

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

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

13.03.02. Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение
(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Реконструкция системы электроснабжения цехов №2002-2004 химического предприятия

Обучающийся

Д.А. Самарцев
(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., В.И. Платов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2025

Аннотация

Выпускная квалификационная работа состоит из 46 страниц, 9 рисунков, 11 таблиц, 20 источников.

Ключевые слова: реконструкция, электроснабжение, цех, химическое предприятие, электроприемник, нагрузка, потребитель, оборудование.

Выполняется разработка мероприятий по реконструкции системы электроснабжения цехов химического предприятия.

Актуальность темы работы обусловлена, в первую очередь, сильным устареванием почти всего установленного и работающего на данный момент электрооборудования системы электроснабжения. Нарастает число отказов оборудования, в связи с чем, приходится временно приостанавливать производство на отдельных участках, что приводит к выраженным финансовым и репутационным потерям для предприятия. Дальнейшая эксплуатация действующей системы электроснабжения создает повышенные профессиональные риски для людей, также затруднено снабжение расходными материалами и запасными частями к устаревшим маркам оборудования.

Содержание работы включает вопросы: общая характеристика производства, анализ действующей системы электроснабжения, предлагаемые мероприятия по реконструкции ; разработка мероприятий по реконструкции системы электроснабжения цехов.

Содержание

Введение.....	4
1 Общая характеристика производства, анализ действующей системы электроснабжения, предлагаемые мероприятия по реконструкции	7
2 Разработка мероприятий по реконструкции системы электроснабжения цехов	12
2.1 Расчет электрических нагрузок	12
2.2 Компенсация реактивной мощности, выбор трансформаторов, выбор подстанции.....	19
2.3 Расчет линии 10 кВ до подстанции, выбор кабелей.....	24
2.4 Расчет распределительной сети, выбор кабелей.....	26
2.5 Расчет токов короткого замыкания	29
2.6 Выбор автоматических выключателей	35
2.7 Выбор оборудования электрической сети производственного цеха № 2003	36
Заключение	43
Список используемых источников	45

Введение

Электроснабжение является одним из ключевых аспектов эффективного функционирования современных предприятий. От надежности и качества подачи электроэнергии напрямую зависит производительность оборудования, безопасность технологических процессов и экономическая эффективность организации.

Условно систему электроснабжения промышленных объектов (ЭСПО) делят на три основные части:

- внешнее электроснабжение – это высоковольтные сети и линии электропередачи напряжением от 35 до 220 кВ, связывающие трансформаторную подстанцию энергосистемы с основной подстанцией самого предприятия (например, главной понижающей подстанцией);
- внутреннее электроснабжение – включает главную приёмную подстанцию предприятия, цеховые подстанции и сеть внутренних электрических распределительных линий, размещённых на территории завода, эта система обеспечивает распределение электроэнергии между потребителями на заводской площадке через распределительные пункты и трансформаторные подстанции на уровне низкого напряжения (обычно 6-10 кВ);
- внутрицеховое электроснабжение – охватывает цеховые трансформаторные подстанции, внутренние распределительные сети, устройства подачи электричества (распределительные пункты, шинопроводы) и кабельные сети цехов.

Крупные производственные цеха – это ключевая единица промышленной инфраструктуры всех современных предприятий. На данных объектах установлены станки различных типов, автоматизированные технологические линии, сборочные конвейеры и другое промышленное оборудование для массового производства. Согласно специфике

производственных цепочек и технологических процессов, цеха, как правило, разделяются на отдельные группы, которые вместе с дополнительными вспомогательными производственными участками (ПУ) образуют производственные объекты – заводы, фабрики, технологические комплексы, производственные базы, промплощадки. Безопасное и надежное электроснабжение таких объектов – необходимое условие их ввода в эксплуатацию и эффективного функционирования. Размещенные на производственных участках электроприемники требуется обеспечивать надежным питанием электроэнергией в соответствии с актуальными нормативными и техническими документами по реализации систем электроснабжения и их электроустановок. Промышленные цеха и другие участки, в зависимости от величины суммарной электрической нагрузки, питаются от собственной трансформаторной подстанции (ТП) – при значительной суммарной нагрузке потребителей, либо, при малой нагрузке, от щита 0,4 кВ внутренней или внешней установки. Обычно питание ближайшей трансформаторной подстанции смежного цеха либо другого производственного сектора осуществляется от главной понижающей подстанции (ГПП). ГПП предназначена для приема электроэнергии от внешней энергетической системы, преобразования её до необходимого низкого уровня напряжения и последующего распределения через внутреннюю электросеть предприятия. Как правило, комплекс цехов совместно с дополнительными вспомогательными производствами подключены именно к такой главной подстанции [7].

Системы электроснабжения предприятий представляют собой сложную инфраструктуру, обеспечивающую бесперебойное и надежное получение электроэнергии, необходимой для функционирования производственных линий, офисного оборудования и вспомогательных систем. Эффективное электроснабжение входит в число ключевых элементов успешной деятельности любой организации, поскольку от его надежности зависит непрерывность производственных процессов, безопасность сотрудников и

экономическая стабильность бизнеса. Современные технологии направлены на создание «умных» электросетей, которые используют информационно-коммуникационные технологии для оптимизации распределения энергии.

Несмотря на свою относительно простую структуру по сравнению с общей энергосистемой страны (низкое напряжение, небольшая мощность и длина линий, отсутствие замкнутых контуров), система ЭСПО является достаточно сложной в отношении эффективного использования и трансформации электрической энергии для нужд технологического процесса промышленного производства. Приёмники электроэнергии являются неотъемлемой частью технических комплексов оборудования и существенно влияют на характеристики работы всей системы электроснабжения предприятия.

Актуальность темы работы обусловлена, в первую очередь, сильным устареванием почти всего установленного и работающего на данный момент электрооборудования (ЭО) системы электроснабжения (СЭС). Нарастает число отказов оборудования СЭС, в связи с чем, приходится временно приостанавливать производство на отдельных участках, что приводит к выраженным финансовым и репутационным потерям для предприятия. Дальнейшая эксплуатация действующей СЭС создает повышенные профессиональные риски для людей, также затруднено снабжение расходными материалами и запасными частями к устаревшим маркам оборудования.

Цель работы: безопасное и надежное электроснабжение группы цехов химического предприятия.

Задачи работы:

- рассчитать электрические нагрузки;
- рассчитать рабочие и аварийные режимы СЭС;
- выбрать основное оборудование СЭС, проверить его по техническим параметрам.

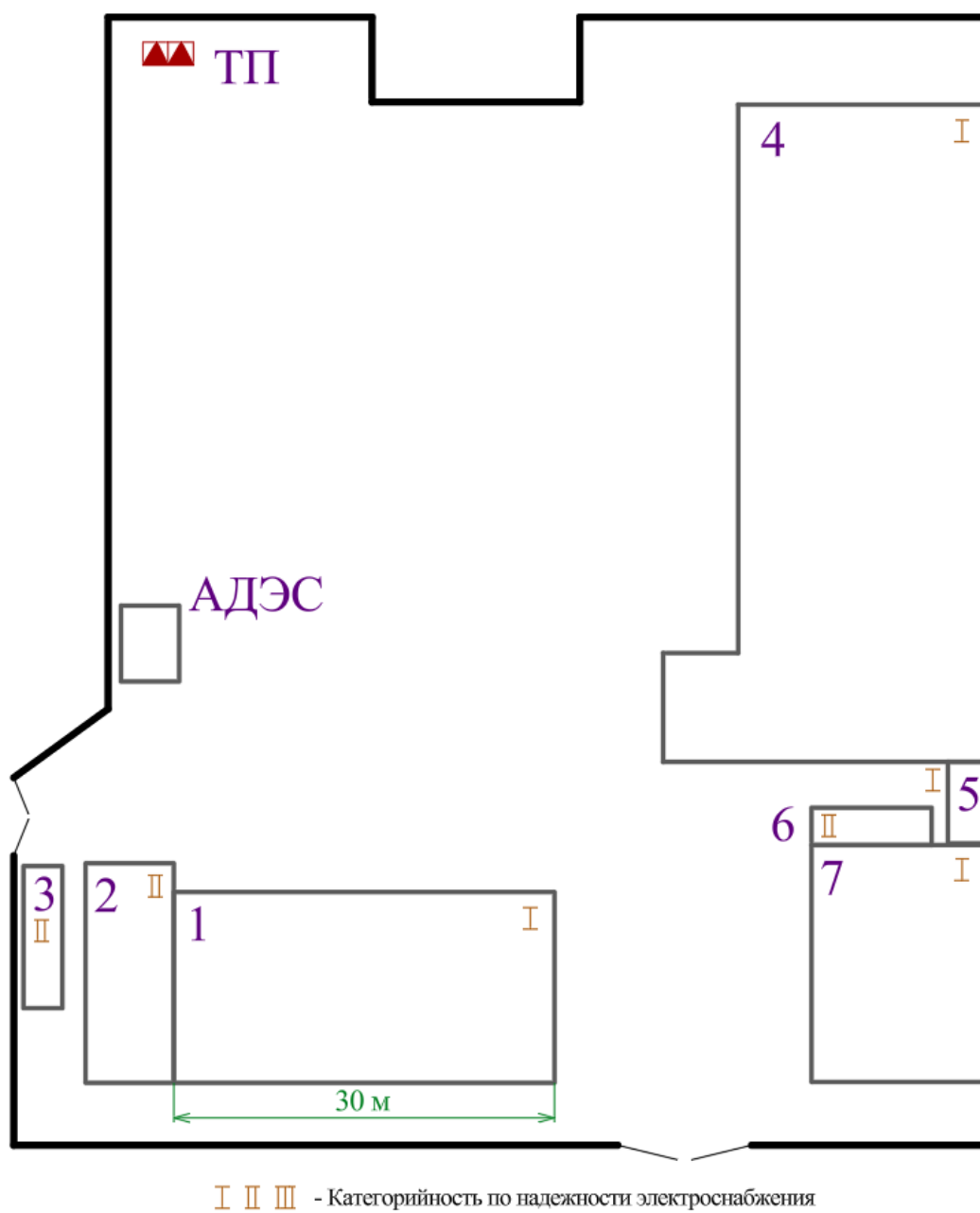
1 Общая характеристика производства, анализ действующей системы электроснабжения, предлагаемые мероприятия по реконструкции

