

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

Институт энергетики и электротехники
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование кафедры)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Техническое и информационное обеспечение интеллектуальных систем
электроснабжения
(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Разработка автоматизированной системы управления РНС-4»

Студент

А.Е. Попов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

А.А. Кувшинов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

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

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

(личная подпись)

« ____ » _____ 2018 г.

Допустить к защите

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

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

(личная подпись)

« ____ » _____ 2018 г.

Тольятти 2018

Оглавление

Введение.....	4
1. Анализ системы электроснабжения РНС-4.....	6
1.1 Характеристика объекта обследования	6
1.1.1 Характеристика приемного резервуара	7
1.1.2 Характеристика насосной станции.....	8
1.2 Анализ методов пуска асинхронных двигателей.....	15
1.2.1 Прямой пуск.....	15
1.2.2 Пуск при пониженном напряжении	16
1.2.3 Метод пуска тиристорными пускателями	19
1.2.4 Пуск двигателя устройством плавного пуска	20
1.2.5 Частотное регулирование асинхронных двигателей.....	21
Выводы по главе №1	23
2 Модернизация системы электроснабжения, внедрение АСУ ТП.....	24
2.1 Определение и расчет электрических нагрузок по секциям	24
2.2 Выбор трансформаторов	28
2.3 Расчет токов короткого замыкания	32
2.3.1 Расчет токов короткого замыкания на стороне 6 кВ.....	32
2.3.2 Расчет токов короткого замыкания на стороне 0,4 кВ.....	37
2.4 Выбор оборудования.....	41
2.5 Автоматизированная система управления РНС-4	46
2.6 Программный комплекс АКВАТОРИЯ.....	51
2.7 Работы в подготовительный период	55
Выводы по главе №2.....	56
3 Компенсация реактивной мощности.....	58
3.1 Анализ методов компенсации реактивной нагрузки.....	57
3.1.1 Конденсаторные батареи.....	57
3.1.2 Синхронные двигатели компенсаторы	61

3.2 Регулирование по изменению реактивной нагрузки	64
3.3 Разработка схемы установки АКРМ	66
3.4 Безопасность труда	71
3.4 Эффективность после модернизации.....	72
Выводы по главе №3	80
Заключение	81
Список используемых источников.....	82

Введение

Канализационные насосные станции служат для перекачки сточных вод на очистные сооружения. Главным показателем для канализационных насосных станций является способность перекачивать определенный объем в единицу времени. Такого рода станции строят в тех случаях, где нет возможности отвода сточной воды по самотечному коллектору до мест очистки.

Станция не новая часть оборудования морально устарела, часть оборудования не дееспособна ремонту и восстановлению не подлежит. Технология введения перекачки сточных вод на очистные сооружения не эффективна и приводит к дополнительным затратам на электрическую энергию и к дополнительному износу оборудования. Для реализации наиболее благоприятного режима работы сточки зрения экономичности и технологичности, за счет новых технологий была написана магистерская диссертация.

Цель работы – повышение энергетической эффективности и экономичности, за счет автоматизации технологического процесса.

АСУ ТП РНС-4 дает такие преимущества как: экономия электроэнергии, повышение надежности работы, увеличении срока службы оборудования и др.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ системы электроснабжения РНС-4;
2. Модернизация системы электроснабжения, внедрение АСУ ТП;
3. Компенсация реактивной мощности.

Такое решение повышения энергетической эффективности и экономичности было применено на данном предприятии: ООО «Волжские коммунальные системы» и может быть применимо на схожих предприятиях.

В ходе написания работы были написаны и опубликованы на различных научно-технических конференциях статьи: «Исследование интеллектуальной системы подстанции на время синхронизации системы», «Программный комплекс акватория», «Сравнение аналоговой и микропроцессорной релейных защит».

Работа включает в себя 8 таблиц, 27 рисунков, описанных на 84 листах включая список используемых источников.

1 Анализ системы электроснабжения РНС-4

1.2 Характеристика объекта обследования

Районная насосная станция № 4 (РНС-4) это районная канализационная насосная станция, она является центральной, главной в Комсомольском районе, так как со всех КНС этого района стоки перекачиваются на очистные сооружения через головную станцию. Насосная станция имеет приемный резервуар – это отдельно стоящее здание цилиндрической формы, машинный зал. На рисунке 1 представлена схема расположения зданий насосной.

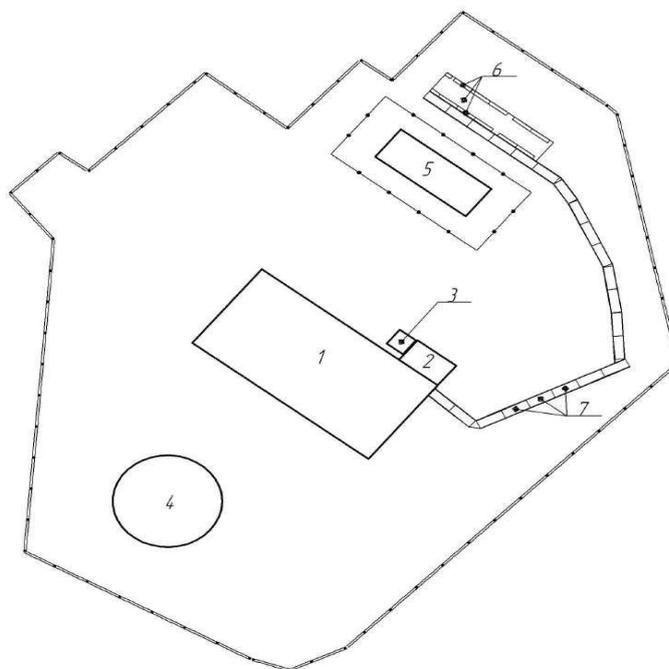


Рисунок 1 – Схема расположения зданий и сооружений головной канализационной насосной станции Комсомольского района РНС-4

1 – здание машинного зала насосной станции; 2 – пристроенное бытовое помещение; 3 – вентиляционная шахта здания машинного зала; 4 – приемный

резервуар; 5 – РУ 6 кВ; 6 – отдельно стоящий фундамент; 7 – канал из сборных железобетонных лотков без перекрытий

1.1.1 Характеристика приемного резервуара

Здание приемного резервуара - это отдельно стоящее здание цилиндрической формы (рисунок 2). Подземная часть заглублена на 6,2 м от уровня пола там как раз и располагается непосредственно приемный резервуар.



Рисунок 2 – Общий вид здания приемного резервуара

На первом этаже находятся помещение для силовых трансформаторов, щитовая, вентиляционная камера и помещение ранее располагавшегося санузла и душевой. В уровне перекрытия на отметке -3

устроены каналы сороудерживающих решеток, через которые осуществляется последующий отвод сточных вод в приемный резервуар.

В приемных резервуар сточные воды поступают самотеком по двум каналам через специальные решетки (рисунок 3). Из приемного резервуара сточные воды по трем всасывающим трубопроводам поступают в машинный зал насосной станции.



Рисунок 3 – Общий вид подводящих каналов с решетками

В отделении решеток демонтировано оборудование, предусмотренное проектной документацией: механические грабли, дробилка. На момент проведения обследования предусмотрено ручное удаление отбросов с решеток.

1.1.2 Характеристика насосной станции

Здание насосной станции (машинный зал) запроектировано прямоугольной формой 12 на 24 м (рисунок 4).

Высота подземной части насосной станции составляет 6,2 м, высота надземной части – 5,75 до низа стропильных балок.



Рисунок 4 – Общий вид здания машинного зала насосной станции

В подземной части здания насосной станции предусмотрена установка основного и вспомогательного оборудования на самостоятельных фундаментах (рисунок 5).



Рисунок 5 – Общий вид машинного зала

В машинном зале районной насосной станции установлены две группы насосов. Первая группа состоит из шести насосов одни агрегаты основные 1-3 (рисунок 6) марки СД 2400/75, другие вспомогательные 4, 5 и 6 марки 8Ф-5А и СМ 200-150-500/4 (рисунок 7) соответственно. Вторая группа состоит из двух дренажных насоса 7 и 8 (рисунок 7) предназначенных для перекачки воды из приемка в машинном зале.

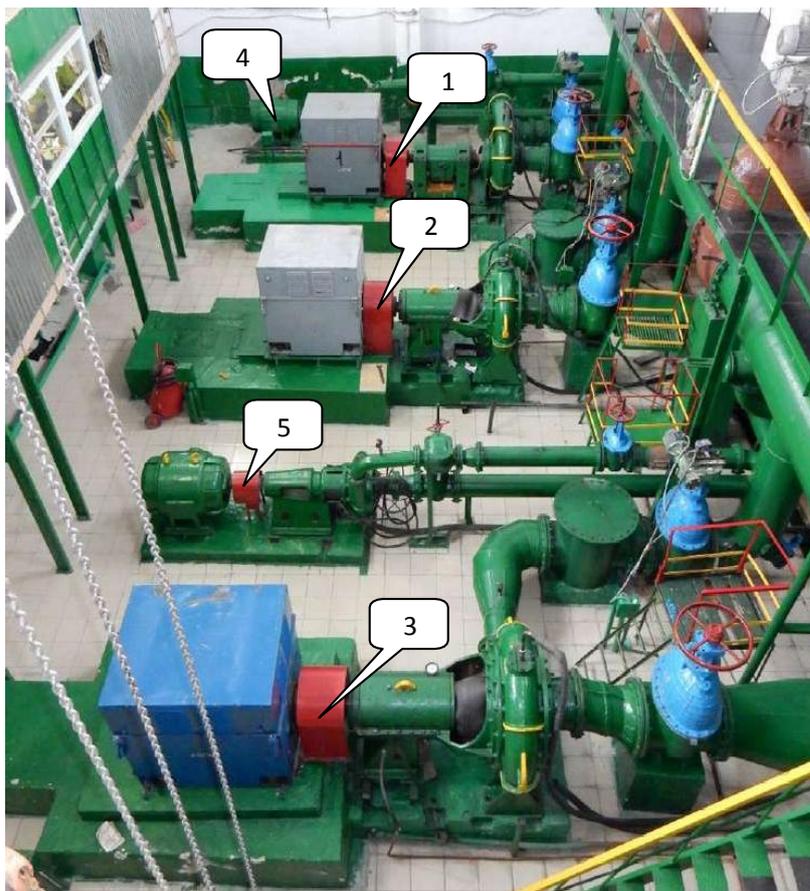


Рисунок 6 – Общий вид размещения насосных агрегатов



Рисунок 7 – Общий вид размещения насосных агрегатов

В результате обследования выявлено то, что основные агрегаты находятся в рабочем состоянии позиции 1-3 (рисунок 6) из вспомогательных агрегатов один частично демонтирован позиция 4. Дренажные насосы позиции 7, 8 тоже находятся в рабочем состоянии. Так же нужно отметить, что из-за ремонта оборудования, монтажа и демонтажа оборудование несколько изменилось по сравнению с проектом.

Главным недостатком следует отметить технологию введения перекачки сточных вод на очистные сооружения. Высоковольтные агрегаты постоянно находятся в работе на прикрытую задвижку, так как по паспорту их рекомендуемое число пусков в год 18-20. Для того чтобы насос не сгорел специальным образом задвижку прикрывают так, чтоб опустошить резервуар было невозможно. И раз в неделю переключают нагрузку на следующий агрегат. То есть заведомо можно сделать вывод, что идет перерасход электроэнергии.

На рисунке 8 изображена однолинейная электрическая схема электроснабжения.

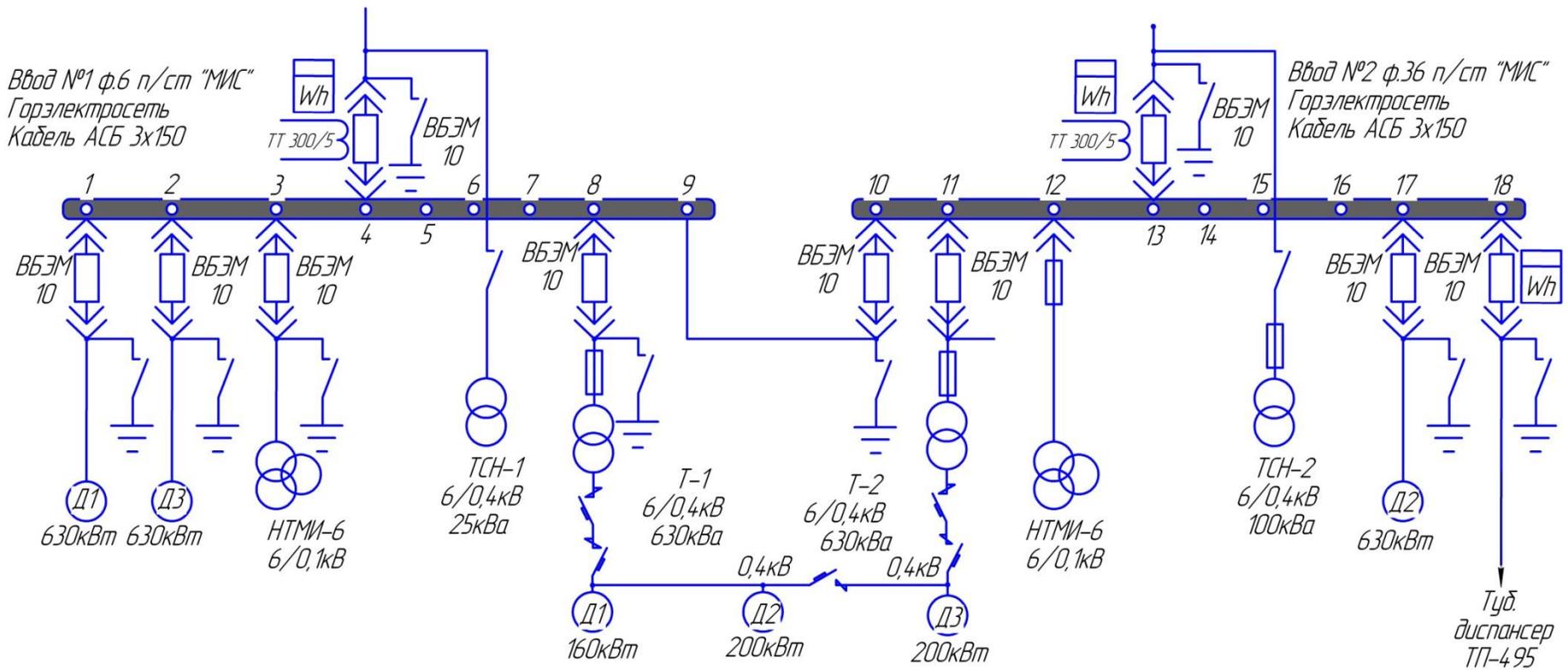


Рисунок 8 - Однолинейная электрическая схема

Электроснабжение районной насосной станции осуществляется двумя вводами с разных секций шин станции МИСС фидер 6 и фидер 36. На самой насосной имеется два понизительных трансформатора ТМ-1000 и РУ 6 кВ. Трансформаторы и РУ 0,4 кВ расположены в здании мокрой камеры. Кабельные линии до главного здания проложены в траншее далее в здании по лоткам до шкафов управления насосами. Шкафы управления насосами представляют собой, РУ 0,4 кВ с управлением пуск и стоп двигателей. Так же имеются измерительные приборы для мониторинга тока и напряжения в данный момент времени. Управление пуском и остановкой высоковольтных агрегатов вынесено непосредственно в здании насосной вблизи насосов. Для того чтобы кнопками машинист мог произвести пуск двигателей прям из главного здания станции.

На рисунке 9 изображен Комплектное распределительное устройство, КРУН 6 кВ.



Рисунок 9 – Комплектное распределительное устройство, КРУН 6 кВ

1.2 Анализ методов пуска асинхронных двигателей

Основное различие между асинхронным двигателем и синхронным двигателем переменного тока является то, что в последнем случае ток подается в ротор (как правило, постоянный ток), который, в свою очередь, вокруг ротора создает круговое магнитное поле. Электромагнитный момент поля статоры будет накладываться на поле ротора, заставляя его двигаться (вокруг вала) и производить вращение ротора. Такой двигатель называется синхронным, так как в стационарном состоянии скорость ротора такая же, как скорость вращающегося магнитного поля в статоре [26].

1.2.1 Прямой пуск

Самый простой способ запустить асинхронный двигатель трехфазной мощности - это подключить свои терминалы к линии. Этот метод часто называют "прямой линии" или в сокращенном варианте DOL [27].

