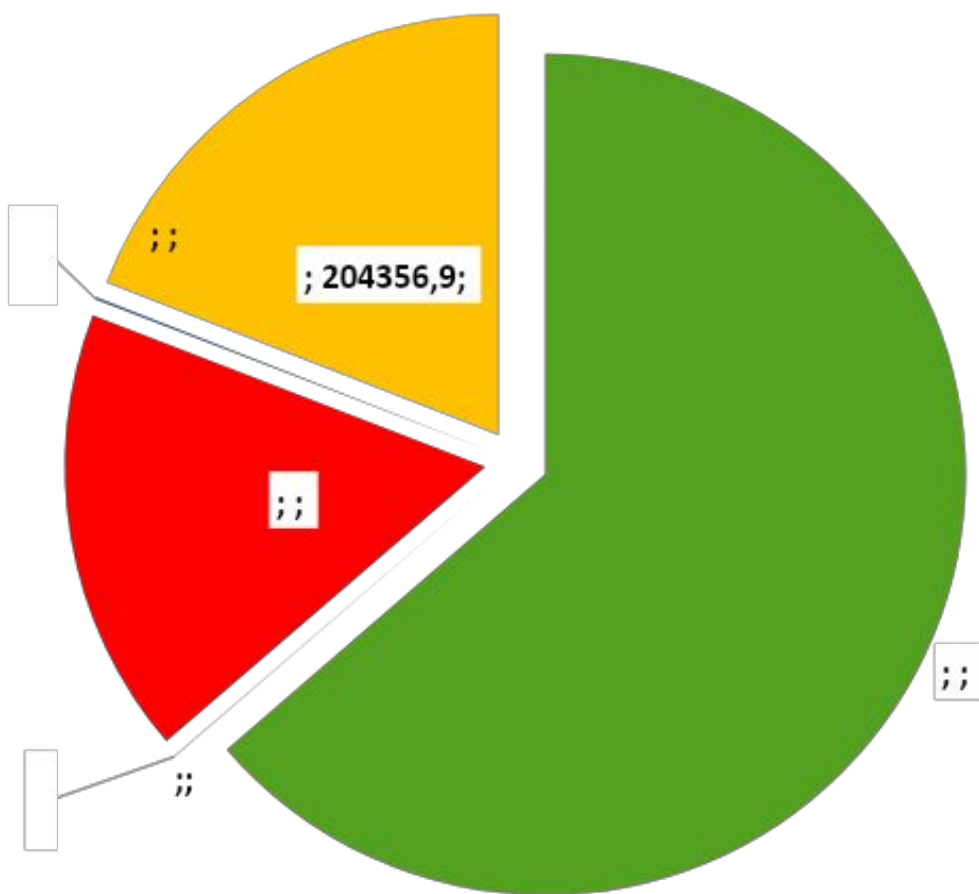




Электротехнические комплексы с повышенным использованием энергии первичного энергоносителя в процессе электроснабжения потребителей

Март 2019г.

Авторы: аспиранты И.А. Богданов, Р.Ю. Зимин, Л. Тунг.



ЕЭС России
на 01.01.2019г. (МВт)



По данным Минэнерго
на 02.2017г.

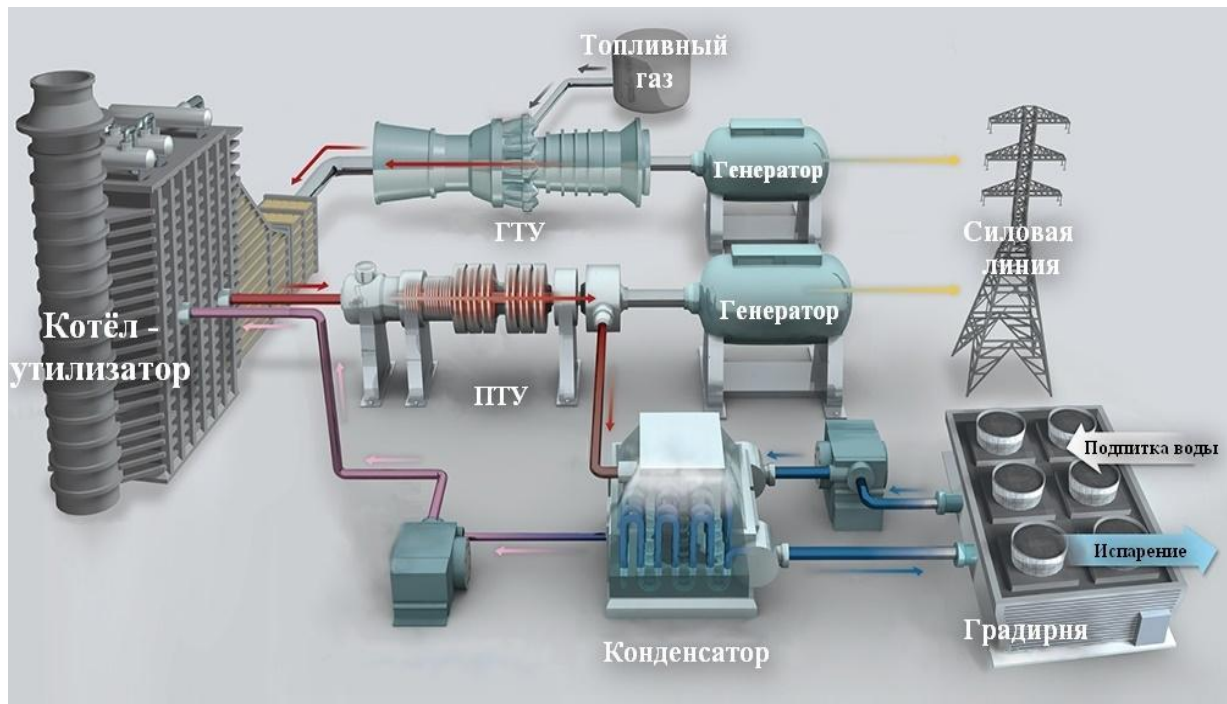


Цель работы – разработка электротехнического комплекса с повышенным использованием энергии первичного энергоносителя в процессе электроснабжения потребителей

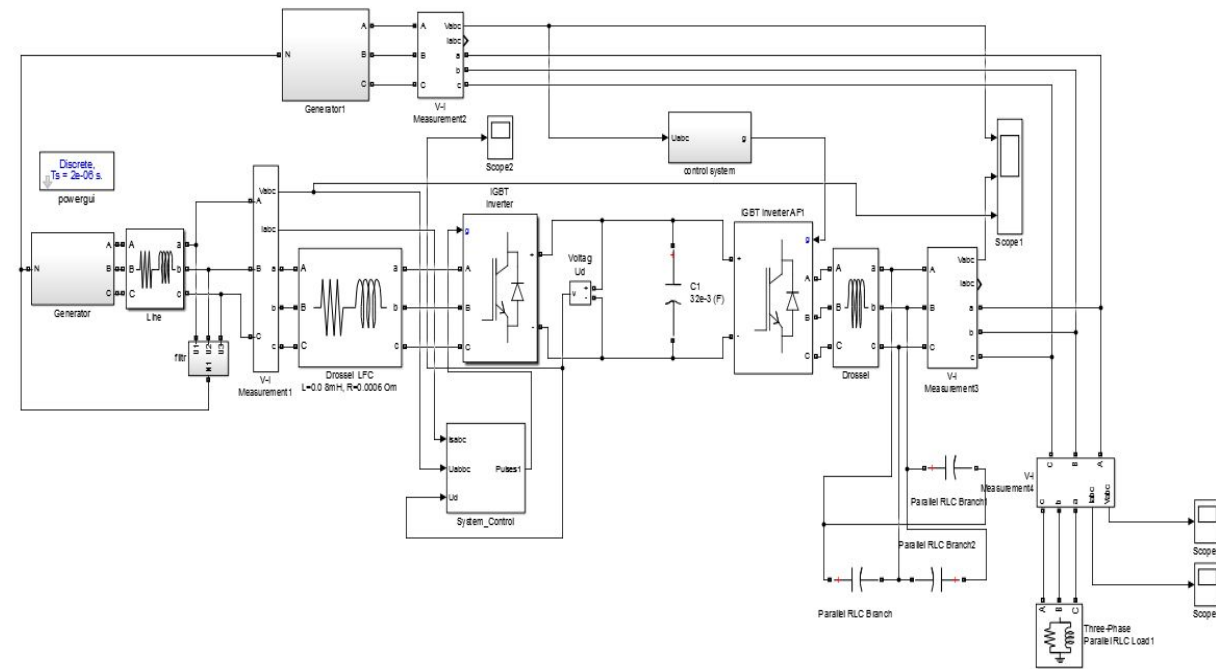
Задачи работы:

