

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»

Институт механизации и технического сервиса

Направление «Агроинженерия»

Профиль «Электрооборудование и электротехнологии»

Кафедра «Машины и оборудование в агробизнесе»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

ТЕМА: СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
КОРМОПРИГОТОВИТЕЛЬНОГО ЦЕХА (КОМПЛЕКСНАЯ)

ВКР. 35.03.06.161.18

Студент _____ Бурханетдинов Р. Р.

Руководитель, профессор _____ Нуруллин Э. Г.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № _____ от _____ 2018 г.)

Зав. кафедрой, профессор _____ Зиганшин Б. Г.

Казань – 2018 г.

ВВЕДЕНИЕ

Главная задача агропромышленного комплекса нашей страны – обеспечить продовольственную безопасность. Один из путей эффективное электроснабжение сельскохозяйственных предприятий.

Энергетическое хозяйство сельскохозяйственного предприятия - это совокупность энергетических установок и вспомогательных устройств с целью обеспечения бесперебойного снабжения предприятия электроэнергией.

Энергетической программой России предусматривается дальнейшее развитие энергосберегающей политики. Многолетний опыт в проведении энергетических обследований показал проблемы экономии энергии по сей день остается главной. В соответствии с требованиями ФЗ-261 «Об энергосбережении...» в настоящее время разработаны перспективные программы повышения энергетической эффективности.

Экономия энергетических ресурсов должна осуществляться путем: перехода на энергосберегающие технологии производства; совершенствование энергетического оборудования, реконструкция устаревшего оборудования; сокращение всех видов энергетических потерь и повышение уровня использования вторичных энергетических ресурсов, а также автоматизации.

Одним из основных потребителей в сельском хозяйстве является животноводческая отрасль. Наиболее энергоемким цехом является кормоприготовительный цех, где установлено оборудование, требующее большого количества энергии. Поэтому снижение энергоемкости кормоцеха путем совершенствования электроснабжения является актуальной задачей сельскохозяйственного производства.

В данной работе решается задача совершенствования электроснабжения кормоцехом.

1 ОБЗОР ПО ТЕМЕ РАБОТЫ

1.1 Анализ системы электроснабжения сельскохозяйственных предприятий

При выборе схемы электроснабжения предприятия учитывают его технологическое назначение и электрическую мощность, величину потребления электроэнергии, напряжение, генеральный план и условия на присоединение предприятия как потребителя. По получении заявки от предприятия (инвестора) или по его поручению от проектной организации энергоснабжающая организация (энергосистема) выдает технические условия на технологическое присоединение электроустановок потребителей. В технических условиях указываются: точки присоединения (подстанция, электростанция или линия электропередачи); номера РУ, секций и ячеек; напряжение, на котором должны быть выполнены питающие линии; отклонения напряжения в режимах максимальной и минимальной нагрузок потребителя (обеспечиваемые энергоснабжающей организацией в точке присоединения потребителя к сети); допустимое влияние потребителя на качество электроэнергии по каждому показателю и требования к контролю показателей качества электрической энергии; границы балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности; требования по усилению существующей сети; расчетные значения токов короткого замыкания, требования к релейной защите, автоматике, связи, изоляции и защите от перенапряжения; рекомендации по потреблению реактивной мощности и энергии и режимам работы компенсирующих устройств; требования к коммерческому учету электроэнергии и к ее качеству; характеристики сети энергосистемы в точке присоединения потребителя, необходимые для выбора типа и мощности средств повышения качества электроэнергии; требования к регулированию суточного графика нагрузки потребителя; специфические требования к электроустановкам потребителей;

требования к разработке решений по организации эксплуатации электроустановок. Отдельно рассматривается сооружение у потребителя генерирующих мощностей, особенно это касается необходимости строительства ТЭЦ потребителем или энергосистемой. Электротехнические установки, производящие, преобразующие, распределяющие и потребляющие электроэнергию, подразделяются на электроустановки напряжением выше 1 кВ и до 1 кВ (для распределительных устройств постоянного тока — до 1,5 кВ). Электроустановки напряжением до 1 кВ переменного тока выполняются как с глухозаземленной, так и с изолированной нейтралью, а установки постоянного тока — с глухозаземленной и изолированной нулевой точкой. Установки выше 1 кВ подразделяются на установки в сетях с эффективно заземленной нейтралью (с большими токами замыкания на землю) и с изолированной нейтралью (с малыми токами замыкания на землю). В установках, не требующих регулирования скорости в процессе работы, применяются исключительно электроприводы переменного тока (асинхронные — особенно в диапазоне 0,3—630 кВт и синхронные двигатели до 30 МВт). Нерегулируемые электродвигатели переменного тока — основной вид электроприемников в промышленности, на долю которых приходится около 70 % суммарной мощности. В электрике электродвигателем считается электродвигатель, имеющий мощность 0,25 кВт и выше, двигатели меньшей мощности рассматриваются как средства автоматизации и в статистику электрики не попадают.

Для нерегулируемых приводов по условиям электроснабжения и стоимости привода установлена экономичная область применения асинхронных и синхронных электродвигателей в зависимости от напряжения. При напряжении до 1 кВ и мощности до 100 кВт экономичнее применяют асинхронные двигатели, а свыше 100 кВт — синхронные; при напряжении 10 кВ и мощности до 630 кВт — асинхронные двигатели, 450 кВт и выше — синхронные. Асинхронные двигатели с фазным ротором применяются в мощных электроприводах с маховиком и с тяжелыми условиями пуска, в

преобразовательных агрегатах, шахтных подъемниках.

Преобразование электроэнергии переменного тока в постоянный требует капитальных затрат на установку преобразовательных агрегатов и аппаратуры управления, на строительство помещений для них, а также эксплуатационных расходов на их обслуживание и на потери электроэнергии. Поэтому стоимость системы электроснабжения и удельная стоимость электроэнергии на постоянном токе выше стоимости на переменном. Двигатели постоянного тока стоят дороже, чем асинхронные и синхронные двигатели. Различные электротермические установки составляют вторую обширную по назначению группу потребителей. Это печи сопротивления косвенного и прямого действия, дуговые и индукционные печи, установки диэлектрического нагрева, электролизные и гальванические (металлопокрытий), высоковольтные электростатические. Как правило, от электротермических установок зависит технология и следовательно требования к электроснабжению. Большая единичная мощность может определять не только систему электроснабжения предприятия, но и сооружение районных подстанций энергоснабжающей организации.

Наконец, обязательную группу электропотребления составляет электроосвещение (по нагрузке до десятков процентов). Установки электрического освещения с лампами накаливания, люминесцентными, дуговыми, ртутными, натриевыми, ксеноновыми лампами применяют на всех предприятиях для внутреннего и наружного освещения. Удельная плотность нагрузки электроосвещения в производственных цехах зависит от уровня нормированной освещенности и может составлять в производственных помещениях 10—100 Вт/м² (например, в цехах металлообработки, литья, в котельных и термических цехах — 10—12, в инструментальных, шлифовальных цехах и цехах точной обработки - 13-20 Вт/м²).

Питание осуществляется по воздушной линии на 10 кВ, который подходит к понижающему трансформатору марки ТМ на 0,4 кВ.

Подвод электропитания к животноводческому комплексу осуществляется проводами марки: АВВГ по воздушной линии. С воздушной линии к каждому цеху подходят кабели маркой АВВГ(4×35) и ААШВ ($3 \times 4 + 1 \times 2,5$) мм^2 и проложены в земле на глубине 0,7-0,8м.

Освещение предприятия выполнено кабелями марки АВРГ $\mathbf{4 \times 2,5}$ и АПВ $\mathbf{4 \times 2,5}$. Используются светильники типа ПСХ, НСП, БУН и другие с лампами накаливания мощностью 60, 100 Вт. Проектом предусмотрено аварийное освещение лампами накаливания мощностью 25 Вт.

Групповые сети выполнены проводом марки АВРГ $\mathbf{4 \times 2,5}$. Для питания групповых сетей имеется щиты марками СУ 9441-12, СУ9442-11, ШРС. Защита групп от перегрузок осуществляется расцепителями автоматов А3161 осветительных щитов. От коротких замыканий устанавливаются предохранители типа ГР-2 с током плавкой вставки $I_{BC} = 15A$.

В силовых сетях используется провод марки АВВГ $\mathbf{4 \times 4 + 2 \times 2,5}$, распределительный пункт ПР-9322-340 и групповой щиток СУ9442-12. Подвод электропитания к оборудованию выполняется проводом АПВ $3 \mathbf{4 \times 2,5}$ в трубе. Корпуса электрооборудования заземлены нулевой жилой кабеля либо с помощью труб, обеспечив непрерывную металлическую связь.

1.2 Обзор кормоприготовительных цехов

Анализируя литературу, рассмотрим устройство кормоцехов различных типов, а также устройство кормоприготовительных машин.

Кормоцех, являясь составной частью животноводческой фермы или комплекса, предназначен, для сезонного (210 дней) приготовления влажных

полноценных кормосмесей в требуемом количестве непосредственно перед кормлением животных на МТФ и комплексах.

По технологии переработки и приготовления кормов кормоцехи различают с неполным и полным циклами производства. Первые делятся на цехи с частичным и сокращённым циклом.

Кормоцехи с частичным циклом производства малопроизводительны (0,4 - 1,0 т/ч) и обеспечивают только тепловую обработку. Такие простейшие кормоцехи, организованные на базе переоборудованных прицепов или кормораздатчиков, применяются на старых небольших фермах при скармливании низкокачественных грубых кормов, поедаемость которых улучшают тепловой обработкой. Кроме соломы, иногда приготавливают подогретое пойло из концентрированных кормов.

Кормоцехи с сокращённым циклом производства обеспечивают химическую или биологическую подготовку отдельных компонентов рациона с использованием на ферме смесителей периодического действия. Они применяются в хозяйстве, где солома составляет большой удельный вес в рационе и недостаточно концентратов. Производительность их 1,0 - 3 т/ч.

К кормоцехам с неполным циклом производства относятся кормоцехи Рязаньсельхозтехпроекта, Челябинсксельхозтехпроекта и другие, где обработка грубых кормов производится термическим способом в смесителях периодического действия.

В кормоцехах с полным технологическим циклом осуществляются все операции подготовки отдельных компонентов с использованием тепловых, химических или биологических способов обработки, смешивания и выдачи однородных полнорационных кормосмесей. К этому же типу относятся и кормоцехи с раздатчиками - смесителями.

Кормоцехи с полным технологическим циклом делятся на одно и многосекционные.

Односекционные включают комплекты машин и оборудования, состоящие из нескольких поточных вспомогательных технологических линий,

сблокированных с основной линией, обеспечивающей заключительные операции кормоприготовления. Многосекционные кормоцехи состоят из 2-х или более компонентов машин и оборудования односекционных кормоцехов, работающих поочерёдно в соответствии с установленным циклом и графиком работы.

Оборудование кормоцехов должно быть удобно для проведения регулировок, технического обслуживания, регулярной очистки и мойки.

При кормоцехе оборудуют хранилища кормов. Силос хранят в наземных бетонированных хранилищах, приспособленных для выезда транспортного агрегата; кормовую солому россыпью в скирдах под пленкой; сено в специальных сарайах россыпью или в тюкованном виде; корнеплоды - в бункерах, приспособленных для подачи воздуха механизированных хранилищах из расчета 3-х; 4-х недельного расхода кормов.

Для выполнения технологического процесса кормоприготовления и создания необходимых условий для обслуживающего персонала в кормоцехах оборудуют водопровод, отопление, канализацию, вентиляцию, молниезащиту и прочее. В ряде случаев при отдельно стоящем кормоцехе, кроме производственных помещений предусматривают бытовые помещения и пост ТО.

Для Центрально-Чернозёмной зоны России для приготовления и раздачи кормов наиболее приемлемым с учётом заготавливаемых кормов, кормоцех по типовому проекту №801-460 и возможно использование его для проектируемой фермы.

Кормосмесительный цех (рисунок 1.1.) предназначен для приготовления влажных смесей из силоса или сенажа, грубых кормов (соломы, сена), корнеплодов и выдачи их в раздающие устройства.

Для последовательного выполнения основных и вспомогательных операции машины и оборудование кормоцеха (КЦК-5-1) размещены на следующих поточных линиях:

приема и дозированной подачи грубых кормов, сенажа или силоса, концентрированных кормов;

приема, мойки, измельчения и дозированной подачи корнеклубнеплодов, обогатительных растворов;

доизмельчения и приготовления смеси в измельчителе-смесителе ИСК-3 или ДИС-1М;

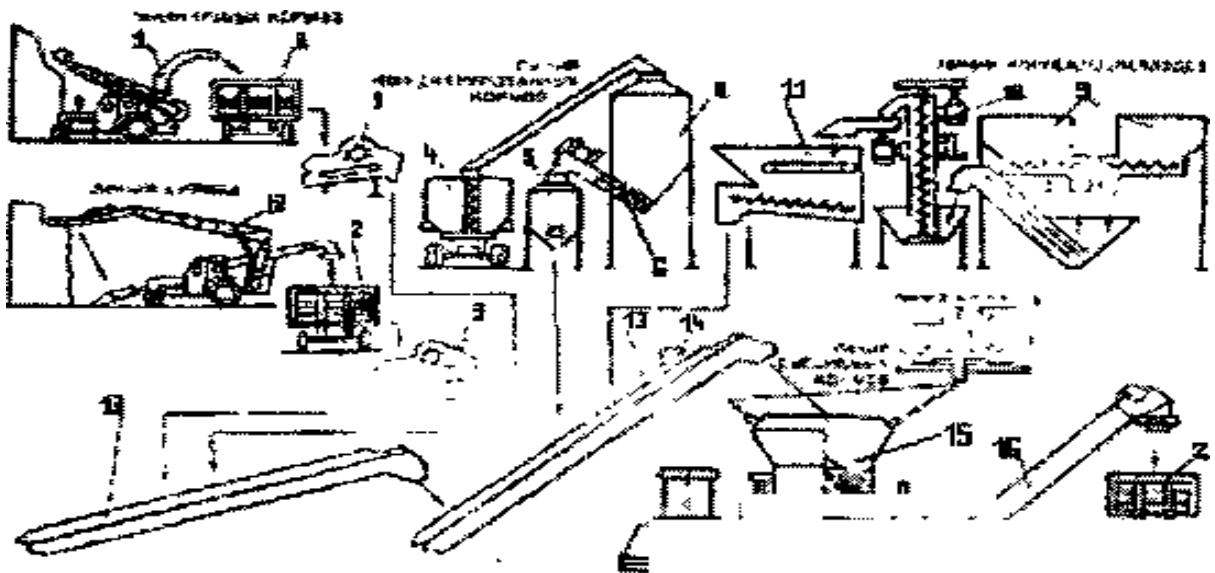
выдачи готовой кормосмеси в кормораздающие средства.

