

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ».

Физический факультет

Кафедра физико-технической информатики

КУРСОВАЯ РАБОТА
«Регистрация АЧХ и ФЧХ резонансного трансформатора Тесла»

Выполнил: студент гр. 18352

Колодкин Василий Михайлович

Работа выполнена

в институте ядерной физики имени
Г.И. Будкера СО РАН

Лаборатория 6-1

Научный руководитель:

Научный сотрудник лаборатории 6-1
Быков Евгений Витальевич

«___» _____ 2019 г.

Оценка _____

к.т.н. с.н.с. В.Т. Астрелин

Оценка преподавателя практикума

«_____» _____ 20__ г

.

Аннотация

С появлением электричества у людей и повсеместным его использованием возникали проблемы с ним, одни из них – это накопление и передача электроэнергии. Этими вопросами и задался Николо Тесла в конце IX — начале XX веков. Он хотел найти способ передачи электроэнергии на большие расстояния без использования проводов, потому что на провода тратилось большое количество металла. И 22 сентября 1896 Никола Тесла запатентовал прибор, как «Аппарат для производства электрических токов высокой частоты и потенциала», и это была первая попытка. Позже на этой основе была создана башня Ворденклифа.

Целью данной работы является регистрации амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристики резонансного трансформатора Тесла, а также изучение принципа работы трансформатора Тесла, его устройство и настройки.

Классический резонансный трансформатор Тесла состоит из первичной и вторичной обмотки. Первичная обмотка, как правило, имеет всего несколько витков, а вторичная достаточно много (до нескольких сотен). Частота первичной обмотки подбирается так, чтобы во вторичной катушке возникал резонансный эффект, и за счет него у нас возникают большие напряжения.

План

Аннотация.....	2
Введение.....	4
1. Теоретическая часть:	
1.1 Устройство нашего трансформатора Тесла.....	6
1.2 Принцип работы.....	7
1.3 АЧХ и ФЧХ.....	8
2. Экспериментальная часть:	
2.1 Измерение АЧХ и ФЧХ.....	9
Заключение.....	12
Список литературы.....	12
Приложение.....	12

Введение

Курсовая работа выполнена по теме – «Регистрация АЧХ и ФЧХ резонансного трансформатора Тесла».

Объект исследования: резонансный трансформатор Тесла.

Актуальность исследовательской работы:

В наше время электричества используется повсеместно. Люди научились различными способами добывать электроэнергию, но до сих пор передача осуществляется на большие расстояния по проводам. А на производство такого количества проводов и на работы по протягиванию уходит большое количество цветного металла, а это большие затраты. Именно поэтому витают идеи в научных кругах по передаче энергии на расстояние. Одну такую попытку предпринял ученый Никола Тесла и 22 сентября 1896 года он запатентовал резонансный трансформатор Тесла как «Аппарат для производства электрических токов высокой частоты и потенциала». С помощью этого прибора можно получать высокое напряжение высокой частоты за счет резонансного эффекта. Эта технология один из вариантов получения высокого напряжения, которые применяться в наше время. В дальнейшем Тесла использовал его в создании башни Ворденклиф, которая должна была передавать электроэнергию на большие расстояния беспроводным путем.



Рис. 1. Башня Вондерклиф

Она являлась первой беспроводной телекоммуникационной башней. Тесла ее планировал еще в 1898, но строительство началось только в 1901 около пролива Лонг-Айленд. К 1903 году она была почти готова, но, по тем или иным причинам финансирование башни прекратилось. Попытка передачи энергии беспроводным путем не увенчалась успехом.

Практическая значимость.

Резонансный трансформатор Тесла можно использовать для получения высоких напряжений и попытки передать какое-то количество энергии на расстояние.

Задачи курсовой работы.

- Изучить принцип работы и характеристики резонансного трансформатора Тесла
- Снять и посмотреть АЧХ и ФЧХ резонансного трансформатора Тесла

1. Теоретическая часть

1.1 Устройство нашего трансформатора Тесла.

