

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____ Г.Н. Чистяков
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2021 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код – наименование направления

Анализ качества электроэнергии потребителей ПС «Кирба»
ПАО «Россети Сибирь» - «Хакасэнерго»
тема

Руководитель _____
подпись, дата

доцент, к.т.н.
должность, ученая степень

Е. В. Платонова
инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата

Д. С. Трухин
инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____
подпись, дата

И.А. Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2021

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Анализ качества электроэнергии потребителей ПС «Кирба» ПАО «Россети Сибирь» - «Хакасэнерго» содержит 70 страниц текстового документа, 25 использованных источников, 25 рисунков, 41 таблица, 3 листа графического материала, приложений нет.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, АНАЛИЗ, НАДЕЖНОСТЬ, РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ, КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ.

Объект исследования – ПС 35 кВ «Кирба».

Методы исследования – аналитическая обработка данных, моделирование с использованием программного комплекса.

Основной целью выпускной квалификационной работы является разработка предложений по улучшению качества электрической энергии на ПС «Кирба».

Задачи выпускной квалификационной работы:

- Анализ инструментальных замеров показателей качества электроэнергии;
- Разработка мероприятий по улучшению качества электрической энергии и повышению надежности электроснабжения на ПС «Кирба».

В процессе работы был произведен анализ замеров показателей качества электроэнергии; разработана модель электрической сети в программе RastrWin3; предложены мероприятия по улучшению качества электроэнергии и повышению надежности электроснабжения ПС «Кирба».

Данная работа актуальна для электросетевых организаций, стремящихся повышать качество электроэнергии. Произведенный анализ может быть полезен при разработке мероприятий по улучшению показателей качества электроэнергии.

THE ABSTRACT

The final qualification work on the topic «Analysis of the quality of electricity for consumers at substation «Kirba» of PJSC «Rosseti Siberia» - «Khakasenergo» contains 70 pages of a text document, 25 used sources, 25 figures, 41 tables, 3 sheets of graphic material, no attachments.

POWER SUPPLY, POWER QUALITY, ANALYSIS, RELIABILITY, VOLTAGE REGULATION, REACTIVE POWER COMPENSATION.

The object of research is the SS 35 kV «Kirba».

Research methods – analytical data processing, modeling using a software package.

The main goal of the final qualification work is to develop proposals for improving the quality of electrical energy at the Kirba substation.

Tasks of the final qualifying work:

- Analysis of instrumental measurements of power quality indicators;
- Development of measures to improve the quality of electrical energy and increase the reliability of power supply at the Kirba substation.

In the course of the work, the analysis of measurements of indicators of the quality of electricity was carried out; a model of the electrical network was developed in the RastrWin3 program; measures were proposed to improve the quality of electricity and increase the reliability of power supply at the Kirba substation.

This work is relevant for power grid organizations seeking to improve the quality of electricity. The analysis performed can be useful in the development of measures to improve the indicators of power quality.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 Характеристика объекта исследования.....	7
2 Анализ качества электроэнергии.....	8
3 Анализ характерных режимов	12
3.1 Максимальный режим	13
3.2 Максимальный режим с неполной компенсацией на ПС разреза Майрыхский.....	15
3.3 Максимальный режим с полной компенсацией на ПС разреза Майрыхский.....	18
3.4 Максимальный режим с регулированием напряжения ПБВ и РПН.....	21
3.4.1 Максимальный режим без компенсации и с регулированием напряжения	22
3.4.2 Максимальный режим с неполной компенсацией и регулированием напряжения	25
3.4.3 Максимальный режим с полной компенсацией и регулированием напряжения	27
3.5 Минимальный режим	31
3.6 Минимальный режим с неполной компенсацией на ПС разреза Майрыхский.....	34
3.7 Минимальный режим с полной компенсацией на ПС разреза Майрыхский	36
3.8 Минимальный режим с регулированием напряжения ПБВ и РПН.....	39
3.8.1 Минимальный режим без компенсации и с регулированием напряжения	39
3.8.2 Минимальный режим с неполной компенсацией и регулированием напряжения	42
3.8.3 Минимальный режим с полной компенсацией и регулированием напряжения	46
4. Повышение надежности электроснабжения	49
4.1 Максимальный режим без компенсации реактивной мощности	50
4.2 Максимальный режим с неполной компенсацией на ПС разреза Майрыхский.....	53
4.3 Максимальный режим с полной компенсацией на ПС разреза Майрыхский.....	56
4.4 Минимальный режим	59
4.5 Минимальный режим с неполной компенсацией на ПС разреза Майрыхский.....	61
4.6 Минимальный режим с полной компенсацией на ПС разреза Майрыхский	64

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	68
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	69

ВВЕДЕНИЕ

Организационные и технологические изменения последних десятилетий в электроэнергетике России требуют выработки новых подходов к обеспечению необходимого качества электрической энергии в электрических сетях [1]

Изменения показателей качества электроэнергии могут возникнуть в следствие потерь электроэнергии при передаче на расстояние, увеличением потребляемой нагрузки, электромагнитных явлений, вследствие наличия источников реактивной мощности, n -х гармонических составляющих. Снижение показателей качества электроэнергии может привести к снижению КПД трехфазной системы, увеличению потерь в питающих линиях (фидерах), перегреву электрооборудования. Низкая загруженность трансформаторов приводит к увеличению потерь электроэнергии.

Снижение качества электроэнергии приводит к ряду отрицательных последствий электромагнитного и технологического характера. Среди них следует отметить такие, как:

- увеличение потерь активной и реактивной мощности;
- сокращение срока службы электрооборудования;
- увеличение капитальных вложений в СЭС;
- нарушение условий нормального функционирования потребителей;
- нанесение вреда окружающей среде и здоровью человека.

На качество электроэнергии есть стандарт. ГОСТ 32144-2013 [2], который нормирует отклонения напряжения, отклонения частоты.

Целью выпускной квалификационной работы является анализ качества электроэнергии потребителей ПС Кирба.

В связи с поставленной целью, необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ инструментальных замеров показателей качества электроэнергии на ПС «Кирба»;
2. Разработать с использованием программы RastrWin3 модель электрической сети для ПС «Кирба» для анализа ПКЭ в различных режимах работы;
3. Предложить мероприятия по улучшению показателей качества электроэнергии;

Объектом исследования данной выпускной квалификационной работы является ПС «Кирба» ПАО «Россети Сибирь» - «Хакасэнерго».

Предметом исследования – качество электрической энергии.

Для изучения этой темы информационной базой послужили работы ученых по теме исследования, результаты измерений показателей качества электроэнергии, государственные стандарты.

1 Характеристика объекта исследования

Объектом исследования является двухтрансформаторная понизительная подстанция ПС «Кирба» 35/10 кВ, находящаяся в собственности ПАО «Россети Сибирь» - филиал «Хакасэнерго».

На подстанции установлены 2 силовых трансформатора серии ТМ-6300/35/10 и ТМН-6300/35/10 соответственно. Питание подстанции осуществляется через ПС «Аршаново» по одноцепной линии Т-57 «Аршаново-Кирба», протяженностью 19,9 км.

Подстанция Кирба по своему типу является тупиковой, т.к. питание осуществляется от одного источника питания. Достоинством такого типа подстанций высокая надежность в отношении энергосистемы – выход подстанции из строя никак не отражается на электросистеме, другие объекты по-прежнему получают питание. Однако, в случае аварии на линии подстанция будет обесточена, конечный потребитель, соответственно, тоже.

Подстанция является важным элементом в электроэнергетической системе Бейского района, она снабжает электроэнергией потребителей села Кирба. Зона электроснабжения – Бейский РЭС. Однолинейная схема подстанции представлена на рисунке 1.

Т-57 Аршаново - Кирба

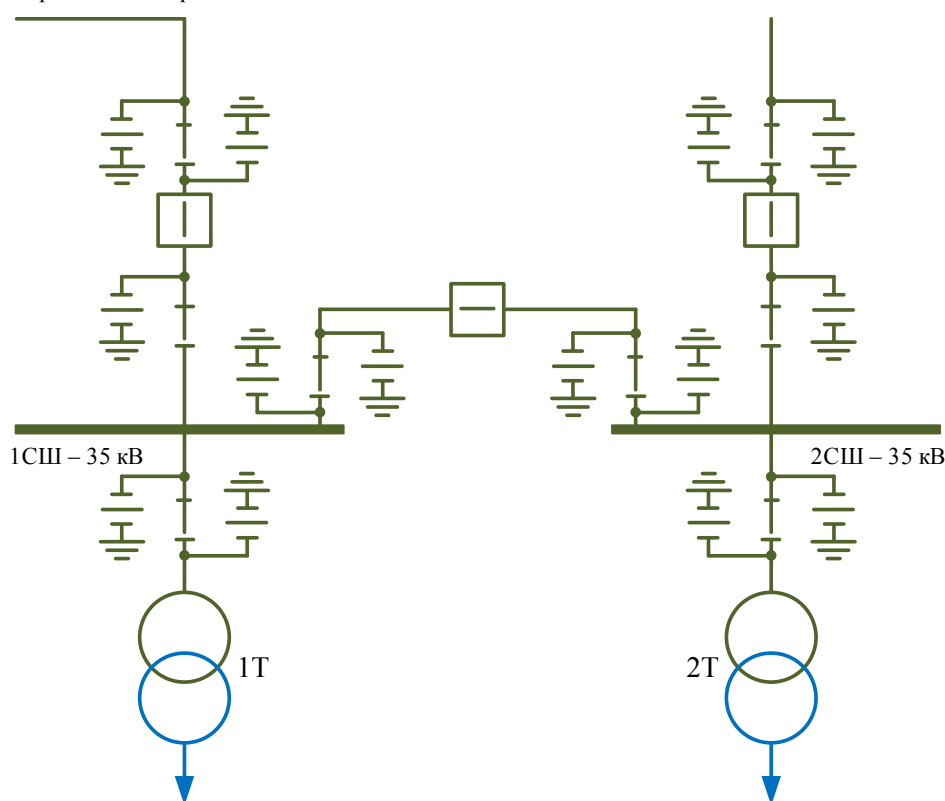


Рисунок 1 – Однолинейная схема ПС «Кирба»

Схема подстанции является типовой и имеет номер 5Н, название схемы – мостик с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линии [3]. Такого типа схема может применяться на тупиковых,

ответвительных и проходных подстанциях напряжением 35-220 кВ. На тупиковых подстанциях ремонтная перемычка и перемычка с выключателем нормально разомкнуты. Преимущество такой схемы заключается в том, что в случае аварии на одной из линий автоматически отключается выключатель со стороны поврежденной линии и включается выключатель в перемычке, оба трансформатора остаются в работе. Однако, на объекте исследования секционный выключатель нормально включен, т.к. питание 2 секции шин осуществляется по той же линии Т-57, вследствие отсутствия второго источника питания.

2 Анализ качества электроэнергии

Для оценки состояния качества электрической энергии на подстанции «Кирба» был выполнен обзор результатов измерений показателей качества электроэнергии за период 27.11.2020 – 03.12.2020. В ходе анализа определяются наиболее характерные изменения отклонения напряжений.

Качество электроэнергии характеризуется качеством частоты напряжения переменного тока и качеством напряжения. Для оценки качества частоты установлен такой показатель как отклонение частоты, под которым понимают медленные плавные изменения частоты относительно ее номинального значения. В ходе анализа проверка качества частоты проводится по самому неблагоприятному дню замеров. На рисунке 2.1 представлен график отклонения частоты на 27.11.2020 г.

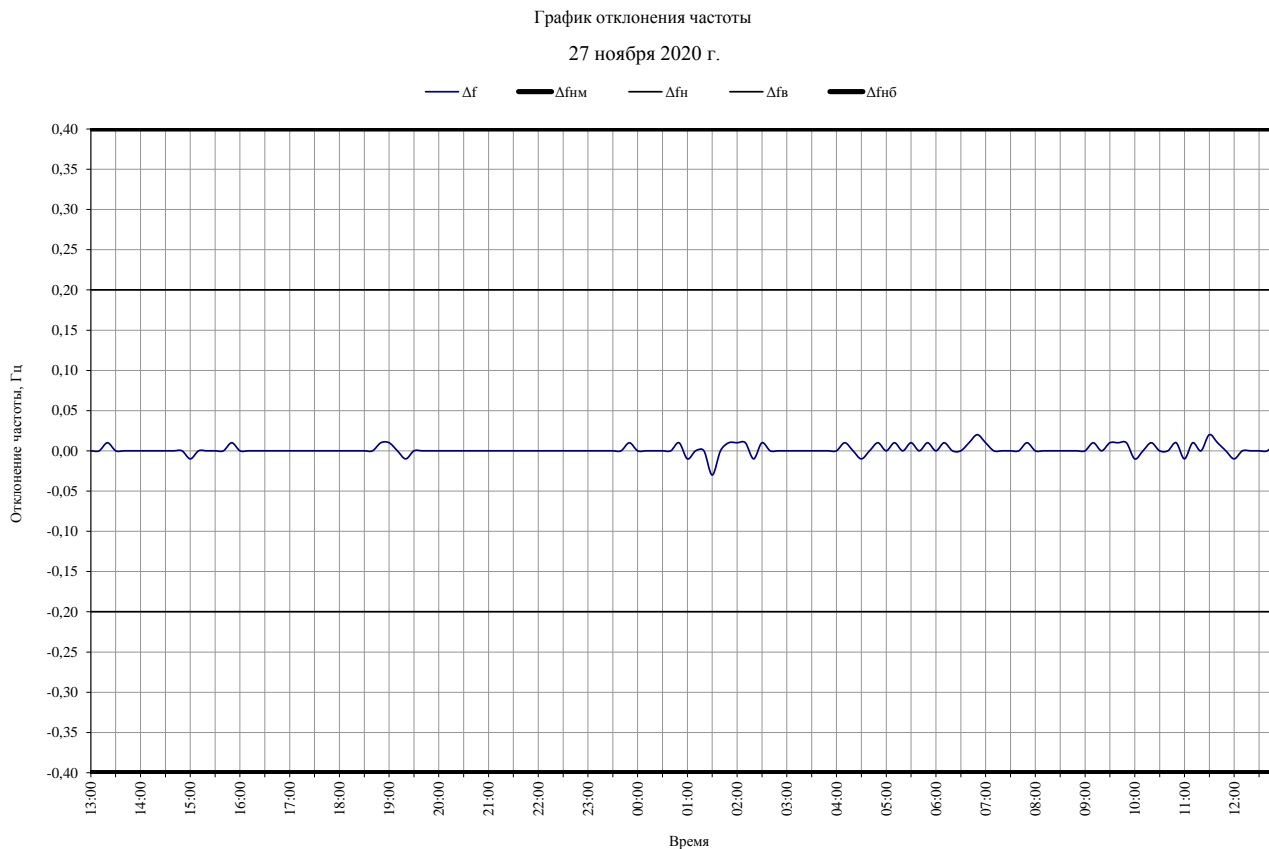


Рисунок 2.1 – График отклонения частоты на 27.11.2020

Из рисунка 2.1 видно, что отклонение частоты не превышает допустимых значений.

В ходе анализа также рассматриваются результаты отклонения междуфазных напряжений. Согласно ГОСТ 32144-2013, предельно допустимое отклонение от нормативных значений междуфазных напряжений составляет 10% в обе стороны в случае кратковременного отклонения и 5% в случае длительного отклонения. [2].

Значения отклонения междуфазных напряжений представлены в таблицах 2.1 – 2.4

Таблица 2.1 – Отклонения междуфазных напряжений 27.11.2020

Напряжение	Характеристика, %							
	dU(-) нб ^(II)	dU(-) в ^(II)	dU(+) в ^(II)	dU(+) нб ^(II)	dU(-) нб ^(I)	dU(-) в ^(I)	dU(+) в ^(I)	dU(+) нб ^(I)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
U _{AB}	2,420	2,000	3,300	3,920	2,160	1,900	3,700	3,770
U _{BC}	1,900	1,600	3,600	4,160	1,550	1,300	4,000	4,140
U _{CA}	1,910	1,800	3,300	3,790	2,060	1,700	3,600	3,830
Нормати-вное значение U _{мф}	10,000	5,000	5,000	10,000	10,000	5,000	5,000	10,000

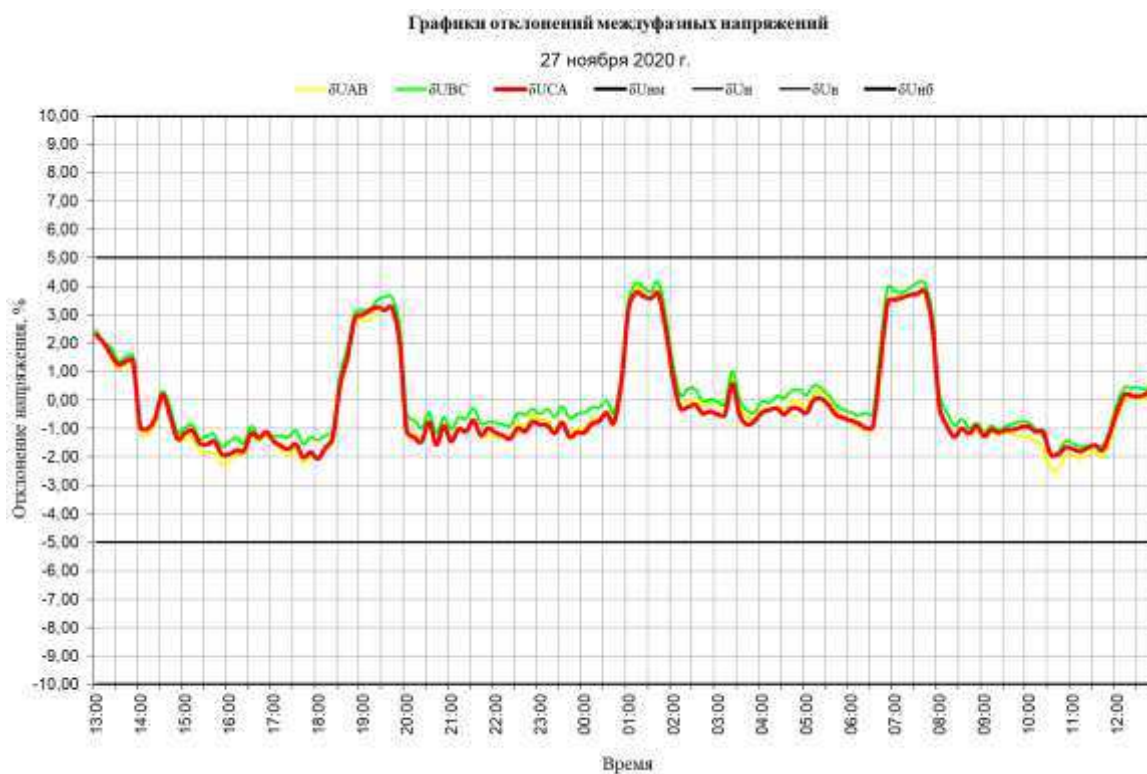


Рисунок 2.2 – График отклонений междуфазных напряжений 27.11.2020

Таблица 2.2 – Отклонения междуфазных напряжений 28.11.2020

Напряжение	Характеристика, %							
	dU(-) нб ^(II)	dU(-) в ^(II)	dU(+) в ^(II)	dU(+) нб ^(II)	dU(-) нб ^(I)	dU(-) в ^(I)	dU(+) в ^(I)	dU(+) нб ^(I)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
U _{AB}	2,000	1,800	3,800	4,090	2,150	1,900	5,400	5,860
U _{BC}	1,600	1,500	4,200	4,300	1,900	1,500	5,700	6,300
U _{CA}	1,930	1,800	3,800	4,010	1,940	1,700	5,100	5,890
Нормати-вное значение U _{мф}	10,000	5,000	5,000	10,000	10,000	5,000	5,000	10,000

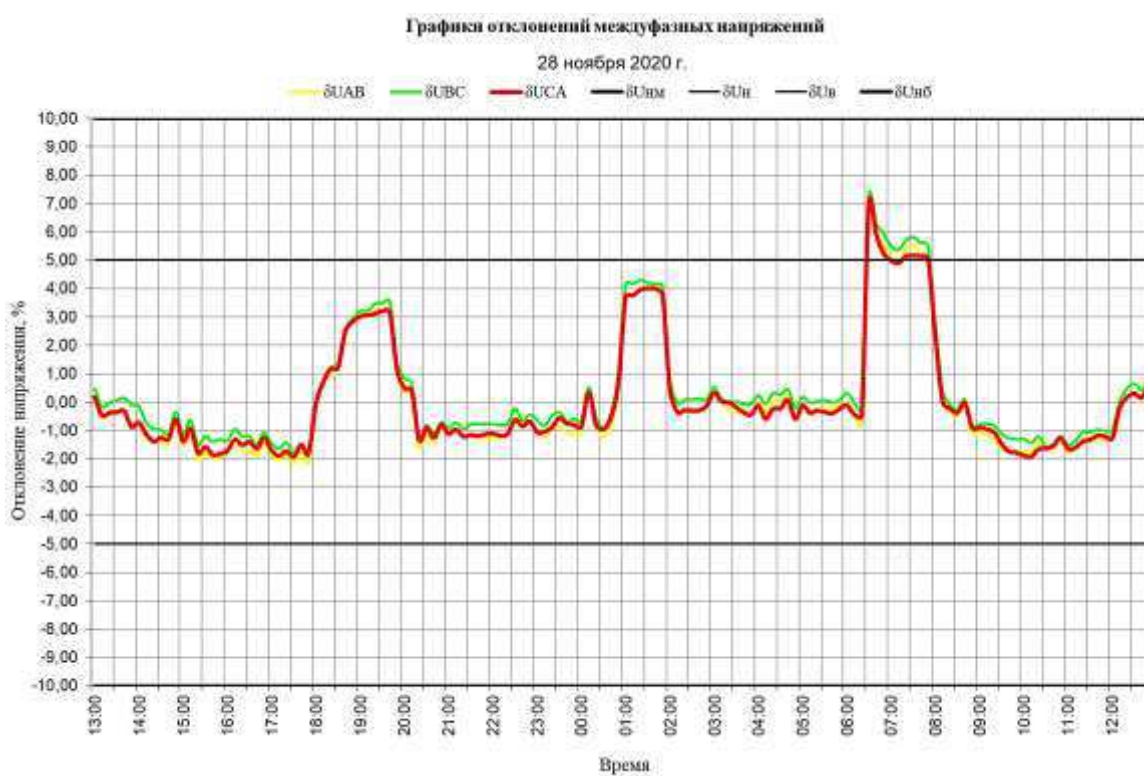


Рисунок 2.3 – График отклонений междуфазных напряжений 28.11.2020

Таблица 2.3 – Отклонения междуфазных напряжений 29.11.2020

Напряжение	Характеристика, %							
	dU(-) нб ^(II)	dU(-) в ^(II)	dU(+) в ^(II)	dU(+) нб ^(II)	dU(-) нб ^(I)	dU(-) в ^(I)	dU(+) в ^(I)	dU(+) нб ^(I)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
U _{AB}	2,570	2,100	4,600	4,860	2,380	2,100	4,230	4,230

