

Резонансный трансформатор

Доцент отд. материаловедения Юдин А.С.



School of Advanced
Manufacturing
Technologies

TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY



План

- История
- Принцип работы. Физика
- Принцип работы. Техника
- Применение

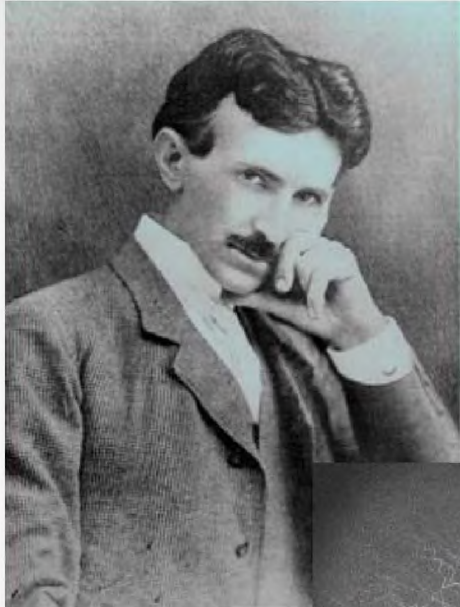
История



10.07.1856 -
07.01.1943

- Родители Николы Тесла были священнослужителями.
- В **1875** поступил в Грацский технический университет.
- В **1881** работает в инженерном отделении Центрального телеграфа в Будапеште проектировщиком и чертежником.
- В **1882** переезжает в Париж, устраивается в Континентальную компанию Эдисона.
- В **1883** демонстрирует работу асинхронного электродвигателя в мэрии Страсбурга.
- В **1884** организует свою компанию «Тесла арк лайт компани», выпускающей дуговые лампы для уличного освещения.
- **1888 – 1895** наиболее плодотворные годы, ученый исследует высокочастотные магнитные поля.
- **1891 (20 мая)** – выступает с лекцией в Колумбийском колледже о передаче энергии без проводов и освещении газоразрядными лампами.

История



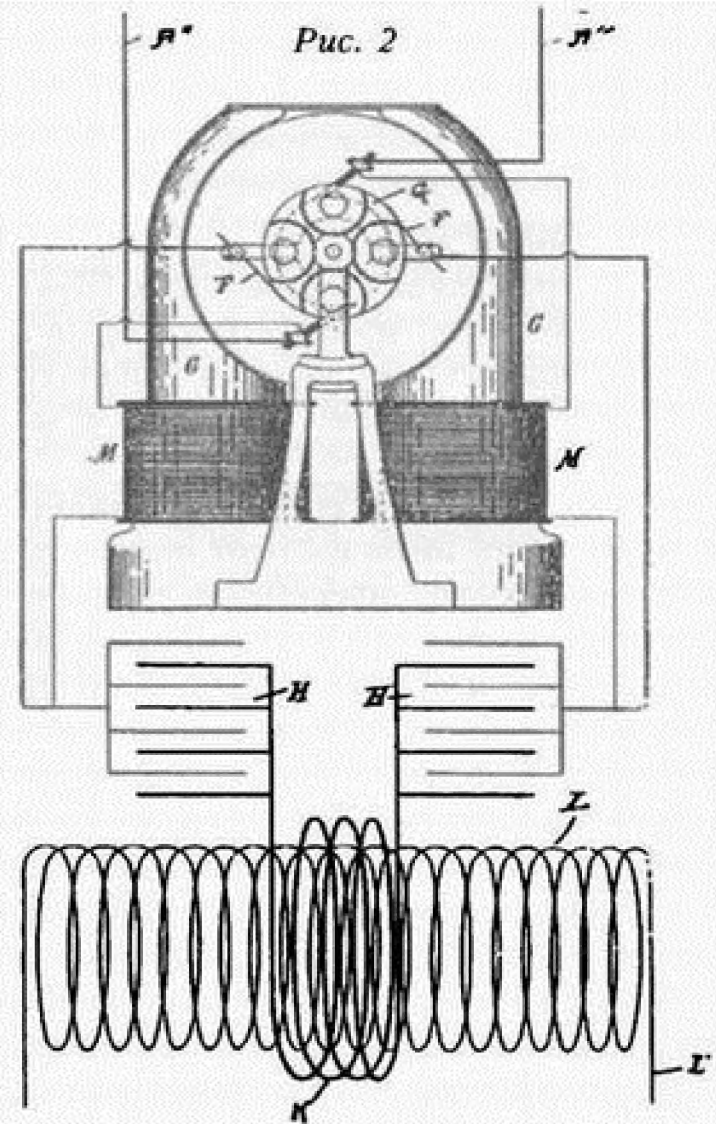
10.07.1856 -
07.01.1943



3dnews.ru->novostey.com

Башня Уорденклифф, 1905 г.

Устройство для
генерации токов
высокой частоты
и потенциала



Свидетели:

М. Карсон Дун
Сэмюэл В. Нортман.

Изобретатель:

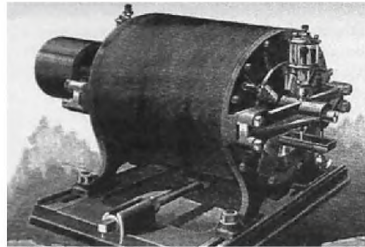
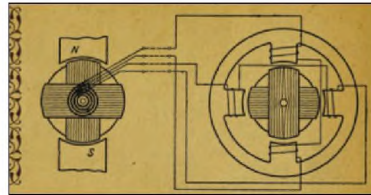
Nikola Tesla

22 сентября 1896 г.

История

Наиболее важные изобретения и открытия Никола Тесла:

- Явление вращающегося магнитного поля.
- Многофазный электрический ток.
- Асинхронный электродвигатель.
- Наблюдал и описал катодные, рентгеновские лучи и ультрафиолетовое излучение.
- Газоразрядная флуоресцентная лампа.



- Радиосвязь и мачтовая антенна для радиосвязи.
- Радиоуправляемая лодка.
- Высокочастотная электротехника.
- Резонансный трансформатор
- Применение электротехнических аппаратов в медицинских целях.



История



**Памятник Николе Тесла на берегу р. Ниагара
(Ниагара Фолс).
на канадской стороне**

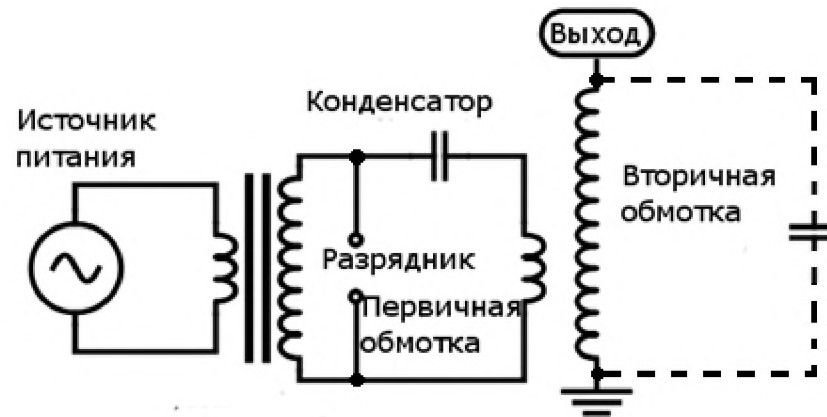
История



В 2013 году в Кремниевой долине установлен памятник Николе Тесла, созданный на добровольные пожертвования почитателей, через Kickstarter. Статуя используется в качестве бесплатной точки Wi-Fi, а в её основание заложена капсула, которая будет открыта в 2043 году.

Физика

Трансформатор Тесла – это система из двух индуктивно связанных контуров, которая работает в режиме свободных колебаний.



$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

Физика

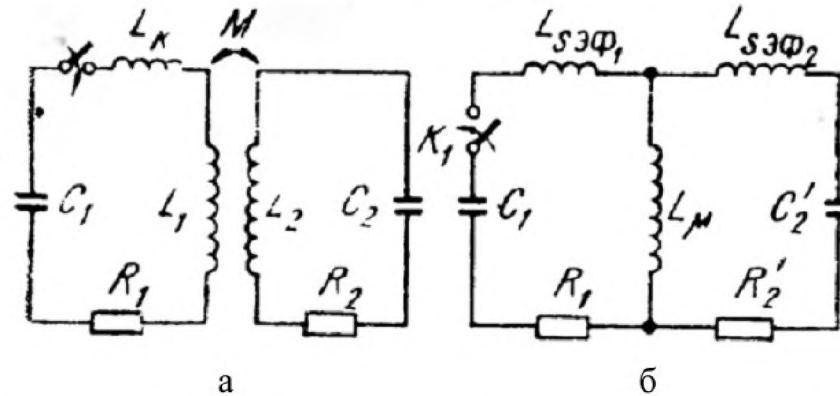


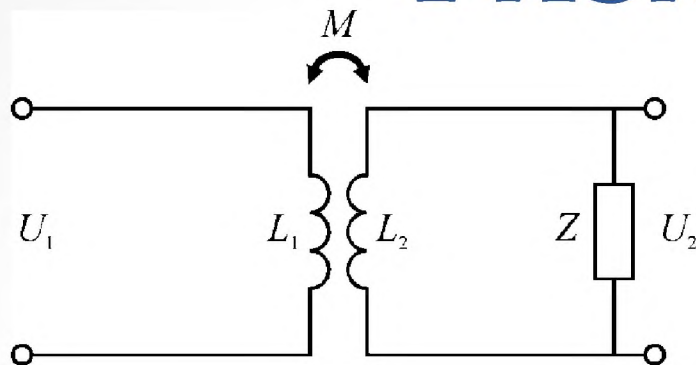
Схема трансформатора Тесла (а), приведенная к первичной цепи (б)

Токи свободных колебаний, в общем случае описываются системой уравнений

$$\begin{aligned} \frac{1}{L_1 C_1} I_1 + \frac{R_1}{L_1} \dot{I}_1 + \ddot{I}_1 + \frac{M}{L_1} \ddot{I}_2 &= 0; \\ \frac{1}{L_2 C_2} I_2 + \frac{R_2}{L_2} \dot{I}_2 + \ddot{I}_2 + \frac{M}{L_2} \ddot{I}_1 &= 0. \end{aligned}$$

где, M - коэффициент взаимной индукции; $L_1, L_2, R_1, R_2, C_1, C_2$ - соответственно, индуктивности, сопротивления и ёмкости первичного и вторичного контуров; I_1, I_2 - токи в контурах.

