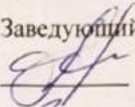


БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ энергетический
КАФЕДРА Электрические системы

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

 С.О. Новиков

“ 3 ” ИЮНЯ 2022 г.

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

Проектирование подстанции «Д» напряжением 110/10 кВ

Специальность 1-43 01 02 Электроэнергетические системы и сети

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

Обучающийся
группы 30602116

Руководитель

Консультанты:

по технологической части

по электроэнергетической части

по разделу «Экономическая часть»

по разделу «Охрана труда»


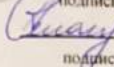
Ответственный за нормоконтроль

Объем проекта:

Расчетно-пояснительная записка – 132 страниц;

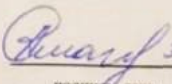
графическая часть – листов;

магнитные (цифровые) носители – 1 единиц

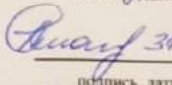
 31.05.2022
подпись, дата
 31.05.2022
подпись, дата

В.В.Леоненко

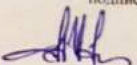
А.Л.Старжинский
к.т.н., доцент

 31.05.2022
подпись, дата

А.Л.Старжинский
к.т.н., доцент

 31.05.2022
подпись, дата

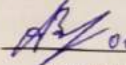
А.Л.Старжинский
к.т.н., доцент

 1.06.22
подпись, дата

А.И.Лимонов
к.э.н., доцент

 31.05.22
подпись, дата

Е.В.Мордик
ст. преподаватель

 01.06.2022
подпись, дата

А.А. Волков
ст. преподаватель

РЕФЕРАТ

Дипломный проект: 132 с., 11 рис., 22 табл., 66 источников

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ТРАНСФОРМАТОР, РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА, ГЛАВНАЯ СХЕМА, ЗАЗЕМЛЕНИЕ, ОГРАНИЧИТЕЛЬ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ, ПРИВЕДЕННЫЕ ЗАТРАТЫ

Объектом разработки является электрическая подстанция 110/10 кВ.

Цель проекта: разработка технико-экономических решений по проектированию ПС 110/10 кВ "Д".

В процессе проектирования выполнены следующие расчёты и исследования:

- выбрана главная схема, мощность и конструкции трансформаторной подстанции;
- рассчитана надежность электрической схемы подстанции;
- произведен расчет токов короткого замыкания и выбор основного оборудования подстанции;
- рассмотрены вопросы релейной защиты и автоматики;
- описаны внедренные мероприятия по снижению токов короткого замыкания на подстанции;
- проанализированы системы грозозащиты и заземления подстанции;
- произведен расчет технико-экономических показателей;
- рассмотрены устройство и технические характеристики ограничителей перенапряжения нелинейных;
- проанализированы организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность проведения работ в электроустановках электростанций, подстанций и линий электропередачи.

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

Подтверждаю, что 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. Программа увеличения электропотребления для нужд отопления, горячего водоснабжения и пищевого приготовления на 2021–2025 гг. Утверждена Минэнерго Республики Беларусь 12.01.2021. – 14 с.
2. Романцевич, Е. В Беларуси введена в эксплуатацию первая цифровая подстанция класса напряжения 330 кВ [Электронное издание] / Е. Романцевич // Энергетика Беларуси. – 2021. – 23 (474). – С.1.
3. Балаков, Ю.Н. Проектирование схем электроустановок: Учебное пособие для вузов / Ю.Н. Балаков, М.Ш., Мисриханов, А.В. Шунтов. – 3-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 288 с.
4. Вацило, С. Первая цифровая [Электронное издание] / С. Вацило // Энергетика Беларуси. – 2021. – 3 (454). – С.4.
5. Слуцкие электрические сети [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://web.minskenergo.by/filialy/slutskie-elektricheskie-seti/?#menu>.
6. На Солигорской мини-ТЭЦ установлены два новых электродвигателя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://web.minskenergo.by/news/novosti-predpriyatiya/na-soligorskoj-mini-tets-ustanovleny-dva-novyh-elektrokotla/>.
7. О ходе работ по установке водогрейных электродвигателей на Солигорской мини-ТЭЦ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.energo.by/content/infocenter/news/o-khode-rabot-po-ustanovke-vodogreynyx-elektrokotlov-na-soligorskoj-mini-tets__11532/?sphrase_id=32683.
8. ГОСТ 24291-90. Электрическая часть электростанции и электрической сети. Термины и определения. Введ. 01.01.1992. – Минск: Комитет по стандартизации, метрологии и сертификации при Совете Министров Республики Беларусь, 1992. – 20 с.
9. ТКП 646-2020 (33240). Электрические станции и котельные. Технические требования к нормам освоения проектных мощностей в начальный период эксплуатации (выпуск продукции). – Введ. 01.04.2020. – Минск, 2020. – 28 с.
10. СП 33243.01.216-16. Подстанции электрические напряжением 35 кВ и выше. Нормы технологического проектирования. Утв. 2016.01.29. – Взамен СП 09110.01.2.104-07 ; Введ. 15.02.2016 – Минск : БЕЛТЭИ, 2016. – 198 с.
11. ТКП 45-1.02-295-2014. Строительство. Проектная документация. Состав и содержание. – С изм. – Взамен СНБ 1.03.02-96; введ. 01.04.2014. – Минск, 2014. – 49 с.