Прямой пуск двигателя подразумевает собой непосредственное подключение к сети. Такой пуск двигателей является самым простым, но имеет ряд недостатков: главным, из которых является большой пусковой ток в статоре, который в пять раз может превышать номинальные значения. Эти огромные броски пускового тока могут повлечь за собой проседание напряжения сети. На рисунке 10 представлена схема прямого включения асинхронного двигателя.

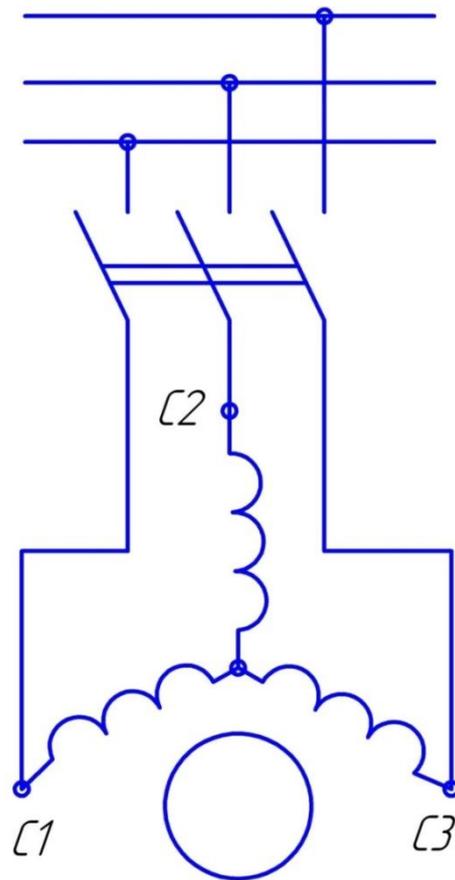


Рисунок 10 - Схема непосредственного включения в сеть асинхронного двигателя

1.2.2 Пуск при пониженном напряжении

Подаваемое напряжение пропорционально пусковому току, т. е. если уменьшить подводимое напряжение так же уменьшится и ток пуска [3]. Есть несколько вариантов снижения подаваемого напряжения. Первый вариант подойдет только для двигателей, у которых обмотки статора соединены в треугольник, путем переключения со звезды на треугольник. Этот метод пуска осуществляется в два этапа, сначала напряжение подается на статор, где обмотки соединены в звезду, что позволит понизить фазное напряжение в $\sqrt{3}$ раз и во столько же раз уменьшится фазный ток, но есть хитрость, что при соединении обмоток в звезду линейный ток равен фазному, и значит, линейный

ток уменьшается в 3 раза. Когда скорость вращения ротора близка установившейся, происходит переключение обмоток на треугольник и двигатель продолжает работу под номинальным напряжением (Рисунок 11).

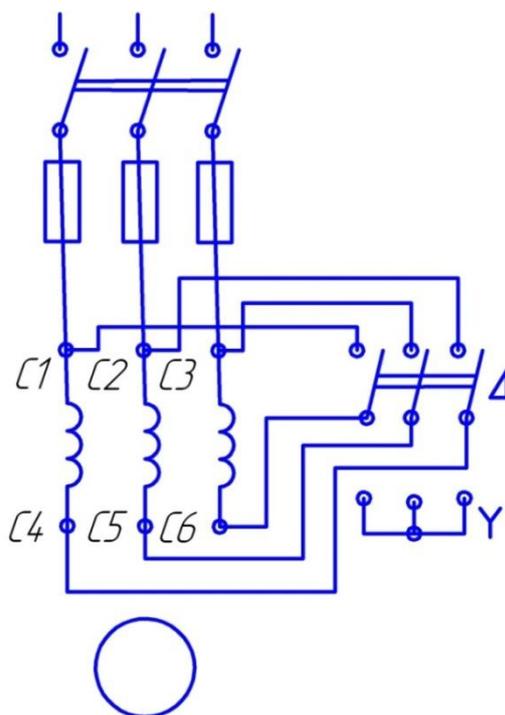


Рисунок 11 - Схема включения переключением обмотки статора со звезды на треугольник

Но и в этом варианте пуска двигателя есть недостаток для тех агрегатов, которые при пуске находятся под нагрузкой на валу. Так как известно, что момент пропорционален напряжению, возведенному в квадрат. В следствии получаем при уменьшении напряжения в $\sqrt{3}$, момент уменьшается в 3 раза.

Так же пуск при пониженном напряжении можно осуществить пуск с помощью реакторов (Рисунок 12) и автотрансформаторов (Рисунок 13). В случае с реакторами схема запуска выглядит следующим образом.

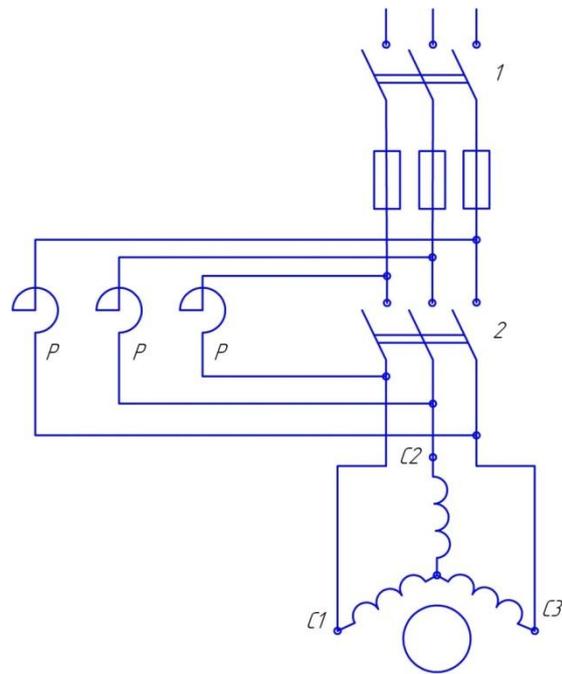


Рисунок 12 - Схема реакторного пуска асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором

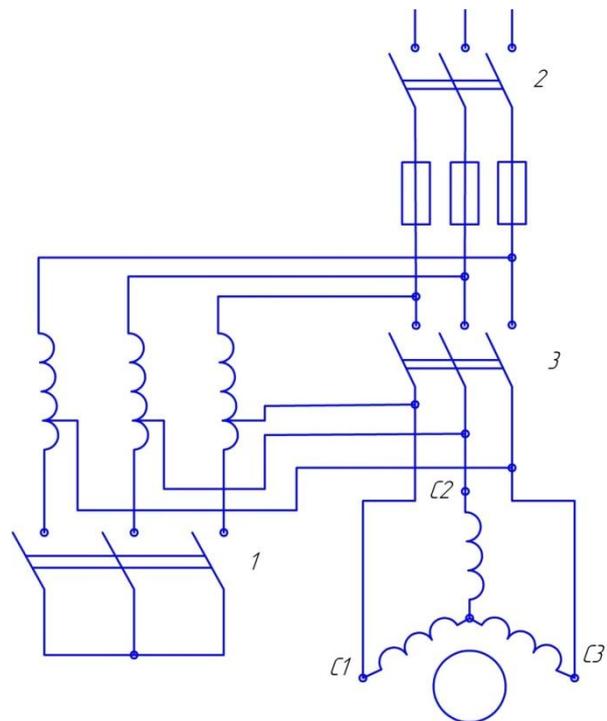


Рисунок 13 - Схема автотрансформаторного пуска асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором

В схеме два контактора, сначала происходит подача напряжения на реакторы, где оно понижается и дальше подводится к обмоткам статора. Потом, как двигатель разгонится, вторым контактором замкнут цепь, и подводимое напряжение к обмоткам статора станет номинальным, а реакторы просто выйдут из цепи.

В случае с пуском посредством автотрансформатора он проходит в три ступени. В этом случае сначала замыкают контактор связующий обмотки статора и автотрансформатора и следом еще один контактор, который подводит напряжение сети к автотрансформатору. При таком пуске пусковой ток двигателя уменьшится в K_A , а ток питающей сети уменьшится в K_A^2 по сравнению с прямым пуском. Это следствие того, что в первичной обмотки ток меньше, чем во вторичной в K_A раз. Далее контактор, который соединял обмотки автотрансформатора и статора, после разгона ротора, размыкают. Автотрансформатор превращается в реактор, дальше все происходит, как и в пуске через реактора. Главный недостаток все методов пуска на пониженном напряжении это уменьшение момента.

1.2.3 Метод пуска тиристорными пускателями

Этот бесконтактным метод пуска с помощью тиристорных пускателей (Рисунок 14) осуществляется следующим образом. В каждой фазе установлены тиристоры, которые открываются раз за период через время $T/3$ после того как на них поступит импульс, и диоды. Далее напряжение падает до нулевого значения и питание этой фаза осуществляется через диод. Через время $T/3$ начинает работать следующий тиристор, тем самым обеспечивая непрерывную подачу энергии [2].

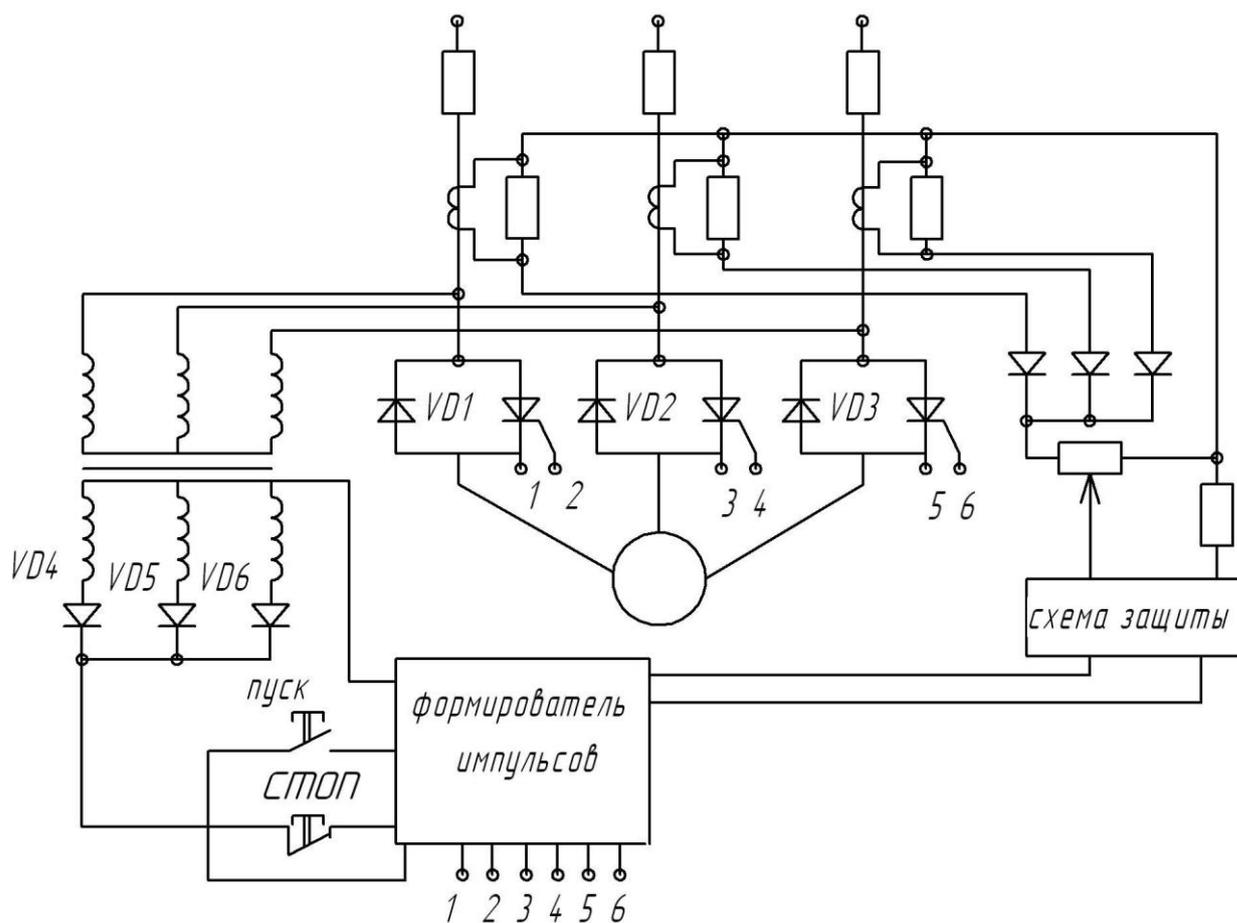


Рисунок 14 – Схема тиристорного пускателя

Открытие тиристорov происходит за счет подачи импульсов на зажимы формирователя импульсов. Формирователь импульсов запитан через диоды от отдельного трансформатора.

1.2.4 Пуск двигателя устройством плавного пуска

Главное преимущество устройства плавного пуска является то, что помимо плавного пуска они могут и плавно остановить двигатель. Так же они в себя включают различного рода защиты такие как: защита от токов короткого замыкания, тепловую защиту, защиту от перекоса фаз и другие.

Плавный запуск двигателя осуществляется за счет плавного нарастания напряжения. Напряжение регулируется за счет изменение угла открытия симистров. Так же используется байпасный контактор, который срабатывает после раскрутки двигателя и предотвращает перегрев симистров. УПП отличаются набором выполняемых функций и схемами исполнения. В данном случае рассматриваются наиболее функциональные устройства с трехфазным регулированием, так как основная задача их состоит не только в снижении тока пуска и мягком старте агрегатов, но и в динамическом торможении. Тем самым не только повышается качество электроэнергии, но и увеличивается ресурс оборудования путем снижения гидравлических ударов в системе [15].

1.2.5 Частотное регулирование асинхронных двигателей

Рассматривая пусковые устройства асинхронных двигателей нельзя не упомянуть о частотно-регулируемом приводе (ЧРП). Это самое современное устройство широко применяется для регулирования скорости вращения асинхронных двигателей в широком диапазоне.

Работа частотного преобразователя (инвертора) происходит следующая: входное напряжение поступает на выпрямитель, чаще всего диодный мост, потом фильтр, где конденсаторами высокой емкости снижаются пульсации напряжения до минимума. «Затем уже постоянное напряжение, с помощью микросхем управления и выходных мостовых IGBT ключей, формируется ШИМ последовательность определенной частоты. На выходе выдаются прямоугольные импульсы, которые за счет индуктивности обмоток асинхронного двигателя превращаются в синусоиду» [14]. На рисунке 15 представлена схема частотного преобразователя.

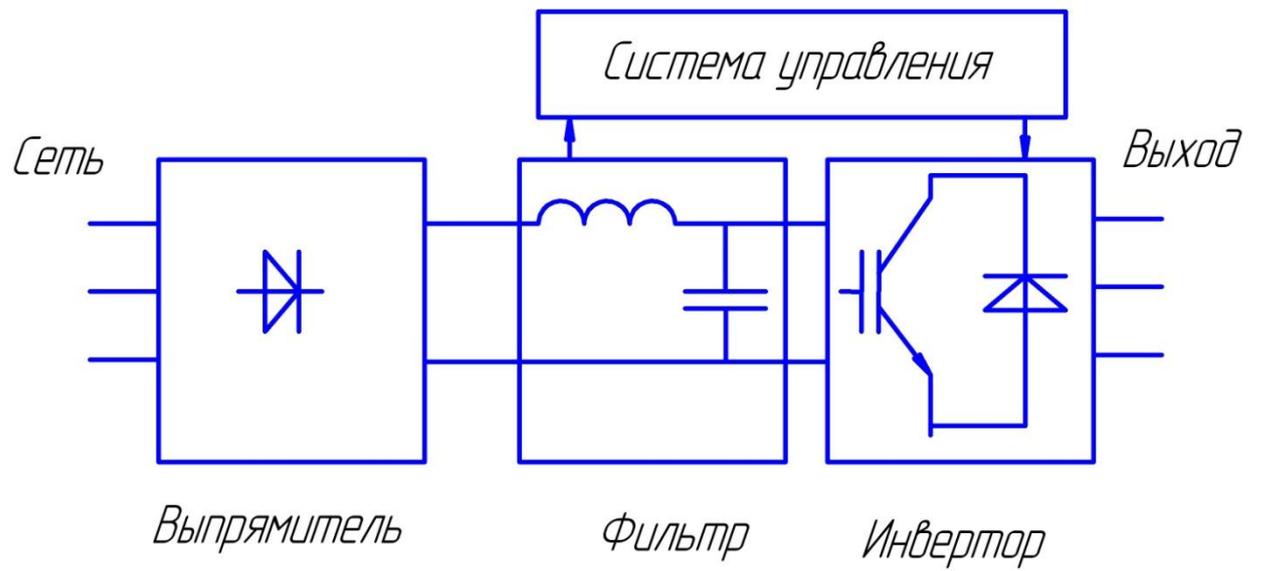


Рисунок 15 - Схема частотного преобразователя асинхронного двигателя

Выводы по главе №1:

1. Система электроснабжения состоит из устаревшего оборудования и не отвечает современным меркам надежности;
2. Технология водоотведения приносит излишни затраты предприятию, так как не целесообразно используется электрическая энергия. Высоковольтные агрегаты находятся в постоянной работе на прикртую задвижку.

