

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

М.И. Фурсанов

« 8 » 06 2021 г.

## РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

### Реконструкция подстанции 110/10кВ

Специальность 1-43 01 02 Электроэнергетические системы и сети

Специализация 1-43 01 02 01 Проектирование и эксплуатация электроэнергетических систем

Обучающийся  
группы 30602115

В.И. Кудревич  
01.06.2021  
подпись, дата

В.И. Кудревич

Руководитель

Н.С. Петрашевич  
07.06.21  
подпись, дата

Н.С. Петрашевич  
ст. преподаватель

Консультанты:

по технологической части

Н.С. Петрашевич  
07.06.21  
подпись, дата

Н.С. Петрашевич  
ст. преподаватель

по электроэнергетической части

Н.С. Петрашевич  
07.06.21  
подпись, дата

Н.С. Петрашевич  
ст. преподаватель

по разделу «Экономическая часть»

А.И. Лимонов  
2.06.21  
подпись, дата

А.И. Лимонов  
к.э.н., доцент

по разделу «Охрана труда»

Е.В. Мордик  
3.06.21  
подпись, дата

Е.В. Мордик  
ст. преподаватель

Ответственный за нормоконтроль

А.А. Волков  
2.06.21  
подпись, дата

А.А. Волков  
ст. преподаватель

Объем проекта:

Расчетно-пояснительная записка - 101 страниц;

графическая часть - \_\_\_\_\_ листов;

магнитные (цифровые) носители - 1 единица

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект: /2/ с., 12 рис., 13 табл., 48 источников

### СОБСТВЕННЫЕ НУЖДЫ, ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПОДСТАНЦИЯ, ТРАНСФОРМАТОР, ШИНА, ОПЕРАТИВНЫЙ ТОК, ГРОЗОЗАЩИТА, ТОКОВЕДУЩИЕ ЧАСТИ

Объектом разработки является электрическая подстанция 110/10 кВ, предназначенная для приема и распределения электрической энергии, содержащая электрические аппараты, устройства релейной защиты и автоматики.

Цель проекта - разработка технико-экономических решений по реконструкции ПС 110/10 кВ.

В процессе проектирования выполнены следующие расчёты и исследования:

- проанализированы существующая схема и характеристики нагрузок;
- определена главная схема подстанции, выбраны типы и мощность трансформаторов;
- произведен расчёт токов короткого замыкания, выбраны токоведущие части и коммутационные аппараты;
- рассмотрены схема питания собственных нужд и схема учёта электроэнергии на подстанции;
- рассчитаны параметры систем грозозащиты и заземления;
- описаны устройства защиты, автоматики и телемеханики;
- рассчитаны технико-экономические показатели;
- рассмотрены вопросы охраны труда;
- проведен обзор современных конструкций силовых трансформаторов.

Область возможного практического применения - высоковольтные подстанции 110/10 кВ, выполненные по мостиковым и блочным схемам.

Приведенный в дипломном проекте расчетно-аналитический материал объективно отражает состояние разрабатываемого объекта, все заимствованные из литературных и других источников теоретические и методологические положения и концепции сопровождаются ссылками на их авторов.

1. ПУЭ. Правила устройства электроустановок: действие Правил в энергетике Республики Беларусь подтверждено письмом Белэнерго № 31/54 от 02.06.1999 г.- 6-е изд., перераб. и доп.- Гомель, 2005.- 640 с. За исключением : Гл. 1.1; 1.5; 1.7; 1.8; 2.2; 2.4; 2.5; 4.1; 4.2; 4.4; 5.2; 5.3; 7.1.

2. ТКП 339-2011 (02230). Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемосдаточных испытаний: утверждено 23.08.2011г. Пост. Минэнерго РБ № 44. - Офиц. изд., с изм., поправкой, введено впервые. - Взамен ПУЭ 6-е изд. в части главы 1.1; 1.5; 1.7; 1.8; 2.2; 2.4; 2.5; 4.1; 4.2; 4.4; 5.2; 5.3; 7.1 на территории РБ ;Введ. с 01.12.2011г. - Минск : Минэнерго РБ, 2014. - 594 с.