1. Обосновать структуру электротехнического комплекса с автономным источником при использовании тригенерационного режима с бинарным циклом;
2. Разработать систему автоматического регулирования потока жидкости в цикле распределения энергии холода, питающей теплообменный аппарат охлаждения воздуха подающего на вход компрессора ГТУ в составе электротехнического комплекса;
3. Разработать систему автоматического регулирования мощностных потоков электротехнического комплекса с автономным источником при использовании тригенерационного режима с бинарным циклом
4. Составить технико-экономическое обоснование эффективности использования энергии первичного энергоносителя в газотурбинных электростанциях при тригенерационном режиме с бинарным циклом.

Когенерация – процесс выработки электрической и тепловой энергии. Когенерационные системы позволяют повысить эффективность электротехнических комплексов вдвое.



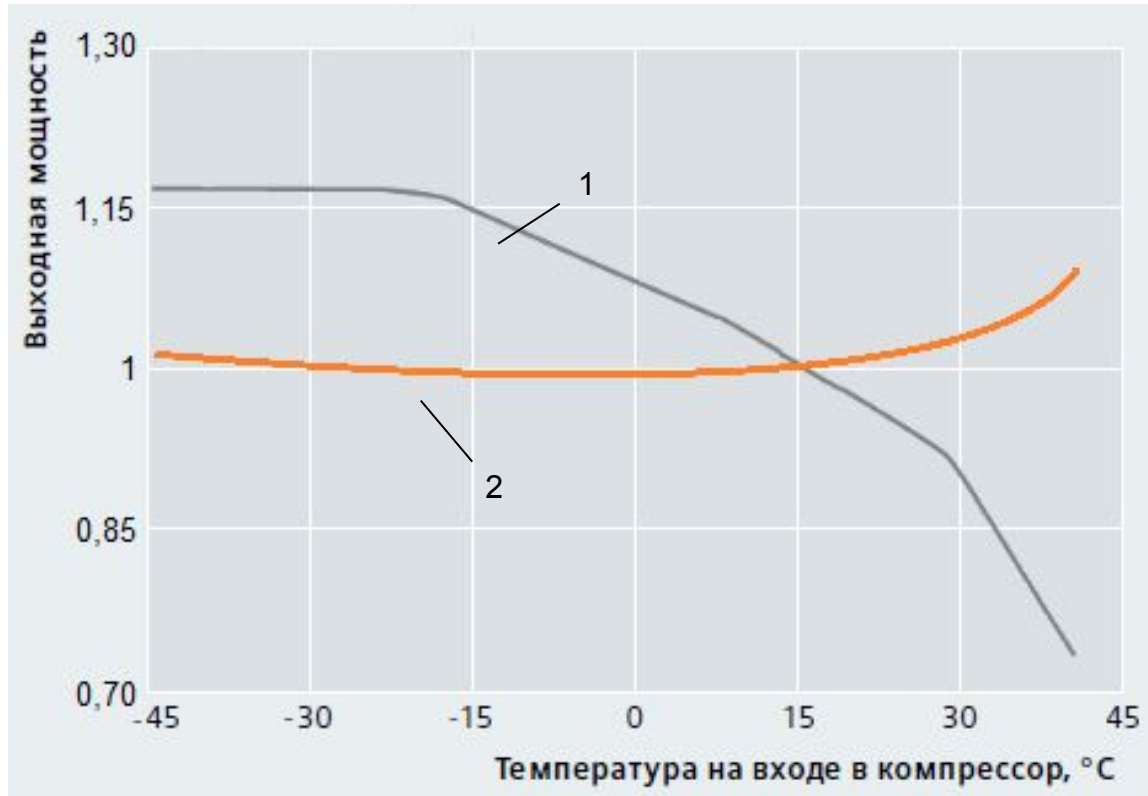
Модель когенерационной системы на основе газотурбинной установки (ГТУ)



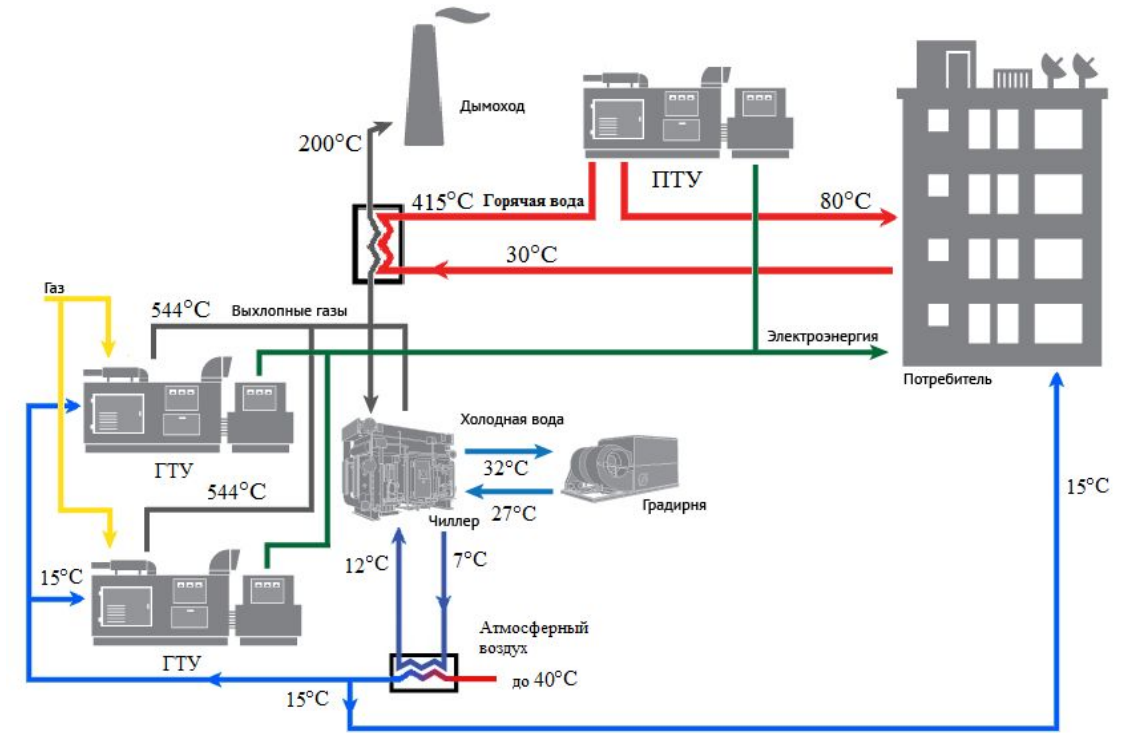
Модель бинарного цикла когенерационного электротехнического комплекса в среде Matlab Simulink



Тригенерация – процесс выработки электрической, тепловой и энергии холода. Тригенерационные системы позволяют всевозможным образом повысить эффективность электротехнических комплексов вдвое.