Окончание таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
U_{BC}	2,110	1,600	4,600	5,020	2,070	1,900	4,200	4,290
U_{CA}	2,490	2,100	4,300	4,560	2,460	2,200	3,900	4,090
Нормати-вное значение $U_{мф}$	10,000	5,000	5,000	10,000	10,000	5,000	5,000	10,000

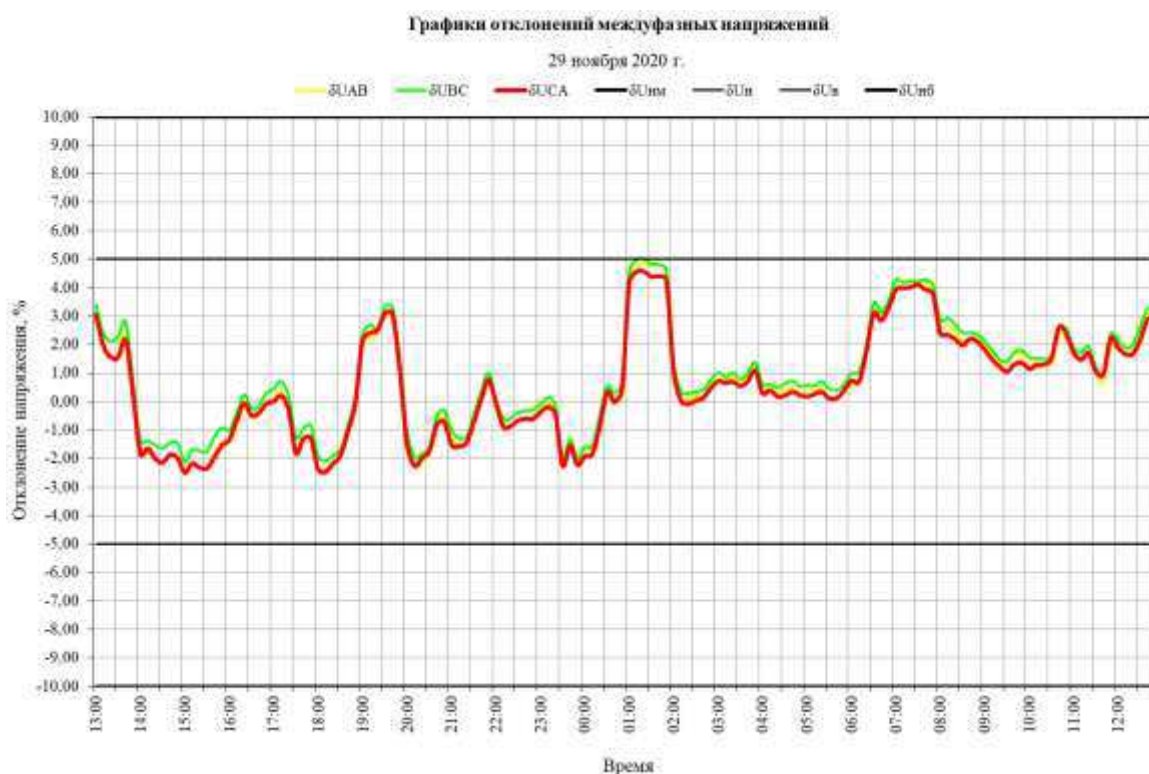


Рисунок 2.4 – График отклонений междуфазных напряжений 29.11.2020

Таблица 2.4 – Отклонения междуфазных напряжений 30.11.2020

Напряжение	Характеристика, %							
	$dU(-)_{нб^{(II)}}$	$dU(-)_{в^{(II)}}$	$dU(+)_в^{(II)}$	$dU(+)_нб^{(II)}$	$dU(-)_{нб^{(I)}}$	$dU(-)_{в^{(I)}}$	$dU(+)_в^{(I)}$	$dU(+)_нб^{(I)}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
U_{AB}	1,590	1,000	4,200	4,490	0,440	0,000	3,600	3,690
U_{BC}	1,300	0,900	4,400	4,640	0,400	0,000	3,900	4,020
U_{CA}	1,340	1,100	4,000	4,260	0,500	0,000	3,300	3,630
Нормати-вное значение $U_{мф}$	10,000	5,000	5,000	10,000	10,000	5,000	5,000	10,000

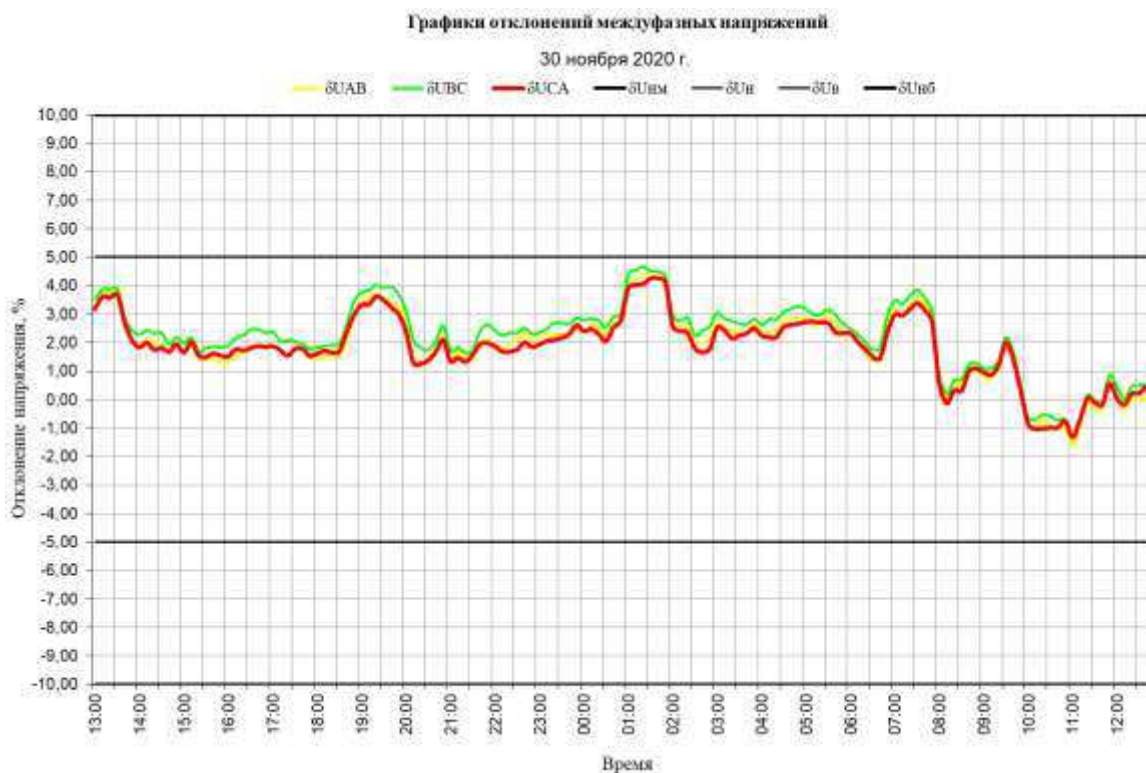


Рисунок 2.5 – График отклонений междуфазных напряжений 30.11.2020

Из графиков, представленных на рисунках 2.2, 2.3 видно, что значение отклонения напряжений в дни 27.11.2020 – 28.11.2020 имеет импульсный характер. Отклонения практически достигают допустимых значений в периоды 17:30 – 20:00, 01:00 – 02:00, 06:30 – 08:30. Импульсное отклонение напряжения связано с простоем карьерной техники на угольном разрезе Майрыхский, снабженной синхронными двигателями. При простое синхронных машин реактивная мощность, потребляемая при нормальном режиме работы, уходит в электрическую сеть. Переизбыток реактивной мощности в сети вызывает резкое возрастание напряжения.

На графике, представленном на рисунке 2.4, кривая отклонения напряжения имеет большую неравномерность, отклонения имеют как отрицательный, так и положительный характер.

На графике рисунка 2.5 периоды пиковых отклонений идентичны графикам, представленным на рисунках 2.2 и 2.2, но имеют меньшую амплитуду.

Рассмотренные отклонения в большей мере не превышают нормально допустимых значений, однако такое изменение напряжения нежелательно для потребителей ПС «Кирба».

3 Анализ характерных режимов

Для разработки мероприятий по улучшению качества напряжения на подстанциях используется программа RastrWin3. В программе создается комплексная модель, которая позволяет оценить уровень напряжения во всех узлах одновременно. Модель узла энергосистемы, в состав которой входят ПС

«Кирба», ПС «Аршаново», ПС разреза Майрыхский разрабатывается с целью оперативного и комплексного решения проблем, связанных с качеством электроэнергии.

В ходе анализа рассматриваются характерные режимы работы электрической сети – режим максимальных и режим минимальных нагрузок. Целью анализа является выявление неблагоприятных случаев отклонения напряжения в узлах нагрузки ПС «Кирба» 35 кВ и соседствующей ПС «Аршаново» 35 кВ. Рассматриваются варианты улучшения напряжения в узлах нагрузки: установка БСК на ПС разреза Майрыхский – случаи полной компенсации (включение батарей мощность 2х350 кВАр и 2х600 кВАр) и неполной (включение батарей мощность 350 кВАр и 600 кВАр), регулирование вторичного напряжения трансформаторов РПН и ПВБ, строительство вновь сооружаемой линии от ПС Бея, длиной 32 км.

3.1 Максимальный режим

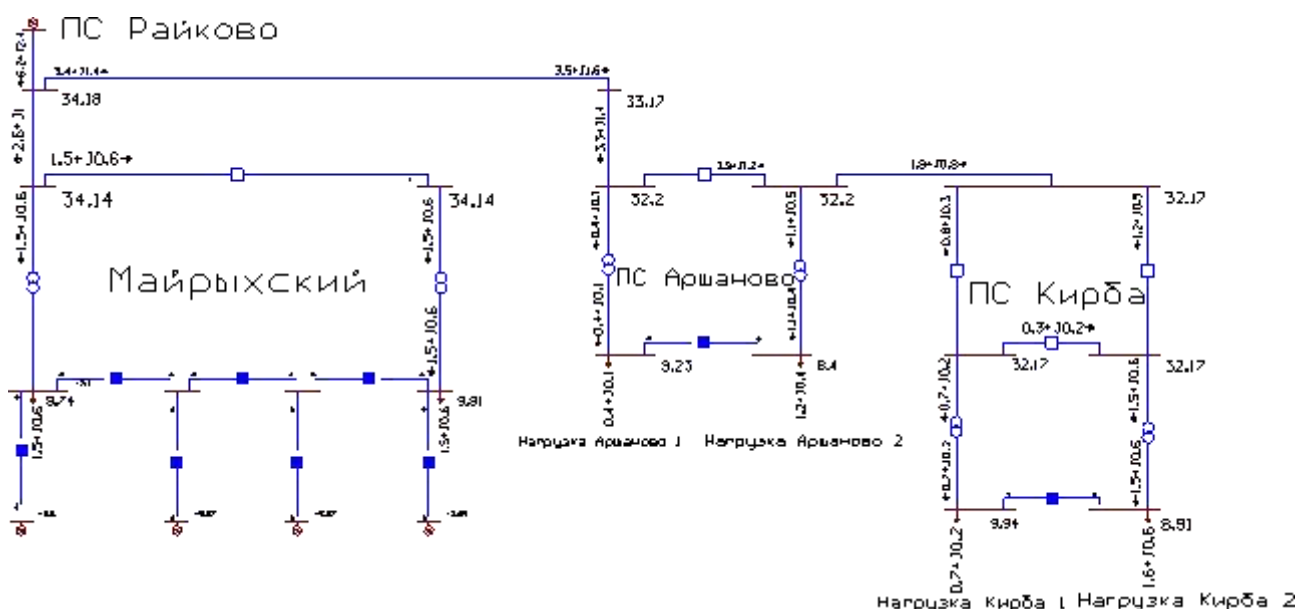


Рисунок 3.1 – Расчетная схема максимального режима

Таблица 3.1 – Расчетные значения узлов в максимальном режиме

Номер узла	Состояние узла	Название узла	Un, кВ	Rнагр, МВт	Qнагр, МВАр	U, кВ
1	2	3	4	5	6	7
1	ВКЛ	Ответвление от Т-58	37	0	0	34,18
2	ВКЛ	ВН 4000	37	0	0	34,14
3	ВКЛ	Нагрузка	10,5	1,5	0,6	9,74
4	ВКЛ	ВН 6300	37	0	0	34,14
5	ВКЛ	Нагрузка	11	1,5	0,6	9,81
6	ВЫКЛ	Реактор	11	0	0	0,00
7	ВЫКЛ	БСК	0	0	0	0,00
8	ВЫКЛ	Секция на реактор 2	11	0	0	0,00
9	ВЫКЛ	Реактор 2	11	0	0	0,00

Окончание таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7
10	ВЫКЛ	Секция на реактор 3	11	0	0	0,00
11	ВЫКЛ	Реактор 3	11	0	0	0,00
12	ВЫКЛ	БСК 2	0	0	0	0,00
13	ВЫКЛ	БСК 3	0	0	0	0,00
14	ВЫКЛ	Реактор 4	11	0	0	0,00
15	ВЫКЛ	БСК 4	0	0	0	0,00
16	ВКЛ	Аршаново БАЗА	37	0	0	33,17
17	ВКЛ	ВН тр-ра Аршаново	36,52	0	0	32,20
18	ВКЛ	ВН тр-ра Аршаново	37	0	0	32,20
19	ВКЛ	Нагрузка Аршаново 2	11	1,18	0,41	8,40
20	ВКЛ	Нагрузка Аршаново 1	10,58	0,44	0,13	9,23
21	ВКЛ	ПС Кирба БАЗА	37	0	0	32,17
22	ВКЛ	ВН тр-ра Кирба	37	0	0	32,17
23	ВКЛ	ВН тр-ра Кирба	37	0	0	32,17
24	ВКЛ	Нагрузка Кирба 1	10,58	0,71	0,17	9,94
25	ВКЛ	Нагрузка Кирба 2	11	1,58	0,61	8,91
26	ВКЛ	ПС Райково	35,93	0	0	35,93

Таблица 3.2 – Расчетные значения ветвей в максимальном режиме

Ннач	Нкон	Название	R	X	B	Кт/г
1	2	3	4	5	6	7
1	2	Ответвление от Т-58 - ВН 4000	0,43	0,41	2,79	0
2	3	ВН 4000 - Нагрузка	2,6	23	0	0,29
2	4	ВН 4000 - ВН 6300	0	0	0	0
4	5	ВН 6300 - Нагрузка	1,4	14,6	0	0,29
3	6	Нагрузка - Реактор	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
3	8	Нагрузка - Секция на реактор 2	0	0	0	0
8	9	Секция на реактор 2 - Реактор 2	0	0	0	0
8	10	Секция на реактор 2 - Секция на реактор 3	0	0	0	0
10	11	Секция на реактор 3 - Реактор 3	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
5	10	Нагрузка - Секция на реактор 3	0	0	0	0
5	14	Нагрузка - Реактор 4	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
16	17	Аршаново БАЗА - ВН тр-ра Аршаново	6,2	8	58	0
17	18	ВН тр-ра Аршаново - ВН тр-ра Аршаново	0	0	0	0
18	19	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 2	11,2	49,2	0	0,27
17	20	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 1	11,2	49,2	0	0,29

Окончание таблицы 3.2

1	2	3	4	5	6	7
20	19	Нагрузка Аршаново 1 - Нагрузка Аршаново 2	0	0	0	0
18	21	ВН тр-ра Аршаново - ПС Кирба БАЗА	0,31	0,4	2,87	0
21	22	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0
21	23	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0
22	23	ВН тр-ра Кирба - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0
22	24	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 1	1,4	14,6	0	0,31
23	25	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 2	1,4	14,6	0	0,28
24	25	Нагрузка Кирба 1 - Нагрузка Кирба 2	0	0	0	0
26	1	ПС Райково - Ответвление от Т-58	6,32	8,16	59,2	0
1	16	Ответвление от Т-58 - Аршаново БАЗА	6,32	8,16	59,16	0

Из таблицы 3.1 видно, что напряжение в узлах нагрузки и узлах сети ниже номинального: в узлах нагрузки ПС «Кирба» 9,94 кВ и 8,91 кВ, ПС «Аршаново» 8,4 кВ и 9,23 кВ, ПС разреза Майрыхский 9,74 кВ и 9,81 кВ. Отклонения напряжения от номинального значения составляют: на шинах НН ПС «Кирба» 5,3 и 15,1%, на ПС «Аршаново» 20% и 12,1%, на шинах НН ПС разреза Майрыхский 7,2% и 6,6%.

Необходимо внедрение мероприятий по повышению напряжения в узлах нагрузки электрической сети. Рассмотрим вариант, в котором на шинах 10 кВ ПС разреза Майрыхский включены батареи статических конденсаторов мощностью 350 кВАр и 600 кВАр (БСК).

3.2 Максимальный режим с неполной компенсацией на ПС разреза Майрыхский

На рисунке 3.2 представлена модель максимального режима электрической сети с включением БСК мощностью 300 кВАр и 600 кВАр.

В таблицах 3.3 и 3.4 указаны расчетные параметры узлов и ветвей электрической системы соответственно.

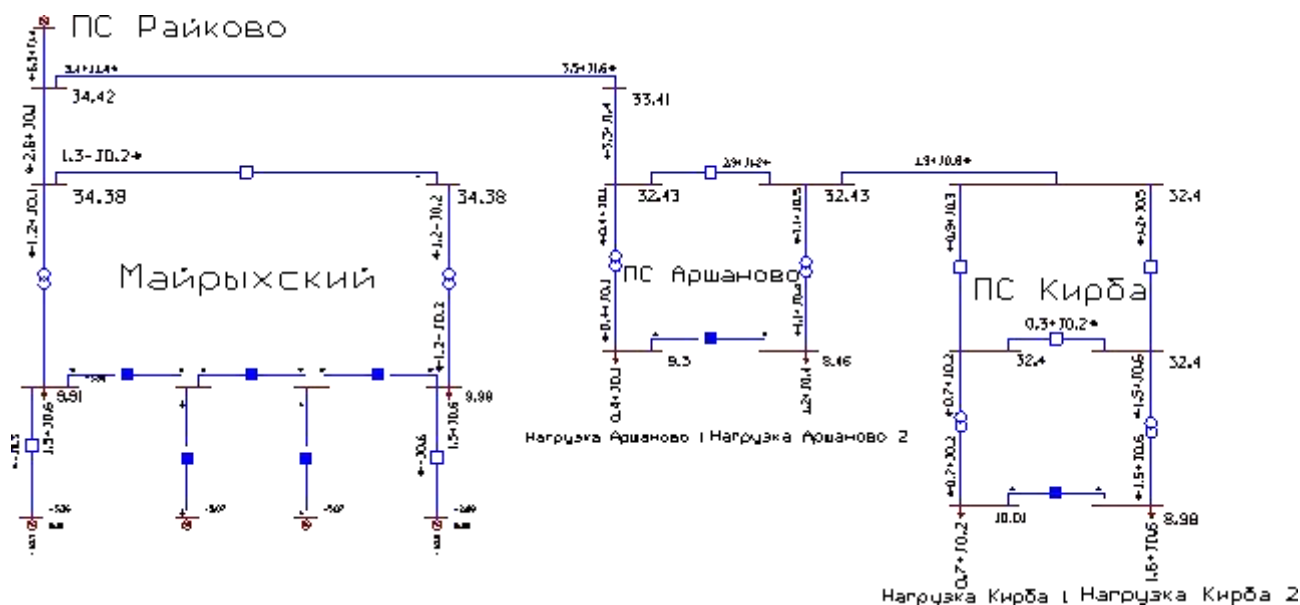


Рисунок 3.2 – Расчетная схема максимального режима с неполной компенсацией

Таблица 3.3 – Расчетные значения узлов с половинчатой компенсацией

Номер	Название	Uн, кВ	Pнагр, МВт	Qнагр, МВАр	Вш, мкСМ	U, кВ
1	2	3	4	5	6	7
1	Ответвление от Т-58	37	0	0	0	34,42
2	ВН 4000	37	0	0	0	34,38
3	Нагрузка	10,5	1,5	0,6	0	9,91
4	ВН 6300	37	0	0	0	34,38
5	Нагрузка	11	1,5	0,6	0	9,98
6	Реактор	11	0	0	-3000	9,91
7	БСК	0	0	0	0	0,00
8	Секция на реактор 2	11	0	0	0	0,00
9	Реактор 2	11	0	0	-3000	0,00
10	Секция на реактор 3	11	0	0	0	0,00
11	Реактор 3	11	0	0	-6000	0,00
12	БСК 2	0	0	0	0	0,00
13	БСК 3	0	0	0	0	0,00
14	Реактор 4	11	0	0	-6000	9,98
15	БСК 4	0	0	0	0	0,00
16	Аршаново БАЗА	37	0	0	0	33,41
17	ВН тр-ра Аршаново	36,52	0	0	0	32,43
18	ВН тр-ра Аршаново	37	0	0	0	32,43
19	Нагрузка Аршаново 2	11	1,18	0,41	0	8,46
20	Нагрузка Аршаново 1	10,58	0,44	0,13	0	9,30
21	ПС Кирба БАЗА	37	0	0	0	32,40
22	ВН тр-ра Кирба	37	0	0	0	32,40

Окончание таблицы 3.3

1	2	3	4	5	6	7
23	ВН тр-ра Кирба	37	0	0	0	32,40
24	Нагрузка Кирба 1	10,58	0,71	0,17	0	10,01
25	Нагрузка Кирба 2	11	1,58	0,61	0	8,98
26	ПС Райково	35,93	0	0	0	35,93

Таблица 3.4 – Расчетные значения ветвей при неполной компенсации

Ннач	Нкон	Название	R	X	B	Кт/г
1	2	3	4	5	6	7
1	2	Ответвление от Т-58 - ВН 4000	0,43	0,41	2,79	0
2	3	ВН 4000 - Нагрузка	2,6	23	0	0,29
2	4	ВН 4000 - ВН 6300	0	0	0	0
4	5	ВН 6300 - Нагрузка	1,4	14,6	0	0,29
3	6	Нагрузка - Реактор	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
3	8	Нагрузка - Секция на реактор 2	0	0	0	0
8	9	Секция на реактор 2 - Реактор 2	0	0	0	0
8	10	Секция на реактор 2 - Секция на реактор 3	0	0	0	0
10	11	Секция на реактор 3 - Реактор 3	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
5	10	Нагрузка - Секция на реактор 3	0	0	0	0
5	14	Нагрузка - Реактор 4	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
16	17	Аршаново БАЗА - ВН тр-ра Аршаново	6,2	8	58	0
17	18	ВН тр-ра Аршаново - ВН тр-ра Аршаново	0	0	0	0
18	19	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 2	11,2	49,2	0	0,27
17	20	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 1	11,2	49,2	0	0,29
20	19	Нагрузка Аршаново 1 - Нагрузка Аршаново 2	0	0	0	0
18	21	ВН тр-ра Аршаново - ПС Кирба БАЗА	0,31	0,4	2,87	0
21	22	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0
21	23	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0

Окончание таблицы 3.4

1	2	3	4	5	6	7
22	23	ВН тр-ра Кирба - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0
22	24	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 1	1,4	14,6	0	0,31
23	25	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 2	1,4	14,6	0	0,28
24	25	Нагрузка Кирба 1 - Нагрузка Кирба 2	0	0	0	0
26	1	ПС Райково - Ответвление от Т-58	6,32	8,16	59,2	0
1	16	Ответвление от Т-58 - Аршаново БАЗА	6,32	8,16	59,16	0

Установка БСК на ПС разреза Майрыхский привела к повышению напряжения в узлах всей схемы. Из таблицы 3.3 видно, что на шинах НН ПС «Кирба» получено 10,01 кВ и 8,98 кВ, изменения составили +0,07 кВ на первой и второй секции шин. На шинах НН ПС «Аршаново» получено 9,3 кВ и 8,46 кВ на первой и второй секциях шин соответственно. Изменения составили +0,07 кВ на первой секции шин и +0,06 кВ на второй секции шин. На шинах НН ПС разреза Майрыхский получено 9,91 кВ и 9,98 кВ на первой и второй секциях шин соответственно. Изменения составили +0,17 кВ на первой секции шин и +0,17 кВ на второй секции шин.

