

Факультет АВИЭТ
Кафедра Электромеханики

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и Электротехника»
(шифр, наименование)**

НА ТЕМУ: «Исследование передачи электрической энергии в Кот-д'Ивуаре в условиях жаркого морского климата»

К защите допущен

Обучающийся

Гбамбле Би Джангоне Мариус (_____) (_____)
(фамилия, инициалы) (подпись)

Зав. кафедрой

Руководитель выпускной квалификационной работы

Исмагилов Ф.Р. (_____) (_____)
(фамилия, инициалы) (подпись)

Терегулов Т.Р. (_____) (_____)
(фамилия, инициалы) (подпись)

«_____» _____ 2020 г.

Рецензент

Елизарьев А.Ю. (_____) (_____)
(фамилия, инициалы) (подпись)

«_____» _____ 2020 г.

М.П.

Факультет АВИЭТ

Кафедра Электромеханика

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой _____ Исмагилов Ф.Р.
(подпись) (Фамилия И.О.)

« _____ » _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ

по подготовке выпускной квалификационной работы

обучающемуся Гбамбле Би Джангоне Мариус группы Э-212М
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема выпускной квалификационной работы: «Исследование передачи электрической энергии в Кот-д'Ивуаре в условиях жаркого морского климата»

(утверждена распоряжением факультета от _____ № _____)

2. Срок сдачи обучающимся законченной выпускной квалификационной работы _____
с 8 июня 2020

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе _____

4. Перечень вопросов, подлежащих разработке в выпускной квалификационной работе (краткое содержание, при необходимости с указанием разделов)

- Основные величины и теоретическое исследование воздушной электрической линии
- Теоретическое исследование технико-экономического состояния воздушных линий 225 кВ
- Организация строительных работ
- Исследование явлений проводимости загрязненных изоляторов высокого напряжения
- Инновационные программы проектирования опоры электрической линии.

5. Объем и степень использования программного обеспечения Microsoft Word, MS Excel, Simulink

6. Объем расчетно-пояснительной записки на 70-90 листах А4 формата.

7. Перечень графического материала (с указанием вида обязательных чертежей) _____
Презентация 9 слайдов

Дата выдачи задания « 09 » сентября 2019 г.

Руководитель Терегулов Т.Р. « _____ » _____ 2020 г.

ФГБОУ ВО
«Уфимский государственный авиационный технический университет»

Факультет АВИЭТ
Кафедра Электромеханики

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой _____ Исмагилов Ф.Р.
(подпись) (Фамилия И.О.)
«_____» _____ 2020 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

работы над выпускной квалификационной работой

обучающегося: Гбамбле Би Джангоне Мариус группы Э-212М
(фамилия, имя, отчество)

Тема выпускной квалификационной работы: «Исследование передачи электрической энергии в Кот-д'Ивуаре в условиях жаркого морского климата»

№ п/п	Наименование разделов выпускной квалификационной работы	Срок	Объем (в % от всей выпускной квалификационной работы)	Фактическое (объем работы в %)
1	Основные величины и теоретическое исследование воздушной электрической линии	15.11.2019	20%	20%
2	Теоретическое исследование технико-экономического состояния воздушных линий 225 кВ	16.02.2020	20%	20%
3	Организация строительных работ	19.03.2020	20%	20%
4	Исследование явлений проводимости загрязненных изоляторов высокого напряжения	22.04.2020	20%	20%
5	Инновационные программы для измерения напряжения электрической линии	16.05.2020	20%	20%

Обучающийся _____
(подпись)

«08» _____ июнь _____ 2020 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы _____
(подпись)

«08» _____ июнь _____ 2020 г.

Примечание: Календарный план работы над выпускной квалификационной работой должен быть разработан обучающимся до начала написания выпускной квалификационной работы.

Ход выполнения выпускной квалификационной работы:

Дата просмотра выпускной квалификационной работы на кафедре	15.11.2019	16.02.2020	19.03.2020	16.05.2020
Объем выполнения выпускной квалификационной работы в %	20%	40%	60%	100%

Дата защиты выпускной квалификационной работы на заседании ГЭК «07» июля 2020 г.

ПАМЯТКА ДИПЛОМНИКУ

Дипломник должен:

- Придерживаться следующей рекомендуемой последовательности подшивки документов:
 - титульный лист;
 - задание по подготовке выпускной квалификационной работы;
 - календарный план;
 - аннотация;
 - содержание;
 - введение;
 - разделы ВКР (в соответствии с требованиями к написанию выпускной квалификационной работы по направлению (специальности))
 - заключение;
 - список литературы;
 - приложения;
 - отзыв руководителя;
 - справка о результатах проверки ВКР на плагиат

Первым листом пояснительной записки считается титульный лист. Нумерацию листов выпускной квалификационной работы начинать с листа, на котором располагается основная надпись.

Для защиты выпускной квалификационной работы в установленный срок обучающийся должен:

- Представить выпускную квалификационную работу в срок не позднее 08.06.2020 на предварительный просмотр на кафедру (при наличии такой процедуры). Результат предварительной защиты выпускной квалификационной работы отражается в специальном Акте комиссии, назначаемой кафедрой.
- Представить готовую выпускную квалификационную работу в срок не позднее 08.06.2020 на подпись руководителю.
- Представить выпускную квалификационную работу на рецензию.
- Представить выпускную квалификационную работу на подпись заведующему кафедрой.
- Передать на кафедру анкетные данные консультанта выпускной квалификационной работы и рецензента (на специальном бланке), согласие на обработку персональных данных.

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложения. Работа содержит 124 страниц, иллюстрирована 47 рисунками, содержит 34 таблиц, 6 приложение, 3 источников.

ПРОВОДА, ИЗОЛЯТОР, ОПОРЫ, СТРЕЛА ПРОВЕСА, НАПРЯЖЕНИЯ, ТОК УТЕЧКИ, ЛИНИЯ УТЕЧКИ, ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ, ЖУРНАЛ ОПОР, УСИЛИЯ НА ОПОРЫ, ДЛИНА ПРОФИЛЯ, ОБХОД ЛИНИИ, ОБХОД ЗАГРЯЗНЕННЫХ ИЗОЛЯТОРОВ.

Объект исследования является Строительство воздушной линии электропередачи 225 кВ.

Целью работы это состоит в том, чтобы иметь возможность контролировать все компоненты воздушной электрической сети, иметь возможности проводить оптимальные исследования этой сети как в электрическом, так и в механическом плане. Речь пойдет также о приобретении опыта на воздушной линии электропередачи, понимании и оптимизации управления материальными и людскими ресурсами.

Основные величины воздушной линии и характеристики проводов, опор и изоляторов рассчитаны.

Воздушная линия построена.

Сопротивление загрязненных изоляторов проанализирован и различные силы, действующие на опоры проверены по программой проектирования.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ANNOTATION

Final qualification work includes an introduction, five chapters, a conclusion, a list of references and annexes. The work contains 124 pages, illustrated by 47 figures, 34 tables, 6 annexes, 3 sources.

ELECTRICAL WIRES, INSULATOR, PYLONS, SUSPENSION ARROWS, VOLTAGES, HIGH VOLTAGE LINE, PYLONS NOTEBOOK, EFFORTS AT PYLONS, LONG PROFILE, THE LEAKAGE LINE, THE LEAKAGE CURRENT, BYPASS LINE, THE BYPASS OF POLLUTE ISOLATORS.

The object of this study is the construction of an overhead power line 225 kV.

The purpose of this work is to be able to control all components of the overhead electrical network, to be able to carry out optimal studies of this network both in electrical and mechanical terms. It also involves gaining experience on the overhead power line, understanding and optimizing the management of material and human resources.

The main values of the overhead line and the characteristics of the wires, supports and insulators are calculated.

The electric overhead line is built.

The resistance of the contaminated insulators is analyzed and the different forces acting on the supports are checked according to the design program.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Содержание

Введение.....	7
1 Основные величины и теоретическое исследование электрической линии.....	13
1.1 Воздушные линии.....	13
1.2 Основные составляющие воздушной линии.....	13
1.3 Статистика и состояние сети в Кот д'Ивуаре в 2019г.....	28
2 Теоретическое исследование технико-экономического состояния воздушных линий 225 КВ.....	33
2.1 Некоторые понятия при определении размеров воздушных линий.....	33
2.2 Электротехническое исследование.....	37
2.3 Механическое исследование.....	44
2.4 Экономическое исследование.....	54
3 Организация строительных работ.....	57
3.1 Исследование проекта линии.....	57
3.2 Выполнение работ.....	66
4 Исследование проводимости при загрязненных изоляторах высокого напряжения.....	70
4.1 Характеристики изолятора.....	70
4.2 Загрязнение изоляторов.....	71
4.3 Математические модели.....	80
4.4 Общее моделирование системы изоляции.....	85
5 Инновационные программы проектирования опоры электрической линии.....	92
5.1 Презентация программного обеспечения <i>Progiel</i>	92
5.2 Сравнительное исследование.....	103
Заключение.....	108
Список литературы.....	109
Приложения А.....	112
Приложение Б.....	113
Приложение В.....	114
Приложение Г.....	115

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Приложение Д.....	116
Приложение Е.....	117
Приложение Ж.....	118
Приложение З.....	119
Приложение И.....	120
Отзыв руководителя.....	121
Справка антиплагиат.....	123
Рецензия на ВКР.....	124

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

CI-ENERGIE : Кот д'Ивуар энергии

PURE : программа восстановления сектора электроэнергетики

ВЛ: Ваздушная Линия

MPEDER : Министерства нефти, энергетики и развития возобновляемых источников энергии

ЛЭП: Воздушные линии электропередачи

ГЗТ: Грозозащитные тросы

EDSQ : Условия работ ежедневные

BNETD : Национальный кабинет технических исследований и разработок

AGEROUTE : Департаменте автомобильных дорог и мостов

ВН: Высокого Напряжения

ЭЛ: Электрической Линии

СIE : Государство Кот д'Ивуар электроэнергетическая компания

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Введение

Актуальность работы

Проблема передачи энергии в Африке по-прежнему сохраняется, хотя в некоторых районах континента, например в Кот-д'Ивуаре, имеются большие энергетические ресурсы. Воздушная линия (ВЛ) электропередач — это устройство, позволяющее переносить большое электрическое напряжение и мощность на большое расстояние. Как правило, она связывает центр производства с центром потребления. Производственный центр — это, по сути, электростанция. Что касается передачи энергии, то эта технология развивается менее быстрыми темпами по той простой причине, что, несмотря на наличие программ исследований, и разработок в области новых транспортных средств, электроэнергия может перевозиться в течение длительного времени только по подземным или воздушным кабелям.

Строительство сверхвысоких линий электропередач зависит от выбора нескольких методов. Эти методы требуют от инженера обладать специальными знаниями, связанными с этой деятельностью, в таких областях, как топометрия, топография, исследование почвы и расчет фундамента, прочность материалов и расчет каркасов, теоретическое исследование проводов и их поведение в воздухе. Доступ к электричеству является важным рычагом экономического роста и способствует сокращению масштабов нищеты. Поэтому электроэнергия играет важную роль в социально-экономическом развитии, а также в благосостоянии общества.

Поскольку экономика африканских стран продолжает расти, государство беспокоится об энергетических проблемах. Именно поэтому работа- **«Исследование передачи электрической энергии в Кот-Д'Ивуаре в условиях жаркого морского климата»** является актуальной. Чтобы лучше понять эту тему, рассмотрим случай восстановления сектора электроэнергетики (PURE) в Кот-Д'Ивуаре.

Объектом исследования строительство воздушной линии электропередачи 225 кВ

Предметом исследования является выбор и расчет воздушной линии электропередачи, а также оборудования, необходимого для возведения ВЛЭП; характеристики и электрические величины рассматриваемого оборудования.

Целью работы является определение влияния поверхностного загрязнения изоляторов солью на компоненты воздушной электрической сети в условиях Кот-д'Ивуар, исследования этой сети, как по электрическим, так и механическим характеристикам.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие основные частные научные задачи:

- Определены основные величины и теоретическое исследование воздушной электрической линии;
- Проведено теоретическое исследование технико-экономического состояния воздушных линий 225 кВ;
- Рассмотрена организация строительных работ;
- Проведено исследование явлений проводимости загрязненных изоляторов высокого напряжения;
- Представлены инновационные программы проектирования опоры электрической линии;

Методы исследования.

При решении научных задач применялись методы теоретического исследования, математического моделирования.

Теоретическая значимость.

- исследование почвы
- исследование местоположения новой воздушной линии
- исследование погоды в рабочей зоне
- исследование выбора материалов
- исследование сметной стоимости проекта

Практическая значимость.

Компания *CI-ENERGIE* (Кот д'Ивуар-энергии), отвечающая за планирование, контроль проектами, осуществляемыми государством Кот-д'Ивуар в качестве предоставляющего органа, контролирует передачей электрической энергии, отвечает за контроль инвестициями в укреплении, обновлении и развитии объектов для передачи энергии.

В рамках этого проекта, государство Кот-Д'Ивуара планирует строительство 1682 км высоковольтной линии, которая распределяется следующим образом:

- Линии 225 кв: 946 км,
- Линии 90 кв: 736 км.

Данный проект затрагивает три основных района кот-Д'Ивуара, а именно:

- Западную зону, особенно в районах Томпки, Гуэ-мон и Кавали, для которых проект будет состоять из:

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

- Строительства линии 225 кв для Ман-Дуэкуэ, Дуэкуэ-Буйо, Буйо-Субре, и Загне-Тупле.
 - Строительства линии 90 кв для Тулеупле шахты Ити и Лабоа-Туба.
 - Западно-центральную зону, особенно районы верхнего Сассандра, Вородугу, Бере и Марахуэ для которых проект будет состоять из:
 - Строительства линии 225 кв для Дуэкуэ-Буйо
 - Строительства линии 90 кв для Далоа-Вавуа, Вавуа-Зуенула, Зуенула-Манконо и Манконо-Сегела.
 - Северо-восточную зону, особенно районы Гбеке, Иффу, Индени-джуаблин, Гонтуго, Бункани и Чолого, для которых проект будет состоять из:
 - Строительства линии 225 кВ для Буаке 2-Серебу, Серебу-Бондуку, Серебу-Дабакала, Дабакала-Гонг, Гонг-Феркесседугу.
 - Строительства линии 90 кВ для Агнибилекро-Танда, Танда-Бондуку, Бондуку-Бун
- Эти районы показаны на рисунке 1.

Научная значимость заключается реализация программы Excel, предназначенной для определения механических величины, необходимых для определения размеров воздушных линий для передачи электрической энергии 225 кВ. Программа позволяет проверять расчеты, предотвращая разрушение опор.

Характеристика структуры работы:

- Титульный лист;
- Задание на ВКР;
- Календарный план работы над ВКР;
- Аннотация на русском языке и на английском языке;
- Содержание с постраничной разметкой;
- Обозначения и сокращения;
- Введение;
- Основная часть;
- Заключение;
- Список литературы;
- Приложения;

ВКР состоит из введения, 5 главы, заключения, списка литературы. ВКР изложена на 124 страницах с приложением, иллюстрирована 47 рисунками, 34 таблицами. Список литературы включает 30 источника.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 Основные величины и теоретическое исследование электрической линии

1.1 Воздушные линии

1.1.1 Определение и характеристики

Воздушные линии электропередачи (ВЛЭП) обеспечивают передачу большого количества энергии на большие расстояния от крупных производственных станций до крупных региональных подстанций. Они также используются для объединения электрических сетей, а также позволяют осуществлять крупные международные соединения. Эти линии могут быть воздушными, подземными или даже иногда подводными. Обычно работают с трехфазным, двухфазным переменным током, но также могут быть работы и с постоянным током.

Высоковольтные линии электропередач предназначены для уменьшения потерь в линии за счет повышения напряжения, что позволяет снизить ток в проводниках. Эти потери зависят от двух величин: сопротивления и тока в линии.

Использование высокого напряжения позволяет уменьшить ток в линии и, следовательно, потери. Кроме того, чтобы уменьшить сопротивление, можно изменять только удельное сопротивление материалов и сечение проводов, используемых для передачи. Сечение ВЛЭП зависит от значения напряжения.

Воздушные линии имеют рабочее напряжение 3-х категорий, то есть: 63 кВ, 90 кВ, 225 кВ, 400 кВ и т. д.

ВКот-Д'Ивуаре высоковольтные линии характеризуются двумя напряжениями: 225 кВ и 90 кВ, а для будущих проектов предусмотрены 330 кВ и 400 кВ.

1.2 Основные составляющие воздушной линии

Элементы, которые описываются в этой главе, составляют неотъемлемую часть линии, и их выбор должен быть разумным, потому что они оказывают большое влияние на выполнение работ, на затраты строительства и обслуживание линии, а также на надежность и долговечность.

1.2.1 Провода

Провода являются основными элементами передачи энергии. Они изготавливаются из металлического материала, обеспечивающего связь и прохождение электрического тока. Обычно они состоят из металлов с хорошей электропроводностью. Воздушные линии подвержены к воздействию атмосферных факторов: температуры, ветра, дождя, гололеда и так далее. Поэтому провода должны быть выбраны таким образом, чтобы выдерживать

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

все эти погодные условия. Для производства проводников наиболее часто используются металлы: медь (рис.4), алюминий, сталь и алмелек, который является алюминиевым сплавом (рис 3). В таблице 1 в Приложении Б приведены характеристики этих металлов.



Рисунок 1.1 – Провод из алюминиевого сплава



Рис 1.2 – голый медный провод

В таблице 1 в Приложении Б показано, что медь является хорошим проводом, поскольку имеет низкое удельное сопротивление и выдерживает удары, но с трудом поддается к обработке. Алюминий является 2-м лучшим материалом в области линий электропередач, но ее прочность остается слишком низкой. Для повышения своей твердости и механической прочности алюминий был обработан, получены ее сплавы с другими металлами и материалами. Характеристики этих материалов представлены в таблице 2 в Приложении Б.

В таблице 2 в Приложении Б показано, что алмелек, представляющий собой алюминиевый сплав кремния и меди, имеет свойства, близкие к меди, поэтому он сегодня является наиболее часто используемым материалом для строительства линий. В исследовании рассматриваются провода из алмелек.

Грозозащитные тросы

Грозозащитные тросы (ГЗТ) (рис.5) устанавливаются на самой верхней точке опоры воздушной линии и служат для защиты проводов и опор от прямых ударов молнии,

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

следовательно, играют важную роль в устойчивой и надёжной работе ВЛЭП (воздушной линии электропередачи):

- Защищают провода от прямых ударов молнии и уменьшают количество дефектов, влияющих на высоковольтные линии,
- обеспечивают стекание тока молнии в землю через заземляющий проводник, который имеет металлическую связь с грозотросом,
- уменьшают повышение потенциала опор во время повреждения, так как однофазный ток распределяется между несколькими точками заземления; в результате они повышают безопасность людей, находящихся в непосредственной близости,
- Снижают помехи в телекоммуникационных цепях.
- По всем этим причинам грозозащитные тросы систематически устанавливаются на высоковольтных линиях, соблюдая те же правила механической калибровки, что и фазные проводники. Электрические и механические расчёты производятся в каждом проекте.

Существует два вида грозозащитного троса:

- Стальные и сталеалюминиевые (*phlox 94*):

Изготавливаются из алмелек– алюминиевых сплавов и высокопрочной стали.

- Грозозащитный трос со встроенным оптоволоконном (*OPGW*) для телекоммуникаций.

Кабели, содержащие оптические волокна, установленные почти на всех линиях высокого напряжения, допускают большое расстояние передачи энергии и имеют преимущество в том, что они устойчивы к любым электромагнитным воздействиям.

В таблице 3 в Приложении Б приведены характеристики наиболее часто используемых грозозащитных тросов.

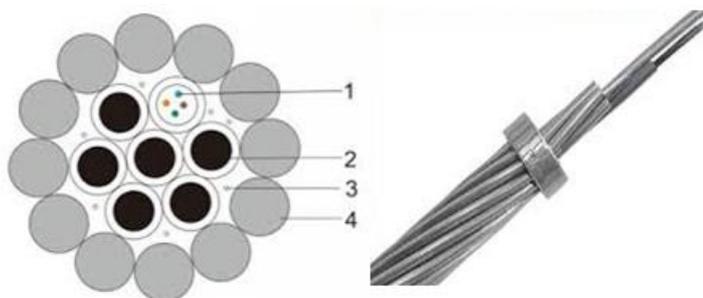


Рисунок 1.3 – Грозозащитный трос

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

1. Стальная труба
2. Стальная проволока с алюминиевым покрытием
3. Масло
4. Алюминиевый провод

Марки современных неизолированных проводов, выполненных из алюминия и стали, и их конструкция:

- А - провод, скрученный из алюминиевых проволок,
- АКП - провод марки А, межпроволочное пространство всего провода, за исключением наружной поверхности, заполнено нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости,
- АС - провод, состоящий из стального сердечника и алюминиевых проволок,
- АСКС - провод марки АС, межпроволочное пространство стального сердечника, включая его наружную поверхность, заполнено нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости,
- АСКП - провод марки АС, межпроволочное пространство всего провода, за исключением наружной поверхности, заполнено нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости,
- АСК - провод марки АС, стальной сердечник изолирован двумя лентами полиэтилентерефталатной пленки. Многопроволочный стальной сердечник под полиэтилентерефталатными листами должен быть покрыт нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости,
- АН - провод, скрученный из проволок нетермообработанного алюминиевого сплава марки АВЕ,
- АЖ - провод, скрученный из проволок термообработанного алюминиевого сплава марки АВЕ.

1.2.3 Изоляторы

Цепи могут быть простыми (легкие провода в подвеске), двойными прямыми (горизонтальные для швартовых тросов и вертикальными для тяжелых проводов), двойными V-образными (подвесные провода против качания) или даже тройными

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

(поддерживающими несколько проводов). Изоляторы играют электрическую и механическую роль:

- Электрические: предотвращают контакт незаизолированных проводников с опорами или между ними, тем самым избегая серьезных сбоев в работе или чрезмерных потерь; обеспечивают электрическую изоляцию проводников и оборудования для заземления.
- Механические: противостояние силам, передаваемым по кабелям (собственный вес, ветер, мороз и т. д.) и реакциям опор.

Характеристики изоляторов:

- Основные электрические величины для определения цепи изолятора:
 - выдерживаемое напряжение в сухом состоянии
 - выдерживаемое напряжение на промышленной частоте при дождях
 - выдерживаемое напряжение при загрязнениях, которое является преобладающим значением для выбора изолятора
- Механические величины, определяющие выбор цепи изоляторов:
 - Механическая прочность на растяжение
 - Механическая устойчивость к изгибу

Типы изоляторов:

Изоляторы подразделяются на два больших класса, которые различаются по жесткости и гибкости и их привязки к опоре.

- Жесткие изоляторы (рисунок 1.4): Эти изоляторы могут использоваться в вертикальном, горизонтальном или наклонном положении. Этот тип изолятора может подвергаться механическим нагрузкам на изгиб, растяжение и сжатие, а иногда и на скручивание.



Рисунок 1.4 – Изолятор из закалённого стекла

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17



Рисунок 1.5 – Изолятор с внутренним заделыванием



Рисунок 1.6 – Изолятор linepost

- Изоляторы подвесные (рисунок 1.7): они могут быть одинарными или двойными в зависимости от увеличения механической прочности. Их длина зависит от требуемого уровня изоляции. В эту категорию входят две конструкции изоляторов.



