



ИНЖЕНЕРНАЯ
ШКОЛА
ЭНЕРГЕТИКИ

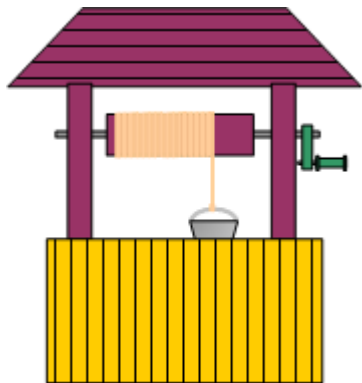


Управление активной мощностью и напряжением на выводах генератора (введение в теорию автоматического управления)

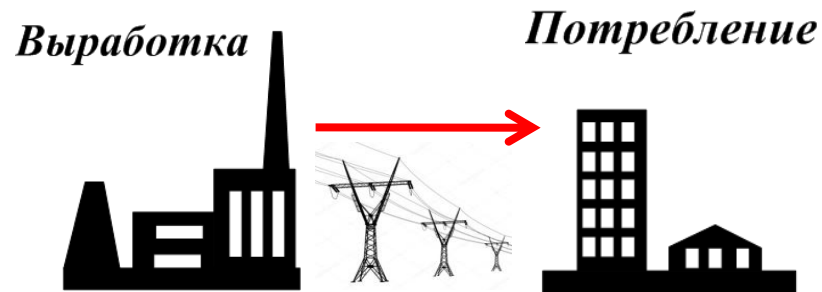
Дисциплина
Общая энергетика

доцент ОЭЭ
Шестакова Вера Васильевна

Устойчивый режим в энергосистеме (ЭС)



Человек, крутящий ручку, -
генератор и турбина.
Ведро с водой – нагрузка.

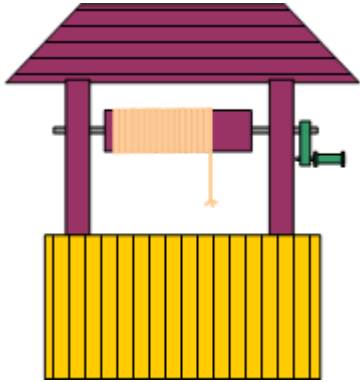


$$P_{\text{выр}} = P_{\text{пот}}$$

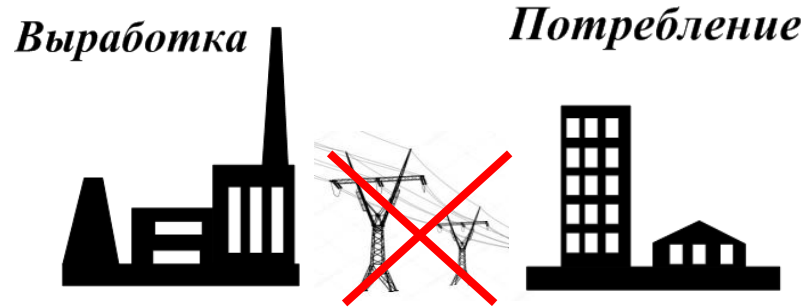


Энергосистема включает в себя:
электростанции (ЭС),
подстанции,
линии электропередачи,
потребителей.

Нарушение устойчивого режима в энергосистеме



Человек, крутящий ручку, -
генератор и турбина.
Ведро с водой –
оборвалось.