Цеха по производству химических реагентов – это важное звено в цепочке химической промышленности, обеспечивающее создание веществ, необходимых для различных отраслей, таких как фармацевтика, сельское хозяйство, пищевая промышленность и многие другие. Химические реагенты играют ключевую роль в производственных процессах, используя для синтеза новых соединений, проведения аналитических исследований, а также в качестве катализаторов и вспомогательных веществ. Рассматриваемые цеха обеспечивают стабильное снабжение предприятия этими веществами.

Первая особенность функционирования СЭС предприятия заключается в теснейшей взаимосвязи производственных циклов, когда процесс выработки, передачи и потребления электроэнергии происходит почти одновременно и непрерывно. Вторая специфичная черта СЭС предприятия – высокая скорость прохождения переходных процессов. Электроэнергия распространяется за считанные миллисекунды, а такие события, как короткие замыкания, включения-выключения электрооборудования, изменения нагрузок происходят практически мгновенно. По причине стремительности происходящих изменений обязательно применение автоматических защитных устройств, основная задача которых обеспечить стабильное функционирование системы и бесперебойную подачу качественной электроэнергии конечным потребителям.

Дальнейшая эксплуатация действующей СЭС создает повышенные профессиональные риски для людей, также затруднено снабжение расходными материалами и запасными частями к устаревшим маркам оборудования. Требуется обеспечить надежное, безопасное и эффективное электроснабжение, для чего будет проводиться реконструкция СЭС.

«Генеральный план производственной базы с расположением цехов показан на рисунке 1.



АДЭС – автоматическая дизельная электростанция, ТП – трансформаторная подстанция

Рисунок 1 – Генеральный план производственной базы

На огороженной металлическим забором территории расположено 7 производственных участков.

Перечень производственных участков и данные по их электропотреблению (номинальные нагрузки потребителей, коэффициенты мощности и спроса нагрузок) приведен в таблице 1» [7].

Таблица 1 – Перечень производственных участков

Участки	№ на генплане	Категор. надежн. ЭСН	Р _{ном} , кВт	К _с	cosφ
Производственный цех № 2002	1	1	244,7	0,59	0,84
АБК	2	2	64,2	0,8	0,9
Склад	3	2	17,1	0,65	0,87
Производственный цех № 2003	4	1	см. таблицу 2		
Тепловой пункт	5	1	136,7	0,72	0,89
Хранилище	6	2	28,1	0,5	0,86
Производственный цех № 2004	7	1	32,1	0,61	0,88

Электроприемники производственного цеха № 2003 и их характеристики приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Электроприемники производственного цеха № 2003

Электроприемники	№ на плане цеха	Р _{уст} , кВт	К _и	cosφ
Холодильник низкотемпературный	1	2,2	0,5	0,79
Весы	2,3	0,006	0,7	0,92
Электроталь	4	1,5	0,35	0,8
Упаковочная установка	5,6,7	0,55	0,8	0,82
Азотная установка мембранная	8-13, 17-22	0,5	0,65	0,76
Азотный генератор	14,23	1,0	0,7	0,75
Азотная установка адсорбционная	15,24	6	0,6	0,84
Охлаждающая установка	16	5,5	0,9	0,86
Холодильник	25,26,27	24	0,81	0,83
Весы	28,29	0,025	0,5	0,92
Установки подготовки воздуха	30-33	2,5	0,8	0,89
Установка азотного пожаротушения	34	24	0,8	0,98

Продолжение таблицы 2

Электроприемники	№ на плане цеха	$P_{уст}$, кВт	$K_{и}$	$\cos\varphi$
Воздухоподогреватель	35	48	0,7	0,97
Стол для чистки мембран	36	0,55	0,75	0,72
Компрессор	37,38,39	22	0,8	0,98
Водонагреватель	40	50	0.9	1,0

План производственного цеха № 2003 показан на рисунке 2.

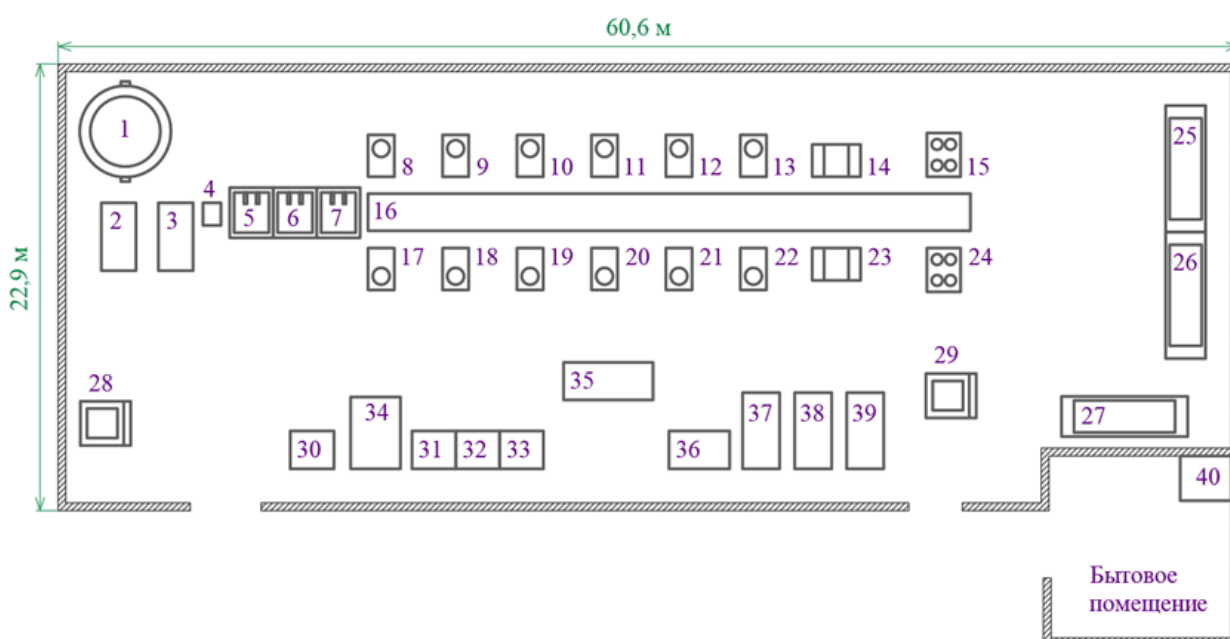


Рисунок 2 – План производственного цеха № 2003

Цех № 2003 специализируется на производстве азота высокой степени чистоты. Для этого в нем установлено современное оборудование по генерации и очистке данного газа, также имеется вспомогательное оборудование для обеспечения общего технологического процесса. Питание цеха выполнено по первой категории надежности согласно ПУЭ [11].

Действующая система электроснабжения цехов химического предприятия вызывает серьезные опасения и критику с точки зрения

технического состояния, реальное положение дел характеризуется рядом существенных недостатков, способных привести к необратимым последствиям для безопасности и эффективности работы производства. Во-первых, система электроснабжения устарела и не соответствует современным стандартам надежности. Используемое оборудование эксплуатируется на протяжении десятилетий без должных инвестиций в обновление, что приводит к частым поломкам и сбоям в работе. Перегрузки в сети, недостаток резервных мощностей и отсутствие современных систем мониторинга создают угрозу аварийных ситуаций, особенно в аварийных режимах работы цехов.

Увеличение потребления энергии, рост количества подключаемых нагрузок, расширение длины распределительных линий и постепенный износ электротехнического оснащения ведут к резким колебаниям напряжения, существенным энергетическим потерям и недостаточным показателям качества электроэнергии особенно у отдалённых потребителей. Такие отклонения ухудшают работоспособность электроприемников и наносят экономические убытки предприятию.

Действующая система освещения территории – современного типа, на основе автономных светодиодных светильников и не нуждается в реконструкции.

Предлагается заменить действующее оборудование СЭС современными аналогами, с упором на безопасность, надежность и энергосбережение. На ТП необходимо установить энергосберегающие трансформаторы и обеспечить компенсацию реактивной мощности, в цехах будут установлены светодиодные светильники.

