

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Электронные вычислительные машины»

Система мониторинга усилий на основе анализа мгновенных энергетических преобразований в асинхронном электроприводе

Автор:

студент группы КЭ-406

Войнов Артём Александрович

Научный руководитель:

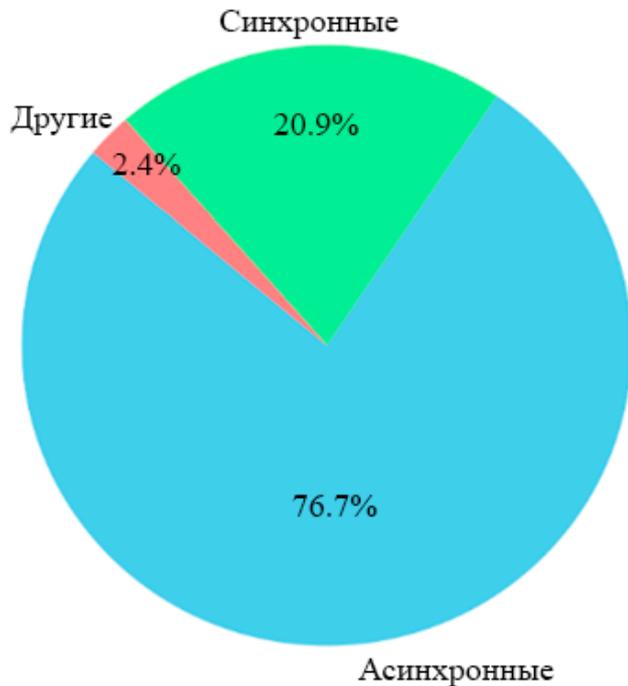
к.т.н., доцент каф. ЭВМ

Топольский Дмитрий Валерианович

Челябинск 2024

Актуальность темы

Доля различных типов электродвигателей переменного тока в промышленности на 2024 год



- Система мониторинга усилий позволит предотвратить внезапные отказы и сбои электропривода.
- Использование косвенного метода определения вращающего момента даёт возможность избежать использования потенциально ненадежных датчиков.

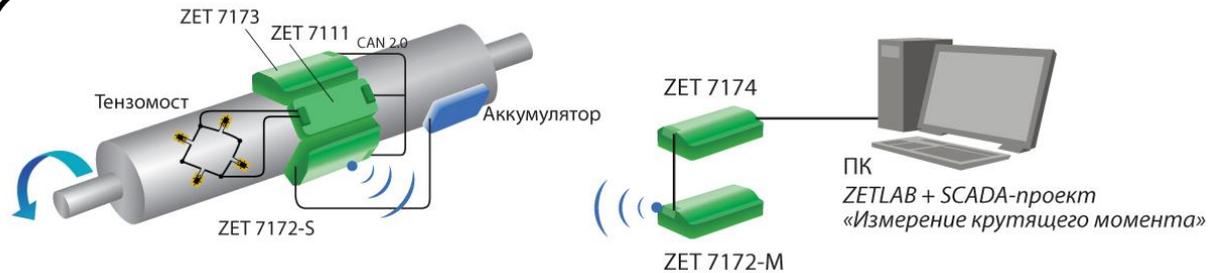
Цель и задачи

Целью представленной выпускной квалификационной работы является проектирование системы мониторинга асинхронного электропривода, способной отображать данные о текущем состоянии вращающего момента.

В процессе достижения поставленной цели, необходимо выполнить следующие задачи:

1. Провести аналитический обзор литературы по тематике работы, а также найти аналогичные решения поставленной цели.
2. Построить математическую модель системы мониторинга электропривода.
3. Спроектировать архитектуру системы мониторинга.
4. Программная реализация системы.

Обзор современных систем мониторинга усилий



ZETLAB



KONGSBERG



Основные требования к проектируемой системе

1. Сбор, обработка, хранение и передача собранных мгновенных значений токов, напряжений и частоты вращения вала в электроприводе.
2. Расчёт крутящего момента на основе полученных данных.
3. Отображение в удобной для восприятия форме крутящего момента и состояния оборудования с помощью мнемосхем, таблиц, трендов и т.п.
4. Генерация аварийных оповещений при выявлении отклонений крутящего момента от нормального значения.

