

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ȘTIINȚEI
AL REPUBLICII MOLDOVA**

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

FCULTATEA DE ENERGETICĂ

DEPARTAMENTUL ELECTROMECHANICĂ

TEZA DE MASTERAT

**TEMA: "Modernizarea barelor cu tensiunea 10kV
la stația de transformatoare ST-110/35/10kV Dubăsari, cu
utilizarea întrerupătoarelor cu vacuum"**

Autor:

Masterandul anului II de studii IE-22M

M. Cabac

**Conducător științific:
d.ș.t., conf.univ.**

V. Rachier

Chișinău 2024

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	3
АННОТАЦИЯ	6
подстанции ТП-110/35/10кВ Дубоссары с использованием вакуумных выключателей”	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ ТП-110/35/10кВ ДУБОССАРЫ	10
1.2. Технические характеристики вакуумных выключателей типа ВВ/TEL-10	15
Рис.1.5. Общий вид вакуумных выключателей типа ВВ/TEL.....	15
1.3. Назначение вакуумных выключателей	15
1.4. Устройство и работа вакуумных выключателей.....	16
1.5. Конструкция вакуумных выключателя.....	16
1.6. Работа вакуумного выключателя.....	18
1.6.1. Включение.	18
1.6.2. Отключение.	19
1.6.3. Ручное отключение.	19
1.6.4. Автономное включение.....	19
1.6.5. Устройства управления выключателем.	20
2. СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ВАКУУМНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ ТИПА ВВ / TEL -10 И ИХ ОСОБЕННОСТИ	21
2.1. Назначение вакуумных выключателей типа ВВ/TEL-10.....	21
2.2. Основные термины для выключателей типа ВВ/TEL-10.....	22
2.3. Состав вакуумного выключателя ВВ/TEL-10 и структура обозначения	22
2.3.1. Модули управления выключателя ВВ/TEL-10.....	22
2.3.2. Условия эксплуатации выключателя ВВ/TEL-10.....	23
2.4. Технические характеристики выключателей типа ВВ/TEL-10.....	23
2.4.1. Изоляция.....	25
2.4.2. Вспомогательные блок-контакты коммутационного модуля	25
2.5. Устройство и работа выключателей типа ВВ/TEL-10.	26
2.5.1. Общие сведения.....	26
2.5.2. Конструкция коммутационных модулей	28
2.5.3. Устройство полюса	28
2.5.3.1. Тяговый изолятор ISM15_Shell_2, ISM15_Shell_FT2	32
2.5.3.2. Привод ISM15_Shell_2, ISM15_Shell_FT2	32
2.5.3.3. Индикатор положения главных контактов КМ	32
2.5.4. Работа вакуумного выключателя типа ВВ/TEL-10	33
2.5.4.2. Ручное включение и отключение выключателя типа ВВ/TEL-10	35
2.5.4.3. Модули управления выключателя типа ВВ/TEL-10	35
2.6. Подготовка к эксплуатации вакуумных выключателей типа ВВ/TEL-10.....	36
2.6.1. Подготовка к сдаче в эксплуатации выключателей ВВ/TEL-10	36
2.6.2. Подготовка выключателей к работе.....	36
2.6.2.1. Очистка изоляции коммутационного модуля.....	37
2.6.2.2. Проверка работоспособности коммутационного модуля	37
2.6.2.3. Испытание изоляции одноминутным напряжением промышленной частоты.....	38
2.7. Техническое обслуживание выключателей типа ВВ/TEL-10.....	40
2.7.2. Меры безопасности при обслуживании выключателей типа ВВ/TEL -10.....	41
2.8. Содержание аperiodической составляющей в полном токе короткого замыкания	42

3. СБОРНЫЕ ШИНЫ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НАПЯЖЕНИЕМ 10кВ ТП-110/35/10кВ ДУБОССАРЫ ДО И ПОСЛЕ.....	44
3.1. Дубоссарская ТП-110/35/10кВ и ее назначение.	44
3.2. Технические характеристики установленных выключателей на шинах напряжением 10кВ Дубоссарской ТП-110/35/10кВ	44
3.3. Определение расчетной мощности на сборных шинах напряжением $U_H=10кВ$ Дубоссарской ТП-110/35/10кВ	46
3.4. Расчет токов короткого замыкания	48
3.5. Последовательность расчета токов короткого замыкания.....	49
3.6. Определение сопротивлений схемы замещения преобразование ее к простейшему виду.....	51
3.7. Расчет токов короткого замыкания на шинах высокого и низкого напряжения для выбора оборудования подстанции.....	53
3.8. Выбор оборудования распределительных ячеек	56
3.9. Выбор устройств релейной защиты и автоматики КРУ-10 кВ.....	58
3.10. Выбор системы учета и контроля электроэнергии КРУ-10 кВ	60
4. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ	63
4.1. Общие положения	63
4.2. Математическая модель и алгоритм определения показателей надежности	63
4.4. Оценка надежности сборных шин 10кВ ТП-110/35/10кВ Дубоссары.....	73
4.5. Численный расчет показателей надежности сборных шин напряжением 10кВ Дубоссарской ТП - 110/35/10кВ до и после модернизации.....	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	81
ЛИТЕРАТУРА.....	83