Мероприятия по введению в работу половины установленных конденсаторных батарей показали, что значения напряжения в узлах электрической сети увеличились. Однако, неполной компенсации реактивной мощности недостаточно для нормализации напряжения на шинах подстанций.

3.3 Максимальный режим с полной компенсацией на ПС разреза Майрыхский

Рассмотрим случай подключения включения всех установленных на ПС разреза Майрыхский конденсаторных батарей мощностью 2х350 кВАр и 2х600 кВАр. На рисунке 3.3 изображена расчетная схема максимального режима с полной компенсацией реактивной мощности. В таблицах 3.5 и 3.6 приведены расчетные параметры узлов и ветвей рассматриваемой схемы соответственно.

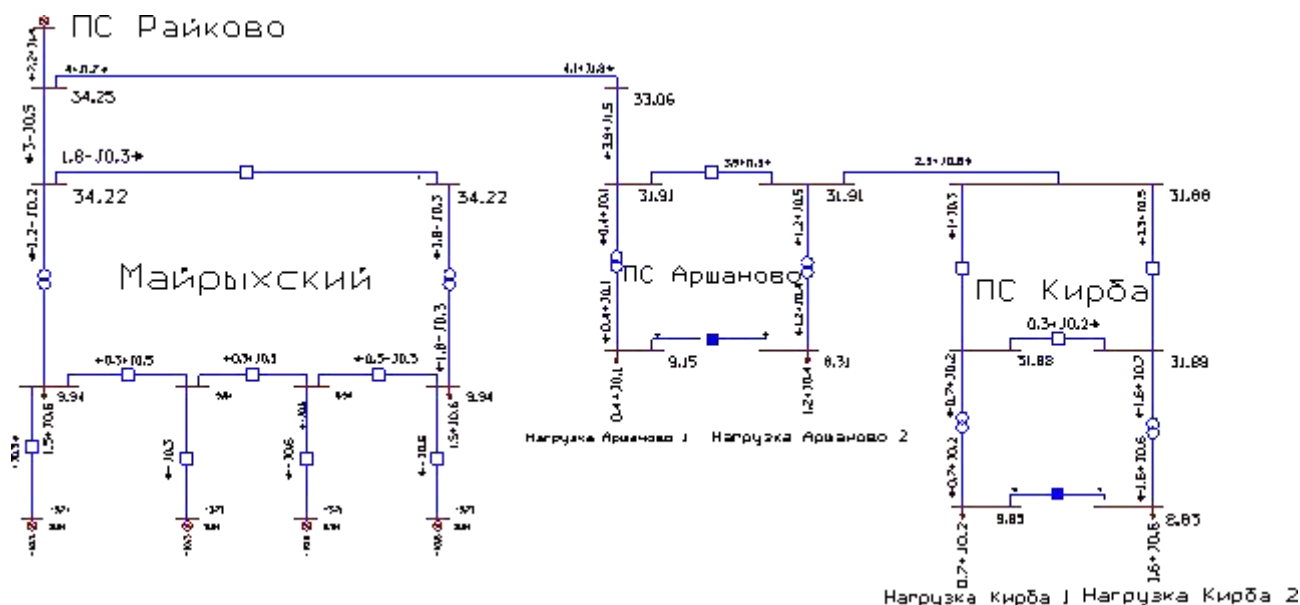


Рисунок 3.3 – Расчетная схема максимального режима с полной компенсацией реактивной мощности

Таблица 3.5 – Расчетные значения узлов при полной компенсации реактивной мощности

Номер	Название	Uн, кВ	Pнагр, МВт	Qнагр, МВАр	Вщ, мкСМ	U, кВ
1	2	3	4	5	6	7
1	Ответвление от Т-58	37	0	0	0	34,25
2	ВН 4000	37	0	0	0	34,22
3	Нагрузка	10,5	1,5	0,6	0	9,94
4	ВН 6300	37	0	0	0	34,22
5	Нагрузка	11	1,5	0,6	0	9,94
6	Реактор	11	0	0	-3000	9,94
7	БСК	0	0	0	0	0,00
8	Секция на реактор 2	11	0	0	0	9,94
9	Реактор 2	11	0	0	-3000	9,94
10	Секция на реактор 3	11	0	0	0	9,94
11	Реактор 3	11	0	0	-6000	9,94
12	БСК 2	0	0	0	0	0,00
13	БСК 3	0	0	0	0	0,00
14	Реактор 4	11	0	0	-6000	9,94
15	БСК 4	0	0	0	0	0,00
16	Аршаново БАЗА	37	0	0	0	33,06
17	ВН тр-ра Аршаново	36,52	0	0	0	31,91
18	ВН тр-ра Аршаново	37	0	0	0	31,91
19	Нагрузка Аршаново 2	11	1,18	0,41	0	8,31
20	Нагрузка Аршаново 1	10,58	0,44	0,13	0	9,15
21	ПС Кирба БАЗА	37	0	0	0	31,88
22	ВН тр-ра Кирба	37	0	0	0	31,88

Окончание таблицы 3.5

1	2	3	4	5	6	7
23	ВН тр-ра Кирба	37	0	0	0	31,88
24	Нагрузка Кирба 1	10,58	0,71	0,17	0	9,85
25	Нагрузка Кирба 2	11	1,58	0,61	0	8,83
26	ПС Райково	35,93	0	0	0	35,93

Таблица 3.6 – Расчетные значения ветвей при полной компенсации реактивной мощности

Ннач	Нкон	Название	R	X	B	Кт/г
1	2	3	4	5	6	7
1	2	Ответвление от Т-58 - ВН 4000	0,43	0,41	2,79	0
2	3	ВН 4000 - Нагрузка	2,6	23	0	0,29
2	4	ВН 4000 - ВН 6300	0	0	0	0
4	5	ВН 6300 - Нагрузка	1,4	14,6	0	0,29
3	6	Нагрузка - Реактор	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
3	8	Нагрузка - Секция на реактор 2	0	0	0	0
8	9	Секция на реактор 2 - Реактор 2	0	0	0	0
8	10	Секция на реактор 2 - Секция на реактор 3	0	0	0	0
10	11	Секция на реактор 3 - Реактор 3	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
5	10	Нагрузка - Секция на реактор 3	0	0	0	0
5	14	Нагрузка - Реактор 4	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
16	17	Аршаново БАЗА - ВН тр-ра Аршаново	6,2	8	58	0
17	18	ВН тр-ра Аршаново - ВН тр-ра Аршаново	0	0	0	0
18	19	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 2	11,2	49,2	0	0,27
17	20	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 1	11,2	49,2	0	0,29
20	19	Нагрузка Аршаново 1 - Нагрузка Аршаново 2	0	0	0	0
18	21	ВН тр-ра Аршаново - ПС Кирба БАЗА	0,31	0,4	2,87	0

Окончание таблицы 3.6

1	2	3	4	5	6	7
21	22	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0
21	23	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0
22	23	ВН тр-ра Кирба - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0
22	24	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 1	1,4	14,6	0	0,31
23	25	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 2	1,4	14,6	0	0,28
24	25	Нагрузка Кирба 1 - Нагрузка Кирба 2	0	0	0	0
26	1	ПС Райково - Ответвление от Т-58	6,32	8,16	59,2	0
1	16	Ответвление от Т-58 - Аршаново БАЗА	6,32	8,16	59,16	0

Мероприятия по установке 4 конденсаторных батарей суммарной мощностью 1900 кВАр на шинах НН ПС разреза Майрыхский привели к повышению напряжения в узлах схемы. Из таблицы 3.5 видно, что на шинах НН ПС «Кирба» получено 9,85 кВ и 8,83 кВ, изменения составили -0,16 кВ на первой секции шин -0,15 на второй секции шин. На шинах НН ПС «Аршаново» получено 9,15 кВ и 8,31 кВ на первой и второй секциях шин соответственно. Изменения составили -0,15 кВ на первой секции шин и -0,15 кВ на второй секции шин. На шинах НН ПС разреза Майрыхский получено 9,94 кВ и 9,94 кВ на первой и второй секциях шин соответственно. Изменения составили +0,03 кВ на первой секции шин и -0,04 кВ на второй секции шин. На подстанциях «Кирба» и «Аршаново» наблюдается тенденция снижения напряжения на шинах НН трансформаторов. На ПС разреза Майрыхский напряжение между шинами НН выровнилось и составило 9,94 кВ.

Из результатов расчетов напряжения в узлах нагрузки ПС «Аршаново» и ПС «Кирба» видно, что полученного напряжения в следствие полной компенсации реактивной мощности на разрезе Майрыхском недостаточно. Необходимо регулировать вторичное напряжение трансформаторов системами РПН и ПБВ.

3.4 Максимальный режим с регулированием напряжения ПБВ и РПН

Регулировка вторичного напряжения трансформаторов осуществляется изменением количества витков вторичной обмотки. Для этой цели трансформаторы снабжены системами переключения напряжения без возбуждения (ПБВ) и регулировкой под нагрузкой (РПН). Сводная таблица 3.7 трансформаторов, снабженными вышеупомянутыми системами регулирования

напряжения, содержит характеристики этих систем. Основными являются шаг регулирования и количество отпаек.

Таблица 3.7 – ПБВ и РПН трансформаторов

Nbd	Названия	ЕИ	+/-	Тип	Место	Кнейт	Vнр	Vрег	Нанц	Шаг	Нанц	Шаг
1	ТМН-4000/35	%	+	РПН	ВН	1	11	35	4	-2,5	4	2,5
2	ТМН-6300/35	%	+	РПН	ВН	1	11	35	4	-2,5	4	2,5
3	ТМ-6300/35	%	+	ПБВ	ВН	1	11	35	2	-2,5	2	2,5
4	ТМН-6300/35	%	+	РПН	ВН	1	11	35	4	-2,5	4	2,5
5	ТМН-1600/35	%	+	РПН	ВН	1	11	35	4	-2,5	4	2,5
6	ТН-1600/35	%	+	РПН	ВН	1	11	35	4	-2,5	4	2,5

3.4.1 Максимальный режим без компенсации и с регулированием напряжения

На рисунке 3.4 представлена расчетная схема рассматриваемого режима. В таблицах 3.8 и 3.9 представлены расчетные параметры узлов и ветвей схемы соответственно.

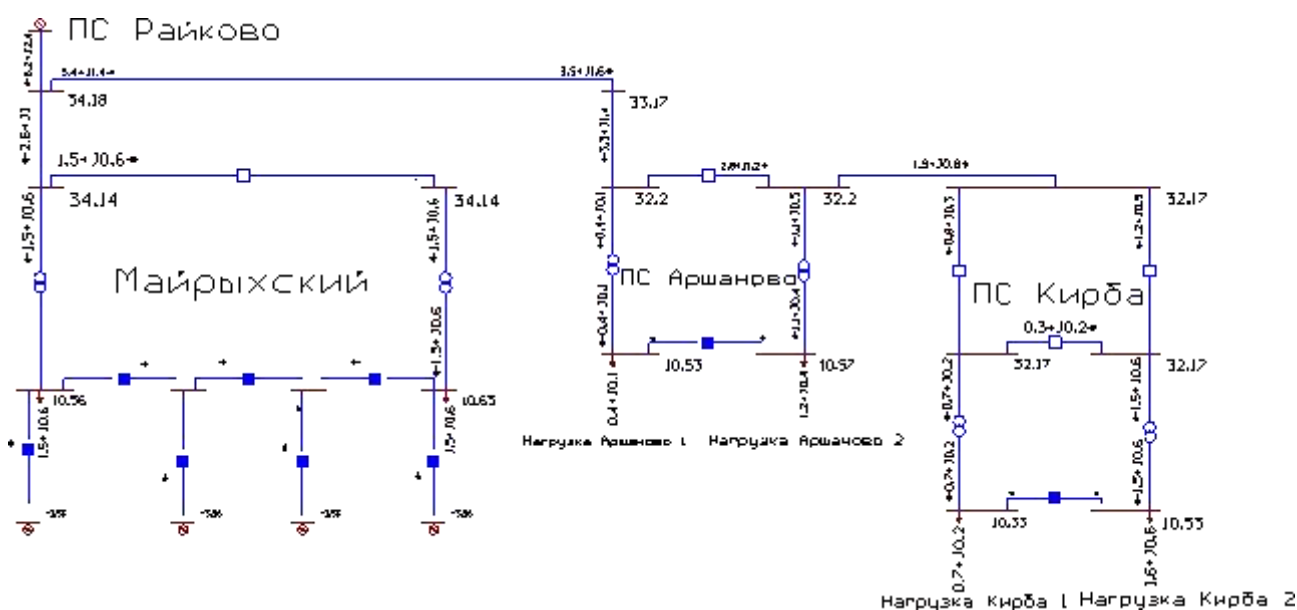


Рисунок 3.4 – Максимальный режим без компенсации с регулированием напряжения

Таблица 3.8 – Расчетные значения узлов с регулированием напряжения

Номер	Название	Uн, кВ	Pнагр, МВт	Qнагр, МВАр	Vш, мкСМ	U, кВ
1	2	3	4	5	6	7
1	Ответвление от Т-58	37	0	0	0	34,18
2	ВН 4000	37	0	0	0	34,14
3	Нагрузка	10,5	1,5	0,6	0	10,56
4	ВН 6300	37	0	0	0	34,14
5	Нагрузка	11	1,5	0,6	0	10,63

Окончание таблицы 3.8

1	2	3	4	5	6	7
6	Реактор	11	0	0	-3000	0,00
7	БСК	0	0	0	0	0,00
8	Секция на реактор 2	11	0	0	0	0,00
9	Реактор 2	11	0	0	-3000	0,00
10	Секция на реактор 3	11	0	0	0	0,00
11	Реактор 3	11	0	0	-6000	0,00
12	БСК 2	0	0	0	0	0,00
13	БСК 3	0	0	0	0	0,00
14	Реактор 4	11	0	0	-6000	0,00
15	БСК 4	0	0	0	0	0,00
16	Аршаново БАЗА	37	0	0	0	33,17
17	ВН тр-ра Аршаново	36,52	0	0	0	32,20
18	ВН тр-ра Аршаново	37	0	0	0	32,20
19	Нагрузка Аршаново 2	11	1,18	0,41	0	10,57
20	Нагрузка Аршаново 1	10,58	0,44	0,13	0	10,53
21	ПС Кирба БАЗА	37	0	0	0	32,17
22	ВН тр-ра Кирба	37	0	0	0	32,17
23	ВН тр-ра Кирба	37	0	0	0	32,17
24	Нагрузка Кирба 1	10,58	0,71	0,17	0	10,33
25	Нагрузка Кирба 2	11	1,58	0,61	0	10,53
26	ПС Райково	35,93	0	0	0	35,93

Таблица 3.9 – Расчетные значения ветвей без компенсации с регулировкой напряжения

Ннач	Нкон	Название	R	X	B	Кт/г	N_анц	БД_анц
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	Ответвление от Т-58 - ВН 4000	0,43	0,41	2,79	0		
2	3	ВН 4000 - Нагрузка	2,6	23	0	0,314286	5	1
2	4	ВН 4000 - ВН 6300	0	0	0	0		
4	5	ВН 6300 - Нагрузка	1,4	14,6	0	0,314286	5	2
3	6	Нагрузка - Реактор	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
3	8	Нагрузка - Секция на реактор 2	0	0	0	0		
8	9	Секция на реактор 2 - Реактор 2	0	0	0	0		
8	10	Секция на реактор 2 - Секция на реактор 3	0	0	0	0		

Окончание таблицы 3.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	Секция на реактор 3 - Реактор 3	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
5	10	Нагрузка - Секция на реактор 3	0	0	0	0		
5	14	Нагрузка - Реактор 4	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
16	17	Аршаново БАЗА - ВН тр-ра Аршаново	6,2	8	58	0		
17	18	ВН тр-ра Аршаново - ВН тр-ра Аршаново	0	0	0	0		
18	19	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 2	11,2	49,2	0	0,339768	8	6
17	20	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 1	11,2	49,2	0	0,330827	7	5
20	19	Нагрузка Аршаново 1 - Нагрузка Аршаново 2	0	0	0	0		
18	21	ВН тр-ра Аршаново - ПС Кирба БАЗА	0,31	0,4	2,87	0		
21	22	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
21	23	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	23	ВН тр-ра Кирба - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	24	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 1	1,4	14,6	0	0,322344	4	3
23	25	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 2	1,4	14,6	0	0,330827	7	4
24	25	Нагрузка Кирба 1 - Нагрузка Кирба 2	0	0	0	0		
26	1	ПС Райково - Ответвление от Т-58	6,32	8,16	59,2	0		
1	16	Ответвление от Т-58 - Аршаново БАЗА	6,32	8,16	59,16	0		

Из таблицы 3.8 видно, что мероприятия по регулированию вторичного напряжения трансформаторов отпайками привела к следующим изменениям: напряжения на шинах НН ПС «Кирба» составили 10,33 кВ и 10,53 кВ на первой и второй секциях шин соответственно; напряжения на шинах НН ПС «Аршаново» составили 10,53 кВ и 10,57 кВ на первой и второй секциях шин соответственно; напряжения на шинах НН ПС разреза Майрыхский составили 10,56 кВ и 10,63 кВ на первой и второй секциях шин соответственно.

Отклонения от номинального значения напряжения 10,5 кВ на подстанциях составили: на ПС «Кирба» - 1,6% на первой секции шин и 0,3% на второй секции шин; на ПС «Аршаново» - 0,3% на первой секции шин и 0,7%; на ПС разреза «Майрыхский» - 0,6% на первой секции шин и 1,2% на второй секции шин.

3.4.2 Максимальный режим с неполной компенсацией и регулированием напряжения

На рисунке 3.5 представлена расчетная схема рассматриваемого режима. В таблицах 3.10 и 3.11 представлены расчетные значения узлов и ветвей схемы рассматриваемого режима соответственно.

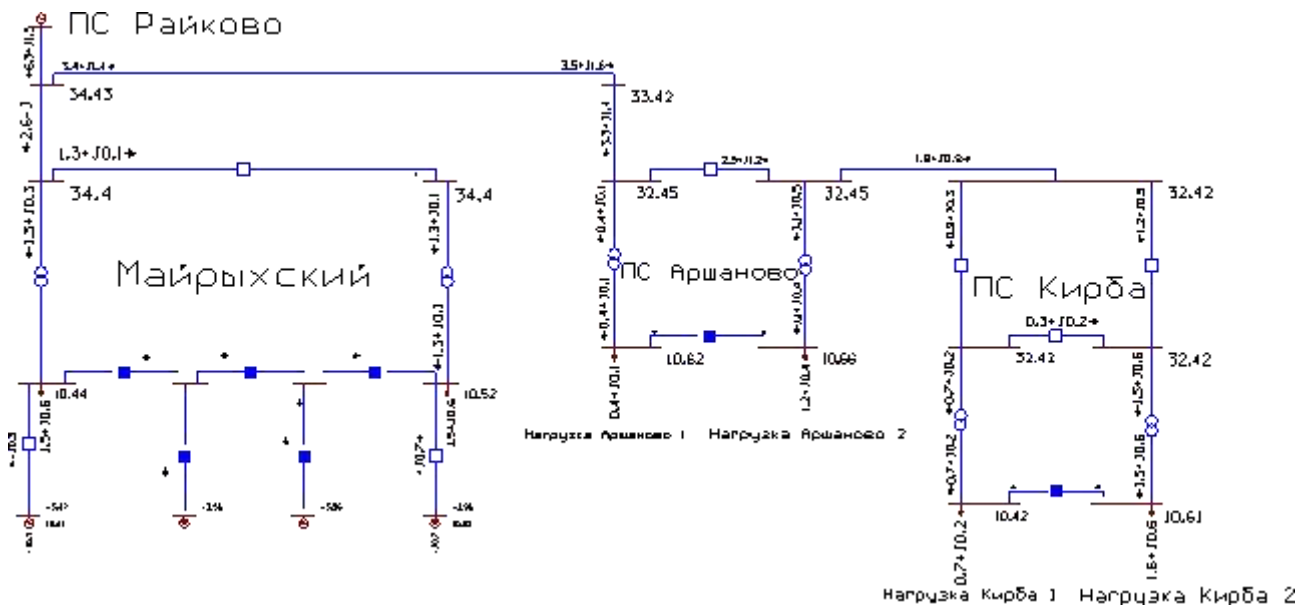


Рисунок 3.5 - Максимальный режим с неполной компенсацией и регулированием напряжения

Таблица 3.10 – Расчетные значения узлов с неполной компенсацией и регулированием напряжения

Номер	Название	Uн, кВ	Pнагр, МВт	Qнагр, МВАр	Вш, мкСМ	U, кВ
1	2	3	4	5	6	7
1	Ответвление от Т-58	37	0	0	0	34,43
2	ВН 4000	37	0	0	0	34,40
3	Нагрузка	10,5	1,5	0,6	0	10,44
4	ВН 6300	37	0	0	0	34,40
5	Нагрузка	11	1,5	0,6	0	10,52
6	Реактор	11	0	0	-3000	10,44
7	БСК	0	0	0	0	0,00
8	Секция на реактор 2	11	0	0	0	0,00
9	Реактор 2	11	0	0	-3000	0,00
10	Секция на реактор 3	11	0	0	0	0,00

