

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «Электрические системы»

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ
«Анализ источников частичных разрядов и их
сепарация от сигналов помех электрического
шума»**

**Исполнитель: студент гр. ЭСИСм-20 Гриша Н. Э.
Руководитель: доц. Гуляева И. Б.**

Донецк, 2022

ТЕМА МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ: «АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ И ИХ СЕПАРАЦИЯ ОТ СИГНАЛОВ ПОМЕХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ШУМА»

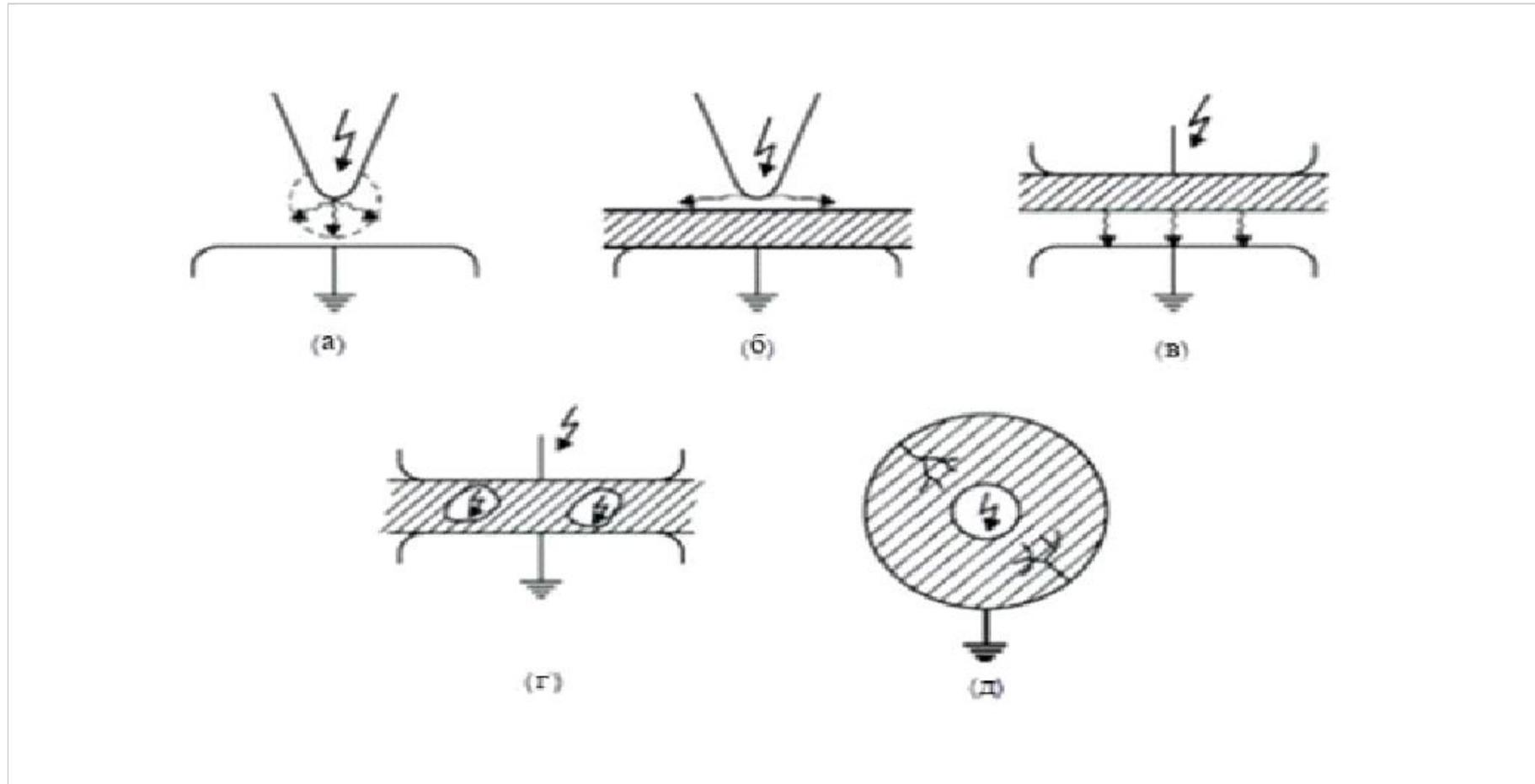
ЦЕЛЬ РАБОТЫ – анализ источников частичных разрядов в изоляции электрооборудования и их отделения от сигналов помех и электрического шума, с помощью использования современных программных продуктов для моделирования и инженерных расчётов.

ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛИ ПОСТАВЛЕНЫ СЛЕДУЮЩИЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ:

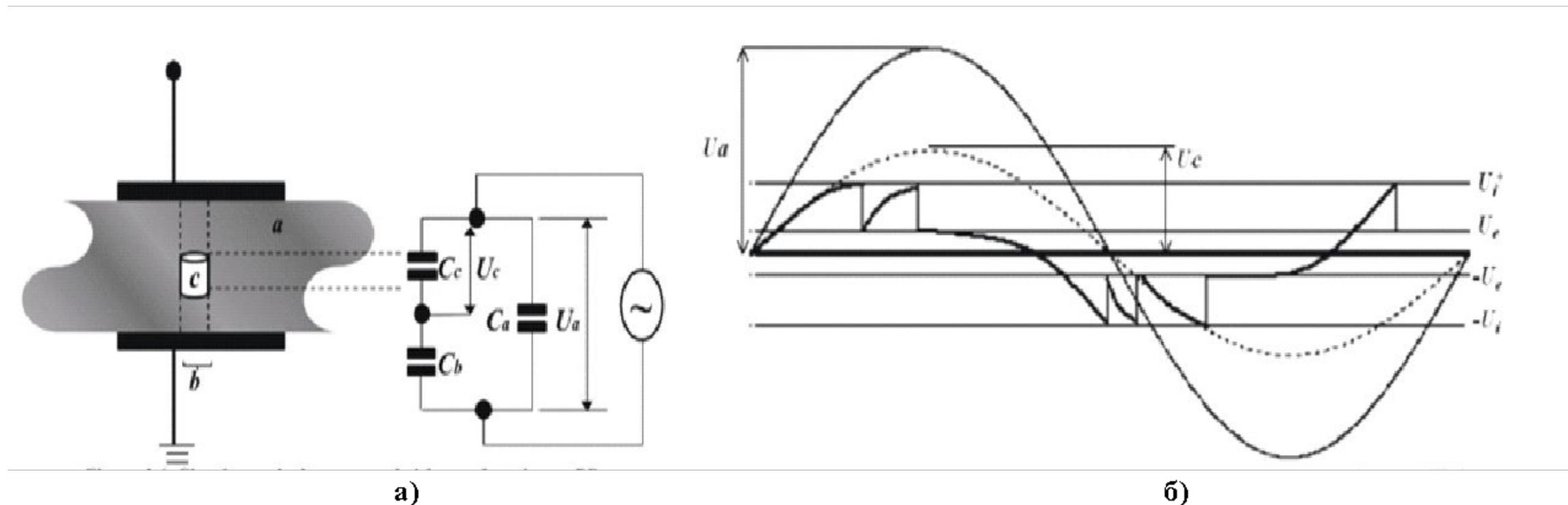
- проанализировать методики и характеристики, позволяющие оценить процессы, происходящие в изоляции контролируемого оборудования под воздействием частичных разрядов;
- обосновать рациональный принцип моделирования процессов, происходящих в изоляции электрооборудования;
- проанализировать и обосновать методы отделения ЧР от сигналов помех и электрического шума, с помощью использования современных программных продуктов для моделирования и инженерных расчётов.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

- для достижения поставленной цели, используется методология исследований, состоящая в системном подходе к выбору принципа, структуры и оценке факторов, влияющих на процессы;
- для анализа полученных данных, используются основные положения теории вероятностей.



а - коронный или газовый разряд,
б и в - поверхностный разряд,
г - внутренний разряд,
д - древовидные каналы



а) схема замещения изоляции, расположенной последовательно с газовым включением;

б) характеристики напряжения:

