

Программное обеспечение системы
импульсно-фазового управления
тиристорами для пуска двигателей
переменного тока

Описание функциональных
характеристик

1.1 О системе

«Программное обеспечение системы импульсно-фазового управления тиристорами для плавного пуска двигателей переменного тока» (далее — Программное обеспечение, ПО) является встроенным прикладным программным обеспечением. ПО разработано на языке программирования C++ для цифровых сигнальных контроллеров (DSP) и обеспечивает интеллектуальное управление процессами разгона, торможения, а также комплексную защиту трехфазных электродвигателей переменного тока в режиме реального времени.

1.2 Описание функциональных характеристик ПО

1.2.1. Назначение и решаемые задачи

1.2.1.1. Назначение программного обеспечения

Программное обеспечение предназначено для автоматизированного цифрового управления процессами пуска, работы, динамического торможения и комплексной защиты электродвигателей промышленного назначения в составе систем промышленной автоматизации. ПО обеспечивает выполнение математических расчетов оптимальных углов отпирания силовых тиристоров в режиме реального времени, что позволяет минимизировать пусковые токи в питающей сети и устранить механические (гидравлические) удары в исполнительных механизмах.

1.2.1.2. Решаемые задачи

- Управление плавным разгоном: Программное регулирование пускового напряжения по заданному алгоритму с непрерывным контролем пускового тока.
- Управление плавным остановом: Контролируемое снижение напряжения по заданному закону для предотвращения гидроударов и механических рывков.
- Стабилизация параметров: Обеспечение работы алгоритма в режиме программного ограничения тока для жестких условий пуска.
- Управление байпасным контуром: Автоматическое формирование и выдача управляющего сигнала на замыкание обходного контактора после успешного окончания алгоритма разгона двигателя.
- Проверка исходного состояния: Программный контроль параметров питающей сети до момента запуска.

- Динамический мониторинг сети: Непрерывный расчет и анализ действующих значений напряжений и токов по всем фазам в процессе функционирования.
- Обеспечение безопасности и защиты: Реализация алгоритмов аварийного останова и программных защит для предотвращения повреждения оборудования.

1.2.2. Функциональные характеристики

1.2.2.1. Функции управления основными режимами работы

ПО реализует логический автомат управления следующими режимами работы:

- Ожидание готовности: Программная проверка корректности подключения питающих фаз напряжения и отсутствия активных дискретных сигналов аварии.
- Ожидание старта двигателя: Ожидание команды «СТАРТ» (от внешних систем или дискретных входов).
- Плавный пуск двигателя: Программное управление плавным увеличением напряжения, подаваемого на двигатель, по заданному закону.
- Ожидание останова двигателя: Работа на номинальных параметрах и ожидание команды «СТОП» (от внешних систем или дискретных входов).
- Останов двигателя: Программное контролируемое уменьшение напряжения, подаваемого на двигатель.
- Аварийное состояние работы: Незамедлительное программное формирование команд на отключение двигателя от питающей сети при фиксации критических сбоев.

1.2.2.2. Функции пуска

- Плавный линейный пуск: Линейное изменение расчетного напряжения, подаваемого на электродвигатель.
- Плавный экспоненциальный пуск: Экспоненциальное изменение расчетного напряжения, подаваемого на электродвигатель.
- Плавный пуск с форсированием (подачей постоянного действующего напряжения): Программное удержание напряжения на заданном уровне в первоначальный момент времени с последующим линейным изменением.
- Пуск рывком: Программная подача номинального напряжения на электродвигатель в течение заданного интервала времени (не более 100 мс) для преодоления момента сухого трения, с последующим переходом на линейное регулирование.
- Прямой пуск: Программное формирование максимального угла отпирания силовых элементов для незамедлительной подачи номинального напряжения.

- Пуск с обратной связью по току: Расчет параметров выходного напряжения на основе непрерывного контроля и регулирования заданного значения пускового тока.

1.2.2.3. Функции останова

- Останов выбегом: Мгновенное прекращение формирования управляющих импульсов и программное отключение подачи напряжения на двигатель после получения команды «СТОП».
- Плавный останов: Контролируемое программное уменьшение напряжения до достижения заданного финального значения угла открытия силовых тириستоров.

1.2.2.4. Функции контроля и защиты

- Контроль электрических параметров: Непрерывное вычисление и программный анализ значений напряжения питающей сети и тока электродвигателя.
- Контроль входных дискретных сигналов: Программная обработка внешних сигналов (замыкание на землю, местный аварийный останов, удаленный аварийный останов, открытие дверей технологического шкафа).
- Контроль временных интервалов: Программный подсчет времени замыкания контакторов и общей длительности процесса пуска.
- Сигнализация и защита: Автоматическое формирование внутреннего программного флага и внешнего сигнала «Авария» при выходе параметров за границы уставок, получении сигналов внешних защит или превышении лимитов времени пуска/коммутации.

