

Лаборатория
«Адаптивное и интеллектуальное управление
сетевыми и распределенными системами»
(АдИн)



Руководитель лабораторией:
доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник
Фуртат Игорь Борисович



cainenash@mail.ru



+7-911-082-3463



Содержание

- Состав лаборатории
- Организация деятельности
- Научные направления (теоретические и практические)

Сотрудники лаборатории



И.Б. Фуртат
д.т.н., проф.
зав. лаб.



Н.В. Кузнецов
д.ф.-м.н., проф.
в.н.с.



С.А. Вражевский
к.т.н., н.с.



П.А. Гушин
к.т.н., с.н.с.



А.А. Маргун
к.т.н., н.с.



А.А. Перегудин
к.т.н., н.с.



Е.А. Копысова
магистрант, ст.-исс.



В.Н. Сарапкин
магистрант, ст.-исс.



Н.С. Колесник
магистрант, ст.-исс.



Нгуен Ба Хью,
аспирант, ст.-исс.

Финансирование

**Существующие
лаборатории**

**Молодежные
лаборатории (МЛ)**

МОН

МОН

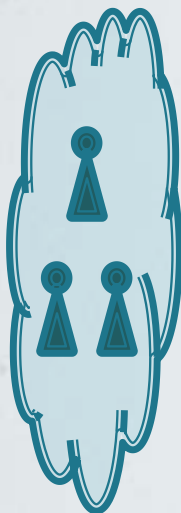
Институт

Институт

Лаб1,...,ЛабN

МЛ

Движение по должностям



- **Заведующий лабораторией** (выбирается коллективом раз в 3 года, наличие уч. степени, наличие не менее одного гранта, наличие не менее 3 публикаций в Q1 за 3 года. Выборы раз в 3 года)
- **Главный научный сотрудник** (наличие уч. ст. докт. наук, наличие не менее одного гранта, наличие не менее 3 публикаций в Q1 за 3 года. Аттестация раз в год)
- **Ведущий научный сотрудник** (наличие уч. ст. докт. наук, наличие не менее 2 публикаций в Q1 за 3 года. Аттестация раз в год)
- **Старший научный сотрудник** (наличие уч. ст. канд. наук, наличие не менее 2 публикаций в Q1 за 3 года. Аттестация раз в год)
- **Научный сотрудник** (наличие уч. ст. канд. наук, наличие не менее 1 публикаций в Q1 за 3 года. Аттестация раз в год)
- **Младший научный сотрудник** (канд. наук или без уч. Степени, наличие не менее 3 публикаций в WoS или Scopus за 3 года. Аттестация раз в год)
- **Стажер-исследователь** (без ученой степени. Аттестация раз в год)

Показатель результативности научной деятельности ПРНД

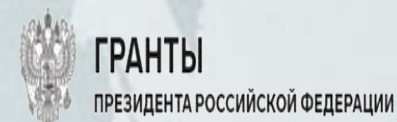
- 
- Доклады в конференциях по тематической области Computer Science A и A* по рейтингу CORE
 - Публикации в Q1
 - Публикации в Q2
 - Наличие грантов
 - Публикации в WoS и Scopus
 - Публикации в РИНЦ
 - РИД
 - Вид трудовой деятельности (основное место работы или по совместительству)

Гранты, выполняемые в лаборатории:

➤ РФФ, № 18-79-10104 «Управление сетевыми системами в условиях неопределенностей и запаздывания с применением к управлению электроэнергетическими сетями» (рук. И.Б. Фуртат)



➤ Грант Президента РФ, МД-1054.2020.8 «Разработка методов и программного обеспечения для оптимального управления распределенными системами через цифровые каналы связи с приложением к интеллектуальным сетям электроснабжения» (рук. И.Б. Фуртат)



➤ Мегагрант, № 075-15-2021-573 «Теоретические основы цифровизации анализа и синтеза сложных механических систем, сетей и сред» (осн. исп. И.Б. Фуртат)



➤ РФФИ, № 20-08-00610 «Методы управления через зашумленные каналы приема-передачи данных с неконтролируемой задержкой» (рук. И.Б. Фуртат)



➤ РФФИ, 19-08-00246 «Разработка методов и алгоритмов оптимального управления системами большой размерности в условиях неопределенностей с применением к управлению процессом ректификации» (рук. П.А. Гущин)



Коллаборация



Санкт-Петербургский
государственный
университет



Цель научного исследования:

Разработка методов, алгоритмов и программного обеспечения в области адаптивного и интеллектуального управления сложными сетевыми и распределенными системами с применением к управлению электроэнергетическими сетями и объектами в нефтяной и газовой промышленности.