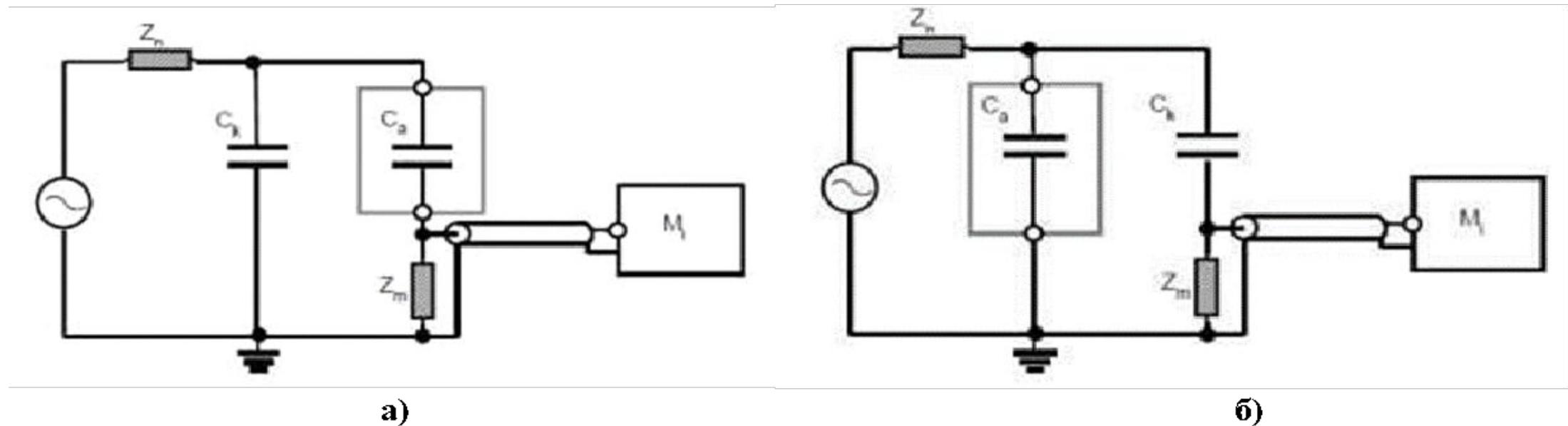
U_a – напряжение источника;

U_c – кривая напряжения на ёмкости C_c , если в газовом включении образуется разряд

C_c – ёмкость газового включения;

C_b – ёмкость слоя исправной изоляции, расположенного последовательно с газовым включением;

C_a – ёмкость остальной части диэлектрика



а) прямая цепь для измерения частичных разрядов;

б) непрямая нормализованная схема для измерения частичных разрядов

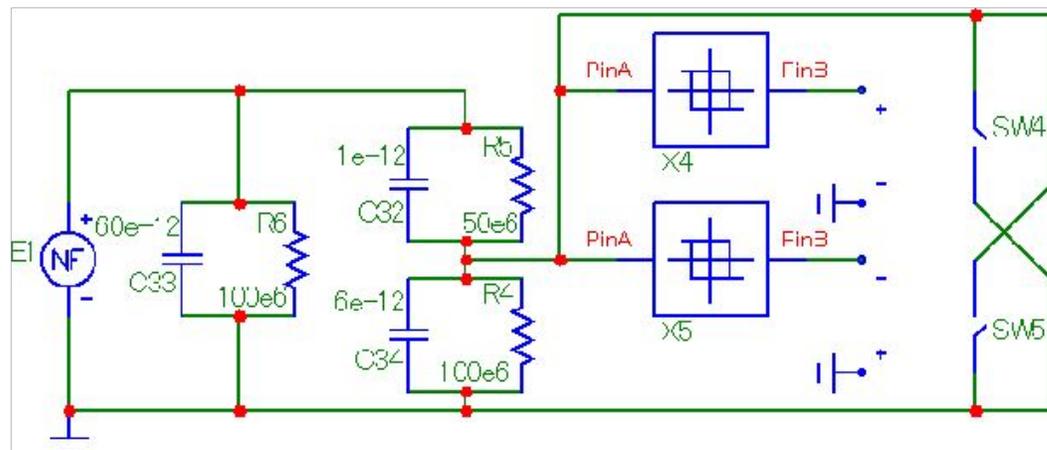
Основные элементы, этих схем:

- источник высокого напряжения, желательно без помех;
- импеданс Z_n -фильтра, который уменьшает помехи, генерируемые в источнике, а также предотвращает прохождение в него импульсов частичных разрядов;
- тестовый объект или образец, поведение которого приближается к ёмкости C_a ;
- конденсатор связи C_k , облегчающий прохождение высокочастотных импульсов тока;
- измерительный импеданс Z_m через который будет проходить импульс частичных разрядов;
- прибор для измерения частичных разрядов.