Результаты анализа

По результатам изучения литературы и аналогов было принято решение использовать SCADA-систему в качестве основы для разрабатываемой системы мониторинга.



Построение математической модели

Формула закона сохранения энергии электрической машины:

$$P_2 = P_1 \pm \sum \Delta P_i \quad (1)$$

Формулы мгновенных энергетических преобразований:

$$M(t) = \frac{P_1(t) - \sum \Delta P_i(t)}{\omega(t)} \quad (2)$$

$$P_1 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (u_{AB}(k)i_A(k) - u_{BC}(k)i_C(k)) \quad (3)$$

Формулы потерь мощности:

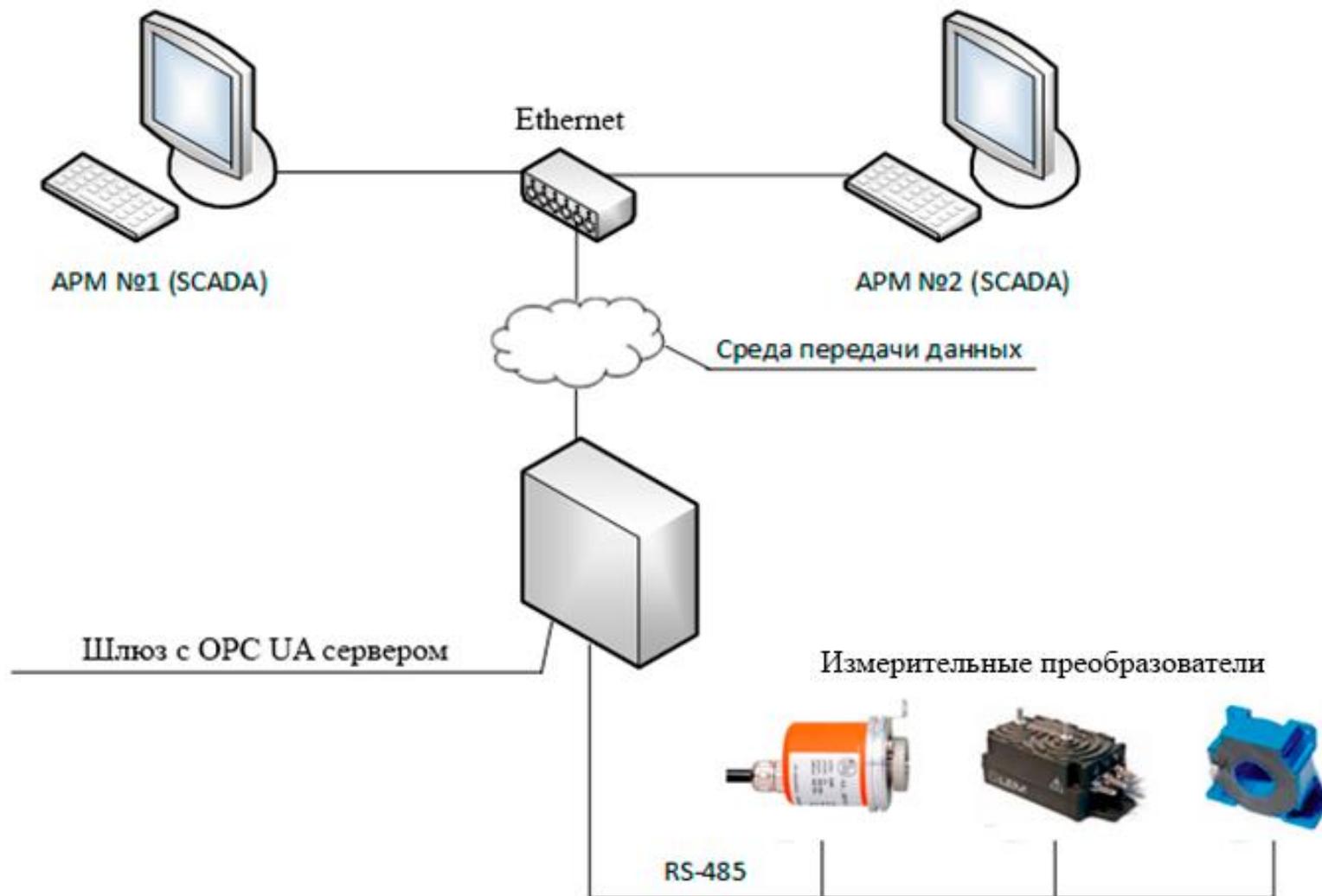
$$\sum \Delta P_i = \Delta P_{\text{эл}} + \Delta P_{\text{магн}} + \Delta P_{\text{мех}} \quad (4)$$