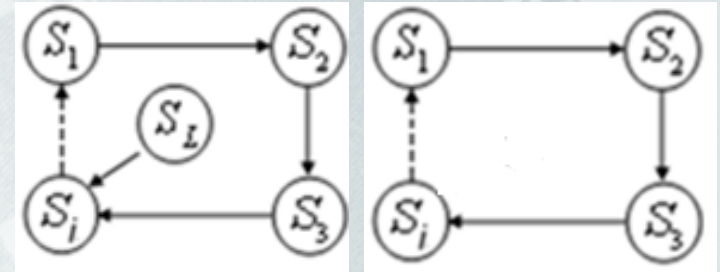
Управление динамическими сетями

Модель i -го агента

$$\dot{x}_i = A_i x_i + F_i \varphi(x_i, t) + B_i u_i + D_i f_i, \quad y_i = L_i x_i, \quad i = \overline{1, k}$$

Подсистема лидера

$$\dot{x}_L = A_L x_L + B_L r, \quad y_L = L_L x_L$$



Управление с лидером

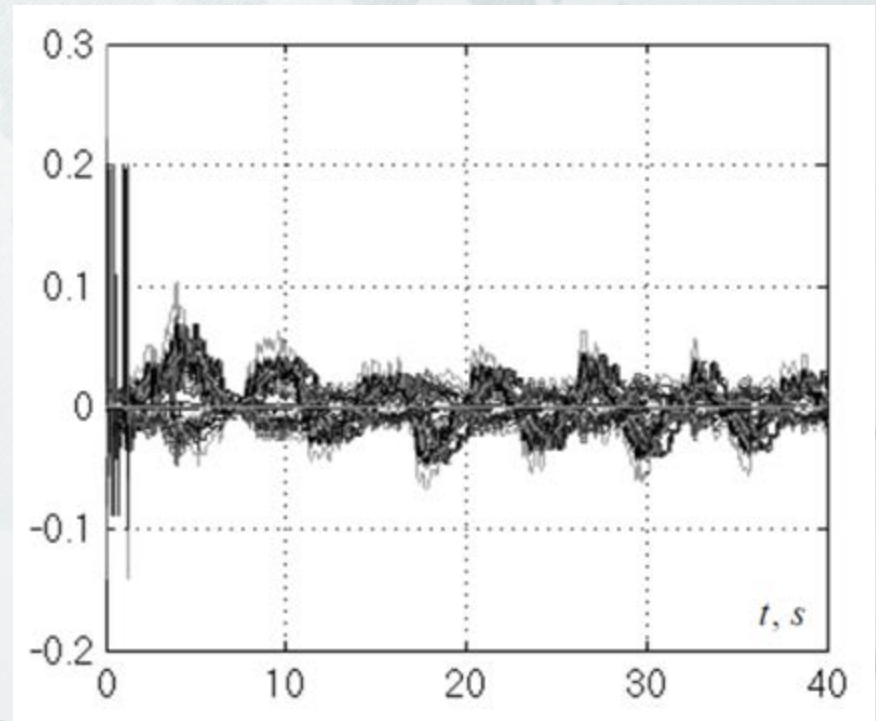
Консенсусное управление

Цель управления

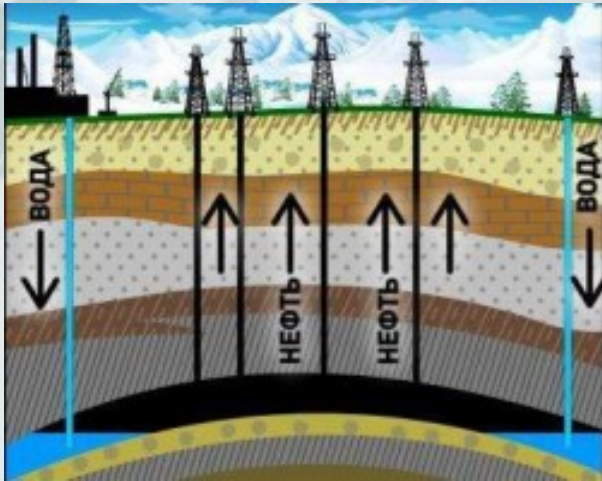
$$|y_i - y_L| < \varepsilon \quad \text{при } t > T$$