Физика



$$M = k \cdot \sqrt{L_1 L_2}$$

k - коэффициент связи

M - коэффициент взаимной индукции

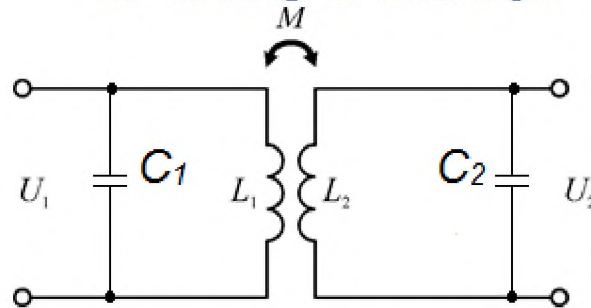
Аналогичен коэффициенту самоиндукции (индуктивности L), но в отличие от L зависит от формы и конструкции обоих контуров, а также от их взаимного расположения и магнитных свойств среды

$$\frac{U_2}{U_1} \approx n \approx \frac{N_2}{N_1} \quad \text{при коэффициенте связи } k \text{ близком к } 1$$

Для максимальной передачи энергии из первого контура во второй необходимо, чтобы частоты колебаний в контурах были равны:

$$f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} = f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_2}}$$

Физика



Напряжение на конденсаторе вторичного контура без учета потерь:

$$U_2 = -\frac{U_1}{2} \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} (\cos \bar{\omega}_1 \tau - \cos \bar{\omega}_2 \tau),$$

где:

$$\sqrt{C_1/C_2} = \sqrt{L_2/L_1} = n \quad - \text{коэффициент трансформации}$$

$$\bar{\omega}_1 = 1/\sqrt{1+k}; \quad \bar{\omega}_2 = 1/\sqrt{1-k} \quad - \text{круговые частоты}$$

$$k = M / \sqrt{L_1 L_2} \quad - \text{коэффициент связи}$$

Максимальное значение напряжения на емкости вторичного контура возможно лишь когда комбинация тригонометрических

- функций принимает значение, равное двум

Физика

$$k_{\text{opt}} = \frac{2p}{p^2 + 1}$$

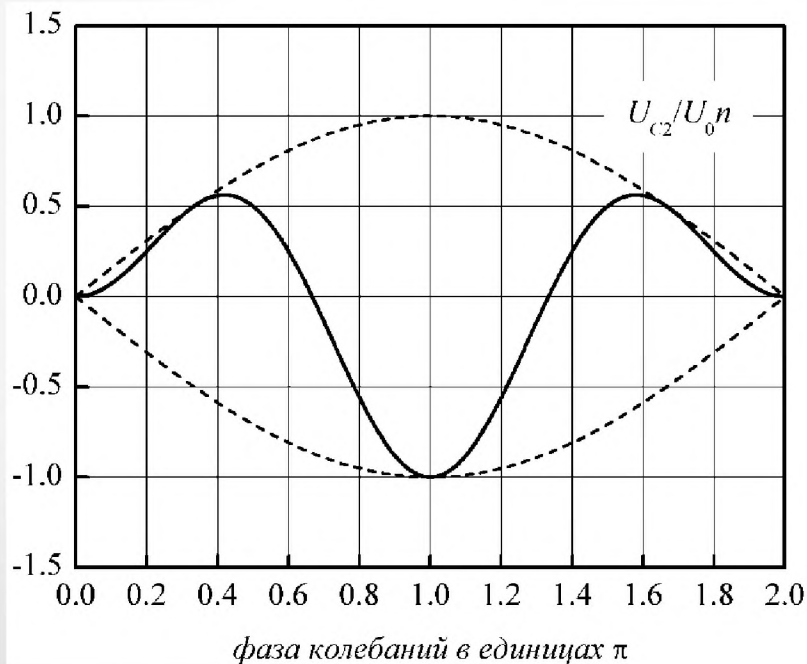
- ОПТИМАЛЬНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ СВЯЗИ