Окончание таблицы 3.10

1	2	3	4	5	6	7
11	Реактор 3	11	0	0	-6000	0,00
12	БСК 2	0	0	0	0	0,00
13	БСК 3	0	0	0	0	0,00
14	Реактор 4	11	0	0	-6000	10,52
15	БСК 4	0	0	0	0	0,00
16	Аршаново БАЗА	37	0	0	0	33,42
17	ВН тр-ра Аршаново	36,52	0	0	0	32,45
18	ВН тр-ра Аршаново	37	0	0	0	32,45
19	Нагрузка Аршаново 2	11	1,18	0,41	0	10,66
20	Нагрузка Аршаново 1	10,58	0,44	0,13	0	10,62
21	ПС Кирба БАЗА	37	0	0	0	32,42
22	ВН тр-ра Кирба	37	0	0	0	32,42
23	ВН тр-ра Кирба	37	0	0	0	32,42
24	Нагрузка Кирба 1	10,58	0,71	0,17	0	10,42
25	Нагрузка Кирба 2	11	1,58	0,61	0	10,61
26	ПС Райково	35,93	0	0	0	35,93

Таблица 3.11 – Расчетные значения ветвей с половинчатой компенсацией и регулированием напряжения

Ннач	Нкон	Название	R	X	B	Кт/г	N анц	БД анц
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	Ответвление от Т-58 - ВН 4000	0,43	0,41	2,79	0	0	
2	3	ВН 4000 - Нагрузка	2,6	23	0	0,30662	4	1
2	4	ВН 4000 - ВН 6300	0	0	0	0	0	
4	5	ВН 6300 - Нагрузка	1,4	14,6	0	0,30662	4	2
3	6	Нагрузка - Реактор	0	0	0	0	0	
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0	0	
3	8	Нагрузка - Секция на реактор 2	0	0	0	0	0	
8	9	Секция на реактор 2 - Реактор 2	0	0	0	0	0	
8	10	Секция на реактор 2 - Секция на реактор 3	0	0	0	0	0	
10	11	Секция на реактор 3 - Реактор 3	0	0	0	0	0	
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0	0	
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0	0	
5	10	Нагрузка - Секция на реактор 3	0	0	0	0	0	
5	14	Нагрузка - Реактор 4	0	0	0	0	0	

Окончание таблицы 3.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0	0	
16	17	Аршаново БАЗА - ВН тр-ра Аршаново	6,2	8	58	0	0	
17	18	ВН тр-ра Аршаново - ВН тр-ра Аршаново	0	0	0	0	0	
18	19	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 2	11,2	49,2	0	0,339768	8	6
17	20	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 1	11,2	49,2	0	0,330827	7	5
20	19	Нагрузка Аршаново 1 - Нагрузка Аршаново 2	0	0	0	0	0	
18	21	ВН тр-ра Аршаново - ПС Кирба БАЗА	0,31	0,4	2,87	0	0	
21	22	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0	0	
21	23	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0	0	
22	23	ВН тр-ра Кирба - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0	0	
22	24	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 1	1,4	14,6	0	0,322	4	3
23	25	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 2	1,4	14,6	0	0,330	7	4
24	25	Нагрузка Кирба 1 - Нагрузка Кирба 2	0	0	0	0	0	
26	1	ПС Райково - Ответвление от Т-58	6,32	8,16	59,2	0	0	
1	16	Ответвление от Т-58 - Аршаново БАЗА	6,32	8,16	59,16	0	0	

Из таблицы 3.10 видно, что включение конденсаторных батарей на шинах НН ПС разреза Майрыхский мощностью 350 кВАр и 600 кВАр совместно с регулированием вторичного напряжения трансформаторов привело к следующим изменениям: напряжения на шинах НН ПС «Кирба» составили 10,42 кВ и 10,61 кВ на первой и второй секциях шин соответственно; напряжения на шинах НН ПС «Аршаново» составили 10,62 кВ и 10,66 кВ на первой и второй секциях шин соответственно; напряжения на шинах НН ПС разреза Майрыхский составили 10,44 кВ и 10,52 кВ на первой и второй секциях шин соответственно. Отклонения от номинального значения напряжения 10,5 кВ на подстанциях составили: на ПС «Кирба» - 0,8% на первой секции шин и 1% на второй секции шин; на ПС «Аршаново» - 1,1% на первой секции шин и 1,5%; на ПС разреза «Майрыхский» - 0,6% на первой секции шин и 0,2% на второй секции шин.

3.4.3 Максимальный режим с полной компенсацией и регулированием напряжения

На рисунке 3.6 представлена модель максимального режима с полной компенсацией реактивной мощности и регулированием напряжения. В

таблицах 3.12 и 3.13 приведены расчетные параметры узлов и ветвей соответственно.

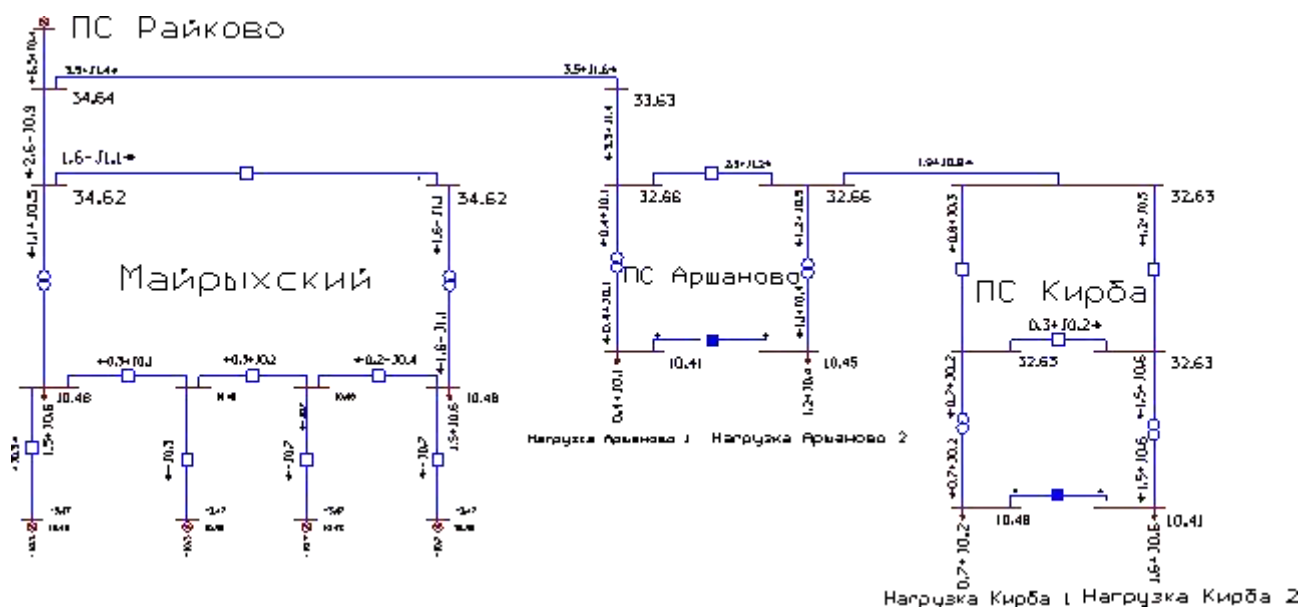


Рисунок 3.6 - Максимальный режим с полной компенсацией и регулированием напряжения

Таблица 3.12 – Расчетные значения узлов с полной компенсацией и регулированием напряжения

Номер	Название	Un, кВ	Pнагр, МВт	Qнагр, МВАр	Вш, мкСМ	U, кВ
1	2	3	4	5	6	7
1	Ответвление от Т-58	37	0	0	0	34,64
2	ВН 4000	37	0	0	0	34,62
3	Нагрузка	10,5	1,5	0,6	0	10,48
4	ВН 6300	37	0	0	0	34,62
5	Нагрузка	11	1,5	0,6	0	10,48
6	Реактор	11	0	0	-3000	10,48
0	БСК	0	0	0	0	0,00
8	Секция на реактор 2	11	0	0	0	10,48
9	Реактор 2	11	0	0	-3000	10,48
10	Секция на реактор 3	11	0	0	0	10,48
11	Реактор 3	11	0	0	-6000	10,48
0	БСК 2	0	0	0	0	0,00
0	БСК 3	0	0	0	0	0,00
14	Реактор 4	11	0	0	-6000	10,48
0	БСК 4	0	0	0	0	0,00
16	Аршаново БАЗА	37	0	0	0	33,63
17	ВН тр-ра Аршаново	36,52	0	0	0	32,66
18	ВН тр-ра Аршаново	37	0	0	0	32,66
19	Нагрузка Аршаново 2	11	1,18	0,41	0	10,45
20	Нагрузка Аршаново 1	10,58	0,44	0,13	0	10,41

21	ПС Кирба БАЗА	37	0	0	0	32,63
22	ВН тр-ра Кирба	37	0	0	0	32,63

Окончание таблицы 3.12

1	2	3	4	5	6	7
23	ВН тр-ра Кирба	37	0	0	0	32,63
24	Нагрузка Кирба 1	10,58	0,71	0,17	0	10,48
25	Нагрузка Кирба 2	11	1,58	0,61	0	10,41
26	ПС Райково	35,93	0	0	0	35,93

Таблица 3.13 – Расчетные значения ветвей с полной компенсацией и регулированием напряжения

Ннач	Нкон	Название	R	X	B	Кт/г	N_анц	БД_анц
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	Ответвление от Т-58 - ВН 4000	0,43	0,41	2,79	0		
2	3	ВН 4000 - Нагрузка	2,6	23	0	0,306	4	1
2	4	ВН 4000 - ВН 6300	0	0	0	0		
4	5	ВН 6300 - Нагрузка	1,4	14,6	0	0,299	3	2
3	6	Нагрузка - Реактор	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
3	8	Нагрузка - Секция на реактор 2	0	0	0	0		
8	9	Секция на реактор 2 - Реактор 2	0	0	0	0		
8	10	Секция на реактор 2 - Секция на реактор 3	0	0	0	0		
10	11	Секция на реактор 3 - Реактор 3	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
5	10	Нагрузка - Секция на реактор 3	0	0	0	0		
5	14	Нагрузка - Реактор 4	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
16	17	Аршаново БАЗА - ВН тр-ра Аршаново	6,2	8	58	0		
17	18	ВН тр-ра Аршаново - ВН тр-ра Аршаново	0	0	0	0		

Окончание таблицы 3.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	19	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 2	11,2	49,2	0	0,33	7	6
17	20	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 1	11,2	49,2	0	0,322	6	5
20	19	Нагрузка Аршаново 1 - Нагрузка Аршаново 2	0	0	0	0		
18	21	ВН тр-ра Аршаново - ПС Кирба БАЗА	0,31	0,4	2,87	0		
21	22	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
21	23	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	23	ВН тр-ра Кирба - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	24	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 1	1,4	14,6	0	0,322	4	3
23	25	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 2	1,4	14,6	0	0,322	6	4
24	25	Нагрузка Кирба 1 - Нагрузка Кирба 2	0	0	0	0		
26	1	ПС Райково - Ответвление от Т-58	6,32	8,16	59,2	0		
1	16	Ответвление от Т-58 - Аршаново БАЗА	6,32	8,16	59,16	0		

Из таблицы 3.12 видно, что включение конденсаторных батарей на шинах НН ПС разреза Майрыхский мощностью 2х350 кВАр и 2х600 кВАр совместно с регулированием вторичного напряжения трансформаторов привело к следующим изменениям: напряжения на шинах НН ПС «Кирба» составили 10,48 кВ и 10,41 кВ на первой и второй секциях шин соответственно; напряжения на шинах НН ПС «Аршаново» составили 10,41 кВ и 10,45 кВ на первой и второй секциях шин соответственно; напряжения на шинах НН ПС разреза Майрыхский составили 10,48 кВ и 10,48 кВ на первой и второй секциях шин соответственно. Отклонения от номинального значения напряжения 10,5 кВ на подстанциях составили: на ПС «Кирба» - 0,2% на первой секции шин и 0,9% на второй секции шин; на ПС «Аршаново» - 0,9% на первой секции шин и 0,5%; на ПС разреза «Майрыхский» - 0,2% на первой секции шин и 0,2% на

второй секции шин. Количества отпаяк на трансформаторах ПС «Кирба» и ПС «Аршаново» достаточно, чтобы нормализовать напряжение в узлах нагрузки.

Из полученных расчетов видно, что регулирование отпаяк на трансформаторах ПС «Аршаново» и ПС «Кирба» системами РПН и ПБВ успешно, вторичное напряжение не превышает нормально допустимых значений. Полная и неполная компенсация реактивной мощности на Майрыхском позволяет уменьшить передаваемую по ЛЭП реактивную мощность, что положительно сказывается на уменьшении потерь и пропускной способности ЛЭП и соседних подстанций.

3.5 Минимальный режим

Рассмотрим минимальный режим работы электрической сети без регулирования напряжения отпайками на трансформаторах. На рисунке 3.7 представлена схема рассматриваемого режима. В таблицах 3.14 и 3.15 представлены расчетные значения узлов и ветвей соответственно.

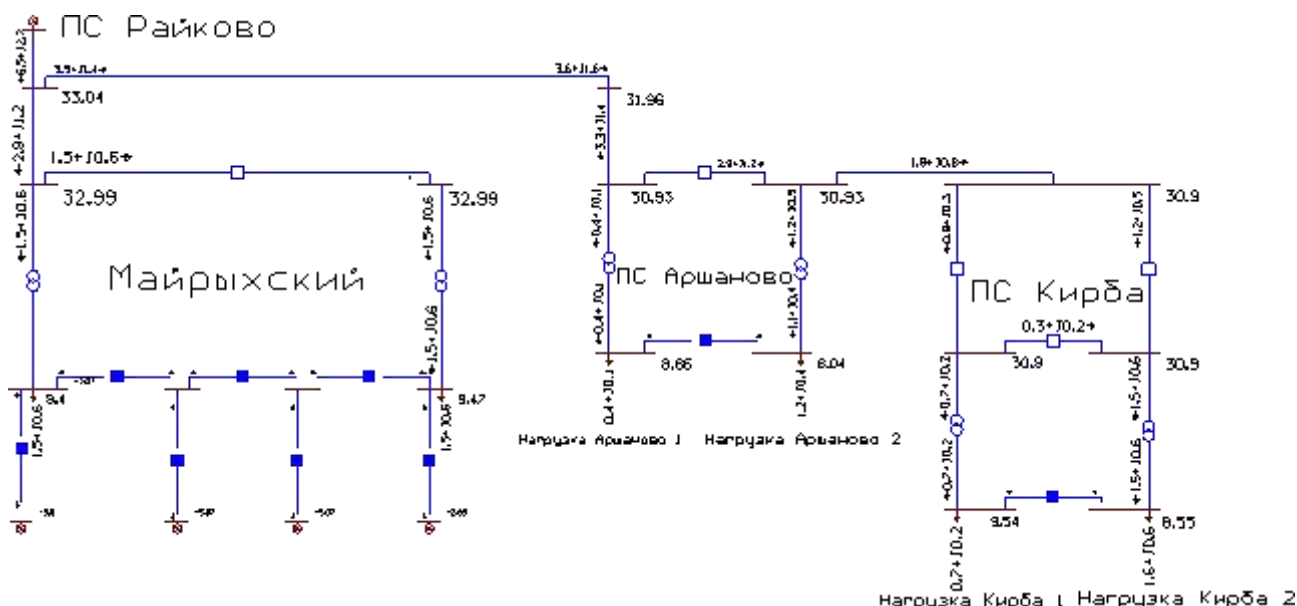


Рисунок 3.7 – Минимальный режим без компенсации реактивной мощности на ПС разреза Майрыхский

Таблица 3.14 – Расчетные параметры узлов в минимальном режиме

Номер	Название	U _н , кВ	P _{нагр} , МВт	Q _{нагр} , МВАр	Вш, мкСМ	U, кВ
1	2	3	4	5	6	7
1	Ответвление от Т-58	35	0	0	0	33,04
2	ВН 4000	35	0	0	0	32,99
3	Нагрузка	10	1,5	0,6	0	9,40
4	ВН 6300	35	0	0	0	32,99
5	Нагрузка	10	1,5	0,6	0	9,47
6	Реактор	10	0	0	-3000	0,00
7	БСК	0	0	0	0	0,00
8	Секция на реактор 2	10	0	0	0	0,00

9	Реактор 2	10	0	0	-3000	0,00
10	Секция на реактор 3	10	0	0	0	0,00
11	Реактор 3	10	0	0	-6000	0,00

Окончание таблицы 3.14

1	2	3	4	5	6	7
12	БСК 2	0	0	0	0	0,00
13	БСК 3	0	0	0	0	0,00
14	Реактор 4	10	0	0	-6000	0,00
15	БСК 4	0	0	0	0	0,00
16	Аршаново БАЗА	35	0	0	0	31,96
17	ВН тр-ра Аршаново	35	0	0	0	30,93
18	ВН тр-ра Аршаново	35	0	0	0	30,93
19	Нагрузка Аршаново 2	10	1,18	0,41	0	8,04
20	Нагрузка Аршаново 1	10	0,44	0,13	0	8,86
21	ПС Кирба БАЗА	35	0	0	0	30,90
22	ВН тр-ра Кирба	35	0	0	0	30,90
23	ВН тр-ра Кирба	35	0	0	0	30,90
24	Нагрузка Кирба 1	10	0,71	0,17	0	9,54
25	Нагрузка Кирба 2	10	1,58	0,61	0	8,55
26	ПС Райково	34,97	0	0	0	34,97

Таблица 3.15 – Расчетные параметры ветвей в минимальном режиме

Ннач	Нкон	Название	R	X	B	Кт/г
1	2	3	4	5	6	7
1	2	Ответвление от Т-58 - ВН 4000	0,43	0,41	2,79	0
2	3	ВН 4000 - Нагрузка	2,6	23	0	0,29
2	4	ВН 4000 - ВН 6300	0	0	0	0
4	5	ВН 6300 - Нагрузка	1,4	14,6	0	0,29
3	6	Нагрузка - Реактор	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
3	8	Нагрузка - Секция на реактор 2	0	0	0	0
8	9	Секция на реактор 2 - Реактор 2	0	0	0	0
8	10	Секция на реактор 2 - Секция на реактор 3	0	0	0	0
10	11	Секция на реактор 3 - Реактор 3	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
5	10	Нагрузка - Секция на реактор 3	0	0	0	0
5	14	Нагрузка - Реактор 4	0	0	0	0

0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
---	---	-----------	---	---	---	---

Окончание таблицы 3.15

1	2	3	4	5	6	7
16	17	Аршаново БАЗА - ВН тр-ра Аршаново	6,2	8	58	0
17	18	ВН тр-ра Аршаново - ВН тр-ра Аршаново	0	0	0	0
18	19	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 2	11,2	49,2	0	0,27
17	20	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 1	11,2	49,2	0	0,29
20	19	Нагрузка Аршаново 1 - Нагрузка Аршаново 2	0	0	0	0,00
18	21	ВН тр-ра Аршаново - ПС Кирба БАЗА	0,31	0,4	2,87	0
21	22	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0
21	23	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0
22	23	ВН тр-ра Кирба - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0
22	24	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 1	1,4	14,6	0	0,31
23	25	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 2	1,4	14,6	0	0,28
24	25	Нагрузка Кирба 1 - Нагрузка Кирба 2	0	0	0	0
26	1	ПС Райково - Ответвление от Т-58	6,32	8,16	59,2	0
1	16	Ответвление от Т-58 - Аршаново БАЗА	6,32	8,16	59,16	0

Согласно данным таблицы 3.14, напряжение в узлах нагрузки и узлах сети ниже номинального (10 кВ): в узлах нагрузки ПС «Кирба» 9,54 кВ и 8,55 кВ, ПС «Аршаново» 8,86 кВ и 8,04 кВ, ПС разреза Майрыхский 9,4 кВ и 9,47 кВ. Отклонения напряжения от номинального значения составляют: на шинах НН ПС «Кирба» 4,6 и 14,5%, на ПС «Аршаново» 11,4% и 19,6%, на шинах НН ПС разреза Майрыхский 6% и 5,3%.

Необходимо внедрение мероприятий по повышению напряжения в узлах нагрузки электрической сети. Рассмотрим вариант, в котором на шинах 10 кВ ПС разреза Майрыхский включены батареи статических конденсаторов мощностью 350 кВАр и 600 кВАр (БСК).