Технологический процесс такого кормоцеха заключается в следующем. Солома, сенаж, силос, предварительно измельченные погрузчиком (или фуражиром), доставляются в помещение цеха транспортными агрегатами типа КТУ-10, из которых поступают на дозаторы ДСК-30, откуда выровненным потоком подаются на ленточный транспортер ТЛ-65 линии сбора, смещивания, доизмельчения и выдачи кормов.

Концентрированные корма доставляются в цех с комбикормовых предприятий загрузчиком ЗСК-10, затем они поступают в бункер БСК-10, откуда транспортером подаются в дозатор ДК-10 и далее на транспортер ТЛ-65.

Корнеклубнеплоды из приемного бункера ТК-5Б, загружаемого самосвальным транспортом (или стационарным транспортером из корнеплодохранилища), подаются на измельчитель-камнеуловитель ИКМ-5, где очищаются, моются, измельчаются до нужных размеров и направляются в дозатор сочных кормов ДС-15, затем на линию сбора и смещивания.

Компоненты рациона по транспортеру ТЛ-65 подаются в измельчитель-смеситель корма ИСК-3 для смещивания, доизмельчения и увлажнения питательными растворами, которые приготавливаются в смесителе мелассы и карбамида СМ-1,7. Готовая кормосмесь выгружается скребковым транспортером в кормо-раздающие средства.



1-погрузчик ФН-1Д; 2-кормораздатчик КТУ-10; 3-дозатор ДСК-30; 4-загрузчик ЗСК-10; 5-дозатор ДК-10; 6-транспортёр УШЧ-2; 7-смеситель мелассы и карбамида СМ-1,7; 8-бункер БСК-10; 9-дозатор ДС-15; 10- измельчитель корнеплодов ИКМ-5; 11-дозатор; 12-погрузчик ПСС-5,5; 13-транспортёр ТЛ-65; 14-магнитный сепаратор; 15-смеситель кормов ИСК-3; 16-транспортёр ТС40М; 17-кормораздатчик-КТУ-10.

Рисунок 1.1 – Технологическая схема кормоцеха

Управляет машинами и оборудованием кормоцеха оператор пульта управления.

Техническая характеристика кормоцеха 777 801-460

<i>Установленная мощность электродвигателя, кВт</i>	<i>102,20</i>
<i>Металлоемкость, т на т/ч</i>	<i>1,40</i>
<i>Энергоемкость, кВт·ч/т</i>	<i>7-10</i>
<i>Затраты труда, ч/т</i>	<i>0,26-0/55</i>
<i>Обслуживающей персонал, чел</i>	<i>1-2</i>

В работе запаривание кормов не предусмотрено, так как при правильной заготовке кормов можно сохранить их питательность и предотвратить порчу при хранении. При этом отпадают затраты на производство пара. Анализируя типовые проекты кормоцехов их технологические схемы, оборудование, которое используется для приготовления кормов, можно применить для проектируемой

фермы, типовые проекты кормоцехов КОРК-15, ТП-801-460, с учётом некоторых доработок технологических линий. Недостатком, по нашему мнению, таких технологических схем является то, что они работают на привозных концормах. В нашем проектируемом цехе такие виды кормов будут приготавливаться самостоятельно в самом кормоцехе. В связи с тем, что будет изменён рацион кормления животных и в поточных линиях будет установлено дополнительное оборудование произведём расчёт кормового двора и оборудования кормоцеха.

1.3 Пути повышения эффективности энергосбережения

Цели энергосбережения совпадают и с другими целями муниципальных образований, таких как улучшение экологической ситуации, повышение экономичности систем энергоснабжения и др.

Снижение потребления позволяет обеспечивать подключение новых потребителей при минимальных капитальных затратах на развитие инфраструктуры и снимает проблемы выделения земельных участков под новое строительство объектов генерации, отчуждение санитарно-защитных зон и т.д., что в целом положительно сказывается на градостроительном развитии и инвестиционной привлекательности.

Решение задач повышения энергоэффективности на сегодняшнем этапе, когда существует большой резерв малозатратных мероприятий, также совпадает с большинством стратегических целей государства и хозяйствующих субъектов. При этом необходимо отметить, что в качестве ориентира энергосбережения могут применяться различные критерии. Наиболее часто ориентиром для управляющих воздействий служит потенциал энергосбережения, под которым подразумеваются резервы, которые могут быть освоены во времени. Проводя анализ и оценку экономического энергоресурсного потенциала необходимо рассматривать не только количественную и качественную его характеристики, но и возможность рационального использования энергетических ресурсов. Указанные особенности должны быть учтены в соответствующих расчетах за счет

внесения изменений при определении прибылей и убытков предприятия, которые, в свою очередь, вызываются различными социально-экономическими результатами энергосберегающих мероприятий, входящих в программу энергосбережения.

На сегодняшний день программы энергосбережения разрабатывают обычно эксперты технологического сектора, не знакомые с экономическим механизмом энергосбережения. В связи с этим большинство имеющихся программ не содержат оценок экономического эффекта и не создают стимулов к энергосбережению.

В условиях холодного климата с большим потреблением энергетических ресурсов энергосбережение имеет высокую социальную и экономическую значимость. В связи с отсутствием проведения работ по капитальному ремонту растет износ энергетического оборудования и внутренних трубопроводов инженерных систем МОУ «Лицей».

Федеральным законом от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (далее — ФЗ «Об энергосбережении») определены полномочия органов местного самоуправления муниципального образования в области энергосбережения.

В предстоящий период на территории города должны быть выполнены установленные ФЗ «Об энергосбережении» требования в части управления процессом энергосбережения, в том числе:

- 1) применение энергосберегающих технологий при проектировании, строительстве, реконструкции и капитальном ремонте объектов капитального строительства;
- 2) проведение энергетических обследований;
- 3) учет энергетических ресурсов;
- 4) ведение энергетических паспортов;
- 5) нормирование потребления энергетических ресурсов.

Основным инструментом управления энергосбережением является программно-целевой метод, предусматривающий разработку, принятие и исполнение муниципальной долгосрочной целевой программы энергосбережения.

1.4 Обоснование темы работы

В связи с ускорением научно-технологического прогресса потребление электроэнергии в промышленности значительно увеличилось благодаря созданию гибких автоматизированных производств.

Энергетической программой предусмотрено создание мощных территориально-производственных комплексов (ТПК) в тех регионах, где сосредоточены крупные запасы минеральных и водных ресурсов. Такие комплексы добывают, перерабатывают, транспортируют энергоресурсы, используя в своей деятельности различные электроустановки по производству, передаче и распределению электрической и тепловой энергии.

Энергетической программой России предусматривается дальнейшее развитие энергосберегающей политики. Экономия энергетических ресурсов должна осуществляться путем перехода на энергосберегающие технологии производства; совершенствования энергетического оборудования; реконструкции устаревшего оборудования; сокращения всех видов энергетических потерь и повышения уровня использования вторичных ресурсов; улучшения структуры производства, преобразования и использования энергетических ресурсов.

Многолетний опыт в проведении энергетических обследований показал проблемы экономии тепловой энергии по сей день остается главной. В соответствии с требованиями ФЗ-261 «Об энергосбережении...» в настоящее время разработаны перспективные программы повышения энергетической эффективности

Энергетическая политика РФ предусматривает дальнейшее развитие энергосберегающей программы. Экономия энергетических ресурсов должна осуществляться путем: перехода на энергосберегающие технологии производства; совершенствование энергетического оборудования, реконструкция устаревшего оборудования; сокращение всех видов энергетических потерь и повышение уровня использования вторичных энергетических ресурсов, а также автоматизации.

Такая же задача стоит перед агропромышленным комплексом. Важнейшим объектом животноводческого комплекса является кормоцех. Поэтому есть необходимость разработки схем электроснабжения кормоцеха. Разработка данных мероприятий позволит экономить электроэнергию, повысит объем и качество продукции, производительность производственного оборудования, увеличит срок службы технологического оборудования.

2 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

2.1 Характеристики электроснабжения

Система электроснабжения (СЭС) объединяет источники, системы преобразования, передачи, распределения электроэнергии. Приемники электроэнергии (потребители) не включаются в СЭС. Системы электроснабжения промышленных предприятий основываются на электроустановках, которые нужны для обеспечения потребителей электрической энергией. Потребителем может быть электроприемник или другой агрегат, который преобразовывает электрическую энергию в иной вид энергии. Также этих механизмов может иметься несколько. В таком случае их объединяют в одну технологическую группу и размещают на отдельном пространстве. Электроснабжение промышленных предприятий строится на основе питающих, распределительных, трансформаторных, преобразовательных подстанций, а также на связывающих их кабельных, воздушных сетей, токопроводов (низкого и высокого напряжения). Проектирование электроснабжения промышленных предприятий должно

происходить с учетом важнейших требований, определяющих: надежность; удобство; безопасность; обеспечение необходимого количества/качества энергии; бесперебойность снабжения электрической энергии в обычном режиме и послеаварийном; экономичность по затратам энергии, материалов и оборудования. Для крупных предприятий применяется напряжение в промежутке 6-220 кВ. В некоторых случаях напряжение может достигать 330-500 кВ.

Классификация по степени бесперебойности электроснабжения и характеристики среды цехов

К I-й категории относятся электроприемники, перерыв в электроснабжении которых может повлечь за собой опасность для людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса.

Ко II-й категории относятся электроприе., которые также очень важны, но перерыв их питания связан только с массовым недоотпуском продукции, простоем людей, механизмов и промышленного транспорта.

К III-й категории относятся остальные электроприемники,

В ГОСТ приняты следующие номинальные напряжения:

- в сетях до 1000 В: 36; 220/127; 380/220; 660/380 В;
- сетях выше 1000 В: (3); 6; 10; 20; 35; 110; 150; 220; 330; 500; 750 кВ.

Таблица 2.1 – Данные о предприятии

№ по плану	Наименование здания	Площадь, м ²	P _{ном} , кВт
1	Административное здание	360	80
2	Ремонтный цех	279	120
3	Основной цех	1080	280
4	Склад	380	40
5	Гараж	352	50
6	Склад	935	100
7	Котельное	90	100
	Территория предприятия	12124	

Таблица 2.2 – Категории приемников электроэнергии по бесперебойности электроснабжения

№ по плану	Наименование цеха	Категория электропотребителей	Характеристика среды
1	Административное здание	2	Пожароопасное
2	Ремонтный цех	2	Пожароопасное
3	Основной цех	2	Пожароопасное
4	Склад	3	Нормальное
5	Гараж	3	Нормальное
6	Склад	3	Нормальное
7	Котельное	3	Нормальное

2.2 Определение расчетной и потребляемой мощности предприятия

Расчет покажем на примере административного здания. Результаты расчета по всему предприятию сведем в таблицу 3.3.

Определяем расчетную силовую нагрузку до 1 кВ [9]:

$$P_{pc} = P_{ном} \cdot k_c = 80 \cdot 0,4 = 32 \text{ кВт} \quad (2.1)$$

$$Q_{pc} = P_{pc} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 32 \cdot 1,02 = 32,64 \text{ кВАр} \quad (2.2)$$

где k_c – коэффициент спроса здания [1]; $\operatorname{tg}\phi$ – коэффициент реактивной мощности здания (определяется по $\cos\phi$ – коэффициент активной мощности здания [1]).