2 Модернизация системы электроснабжения, внедрение АСУ ТП

2.1 Определение и расчет электрических нагрузок по секциям

Выполнение расчета электрических нагрузок выполнено методом коэффициента использования, который берется в соответствующих справочниках [19].

Рассчитаем суммарную мощность по формуле, зная, что суммарная мощность равна произведению мощности одного электроприемника - P_H на их количество - n , получим [16]:

$$P_{H\Sigma} = P_H \cdot n,$$

где: $P_{H\Sigma}$ - суммарная мощность одинаковых электроприёмников.

«Далее произведем расчет мощности с учетом коэффициента использования - κ_u и получим среднюю мощность - P_{CM}

$$P_{CM} = \kappa_u \cdot P_H,$$

$$Q_{CM} = \operatorname{tg}\phi \cdot P_{CM},$$

где: Q_{CM} - реактивная среднесменная мощность электроприёмника, $\operatorname{tg}\phi$ - отношение реактивной мощности к активной мощности электроприёмника.

$$n_{\text{э}} = \frac{\sqrt{P_H^2}}{\Sigma n \cdot P_H^2},$$

где: $n_{\text{э}}$ - эффективное число.

$$P_p = \Sigma P_{\text{см}} \cdot \kappa_m,$$

где: P_p - расчетная мощность, κ_m - коэффициент максимума.

Реактивная расчётная мощность: $Q_p = 1,1 \cdot \Sigma Q_{\text{см}}$, для случая когда число эффективных электроприёмников < 10 , и $Q_p = \Sigma Q_{\text{см}}$, для случая когда число эффективных электроприёмников ≥ 10 .

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2},$$

где: S_p - полная расчетная мощность всех электроприёмников.

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n},$$

где: I_p - расчетный ток, U_n - номинальное напряжение равное 380В» [10].

«Пример расчетов:

$$P_{\text{н}\Sigma} = P_n \cdot n = 170 \cdot 2 = 340 \text{ кВт},$$

$$P_{\text{см}} = \kappa_u \cdot P_n = 340 \cdot 1 = 340 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{см}} = \text{tg} \phi \cdot P_{\text{см}} = 0,57 \cdot 340 = 192,69 \text{ квар},$$

$$n_{\text{э}} = \frac{\sqrt{P_n^2 \cdot n}}{\Sigma P_n^2 \cdot n} = 0,5,$$

$$P_p = \Sigma P_{\text{см}} \cdot \kappa_m = 340 \cdot 1 = 340 \text{ кВт},$$

$$Q_p = 1,1 \cdot \Sigma Q_{cm} = 211,96 \text{ квар},$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{340^2 + 211,96^2} = 400,66 \text{ кВА},$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{400,66}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 608,73 \text{ кА} \gg [10].$$

По аналогии производятся все расчеты (Таблица 1).

Таблица 1 – Расчет электрических нагрузок по секциям

Наимен. ЭП	P_n , кВт	n, шт	$P_n \Sigma$, кВт	K_u	$\cos\psi$	$\text{tg}\psi$	$P_{см}$	$Q_{см}$	η	K_m	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА	I_p , А
Насосы	170	2	340	1	0,78	0,8	340	192,69	0,5	1	340	211,96	400,66	608,73
Вентиляторы	1,5	1	1,5	1	0,78	0,8	1,5	1,2	1	1	1,5	1,32	2	3,04
ЩО	5,5	1	5,5	0,8	0,87	0,57	4,6	2,61	1	1	4,6	2,87	6,42	9,24
К/балка	8	1	8	1	0,5	1,73	8	13,86	1	1	8	15,24	17,21	26,15
Итого					0,84	0,65					354,1	231,39	423	642,68
Насосы	170	2	340	1	0,78	0,8	340	192,69	0,5	1	340	211,96	400,66	608,73
Дрен. насос	3,7	1	3,7	1	0,92	0,43	3,7	1,58	1	1	3,7	1,73	4,09	6,21
АЩО	0,6	1	0,6	1	0,92	0,43	0,6	0,26	1	1	0,6	0,28	0,66	1,01
Итого					0,85	0,62					344,3	213,97	405,37	615,9

2.2 Выбор трансформаторов

Начиная от генерирующих станций до конечных пользователей, напряжение необходимо активизировать вверх и вниз несколько раз на различных подстанциях. Это обеспечивает эффективную передачу мощности, сводя к минимуму потери мощности, поэтому одним из главных моментов проектирования является выбор силовых трансформаторов, так как это определенным образом влияет на технико-экономические показатели новой системы электроснабжения [17, 30].

Силовые трансформаторы выбираются исходя из мощности потребителей, нагрузке и категории по надежности электроснабжения данного объекта. Так как станция перекачивает стоки, занимается водоотведением, что очень важно, ее относят к первой группе по надежности электроснабжения. Она имеет два ввода в станции МИС. Поэтому выберем схему с двумя трансформаторами [12].

«Исходными данными являются:

$$D_{\delta} = 699,3 \text{ А}, Q_{\delta} = 445 \text{ в.А}, S_{\delta} = 828,4 \text{ АА}.$$

Определяем мощность трансформатора:

$$S_T \geq \frac{P_p}{\kappa_3 \cdot N_{\text{тр}}} = \frac{699,3}{0,8 \cdot 2} \geq 437,1 \text{ кВА},$$

где: κ_3 - коэффициент загрузки трансформатора, $N_{\text{тр}}$ - количество трансформаторов» [10].

Исходя из мощности, выбираю два трансформатора ТМГ-1000/6/0,4 с параметрами указанными в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры трансформатора ТМГ-1000/6/0,4

Название	Значение
P_{xx}	1,6кВт
$P_{кз}$	10,8кВт
U_k	5,5%
i_x	0,5%

Виды потерь в трансформаторе:

Потери в меди. При подключении нагрузки к вторичной обмотке трансформатора, большие электрические токи текут в обеих обмотках, потери электрической энергии и мощности происходят в виде тепла. В общем случае потери в меди изменяются в зависимости от тока нагрузки, будучи практически равны нулю при отсутствии нагрузки, и максимальные при полной нагрузке, когда ток находится на максимуме [28];

Потери на гистерезис. В трансформаторе потери на гистерезис вызваны трением молекул, сопротивляющимся линиям движения магнитного потока, необходимых для намагничивания ядра, которые постоянно изменяются по величине и направлению сначала в одном направлении, а затем другой в связи с влиянием синусоидального напряжения питания. Это молекулярное трение вызывает нагрев, который представляет собой потерю энергии в трансформаторе. Чрезмерные потери на тепло могут сократить срок службы изоляционных материалов, используемых при изготовлении обмоток. Таким образом, важно охлаждать трансформатор. Кроме того, трансформаторы предназначены для работы на определенной частоте питания. Понижение частоты питания приведет к увеличению гистерезиса и высокой температуре, в железном сердечнике. Таким образом, снижение частоты подачи от 60 Гц до 50 Гц повысит величину гистерезиса в настоящее время, и снизит мощность трансформатора [29].

Потери в трансформаторах [6]:

$$\Delta P_T = N_T \cdot \left(P_{xx} \cdot \kappa_3^2 \cdot P_{кз} \right) = 1,6 \cdot 0,8^2 \cdot 10,8 \cdot 2 = 27,64 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_T = N_T \cdot \left(i_x \cdot \kappa_3^2 \cdot U_k \right) = 0,5 \cdot 0,8^2 \cdot 5,5 \cdot 2 = 4,4 \text{ квар}.$$

Расчётная нагрузка корпуса с учётом потерь в трансформаторе:

$$P_p = P_p + \Delta P_T = 699,3 + 27,64 = 726,94 \text{ кВт},$$

$$Q_p = Q_p + \Delta Q_T = 445 + 4,4 = 449,4 \text{ квар}.$$

На рисунке 16 изображена схема электроснабжения после модернизации [21].

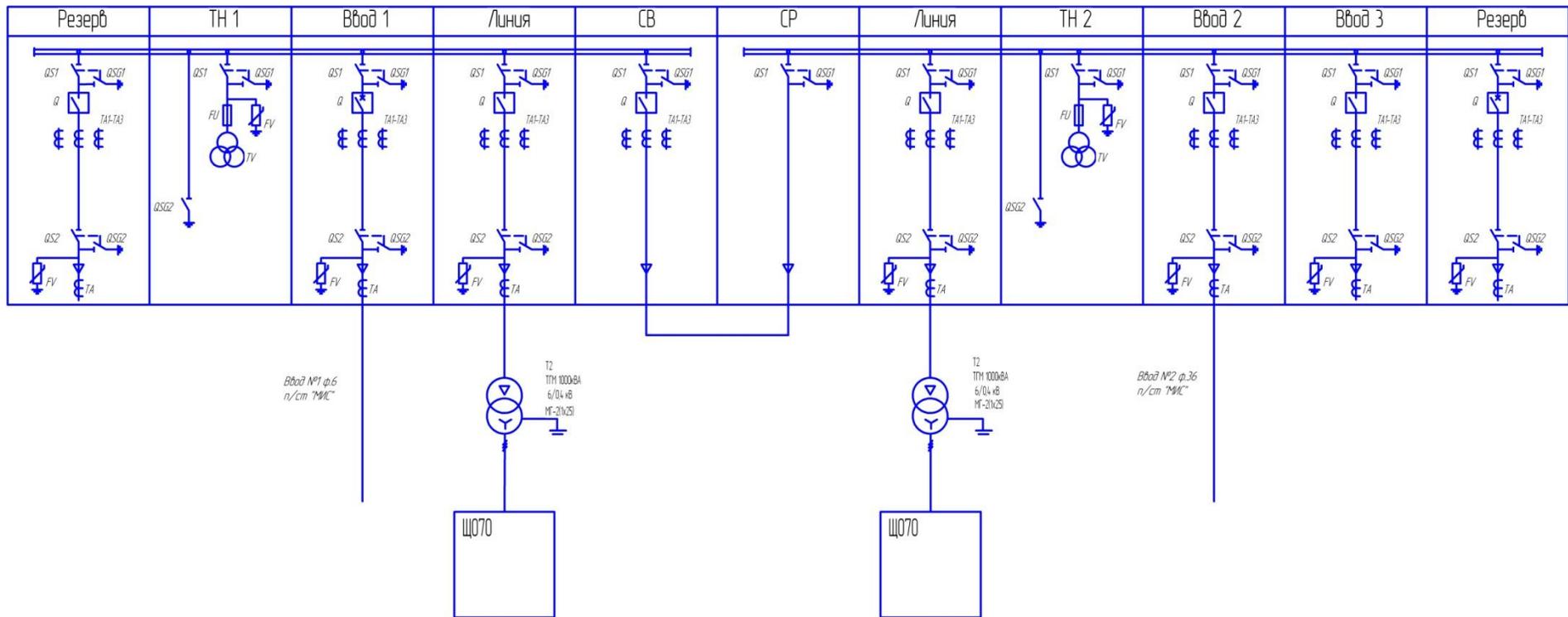


Рисунок 16 – Схема электроснабжения после модернизации

2.3 Расчет токов короткого замыкания

2.3.1 Расчет токов короткого замыкания на стороне 6 кВ

Из-за риска возникновения в электрических сетях различного рода коротких замыканий оборудование должно быть устойчивым и выбираться, учитывая резкие скачки тока обусловленных короткими замыканиями. Короткие замыкание - это не нормальный режим работы, который влечет за собой, чаще всего, прекращение питания потребителей или нарушения нормального режима работы [20].

Для понимания того, что может повлечь за собой аварийный режим работы, режим при возникновении короткого замыкания и предотвращение пагубных последствий путем грамотной отстройки уставок релейной защиты и автоматики производится расчет токов короткого замыкания.

Электроснабжение районной насосной станции №4 осуществляется двумя фидерами, фидер 6 и фидер 36 с подстанции «МИС», поэтому расчет токов короткого замыкания следует начинать с шин низкого напряжения подстанции «МИС».

Расчетная схема показана на рисунке 17.

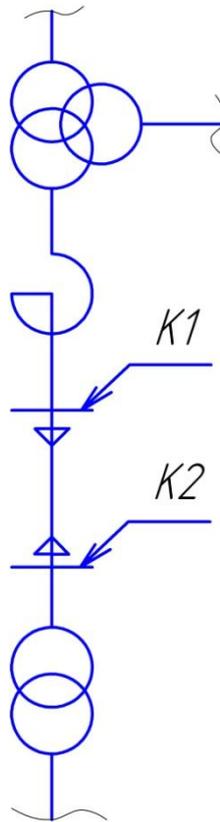


Рисунок 17 – Схема для расчетов токов короткого замыкания

«Исходные данные:

Система: $U_H = 6,6$ кВ; $x_c = 2,25$ Ом.

$U_H = 6,6$ кВ; $x_0 = 0,071$ Ом/км; $r_0 = 0.13$ Ом/км; $l = 5000$ м.

Трансформатор: $S_H = 40$ МВА.

Реактор: $x_p = 0,14$ Ом.

Определение параметров схемы замещения: при $S_0 = 1000$ МВА.

Расчет токов КЗ в точке К1.

Определяем сопротивление трансформатора обмотки низшего напряжения:

$$X_{TH} = 0,5 \cdot \frac{(U_{BB} + U_{CH} - U_{BC})}{100} \cdot \frac{S_B}{S_H} = 0,5 \cdot \frac{(17 + 6 - 10,5)}{100} \cdot \frac{1000}{40} = 1,56 \text{ o.e.}$$

Определим сопротивление реактора:

$$x_{\delta} = \frac{S_{\dot{a}}}{U_{\dot{t}}^2} = 0,14 \cdot \frac{1000}{6,6^2} = 3,21 \hat{t} \cdot \hat{a}.$$

Определяем суммарное сопротивление для точки К1:

$$\tilde{O}_{\Sigma 1} = \tilde{O}_{\dot{N}} + \tilde{O}_{\dot{E}} + \tilde{O}_{\dot{\Delta}} + \tilde{O}_{\dot{\alpha}} + X_{\delta} = 0,17 + 0,13 + 2,7 + 1,56 + 3,21 = 7,8 \hat{t} \cdot \hat{a}.$$

Определим периодическую слагающую токов К3:

$$I_{\hat{E}1} = \frac{S_{\dot{A}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\dot{f}} \cdot \tilde{O}_{\Sigma 1}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,6 \cdot 7,8} = 11,2 \hat{e} \hat{A}.$$

Определим мощность короткого замыкания:

$$S_{\hat{E}3} = \sqrt{3} \cdot I_{\hat{E}3} \cdot U_{\dot{f}} = 1,73 \cdot 11,2 \cdot 6,6 = 127,9 \hat{t} \hat{A}.$$

Определим ударный ток К3:

$$i_{\dot{O}\hat{A}1} = \sqrt{2} \cdot \hat{E}_{\dot{O}} \cdot I_{\hat{E}1} = 1,414 \cdot 1,6 \cdot 11,2 = 25,3 \hat{e} \hat{A},$$

где: $K_y = 1,6$ – ударный коэффициент» [10].