Графики зависимости выработки электрической и тепловой мощностей от температуры на входе ГТУ



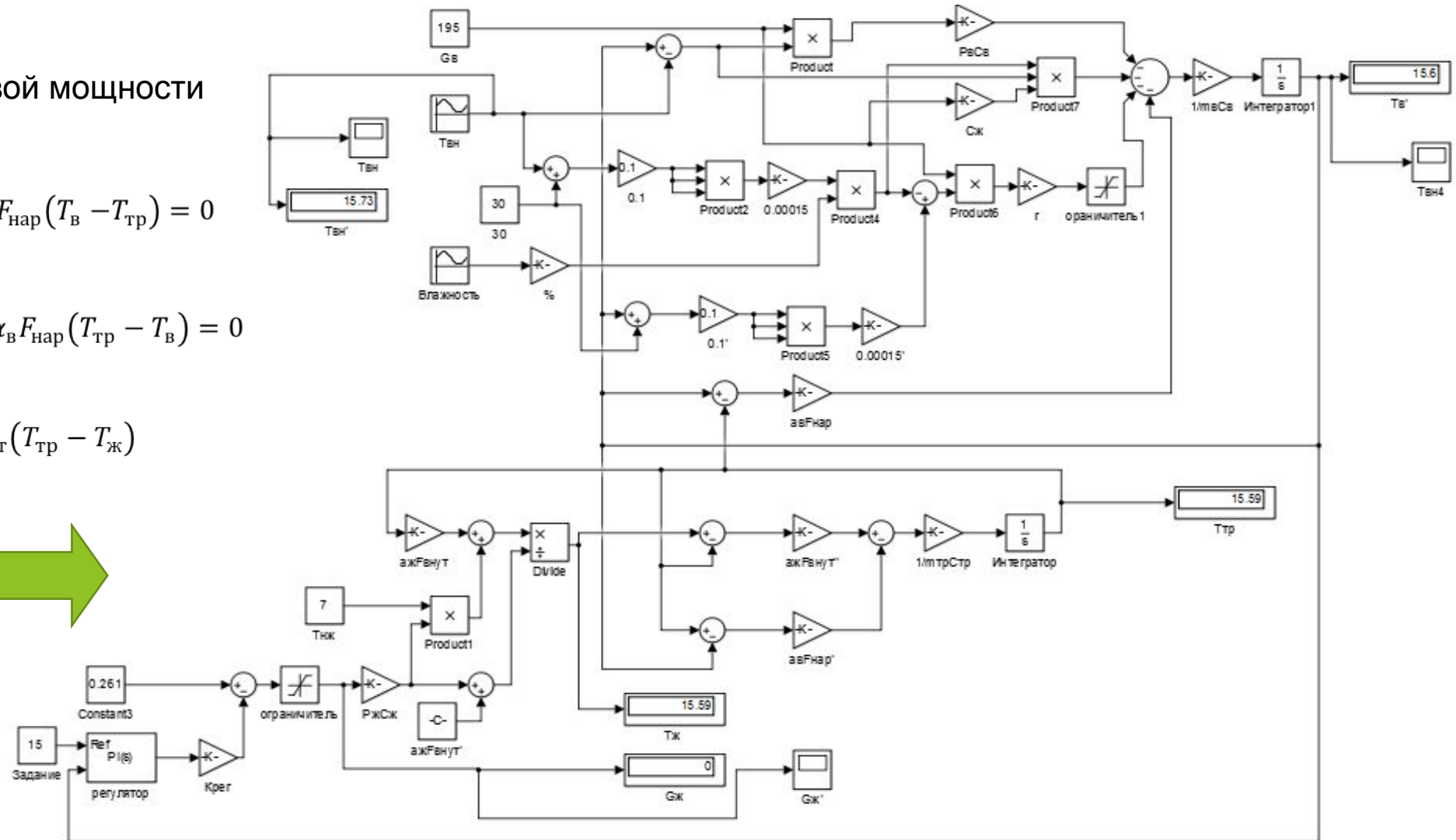
Тригенерационная система энергоснабжения с бинарным циклом

Уравнения баланса тепловой мощности

$$G_B \rho_B C_B (T_B - T_B^H) + m_B C_B \frac{dT_B}{dt} + \alpha_B F_{\text{нар}} (T_B - T_{\text{тр}}) = 0$$

$$m_{\text{тр}} C_{\text{тр}} \frac{dT_{\text{тр}}}{dt} - \alpha_{\text{ж}} F_{\text{внут}} (T_{\text{ж}} - T_{\text{тр}}) + \alpha_B F_{\text{нар}} (T_{\text{тр}} - T_B) = 0$$

$$G_{\text{ж}} \rho_{\text{ж}} C_{\text{ж}} (T_{\text{ж}} - T_{\text{ж}}^H) = \alpha_{\text{ж}} F_{\text{внут}} (T_{\text{тр}} - T_{\text{ж}})$$