3.6 Минимальный режим с неполной компенсацией на ПС разреза Майрыхский

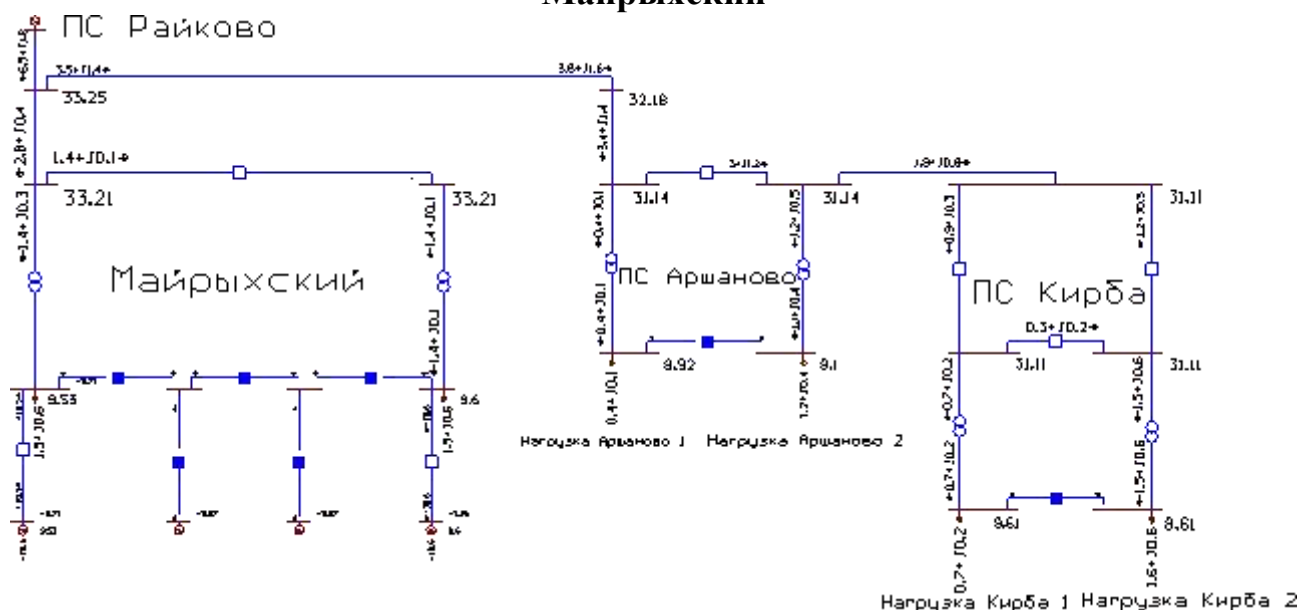


Рисунок 3.8 – Минимальный режим с неполной компенсацией реактивной мощности

Таблица 3.16 – Расчетные параметры узлов при неполной компенсации

Номер	Название	U _н , кВ	P _{нагр} , МВт	Q _{нагр} , МВАр	В _ш , мкСМ	U, кВ
1	2	3	4	5	6	7
1	Ответвление от Т-58	35	0	0	0	33,25
2	ВН 4000	35	0	0	0	33,21
3	Нагрузка	10	1,5	0,6	0	9,53
4	ВН 6300	35	0	0	0	33,21
5	Нагрузка	10	1,5	0,6	0	9,60
6	Реактор	10	0	0	-3000	9,53
7	БСК	0	0	0	0	0,00
8	Секция на реактор 2	10	0	0	0	0,00
9	Реактор 2	10	0	0	-3000	0,00
10	Секция на реактор 3	10	0	0	0	0,00
11	Реактор 3	10	0	0	-6000	0,00
12	БСК 2	0	0	0	0	0,00
13	БСК 3	0	0	0	0	0,00
14	Реактор 4	10	0	0	-6000	9,60
15	БСК 4	0	0	0	0	0,00
16	Аршаново БАЗА	35	0	0	0	32,18
17	ВН тр-ра Аршаново	35	0	0	0	31,14
18	ВН тр-ра Аршаново	35	0	0	0	31,14
19	Нагрузка Аршаново 2	10	1,18	0,41	0	8,10
20	Нагрузка Аршаново 1	10	0,44	0,13	0	8,92
21	ПС Кирба БАЗА	35	0	0	0	31,11
22	ВН тр-ра Кирба	35	0	0	0	31,11

Окончание таблицы 3.16

1	2	3	4	5	6	7
23	ВН тр-ра Кирба	35	0	0	0	31,11
24	Нагрузка Кирба 1	10	0,71	0,17	0	9,61
25	Нагрузка Кирба 2	10	1,58	0,61	0	8,61
26	ПС Райково	34,97	0	0	0	34,97

Таблица 3.17 – Расчетные параметры ветвей при неполной компенсации

Ннач	Нкон	Название	R	X	B	Кт/г
1	2	3	4	5	6	7
1	2	Ответвление от Т-58 - ВН 4000	0,43	0,41	2,79	0
2	3	ВН 4000 - Нагрузка	2,6	23	0	0,29
2	4	ВН 4000 - ВН 6300	0	0	0	0
4	5	ВН 6300 - Нагрузка	1,4	14,6	0	0,29
3	6	Нагрузка - Реактор	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
3	8	Нагрузка - Секция на реактор 2	0	0	0	0
8	9	Секция на реактор 2 - Реактор 2	0	0	0	0
8	10	Секция на реактор 2 - Секция на реактор 3	0	0	0	0
10	11	Секция на реактор 3 - Реактор 3	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
5	10	Нагрузка - Секция на реактор 3	0	0	0	0
5	14	Нагрузка - Реактор 4	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
16	17	Аршаново БАЗА - ВН тр-ра Аршаново	6,2	8	58	0
17	18	ВН тр-ра Аршаново - ВН тр-ра Аршаново	0	0	0	0
18	19	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 2	11,2	49,2	0	0,27
17	20	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 1	11,2	49,2	0	0,29
20	19	Нагрузка Аршаново 1 - Нагрузка Аршаново 2	0	0	0	0
18	21	ВН тр-ра Аршаново - ПС Кирба БАЗА	0,31	0,4	2,87	0
21	22	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0
21	23	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0
22	23	ВН тр-ра Кирба - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0
22	24	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 1	1,4	14,6	0	0,31

Окончание таблицы 3.17

1	2	3	4	5	6	7
23	25	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 2	1,4	14,6	0	0,28
24	25	Нагрузка Кирба 1 - Нагрузка Кирба 2	0	0	0	0
26	1	ПС Райково - Ответвление от Т-58	6,32	8,16	59,2	0
1	16	Ответвление от Т-58 - Аршаново БАЗА	6,32	8,16	59,16	0

Из таблицы 3.16 видно, что включение конденсаторных батарей на шинах НН ПС разреза Майрыхский мощностью 350 кВАр и 600 кВАр привело к следующим изменениям: напряжения на шинах НН ПС «Кирба» составили 9,61 кВ и 8,61 кВ на первой и второй секциях шин соответственно; напряжения на шинах НН ПС «Аршаново» составили 8,92 кВ и 8,1 кВ на первой и второй секциях шин соответственно; напряжения на шинах НН ПС разреза Майрыхский составили 9,53 кВ и 9,6 кВ на первой и второй секциях шин соответственно. Отклонения от номинального значения напряжения 10 кВ на подстанциях составили: на ПС «Кирба» - 3,9% на первой секции шин и 13,9% на второй секции шин; на ПС «Аршаново» - 10,8% на первой секции шин и 19%; на ПС разреза «Майрыхский» - 4,7% на первой секции шин и 4% на второй секции шин.

В следствие включения конденсаторных батарей мощностью 350 кВАр и 600 кВАр вторичное напряжение трансформаторов нормализовалось только на ПС разреза Майрыхский, однако полученные отклонения напряжения почти достигают границы нормально допустимых значений.

3.7 Минимальный режим с полной компенсацией на ПС разреза Майрыхский

На рисунке 3.9 представлена модель минимального режима работы электрической сети с включенными БСК на ПС разреза Майрыхский, общей мощностью 1900 кВАр. В таблицах 3.18 и 3.19 представлены расчетные параметры узлов и ветвей соответственно.

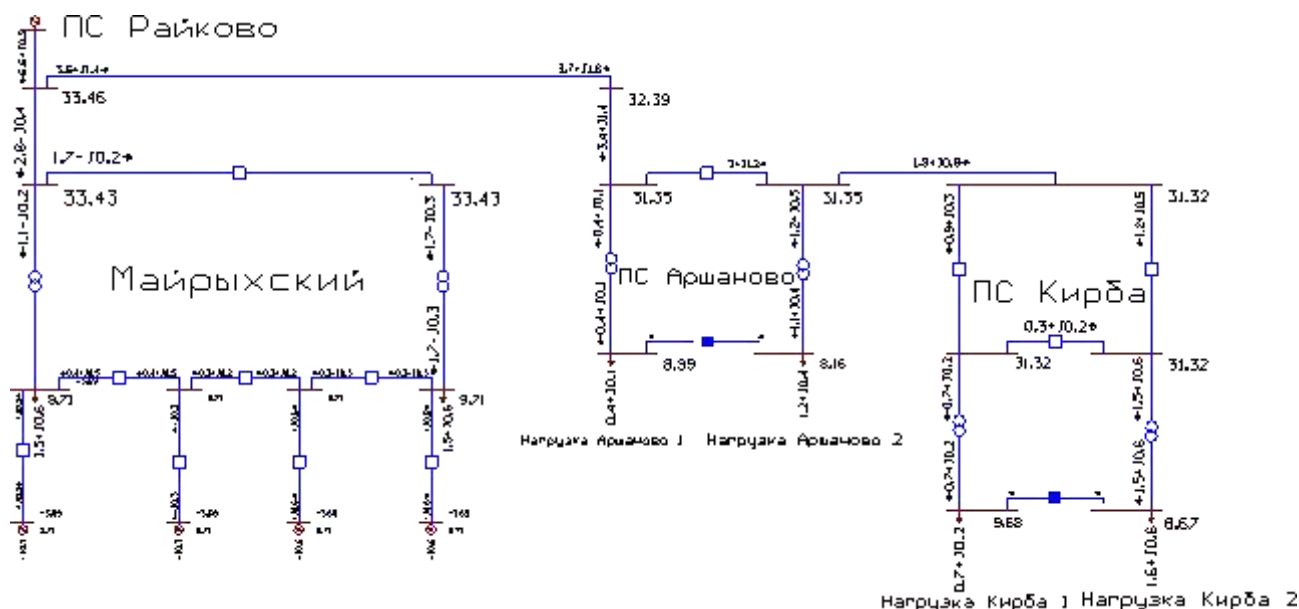


Рисунок 3.9 – Минимальный режим с полной компенсацией реактивной мощности

Таблица 3.18 – Расчетные параметры узлов при полной компенсации реактивной мощности

Номер	Название	Uн, кВ	Pнагр, МВт	Qнагр, МВАр	Вш, мкСМ	U, кВ
1	2	3	4	5	6	7
1	Ответвление от Т-58	35	0	0	0	33,46
2	ВН 4000	35	0	0	0	33,43
3	Нагрузка	10	1,5	0,6	0	9,71
4	ВН 6300	35	0	0	0	33,43
5	Нагрузка	10	1,5	0,6	0	9,71
6	Реактор	10	0	0	-3000	9,71
7	БСК	0	0	0	0	0,00
8	Секция на реактор 2	10	0	0	0	9,71
9	Реактор 2	10	0	0	-3000	9,71
10	Секция на реактор 3	10	0	0	0	9,71
11	Реактор 3	10	0	0	-6000	9,71
12	БСК 2	0	0	0	0	0,00
13	БСК 3	0	0	0	0	0,00
14	Реактор 4	10	0	0	-6000	9,71
15	БСК 4	0	0	0	0	0,00
16	Аршаново БАЗА	35	0	0	0	32,39
17	ВН тр-ра Аршаново	35	0	0	0	31,35
18	ВН тр-ра Аршаново	35	0	0	0	31,35
19	Нагрузка Аршаново 2	10	1,18	0,41	0	8,16
20	Нагрузка Аршаново 1	10	0,44	0,13	0	8,99
21	ПС Кирба БАЗА	35	0	0	0	31,32
22	ВН тр-ра Кирба	35	0	0	0	31,32
23	ВН тр-ра Кирба	35	0	0	0	31,32

Окончание таблицы 3.18

1	2	3	4	5	6	7
24	Нагрузка Кирба 1	10	0,71	0,17	0	9,68
25	Нагрузка Кирба 2	10	1,58	0,61	0	8,67
26	ПС Райково	34,97	0	0	0	34,97

Таблица 3.19 – Расчетные параметры ветвей при полной компенсации реактивной мощности

Ннач	Нкон	Название	R	X	B	Кт/г
1	2	3	4	5	6	7
1	2	Ответвление от Т-58 - ВН 4000	0,43	0,41	2,79	0
2	3	ВН 4000 - Нагрузка	2,6	23	0	0,29
2	4	ВН 4000 - ВН 6300	0	0	0	0
4	5	ВН 6300 - Нагрузка	1,4	14,6	0	0,29
3	6	Нагрузка - Реактор	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
3	8	Нагрузка - Секция на реактор 2	0	0	0	0
8	9	Секция на реактор 2 - Реактор 2	0	0	0	0
8	10	Секция на реактор 2 - Секция на реактор 3	0	0	0	0
10	11	Секция на реактор 3 - Реактор 3	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
5	10	Нагрузка - Секция на реактор 3	0	0	0	0
5	14	Нагрузка - Реактор 4	0	0	0	0
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0
16	17	Аршаново БАЗА - ВН тр-ра Аршаново	6,2	8	58	0
17	18	ВН тр-ра Аршаново - ВН тр-ра Аршаново	0	0	0	0
18	19	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 2	11,2	49,2	0	0,27
17	20	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 1	11,2	49,2	0	0,29
20	19	Нагрузка Аршаново 1 - Нагрузка Аршаново 2	0	0	0	0
18	21	ВН тр-ра Аршаново - ПС Кирба БАЗА	0,31	0,4	2,87	0

Окончание таблицы 3.19

1	2	3	4	5	6	7
21	22	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0
21	23	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0
22	23	ВН тр-ра Кирба - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0
22	24	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 1	1,4	14,6	0	0,31
23	25	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 2	1,4	14,6	0	0,28
24	25	Нагрузка Кирба 1 - Нагрузка Кирба 2	0	0	0	0
26	1	ПС Райково - Ответвление от Т-58	6,32	8,16	59,2	0
1	16	Ответвление от Т-58 - Аршаново БАЗА	6,32	8,16	59,16	0

Согласно данным таблицы 3.18, мероприятия по установке 4 конденсаторных батарей суммарной мощностью 1900 кВАр на шинах НН ПС разреза Майрыхский привели к повышению напряжения в узлах схемы. На шинах НН ПС «Кирба» получено 9,68 кВ и 8,67 кВ, отклонения от номинального значения 10 кВ составили 3,2% на первой секции шин 13,3% на второй секции шин. На шинах НН ПС «Аршаново» получено 8,99 кВ и 8,16 кВ на первой и второй секциях шин соответственно. Отклонения составили 10,1% на первой секции шин и 18,4% на второй секции шин. На шинах НН ПС разреза Майрыхский получено 9,71 кВ и 9,71 кВ на первой и второй секциях шин соответственно. Отклонения составляют 2,9% на первой секции шин и 2,9% кВ на второй секции шин.

Из результатов расчетов напряжения в узлах нагрузки ПС «Аршаново» и ПС «Кирба» видно, что полученного напряжения в следствие полной компенсации реактивной мощности на разрезе Майрыхском недостаточно. Необходимо регулировать вторичное напряжение трансформаторов системами РПН и ПБВ.

3.8 Минимальный режим с регулированием напряжения ПБВ и РПН

3.8.1 Минимальный режим без компенсации и с регулированием напряжения

На рисунке 3.10 представлена модель минимального режима без компенсации реактивной мощности и с регулированием напряжения отпайками

трансформаторов. В таблицах 3.20 и 3.21 представлены расчетные значения узлов и ветвей соответственно

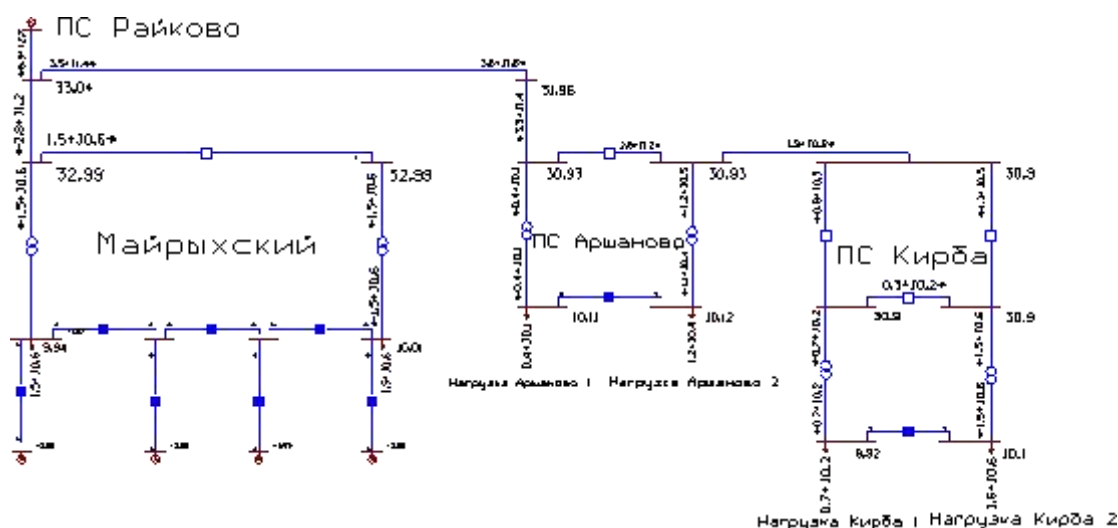


Рисунок 3.10 – Минимальный режим без компенсации реактивной мощности с регулированием напряжения

Таблица 3.20 – Расчетные параметры узлов без компенсации с регулированием отпаек

Номер	Название	Uн, кВ	Rнагр, МВт	Qнагр, МВАр	Вщ, мкСМ	U, кВ
1	2	3	4	5	6	7
1	Ответвление от Т-58	35	0	0	0	33,04
2	ВН 4000	35	0	0	0	32,99
3	Нагрузка	10	1,5	0,6	0	9,94
4	ВН 6300	35	0	0	0	32,99
5	Нагрузка	10	1,5	0,6	0	10,01
6	Реактор	10	0	0	-3000	0,00
7	БСК	0	0	0	0	0,00
8	Секция на реактор 2	10	0	0	0	0,00
9	Реактор 2	10	0	0	-3000	0,00
10	Секция на реактор 3	10	0	0	0	0,00
11	Реактор 3	10	0	0	-6000	0,00
12	БСК 2	0	0	0	0	0,00
13	БСК 3	0	0	0	0	0,00
14	Реактор 4	10	0	0	-6000	0,00
15	БСК 4	0	0	0	0	0,00
16	Аршаново БАЗА	35	0	0	0	31,96
17	ВН тр-ра Аршаново	35	0	0	0	30,93
18	ВН тр-ра Аршаново	35	0	0	0	30,93
19	Нагрузка Аршаново 2	10	1,18	0,41	0	10,12
20	Нагрузка Аршаново 1	10	0,44	0,13	0	10,11
21	ПС Кирба БАЗА	35	0	0	0	30,90
22	ВН тр-ра Кирба	35	0	0	0	30,90
23	ВН тр-ра Кирба	35	0	0	0	30,90

Окончание таблицы 3.20

1	2	3	4	5	6	7
24	Нагрузка Кирба 1	10	0,71	0,17	0	9,92
25	Нагрузка Кирба 2	10	1,58	0,61	0	10,10
26	ПС Райково	34,97	0	0	0	34,97

Таблица 3.21 – Расчетные параметры ветвей без компенсации с регулированием напряжения

Ннач	Нкон	Название	R	X	B	Кт/г	N_анц	БД_анц
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	Ответвление от Т-58 - ВН 4000	0,43	0,41	2,79	0		
2	3	ВН 4000 - Нагрузка	2,6	23	0	0,307	4	1
2	4	ВН 4000 - ВН 6300	0	0	0	0		
4	5	ВН 6300 - Нагрузка	1,4	14,6	0	0,307	4	2
3	6	Нагрузка - Реактор	0	0	0	0		
3	8	Нагрузка - Секция на реактор 2	0	0	0	0		
8	9	Секция на реактор 2 - Реактор 2	0	0	0	0		
8	10	Секция на реактор 2 - Секция на реактор 3	0	0	0	0		
10	11	Секция на реактор 3 - Реактор 3	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
5	10	Нагрузка - Секция на реактор 3	0	0	0	0		
5	14	Нагрузка - Реактор 4	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
16	17	Аршаново БАЗА - ВН тр-ра Аршаново	6,2	8	58	0		
17	18	ВН тр-ра Аршаново - ВН тр-ра Аршаново	0	0	0	0		
18	19	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 2	11,2	49,2	0	0,339768	8	6
17	20	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 1	11,2	49,2	0	0,330827	7	5
20	19	Нагрузка Аршаново 1 - Нагрузка Аршаново 2	0	0	0	0		
18	21	ВН тр-ра Аршаново - ПС Кирба БАЗА	0,31	0,4	2,87	0		

Окончание таблицы 3.21

1	2	3	4	5	6	7	8	9
21	22	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
21	23	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	23	ВН тр-ра Кирба - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	24	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 1	1,4	14,6	0	0,322	4	3
23	25	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 2	1,4	14,6	0	0,331	7	4
24	25	Нагрузка Кирба 1 - Нагрузка Кирба 2	0	0	0	0		
26	1	ПС Райково - Ответвление от Т-58	6,32	8,16	59,2	0		
1	16	Ответвление от Т-58 - Аршаново БАЗА	6,32	8,16	59,16	0		

Согласно данным таблицы 3.20, мероприятия по регулированию вторичного напряжения трансформаторов отпайками привела к следующим изменениям: напряжения на шинах НН ПС «Кирба» составили 9,92 кВ и 10,1 кВ на первой и второй секциях шин соответственно; напряжения на шинах НН ПС «Аршаново» составили 10,11 кВ и 10,12 кВ на первой и второй секциях шин соответственно; напряжения на шинах НН ПС разреза Майрыхский составили 9,94 кВ и 10,01 кВ на первой и второй секциях шин соответственно. Отклонения от номинального значения напряжения 10,5 кВ на подстанциях составили: на ПС «Кирба» - 0,8% на первой секции шин и 1% на второй секции шин; на ПС «Аршаново» - 1,1% на первой секции шин и 1,2%; на ПС разреза «Майрыхский» - 0,6% на первой секции шин и 0,1% на второй секции шин.

3.8.2 Минимальный режим с неполной компенсацией и регулированием напряжения

Рассмотрим минимальный режим с включением 2 конденсаторных батарей мощностью 350 кВАр и 600 кВАр. На рисунке 3.11 представлена модель рассматриваемого режима, в таблицах 3.22 и 3.23 представлены расчетные параметры узлов и ветвей соответственно.

