

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Режимы работы электрических источников питания, подстанций, сетей и систем
(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Реконструкция системы электроснабжения корпуса 926Г
АО «КуйбышевАзот»

Студент(ка)

А.С. Левтеров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

А.Н. Черненко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы д.т.н., профессор В.В. Вахнина

« ____ » _____ 2016 г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина

« ____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение | 4 |
| 1 Анализ действующей схемы электроснабжения корпуса 926Г АО «КуйбышевАзот» | 7 |
| 1.1 Роль насосной станции в технологическом процессе промышленного предприятия | 7 |
| 1.2 Энергетическая устойчивость насосных станций | 11 |
| 1.3 Системы электроснабжения | 13 |
| 1.4 Свойства, состояния и события, характеризующие надежность систем электроснабжения | 15 |
| 1.5 Потребители электрической энергии и объемы электропотребления на насосной станции | 20 |
| 1.6 Схема электроснабжения корпуса 926Г | 21 |
| Выводы по первому разделу | 25 |
| 2 Исследование мероприятий по повышению надёжности схемы электроснабжения корпуса 926Г | 26 |
| 2.1 Выбор схемы электроснабжения | 26 |
| 2.2 Расчёт электрических нагрузок корпуса | 30 |
| 2.3 Расчёт освещения | 32 |
| 2.4 Расчет кабельных линий 0,4 кВ для внутрицеховых электроприемников | 40 |
| 2.4.1 Выбор марки питающих кабелей | 40 |
| 2.4.2 Расчёт питающих кабелей | 45 |
| 2.5 Выбор защитной аппаратуры | 47 |
| 2.6 Выбор частотного преобразователя | 53 |
| 2.6.1 Особенности преобразователей частоты Altivar 61 | 55 |
| 2.6.2 Выбор преобразователя частоты и дополнительного оборудования | 58 |
| 2.7 Расчёт токов короткого замыкания | 62 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.7.1 | Параметры расчётной схемы | 63 |
| 2.7.2 | Расчёт токов КЗ | 68 |
| 2.8. | Расчёт защитного заземления | 71 |
| 2.9 | Техническое исполнение ЭРП 0,4 кВ | 73 |
| 2.9.1 | Конструкции и описание КРУ | 73 |
| 2.9.2 | Технология монтажа комплектных распределительных устройств.. | 76 |
| 2.9.3 | Выбор КРУ | 78 |
| | Выводы по второму разделу | 81 |
| 3 | Экономическая эффективность инвестиционного проекта | 82 |
| 3.1 | Определение и виды эффективности ИП | 82 |
| 3.2 | Основные принципы оценки эффективности | 83 |
| 3.3 | Показатели эффективности ИП | 86 |
| 3.4 | Расчёт экономической эффективности установки частотных преобразователей | 87 |
| | Выводы по третьему разделу | 91 |
| | Заключение | 92 |
| | Список использованных источников | 94 |
| | Приложение А. Способ монтажа светильников | 97 |
| | Приложение Б. Расчёт освещения | 98 |

Введение

Промышленность потребляет около двух третей всей вырабатываемой в нашей стране электроэнергии. Возрастают мощности, потребляемые предприятиями и отдельными электроприемниками. В связи с этим усложняются задачи рационального построения схем распределения электроэнергии. Повышаются требования к надежности, экономичности, удобству и безопасности эксплуатации и к качеству электроэнергии.

Анализ результатов исследования, проведенного на 600 предприятиях в 5 федеральных округах Российской Федерации, показывает высокую степень износа систем, достигающую 70%. На многих промышленных предприятиях существующие системы электроснабжения являются проектами как минимум двадцатилетней давности. Поэтому на сегодняшний день в электроэнергетике нашей страны отчетливо просматривается четкая тенденция снижения показателей надежности электроснабжения, а также рост цен на электрическую энергию. Всё это непосредственно связано со значительным старением электрогенерирующих предприятий, электрических сетей и, конечно, увеличением числа отключений на линиях вследствие аварий [16].

Схемы электроснабжения насосных станций рассчитываются и проектируются с учетом особенностей потребителей электроэнергии, а также с учетом индивидуальных особенностей размещения электроприемников на рассматриваемом объекте и, конечно, условий их эксплуатации.

Современная насосная станция – это сложное, крупное инженерное сооружение, обеспечивающее основные технологические процессы по подготовке сжатого воздуха к транспортировке: очистку от пыли и охлаждение.

Надежность схемы электроснабжения насосных станций основывается на вероятностно-статистической природе ее поведения. В последние годы с увеличением аварийных ситуаций, разрабатываются методы оценки вероятности их каскадного развития, обусловленных отказами автоматики и коммутационной аппаратуры.

Необходимо отметить, что любое повреждение в электрических сетях - это случайное событие, поэтому невозможно точно предусмотреть, когда и в каком месте может возникнуть какое-либо нарушение в работе системы электроснабжения. Наблюдения и анализирование опыта эксплуатации в определённой степени позволяет выделить основные причины, места и периоды с повышенной вероятностью отказа. Техническая и организационная структура систем электроснабжения не является постоянной, а периодически меняется вместе с изменениями в структуре общественного производства. Частые нарушения работоспособности электроустановок, которые выполняют передачу и распределение электроэнергии, при стечении определенных обстоятельств, могут привести к серьезным нарушениям режима работы насосной станции.

Любой внезапный перерыв в системе электроснабжения насосной станции, как правило, связан с определенным ущербом, размер которого определяется, исходя из таких факторов, как, например, длительность перерыва электроснабжения, фаза технологического процесса или температура окружающей среды [20].

Внезапные перерывы электроснабжения являются наиболее тяжелыми и распространенными видами нарушений, от которых сложно полностью защитить оборудование, т.к. специфика процесса производства и передачи электроэнергии обуславливает невозможность сделать её запас в необходимых для технологических процессов количестве для обеспечения бесперебойности питания.

Все устройства электропитания насосных станций и других технологических устройств, подстанций и распределительных устройств должны быть устойчивы в эксплуатации и защищены от нарушения режима их нормальной работы, повреждений, частичных разрушений, коротких замыканий в электросети, способных вызвать тепловые и механические воздействия на электрические установки.

Целью работы является внедрение систем автоматизации и снижение эксплуатационных затрат насосной станции корпуса 926Г АО «КуйбышевАзот».

Поставленная цель требует решения следующих задач:

1. Анализ существующей системы электроснабжения корпуса 926Г.
2. Исследование мероприятий по повышению надёжности схемы электроснабжения насосной станции.
3. Оценка показателей эффективности от внедрения систем автоматизации.

1 Анализ действующей схемы электроснабжения корпуса 926Г АО «КуйбышевАзот»

1.1 Роль насосной станции в технологическом процессе промышленного предприятия

АО "КуйбышевАзот" является одним из ведущих предприятий российской химической промышленности, которое осуществляет свою деятельность по двум основным направлениям:

- капролактамы и продукты его переработки (полиамид-6, высокопрочные технические нити, кордная ткань, инженерные пластики);
- аммиак и азотные удобрения.

Строительство Куйбышевского азототукового завода (КАТЗ) началось в 1961 году. Первые производственные мощности (по производству аммиачной селитры на привозном аммиаке и слабой азотной кислоты) были введены в эксплуатацию в 1965 году. А в 1966 году предприятие заработало по полной технологической схеме, когда был получен собственный аммиак. Этот год считается официальной датой рождения завода [21].

В 1975 г. головным предприятием КАТЗ было создано производственное объединение, в которое вошли не только «КуйбышевАзот», но и строящийся на тот момент Тольяттинский азотный завод (ТоАЗ), а также Трансаммиак и Азотреммаш. После реструктуризации в 1981 г. они были выделены в самостоятельные юридические лица. В 1991 г. «КуйбышевАзот» стал арендным предприятием, а затем, в 1992 году, создано закрытое акционерное общество «КуйбышевАзот». Спустя 14 лет (в 2006 году), предприятие изменило тип акционерного общества с закрытого на открытый по решению общего годового собрания акционеров.

Кроме капролактама и аммиака «КуйбышевАзот» производит технологические газы, обеспечивающие потребности основных бизнес-направлений, и вместе с тем являющиеся самостоятельными товарными

продуктами. Также выделилось отдельное направление переработки полиамида-6 – инженерные пластики. С 2003 года на промышленной площадке АО «КуйбышевАзот» действует СП ООО «Волгапласт», а в 2007 году компания ввела в эксплуатацию производство на СП Kuibyshevazot Engineering Plastics (Shanghai) Co., Ltd в Китае, основная продукция которого также компаунды на основе ПА-6.

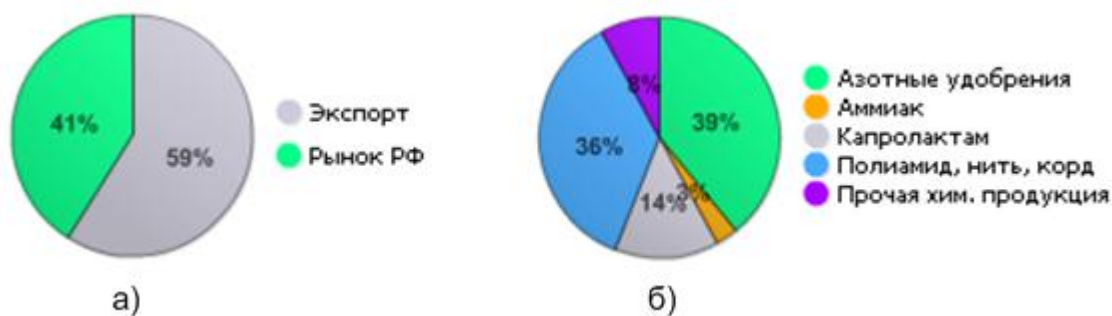


Рисунок 1 – Структура продаж продукции: а – в разрезе рынков;
б – в разрезе выпускаемых продуктов

АО "КуйбышевАзот" сегодня:

- входит в десятку крупнейших мировых производителей и занимает первое место в СНГ по выработке капролактама;
- лидер в производстве полиамида-6 в России, СНГ и Восточной Европе;
- входит в первую десятку предприятий отечественной азотной промышленности;
- имеет интегрированную систему менеджмента, сертифицированную на соответствие требованиям международных стандартов ISO 9001:2008; ISO 14001:2004; OHSAS 18001:2007.



Рисунок 2 – Основные направления производства продукции

Квалифицированные специалисты службы главного инженера обеспечивают функционирование действующего производства и планируют перспективы развития предприятия.

Проектно-конструкторская служба АО "КуйбышевАзот" имеет лицензию на выполнение всех работ по модернизации и реконструкции производства, разработку новых технологических процессов и оборудования.

Предприятие обладает прогрессивными средствами связи, имеет единую структурированную кабельную систему, обеспечивающую работу компьютерных сетей. На "Куйбышевазоте" внедрены и совершенствуются автоматизированные системы управления производством, товарно-материальными и финансовыми ресурсами.

Центральная заводская лаборатория осуществляет научно-исследовательские работы по совершенствованию действующих и внедрению новых технологий, методик аналитического контроля получаемого сырья, повышения качества продукции и соблюдения его в процессе производства.

В настоящее время на предприятии завершается строительство установок пропитки кордной ткани на производстве полиамида и очистки конденсата сокового пара на производстве аммиачной селитры. Ведутся работы по строительству агрегата УКЛ для увеличения выработки азотной кислоты и аммиачной селитры. Кроме того, это позволит уменьшить выбросы окислов азота. Проводится реконструкция отделения ректификации на производстве

капролактама. Продолжается строительство нового энергоэффективного производства циклогексанона по технологии компании DSM (Нидерланды). Начата подготовка строительных площадок для совместных предприятий с зарубежными партнерами: с компанией «Linde Group» (Германия) по производству аммиака; с корпорацией Praxair (США) - продуктов разделения воздуха. Все эти проекты направлены на обеспечение перспективного развития ОАО «КуйбышевАзот» и сохранение рыночных позиций компании в условиях усиливающейся конкуренции [21].

Корпус 926Г – насосная станция, выполняющая перекачку олеума из цистерн, привозимых железнодорожным транспортом, на склад хранения олеумной кислоты.

Олеум - раствор серного ангидрида SO_3 в 100%-й серной кислоте H_2SO_4 и представляет собой вязкую маслянистую бесцветную жидкость. Это крайне едкое вещество: оставляет сильные ожоги на коже, быстро разъедает многие материалы, за исключением наименее реакционноспособных. Тем не менее, вследствие эффекта пассивации может храниться в стальных ёмкостях. Олеум нельзя разбавлять водой или выливать его в воду, из-за сильно экзотермической реакции. Разбавление олеума производится прибавлением его к серной кислоте. При приливании в воду жидкость закипает, образуя туман из серной кислоты. На заводе применяется при производстве капролактама.

Капролактама, одно из основных направлений производства рассматриваемого предприятия, используется для получения полиамидных волокон, используемых в производстве текстиля, ковровых покрытий, промышленных нитей, используемых в свою очередь для изготовления шинного корда. Кордная нить – крупнейший и наиболее быстрорастущий сегмент рынка ПА6 [21].

На рисунке 3 изображён фрагмент карты завода АО «КуйбышевАзот» с месторасположением корпуса 926Г.

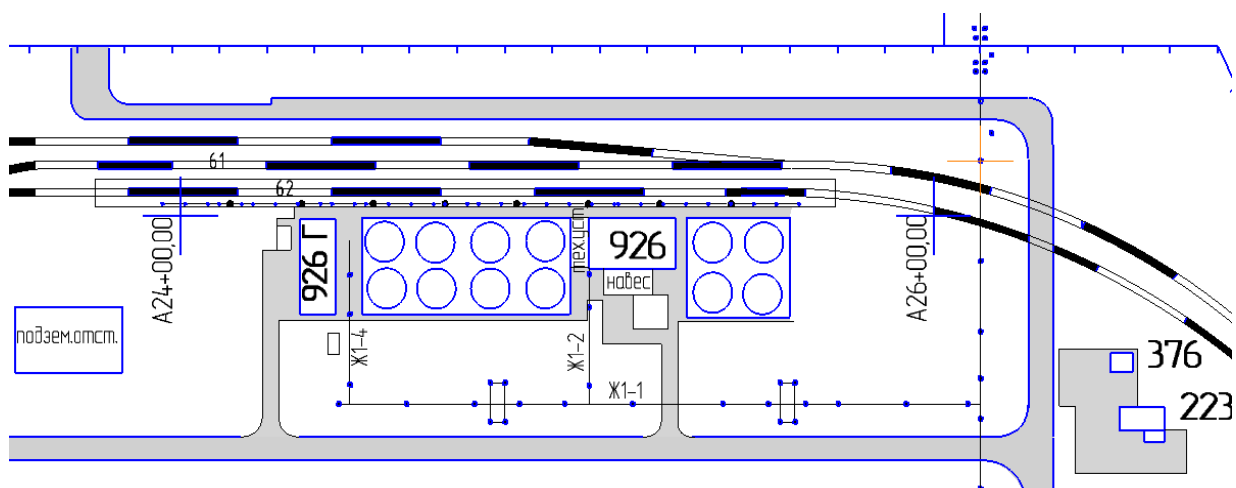


Рисунок 3 - Фрагмент карты завода АО «КуйбышевАзот»

1.2 Энергетическая устойчивость насосных станций

Схемы электроснабжения насосных станций, также как и других объектов, разрабатываются с учетом особенностей размещения объектов электропитания, условий их эксплуатации и особенностей конкретных электропотребителей. В качестве источников питания используются кабельные линии и линии электропередачи от энергосистемы. Высокая степень готовности систем электроснабжения насосной станции представляет сложную техническую, организационную и экономическую задачу [20].

Необходимо отметить, что любое повреждение в электрических сетях - это случайное событие, поэтому невозможно точно предусмотреть, когда и в каком месте может возникнуть какое-либо нарушение в работе системы электроснабжения. Наблюдения и анализ опыта эксплуатации в определённой степени позволяет выделить основные причины, места и периоды с повышенной вероятностью отказа. Можно добавить, что техническая и организационная структура систем электроснабжения не является постоянной, а периодически меняется вместе с изменениями в структуре общественного производства. Частые нарушения работоспособности электроустановок, которые выполняют передачу и распределение электроэнергии, при стечении определенных обстоятельств, могут привести к серьезным нарушениям режима работы объекта.

Любой внезапный перерыв централизованного электроснабжения объектов зачастую приводит к определенному ущербу, размеры и степень которого зависят от таких обстоятельств, как: фаза технологического процесса, продолжительность перерыва электроснабжения, температура окружающей среды, и т.д.

Внезапные перерывы электроснабжения являются наиболее тяжелыми и распространенными видами нарушений, от которых сложно полностью защитить оборудование, т.к. специфика процесса производства и передачи электроэнергии обуславливает невозможность сделать её запас в необходимых для технологических процессов количестве для обеспечения бесперебойности питания.

Такие ситуации при отсутствии предварительной подготовки по повышению живучести объекта могут привести к остановке технологического процесса, что может повлечь за собой не только определенную потерю прибыли, но также затраты на восстановление работоспособности остановленных машин и механизмов.

Перерыв в электропитании оборудования - это аварийный режим технологической системы. Поэтому электроустановки необходимо обеспечивать устройствами надежной защиты, автоматического контроля управления и сигнализации.

К отказу может привести нарушение работоспособности какого-либо элемента системы в момент выполнения им заданной функции.

Если при выходе из строя одного или нескольких таких элементов выполнение их функций переложить на резервные элементы, предусмотренные системой, то отказа в работе не произойдет. Если же при потере элемента его функции не выполняются резервом, то наблюдается изменение или ограничение основных параметров в работе системы, сбой в технологической цепочке, после которого фиксируется отказ системы.

При невозможности системы в случае отказа одного из её элементов своевременно восстановить нормальное электроснабжение потребителя, она считается неустойчивой.

Существует понятие живучести системы. Согласно определению ГОСТ 21027 – 75, это способность противостоять каскадному (цепочечному) развитию аварийного режима.

Устойчивость и живучесть – это свойства системы электроснабжения, которые взаимосвязаны с таким термином, как надежность. Нельзя говорить о надежности работы системы, которая не обладает определенной степенью устойчивости и живучести. В совокупности эти свойства рассматриваются как способность локализовать повреждения и быстро восстановить основные функции системы.

Устойчивость системы электроснабжения и устойчивость объекта оказывают друг на друга взаимное влияние и являются взаимно зависимыми понятиями. Поэтому в процессе системного анализа целесообразно комплексно оценивать устойчивость систем электроснабжения, распределения и потребления электроэнергии каким-либо объектом.

Нормальное устойчивое функционирование объекта в общем случае обеспечивается созданием нормального температурного режима, обеспечением необходимой механической прочности его конструктивных элементов, выработкой правильной системы регулирования основных параметров и наличием режима управления во время отказов каких-либо элементов. Этого можно достичь благодаря наличию автономных систем электроснабжения, а также надежной работой систем теплоснабжения и вентиляции, систем функциональной защиты – РЗА, противопожарной защиты, систем оповещения, КИП и т.д.

1.3 Системы электроснабжения

Надежность систем электроснабжения объектов электроснабжения, отнесенных к первой категории электропотребителей, можно обеспечить:

- двумя внешними независимыми источниками питания, способных принимать на себя нагрузку при выходе из строя одного из них;
- аварийным источником - электростанцией с дизельным приводом, обеспечивающим восстановление напряжения максимум через 30 с и

электроснабжение электроприемников особой группы первой категории на время до 250 ч;

- источником гарантированного питания, состоящим из аккумуляторных батарей с соответствующими преобразователями, обеспечивающим устойчивую работу электроприемников особой группы (система КИПиА, АСУ и т.п.) при переходных режимах в системе электроснабжения (посадки напряжения, колебания частоты, бестоковые паузы);
- резервным источником - электростанцией собственных нужд, обеспечивающих восстановление напряжения на шинах питания максимум через 5 мин с покрытием нагрузки объекта в течение длительного (до 750 часов) времени;
- электростанциями собственных нужд, оснащенных электроагрегатами с поршневым или газотурбинным приводом, при отсутствии внешних источников электроснабжения

При эксплуатации систем электроснабжения насосных станций в реальных условиях возможны следующие нарушения нормального режима электроснабжения:

- длительные или кратковременные отклонения напряжения (частоты) от номинального;
- перерывы электроснабжения по одному из независимых источников с предварительным предупреждением;
- аварийные отключения питающей линии электроснабжения или электростанции собственных нужд;
- глубокие посадки напряжения (частоты) или внезапные кратковременные (до нескольких секунд) перерывы электроснабжения, которые могут быть вызваны внезапными кратковременными отключениями электростанций собственных нужд или переходными процессами в энергетической системе электроснабжения [11].

Длительные или кратковременные отклонения частоты или напряжения от номинальных значений, как показывает опыт эксплуатации, не вносят существенных изменений в режим работы насосных станций.

В случае предварительного предупреждения о перерыве электроснабжения по одному из независимых источников (как правило, не более одной рабочей смены) питание НС переводят полностью на другой независимый источник. Конечно, в это время надежность обеспечения необходимой безопасностью электроснабжения не соответствует изначально предъявляемым требованиям, вследствие чего возможна преднамеренная остановка насосного оборудования. Для тех ситуаций, когда возникает глубокое падение напряжения (частоты), в качестве меры защиты от остановок НС вследствие кратковременного перерыва электроснабжения необходимо предусмотреть ряд мероприятий по оснащению её аварийным источником электроснабжения с автоматизированным запуском. Это позволит увеличить интервал времени, в течение которого возможна эксплуатация объекта без использования электроэнергии от внешнего источника. Время от момента подачи сигнала на включение аварийного источника до момента приема нагрузки должно быть в пределах 30 с [11].

В случае аварийной остановки электростанции собственных нужд или внезапного отключения питающих линий, как правило, нормальный режим работы всей системы своевременной разгрузки железнодорожных цистерн нарушается. Предупреждение, сокращение и предотвращение таких ситуаций – важнейшая задача, к решению которой стремятся при проектировании и эксплуатации электростанций, сетей и электроустановок.

1.4 Свойства, состояния и события, характеризующие надежность систем электроснабжения

Надежность является комплексным свойством, которая, в зависимости от условий эксплуатации объекта и его назначения, может содержать определенный ряд свойств (в сочетании или по отдельности); значимыми являются следующие свойства: долговечность, безотказность, сохраняемость, ремонтпригодность, режимная управляемость, живучесть и безопасность [12].

Безотказность и ремонтпригодность являются определяющими свойствами надежности системы электроснабжения для насосной станции как объекта, обеспечивающего работу технологических объектов с непрерывным циклом действия.

Под безотказностью понимается свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течении определенной наработки и времени..

Ремонтпригодность - свойство объекта, заключающееся в приспособленности к предупреждению и быстрому обнаружению причин возникновения повреждений и отказов, устранению их последствий путем проведения ремонтов и технического обслуживания.

