

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ энергетический  
КАФЕДРА Электрические системы

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

М.И. Фурсанов М.И. Фурсанов

“ 9 ” 06 2021 г.

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Реконструкция подстанции "Л" напряжением 110/10/6кВ

Специальность 1-43 01 02 Электроэнергетические системы и сети

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

Обучающийся  
группы 30602115

И.Г. Синкевич 20.05.2021  
подпись, дата

И.Г. Синкевич

Руководитель

А.Л. Старжинский 3.06.21  
подпись, дата

А.Л. Старжинский  
к.т.н., доцент

Консультанты:

по технологической части

А.Л. Старжинский 3.06.21  
подпись, дата

А.Л. Старжинский  
к.т.н., доцент

по электроэнергетической части

А.Л. Старжинский 3.06.21  
подпись, дата

А.Л. Старжинский  
к.т.н., доцент

по разделу «Экономическая часть»

А.И. Лимонов 28.05.21  
подпись, дата

А.И. Лимонов  
к.э.н., доцент

по разделу «Охрана труда»

Е.В. Мордик 26.05.21  
подпись, дата

Е.В. Мордик  
ст. преподаватель

Ответственный за нормоконтроль

А.А. Волков 03.06.21  
подпись, дата

А.А. Волков  
ст. преподаватель

Объем проекта:

Расчетно-пояснительная записка – 112 страниц;

графическая часть – \_\_\_\_\_ листов;

магнитные (цифровые) носители – 1 единиц

Минск 2021

# РЕФЕРАТ

Дипломный проект: 112 с., 17 рис., 14 табл., 45 источников

## РЕКОНСТРУКЦИИ ПОДСТАНЦИИ, ТОКООГРАНИЧЕНИЕ, ОПЕРАТИВНЫЙ ТОК, РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО, РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА, ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

Объектом разработки является электрическая подстанция 110/10/6 кВ.

Цель проекта: разработка технико-экономических решений по реконструкции ПС 110/10/6 кВ “Л”.

В процессе проектирования выполнены следующие расчёты и исследования:

- дано обоснование необходимости реконструкции подстанции;
- выбрана главная схема, мощность и конструкции трансформаторной подстанции;
- произведен расчет токов короткого замыкания и выбор основного оборудования подстанции;
- рассмотрены вопросы релейной защиты и автоматики;
- рассчитаны параметры систем грозозащиты и заземления подстанции;
- произведен расчет технико-экономических показателей;
- проанализированы конструкции и технические характеристики трансформаторов тока;
- рассмотрены вопросы охраны труда.

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

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Белецкий, О.В. Обслуживание электрических подстанций / О.В. Белецкий, С.И. Лезнов, А.А. Филатов. М.: Энергоатомиздат, 1985. - 416 с.
2. Постановление Министерства энергетики Республики Беларусь от 31.03.2016 № 8 (в ред. постановления Министерства энергетики Республики Беларусь от 04.09.2019 № 31). Отраслевая программа развития электроэнергетики на 2016-2020 годы. - 56 с.
3. Сошинов, А.Г. Основы технологии проектирования электроустановок систем электроснабжения: Монография / Сошинов А. Г., Плаунов С. А., Крайнев А. М.; и др. Под ред. А. Г. Сошинова / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - 112 с.
4. 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., 2001. - 48 с.
5. ГОСТ 1516.3-96. Электрооборудование переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции. - Введ. 1999-01-01.- Минск, 1999. - 50 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. Крупович, В.И. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. В. И. Круповича, Ю. Г. Барыбина. - М.: Энергия, 1980. - 428 с.
8. Супрунюк, А. В. Анализ технических характеристик силовых трансформаторов / А. В. Супрунюк, А. В. Мильто ; науч. рук. В. Н. Радкевич // Актуальные проблемы энергетики : материалы 73-й научно -технической конференции студентов и аспирантов / Белорусский национальный технический университет, Энергетический факультет, Секция “Электроснабжение”. - Минск : БНТУ, 2017. - С. 466-469.
9. Ивакин, В.Н. Нормирование энергоэффективности распределительных трансформаторов / В.Н. Ивакин, В.Д. Ковалев, А.А. Магницкий // Энергия единой сети . - 2017, №5 (34). - С. 21-31.
10. 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.