Выводы по разделу 1. Приведена общая характеристика производства, приведены исходные данные для разработки СЭС. Проведен анализ ее текущего состояния и предложены мероприятия по реконструкции, действующее ЭО будет заменяться современными аналогами.

2 Разработка мероприятий по реконструкции системы электроснабжения цехов

2.1 Расчет электрических нагрузок

Расчет электрических нагрузок цеха № 2003.

«Энергоэффективная система освещения выполняется на основе светодиодных светильников и программируемых реле. Нормы освещенности принимаются согласно проектной документации. Освещение рассчитывается методом коэффициента использования светового потока.

Индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (1)$$

где A, B, h – длина, ширина и высота помещения, м.

$$i = \frac{60,4 \cdot 22,7}{6,2 \cdot (60,4 + 22,7)} = 2,66$$

Необходимый общий световой поток:

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{K_u}, \quad (2)$$

где E – нормируемая освещенность, лм;

S – площадь помещения, м²;

K_z, Z, K_u – коэффициенты запаса, минимальной освещенности, использования светового потока.

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1344,3 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{0,68} = 978571,3 \text{ лм.}$$

Необходимое число светильников:

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_c}, \quad (3)$$

где Φ_c – световой поток одного светильника, лм» [18].

Правильно подобранные источники света позволяют снизить энергетические затраты, обеспечить равномерное распределение света и сократить затраты на обслуживание [1]. Лампы накаливания характеризуются простотой конструкции и доступностью, однако имеют низкую энергоэффективность, высокий расход энергии и короткий срок службы. Люминесцентные источники света стали следующим этапом в развитии технологий освещения. Благодаря высокой энергоэффективности и значительно более длительному сроку службы, по сравнению с лампами накаливания, они получили широкое распространение [4]. Светоизлучающий диод (СИД), являющийся разновидностью полупроводникового прибора, преобразует электрическую энергию в некогерентный свет посредством инжекционной электролюминесценции. Полупроводники здесь обладают проводимостью, обусловленной добавлением специальных примесей. Белые светодиоды демонстрируют выдающиеся показатели светоотдачи среди лабораторных разработок, достигая значений свыше 250 люмен на ватт. Однако лучшие серийные образцы обеспечивают примерно 60–80 лм/Вт. Помимо высокой эффективности, СИД отличаются длительным сроком эксплуатации – порядка 50 тысяч часов работы при нормальном режиме функционирования. Они компактны, однако значительная доля потребляемой электроэнергии расходуется на выделение тепла. Для повышения надежности конструкций используют эффективные системы охлаждения, позволяющие повысить рабочие токи и яркость свечения.

Будут установлены светодиодные светильники.

«Для освещения основного участка принимаются светильники NT-PROM 300, мощность 300 Вт, световой поток 33200 лм.

$$N = \frac{978571,3}{33200} \approx 30 \text{ шт.}$$

Результаты выбора светильников – в таблице 3» [2].

Таблица 3 – Результаты выбора светильников для помещений цеха

Помещения	N, шт	Марка
Бытовое помещение	7	Вартон Olymр 100 Вт
Основной участок	30	NT-PROM 300

План системы освещения производственного цеха № 2003 после реконструкции представлен на листе 5 графической части.

«Силовые нагрузки определяются методом коэффициентов использования и расчетной мощности.

Среднесменные нагрузки:

$$P_c = K_u \cdot P_n, \quad (4)$$

где K_u – коэффициент использования нагрузки;

P_n – номинальная мощность ЭП, кВт.

$$Q_c = P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (5)$$

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2}. \quad (6)$$

Расчетная активная мощность:

$$P_p = P_c \cdot K_p, \quad (7)$$

где K_p – коэффициент расчетной нагрузки.

Расчетная реактивная мощность:

$$\text{при } n_{\text{э}} \leq 10: Q_p = 1,1 \cdot Q_c, \quad (8)$$

где $n_{\text{э}}$ – эффективное число ЭП, шт.

$$\text{при } n_{\text{э}} > 10: Q_p = Q_c, \quad (9)$$

$$n_{\text{э}} = \frac{(\sum P_n)^2}{\sum P_n^2}. \quad (10)$$

Нагрузка с повторно-кратковременным режимом работы (ПКР), при ее наличии, приводится длительному режиму работы:

$$P_n = P_n \cdot \sqrt{ПВ}, \quad (11)$$

где P_n – паспортная мощность, кВт;

$ПВ$ – продолжительность включения, о.е.» [9].

«Расчет для ЭП №1, по формулам (4-6):

$$P_c = 0,5 \cdot 2,2 = 1,1 \text{ кВт},$$

$$Q_c = 1,1 \cdot 0,776 = 0,854 \text{ квар},$$

$$S_c = \sqrt{1,1^2 + 0,854^2} = 1,392 \text{ кВА}.$$

Для узла нагрузки РП-1, групповой коэффициент использования ЭП:

$$K_u = \frac{\sum P_c}{\sum P_n}, \quad (12)$$

$$K_u = \frac{2,76}{4,81} = 0,574.$$

Расчетные нагрузки РП-1, по (6-8)» [9]:

$$P_p = 2,76 \cdot 1,52 = 4,196 \text{ кВт},$$

$$Q_p = 1,1 \cdot 2,027 = 2,23 \text{ квар},$$

$$S_p = \sqrt{4,196^2 + 2,23^2} = 4,751 \text{ кВА}.$$

Расчеты для остальных ЭП и РП сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты расчета силовых нагрузок цеха № 2003

№ ЭП (РП)	Сменная нагрузка			Расчетная нагрузка		
	Рс, кВА	Qс, квар	Sc, кВА	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА
1	1,1	0,854	1,392	-		
2	0,004	0,002	0,005			
3						
4	0,332	0,249	0,415			
5	0,44	0,307	0,537			
6						
7						
ΣРП-1	2,76	2,027	3,426	4,196	2,23	4,751
8	0,325	0,278	0,428	-		
9						
10						
11						
12						
13						
14	0,7	0,617	0,933			
15	3,6	2,325	4,286			
16	4,95	2,937	5,756			
ΣРП-2	11,2	7,547	13,541	14,224	8,302	16,47

Продолжение таблицы 4

№ ЭП (РП)	Сменная нагрузка			Расчетная нагрузка		
	Рс, кВА	Qс, квар	Sc, кВА	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА
17	0,325	0,278	0,428	-		
18						
19						
20						
21						
22						
23	0,7	0,617	0,933	-		
24	3,6	2,325	4,286			
ΣРП-3	6,25	4,61	7,785	8,813	5,071	10,168
25	19,44	13,064	23,422	-		
26						
27						
40	45	0	45			
ΣРП-4	103,320	39,191	115,265	113,652	43,11	121,554
28	0,013	0,005	0,014	-		
30	2	1,025	2,247			
31						
32						
33						
34	19,2	3,899	19,592			
ΣРП-5	27,213	8,003	28,594	31,022	8,803	32,247
29	0,013	0,005	0,014	-		
35	33,6	8,421	34,639			
36	0,413	0,176	0,448			
37	17,6	3,574	17,959			
38						
39						
ΣРП-6	86,825	19,324	88,979	105,058	21,256	107,187
Итого				276,965	88,773	292,376

Итого нагрузки цеха № 2003, с освещением:

$$P_{po} = (30 \cdot 0,3 + 7 \cdot 0,1) + 276,965 = 286,665 \text{ кВт},$$

$$Q_{po} = (30 \cdot 0,3 + 7 \cdot 0,1) \cdot 0,88 + 88,773 = 97,328 \text{ квар},$$

$$S_{po} = \sqrt{286,665^2 + 97,328^2} = 302,736 \text{ кВА}.$$

Далее проводится расчет электрических нагрузок производственного комплекса.

«Формулы для расчета среднесменных активных, реактивных и полных нагрузок участков:

$$P_c = K_c \cdot P_{ном}, \quad (13)$$

где K_c – коэффициент спроса нагрузки;

$P_{ном}$ – номинальная нагрузка, кВт.

$$Q_c = P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (14)$$

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2}. \quad (15)$$

Расчетный коэффициент мощности (тангенс угла φ):

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\cos \varphi} \quad (16)$$

Нагрузки цеха №1, по (13-16):

$$P_c = 0,59 \cdot 244,7 = 144,37 \text{ кВт},$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sqrt{1 - 0,84^2}}{0,84} = 0,65,$$

$$Q_c = 144,37 \cdot 0,65 = 93,26 \text{ квар},$$

$$S_c = \sqrt{144,37^2 + 93,26^2} = 171,87 \text{ кВА}.$$

Нагрузки ТП рассчитаны в таблице 5» [13].

Таблица 5 – Расчет нагрузок ТП

№ на генплане	Участки	Р _н , кВт	cosφ	tgφ	Среднесменные нагрузки		
					Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА
1	Производственный цех № 2002	244,7	0,84	0,65	144,37	93,26	171,87
2	АБК	64,2	0,9	0,48	51,36	24,87	57,07
3	Склад	17,1	0,87	0,57	11,12	6,30	12,78
4	Производственный цех № 2003	-	-	-	286,67	97,33	302,74
5	Тепловой пункт	136,7	0,89	0,51	98,42	50,42	110,59
6	Хранилище	28,1	0,86	0,59	14,05	8,34	16,34
7	Производственный цех № 2004	32,1	0,88	0,54	19,58	10,57	22,25
Всего		522,9	0,91	0,47	625,57	291,09	689,98

Действующая система освещения территории – современного типа, на основе автономных светодиодных светильников и не нуждается в реконструкции. «Освещение территории выполнено светодиодным автономным, поэтому данная нагрузка не учитывается» [18].

