

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

IIPE, ФРЕТ

(повне найменування інституту, назва факультету)

Радіотехніки та телекомунікацій

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему

Система передачі даних з організації відеонагляду за спорудами високовольтних ліній електропередачі

Виконав: студент VI курсу, групи РТ-913М спеціальності (напряму підготовки)

172 Телекомунікацій та радіо-

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

техніка

(прізвище та ініціали)

Керівник

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя

2018 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет ІІ РЕ, ФРЕТ
 Кафедра Радіотехніки та телекомунікацій
 Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр
 Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка
 (код і назва)
 Напрямок підготовки Інформаційні мережі зв'язу
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

" " 20 року

ЗАВДАННЯ
 НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Луківенку Павлу Сергійовичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Система передачі даних для організації
відносностерезахнення за спорами високочастотних сигналів
електропередачі

керівник проекту (роботи) _____
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "31" жовтня 2018 року № 304

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Висота, ширина спорядження
електропередачі

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Огляд ситуаційних аналогів

2. Інформаційне забезпечення

3. Обґрунтування та вибір структурної схеми

4. Вибір елементної бази

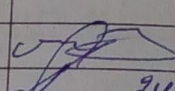
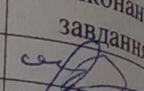
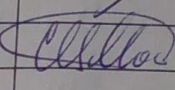
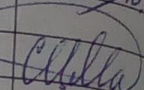
5. Активність проекту з позиції маркетингу

6. Охорона праці та безпеки в галузі електричних систем

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Зовнішній, 10 таблиць

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Прийняв виконання завдання
Норматив	Мороз П.В.		
Вказівки	Берднікова В.В. доцент к.е.ч	24.09.18	20.10.18
Охорона праці	Горбач О.В. старший викладач	27.11.18	18.12.18
Активності			
Математичні	Морозова С.В. доцент к.т.н.		
Мат. моделі			
Модельован.			

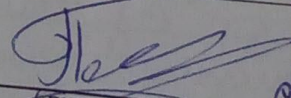
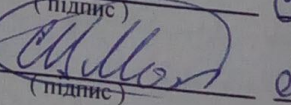
7. Дата видачі завдання 05.09.2018

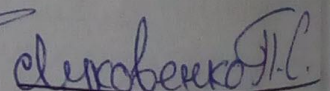
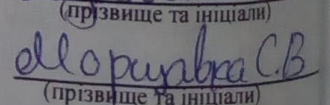
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1	Визначення функціональних вимог	09.09.18	
2	Інформационне моделювання	12.09.18	
3	Формули IPRG	14.09.18	
4	Механізми EDGE	18.09.18	
5	Визначення функціональних вимог передавача	21.09.18	
6	Вибір структурної схеми	25.09.18	
7	Архітектура GSM сис.	28.09.18	
8	Вибір параметрів системи GSM БС	05.10.18	
9	Вибір зони покриття мережі 137	12.10.18	
10	Вибір типу базової станції	19.10.18	
11	Находження інформаційного об'єкта	26.10.18	
12	Вибір параметрів базової станції GSM-камер	02.11.18	
13	Вибір елементної бази	15.11.18	
14	Активності проекту з розрахунку маркетингу	12.12.18	
15	Охорона праці та безпеки в ЧС	15.12.18	

Студент

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

(підпис)


(прізвище та ініціали)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 108 с, 30 рис., 10 табл., 42 источника.

Объект исследования – опора линии электропередачи напряжением 750 кВ, для которой необходимо организовать видеонаблюдение с помощью технологии передачи данных EDGE.

Цель работы – разработка системы передачи данных для охраны опор высоковольтных линий электропередачи.

Метод исследования – использован метод анализа.

В первом разделе приводится анализ существующих систем охраны линий электропередачи. Рассматриваются все преимущества и недостатки разработанных ранее устройств. Во втором разделе перечисляются и описываются элементы необходимого информационного обеспечения (протоколы и технологии сотовой связи, кодеки, методы сжатия, методы защиты информации). В третьем разделе разрабатывается структурная схема проектируемой системы передачи данных для охраны опор ЛЭП, рассчитывается пропускная способность базовой станции, информационный объем изображения, трафик, генерируемый камерами видеонаблюдения. Создается эскиз зоны обзора камеры. Проводится исследование зависимости параметров задержки всех пакетов, а так же предположительной нагрузки от количества камер, а так же от расстояния между базовой станцией и непосредственно камерами видеонаблюдения. В четвертом разделе проводится выбор элементной базы (по определенным характеристикам выбирается камера видеонаблюдения). Пятый раздел дает экономическую оценку проделанной работы. Шестой раздел посвящен вопросам охраны труда и безопасности жизнедеятельности.

ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЕ, СОТОВАЯ СВЯЗЬ, УГОЛ ОБЗОРА КАМЕРЫ, ПРОТОКОЛ, ФОРМАТ, КОДЕК, ЗОНА ОБЗОРА КАМЕРЫ, ИНФРАКРАСНАЯ ПОДСВЕТКА, ВЫСОКОВОЛЬТНАЯ ЛИНИЯ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ, БАЗОВАЯ СТАНЦИЯ, ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОБЪЕМ

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ АНАЛОГОВ.....	11
1.1 Проводные системы охраны элементов ВЛСП.....	11
1.2 Обзор существующих беспроводных технологий видеонаблюдения...	16
2 ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	22
2.1 Формат JPEG.....	22
2.2 Метод сжатия MJPEG.....	24
2.3 Кодеки MPEG-4 и H.264.....	24
2.4 Протокол сотовой связи GPRS	25
2.5 Технология EDGE	26
2.6 Технология связи CDMA. Технология передачи данных EV-DO	27
2.7 Криптографическая защита передаваемой информации	28
2.7.1 Симметричные алгоритмы	28
2.7.2 Асимметричные криптоалгоритмы	29
2.7.3 Асимметричные криптоалгоритмы по алгоритму RSA.....	30
3 ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ.....	33
3.1 Архитектура GSM-сети. Технология передачи данных EDGE.....	35
3.2 Расчет пропускной способности GSM базовой станции	42
3.2.1 Краткая типология БС	42
3.2.2 Расчет пропускной способности GSM базовой станции	43
3.3 Расчет зоны покрытия опоры ЛЭП видеонаблюдением	45
3.3.1 Расчет угла обзора видеокамеры.....	45
3.4 Нахождение информационного объема изображения	51
3.5 Расчет трафика изображений от GSM-камер.....	53
4 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ.....	61
4.1 Устройство отбора мощности от ЛЭП.....	68
5 АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОЕКТА С ПОЗИЦИИ МАРКЕТИНГА.....	73
5.1 Обоснование выбора оператора-компаньона сотовой связи для проекта..	75

5.2 Расчет затрат на реализацию проекта	75
5.3 Балльная оценка экономической эффективности проекта	84
6 ОХРАНА ТРУДА И БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ	88
6.1 Анализ потенциальных опасностей	88
6.2 Мероприятия по обеспечению техники безопасности.....	89
6.3 Мероприятия по производственной санитарии и гигиене труда	92
6.4 Мероприятия по пожарной безопасности	96
6.5 Мероприятия по обеспечению безопасности в чрезвычайных ситуациях	99
ВЫВОДЫ	103
ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК.....	105

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АЭС	– Атомная электростанция
БС	– Базовая станция
ВЛЭП	– Высоковольтная линия электропередачи
ВОЛС	– Волоконно-оптическая линия связи
ЛЭП	– Линия электропередачи
МС	– Мобильная станция
ПК	– Персональный компьютер
РРЛ	– Радиорелейная линия
СО	– Средство обнаружения
ТРЛ	– Тропосферная радиорелейная линия
ТфОП	– Телефонная сеть общего пользования
ТТ	– Трансформатор тока
ТЭС	– Тепловая электростанция
ЭВМ	– Электронно-вычислительная машина
IP	– Internet Protocol – протокол Интернета
QoS	– Quality of Service – качество обслуживания

ВВЕДЕНИЕ

В 2016 году компанией НЭК «Укрэнерго» была запущена линия электропередачи напряжением 750 кВ от Хмельницкой атомной электростанции к подстанции «Киевская». После того, как была включена линия, приток по ней стал равен мощности 882 МВт. Завершение этих работ стало важным этапом для энергетики Украины. За счет запуска линии была повышена надежность и стабильность электроснабжения столицы Украины Киева и Киевской области, а также была увеличена доля Хмельницкой АЭС в общем показателе генерации электроэнергии страны. Длина ЛЭП «Хмельницкая АЭС – подстанция «Киевская» насчитывает около 130 км. Продолжительность строительных работ – около четырех лет. Эта ЛЭП есть частью проекта по передаче электроэнергии с Хмельницкой и Ривненской АЭС в центральную часть Украину [1].

На данный момент в проекте стройки и ввода в эксплуатацию стоит линия электропередачи от Запорожской АЭС к подстанции «Каховская». Задачей этого проекта заключается в достройке части «Южного кольца», напряжение которого составляет 750 кВ, что должно повысить надежность сети в южной части Украины, а также передача в систему электроэнергии Украины дополнительной мощности в размере 700 МВт, которую в проекте будет генерировать Запорожская АЭС[2].

В недалеком будущем планируют построить несколько линий электропередачи: в Мариуполе проектируют план стройки магистральной линии от Запорожской АЭС, а до 2020 года компания НЭК «Укрэнерго» планирует реализовать строительство ЛЭП «Новоодесская – Арциз» [3].

Однако, к сожалению, перспектива стремительного развития энергетики в Украине непосредственно пересекается с актуальной на сегодняшний день проблемой воровства элементов конструкций опор линий электропередачи.

Так, к примеру, в 2012 году недалеко от села Качкаровка (Херсонская область) трое охотников за черным металлом разобрали на части сорокаметровую опору линии электропередачи. В результате этих действий опора весом в двенадцать тонн упала, что едва не привело к сбою нормального режима работы энергосистемы целой страны. Данная магистраль отвечала за подачу электроэнергии с Запорожской АЭС промышленным предприятиям Донецкой и Луганской областей. Министерство энергетики Украины сообщило, что поврежденная воздушная линия снизила мощность Запорожской АЭС на 40 МВт [4].

Другой случай произошел 19 марта 2017 года. На Калушине рухнула высоковольтная опора, которая принадлежала Ивано-Франковской магистральной сети компании «Укрэнерго». Опора была частью важной высоковольтной электролинии «Янтарь-Мукачево», которая на то время снабжала электроэнергией Европу с Бурштынской ТЭС. Причина падения – несанкционированные действия злоумышленников, повредившие металлические оттяжки в основе опоры, из-за чего конструкция и потеряла устойчивость [5].

Одним из решений проблемы повреждения опор высоковольтных линий передач является разработка системы передачи данных для организации охраны (видеонаблюдение) опор линий электропередачи.

Основной сложностью является то, что протяженность ЛЭП (750кВ) в теории может достигать ста и более километров. Местность, через которую проложена линия электропередачи, зачастую не является густонаселенной. Т.е. проектируемая система передачи данных должна иметь поддержку отряда быстрого реагирования, который будет способен в любое время быстро прибыть на место предполагаемого преступления и сделать все возможное, чтобы избежать последствий до того, как уровень угрозы достигнет критической отметки.

Важным является вопрос наблюдения угрозы. Существующие аналоги систем передачи данных для охраны линий электропередачи, в основном, состоят из электронных устройств охранной сигнализации, датчиков с возмож-

ностью формирования радиосигнала тревоги с передачей на центральный пост охраны. Однако их главным недостатком является отсутствие возможности охраны протяженных магистралей ВЛЭП с видеорегистрацией противоправных актов и невозможность указания места совершения акта. Имеют место факторы, которые могут спровоцировать ложное срабатывание датчиков сигнализации. А ложный выезд (вылет) на место отряда быстрого реагирования чреват последствиями. Также всегда есть вероятность отказа оборудования сигнализации либо обход злоумышленниками системы охраны. Для решения данной проблемы в разрабатываемом проекте выбрана концепция видеонаблюдения.

В качестве решения поставленной задачи используется 3G камера IP-GSM (4G). Программное обеспечение данной камеры оптимизировано под передачу данных по сетям 2G и 3G. Такой тип видеонаблюдения широко используется для решения задач охраны удаленных объектов, которые находятся за городом, либо в трудно доступной местности. GSM-видеонаблюдение целесообразно применять лишь в случаях, когда нет возможности проложить проводную систему видеонаблюдения, или когда нет возможности использовать WiFi или WiMAX технологии. GSM-видеонаблюдение более эффективно по сравнению с другими беспроводными и проводными технологиями видеонаблюдения, если речь идет об одной конкретной задаче.

В данной работе рассматривается решение следующей задачи: разработка системы передачи данных для организации охраны опор высоковольтных линий электропередачи, способной наблюдать угрозу (видеонаблюдение). Для данной системы передачи данных должны быть решены следующие задачи: установка камер на высоте опор ЛЭП (около 40 метров), экранирование от помех электромагнитного излучения, ночное видеонаблюдение (инфракрасное излучение), питание камер, выбор оператора сотовой связи.

1 ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ АНАЛОГОВ

1.1 Проводные системы охраны элементов ВЛЭП

Рассмотрим технологию «Радиотехническая информационная система», которая предусматривает установку на опорах ВЛЭП пассивных ретрансляторов для приема/передачи информации на радиотехническое оборудование, что находится на земле. Так же в состав этой входят блоки питания, которые в свою очередь подключены к ВЛЭП через устройства, которые отбирают электроэнергию [6].

Составляющие данной системы: ретрансляторы, предназначенные для передачи информации от опоры к опоре (установлены на опорах), блоки питания (подключены к ВЛЭП через устройства отбора электроэнергии).

Недостатки системы рассмотренной системы: невозможность охраны длинных магистралей ВЛЭП от противозаконных действий по причине отсутствия в схеме системы технического оборудования тревожной сигнализации (датчиков) и средств видеонаблюдения.

Была рассмотрена «Система мониторинга окружающей среды» [7]. В системе имеется оборудование, которое взаимодействует с метеоцентрами. Установлено оно вместе с датчиками на опорах ВЛЭП. Для передачи информации в компьютер метеоцентра на опорах ВЛЭП смонтирована система сотовой связи с антеннами и приемопередающим устройством сотовой станции.

Похожими элементами заявленной и вышеупомянутой системы охраны являются: размещение приемопередающего оборудования радиосвязи на опорах ВЛЭП, а также задействование ПК в центральном диспетчерском пункте контроля для сбора и обработки информации.

Недостатком системы следующие: нет возможности охраны протяженных линий ВЛЭП от противозаконных действий из-за отсутствия датчиков тревоги и возможности видеонаблюдения.

Изучено «Устройство дистанционного мониторинга состояния провода воздушной линии электропередачи» [8]. Система содержит температурный датчик провода и датчик тока провода, а также устройство беспроводной передачи данных наземной станции. Блок питания системы изготовлен в виде аккумуляторной батареи. Зарядка последней осуществляется от модуля солнечных батарей и/или от устройства отбора электроэнергии от провода.

Похожими составляющими элементами есть: беспроводная передача информации от датчиков наземной станции, блок питания, изготовленный в виде аккумуляторной батареи, зарядка которой производится с помощью солнечных батарей и/или от устройства сбора электроэнергии от ВЛЭП.

Недостатки: невозможность охраны длинных магистралей ВЛЭП от противозаконных действий из-за отсутствия в схеме системы датчиков тревоги и видеонаблюдения.

Изучено «Устройство защиты объекта» [9], содержащее электронное оборудование охранной сигнализации с функцией автоматического распознавания и мобильное устройство, снабженное автономными источниками электропитания. К электронному оборудованию охранной сигнализации подключен датчик. Мобильное оборудование содержит приемопередатчик с приемопередающей антенной, которые вместе дают возможность осуществлять взаимодействие по радиоканалу с электронной охранной сигнализацией. Датчик сигнализации запоминает обнаружение при приближении нарушителя к объекту слежения. Устройство позволяет быть применено для охраны всевозможных объектов, в числе которых могут быть и опоры линии электропередачи.

Элементами рассмотренной системы являются: электронный датчик сигнализации и мобильные устройства системы, которые снабжены источниками питания и содержащие приемопередатчики с приемопередающими антеннами.

Недостатками системы являются: невозможность слежения за протяженными магистралями ВЛЭП с видеонаблюдением противозаконных действий и с обнаружением локации места совершения акта.

Рассмотрено «Устройство защиты линии электропередачи» [10]. Система содержит электронное оборудование сигнализации, выполненное в виде герметичного блока, и датчик с возможностью запоминания нарушителей, которые находятся вблизи опоры ВЛЭП. Оборудование сигнализации создано с функцией формирования радиосигналов тревоги, что имеют возможность быть принятыми в центральном пункте охраны ЛЭП определенной территории. Электропитание элементов системы может производиться от линии электропередачи с помощью устройства отбора мощности.

Признаками системы являются: электронное оборудование сигнализации, датчик, формирование радиосигналов тревоги с последующей передачей на центральный пункт охраны.

Недостатки: невозможность охраны длинных магистралей ВЛЭП с видеонаблюдением противозаконных действий и с определением локации места преступления.

Возможность охраны длинных магистральных сетей ВЛЭП с выявлением тревожных происшествий, с видеонаблюдением противоправных актов и с определением их локации совершения возможно в предложенной системе охраны ВЛЭП, что включает в себя центральный пункт реагирования с компьютером, группу линейных пунктов охраны (общее число n), имеющих подключение к центральному центру реагирования по радиоканалу связи к каждому из линейных пунктов охраны.

Непосредственные признаки: наличие охраны длинных магистральных сетей ВЛЭП с видеонаблюдением противозаконных актов и с определением локации совершения преступления.

Недостатки рассмотренной схемы: сложность с построением, большое количество источников питания, нуждающихся в зарядке от солнечных батарей или от устройств отбора мощности от ВЛЭП, группы датчиков. Опора

ВЛЭП под охраной такой системы является местом концентрации оборудования, что может привести к влиянию на работу ЛЭП. Высота опор в 35-40 метров делает обслуживание системы крайне нелегким. С экономической точки зрения рентабельнее установить камеры, которые будут включать в себя датчики реагирования происходящее возле опор ЛЭП.

Рассмотрим Комплекс БСК-Л, который разработан Научно-исследовательским и конструкторским институтом радиоэлектронной техники и ориентирован для охраны опор ЛЭП. Он включает в себе такие элементы: датчики обнаружения преступников и систему передачи информации по радиоканалу [11]. Рассматриваемый комплекс дает возможность охранять ЛЭП напряжением до 220 кВ с длиной ЛЭП до 100 км (с количеством опор до 200).

По структуре комплекс БСК-Л содержит станционную, а также линейную части.

Станционная часть позволяет принимать информацию от линейной части по радиоканалу, также позволяет обрабатывать полученную информацию, отображать на компьютер (на схеме территории) тревожные сигналы, расположение и текущее состояние технического оборудования линейной части, архивирование происшествий и текущих событий, передачу команд управления на оборудование линейной части. Для наличия электропитания и быстрого реагирования на тревожные сигналы станционная часть монтируется на объектах, где постоянно присутствует диспетчерский персонал и имеется источник бесперебойного питания.

Станционная часть изготовлена в виде центрального пункта управления (ПУЦ), который включает в себя:

- блок радиомодема и антенны;
- АРМ оператора на основе ПК с программным модулем;
- источник электропитания.

Помимо основных составляющих элементом станционной части комплекса является переносной пульт контроля (ПКП), назначение которого:

- обнаружение локации на местности при помощи GPS-навигатора;
- инсталляции составных частей комплекса во время их развертывания на местности;
- запоминание географических координат локации установки основных частей и дальнейшей передачи их на ПУЦ;
- контроль нормально функционирования и изменение параметров оборудования, смонтированного на рубежах охраны;
- прием тревожных и дежурных сигналов, которые приходят от систем обнаружения (СО) мобильной группой охраны);
- передача команд управления становления и снятия с охраны СО, включение и выключение внешнего оборудования (освещение, звуковое сигнальное оповещение).

Линейная часть выполняет функцию сигнализационного блокирования опор ЛЭП и взаимообмен информацией по радиоканалу с ПУЦ и ПКП.

Элементами линейной части являются сейсмическое средство обнаружения (ССО) и/или пассивное инфракрасное или однопозиционное радиоволновое СО. Помимо этого так же включает в себя устройства передачи информации.

Элементы линейной части комплекса, в частности тип используемых СО, выбирается исходя из условий географического расположения опор ЛЭП, оценивания возможных угроз совершения незаконных актов вмешательства, теоретического нанесения ущерба от их последствий и финансовых ресурсов, которые выделяются на содержание охраны.

На территории, где преобладает твердый каменистый грунт, более целесообразно использовать сейсмические СО, которые обеспечивают обнаружение людей и транспортных средств, которые приближаются к опоре ЛЭП на больших расстояниях, чем инфракрасные и радиоволновые СО.

В таком случае комплект охраны одной опоры (блок ССО) состоит из сейсмического СО, оснащенным дополнительным отсеком электропитания

(скрытно размещаемые в грунте между стойками опоры на глубине 20-30 см), а также антенну и блок радиомодема, которые монтируются на опоре ЛЭП. Блок радиомодема соединяется с СО с помощью кабеля в металлическом рукаве с целью защитить от возможных механических повреждений. Сейсмическое СО дает возможность формировать регулируемую круговую зону обнаружения радиусом от 0 до 20 м (по передвижению человека), до 100 м (по перемещению автомобилей). Автономное функционирование блока ССО возможно на протяжении года. При срабатывании сейсмического СО тревожное сообщение в цифровом виде отправляется по кабелю на блок радиомодема и дальше по радиоканалу на ПУЦ через ряд ретрансляторов, функции которых берут на себя радиомодемы, которые смонтированы на соседних опорах. При нарастающей удаленности ПУЦ в дополнение могут использоваться ретрансляторы, установленные на местности. Они обеспечивают должный уровень сигналов в радиоканале.

Существенные признаки: электронное оборудование охранной сигнализации, датчик, наличие возможности формировать радиосигналы тревоги с последующей передачей на центральный пункт охраны, возможность охраны длинных магистралей ВЛЭП с видеонаблюдением противоправных актов.

Недостатком системы является невозможность охраны длинных магистральных сетей ВЛЭП с напряжением выше 220 кВ.

1.2 Обзор существующих беспроводных технологий видеонаблюдения

Беспроводное видеонаблюдение – подразумеваем систему, где между оборудованием и потребителем, или устройством запоминания/вывода видео, средой передачи информации выступает радиоканал. По среде передачи информации эти системы делятся на: WiFi, GSM, WiMax.

Рассмотрим технологию WiFi, которая является одной из самых распространенных и обще пользовательских технологий для создания беспро-

водной сети передачи данных на основе стандарта IEEE 802.11. При использовании WiFi модулей можно обеспечить беспроводное видеонаблюдение. Институт инженеров по электротехнике и электронике – IEEE 29 июля 2011 г. вывел в свет официальную версию стандарта IEEE 802.11, который по другому зовется супер WiFi. Он может передавать данные до 100 км поддерживая скорость до 22 Мб/с. Фактическая скорость передачи данных такого оборудования обычно ниже заявленной. Это вызвано тем, что полезный сигнал может подвергаться радиочастотным помехам. Оборудованию, обеспечивающему скорость передачи информации в 125 Мбит/с, реально поддерживать работоспособность четырех WiFi-камер с потоком данных 20 Мбит/с, исходя из того, что всегда рекомендуется оставлять запас для канала связи на 40% [12].

Беспроводное видеонаблюдение по технологии WiFi использует частоту 2,4 ГГц. Для организации такой системы необходимы маршрутизатор; WiFi-камеры или камеры, работающие по проводу, подключаемые к точке доступа для дальнейшей передачи информации по беспроводной среде передачи; ПК или мобильный телефон.

К преимуществам относятся:

- возможность легко собрать обширную цифровую сеть без использования кабеля;
- обеспечение поддержания высокой скорости передачи информации и процесс оцифровки видеоданных дает возможность получить видеокартинку в хорошем качестве;
- высокий уровень защиты от помех; наличие шифровки передаваемой информации;
- безопасный для здоровья эффект излучения от WiFi устройств.

Рассмотрим недостатки изучаемой технологии:

- маленький радиус (100-300 м) действия сети без ретрансляторов, заметно снижаемый уровень сигнала в помещениях – 30-100 м;

- высокая стоимость развертывания сети (при учете, что для организации системы необходимо наличие цифрового видеорегистратора и высокопроизводительного ноутбука);

- низкая защищенность от помех;

- при использовании WiFi передатчика, мощность излучения которого выше 100 мВт, требуется наличие специальное разрешение соответствующих органов связи.

WiMAX представляет собой технологию, которая разработана для развертывания беспроводной сети связи. Эта технология является универсальной для разных задач, целей и обширного спектра устройств от мобильных телефонов и до портативных компьютеров. Главные отличия этой технологии от WiFi – более высокая скорость передачи информации и обширный частотный диапазон. Видеонаблюдение без проводов на базе технологии WiMAX можно развернуть по схеме «мост», которая включает в себя приемник и передатчик. На оборудование технологии WiMAX необходима лицензия, а для его использования требуется специальное разрешение. Зачастую WiMAX разворачивают при глобальных планах: строительство широкополосной высокоскоростной сети связи или для развертывания информационной системы с дальним радиусом действия. WiMAX будет уместной на объектах с большой территорией, но проблема защиты радиоканала от взлома ограничивает использование этой технологии объектах с усиленной охраной [12].

GSM – стандарт, созданный для сотовой сети связи в конце 80-х годов. GSM-сеть – сеть второго поколения, то есть 2G. Так же существует первое поколение сотовой связи (1G) – по другому аналоговое поколение, а вот третье поколение (3G) – это уже широкополосная цифровая сотовая связь, 4G – четвертое поколение сотовой связи, к нему относится перспективный список технологий с большой скоростью передачи информации для подвижных абонентов выше 100 Мбит/с. На сегодняшний день распространен способ развертывания систем по схеме: «GSM-модуль – Интернет-сервис – або-

нент». В модуль устанавливается SIM-карта оператора сотовой связи с возможностью подключения тарифа с Интернет-услугами, где главным пунктом будет являться наличие предоставления абоненту фиксированного IP адреса. GSM-устройство передает необходимую информацию на Интернет-сервис, который поддерживает это оборудование, а пользователь по сети Интернет при использовании этого сервиса выполняет контроль всей системы и принимает на свой компьютер фото и видео с объекта [12].