$\varepsilon > 0$ – точность регулирования

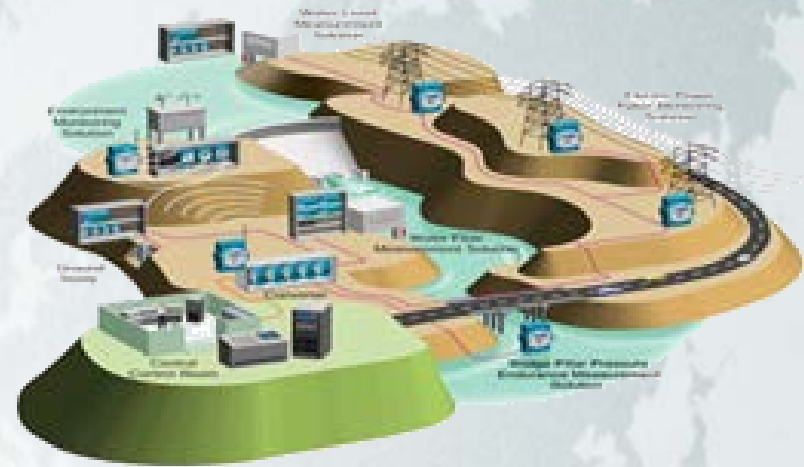
$T > 0$ – время переходного процесса



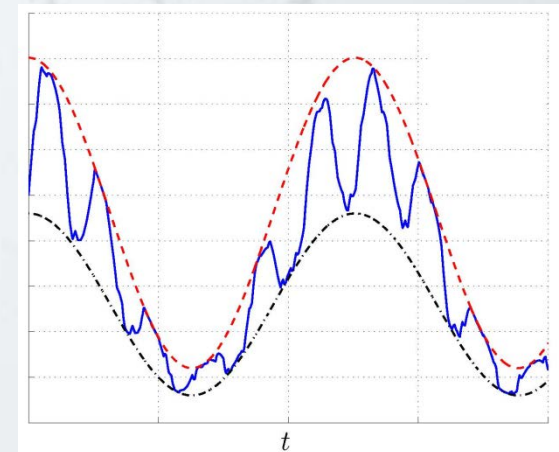
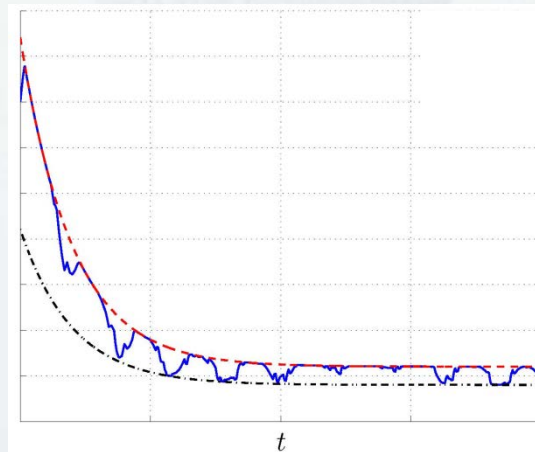
Управление с заданным качеством регулирования



Поддержание заданных параметров процесса (давление, расход и т.п.)



Поддержание частоты и напряжения в допустимых пределах



Управление распределенными системами

Уравнения параболического типа

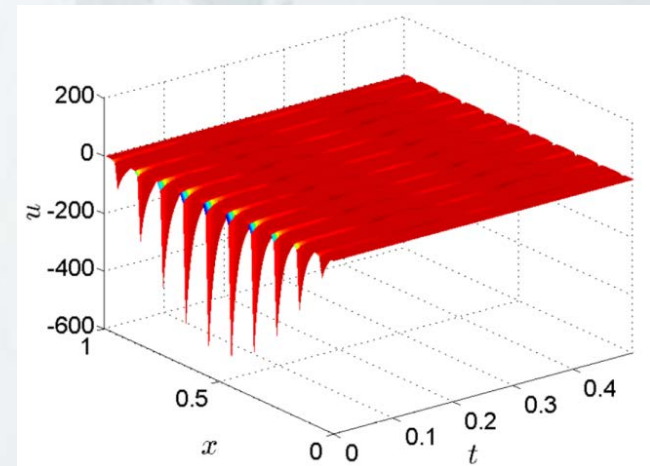
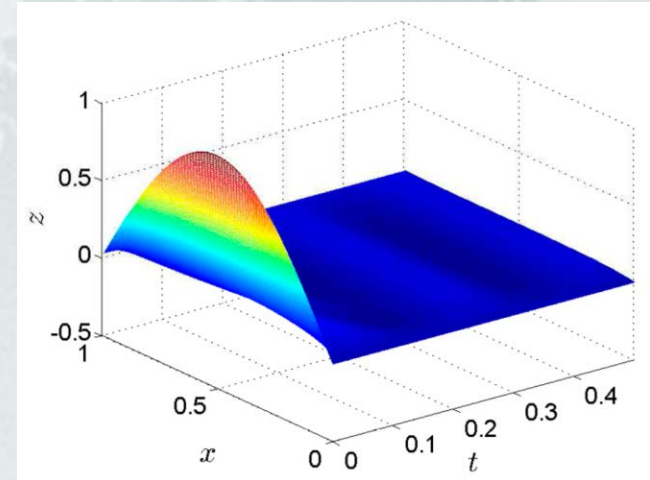
$$z_t(x,t) = a_1 x_{xx}(x,t) + az_x(x,t) + z(x,t) + u(x,t) + f(x,t)$$

