Проект дефростер

# Аппаратная реализация проекта дефростер

Проект дефростер реализуется на микроконтроллере STM32F429, имеющем собственный дисплейный модуль для отображения информации.

К микроконтроллеру подключена рабочая шина MODBUS, к которой подключены:

* Датчики температуры и влажности;
* Порт ввода цифровых данных для приёма информации о включении устройств дефростера;
* Порт вывода цифровых данных для управления включением устройств дефростера;
* Удалённый компьютер-сервер для сохранения и анализа данных температуры, влажности и работы устройств дефростера во времени;

Микроконтроллер имеет отдельную шину MODBUS для программирования устройств MODBUS. Шина программирования имеет отдельную колодку для подключения устройства, т.к. для определения текущих параметров устройства оно должно быть единственным, подключенным к шине.

# Задачи графического интерфейса

* Выводить данные с датчиков в информационные поля на дисплее
* Отслеживать нажатия на управляющие кнопки
* Выполнять обработку нажатий на кнопки
* Ввод управляющих параметров с экрана в память микроконтроллера

# Управляющая информация

## Данные с датчиков

* Температура, влажность: камера, исходящий поток, левая сторона
* Температура, влажность: камера, исходящий поток, правая сторона
* Температура, влажность: камера, входящий поток, центр
* Температура продукта: левая шпилька
* Температура продукта: правая шпилька
* Датчик положения ворот
* Датчик температуры в помещении (?)
* Датчик температуры корпуса камеры (?)

## Управляющие параметры

* Заданная температура в камере
* Заданная влажность в камере
* Заданная температура окончания разморозки

## Команды управления оборудованием

* Включить левый ТЭН №1
* Включить левый ТЭН №2
* Включить правый ТЭН №1
* Включить правый ТЭН №2
* Включить левый вентилятор №1
* Включить левый вентилятор №2
* Включить правый вентилятор №1
* Включить правый вентилятор №2
* Включить воду на форсунки
* Открыть ворота
* Закрыть ворота

## Алгоритм управления

Алгоритм управления следит за температурой (Т) и влажностью (Н) в камере. Основной параметр по Т – заданная Т исходящего потока, поступающего на размораживаемый продукт. Т не должна превысить температуру свёртываемости белка рыбы, чтобы не повредить продукт. В камере должна поддерживаться определённая влажность, чтобы размораживаемый продукт не пересох.

Для управления параметрами Т и Н применяется алгоритм ПИД - Пропорционально–интегрально–производный (PID – proportional, integral and derivatives terms). Отличительной особенностью ПИД-регулятора является возможность использования трех условий управления пропорциональным, интегральным и производным воздействием на выходной сигнал контроллера для применения точного и оптимального управления.

Член P пропорционален текущему значению ошибки между желаемым PV и заданным значением SP. Например, если ошибка велика, выходной сигнал управления будет пропорционально большим при использовании коэффициента усиления "Kp". Использование только пропорционального управления приведет к ошибке между заданным значением и значением процесса, поскольку контроллеру требуется ошибка для генерации пропорционального выходного отклика. В установившихся условиях технологического процесса достигается равновесие с постоянным "смещением" SP-PV.

Термин I учитывает прошлые значения ошибки SP − PV и интегрирует их с течением времени для получения I термина. Например, если после применения пропорционального управления возникает остаточная ошибка SP − PV, интегральный член стремится устранить остаточную ошибку, добавляя эффект управления из-за накопленного значения ошибки за прошлые периоды. Когда ошибка устранена, интегральный член перестанет расти. Это приведет к уменьшению пропорционального эффекта по мере уменьшения ошибки, но это компенсируется растущим интегральным эффектом.

Термин D представляет собой наилучшую оценку будущей тенденции погрешности SP - PV, основанную на ее текущей скорости изменения. Его иногда называют "упреждающим управлением", поскольку он эффективно стремится уменьшить влияние ошибки SP − PV путем оказания управляющего воздействия, генерируемого скоростью изменения ошибки. Чем быстрее изменение, тем больше эффект управления или демпфирования.

### Тепловая мощность, оценка времени разморозки

По разнице температур исходящего и входящего потока воздуха можно количественно оценить тепловые потери на разморозке продукта и, соответственно, оценить время разморозки при установленной тепловой мощности дефростера. Кроме того, тепловые затраты на нагрев воздуха известны, поскольку известна мощность ТЭНов, поэтому известна и тепловая мощность, передаваемая продукту. Однако следует учитывать и теплопотери на нагрев корпуса дефростера и на излучение тепловой энергии нагретым корпусом дефростера. Теплопотери можно учесть эмпирически, выполнив оценку теплопотерь, либо фактически, измеряя температуру корпуса и воздуха в помещении.

### Управление включением ТЭНов, инерционные характеристики

Включать ТЭНы можно только при включенных вентиляторах обдува.