К преимуществам этого стандарта относятся:

- возможность контролировать ситуацию на объекте, где нет сети Интернет. При использовании GSM сети можно развернуть видеонаблюдение без проводов с наличием охранной сигнализации;

- обширный список модулей, которые можно подключить к GSM-модулю: охранные датчики, сирены, освещение. Возможна организация функции, где при срабатывании ИК-датчика делается фото места происшествия, запускается сирена, формируется сообщение абоненту с прикрепленными фотографиями объекта, где происходит незаконное вторжение. Все перечисленное может быть отправлено через GSM-канал, а далее информация отправляется через сервис по сети Интернет на заранее прописанный в настройках адрес электронной почты (возможна отправка MMS сообщения);

- возможность удаленной работы с сервисом через Интернет. Возможность в полном масштабе администрировать беспроводное видеонаблюдение, контролировать систему, получать сообщения с фотографиями при обнаружении детектором движения нарушителей, или датчиком сигнализации, обрабатывать фото и видеозаписи с карты памяти, которую устанавливают в GSM модуле по умолчанию как накопитель информации.

Недостатки:

- низкое качество передаваемых фото. Максимальное разрешение, которое можно установить для видео будет составлять 352x288. Серия кадров будет организовываться со скоростью 1-2 кадра/сек, при разрешении 128x96 – от 6 до 12 кадров/сек. На экране персонального компьютера будет пред-

ставлена «дергающаяся» картинка, потому что человеческий глаз привык воспринимать непрерывную видеокартинку при скорости смены кадров 25 кадров/сек и выше;

- большое количество потерянных кадров и замираний из-за нестабильности GSM-канал;

- прежде, чем развернуть GSM сеть, необходимо тщательно изучить карту покрытия территории сотовой связью.

Вывод:

Технология GSM – при своих многочисленных недостатках – единственная из перечисленных систем, которая позволяет удаленно следить за охраняемым объектом с помощью мобильных GSM-устройств, которые, в свою очередь, оперативно выдают сигналы тревоги через электронную почту, MMS и SMS сообщения. Это единственная из беспроводных систем, которая будет постоянно на контроле у пользователя, где бы он не находился в пределах сети GSM. Беспроводное видеонаблюдение на основе технологии GSM единственное решение охраны дома, дачи, квартиры не требующее специального обслуживания, наличия сторожа, или охраны, охранная система всегда будет на связи, пока есть GSM-связь.

Особенностью видеонаблюдения, оснащенного технологиями GSM, является его способ передачи сигнала. Это цифровой стандарт для сотовой сети связи. Обработка информации GSM-камерами выполняется стандартными средствами мобильной телефонии GPRS/EDGE.

Существует два вида камер этого типа:

- GSM MMS. Это устройства с узкой функциональностью. Передают картинку по сообщениям MMS, средств для запоминания/воспроизведения потокового видео не имеется;

- GSM GPRS. Полифункциональные устройства, дающие возможность выполнять онлайн трансляцию, запоминание, передачу видео[13].

Главное пункт для нормальной работы – наличие покрытия объекта видеонаблюдения мобильной сетью. Для GSM-камер подключение к сети

Интернет не обязательно, нужно только пребывать в зоне покрытия сетью мобильного оператора. Обработка сигнала предоставляется возможным с помощью мобильного телефона, смартфона, ноутбука, планшета, компьютера. Камера может вести трансляцию при мобильной связи через сеть Интернет.

Изделие такого типа представляет собой устройство, включающее в себя датчики, работающие через GSM-канал. Она отправляет SMS сообщения, фото. Устройство работает от источника питания. Важной составляющей является наличие SIM-карты.

SIM-карта устанавливается в блок управления, прибор регистрируется в сети оператора сотовой связи. Для чтения информации на телефон или компьютер по умолчанию устанавливаются программы, драйверы. Смотреть трансляцию можно, пользуясь мобильной сетью связью на телефоне или на компьютере через сеть Интернет.

2 ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

2.1 Формат JPEG

Один из самых распространенных форматов изображений. Большинство цифровых камер выводят готовые изображения именно в этом формате. Изображения в формате JPEG оперативно сжимаются в цифровой камере и это действие ведет к утрате качества. В разных камерах имеются разные варианты качества изображения формата JPEG (низкий, средний и высокий). Это значит, что есть зависимость: чем качественнее нужно изображение, тем меньше камера сжимает оригинальное фото [14].

Этот формат основан на 24-битной цветовой палитре и может поддерживает 16,7 млн. цветов. Существенный недостаток этого формата – потеря информации, то есть и качества при сжатии. Степень сжатия находится в пределах от 10:1 до 20:1. Большинство количество графического программного обеспечения (Adobe Photoshop) дает возможность выбрать в какой степени будет сжато изображение.

Формат JPEG изображений больше всего подойдет для цифровой фотографии, где типовая скорость сжатия с низким уровнем потери качества составляет около 10:1 [15].

В общем, формат JPEG применяется для следующего перечня целей:

- для личного использования (социальные сети, альбомы), для печати в маленьком формате (однако не для печати в большом формате);
- не для интенсивной обработки (не для Photoshop);
- пересылка изображений по электронной почте (без последующей печати в большом формате).

Преимущества рассматриваемого формата:

- высокая и управляемая степень сжатия. Возможность пользователем самому делать выбор в соотношении качество/размер файла;
- малый объем изображения;
- оперативная пересылка изображения из-за маленького размера;
- совместимость с широким списком браузеров, графических и текстовых редакторов, правильное отображение на компьютерах, планшетах и других устройствах;
- правильный алгоритм работы с реалистичными изображениями, где имеется много цветовых и контрастных переходов;
- высокое качество изображения при относительно не большом сжатии.

Недостатки:

- потеря качества из-за сжатия изображения;
- сильное сжатие изображения приводит к резкому и весомому изменению качества. Это вызвано тем, что алгоритм сжатия предусматривает анализ пикселей по соседству, включающий вычисление их цвета и выполнение усреднения, именно поэтому плавные цветовые переходы могут перерасти в ступенчатые или вообще исчезнуть;
- не совместимость при работе с текстами или монохромными графическими изображениями с ярко выраженными четкими границами;
- отсутствие прозрачность;
- не возможность вернуть качество изображения обратно после шага сжатия;
- малое количество имеющихся возможностей для манипуляций с файлами в программах для редактирования фото;

Одним из главных решений в создании современных систем видеонаблюдения, а также в их эксплуатации является выбор кодеков для сжатия видеосигнала. Именно этот программный элемент сегодня является ключевым фактором в определении цены на оборудование систем видеонаблюдения.

ния (в основном видеорегистраторы, видеосерверы, платы видеозахвата и IP камеры) [14].

2.2 Метод сжатия MJPEG

MJPEG – метод сжатия, который выполняется покадрово. Главная особенность – сжатие отдельного кадра видеопотока, используя алгоритм сжатия изображений формата JPEG. Основное преимущество данного кодека – простотой алгоритм сжатия, который не требует использования высокопроизводительного процессора. Применение этого метода сжатия заметно падает в системах видеонаблюдения, так как метод имеет недостатки. Во-первых – высокие требования к объемам дискового пространства, предназначенного для хранения информации. При использовании удаленного доступа к видеоматериалам через сети Интернет использование кодека MJPEG характеризуется как нерациональное эксплуатирование канала связи, потому что при процессе сжатии отдельных кадров не выполняется учет изменений в последовательности кадров, а это приводит к отправке лишней (одинаковой) информации. Подводя итог, кодек MJPEG остается актуальным для бюджетных систем видеонаблюдения, потому что не предполагает высоких требований к техническим характеристикам компьютеризированной части. Так для многофункциональных систем видео мониторинга и камер с большим разрешением его использование является не рациональным [16].

2.3 Кодеки MPEG-4 и H.264

Кодек MPEG-4, так же как и кодек H.264, в отличие от вышеупомянутого MJPEG работает по алгоритму сжатия не отдельных кадров, а ориентирован на сжатие последовательного ряда изображений. Эти два кодека не отсылают, как кодек MJPEG целый файл, а отправляют лишь обновления, то есть исключительно то, что подверглось изменению в «основном» кадре. Та-

кой алгоритм сжатия называется - внешнекадровая компрессия. За счет использования этой компрессии работа кодеков MPEG-4 и H.264 позволяет добиться значительной экономии объема дискового пространства и понижает нагрузку на полосу пропускания. Стоит отметить, что кодек H.264 в своей работе использует самые сложные алгоритмы сжатия видео изображений, но и показатель экономии вышеописанных параметров у него значительно выше. По сравнению с кодеком MJPEG при одинаковых показателях качества изображения кодек H.264 может уменьшить объем видео файла более чем на 80 процентов. В сравнении с кодеком MPEG-4 при сжатии файлов H.264 впереди на около 50%. Не принимая во внимание, что оборудование, которое поддерживает кодек H.264 стоит дороже по цене из-за повышенных требований к вычислительной составляющей системы видеонаблюдения, сегодня процент его использования растет. Предполагается, что через некоторое время кодек H.264 практически вытеснит с рынка MPEG-4 и MJPEG, открывая новый горизонт возможностей использования [16].

2.4 Протокол сотовой связи GPRS

Протокол GPRS (General Packet Radio Service) используется в сетях сотовой связи GSM исключительно для передачи данных. Это дает возможность сетям GSM взаимодействовать с сетью Интернет. GPRS в своей работе использует пакетную технологию для эффективной передачи неравномерного трафика. Рассматриваемый протокол способен поддерживать скорость передачи в диапазоне от 9,6 Кб/с до более чем 150 Кб/с на одного абонента.

Среди основных составляющих протокола GPRS являются рентабельное использование радио- и сетевых ресурсов. Так же стоит отметить поддержку протокола IP. GPRS оптимизирует использование сетевых и радиоресурсов. Протокол GPRS использует радиоресурсы исключительно тогда, когда требуется принятие или передача данных. Применяя в работе пакетную технологию, этот протокол дает возможность приложениям использовать се-

твые ресурсы только в том случае, когда пользовательские приложения имеют файлы для передачи через сеть. Таким образом, протокол адаптирован к неравномерному объему трафика пользовательских данных. Еще одна важная характеристика протокола GPRS, которую стоит отметить, является обеспечение немедленного соединения, а так же высокая пропускная способность. Могут поддерживаться приложения, которые базируются на стандартных протоколах передачи данных (среди которых IP и X.25). В технологии GPRS обеспечиваются 4 разных уровня качества обслуживания. Для поддержки приложений передачи данных протокол GPRS использует несколько новых сетевых узлов, в дополнение к сетевым узлам, применяемым в GSM PLMN. Эти узлы являются ответственными за маршрутизацию трафика и реализацию других функций обмена информацией с другими внешними сетями коммутации пакетов, так же в этот перечень входит поиск абонентов, выбор ячеек, роуминг и другие функции, которые требуются для обеспечения нормальной работы сотовой сети. Помимо этого, GPRS использует такие протоколы как GSM SMS и GSM MM (последний в GPRS называется GMM) [17].

2.5 Технология EDGE

EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution) – технология высокоскоростной передачи данных в сетях сотовой связи GSM. Базируется технология EDGE на модуляции 8PSK (8 Phase-shift Keying), которая дает возможность передавать 3 бита информации на каждое изменение фазы несущего сигнала. Максимально возможная скорость передачи данных, которую может поддерживать стандарт при помощи данной технологии составляет 473,6 кбит/сек, однако на практике эта скорость зависит как от настроек операторов, так и от возможностей телефона, качества сигнала, загруженности сети и свободных ресурсов базовой станции, с которой в этот момент происходит

обмен данными. Для использования технологии EDGE, необходимо проверить настройки телефона и предоставление оператором данной услуги.

Сначала технология EDGE задумывалась как расширение технологии GPRS. Впервые про эту технологию заговорили в далеком 1997 году на ESTI (Европейский Институт Стандартизации Электросвязи). Тогда же была представлена ее первая расшифровка как Enhanced Data Rates for GSM Evolution (Усовершенствованная Технология передачи данных для развития GSM). В технологии EDGE применяется восьмипозиционная фазовая манипуляция (8-PSK), которая обеспечивает примерно двукратный прирост в максимальной скорости по сравнению с технологией GPRS – 384 Кбит/с, тогда как максимальная теоретическая скорость технологии GPRS – 171 Кбит/с [18].

2.6 Технология связи CDMA. Технология передачи данных EV-DO

CDMA 2000 – стандартом 3G в эволюционном развитии сетей CDMAOne. Сохраняя основные принципы, которые заложены версией IS-95A, технология стандарта CDMA не останавливается в развитии.

Последующее становление в развитии технологии CDMA происходит в рамках технологии CDMA2000. При построении системы мобильной связи на основе технологии CDMA2000 1X первая фаза обеспечивает передачу данных со скоростью до 153 кбит/с, что позволяет предоставлять услуги голосовой связи, передачу коротких сообщений, работу с электронной почтой, интернетом, базами данных, передачу данных и неподвижных изображений.

Переход к следующей ступени – фазе CDMA2000 1X EV-DO Rev.0 происходил при использовании той же полосы частот 1,23 МГц; скорость передачи однако увеличивается до 2,4 Мбит/с в прямом канале и до 153 кбит/с в обратном, что дает право назвать эту систему связи отвечающей требованиям 3G и даёт возможность предоставлять самый широкий спектр услуг, вплоть до передачи видео в режиме реального времени.

Следующей фазой развития стандарта является 1XEV-DO Rev A: передача данных со скоростью до 3,1 Мбит/с по направлению к абоненту; до 1,8 Мбит/с – от абонента. Этот стандарт увеличил сетевую ёмкость и передачу данных. Операторы имеют возможность предоставлять те же услуги, что и на базе Rev. 0, а, кроме того, передавать голос, данные и осуществлять широко вещание по IP сетям.

Далее разработчики оборудования CDMA связи запустили новую фазу – 1XEV-DO Rev B, – с целью достигнуть следующих скоростей на одном частотном канале: 4,9 Мбит/с к абоненту и 1,8 Мбит/с от абонента. К тому же в перспективе стояла возможность объединения нескольких частотных каналов для увеличения скорости. Например, объединение 15-ти частотных каналов (максимально возможное количество) позволяет достигать скоростей 73,5 Мбит/с к абоненту и 27 Мбит/с от абонента [19].

2.7 Криптографическая защита передаваемой информации

Криптография с ключом – алгоритмы шифрования, в которых сам алгоритм шифрования широко известен и доступен для исследования, однако шифрование производится на основе ключа, который известен только отправителю и получателю. В современной цифровой криптографии размер ключа составляет от 56 до 4096 бит.

Все криптоалгоритмы с ключом делят на симметричные и асимметричные.

2.7.1 Симметричные алгоритмы

Общая схема процесса передачи информации при использовании симметричного криптоалгоритма шифрования приведена на рисунке 2.1.

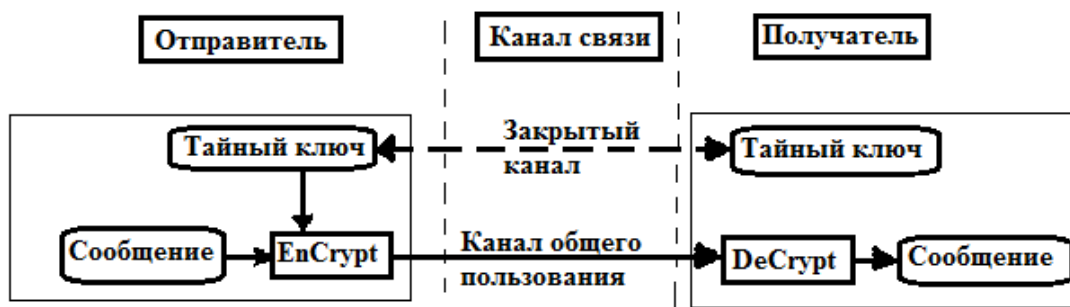


Рисунок 2.1 – Схема передачи информации при симметричном шифровании

В симметричных криптоалгоритмах ключи, используемые отправителем и получателем, полностью идентичны. Такой ключ несёт в себе всю информацию о процессе утаивания сообщения и поэтому не должен быть известен никому, кроме участников. По этой причине его называют тайным ключом, а сами шифры – шифрами на тайном ключе. Главная проблема – метод ввода пользователем ключевой информации в систему. Ведь ключ – это довольно длинная (до 4 кВ) последовательность цифр и запомнить её человеку достаточно сложно (чаще просто невозможно). Пример – ключ длиной 192 бита имеет символьный эквивалент длиной в 55 десятичных цифр. Такая криптосистема просто вынуждает пользователя записывать ключ на клочке бумаги и прятать его где-нибудь (портфель, ящик стола), что сводит на нет все дальнейшие усилия по защите переписки. Поэтому все современные системы с симметричными криптоалгоритмами предполагают вводить не ключ (набор цифр), а пароль к нему в виде некоторой текстовой фразы. Далее система (программа) превращает пароль в ключ. Естественно, обмен ключами производится по закрытому каналу связи.

2.7.2 Асимметричные криптоалгоритмы

В асимметричных криптоалгоритмах для шифрования используется один ключ (открытый, можно найти в телефонной книге или в сети Интернет), а для дешифрования – другой (закрытый). Ключи связаны между собой

достаточно сложными математическими преобразованиями с применением методов модульной математики. Закрытый ключ формируется из открытого путем решения уравнения с очень большими коэффициентами – простыми числами. Общая схема процесса передачи информации при использовании асимметричного криптоалгоритма шифрования приведена на рисунке 2.2.

Таким образом, прочитать зашифрованный текст можно только при наличии ключа дешифрования. Асимметричные системы называют шифрами на открытом ключе.

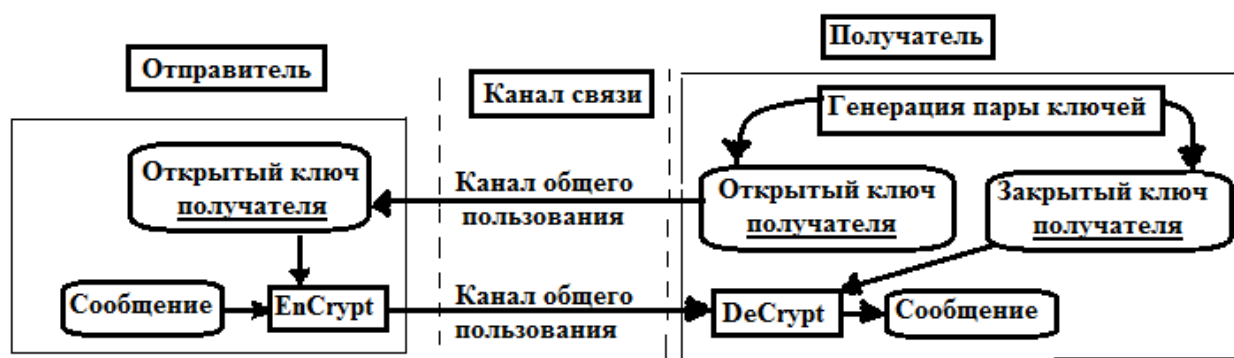


Рисунок 2.2 – Схема передачи информации при асимметричном шифровании

Асимметричные шифры нет смысла использовать для защищенного хранения документов (баз данных). Их прерогатива – защита сообщений, электронной почты.

Обратить внимание – для работы системы связи с использованием асимметричного шифрования не требуются закрытые каналы.

2.7.3 Асимметричные криптоалгоритмы по алгоритму RSA

Алгоритм RSA состоит из трех частей:

- генерирование ключей (открытого и закрытого);
- шифрование отправителем своего сообщения с помощью открытого ключа получателя;

– дешифровки полученного сообщения (получателем) с помощью своего закрытого ключа.

Генерирование ключей происходит следующим образом:

а) выбирается два больших (по своему численному значению) и различных простых числа p и q и находится их произведение $n = p \cdot q$. Из числа n дальше получим численную величину модуля сравнения.

б) рассчитывается значение функции Эйлера $\phi(n)$ по формуле $\phi(n) = (p-1) \cdot (q-1) = m$, потому что p и q - числа простые. Это и есть модуль сравнения значения открытого ключа.

в) Закрытый ключ d выбираем из условий $d < \phi(n)$, $(d, \phi(n)) = 1$, то есть числа d и $\phi(n)$ не должны иметь общих делителей.

г) Открытый ключ e выбираем из условий

$$e < \phi(n) \text{ и } d \cdot e \equiv 1 \pmod{\phi(n)}; \text{ значит } d \cdot e \equiv 1 \pmod{m}. \quad (2.1)$$

Для расчета числа e используется расширенный алгоритм Евклида для решения сравнения первой степени. Таким образом, по алгоритму RSA генерируется пара ключей:

(E, n) - открытый ключ;

(D, n) - закрытый ключ.

Шифрование открытым ключом в алгоритме RSA происходит следующим образом:

Исходное сообщение разбивается на блоки M_i одинаковой длины. Каждый блок представляется в виде большого числа, меньшего n , и шифруется отдельно по формуле:

$$C_i = M_i^e \pmod{n}, \quad (2.2)$$

где C_i – шифрблок, который отвечает блоку M_i открытого сообщения;

e – открытый ключ (для алгоритма RSA – получателя).

Шифрблоки объединяются в шифрограмме с помощью их операции конкатенации.

Расшифровка закрытым ключом в алгоритме RSA проходит следующим образом: при дешифровке (получателем) принятая криптограмма разбивается на блоки известной (или заранее оговоренной) длины и каждый криптоблок дешифруется отдельно по формуле:

$$M_i = C_i^d \bmod n, \quad (2.3)$$

где M_i – блок исходного текста, который соответствует блоку C_i принятой криптограммы;

d – закрытый ключ получателя.

Следует отметить, что симметричная криптография используется для аппаратной реализации, в то время, как асимметричная криптография изначально разработана для программной реализации [20].

3 ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ

Рассмотрим следующие возможные способы передачи информации с камер, которые планируется установить на опорах ЛЭП:

- по медному кабелю;
- по оптоволоконному кабелю;
- по радиорелейным линиям связи;
- по технологии EDGE (GSM-сеть).

Организация видеонаблюдения с помощью медного кабеля является популярной технологией в мире. Однако монтаж кабеля такого типа непосредственно возле линий электропередачи является бесперспективным, так как сильное влияние электромагнитного поля может вызвать помехи, которые сделают невозможным качественное видеонаблюдение за опорами. Так же такой тип видеонаблюдения требует наличия специального оборудования (мультиплексоры, видеорегистраторы). Установка такого оборудования на высоте опоры ЛЭП является трудоемким, затратным и опасным (как для человека, оборудования так и для работы самой линии электропередачи).

Организация видеонаблюдения, которое базируется на установке камер с выходом под оптоволоконный кабель – развивающаяся технология. Передача данных по оптоволоконному кабелю, в отличие от медного, не зависит от влияния электромагнитного поля, которое генерирует линия электропередачи. Однако оптоволоконный кабель не лишен проблемы, которая связана с установкой дорогого оборудования на высоту опоры ЛЭП (оптические видеорегистратор и мультиплексор, в отдельных случаях – оптический усилитель). Рынок камер видеонаблюдения с выходом под оптоволоконный кабель в настоящее время не является широким, а использование медиаконвертера как связующее звено между двумя средами (оптическим и медным кабелями) является нецелесообразным ввиду влияния электромагнитного поля.

Радиорелейные линии (РРЛ) связи требуют гораздо меньших затрат и времени на развертывание, чем волоконно-оптические линии связи (ВОЛС), они могут быть проложены оперативно в сложных географических условиях. РРЛ наиболее эффективны при развертывании разветвленных цифровых сетей в больших городах и промышленных зонах, где прокладка ВОЛС слишком дорога или вовсе невозможна, а качество передачи информации по современным РРЛ не уступает ВОЛС [21].

Радиорелейные каналы связи получили широкое распространение во всем мире. По сравнению с традиционными наземными медными или оптоволоконными линиями они имеют следующие преимущества:

- сравнительная дешевизна высокоскоростного канала связи;
- отсутствие работ, связанных с прокладкой наземных линий связи;
- нечувствительность к сложным для прохождения участкам трассы;
- централизованное обслуживание и ремонтпригодность.

К недостаткам можно отнести:

- ограниченную дальность одного сегмента, не превышающую 100 км не только из-за энергетики, но и из-за влияния кривизны земли на обеспечение прямой видимости (исключение – ТРЛ);
- зависимость качества связи от времени года.

Базовой технологией передачи данных для использования в проекте была выбрана EDGE (GSM-сеть). Решающими недостатками радиорелейной связи стали чувствительность к погодным условиям, обязательное наличие источника электропитания для каждой из приемо-передающих (ретрансляционных) радиостанций. Как упоминалось ранее, система охраны опор ВЛЭП планируется в полевых условиях (либо в малонаселенных районах). Организация электропитания будет либо слишком сложной с технической точки зрения (либо слишком дорогостоящей). Развертывание радиорелейной линии для проекта не является рентабельным. Не стоит забывать, что сигнал от камер, прежде чем быть переданным по РРЛ, должен пройти к передающей

станции по медному либо по оптоволоконному кабелю, что возвращает к недостаткам, которые были разобраны выше.

Выбор технологии EDGE обусловлен следующими факторами:

- отсутствие затрат на развертывание сети передачи данных. Наличие покрытия связью большей части страны (для Украины – операторы сотовой связи Киевстар, Vodafone Украина, lifecell);
- наличие коммутации сети оператора сотовой связи с внешними высокоскоростными ip-сетями;
- отсутствие зависимости передачи данных от погодных условий;
- возможность с помощью оператора сотовой связи точного определения места происшествия, что поможет группе быстрого реагирования оперативно добраться до пункта назначения;
- дальность работы базовых станций;
- синхронизация работы видеокамер с сетью оператора сотовой связи;
- возможность работы камер в перспективе развития технологий оператора сотовой связи.