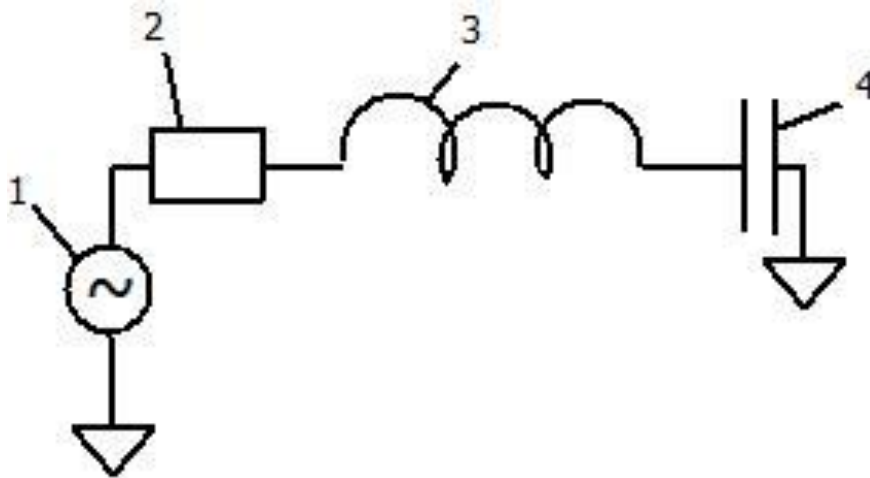


Рис. 2.1 Схема резонансного трансформатора Тесла
1-генератор 2-омическое сопротивление 3-вторичная обмотка
4- паразитная емкость



Рис. 2.2. Фотография экспериментальной установки

Резонансный трансформатор Тесла – это трансформатор, имеющий первичную и вторичную обмотку, но работающий на резонансных частотах. В данном эксперименте использовалась немного модернизированная установка, вместо первичной обмотки мы используем емкость (емкостный индуктор) в виде пластинки, данная замена упрощает изготовление, но не изменяет

показания. Вторичная обмотка была намотана длиной провода 75 метров, а это четверть волнового резонанса, отсюда делаем вывод, что полная длина волны при волновом резонансе не должна превышать 300 метров.

Так же, чтобы уменьшить межвитковую емкость катушку нужно максимально отдалить от всех предметов, для этого мы создали специальную подставку, которая максимально отдалила наш трансформатор от стола. Но идеально ее надо было устанавливать вертикально (как делал Тесла). Еще наша проволока намотана на пластиковую трубу, а она имеет диэлектрическую проницаемость больше единицы, тем самым увеличивая нашу межвитковую емкость, а это немного портит характеристики колебательного контура, то есть уменьшает добротность. Для лучших результатов нужно использовать бумагу или дерево, где диэлектрическую проницаемость близка к единице.

1.2 Принцип работы

Классический трансформатор Тесла состоит из двух обмоток – первичной и вторичной (как было указано выше). К первичной обмотке (в нашем случае это пластинка) подводится переменное напряжение, и она создает переменное поле. При помощи этого поля энергия из первичной обмотки передается во вторичную. Вторичная обмотка вместе с собственной паразитной емкостью образуют колебательный контур, который накапливает переданную ему энергию. Возбуждает колебание во вторичке емкостный индуктор за счет переменного поля, подобрав частоту, мы добиваемся резонансного проявления. На резонансной частоте напряжение в общем случае может увеличиться в несколько сотен раз, а в нашем получилась увеличение в 125 раз.

В резонансном трансформаторе Тесла еще добиваются совмещение волнового резонанса с LC – резонансом. В обычном состоянии, когда просто проволоку намотали на трубу, мы получаем LC – резонанс, а он не совпадает с волновым резонансом. Благодаря совмещению у нас немного увеличиваем

напряжение. Но так как наша установка была “собрана на коленке”, совмещение резонансов дало не слишком выраженный эффект.

Трансформатор Тесла можно представить двумя связанными колебательными контурами. При этом необходимо настроить эти колебательные контура на одну резонансную частоту.

1.3 АЧХ и ФЧХ.

Амплитудно-частотная характеристика (frequency response - частотный отклик) цепи показывает зависимость уровня сигнала на выходе данного устройства от частоты передаваемого сигнала при постоянной амплитуде синусоидального сигнала на входе этого устройства. АЧХ может быть определена аналитически через формулы, либо экспериментально.

Фазо-частотная характеристика (phase response – фазовый отклик) – это зависимость сдвига по фазе между синусоидальными сигналами на входе и выходе устройства от частоты входного колебания. Для того чтобы определить разность фаз, должно выполняться условие: частоты сигналов должны быть равны. Если бы условие равенства не соблюдалось, то сдвиг фаз между сигналами все время бы изменялся.

