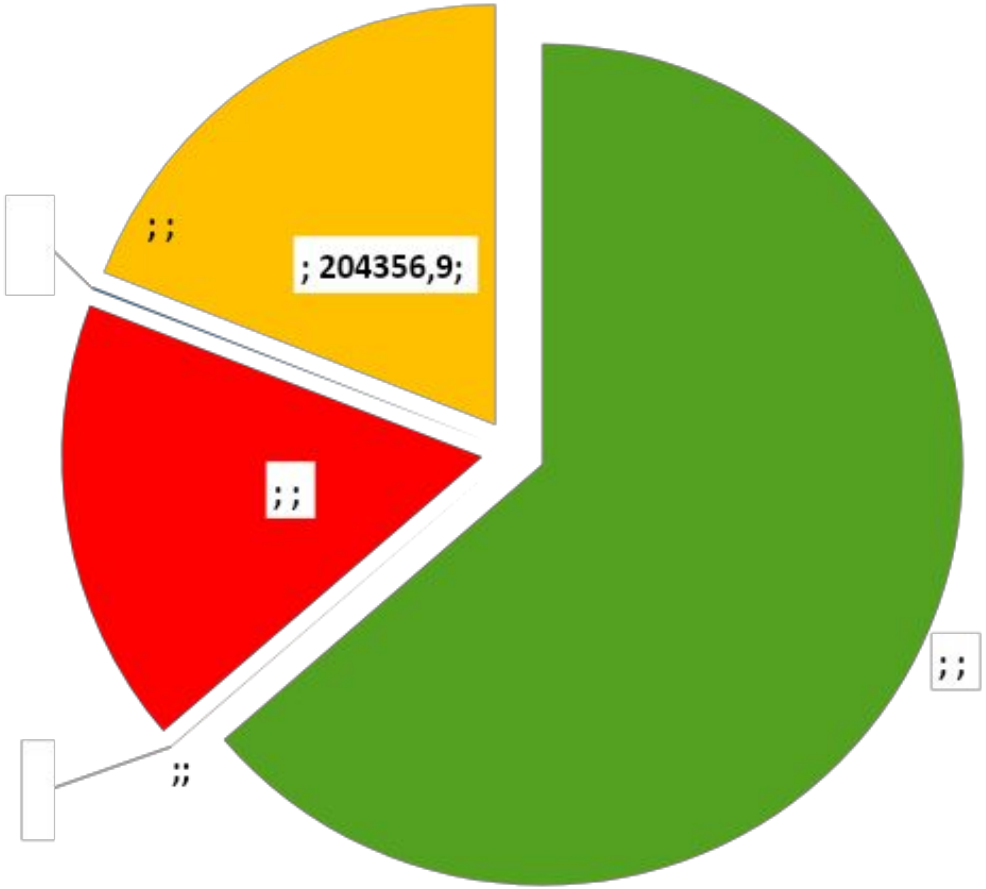
«Санкт-Петербургский горный университет»
Кафедра электроэнергетики и электромеханики

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)

Снизилась доля комбинированной выработки → С 34% в конце 1980х до 28% в 2011

Избыток тепловой мощности → ТЭЦ загружены не более 30%. Котельные – 15%

Износ оборудования → Только 25% энергетических котлов и 36% турбин
ТЭС моложе 30 лет

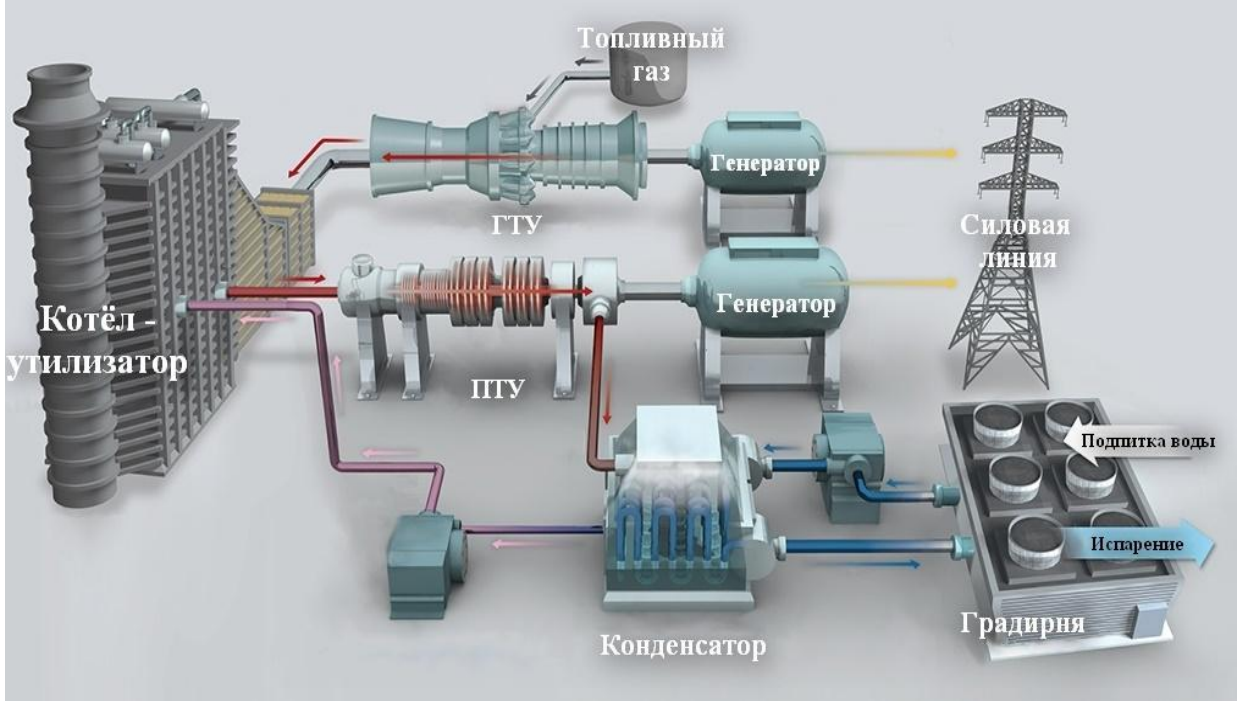
По данным Минэнерго
на 02.2017г.