2.2 Компенсация реактивной мощности, выбор трансформаторов, выбор подстанции

В последние годы промышленность существенно продвинулась вперед благодаря широкому применению высокоэффективных электроустройств и автоматизированных технологий, что обеспечило значительный прирост продуктивности различных отраслей экономики. Сейчас ключевое значение приобретает стабильность работы энергетических систем, гарантирующая бесперебойное функционирование заводов и предотвращающая потери вследствие остановки оборудования. Достигается это путем оптимального потребления энергии и повышения эффективности энергопотребления на предприятиях. Компенсация реактивной мощности является важным аспектом в сфере электроэнергетики, поскольку она напрямую влияет на эффективность работы энергосистем, снижает потери в распределительных сетях и позволяет оптимизировать эксплуатационные затраты [6]. Реактивная

мощность, возникающая в электрических цепях из-за индуктивных и емкостных нагрузок, не выполняет полезной работы, но оказывает существенное влияние на работу оборудования и на эффективность передачи энергии. Одной из наиболее значимых проблем в распределении электроэнергии является влияние реактивной мощности на коэффициент мощности системы [16].

«Требуемая для компенсации реактивная нагрузка:

$$Q_{к.у.} = 0.9 \cdot P_p \cdot (tg\varphi - tg\varphi_k), \quad (17)$$

где P_p – нагрузка, кВт;

$tg\varphi$ – тангенс угла φ до КРМ;

$tg\varphi_k$ – нормативный тангенс угла φ .

$$Q_{к.у.} = 0,9 \cdot 625,57 \cdot (0,47 - 0,33) = 76,2 \text{ квар.}$$

На шинах НН подстанции будет установлено две установки АУКРМ по 40 квар» [3]. КРМ рассчитана в таблице 6.

Таблица 6 – Компенсация реактивной мощности

Показатели	cosφ	tgφ	Pp, кВт	Qp, квар	Sp, кВА
Всего на НН	0,91	0,47	625,57	291,09	689,98
КУ, квар	-	-	-	80	-
Всего на НН с КУ	0,95	0,34	625,57	211,09	660,22
Потери	-	-	13,20	66,02	-
Всего на ВН с КУ	-	-	638,77	277,11	696,29

«Потери в трансформаторах:

$$\Delta P_m \approx 0,02 \cdot S_p, \quad (18)$$

$$\Delta P_m \approx 0,02 \cdot 660,22 = 13,2 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_m \approx 0,1 \cdot S_p, \quad (19)$$

$$\Delta Q_m \approx 0,1 \cdot 660,22 = 66,02 \text{ квар}.$$

Нагрузка ТП по стороне ВН, по (6):

$$S'_p = \sqrt{(625,57 + 13,2)^2 + (211,09 + 66,02)^2} = 696,29 \text{ кВА}$$

Внешний вид установки АУКРМ показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – Установка АУКРМ

Необходимая мощность трансформаторов:

$$S_m \geq K_{з.н.} \cdot S_{p.к.}, \quad (20)$$

где $K_{з.н.}$ – нормативный коэффициент загрузки;

$S_{p.к.}$ – нагрузка, кВА» [20].

$$S_m \geq 0,7 \cdot 660,22 = 462 \text{ кВА.}$$

«Принимается два энергоэффективных трансформатора марки ТМГ12-630-10/0,4, которые представляют собой трёхфазные масляные трансформаторы, разработанные для преобразования электроэнергии в сетях энергосистем и потребителей» [12].

Внешний вид трансформатора ТМГ12-630 показан на рисунке 4.



Рисунок 4 – Трансформатор ТМГ12-630

Потери электрической энергии в распределительных трансформаторах занимают существенную долю среди всех потерь в сетях электропередачи и распределения. Исследования электрических сетей показали, что потери именно в распределительных трансформаторах достигают свыше 30% общего объема потерь, тогда как доля потерь в силовых трансформаторах

подстанций энергосистем составляет лишь около 2%. Учитывая большое число установленных распределительных трансформаторов в энергетических системах и продолжительный период эксплуатации каждого устройства, уменьшение потерь в этой категории оборудования становится значимым фактором повышения энергоэффективности. Трансформаторы силовые серии ТМГ12 заслуженно занимают своё место среди основных компонентов современной электроэнергетики. Благодаря своим конструктивным особенностям, высокой надёжности и технологической гибкости, данные устройства находят применение в различных отраслях промышленности и энергетики. Они обеспечивают эффективное преобразование и распределение электроэнергии, что позволяет оптимизировать работу сетей и повысить безопасность эксплуатации оборудования. Основной особенностью трансформаторов ТМГ12 является их конструкция, которая позволяет адаптировать устройство под конкретные требования эксплуатации [10]. Использование новейших материалов в обмотках и магнитопроводах снижает тепловыделение и повышает надёжность работы устройств в любых погодных условиях [14]. Всё это играет ключевую роль в свете возрастающих стандартов энергосбережения и экологичности электросетей.

«Коэффициент загрузки трансформатора в аварийном режиме:

$$K_{з.ав.} = \frac{S_{p.к.}}{S_m}, \quad (21)$$

где S_m – номинальная мощность, кВА.

$$K_{з.ав.} = \frac{660,22}{630} = 1,05 \leq 1,4.$$

Установка современной комплектной ТП марки 2КТПН-630/10/0,4 со штатным комплектом оборудования позволит сократить затраты на монтаж, установку и наладку» [5].

2.3 Расчет линии 10 кВ до подстанции, выбор кабелей

«Расчетный ток линии:

$$I_p = \frac{S'_p}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot n}, \quad (22)$$

где S'_p – нагрузка, кВА;

U_n – напряжение, кВ;

n – число цепей, шт.

$$I_p = \frac{696,29}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 20,1 \text{ А.}$$

Экономическое сечение жил:

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}}, \quad (23)$$

где $j_{\text{эк}}$ – экономическая плотность тока, А/мм²» [17].

$$F_{\text{эк}} = \frac{20,1}{1,4} = 12,6 \text{ мм}^2.$$

Выбирается кабель АПвП-3×16 мм².

«Аварийный ток линии, по (22):

$$I_{\text{ав}} = \frac{696,29}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 1} = 40,2 \text{ А.}$$

Допустимый ток кабеля:

$$I'_{\text{доп}} = I_{\text{доп}} \cdot K_{\text{пов}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{пон}}, \quad (24)$$

где $I_{\text{доп}}$ – паспортный ток, А;

$K_{\text{пов}}$, $K_{\text{ср}}$, $K_{\text{пон}}$ – коэффициенты недогруженности КЛ, среды и групповой прокладки» [8].

$$I'_{\text{доп}} = 75 \cdot 1,25 \cdot 1,08 \cdot 0,93 = 94,163 \text{ А} > I_{\text{ав}}$$

Внешний вид кабеля марки АПвП-3×16 показан на рисунке 5.

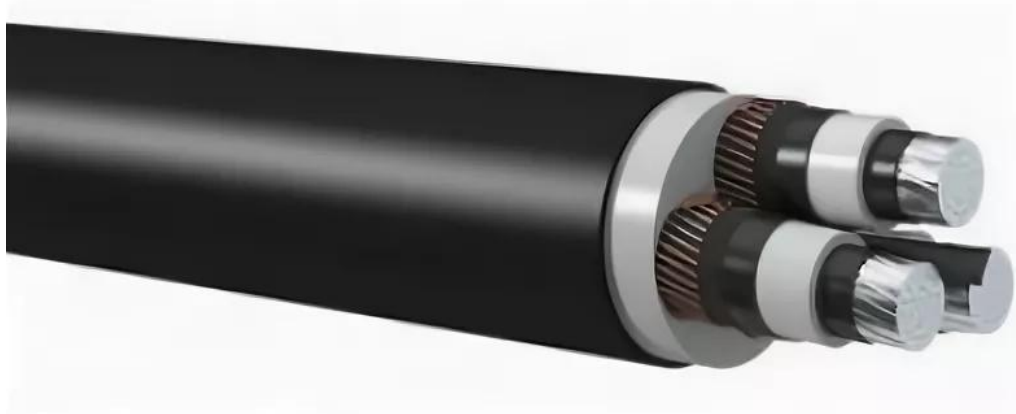


Рисунок 5 – Кабель марки АПвП-3×16

«Потери напряжения в линии:

$$\Delta U_{\text{л}} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot L \cdot 100}{U_{\text{н}}} (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi), \quad (25)$$

где I_p – максимальный ток КЛ, А;

L – длина КЛ, км;

r_0 , x_0 – удельные сопротивления кабеля, Ом/км.

$$\Delta U_{\text{л}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 40,2 \cdot 0,706 \cdot 100}{10} (1,94 \cdot 0,917 + 0,102 \cdot 0,398) = 0,14 \% < 5 \%$$

Потери напряжения – в рамках допустимых пределов» [7].

