

ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕЩЕНИЯ ТОЧКИ ЗАМЫКАНИЯ ПРОВОДНИКОВ КОНЦЕНТРИЧЕСКИХ СТРУКТУР

Ивойлов Е.В.

Научный руководитель: Слободян С.М., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: zhekaiv@mail.ru

Модель динамической точки короткого замыкания проводников многовитковых концентрических структур (типа катушек индуктивности) может быть рассмотрена на примере соленоида. Для его исследования был проведён ряд опытов, один из которых заключался в исследовании соленоида состоящего из четырех идентичных индуктивностей, каждая из которых равна 10 мГн. Схема приведена на рисунке 1.

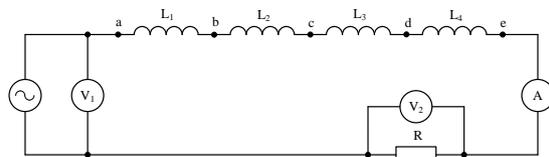


Рис. 1. Схема опыта №1

В ходе работы искусственно проводилось поэлементно групповое короткое замыкание индуктивностей в различных комбинациях, вплоть до полного замыкания самого соленоида. К соленоиду прикладывалось инструментально контролируемое переменное (синусоидальной формы) напряжение по величине равное 5 В частотой 1 кГц. В ходе работы в цепь к индуктивностям устанавливали поочередно три различные по величине активные нагрузки ($R_1 = 47 \text{ Ом}$, $R_2 = 100 \text{ Ом}$, $R_3 = 150 \text{ Ом}$).

На основе сравнения полученных результатов проведённого эксперимента были сделаны следующие выводы:

1. Амплитуда напряжения в пространственной не нарушенной многовитковой структуре однородного соленоида распределяется по ниспадающей в первом приближении прямолинейной зависимости. Спад зависимости снижения амплитуды напряжения практически равномерен (соответствует выполнению закона Ома), что видно из графика на рисунке 2.

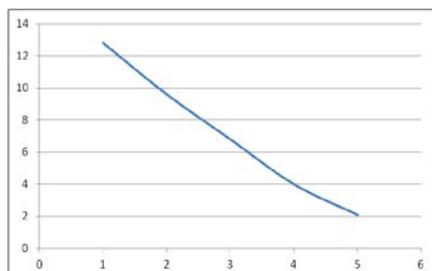


Рис. 2. График распределения амплитуды напряжения при нормальном режиме

2. Выходные параметры однородной топологии структуры многоэлементного соленоида при

коротком замыкании элемента не зависят от места короткого замыкания (к.з.), а только от величины короткозамкнутых витков. Чем больше к.з. витков, тем выше ток и напряжение на выходе, которые возрастают по экспоненте (рисунки 3, 4 и 5).

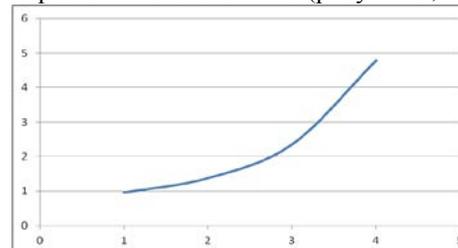


Рис.3. График зависимости напряжения на нагрузке от числа к.з. витков

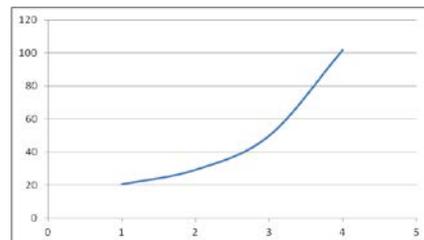


Рис. 4. График зависимости силы тока от числа к.з. витков

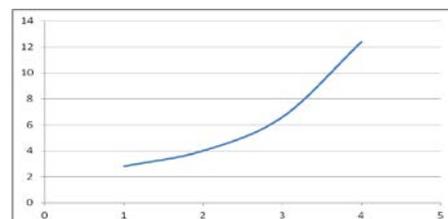


Рис. 5. График зависимости амплитуды напряжения от величины к.з. витков

3. С увеличением нагрузки при коротком замыкании одной из индуктивностей величина тока убывает, а напряжение возрастает, как показано на рисунках 6 и 7 соответственно.