Определяем действующие значения полного тока КЗ:

$$I_{\hat{O}1} = I_{\hat{E}1} \cdot \sqrt{1 + 2(\hat{E}_{\hat{O}} - 1)^2},$$

$$I_{\hat{O}1} = 5,18 \cdot \sqrt{1 + 2(1,6 - 1)^2} = 14,7 \text{ } \hat{A}.$$

Расчет токов КЗ в точке К2

Определяем сопротивление кабельной линии:

$$X_{\text{КЛ}} = X_0 \cdot l \text{ Ом},$$

$$X_{\hat{E}\hat{E}} = 0,075 \cdot 5 = 0,4 \text{ Ом},$$

$$R_{\text{КЛ}} = R_0 \cdot l \text{ Ом},$$

$$R_{\hat{E}\hat{E}} = 0,13 \cdot 5 = 0,65 \text{ Ом},$$

$$Z_{\text{КЛ}} = \sqrt{X_{\text{КЛ}}^2 + R_{\text{КЛ}}^2} \text{ Ом},$$

$$Z_{\hat{E}\hat{E}} = \sqrt{0,4^2 + 0,65^2} = 0,8 \text{ Ом},$$

$$Z_{\hat{E}\hat{E}} = Z_{\hat{E}\hat{E}} \frac{S_{\hat{a}}}{U_{\hat{i}\hat{i}}^2} = 0,8 \cdot \frac{1000}{6,6^2} = 18,2 \hat{A}.$$

Определяем суммарное сопротивление для точки К2:

$$\tilde{O}_{\Sigma 2} = \tilde{O}_N + \tilde{O}_{\hat{E}} + \tilde{O}_{\hat{O}\hat{A}} + \tilde{O}_{\hat{O}\hat{I}} + X_{\delta} = 25,9 \text{ o.e.}$$

Определим периодическую слагающую токов КЗ:

$$I_{\hat{E}2} = \frac{S_{\hat{A}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\hat{A}} \cdot \tilde{O}_{\Sigma 5}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,6 \cdot 25,9} = 3,18 \hat{A}.$$

Определим мощность короткого замыкания:

$$S_{\hat{E}2} = \sqrt{3} \cdot I_{\hat{E}2} \cdot U_{\hat{I}} = 1,73 \cdot 3,18 \cdot 6,6 = 36,2 \text{ МВА}$$

Определим ударный ток короткого замыкания:

$$i_{\hat{O}2} = \sqrt{2} \cdot \hat{E}_{\hat{O}} \cdot I_{\hat{E}2} = 1,414 \cdot 1,72 \cdot 3,18 = 7,6 \text{ кА}$$

где: $K_Y = 1,72$ – ударный коэффициент.

Определяем действующие значения полного тока КЗ:

$$I_{Y2} = I_{K2} \cdot \sqrt{1 + 2(K_Y - 1)^2};$$

$$I_{\hat{O}2} = 3,18 \cdot \sqrt{1 + 2(1,72 - 1)^2} = 4,2 \text{ кА}$$

Данные расчетов токов короткого замыкания на стороне 6 кВ сведены в таблицу 3.

Таблица 3 - Данные расчетов токов короткого замыкания на стороне 6 кВ

Точки К.З.	$I_k, \text{кА}$	$i_{уд}, \text{кА}$	$I_y, \text{кА}$	$S_{к.з.}, \text{МВА}$
К1	9,2	22,4	13,1	175,4
К2	3,18	7,6	4,2	36,2

2.3.2 Расчет токов короткого замыкания на стороне 0,4 кВ

Для того чтобы понять выдерживает оборудование токи короткого замыкания или нет нужно вести расчет наиболее серьезного КЗ, то есть на самом мощном потребителе.

Расчетная схема изображена на рисунке 18.



Рисунок 18 - Расчетная схема

Параметры для расчета тока КЗ на самом мощном потребителе:

Система:

$$S=100\text{MVA.}$$

Трансформатор:

$$U_k=5,5\%, \Delta P_T = 4,7\text{кВт. } R_\delta = 2,6 \text{ мОм } X_\delta = 12,1 \text{ мОм.}$$

Трансформатор тока системы:

$$r_{ТТ} = 0,05\text{мОм}, x_{ТТ} = 0,07\text{мОм.}$$

Автоматический выключатель системы:

$$r_{КВ} = 0,41\text{мОм}, x_{КВ} = 0,13\text{мОм.}$$

Автоматический выключатель 2:

$$r_{КВ2} = 0,65\text{мОм}, x_{КВ2} = 0,17\text{мОм}$$

Трансформатор тока 2:

$$r_{ТТ2} = 0,11\text{мОм}, x_{ТТ2} = 0,17\text{мОм.}$$

$$\text{КЛ1: } r_{\text{кл}} = 0,164 \frac{\text{мОм}}{\text{км}}, x_{\text{кл}} = 0,162 \frac{\text{мОм}}{\text{км}}, l = 110 \cdot 10^{-3} \text{ км.}$$

$$\text{КЛ2: } r_{\text{КЛ2}} = 0,160 \frac{\text{МОМ}}{\text{КМ}}, x_{\text{КЛ2}} = 0,055 \frac{\text{МОМ}}{\text{КМ}}, l = 5 \cdot 10^{-3} \text{ КМ}.$$

Решение:

$$\delta_{\tilde{n}} = \frac{U_{\hat{i}}}{S_{\tilde{N}}} \cdot 10^3 = \frac{0,4}{100} \cdot 10^3 = 1,6 \hat{i} \hat{i}.$$

Ток в точке К1.

$$X_{1\Sigma} = X_{\tilde{N}} + X_{\hat{o}} + X_{\hat{o}1} + X_{\text{KB1}} = 1,6 + 12,1 + 0,13 + 0,17 = 14 \hat{i} \hat{i},$$

$$R_{1\Sigma} = R_{\hat{o}} + R_{\text{TI1}} + R_{\text{KB2}} = 2,6 + 0,05 + 0,41 = 3,06 \hat{i} \hat{i},$$

$$Z_{1\Sigma} = \sqrt{X_{1\Sigma}^2 + R_{1\Sigma}^2} = 14,33 \hat{i} \hat{i},$$

$$I_{\hat{E}1} = \frac{U_{\hat{i}}}{Z_{1\Sigma} \cdot \sqrt{3}} = \frac{400}{14,33 \cdot \sqrt{3}} = 16,12 \hat{e}\hat{A}.$$

Ударный ток в точке К1:

$$K_{C1} = 0,6,$$

$$K_{C2} = 0,5,$$

$$I_{\hat{E}\hat{A}} = 16,12 \cdot 0,6 = 9,67 \hat{e}\hat{A},$$

$$I_{\hat{E}\hat{i}} = 16,12 \cdot 0,5 = 8,06 \hat{e}\hat{A},$$

$$\frac{X_{\Sigma 1}}{R_{\Sigma 1}} = 3,06 = 4,57,$$

$$i_{\hat{o}1} = \sqrt{2} \cdot 1,48 \cdot I_{\hat{E}1} = 33,73 \hat{e}\hat{A}.$$

Ток в точке К2

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma 2} &= Z_{\Sigma 1} + \sqrt{R_{\text{KB2}} + R_{\text{TI2}} + R_{\text{Ke1}} \cdot L^2 + X_{\text{KB2}} + X_{\text{TI2}} + X_{\hat{E}\hat{E}1} \cdot L^2} = \\ &= 14,33 + \sqrt{0,65 + 0,11 + 0,164 \cdot 110^2 + 0,17 + 0,17 + 0,162 \cdot 110^2} = 40,46 \hat{i} \hat{i}, \end{aligned}$$

$$I_{\hat{E}2} = \frac{U_i}{Z_{\Sigma 2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{400}{40,46 \cdot \sqrt{3}} = 5,82 \hat{A},$$

$$\hat{E}_{\hat{N}1} = 0,68,$$

$$\hat{E}_{\hat{N}2} = 0,58,$$

$$I_{\hat{E}\hat{A}} = 5,82 \cdot 0,68 = 3,96 \hat{A},$$

$$I_{\hat{E}\hat{I}} = 5,82 \cdot 0,58 = 3,38 \hat{A}.$$

Ударный ток в точке К2

$$\frac{\tilde{O}_{\Sigma 2}}{R_{\Sigma 2}} = 2,1,$$

$$i_{o2} = \sqrt{2} \cdot 1,25 \cdot I_{\hat{E}2} = 10,19 \hat{A}.$$

Ток в точке К3

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma 3} &= Z_{\Sigma 2} + \sqrt{R_{KB4} + R_{\hat{E}\hat{E}2} \cdot L^2 + X_{KB4} + X_{\hat{E}\hat{E}2} \cdot L^2} = \\ &= 40,46 + \sqrt{0,25 + 0,160 \cdot 5^2 + 0,1 + 0,055 \cdot 5^2} = 45,66 \hat{i} \hat{i}, \end{aligned}$$

$$I_{\hat{E}3} = \frac{U_i}{Z_{\Sigma 3} \cdot \sqrt{3}} = \frac{400}{45,66 \cdot \sqrt{3}} = 5,15 \hat{A},$$

$$\hat{E}_{\hat{N}1} = 0,72,$$

$$\hat{E}_{\hat{N}2} = 0,62,$$

$$I_{\hat{E}\hat{A}} = 5,15 \cdot 0,72 = 3,71 \hat{A},$$

$$I_{\hat{E}\hat{I}} = 5,15 \cdot 0,62 = 3,19 \hat{A}.$$

Ударный ток в точке КЗ:

$$\frac{X_{\Sigma 3}}{R_{\Sigma 3}} = 1,91,$$

$$i_{o3} = \sqrt{2} \cdot 1,1 \cdot I_{\hat{E}3} = 7,93 \text{ A}.$$

По расчетам самого мощного короткого замыкания видно, что выбранное оборудование выдерживает такие нагрузки.

2.4 Выбор оборудования

В ТП принято установить укомплектованные оборудованием КСО298. КСО298 - это камеры сборные одностороннего обслуживания [7].

Электрооборудование выбирается по расчетному току нагрузки.

Используя формулы из 2.1 пункта, найдём ток в кабелях[1].

Секция 1: $P_p = 354,1 \text{ кВт}$; $I_{\delta} = 642,7 \text{ А}$.

Секция 2: $P_p = 344,3 \text{ кВт}$; $I_{\delta} = 615,0 \text{ А}$.

Расчет токов нагрузки был произведен для каждой секции отдельно, но, несмотря на это, нужно учитывать при выборе оборудования аварийный режим электроснабжения, при котором все расчетная мощность и соответственно расчетный ток пойдет через один ввод. По этому принципу и выбирается электрооборудование: от силовых трансформаторов до ЩО70 выбраны автоматические выключатели марки ВА55-43е [10, 11].

Так как по актам разграничения границ балансовой принадлежности граница проходила по КРУН 6кВ разобрать его полностью нельзя. Электроснабжения новой трансформаторной подстанции будет осуществляться шлейфом. Коммерческие приборы учета принято оставить на своих местах водных ячейка. Структурная схема электроснабжения изображена на рисунке 19 [5, 4].

«Рассчитаем ток, используя формулу:

$$I_H = \frac{P_H}{\cos \varphi \cdot \sqrt{3} \cdot U_H},$$

где P_H - номинальная мощность потребителя,

$\cos \varphi$ - коэффициент мощности потребителя,

U_H - номинальное напряжение потребителя» [10].

Результаты расчёта номинальных токов и выбранное оборудование занесем в таблицу 4.

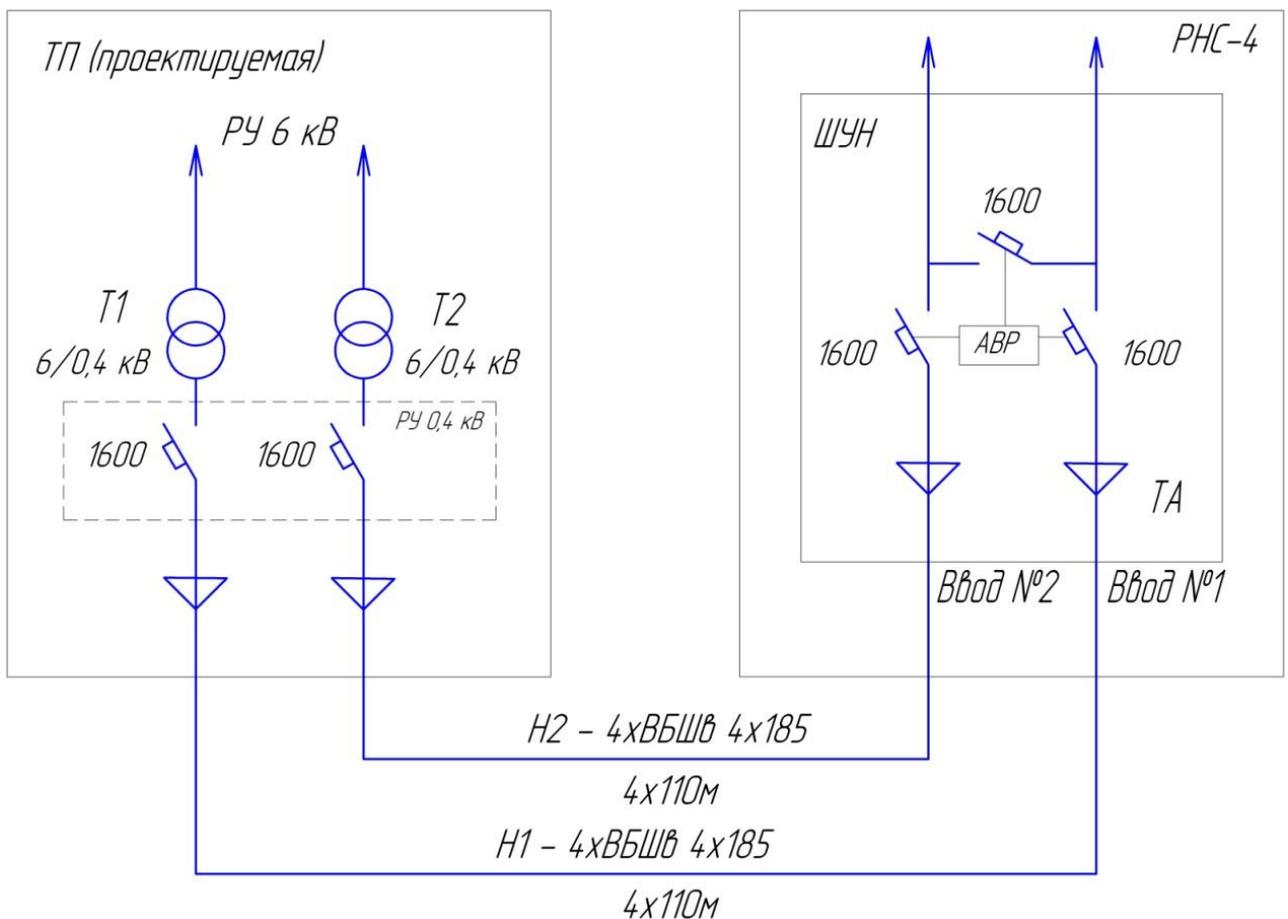


Рисунок 19 – Структурная схема электроснабжения

Таблица 4 – Номинальные токи ЭП и выбор оборудования

	электроприемник	количество	И _н , кА	Марка кабеля	Марка автоматического выключателя
секция 1	насос	3	258,59	ВВГнг(А)-LS 4x120	3С320
	к/балка		12,16	ВВГнг(А)-LS 5x2,5	3С32
	ЩО		8,51	ВВГнг(А)-LS 5x2,5	3С32
секция 2	насос	3	258,59	ВВГнг(А)-LS 4x120	3С320
	дренажный насос	2	7	КВВГнг(А)-LS 7x1,5	3С10
	АЩО			ВВГнг(А)-FRLS 5x2,5	3С200

В качестве устройства плавного пуска (УПП) выбраны устройства компании «ЭЛЕКТРОТЕКС» - Schneider Electric АТС 48С59Q 160кВт [18].

УПП предназначено для плавного пуска, останова и защиты трехфазных асинхронных электродвигателей (ЭД) с короткозамкнутым ротором.

УПП применяется в системах плавного пуска и автоматического управления работой (пуском, остановом) ЭД различных машин и механизмов.

Использование УПП позволяет:

- избежать сильных бросков тока в сети при пуске;
- продлить срок службы, как самого ЭД, так и приводного механизма;
- устранить при пуске насосного агрегата (НА) гидроудар и динамические перегрузки в трубопроводах;
- свести к минимуму применение релейно-контакторной аппаратуры, что повышает надежность системы.

УПП имеет защиту от:

- недопустимых токовых перегрузок на выходе;
- исчезновения или недопустимого снижения питающего напряжения более чем на 10 % от номинального значения;
- превышения входного напряжения более чем 10 % от номинального значения;
- неисправности в системе питания цепей управления;
- от перегрева силовой части устройства.

