

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»
Институт химии и энергетики

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

(код и наименование направления подготовки)

Техническое и информационное обеспечение интеллектуальных систем
электроснабжения

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему «Интеллектуальная система автоматического ввода резерва
электропитания технологического оборудования автомобильного кластера»

Студент

Е. А. Ксенофонтова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., доцент, С.В. Шаповалов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Содержание

Введение.....	4
1 Тенденции развития систем электроснабжения и автоматизации технологического оборудования на автомобильных предприятиях	9
2 Резервирование систем электроснабжения оборудования	14
2.1 Системы автоматического ввода резерва	14
2.2 Компоненты АВР	16
3 Виды АВР и их классификация	19
3.1 Принцип действия устройств АВР	19
3.2 Критерии необходимости применения устройств АВР	21
3.3 Схемы АВР	22
3.4 Решения АВР для подстанций КТП для РУ-0,4 кВ	24
3.5 Схема внутреннего устройства снабжения оборудования в производстве	30
4 Классификация АВР и варианты его реализации	34
4.1 Электромеханические системы АВР	34
4.2 Тиристорные АВР	39
4.3 АВР с микропроцессорной системой управления	41
4.4 Системы АВР с применением программируемых логических контроллеров	46
4.5 Система резервного питания системы управления на линии сборки двигателей	49
4.6 Применение универсальных логических программируемых реле в системах АВР.....	54
5 Схемы АВР с применением программируемого реле Zelio Logic	61
5.1 Типовые схемы АВР для реле Zelio Logic	61
5.2. Работа системы АВР на реле Zelio в схеме с двумя рабочими вводами с секционированием при нарушении электроснабжения	63
Заключение	69

Список используемых источников.....	72
Приложение А Программа логики коммутации входов и выходов программируемого реле Zelio Logic для схемы с двумя вводами и секционированием.....	77
Приложение Б Перечень элементов для построения схемы АВР с двумя вводами и секционированием не программируемом реле Zelio Logic.....	79

Введение

Электроэнергия является основным энергоносителем для большинства технологических операций в сфере производства. Сегодня любое понижение напряжения или же его полное отключение являются наиболее критическими проблемами для качества энергоснабжения любой системы в мире. Резкие пики и броски напряжения при снабжении электроэнергией технологического оборудования в производствах являются причиной критичных остановок в производственных процессах и могут приводить к неконтролируемым процессам в производстве [1].

Бесперебойное снабжении энергией промышленных предприятий именно тех, где идут технологические процессы, остановка которых пусть даже на малый срок будет очень критичным для качества выпускаемой продукции или же общей работоспособности технологического оборудования, будет очень важным аспектом. В связи с учетом большой изношенности энергетического оборудования и сетей на предприятиях, работающих более 20-25 лет, вопрос бесперебойного энергоснабжения становится крайне актуальным [2].

Как работоспособность технологического оборудования, так и качество жизни сейчас напрямую зависит от бесперебойного обеспечения подачи электрической энергии. От качества снабжения электроэнергией напрямую зависит работа таких учреждений как: больниц, госучреждений, объектов образования и сельского хозяйства, сферы ЖКХ и объектов жизнеобеспечения [3].

Качественное и своевременное электроснабжение сегодня стало одним из основополагающих аспектов для обеспечения функционирования современного человека в динамично развивающемся мире. В быту же, человек сталкиваясь с некими проблемами, которые возникают при неконтролируемом или неожиданном отключении электричества, часто очень остро ощущает последствия подобных явлений на себе. Любые перерывы в

электроснабжении некоторых сфер, например, как: атомная промышленность, связь, медицина, оборона, космос и др. отрасли со сложным технологическим процессом могут привести к сильным или даже катастрофическим последствиям, таким как повреждение дорогостоящего оборудования или даже людским жертвам. Примером подобных действий является недавнее массовое отключение электроэнергии в Венесуэле, в результате которого в лечебных учреждениях погибло почти 80 человек, или последствия неправильной работы энергосистемы на атомной электростанции на японском острове Фукусима, приведшие к радиационному заражению очень большой по площади территории [4].

Объекты данных стратегически значимых отраслей должны иметь устойчивые системы электроснабжения с необходимым уровнем резервирования каналов обеспечения подачи электроэнергии. Это все напрямую доказывает необходимость резервирования систем подачи электропитания и автоматизации их подключения, особенно в критически важных и значимых местах и отраслях промышленности. Любые длительные перерывы также влекут за собой и значительные материальные убытки, значимые угрозы в отношении сохранности работоспособности техники и могут представлять угрозу жизни и безопасности людей. Чтобы этого не допустить энергосистему подключают к двум или сразу нескольким независимым источникам питания. При этом переход от одного источника к другому осуществляют в автоматическом режиме с помощью автоматических устройств [5].

Для повышения надежности любой системы электроснабжения в зависимости от необходимости применяют разные типы и варианты резервирования электропитания или же автоматизации данного процесса. Внедрение таких систем для резервирования автоматического ввода резерва (АВР), предназначенных для автоматизации подключения нагрузки у потребителя к любому резервному источнику обеспечения электроснабжения, в случае отсутствия электроэнергии на основном вводе,

является важным элементом любой системы электроснабжения потребителя, как в быту, так и на производстве [6].

В основном, устройства автоматического ввода резервного питания обеспечивают переключение между двумя независимыми источниками электроснабжения или же производят переключение с основного ввода на некоторый запасной источник электроснабжения [7]. В качестве такого источника может быть применена как любая другая подстанция, так и любой автономный источник, обеспечивающий необходимое питание.

Чаще всего в качестве таких источников применяют дизель-генераторы, источники бесперебойного питания или же аккумуляторные батареи. А для электроснабжения некоторых категорий, особо ответственных объектов, могут быть использованы несколько таких источников, включение которых будет контролироваться автоматикой системы АВР [8].

В ПУЭ [1] дана классификация для всех электроприемников по степени обеспечения надежности их систем электроснабжения. Их принято подразделять на три категории: I, II и III. К I категории относятся такие электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство работы сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства.

Также в первой категории выделена особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения основного оборудования. II группа – это электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому невыпуску товарной продукции, простоям и бездействию сотрудников предприятий, отдельных механизмов и транспортных систем, а

также нарушению нормальной жизнедеятельности огромного количества людей, проживающих как в городах, так и в сельской местности.

Самые жесткие ограничения и требования при этом будут применяться к электроприемникам I (первой) категории. Они должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания [9].

Для электроснабжения особой группы электроприемников I категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника. Некоторые типы технологического оборудования и технологические цепочки требуют непрерывного и стабильного обеспечения электропитания [10]. К ним относят следующие виды производств: производства непрерывного цикла (литейные и металлургические производства, химические и фармацевтические предприятия), предприятия по производству электроники, машиностроительные предприятия с длинным циклом выпуска продукции или поточным производством. На таких предприятиях непрерывная подача электропитания для технологического оборудования является залогом как качественной продукции, так и отсутствия проблем техносферного характера.

Предприятия автомобильной промышленности представляют собою некий комплексный вариант различных технологических цепочек потребителей, относящихся как к 1, так и ко 2 категории. К таким предприятиям можно отнести и АО «АВТОВАЗ», на котором эксплуатируется огромный парк технологического оборудования, сильно зависящего от непрерывности и качества получаемой электроэнергии. И хотя качество электроэнергии для питания оборудования может быть и обеспечено, но проблема бесперебойности электроснабжения все же остается актуальной [11].

Решить ее возможно только за счет внедрения системы резервирования иных энергетических вводов и их подключения в автоматическом режиме для питания для особых групп технологического оборудования (например, насосных установок очистки и подготовки воды в производствах окраски, термопластавтоматах, линиях сборки, оборудовании с непрерывным технологическим циклом и т.п.) [12].

Например, в структуре АО «АВТОВАЗ» существует металлургическое производство, в некоторых подразделениях которого используется оборудование непрерывного цикла, в Сборочно-Кузовном и Механосборочном производстве на хранении постоянно находится значительный резерв различных ГСМ, при этом контроль за их хранением и учетом происходит за счет функционирования автоматизированных систем хранения. Также в механосборочных производствах работают высокопроизводительное технологическое оборудование, прецизионные станочные комплексы или автоматизированные сборочные и иные технологические линии, стенды «горячих испытаний» двигателей, потребляющие бензин и термические производства, работающие на природном газе и являющимися особо контролируемым представителями Ростехнадзора РФ.

Безаварийная работа всего этого технологического оборудования, а также качество и количество продукции зависит напрямую от систем энергоснабжения данных производств. В связи с этим, непрерывное обеспечение подачи электропитания для нужд функционирования сложного, высокотехнологического оборудования – это одна из приоритетных задач, которые необходимо решать при проектировании систем электроснабжения предприятий.

1 Тенденции развития систем электроснабжения и автоматизации технологического оборудования на автомобильных предприятиях

На данный момент все больше предприятий при замене или модернизации как технологического, так и энергетического оборудования в целом предпочитают выбирать путь «комплексного решения» от одного производителя. Или же при модернизации используются модели «умного» производства и современные решения с применением разных уровней и протоколов передачи данных по различным видам промышленных сетей, от так называемого «полевого» до «верхнего» уровней, которые объединяются в единую сетевую систему управления производством, с возможным созданием SCADA систем [13].

На рисунке 1 представлен вариант связей внутри такой системы для комплексной автоматизации различных систем предприятия: от систем бесперебойной подачи электроэнергии (как от основного источника, так и от альтернативного), до систем обеспечивающих работу технологического оборудования и логистических и складских систем.

Комплексный вариант проектирование в сфере энергоснабжения и распределения электроэнергии – это достаточно надежный ответ на те требования, которые на данный момент предъявляются к данной области промышленности [14].

Множественные интеллектуальные интерфейсы, которыми оснащаются как элементы энергетического, так и технологического оборудования, свободно позволяют соединять их в единое целое для создания глобальных систем управления и мониторинга работы предприятия в целом, используя при этом весь потенциал системы комплексных решений.

Высокоэффективное, надежное и безопасное распределение электроэнергии обеспечивает баланс при доставке всех видов энергоносителей туда, где они необходимы, в том числе и на промышленные установки, и в нужные моменты времени, без ущерба для других

потребителей, или же с минимальными потерями для функционирования работы предприятия в общем.

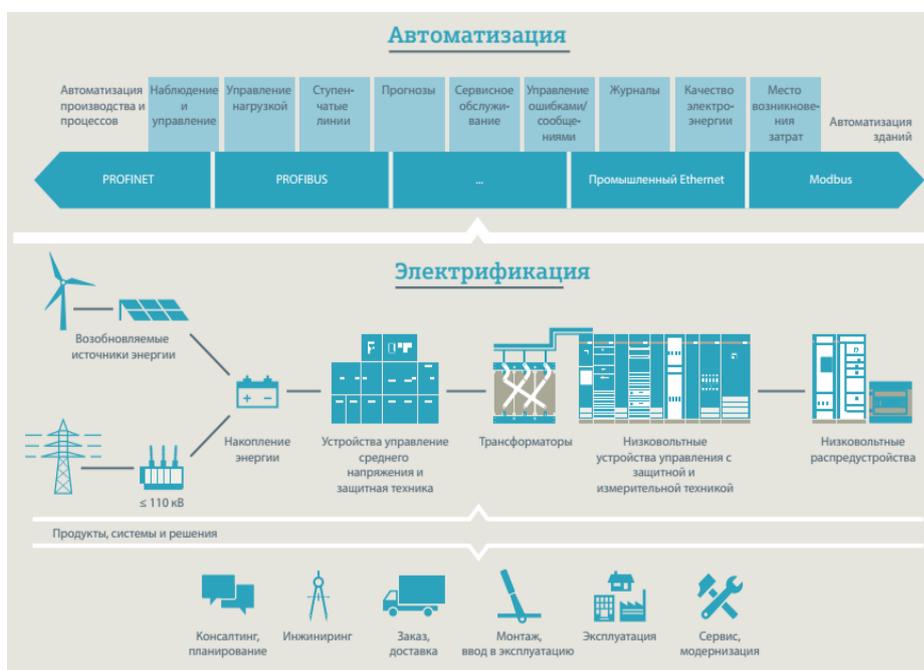


Рисунок 1 – Уровни внедрения сетевых протоколов в автомобильном производстве

Так, на рисунке 2 представлен вариант взаимодействия различных сетевых протоколов и программных продуктов ф. Siemens, являющейся одним из лидеров, как в области производства оборудования для энергетических нужд, так и для комплексной автоматизации производств в целом. Siemens является также одним из основных поставщиков оборудования для автомобильной промышленности, в том числе и для АО «АВТОВАЗ», как части глобального автомобильного концерна.

Так, например, данные о потреблении электроэнергии, о функционировании отдельных «критически важных» устройств, как на комплексе оборудования, так и на отдельном оборудовании, могут быть переданы с «полевого уровня» (IO –Link, ProfiBus, ProfiNet и т.д) до уровня системы диспетчеризации и управления предприятием. При этом устройства данного производителя свободно могут быть подключены с использованием

протоколов промышленных сетей к устройствам, изготовленным сторонними производителями, по средствам простого внесения их в общую сетевую конфигурацию системы и добавления «программного ключа» – программы для конкретного устройства, которое обычно поставляет производитель оборудования [15].

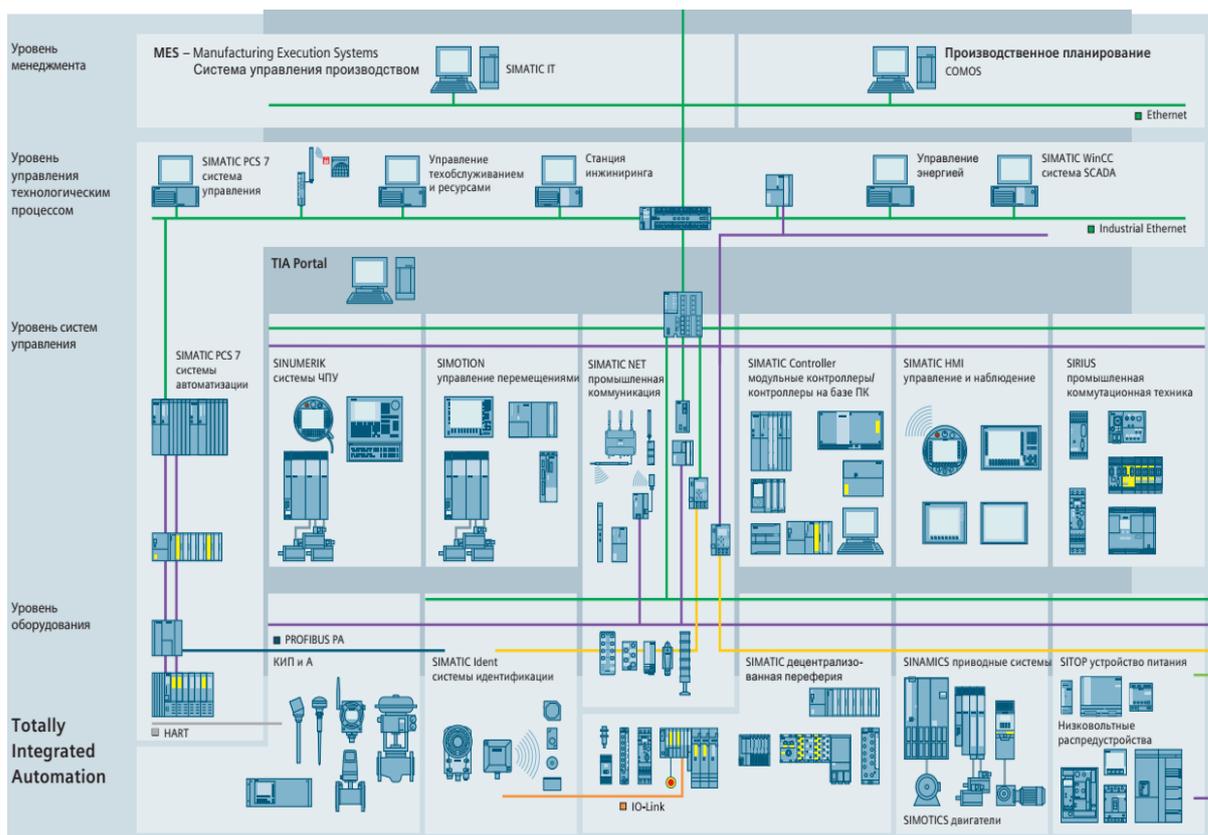


Рисунок 2 – Топология промышленных сетей технологического оборудования для автомобильных предприятий

А в случае, например, отключения какого-либо важного узла от электроснабжения, или же получения данных о несоответствии параметров питающей сети критически важного или лимитирующего оборудования, система, в автоматическом режиме, сможет самостоятельно принимать решения о переводе этого узла на другой ввод этого же источника питания или же подключит резервный источник питания [16]. А все данные о случившемся будут сохранены в памяти общей системы диспетчеризования завода.

Специфика современных автомобильных производств заключается в их тотальной автоматизации и создании систем контроля производства с целью отслеживания максимального количества параметров для более точной настройки работы предприятия в целом и прослеживаемости всех внештатных ситуаций при эксплуатации оборудования [17].

Например, на АО «АВТОВАЗ» современное технологическое оборудование, которое обладает системами сетевых коммуникаций, встраивается в цепочки, где присутствует старое оборудование. Например, при сборки и обкатке двигателей для автомобилей подача ГСМ для стендов «горячих испытаний» осуществляется насосными агрегатами от существующего оборудования, питание которого не имеет резервирования.

Для этого оборудования с учетом того, что с одной емкости хранения ГСМ раздается на несколько стендов испытания двигателей, которые имеют при этом единую систему управления для двух постов обкатки возникла необходимость резервирования питания системы подачи ГСМ и одним из требований при этом стало включение ее в общую производственную систему контроля данного комплекса оборудования с возможностью передачи по сети всех возможных данных. Система АВР должна была быть выполнена с учетом возможных ограничений по применению компонентной базы и с учетом того, какие системы управления и протоколы передачи данных уже использованы для обмена различными единицами технологического оборудования всего комплекса [19].

Стенды обкатки и «горячих испытаний» двигателя для действующей линейки силовых агрегатов, применяемых на автомобилях альянса «АВТОВАЗ – РЕНО – НИССАН» оснащены системами управления на основе программируемых логических контроллеров (PLC) производства ф. Schneider Electric. Это оборудование отправляет в сеть производства данные о своем состоянии, а также обменивается данными с другим технологическим оборудованием комплекса, например, линией по сборке испытываемого силового агрегата, управление которой в свою очередь построено на базе

систем управления ф. Siemens. В случае внезапного отключения питания самого программируемого контроллера линии также может пройти потеря данных, что также негативно скажется на выпуске продукции.

