

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра электротехнических комплексов

Энергосбережение и электромагнитная совместимость в системе электроснабжения метрополитена

Руководитель:

Мятеж С.В. к.т.н., доцент

Автор: Журавель Алёна Ивановна

Новосибирск, 2015

Цель работы: повышение энергетических показателей в СЭС метрополитена.

Задачи:

- проанализировать и систематизировать существующие СЭС метрополитена;
- определить основные источники ухудшающие энергетические показатели СЭС метрополитена;
- систематизировать основные технические средства, направленные на повышения энергетических показателей;
- составить математическую модель, описывающую функционирование СЭС метрополитена, содержащую «нелинейные» потребители;
- оценить эффективность технических средств обеспечения высоких энергетических показателей с помощью имитационного моделирования.

Энергетические показатели СЭС

- КПД
- Коэффициент мощности

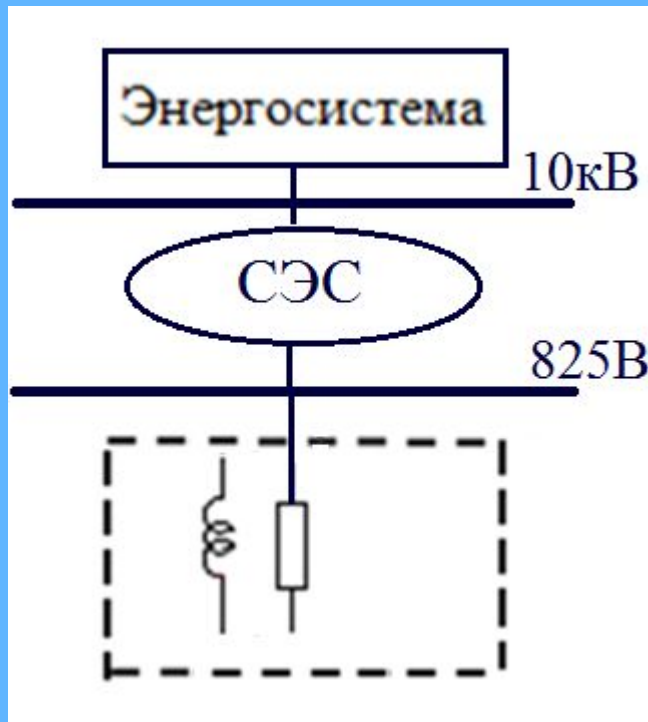
$$\chi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + T^2}} \quad (1)$$

- КПД
- Коэффициент мощности

$$\chi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + T^2}} \quad (2)$$

- КПД
- Коэффициент мощности

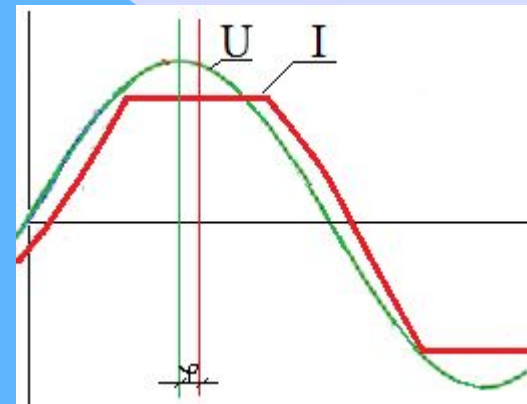
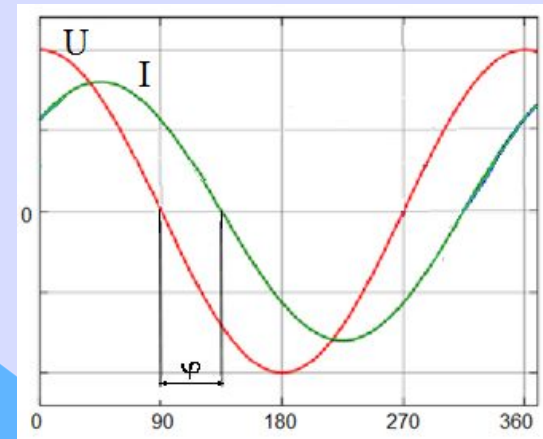
$$\chi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + T^2}} \rightarrow Q \quad (3)$$



Причины сдвига I относительно U на угол φ :

- Действие реактивных элементов

- Процессы коммутации



Энергетические показатели СЭС

- КПД
- Коэффициент мощности

$$\chi = K_{\text{и}} \cdot K_{\text{с}}$$

χ



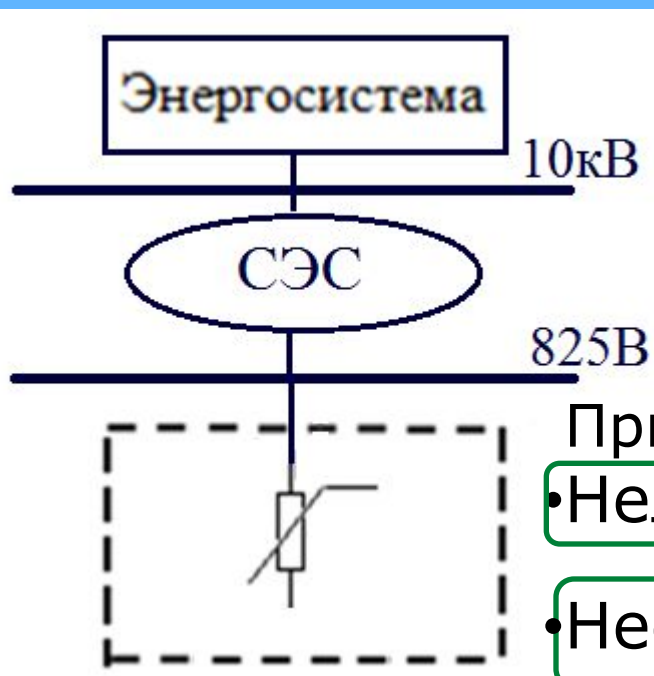
- КПД
- Коэффициент мощности

$$\chi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + T^2}}$$

- КПД

- Коэффициент мощности

$$\chi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + T^2}}$$



- КПД

- Коэффициент мощности

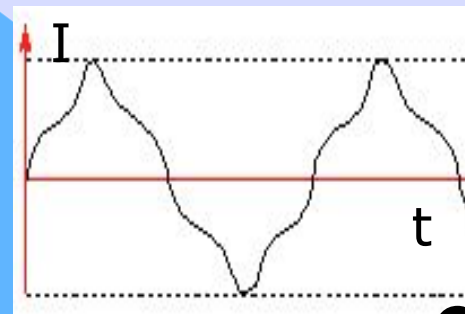
$$\chi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + T^2}}$$



T

Причины искажения:

- Нелинейная нагрузка
- Несинусоидальность



Средства повышения энергетических коэффициентов:

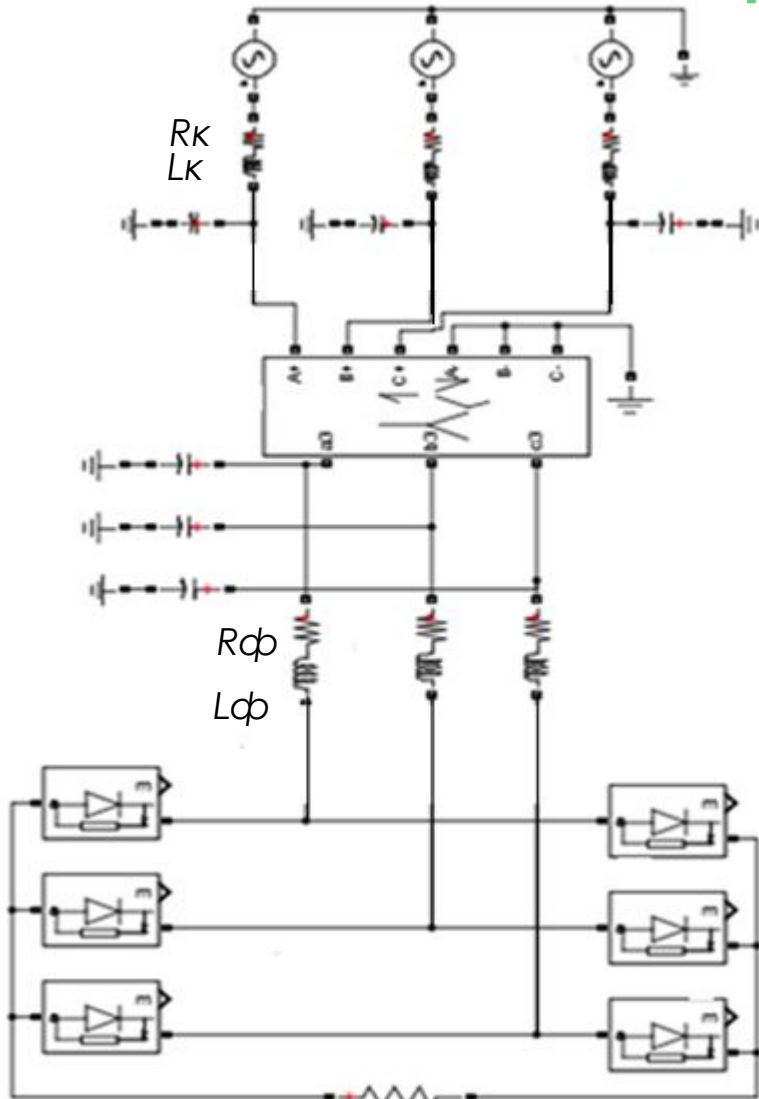
□ Для **Кс** :

- ⊙ Компенсация реактивной мощности
- ⊙ Уменьшить влияние коммутации

□ Для **Ки** :

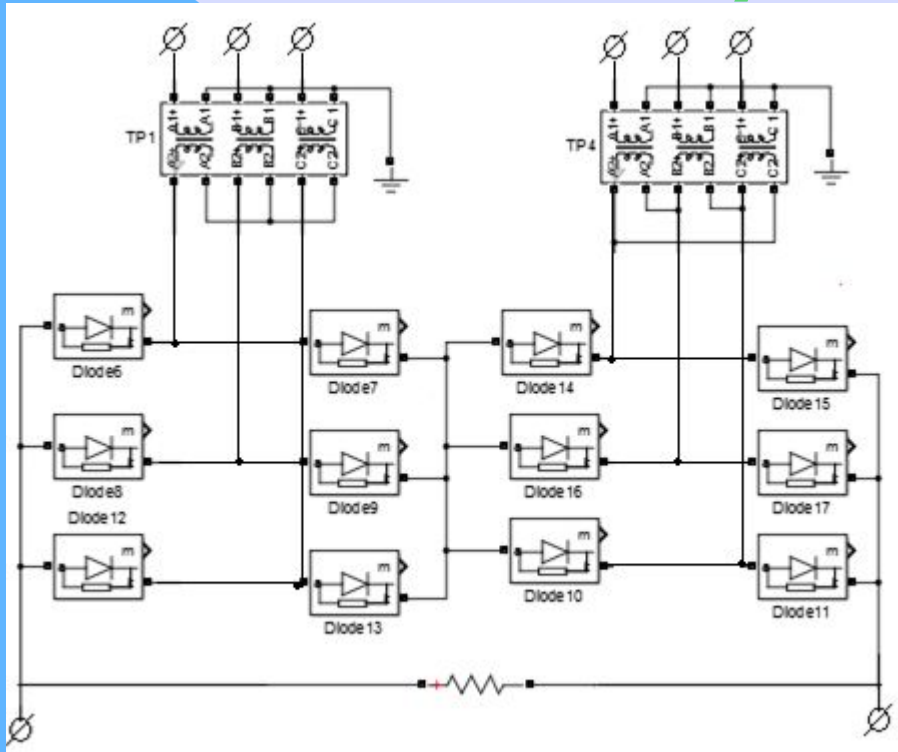
- ⊙ Схемотехнически устранить влияние нелинейных элементов
- ⊙ Применить устройства, компенсирующие высшие гармоники

Моделирование тяговой подстанции в среде Matlab Simulink

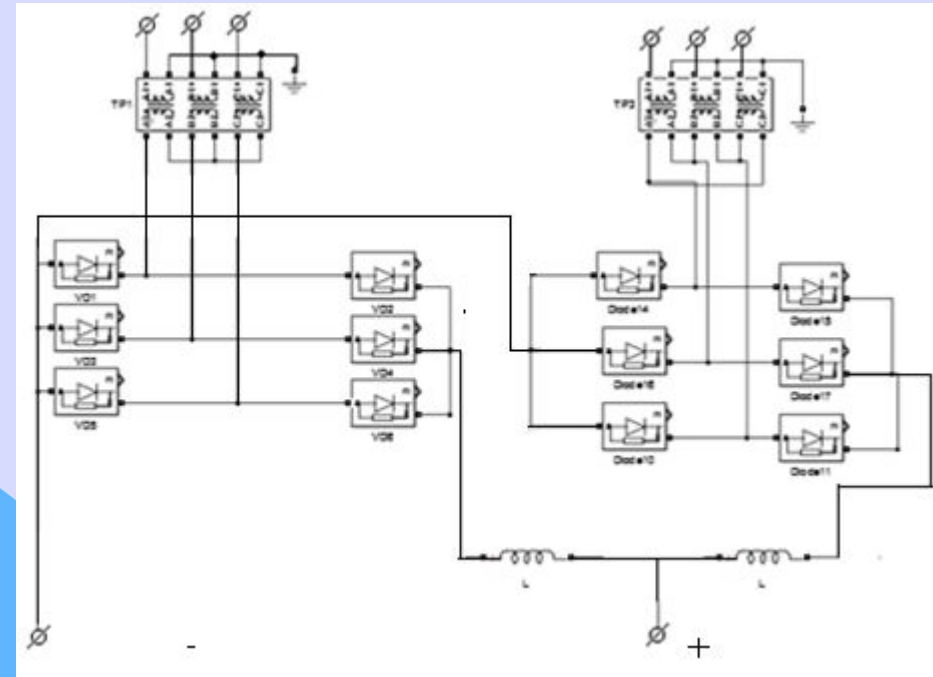


Название	Параметры		
	R_0 , Ом	L_0 , Гн	C , Ф
кабель	0,05512	0,472e-3	8,7e-10
фидер	0,01215	0,005e-3	8,7e-10