Модель CAU теплообменного аппарата в среде Matlab Simulink

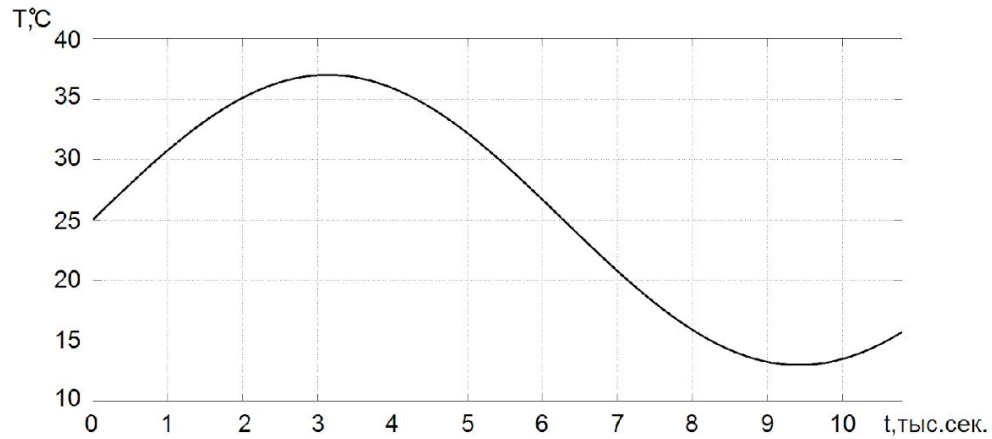


График изменения температуры воздуха ОС по времени

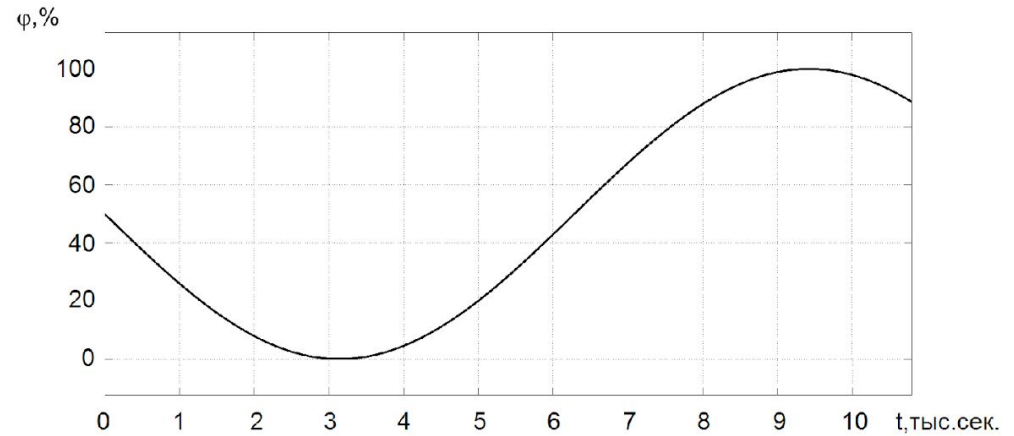


График изменения влажности воздуха ОС по времени

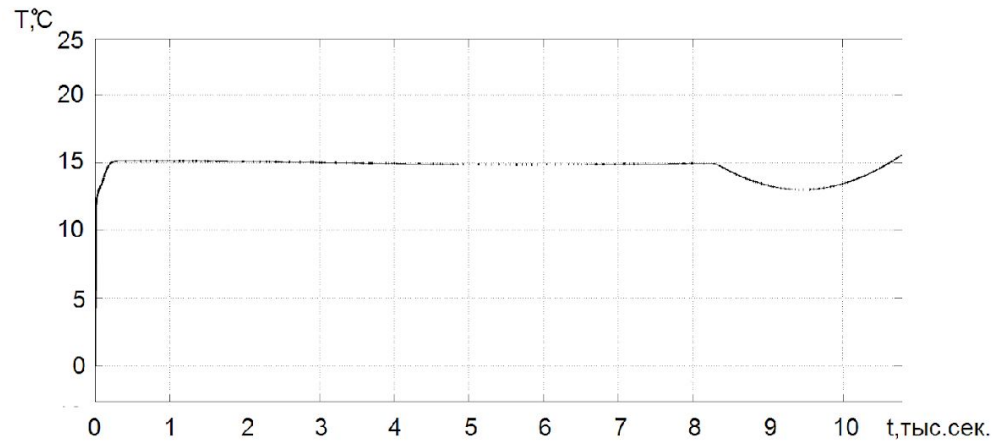


График изменения температуры воздуха на входе в ГТУ по времени

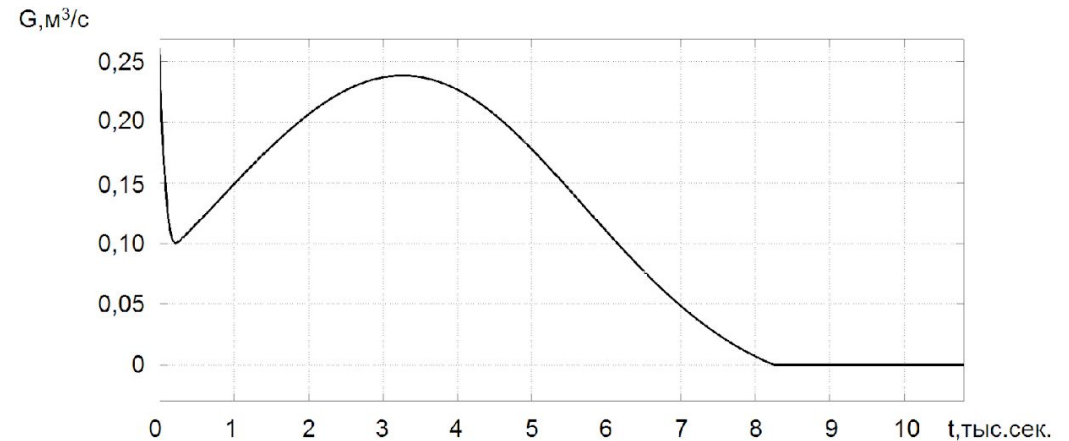
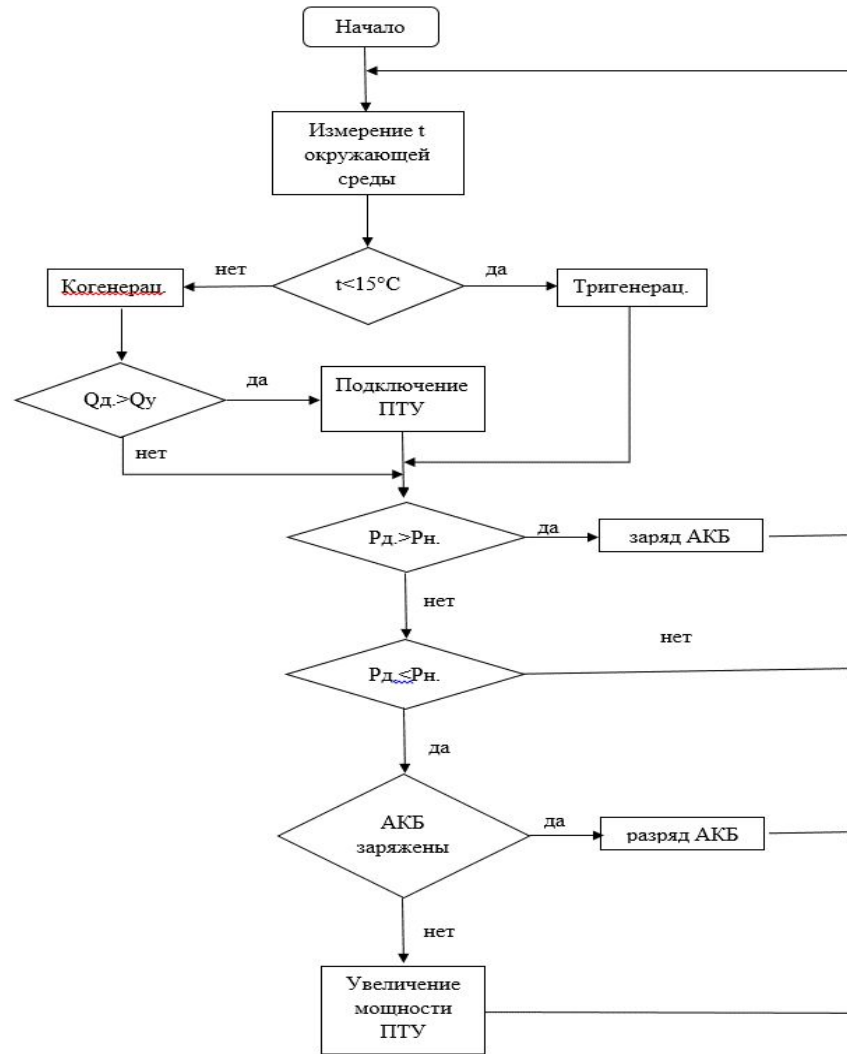
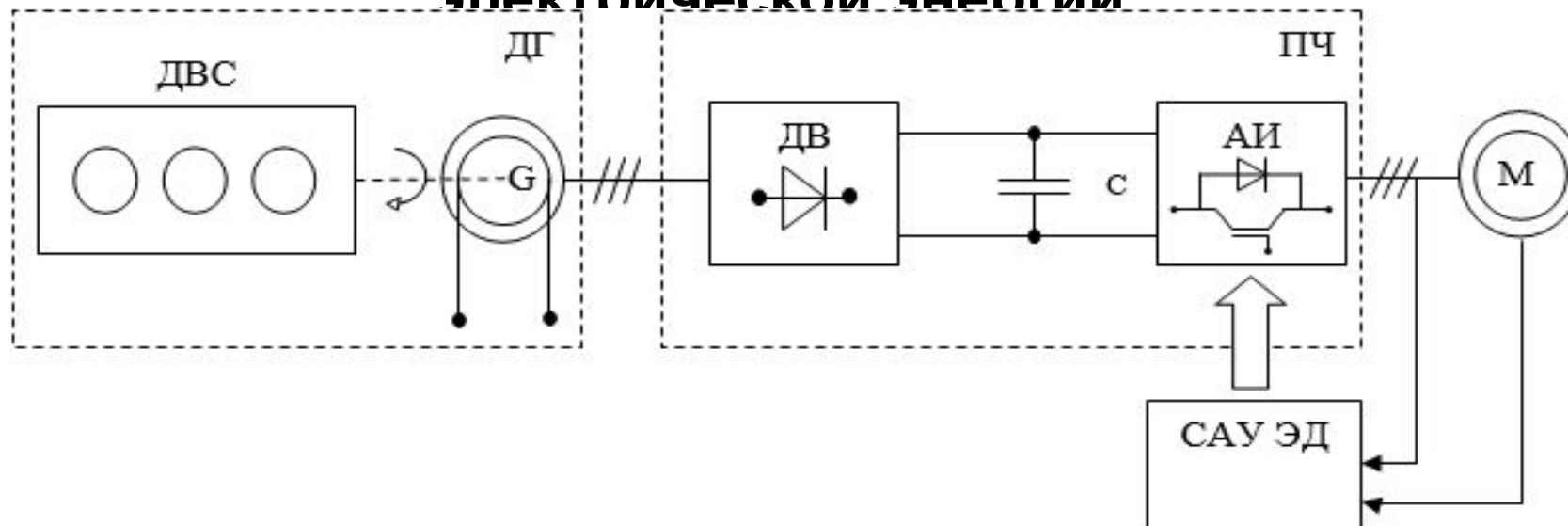