Выводы по разделу 1:

Целью работы является разработка системы АВР, с целью её дальнейшего интегрирования в действующее оборудование по подачи топлива на испытательные стенды обкатки двигателей и системы обеспечения резервирования, хранения данных на действующей сборочной линии двигателей. Для этого необходимо было решить следующие задачи:

- а) Выбрать схему АВР исходя из существующих ограничений
- б) Выбор компонентной базы и разработка схемы для построения системы АВР и системы резервирования хранения и передачи данных в общую сеть предприятия и рекомендуемого списка компонентов для автомобильных производств.

При разработке и внедрении системы АВР также необходимо учитывать все возможные ограничения при последующей эксплуатации этой системы в составе всего комплекса технологического оборудования, таких как: ремонтпригодность, безопасность, прослеживаемость процесса работы и д.р. [18]

2 Резервирование систем электроснабжения оборудования

2.1 Системы автоматического ввода резерва

Бесперебойное обеспечение подачи электропитания можно реализовать, осуществив питание каждого отдельного потребителя, минимум от двух источников, как это делают для потребителей I (первой) категории. Однако эта схема имеет и ряд некоторых недостатков, а именно:

а) Ток КЗ (короткого замыкания) в этом случае будет выше, по сравнению с отдельной схемой подачи электроэнергии к потребителю.

б) Варианты РЗА (релейной защиты и автоматики) при условии осуществления отдельного питания будут сложнее и дороже

в) Достаточно высокие энергетические потери в трансформаторах, осуществляющих питание.

г) Невозможность реализовать подобные схемы из-за ранее установленной релейной защиты и особенностей работы действующего технологического оборудования.

Поэтому в основном требуется отдельное электроснабжение для быстрого восстановления электроснабжения промышленных потребителей.

Подобные задачи и способны выполнять системы АВР, которые могут в нужный момент подключить резервный источник электропитания (другая подстанция, генератор, аккумулятор) или же коммутировать выключатели, разделяющий сеть. При этом перерыв от момента пропадания питания до его восстановления должен быть как можно более коротким [20].

При проектировании любых систем с гарантированной подачей электроснабжения, например, предназначенных для обеспечения работы электроприемников I (первой) категории и (или) особой группы первой категории, требуется правильно выбрать тип системы (АВР). Автоматический ввод резерва — это прежде всего метод защиты, который обеспечивает бесперебойную работу сетей. Его реализация обеспечивается с помощью автоматического подключения действующей сети к иным

источникам электропитания, если происходит отказ функционирования основного источника питания [21].

Система АВР — это комплексное решение для автоматического ввода резерва. Такие устройства при любом критичном нарушении параметров электрической сети в автоматическом режиме происходит переключение нагрузки на резервные вводы. В качестве резервного источника может выступать как любая линия электропередач, генератор, ИБП (источник бесперебойного питания), аккумулятор и др. Иногда наличие системы резервирования питания и системы его ввода является обязательным. Для определенных групп потребителей, первой категории минимально необходимо оснащать двумя независимыми друг от друга вариантами электроснабжения. При этом существует так называемая первая особая категория, в которой для потребителя необходимо наличия минимум трех взаимно резервирующих систем энергоснабжения [22].

Любая система АВР должна обеспечить бесперебойное питание электроэнергией потребителей, а для этого системе АВР требуется отслеживать состояние на основном питающем энерговоде. В случае выявления отклонений системы АВР должны переводить на резервные вводы электроэнергии потребителей. Сам процесс восстановления подачи питания должен происходить с максимальной скоростью. Необходимым условием в этом случае будет являться однократность такого действия. То есть повторных срабатываний в случае одной не должно происходить, при этом сам разрыв основной сети необходимо проводить до подключения резервной линии.

И все изменения при этом устройство АВР должно отслеживать и индицировать с свои параметры для пользователей.

При работе АВР необходимо понимать, то эксплуатант энергосистемы может и должен самостоятельно закладывать рабочие параметры сети для работы своего оборудования. При любых отклонениях от этих параметров АВР выдает команду на перевод потребителей на иной ввод. Подобным

отклонением может быть, как перенапряжение, так и его падение, перекос фаз, режим КЗ, обрыв сети и т.д. АВР самостоятельно должна проверять и контролировать и некие иные, дополнительные условия функционирования: например линии не должно быть не устраненных неисправностей, в противном случае включение другого источника будет опасно, как для людей, так и для оборудования. Такая же основной ввод не должен быть обесточен, для того чтобы исключить ситуацию, когда напряжение на основной линии пропало и ввод был намеренно обесточен. При этом, АВР проверяет собственно наличие напряжения на запасном вводе, в случае не запуска, например ДГУ (дизель-генераторная установка). Только когда все условия одновременно выполнены, то устройство АВР обесточит основной ввод электропитания, а потом подключит резервный ввод.

Функционирование системы АВР может быть разным, в случае наличия двух равноценных вводов, электросеть будет запитана от резерва. В другом случае питание системы будет переключено обратно на основной источник энергии, но только тогда, когда все параметры электроэнергии, заданные пользователем, для системы АВР будут приведены к нормальному режиму и состоянию.

2.2 Компоненты АВР

С технической точки зрения устройство АВР состоит из логической и коммутационной части. Первая из них отвечает за принятие решений, а вторая выполняет механическую функцию, то есть осуществляет переключение на практике. Но задач у автоматики несколько, поэтому стоит рассмотреть компоненты АВР более детально [23]. На каждом из вводов находятся измерительные органы. При этом измерительная часть имеет регулируемую уставку, чтобы можно было задавать верхнюю и нижнюю границу рабочего напряжения. В задачи измерительной части входит постоянный контроль того или иного ввода [24]. Что касается логического

контроллера, то он тоже имеет регулировку выдержки срабатывания. К логической части также относится цепь однократности, которая представляет собой двухпозиционное реле. Еще один немаловажный элемент АВР - индикаторная (сигнальная) часть. Она реализуется на основе указательных реле. По сути, это важная составляющая защитной функции АВР, поскольку информирует обо всех изменениях и неисправностях в работе.

В отношении силовой части стоит сказать, что она может быть собрана на контакторах, автоматических выключателях или полупроводниковых элементах. В любом случае силовая часть должна полностью исключать возможность одновременного включения обоих вводов. Это возможно только при использовании сразу двух типов блокировки - электронной и механической. Рассмотрим основные требования, предъявляемые к этим устройствам в случае построения системы гарантированного энергоснабжения.

В соответствии с ПУЭ [1] (гл.1.2 изд. 6) все электроприемники, так называемой первой категории надежности, должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, а для электроснабжения особой группы электроприемников первой категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого источника. При функционировании системы АВР должны быть приняты меры, которые исключают возможность замыкания между собой независимых источников питания и при этом в дополнение к требованиям ПУЭ представители службы энергонадзора, настаивают на наличие не только электрической, но еще и механической возможности заблокировать работу коммутационных аппаратов системы. При этом время непосредственного переключения резерва напрямую зависит от характеристик потребителей электроэнергии [25].

Для исключения возможных ложных сработок, при регулировании уставки времени задержки переключения, при сбоях одной из энергосетей. Желательно также обеспечить и наличие индикации состояния работы

вводных устройств системы, а также надо предусмотреть возможности работы АВР в ручном режиме. АВР должна контролировать наличия напряжения во всех источниках питания как основного, так и резервного. АВР должно контролировать максимально предельные колебания показателей сети: если напряжение в основном источнике пропадает, сбивается фазировка или допустимое значение превышает нормальные, то он обеспечивает подключение к резервному источнику. В случае же нормализации ситуации питание вновь переключается на основной источник. Управление оборудованием возможно, как в автоматическом режиме, так и ручном режиме от команд диспетчера с ПУ.

Для простого технологического оборудования или же оборудования с небольшой номинальной мощностью целесообразно применять не дорогие электромеханические системы. А в случае оборудования, оснащенного электронными системами управления или же оборудования с высокой потребляемой мощностью, требуются более быстросейственные системы [26].

Выводы по разделу 2:

а) Системы автоматического ввода резерва на современных автомобильных предприятиях целесообразно внедрять в соответствии с концепцией “умного производства” для создания общей производственной системы предприятия и их интеграции туда.

б) Выбор, компоновка и принцип работы систем резервирования питания напрямую будет зависеть от конкретных условий работы энергетического и технологического оборудования, установленного в производстве.

3 Виды АВР и их классификация

3.1 Принцип действия устройств АВР

Проведем обзор и анализ типовых схем АВР с целью выявления наиболее подходящей для использования на действующем комплексе технологического оборудования с учетом накладываемых ограничений.

Устройства АВР можно классифицировать по принципу их действия:

а) Односторонние. АВР содержит две секции питания: основную и резервную. При этом резерв будет включаться при отсутствии питания с системы основного ввода.

б) Двухсторонние. Любая из двух линий может выполнять роль как рабочего, так и резервного ввода питания системы.

в) Восстанавливающиеся АВР. При восстановлении питания на основном вводе он автоматически включается в работу, а резервный ввод при этом будет отключен.

г) Без автоматического восстановления. При этом все настройки и параметры режимов работы для источника основного питания будут задаваться вручную.

При этом все системы АВР должны обладать такими характеристиками как:

а) Безотказность, т.е. должны включаться в любых условиях при исчезновении питания на линии или в случае отказа силовых элементов системы. Исключение в этом случае составляет вариант блокировки АВР при срабатывании элементов защиты с целью нивелирования повреждения элементов сети.

б) Достаточное быстродействие, т.е. включения в работу за минимально возможное время после исчезновения питания на главном источнике питания.

в) Селективность работы АВР, например, отсутствие реакции от снижения напряжения в случае подключения большого количества мощного технологического оборудования.

г) Однократность действия системы, которое предотвращение повторный запуск оборудования в работу в случае, если причины неисправности не устранены.

Автоматический ввод резервного питания (далее по тексту АВР) – это устройство восстановления питания потребителей электроэнергии путем автоматического присоединения резервного питания при отключении рабочего источника питания. Определение АВР и рекомендации по его реализации изложены в ПУЭ п.3.3.30-3.3.42.[1]

В соответствии с определением АВР переключает питание с основного на резервный источник. Но возникает вопрос о необходимости возврата схемы электроснабжения в исходное состояние при восстановлении основного питания, а также насколько соответствуют параметры основного питания после его восстановления [27].

Для корректной работы АВР, необходимо четкое понимание минимальной степени автоматизации и алгоритма его работы.

Запуск алгоритма АВР производится на основании данных, полученных от контролирующих элементов. Контроль в большинстве случаев осуществляется по напряжению, но также может осуществляться по частоте или току.

Для переключения между основным и резервным источником питания нужны определенные коммутационные аппараты и устройства с возможностью их дистанционного управления. В качестве таких коммутационных аппаратов для распределительных устройств, рассчитанных на напряжение 0,4 кВ могут использоваться следующие устройства:

а) автоматические выключатели нагрузки оборудованные электроприводом;

б) выключатели нагрузки (пакетные выключатели) с электроприводом;

в) контакторы и пускатели;

Для РУ-10 кВ, используются коммутационные аппараты такие как: вакуумные выключатели, вакуумные контакторы, выключатели нагрузки с электроприводом.

В целом для реализации АВР используются элементы:

а) коммутационные аппараты, устанавливаемые на вводах источников питания и секционировании;

б) элементы контроля источников питания;

в) логические элементы управления.

3.2 Критерии необходимости применения устройств АВР

Рекомендации по критериям определения категории электроприёмников указаны в ПУЭ п.1.2.18-1.2.21 [1].

Электроприёмники разделяются на три категории обеспечения надежности: электроприёмники первой категории при нормальном режиме обеспечиваются электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. Перерыв электропитания данных электроприёмников допущен лишь на время переключения АВР. В качестве второго источника питания допускается применение местной генерирующей электростанции.

Электроприёмники второй категории при нормальном режиме также обеспечиваются электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. Перерыв электропитания допущен лишь на время действий обслуживающего персонала

Электроприёмники третьей категории при нормальном режиме обеспечиваются электроэнергией от одного источника питания. Время восстановления для данной категории не более 1 суток.

Кроме трех основных категорий для электроприёмников первой категории дополнительно выделяют особую группу и особо сложную группу, для которой кроме двух независимых источников питания предусматриваются дополнительные источники питания.

Применять АВР целесообразно для следующих категорий:

- а) Первой категории электроприёмников, определенными в ПУЭ;
- б) Первой особо категории электроприёмников, определенными в ПУЭ;
- в) Первой особо сложной категории электроприёмников, определенными в ПУЭ.

3.3 Схемы АВР

В качестве примера рассмотрим возможные схемы АВР в зависимости от категории электроприёмников. Для потребителей первой категории, у которых в качестве второго источника питания применяется местная генерирующая электростанция возможно применение схемы с АВР для двух независимых вводов на общую систему шин, условно первая схема АВР.

Схема для такого АВР показана на рисунке 3, где:

- 1- Основной источник электропитания;
- 2- Резервный источник электропитания;
- 3- Нагрузка.

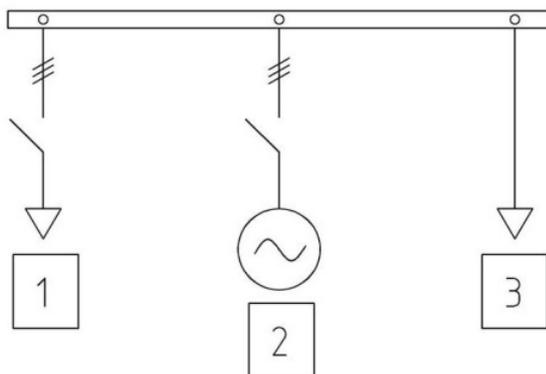


Рисунок 3 – АВР для двух независимых вводов на общую систему шин

Для потребителей первой категории, у которых электроснабжение обеспечиваются от двух независимых, взаимно резервирующих источников питания, возможно применение схемы АВР для двух независимых вводов на две системы шин с секционированием, условно вторая схема АВР.

Вторая схема АВР показана на рисунке 4, где:

- 1- Независимые источники электропитания;
- 2- Секционирование;
- 3- Нагрузка;

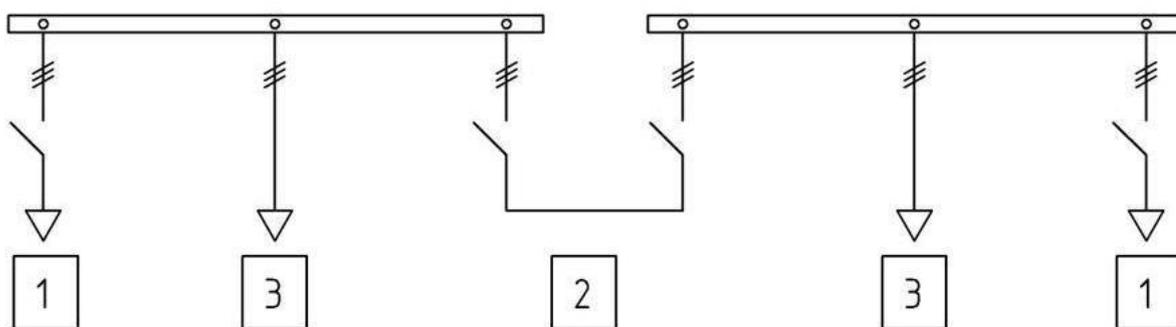


Рисунок 4 – Схемы АВР для двух независимых вводов на две системы шин с секционированием

Для потребителей первой особой категории электроприёмников возможно применение схемы АВР для двух независимых вводов, двух систем шин с секционированием и одним автономным источником питания, условно третья схема АВР.

Третья схема АВР показана на рисунке 5, где:

- 1- Независимые источники электропитания;
- 2- Резервный источник электропитания;
- 3- Секционирование;
- 4- Нагрузка.

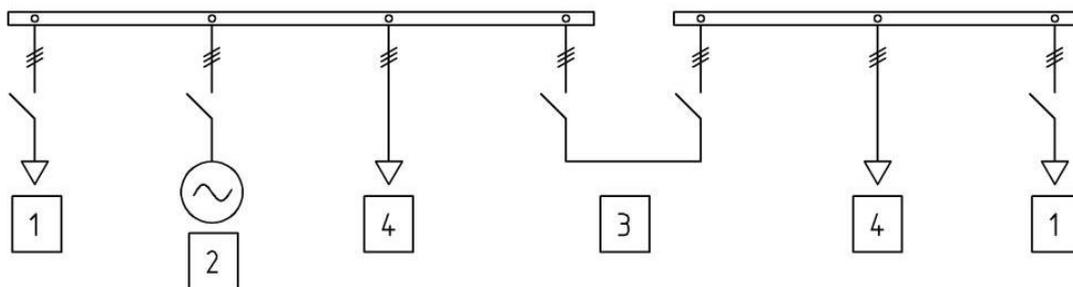


Рисунок 5 – АВР для двух независимых вводов, двух систем шин с секционированием и одним автономным источником питания

3.4 Решения АВР для подстанций КТП для РУ-0,4 кВ

Для РУ-0,4 кВ подстанций БКТП (блочные комплектные трансформаторные подстанции) и КТП (комплектные трансформаторные подстанции) в зависимости от категории электроприёмника применяются различные схемы АВР.

Первый вариант схемы АВР применяется в тупиковых подстанциях с вторым источником питания от генератора. Схема такой подстанции показана на рисунке 6, где основным источником питания является сторона РУ-10(6) кВ, вторым источником служит генератор, нагрузка распределяется по отходящим фидерам РУ-0,4. В качестве коммутационных аппаратов схемы АВР используются автоматические выключатели QF1 и QF2. На схеме показаны стационарные автоматические выключатели с моторным приводом, также в качестве коммутационных аппаратов могут использоваться автоматические выключатели с моторными электроприводами. В качестве элементов контроля источников питания используются реле контроля напряжения KV1, KV2 установленные со стороны питающих линий. Логическим элементом управления АВР служит логический контроллер или релейная схема. При исчезновении напряжения на вводе автоматического выключателя QF1, реле контроля напряжения KV1 подает сигнал на логический элемент управления АВР. Далее формируется сигнал на запуск резервного источника электроснабжения, а при появлении напряжения со

стороны резервного ввода, реле контроля напряжения KV2 дает сигнал для АВР. Далее осуществляется переключение с основного на резервное питание, отключается QF1 и включается QF2. При появлении напряжения на вводе автоматического выключателя QF1 осуществляется переключение на основной источник питания, отключается QF2 и включается QF1. Для корректной работы такой схемы АВР во время переключений, питание схемы АВР осуществляется от ИБП [28].