3.1 Архитектура GSM-сети. Технология передачи данных EDGE

GSM (от названия группы Groupe Special Mobile, позже переименован в Global System for Mobile Communications) – глобальный стандарт цифровой мобильной сотовой связи, с разделением каналов по времени (TDMA) и частоте (FDMA). Разработан под эгидой Европейского института стандартизации электросвязи (ETSI) в конце 1980-х годов.

Технология передачи данных EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) была разработана для сетей стандарта GSM, став дополнением и дальнейшим развитием уже существующей технологии GPRS. В первой появившейся технологии передачи данных с пакетной коммутацией GPRS в контроллере базовых станций BSC происходит отделение пакетного трафика от

голосового. Затем пакеты данных направляются на специальный пакетный коммутатор SGSN (Serving GPRS Support Node). Технология EDGE, предоставляющая пользователям возможность передачи данных со скоростью 384 кбит/сек., позволяет оставить без изменений всю действующую инфраструктуру, требуя лишь программного обновления некоторых элементов сети [22].

Архитектура GSM-сети приведена на рисунке 3.1

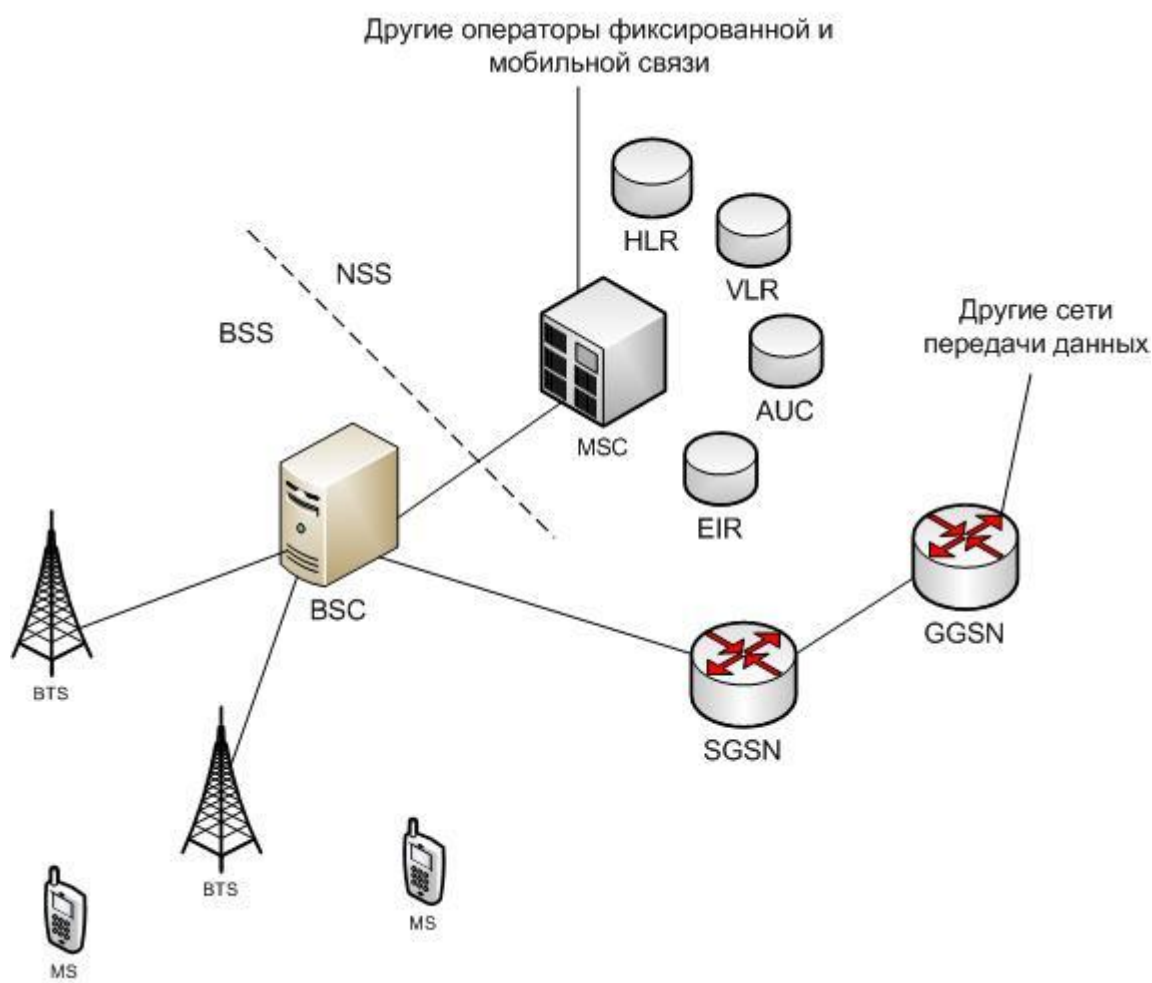


Рисунок 3.1 – Архитектура GSM-сети

Здесь: BSS (Base Station System) – Система базовых станций. Состоит из собственно базовых станций (BTS – Base Transceiver Station) и контроллеров базовых станций (BSC – Base Station Controller). Зона покрытия сотовой связью условно делится на ячейки (соты). Каждая ячейка покрывается одной BTS, при этом ячейки частично перекрывают друг друга, тем самым сохраняется возможность передачи обслуживания подвижных станций (MS – Mobile

Station) при перемещении ее из одной соты в другую без разрыва соединения. Максимальный радиус ячейки составляет 35 км, что обусловлено ограниченной возможностью системы синхронизации к компенсации времени задержки сигнала.

NSS (Network Switching System) – система коммутации сети сотовой связи стандарта GSM. Эта система предназначена для коммутации каналов между абонентами сети и другими внешними сетями, такими как ТфОП, сети сотовой связи других операторов. Основными элементами сети NSS являются MSC (Mobile Switching Centre) – центральный коммутатор и набор регистров: HLR (Home Location Registry), VLR (Visitor Location Registry), AUC (Authentication Centre), EIR (Equipment Identification Registry).

MSC (Mobile Switching Centre) – центр коммутации. MSC контролирует определенную географическую зону, на которой расположены BTS и BSC. Осуществляет установку соединения к абоненту и от него внутри сети GSM, обеспечивает интерфейс между GSM и ТфОП, другими сетями радиосвязи, сетями передачи данных. Также выполняет функции маршрутизации вызовов, управление вызовами, эстафетной передачи обслуживания при перемещении MS из одной ячейки в другую. После завершения вызова MSC обрабатывает данные по нему и передает их в центр расчетов для формирования счета за предоставленные услуги, собирает статистические данные. MSC также постоянно следит за положением MS, используя данные из HLR и VLR, что необходимо для быстрого нахождения и установления соединения с MS в случае ее вызова.

HLR (Home Location Registry) – домашний реестр местоположения. Содержит базу данных абонентов, приписанных к нему. Здесь содержится информация о предоставляемых данному абоненту услугах, информация о состоянии каждого абонента, необходимая в случае его вызова, а также Международный Идентификатор Мобильного Абонента (IMSI – International Mobile Subscriber Identity), который используется для аутентификации абонента (при помощи AUC). Каждый абонент приписан к одному HLR. К дан-

ным HLR имеют доступ все MSC и VLR в данной GSM-сети, а в случае междо-сетового роуминга – и MSC других сетей.

VLR (Visitor Location Registry) – гостевой реестр местоположения. VLR обеспечивает мониторинг передвижения MS из одной зоны в другую и содержит базу данных о перемещающихся абонентах, находящихся в данный момент в этой зоне, в том числе абонентах других систем GSM. Данные об абоненте удаляются из VLR в том случае, если абонент переместился в другую зону. Такая схема позволяет сократить количество запросов на HLR данного абонента и, следовательно, время обслуживания вызова.

AUC (Authentication Centre) – центр аутентификации. Здесь производится аутентификация абонента, а точнее – SIM (Subscriber Identity Module). Доступ к сети разрешается только после прохождения SIM процедуры проверки подлинности, в процессе которой с AUC на MS приходит открытый ключ, после чего на AUC и MS параллельно происходит шифрование уникального для данной SIM ключа аутентификации при помощи уникального же алгоритма. Затем с MS и AUC на MSC возвращаются «подписанные отклики» – SRES (Signed Response), являющиеся результатом данного шифрования. На MSC отклики сравниваются, и в случае их совпадения аутентификация считается успешной.

EIR (Equipment Identification Registry) – реестр идентификации оборудования. Содержит базу данных, необходимую для установления подлинности MS по IMEI (International Mobile Equipment Identity). Формирует три списка: белый (допущен к использованию), серый (некоторые проблемы с идентификацией MS) и черный (MS, запрещенные к применению).

SGSN (Serving GPRS Support Node) – узел обслуживания абонентов GPRS. Основной компонент GPRS-системы по реализации всех функций обработки пакетной информации. SGSN выступает точкой соединения между системой базовых станций (BSS) сети радиодоступа (RAN) и базовой сетью (CN). SGSN можно назвать аналогом коммутатора MSC сети GSM. SGSN выполняет следующие функции:

- контроль доставки пакетов данных пользователям;
- взаимодействие с реестром собственных абонентов сети HLR или аутентификация (проверка разрешения на запрос пользователями услуги); механизм совпадает с механизмом аутентификации в GSM;
- мониторинг находящихся в режиме online пользователей;
- преобразование кадров GSM в форматы, используемые протоколами TCP/IP глобальной компьютерной сети Интернет;
- регистрация или «прикрепление» (attachment) абонентов, вновь «появившихся» в зоне действия сети;
- шифрование данных; алгоритм шифрования в технологии GPRS (GEA1, GEA2, GEA3) отличаются от алгоритмов шифрования в GSM (A5/1, A5/2, A5/3), но разработаны на их основе;
- сбор поступающей биллинговой информации, пересылка её в главный офис и т.п.

SGSN подключается к узлу межсетевого перехода GPRS (GGSN), а также к другим SGSN через IP сеть. SGSN не ограничивается соединением с одним узлом GGSN, на практике таких узлов может быть несколько, включая GGSN которые находятся за пределами мобильной сети данного SGSN.

SGSN имеет динамическую базу данных текущей информации о подключенных мобильных устройствах. Эта информация содержит:

- местонахождение мобильного устройства в Routing Area (RA) или соте;
- информация о безопасности подключения, такая как используемый ключ шифрования;
- текущее состояние подключения;
- использование QoS.

Пакетный коммутатор призван разгрузить GSM коммутатор, обеспечивая обработку пакетной информации, оставляя обычному коммутатору лишь голосовой трафик.

GGSN (GPRS Gateway Support Node) – узел, входящий в состав GPRS Core Network и обеспечивающий маршрутизацию данных между GPRS Core network (GTP) и внешними IP сетями.

Помимо маршрутизации, GGSN может участвовать в процессе активации PDP контекста, обеспечивая запросы на аутентификацию к RADIUS серверу, а также взаимодействие с DNS серверами для определения IP адреса, запрошенного пользователем APN.

GGSN представляет собой шлюз (обычный маршрутизатор) между сетью (её частью для передачи данных GPRS) и внешними информационными магистралями пакетной передачи данных PDNs (Packet Data Networks): Интернет, корпоративными сетями Intranet, другими GPRS-системами. GGSN содержит всю необходимую информацию о сетях, куда абоненты GPRS могут получать доступ, а также параметры соединения.

Основной функцией GGSN является роутинг (маршрутизация) данных, идущих к абоненту и от него через SGSN.

Другими функциями GGSN являются:

- адресация данных;
- динамическая выдача IP-адресов;
- отслеживание информации о внешних сетях и собственных абонентах (в том числе тарификация услуг);
- хранение маршрутизирующей базы данных, базы данных с адресами и фильтрующей базы данных.

В GPRS-систему заложена хорошая масштабируемость. При увеличении числа абонентов оператор может увеличивать ёмкость системы GPRS за счёт расширения или установки дополнительных пакетных коммутаторов SGSN. При увеличении суммарного трафика (при несущественном увеличении числа абонентов) – добавлять в систему новые GPRS-шлюзы GGSN и системы базовых станций, которые обеспечат большую суммарную пропускную способность всей системы [23].

Структурная схема системы передачи данных для организации охраны опор высоковольтных линий электропередачи изображена на рисунке 3.2.

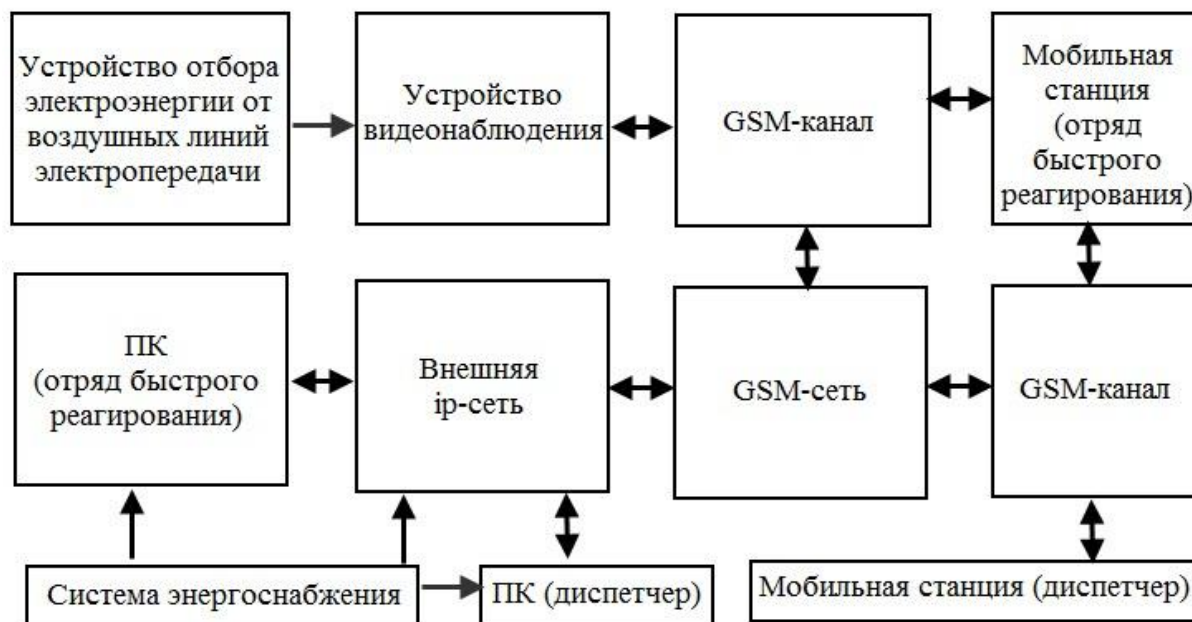


Рисунок 3.2 – Структурная схема системы охраны опор высоковольтных линий электропередачи

Описание схемы. Устройство отбора электроэнергии от воздушных линий электропередачи обеспечивает необходимое электропитание для устройства видеонаблюдения. Последнее, в случае срабатывания встроенных датчиков движения, либо в случае обнаружения угрозы, по GSM-каналу через GSM-сеть, снова по GSM-каналу передает тревожные SMS сообщения на мобильные станции диспетчера видеонаблюдения и отряда быстрого реагирования. Так же устройство видеонаблюдения с помощью технологии EDGE передает по GSM-каналу через GSM сеть, внешнюю ip-сеть фото- или видеоматериал с места происшествия на ПК диспетчера. Структурная схема предусматривает возможность передавать фото- и видеоматериал с места происшествия на ПК отряда быстрого реагирования. Следует отметить наличие системы электроснабжения для ПК диспетчера и ПК отряда быстрого реагирования, а также возможность связи их мобильных станций.

3.2 Расчет пропускной способности GSM базовой станции

3.2.1 Краткая типология БС

Основной элемент сотовой сети любого стандарта – это базовая станция (BSS, Base Station System), которая занимается приемом звонков абонентов и передачей данных по радиоканалу. В зависимости от стандарта связи, базовые станции (БС) работают в диапазоне частот от 450 до 2100 МГц. БС составляют основу макроячеек, так называемых сот. Полностью автономные и автоматизированные базовые станции представляют собой небольшие контейнеры, которые устанавливаются, как правило, на крыше зданий. В обязательном порядке имеется беспроводной или кабельный канал связи с центром управления сетью, куда передается огромный поток данных – входящие и исходящие вызовы от абонентов. Мощность излучения базовых станций в течение суток не является постоянной. Загрузка определяется количеством сотовых телефонов в зоне обслуживания конкретной базовой станции и интенсивностью разговоров. А это, в свою очередь, зависит от времени суток, дня недели. В ночные часы загрузка базовых станций практически равна нулю, поэтому станции «молчат». Теоретически, стандартная 3-секторная двухдиапазонная БС может обслужить около 150 абонентов одновременно.

В городе БС предпочитают устанавливать на уже существующих конструкциях – в основном, на высотных зданиях деловых центров или государственных органов власти: охрана помещения, доминирующее положение по высоте. Антенны монтируют на кромке крыши или внешнем подвесе.

На открытом пространстве все более наглядно – красно-белые вышки. Форма этих башен различна: у одних три опоры, у других – четыре. Станции для GSM-сетей обычно ставят на расстоянии 15-20 км друг от друга, а для UMTS – в два раза чаще, особенно в городе, где их эффективная дальность снижается из-за множества железобетонных зданий.

Еще одна интересная особенность – базовые станции можно размещать не только на башнях, но и на существующих высотных сооружениях (трубы, элеваторы). Зачастую это позволяет сэкономить затраты на установку мачты, высота которой составляет 72-100 м. Требования к расположению башни обычно очень строгие – самое высокое место в округе, доступ к электропитанию (если необходимо – устанавливают собственный трансформатор), вблизи населенных пунктов [24].

3.2.2 Расчет пропускной способности GSM базовой станции

Средняя пропускная способность базовой станции $R(eNB)$ определяется умножением количества секторов на пропускную способность одного сектора [25]. Количество секторов одной $R(eNB)$ равно трем:

$$R_{eNB} = R * 3 \text{ (Мбит/с)}, \quad (3.1)$$

где R_{eNB} – средняя пропускная способность базовой станции;

R – пропускная способность одного сектора (Мбит/с).

Рассчитаем пропускную способность одного сектора (R) по формуле:

$$R = S * W \text{ (Мбит/с)}, \quad (3.2)$$

где R – пропускная способность одного сектора (Мбит/с);

S – средняя спектральная эффективность (бит/с/Гц) – для предполагаемой технологии передачи данных EDGE составляет – 0,45 бит/с/Гц [26];

W – ширина канала, равная 25 МГц.

Для линии uplink пропускная способность равна:

$$R = 0,45 * 25 = 11,25 \text{ Мбит/с}$$

Для линии downlink:

$$R = 0,45 * 25 = 11,25 \text{ Мбит/с}$$

Средняя пропускная способность базовой станции (eNB):

Для линии uplink:

$$R_{eNB} = 11,25 * 3 = 33,75 \text{ Мбит/с}$$

Для линии downlink:

$$R_{eNB} = 11,25 * 3 = 33,75 \text{ Мбит/с}$$

Общая пропускная способность базовой станции определяется по формуле:

$$R_{\text{общ}}(eNB) = R_{eNB}(\text{uplink}) + R_{eNB}(\text{downlink}), \quad (3.3)$$

где $R_{\text{общ}}(eNB)$ – общая пропускная способность базовой станции;

$R_{eNB}(\text{uplink})$ – пропускная способность БС для линии uplink;

$R_{eNB}(\text{downlink})$ – пропускная способность БС для линии downlink

Рассчитаем общую пропускную способность базовой станции

$$R_{\text{общ}}(eNB) = R_{eNB}(\text{uplink}) + R_{eNB}(\text{downlink}) =$$

$$= 33,75 + 33,75 = 67 \text{ Мбит/с}$$

3.3 Расчет зоны покрытия опоры ЛЭП видеонаблюдением

3.3.1 Расчет угла обзора видеокамеры

Расчёт угла обзора объектива производится по формуле:

$$\alpha = 2\arctg(d/2F), \quad (3.4)$$

где α – угол обзора объектива, (гр);

d – Размер матрицы, (мм) – для камеры, выбранной в проекте, равняется 1/3 мм;

F – Фокусное расстояние, (мм) – для камеры, выбранной в проекте, равняется 8 мм.

Для расчета угла обзора объектива необходимо воспользоваться рисунком 3.3, где приведены самые распространенные размеры матриц, используемые в видеокамерах для охранного телевидения [27].

Размер матрицы	Ширина, мм	Высота, мм	Диагональ, мм
Формат матрицы 4:3			
1"	13,54	10,16	16,93
2/3"	9,04	6,78	11,28
1/2"	6,77	5,08	8,47
1/2,5"	5,42	4,06	6,77
1/2,7"	5,02	3,76	6,27
1/2,8"	4,84	3,63	6,05
1/3"	4,52	3,39	5,64
1/4"	3,39	2,54	4,23

Рисунок 3.3 – Самые распространенные размеры матриц, используемые в видеокамерах для охранного телевидения

Рассчитываем угол обзора объектива по ширине:

$$\alpha_{\text{ш}} = 2\arctg(d/2F) = 2\arctg(4,52/(2*8)) = 31,5^{\circ}$$

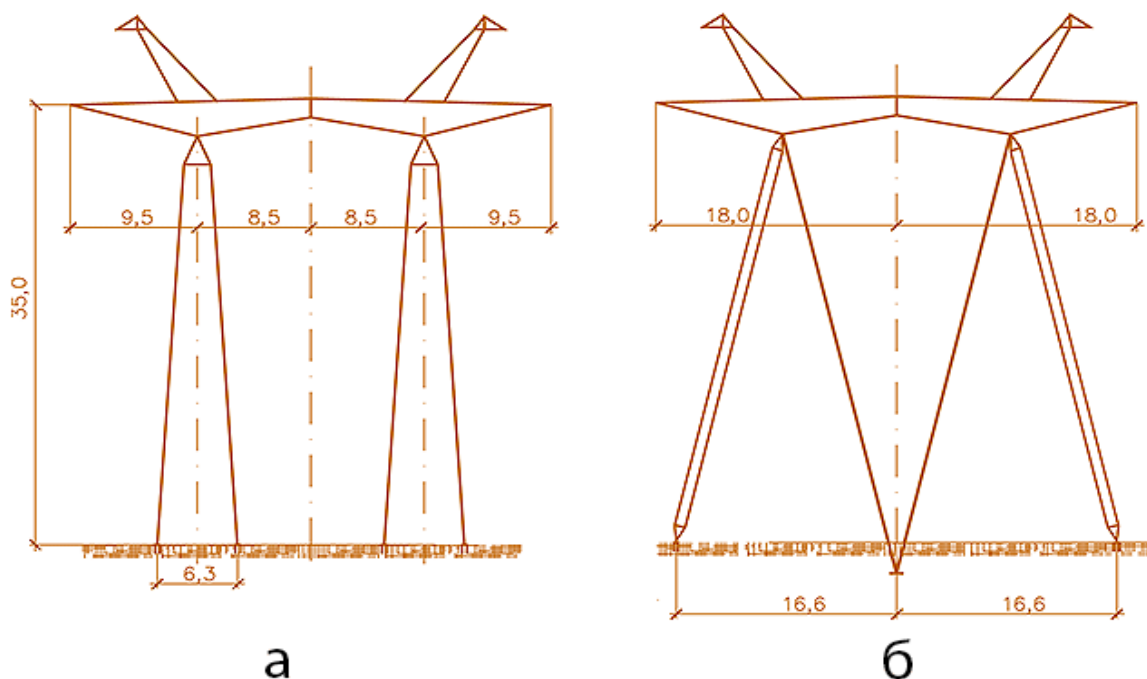
Рассчитываем угол обзора объектива по высоте:

$$\alpha_{\text{в}} = 2\arctg(d/2F) = 2\arctg(3,39/(2*8)) = 23.93^{\circ}$$

Рассчитываем угол обзора объектива по диагонали:

$$\alpha_{\text{д}} = 2\arctg(d/2F) = 2\arctg(5,64/(2*8)) = 38.84^{\circ}$$

Далее с помощью онлайн-сервиса «Расчёт зоны обзора видеокамеры» выполним соответствующие расчеты [28]. Опираясь на рисунок 3.4, где указаны геометрические параметры промежуточных опор ВЛЭП напряжением 750 кВ, заполняем соответствующие поля (рисунок 3.5) [29]. Высота установки камеры – 36 метров (с запасом), оптимальный угол наклона камеры с целью увеличения зоны обзора – 90° , значение угла обзора объектива (горизонтальный) взято из расчета по формуле (3.4).



а – промежуточная свободностоящая опора; б – промежуточная опора с оттяжками (размеры указаны в метрах)

Рисунок 3.4 – Портальные металлические опоры воздушных линий напряжением 750 кВ

Высота установки камеры, м	36
Угол наклона камеры, [0, 90], градусов	90
Угол обзора объектива (горизонтальный), [4, 110], градусов	31.5

Рисунок 3.5 – Исходные данные для расчета в онлайн-сервисе
«Расчет зоны обзора видеокамеры»

На рисунке 3.6 изображены результаты расчета зоны обзора камеры.