12. ТКП 45-1.02-298-2014. Строительство. Предпроектная (прединвестиционная) документация. Состав, порядок разработки и утверждения. – С изм. – Взамен СНБ 1.02.03-97; введ. 20.07.2014. – Минск, 2014. – 43 с.

13. 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 приемоиспытательных испытаний: ТКП 339-2011. – 23.08.2011 г. – Минск: Минэнерго РБ, 2011. – 594 с.

14. ТКП 181-2009. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей/ Министерство энергетики Республики Беларусь. – Минск : Энергопресс, 2009. – 325 с.

15. СТП 33240.20.670-19. Указания по разработке организационно-технологических карт и проектов производства работ по техническому обслуживанию и ремонту электроустановок и линий электропередачи. – Введ. 30.01.2020. – Минск, 2020. – 62 с.

16. ТКП 45-1.01-159-2009. Технологическая документация при производстве строительно-монтажных работ. Состав, порядок разработки, согласования и утверждения технологических карт. Утвержден и введен в действие приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 30 сентября 2009 г. № 324. Переиздание (ноябрь 2017 г.) с Изменением № 1 (введено в действие с 01.03.2012 приказом Минстройархитектуры от 12.01.2012 №7), Изменением № 2 (введено в действие с 01.08.2016 приказом Минстройархитектуры от 01.06.2016 № 139). Переиздан только в электронном виде.

17. Порядок расчета величины технологического расхода электрической энергии на ее передачу по электрическим сетям, учитываемой при финансовых расчетах за электроэнергию между энергоснабжающей организацией и потребителем (абонентом): ТКП 460-2017 (33240). – Введ. 22.07.2017. – Минск: Министерство энергетики Республики Беларусь, 2017. – 111 с.

18. СТП 09110.48.513-08. Руководящие указания по проектированию систем сбора и передачи информации в энергосистемах Беларуси. Сети передачи данных. – Введ. 01.01.2009. – Минск : ГПО "Белэнерго", 2009. – 41 с.

19. 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.

20. СТП 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. 01.06.2007. – Минск : ГПО "Белэнерго", 2007. – 62 с.

21. СТП 09110.35.677-07. Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и подстанций 110–750 кВ. – Введ. 01.11.2007. – Минск : ГПО "Белэнерго", 2007. – 136 с.
22. СТП 33243.47.105.16. Устройства низковольтные комплектные (НКУ) для электрических станций и подстанций: утверждено 12.10.2016 г. ГПО "Белэнерго". – Минск : РУП "БЕЛТЭИ", 2016. – 132 с.
23. СТП 33243.03.502-16. Электротехническое оборудование с элегазовой изоляцией. Технические требования для обеспечения санитарно-гигиенической и экологической безопасности. – Введ. 01.11.2016. – Минск : ГПО "Белэнерго", Минск : РУП "Экономэнерго", 2016. – 59 с.
24. СТП 09110.51.304-09 Методические указания по диагностике состояния изоляции высоковольтных вводов 110-750 кВ. – Введ. 04.03.2009. – Минск : ГПО "Белэнерго", 2009. – 40 с.
25. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 01.04.2016. – Минск, 2016. – 20 с.
26. Автоматизированные системы контроля и учета электрической энергии. Общие технические требования: СТБ 2096-2010. – Введ. 01.01.2011. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь: РУП "НИИ средств автоматизации", 2010. – 33 с.
27. 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. 01.08.2009. – Минск, 2009. – 28 с.
28. 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. 01.08.2009. – Минск, 2009. – 32 с.
29. СТП 09110.47.103-07. Методические указания по проектированию заземляющих устройств электрических станций и подстанций напряжением 35–750 кВ. – Введ. 01.12.2007. – Минск : ГПО "Белэнерго", 2007. – 76 с.
30. ТКП 427-2012. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок / М-во энергетики Респ. Беларусь. – Минск : Энергопресс, 2013. – 160 с.
31. ТКП 290-2010. Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках/ М-во энергетики Респ. Беларусь. – Минск : Энергопресс, 2011. – 108 с.