Уравнения гиперболического типа

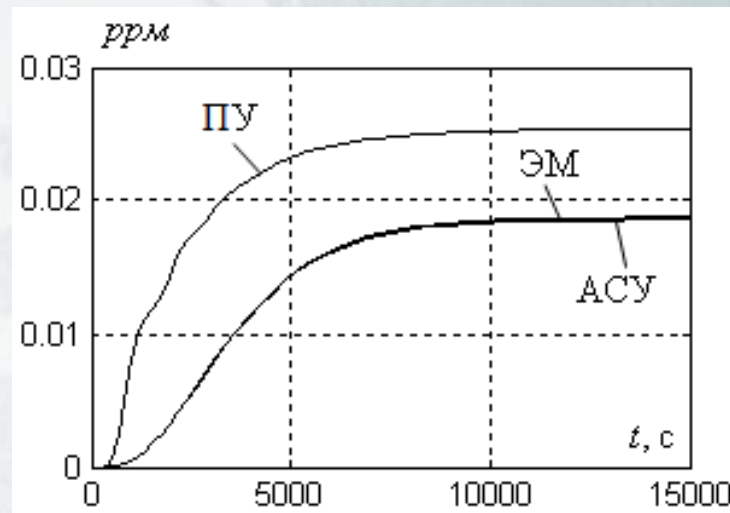
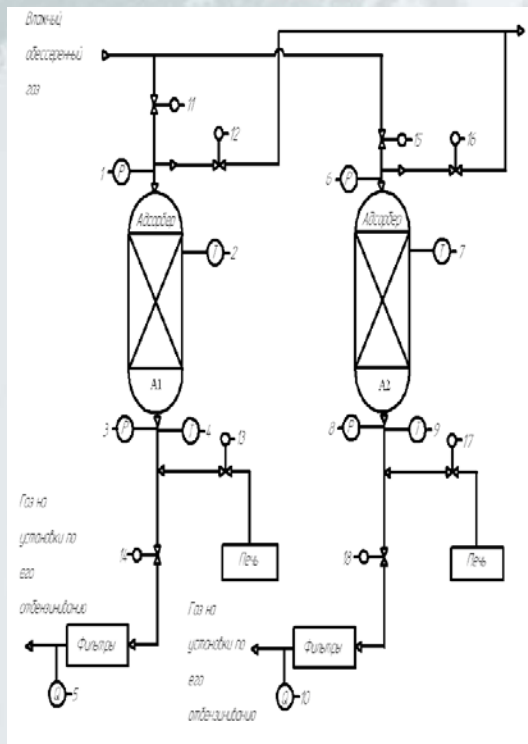
$$z_{tt}(x,t) = a_1 x_{xx}(x,t) + az_x(x,t) + z(x,t) + bz_t(x,t) + u(x,t) + f(x,t)$$