Двенадцатипульсные выпрямители

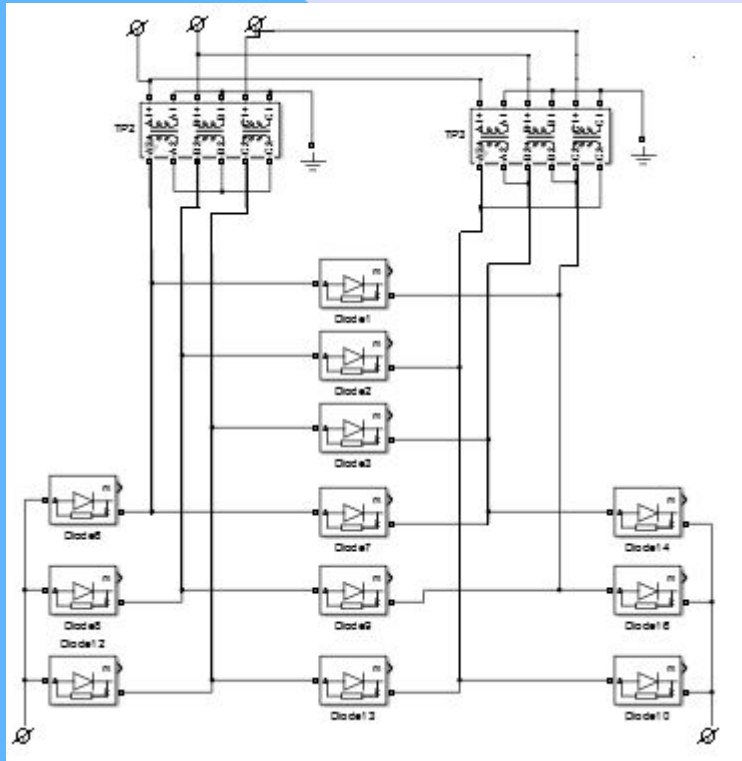


Модель с последовательным соединением мостов в среде Simulink



Модель с параллельным соединением мостов в среде Simulink

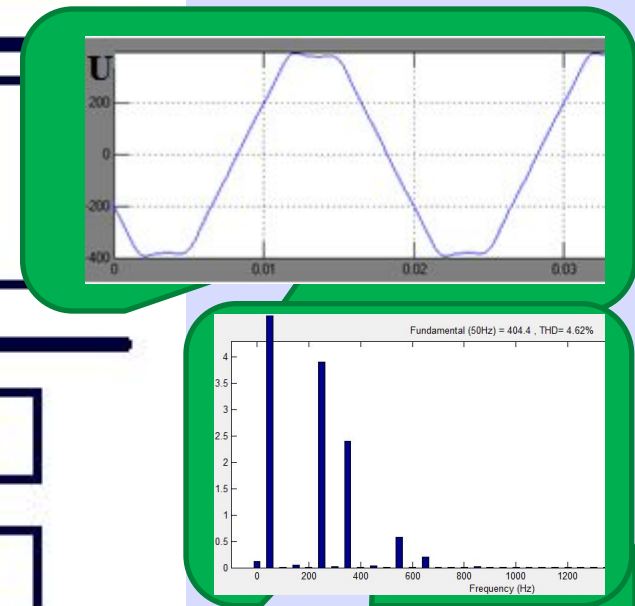
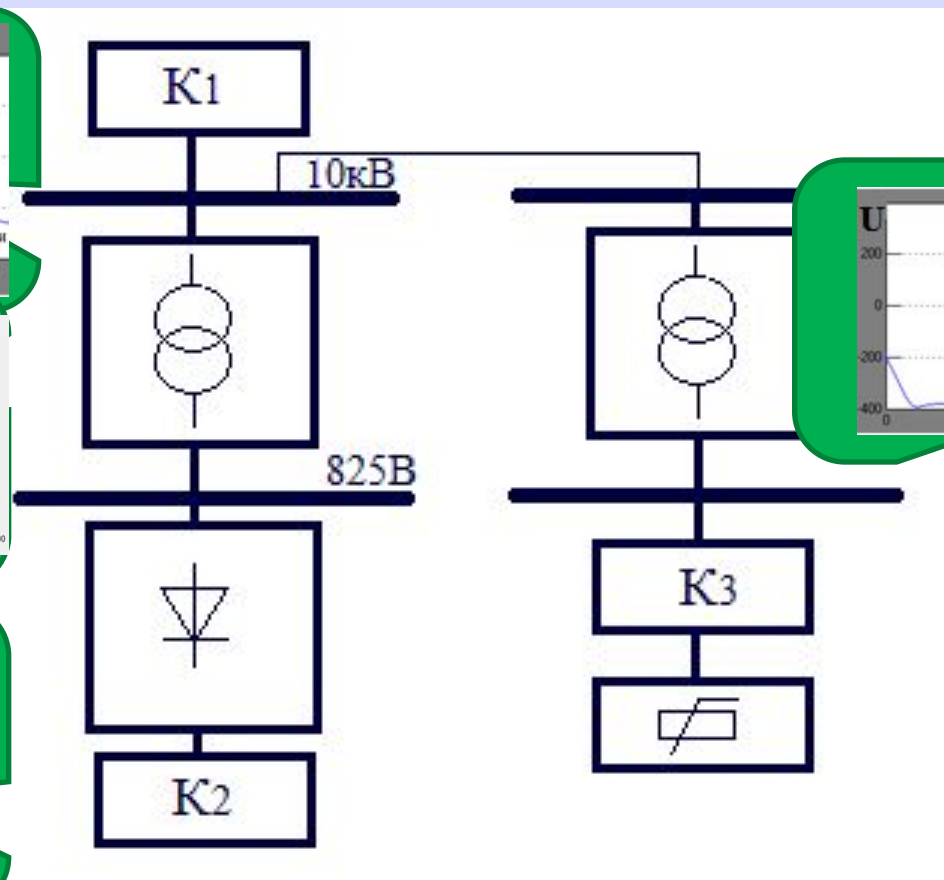
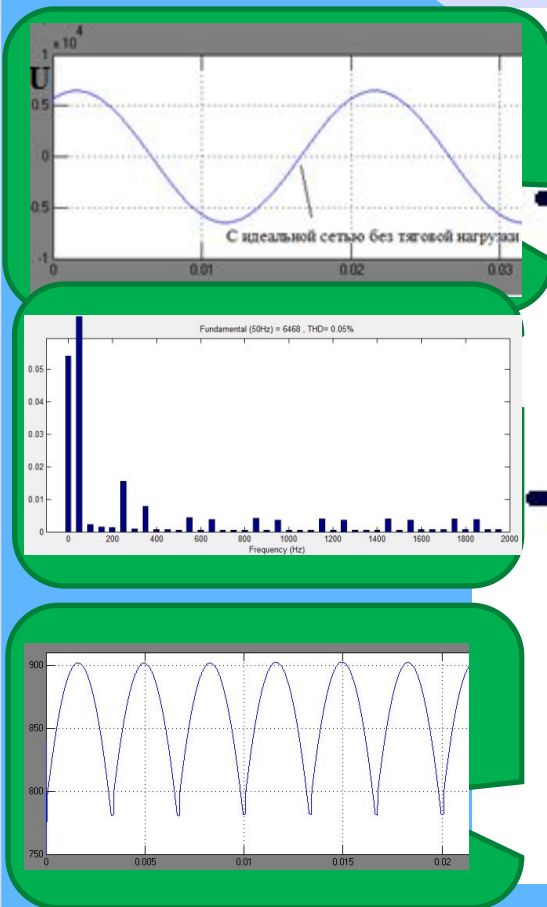
Двенадцатипульсные выпрямители