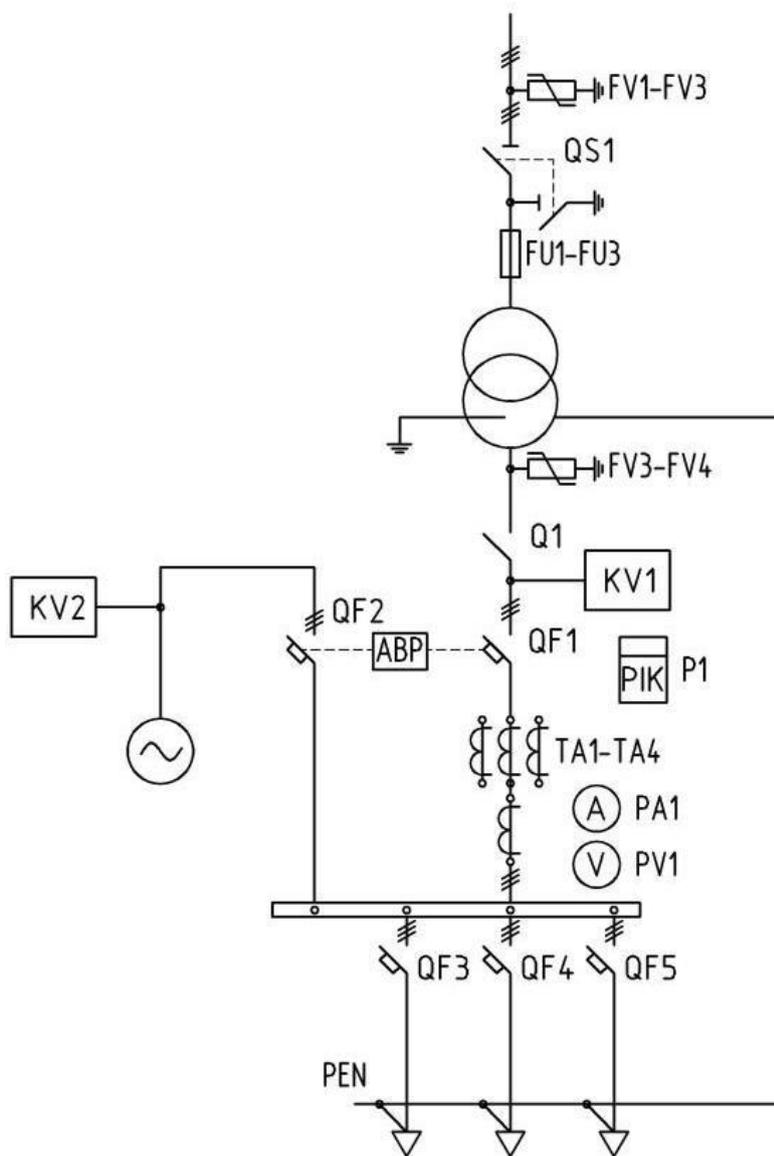


Рисунок 6 – Схема АВР для тупиковых подстанций с вторым источником питания от генератора

Состояние работы автоматических выключателей при работе такой системы АВР показана в таблице 1.

Таблица 1 – Состояние автоматических выключателей при работе АВР для тупиковых подстанций со вторым источником питания

Режим работы	Состояние автоматических выключателей	
	QF1	QF2
Нормальный режим	Вкл.	Откл.
Авария ввод 1	Откл.	Вкл.

Второй вариант схемы АВР применяется в двухтрансформаторных подстанциях питание которой обеспечиваются от двух независимых, взаимно резервирующих источников, на две системы шин с секционированием. Схема такой подстанции показана на рисунке 7, где независимое питание осуществляется со стороны РУ-10(6) кВ, нагрузка распределяется по отходящим фидерам РУ-0,4, а функция АВР обеспечивается секционным автоматическим выключателем.

В качестве коммутационных аппаратов схемы АВР используются вводные автоматические выключатели QF1, QF2 и секционный автоматический выключатель QF3. На схеме показаны выкатные автоматические выключатели с моторным приводом, также в качестве коммутационных аппаратов могут использоваться стационарные автоматические выключатели с моторным приводом. Для контроля напряжения используются реле контроля напряжения KV1, KV2 установленные со стороны питающих линий. Логическим элементом управления АВР служит логический контроллер или релейная схема.

При исчезновении напряжения на вводе автоматического выключателя QF1 (первый источник питания), реле контроля напряжения KV1 подает сигнал на логический элемент управления АВР. Далее осуществляется

переключение питания для потребителей первой секции с первого на второй источник питания, отключается автоматический выключатель первого ввода QF1 и включается автомат QF3. При появлении напряжения на вводе первого источника питания будет осуществляться восстановление основной схемы электропитания, отключается автомат QF3 и включается автомат QF1 для питания первого ввода.

При исчезновении напряжения на вводе автоматического выключателя QF2 (второй источник питания) логика переключений аналогична.

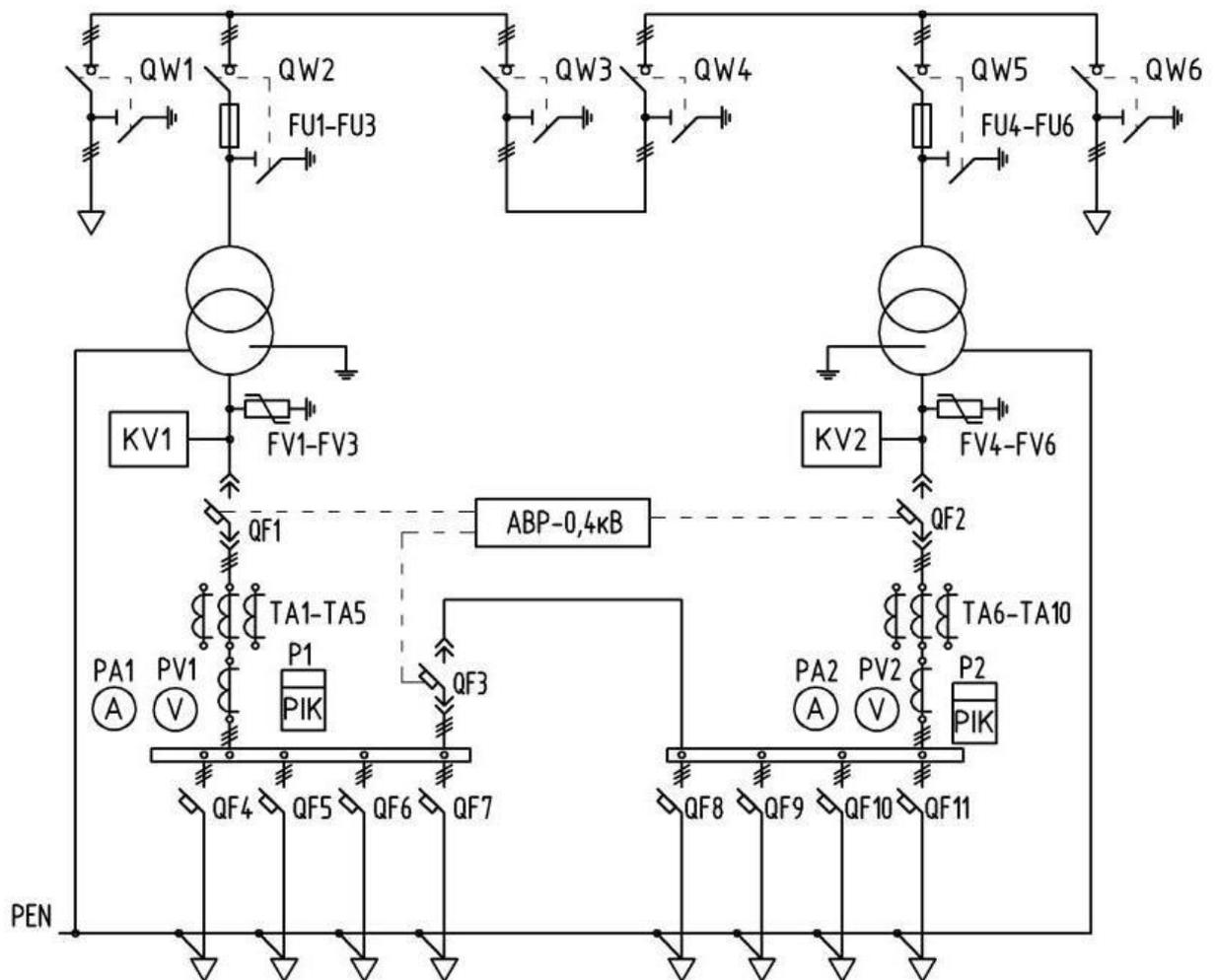


Рисунок 7 – АВР для двухтрансформаторных подстанций с питанием от двух независимых, взаимно резервирующих источников, на две системы шин с секционированием

Состояние автоматических выключателей при работе такого АВР показана в таблице 2.

Таблица 2 – Состояние автоматических выключателей при работе АВР с питанием от двух независимых, взаимно резервирующих источников, на две системы шин с секционированием

Режим работы	Состояние автоматических выключателей		
	QF1	QF2	QF3
Нормальный режим	Вкл.	Вкл.	Откл.
Авария ввод 1	Откл.	Вкл.	Вкл.
Авария ввод 2	Вкл.	Откл.	Вкл.

Третий вариант схемы АВР применяется в двухтрансформаторных подстанциях питание которой обеспечиваются от двух независимых, взаимно резервирующих источников, на две системы шин с секционированием и одним автономным источником питания. Схема такой подстанции показана на рисунке 8, где независимое питание осуществляется со стороны РУ-10(6) кВ, автономное питание осуществляется на одну секцию РУ-0,4 кВ, нагрузка распределяется по отходящим фидерам РУ-0,4, а функция АВР обеспечивается секционным автоматическим выключателем и автоматическим выключателем автономного источника питания. В качестве коммутационных аппаратов схемы АВР используются вводные автоматические выключатели QF1, QF2, автоматический выключатель автономного источника питания QF4 и секционный автоматический выключатель QF3. На схеме показаны выкатные автоматические выключатели с моторным приводом, также в качестве коммутационных аппаратов могут использоваться стационарные автоматические выключатели с моторным приводом. Для контроля напряжения со стороны независимых

источников питания используются реле контроля напряжения KV1, KV2, а со стороны автономного питания KV3.

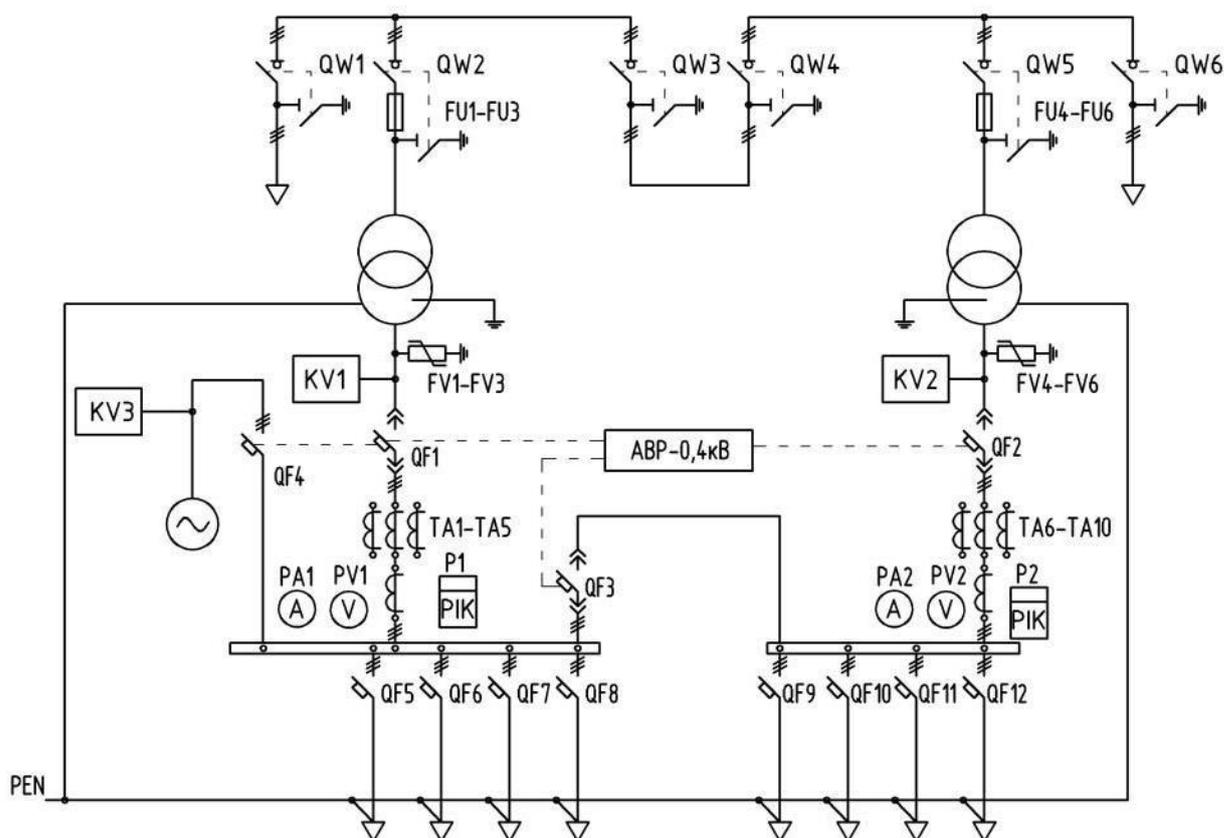


Рисунок 8 – АВР для двухтрансформаторных подстанций с питанием от двух независимых, взаимно резервирующих источников, на две системы шин с секционированием и одним автономным источником питания

Логика работы АВР реализуется логическим контроллером или релейной схемой. При исчезновении напряжения на вводе автоматических выключателе QF1 (первый источник питания) и QF2 (второй источник питания), реле контроля напряжения KV1 и KV2 подает сигнал на логический элемент управления АВР. Далее формируется сигнал на запуск резервного источника энергопитания, а при появлении напряжения на стороне резервного источника энергопитания, реле контроля напряжения KV3 будет подавать сигнал АВР. Далее осуществляется переключение с основного на резервное питание, отключается QF1 и включается QF2.

3.5 Схема внутреннего устройства снабжения оборудования в производстве

С учетом построения системы электроснабжения большинства действующих промышленных и автомобильных предприятий наиболее актуально применение двух следующих вариантов схемных решений для систем АВР:

- а) АВР для двух независимых вводов на общую систему шин
- б) АВР для двух независимых вводов на две системы шин с секционированием

Питающие данное оборудование ШМА (магистральные шинопроводы) и ШРА (распределительные шинопроводы) производства уже смонтированы и все они запитаны от одного ввода трансформаторной подстанции установленной на внутренней части территории производства.

Магистральные схемы используют при запитке оборудования с единой технологией или же связанными техпроцессами. В случае отсутствия питания на одном потребителе это вызывает необходимость отключения всего комплекса оборудования. Также такие схемы наиболее применимы для питания достаточно большого количества относительно не крупных потребителей (например, металлообрабатывающих станков), часто не связанных общей технологией. При этом такое оборудование может быть достаточно равномерно распределено по территории производства.

Магистральные схемы внутреннего устройства для снабжения потребителей в производстве, при этом дают возможность получить высокую готовность для подключения к ним.

Основными положительными моментами при применении такой схемы электроснабжения (до 1 кВ) являются ее большая гибкость и достаточная универсальность, которая дает возможность гибко менять мета установки

оборудования в зависимости от имеющихся потребностей без значительного изменения имеющихся внутренних электрических сетей производства.

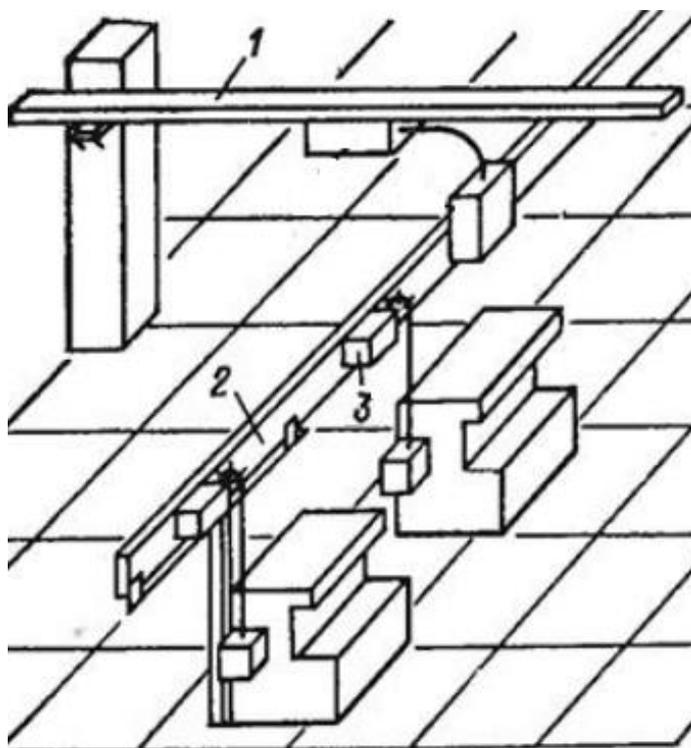


Рисунок 9 – Цеховая электросеть, оснащенная комплектными шинопроводами: 1 – магистральный шинопровод; 2–распределительный шинопровод; 3– ответвительная коробка с автоматическим выключателем

Каждая секции ШРА оборудована ответвительными коробками, внутри которых находятся автоматические выключателями, также возможен вариант присоединения коробок на секции шинопровода с защитными шторками. Это обеспечивает безопасное присоединение распредкоробок к такому шинопроводу под напряжением, а в случае, если коробка будет открыта, то тогда питание с потребителя будет снято.

На рисунке 10 представлен внешний вид систем ШРА, подвешенных к конструктивным элементам здания, для нового технологического оборудования и оборудования, установленного ранее, а также вид ответвительных коробок, оснащенных автоматическими выключателями. Для

включения и выключения автоматических выключателей используется диэлектрическая штанга.



а)



б)

Рисунок 10 – Внешний вид ЩРА при магистральной схеме питания
а) нового оборудования б) действующего оборудования

Присоединение распределительного шинпровода к магистральному осуществляют перемычкой, которая соединяет ввод каждого конкретного шинпровода с ответвлением от магистрального шинпровода, при этом ввод может быть выполнен в отдельном щитке, снабжен автоматическим выключателем и установлен на колонне здания, как это показано на рисунке 11.