$$\frac{\omega_1 + \omega_2}{\omega_1 - \omega_2} = p$$

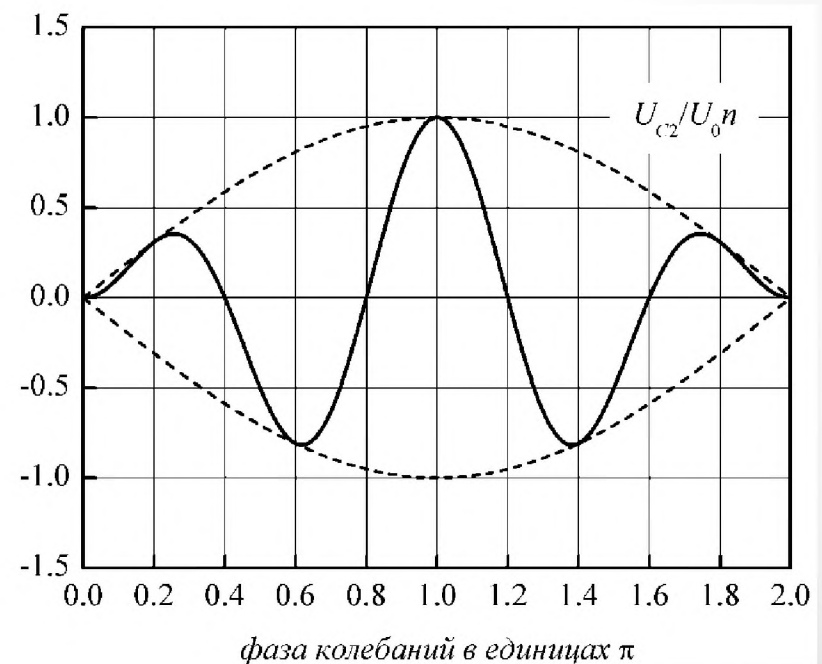
- $p = 1; 3; 5 \dots$

$$\omega_1 - \omega_2$$

- $K_{\text{opt}} = 1; 0,6; 0,385 \dots$

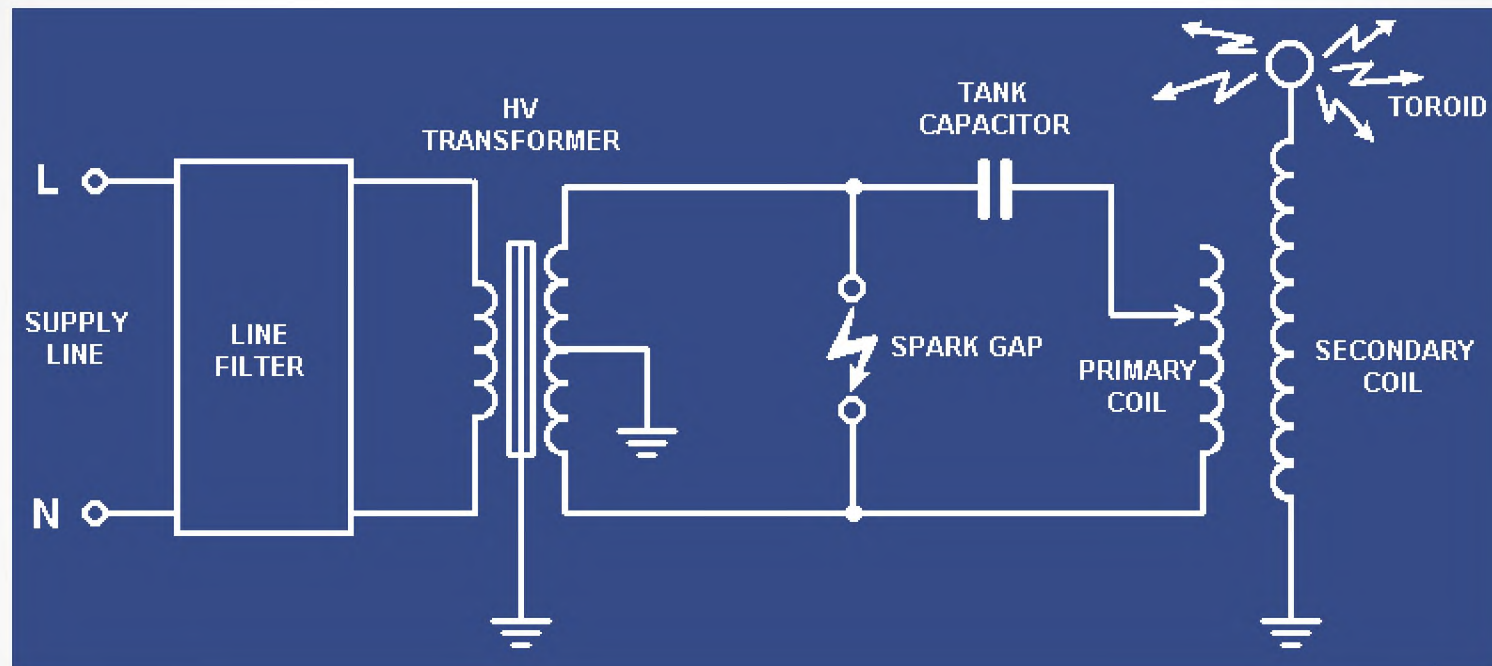


$p = 3$



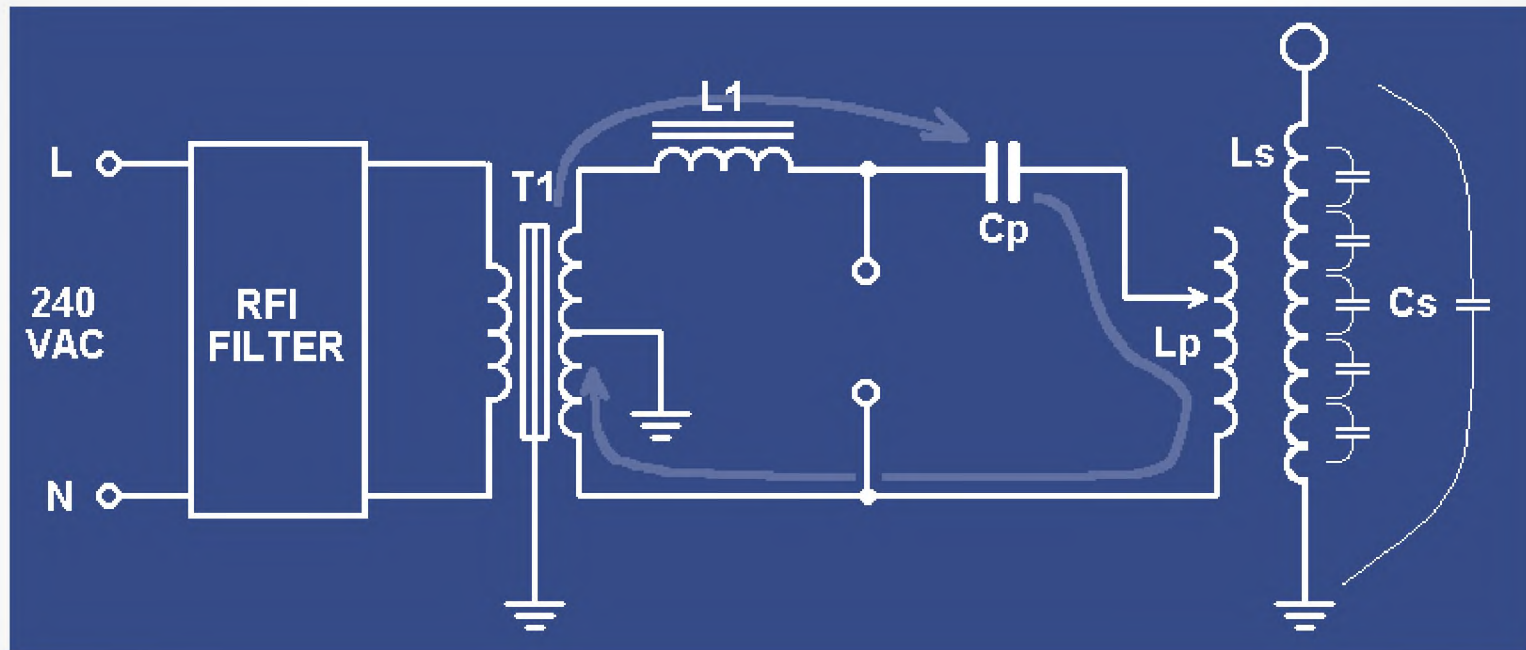
$p = 5$

Техника



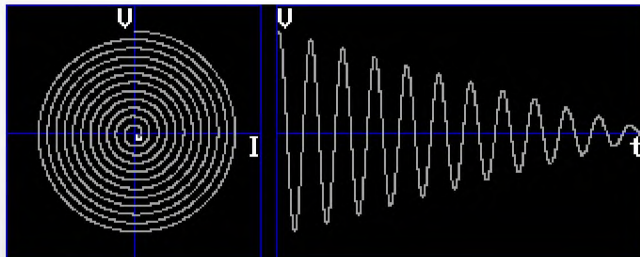
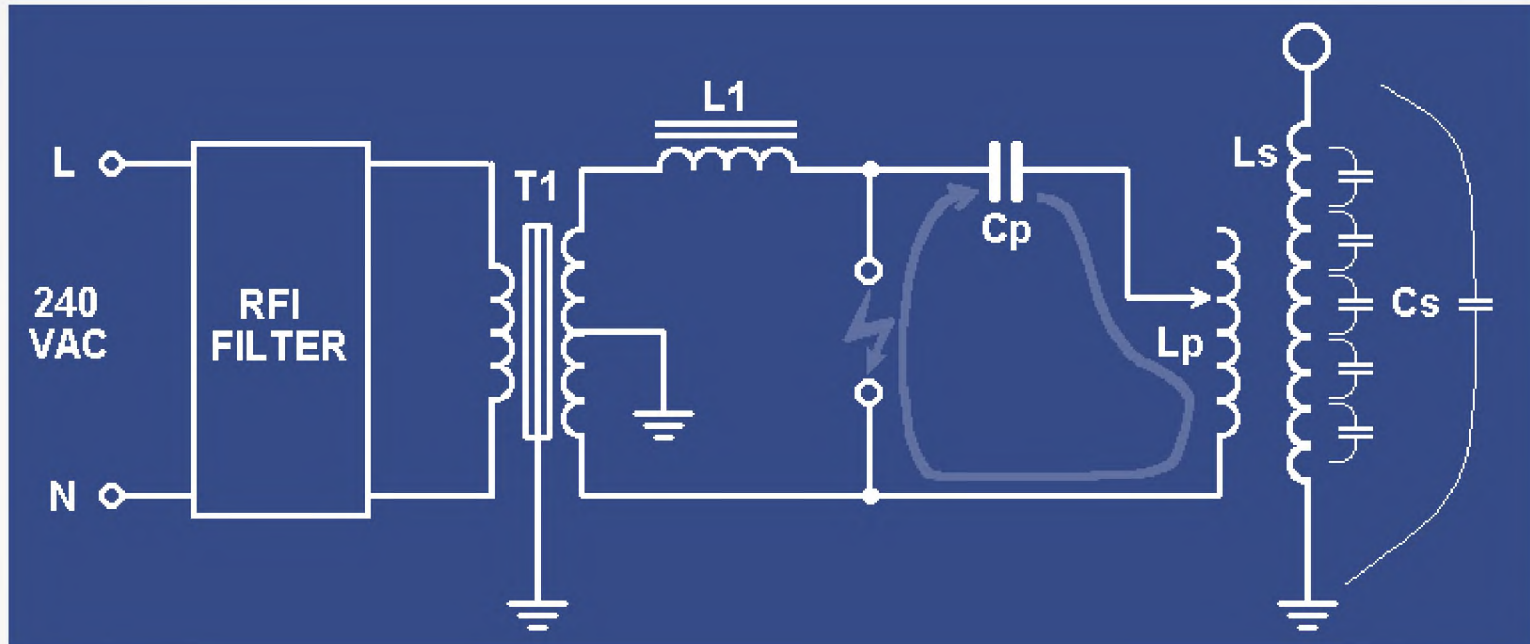
Классический вариант резонансного трансформатора с искровым разрядником

Накопление энергии



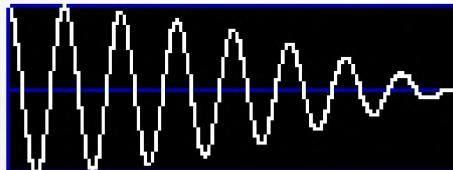
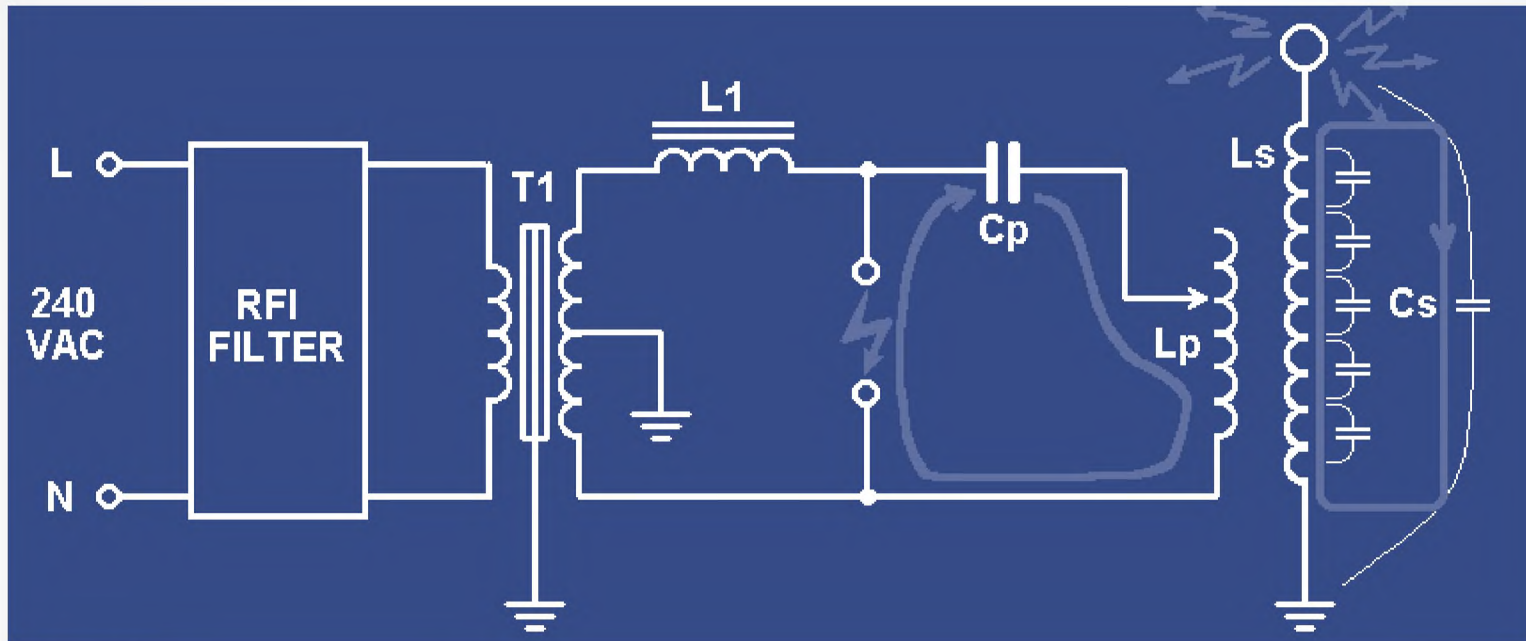
Пока искровой разрядник разомкнут, конденсатор C_p заряжается через L_1 и L_p .

Замыкание разрядника

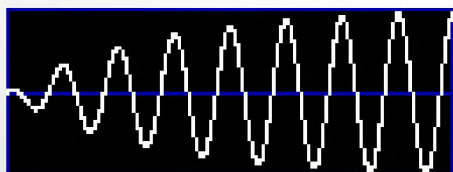


После включения разрядника конденсатор C_p разряжается по гармоническому закону.