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

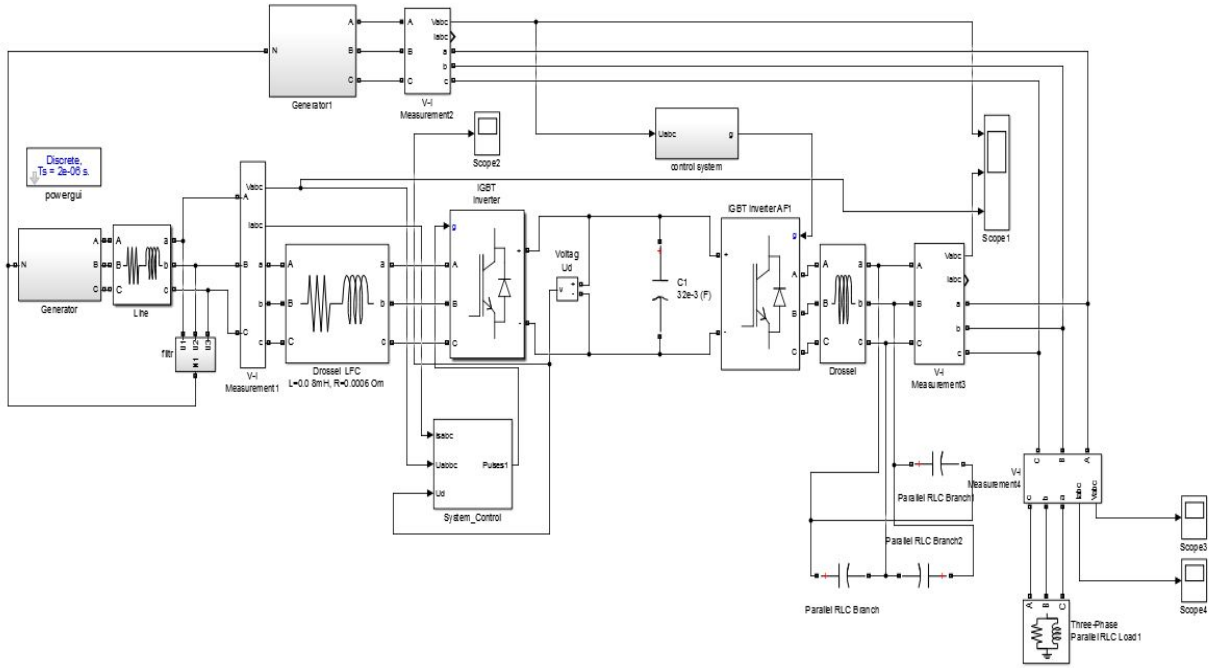
Задачи работы:

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.

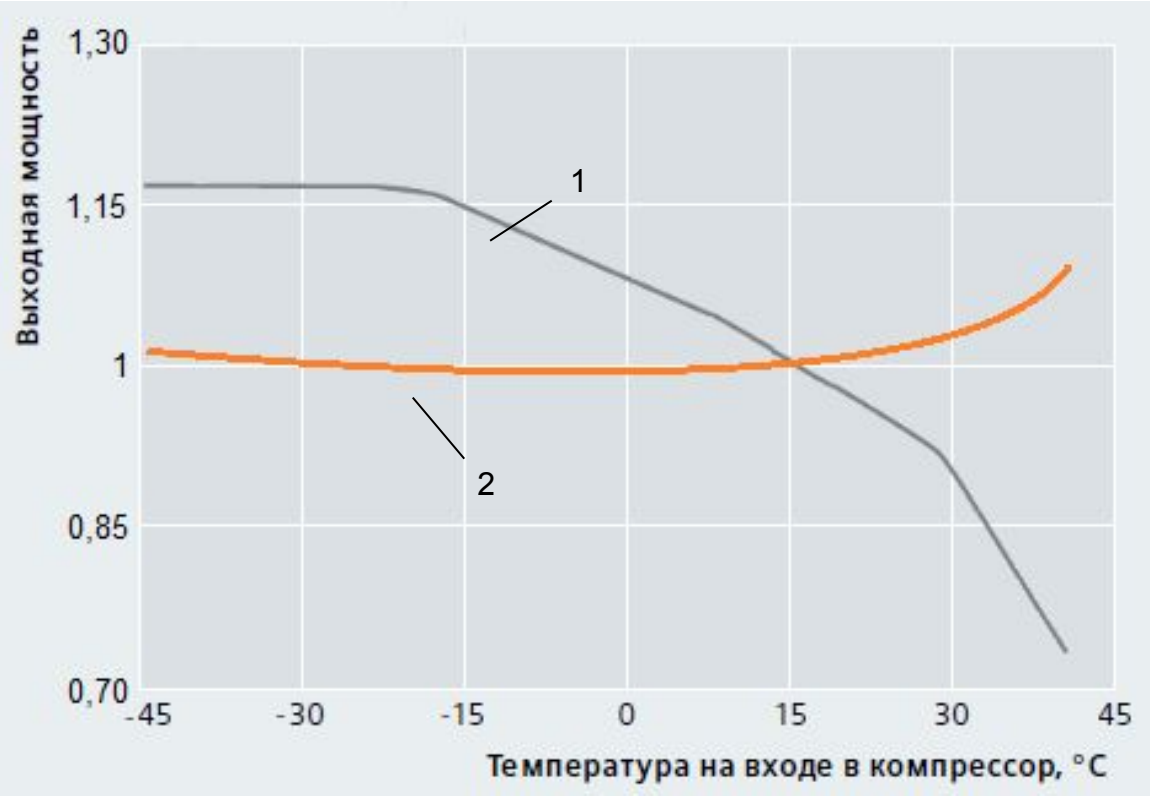


Модель когенерационной системы на основе газотурбинной установки (ГТУ)

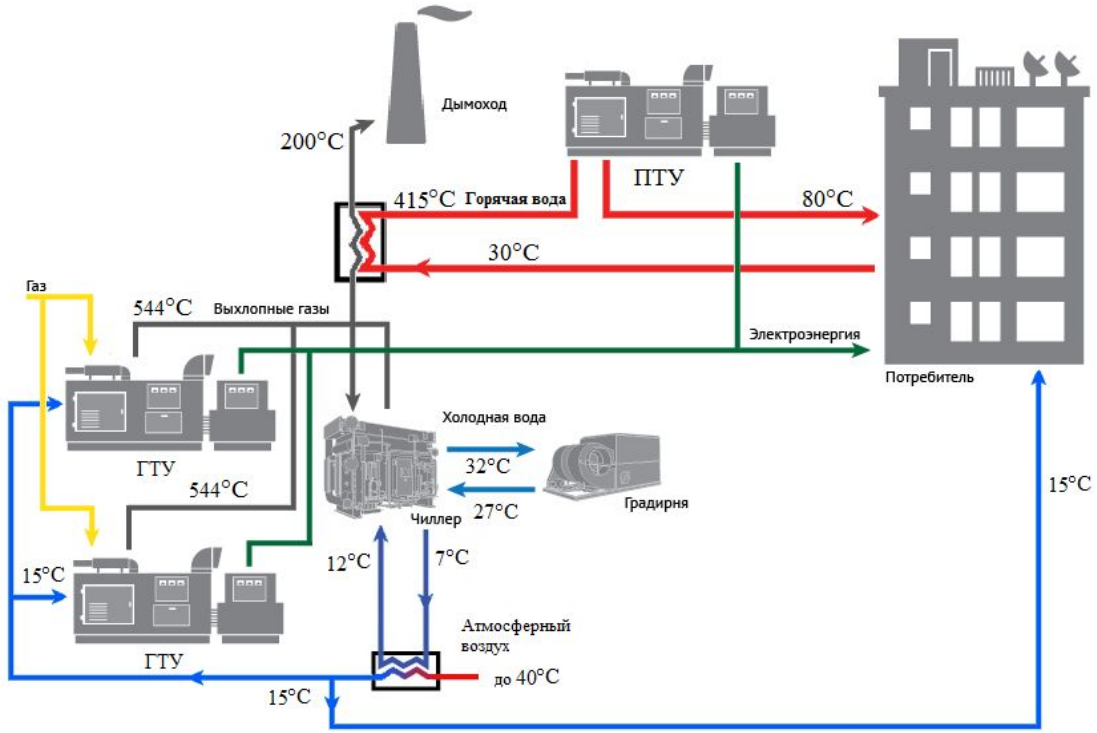


Модель бинарного цикла когенерационного электротехнического комплекса в среде Matlab Simulink