$$\Delta P_{\text{эл}} = c_1 I^2 (1 + \alpha(t - t_{\text{ном}})) + \Delta U_{\text{щ}} I \quad (5)$$

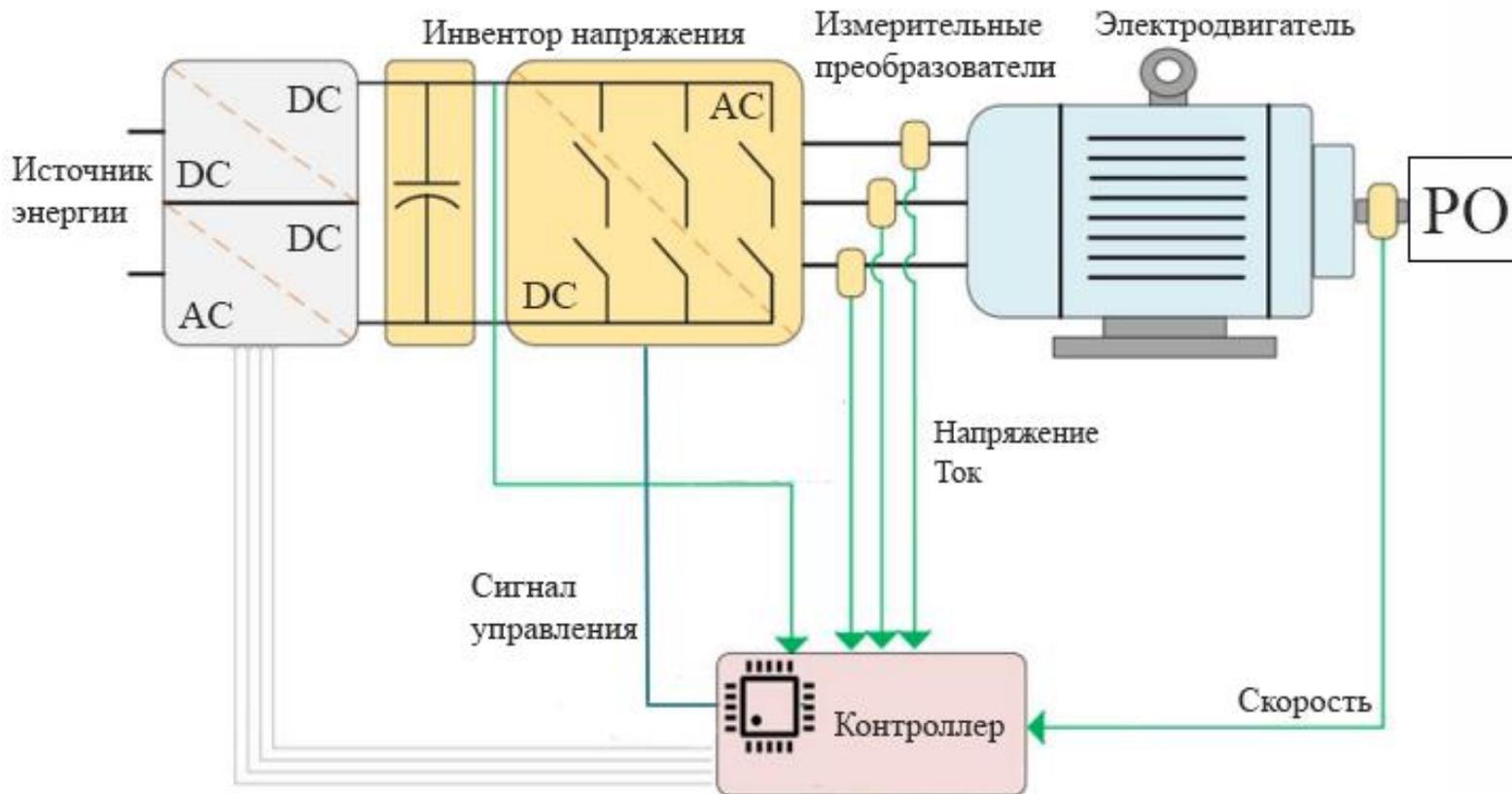
$$\Delta P_{\text{магн}} = c_2 U^2 \omega^2 \quad (6)$$