Находим номинальную мощность освещения и расчетную осветительную нагрузку здания :

$$P_{\text{н.о.}} = p_{\text{уд.}} \cdot F_1 \cdot n_{\text{этаж}} = 19 \cdot 360 \cdot 1 / 1000 = 6,84 \text{ кВт} \quad (2.3)$$

$$P_{\text{п.о.}} = P_{\text{н.о.}} \cdot k_{\text{с.о.}} = 6,84 \cdot 0,9 = 6,16 \text{ кВт} \quad (2.4)$$

где $p_{\text{уд.}}$ – удельная мощность (плотность) осветительной нагрузки, $\text{Вт}/\text{м}^2$ [1]; $k_{\text{с.о.}}$ – коэффициенты спроса осветительных нагрузок [1];

Находим полную расчетную мощность административного здания:

$$P_{\text{п1}\Sigma} = P_{\text{п1}} + P_{\text{п.о.1}} = 32 + 6,16 = 38,16 \text{ кВт} \quad (2.5)$$

$$Q_{\text{п1}\Sigma} = Q_{\text{п1}} = 32,64 \text{ кВАр} \quad (2.6)$$

$$S_{\text{п1}} = \sqrt{P_{\text{п1}\Sigma}^2 + Q_{\text{п1}\Sigma}^2} = \sqrt{38,16^2 + 32,64^2} = 50,22 \text{ кВ·А} \quad (2.7)$$

$$I_{\text{п1}} = \frac{S_{\text{п1}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{50,22}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 72,49 \text{ А} \quad (2.8)$$

Расчетная площадь освещения территории:

$$F' = F_{\text{общ.}} - \sum F_{i \text{ зданий}} = 15600 - 3476 = 12124 \text{ м}^2 \quad (2.9)$$

Расчетная полная мощность предприятия, кВА:

$$S_{\text{п}\Sigma} = \sqrt{P_{\text{п}\Sigma}^2 + Q_{\text{п}\Sigma}^2} = \sqrt{336,45^2 + 192,07^2} = 387,41 \quad (2.10)$$

Таблица 2.3 – Ведомость электрических нагрузок

№ по плану	Наименование цеха	Силовая нагрузка					Осветительная нагрузка					Расчетная нагрузка			I_p , A	
		$P_{\text{ном}}$, кВт	k_c	$\cos \varphi$	$\text{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	F , м ²	$p_{\text{уд}}$, Вт/м ²	$P_{\text{но}}$, кВт	k_{co}	P_{po} , кВт	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА	
Нагрузка до 1 кВ																
1	Административное здание	80	0,4	0,7	1,0 2	32	32,6 4	360	19	6,84	0,9	6,16	38,16	32,64	50,22	72,49
2	Ремонтный цех	120	0,3 5	0,65	1,1 7	42	49,1 4	279	17	4,74	0,8 5	4,03	46,03	49,14	67,33	97,18
3	Основной цех	280	0,5	0,75	0,8 8	140	123, 2	1080	17	18,3 6	0,8 5	15,6 1	155,6 1	123,2	198,4 8	286,4 8
4	Склад	40	0,3	0,8	0,7 5	12	9	380	13	4,94	0,6	2,96	14,96	9	17,46	25,2
5	Гараж	50	0,2	0,7	1,0 2	10	10,2	352	14	4,93	0,6	2,96	12,96	10,2	16,49	23,8
6	Склад	100	0,3	0,8	0,7 5	30	22,5	935	13	12,1 6	0,6	7,3	37,3	22,5	43,56	62,87
7	Котельная	100	0,5	0,8	0,7	50	37,5	90	14	1,26	0,8	1,07	51,07	37,5	63,36	91,45

				5						5						
	Освещение территории						1212	4	1,6	19,4	1	19,4	19,4	0	19,4	28
	Итого по напряжению до 1 кВ	770					3476				59,4	375,4	284,1	476,3	687,4	7

2.3 Определение расчетной мощности силового трансформатора

Потери в силовом трансформаторе:

$$\Delta P_{TP} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 476,3 = 9,53 \text{ кВт} \quad (2.11)$$

$$\Delta Q_{TP} = 0,1 \cdot S_{p\Sigma} = 0,1 \cdot 476,3 = 47,63 \text{ кВАр} \quad (2.12)$$

Тогда расчетная нагрузка данной ступени определится:

$$P_p = (\sum P_{pi} + P_{p,osc.}) + \Delta P_{TP} = 375,49 + 9,53 = 385,02 \text{ кВт} \quad (2.13)$$

$$Q_p = \sum Q_{pi} + \Delta Q_{TP} = 284,18 + 47,63 = 331,81 \text{ кВАр} \quad (2.14)$$

Расчет мощности компенсирующих устройств.

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{ном}} = \frac{Q_{p\Sigma}}{P_{p\Sigma}} = \frac{331,81}{385,02} = 0,86 \quad (2.15)$$

$$Q_{KU} = P_p \cdot (\operatorname{tg} \varphi_{\text{ном}} - \operatorname{tg} \varphi_{\text{зад.}}) = 385,02 \cdot (0,86 - 0,33) = 204,06 \text{ кВАр} \quad (2.16)$$

Выбираем к установке две конденсаторные батареи УКМ 58-0,4-100-25, мощность одной КУ $Q_{KU1\text{ном}} = 100 \text{ кВАр}$.

Потери мощности в компенсирующих устройствах [9]:

$$\Delta P_{KU} = 0,003 \cdot Q_{KU\text{ном}} = 0,003 \cdot (100 \cdot 2) = 0,6 \text{ кВт} \quad (2.17)$$

Тогда расчетная нагрузка данной ступени электроснабжения системы шин определится по формуле:

$$P_{pTP} = P_p \cdot K_{pm} + \Delta P_{KU} = 385,02 \cdot 0,97 + 0,6 = 374,07 \text{ кВт} \quad (2.18)$$

$$Q_{pTP} = Q_p \cdot K_{pm} - Q_{KU\text{ном}} = 331,81 \cdot 0,97 - 200 = 121,86 \text{ кВАр} \quad (2.19)$$

$$S_{pTP} = \sqrt{P_{pTP}^2 + Q_{pTP}^2} = \sqrt{374,07^2 + 121,86^2} = 393,42 \text{ кВА} \quad (2.20)$$

Так как на предприятии отсутствует нагрузка выше 1кВ, то её не рассчитываем.

2.4. Выбор числа и мощности силовых трансформаторов

Правильный выбор числа и мощности трансформаторов на подстанциях промышленных предприятий является одним из важных вопросов электроснабжения и построения рациональных сетей. В нормальных условиях трансформаторы должны обеспечивать питание всех потребителей предприятия при их номинальной нагрузке.

В основном, установка двух трансформаторов обеспечивает надёжное питание потребителей. Это значит, что при повреждении одного трансформатора, второй, с учётом его перегрузочной способности, обеспечивает 100 % надёжность питания в течении времени, необходимого для ремонта трансформатора.

Выбор ТП от исходных данных осуществляется по полной расчётной мощности предприятия, которую мы определили по формуле 3.20. $S_{p\text{TP}} = 393,42 \text{ кВА}$.

Коэффициент загрузки силового масляного трансформатора не должен превышать значения 0,7.

Так как предприятие имеет потребителей II и III категории, то на ТП установим два трансформатора. Выбор мощности проведем по условию[9]:

$$S_{\text{h,TP}} \geq \frac{S_p}{n_{\text{tp}} \cdot k_3} \geq \frac{393,42}{2 \cdot 0,7} \geq 281,01 \text{ кВА} \quad (2.21)$$

Выбирает силовой трансформатор мощностью 400 кВА.

Определим коэффициенты загрузки трансформаторов ТП мощностью 400 кВ·А в номинальном и аварийном режимах:

$$k_{3\text{,н}} = \frac{S_p}{n_{\text{tp}} \cdot S_{\text{ном,TP}}} = \frac{393,42}{2 \cdot 400} = 0,492 \quad (2.22)$$

$$k_{3\text{,ав.}} = \frac{S_p}{S_{\text{ном,TP}}} = \frac{393,42}{400} = 0,984 \quad (2.23)$$

С учетом дальнейшего развития предприятия, сопровождающееся увеличением потребляемой мощности, выбираем трансформаторы типа ТМГ с номинальной мощностью 400 кВА.

2.5. Выбор напряжения питающих и распределительных сетей

Выбор напряжения питающих сетей зависит от напряжений сетей энергосистемы в данном заводе, от мощности, потребляемой предприятием, его

удаленности от источника питания, числа и мощности электроприемников (электродвигателей, электропечей, преобразователей и пр.).

а) Формула Стилла

$$U_{\text{НОМ}} \approx 4,34 \cdot \sqrt{L + 0,016 \cdot P} = 4,34 \cdot \sqrt{1,5 + 0,016 \cdot 0,374} = 6,15 \text{ кВ} \quad (2.24)$$

где L – длина линии, км; P – активная мощность, МВт;

б) Формула Залесского А.М.

$$U_{\text{НОМ}} = \sqrt{P \cdot (1 + 0,015 \cdot \sqrt{L})} = \sqrt{0,374 \cdot (1 + 0,015 \cdot \sqrt{2})} = 0,21 \text{ кВ} \quad (2.25)$$

в) Формула Илларионова

$$U_{\text{НОМ}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{2} + \frac{2500}{0,374}}} = 12,01 \text{ кВ} \quad (2.26)$$

Формула (2.26) используется для напряжения 35,1150 кВ и принципиально правильно отражает необходимость все более высоких номинальных напряжений с увеличением протяженности линии, особенно при $P > 1000$ МВт.

г) Эмпирическая формула зависимости напряжения от передаваемой мощности и протяженности линии:

$$U_{\text{НОМ}} = 16 \cdot \sqrt[4]{\frac{P \cdot L}{1000}} = 16 \cdot \sqrt[4]{\frac{0,374 \cdot 2}{1000}} = 2,65 \quad (2.27)$$

Среднее значение равно 5,255. Таким образом, принимаем стандартное значение напряжения 6 кВ.

2.6. Мощность питающей линии 6 кВ

$$\begin{aligned}
S_{p, \text{Л}} &= \sqrt{(P_{p, \text{TP}} + \sum \Delta P_{\text{tp}})^2 + (Q_{p, \text{TP}} + \sum \Delta Q_{\text{tp}})^2} = \\
&= \sqrt{(374,07 + 13,32)^2 + (121,86 + 42,32)^2} = \\
&= 420,74 \text{ кВ·А}
\end{aligned} \tag{2.28}$$

Потери мощности в трансформаторе определяются:

$$\begin{aligned}
\Delta P_{\text{tp}} &= \Delta P_{\text{xx}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot k_3^2, \text{ кВт} \\
\Delta Q_{\text{tp}} &= I_{\text{xx} \%} / 100 \cdot S_{\text{h, tp}} + U_{\text{кз} \%} / 100 \cdot S_{\text{h, tp}} \cdot k_3^2, \text{ кВАр}
\end{aligned} \tag{2.29}$$

где ΔP_{tp} и ΔQ_{tp} – потери активной и реактивной мощности, трансформатора при загрузке, определяющейся коэффициентом загрузки k_3 ;

$I_{\text{xx} \%} U_{\text{кз} \%}$ - ток холостого хода и напряжение КЗ (определяются из паспортных данных трансформатора).

Данные трансформаторов:

$$\begin{aligned}
\text{ТМГ 11-400/6/0,4: } \Delta P_{\text{xx}} &= 0,83 \text{ кВт}; \\
\Delta P_{\text{кз}} &= 5,4 \text{ кВт} \\
I_{\text{xx} \%} &= 4,2 \% ; \\
U_{\text{кз} \%} &= 4,5\%
\end{aligned}$$

Приведенные потери мощности в силовом трансформаторе:

$$P_{\text{xx}}' = \Delta P_{\text{xx}} + k_{\text{ип}} \cdot \Delta Q_{\text{xx}} \tag{2.30}$$

для трансформаторов коэффициент изменения потерь $k_{\text{ип}} = 0,07$ кВт/кВАр

$$\Delta Q_{\text{xx}}' = S_{\text{h, tp}} \cdot I_{\text{xx}} / 100 = 400 \cdot 4,2 / 100 = 16,8 \text{ кВАр} \tag{2.31}$$

$$\Delta P_{\text{xx}}' = 0,83 + 0,07 \cdot 16,8 = 2,01 \text{ кВт} \tag{2.32}$$

$$\Delta Q_{\text{кз}}' = S_{\text{h, tp}} \cdot U_{\text{кз}} / 100 = 400 \cdot 4,5 / 100 = 18 \text{ кВАр} \tag{2.33}$$

$$\Delta P_{\text{кз}}' = \Delta P_{\text{кз}} + k_{\text{ип}} \cdot Q_{\text{кз}} = 5,4 + 0,07 \cdot 18 = 6,66 \text{ кВт} \tag{2.34}$$

$$\Delta P_{\text{tp}}' = \Delta P_{\text{xx}}' + k_3^2 \cdot \Delta P_{\text{кз}}' = 2,01 + 0,492^2 \cdot 6,66 = 3,62 \text{ кВт} \tag{2.35}$$

$$\Delta Q_{\text{tp}}' = \Delta Q_{\text{xx}}' + k_3^2 \cdot Q_{\text{кз}}' = 16,8 + 0,492^2 \cdot 18 = 21,16 \text{ кВАр} \tag{2.36}$$

$$\Delta P_{2\text{tp}}' = n_{\text{tp}} \cdot \Delta P_{\text{tp}}' = 2 \cdot 3,62 = 13,62 \text{ кВт} \tag{2.37}$$

$$\Delta Q_{2\text{tp}}' = n_{\text{tp}} \cdot \Delta Q_{\text{tp}}' = 2 \cdot 21,16 = 42,32 \text{ кВАр} \tag{2.38}$$

Расчетный ток питающей линии:

$$I_p = \frac{S_{p, \text{Л}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{пит}}} = \frac{420,74}{\sqrt{3} \cdot 6} = 40,49 \text{ А} \tag{2.39}$$

2.7. Выбор сечения питающей линии

При определении сечения по нагреву током нагрузки необходимо делать поправку на прокладку кабеля введением снижающего коэффициент k_{ch} , который определяется ПУЭ-7 табл. 1.3.26. Тогда ток нагрузки в нормальном и аварийном режимах:

$$I_{dn} = I_{pn} / \kappa_{ch}; \quad I_{dav} = I_{pav} / \kappa_{ch} \cdot \kappa_{nep} \quad (2.40)$$

где κ_{nep} - коэффициент, характеризующий перегрузку кабелей. Определяется ПУЭ $\kappa_{nep} = 1,25$.

После, выбираем сечение кабеля из условия: $l_{dn} \geq l_{dav}$.

Далее проверяем выбранное по нагреву сечение S , мм^2 по потери напряжения:

$$l_{dn} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{dn} \cdot I_{dn} / I_p \geq l_{fakt} \quad (2.41)$$

где ΔU_{dn} - допустимые потери напряжения, принимаются 5% в нормальном и 10% в аварийном режимах;

$l_{\Delta U 1\%}$ - длина на 1% потери напряжения, км;

l_{dn}, l_{fakt} - допустимая и фактическая длина линии, км.