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



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



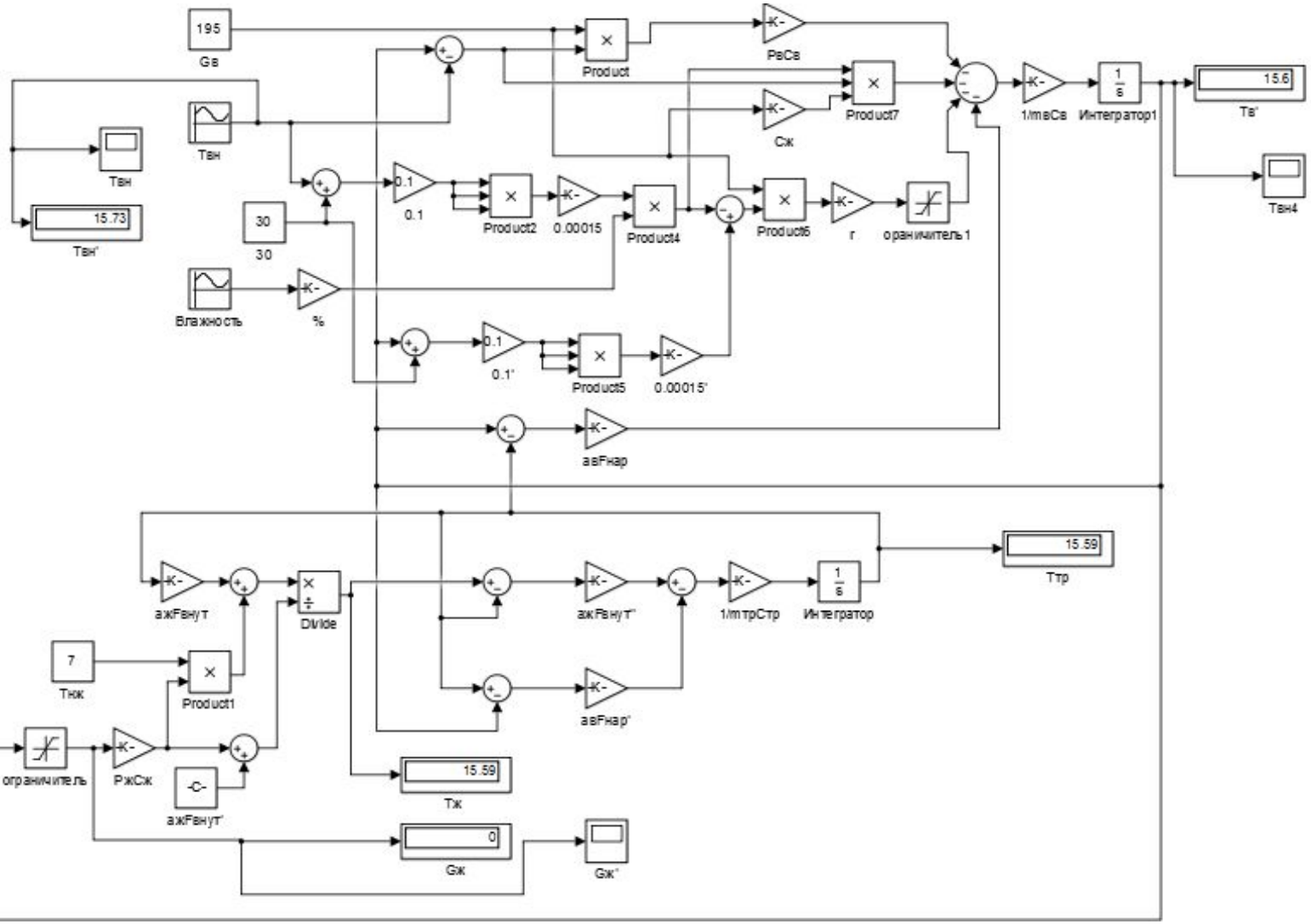
Тригенерационная система энергоснабжения с бинарным циклом

Уравнения баланса тепловой мощности

$$G_в \rho_в C_в (T_в - T_в^н) + m_в C_в \frac{dT_в}{dt} + \alpha_в F_{нар}(T_в - T_{тр}) = 0$$

$$m_{тр} C_{тр} \frac{dT_{тр}}{dt} - \alpha_ж F_{внут}(T_ж - T_{тр}) + \alpha_в F_{нар}(T_{тр} - T_в) = 0$$