Кабели АПвП представляют собой один из важнейших элементов современной кабельной продукции, активно применяемый в системах электроэнергетики и силовых установках. Эти кабели, обладающие высокой механической и эксплуатационной надёжностью, находят применение в различных отраслях – от промышленного производства до инфраструктурных объектов городского хозяйства. Основной особенностью кабелей АПвП является их конструкция, сочетающая в себе высококачественную изоляцию, прочный защитный слой и устойчивость к механическим воздействиям, ее основные преимущества:

- повышенная пропускная способность кабеля достигается увеличением рабочей температуры жилы (нагрузочные токи возрастают на 15–30 % относительно кабелей с традиционной бумажной изоляцией);
- высокая термическая устойчивость изоляции при коротких замыканиях;
- отличные электроизоляционные показатели и малые диэлектрические потери;
- снижение веса и габаритов кабеля упрощает укладку даже на сложнопрофильных трассах;
- высокая влагостойкость избавляет от потребности в металлических оболочках;
- меньший минимальный радиус изгиба кабеля обеспечивает удобство монтажа.

2.4 Расчет распределительной сети, выбор кабелей

Действующая распределительная сеть (РС) выполнена по радиальной схеме, которая обеспечивает высокую надежность СЭС, точную и селективную работу защит линий, а также локальное отключение участков

СЭС по отдельным линиям при проведении ремонтных и прочих видов работ с электроустановками. Структура сети остается неизменной, так как она удовлетворяет всем эксплуатационным требованиям, это также укорит и удешевит реконструкцию. План прокладки кабелей показан на рисунке 6.

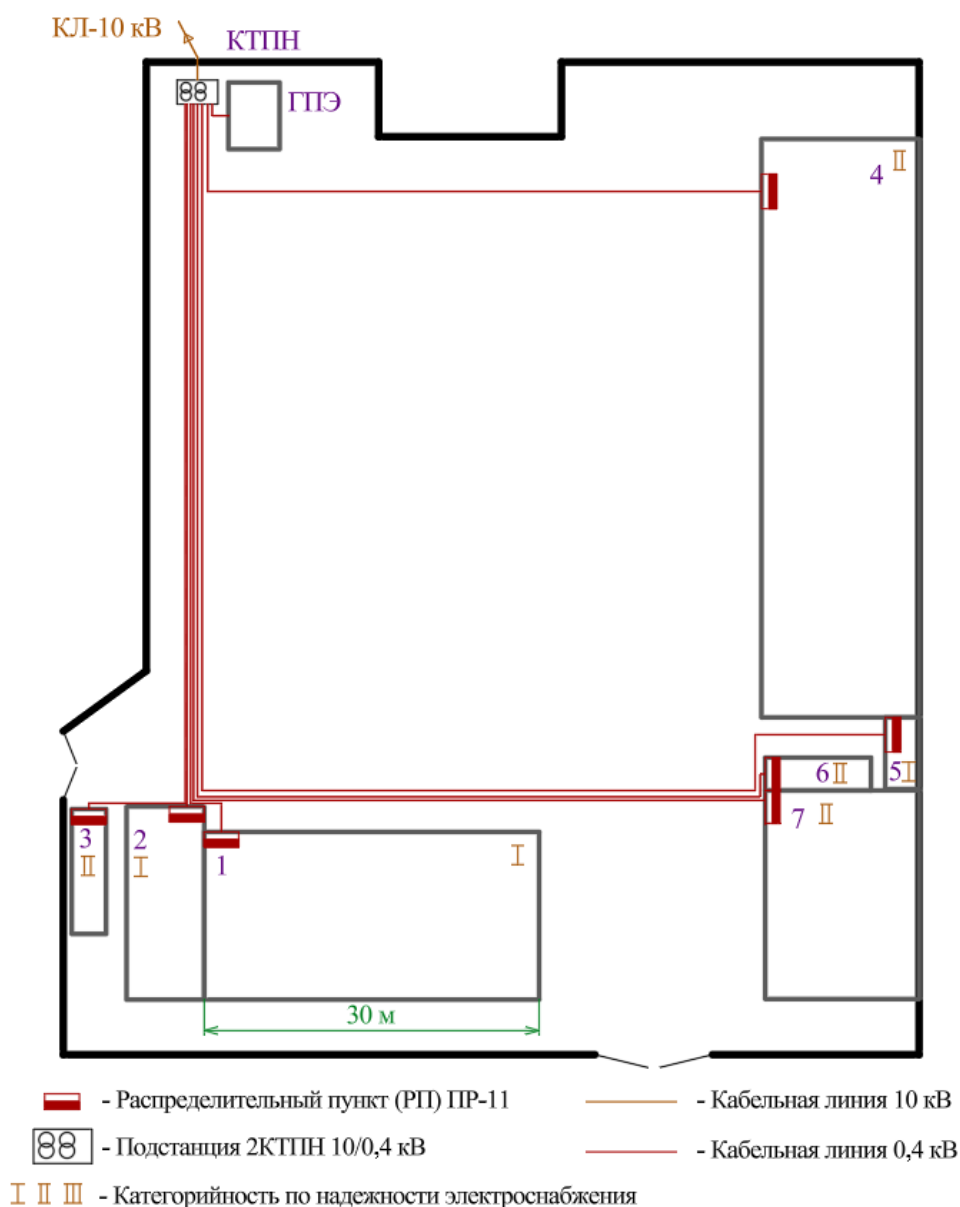


Рисунок 6 – План прокладки кабелей

АДЭС будет заменена на современную газопоршневую электростанцию (ГПЭ), которая будет перенесена ближе к ТП для удобства обслуживания и ремонта, а также сокращения потерь в линии до ТП.

«Для питания участков принимаются кабели марки АВБШв.

Расчет для КЛ до участка №1.

Максимальный ток линии:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (26)$$

где S_p – нагрузка, кВА;

U_n – напряжение, кВ» [8].

$$I_p = \frac{171,9}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 261,1 \text{ А}$$

Выбирается кабель АВБШв-3×95+1×50, $I_{\text{доп}} = 275 \text{ А}$ [19].

Потери напряжения, по (12):

$$\Delta U_n = \frac{\sqrt{3} \cdot 15,3 \cdot 8,9 \cdot 100}{0,38} (0,00749 \cdot 0,86 + 0 \cdot 0,307) = 0,2 \% < 5 \%$$

Кабели выбраны в таблице 7.

Таблица 7 – Выбор кабелей распределительной сети

№ участка	I_p , А	АВБШв, сечение жил, мм ²	$I_{\text{доп}}$, А	ΔU , %
1	261,1	3×95+1×50	275	0,55
2	86,7	4×16	90	0,92
3	19,4	4×4	34	0,34
4	460,0	3×240+1×120	465	0,45
5	168,0	3×70+1×35	200	0,82
6	24,8	4×4	34	0,70
7	33,8	4×4	34	0,94

Все кабели проходят проверку по токам и потерям напряжения.

2.5 Расчет токов короткого замыкания

Токи короткого замыкания (ТКЗ) – это критический параметр в электрических сетях, определяющий поведение системы при возникновении аварийных ситуаций. Короткое замыкание возникает, когда между фазами или между фазой и землей появляется ненормально низкое сопротивление, что приводит к резкому увеличению тока. Этот скачок тока может оказывать разрушительное воздействие на оборудование, создавая угрозу аварий и пожаров, а также негативно сказываясь на стабильности работы энергосистемы. Одной из главных задач при проектировании и эксплуатации электрических сетей является правильное определение величины токов короткого замыкания. Точный учёт этих величин необходим для грамотного подбора защитной аппаратуры и устройств коммутации, корректного задания уставок релейной защиты и автоматизированных систем управления, обеспечения безопасной работы электрооборудования и персонала в случае возникновения непредвиденных повреждений и неисправностей. Результаты расчета применяются для выбора электротехнических устройств, обладающих требуемой пропускной способностью и устойчивостью к электродинамическим воздействиям, а также позволяют определить параметры защитных реле, обеспечивающих оперативное и надёжное отключение поврежденных элементов энергосистемы.

Выбранные кабели системы электроснабжения необходимо проверить по термической устойчивости при КЗ, при необходимости следует принять кабели с большими сечениями жил (чтобы исключить перегрев и разрушение кабелей при КЗ). Кабели должны выдерживать все режимы КЗ без перегрева и разрушения изоляции.

«Расчетная схема и схема замещения для определения ТКЗ на шинах 10 кВ подстанции приведены на рисунке 7.