Согласно ПУЭ, сечение проводников выбирается с учетом экономической плотности тока:

$$S_{ek} = \frac{I_p}{j} \quad (2.42)$$

где I_p - расчетный ток линии в нормальном режиме, А;

$j = 1,4 \text{ А/мм}^2$ - нормированное значение экономической плотности тока, определяется по табл. 1.3.36 ПУЭ.

Выбираем сечение по экономической плотности тока для линии ввода на 6 кВ

$$S_{ek} = \frac{I_p}{j} = \frac{40,49}{1,4} = 28,92 \text{ мм}^2$$

Выбираем марку кабеля АСБ и берем ближайшее сечение $3 \times 25 \text{ мм}^2$.

Кабели применяются для прокладки:

- в земле (траншеях), если в процессе эксплуатации кабели не подвергаются значительным растягивающим усилиям;
- в земле (траншеях) с низкой и средней коррозионной активностью, с отсутствием блюждающих токов.

Кабели предназначены для наклонных и горизонтальных трасс.

Конструкция и технические характеристики кабеля АСБ 3Х25

Жила - мягкая алюминиевая секторная проволока.

Изоляция - бумага, пропитанная вязким составом.

Поясная изоляция - бумага, пропитанная вязким составом.

Экран - лента электропроводящей бумаги.

Оболочка - выпрессованная свинцовая оболочка.

Защитный покров - подушка из крепированной бумаги и пластмассовых лент, две стальные ленты и наружний покров из стеклопряжи по ГОСТ 7006-72.

Алюминиевая токопроводящая жила:

- однопроволочная сечением 25-240 кв.мм ,
- многопроволочная сечением 70-800 кв.мм;

Маркировка жил:

- цифровая: 1, 2, 3, 4,
- цветовая: белая или жёлтая, синяя или зеленая, красная или малиновая, коричневая или чёрная;

Условия эксплуатации.

Основные технические характеристики:

1. Рабочее напряжение 1,6 или 10 кВ
2. Частота переменного тока 50 Гц.
3. Рабочая температура от – 50 до + 50°C, при этом предельно допустимое значение составляет + 70°C.

Проверяем сечение по нагреву по длительно допустимому току.

Ток допустимый в нормальном режиме

$$I'_{\text{доп}} = I_{\text{p}} / k_{\text{ch}} = 40,49 / 0,9 = 44,99 \text{ A} \quad (2.43)$$

Проверка по нагреву: $I_{\text{доп}} > I'_{\text{доп}}$;

$$105 > 44,99$$

Условие «по нагреву» для данного кабеля выполняется. Следовательно, сечение для кабеля АСБ (3×25) выбрано верно.

Проверяем выбранный кабель по потере напряжения по формуле:

$$l_{\text{доп}} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}} \cdot I_{\text{доп}} / I_p \geq l_{\text{факт}}$$

$$0,26 \cdot 5 \cdot 105 / 40,49 = 3,37 \text{ км} > 1,5$$

Кабель АСБ (3×25) удовлетворяет всем условиям, поэтому окончательно принимаем его, в качестве кабеля питающей линии 6 кВ.

2.8. Картограмма нагрузок

Для определения местоположения ГПП и ЦТП на план предприятия наносится картограмма нагрузок. Картограмма нагрузок предприятия - размещённые по плану окружности, площади которых в выбранном масштабе равны расчётным нагрузкам цехов.

Центр нагрузки цеха является символическим центром потребления эл. энергии цеха. ГПП и ЦТП следует располагать как можно ближе к центру нагрузок, т.к. это позволяет приблизить высокое U к центру потребления эл. энергии и значительно сократить протяжённость сетей.

Площадь круга в определенном масштабе равна расчетной нагрузке соответствующего цеха P_i :

$$P_{P_i} = \pi \cdot r_{P_i}^2 \cdot m, \quad Q_{P_i} = \pi \cdot r_{Q_i}^2 \cdot m \quad (2.44)$$

Из этого выражения радиус окружности:

$$r_{P_i} = \sqrt{\frac{P_{P_i}}{\pi \cdot m}}, \quad r_{Q_i} = \sqrt{\frac{Q_{P_i}}{\pi \cdot m}}, \quad (2.45)$$

где P_{Pi} – активная расчетная мощность i -го цеха (таблица 2.3); Q_{Pi} – реак.расчетная мощность i -го цеха (таблица 3.3); m – масштаб для определения площади круга (постоянный для всех зданий предприятия). m выбирается из условия, чтобы была видна наименьшая нагрузка.

Угол сектора (α_i) определяется из соотнош. активных расчетных (P_{Pi}) и освет.нагрузок (P_{POi}) зданий.

$$\alpha_i = \frac{P_{p.o.i} \cdot 360^\circ}{P_{p.i}} \quad (2.46)$$

При построении картограммы необходимо знать полные расчетные и осветительные нагрузки цехов, которые были расчитаны в таблице 3.3. Принимаем масштаб $m = 0,125$ кВт/мм².

Пример расчета:

$$R_{P1} = \sqrt{\frac{P_{p1}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{38,16}{3,14 \cdot 0,125}} = 9,86 \text{ мм},$$

$$R_{Q1} = \sqrt{\frac{Q_{p1}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{32,64}{3,14 \cdot 0,125}} = 9,12 \text{ мм}$$

$$\alpha_{1\text{осв}} = \frac{P_{p.o.1} \cdot 360^\circ}{P_{p.1}} = \frac{6,16 \cdot 360^\circ}{38,16} = 58,11^\circ$$

Данные по остальным зданиям сведем в таблицу 2.4..

Таблица 2.4 – Данные для картограммы

№ п.п.	Наименование здания	$P_{p.o.}$, кВт	P_{pi} , кВт	Q_{pi} , кВАр	X_i , мм	Y_i , мм	R_{Pi} , см	R_{Qi} , см	$\alpha_{i\text{осв.}}$, град.
Нагрузка до 1 кВ									
1	Административное здание	6,16	38,16	32,64	57	95	9,86	9,12	58,11
2	Ремонтный цех	4,03	46,03	49,14	6	83	10,83	11,19	31,52
3	Основной цех	15,61	155,61	123,2	67	54	19,91	17,72	36,11
4	Склад	2,96	14,96	9	15	38	6,17	4,49	71,23

5	Гараж	2,96	12,96	10,2	49	27	5,75	5,1	82,22
6	Склад	7,3	37,3	22,5	100	16	9,75	7,57	70,46
7	Котельное	1,07	51,07	37,5	18	111	11,41	9,77	7,54

Примечание. X_i, Y_i , координаты центров зданий на плане.

3.9. Определение условного центра электрических нагрузок

В настоящее время существует ряд математических методов, позволяющих аналитическим путём определить центр электрических нагрузок (ЦЭН) как отдельных цехов, так и всего промышленного предприятия. Среди них можно выделить три основных метода.

Наличие многоэтажных зданий цехов обуславливает учёт в расчётах третий координаты (Z_i).

Таким образом, мы определили ЦЭН для ТП, но поставить их точно в центре электрических нагрузок не всегда технически возможно.

Координаты центра электрических нагрузок всего предприятия определим по формуле:

$$X_{\text{ЦЭН}} = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_{pi} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^{12} P_{pi}} = \frac{(38,16 \cdot 57) + (46,03 \cdot 6) + (155,61 \cdot 67) + (14,96 \cdot 15) + (12,96 \cdot 49) + (37,3 \cdot 100) + (51,07 \cdot 18)}{375,49} = 51,63 \text{ мм} \quad (3.47)$$

$$Y_{\text{ЦЭН}} = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_{pi} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^{12} P_{pi}} = \frac{(38,16 \cdot 95) + (46,03 \cdot 83) + (155,61 \cdot 54) + (14,96 \cdot 38) + (12,96 \cdot 27) + (37,3 \cdot 16) + (51,07 \cdot 111)}{375,49} = 64,68 \text{ мм.} \quad (3.48)$$

$$X_{\text{ky}} = \frac{\sum_{i=1}^{12} Q_{pi} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^{12} Q_{pi}} = \frac{(32,64 \cdot 57) + (49,14 \cdot 6) + (123,2 \cdot 67) + (9 \cdot 15) + (10,2 \cdot 49) + (22,5 \cdot 100) + (37,5 \cdot 18)}{284,18} = 49,16 \text{ мм} \quad (3.49)$$

$$Y_{\text{ky}} = \frac{\sum_{i=1}^{12} Q_{pi} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^{12} Q_{pi}} = \frac{(32,64 \cdot 95) + (49,14 \cdot 83) + (123,2 \cdot 54) + (9 \cdot 38) + (10,2 \cdot 27) + (22,5 \cdot 16) + (37,5 \cdot 111)}{284,18} = 66,76 \text{ мм.} \quad (3.50)$$

Таблица 2.5 – Данные для определения ЦЭН

№ п/ п	Наименование здания	P_{pi} , кВт	Q_{pi} , кВА	X_i , мм	Y_i , мм	$P_{pi} \cdot X_i$	$P_{pi} \cdot Y_i$	$Q_{pi} \cdot X_i$	$Q_{pi} \cdot Y_i$
Нагрузка до 1 кВ									
1	Администра- тивное здание	38,16	32,64	57	95	2175, 12	3625,2	1860,48	3100,8
2	Ремонтный цех	46,03	49,14	6	83	276, 18	4069,49	294,84	4078,62

3	Основной цех	155,6 1	123,2	67	54	10425, 87	8402,94	8254,4	6652,8
4	Склад	14,96	9	15	38	224,4	568,48	135	342
5	Гараж	12,96	10,2	49	27	635,04	349,92	499,8	275,4
6	Склад	37,3	22,5	100	16	3730	596,8	2250	360
7	Котельное	51,07	37,5	18	111	919,26	5668,77	675	4162,5
	Итого					18385, 87	23281, 6	13969, 52	18972, 12

Таблица 2.6 – Выбор сечения кабелей сетей предприятия

№ линии	Назначение линии	Кол-во кабеле- й	Расчетный ток		Длина линии, м	Доп. рас. коэф.	Допустимая нагрузка на один кабель		Сечение по усл. нагрева, мм ²	Сечение по потере напряжения, мм ²	Сечение по экономической плотности, мм ²	Принятая марка, кол-во и сечение кабелей ,мм ²
			I _{ph} ,А	I _{рав} , А			Г _{доп} ,А	S _{экон} , мм ²				
Нагрузка 0,4 кВ												
Л1	Администра- тивное здание	1	72,49	72,49	29	0,9	81	51,78	16	16	50	АВБбШВ (4×50)
Л2	Ремонтный цех	1	97,18	97,18	25	0,9	108	69,41	25	25	70	АВБбШВ (4×70)
Л3	Основной цех	2	286,48	358,1	38	0,9	400	204,63	2×70	2×70	2×95	2АВБбШВ (4×95)
Л4	Склад	1	111,87	111,87	66	0,9	124,3	79,9	35	35	95	АВБбШВ (4×95)
Л5	Гараж	1	86,67	86,67	41	0,9	96,3	61,91	16	16	70	АВБбШВ (4×70)
Л6	Склад	1	62,87	62,87	32	0,9	70	44,91	10	10	50	АВБбШВ (4×50)
Л7	Котельное	1	91,45	91,45	33	0,9	102	65,32	25	25	70	АВБбШВ (4×70)

2.10 Экономические показатели

Технико-экономический расчет питающей линии

Технико-экономический расчет кабельной линии расчитаем на примере питающей линии 6 кВ.

Кабель марки АСБ (3×25), L=2 км, стоимость 1 км кабеля $K_{KL}=177,260$ тыс. руб./км.

Стоимость кабельной линии, тыс. руб.:

(2.51)

Коэффициент загрузки кабельной линии:

(2.52)

Потери в одном кабеле при полной нагрузке [4]. $\Delta P_h = 50$ кВт/км

Действительные потери мощности,:

(2.53)

Потери электроэнергии в линии, при $T_f=4500$ ч. согласно [5]:

кВт·ч (2.54)

Стоимость потерь электроэнергии:

(2.55)

где $C_0 = 3,94$ руб./кВт·ч.

Амортизационные расходы на кабельную линию:

тыс. руб. (2.56)

где $\varphi_{л}=6,3\%$ -для кабельных линий.

Технико-экономический расчет трансформаторов

2×ТМГ11- 400/6/0,4, стоимость силового трансформатора $C_f=230,818$ тыс. руб.

Капитальные затраты на трансформаторную подстанцию:

Потери в трансформаторах $\sum \Delta P_{tp} = 13,32$ кВт. (формула 3.37)

Потери электроэнергии в трансформаторах:

кВт·ч

Стоимость потерь электроэнергии в трансформаторах:

тыс. руб.

Амортизационные расходы на трансформаторы:

где $\phi_T = 10\%$ - для трансформатора.

2.11 Выбор аппаратов защиты

Выбор предохранителей

Предохранители - это коммутационные электротехнические изделия, используемые для защиты электрической сети от сверхтоков и токов короткого замыкания.

Условия выбора предохранителей:

$$I_{\text{пл.вст.}} \geq I_{\text{пуск.}}/\alpha \quad (2.57)$$

где $\alpha = 2,5$ для двигателей с плавным пуском; $\alpha = 2,0$ для двигателей со средним пуском; $\alpha = 1,6$ для двигателей с тяжелым пуском.

Для линии Л1

$$I_{\text{пл.вст.1}} > I_{\text{пл1}} > 87$$

С учетом запаса и возможных ложных срабатываний, принимаем $I_{\text{пл.вст.1}} = 100$ А.

Для остальных зданий расчет ведется аналогично.

