# 7 Выбор схем электрических соединений на всех напряжениях согласно НТП

**7.1. Главная схема электрической подстанции**

Согласно нормам технологического проектирования на напряжение 500кВ применяется схема с двумя системами шин, с тремя выключателями на две цепи (схема «3/2»)

В распределительных устройствах 330 — 750 кВ применяется схема с двумя системами шин и тремя выключателями на две цепи. Как видно из рис. 1, на шесть присоединений необходимо девять выключателей, т.е. на каждое присоединение «полтора» выключателя (отсюда происходит второе название схемы: «полуторная», или «схема с 3/2 выключателя на цепь»).



Рисунок Схема с 3/2 выключателя на присоединение.

Каждое присоединение включено через два выключателя, Для отключения линии W1 необходимо отключить выключатели Q1, Q2, для отключения трансформатора Т1 — Q2, Q3.

В нормальном режиме все выключатели включены, обе системы шин находятся под напряжением. Для ревизии любого выключателя отключают его и разъединители, установленные по обе стороны выключателя. Количество операций для вывода в ревизию — минимальное, разъединители служат только для отделения выключатели при ремонте, никаких оперативных переключений ими не производят.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

39

ТТТ.13.02.03.001.09.00.ПЗ

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

39

ТТТ.13.02.03.001.09.00.ПЗ

Достоинства схемы:

1. Схема обладает высокой надёжностью

а) при коротком замыкании на нижней системе шин, отключается нижний ряд выключателей, схема остаётся в работе.

б) при коротком замыкании на верхней системе шин отключается верхний ряд выключателей, схема остаётся в работе.

в) при коротком замыкании на нижней и верхней системе шин отключается нижний и верхний ряд выключателей схема остаётся в работе, но переходит в схему блока генератор – трансформатор – линия, при этом нарушается параллельная работа трансформаторов.

г) надёжность повышается чередованием ячеек, не чередующаяся и чередующаяся.

2. Возможность вывода любого выключателя в ревизию или ремонт не нарушая нормальной работы схемы.

3. Много разъединителей, которые не учавствуют в оперативных переключениях.

Недостатки схемы:

1. Схема дорогая, но окупается своей надёжностью.
2. Снижение надёжности схемы, если количество линий не соответсвует числу трансформаторов.
3. Удорожание конструкции РУ при нечетном числе присоединений, так как одна цепь должна присоединяться через два выключателя.
4. Усложнение цепей релейной защиты.

Согласно НТП на напряжение 10кВ применяется одна система сборных шин, секционированная выключателем.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

50

 ТТТ 13.02.03.000.06.00.ПЗ

Нормальный режим работы. Обе секции находятся в работе, половина присоединений зафиксирована за первой секцией, а вторая половина за второй. На шинах 10кВ секционный выключатель нормально отключен для ограничения токов короткого замыкания.

Достоинства схемы:

- простая, наглядная, экономичная;

- обладает некоторой надежностью, так как при коротком замыкании на одной из секций теряется только половина присоединений;

Недостатки схемы:

- при коротком замыкании на одной из секций теряется половина присоединений.

**7.2. Распределительные устройства на все виды напряжения электрической подстанции**

Согласно норм технологического проектирования на напряжение 500 и 220 кВ применяется открытое распределительное устройство (ОРУ).

Распределительное устройство, расположенное на открытом воздухе, называется открытым распределительным устройством. РУ напряжением 500-220 кВ выполняются открытыми, они должны обеспечить надёжность работы, безопасность и удобство обслуживания при минимальных затратах на сооружение, возмонжсть расширения, максимальное применение крупноблочных узлов заводского изготовления. Все аппараты доступны для наблюдения. Расстояние между токоведущими частями и от них различных элементов ОРУ должно выбираться в соотвествии с требованиями ПУЭ.

Все аппараты ОРУ обычно располагаются на невысоких основаниях. По территории ОРУ предусматриваются проезды для возможности механизации, монтажа и ремонта оборудования. Под силовыми трансформаторами, предусматриваются маслоприемники, укладывается слой гравия толщиной не менее 25 см и масло стекает в аварийнных случаях в маслосборники. Кабели оперативных цепей управления, релейной защиты, автоматики и воздухопроводы прикладываются в лотках из железобетонных конструкций без заглублнеия их в почву или металлических лотках, подвешенных к конструкциям ОРУ. Шины используются гибкие из многопроволочных проводов. Гибкие шины крепятся с помощью подвесных изоляторов на железобетонных стойках.

Используется килевое расположение разъединителей. Расположение называется килевым, когда каждый полюс шинных разъединителей второй системы шин, расположен под проводами соответствующей фазы сборных шин.

Килевое расположение позволяет выполнять соединение шинных разъединителей непосредственно под сборными шинами и на этом же уровне присоединить выключатель.