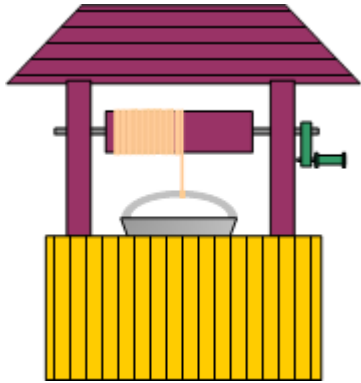


$$P_{\text{выр}} > P_{\text{пот}}$$

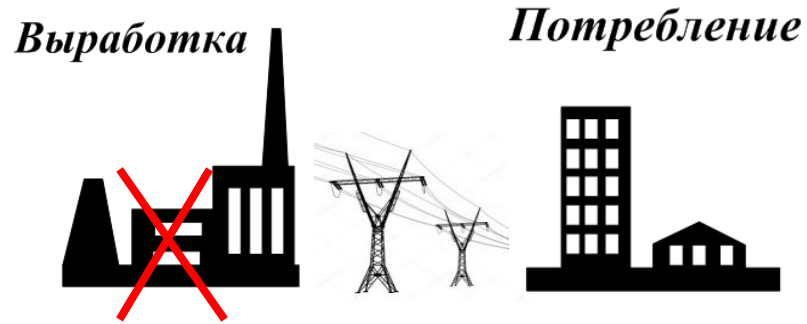


Линия электропередачи отключилась.
Скорость вращения роторов
генераторов на ЭСТ - ?
Решение проблемы - ?

Нарушение устойчивого режима в энергосистеме



Человек, крутящий ручку, - генератор.
Ведро с водой – превратилось в бочку.



$$P_{\text{выр}} < P_{\text{пот}}$$



На электростанции отключился один генератор из трех. Нагрузка на оставшиеся генераторы возросла. Скорость вращения роторов генераторов на ЭСТ - ?
Решение проблемы - ?

1. Как обеспечить частоту вращения роторов генераторов 50 Гц при любых нормальных и аварийных режимах?



← Электростанции РФ
на карте



Внешний вид генераторов и турбин

Вопрос

2. Как обеспечить нужное количество пара, впускаемого в турбину, для получения частоты вращения ротора 50 раз в секунду?

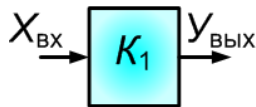


Блок 800 МВт
Общий вес вращающихся
роторов блока турбина-
генератор – сотни тонн



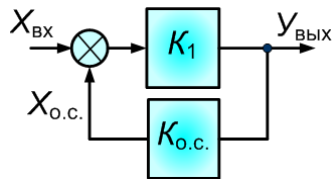
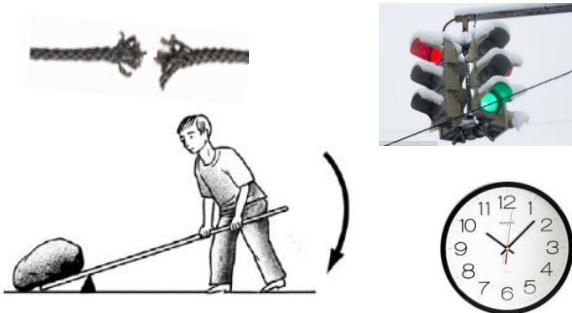
Генератор 800 МВт

Принцип обратной связи в системах управления



«Слепая» система с прямой связью

Примеры. Перемещение груза за счет троса, рычаг, часы, светофор,...