11. Козловский, А. Ю. Защита оборудования подстанций от набегающих волн перенапряжения / А. Ю. Козловский ; науч. рук. Е. А. Дерюгина // Актуальные проблемы энергетики 2020 [Электронный ресурс] : материалы студенческой научно-технической конференции / сост.: И. Н. Прокопеня. - Минск : БНТУ, 2020. - С. 114-116.

12. СТП 09110.51.304-09 Методические указания по диагностике состояния изоляции высоковольтных вводов 110-750 кВ. - Введ. 2009-30-04.- Минск : ГПО "Белэнерго", 2009. - 40 с.

13. Постановление Министерства экономики Республики Беларусь от 30 сентября 2011 г. № 161. Об установлении нормативных сроков службы основных средств и признании утратившими силу некоторых постановлений Министерства экономики Республики Беларусь. - 86 с.

14. СТП 33243.01.216-16 : Подстанции электрические напряжением 35 кВ и выше. Нормы технологического проектирования : стандарт организации : утверждено 29.01.2016 г. Приказом ГПО "Белэнерго" № 24 / "Белэнергосетьпроект" Научно- исследовательское и проектно-изыскательское республиканское унитарное предприятие , "Белэнерго" Государственное производственное объединение электроэнергетики. - Взамен СТП 09110.01.2.104-07 ; Введ. с 15.02.2016г. - Минск: БЕЛТЭИ, 2016. - 198 с.

15. Правила устройства электроустановок : [ПУЭ : с изм., оформл. в период с 1976 по 31 авг. 1985 г.] . - [6-е изд., перераб. и доп.]. - Минск : Энергопресс, 2014. - 341 с.

16. 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: ТКП 339-2011. - 23.08.2011г. - Минск: Минэнерго РБ, 2011. - 594 с.

17. Селиверстов, Г.И. Оценка эффективности перевода с напряжения 6 кВ на напряжение 10 кВ участка гомельской городской кабельной сети с РП-12 с учетом изменения режимов ее нейтрали / Г.И. Селиверстов, Д.О. Марцелев, В.С. Савицкий // Вестник Гомельского государственного технического университета им. ПО Сухого. № 3 (58), 2014. - С. 1-9.

18. Гоманова, В. А. Повышение эксплуатационной надежности силовых трансформаторов / В. А. Гоманова, Е. А. Богурина ; науч. рук. А. Л. Старжинский // Актуальные проблемы энергетики [Электронный ресурс] : материалы 76-й научно-технической конференции студентов и аспирантов : секция "Элек-

троэнергетические системы и сети" / сост. Т. Е. Жуковская. - Минск : БНТУ, 2020. - С. 11-14.

19. Веракса, Р. В. Трансформаторы / Р. В. Веракса, В. В. Камыш ; науч. рук. И. В. Новаш // Актуальные проблемы энергетики : материалы 73-й научно-технической конференции студентов и аспирантов / Белорусский национальный технический университет, Энергетический факультет, Секция «Электротехника и электроника». - Минск : БНТУ, 2017. - С. 814-817.

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

21. Трансформатор силовой ТДН-10000/110 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://bemz.by/electro/transformers/90-tdn10000.html>. - Дата доступа: 02.04.2021.

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

23. 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.

24. Комаровская, Т. А. Состояние и перспективы ограничения токов короткого замыкания в электроэнергетических системах / Т. А. Комаровская, А. С. Малашук ; науч. рук. В. А. Булат // Актуальные проблемы энергетики : материалы 70-й научно-технической конференции студентов и аспирантов / Белорусский национальный технический университет, Энергетический факультет. Секция 1: Электрические станции. - Минск : БНТУ, 2014. - С. 54-55.

25. 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.

26. Гулида, В. Д. Источники оперативного тока высоковольтных подстанций / В. Д. Гулида ; науч. рук. А. Ю. Кисляков // Актуальные проблемы энергетики 2018 [Электронный ресурс] : материалы студенческой научно-технической конференции / сост.: И. Н. Прокопеня, Т. А. Петровская. - Минск : БНТУ, 2018. - С. 496-497.

27. ВА52-41, ВА53-41, ВА55-41, ВА56-41 Автоматические выключатели в литом корпусе на токи от 250А до 1000А [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://keaz.ru/catalog/automat/avtomaticheskie-viklyuchateli-v-litom-korpuse/va50-blochnie-avtomaticheskie-vikluchateli-na-toki-ot-250a-do-2000a/va53->

41#?page=1&sort=statsPercent&reverse=false&countProductsPerPage=50. - Дата доступа: 28.04.2021.

28. Федосеев, А.М. Релейная защита электроэнергетических систем / А.М. Федосеев, М.А. Федосеев. - М.: Энергоатомиздат, 1992. - 541 с.

29. Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем энергоснабжения / В.А. Андреев. - М.: Высш. шк., 1991. - 496 с.

30. 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 с.

31. Релейная защита, сигнализация, автоматика [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://bemn.by/production/releynaya-zashchita-signalizatsiya-avtomatika/>. - Дата доступа: 05.05.2021.

32. Козловский, А. Ю. Защита оборудования подстанций от набегающих волн перенапряжения / А. Ю. Козловский ; науч. рук. Е. А. Дерюгина // Актуальные проблемы энергетики 2020 [Электронный ресурс] : материалы студенческой научно-технической конференции / сост.: И. Н. Прокопеня. - Минск : БНТУ, 2020. - С. 114-116.

33. СН 4.04.03-2020. Молниезащита зданий, сооружений и инженерных коммуникаций. Введены впервые 21.04.2021 (с отменой ТКП 336-2011 (02230)). Утв. 13.11.2020. - Минск: РУП "Стройтехнорм", 2021. - 95 с.

34. ТКП 427-2012 Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок / Министерство энергетики Республики Беларусь. - Минск : Энергопресс, 2013 - 160 с.

35. Межотраслевые правила по охране труда при работе в электроустановках. - Минск: ЧУП «Инженерный центр» ОО «БОИМ», 2009. - 128 с.

36. Комплектование электроустановок средствами защиты - Испытания и ремонт средств защиты в электроустановках [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://forca.ru/knigi/arhivy/isyptaniya-i-remont-sredstv-zaschity-v-elektrostanovkah-8.html>. - Дата доступа: 23.03.2021.

37. Федорчук, А.И. Охрана труда при эксплуатации электроустановок / А.И. Федорчук, Л.П. Филянович, Е.А. Милаш. - Минск: Ураджай, 2000. - 196 с.

38. Иевлев, В. И. Монтаж распределительных устройств 110 и 220 кВ / В.И. Иевлев, А.Г. Карягин. М.-Л., издательство „Энергия“, 1965 г. - 88 с.

39. Правила по охране труда при выполнении строительных работ [Элек-

тронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21934304p&p1=1&p5=0>. - Дата доступа: 23.03.2021.

40. ТКП 181-2009 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Утвержден и введен в действие постановлением Министерства энергетики Республики Беларусь от 20 мая 2009 г. № 16. - Минск: Минэнерго, 2009. - 325 с.

43. ТФЗМ-110 трансформатор тока измерительный масляный [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.tdtransformator.ru/catalog/izmeritelnye/toka/ot-110-kv/tfum-330.htm>. - Дата доступа: 28.04.2021.

44. ТЛО-10 трансформатор тока измерительный сухой опорный [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.tdtransformator.ru/catalog/izmeritelnye/toka/6-35-kv/tlo-10.htm>. - Дата доступа: 28.04.2021.

45. 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.