Рисунок 1.7 – Изоляторы подвесные

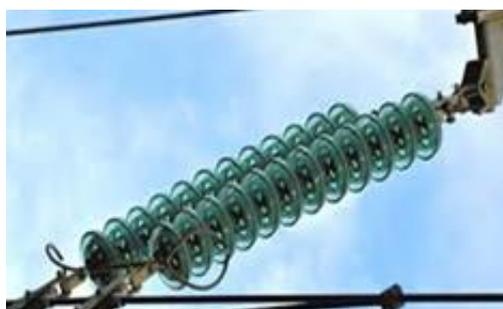


Рисунок 1.8 – Гирлянда стеклянных изоляторов



Рисунок 1.9 – Фарфоровый стержневой изолятор

1.2.4 Опоры

Опоры выполняют функцию поддержания провода на безопасном расстоянии от Земли и окружающих препятствий (среды), чтобы обеспечить безопасность людей и объектов, расположенных в непосредственной близости от линий. Формы опор, в зависимости от важности, могут варьироваться от простых деревянных или бетонных столбов высотой около десятка метров до металлических конструкций стальных решетчатых опор высотой более 50 м. Формы опор определяются на основе механических напряжений, в основном создаваемых проводниками, которые они поддерживают, и на основе напряжений электрической изоляции.

Как правило, передача энергии напряжения класса В осуществляется с использованием стальных опор. Эти опоры обычно представляют собой решетчатые пилоны всех форм и размеров. Опоры, сформированные из угловых соединений или труб, собранных болтом или заклепкой, могут транспортироваться и монтироваться по элементам.

1.2.4.1 Классификация опор

Опоры можно классифицировать по нескольким критериям:

- ❖ Классификация в зависимости от расположения элементов опоры. Среди используемых типов элементов можно выделить два основных класса:
 - Первый класс: проводники расположены на разной высоте (рисунок 1.10). Провода располагаются на опорах в виде треугольника, флага, бочки, двойного треугольника. Это система с наложенными фазами.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

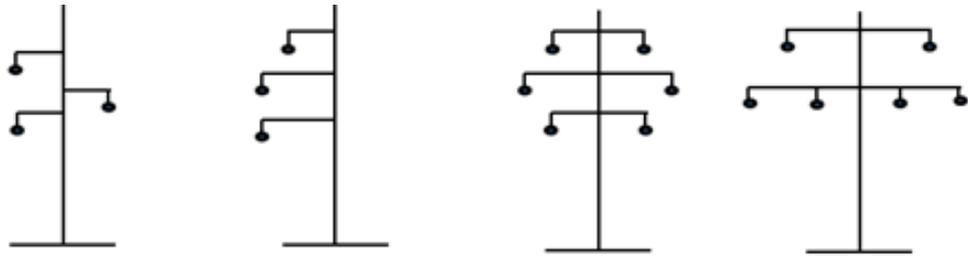


Рисунок 1.10 – Опоры на разной высоте

Второй класс: проводники расположены на одном уровне или на нескольких разных уровнях (рис 1.11,1.12).

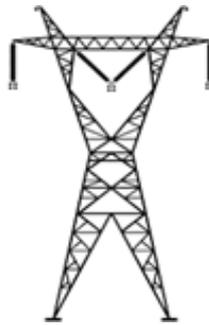


Рисунок 1.11 – Опора типа кошки

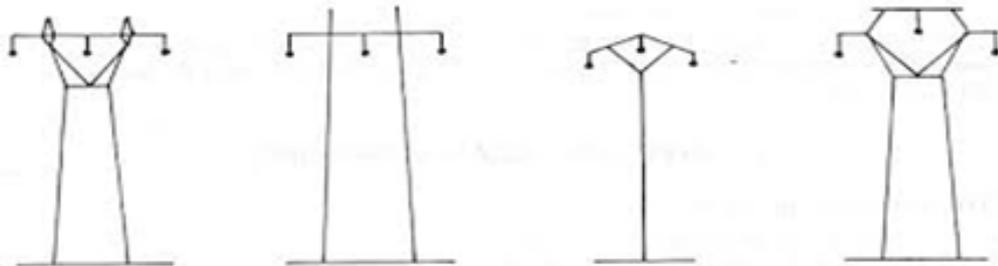


Рисунок 1.12 – Опоры с горизонтальной скатертью

❖ Классификация опор в зависимости от нагрузки

Семейство опор состоит из набора опор, имеющих похожие элементы, но имеющих различную механическую прочность. В зависимости от их функции на линии опоры имеют различные размеры, чтобы выдерживать определенные усилия. Опоры могут быть решетчатыми или трубчатыми (рисунок 1.13, 1.14).

- Тип А: промежуточные опоры, используемые для малых углов (от 0 до 3°) и всегда расположенные на прямой оси ВЛЭП.

- тип В: опоры с углом от 3 до 30°, которые могут использоваться в качестве концевых опор, обычно расположены между двумя осями.
- тип С: опоры с углом от 30 до 60°, которые могут использоваться в качестве анкерно-угловых опор.



Промежуточная опора



Угловая опора



Концевая опора

Рисунок 1.13 – Опоры решетчатые



Рисунок 1.14 – Опоры трубчатые промежуточные

1.2.4.2 Различные части опор

Все опоры, в целом, можно разбить на две части:

- 1- голова 2- бочка. Приведенный ниже рисунок 1.15 позволит нам лучше понять роль различных частей.



Рисунок 1.15 – Различные части опор

❖ Голова составлена из консолей и мольберта - грозозащитных тросы

Роль консоли:

- Придерживание провода
- Обеспечение электрических расстояний между проводами
- Обеспечение заземления между проводами и опорой

Мольберт - грозозащитные тросы имеют две функции:

- Обеспечение угла защиты грозозащитных тросов
- поддержка грозозащитных тросов

❖ Бочка состоит из ствола, расширений и ноги. Функции:

- придерживает голову (и провода) на некотором расстоянии от Земли
- передает усилия механических нагрузок проводов в землю

1.2.5 Фундаменты

Фундамент используется для передачи нагрузок от опоры (собственный вес сборки, конструкции, кабелей, изоляторов...), а также механических усилий в Землю. Не все участки почвы одинаково устойчивы, а опоры не имеют одинаковых нагрузок, поэтому размеры для каждого случая разные. В приведенной ниже таблице 4 представлены механические характеристики грунта и связанные с ним типы фундаментов.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Таблица 4 – Типы фундаментов по характеристикам почвы

Поле	Геологическая природа	Допустимое давление (кН/м ²)	Угол подъема земли (°)	Типы фундаментов
Скалистое поле	Твердые породы	1000		Глубокий и специальный фундамент
Мягкое поле без воды	Мягкие породы, латерин	400	30-37	Фундамент поверхностный
Промежуточное поле без воды	Марна, глина	200	22-26	Фундамент поверхностный
Твердое поле – без воды	Глина мягкая	100	15-40	Фундамент поверхностный
Болотистое поле	Глина насыщенная	100	15-40	Фундамент поверхностный

1.2.6 Аксессуары для линий

- ❖ Устройства амортизатора и вибрации на проводах
- Stockbridge

Амортизатор — это одно из самых продаваемых устройств. Он состоит из крепёжного зажима на проводе, провода "мессенджер" и противовесов (рис 1.16).

Основной принцип такого амортизатора заключается в поглощении вибрационной энергии, хранящейся в линии провода, и ее рассеивании в тепловом виде за счет трения между нитями провода "мессенджер", соединяющего противовесы с крепежным зажимом.



Рисунок 1.16 – Stockbridge

➤ Распорки

На рисунке 1.17 изображены проставки. Геометрия должна быть согласована с конфигурацией линии для поддержания зазора между проводами, для ограничения вибрации и поддержания эквипотенциальности как в обычных условиях, так и после короткого замыкания.



Рисунок 1.17 – проставки вибрационные

❖ Сигнальные устройства

Эти устройства, называемые маяками, используются для распознавания линий летящими аппаратами для избежания аварий. Используется на фазных проводах с номинальным напряжением до 500 кВ.

Ниже на рисунке 1.18 представлены существующие типы.

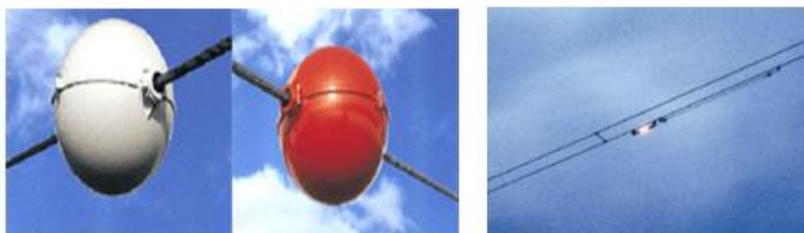


Рисунок 1.18 – Маяки дневные и световые

❖ Устройства связи

Устройств связи обычно называют муфтами (рисунок 1.19). Существуют муфты соединения, анкерные и концевые муфты. Их суть состоит в том, чтобы закрепить концы соединяемых проводов на конец муфты с дальнейшим подводом их к электрическим установкам, стационарным сооружениям, воздушным линиям электропередачи и связи.

Муфты предназначены для обеспечения:

- механических соединений провода с опорой;
- механических соединений двух идентичных проводов;
- расстояния между двумя проводами или конца провода.



Рисунок 1.19 – Соединительная муфта

❖ Зажим – поддерживающий

Зажим – поддерживающий (рисунок 1.20) включает:

- прямолинейную центральную часть, внутри которой провода должны быть натянуты при помощи колодки;
- изогнутую часть, имеющей достаточный радиус кривизны.
- большие зазоры на концах изогнутой части с небольшим радиусом кривизны.



Рисунок 1.20 – зажим поддерживающий

1.3 Статистика и состояние сети в Кот д'Ивуаре в 2019 г

До проведения исследования целесообразно ознакомиться с состоянием линий электропередач в Кот-Д'Ивуаре. После производства электрическая энергия не может быть сохранена. Поэтому она распределяется через линии электропередач и трансформаторные подстанции в различные точки использования.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Энергосистема Кот-д'Ивуара обладает богатыми энергоресурсами, в числе которых семь гидроэлектростанций, четыре тепловых электростанций, сорок восемь трансформаторных подстанций 225 кВ и 90 кВ, десять трансформаторных подстанций 33/15 кВ и линии для передачи и распределения.

1.3.1 Производство электроэнергии в Кот-д'Ивуаре

Производство электроэнергии в Кот-д'Ивуаре осуществляется через гидроэлектростанции и тепловые электростанции.

❖ Гидроэлектростанции

Гидроэлектростанции вырабатывают электрическую энергию при вращении турбины, которая, вращая вал генератора, производит переменный ток.

Гидроэлектростанции, доступные для электросетей Кот-д'Ивуара, находятся на реке Биа, гидроэлектростанции Аяме 1 и Аяме 2.

- Аяме 1, введенный в эксплуатацию в 1959 году, обеспечивает общую мощность 20 МВт,
- Аяме 2, введенный в эксплуатацию в 1965 году, обеспечивает общую мощность 30 МВт.

Гидроэлектростанция Фаэ, расположенная на реке Сан-Педро, введена в эксплуатацию в 1983 году с установленной мощностью 5 МВт.

На реке Бандаман находятся гидроэлектростанции Коссу и Таабо.

- гидроэлектростанции Коссу, введенная в эксплуатацию в 1972 году, выдает мощность 174 МВт,
- гидроэлектростанции Таабо, введенная в эксплуатацию в 1979 году, выдает мощность 210 МВт,

На реке Сассандра расположены гидроэлектростанции Буйо и Субре:

- гидроэлектростанции Буйо, введенная в эксплуатацию в 1980 году, выдает 165 МВт,
- гидроэлектростанции Субре, введенная в эксплуатацию в 2017 году, выдает 275 МВт.

❖ Тепловые электростанции

На тепловых электростанциях энергия вырабатывается в результате сжигания природного газа. Увеличение давления горячего газа приводит турбину во вращательное движение и, таким образом, получает механическую энергию. Соединение вала турбины с валом генератора переменного тока преобразует механическую энергию в электрическую.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

В таблице 5 представлены производственные характеристики тепловых электростанций Кот-д'Ивуара.

Таблица 5 – Список тепловых электростанций в Кот-д'Ивуаре

Тепловые электростанции	Год начала эксплуатации	Установленная мощность (МВт)
Вриди ТАГ	1984	100
Сипрэл 1	1995	105
Сипрэл 2	1998	115
Азито 1	1999	148
Азито 2	2000	148
Сипрэл 3	2009	115
Агреко 1	2010	74
Агреко 2	2012	37
Сипрэл 4	2013	115
Агреко 3	2013	99
Сипрэл ТАГ	2015	119
Азито ТАГ	2015	145
Общая установленная мощность (МВт)		1320

1.3.2 Подстанции и линии электропередач в Кот-д'Ивуаре

Для передачи всей энергии к точкам использования, производимой на плотинах и тепловых электростанциях, в электрической сети имеется совокупность трансформаторных станций и линий электропередач, причем трансформаторные станции используются для изменения величины напряжения. В Кот-д'Ивуаре имеется сорок восемь высоковольтных трансформаторных станций и линий, состоящих из:

- 15 станций 225 кВ
- 33 подстанций 90 кВ
- 2469 км линий 225 кВ
- 2664 км линий 90 кВ

Длина линий провода среднего и низкого напряжения распределяется следующим образом:

- 23 516 км провода 15 кВ и 33 кВ
- 20 746 км низковольтных провода

Провода являются носителями электрического тока между станциями.

1.3.3 Характеристики провода сети в Кот-д'Ивуаре

В таблице 6 приведены основные характеристики этих проводов, соответствующих французскому стандарту *NFC34– 125*.

Таблица 6 – Характеристики проводов в сети Кот-д'Ивуар

Характеристики	Единицы	<i>ASTER 570</i>	<i>PHLOX 94</i>	<i>OPGW</i>
Номинальное сечение	мм ²	570	94	93.31
Эффективное сечение алюминиевый сплав (альмелек)	мм ²	570.22	57.95	
Эффективное сечение стали	мм ²		42.12	
Общее сечение	мм ²	570.22	94.07	
Внешний диаметр	мм	31.1	12.70	13.20
Средний вес	даН/м	1.574	0.481	0.490
Окончательный модуль упругости	даН/мм ²	5500	11600	12700
Коэффициент линейного расширения	10 ⁻⁶ /°C	23.0	14.7	14.7
Расчетная разрывная нагрузка	Н	18360	8035	8000
Электрическое сопротивление 20°c	Ом/км	0.058	0.642	0.48
Допустимый ток в постоянном режиме.	<i>A</i>	840		
Количество проводов изалюминиевых сплавов (альмелек)		61	15	
Диаметр проводов алюминиевый сплав (альмелек)	мм	3.45	2.10	
Количество проводов из стали			19	
Диаметр проводов из стали	мм		1.68	

1.3.4 Характеристики опор, в сетях в Кот-д'Ивуара

- Тип А: промежуточные опоры, используемые для низких углов от 0 до 3° и всегда расположенные на прямой оси ВЛЭП.
- тип В: опоры с углом от 3 до 30°, которые могут использоваться в качестве концевых опор, обычно расположены между двумя осями.
- тип С: опоры с углом от 30 до 60°, которые могут использоваться в качестве анкерно-угловых опор.

1.3.5 Взаимосвязанная сеть Кот-д'Ивуара

Электрическая система Кот-д'Ивуара, осуществленная в Западной Африке, должна удовлетворять национальному спросу и полностью выполнять свои обязанности по импорту из соседних стран, в частности из:

- Буркина и Мали с станцией Ферке;
- Либерия, Сьерра-Леоне и Гвинея, использующие проект присоединения Кот-д'Ивуар - Либерия – Сьерра-Леоне - Гвинея который реализуется в настоящее время;
- Гана, Того и Бенин с помощью укрепления взаимосвязи Кот-д'Ивуар-Гана путем строительства линии 330 кВ.

Рисунки 22 и 23 в приложениях В и Г показывают взаимосвязанную сеть Кот-д'Ивуара в 2017 году и к 2030 году.

Вывод:

В данной главе рассмотрены важные величины линий электропередач и основные составляющие воздушной линии, такие как провода, грозозащитные тросы, изоляторы, опоры, аксессуары для линий, фундаменты, которые необходимы для понимания нюансов передачи электрической энергии. Изучено состояние сети Кот-Д'Ивуара в 2019 году и к 2030 году. Для понимания всего процесса передачи энергии в Кот-д'Ивуаре, рассматривается следующая глава, в которой проводятся технико-экономические исследования.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

2 Теоретическое исследование технико-экономическое состояния воздушных линий 225 кВ

Данная глава посвящена размерам линий электропередач и их финансовым аспектам. Проект будет сосредоточен на электрических и механических исследованиях линии 225 кВ и будет основан на существующих характеристиках сетей и строительных проектов в Кот-д'Ивуаре.

Сначала представляется методика проектирования, а затем различные расчеты для электрических и механических исследований высоковольтной воздушной линии и, наконец, экономические исследования.

2.1 Некоторые понятия при определении размеров воздушных линий

Перед определением размера линии электропередачи сначала приводится предварительный макет линии, позволяющий определить угловые точки и общее расстояние линии. Определяются различные места установки опоры после топографической съемки, геотехнических исследований и с встретившимися препятствиями. Основной характеристикой линий электропередач является ее межфазное напряжение, которое определяет изоляцию линий при любых обстоятельствах, напряжение между фазными проводниками, постоянно подвергаемых к воздействию окружающей среды.

2.1.1 Основные геометрические определения

Приведенные ниже данные имеют важное значение в проектировании линии и особенно актуальны для геометрического исследования. Эти данные должны быть тщательно рассчитаны, чтобы гарантировать стабильность опоры и, следовательно, долговечность линии. Среди них выделяются:

D_{pp} : минимальное расстояние между фазой (в метрах).

D_{el} : минимальное расстояние между фазой и землей (в метрах).

F_{max} : максимальная стрела провеса - это максимальное расстояние между участком, на которой прикреплен провод, и самым низким уровнем в цепи (в метрах)

L_i : длина подвесной гирлянды (в метрах)

a : Пролёт это расстояние между двумя опорами (в метрах)

P_v : Ветровой пролет это расстояние между 2 средними точками 2х последовательных диапазонов (в метрах)

P_p : Весовой пролет это расстояние между двумя низшими точками двух последовательных пролётов в метрах.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Продольный профиль – представление вертикального разреза по оси линии.

Значения D_{pp} и D_{el} приведены в стандарте *NFEN 50341-1 / A1*, июль 2009 г.

На рисунках 2.1, 2.2 представлены эскизы линии и иллюстрации различных величин, упомянутых выше.



Рисунок 2.1 – Схема, представляющая различные геометрические величины линии

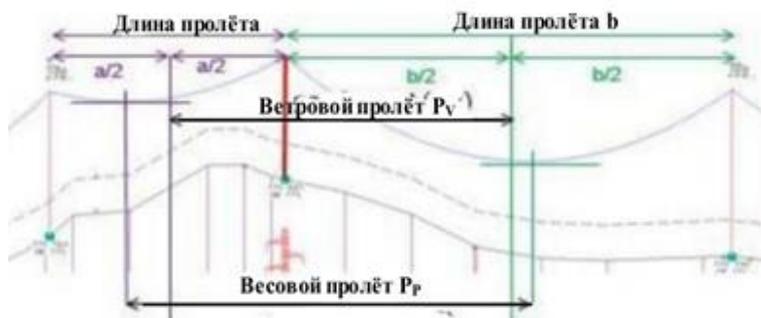


Рисунок 2.2 – Схема, иллюстрирующая различные виды диапазона

Значение длины профиля влияет на размер пролёта, длину и выбор вида опоры. Кроме того, рассматривается важность правильного выбора и расчета этих различных параметров.

2.1.2 Погодные условия

❖ Основные данные

- Учитываемое напряжение сети 225 кВ
- Номинальный диапазон: $a = 400$ м
- Эквивалентный диапазон : 475 м

Таблица 7 – Основные предположения

Максимальное давление ветра	680Па
Давление ветра (нормальная скорость ветра)	240Па
Толщина льда	0 мм
Уровень загрязнения	31 мм / кВ (серьезное загрязнение)
Кераунный уровень	120
Среднее значение pluviометра	1900 мм/год
Высота над средним уровнем моря	1000 м
Максимальная относительная влажность воздуха	100%
Минимальная относительная влажность воздуха	80%

❖ Метеорологические ограничения

Воздушные линии повреждаются от погоды и климата, в которой они расположены, поэтому на этапе обучения это важно принять во внимание.

Для определения размера линии электропередачи учитывается ряд метеорологических условий, которые могут возникнуть или каким-либо образом повлиять на работу и долговечность этой линии в соответствии с климатом района. Предположения, принятые во внимание при построении нашей линии, приведены в таблице:

Таблица 8 – Погодные ограничения

обозначение	условия	температура (°с)	давление (н/м)	конечное напряжение
<i>A</i>	повседневное состояние	среднегодовые показатели : 30	0	≤20%разрывное напряжение
<i>B</i>	минимальная температура	минимальная : 10	240	≤40%разрывное напряжение
<i>C</i>	максимальный ветер	среднегодовые показатели : 30	680	≤40%разрывное напряжение
<i>D</i>	ветер отсутствует	45	0	

Предположения А: (повседневное состояние)

- Провода находятся в области средней годовой температуры
- Давление ветра равно нулю
- Допустимое механическое напряжение не должно превышать 20% от напряжения размыкания проводника.

Предположения В: (минимальное температура)

- Минимальная температура проводника
- Давление ветра увеличивается
- Допустимое механическое натяжение не должно превышать 40% от разрывающего провода.

Предположения С: (состояние при максимальном ветре)

- Провода находятся в области средней годовой температуры
- Максимальное давление ветра
- Допустимое механическое натяжение не должно превышать 40% от разрывающего провода.

Предположения D: (средняя температура)

- Проводники находятся в области средней годовой температуры
- Давление ветра равно нулю

2.2 Электротехническое исследование

Проведение электрического исследования линии равносильно правильному выбору или поиску электрических компонентов линии, а именно: проводов, изоляторов, защитных элементов.

2.2.1 Методология определения размера

- ❖ Определение размера проводов

Это:

- ✓ Выбор материала и сечения проводов для использования в зависимости от рабочего напряжения линии;
- ✓ Выбор сечения кабеля, поддерживающего номинальный ток I_N , проходящего через линию;
- ✓ Проверка проводана ток короткого замыкания I_{cc} , передаваемого по линии.

В случае необходимости переходят к более большому сечению проводов.