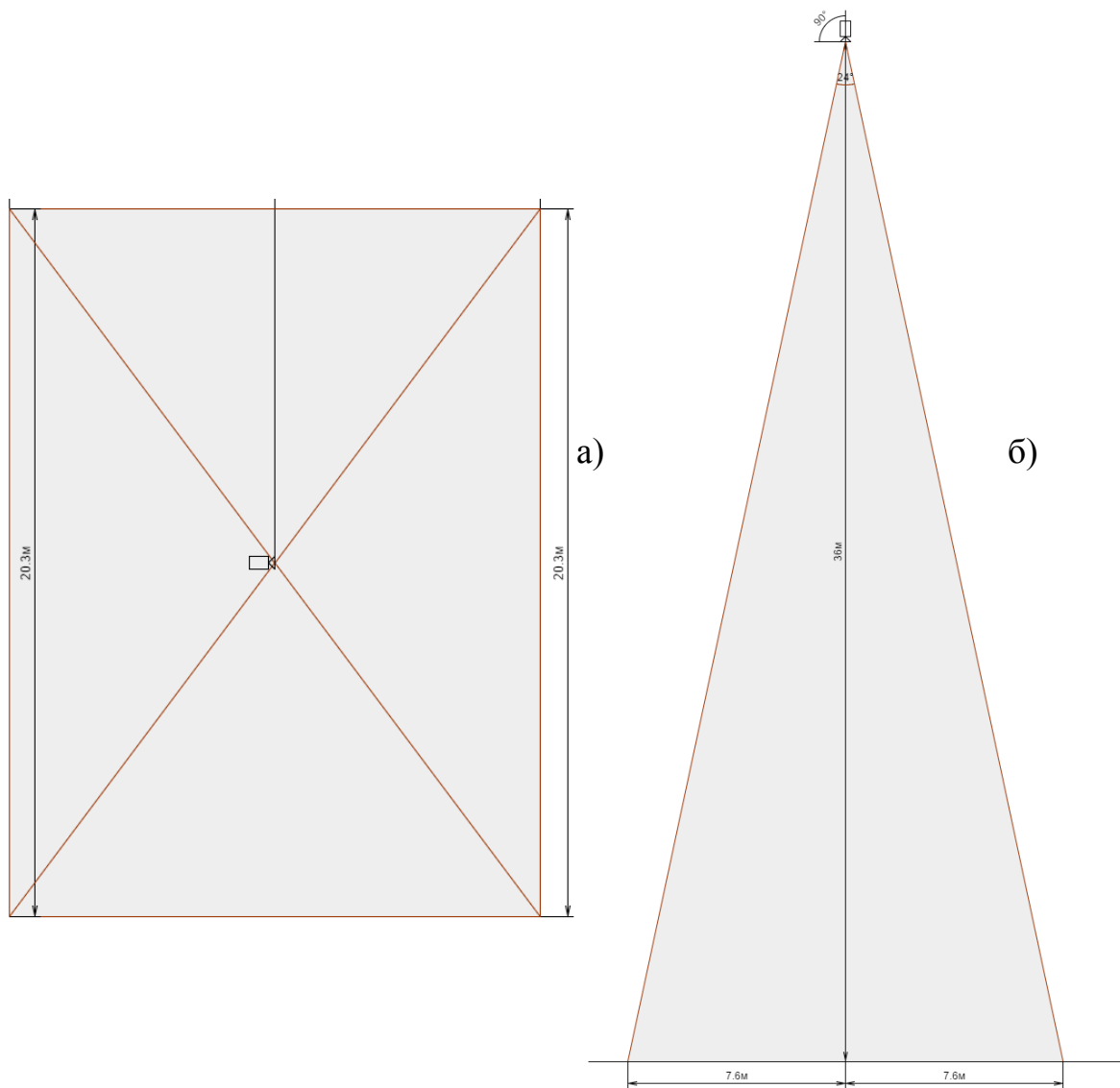


Рисунок 3.6 – Результат расчет зоны обзора камеры

Исходя из приведенных выше расчетов была промоделирована зона обзора видеокамерой промежуточной опоры ЛЭП напряжением 750 кВ. Схе-

матические обозначения с соответствующими указаниями размеров зон приведены на рисунке 3.7.

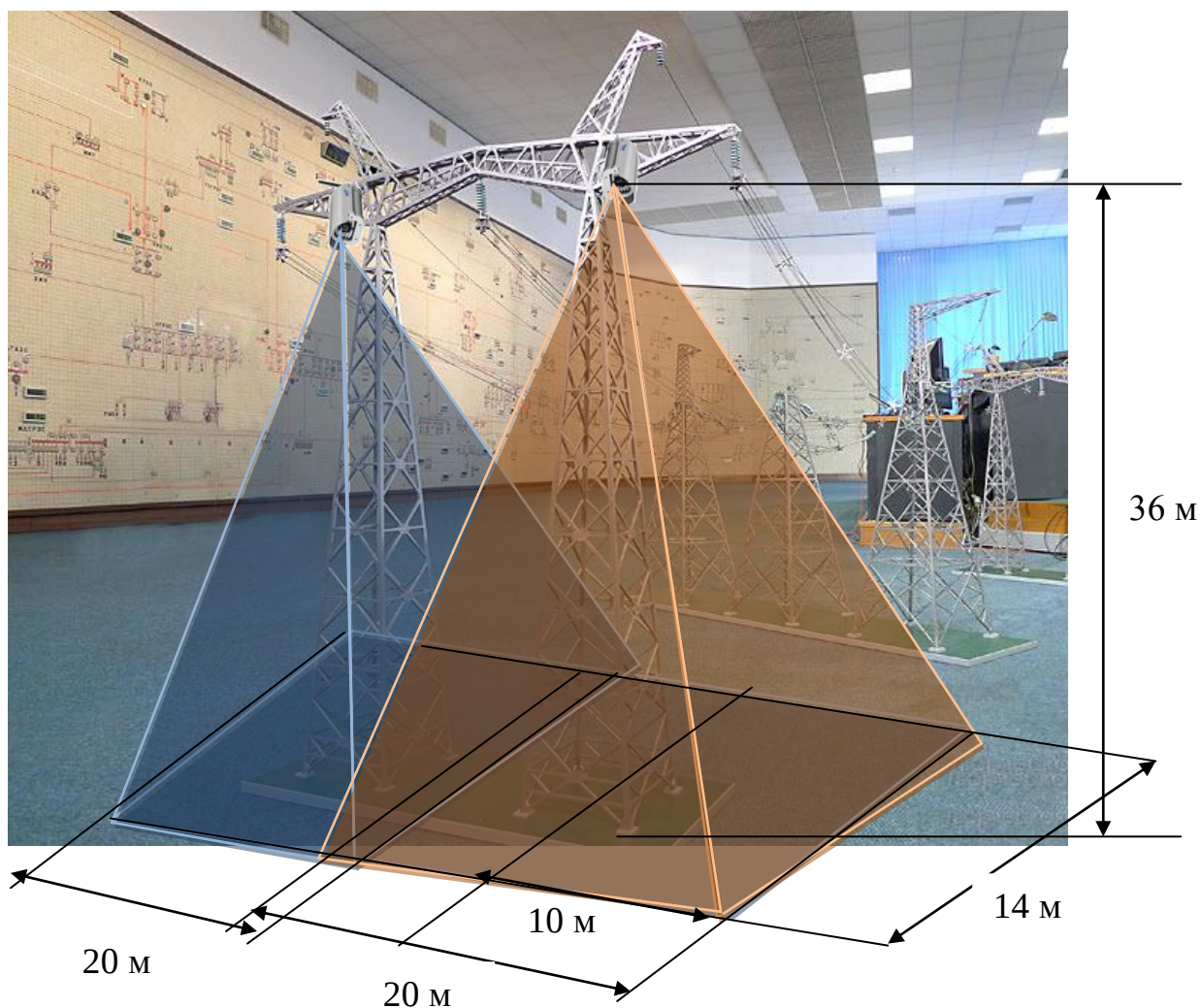


Рисунок 3.7 – Модель зоны покрытия видеонаблюдением камерой промежуточной опоры ВЛЭП напряжением 750 кВ

На рисунке 3.7 можно увидеть, что камера видеонаблюдения покрывает зону:

- 14 метров по высоте, соответственно по 7 метров спереди и сзади опоры;
- 20 метров по ширине, соответственно по 10 метров слева и справа каждой из мачт;
- исходя из геометрических размеров опоры ЛЭП напряжением 750кВ, которые указаны на рисунке 3.4, зона шириной в 3 м и высотой 14 м

(территория между двумя мачтами) будет находиться в поле зрения одновременно двух камер видеонаблюдения.

Таким образом, территория вблизи промежуточной свободностоящей опоры ЛЭП находится под видеонаблюдением.

Также следует принять во внимание анкерные и угловые опоры ЛЭП.

Анкерные опоры применяются на прямых участках ЛЭП в местах перехода через инженерные сооружения или естественные преграды для ограничения анкерного пролета, а также в местах изменения числа, марок и сечений проводов. Анкерная опора воспринимает нагрузку от разности тяжения проводов и тросов, направленную вдоль линии электропередачи. Конструкция анкерных опор ЛЭП отличается повышенной прочностью.

Угловые опоры рассчитаны на эксплуатацию в местах изменения направления трассы ЛЭП, воспринимают результирующую нагрузку от тяжения проводов и тросов смежных пролетов трассы. При небольших нагрузках – на углах поворота до 30° , применяют угловые промежуточные опоры. При углах поворота более 30° используют угловые анкерные опоры, которые имеют более прочную конструкцию и анкерное крепление проводов [30].

Эскиз анкерно-угловой опоры ЛЭП изображен на рисунке 3.8.

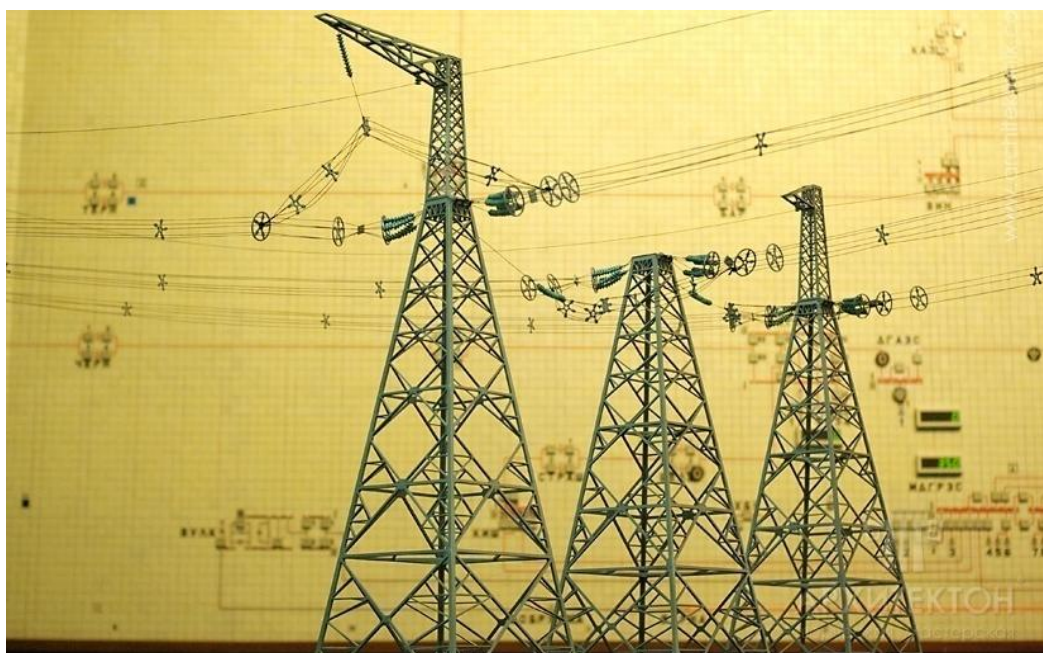


Рисунок 3.8 – Эскиз анкерно-угловой опоры ЛЭП напряжением 750 кВ

Геометрические размеры анкерно-угловой опоры ЛЭП напряжением 750 кВ приведены на рисунке 3.9.

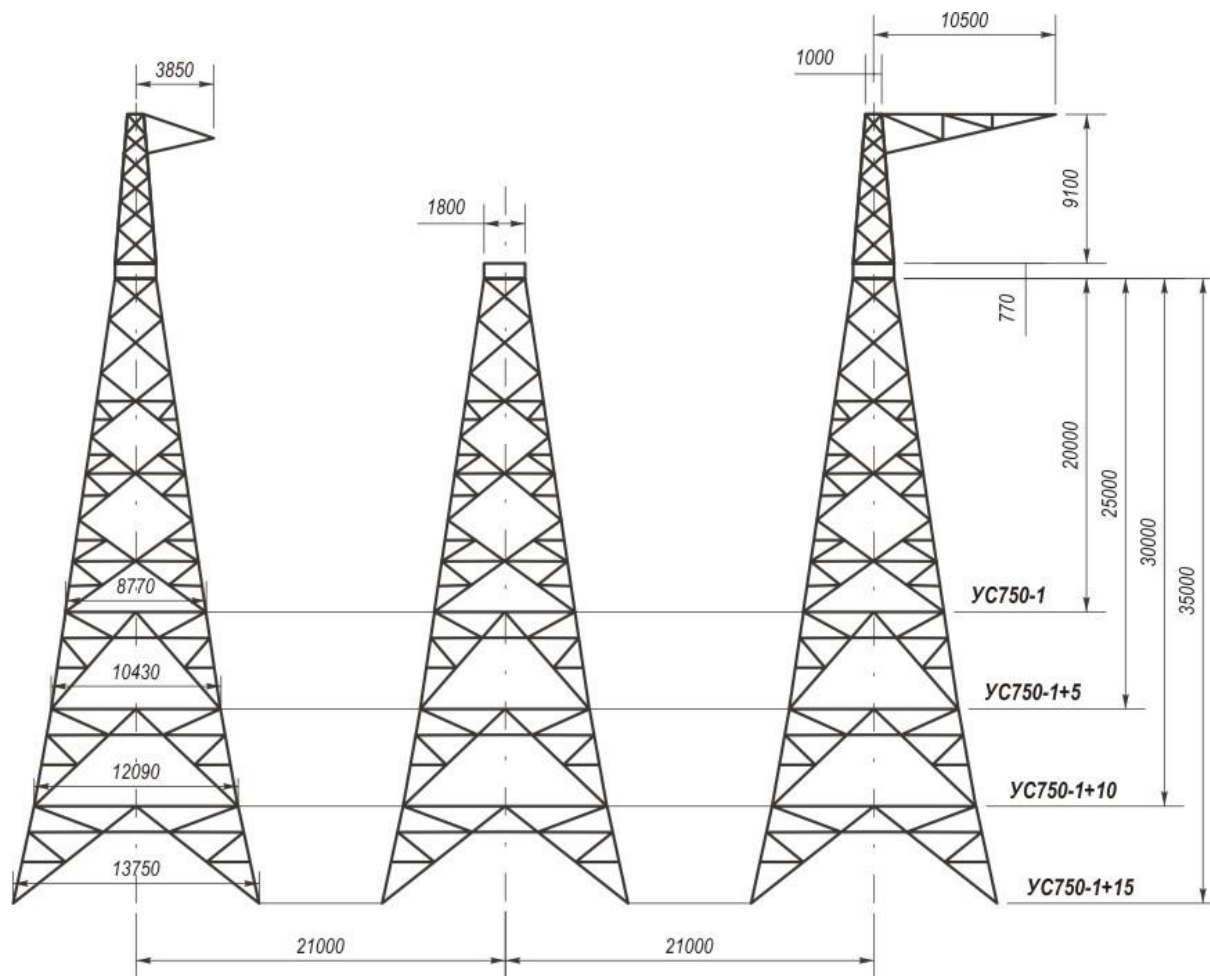


Рисунок 3.9 – Геометрические размеры анкерно-угловой опоры ЛЭП напряжением 750 кВ (размеры указаны в миллиметрах)

Изученная модель и геометрические размеры анкерно-угловой опоры ЛЭП напряжением 750 кВ позволяют сделать вывод:

- чтобы обеспечить видеонаблюдением каждую из опор анкерно-углового комплекса, необходимо установить по одной камере на каждую опору;
- высота анкерно-угловой опоры ЛЭП напряжением 750 кВ составляет 35 м, что соответствует высоте промежуточной свободностоящей опоры ЛЭП. Это говорит о том, что расчет зоны покрытия видеонаблюдением промежуточной опоры будет верен и для анкерно-угловой опоры ЛЭП.

3.4 Нахождение информационного объема изображения

Палитра (N) – количество используемых в наборе цветов (Таблица 3.1) [31].

Глубина цвета (I) – количество бит (двоичных разрядов), отводимых в видеопамяти под каждый пиксель.

Каждый цвет имеет свой уникальный двоичный код.

Код цвета пикселя содержит информацию о доле каждого базового цвета.

Число цветов, воспроизводимых на экране монитора (N), и число бит, отводимых под кодирование цвета одного пикселя (I), находится по формуле:

$$N=2^I \quad (3.5)$$

Информационный объем рисунка вычисляется по формуле:

$$V=K*I, \quad (3.6)$$

где V – информационный объем рисунка,

K – общее количество точек изображения или разрешающая способность монитора,

I – глубина цвета (Таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Глубина цвета и количество отображаемых цветов

Глубина цвета (I)	Количество отображаемых цветов (N)
8	$2^8=256$
16 (High Color)	$2^{16}=65\,536$
24 (True Color)	$2^{24}=16\,777\,216$
32 (True Color)	$2^{32}=4\,294\,967\,296$

Рассчитаем, какой объем информации занимает цветное изображение с разрешением 1024x768 пикселей. Глубина цвета (I) равна 8 бит [7]. Количество отображаемых цветов (N) равняется 256.

Общее количество точек изображения (K) равняется:

$$K = 1024 * 768 = 786\,432 \text{ точки}$$

Глубина цвета (I) равняется:

$$N = 2^I = 256 \Rightarrow I = 8 \text{ бит}$$

Информационный объем цветного изображения (V) с разрешением 1024x768 пикселей равняется:

$$V = 786\,432 * 8 = 6\,291\,456 \text{ бит } 3.7$$

1 байт = 8 бит, тогда получаем:

$$V = 6\,291\,456 / 8 = 786\,432 \text{ байт}$$

1 килобайт = 1024 байта. В итоге получаем, что цветное изображение с разрешением 1024x768 пикселей в несжатом виде имеет размер:

$$V = 786\,432 / 1024 = 768 \text{ кбайт.}$$

Степень сжатия изображения у алгоритма JPEG, который используется в проекте, при таком же качестве картинки составляет порядка 5 – 20:

$$V = 768 : 20 = 38,4 \text{ кбайт}$$

3.5 Расчет трафика изображений от GSM-камер

Считаем, что 1 кадр/с – достаточная скорость передачи кадров, чтобы наблюдать за опорами ЛЭП. Ориентировочный размер одного изображения с камеры составляет 38,4 кбайт.

Размер трафика описывается в битах (1байт = 8 бит).

В результате получаем размер трафика для трансляции сигнала с одной видеокамеры:

$$38,4 \text{ Кбайт} * 8 * 1 \text{ к/с} = 307,2 \text{ кбит/с} = 0,3 \text{ Мбит/с}$$

В случае необходимости подключения нескольких камер размер трафика увеличится в это же число раз. Таким образом, системы видеонаблюдения высокоинформативны, объем передаваемой информации и данных в них значительно выше, чем, например, в охранно-пожарной сигнализации.

В теории максимальный радиус действия базовой станции GSM составляет 35 км [32]. На практике же это значение уменьшается. Поэтому для расчетов был взят радиус равный 25 км. Согласно таблице 3.2, расстояние между опорами ЛЭП напряжением 750 кВ составляет 450 м [33]. Рассчитаем количество опор ЛЭП на 1 соту, а также количество GSM-камер, необходимое для обеспечения всех опор видеонаблюдением.

Таблица 3.2 – Расстояние между опорами ЛЭП. Требования при установке

Номинальное напряжение, кВ	Расстояние между проводами ЛЭП, м	Расстояние между опорами ЛЭП, м	Высота опоры ЛЭП, м	Расстояние от провода ЛЭП до земли, м
ЛЭП 750 кВ	14 – 16	450 – 750	30 – 41	10 – 12

Количество опор ЛЭП напряжением 750 кВ на одну соту равняется:

$$N_{\text{опор ЛЭП}} = R_{\text{БС}} / R_{\text{ОП}}, \quad (3.7)$$

где $N_{\text{опор ЛЭП}}$ – количество опор ЛЭП (750 кВ) на одну соту, штук;

$R_{\text{БС}}$ – радиус действия одной базовой станции, в проекте – 25 000 м;

$R_{\text{ОП}}$ – расстояние между опорами ЛЭП (750 кВ) в проекте – 450 м.

Рассчитаем количество опор ЛЭП (750кВ) на одну соту:

$$N_{\text{опор ЛЭП}} = R_{\text{БС}} / R_{\text{ОП}} = 25\,000 / 450 = 56 \text{ штук}$$

Так как на одну опору ЛЭП устанавливается по две GSM-камеры, то:

$$N_{\text{GSM-камер}} = N_{\text{опор ЛЭП}} * 2, \quad (3.8)$$

где $N_{\text{опор ЛЭП}}$ – количество опор ЛЭП (750 кВ) на одну соту, штук;

$N_{\text{GSM-камер}}$ – количество GSM-камер на одну соту, штук;

Рассчитаем количество GSM-камер на одну соту:

$$N_{\text{GSM-камер}} = N_{\text{опор ЛЭП}} * 2 = 112 \text{ штук}$$

Таким образом, на одну соту радиусом действия 25 км приходится 56 опор ЛЭП напряжением 750 кВ, на которые устанавливают 112 GSM -камер.

Трафик, генерируемый 112 GSM-камерами, составляет:

$$N_{\text{GSM-камер}} * 0,3 = 112 * 0,3 = 33,6 \text{ Мбит/с}$$

Пропускная способность одной GSM базовой станции (для технологии EDGE) составляет 67 Мбит/с, что дает право сделать предположение, одновременная нагрузка со всех камер, установленных на опорах ЛЭП, в радиусе действия одной соты не повлияет на работу БС.

3.6 Моделирование UMTS сети в программе OPNET

В ходе создания проекта не удалось подобрать программное обеспечение, с помощью которого можно было бы наглядно промоделировать GSM-сеть. Программа подбиралась по следующим критериям:

- доступность;
- простота использования;
- удобство интерфейса;
- наличие методических указаний по работе с ПО;
- возможность моделирования GSM сетей;
- высокая функциональность.

Под все эти критерии хорошо подошел пакет OPNET. К положительным сторонам этого программного обеспечения можно отнести удобство проектирования объектов сети, гибкость полученных моделей. Так же к сильным сторонам относятся графические средства построения моделей сети. Эта программа позволяет решать следующие задачи: планирование и оптимизация сети, создание и проверка аналитических моделей сети, создание и проверка протокола связи. К недостаткам относятся отсутствие трассировки моделей и недостаточная гибкость: используется собственная, нерасширяемая библиотека устройств и ограниченный набор отчетов. Еще одним недостатком послужило то, что с помощью этого программного обеспечения возможно промоделировать только UMTS сеть, то есть сеть связи третьего поколения.

Все же было принято решение модулировать 3G-сеть, так как в недалеком будущем большая часть территория Украины будет покрыта этим стандартом. Операторы сотовой связи Украины активно к этому стремятся. Второй аргумент модулировать 3G-сеть заключается в том, что эти действия не будут отклонением от поставленных задач:

– исследовать зависимость основных характеристик сети (задержка в передаче пакетов, генерация трафика) от количества использованных 3G- или GSM камер, приходящихся на базовые станции;

– исследовать зависимость основных характеристик сети (задержка в передаче пакетов, генерация трафика) в зависимости от удаленности камер от базовой станции. Пронаблюдать, как изменятся характеристики при удалении камер на расстояние и меняя их количество;

Для начала построим сеть с двумя базовыми станциями и двумя 3G-камерами (рисунок 3.10).

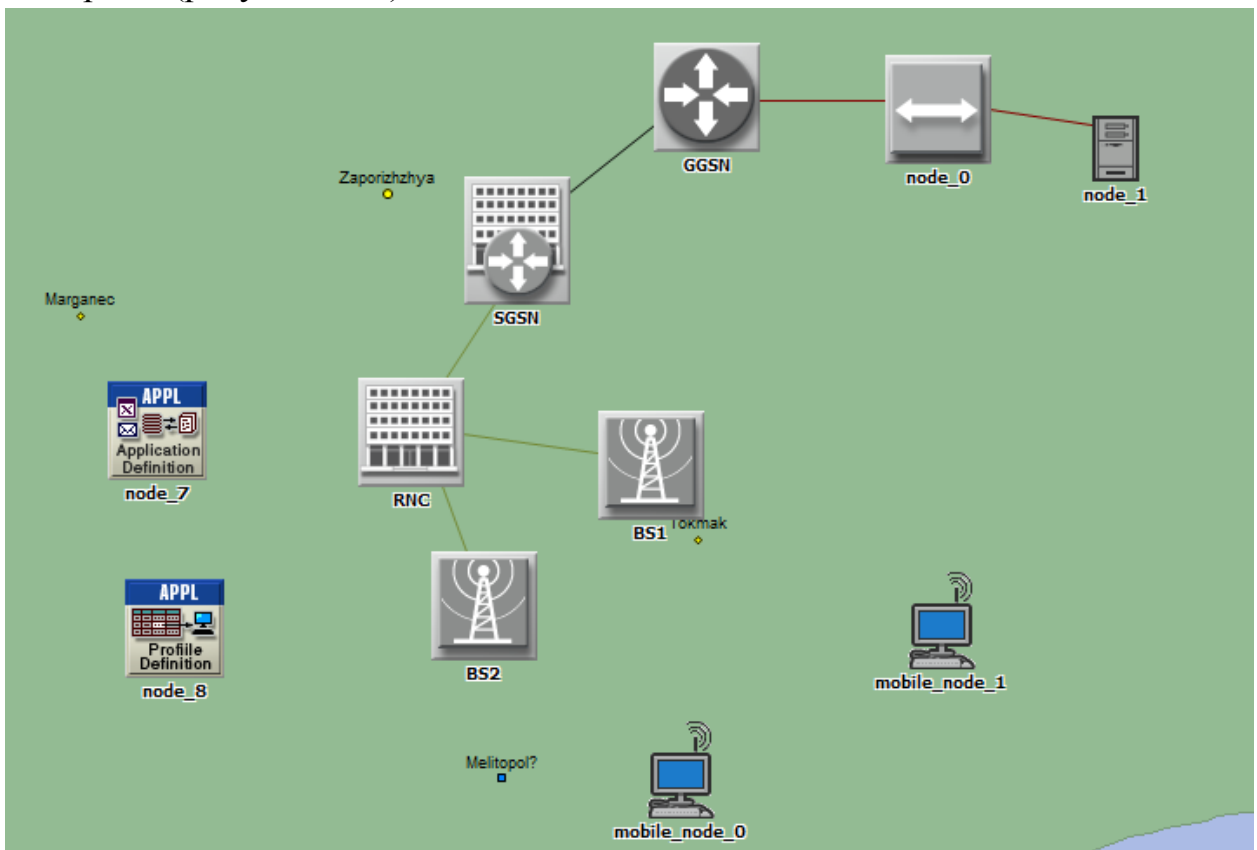


Рисунок 3.10 – Промоделированная 3G-сеть в программе OPNET

Рассмотрим составляющие моделируемой сети:

БС – обеспечивает соединение mobile_node с RNC;

RNC – контроллер радиосети. Может поддерживать до 8 БС;

SGSN – узел обслуживания абонентов GPRS;

GGSN – шлюзовой узел поддержки GPRS.

