

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА: “ИНФОРМАТИКА,
АВТОМАТИЗАЦИЯ И
УПРАВЛЕНИЕ”

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

выпускной квалификационной работы на тему:

**Разработка системы автоматизации процесса
стабилизации температуры охлажденного
продукта**

Зав. кафедрой «ИА и У»:

к.т.н. Хасанов Ж.Х.

Руководитель выпускной
квалификационной работы

доц. Бобоёров Р.А.

Выпускную квалификационную
работу выполнил:

Унарбаев Фазлиддин

ТАШКЕНТ – 2015

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация технологических процессов представляет собой одно из наиболее важных направлений технического прогресса, являясь эффективным средством повышения производительности труда на современных промышленных предприятиях. В связи с этим при подготовке бакалавров технического и технологического направлений образования в настоящее время большое внимание уделяется изучению основ теории и техники измерения, автоматического регулирования технологических процессов и управления ими.

Современные химические и пищевые производства характеризуются все возрастающей сложностью и многообразием операций и оборудования. Управление такими технологическими процессами возможно лишь при широком использовании методов и средств управления и автоматизации. В связи с этим настоящий курс играет важную роль в ознакомлении студентов современными методами и средствами, используемыми для управления и автоматизации химико-технологических процессов.

На современном этапе развития химической, пищевой, нефтеперерабатывающей и другой промышленности невозможно управлять производством без его автоматизации. Высокие температуры, давления, скорости химических реакций, большие объемы аппаратов, зависимость технико-экономических показателей производства от большого числа разнообразных факторов – все это предъявляют высокие требования к управлению производством.

На современном производстве от инженерно-технического работника требуются знания не только технологии и оборудования, но и автоматических устройств контроля и управления. Они должны уметь за показаниями измерительных приборов «видеть» ход технологического процесса, скрытого за стенками реакторов, колонн и аппаратов, вмешиваться при необходимости в работу автоматических регуляторов, устранять простейшие неисправности. Все это невозможно сделать без знания

основных принципов управления технологическими процессами, особенностей устройства и эксплуатации приборов, регуляторов и других средств автоматики.

Развитие науки и техники привело к созданию современных устройств автоматики. Современные устройства автоматики имеют меньшие габариты и потребляемую мощность, более высокие надежность и быстродействие.

Правительство нашей республики уделяет большое внимание внедрению современных средств автоматизации в различные отрасли экономики страны.

В докладе Президента Республики Узбекистан И.А. Каримова на тему: «2012 год будет годом подъема развития Родины на новый ступень» на расширенном заседании Кабинета Министров Республики Узбекистан, посвященное итогам 2011 года и приоритетным направлениям социально-экономического развития Узбекистана в 2012 году особое внимание уделено модернизации производства, техническому и технологическому переоборудованию производственных предприятий, организацию новых производственных линий, основанных на высоких технологиях.

В докладе нашего Президента И.А. Каримова особо отмечено, что создания современных производственных производств необходимо привлечь иностранные инвестиции. Привлечение инвестиций является главным принципом Узбекской модели развития.

Исходя из доклада Президента Республики Узбекистан поиск оптимальных условий организации автоматического управления технологическими процессами, тем самым повышать производительность и качества готовой продукции несомненно является **актуальной задачей** развития перерабатывающей промышленности нашей республики.

Автоматизация производственных процессов является важнейшим средством повышения производительности труда, улучшения качества готовой продукции.

В данной выпускной квалификационной работе предусмотрена по

техническому заданию, с учетом требований к проектируемой системе автоматизации стабилизации температуры охлажденного продукта, разработать: функциональную схему автоматизации, принципиальную электрическую схему, схему соединений элементов проектируемой система автоматизации (СА), произвести расчет надежности проектируемой СА, выбрать технические средства системы автоматизации, для реализации поставленных задач, произвести расчет параметров настройки регулятора для автоматического регулирования технологических параметров.

Структура и объем квалификационной выпускной работы. Выпускная работа состоит из введения, 3 глав, заключения и списка _____ использованной литературы. Работа включает _____ рисунков, _____ таблиц _____ листов машинописного текста.

I. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

I.1. Сущность и методы охлаждения пищевого сырья

Обработка холодом продуктов питания относится к физическим методам консервирования, которые подвергались постоянному усовершенствованию.

Сущность охлаждения продуктов состоит в понижении их температуры посредством теплообмена с охлаждающей средой, но без льдообразования.

Охлаждение обеспечивает сохранение высоких потребительских свойств продуктов (аромата, вкуса, консистенции, цвета) при наименьших изменениях в них. Поэтому если планируемый срок хранения небольшой, продукты выпускают в охлажденном виде. Однако охлажденные продукты длительному хранению не подлежат, так как при близкритических температурах многие виды вредных микроорганизмов активно развиваются и продукт может быстро испортиться. В настоящее время на основе комбинированных методов консервирования удается значительно повысить сроки хранения скоропортящихся пищевых продуктов в охлажденном состоянии.

При охлаждении имеют место процессы тепло- и массообмена между продуктом и охлаждающей средой, что вызывает испарение влаги с поверхности продукта (усушку) и переход теплоты от продукта в охлаждающую среду.

В промышленности наиболее распространены способы охлаждения, которые осуществляются передачей теплоты продуктам конвекцией, радиацией и вследствие теплообмена при фазовом превращении.

В соответствии с видом теплообмена для охлаждения используют следующие системы:

- охладительные системы типа воздушных кондиционеров (конвективный);
- охладительные системы, использующие сжиженные газы (конвективный);
- охлаждение некипящими жидкостями (кондуктивный);

- охлаждение некипящими жидкостями, движущимися относительно объекта(смешанный);

- вакуумные системы, действующие до уровня давления 665 Па (испарительно-конденсационный).

Современные направления совершенствования холодильной обработки основаны на доведении температуры продуктов до уровня, неблагоприятного для развития микрофлоры и обеспечивающего их сохранность и уменьшение потеримассы.

Конкретные режимы охлаждения для каждой группы продуктов определяют с учетом криоскопической температуры и в соответствии с особенностями их состава, свойств, микроструктуры, биохимических процессов, а также целевого назначения и экономичности.

Охлаждение пищевого сырья – процесс понижения температуры его от начальной до температуры, весьма близкой к криоскопической точке тканевого сока. Криоскопической точкой называют температуру, при которой вода в тканях пищевого сырья начинает переходить из жидкого состояния в твердое. Для различного пищевого сырья криоскопическая точка находится в пределах от минус 0,6 до минус 2,5 °С.

На практике охлаждение продукта заключатся в искусственном понижении температуры тканей сырья до температуры, близкой к криоскопической точке (от минус 1 до плюс 5°С), но не ниже последней в толще продукта с последующим хранением при температуре воздуха 0 – минус 1°С. Понижение температуры до криоскопической точки, при которой вода находится в доступной для микроорганизмов форме, т.е. в жидкой фазе.

Изменение свойств пищевого сырья в процессе охлаждения

Физические изменения пищевого сырья при охлаждении сводятся к незначительному увеличению плотности тканей, повышению вязкости тканевых соков, уменьшению массы сырья за счет испарения воды с его

поверхности при охлаждении в воздушной среде (усушка). На степень усушки влияют условия охлаждения сырья, плотность его тканей, удельная поверхность, наличие и свойства упаковки. Чем больше содержание воды в сырье и удельная поверхность продукта, чем меньше относительная влажность воздуха в камере хранения и чем больше скорость движения воздуха, тем быстрее происходит усушка.

Удаление влаги из мяса в процессе холодильной обработки зависит от его вида мяса, содержания в нем жира, степени гидратации белков, условий охлаждения и последующего хранения.

$$\Delta G = (a/G_{\text{пр}} * r) ** F * \tau$$

где ΔG - усушка (относительная масса испарившейся влаги);

a - коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²*К);

$G_{\text{пр}}$ - масса продукта, кг;

r - удельная теплота парообразования, кДж/кг;

$i_{\text{п}} - i_{\text{с}}$ - разность энтальпий воздуха у поверхности продукта и в окружающей среде, кДж/кг;

$c_{\text{р}}$ - теплоемкость воздуха, кДж/кг;

$t_{\text{пр}}$ - температура продукта, °С;

$t_{\text{с}}$ - температура окружающей среды, °С;

F - площадь поверхности охлаждения тела, м²;

τ - продолжительность охлаждения, с.

Количество воды ΔG (кг/ч), испаряющейся из рыбы в единицу времени, определяют по формуле

$$\Delta G = \sigma (F x_{\text{п}} - x_{\text{к}}),$$

где σ - коэффициент испарения, кг/(м² ч);

F - площадь наружной поверхности рыбы, м²;

$x_{п}$ — влагосодержание воздуха у поверхности рыбы, кг/кг;

$x_{к}$ — влагосодержание воздуха в камере, кг/кг.

Коэффициент испарения σ показывает, какое количество воды испаряется с 1 м^2 поверхности рыбы при разности $x_{п} - x_{к} = 1$ в течение 1 ч, и зависит от состояния поверхности рыбы, скорости движения воздуха и некоторых других факторов.

В процессе охлаждения и последующего хранения изменяется цвет мышечной ткани мяса, что связано с изменением концентрации миоглобина в поверхностном слое в результате испарения влаги и развитием реакции его окисления. В первые дни хранения мясо приобретает яркую окраску из-за взаимодействия пигмента с кислородом и образования оксимиоглобина. Дальнейшее хранение сопровождается потемнением поверхности мяса вследствие увеличения концентрации пигмента и образования метмиоглобина за счет окисления железа гема. Этому процессу способствуют конформационные изменения глобина, вероятность развития которых возрастает благодаря повышению концентрации солей в поверхностном слое и смещению рН в кислую сторону.

Наряду с окислением гемовых пигментов контакт продукта с кислородом воздуха приводит к окислению липидов. Развитие окислительных процессов стимулируется накоплением свободных жирных кислот в результате ферментативного распада эфирных связей, протекающих с заметной скоростью с самого начала хранения мяса. Интенсивность окисления липидов значительно возрастает за счет каталитического воздействия окисленной формы миоглобина.