Передача энергии

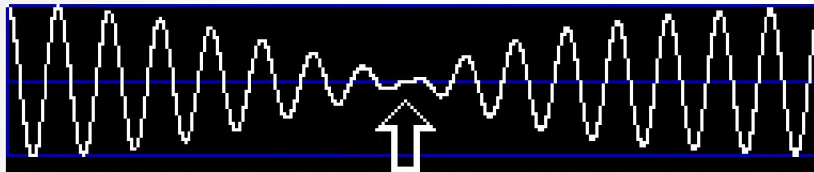


- Напряжение в первичном контуре

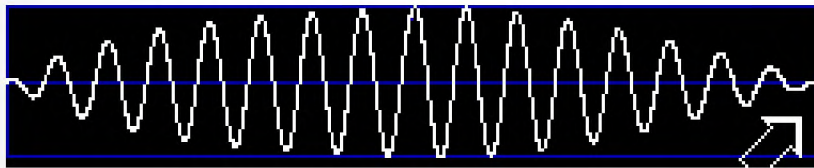


- Напряжение во вторичном контуре

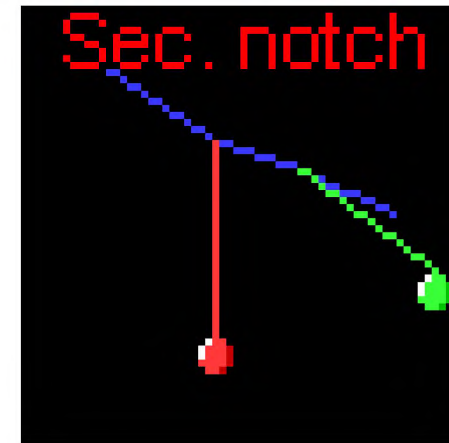
Биения частот



Узел в первичном контуре

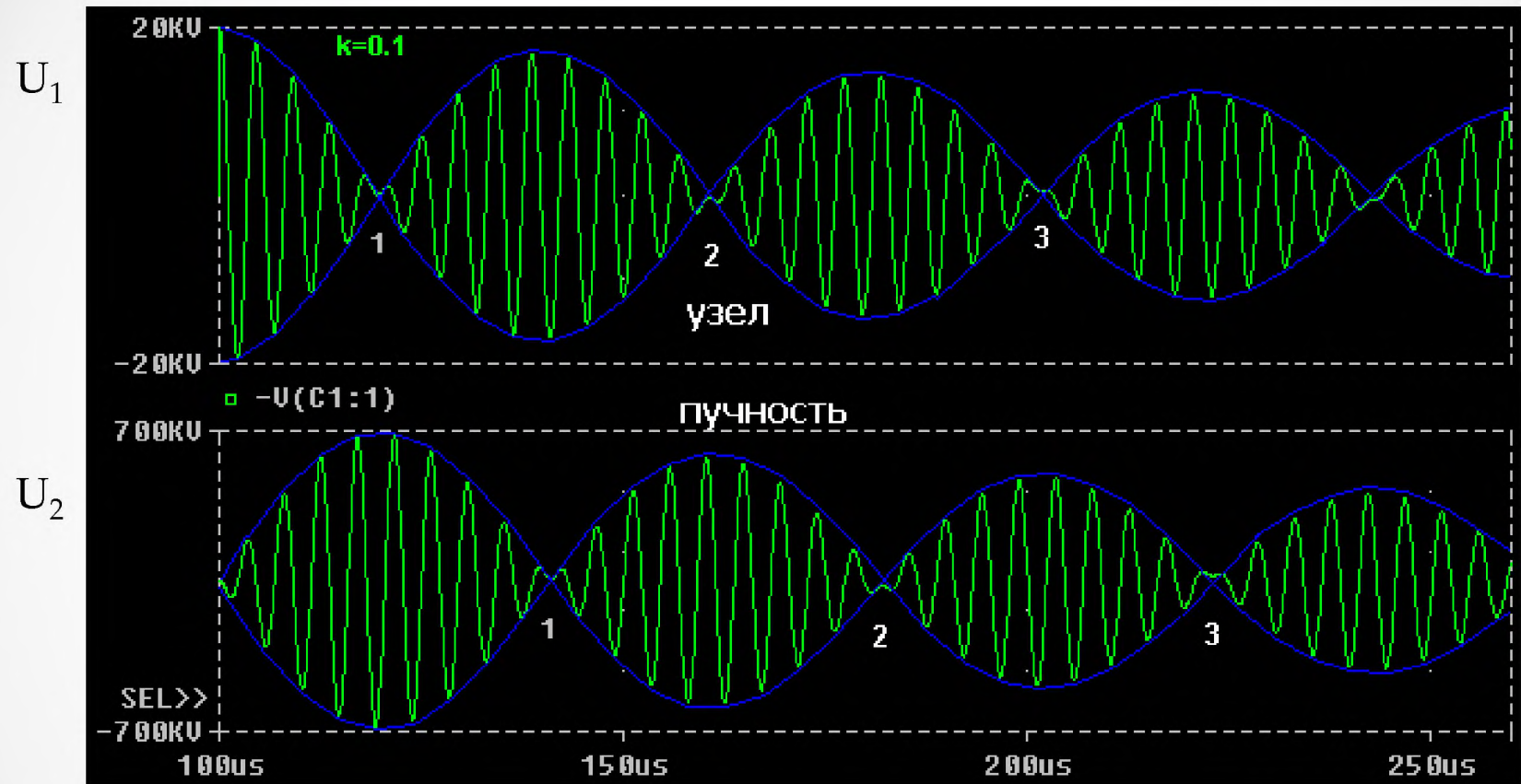


Узел во вторичном контуре



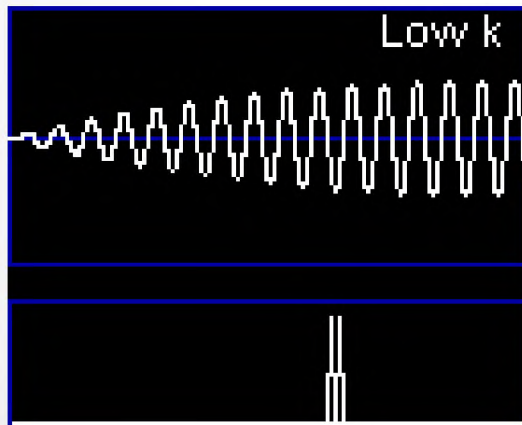
Аналогия с механической системой двух связанных маятников

Биения частот



Биения частот

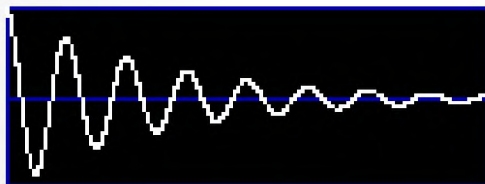
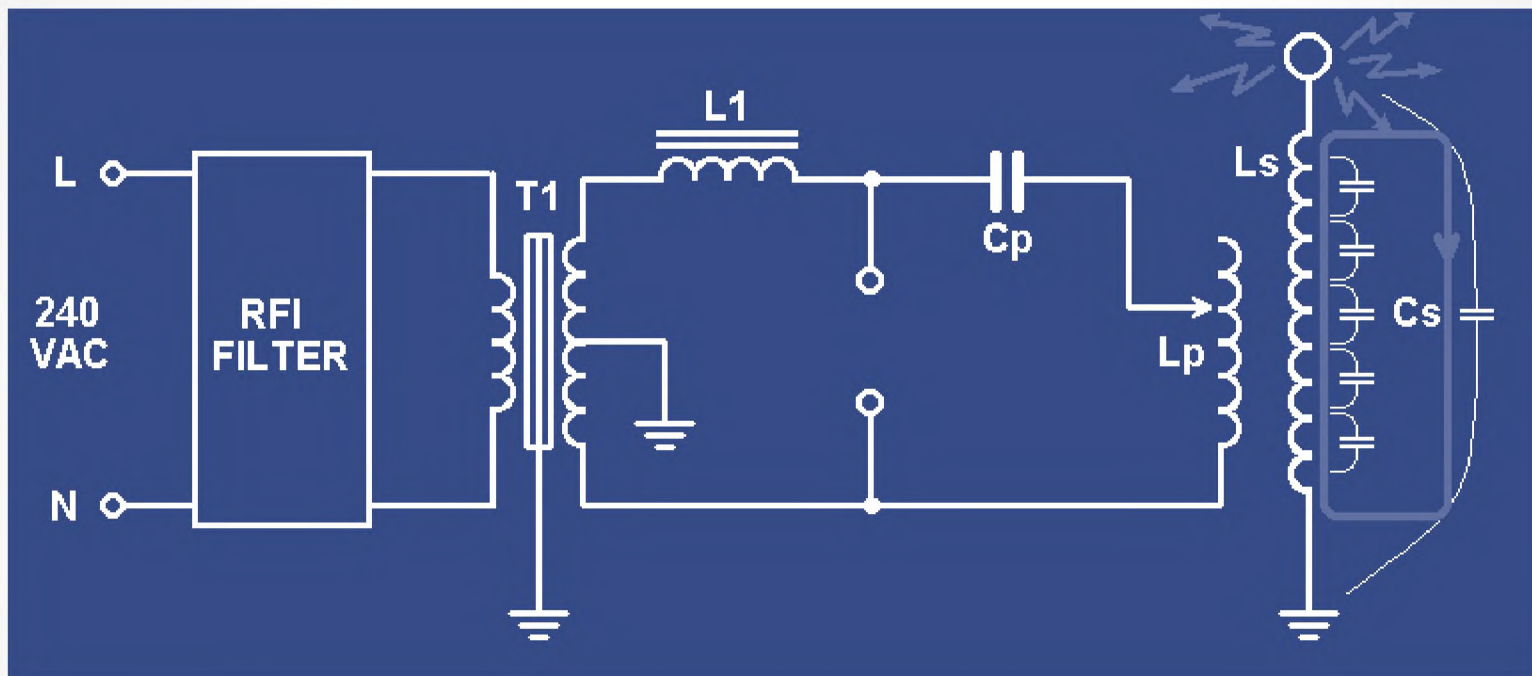
Разделение собственных частот и появление биений, обусловлено тем, что при сближении двух контуров с одинаковыми собственными частотами, противоположный контур начинает влиять на соседний контур и сам испытывает влияние на себе. Чем ближе они расположены тем сильнее влияние и тем дальше разнесены резонансные пики.