График расхода охлаждающей жидкости по времени





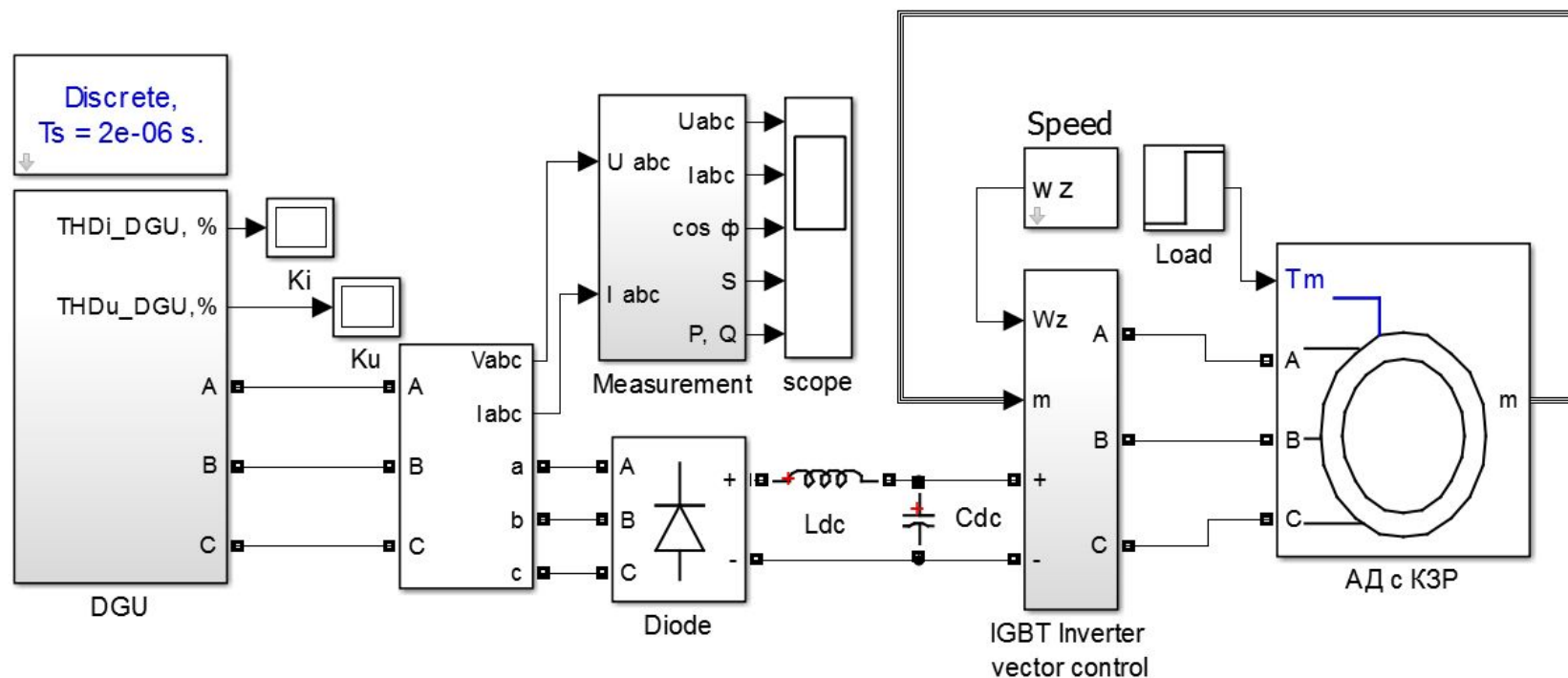
Структурная схема системы электроснабжения с электроприводом в качестве основного потребителя электрической энергии



- ДГ – дизель-генератор;
- ДВС – двигатель внутреннего сгорания;
- Тр – трансформатор;
- ДВ – диодный выпрямитель;
- С – конденсатор;
- АИ – автономный инвертор;
- ПЧ – преобразователь частоты;
- М – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором;
- САУ ЭД – система автоматического управления электродвигателем.



Математическая модель системы электроснабжения с электроприводом в качестве основного потребителя электрической энергии в программе Matlab



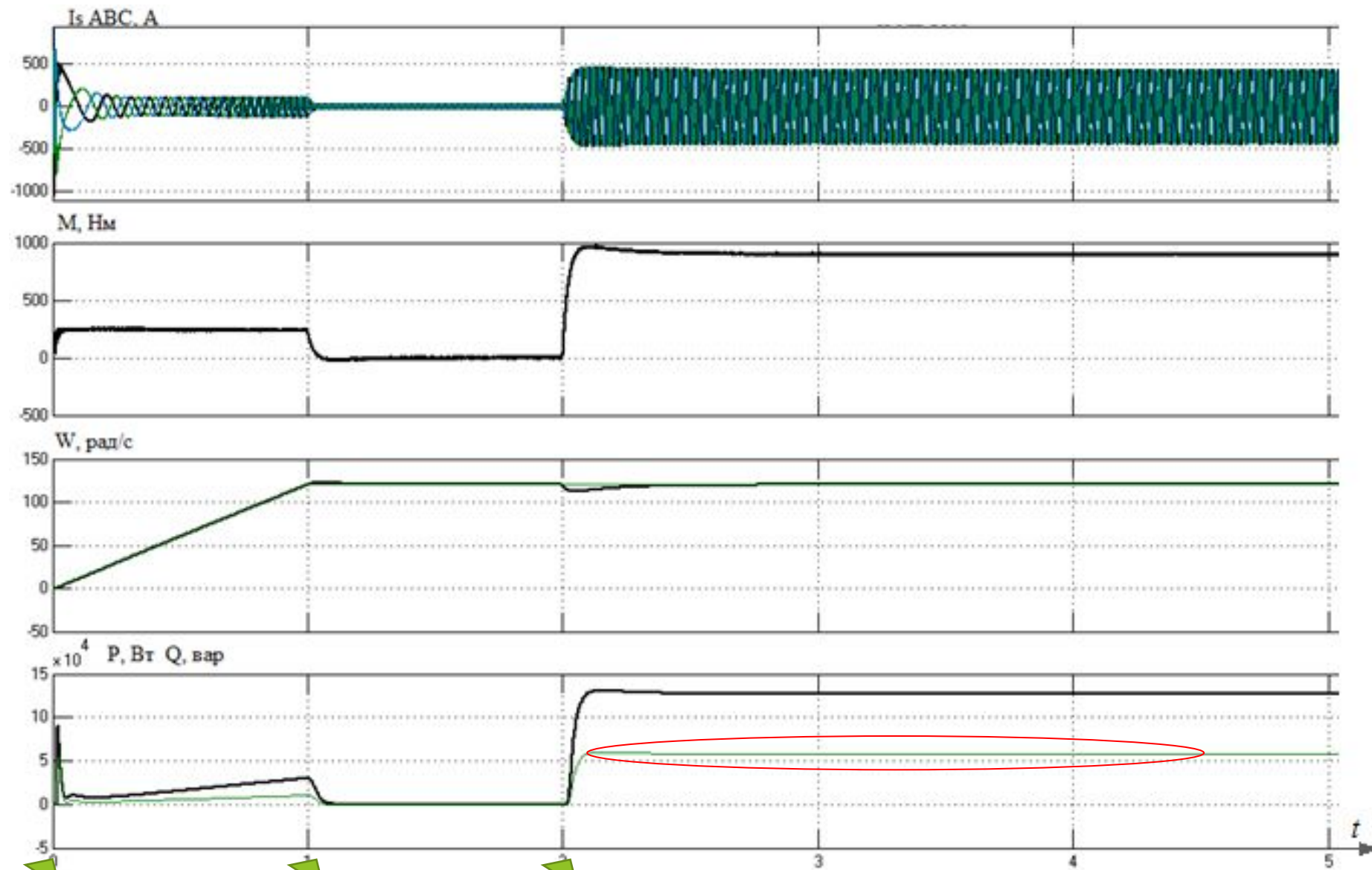
Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором АИР280М2 с номинальной мощностью 132 кВт.