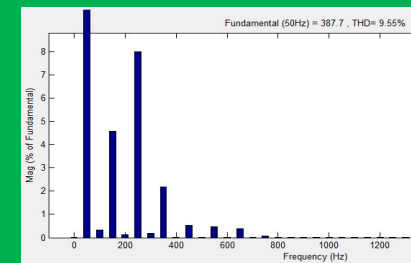
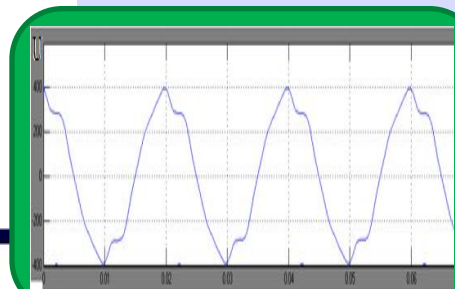
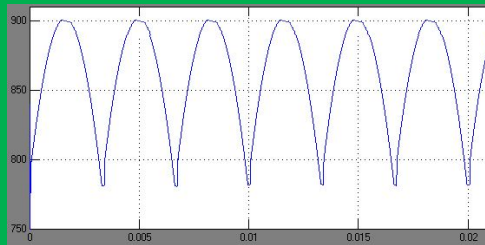
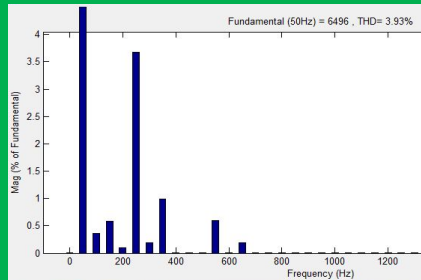
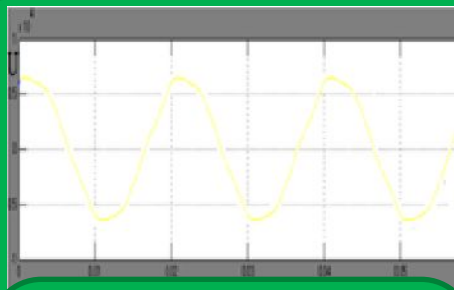
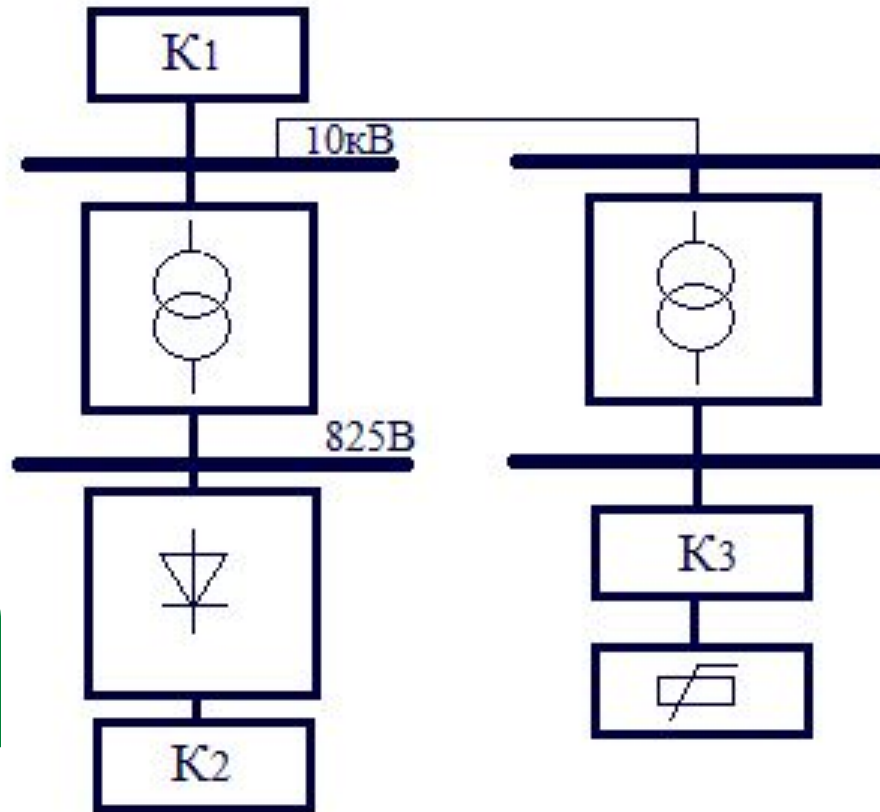
Модель кольцевого выпрямителя в среде Simulink

Схема выпрямления	Коэффициент искажений THD, %		Коэффициент пульсации	
	I	U	I	U
Шестипульсная	26,236	4,72	1,324	0,068
Двенадцатипульсная последовательного типа	25,374	4,321	0,198	0,020
Двенадцатипульсная параллельного типа	25,323	4,35	0,751	0,013
Двенадцатипульсная кольцевая	22,916	4,2	0,165	0,017