- напряжение во вторичном контуре

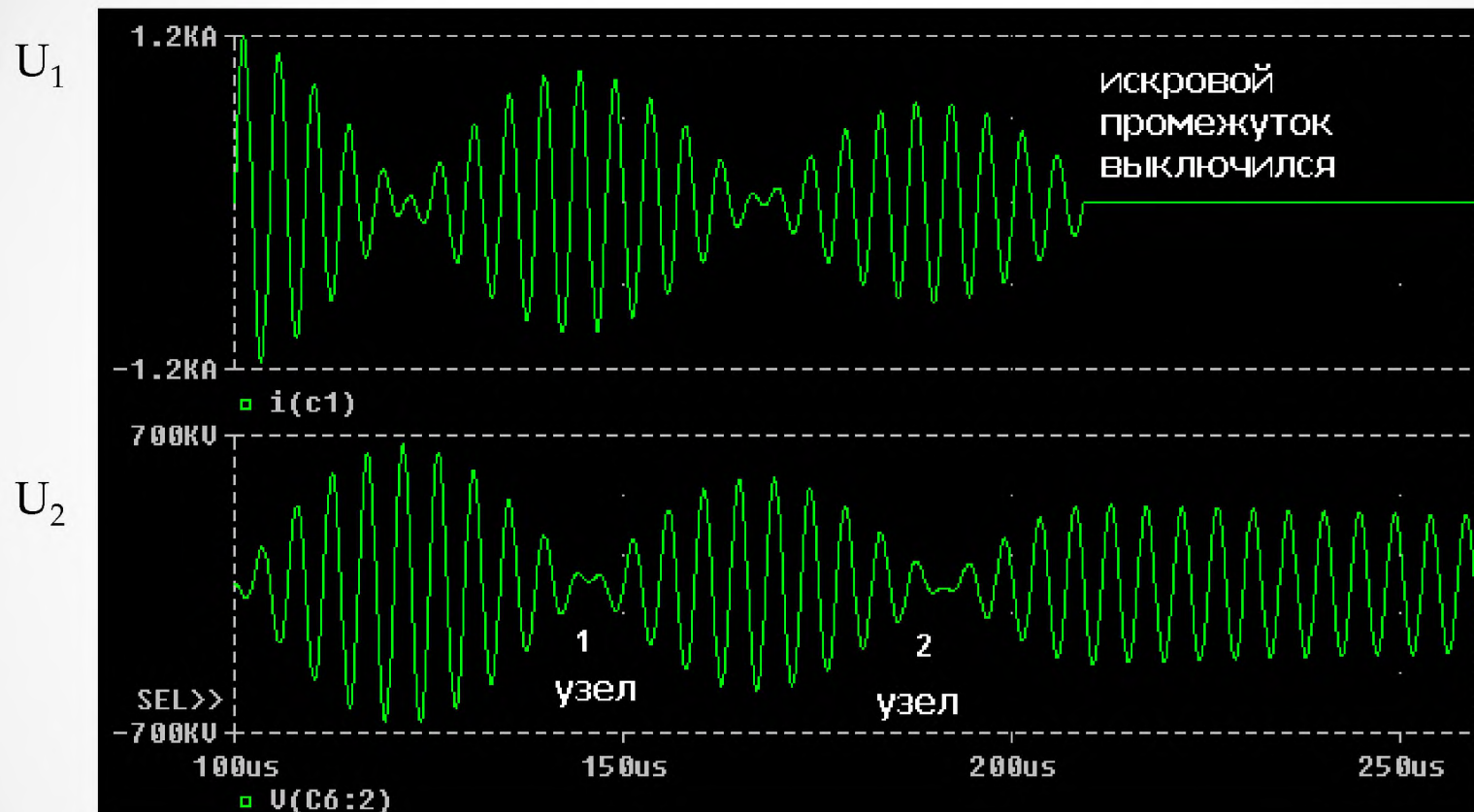
- резонансные пики двух контуров

Свободные колебания



Свободные колебания во вторичном контуре после выключения искрового промежутка первичного контура

Свободные колебания



Топологии

Википедия

SGTC (Spark Gap Tesla Coil)

V TTC (Vacuum Tube Tesla Coil)

SSTC (Solid State Tesla Coil)

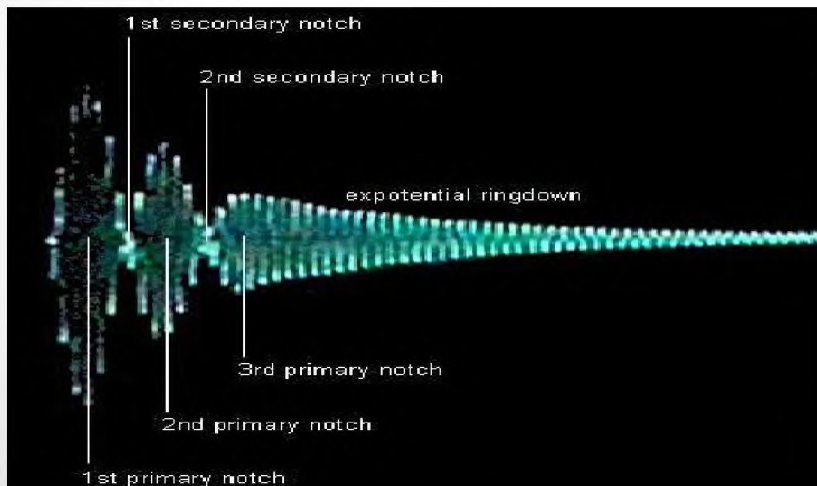
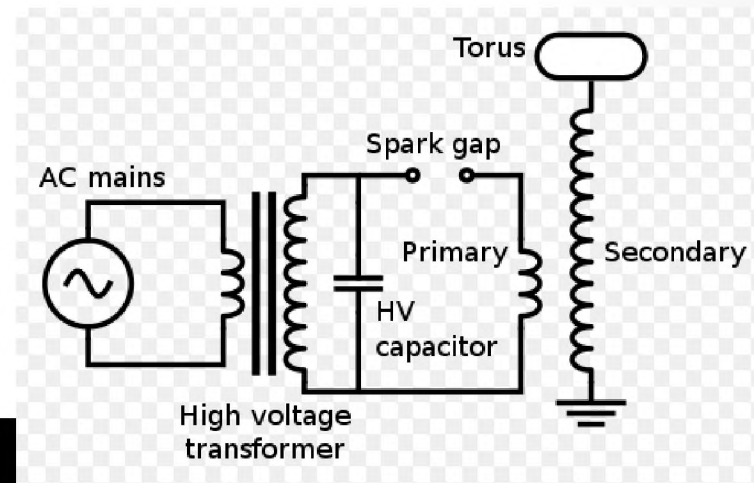
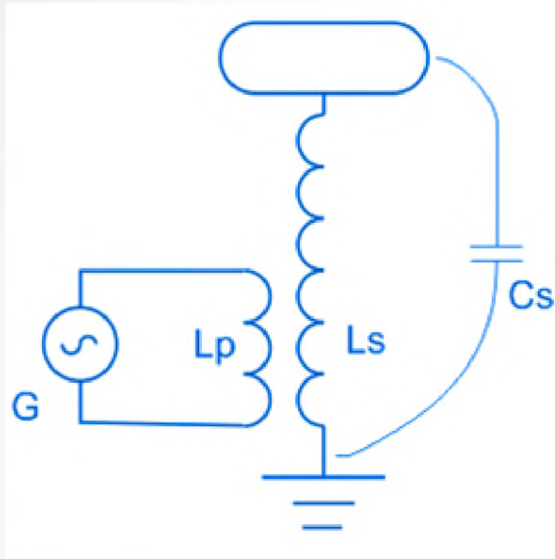
DRSSTC (Dual Resonant Solid State Tesla Coil)

QCW DRSSTC (Quasi Continuous Wave)

SGTC

L_p – первичная обмотка

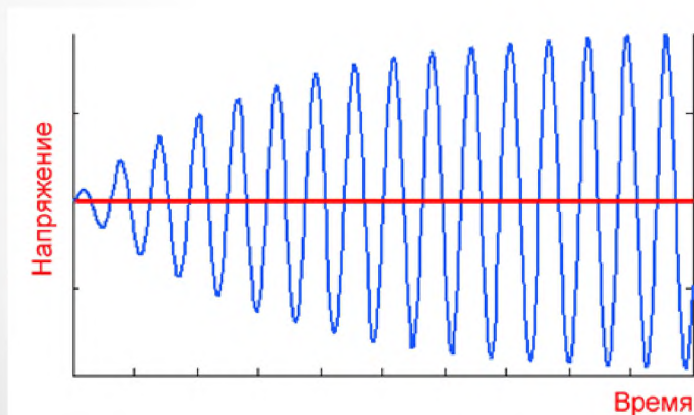
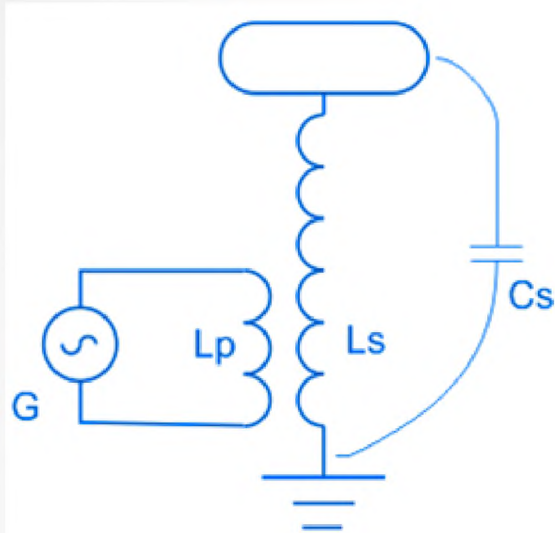
L_s – вторичная обмотка