$$G_ж \rho_ж C_ж (T_ж - T_ж^н) = \alpha_ж F_{внут}(T_{тр} - T_ж)$$



Модель САУ теплообменного аппарата в среде Matlab Simulink

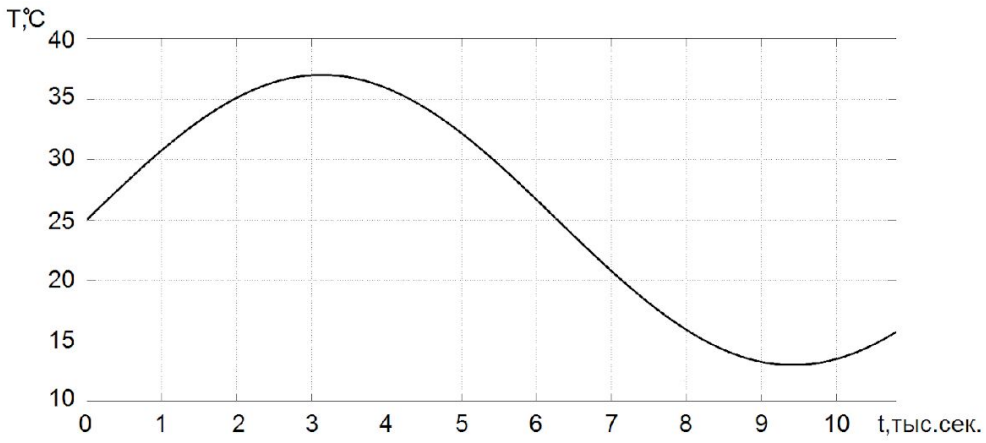


График изменения температуры воздуха ОС по времени

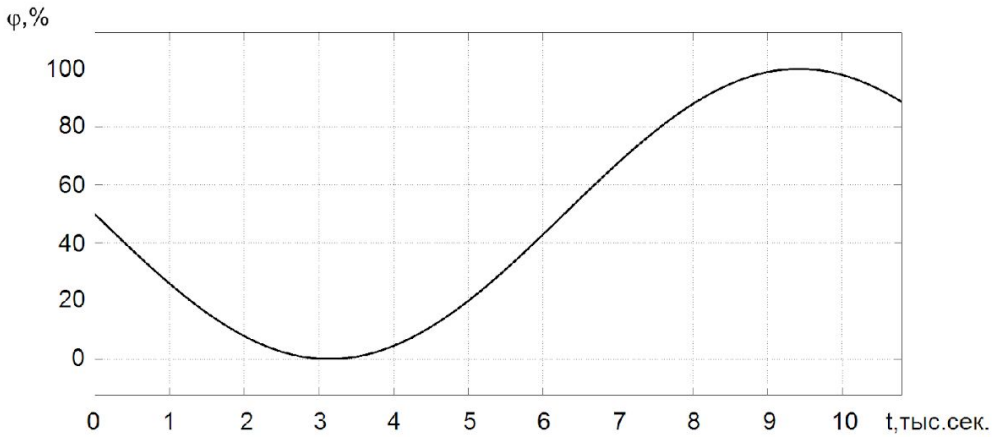


График изменения влажности воздуха ОС по времени

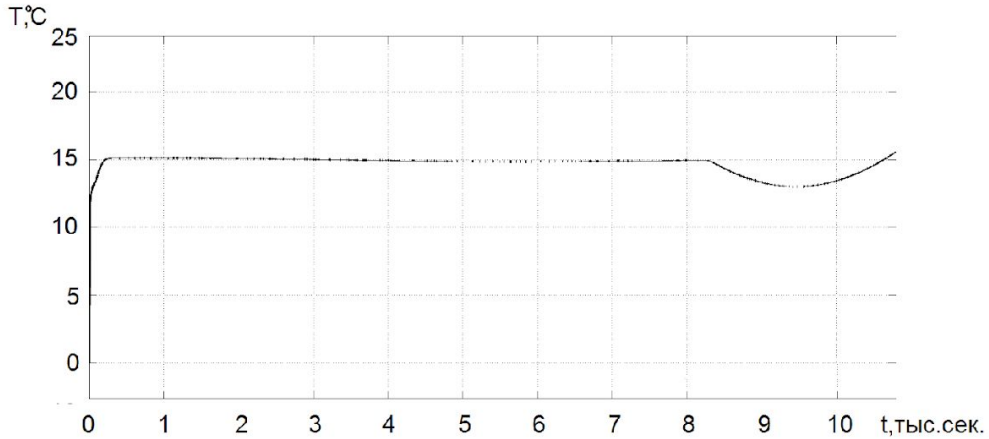


График изменения температуры воздуха на входе в ГТУ по времени

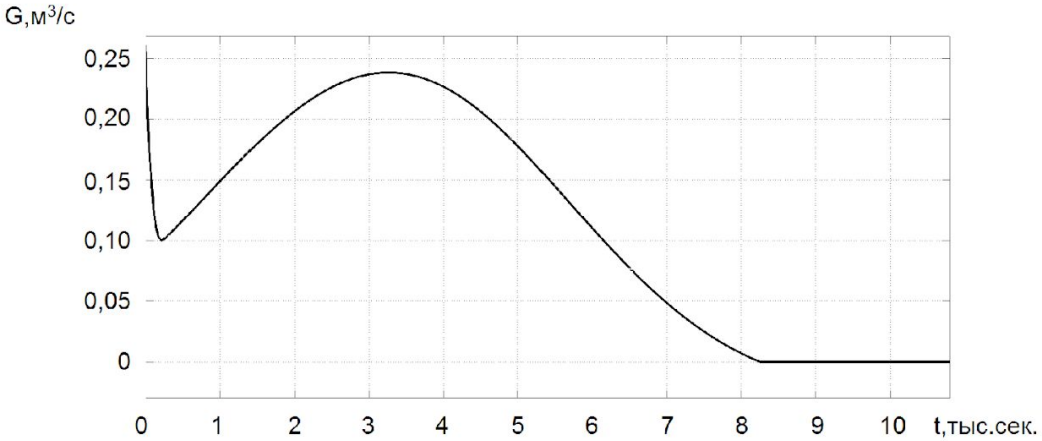
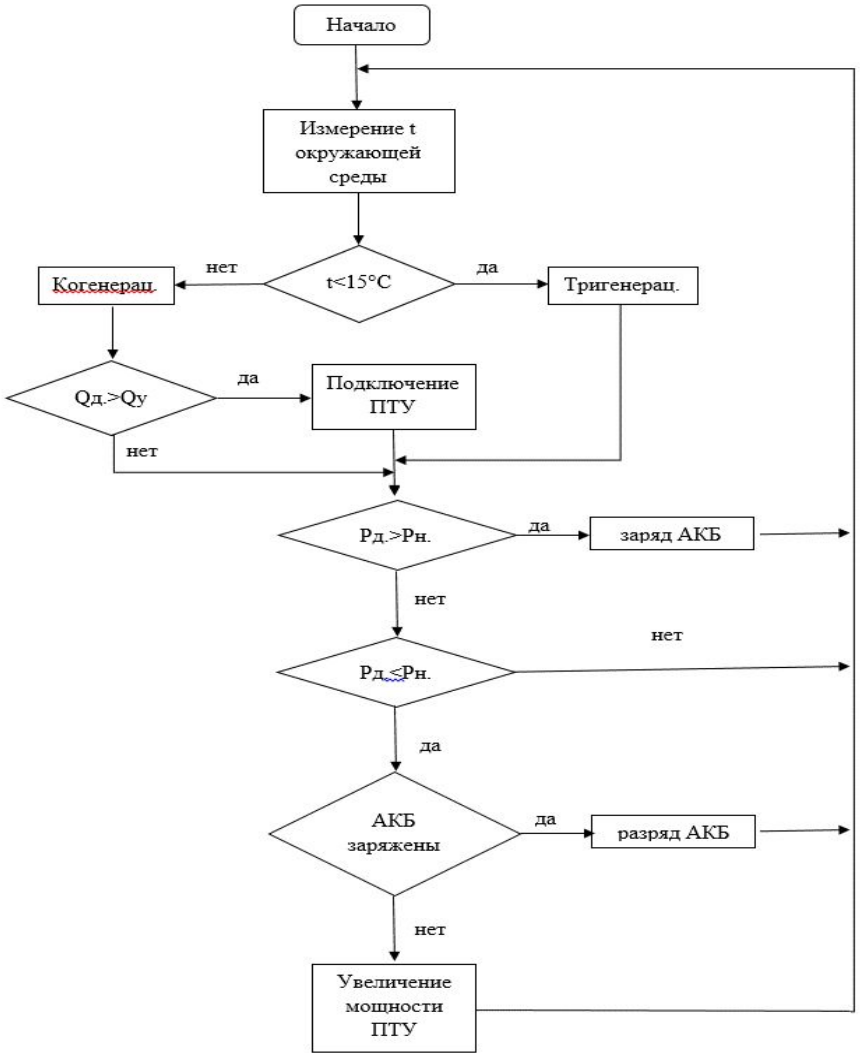
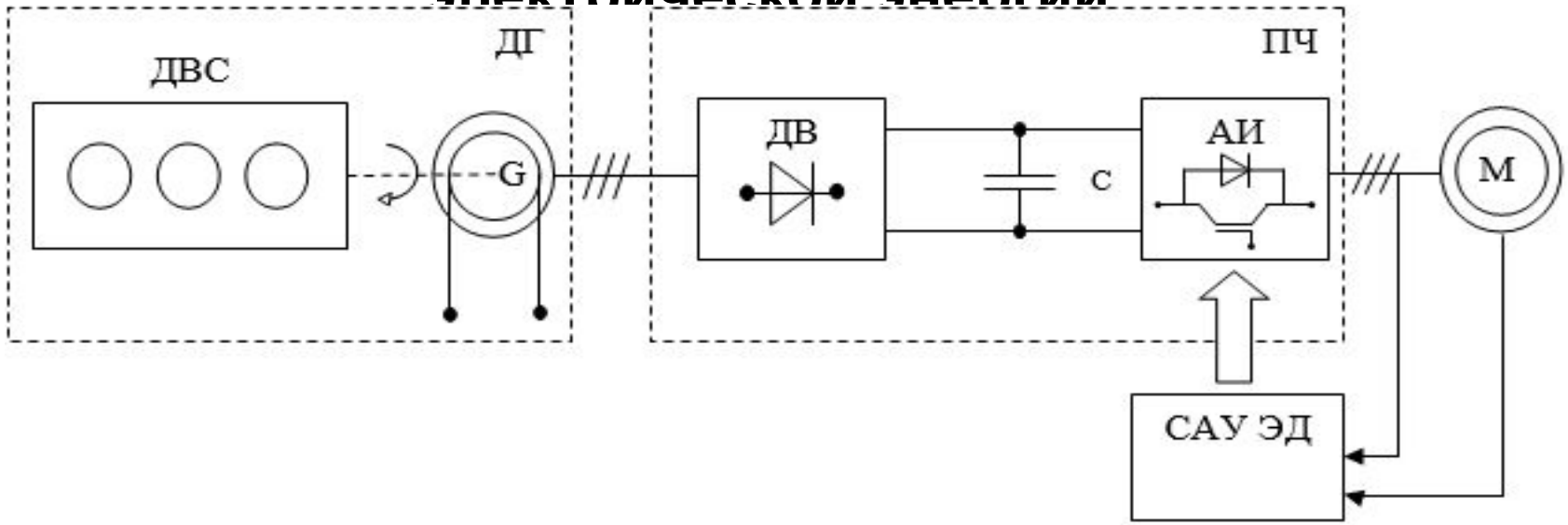