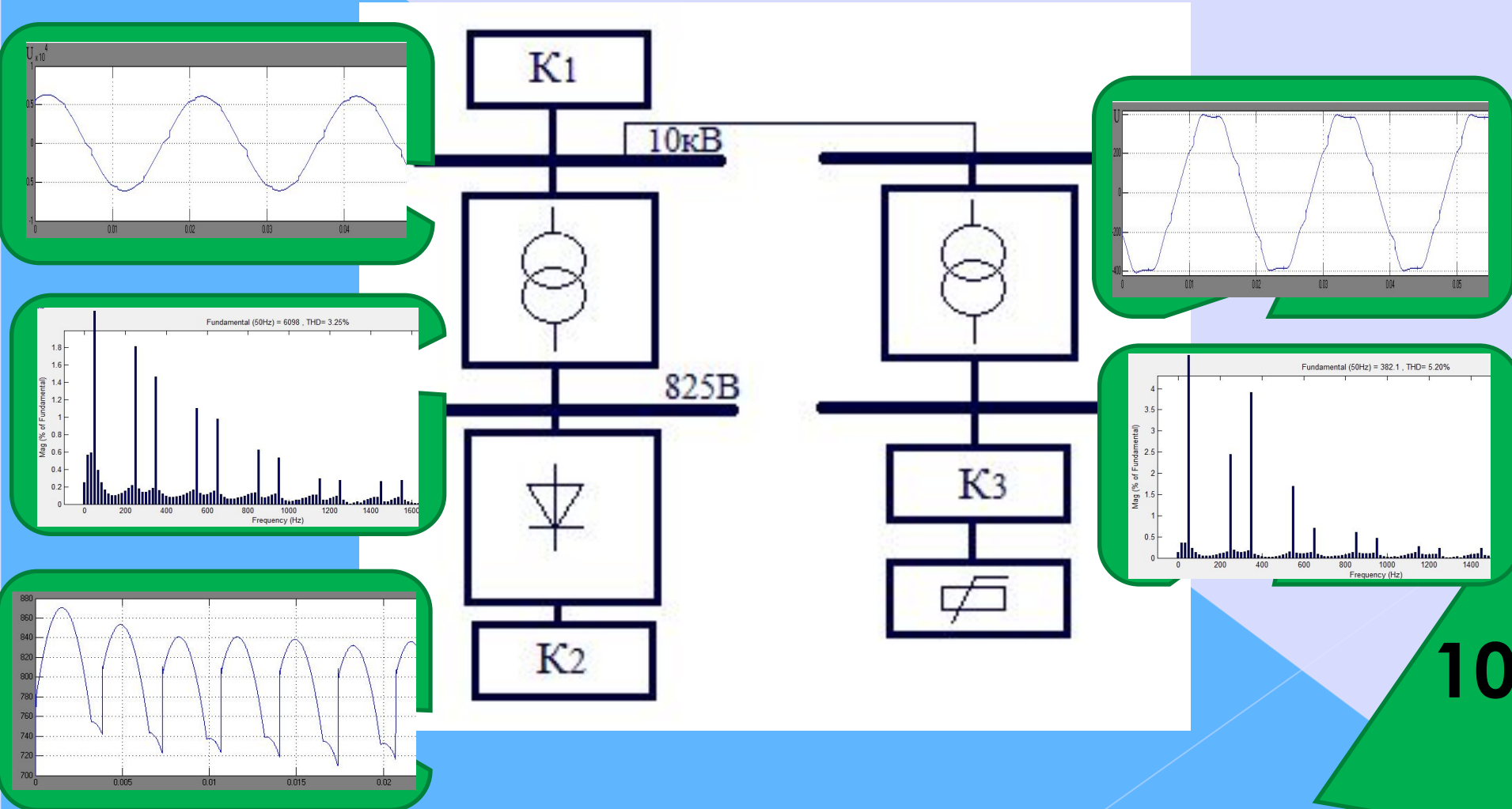
Модель системы с потребителем собственных нужд. (Идеальная сеть, тяговая нагрузка отсутствует)



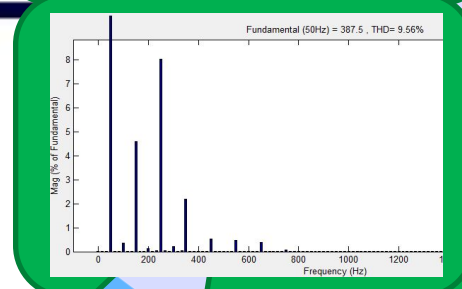
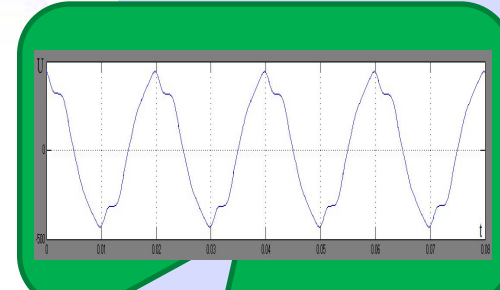
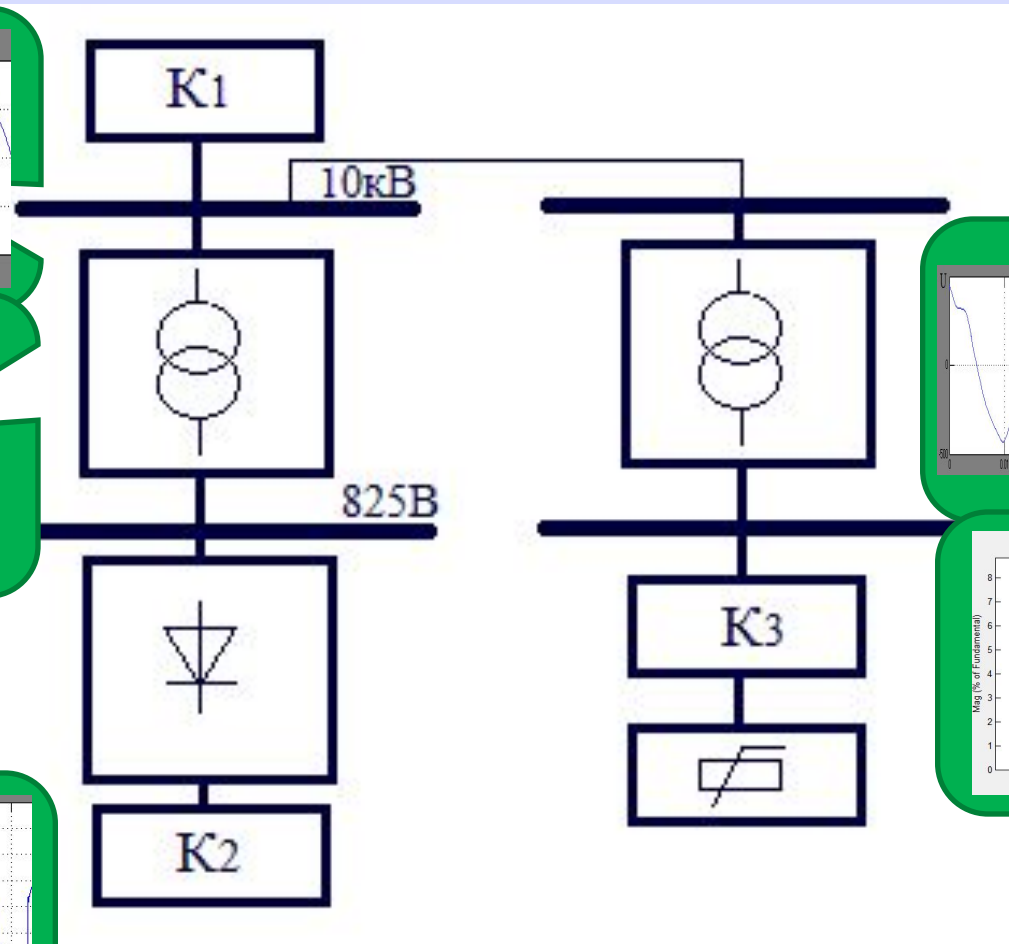
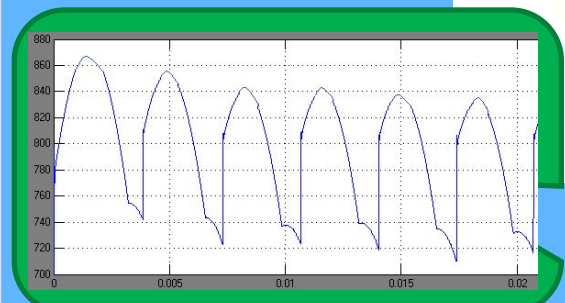
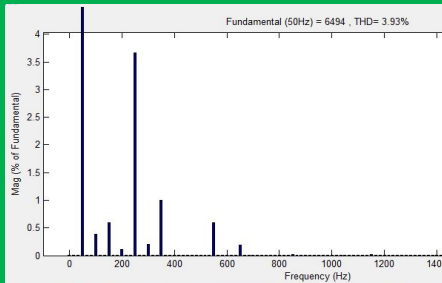
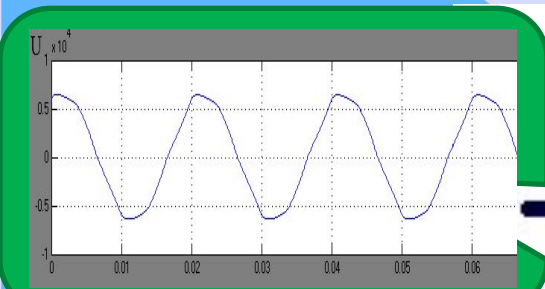
Модель системы с потребителем собственных нужд. (Сеть искажена, тяговая нагрузка отсутствует)