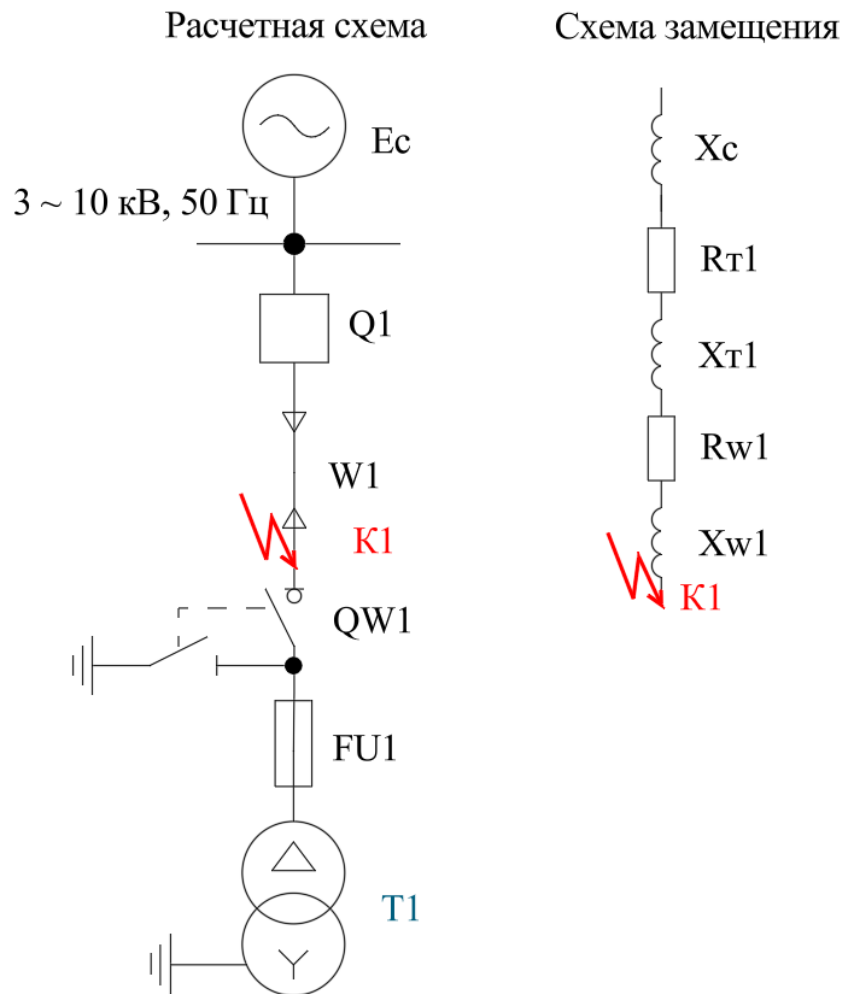


Рисунок 7 – Расчетная схема и схема замещения

Сопротивление системы:

$$X_c = \frac{U_K}{\sqrt{3} \cdot I_{K.З.ФВД}^{(3)}}, \quad (27)$$

где U_K – напряжение КЗ, кВ;

$I_{K.З.ФВД}^{(3)}$ – трехфазный ток КЗ на питающем фидере.

$$X_c = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 8,905} = 0,681 \text{ Ом.}$$

Сопротивления КЛ 10 кВ:

$$X_{w1} = x_0 \cdot L_{w1}, \quad (28)$$

где L_{w1} – длина КЛ, км.

$$X_{w1} = 0,102 \cdot 0,706 = 0,072 \text{ Ом},$$

$$R_{w1} = r_0 \cdot L_{w1}, \quad (29)$$

$$R'_{w1} = 1,94 \cdot 0,706 = 1,37 \text{ Ом}.$$

Полное сопротивление до точки К1» [7]:

$$Z_{\kappa 1} = \sqrt{R_{\kappa 1}^2 + X_{\kappa 1}^2}, \quad (30)$$

$$Z_{\kappa 1} = \sqrt{1,37^2 + (0,981 + 0,072)^2} = 1,563 \text{ Ом}.$$

«Трехфазный ток КЗ:

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{U_{\kappa}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\kappa}}, \quad (31)$$

где U_{κ} – напряжение КЗ, кВ;

Z_{κ} – полное сопротивление цепи, Ом.

$$I_{\kappa 1}^{(3)} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,563} = 3,88 \text{ кА}.$$

Ударный ток КЗ:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{\kappa}^{(3)}, \quad (32)$$

где K_y – ударный коэффициент» [7].

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 3,88 = 9,87 \text{ кА.}$$

«Двухфазный ток КЗ:

$$I_{\kappa}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\kappa}^{(3)}, \quad (33)$$

$$I_{\kappa}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 3,88 = 3,36 \text{ кА.}$$

Расчет на шинах 0,4 кВ ТП.

Расчетные схемы – на рисунке 8.

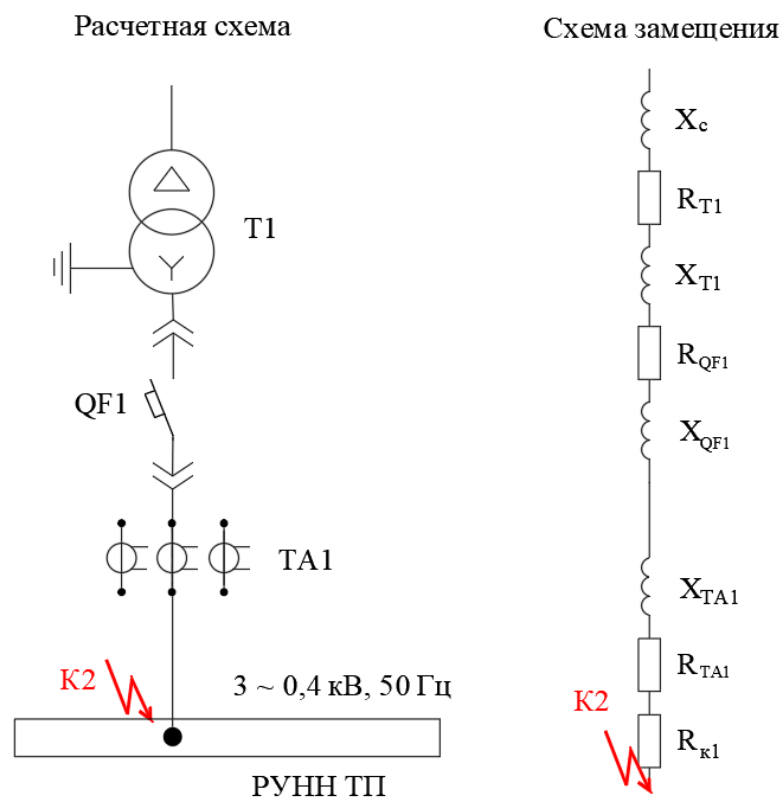


Рисунок 8 – Расчетная схема и схема замещения

Сопротивление системы:

$$X'_c = \frac{U_K}{\sqrt{3} \cdot I_{K.3.K1}^{(3)}}, \quad (34)$$

где U_K – напряжение КЗ, кВ;

$I_{K.3.K1}^{(3)}$ – трехфазный ток КЗ на стороне 10 кВ ТП, кА» [7].

$$X'_c = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 3,88} = 1,563 \text{ Ом.}$$

«Сопротивление приводится к 0,4 кВ:

$$X_c = X'_c \cdot \frac{U_{HH}}{U_{BH}}, \quad (35)$$

$$X_c = 1563 \cdot \frac{0,4}{10,5} = 59,538 \text{ мОм.}$$

Переходное сопротивление: $R_{K1} = 0,0034 \text{ мОм.}$

Эквивалентные сопротивления участка:

$$R_{\Sigma 1} = R_{T1} + R_{QF1} + R_{TA1} + R_{K1}, \quad (36)$$

$$R_{\Sigma 1} = 3,1 + 0,6 + 0,07 + 0,0034 = 3,23 \text{ мОм,}$$

$$X_{\Sigma 1} = X_m + X_{QF1} + X_{TA1}, \quad (37)$$

$$X_{\Sigma 1} = 13,6 + 0,07 + 0,12 = 13,79 \text{ мОм.}$$

Сопротивления до точки КЗ:

$$R_{K1} = R_{\Sigma 1}, \quad (38)$$

$$R_{K1} = 3,23 \text{ мОм,}$$

$$X_{K1} = X_c + X_{\Sigma 1}, \quad (39)$$

$$X_{\kappa 1} = 59,538 + 13,79 = 73,328 \text{ мОм},$$

$$Z_{\kappa 1} = \sqrt{3,23^2 + 73,328^2} = 73,4 \text{ мОм}.$$

Трехфазный и ударный токи КЗ в точке К1, по (18,19):

$$I_{\kappa 1}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 73,4} = 3,15 \text{ кА},$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,3 \cdot 3,15 = 5,78 \text{ кА}.$$

Результаты расчетов приведены в таблице 8» [7].

Таблица 8 – Токи КЗ, результаты расчетов

Точка КЗ	$I_{\kappa}^{(3)}$, кА	i_y , кА
К1	3,88	9,87
К2	3,15	5,78

«Термически стойкое сечение жил кабелей:

$$F_T = I_K^{(3)} \cdot \sqrt{t_3} / K_T, \quad (40)$$

где t_3 – время срабатывания защиты, с;

K_T – температурный коэффициент.

$$F_T = 3880 \cdot \sqrt{0,025} / 95 = 6,46 \text{ мм}^2,$$

$$F_T = 3150 \cdot \sqrt{0,01} / 95 = 3,3 \text{ мм}^2.$$

Все выбранные кабели термически устойчивы» [5].