Запустив моделирование получаем график задержки для всех пакетов (рисунок 3.11) и график предположительную нагрузки, которую должна обслужить сеть (рисунок 3.12):

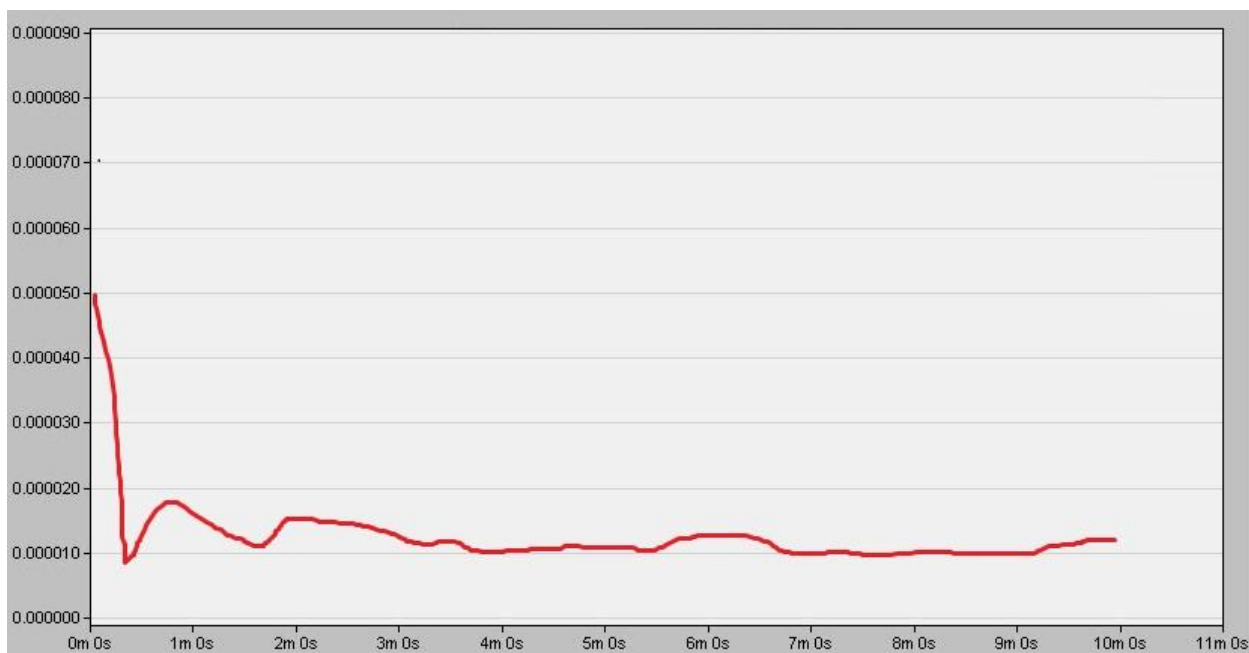


Рисунок 3.11 – Характеристика задержки передачи кадров end to end



Рисунок 3.12 – График предположительной нагрузки, которую должна обслужить сеть

Увеличим количество 3G камер в модели (рисунок 3.13) с целью наблюдения изменений характеристик задержки пакетов (рисунок 3.14) и предположительной нагрузки (рисунок 3.15).

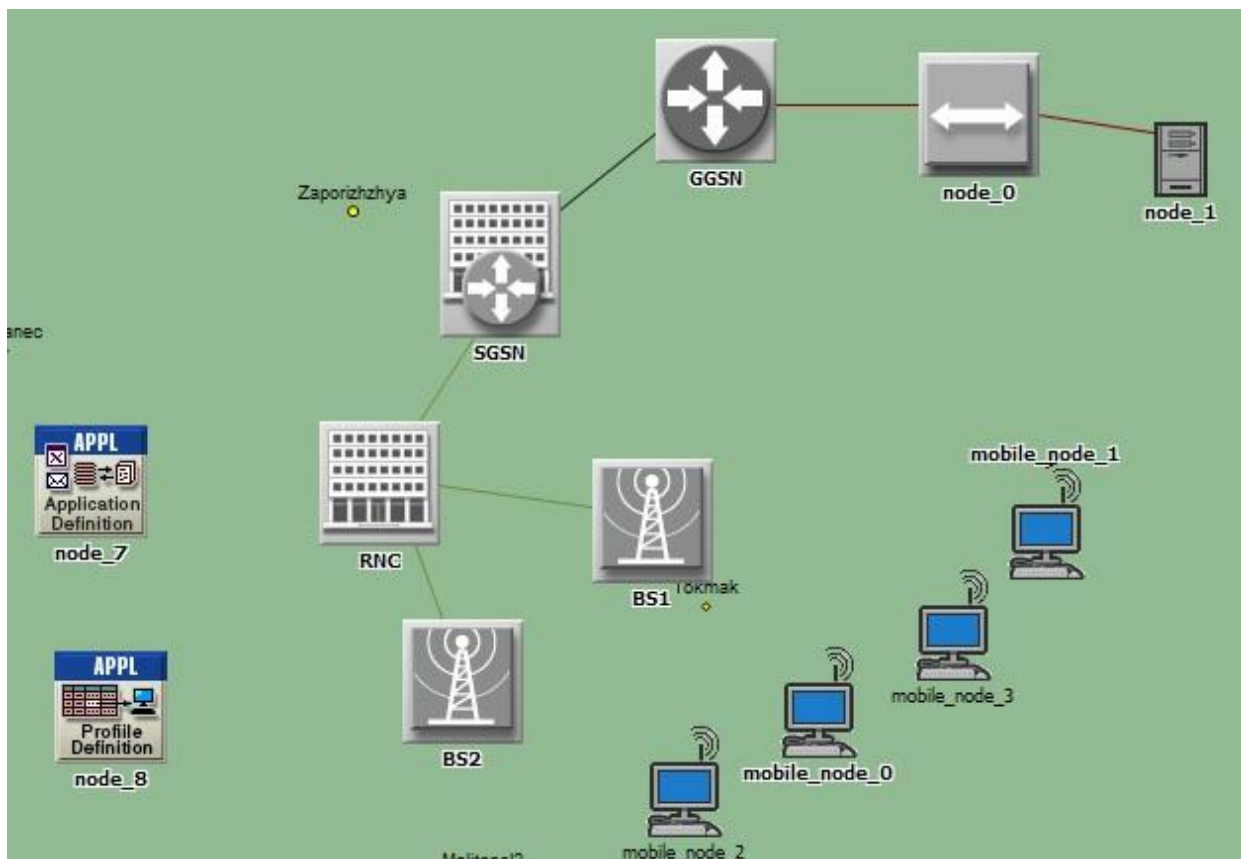


Рисунок 3.13 – Увеличенное количество базовых станций в модели 3G



Рисунок 3.14 – Характеристика задержки передачи кадров end to end при увеличенном количестве 3G камер

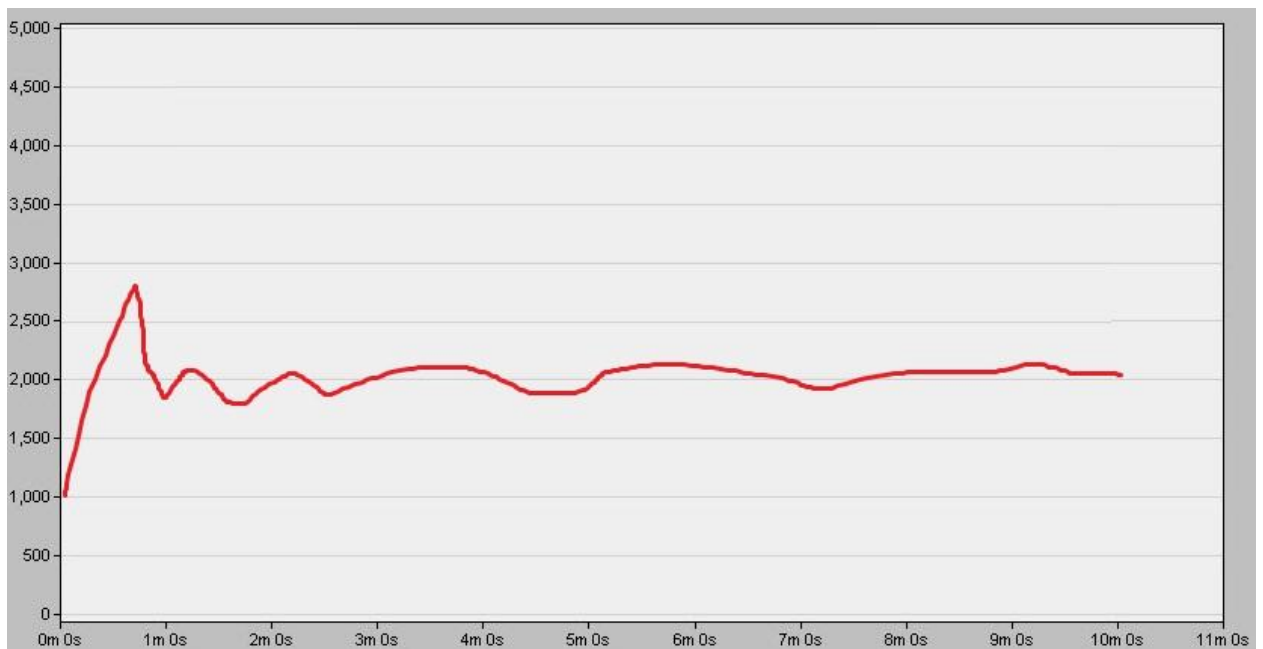


Рисунок 3.15 – График предположительной нагрузки, которую должна обслужить сеть, при увеличенном количестве 3G-камер

Далее увеличим расстояние между 3G-камерами и базовыми станциями, добавив в модель еще 2 камеры (рисунок 3.16). Посмотрим, как изменится характеристика задержки пакетов (рисунок 3.17) и предположительной нагрузки (3.18).

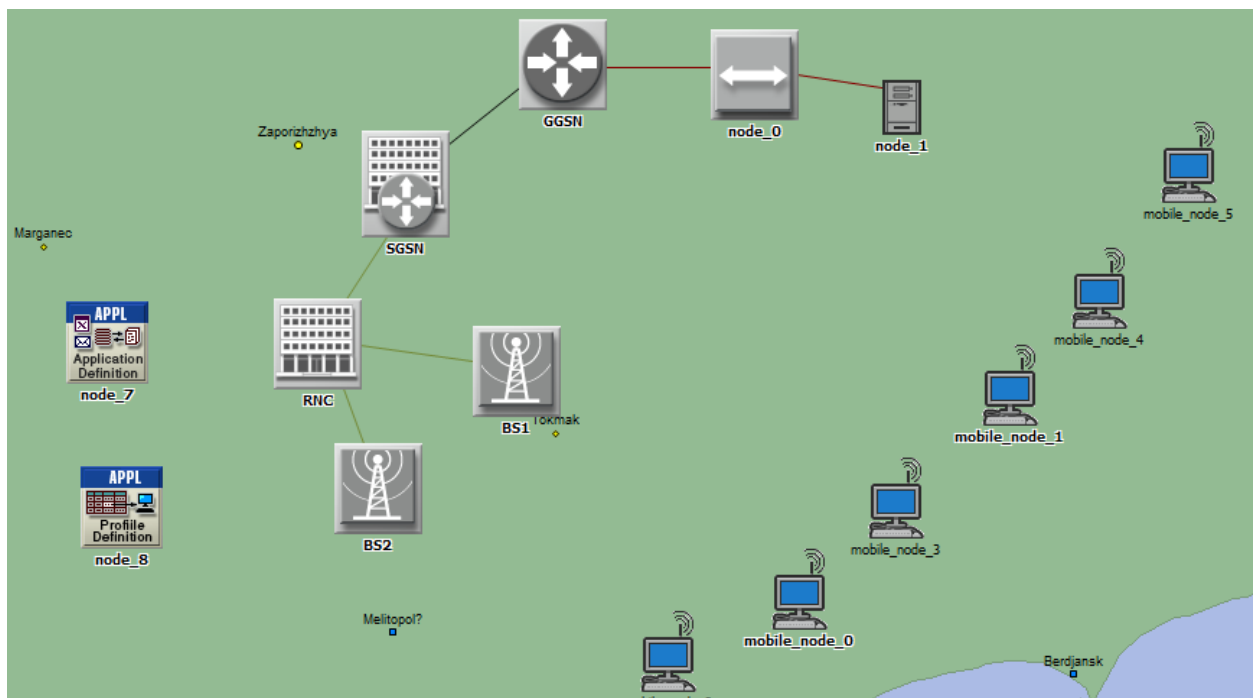


Рисунок 3.16 – Увеличенное количество базовых станций при увеличенном расстоянии в модели 3G сети

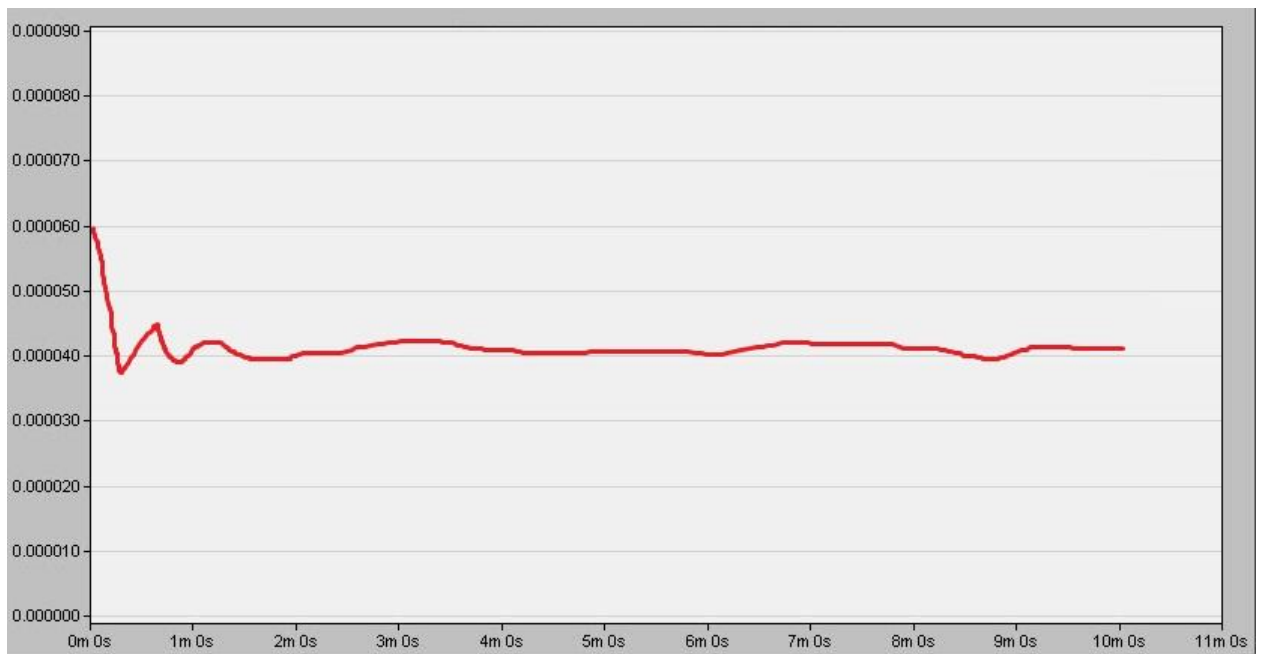


Рисунок 3.17 – Характеристика задержки передачи кадров end to end при увеличенном количестве 3G камер и расстоянии до БС



Рисунок 3.18 – График предположительной нагрузки, которую должна обслуживать сеть, при увеличенном количестве 3G-камер и при увеличенном расстоянии до БС

Вывод. Увеличение количества 3G-камер, увеличение расстояния от БС до 3G-камер приводит к увеличению значения характеристики задержки для всех пакетов end-to-end, также резко возрастает предположительная нагрузка, которую сеть должна обслуживать.

4 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ

Главными составляющими элементной базы проекта являются видеокамеры, которые в перспективе будут установлены на опоры ВЛЭП. В процессе выбора оборудования видеонаблюдения учитывались характеристики объекта, где должны быть установлены видеокамеры, а именно: высота опоры ВЛЭП напряжением 750 кВ, которая составляет около 41 метра, отсутствие доступа к сети электропитания, возможные помехи от электромагнитного поля, отсутствие возможности построения проводной системы видеонаблюдения. Поэтому выбор видеокамеры проводился по следующим характеристикам:

- наличие инфракрасной подсветки до 40 метров (для возможности наблюдения угрозы в ночное время суток);
- потребление энергии – 5 Вт (на такую мощность рассчитано устройство отбора энергии от воздушных линий электропередач);
- возможность передачи данных по технологиям сотовой связи: GPRS, EDGE, WCDMA, EVDO (линии электропередач, в основном, проходят через малонаселенные районы, поэтому одной из немногих возможностей доступа к сети Интернет является покрытие оператора сотовой связи);
- разрешение матрицы (слишком маленькое разрешение матрицы не позволит наблюдать за угрозой с высоты около 40 метров);
- фокусное расстояние (используется в расчетах зоны покрытия видеокамерой);
- наличие датчиков движения (способность обнаружить угрозу в случае плохой видимости);
- рабочая температура (стойкость к погодным условиям);
- рабочая влажность (стойкость к погодным условиям);
- цена (соотношение цена/качество – один из самых важных показателей для выбора видеокамеры).

В разрабатываемом проекте были рассмотрены:

- 3G камера BolyGuard MG-983G;
- профессиональная PTZ IP-камера TZ-26;
- 3G камера IP-GSM (4G)-Full.

Сравнительная характеристика трех камер приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Сравнительная характеристика камер

Камера Характеристика	3G камера BolyGuard MG-983G	Профессио- нальная PTZ IP-камера TZ-26	3G камера IP-GSM(4G)- Full
Инфракрасная подсветка, м	30	100	40
Питание	8×AA; 4×AA	220 AC	5 Вт
Передача данных по тех- нологиям сотовой связи	GPRS, WCDMA	EV-DO	EDGE, GPRS, WCDMA
Разрешение матрицы	640 x 480	704 x 576	1024 x 768
Фокусное расстояние, мм	Нет данных	5 – 100	8
Датчики движения	+	+	+
Рабочая температура, °C	-30 /+70	-40 /+50	-30 /+55
Рабочая влажность, %	95	95	90
Цена, грн	13 230	83 000	8 000

Далее приведен детальный анализ характеристик каждой из камер и обоснованный выбор камеры для разрабатываемой системы охраны опор ВЛЭП.

3G GSM камера уличного исполнения BolyGuard MG-983G-30M – это камера с поддержкой 3G WCDMA/GSM GPRS технологий. Использование в этой камере новейшего 3G модуля WCDMA/GSM позволило значительно повысить скорость передачи изображений.

В том случае, когда пользователь не может разобрать, что изображено на фотоснимке, который прислала камера в сжатом формате на его телефон, можно отправить SMS-команду и камера вышлет реальное фото без сжатия и с полным разрешением.

Камера MG-983G-30M может работать в двух режимах – режим охраны и режим фотоловушки. В режиме охраны камеру можно включать и отключать при помощи радио-брелоков.

Камера MG-983G-30M поддерживает работу дополнительных беспроводных датчиков (датчик дыма, движения, открывания двери). Камера MG-983G-30M может работать в режиме съемки «фото и видео» на одно срабатывание датчика движения, т.е. сначала камера сделает фотоснимок, а затем запишет видео со звуком установленной длины.

Можно позвонить на номер SIM-карты, установленной в камере, чтобы прослушать, что происходит возле камеры. Пользователь также может сделать SMS-запрос, и камера пришлет ему фото происходящего перед объективом [34].

Из вышеприведенного анализа следует, что рассматриваемая камера обладает многими достоинствами и является приоритетным вариантом для использования в проекте, однако имеет существенные недостатки:

- дальность срабатывания датчиков ночного видения, движения, дыма составляет 30 метров. Ориентировочная высота установки камеры видеонаблюдения – 36 метров;

- электропитание производится с помощью пальчиковых батареек. Замена последних на высоте 36 метров при большом количестве опор ВЛЭП и соответственно камер видеонаблюдения является слишком трудоемким и затратным процессом;

- 3G GSM камера уличного исполнения BolyGuard MG-983G-30M обладает разрешением фото 640 x 480 пикселей. Такое фото рассматриваемая камера передает по технологии GPRS. С высоты 36 метров картинку с таким разрешением трудно будет разобрать. Передавать фото с более высоким раз-

решением по технологии третьего поколения UMTS (WCDMA) в данный момент не является возможным ввиду отсутствия полноценного 3G-покрытия страны.

Профессиональная PTZ IP-камера TZ-26 с поддержкой сетей 3G/4G/CDMA/Wi-Fi/LAN – это готовое решение для организации видеонаблюдения на подвижных и стационарных объектах, в труднодоступных местах с суровым климатом и сложными условиями эксплуатации. PTZ камера TZ26 – поворотная IP видеосистема, с углом поворота 360° по горизонтали и 180° по вертикали и 27-кратным приближением. Благодаря сильной инфракрасной подсветке (до 100 м), с функцией синхронизации с камерой, это решение становится по-настоящему универсальным. Камера оснащена функциями грозо-защиты, обладает функцией контроля показаний телеметрии. Это всепогодная система, которая оснащена стеклоочистителем, функцией «антитуман» и может работать в температурном режиме от -40 до +50°C [35].

Из приведенных выше характеристик видно, что профессиональная PTZ IP-камера TZ-26, которая была рассмотрена как элемент проектируемой системы охраны ВЛЭП, обладает большой функциональной базой, однако имеют место недостатки, из-за которых использование данной камеры в проекте является нецелесообразным:

– передача данных с этой камеры основывается на работе по технологии CDMA, а также с помощью технологий передачи данных EV-DO Rev. 0, EV-DO Rev. A, EV-DO Rev. B. В Украине предоставлением услуг такого типа занимаются лишь несколько операторов, среди которых PEOPLEnet и Интертелеком [36]. Оператор Интертелеком предоставляет более качественное покрытие связью страны, что видно на рисунке 4.1;

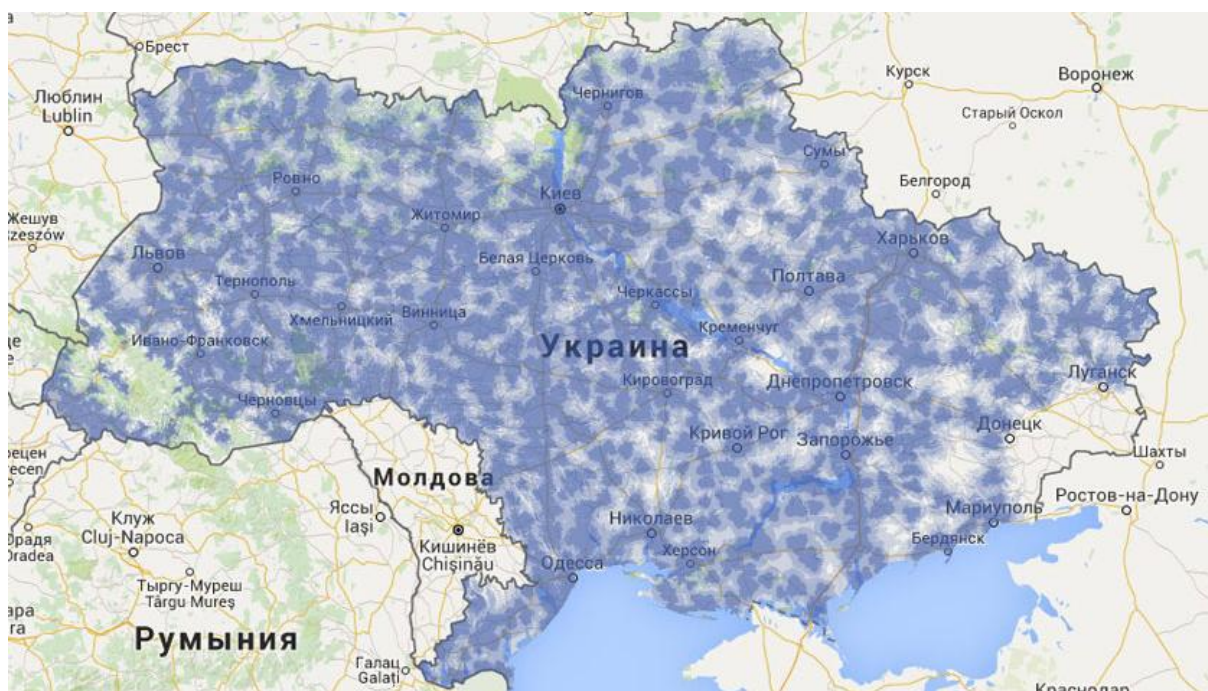


Рисунок 4.1 – 3G покрытие оператора Интертелеком

– если по каким-то причинам оператор Интертелеком уйдет с рынка мобильной связи Украины, то есть вероятность, что не найдется компании, которая смогла бы достойно заменить оператора Интертелеком. Ведь, как известно, оборудование, которое настроено на работу с технологией CDMA, не подходит для работы с другими сетями. Тогда могут возникнуть большие финансовые проблемы. Ведь основной упор в развитии операторов сотовой связи Украины делается на технологию UMTS (WCDMA);

– в характеристиках указана не полная информация об электропитании камеры, а это, в свою очередь, является очень важным критерием выбора;

– последним, решающим фактором стала цена оборудования. С такой мощной функциональной базой можно использовать одну камеру вместо двух на одну опору ВЛЭП. Однако стоимость такой камеры составляет 83 000 грн. Вряд ли какая-то компания, желающая защитить свои опоры ВЛЭП, сможет выделить такую сумму денег.