Таблица 2.7 – Выбранные предохранители для производства

№	Назначение линии	Расчетный ток, А	Ток плавкой вставки, А	Марка предохранителя
---	------------------	------------------	------------------------	----------------------

Л1	Административное здание	72,49	87	ПН2- 100(100)
Л2	Ремонтный цех	97,18	233,23	ПН2- 250(250)
Л3	Основной цех	286,48	687,6	ПН2- 600(600)
Л4	Склад	111,87	134,24	ИПР- 200(160)
Л5	Гараж	86,67	104	ПР2-200(100)
Л6	Склад	62,87	75,44	ПР2-100(80)
Л7	Котельное	91,45	192,05	ПР2-200(200)

На линию 6 кВ выбираем предохранитель ПКТ-102-50 У3 на ток 100 А.

Выбор автоматических выключателей

Выбор автоматических выключателей является ответственной задачей, к которой нужно отнестись серьезно. В условиях возникновения аварийных ситуаций правильно выбранный автомат является гарантией защиты не только вашего оборудования, но и вашей жизни.

Автоматический выключатель – это коммутационный аппарат предназначенный для автоматического размыкания электрической цепи в момент возникновения коротких замыканий или перегрузок.

Основными показателями на которые ссылаются при *выборе автоматов* являются :

- количество полюсов;
- номинальное напряжение;
- максимальный рабочий ток;
- отключающая способность (ток короткого замыкания).

$$\begin{aligned}
 I_{PACZ} &= (1,1 \dots 1,3) \cdot I_p; \\
 I_{ПИК} &= i_{пуск} + (I_p - K_H \cdot I_{НОМ.МАКС}); \\
 I_{УСТ.PACZ} &\geq (25 \dots 1,35) \cdot I_{ПИК}
 \end{aligned} \tag{2.58}$$

Для линии Л1

$$I_{PACZ} = 1,15 \cdot 72,49 = 83,36 \text{ А}$$

$$I_{ПИК} = 181,23 + (72,49 - 0,4 \cdot 72,49) = 224,72 \text{ А}$$

$$I_{УСТ.PACZ} \geq 1,35 \cdot 224,72 = 303,4 \text{ А}$$

Для остальных зданий расчет ведется аналогично. Результат расчета в таблице 2.8.

Таблица 2.8.

№	Назначение линии	Расчетный ток, А	Ток расцепителя, А	Тип выключателя
Л1	Административное здание	72,49	83,36	A3712Б 160(100)
Л2	Ремонтный цех	97,18	111,76	A3712Б 160(125)
Л3	Основной цех	286,48	329,45	A3796Б 630(400)
Л4	Склад	111,87	128,65	АВМ 400(150)
Л5	Гараж	86,67	99,67	A3712Б 160(100)
Л6	Склад	62,87	72,3	A3712Б 160(80)
Л7	Котельное	91,45	105,17	A3716Ф 160(100)

На линию 6 кВ выбираем выключатель ВА 88-40 3-полюсный 630А 35кА ИЭК.

2.12 Расчет токов короткого замыкания

При расчете токов КЗ в сетях до 1000 В учитываются все активные и реактивные сопротивления элементов схемы, а также переходные сопротивления контактов. Расчет ведется в именованных единицах. А именно: сопротивления в мОм, а ток в кА.

Переходные сопротивления можно учитывать упрощенно, а именно, путем прибавления добавочного сопротивления в характерной точке КЗ.

1 уровень: РУ и щиты на подстанции $R_{доб} = 15$ мОм

2 уровень: первичные РП, питаемые непосредственно от распределительного щита подстанций или от главной магистрали $R_{доб} = 20$ мОм

3 уровень: вторичные цеховые РП и клеммы аппаратов, питаемых непосредственно от первичных РП $R_{\text{доб}} = 25 \text{ мОм}$

4 уровень: коммутационная аппаратура, установленная непосредственно у потребителей электроэнергии, получающих питание от вторичных РП $R_{\text{доб}} = 30 \text{ мОм}$

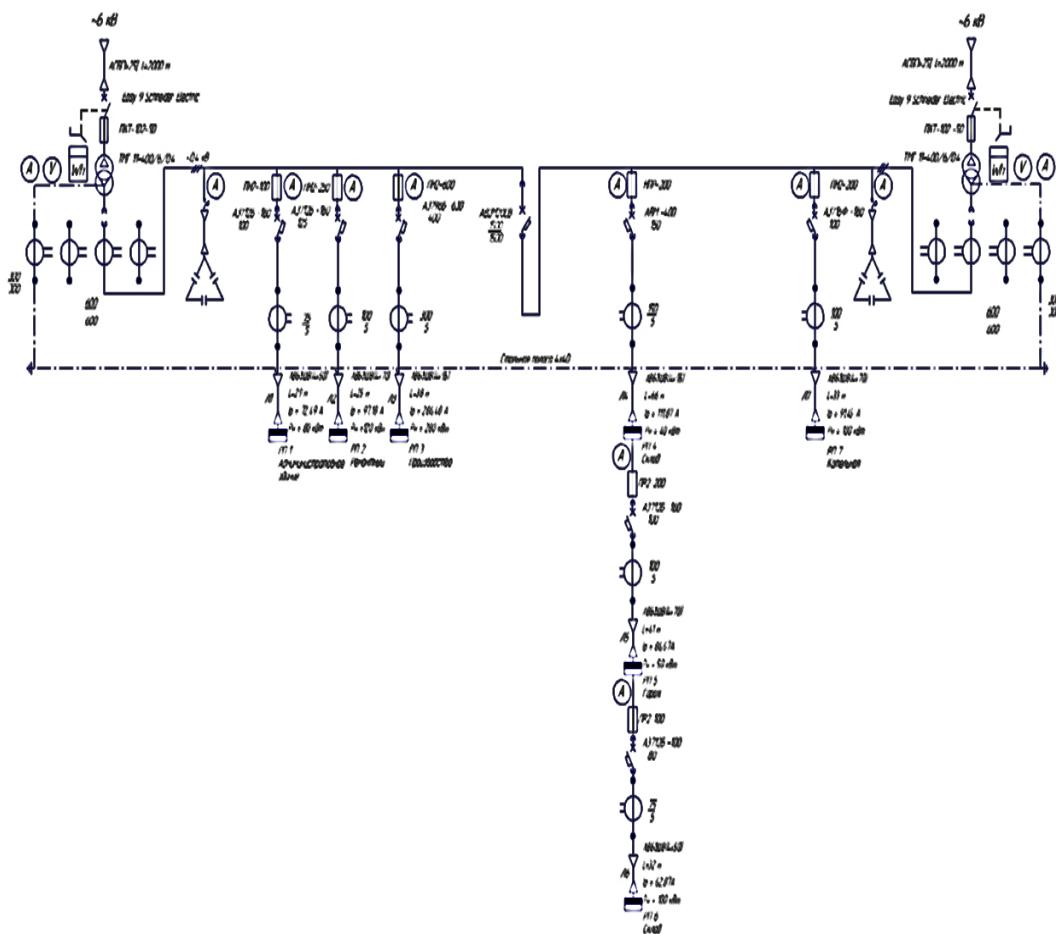


Рисунок 2.1 – Однолинейная схема

Задаются базисные условия.

За базисное напряжение принимают $U_b = 0,4 \text{ кВ}$.

Напряжение системы $U_c = 6 \text{ кВ}$

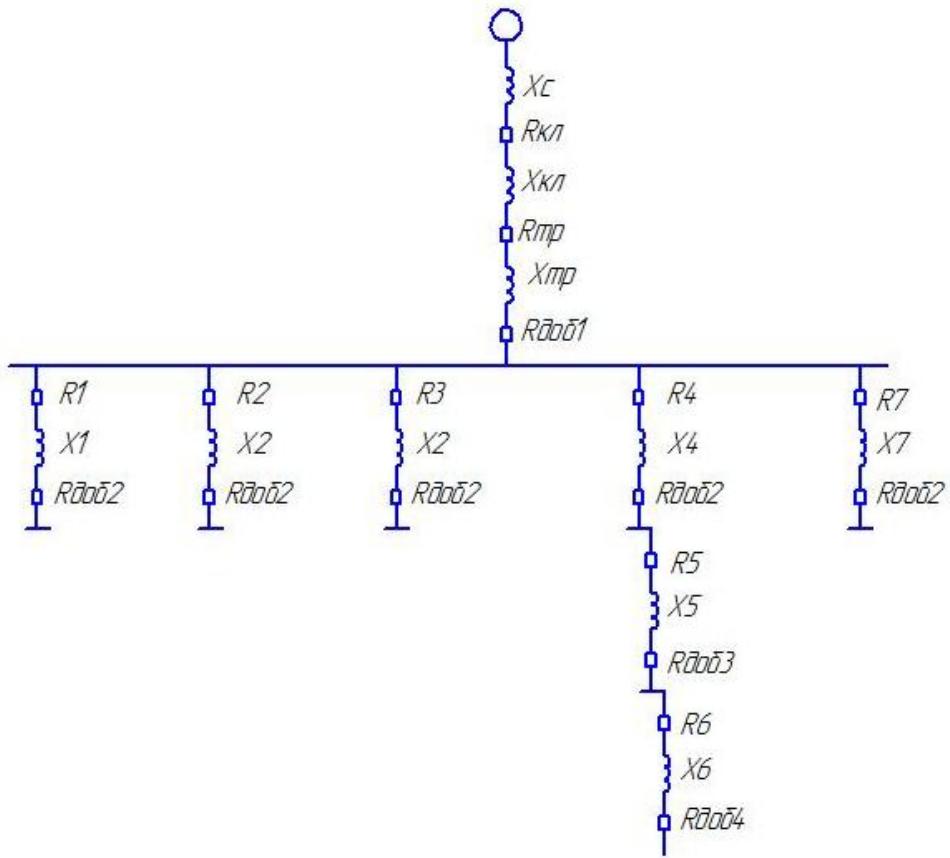


Рисунок 2.2 – Схема замещения, в которой все элементы представляются сопротивлениями

Определяем численные значения сопротивлений.

Сопротивления системы, и питающей линии приводим к $U_6 = 0,4$ кВ.

Сопротивление системы

$$X_c = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot I_{kc}} \cdot \left(\frac{U_6}{U_c} \right)^2 \cdot 10^3 \quad (2.59)$$

$$X_c = \frac{6}{\sqrt{3} \cdot 10} \cdot \left(\frac{0,4}{6} \right)^2 \cdot 10^3 = 1,541 \text{ мОм}$$

$$X_{ki} = X_i \cdot L_i \quad (2.60)$$

$$R_{ki} = R_i \cdot L_i \quad (2.61)$$

где L_i , длина i -го участка, м; R_i , X_i , - активное и реактивное удельное сопротивление проводника, мОм/м.

Точка К0

$$X_{k0} = X_0 \cdot L_0 = 0,0662 \cdot 2000 = 132,4 \text{ мОм}$$

$$R_{k0} = R_0 \cdot L_0 = 1,25 \cdot 2000 = 2500 \text{ мОм}$$

Приведем сопротивления к базисному напряжению

$$X'_{k0} = X_{k0} \cdot \left(\frac{U_{\delta}}{U_c} \right)^2 / n_{\Delta} = 132,4 \cdot \left(\frac{0,4}{6} \right)^2 / 2 = 0,294 \text{ мОм}$$

$$R'_{k0} = R_{k0} \cdot \left(\frac{U_{\delta}}{U_c} \right)^2 / n_{\Delta} = 2500 \cdot \left(\frac{0,4}{6} \right)^2 / 2 = 5,56 \text{ мОм}$$

Сопротивление силового трансформатора

$$R_{mp} = \frac{\Delta P_{k3} \cdot U_{hom}^2}{S_{hom}^2 \cdot n_{mp}} = \frac{5,4 \cdot 400^2}{400^2 \cdot 2} = 2,7 \text{ мОм}$$

$$\begin{aligned} X_{mp} &= \sqrt{\left(\frac{U_{k3}}{100} \right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{k3}}{S_{hom}} \right)^2} \cdot \frac{U_{hom}^2}{S_{hom}} / n_{\Delta} = \\ &= \sqrt{\left(\frac{4,5}{100} \right)^2 - \left(\frac{5,4}{400} \right)^2} \cdot \frac{400^2}{400} / 2 = 8,6 \text{ мОм} \end{aligned}$$

Определяем суммарные сопротивления в точке K0

$$X_{\Sigma k0} = X_c + X'_{k0} + X_{tp} = 1,541 + 0,294 + 8,6 = 10,435 \text{ мОм}$$

$$R_{\Sigma k0} = R'_{k0} + R_{tp} + R_{do61} = 5,56 + 2,7 + 15 = 23,26 \text{ мОм}$$

Ток короткого замыкания в точке K0

$$I_{K0}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{hom}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma k0}^2 + R_{\Sigma k0}^2}} = \frac{1,05 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{10,435^2 + 23,26^2}} = 9,51 \text{ кА}$$

Ударный ток

$$i_{y0K0} = \sqrt{2} \cdot k_{y0} \cdot I_{K0}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 9,51 = 13,45 \text{ кА}$$

Точка K1

$$X_{k1} = X_0 \cdot L_1 = 0,0625 \cdot 29 = 1,813 \text{ мОм}$$

$$R_{k1} = R_0 \cdot L_1 = 0,625 \cdot 29 = 18,125 \text{ мОм}$$

Определяем суммарные сопротивления в точке K1

$$X_{\Sigma k1} = X_{k1} + X_{\Sigma k0} = 1,813 + 10,435 = 12,248 \text{ мОм}$$

$$R_{\Sigma k1} = R_{k1} + R_{\Sigma k0} + R_{do62} = 18,125 + 23,26 + 20 = 61,385 \text{ мОм}$$

Ток короткого замыкания в точке K1

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma K1}^2 + R_{\Sigma K1}^2}} = \frac{1,05 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{12,248^2 + 61,385^2}} = 3,9 \text{ кА}$$

Ударный ток

$$i_{y\vartheta K1} = \sqrt{2} \cdot k_{y\vartheta} \cdot I_{K1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 3,9 = 5,52 \text{ кА}$$