Для грамотной оценки уровня ремонтпригодности и безотказности объектов СЭС и системы в целом, необходима четкая классификация соответствующих состояний [13].

Классификация состояний насосных станций, как объектов систем электроснабжения, фундаментально не отличается от принятой для объектов других систем энергетики (рисунок 4).

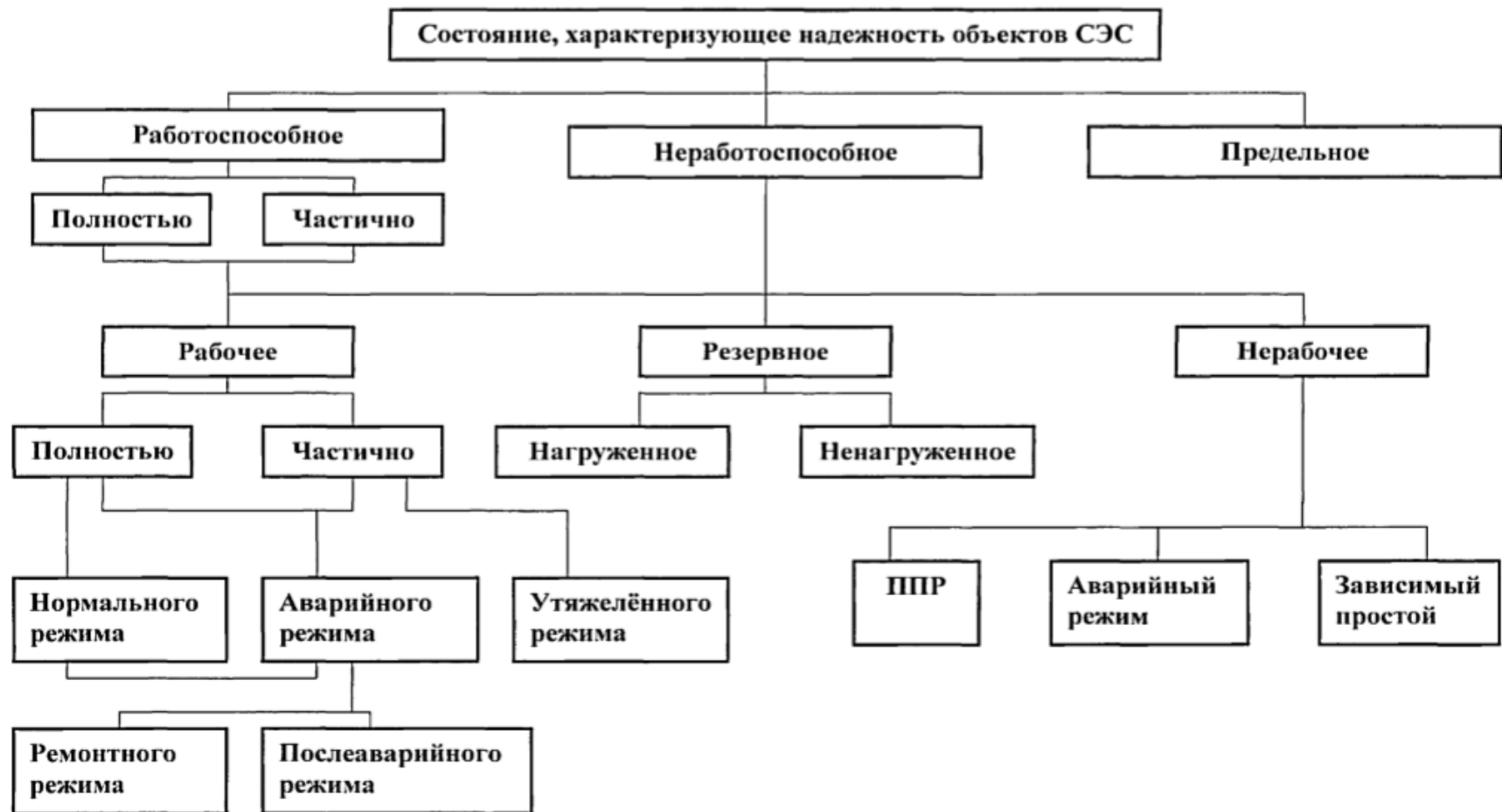


Рисунок 4 - Классификация состояний, характеризующих надежность объектов систем электроснабжения НС

Как видно из рисунка, способность объекта выполнять заданные функции характеризуют два уровня классификации состояний: «работоспособные - неработоспособные». А классификация «рабочие – нерабочие» характеризует способность объекта выполнять свои функции.

Заметим, что понятие работоспособности распространяется также и к недействующим объектам в определенный момент времени.

Нарушение электроснабжения электроприемников корпуса, связанное с аварийным состоянием СЭС, может привести к вынужденной или аварийной остановке хотя бы одного насосного агрегата. Числом насосов, выведенных из работы, определяется глубина аварийного состояния объекта электроснабжения.

Вынужденная остановка одного или всех насосов корпуса может быть связана с переходом СЭС в нерабочий режим вследствие вывода её в ремонт. Примечательно, что сбой в работе технологических аппаратов и механизмов может быть связан не только с пребыванием системы электроснабжения (или её части) в течении определенного времени в полностью или частично нерабочем состоянии. Процесс перехода в это состояние или перевод в другое рабочее состояние может также стать причиной сбоя. Примером может быть переключение секции шин с одного источника на другой и срабатывание аппаратов релейной защиты на отключение вследствие замеченного коммутационного процесса.

События, приводящие к переходу объектов или системы электроснабжения в неработоспособное или нерабочее состояния, можно классифицировать и представить в виде схемы на рисунке 5.

Переход объекта с одного уровня работоспособности на другой, но более низкий, рассматривается как отказ работоспособности, а переход объекта с одного относительного уровня функционирования на другой, более низкий, расценивается как отказ функционирования. И отказ функционирования, и отказ работоспособности объектов и систем электроснабжения насосных станций может быть частичным или полным [20].



Рисунок 5 - Классификация событий, характеризующих надежность объектов систем электроснабжения

Полный отказ функционирования означает переход объекта из исходного состояния в нерабочее. Аналогично, полный отказ работоспособности означает к переходу объекта в неработоспособное состояние.

В системах электроснабжения отказы элементов могут быть как внезапными, так и ожидаемыми, постепенными.

Внезапные отказы связаны с природно-климатическими факторами или случайными воздействиями сторонних лиц.

Постепенные отказы происходят с течением времени и связаны, как правило, с неизбежным изменением характеристик элементов во времени. Иными словами, они

случаются вследствие старения и выработки ресурса компонентов электроустановок.

Независимые отказы не связаны друг с другом, зависимые - связаны. Зависимость отказов может иметь различный характер. Отметим взаимообусловленные отказы - отказ одного элемента вызывает сбой и отказ другого.

Наконец, отказы могут быть устойчивыми и неустойчивыми. При анализе надежности систем электроснабжения электроприводных НС должны учитываться и устойчивые и неустойчивые (самоустраняющиеся) отказы элементов систем. Неустойчивые отказы при выполнении соответствующих мероприятий по их ограничению при проектировании, монтаже и эксплуатации СЭС не должны оказывать значительного влияния на режим работы насосов [14].

Поверхностный анализ причин возникновения аварийных ситуаций на насосных станциях показывает, что они связаны с отказами основного силового оборудования, запорной арматуры и недостаточностью контроля за необходимыми параметрами системами релейной защиты. Кроме того, одним из основных путей повышения надежности системы является резервирование. Детальный анализ указанных факторов является основным направлением исследования и повышения надежности систем электроснабжения насосных станций.

1.5 Потребители электрической энергии и объемы электропотребления на насосной станции

По своей структуре и функциональным связям насосная станция является комплексной системой. Работа основного технологического оборудования обеспечивается их приводом, системами вентиляции, охлаждения, контрольно-измерительными приборами и автоматикой, общестанционными системами электроснабжения и т.п. Правильное взаимодействие этих подсистем обуславливает уровень надежности насосной станции в целом.

Перерыв в электроснабжении электроприводов циркуляционных насосов, вентиляционных агрегатов, систем отопления, электроприемников устройств

связи и освещения может повлечь за собой прекращение разгрузки железнодорожных цистерн, утечку олеума и создание вредных паров внутри корпуса, что крайне недопустимо, т.к. олеум — крайне едкое вещество: оставляет сильные ожоги на коже, быстро разъедает многие материалы, а при взаимодействии с водой закипает, образуя туман из серной кислоты. Таким образом, аварийная ситуация в СЭС рассматриваемого корпуса может причинить не только материальный ущерб, но также нанести вред здоровью обслуживающего персонала, поэтому в отношении обеспечения надежности электроснабжения некоторых электроприемников, данный объект следует отнести к I категории.

1.6 Схема электроснабжения корпуса 926Г

Электроснабжение оборудования корпуса 926Г осуществляется распределительным устройством ЭРП 0,4 кВ, которое находится внутри корпуса на 1 этаже. ЭРП по категории надежности электроснабжения отвечает требованиям II категории. С него запитаны одиннадцать насосов, четыре приточных и пять вытяжных вентагрегатов, также присутствуют осветительные установки, оборудование слесарной мастерской и лаборатории, а также дополнительная нагрузка (Аварийный душ №1,2,3 и двенадцать консольных кранов ПТ29/1÷ПТ29/12), которая находится вне корпуса и запитывается с РП-1. Номинальное напряжение указанных электроприемников ~380В. Полный перечень, с указанием их номинальной мощности и присвоенного обозначения, представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Перечень электроприемников, запитываемых с ЭРП

| Наименование оборудования | Количество | Рпасп, кВт |
|---------------------------|------------|------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Корпус 926Г | | |
| Насос центробежный Н-1/1 | 1 | 30 |
| Насос центробежный Н-1/3 | 1 | 30 |
| Насос центробежный Н-1/5 | 1 | 30 |

Продолжение таблицы 1

| | | |
|---|----|------|
| Насос центробежный Н-3/1 | 1 | 30 |
| Насос центробежный Н-24/1 | 1 | 18,5 |
| Насос погружной Н-11/1 | 1 | 15 |
| Приточный вентагрегат П-1 | 1 | 3 |
| Приточный вентагрегат П-3 | 1 | 0,37 |
| Вытяжной вентагрегат В-1 | 1 | 4 |
| Вытяжной вентагрегат В-2/1 | 1 | 5,5 |
| Вытяжной вентагрегат В-3 | 1 | 3 |
| Насос центробежный Н-1/2 | 1 | 30 |
| Насос центробежный Н-1/4 | 1 | 30 |
| Насос центробежный Н-1/6 | 1 | 30 |
| Насос центробежный Н-3/2 | 1 | 18,5 |
| Насос центробежный Н-24/2 | 1 | 18,5 |
| Приточный вентагрегат П-2 | 1 | 4 |
| Приточный вентагрегат П-4 | 1 | 0,37 |
| Вытяжной вентагрегат В-2/2 | 1 | 5,5 |
| Аварийный вытяжной вентагрегат А-1 | 1 | 3 |
| Станок настольный сверлильный | 1 | 0,6 |
| Станция управления маневровым устройством | 1 | 19,5 |
| Щиток рабочего освещения ЩО | 1 | 1,1 |
| Щиток аварийного освещения АЩО | 1 | 0,5 |
| Шкаф вытяжной поз. 3 | 1 | 3 |
| Пылеулавливающий агрегат Р-1 | 1 | 1,5 |
| Станок точильно-шлифовальный поз. 1 | 1 | 0,75 |
| Дополнительная (внешняя) нагрузка | | |
| Аварийный душ (№1,2,3) | 3 | 0,1 |
| Кран консольный (ПТ29/1÷12) | 12 | 1,98 |

Электропитание корпус получает по кабельным линиям 0,4 кВ, выполненных кабелями АВБвШв 3х150+1х50: 1 секция – от распределительного пункта ПР-1 (Корпус 926В), 2 секция – от распределительного пункта ПР-2 (Корпус 926В).

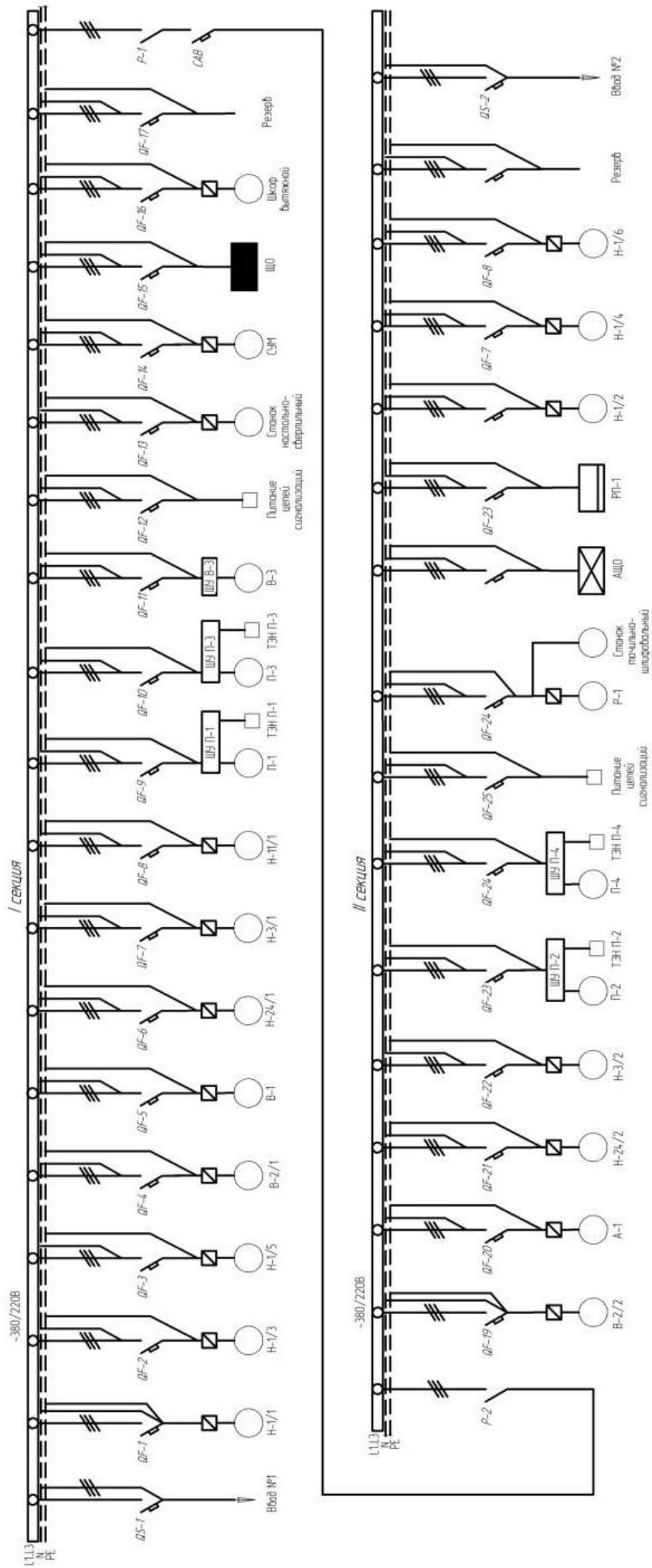


Рисунок 6 - Схема электроснабжения корпуса 926Г

Распределительная сеть 0,4 кВ – кабельная. Кабели частично проложены в лотках и на эстакаде. Компенсация реактивной мощности в ЭРП не предусмотрена.

Насосная станция имеет радиальную схему электроснабжения. При радиальной схеме электроснабжения каждая линия является как бы лучом, соединяющим ЭРП с конкретным потребителем.

Для взаимного резервирования питания потребителей, подключенных к разным секциям шин, предусмотрен секционный выключатель. При нарушении питания одной из секции шин оперативным персоналом производится включение секционного выключателя (нормально отключенного), и питание обеих секций осуществляется от одной линии.

На данный момент схема электроснабжения не обеспечивает достаточную надёжность и бесперебойное электроснабжение насосной станции. Это вызвано износом имеющегося электрооборудования, кабельных сетей, релейной защиты и автоматики.

Выводы по первому разделу

1. Выполнен анализ схемы электроснабжения корпуса 926Г АО «КуйбышевАзот», который показал, что электроснабжение в настоящее время недостаточно надежно в связи с износом основного оборудования.

2. Установлено, что управление насосами возможно только по месту в виду отсутствия систем автоматизированного контроля и дистанционного управления в диспетчерском пункте.

3. Проведенный анализ показал, что силовая часть системы управления насосами морально устарела и нуждается в полной реконструкции с применением новых технологий, которые способны выполнять автоматизированный контроль за работой промышленного оборудования.

2 Исследование мероприятий по повышению надёжности схемы электроснабжения корпуса 926Г

2.1 Выбор схемы электроснабжения

Наряду с выбором напряжения, одним из важнейших вопросов, решаемых при разработке проекта реконструкции системы электроснабжения, является выбор рациональной схемы электроснабжения [4].

Схему электроснабжения объекта проектируют так, чтобы системы высоковольтного распределения энергии были максимально приближены к потребителю для уменьшения потерь. Кроме того, стараются отказаться от тказа от холодного резерва, всё электрооборудование должно иметь определенный коэффициент загрузки, который в зависимости от технических и экономических соображений может быть разным. Простота, ремонтпригодность, удобство при эксплуатации, возможность применения комплектного электрооборудования – вот описание современной схемы питания. Также необходимо, чтобы в схеме были учтены возможные изменения при развитии предприятия на ближайшие 8-10 лет.

Схема электроснабжения должна обеспечивать требуемую степень надёжности питания. Для этого, вне зависимости от экономического расчёта, может возникнуть необходимость добавить новые линии.

Схемы распределения электропитания можно разделить на 3 вида:

- 1) Радиальные;
- 2) Магистральные;
- 3) Смешанные.

На выбор схемы влияют такие факторы, как:

- 1) Категория надёжности электроснабжения (согласно ПУЭ);
- 2) Режимы работы электротехнологического оборудования, которые определяют график нагрузки объекта.

При расположении нагрузок в одном направлении от пункта питания применяются магистральные схемы передачи и распределения электроэнергии. Электроэнергия к потребителю поступает по ответвлениям от магистрали, которая может быть выполнена воздушной (кабельной) линией или шинопроводом, поочерёдно заходящим на индивидуальные шкафы питания потребителей. Число электроприемников, запитываемых от одной магистрали, зависит от их мощности и требуемой категории надежности. Выполнение магистральных схем электроснабжения может выполняться не только с одной, но и с несколькими магистралями. Примеры выполнения таких схем представлен на рисунке 7: классическая одиночная схема и схема с двойной магистралью при питании высоковольтных потребителей. Вариант «б» требует завышенных затрат, но может быть использован для приёмников любой категории надежности электроснабжения [12].

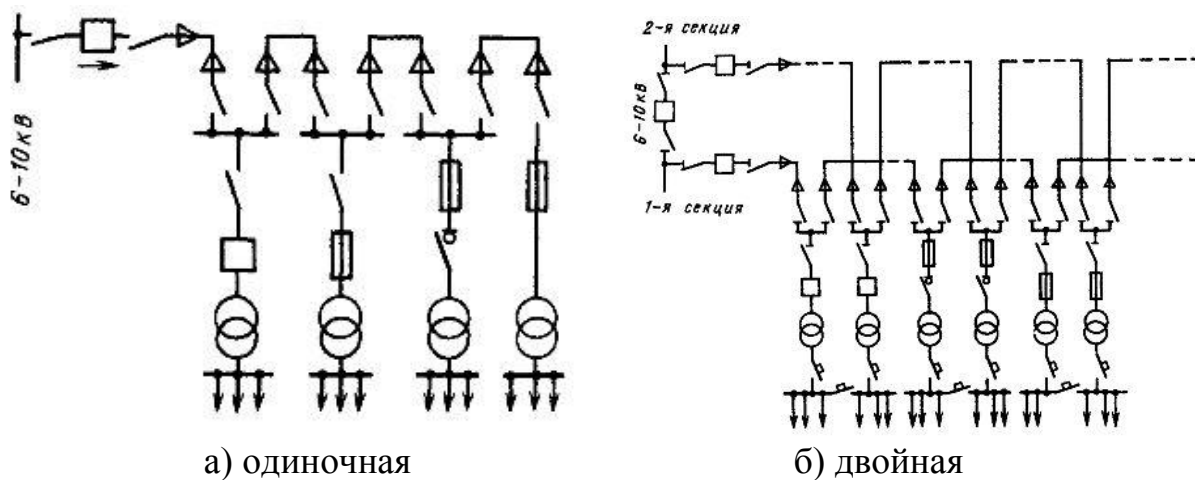


Рисунок 7 – Примеры магистральной схемы электроснабжения

Надёжность двойной схемы в этом случае обуславливается тем, что каждая магистраль рассчитана на покрытие основных нагрузок всех потребителей, которые при нормальном режиме питаются от разных магистралей. Секции шин распределительного устройства работают при нормальном режиме отдельно, а в случае выхода из строя одной из магистралей, ее электроприемники переключаются на оставшуюся в работе магистраль.

По сравнению с радиальными, одиночные магистральные схемы передачи и распределения электроэнергии в исполнении являются более экономически выгодными за счёт уменьшения коммутационной аппаратуры и длины питающих линий. Однако, есть и отрицательное свойство, которого нет у схем с радиальным исполнением: повреждение магистрали ведёт к отключению всех потребителей, питающихся от неё, что существенно снижает показатель надёжности.

При питании сосредоточенных нагрузок и мощных электродвигателей рациональным будет применение радиальных схем (рисунок 8). Для потребителей третьей категории предусматривают одноцепные схемы, а для потребителей первой и второй категорий - двухцепные радиальные схемы. Автоматизация радиальных схем выполняется легче и получается более надёжной, чем у схем магистрального исполнения [15].

Оптимальным вариантом запитки Для потребителей третьей категории будет схема, показанная на рисунке 8а. Также её можно применить для потребителей второй категории, если подключить устройство автоматического повторного включения (АПВ). При наличии резервных источников питания схема станет пригодной и для потребителей первой категории.

На рисунке 8б представлена схема, наиболее часто применяющаяся для потребителей второй категории. В определенных случаях она применима и для электроприемников первой категории. При пропадании напряжения на одной из секций шин часть схемы, запитываемая от другой секции, продолжает работать.

Классическим примером радиальной схемы, применяемой для подключения электроприемников первой категории, является схема, изображенная на рисунке 8в. В случае аварийной ситуации на одной из питающих линий, питание потребителей этой секции автоматическим включением секционного выключателя переводится на другую.