Цель управления

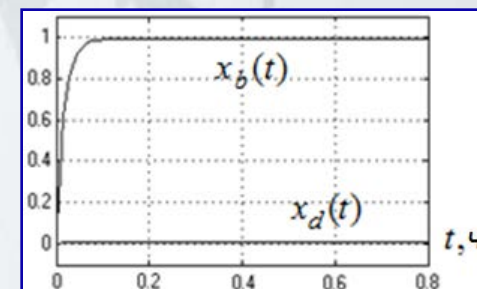
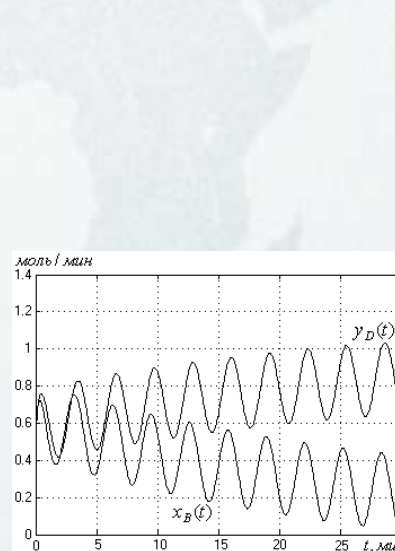
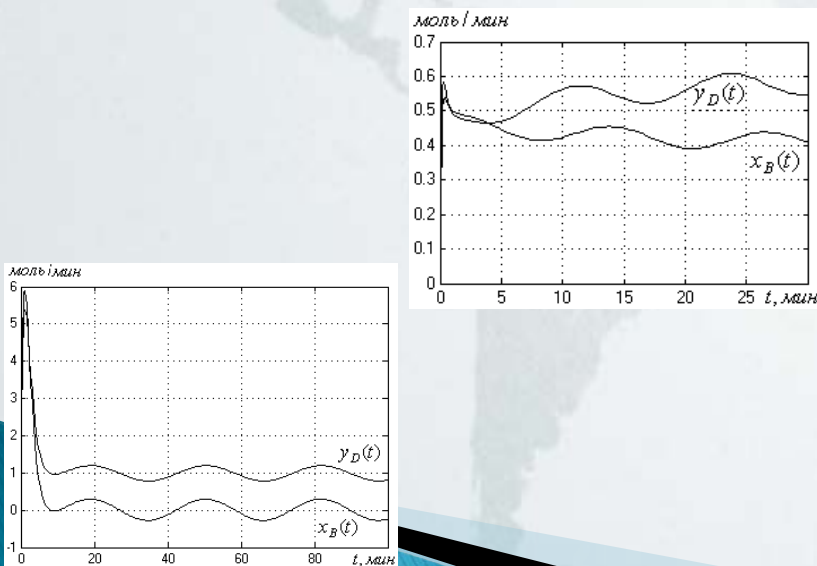
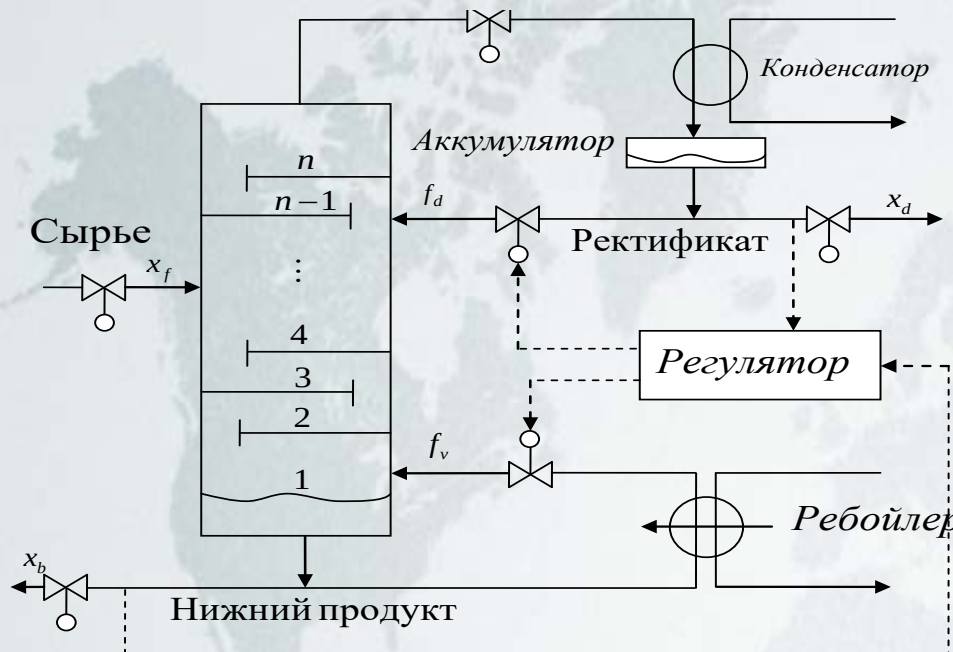
Цель управления состоит в разработке дискретного по пространственной переменной x закона управления, который обеспечит экспоненциальную устойчивость замкнутой системы.