$$\Delta P_{\text{мех}} = \omega(c_3 + c_4 \omega) \quad (7)$$

Функциональная схема системы



Функциональная схема системы электропривода



Выбор шлюза



UA-5231 (ICP
DAS)



SIMATIC IOT2040
(SIEMENS)

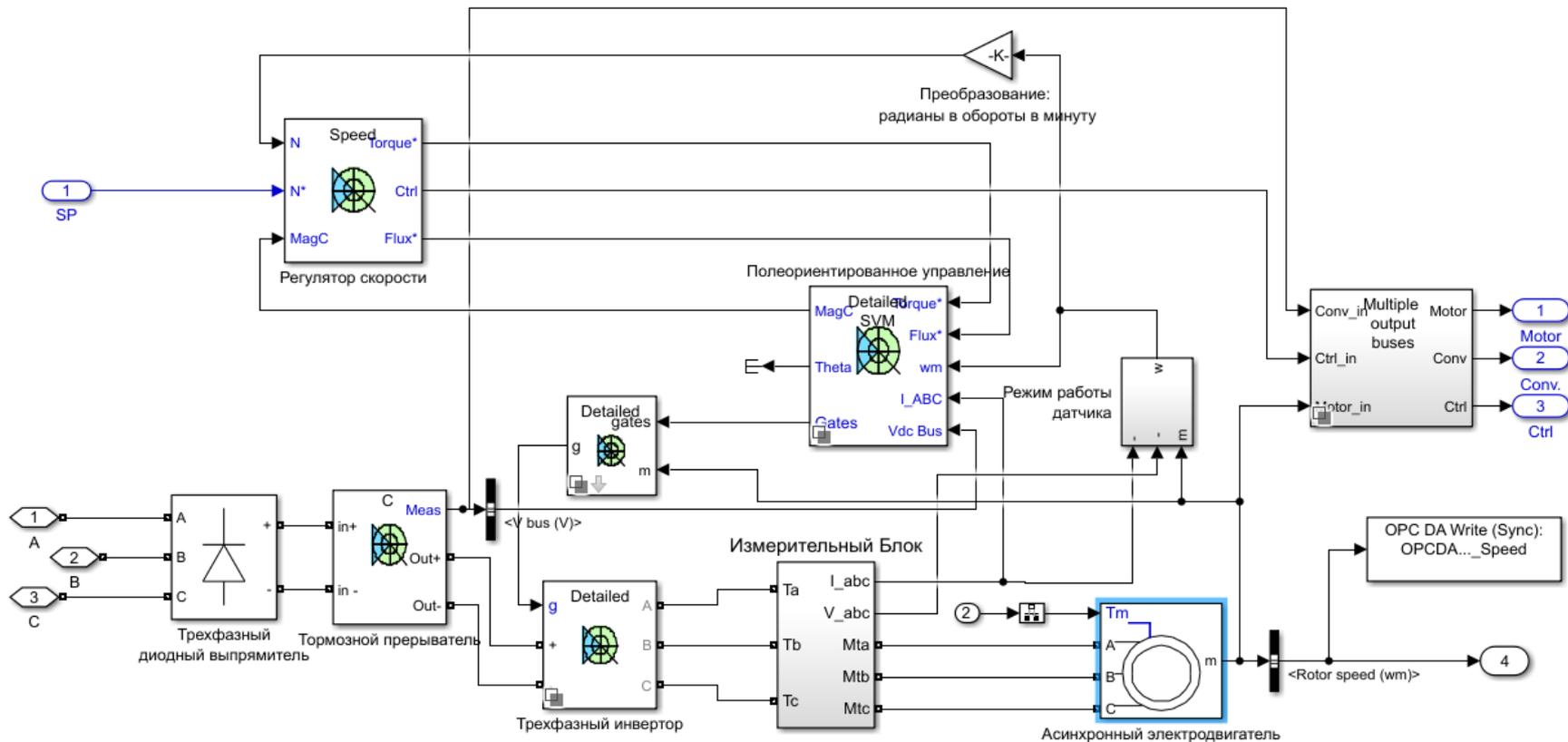


UC-8100 (MOXA)

Выбор SCADA-клиента

SCADA-пакет	MasterSCADA	SIMATIC WinCC	Trace Mode
Архитектура	клиент-сервер	клиент-сервер	клиент-сервер
Среда разработки	Windows, Linux	Linux, MacOS, Windows	Windows
Масштабируемость	Неограниченно	до 246000 точек	до 64000 точек
Веб-сервер	Есть	Есть	Есть
Отчеты	Есть	Есть	Есть
Тревоги	Есть	Есть	Есть
Механизмы обмена	OPC, OLE, DCOM, ActiveX, OLE DB	OPC DA/HDA, OLE DB, XML-DA	OPC
Мнемосхемы	Есть	Есть	Есть
Тренды	Есть	Есть	Есть

Программная реализация



Сервер OPC

Текущая конфигурация : demo.mpn

Объекты

- Server
 - OPCDACLIENT1
 - Electric Drive
 - Diagnosis
 - Currents
 - Current_A
 - Current_C
 - Voltages
 - Voltage_AB
 - Voltage_BC
 - Rotor_Speed

Device - Electric Drive : OPC DA Device

Теги