Режимы управления работой УПП:

1) РУЧНОЕ (Режим работы «РУЧНОЙ»)

- пуск и останов двигателя производится только по нажатию кнопок; «ПЛАВНЫЙ ПУСК» или «ПЛАВНЫЙ ОСТАНОВ»;

2) АВТОМАТИЧЕСКОЕ (Режим работы «СУТОЧНЫЙ», «НЕДЕЛЬНЫЙ», «СУХ.КОНТАКТ»)

- пуск и останов по нажатию кнопок «ПЛАВНЫЙ ПУСК» и «ПЛАВНЫЙ ОСТАНОВ» невозможны;

- в режиме работы «СУХ.КОНТАКТ» пуск и останов двигателя производится по состоянию датчика типа «сухой контакт»;
- 3) ВНЕШНЕЕ (Режим работы «RS-485») - пуск и останов двигателя производится в соответствии с сигналами, передаваемыми по интерфейсу RS-485 от внешнего управляющего устройства;
- пуск и останов по нажатию кнопок «ПЛАВНЫЙ ПУСК» и «ПЛАВНЫЙ ОСТАНОВ» невозможны.

2.5 Автоматизированная система управления РНС-4

Автоматизированная система управления насосной станцией предназначена для организации диспетчерского контроля и управления насосной станцией с целью бесперебойного и качественного обеспечения потребителей услугами водоотведения.

Структура системы:

1. Нижний уровень – совокупность приборов и датчиков для измерения технологических и электрических параметров оборудования насосной станции, а так же исполнительных устройств и механизмов.

2. Средний уровень – программируемые логические контроллеры, предназначенные для сбора, анализа, хранения и передачи данных о работе оборудования на верхний уровень, а так же реализующие функции управления оборудованием.

3. Верхний уровень – технологический сервер, сервер архивирования, автоматизированные рабочие места, сетевое коммуникационное оборудование.

АСУ ТП КНС должна позволять технологическому и обслуживающему персоналу производить комплексную оценку работоспособности станции, а так же давать возможность на основании достоверной полученной информации принимать необходимые управляющие действия, направленные на изменение режимов работы объекта или устранение аварийных ситуаций, получать различные аналитические формы и отчеты.

В нормальном режиме работы все объекты работают в автоматическом режиме, обеспечивающем заданные параметры водоотведения (основной режим).

Информация о технологических параметрах и состоянии объектов управления поступает на диспетчерский пункт через определенные промежутки времени. В случае необходимости диспетчер может задать принудительный внеочередной опрос одного или нескольких объектов.

При возникновении аварийной ситуации привлекается внимание диспетчера путем изменения цвета и подается звуковой сигнал.

Режимы работы АСУ ТП:

1. Автоматический режим

Система поддерживает заданный режим работы станции. Назначение насосных агрегатов (основной, резервный) задаются дистанционно, либо локально. Локальный алгоритм работы станции обеспечивает автоматическое включение/выключение насосных агрегатов, отработку защитных функций. В автоматическом режиме обеспечивается оптимизация режимов работы насосной станции.

2. Дистанционный режим

Запуск и остановка соответствующего насосного агрегата происходит под управлением контроллера по команде с автоматизированного рабочего места диспетчера.

3. Местный режим

Запуск и остановка соответствующего насосного агрегата осуществляется с пульта управления вручную.

Для построения АСУ ТП используются серийно выпускаемые программируемые логические контроллеры. Контроллеры обеспечиваются автономными источниками питания и в случае пропадания связи с верхним уровнем накапливается информация в течении 24 часов.

Серверное оборудование так же обеспечивается автономным источником питания, который продлевает работоспособность на 2 часа.

Программное обеспечение системы управления реализовано на базе существующей SCADA системы с возможностью ее дальнейшей конфигурации.

В Scada системе предусмотрена надстройка, которая позволит обслуживающему персоналу самостоятельно добавлять новые однотипные объекты, путем простого ввода информации и конфигурирования

универсальной технологической схемы, без непосредственного программирования.

Алгоритм работы

ШУН обеспечивает возможность подключения и управления следующим оборудованием:

1) Насосы канализационные 1.1-1.6 (6шт, 4 рабочих, 2 резервных) Насос Flygt NZ3231/735; P=170кВт; I=300А. Кабель для подключения ВВГнг(А)-LS 4x120 + КВВГнгLS 27x1.5

2) Насосы дренажные 2.1-2.2 (2шт, 1 рабочий, 1 резервный) Насос BS 2630 МТЗ; P=3,7кВт; I=7А Кабель для подключения КВВГнгLS 7x1.5

3) Электропривода задвижек 5.1-5.6 (6шт) AUMA SA 14.5; P=4кВт; I=8А Кабель для подключения КВВГнгLS 19x1.5

4) Электропривода задвижек 6.1-6.5 (5шт) AUMA SA 16.1; P=7,5кВт; I=18А Кабель для подключения КВВГнгLS 19x2.5

5) Датчики уровня в приемном резервуаре (7шт) Поплавковые 3х-контактные датчики уровня Кабель для подключения КВББШв 24x1.5 (объединенный кабель для всех шести датчиков)

6) Трёхуровневый электродный датчик уровня типа САУ-М6 Кабель для подключения ВВГнг(А)-LS 3x1.5 (питание САУ-М6); КВВГнгLS 7x1.5 (сигнализация уровней)

7) Датчик температуры настенной установки ДТС 3005-РТ1000В2

8) Оборудование собственных нужд насосной станции В соответствии с принципиальной электрической схемой ШУН.

Алгоритм работы насосов 1.1-1.6

Четыре насоса рабочих, два насоса резервных. В приемном резервуаре установлено 7 поплавковых датчиков уровня.

1- аварийное отключение (защита от сухого хода)

2- отключение работающих насосов.

3- включение насоса 1

4- включение насоса 2

5- включение насоса 3

6- включение насоса 4

7- аварийное переполнение приемного резервуара.

При срабатывании датчиков 3-6 происходит включение насосных агрегатов. При отключении датчика 2 происходит отключение работающих насосных агрегатов. При программировании контроллера управления необходимо учесть следующие требования: - при последовательном включении насосных агрегатов в работу (до трех агрегатов включительно), исключить возможность одновременной работы «парных насосов», а именно пары насосов «поз.1.1 и поз.1.2»; «поз.1.3 и поз.1.4»; «поз.1.5 и поз.1.6». Положения указаны в соответствии со схемами раздела ЭМ.

- при срабатывании датчика 6, четвертый насос включается в работу, вне зависимости от требования «исключения одновременной работы «парных насосов»

- предусмотреть чередование насосных агрегатов в зависимости от наработанных моточасов;

- предусмотреть плавный пуск насосных агрегатов;

При срабатывании датчика 1 – аварийное отключение всех насосов. При срабатывании датчика 7 включить аварийный светозвуковой сигнал. Обеспечить сигнализацию срабатывания датчиков в обход контроллера управления.

Предусмотреть возможность включения насосов в обход контроллера. Предусмотреть подключение кнопочного поста для аварийного останова двигателя для каждого насоса. В случае работы насосных агрегатов в ручном режиме предусмотреть автоматическое отключение всех насосных агрегатов по сигналу от датчика 1.

Алгоритм работы дренажных насосов 2.1-2.2 (1 рабочий / 1 резервный)

В приемке в помещении насосной станции установлен трехуровневый электродный датчик уровня типа САУ-М6. При достижении воды в приемке уровня 2 подается сигнал на включение насоса 2.1 или 2.2, в зависимости от наработки насосов. В случае, если рабочий насос не включился, предусмотреть включение резервного насоса. При снижении уровня воды в приемке до уровня 1 – предусмотреть отключение рабочего насоса. При достижении водой уровня 3 (высокий уровень воды) включить аварийный светозвуковой сигнал. Подключение и управление дренажными насосами осуществить без участия контроллера.

На двери шкафа управления предусмотреть: органы местного управления насосами: кнопки пуск/стоп, выбор режима работы насосного агрегата ручной/автоматический; отдельную индикацию аварийных состояний для каждого из насосов, индикацию наличия питания/аварии питания, индикацию работы насосов, кнопку сброса аварии.

2.6 Программный комплекс АКВАТОРИЯ

Страница предназначена для мониторинга и оперативного изменения параметров КНС (Рисунок 20) [24], [25].

Индикация элементов на схеме

Рисунок 15 представляет технологическую схему объекта типа КНС. Здесь осуществляется индикация всех исполнительных элементов системы:

- датчики (поплавки) – выделяются зеленым, если есть соответствующий сигнал, и серым, если сигнал отсутствует;

- задвижки (если присутствуют в системе)

зеленый цвет – задвижка открыта;

серый цвет – задвижка закрыта;

- насосы

желтый цвет – готовность устройства;

зеленый цвет – устройство работает;

красный цвет – авария устройства;

Аналоговые измерения отображены прямоугольником с соответствующими показаниями (цифровыми индикаторами) токи, моточасы насосов, аналоговый уровень (если есть на станции).

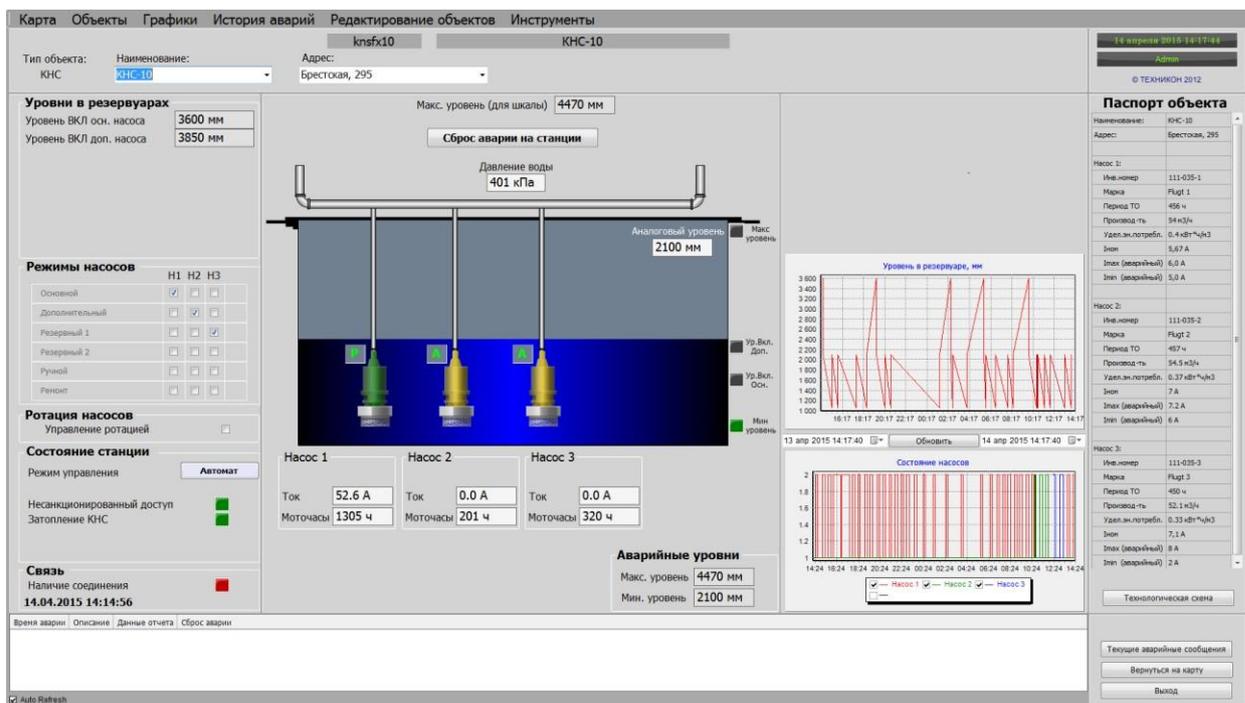


Рисунок 20 – Окно параметров КНС

Управление режимом работы

Существует 2 режима работы станции «Автомат» и «Ручной». В обоих случаях управление оборудованием осуществляется от контроллера, который еще и следит за текущим состоянием системы и в зависимости от ситуации меняет режим работы оборудования (к примеру, останов насоса по аварии). В автоматическом режиме контроллер управляет станцией по заданному алгоритму и уставкам. В ручном режиме оператор может управлять исполнительными механизмами (по отдельности). Для переключения режимов нужно нажать соответствующую кнопку.

Также для КНС существует еще один режим работы по плавковым датчикам (или электродам) и по аналоговому. По умолчанию при исправности аналогового датчика, система работает по аналоговому уровню.

Для того чтобы устройство (насос или задвижка) работало в автоматическом режиме или была возможность управлять вручную, нужно

убедиться, что тумблер для этого устройства на объекте находится в состоянии «Автомат». Состояние тумблера отображено квадратом с буквой над соответствующим устройством на схеме (буква А – Режим «автомат», буква Р – режим «Ручной»).

Управление насосами

Для управления насосом наводим курсор мышки на насос. Если курсор изменился на «руку», то при клике по объекту появится диалоговое окно (Рисунок 16). Нажмите кнопку [ОК] для подтверждения открытия окна управления насосом. Закроется окно подтверждения и откроется окно управления насосом (Рисунок 17). Для изменения режима работы насоса нажмите кнопку с соответствующим режимом.

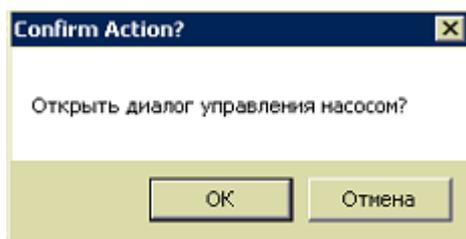


Рисунок 21 - Подтверждение открытия диалогового окна управления насосом

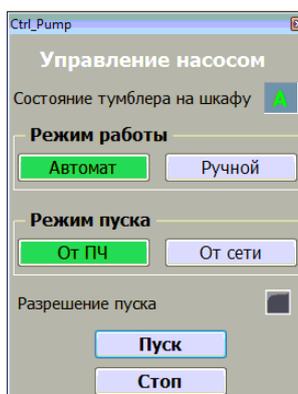


Рисунок 22 - Управление насосом

Автоматический режим. Перед управлением насосом следует убедиться, что тумблер в состоянии «Автомат». Если мы запускаем систему в автоматическом режиме, то просто нажимаем кнопку «Пуск». При этом пуск насоса произойдет от преобразователя частоты (ПЧ) или от устройства плавного пуска (при их наличии). В противном случае запуститься от сети. Если случается какая-либо авария устройства пуска, пуск насоса автоматически произойдет от сети, т.е. в автоматическом режиме.

Поле «Режим пуска» имеет только информационную функцию. Для останова всей системы нажимаем кнопку [Стоп] насоса.

При пуске насоса от УПП насос плавно разгоняется, при остановке – плавно останавливается, что приводит к ресурсосбережению оборудования.

При пуске насоса от сети двигатель во время разгона потребляет очень большой ток (в несколько раз превышающий номинал), тем самым дает большую нагрузку на электросеть и ухудшает свои эксплуатационные характеристики.

Управление задвижками

При нажатии на задвижку появится окно настройки параметров задвижки. Принцип работы с ней такой же, как и при управлении насосом.

Индикация статистики и режимов работы

В этих полях можно увидеть и изменить величины. При наведении на редактируемые поля, курсор мышки изменится на «руку». Это значит, что значение поля можно изменить.

В поле «Режимы насосов» отображаются приоритеты насосов. Это поле можно также редактировать.

2.7 Работы в подготовительный период

Погрузочно-разгрузочные работы на станции разгрузки и на площадке строительства ведутся бригадой по погрузо-разгрузочным работам, оснащенные грузоподъемными машинами и вспомогательным оборудованием. Перевозка строительных материалов производится транспортными машинами (общего назначения - грузовые бортовые машины, самосвалы, автопоезда в составе автомобиля и прицепов; специализированными - тягачи-тяжеловозы и др.). Площадки складирования должны иметь ровную горизонтальную поверхность с твердым или земляным утрамбованным покрытием. Для отвода атмосферных осадков должен быть предусмотрен уклон до 3°.

Проведение работ по демонтажу производится непосредственно по наряду-допуску на производство ремонтных работ. Оборудование демонтируется путем разборки фланцевых соединений. Шкафы и другие детали выносятся из помещения вручную. При необходимости выполняются газорезательные работы.

Прокладка кабеля, монтаж электрооборудования и слаботочных устройств выполняются в соответствии с требованиями ПУЭ, СНиП 3.05.06-85, ГОСТ Р 50571.5.54-2013. После завершения монтажа должны быть проведены работы по измерению и испытанию электрооборудования в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей».