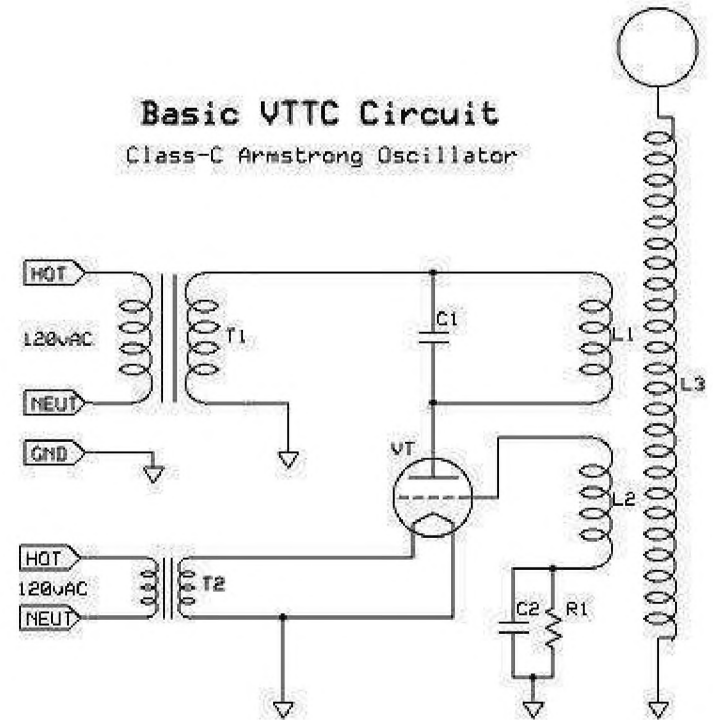
VTTС

L_p – первичная обмотка

L_s – вторичная обмотка



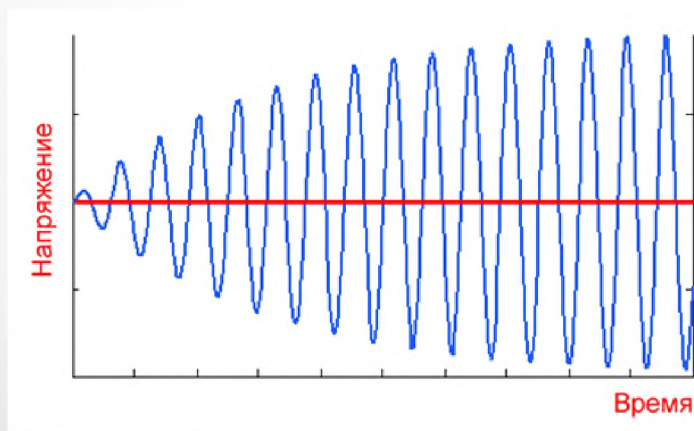
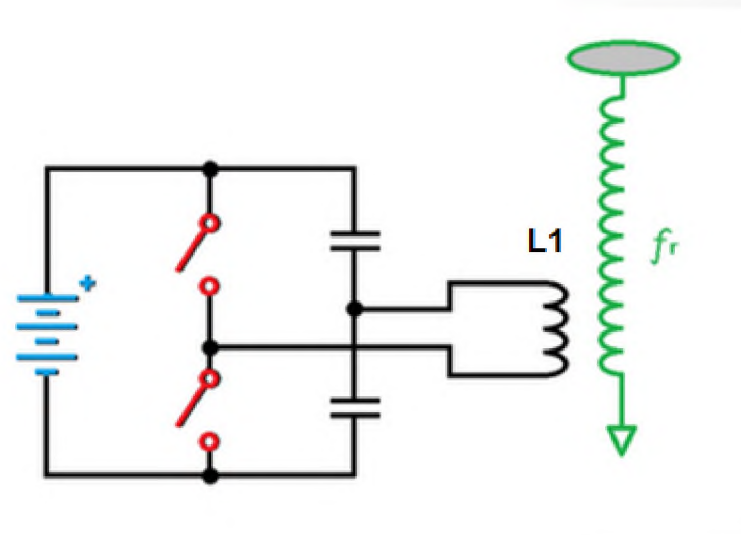
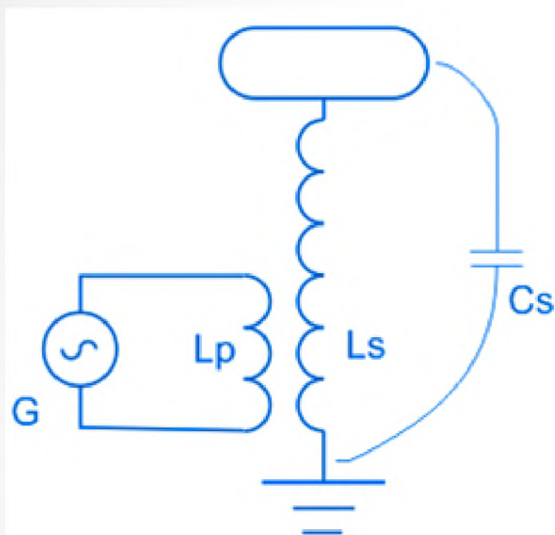
Basic VTTС Circuit
Class-C Armstrong Oscillator



SSTC

L_p – первичная обмотка

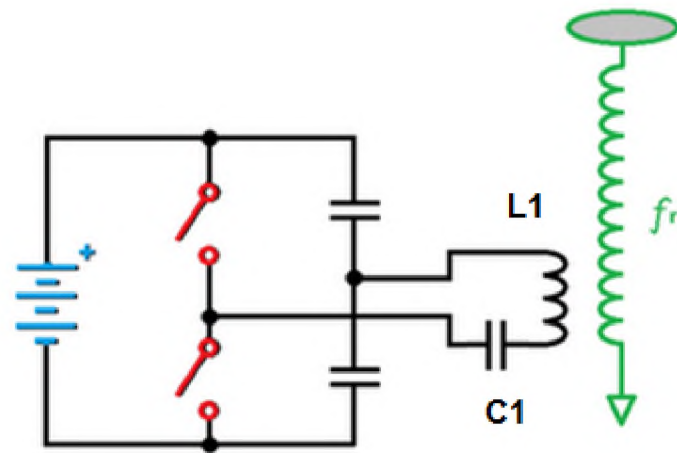
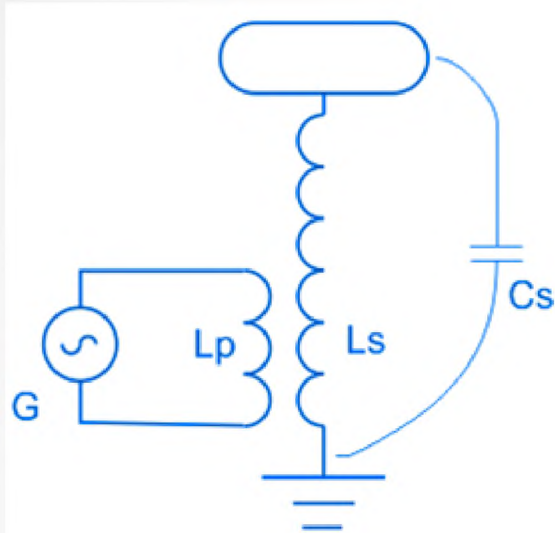
L_s – вторичная обмотка