Рисунок 11 – Коробка присоединения к магистральному шинпроводу

Выводы по разделу 3:

Так как все производство, где производят сборку двигателей и их обкатку запитано от одной двухтрансформаторной подстанции (см. рисунок 7), в качестве внутреннего устройства производство имеет магистральную систему шин с различной нагрузкой по каждому конкретному распределительному шинопроводу, то выводы по текущему разделу можно сделать следующие:

а) наиболее рациональным при имеющемся варианте будет применение схемы АВР с питанием от двух независимых взаимно резервирующих источников питания на две системы шин, с секционированием. Это будет возможно достаточно легко выполнить технически, так как распределительные шинопровода от разных трансформаторов находятся достаточно близко к друг другу.

б) основную и резервную секции питания необходимо подключить к различным секциям ШРА, запитанным от разных ШМА двух разных трансформаторов, подстанции действующего производства.

4 Классификация АВР и варианты его реализации

4.1 Электромеханические системы АВР

Резервное питание оборудования может осуществляться как от отдельного генератора или аккумуляторной батареи, так и от другой отдельной линии подачи электроэнергии. Вариант использования отдельной линии питания с системой АВР наиболее приемлем для стандов «горячий испытаний» двигателей, но не приемлем для линии сборки двигателей в связи с ее значительным потреблением электроэнергии.

Системы АВР по принципу действия можно разделить на две группы:

а) Односторонние. Одна секция или же ввод является рабочим (основным), а второй резервный. В случае исчезновения рабочего напряжения включается резерв.

б) Двухсторонние. Когда существуют две отдельно питающиеся секции и соответственно две линии являются рабочими, и при отключении одной любой из них, другая является резервной.

Также АВР подразделяются на следующие виды: 1) с восстановлением питания по нормальной схеме 2) без него. В последнем случае происходит полное погашение нерабочей сети, таким образом, что даже при повторном возобновлении питания, схема не будет работать как прежде по двум линиям.

Еще один из принципов деления систем АВР по конструктивным особенностям: электромеханические АВР и электронные АВР

Рассмотрим различные конструкции АВР и варианты их построения и проведем их сравнительный анализ в целях выявления наиболее подходящей схемы для использования ее в целях создания системы АВР для питания насосной установки для стандов «горячих испытаний двигателя» и питания процессорных шкафов линии сборки двигателей.

Обычно шкафы управления АВР для конкретно взятого технологического оборудования находятся рядом с ним и представляют

собою герметично закрытый металлический шкаф, Внешний вид различных шкафов АВР представлен на рисунке 12.

Шкафы управления в основном крепятся на колоннах или несущих конструкциях цеха и имеют индикацию работы всех вводов и также переключатели режима работы, если они предусмотрены.



а)

б)

Рисунок 12 – Внешний вид шкафов АВР

а) технологического оборудования б) узла противопожарной автоматики

К одной из самых старых систем АВР можно отнести электромеханические системы АВР на контакторах. Такого рода системы АВР получили наиболее широкое применение, из-за своей достаточно низкой стоимости комплектующих и ремонтпригодности элементов.

Системы АВР на контакторах обычно использует два контактора с наличием как электрической, так и механической блокировкой, а также реле контроля фаз. Для самых простых и дешевых вариантов АВР на контакторах принято используется обычное реле, которое контролирует наличие

напряжения на одной фазе, но при этом не контролирует ее качественные параметры такие как частота или напряжение. Внешний вид подобной системы приведен на рисунке 13.

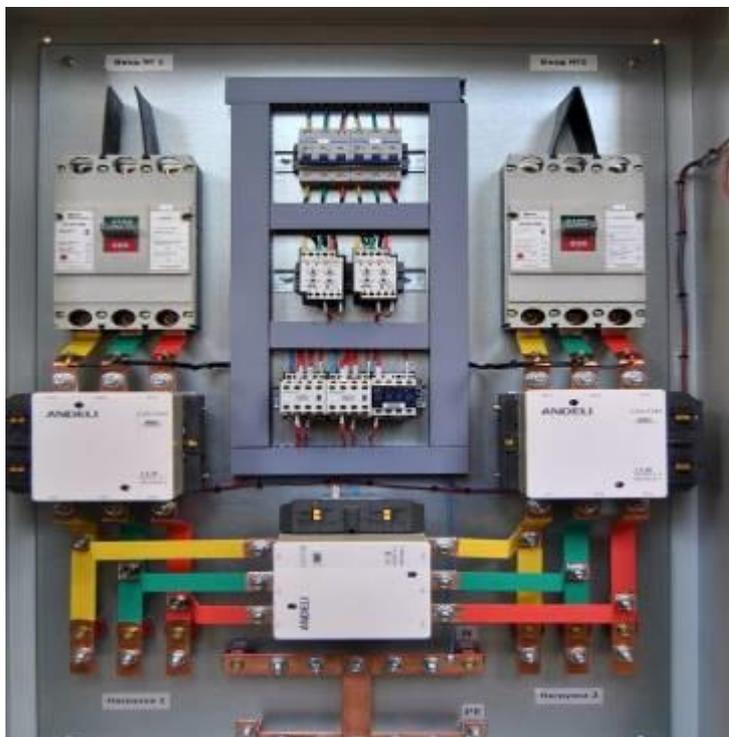


Рисунок 13 – Щит управления АВР на контакторах

В случае пропадания напряжения на одной фазе, система АВР на контакторах переключает нагрузку на другой ввод электроэнергии, который в данном случае является резервным. При использовании качественных комплектующих, то как реле контроля фаз с нормальным функционалом (контроль всех 3-х фаз по их напряжению, частоте, возможность выбора необходимого диапазона задержек по времени и т.д.) и наличия механических блокировок, исключая одновременную подачу питания с двух вводов, система АВР на контакторах является достаточно хорошим устройством по соотношению цена - качество. Основным преимуществом таким АВР являются не высокая стоимость при выполнении защитных функций. К недостаткам можно отнести не возможность включить систему ручного управления в случае неисправности систем АВР, их низкая

ремонтпригодность, так как при выходе из строя любой части АВР необходимо разбирать и ремонтировать все изделие, большое время их переключения (от 10 до 150 миллисекунд) и небольшое количество циклов гарантированного срабатывания устройства. Электрическая схема АВР на контакторах приведена на рисунке 14.

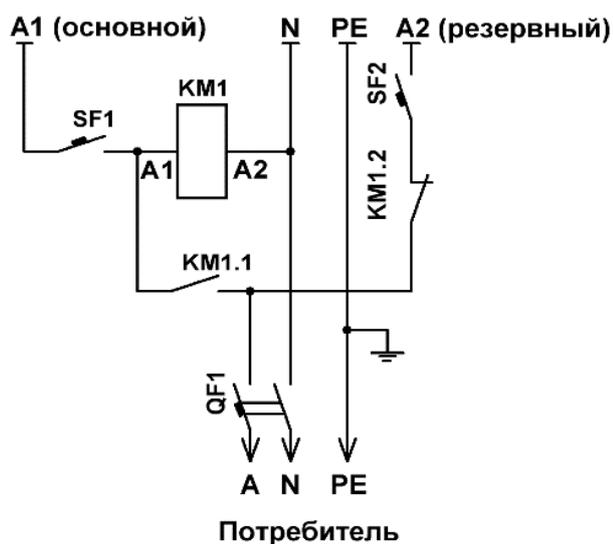


Рисунок 14 – Электросхема АВР на контакторах

Еще одной группой электромеханических систем АВР являются АВР на автоматических выключателях с электроприводом. Такой тип АВР обладает большим временем срабатывания, как и все электромеханические системы. Данные системы осуществляют как механическую, так и электрическую блокировки для двухвходовой схемы. Но данные АВР более сложны как в схемном решении, так и имеют более высокое стоимостное отношение по сравнению с более простыми электромеханических АВР, например, на контакторах, так как имеют больше подвижных исполнительных элементов и устройств.

Внешний вид щита управления АВР с применением автоматических выключателей и непосредственно автоматический выключатель для такой системы представлен на рисунке 15.



а)

б)

Рисунок 15 – АВР на автоматах с электроприводом ф. SHINT(а) и шкаф управления с АВР на автоматах с электроприводом (б)

Еще одной, многочисленной группой электромеханических АВР, являются устройства на дистанционно управляемых переключателях с электроприводом. Внешний вид щита подобной системы АВР и переключателя с электроприводом представлен на рисунке 16.



а)

б)

Рисунок 16 – Управляемый переключатель с электроприводом для АВР (а) и щит управления АВР на управляемых переключателях с электроприводом (б)

В таких переключателях в основе лежит обыкновенный рубильник (переключатель с нулевым положением), который включается в действие электромотором. При этом их электропривод управляется контроллером, являющимся частью этого автоматического рубильника или же он может устанавливаться отдельно от него.

К преимуществам такой схемы АВР можно отнести их высокую ремонтпригодность, так автоматический рубильник состоит всего из трех независимых элементов: непосредственно рубильника, электропривода и непосредственно контроллера. Поломка самого рубильника крайне редка, при выходе из строя приводного электродвигателя или контроллера (реле контроля фаз), их можно будет поменять отдельно без демонтажа всего ШУ или щита АВР и даже без непосредственного демонтажа рубильника.

В случае демонтажа мотора привода или контроллера остается возможность переключение нагрузки в режиме ручного управления. Подобные щиты управления АВР достаточно просто и быстро собрать в условиях предприятия. Для сборки щита достаточно установить рубильник на монтажную панель, без дополнительных силовых или контрольных соединений. Такие системы обладают надежностью в связи с использованием малого количества элементов, а также за счет применения силовой части коммутирующего устройства достаточно простого и надежного электромеханического рубильника. В качестве недостатков таких схем АВР можно выделить их высокую стоимость на токи выше 100 А и практически отсутствие защитных функций [29].

4.2 Тиристорные АВР

Следующей группой являются, так называемые электронные АВР, коммутирующая силовая часть которых выполнена на основе тиристоров. Поэтому их часто называют тиристорными. Внешний вид шкафа управления, оснащенного такой системой АВР, представлен на рисунке 17.



Рисунок 17 – Шкаф управления с электронной (тиристорной) системой АВР

Данный вид устройств АВР обеспечивают минимальное, близкое к нулю время, обеспечивающее переключения между двумя независимыми вводами, значительно превосходя по этому параметру электромеханические системы. Еще подобные устройства иногда называют статическими переключателями нагрузки (от англ.: LTM (Load Transfer Module) - модуль переключения нагрузки)

Основное значимое преимущество такого рода систем - это минимальное, близкое к нулю время, обеспечивающее переключения между двумя независимыми вводами. Также при этом возможно применения таких систем для переключения между ИБП разной мощности. Переключение между вводами ни скажется на электроснабжении критически важных потребителей электроэнергии (серверы, устройства автоматики, и т.д.). При использовании подобных АВР в схемах электропитания критически значимых объектов можно сэкономить значительные финансовые и материальные средства на применении достаточно дорогих источников бесперебойного питания и других устройств, обеспечивающих независимое электроснабжение. Недостатками подобных устройств можно считать большие финансовые затраты на их внедрение по сравнению с обычными механическими АВР.

Для систем гарантированного электроснабжения, с двумя независимыми вводами электропитания:

а) АВР должна иметь регулировку временной задержки переключения, а также порогов срабатывания для всего диапазона напряжений.

б) Наличие различных блокировок, исключающих возможность КЗ для независимых входов.

в) Возможность удаленного контроля параметров состояния АВР с использованием промышленных сетей.

4.3 АВР с микропроцессорной системой управления

С учетом развития силовой электроники и систем управления в электроэнергетике и уменьшения стоимости подобного рода систем в принципе в последнее время все больше стали внедряться системы АВР выполненные на контроллерах и микроконтроллерах, которые представляют собой некий комплекс из тиристорных или электромеханических АВР и систем промышленной автоматизации подачи и управления электроэнергией. Часто такого рода приборы устройства выполняются в виде комплектного устройства. На рисунке 18 изображен АВР с микроконтроллерной системой управления.



Рисунок 18 – Микроконтроллерная система управления АВР AV-2

Данные устройства могут быть как комплектными, т.е. содержать в себе и управляющую часть и силовые элементы, но в таком случае они рассчитаны на достаточно небольшой номинальный ток. В основном же данные системы управления выполняются в виде устройств управляющих логикой переключений, которые коммутируют внешние силовые элементы.

На промышленных предприятиях, где установлено дорогое технологическое оборудование или же технологических процесс не позволяет в случае отключения электроэнергии продолжить технологический процесс в нормальном режиме необходимо применение АВР и при этом старые электромеханические АВР в таких случаях обязаны будут меняться на интеллектуальные устройства. Такие системы имеют возможность быть связаны группами и объединяться в локальные сети, что дает возможность создать узлы диспетчеризирования и отслеживать состояние работы вводов электроэнергии и контролировать ее качество. Специализированные контроллеры АВР с микропроцессорной системой управления производят как российские производители, так и все основные зарубежные фирмы [30].

Такие устройства массово выпускают такие мировые производители как Legrand (Франция), Omron(Япония), Siemens (Германия), Hyundai (Корея), Schneider Electric (Франция), АВВ (Швеция) и другие производители. Среди производителей в России такие устройства изготавливают НПП «ВЭЛ», ОАО «ВНИИР», Чебоксарский электроаппаратный завод, «Контактор» (Ульяновск), Овен и др.

Например, с учетом того, что АО «АВТОВАЗ» входит в Альянс «АВТОВАЗ–РЕНО-НИССАН» и придерживается его стандартов при освоении и внедрении новых проектов, то в соответствии с рекомендованным Альянсом «АВТОВАЗ–РЕНО-НИССАН» списком производителей оборудования и комплектующих для технологического и энергооборудования и компонентов для построения систем автоматизации, диспетчеризации и т.д. на предприятии по возможности применяют

оборудование основных мировых поставщиков или по согласованию специализированное электротехническое оборудование [31].

Отличие существующих электронных и микропроцессорных систем АВР от всех электромеханических состоит в их расширенных функциональных возможностях:

- а) Повышенной скорости срабатывания
- б) Возможности по коммуникациям с другими устройствами автоматики и управления технологического цикла
- в) Гораздо более широким набором пользовательских функций и возможностью для гибкого и быстрого программирования системы.

Подобные системы АВР можно разделить на две основные группы по компоновке: моноблочные и составные, а также по функциональным возможностям самих блоков: наличие возможности программирования с компьютера или носимого устройства, наличие сетевых протоколов

Моноблоки представляют собою готовое комплектное устройство, чаще всего выполненное в виде единого корпуса или шкафа управления. Такие устройства чаще всего предназначены на рабочие токи номиналом до 100 А. Пример такого устройства показан на рисунке 19.

Второй тип микроконтроллерных АВР представляет собой систему, в которую входит электронный блок управления АВР и его силовая часть, которая будет зависеть от номинальных токов системы. Для управления работой АВР могут быть применены как специализированные блоки управления, так и использоваться стандартные промышленные программируемые контроллеры или промышленные программируемые реле, с помощью которых можно реализовать любую логику работы системы защиты и обмен данными между системой АВР и, например, системой управления оборудованием.



Рисунок 19 – Микроконтроллерный АВР блочной компоновки

Внешний вид специализированных составных блоков управления АВР ведущих мировых производителей представлены на рисунке 20.



а)

б)

в)

Рисунок 20 – Составные микропроцессорные блоки АВР а) ф. EATON б) SIEMENS в) LEGRAND

Релейная логика управления АВР заключается в следующем: на каждом из вводов питания шкафа АВР ставится реле напряжения (например, ЕЛ-11, РНПП-311М, RM35TF30 или др.), которое непрерывно в процессе работы контролирует параметры поступающего напряжения, правильную фазировку и др.

Если на первом вводе произойдет КЗ, перегрузка - произойдет отключение автомата защиты - реле "увидит" отсутствие напряжения на вводе и подаст сигнал через достаточно большое количество промежуточных реле на срабатывание контактора или автомата с моторным приводом на вводе №2. При помощи управляющего реле можно выставлять временные уставки переключения на резервный ввод, время возврата на основной ввод и ряд других рабочих параметров АВР. Релейная логика работы АВР проста и универсальна. При выходе из строя какого-либо элемента, его можно легко заменить и продолжить работу.

Но, иногда от шкафа ввода резерва требуется немного больше умений и возможностей, а также необходимо гибко настраивать функции и уставки времени, а также иметь возможность снимать данные с устройства по сетевым протоколам. В таких случаях применяются микропроцессорный блоки управления с более широким функционалом, к примеру, АТС от АВВ, CHINT и др.

Шкафы АВР на базе интеллектуальных микропроцессорных блоков - один из самых дорогих по стоимости вариантов исполнения АВР. Средняя стоимость самих блоков АВР АТС021-022 в зависимости от мощности от 50.000 рублей, плюс дополнительные затраты на силовые элементы и опции, а также затраты по настройке [32].

Тем не менее, такие решения востребованы при проектировании систем энергоснабжения для современных производств и часто применяются на сложных щитах ГРЩ на промышленных предприятиях к которым относится и АО "АВТОВАЗ".

4.4 Системы АВР с применением программируемых логических контроллеров

Но также для создания систем АВР также возможно и применение PLC - программируемых логических контроллеров и (или) интеллектуальных программируемых реле, которые по сути своей являются такими контроллерами, но обладающими усеченным набором функций и предназначенными для автоматизации не сложных технологических процессов. Плюсом применения таких стандартных устройств автоматизации являются следующие факторы [33]:

- а) Широкие сетевые возможности для интеграции их в сеть предприятия
- б) Наличие персонала, обученного работе с программным обеспечением для таких устройств и простота программирования
- в) Наличие стандартных запасных частей для ремонта на складах предприятий

С учетом списка рекомендованных компонентов для построения систем автоматизации на завода альянса “АВТОВАЗ – РЕНО - Ниссан” а также учитывая, что оборудовании данного технологического комплекса оснащено системами управления двух производителей ф. Сименс, ф. Шнайдер Электрик, то в качестве устройств для создания системы АВР будут рассмотрены на варианты примере интеллектуальных программируемых реле серии LOGO ф.Siemens и реле Zelio Logic производства ф. Schneider Electric (Франция), а также программируемого логического контроллера ф. Siemens (серии Simatic S7).

Программируемые промышленные контроллеры (PLC) – это универсальный инструмент по созданию практических систем управления любой технической системой управления.

В начале рассмотрим создание системы АВР на базе контроллера ф. Siemens серии Simatic [34] различных версий, представленных на рисунке 20.

На предприятиях, где установлено современное технологическое оборудование в основном необходимо применение АВР, работа которой может быть легко интегрирована в систему управления оборудованием. Все это в условиях тотальной автоматизации производства автомобилей и автокомпонентов, массовому внедрению промышленных сетей и требованиям по прослеживаемости всех отклонений: как в техпроцессе, так и в состоянии оборудования, наблюдаемом в реальном времени указывает на целесообразность выбора для этих целей в системах АВР с максимальным быстродействием и возможностью сетевых коммуникаций отвечающих таким требованиям промышленных контроллеров, обладающих возможностью передачи данных по практически всем известным промышленным протоколам (ModBus, Profibus, CANopen и т.д.).