С позиции экономики процесса и качественных показателей продукта чрезвычайно важно определение оптимальных режимов холодильной обработки и применение специальных средств, обеспечивающих снижение усушки и окислительных превращений, в частности использование

полимерных покрытий. При выборе упаковочных материалов принимают во внимание их сорбционные характеристики, паро-, и газопроницаемость. Положительно оценивается использование пищевых покрытий. В качестве пищевых покрытий могут быть использованы ацетилированные моноглицериды, полученные из говяжьего, бараньего и костного жиров. Равномерное нанесение на поверхность туш и полутуш этих пленкообразующих соединений снижает усушку, способствует торможению роста микроорганизмов, сохранению цвета. Применяют также ацетилированные триглицериды, полученные из растительных жиров.

В рыбе, хранящейся во льду, усушка незначительна. При хранении рыбы в охлажденной воде наблюдается ее набухание, которое неблагоприятно сказывается на ее качестве и заметно влияет на последующую обработку. Незначительно набухает крупная рыба, имеющая плотную консистенцию мяса (треска, окунь, тунец и др.). Сильно набухает рыба с нежной консистенцией (килька, корюшка, хамса, мойва, сельдь, скумбрия и др.). Такую рыбу нельзя долго хранить в холодной воде.

При хранении в охлажденном состоянии у многих рыб наблюдается изменение цвета кожного покрова и подкожного слоя мышц: потемнение, потускнение, пожелтение, покраснение, позеленение, побледнение. Скорость изменения цвета зависит от вида рыбы, ее состояния, условий хранения.

При охлаждении в пищевом сырье могут протекать с достаточной интенсивностью биохимические превращения, обусловленные действием тканевых ферментов, физико-химические реакции в результате контакта продукта с окружающей средой, а также не исключена возможность развития микробиологических процессов. Указанные явления, формирующие качество пищевого сырья, находятся в сложной взаимосвязи. Характер и глубина изменений сырья в процессе охлаждения и последующего хранения зависят от его исходных свойств, условий и режима холодильной обработки.

Теплоту, которую необходимо отвести от продукта при его охлаждении, можно определить по формуле

$$Q=m(i_n - i_k),$$

где Q - количество теплоты, отдаваемой продуктом при охлаждении, кДж;

m - масса охлаждаемого продукта, кг;

i_n - удельная энтальпия продукта в начале охлаждения, кДж/кг;

i_k - удельная энтальпия продукта в конце охлаждения, кДж/кг.

Значения удельной энтальпии берут из таблиц или определяют по диаграммам энтальпий пищевых продуктов.

Количество отводимой теплоты, рассчитанное по этой формуле, составляет 80...90 % истинного, поскольку она не учитывает экзотермичность биохимических процессов и тепловые эффекты массопереноса.

Производство охлажденных продуктов растительного происхождения

При охлаждении плодов, овощей затормаживаются процессы созревания, в результате чего обеспечивается их длительное хранение. Не все убранные плоды пригодны для длительного хранения. Из массы убранных плодов, овощей необходимо отделить ту часть, которую нецелесообразно хранить в холодильниках, а лучше использовать для промышленной переработки. Поступающее на холодильник сырье растительного происхождения должно подвергаться сортировке, калибровке, быть здоровым, свободным от механических повреждений и каких-либо видимых микробиологических следов поражения. Как правило, после сортировки плоды и овощи должны подвергаться охлаждению и дальнейшему хранению в холодильных условиях.

Для охлаждения применяются туннели или камеры, в которых можно создать побудительную циркуляцию воздуха. Охлаждение продуктов растительного происхождения можно также осуществлять непосредственно в рефрижераторных вагонах при температуре около 0°C, относительной влажности 90—95 % и интенсивном движении воздуха. Затаренные плоды и овощи следует укладывать с таким расчетом, чтобы воздух свободно омывал их со всех сторон. В некоторых случаях для ускорения охлаждения пользуются передвижными воздухоохладителями. При перевозке плодов, овощей на дальние расстояния целесообразно осуществлять охлаждение их непосредственно в изотермических вагонах и на станциях предварительного охлаждения.

Станция предварительного охлаждения, предназначенная для кратковременного хранения, оснащается воздухоохладителями, которые через воздуховоды и гибкие рукава соединяются с вентиляционными люками изотермического вагона. Для равномерного охлаждения продуктов растительного происхождения и использования воздуха с отрицательной температурой во избежание подмораживания плодов и овощей направление воздуха периодически меняется. В вагонах поездов с механическим охлаждением и воздухоохладителями осуществляется интенсивная циркуляция воздуха, что позволяет охлаждать плоды и овощи в пути следования.

При охлаждении и хранении широко применяется проточное вентилирование насыпного слоя плодов и овощей. Отнятие тепла осуществляется продуванием холодного воздуха через массу продукции, уложенную слоем толщиной 2—3 м и более. Воздух омывает каждый элемент слоя продукта, уложенного в штабеля, контейнеры или насыпью, в результате чего происходят быстрое его охлаждение и выравнивание температуры по всей толще. Такое вентилирование обеспечивает подсушку продукции в случае загрузки ее во влажном состоянии, интенсификацию

реакций клубней, корнеплодов в послеуборочный период. Этим же способом можно быстро осуществлять просушку и охлаждение, например, лука в целях предупреждения заболевания шейковой гнилью. Проточное вентилирование целесообразно применять не только при охлаждении, но и при хранении для поддержания стабильного режима хранения и удаления тепла дыхания.

Охлаждение с применением вакуума в специальных установках, где достигается разрежение до 1,33—1,9 кПа. Путем испарения влаги (1—2 %) плоды охлаждаются за 15—20 мин независимо от объема тары. Таким способом осуществляется охлаждение плодов, овощей и зелени.

Для быстрого охлаждения отдельных видов плодов и овощей применяется ледяная вода. Охлаждение осуществляется на конвейере. Использованная вода после доохлаждения и дезинфекции вновь поступает для охлаждения плодов.

В пищевой промышленности холод применяют при хранении сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, а также при проведении ряда технологических процессов. С использованием процессов искусственного охлаждения происходят процессы кристаллизации, разделения газов, сублимационной сушки, некоторые реакторные процессы.

Охлаждение – процесс понижения температуры материала путем отвода от него теплоты. Охлаждение всегда связано с переносом тепла от тела с более высокой температурой к телу с более низкой температурой. Способы получения искусственного холода классифицируются по требуемой температуре охлаждения. Условно различают умеренное охлаждение (диапазон температур +20 ... –100 °С) и глубокое охлаждение (температура ниже –100 °С).

Способы охлаждения пищевых продуктов (мяса, рыбы, птицы, яиц, отдельных видов плодов и овощей) могут быть подразделены на три группы

по физическому принципу отвода тепла: теплопроводностью, конвекцией, радиацией; фазовым превращением; конвекцией и фазовым превращением воды.

Способы охлаждения, в основе которых лежит конвективный и радиационный обмен, характеризуются отсутствием или незначительной потерей влаги продуктом во время охлаждения. К этим способам можно отнести охлаждение в воздухе продуктов, упакованных в непроницаемые искусственные или естественные оболочки, а также охлаждение в жидкой среде. Охлаждению в жидкой среде подвергаются рыба, птица и некоторые овощи.

Зачастую этим способом пользуются для частичного понижения температуры. Вследствие интенсификации теплообмена сокращается продолжительность процесса, отсутствуют потери массы продукта. Однако контактное охлаждение неупакованных продуктов в жидкой среде имеет следующие недостатки: частичное экстрагирование составных частей продукта, поглощение поверхностными слоями некоторого количества охлаждающей среды.

Охлаждение во влагонепроницаемой упаковке исключает непосредственный контакт продукта с окружающей средой и тем самым предотвращает отмеченные недостатки. При этом требуются дополнительные затраты на упаковку продукта.

Существуют различные методы предварительного охлаждения: в потоке воздуха; снегование; вакуумное охлаждение с применением специализированных вакуумных охладителей; жидкостное охлаждение или гидроохлаждение, с помощью орошения или погружения в ледяную воду.

Самым эффективным по скорости охлаждения считается вакуумный метод, гидроохлаждение, воздушное охлаждение и снегование. В настоящее

время широко используется воздушный метод охлаждения продуктов в различных его модификациях.

Воздушный метод охлаждения применяется:

- в холодильных камерах для обычного хранения продуктов, где средняя скорость движения воздуха примерно равна 1-1,5 м/с, а кратность циркуляции равна 30-40 объемов в час;

- в тоннельных камерах при условии предварительного охлаждения или же в камерах другого типа, где скорость движения воздуха от 3 до 4 м/с;

- в специализированных аппаратах, в которых осуществляется интенсивное охлаждение воздухом с применением высоких скоростей его движения (до 5 м/с) и при большой кратности циркуляции воздуха (до 150 объемов/час).

Так как в основном пищевые продукты имеют небольшую теплопроводность, то их охлаждение осуществляется достаточно медленно – в течение нескольких часов или даже суток.

Под влиянием ферментов в первоначальный период после прекращения жизнедеятельности животных продуктов может происходить созревание мяса. Созревшее мясо сочное, обладает приятным вкусом и запахом. Бульон, сваренный из такого мяса, прозрачный. Не до конца созревшее мясо обладает неприятным вкусом и запахом. Оно жесткое, а бульон из него мутный.

После созревания мясо должно быть обязательно охлаждено, иначе оно подвергнется разрушительному микробиологическому процессу. Заканчивается охлаждение, когда температура внутренних слоев продукта снижается до температуры последующего его хранения. При охлаждении продуктов происходит их усушка, а на продуктах из мяса часто образуется

"корочка подсыхания". Усушка таких продуктов как яйца, рыба, масло, плоды и овощи уменьшает их вес и может ухудшать качества.

I.2. Технологическая схема и задачи автоматизации объекта

Цель управления - поддержание температуры охлаждаемого продукта на заданном уровне путем изменения расхода хладагента включением-отключением компрессора.

Задачи системы автоматизации:

Регулирование параметров:

- стабилизация температуры охлажденного продукта;

Контроль параметров:

- расход продукта;

- температура охлажденного продукта;

- уровень конденсата в испарителе;

Сигнализация.