Идентификатор	Регион	Адрес...	Значение
OPCDACLIENT1.Electric Drive.Diagnosis.ServerState			VT_EMPTY
OPCDACLIENT1.Electric Drive.Diagnosis.Failure			VT_EMPTY
OPCDACLIENT1.Electric Drive.Currents.Current_A	NONE		409.17902
OPCDACLIENT1.Electric Drive.Currents.Current_C	NONE		89.13756
OPCDACLIENT1.Electric Drive.Voltages.Voltage_AB	NONE		-0.90752
OPCDACLIENT1.Electric Drive.Voltages.Voltage_BC	NONE		0.58744
OPCDACLIENT1.Electric Drive.Rotor_Speed	NONE		435

Системные сообщения | Трассировка ввода-вывода | Сообщения протоколов и скриптов

№	Значение	Качество	Время записи	Режим вывода: Запущен
---	----------	----------	--------------	-----------------------

Режим RunTime Клиенты DA - 2 5 Клиенты HDA - 0

Проект в MasterSCADA

The screenshot displays the MasterSCADA software interface. The main window is titled "MasterSCADA - [TEST]". The menu bar includes "Проект", "Правка", "Добавить", "Режим", "Сервис", "Окно", and "Справка". The toolbar contains various icons for file operations and editing.