График расхода охлаждающей жидкости по времени

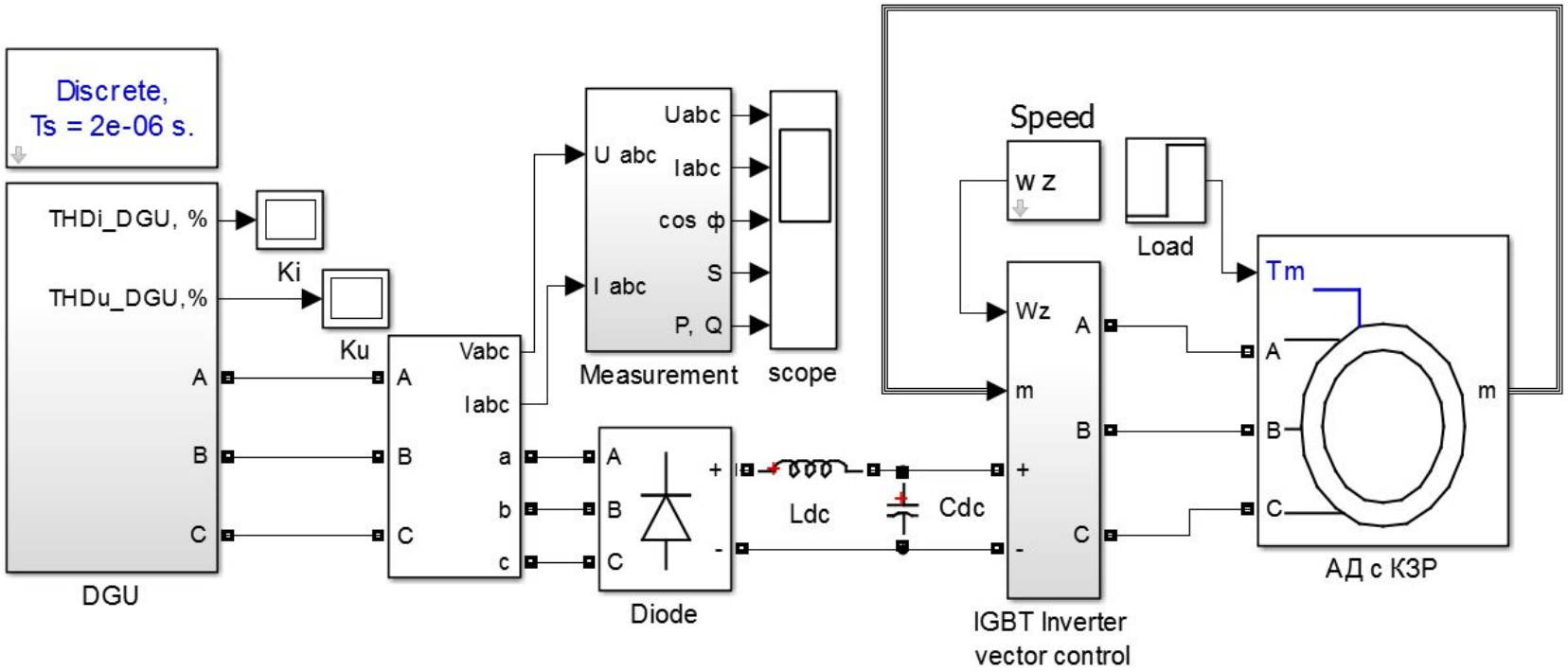

Начало
Измерение t окружающей среды
t<15°C
нет
да
Когенерац.
Тригенерац.
Qд.>Qу
да
нет
Подключение ПТУ
Рд.>Рн.
да
заряд АКБ
нет
Рд.<Рн.
нет
да
АКБ заряжены
да
разряд АКБ
нет
Увеличение мощности ПТУ