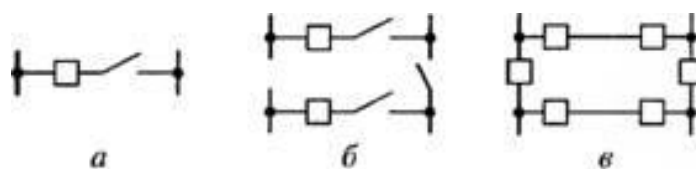


Рисунок 8 - Радиальные схемы электроснабжения для питания потребителей третьей (а), второй (б) и первой (в) категорий надежности электроснабжения

Сочетание качеств магистральных и радиальных схем имеют смешанные схемы (см. рисунок 9). Для того, чтобы схема отвечала требованиям ограничения токов короткого замыкания и независимого режима работы секций, основное питание каждого из потребителей выполняют по разомкнутой схеме. Замкнутые схемы широкого распространения не получили, так как усложняются в плане отстройки релейной защиты, требуются выключатели на обоих концах линий, а также в них значительно (до двух раз) повышаются токи короткого замыкания. Однако, они обеспечивают меньшие потери энергии благодаря более равномерной загрузке сети, меньшее падение напряжения и большую надежность питания электроприемников вследствие постоянного подключения к двум (или более) источникам питания. При электроснабжении крупных установок эти достоинства особенно ощутимы, так как в них пуск мощного электродвигателя может вызвать при разомкнутой схеме значительные отклонение напряжения, при котором пуск и самозапуск электродвигателя под нагрузкой может быть невозможными, если момент сопротивления на валу, который дополнительно даёт нагрузка, окажется выше пускового момента двигателя.

Включение линий и трансформаторов на параллельную работу может уменьшить эквивалентное сопротивление в сети питания до 50% и обеспечить успешный запуск электродвигателя. На крупных насосных или компрессорных станциях это свойство сети иногда используется для пуска мощных двигателей, но делается это лишь в том случае, если их мощность соизмерима с мощностью трансформаторной подстанции [17].

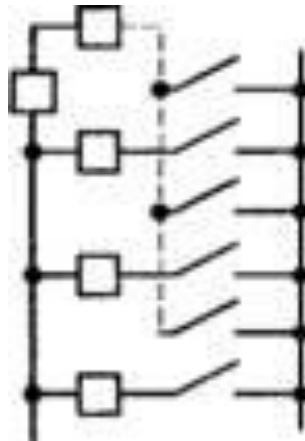


Рисунок 9 - Смешанная схема электроснабжения:

основное питание осуществляется по радиальным линиям, а резервное — по одной сквозной магистрали, показанной на рисунке штриховой линией.

Наиболее приемлемой схемой электроснабжения для насосной станции является радиальная схема, так как основными приёмниками электрической энергии являются одиннадцать насосов с приводом от асинхронного двигателя мощностью 18,5 и 30кВт. Применение радиальной схемы увеличивает надёжность бесперебойной работы насосной станции, так как при возникновении внештатной ситуации возможно отключение отдельных поврежденных насосов и запуск резервных.

2.2 Расчёт электрических нагрузок корпуса

Для определения расчётной нагрузки корпуса необходимо рассчитать номинальную, а также среднюю нагрузку каждой подгруппы потребителей, получив затем суммарные значения.

Определение расчетной нагрузки на различных ступенях системы электроснабжения промышленных предприятий рекомендуется проводить по методике, изложенной в РТМ 36.18.32.4-92 «Указания по расчету электрических нагрузок» [4].

Расчетная активная нагрузка группы силовых трехфазных электроприемников на всех ступенях питающих и распределительных сетей находится:

$$P_p = K_P \cdot K_{II} \cdot P_H, \quad (1)$$

где K_P – коэффициент расчетной мощности активной нагрузки при длительности интервала осреднения 30 минут; K_{II} – групповой коэффициент использования; P_H – номинальная активная мощность этой группы, приведенная к ПВ = 100%.

Расчетная реактивная нагрузка группы электроприемников принимается: при $n_{\Sigma} \leq 10$

$$Q_P = 1,1 \cdot P_H \cdot K_{II} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2)$$

при $n_{\Sigma} > 10$

$$Q_P = P_H \cdot K_{II} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (3)$$

где $\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент реактивной мощности рассматриваемой группы электроприемников.

Полная расчетная нагрузка группы трехфазных электроприемников определяется выражением:

$$S_P = \sqrt{P_p^2 + Q_P^2}. \quad (4)$$

Информация о коэффициентах использования K_{II} и коэффициентах мощности $\cos \varphi$ как для отдельных электроприемников, так и для характерных цехов по отраслям промышленности приводится в справочниках. Из-за большого многообразия наименований электроприемников и цехов не для всех можно найти справочные данные о K_{II} и $\cos \varphi$. В этом случае они принимаются равными соответствующим данным для электроприемников и цехов, схожих по режиму работы.

Расчетные кривые и таблицы для определения коэффициента расчетной мощности $K_P = f(n_{\Sigma}, K_{II})$ приводятся в РТМ 36.18.32.4-92 и второй редакции пособия к «Указаниям по расчету электрических нагрузок».

Выбор освещения производственных и вспомогательных помещений, выбор мощности светильников производится в соответствии с нормами проектирования искусственного освещения.

Расчет производится методом коэффициента использования светового потока или по удельной осветительной нагрузке на единицу производственной поверхности пола [17].

2.3 Расчёт освещения

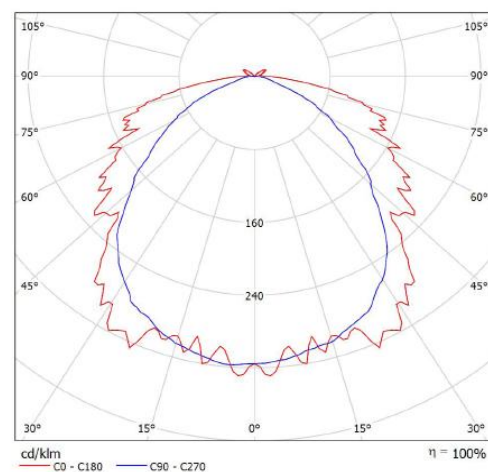
Промышленное светодиодное освещение – один из лучших вариантов, который имеет множество преимуществ перед обычным освещением. Прежде всего, это экономичность – как энергии, так и затраченных финансов. При установке промышленных светодиодных светильников существенно снижаются расходы на энергопотребление. Экономия электроэнергии, а соответственно, и финансов происходит за счет большой светоотдачи светодиодов. Благодаря этому свойству достигается сокращение потребления электроэнергии. Светодиодные светильники, несмотря на не самую низкую стоимость, довольно быстро окупаются. Промышленные светодиодные светильники предназначены для освещения промышленных объектов, складских комплексов, производственных цехов – их устанавливают везде, где требуется мощное, но экономичное освещение. Расчетный срок эксплуатации светодиодных светильников для производства не идет ни в какое сравнение с простыми лампами – он составляет более 100 тысяч часов. Кроме того, они абсолютно безопасны в отношении пожароопасности, так как благодаря оптимальному теплоотводу практически не нагреваются и в то же время не боятся влаги, что делает их незаменимыми в помещениях с повышенным уровнем влаги. Кроме того, благодаря длительному периоду эксплуатации, промышленное светодиодное освещение в разы дешевле в обслуживании нежели любое другое [19].

В настоящее время освещение насосной в корпусе 926Г выполняется светильниками серии НВТ, освещение остальных помещений выполняется светильниками либо с люминесцентными лампами, либо с лампами накаливания. Суммарная мощность осветительных установок – 6 кВт.

В качестве альтернативы существующему освещению на проектируемом участке предлагается установка светодиодных светильников с высокой степенью защиты IP65 и высокой светоотдачей марки ARCTIC LED 600, поставляемых компанией «Световые технологии». Внешний вид и кривая силы света представлены на рисунке 10. Технические характеристики представлены в таблице 2.



Место выхода света 1:



Из-за отсутствия свойств симметрии для этому светильнику невозможно представление таблицы UGR.

Рисунок 10 – Внешний вид и кривая силы света светодиодного светильника ARCTIC LED 600 EM Ex 5000K

Таблица 2 - Технические характеристики светильника ARCTIC LED 600

| Параметр светильника | Характеристика |
|--------------------------|-----------------------------|
| Тип светильника | Промышленный, светодиодный |
| Источник света | СИД (светоизлучающие диоды) |
| Мощность | 26 Вт |
| Размеры (В x Ш x Д) | 123x168x670 (мм) |
| Температура эксплуатации | -20...+40°C |
| Климатическое исполнение | УХЛ2 |
| Тип цоколя | LED |
| Оптическая часть | Рассеиватель |
| Световой поток | 2300 lm |
| Степень защиты | IP65 |
| cos φ | 0,99 |

В помещении высотой 6 метров (насосная) на проектируемом участке крепление светильников будет осуществляться к кабельному лотку для монтажа светильников, закрепленного с помощью потолочных скоб к несущим фермам. Пример исполнения представлен в альбоме «Типовые решения для электротехнической инфраструктуры сооружений» (см. Приложение А) Высота монтажа – 5 м.

Крепление светильников в остальных помещениях выполнять к потолку.

Расчет освещения ведётся по методу коэффициента использования светового потока для каждого из помещений цеха обработки деталей в отдельности [26].

Определяем площадь помещения:

$$S = a \cdot b, \quad (5)$$

где a - длина помещения (м), b - ширина помещения, (м).

Определяем коэффициент запаса: $K_3 = 2$.

Определяем коэффициенты отражения потолка, стен и пола для чистых и рабочих помещений:

потолок – 80 %;

стены – 47 %;

пол – 27 %.

Определяем требуемое количество светильников:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{\eta \cdot n \cdot \Phi_L}, \quad (6)$$

где E - требуемая горизонтальная освещённость, лк;

S - площадь цеха, м²;

K_3 - коэффициент запаса;

η - коэффициент использования;

n - количество ламп в светильнике;

Φ_L - световой поток одной лампы.

Определяем расчётные активную и реактивную осветительные нагрузки:

$$P_{осв} = N \cdot n \cdot P_L, \quad (7)$$

где P_L - мощность одной лампы, Вт.

$$Q_{осв} = P_{осв} \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (8)$$

Для упрощения расчетов при проектировании освещения была применена программа DIALux 4.7 Light. Результаты расчетов для каждого из помещений цеха обработки деталей сведены в таблицу 3 и представлены в приложении А.

Таблица 3 – Осветительная нагрузка корпуса

| Помещение | Росв, Вт |
|----------------------|----------|
| Лаборатория | 52 |
| Слесарная мастерская | 104 |
| ЭРП | 104 |
| Холл | 26 |
| Насосная | 910 |
| ПВК | 156 |
| Наружное освещение | 240 |
| Итого: | 1592 |

Определяем суммарный ток:

$$I_{\Sigma} = \frac{P_P}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1592}{\sqrt{3} \cdot 380} = 2,42 \text{ A.} \quad (9)$$

Наименования электроприёмников, их количество и паспортные данные, а также результаты всех расчётов по приведённым выше формулам сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Расчетные нагрузки корпуса 926Г АО «КуйбышевАзот»

| Исходные данные | | | | Расчетные величины | | | Расчетная мощность | | | Эффективное число ЭП $n_{Э}$ | Коэффициент расчетной нагрузки K_P | активная, кВт P_P | реактивная, квар Q_P | полная, кВА S_P | Расчетный ток, А I_P |
|----------------------------|------------------------|---|-------------|--------------------|---------------------------------------|-----------------|---------------------|------------------------|-------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
| по заданию технологов | | по справочным данным | | $K_{II} \cdot P_H$ | $K_{II} P_H \operatorname{tg}\varphi$ | $n \cdot P_H^2$ | активная, кВт P_P | реактивная, квар Q_P | полная, кВА S_P | | | | | | |
| Наименование ЭП | Количество ЭП, шт. n | Номинальная (установленная) мощность, кВт | | | | | | | | | | | | | |
| | | одно-го ЭП P_H | общая P_H | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| I секция шин 0,4 кВ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Н-1/1 | 1 | 30 | 30 | 0,93 | 0,92/0,44 | 27,9 | 12,28 | 900 | | | | | | | |
| Н-1/3 | 1 | 30 | 30 | 0,93 | 0,92/0,44 | 27,9 | 12,28 | 900 | | | | | | | |
| Н-1/5 | 1 | 30 | 30 | 0,93 | 0,92/0,44 | 27,9 | 12,28 | 900 | | | | | | | |
| Н-3/1 | 1 | 30 | 30 | 0,82 | 0,92/0,44 | 24,6 | 10,82 | 900 | | | | | | | |
| Н-24/1 | 1 | 18,5 | 18,5 | 0,8 | 0,9/0,48 | 14,8 | 7,10 | 342,25 | | | | | | | |
| Н-11/1 | 1 | 15 | 15 | 1 | 0,9/0,48 | 15 | 7,2 | 225 | | | | | | | |

Продолжение таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-----------------------------|----|------|--------|------|-----------|--------|--------|--------|-------|-----|---------|----------|---------|---------|
| П-1 | 1 | 3 | 3 | 0,95 | 0,85/0,61 | 2,85 | 1,74 | 9 | | | | | | |
| П-3 | 1 | 0,37 | 0,37 | 0,95 | 0,85/0,61 | 0,3515 | 0,21 | 0,137 | | | | | | |
| В-1 | 1 | 4 | 4 | 0,95 | 0,85/0,61 | 3,8 | 2,32 | 16 | | | | | | |
| В-2/1 | 1 | 5,5 | 5,5 | 0,95 | 0,85/0,61 | 5,225 | 3,19 | 30,25 | | | | | | |
| В-3 | 1 | 3 | 3 | 0,95 | 0,85/0,61 | 2,85 | 1,73 | 9 | | | | | | |
| Станок н/с | 1 | 0,6 | 0,6 | 0,13 | 0,5/1,73 | 0,078 | 0,05 | 0,36 | | | | | | |
| СУМ | 1 | 19,5 | 19,5 | 0,4 | 0,7/1,02 | 7,8 | 4,758 | 380,25 | | | | | | |
| Шкаф вытяжной | 1 | 3 | 3 | 0,95 | 0,85/0,61 | 2,85 | 1,7385 | 9 | | | | | | |
| ТЭН П1 (ПЗ) | 2 | 1,6 | 3,2 | 0,6 | 0,92/0,44 | 1,92 | 1,1712 | 5,12 | | | | | | |
| ЩО | | | 1,1 | | 0,99/0,14 | | | | | | | | | |
| ИТОГО I с. | 16 | | 196,77 | 0,84 | 0,9/0,476 | 165,82 | 78,867 | 4626,3 | 8,369 | 1,1 | 182,407 | 86,75474 | 201,987 | 306,887 |
| II секция шин 0,4 кВ | | | | | | | | | | | | | | |
| Н-1/2 | 1 | 30 | 30 | 0,93 | 0,92/0,44 | 27,9 | 12,276 | 900 | | | | | | |
| Н-1/4 | 1 | 30 | 30 | 0,93 | 0,92/0,44 | 27,9 | 12,276 | 900 | | | | | | |
| Н-1/6 | 1 | 30 | 30 | 0,93 | 0,92/0,44 | 27,9 | 12,276 | 900 | | | | | | |

Окончание таблицы 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-----------------|----|------|--------|------|-----------|--------|--------|--------|-------|------|----------|---------|---------|---------|
| Н-3/2 | 1 | 18,5 | 18,5 | 0,82 | 0,92/0,44 | 15,17 | 6,6748 | 342,25 | | | | | | |
| Н-24/2 | 1 | 18,5 | 18,5 | 0,8 | 0,9/0,48 | 14,8 | 7,104 | 342,25 | | | | | | |
| П-2 | 1 | 4 | 4 | 0,95 | 0,85/0,61 | 3,8 | 2,318 | 16 | | | | | | |
| П-4 | 1 | 0,37 | 0,37 | 0,95 | 0,85/0,61 | 0,3515 | 0,214 | 0,1369 | | | | | | |
| В-2/2 | 1 | 5,5 | 5,5 | 0,95 | 0,85/0,61 | 5,225 | 3,187 | 30,25 | | | | | | |
| А-1 | 1 | 3 | 3 | 0,2 | 0,85/0,61 | 0,6 | 0,366 | 9 | | | | | | |
| Р-1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 0,6 | 0,85/0,61 | 0,9 | 0,549 | 2,25 | | | | | | |
| Станок поз.1 | 1 | 0,75 | 0,75 | 0,13 | 0,5/1,73 | 0,0975 | 0,059 | 0,5625 | | | | | | |
| Кран консольный | 12 | 1,98 | 23,76 | 0,7 | 0,7/1,02 | 16,632 | 10,14 | 47,045 | | | | | | |
| Аварийный душ | 3 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,92/0,43 | 0,06 | 0,0366 | 0,03 | | | | | | |
| ТЭН П2 (П4) | 2 | 1,6 | 3,2 | 0,6 | 0,92/0,44 | 1,92 | 1,1712 | 5,12 | | | | | | |
| АЩО | | | 0,5 | | 0,99/0,14 | | | | | | | | | |
| ИТОГО II с. | 28 | | 169,88 | 0,84 | 0,9/0,479 | 143,25 | 68,654 | 3494,8 | 8,257 | 1,12 | 160,4467 | 75,5197 | 177,33 | 269,427 |
| ИТОГО по РУ | | | | | | | | | | | 342,85 | 162,27 | 379,318 | 576,31 |

2.4 Расчет кабельных линий 0,4 кВ для внутрицеховых электроприемников

2.4.1 Выбор марки питающих кабелей

Со второй половины XX века мировые тенденции развития кабельных энергораспределительных сетей среднего напряжения направлены на отказ от кабелей с бумажной пропитанной изоляцией и внедрение кабелей с экструдированной теплостойкой изоляцией (этилен-пропиленовая резина и сшитый полиэтилен). На сегодняшний день практически 100% рынка силовых кабелей в промышленно развитых странах Европы и Америки занимает кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена. Переход от кабелей с бумажной пропитанной изоляцией (БПИ) к кабелям с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ), связан со всё возрастающими требованиями эксплуатирующих организаций к техническим параметрам кабелей. В этом отношении преимущества кабелей из СПЭ очевидны [24].

Перечислим только некоторые из них:

- низкий вес, меньший диаметр и радиус изгиба
- высокая пропускная способность
- низкая повреждаемость
- полиэтиленовая изоляция обладает малой плотностью, малыми значениями относительной диэлектрической проницаемости и коэффициента диэлектрических потерь
- монтаж без использования специального оборудования
- прокладка на сложных трассах
- значительное снижение себестоимости прокладки

Использование данных кабелей по сравнению с привычными всем в поливинилхлоридной изоляции позволяет:

- Применять жилы меньшего сечения для передачи равного потока;
- Увеличить длительно допустимую температуру нагрева жил кабелей до 90°C;

- Увеличить длительно допустимую температуру нагрева жил кабелей при коротком замыкании до 250 °С.

Своими уникальными свойствами кабели с изоляцией из СПЭ обязаны применяемому изоляционному материалу. Полиэтилен в настоящее время является одним из наиболее применяемых изоляционных материалов при производстве кабелей. Но изначально термопластичному полиэтилену присущи серьезные недостатки, главным из которых является резкое ухудшение механических свойств при температурах, близких к температуре плавления. Решением этой проблемы стало применение сшитого полиэтилена.

Термин «сшивка» подразумевает обработку полиэтилена на молекулярном уровне. Поперечные связи, образующиеся в процессе сшивки между макромолекулами полиэтилена, создают трехмерную структуру, которая и определяет высокие электрические и механические характеристики материала, меньшую гигроскопичность, больший диапазон рабочих температур

Конструкция кабелей с изоляцией из СПЭ значительно отличается от традиционных кабелей с бумажной изоляцией. Кабели выпускаются с многопроволочной круглой медной или алюминиевой жилой, а применение различных типов оболочек и возможность герметизации позволяет использовать кабель как для прокладки в земле, так и для кабельных сооружений, в том числе при групповой прокладке [24].

При прокладке в земле применяется оболочка из полиэтилена высокой плотности, обеспечивающая необходимую защиту кабеля от механических повреждений, как при прокладке, так и в процессе эксплуатации. Если необходима герметизация экрана, используется два разделительных слоя водоблокирующих лент под и поверх медного экрана, накладываемых с перекрытием. При прокладке кабеля в кабельных сооружениях применяется оболочка из ПВХ-пластиката пониженной горючести.

По сумме факторов, кабели с изоляцией из СПЭ более надежны в эксплуатации, требуют меньших расходов на монтаж, реконструкцию и содержание кабельных линий. Это подтверждено почти сорокалетним опытом

эксплуатации таких кабелей в большинстве промышленно развитых стран. Например, по данным зарубежных источников, процент электрических пробоев кабелей с изоляцией из СПЭ на два-три порядка меньше, чем у кабелей с БПИ.

Применение кабелей с изоляцией из СПЭ позволяет решить многие проблемы по надежности электроснабжения, оптимизировать, а в некоторых случаях даже изменить традиционные схемы сетей.

На рисунке 10 отображены превосходные эксплуатационные характеристики результатов лабораторных испытаний старения кабелей при температуре 90°C с бумажной пропитанной изоляцией (БПИ) и с изоляцией из сшитого полиэтилен (СПЭ) [47].

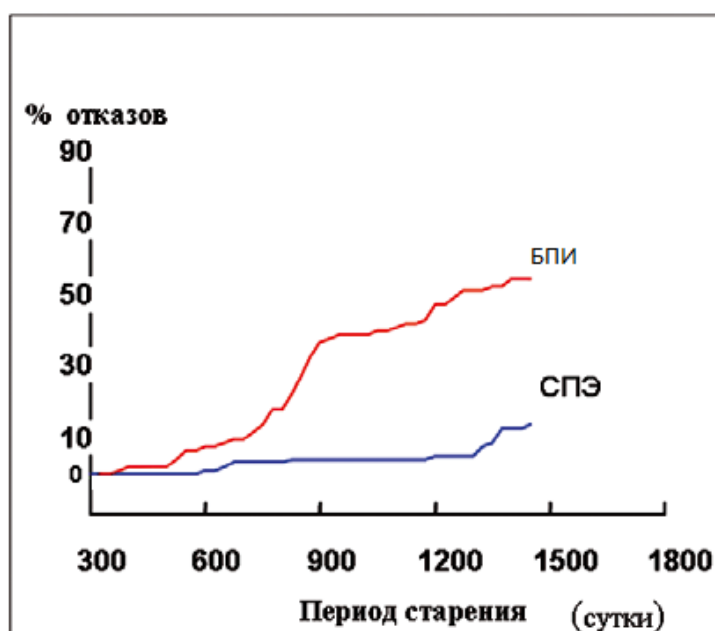


Рисунок 10 - Результаты лабораторных испытаний старения кабелей при температуре 90°C

Из рисунка 10 видно, что в течение пятилетнего старения количество отказов кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена значительно меньше количества отказав кабелей с бумажной пропитанной изоляцией.

Кабель с изоляцией из СПЭ без сомнения можно назвать самым современным, а основным недостатком на сегодняшний день можно считать разве что его стоимость. Поэтому его применением ограничимся лишь на

основном оборудовании корпуса – насосах. Питание прочих электроприемников можно выполнить другой маркой кабеля, которая в последние 30 лет имеет наиболее широкое и по сути основное применение в системах распределения электроэнергии: кабель ВВГ.

Кабель ВВГ используется для электроснабжения в стационарных установках на номинальное переменное напряжение 660 В и 1000 В частоты 50 Гц. То есть постоянное напряжение в 2,4 раза больше переменного [23].

Данный тип электрического кабеля самый распространенный вид из проводников в повседневном применении. Его отличительными чертами являются высокая надежность, прочность. Это наиболее востребованный материал для проведения электротехнических работ из-за доступной цены и широкой области применения.

По ГОСТу расшифровывается следующим образом: голый кабель с ПВХ изоляцией и оболочкой. Силовой кабель на вид состоит из многожильных (МЖ) проводов изолированных друг от друга, скрученных в одной плоскости, каждый из которых имеет свой индивидуальный окрас. В зависимости от количества групп будет меняться диаметр сечения, вес и расположение жил в оболочке. Как правило эта оболочка устойчива к попаданию солнечных лучей и предотвращает возгорание.

Силовой кабель может быть многопроволочным и однопроволочным (ОЖ). Многожильные кабели производятся с 2, 3, 4 и 5 жилами, с нулевой жилой или жилой заземления, бывают в плоском исполнении. Изоляцию нулевых жил изготавливают в голубом цвете или светло-синем, а жилу заземления – зелено-желтой. А также разрешается прокладка на открытом воздухе и даже на высоте до 4 300 метров над уровнем моря, на специальных кабельных эстакадах, для прокладки во влажных или сухих производственных помещениях, в блоках, шахтах, коллекторах, каналах в частично затапливаемых сооружениях, где высокая коррозионная активность. И что немаловажно, может использоваться в пожароопасных помещениях и взрывоопасных зонах класса В-Ia, В-Iб, В-Iг, В-II и В-IIa [23].

Кабель ВВГнг отличается от базовой марки пониженной горючестью благодаря особым свойствам ПВХ-облочки из пластиката, а также своим назначением - обеспечением пожарной безопасности кабельных цепей при прокладке в пучках, а ВВГ не распространяет горение при одиночной прокладке.

Кабели сертифицированы, соответствуют ГОСТу 16442-80. В силу отсутствия защитного покрова не рекомендуются для прокладки в земле (траншеях).

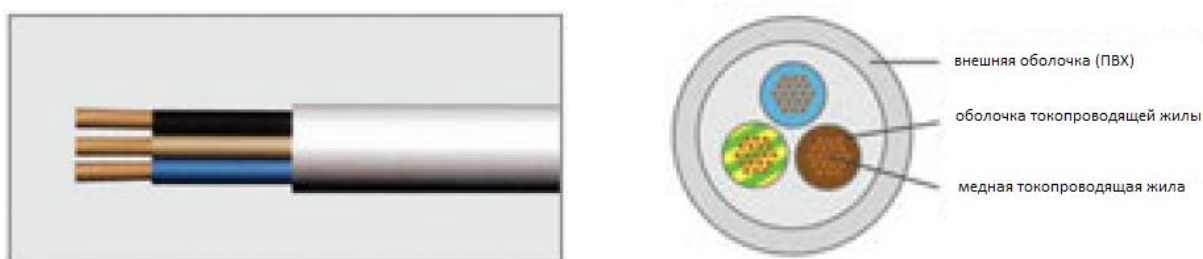


Рисунок 11 – Строение кабеля марки ВВГ

Конструктивно состоит из следующих элементов:

1. Токопроводящая жила – изготовлена из меди, бывает многопроволочная и однопроволочная, круглая класс 1 по ГОСТ 22483 или секторной формы. Жилы кабеля ВВГ, ВВГнг имеют сравнительно небольшой поперечный диаметр и уложены специальным образом в различных плоскостях. По внешней оболочке обладают округлой конструкцией. У кабеля ВВГп, ВВГнг-п - жилы уложены в одной плоскости. По внешней оболочке кабель имеют плоскую форму.

2. Изоляция – изготовлена из поливинилхлорида, верхняя изоляционная оболочка из поливинилхлоридного пластиката (ПВХ). Любая жила в кабеле обладает отличительной окраской.

3. Оболочка кабеля произведена из ПВХ пластика для кабеля ВВГ, ВВГп или из высококачественного ПВХ пластиката пониженной горючести для кабеля ВВГнг, ВВГнгп.

2.4.2 Расчет питающих кабелей

Выбор кабелей для электрооборудования и распределительных шкафов осуществляется по расчетному току для отдельной группы ЭП и рассчитывается по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (10)$$

Для запитки электрооборудования корпуса от ЭРП выбираем медные четырехжильные кабели марки ВВГ с пониженным дымовыделением (LS).

Для каждого типа ЭП, исходя из данных, сведенных выше в таблицу 4, находим номинальный рабочий ток:

$$I_p = \frac{\sqrt{P_H^2 + (P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi)^2}}{\sqrt{3} \cdot U_H}. \quad (11)$$

Сечение кабелей цеховых сетей напряжением до 1кВ выбирается сравнением расчетного тока линии с допустимым длительным током принятых марок кабелей.

Должно выполняться условие:

$$I_p \leq I_{\text{дон}},$$

где I_p – расчетный ток линии, А;

$I_{\text{дон}}$ – допустимый длительный ток на кабели данного сечения, А,

$$I_p \leq I_{\text{дон}} \cdot 0,92, \quad (12)$$

где $I_{\text{дон}}$ - допустимый табличный ток для трехжильных кабелей, А;

0,92 – коэффициент, учитывающий ток для четырехжильных кабелей.

Результаты расчёта токов и предварительный выбор кабелей для насосов и другого оборудования корпуса 926Г представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Выбор кабеля для ЭП корпуса 926Г.

| Обозначение | Наименование оборудования | I_p , А | $I_{доп}$, А | $0,92 \cdot I_{доп}$, А | Кабель |
|-------------|---|-----------|---------------|--------------------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Н-1/1 | Насос центробежный | 49,6 | 75 | 69 | ПВВГ 4x16 |
| Н-1/3 | Насос центробежный | 49,6 | 75 | 69 | ПВВГ 4x16 |
| Н-1/5 | Насос центробежный | 49,6 | 75 | 69 | ПВВГ 4x16 |
| Н-3/1 | Насос центробежный | 49,6 | 75 | 69 | ПВВГ 4x16 |
| Н-24/1 | Насос центробежный | 30,6 | 40 | 36,8 | ПВВГ 4x6 |
| Н-11/1 | Насос погружной | 24,8 | 30 | 27,6 | ВВГнг-LS 4x4 |
| ШУ-П1 | Шкаф управления приточным вентагрегатом | 8,2 | 25 | 23 | ВВГнг-LS 4x2,5 |
| ШУ-П3 | Шкаф управления приточным вентагрегатом | 3,5 | 25 | 23 | ВВГнг-LS 4x2,5 |
| ШУ-В1 | Шкаф управления вытяжным вентагрегатом | 7,15 | 25 | 23 | ВВГнг-LS 4x2,5 |
| ШУ-В2/1 | Шкаф управления вытяжным вентагрегатом | 9,83 | 25 | 23 | ВВГнг-LS 4x2,5 |
| ШУ-В3 | Шкаф управления вытяжным вентагрегатом | 5,36 | 25 | 23 | ВВГнг-LS 4x2,5 |
| Н-1/2 | Насос центробежный | 49,6 | 75 | 69 | ПВВГ 4x16 |
| Н-1/4 | Насос центробежный | 49,6 | 75 | 69 | ПВВГ 4x16 |
| Н-1/6 | Насос центробежный | 49,6 | 75 | 69 | ПВВГ 4x16 |
| Н-3/2 | Насос центробежный | 30,6 | 40 | 36,8 | ВВГнг-LS 4x6 |
| Н-24/2 | Насос центробежный | 30,6 | 40 | 36,8 | ВВГнг-LS 4x6 |
| ШУ-П2 | Шкаф управления приточным вентагрегатом | 10,0 | 25 | 23 | ВВГнг-LS 4x2,5 |

Продолжение таблицы 5

| | | | | | |
|--------------|---|-------|----|----|-------------------|
| ШУ-П4 | Шкаф управления приточным вентагрегатом | 3,5 | 25 | 23 | ВВГнг-LS 4x2,5 |
| ШУ-В2/2 | Шкаф управления вытяжным вентагрегатом | 9,83 | 25 | 23 | ВВГнг-LS 4x2,5 |
| ШУ-А1 | Шкаф управления аварийным вентагрегатом | 5,36 | 25 | 23 | ВВГнг-LS 4x2,5 |
| Станок н/с | Станок наждачно-сверлильный | 1,82 | 25 | 23 | ВВГнг-LS 4x2,5 |
| СУМ | Станция управления маневровым устройством | 42,32 | 75 | 69 | ВВГнг-LS 4x16 |
| поз. 3 | Шкаф вытяжной | 5,34 | 25 | 23 | ВВГнг-LS 4x2,5 |
| Станок поз.1 | Станок точильно-шлифовальный | 2,28 | 25 | 23 | ВВГнг-LS 4x2,5 |
| ЩО | Щит рабочего освещения | 1,69 | 25 | 23 | ВВГнг-LS 4x2,5 |
| АЩО | Щит аварийного освещения | 0,77 | 25 | 23 | ВВГнг-LS 4x2,5 |
| ПР-1 | Шкаф питания внешних ЭП | 39,94 | 75 | 69 | ВВГнг-LS 4x16 |

2.5 Выбор защитной аппаратуры

К защитным аппаратам относятся автоматические выключатели и плавкие предохранители.

Автоматические выключатели (автоматы) предназначены для автоматического отключения цепей при к.з. или ненормальных режимах работы (перегрузках, снижении или исчезновении напряжения), а также для нечастого

включения и отключения токов нагрузки. Отключение выключателя при к.з. и перегрузках выполняется встроенным в выключатель автоматическим устройством – расцепителем. Выключатель может иметь комбинированный расцепитель (электромагнитный и тепловой) или только электромагнитный, отключающий ток к.з.

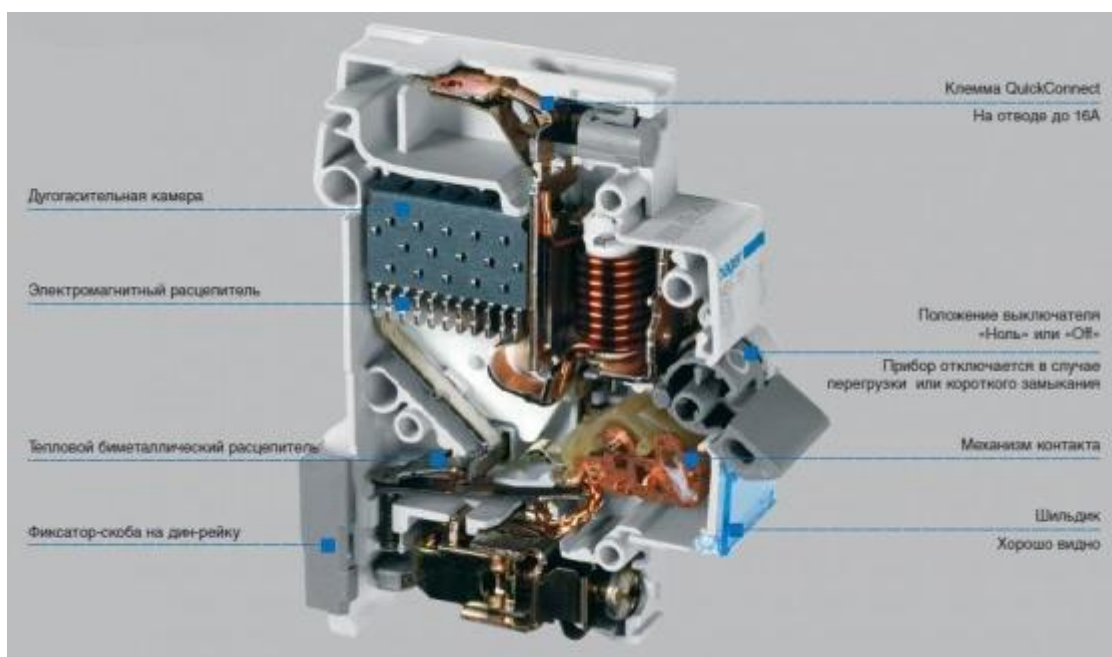


Рисунок 12 – Конструкция автоматического выключателя на токи от 0,5 до 63 А

Выбираются автоматические выключатели по номинальному току, напряжению и по условиям эксплуатации (исходя из типа исполнения). Если необходимо выбрать автомат для подключения известных нагрузок необходимо рассчитать ток. Автоматический выключатель также должен отключить напряжение при коротком замыкании [22].

Характеристики срабатывания (отключения) и эксплуатации установлены в европейских стандартах на автоматические выключатели: DIN VDE 0641 часть 11/8.92, EN 60 898, IEC 898 (DIN – Немецкий промышленный стандарт, VDE – Технические правила Общества немецких электриков, EN –

Европейский стандарт, IEC – Международная электротехническая комиссия) и в российском стандарте ГОСТ Р 50345-99.

Согласно данным стандартам защитные устройства могут быть трех характеристик срабатывания:

- Автоматический выключатель с характеристикой срабатывания В рекомендуется применять преимущественно для защиты оборудования, кабелей и цепей в жилых домах (как правило, цепи освещения и розеток)
- Автоматический выключатель с характеристикой срабатывания С рекомендуется применять для защиты оборудования, кабелей и цепей в жилых домах (цепи освещения и розеток), а также для защиты цепей с потребителями, обладающими большим пусковым током (группы ламп, электродвигатели и т.д.)
- Автоматические выключатели с характеристикой срабатывания D преимущественно применяются для защиты кабелей и цепей с потребителями с очень большим пусковым током (сварочные трансформаторы, электродвигатели и т.д.)

Таблица 6 – Параметры срабатывания защитных автоматов

| Характеристика срабатывания | Тепловое реле | | | Электромагнитное реле | | |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------|-----------------------|--------------|--------------------|
| | Малый испытательный ток | Большой испытательный ток | Время срабатывания | Удерживание | Срабатывание | Время срабатывания |
| В | 1,13*In | | > 1 час | 3*In | | > 0,1 с |
| | | 1,45*In | < 1 час | | 5*In | < 0,1 с |
| С | 1,13*In | | > 1 час | 5*In | | > 0,1 с |
| | | 1,45*In | < 1 час | | 10*In | < 0,1 с |
| D | 1,13*In | | > 1 час | 10*In | | > 0,1 с |
| | | 1,45*In | < 1 час | | 20*In | < 0,1 с |

Стоит отметить, что подавляющее большинство автоматов на российском рынке предлагается с характеристикой С, с характеристикой В продаются как правило автоматы на малые токи, остальные поставляются в основном под заказ [22].

Согласно стандарту DIN VDE 0100 часть 430/11.91 и его приложений (для устройств защиты кабелей и электрических цепей от перегрузки), защита от чрезмерного нагрева (тепловая защита) в случае перегрузки обеспечивается, если выполняются следующие условия:

- Потребляемый ток цепи должен быть меньше или равным номинальному току автоматического выключателя, который в свою очередь должен быть не больше, чем максимально допустимая нагрузка электрической цепи или кабеля.
- Номинальный ток срабатывания автоматического выключателя (для защиты от перегрузки по току) должен быть примерно в 1,5 раза меньше, чем максимально допустимая нагрузка электрической цепи или кабеля.

В таблице 7 представлен выбор автоматических выключателей для оборудования корпуса 926Г, кроме насосов, в систему управления которых будут устанавливаться частотные преобразователи.

Таблица 7 – Выбор выключателей в ЭРП 0,4 кВ корпуса 926Г

| Наименование линии | Значение I_p , А | Выключатель | |
|-----------------------|--------------------|-------------|-------------------------------|
| | | I_n , А | Наименование |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ввод № 1 | 577 | 630 | ВА88-37 3Р 630 А ¹ |
| Н-24/1 | 30,6 | 32 | ВА47-29М 3Р 32 А ² |
| Н-11/1 | 24,8 | 32 | ВА47-29М 3Р 32 А |
| ШУ-П1 | 8,2 | 10 | ВА47-29М 3Р 10 А |
| ШУ-П3 | 3,5 | 6 | ВА47-29М 3Р 6 А |
| ШУ-В1 | 7,15 | 10 | ВА47-29М 3Р 10 А |
| ШУ-В2/1 | 9,83 | 16 | ВА47-29М 3Р 16 А |
| ШУ-В3 | 5,36 | 8 | ВА47-29М 3Р 8 А |
| Н-24/2 | 30,6 | 32 | ВА47-29М 3Р 32 А |
| ШУ-П2 | 10,0 | 16 | ВА47-29М 3Р 16 А |
| ШУ-П4 | 3,5 | 6 | ВА47-29М 3Р 6 А |

Продолжение таблицы 7

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------|-------|-----|------------------|
| ШУ-В2/2 | 9,83 | 16 | ВА47-29М 3Р 16 А |
| ШУ-А1 | 5,36 | 8 | ВА47-29М 3Р 8 А |
| Станок н/с | 1,82 | 3 | ВА47-29М 3Р 3 А |
| СУМ | 42,32 | 50 | ВА47-29М 3Р 50 А |
| Поз. 3 | 5,34 | 8 | ВА47-29М 3Р 8 А |
| Станок поз.1 | 2,28 | 4 | ВА47-29М 3Р 4 А |
| ЩО | 1,69 | 3 | ВА47-29М 3Р 3 А |
| АЩО | 0,77 | 2 | ВА47-29М 3Р 2 А |
| ПР-1 | 39,94 | 50 | ВА47-29М 3Р 50 А |
| Насос Н-1/1 | 49,6 | 63 | ВА47-29М 3Р 63 А |
| Насос Н-1/2 | 49,6 | 63 | ВА47-29М 3Р 63 А |
| Насос Н-1/3 | 49,6 | 63 | ВА47-29М 3Р 63 А |
| Насос Н-1/4 | 49,6 | 63 | ВА47-29М 3Р 63 А |
| Насос Н-1/5 | 49,6 | 63 | ВА47-29М 3Р 63 А |
| Насос Н-1/6 | 49,6 | 63 | ВА47-29М 3Р 63 А |
| Насос Н-3/1 | 49,6 | 63 | ВА47-29М 3Р 63 А |
| САВ | 307 | 400 | ВА88-37 3Р 400 А |
| Ввод №2 | 577 | 630 | ВА88-37 3Р 630 А |

¹ Расшифровка аббревиатуры ВА88-37 3Р 630 А: выключатель ВА88-37 трёхполюсный, номинальный ток 630 А.

² Расшифровка аббревиатуры ВА47-29М 3Р 32 А: выключатель ВА47-29М трёхполюсный, номинальный ток 32 А.

I_p , I_n – расчётный и номинальный токи;

САВ – секционный автоматический выключатель.

Выбираем автоматические выключатели компании IEK – известного производителя электротехнической продукции под широко известным брендом IEK[®], работающего в России и странах СНГ более 15 лет.

В качестве секционного, а также вводных автоматов для I и II секций шин выбраны автоматические выключатели ВА88-37 с встроенным электронным расцепителем, защиту от перегрузки и короткого замыкания в которых выполняет электронный расцепитель сверхтоков МР-211.

Электронный расцепитель не нуждается в отдельном питании и гарантирует правильную работу защиты при токе нагрузки не менее 15% от номинального даже при наличии напряжения только в одной фазе. Блок защиты включает в себя три трансформатора тока, электронный модуль и отключающий электромагнит, который воздействует непосредственно на механизм выключателя. Трансформаторы тока, установленные внутри корпуса расцепителя, обеспечивают электропитание электронной схемы расцепителя и вырабатывают сигналы, необходимые для выполнения функции защиты. Защитные характеристики (уставки срабатывания) выбираются потребителем непосредственно на передней панели выключателя установкой DIP-переключателей согласно приведенной мнемосхеме [7].

Благодаря широкому диапазону регулирования уставок электронный расцепитель МР211 пригоден для всех распределительных сетей, в которых требуется надёжность и точность срабатывания.



Рисунок 13 – Выключатели ВА88-37 (слева) и ВА47-29 (справа)
производства IEK

Для защиты отходящих линий с ЭРП выбираем автоматические выключатели ВА47-29М, которые предназначены для защиты распределительных и групповых цепей, имеющих различную нагрузку и рекомендованы производителем для применения на производстве.

2.6 Выбор частотного преобразователя

Первые насосы появились ещё в античные времена. В наши дни это, пожалуй, самое распространенное устройство, которое применяется практически повсеместно. Поверните рукоятку крана, из него потечет вода, которую подает насос. В каждом автомобиле работают несколько насосов для масла, топлива, воды, охлаждающей жидкости. Велосипедист не отправится в путь, не накачав насосом шины. При изготовлении электронной лампы из нее, выкачивают воздух. Насосы накачивают, выкачивают, откачивают и перекачивают воздух, воду, нефть, молоко, бензин и даже цемент. От водопровода до ракеты, от вентилятора до атомной станции - таков диапазон применения насосов.

Но сам по себе насос работать не может. Для приведения его в действие нужен электродвигатель и устройство регулирования давления/разрежения. Самым известным и распространенным способом регулирования в насосной системе является дросселирование, когда двигатель работает на полных оборотах, а регулирование давления в системе осуществляется с помощью запорной арматуры (задвижек, вентилей, отводов, шаровых кранов и т.д.). Если проводить параллели с управлением автомобилем, то дросселирование выглядит примерно так: водитель, нажав до упора педаль газа, регулирует скорость движения педалью тормоза [28].

Более рационально и эффективно управлять насосами позволяют частотные преобразователи, с помощью которых на двигатель подается необходимое количество энергии для создания и поддержания необходимого уровня давления/разрежения в системе, например в трубопроводе.

Затраты электроэнергии в корпусе 926Г безусловно связаны с чрезмерным расходом электроэнергии насосными агрегатами при периодическом изменении расхода и несоответствии характеристик насоса и напора требуемого системой, которые зависят от сопротивления гидравлических компонентов системы. Для того, чтобы наладить технологический процесс с низкими энергетическими затратами, крайне важно уменьшить суммарные потери напора между системами труб насоса и потребительской абонентской сетью.

Такая ситуация заставляет устанавливать в системе такие дроссельные компоненты, как клапана - для регулирования производительности насоса. Своей работой они увеличивают сопротивление гидравлической системы, которое обеспечивает стабильность давления и распределение силы напора в системе труб.