Точка K2

$$X_{K2} = X_0 \cdot L_2 = 0,0612 \cdot 25 = 1,53 \text{ мОм}$$

$$R_{K2} = R_0 \cdot L_2 = 0,329 \cdot 25 = 11,175 \text{ мОм}$$

Определяем суммарные сопротивления в точке K2

$$X_{\Sigma K2} = X_{K2} + X_{\Sigma K0} = 1,53 + 10,435 = 11,965 \text{ мОм}$$

$$R_{\Sigma K2} = R_{K2} + R_{\Sigma K0} + R_{\text{добр}} = 11,175 + 23,26 + 20 = 54,435 \text{ мОм}$$

Ток короткого замыкания в точке K2

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma K2}^2 + R_{\Sigma K2}^2}} = \frac{1,05 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{11,965^2 + 54,435^2}} = 4,35 \text{ кА}$$

Ударный ток

$$i_{y\vartheta K2} = \sqrt{2} \cdot k_{y\vartheta} \cdot I_{K2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 4,35 = 6,15 \text{ кА}$$

Точка K3

$$X_{K3} = X_0 \cdot L_3 = 0,0602 \cdot 38 = 2,288 \text{ мОм}$$

$$R_{K3} = R_0 \cdot L_3 = 0,329 \cdot 38 = 12,502 \text{ мОм}$$

Определяем суммарные сопротивления в точке K3

$$X_{\Sigma K3} = X_{K3} + X_{\Sigma K0} = 2,288 + 10,435 = 12,723 \text{ мОм}$$

$$R_{\Sigma K3} = R_{K3} + R_{\Sigma K0} + R_{\text{добр}} = 12,723 + 23,26 + 20 = 55,762 \text{ мОм}$$

Ток короткого замыкания в точке K3

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma K3}^2 + R_{\Sigma K3}^2}} = \frac{1,05 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{12,723^2 + 55,762^2}} = 4,24 \text{ кА}$$

Ударный ток

$$i_{y\vartheta K3} = \sqrt{2} \cdot k_{y\vartheta} \cdot I_{K3}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 4,24 = 6 \text{ кА}$$

Точка K4

$$X_{K4} = X_0 \cdot L_4 = 0,0602 \cdot 66 = 3,973 \text{ мОм}$$

$$R_{K4} = R_0 \cdot L_4 = 0,329 \cdot 66 = 21,714 \text{ мОм}$$

Определяем суммарные сопротивления в точке К4

$$X_{\Sigma K4} = X_{k4} + X_{\Sigma k0} = 3,973 + 10,435 = 14,408 \text{ мОм}$$

$$R_{\Sigma K4} = R_{k4} + R_{\Sigma k0} + R_{\text{добр}} = 21,714 + 23,26 + 20 = 64,974 \text{ мОм}$$

Ток короткого замыкания в точке К4

$$I_{K4}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma K4}^2 + R_{\Sigma K4}^2}} = \frac{1,05 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{14,408^2 + 64,974^2}} = 3,64 \text{ кА}$$

Ударный ток

$$i_{y\vartheta K4} = \sqrt{2} \cdot k_{y\vartheta} \cdot I_{K4}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 3,64 = 5,15 \text{ кА}$$

Точка К5

$$X_{k5} = X_0 \cdot L_5 = 0,0612 \cdot 41 = 2,509 \text{ мОм}$$

$$R_{k5} = R_0 \cdot L_5 = 0,447 \cdot 41 = 18,327 \text{ мОм}$$

Определяем суммарные сопротивления в точке К5

$$X_{\Sigma K5} = X_{k5} + X_{\Sigma k4} = 2,509 + 14,408 = 16,917 \text{ мОм}$$

$$R_{\Sigma K5} = R_{k5} + R_{\Sigma k4} + R_{\text{добр}} = 18,327 + 64,974 + 25 = 108,301 \text{ мОм}$$

Ток короткого замыкания в точке К5

$$I_{K5}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma K5}^2 + R_{\Sigma K5}^2}} = \frac{1,05 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{16,917^2 + 108,301^2}} = 2,21 \text{ кА}$$

Ударный ток

$$i_{y\vartheta K5} = \sqrt{2} \cdot k_{y\vartheta} \cdot I_{K5}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 2,21 = 3,13 \text{ кА}$$

Точка К6

$$X_{k6} = X_0 \cdot L_6 = 0,0625 \cdot 32 = 2 \text{ мОм}$$

$$R_{k6} = R_0 \cdot L_6 = 0,625 \cdot 32 = 20 \text{ мОм}$$

Определяем суммарные сопротивления в точке К6

$$X_{\Sigma K6} = X_{k6} + X_{\Sigma k5} = 2 + 16,917 = 18,917 \text{ мОм}$$

$$R_{\Sigma K6} = R_{k6} + R_{\Sigma k5} + R_{\text{добр}} = 20 + 108,301 + 35 = 163,301 \text{ мОм}$$

Ток короткого замыкания в точке К6

$$I_{K6}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma K6}^2 + R_{\Sigma K6}^2}} = \frac{1,05 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{18,917^2 + 163,301^2}} = 1,48 \text{ кА}$$

Ударный ток

$$i_{y\vartheta K6} = \sqrt{2} \cdot k_{y\vartheta} \cdot I_{K6}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 1,48 = 2,09 \text{ кА}$$

Точка K7

$$X_{K7} = X_0 \cdot L_7 = 0,0612 \cdot 33 = 2,02 \text{ мОм}$$

$$R_{K7} = R_0 \cdot L_7 = 0,447 \cdot 33 = 14,751 \text{ мОм}$$

Определяем суммарные сопротивления в точке K7

$$X_{\Sigma K7} = X_{K7} + X_{\Sigma K0} = 2,02 + 10,435 = 12,455 \text{ мОм}$$

$$R_{\Sigma K7} = R_{K7} + R_{\Sigma K0} + R_{\text{доб1}} = 14,751 + 23,26 + 15 = 53,011 \text{ мОм}$$

Ток короткого замыкания в точке K7

$$I_{K7}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma K7}^2 + R_{\Sigma K7}^2}} = \frac{1,05 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{12,455^2 + 53,011^2}} = 4,45 \text{ кА}$$

Ударный ток

$$i_{y\vartheta K7} = \sqrt{2} \cdot k_{y\vartheta} \cdot I_{K7}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 4,45 = 6,29 \text{ кА}$$

Таким образом, выполнены все расчеты по совершенствованию электроснабжения кормоприготовительного цеха.

2.13 Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве – важный фактор обеспечения производительности труда.

С учётом преобладания умственного или физического труда и его тяжести специалисты механизаторы подразделяются на 2 группы: водители самоходных агрегатов и машин (шоферы, трактористы) и специалисты стационарных установок (мотористы, слесари, электрифициаторы). Поэтому работа одних связана с управлением транспорта, с большой психофизической нагрузкой, а других – со сложной координацией движения и работой в непростых условиях (на высоте, в узких помещениях). Это требует выносливости, силы отдельных мышц, специальной координации движений.

Занятия по физической культуре для выпускников должны включать следующие виды спорта: гиревой спорт, армспорта, борьбу, гимнастику, спортивные игры и другие виды спорта.

Физическая культура на производстве – важный фактор обеспечения производительности труда.

С учётом преобладания умственного или физического труда и его тяжести специалисты механизаторы подразделяются на 2 группы: водители самоходных агрегатов и машин (шоферы, трактористы) и специалисты стационарных установок (мотористы, слесари, электрифициаторы). Поэтому работа одних связана с управлением транспорта, с большой психофизической нагрузкой, а других – со сложной координацией движения и работой в непростых условиях (на высоте, в узких помещениях). Это требует выносливости, силы отдельных мышц, специальной координации движений. Занятия по физической культуре для выпускников должны включать следующие виды спорта: гиревой спорт, армспорта, борьбу, гимнастику, спортивные игры и другие виды спорта.

3 РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ПЛАВНОГО ПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДИСКОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ КОРМОВ

3.1 Преимущества использования устройств плавного пуска

В настоящее время концепция модели электропривода практически приближена к идеалу. Электропривод на основе асинхронного электродвигателя с частотным регулированием является одним из самых популярных на сегодняшний момент. Это объясняется его повышенной надёжностью, простой конструкцией и легкостью в обслуживании. Но, несмотря на преимущества частотного регулирования, распространен и прямой пуск асинхронного двигателя (подключение к сети питания), имеющий существенные недостатки.

Одним из самых главных недостатков асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором является наличие у них больших пусковых токов. И если теоретически методы их снижения были хорошо разработаны уже довольно давно, то вот практически все эти разработки (использование пусковых резисторов и реакторов, переключение со звезды на треугольник, использование теристорных регуляторов напряжения и т.д.) применялись очень в редких случаях.

Жесткие удары, происходящие в результате частых прямых пусков, влекут за собой электродинамические разрушения обмоток двигателя, а также увеличивают износ передаточного звена и исполнительного механизма. Ток, возникающий в момент прямого пуска, во много раз превышает номинальный, а это способствует просадке напряжения в сети, которая может вывести из строя или повредить различные электромеханизмы.

В том случае, если электродвигатель работает по алгоритму, в котором не задано регулирование скорости вращения, а подразумевается лишь выход на номинальную скорость, решение данных проблем заключается в установке устройства плавного пуска. Такое устройство характеризуется простотой в настройке, надежностью, функциональностью и удобством эксплуатации.

Все резко изменилось в наше время, т.к. благодаря прогрессу силовой электроники и микропроцессорной техники на рынке появились компактные, удобные и эффективные устройства плавного пуска электродвигателей (софтстартеры).

Устройства плавного пуска асинхронных двигателей - это устройства, которые значительно увеличивают срок эксплуатации электродвигателей и исполнительных устройств, работающих от вала этого двигателя. При подаче напряжения питания обычным способом, происходят процессы, разрушающие электродвигатель.

Пусковой ток и напряжение на обмотках двигателей, в момент переходных процессов, значительно превышают допустимые значения. Это приводит к износу и пробою изоляции обмоток, «подгоранию» контактов, значительно сокращает срок службы подшипников, как самого двигателя, так и устройств «сидящих» на валу электродвигателя.

В момент пуска электродвигатель является серьезным источником электромагнитных помех, нарушающих работу электронного оборудования, запитанного от этих же электрических сетей, или находящихся в непосредственной близости от двигателя.

Если произошла аварийная ситуация и двигатель перегрелся или сгорел, то, в результате нагрева, параметры трансформаторной стали изменятся настолько, что номинальная мощность, отремонтированного двигателя, может снизиться на величину до 30%, в результате, этот электродвигатель окажется непригодным к использованию на прежнем месте.

Устройство плавного пуска электродвигателей объединяет функции плавного пуска и торможения, защиты механизмов и электродвигателей, а также связи с системами автоматизации.

Плавный пуск с помощью softстартера реализуется медленным подъемом напряжения для плавного разгона двигателя и снижения пусковых токов. Регулируемыми параметрами обычно являются начальное напряжение, время разгона и время торможения электродвигателя. Очень маленькое значение начального напряжения может очень сильно уменьшить пусковой момент электродвигателя, поэтому оно обычно устанавливается 30-60% от значения номинального напряжения.

При запуске напряжение скачком увеличивается до установленного значения начального напряжения, а потом плавно за заданное время разгона поднимается до номинального значения. Электродвигатель будет при этом плавно и быстро разгоняться до номинальной скорости.

Применение софтстартеров позволяет уменьшить пусковой «бросок» тока до минимальных значений, уменьшает количество применяемых реле и контакторов, выключателей. Обеспечивает надежную защиту электродвигателей от аварийной перегрузки, перегрева, заклинивания, обрыва фазы, снижает уровень электромагнитных помех.

Преимущества использования устройств плавного пуска:

снижение бросков тока в статоре электродвигателя в момент его запуска;

обеспечение полного контроля перегрузок двигателя;

устранение рывков в приводном механизме, что повышает эксплуатационный срок всего оборудования;

устранение гидравлических ударов в трубопроводах при запуске насосных агрегатов;

управление остановкой электродвигателя в заданный момент времени;

при отключении в аварийной ситуации такое устройство обеспечивает предельное быстродействие.

Устройства плавного пуска электродвигателей просты в устройстве, монтаже и эксплуатации.

При выборе устройства плавного пуска необходимо учитывать следующее:

1. Ток электродвигателя. Необходимо выбирать устройство плавного пуска по полному току нагрузки двигателя, который не должен превышать ток предельной нагрузки устройства плавного пуска.

2. Максимальное число запусков в час. Обычно оно ограничено софтстартером. Необходимо, что-бы количество запусков в час электродвигателя не превышало этот параметр.

3. Напряжение сети. Каждое устройство плавного пуска рассчитано на работу при определенном напряжении. Напряжение сети питания должно соответствовать паспортному значению софтстартера.

Существует несколько режимов работы устройства плавного пуска:

1. Нормальный. При таком режиме время пуска колеблется в пределах 10 – 20 секунд, требуемое значение пускового тока составляет не более $3,5 \times I_{\text{ном}}$.

2. Тяжелый. Время пуска составляет около 30 секунд. Режим отличается нагрузкой, которая имеет большее значение момента инерции; требуемое количество пускового тока — не более $4,5 \times I_{\text{ном}}$.

3. Самый тяжелый. Время разгона длительное, нагрузка характеризуется очень большим значением момента инерции, пусковой ток — до $5,5 \times I_{\text{ном}}$.

3.2 Электропривод дискового измельчителя с асинхронным двигателем

Из всех видов двигателей асинхронные двигатели получили наиболее широкое распространение в промышленности и продолжают вытеснять все больше и больше двигатели постоянного тока.