IP камера IP-GSM(4G)-Full имеет встроенный 3G модем для передачи данных по сетям операторов сотовой связи. Программное обеспечение

камеры оптимизировано под передачу данных по сетям 2G и 3G. Достаточно установить SIM-карту с требуемым тарифом.

Съемная карта памяти формата SD позволяет сохранять события, возникающие по детектору движения или по заранее составленному расписанию.

Расширенные настройки камеры по передаче видеопотока позволяют настроить передачу видео даже под самый слабый сигнал сотовой сети (с уменьшением качества изображения).

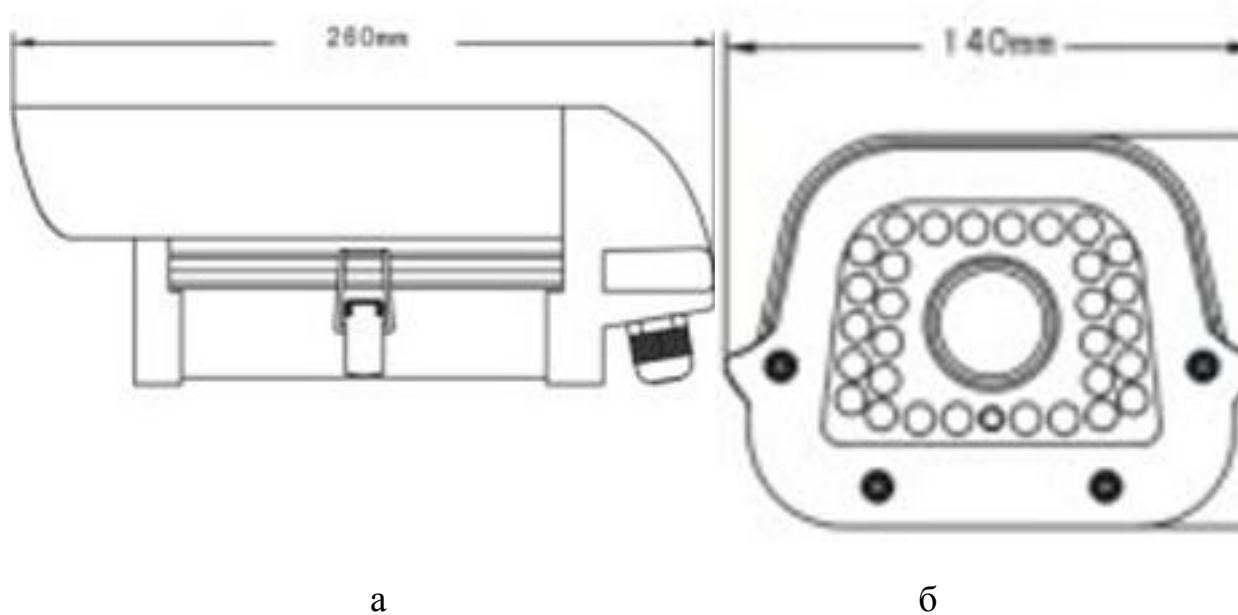
Данная камера идеально подойдет для наблюдения за объектами, расположенными за чертой города. Настройки камеры позволяют задавать режимы работы камеры в различное время суток, уведомлять с помощью SMS сообщений о различных событиях.

Программное обеспечение камеры позволяет объединить установленные в различных местах камеры в единую панель для ведения постоянного наблюдения [37]. Внешний вид рассматриваемой камеры приведен на рисунке 4.2.



Рисунок 4.2 – Внешний вид IP камеры IP-GSM(4G)-Full

Размеры камеры (вид сбоку и вид спереди) приведены на рисунке 4.3.



а – вид сбоку; б – вид спереди

Рисунок 4.3 – Размер IP камеры IP-GSM(4G)-Full (размеры указаны в миллиметрах)

Характеристики IP камеры IP-GSM(4G)-Full приведены в таблице 4.2.

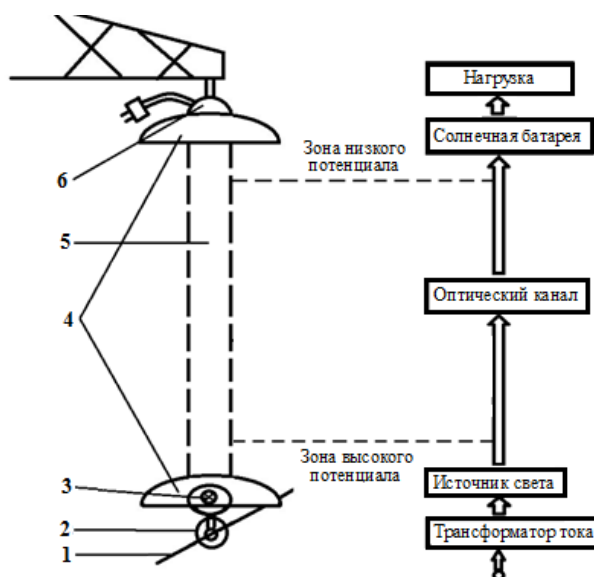
Таблица 4.2 – Характеристики IP камеры IP-GSM (4G)-Full

Датчик движения	Цветная КМОП матрица 1/3 Sony CCD
Разрешение матрицы	1024 x 768 (1Мп)
Линзы объектива	Фокусное расстояние: 8 мм
Сжатие видео	H.264, MJPEG
Частота кадров	1 – 30 кадров в секунду
Карта памяти	До 32 Гб типа micro SD
Стандарт связи 3G	UMTS: 384kbps (DL/UL) EDGE: 236.8kbps (DL/UL)
Инфракрасное освещение	24 инфракрасных светодиодов, (до 40 метров)
Потребление энергии	5 Вт
Рабочая температура	-30/+55 °C
Рабочая влажность	20-85 %

Таким образом, IP камера IP-GSM(4G)-Full является оптимальным по цене и по характеристикам вариантом для использования в проекте среди всех рассмотренных.

4.1 Устройство отбора мощности от ЛЭП

Использован способ отбора мощности от ЛЭП на каждой опоре, обеспечивающий вывод энергии из высокопотенциальной зоны в низкопотенциальную на уровне единиц ватт. Конструктивная реализация не превышает 50 кг, малогабаритна и обладает невысокой стоимостью. Решение задачи получения электропитания в единицы ватт на каждой опоре ЛЭП новым сочетанием известных элементов, изменением конструкции изоляторов и предложением промышленного выпуска нового вида продукции – солнечных батарей в виде вакуумных приборов – « аламп» (Рисунок 4.4). Сделаем примерный схемы на основе имеющихся в настоящее время материалов и элементов, то есть проверим, насколько реальна такая возможность.



1 – линейный токоведущий провод ЛЭП; 2 – трансформатор тока; 3 – источник света; 4 – изолятор; 5 – оптический канал; 6 – преобразователь светового потока в электрический постоянный ток (солнечная батарея)

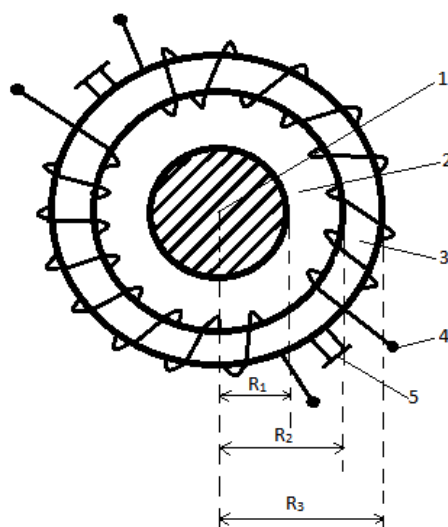
Рисунок 4.4 – Структурная схема маломощного источника питания от высоковольтной ЛЭП 750 кВ

Для нормальной работы аппаратуры охранной системы необходимо обеспечить напряжение $U = 5\text{В}$, ток $I = 1\text{А}$, то есть мощность $P = 5\text{Вт}$.

Если взять монокристаллический модуль EuroSolar IOW (№606) за основу, который при площади поверхности в $39,6 \times 28,9 = 1144,4\text{ см}^2$ обеспечивает 10 Вт мощности, то на половинную мощность достаточно площади $20 \times 30\text{ см}^2$. Это при серийной технологии, обеспечивающей коэффициент полезного действия (КПД) преобразования светового потока в электрическую энергию в 14%. Калифорнийская компания Alta Devices предлагает солнечные элементы, обеспечивающие КПД в 30%, и даже в 38%. Но даже при КПД в 30% площадь воспринимающей поверхности может сократиться до круга радиусом 10 см.

При таких относительно небольших габаритах может быть выпущен специальный элемент для преобразования светового потока в электрический ток в виде "антилампы" – алампы.

Решим задачу подачи питания на электролампу с помощью трансформатора тока (ТТ) (рисунок 4.5).



1 – линейный токоведущий провод ЛЭП; 2 – проходной изолятор; 3 – магнитопровод из трансформаторной стали 3411; 4 – вторичная обмотка; 5 – элементы крепежа двух половинок магнитопровода

Рисунок 4.5 – Разъемный трансформатор тока (ТТ)

Сделаем примерный расчет трансформатора тока с целью оценки реальности реализации. Линейный провод ЛЭП марки АС диаметром 50 мм ($R_1 = 25$ мм) 1 (рисунок 4.5) является первичной обмоткой ТТ ($W_1 = 1$ виток). Вторичная обмотка 4 (рисунок 4.5) намотана на магнитопровод 3 (рисунок 4.5) со следующими геометрическими параметрами: радиус внутренней поверхности $R_2=45$ мм, радиус внешней поверхности $R_3 = 95$ мм; толщиной сердечника пока задаваться не будем. По статистике в ЛЭП 750 кВ линейный номинальный ток $I_{1H} = 1300$ А, но $I_{max} = 3500$ А, поэтому согласно рекомендациям выбираем $I_1 = 4000$ А. Ток во вторичной обмотке равен $I_2 = 6$ А при напряжении $E_2 = 6$ В, а так как ТТ не подключен к нейтральному проводу или «земле», т.е. весь находится в зоне высокого потенциала, то требования к изоляции между первичной и вторичной обмотками ТТ не высокие.

Коэффициент трансформации:

$$n = \frac{I_1}{I_2} = \frac{4000}{6} = 667 \quad (4.1)$$

Следовательно, вторичная обмотка содержит $W_2 = 667$ витков.

Длина средней линии магнитопровода:

$$l_{cp} = 2\pi * \left(R_2 + \frac{R_3 - R_2}{2} \right) = 0,44 \text{ м} \quad (4.2)$$

Напряженность магнитного поля внутри сердечника:

$$H = \frac{I_1 * W_1}{l_{cp}} = \frac{4000 * 1}{0,44} = 9091 \frac{\text{А}}{\text{м}} \quad (4.3)$$

Это соответствует намагниченности (для стали 3411 худшего сорта) $B = 1,6$ Тл.

При определении средней линии магнитопровода 3 (рис. 4.5) мы использовали его ширину ($R_3 - R_2$). А для определения площади сечения магнитопровода воспользуемся известной формулой:

$$E_2 = 4,44 * f * S * w_2 * B_{\max}, \quad (4.4)$$

откуда:

$$S = \frac{E_2}{4,44 * f * w_2 * B_{\max}} \quad (4.5)$$

Найдем площадь поперечного сечения магнитопровода при $l_{cp} = 0,785$ м, материале сердечника – стали 3411 и описанных выше начальных условиях:

$$S = \frac{6}{4,44 * 50 * 667 * 1,6} = 0,253 \text{ см}^2.$$

Если сечение магнитопровода взять квадратным, то сторона квадрата для указанного сечения равна $a = 0,5$ см. Такая малая величина говорит о том, что для магнитопровода можно применить материал с более низкой магнитной проницаемостью, тогда сечение магнитопровода будет побольше.

Зазор между линейным проводом 1 и магнитопроводом 3 (рис.4.5) составит $95 - 2,5 - 25 = 67,5 \text{ мм} = 6,25 \text{ см}$; что позволяет свободно разместить как изоляцию, так и провод вторичной обмотки.

Таким образом, ТТ, который состоит из 2-х половинок кольца стали 3411 квадратного сечения со стороной в $0,5$ см радиусом в $45 + \frac{95-45}{2} = 95 \text{ мм} \approx 10 \text{ см}$ и вторичной обмоткой с 667 витками медного провода

диаметром 2,2 мм, будет отбирать от ЛЭП мощность в $1,25 \cdot 36 = 45$ Вт. и обеспечивать нормальную работу лампы-фары, мощностью в 36 Вт.

Определим массу ТТ. Масса трансформаторного железа составит $0,785 \cdot 10^2 \text{ см} \cdot 0,253 \text{ см}^2 \cdot 7,9 \frac{\text{гр}}{\text{см}^3} = 156,9 \text{ гр} \approx 200 \text{ гр}$.

Определим массу меди провода. Если длина стороны квадратного сечения магнитопровода равна 0,5 см, то периметр равен 2 см. Тогда длина среднего витка многослойной вторичной обмотки ТТ составит примерно 5 см. Следовательно, масса меди вторичной обмотки ТТ составит:

$$3,14 \cdot 0,11^2 \text{ см}^2 \cdot (5 \text{ см} \cdot 667) \cdot 8,96 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1135 \text{ гр} = 1,2 \text{ кг} \quad (4.6)$$

С учетом изоляции и крепления двух половинок магнитопровода масса ТТ не превысит 3 кг.

Суммарная же масса всех элементов предлагаемой системы электропитания окажется $20 \div 30$ кг.

Вывод. Произведенный примерный расчет дал оценку реальности реализации предлагаемой системы электропитания, пригодной для установки на каждой опоре ЛЭП, и оставил возможность оптимизации каждого из элементов предлагаемой системы. Отбирая от ЛЭП мощность в 45 Вт, можно получить 5 Вт на нагрузку, т.е. обеспечить электропитание охранной сигнализации каждой опоры ЛЭП. При этом достигается существенное снижение веса системы питания относительно системы ёмкостного отбора мощности, а в сравнении с открытой солнечной системой питания данное предложение выгодно отличается отсутствием аккумуляторов, независимостью от погоды, от чистоты поверхности солнечных элементов и их ориентации относительно солнца.

5 АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОЕКТА С ПОЗИЦИИ МАРКЕТИНГА

Как уже упоминалось во введении, В 2016 году компанией НЭК «Укрэнерго» была запущена линия электропередачи напряжением 750 кВ от Хмельницкой атомной электростанции к подстанции «Киевская». После того, как была включена линия, приток по ней стал равен мощности 882 МВт. Завершение этих работ стало важным этапом для энергетики Украины. За счет запуска линии была повышена надежность и стабильность электроснабжения столицы Украины Киева и Киевской области, а также была увеличена доля Хмельницкой АЭС в общем показателе генерации электроэнергии страны. Длина ЛЭП «Хмельницкая АЭС – подстанция «Киевская» насчитывает около 130 км. Продолжительность строительных работ – около четырех лет. Эта ЛЭП есть частью проекта по передаче электроэнергии с Хмельницкой и Ривненской АЭС в центральную часть Украину [1].

На данный момент в проекте стройки и ввода в эксплуатацию стоит линия электропередачи от Запорожской АЭС к подстанции «Каховская». Задачей этого проекта заключается в достройке части «Южного кольца», напряжение которого составляет 750 кВ, что должно повысить надежность сети в южной части Украины, а также передача в систему электроэнергии Украины дополнительной мощности в размере 700 МВт, которую в проекте будет генерировать Запорожская АЭС[2].

В недалеком будущем планируют построить несколько линий электропередачи: в Мариуполе проектируют план стройки магистральной линии от Запорожской АЭС, а до 2020 года компания НЭК «Укрэнерго» планирует реализовать строительство ЛЭП «Новоодесская – Арциз» [3].

Однако, к сожалению, перспектива стремительного развития энергетики в Украине непосредственно пересекается с актуальной на сегодняшний день проблемой воровства элементов конструкций опор линий электропередачи.

Так, к примеру, в 2012 году недалеко от села Качкаровка (Херсонская область) трое охотников за черным металлом разобрали на части сорокаметровую опору линии электропередачи. В результате этих действий опора весом в двенадцать тонн упала, что едва не привело к сбою нормального режима работы энергосистемы целой страны. Данная магистраль отвечала за подачу электроэнергии с Запорожской АЭС промышленным предприятиям Донецкой и Луганской областей. Министерство энергетики Украины сообщило, что поврежденная воздушная линия снизила мощность Запорожской АЭС на 40 МВт [4].

Другой случай произошел 19 марта 2017 года. На Калушине рухнула высоковольтная опора, которая принадлежала Ивано-Франковской магистральной сети компании «Укрэнерго». Опора была частью важной высоковольтной электролинии «Янтарь-Мукачево», которая на то время снабжала электроэнергией Европу с Бурштынской ТЭС. Причина падения – несанкционированные действия злоумышленников, повредившие металлические оттяжки в основе опоры, из-за чего конструкция и потеряла устойчивость [5].

«Повреждение высоковольтной электролинии «Янтарь-Мукачево» – это убытки в десятки миллионов гривен, плюс затраты на восстановление, плюс убытки поставщиков», – считает сопредседатель Фонда энергетических стратегий Дмитрий Марунич [5].

Решением данной проблемы является организация системы охраны опор высоковольтных линий электропередач.

Был проанализирован рынок существующих систем охраны опор ЛЭП (Комплекс БСК-Л, «Радиотехническая информационная система», «Система мониторинга окружающей среды»).

Недостатками вышеприведенных систем является отсутствие возможности охраны протяженных магистралей ВЛЭП с видеорегистрацией противоправных актов и с указанием места совершения акта.

Разрабатываемый проект системы охраны опор высоковольтных линий электропередачи позволяет не только решить большинство проблем существующих аналогов, но имеет преимущества:

- возможность устанавливать систему охраны на опоры ЛЭП напряжением в 220кВ, 330 кВ, 750 кВ;
- протяженность линии не имеет решающего значения;
- точное определение географического положения угрозы;
- наличие средств тревожной сигнализации (датчиков) и средств видеоконтроля, возможность обнаружить угрозу в начальной стадии;
- возможность избежать многомиллионных убытков благодаря группе реагирования, которая может прибыть на место преступления после обнаружения угрозы.

5.1 Обоснование выбора оператора-компаньона сотовой связи для проекта

Для реализации проекта необходимо выбрать оператора сотовой связи, с которым будет непосредственно сотрудничать компания, чьей целью является защитить от несанкционированного вмешательства со стороны человека свою высоковольтную линию электропередач. Так операторы сотовой связи не предоставили данных о количестве запущенных 2G-покрытии, критерием выбора оператора-компаньона были взяты данные о 3G-покрытии, 4G-покрытии страны, а также об абонентской базе операторов. Дополнительным фактором, которым было обосновано данное решение, является перспектива развития мобильного Интернета в Украине, что, быть может, даст возможность в будущем передавать фото - и видеоматериал с камер, установленных на опорах ЛЭП, по технологии третьего поколения, что позволяет сделать предположение о передаче данных на более высоких скоростях. В настоящее время это не является возможным, потому что, в основном, высо-

ковольтные линии электропередачи проходят в малонаселенных районах, а именно там, где еще нет 3G-покрытия либо оно является неплотным.

В качестве точки отсчета был взят количественный параметр – число установленных 3G базовых станций [38]. Их количество определяет емкость сети и способность обслужить большое количество абонентов на обширной территории. На октябрь 2018 года самая большая 3G-сеть среди украинских операторов сотовой связи развернута у оператора Киевстар с показателем в 8241 3G базовых станций. С показателем в 8195 3G базовых станций далее значится оператор Vodafone Украина. У оператора lifecell имеется 6014 3G базовых станций. Сводные данные приведены на рисунке 5.1.

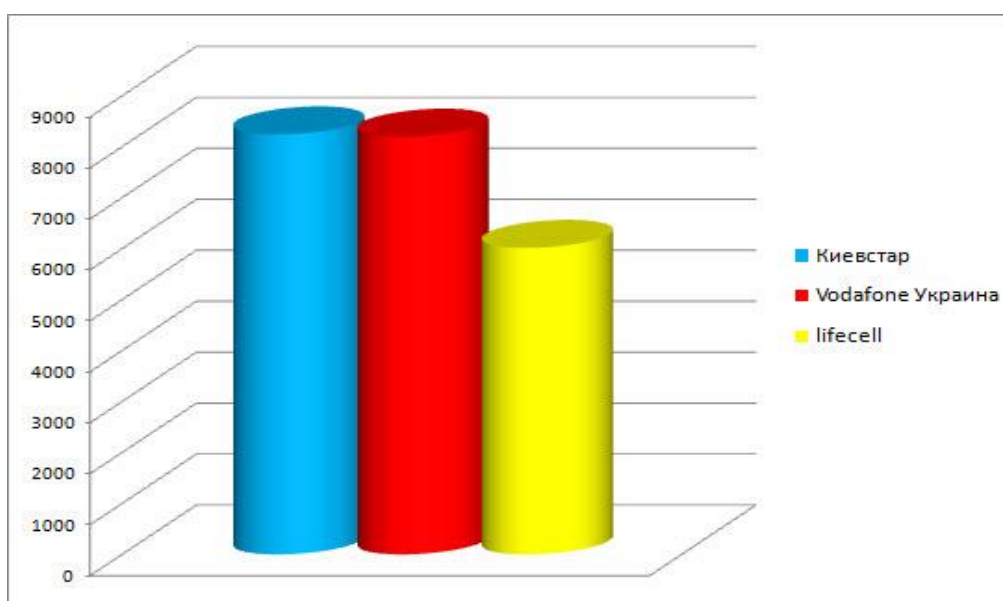


Рисунок 5.1 – Данные о количестве 3G базовых станций операторов сотовой связи Украины

Ознакомимся с результатами работы оператора lifecell. Успехи lifecell в развитии своей уникальной сети 3G-сети являются значительными. Оператор lifecell занимает третье место по количеству установленных 3G базовых станций среди украинских операторов сотовой связи, использующих технологию третьего поколения UMTS. Полные 13 и соответственно 7% всех 3G базовых станций приходятся на столицу Украины и Киевскую область. 11% всех 3G БС покрывают Днепропетровскую область. 9% всех 3G БС ориенти-

рованы на работу в Одесской области. Стоит отметить: 8 и 9% всех 3G БС оператора lifecell обеспечивают 3G покрытие во Львовской и соответственно в Харьковской областях. На рисунке 5.2 представлено процентное соотношение всех 3G базовых станций оператора lifecell по областям Украины.

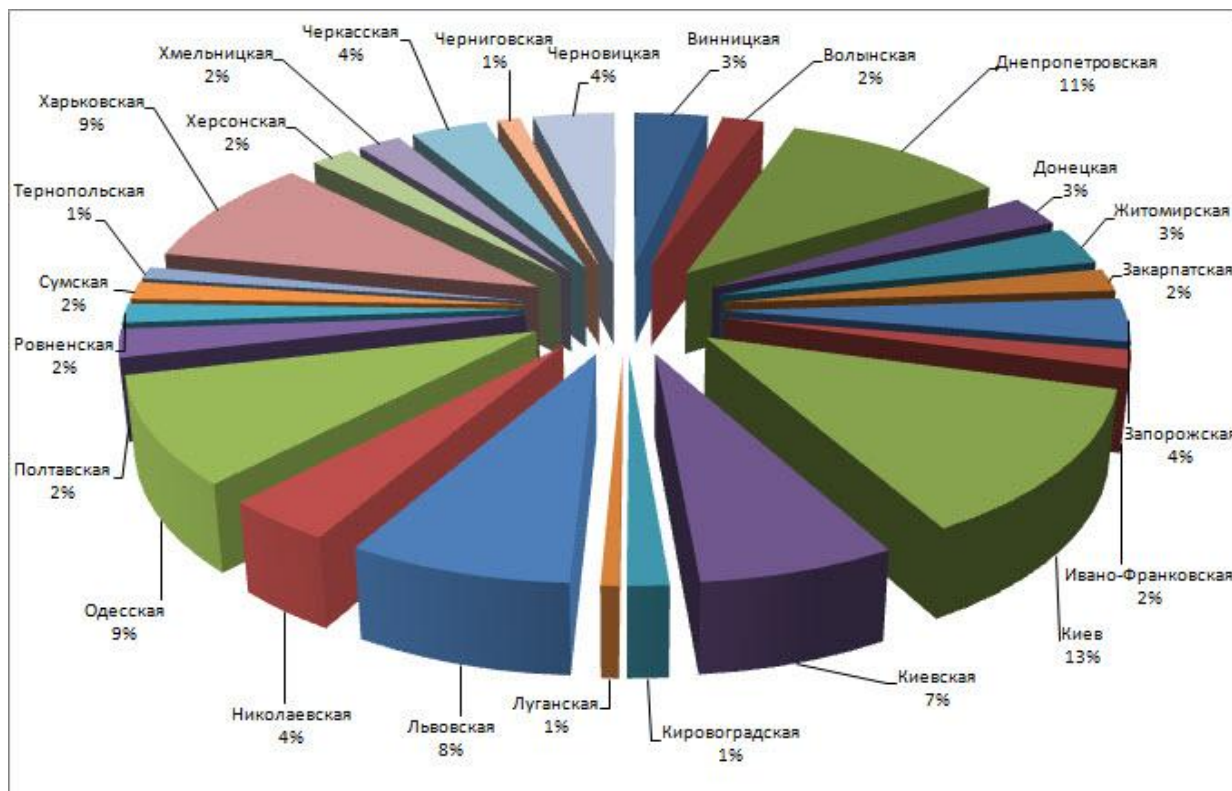


Рисунок 5.2 – Процентное соотношение всех 3G базовых станций оператора lifecell по областям Украины

Далее приступим к рассмотрению второго по количеству действующих 3G базовых станций оператора сотовой связи Украины – Vodafone Украина. Оператор Vodafone установил на 2171 3G БС больше, чем оператор lifecell, однако процентное соотношение 3G вышек операторов по областям отличается. Виден процент 3G БС, выделенный на покрытие сотовой связью третьего поколения города Киев - 15% (для сравнения оператор lifecell выделил 13% всех 3G БС). Следует отметить часть 3G базовых станций, обеспечивающих 3G покрытие в Донецкой области – 5% (для сравнения оператор lifecell выделил 3% всех 3G БС). У операторов lifecell и Vodafone Украина наблюдается относительно небольшой процентный разрыв в количестве 3G

БС в Харьковской, Днепропетровской, Киевской областях Украины (соответственно 8 и 9%, 10 и 11%, 8 и 7% 3G БС от общего количества). Однако видна существенная разница во Львовской области. Оператор Vodafone Украина выделил только 4% от общего числа 3G БС, в то время как lifecell установил почти 8% от общего количества своих 3G БС. Такая же тенденция наблюдается и в Одесской области (9% всех 3G БС – у оператора lifecell; 7% всех 3G БС – у оператора Vodafone). На рисунке 5.3 представлено процентное соотношение всех 3G базовых станций оператора Vodafone Украина по областям Украины.