Определение размера изоляторов

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Определение размера изоляторов зависит от материала, количества пластин, места и длины линии, где они будут установлены. Чтобы осуществить выбор, действуют следующим образом:

- ✓ Выбирают различные материалы, из которых изготавливается изолятор.
- ✓ В соответствии со стандартами выбираются характеристики изоляторов и определяются количество пластин.
- ✓ Рассчитывается длина линии.
- ❖ Защитные элементы линии

Цель состоит в правильном выборе защитных элементов, расположенных в станциях. Элементы защиты предотвращают большой ущерб. Есть 2 типа, а именно:

- ✓ Элементы механической защиты
- ✓ Элементы электрической защиты

2.2.2 Применение методологии выбора и результаты

- ❖ Определение размера проводов
- ✓ Выбор используемого материала и сечения проводов

Из всех материалов, используемых в реализации высоковольтных сетей, рассматриваются *ACS* и *OPGW*, грозозащитные тросы и **алмелек (AAAC)** или **Aster (AAAC)**, потому что:

- механическая стойкость выше, чем у алюминия
- легкие по сравнению со сплавом алюминия и стали
- низкая себестоимость по сравнению с медью

Приведенная ниже таблица 9, взятая из стандарта *NFEN 50182*, позволяет выбрать сечение проводов в зависимости от слоя и значения напряжения.

Таблица 9 – Сечение кабеля в зависимости от уровня напряжения и площади замерзания

Напряжение (кВ)	Легкий или мягкий иней	Средний иней	Тяжелый иней
63 или 90	aster 228 336 aster 570	pastel 288 pastel 299 pastel 412 pétunia 612	pastel 299 pastel 412 pastel 612
225	aster 570 2 aster 570	pétunia 612 2 pétunia 612	pétunia 612 2 pétunia 612 или 1 aster 1600

400	2 aster 570	2 pétunia 612	2 pétunia 612
	3 aster 570	2 aster 1144	2 aster 1600
	4 aster 570 (1)	2 aster 1600	
Из-за экологических ограничений и трудностей при строительстве новых сооружений 400 кВ, чаще всего, линии комплектуются пучками 4 Aster 570.			

Рассматривается кабель *Aster 570*, характеристики которого перечислены в таблице 10.

Таблица 10 – Электрические характеристики провода *Aster 570*

Электрические характеристики	Значения
Максимальная температура постоянного режима (°C)	75
Активное сопротивление при 20°C (ом/км)	0,146
Температурный коэффициент сопротивления (k^{-1})	0,0036
Индуктивное сопротивление x (ом/км)	0,4

После выбора материала переходят к расчету различных элементов, которые позволяют найти идеальное сечение кабеля.

✓ Расчет номинального тока I_N и его экспериментальная проверка

Расчет номинальной силы тока производится по следующей формуле:

I_N - Номинальный ток (А)

$$I_N = \frac{S}{U\sqrt{3}}$$

S – Мощность, протекающая в проводе (ва)

U - Напряжение фазы/фазы (В)

Данные: 275 МВт, $U = 225$ кВ

Данные номинального тока, который протекает в проводах:

Aster 228 : $I_N = 705,65$ А

Согласно стандарту *NFEN 50183* допустимое значение тока для кабеля *Aster 570* составляет: **840 А**. Таким образом, можно сказать, что кабель *Aster570* способен выдерживать номинальный ток нагрузки.

Дальше проверяется устойчивость к току короткого замыкания I_{cc} , передаваемой по линии.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Проект предоставляет следующую информацию:

Подстанция 225 кВ Субли: $P_{cc} = 275$ МВА и $I_{cc} = 1444$ А

Продемонстрировано, что кабель *Aster 570* может выдержать, по крайней мере, $I_{cc} = 1444$ А. Для проводов сечения S_c существует ток короткого замыкания максимальный, как функция времени от повреждения (t). В зависимости от природы сердечника проводника, оно может пройти без повреждений. Данная интенсивность определяется по формуле:

S_c - Сечение кабеля в мм²

$$I_{cc\text{макс}} = \frac{S_c \times a}{\sqrt{t}}$$

T - Время в секунду (с)

$a = 55.07$ –параметр для алюминия

Для *Aster 570*:

$$I_{cc\text{макс}} = \frac{570.2 \times 55.07}{\sqrt{0.9}} = 33099.47 \text{ А}$$

$$I_{ccp} = 1444 \text{ А} < I_{cc\text{макс}} = 33099.47 \text{ А}$$

это означает, что кабель *Aster 570* может выдерживать короткое замыкание, поэтому рассчитывается допустимое падение напряжения на кабеле.

✓ Падение напряжения

Падение напряжения рассчитывается по формуле:

$$\Delta U = \sqrt{3} (R_{70^\circ C} I_N \cos \varphi + X I_N \sin \varphi)$$

$$R_{70^\circ C} = [1 + \alpha(\Delta\theta)] R_{20^\circ C} \times d \text{ Ом}$$

d : расстояние проводов в км

α : температурный коэффициент K^{-1}

$\Delta \varphi$: отклонение сопротивления от температуры °C

X : электрическое реактивное сопротивление, Ом

Делая расчет, получается:

$$\Delta U = 4914 \text{ В}$$

По сравнению с напряжением линии, которая составляет 225 кВ, отклонение падения напряжения равно:

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

$$\frac{\Delta U}{U} = 2\%$$

Стандарт предусматривает падение напряжения не более **8%**

Вывод: выбранный провод *Aster 570* соответствует трем критериям.

Выбор грозозащитного троса

Предыдущая глава дала характеристики обычных защитных кабелей. В рамках проекта выбираются грозозащитные тросы в зависимости от выбранного проводника.

В Кот-д'Ивуаре *ASTER 570* мм² используется в 225 кВ, а *ASTER 228* мм² в 90 кВ. Максимальная сила тока 840А и 480А соответственно; они значительно меньше допустимого тока, так как эти сечения могут выдерживать токи 1200А и 800А соответственно. Характеристики этих кабелей соответствуют французскому стандарту *NFC34-125*.

В таблице 11 приведены характеристики защитного кабеля в зависимости от выбранного проводника.

Таблица 11 – Механические характеристики кабелей

Характеристики	Проводник	ACS	OPGW
Название :	<i>AAAC-570</i>	<i>ACS-95</i>	<i>OPGW-94 (24-ребро)</i>
Диаметр : мм	31,1	12,48	13,2
Площадь раздела : мм ²	570,2	95	93,31
Удельный вес : кг/м	1,576	0,6332	0,525
Конечная прочность на растяжение: н	185330	101040	74500
Коэффициент линейного расширения : 1/°с	0,000023	0,000013	0,0000147
Модуль упругости: н/мм ²	54000	147200	121800

❖ Определение размера изолятора

Чтобы определить размеры изоляторов, выбирается материал, который будет использован при изготовлении изоляторов.

✓ Выбор материала для изоляторов

Таблица 12 – Преимущества и недостатки различных материалов изоляторов

	Преимущества	Недостатки
Керамика	– выдерживает значительные механические нагрузки	– очень высокая стоимость
Стекло	– низкая стоимость – поддерживает резкие изменения температуры поддерживает очень высокие механические нагрузки	– тяжелый – поддерживает только механические напряжения
Композитный	– хороший материал для районов с высоким уровнем загрязнения – легкий – поддерживает значительные механические нагрузки	– невидимый износ – высокая стоимость

Выбор будет касаться для материала из стеклянного изолятора (именно из закаленного стекла) из-за его стоимости, легкости наблюдения за дефектами и, прежде всего, его способности выдерживать резкие изменения температуры. Кроме того, этот тип изолятора уже существует в сети.

Он состоит из:

- изолирующей части из закаленного стекла;
- крышки из металлического сплава;
- оцинкованного стального стержня;
- устройства замка-пиннинга из металлического сплава.

✓ Определение напряжения обхода в зависимости от степени загрязнения

Загрязнение является функцией солености, поэтому рассматривают ее как медленно возрастающую величину. Таблица 13 в приложении Ж, взятая из стандарта *CEI 61466*, приводит обходное напряжение изолятора в соответствии с зоной загрязнения. Поэтому значение напряжения обхода $\beta = 16$ мм/кВ сохраняется.

✓ Расчет длины утечки

Длина рассчитывается по формуле:

$$L_f = 1.1 \times U_m \times \beta$$

Значение наибольшего напряжения в сети для единой системы является функцией номинального выдерживаемого напряжения грозового импульса.

Таблица 14 в приложении Ж, составленная по стандартам EN 60071-2, позволяет сохранить $U_m = 245$ кВв качестве максимального значения напряжения.

После расчета получается значение $L_f = 4312$ мм

✓ Расчет длины цепи

Длина цепи изолятора является функцией сопротивления от максимального рабочего напряжения, которая меняется из-за удара молнии или перенапряжений, или сбоев, вызванных в сети. Таблица 15 в приложении З предоставляет данные 14 элементов, поддерживаемых максимальное напряжение 245 кВ, который соответствует диаметру 245 мм и шагу 127мм.

Для каждого из 3 уровней загрязнения минимальная длина утечки линии изоляторов определяется в соответствии с номинальным напряжением объекта. Эта минимальная линия утечки определяется независимо от характера материала изолятора (фарфор, стекло, композит или другое) в соответствии со стандартом EN 60071-2, который приведен в таблице 16 в Приложении З.

❖ Защитные устройства

На линиях высокого напряжения защитные устройства отключения расположены на трансформаторных подстанциях. Тем не менее, на линии устанавливаются:

- Защитный трос, который защищает от молнии
- Заземление, которое позволяет току замыкания легко течь на землю.
- Рожки и ракеткицепи изоляторов, которые служат цепям и проводам; улучшают распределение напряжения вдоль цепи изоляторов.

2.3 Механическое исследование

2.3.1 Определение геометрических размеров

❖ Расстояние от земли

Определение безопасного расстояния от линии является сложным исследованием. На основе некоторых предположений, французский технический ГОСТ приводит минимальные расстояния, которые должны соблюдаться между линией и его окружающей средой. Втаблице 9 приведены значения, указанные в межведомственном техническом постановлении Франции от 17 мая 2001 года, которые являются минимальными

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

значениями, обязательными соблюдению, и могут увеличиваться в соответствии с требованиями заказчика.

Таблица 9 – Безопасное расстояние между кабелями и его окружающей средой

Характер поверхности	Значение технического расстояния (м)	
	90 кВ	225 кВ
Обычная земля	6,5	7
Сельскохозяйственная земля	7	7,5
Дорожные полосы движения	8,5	8,5
Река	3,5	4
Дом и здание	4	5,5

Для данного исследования минимальное расстояние, которое должно соблюдаться по всей линии от Земли, равно $D_{\text{мин}} = 7.5$ м, а на пересечениях дорог общего пользования используется с надбавкой на 1,75 м. Рассматривается значение $D_{\text{мин}} = 7.5$ м, так как после построения линии некоторые населения возвращаются к выращиванию продовольственных культур под линией.

❖ Расстояние между кабелями

Согласно стандарту EN 50341-1, минимальное расстояние рассчитывается по следующим формулам:

$$C_1 = k\sqrt{f_{\text{макс}} + l_k} + k_1 \times D_{pp}. \quad (1)$$

– минимальное расстояние между фазами,

$$C_3 = k\sqrt{f_{\text{макс}} + l_k} + k_1 \times D_{el} \quad (2)$$

– минимальное расстояние между фазой и защитой кабеля

$f_{\text{макс}}$: Максимальная Стрелка (м)

L_k : Длина цепи изолятора (м)

k : Коэффициент, см. Стандарт EN 50341

D_{pp} : Минимальное значение воздушного зазора (межфазное), см. Стандарт EN 50341

D_{el} : Минимальное значение воздушного зазора (фаза относительно земли), см. Стандарт EN 50341

✓ Эквивалентный вес

Проводники, которые используются, характеризуются нагрузкой, точнее, их собственным весом ω (Н/м). Кроме того, воздействие атмосферных факторов, таких как ветер, создают перегрузку для этих проводников и накладывают на цепи изолятора угол наклона φ (°). Опоры, используемые для удержания этих проводов на определенной высоте от земли для обеспечения безопасности, должны учитывать этот вес, называемого эквивалентным весом P_{equi} (Н/м). Угол наклона называется углом поворота.

Что в конечном дает :

$$P_{equi} = \sqrt{\left(\left(\omega + 0.9 \times \pi \times e \times \frac{e+d}{1000}\right) \times g\right)^2 + \left(P \times \frac{2e \times d}{1000}\right)^2} \quad (3)$$

и

$$\varphi = \arctan\left(\frac{P \times d}{P_{equi}}\right)$$

ω : линейный вес проводника (кг/м)

e : толщина льда (мм)

d : диаметр проводника (мм)

g : гравитационное поле (м/с²)

p : давление ветра (Н/м²)

✓ Напряжения кабеля и стрела провеса

Напряжение в кабелях и результирующая стрела провеса определяются индивидуально для каждой метеорологических гипотез. Эталонная гипотеза - это гипотеза EDS, данные которые приведены выше. Приводится напряжение, температура и эквивалентный вес в гипотезе 1. Далее определяется напряжение в других гипотезах, которые приведут к стреле провеса.

Для этого длина дуги пролета уровня (рис 2.3) (в предположении дуги параболической формы) записывается так:

$$S = a + \frac{a^3}{24 \times P^2} \quad (4)$$

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Если a - длина пролета, а P - отношение натяжения (T) провода к его кажущемуся весу (p_{equi}), то

$$P = \frac{T}{p}$$

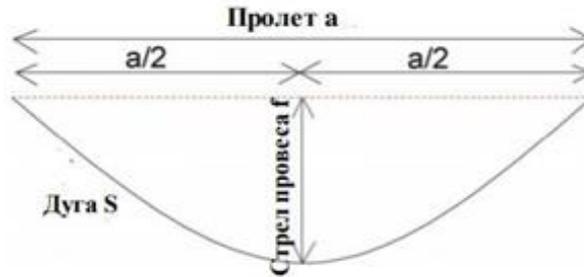


Рисунок 2.3 – дуга кривизны проводов

Поскольку известно исходное условие (состояние 1), разность длины дуги s между состоянием 2 и состоянием 1 соответствует алгебраической сумме упругого Δ_1 и теплового удлинения Δ_2 , с:

$$\Delta_1 = S_1 \frac{T_2 - T_1}{ES} \quad (5) \quad \text{и} \quad \Delta_2 = S_1 \alpha (\theta_2 - \theta_1)$$

E - модуль упругости Юнга в (Н/мм²); α коэффициент линейного расширения ($^{\circ}C^{-1}$); S сечение в (мм²), T_1 и T_2 соответственно напряжения проводника в состояниях 1 и 2, θ_1 и θ_2 температуры состояний 1 и 2.

Поэтому:

$$\frac{P_{equi2}^2 \times a^3}{24 \times T_2^2} - \frac{P_{equi1}^2 \times a^3}{24 \times T_1^2} = S_1 \frac{T_2 - T_1}{ES} + S_1 \alpha (\theta_2 - \theta_1) \quad (6)$$

С индексом 1 для параметров состояния 1 и индексом 2 для состояния 2.

Разделив уравнение на a и предположив, что $\frac{S_1}{a} \cong 1$, получается уравнение состояния:

$$\alpha (\theta_2 - \theta_1) = \left(\frac{P_{equi2}^2 \times a^2}{24 \times T_1^2} - \frac{T_2}{ES} \right) - \left(\frac{P_{equi1}^2 \times a^2}{24 \times T_1^2} - \frac{T_1}{ES} \right) \quad (7)$$

Целью данного исследования является определение параметров в состоянии 2, поэтому следует записать уравнение 2 в следующей форме, называемой уравнением изменения состояния:

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

$$T_2^3 + T_2^2 \left(\frac{P_{equi1}^2 \times a^2}{24 \times T_1^2} ES + \alpha(\theta_2 - \theta_1) ES - T_1 \right) = \frac{P_{equi2}^2 \times a^2}{24} ES \quad (8)$$

Выражение выражается как функция единичного напряжения t (Н/мм²) проводника:

$$t_2^3 + t_2^2 \left(\frac{\omega_1^2 \times a^2}{24 \times t^2} E + \alpha(\theta_2 - \theta_1) E - t_1 \right) = \frac{\omega_2^2 \times a^2}{24} E \quad (9)$$

t : единичное напряжение проводника (Н/мм²)

ω : удельный вес проводника (Н/м.мм²)

$$T = t \times S$$

Зная условия эталонного состояния 1, пределы изменения уравнения состояния (уравнение степени 3 в T_2) можно определить напряжение для T_2 .

Стрела провеса, связанная с натяжением, получается:

$$f = \frac{a^2}{8 \times P} \quad (10)$$

Или

$$f = \frac{t}{\omega} \left(\cosh \left(\frac{\omega \times a}{2 \times t} \right) - 1 \right) \quad (11)$$

$$P = \frac{t}{\omega}$$

После расчетов для метеорологических гипотез (тип проводника защитного кабеля приведена выше) суммируются результаты при допустимом механическом напряжении 20% для проводников и 18% для защитных проводов. Они приведены в таблице 17 в приложении Ж.

2.3.2 Исследование нагрузки на опоре (металлическая опора)

Предположения для расчета нагрузок на опоры идентичны погодным условиям, представленным ниже. Используются наиболее неблагоприятные среды для расчета расходов.

- ❖ Условия нагрузки
- ✓ Защитные проводники

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Условие 1: *EDSQ* (условия работ- ежедневные) при + 30°С без ветра. Усилие натяжения = 37 066 Н, в проводнике = 18 187 Н, в защитном проводе *ACS* = 13 410 Н.

Условие 2: Пониженное давление ветра 240 Н/м² (коэффициент сцепления для проводника или защитного кабеля в комплекте) при минимальной температуре +10°С.

Условие 3: Максимальное давление ветра 680 Н/м² (коэффициент сцепления для проводника или защитного кабеля в комплекте) и средняя температура + 30°С.

Условие 4: Максимальная температура: + 75°С

Условие 5: Давление ветра снижено до 50%,
680 × 0.50 = 340 Н/м²(коэффициент сцепления для проводника или заземляющего провода в комплекте), при +30°С и для расчета ветра при 45°.

✓ Некоторые понятия, используемые для расчета нагрузок

Средняя дальность (P_m)

опоры–сумма пролетов смежных опор. На ровной поверхности для опор заданной высоты средний пролет — это максимальная длина проводов, которую может выдержать опора. По сути, это функция параметра проводов и расстояния от земли.

$$P_m = \frac{a_1 + a_2}{2} \quad (12)$$

Дальность ветра — это сумма дальности двух половин, прилегающих к опоре. Она соответствует диапазону, который необходимо учитывать при расчете сил на головку пилона.

Дальность веса — это сумма расстояний между опорой и самыми низкими точками двух соседних пролетов. Это значение используется для определения собственного веса проводов на опоре.

Если дальность ветра больше, чем средний диапазон на ровной поверхности, то опора должна адаптироваться к профилю. Соответственно, диапазон веса должен быть больше, чтобы учитывать вертикальные перегрузки из-за неравномерности опор относительно друг друга.

✓ Усилия, передаваемые на опоры кабелями

Вертикальные нагрузки (В): они составляют все вертикальные составляющие нагрузки проводов, защитных тросов, веса изоляторов.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Поперечные горизонтальные нагрузки (Γ): они составляют все силы, перпендикулярные линии, таких как воздействия ветра на провода, защитные кабели и изоляторы.

Продольные горизонтальные нагрузки (Π): они составляют все силы, параллельные к линии.

✓ Случай выравнивания опор

- Вертикальная нагрузка (B) проводников и защитных кабелей

Для определения опорных реакций в плоскости проводников и кабелей используется параметр Z , учитывающий перепады высот по обе стороны рассматриваемого опора (рисунок 27). Расчет этих вертикальных нагрузок производится при условии, что горизонтальные напряжения проводников и предохранительных кабелей предварительно определены уравнением изменения состояния.

Эта нагрузка задается формулой:

$$V = m\omega \times \frac{a_1 + a_2}{2} + T \left(\frac{Z}{a_1} + \frac{Z}{a_2} \right) \quad (13)$$

m : коэффициент перегрузки, $m = 1$ в регионах к югу от Сахары

T : горизонтальное натяжение

К этой вертикальной нагрузке B добавляется вес изоляторов для определения общей вертикальной нагрузки.

- Z положительный, если рассматриваемая опора находится над соседними опорами;
- Z отрицательный, если рассматриваемая опора находится ниже соседних опор.
- $Z = 0$ для поддержки уровня

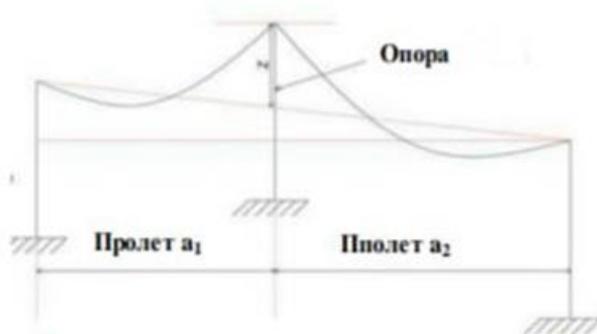


Рисунок 2.4 – представление смежной дальности

- Поперечные горизонтальные нагрузки (Г)

Они возникают из-за воздействия ветра и являются функцией:

- Динамического ветрового давления на проводники и защитные кабели
- Средней дальности P_m
- Диаметра d проводников и/или защитного троса

Сила ветра, передаваемая каждым проводом опоре, расположенному между двумя пролетами длиной a_1 и a_2 , определяется как:

$$H = \frac{a_1 + a_2}{2} P \times d \quad (14)$$

- Продольные горизонтальные нагрузки (П)

В линии, которая обеспечивает нормальное обслуживание без каких-либо механических перегрузок, изменения температуры создают различия в напряжениях между концами линии, которые приводят к небольшим отклонениям. Эти различия в напряжении подвергают опор к постоянным незначительным продольным нагрузкам. На практике это не учитывается.

✓ Случай угловых и остановочных опор

Угловые и остановочные опоры предназначены для поддержки значительных постоянных усилий из-за углов или конца линии. Их ориентация отвечает особым требованиям.

- Вертикальная нагрузка (В) из-за проводников и защитных проводов

Вертикальные нагрузки в этом случае такие же, как и у выравнивающих опор, т.е.

$$V = m\omega \times \frac{a_1 + a_2}{2} + T \left(\frac{Z}{a_1} + \frac{Z}{a_2} \right) \quad (15)$$

- Горизонтальные поперечные нагрузки (Г)

Эти нагрузки, направленные вдоль внутреннего угла, включают в себя, помимо действия ветра, угловой эффект из-за максимального натяжения тросов с обеих сторон опор в самой неблагоприятной погоде:

$$H = \frac{a_1 + a_2}{2} P \times d + (T_2 + T'_2) \sin \frac{\alpha}{2} \quad (16)$$

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

α : угол в самой неблагоприятной погоде

- Продольные нагрузки (П)
- Случай угловой опоры

Если значения напряжений кабелей на концах опор не равны и разность напряжений не равны нулю, то они вызывают продольную составляющую:

$$L = (T'_2 + T_2) \times \cos \frac{\alpha}{2} \quad (17)$$

α : угол в самой неблагоприятной погоде

- Случай остановочной опоры

Принимая во внимание фактическое расположение опор на земле, отклонение напряжений проводника вдоль основных направлений опор можно получить продольную нагрузку:

$$L = T'_2 \cos \beta - T_2 \cos \alpha \quad (18)$$

2.4 Экономическое исследование

Строительство линии электропередачи требует инвентаризации. В этой части рассматриваются различные сектора, в которых они будут использованы для экономии финансов проекта.

2.4.1 Идентификация и количественная оценка материала

В этом разделе будет рассмотрен вопрос об определении и количественной оценке элементов, которые учитываются при реализации проекта. Характер грунта, профиль линии являются элементами, которые позволяют выбрать опор для использования и, следовательно, определить количество опор для заказа.