а)



б)

Рисунок 20 – Контроллеры Simatic ф. Siemens а) Simatic S7-300
б) Simatic S7-1500

Подобные системы имеют возможность быть связаны группами и объединяются в локальные сети, что дает возможность создать узлы диспетчеризации и отслеживать состояние работы вводов электроэнергии и контролировать ее качество. Промышленные программируемые контроллеры представляют собою универсальный инструмент для создания систем управления практически любой технической системой [35].

Для использования в системах АВР предприятия для определенных групп оборудования достаточно применять контроллеры низкой и средней производительности. Рассмотрим возможность создание системы АВР на базе контроллеров ф. Siemens серии Simatic (серии S7-200/300/400, S7-1200/1500) различных версий [36].

Контроллеры этой серия предназначены для создания систем автоматизации различного уровня, основным интерфейсом для обмена данными в контроллерах служит Ethernet и ProfiBus, что позволяет также использовать данные с контроллера систем АВР в диспетчеризации производства.

Пример построения системы АВР с двумя рабочими вводами с секционированием на контроллере ф. Siemens показан на рисунке 21. В качестве вводных сигналов можно использовать сигналы от реле напряжения/контроля фаз, контактов состояния автоматов/контакторов, которые подаются на логические входы контроллера.

Использование универсальных промышленных программируемых контроллеров для создания систем электроснабжения промышленного оборудования и диспетчеризации всей производственной системы в целом является основной тенденцией.

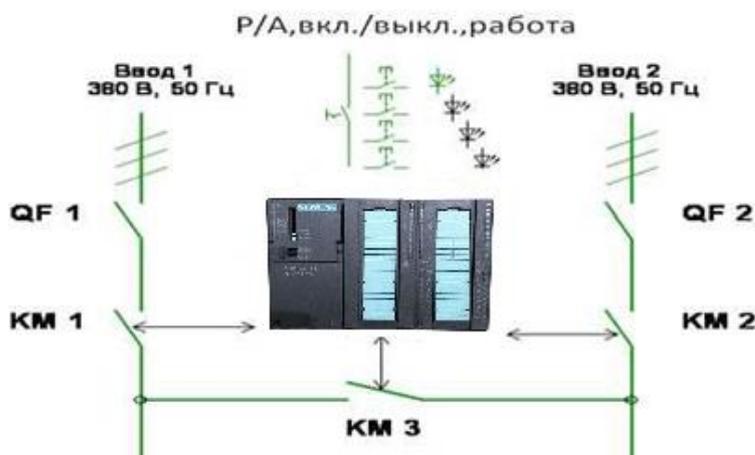


Рисунок 21 – Схема АВР на контроллере ф. Siemens серии S7-300 с двумя рабочими вводами с секционированием на контроллере

В условия технически сложных производств, с использованием большого числа промышленных устройств автоматизации и сетевых вариантов обмена информацией между нами построения систем АВР как для конкретного оборудования или технологической цепочки, так и в целом для предприятия применение стандартных средств автоматизации является более приемлемым решением, чем использование специализированных устройств.

4.5 Система резервного питания системы управления на линии сборки двигателей

Например, на сборочной линии исследуемого технологического комплекса в системы управления промышленный компьютер ф. Siemens и промышленный контроллер Simatic S7. Эти устройства размещаются в едином модульном шкафу управления, так называемом МОР (Main operational panel), установленных непосредственно на полу в зоне линии, за работу которой отвечает данный конкретный МОР. Все МОРы запитаны каждый от своей отдельной точки. При этом часть МОР запитаны от одного ШРА, а часть с другого ШРА одного трансформатора цеховой подстанции.

Все установленные на оборудовании МОР связаны между собой по сети Ethernet с дальнейшей передачей данных из всех контроллеров в сеть более высокого уровня (сеть производства).

Контроллер и промышленный компьютер каждой станции аккумулируют и обрабатывают данные, приходящие с его “зоны ответственности”, эти контроллеры запитаны от источника питания постоянного тока 24 VDC, который на данном оборудовании не имеет резервирования для сохранения критически важных данных в случае отключения электроэнергии.

Это может приводить к некорректной работе всего комплекса оборудования производства в целом и вести к искажению общих данных

производства. Каждый МОР имеет следующую сетевую структуру МОР (Main operational panel), представленную на рисунке 22.

Если использования отдельной линии питания с системой АВР наиболее приемлем для станков “горячий испытаний” двигателей, то для линии сборки двигателей, в связи с ее значительным потреблением электроэнергии и наличием собственного силового ввода на каждого МОР, такой вариант не подходит, в связи со значительными финансовыми затратами и технологическими ложностями при внедрении. Но для сохранения значимых для производственной системы предприятия параметров ее работы необходимо и достаточно внедрить дублирование цепей постоянного тока для питания контроллеров и промышленных компьютеров, а также всех значимых для передачи данных периферийных устройств или же внедрить в нее источник бесперебойного питания или аккумуляторную батарею. На рисунке 23 представлен лист электросхемы, показывающий цепи питания контроллера и сетевых периферийных устройств.

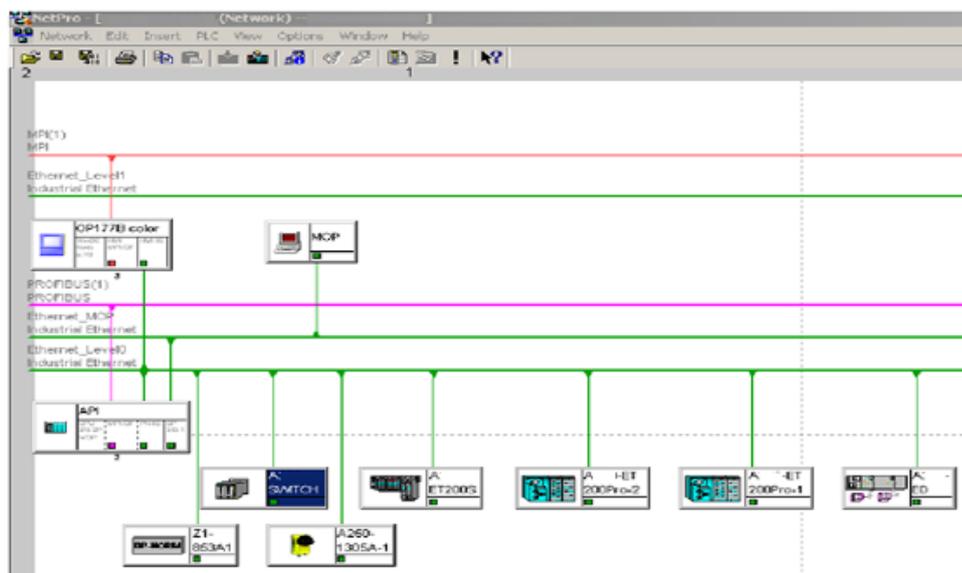


Рисунок 22 – Структура промышленной сети контроллера главной операционной панели (МОР)

Для этого выберем промышленный источник бесперебойного питания серии SITOP DC UPS 6EP1931-2EC42, который является модульным. Модуль управления ИБП 24В/15А ф. Siemens достаточно легко можно интегрировать в данную систему управления и завести его контрольные сигналы в PLC, а также сменную аккумуляторную батарею 6EP1935-6MD11, емкости которой достаточно для завершения резервирования всех данных. Внешний вид UPS, интегрированного в шкаф МОР представлен на рисунке 24.

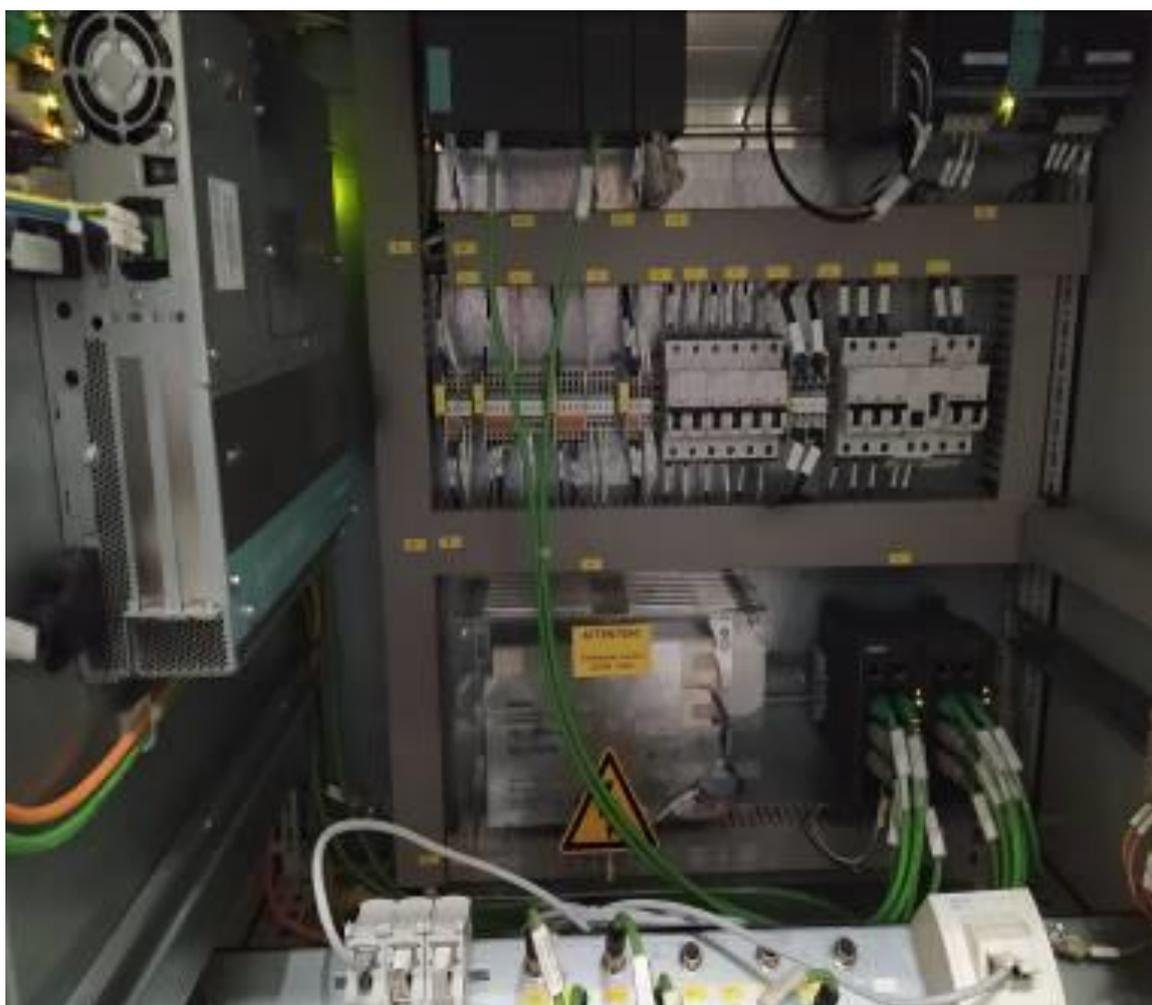


Рисунок 24 – Блок UPS и батарея, интегрированные в шкаф управления

Для этого необходимо в цепь блока питания постоянного тока 24 V DC подключить данный блок бесперебойного питания, как показано на рисунке 25, а обвязка его контрольных сигналов на рисунке 26.

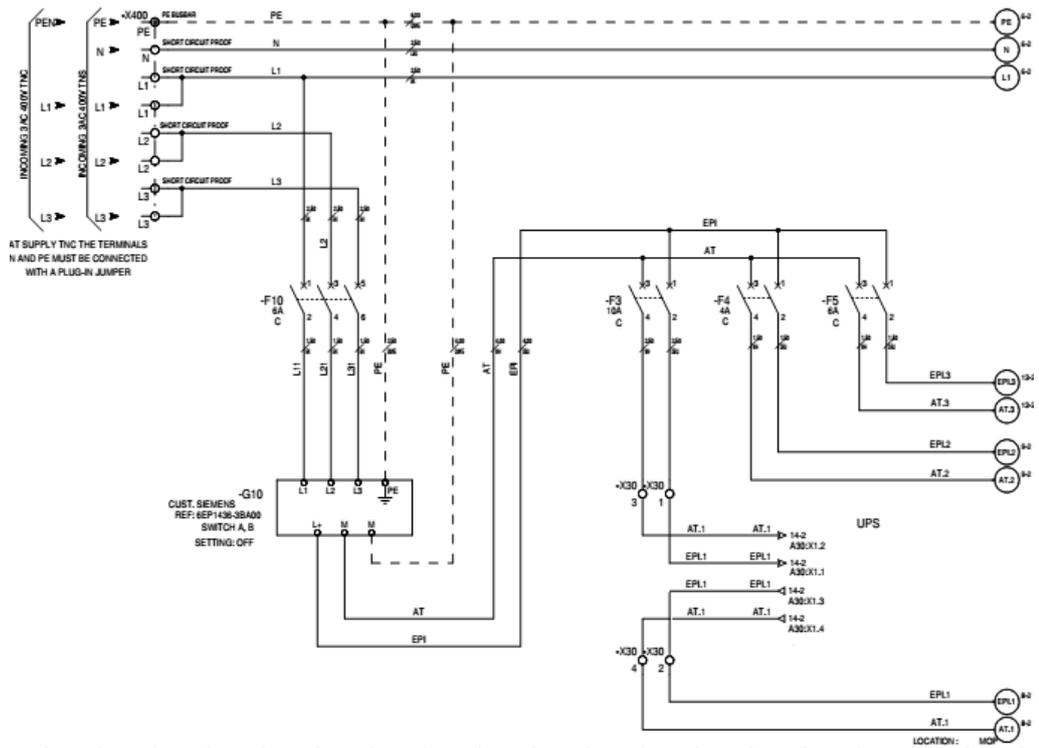


Рисунок 25 – Подключение блока бесперебойного питания к действующим цепям питания 24 VDC

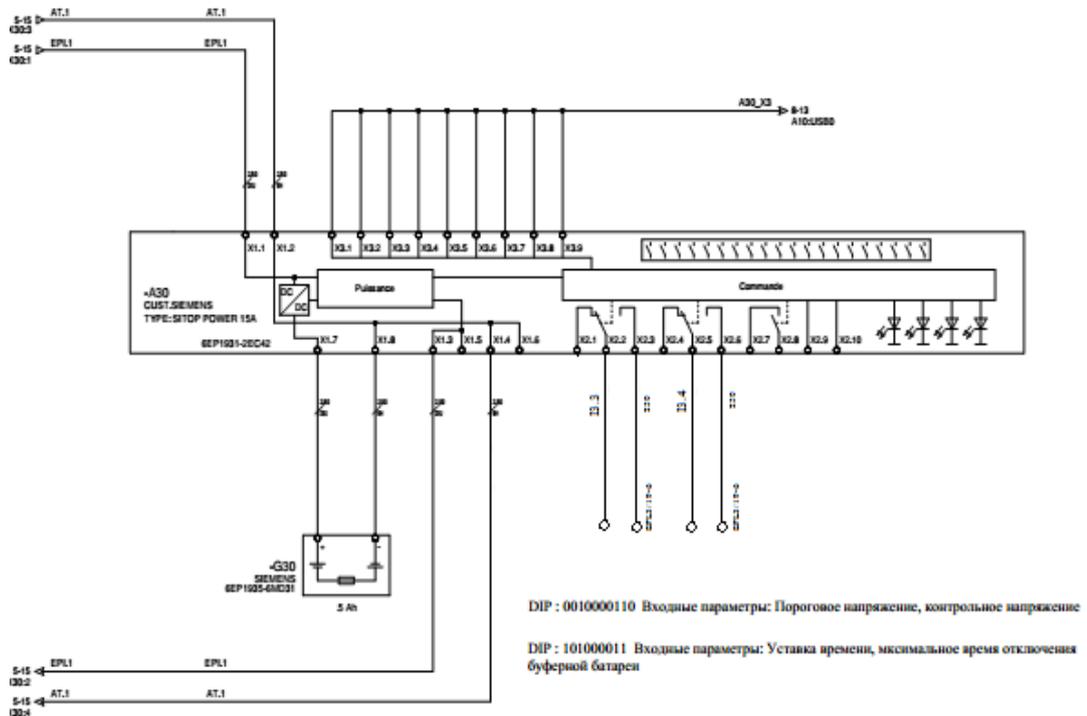


Рисунок 26 – Обвязка блока бесперебойного питания МОР линии сборки двигателей

4.6 Применение универсальных логических программируемых реле в системах АВР

Иным способом компоновки и функционирования системы АВР может стать внедрение для этих целей программируемых реле. По своей сути эти устройства являются промышленными программируемыми контроллерами (PLC) с неким урезанным функционалом или же строго специализированными устройствами, имеющими определенную задачу. В основном программируемые реле уже применяют для создания схем АВР в системах, где непосредственно система управления автоматизацией производства выполнена на устройствах того же производителя.

Также это возможно в случае, если достаточно тех имеющихся в арсенале программируемых реле технических характеристик и функций. При этом данные подобные устройства значительно дешевле, по сравнению промышленными контроллерами. В качестве рекомендованного для применения на заводах Альянса универсального логического программируемых реле рассмотрим возможность применения реле ф. Сименс серии LOGO и реле ZELIO LOGIC [37] ф. Schneider Electric.

LOGO можно использовать для широкого спектра задач автоматизации в промышленности, данные микроконтроллеры обеспечивают программную реализацию алгоритмов управления. Например, для модулей LOGO8 доступен широкий спектр модулей расширения, что позволяет выполнить адаптацию к решаемой задаче. Логические модули LOGO предназначены для решения наиболее простых задач автоматического управления, что позволяет выполнить адаптацию к решаемой задаче. LOGO – это серия универсальных логических (программируемых) реле для создания систем автоматизации начального уровня. Логические модули LOGO предназначены для решения наиболее простых задач автоматического управления. Программная реализация алгоритмов управления и гибкие возможности контроллеров в соответствии с требованиями решаемых задач дают возможность

использовать такие логические модули практически во всех секторах промышленности и производства:

- а) для управления включением резервных вводов в автоматическом режиме например на насосных установках, в разнообразных РУ и т.д.
- б) для управления системами управления вентиляторными и насосными системами, компрессорами, холодильниками;
- в) для управления системами автоматизации жилых и коммерческих строений, в которых они могут контролировать и управлять освещением, системами доступа и воротами, вентиляцией и т.д. Внешний вид логических реле серии LOGO представлен на рисунке 27.

Наиболее простые устройства управления могут быть сделаны на базе одного логического модуля. Для создания более сложных устройств логический модуль дополняется требуемым набором модулей расширения. Обмен данными с модулей расширения выполняется посредством внутренней шину самого модуля PLC.