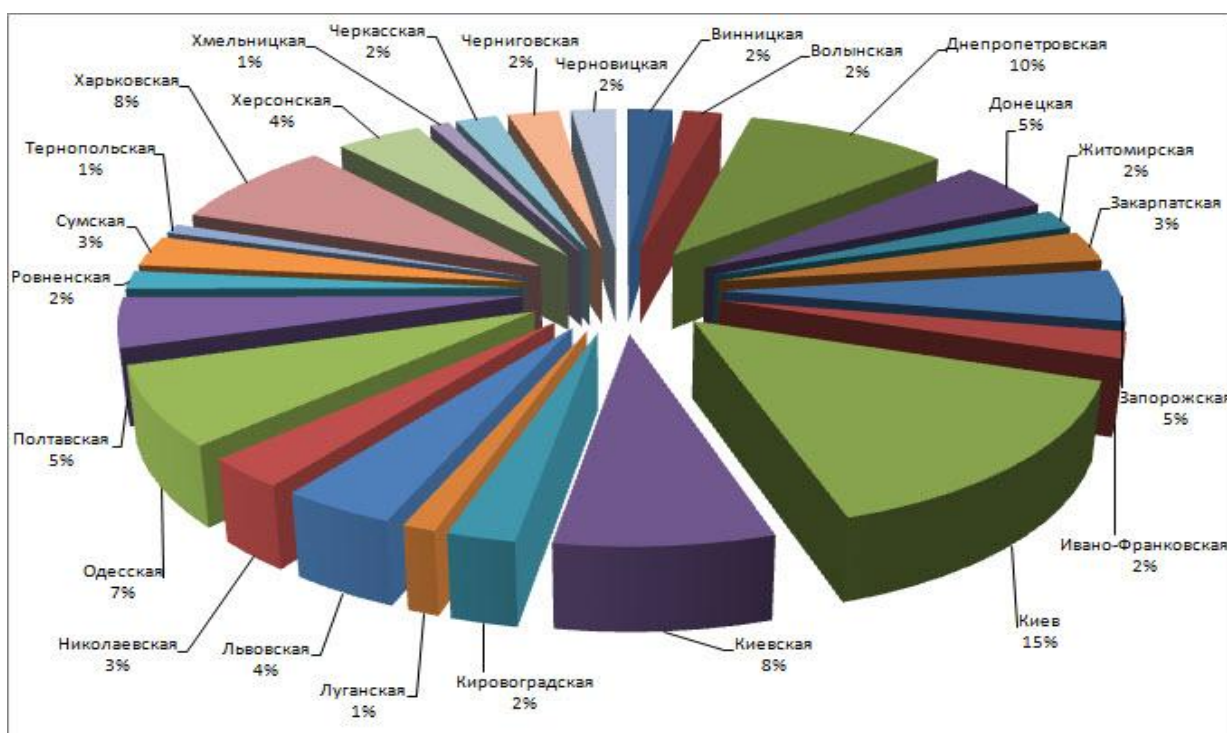


Рисунок 5.3 – Процентное соотношение всех 3G базовых станций оператора Vodafone по областям Украины

Завершающим этапом исследования достижений операторов сотовой связи Украины в области технологии UMTS является изучение процентного соотношения всех 3G базовых станций оператора Киевстар. Киевстар занимает ведущее место по количеству действующих 3G базовых станций. Лидер украинского рынка мобильной связи установил 8241 3G БС, что на 46 штук больше чем у оператора Vodafone Украина, на 2227

штук больше чем у оператора lifecell. Далее следует указать на одну из главных особенностей оператора Киевстар: процент 3G вышек по областям является усредненным по сравнению с другими операторами сотовой связи. Виден акцент на город Киев, а также на Киевскую, Одесскую, Львовскую, Харьковскую, Днепропетровскую области (рисунок 5.4).

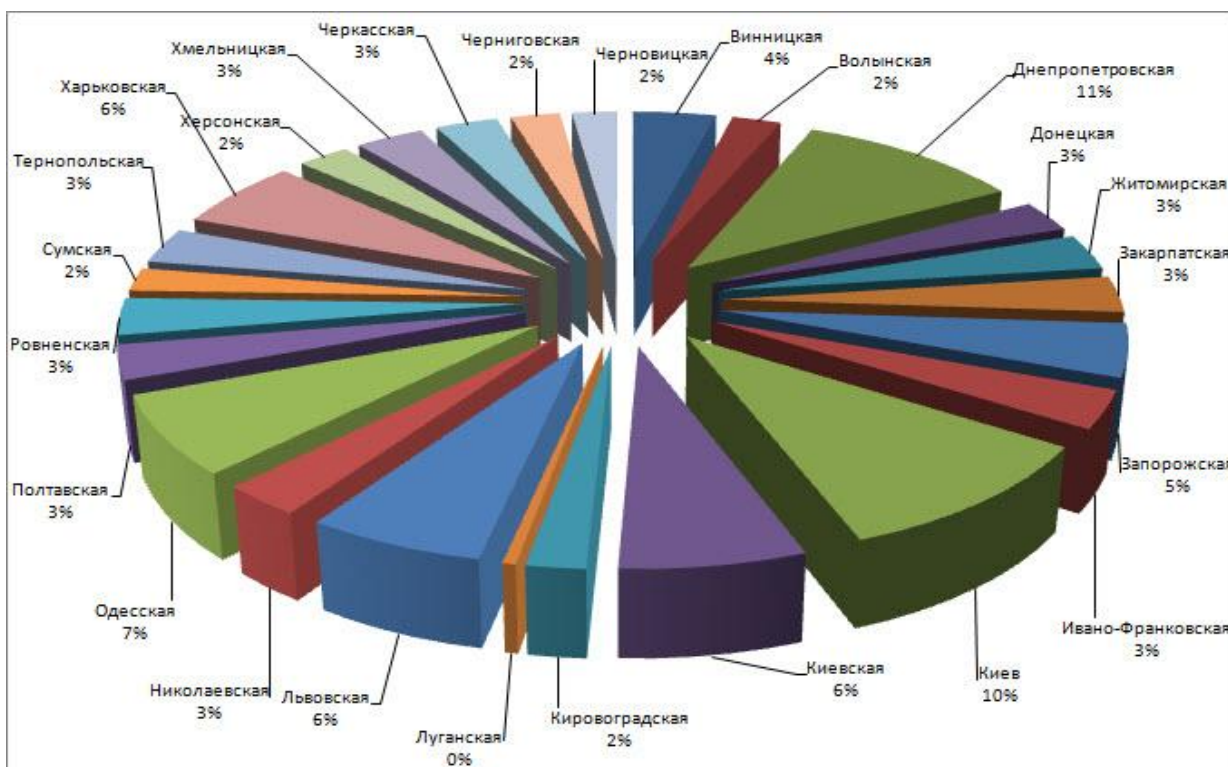


Рисунок 5.4– Процентное соотношение всех 3G базовых станций оператора Киевстар по областям Украины

Подводя итоги анализа развития операторов сотовой связи Украины в области 3G-сетей, стоит отметить позитивную динамику и скорость развертывания сетей мобильного Интернета у всех трех операторов. Следует выделить то, что оператор Vodafone Украина отстал по строительству от Киевстар всего на 46 3G базовых станций. Начиная с 2016 года лидер по развертыванию 3G-сети менялся 2 раза. Это говорит о том, что стране работают конкурентоспособные операторы сотовой связи. В дальнейшем лидер по строительству, возможно, опять сменится. Но на данный момент оператор Киевстар держит первое место. Рассмотрим динамику строительства 3G базовых станций более детально на рисунке 5.5.

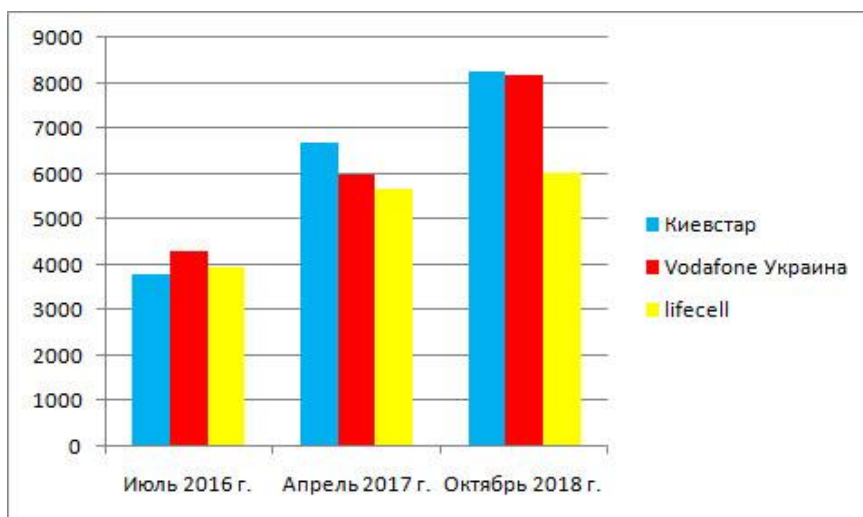


Рисунок 5.5 – Динамика развертывания 3G базовых станций операторами сотовой связи Украины

Отмечается: в перспективе развития этих операторов сотовой связи будет увеличено число 3G базовых станций, следовательно, зоны покрытия.

Во внимание так же были приняты такие статистические показатели как количество 4G базовых станций, запущенных в 2018 году (рисунок 5.6), а так же абонентская база по состоянию на 2018 год (рисунок 5.7).

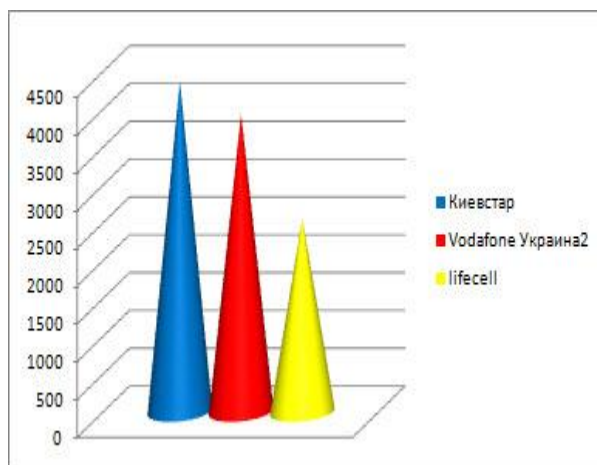


Рисунок 5.6 – Количество 4G базовых станций операторов Украины

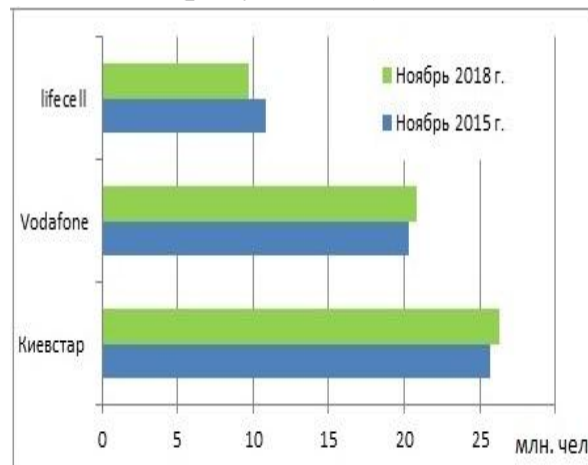


Рисунок 5.7 – Абонентская база операторов на 2018 год

Изученные статистические данные позволяют сделать вывод: для проекта оператором-компаньоном следует выбрать оператора Киевстар.

5.2 Расчет затрат на реализацию проекта

Основные затраты для реализации проекта рассчитываются для высоковольтной линии электропередачи длиной 100 км. На 223 опоры ЛЭП приходится 446 видеокамер. Необходимо учесть доставку оборудования к месту установки со склада фирмы-производителя.

Изначально необходимо будет профинансировать установку и настройку камер на опоры ЛЭП, т.к. это очень опасный и трудоемкий процесс. Для этой цели необходимо нанять и оплатить услуги соответствующих специалистов.

Для сбора и обработки информации (фото и видео), которая будет поступать с камер, установленных на опорах, понадобится четыре высокопроизводительных персональных компьютера.

Для расчета общих затрат необходимо учитывать амортизацию оборудования. Срок эксплуатации для ПК и GSM-камер гарантированно составляет 10 лет. Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A_M = A_{\text{оборудования}} / T_{\text{экспл}} \quad (5.1)$$

где A_M – амортизация оборудования, грн;

$A_{\text{оборудования}}$ – общая стоимость оборудования, грн;

$T_{\text{экспл}}$ – срок эксплуатации оборудования, годы.

Следующим элементом общей сметы будет оплата аренды помещения, где будет оборудован диспетчерский пункт. Следует отметить, что в расчете указывается оплата за 3 месяца.

Что касается платы оператору сотовой связи за переданный трафик с камер, установленных на опорах ЛЭП, то можно предположить, что компания, целью которой является защита своих опор ЛЭП, заключит индивидуальный договор с компанией Киевстар, так как вопрос, решаемый в данном проекте, рассматривается на высоком уровне.

Сводные данные по стоимости оборудования приведены в таблице 5.1

Таблица 5.1 – Затраты на специальное оборудование

Перечень оборудования	GSM-камеры	Высокопроизводительные ПК
Марка	3G камера IP-GSM (4G)-Full	Patriot w i7-6700/2TB-240
Количество	446	4
Цена за единицу, грн	8000	30 000
Стоимость доставки, грн (1% от стоимости всего оборудования)	35 680	1 200
Установка, грн (всего оборудования)	25 000	—
Материалы для установки всего оборудования (0,5% общей стоимости оборудования), грн	17 840	—
Настройка, грн (всего оборудования)	10 000	10 000
Амортизация, грн (всего оборудования)	356 800	12 000
Σ, грн	4 013 320	143 200
Аренда помещения, грн	30 000	
Всего, грн	4 186 520	

В диспетчерском пункте постоянно должен находиться человек, который будет следить за происходящими на электролинии событиями. Его задачей будет уметь пользоваться программным обеспечением, чтобы во время принять правильное решение, и, в случае тревоги, отправить отряд быстрого реагирования на место, где произошло несанкционированное вмешательство в работу ВЛЭП. Необходимо нанять четырех таких специалистов, чтобы

обеспечить комфортный график, т.к. данная работа требует постоянного внимания и умения принимать взвешенные решения. Следует отметить, что в расчете указывается зарплата за 3 месяца.

22% общего фонда составляют социальные отчисления.

Сводные данные по заработной плате сотрудников приведены в таблице 5.2

Таблица 5.2 – Заработная плата сотрудников (за 3 месяца)

№ п/п	Должность	Заработная плата (за 3 месяца), грн
1	Диспетчер видеонаблюдения	24 000
2	Диспетчер видеонаблюдения	24 000
3	Диспетчер видеонаблюдения	24 000
4	Диспетчер видеонаблюдения	24 000
5	Уборщица	9 600
Σ		105 600
	Социальные отчисления (22% от Σ)	23 232
Всего	128 832	

Общая сумма затрат рассчитывается по формуле:

$$A_{\text{общая}_\Sigma} = A_{\text{оборудования}} + A_{\text{заработная плата}} \quad (5.2)$$

где $A_{\text{общая}_\Sigma}$ – общая сумма затрат на реализацию проекта, грн;

$A_{\text{оборудования}}$ – общая сумма затрат на оборудование, грн;

$A_{\text{заработная плата}}$ – заработная плата сотрудников (за 3 месяца), грн.

Рассчитаем общую сумму затрат на реализацию проекта:

$$A_{\text{общая}_\Sigma} = A_{\text{оборудование}} + A_{\text{заработная плата}} = 4\,186\,520 + 128\,832 = 4\,315\,252 \text{ грн.}$$

5.4 Балльная оценка экономической эффективности проекта

Бальная оценка проводится по следующим важным показателям:

- важность разработки K_1 ;
- возможность использования результатов разработки K_2 ;
- теоретическая значимость и уровень новизны исследования K_3 ;
- сложность разработки K_4 .

Шкала для оценки важности разработки, оценки возможности использования результатов разработки, оценки уровня новизны, оценки сложности разработки приведены в таблицах 5.3, 5.4, 5.5, 5.6.

Таблица 5.3 – Шкала для оценки важности разработки (K_1)

№ п/п	Показатель	Баллы
1	Инициативная работа, которая не является частью комплексной программы, или заданием ведомственных органов	1
2	Работа, выполняемая по договору о научно-технической помощи	3
3	Работа представляет часть ведомственной программы	5
4	Работа представляет часть ведомственной комплексной программы	7
5	Работа представляет часть международной комплексной программы	8

Для проектируемой системы передачи данных для охраны опор ЛЭП коэффициент важности разработки (K_1) равняется 7.

Таблица 5.4 – Шкала для оценки возможности использования результатов разработки (K_2)

№ п/п	Показатель	Баллы
1	В данном подразделении	1
2	В данной организации	3
3	Во многих организациях	5
4	В масштабах страны	8

Для проектируемой системы передачи данных для охраны опор ЛЭП коэффициент возможности использования результатов разработки (K_2) равен 5.

Таблица 5.5 – Шкала для оценки теоретической значимости и уровня новизны исследования (K_3)

№ п/п	Показатель	Баллы
1	Анализ, обобщение известной информации. Подобные результаты были известны исследуемой области.	2
2	Получение новой информации, которая дополняет знания про суть исследуемых процессов, не известной в исследуемой области	3
3	Получение информации, которая меняет представление про суть исследуемой области, не известной ранее	5
4	Создание новых теорий, методик	6
5	Получение информации, которая способствует формированию новых направлений, не известной ранее	8

Для проектируемой системы охраны опор ЛЭП коэффициент теоретической значимости и уровня новизны исследования (K_3) равен 2

Таблица 5.6 – Шкала для оценки сложности разработки (K_4)

№ п/п	Показатель	Баллы
1	Работа выполняется одним подразделением, расходы менее 10 000 грн.	1
2	Работа выполняется одним подразделением, расходы 10 000 – 50 000 грн.	3
3	Работа выполняется одним подразделением, расходы 50 000 – 100 000 грн.	5
4	Работа выполняется с участием многих подразделений, расходы 100 000 – 500 000 грн.	7
5	Работа выполняется несколькими организациями, расходы более 500 000 грн.	8

Для проектируемой системы охраны опор ЛЭП коэффициент сложности разработки (K_4) равняется 8

Общая оценка ставится по произведению всех коэффициентов:

$$\tilde{I}ñ = K_1 * K_2 * K_3 * K_4, \quad (5.3)$$

где K_1 – коэффициент важности разработки;

K_2 – коэффициент возможности использования результатов разработки;

K_3 – коэффициент теоретической значимости и уровня новизны исследования;

K_4 – коэффициент сложности разработки.

Удельный эффект на каждый балл – 15 000 грн.

Общий эффект от разработки рассчитывается по формуле:

$$A_{\text{общ_эф}} = \tilde{I}ñ 20\,000 * K_1 * K_2 * K_3 * K_4, \quad (5.4)$$

где $A_{\text{общ_эф}}$ – общий эффект от разработки, грн;

K_1 – коэффициент важности разработки;

K_2 – коэффициент возможности использования результатов разработки;

K_3 – коэффициент теоретической значимости и уровня новизны исследования;

K_4 – коэффициент сложности разработки.

Рассчитаем общий эффект от разработки:

$$A_{\text{общ_эф}} = 15\,000 * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 = 7 * 5 * 2 * 8 * 15\,000 = 8\,400\,000 \text{ грн}$$

Экономическая эффективность от реализации дипломного проекта определяется с помощью коэффициента эффективности, который характеризует часть общего эффекта от разработки, что приходится на 1 грн. затрат.

$$K_e = A_{\text{общ_эф}} / A_{\text{общая_}\Sigma}, \quad (5.5)$$

где K_e – коэффициент эффективности;

$A_{\text{общ_эф}}$ – общий эффект от разработки, грн;

$A_{\text{общая_}\Sigma}$ – общая сумма затрат на реализацию проекта, грн

Рассчитаем коэффициент эффективности:

$$K_e = A_{\text{общ_эф}} / A_{\text{общая_}\Sigma} = 8\,400\,000 / 4\,315\,352 = 1,94$$

Таким образом, проект имеет перспективу развития и в дальнейшем может использоваться компаниями для охраны опор высоковольтных линий электропередачи.

6 ОХРАНА ТРУДА И БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Система передачи данных для организации охраны опор высоковольтных линий электропередачи – система, которая дает возможность сохранить жизни тех людей, которые по неосторожности либо намеренно нарушают правила поведения вблизи объектов высоковольтных линий электропередачи, а также избежать многомиллионных убытков вследствие повреждений, нанесенных охотниками за металлом. При проектировании данной системы передачи данных были рассмотрены технические, экономические аспекты, так же были учтены безопасность персонала, обслуживающего эту систему.

6.1 Анализ потенциальных опасностей

Помещение, предназначенное для организации работы диспетчера системы видеонаблюдения, а именно диспетчерское помещение и работающие в нем люди подвергаются следующим опасным и вредным производственным факторам:

- несоответствие нормам параметров микроклимата;
- повышенный уровень электромагнитных излучений;
- повышенный уровень статического электричества при неправильно спроектированной рабочей зоне;
- Испарения вредных компонентов кабельной изоляции при ремонте
- повышенная напряженность электростатического поля;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- статические перегрузки костно-мышечного аппарата и динамические локальные перегрузки мышц кистей рук;

- перенапряжение зрительного анализатора;
- умственное и физическое перенапряжение;
- эмоциональные перегрузки;
- опасность возникновения пожара.

Вышеперечисленные отрицательные факторы можно разделить на две группы. Первая связана с психологическими и физиологическими особенностями труда. Факторы второй группы связаны с физическими условиями, в которых находится люди во время работы.

Очевидно, что факторы первой и второй групп взаимосвязаны между собой, поэтому необходим комплексный подход к рассмотрению их влияния на рабочих с учетом всех психологических, медицинских, физических и других аспектов проблемы и их взаимосвязей.

Приведенные вредные и опасные производственные факторы приводят к травмам, ухудшению здоровья и самочувствия, профессиональным заболеваниям, что снижает производительность труда.

6.2 Мероприятия по обеспечению техники безопасности

Для работы в диспетчерском помещении используются ЭВМ. Диспетчер видеонаблюдения взаимодействует со стандартными устройствами ввода-вывода, полностью отвечающим требованиям техники безопасности.

Помещения, в которых используется данная система, относятся к классу помещений без повышенной опасности.

Материалы конструкции оборудования не оказывают опасного и вредного воздействия на организм человека во всех режимах работы, предусмотренными условиями эксплуатации, а также не создают пожаро- и взрывоопасные ситуации.

Для персонала, работающего с системой видеонаблюдения, представляет опасность электрический ток. Для безопасности эксплуатации электрооборудования, в соответствии с ГОСТ 12.2.003-74 «Оборудование производ-

ственное. Общие требования безопасности», предусмотрен комплекс мер безопасности, применены электрозащитные средства и правильно организована эксплуатация действующих электроустановок безопасности.

Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках, выполняют в следующем порядке:

- а) отключают напряжение и принимают меры, исключающие его ошибочную подачу к месту работы;
- б) вывешивают предупредительные плакаты на коммутационной аппаратуре, на постоянных и временных ограждениях;
- в) проверяют, есть ли напряжение на отключенной для работы части установки и накладывают на токоведущие части установки переносное заземление.

Безопасность эксплуатации оборудования обеспечивается комплексом мер безопасности, применением электрозащитных средств и правильной организации эксплуатации действующих электроустановок.

Меры условно можно разделить на 2 группы:

- меры, обеспечивающие безопасность в аварийном режиме – при появлении напряжения на нетоковедущих частях оборудования;
- меры, обеспечивающие безопасность эксплуатации при нормальном состоянии электрооборудования.

Мерами, обеспечивающими безопасность при нормальном состоянии электрооборудования, являются недоступность и рабочая изоляция токоведущих частей, защитное разделение сетей и пониженные напряжения.

Для предупреждения об опасности приближения к частям, находящимся под напряжением, запрещения неправильных действий, указания места выполнения работ и т. п. применяются предупреждающие, запрещающие, предписывающие и указательные плакаты.

На ключах управления и приводах рубильников и выключателей, а также на основаниях предохранителей, при помощи которых может быть по-

дано напряжение к месту работ, вывешиваются плакаты «Не включать: работают люди!».

При работе на линии на привод рубильника или выключателя вывешивается плакат «Не включать: работа на линии!», который устанавливается или снимается по распоряжению диспетчера или оперативного лица, в чьем ведении находится линия.

На временных ограждениях вывешивают плакаты «Стой. Напряжение!».

Если вблизи от места работы имеются не отключенные части установки, на всех подготовленных к работе местах вывешиваются плакаты «Работать здесь».