Финансы будут использованы на:

- Материалы и запчасти (поставка);
- Транспортные расходы (местный и внешний транспорт / транзит и таможня);
- На строительство (монтаж и работы);
- Разные расходы.

2.4.1 Оценка возмещения и компенсации потерь

Осуществляется программы улучшения условий жизнедеятельности населения. Что касается населения, то улучшение условий жизни принимается во внимание не только в рамках компенсационных мер, но и с другими сферами. Компенсации направляются на потери земли, строений и посевов.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

- Потеря посевов

Потеря посевов происходят, в основном, из-за строительства линии: доступом к полям, установление опоры, реализация пути для разматывания кабелей, прохождением машины. Оценка возмещения посевов проводится по всей протяженности поля шириной 40 м.

- Потери помещений

Здания, построенные на пути линии электропередачи, включают в себя все типы зданий: жилые дома, недостроенные здания, частное оборудование, общественное оборудование. Они подлежат оценке на основе цен, применяемых за квадратный метр, утвержденных Министерством строительства, жилищного строительства, санитарии и градостроительства.

- Помощь арендаторам

Что касается арендаторов жилья, то им оказывается помощь, позволяющая им переехать в другие места проживания с сохранением тех же условий.

- Потеря земли

Потеря земли, в первую очередь, касается для площадей, имеющих взлетно-посадочные полосы или посты. Эти площади подвергаются экспроприации и очистке от сооружений (согласно Декрету № 2014-25 от 22 января 2014 года). Поэтому голые земли подлежат компенсации на основе затрат на землю.

- Земельные права

Установка опоры позволяет владельцам осуществить свои права на землю на основании указа, устанавливающего положения традиционных прав.

- Помощь пострадавшим людям

Меры по экономической поддержке включают пособия на переезд, транспорт и т. д. Для того, чтобы эта помощь предоставлялась только действительно пострадавшим лицам, реализуется проверка каждой поданной заявки. Владельцы, принадлежащие к категории лиц, которые действительно пострадали, должны получать помощь в момент экспроприации.

Вывод

Рассмотрены электрические и механические размеры кабелей и изоляторов, а также экономическая часть, чтобы узнать различные нюансы, на которые будут направлены финансы. Далее описываются все процессы передачи электрической энергии, этапы ее работы и процессы внедрения

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

3 Организация строительных работ

3.1 Исследование проекта линия

В предыдущих главах изучены элементы, необходимые для реализации проекта, таких как наиболее подходящие устройства для линии электропередачи. Однако, еще не охвачены этапы, без которых нельзя обойтись.

Выбор маршрута, топографическое исследование, установление профиля, основы проекта составляют предварительные этапы. Последний этап является изучением исполнения, цель которого состоит в том, чтобы как можно точнее определить все элементы, необходимые для заказа материалов и их выполнения.

3.1.1 Выбор и определение маршрута - топографическое исследование

При разработке маршрута линии, ответственный инженер строит маршрут, выбирая оптимальный вариант обхода препятствий. Он может предложить несколько возможных путей проложения маршрута. Все эти маршруты, идущие по разным траекториям, соединяют начальные и конечные пункты.

Прямой маршрут — это решение, которое рассматривается первоначально. Но опыт показывает, что это решение в целом не может быть выбрано. Всегда есть причины, даже в пустынных регионах, что невозможно реализовать протяжение линии по прямой траектории.

Предварительное исследование на карте

Лучший способ решить проблему — найти оптимальные траектории по карте. В Кот-д'Ивуаре выбор карт, доступных инженерам, весьма широк. Речь идет, прежде всего, о картах, известных как Национальная карта Кот-д'Ивуара, изданных в Кот-д'Ивуаре компанией *BNETD* (Национальный кабинет технических исследований и разработок). Карты выпущены в масштабах: 1:50 000, 1:25 000, 1:20 000 и 1:10 000.

В некоторых районах они могут быть дополнены аэрофотоснимками компании *BNETD*.

Эти карты позволяют установить весьма обоснованную форму теоретического макета. Кроме того, эти предварительные исследования должны четко приниматься руководством для составления проекта.

Этих карт достаточно чтобы определить местонахождение препятствий и выбрать наиболее благоприятный общий маршрут. Важность исследования на карте имеет большое значение в тех случаях, когда строящаяся линия проходит через города и села.

Исследование на карте позволяет распознавать:

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

- агломерации, сгруппированные или изолированные жилища;
- существующие аэродромы, стадионы, кладбища;
- лесные массивы, различные древесные насаждения, общий характер культур;
- дороги и тропинки всех видов; рельеф местности, горные хребты, хребты, долины, реки, каналы;
- важность углов маршрута; и точное определение обязательных пунктов пересечения.
- начальная и конечная точки.
- возможные (пересечения долин и рек, которые, как правило, требуют специального исследования, определяющего местную ориентацию маршрута, чтобы инженер мог найти общее направление линии) траектории

В зависимости от характера карт, имеющихся в распоряжении инженера, данное предварительное исследование иногда может оказаться недостаточным для определения точного макета. В тех регионах, где нет доступа к картам, проводят предварительное исследование либо путем выездов на места, которые проводятся, в основном, пешком, либо путем дополнительных исследований с использованием вертолета. Такие исследования могут быть незаменимы в лесистой или горной местности, особенно в тех районах, где плохая видимость и отсутствуют обсерватории на всей территории региона. В таких случаях можно устранить основные сомнения и избежать серьезных ошибок.

Теперь, когда исследование карты завершено, необходимо освоить детали и дополнить данные карты обследованиями препятствий, которые не всегда четко отображаются на картах:

- телефонные линии и кабели;
- существующие ранее линии электропередач для распределения или транспортировки энергии;
- районы разработки карьеров, оседание горных разработок;
- районы заболоченных земель, промышленного или иного загрязнения;
- постоянные или временные кабельные каналы;
- парки и прогулочные сады;
- государственные или частные аэродромы, военные земли;
- новые конструкции, не показанные на картах.

Вся эта информация позволяет внести необходимые корректировки в маршрут и, таким образом, получить макет карты, который достаточно близок к окончательному

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

маршруту и с которого можно сделать первые шаги, связаться с основными заинтересованными службами.

Цель этих контактов - выяснить у них текущее соответствие работ и запланированные действия:

- В Департаменте автомобильных дорог и мостов *AGEROUTE*, Например, расширение существующих дорог, запланированные перестановки автодорог.
- существующие и планируемые воздушные и подземные телефонные связи.
- Водные и лесные службы леса, подчиняющиеся лесному режиму (государственные и коммунальные леса).
- С мэрами или муниципальными службами, с регионами, в которых планируются градостроительные или промышленные планы расширения, с теми, которые имеют характер объектов или исторических памятников, и которые подлежат охране на ведомственном или национальном уровне.
- С другими компетентными службами, которые запрещают строительство в определенных областях в интересах авионавигации, радаров, военных земель и т.д.,

После этих первоначальных подходов к изучению маршрута, лицо, ответственное за проведение исследования, знает основные проблемы, которые решает он. Его выбор обусловлен:

- по экономическим причинам, уменьшением длины линии, уменьшением углов поворота линии, уменьшением сложности выполнения;
- по соображениям простоты контроля и обслуживания, а следовательно, и в безопасности эксплуатации. Самый короткий маршрут не всегда является лучшим, когда он ведет к пересечению с участками линии, доступ к которым затруднен или даже невозможен в определенные времена года;
- из соображений простоты исполнения, маршрут, который может показаться наилучшим с технической и даже экономической точки зрения, часто приходится отбраковывать, если это приводит к предсказуемым осложнениям или длительным и неопределенным процедурам, способным прервать или задержать выполнение работ и ввода установки в эксплуатацию. Действительно, никогда не следует забывать, что огромные потери, понесенные инженером в случае продления сроков, чаще всего непропорциональны дополнительным расходам, которых можно было бы избежать.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Хорошо проведенное предварительное исследование должно быть направлено на то, чтобы избежать процедуры экспроприации и сократить процедуру проведения линии до весьма ограниченных сроков.

❖ **Согласование маршрута муниципальными организациями**

После проведения предварительного исследования, как правило, рекомендуется начать обследование маршрута среди служб, заинтересованных в местах пересечения линий.

Маршрут, по которому запрашивается согласие, изображается на карте с масштабом 1/50000. Вместе с пояснительной запиской о соответствии проекта в приложении приводится профиль линии, представляющий наиболее распространенную башню с соответствующими пристройками.

Несмотря на то, что неформальные подходы и предварительные контакты осуществлялись со всей необходимой тщательностью и постоянным стремлением к достижению таких примирительных решений, которые отвечали бы интересам всех заинтересованных сторон, службам предлагается высказать свое мнение в отношении известного им пути, который был составлен с учетом их предложений и замечаний.

Эти консультации, однако, позволяют службам получить официальное представление о проекте, дать свое официальное согласие на маршрут и сформулировать любые замечания, которые они могут иметь по определенным положениям и хотели бы видеть выполненными в ходе строительства.

❖ **Топографическое исследование**

Во время обследования маршрута, для завершения которого обычно требуется несколько месяцев, топографические исследования линии начинаются после получения разрешения от администрации на ввод строительства.

Топографическое исследование проводится хорошо осведомленным геодезистом, который отлично знает, какую линию следует построить, и какие ограничения она создает. Вот почему следует пользоваться услугами компаний, чьи специализированные геодезисты знакомы с этими проблемами строительства линий электропередачи, а не поручать эти исследования фирмам геодезистов, которые являются неопытными.

➤ **Разметка**

В основе исследования всегда лежит выполнение разметки. Первоначальная маркировка, известная как «суммарная маркировка», проводится инспектором для того, чтобы ориентироваться на земле, и на карте, которая была ему предоставлена.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

Эта первая маркировка позволяет обеспечить соответствие маршрута предписанным требованиям:

- минимальное расстояние 150 м от населенных пунктов, 40 м от изолированных жилищ,
- выбор и подходящее положение углов компоновки,
- отсутствие непредвиденных препятствий, закрытых свойств, новых сооружений, открытие карьеров для добычи материалов, недавние посадки и т. д.

Наблюдения производятся во время разметки и решают одновременно возникшие трудности. Они раскрывают детали, которые не были учтены при первом исследовании. Препятствия чаще всего побуждают геодезиста формулировать различные предложения и различные методы с целью улучшения макета:

- создание, удаление или смещение определенных углов,
- перемещение определенных трасс, чтобы избежать указанных трудностей и, таким образом, получить маршрут, который представляет собой приемлемое соглашение между требованиями, часто противоположными строительству, эксплуатации и основными владельцами.

➤ Окончательная разметка

После согласования с инспектором предварительной разметки и предложенных им модификаций он переходит к окончательной разметке.

❖ Продольный профиль

Продольный профиль является наиболее важным топографическим документом, поскольку именно он служит основой для определения структур и выбора расположения объектов на земле. Он выполняется в масштабе 1/500 для высот и 1/2500 (иногда 1/2000) для расстояний. Чертеж завершается видом сверху на ширину более 100 м (полоса участка).

Считается полезным подчеркнуть важность этой полосы участков, полученной контурной съемкой, проводимой одновременно с длиной профиля вдоль оси макета.

Данная планиметрия может быть дополнена указаниями, взятыми из плана участка (кадастр). Он предназначен для облегчения представления всех элементов, которые могут быть задействованы при выборе места расположения опоры. К ним относятся, в частности:

- пределы территории (которые часто совпадают с границами собственности);
- откосы, оградительные стены, котлованы, ручьи;
- различные пути, эксплуатационные путей, дороги всех видов с их обозначением и углом пересечения;

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

- леса с высотой деревьев до 50 м от центральной линии;
- местности, на которых следует избегать установки сооружений (зоны затопления, болота, карьеры, оседание шахт, оползни и т. д.);
- все виды железных дорог с ограничением их проезжей части;
- каналы и водные пути с самыми загруженными судоходными течениями;
- подземные трубы всех видов

Разумеется, длина профиля должна появляться на высоте пересеченных электрических или телекоммуникационных линий, с их точным положением на высоте, в вертикальном направлении крайних проводников линии.

❖ План участка, план 1/10000, план пересечения, план маршрута

План участка представляет собой репродукцию или расширение кадастра. Он используется при поиске соглашений, чтобы вмешаться с владельцами для прохождения линии на частной земле.

План в 1/10000 представляет собой расширение существующих официальных документов. Его полезность весьма сомнительна, учитывая точность карт в 1/50000 и в 1/25000, которые используются для его создания и которые могли бы быть выгодным заменить его.

Планы специальных пересечений (железные дороги, внутренние водные пути) используются для составления проекта, которые должны быть представлены компетентным органам, соответствуют увеличению длины профиля от этих пересечений.

План маршрута представляет собой карманный документ, в котором собраны все элементы, полезные для обслуживающего персонала линии, чтобы узнать характеристики установки. Включает в себя:

- планиметрию на 1/10000 на ширине примерно 1,2 км с точным указанием маршрута;
- схему возможных перемещений проводников, позволяющих расположение фаз линии и положение соединительных муфт;
- длина профиля на 1/10000 для длин и 1/2000 для высот с указанием типов изоляционных цепей, типов опор, типа основания, используемого на каждой опоре, сопротивления заземляющих соединений каждой опоры ,

Этот документ дополнен эскизами:

- разные опоры со своим весом;
- разные фундаменты с их объемом;
- разные цепи изоляторов, заземления и т. д.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

Наконец, он включает в себя список поставщиков оборудования и компаний, которые участвуют в строительных работах.

3.1.2 Подготовка технического проекта

❖ Распределение опоры по длинному профилю

Предоставленной информацией и документами и, конечно же, размерными характеристиками опоры, имеются все элементы для осуществления распределения пилонов по длине профиля.

Задача, которая должна быть решена, имеет несколько технически обоснованных решений, из которых придется выбрать наиболее подходящее для наших условий.

Существуют обязательные точки установки: угловые вершины, особые точки профиля, участки особого перехода.

❖ Журнал опор

Эта таблица обычно используется для обозначения опор, используя символические обозначения и все элементы, необходимые для построения линии. Фактически, это описание использования всех пилонов линии и наборов деталей, входящих в номенклатуру материала.

Информация в документе, как правило, выглядит следующим образом:

- номера опоры, указание местоположения;
- горизонтальный промежуток между пилонами, неравномерность;
- тип опоры, сооружения и т. д.;
- тип основания, заземление;
- тип цепи;
- тип зажима, калибровка зажима;
- противовес - антивибрационные ремни;
- защита проводника;
- подвешивание или крепление заземляющих кабелей, тип зажима, калибровка;
- заземление кабельных стяжек, грозозащитные тросы предварительно отформованных с помощью жил;
- тип проставок;
- количество проставок в пролете; и т.д.

Этот документ, таким образом, предоставляет пользователю подробный список всех деталей, необходимых для его оборудования.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Устанавливаются сроки завершения всех исследований, проверок и расчетов, необходимых для исследования распределения опоры по длине профиля. Они представляет собой итоговый документ исследовательских работ.

3.2 Выполнение работ

3.2.1 График выполнения работ

График устанавливается с учетом распределений работ, которые компания получила при подписании договора проекта.

3.2.2 Определение и планирование выполняемых задач

❖ Строительство

Данный этап состоит в перемещении доступа к линии. Прежде всего, необходимо будет найти ось линии, а затем идентифицировать и перемещаться различными возможными способами, которые могут привести к данной оси. При строительстве дорог необходимо учитывать климат региона (количество осадков), окружающую среду, население региона и различные устройства, которые будут использоваться.

❖ Создание базы

База представляет собой центр. Это место хранения различных элементов, частей, опор. Начальники базы контролируют сборку каждой опоры. Каждая опора имеет определенные характеристики, зависящие от угла расположения, топографии местности и способности почвы.

❖ Разграничение коридора линии

Так как ось линии известна, необходимо очистить все, что находится по обе стороны от этой оси (поверхности). Этот этап выполняется с соблюдением безопасности и надежности эксплуатации. Ширина поверхности определяется, в основном, двумя элементами: измерением электрических полей на поверхности и наличием деревьев или ветвей, которые могут падать на проводники и, соответственно, представлять собой опасность для сети. Для этого нужно очистить все это, чтобы коридор по обе стороны линии был пуст. В данном проекте радиус равен 25 метрам по обе стороны оси.

❖ Возобновление выравнивания / имплантации

Данный этап поручено топографической группе, которая должна определить и указать с помощью пикетов места установления опоры.

Во-первых, его выполняет геометр, который возобновляет, выравнивает и проверяет терминалы, оси пикет и вершин угловых линий. В ходе этой операции геометр должен найти места установки опоры и убедиться, что они точно соответствуют тем стандартам.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

❖ Работы гражданского строительства: фундаменты

Расположение опор уже определено, остается только заложить фундамент. Эта работа может быть выполнена в соответствии с разными этапами:

- Отслеживание раскопок

Речь идет о ямах, размеры которых зависят от твердых масс в железобетонной нагрузке опоры. Целью данной работы является представление на земле горизонтальной проекции фундамента в наибольших размерах.

- Регулировка фундамента

Во время этого этапа топографы используют свои методы, чтобы найти точное положение фундамента каждой опоры. Как только это сделано, основание позиционируется и становится неподвижным с помощью распорок, а затем заливается бетон для формирования фундамента. Также на заземляющие кабели вставляются вертикальные устройства от нижней части фундамента к основанию. После того, как фундамент сделан, приступают к реализации опалубки для дымохода.

- Набережная

После получения прочного фундамента выравнивают все сделанные раскопки, и этот этап несет собой завершение фундамента.

❖ Монтажные работы (монтаж, затяжка)

Части опор поставляются партиями из стержней одинакового размера и болтов разных размеров. Все опоры транспортируются в различные места, где они собираются. После завершения сборки проверяется затяжка болтов и наличие всех частей опоры.

❖ Размотка проводов

Разматывание проводов можно начинать только тогда, когда подняты все опоры. Сборка проводов представляет собой наиболее сложную работу в строительстве линии, она включает в себя следующие операции:

- Подготовка оборудования: цепи, шкивы, воздушные компрессоры, канаты, подъемники, домкраты
- Развертывание
- Рукава
- Подъем и регулировка проводов
- Закрепление проводов
- Размещение на зажимах; установка подвесок; установка противовеса

❖ Общая проверка

Этот этап управления всех элементов линии:

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

- На опоре проверяются затяжки болтов.
- Проверяются расположение зажимов и соответствие проводов минимальному расстоянию, которое было назначено.
- Проверяются значения заземления
- Устанавливаются номерные знаки и знаки опасности

❖ Тестирование линии

Данный этап должен быть выполнен до включения линии. Проводится тестирование, которое служит для подтверждения того, что построенная линия соответствует спецификациям и стандартам, затем объявляют о получении работы заказчиком.

Вывод

В данной главе была рассмотрена практическая часть передачи электрической энергии после исследований, начиная с маршрута и распределения опоры по длине профиля. После этого изучен монтаж фундамента и разматывание проводов. Потом, наконец, тестирование линии для проверки работоспособности.

Далее изучается вопрос безопасности, который играет важную роль.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

4 Исследование явления проводимости загрязненных изоляторов высокого напряжения

Изоляторы составляют лишь небольшой процент от общего процента линии, но играют важную роль в передачи электрической энергии.

Надежность обслуживания и экономия на операциях также зависят от изоляторов, поэтому с учетом внешних экологических ограничений и, в частности, загрязнения, рассматриваются некоторые характеристики.

4.1 Характеристики изолятора

Шаг P это расстояние, отделяющее две одинаковые части двух последовательных изоляторов в цепи.

Линия утечки L_f это кратчайшее расстояние вдоль поверхности изолятора между металлическими частями (арматура изолятора).

Обводная линия L_c это кратчайшее расстояние в воздухе между двумя проводящими частями.

Ток утечки I_f это ток с малой амплитудой, протекающий по загрязненной поверхности изолятора. Графическое описание этих данные приведено на рисунок 4.1 и 4.2.

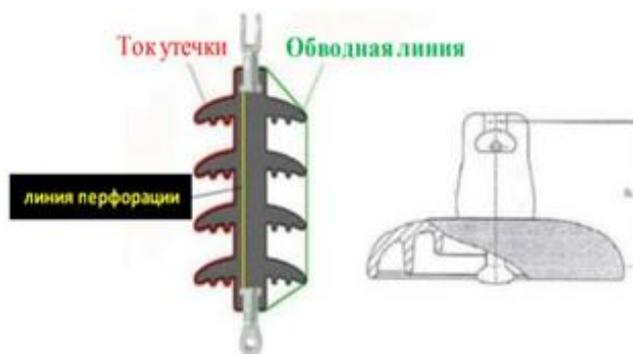


Рисунок 4.1 – характеристики изолятора

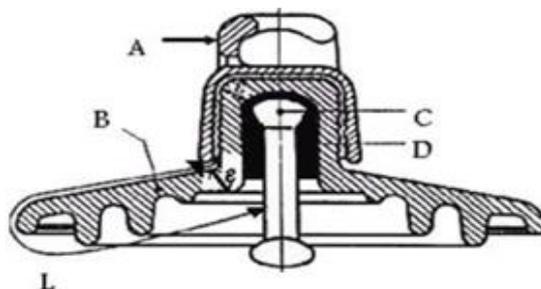


Рисунок 4.2 – различные части изолятора

A: клубук.

B: диэлектрик (закаленное стекло или керамика).

C: стебель.

D: цемент крепления.

L: более короткое расстояние в воздухе между клубуком и стержнем.

ε : Длина перфорационного канала, $\varepsilon \ll L/2$

4.2 Загрязнение изоляторов

Изолятор подвергается воздействию различных веществ, которые загрязняют его. Эти загрязнения проявляются в накоплении отложения на его поверхности. Его значение зависит от:

- Геометрии и положения изолятора.
- Условий окружающей среды.
- Продолжительности выдержки изолятора

Загрязняющий слой, который накапливается на поверхности изоляторов, вызывает поверхностную электрическую проводимость. Он изменяет распределение потенциала вдоль линии утечки и при определенных условиях может возникнуть короткое замыкание.

- ✓ Характер и формирование отложений загрязнения

NaCl является наиболее распространенной и наиболее репрезентативной солью загрязнения. Он обладает особыми свойствами, а его гигроскопический порог появляется при относительной влажности 75.8%.

- ✓ Исследования электрической производительности загрязненных изоляторов.

Для изучения данного явления изолятор теоретически приравним к цилиндру (рисунок 4.2).

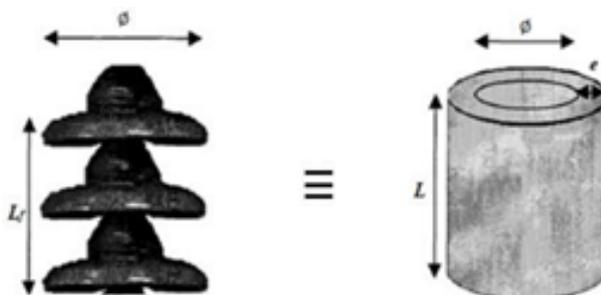


Рисунок 4.2 – теоретическое приравнивание изолятора к цилиндру

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Длина цилиндра определяется как:

$$L = \frac{S}{\pi\phi} \quad (1)$$

S - боковая поверхность цилиндра, а ϕ - диаметр.