Предупредительная сигнализация о:

- уровне заполнения конденсатом испарителя;

Аварийная сигнализация о:

- уровне заполнения конденсатом испарителя (для предотвращения «влажного» хода компрессора, при компрессор отключается, загорается сигнальная лампа и включается сирена);

Защита от чрезмерного снижения давления хладагента и превышения уровня конденсата в испарителе путем отключения электродвигателя компрессора.

Дистанционное управление электродвигателем насоса.

Технические требования к проектируемой системе автоматизации

Требования к СА представлены в таблицах 1.1–1.4.

Таблица 1.1 - Требования к САР

Наименование регулируемой переменной	$Y_{зди}$	Допустимые значения показателей качества регулирования				Примечание
		$Y_{ст}^{\delta}$	$Y_{дин}^{\delta}$	t_p	γ^{δ}	
1	2	3	4	5	6	7
1. Температура охлажденного продукта	12°C	0,9°C	3,15°C	100с	30%	-

$Y_{зди}$ - заданное значение регулируемой величины;

$Y_{ст}^{\delta}$ - допустимое значение статистической ошибки регулирования;

$Y_{дин}^{\delta}$ - допустимое значение динамической ошибки регулирования;

t_p - допустимое время регулирования;

γ^{δ} - перерегулирование.

Таблица 1.2 - Требования к САК

Наименование контролируемой величины	Диапазон изменения, абс. ед.	Точность контроля, абс. ед.	Форма и способ отображения информации	Примечания
1	2	3	4	5
1. Температура охлажденного продукта	7,2-16,8°C	0,24°C	Цифровая индикация и график t°C на дисплее	Среда функционирования нормальная: $t_{cp}=10-40$ °C, влажность до 85%
2. Расход продукта	0,3-0,7 м ³ /ч	0,01 м ³ /ч	Цифровая индикация, регистрация и график на дисплее	
3. Уровень конденсата в испарителе	0,15-0,35 м	0,05 м	Цифровая индикация, регистрация и график на дисплее	

Таблица 1.3 - Требования к САС

Наименование сигнализации	Значение Переменной, при которой появляется сигнал		Оперативная сигнализация о состоянии оборудования, при котором появляется сигнал	Вид сигнала	Примечание
	2	3			
1	2	3	4	5	6
1. Уровень заполнения конденсатом испарителя	0,275 м		-	Синий световой сигнал	Предупредительная
		0,3 м	при $L >$ компрессор отключен	Красный световой и звуковой сигналы	Аварийная
3. Состояние электродвигателя циркуляционного насоса	-	-	Насос включен	Зеленый световой	Оперативная
4. Чрезмерное снижение давления хладагента	0,09 мПа		-	Желтый световой	Предупредительная
		0,08м Па	при $P <$ компрессор отключен	Красный световой и звуковой сигналы	Аварийная

Таблица 1.4 - Требования к САЗ

Наименование защиты	Перечень возможных состояний оборудования	Условия перехода оборудования из одного состояния в другое	Примечание
1	2	3	4
1. Защита от: - чрезмерного снижения давления хладагента; - превышения уровня конденсата в испарителе	S1 – пуск S2 – работа S3 – останов	Переход электродвигателя компрессора из состояния S1, S2 в S3 при: $P \leq 0.08 \text{ МПа}$ $L \geq 0.3 \text{ м}$	Наличие аварийной сигнализации

2. РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

2.1 Функциональная схема автоматизации объекта

Обеспечить для схемы автоматизации процесса стабилизации температуры охлажденного продукта, приведенной на рис. 1.1, решение следующих задач автоматизации:

1. Индикация и регистрация расхода продукта.
2. Автоматическое регулирование температуры охлажденного продукта.
3. Автоматическая защита оборудования от чрезмерного снижения давление хладагента и превышения уровня конденсата в испарителе, путем отключения электродвигателя компрессора.
4. Предупредительная и аварийная сигнализация по уровню заполнения конденсатом испарителя, соответственно, $L=L_{пр}$ и $L=L_{ав}$.
5. Сигнализация состояния электродвигателя циркуляционного насоса «Включен», «Выключен».
6. Дистанционное управление электродвигателем насоса M_2 , с пульта управления оператора.

ФСА объекта показана на рис.2.1.

На схеме (см. рис.2.1) вертикальными непрерывными линиями показаны связи между элементами системы, а пунктирными горизонтальными линиями – обработка сигналов в соответствии с алгоритмами контроля, регулирования и управления, реализуемыми программным обеспечением системы автоматизации (программами работы ПЛК и компьютера).

ПЛК выполняет функции локального управляющего устройства. Основное назначение компьютера создание с помощью SCADA системы интерфейса «человек – машина», обеспечивающего:

- а) отображение на экране монитора (на мнемосхеме технологического процесса) значений параметров цифровыми и световыми сигналами;
- б) задания уставок регулирования, защиты и сигнализации;
- в) подачу команд дистанционного управления (“Включить”/“Выключить”) и сигнализация состояния электродвигателя;
- г) регистрация (архивирование) расхода и температуры маточного раствора и суспензии.

На рис. 2.2 представлена мнемосхема автоматизации процесса поддержания температуры охлаждаемого продукта.

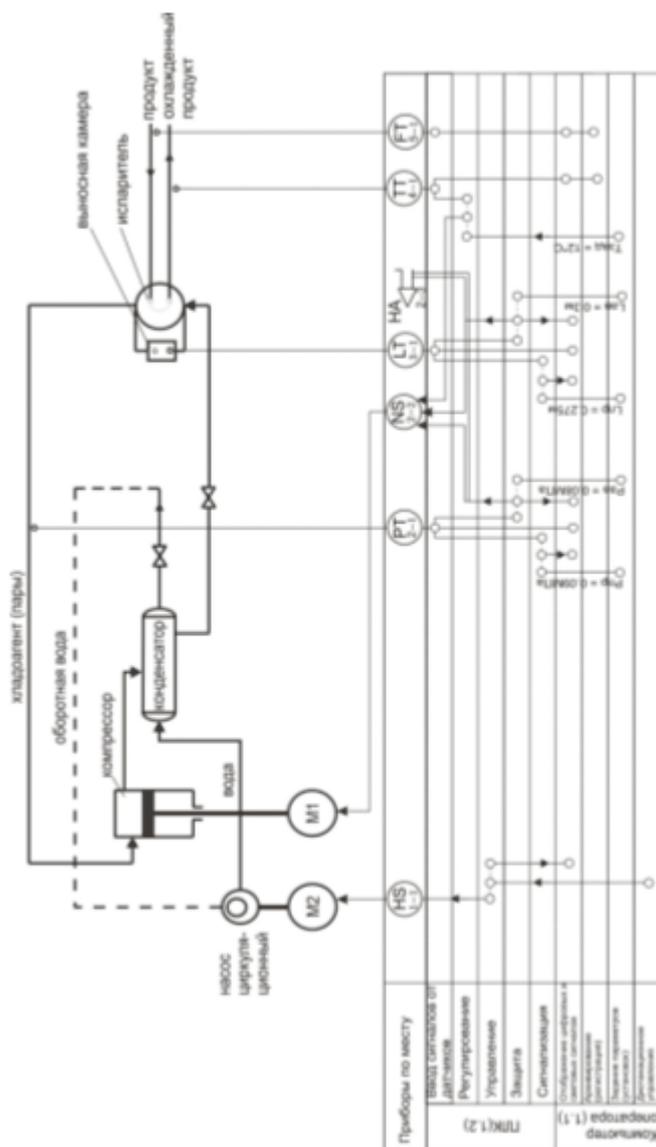


Рис. 2.1

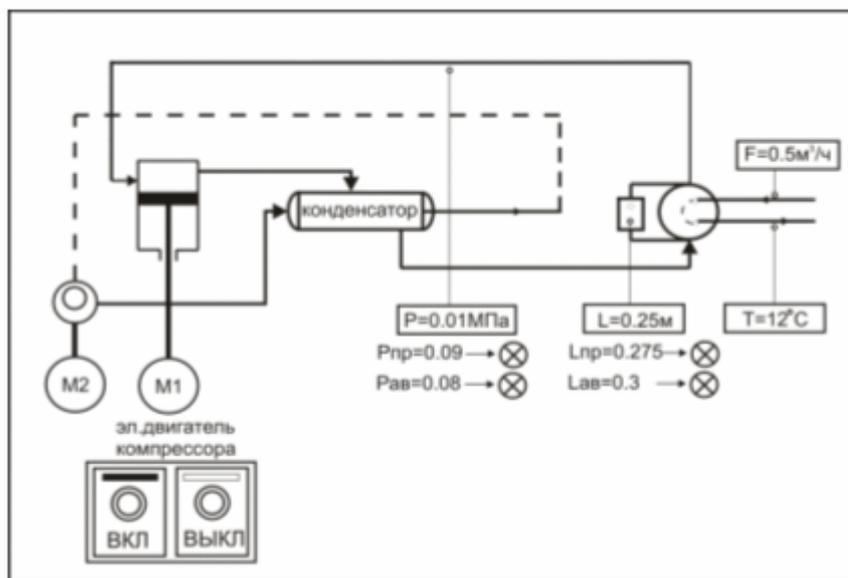


Рис. 2.2 - Мнемосхема технологического участка на экране монитора

2.2 Выбор технических средств автоматизации (ТСА)

Выбор ТСА проводится на основании анализа:

- технических требований к системе автоматизации;
- разработанной ФСА;
- характеристик технологической среды, где будут находиться первичные преобразователи (датчики) и исполнительные устройства (механизмы), и помещений, где будут расположены остальные средства автоматизации (регуляторы, контролеры, компьютеры и др.);
- планируемого уровня капитальных затрат на создание системы автоматизации
- требования к метрологическим характеристикам системы (точность измерения контролируемых величин, надежность СА);
- результатов анализа технических и стоимостных характеристик отечественных и зарубежных ТСА и других показателей.