Выбор сечений питающих кабелей электрооборудования произведён согласно суммарной мощности энергопринимающих устройств, по условию нагрева, током нагрузки, с последующей проверкой по допустимой потере напряжения.

Выводы по главе №2:

1. Увеличилась надежность электроснабжение насосной станции за счет замены старого, изношенного оборудования;
2. Существенно уменьшилось потребление электроэнергии, уменьшился износ оборудования за счет оптимизации режимов работы оборудования;
3. Уменьшились риски исчезновения питания и дополнительных затрат, за счет установки АВР по низкой стороне в шкафах управления насосами;
4. Уменьшилась гидростатическая нагрузка на систему водоотведения, благодаря УПП.

3 Компенсация реактивной мощности

3.1 Анализ методов компенсации реактивной нагрузки

3.1.1 Конденсаторные батареи

Самое широкое распространение на предприятиях получил метод компенсации с использованием конденсаторных батарей [13]. Конденсаторная батарея – простое и главное надежное устройство способное вырабатывать реактивную мощность, а именно емкостную ее составляющую. Такие установки, как правило, собираются из отдельных батарей и соединяются между собой определенным, нужным образом. Батареи производятся разных номиналов напряжения и мощности и обладают рядом преимуществ: относительно недорогие, удельные потери полезной мощности малы и простота эксплуатации. Так же есть и недостатки такие как: остаточное напряжение, невозможность плавного регулирования и чувствительность к перенапряжениям, как правило, не более 10%.

Конденсаторы по исполнению бывают однофазными и трехфазные, притом что с номинальным напряжением выше 1кВ выпускаются только в однофазном исполнении.

Конденсаторы низкого напряжения оборудованы плавкими вставками. По току перегрузка возможна не более 30% от номинала.

Мощность, которую вырабатывает батарея при определенной емкости C , находится в прямой зависимости от частоты и квадрата напряжения:

$$Q_{KB} = U^2 * \omega * C$$

Это выражения показывает очередной недостаток батарей. Мощность напрямую зависит от напряжения, то есть если уменьшается напряжения, то и мощность падает, а ее необходимо увеличивать [21].

Для преодоления этого негативного эффекта принято формировать конденсаторы из нескольких модулей с управлением каждого регулятором мощности или напряжения и подключающихся к сети посредством собственного автоматического выключателя. При регулировании мощности по ступеням для стабильной работы КУ требует отметить в регуляторе напряжения зону нечувствительности, таким образом, чтоб после включения в работу очередной секции, она тут же не отключилась.

Конденсаторная установка показана на рисунке 23 с номинальным напряжением 380В.

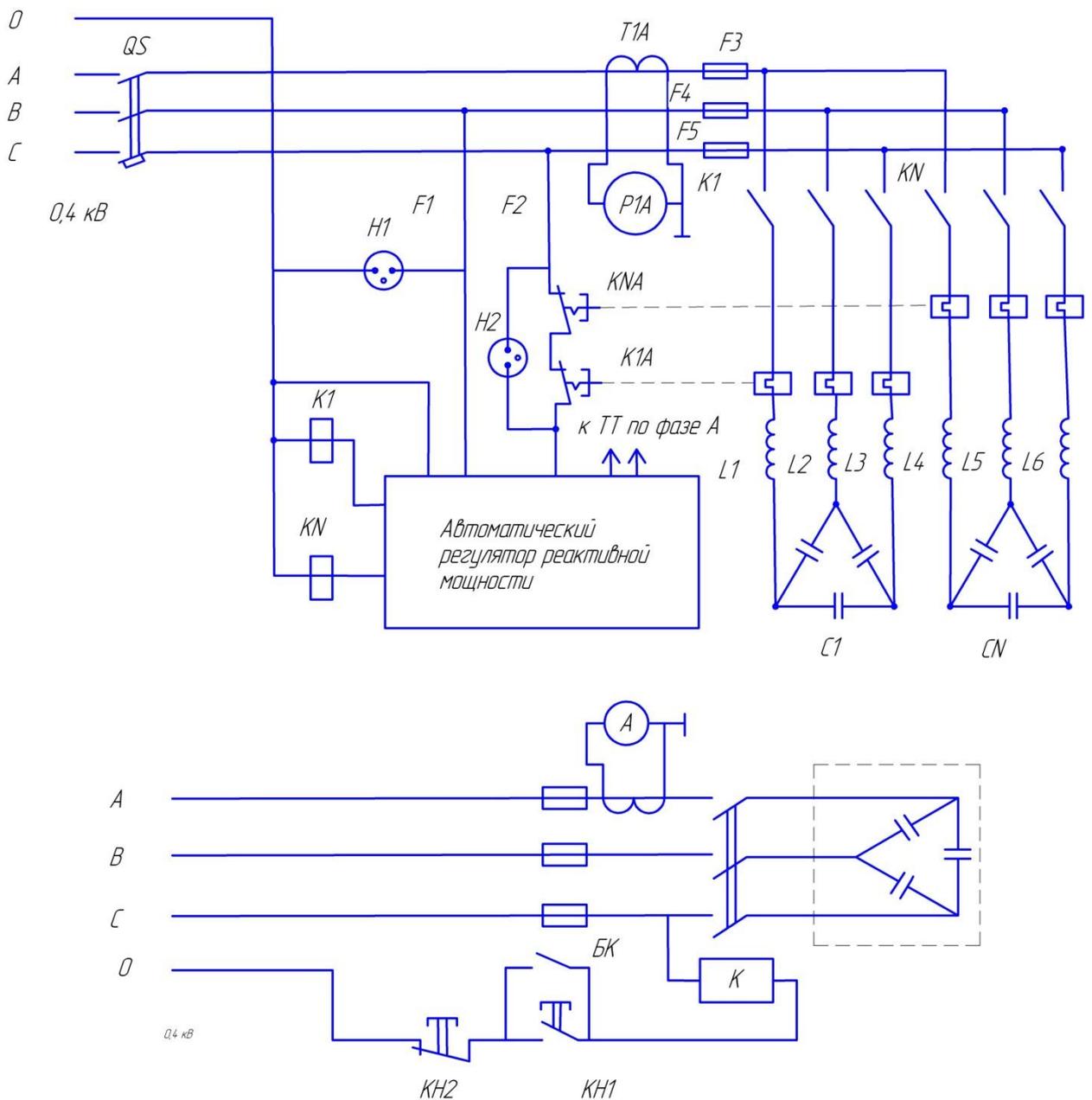


Рисунок 23 – Схема принципиальная КУ 0,4кВ

Из однофазных конденсаторов, включенных последовательно- параллельно собираются высоковольтные установки рисунок 24.

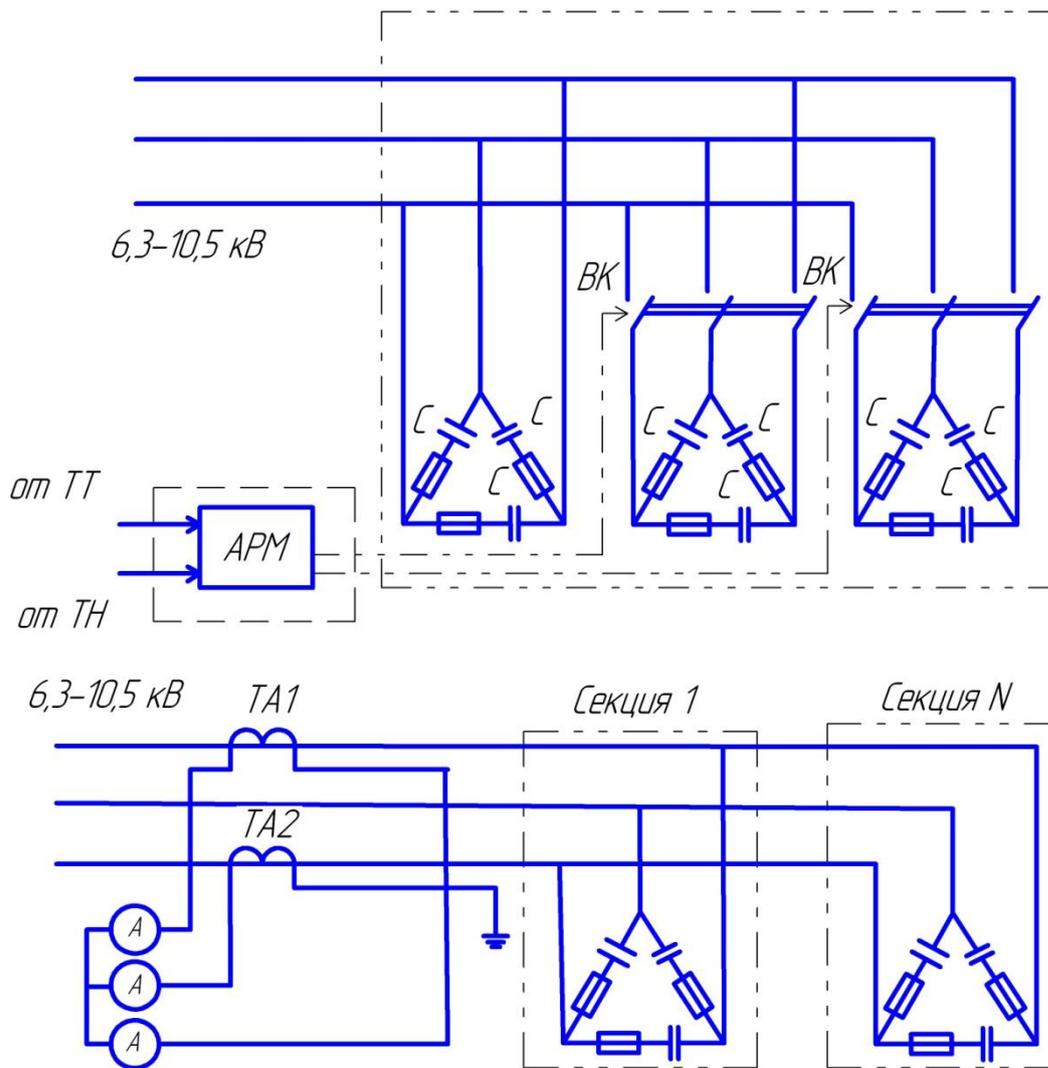


Рисунок 24 – Схема принципиальная КУ 6-10кВ

Конденсаторные установки требуют особого внимания при включении и отключении, так как эти процедуры сопровождаются бросками тока и перенапряжением сети соответственно. Поэтому каждого отключения от сети конденсаторы должны разряжаться.

Так как конденсаторы чувствительны к несинусоидальности напряжения, к искажениям кривой напряжения, емкостное сопротивление уменьшается обратно пропорционально частоте высшей гармоники. Это приводит к дополнительным потерям мощности и нагреву.

Потери мощности после компенсации:

$$\Delta P = \frac{(P^2 + (Q - Q_k)^2) R}{U_{ном}^2} + \Delta P_{ку},$$

где $\Delta P_{ку}$ - потери мощности в КУ.

Потери напряжения после компенсации:

$$\Delta U = \frac{PR + (Q - Q_k)^2 x}{U_{ном}} P_{ку}.$$

3.1.2 Синхронные двигатели компенсаторы

Синхронные двигатели могут вырабатывать реактивную мощность при повышенном токе возбуждения, а значит, могут служить как компенсаторы реактивной нагрузки. Главное отличие синхронных двигателей от асинхронных двигателей отсутствие скольжения, то есть скорость вращения ротора совпадает со скоростью вращения магнитного поля статора. Это достигается тем, что магнитное поле создается от источника постоянного тока. При этом в нормальном режиме работы $\cos\varphi = 1$, а при работе с опережающим коэффициентом мощность выдает в сеть емкостную составляющую реактивной мощности [14].

Отечественные двигатели рассчитаны на $\cos\varphi = 0,9$ и при работе номинальном режиме $P_{ном}$ и $U_{ном}$ вырабатывают реактивную мощность:

$$Q_{ном} \approx 0,5 P_{ном} P_{ку}$$

При работе на мощности меньше номинальной может быть перегрузка по реактивной мощности.

Главной особенностью синхронных двигателей по сравнению с конденсаторами возможность плавного регулирования.

Недостаток заключается в том, что у синхронных двигателей потери полезной мощности больше. Дополнительные потери синхронных машин, потери на генерацию реактивной мощности при номинальном режиме работы равны:

$$\Delta P_{ном} = \frac{Q_{ном}^2 r}{U_{ном}^2} P_{ку},$$

где $Q_{ном}$ - номинальная реактивная мощность СД; r - сопротивление одной фазы обмотки СД в нагретом состоянии; $U_{ном}$ - номинальное напряжение сети.

Следует отметить, что

$$D1 + D2 = P_{ку} \Delta P_{ном}.$$

Сумма постоянных коэффициентов $D1$ и $D2$ определяет активные потери синхронных двигателей, вызванные генерированием реактивной мощности при номинальном режиме работы.

Синхронные двигатели применяются, как правило, для снижения пиковых нагрузок. На производствах их целесообразно применять как приводы механизмов, работающих при постоянной частоте вращения и мощность не менее 50 кВт.

Преимущества синхронных компенсаторов:

1. Малочувствительны к искажениям кривой напряжения;
2. Низкие удельные капитальные затраты на генерацию реактивной нагрузки;

3. Плавное регулирование реактивной мощности, а не ступенчатое, как у конденсаторных установок;
4. Повышает предел устойчивости нагрузки.

Синхронные компенсаторы – разновидность синхронных машин способных работать без нагрузки на валу и стабилизируют напряжения в точке присоединения $\pm 5\%$. Они используются для генерации и потребления реактивной мощности чаще всего в тех точках, где существенно изменяется баланс реактивной нагрузки.

3.2 Регулирование по изменению реактивной нагрузки

Так как в электрических сетях нагрузка изменяется, меняется и реактивная мощность. Конечно и регулирование целесообразно осуществлять по изменению реактивной мощности. Для этого режима в конденсаторной установке применяется автоматический регулятор реактивной мощности.

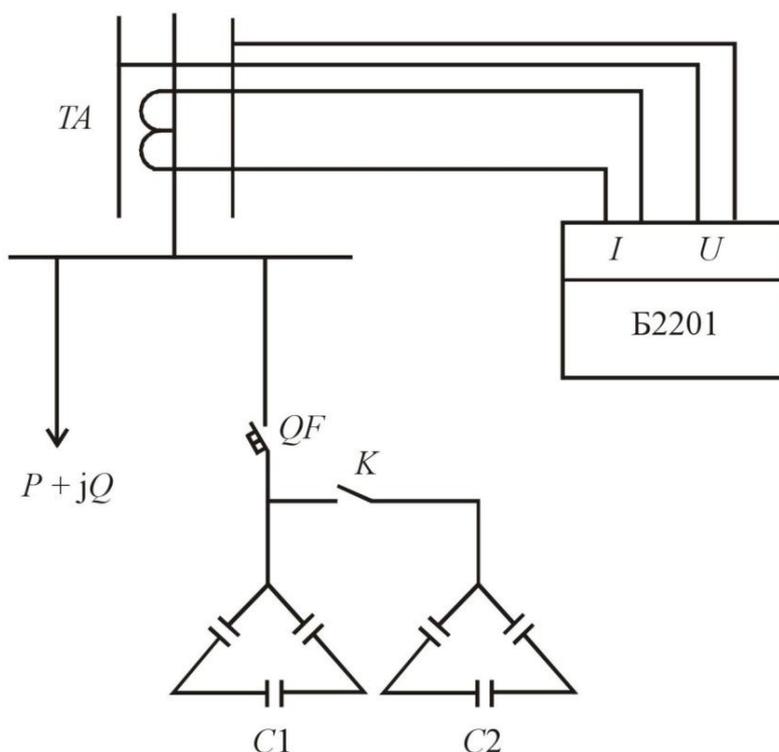


Рисунок 25 - Схема управления режимом реактивной мощности с помощью регулятора Б2201

$P + jQ$ – активно-индуктивная нагрузка; $C1$, $C2$ – секции конденсаторной батареи; QF – выключатель; K – контакт контактора; TA – трансформатор тока; I , U – ток с трансформатора тока и напряжение с линии.

Регулятор имеет два входа. На первый подается ток одной фазы (например, В), на второй – линейное напряжение двух других фаз.

Контролируемая реактивная мощность:

$$Q_{\Phi} = I_B * U_{AC} * \cos(90 - \varphi) = I_B * U_{AC} * \sin\varphi,$$

где Q_{Φ} – реактивная мощность фазы; I_B – ток одной фазы; U_{AC} – линейное напряжение двух других фаз; φ – угол сдвига фазы между током и линейным напряжением.