С другой стороны, интегрировать ϕ вдоль профиля изолятора, получается приближение его форм-фактора:

$$f = \int_0^{L_f} \frac{dl}{\pi\phi} \quad (2)$$

dl - криволинейная абсцисса точки изолятора, измеренная вдоль его профиля. ϕ - диаметр, соответствующий любой точке на поверхности изолятора.

При ассимиляции загрязняющего слоя с обычной пленкой толщиной e и объемным удельным сопротивлением ρ , сопротивление изолятора равна:

$$R = \rho \int_0^{L_f} \frac{dl}{\pi.\phi.e} = \frac{\rho}{e} f \quad (3)$$

f - коэффициент формы изолятора.

Сопротивление эквивалентного цилиндра:

$$R = \rho \frac{L}{\pi.\phi.e} \quad (4)$$

в конце, приравнивая фактический изолятор к цилиндрическому изолятору (рис. 4.2), имеющему одну и ту же линию утечки L_f и один и тот же загрязняющий слой, средний диаметр записывается так:

$$\phi = \frac{L_f}{\pi.f} \quad (5)$$

✓ Теоретическая модель

Обенаус был первым, кто сделал количественный анализ дуговых явлений, происходящих на загрязненной поверхности. Его модель, концепция которой

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

представлена на рис. 4.3, имеет вид разряда длиной X с последовательным сопротивлением $r(x)$, характеризующим загрязняющий слой.

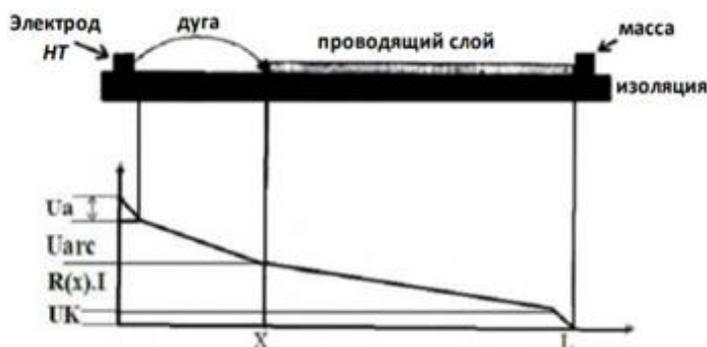


Рисунок 4.3 – теоретическая модель, предложенная Обенаусом

Электрическое уравнение модели записывается так :

$$U = U_e + U_{\text{дуга}} + R(X).I \quad (6)$$

U - напряжение

U_e - падение напряжения на электродах такое, что:

$$U_e = U_a + U_k \quad (7)$$

U_a анодное падение, U_k катодное падение напряжения, I - ток утечки.

(x) представляет часть загрязняющего слоя, пройденную током утечки.

Статическая электрическая дуга характеризуется продольным электрическим полем E_a :

$$E_a = \frac{U_{\text{дуга}}}{x} = AI^{-n} \quad (8)$$

A и n - постоянные дуги (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – характерные константы по Ghosh и al

Электролит	A	n
NaCl	360	0.59
CaCl ₂	461	0.42
FeCl ₃	270	0.66
CuSO ₄	450	0.49

Выводится основное уравнение Обенауса:

$$U = U_e + XAI^{-n} + R(X) \quad (9)$$

$R(X)$ - равномерное сопротивление загрязнения на единицу длины утечки:

$$R(X) = r(L - X) \quad (10)$$

U_c — это уравнение критического напряжения, I_c критический ток, необходимый для поддержания дуги в соответствии с сопротивлением утечки:

$$U_c = LA^{\left(\frac{1}{n+1}\right)} r^{\left(\frac{n}{n+1}\right)} \quad (11)$$

$$I_c = \left(\frac{A}{r}\right)^{\frac{1}{n+1}} \quad (12)$$

Общее выражение электрической цепи, эквивалентное обходу, равно:

$$U = h \cdot A \cdot I^{-n} + r \cdot \left[(L - x) + \frac{b}{2\pi} \cdot \ln \frac{b^2}{4 \cdot \pi \cdot r_d^2} \right] \cdot I + U_e \quad (13)$$

h - высота между $H.T$ электродом и слоем загрязнения.

r_d - радиус разряда в см

b - ширина слоя загрязнения.

$$r_d = \sqrt{\frac{I}{\pi J}} \quad (14)$$

J - плотность тока у основания разряда, которая составляет 1,45 А / см².

Ченг и Нур представили математическую модель, которая учитывает наличие нескольких ветвей разряда между высоковольтным электродом и землей, которая выражается уравнением (рис 4.4):

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

$$U = Ax_m I_m^{-n} + r(L - x_m) \cdot \sum_{k=1}^m I_k + U_e \quad (15)$$

U - приложенное напряжение

I_m - ток в последней ветви

$\sum_{k=1}^m I_k$ - сумма токов всех ветвей, которая равна общему току I , проходящего через цепь.

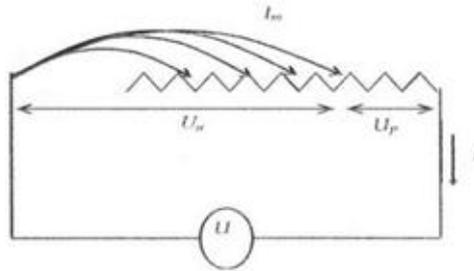


Рисунок 4.4 – Эквивалентная электрическая схема модели с несколькими дугами

- ✓ Расчет линии утечки, общего сопротивления слоя загрязнения и напряжения на поверхности изолятора

Полная линия утечки изолятора:

$$l_i = \sqrt{(y_{i+1} - y_i)^2 + (x_{i+1} - x_i)^2} \quad (16)$$

$$L_f = \sum_{i=1}^m l_i \quad (17)$$

l_i : является элементом линии утечки.

L_f : является утечкой линии изолятора.

Элементарное сопротивление и общее сопротивление Z- слоя загрязнения можно легко вычислить по следующим формулам:

$$R_i = \frac{1}{\sigma_s} \int_{l_i}^{l_{i+1}} \frac{dl}{y(l)} \quad (18)$$

$$R_t = \sum_{i=1}^m \frac{1}{\sigma_s} \int_{l_i}^{l_{i+1}} \frac{dl}{y(l)} \quad (19)$$

R_i : Элементарное сопротивление.

$y(l)$: вертикальное расстояние

R_t : полное сопротивление слоя загрязнения.

σ_s : поверхностная проводимость

Ток утечки I , протекающий по слою загрязнения, можно рассчитать по приложенному напряжению U и общему сопротивлению, используя соотношение

$$I = \frac{U}{R_t} \quad (20)$$

Теперь рассчитывается потенциал V_i в любой точке поверхности изолятора по следующей формуле:

$$V_n = I \sum_{i=1}^n R_i \quad (21)$$

✓ Влияние толщины электролита ВЛ

Чтобы оценить влияние изменения глубины электролита на величину измеренного сопротивления, используют сферический электрод с электролитом с удельным сопротивлением 1 кОм.см и толщиной, которая изменяется от (1-6) мм.

В таблице 4.2 приведены значения общего сопротивления (рисунок 4.6) для различных толщин на расстоянии от 10 до 200 мм между измерительным электродом и массой (рисунок 4.5).

Таблица 4.2 – значения общего сопротивления

L (мм)	R(кОм)					
	1мм	2мм	3мм	4мм	5мм	6мм
200	11	6.8	4.4	3.3	2.8	2.3
190	10.1	6.6	4.3	3.2	2.7	2.2
170	10	6.15	4	3.15	2.5	2.05
160	9.6	5.8	3.8	3.1	2.3	1.9
150	9.1	5.6	3.6	2.95	2.2	1.8
140	8.8	5.3	3.4	2.8	2.1	1.7
130	8.5	5.1	3.3	2.7	2	1.65

Продолжение таблицы 4.2

120	8	4.7	3	2.4	1.8	1.49
110	7.7	4.5	2.9	2.3	1.7	1.4
80	7.1	4.3	2.7	2.2	1.6	1.33
70	6.5	3.8	2.43	2	1.49	1.2
60	6	3.6	2.3	1.85	1.4	1.13
50	5.6	3.3	2.1	1.73	1.3	1.05
40	5.2	3.1	1.95	1.6	1.2	1
30	4.6	2.8	1.8	1.55	1.1	0.9
20	3.1	2	1.4	1.1	0.85	0.7
10	2.1	1.55	1.1	0.9	0.65	0.6

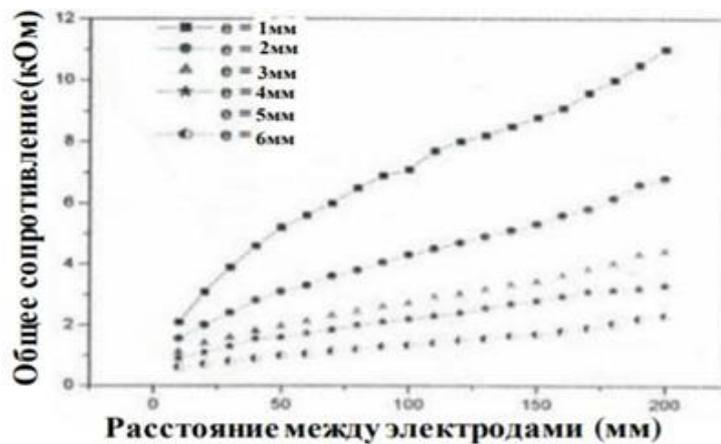


Рисунок 4.5 – Общее сопротивление электролита для различной толщины на расстоянии от 10 до 200 мм между измерительным электродом и массой

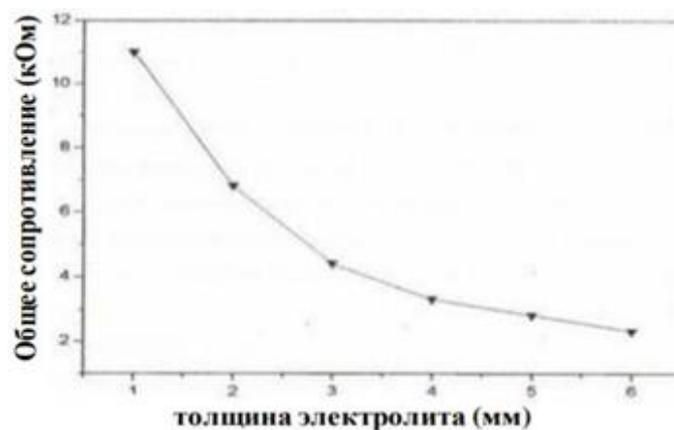


Рисунок 4.6 – Изменение полного сопротивления электролита в зависимости от толщины межэлектродного расстояния при 200 мм

Рисунки 4.5 и 4.6 показывают, что сопротивление уменьшается с увеличением толщины электролита. Соотношение между этими двумя величинами почти обратно пропорционально.

4.3 Математические модели

Многие экспериментальные модели были предложены для случая переменного напряжения. Самым известным из них является Клавери и Порчерон.

Эти авторы показали, что для модели плоского изолятора (рис. 4.7) напряжение дуги имеет вид:

I - ток утечки, n и A - константы статической характеристики дуги.

$$U_{\text{дуга}} = 100 \frac{x}{\sqrt{I}} \quad (22)$$

Минимальное напряжение обслуживания дуги:

$$U_{\text{сх}} = 800 \frac{x}{\sqrt{I}} \quad (23)$$

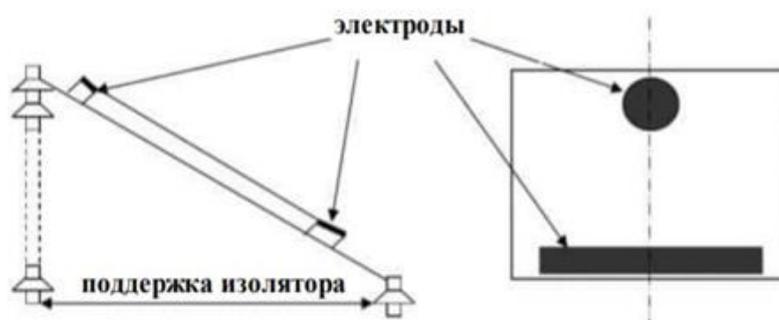


Рисунок 4.7 – экспериментальная модель Клавери и Порчерон

Уравнение напряжения дуги: оно выражает характеристику $U(I, x)$ дуги низкой интенсивности в атмосфере.

$$U = \alpha + (\beta + x)v \left[\ln \frac{l}{\delta} \right]^{-3} \quad (24)$$

α, β, ν и δ являются постоянными, которые зависят от природы электродов, между которыми начинается разряд.

Определяется условие поддержания электрической дуги в случае цилиндрического изолятора длины L (рис. 4.8).

$$U_{cx} = (n + 1)(Ax)^{\frac{1}{n+1}} \left(\frac{r(L-x)}{n} \right)^{\frac{n}{n+1}} \quad (25)$$

x : длина дуги.

A и n : эмпирические константы, характеризующие статическое состояние дуги.

Также известны модели Алстона и Золедовского (рис 4.8).

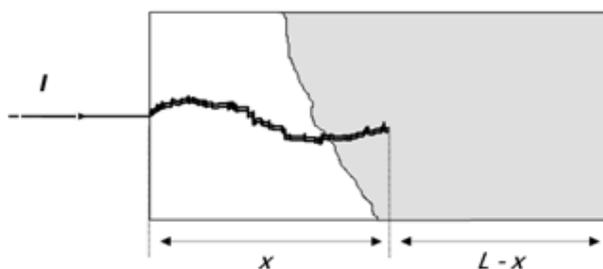


Рисунок 4.8 – Цилиндрическая модель, используемая Алстоном и Золедовским

Учитывая, что сопротивление загрязняющего слоя является линейным по сравнению с длиной, получаем уравнение, определяющее модель:

$$U = \frac{Ax}{r^n} + r_p(L-x)I, \text{ где } n \geq 0.5 \text{ et } 200 \leq A \leq 400 \quad (26)$$

r_p : линейное сопротивление

Ток и критическое напряжение, выведенное выражениями:

$$I_c = \left(\frac{A}{r_p} \right)^{\frac{1}{n+1}} \quad (27)$$

$$U_c = L(Ar_p)^{\frac{1}{n+1}} = AI_c^{-1} \quad (28)$$

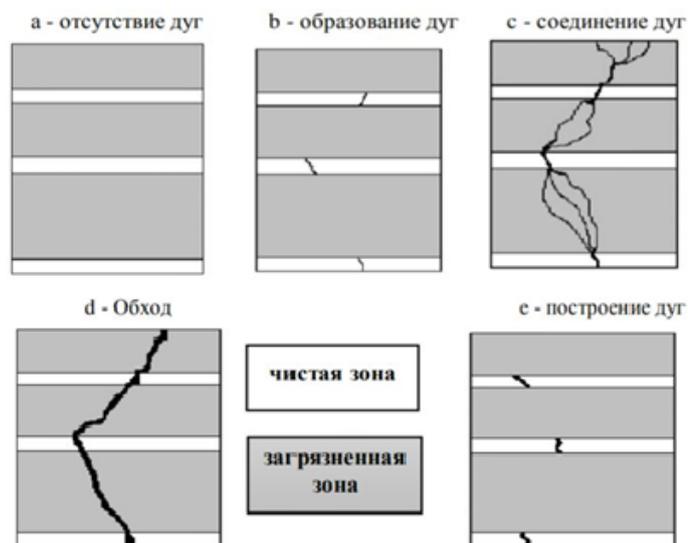


Рисунок 4.8 – движение дуг по загрязненной поверхности

Сопротивление загрязнения состоит из двух терминов: внутреннего сопротивления $R_i(x)$, характерного для двух полуокружностей, и внешнего сопротивления $R_e(x)$ для остальных. Для узкой ширины полосы частот (рис 4.9) ($x_p/b \geq 2/\pi$):

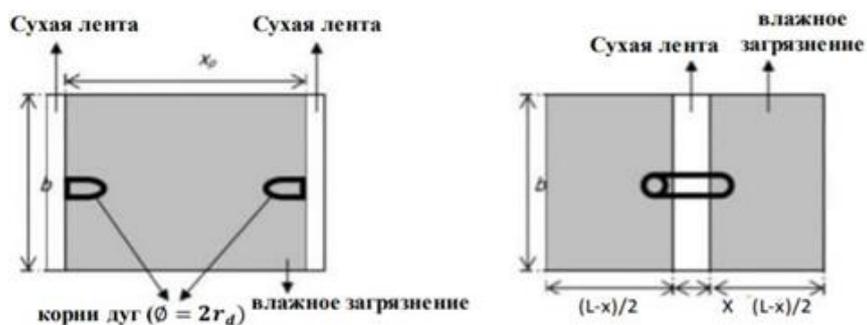


Рисунок 4.9 – схематическое представление поверхности изолятора и опорных точек дуги, используемых для расчета сопротивления загрязнения

$$R_i(x) = \frac{1}{\pi\gamma}$$

$$R_e(x) = rx_p + \frac{2}{\gamma\pi} \log\left(\frac{b}{2\pi r_d}\right) \quad (30)$$

R : линейное сопротивление загрязнения,

x_p : длина загрязненного (смоченного) слоя в критических условиях,

b : ширина поверхности изолятора,

r_d : радиус основания дуги.

Для широкой полосы и для одного ребристого изолятора внешнее сопротивление определяется как:

$$R_e(x) = \frac{2}{\pi\gamma} \left(0.68 + \ln \left(\frac{x_p}{r_d} \right) \right) \quad (31)$$

Для многократного ребристого изолятора:

$$R_e(x) = \frac{2}{\pi\gamma} \left(0.3 + \ln \left(\frac{x_p}{r_d} \right) \right) \quad (32)$$

Таким образом, полное сопротивление загрязнения равно:

$$R(x) = R_i(x) + R_e(x) \quad (33)$$

Для узкой полосы:

$$R(x) = r(L - x) + \frac{1}{\pi\gamma} \ln \left(\frac{b}{2\pi r_d} \right) \quad (34)$$

Для широкой полосы мы получили:

$$R(x) = \frac{1}{\pi\gamma} \left(\ln \left(\frac{2L}{\pi r_d} \right) - \ln \left(\tan \frac{\pi x}{L} \right) \right) \quad (35)$$

x : длина дуги,

L : общее расстояние утечки изолятора

✓ Основные принципы модели

Разряд приравняется к сопротивлению $R_{\text{дуги}}$, R_p - сопротивление слоя загрязнения (рис 4.10). R_d и C_d - прочность и емкость, изолируют диэлектрик, который, в нашем случае, сделан из стекла. U_{HT} представляет собой напряжение, приложенное к высоковольтной линии.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

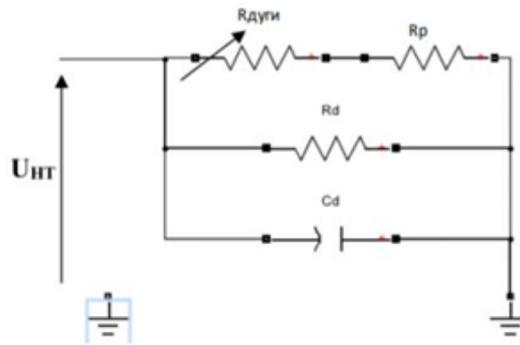


Рисунок 4.10 – модель эквивалентной электрической цепи последовательного разряда со слоем загрязнения на поверхности изолятора

✓ Расчет эквивалентного импеданса собственного изолятора

Этот импеданс схематичен параллельной RC – схеме (рис 4.11), сопротивление R_d и емкость C_d связаны характером диэлектриков и геометрией изолятора.

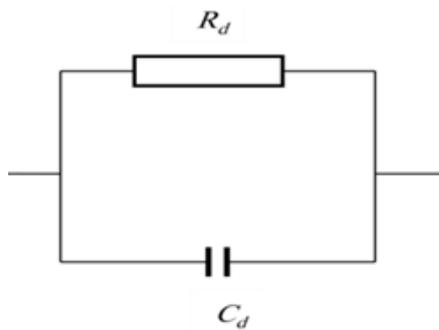


Рисунок 4.11 – Эквивалентная электрическая схема чистого изолятора

$$R_d = 1,04 \times 10^{12} \text{ Ом}$$

$$C_d = 8.62 \times 10^{-9} \text{ Фарад}$$

✓ Эквивалентная схема линии высокого напряжения (рисунок 4.12)

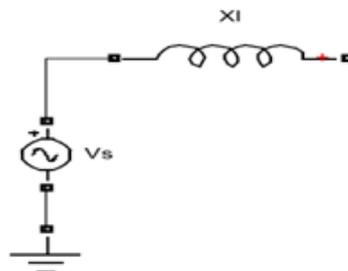


Рисунок 4.12 – Электрическая схема высоковольтной линии

4.4 Общее моделирование системы изоляции

Для моделирования глобальной системы изоляции используется программное обеспечение Simulink. Это программное обеспечение снабжено графическим интерфейсом для моделирования, симуляции и анализа динамических систем. Будучи интегрированными в MATLAB, эти две среды идеально совместимы, и различные функции последних становятся доступными напрямую.

Simulink основан на графическом интерфейсе, который позволяет легко и удобно создавать блок-схемы. Каждый блок, составляющий систему, выбирается из набора predetermined библиотек.

Модель, разработанная на рисунке 4.13, состоит в сборке различных компонентов системы изоляции, уже проиллюстрированной ранее, путем добавления контура, который позволил проверить возможность удара электрической дуги и рассчитать в случае удара ее соответствующее сопротивление. Выполнение этой имитационной модели позволяет наблюдать гармоника тока утечки и напряжения, близкие к зарегистрированным в тестах, проведенных на реальных изоляторах.