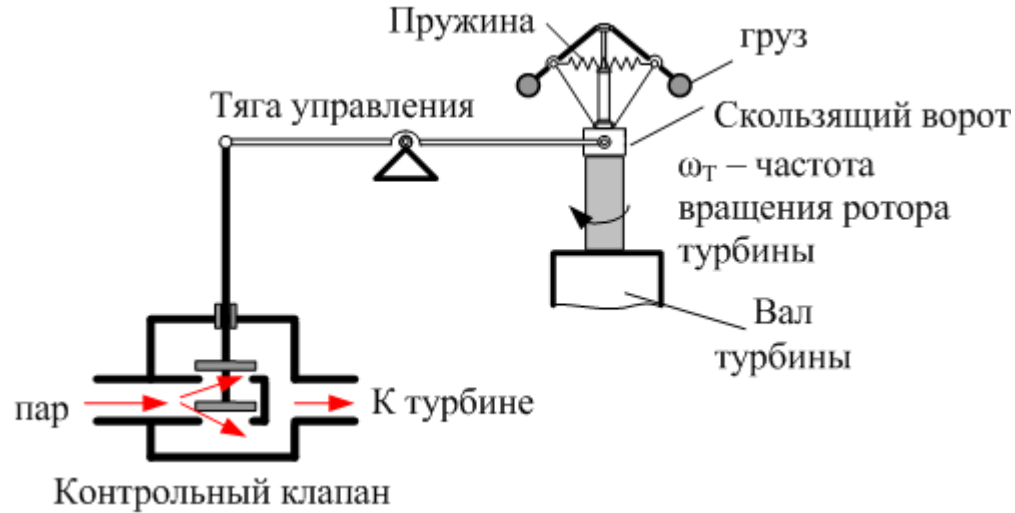
Система с отрицательной обратной связью

Пример. Система наведения ракеты на цель

Угол отклонения от цели с радара.
Двигатель изменяет угол рулей ракеты.
Радар оценивает угол отклонения от цели.

Простейшая система с обратной связью - поплавковый клапан

Простейшая схема автоматического регулирования частоты вращения

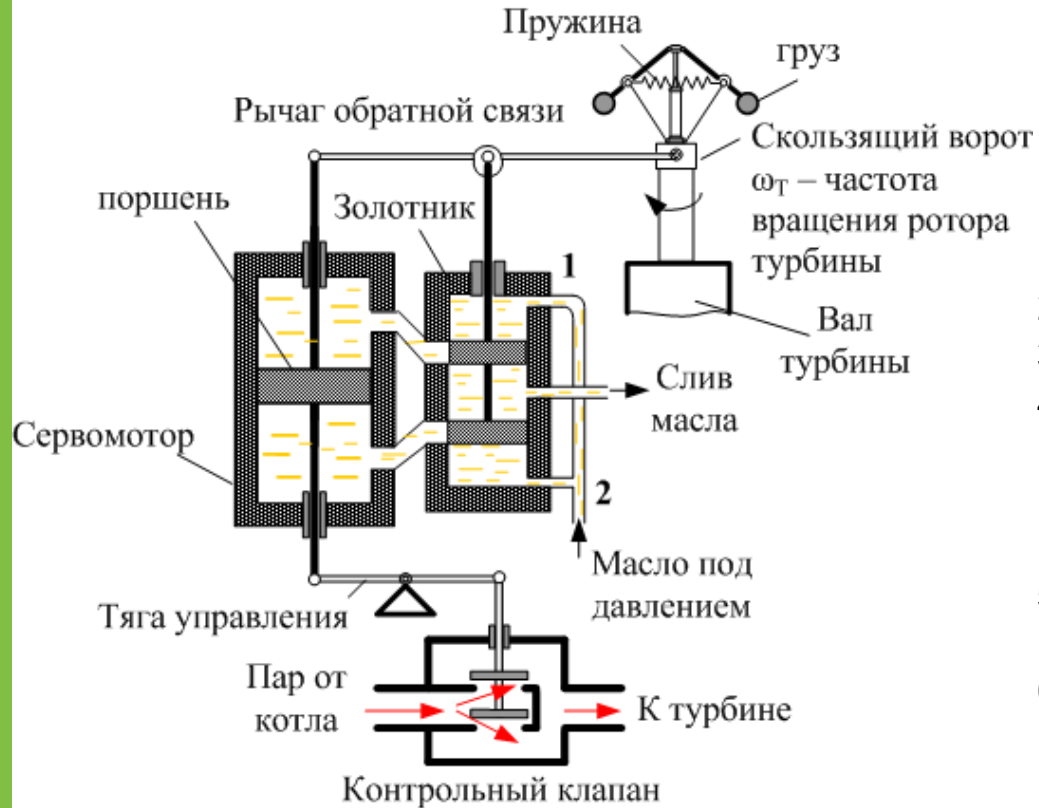


Центробежный регулятор(маятник)

Изобретатель - Джеймс Уатт, 1788 г.

**Схема регулирования
впуска пара в турбину
(18-й век)**

Схема автоматического регулирования с жесткой обратной связью (ЖОС)



1. Частота вращения уменьшилась.
2. Ворот опустился.
3. Поршень золотника опустился.
4. Через клапан 1 масло подается в верхнюю часть серводвигателя и сливается через клапан 2.
5. Поршень серводвигателя опускается.
6. Контрольный клапан поднимается рычагом управления, впуская больше пара.