Частотно-регулируемый электропривод с векторной системой управления.

В процессе математического моделирования был произведен запуск АД с КЗР с временем разгона равным 1 с., задание по скорости – 120 рад/с. С момента времени 1 с. до 2 с. двигатель работал на холостом ходу. В момент времени 2 с. к электродвигателю подключалась нагрузка, равная 108 кВт, таким образом, момент составлял 900 Н·м.



Результаты моделирования



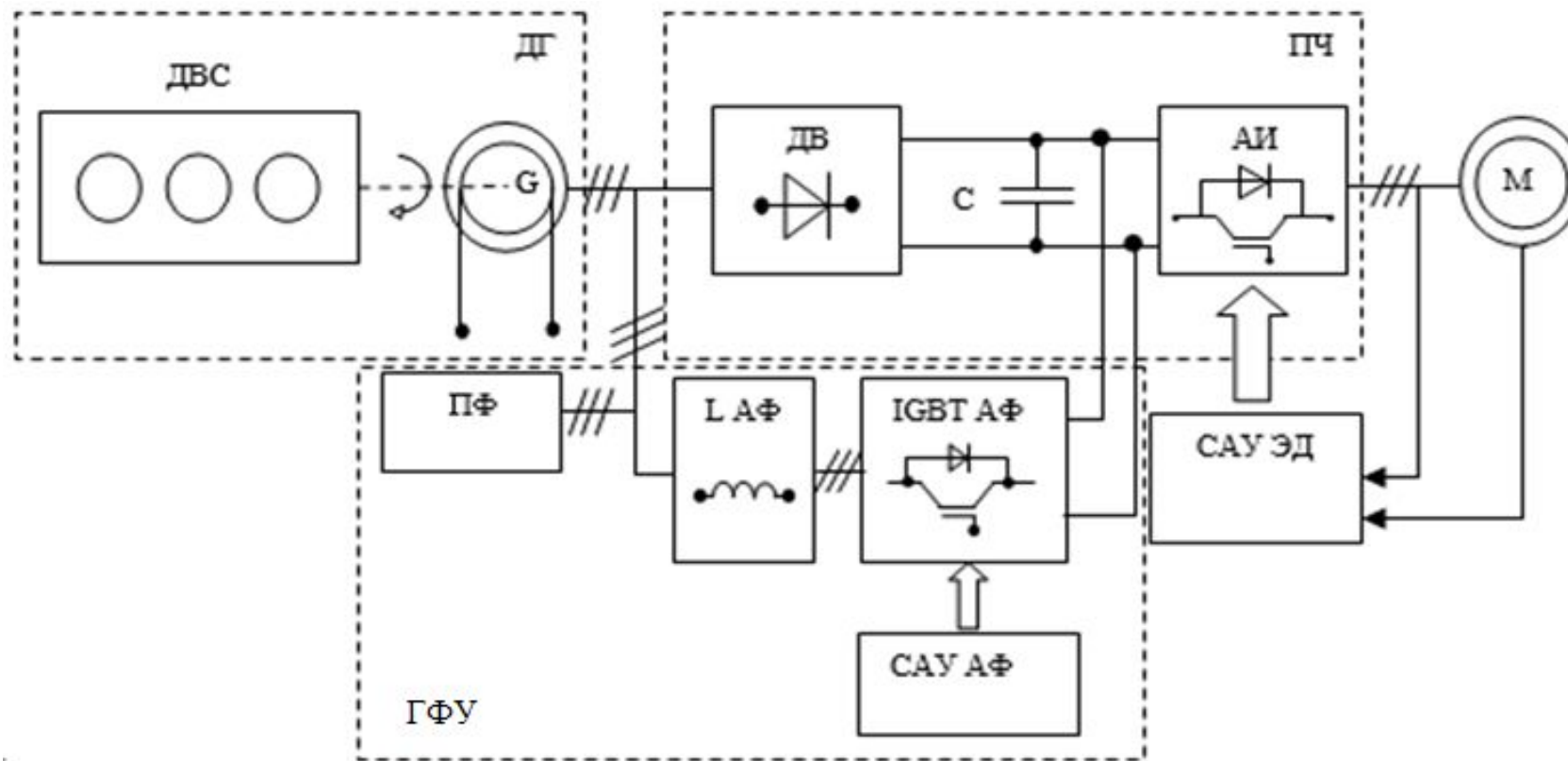
Пуск

ХХ

АД с нагрузкой
без ГЭК



Структура автономной энергосистемы с нелинейной и разработанным гибридным фильтрокомпенсирующим устройством с общим звеном постоянного тока



ГФУ – гибридное фильтрокомпенсирующее устройство;

IGBT АФ – инвертор активного фильтра;

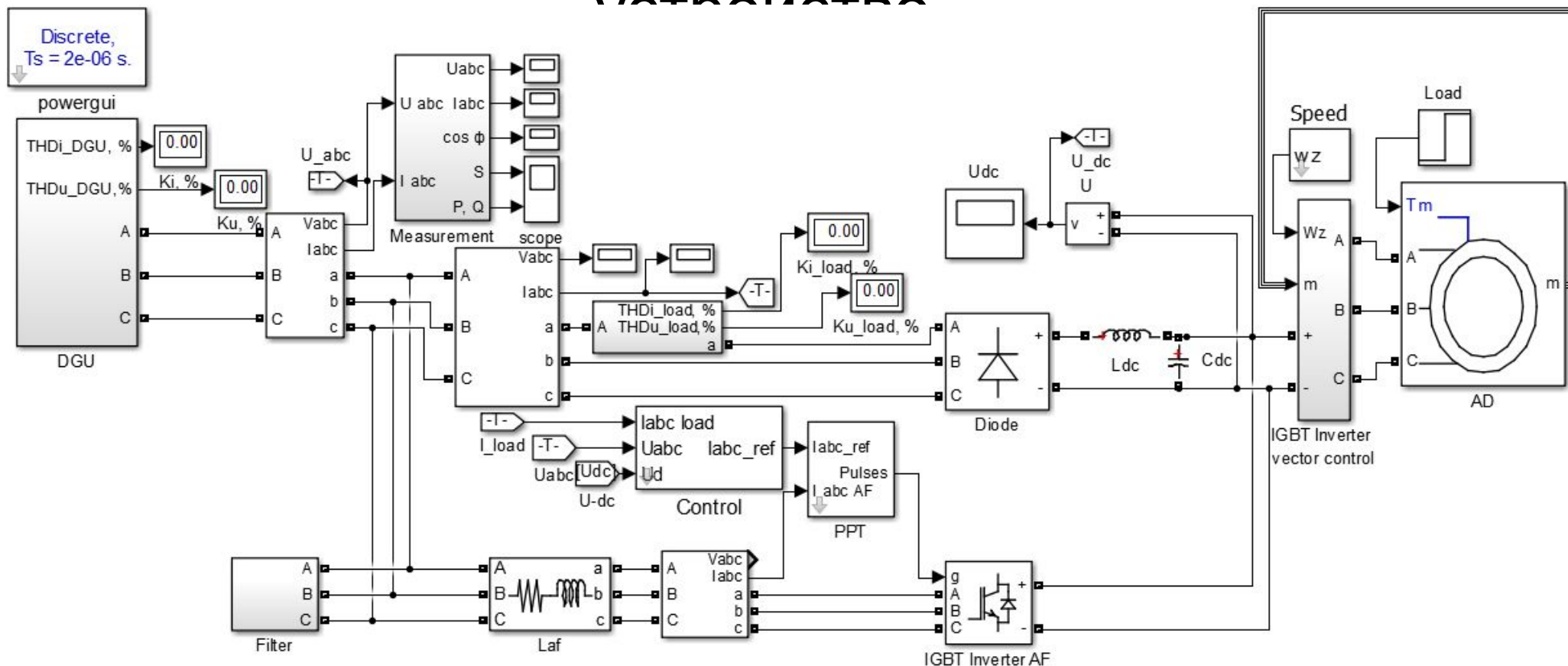
САУ АФ – система автоматического управления активным фильтром;