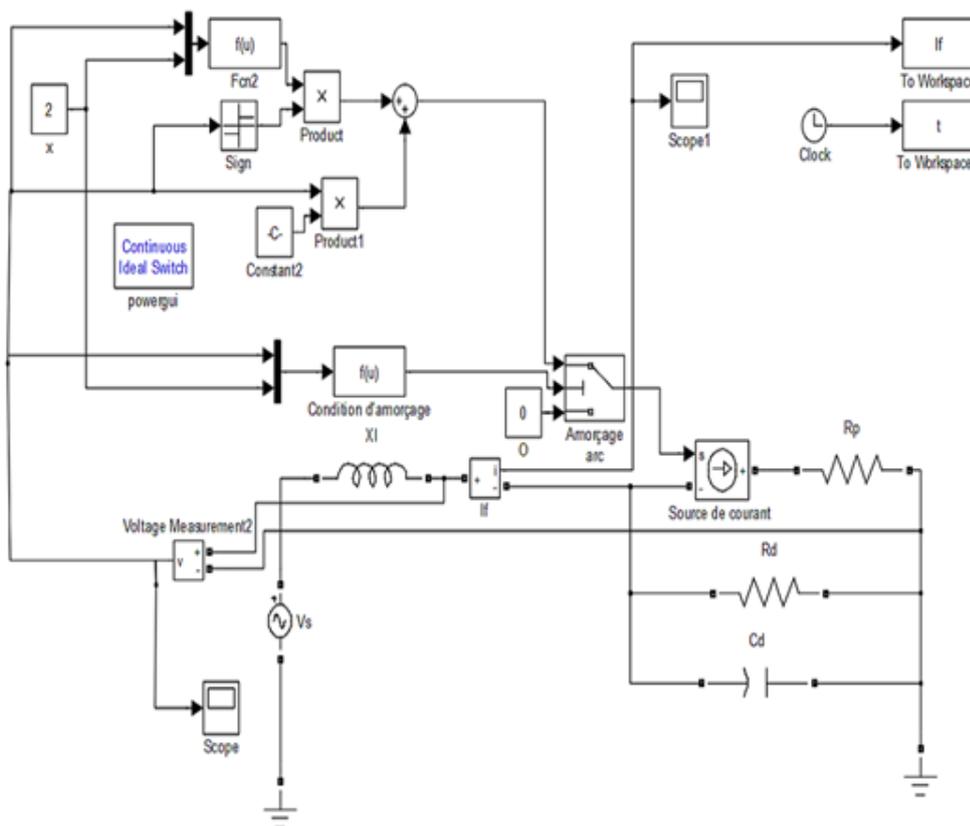


Рисунок 4.13 – Диаграмма моделирования модели в Simulink

Представленное моделирование основано на эквивалентной электрической цепи изоляции и физических характеристиках дуги. Оно учитывает геометрию реального изолятора благодаря введению форм-фактора. Эта модель позволяет мгновенно рассчитать ток утечки и описать динамику дуги с учетом длины дуги, изменения ее сопротивления и уровня загрязнения. Выполняется частотный анализ токов утечки из этой модели, чтобы определить новые диагностические параметры с дальнейшим определением взаимосвязи между уровнем загрязнения и различными характеристиками разряда.

✓ Частотный анализ сигнала тока утечки из загрязненного изолятора

Ток утечки имеет форму волны, которая зависит от состояния поверхности изолятора и изменяется наличием прерывистых или постоянных частичных электрических дуг. Такое искажение формы волны тока утечки интерпретируется, с частотной точки зрения, появлением гармоник, кратных основной частоте 50 Гц, амплитуды которых в основном зависят от степени искажения формы волны.

Частотный анализ тока утечки загрязненного изолятора при наличии дуги проводится для четырех классов уровня загрязнения. На практике за пределами 9 см дуга становится нестабильной и может распространяться, приводя к полному пробое изолятора.

Рисунки 4.15 и 4.17 характеризуют спектр тока утечки в зависимости от уровня загрязнения.

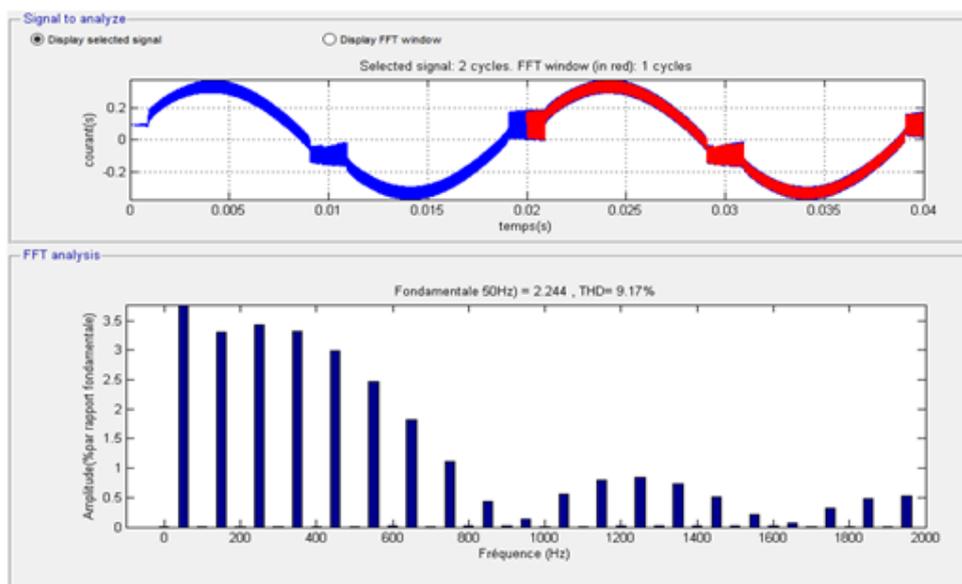


Рисунок 4.15 – Спектр тока утечки при сильном уровне загрязнения (ESDD = 0,08 мг/см²) Длина дуги x = 9 см

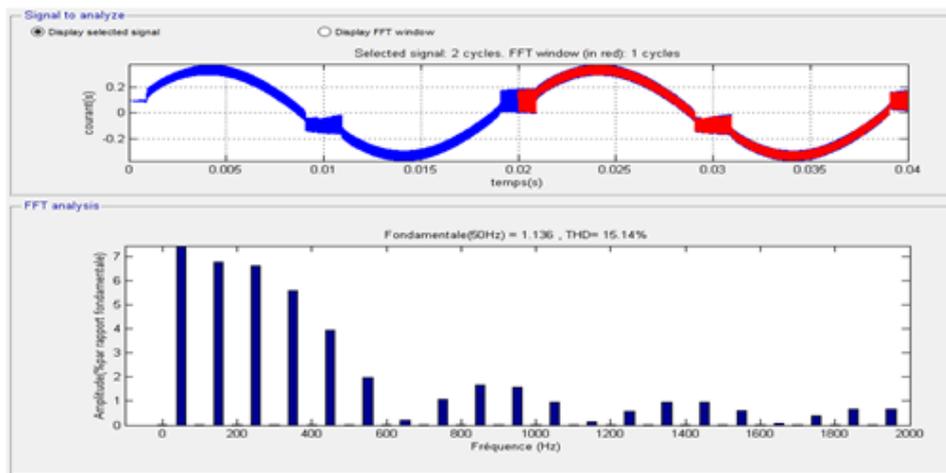


Рисунок 4.16 – Спектр тока утечки при сильном уровне загрязнения (ESDD = 0,045 мг/см²) Длина дуги x = 9 см

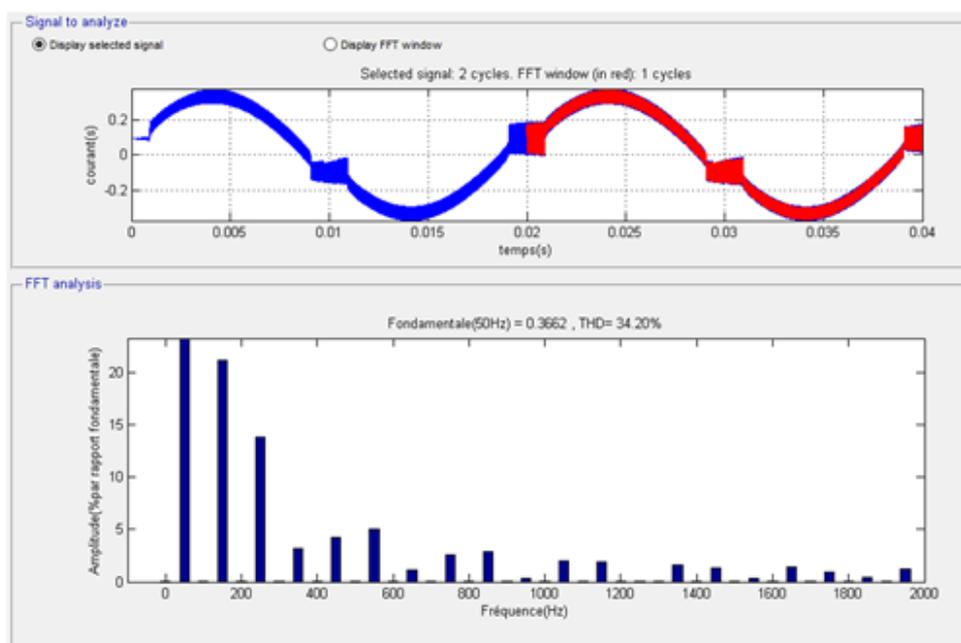


Рисунок 4.17 – Спектр тока утечки при низком уровне загрязнения (ESDD = 0,015 мг/см²) Длина дуги x = 9 см

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

1205.103386.000 ПЗ

Лист

74

✓ Увлажнение загрязняющих отложений, тока утечки и сопротивления изолятора

		уровни загрязнения		
		низкий	средний	высокий
районы		районы без промышленности и с низкой плотностью населения	районы с высокой плотностью населения или промышленности, которые часто подвержены дождям	прибрежные районы
слои загрязнения (мг/см ²)		0,015	0,045	0,08
напряжение (в)		16000	20000	25000
сопротивление (ом)		11000	11000	11000
сопротивление в зависимости от тока утечки				
ток утечки (а)	1,5	10666,66	-	-
	1,9	8421,05	10526,31	-
	2,3	6956,52	8695,65	10869,56
	2,7	5925,92	7407,407	9259,25
	3,1	5161,29	6451,61	8064,51
	3,5	4571,42	5714,28	7142,85
уменьшение сопротивления (%)		57,14%	45,71%	34,29%



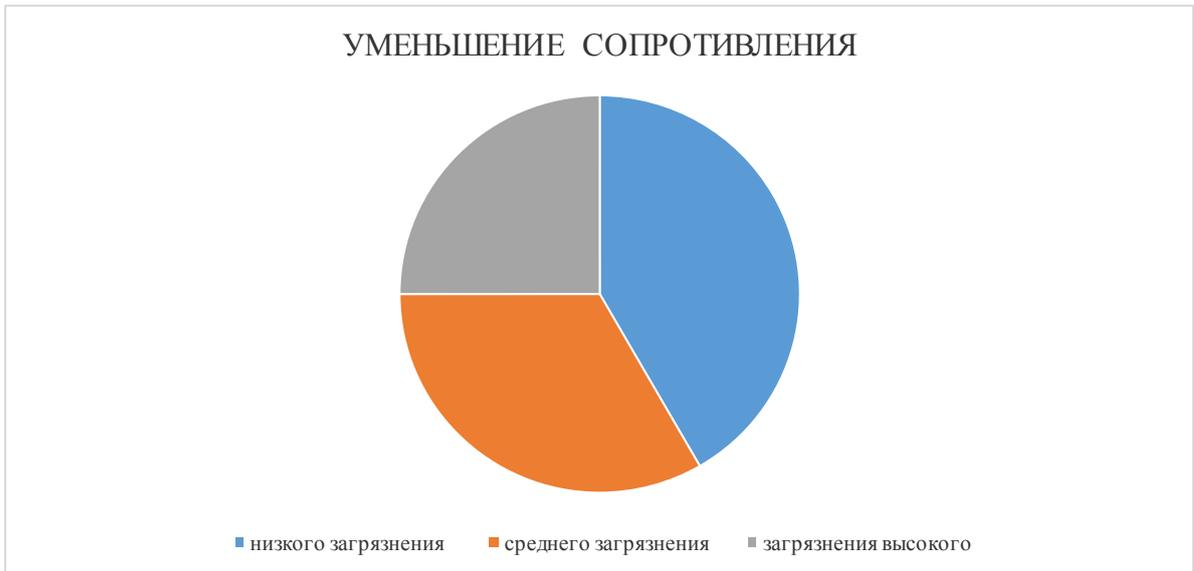
график тока утечки как функции сопротивления изолятора зоны среднего загрязнения



график тока утечки как функции сопротивления изолятора зоны высокого загрязнения



УМЕНЬШЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ



Во время мокрой погоды ток утечки увеличивается до максимального значения, а при сухой погоде уменьшается. Сопротивление изолятора также уменьшается с увеличением тока утечки.

Вывод

Явление загрязнения изоляторов является реальной проблемой, поскольку они снижают надежность электрических сетей в периоды, когда потребность в электрической энергии является высокой и жизненно важной для населения. Во время дождей сопротивление изоляторов уменьшается, и вероятность пробоя изоляторов увеличивается. Одним из рекомендуемых подходов к изучению этого явления является изучение и анализ тока утечки, циркулирующего на поверхности изолятора.

5 Инновационные программы проектирования опоры электрической линии

Немало случаев разрушения опор после их установки, и это часто создает нехватку электричества в некоторых местах, что часто лишает электричества многие дома, промышленности и даже города. Для того чтобы уменьшить или даже избежать несчастных случаев, необходимо правильно настроить инновационный калибровочный инструмент для проверки расчетных данных, чтобы обеспечить долговечность, прочность и гарантированную работу электроэнергетики. Это предотвратит аварии, таких как разрушения соединительной секции, произошедшего ночью 26 июля 1999 года на Кот-д'Ивуар-Буркина-Фасо с нулевой скоростью ветра и температурой 24 °C после окончания работ при разматывании и механических натяжениях кабелей, используемых в течение дня 26/07/99.

5.1 Презентация программного обеспечения *progiciel*

5.1.1 Презентация интерфейса

Данный инструмент предназначен для расчета и представляет собой приложение *EXCEL*, составленный для облегчения определения механических величин, необходимых для определения размеров воздушных линий электропередачи высокого напряжения типа *B* (рис 27). Программа была создана для проверки различных расчетов.

❖ ЛИСТ 1 Обобщение

Данные, которые необходимо ввести для определения механических размеров линии: уровень напряжения, средний диапазон, минимальная температура, среднегодовая температура, максимальная температура зоны, максимальная рабочая температура, максимальное давление, пониженное давление и, наконец, изолятор, используемый на линии электропередачи.

Таблица 5.1 – Презентация интерфейса

Conditions météorologiques		Informations de la ligne		Donnée de l'isolateur	
Température minimum (°C)*	10	Tension nominale de la ligne (kV)*	225	Type d'isolateur *	U100 BLP
Temp. moyenne annuelle maximale (°C)*	30	Tension maximum (Kv)	245	Longueur (m)	2,63
Température maximum (°C)*	50	Tension de tenu de choc de foudre (Kv)	1050	Diamètre nominal (mm)	280
Température maximale de fonctionnement (°C)	75	Portée moyenne (m)	400	Pas nominal (mm)	146
Pression maximale du vent (N/m²)*	680			Ligne de fuite nominale (mm)	450
Pression réduite du vent (N/m²)*	240			Poids approximatif (daN)	5,7
Humidité relative minimum de l'air	80%				
Niveau isokraunique	105				
Pluviométrie moyenne (mm/an)	1900				
Altitude au dessus de la mer (m)	1000				
		NB: Les données obligatoires sont suivies d'une étoile (*)			
Bleu	liste déroulante	Jaune	Valeur à saisir	Bleu	liste déroulante
		Jaune	Valeur à saisir	Bleu	liste déroulante
		Jaune	Valeur à saisir	Bleu	liste déroulante
		Jaune	Valeur à saisir	Bleu	liste déroulante

На листе *EXCEL* информация, сопровождаемая звездочкой, является обязательной для определения размера.

❖ Лист 2 Размеры проводов

Эта часть используется для определения размеров проводов путем определения обычных механических величин.

Составлена из двух частей:

- Первая часть или колонка

Таблица 5.2 – Часть ввода информации проводов

CONDUCTEURS DE PHASE	
Portée moyenne (m)*	400
Choix du conducteur*	AAAC-570
Diametre (mm)	31,1
Section Totale (mm ²)	570,22
Coef. Dilatation (1/°C)	0,000023
Charge de rupture (daN)	18533
Module E (daN/mm ²)	5400
R. ohmique (Ω/km)	0,0583
Poids unitaire (kg/m)	1,576
Données de calcul	
Champs de gravité(m/s ²)	9,81
Portée Moyenne (m)	400
Pression Max (N/m ²)	680
Pression reduite (N/m ²)	240
Temp. Maximale (°C)	50
Temp. Moyenne (°C)	30
Temp. Mininale (°C)	10
Temp. Fonctionnement(°C)	75

Для определения механических величин проводов основными вводимыми данными являются средний диапазон и, прежде всего, выбор проводов. Инструмент для расчета содержит базу данных проводов типа АААС, сечения которых варьируются от 22 мм² до 851 мм². После выбора провода с помощью раскрывающегося списка появляется такая информация, как диаметр, сечение, коэффициент расширения, разрушающая нагрузка, модуль упругости, удельный вес, необходимые для определения размеров (рис 28). В разделе «Расчетные данные» набираются метеорологические данные, введенные на общем уровне (лист 1).

Напоминаем также, что обязательные данные выделены звездочкой.

- Вторая часть или колонка
 - Вторая часть дает определение механических величин (рис 29), таких как механическое натяжение, среднее отклонение, коэффициент безопасности, длина проводов и угол поворота для уровня, а также для различных гипотез.

Таблица 5.3 – Область вывода механических величин на поверхности уровня

Hypothèse	PORTEE SIMPLE OU DE NIVEAU									
	Temp (°C)	Epaisseur givre (mm)	Facteur vent (%)	Pression du vent (N/m ²)	poids unitaire (N/m)	Tension (N)	Flèche mediane (m)	Coef.de sécurité	longueur d'arc (m)	angle de balancement (degré)
Condition initiale (EDS)	30	0		0	15,46	37 066	8,35	20%	400,46	0,0
Temp. min. et vent reduit	10	0	35,3%	240	17,17	45 171	7,61	24%	400,39	23,5
Temp. moy. et vent max	30	0	100,0%	680	26,20	52 487	9,99	28%	400,66	38,9
Temp. moy. et vent reduit	30	0	35,3%	240	17,17	39 715	8,65	21%	400,50	23,5
Temp. moy et sans vent	30	0	50,0%	340	18,73	42 061	8,91	23%	400,53	29,4
temp. Max et sans vent	50	0	0,0%	0	15,46	32 799	9,43	18%	400,59	0,0
Temp.fonctionnement et sans vent	75	0	0,0%	0	15,46	28 769	10,76	16%	400,77	0,0

- Для тех же предположений, эта часть также дает возможность определения одинаковых механических величин для вертикальной нагрузки путем ввода вертикального падения между двумя опорами, расположенными в конце пролета (Таблица 5.4 и 5.5).

Таблица 5.4 – Область вывода механических величин на ровной поверхности

PORTEE DENIVELEE					
La hauteur de denivelé h (m)				2	
Abscisse du Point bas (m)	Flèche Basse (m)	Flèche Haute (m)	longueur d'arc (m)	Tension appuis bas (N)	Tension appuis haut (N)
188,03	7,38	9,38	400,47	37 067	37 071
186,86	6,64	8,64	400,39	45 172	45 175
190,00	9,02	11,02	400,67	52 488	52 492
188,45	7,68	9,68	400,50	39 716	39 719
188,79	7,94	9,94	400,53	42 062	42 065
189,41	8,46	10,46	400,60	32 800	32 804
190,71	9,78	11,78	400,78	28 770	28 774

- Последняя таблица дает пользователю возможность ввести несколько значений диапазона и иметь разные данные в зависимости от температуры в диапазоне от 10 до 75°C с шагом 5°C.

Таблица 5.5 – Область расчета стрелы провеса в зависимости от температуры и пролета

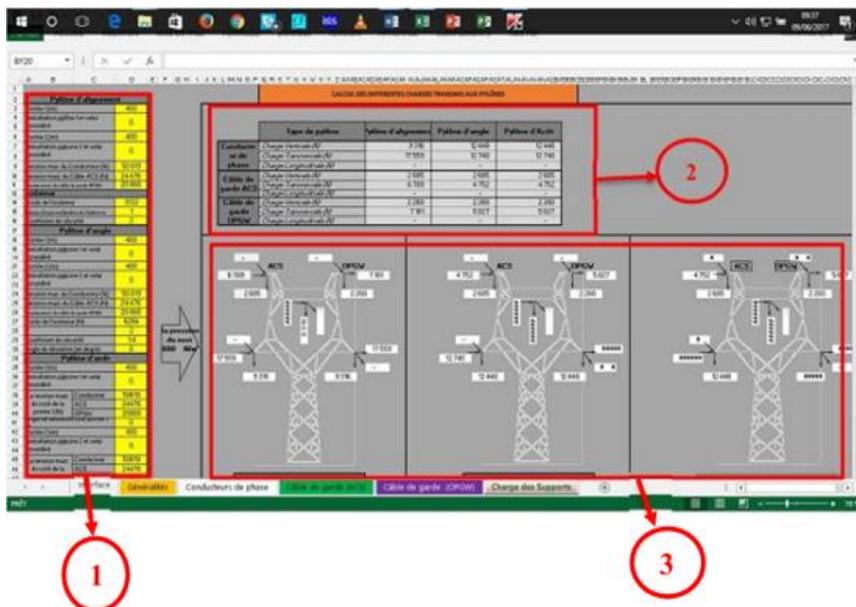
Temp. (°C)	La flèche (m) en fonction de la température et la portée (sans vent)													
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
250	2,61	2,76	2,92	3,08	3,26	3,44	3,63	3,82	4,01	4,21	4,41	4,61	4,81	5,00
300	3,88	4,07	4,27	4,48	4,69	4,91	5,13	5,35	5,58	5,80	6,03	6,25	6,47	6,69
350	5,43	5,66	5,90	6,14	6,39	6,63	6,88	7,13	7,38	7,63	7,88	8,12	8,37	8,61
400	7,26	7,53	7,80	8,07	8,34	8,61	8,89	9,16	9,43	9,70	9,96	10,23	10,49	10,75
450	9,38	9,68	9,97	10,26	10,56	10,85	11,14	11,43	11,72	12,00	12,29	12,57	12,85	13,12
500	11,78	12,10	12,41	12,72	13,03	13,34	13,65	13,96	14,26	14,56	14,86	15,15	15,44	15,73

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

1205.103386.000 ПЗ

Лист

80



1 исходные данные: она представляет основную область ввода данных для трех (03) типов опоры в нашей работе.

- Промежуточная опора

Как показано на рисунке 33, пользователь должен ввести значение двух пролетов, примыкающих к рассматриваемой опоре, разницу в уровне между опорой и опорами двух концов, а также максимальное натяжение различных проводов. Расчет учитывает вес выбранного изолятора (лист 1) как функцию длины цепи и дает пользователю возможность ввести коэффициент безопасности.

На Таблица 5.8 приведена область ввода данных для промежуточной опоры.

Таблица 5.8 – Область ввода информации для промежуточной опоры

Pylône d'alignement	
Portée 1 (m)	400
denivélation pylône 1 et celui considéré	0
Portée 2 (m)	400
denivélation pylône 2 et celui considéré	0
Tension max. du Conducteur (N)	50 619
Tension maxi. du Câble ACS (N)	24 476
Tension maxi. du câble de garde OPGW	20 868
Isolateur	
Poids de l'isolateur	3132
Liaison (Simple ou Double) de l'isolateur	1
Coefficient de sécurité	2

- Угловая опора

Данная зона ввода (Таблица 5.9) для угловых опор аналогична зоне входных опоры с той разницей, что учитывает угол отклонения и соединение цепи изолятора (двойное или одиночное соединение).

Таблица 5.9 – Область ввода информации угловой опоры

Pylône d'angle	
Portée 1 (m)	400
denivellation pylpone 1 et celui considéré	0
Portée 2 (m)	400
denivellation pylpone 2 et celui considéré	0
Tension max. du Conducteur (N)	50 619
Tension maxi. du Câble ACS (N)	24 476
Tension maxi. du câble de garde OPGW	20 868
Poids de l'isolateur (N)	6264
Liaison (Simple ou Double) de l'isolateur	2
Coefficient de sécurité	1,4
Angle de déviation (en degré)	0

- Концевая опора

Для опорного опораиз-за высоты, безопасности, пользователь должен ввести значения в градусах углы отклонения, механическое напряжение различных кабелей, касающихся с обеих концевых опор (рис 36).

Таблица 5.10 – Область ввода информации для концевой опоры

Pylône d'arrêt		
Portée 1 (m)		400
denivellation pylpone 1 et celui considéré		0
La tension maxi. du coté de la portée 1 (N)	Conducteur	50619
	ACS	24476
	OPGW	20868
Angle de deviation coté portée 1 (°)		0
Portée 2 (m)		400
denivellation pylpone 2 et celui considéré		0
La tension maxi. du coté de la portée 2 (N)	Conducteur	50619
	ACS	24476
	OPGW	20 868
Angle de deviation coté portée 2 (°)		-
Poids de l'isolateur (N)		6 264
Liaison (Simple ou Double) de l'isolateur		2
Coefficient de sécurité		1,4

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2 Область отображения различных нагрузок в зависимости от проводов приведена на Таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Область вывода результатов нагрузки

	Type de pylône	Pylône d'alignement	Pylône d'angle	Pylône d'Arrêt
Conducteur de phase	Charge Verticale (N)	9 316	12 448	12 448
	Charge Transversale (N)	17 559	12 740	12 740
	Charge Longitudinale (N)	-	-	-
Câble de garde ACS	Charge Verticale (N)	2 685	2 685	2 685
	Charge Transversale (N)	6 789	4 752	4 752
	Charge Longitudinale (N)	-	-	-
Câble de garde OPGW	Charge Verticale (N)	2 260	2 260	2 260
	Charge Transversale (N)	7 181	5 027	5 027
	Charge Longitudinale (N)	-	-	-

3 Область распределения нагрузки (рисунок 5.1).

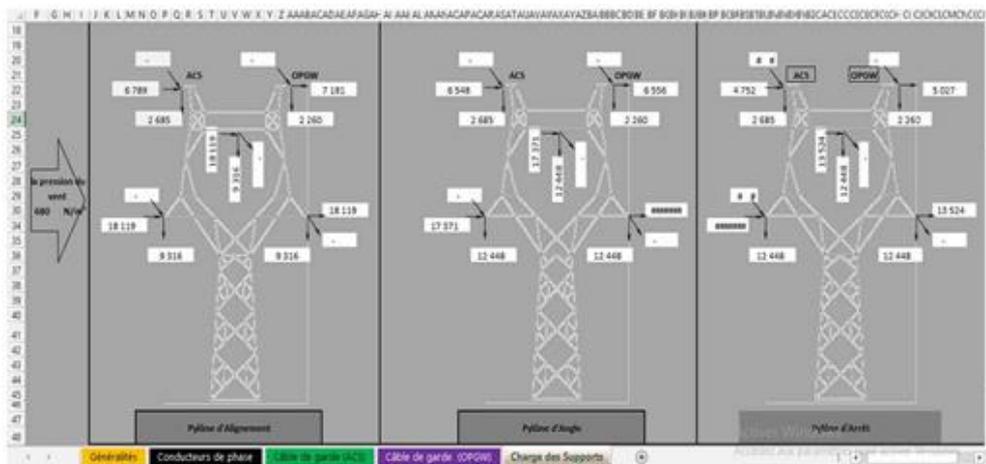


Рисунок 5.1 – Распределение нагрузок

❖ Проверка некоторых расчетных данных

Таблица 5.12 – Пример расчета данных, представленных подрядчиком

АААС 570

Титульный :	Расчет напряжения изгиба для проводов 225 км, заземляющий провод и <i>orgw</i>
Номер папки :6
Номер проверки :	0
Количество страниц :	9
<i>s/sou t/l</i>	<i>t/l</i>
Этап проектирования	<i>Design conceptuel</i>
Застройщик	
Консультация компании	
Компания	
Исследование компании	
Проект	Развитие и восстановление электросетей в кот-д'ивуаре
Расчет напряжения изгиба для проводов 225 км, заземляющий провод и <i>orgw</i>	

Таблица 5.13 – Стрела провеса- расчет натяжения приведена на рисунке ниже

<u>flèche - calcul de tension</u>									
<u>calcul pour:</u>		conducteur							
<u>critère de conception:</u>									
Travée Basique	=	364 m							
Pression du vent plein	=	680,0 N/m ²							
densité de glace	=	900 kg/m ³							
température de compensation de retrait	=	22 °C							
accélération gravifique	=	9,80665 m/s ²							
<u>détails de fil:</u>									
nom	=	AAAC-570							
diamètre	=	31,1 mm							
aire de section	=	570,2 mm ²							
poids unitaire	=	1,576 kg/m							
force maximale	=	185330 N							
coefficient d'expansion	=	0,000023 1/°C							
module élastique	=	54000 N/mm ²							
<u>flèche - calcul de tension</u>									
Description	Temp. [°C]	épaisseur de glace [mm]	facteur du vent [%]	pression du vent [N/m ²]	charge unitaire [N/m]	Tension [N]	flèche [m]	F.O.S.	
# condition initiale	30	0	0,0%	0,0	15,455	37066	6,909	5,00	
Min. Temp., le vent réduit, initial	10	0	35,3%	240,0	17,163	54262	5,240	3,42	
Min. Temp., le vent réduit, finale	10	0	35,3%	240,0	17,163	45677	6,226	4,06	
Eve. Temp., le vent plein, initial	30	0	100,0%	680,0	26,194	57892	7,496	3,20	
Eve. Temp., le vent plein, finale	30	0	100,0%	680,0	26,194	51495	8,431	3,60	
Eve. Temp., le vent oblique 45°, initial	30	0	50,0%	340,0	18,726	48468	6,402	3,82	
Eve. Temp., le vent oblique 45°, finale	30	0	50,0%	340,0	18,726	41735	7,435	4,44	
Eve. Temp., le vent réduit, initial	30	0	35,3%	240,0	17,163	46375	6,132	4,00	
Eve. Temp., le vent réduit, finale	30	0	35,3%	240,0	17,163	39540	7,193	4,69	
Eve. Temp., pas du vent, initial	30	0	0,0%	0,0	15,455	44033	5,815	4,21	
# Eve. Temp., pas du vent, finale	30	0	0,0%	0,0	15,455	37066	6,909	5,00	
Max. Env. Temp., pas du vent, initial	50	0	0,0%	0,0	15,455	37619	6,807	4,93	
Max. Env. Temp., pas du vent, finale	50	0	0,0%	0,0	15,455	32290	7,932	5,74	
Max. Con. Temp., pas du vent, initial	75	0	0,0%	0,0	15,455	31680	8,085	5,85	
Max. Con. Temp., pas du vent, finale	75	0	0,0%	0,0	15,455	27880	9,189	6,65	
NOTES:									
1. facteur de sécurité pour conducteur de phase:									
(a) température 30°C, air calme, tension finale, Tension <= 20% de la résistance maximale à la traction (facteur de sécurité >=5.0)									
(b) @ la pire condition, Tension <= 40% de la résistance maximale à la traction (facteur de sécurité >=2.5)									
(c) la température de la flèche finale sous la condition maximale sera calculé en 75°C.									
2. facteur de sécurité pour fil de masse:									
(a) température 30°C, air calme, tension finale, Tension <= 20% de la résistance maximale à la traction (facteur de sécurité >=5.0)									
(b) la pire condition, Tension <= 33.3% de la résistance maximale à la traction (facteur de sécurité >=3.0)									
(c) flèche de fil de masse <= 90% flèche de conducteur.									
3. # indiquer la condition initiale									
4. L'équation caténaire est appliquée et la température de compensation de retrait est soustrait pour la fuite lors de la chute (flèche).									

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

1205.103386.000 ПЗ

Лист

86

Таблица 5.14 – Стрела провеса - расчет натяжения приведена на рисунке ниже

flèche - calcul de tension

calcul pour: conducteur

critère de conception:

Travée Basique = 400 m
 Pression du vent plein = 680,0 N/m²
 densité de glace = 900 kg/m³
 température de compensation de retrait = 22 °C
 accélération gravifique = 9,80665 m/s²

détails de fil:

nom = AAAC-570
 diamètre = 31,1 mm
 aire de section = 570,2 mm²
 poids unitaire = 1,576 kg/m
 force maximale = 185330 N
 coefficient d'expansion = 0,000023 1/°C
 module élastique = 54000 N/mm²

flèche - calcul de tension

Description	Temp. [°C]	épaisseur de glace [mm]	facteur du vent [%]	pression du vent [N/m ²]	charge unitaire [N/m]	Tension [N]	flèche [m]	F.O.S.
# condition initiale	30	0	0,0%	0,0	15,455	37066	8,344	5,00
Min. Temp., le vent réduit, initial	10	0	35,3%	240,0	17,163	52806	6,503	3,51
Min. Temp., le vent réduit, finale	10	0	35,3%	240,0	17,163	45173	7,603	4,10
Eve. Temp., le vent plein, initial	30	0	100,0%	680,0	26,194	58339	8,988	3,18
Eve. Temp., le vent plein, finale	30	0	100,0%	680,0	26,194	52491	9,988	3,53
Eve. Temp., le vent oblique 45°, initial	30	0	50,0%	340,0	18,726	48087	7,792	3,85
Eve. Temp., le vent oblique 45°, finale	30	0	50,0%	340,0	18,726	42063	8,910	4,41
Eve. Temp., le vent réduit, initial	30	0	35,3%	240,0	17,163	45793	7,500	4,05
Eve. Temp., le vent réduit, finale	30	0	35,3%	240,0	17,163	39715	8,649	4,67
Eve. Temp., pas du vent, initial	30	0	0,0%	0,0	15,455	43214	7,156	4,29
# Eve. Temp., pas du vent, finale	30	0	0,0%	0,0	15,455	37066	8,344	5,00
Max. Env. Temp., pas du vent, initial	50	0	0,0%	0,0	15,455	37556	8,235	4,93
Max. Env. Temp., pas du vent, finale	50	0	0,0%	0,0	15,455	32797	9,432	5,65
Max. Con. Temp., pas du vent, initial	75	0	0,0%	0,0	15,455	32246	9,593	5,75
Max. Con. Temp., pas du vent, finale	75	0	0,0%	0,0	15,455	28766	10,756	6,44

NOTES:

- facteur de sécurité pour conducteur de phase:
 - température 30°C, air calme, tension finale, Tension <= 20% de la résistance maximale à la traction (facteur de sécurité >=5,0)
 - @ la pire condition, Tension <= 40% de la résistance maximale à la traction (facteur de sécurité >=2,5)
 - la température de la flèche finale sous la condition maximale sera calculé en 75°C.
- facteur de sécurité pour fil de masse:
 - température 30°C, air calme, tension finale, Tension <= 20% de la résistance maximale à la traction (facteur de sécurité >=5,0)
 - la pire condition, Tension <= 33,3% de la résistance maximale à la traction (facteur de sécurité >=3,0)
 - flèche de fil de masse <= 90% flèche de conducteur.
- # indiquer la condition initiale
- L'équation caténaire est appliquée et la température de compensation de retrait est soustrait pour la flèche lors de la chute (flèche).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

1205.103386.000 ПЗ

Лист

87

- Результаты, полученные Proגיעל

Таблица 5.15 – Результаты, полученные Proגיעל со средней дальностью 364 м

CONDUCTEURS DE PHASE		PORTEE SIMPLE OU DE NIVEAU												
6	Portée moyenne (m)*	364												
12	Choix du conducteur*	AAAC-570												
13	Diametre (mm)	31,1												
14	Section Totale (mm ²)	570,22												
15	Coef. Dilatation (1/°C)	0,000023												
16	Charge de rupture (daN)	18533												
17	Module E (daN/mm ²)	5400												
18	R. ohmique (Ω/km)	0,0583												
19	Poids unitaire (kg/m)	1,576												
Données de calcul														
22	Champs de gravité(m/s ²)	9,81												
23	Portée Moyenne (m)	364												
24	Pression Max (N/m ²)	680												
25	Pression reduite (N/m ²)	240												
26	Temp. Maximale (°C)	50												
27	Temp. Moyenne (°C)	30												
Hypothèse			Temp (°C)	Epaisseur glivre (mm)	Facteur vent (%)	Pression du vent (N/m ²)	pois unitaire (N/m)	Tension (N)	flèche mediane (m)	Coef. de securité	longeur d'arc (m)	angle de balancement (degre)		
Condition initiale (EDS)			30	0	0,0%	0	15,46	37 066	6,91	20%	364,35	0,0		
Temp. min. et vent reduit			10	0	35,3%	240	17,17	45 674	6,23	25%	364,28	23,5		
Temp. moy. et vent max			30	0	100,0%	680	26,20	51 491	8,43	28%	364,52	38,9		
Temp. moy. et vent reduit			30	0	25,3%	240	17,17	39 540	7,20	21%	364,38	23,5		
Temp. moy et sans vent			30	0	50,0%	340	18,73	41 733	7,44	23%	364,40	29,4		
temp. Max et sans vent			50	0	0,0%	0	15,46	32 292	7,93	17%	364,46	0,0		
Temp fonctionnement et sans vent			75	0	0,0%	0	15,46	27 883	9,19	15%	364,62	0,0		
La flèche (m) en fochion de la température et la portée (sans vent)														
		Temp. (°C)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Portée (m)	250	2,61	2,76	2,92	3,08	3,25	3,44	3,63	3,82	4,01	4,21	4,41	4,61	
	300	3,88	4,07	4,27	4,48	4,69	4,91	5,13	5,35	5,58	5,80	6,03	6,25	
	350	5,43	5,66	5,90	6,14	6,39	6,63	6,88	7,13	7,38	7,63	7,88	8,12	
	400	7,26	7,53	7,80	8,07	8,34	8,61	8,89	9,16	9,43	9,70	9,96	10,23	
	450	9,38	9,68	9,97	10,26	10,56	10,85	11,14	11,43	11,72	12,00	12,29	12,57	
	500	11,78	12,10	12,41	12,72	13,03	13,34	13,65	13,96	14,26	14,56	14,86	15,15	

Таблица 5.16 – Результаты, полученные Proגיעל со средней дальностью 400м

CONDUCTEURS DE PHASE		PORTEE SIMPLE OU DE NIVEAU												
6	Portée moyenne (m)*	400												
12	Choix du conducteur*	AAAC-570												
13	Diametre (mm)	31,1												
14	Section Totale (mm ²)	570,22												
15	Coef. Dilatation (1/°C)	0,000023												
16	Charge de rupture (daN)	18533												
17	Module E (daN/mm ²)	5400												
18	R. ohmique (Ω/km)	0,0583												
19	Poids unitaire (kg/m)	1,576												
Données de calcul														
22	Champs de gravité(m/s ²)	9,81												
23	Portée Moyenne (m)	400												
24	Pression Max (N/m ²)	680												
25	Pression reduite (N/m ²)	240												
26	Temp. Maximale (°C)	50												
27	Temp. Moyenne (°C)	30												
Hypothèse			Temp (°C)	Epaisseur glivre (mm)	Facteur vent (%)	Pression du vent (N/m ²)	pois unitaire (N/m)	Tension (N)	flèche mediane (m)	Coef. de securité	longeur d'arc (m)	angle de balancement (degre)		
Condition initiale (EDS)			30	0	0,0%	0	15,46	37 066	8,35	20%	400,46	0,0		
Temp. min. et vent reduit			10	0	35,3%	240	17,17	45 171	7,61	24%	400,39	23,5		
Temp. moy. et vent max			30	0	100,0%	680	26,20	52 487	9,99	28%	400,66	38,9		
Temp. moy. et vent reduit			30	0	25,3%	240	17,17	39 715	8,65	21%	400,50	23,5		
Temp. moy et sans vent			30	0	50,0%	340	18,73	42 061	8,91	23%	400,51	29,4		
temp. Max et sans vent			50	0	0,0%	0	15,46	32 799	9,43	18%	400,59	0,0		
Temp fonctionnement et sans vent			75	0	0,0%	0	15,46	28 769	10,76	16%	400,77	0,0		
La flèche (m) en fochion de la température et la portée (sans vent)														
		Temp. (°C)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Portée (m)	250	2,61	2,76	2,92	3,08	3,25	3,44	3,63	3,82	4,01	4,21	4,41	4,61	
	300	3,88	4,07	4,27	4,48	4,69	4,91	5,13	5,35	5,58	5,80	6,03	6,25	
	350	5,43	5,66	5,90	6,14	6,39	6,63	6,88	7,13	7,38	7,63	7,88	8,12	
	400	7,26	7,53	7,80	8,07	8,34	8,61	8,89	9,16	9,43	9,70	9,96	10,23	
	450	9,38	9,68	9,97	10,26	10,56	10,85	11,14	11,43	11,72	12,00	12,29	12,57	
	500	11,78	12,10	12,41	12,72	13,03	13,34	13,65	13,96	14,26	14,56	14,86	15,15	

5.2 Сравнительное исследование

5.1.1 Входные данные

Проводится сравнение для одних и тех же входных данных с учетом выбора проводников, метеорологических данных, дальности, и с одинаковым гравитационным полем:

Таблица 5.17 – Входные данные

Вход *Progiciel*

<u>flèche - calcul de tension</u>		CONDUCTEURS DE PHASE	
<u>calcul pour:</u>	conducteur	Portée moyenne (m)*	364
<u>critère de conception:</u>		Choix du conducteur*	AAAC-570
Travée Basique =	364 m	Diametre (mm)	31,1
Pression du vent plein =	680,0 N/m ²	Section Totale (mm ²)	570,22
densité de glace =	900 kg/m ³	Coef. Dilatation (1/°C)	0,000023
température de compensation de retrait =	22 °C	Charge de rupture (daN)	18533
accélération gravifique =	9,80665 m/s ²	Module E (daN/mm ²)	5400
<u>détails de fil:</u>		R. ohmique (Ω/km)	0,0583
nom =	AAAC-570	Poids unitaire (kg/m)	1,576
diamètre =	31,1 mm	Données de calcul	
aire de section =	570,2 mm ²	Champs de gravité(m/s ²)	9,81
poids unitaire =	1,576 kg/m	Portée Moyenne (m)	364
force maximale =	185330 N	Pression Max (N/m ²)	680
coefficient d'expansion =	0,000023 1/°C	Pression reduite (N/m ²)	240
module élastique =	54000 N/mm ²	Temp. Maximale (°C)	50
		Temp. Moyenne (°C)	30
		Temp. Mininale (°C)	10
		Temp. Fonctionnement(°C)	75

5.2.2 Сравнение полученных результатов

Hypothèse	PORTEE SIMPLE OU DE NIVEAU									
	Temp [°C]	Epaisseur glivre (mm)	Facteur vent (%)	Pression du vent (N/m ²)	poids unitaire (N/m)	Tension (N)	flèche mediane (m)	Coef.de sécurité	longueur d'arc (m)	angle de balancement (degré)
Condition initiale (EDS)	30	0	0,0%	0	15,46	37 066	6,91	20%	364,35	0,0
Temp. min. et vent réduit	10	0	35,3%	240	17,17	45 674	6,23	25%	364,28	23,5
Temp. moy. et vent max	30	0	100,0%	680	26,20	51 491	8,43	28%	364,52	38,9
Temp. moy. et vent réduit	30	0	35,3%	240	17,17	39 540	7,20	21%	364,38	23,5
Temp. moy. et sans vent	30	0	50,0%	340	18,73	41 733	7,44	23%	364,40	29,4
temp. Max et sans vent	50	0	0,0%	0	15,46	32 292	7,93	17%	364,46	0,0
Temp.fonctionnement et sans vent	75	0	0,0%	0	15,46	27 883	9,19	15%	364,62	0,0
# condition initiale	30	0	0,0%	0,0	15,455	37066	6,909	5,00		
Min. Temp., le vent réduit,	10	0	35,3%	240,0	17,163	45677	6,226	3,42		
Eve. Temp., le vent plein,	30	0	100,0%	680,0	26,194	51495	8,431	3,20		
Eve. Temp., le vent réduit,	30	0	35,3%	240,0	17,163	39540	7,193	4,00		
Eve. Temp., le vent oblique 45°,	30	0	50,0%	340,0	18,726	41735	7,435	4,44		
Max. Env. Temp., pas du vent,	50	0	0,0%	0,0	15,455	32290	7,932	4,93		
Max. Con. Temp., pas du vent,	75	0	0,0%	0,0	15,455	27880	9,189	5,85		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

1205.103386.000 ПЗ

Лист

89

Вывод

В данной главе представлен интерфейс для проверки и оценки расчетов подрядчиков.

С помощью этой программы проводился:

- Расчет эквивалентного веса проводов и грозозащитных тросов;
- Расчет механического натяжения проводов и грозозащитных тросов;
- Расчет стрела провеса провода в середине пролетов;
- Расчет длины дуги проводов и грозозащитных тросов;
- Расчет нагрузок, передаваемых на опоры;
- Определение коэффициента безопасности в зависимости от погодных условий;

Важно отметить, что любое определение размеров механических величин должно предшествовать топографическому исследованию после определения профиля линии.

Наблюдение:

В данной выпускной работе изучены такие аспекты, как:

- Овладение построением линии требует междисциплинарных знаний; к ним относятся: электричество, гражданское строительство и механика;
- Исследования строительства линий требуют дорогостоящего программного обеспечения и требуют больших инвестиций;
- Этап выполнения работы является самым сложным, самым дорогим этапом и требует тщательной организации и технического умения;
- Возможность сочетания теории с практикой на уровне сетей позволяет лучше понять все аспекты тема.

Рекомендации:

- Обучение программному обеспечению требует полного мастерства в построении воздушных линии электропередачи;
- Для облегчения доступа к знаниям в области электрических сетей, в частности о передаче электрической энергии, необходимо создать большие программные обеспечения или программы.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

Заключение

Ознакомившись с рабочей средой, были изучены различные методы определения размеров воздушных линий в целом. Рассмотрены сопротивления изоляторов до и после дождя, разработаны программы для проверки различных расчетов подрядчиков, чтобы избежать аварий после строительства линии электропередач.

Цели, достигнутые в течение этой выпускной темы, могут быть определены в двух частях:

- возможность проведения проектных исследований и строительства воздушной линии категории В и знать компоненты;
- возможность оптимально выполнять такой проект с учетом различных ограничений по времени, стоимости и качеству.

При проектировании линии необходимо учитывать изменение сопротивления изоляторов под действием загрязненного слоя (соли) изолятора для избежания пробоев, которые могут вызвать короткие замыкания, перенапряжения, последствиями которых могут быть потеря человеческих жизней, отсутствием непрерывного обслуживания, экономическими потерями.