3. СТП 33243.01.216-16. Подстанции электрические напряжением 35 кВ и выше. Нормы технологического проектирования: утверждено 29.01.2016 г. ГПО "Белэнерго". - Взамен СТП 09110.01.2.104-07 ; Введ. с 15.02.2016 г. - Минск : БЕЛТЭИ, 2016. - 198 с.

4. СТП 33240.20.501-19. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Республики Беларусь: утверждено 18.04.2019 г. ГПО "Белэнерго". - Минск : Экономэнерго, 2019. - 434 с.

5. ГОСТ 1516.1-76. Электрооборудование переменного тока на напряжение от 3 до 500 кВ. Требования к электрической прочности изоляции.- С изм. - Введ. 1978-01-01. - М.: Госстандарт, 2001. - 48 с.

6. ГОСТ 1516.2-97. Электрооборудование и электроустановки переменного тока на напряжение 3 кВ и выше. Общие методы испытаний электрической прочности изоляции. - Взамен ГОСТ 1516.2-76; введ. 1999-01-01. - Минск, 1999. - 32 с.

7. ГОСТ 1516.3-96. Электрооборудование переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции. - Введ. 1999-01-01.- Минск : Госстандарт, 1999. - 50 с.

8. ТКП 45-1.02-298-2014. Строительство. Предпроектная (прединвестиционная) документация. Состав, порядок разработки и утверждения.- С изм. - Взамен СНБ 1.02.03-97; введ. 2014-07-20.- Минск, 2014. - 49 с.

9. ТКП 45-1.02-295-2014. Строительство. Проектная документация. Состав и содержание. - С изм. - Взамен СНБ 1.03.02-96, введ. 2014-04-01. - Минск, 2014. - 49 с.
10. ТКП 547-2014. Нормы продолжительности проектирования электрических подстанций и линий электропередачи напряжением 0,4-750 кВ. - Введ. 2015-01-01. - Минск, 2015. - 59 с.
11. СТН 09110.20.524-12. Инструкция по разработке нормальных схем основной сети РУП-облэнерго, схем электрической сети 35-750 кВ РУП-облэнерго и нормальных схем электрических соединений энергообъектов. - Введ. 2012-01-12. - Минск, 2012. - 44 с.
12. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. - Введ. 2016-04-01. - Минск, 2016. - 20 с.
13. ТКП 183.1-2009. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 1. Контроль качества электрической энергии. - Введ. 2009-08-01. - Минск, 2009. - 28 с.
14. ТКП 183.2-2009. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 2. Анализ качества электрической энергии. - Введ. 2009-08-01. - Минск, 2009. - 32 с.
15. СТН 34.20.175 (РД 34.20.175). Указания по ограничению токов короткого замыкания в сетях напряжением 110 кВ и выше (Решение №36). - Введ. 1975-06-17. - М.: Минэнерго СССР, 1975. - 21 с.
16. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. - Взамен ГОСТ 28249-89; - Введ. 1996-01-01. - Минск: Белстандарт, 1996. - 48 с.
17. СТН 09110.20.145-07. Методические указания по расчету токов короткого замыкания в сети напряжением до 1 кВ электростанций и подстанций с учетом влияния электрической дуги. - Введ. 2007-06-01. - Минск, 2007. - 62 с.
18. ГОСТ 14209-85. Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки (с Изменением N 1). - Взамен ГОСТ 14209-69; - Введ. 1985-07-01. - Минск: Комитет по стандартизации, метрологии и сертификации при Совете Министров Республики Беларусь, 1985. - 40 с.
19. ИПБ Беларуси 01-2014. Правила пожарной безопасности Республики Беларусь: утверждено 14.03.2014г. Постановлением МЧС РБ № 3. - С изм. - Минск: Энергопресс, 2014. - 220с.