Исходные данные для выбора ТСА, представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1 - Исходные данные для выбора ТСА

Наименования исходных данных.	Значение данных, принимаемых для проектируемой системы автоматизации
1. Структура САР	Одноконтурная САР температуры охлажденного продукта
2. Условия эксплуатации СА	- взрыво- и пожароопасная среда; - вибрация: $A_v \leq 0,1$ мм, $f \leq 20$ Гц; - температура среды: 15 – 30 °С; - влажность: 70 – 90 %;
3. Точность измерения контролируемых параметров	(1 ч 3 %)
4. Надежность – среднее время безотказной работы системы	(5000 часов)
5. Планируемая стоимость затрат на создание системы	(200 ч 300 тыс.руб.)

Перечень ТСА с краткими техническими характеристиками представлен в табл. 2.2.

Таблица 2.2 - Перечень технических средств автоматизации объекта

№	Наименование, тип	Фирма изготовитель	Функциональные возможности	Основные технические данные	Показатели надежности	Условия эксплуатации	Цена руб.
1	2	3	4	5	6	7	8
Средства отбора информации							
1	Уровне-мер LVL-A1 Vibracon.	Vibra-con	Определение уровня жидкости.	Точность \pm 0.5% Выходной сигнал 3-20мА Диапазон измерения 0-1,6...0-20м Питание 35В.	Вероятность безотказной работы: $P(t)=0.95$, за 1500 ч.	+20..+50°С влажность окружающего воздуха не более: 90%	2800
2	Уровнемер акустический ЗОНД-3М	Завод «СтароРусП рибор» (Россия)	Уровнемеры ЗОНД-3М предназначены для	Точность \pm 0.5% Диапазон измерения	Интенсивность потока отказов	Диапазон температуры -20 ...70 °С	5000

			бесконтактного автоматического дистанционного измерения уровня различных жидких сред, сыпучих и кусковых материалов, если скорость изменения уровня среды не превышает 0,5 см/с.	0-1,6...0-20м Выходной сигнал 4-20мА Параметры питания 18 - 30В	$\lambda = 10 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\eta}$		
3	Ультразвуковой датчик уровня LUC - Тхх-х5		Бесконтактное определение уровня жидкости и твёрдых сред	Точность $\pm 0.25\%$ Диапазон измерения 0 - 1,6... 0 - 20м Выходной сигнал 4 - 20мА Питание 10-30В	Гарантированный срок безотказной работы 2 года	Диапазон температуры $-20 \dots 60^{\circ}\text{C}$	7500
4	Измерительный преобразователь расхода ХМТ-868	GE Panametrics	Измерения расхода	Выходной сигнал токовый 4...20 мА и порт RS232/485;	Средняя наработка на отказ 100 000 часов	Диапазон рабочих температур среды $5 \text{ч} 150^{\circ}\text{C}$	2900
15	Электромагнитный расходомер SITRANS F (7ME3001) [20]	SIEMENS (Германия)	Предназначен для измерения расхода как проводящих, так и непроводящих жидкостей, точность не	Макс. давление 40 бар, аналоговый выход 4-20 мА, два цифровых выхода, поддержка		Температурный диапазон от -20°C до $+200^{\circ}\text{C}$	59640

			зависит от типа потока,	HART, точность 0.5 %			
6	Термопреобразователь сопротивления ТСП Метран - 245(50П)	Метран	измерение температуры жидких и газообразных химических сред не разрушая оболочку	Точность $\pm 2\%$ Степень защиты IP5X по ГОСТ 14254 Диапазон измерения - 50...100	Интенсивность потока отказов $\lambda = 10 \cdot 10^{-6}$	Влажность до 95 %	5500
7	Термоэлектрический преобразователь ТХА Метран - 201	Метран	измерение температуры жидких и газообразных химических сред не разрушая оболочку	Точность $\pm 1\%$ Класс допуска 2 ГОСТ Р 8.585 Степень защиты IP65 по ГОСТ 14255 Диапазон измерения -40...600	Средняя наработка на отказ более 80000	Влажность до 95 %	6000
8	Измерительный преобразователь давления Сапфир - 22МТ	Сапфир	измерение давления жидких и газовых сред	Точность $\pm 0.4\%$ Степень защиты IP5X по ГОСТ 14254 Диапазон измерения: 0.2кПа-2.5МПа;	Интенсивность потока отказов $\lambda = 10 \cdot 10^{-6}$	Влажность до 95 %	7500
9	Измерительный преобразователь давления Метран-45	Метран-45	измерение давления жидких и газовых сред	Точность $\pm 0.5\%$ Степень защиты IP66 по ГОСТ 14254 Диапазон измерения: 0.1кПа-100МПа;	Средняя наработка на отказ более 80000	Средняя наработка на отказ более 80000	12500
1	2	3	4	5	6	7	8

10	Измерительный преобразователь давления Alphaline - 1151	Alphaline - 1151	измерение давления жидких и газовых сред	Точность \pm 0.25% Степень защиты IP66 по ГОСТ 14254 Диапазон измерения: 0.5кПа-40МПа;	Средняя наработка на отказ более 80000	Средняя наработка на отказ более 80000	10500
Средства регулирования и логического управления(микропроцессорные контроллеры, промышленные и персональные компьютеры):							
11	Программируемый контроллер ADAM-5510	ADVANT ECH (Тайвань)	В локальных и распределенных АСУТП в качестве автономного контроллера: обработка и обмен информацией, авторегулирование, логическое управление	4 модуля ввода-вывода, 64 дискретных канала ввода-вывода. Коммуникационные порты RS-485 и RS-232. Гальваническая развязка по входу-выходу питания	Интенсивность потока отказов $\lambda = 5,03 \cdot 10^{-6}$	Температура от -10 до +75 °С; влажность до95% без конденсации и влаги	30000
12	Программируемый логический контроллер SIMATIC S7-200 (TD 100C)	SIMENS(Германия)	В локальных и распределенных АСУТП в качестве автономного контроллера: обработка и обмен информацией, авторегулирование, логическое	6 модулей ввода-вывода, дискретные входы 4 Коммуникационные порты RS-485 и RS-232.	Гарантий срок службы 3года	Температура от 0 до +55 °С; влажность до 95 %	25000

			управление				
13	Программируемый логический контроллер ОВЕН-ПЛК-154	AD-VAN-TECH (Тайвань)	Обработка и обмен информацией, логическое управление, ПИД регулирование.	Встроенные интерфейсы Ethernet, RS-232/485, USB. 6(4) дискретных и 4(2) аналоговых входов (выходов).	Гарантированный срок безотказной работы 100000 часов.	Температура от -25 до +55 °С; влажность до 95 %	29000
14	Промышленный компьютер PPC-153	ADVANTECH (Тайвань)	Предназначен для построения интерфейсов “человек – машина”	Процессор Intel Pentium3 Ком.порты RS-485 и RS-232. Стальной каркас. ЖК-дисплей 15.	Интенсивность потока отказов $\lambda = 4,07 \cdot 10^{-6}$	Температура от -10 до +70 °С; влажность до 85 %	30000
15	Персональный компьютер оператора. ASUS F3-Series	ASUS (Япония)	Предназначен для построения интерфейсов “человек – машина”	Пр-р Intel Core2DUO. USB порты. Порт Ethernet. Ком.порты RS-232/485.	Гарантийный срок службы 3 года	Температура комнатная, влажность до 85 %	28000
Средства воздействия на объект(пусковая аппаратура, исполнительные механизмы, и др.):							
16	Пускатель магнитный ПМ-12.01	ЗАО “ЧЕАЗ”	Пусковая аппаратура для электродвигателей	Напряжение питания ~380 В	Интенсивность потока отказов $\lambda = 11,7 \cdot 10^{-6} \frac{1}{ч}$	Температура от 0 до +65°С; влажность до 95 %	7000р
17	Пускатель бесконтактный ПБРЗ	ООО НПФ “БИТЕК”	Управление трехфазными исполнительными механизмами	Номинальное напряжение 380В, ток 3А, f=50 Гц	Гарантийный срок службы 3 года	Температура от 0 до +65°С; влажность до 95 %	5500

18	Пускатель магнитный ПМ-12.02	ЗАО "ЧЕАЗ	Пусковая аппаратура для электродвигателей	Напряжение питания ~380 В	Интенсивность потока отказов $\lambda = 11,7 \cdot 10^{-6} \frac{1}{ч}$	Температура от 0 до +65°C; влажность до 95 %	7200
Средства оповещения.							
16	Сирена СИ-1	Комтид	Для звуковой сигнализации	Напряжение питания 220 В	Гарантированный срок безотказной работы 5 лет	Диапазон температуры -20...70°C Влажность до 95 %	400
17	Оповещатель звуковой ПКИ-2	Комтид	Для звуковой сигнализации	Напряжение питания 36 В, 105 дБ	Гарантированный срок безотказной работы 4 года	Диапазон температуры -20...70°C Влажность до 95 %	210

На основании исходных данных для выбора ТСА из перечня, представленного в табл. 2.2, составляем спецификацию технических средств системы автоматизации. Данная спецификация представлена в табл. 2.3.