ADNOTARE

**la teza de master elaborată de maestrul Cabac Mihail cu tema:
"Argumentarea modernizării barelor cu tensiunea 10kV la stația de transformatoare
ST-110/35/10kV, Dubăsari cu utilizarea întrerupătoarelor cu vacuum"**

Teza de master elabortă tste consacrată argumentării modernizării barelor cu tensiunea 10kV la stația de transformatoare cu tensiunea U-110/35/10kV, Dubăsari cu utilizarea întrerupătoarelor cu vacuum.

În teză ste argumentată necesitatea de reconstruire și modernizare a stației de tranformatoare cu tensiune U-110/35/10kV Dubăsari, care este un nod de formare a sistemului electroenergetic al țării, deoarece a fost dată în exploatare în anii 60 ai secolului XX.

Primul capitol al tezei este consacrat argumentării necesității de modernizare a o,iectelor electroenergetice de așa tip cu utilizarea echipamentelor electroenergetice contemporane ătre care se aliniază și întrerupătoarele cu vacuum de tip BB/TEL-10.

În capitolul doi este destinat analizei particularităților întrerupătoarelor de cu vacuum de tip BB/TEL-10, sunt prezentate caracteristicile tehnice și sunt indicare prioritățile acestor echipamente comparativvi cu alte echipamente electrice de același nivel de tensiune.

Capitolul trei al tezei este consacrat analizei stării barelor cu tensiunea 10kV, sunt efectuate calculele curenților de scurt circuit cu scopul de a argumenta modul de alegere a echipamentelor de distribuție și îndeosebi a întrerupătoarelor cu vacuum de tip BB/TEL-10.

În capitolul patru este efectuată aprecierea comparativă a indicatorilor de fiabilitate de funcționare a echipamentelor de distribuție după reconstrucție și modernizare a stației de transformatoare cu tensiunea U-110/35/10kv Dbăsari. Sunt prezentate calculele numerice al indicatorilor de fiabilitate care indică modul de schimb a barelor cu nivelul de tensiune 10kV ca rezultat al modernizării lor cu utilizarea întrerupătoarelor de tip BB/TEL-10kV.

ABSTRACT

to the master's thesis completed by Master Kabak Mikhail on the topic:

”Justification for the modernization of bus bars with a voltage of 10 kV of the transformer substation 110/35/10 kV Dubossary using vacuum circuit breakers”

The completed master's thesis is devoted to the justification of the modernization of bus bars with a voltage of 10 kV of the transformer substation 110/35/10 kV Dubossary using vacuum circuit breakers.

The paper provides a justification for the need for reconstruction and modernization of the entire transformer substation with a voltage of 110/35/10 kV Dubossary, since this electric power unit is a backbone and was put into operation in the early 60s of the twentieth century.

The first chapter provides a justification for the need to modernize such facilities using modern electrical equipment, which include vacuum circuit breakers of the BB/TEL-10 type.

The second chapter is devoted to the analysis of the features of vacuum circuit breakers of the BB/TEL-10 type, their technical characteristics are given and their advantages are indicated in comparison with other types of circuit breakers of the same voltage class.

The third chapter analyzes the condition of bus bars with a voltage of 10 kV and calculates short-circuit currents in order to correctly select the installed electrical equipment and select vacuum switches.

The fourth chapter is devoted to a comparative assessment of the reliability of the functioning of switchgears after the reconstruction and modernization of the transformer substation TP-110/35/10 kV Dubossary, numerical calculations of reliability indicators have been carried out, which show how the reliability of bus bars with a voltage of 10 kV changes after their modernization using switches of type BB/TL-10.