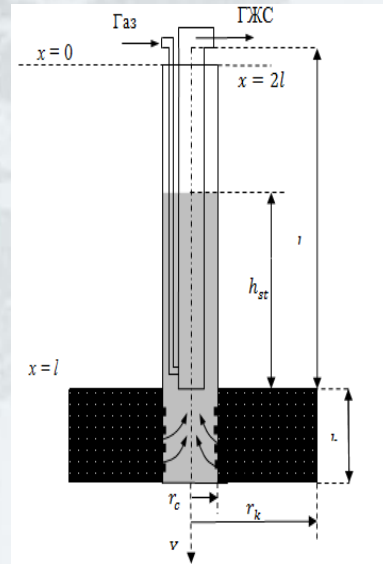
Адаптивное управление процессом адсорбции



Управление процессом ректификации

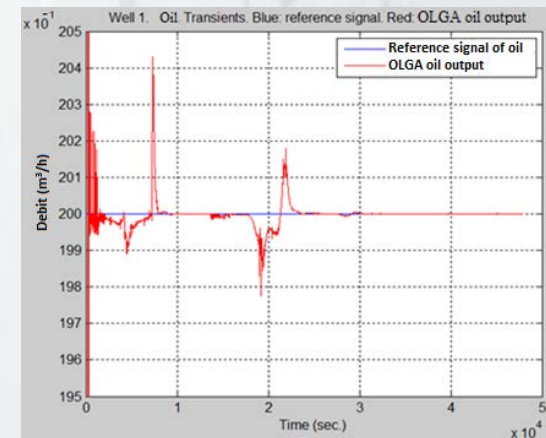
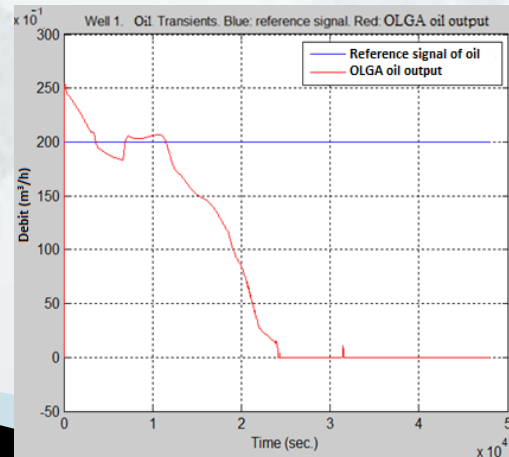
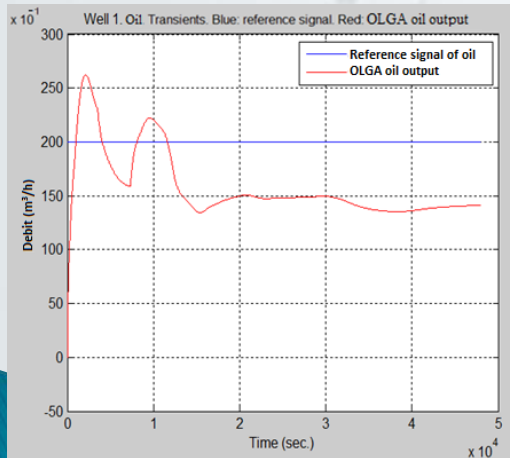
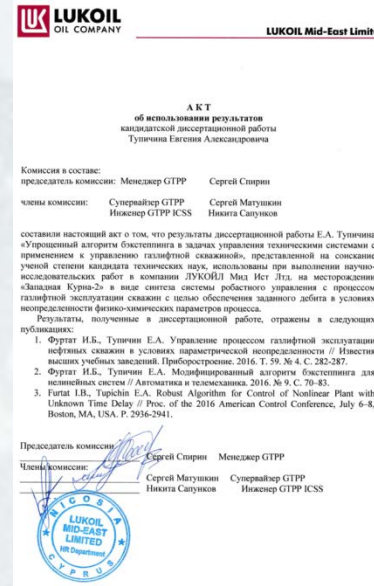