2.6 Выбор автоматических выключателей

Автоматические выключатели (АВ) предназначены для автоматического размыкания электрических цепей при возникновении короткого замыкания или иных аварийных ситуаций (таких как перегрузки, исчезновение напряжения). Эти устройства выполняют ещё и функцию редкого ручного управления – включения/отключения нагрузок. Образующаяся электрическая дуга гасится самостоятельно в обычной воздушной атмосфере, без привлечения специализированных газов или жидких сред. Выпускаются автоматические выключатели с количеством полюсов от одного до четырех, выдерживающие номинальный ток до 6000 А при переменном напряжении до 660 В и постоянном до 1000 В. Их предельный разрывной показатель составляет около 200-300 тыс. ампер. В случае аварии устройство мгновенно отключает сразу три фазы. Такая высокая скорость реагирования критически важна для современных энергетических сетей, поскольку малейшая задержка способна вызвать серьезные поломки оборудования и крупные аварии. По своей конструкции автоматические выключатели являются сложными устройствами, объединяющими высокочувствительные электромеханические элементы и электронную начинку. В новых моделях предусмотрены датчики, схемы автоматического мониторинга и функции удаленного управления. Благодаря этому обеспечивается своевременное выявление повреждений и интеграция автоматов защиты в единые диспетчерские системы различных объектов. Минимальное значение тока, которое вызывает отключение автомата, обозначается термином «ток трогания». Настройка данного значения на устройстве именуется «уставка».

«Условия выбора автоматических выключателей:

– по напряжению:

$$U_{ном} > U_c, \quad (41)$$

– по току теплового расцепителя» [15]:

$$I_{m.p.} > 1,1 \cdot I_p, \quad (42)$$

Для линии к участку №1:

$$I_{m.p.} > 1,1 \cdot 261,1 = 287,3 \text{ А.}$$

Принимается автомат ВА-52-39/320, выбор АВ сведен в таблице 9.

Таблица 9 – Выбор автоматических выключателей

№ участка	$1,1 \cdot I_p, \text{А}$	Авт. выкл.	$I_{ном}, \text{А}$
1	287,3	ВА-52-39	320
2	95,4	ВА-51-35	100
3	21,4	ВА-51-25	25
4	506,0	ВА-52-39	630
5	184,8		250
6	27,3	ВА-51-35	32
7	37,2		40

Автоматические выключатели серии ВА – это современные защитные аппараты отечественного производства, отличаются хорошими техническими характеристиками и относительно низкой ценой.

2.7 Выбор оборудования электрической сети производственного цеха № 2003

Внутреннее электроснабжение цеха выполняется по радиальной схеме питания электроприемников от цеховой ТП, рисунок 9.

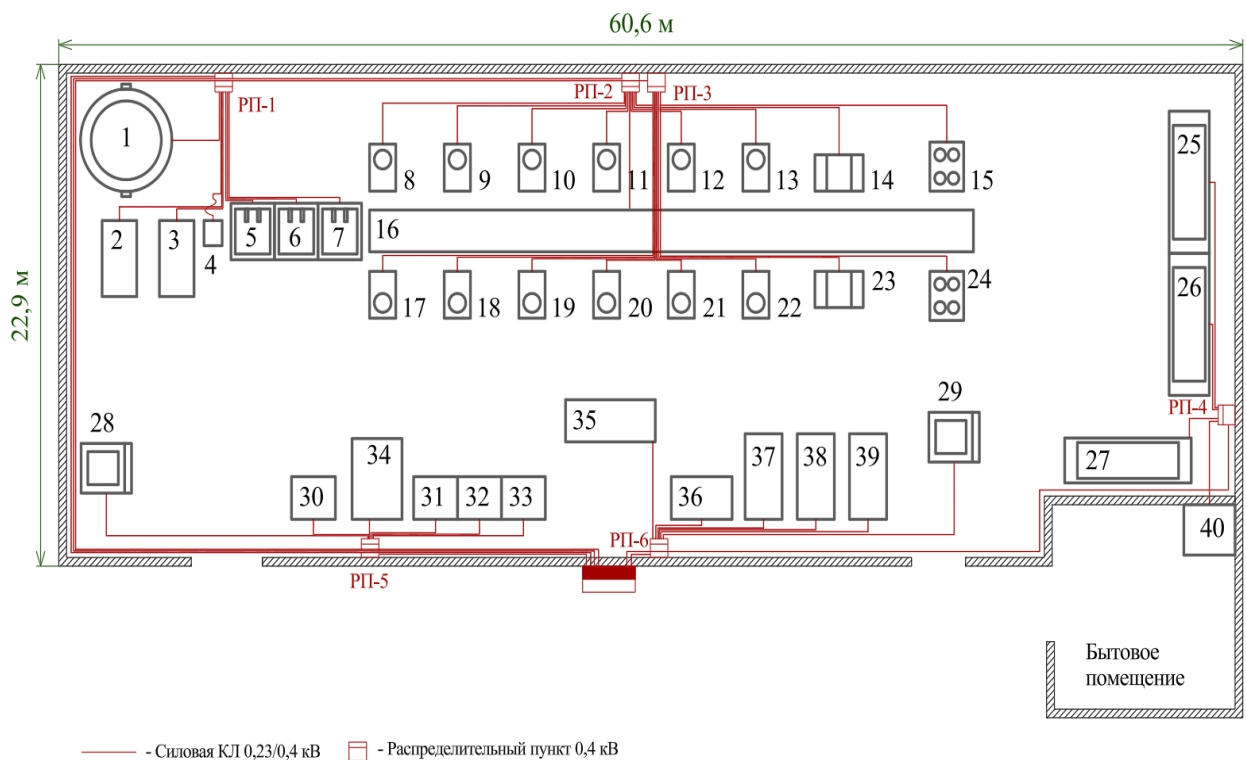


Рисунок 9 – План силовой сети цеха

«Радиальная схема внутреннего электроснабжения цеха обеспечит повышенную надежность питания электроприемников, точную и селективную работу аппаратов защиты линий питания. Также будет обеспечена возможность индивидуального отключения участков сети по отдельным электроприемникам, что обеспечит их удобный вывод в ремонт, без остановки общего производственного процесса.

Линии питания электроприемников выполняются кабелем АВВГнг-LS, проложенными в защитных коробах в полу помещения.

Выбор кабелей и автоматических выключателей для линии до электроприемника №1.

Наибольший ток линии:

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi}, \quad (43)$$

где P_n – номинальная активная нагрузка, кВА;

U_n – напряжение линии, кВ.

$$I_p = \frac{2,2}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,79} = 4,02 \text{ А}$$

Выбирается кабель АВВГнг-LS -5×2,5, $I_{\text{доп}} = 18 \text{ А}$.

При расчете потерь напряжения в сети до 1 кВ индуктивным сопротивлением проводов можно пренебречь ввиду его очень малого значения» [15]. По формуле (22):

$$\Delta U_{\text{л}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 4,02 \cdot 4,63 \cdot 100}{0,38} (0,0116 \cdot 0,79 + 0 \cdot 0,613) = 0,078 \% < 5 \%$$

«Выбор автоматических выключателей (АВ) проводится:

– по напряжению:

$$U_{\text{ном}} > U_c \quad (44)$$

– по току теплового расцепителя (ТР):

$$I_{\text{т.р.}} > 1,1 \cdot I_p \quad (45)$$

Для КЛ до электроприемника №1:

$$I_{\text{т.р.}} > 1,1 \cdot 4,02 = 4,421 \text{ А}$$

Устанавливается ВА-47-29 на номинальный ток 5 А» [15]. Результаты выбора кабелей и АВ сведены в таблице 10.

Таблица 10 – Результаты выбора кабелей и АВ силовой сети цеха

Участок	Сечение (АВВГнг-LS), мм ²	Авт. выкл.	Ином, А
1	4x2,5	ВА-47-29	5
2	2x2,5		0,5
3			
4	КГ-4x2,5		2
5	4x2,5		1,6
6			
7			
ΣРП-1	4x2,5		10
8	2x2,5		4
9			
10			
11			
12			
13	4x2,5		2,5
14			13
15			
16	4x10		50
ΣРП-2			2x2,5
17	4		
18			
19			
20			
21			
22	4x2,5		2,5
23			13
24			40
ΣРП-3	4x6		50
25	4x10		
26			
27			
40	4x16	ВА-47-100	80
ΣРП-4	3x95+1x50	ВА-52-39	250
28	2x2,5	ВА-47-29	0,5
30	4x2,5		5
31			
32			
33			

Продолжение таблицы 10

Участок	Сечение (АВВГнг-LS), мм ²	Авт. выкл.	Ином, А
34	4х6	ВА-47-29	40
ΣРП-5	4х10		63
29	2х2,5		0,5
35	4х16		80
36	2х2,5		3
37	4х6		40
38			
39			
ΣРП-6	3х95+1х50	ВА-52-39	250

АВВГнг-LS представляет собой силовой кабель с низким дымовыделением (Low Smoke) и пониженной воспламеняемостью, имеющий изоляцию и внешнюю защитную оболочку из поливинилхлоридного пластика. Внутри кабеля предусмотрено специальное заполнение, придающее изделию округлость, а также дополнительную экструзионную оболочку. Конструкция кабеля может варьироваться согласно техническим требованиям заказчика. Жилы выполнены из алюминия и бывают одно- либо многопроволочные, различных форматов поперечного сечения – круглые или секториальные. Данный тип кабеля предназначен для эксплуатации в сетях электроснабжения переменным током частотой 50 Гц и уровнем напряжения до 1 кВ. Кабель марки АВВГнг-LS специально разработан таким образом, чтобы сохранять рабочие свойства в сложных климатических условиях – от высокой влажности до значительных колебаний температуры и постоянного влияния солнечного излучения. В процессе проектирования особое значение придавалось соответствию стандартам противопожарной защиты. Для изготовления используются материалы с повышенным сопротивлением горению, минимизируя вероятность распространения огня при возникновении чрезвычайных происшествий. Данные качества делают кабель оптимальным выбором для зданий и сооружений с высокими нормами пожаробезопасности, включая многоквартирные дома, офисные центры и

промышленные объекты. По своим техническим характеристикам кабели АВВГнг-LS отличаются превосходной электропроводимостью и надежностью на протяжении длительного срока службы.