Схема автоматического регулирования с гибкой обратной связью (ГОС)

В схему добавлены катаракт и пружина

Задание 1

Напишите уравнение, описывающее движения поршня. Постройте график $s(t)$ при заданных параметрах:

ε – коэффициент демпфирования, Н·с/м,
 F – постоянная сила, действующая на поршень, Н,

$S_{\max}$ – расстояние, на которое может быть сдвинут поршень, м.

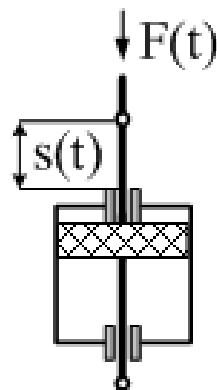
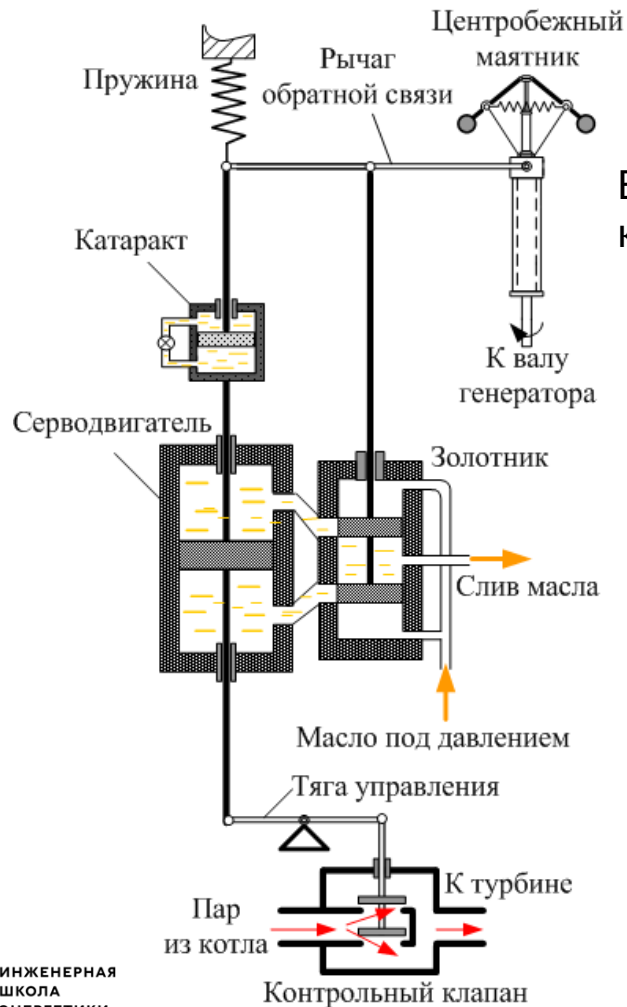
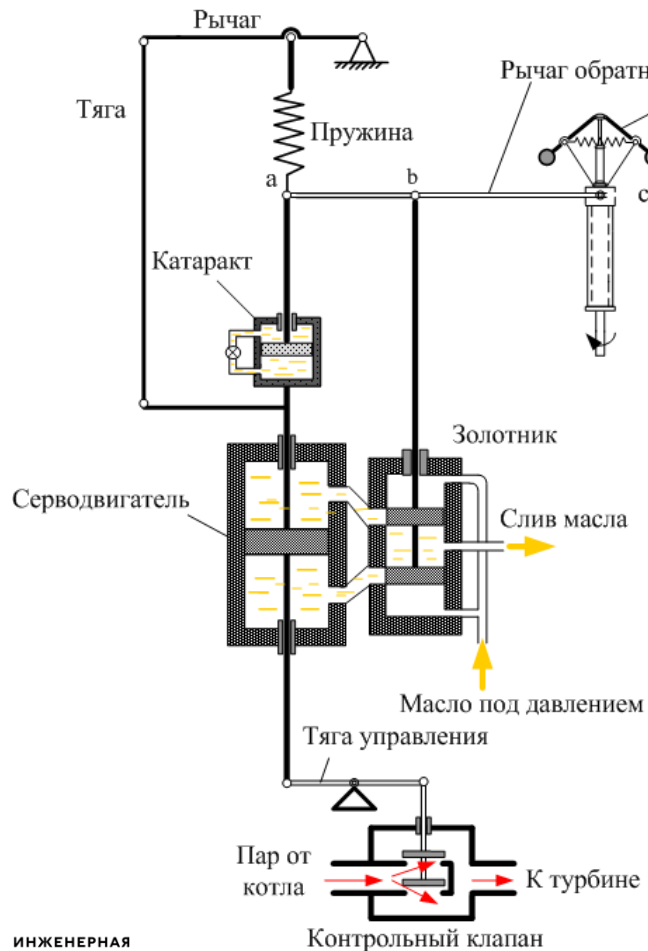