АННОТАЦИЯ

к магистерской диссертации выполненной магистром Кабак Михаилом на тему: ” Обоснование модернизации сборных шин напряжением 10кВ трансформаторной подстанции ТП-110/35/10кВ Дубоссары с использованием вакуумных выключателей”

Выполненная магистерская диссертация посвящена обоснование модернизации сборных шин напряжением 10кВ трансформаторной подстанции 110/35/10кВ Дубоссары с использованием вакуумных выключателей.

В работе приведено обоснование необходимости реконструкции и модернизации всей трансформаторной подстанции напряжением 110/35/10кВ Дубоссары, так как этот электроэнергетический узел, является системообразующим и было введено в эксплуатации в начале 60 годов XX столетия.

В первой главе проведено обоснование необходимости модернизации таких объектов с использование современного электрооборудования к которым относятся вакуумные выключатели типа BB/TEL-10.

Вторая глава посвящена анализу особенностей вакуумных выключателей типа BB/TEL-10, приведены их технические характеристики указаны их преимущества по сравнению с другими типами выключателей такого же класса напряжений.

В третья главе проведен анализ состояния сборных шин напряжением 10кВ и проведены расчеты токов короткого замыкания с целью правильного выбора установленного электрооборудования и выбора вакуумных выключателей.

Четвертая глава посвящена сравнительной оценка надежности функционирования распределительных устройств после реконструкции и модернизации трансформаторной подстанции ТП-110/35/10кВ Дубоссары, проведены численные расчеты показателей надежности, которые показывают как изменяется надежность сборных шин напряжением 10кВ после их модернизации с использованием выключателей типа BB/TEL-10.

ВВЕДЕНИЕ

Трансформаторные подстанции типа ТП-110/35/10кВ являются важнейшими объектами системно - образующей инфраструктуры электроэнергетических систем, которые являются узлами приема и распределения электрической энергии для большого количества потребителей. Таким электроэнергетическим узлом является и ТП-110/35/10кВ г. Дубоссары, которая была построена в 1962г. На этой трансформаторной подстанции установлены 2 (два) силовые трансформатора типа ТДТН-16* и вводные высоковольтные масляные выключатели типа МКП-110М-200 и У-110, а у сборных шин напряжением 10кВ установлены выключатели типа ВМГ-133-П.

Одновременно с модернизацией и заменой высоковольтных выключателей у сборных шин напряжением 110кВ, предлагается провести и модернизацию распределительных устройств напряжением 10кВ с заменой выключателей типа ВМГ-133-П на выключателей типа ВВЛ/ТЕЛ-10.

Эффективность функционирования транспортных, распределительных и питающих электрических сетей и трансформаторных подстанций различного уровня напряжений, которые составляют основу электроэнергетических систем и особенно ТП-110/35/10кВ, определяется надежностью функционирования и влияет на длительности перерывов в электроснабжении и недоотпуском электрической энергии различным потребителям.

Все эти состояния определяются, в первую очередь, состоянием составных элементов, трансформаторных подстанций и требованиями к бесперебойности электроснабжения потребителей, то есть уровнем надежности электроснабжения.

Интегрально приведенные аргументы подчеркивают повышенный интерес к роли электрической энергии и электроэнергетических систем в современном обществе. Роль электрической энергии в жизни общества продолжает расти и этот рост приводит к следующим явным тенденциям:

1) увеличению их сложности в результате развития и применения электрооборудования с повышенными параметрами, в связи с чем, выработка решений по обеспечению надежности становится менее очевидной и более трудоемкой;

2) возрастанию требований к надежности ЭЭС и ее составных элементов на всех ступенях иерархии их развития.

Из представленных материалов следует, что электрические сети напряжением U-110кВ и трансформаторные подстанции U-110/35/10кВ представляют собой важную часть инфраструктуры системообразующей системы передачи и распределения электрической энергии.

Необходимо отметить, что при переходе от планово – централизованной к рыночной экономике проблемы связанные с потерями, как в трансформаторах, так и в распределительных

сетях стали очень острые, так как их составляющие достигали до 35-40% от суммарной потребляемой мощности. Эти проблемы возникли из-за резкого снижения уровня электропотребления в промышленности и сельского хозяйства.

Поиск наилучших решений в условиях действия этих тенденций и вызвал широкое развитие исследований по самым различным аспектам надежности элементов, узлов, электрических сетей и ЭЭС в целом.

В данном обзоре рассматриваются особенности и параметры полностью управляемых приборов, в большей степени вакуумных выключателей как наиболее технологически отработанных, у которых большой технический ресурс и которые выполняют основные функции для обеспечения нормативного уровня надежности электроснабжения потребителей независимо от назначения, а также схмотехнические решения.