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



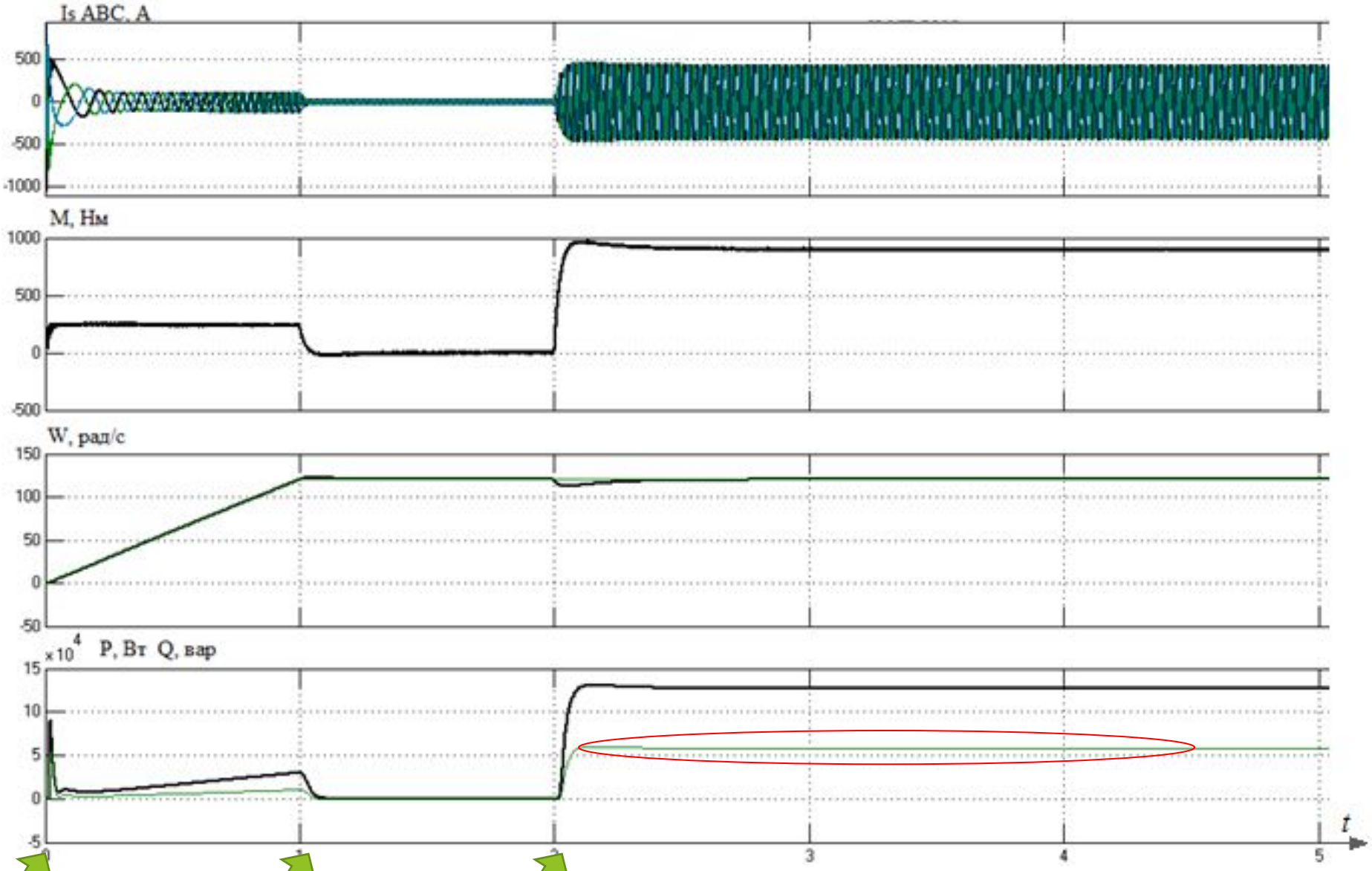
- ДГ – дизель-генератор;
- ДВС – двигатель внутреннего сгорания;
- Тр – трансформатор;
- ДВ – диодный выпрямитель;
- С – конденсатор;
- АИ – автономный инвертор;
- ПЧ – преобразователь частоты;
- М – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором;
- САУ ЭД – система автоматического управления электродвигателем.