L АФ – выходной дроссель для активного фильтра;

ПФ – высокочастотный емкостной пассивный фильтр.



Гибридное фильтрокомпенсирующее устройство

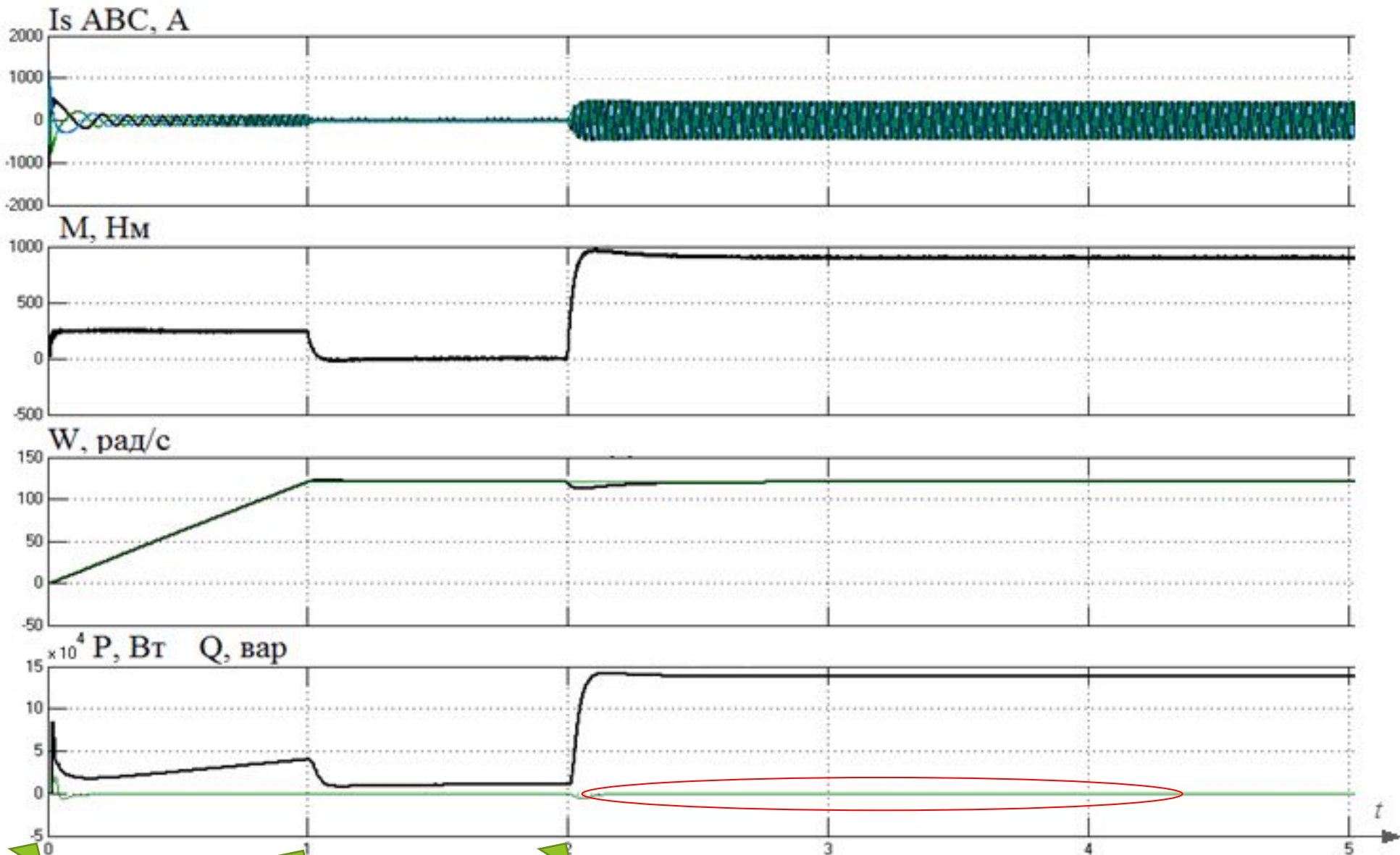


Модель схемы электроснабжения с применением ГЭК

1. Применение общего накопительного элемента для гибридного фильтрокомпенсирующего устройства и преобразователя частоты.
2. Повышение эффективности компенсации высших гармоник за счет дополнительного высокочастотного емкостного фильтра на выходе активного фильтра, входящего в состав гибридного фильтрокомпенсирующего устройства.