Управление газлифтной эксплуатацией нефтяных скважины

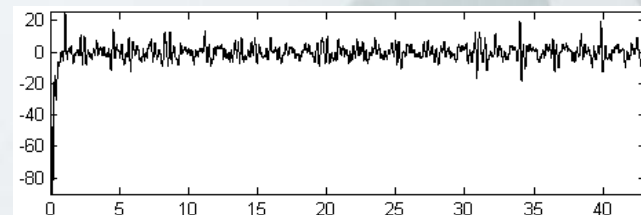
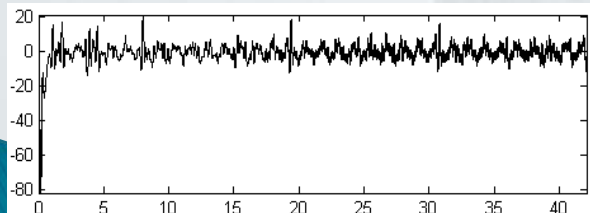
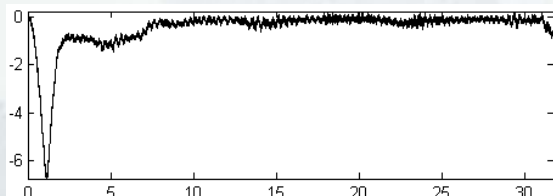


Лукойл
Западная курна-2, Ирак

Лукойл
Узбекистан



Управление безредукторным прецизионным электроприводом оси оптического телескопа



Управление и синхронизация в электроэнергетических сетях



Синхронизация

Синхронизация: - совпадение скоростей роторов генераторов,
- сведение к нулю разность между активной электрической энергией и механической входной мощностью каждого генератора

$$\begin{bmatrix} \dot{\delta}_i \\ \dot{\omega}_i \\ \Delta \dot{P}_{ei} \\ \vdots \end{bmatrix} = f(\delta_1, \dots, \delta_k, \omega_1, \dots, \omega_k, \Delta P_{e1}, \dots, \Delta P_{ek}, \dots), \quad i = 1, \dots, k$$

δ_i - отклонение угла ротора i -го генератора от значения в синхронном режиме

ω_i - отклонение скорости i -го генератора от значения в синхронном режиме

$$\Delta P_{ei} = P_{ei} - P_{mi}$$

P_{ei} - активная электрическая мощность, подаваемая на i -й генератор

P_{mi} - механическая мощность, подаваемая на i -й генератор

Частичная устойчивость (Willems J.L. , 1974)

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \delta_i = const \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \omega_i = 0 \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \Delta P_{ei} = 0 \quad \left(\lim_{t \rightarrow \infty} (\omega_i - \omega_j) = 0 \right)$$

Задачи

1) Только часть вектора состояния доступна измерению

- ✓ угол нагрузки и электрическая мощность измеряются не точно в аварийных режимах

2) Параметры сети электрических генераторов неизвестны

- ✓ аварии в линиях передач

3) Механическая мощность нестационарная

- ✓ регулярные колебания нагрузки в сети
- ✓ генераторы приводятся в движение поршневыми ДВС
- ✓ низкочастотные колебания: совпадения понижающей частоты дизельного двигателя и частоты собственных колебаний ротора генератора

4) Наличие коммуникационного запаздывания

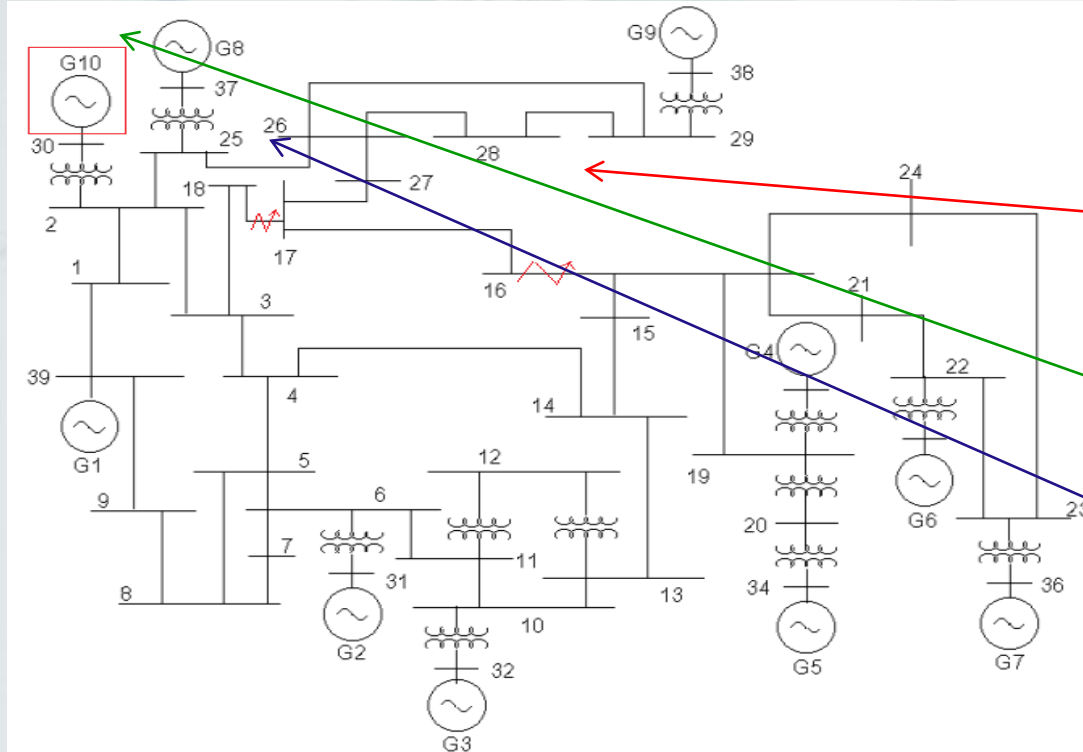
- ✓ географическая протяженность электроэнергетической сети
- ✓ использование цифровых устройств приема-передачи и обработки данных