а)



б)

Рисунок 27 – Логические реле LOGO ф. Siemens

а) LOGO б) LOGO 8 (New LOGO)

Основным интерфейсом для обмена данными в микроконтроллерах LOGO служит такой протокол передачи данных как Ethernet. При этом все модули PLC LOGO выпускают в различных вариантах исполнения, как стандартном так и в исполнении для промышленности с тяжелыми

условиями. Модельный ряд Logo имеет модули с дисплеем и кнопками Logo Basic, а так же модели экономичной серии Logo Pure. Для расширения возможностей доступны модули расширения:

- а) Модули ввода-вывода аналоговых сигналов LOGO AM2, LOGO AM2 RTD и L AQ2
- б) Коммуникационные модули LOGO с разными стандартами
- в) Коммутаторы для всех цепей переменного тока(АС) типа LOGO Contact
- г) Блоки питания для PLC LOGO (LOGO Power)
- д) Текстовый дисплей LOGO TDE
- е) Вспомогательные компоненты (карты памяти, кабели для связи, батарейки) и программное обеспечение LOGO Soft Comfort

Пример построения системы АВР на микроконтроллере серии LOGO ф. Siemens показан на рисунке 28.



Рисунок 28 – Схема АВР на контроллере ф. Siemens серии LOGO

С учетом того, что на стандах обкатки двигателей система управления построена на PLC ф. Шнайдер Электрик, то также необходимо учитывать, как топологию промышленной сети, так и протоколы, по которым осуществляется обмен между контроллером станда испытаний и производственной системой, которая представлена на рисунке 29.

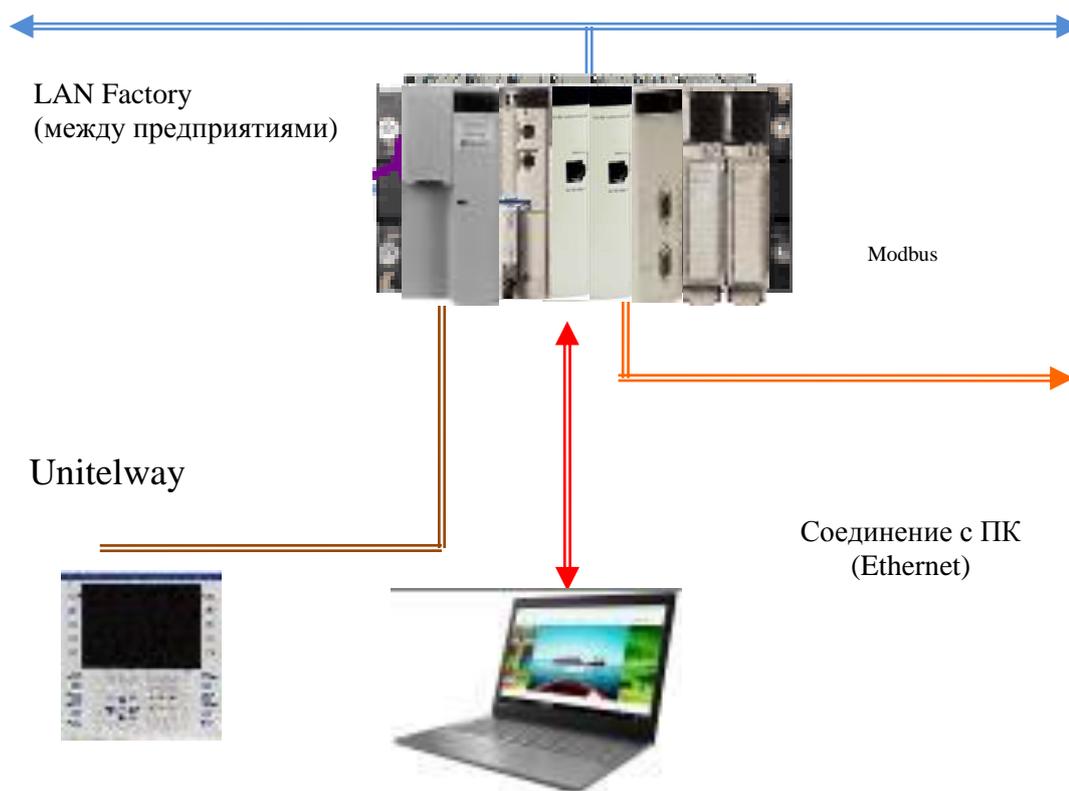


Рисунок 29 – Топология сетей станда горячих испытаний двигателя

Интерфейс между PLC управления стандом обкатки двигателей оснащен следующим и ПК управления испытаниями использует протокол Modbus в условиях децентрализованного соединения Ethernet TCP/IP, где контролируется состояния работы отдельных элементов станда, с обменом между автоматической работой и циклом управления ПК. Интерфейс обмена команд между ПК и PLC представлен на рисунке 30.

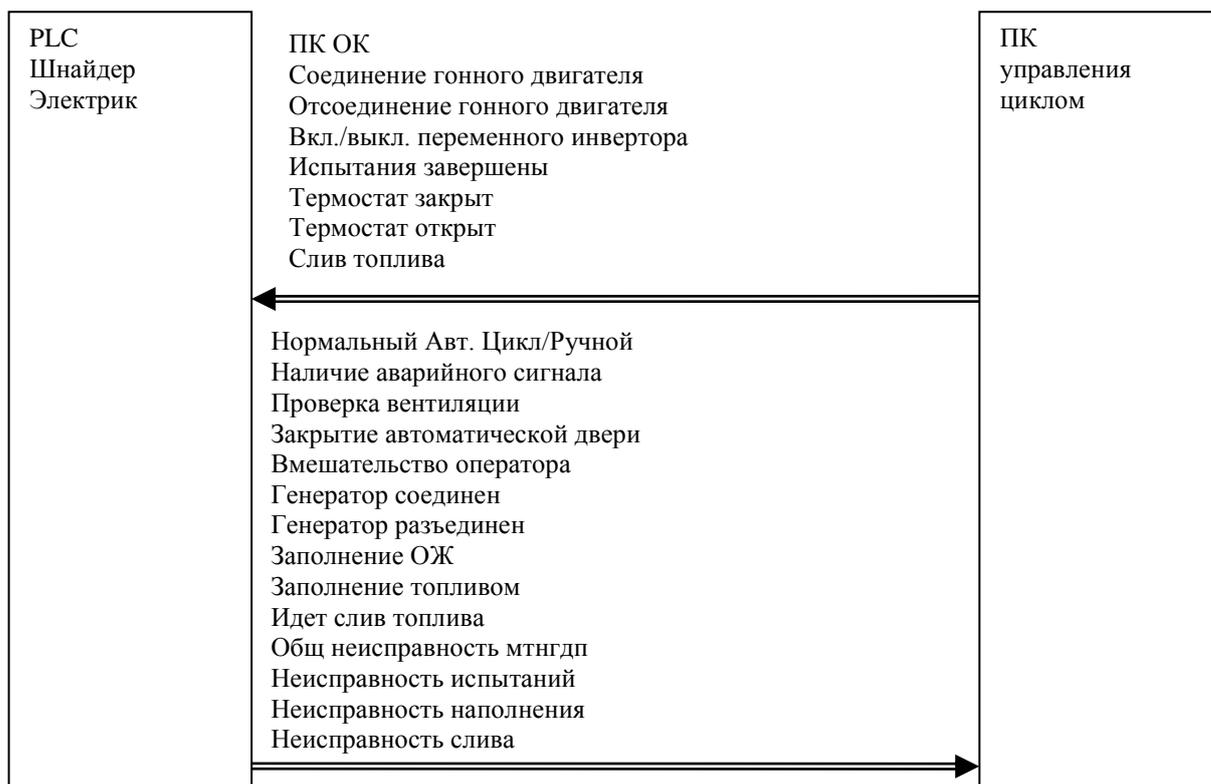


Рисунок 30 – Интерфейс сигналов обмена между ПК и PLC стенда обкатки

В связи с тем, что интеллектуальные реле LOGO ф. Siemens поддерживает протокол Modbus, за счет которого формируется внутренний обмен между PLC всех постов испытаний только начиная с версии LOGO 8, а данной серии реле не имеется на складах, рассмотрим вариант реализации АВР на интеллектуальных (программируемых) реле ф. Schneider Electric, серии Zelio Logic [37] представленного на рисунке 31.

Данные реле обладают следующими характеристиками:

- а) Относительно бюджетная стоимость
- б) Входит в список рекомендованных поставщиков Альянса
- в) Простое программирование в среде Zelio Soft (достаточно базовых навыков программирования FBD или LADDER)
- г) Наличие входного фильтра
- д) Аналоговые, релейные, транзисторные входы/выходы для связи с внешними устройствами



Рисунок 31 – Модульное интеллектуальное реле Zelio Logic с коммуникационным модулем (Modbus или Ethernet) и модулем расширения входов/выходов

Программирование реле Zelio основано на базе стандартных универсальных языков программирования и это достаточно упрощает работу персонала, задействованного в наладке таких систем автоматизации, так и непосредственно инженеров-электриков, ведущих монтаж таких систем.

Программировать такие реле можно как в автономном режиме, применяя встроенные клавиши самого интеллектуального реле Zelio Logic (при помощи языка диаграмм типа LADDER), так и с помощью PC или ноутбука с применением программного продукта Zelio Soft, который обеспечивает удобный интерфейс [38].

Продолжительность автономной работы часов реального времени от литиевой батареи – 10 лет. Резервное копирование данных (предварительно заданных и текущих значений) осуществляется во флэш-память EEPROM (продолжительность сохранности данных - 10 лет).

При необходимости большей эксплуатационной гибкости или рабочих характеристик модульные интеллектуальные реле Zelio Logic можно оснащать коммуникационными модулями и модулями расширения входов/выходов, максимальное количество которых при этом может достигать 40 входов/выходов и аналоговыми модулями расширения с 4 входами/выходами. Также данные реле могут быть оснащены коммуникационными модулями Modbus или Ethernet, которые запитываются по внутренней шине питания (24 В) от самого Zelio Logic. Внешний вид адаптеров и коммуникационных модулей для реле Zelio Logic представлен на рисунке 32. Также для данной серии программируемых реле фирма -

производитель разработала набор типовых схемных решений для использования реле этой серии в системах АВР, чего не сделано фирмой Сименс для реле серии LOGO. Данные схемные решения находятся в свободном доступе на сайте производителя, что значительно упрощает и удешевляет разработку системы АВР и ее интеграцию в производственную сеть предприятия.



а) б) в)
Рисунок 32 – Модули коммуникации для Zelio Logic а) GSM модем
б) Модуль Ethernet в) Bluetooth модуль

Выводы по разделу 4:

а) Систему управления АВР для стендов горячих испытаний целесообразно применить микропроцессорную систему управления, в качестве управляющего устройства наиболее целесообразно использование стандартного программируемого интеллектуального реле ф. Шнайдер Электрик серии Zelio Logic в связи более простым способом интеграции данного устройства в общую производственную сеть производства;

б) полное резервирование питания не целесообразно в связи с большим её потреблением электроэнергии, а также не возможностью обеспечивать стабильное функционирование оборудования при подключении ее на другой трансформатор. А для резервирования данных необходимо и достаточно резервирование питания системы управления (24 VDC) за счет интеграции интеллектуального источника бесперебойного питания на каждую станцию МОР линии, схема интеграции UPS в электросхему представлена на рисунках 25 и 26.

5 Схемы АВР с применением программируемого реле Zelio Logic

5.1 Типовые схемы АВР для реле Zelio Logic

Компания Schneider Electric предлагает готовые схемные решения из каталога схем для АВР [39] на базе Zelio Logic. Там представлены типовые схемы для АВР, а именно:

- а) На два ввода с общей системой шин
- б) На два рабочих ввода с системой секционирования
- в) На два рабочих ввода с системой секционированием и возможностью осуществлять ее от ДГУ.

При этом в качестве входных сигналов будут применяться сигналы как от реле напряжения или контроля фаз, так и контактов состояния автоматических выключателей/контакторов. Данные сигналы будут восприниматься PLC, как сигналы управления системой АВР.

Обязательным элементом схемы АВР на Zelio Logic является источник бесперебойного питания (UPS), который необходим при полной потере сетевых вводов (при этом сам блок управления АВР еще какое-то время продолжит работу).

Блок управления АВР на базе Zelio Logic можно подключить к любому действующему ШУ ГРЩ для обеспечения автоматического резервирования питания. Например, в схеме с двумя вводами на общую систему шин, представленную на рисунке 33 формируются два типа ввода: основной и резервный. Оба эти ввода будут подключены к одной секции, к которой подключена и нагрузка. При нормальном режиме функционирования подразумевается работа от основного ввода, а в случае неисправности этого ввода, система АВР отключает основной ввод и далее питание подается уже от резервного ввода.

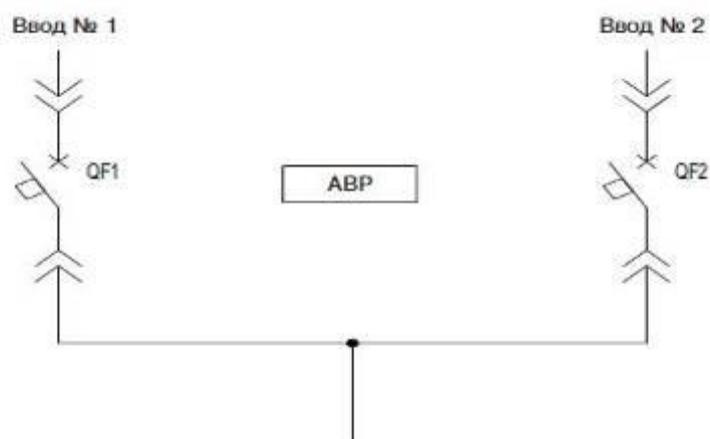


Рисунок 33 – Схема с двумя рабочими вводами на общую систему шин

В схеме с двумя рабочими вводами с секционированием, которая будет реализована на стендах «горячих» испытаний и представленная на рисунке 34 предполагает, что система будет получать питание от двух вводов. При этом каждый из них может быть подключен к отдельной секции. Соединение двух секций будет осуществляться при помощи секционного выключателя. Если пропало питание на одном из вводов, то система АВР выдаст сигнал на его включение, тем самым, будет осуществлено подключение секции оставшейся без питания, к секции рабочего ввода.

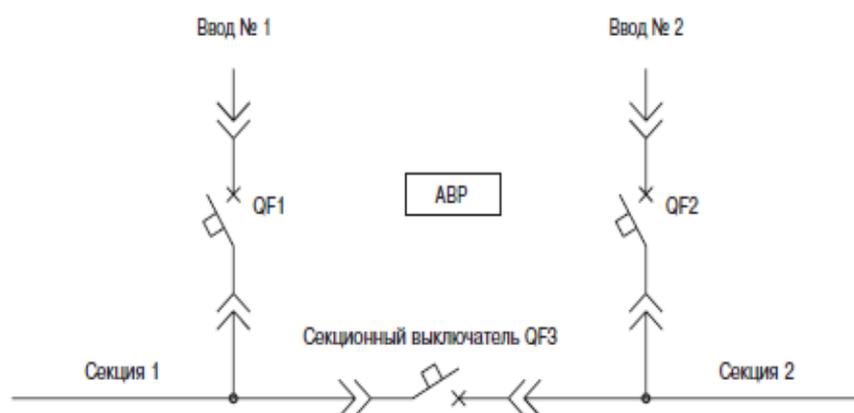


Рисунок 34 – Схема АВР с двумя рабочими вводами с секционированием

В схеме, в которой задействованы два рабочих ввода с секционированием и вводом от дизельгенераторных устройств (ДГУ) питание осуществляется так же, как и случае в схеме «два рабочих ввода с секционированием». Главным отличием данной схемы является наличие при этом третьего ввода от ДГУ. В случае пропадания питания на обоих вводах системы в работу включается ДГУ и система АВР дает команду на включение выключателя для соответствующего ввода.

В документации для систем в качестве АВР в которых применяются программируемые реле ф. Schneider Electric в качестве коммутационных и защитных аппаратов предполагается использование оборудования именно этого производителя (например автоматы Compact NS, Masterpact) в зависимости от величины номинального тока подключаемой нагрузки, но само собой, возможны практически любые замены силовых коммутационных аппаратов в таких системах на оборудование сторонних поставщиков.

5.2. Работа системы АВР на реле Zelio в схеме с двумя рабочими вводами с секционированием при нарушении электроснабжения

Рассмотрим процесс функционирования и построения системы АВР на программируемом реле Zelio ф. Schneider Electric для схемы “с двумя рабочими вводами с секционированием” при нарушении электроснабжения.

При появлении проблем с энергоснабжением или же нарушении питания на “Вводе №1” контакты реле контроля фаз KV1 перейдут в замкнутое состояние. По истечению временной задержки t_{v1} , данными реле будет сформирован сигнал который отключит автомат QF1 (Ввод №1), секции оставшейся без подачи питания. Спустя промежуток времени равный $t1$ будет сформирована команда на включение автомата QF3, включение которого будет выполнено при наличии следующих условий:

- автомат QF1 (или QF2) обесточенной секции выключен;

- напряжения на секции, «потерявшей» питание, меньше составляет менее заданного значения;
- на ввод второй секции подано напряжение;
- Нет сигнала «Блокировка АВР» на входе программируемого реле Zielo;
- селектор SA1 выбора режима находится в положении «Автомат».

В случае срабатывания системы АВР включается световая индикация, указывающая, что: автомат ввода QF1 находится в положении «ОТКЛ»; автомат ввода QF2 в положении «ВКЛ», а автомат секционирования QF3 в положении «ВКЛ». В случае восстановления напряжения на «потерявшей питание» секции, будет восстановлен за промежуток времени меньший чем уставка t_1 , то команда на включение автомата секционирования QF3 не будет подана. При этом будет включен автомат секции, на которой было восстановлено питание (автомат QF1).

В случае восстановлении питания на вводе, по истечении временной задержки t_3 , системой АВР будет сформирована команда для отключения автомата секционирования QF3. Далее интеллектуальным реле формируется команда на включение автомата QF1 или QF2, в зависимости от того на какой секции восстановилось питание. Если было возобновлено штатное функционирование подачи питания на оборудование, то на шкафу АВР загорится следующая световая сигнализация: QF1 в положении «ВКЛ»; QF2 в положении «ВКЛ»; QF3 будет «ОТКЛ».

Блокировка работы системы АВР происходит в случае если:

- были отключены в ручном режиме автоматы на вводах N1 или N2;
- из –за срабатывания были отключены автоматы QF1 - QF3
- интеллектуальное реле управления системой АВР неисправно, но в данном случае остается возможность ручного отключения (включения) автоматов QF1- QF3.

На рисунке 35 представлена структурная схема описанного выше алгоритма работы системы АВР для двух вводов с секционированием. При

этом диапазон выдержки реле контроля фаз t_{v1} , t_{v2} составляет от 0,1 до 12 секунд, а $t_1 - t_4$ (логика Zelio Logic) обычно находится в диапазоне от 0 до 99 секунд.

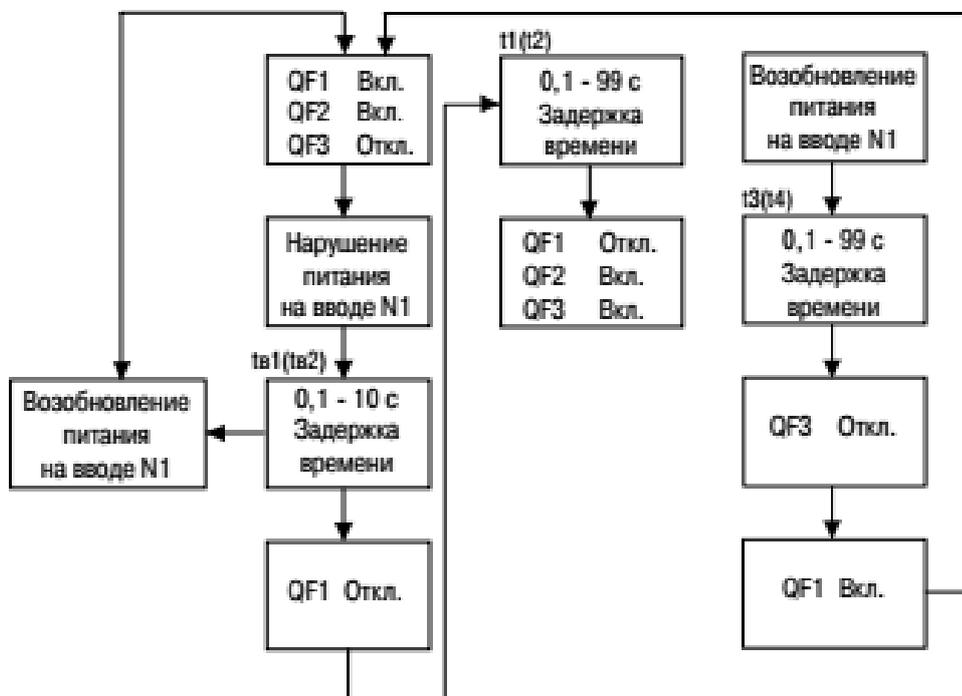


Рисунок 35 – Структурная схема работы алгоритма блока управления АВР с двумя рабочими вводами с секционированием при нарушении электроснабжения

Электрическая принципиальная схема построения АВР на программируемом реле Zelio представлены на рисунках 36 - 38, а алгоритм работы для программируемого реле в Приложении А. На схеме, представленной на рисунке 36 изображена силовая часть ввода резерва, которая выполнена на электромеханических элементах, в качестве силовых элементов применяются автоматические выключатели, номинальный рабочий ток которых составляет 100 Ампер.

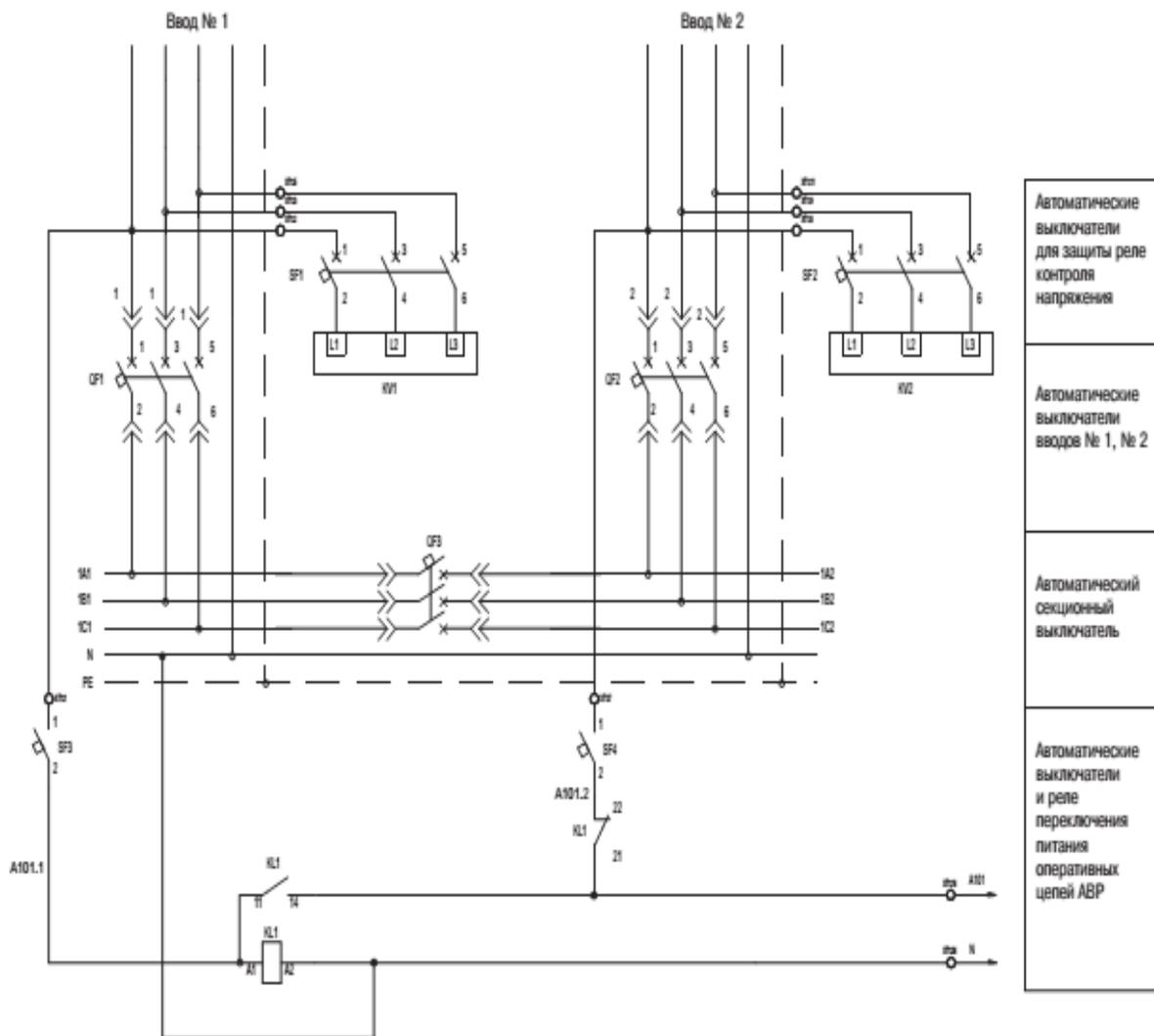


Рисунок 36 – Принципиальная электрическая схема системы АВР на реле Zelio (силовая часть)

В случае применения системы на ПАО “АВТОВАЗ” по списку рекомендуемых элементов могут быть применены автоматические выключатели, как ф. Siemens (серии 3VL3-7, 5SL), так и ф. Schneider Electric, например серии COMPACT NS или ф. ABB (серии ABB Tmax). На рисунках 37 и 38 представлены схемы коммутации входов и выходов логики программируемого реле и контрольных ламп системы АВР.

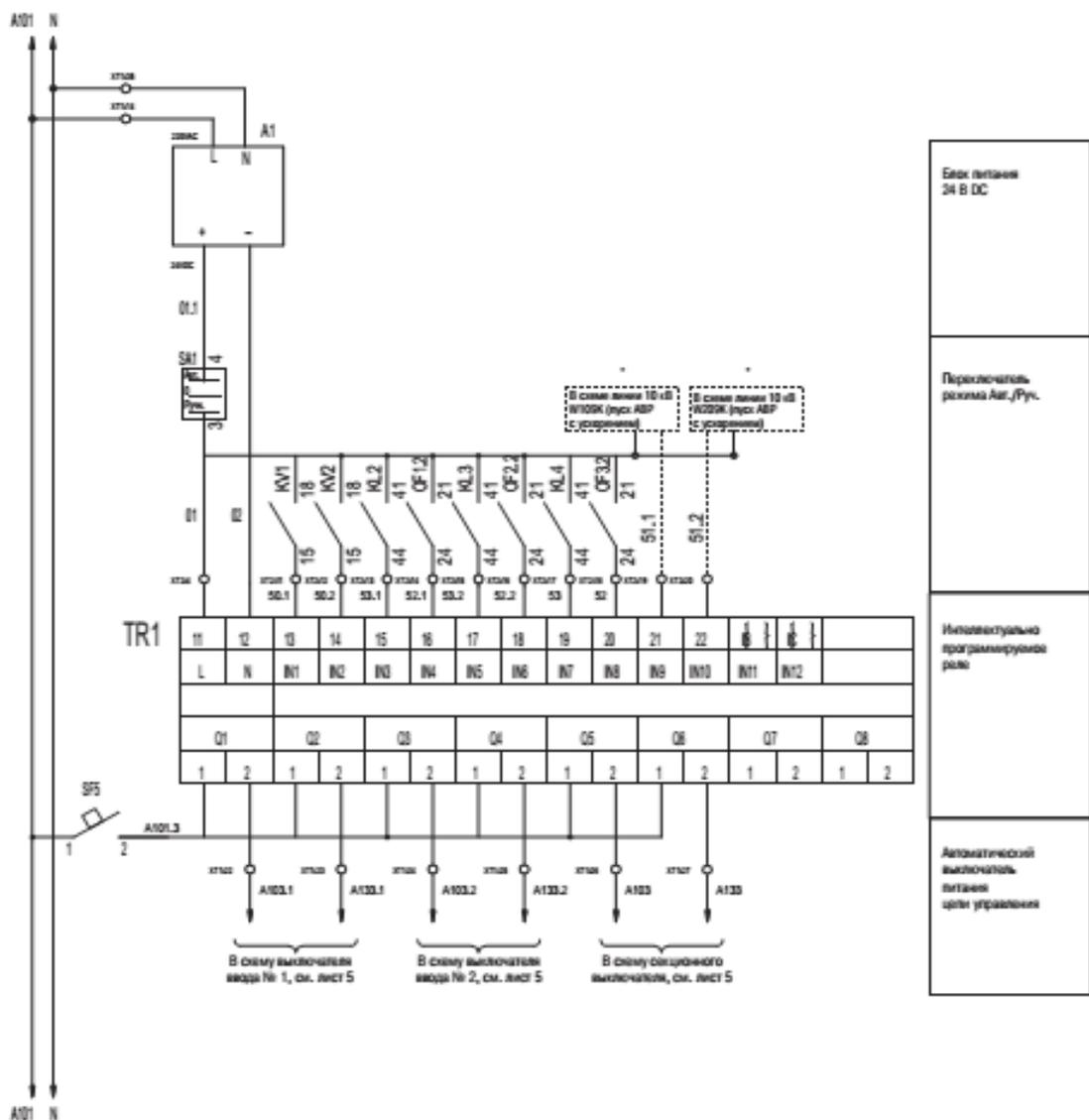


Рисунок 37 – Электрическая принципиальная схема коммутации входов и выходов логики программируемого реле

Список компонентов, планируемых для создания и внедрения системы АВР для питания насосов подачи топлива на стенды «горячих» испытаний находится в Приложении Б. В случае отсутствия части сигнальных элементов (светодиодные лампы) или однополюсных автоматических выключателей фирмы Schneider Electric в наличии на складах производства они без ущерба для функционирования системы могут быть заменены на любую, аналогичную по функционалу продукцию другого производителя из списка рекомендуемых компонентов для автомобильных производств Альянса.

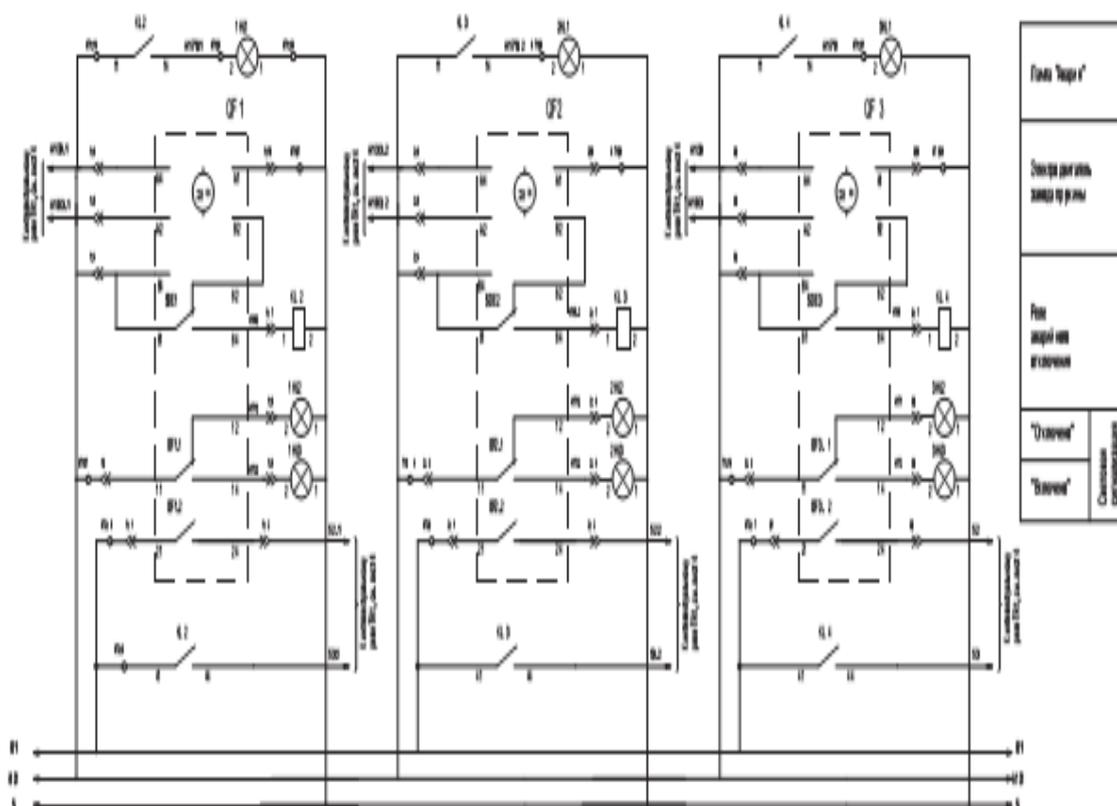


Рисунок 38 – Электрическая принципиальная схема коммутации входов и выходов логики программируемого реле

Выводы по разделу 5:

Основываясь на представленной информации, в соответствии с выбранной ранее в 4 разделе схемой АВР с двумя рабочими вводами с секционированием были:

- а) Разработана логика работы автоматики для программируемого интеллектуального реле Zelio Logic
- б) Составлена электросхема для подключения данного реле и выбрана элементная база в соответствии с рекомендациями производителя и мощностью подключаемой силовой установки.

Заключение

Непосредственный выбор системы АВР и схемы ее построения зависит в основном от того, к какой группе относят данный конкретный приемник электроэнергии, как должна быть построена система ввода резерва для данного потребителя, на сколько быстро необходимо осуществлять переход с основной линии на резервный источник питания, а также особенностей технологического процесса нагрузки.

В условиях тотальной автоматизации производства, массовому внедрению промышленных проводных и беспроводных сетей и требованиям по системам прослеживаемости всех аномалий как в техпроцессе, так и в состоянии отдельных станков и автоматических линий, отслеживаемом параметров в реальном времени, целесообразным является выбор систем АВР с максимальным быстродействием и возможностью различных систем сетевых коммуникаций. Этим требованиям в достаточной мере отвечают системы АВР, которые будут построенные на PLC (программируемых реле) или микроконтроллерах и оснащенные возможностью предавать данные по всевозможным различным протоколам промышленных сетей: Profibus, Modbus, CanOpen и д.р.

Выбор системы АВР конкретного производителя и типа устройства на прямую будет зависеть от того, как будет построена системе АВР: групповая она или индивидуальная, на сколько велика мощность потребителя и какой у нее характер нагрузки, особенностей ее функционирования и действующих норм по промышленной безопасности и энергетики для конкретно взятого объекта.

Применение промышленных контроллеров (PLC) или же различных типов программируемых реле в качестве элементов управления в системах электроснабжения промышленного оборудования и диспетчеризации в целом производственной системы на данный момент является основной тенденцией в технике. В случае работы с достаточно большим количеством технически

сложных производств, в которых действует много разных промышленных устройств автоматизации с разными вариантами сетевого обмена данными между ними, построение систем АВР как для конкретного оборудования или технологической цепочки, так и в целом для самого предприятия с применением стандартных средств автоматизации является более приемлемым решением, чем использование узко специализированных устройств АВР.

В структуре АО «АВТОВАЗ» существует металлургическое производство, в некоторых подразделениях которого используется оборудование непрерывного цикла, в Сборочнокузовном и Механосборочном производстве на хранении постоянно находится значительный резерв различных ГСМ, при этом контроль за их хранением и учетом происходит. Для Механосборочных и Сборочнокузовных производств в АО «АВТОВАЗ» характерно применение технических компонентов основных мировых производителей в соответствии с рекомендуемым списком поставщиков оборудования для заводов Альянса. В него входит оборудование таких мировых брендов как: АВВ, Legrand, Schneider Electric, Siemens и д.р., так как промышленное оборудование, поставляемое во все новые проекты оснащено промышленными контроллерами и системами управления данными производителей, что положительно влияет на возможность связать все эти системы в единую информационную систему и сеть, что и дает возможность проводить централизованную диспетчеризацию всего технологического процесса управления энергоснабжением и энергопотреблением предприятия в целом [40].

В ходе работы было выявлено, что наиболее оптимальным для внедрения системы резервирования питания систем управления сборочной линией двигателей, при существующей компоновке производства и с учетом всех возможных ограничений накладываемых особенностями функционирования оборудования и технологического процесса является

внедрение в состав действующей системы управления МОР источников бесперебойного питания ф. Siemens, как части комплексного решения для создания интеллектуальной системы энергоснабжения, а не создание для линии системы АВР [41].

Для оборудования подающего ГСМ на стенды горячих испытаний двигателей, установленных в этом же производстве, в качестве АВР разработана система с применением интеллектуального программируемого реле серии Zelio Logic ф. Шнайдер Электрик с двумя независимыми вводами с секционированием, что даст возможность обеспечить бесперебойное снабжение электроэнергией лимитирующего, пожароопасного технологического оборудования а также позволит отслеживать проблемы с подачей электропитания на уровне производственной системы завода, для более точного планирования выпуска продукции.