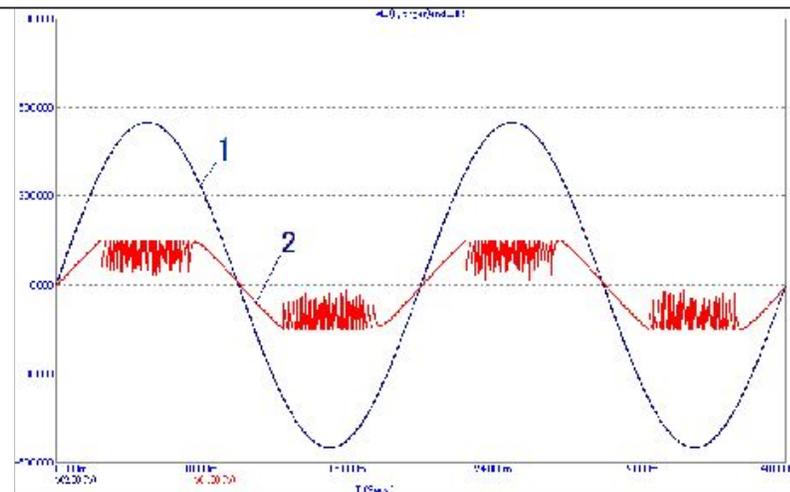
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАССМОТРЕННЫХ МЕТОДИК
РАЗДЕЛЕНИЯ СИГНАЛОВ ЧР И ШУМА

№ п/п	Метод	Преимущества	Недостатки
1	Разделение во временной области	Позволяет избежать неправильной интерпретации результатов	Невозможно разделение, в случае наличия нескольких источников
2	Разделение с помощью вейвлет-разложения	Используется только исследовательскими группами, но даёт хорошие результаты	Зависимость от частоты дискретизации, что ограничивает чувствительность алгоритма ко времени для разделения различных источников
3	Разделение через карты T-F	Позволяет эффективно разделить различные источники	В некоторых случаях приводит к наложению облаков точек, которые не обеспечивают правильное разделение источников
4	Идентификация посредством машина опорных векторов	Применим для данных, которые линейно разделимы	Математически достаточно сложно, нет возможности применять для данных, не являющегося линейно разделимыми

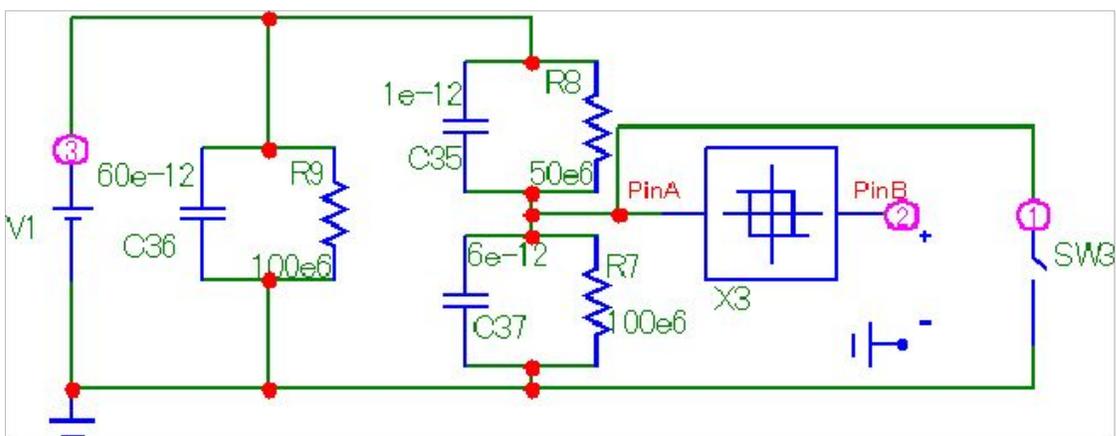
SPICE-модель схемы объекта испытаний при переменном токе частотой 50 Гц с имитированием искрового промежутка с помощью двух триггеров Шмидта и двух ключей соответственно