Зона нечувствительности установки исключает частых переключений секций.

Выдержка времени настроена таким образом, что зависит от разности фактического и заданного потребления реактивной нагрузки, больше разность, быстрее срабатывает.

При несимметричной нагрузке может использоваться регулятор реактивной мощности, который предварительно симметрирует нагрузку. Регулятор позволяет реагировать на изменение реактивной нагрузки каждой фазы. Таким образом, можно компенсировать реактивную мощность по каждой фазе отдельно в зависимости от ее загруженности реактивной нагрузкой.

3.3 Разработка схемы установке АКРМ

Структурная схема установки автоматической компенсации реактивной мощности изображена на рисунке 26.

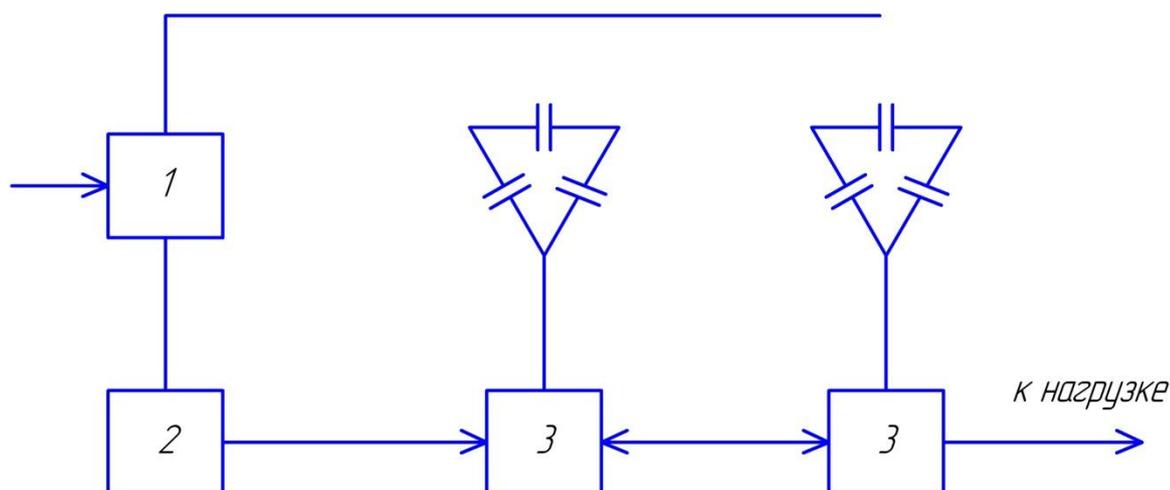


Рисунок 26 - Структурная схема установки автоматической компенсации реактивной мощности

Установка состоит из датчика 1, блока управления 2, который обрабатывает сигнал на коммутирующую аппаратуру 3. Датчиком 1 регистрирующим изменения режимов реактивной нагрузки потребления является серийно выпускаемый варметр Д390К с электронным блоком трехпозиционного регулирования П1730. Блок управления 2 собран на релейно-контакторной аппаратуре. В качестве исполнительных органов 3 включающих силовые конденсаторы, применены магнитные пускатели[22].

На рисунке 27 изображена принципиальная схема установки автоматической компенсации реактивной мощности

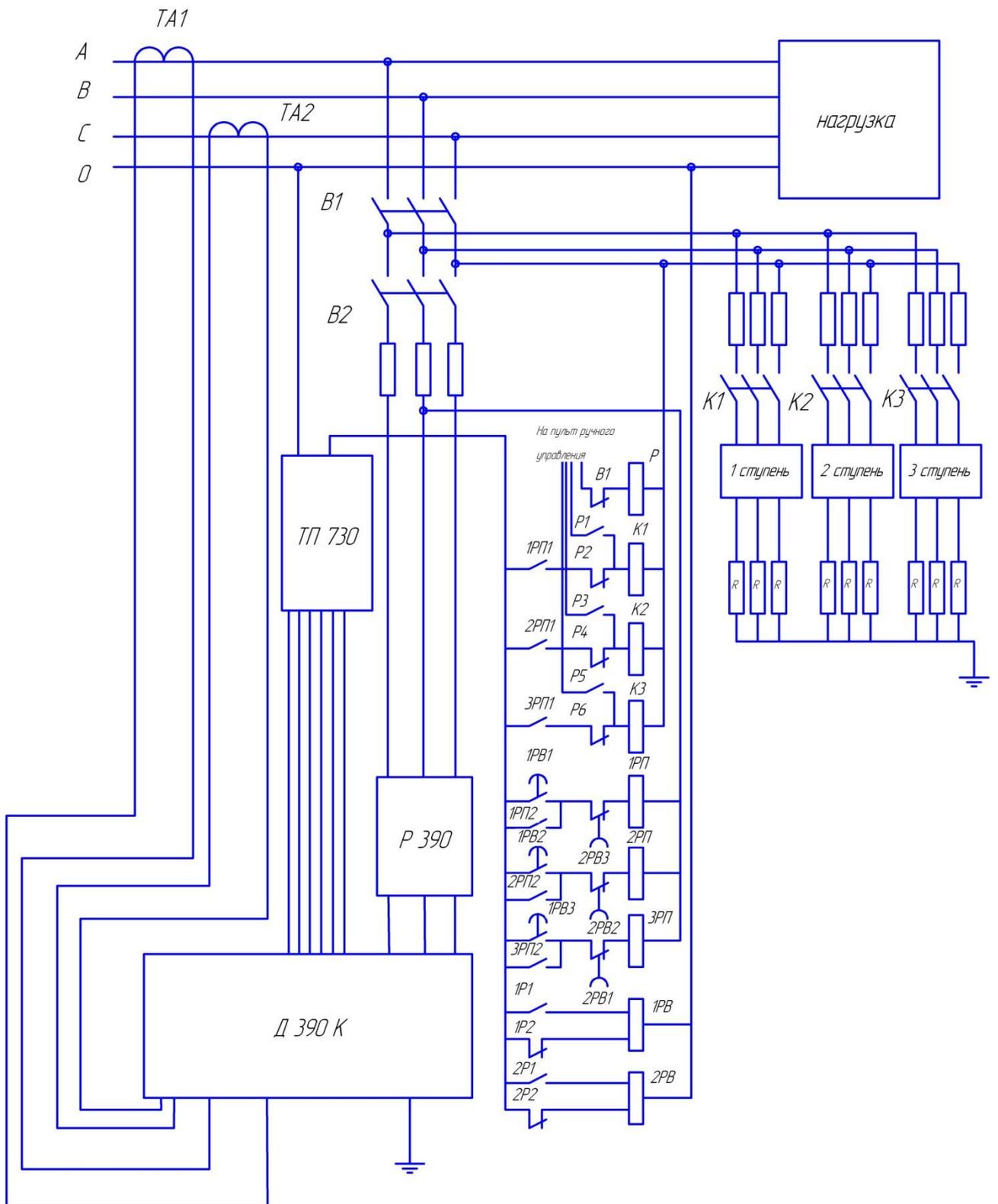


Рисунок 27 - Принципиальная схема установки автоматической компенсации реактивной мощности

Принцип работы АКРМ

От трансформаторов тока токи поступают к варметру ДЗ90К, напряжение на него поступает через делительное устройство Р390.

Когда реактивная мощность нагрузки превышает предельное значение, предварительно выставленное на варметре, появляется красный сигнал на шкале. На красной ленте датчика расположенный фоторезистор засвечивается, из-за чего меняется его сопротивление и подается сигнал на срабатывание выходного реле 1Р блока ТП730. После замыкания контакта 1Р включается реле времени 1РВ и по истечению времени равному Δt_1 , реле времени замыкает свой контакт 1РВ1. Далее промежуточное реле 1РП при замыкании подает питание на катушку контактора К1 и соответственно контакты К1 замыкаются, тем самым включают первую ступень регулирования.

При недостатке реактивной мощности первой ступени для оптимального режима контакт 1Р1 остается замкнутым и дальше через выдержку времени Δt_2 замыкается контакт 1РВ2. Далее промежуточное реле 2РП при замыкании подает питание на катушку контактора К2 и соответственно контакты К2 замыкаются, тем самым включают вторую ступень регулирования и мощность возрастает в 2 раза.

При недостатке реактивной мощности первой и второй ступеней 1Р1 остается замкнутым. Далее происходит тот же алгоритм и после замыкания контактора К3 включается третья ступень регулирования. Реле 1Р размыкает свой контакт 1Р1.

Для того чтобы не наступила перекомпенсация реактивной мощности на варметре предусмотренное отклонение и в меньшую сторону, тогда на шкале появится зеленый сигнал. На зеленой ленте датчика тоже расположенный фоторезистор засвечивается, из-за чего меняется его сопротивление и подается сигнал на выходное реле 2Р блока ТП730. После замыкания контакта 2Р1 подается питание на реле времени 2РВ и по истечению времени Δt_4 размыкается контакт 2РВ1, который отключает питание катушки К3,

следовательно, контактор К3 размыкается и отключается третья ступень регулирования.

Если этого недостаточно, то контакт 2Р1 реле 2Р остаётся замкнутым и аналогичным образом при помощи реле 2РВ через интервалы времени At5 и At6 отключаются контакторы К2, К1.

Рассчитаем реактивную мощность по секциям и по методическому пособию выберем конденсаторную установку. Возьмем уже рассчитанные значения из раздела 2.1.

Расчетная полная мощность на стороне низкого напряжения [8, 9]:

$$D_{\delta} = D_{\delta 1} + D_{\delta 2} = 354,1 + 344,3 = 698,4 \text{ кВт};$$

$$Q_{\delta} = Q_{\delta 1} + Q_{\delta 2} = 231,39 + 228,97 = 460,36 \text{ кВар};$$

$$S_{\delta} = S_{\delta 1} + S_{\delta 2} = 423 + 405,37 = 828,37 \text{ кВА}.$$

Учитываем потери мощности в трансформаторе и определяем мощность на стороне высокого напряжения:

$$\Delta P_T = N_T \cdot \left(P_{xx} \cdot \kappa_3^2 \cdot P_{кз} \right) = 1,6 \cdot 0,8^2 \cdot 10,8 \cdot 2 = 27,64 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = N_T \cdot \left(i_x \cdot \kappa_3^2 \cdot U_k \right) = 0,5 \cdot 0,8^2 \cdot 5,5 \cdot 2 = 4,4 \text{ кВар};$$

Полная мощность на стороне высокого напряжения:

$$D_{\delta a} = D_{\delta} + \Delta D = 698,4 + 27,65 = 726,05 \text{ кВт};$$

$$Q_{\delta a} = Q_{\delta} + \Delta Q = 460,36 + 4,4 = 464,76 \text{ кВар};$$

$$S_{\delta a} = \sqrt{D_{\delta a}^2 + Q_{\delta a}^2} = \sqrt{726,05^2 + 464,76^2} = 864,3 \text{ кВА}.$$

Коэффициент мощности на стороне высокого напряжения:

$$\cos \phi = \frac{D_{\delta\hat{a}}}{S_{\delta\hat{a}}} = 0,78.$$

Для повышения коэффициента активной мощности до нормативного ($\cos\phi=0.93$) необходимо использовать устройство компенсации реактивной мощности.

По справочным данным[23] выберем компенсирующее устройство: 6хУКЗ-0,38-75 на каждую секцию по три.

3.4 Безопасность труда

Электрический ток может оказывать различного рода влияние на человека. В результате этого человеческий организм может пострадать.

Человек может оказаться под воздействием электрического тока, если прикоснется к токоведущим частям или нетоковедущим частям, но оказавшихся под напряжением. Для того чтобы обеспечить необходимую безопасность разрабатывается комплекс защитных мер, который, в свою очередь, должен соответствовать виду установки, так как каждая установка индивидуальна и поражение электрическим током различается в зависимости от множества факторов.

Электробезопасность в общем смысле – система, которая объединяет в себе организационно-технические мероприятия, для обеспечения безопасной работы обслуживающего персонала.

Электробезопасность достигается различными способами. Для исключения случайных прикосновений к незаземленным токоведущим частям, их следует размещать в недоступном месте, в не рабочей зоне. Так же если это невозможно надо использовать барьеры, которые препятствуют случайному попаданию под воздействие электрического тока.

Как способ защиты от поражения электрическим током может применяться изоляция рабочего места, такое способ защиты предусматривает то, что на месте проведения работы все металлические предметы должны быть изолированы, включая пол.

Использование УЗО тоже можно расценивать как способ защиты. На сегодняшний день УЗО реагирует не только на пробой изоляции кабелей, но и на ток утечки при прямом контакте с токоведущими частями человеческой живой ткани.

3.5 Эффективность после модернизации

На данном предприятии главным показателем эффективности являются удельные нормы. Удельные нормы это отношение объема потребленной электрической энергии к объему перекаченных стоков. Так как объемы стоков могут меняться их обязательно надо брать в учет, отсюда и получают показатель названный удельной нормой. Чем меньше потребление электрической энергии, тем меньше плата за нее по данному тарифу, но эффективность может быть и хуже. Для того чтобы понять какой эффект от модернизации проанализируем за предыдущие три года показатели насосной в таблице 5.

Таблица 5 - Потребление электроэнергии с расчетом удельных норм за 2014-2016 года

года	РНС-4														
	Название	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Общее	
2014	электроэнергия	ф.6	298 152	230 292	284 256	242 352	229 824	252 324	228 456	247 932	265 824	247 176	310 716	314 496	3 151 800
		ф.36 (прямой)	0	0	0	0	22 464	0	0	0	0	10 224	36	0	32 724
		Обратный	0	0	0	0	8 971	0	0	0	0	0	6 840	0	15 811
		итого	298 152	230 292	284 256	242 352	243 317	252 324	228 456	247 932	265 824	257 400	303 912	314 496	3 168 713
	стоки	828 619	769 468	828 626	893 257	829 337	751 691	736 022	755 322	762 324	830 206	816 074	817 064	9 618 010	
	уд.нормы		0,3598	0,29929	0,343	0,2713	0,29339	0,33568	0,3104	0,32825	0,3487	0,31004	0,3724	0,3849	0,329769
2015	электроэнергия	ф.6	311 400	249 048	243 684	248 688	252 288	224 064	212 292	236 196	217 800	238 572	227 088	276 732	2 937 852
		ф.36 (прямой)	0	36	0	0	1 152	7 686	10 980	0	0	0	0	0	19 854
		Обратный	0	720	0	0	0	3 114	0	0	0	0	180	0	4 014
		итого	311 400	248 364	243 684	248 688	253 440	228 636	223 272	236 196	217 800	238 572	226 908	276 732	2 953 692
	стоки	599 356	657 749	810 823	773 374	708 442	623 792	606 785	646 340	625 639	626 254	632 744	650 014	7 961 312	
	уд.нормы		0,5196	0,3776	0,3005	0,3216	0,35774	0,36653	0,368	0,36544	0,3481	0,38095	0,3586	0,4257	0,374195
2016	электроэнергия	ф.6	236 088	241 884	243 720	222 516	239 580	211 392	234 036	213 624	206 280	263 808	239 832	251 028	2 803 788
		ф.36 (прямой)	0	144	2 916	0	3 024	0	11 736	2 052	2 412	0	0	0	22 284
		Обратный	0	252	0	0	7 452	0	0	0	0	0	0	0	7 704
		итого	236 088	241 776	246 636	222 516	235 152	211 392	245 772	215 676	208 692	263 808	239 832	251 028	2 818 368
	стоки	805 511	790 745	839 098	795 795	715 528	600 670	542 933	634 207	791 919	731 321	731 225	761 417	8 740 369	
	уд.нормы		0,2931	0,30576	0,2939	0,2796	0,32864	0,35193	0,4527	0,34007	0,2635	0,36073	0,328	0,3297	0,327303

Исходя из данных приведенных в таблице видно, что средняя удельная норма за эти три года 0,34 и среднее месячное потребление электрической энергии 248355 кВт*ч. Для сравнения показателей была разработана таблица 11, где показаны те же параметры, но после реконструкции на начало 2018 года.