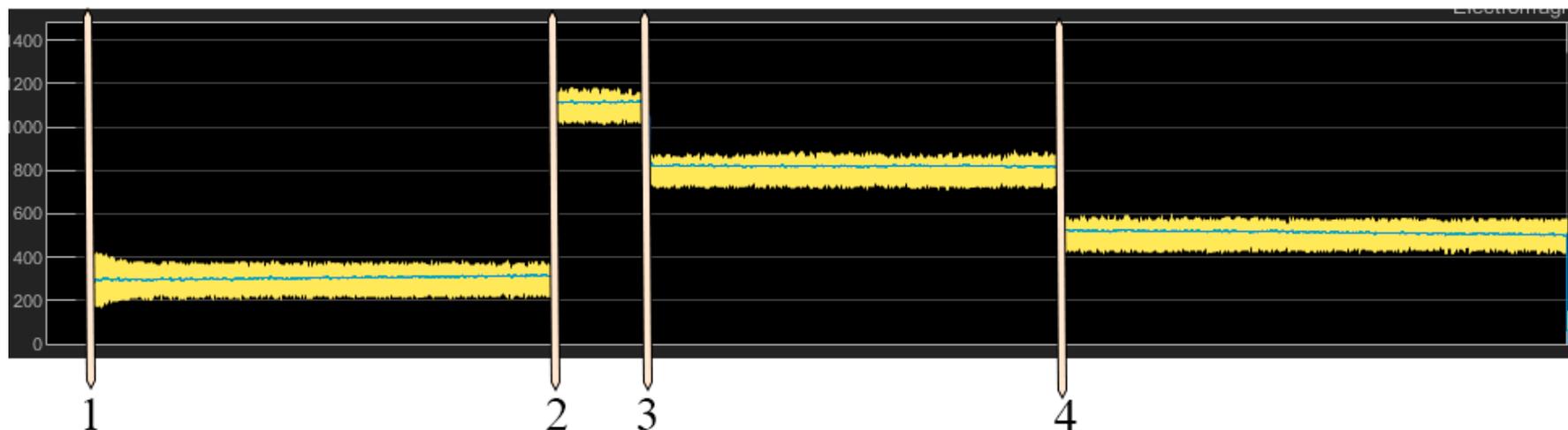
The interface is divided into several panes:

- Left Pane (System Tree):** Shows a hierarchical structure starting with "Система" (System), followed by "Компьютер 1" (Computer 1), "InSAT Multi-Protocol MasterO", "OPCDACLIENT1", "Electric Drive", "Currents", "Voltage_AB", "Voltage_BC", and "Rotor_Speed".
- Middle Pane (Object Tree):** Shows the "Объект" (Object) tree with categories like "Параметры" (Parameters), "Currents", "Voltages", "Момент" (Torque), and "Активная мощность" (Active Power). The "Момент" category is currently selected.
- Right Pane (Formula Editor):** Contains a formula editor with the text "Расчет_1 / Частота_вращения" (Calculation_1 / Frequency_of_rotation). Below the editor is a table with columns "Имя" (Name), "Источник данных" (Data Source), and "Тип данных" (Data Type). The table contains two entries: "Расчет_1" with source "../Активная мощность/Расч..." and type "Целый" (Integer), and "Частота_вращения" with source "../Параметры/Частота вращ..." and type "Целый".
- Bottom Pane (Library):** Lists various libraries and components such as "Библиотеки" (Libraries), "Обработка сигналов" (Signal Processing), "Исполнительные механизмы" (Actuators), "Датчики" (Sensors), "Аппараты" (Devices), "Вычисления" (Calculations), "Генераторы значений" (Value Generators), "Управление" (Control), "Работа с архивом" (Archive Work), "Отраслевые библиотеки" (Industry Libraries), "Служебные" (Utilities), "Работа со временем" (Time Work), and "Другие" (Others).

At the bottom of the window, there is a status bar with the text "Для получения справки нажмите F1" (For help, press F1) and a system tray showing "Система 5", "ФБ 0", and "Объект 7".