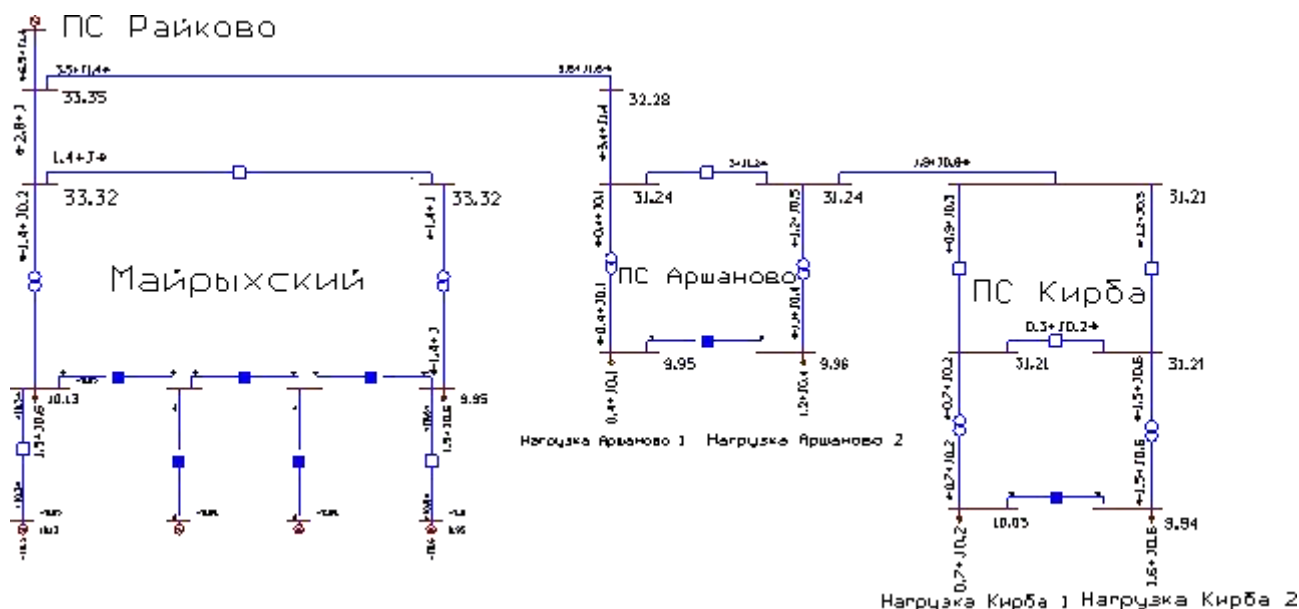


Рисунок 3.11 – Минимальный режим с неполной компенсацией и регулированием напряжения

Таблица 3.22 – Расчетные параметры узлов с неполной компенсацией реактивной мощности и регулированием напряжения

Номер	Название	Uн, кВ	Pнагр, МВт	Qнагр, МВАр	Вш, мкСМ	U, кВ
1	2	3	4	5	6	7
1	Ответвление от Т-58	35	0	0	0	33,35
2	ВН 4000	35	0	0	0	33,32
3	Нагрузка	10	1,5	0,6	0	10,13
4	ВН 6300	35	0	0	0	33,32
5	Нагрузка	10	1,5	0,6	0	9,95
6	Реактор	10	0	0	-3000	10,13
7	БСК	0	0	0	0	0,00
8	Секция на реактор 2	10	0	0	0	0,00
9	Реактор 2	10	0	0	-3000	0,00
10	Секция на реактор 3	10	0	0	0	0,00
11	Реактор 3	10	0	0	-6000	0,00
12	БСК 2	0	0	0	0	0,00
13	БСК 3	0	0	0	0	0,00
14	Реактор 4	10	0	0	-6000	9,95
15	БСК 4	0	0	0	0	0,00
16	Аршаново БАЗА	35	0	0	0	32,28
17	ВН тр-ра Аршаново	35	0	0	0	31,24
18	ВН тр-ра Аршаново	35	0	0	0	31,24
19	Нагрузка Аршаново 2	10	1,18	0,41	0	9,96
20	Нагрузка Аршаново 1	10	0,44	0,13	0	9,95
21	ПС Кирба БАЗА	35	0	0	0	31,21
22	ВН тр-ра Кирба	35	0	0	0	31,21
23	ВН тр-ра Кирба	35	0	0	0	31,21

Окончание таблицы 3.22

1	2	3	4	5	6	7
24	Нагрузка Кирба 1	10	0,71	0,17	0	10,03
25	Нагрузка Кирба 2	10	1,58	0,61	0	9,94
26	ПС Райково	34,97	0	0	0	34,97

Таблица 3.23 – Расчетные параметры ветвей с неполной компенсацией реактивной мощности и регулированием напряжения

Ннач	Нкон	Название	R	X	B	Кт/г	N_анц	БДанц
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	Ответвление от Т-58 - ВН 4000	0,43	0,41	2,79	0		
2	3	ВН 4000 - Нагрузка	2,6	23	0	0,307	4	1
2	4	ВН 4000 - ВН 6300	0	0	0	0		
4	5	ВН 6300 - Нагрузка	1,4	14,6	0	0,299	3	2
3	6	Нагрузка - Реактор	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
3	8	Нагрузка - Секция на реактор 2	0	0	0	0		
8	9	Секция на реактор 2 - Реактор 2	0	0	0	0		
8	10	Секция на реактор 2 - Секция на реактор 3	0	0	0	0		
10	11	Секция на реактор 3 - Реактор 3	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
5	10	Нагрузка - Секция на реактор 3	0	0	0	0		
5	14	Нагрузка - Реактор 4	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
16	17	Аршаново БАЗА - ВН тр-ра Аршаново	6,2	8	58	0		
17	18	ВН тр-ра Аршаново - ВН тр-ра Аршаново	0	0	0	0		

Окончание таблицы 3.23

1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	19	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 2	11,2	49,2	0	0,331	7	6
17	20	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 1	11,2	49,2	0	0,322	6	5
20	19	Нагрузка Аршаново 1 - Нагрузка Аршаново 2	0	0	0	0		
18	21	ВН тр-ра Аршаново - ПС Кирба БАЗА	0,31	0,4	2,87	0		
21	22	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
21	23	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	23	ВН тр-ра Кирба - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	24	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 1	1,4	14,6	0	0,322	4	3
23	25	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 2	1,4	14,6	0	0,322	6	4
24	25	Нагрузка Кирба 1 - Нагрузка Кирба 2	0	0	0	0		
26	1	ПС Райково - Ответвление от Т-58	6,32	8,16	59,2	0		
1	16	Ответвление от Т-58 - Аршаново БАЗА	6,32	8,16	59,16	0		

Согласно данным таблицы 3.22, включение конденсаторных батарей на шинах НН ПС разреза Майрыхский мощностью 350 кВАр и 600 кВАр совместно с регулированием вторичного напряжения трансформаторов привело к следующим изменениям: напряжения на шинах НН ПС «Кирба» составили 10,03 кВ и 9,94 кВ на первой и второй секциях шин соответственно; напряжения на шинах НН ПС «Аршаново» составили 9,95 кВ и 9,96 кВ на первой и второй секциях шин соответственно; напряжения на шинах НН ПС разреза Майрыхский составили 10,13 кВ и 9,95 кВ на первой и второй секциях шин соответственно. Отклонения от номинального значения напряжения 10,5 кВ на подстанциях составили: на ПС «Кирба» - 0,3% на первой секции шин и 0,6% на второй секции шин; на ПС «Аршаново» - 0,5% на первой секции шин и

0,4%; на ПС разреза «Майрыхский» - 1,3% на первой секции шин и 0,5% на второй секции шин.

3.8.3 Минимальный режим с полной компенсацией и регулированием напряжения

На рисунке 3.12 представлена расчетная схема рассматриваемого режима. В таблицах 3.24 и 3.25 представлены расчетные значения узлов и ветвей соответственно.

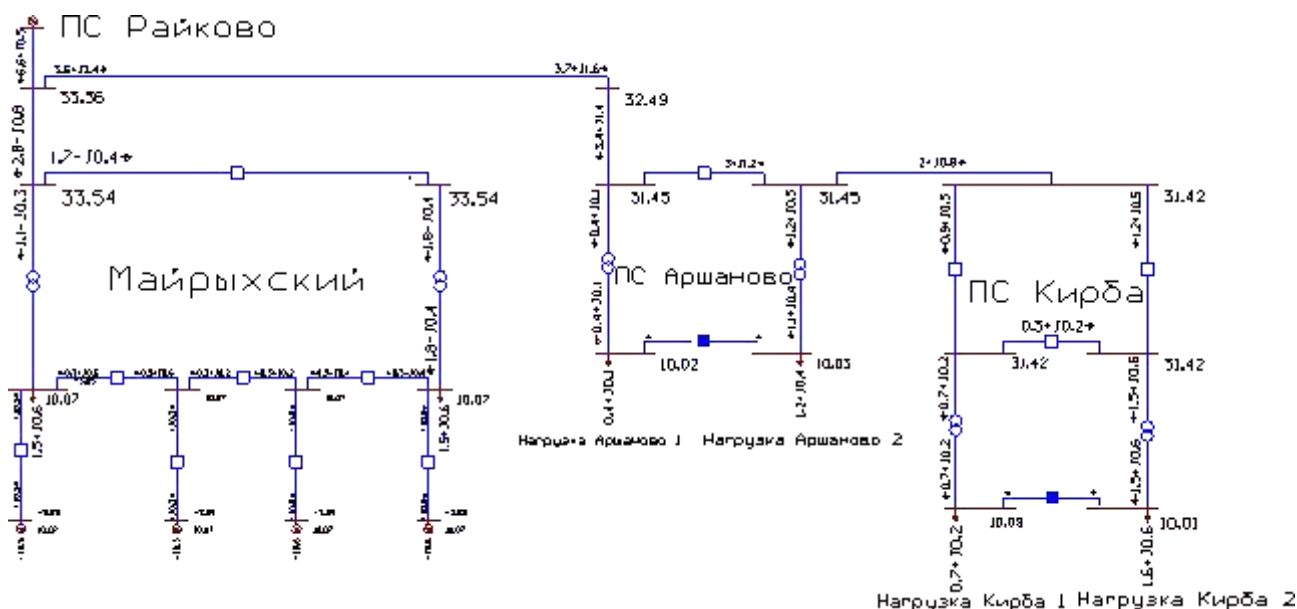


Рисунок 3.12 – Минимальный режим с полной компенсацией и регулированием напряжения

Таблица 3.24 – Расчетные параметры узлов с полной компенсацией и регулированием напряжения

Номер	Название	U_ном	P_н	Q_н	B_ш	V
1	2	3	4	5	6	7
1	Ответвление от Т-58	35	0	0	0	33,56
2	ВН 4000	35	0	0	0	33,54
3	Нагрузка	10	1,5	0,6	0	10,07
4	ВН 6300	35	0	0	0	33,54
5	Нагрузка	10	1,5	0,6	0	10,07
6	Реактор	10	0	0	-3000	10,07
7	БСК	0	0	0	0	0,00
8	Секция на реактор 2	10	0	0	0	10,07
9	Реактор 2	10	0	0	-3000	10,07
10	Секция на реактор 3	10	0	0	0	10,07
11	Реактор 3	10	0	0	-6000	10,07
12	БСК 2	0	0	0	0	0,00
13	БСК 3	0	0	0	0	0,00
14	Реактор 4	10	0	0	-6000	10,07
15	БСК 4	0	0	0	0	0,00

16	Аршаново БАЗА	35	0	0	0	32,49
17	ВН тр-ра Аршаново	35	0	0	0	31,45

Окончание таблицы 3.24

1	2	3	4	5	6	7
18	ВН тр-ра Аршаново	35	0	0	0	31,45
19	Нагрузка Аршаново 2	10	1,18	0,41	0	10,03
20	Нагрузка Аршаново 1	10	0,44	0,13	0	10,02
21	ПС Кирба БАЗА	35	0	0	0	31,42
22	ВН тр-ра Кирба	35	0	0	0	31,42
23	ВН тр-ра Кирба	35	0	0	0	31,42
24	Нагрузка Кирба 1	10	0,71	0,17	0	10,09
25	Нагрузка Кирба 2	10	1,58	0,61	0	10,01
26	ПС Райково	34,97	0	0	0	34,97

Таблица 3.25 – Параметры ветвей с полной компенсацией и регулированием напряжения

Ннач	Нкон	Название	R	X	B	Кт/г	N_анц	БД_анц
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	Ответвление от Т-58 - ВН 4000	0,43	0,41	2,79	0		
2	3	ВН 4000 - Нагрузка	2,6	23	0	0,299	3	1
2	4	ВН 4000 - ВН 6300	0	0	0	0		
4	5	ВН 6300 - Нагрузка	1,4	14,6	0	0,299	3	2
3	6	Нагрузка - Реактор	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
3	8	Нагрузка - Секция на реактор 2	0	0	0	0		
8	9	Секция на реактор 2 - Реактор 2	0	0	0	0		
8	10	Секция на реактор 2 - Секция на реактор 3	0	0	0	0		
10	11	Секция на реактор 3 - Реактор 3	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
5	10	Нагрузка - Секция на реактор 3	0	0	0	0		
5	14	Нагрузка - Реактор 4	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
16	17	Аршаново БАЗА - ВН тр-ра Аршаново	6,2	8	58	0		
17	18	ВН тр-ра Аршаново - ВН тр-ра Аршаново	0	0	0	0		

Окончание таблицы 3.25

1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	19	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 2	11,2	49,2	0	0,331	7	6
17	20	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 1	11,2	49,2	0	0,322	6	5
20	19	Нагрузка Аршаново 1 - Нагрузка Аршаново 2	0	0	0	0		
18	21	ВН тр-ра Аршаново - ПС Кирба БАЗА	0,31	0,4	2,87	0		
21	22	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
21	23	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	23	ВН тр-ра Кирба - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	24	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 1	1,4	14,6	0	0,322	4	3
23	25	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 2	1,4	14,6	0	0,322	6	4
24	25	Нагрузка Кирба 1 - Нагрузка Кирба 2	0	0	0	0		
26	1	ПС Райково - Ответвление от Т-58	6,32	8,16	59,2	0		
1	16	Ответвление от Т-58 - Аршаново БАЗА	6,32	8,16	59,16	0		

Из таблицы 3.24 видно, что включение конденсаторных батарей на шинах НН ПС разреза Майрыхский мощностью 2х350 кВАр и 2х600 кВАр совместно с регулированием вторичного напряжения трансформаторов привело к следующим изменениям: напряжения на шинах НН ПС «Кирба» составили 10,48 кВ и 10,41 кВ на первой и второй секциях шин соответственно; напряжения на шинах НН ПС «Аршаново» составили 10,41 кВ и 10,45 кВ на первой и второй секциях шин соответственно; напряжения на шинах НН ПС разреза Майрыхский составили 10,48 кВ и 10,48 кВ на первой и второй секциях шин соответственно. Отклонения от номинального значения напряжения 10,5 кВ на подстанциях составили: на ПС «Кирба» - 0,2% на первой секции шин и 0,9% на второй секции шин; на ПС «Аршаново» - 0,9% на первой секции шин и 0,5%; на ПС разреза «Майрыхский» - 0,2% на первой секции шин и 0,2% на

второй секции шин. Количества отпаек на трансформаторах ПС «Кирба» и ПС «Аршаново» достаточно, чтобы нормализовать напряжение в узлах нагрузки.

Из полученных расчетов видно, что регулирование отпаек на трансформаторах ПС «Аршаново» и ПС «Кирба» системами РПН и ПБВ успешно, вторичное напряжение не превышает нормально допустимых значений. Полная и неполная компенсация реактивной мощности на Майрыхском позволяет уменьшить передаваемую по ЛЭП реактивную мощность, что положительно сказывается на уменьшении потерь и пропускной способности ЛЭП и соседних подстанций.

4. Повышение надежности электроснабжения

Настоящая схема электроснабжения не позволяет обеспечить требуемую надежность электроснабжения потребителей, в том числе социальной (школы, д/сады), коммунальной (объекты тепло- и водоснабжения) инфраструктуры, на территории муниципальных поселений. Отсутствие резервного питания ПС 35 кВ Кирба, Аршаново, Майрыхская делает невозможным вывод линии в ремонт без прекращения электроснабжения потребителей.

Предлагается строительство вновь сооружаемой линии 35 кВ протяженностью 32 км проводом марки АС-95 до существующей ВЛ 35 кВ Бея – Сабинка (Т-42) с врезкой в данную ВЛ с целью обеспечения второго питания по стороне 35 кВ ПС Кирба, Аршаново, разреза Майрыхский со стороны ПС 220 кВ Бея. (рисунок 3.13)

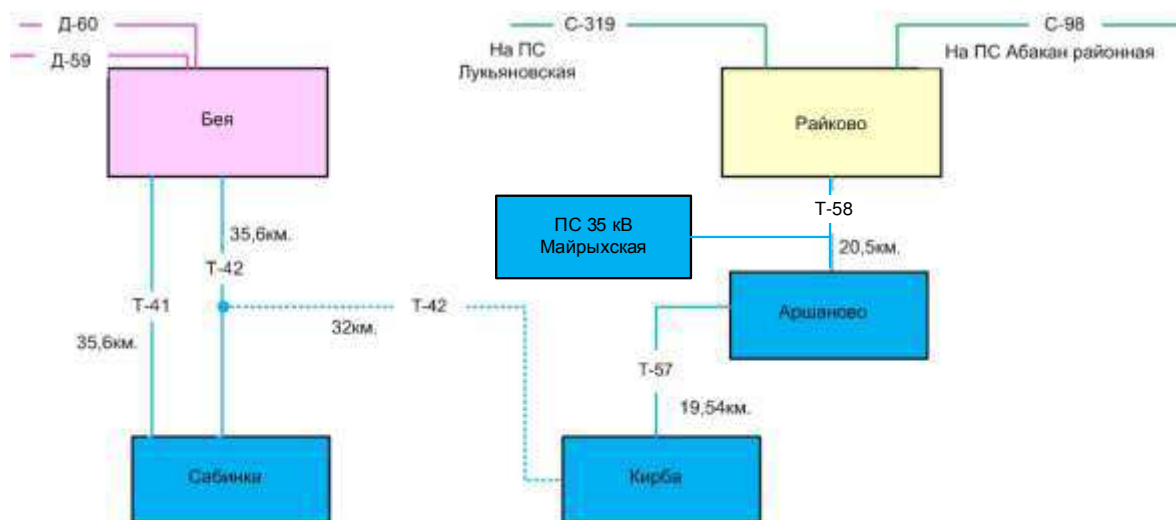


Рисунок 4 – Схема транзита сети 35 кВ Бея – Райково

Согласно сборнику [5] удельная стоимость 1 км ЛЭП на железобетонных опорах, выполненная сталеалюминевым проводом сечением до 150 мм² составляет 658 тыс. руб. Учитывая затраты, сопутствующие строительству, которые составляют: 3,3% на временные здания и сооружения; 5% на прочие работы и затраты; 2,6% на содержание службы заказчика-застройщика, строительный контроль; 8% на проектно-изыскательные работы, затраты на

проведение экспертизы проектной документации и авторский надзор, стоимость строительства линии длиной 32 км составляет 25307 тыс. руб.

При расчете стоимости линии за базисный уровень принят уровень цен, сложившихся на 01.01.2000. Для точного расчета стоимости сооружения линии следует произвести расчет с учетом индекса на прочие работы и затраты, который составляет 9,5 на I квартал 2021 года [6]. Стоимость строительства линии составляет 24042 тыс. руб. без учета НДС.

Проект не окупается. Однако реализация проекта позволит значительно увеличить надежность электроснабжения потребителей п. Кирба (1748 человек) Бейского района и п. Аршаново (1502 человека) Алтайского района, общей численностью 3250 человек и сократить время перерывов в ремонтных и аварийных ситуациях.

Рассчитаем рассмотренные ранее режимы с учетом построенной линии. В разделе моделируются рассмотренные ранее случаи с регулированием напряжения системами ПБВ и РПН трансформаторов.

4.1 Максимальный режим без компенсации реактивной мощности

На рисунке 4.2 представлена расчетная схема рассматриваемого режима. В таблицах 4.1 и 4.2 представлены расчетные значения узлов и ветвей соответственно.

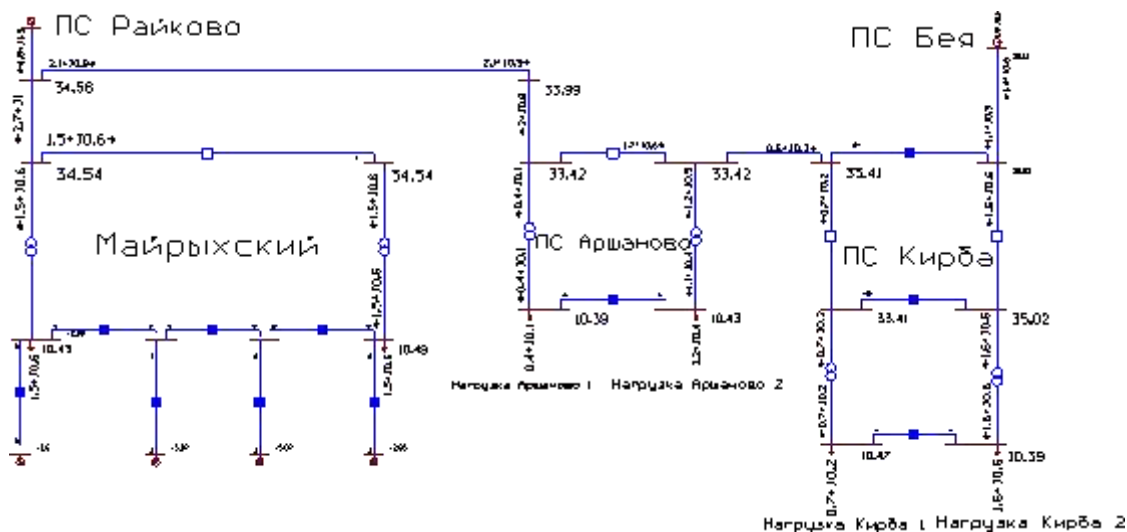


Рисунок 4.2 – Максимальный режим с линией без компенсации реактивной мощности

Таблица 4.1 – Расчетные параметры узлов максимального режима с линией без компенсации реактивной мощности

Номер	Название	Uн, кВ	Pнагр, МВт	Qнагр, МВАр	Вш, мкСМ	U, кВ
1	2	3	4	5	6	7
1	Ответвление от Т-58	37	0	0	0	34,58
2	ВН 4000	37	0	0	0	34,54
3	Нагрузка	10,5	1,5	0,6	0	10,43
4	ВН 6300	37	0	0	0	34,54

5	Нагрузка	11	1,5	0,6	0	10,49
---	----------	----	-----	-----	---	-------

Окончание таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6	7
6	Реактор	11	0	0	-3000	0,00
7	БСК	0	0	0	0	0,00
8	Секция на реактор 2	11	0	0	0	0,00
9	Реактор 2	11	0	0	-3000	0,00
10	Секция на реактор 3	11	0	0	0	0,00
11	Реактор 3	11	0	0	-6000	0,00
12	БСК 2	0	0	0	0	0,00
13	БСК 3	0	0	0	0	0,00
14	Реактор 4	11	0	0	-6000	0,00
15	БСК 4	0	0	0	0	0,00
16	Аршаново БАЗА	37	0	0	0	33,99
17	ВН тр-ра Аршаново	36,52	0	0	0	33,42
18	ВН тр-ра Аршаново	37	0	0	0	33,42
19	Нагрузка Аршаново 2	11	1,18	0,41	0	10,43
20	Нагрузка Аршаново 1	10,58	0,44	0,13	0	10,39
21	ПС Кирба БАЗА	37	0	0	0	33,41
22	ВН тр-ра Кирба	37	0	0	0	33,41
23	ВН тр-ра Кирба	37	0	0	0	35,02
24	Нагрузка Кирба 1	10,58	0,71	0,17	0	10,47
25	Нагрузка Кирба 2	11	1,58	0,61	0	10,39
26	ПС Райково	35,93	0	0	0	35,93
27	ПС Бея	35,61	0	0	0	35,61
28	ПС Кирба БАЗА 2	37	0	0	0	35,02

Таблица 4.2 – Расчетные параметры ветвей максимального режима с линией без компенсации реактивной мощности

Ннач	Нкон	Название	R	X	B	Кт/г	N_анц	БД_анц
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	Ответвление от Т-58 - ВН 4000	0,43	0,41	2,79	0		
2	3	ВН 4000 - Нагрузка	2,6	23	0	0,31	4	1
2	4	ВН 4000 - ВН 6300	0	0	0	0		
4	5	ВН 6300 - Нагрузка	1,4	14,6	0	0,31	4	2
3	6	Нагрузка - Реактор	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
3	8	Нагрузка - Секция на реактор 2	0	0	0	0		
8	9	Секция на реактор 2 - Реактор 2	0	0	0	0		
8	10	Секция на реактор 2 - Секция на реактор 3	0	0	0	0		

Окончание таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	Секция на реактор 3 - Реактор 3	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
5	10	Нагрузка - Секция на реактор 3	0	0	0	0		
5	14	Нагрузка - Реактор 4	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
16	17	Аршаново БАЗА - ВН тр-ра Аршаново	6,2	8	58	0		
17	18	ВН тр-ра Аршаново - ВН тр-ра Аршаново	0	0	0	0		
18	19	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 2	11,2	49,2	0	0,32	6	6
17	20	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 1	11,2	49,2	0	0,31	5	5
20	19	Нагрузка Аршаново 1 - Нагрузка Аршаново 2	0	0	0	0		
18	21	ВН тр-ра Аршаново - ПС Кирба БАЗА	0,31	0,4	2,87	0		
21	22	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
28	23	ПС Кирба БАЗА 2 - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	23	ВН тр-ра Кирба - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	24	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 1	1,4	14,6	0	0,31	5	5
23	25	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 2	1,4	14,6	0	0,30	3	6
24	25	Нагрузка Кирба 1 - Нагрузка Кирба 2	0	0	0	0		
26	1	ПС Райково - Ответвление от Т-58	6,32	8,16	59,2	0		
1	16	Ответвление от Т-58 - Аршаново БАЗА	6,32	8,16	59,16	0		
27	28	ПС Бея - ПС Кирба БАЗА 2	9,79	12,7	91,8	0		
28	21	ПС Кирба БАЗА 2 - ПС Кирба БАЗА	0	0	0	0		

После того, как линия была подключена, повысилась надежность электроснабжения электрической сети, часть потребителей «ПС Кирба»

переведена на источник питания ПС «Бея». Разгружены линии Т-58 и Т-57. Из таблицы 4.1 видно, что значения напряжения в узлах нагрузки подстанций не превышают допустимых значений.