Чтобы обеспечить стабильность и долговечность нашей постройки, крайне важными становятся интересы эксплуатации и определении размеров трансформаторных станций в центре электрических сетей.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

Список литературы

1. Абрамов В.Д., Хомяков М.В. Эксплуатация изоляторов высокого напряжения. - М.: Энергия, 1976.
2. Вдовико В.П., Овсянников А.Г., Поспелов Л.И. Диагностика электрической изоляции высоковольтного оборудования под рабочим напряжением // Энергетик. - 1995. - №10.
3. M. Aguet et M. Lanoz : « Isolant, isolation et système d'isolation, Traité d'électricité. ». Volume XXII, Haute Tension, presses polytechniques et universitaires romandes ; 1990
4. Электромонтажные работы. В 11 кн. Кн. 8. Ч. 1. Воздушные линии электропередачи: Учеб. пособие для ПТУ / Магидин Ф. А.; Под ред. А. Н. Трифонова. — М.: Высшая школа, 1991. — 208
5. L.L. Alston and S. Zoledziowski, Growth of Discharge on Polluted Insulators, IEEE, Trans. PAS, Vol. 110, N° 7, pp. 1260 - 1266, Juillet 1963.
6. H. Carpentier. RGE. Décembre 1941. A propos du coefficient d'élasticité des câbles
7. Bulletin S. F. E. n° 96. Septembre 1949. Le réglage des conducteurs
8. Ф.Р. Исмагилов, Р.Г. Шакиров и др. Основные вопросы проектирования воздушных линий электропередачи. О-75 учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. Машиностроение, 2015. – 211 с
9. Горелик С. С., Дашевский М. Я. Материаловедение полупроводников металловедение. М., «Металлургия», 1973. 496 с. с ил.
10. Майофис И. М. Химия диэлектриков. М., «Высшая школа», 1970, 320 с. сил.
11. Michel Bougue, INEO, Lignes électriques aériennes à très haute tension, Tome 3 : Etudes techniques, Juillet 2006.
12. Michel Bougue, INEO, Lignes électriques aériennes à très haute tension, Tome 4 : Manuel Pratique, Juillet 2006.
13. BS EN 50341-1:2012, Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV - Part1: General requirements - Common specifications
14. PROJET DE RENFORCEMENT DU RESEAU DE TRANSPORT ET D'ELECTRIFICATION RURALE, COTE D'IVOIRE. P-CI-FA0-014 – ONEC
15. H.Mousoaui et M.Bourahla «Choix des isolateurs des lignes aériennes en région polluée.» PFE. USTO, juin 1999.
16. CEI 815 «Guide pour le choix des isolateurs sous pollution » 1986
17. F.Obenaus, «Die überschlagsspannung vrshmutzter isolatoren.» ETZ, vol 56, pp 369-70, 1935.
18. F.Saidani «influence de la largeur de la couche de polluante sur la tenue diélectrique s'une surface isolante.» Promotion 98/99.

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

19. P.Claverie, «Predetermination of the Behaviour of Polluted Insulators», IEEE Trans. PAS, Vol. 90, N° 4, pp. 1902 - 1908, Juillet 1971
20. P.Claverie et Y. Porcheron : «La pollution des isolateurs, les phénomènes de pollution des isolateurs et l'isolement des ouvrages en régions polluées». RGE, tome 82, n°3, Mars 1973.
21. M.Jean-Jacques Graff, « Calcul mécanique des lignes aériennes, Tome 3 », cours électrification rural de 2IE.
22. Источников : Traité de l'ingénieur « Doc D 4 422 » (André CHANAL et JL, 2000)
23. Источников : Fondamentaux à la conception d'une ligne haute tension (COFELY INOE, 2013)
24. Источников : Traité de l'Ingénieur (LEVEQUE & CHANAL, 2000)
25. Интернетресурс:[<https://yandex.ru/images/search?text=установка%20высоковольтн%20опор&stypе=image&lr=172&source=wiz>]
26. Интернет ресурс:[<http://bashelectrotech.ru/katalog/nizkovoltnoe-oborudovanie/>]
27. Интернет ресурс : [<https://www.emploi.ci/offre-emploi-cote-ivoire/expert-ligne-haute-tension-784323>]
28. Интернет ресурс : [<http://www.cie.ci/nos-activites/transport>]
29. Интернет ресурс: [https://fr.wikipedia.org/wiki/Centrale_thermique_d'Azito#:~:text=centralethermiqueAzito,lacommuねabidjanaisedeYopougon.]
30. Интернет ресурс: [<https://ehto.ru/elektrika-chastnogo-doma/linii-e-lektropredach/typy-izoljatorov-vozdushnyh-linij-ehlektropredachi>]

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

Приложение А

ПРИЛОЖЕНИЕ СПРАВКА об анализе патентной литературы по теме выпускной квалификационной работы «Исследование передачи электрической энергии в Кот-Д'Ивуаре в условиях жаркого морского климата»

Перечень аналогичных технических решений (страна, № патента или заявки, индекс международной патентной классификации (МПК), название изобретения, дата публикации)	Формула изобретения основного аналога
РФ № 2705216 H01B 17/14 ОПОРНО-СТЕРЖНЕВОЙ ПОЛИМЕРНЫЙ ИЗОЛЯТОР С ЗАМКОВЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ЕГО СОСТАВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ Опубликовано: 06.11.2019	Опорно-стержневой полимерный изолятор, содержащий покрытый защитной оболочкой из трекинговой материала стеклопластиковый стержень и установленные на его концевых участках оконцеватели, отличающийся тем, что на внутренней поверхности полости каждого оконцевателя выполнены продольные выступы, направленные внутрь, а в стеклопластиковом стержне на его концах выполнены продольные канавки, переходящие в кольцевые канавки, и при продольном перемещении оконцевателей по стеклопластиковому стержню его внутренние продольные выступы скользят по продольным канавкам стержня и допускают вращение оконцевателей только на выходе из продольных канавок при их переходе в кольцевые канавки стержня, в которых происходит фиксирование оконцевателей при технологическом процессе формирования защитной оболочки для стеклопластикового стержня с одновременным заполнением трекинговостойким материалом продольных и кольцевых канавок стержня.
РФ № 2319242 H01B 17/14 ОПОРНЫЙ ПОЛИМЕРНЫЙ ИЗОЛЯТОР ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ Опубликовано: 10.03.2008	
РФ № 191692 H01B 17/14 ОПОРНЫЙ ИЗОЛЯТОР Опубликовано: 15.08.2019	

Технико-экономические преимущества основного аналога

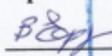
Существенное упрощение технологического процесса изготовления полимерных изоляторов, снижения себестоимости продукции при высокой эксплуатационной надежности изделий

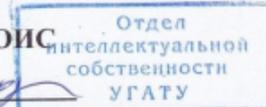
Поиск провел студент:

Группа Э-212М

Ф.И.О. Гбамбле Б.Д.М.

Проверил эксперт ОИС

Ефремов В.П. 



Руководитель ВКР

Терегулов Т.Р. _____

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

Приложение Б

Таблица 1 – свойства наиболее используемых проводящих материалов

Свойства	Медь	Алюминий	Сталь
Электрическое сопротивление 20°С(10 ⁻⁸ Ω.м)	1,72	2,8	~15
Плотность (кг.м ⁻³)	8 890	2 700	7 800
Напряжение на разрыв при растяжении (мпа)	380 - 450	150 - 190	1410 - 1450

Таблица 2 – характеристики различных сплавов алюминия

Материал	Эл. сопротивление 20 °С (10 ⁻⁸ Ω.м)	Напряжение на разрыв при растяжении (мпа)	Постоянная максимальная температура (°С)
Жесткий алюминий	2,825	160 - 180	75
Алюминиевый сплав (альмелек)	3,26	315 - 325	75
Отожженный алюминий	2,92	59 - 97	250

Приложение В

Таблица 3 – характеристики грозозащитного троса

Характеристики	Единицы	<i>phlox 94</i>	<i>opgw</i>
Номинальное сечение	мм ²	94	93.31
Эффективное сечение альмелек	мм ²	57.95	
Эффективный сечение стали	мм ²	42.12	
Общее сечение	мм ²	94.07	
Внешний диаметр	мм	12.70	13.20
Средний вес	дан/м	0.481	0.490
Модуль упругости	дан/мм ²	11600	12700
Коэффициент линейного расширения	10 ⁻⁶ /°с	14.7	14.7
Расчетная разрывная нагрузка	дан	8035	8000
Электрическое сопротивление 20°с	ом/км	0.642	0.48
Допустимый ток в постоянном режиме.	а		
Количество проводов алюминиевый сплав (альмелек)	-	15	
Диаметр проводов алюминиевый сплав (альмелек)	мм	2.10	
Количество проводов стали	-	19	
Диаметр проводов стали	мм	1.68	

Приложение Г

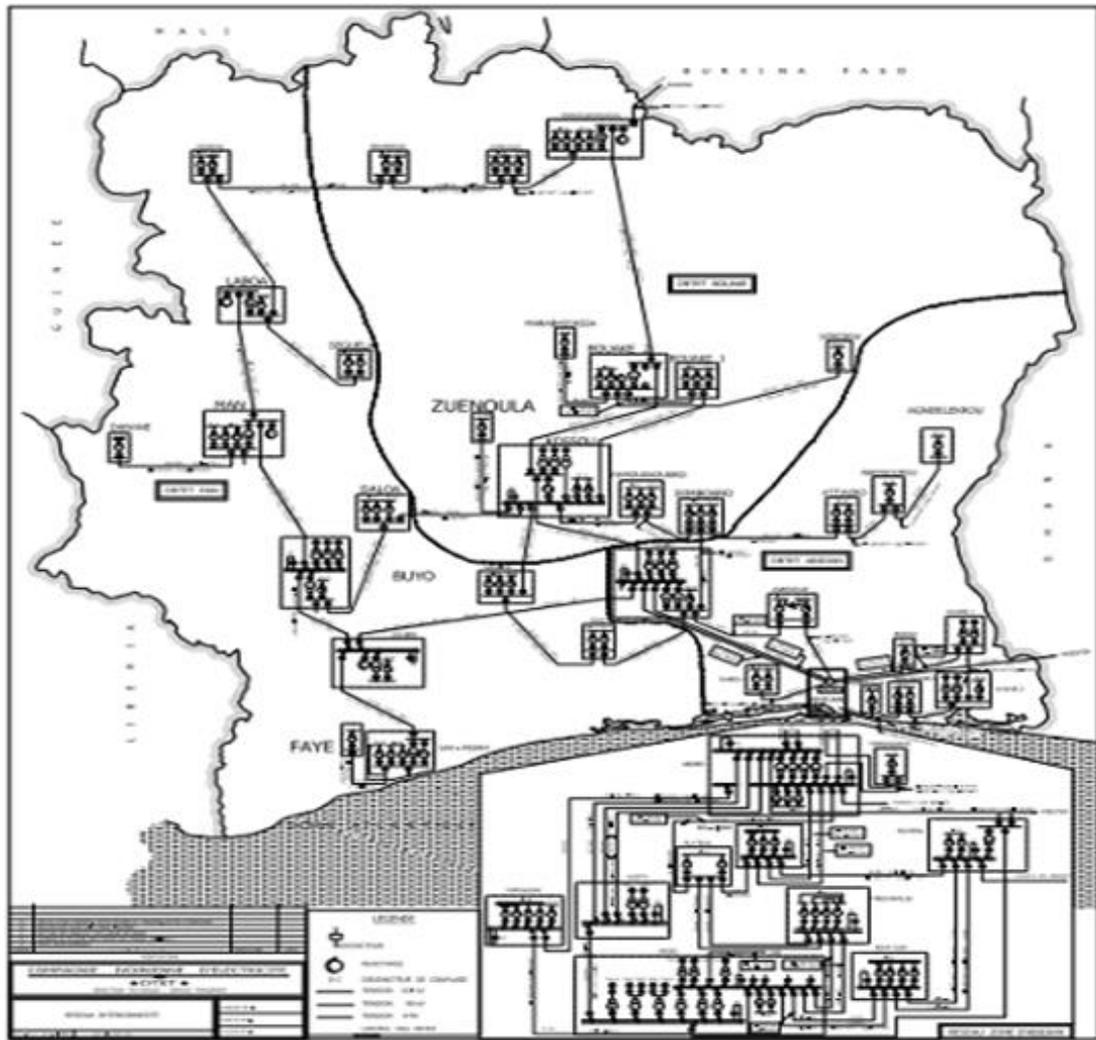


Рисунок 22 – Взаимосвязанная сеть Кот-д'Ивуара в 2019 году

Приложение Д

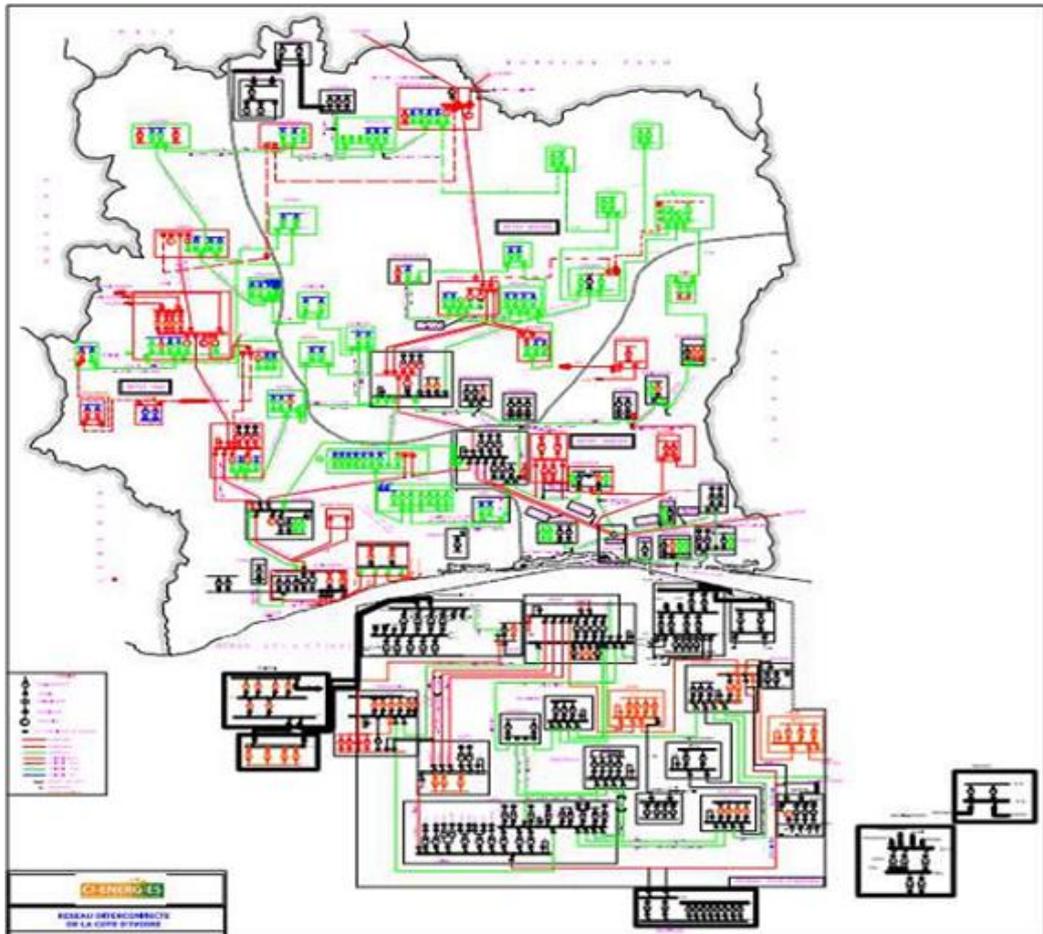


Рисунок 23 – Взаимосвязанная сеть Кот-д'Ивуара к 2030 году

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

1205.103386.000 ПЗ

Лист

98

Приложение Е

Таблица 13 – Обходное напряжение в зависимости от зоны загрязнения

Уровень	Зона загрязнения		
	I-низкий	II-средство	III-сильный
Соленость мг/см ²	0,06	0,20	0,60
Локализация	Большая часть территории	зона далеко от моря и промышленная	близко от моря и промышленная
Обходное напряжение (мм/квфф)	16	20	25

Приложение Ж

Таблица 14 – Обычный уровень напряжения и максимальное напряжение номинального выдерживаемого напряжения удара молнии

	Номинальное напряжение линии ин(кв)	Максимальное напряжение для оборудования им (кв)	Номинальное напряжение, выдерживающее удар молнии, бил (кв пиковое)
Класс а $1 \leq u_m \leq 52$	3	3,6	40
	6	7,2	60
	10	12	75
	15	17,5	95
	20	24	125
	30	36	170
Класс, а $52 \leq u_m \leq 380$	50	52	250
	70	72,5	325
	110	123	450
	130	145	550
	150	170	650
	225	245	750

Таблица 15 – Выбор изолятора в зависимости от рабочих напряжений

Рабочее напряжение кв	Максимальное рабочее напряжение кв	Напряжение кв при промышленной частоте под дождем, рекомендованное <i>cei</i>		Устойчивость к ударам по напряжению, рекомендуемая <i>cei</i>		Изоляторная составляющая вертикальных цепей линий <i>e.d.f</i>			
		Уменьшенная изоляция	Полная изоляция	Уменьшенная изоляция	Полная изоляция	Номер элемента	Диаметр (мм)	Шаг (мм)	Общая длина
63	72,5		140		325	4	245	127	508
90	100	150	185	380	450	6	245	127	762
150	170	275	325	650	750	10	245	127	1270
225	245	395	460	900	1050	14	245	127	1778
380	420	680		1550		21	280	146	3066

Приложение 3

Таблица 16 – Минимальная длина утечки

Номинальное напряжение между фазами (в кВ)	Максимальное напряжение для оборудования им (кВ)	Минимальная длина утечки изоляционных цепей в мм		
		Уровень загрязнения		
		I- низкий	II - средство	III- сильный
63/90	100	1600	2000	2500
225	245	3920	4900	6130
400	420	6720	8400	10500
Обходное напряжение (мм/кВфф)		16	20	25
Концентрация соли (s) в мг/см ²		s≤0,06	0,06≤ s ≤0,2	0,2≤ s ≤ 0,6

Таблица 17 – Полученные результаты

Предпо	Допустимое натяжение (н)			Темп °С	Провода		ACS		OPGW	
	Провода	ACS	OPGW		Натяжение (н)	Стрела провеса (м)	Натяжение (н)	Стрела провеса (м)	Натяжение (н)	Стрела провеса (м)
A	20%	18%	18%	30	37 066	8,35	18 187	6,83	13 410	7,68
	37 066	18 187	13 410							
B	40%	40%	40%	10	45 171	7,61	21 001	6,57	16 170	7,48
	74 132	40 416	29 800							
C	40%	40%	40%	30	52 487	9,99	24 496	8,59	20 868	9,93
	74 132	40 416	29 800							
D	40%	40%	40%	75	28 769	10,76	16 651	7,46	12 261	8,41
	74 132	40 416	29 800							

Приложение И



225 кв	90 кв
Станция существующая ■	Станция существующая ▲
Станция в проекте □	Станция в проекте △
Линия передачи существующая —————	Линия передачи существующая —————
Линия передачи в проекте - - - - -	Линия передачи в проекте - - - - -
Станция строительства ■	Станция строительства ▲
Станция подлежащая перепланировке ★	Станция подлежащая перепланировке ★
Линия передачи строительства —————	Линия передачи строительства —————

Рисунок 1 – карта зоны проекта

О Т З Ы В

Руководителя выпускной квалификационной работы _____

доцента, к.т.н. Терегулова Тагира Рафаэлевича

(звание, степень, фамилия, имя, отчество)

Должность доцент место работы УГАТУ

о выпускной квалификационной работе обучающегося группы Э-212М

факультета АВИЭТ

Гбамбле Би Джангоне Мариуса

(фамилия, имя, отчество)

Тема выпускной квалификационной работы: «Исследование передачи электрической энергии в Кот-Д'Ивуаре в условиях жаркого морского климата»

В настоящее время в странах африканского континента наблюдается экономический рост, что непременно ведет к увеличению потребления электроэнергии. Многие страны региона обладают солидными энергетическими ресурсами, однако проблема передачи электроэнергии от электростанции до потребителя стоит наиболее остро. Для удовлетворения своих энергетических потребностей государство Кот-д'Ивуар запустило программу восстановления сектора электроэнергетики, включающую в себя и проект возведения новых линий электропередач длиной 1682 км классом напряжения 225 кВ и 90 кВ.

В данной работе рассматриваются вопросы, связанные с возведением опор ЛЭП, прокладкой высоковольтных линий, защитой линий в условиях влажного тропического климата. Приведена методика выбора проводов и грозозащитных тросов. Изучено все необходимое оборудование, включая, амортизаторы, проставки, сигнальные устройства и опорные изоляторы. Последним уделено особое внимание, поскольку климат Кот-д'Ивуара предполагает воздействие на ЛЭП высоких температур, дождей и сильных ветров, что в свою очередь приводит к загрязнению изоляторов, увеличению поверхностной электрической проводимости и тока утечки, а, следовательно, к увеличению потерь при передаче электроэнергии.

Практическая значимость работы заключается в расчете и выборе оборудования для возведения линий электропередачи 225 кВ в рамках указанной государственной программы. Проведено математическое моделирование загрязнения изоляторов и расчет тока утечки. Описано и предложено к использованию программное обеспечение *Progiciel*, предназначенное

					1205.103386.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103

для определения механических величин, необходимых для определения размеров воздушных линий электропередачи высокого напряжения.

Работа соответствует заявленной теме по структуре и содержанию. Структура работы логична, материал излагается последовательно, а его содержание свидетельствует о творческом подходе автора к рассматриваемой проблеме. У магистранта в достаточной мере развиты умения и навыки поиска необходимой информации, обобщения и анализа материала, а также умение делать выводы на основе проанализированных материалов.

Представленная на защиту выпускная квалификационная работа Гбамбле Би Джангоне Мариуса соответствует требованиям, предъявляемым к выпускным квалификационным работам, и может быть рекомендована к защите, а ее автор заслуживает положительной оценки.

Руководитель выпускной квалификационной работы

Терегулов Т.Р.

« 29 » июня 2020 г.

					<i>1205.103386.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>104</i>

СПРАВКА

о результатах проверки текстового документа на наличие заимствований

**Проверка выполнена в системе
Антиплагиат.ВУЗ**

Автор работы	Гбамбле Би Джангоне Мариус
Подразделение	
Тип работы	Не указано
Название работы	Э-212М Гбамбле Би Джангоне Мариус 09.06.2020
Название файла	Э-212М Гбамбле Би Джангоне Мариус 09.06.2020.pdf
Процент заимствования	0.27 %
Процент самоцитирования	0.00 %
Процент цитирования	1.37 %
Процент оригинальности	98.36 %
Дата проверки	07:06:20 09 июня 2020г.
Модули поиска	Модуль поиска ИПС "Адилет"; Модуль выделения библиографических записей; Сводная коллекция ЭБС; Коллекция РГБ; Цитирование; Модуль поиска переводных заимствований; Модуль поиска переводных заимствований по eLibrary (EnRu); Модуль поиска переводных заимствований по интернет (EnRu); Коллекция eLIBRARY.RU; Коллекция ГАРАНТ; Модуль поиска Интернет; Коллекция Медицина; Модуль поиска перефразирований eLIBRARY.RU; Модуль поиска перефразирований Интернет; Коллекция Патенты; Модуль поиска общеупотребительных выражений; Модуль поиска "УГАТУ"; Кольцо вузов
Работу проверил	Гусаков Денис Валерьевич ФИО проверяющего
Дата подписи	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid gray; width: 200px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid gray; width: 150px; height: 20px;"></div> </div> <p style="text-align: right; margin-top: 5px;">Подпись проверяющего</p>

Чтобы убедиться в подлинности справки, используйте QR-код, который содержит ссылку на отчет.



Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего. Предоставленная информация не подлежит использованию в коммерческих целях.