Но открытые РУ менее удобны в обслуживании при низких температурах и в ненастье, аппараты на ОРУ подвережены запылению и колебаниям температуры.

Согласно НТП на напряжения 10 кВ применяется КРУН . Комплектное распределительное устройство наружной установки – это распределительное устройство, состоящее из закрытых шкафов со встроенными аппаратами , измерительными, защитными приборами и вспомогательными устройствами. Шкафы КРУН изготавливаются на заводах , что позволяет добиться тщательной сборки всех узлов и обеспечить надежность снабжения и работы электрооборудования. Применение КРУН позволяет ускорить монтаж распределительных устройств КРУН безопасно в обслуживании,так как все части, находящиеся под напряжением , закрыты металлическим кожухом. В качестве изоляции между токоведущими частями в КРУН могут использоваться; воздух, масло,твердая изоляция и инертные газы. Для КРУН 10 кВ применяются выключатели обычной конструкции, а вместо разъединителей - втычные контакты. Применение КРУН приводит к сокращению объема и сроков проектирования.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

43

ТТТ.13.02.03.001.09.00.ПЗ

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

43

ТТТ.13.02.03.001.09.00.ПЗ

**8 Технико-экономические показатели подстанции**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

43

ТТТ.13.02.03.001.09.00.ПЗ

Экономическая целесообразность схемы определяется минимальными приведенными затратами:

$З=Р\_{н}∙К+И$ (8.1)

К – капиталовложения на сооружение электроустановки, тыс. руб.

$Р\_{н}-$ нормативный коэффициент экономической эффективности.

$Р\_{н}=0,15$

И – годовые эксплуатационные издержки

При выборе оптимальных схем выдачи электроэнергии определяют по укрупненным показателям стоимости элементов схемы.

Вторая составляющая расчётных затрат – годовые эксплуатационные издержки, которые определяются по формуле:

$И=\frac{Р\_{а}+Р\_{0}}{100}∙К+β∙∆W∙10^{-5}$ (8.2)

К – капиталовложение на сооружение подстанции.

$Р\_{а}$ – отчисления на амортизацию, %

$Р\_{а}$ = 4,8%

$Р\_{0}$ – отчисления на обслуживание, %

$Р\_{0}$ = 5,2%

$∆W$ – потери электроэнергии

$β$ – стоимость электроэнергии 1кВт/ч.

$β$ = 2,5 руб.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Оборудование | Количество | Стоимость единицы, тыс.руб | Общая стоимость тыс.руб |
| 1 | Трансформатор 250000/500/110 | 3 | 12000 | 36000 |
| 2 | ВГУ-500Б-40У1 | 1 | 950 | 950 |
| 3 | ВГУ-110 | 1 | 405 | 405 |
| 4 | ВБМЭ-10-40У3 | 2 | 344 | 688 |
| Итого: | 38043 |

 К= 38043 [тыс.руб]

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

44

ТТТ.13.02.03.001.09.00.ПЗ

 Определение эксплуатационных расходов. Определение издержек на потери электрической энергии.

 $∆W=Р\_{хх}∙Т+Р\_{к.з∙В}∙(\frac{S\_{maxВ}}{S\_{ном}})^{2}∙τ\_{В}+Р\_{к.з∙С}∙(\frac{S\_{maxС}}{S\_{ном}})^{2}∙τ\_{С}+Р\_{к.з∙Н}∙(\frac{S\_{maxН}}{S\_{ном}})^{2}∙ τ\_{Н}$ (8.3)

 $τ$- время максимальных потерь

 $τ\_{В}= τ\_{С}= τ\_{Н}=7200$

 $Р\_{к.з∙В}= Р\_{к.з∙С}= Р\_{к.з∙Н}=0,5∙∆Р\_{кз}$ (8.4)

 $S\_{maxН}=\frac{S\_{гор}+S\_{зав}}{3}[МВА]$ (8.5)

 $S\_{maxС}=\frac{S\_{гор}+S\_{зав}}{3} [МВА]$ (8.6)

 $S\_{maxВ}=S\_{maxС}+S\_{maxН} [МВА]$ (8.7)

 $Р\_{к.з∙В}= Р\_{к.з∙С}= Р\_{к.з∙Н}=0,5∙690=345$

 $S\_{maxН}=\frac{37,92}{3}=12,64$

 $S\_{maxС}=\frac{177,5 }{3}=59,16$

 $S\_{maxВ}=59,16+12,64=71,8$

 $∆W=200∙7200+345∙(\frac{71,8}{2500})^{2}∙7200+345∙(\frac{59,16}{2500})^{2}∙7200+345∙(\frac{12,64}{2500})^{2}∙ 7200=1443500$

$И=\frac{10}{100}∙38043+2,5∙1443500∙10^{-5}=3840,38$

$З=0,15∙38043+3840,38=9546,83$

**Заключение**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

45

ТТТ.13.02.03.001.09.00.ПЗ

Курсовой проект выполнен в соответствии с заданием. Выбраны силовые трансформаторы и автотрансформаторы последнего поколения, с улучшенным жаростойким изоляционным покрытием типа АТДЦТН мощностью 250 кВА, трансформаторы собственных нужд ТСЗ-400 кВА. Выбраны современные элегазовые и вакуумные электрические аппараты с полимерной изоляцией – правильность выбора подтверждена расчетами токов короткого замыкания в заданных точках, на шинах высокого напряжения 500 кВ и на секции 10 кВ.