Для оптимизации расходов электроэнергии целесообразно открыть все задвижки и другую арматуру, передав процесс поддержания давления насосному агрегату, управление которым осуществляет частотный преобразователь. Изменение напорных характеристик насосного агрегата при изменении частоты вращения иллюстрирует следующая схема [27].

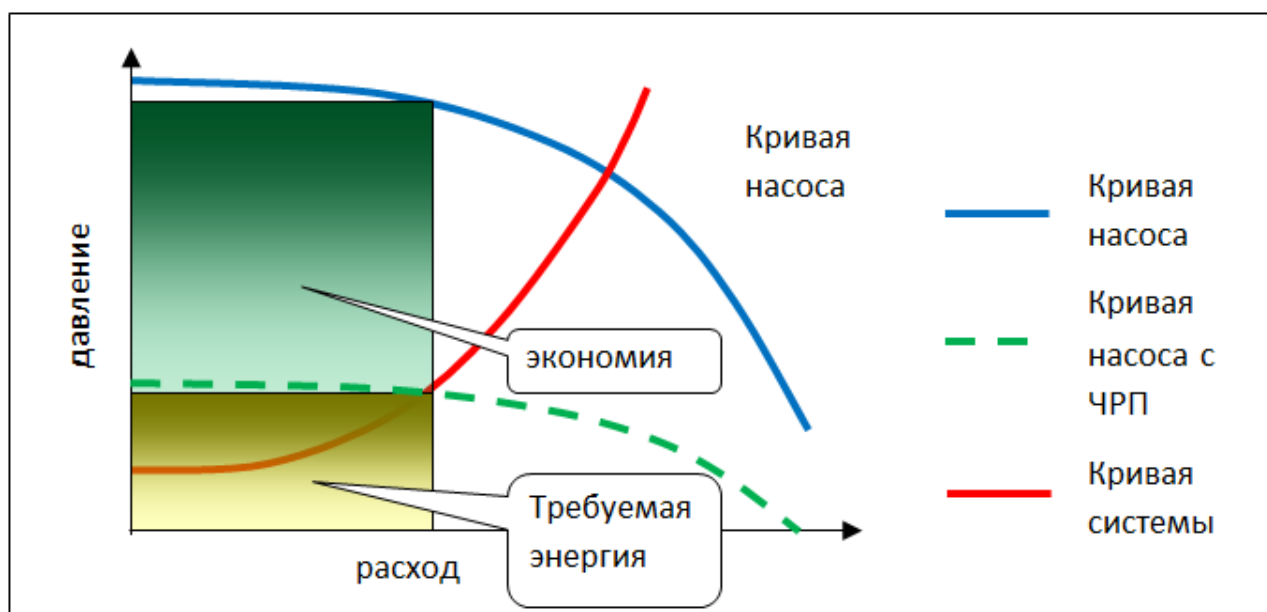


Рисунок 14 – Наглядное представление выгоды эксплуатации насоса с ЧРП

При выборе производителя частотного преобразователя учтем следующее: на АО «КуйбышевАзот» уже не первый год успешно ведется ввод и эксплуатация электротехнической продукции производства Schneider Electric, в том числе и частотных преобразователей серии Altivar 61, которые после установки успели окупить себя и в настоящее время приносят прибыль предприятию. В вопросах выбора оборудования необходимо опираться не только на технико-экономические показатели, но и стремиться к унификации устанавливаемых и уже эксплуатируемых элементов. При обслуживании установок одного типа снижается вероятность ошибки при обслуживании их дежурным персоналом, что является немаловажным фактором выбора уже зарекомендованного производителя. Рассмотрим особенности эксплуатируемой на предприятии серии частотных преобразователей.

2.6.1 Особенности преобразователей частоты Altivar 61

Преобразователь частоты Altivar 61 может уменьшить эксплуатационные расходы путем оптимизации потребления энергии, значительно повышая комфортность. Различные встроенные функции позволяют адаптировать преобразователь для использования в электрических установках, сложных управляющих системах и системах диспетчеризации инженерного оборудования здания. Как известно, частотный преобразователь является источником электромагнитных помех. При разработке преобразователя Altivar 61 была учтена проблема электромагнитной совместимости и уменьшения гармонических составляющих тока. В зависимости от характеристик, каждый тип (UL тип 1/IP 20 и/или UL тип 12/IP 54) либо имеет встроенные фильтры ЭМС класса А или В и дроссели звена постоянного тока, либо эти элементы могут комплектоваться потребителем в качестве дополнительного оборудования.



Рисунок 15 – Преобразователи частоты серии Altivar 61

Серия преобразователей частоты Altivar 61 предназначена для двигателей мощностью от 0,75 до 800 кВт со следующими видами сетевого питания:

- однофазное, 200 - 240 В, от 0,37 до 5,5 кВт;
- трехфазное, 200 - 240 В, от 0,37 до 75 кВт;
- трехфазное, 380 - 480 В, от 0,75 до 630 кВт;
- трехфазное, 500 - 690 В, от 1,5 до 800 кВт

Функции, которые применимы специально для вентиляторных и насосных агрегатов:

- адаптация ограничения тока в зависимости от скорости;
- автоматический подхват вращающейся нагрузки с поиском скорости;
- энергосбережение, квадратичный закон по 2 или 5 точкам;
- подавление шума и резонанса посредством частоты коммутации, которая, в зависимости от номинальной нагрузки, может быть установлена до 16 кГц во время работы, и случайной модуляции;
- пользовательская установка значения скорости;
- встроенный пропорционально – интегрально - дифференцирующий (ПИД) - регулятор, с предустановленными значениями ПИД и режимами автоматический/ручной (“Auto/Man”)
- учет и хранение данных о наработке и энергопотреблении;

- определение отсутствия жидкости, ограничение скорости потока, определение нулевой скорости потока;

- функция "сон", функция "пробуждение"

- клиентские настройки с отображением физических значений: л.с., бар, °С...

Для облегчения ввода в эксплуатацию приводов в промышленной сфере и инфраструктуре (туннели, водопроводные станции и т.д.) предлагается:

- комплектный преобразователь в шкафах компактного исполнения IP 23 или IP 54.

Множество настраиваемых аналоговых и дискретных входов и выходов, которые содержит преобразователь Altivar 61, позволяют легко проводить его оптимизацию для конкретного применения. Предусмотрена поддержка протоколов CANopen и Modbus для того, чтобы увеличить производительность системы управления. Также преобразователь поддерживает основные промышленные шины и способен встраиваться в системы HVAC при помощи дополнительно встраиваемых карт. Также есть возможность приобретения дополнительных карт переключения насосов, которые позволяют выполнять простое и гибкое управление насосами.

Функциональная безопасность и применения - АТЕХ. Для того, чтобы предотвратить несанкционированный пуск двигателя, в преобразователь частоты Altivar 61 встроена защитная функция блокировки Power Removal. Данная функция безопасности позволяет включать ПЧ в качестве составляющей в цепь безопасности системы управления Электрической/Электронной/Электронной с программным управлением, относящейся к безопасности производственного механизма или технологического процесса. Функция соответствует стандартам по машинам EN 954-1, категория 3, электрическим установкам МЭК/EN 61508 SIL2 и силовым электроприводам МЭК/EN 61800-5-2 [29].

Наличие функции безопасности Power Removal у преобразователя рекомендовано производителем для защиты двигателей, эксплуатируемых во взрывоопасной атмосфере (АТЕХ).

2.6.2 Выбор преобразователя частоты и дополнительного оборудования

В насосной слива олеумной кислоты (корпус 926Г, АО «КуйбышевАзот») предполагается установка преобразователей частоты в системы управления следующих насосных агрегатов: Н-1/1, Н-1/2, Н-1/3, Н-1/4, Н-1/5, Н-1/6 и Н-3/1. Выбор подходящего типа преобразователя частоты будет выполнен в соответствии с характеристиками данных насосов, указанных в таблице 8.

Таблица 8 – Выбор преобразователя

| Характеристика | Значение |
|----------------------------------|-----------------|
| Номинальное напряжение, В | переменное, 380 |
| Мощность насоса, кВт | 30 |
| Число фаз питания | 3 |
| Температура окружающей среды, °С | -10...50 |
| Степень защиты | IP20 |

Оптимальным вариантом согласно каталогу будет являться преобразователь частоты Altivar 61, модель ATV61HD30N4Z, характеристики которого представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Основные характеристики ATV61HD30N4Z

| | |
|--|---|
| Семейство продуктов | Altivar 61 |
| Тип изделия или компонента | Привод с регулируемой частотой вращения |
| Применение изделия | Насосное и вентиляционное оборудование |
| Мощность двигателя, кВт | 30 кВт 3 фазы при 380...480 V |
| Мощность двигателя, л.с. | 40 лс 3 фазы при 380...480 V |
| [Us] номинальное напряжение питания | 380...480 V (- 15...10 %) |

Продолжение таблицы 9

| | |
|--|---|
| Число фаз питания | 3 фазы |
| Линейный ток | 66 А для 380 V 3 фазы 30 кВт / 40 лс |
| | 56 А для 480 V 3 фазы 30 кВт / 40 лс |
| Фильтр помех | Уровень 3 фильтр помех |
| Вариант | Без дистанционного графического терминала |
| Стиль сборки | С радиатором |
| Полная мощность | 43.4 кВА для 380 V 3 фазы 30 кВт / 40 лс |
| Максимум ожидаемого тока к.з. | 22 кА 3 фазы |
| Макс. переходной ток | 79.2 А для 60 с 3 фазы |
| Номинальная частота коммутации | 12 kHz |
| Частота коммутации | 12...16 kHz с понижающим коэффициентом |
| | 1...16 kHz регулируем. |
| Управление асинхронными двигателями | Отношение напряжения/частоты, 2 точки |
| | Отношение напряжения/частоты, 5 точки |
| | Управление вектором потока без датчика, стандартный |
| | Отношение напряжения/частоты - энергосбережение, квадратичная функция U/f |
| Профиль управления синхронным двигателем | Векторное управление без датчика, стандартный |
| Протокол порта обмена данными | CANopen |
| | Modbus |

Преобразователь Altivar 61 имеет встроенную программную функцию, позволяющую ограничить перенапряжения на клеммах двигателя. Однако, в зависимости от длины кабеля и типа применения, может возникнуть необходимость использования дополнительных выходных фильтров:

- дросселей двигателя, ограничивающих dv/dt ;
- синусных фильтров, особенно эффективных при большой длине кабеля.

Необходимость их установки зависит от длины кабелей, питающих насосы, и типа кабеля – экранированный/неэкранированный.

Таблица 10 – Длины питающих кабелей

| Наименование ЭП | Длина кабеля, м | Прим. |
|-----------------|-----------------|-------------------------|
| Насос Н-1/1 | 40 | Неэкранированный кабель |
| Насос Н-1/2 | 42 | |
| Насос Н-1/3 | 43 | |
| Насос Н-1/4 | 35 | |
| Насос Н-1/5 | 33 | |
| Насос Н-1/6 | 32 | |
| Насос Н-3/1 | 30 | |

Согласно рекомендациям производителя для стабилизации электромагнитной обстановки необходимость установки синусных фильтров для неэкранированных кабелей возникает при длине кабеля от 100 м, дросселей двигателя – при длине кабеля 50 – 100 м. В нашем случае установка синусных фильтров не требуется. Дроссели на двигатели применимы на насосах Н-1/1, Н-1/2 и Н-1/3.

Дроссель выбирается по номинальному току двигателя и по напряжению. Подходящий тип дросселя - VW3 A5 102 (48А, ~380В). Он позволит отфильтровать помехи, обусловленные срабатыванием контактора, находящегося между фильтром и двигателем и уменьшить ток утечки на землю двигателя.

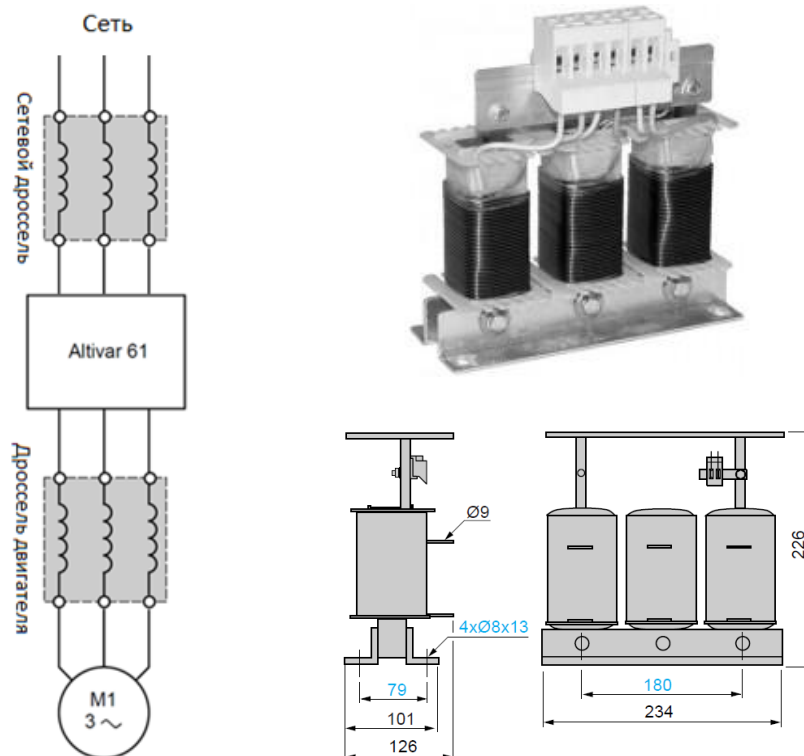


Рисунок 16 – Подключение, внешний вид и габариты дросселей

Также необходимой мерой будет установка сетевых дросселей, устанавливаемых на входе частотных преобразователей. Использование сетевых дросселей особенно рекомендуется в следующих случаях:

- при параллельном включении нескольких преобразователей с близко расположенными соединениями;
- при наличии в сети питания значительных помех от другого оборудования;
- при асимметрии напряжения питания между фазами $> 1,8 \%$ номинального напряжения;
- при питании ПЧ от линии с низким полным сопротивлением (преобразователь расположен рядом с трансформаторами, в 10 раз более мощными, чем преобразователь);
- при установке большого количества ПЧ на одной линии;

- для уменьшения перегрузки конденсаторов, повышающих $\cos \phi$, если установка оснащена батареей конденсаторов для повышения коэффициента мощности.

Сетевой фильтр выбирается по мощности двигателя и напряжению сети. В нашем случае подходящим вариантом будет сетевой фильтр VW3 A4 556 (30 кВт, ~380В). Он позволит обеспечить более качественную защиту от сетевых перенапряжений и уменьшить гармоники тока, вырабатываемые преобразователем частоты [29].

2.7 Расчёт токов короткого замыкания

Расчёт токов короткого замыкания в системах электроснабжения напряжением до 1000 В необходимо выполнять для проверки работы электроаппаратов и проводников в режиме сверхтоков, а также, для проверки автоматического отключения линий в сетях до 1000 В с глухозаземленной нейтралью при возникновении замыканий на корпус [31].

Расчёты выполняются в соответствии с методикой, рекомендованной ГОСТом 28249 – 93 на расчёты токов КЗ в сетях напряжением до 1 кВ. Короткие замыкания рассчитываются в трёх точках согласно расчётной электрической схеме и схеме замещения, изображённых на рисунках 17 и 18:

К1 –на контактах РУ питающей подстанции;

К2 –на контактах ЭРП 0,4кВ;

К3 – для самого мощного и самого близкого к РУ электроприёмника;

2.7.1 Параметры расчётной схемы

Трансформатор Т1:

ТСЗГЛ – 1600/6; схема соединения обмоток Δ/Y_0 ;

$$S_n = 100 \text{ кВА};$$

$$U_{H BH} = 6 \text{ кВ}; \quad U_{H HH} = 0,4 \text{ кВ};$$

$$U_K = 6 \text{ \%};$$

$$R_T = \frac{P_{кз} \cdot U_{н.нн}^2}{S_n^2} \cdot 10^6 = \frac{12,8 \cdot 0,4^2}{1600^2} \cdot 10^6 = 0,8 \text{ МОм};$$

$$Z_T = \frac{U_K \cdot U_{н.нн}^2}{S_n} \cdot 10^4 = \frac{6 \cdot 0,4^2}{1600} \cdot 10^4 = 6 \text{ МОм};$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = 5,95 \text{ МОм}.$$

Шинный мост от Т1 до АВ1 (ШР1):

$$R_{Ш} = 0,009 \text{ МОм};$$

$$X_{Ш} = 0,004 \text{ МОм}.$$

Трансформатор тока ТТ:

ТШЛ-0,66-5000/5

$$R_{ТТ} = 0,001 \text{ МОм};$$

$$X_{ТТ} = 0,001 \text{ МОм}.$$

Автоматический выключатель АВ1:

ВА-СЭЩ В АН – 50 G, $I_H = 5000 \text{ А}$;

$$R_{AB1} = 0,13 \text{ МОм};$$

$$X_{AB1} = 0,07 \text{ мОм.}$$

Шины РУ-КТП:

$$R_{РУ-КТП} = 0,009 \text{ мОм};$$

$$X_{РУ-КТП} = 0,004 \text{ мОм.}$$

Автоматический выключатель АВ2:

ВА-СЭЩ В TS800, $I_H = 800 \text{ А};$

$$R_{AB2} = 0,25 \text{ мОм};$$

$$X_{AB2} = 0,1 \text{ мОм.}$$

Кабельная линия КЛ-1:

2АВБбШв 3x150+1x50, $l = 160 \text{ м};$

$$R_{y\varnothing} = 0,063 \text{ мОм/м};$$

$$X_{y\varnothing} = 0,208 \text{ мОм/м};$$

$$R_{КЛ1} = 160 \cdot 0,063 = 10,08 \text{ мОм};$$

$$X_{КЛ1} = 160 \cdot 0,208 = 33,28 \text{ мОм.}$$

Автоматический выключатель АВ3:

ВА88-37 3P 630 А, $I_H = 630 \text{ А};$

$$R_{AB3} = 0,41 \text{ мОм};$$

$$X_{AB3} = 0,13 \text{ мОм.}$$

Шины ЭРП-0,4 кВ:

$$R_{ЭРП} = 0,009 \text{ мОм};$$

$$X_{ЭП} = 0,004 \text{ мОм.}$$

Автоматический выключатель АВ4:

$$\text{ВА47-29М 3Р 63 А, } I_H = 63 \text{ А;}$$

$$R_{AB4} = 0,41 \text{ мОм;}$$

$$X_{AB4} = 0,13 \text{ мОм.}$$

Частотный преобразователь:

$$R_{ЧП} = 0,19 \text{ мОм;}$$

$$X_{ЧП} = 0,15 \text{ мОм.}$$

Кабельная линия КЛ-2:

ПВВГ 4x16;

$$l = 30 \text{ м;}$$

$$R_{ВД} = 0,09 \text{ мОм/м;}$$

$$X_{ВД} = 0,03 \text{ мОм/м;}$$

$$R_{КЛ2} = 30 \cdot 0,09 = 2,7 \text{ мОм;}$$

$$X_{КЛ2} = 30 \cdot 0,03 = 0,9 \text{ мОм.}$$

Приведённые выше параметры нужны для расчёта значений токов к.з. в точках К1, К2 и К3.

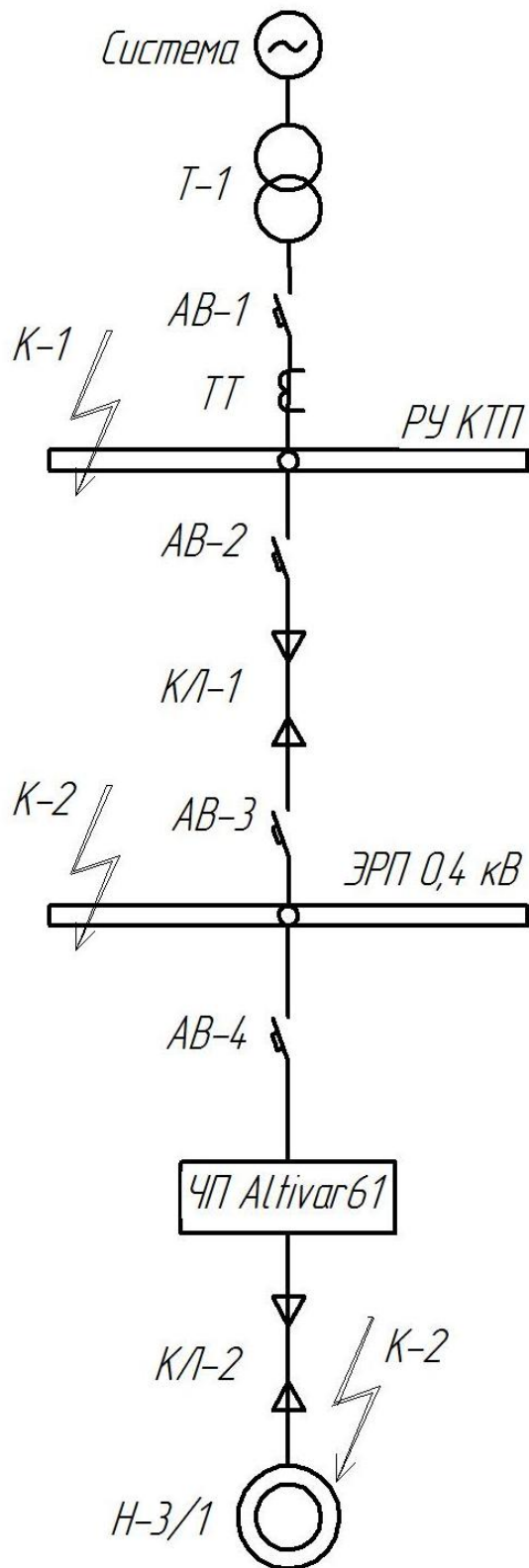


Рисунок 17 – Расчетная электрическая схема

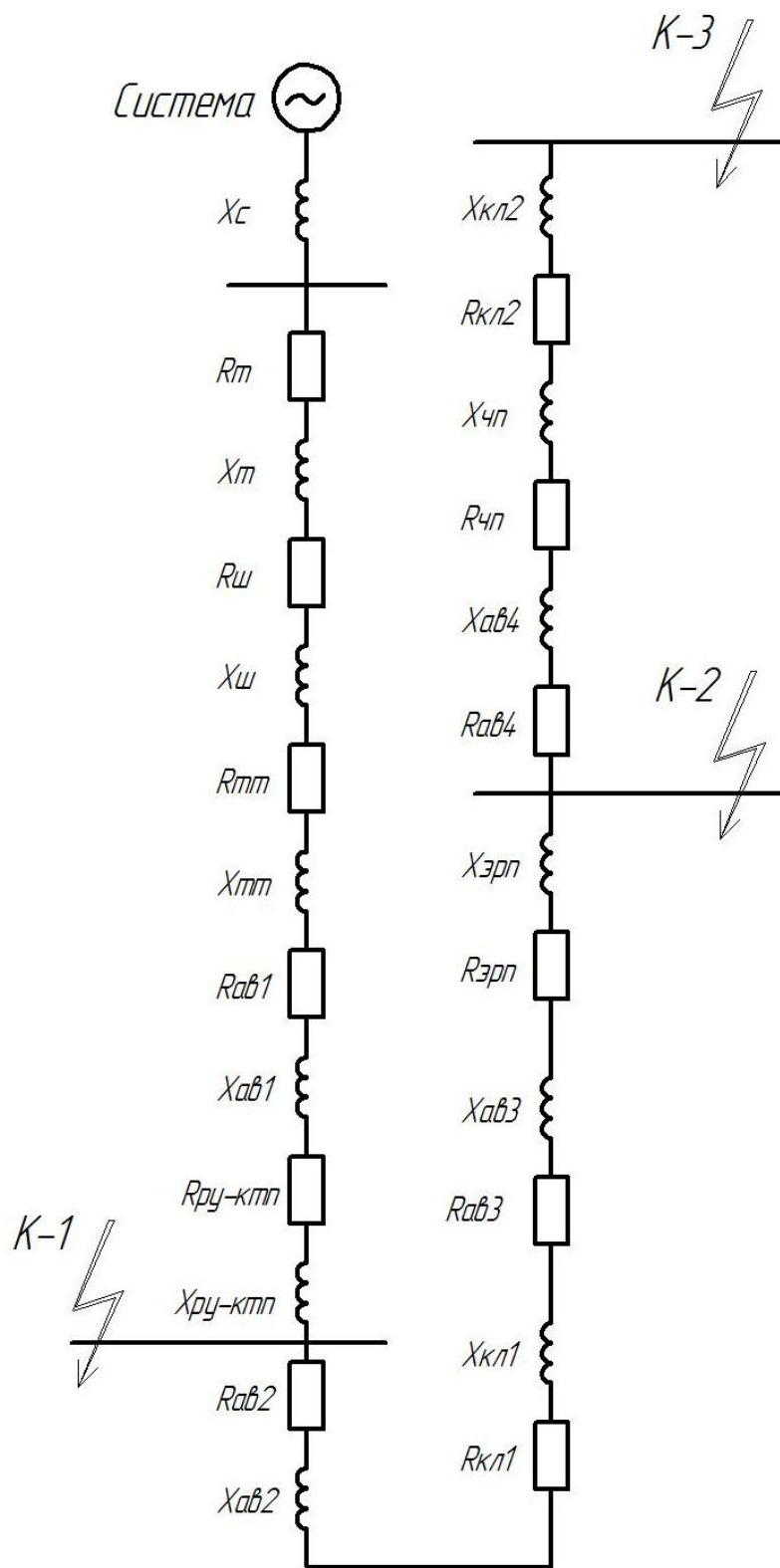


Рисунок 18 – Схема замещения

2.7.2 Расчёт токов КЗ

$$X_c = \frac{U_B}{S_{кз.сис}} \cdot 10^3 = \frac{0,4^2}{100} \cdot 10^3 = 1,6 \text{ мОм}; \quad (7.2.1)$$

Для КЗ в точке К1:

Трёхфазное металлическое к.з.

Ток металлического трёхфазного к.з. $I_{км(3)}$ в точке К1 определяется по формуле:

$$I_{км}^{(3)} = \frac{U_{нн}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}^{(3)}} = \frac{U_{нн}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2}}. \quad (7.2.2)$$

По схеме замещения суммарные сопротивления R_{Σ} и X_{Σ} определяются арифметическим суммированием до точки к.з.

$$R_{\Sigma} = 0,8 + 0,009 + 0,001 + 0,13 + 0,009 = 0,949 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma} = 1,6 + 5,95 + 0,004 + 0,001 + 0,07 + 0,004 = 7,629 \text{ мОм}.$$

Полное суммарное сопротивление до точки к.з.:

$$Z_{\Sigma R1} = \sqrt{R_{\Sigma K1}^2 + X_{\Sigma K1}^2} = 7,69 \text{ мОм}. \quad (7.2.3)$$

Ток трёхфазного металлического к.з.:

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{U_{ннн}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1}} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 7,69} = 28,57 \text{ кА}.$$

Трёхфазное дуговое к.з.

Ток трёхфазного дугового к.з. определяется с использованием снижающего коэффициента K_c [1, 4]. Для начального момента к.з. (K_{c1}) и установившегося КЗ (K_{c2}):

$$\text{При } Z_{\Sigma R1} = \sqrt{R_{\Sigma K1}^2 + X_{\Sigma K1}^2} = 7,69$$

$$K_{c1}=0,83; K_{c2}=0,74.$$

Ток трехфазного дугового к.з. определяется по формуле:

$$I_{кд}^{(1)} = I_{км}^{(1)} \cdot K_c; \quad (7.2.4)$$

$$I_{кд}^{(1)} = 28,57 \cdot 0,83 = 23,7 \text{ кА при } t_{кз} \leq 0 \text{ с.};$$

$$I_{кд}^{(1)} = 28,57 \cdot 0,74 = 21,14 \text{ кА при } t_{кз} \geq 0,05 \text{ с.}$$

Ударный ток к.з. определяется по формуле:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{кз}; \quad (7.2.5)$$

где k_y – ударный коэффициент. Определяется по графику, представленному на рисунке 19.

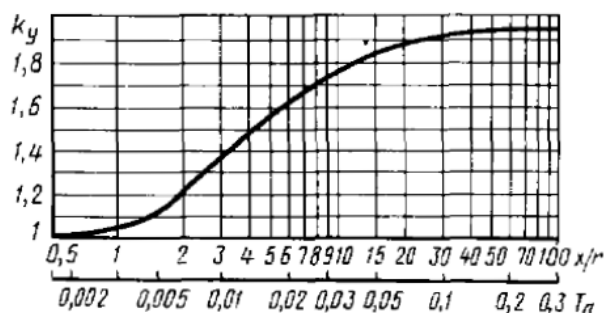


Рисунок 19 – Кривая для определения K_y

$$\frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} = \frac{7,629}{0,949} = 8,03. \text{ Этому значению соответствует } k_y = 1,7.$$

$$\text{Определяем } i_{y,к1} = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot 28,57 = 68,5.$$

Для к.з. в точке К2:

$$R_{\Sigma} = 0,8 + 0,009 + 0,001 + 0,13 + 0,009 + 0,25 + 0,41 + 10,08 + 0,009 = 11,288 \text{ мОм};$$

$$\begin{aligned} X_{\Sigma} &= 1,6 + 5,95 + 0,004 + 0,001 + 0,07 + 0,004 + 0,1 + 33,28 + 0,13 + 0,004 = \\ &= 41,143 \text{ мОм}. \end{aligned}$$

$$Z_{\Sigma R2} = \sqrt{R_{\Sigma K2}^2 + X_{\Sigma K2}^2} = 42,6 \text{ мОм};$$

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{U_{HH}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K2}} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 42,6} = 5,14 \text{ кА};$$

$$K_{c1}=0,84; K_{c2}=0,75.$$

$$I_{K0}^{(3)} = 5,14 \cdot 0,84 = 4,32 \text{ кА при } t_{K3} \leq 0 \text{ с};$$

$$I_{K0}^{(3)} = 26,5 \cdot 0,75 = 3,86 \text{ кА при } t_{K3} \geq 0,05 \text{ с}.$$

$$\frac{X_{\Sigma K2}}{R_{\Sigma K2}} = 3,6 \Rightarrow K_{yK2} = 1,45;$$

$$i_{yK2} = \sqrt{2} \cdot K_{yK2} \cdot I_{K2}^{(3)} = 10,45 \text{ кА}.$$

Для к.з. в точке К3:

$$R_{\Sigma} = 0,8 + 0,009 + 0,001 + 0,13 + 0,009 + 0,25 + 0,41 + 10,08 + 0,009 + 0,41 + \\ + 0,19 + 2,7 = 14,99 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma} = 1,6 + 5,95 + 0,004 + 0,001 + 0,07 + 0,004 + 0,1 + 33,28 + 0,13 + 0,004 + 0,13 + \\ + 0,15 + 0,9 = 42,32 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma R3} = \sqrt{R_{\Sigma K3}^2 + X_{\Sigma K3}^2} = 44,9 \text{ мОм};$$

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{U_{HH}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K3}} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 44,9} = 4,89 \text{ кА};$$

$$K_{c1}=0,87; K_{c2}=0,76.$$

$$I_{K0}^{(3)} = 4,89 \cdot 0,76 = 3,72 \text{ кА при } t_{K3} \geq 0,05 \text{ с}.$$

$$\frac{X_{\Sigma K3}}{R_{\Sigma K3}} = 2,82 \Rightarrow K_{yK3} = 1,38;$$

$$i_{yK3} = \sqrt{2} \cdot K_{yK3} \cdot I_{K3}^{(3)} = 9,45 \text{ кА}.$$

По полученным в результате расчётов значениям ударных токов к.з. в выбранных точках проверяется пригодность автоматических выключателей. Ударные токи, которые способны выдержать автоматические выключатели и частотный преобразователь, указаны в их технических характеристиках и имеют значения больше, чем в приведенных выше расчётах и, следовательно, выбраны верно.

2.8 Расчёт защитного заземления

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус или по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, попадание молнии и т. п.) [18].

Главной функцией защитного заземления является обеспечение между корпусами заземляемого электрооборудования и землей электрического соединения с небольшим (строго нормированным) сопротивлением. Это делается для безопасного значения напряжения прикосновения во время замыкания на корпус оборудования [13].

По требованиям ПУЭ заземляющее устройство напряжением до 1000В в сетях с глухозаземлённой или изолированной нейтралью, которое выполняется с соблюдением требований к его сопротивлению, должно иметь в любое время года сопротивление не более 4 Ом с учетом сопротивления естественных и искусственных заземлителей. Согласно этих же правил, если суммарная установленная мощность генераторов и преобразователей электроэнергии рассматриваемого корпуса превышает 100 кВА, то тогда это значение не должно превышать 10 Ом [11].

Все металлические части электроустановок, нормально не находящиеся под напряжением, необходимо присоединять к заземлителю. Для заземления используются как естественные, так и искусственные заземлители (металлические конструкции зданий, арматура и т.д.).

Для насосной слива олеума принимаем:

- длина стержней - $l = 5$ м;
- диаметр стержней - $d = 0,012$ м;
- расстояние между стержнями - $a = 10$ м;
- сопротивление заземления - $R_3 = 4$ Ом;
- глубина заложения полосы - $t = 0,7$;
- удельное сопротивление грунта - $\rho = 100$ Ом·м.

Определяем расчетное сопротивление грунта:

$$\rho_{\text{расч}} = \rho_{\text{гр}} \cdot K_c = 100 \cdot 1.25 = 125 \text{ Ом}$$

$K_c = 1.25$ - коэффициент сезонности.

Определяем сопротивление одного вертикального стержня:

$$R_c = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч}}}{l} \cdot \left[\lg\left(\frac{2 \cdot l}{d}\right) + \frac{1}{2} \cdot \lg\left(\frac{4 \cdot t' + l}{4 \cdot t' - l}\right) \right], \quad (9.6.1)$$

где: $t' = t_0 + \frac{1}{2} \cdot l = 0.7 + \frac{1}{2} \cdot 5 = 3.2$ м;

$t_0 = 0,7$ - глубина заложения вершины вертикального заземлителя, м,

l - длина стержня, м.

$$R_c = \frac{0,366 \cdot 125}{5} \cdot \left[\lg\left(\frac{10}{0,012}\right) + \frac{1}{2} \cdot \lg\left(\frac{4 \cdot 3.2 + 5}{4 \cdot 3.2 - 5}\right) \right] = 28.36 \text{ Ом.}$$

Определяем необходимое количество вертикальных стержней:

$$N_c = \frac{R_c}{R_3 \cdot n_c}, \quad (9.6.2)$$

где: $n_c = 0,78$ - коэффициент использования вертикальных заземлителей, расположенных по контуру.

$$N_c = \frac{28,36}{4 \cdot 0,78} = 9,08 \approx 9 \text{ шт.}$$

Определяем сопротивление заземляющей полосы:

$$R_{\text{П}} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч.г}}}{L} \cdot \lg\left(\frac{L^2}{b \cdot t}\right) = \frac{0,366 \cdot 125}{48} \cdot \lg\left(\frac{48^2}{0,04 \cdot 0,7}\right) = 9,54 \text{ Ом}, \quad (9.6.3)$$

где: $L = (A+B) \cdot 2 = (3+6) \cdot 2 = 18$ м - периметр электропомещения.

Определяем сопротивление заземляющей полосы в контуре:

$$R_{\text{ПК}} = \frac{R_{\text{П}}}{n_{\text{П}}} = \frac{9,54}{0,26} = 36,7 \text{ Ом.} \quad (9.6.4)$$

где: $n_{\text{П}} = 0,26$ - коэффициент использования горизонтального полосового заземлителя.

Определяем необходимое сопротивление вертикальных заземлений:

$$R = \frac{R_{\text{ПК}} \cdot R_3}{R_{\text{ПК}} + R_3} = \frac{36,7 \cdot 4}{36,7 + 4} = 3,6 \text{ Ом.} \quad (9.6.5)$$

Определяем уточнённое количество стержней :

$$N_c' = \frac{R_c}{R \cdot n_c} = \frac{28,36}{3,6 \cdot 0,78} = 10,08 \approx 10 \text{ шт.} \quad (9.6.6)$$

Принимаем 10 стержней.

2.9 Техническое исполнение ЭРП 0,4 кВ

2.9.1 Конструкции и описание КРУ

Комплектным распределительным устройством (КРУ) называется такое распределительное устройство, которое состоит из полностью (частично) закрытых шкафов или блоков с встроенными в них аппаратами, устройствами защиты и автоматики, поставляемое в собранном или полностью подготовленном для сборки виде [7].

Классификация комплектных распределительных устройств:

- условия эксплуатации под воздействием окружающей среды:
внутренней и наружной установки;
- по климату: умеренный, тропический, холодный климат;
- по технологии конструкций: выдвигной тип, стационарный тип;
- по выключателям на главном аппарате: маломасляный, электромагнитный, вакуумный выключатели;
- по сервисному доступу: одностороннее или двустороннее обслуживание;
- по степени защиты токоведущих деталей: защищённого и открытого типа;

- по типу вывода (кабельный или воздушный вывод);
- постоянный или переменный ток;
- по защите от среды эксплуатации: защита от пыли воды взрывов.

Шкафы КРУ бывают релейные и распределительные, управления, сигнализации и контроля. Они представляют собой металлические конструкции, комплектуемые из шкафов, отдельных панелей или пульт-панелей, на которых монтируют аппараты и приборы по заказу потребителя, а также сборные шины и проводки вторичных цепей для присоединения необходимой аппаратуры.

Распределительные шкафы (щиты) предназначены для приема и распределения электроэнергии в сетях напряжением до 1000 В и в настоящее время выделено несколько их типоразмеров. Распространение получили распределительные устройства одностороннего (камеры КСО) и двустороннего обслуживания, панельные и шкафные.

КСО – камеры сборные одностороннего обслуживания, предназначены для установки непосредственно у стены электропомещения. Обслуживание таких РУ ведется только с лицевой стороны. Все приборы контроля, приводы, рукоятки и кнопки управления вынесены на фасад, где для осмотра, обслуживания, монтажа и ремонта имеется одностворчатая дверь.



Рисунок 20 – Камеры сборные одностороннего обслуживания

Камеры одностороннего обслуживания бывают нескольких типов и выпускают в открытом и закрытом исполнениях. Щиты открытого исполнения выполняют из панелей и устанавливают только в специальных

электротехнических помещениях. Щиты закрытого исполнения выполняют из шкафов с уплотнениями и предназначены для непосредственной установки в цехах.

Для выполнения РУ любой сложности камеры КСО имеют типовые панели — вводные, линейные и секционные. Вводные панели служат для присоединения шинных и кабельных вводов, линейные — для присоединения к сборным шинам потребителей электроэнергии, секционные — для для разделения и секционирования сборных шин на номинальные токи присоединений. Для боковых сторон крайних панелей собранного щита номенклатурой предусмотрены торцевые панели с защитной и декоративной дверью.

В сравнении с другими типами выполнения РУ, данный тип КРУ занимает меньшую площадь и поэтому более экономичен.

Распределительные шкафы двустороннего обслуживания (или свободностоящие) являются более удобными в плане обслуживания, но требуют больше места. Распределительные щиты двустороннего обслуживания комплектуют из панелей ПД, шкафов ШД, но массовое применение получили щиты из панелей ПРС. Эти щиты предназначены для установки только в электропомещениях, т.к. не имеют защиты сзади и сверху. По внешнему виду, высоте и глубине панели ПРС идентичны с панелями щитов управления и защиты, что что позволяет проводить их совместную комплектацию на подстанциях или в машинных залах [7].

Как правило, из типовых панелей ПРС комплектуют распределительные устройства напряжением до 1000 В.



Рисунок 21 – Шкаф КРУ двустороннего обслуживания

Условное обозначение панелей, например ПРС-1-15, расшифровывают так: распределительная свободностоящая, устойчивость ошиновки 1, схема панели номер 15. Монтаж, обслуживание, ремонт аппаратов выполняют с задней стороны панели, за исключением панелей с автоматами, которые имеют одностворчатую дверь. Шинные сборки в панелях с аппаратами на номинальные токи 400, 600 или 1000 А предусматривают ввод и присоединение нескольких кабелей.

2.9.2 Технология монтажа комплектных распределительных устройств

Монтаж комплектных распределительных устройств производят только в помещениях, где закончены все строительные работы [14].

Установочные конструкции под КРУ изготавливают из швеллера или уголка, которые устанавливают горизонтально, тщательно выверяя по уровню. Допустимая неровность находится в пределах 1 мм на 1 м длины, но не более 5 мм по всей длине. Согласно ПУЭ, эти конструкции подлежат обязательному присоединению к заземляющему контуру стальной полосой размером 40 x 4 мм не менее чем в двух местах. Присоединение, как правило, выполняется сваркой.

Ширина прохода для однорядной установки при монтаже шкафов КРУ в помещении должна быть равной длине выкатной тележки плюс 0,8 м, для

двухрядной – длине одной тележки плюс 1 м. Расстояние от стен до боковых шкафов – не менее 0,1 м [11].

Монтаж камер КСО и шкафов КРУ начинают с первой или последней камеры. Следующую камеру устанавливают только после проверки правильности установки первой по горизонтали и вертикали. По окончании установки, начиная с крайней камеры, выполняют болтовое соединение их корпусов камер. Затяжке подлежат сначала нижние болты, а затем верхние.

Прямолинейность верхней части камер проверяют с помощью шнура и при необходимости с помощью стальных подкладок регулируют их положение. Вкатывая тележку, проверяют правильность установки шкафов КРУ. Подвижные части тележки и неподвижные части шкафа должны совпадать, а положение тележки надежно фиксироваться. Тщательной проверке подлежит работа защитных шторок, которые должны опускаться и подниматься без перекосов и заеданий, а также действие механической блокировки.

Выверенные по уровню шкафы КРУ и камеры КСО с помощью электросварки закрепляют в четырех углах к установочной конструкции, что обеспечивает эффективное надежное заземление установленных конструкций. Далее с шинного отсека шкафа снимают наружные листы, после чего, с соблюдением цветовой маркировки, выполняют монтаж сборных шин. Болтовым соединением к сборным шинам присоединяют ответвительные.

Все приборы и аппараты, которые в целях безопасной транспортировки до места монтажа были временно сняты, устанавливают после монтажа шин и согласно схемы присоединяют к первичным и вторичным цепям.

Поверхности сборных шин в местах контактов нельзя зачищать напильником или наждачной шкуркой. На заводе-изготовителе эти места покрывают специальным сплавом олова с цинком для защиты от коррозии. Поэтому при монтаже их промывают и смазывают вазелином. После установки сборных шин всей секции затягивают болты всех контактных соединений. Далее проводят наладку, проверяют работу коммутационных аппаратов, разъединителей, вспомогательных контактов и блокировочных устройств.

Ножи разъединителя в камерах КСО при включении должны входить в неподвижные контакты плавно, без перекосов, на глубину 30 мм и не доходить до упора на 3 – 5 мм. Привод разъединителя должен автоматически запирается в крайних положениях фиксатором.

Регулировку привода совместно с выключателем проводят по заводской инструкции, но зачастую бывает так, что на монтаж они приходят с завода в собранном и отрегулированном состоянии.

После подсоединения отходящих и питающих кабелей и проводов цепей вторичной коммутации все металлические конструкции КРУ (КСО) присоединяют к системам заземления. Заземление выполняют присоединением корпусов камеры в двух местах к магистрали заземления с помощью электросварки.

2.9.3 Выбор КРУ

Очевидные преимущества комплектно поставляемых щитов РУ привели к почти полному вытеснению РУ старого типа, оборудование которых приобреталось отдельно и собиралось на месте монтажа. Камеры КРУ и КСО изготавливают на заводах комплектно, в собранном виде, с необходимой аппаратурой и оборудованием. Как следствие, сокращаются и становятся проще проектные работы; становится не индивидуальным, а типовым сооружение строительной части; значительно уменьшаются стоимость, трудозатраты и длительность монтажа распределительных устройств.

У установок, собранных из отдельных приборов, аппаратов и оборудования, поставляемых россыпью и, возможно, не приспособленных для компактного монтажа и взаимной блокировки, надежность работы и безопасность эксплуатации будет значительно ниже, чем у электроустановок, состоящих из крупных блоков заводского изготовления.

Помещение ЭРП в корпусе 926Г АО «КуйбышевАзот» имеет размеры 3х6 (м). В помещении такого размера оптимальным вариантом будет установка РУ одностороннего обслуживания, например низковольтного комплектно

устройства 0,4 кВ «Ольха», поставляемого фирмой «БЭМП», г. Санкт-Петербург.