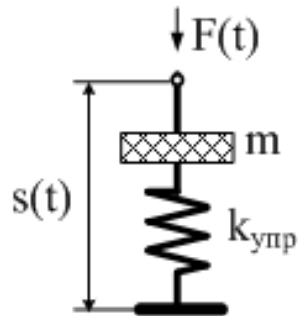
Схема автоматического регулирования с комбинированной обратной связью (КОС)



Задание 2

Напишите уравнение, описывающее движения груза массой m на пружине.

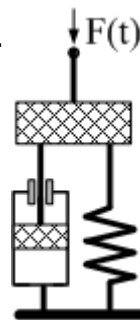
F – внешняя сила, Н,
 $k_{\text{упр}}$ – коэффициент упругости пружины.



Задание 3

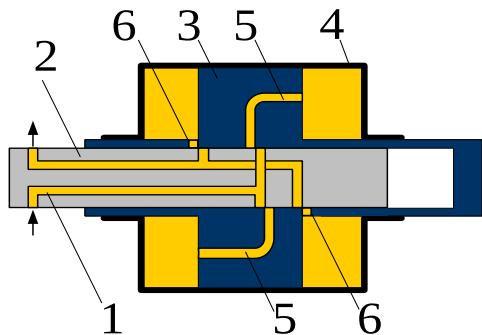
Напишите уравнение, описывающее движения груза массой m на пружине с демпфером.

ε – коэффициент демпфирования, Н·с/м,
 F – внешняя сила, Н,
 $k_{\text{упр}}$ – коэффициент упругости пружины.



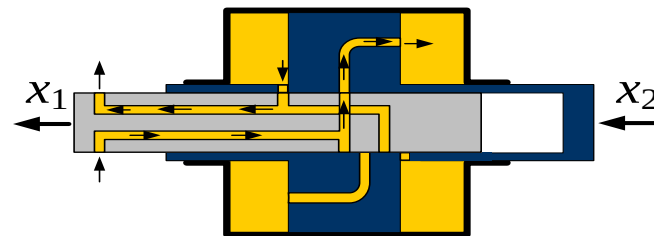
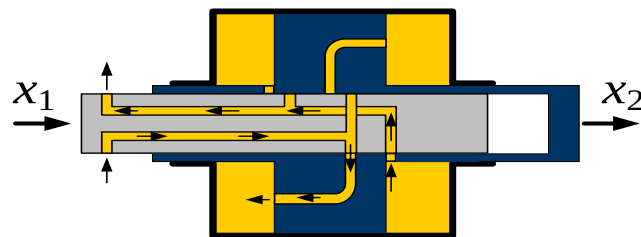
Гидравлический исполнительный элемент с обратной связью

Объединенные в одном корпусе серводвигатель и золотник



Золотник в нейтральном положении

- 1 – входной канал для масла под давлением,
- 2 – золотник,
- 3 – поршень серводвигателя,
- 4 – цилиндр
- 5 – канал подачи масла в цилиндр,
- 6 – канал слива масла из цилиндра,
- 7 – выходной канал (слив масла).