Для определения АЧХ и ФЧХ нам потребуется генератор частоты и осциллограф.

2. Практическая часть.

2.1 Снятие АЧХ и регистрация ФЧХ.

Для определения АЧХ и ФЧХ использовалась схема.

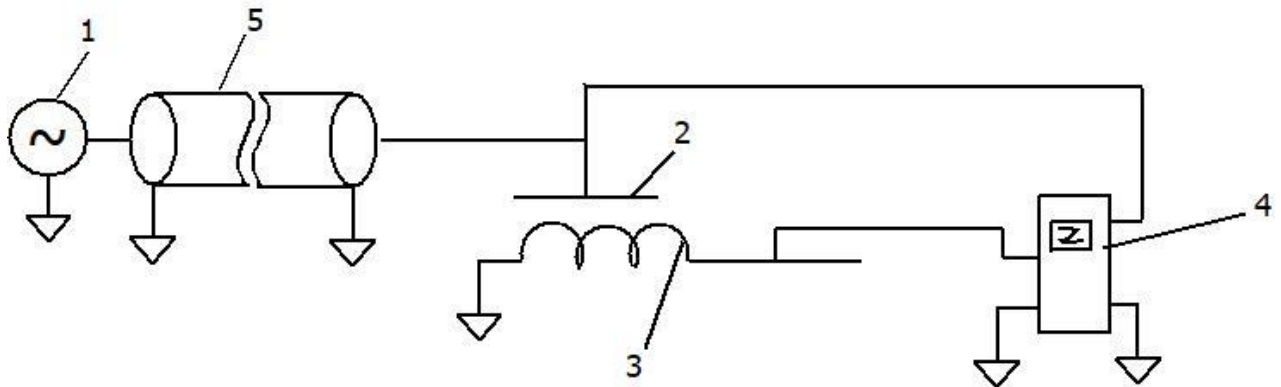


Рис. 3.1. Схема для снятия АЧХ и ФЧХ

1-Генератор 2- емкостный индуктор 3-вторичная обмотка 4- осциллограф

5-коаксиальный провод

Так как мы использовали лучевой осциллограф, у нас было 2 луча и при помощи их мы могли смотреть входной и выходной сигнал, а значит могли наблюдать разность фаз.

Для снятия АЧХ мы пробегали по частотам от 0 до 10МГц, и промеряется по точкам, попутно отслеживали ФЧХ. Получившиеся данные приведены на рис. 3.2.