Тестирование

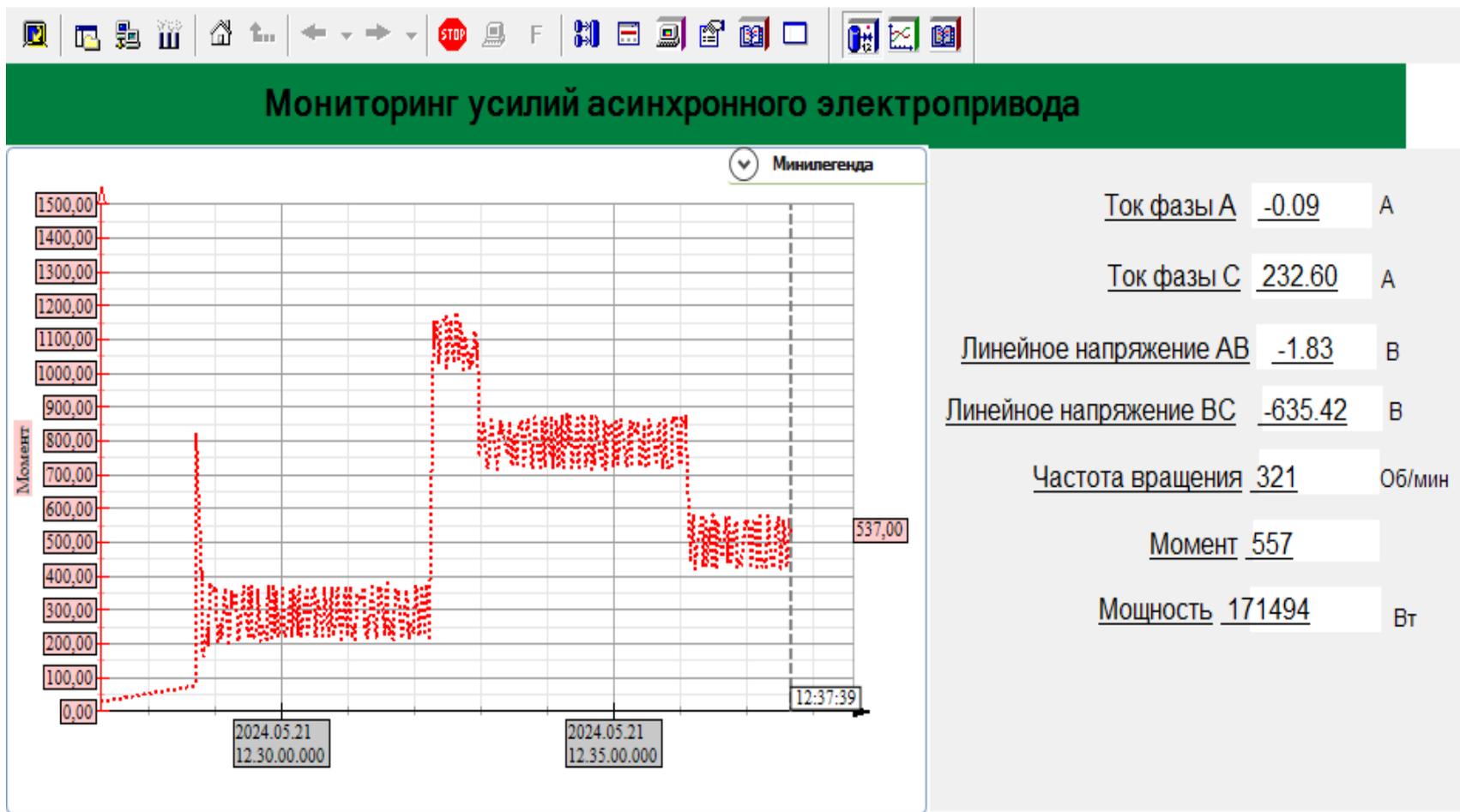
Крутящий момент



На этом рисунке отмечены следующие характерные моменты времени:

1. Момент ускорения двигателя без нагрузки.
2. Момент приложения номинального крутящего момента нагрузки.
3. Установившийся режим работы двигателя под нагрузкой.
4. Момент снижения нагрузки.

Тестирование



Заключение

- Проведен анализ аналогов систем мониторинга.
- Построена математическая модель системы.
- Спроектирована архитектура системы мониторинга.
- Реализована модель в программном виде.
- Произведено тестирование системы.

Спасибо за внимание