20. Рожкова, Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций / Л.Д. Рожкова, Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. 4-е изд., М.: Академия. 2007. - 448 с.
21. Дуль, И. И. Совершенствование метода выбора номинальной мощности силовых трансформаторов / И. И. Дуль, М. И. Фурсанов // Наука - образованию, производству, экономике : материалы 12-й Международной научно-технической конференции. Т. 1. - Минск : БНТУ, 2014. - С. 62-63.
22. Петрашевич, Н. С. Анализ и визуализация результатов мониторинга состояния силового трансформатора / Н. С. Петрашевич // Наука - образованию, производству, экономике : материалы 16-й Международной научно-технической конференции. - Минск : БНТУ, 2018. - Т. 1. - С. 52.
23. Быстрицкий, Г.Ф. Выбор и эксплуатация силовых трансформаторов / Г.Ф. Быстрицкий, Б.И. Кудрин. М.: Академия. 2003. - 176 с.
24. Ус, А.Г. Электроснабжение промышленных предприятий и гражданских зданий : учебное пособие / А.Г. Ус, Л. И. Евминов. - Минск : ПИОН, 2002. - 455 с.
25. Башаркевич, Я. В. Компьютерные приложения расчета токов короткого замыкания / Я.В. Башаркевич, К. С. Зарихта; науч. рук. Ю.В. Гавриелок // Актуальные проблемы энергетики : материалы 73-й научно-технической конференции студентов и аспирантов / Белорусский национальный технический университет. Энергетический факультет. Секция «Электрические станции». - Минск : БНТУ, 2017. - С. 48-52.
26. Минская ТЭЦ-3 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://minskenergo.by/filialy/minskaya-tets-3/>. - Дата доступа: 28.02.2021.
27. Выключатели колонковые элегазовые [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://eknis.net/uploads/files/sf6-switch.pdf>. - Дата доступа: 20.04.2021.
28. Вакуумный выключатель внутренней установки VD4 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://new.abb.com/medium-voltage/ru/apparatu/vykluchateli/vykluchateli-vnutrenney-ustanovki-vakuumpny-vykluchatel-vnutrenney-ustanovky-vd4>. - Дата доступа: 20.04.2021.
29. Автоматические выключатели SACE Isomax S [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://new.abb.com/medium-voltage/ru/apparatu/vykluchateli/sace-isomax-s>. - Дата доступа: [http://www.ep.ru/product/katalogs/ABB/05\\_IsomaxS.pdf](http://www.ep.ru/product/katalogs/ABB/05_IsomaxS.pdf). - Дата доступа: 20.04.2021.
30. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Учеб. пособие для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат. 1989. - 608 с.