Асинхронные двигатели получили широкое распространение благодаря следующим своим качествам: дешевизне двигателя, простоте конструкции, надежности, высокому КПД. До настоящего времени асинхронные двигатели уступали место двигателям постоянного тока только в тех случаях, где требовалось плавное регулирование частоты вращения (строгальные станки, правильные машины, регулируемые главные приводы прокатных станов и т. п.), в электрическом транспорте и в приводах большой мощности повторно-кратковременного режима (реверсивные станы). Внедрение в промышленность регулируемых преобразователей частоты позволит, еще шире применять асинхронные двигатели.

Недостатками асинхронных двигателей являются:

- 1) Квадратичная зависимость момента от напряжения, при падении напряжения в сети сильно уменьшаются пусковой и критический моменты,
- 2) Опасность перегрева статора, особенно при повышениях напряжения сети, и ротора при понижении напряжения,

3) Малый воздушный зазор, несколько понижающий надежность двигателя,

4) Большие пусковые токи асинхронных двигателей. При пуске асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором ток статора больше номинального в 5 - 10 раз. Такие большие токи в статоре недопустимы по условиям динамических усилий в обмотках и нагрева обмоток. В асинхронных двигателях могут возникать переходные режимы с большими бросками тока не только при подключении двигателя к сети но и при его реверсе и торможении.

Для чего нужно ограничивать пусковой ток в обмотках статора асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.

Необходимость ограничения тока двигателей диктуется причинами электрического и механического характера. Причины электрического характера ограничения тока двигателей могут быть следующие:

1) Уменьшение толчков тока в сети. В некоторых случаях для крупных двигателей требуется ограничить пусковой ток до допускаемого для питающей системы.

2) Уменьшение электродинамических усилий в обмотках двигателя.

Уменьшение толчков тока в сети требуется обычно при пуске крупных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, если они получают питание от сравнительно маломощной питающей системы. Кроме того, для крупных двигателей заводы-изготовители машин не разрешают прямой пуск из-за чрезмерно больших электродинамических усилий в лобовых частях обмоток статора и ротора.

Причины механического характера ограничения момента двигателей

Причинами могут быть самыми разнообразными, например предотвращение поломки или быстрого изнашивания передач, соскальзывания ремней со шкивов, буксования колес подвижных тележек, больших ускорений или замедлений, недопустимых для оборудования или людей в различных средствах передвижения и т. д. Иногда требуется

уменьшить пусковой момент двигателей, даже небольших, для того чтобы смягчить удары в передачах и обеспечить плавное ускорение.

Во всех случаях, где условия работы не требуют форсированных ускорений или замедлений, желательно рассчитывать режимы на минимальные броски тока, а следовательно, и момента, сохраняя этим передачи механизма и двигатель.

Для ограничения тока применяются пусковые реакторы, резисторы и автотрансформаторы, а также современные электронные устройства -софт-стартеры (устройства плавного пуска двигателей).

Необходимо обратить внимание на то, что ограничение тока и момента с помощью устройств плавного пуска двигателей получается за счет усложнения схемы управления и удорожания установки, а потому должно применяться только там, где это обосновано.

Для устройств, эксплуатация которых предполагается при температуре не выше 40°C, при температуре от 40 до 50 необходимо выбирать УПП на один номинал старше, при температуре от 50 до 60 необходимо выбирать

3.3 Рабочие характеристики преобразователя частоты, устройства плавного пуска и электродвигателя измельчителя кормов

Преобразователи частоты имеют высокий КПД (η_{conv}), который естественным образом уменьшается, когда происходит снижение выходной мощности по отношению к номинальному значению. При работе УПП в установившемся режиме, то есть при активации байпаса, КПД устройств плавного пуска составляет практически 100 %. Следует отметить, что КПД устройств плавного пуска заметно снижается с увеличением количества пусков в час и сокращением интервалов рабочего времени, что обусловлено дополнительными потерями Джоуля при пуске и останове электродвигателя, а также работой тиристоров (рис. 3.1).

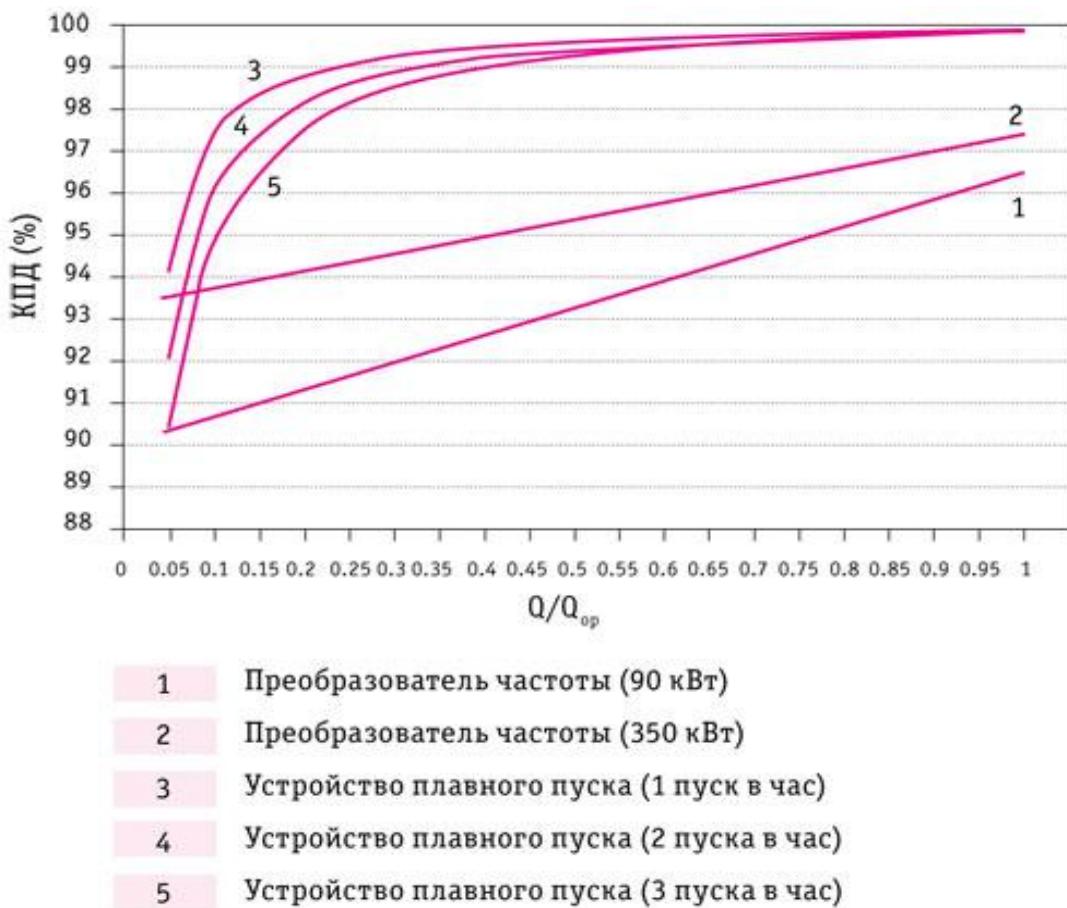


Рисунок 3.1 – Изменение электрического КПД (%) устройства плавного пуска и преобразователя частоты измельчителя кормов

Принятые недавно более строгие стандарты (классы IE) гарантируют повышенный КПД электродвигателя – при его работе под нагрузкой [3, 4] (рис. 4.6 и 4.7). На КПД электродвигателя (в строгой зависимости от класса) влияет использование либо преобразователя частоты, либо устройства плавного пуска: КПД снижается при питании от быстродействующего выходного инвертора ПЧ вследствие наличия гармонических искажений по току и напряжению, но не изменяется при питании от УПП после окончания переходного процесса разгона благодаря синусоидальной форме напряжения на выходе устройства.

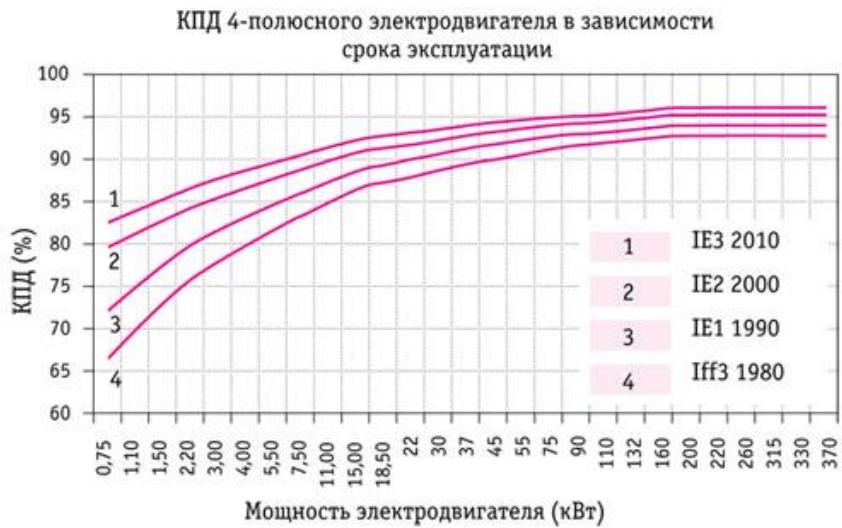


Рисунок 3.2 – Влияние класса энергоэффективности электродвигателя на КПД измельчителя

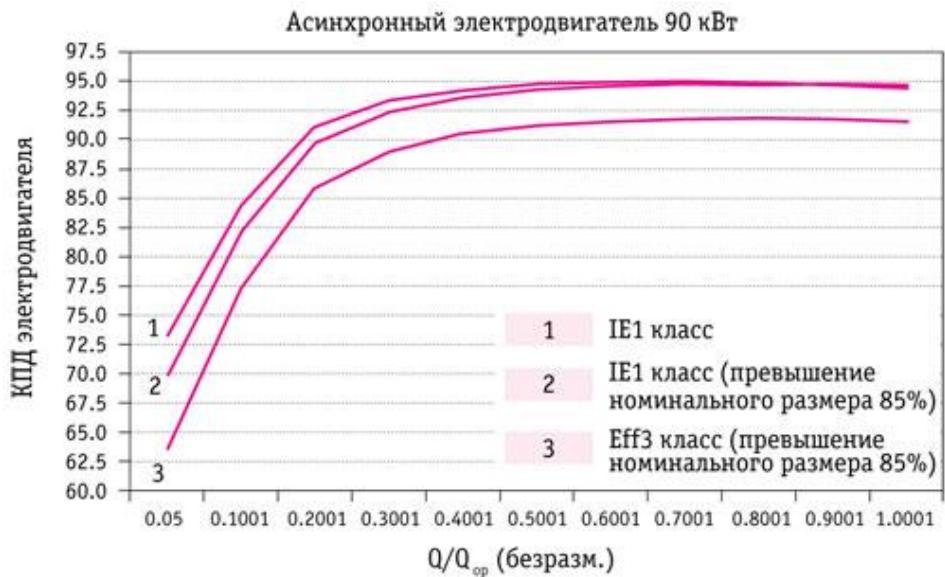


Рисунок 3.3 – Изменение КПД электродвигателя измельчителя с нагрузкой

Влияние изменения характеристик компонентов системы, класса энергоэффективности электродвигателя и гармонических потерь в реальной системе приведено в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Влияние большего типоразмера системы, класса электродвигателя и потерь от гармоник на потребление электроэнергии ($P_n = 90$ кВт – частота коммутации 4 кГц)

	Нагрузка (%)				
	5%	25%	50%	75%	100%
Снижение КПД (%), вызванное:					
1 – насосом большего типоразмера (на 15%)	-1,3	-3,8	-6,0	-4,5	-2,1
2 – электродвигателем увеличенного типоразмера (на 15%)	-3,2	-1,2	-0,4	-3,0	0,2
3 – классом энергoeffективности	-9,5	-3,4	-3,0	-3,0	-3,0
4 – потерями от гармоник	-7,0	-2,1	-2,4	-1,9	-1,3
Увеличение потребления энергии (%)	26,5	11,7	13,3	10,3	6,6

3.4 Экономия электроэнергии

Энергосбережение, достигнутое при использовании частотного и циклического управления в насосных системах 90 кВт, показано на рис. 4.8. В системах с преобладанием напора на преодоление трения (5 %) частотное управление обеспечивает более высокую экономию энергии практически во всем рабочем диапазоне (от 7 до 98 %) для обеих насосных систем. В случае насоса 90 кВт и в системе с преобладанием статического напора (50 %) циклическое управление является лучшим техническим решением по сравнению с использованием частотного преобразователя для всех рабочих точек. Преобразователь частоты обеспечивает чуть более высокую экономию энергии для насоса мощностью 350 кВт, но только в диапазоне от 75 до 92 % производительности насоса. При рассмотрении комбинированной гидравлической системы (25 %), управление посредством частотно-регулируемого привода позволяет получить более высокую экономию электроэнергии только для измельчителей с производительностью выше 28 % (для системы 90 кВт) и 24 % (для системы 350 кВт). В действительности, самая высокая экономия энергии при использовании частотного управления наблюдается в диапазоне производительности насоса от 15 до 20 %.