4.2 Максимальный режим с неполной компенсацией на ПС разреза Майрыхский

На рисунке 4.3 представлена расчетная схема рассматриваемого режима. В таблицах 4.3 и 4.4 представлены расчетные значения узлов и ветвей соответственно.

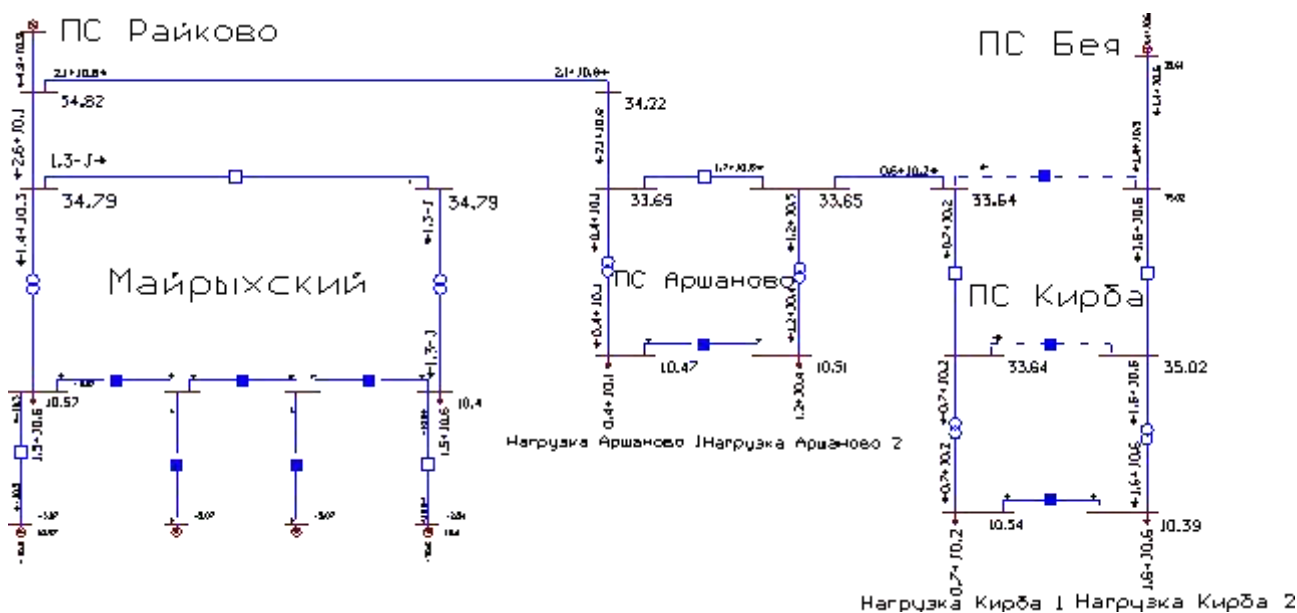


Рисунок 4.3 - Максимальный режим с линией и неполной компенсацией реактивной мощности

Таблица 4.3 – Расчетные параметры узлов максимального режима с линией и неполной компенсацией

Номер	Название	Un, кВ	Pнагр, МВт	Qнагр, МВАр	Vш, мкСМ	U, кВ
1	2	3	4	5	6	7
1	Ответвление от Т-58	37	0	0	0	34,82
2	ВН 4000	37	0	0	0	34,79
3	Нагрузка	10,5	1,5	0,6	0	10,57
4	ВН 6300	37	0	0	0	34,79
5	Нагрузка	11	1,5	0,6	0	10,40
6	Реактор	11	0	0	-3000	10,57
7	БСК	0	0	0	0	0,00
8	Секция на реактор 2	11	0	0	0	0,00
9	Реактор 2	11	0	0	-3000	0,00
10	Секция на реактор 3	11	0	0	0	0,00

Окончание таблицы 4.3

1	2	3	4	5	6	7
11	Реактор 3	11	0	0	-6000	0,00
12	БСК 2	0	0	0	0	0,00
13	БСК 3	0	0	0	0	0,00
14	Реактор 4	11	0	0	-6000	10,40
15	БСК 4	0	0	0	0	0,00
16	Аршаново БАЗА	37	0	0	0	34,22
17	ВН тр-ра Аршаново	36,52	0	0	0	33,65
18	ВН тр-ра Аршаново	37	0	0	0	33,65
19	Нагрузка Аршаново 2	11	1,18	0,41	0	10,51
20	Нагрузка Аршаново 1	10,58	0,44	0,13	0	10,47
21	ПС Кирба БАЗА	37	0	0	0	33,64
22	ВН тр-ра Кирба	37	0	0	0	33,64
23	ВН тр-ра Кирба	37	0	0	0	35,02
24	Нагрузка Кирба 1	10,58	0,71	0,17	0	10,54
25	Нагрузка Кирба 2	11	1,58	0,61	0	10,39
26	ПС Райково	35,93	0	0	0	35,93
27	ПС Бея	35,61	0	0	0	35,61
28	ПС Кирба БАЗА 2	37	0	0	0	35,02

Таблица 4.4 – Расчетные параметры ветвей максимального режима с линией и неполной компенсацией.

Ннач	Нкон	Название	R	X	B	Кт/г	N_анц	БД_анц
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	Ответвление от Т-58 - ВН 4000	0,43	0,41	2,79	0		
2	3	ВН 4000 - Нагрузка	2,6	23	0	0,307	4	1
2	4	ВН 4000 - ВН 6300	0	0	0	0		
4	5	ВН 6300 - Нагрузка	1,4	14,6	0	0,299	3	2
3	6	Нагрузка - Реактор	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
3	8	Нагрузка - Секция на реактор 2	0	0	0	0		

Окончание таблицы 4.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	9	Секция на реактор 2 - Реактор 2	0	0	0	0		
8	10	Секция на реактор 2 - Секция на реактор 3	0	0	0	0		
10	11	Секция на реактор 3 - Реактор 3	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
5	10	Нагрузка - Секция на реактор 3	0	0	0	0		
5	14	Нагрузка - Реактор 4	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
16	17	Аршаново БАЗА - ВН тр-ра Аршаново	6,2	8	58	0		
17	18	ВН тр-ра Аршаново - ВН тр-ра Аршаново	0	0	0	0		
18	19	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 2	11,2	49,2	0	0,322	6	6
17	20	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 1	11,2	49,2	0	0,314	5	5
20	19	Нагрузка Аршаново 1 - Нагрузка Аршаново 2	0	0	0	0		
18	21	ВН тр-ра Аршаново - ПС Кирба БАЗА	0,31	0,4	2,87	0		
21	22	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
28	23	ПС Кирба БАЗА 2 - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	23	ВН тр-ра Кирба - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	24	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 1	1,4	14,6	0	0,314286	5	5
23	25	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 2	1,4	14,6	0	0,29932	3	6
24	25	Нагрузка Кирба 1 - Нагрузка Кирба 2	0	0	0	0		
26	1	ПС Райково - Ответвление от Т-58	6,32	8,16	59,2	0		
1	16	Ответвление от Т-58 - Аршаново БАЗА	6,32	8,16	59,16	0		
27	28	ПС Бея - ПС Кирба БАЗА 2	9,79	12,7	91,8	0		
28	21	ПС Кирба БАЗА 2 - ПС Кирба БАЗА	0	0	0	0		

После того, как линия была подключена, повысилась надежность электроснабжения электрической сети, часть потребителей «ПС Кирба» переведена на источник питания ПС «Бея». Разгружена линии Т-58 и Т-57. Из таблицы 4.3 видно, что значения напряжения в узлах нагрузки подстанций не превышают допустимых значений.

4.3 Максимальный режим с полной компенсацией на ПС разреза Майрыхский

На рисунке 4.4 представлена расчетная схема рассматриваемого режима. В таблицах 4.5 и 4.6 представлены расчетные значения узлов и ветвей соответственно.

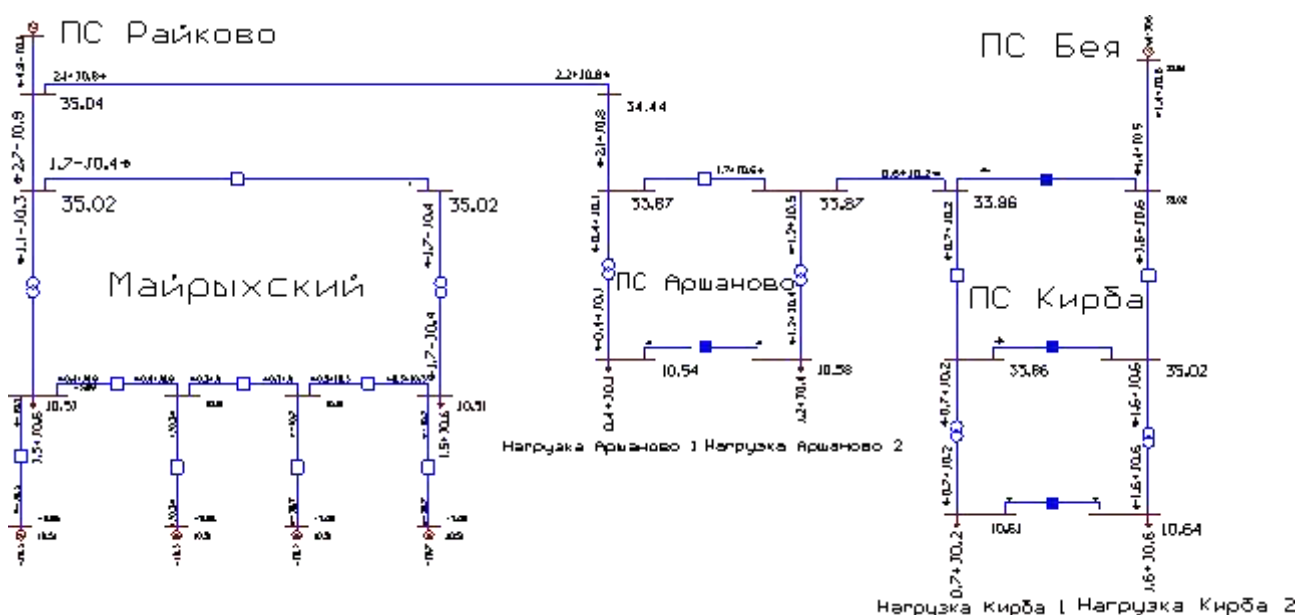


Рисунок 4.4 - Максимальный режим с линией и полной компенсацией реактивной мощности

Таблица 4.5 - Расчетные параметры узлов максимального режима с линией и полной компенсацией

Номер	Название	Uн, кВ	Pнагр, МВт	Qнагр, МВАр	Вш, мкСМ	U, кВ
1	2	3	4	5	6	7
1	Ответвление от Т-58	37	0	0	0	35,04
2	ВН 4000	37	0	0	0	35,02
3	Нагрузка	10,5	1,5	0,6	0	10,51
4	ВН 6300	37	0	0	0	35,02
5	Нагрузка	11	1,5	0,6	0	10,51
6	Реактор	11	0	0	-3000	10,51
7	БСК	0	0	0	0	0,00
8	Секция на реактор 2	11	0	0	0	10,51
9	Реактор 2	11	0	0	-3000	10,51

Окончание таблицы 4.5

1	2	3	4	5	6	7
10	Секция на реактор 3	11	0	0	0	10,51
11	Реактор 3	11	0	0	-6000	10,51
12	БСК 2	0	0	0	0	0,00
13	БСК 3	0	0	0	0	0,00
14	Реактор 4	11	0	0	-6000	10,51
15	БСК 4	0	0	0	0	0,00
16	Аршаново БАЗА	37	0	0	0	34,44
17	ВН тр-ра Аршаново	36,52	0	0	0	33,87
18	ВН тр-ра Аршаново	37	0	0	0	33,87
19	Нагрузка Аршаново 2	11	1,18	0,41	0	10,58
20	Нагрузка Аршаново 1	10,58	0,44	0,13	0	10,54
21	ПС Кирба БАЗА	37	0	0	0	33,86
22	ВН тр-ра Кирба	37	0	0	0	33,86
23	ВН тр-ра Кирба	37	0	0	0	35,02
24	Нагрузка Кирба 1	10,58	0,71	0,17	0	10,61
25	Нагрузка Кирба 2	11	1,58	0,61	0	10,64
26	ПС Райково	35,93	0	0	0	35,93
27	ПС Бея	35,61	0	0	0	35,61
28	ПС Кирба БАЗА 2	37	0	0	0	35,02

Таблица 4.6 - Расчетные параметры ветвей максимального режима с линией и полной компенсацией

Ннач	Нкон	Название	R	X	B	Кт/г	N_анц	БД_анц
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	Ответвление от Т-58 - ВН 4000	0,43	0,41	2,79	0		
2	3	ВН 4000 - Нагрузка	2,6	23	0	0,299	3	1
2	4	ВН 4000 - ВН 6300	0	0	0	0		
4	5	ВН 6300 - Нагрузка	1,4	14,6	0	0,299	3	2
3	6	Нагрузка - Реактор	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
3	8	Нагрузка - Секция на реактор 2	0	0	0	0		
8	9	Секция на реактор 2 - Реактор 2	0	0	0	0		
8	10	Секция на реактор 2 - Секция на реактор 3	0	0	0	0		
10	11	Секция на реактор 3 - Реактор 3	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		

Окончание таблицы 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	10	Нагрузка - Секция на реактор 3	0	0	0	0		
5	14	Нагрузка - Реактор 4	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
16	17	Аршаново БАЗА - ВН тр-ра Аршаново	6,2	8	58	0		
17	18	ВН тр-ра Аршаново - ВН тр-ра Аршаново	0	0	0	0		
18	19	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 2	11,2	49,2	0	0,322	6	6
17	20	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 1	11,2	49,2	0	0,314	5	5
20	19	Нагрузка Аршаново 1 - Нагрузка Аршаново 2	0	0	0	0		
18	21	ВН тр-ра Аршаново - ПС Кирба БАЗА	0,31	0,4	2,87	0		
21	22	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
28	23	ПС Кирба БАЗА 2 - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	23	ВН тр-ра Кирба - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	24	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 1	1,4	14,6	0	0,314	5	5
23	25	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 2	1,4	14,6	0	0,307	4	6
24	25	Нагрузка Кирба 1 - Нагрузка Кирба 2	0	0	0	0		
26	1	ПС Райково - Ответвление от Т-58	6,32	8,16	59,2	0		
1	16	Ответвление от Т-58 - Аршаново БАЗА	6,32	8,16	59,16	0		
27	28	ПС Бея - ПС Кирба БАЗА 2	9,79	12,7	91,8	0		
28	21	ПС Кирба БАЗА 2 - ПС Кирба БАЗА	0	0	0	0		

После того, как линия была подключена, повысилась надежность электроснабжения электрической сети, часть потребителей «ПС Кирба» переведена на источник питания ПС «Бея». Разгружена линии Т-58 и Т-57. Из таблицы 4.5 видно, что значения напряжения в узлах нагрузки подстанций не превышают допустимых значений.

4.4 Минимальный режим

Рассмотрим минимальный режим с такими же случаями компенсации реактивной мощности на ПС разреза Майрыхский.

На рисунке 4.5 представлена расчетная схема рассматриваемого режима. В таблицах 4.7 и 4.8 представлены расчетные значения узлов и ветвей соответственно.

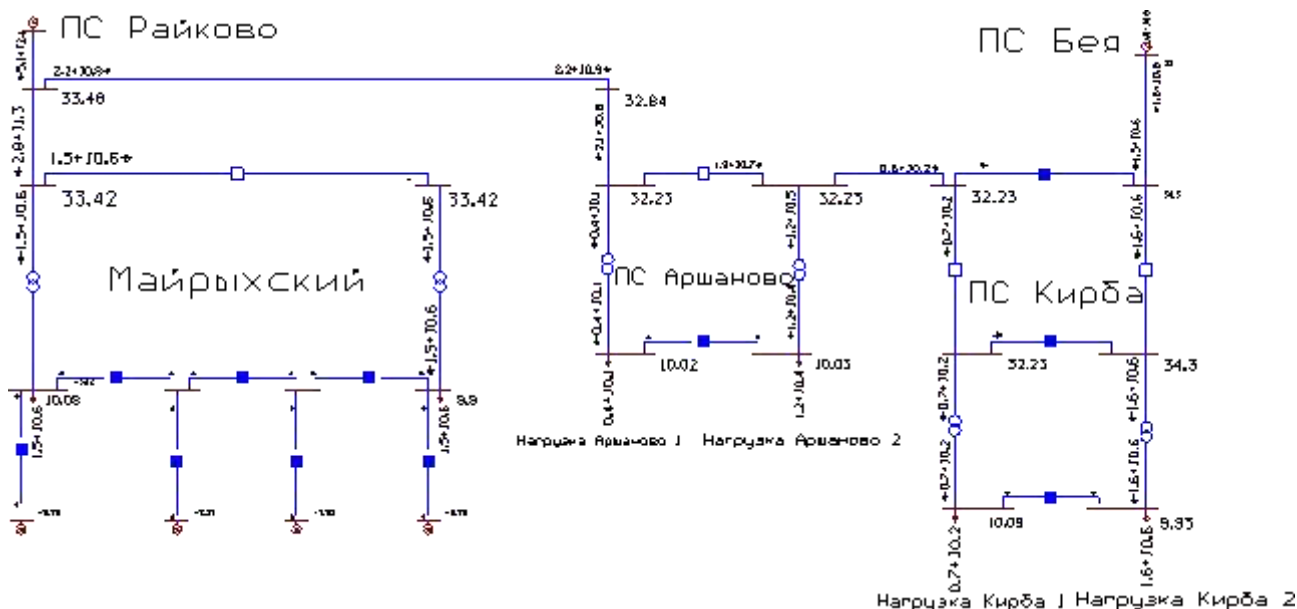


Рисунок 4.5 – Минимальный режим с линией без компенсации реактивной мощности и регулированием напряжения

Таблица 4.7 - Расчетные параметры узлов минимального режима с линией и без компенсации

Номер	Название	Un, кВ	Pнагр, МВт	Qнагр, МВАр	Вш, мкСМ	U, кВ
1	2	3	4	5	6	7
1	Ответвление от Т-58	35	0	0	0	33,48
2	ВН 4000	35	0	0	0	33,42
3	Нагрузка	10	1,5	0,6	0	10,08
4	ВН 6300	35	0	0	0	33,42
5	Нагрузка	10	1,5	0,6	0	9,90
6	Реактор	10	0	0	-3000	0,00
7	БСК	0	0	0	0	0,00
8	Секция на реактор 2	10	0	0	0	0,00
9	Реактор 2	10	0	0	-3000	0,00
10	Секция на реактор 3	10	0	0	0	0,00
11	Реактор 3	10	0	0	-6000	0,00
12	БСК 2	0	0	0	0	0,00
13	БСК 3	0	0	0	0	0,00
14	Реактор 4	10	0	0	-6000	0,00

Окончание таблицы 4.7

1	2	3	4	5	6	7
15	БСК 4	0	0	0	0	0,00
16	Аршаново БАЗА	35	0	0	0	32,84
17	ВН тр-ра Аршаново	35	0	0	0	32,23
18	ВН тр-ра Аршаново	35	0	0	0	32,23
19	Нагрузка Аршаново 2	10	1,18	0,41	0	10,03
20	Нагрузка Аршаново 1	10	0,44	0,13	0	10,02
21	ПС Кирба БАЗА	35	0	0	0	32,23
22	ВН тр-ра Кирба	35	0	0	0	32,23
23	ВН тр-ра Кирба	35	0	0	0	34,30
24	Нагрузка Кирба 1	10	0,71	0,17	0	10,09
25	Нагрузка Кирба 2	10	1,58	0,61	0	9,93
26	ПС Райково	34,97	0	0	0	34,97
27	ПС Бея	35	0	0	0	35,00
28	ПС Кирба БАЗА 2	35	0	0	0	34,30

Таблица 4.8 - Расчетные параметры ветвей минимального режима с линией и без компенсации

Ннач	Нкон	Название	R	X	B	Кт/г	N_анц	БД_анц
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	Ответвление от Т-58 - ВН 4000	0,43	0,41	2,79	0		
2	3	ВН 4000 - Нагрузка	2,6	23	0	0,307	4	1
2	4	ВН 4000 - ВН 6300	0	0	0	0		
4	5	ВН 6300 - Нагрузка	1,4	14,6	0	0,299	3	2
3	6	Нагрузка - Реактор	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
3	8	Нагрузка - Секция на реактор 2	0	0	0	0		
8	9	Секция на реактор 2 - Реактор 2	0	0	0	0		
8	10	Секция на реактор 2 - Секция на реактор 3	0	0	0	0		
10	11	Секция на реактор 3 - Реактор 3	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
5	10	Нагрузка - Секция на реактор 3	0	0	0	0		
5	14	Нагрузка - Реактор 4	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
16	17	Аршаново БАЗА - ВН тр-ра Аршаново	6,2	8	58	0		
17	18	ВН тр-ра Аршаново - ВН тр-ра Аршаново	0	0	0	0		

Окончание таблицы 4.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	19	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 2	11,2	49,2	0	0,322	6	6
17	20	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 1	11,2	49,2	0	0,314	5	5
20	19	Нагрузка Аршаново 1 - Нагрузка Аршаново 2	0	0	0	0		
18	21	ВН тр-ра Аршаново - ПС Кирба БАЗА	0,31	0,4	2,87	0		
21	22	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
28	23	ПС Кирба БАЗА 2 - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	23	ВН тр-ра Кирба - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	24	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 1	1,4	14,6	0	0,314	3	3
23	25	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 2	1,4	14,6	0	0,292	2	4
24	25	Нагрузка Кирба 1 - Нагрузка Кирба 2	0	0	0	0		
26	1	ПС Райково - Ответвление от Т-58	6,32	8,16	59,2	0		
1	16	Ответвление от Т-58 - Аршаново БАЗА	6,32	8,16	59,16	0		
27	28	ПС Бея - ПС Кирба БАЗА 2	9,79	12,7	91,8	0		
28	21	ПС Кирба БАЗА 2 - ПС Кирба БАЗА	0	0	0	0		

После того, как линия была подключена, повысилась надежность электроснабжения электрической сети, часть потребителей «ПС Кирба» переведена на источник питания ПС «Бея». Разгружена линии Т-58 и Т-57. Из таблицы 4.7 видно, что значения напряжения в узлах нагрузки подстанций не превышают допустимых значений.