Таблица 11 - Технические характеристики НКУ 0,4 кВ «Ольха»

| Наименование параметра | Значение |
|---|---|
| 1 | 2 |
| Номинальное рабочее напряжение, В | 400; 660 |
| Номинальное напряжение изоляции, В | 1000 |
| Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, кВ | 8 |
| Номинальный ток ввода, А | 250; 400; 630; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3200; 4000; 5000; 6300 |
| Номинальный ток горизонтальных сборных шин, А | до 6300 |
| Номинальный ток вертикальных сборных шин, А | 1000; 1600; 2000; 2500; 3200; 4000 |
| Номинальный ток горизонтальных сборных шин, кА - временно выдерживаемый - ударный | 20; 50; 65; 85; 100 65; 110; 143; 187; 220 |
| Номинальный ток вертикальных сборных шин, кА - временно выдерживаемый - ударный | 20; 50; 65; 85 65; 110; 143; 187 |
| Номинальный условный ток короткого замыкания, кА | до 100 |

Продолжение таблицы 11

| 1 | 2 |
|---|---|
| Номинальная частота, Гц | 50; 60 |
| Номинальное напряжение вторичных цепей, В | ≈ 230 |
| Категория перенапряжения | IV |
| Вид системы заземления | TN-C; TN-S; TN-C-S |
| Класс защиты от поражения электрическим током по МЭК 61140 | I |
| Ввод кабелей | сверху; снизу |
| Обслуживание | одностороннее; двухстороннее |
| Виды разделения ограждениями и перегородками по ГОСТ Р 51321.1 | 2б; 3б; 4а; 4б |
| Типы электрических соединений функциональных блоков перегородками по ГОСТ Р 51321.1 | WFF; WDF; WWF; WWD |
| Габаритные размеры шкафа, мм: - высота - ширина - глубина | 1600; 2200 300÷1200 с шагом 100 400÷1200 с шагом 100 |
| Покрытие металлической оболочки | полимеризованная эпоксидно-полиэфирная порошковая эмаль |

Выводы по второму разделу

1. Для каждого помещения в корпусе 926Г (Насосная, слесарная мастерская, ЭРП, ПВК и холл) проведены расчёты освещения с применением промышленных светодиодных светильников компании «Световые технологии», в результате которых установленная мощность осветительных установок корпуса снижена почти в 4 раза и составляет 1,6 кВт.

2. Кабельные линии, выполненные кабелем АВВГ, заменены на кабели, имеющие медные жилы и ПВХ изоляцию. Кабельные линии основных насосов мощностью 30 кВт выполнены медным кабелем из сшитого полиэтилена, который имеет на сегодняшний день самые высокие эксплуатационные характеристики.

3. Для решения проблемы плавного пуска, автоматического регулирования и дистанционного управления основными насосами предлагается установка частотных преобразователей Altivar 61, которые снизят энергопотребление подключенных насосов на 15-30%, а также обеспечат плавную и комфортную работу асинхронных двигателей, что обеспечит более долгосрочную работу между аварийными выводами оборудования в ремонт.

3 Экономическая эффективность инвестиционного проекта

3.1 Определение и виды эффективности ИП

Эффективность инвестиционного проекта (ИП) - это оценка, отражающая соответствие проекта целям и интересам его участников.

Реализация эффективных проектов увеличивает поступающий в распоряжение общества внутренний валовой продукт (ВВП), который затем делится между участвующими в проекте субъектами. Поступлениями и затратами этих субъектов от участия в проекте определяются различные виды эффективности ИП.

Рекомендуется оценивать следующие виды эффективности:

- эффективность проекта в целом;
- эффективность участия в проекте.

Эффективность проекта в целом оценивается с целью определения потенциальной привлекательности проекта для его участников и поисков источников финансирования. Она включает в себя:

- общественную, или социально-экономическую, эффективность проекта;
- коммерческую эффективность проекта.

Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические изменения после реализации ИП для общества в целом, в том числе как непосредственные результаты и затраты проекта.

Показатели коммерческой эффективности ИП учитывают финансовые изменения его выполнения для участника, реализующего ИП, в предположении, что он производит все необходимые для реализации проекта затраты и пользуется всеми его результатами [25].

Показатели эффективности инвестиционного проекта в целом оценивают с экономической точки зрения как технические, так и организационные проектные решения.

3.2 Основные принципы оценки эффективности

Для грамотной оценки эффективности инвестиционного проекта, независимо от его технических, технологических, отраслевых или других особенностей, необходимо:

- моделирование всех действий для реализации ИП на весь период его жизненного цикла (расчетного периода) - от проведения прединвестиционного анализа до прекращения проекта;

- расчёт денежных потоков, а это не только расходы за расчетный период, но также, возможно, и денежные поступления, которые могут возникнуть еще на стадии выполнения проекта;

- рассмотрение различных вариаций проекта, а также вариантов выполнения проекта;

- принцип положительности и максимума эффекта. Проект, с точки зрения инвестора, будет признан эффективным, если эффект его реализации будет не только положительным, но при сравнении с альтернативными вариантами, будет иметь наибольшее значение;

- учет фактора времени и инфляции. При оценке эффективности ИП необходимо учитывать различные аспекты фактора времени, например, изменение в будущем стоимости на необходимые материалы или виды услуг;

- сравнение вариантов "обстановка без проекта" и "обстановка с проектом". Другими словами, не. Есть различия между рассмотрением. Вариант рассмотрения "до проекта" и "после проекта" имеет различия с вариантом "без проекта" и "с проектом". Оценка эффективности инвестиционного проекта должна производиться сопоставлением ситуаций второго варианта;

- учет всех наиболее существенных последствий проекта. При определении эффективности ИП должны учитываться все последствия его реализации – экономические и внеэкономические (социально-общественные);

- учет наличия у участников проекта несовпадений интересов и наличие разных оценок стоимости капитала, выражающихся в индивидуальных значениях нормы дисконта;

- многоэтапность оценки. На различных стадиях разработки и осуществления проекта (обоснование инвестиций, технико-экономических особенностей, схем финансирования и т.д.) его эффективность определяется заново, с различной глубиной проработки;

- учет вероятности возникновения неопределенностей и рисков, которые могут повлиять на реализацию проекта, но при этом их невозможно просчитать на стадии проектирования [9].

На стадии разработки инвестиционного предложения во многих случаях можно ограничиться оценкой эффективности ИП в целом. Схема финансирования проекта может быть намечена в самых общих чертах (в том числе по аналогии, на основании экспертных оценок).

Эффективность проекта оценивается в течение расчетного периода, который включает в себя временной отрезок от начала проекта до его завершения. Начало расчетного периода рекомендуется определять в задании на расчет эффективности ИП, например как дату начала вложения средств в проектно-изыскательские работы.

Расчетный период делят на несколько шагов. Это такие отрезки времени, в пределах которых выполняют промежуточную обработку данных и приведение промежуточных (неокончательных) значений показателей экономической эффективности. Продолжительность шага определяется исходя из конкретного проекта и чаще всего измеряется в годах, либо долях года.

Также не надо забывать о некоторых особенностях рыночной системы экономики. Стоимость на товары и услуги в будущем может существенно отличаться от значений настоящего времени. Кроме того валюта может обесцениваться. Учитывая это, необходимо проводить дисконтирование денежных потоков, т.е. приведение их разновременных (относящихся к разным шагам расчета) значений к их ценности на определенный момент времени, который называется моментом приведения. Момент приведения может не совпадать с базовым моментом. Дисконтирование применяется к денежным потокам, выраженным в текущих или дефлированных ценах и в единой валюте.

Концепция оценки эффективности инвестиционного проекта графически представлена на рисунке 22.

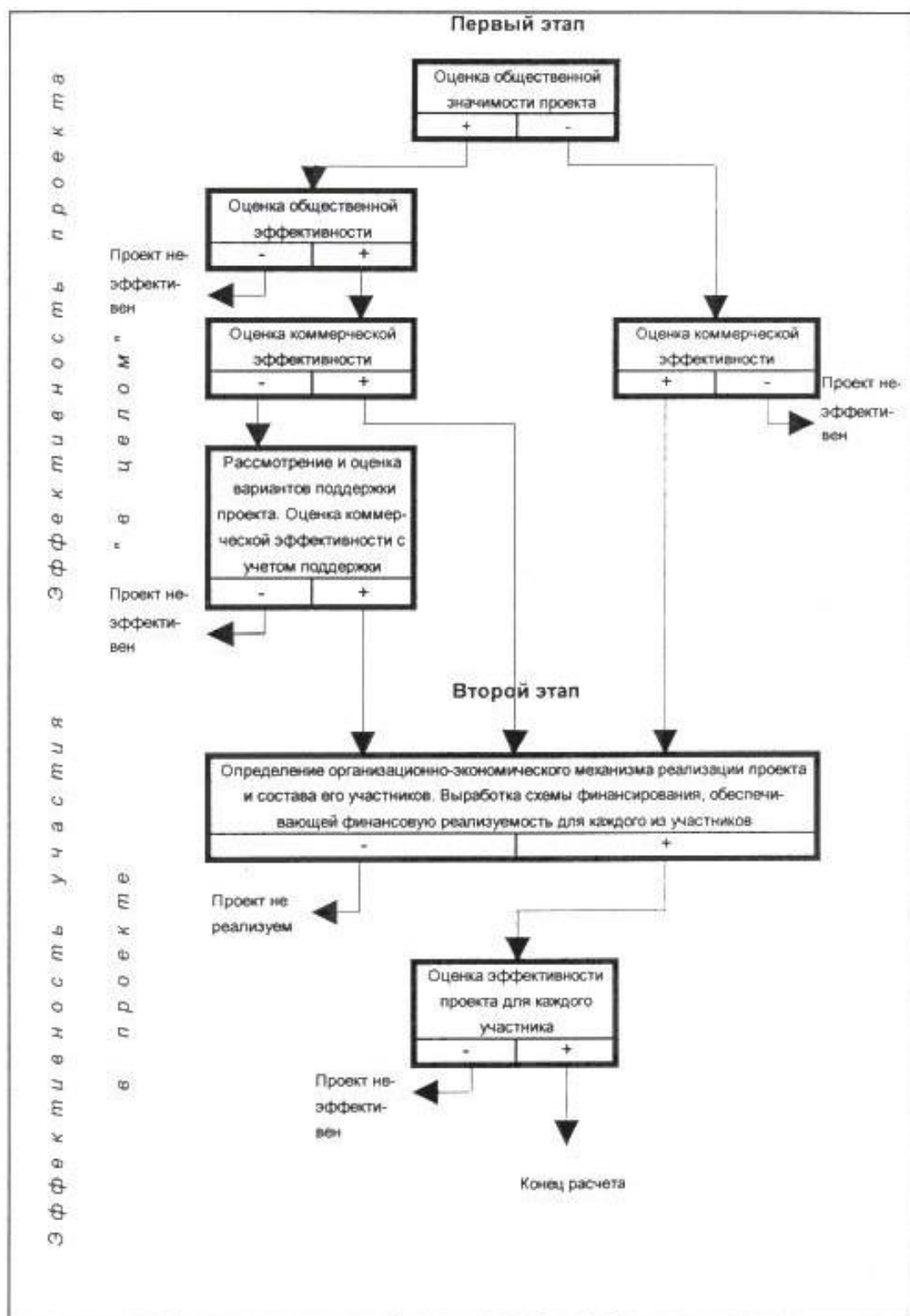


Рисунок 22 - Концептуальная схема оценки эффективности ИП

3.3 Показатели эффективности ИП

В качестве основных показателей, используемых для расчетов эффективности инвестиционного проекта, можно рассматривать:

- чистый доход;
- чистый дисконтированный доход;
- срок окупаемости;

Условия финансовой реализуемости и показатели эффективности рассчитываются на основании денежного потока, конкретные составляющие которого зависят от оцениваемого вида эффективности.

На разных стадиях расчетов в соответствии с их целями и спецификой ПФ финансовые показатели и условия финансовой реализуемости ИП оцениваются в текущих или прогнозных ценах. Остальные показатели определяются в текущих или дефлированных ценах.

Чистым доходом (ЧД, Net Value, NV) называется накопленный эффект (сальдо денежного потока) за расчетный период.

Важнейшим показателем эффективности проекта является чистый дисконтированный доход (другие названия - ЧДД, интегральный эффект, Net Present Value, NPV) - накопленный дисконтированный эффект за расчетный период. Чистый дисконтированный доход и чистый доход характеризуют превышение суммарных денежных поступлений над суммарными расходами для данного проекта в рассматриваемый период времени. Тот период времени, в который суммарные денежные поступления превысят суммарные затраты, будет являться сроком окупаемости [25].

Расчеты экономической эффективности в данной работе выполнены на основании методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов (утверждено Минэкономки Российской Федерации, Минфином Российской Федерации и Госстроем Российской Федерации от 21.06.99г. № ВК 477).

3.4 Расчёт экономической эффективности установки частотных преобразователей

Планируется произвести установку семи частотных преобразователей серии Altivar 61 в ЭРП корпуса 926Г АО «КуйбышевАзот».

Период инвестиционных затрат – 2016 г.

Срок реализации мероприятия – 2016-2018 гг.

Объем необходимых работ приведен в таблице 12.

Таблица 12 - Объем работ

| № | Наименование | Стоимость тыс. руб. (без НДС и налога на прибыль) | в том числе по годам | | |
|---|--|---|----------------------|-------------|-------------|
| | | | 2016 | 2017 | 2018 |
| 1 | Установка частотных преобразователей Altivar 61 в количестве 7 шт., а также дополнительного оборудования к ним, в ЭРП корпуса 926Г | 989,04 | 989,04 | 0,00 | 0,00 |
| | ИТОГО: | 989,04 | 989,04 | 0,00 | 0,00 |

Необходимый объем инвестиций (с учетом налога на прибыль 24%) – 1226,41 тыс. руб.

Рассмотрим эксплуатацию тех насосов, в систему управления которых предлагается установить частотные преобразователи: Н-1/1, Н-1/2, Н-1/3, Н-1/4, Н-1/5, Н-1/6 и Н-3/1. Каждый насос мощностью 30 кВт согласно исходным данным имеет коэффициент использования 0,93. Количество потребляемой электроэнергии в месяц можно определить из следующего выражения:

$$W_{\text{мес}} = N * P * K_{\text{и}} * 720 = 7 * 30 * 0,93 * 720 = 140616 \text{ (кВт}\cdot\text{ч)},$$

где N=7 – количество насосов (шт.);

P=30 – мощность каждого насоса (кВт);

720 – количество часов в одном месяце (ч).

Таким образом, ориентировочный расход электроэнергии рассматриваемыми насосами в год составит $W_{год} = 1687392$ кВт·ч. Средний тариф на электроэнергию для потребителей в III квартале 2016 г. составит 2,75 руб. за 1 кВт·ч.

Теоретически частотный преобразователь способен снизить энергопотребление насосной установки до 30%. Величина экономии расходуемой мощности на однотипных насосах корпуса 926В АО «КуйбышевАзот», в системах управления которых установлены частотные преобразователи, достигает порядка 18%. Исходя из этого значения, в таблице 13 представлены расчёты стоимости потребляемой насосами электроэнергии без частотных преобразователей в системе управления, а также расчёт при установленных преобразователях.

Таблица 13 - Ожидаемые расходы потребляемой электроэнергии (срок реализации 2016-2018 гг.)

| № периода | Период (год) | Расход э/энергии на период (кВт·ч.) | | Оплата за потраченную э/энергию на период (тыс. руб.) | |
|-----------|------------------|-------------------------------------|------------|---|------|
| | | без ЧП | с ЧП | без ЧП | с ЧП |
| 1 | III квартал 2016 | 421848 | 345915,36 | 1084,14 | 889 |
| 2 | IV квартал 2016 | 843696 | 691830,72 | 2168,29 | 1778 |
| 3 | I квартал 2017 | 1265544 | 1037746,08 | 3252,44 | 2667 |
| 4 | II квартал 2017 | 1687392 | 1383661,44 | 4336,59 | 3556 |
| 5 | III квартал 2017 | 2109240 | 1729576,8 | 5420,74 | 4445 |
| 1 | IV квартал 2017 | 2531088 | 2075492,16 | 6504,89 | 5334 |
| 2 | I квартал 2018 | 2952936 | 2421407,52 | 7589,04 | 6223 |
| 3 | II квартал 2018 | 3374784 | 2767322,88 | 8673,19 | 7112 |
| 4 | III квартал 2018 | 3796632 | 3113238,24 | 9757,34 | 8001 |
| 5 | IV квартал 2018 | 4218480 | 3459153,6 | 10841,49 | 8890 |

В таблице 14 приведены результаты расчета экономических показателей реализации мероприятий инвестиционного проекта.

Таблица 14 - Экономические показатели реализации мероприятия

| <i>Экономия э/энергии (кВт·ч.)</i> | | 151865,3 | 151865,3 | 151865,3 | 151865,3 | 151865,3 |
|------------------------------------|---|--------------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| <i>№ п.п.</i> | <i>Показатель</i> | <i>Шаг расчета (6 месяцев)</i> | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | III, IV квартал 2016 | I, II квартал 2017 | III, IV квартал 2017 | I, II квартал 2018 | III, IV квартал 2018 |
| 1. | Операционная деятельность | | | | | |
| 1.1. | Выручка без НДС* | 390294 | 390294 | 390294 | 390294 | 390294 |
| 1.2. | Производственные затраты без НДС (потери 15%) | 68875 | 68875 | 68875 | 68875 | 68875 |
| 1.3. | Валовая прибыль | 321418 | 321418 | 321418 | 321418 | 321418 |
| 1.4. | Налог на прибыль (24%) | 77140 | 77140 | 77140 | 77140 | 77140 |
| 1.5. | Чистая прибыль | 244278 | 244278 | 244278 | 244278 | 244278 |
| 2. | Инвестиционная деятельность | 989042 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3. | Финансовая деятельность | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4. | Сальдо суммарного потока | -744764 | 244278 | 244278 | 244278 | 244278 |
| 5. | Сальдо накопленного потока | -744764 | -500486 | -256208 | -11930 | 232348 |
| 6. | Коэффициент дисконтирования | 1,00 | 0,91 | 0,83 | 0,75 | 0,68 |
| 7. | Дисконтированное сальдо суммарного потока | -744764 | 222293 | 202751 | 183208 | 166109 |
| 8. | ЧД (Чистый доход) | 232348 | | | | |
| 9. | ЧДД (Чистый дисконтированный доход) | 29597 | | | | |

* Здесь и далее значения в таблице указаны в рублях.

Срок окупаемости определяется на основании данных в строке 5 таблицы 13. Из нее видно, что он лежит внутри шага 5, так как в конце четвертого шага сальдо накопленного потока $S_4 < 0$, а аналогичное сальдо в конце следующего шага $S_5 > 0$. Для уточнения положения момента окупаемости обычно принимается, что в пределах одного шага сальдо накопленного потока меняется линейно. Тогда "расстояние" x от начала шага до момента окупаемости (выраженное в продолжительности шага расчета) определяется из выражения $|S_4|/(|S_4|+S_5)$, где $|S_4|$ - абсолютная величина значения S_4 . Исходя из этого, срок окупаемости в данном случае будет равняться 2 годам.

Выводы по третьему разделу

Проведённые расчеты показали, что капитальные затраты на установку преобразователей частоты в системы управления семи главных насосов в насосной слива олеума (корпус 926Г АО «КуйбышевАзот») окупятся через 2 года, а чистый дисконтированный доход составит 29527 руб. В последующие месяцы установленные преобразователи позволят снизить энергопотребление каждого насоса на 3600 кВт·ч в месяц, что при среднем одноставочном тарифе в 2,57 руб. будет экономией в размере 9252 руб. Следовательно, предложенные мероприятия по реконструкции являются выгодными с экономической точки зрения и могут быть рекомендованы к внедрению.

Заключение

Рассмотрено состояние электроснабжения насосной станции слива олеума – корпуса 926Г АО «КуйбышевАзот», которое показало, что электроснабжение в настоящее время недостаточно надежно в связи с износом основного оборудования. Также установлено, что управление насосами возможно только по месту в виду отсутствия систем автоматизированного контроля и дистанционного управления в диспетчерском пункте, а силовая часть морально устарела и нуждается в полной реконструкции с применением новых технологий, которые способны выполнять автоматизированный контроль за работой промышленного оборудования.

Для каждого помещения в корпусе 926Г (Насосная, слесарная мастерская, ЭРП, ПВК и холл) проведены расчёты освещения с применением промышленных светодиодных светильников компании «Световые технологии», в результате которых установленная мощность осветительных установок корпуса снижена почти в 4 раза и составляет 1,6 кВт.

Питающие линии, выполненные кабелями, имеющими алюминиевые жилы, заменены на кабели, имеющие медные жилы и ПВХ изоляцию. Кабельные линии основных насосов мощностью 30 кВт выполнены медным кабелем из сшитого полиэтилена, который имеет на сегодняшний день самые высокие эксплуатационные характеристики.

Для решения проблемы плавного пуска, автоматического регулирования и дистанционного управления основными насосами предложен вариант установки частотных преобразователей серии Altivar 61, которые снизят энергопотребление подключенных насосов на 18%, а также обеспечат плавную и комфортную работу асинхронных двигателей, что обеспечит более долгосрочную работу между аварийными выводами оборудования в ремонт.

Проведены расчеты, показавшие, что капитальные затраты на установку преобразователей частоты в системы управления семи главных насосов окупятся через 2 года, а чистый дисконтированный доход составит 29527 руб. В последующие месяцы установленные преобразователи позволят снизить

энергопотребление каждого насоса на 3600 кВт·ч в месяц, что при среднем одноставочном тарифе в 2,57 рублей (стоимость на 1 июля 2016 года) будет экономией в размере 9252 руб. Следовательно, предложенные мероприятия по реконструкции являются не только технически необходимыми для дальнейшей безопасной и долговечной эксплуатации электрооборудования, но также являются выгодными с экономической точки зрения и могут быть рекомендованы к реализации на практике.