Для преодоления этих проблем необходимо их комплексное решение на общей технической базе. Такой базой в настоящее время является комплексная автоматизация с применением микроэлектроники, внедрением унификации и стандартизации. Разработка схемы конструкции и технологии становится единым процессом создания аппаратуры. Отработка серийной способности каждого изделия начинается с момента его зарождения и продолжается в процессе его производства.

Широкое использование электронной аппаратуры в различных областях науки и техники приводит к необходимости обеспечения высокой надёжности её работы при разнообразных климатических и механических воздействиях. Трудность выполнения данного требования связана с различным назначением РЭС, местом её установки и условиями эксплуатации.

Конструирование РЭС - сложный творческий процесс, не имеющий пока строгой всеохватывающей математической базы и ведущийся методом многочисленных проб и последовательных приближений. Этот процесс больше искусство, чем наука, хотя решение многих проблем конструирования основано на использовании строгого математического алгоритма, расчета тепловых режимов, прочности, различных допусков. Поэтому незначительные на первый взгляд погрешности или приближения, допущенные на ранних стадиях разработки РЭС, могут стать причиной крупных ошибок в дальнейшей работе.

Успехи в развитии полупроводниковой техники позволили широко использовать в народном хозяйстве регулируемые источники питания с бесконтактными системами автоматического управления. Мощность отдельных преобразователей достигает десятков тысяч киловатт. Большая гибкость управления и широкие возможности в отношении полноты автоматизации обеспечиваются благодаря широкому применению интегральных аналоговых и дискретных устройств, вычислительной техники, унифицированных блочных систем регуляторов.

Расширение и усложнение выполняемых функций, применение новых средств управления требуют высокого уровня подготовки специалистов, занятых его проектированием, монтажом, наладкой и эксплуатацией. Они должны хорошо знать назначение и элементную базу отдельных узлов, их свойства и характеристики, уметь разбираться в схемах управления.

Электротехнические установки, машины, агрегаты, в частности: дуговые, индукционные, плазменные, электронно-лучевые печи, автоматизированный электропривод, непосредственно участвуют в технологических процессах. От технического уровня, режима работы, условий эксплуатации электрооборудования зависит производительность, качество и себестоимость продукции, т.е. все основные показатели, характеризующие эффективность работы, как отдельных цехов, так и всего предприятия в целом. В этих условиях успех производственной деятельности инженера существенно зависит от его готовности к выполнению целого ряда функций, касающихся грамотной эксплуатации электрооборудования цехов.

Часть из вышеуказанных проблем могут быть успешно решены при модернизации трансформаторных подстанций и распределительных сетей различных уровней напряжения.

На эксплуатационную надежность трансформаторных подстанций особое влияние имеет надежность установленного электрооборудования на этих подстанциях. Поэтому модернизация отдельных системообразующих узлов с использованием элегазовых выключателей призвано к повышению эксплуатационной надежности электроэнергетических систем в целом.

Из всего представлено выше следует цель и актуальность выполненной магистерской работы.

Цель магистерской работе состоит в том, чтобы обосновать необходимую модернизацию Дубоссарской ТП-110/35/10кВ с заменой установленных вводных высоковольтных выключателей установленных в распределительных устройств напряжением 10кВ с заменой выключателей типа ВМГ- 133-II-на вакуумных выключателей типа BBL/TEL-10, которые обладают рядом преимуществ по сравнению высоковольтными масляными выключателями и более высокой эксплуатационной надежностью.