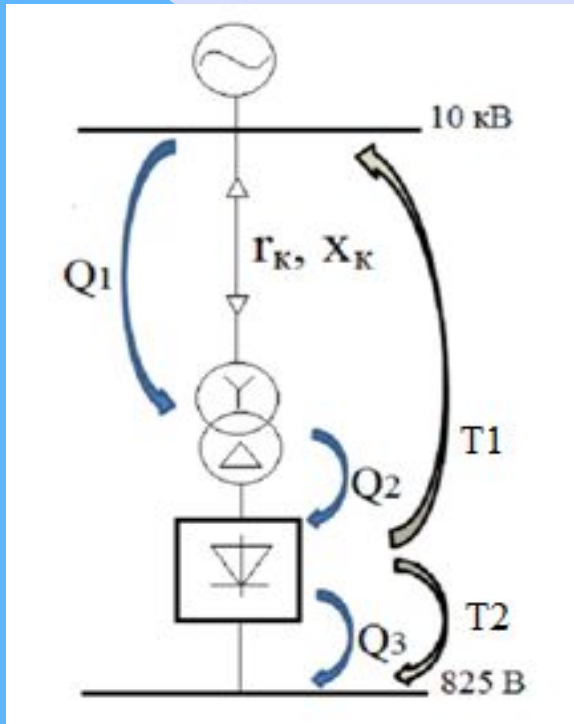
Модель системы с потребителем собственных нужд. (Идеальная сеть, при наличии тяговой нагрузки)



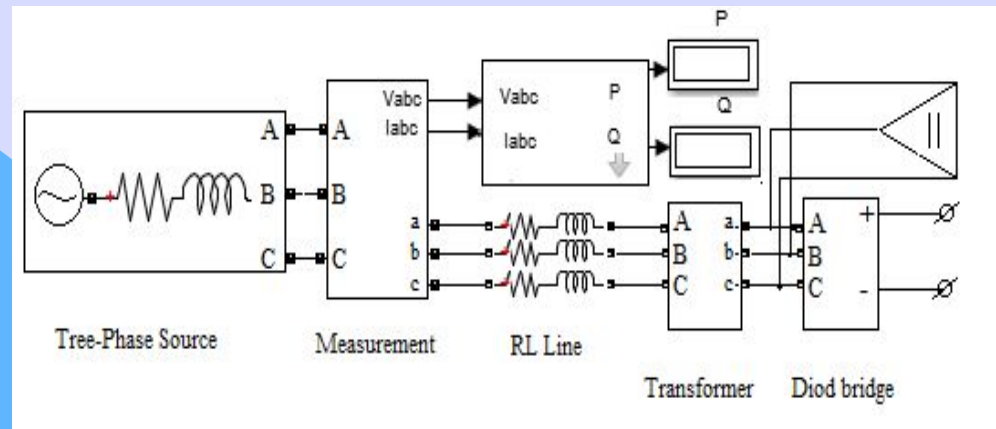
Модель системы с потребителем собственных нужд. (Сеть искажена, при наличии тяговой нагрузки)