Оценка эффективности ГЭК



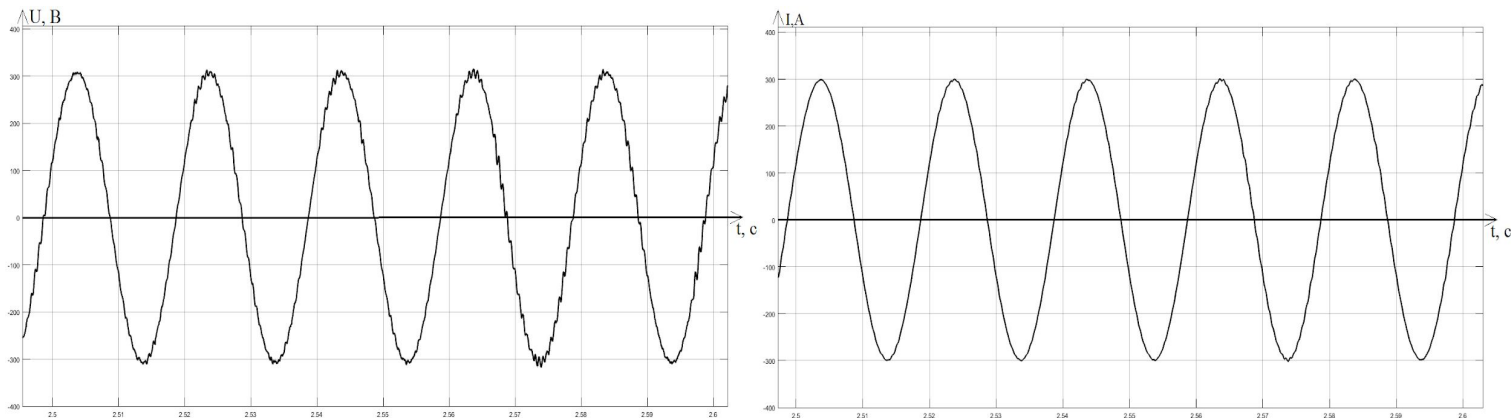
Пуск

XX

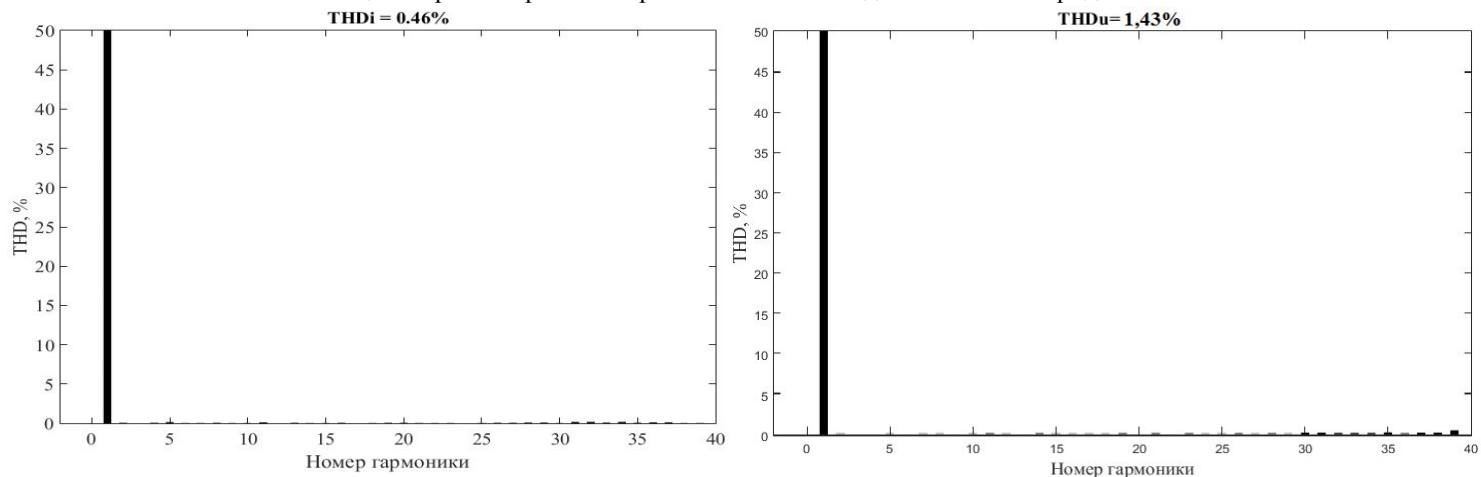
АД с нагрузкой



Результат математического



Осциллограмма кривой напряжения и тока с подключенным гибридным комплексом



Спектрограмма кривой напряжения и тока с включенным гибридным комплексом для определения показаний качества электроэнергии

	$THDi, \%$	$ki(5), \%$	$ki(7), \%$	$THDu, \%$	$k_u(5), \%$	$k_u(7), \%$
ГОСТ	-	-	-	12	6	5
Без ГФУ	22,99	21,32	11,41	16,09	13,85	8,75
С ГФУ	0,43	0,13	0,02	1,43	0,08	0,02



Исследование зависимости коэффициента мощности системы электроснабжения

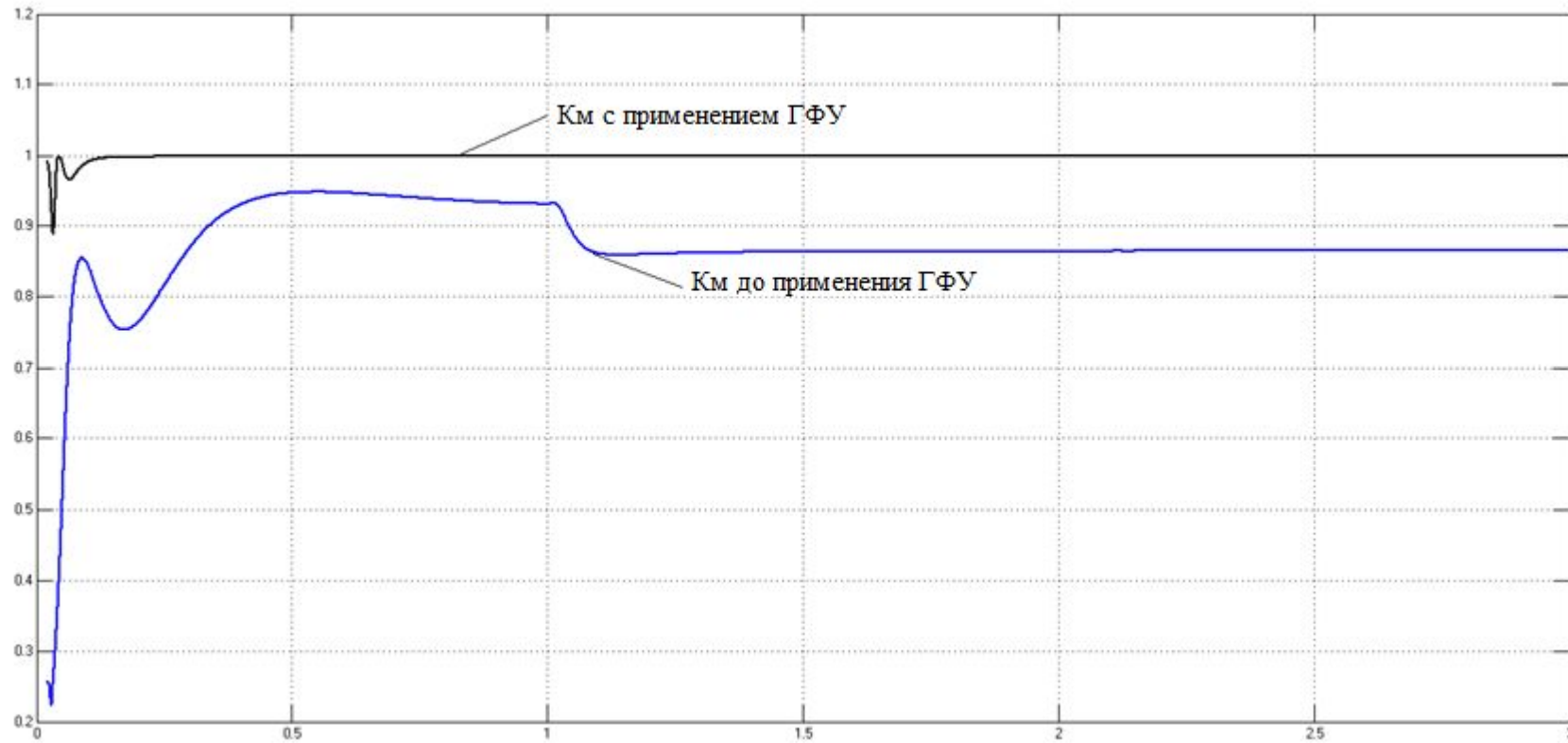


График зависимости коэффициента мощности всей системы до и после применения гибридного фильтрокомпенсирующего устройства



ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- Предложенный гибридный электротехнический комплекс обеспечивает значительное сокращение высших гармонических составляющих, как по току, так и по напряжению, при этом суммарный коэффициент гармонических составляющих по току снижается с 22,99% до 0,43%, а суммарный коэффициент гармонических составляющих по напряжению - с 16,09% до 1,43%. Также обеспечивается практически полная компенсация потребляемой из сети реактивной мощности до величины коэффициента мощности, близкой к 1, что дает возможность эффективно управлять потоками энергии в условиях автономных энергосистем.
- Таким образом, разработанный гибридный электротехнический комплекс является эффективным техническим средством коррекции уровня несинусоидальности формы кривых тока и напряжения для условий автономных систем электроснабжения кустов скважин нефтедобычи, удаленных от централизованной энергосистемы.



Спасибо за внимание!

Март 2019г.

Авторы: аспиранты И.А. Богданов, Р.Ю. Зимин, Л. Тунг.