4.5 Минимальный режим с неполной компенсацией на ПС разреза Майрыхский

На рисунке 4.6 представлена расчетная схема рассматриваемого режима. В таблицах 4.9 и 4.10 представлены расчетные значения узлов и ветвей соответственно.

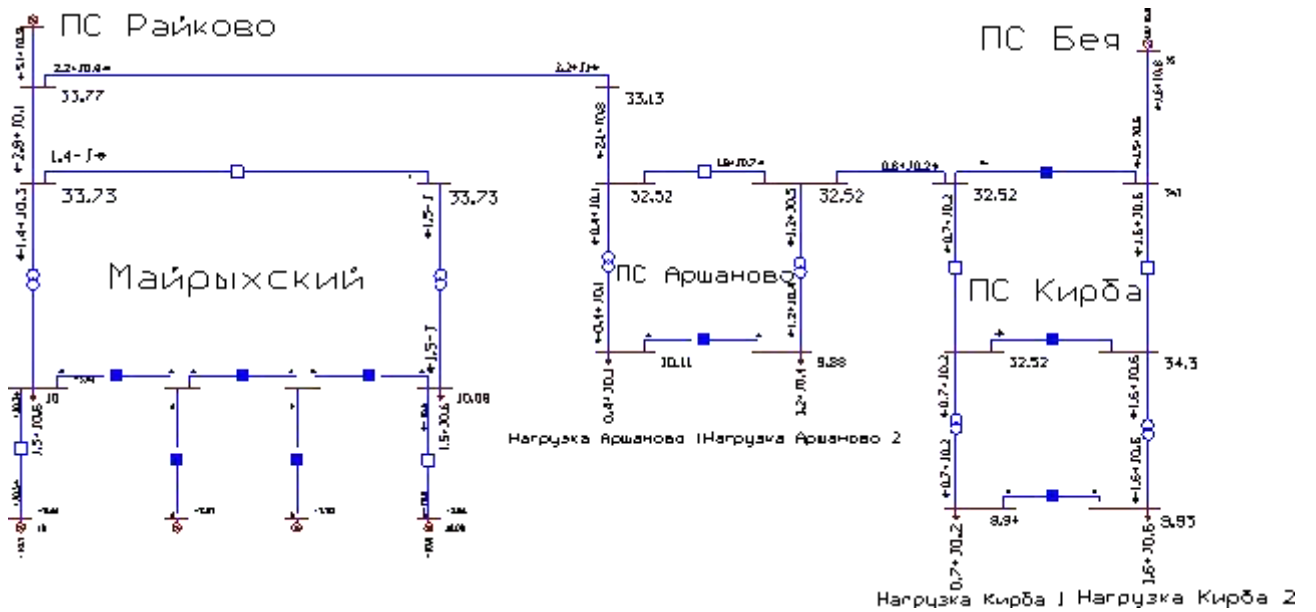


Рисунок 4.6 - Минимальный режим с линией, неполной компенсацией реактивной мощности и регулированием напряжения

Таблица 4.9 - Расчетные параметры узлов минимального режима с линией и половинчатой компенсацией реактивной мощности

Номер	Название	U _н , кВ	P _{нагр} , МВт	Q _{нагр} , МВАр	Вш, мкСМ	U, кВ
1	2	3	4	5	6	7
1	Ответвление от Т-58	35	0	0	0	33,77
2	ВН 4000	35	0	0	0	33,73
3	Нагрузка	10	1,5	0,6	0	10,00
4	ВН 6300	35	0	0	0	33,73
5	Нагрузка	10	1,5	0,6	0	10,08
6	Реактор	10	0	0	-3000	10,00
7	БСК	0	0	0	0	0,00
8	Секция на реактор 2	10	0	0	0	0,00
9	Реактор 2	10	0	0	-3000	0,00
10	Секция на реактор 3	10	0	0	0	0,00
11	Реактор 3	10	0	0	-6000	0,00
12	БСК 2	0	0	0	0	0,00
13	БСК 3	0	0	0	0	0,00
14	Реактор 4	10	0	0	-6000	10,08
15	БСК 4	0	0	0	0	0,00
16	Аршаново БАЗА	35	0	0	0	33,13
17	ВН тр-ра Аршаново	35	0	0	0	32,52
18	ВН тр-ра Аршаново	35	0	0	0	32,52
19	Нагрузка Аршаново 2	10	1,18	0,41	0	9,88
20	Нагрузка Аршаново 1	10	0,44	0,13	0	10,11
21	ПС Кирба БАЗА	35	0	0	0	32,52
22	ВН тр-ра Кирба	35	0	0	0	32,52
23	ВН тр-ра Кирба	35	0	0	0	34,30

Окончание таблицы 4.9

1	2	3	4	5	6	7
24	Нагрузка Кирба 1	10	0,71	0,17	0	9,94
25	Нагрузка Кирба 2	10	1,58	0,61	0	9,93
26	ПС Райково	34,97	0	0	0	34,97
27	ПС Бея	35	0	0	0	35,00
28	ПС Кирба БАЗА 2	35	0	0	0	34,30

Таблица 4.10 - Расчетные параметры ветвей минимального режима с линией и половинчатой компенсацией реактивной мощности

Ннач	Нкон	Название	R	X	B	Кт/г	N_анц	БД_анц
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	Ответвление от Т-58 - ВН 4000	0,43	0,41	2,79	0		
2	3	ВН 4000 - Нагрузка	2,6	23	0	0,299	3	1
2	4	ВН 4000 - ВН 6300	0	0	0	0		
4	5	ВН 6300 - Нагрузка	1,4	14,6	0	0,299	3	2
3	6	Нагрузка - Реактор	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
3	8	Нагрузка - Секция на реактор 2	0	0	0	0		
8	9	Секция на реактор 2 - Реактор 2	0	0	0	0		
8	10	Секция на реактор 2 - Секция на реактор 3	0	0	0	0		
10	11	Секция на реактор 3 - Реактор 3	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
5	10	Нагрузка - Секция на реактор 3	0	0	0	0		
5	14	Нагрузка - Реактор 4	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
16	17	Аршаново БАЗА - ВН тр-ра Аршаново	6,2	8	58	0		
17	18	ВН тр-ра Аршаново - ВН тр-ра Аршаново	0	0	0	0		
18	19	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 2	11,2	49,2	0	0,314	5	6
17	20	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 1	11,2	49,2	0	0,314	5	5
20	19	Нагрузка Аршаново 1 - Нагрузка Аршаново 2	0	0	0	0		

Окончание таблицы 4.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	21	ВН тр-ра Аршаново - ПС Кирба БАЗА	0,31	0,4	2,87	0		
21	22	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
28	23	ПС Кирба БАЗА 2 - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	23	ВН тр-ра Кирба - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	24	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 1	1,4	14,6	0	0,307	2	3
23	25	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 2	1,4	14,6	0	0,292	2	4
24	25	Нагрузка Кирба 1 - Нагрузка Кирба 2	0	0	0	0		
26	1	ПС Райково - Ответвление от Т-58	6,32	8,16	59,2	0		
1	16	Ответвление от Т-58 - Аршаново БАЗА	6,32	8,16	59,16	0		
27	28	ПС Бея - ПС Кирба БАЗА 2	9,79	12,7	91,8	0		
28	21	ПС Кирба БАЗА 2 - ПС Кирба БАЗА	0	0	0	0		

После того, как линия была подключена, повысилась надежность электроснабжения электрической сети, часть потребителей «ПС Кирба» переведена на источник питания ПС «Бея». Разгружена линии Т-58 и Т-57. Из таблицы 4.9 видно, что значения напряжения в узлах нагрузки подстанций не превышают допустимых значений.

4.6 Минимальный режим с полной компенсацией на ПС разреза Майрыхский

На рисунке 4.7 представлена расчетная схема рассматриваемого режима. В таблицах 4.11 и 4.12 представлены расчетные значения узлов и ветвей соответственно.

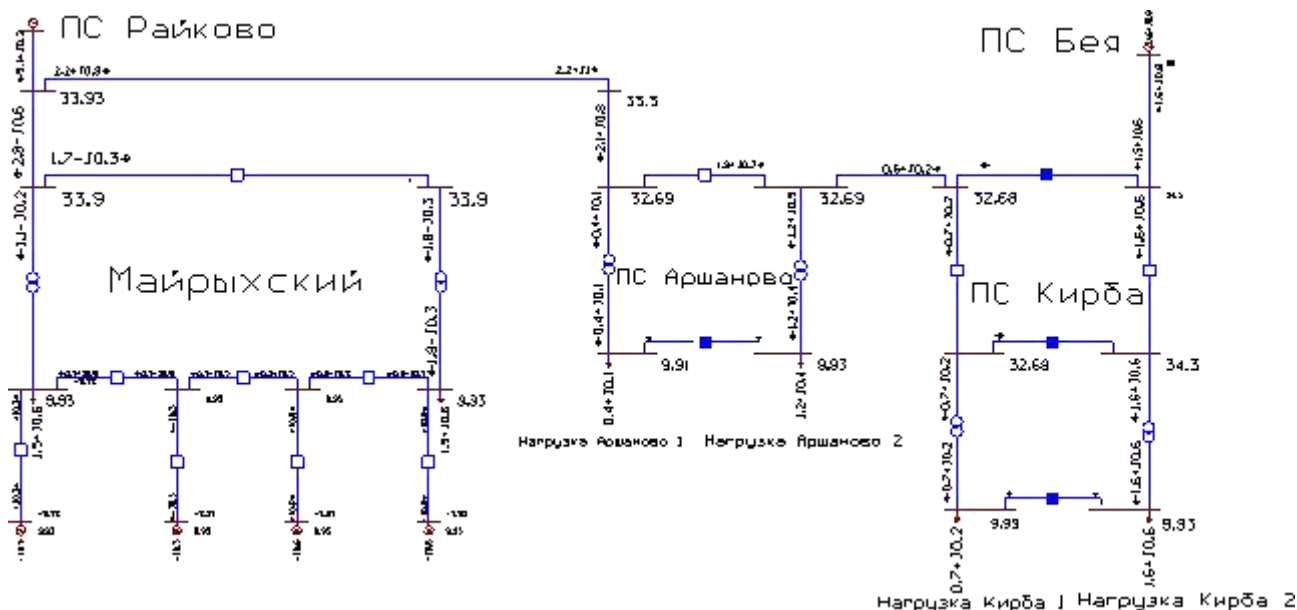


Рисунок 4.7 - Минимальный режим с линией, полной компенсацией реактивной мощности и регулированием напряжения

Таблица 4.11 - Расчетные параметры узлов минимального режима с линией и полной компенсацией реактивной мощности

Номер	Название	U _н , кВ	P _{нагр} , МВт	Q _{нагр} , МВАр	Вш, мкСМ	U, кВ
1	2	3	4	5	6	7
1	Ответвление от Т-58	35	0	0	0	33,93
2	ВН 4000	35	0	0	0	33,90
3	Нагрузка	10	1,5	0,6	0	9,93
4	ВН 6300	35	0	0	0	33,90
5	Нагрузка	10	1,5	0,6	0	9,93
6	Реактор	10	0	0	-3000	9,93
7	БСК	0	0	0	0	0,00
8	Секция на реактор 2	10	0	0	0	9,93
9	Реактор 2	10	0	0	-3000	9,93
10	Секция на реактор 3	10	0	0	0	9,93
11	Реактор 3	10	0	0	-6000	9,93
12	БСК 2	0	0	0	0	0,00
13	БСК 3	0	0	0	0	0,00
14	Реактор 4	10	0	0	-6000	9,93
15	БСК 4	0	0	0	0	0,00
16	Аршаново БАЗА	35	0	0	0	33,30
17	ВН тр-ра Аршаново	35	0	0	0	32,69
18	ВН тр-ра Аршаново	35	0	0	0	32,69
19	Нагрузка Аршаново 2	10	1,18	0,41	0	9,93
20	Нагрузка Аршаново 1	10	0,44	0,13	0	9,91
21	ПС Кирба БАЗА	35	0	0	0	32,68
22	ВН тр-ра Кирба	35	0	0	0	32,68
23	ВН тр-ра Кирба	35	0	0	0	34,30

Окончание таблицы 4.11

1	2	3	4	5	6	7
24	Нагрузка Кирба 1	10	0,71	0,17	0	9,99
25	Нагрузка Кирба 2	10	1,58	0,61	0	9,93
26	ПС Райково	34,97	0	0	0	34,97
27	ПС Бея	35	0	0	0	35,00
28	ПС Кирба БАЗА 2	35	0	0	0	34,30

Таблица 4.12 - Расчетные параметры ветвей минимального режима с линией и полной компенсацией реактивной мощности

Ннач	Нкон	Название	R	X	B	Кт/г	N_анц	БД_анц
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	Ответвление от Т-58 - ВН 4000	0,43	0,41	2,79	0		
2	3	ВН 4000 - Нагрузка	2,6	23	0	0,292	2	1
2	4	ВН 4000 - ВН 6300	0	0	0	0		
4	5	ВН 6300 - Нагрузка	1,4	14,6	0	0,292	2	2
3	6	Нагрузка - Реактор	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
3	8	Нагрузка - Секция на реактор 2	0	0	0	0		
8	9	Секция на реактор 2 - Реактор 2	0	0	0	0		
8	10	Секция на реактор 2 - Секция на реактор 3	0	0	0	0		
10	11	Секция на реактор 3 - Реактор 3	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
5	10	Нагрузка - Секция на реактор 3	0	0	0	0		
5	14	Нагрузка - Реактор 4	0	0	0	0		
0	0	БСК - БСК	0	0	0	0		
16	17	Аршаново БАЗА - ВН тр-ра Аршаново	6,2	8	58	0		
17	18	ВН тр-ра Аршаново - ВН тр-ра Аршаново	0	0	0	0		
18	19	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 2	11,2	49,2	0	0,314	5	6
17	20	ВН тр-ра Аршаново - Нагрузка Аршаново 1	11,2	49,2	0	0,307	4	5
20	19	Нагрузка Аршаново 1 - Нагрузка Аршаново 2	0	0	0	0		

Окончание таблицы 4.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	21	ВН тр-ра Аршаново - ПС Кирба БАЗА	0,31	0,4	2,87	0		
21	22	ПС Кирба БАЗА - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
28	23	ПС Кирба БАЗА 2 - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	23	ВН тр-ра Кирба - ВН тр-ра Кирба	0	0	0	0		
22	24	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 1	1,4	14,6	0	0,307	2	3
23	25	ВН тр-ра Кирба - Нагрузка Кирба 2	1,4	14,6	0	0,292	2	4
24	25	Нагрузка Кирба 1 - Нагрузка Кирба 2	0	0	0	0		
26	1	ПС Райково - Ответвление от Т-58	6,32	8,16	59,2	0		
1	16	Ответвление от Т-58 - Аршаново БАЗА	6,32	8,16	59,16	0		
27	28	ПС Бея - ПС Кирба БАЗА 2	9,79	12,7	91,8	0		
28	21	ПС Кирба БАЗА 2 - ПС Кирба БАЗА	0	0	0	0		

После того, как линия была подключена, повысилась надежность электроснабжения электрической сети, часть потребителей «ПС Кирба» переведена на источник питания ПС «Бея». Разгружена линии Т-58 и Т-57. Из таблицы 4.11 видно, что значения напряжения в узлах нагрузки подстанций не превышают допустимых значений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был проведен анализ показателей качества электроэнергии одной из проблемных подстанций «Кирба» ПАО «Россети Сибирь» - «Хакасэнерго».

Проведен анализ инструментальных замеров показателей качества электроэнергии. Было выявлено отклонение напряжения, не соответствующее стандартным значениям.

В работе использовался аналитический метод решения, метод моделирования при помощи программы RastrWin3.

На модели были рассмотрены режимы работы сети:

- максимальный и минимальный режимы работы;
- случаи компенсации реактивной мощности на ПС разреза Майрыхский;
- случаи регулирования напряжения в узлах нагрузки проблемных подстанций.

Предложены мероприятия по повышению надежности электроснабжения ПС «Кирба», ПС «Аршаново», ПС разреза Майрыхский, которые заключаются в строительстве вновь сооружаемой линии длиной 32 км от центра питания ПС «Бея»

Результатом выполнения ВКР является улучшение показателей качества электроэнергии потребителей ПС «Кирба», а также повышение надежности электроснабжения ПС «Кирба», ПС «Аршаново» и ПС разреза «Майрыхский» путем строительства вновь сооружаемой линии от ПС «Бея».

Результаты ВКР были представлены на XVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективныи Свободный – 2021», посвященной Году науки и технологий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Качество электрической энергии: современное состояние, проблемы и предложения по их решению / Л.И. Коверникова, В.В. Суднова, Р.Г. Шамонов и др.; отв. Ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2017. – 219 с.
2. ГОСТ 32144-2013. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 25.03.2013. – Москва.: Стандартинформ, 2013. – 20 с.
3. СТО 56947007-29.240.30.010-2008. Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. Типовые решения. – Взамен документа «Схемы принципиальные электрические ОРУ от 20.12.2007 №441» Введ.20.12.2007. – ОАО «ФСК ЕЭС». – 132 с.
4. ГОСТ 2.316-2008. Единая система конструкторской документации. Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на графических документах. Общие положения. – Взамен ГОСТ 2.316-68; введ. 01.07.2009. – Москва.: Стандартинформ, 2009. – 12 с.
5. СТО 56947007-29.240.124-2012. Сборник «Укрупнённые стоимостные показатели линий электропередачи и подстанций напряжением 35-1150 кВ» 324 тм – т1 для электросетевых объектов ОАО «ФСК ЕЭС» Введ.09.07.2012. – ОАО «ФСК ЕЭС». – 33 с.
6. Индексы изменения сметной стоимости прочих работ и затрат к уровню цен по состоянию на 01.01.2000 на I квартал 2021 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_378414/4a5ae3d20e812fa88d2cd357ee3bc9c00dcbfa6e/.
7. СТО 4.2–07–2014. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. –Красноярск : ИПК СФУ, 2014. – с.59
8. Выпускная квалификационная работа по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» : метод. указания / сост. Н. В. Дулесова; Сиб. федер. ун-т, ХТИ – филиал СФУ. – Абакан : Ред.изд. сектор ХТИ – филиала СФУ, 2017. – 62 с.
9. Шеметов А.Н. Надежность электроснабжения: учебное пособие для студентов специальности 140211 «Электроснабжение». – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2006.
10. Отклонения напряжения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://helpiks.org/9-35018.html>
11. Россети Сибирь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosseti-sib.ru/>

12. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rg.ru/2009/11/27/energo-dok.html>.
13. Электротехнический справочник : в 4 т. Т. 1. Общие вопросы. Электротехнические материалы / Общ. Ред. В. Г. Герасимов, и др. ; гл. ред. И. Н. Орлов. – 10-е изд., стер. – М. : Изд. Дом МЭИ, 2007. – 440 с.
14. Передача и распределение электрической энергии / Герасименко А.А., Федин В.Т. – Изд. 2-е. – Ростов н/Д : Феникс, 2008. – 715, [2] с. – (Высшее образование).
15. В. Н. Костин, Е. В. Распопов, Е. А. Родченко. Передача и распределение электроэнергии: Учеб. Пособие. – СПб.: СЗТУ, 2003 – 147 с.
16. Управление качеством электроэнергии: учебное пособие / У677 И. И. Карташев, В. Н. Тульский, Р. Г. Шамонов и др.; под ред. Ю. В. Шарова. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Издательский дом МЭИ, 2017. – 347 с.
17. Регулирование напряжения с помощью компенсирующих устройств [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lektsia.com/3x1f0f.html>
18. В. Э. Воротницкий, И. В. Жежеленко, Г. Г. Трофимов. Повышение энергетической эффективности электрических сетей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://energy.s-kon.ru/v-e-vorotnitskii-i-v-jejenko-g-g-trofimov-povishenie-energeticheskoi-effektivnosti-elektricheskikh-tsepei/>
19. Энергоэффективность в электрических сетях. Провода ЛЭП пора менять. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/621>
20. Провод АС 95/16: вес, диаметр, сечение и другие характеристики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://linijaopory.ru/provod-as-95-16-ves-diametr-sechenie-i-drugie-xarakteristiki/>
21. СТО 56947007-29.240.55.192-2014. Нормы технологического проектирования воздушных линий электропередач напряжением 35 – 750 кВ. - Введ.20.11.2014. – ОАО «ФСК ЕЭС». – 72 с
22. Справочник по проектированию линий электропередачи / М. Б. Вяземский, В. Х. Ишкин, К. П. Крюков и др. Под ред. М. Л. Реута и С. С. Рокотяна. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Энергия, 1980. – 296 с., ил.
23. Регулирование напряжения трансформатора. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electricalschool.info/elstipod/1953-regulirovanie-naprjazhenija.html>
24. Трансформаторы с ПБВ и РПН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studopedia.ru/6_153429_transformatori-s-pbv-i-rpn.html
25. Кузнецов М. И. / Основы электротехники. – 5-е изд. перераб. – Москва: Трудрезервиздат, 1957. – 424 с.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»

«Электроэнергетика»
направление

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Г.Н. Чистяков
Инициалы Фамилия
« 20 » « 06 » 2021 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код - энергетическое направление

Анализ качества электроэнергии потребителей ПС «Кирбан»
ПАО «Россети Сибирь» – «Хакасэнерго»
тема

Руководителем Е.В. Платонова д.т.н.
Инициалы, дата Должность, ученое звание
Выпускник М.А. Кызакова 28.06.21
Инициалы, дата
Нормоконтролер Е.В. Платонова 28.06.21
Инициалы, дата

Е. В. Платонова
Инициалы, фамилия
Д. С. Трухин
Инициалы, фамилия
И. А. Кызакова
Инициалы, фамилия