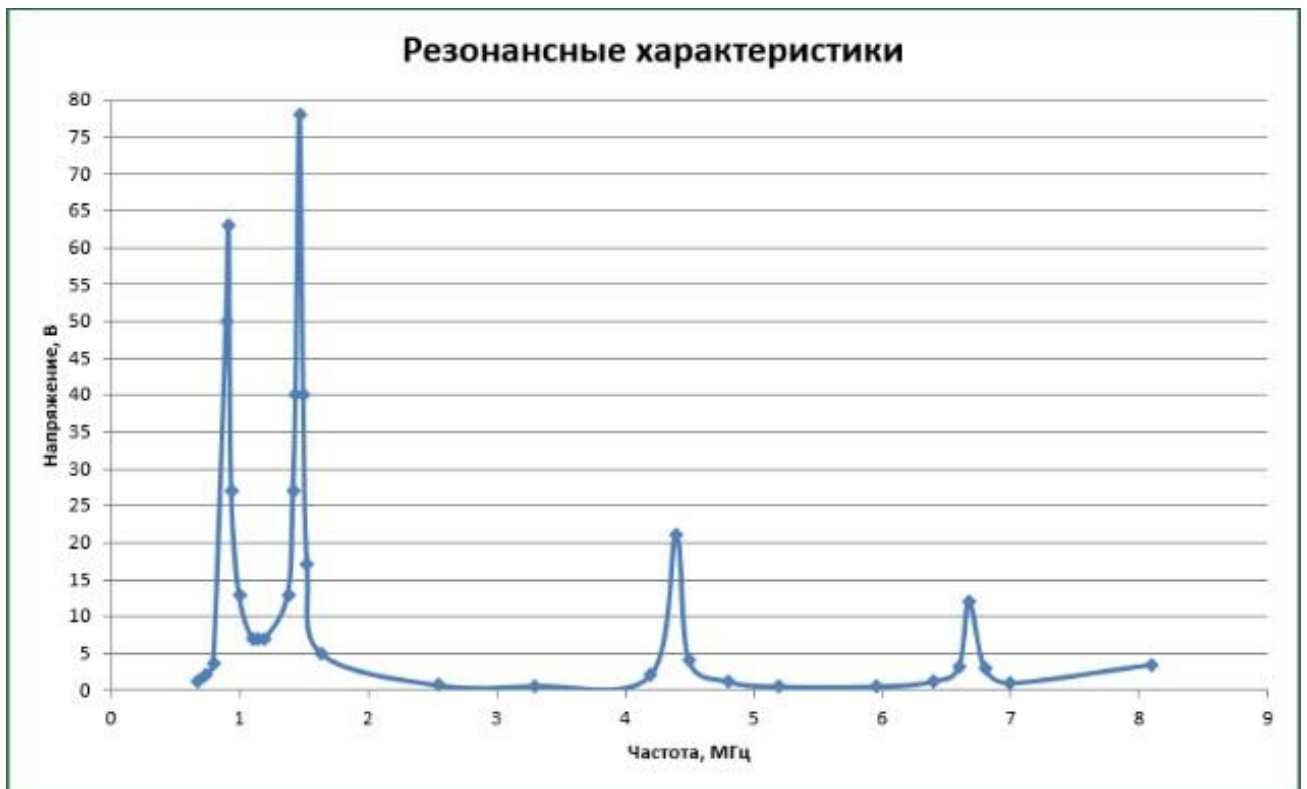


Рис. 3.2 АЧХ резонансного трансформатора Теслы.

Фаза между входным и выходным напряжением $\frac{\pi}{2}$ или $-\frac{\pi}{2}$. И это зависит от кратности нашей гармоники, она четная или не четная. На одних гармониках фаза положительная, на других отрицательная. На рис. 3.2 мы можем наблюдать несколько пиков – это и будут наши гармоники. Если возбуждать прямоугольными импульсами с крутыми фронтами, то будет происходить генерация на нескольких гармониках. Как выглядят несколько гармоник теоритически представлены на рис. 3.4. Основная гармоника это четверть волны, следующая гармоника три четверти волны, следующая пять четверти волны и так далее.

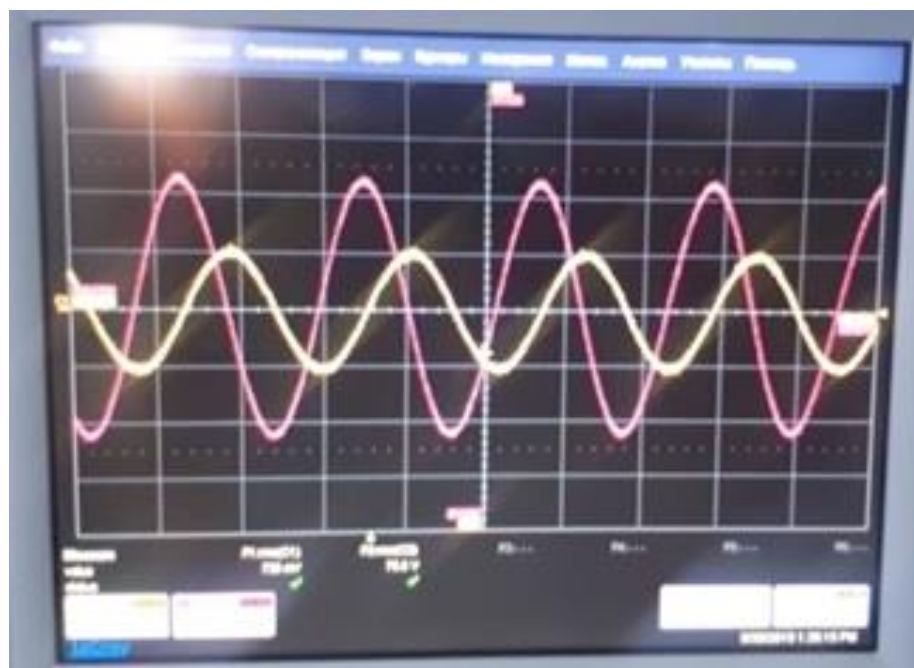


Рис. 3.3. Разница фаз напряжений.