Компенсация реактивной мощности

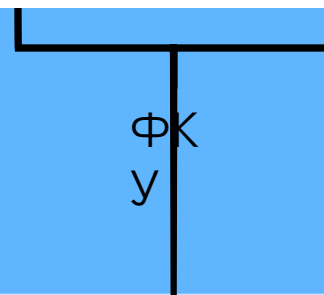
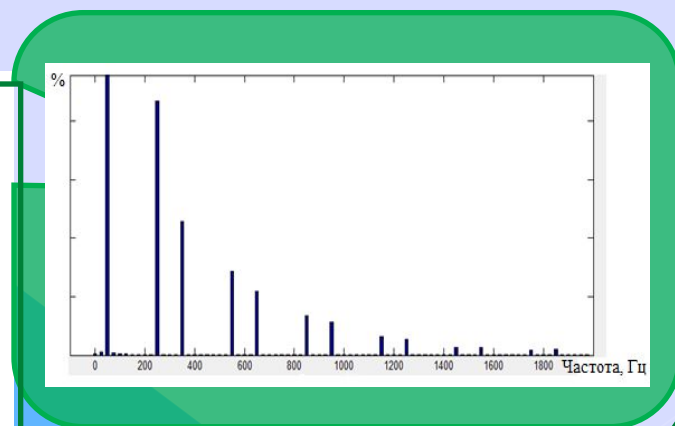
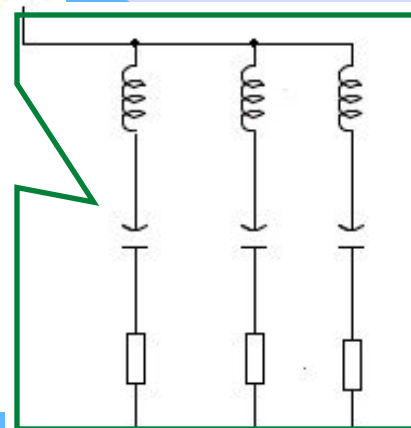
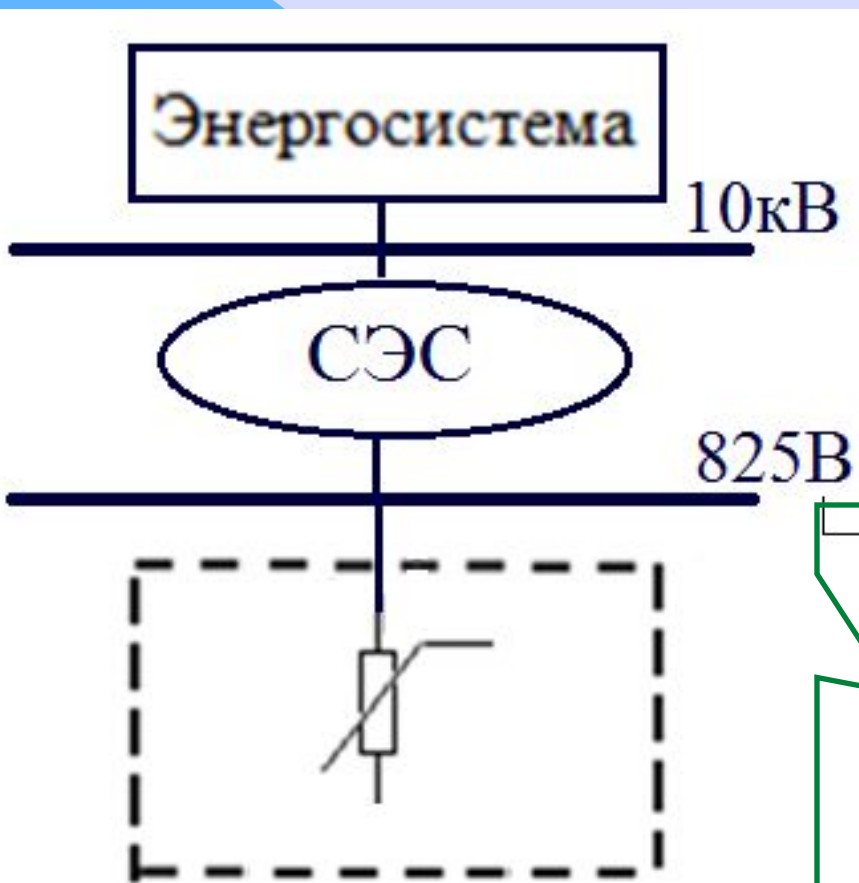


