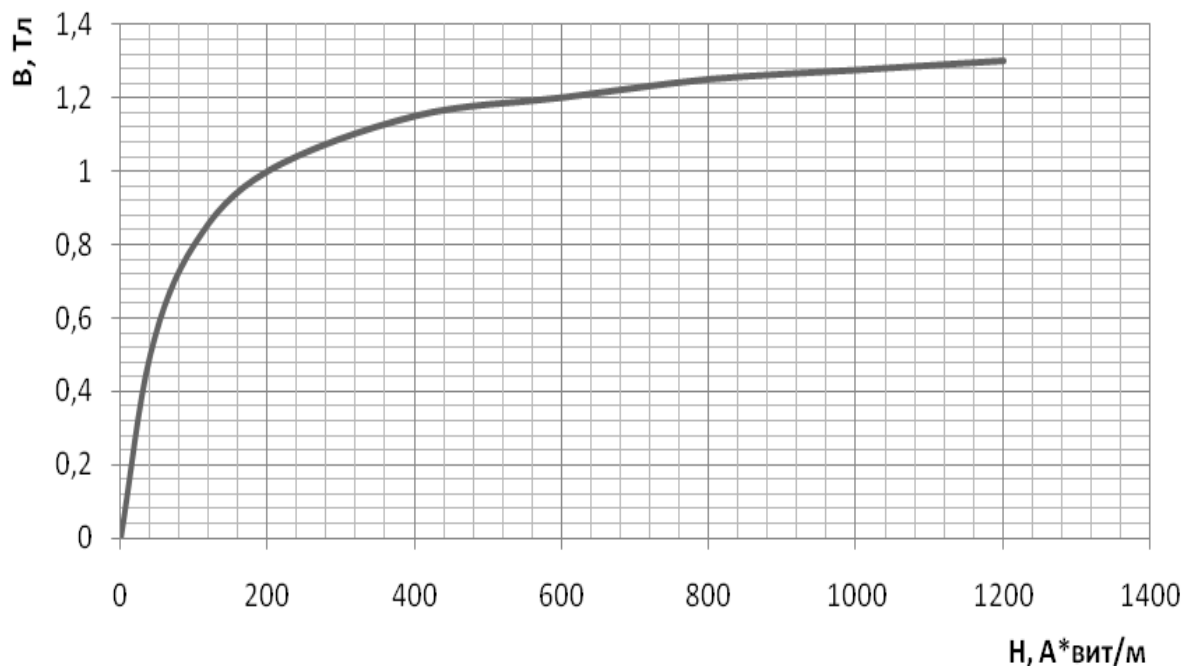


Рисунок 3 – Характеристика намагничивания магнитопровода ИЗС

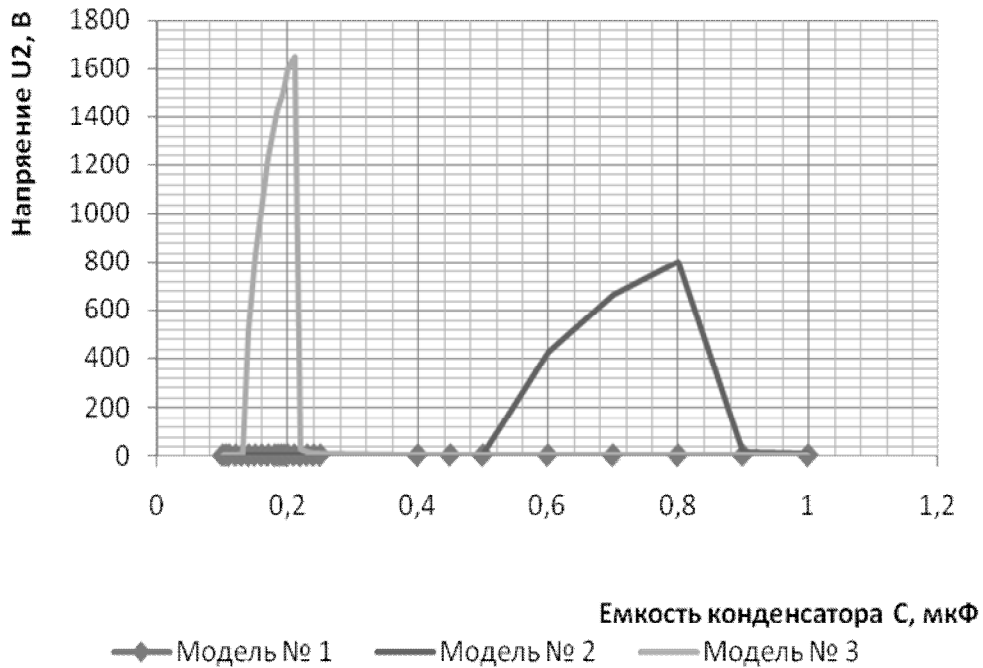


Рисунок 4 – Зависимость резонансного напряжения U_2 от изменения емкости C при напряжении накачки $U_1 = 200$ В