Список использованных источников

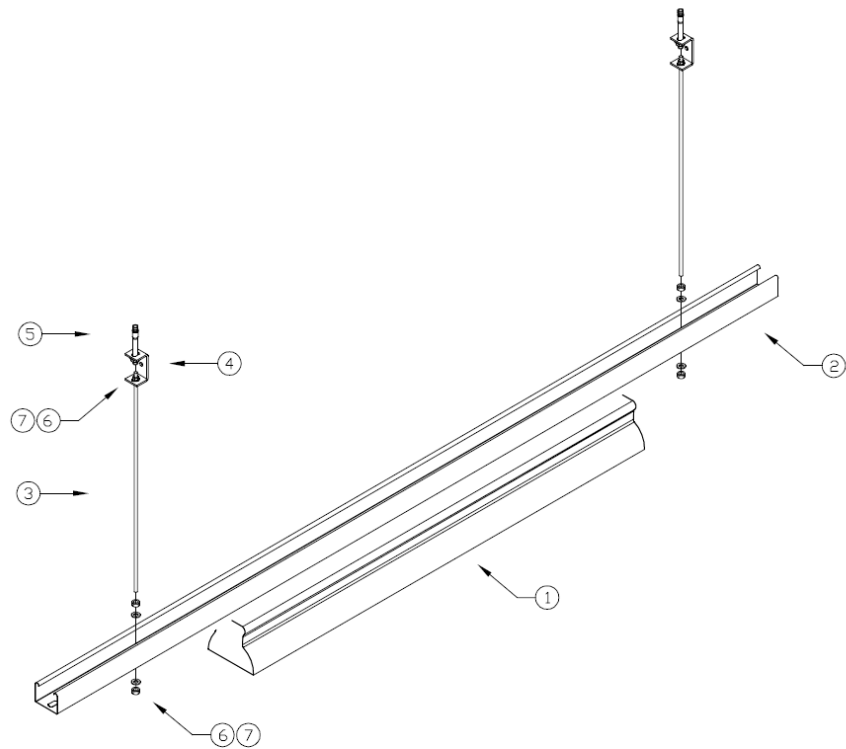
1. Аполлонский, С.М. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: Учебное пособие / С.М. Аполлонский. - СПб.: Лань, 2012. - 592 с
2. Белов, Н.В. Электротехника и основы электроники: Учебное пособие / Н.В. Белов, Ю.С. Волков. - СПб.: Лань, 2012. - 432 с.
3. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: Учебник для бакалавров / Л.А. Бессонов. - М.: Юрайт, 2013. - 701 с
4. Вахнина, В.В. Проектирование систем электроснабжения цеха предприятия/ В.В. Вахнина, А.Н. Черненко. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 79 с.
5. ГОСТ 21027-75 Системы энергетические. Термины и определения
6. Ермуратский, П.В. Электротехника и электроника / П.В. Ермуратский, Г.П. Лычкина, Ю.Б. Минкин. - М.: ДМК Пресс, 2013. - 416 с.
7. Киреева, Э.А. Полный справочник по электрооборудованию и электротехнике (с примерами расчетов) / С.Н. Шерстнев, Э.А. Киреева; Под общ. ред. С.Н. Шерстнева. - М.: КноРус, 2013. - 864 с.
8. Левтеров, А. С. Внедрение энергосберегающих технологий и пути повышения энергоэффективности предприятия / А. С. Левтеров, А. Н. Черненко // Молодые ученые - ускорению научно-технического прогресса в XXI веке : сборник материалов III Всероссийской научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и молодых ученых с международным участием, Ижевск, 22-23 апреля 2015 г. - Ижевск, 2015. - С. 952-956. - Библиогр.: с. 956
9. Мамзина, Т.Ю. Анализ и выбор наиболее привлекательного инвестиционно-строительного проекта с помощью расчета показателей экономической эффективности/ Т. Ю. Мамзина, А. Е. Наумов, И.П. Авилова //Сборник научных трудов Sworld. – 2014. – Т. 23. – №. 2. – с. 65.
10. Мартынова, И.О. Электротехника/ Мартынова И.О.- М.: Кнорус, 2015. - 304 с.

11. Правила устройства электроустановок. 7-е издание / Ред. А.М. Меламед М.: НЦ ЭНАС, 2011.- 552с
12. Рашевская, М. А. Электроснабжение зданий/ М.А.Рашевская, Т. В. Анчарова //Neuroepidemiology/ . – 2015. – Т. 45. – №. 3. – С. 230-236.
13. Рыбков, И.С. Электротехника: Учебное пособие / И.С. Рыбков. - М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 160 с.
14. Свиридова Н. В. Безопасность жизнедеятельности. Конспект лекций в терминах и определениях. 2-е издание. Учебное пособие. – " Издательство" Проспект", 2015.
15. Сибикин, Ю. Д. Электроснабжение. Учебное пособие. – Directmedia, 2014. - 305 с.
16. Сибикин, Ю.Д., Сибикин М. Ю., Яшков В. А. Электроснабжение промышленных предприятий и установок/ Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – Directmedia, 2016.
17. Синчук, О. Н. Совершенствование методов расчёта электрических нагрузок при проектировании и модернизации систем электроснабжения железорудных предприятий/ О. Н. Синчук, Э.С. Гузов, Р.А. Пархоменко //Вісник Кременчуцького національного університету.–2013.–Вип. – Т. 1. – №. 78. – С. 28-32.
18. Славинский, А.К. Электротехника с основами электроники: Учебное пособие / А.К. Славинский, И.С. Туревский. - М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 448 с.
19. Стецкий, С. В. Расчет естественной освещенности помещений с системой верхнего естественного освещения с учетом светотехнического влияния окружающей застройки/ С. В. Стецкий, К. О.Ларионова.- Вестник, 2014. – С. 20.
20. Ус, А. Г. и др. Электроснабжение промышленных предприятий. – 2015.
21. АО «КуйбышевАзот» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kuazot.ru/>

22. Автоматические выключатели ВА47-29М [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iek.ru/products/catalog/detail.php?ID=7779>
23. Кабель ВВГ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kabel-vvg.ru/kabel-vvgng-ls-frls/>
24. Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена 0,4-1 кВ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.spetsell.ru/kabel-sshitiy-polietilen/>
25. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://online.lexpro.ru/document/105614>
26. Методы расчёта освещения: <http://malahit-irk.ru/index.php/2011-01-13-09-04-43/122-2011-05->
27. Преимущества частотного регулирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.restko.ru/market/2502>
28. Преимущества частотного регулирования электродвигателя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.privod-el.ru/prim.html>
29. Преобразователь частоты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.schneider-electric.ru/ru/>
30. Пример расчёта освещения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.designrules.ru/index.php/faq/55-programs-svet/251-svet>
31. Расчет токов короткого замыкания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://forca.com.ua/arhiv/rizne-arhiv/raschety-tokov-korotkogo-zamykaniya-v-setyah-04-kv.html>
32. Световые технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ltcompany.com/ru/>

Приложение А

Способ монтажа светильников



Примечание:

1. Длина подвеса лотка выбирается в зависимости от уровня размещения светильников и отметки прокладки групп освещения;
2. Элементы для крепежа светильника к лотку в спецификации не учтены;
3. Анкерное крепление выполнять согласно требований п.5.3 Общих указаний;
4. Допустимую нагрузку на узел и оптимальный шаг крепления необходимо уточнить у специалистов техотдела ОВО Беттерманн;

| Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|------|----------------------------|--|------|--------------|
| 1 | | Светильник люминесцентный | 1 | |
| 2 | LTR... | Кабельный лоток для монтажа светильников | 1 | стр.370, KTS |
| 3 | 2078 M8 | Стержень резьбовой | 2 | стр.163, KTS |
| 4 | DB FT (арт.6356109) | Потолочная скоба | 2 | стр.162, KTS |
| 5 | FAZ II 12/10 (арт.3498654) | Анкерный болт | 2 | стр.214, KTS |
| 6 | DIN 934 M8 (арт.3400085) | Гайка шестигранная | 8 | стр.163, KTS |
| 7 | DIN 440 9 F (арт.6408710) | Шайба с большим наружным диаметром | 8 | стр.163, KTS |

Инв. N подл. | Подпись и Дата | Взам. инв. N

| | | | | |
|---|------|----------|----------|--------|
| ОВО-KTS-14-t508 | | | | |
| Изм. | Лист | N докум. | Подпись | Дата |
| Разраб. | | | | |
| Пров. | | | | |
| Н.контр. | | | | |
| Утв. | | | | |
| Системы для монтажа светильников | | | Лит. | Масса |
| Подвес лотка освещения LTR с помощью потолочной скобы и шпильки | | | Лист 129 | Листов |
| | | | | |

Формат А3

Приложение Б Расчёт освещения

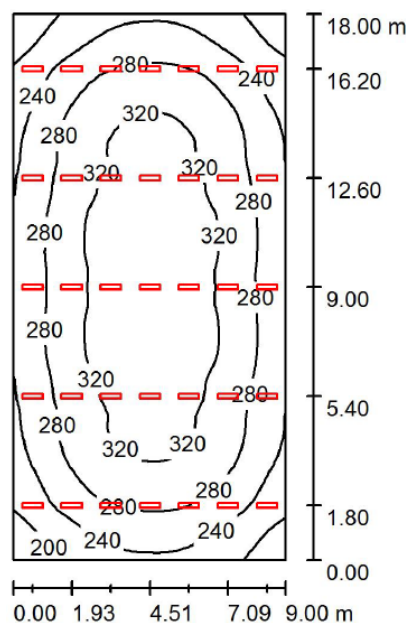
Расчёт освещения

DIALux

11.04.2016

Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

Насосная / Резюме



Высота помещения: 6.000 m, Монтажная высота: 5.000 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:232

| Поверхность | ρ [%] | E_{cp} [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_{cp} |
|-------------------|------------|---------------|----------------|----------------|--------------------|
| Рабочая плоскость | / | 284 | 171 | 349 | 0.603 |
| Полы | 20 | 261 | 159 | 323 | 0.609 |
| Потолок | 70 | 74 | 55 | 86 | 0.749 |
| Стенки (4) | 50 | 166 | 57 | 526 | / |

Рабочая плоскость:

Высота: 0.850 m
Растр: 64 x 32 Точки
Краяевая зона: 0.000 m

Число точек, имеющих менее 400 люкс (для IEQ-7): 100.00%.

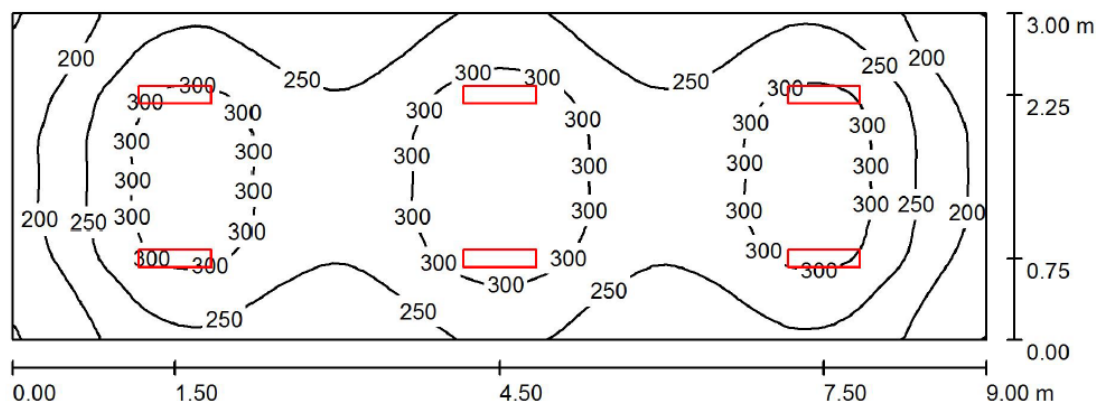
Ведомость светильников

| № | Шт. | Обозначение (Поправочный коэффициент) | Φ (Светильник) [lm] | Φ (Лампы) [lm] | P [W] |
|--------|-----|--|--------------------------|---------------------|-------|
| 1 | 35 | LIGHTINGTECHNOLOGIES ARCTIC LED 600 (1.000) | 2304 | 2304 | 26.0 |
| Всего: | | | 80640 | Всего: 80640 | 910.0 |

Удельная подсоединенная мощность: $5.62 \text{ W/m}^2 = 1.98 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 162.00 m^2)

Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

ПВК / Резюме



Высота помещения: 2.800 m, Монтажная высота: 2.800 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:65

| Поверхность | ρ [%] | E_{cp} [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_{cp} |
|-------------------|------------|---------------|----------------|----------------|--------------------|
| Рабочая плоскость | / | 264 | 148 | 350 | 0.561 |
| Полы | 20 | 211 | 139 | 255 | 0.657 |
| Потолок | 70 | 73 | 53 | 105 | 0.725 |
| Стенки (4) | 50 | 168 | 71 | 443 | / |

Рабочая плоскость:

Высота: 0.850 m
Растр: 64 x 32 Точки
Краевая зона: 0.000 m

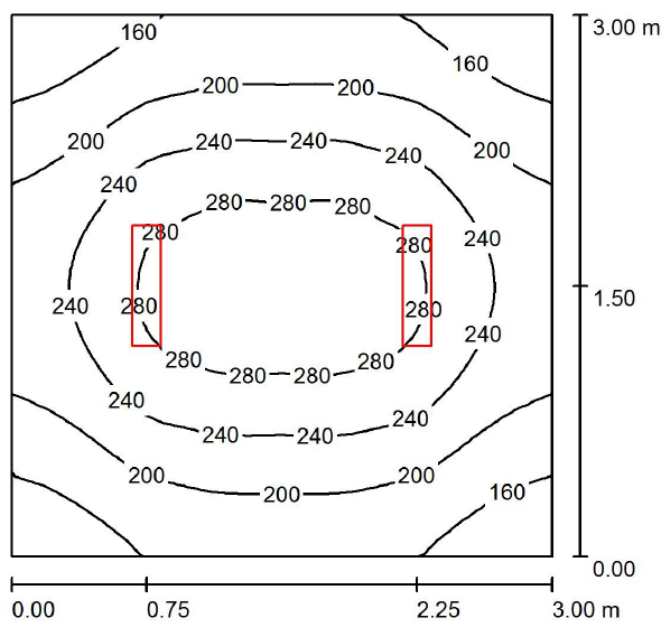
Ведомость светильников

| № | Шт. | Обозначение (Поправочный коэффициент) | Φ (Светильник) [lm] | Φ (Лампы) [lm] | P [W] |
|---|-----|---|--------------------------|---------------------|-------|
| 1 | 6 | LIGHTINGTECHNOLOGIES ARCTIC LED 600 (1.000) | 2304 | 2304 | 26.0 |
| | | | Всего: 13824 | Всего: 13824 | 156.0 |

Удельная подсоединенная мощность: $5.78 \text{ W/m}^2 = 2.19 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 27.00 m^2)

Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

Лаборатория / Резюме



Высота помещения: 2.800 m, Монтажная высота: 2.800 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:39

| Поверхность | ρ [%] | E_{cp} [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_{cp} |
|-------------------|------------|---------------|----------------|----------------|--------------------|
| Рабочая плоскость | / | 221 | 130 | 306 | 0.586 |
| Полы | 20 | 159 | 117 | 193 | 0.733 |
| Потолок | 70 | 64 | 45 | 92 | 0.705 |
| Стенки (4) | 50 | 136 | 64 | 428 | / |

Рабочая плоскость:

Высота: 0.850 m
Растр: 32 x 32 Точки
Краевая зона: 0.000 m

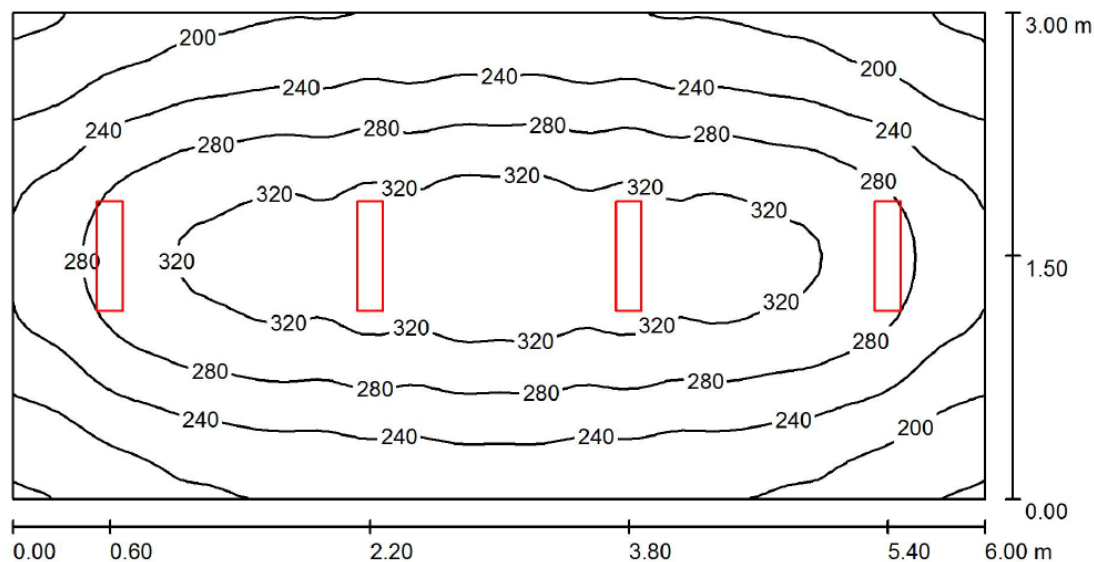
Ведомость светильников

| № | Шт. | Обозначение (Поправочный коэффициент) | Φ (Светильник) [lm] | Φ (Лампы) [lm] | P [W] |
|---|-----|--|--------------------------|---------------------|-------|
| 1 | 2 | LIGHTINGTECHNOLOGIES ARCTIC LED 600 (1.000) | 2304 | 2304 | 26.0 |
| | | | Всего: 4608 | Всего: 4608 | 52.0 |

Удельная подсоединенная мощность: $5.78 \text{ W/m}^2 = 2.61 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 9.00 m^2)

Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

Слесарная мастерская / Резюме



Высота помещения: 2.800 m, Монтажная высота: 2.800 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:43

| Поверхность | ρ [%] | E_{cp} [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_{cp} |
|-------------------|------------|---------------|----------------|----------------|--------------------|
| Рабочая плоскость | / | 263 | 154 | 348 | 0.586 |
| Полы | 20 | 204 | 137 | 253 | 0.672 |
| Потолок | 70 | 68 | 50 | 118 | 0.737 |
| Стенки (4) | 50 | 155 | 68 | 605 | / |

Рабочая плоскость:

Высота: 0.850 m
Растр: 64 x 32 Точки
Краевая зона: 0.000 m

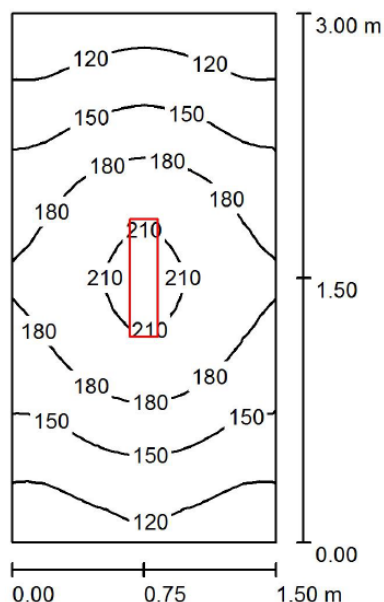
Ведомость светильников

| № | Шт. | Обозначение (Поправочный коэффициент) | Φ (Светильник) [lm] | Φ (Лампы) [lm] | P [W] |
|---|-----|--|--------------------------|---------------------|-------|
| 1 | 4 | LIGHTINGTECHNOLOGIES ARCTIC LED 600 (1.000) | 2304 | 2304 | 26.0 |
| | | | Всего: 9216 | Всего: 9216 | 104.0 |

Удельная подсоединенная мощность: $5.78 \text{ W/m}^2 = 2.20 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 18.00 m^2)

Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

Холл / Резюме



Высота помещения: 2.800 m, Монтажная высота: 2.800 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:39

| Поверхность | ρ [%] | E_{cp} [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_{cp} |
|-------------------|------------|---------------|----------------|----------------|--------------------|
| Рабочая плоскость | / | 159 | 97 | 218 | 0.612 |
| Полы | 30 | 103 | 80 | 124 | 0.783 |
| Потолок | 70 | 62 | 39 | 89 | 0.628 |
| Стенки (4) | 50 | 111 | 45 | 412 | / |

Рабочая плоскость:

Высота: 0.850 m
Растр: 32 x 16 Точки
Краевая зона: 0.000 m

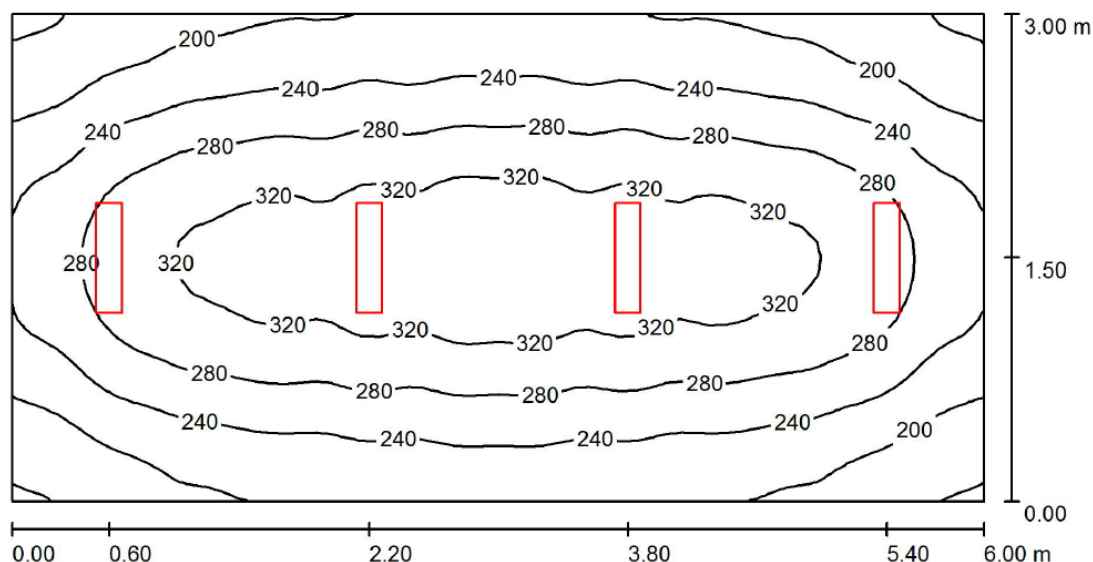
Ведомость светильников

| № | Шт. | Обозначение (Поправочный коэффициент) | Φ (Светильник) [lm] | Φ (Лампы) [lm] | P [W] |
|--------|-----|---|--------------------------|---------------------|-------|
| 1 | 1 | LIGHTINGTECHNOLOGIES ARCTIC LED 600 (1.000) | 2304 | 2304 | 26.0 |
| Всего: | | | 2304 | Всего: 2304 | 26.0 |

Удельная подсоединенная мощность: $5.78 \text{ W/m}^2 = 3.64 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 4.50 m^2)

Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

ЭРП / Резюме



Высота помещения: 2.800 m, Монтажная высота: 2.800 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:43

| Поверхность | ρ [%] | E_{cp} [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_{cp} |
|-------------------|------------|---------------|----------------|----------------|--------------------|
| Рабочая плоскость | / | 263 | 154 | 348 | 0.586 |
| Полы | 20 | 204 | 137 | 253 | 0.672 |
| Потолок | 70 | 68 | 50 | 118 | 0.737 |
| Стенки (4) | 50 | 155 | 68 | 605 | / |

Рабочая плоскость:

Высота: 0.850 m
Растр: 64 x 32 Точки
Краевая зона: 0.000 m

Ведомость светильников

| № | Шт. | Обозначение (Поправочный коэффициент) | Φ (Светильник) [lm] | Φ (Лампы) [lm] | P [W] |
|---|-----|--|--------------------------|---------------------|-------|
| 1 | 4 | LIGHTINGTECHNOLOGIES ARCTIC LED 600 (1.000) | 2304 | 2304 | 26.0 |
| | | | Всего: 9216 | Всего: 9216 | 104.0 |

Удельная подсоединенная мощность: $5.78 \text{ W/m}^2 = 2.20 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 18.00 m^2)