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

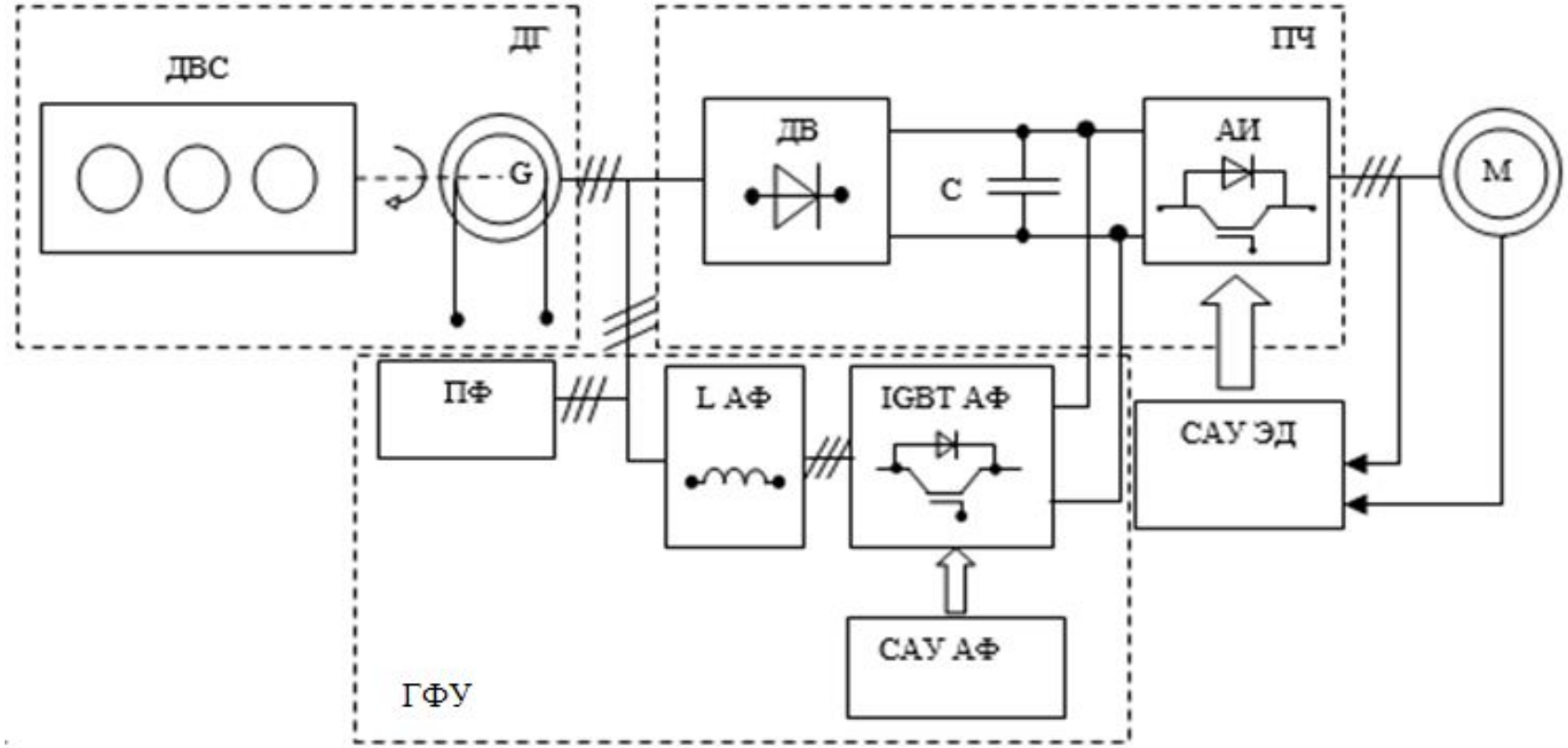


Пуск

ХХ

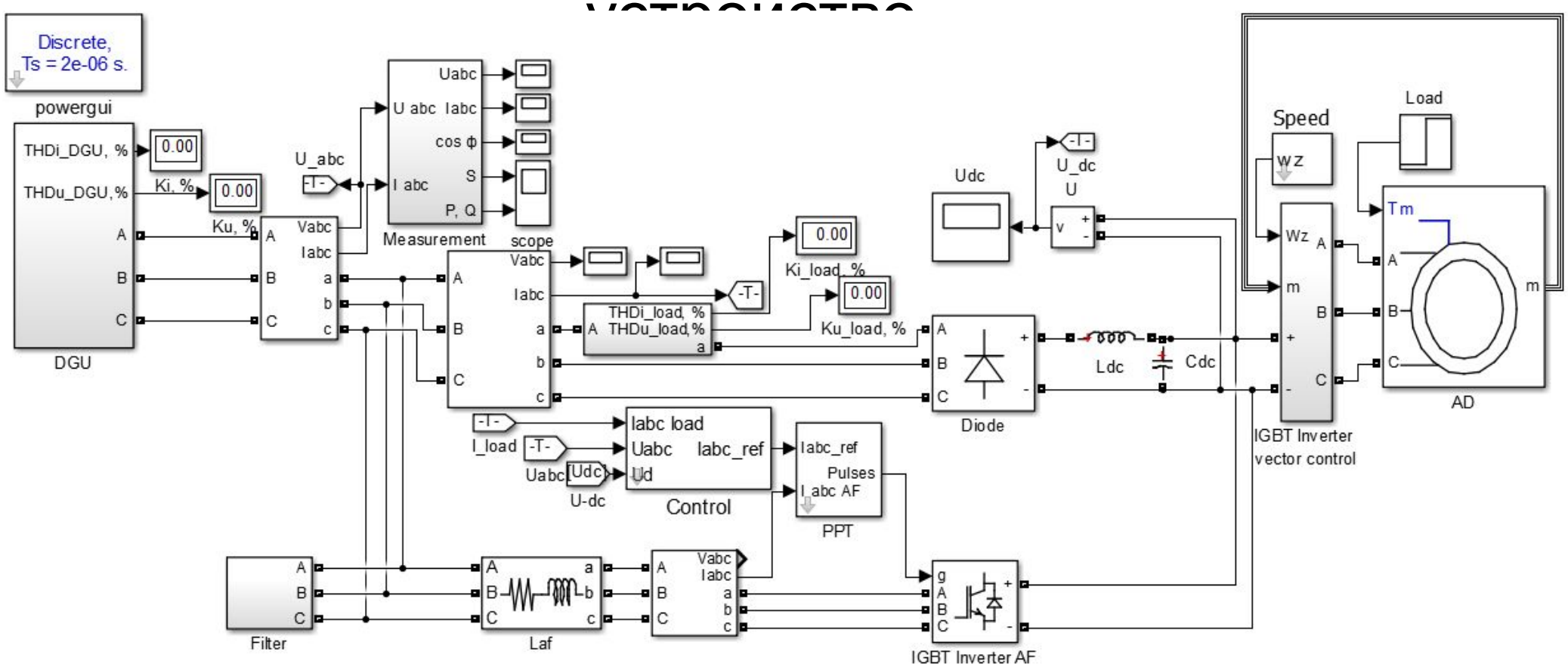
АД с нагрузкой
без ГЭК

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



ГФУ– гибридный 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.

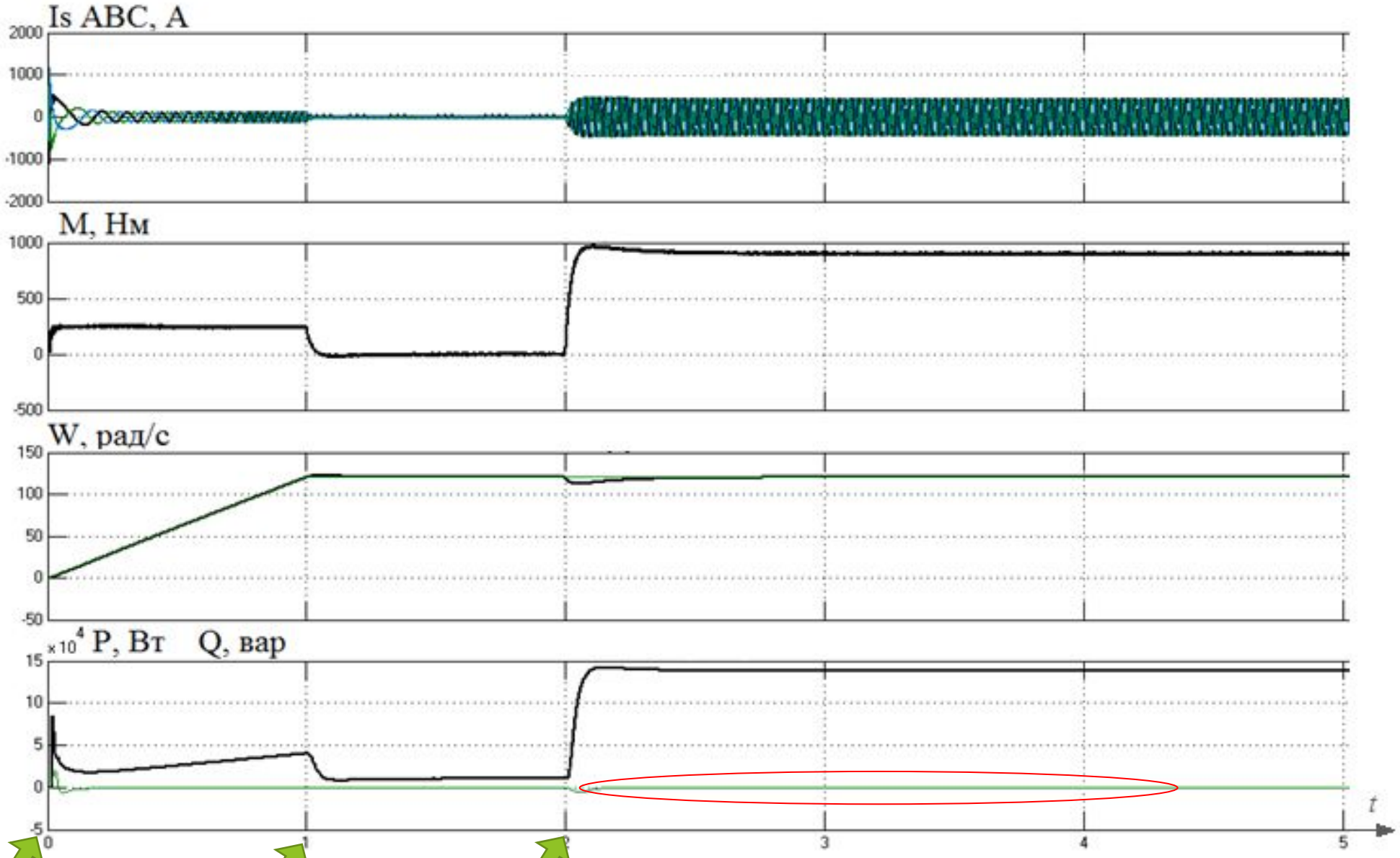
Гибридное фильтрокомпенсирующее устройство