В экспериментах Тесла использовал разрядники, то есть у него в первичку шли крутые фронты, а это значит что генерация шла на нескольких гармониках.

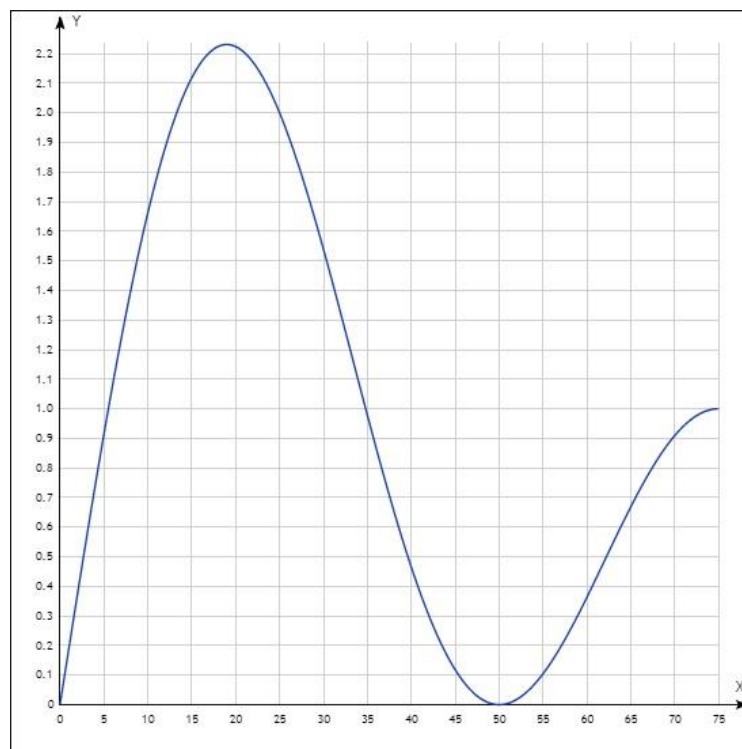


Рис. 3.4. Теорическое построение 3-х гармоник

Заключение

В данной работе мы изучили устройство резонансного трансформатора Тесла. Были получены амплитудно-частотные характеристики. Так же определили частоту волнового резонанса - 895 КГц. Дальнейшая работа была проведена на этой частоте.

Был изучен спектр резонансного трансформатора Тесла, то есть амплитудно-частотная характеристика. Из которого мы выяснили, что трансформатор Тесла имеет несколько гармоник на котором он может выдать большие напряжения. Также была строго получена зависимость фазы входного напряжения от выходного на резонансных частотах, то есть гармониках, в момент когда частота генератора совпадает с частотой гармоники. В дополнение ко всему было разобрано как совмещается LC-резонанс с волновым.

Список используемой литературы

1. United States patent office. Patent №787412 dated 18 April 1905. N.Tesla “Art of transmitting electrical energy through the natural mediums” [Электронный ресурс с русским переводом]. – URL: <https://lenr.su/nikola-tesla-patent-787412-russkij-perevod/>
2. Н.В. Хорошилов, А.В. Пилюгин, В.И. Бирюлин, О.М. Ларин, Л.В. Хорошилова. Электропитающие системы и электрические сети. Старый Оскол:ТНТ ,2012.-352с.
3. Гольдштейн Л. Д., Зернов Н. В. Электромагнитные поля и волны. Изд. 2-е, перераб. и дополненное. М. Изд-во «Советское радио», 1971, 664 стр.
4. О.В. Алексеев, А.А. Головков, А.В. Митрофанов, Генераторы высоких и сверхвысоких частот: Учебное пособие, Высшая школа, Москва, 2003г, 257с.
5. Калашников С. Г., Электричество. 6-е изд., стереот. - М.:ФИЗМАТЛИТ,2003.-624с

Приложение.

Частота, МГц	Напряжение, В
0,68	1,2
0,74	2
0,8	3,6
0,9	50
0,9	63
0,94	27
1	13
1,1	7
1,14	7
1,2	7
1,38	13
1,42	27
1,44	40
1,47	78
1,5	40
1,53	17
1,64	5
2,55	0,7
3,3	0,6
4,2	2
4,4	21
4,5	4
4,8	1,2
5,2	0,5
5,95	0,5
6,4	1,2
6,6	3,2
6,68	12
6,8	3
7	1
8,1	3,5