Плакаты, установленные при подготовке рабочего места, запрещается убирать или переставлять до полного окончания работы

Для обеспечения безопасности работы при нормальном состоянии электрооборудования, предусмотрены меры, которые обеспечивают недоступность и рабочую изоляцию токоведущих частей, защитное распределение сетей и малые напряжения. Также предусмотрены дополнительные меры, которые устраняют опасность при появлении напряжения на нетокведущих частях. К ним относятся защитное заземление, зануление, защитное отключение, выравнивание потенциалов, двойная изоляция и др. мероприятия, соответствующие требованиям ГОСТ 12.1.019-79 «Электробезопасность».

Все оборудование поддерживается в рабочем состоянии и обслуживается специалистами службы эксплуатации. В случае возникновения неисправности оборудования, начальник немедленно сообщает о неисправности в данное подразделение.

Изоляция составных частей оборудования, доступных для прикосновения, полностью обеспечивает защиту от поражения электрическим током.

Чтобы защитить работающих от поражения током в случае ошибочной подачи напряжения, на все фазы отключенной установки накладывается заземление со всех сторон, откуда может быть подано напряжение (в том числе и путем обратной трансформации через сварочные трансформаторы,

трансформаторы местного освещения и т. п.). При единоличном оперативном обслуживании заземление может накладывать одно лицо.

Для заземления используют специальные переносные заземлители с зажимами для присоединения. Запрещается пользоваться какими-либо проводниками, не предназначенными для этой цели, а также присоединять заземления путем скрутки.

Прежде чем проверить отсутствие напряжения, один конец переносного заземления присоединяют к заземляющей шине или заземленной конструкции в специально предназначенном для этого и зачищенном от краски месте. Затем проверяют отсутствие напряжения. Непосредственно после проверки отсутствия напряжения с помощью изолирующей штанги зажимы переносного заземления накладывают на подлежащие заземлению токоведущие части и закрепляют их штангой или руками в диэлектрических перчатках.

Снятие заземлений производится в обратном порядке: сначала штангой или руками в диэлектрических перчатках отсоединяют заземления с токоведущих частей, а потом отсоединяют зажим от заземляющего устройства. Если для выполнения работы необходимо временно снять заземление, например при испытании изоляции мегаомметром, то снятие и обратная установка заземлений может выполняться оперативным персоналом.

6.3 Мероприятия по производственной санитарии и гигиене труда

Для предотвращения неблагоприятного воздействия на человека вредных факторов, сопровождающих работу с видеодисплейными терминалами и персональными электронно-вычислительными машинами, разработан ряд санитарно-гигиенические требований.

Мероприятия по производственной санитарии и гигиене труда направлены на предотвращение или уменьшение воздействия на персонал вредных производственных факторов. Они обеспечивают на рабочих местах нормальные условия воздушной среды, необходимую освещенность, устра-

няют воздействие шума, излучений и других вредных производственных факторов.

Диспетчерские помещения, их размеры (площадь, объем) должны в первую очередь соответствовать количеству работающих и размещаемому в них комплекту технических средств. В них предусматриваются соответствующие параметры температуры, освещения, чистоты воздуха, обеспечивают изоляцию, от производственных шумов и т.п. Для обеспечения нормальных условий труда санитарные нормы СН 245-71(ДНАОП 0.03-3.01-71) устанавливают на одного работающего, объем производственного помещения не менее 20 м^3 , площадь помещения выгороженного стенами или глухими перегородками не менее 6 м^2 .

В диспетчерских помещениях, как правило, применяется боковое естественное освещение. А также применяется дополнительное искусственное освещение.

Искусственное освещение в помещениях эксплуатации ПЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения. В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, допускается применение системы комбинированного освещения.

Освещенность в зоне размещения рабочего документа составляет 300-500 лк. Допускается установка светильников местного освещения для подсветки документов. Местное освещение не создаёт бликов на поверхности экрана и не увеличивает освещенность экрана более чем на 300 лк.

Рациональное цветовое оформление помещения направленно на улучшение санитарно-гигиенических условий труда, повышение его производительности и безопасности. Окраска диспетчерских помещений влияет на нервную систему человека, его настроение и, в конечном счете, на производительность труда.

Снижение шума, создаваемого на рабочих местах диспетчерского помещения внутренними источниками, а также шума проникающего извне, яв-

ляется очень важной задачей. Снижение шума в источнике излучения можно обеспечить применением упругих прокладок между основанием машины, прибора и опорной поверхностью. В качестве прокладок используются резина, войлок, пробка, различной конструкции амортизаторы. Под настольные шумящие аппараты можно подкладывать мягкие коврики из синтетических материалов, а под ножки столов, на которых они установлены, – прокладки из мягкой резины, войлока, толщиной 6-8 мм. Крепление прокладок возможно путем приклейки их к опорным частям.

Для обеспечения допустимых уровней шума на рабочих местах следует применять средства звукопоглощения, выбор которых должен обосновываться специальными инженерно–акустическими расчетами.

Оборудование и организация рабочего места работающих с ПЭВМ должны обеспечивать соответствие конструкции всех элементов рабочего места и их взаимного расположения эргономическим требованиям с учетом характера и особенностей трудовой деятельности (ГОСТ 12.2.032-78, ГОСТ 22.269-76, ГОСТ 21.889-76).

Конструкция рабочего места пользователя ПЭВМ должна обеспечивать поддержание оптимальной рабочей позы.

Так как диспетчерское помещение предусматривает постоянное нахождение в нем персонала, то наличие рабочего стола является обязательным.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также – расстоянию спинки до переднего края сиденья.

Для обеспечения благоприятных параметров микроклимата в помещениях и удаления вредных, используемых в технологических процессах, использующих естественную и (или) искусственную вентиляцию, а также кондиционирования.

Естественную вентиляцию используют для нормализации микроклимата, как в непроизводственных, так и в производственных помещениях без выделения вредных веществ. Естественная вентиляция является дешевой и

простой в эксплуатации, однако воздух поступает в помещение без предварительной очистки, а удаленное отработанный воздух также не очищается и загрязняет окружающую среду.

Искусственная механическая вентиляция применяется в тех случаях, когда тепловыделение в помещении недостаточно для постоянного в течение года использования естественной вентиляции, или когда количество или токсичность веществ, выделяемых в воздух помещения, вызывает необходимость постоянного воздухообмена независимо от метеорологических условий окружающей среды. Общеобменная вентиляция обеспечивает создание необходимого микроклимата и чистоты воздушной среды во всем объеме рабочей зоны помещения. Она применяется для удаления избыточного тепла при отсутствии токсичных выделений, а также тогда, когда характер технологического процесса и особенности производственного оборудования исключают возможность использования местной вытяжной вентиляции. Местная вытяжная механическая вентиляция обеспечивает улавливание вредных выделений непосредственно в местах их выделения, предотвращает распространение этих веществ в помещении. Местную вентиляцию применяют при выполнении технологических процессов, обработке металлов резанием, сварочных, литейных, кузнечных, термических, красящих, шиноремонтных работах и тому подобное.

Кондиционирование воздуха предусматривает создание и автоматическое поддержание в помещении заданных или таких метеорологических условий, которые изменяются по определенной программе. Обычно кондиционирования воздуха применяют в непроизводственных помещениях. На промышленных предприятиях кондиционирования используют для обеспечения комфортных (оптимальных) санитарно-гигиенических условий, которые невозможно создать вентиляцией, или как составляющую технологического процесса.

Необходимый воздухообмен в помещении определяется по формуле:

$$L = \frac{Q}{C \cdot \gamma \cdot (t - t_{\text{пр}})}, \text{ м}^3/\text{час} \quad (6.1)$$

где Q – суммарное количество теплоты, образующейся в помещении, кДж / ч;

C – удельная теплоемкость воздуха, равная $C = 1 \text{ кДж} / (\text{кг}^\circ\text{C})$

γ – плотность наружного воздуха, равной $\gamma = 353 / ((273 + t_{\text{пр}}))$, кг / м³;

t – температура воздуха, удаляемого °C;

$t_{\text{пр}}$ – температура приточного воздуха, °C.

Исходные данные:

$Q = 7300 \text{ кДж} / \text{ч};$

$t = 32^\circ\text{C}$

$t_{\text{пр}} = 19^\circ\text{C}$

Рассчитаем необходимый воздухообмен в помещении:

$$L = \frac{Q}{C \cdot \gamma \cdot (t - t_{\text{пр}})} = 461,5 \text{ м}^3/\text{час}$$

6.4 Мероприятия по пожарной безопасности

Пожарная безопасность представляет собой такое состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей. Пожарная безопасность обеспечивается с помощью систем предотвращения пожара и систем пожарной защиты.

В соответствии со ДБН В.2.2-8-98 «Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования» диспетчерское помеще-

ние относится к категории В по взрывопожаробезопасности имеет II степень огнестойкости, согласно НАПБ Б.03.002.

В современном электронном оборудовании очень высокая плотность размещения элементов электронных схем. В непосредственной близости друг от друга располагаются соединительные провода, коммутационные кабели. При протекании по ним электрического тока выделяется значительное количество теплоты, что может привести к повышению температуры отдельных узлов до 80 – 100°С. При этом возможно оплавление изоляции соединительных проводов, их оголение и как следствие короткое замыкание, которое сопровождается искрением, ведет к недопустимым перегрузкам элементов элементарных схем. Последние, перегреваясь, сгорают с разбрасыванием искр, что может привести к пожару.

Для отвода избыточного тепла от электронного оборудования запроектирована система вентиляции и кондиционирования воздуха. Однако они представляют дополнительную пожарную опасность.

Пожарная безопасность объекта в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91-ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования обеспечены:

- системой предотвращения пожара;
- системой противопожарной защиты;
- организационно-техническими мероприятиями.

Противопожарная защита обеспечена:

- применением средств пожаротушения и соответствующих видов пожарной техники, огнетушителей марок ОУ-2, ОУ-25, ОУ-80, ОП-2, ОП-10;

- применением автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения типа ПКИЛ с извещателями АИП-2;

- применением систем противодымной защиты с датчиками КИ-1.

Для защиты рабочего места от пожара используются следующие группы техники:

- установки пожарной сигнализации ИДФ-1, АИП-2, КИ-1 и др.;

- огнетушители марок ОУ-2, ОУ-5, ОП-2, ОП-10 с порошком ПСБ;
- пожарные спасательные устройства: углекислотная установка с тросовым пуском типа Т-2; углекислотные установки с электрическим пуском, приводимые в действие электрическими датчиками (извещателями) ручного действия типа ПКИЛ или автоматическими теплового, дымового или светового действия.

Для спасения людей в случае возгорания применяются противодымные маски с фильтрами респираторного типа. Огнетушители и защитные маски размещены в легкодоступных и заметных местах, где исключено попадание на них прямых солнечных лучей и непосредственное (без заградительных щитков) воздействие отопительных и нагревательных приборов. Ручные огнетушители размещены методом навески на вертикальные конструкции на высоте 1,5 м. При срабатывании автоматических установок пожарной сигнализации автоматически отключаются системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Локализация очага возгорания и предотвращение распространения огня обеспечено применением огнепреграждающих устройств и противопожарными преградами. Пути эвакуации определены исходя из объемного планирования и технического исполнения зданий и сооружений с учетом их огнестойкости (сохранения несущих и ограждающих функций при пожаре в течение расчетного времени эвакуации). Организованы речевое оповещение и световые указатели для управления движением по эвакуационным путям. Система противодымной защиты обеспечивает незадымление, снижение температуры и удаление продуктов горения на путях эвакуации в течение времени, достаточного для эвакуации людей.

В организационно-технические мероприятия включены:

- обучение рабочих правилам пожарной безопасности;
- реализацию норм и правил пожарной безопасности, инструкций о соблюдении противопожарного режима и о действиях людей при возникновении пожара;

– мероприятия по действиям администрации на случай возникновения пожара и организации эвакуации людей.

6.5 Мероприятия по обеспечению безопасности в чрезвычайных ситуациях

Одной из наиболее распространенных аварийных ситуаций в электрических сетях является обрыв провода воздушной линии электропередачи. Как правило, большую опасность представляют линии электропередачи тех электрических сетей, которые работают в режиме изолированной нейтрали, при котором однофазное замыкание на землю – то есть падение провода на землю не приводит к обесточиванию линии.

Такие линии после падения провода могут находиться в работе некоторое время, пока не будет обнаружено повреждение. Это высоковольтные линии напряжением 6, 10, 35 кВ.

В электрических сетях напряжением 110 кВ и выше любое замыкание на землю является аварийным режимом и обычно отключается быстродействующими защитами. То есть при падении провода на землю в данных электрических сетях линия за доли секунды обесточивается. Но, как правило, не каждый человек знает, как определить класс напряжения линии и соответственно нужно знать как себя вести в случае обнаружения оборванного провода ЛЭП. Рассмотрим правила безопасности, которые следует соблюдать в случае нахождения вблизи оборванного провода ВЛ.

Для начала рассмотрим вопрос о том, чем же опасно падение провода на землю. При падении провода, находящегося под напряжением, на землю или на токопроводящую поверхность происходит растекание токов замыкания. На открытой местности токи растекаются в радиусе восьми метров от точки соприкосновения провода с землей. Если человек попадает в радиус действия токов замыкания на землю, то он попадает под так называемое шаговое напряжение.

Шаговое напряжение – это такое напряжение, которое возникает между двумя точками поверхности, в данном случае земли, на расстоянии шага человека. То есть если человек в зоне действия токов замыкания на землю делает шаг, то он попадает под шаговое напряжение.

Для того чтобы не попасть под напряжение шага вблизи оборванного провода линии электропередачи необходимо соблюдать несколько правил.

Первое, что следует сделать – это покинуть опасную зону, то есть необходимо удалиться от оборванного провода на расстояние более 8 м. Передвигаться в зоне действия токов замыкания на землю нужно «гусиным шагом», не отрывая ноги друг от друга. При этом запрещается прикасаться к каким-либо предметам и другим людям, находящимся в опасной зоне.

Иногда встречаются рекомендации по перемещению в зоне растекания токов прыжками на сомкнутых двух или одной ноге. Сам по себе такой способ перемещения в зоне растекания токов замыкания на землю безопасный, так как при этом ноги человека не разомкнуты, человек касается земли одной точкой. Но при таком способе перемещения можно споткнуться и стать на две ноги на расстоянии шага или упасть на руки. В этом случае человек попадает под действие шагового напряжения, так как соприкасается с землей в двух удаленных друг от друга точках. Поэтому перемещаться из зоны растекания токов замыкания на землю наиболее безопасно «гусиным шагом».

Для работников электроустановок важно знать, что растекание токов замыкания происходит и внутри помещений. В данном случае при падении провода, находящегося под напряжением, токи растекаются на расстояние до четырех метров от места соприкосновения провода с поверхностью пола или токопроводящей поверхности.

Свободное перемещение в зоне растекания токов замыкания, как в помещении, так и за его пределами, возможно только с применением специализированных электрозащитных средств – диэлектрических бот или диэлектрических галошей.

При обрыве провода в местах, где возможно появление людей, до обесточивания поврежденной линии необходимо предупреждать приближающихся к месту падения провода людей о возможной опасности удара током.

Рассмотрим правила поведения при обнаружении человека пораженного электрическим током от оборванного провода.

Отдельно следует рассмотреть действия в случае обнаружения человека, попавшего под напряжение. В первую очередь следует помнить о том, что до снятия напряжения с поврежденной линии без средств защиты к человеку, попавшего под действие напряжения, приближаться нельзя. То есть необходимо обесточить участок электроустановки или электрической сети, в котором человек оказался под напряжением. Если это невозможно выполнить быстро, то необходимо освободить человека от действия электрического тока или электрической дуги. Правила безопасности при этом следующие.

Если несчастный случай произошел в бригаде энергетиков, производящих ремонтные работы, то, как правило, в наличии есть необходимые средства защиты – диэлектрические перчатки, диэлектрические боты, защитная каска и спецодежда. В таком случае освобождение человека, попавшего под напряжение, осуществляется с применением перечисленных защитных средств.

Также у бригады энергетиков должна быть связь с вышестоящим персоналом, дежурным диспетчером электрических сетей. Поэтому в случае поражения электрическим током человека в результате приближения к оборванному проводу линии электропередачи необходимо связаться с дежурным диспетчером для принятия мер по снятию напряжения с поврежденной линии электропередач.

В случае отсутствия электрозащитных средств, приближение к человеку, получившего удар электрическим током, возможно только «гусиным шагом». Главная задача – освободить человека от действия электрического тока. В случае попадания человека под действие шагового напряжения, его

необходимо вытащить за пределы опасной зоны растекания токов. Если человек попал напряжение в результате непосредственного прикосновения к проводу, то следует перед транспортировкой пострадавшего провод откинуть в сторону. Руками провод трогать запрещено, для перемещения провода следует предварительно найти сухую палку.

После того, как человек будет освобожден от действия электрического тока, ему необходимо оказать первую помощь и вызвать скорую помощь для транспортировки пострадавшего в больницу.

Следует отметить, что помимо оборванных проводов, опасность представляют и чрезмерно провисшие провода линии электропередач. Провисание провода может возникнуть из-за ненадежного его крепления, соскакивания изолятора с траверсы опоры. В таком случае высока вероятность падения провода на землю или непосредственно на находящего под линией электропередачи человека. Если это высоковольтная линия электропередач, то чрезмерное провисание оголенного провода может привести к поражению электрическим током человека, при условии нахождения человека вблизи провода на недопустимом расстоянии.

Для каждого значения напряжения есть свое значение минимально допустимого расстояния, на котором человек может находиться вблизи провода или другой части электроустановки, находящихся под рабочим напряжением. Например, для провода линии 110 кВ безопасное расстояние составляет 1 м, в случае нахождения человека на более близком расстоянии к проводу, он будет поражен электрическим током.

Также большую опасность представляют собой провода, которые непосредственно земли не касаются, но соприкасаются с другими элементами – деревьями, автомобилями, строительными конструкциями. В таком случае расстояние, на которое растекаются токи замыкания на землю, может быть значительно больше восьми метров.

Таким образом, все мероприятия, разработанные в данной главе, направлены на безопасность работы человека, облегчение условий труда.

ВЫВОДЫ

Выявлена необходимость в разработке системы передачи данных для организации охраны опор ЛЭП с возможностью наблюдения угрозы. Проанализированы существующие системы охраны элементов линий электропередачи, рассмотрены и учтены преимущества и недостатки созданных ранее устройств. Проведен сравнительный анализ и сделан выбор технологии, которая будет использоваться для передачи данных с камер, которые планируется устанавливать на опоры ЛЭП.

Подобрано информационное обеспечение. Рассмотрены методы сжатия изображений, способы защиты информации, протоколы сотовой связи, технологии передачи данных.

Проведен анализ стандарта цифровой мобильной связи GSM, его архитектуры и особенностей. Рассчитаны пропускная способность базовой станции GSM, информационный объем изображений, трафик, генерируемый камерами, которые планируется установить на опоры ЛЭП. Сделаны предположительные выводы о количестве опор ЛЭП и соответственно камер видеонаблюдения на 1 соту, так же приведено прогнозирование влияния трафика от камер на работу линий электропередачи. Рассчитан угол обзора камеры, создан эскиз зоны обзора камеры. Сделаны выводы о покрытии видеонаблюдением опоры ЛЭП, приведены геометрические характеристики.

Проведено исследование зависимости параметров задержки всех пакетов, а так же предположительной нагрузки от количества камер, а так же от расстояния между базовой станцией и непосредственно камерами видеонаблюдения.

По критериям условий установки выбрана камера видеонаблюдения. В первом приближении рассмотрено устройство отбора мощности, необходимой для электропитания камеры, от воздушных линий электропередачи.

В работе разработана система видеонаблюдения как для промежуточных опор ЛЭП (напряжением 750 кВ), так и для анкерно-угловых опор. Во

внимание приняты геометрические характеристики опор, а также особенности их установки. Выполнен эскизный расчет блока питания разработанной системы от ЛЭП.

По нескольким критериям был выбран оператор-компаньон, с которым непосредственно будет работать компания, решившая развернуть видеонаблюдение за опорами ЛЭП. По всем критериями наиболее подходящий оператор – Киевстар. Был проведен расчет затрат на эксплуатацию данного проекта, которые составили – 4 315 252 грн.

Были изучены мероприятия по охране труда, проведен расчет теплообмена, в деталях рассмотрена чрезвычайная ситуация, связанная с порывом высоковольтной линии.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. «Укрэнерго» запустило новую линию [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://interfax.com.ua>.
2. В Украине введут в эксплуатацию новые линии электропередачи [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ubr.ua>.
3. «Укрэнерго» планирует завершить строительство ЛЭП Новоодесская - Арциз до 2020 года [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://interfax.com.ua>.
4. Трое безработных разобрали на металл 40-метровую опору ЛЭП [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://jankoy.org.ua>.
5. ЛЭП пилят на металл. Рукотворный блэкаут на Западной Украине [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://rian.com.ua>.
6. Радиотехническая информационная система [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/253/2536429.html>.
7. Система мониторинга окружающей среды [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/253/2276393.html>.
8. Устройство дистанционного мониторинга состояния провода воздушной линии электропередачи [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/253/2536429.html>.
9. Устройство защиты объекта [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/253/2326444.html>.
10. Устройство защиты линии электропередачи [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/253/2359382.html>.
11. Комплекс охраны высоковольтных линий электропередач [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.algorithm.org/arch/arch.php?id=65&a=1433>.
12. Беспроводное видеонаблюдение на основе WiFi, WiMax, GSM, Bluetooth, FM модуляции [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://podohranu.ru/besprovodnoe-videonablyudenie.html>.

13. Беспроводные системы видеонаблюдения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://hran.im/nablyudenie/besprovodnye-sistemy-videonablyudeni.html>.
14. Все про форматы файлов для фотографий [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://profotovideo.ru/polezno-znat/vse-pro-formati-faylov-dlya-fotografiy>.
15. Изображение в формате JPEG [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fileext.ru/jpeg>.
16. Что такое кодек H.264, MPEG-4, MJPEG [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://shop-tech.com.ua/vse-pro-ip-videonabludenie/53--h-264-mpeg-4-mjpeg.html>.
17. Протоколы GPRS [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.protocols.ru/WP/протоколы-gprs/>.
18. EDGE [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://pro-gprs.info/tag/edge/page/2>.
19. CDMA [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/CDMA>.
20. Конспект лекцій з дисципліни «Захист інформації в телекомунікаційних системах». Ч 3. Асиметрична криптографія для студентів напряму підготовки 6.050903 «Телекомунікації», всіх форм навчання / Укл. Дмитренко В.П. – Запорозжя: ЗНТУ, 2015. – 34 с.
21. Радиорелейные линии связи [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://asvagroup.com/2014/11/radioreleynyie-linii-svyazi/>.
22. Технология EDGE – структура, преимущества, недостатки [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.mobicity.ru/articlereview/edge_technology.
23. GSM [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/GSM>.
24. Основа сотовой сети – как строят базовые станции [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://3dnews.ru/577282>.

25. Расчет пропускной способности базовой станции [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/2948693/>.
26. Спектральная эффективность [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://uk.wikipedia.org/wiki/Спектральна_ефективність#cite_note-furusk.C3.A4r-4.
27. Расчет угла обзора видеокамеры [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.ivtechno.ru/raschet_6.
28. Расчет зоны обзора видеокамеры [Электронный ресурс] – Режим доступа http://www.ivtechno.ru/zona_obzora.
29. Березов А.Б. Проектирование и строительство линий электропередачи постоянного тока // Энергетическое строительство за рубежом. – 1986. – № 6. – С. 28–33.
30. Классификация унифицированных металлических опор [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://elektropostavka.ru/metalopory/promezhutochnye-opory-na-ottyazhkah-pp/>.
31. Нахождения информационного объема графического файла [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gym075.edusite.ru/zadacha-objen-grafika.html>.
32. Мощность, радиус действия и распространение сигнала [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.mobitelreview.ru/text/64>.
33. Стандартное расстояние между электрическими столбами [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://sbk.ltd.ua/ru/chertezhi/178-rasstojanie-mezhdu-oporami-ulichnogo-osveschenija-pri-ustanovke-opor.html/>
34. 3G камера BolyGuard MG-983G-30м [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://видеокамеры.com.ua/BolyGuard_MG-983G-30M.
35. TZ-26 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://kb-sb.ru/catalog/12910/17100/>.
36. Карта покрытия 3G в Украине [Электронный ресурс]: <http://gagadget.com/22895-karta-pokryitiya-3g-v-ukraine-leto-2016/>.

37. 3G камера IP-GSM (4G)-Full [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.lecam.ru/ip-cams/IP-GSM_4G_Full/.

38. Количество 3G базовых станций операторов сотовой связи, распределенные по областям Украины [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://3g.19min.com>.

39. Правила безопасности вблизи оборванного провода воздушной линии электропередачи [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://electricalschool.info/main/electrobezopasnost/1535-pravila-bezopasnosti-vblizi-oborvannogo.html>.

40. Методичні вказівки до виконання економічного розділу дипломних та магістерських проектів для студентів спеціальності 7.05090301, 8.05090301 «Інформаційні мережі зв'язку» всіх форм навчання. / Укладачі: Бобровникова Р.Г., Круглікова В.В. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012 – 18с.

41. Методичні вказівки до практичної роботи «Визначення повітрообміну у виробничих та адміністративних приміщеннях» з дисципліни «Охорона праці в галузі» для студентів всіх форм навчання / Укл. О.Л. Скуйбіда – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 18с.

42. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» у дипломних проектах (роботах) студентів спеціальностей 7(8).05090101 «Радіотехніка», 7(8).05090301 «Інформаційні мережі зв'язку», 7(8).05080101 «Мікро- та наноелектронні прилади і пристрої», 7.18010010 «Якість, стандартизація та сертифікація», 7(8).05090201 «Радіоелектронні апарати та засоби», 7(8).05090203 «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки», 7(8).17010201 «Системи технічного захисту інформації, автоматизація її обробки», 7(8).17010101 «Безпека інформаційних і комунікаційних систем» усіх форм навчання / Укл.: О.В. Коробко, А.С. Островська – Запоріжжя: ЗНТУ, 2014 – 22 с.