Актуальность темы магистерской работе заключается в том, что в результате модернизации Дубоссарской ТП-110/35/10кВ с использованием вакуумных высоковольтных выключателей типа BBL/TEL-10, улучшается техническая эксплуатация электрооборудования и трансформаторной подстанции в целом, повышается эксплуатационная надежность электрооборудования, что способствует повышению надежности электроснабжения потребителей и электроэнергетической системы в целом.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. Правила Устройств Электроустановок, Москва, –КНОРИС, 2018, 846с.
2. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок, Москва, –Энергоатомиздат, 1992г.345с.
3. Правила эксплуатации электрических станций и сетей, Москва, –Энергоатомиздат, 1996г. 487с.
4. ГОСТ 13109-07 Электрическая энергия М. Госстандарт Р. 2007 введен в эксплуатации с 2008г. 34с.
5. Фокин Ю. А. Вероятные – статистические методы расчета надежности систем электроснабжения, Москва, Энергоатомиздат, 1985. 176 с.
6. Технические характеристики вакуумных выключателей типа ВВ/TEL-10.
7. Руководство по эксплуатации вакуумных выключателей типа ВВ/TEL-10.; ЗАО ГК «Таврида Электрик».
8. ISO 9001:2008 №75954
9. ГОСТ Р 52565-2006 «Выключатели переменного тока на напряжение 3-750 кВ. Общие технические условия»
10. ГОСТ 32144-2013. «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». [Электронный ресурс]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения: 29.04.2023).
11. ГОСТ Р 59279-2020 «Схемы принципиальные электрические распределительных устройств от 35 до 750 кВ подстанций». [Электронный ресурс]: URL
12. Кадомская К.П., Лавров Ю.А. Электрооборудование высокого напряжения нового поколения. Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. 343 с.
13. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для ВУЗов. 5-е издание, перераб. и доп. М.:Энергоатомиздат, 2018. 608 с.
14. Счётчик Меркурий 234 ARTM F04 Лартех [Электронный ресурс]:URL
15. Попов, В. А. Вопросы оценки уровня надежности воздушных линий 6,10 кВ в энергосистемах Украины [Текст] / В. А. Попов, В. В. Ткаченко, Ю. Д. Манойло // Промэлектро. - 2010. - № 5. - С. 25-32.
16. Ерхан Ф.М., Неклепаев Б.Н Токи короткого замыкания и надежность электроэнергетических систем.М.;Энергоатомиздат, 1998, 346.
17. Жаркин, А. Ф. Решение задачи оптимального секционирования воздушных распределительных сетей в условиях нормирования показателей надежности [Текст] / А. Ф. Жаркин, В. А. Попов, В. В. Ткаченко // Техшчна электродинамша. - 2013. -№ 5. - С. 61-69.
18. Шон, Ф. Ч. Распределенная генерация и методы оценки надежности [Текст]: в 2 ч., часть 2 / Ф. Ч. Шон // I Международная научно-практическая конференция «Технические науки - основа современной инновационной системы». - Йошкар-Ола, 2012. - С. 15-17.
19. Antikainen, J. Possibilities to Improve Reliability of Distribution Network by Intended Island Operation [Text] / J. Antikainen, S. Repo, P. Verho, P. Jarventausta // International Journal of Innovations in Energy Systems and Power. - 2009. - Vol. 4, Issue 1. - P. 22-28.

20. Бат-Ундрал, Б. Повышение надежности систем электроснабжения потребителей при использовании распределенной генерации [Текст] / Б. Бат-Ундрал // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Методические и практические проблемы надежности либерализованных систем энергетики. - 2009. - Вып. 59. - с. 338-343.
21. Воропай, Н. И. Распределенная генерация в электроэнергетических системах [Текст] / Н. И. Воропай // Международная научно-практическая конференция «Малая энергетика-2005», 2005.
22. Воротницкий, В. Реклоузер - новый уровень автоматизации и управления ВЛ 6(10) кВ [Электронный ресурс] / В. Воротницкий, С. Бузин // Новости электротехники. - 2005. - № 3 (33). - Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru/arh/2005/33/11.php>
23. Javadian, S. A. M. Impact of distributed generation on distribution system's reliability considering recloser-fuse miscoordination -A practical case study [Text] / S. A. M. Javadian, M. Massaeli // Indian Journal of Science and Technology. - 2011. - Vol. 4, Issue 10. -P. 1279-1284.
24. Walling, R. A. Distributed Generation Impact on Distribution Systems [Text] / R. A. Walling, N. W. Miller // Final Report of GE Power Systems Energy Consulting, General Electric International Inc., 2002. - 56 p.
25. Ortmeyer, T. Renewable Systems Interconnection Study: Utility Models, Analysis, and Simulation Tools [Text] / T. Ortmeyer, R. Dugan, D. Crudele, T. Key, P. Barker // Report of Sandia National Laboratories. - USA, 2008. - 77 p.
26. Coster, E. Effect of Distributed Generation on Protection of Medium Voltage Cable Grids [Text] / E. Coster, J. Myrzik, W. Kling // CIRED 19th International Conference on Electricity Distribution. - Vienna, 2007. - P. 4.
27. Basso, T. S. System Impacts from Interconnection of Distributed Resources: Current Status and Identification of Needs for Further Development. Technical Report NREL/TP-550-44727 [Text] / T. S. Basso. - National Renewable Energy Laboratory. USA, 2009. - 44 p.