Расчеты выполнены правильно согласно нормативной, справочной и учебной литературы и по их результатам выбраны гибкие сталеалюминевые шины 3хАС-600/72 на 500 кВ и жёсткие сталеалюминевые шины АД15х3 на 10 кВ.

Приняты надёжные схемы распределительных устройств согласно норм технологического проектирования с учетом безопасности, удобства их обслуживания, экономичности, а в перспективе возможности их расширения. Схемы типовые, что облегчает их строительство.

На 500 кВ принята схема две системы шин с тремя выключателями на две цепи. На 110 кВ схема две системы шин с обходной. На 10 кВ одна система сборных шин секционированной выключателем.

Распределительное устройство на 500 и 110 кВ выполнено открытого типа, на 10 кВ закрытого типа.

Подробно рассмотрен вопрос по технике безопасности, определены средства защиты при работах в электроустановке.

Пояснительная записка и графическая часть выполнена в электронном виде согласно ЕСКД и нормоконтроля.

Цель проекта достигнута, все поставленные задачи решены.

Проект может быть использован проектными организациями при проектировании электрической подстанции.

# Библиография

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

47

ТТТ.13.02.03.000.21.02.ПЗ

1. **Крючков, Н.П.** Электрическая часть электрических станций и подстанций:справочные материалы для курсового и дипломного проектирования /Н.П.Крючков, Б.Н.Неклепаев. -М.: Энергоатомиздат, 2018. - 608 с.– ISBN978-5-383-01270-3.
2. **Рожкова, Л.Д.** Электрооборудование электрических станций и подстанций: учебник/ Л.К.Карнеева, Т.В.Чиркова - 12-е издание, - М: ИЦ Академия, 2010. - 448 с– ISBN 978-5-7695-7575-4.
3. **Карнеева, Л.К**. Электрооборудование электрических станций и подстанций: справочник/Л.К.Карнеева, Л.Д. Рожкова –Иваново: 2006. – ISBN 5-93901-002-4.
4. Нормы технологического проектирования электрических подстанций/утверждены Минэнерго РФ. - // Теплоэлектропроект: [сайт]. -URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294853/4294853911.htm> (дата обращения: 20.03.2021).
5. Методические указания для курсовой работы по дисциплине «Основы экономики»: Расчет среднегодовых технико-экономических показателей работы подстанции.

6. Электроэнергетика Уральского ФО: по пути интенсивного развития
[сайт]. - URL: http://marketelectro.ru/content/elektroenergetika-uralskogo-fo-po-puti-intensivnogo-razvitiya. (дата обращения: 21.05.2021).

7. Свободная энциклопедия//[сайт]. - URL: <https://www.wikipedia.org>(дата обращения: 13.04.2021).

8. Измерительные трансформаторы напряжения Школа для электрика: электротехника и электроника//[сайт]. - URL:http://electricalschool.info/main/electroshemy/512-izmeritelnye-transformatory.html(датаобращения:15.04.2021).
9. Схемы соединения измерительных трансформаторов напряжения » Школа для электрика: электротехника и электроника <http://electricalschool.info/main/electroshemy/1293-skhemy-soedinenija-izmeritelnykh.html> (дата обращения: 12.05.2021).

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

48

ТТТ.13.02.03.000.21.02.ПЗ

10. Справочные данные параметров трансформаторов <https://powersystem.info/index.php?title=Справочные_данные_параметров_трансформаторов_от_35_кВ> (дата обращения: 18.05.2021).

11. [https://studfiles.net/preview/2378874/page:4/](https://studfiles.net/preview/2378874/page%3A4/)(дата обращения: 09.05.2021).

12. ГОСТ 2.701-2008 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к

выполнению. - // Техэксперт: [сайт]. -URL:<http://docs.cntd.ru/document/1200069439> (дата обращения: 20.05.2021)

13. ГОСТ 2.702-2011 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем. - // Техэксперт: [сайт]. -URL:<http://docs.cntd.ru/document/1200086241>(дата обращения: 10.04.2021)

14. ГОСТ 2.710-81 ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах - // Техэксперт: [сайт]. -URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200001985> (дата обращения: 01.05.2021)

15. ГОСТ 2.105-2019 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. - // Техэксперт: [сайт]. -URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200164120> (дата обращения: 20.04.2021).

16. ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы. - // Техэксперт: [сайт]. -URL: