

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ энергетический  
КАФЕДРА Электрические системы

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

 В.М.И. Фурсанов

“ 1 ” 06 2021 г.

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Модернизация существующей кабельной сети 10 кВ района «К»

Специальность 1-43 01 02 Электроэнергетические системы и сети

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

Обучающийся  
группы 30602115

  
подпись, дата

В.К. Швед

Руководитель

  
подпись, дата

С.О. Новиков  
к.т.н., доцент

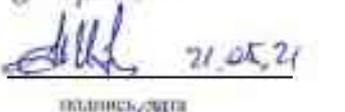
Консультанты:

по технологической части

  
подпись, дата

С.О. Новиков  
к.т.н., доцент

по электроэнергетической части

  
подпись, дата

С.О. Новиков  
к.т.н., доцент

по разделу «Экономическая часть»

  
подпись, дата

А.И. Лимонов  
к.э.н., доцент

по разделу «Охрана труда»

  
подпись, дата

Е.В. Мордик  
ст. преподаватель

Ответственный за нормоконтроль

  
подпись, дата

А.А. Волков  
ст. преподаватель

Объем проекта:

Расчетно-пояснительная записка – 112 страниц;

графическая часть – 8 листов;

магнитные (цифровые) носители – 1 единиц

Минск 2021

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект: 112 с., 45 рис., 10 табл., 56 источников

### КАБЕЛЬНАЯ СЕТЬ, МОДЕРНИЗАЦИЯ, НАДЕЖНОСТЬ, СХЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ПОТЕРИ МОЩНОСТИ, ТРАНСФОРМАТОР

Объектом разработки является внешняя электрическая сеть микрорайона жилой застройки.

Цель проекта – разработка технико-экономических решений по проектированию электрической сети 0,38-10 кВ для электроснабжения микрорайона жилой застройки.

В процессе проектирования выполнены следующие расчёты и исследования:

- проведен анализ литературных источников по теме дипломного проектирования;

- рассмотрены порядок и особенности разработки проектной документации, включающей технические решения по проектированию и реконструкции КЛ 10 кВ;

- проанализированы конструктивные особенности современных кабелей, применяемых на напряжение 10 кВ;

- рассмотрены существующие подходы к оценке надежности схем электроснабжения;

- собраны и проанализированы данные по существующей кабельной сети 10 кВ района “К”;

- проведен расчет режимов модернизируемой кабельной сети 10 кВ района “К” вручную и на ЭВМ. Определены рациональные места размыкания петлевой схемы городской сети исходя из минимума нагрузочных потерь;

- рассчитаны технико-экономические показатели;

- рассмотрены меры безопасности при эксплуатации кабельных линий КЛ и меры пожарной безопасности при проведении сварочных и других огнеопасных работ;

- рассмотрены конструкции современных трансформаторов 10 кВ.

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.

льных плакат

Количество слайдов

1

1

1

1

1

1

1

к ним раздел

С.О.

кта:

Примечание (в т.ч. о каводите сультант грллении)

но со-фика

но са

но енню

но са

1 г.

СОВ (илия)

Д (илия)

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ПУЭ. Правила устройства электроустановок: действие Правил в энергетике Республики Беларусь подтверждено письмом Белэнерго № 31/54 от 02.06.1999г.- 6-е изд., перераб. и доп.- Гомель, 2005.- 640с. 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. 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 приемодаточных испытаний. Минск : Минэнерго РБ, 2011. - 594 с.

3. ТКП 45-1.02-295-2014. Строительство. Проектная документация. Состав и содержание. Утвержден и введен в действие приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 27 марта 2014 г. № 85, Минск, 2014. - 45 с.

4. ТКП 547-2014. Нормы продолжительности проектирования электрических подстанций и линий электропередачи напряжением 0,4-750 кВ. Министерство энергетики Республики Беларусь. Минск : Энергопресс, 2014.- 60 с.

5. ТКП 609-2017. Автоматизация распределительных электрических сетей напряжением 0,4-10 кВ. Министерство энергетики Республики Беларусь. Минск : Экономэнерго, 2017. - 178 с.

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

7. ТКП 45-1.03-40-2006 (02250). Безопасность труда в строительстве. Общие требования. Минск : РУП "Стройтехнорм", 2007. - 58 с.

8. ТКП 45-1.03-44-2006 (02250). Безопасность труда в строительстве. Строительное производство. Минск : РУП "Стройтехнорм", 2007. - 42 с.

9. ТКП 385-2012. Нормы проектирования электрических сетей внешнего электроснабжения напряжением 0,4-10 кВ сельскохозяйственного назначения. Утвержден и введен в действие постановлением Министерство энергетики Республики Беларусь от 19.04.2012 г. № 18. - 48 с.

10. ТКП 45-2.02-315-2018. Пожарная безопасность зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования. - Взамен ТКП 45-2.02-142-2011; Введ. 01.09.2018г.- Минск: РУП "Стройтехнорм", 2018. - 52 с.

11. Короткевич, М.А. Эксплуатация электрических сетей / Короткевич М.А. - 2-е изд., испр. и доп. - Минск: Высшая школа, 2014. - 350 с.

12. Макаров, Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ. Том 4 / Под редакцией И.Т. Горюнова, А.А. Любимова - М.: Папирус Про, 2005. - 640 с.

13. ТКП 611-2017 Силовые кабельные линии напряжением 6-110 кВ. Нормы проектирования по прокладке кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена пероксидной сшивки; Введ. 02.10.2017г.- Мн., 2017. - 149 с.

14. Короткевич, М.А. Эффективность применения кабелей напряжением 6-110 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена. Часть 1 / М.А. Короткевич, С.И. Подгайский, А.В. Голомуздов // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ, 2017. Т. 60, № 5. С. 417-432.

15. Радкевич, В. Н. Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена и их основные характеристики / В. Н. Радкевич, Р. В. Романов // Энергия и менеджмент. - 2004. - № 6. - С. 40-43.

16. Короткевич, М. А. Эффективность применения кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена в электрических сетях / М. А. Короткевич // Энергосбережение - важнейшее условие инновационного развития АПК : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Минск, 23-24 ноября 2017 г. / редкол.: М. А. Прищепов [и др.]. - Минск : БГАТУ, 2017. - С. 56-58.

17. Короткевич, А. М. Выбор конструктивного исполнения линий электропередачи напряжением 10 кВ для городской электрической сети / А. М. Короткевич, М. А. Драко, Р. И. Уласовец // Энергетическая стратегия. - 2015. - № 6 (48) ноябрь - декабрь. - С. 22-24.

18. Шелест, М. В. Сравнительный анализ эксплуатационных характеристик кабелей с бумажно-пропитанной изоляцией и изоляцией из сшитого полиэтилена / М. В. Шелест ; науч. рук. М. А. Короткевич // Актуальные проблемы энергетики 2020 [Электронный ресурс] : материалы студенческой научно-технической конференции / сост.: И. Н. Прокопеня. - Минск : БНТУ, 2020. - С. 603-606.

19. Мурашко, Е. А. Арматура кабельной линии: назначение и основные виды / Е. А. Мурашко ; науч. рук. Н. С. Петрашевич // Актуальные проблемы энергетики 2020 [Электронный ресурс] : материалы студенческой научно-технической конференции / сост.: И. Н. Прокопеня. - Минск : БНТУ, 2020. - С. 532-533.

20. Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов / Е.А. Конюхова. Учеб-

ное пособие. М.: Академия, 2004. - 320 с.

21. Фадеева, Г.А. Проектирование распределительных электрических сетей: учеб. пособие / Г.А. Фадеева, В.Т.Федин; под общ.ред. В.Т.Федина. - Минск: Выш.шк., 2009. - 365 с.

22. СТП 09110.20.187-09. Методические указания по заземлению нейтрали сетей 6-35 кВ Белорусской энергосистемы через резистор. - Введ. 01.03.2010. - Минск : ГПО "Белэнерго", Минск : РУП "Белэнергосетьпроект", 2010. - 55 с.

23. Фурсанов, М. И. Об оптимальных режимах работы силовых трансформаторов / Фурсанов М. И, Радкевич В. Н. // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ - Энергетика : международный научно-технический журнал. - 2008. - №2. - С. 32 - 39.

24. Фурсанов, М. И. Аналитические критерии оптимального функционирования городских электрических сетей / М. И. Фурсанов // Наука - образованию, производству, экономике : материалы 15-й Международной научно-технической конференции. - Минск : БНТУ, 2017. - Т. 1. - С. 51.

25. Фурсанов, М. И. Выбор экономически обоснованных мероприятий по снижению потерь электроэнергии / М. И. Фурсанов, В. В. Макаревич, Е. М. Гецман // Наука - образованию, производству, экономике : материалы 14-й Международной научно-технической конференции. - Минск : БНТУ, 2016. - Т. 1. - С. 53.

26. Фурсанов, М. И. Алгоритм и программа для расчета и анализа режимов и потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях 6-20 кВ / М. И. Фурсанов, С. Г. Гапанюк // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ - Энергетика : международный научно-технический журнал. - 2013. - №2. - С. 11 - 20.

27. Гапанюк, С. Г. Расчет укрупненных показателей стоимости распределительных электрических сетей / С. Г. Гапанюк // Наука - образованию, производству, экономике : материалы 15-й Международной научно-технической конференции. - Минск : БНТУ, 2017. - Т. 1. - С. 74.

28. Калентионок, Е. В. Секционирование распределительных электрических сетей / Е. В. Калентионок // Наука - образованию, производству, экономике : материалы 14-й Международной научно-технической конференции. - Минск : БНТУ, 2016. - Т. 1. - С. 37.

29. Калентионок, Е. В. Выбор средств автоматического секционирования распределительных электрических сетей / Е. В. Калентионок // Сотрудничество - катализатор инновационного роста : сборник материалов 5-го Белорусско-

Балтийского форума, Минск, 9-10 октября 2019 года / Белорусский национальный технический университет. - Минск : БНТУ, 2019.- С. 74-75.

30. Калентионок, Е. В. Автоматизация поиска мест повреждений в воздушных распределительных электрических сетях / Е. В. Калентионок // Наука - образованию, производству, экономике : материалы 12-й Международной научно-технической конференции. Т. 1. - Минск : БНТУ, 2014. - С. 65-66.

31. Качан, П. С. Основные элементы конструкции кабельных линий электропередач / П. С. Качан ; науч. рук. Н. С. Петрашевич // Актуальные проблемы энергетики 2017 [Электронный ресурс] : материалы студенческой научно-технической конференции / Белорусский национальный технический университет, Энергетический факультет ; сост. И. Н. Прокопеня, Т. А. Петровская ; редак., комп. дизайн И. Н. Прокопеня. - Электрон. дан. - Минск : БНТУ, 2018. - С. 118-121.

32. Фурсанов, М. И. Определение потерь мощности в трансформаторах после нормативного срока эксплуатации / М. И. Фурсанов, Н. С. Петрашевич // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. - 2015. - № 5. - С. 16-23.

33. Баранова, Д. В. Подстанция глубокого ввода: особенности и основные характеристики / Д. В. Баранова, С. О. Новиков // Наука - образованию, производству, экономике : материалы 15-й Международной научно-технической конференции. - Минск : БНТУ, 2017. - Т. 1. - С. 63.

34. Герасименко, А.А. Передача и распределение электрической энергии / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. 3-е изд., перер. - М.: КНОРУС, 2012. - 648 с.

35. Мышковец, Е. М. Алгоритм обобщенных характеристик электрических сетей 0,38-10 кВ РЭС / Е. М. Мышковец // Наука - образованию, производству, экономике : материалы 12-й Международной научно-технической конференции. Т. 1. - Минск : БНТУ, 2014. - С. 70-71.

36. Ковзова, Д. Г. Индексы надежности систем электроснабжения и пути их увеличения / Д. Г. Ковзова ; науч. рук. В. В. Макаревич // Актуальные проблемы энергетики 2020 [Электронный ресурс] : материалы студенческой научно-технической конференции / сост.: И. Н. Прокопеня. - Минск : БНТУ, 2020. - С. 477-479.

37. Падалко, Л. П. Методы оценки финансово-экономической эффективности инвестирования энергетических объектов : учебно-методическое пособие по дипломному проектированию для специальностей 1-43 01 06 "Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент" и 1-27 01 01 "Экономика и организация производства (энергетика)" / Л. П. Падалко, И. В. Янцевич ; Бело-

русский национальный технический университет, Кафедра ЮНЕСКО "Энерго-сбережение и возобновляемые источники энергии". - Минск : БНТУ, 2009. - 53 с.

38. Адамицкий, А. В. К оценке остаточной стоимости основных фондов в технико-экономических расчетах / А. В. Адамицкий ; науч. рук. А. И. Лимонов // Модернизация хозяйственного механизма сквозь призму экономических, правовых, социальных и инженерных подходов [Электронный ресурс] : сборник материалов XV Международной научно-практической конференции, Минск, 21 ноября 2019 г. / редкол.: С. Ю. Солодовников (председатель) [и др.]. - Минск : БНТУ, 2019. - С. 276-277.

39. Лимонов, А. И. Совершенствование организации эксплуатации районных распределительных электрических сетей / А. И. Лимонов // Модернизация хозяйственного механизма сквозь призму экономических, правовых, социальных и инженерных подходов [Электронный ресурс] : сборник материалов XV Международной научно-практической конференции, Минск, 21 ноября 2019 г. / редкол.: С. Ю. Солодовников (председатель) [и др.]. - Минск : БНТУ, 2019. - С. 251-253.

40. Дмитриев, М.В. Проектирование и строительство кабельных линий 6-500 кВ. Актуальные проблемы // Новости ЭлектроТехники, 2020. № 6(126). - С. 2-4.

41. Короткевич М. А. Показатели надежности схем городской электрической сети для питания потребителей второй и третьей категории / М. А. Короткевич, Старжинский А. Л. // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ - Энергетика : международный научно-технический журнал. - 2012. - №5. - С. 12 - 16.

42. ТКП 290-2010. Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках / М-во энергетики Респ. Беларусь. - Минск : Экономэнерго, 2011 - 109 с.

43. Бурчик, С. Ю. Безопасное обслуживание электроустановок / С.Ю. Бурчик ; науч. рук. Е. В. Мордик // Литьё и металлургия 2019 [Электронный ресурс] : сборник научных работ II Международной научно-практической интернет конференции студентов и магистрантов, 16-17 октября 2019 года / ред.: А. П. Бежок, И. А. Иванов. - Минск : БНТУ, 2019. - С. 126-127.

44. Вольнец, А. В. Охрана труда в электроустановках / А. В. Вольнец, В. С. Рабцевич ; науч. рук. Е. В. Мордик // Новые материалы и технологии их обработки : сборник научных работ XX Республиканской студенческой научно-

технической конференции, Минск, 17-18 апреля 2019 года. - Минск : БНТУ, 2019. - С. 147-148.

45. Электронное пособие по использованию и применению комплекса программ RASTR. - 10 с.

46. Ковалев, Д.В. Современные разработки по расчету потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях 0,38-10 кВ / Д.В. Ковалев, А.В. Соловей, М.И. Фурсанов // Энергетическая стратегия. - 2017. - № 2 (56): март-апрель. - С. 17-14.

47. Фурсанов, М.И. Программно-вычислительный комплекс "GORSR" для расчета и оптимизации распределительных (городских) электрических сетей 10(6) кВ / М.И. Фурсанов, А.Н. Муха // Энергетик (Изв. высш. учеб.заведений и энерг. объединений СНГ). - 2000, - № 3. - С. 36-39.

48. ГОСТ 12.0.002-2003 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2003. - 11 с.

49. СТП 33240.20.501-19 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Республики Беларусь. Второе издание. ГПО "Белэнерго". Филиал "Информационно-издательский центр" ОАО "Экономэнерго", 2019. - 434 с.

50. РД 34.20.508-80 Инструкция по эксплуатации силовых кабельных линий. М: СОЮЗТЕХЭНЕРГО, 1980. - 108 с.

51. Тарнацкая, О. С. Конструктивное исполнение и технические характеристики сухих распределительных трансформаторов / И. В. Колосова ; науч. рук. И. В. Колосова // Актуальные проблемы энергетики [Электронный ресурс] : материалы 75-й научно-технической конференции студентов и аспирантов: секция "Электроснабжение" / сост. Т. Е. Жуковская. - Минск : БНТУ, 2019. - С. 52-55.

52. Герасимчик, В. А. Сравнительный анализ силовых трансформаторов тяговых подстанций ГЭТ / В. А. Герасимчик ; преп. М. Н. Пинчук // Сборник материалов Международной научно-практической конференции учащихся "Молодежь 21 века", 14 марта 2019 [Электронный ресурс] / редкол.: С. А. Квасюк [и др.]. - Минск : БНТУ, 2019. - С. 167-169.

53. Трансформаторы силовые сухие [Электронное издание]. - Режим доступа: <https://metz.by/transformatory-silovye-suxie/tsgl-tszgl-tszglf-tszgl11-tszglf11-tsdgl-tsdzgl-tsdzglf-tsdzgl11-tsdzglf11-klassov-napryazheniya-do-10-kv/>

54. Трансформаторы силовые сухие [Электронное издание]. - Режим доступа: <https://metz.by/transformatory-silovye-suxie/tsgl20-tszgl20-tszglf20-tszgl21->

tszglf21-tsdgl20-tsdzgl20-tsdzglf20-tsdzgl21-tsdzglf21-klassov-napryazheniya-do-10-kv/.

55. Трансформаторы силовые масляные [Электронное издание]. - Режим доступа: <https://metz.by/transformatory-silovye-suxie/tsgl20-tszgl20-tszglf20-tszgl21-tszglf21-tsdgl20-tsdzgl20-tsdzglf20-tsdzgl21-tsdzglf21-klassov-napryazheniya-do-10-kv/>.

56. 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.