Включать ТЭНы нужно только тогда, когда Т исходящего потока становится ниже заданной величины, а выключать, когда Т станет выше заданной величины. Т включения и Т выключения должны обрабатывать гистерезис, например, включаться при падении Т исходящего потока на 2 градуса ниже заданной Т, а выключаться при Т на 2 градуса выше заданной.

Однако не всё так просто. Есть тепловая инерция системы, её надо учитывать. Например, нагрев и остывание ТЭНов не мгновенны во времени. Нужно некоторое время на разогрев и на остывание нагревателей. Если не учесть этот факт, система легко превысит параметры гистерезиса в разы, что неминуемо скажется на качестве продукта и на времени разморозки.

Определить скорость нагрева и остывания ТЭНов можно, выполняя расчёт скорости изменения Т за условно короткий интервал времени. В памяти контроллера сохраняем массив Т, полученных с датчиков с интервалом 1 секунда за период 5 секунд. Каждую секунду вычисляем изменение Т между текущей Т и Т, полученной 5 секунд назад. Разность Т – это скорость изменения Т за 5 секунд. Зная инерционные характеристики системы, можно спрогнозировать Т, как минимум, на 5 секунд вперёд и своевременно включить или выключить соответствующий ТЭН.

Систему нужно сделать самообучающейся. Контроллер в начале работы цикла разморозки использует усреднённые инерционные параметры. Понятно, что тепловая инерция системы будет зависеть как от количества и Т загруженного продукта, так и от Т окружающей среды. В течение работы контроллер вычисляет инерционные параметры работающей системы и обновляет у себя инерционные параметры по текущим значениям.

### Управление включением форсунок

При уменьшении Н в камере требуется включить подачу воды на форсунки, а при превышении – выключить. Как и в случае с Т влажность системы тоже имеет инерцию. Учитывать при управлении включением подачи воды инерцию нужно также, как и в случае с Т.

Нужно учесть влияние водяного пара на снижение Т исходящего потока воздуха в камере. Следует подумать о размещении датчика Т исходящего потока воздуха в факеле распыла форсунки, когда контроллер увидит резкое снижение Т в камере и включит ТЭНы. Однако контроллер сможет корректировать Т и по факту снижения Т в камере, оценивая Т не обводнённого, сухого датчика Т. При этом инерционные тепловые характеристики системы имеет смысл разделить на «сухие» и «влажные».

## Передача информации на сервер

Собранную информацию контроллер может передать серверу. Передача данных осуществляются по сети TCP/IP через модуль-конвертер ModBus – TCP/IP Elfin EW11. Особенностью конвертера является то, что он осуществляет «прозрачную» передачу всей информации с шины ModBus в TCP/IP и обратно. Если конвертер подключить к рабочей шине ModBus с датчиками, к серверу будет передаваться вся информация с рабочей шины, включая служебную информацию, например подтверждение приёма, а эта информация не является существенной. На стороне сервера придётся или фильтровать поступающие данные и выбирать нужные, или отбрасывать всю поступающую информацию в ожидании адресованной серверу, что будет занимать работой сервер и загружать сеть TCP/IP.

Более разумным вариантом будет использование нерабочей шины ModBus, а шины программирования. Эта шина используется очень редко, только при установке новых датчиков, когда контроллер не в рабочем режиме и информация на сервере не нужна. В рабочем же режиме шина программирования не нужна и может быть использована для связи с сервером.

Так как при обмене с сервером на связи по шине ModBus только два устройства, то обычный адресный протокол ModBus не требуется, можно просто организовать поток данных на сервер, а проверку данных ограничить проверкой совпадения контрольной суммы. Кроме контрольной суммы сервер может передать в обратном потоке контроллеру какие-либо команды или данные. Таким образом для обмена с сервером контроллер будет использовать только физический уровень шины ModBus, а логический протокол обмена должен быть разработан собственный.

Модуль-конвертер Elfin EW11 имеет на борту собственный микропроцессор, прошитый для обеспечения работы протокола TCP/IP, в который входит буфер изменяемого в настройках размера. Таким образом, можно не обременять микроконтроллер созданием очереди сообщений для сервера. Эту работу выполнит процессор конвертера. Контроллер будет формировать поток данных на сервер, а гарантированную передачу данных серверу обеспечит конвертер.

Задача сервера будет состоять в том, чтобы принятые данные поместить в ячейки таблицы EXCEL. Каждая строка таблицы должна предоставить информацию о состоянии датчиков и регистра управления в определённый момент времени. Программы управления контроллером и программа сервера написаны на языке С++, поэтому будет удобно организовать таблицу EXCEL в виде массива строк определённой структуры. Структуру определить в языке С++ как отметку времени, данные с датчиков и данные регистра управления. После формирования строки массива в контроллере передать в сервер область памяти контроллера, в которой записана сформированная строка. На стороне сервера присвоить принятым данным тип заданной структуры и записать расшифрованные данные в ячейки таблицы EXCEL.