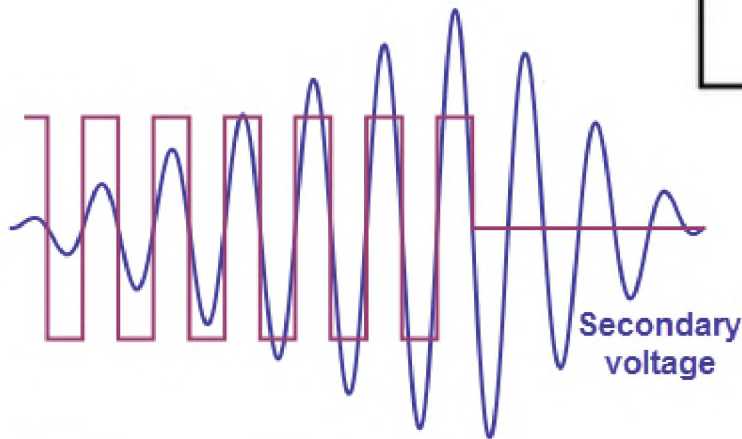
DRSSTC

L_p – первичная обмотка

L_s – вторичная обмотка



Voltage applied to primary

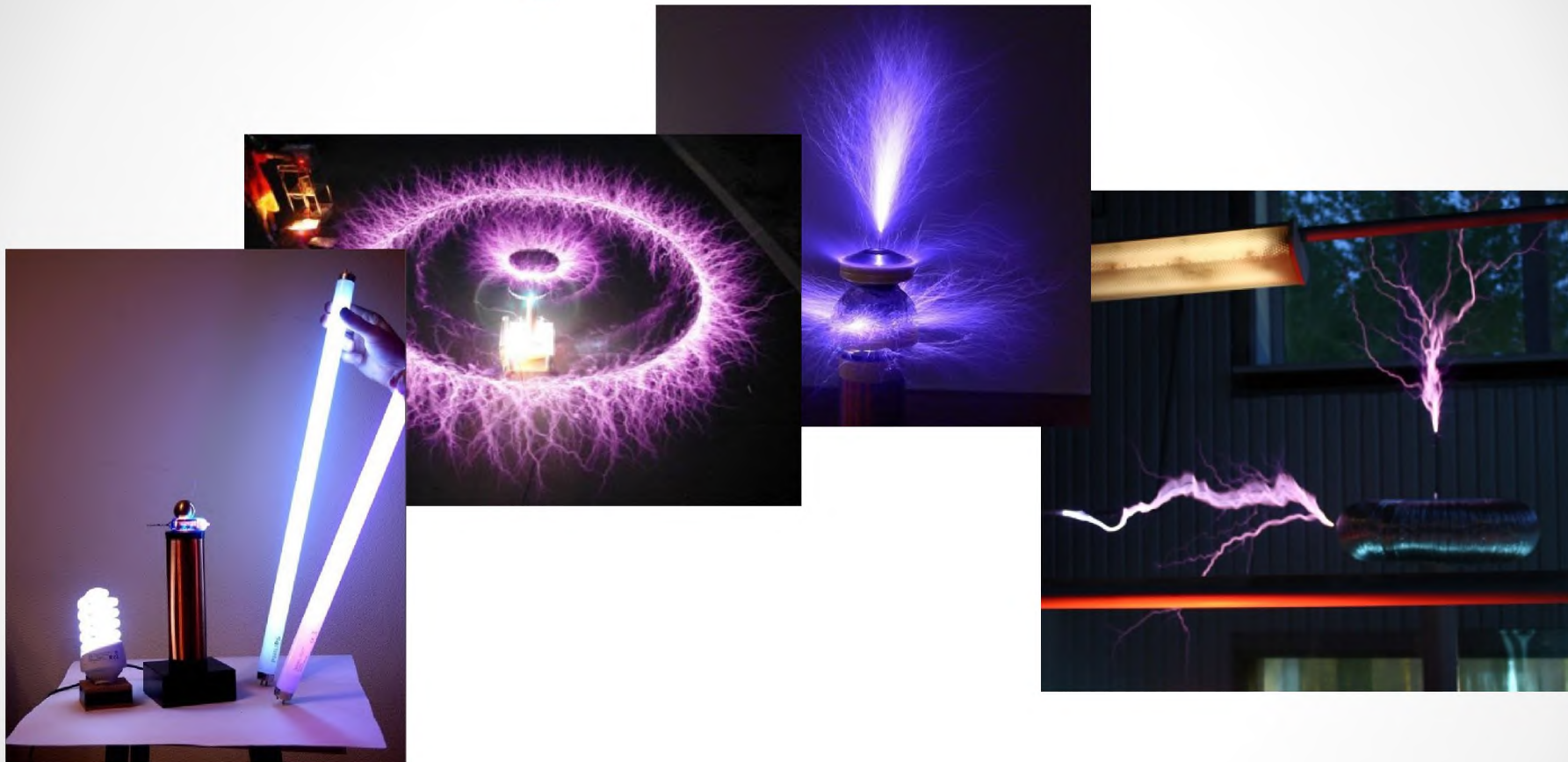


Secondary voltage

Применение

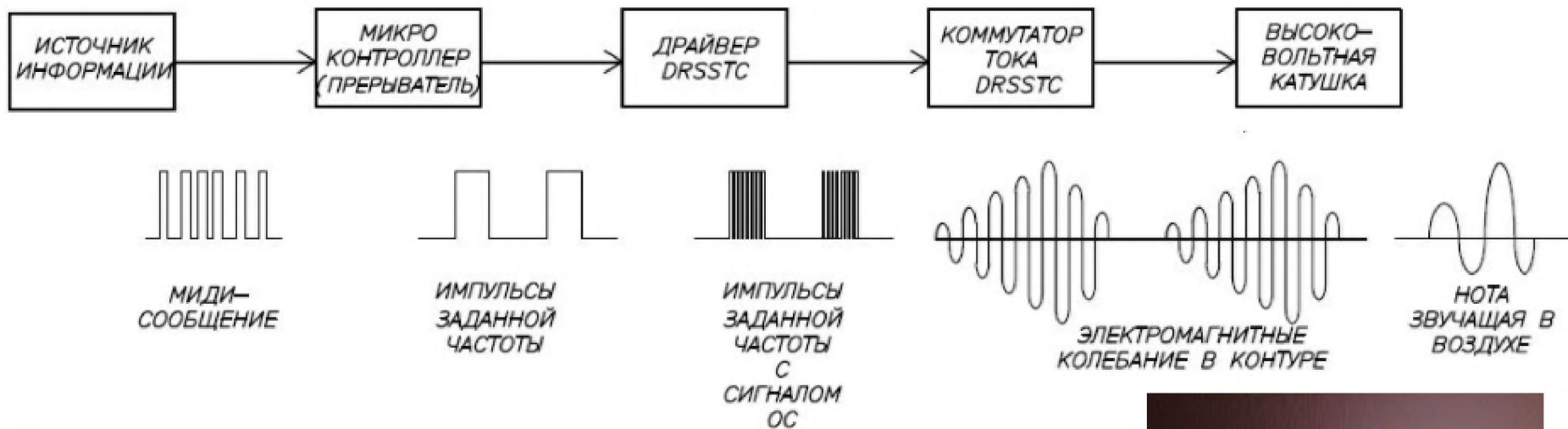
- Любительские конструкции в основном в развлекательных целях
- Источники питания научно-исследовательского оборудования (ускорители частиц, генераторы высокого напряжения, электромагнитных импульсов и т.п.)
- Беспроводные зарядные устройства

Применение



- Любительские конструкции в основном в развлекательных целях

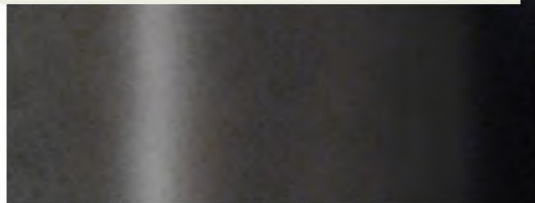
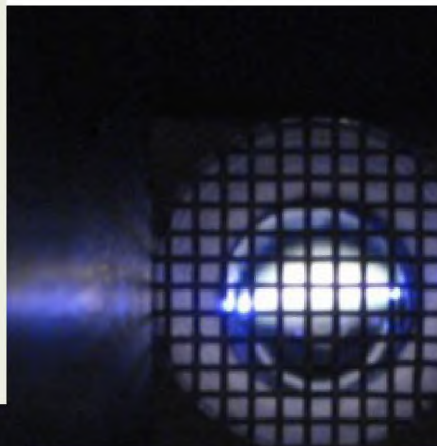
Модуляция разряда



- Любительские и профессиональные конструкции созданные в развлекательных целях и для проведения шоу-программ.



Монофоны



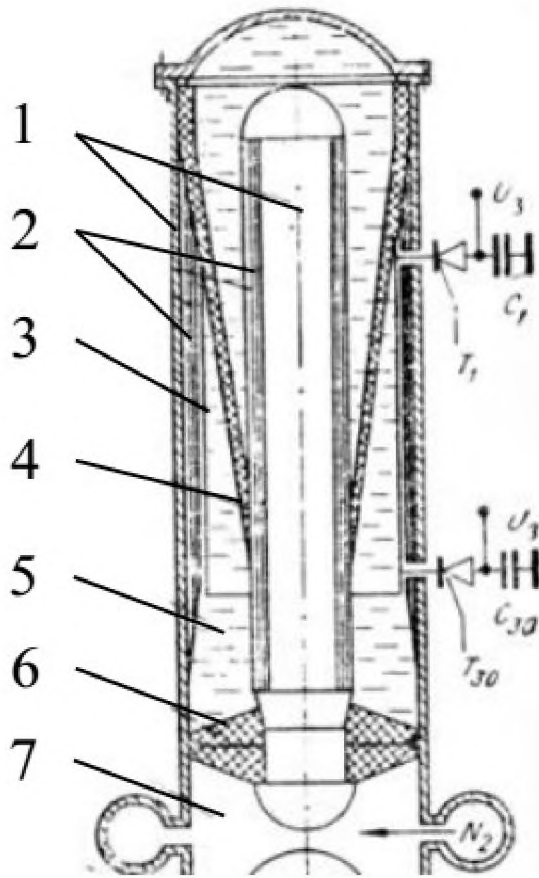
Viger Audio



Патент № RU2496254.

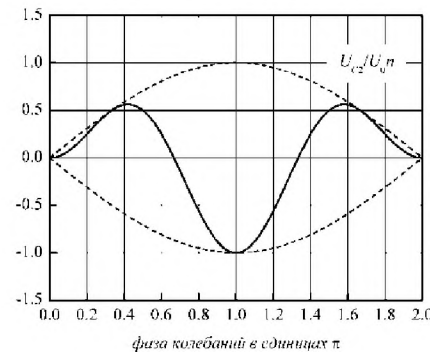


Научные установки



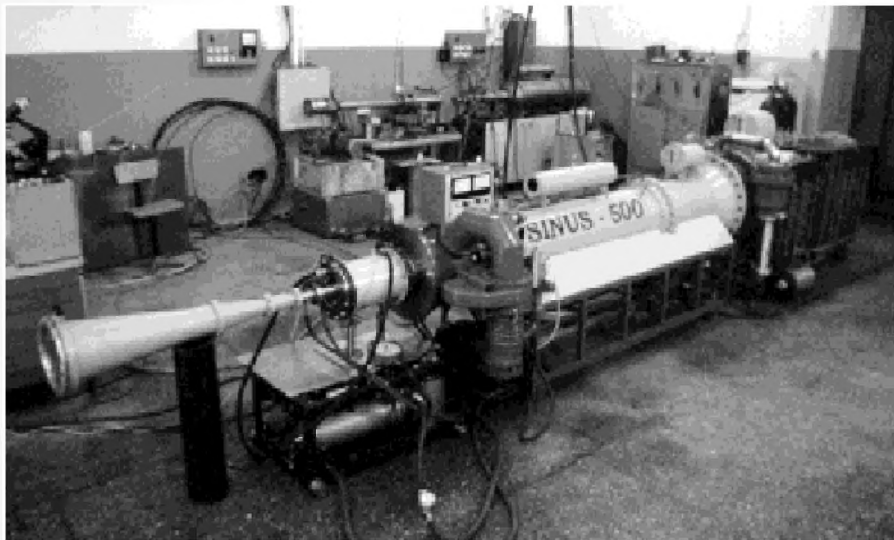
Конструктивная схема ускорителей с трансформатором Тесла, встроенным в формирующую линию:

- 1 – формирующая линия;
- 2 – магнитопровод;
- 3 – первичный виток;
- 4 – катушка вторичной обмотки;
- 5 – трансформаторное масло;
- 6 – проходной изолятор;
- 7 – обостряющий разрядник;

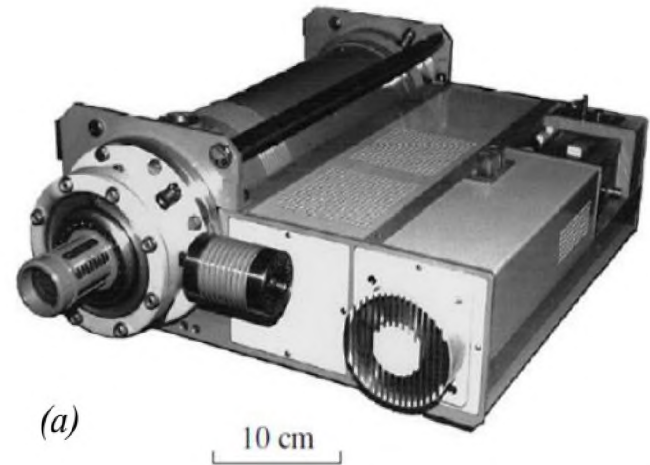


Генераторы импульсов

Трансформаторы Тесла используются при построении генераторов импульсов ускорителей электронов, таких как: серия Синус, ускоритель Рита-150, РАДАН.



Ускоритель СИНУС (ИСЭ СО РАН)



Ускоритель РАДАН (ИСЭ СО РАН)

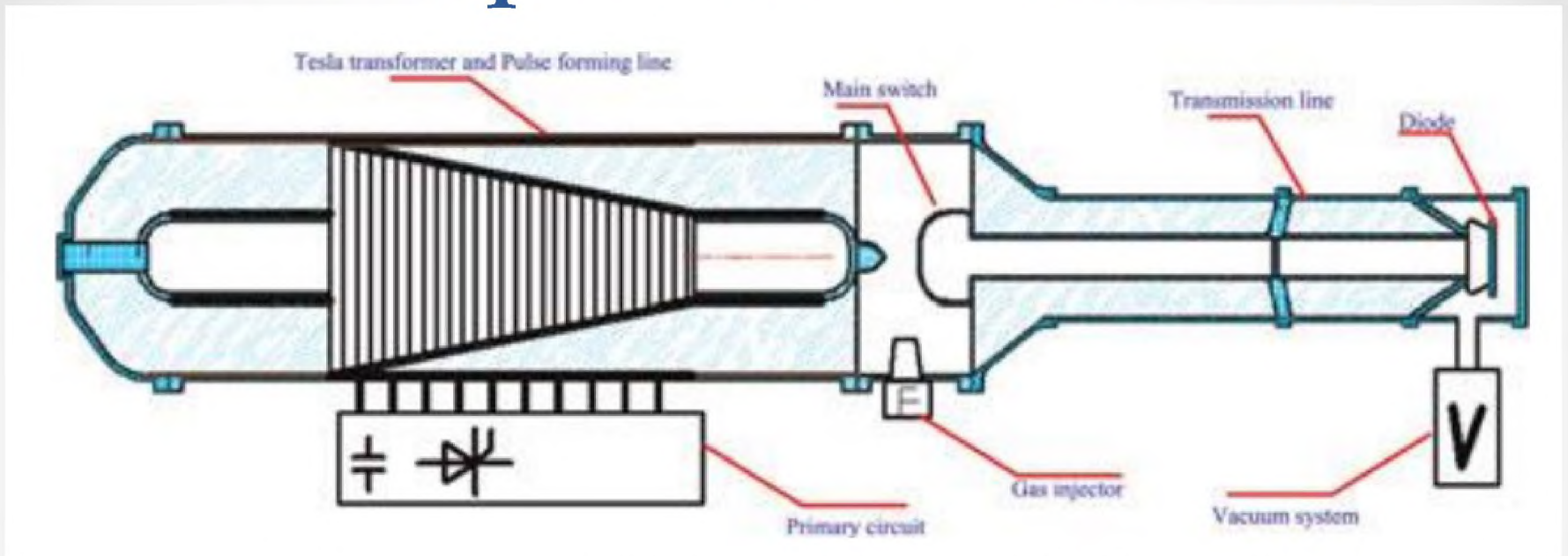
Laser and Part. Beams . 2003. Vol. 21, № 2. P. 197–209.