1.2.3. Входная и выходная информация

1.2.3.1. Входная информация

Входными данными для обработки программными алгоритмами ПО являются:

- Дискретные программные сигналы (DI): Сигналы состояния обходного контактора (байпаса), сигналы инициализации команд «СТАРТ» и «СТОП» от органов управления, сигналы состояния контактора замыкания на землю, сигналы локального и удаленного аварийного останова, сигналы датчика положения дверей технологического шкафа (открыто/закрыто), а также сигнал контроля состояния (замкнута/разомкнута) токовой петли.
- Аналоговые данные (AI): Цифровые значения, полученные в результате непрерывного аналогово-цифрового преобразования сигналов с измерительных трансформаторов напряжения питающей сети и трансформаторов тока электродвигателя.

- Данные параметров и настроек (интерфейс настройки): Программные команды управления, значения технологических уставок и конфигурационные параметры, поступающие от панели оператора или внешних инженерных станций по протоколу Modbus RTU (физический интерфейс RS-485).

1.2.3.2. Выходная информация

Результатом работы программных алгоритмов ПО являются следующие выходные данные:

- Дискретные сигналы управления (DO): Формируемые ПО команды управления исполнительными механизмами, включая сигналы активации токовой петли, включения/отключения обходного контактора (байпаса), инициализации аварийного останова системы, подтверждения внутренней программной готовности ПО к работе, а также выдачи разрешения на включение силового высокого напряжения.
- Данные для внешних систем мониторинга и визуализации: Программное формирование и отправка текущих технологических параметров, флагов состояния, кодов и текстовых сообщений об авариях на панель оператора и на верхний уровень АСУ ТП по протоколу Modbus RTU (физический интерфейс RS-485).
- Управляющие сигналы широтно-импульсной модуляции (ШИМ / PWM): Высокочастотные импульсные программные сигналы, формируемые встроенными аппаратными модулями контроллера на основе математических расчетов ПО, предназначенные для динамического управления углами отпирания силовых тиристоров в режиме реального времени.

1.2.4. Затрачиваемые ресурсы

1.2.4.1. Аппаратные ресурсы

- Вычислительный модуль: Функционирование ПО оптимизировано под микропроцессорную архитектуру цифровых сигнальных контроллеров (DSP) семейства C2000 Delfino TMS320F2833x.
- Минимальные требования к аппаратному обеспечению: наличие контроллера архитектуры C28x с аппаратной поддержкой вычислений с плавающей запятой (FPU32) и тактовой частотой от 150 МГц.
- Требования к памяти:
 - Объем постоянной памяти (Flash) для размещения исполняемого кода: не менее 256 Кб.
 - Объем оперативной памяти (RAM) для выполнения алгоритмов в режиме реального времени: не менее 34 Кб.

1.2.4.2. Программные ресурсы

- Средства компиляции: Сборка исполняемого кода ПО осуществляется с использованием кроссплатформенных средств сборки и компилятора

языка C++ для целевой микропроцессорной архитектуры (совместимого со стандартом ANSI C/C++). Исходный код программного обеспечения был собран в интегрированной среде разработки Code Composer Studio (CCStudio) версии 12.2.0.

- Используемые компоненты и библиотеки:
 - FLOATPOINTLIBLIGHT.lib — собственная внутренняя библиотека компании для оптимизации математических расчетов.
 - ModbusRTULib.lib — собственная внутренняя библиотека компании для реализации обмена данными по протоколу Modbus RTU.
 - Системные свободно распространяемые библиотеки времени выполнения (Runtime Support Libraries), включая стандартную библиотеку libc.a и специализированную библиотеку оптимизации тригонометрических вычислений (fast supplement), обеспечивающие стандартные математические функции и инициализацию аппаратного математического сопроцессора целевой архитектуры.

1.2.4.3. Внешние ресурсы и интерфейсы

Функционирование ПО основано на использовании стандартных встроенных аппаратных периферийных модулей вычислительного контроллера:

- Интерфейсы управления силовыми элементами: Встроенные каналы аппаратных модулей широтно-импульсной модуляции (ePWM) для формирования управляющих импульсов.
- Интерфейсы сбора измерительной информации: Встроенные каналы аналогово-цифрового преобразователя (ADC) для непрерывного программного считывания параметров сети и токов.
- Энергонезависимая память параметров: Последовательный периферийный интерфейс SPI для обмена данными с энергонезависимой памятью (сохранение технологических уставок и журналов аварий).
- Интерфейсы ввода-вывода общего назначения (GPIO): Регистры дискретного ввода и дискретного вывода для обработки внешних сигналов состояния и выдачи команд.
- Интерфейсы связи с верхним уровнем (АСУ ТП): Встроенный модуль последовательного интерфейса (SCI) для обмена данными по открытому стандартизированному протоколу Modbus RTU.

1.3 Сведения о производителе

Юридическая информация

Информация о юридическом лице компании:

- Название компании: Общество с ограниченной ответственностью «Ру-Драйв Исследования»
- Юридический адрес: 420100, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Хайдара Бигичева, д. 22а, каб. 105
- ОГРН: 1201600057141
- ИНН: 1657263047

Контактная информация службы технической поддержки

Связаться со специалистами службы технической поддержки можно одним из следующих способов:

- **Сайт:** <https://py-драйв-цт.рф/contacts/osnovnye-kontakty/>
- **Телефон:** 8-800-700-9876;
- **Email:** digital@ru-drive.com