5) Наличие помех в измерениях

- ✓ аварийные ситуации

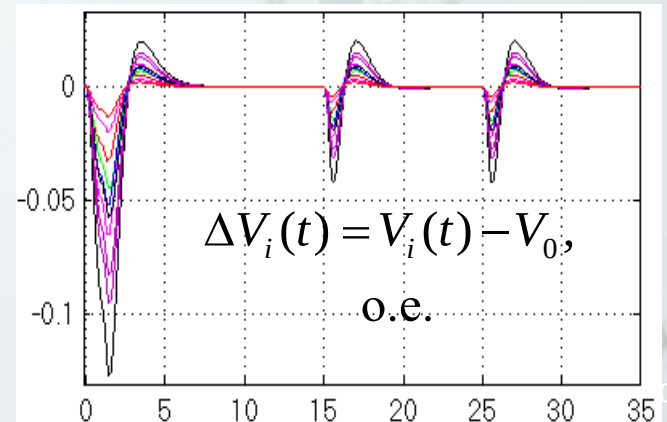
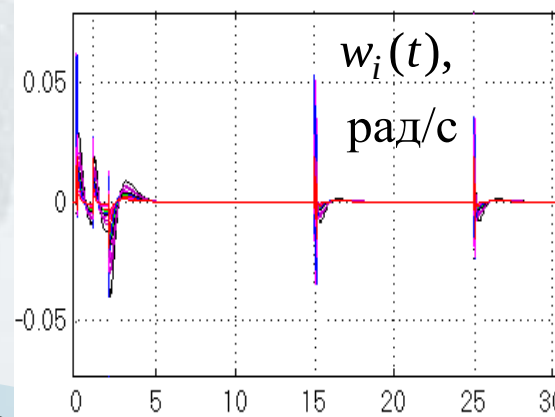
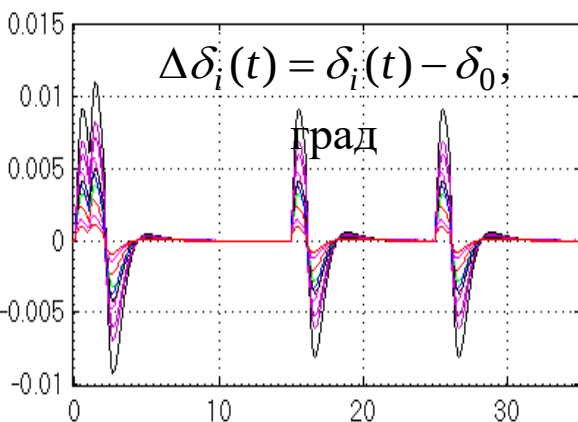
The New England Power System

IEEE benchmark 10-Machine 39-Buses



Моделируются три различных аварии:

- 1) Короткое замыкание в 3-фазах на шине 16 при $t = 1$ с. Авария устраняется спустя 1 с.
- 2) Генератора 10 внезапно отключается от сети при $t = 15$ с.
- 3) Обрыв линии между шинами 17 и 18 при $t = 25$ с.



Экспериментальное исследование в ИПМаш РАН

$w_i(t)$, рад/с