Repetitively pulsed high-current accelerators with transformer charging of forming lines

Proceedings of the IEEE. 2004. Vol. 92, Iss. 7. P. 1166–1179.

The RADAN series of compact pulsed power Generators and their applications

Ускорители частиц

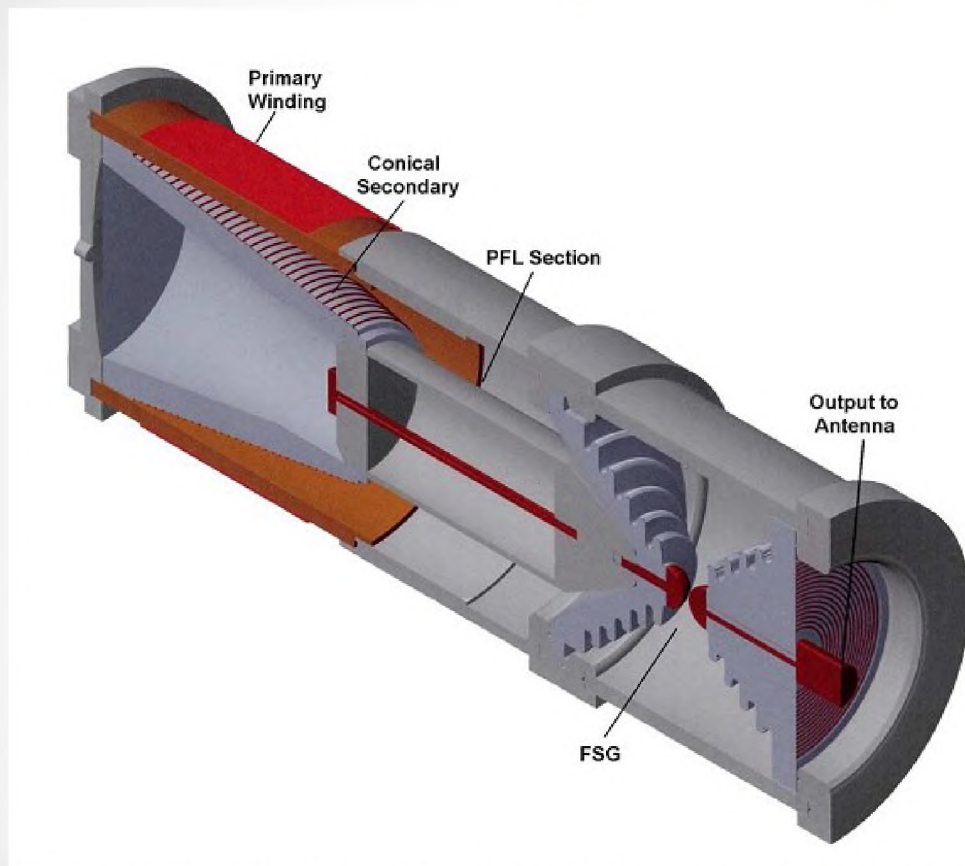


Ускоритель на основе СИНУС (Сианьский университет Цзяо Тун, Китай)

Ускоритель способен длительно генерировать электронный пучок током 7 -13 кА при импульсе ускоряющего напряжения амплитудой 300-700 кВ длительностью 35 нс с частотой повторения до 100 имп./с.

Laser and Particle Beams. 2011. Vol. 29. P 55–60 A high repetitive rate intense electron beam accelerator based on high coupling Tesla transformer

Генераторы ЭМИ

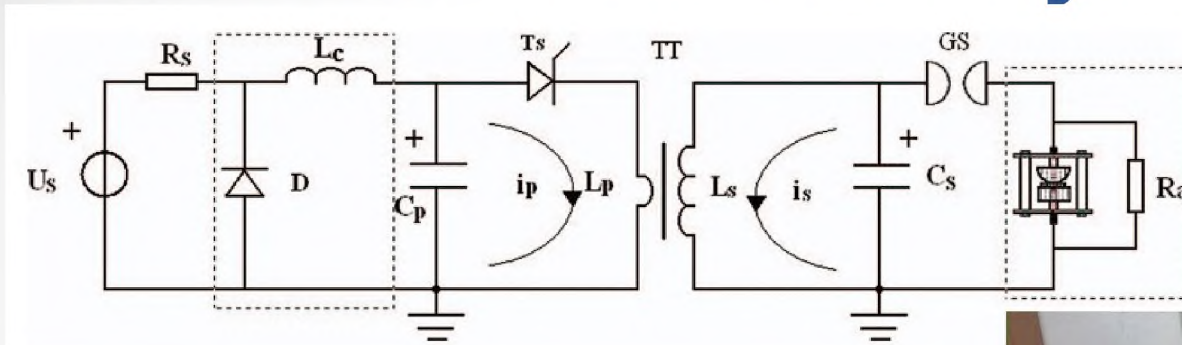


Генератор ЭМИ (Университет Лафборо, Лестершир, Англия)

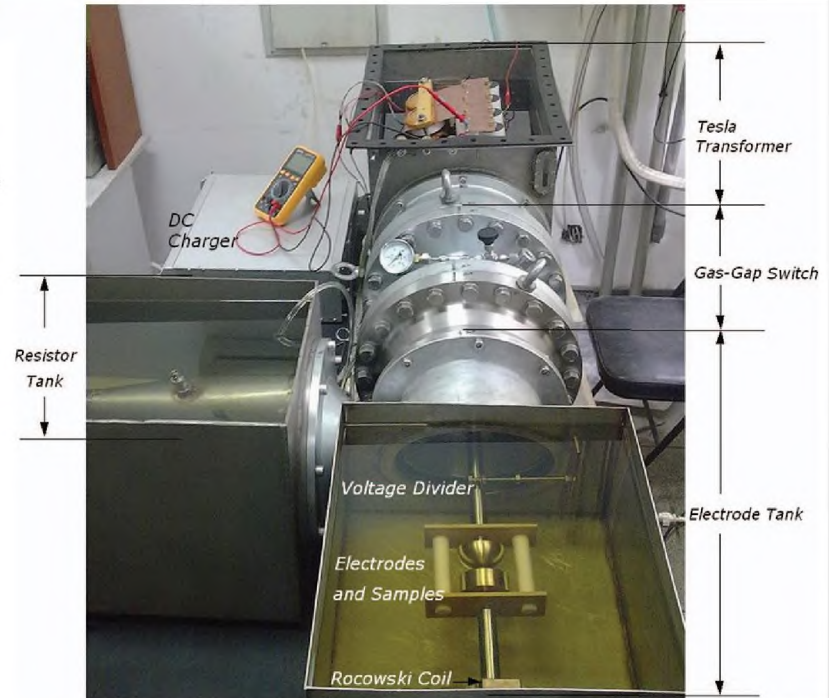


IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE, VOL. 34, NO. 5, OCTOBER 2006
A Compact Battery-Powered Half-Megavolt Transformer System for EMP Generation

Испытательные установки



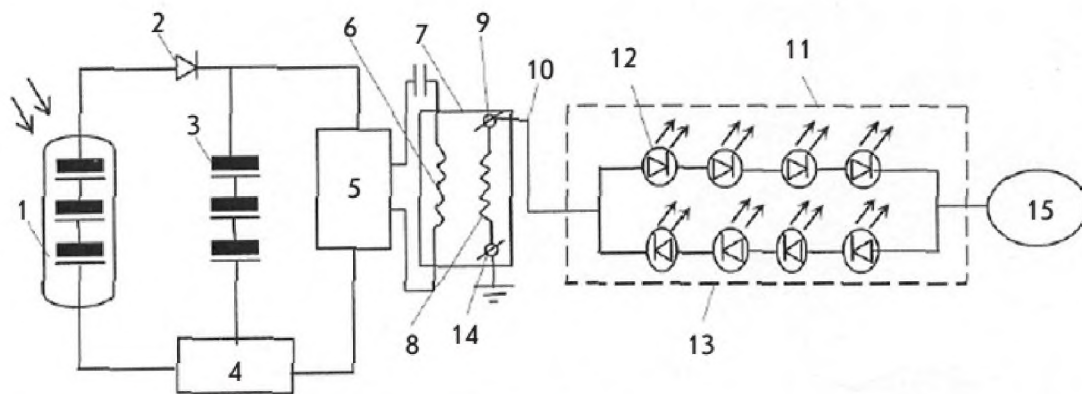
Стенд для высоковольтных испытаний
(Северо-Западный институт ядерных технологий,
Сиань Китай)



REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS 84, 105114 (2013)

A Tesla-type repetitive nanosecond pulse generator for solid dielectric breakdown research

Передача электроэнергии



- 15 светильников
- Длина линии 150 м
- Сечение провода 1 мм²
- Общая мощность 300 Вт



**Однопроводная линия освещения
(Федеральный научный
агроинженерный центр ВИМ)**

Энергобезопасность и энергосбережение № 4 (28), 2009
Электрооборудование для резонансной системы освещения

Передача электроэнергии



Find articles with these terms

Tesla Transformer



Advanced search

1,904 results

Set search alert

Refine by:

Subscribed journals

Years

2021 (111)

2020 (134)

2019 (100)

Show more

Article type

Review articles (135)

Research articles (888)

Encyclopedia (36)

Book chapters (581)

Show more

Publication title

Download selected articles Export

sorted by re

Research article Open access

Impact of high strength electromagnetic fields generated by Tesla transformer on plant cell ultrastructure

Information Processing in Agriculture, 22 May 2017, ...

Anna Rusakova, Igor Nosachev, ... Olga Chugueva

Download PDF Abstract Extracts Export

Research article Full text access

Measurement of the parameters and the resonance frequency in semiconductor controlled Tesla transformer

International Journal of Electrical Power & Energy Systems, December 2012, ...

Sırrı Sunay Gürleyük, Halit Taşkin, Zehra Saraç

Download PDF Abstract Export

Get a personalized search experience

Recommendations, reading history, search & journals alerts, and more.

Personalize

Conference abstract Full text access

CARBON PARTICLE GENERATION BY SPARK DISCHARGE USING A TESLA TRANSFORMER

Journal of Aerosol Science, September 2001, ...

M. Gangl, H. Horvath, K. Noda

Download PDF Export