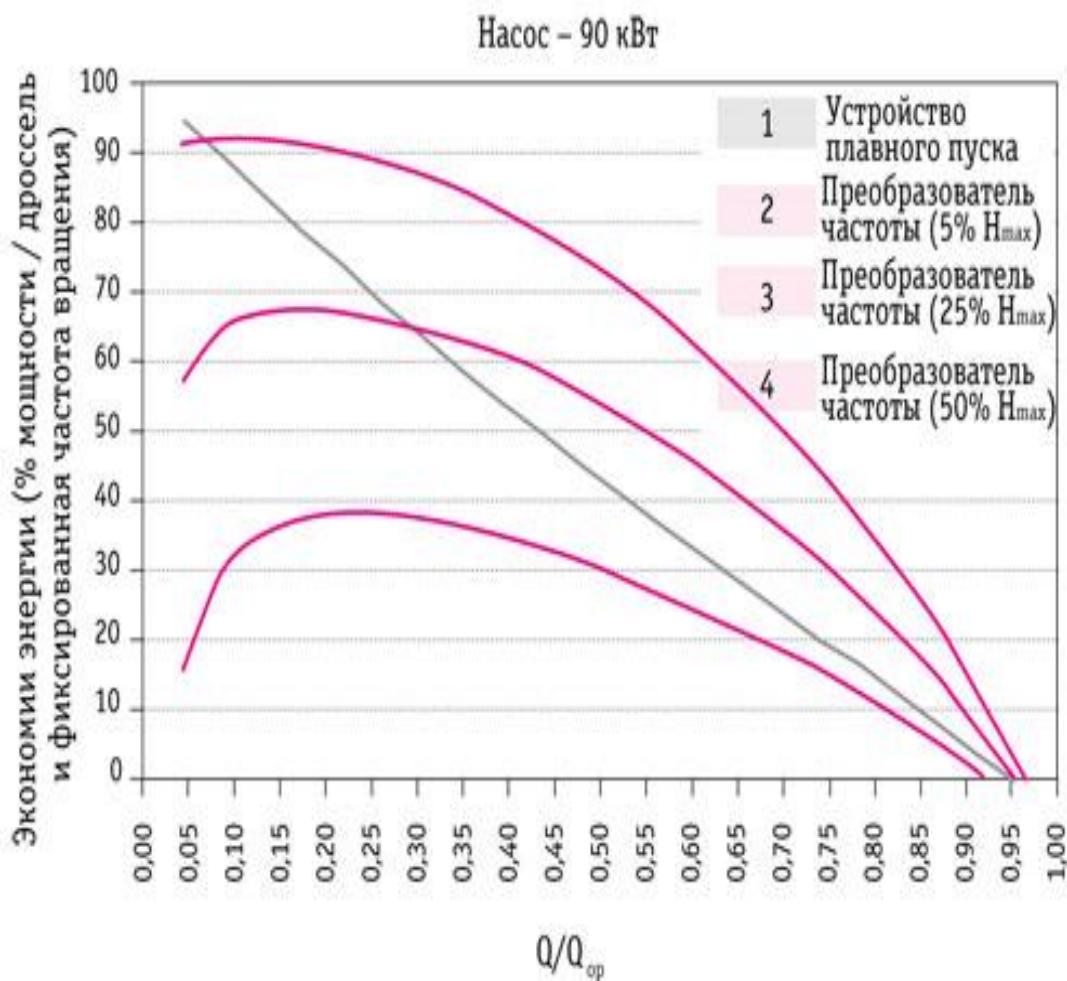


Рисунок 3.4 – Экономия энергии [%] при частотном и циклическом управлении для насоса 90 кВт

В отличие от преобразователей частоты, в которых присутствуют потери на полупроводниковых компонентах при номинальном режиме работы, устройства плавного пуска, в этом случае, работают через байпасный контактор, таким образом тиристоры не задействованы. И следовательно, нет дополнительных тепловых потерь.

3.5 Безопасность жизнедеятельности

Требования безопасности перед началом работы

1. Осмотреть, привести в порядок и надеть спецодежду и спецобувь. Волосы убрать под головной убор. Надеть каску.

2. В соответствии с нормами выдачи спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты машинисту пневмотранспортных установок выдаются:

Наименование средств индивидуальной защиты	Сроки носки
Костюм х/б пылезащитный	14 месяцев
Рукавицы комбинированные	3 месяца
Респиратор противопылевой	до износа
Каска противошумная	24 месяца
Очки защитные	до износа

Работодатель обязан заменить или отремонтировать спецодежду, спецобувь и другие средства индивидуальной защиты, пришедшие в негодность до истечения установленного срока носки по причинам, не зависящим от работника.

3. Перед началом работы машинист пневмотранспортных установок должен проверить:

соответствие записей в журнале приема-сдачи смены техническому состоянию оборудования и рабочего места;

наружным осмотром - герметичность приемных устройств, болтовых соединений, сварных швов сосудов и трубопроводов, находящихся под давлением;

отсутствие трещин, выпучин на стенках сосудов, а также исправность креплений люков;

наличие и исправность средств индивидуальной защиты (респиратор, защитные очки, рукавицы и пр.), наличие и комплектность аптечки доврачебной помощи;

наличие средств пожаротушения;

освещенность рабочего места, в первую очередь пусковых устройств, приводов, ограждений, натяжных устройств, лестниц, переходных мостиков и т.д. Неисправности в осветительной сети устраняет электромонтер;

4. Все обнаруженные при приеме смены неполадки и нарушения отразить в сменном журнале и сообщить мастеру.

5. Если время приема смены совпало с моментом аварии или недопустимого отклонения в режиме работы агрегата, смену необходимо принимать только с разрешения мастера, начальника смены или начальника цеха.

6. Осмотр состояния пневмокамерных насосов производить только при отключенных от питающей сети электродвигателях и вывешенных на пускателях плакатах "Не включать - работают люди!".

7. Перед пуском убедиться в отсутствии людей в рабочей зоне оборудования и дать предупредительный сигнал.

Требования безопасности во время работы

1. В течение смены необходимо следить за показаниями контрольно-измерительных приборов и электронных указателей пневмокамерных насосов. При обнаружении нарушений сообщить мастеру или начальнику смены и руководствоваться его указаниями.

2. Не допускать перегрузок и завалов пневмокамерных насосов.

3. При обслуживании пневмокамерных насосов запрещается:
работать без манометров, с неисправными манометрами, а также самостоятельно производить их замену;

производить работы на резервуарах и трубопроводах, находящихся под давлением;

открывать смотровые люки приемного бункера во время загрузки насоса материалом;

подтягивать болты фланцевых соединений;

производить регулировку и замену клапанов системы воздухораспределения, находящейся под давлением; работать без средств индивидуальной защиты;

4. Подтягивание болтовых соединений, ремонт трубопроводов производить после отключения рабочего воздуха и снятия давления.

5. Немедленно удалять пролитые масла. Место, залитое маслом, засыпать песком или опилками, а затем убрать с помощью скребка и метлы.

6. Измельчитель остановить при:
угрозе аварии или несчастного случая;
неисправности предохранительных клапанов, манометра, системы блокировки;

падении или повышении давления воздуха относительно установленных норм;
угрозе завала оборудования материалом.

7. Ремонтные или очистные работы внутри пневмокамерного насоса должны производиться по наряду-допуску.

8. Перед ремонтом или очисткой необходимо:
выработать материал из приемного бункера и насоса;
перекрыть подачу воздуха от магистрали;
закрыть шибер на тракте разгрузки цемента из мельницы в пневмокамерный насос;
открыть аспирационный клапан;
электродвигатель измельчителя отключить от питающей сети; на пусковые устройства, вывесить запрещающие знаки безопасности "Не включать - работают люди!".

9. Следить за сигналами, предупреждающими возникновение опасности, соблюдать меры личной безопасности.

Требования безопасности в аварийных ситуациях

1. В случае возникновения обстоятельств, указанных в п. 3.6, или при угрозе аварии необходимо остановить работу и сообщить об этом мастеру, начальнику смены или начальнику цеха.

2. В случае пожара необходимо остановить оборудование, полностью обесточить установку, вызвать пожарную охрану, сообщить мастеру или начальнику цеха, принять меры к тушению очага возгорания имеющимися средствами.

Требования безопасности по окончании работы

1. До окончания смены произвести уборку рабочего места. Запрещается протирать перильные ограждения, рабочие площадки, ступени лестниц ветошью, смоченной горюче-смазочными материалами, а также производить уборку с помощью сжатого воздуха.

2. Ручной инструмент и инвентарь привести в порядок, сложить в отведенном месте. Поврежденный в течение смены инструмент или инвентарь отремонтировать самостоятельно или сдать мастеру смены для ремонта.

3. Использованный обтирочный материал сложить в предназначенное место.

4. Ознакомить сменщика со всеми неполадками, имевшими место при эксплуатации оборудования в течение смены, произвести соответствующую запись в журнале приема-сдачи смен, доложить мастеру или начальнику цеха.

5. При неявке сменщика, доложить мастеру или начальнику смены и в дальнейшем руководствоваться его указаниями.

6. После окончания смены проверить состояние спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты. Чистка спецодежды легковоспламеняющимися растворителями запрещается. Поместить спецодежду, спецобувь и средства индивидуальной защиты в шкаф. Принять душ.

3.6 Экономическое обоснование разработки

Оценка технико-экономической эффективности применения устройства плавного пуска

В процессе технико-экономической оценки определяются следующие основные показатели:

1. Инвестиции (капитальные затраты), тыс. руб.;
2. Годовое сбережение от внедрения того или иного мероприятия, тыс. руб./год;
3. Срок окупаемости мероприятия;
4. Прибыльность мероприятия, т.е. сколько рублей прибыли мы получили на каждый вложенный рубль.

Инвестиции (I_0) включают в себя затраты, связанные с общими вложениями на внедрение энергосберегающего мероприятия или проекта. Они включают в себя следующие статьи затрат:

1. Проект;
2. Стоимость оборудования;
3. Стоимость материалов;
4. Монтаж и наладка;
5. Другие затраты;
6. Налоги.

Годовое чистое сбережение (B) – чистые ежегодные сбережения, получаемые после внедрения энергосберегающего мероприятия или проекта.

$$B = S \cdot E \quad (3.1)$$

где S – сбереженная за год энергия (электрическая, тепловая и т.д.), кВт·ч/год; E – стоимость единицы энергии, руб/кВт·ч.

Срок окупаемости (PB) – время, которое необходимо, чтобы инвестиции окупились:

$$PB = I_o / B \quad (3.2)$$

Исследования показывают, что многие энергосберегающие мероприятия, имеющие одинаковые, дают разную прибыль при их внедрении. Поэтому для распределения мероприятий по прибыльности необходимо определить коэффициент чистой прибыли.

Коэффициент чистой существующей прибыли ($NPVQ$) – отношение чистой существующей прибыли (NPV) к общим инвестициям (I_o):

$$NPVQ = NPBV / I_o \quad (3.3)$$

Наибольший $NPVQ$ указывает на наиболее прибыльное мероприятие.

Чистая существующая прибыль определяется по выражению:

$$NPV = B \cdot \left[- \left(1 + r \right)^n \right] - I_o \quad (3.4)$$

где r – реальная процентная ставка, n – экономический срок службы мероприятия.

Реальная процентная ставка определяется по выражению

$$r = n_r - b \quad (3.5)$$

где n_r – номинальная процентная ставка (соответствует заемной процентной ставке банка), b – уровень инфляции.

Требуется определить коэффициент чистой существующей прибыли от установки тепловой завесы.

Согласно сметной стоимости материалов и оборудования найдем капиталовложения для тепловой завесы по следующей формуле:

$$I = I_o + I_m + I_t \quad (3.6)$$

где I_o – оптовая цена оборудования, руб.;

I_m – затраты на монтаж и наладку оборудования, руб.;

I_t – транспортно-складские расходы и наценки снабженческих организаций, руб.;

Закупочная стоимость составляет 200000 руб. Устройство плавного пуска 90кВт 400В PST175-600-70 (1SFA894011R7000).

Затраты на монтаж УПП определяем по следующей формуле:

$$I_m = (0,2 \div 0,25) \cdot I_o \quad (3.7)$$

$$I_m = 0,2 \cdot 200000 = 40000 \text{ руб.}$$

Транспортно-складские затраты определяем по формуле:

$$I_t = (0,1 \div 0,12) \cdot I_o, \quad (3.8)$$

$$I_t = 0,1 \cdot 200000 = 20000 \text{ руб.}$$

Общие капиталовложения подсчитываются по формуле (3.6):

$$I = 200000 + 40000 + 20000 = 280000 \text{ руб.}$$

Годовое сбережение составит

$$\Sigma B \approx 130000 \text{ руб}$$

Принимаем $n = 2,2$ лет, $n_r = 25\%$, $b = 15\% /$

Реальная процентная ставка

$$r = 0,25 - 0,15 \cdot 0,15 = 0,087 = 8,7\%$$

Срок окупаемости

$$PB = 280000 / 130000 = 2,15 \text{ года}$$

Чистая существующая прибыль

$$NPV = 130000 \cdot \left[-0,087 + 0,087^{2,5} \right] - 280000 = 1282,4 \text{ руб.}$$

Коэффициент чистой существующей прибыли.

$$NPVQ = 1282,4 / 280000 = 0,005$$

Таким образом, выполненные расчеты показывают, что экономическая эффективность присутствует.

ВЫВОДЫ

В ходе выполнения дипломного проекта разработана схема электроснабжения телятника и автоматизирована система управления микроклиматом телятника.

Разработанный проект позволяет:

- оптимизировать расходы на содержание электрических сетей предприятия;
- автоматизировать систему защиты электропривода;
- оптимизировать процесс поддержания микроклимата за счет разработки системы автоматизации управления микроклиматом;
- полную защиту электродвигателей от перегрузок;
- обеспечивает сохранность поголовья телят за счет оптимизации микроклимата в помещении телятника;
- плавное регулирование скорости вращения электродвигателя практически от нуля до номинального значения при сохранении максимального момента на валу;
- уменьшение потребления электроэнергии;
- устранение пиковых нагрузок на электросеть и просадок напряжения в ней в момент пуска электропривода;
- увеличение срока службы электропривода и оборудования; повышение надежности, упрощение технического обслуживания;
- повышение качества выпускаемой продукции;
- снижение трудозатрат, повышение безопасности производства;
- снижение энергоемкости производства, улучшение экологической обстановки.

Сравнивая рассчитанные технико-экономические показатели можно сделать вывод, что проект является экономически выгодной.