Таблица 2.3 - Спецификация технических средств системы автоматизации

Функциональный узел	Функции Узла	Позиционное Обозначение элемента	Наименование и тип элемента. Технические данные	Место установки элемента
1	2	3	4	5
HS 1	Дистанционное управление и сигнализация состояния насоса	1-1	Персональный компьютер оператора ASUS F3-Series. (фирма ASUS, Япония) Предназначен для построения интерфейсов "человек – машина". Процессор Intel Core2DUO Коммуникационные порты RS-485 и RS-	Пульт оператора

			232. ЖК-дисплей 15.	
		1-2	Программируемый логический контроллер ОВЕН-ПЛК154. Предназначен для обработки и обмен информацией, логическое управление. Встроенные интерфейсы Ethernet, RS-232/485, USB. 6(4) дискретных и 4(2) аналоговых входов (выходов). Температура от -10°C до +70°C. Влажность до 85%.	Шкаф управления
		1-3	Пускатель магнитный ПМ-12.01 – не реверсивный. Напряжение питания ~380 В, температура среды от 0 до +65 °С; влажность до 95 %	По месту
<u>PISA</u> 2	Измерение, индикация, защита и сигнализация давления хладагента.	2-1	Измерительный преобразователь давления Метран-45. Точность ±.5% Выходной сигнал 4-20мА. Диапазон 0,1кПа-100МПа. Питание 10В. Допустимая температура среды от -10°C до +70°C.	По месту
		2-2	Пускатель магнитный ПМ-12.01. Напряжение питания ~380 В, температура от 0 до +65 °С; влажность до 95 %	По месту
		2-3	Сирена СИ-1. Предназначена для звуковой сигнализации. Напряжение 220В.	По месту
		1-2	Программируемый контроллер ОВЕН-ПЛК154.	Шкаф управления
		1-1	Промышленный компьютер PPC-153	По месту
<u>LISA</u> 3	Измерение, индикация, защита и сигнализация уровня конденсата в выносной камере.	3-1	Ультразвуковой датчик уровня LUC-Txx-x5. Бесконтактное определение уровня жидкости. Выходной сигнал 4-20мА. Диапазон 0-1,6м.	По месту

			Допустимая температура среды от -10°C до +70°C.	
		2-2	Пускатель магнитный ПМ-12.01. Напряжение питания ~380 В, температура от 0 до +65 °С; влажность до 95 %	По месту
		2-3	Сирена СИ-1. Предназначена для звуковой сигнализации. Напряжение 220В.	По месту
		1-2	Программируемый контроллер ОВЕН - ПЛК154.	Шкаф правления
		1-1	Промышленный компьютер PPC-153	По месту
<u>TIRC</u> 4	Измерение, индикация, регистрация и регулирование температуры охлажденного продукта.	4-1	ТХА Метран – 201. Измерение температуры жидких и газообразных сред не разрушая оболочку. Температура от -40°C до+1000°C.	По месту
		2-2	Пускатель магнитный ПМ-12.01. Напряжение питания ~380 В, температура от 0 до +65 °С; влажность до 95 %	По месту
		1-2	Программируемый контроллер ОВЕН-ПЛК154.	Шкаф правления
		1-1	Промышленный компьютер PPC-153	Пульт оператора
<u>FIR</u> 5	Измерение, индикация, регистрация расхода маточного раствора.	5-1	Измерительный преобразователь расхода ХМТ-868. (фирма GE Panametrics) Выходной сигнал токовый 4...20 мА и порт RS232/485; Температура от -20°C до +60°C.	По месту
		1-2	Программируемый контроллер ОВЕН - ПЛК154.	Шкаф правления
		1-1	Промышленный компьютер PPC-153	Пульт оператора

3. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА

На рис. 3.1. представлена структурная схема технологического объекта управления.

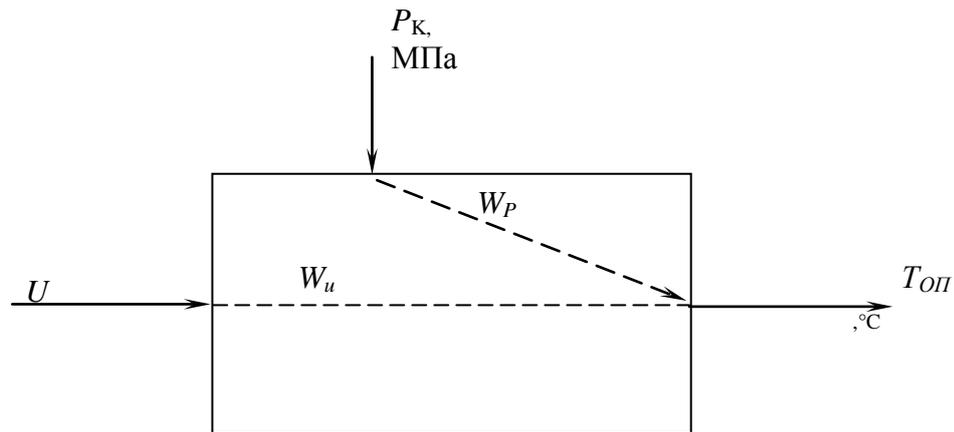


Рис. 3.1 - Структурная схема технологического объекта управления

На структурной схеме обозначены: U – управляющее воздействие, – регулируемая переменная, P_k – возмущающее воздействие (давление конденсата).

Исходные данные для расчёта САР:

- 1) Передаточная функция управляющего канала объекта:

$$W_u(P) = \frac{K_u}{T_0 P + 1} e^{-P \tau_0},$$

где $K_u=0.9$; $T_0=35$ с; $\tau_0=5$ с.

- 2) Диапазон изменения возмущающего воздействия: $W_F(0.06-0.14)$ МПа;
- 3) Коэффициент передачи возмущающего канала объекта: $K_p=0.2$;
- 4) Допустимые значения прямых показателей качества:

$$y_{\partial}^{\partial} = \boxed{}^{\circ}\text{C}; t_p^{\partial} = 100 \text{ мин}; \psi^{\partial} = 0.75; y_{ст}^{\partial} = 0.9^{\circ}\text{C},$$

где y_{∂}^{∂} , t_p^{∂} , ψ^{∂} , $y_{ст}^{\partial}$ – допустимые значения, соответственно, динамической ошибки, времени регулирования, степени затухания, статической ошибки;

5) Заданное значение регулируемой величины $T_{on}=(7.2 - 16.8)^{\circ}\text{C}$;

Произведём расчёт параметров настройки регулятора с помощью программы IPC-CAD:

Опыты проводим для трех процессов: апериодический, с умеренным затуханием и колебательный. Выбираем регулятор П, ПИ или ПИД, при этом качество переходных процессов должно соответствовать заданию.

Необходимо произвести перерасчет значений регулируемой переменной, из относительных единиц (процент шкалы) в абсолютные единицы ($^{\circ}\text{C}$). Это делается путем умножения регулируемой переменной, выраженной в процентах шкалы, на коэффициент перевода, который определяется из следующего выражения.

Графики, полученные в процессе настройки отображены на рис. 3.2, 3.3.

Данные моделирования представлены в таблице 3.1.

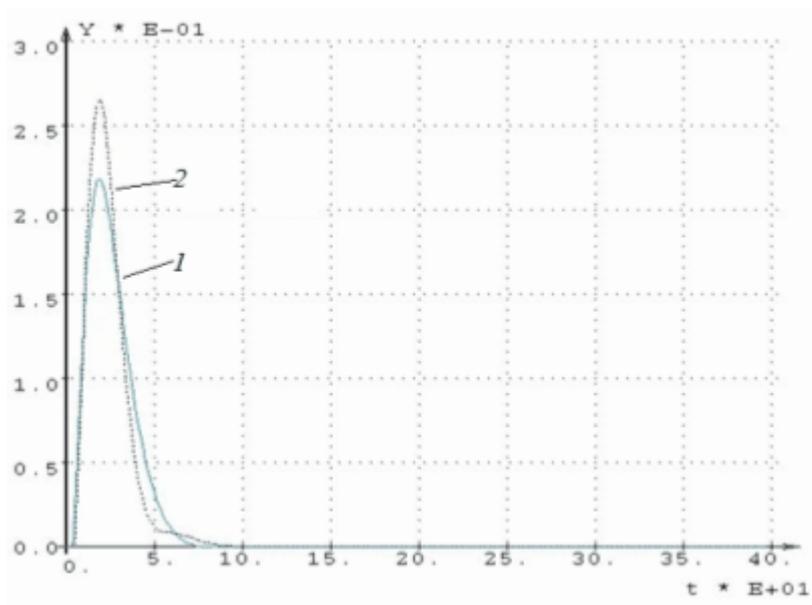


Рис. 3.2 - График переходных процессов в САР при нанесении возмущения «По нагрузке» в режимах «Настройка» (1) и «Проверка на грубость» (2) апериодического процесса

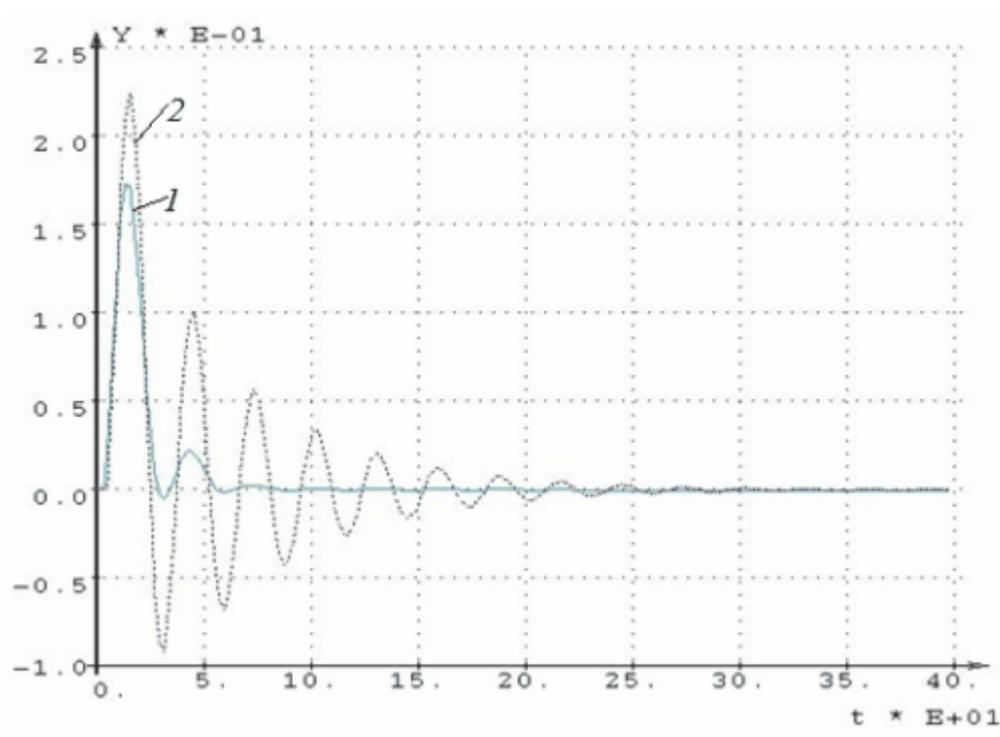


Рис. 3.3 - График переходных процессов в САР при нанесении возмущения «По нагрузке» в режимах «Настройка» (1) и «Проверка на грубость» (2) колебательного процесса

Таблица 3.1 - Результаты расчета и моделирования в одноконтурной

САР

Типовой процесс	Параметры настройки ПИ регулятора		Режим моделирования	Показатели качества регулирования		
	T_n	k_p		U_d	Ψ	t_p
Апериодический	19.162	3.111	Настройка	0.218	0.999	48
			Проверка на грубость	0.266	-	40
С умеренным затуханием	17.5	1.987	Настройка	0.259	0.997	60
			Проверка на грубость	0.261	0,997	54
Колебательный	16.5	6.222	Настройка	0.174	0.874	26
			Проверка на грубость	0.224	0.552	76

В соответствии с табл. 3.1, предпочтение отдаем параметрам настройки ПИ-регулятора, которые получены для типового переходного процесса «с умеренным затуханием».