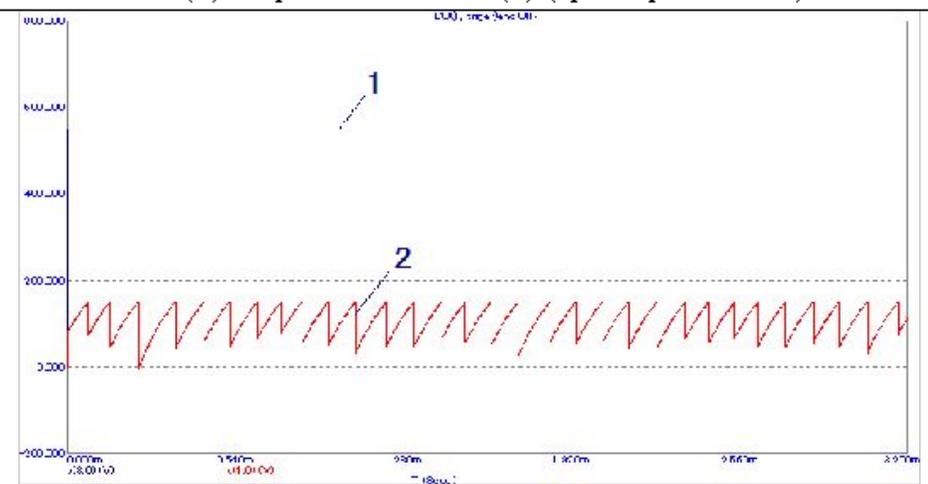
Изменение напряжения на газовом включении при отсутствии ЧР (1) и при наличии ЧР (2) (триггеры Шмидта)



SPICE-модель схемы объекта испытаний при постоянном токе с имитированием искрового промежутка с помощью триггера Шмидта и ключа



Изменение напряжения на газовом включении при отсутствии ЧР (1) и при наличии ЧР (2) (триггер Шмидта)



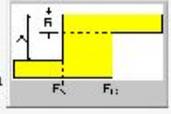
Расчет фильтра Баттерворта (1-я часть)

Passive Filter Designer

Design | Implementation | On line

Тип фильтра

- ФНЧ
- ФВЧ
- Полосовой
- Заграждающ



Тип характеристики

- Баттерворта
- Чебышева
- Эллиптический

Условные параметры

Полный Упрощенный

Класс передачи: 0 дБ

Волновое сопротивление R: 50 Ом

Ослабление A: 20 дБ

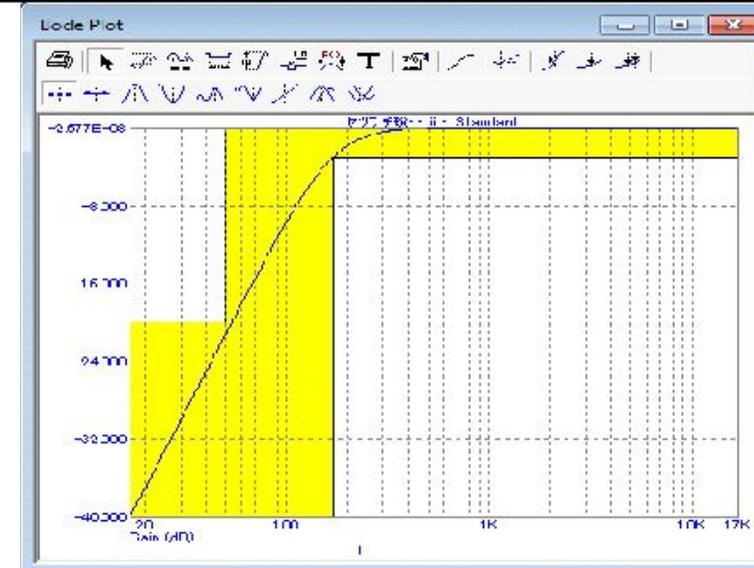
Верхн. граница Fc: 170 Гц

Нижн. граница Fs: 50 Гц

Stage	Fc	QC	FN
1	170	0.70706	

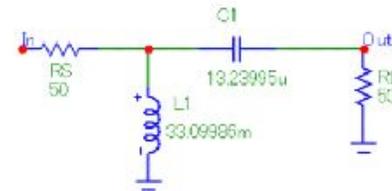
Default | Fade | Stop | Impulse | OK | Cancel | Cancel

Расчет фильтра Баттерворта (2-я часть)



Расчет фильтра Баттерворта (3-я часть)