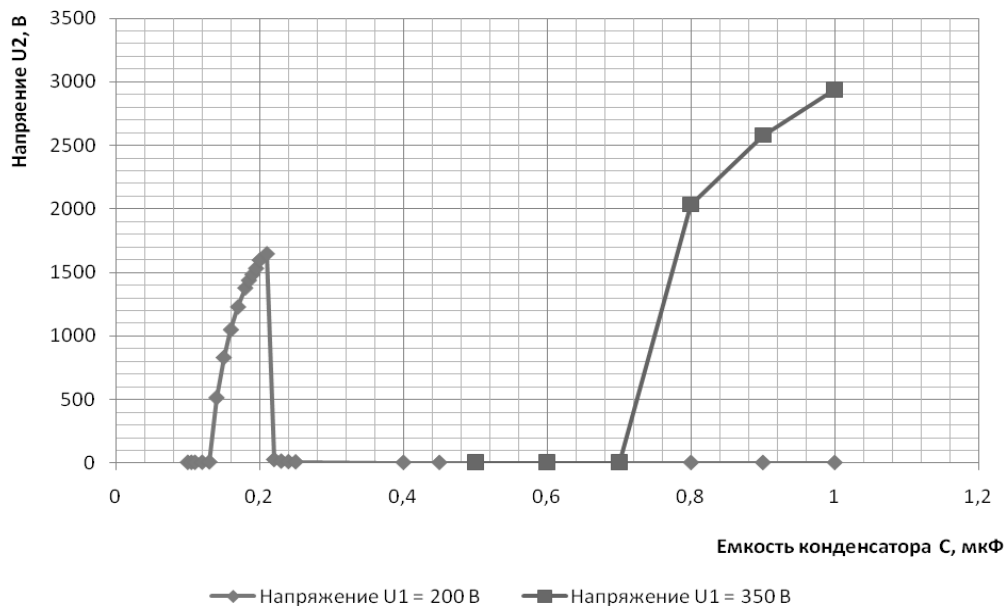


Рисунок 5 – Зона устойчивого резонанса модели № 3

В результате проведенных опытов получены зависимости величины резонансного напряжения от напряжения накачки при соответствующих значениях ёмкости в контуре. Также в ходе исследования было выявлено, что при уменьшении емкости ниже определенного значения, при напряжении накачки $U_1 = 350$ В резонанс приобретает неустойчивую

форму, следовательно в ходе настройки параметров резонанса необходимо использовать большие значения емкости (рисунок 5).

ВЫВОДЫ

1. Режим параметрического резонанса достигается в интервале значений ёмкости колебательного контура.

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 4-2 2013

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ИСТОЧНИКА ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ
ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ
НАПРЯЖЕНИЕМ 6–10 кВ

2. Интервал значений ёмкости имеет различные значения в зависимости от количества витков контурной обмотки. Для исследованного в статье ИЗС с числом витков контурной обмотки 1000 резонанс имеет наиболее устойчивую форму.

3. Устойчивый режим резонанса достигается при напряжении накачки в интервале от 200 до 280 В, чему соответствует индукция в сердечнике от 0,6 до 0,83 Тл (на перегибе кривой намагничивания).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мусин, А. Х. Системы электроснабжения городов: технология ресурсосберегающего обслуживания по реальной потребности : научно-производственное издание / А. Х. Мусин; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 1999.

2. Мусин, А. Х. Способ контроля изоляции в трёхфазной электрической сети с изолированной нейтралью // А. Х. Мусин, М. А. Мусин – Патент на изобретение № 2125271. Россия, 20.01.99 г.

Мусин А. Х., д.т.н., профессор, E-mail: agzam45@mail.ru, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 8(3852)522839; **Зарубин А. А.**, аспирант, E-mail: azarubin90@gmail.com, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», кафедра «Электрификация производства и быта».