Анализ качества регулирования

Степень затухания в обоих случаях выше 0.75, следовательно система устойчива и робастна.

Статическая ошибка равна нулю, т.к. достигается установившееся значение переменной.

Время регулирования в нормальном режиме и при проверке на грубость: 60 мин и 54 мин соответственно, при допустимом 100 мин.

Как видно из графика, при проверке на грубость величина перерегулирования недопустима по заданию. Поэтому проведём оптимизацию параметров ПИ-регулятора в соответствии с одним из законов. Получим следующие параметры регулятора: $K_p=1.987$; $T_n=17.5$;

Результаты моделирования с новыми значениями параметров ПИ-регулятора представлены на рис. 3.4.

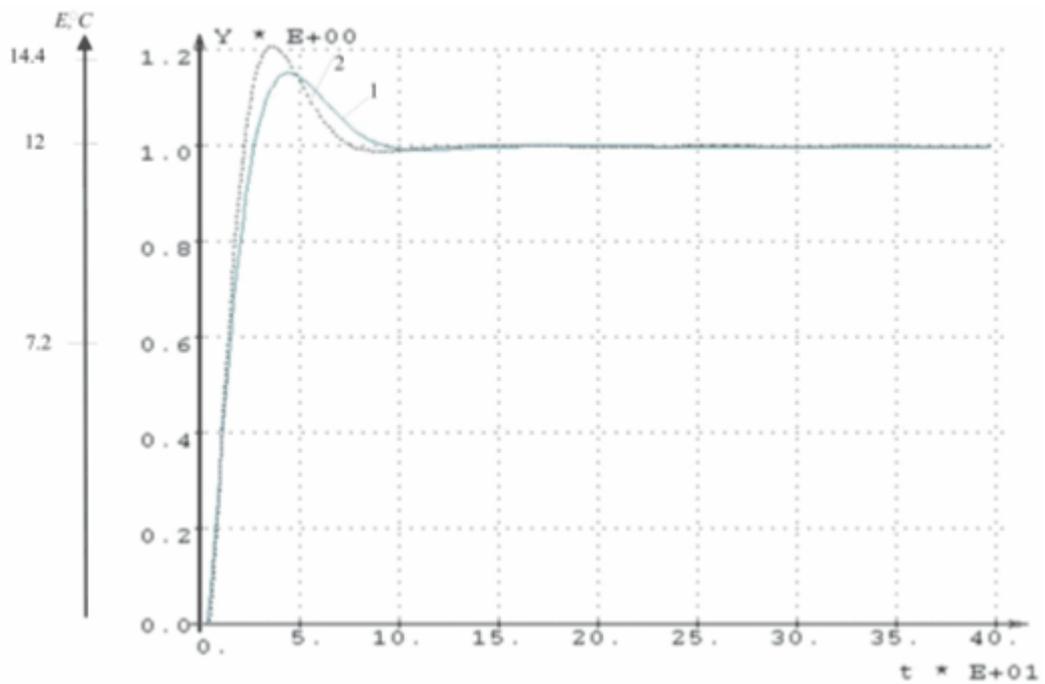


Рис. 3.4 - Графики переходных процессов в САР при нанесении возмущения «По заданию» в режимах «Настройка» (1) и «Проверка на грубость» (2)

Как видно из графика, колебательность переходного процесса существенно уменьшилась, перерегулирование при проверке на грубость составляет 20%, что соответствует техническому заданию.

В результате моделирования переходного процесса «С умеренным затуханием», при возмущении «По заданию», получены показатели качества регулирования, представленные в табл. 3.2.

Таблица 3.2 - Показатели качества регулирования при нанесении возмущения «По заданию»

Режим моделирования	Показатели качества регулирования		
	y_{σ}	Ψ	$t_p, \text{мин.}$
Настройка	0,153	0,997	70
Проверка на грубость	0,21	0,997	64

Сравниваем полученные показатели качества регулирования с

допустимыми, можно сделать вывод о том, что полученные при расчете CAP прямые показатели качества регулирования удовлетворяют требованиям технологического регламента.

4. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

4.1 Принципиальная электрическая схема

Принципиальная электрическая схема (ПЭС) определяет полный состав приборов, аппаратов и устройств (а также связь между ними), действие которых обеспечивает решение задач управления, регулирования, защиты, измерения и сигнализации.

На рис. 4.1. представлена ПЭС процесса автоматизации стабилизации температуры.

При включении автоматического выключателя QF1 на силовые установки подаётся напряжение. Запуск двигателя циркуляционного насоса возможен с компьютера оператора, либо нажатием кнопки SB1 «Пуск», в щитке по месту, в следствии чего замкнется выход 8 ПЛК-154, реле KM3 сработает, замкнет свои контакты и подаст напряжение на двигатель M2, и силовую цепь.

Отключить двигатель насоса можно с компьютера оператора или нажатием кнопки SB2 «Стоп».

Если в процессе работы возникнет внештатная ситуация, то сработает защита. Например, уровень конденсата в испарителе стал выше критической отметки $L_{ав}$, тогда разомкнется выход 6 контроллера ПЛК-154, тем самым отключатся реле KM1, KM2 и KM3.

Отключение реле KM3 приведет к отключению двигателя M2 и всей силовой цепи. Отключение реле KM2 включит сигнализацию, т.к. контакты его замкнутся при отсутствии питания на управляющей обмотке. Таким же образом работает защита по давлению хладагента.

В системе были приняты дополнительные узлы защиты: электромагнитные реле KM1, KM2 и KM3, автоматический выключатель QF, обеспечивающий защиту всей цепи от токов короткого замыкания.

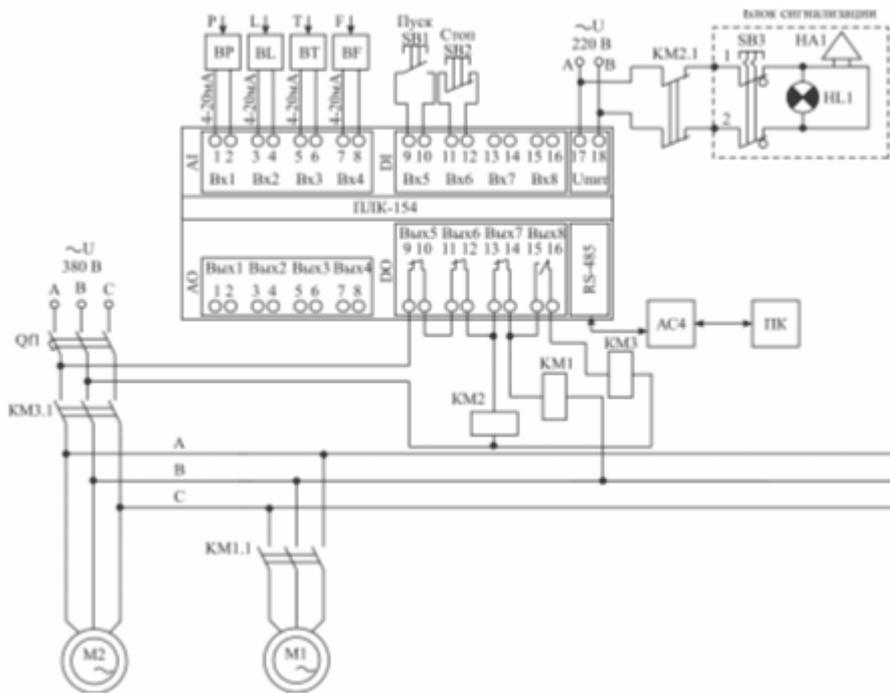


Рис. 4.1 - Принципиальная электрическая схема процесса стабилизации температуры охлажденного продукта

На схеме были приняты следующие обозначения:

BP, BL, BT, BF – датчики давления, уровня, температуры и расхода;

AI, AO, DI, DO – аналоговые и дискретные входы и выходы контроллера;

ПЛК-154 – многофункциональный контроллер фирмы «ОВЕН»;

SB1, SB2, SB3 – кнопки пуск, стоп двигателя компрессора и отключения сигнализации;

HA1, HL1 – сирена и лампа сигнальные;

QF1 – автоматический выключатель;

KM1, KM2, KM3 – электромагнитные реле;

M1, M2 – асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором;

4.2 Схема соединения элементов

Для монтажа системы автоматизации необходимы схема соединений (СС) ее элементов. Она показывает проводные связи между элементами,

маркировку соединительных проводов и мест подключений (клемм). Схема соединений процесса автоматизации стабилизации температуры приведена на рис. 4.2.

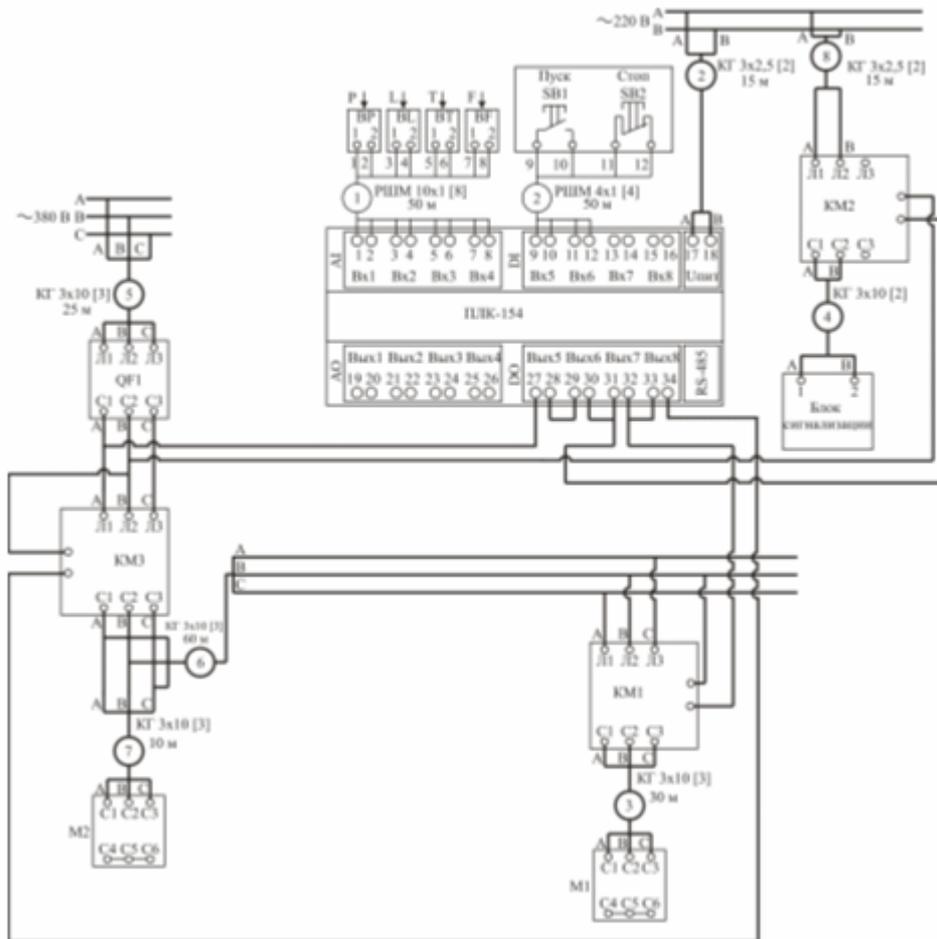


Рис. 4.2 - Схема соединений процесса автоматизации стабилизации температуры

На схеме были приняты следующие обозначения:

BP, BL, BT, BF – датчики давления, уровня, температуры и расхода;

AI, AO, DI, DO – аналоговые и дискретные входы и выходы контроллера;

ПЛК-154 – многофункциональный контроллер фирмы «ОВЕН»;

SB1, SB2 – кнопки пуск и стоп двигателя компрессора;

QF1 – автоматический выключатель;

KM1, KM2, KM3 – электромагнитные реле;

М1, М2 – асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором;

РШМ – гибкий кабель с резиновой изоляцией [число жил]х[площадь сечения жил] [количество используемых жил];

КГ – кабель гибкий [число жил]х[площадь сечения жил] [количество используемых жил].

5. РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Предварительный расчет надежности САР температуры охлажденного продукта. В комплект технических средств входят: датчик температуры – Метран – 201, пускатель магнитный ПМ-12.01, промышленный компьютер РРС-153, программируемый логический контроллер ПЛК154, соединительные провода (СП) и кабели.

Надежность САР оценивается по среднему времени безотказной работы ($T_{\text{ср}}$) – не менее 1 года.

На рис. 6.1 приведена функциональная структура САУ с выделением отдельных элементов.

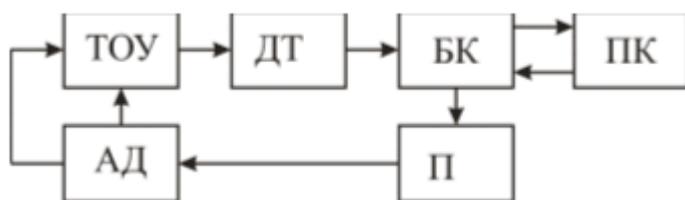


Рис. 5.1 - Функциональная структура САР: ТОУ – технологический объект управления, ДТ – датчик температуры - Метран – 201, БК – блок контроллера ПЛК154, ПК – промышленный компьютер РРС-153, П – пускатель магнитный ПМ-12.01, АД – асинхронный двигатель

Внезапные отказы для всех элементов, показанных на рис. 6.1, заключаются в невозможности элемента выполнять свои функции ввиду обрыва проводов, короткого замыкания и т. д. Отказ системы в целом будет заключаться в потере системой устойчивости, выходе управляемой (регулируемой) переменной за предельные значения показателей качества управления.

При отказе любого элемента функциональной схемы САР, приводит к отказу всей системы. Исходя из этого логическая схема расчета надежности, изображенная на рис. 6.2, представлена в виде последовательного

соединения всех элементов.



Рис. 5.2 - Логическая схема расчета надежности

Вероятность безотказной работы САУ при условии независимости отказов элементов будет определяться по следующему выражению:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t),$$

где n – количество элементов в логической схеме; $P_i(t)$ – вероятность безотказной работы i элемента.

Показатели надежности элементов приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1 - Интенсивности отказов элементов

Наименование элемента	λ_i
Метран - 201	$1,25 \cdot 10^{-5}$
ПЛК-154	$1 \cdot 10^{-5}$
ПМ12.01	$11,7 \cdot 10^{-6}$
PPC-153	$4,07 \cdot 10^{-6}$
4АН100S6У3	$8,3 \cdot 10^{-6}$
Провода	$4,286 \cdot 10^{-6}$

где $\lambda_i = 1/T_{срi}$ - интенсивность отказа i элемента,

$T_{срi}$ - среднее время наработки i элемента.

Среднее время безотказной работы САУ:

$$T_{ср} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} = \frac{1}{(1,25 \cdot 10^{-5} + 1 \cdot 10^{-5} + 11,7 \cdot 10^{-6} + 4,07 \cdot 10^{-6} + 8,3 \cdot 10^{-6} + 4,286 \cdot 10^{-6}) \cdot 8760} = 2,362$$

График изменения вероятности безотказной работы САУ изображен на рис. 5.3.

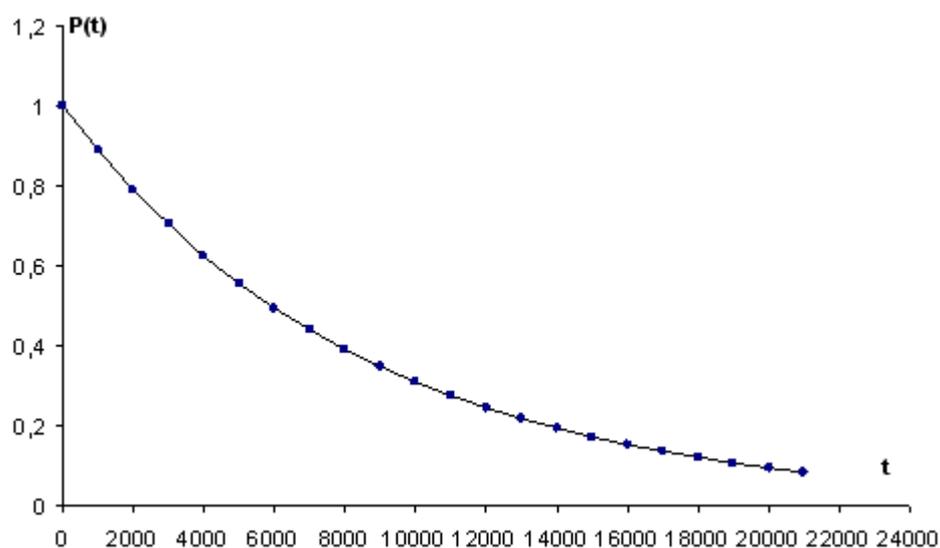


Рис. 5.3 - График изменения вероятности безотказной работы

Так как полученное время безотказной работы САУ больше указанного в требованиях, то нет необходимости в резервировании элементов.

Данный состав и структура САУ отвечают требованиям к надежности системы.

6. АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАМНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ

6.1 Алгоритм и программа автоматической защиты и сигнализации на языке SFC

Блок – схема алгоритма автоматической защиты и сигнализации представлена на рис. 6.1.

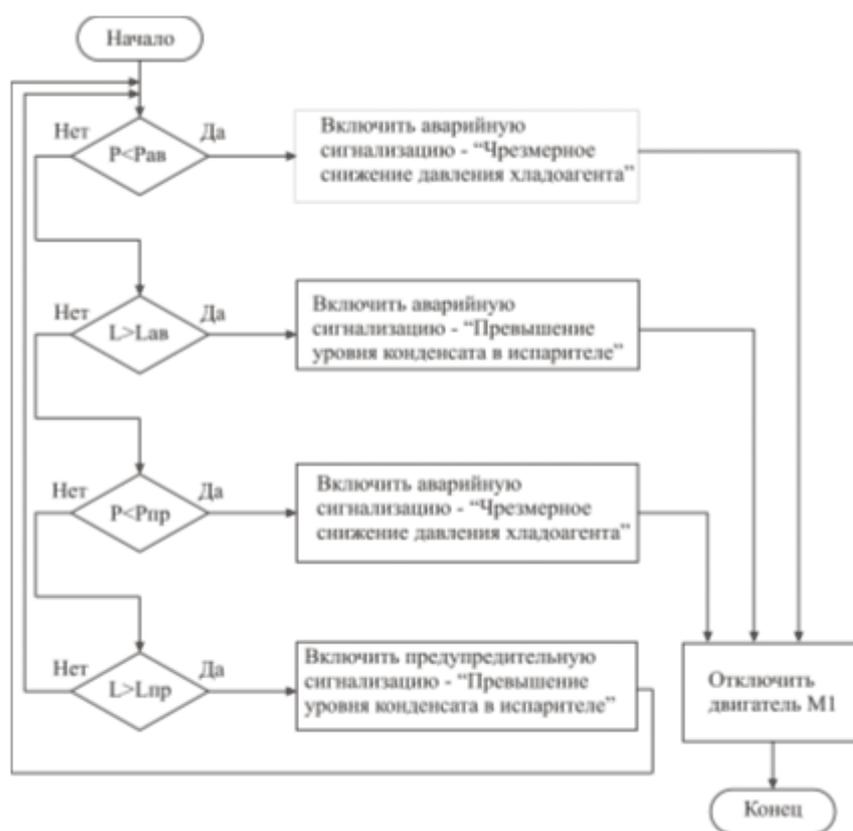


Рис. 6.1 - Блок – схема алгоритма автоматической защиты и сигнализации по уровню конденсата и давлению хладагента в системе регулирования

На схеме обозначено: $L_{пр}$, $L_{ав}$ – заданные значения уровня конденсата в испарителе и давления хладагента, для включения предупредительной и аварийной сигнализаций и защиты соответственно.