31. Ганиев, А.А. Экспериментальное исследование феррорезонансных процессов в сетях с глухозаземленной нейтралью / А.А. Ганиев, О.И. Лаптев // Сборник научных трудов в 10 частях: НАУКА, ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ. Часть 4. НГТУ, 2016. - С. 142-146.
32. Железко, Ю.С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчетов / Ю.С. Железко, А.В. Артемьев, О.В. Савченко. - М.: Изд-во ИЦ ЭНАС, 2004. - 280 с.
33. Инструкция по нормированию расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций 35-500 кВ. - М.: СПО Союзтехэнерго, 1981. - 12 с.
34. Хомутовский, М. А. Ограничители перенапряжений и разрядники / М. А. Хомутовский, М. С. Сытько, Н. Г. Шалыгин ; науч. рук. Н. С. Петрашевич // Актуальные проблемы энергетики [Электронный ресурс] : материалы 76-й научно-технической конференции студентов и аспирантов : секция "Электроэнергетические системы и сети" / сост. Т. Е. Жуковская. - Минск : БНТУ, 2020. - С. 77-81.
35. Романюк, Ф. А. Состояние и перспективы развития релейной защиты и автоматики белорусской энергосистемы / Ф. А. Романюк, М. С. Ломан, М. А. Шевалдин // Энергетическая безопасность Союзного государства : сборник материалов секции, 6 - 11 октября 2014 года / Белорусский национальный технический университет, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ». - Минск : БНТУ, 2014. - С. 15-19.
36. Использование цифрового моделирования для разработки и испытаний устройств релейной защиты / Ф. А. Романюк [и др.] // Энергетическая стратегия. - Минск : Экономэнерго, 2017. - № 1. - С. 46-49.
37. Гловацкий, В. Г. Современные средства релейной защиты и автоматики электросетей / В.Г. Гловацкий, И.В. Пономарев. - М.: Энергомашвин, 2006. - 146 с.
38. Реле Бухгольца BF-25, BF-50, BF-80 [Электронный ресурс] . - Режим доступа: <http://envolga.ru/product/rza/rzi/bf/>. - Дата доступа: 10.05.2021.
39. Товстюк, А. Ю. Особенности структур систем телемеханики для распределительных сетей / А. Ю. Товстюк ; науч. рук. М. И. Фурсанов // Актуальные проблемы энергетики 2020 [Электронный ресурс] : материалы студенческой научно-технической конференции / сост.: И. Н. Прокопеня. - Минск : БНТУ, 2020. - С. 589-592.
40. Забелло, Е. П. Автоматизированные системы контроля и учета энергоресурсов: учебно-методическое пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности 1-74 06 05 Энергетическое обеспечение сельско-

го хозяйства (по направлениям) / Е. П. Забелло, В. А. Дайнеко, В. Г. Булах ; Минсельхозпрод РБ, УО БГАТУ, Кафедра электрооборудования сельскохозяйственных предприятий. - Минск : БГАТУ, 2016. - 436 с.

41. Счетчик электрической энергии переменного тока статический "Гран-Электро СС-301" (непосредственное включение) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.strumen.com/catalog/schetchik-elektricheskoy-energii-tipa-11.05.2021>. - Дата доступа: 11.05.2021.

42. Фурсанов, М. И. Определение и анализ потерь электроэнергии в электрических сетях энергосистем / М. И. Фурсанов. - Минск: УВИЦ при УП «Белэнергосбережение», 2005. - 208 с.

43. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей / -7-е изд., перераб. и доп. - Минск : ЗАО "Ксения", 2006. - 671 с.

44. ТКП 427-2012 Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок / М-во энергетики Респ. Беларусь. - Минск : Энергопресс, 2013. - 160 с.

45. Правила техники безопасности при электромонтажных и наладочных работах / -2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1992.-192 с.

46. Ходжиев, Равшан. Силовые элегазовые трансформаторы / С. В. Константинова ; науч. рук. С. В. Константинова // Актуальные проблемы энергетики [Электронный ресурс] : материалы 75-й научно-технической конференции студентов и аспирантов: секция "Электроснабжение" / сост. Т. Е. Жуковская. - Минск : БНТУ, 2019. - С. 94-96.

47. Волынчикова, Е. В. Анализ энергоэффективности сухих распределительных трансформаторов / Е. В. Волынчикова, О. С. Тарнацкая ; науч. рук. В. Н. Радкевич // Актуальные проблемы энергетики 2018 [Электронный ресурс] : материалы студенческой научно-технической конференции / сост.: И. Н. Прокопеня, Т. А. Петровская. - Минск : БНТУ, 2018. - С. 188-190.

48. Войтюлевич, О. А. Трансформаторы с аморфным магнитопроводом / О. А. Войтюлевич ; науч. рук. С. Г. Гапанюк // Актуальные проблемы энергетики : материалы 73-й научно-технической конференции студентов и аспирантов / Белорусский национальный технический университет, Энергетический факультет, Секция «Электрические системы и сети». - Минск : БНТУ, 2017. - С. 409-412.