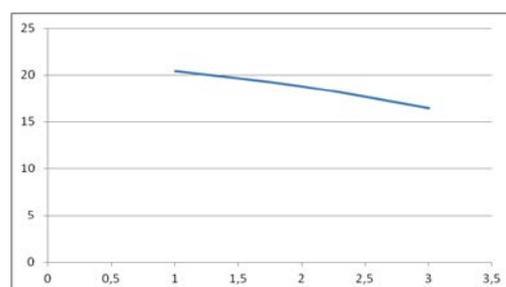


Рис. 6. График зависимости силы тока от нагрузки при к. з. одной из индуктивностей

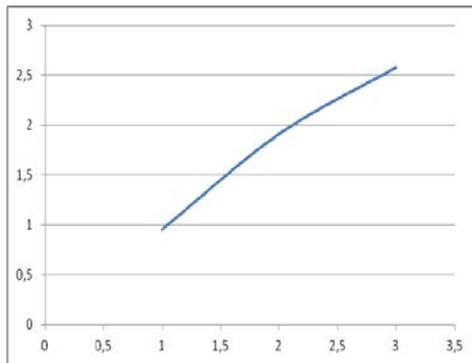


Рис. 7. График зависимости напряжения от нагрузки при к. з. одной из индуктивностей

Так же был проведен эксперимент с индуктивно связанными катушками (по 900 витков каждая обмотка), подключенных согласованно, схема которой изображена на рисунке 8. На соленоид подавалось сначала переменное синусоидальное напряжение равное 5 В при частоте 1 кГц, а затем импульсы прямоугольной формы той же частоты и амплитуды. В ходе работы закорачивали сначала одну обмотку W_2 , а затем вторую.

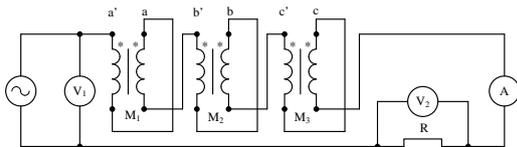


Рис. 8. Схема исследования индуктивно связанных катушек

Сравнение полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

Амплитуда синусоидального напряжения по катушкам распределяется по убывающей прямой, и почти равномерно, что видно из графика на рисунках 9. А амплитуда прямоугольного импульса в точке b имеет максимальное значение, и далее убывает, как показано на рисунке 10.

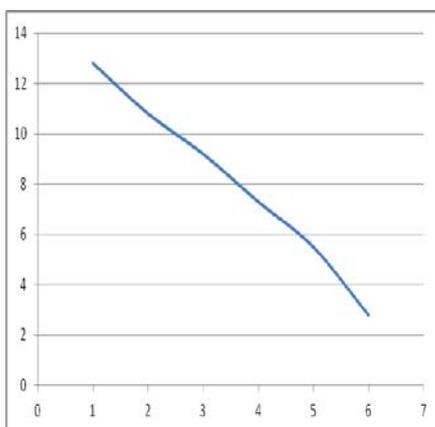


Рис. 9. График распределения амплитуды синусоидального напряжения при нормальном режиме

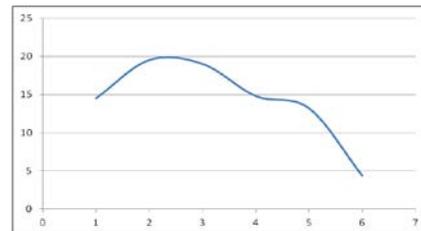


Рис. 10. График распределения амплитуды прямоугольных импульсов при нормальном режиме

Анализ полученных данных эксперимента приводит к следующим выводам:

1. Амплитуды напряжений соленоида и взаимосвязанных катушек практически одинаковы, а величина тока и напряжения при воздействии на них синусоидального напряжения больше.

2. С увеличением индуктивности области короткого замыкания витков катушек ток и напряжение на выходе контролируемой цепи растут.

3. Сравнив выходные значения тока и напряжения, полученных при синусоидальном напряжении, со значениями, полученными при прямоугольных импульсах, видно, что в последнем случае величины тока и напряжения гораздо больше, чем в первом. Это объясняется величиной индуктивности (в опыте №1 она была меньше). Соответственно с увеличением индуктивности величины тока и напряжения уменьшаются.



Рис. 11. Осциллограмма, полученная на выходе источника прямоугольных импульсов



Рис. 12. Осциллограмма в точке внутри взаимосвязанных катушек при наличии в их структуре области к.з. при воздействии прямоугольных импульсов