6.2 Программа работы контроллера для реализации функции дистанционного управления

Программа работы контроллера, для реализации функции дистанционного управления электродвигателем циркуляционного насоса, составленная на языке LD (лестничных диаграмм), представлена на рис. 6.2.

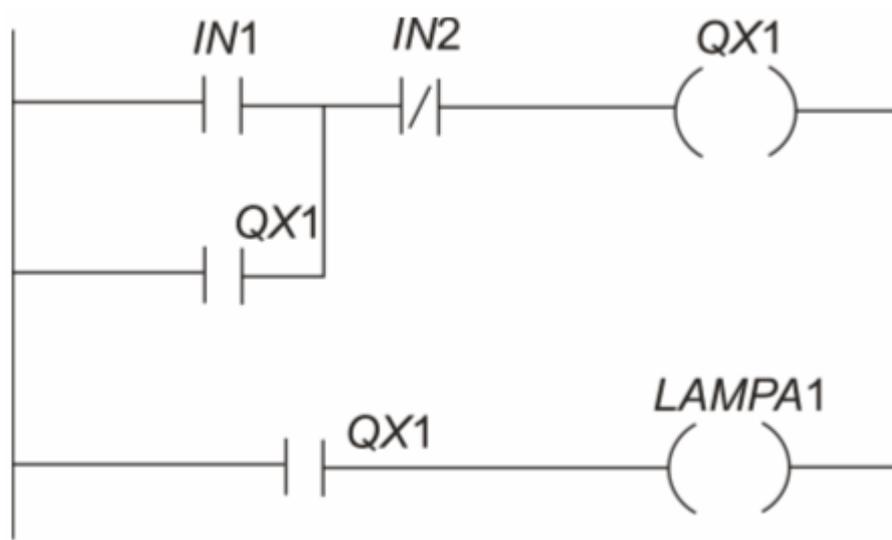


Рис. 6.2 - Программа дистанционного управления электродвигателем насоса

IN1, IN2 – входные битовые переменные, поступающие с ПК при подаче оператором команд вкл/выкл;

QX1 – выходная битовая переменная, управляющая включением / выключением пускателя;

LAMPA1– выходная битовая переменная, управляющая световым сигналом на экране ПК «Пускатель включен»

6.3 Программа работы контроллера для реализации функции автоматического регулирования температуры охлажденного продукта

Программа для автоматического регулирования контроллером технологического параметра (см. ФСА проектируемой системы) составляется на языке *FBD* с использованием в качестве основного функционального блока функции ПИД - регулирования (рис. 6.3) из библиотеки ОВЕН функциональных блоков управления и регулирования. Параметры настройки ПИД - регулятора устанавливаются в соответствии с данными, полученными при расчете соответствующей САР.

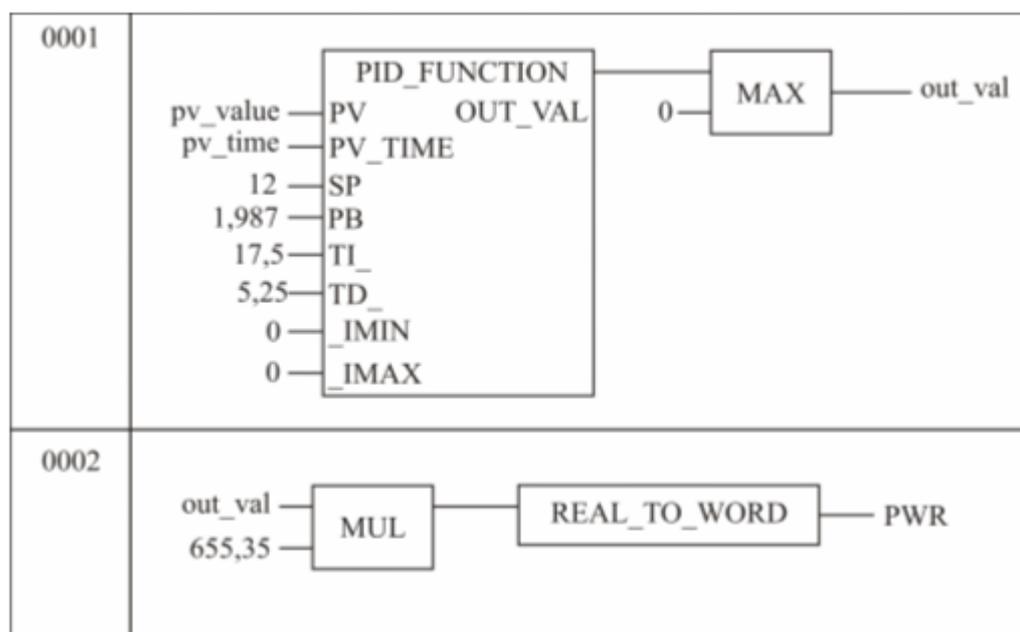


Рис. 6.3 - Функциональный блок ПИД - регулирования без автонастройки регулятора

ВХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

PV: *REAL*; – значение регулируемой величины (сигнал обратной связи, приходящий с датчика);

PV TIME: *WORD*; – время получения значений регулируемой величины (циклическое время), используется для вычисления интегральной и дифференциальной составляющих.

Отсчитывается в сотых долях секунды и берется из модуля *UNIVERSAL Sensor*, переменной *Circular time* (т. е. указывается для входной переменной адрес соответствующего модуля конфигурации контроллера в разделе *PLC Configuration*) или получается по сети от приборов ОВЕН. Если функциональный блок используется не с измерителем ОВЕН, то необходимо завести переменную, в которую прибавлять время, равное периодичности вызова блока (периоду вызова *POU*). Единица времени в этой переменной должна равняться 1/100 сек, при переполнении значение должно обнуляться и накопление значения времени должно продолжаться;

SP: REAL; – уставка регулятора;

PB: REAL; – полоса пропорциональности (в единицах регулируемой величины). Показывает насколько сильно действует обратная связь – чем шире полоса пропорциональности, тем меньше величина выходного сигнала *OUT* при одном и том же отклонении (рассогласовании);

TI: DINT; – постоянная интегрирования (4-байтовое целое число со знаком, в секундах). Задаёт инерционность объекта регулирования;

TD: REAL; – постоянная дифференцирования. Рекомендованное соотношение *TD/TI* для большинства объектов лежит в диапазоне от 0,15 до 0,3;

IMIN: REAL; – минимальное ограничение накопления интегральной составляющей в диапазоне от -100 до 100;

IMAX: REAL; – максимальное ограничение накопления интегральной составляющей в диапазоне от -100 до 100.

Выход блока:

OUT: REAL; – выходной сигнал регулятора, от минус 100 до +100 % относительной мощности.

Пояснения по фрагментам программы:

0001 – на входе *SP* ПИД - регулятора в [°C] указывается значение необходимой температуры охлажденного продукта. На вход *PV* подается измеренное значение температуры. Параметры на входах *TI*, *TD*, *IMIN*, *IMAX*

выбираются экспертным методом. Блок MAX в выходном сигнале убирает отрицательные значения;

0002 – сигнал *out_val* с ПИД-регулятора поступает на блок *MUL* для умножения на 655,35 с целью линейного преобразования выходной мощности регулятора (от 0 до 100) к мощности, подаваемой на ШИМ (0...65535). Далее значение передает его на блок *REAL TO WORD* для преобразования типа данных из *REAL* в *WORD*. С выхода переменная *PWR* подается на модуль соответствующего выхода контроллера в канал широтно-импульсной модуляции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе было разработано: функциональная схема автоматизации, принципиальная электрическая схема, схема соединений элементов СА, был произведен расчет надежности проектируемой СА, выбраны технические средства СА, произведен расчет параметров настройки регулятора для автоматического регулирования температуры охлажденного продукта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Медведев А.Е. Правила выполнения схем автоматизации технологических процессов и оборудования. – Кемерово: КузГТУ, 2006. – 56 с.
2. Чупин А.В. Расчет систем автоматизации технологических процессов и оборудования. – Кемерово: КузГТУ, 2004. – 63 с.
3. Медведев А.Е. Программа и методические указания по курсовому проектированию для студентов специальности 140604 (180400) «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» – Кемерово: КузГТУ, 2004. – 42 с.
4. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля / Под ред. А.С. Ключева. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 432 с.
5. Конюх В.Л. Компьютерная автоматизация производства. Учебное пособие, часть 1. – Кемерово: 2003. – 118 с.
6. Медведев А.Е. Система автоматизации компрессорной установки. Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу АПП. – Кемерово: КузГТУ, 2007. – 31 с.
7. Компьютерная база данных КузГТУ по техническим средствам систем автоматизации, разработанная проф. кафедры ЭПА Захаровой А.Г.
8. Бражников А.М. Теория термической обработки мясопродуктов. - М.: ВО «Агропромиздат», 1987.
9. Головкин Н.А. Холодильная технология пищевых продуктов. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 2004.
10. Зилафф Х. и Шлойзенер Х. Охлаждение и замораживание // Мясо и молоко. 2002. - №3.
11. Корнев А.М., Харитонов В.П. Практикум по холодильной технологии пищевых продуктов и холодильной технике. - М.: Агропромиздат, 1986.