Рассмотрим расчет линии питания щитка освещения ЩО. Линия питает 30 светильников мощностью по 300 Вт.

«Расчётный ток КЛ:

$$I_p = \frac{P_n}{U_n \cdot \cos \varphi}, \quad (46)$$

где P_n – нагрузка КЛ, Вт;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности для светильников.

$$I_p = \frac{30 \cdot 300}{230 \cdot 0,75} = 56,23 \text{ А}$$

Выбираем кабель NYM -3х10, допустимый ток 70 А.

Потери напряжения в КЛ, напряжение 230 В:

$$\Delta U_{\text{л}} = \frac{I_p \cdot L \cdot 100}{U_n} (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi), \quad (47)$$

где I_p – максимальный ток КЛ, А;

L – длина КЛ, км;

r_0 , x_0 – удельные сопротивления кабеля, Ом/км.

$$\Delta U_{\text{л}} = \frac{56,23 \cdot 20,19 \cdot 100}{230} (0,00184 \cdot 0,75 + 0 \cdot 0,661) = 0,227 \%$$

Для выбора АВ:

$$I_{m.p.} > 1,1 \cdot 4,06 = 4,7 \text{ А}$$

Устанавливается ВА-47-29 на номинальный ток 5 А» [15].

Выбор кабелей и АВ сведен в таблице 11.

Таблица 11 – Выбор кабелей и АВ осветительной сети

Наименование участка	Ip, А	Кабель	Idоп, А	Авт. выкл.	Inом, А
Бытовое помещение	4,06	NYM-3x1,5	21	ВА-47-29	5
Осн. участок, линия 1	17,39				20
Осн. участок, линия 2					
Осн. участок, линия 3					
ΣЩО	56,23	NYM-3x10	70		63
ΣЩАО	6,96	NYM-3x1,5	21		8

Выводы по разделу 2.

Выполнена разработка мероприятий по реконструкции системы электроснабжения группы цехов химического предприятия. Согласно величинам актуальных электрических нагрузок рассчитаны режимы работы электрической сети, с учетом которых выбрано новое оборудование СЭС. Предлагается заменить действующее оборудование СЭС современными аналогами, с упором на безопасность, надежность и энергосбережение. На ТП необходимо установить энергосберегающие трансформаторы и обеспечить компенсацию реактивной мощности, в цехах будут установлены светодиодные светильники. Оборудование проверено по допустимым параметрам по местам установки (по рабочим и аварийным режимам). Выполнен выбор оборудования электрической сети производственного цеха № 2003.

Заключение

Действующие цеха по производству химических реагентов – это важное звено в цепочке химической промышленности, обеспечивающее создание веществ, необходимых для различных отраслей, таких как фармацевтика, сельское хозяйство, пищевая промышленность и многие другие. Химические реагенты играют ключевую роль в производственных процессах. Они используются для синтеза новых соединений, проведения аналитических исследований, а также в качестве катализаторов и вспомогательных веществ. Цеха по производству химических реагентов обеспечивают стабильное снабжение этими веществами, что, в свою очередь, способствует развитию технологий и улучшению качества продукции в различных отраслях. Изготовление химических реактивов представляет собой многоступенчатый процесс, который охватывает различные стадии – от формирования состава до упаковки конечного продукта и обеспечивается производственными электроприемниками. Дальнейшая эксплуатация действующей СЭС цехов №2002-2004 химического предприятия создает повышенные профессиональные риски для людей, также затруднено снабжение расходными материалами и запасными частями к устаревшим маркам оборудования. Требуется обеспечить надежное, безопасное и эффективное электроснабжение, для чего будет проводиться реконструкция СЭС.

Выполнена разработка мероприятий по реконструкции системы электроснабжения группы цехов химического предприятия. С учетом рассчитанных величин актуальных электрических нагрузок потребителей рассчитаны режимы работы электрической сети, с учетом которых выбрано новое оборудование СЭС. Предлагается заменить действующее оборудование современными аналогами, с упором на безопасность, надежность и энергосбережение. На ТП необходимо установить энергосберегающие трансформаторы и обеспечить компенсацию реактивной

мощности, в цехах будут установлены светодиодные светильники. Оборудование проверено по допустимым параметрам по местам установки (по рабочим и аварийным режимам). На подстанции будет установлено два трансформатора марки ТМГ12-630-10/0,4. Они обеспечат эффективное преобразование и распределение электроэнергии, что позволит оптимизировать работу СЭС. Силовые трансформаторы ТМГ12 отличаются повышенной эффективностью работы с переменными токами, минимизируя энергопотери при передаче и трансформации напряжения. Использование новейших материалов в обмотках и магнитопроводах снижает тепловыделение и повышает надёжность работы устройств. Монтаж современной трансформаторной подстанции типа 2КТПН-630/10/0,4 с полным набором стандартного оснащения обеспечит снижение расходов на реконструкцию СЭС, подключение и настройку. АДЭС будет заменена на современную газопоршневую электростанцию (ГПЭ), которая будет перенесена ближе к ТП для удобства обслуживания и ремонта, а также сокращения потерь в линии до ТП. На шинах 0,4 кВ подстанции будет установлено две автоматические установки АУКРМ по 40 квар. Выбраны кабели питающей и распределительной сетей, марок АПвП и АВБШв соответственно. Выполнен выбор оборудования электрической сети производственного цеха № 2003, выбраны кабели марок АВВГнг-LS, КГ и NYM для силовой и осветительной сетей. Выбраны автоматические выключатели серии ВА – это современные защитные аппараты отечественного производства, отличаются хорошими техническими характеристиками и относительно низкой ценой.

Проведение реконструкции системы электроснабжения цехов №2002-2004 химического предприятия обеспечит ее надежную и качественную работу. Энергоэффективность будет повышена ввиду установки энергосберегающих силовых трансформаторов, автоматических установок КРМ на подстанции и светодиодных светильников в цехах.

Список используемых источников

1. Анчарова Т. В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений : учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. 415 с.
2. Бондаренко С. И., Петрова А. Н. Электрическое освещение : учебное пособие. Иркутск : ИРНИТУ, 2022. 318 с.
3. Голов Р. С. Управление энергосбережением на промышленном предприятии : монография. М. : Дашков и К, 2023. 458 с.
4. Головатый С. Е. Охрана окружающей среды и энергосбережение : учебное пособие. Минск : РИПО, 2021. 304 с.
5. Иванов С.Н. Надежность электроснабжения : учебное пособие. М. : Инфра-Инженерия, 2022. 164 с.
6. Кобозев В. А. Качество электроэнергии и энергоэффективность систем электроснабжения потребителей : учебное пособие. М. : Инфра-Инженерия, 2022. 356 с.
7. Куксин А.В. Электроснабжение промышленных предприятий : учебное пособие. М. : Инфра-Инженерия, 2021. 156 с.
8. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: Учебное пособие. М. : Форум, 2022. 416 с.
9. Петухов Р.А. Электроснабжение : учебное пособие. Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2022. 328 с.
10. Полуянович Н.К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий. СПб. : Лань, 2023. 396 с.
11. Правила устройства электроустановок: действующие разделы 6-го и 7-го изданий. М. : ИНФРА-М, 2023. 832 с.
12. Сибикин Ю. Д. Технология энергосбережения : учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. М. : ИНФРА-М, 2023. 336 с.
13. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение : учебное пособие. – 2-е изд., стер. М. : ИНФРА-М, 2023. 328 с.

14. Сибикин Ю. Д. Современные электрические подстанции : учебное пособие. – 2-е изд., доп. М. : ИНФРА-М, 2023. 417 с.

15. Фризен В. Э. Расчет и выбор электрооборудования низковольтных распределительных сетей промышленных предприятий : учебное пособие. – 2-е изд., испр. Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2021. 194 с.

16. Хорольский В.Я. Эксплуатация систем электроснабжения : учебное пособие. М. : ИНФРА-М, 2021. 288 с.

17. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования : учебное пособие. – 3-е изд., испр. М. : ИНФРА-М, 2023. 214 с.

18. Шеховцов В. П. Осветительные установки промышленных и гражданских объектов : учебное пособие. М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2022. 158 с.

19. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению : учебное пособие. – 3-е изд. М. : ИНФРА-М, 2023. 136 с.

20. Щербаков Е.Ф. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях : учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. 495 с.