32. ППБ Беларуси 01-2014. Правила пожарной безопасности Республики

Беларусь: утверждено 14.03.2014. Постановлением МЧС РБ № 3. – С изм. – Минск: Энергопресс, 2014. – 220 с.

33. Рожкова, Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций / Л.Д. Рожкова. 4-е изд., М.: Академия, 2007. – 448 с.

34. Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования / Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков. Учеб. пособие для вузов. -4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.

35. Гук, Ю.Б. Проектирование электрической части станций и подстанций: Учеб. пособие для вузов / Ю.Б. Гук, В.В. Кантан, С.С. Петрова. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1985. – 312 с.

36. Справочник по проектированию подстанций 35–500 кВ / Г. К. Вишняков [и др.]. – М.: Энергоиздат, 1982. – 352 с.

37. Коломиец, Н.В. Электрическая часть электростанций и подстанций: учебное пособие / Н.В. Коломиец, Н.Р. Пономарчук, В.В. Шестакова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 143 с.

38. Дорофейчик, А.Н. Пути повышения надежности электрических сетей. Учебник / А.Н. Дорофейчик. – Гродно, ГрГУ, 2007. – 203 с.

39. Дубинский, Г.Н. Наладка устройств электроснабжения выше 1000 В / Г.Н. Дубинский, Л.Г. Левин. Издание 2-е, переработанное и дополненное. – М.: СОЛОН-Пресс, 2015. – 538 с.

40. Драко, М.А. Определение показателей надежности главных электрических схем соединений подстанций / М.А. Драко, А.Л. Старжинский // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики, ИСЭМ СО РАН, 2018. С. 29–38.

41. Драко, М.А. Оценка показателей надежности главных схем электрических соединений подстанций, выполненных по схеме с отделителями / М.А. Драко, И.А. Дроздов, А.Л. Старжинский, Л.И. Бузюма // Энергетическая стратегия. – 2018. – № 6 (66): ноябрь–декабрь. – С. 17–19.

42. Киселев, К. А. О необходимости скорейшей реконструкции трансформаторных подстанций 35–110 кВ, выполненных по схеме с отделителями и короткозамыкателями / К. А. Киселев, Л. И. Бузюма, М. А. Драко // Энергетическая стратегия. – 2018. – № 1 (61): январь–февраль. – С. 20–22.

43. Русакович, А. И. Вакуумные выключатели / А. И. Русакович ; науч. рук. Е. В. Булойчик // Актуальные проблемы энергетики 2020 [Электронный ресурс] : материалы студенческой научно-технической конференции / сост.: И. Н. Прокопеня. – Минск : БНТУ, 2020. – С. 73–74.

44. Дорофейчик А. Н. Современные коммутационные аппараты напря-

менем 10–330 кВ / А. Н. Дорофейчик // Энергетика и ТЭК. – 2007. – №1. – С.12-14.

45. Рубина, У. В. Источники оперативного тока высоковольтных подстанций / У. В. Рубина ; науч. рук. Ю. В. Гавриелок // Актуальные проблемы энергетики : материалы 74-й научно-технической конференции студентов и аспирантов / Белорусский национальный технический университет, Энергетический факультет ; ред. Т. Е. Жуковская. – Минск : БНТУ, 2018. – С. 878–879.

46. 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.

47. ГОСТ 14209-85. Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки (с Изменением N 1). – Взамен ГОСТ 14209-69; Введ. 01.07.1985. – Минск : Комитет по стандартизации, метрологии и сертификации при Совете Министров Республики Беларусь, 1985. – 40 с.

48. 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.

49. Быстрицкий, Г.Ф. Выбор и эксплуатация силовых трансформаторов / Г.Ф. Быстрицкий, Б.И. Кудрин. М.: Академия, 2003. – 176 с.

50. Стульский, С.В. Тренажерная подготовка диспетчерского персонала в условиях его глубокой интеграции в процесс управления энергосистемой / С.В. Стульский и др. // Энергетическая стратегия. – 2020. – № 4 (76). – С. 52–56.