Standard
 Passband Gain = 0 dB Passband Ripple (R) = 3.0103 dB Passband Frequency (Fc) = 170Hz
 Stopband Attenuation (A) = 20 dB Stopband Frequency (Fs) = 50 Hz
 Impedance Scale Factor=1



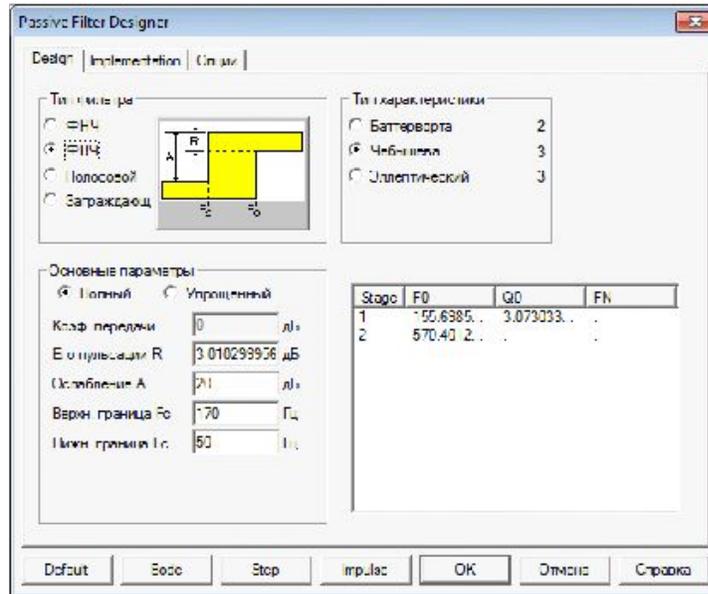
LP = Ideal low-pass response based upon choice of filter type and response.
 HP = Ideal high-pass response transformed from the low pass response.
 The circuit above is designed to match this transfer response.

```
define U (S/(2*P*(170)))
```

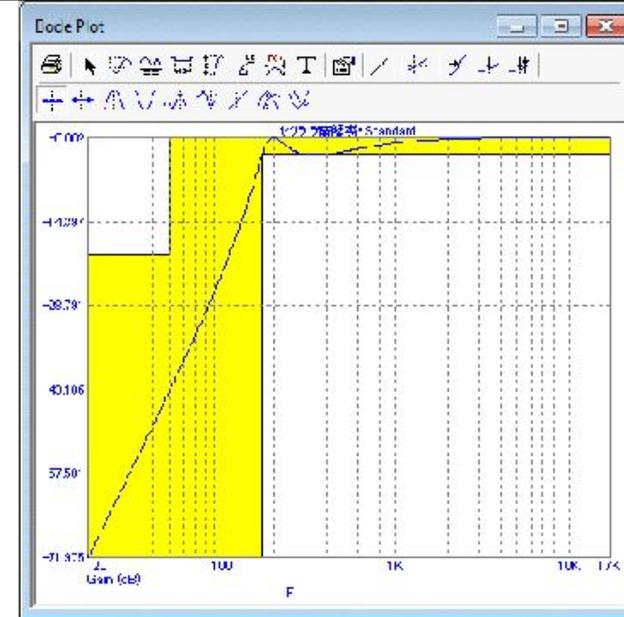
```
define LP  
1/(U*(U+1.4142*(U+1)))
```

```
define HP  
1*(U*(U+1.4142*(U+1)))
```

Расчет фильтра Чебышева (1-я часть)



Расчет фильтра Чебышева (2-я часть)



Расчет фильтра Чебышева (3-я часть)

マウラー標準表 Standard

Passband Gain = 0 dB Passband Ripple (R) = 3.0103 dB Passband Frequency (Fc) = 170 Hz

Stopband Attenuation (A) = 20 dB Stopband Frequency (Fs) = 50 Hz

Impedance Scale Factor=1

LP = Ideal low-pass response based upon choice of filter type and response.
 HP = Ideal high-pass response transformed from the low pass response.
 The circuit above is designed to match this transfer response.

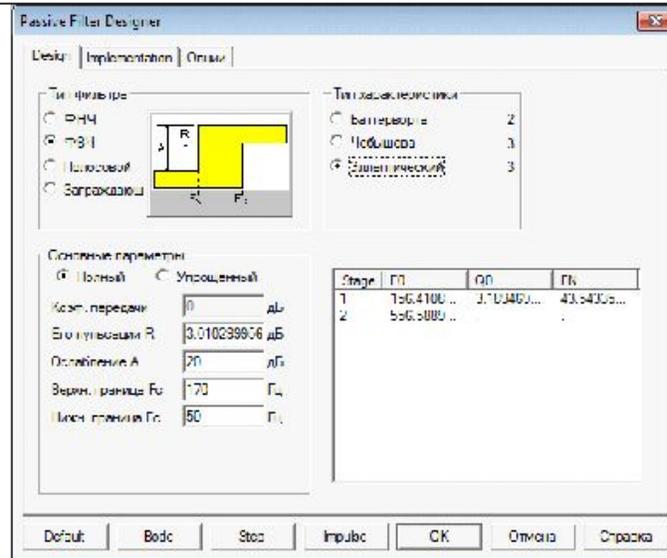
```

define U (S/(2*PI)*170)

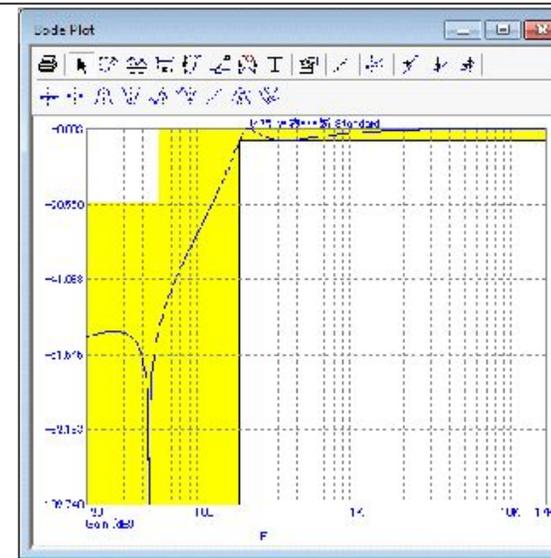
define LP
0.93883/(U*U+0.29804*U+0.33883)*
0.29804/(U+0.29804)

define HP
1*U*U/(U*U+0.3553*U+1.1921)*
U/(U+3.3553)
    
```

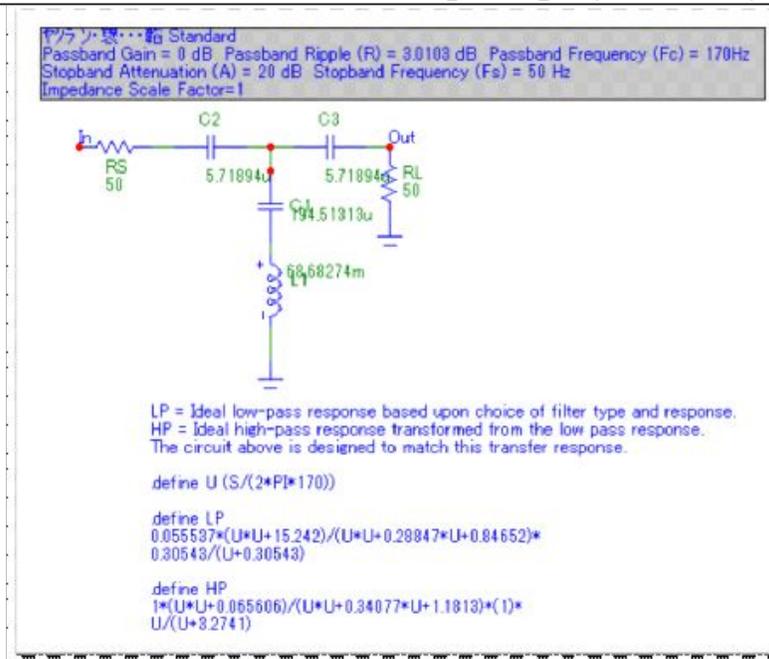
Расчет эллиптического фильтра (1-я часть)



Расчет эллиптического фильтра (2-я часть)

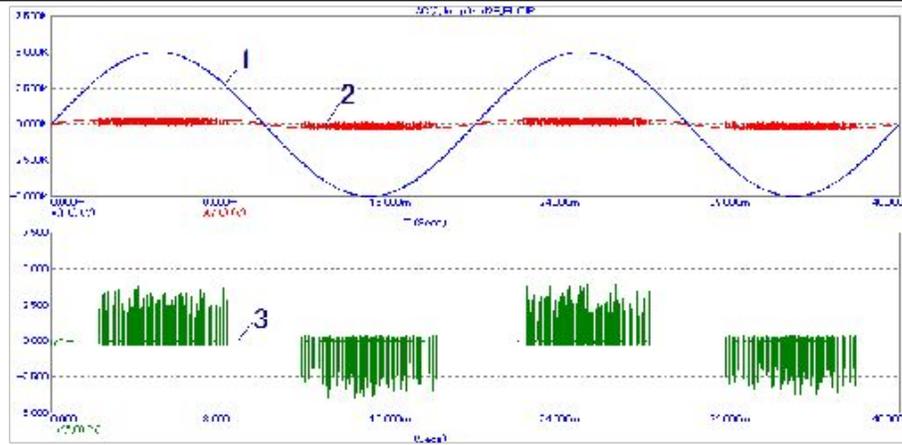


Расчет эллиптического фильтра (3-я часть)

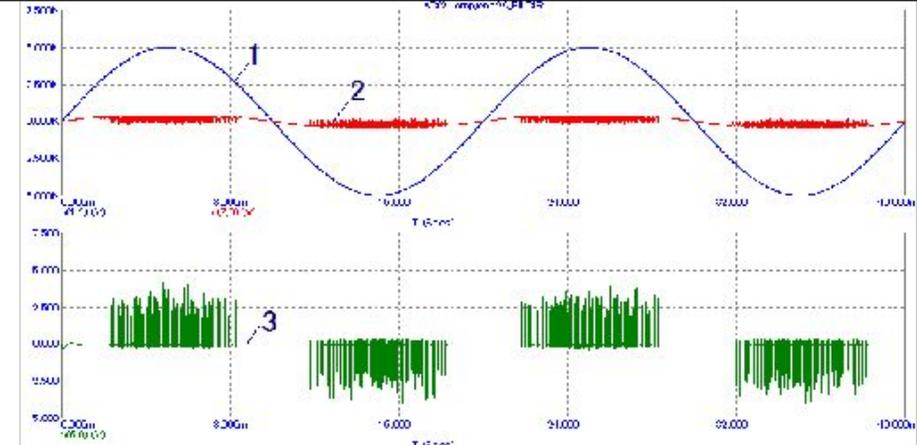


Переменный ток

Изменение напряжения на газовом включении при отсутствии ЧР (1), при наличии ЧР (2) и с эллиптическим фильтром высокой частоты (3) для схемы 1

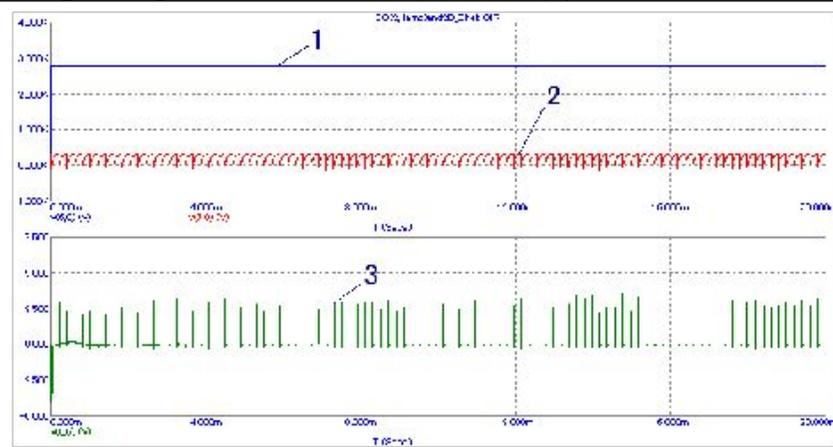


Изменение напряжения на газовом включении при отсутствии ЧР (1), при наличии ЧР (2) и с эллиптическим фильтром высокой частоты (3) для схемы 2



Постоянный ток

Изменение напряжения на газовом включении при отсутствии ЧР (1), при наличии ЧР (2) и с эллиптическим фильтром высокой частоты (3) для схемы 1



Изменение напряжения на газовом включении при отсутствии ЧР (1), при наличии ЧР (2) и с эллиптическим фильтром высокой частоты (3) для схемы 2