Пути протекания мощности

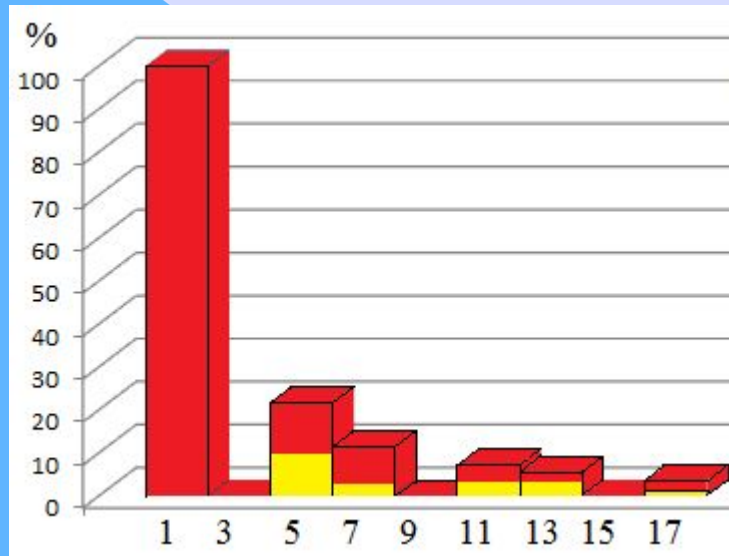


Фрагмент схемы с КУ реактивной мощности в среде Simulink

Подавление высших гармоник

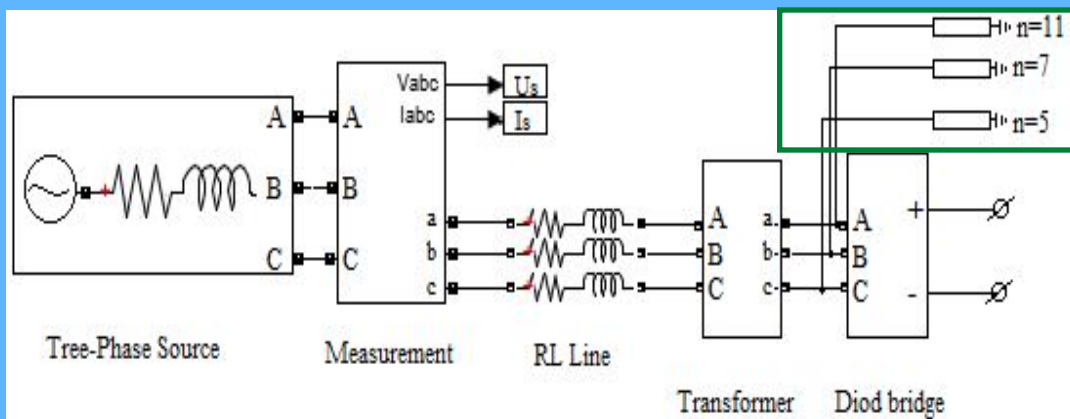


Гармонический анализ

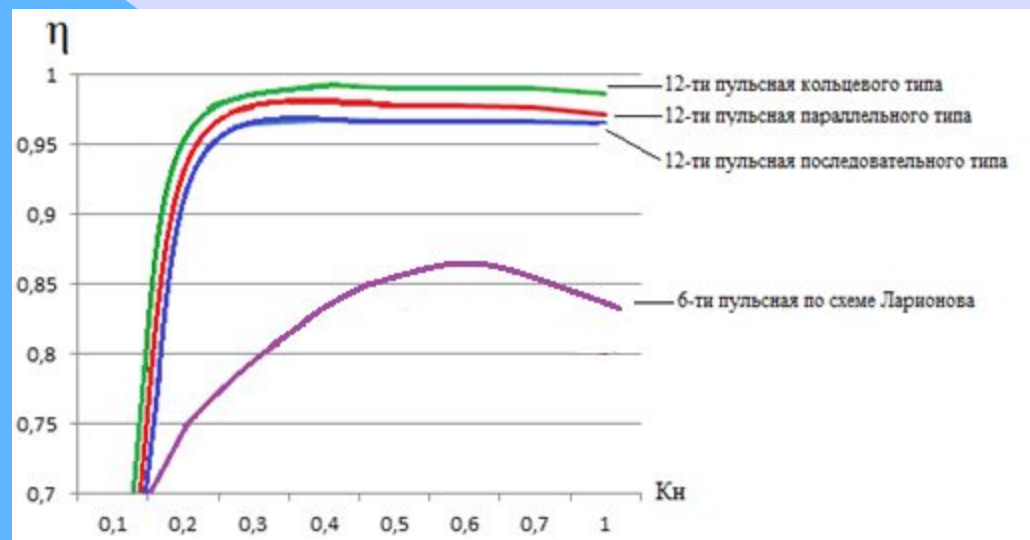
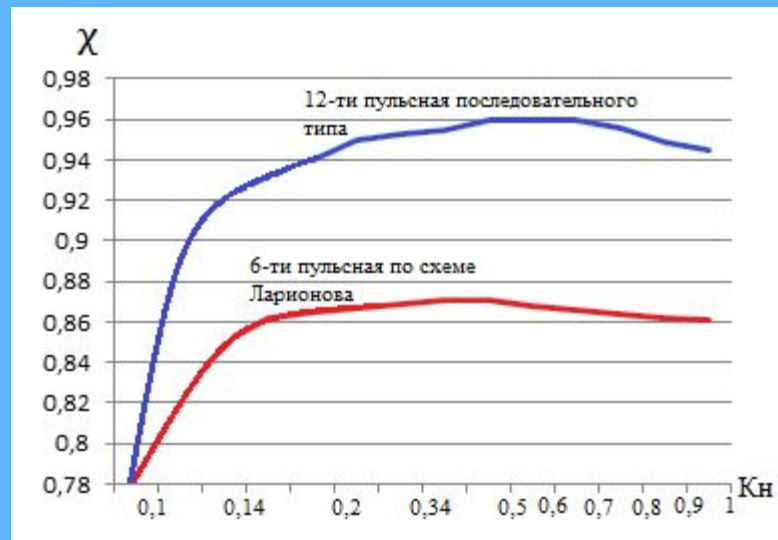
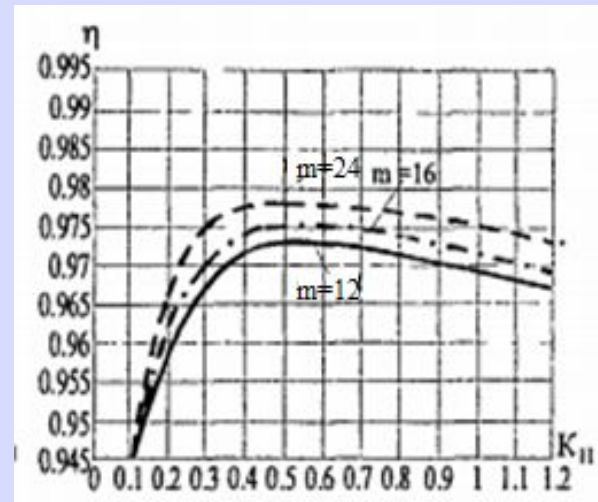
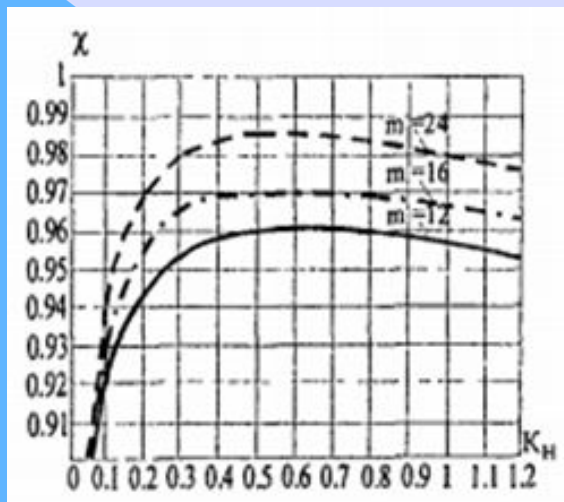


Номер гармоник и	Значение до установки ФКУ	Значение после установки ФКУ
5	21,74%	10,41%
7	11,39%	3,15%
11	7,16%	4,09%
13	5,48%	4,01%
17	3,39%	2,36%
19	2,84%	2,71%
23	1,59%	1,19%

$$f_{\text{гарм}} \cong \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$



Энергетические показатели



Характеристики коэффициента мощности

КПД

многопульсных

выпрямительных

агрегатов

ВЫВОДЫ:

- 1) Показано, что уровень высших гармоник зависит от схемного решения выпрямителя, при этом чем больше количество пульсаций имеет выпрямительный агрегат, тем меньше высших гармоник он создает.
- 2) Составлена расчетная и имитационная модель системы электроснабжения (СЭС) метрополитена в среде Simulink, которая учитывает реальные параметры элементов и их взаимные влияния в сложной иерархичной технической системе.
- 3) Установлено, что наличие множества электроприемников в СЭС метрополитена создает взаимное мешающее воздействие, которое ухудшает качество электрической энергии и показатели энергетической эффективности.
- 5) Показано, что единовременный переход от 6-ти к 12-ти пульсным выпрямительным агрегатам на всех тяговых подстанциях позволит поднять коэффициент мощности СЭС метрополитена с 0,8...0,85 до 0,96...0,98, без применения каких либо дополнительных технических средств компенсации и коррекции.
- 6) Установлено, что использование ФКУ, как дополнительных технических средств, позволяет улучшить качество электрической энергии. Коэффициент несинусоидальности уменьшился на 2,41%. Коэффициент мощности можно увеличить до 0,98 - 0,99.

Апробация

- Региональный конкурс «Научный потенциал студентов и молодых ученых» - диплом II степени;
- I Международная научная конференция молодых ученых «ЭЭМ-2014» - диплом III степени
- В мире научных открытий -2013 публикация в журнале

По результатам работы опубликовано 11 печатных работ



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра электротехнических комплексов

Энергосбережение и электромагнитная совместимость в системе электроснабжения метрополитена

Руководитель:

Мятеж С.В. к.т.н., доцент

Автор: Журавель А. И.

Новосибирск, 2015