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

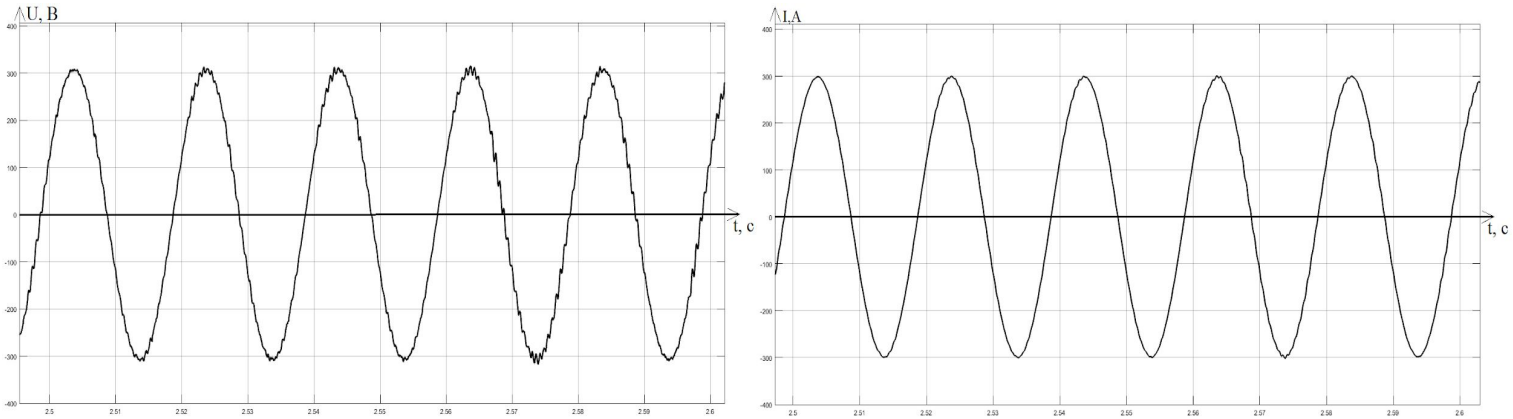


Пуск

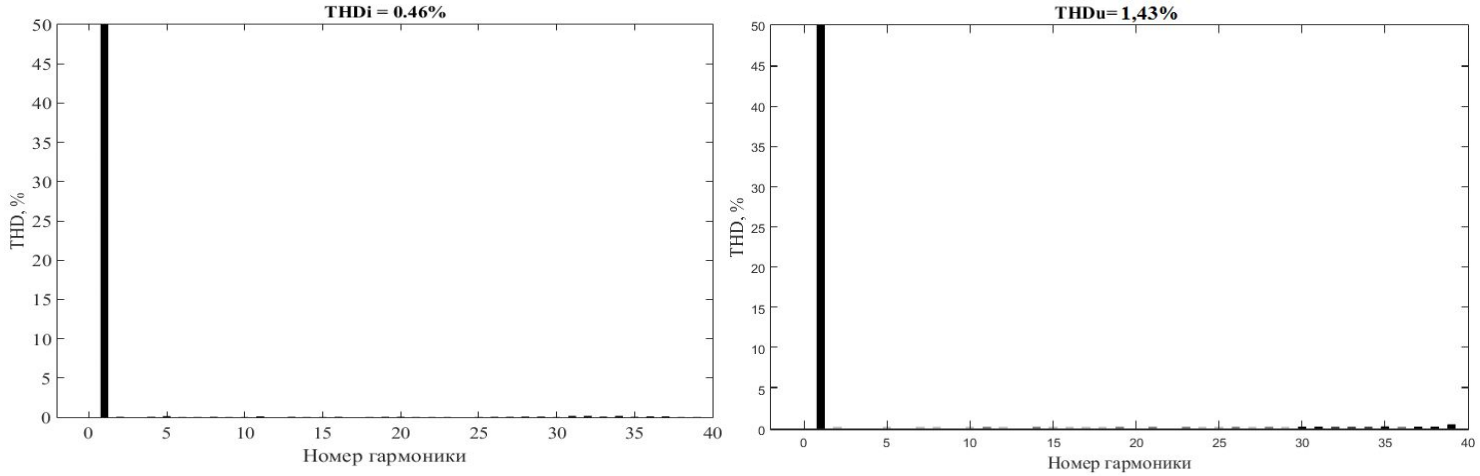
ХХ

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

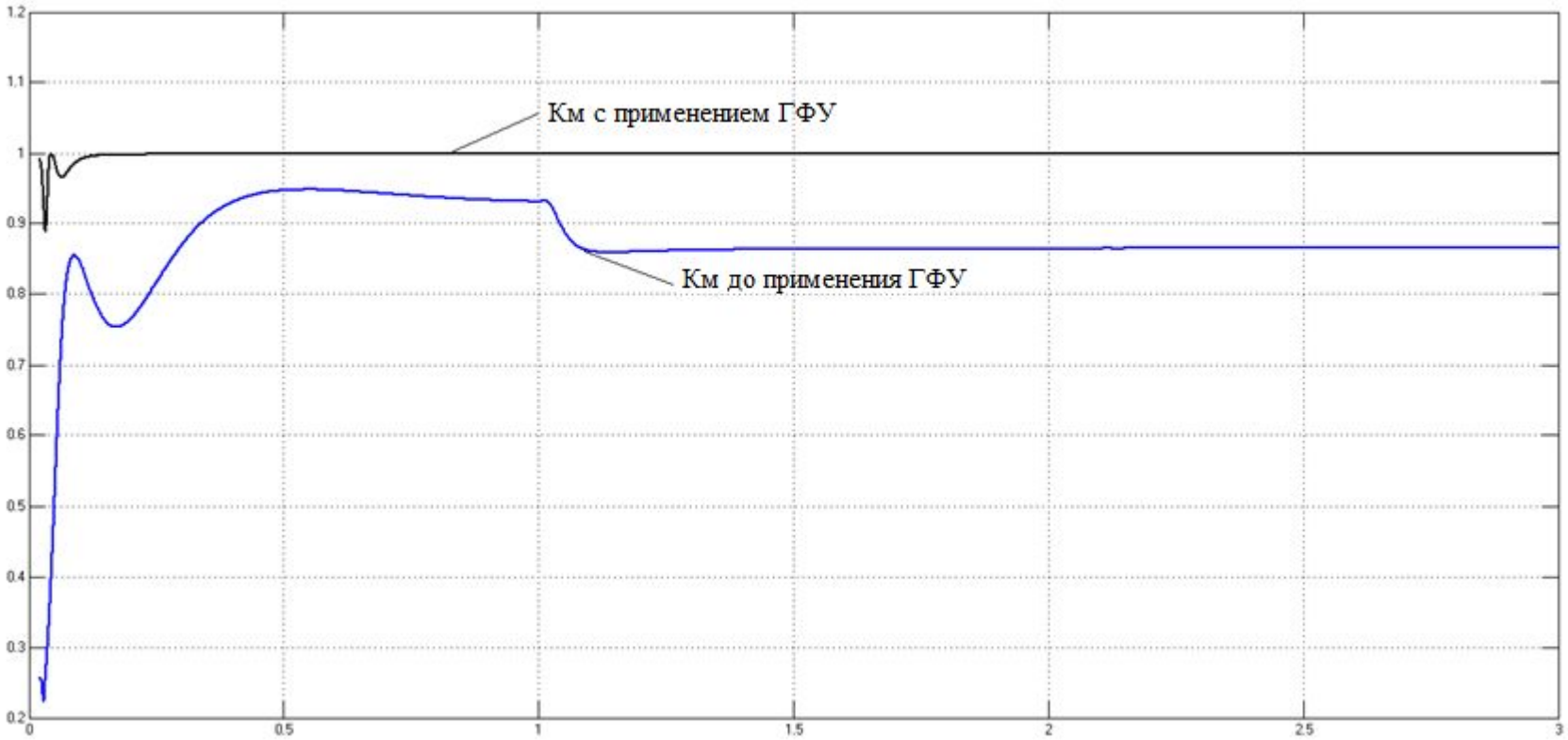


График зависимости коэффициента мощности всей системы до и после применения гибридного фильтрокомпенсирующего устройства

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 технических 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.