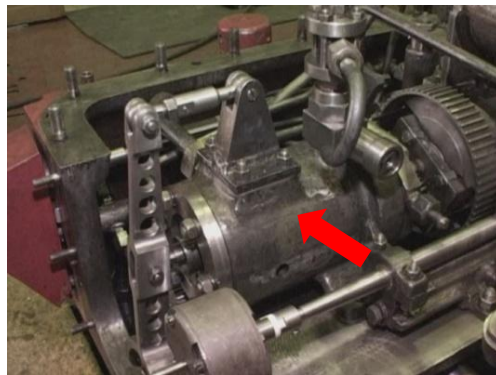


Золотник размещен внутри поршня.
Корпус золотника конструктивно отсутствует.

Механизм управления турбиной (МУТ)



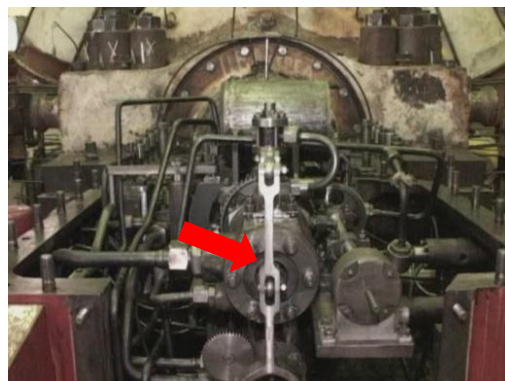
МУТ блока 800 МВт



Серводвигатель и золотник



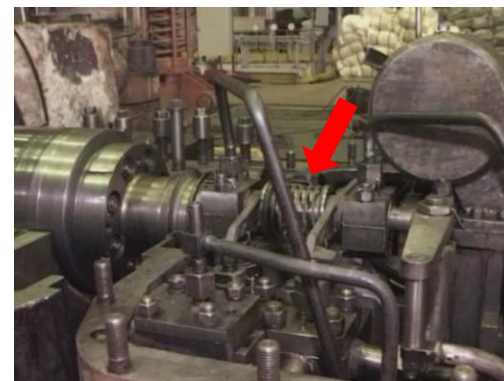
Вал турбины



Тяга управления

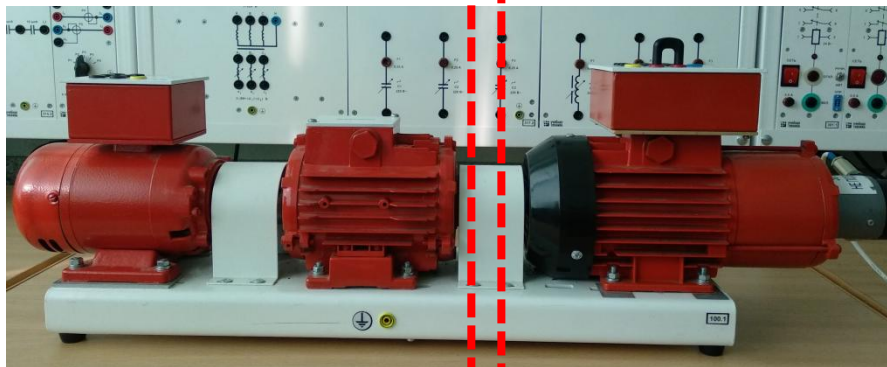


Центробежный маятник



Пружина

Лабораторная модель блока турбина-генератор



Турбина

Трехфазный синхронный генератор (Г)



Задание

1. Подключить Г на параллельную работу к «системе бесконечной мощности» методом точной синхронизации.

2. Нагрузить Г активной и реактивной мощностями, увеличивая частоту вращения ротора турбины и наблюдая за напряжением на выводах Г.

3. Отключить Г:

- разгрузить по P и Q ,
- отключить Г от сети;
- снять возбуждение (уменьшить ток в обмотке ротора до 0);
- остановить вращение ротора турбины постепенно уменьшая выпуск пара.

Список литературы

1. Певзнер, Л. Д. Теория автоматического управления. Задачи и решения : учебное пособие / Л. Д. Певзнер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — ISBN 978-5-8114-2161-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212354> (дата обращения: 14.12.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 604.