Таким образом, цель магистерской диссертации достигнута, задачи выполнены.

Список используемых источников

1. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. Новосибирск : Норматика, 2018. 464с.
2. Шабанов В. А., Алексеев В. Ю., Павлова З. Х. Обеспечение бесперебойной работы частотно-регулируемых электроприводов магистральных насосов и технологического режима перекачки при кратковременных нарушениях электроснабжения. Вологда: Инфра - Инженерия, 2012. 172 с.
3. Энергосбережение в системах промышленного электроснабжения: справочно-методическое издание / Э. А. Киреева, Т. В. Анчарова, С. С. Бодрухина [и др.] / под ред. А. Г. Вакулко. М. : Интехэнерго-Издат : Теплоэнергетик, 2014 . 304 с.
4. Chang C. S., Tian L., Wen F. S., Han Z. X., Shi J. W., Zhang H. Y., Development and Implementation Knowledge-Based System for On-Line Fault Diagnosis of Power Systems // Electric Power Components and Systems. 2010. Vol. 29. P. 897-913
5. Олссон Г., Пиани Д. Цифровые системы автоматизации и управления: Научное издание. СПб.: Невский диалект, 2012.
6. Ткаченко Н. И., Башняк С. Е. Надежность технических систем и техногенный риск: учеб. пособие. пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2015. 60 с.
7. Gong W., Razmjoooy N. A new optimisation algorithm based on OCM and PCM solution through energy reserve // International Journal of Ambient Energy. 2020.
8. Ксенофонтова Е.А. Системы автоматического ввода резерва для технологического оборудования на программируемых логических контроллерах. // Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции «Синтез науки и образования в решении глобальных проблем

современности» (Таганрог, 29.05.2020 г.). – Уфа: OMEGA SCIENCE, 2020. 86 с.

9. Анализ и синтез процессов в электромагнитных устройствах и электромеханических преобразователях энергии [Электронный ресурс] : практикум / ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. "Электроснабжение и электротехника" ; [сост. Н. А. Калинина, А. А. Северин]. Тольятти : ТГУ, 2015. 78 с.

10. Башарин С. А., Федоров В. В. Теоретические основы электротехники. Теория электрических цепей и электромагнитного поля: учеб. пособие для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М : Академия, 2010 . 360 с.

11. Daniel J., Carnovale P.E., Timothy J., Hronek P.E Power Quality Solutions and Energy Savings—What is Real? // Energy Engineering. 2019.Vol. 106. Issue 3, P. 26-50

12. Кудрин Б. И., Жилин Б. В., Матюнина Ю. В. Электроснабжение потребителей и режимы: учебное пособие. М : Изд-во МЭИ, 2013. 412 с.

13. Mohamed E. The Smart Grid—State-of-the-art and Future Trends // Electric Power Components and Systems. 2014. Vol. 42, Issue 3-4. P. 239-250

14. Кабышев А. В., Обухов С. Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: учеб. пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2006. 248 с.

15. Natarajan K. Some Strategies for Electrical Energy Conservation and Management in Industries // Energy Engineering. 2015. Vol. 112. Issue 6. P. 33-45

16. Киреева Э. А. Электроснабжение и электрооборудование организаций и учреждений: учеб. пособие. М. : КноРус, 2015 . 234 с.

17. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления / пер. с англ. Б. И. Копыловой. М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2012. 832 с.

18. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. – М. : НИЦ ЭНАС, 2014.168 с.

19. Lawrence R., Power Quality and Electrical Reliability: Where Does the Responsibility Lie? // Energy Engineering. 2019. Vol. 106, Issue 6. P. 23-33

20. Вахнина В. В. Моделирование режимов работы силовых трансформаторов систем электроснабжения при геомагнитных бурях: монография. Тольятти : ТГУ, 2012. 103 с.
21. Кабышев А. В., Тарасов Е. В. Низковольтные автоматические выключатели: учебное пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2011. 346 с.
22. Климова Г. Н. Энергосбережение на промышленных предприятиях : учеб. пособие. Томск : Изд-во ТПУ, 2006 . 153 с.
23. Овчаренко Н. И. Автоматика энергосистем : учебник для вузов / под ред. А. Ф. Дьякова. – 3-е изд., испр. – М. : Изд. дом МЭИ, 2009. 475 с
24. Шишмарёв В. Ю. Электротехнические измерения: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. М: Академия, 2014. 304 с.
25. Электротехнический справочник: В 4 т. Т.4. Использование электрической энергии/ под общ. ред. Профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. Попов А.И.). – 8-е изд., испр. и доп. М.: Издательство МЭИ, 2012. 696 с.
26. Шабад В. К. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: учеб. пособие для студенческих учреждений высшего профессионального образования. М: Академия, 2013. 194 с
27. Мельников М. А. Внутрицеховое электроснабжение: учеб. пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2007. 167с.
28. Программа управления для реле Zelio Logic для АВР с двумя вводами и секционированием [Электронный ресурс]. URL: http://netkom.by/docs/cat/po/avr_2_1_Compact.zip (дата обращения: 16.05.2020)
29. Полуянович Н. К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий : учеб. пособие для студентов вузов. СПб : Лань, 2016. 395 с.
30. Леонтьев А.Г. Микропроцессорные электромеханические системы: учеб. пособие. СПб. : СПбГТУ, 2012.

31. Алиев И. И. Электротехника и электрооборудование: справочник, М. : Высшая школа, 2010 . 1198с.
32. Огороков В. Р., Огороков Р. В. Интеллектуальные энергетические системы: модель будущих систем электроснабжения // Энергетическая политика. 2010. №2. С.15-21
33. Ксенофонтова Е.А. Применение интеллектуальных реле в системах энергоснабжения технологического оборудования. // Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции «Синтез науки и образования в решении глобальных проблем современности» (Таганрог, 29.05.2020 г.). – Уфа: OMEGA SCIENCE, 2020. 89 с.
34. Каталог Siemens LOGO [Электронный ресурс] : ООО «Сименс», 2015. URL: <https://www.prosoft.ru/cms/f/464600.pdf> (дата обращения: 16.05.2020)
35. ZelioSoft V5.2 Программное обеспечение для интеллектуально-программируемого реле Zelio Logic. [Электронный ресурс]. URL: https://download.schneider-lectric.com/files?p_enDocType=Software+-+Updates&p_File_Name=ZelioSoft2_V5.2.0.0.zip&p_Doc_Ref=ZelioSoft2_V5_2 (дата обращения: 16.05.2020)
36. SIMATIC Система автоматизации S7-300. [Электронный ресурс]. URL: https://support.industry.siemens.com/dl/files/629/8859629/att_55801/v1/S7_300_Modul_Data_r.pdf (дата обращения: 16.05.2020)
37. Интеллектуальные реле Zelio Logic [Электронный ресурс]. URL: https://www.is-com.ru/files/zelio_logic_2_katalog.pdf (дата обращения: 16.05.2020)
38. Zelio Logic. Smart Rele. User Manual 03/2017. [Электронный ресурс] URL: https://schneider.center/sites/default/files/files/documentation/zelio_logic_2_smart_relay_user_manual.pdf (дата обращения: 12.05.2020)
39. Типовые схемы АВР с применением интеллектуально-программируемого реле Zelio Logic [Электронный ресурс] : Техническая

коллекция Schneider Electric. URL : <http://www.netkom.by/docs/N18-Tipovye-shemy-AVR-s-primeneniem-Zelio-Logic.pdf> (дата обращения: 16.05.2020)

40. Лесневский Г. Ф., Нейумин В. М., Веселов В. М. О совершенствовании системы информационного обеспечения в электроэнергетике // Надежность и безопасность энергетики. 2010. №1. С. 11-15

41. Yuan Z., Wang W., He S., Application of sustainable computing based advanced intelligent power electronic technology for smart grid systems // International Journal of Computers and Applications, 2019.

Приложение А

Программа логики коммутации входов и выходов программируемого реле Zelio Logic для схемы с двумя вводами и секционированием

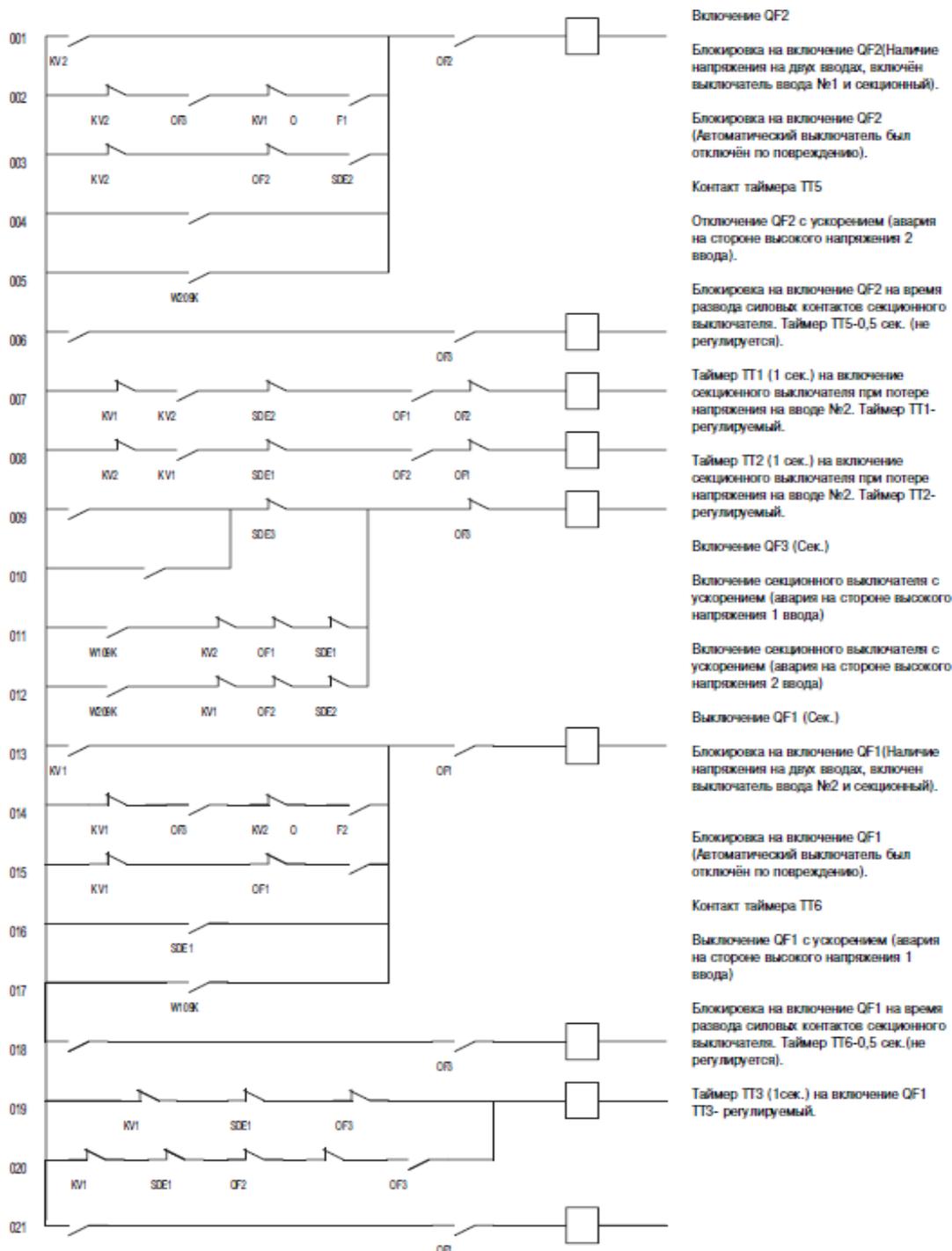


Рисунок А.1 - Программа логики коммутации входов и выходов
программируемого реле Zelio Logic для схемы с двумя вводами и
секционированием

Продолжение Приложения А

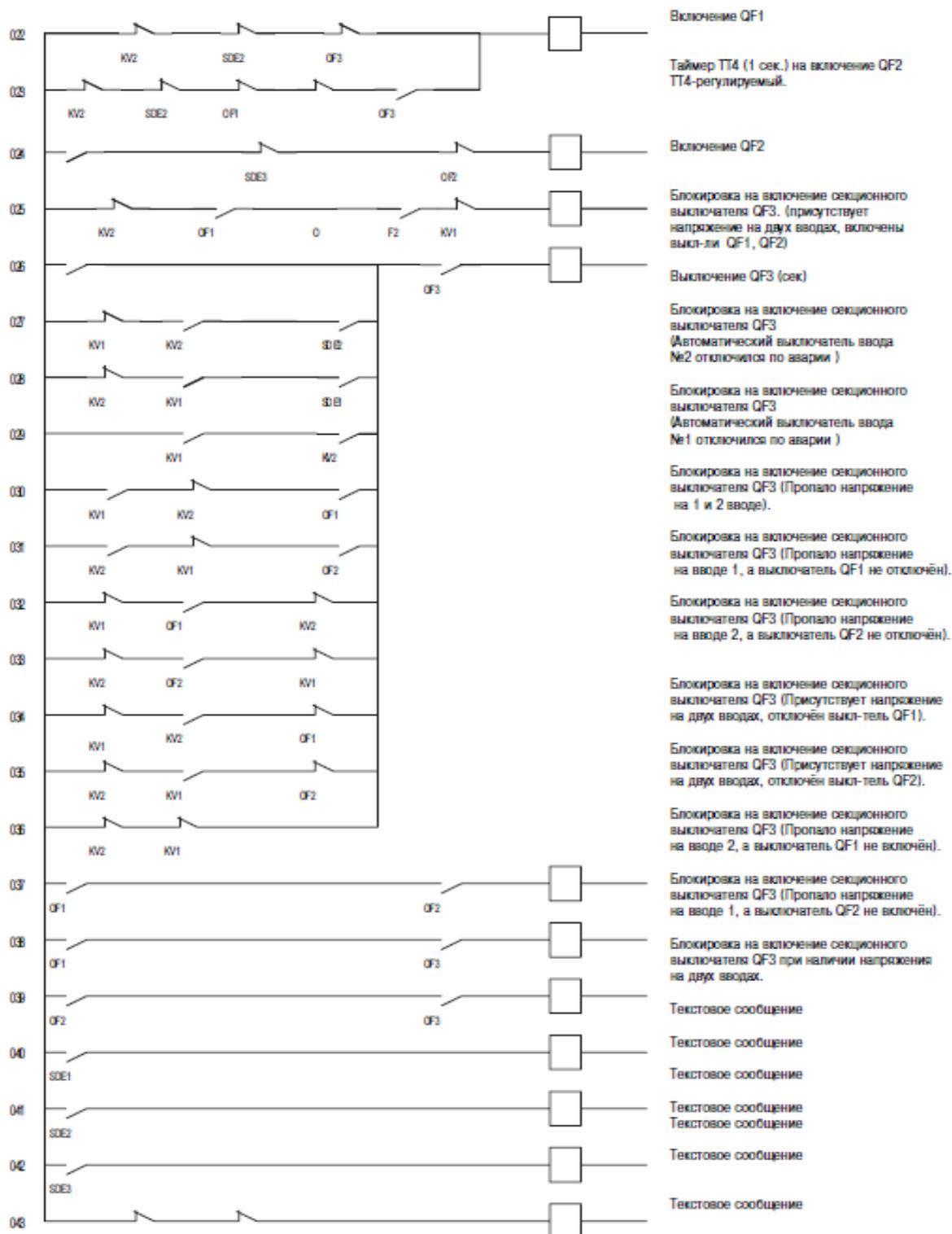


Рисунок А.2 - Программа логики коммутации входов и выходов программируемого реле Zelio Logic для схемы с двумя вводами и секционированием

Приложение Б

Перечень элементов для построения схемы АВР с двумя вводами и секционированием не программируемом реле Zelio Logic

Таблица Б.1 - Перечень элементов для построения схемы АВР с двумя вводами и секционированием не программируемом реле Zelio Logic

Шкаф ввода №1, РУ 0,4кВ		
	Выключатель автоматический типа Masterpact 1, 3 пол, Un=690В 50/60Гц, In=100А Блок управления и защиты Micrologic Дополнительные блок-контакты OF-4шт, SDE-1шт, PF-1шт	
МСН	Мотор-редуктор МСН 200-250В, АС	1
МХ	Независимый расцепитель МХ200-220V, АС	1
XF	Электромагнит XF 200-220VAC	1
1HL2	Светодиодный индикатор красный 220В АС	1
1HL3	Светодиодный индикатор зеленый 220В АС	1
1HL1	Светодиодный индикатор желтый 220В АС	1
Шкаф ввода №2, РУ 0,4кВ.		
QF2	Выключатель автоматический типа Masterpact 1, 3 пол, Un=690В 50/60Гц, In=100А Блок защиты и управления Micrologic Доп. блок-контакты OF- 4шт, SDE-1шт, PF-1шт	1
МСН	Мотор-редуктор МСН 200-250В, АС	1
МХ	Независимый расцепитель МХ200-220V, АС	1
XF	Электромагнит XF 200-220V, АС	1
2HL2	Светодиодный индикатор красный 220В АС	1
2HL3	Светодиодный индикатор зеленый 220В АС	1
2HL1	Светодиодный индикатор желтый 220В АС	1
Шкаф секционного выключателя		
QF3	Выключатель автоматический типа Masterpact 1, 3 пол, Un=690В 50/60Гц, In=100А Блок защиты и управления Micrologic Дополнительные блок-контакты OF- 4шт, SDE-1шт, PF-1шт	1
МСН	Мотор-редуктор МСН 200-250В, АС	1
МХ	Независимый расцепитель МХ200-220V, АС	1
XF	Электромагнит XF 200-220VAC	1
3HL2	Светодиодный индикатор красный 220В АС	1
3HL3	Светодиодный индикатор зеленый 220В АС	1
3HL1	Светодиодный индикатор желтый 220В АС	1

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

	Панель АВР	
SF3, SF4	Автоматический выключатель Multi9, 1п 6А, хар. С	2
SF1, SF2	Автоматический выключатель Multi9, 3п 2А, хар. С	2
SF5	Автоматический выключатель Multi9, 1п 2А, хар. С	1
SA1	Переключатель 2 поз. с фиксац.	1
KV1, KV2	Реле контроля фаз, 3х фазное, 380 В	2
TR1	Реле интеллектуальное Zelio Logic, 20 I/O, 24 VDC	1
KL1	Промежуточное реле, 230В, 50/50 Гц	1
KL2, KL3, KL4	Промежуточное реле, 230В, 50/50 Гц	3
	Основание для промежуточного реле	1
A1	Блок питания ABL, $U_{вх}$ —220В AC, $U_{вых}$ 24В DC	1