Таблица 6 - Потребление электроэнергии с расчетом удельных норм

года	РНС-4						Общее
	Название	январь	февраль	март	апрель		
2018	электроэнергия	ф.6	118 620	115 920	119 628	125 208	
		ф.36 (прямой)	3 348	0	0	0	
		Обратный	540	0	0	0	
		итого	121 428	115 920	119 628	125 208	
	стоки		453 032	777 425	657 380	696 035	
	уд.нормы		0,268	0,1491	0,181	0,179	0,1947

Из сравнения видно, что при практически равных объемах перекаченных стоков потребление электроэнергии уменьшилось вдвое, удельная норма так же уменьшилась в 2 раза. Тем самым затраты на покупку и транспортировку электроэнергии уменьшиться в 2 раза.

Для понимания того как изменилась расчетная мощность рассмотрим почасовой профиль потребления электроэнергии за апрель 2016 года и за апрель 2018 года приведенный в таблицах 12 и 13 соответственно.

Таблица 7 – Почасовое потребление электрической энергии за апрель 2016 года

Дата	Почасовые объемы потребления электрической энергии, кВт·ч																								
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	Сутки
01.05.2016	98	98	110	110	122	110	110	98	98	110	122	110	98	98	110	122	122	110	110	98	110	110	110	98	2594
02.05.2016	98	98	110	110	110	110	98	257	208	171	171	159	551	771	171	196	232	110	110	110	110	98	110	110	4380
03.05.2016	110	110	110	110	110	110	110	257	232	232	232	232	220	416	196	184	135	110	110	110	110	110	110	110	3878
04.05.2016	110	110	110	110	110	110	110	330	208	135	98	98	135	281	208	220	196	110	110	110	110	98	98	98	3413
05.05.2016	98	98	98	98	98	98	98	330	232	220	220	318	856	379	330	171	98	98	98	98	98	98	98	98	4527
06.05.2016	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	2349
07.05.2016	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	2349
08.05.2016	98	98	98	98	86	86	86	86	86	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	86	86	86	2239
09.05.2016	98	98	98	98	98	98	98	98	86	86	86	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	86	86	86	2276
10.05.2016	98	98	98	98	98	98	98	306	220	220	281	330	820	220	208	306	220	98	86	86	98	98	98	98	4478
11.05.2016	98	98	98	86	86	86	98	330	281	330	232	294	330	416	232	232	220	86	86	98	98	86	86	86	4172
12.05.2016	86	73	86	98	98	98	98	196	294	208	208	220	905	257	220	147	86	86	73	73	86	86	86	86	3952
13.05.2016	86	86	86	73	86	86	86	86	86	73	86	86	86	86	86	86	73	86	86	86	86	86	73	86	2006
14.05.2016	86	86	86	86	73	86	86	86	86	73	73	86	86	86	86	73	73	86	86	86	86	73	86	86	1982
15.05.2016	86	86	86	73	86	86	86	122	404	232	171	184	232	330	147	281	147	196	465	1052	1028	1187	1016	1040	8821
16.05.2016	1016	979	991	1003	1003	1016	1138	428	367	159	196	220	159	159	1175	942	538	73	73	86	86	86	86	73	12051
17.05.2016	86	86	86	86	73	98	98	220	1223	942	942	1028	930	918	1187	1028	318	86	98	86	86	86	73	86	9947
18.05.2016	98	98	86	73	98	98	98	575	1040	967	1064	1016	942	1162	1003	1089	379	86	73	86	98	98	86	73	10485

Продолжение таблицы №7

19.05.2016	86	98	98	86	73	98	98	440	1138	918	979	930	1040	979	1040	942	869	881	869	869	869	856	881	881	16015
20.05.2016	893	893	905	918	918	918	893	881	881	881	869	869	856	856	881	905	893	893	893	881	893	881	893	905	21350
21.05.2016	918	905	905	930	942	942	942	918	918	905	905	905	905	893	893	905	905	905	905	893	881	881	893	905	21803
22.05.2016	905	893	893	918	930	942	918	930	697	245	967	1040	1089	942	905	1028	1077	98	98	86	86	98	98	98	15979
23.05.2016	86	86	98	98	98	86	86	440	918	1089	930	1126	1028	905	1052	1126	428	86	86	98	98	98	73	98	10314
24.05.2016	98	98	73	98	98	86	73	526	1272	881	881	893	905	881	1089	869	147	86	73	98	98	73	86	98	9580
25.05.2016	98	73	98	98	86	86	98	428	893	905	905	563	208	208	294	159	184	98	98	86	73	98	98	86	6020
26.05.2016	86	98	98	73	98	98	98	98	257	220	208	306	147	159	171	135	73	98	98	98	73	98	98	98	3083
27.05.2016	73	98	98	98	73	98	98	86	86	98	98	86	86	98	98	86	86	98	98	86	86	98	98	86	2190
28.05.2016	86	98	98	86	86	98	98	86	86	98	98	73	98	98	98	73	98	98	86	86	98	98	73	98	2190
29.05.2016	98	73	86	98	86	86	98	306	1089	881	869	1040	869	881	881	905	428	98	73	98	98	73	98	98	9409
30.05.2016	73	98	86	73	98	86	86	98	844	918	905	1126	1003	856	905	991	379	73	98	86	86	98	73	86	9225
Итого	5971	5934	5995	6007	6032	8117	6191	8834	9492	9693	9317	9562	14104	9697	5873	6191	9989	7151	5371	5934	8909	6044	5873	5946	222516

Таблица 8 – Почасовое потребление электрической энергии за апрель 2018 года

Дата	Почасовые объемы потребления электрической энергии, кВт·ч																									
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	Сутки	
01.04.2018	170	128	85	85	85	85	128	213	298	256	213	170	170	170	170	170	170	170	213	170	213	213	213	170	4134	
02.04.2018	128	128	85	85	85	85	85	128	170	213	256	256	213	213	213	170	170	170	170	170	213	213	170	170	3963	
03.04.2018	128	128	85	85	85	85	85	85	170	213	213	256	213	213	170	213	213	213	213	256	256	298	298	213	4389	
04.04.2018	128	85	85	85	43	43	128	256	256	256	213	213	170	170	170	170	170	170	170	213	256	256	256	170	4134	
05.04.2018	128	85	85	85	85	85	128	213	256	213	213	170	170	170	170	170	170	170	170	213	256	256	256	213	4134	
06.04.2018	128	85	85	85	85	43	128	256	213	213	213	170	170	170	170	170	170	170	170	213	256	298	256	213	4134	
07.04.2018	128	85	43	43	85	85	128	213	256	256	213	170	170	170	170	170	170	170	170	213	256	256	256	213	4091	
08.04.2018	128	85	85	85	43	85	128	256	256	213	213	170	170	170	170	170	170	170	170	213	213	213	213	213	4006	
09.04.2018	128	85	85	85	85	85	85	128	213	256	256	213	213	213	213	213	213	170	170	170	213	213	213	170	4091	
10.04.2018	128	85	85	43	85	85	85	128	170	213	213	256	213	213	213	213	213	213	213	213	213	256	298	298	213	4347
11.04.2018	128	85	85	43	85	43	128	256	256	213	213	213	170	170	170	170	170	170	213	213	213	256	256	213	4176	
12.04.2018	128	128	85	85	85	85	128	213	256	213	213	213	170	170	170	170	170	170	170	213	256	256	256	213	4219	
13.04.2018	128	85	85	43	43	85	128	256	256	256	170	170	170	170	170	170	170	170	170	213	213	298	256	213	4091	
14.04.2018	128	85	85	43	85	85	128	213	256	256	213	213	170	170	170	170	170	170	170	213	256	298	256	213	4219	
15.04.2018	128	85	85	43	43	85	128	256	256	256	213	213	170	170	170	170	170	213	170	213	256	213	213	170	4091	
16.04.2018	128	85	85	85	43	85	85	128	170	256	256	256	213	213	213	170	170	170	170	170	213	213	170	170	3963	
17.04.2018	128	85	85	85	43	85	85	128	170	213	256	213	213	213	213	213	213	213	213	256	298	298	256	213	4347	
18.04.2018	128	85	85	85	43	85	128	256	256	256	213	213	170	170	170	170	170	170	170	213	256	256	170	4176		

Продолжение таблицы №8

19.04.2018	128	85	85	43	85	85	128	213	256	213	213	170	170	170	170	170	170	170	170	213	256	256	256	213	4091
20.04.2018	128	85	85	85	43	85	128	256	256	213	213	170	170	170	170	170	170	170	170	213	256	256	256	213	4134
21.04.2018	128	85	85	43	43	85	128	213	256	256	213	170	170	170	170	170	170	170	170	213	256	256	213	213	4049
22.04.2018	128	85	85	85	85	85	128	213	256	256	213	213	170	170	170	170	170	170	170	213	213	256	213	170	4091
23.04.2018	128	128	85	85	43	85	85	128	213	256	256	256	213	213	213	170	170	170	170	213	213	213	213	170	4091
24.04.2018	128	85	85	85	85	85	85	128	213	170	213	256	213	213	213	213	213	213	213	256	298	298	256	213	4432
25.04.2018	170	85	85	85	85	85	128	256	256	256	213	213	170	170	170	170	170	170	170	213	256	256	213	4304	
26.04.2018	128	85	85	85	43	85	128	213	256	213	213	213	170	170	170	170	170	170	170	213	213	256	256	213	4176
27.04.2018	128	85	85	85	85	85	128	213	256	213	213	170	170	170	170	170	170	170	170	213	256	256	256	213	4219
28.04.2018	128	128	85	85	43	85	128	256	256	213	213	213	170	170	170	170	170	170	170	213	213	256	256	213	4262
29.04.2018	170	85	85	85	85	85	85	213	256	256	213	170	170	170	170	170	170	170	170	256	213	256	256	170	4134
30.04.2018	170	128	128	128	85	85	85	128	170	256	256	256	256	213	213	213	213	213	213	213	256	213	213	213	4517
Итого	4006	2855	2557	2259	2046	2429	3409	6009	6989	7032	6648	6179	5540	5498	5455	5370	5327	5370	5540	6435	7373	7628	7287	5966	125208

Сравнивая эти почасовые профили можно сделать вывод, что расчетная мощность уменьшилась с 390 кВт до 206 кВт. Рассчитывать мощность по почасовому профилю следует в часы пиковой нагрузки, которые выделены в таблицах. Расчетная мощность равна среднему значению за все эти часы, то есть сумма значений всех ячеек, деленная на их количество.

Благодаря реконструкции районной насосной станции улучшилась эффективность станции, и уменьшились затраты на покупку мощности, транспортировку и покупку электрической энергии.

Выводы по главе №3:

1. Исходя из анализа методов компенсации реактивной нагрузки, было выявлено, что для данного предприятия наиболее подходящий метод компенсации с использованием конденсаторных батарей;
2. Разработана автоматизированная установка компенсации реактивной нагрузки;
3. Рассчитана мощность конденсаторов и выбраны подходящие к установке.

Заключение

В ходе данной работы был произведен анализ оборудования РНС-4 и системы электроснабжения в целом, за счет которого было выявлено ряд проблем одна из которых технологического характера: «Высоковольтные агрегаты постоянно находятся в работе на прикрытую задвижку, так как по паспорту их рекомендуемое число пусков в год 18-20. Для того чтобы насос не сгорел специальным образом задвижку прикрывают так, чтоб опустошить резервуар было невозможно и раз в неделю переключают нагрузку на следующий агрегат».

Для решения данной проблемы бы произведен анализ методов пуска асинхронных электродвигателей и сделан вывод, что целесообразно с технической точки зрения на данной насосной станции применить УПП. Так же просчитана полная модернизация насосной станции с переходом на напряжение 0,4кВ и автоматизацией технологического процесса.

Проанализированы методы компенсации реактивной нагрузки и выбран способ компенсации с помощью конденсаторных установок.

Такие изменения повлекли за собой следующий эффект:

1. Увеличилась надежность электроснабжение насосной станции за счет замены старого, изношенного оборудования;
2. Существенно уменьшилось потребление электроэнергии, уменьшился износ оборудования за счет оптимизации режимов работы оборудования;
3. Уменьшились риски исчезновения питания и дополнительных затрат, за счет установки АВР по низкой стороне в шкафах управления насосами;
4. Уменьшилась гидростатическая нагрузка на систему водоотведения, благодаря УПП.

Список используемых источников

1. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Ростов на Дону : Март, 2009.
2. Красник В. В., Правила устройства электроустановок в вопросах и ответах : пособие для изучения и подготовки к проверке знаний. М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2009.
3. Правила устройства электроустановок. М. : КНОРУС, 2009.
4. Алиев И. И., Кабельные изделия : справочник. М. : Высшая школа, 2010.
5. Андрижиевский, А. А., Энергосбережение и энергетический менеджмент : учеб. пособие. Минск : Высшая школа, 2010.
6. Быстрицкий Г. Ф., Выбор и эксплуатация силовых трансформаторов : учеб. пособие для вузов. М. : Academia, 2009.
7. Быстрицкий Г. Ф., Энергосиловое оборудование промышленных предприятий : учеб. пособие для вузов. Гриф УМО ; Гриф МО. М. : Academia, 2010.
8. Овсейчук В. А., Компенсация реактивной мощности. К вопросу об технико-экономической целесообразности. / Новости электротехники, 2008.
9. Вахнина В. В., Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий; ТГУ. - Гриф УМО; Тольятти : ТГУ, 2011.
10. Вахнина В. В., Электроснабжение промышленных предприятий и городов : учеб. - метод. пособие для практ. занятий и курсового проектирования. Тольятти : ТГУ, 2007.
11. Гологорский Е. Г., Справочник по строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением 0,4-500 кВ ; под ред. Е. Г. Гологорского. М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2009.

12. Ермилов А. А., Основы электроснабжения промышленных предприятий. М. : Энергия, 2009.
13. Железко Ю. С., Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях. / Руководство для практических расчетов. М. : Энергоатомиздат, 1989. (Экономия топлива и электроэнергии).
14. Клевцов А. В., Средства оптимизации потребления электроэнергии : справ.- информ. Пособие. М. : СОЛОН-Пресс, 2009.
15. Кудрин Б. И., Электроснабжение промышленных предприятий : учеб. для вузов. Гриф УМО. - М. : Интермет Инжиниринг, 2009.
16. Кудрин Б. И., Электроснабжение. М. : Изд. центр «Академия», 2012.
17. Кудрин Б. И., Электроснабжение потребителей и режимы. М. : Изд. дом МЭИ, 2013.
18. Рекус Г. Г., Электрооборудование производств : учеб. пособие для неэлектротехн. спец. вузов. Гриф УМО. – М., 2008.(Высшая школа)
19. Рожин А. Н., Внутрицеховое электроснабжение: Учеб. пособие для выполнения курсового и дипломного проектов. Вятский гос. ун-т, Электротех. фак., каф. электроснабжения. - Гриф УМО ; ВУЗ/изд. – Киров : Изд-во ВятГУ, 2009.
20. Неклепаев Б. Н., Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования : РД 153-34.0-20.527-98. М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2006.
21. Ополева Г. Н., Схемы и подстанции электроснабжения справочник : учеб. пособие .М. : ФОРУМ - ИНФРА-М, 2009.
22. Фролов В. Я., Проектирование электроснабжения промышленных предприятий и гражданских систем : учебное пособие. Спб.:СПбГПУ, 2012. 384с.
23. Шеховцов В. П., Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. 2-е изд. М. : ФОРУМ, 2011. 136 с.

24. Попов А. Е., Анисимов К. В., Программный комплекс акватория // Ключевые проблемы и передовые разработки в современной науке. Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции 31 октября 2017 г. / Международный научно-информационный центр «Наукосфера». Смоленск: ООО «Новаленсо», 2017. 238 с.

25. Попов А. Е., Анисимов К. В., Исследование интеллектуальной системы подстанции на время синхронизации системы // Ключевые проблемы и передовые разработки в современной науке. Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции 31 октября 2017 г. / Международный научно-информационный центр «Наукосфера». Смоленск: ООО «Новаленсо», 2017. 238 с.

26. Principle Of Operation And Comparison To Synchronous Motors [электронный ресурс] URL: http://www.nptel.ac.in/courses/108106072/pdf/2_6.pdf.

27. Electric Motor - Principles Of Three Phase Motor Operation [электронный ресурс] URL : <http://jfgieras.com/lsm-chapter%201.pdf>.

28. Transformer construction [электронный ресурс] URL : <https://www.grundfos.com/products/find-product/se.html>.

29. Transformer Winding Desig [электронный ресурс] URL : <https://www.ksb.com/ksb-en/About-KSB/at-a-glance>.

30. Design of 132/33KV Substation [электронный ресурс] URL : http://www.ijceronline.com/papers/Vol3_issue7/Part-3/C0373016028.pdf.