51. Липшуди, А.В. Участие в расследовании аварий, сбор информации об авариях и иных технологических нарушениях, анализ причин аварийности. Участие в контроле за техническим состоянием объектов электроэнергетики // **Материалы конференции по ознакомлению субъектов электроэнергетики с технологической деятельности АО “СО ЕЭС”. 23 октября 2018 года, г. Москва [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://so-ups.ru/fileadmin/files/company/events/2018/konf_5_231018_prez_05_inv.pdf.**

52. Ермак, А.А. Применение выключателей-разъединителей напряжением 110–330 кВ. Комментарии к стандарту ГПО “Белэнерго” СПП 33240.47.106-18 / А.А. Ермак, В.Б. Данилов // Энергетическая стратегия. – 2019. – № 1(67). – С. 56.

53. Ващило, С. Ключевые показатели достигнуты / С. Ващило // Энергетика Беларуси, №4 (455) от 25 февраля 2021 г. – С. 1–2.

54. Проект № 15238. Методические указания по выбору и установке аккумуляторных батарей для объектов электроэнергетики Республики

Беларусь. НИиПИГП “Белэнергосетьпроект”. – 10 с.

55. ВВЭ-М-10 [Электронное издание]. – Режим доступа: <https://forca.ru/vyklyuchateli/vakuumnye/vve-m-10.html>.

56. Автоматический выключатель ВА-88 250S/250А 3Р ЕТР [Электронное издание]. – Режим доступа: https://etprom.by/catalog/silovoe_oborudovanie_i_avtomatika_do_6300a/vyklyuchateli_avtomaticheskie_v_litom_korpuse_va_88/15248/#desc.

57. Помехи от высоковольтных линий электропередачи. В.А. Корнеев, Д.А. Кузьмин. Электроэнергетика // Девятая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых “Энергия-2014”: материалы конференции. В 7 т. Т. 3. Ч. 2. – Иваново: ФГБОУВПО “Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина”, 2014. – С. 234–236.

58. Шевалдин, М.А. Совершенствование систем РЗА на объектах белорусской энергосистемы / М.А. Шевалдин // Энергетическая стратегия. – 2018. – №2 (62). – С. 10–13.

59. Романюк, Ф.А. Исследование принципа выполнения токовой защиты обратной последовательности ВЛ 6–10 кВ / Ф.А. Романюк, Е.В. Булойчик, М.А. Шевалдин // Энергетическая стратегия. – 2018. – №6 (66). – С. 38–44.

60. Федосеев, А.М. Релейная защита электроэнергетических систем / А.М. Федосеев, М.А. Федосеев. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 541 с.

61. Рымкевич, Л. П. Методы и средства ограничения токов короткого замыкания / Л. П. Рымкевич, В. С. Алейник, А. Г. Баран ; науч. рук. С. М. Силук // Актуальные проблемы энергетики : материалы 71-й научно-технической конференции студентов и аспирантов / Белорусский национальный технический университет, Энергетический факультет. Секция 1: Электрические станции. – Минск : БНТУ, 2015. – С. 33–34.

62. Иванкин, В.Н. Применение токоограничивающих устройств в высоковольтных электрических сетях / В.Н. Иванкин, В.Д. Ковалев // Электро. – 2009. – №2. – С. 7–13.

63. Ефимов, Б.А. Анализ надежности грозозащиты подстанций / Б.А. Ефимов и др. // Новости ЭлектроТехники. – 2009. – № 4 (58). – С. 48–51.

64. Дерюгина, Е. А. Перенапряжения в электроэнергетических системах [Электронный ресурс] : лекционный курс по дисциплине “Техника высоких напряжений (Изоляция и перенапряжения)” / Е. А. Дерюгина, Е. Г. Пономаренко ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра “Электрические станции”. – Минск : БНТУ, 2020. – С. 48–51.

65. Гурнович, М. С. Применение нелинейных ограничителей перенапряжений / М. С. Гурнович ; науч. рук. В. Ю. Румянцев // Актуальные проблемы

энергетики 2020 [Электронный ресурс] : материалы студенческой научно-технической конференции / сост. И. Н. Прокопеня. – Минск : БНТУ, 2020. – С. 101–103.

66. Постановление министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь и министерства энергетики Республики Беларусь от 27 марта 2006 г. № 13/25 “О внесении изменений и дополнений в Инструкцию по тушению пожаров в электроустановках организаций Республики Беларусь”, 2006. – 31 с.