

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Кафедра Охрана труда и окружающей среды

«Допущен к защите»

Заведующий кафедрой ОТиОС
Приходько Н.Г., д.х.н., профессор
(Ф.И.О., ученая степень, звание)

« _____ » _____ 20__ г.
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Обеспечение экологической безопасности электрооборудования
высокого напряжения

Специальность 5В073100 – Безопасность жизнедеятельности и защита
окружающей среды

Выполнил (а) Акжолов А.С. ББЖ-10-1
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Абдимуратов Ж.С., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части: Жакупов А.А., к.э.н., профессор
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« 05 » июня 2014 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности: Абдимуратов Ж.С., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« _____ » _____ 20__ г.
(подпись)

по применению вычислительной техники: Абдимуратов Ж.С., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« _____ » _____ 20__ г.
(подпись)

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« _____ » _____ 20__ г.
(подпись)

Нормоконтролер: Хакимжанов Т.Е., д.т.н., профессор
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« 06 » июня 2014 г.
(подпись)

Рецензент: К. Касенов, д.т.н., профессор КазНТУ
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

« _____ » _____ 20__ г.
(подпись)

Алматы 2014 г.

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Электроэнергетический
Специальность Безопасность жизнедеятельности и защита ОС.
Кафедра Охрана труда и окружающей среды

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Акжолев Аят Салбаевич
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Обеспечение экологической безопасности
электрооборудования высокого напряжения

утверждена приказом ректора № 115 от «24» сентября 2013 г.

Срок сдачи законченной работы « » 06 2014 г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта

1. Численность и текучесть обслуживающего персонала АО «ЛЭВО»
2. Расчетное значение напряженности ЭМП в зоне ЛЭП

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:

1. Анализ электрических сетей
2. Обзор состояния проблемы ЭМП на ОС при эксплуатации оборудования высокого напряжения
3. Расчет экспериментальных исследований напряженности ЭМП на энергетических объектах высокого напряжения
4. Разработка проекта организации работ при обслуживании линий сверхвысокого напряжения
5. Применение расчетных карт напряженности ЭП в зоне ЛЭП
6. Расчет технико-экономических показателей подстанции
7. Расчет естественного освещения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Схема: Вредные факторы электроустановок СВН

Карта распределения магнитного поля трансформаторной подстанции на высоте 1,5 м от плоскости пола

Карта распределения ЭП вдоль ВЛЭП 220 кВ

Карта распределения магнитных полей вдоль ЛЭП 220 кВ

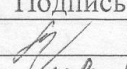
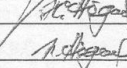
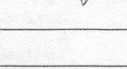
Карта распределения напряженности в пролете между опорами А и В

Структурная схема устройства для индивидуального учета уровня воздействия ЭП на организм человека

Рекомендуемая основная литература

1. ГОСТ Р 1150-2002. Электромагнитное поле промышленной частоты допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля
2. Дюсбаев М.К., Абдишуратов Н.С. Повышение экологической безопасности при воздействии ЭМП на энергообъектах
3. Дюсбаев М.К., Абдишуратов Н.С. Исследования ЭМП на объектах энергетики Казахстана
4. СНиП (II-4-79) Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Экологическая часть	Накупов А.А.	1.04-5.06.14г	
БНЭ	Абдишуратов Н.С.	1.04-5.06.14г	
По применению возможностей техники	Абдишуратов Н.С.	1.04-5.06.14г	

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1.	Анализ электрических сетей	24.03.14 г	
2.	Обзор проблемы внешнего ЭМП на ОС	9.04.14 г	
3.	Экспериментальное исследование напряженности ЭМП на энергетических объектах высокого напряжения	25.04.14 г.	
4.	Разработка проекта организационных работ при облучивании линий сверхвысокого напряжения	5.05.14 г.	
5.	Экономическая часть	30.05.14 г.	
6.	Безопасность жизнедеятельности	3.06.14 г.	

Дата выдачи задания « 20 » января 20 14 г.

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению студент _____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аннотация

В данном дипломном проекте был произведен анализ влияния электромагнитного поля на организм обслуживающего персонала, электрооборудования высокого напряжения. Рассмотрены нормативы и меры защиты персонала от воздействия электромагнитного поля промышленной частоты на энергообъектах.

Произведен расчет уровней напряженности электрического и магнитного полей. Выполнены графические работы, подтверждающие основные направления дипломного проекта.

Также рассмотрены вопросы экономической целесообразности и безопасности жизнедеятельности.

Аңдатпа

Бұл дипломдық жобада электр магниттік өрістің жоғары кернеудегі электр қондырғыларда қызмет көрсететін персоналға әсер етуіне талдау жасалынған. Өндірістік жиіліктегі электр магниттік өрістің нормативтік мәндері және одан қорғану шаралары қарастырылған.

Электр және магниттік өріс кернеулігінің деңгейіне есептеулер жүргізілген. Дипломдық жобаның негізгі бағытын көрсететін жұмыстар орындалған.

Сонымен бірге, дипломдық жобада экономикалық және өмір тіршілігінің қауіпсіздігі бөлімдеріне сұрақтар қарастырылған.

Содержание

Введение	3
1. Анализ электрических сетей	4
1.1 Краткая характеристика электрических сетей	4
1.2 Организация работ при обслуживании линий электропередачи межсистемных электрических сетей	12
1.3 Анализ способов и средств обеспечения безопасности при обслуживании межсистемных электрических сетей	16
2. Состояние проблемы влияния электромагнитного поля на окружающую среду при эксплуатации оборудования высокого напряжения	22
2.1 Влияние электромагнитных полей на людей	22
2.2 Виды воздействия электромагнитного поля и их нормирование	27
2.3 Мероприятия по защите от электромагнитного поля	35
3. Экспериментальные исследования напряженности ЭМП на энергетических объектах высокого напряжения	39
3.1 Методика проведения эксперимента и обработки результатов ..	39
3.2. Результаты экспериментальных исследований ЭМП трансформаторной подстанции	42
4. Разработка проекта организации работ при обслуживании линий сверхвысокого напряжения	54
4.1. Применение расчетных карт распределения напряженности электрического поля вдоль линии электропередачи	54
4.2 Устройство индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на организм человека	60
5. Экономическая часть	63
5.1 Расчет технико-экономических показателей подстанции	63
5.2 Определение ежегодных издержек производства	64
5.3 Расчет себестоимости передачи электроэнергии	66
5.4 Расчет срока окупаемости сооружаемой ПС и ЛЭП.....	69
5.5 Определение NPV (чистой текущей стоимости)	71
6. Безопасность жизнедеятельности	72
6.1 Расчет естественного освещения	72
6.2 Порядок расчета естественного освещения	74
6.3 Расчет естественного освещения в диспетчерской ПС «Центральная» в г.Астана	76
Заключение	77
Список использованной литературы	78

Введение

Передача электроэнергии на большие расстояния по линиям электропередачи была и остается основным и наиболее экономически выгодным видом транспортировки энергии.

Важнейшим же элементом любой электрической энергосистемы является межсистемные электрические сети высокого напряжения. Принимая во внимание огромные масштабы нашей страны, нельзя не отметить значительную протяженность межсистемных сетей, что обуславливает необходимость длительного нахождения обслуживающего персонала в зоне влияния электромагнитного поля, возникающего при работе электроустановок высокого напряжения. Общеизвестно, что такое пребывание вызывает определенные негативные изменения в организме человека.

Известно, что процессы передачи и распределения электрической энергии сопровождаются возникновением вблизи элементов энергосистем электрических и магнитных полей, с которыми зачастую непосредственно контактирует человек. Опасность таких контактов подтверждается установлением предельно-допустимых уровней электрических и магнитных полей промышленной частоты (санитарно-гигиеническим нормированием полей), как для населения, так и для производственного персонала.

Таким образом, обеспечение безопасности труда работников, занятых обслуживанием высоковольтного оборудования межсистемных электрических сетей, является важной задачей. Следует также отметить, что в настоящее время эта задача не решена должным образом и меры защиты персонала от воздействия электромагнитного поля промышленной частоты ЛЭП и оборудования.

Проблемы электромагнитной безопасности активно изучаются с середины прошлого века. Исследованиям в этой области посвящено немало работ. Фундаментальными же в области расчета ЭМП различных технических средств стали работы Шередько Е.Ю., Сподобаева Ю.М., Кубанова В.П., Маслова О.Н., Бузова А.Л., Романова В.А., Казанского Л.С., а так же других авторов.

Таким образом, исследования, направленные на обеспечение экологической безопасности при эксплуатации электрооборудования ЛЭП и подстанций высокого напряжения, на разработку способа прогнозирования степени опасности на организм обслуживающего персонала при воздействии электромагнитного поля являются актуальными.

Проведенная работа позволяет, прогнозировать степень воздействия напряженности ЭМП на персонал, при обслуживании высоковольтного электрооборудования на различных подстанциях и ВЛЭП. Это обеспечит более правильный выбор способов и средств по защите от электромагнитного поля.

1. Анализ электрических сетей

1.1 Краткая характеристика электрических сетей

Электрической сетью называется совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных (ВЛ) и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории.

По конфигурации и схеме присоединения потребителей различают разомкнутые и замкнутые сети.

По назначению различают сети межсистемные, питающие и распределительные.

Межсистемные сети чаще всего применяют для обмена энергией между крупными электрическими системами по линиям межсистемных связей. В таких сетях используют «сверхвысокие» напряжения (330 кВ и выше).

Питающие сети связывают между собой отдельные электростанции и районные подстанции. В последнем случае такие сети часто называют районными. Эти сети содержат линии электропередачи и подстанции напряжением 110 кВ, 220 кВ.

Распределительные сети предназначены для питания трансформаторных подстанций, отдельных электроприемников (двигателей, светильников) или их групп. Эти сети содержат линии электропередачи и подстанции напряжением 6-35 кВ и выше.

В тех случаях, когда распределительная линия питает отдельную подстанцию и не имеет промежуточных ответвлений, ее относят к питающей.

Иногда еще применяют термин *местные сети*, имея в виду сети, обслуживающие небольшие и средние промышленные предприятия городские, сельскохозяйственные и тяговые нагрузки городских железных дорог и метрополитена. Для питания местных сетей используют напряжения, как правило, до 35 кВ. Однако рост мощностей, потребляемых промышленными предприятиями, городами и электрической тягой, привел к необходимости применения *глубокого ввода* линий 110 кВ, 220кВ, а иногда даже 330 кВ для питания этих потребителей и совмещения их главных понижающих или распределительных подстанций с районными, поэтому термин «местная сеть» утратил свое значение и в настоящее время применяется редко.

По уровню номинального напряжения воздушные линии делятся на две группы: линии напряжением до 1кВ и линии напряжением выше 1кВ. Для каждой группы установлены технические требования их устройства.

В зависимости от режима нейтрали источника электроэнергии электрические сети делят на четыре группы: с незаземленной, резонансно

заземленной, эффективно заземленной и глухо заземленной нейтралью. К первой и второй группам относятся сети напряжением 3–35 кВ, в которых нейтрали трансформаторов или генераторов изолированы от земли или заземлены через дугогасящие реакторы; к третьей группе – сети 110 кВ и выше, нейтрали источников которых соединены с землей непосредственно или через резистор с небольшим активным сопротивлением; к четвертой группе - сети 380/220 В.

Электрические сети делят также на системообразующие - электрические сети высших классов напряжений, обеспечивающие устойчивость и надежность энергосистем как единого объекта, межсистемные – линии электропередачи, непосредственно соединяющие разные энергосистемы, и распределительные, – обеспечивающие распределение электрической энергии между пунктами потребления внутри энергосистемы.

Электрические сети с напряжением от 500 кВ и выше являются системообразующими или межсистемными. Сети 220 кВ выполняют в основном распределительные, но в ряде случаев и системообразующие функции. Сети 110кВ применяются во всех энергосистемах страны в основном как распределительные.

Наиболее распространенными во всех энергосистемах страны являются распределительные сети напряжениями 10 и 0,4 кВ. Их протяженность составляет более 75% общей протяженности ВЛ. Линии электропередачи распределительных сетей 0,4 – 10кВ имеют большое количество ответвлений (отпаек) к потребителям.

подавляющее большинство линий электропередачи как во всем мире, так и в нашей стране (95 % от общей протяженности линий электропередачи) составляют воздушные линии, что объясняется их относительной простотой и дешевизной.

В зависимости от доступности для людей, транспорта и сельскохозяйственных машин местность, по которой проходит ВЛ, делится на три категории: *населенная, ненаселенная, труднодоступная*.

К населенной относят территорию городов с учетом границ их развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны, курорты, а также территорию поселков городского типа и сельских населенных пунктов в пределах поселковой черты. *К ненаселенной* – незастроенную территорию, частично посещаемую людьми и доступную для транспорта и сельскохозяйственных машин. *Ненаселенной* местностью считают также огороды, сады и местности с отдельными, редко стоящими строениями и временными сооружениями. *К труднодоступной* – территорию, недоступную для транспорта и сельскохозяйственных машин.

Основными конструктивными элементами ВЛ являются опоры, провода, изоляторы и арматура. Опоры предназначаются для закрепления проводов и тросов воздушных линий электропередачи на необходимом расстоянии от поверхности земли, проводов других линий, крупных зданий

и т.п. Они должны быть механически прочными при воздействии различных метеорологических условий (ветер, гололед).

Опоры классифицируются по назначению, по конструктивному исполнению и по материалу, из которого изготовлены. По способу закрепления в грунте опоры подразделяют на устанавливаемые непосредственно в грунт и на фундаменты.

В зависимости от назначения различаются:

- промежуточные опоры, предназначенные для свободной подвески проводов на штыревых изоляторах или подвесных гирляндах изоляторов; эти опоры в нормальном режиме работы линий не воспринимают усилий, направленных вдоль линии;
- анкерные опоры, предназначенные для закрепления на них проводов и тросов через натяжные гирлянды изоляторов или штыревые изоляторы; эти опоры воспринимают полное тяжение проводов и тросов;
- угловые опоры, обеспечивающие возможность изменения направления воздушной линии в определенных точках трассы; угловые опоры могут быть как анкерные, так и промежуточные;
- концевые опоры, ограничивающие линию электропередачи у порталов подстанций; это анкерные опоры, рассчитанные на одностороннее тяжение проводов и тросов;
- специальные опоры - это анкерные или промежуточные опоры, установленные на определенных участках (переходные, транспозиционные, отпаечные и т. п.).

В зависимости от конструктивного исполнения различаются:

- по расположению проводов - опоры с вертикальным, горизонтальным и треугольным (смешанным) расположением проводов одной цепи;
- по количеству цепей на опоре – одно цепные, двух цепные, трех цепные и т.д.;
- по конструкции опоры - одностоечные, порталные, опоры с оттяжками и т. д.

В зависимости от того, из какого материала выполнены основные элементы опоры, их подразделяют на деревянные, металлические и железобетонные.

Деревянные опоры применяют в основном на линиях 0,38 - 10кВ, железобетонные - практически на линиях всех классов напряжений распределительных сетей, металлические - на линиях выше 35кВ.

Во время эксплуатации опоры подвергаются воздействию внешних нагрузок. Нагрузки, действующие на опоры, подразделяются на нагрузки нормального, аварийного и монтажного режимов. Работа линии при необорванных проводах и тросах называется нормальным режимом работы линии. Аварийным режимом называется работа линии при обрыве проводов и тросов, т. е. при воздействии особых нагрузок. Монтажным режимом называется работа конструкций в условиях монтажа опор, проводов и тросов.

Каждая опора рассчитывается с определенным запасом прочности в зависимости от назначения опоры, материала, из которого она изготовлена, и характера воздействия нагрузок: для деревянных опор коэффициент запаса $K_3 = 1,4 - 3,5$; для металлических $K_3 = 1,1 - 1,5$; для железобетонных $K_3 = 1,8 - 2,4$.

У воздушных линий напряжением 500 кВ и выше на стальных опорах применяется горизонтальное расположение проводов, обеспечивающее наибольшую надежность линии в эксплуатации.

Деревянные опоры изготавливаются из пропитанных антисептиками бревен сосны. Допускается применение ели и пихты для неответственных деталей ВЛ 35кВ и меньшего напряжения.

Основными преимуществами деревянных опор, наиболее распространенных на ВЛ 0,4 – 10кВ, являются:

- дешевизна дерева, как строительного материала при высокой механической прочности;
- конструктивность дерева как строительного материала и его хорошая обрабатываемость;
- возможность создания простых и удобных в эксплуатации конструкций опор;
- изоляционные качества дерева;
- высокая надежность деревянных опор, обладающих большой перегрузочной способностью.

Вместе с тем деревянные опоры имеют недостатки: небольшой срок службы древесины, если она плохо предохранена от загнивания; сокращение пролетов по сравнению с линиями на металлических опорах из-за ограниченной длины деревянных столбов.

Железобетонные опоры обладают высокой механической прочностью и долговечностью. Их недостатком является большая масса. Основной причиной повреждаемости железобетонных опор является сильная зависимость их несущей способности от качества заделки в грунте, а также воздействие гололеда и ветра, дефекты изготовления. Работы по эксплуатации железобетонных опор заключаются преимущественно в выправке, заделке сколов и обнажений арматуры, в отдельных случаях – в усилении ослабленных сечений, заделке трещин.

Металлические опоры, изготовленные из стали, имеют преимущество перед деревянными и железобетонными. Они позволяют создавать конструкции, рассчитанные на большие нагрузки и любые климатические условия. Однако они существенно дороже деревянных и железобетонных опор. Недостатком стальных опор является также то, что они подвержены коррозии, для предупреждения которой необходима оцинковка при изготовлении или периодическая покраска при эксплуатации.

При расстановке опор по трассе ВЛ и в процессе эксплуатации учитываются и контролируются установленные наименьшие допускаемые расстояния(в метрах) от проводов воздушной линии до земли и пересекаемых объектов, часть из которых приведена в таблице 1.1.

При вертикальном расположении проводов ВЛ напряжением до 1000 В и расположении их с небольшим горизонтальным смещением расстояние по вертикали между проводами на опоре и в пролете при наибольшей стреле провеса должно быть не менее 0,4 м. При напряжениях выше 1кВ это расстояние составляет от 0,6 м до нескольких метров.

Провода ВЛ используются в особых условиях. Они находятся под напряжением, по ним протекает электрический ток. Вместе с тем провода подвергаются воздействию ветра, резких колебаний температуры воздуха, грозových разрядов, гололеда и снега. Кроме того, существует опасность их обрыва работающими или проезжающими вблизи ВЛ высокогабаритными машинами и механизмами; из-за различного рода набросов, производимых посторонними лицами, и падений деревьев из примыкающего лесного массива.

На воздушных линиях электропередачи применяются, как правило, провода алюминиевые, сталеалюминевые или из сплавов алюминия. Наименьшие допустимые поперечные сечения алюминиевых проводов (токоведущей части) на ВЛ 0,38кВ не должны быть меньше 16 мм², сталеалюминевых – 10 мм². Провода для ВЛ применяются многопроволочные, так как они обладают большей механической прочностью и гибкостью, чем однопроволочные.

Т а б л и ц а 1 . 1 - Установленные наименьшие допустимые расстояния от проводов воздушных ЛЭП до земли и пересекаемых объектов

Район прохождения линии или пересекаемые объекты	Номинальное напряжение ВЛ, кВ				
	До 1	6-10	35-110	220	500
До земли в ненаселенной местности, м	0,6	6,0	6,0	7,0	8,0
До земли в населенной местности, на территории промышленных предприятий, м	1,25	4,9	5,0	6,0	7,0
До полотна автомобильных дорог, м	7,0	7,0	7,0	8,0	9,0
Железные дороги общего пользования: - от провода до троса подвески	1,0	2-2,5	3-5	4-7	5-8

Молния защита ВЛ имеет целью уменьшение числа грозových отключений линии. Молниезащитные тросы применяются на ВЛ с металлическими и железобетонными опорами при напряжении 35кВ только на подходах к подстанциям, при 110кВ и выше – по всей длине линии. Линии до 10кВ на деревянных опорах, имеющие достаточную грозоупорность, как правило, молниезащитными тросами не защищаются.

Казахстан обладает крупными запасами энергетических ресурсов (нефть, газ, уголь, уран) и является энергетической державой. В настоящий момент Казахстан является нетто-экспортёром электроэнергии (Север Казахстана экспортирует электроэнергию в Россию, а юг покупает её у Киргизии и Узбекистана).

Суммарная установочная мощность всех электростанций Казахстана составляет 18 331 МВт электроэнергии.

Около 70 % электроэнергии в Казахстане вырабатывается из угля, 14 % - из гидроресурсов, 11 % - из газа и 5 % - из нефти. Соотношения используемых ресурсов в энергопроизводстве показан на рисунке 1.1.

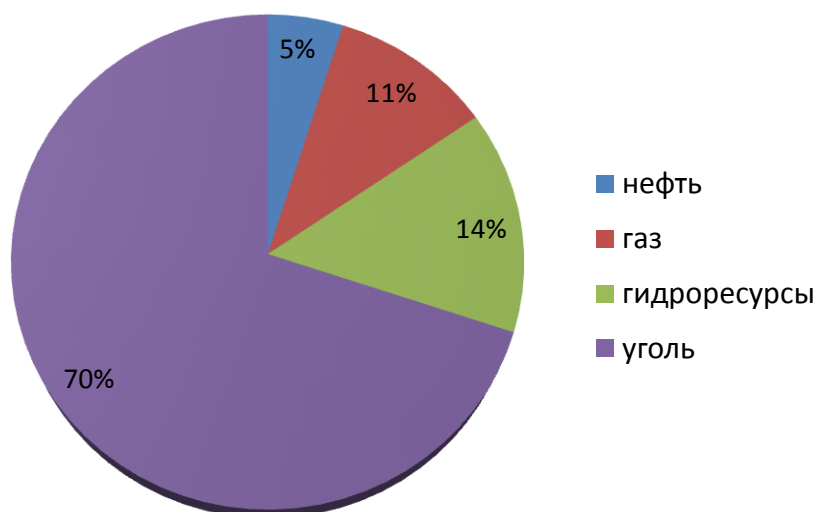


Рисунок 1.1 - Соотношения используемых ресурсов в энергопроизводстве

Управлением электрическими сетями и генерирующими мощностями Казахстана занимается акционерное общество «Казахстанская компания по управлению электрическими сетями» "KEGOC" (KazakhstanElectricityGridOperatingCompany).

Учредителем АО "KEGOC" является Правительство Республики Казахстан. В соответствии с постановлением Правительства Республики Казахстан «О мерах по реализации Указа Президента Республики Казахстан от 28 января 2006 года № 50» от 23 февраля 2006 года № 117 государственный пакет акций АО "KEGOC" передается в оплату размещаемых акций АО «Казахстанский холдинг по управлению

государственными активами «Самрук». С 13 октября 2008 года путем слияния акционерных обществ «Фонд устойчивого развития «Қазына» и «Казахстанский холдинг по управлению государственными активами «Самрук» создано в соответствии с Указом Президента Республики Казахстан от 13 октября 2008 года № 669 Акционерное общество «Фонд национального благосостояния «Самрук-Қазына».

В соответствии с Законом Республики Казахстан «Об электроэнергетике», постановлением Правительства Республики Казахстан от 18.02.2004г. № 190 «О мерах по дальнейшему развитию рыночных отношений в электроэнергетике Республики Казахстан», приказом Министра энергетики и минеральных ресурсов Республики Казахстан от 27.08.2004г. №198 АО «KEGOC» назначено Системным оператором единой электроэнергетической системы Республики Казахстан, основной задачей которого является обеспечение устойчивого функционирования ЕЭС Казахстана и осуществление надежного управления Национальной электрической сетью, соответствующего современным техническим, экономическим, экологическим требованиям в рамках государственной политики.

Информация о численности и текучести персонала АО «KEGOC» приведена в таблице 1.2 и на рисунке 1.2.

Т а б л и ц а 1 . 2 - Численность и текучесть персонала АО «KEGOC»

Филиалы АО «KEGOC»	Общее количество работников, чел.	Процент Текучести, %
Акмолинские МЭС	628	8,0
Актюбинские МЭС	255	3,2
Алматинские МЭС	459	10,6
Восточные МЭС	288	7,9
Западные МЭС	229	20,3
Сарбайские МЭС	466	5,4
Северные МЭС	428	6,4
Центральные МЭС	446	9,6
Южные МЭС	468	4,3
НДЦ СО	126	9,9
Представительство в г. Алматы	11	0
Итого по филиалам	3804	8,0
Исполнительная дирекция	326	10,7
Всего по АО «KEGOC»	4130	8,2
АО "Энергоинформ"	576	13
Всего	4706	8,8

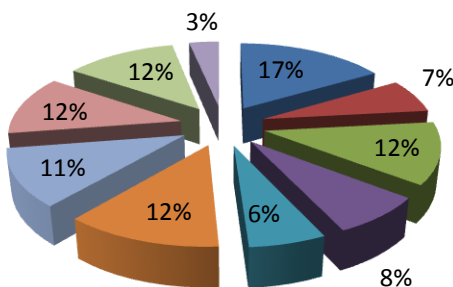
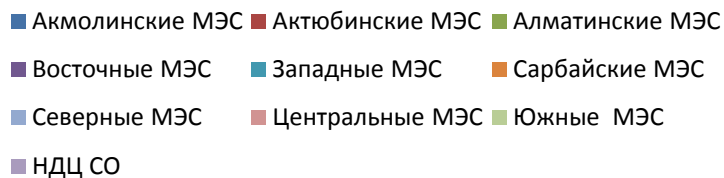


Рисунок 1.2 - Количество работников, по филиалам %.

Общая протяженность линий электропередачи напряжением 35-1150 кВ составляет 23321,967 км (по цепям), она показаны на рисунке 1.3.

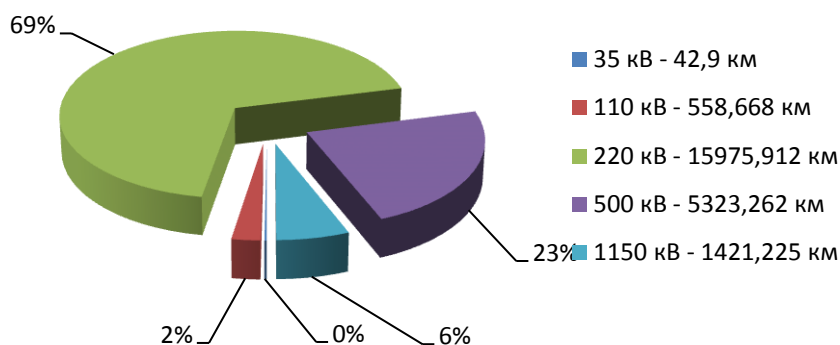


Рисунок 1.3 - Общая протяженность ЛЭП напряжением 35-1150 кВ

На балансе филиалов МЭС находится 74 электрических подстанций напряжением 35 - 1150 кВ с установленной мощностью трансформаторов 32209,05 МВА (рисунок 1.4).

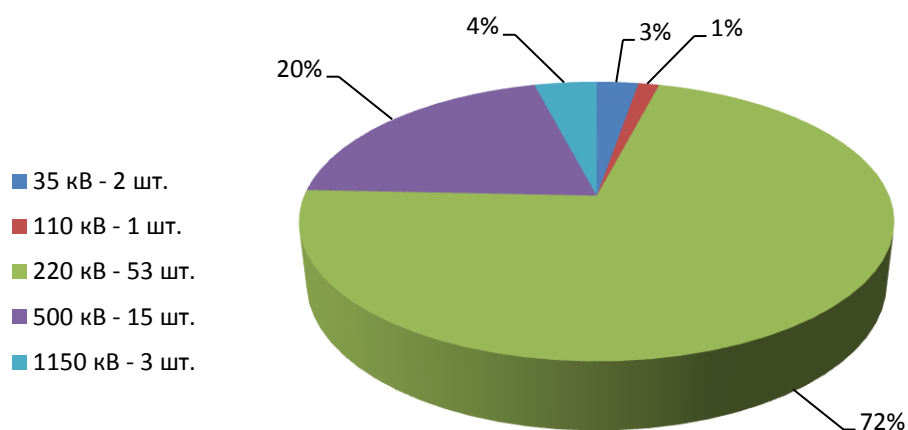


Рисунок 1.4 – Количество подстанции филиалов МЭС напряжением 35-1150 кВ

1.2. Организация работ при обслуживании линий электропередачи межсистемных электрических сетей

Линии электропередачи, как и любой другой объект электроэнергетики, нуждаются в обслуживании, которое осуществляется как при эксплуатации, так и при ведении ремонтных работ.

Прежде чем перейти к рассмотрению организации работ на линиях электропередачи сверхвысокого напряжения приведем ряд определений, учет которых необходим для обеспечения безопасности не только персонала, но и населения.

Зоной влияния электрического поля называется пространство, в котором напряженность электрического поля превышает 5 кВ/м.

Зоной экранирования называется пространство вблизи находящихся в электрическом поле зданий и сооружений, а также заземленных металлоконструкций фундаментов под оборудование, силовых трансформаторов и крупногабаритных объектов, в котором напряженность электрического поля не превышает 5 кВ/м.

Также выделяют санитарно-защитную зону воздушных линий, то есть территорию вдоль трассы воздушных линий, в которой напряженность электрического поля превышает 1 кВ/м.

Для защиты населения от вредного воздействия электрического поля ВЛ электропередачи сверх и ультравысокого напряжения санитарными нормами установлены санитарно-защитные зоны ВЛ, границы которых на действующих линиях определяются измерениями напряженности. Для вновь проектируемых ВЛ с горизонтальным расположением проводов и не оборудованных средствами снижения напряженности электрического поля границы санитарно - защитных зон необходимо установить по обе стороны

от воздушной линии на следующих расстояниях от проекции на землю крайних фазных проводов в направлении, перпендикулярном ВЛ:

- 20 м при напряжении ВЛ 220 кВ;
- 30 м при напряжении ВЛ 500 кВ;
- 55 м при напряжении ВЛ 1150 кВ.

Считается, что за пределами этих границ напряженность электрического поля не превышает 1 кВ/м.

Электросетевые предприятия, обслуживающие линии электропередачи напряжением 220 кВ и выше, а также другое оборудование сверхвысокого напряжения, обладают рядом некоторых специфических особенностей. К ним можно отнести следующие [20]:

- большая протяженность линий электропередачи;
- относительно малая численность персонала;
- предприятие имеет узловую структуру, в которой узлами являются подстанции, а связующими элементами - ВЛ 220 кВ и выше;
- высоковольтное оборудование и обслуживающий его персонал, в основном, сосредоточены на подстанциях;
- работы ведутся главным образом в условиях открытой производственной площадки, что накладывает определенные ограничения при обслуживании оборудования в зимний период.

Работы по техническому обслуживанию ВЛ выполняются электромонтерами подстанций (районных участков), за исключением выборочных осмотров и осмотров ВЛ после капитального ремонта, которые выполняются инженерно-техническими работниками [24]. Работы, связанные с верховым осмотром, проводятся 2 раза в год и, как правило, непродолжительны.

Работы по расчистке трасс в зоне отчуждения ЛЭП можно подразделить на ручную расчистку и механизированную расчистку трассы.

Механизированная расчистка трассы осуществляется путем использования тяжелой дорожной техники (бульдозеров). В этом случае механизатор, находящийся в кабине бульдозера достаточно экранирован от воздействия электрического поля. При этом эффективность экранирования зависит, в определенной степени, от сопротивления самозаземления бульдозера.

Расчистка трасс ведется в основном (более 80%) механизированным методом. Там, где механизированная расчистка по каким-либо причинам невозможна (болотистая местность, крутой подъем на гору) проводится ручная расчистка.

Из-за относительно малой численности персонала каждый из работников, занятых обслуживанием ЛЭП напряжением 330 кВ и выше, для выполнения необходимого объема работ вынужден находиться в зоне действия электрического поля в течение длительного времени, зачастую по 6..8 часов, а в летний период - до 10...12 часов 5 дней в неделю. Следует

отметить, что линейный персонал практически не имеет никаких средств защиты от воздействия электрического поля промышленной частоты.

Тело человека, находящееся в зоне влияния электромагнитного поля и изолированное от земли, оказывается под некоторым потенциалом, достигающим иногда нескольких киловольт. Очевидно, что прикосновение человека, изолированного от земли, к заземленному металлическому предмету (трактору на гусеничном ходу), равно как и прикосновение человека, имеющего контакт с землей, к металлическому предмету, изолированному от земли, сопровождается прохождением через человека в землю разрядного тока, который может вызвать болезненные ощущения, особенно в первый момент. Часто прикосновение сопровождается искровым разрядом, который вызывает болевые ощущения и оказывает раздражающее действие на нервную систему, что может привести к случайным резким движениям.

Таким образом, линейный персонал, занятый обслуживанием ВЛ 330 кВ и более, может подвергаться действию индуцированных токов (токов смещения), разрядных токов, обусловленных наличием в месте ведения работ машин и механизмов на резиновом ходу, токов, создаваемых падением напряжения на сопротивление самозаземления машин и механизмов на гусеничном ходу. Все отмеченные нами токи зависят от уровня напряженности электрического поля в месте ведения работ и имеют вполне определенные, в ряде случаев не поддающиеся расчету, значения. Поэтому индивидуальный контроль за интегральной оценкой воздействия электрического поля на конкретного работника остается наиболее простой, но в то же время эффективной мерой защиты от воздействия этого поля.

Ввиду широкого распространения ЛЭП сверхвысокого напряжения нельзя не учитывать неблагоприятное воздействие, оказываемое этими линиями на окружающую среду и обслуживающий персонал. При обслуживании межсистемных электрических сетей на персонал воздействует ряд факторов, неблагоприятно отражающихся на его здоровье. На рисунке 1.5 представлены эти факторы [20]:



Рисунок 1.5 - Вредные факторы электроустановок СВН

- электрическое поле (50 Гц) высокой интенсивности, способное при длительном воздействии оказывать негативное влияние на организм человека;
- электрические разряды, которые возникают вследствие разности потенциалов при соприкосновении человека с механизмами или оборудованием;
- наличие коронного разряда на проводах, изоляторах и линейной арматуре иней: коронный разряд является источником высокочастотных электромагнитных излучений, радиопомех и акустических шумов в широком частотном диапазоне;
- низкочастотный акустический шум, обусловленный «электрическим ветром», возникающий при работе высоковольтного электрооборудования;
- необходимость в отчуждении земель, которое приводит к нарушению верхних плодородных слоев земли, потравам сельскохозяйственных культур, вырубкам лесов, изменению среды обитания животных;
- магнитная составляющая поля (50 Гц) высокой интенсивности, способное при длительном воздействии оказывать негативное влияние на организм человека.

Согласно [15] поле промышленной частоты, создаваемое ВЛ, является электромагнитным на расстоянии от линии не менее 6000 км, поскольку только в этом случае расстояние между «источником» (провода ВЛ) и «приемником» (человеком или измерительным прибором) много больше или по крайней мере сравнимо с длиной волны этого поля. И так, электрическую и магнитную составляющие электромагнитного поля можно рассматривать отдельно, причем указанная особенность относится к частотам вплоть до 100 кГц [16]. Магнитная составляющая поля, ввиду относительно небольшой величины тока, протекающего по проводам ВЛ (200-1000А для ЛЭП 500 кВ), незначительна (обычно не превышает по амплитуде напряженности магнитного поля Земли) и с ней можно не считаться [25]. Необходимо отметить, что Земля обладает собственным электромагнитным полем, которое напоминает поле в сферическом конденсаторе. Согласно у поверхности земли напряженность электрического поля составляет 130 В/м, а магнитного поля 24...40 А/м. Таким образом, с точки зрения воздействия на человека основным вредным фактором здесь является электрическая составляющая, для краткости часто называемая просто электрическим полем (ЭП).

По другим данным, величины напряженности электрического (Е) и магнитного (Н) поля, а также тока смещения для ВЛ от 220 до 1150 кВ имеют значения, представленные в таблице 1.3.

Т а б л и ц а 1.3 - Напряженности ЭП и токи смещения для ВЛ сверхвысокого напряжения

Место измерения на ВЛ	Класс ВЛ					
	220 кВ		500 кВ		1150 кВ	
	Е, кВ/м	I, мкА	Е, кВ/м	I, мкА	Е, кВ/м	I, мкА
Под крайней фазой в середине пролета	6	60	14	150	16	180
1 м от опоры ВЛ	1	10	2	21	3	20
На опоре ВЛ на уровне крайних проводов	30	420	40	510	45	570
На середине опоры	10	130	15	160	26	280

Т а б л и ц а 1.4 - Характеристики ЭМП ВЛ сверхвысокого напряжения

Место измерения на ВЛ	ВЛ 220кВ			ВЛ 500 кВ			ВЛ 1150 кВ		
	Е, кВ/м	H, А/м	I, мкА	Е, кВ/м	H, А/м	I, мкА	Е, кВ/м	H, А/м	I, мкА
Под крайней фазой в середине пролета	6	21	60	14	23	150	16	26	180
1 м от опоры ВЛ	1	9	10	2	11	21	3	9	29
На опоре ВЛ на уровне крайних проводов	30	125	420	40	145	510	45	160	570
На середине опоры ВЛ	10	100	130	15	50	160	26	60	280

Следует отметить, что, несмотря на довольно большое количество публикаций с результатами исследования ЭП, измерения, как правило, не носят «массового» характера: замеры осуществляются лишь в наиболее характерных точках линии (вблизи опоры, под крайней фазой, в зоне наибольшего провеса проводов и т.д.).

1.3 Способы и средства обеспечения безопасности при обслуживании межсистемных электрических сетей

Исследованиями воздействия ЭП на окружающую среду и на живые организмы занимались многие ученые, результаты ряда исследований посвященных этой теме, указывают на достоверное изменение в состоянии энергетического обмена в организме животных, а так же на достоверные отрицательные изменения в состоянии здоровья людей, находящихся в зоне действия ЭП промышленной частоты.

Защита работающих от неблагоприятного воздействия электрических полей должна осуществляться путем проведения организационных и технических мероприятий.

Организационные включают в себя выбор рациональных режимов работы персонала по обслуживанию электроустановок, ограничение мест и времени пребывания персонала в зоне воздействия электрических полей частотой 50 Гц.

Инженерно-технические мероприятия подразумевают рациональное размещение электроустановок и применение экранирующих средств защиты и относится, в основном, к подстанциям.

Рациональное размещение оборудования, конструктивных элементов (опоры, орталы и т.п.) на ОРУ СВН решается на стадии проектирования электроустановок либо может быть реализовано при реконструкции подстанции в целом или ее отдельных частей. Выбор высоты подвеса токоведущих частей, шага расщепления фазных проводов, расстояния между фазными проводами, выполняется исходя не только из условий обеспечения электрической прочности воздушного промежутка, но и обеспечения взаимной компенсации электрических полей разных фаз.

Известно, что наиболее существенное влияние на напряженность электрического поля в местах возможного нахождения обслуживающего персонала подстанции оказывают нижний ярус ошиновки ОРУ с токоведущими частями высоковольтных аппаратов и подножки аппаратов [3]. Увеличение высоты подножников в 2 раза приводит к снижению напряженности электрического поля примерно в 1,5 раза, что следует учитывать при реконструкции подстанций.

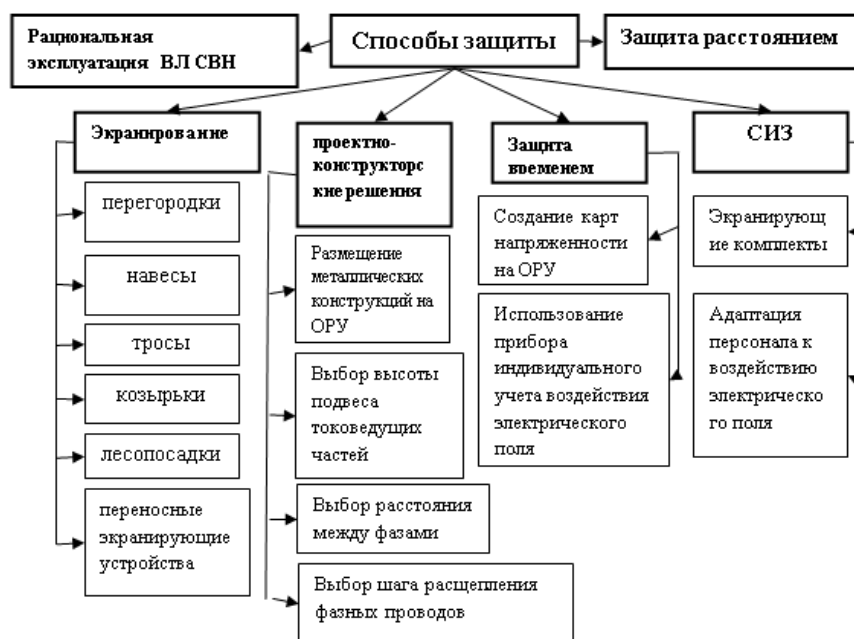


Рисунок 1.6 - Защитные средства для уменьшения влияний электромагнитного поля

К экранирующим средствам защиты, применяемым при эксплуатации электроустановок СВН, относятся экранирующие навесы, козырьки, перегородки, переносные экранирующие устройства, экранирующие костюмы.

Отметим, что защитные свойства экранирующих устройств основаны на эффекте ослабления напряженности и искажении электрического поля в пространстве вблизи заземленного электрического предмета.

Экранирующие навесы являются одним из эффективных средств защиты персонала, занятого работой в электроустановках СВН [4]. Они выполняются в виде параллельных проводов, натянутых над проходами между высоковольтным оборудованием либо над пешеходными дорожками

Навесы изготавливаются из стальных прутков либо из отрезков стального троса или провода диаметром 5 - 8 мм, которые натягивают параллельно друг другу при расстоянии между ними 10-20см. Навесы целесообразно устанавливать на уровне 2,3 - 2,5м над землей над проходами и участками ОРУ, с которых производят осмотр оборудования [18].

При этом необходимо, чтобы расстояние от головы человека до навеса было не менее 30 см. Ширина навеса должна быть не менее 1,5 м, а его длина зависит от размеров защищаемого участка.

Экранирующие козырьки изготавливают из металлической сетки с ячейками не крупнее 50x50мм, укрепляемой на раме из угловой стали. Устанавливают их над рабочими местами, с которых производятся работы по управлению и обслуживанию: у агрегатных шкафов и шкафов управления воздушных выключателей, приводов разъединителей и других устройств и аппаратов, требующих периодического обслуживания.

Ширина козырька должна быть не менее объекта обслуживания, а длина его выступающей части не менее 1 м. Целесообразно устанавливать козырек на высоте 2,5 м над землей [17].

Экранирующие перегородки устанавливаются вертикально и точно посередине между соседними ячейками воздушных выключателей. Они изготавливаются из металлической сетки или стальных прутков, смонтированных на стальной раме соответствующих размеров и крепятся на специальных опорах с оттяжками. При этом нижняя грань перегородки должна находиться над поверхностью земли на высоте 2 - 3 м, чтобы не мешать проходу людей и проезду машин. Длина и высота перегородки должны быть, по крайней мере, равны длине и высоте воздушного выключателя с учетом всех его токоведущих частей.

Переносные экранирующие устройства (временные устройства) предназначены для защиты персонала, выполняющего в течение длительного времени какие-либо работы на участках действующей электроустановки, не защищенных стационарными экранами. На рис. 1.7 приведены примеры использования временных устройств.

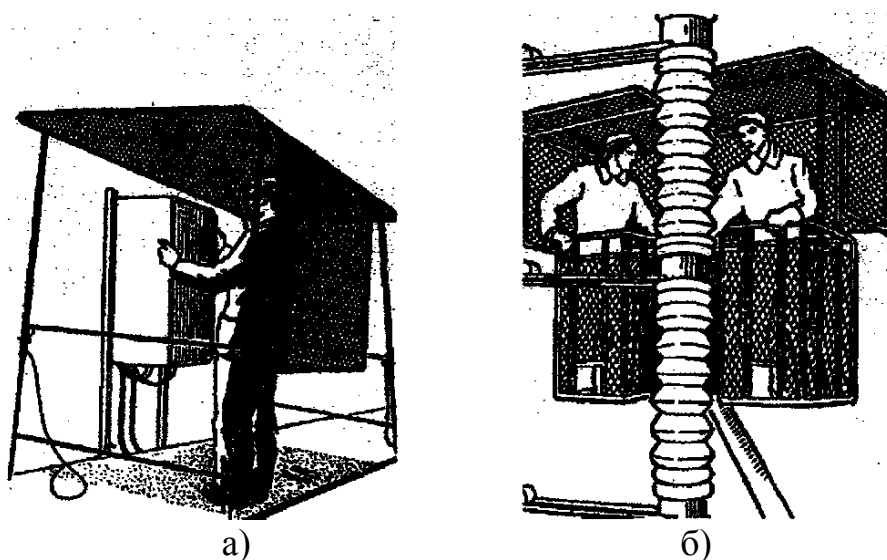


Рисунок 1.7 -а)временный (переносной) экранирующий козырек;
 б) экранирование люлек с помощью сетчатых щитов.

При пересечении ВЛСВН транспортных путей на участке пересечения используется тросовое экранирование. В этом случае для снижения электрического влияния ВЛ на переездах и в местах прохода людей могут быть использованы экранирующие заземленные тросы. Конструктивно экраны целесообразно выполнять в виде расщепленных в горизонтальной плоскости проводов, подвешиваемых под каждой фазой ВЛ. Кроме того, путем подачи на экраны напряжения в противофазе с напряжением ВЛ можно ослабить электрическое влияние ВЛ более чем в 2 раза.

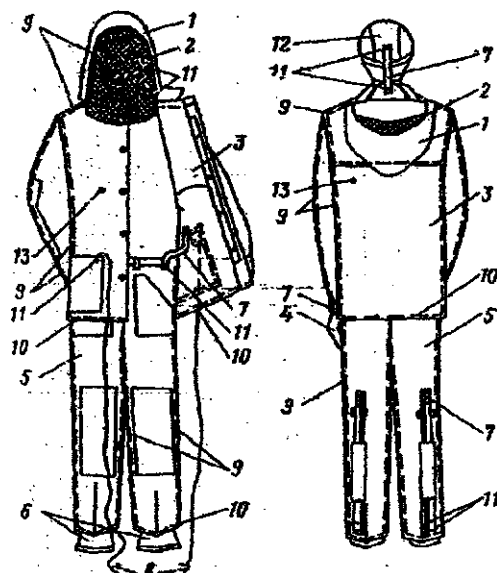


Рисунок 1.8 - Экранирующий костюм

Разработка экранирующих костюмов, начатая еще во второй половине шестидесятых годов [26], все еще не привела к созданию

комплектов, обеспечивающих одновременно снижение отрицательного действия электрического поля и не нарушающих при этом теплообмен с окружающей средой и т.п., несмотря на наличие нормативных требований, установленных [27]. На рисунке 1.9, приведены примеры некоторых модификаций экранирующих костюмов [8].

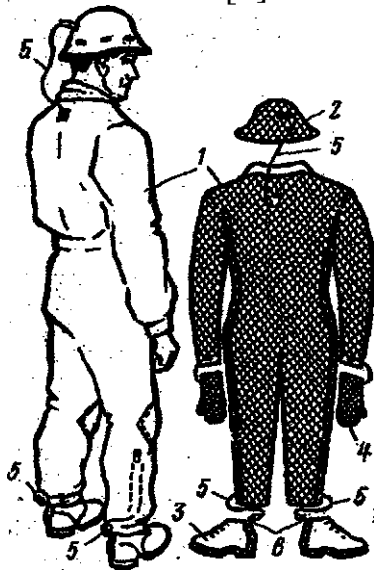


Рисунок 1.9 Внешний вид некоторых экранирующих костюмов

а) общий вид экранирующего комплекта для работ под напряжением (спереди и сзади): 1 – экранирующий капюшон; 2 – экран для лица; 3 – экранирующая куртка; 4 - экранирующие перчатки; 5 - экранирующие брюки; 6 - экранирующая обувь; 7 - контактные выводы и перемычки; 8 - проводники с зажимами; 9,10- соответственно основные и дополнительные каналы повышенной проводимости; 11 – контактные кнопки; 12 – экранирующий накатник; 13 – измерительная клемма для контроля состояния ткани.

б) экранирующий костюм: 1 - комбинезон из токопроводящей ткани; 2 - каска металлическая или металлизированная; 3 - ботинки с электропроводящей подошвой; 4 – рукавицы; 5 – проводники, обеспечивающие электрическую связь отдельных элементов экранирующего костюма; 6 – вывод от токопроводящей подошвы.

Следует особо отметить, что работа в экранирующих костюмах в цепях вторичной коммутации запрещена исходя из соображений электробезопасности. В этом случае наиболее приемлемым является применение переносных экранирующих устройств.

Для снижения напряженности вдоль линий электропередачи СВН могут быть рекомендованы зеленые насаждения [7]. Расчеты и исследования показывают, что наличие растительности высотой 2,5-4м ограничивает напряженность поля под линиями переменного тока до уровней, обеспечивающих допустимые условия для людей и животных. Однако выбор типа насаждений необходимо решать со специалистами.

Зоны электроустановок с уровнями электрических полей, превышающими предельно допустимые, где по условиям эксплуатации не требуется даже кратковременное пребывание персонала, ограждаются и обозначаются соответствующими предупредительными надписями или плакатами.

2. Состояние проблемы влияния электромагнитного поля на окружающую среду при эксплуатации оборудования высокого напряжения

2.1 Влияние электромагнитных полей на людей

В загрязнение окружающего пространства электрическими и магнитными полями промышленной частоты основной вклад вносят объекты электроэнергетики, в первую очередь ВЛ и подстанции высокого напряжения, электрифицированный транспорт, мощные промышленные установки, а также разнообразные бытовые электроприборы.

Проблема электромагнитной обстановки как фактора негативного влияния на самочувствие и здоровье человека привлекает все большее внимание общественности, причем часто опасность преувеличивается из-за недостатка знаний в этом вопросе либо по конъюнктурным соображениям, таким как стремление найти рынки сбыта устройств для измерения параметров полей или устройств и методов ослабления напряженности полей.

В связи с развитием электроэнергетики, непрерывно расширяющимся применением мощных электротехнических и электронных устройств на производстве, транспорте и в быту искажения электромагнитной обстановки становятся все более заметными, а напряженности электрических и магнитных полей на рабочих местах, например на объектах электроэнергетики, могут существенно превышать напряженности естественных полей.

Изучению влияния электромагнитной обстановки на состояние здоровья человека в последние годы придается большое значение. Это обусловлено, в частности, появлением сообщений о повышенном риске раковых заболеваний у людей, длительно проживающих вблизи воздушных ЛЭП высокого напряжения (рисунок 2.1), что связывается с влиянием на организм человека электромагнитного поля, создаваемого токами в проводах линий; жалобами персонала объектов электроэнергетики напряжением выше 220 кВ на ухудшение самочувствия при длительном воздействии электрических и магнитных полей промышленной частоты на рабочих местах и т.д.

Как в научных трудах, так и в средствах массовой информации все чаще появляются сенсационные материалы об опасности для здоровья электромагнитных полей, в том числе и слабых, но длительно

действующих. Например, появляются безосновательные утверждения, что опасной для человека границей является напряженность магнитного поля промышленной частоты 0.16 А/м при нормированной за рубежом напряженности 80 А/м и более. Как правило, фактическая база таких утверждений оказывается недостоверной. Однако интерес к этой проблеме не ослабевает, так как существует вероятность недооценки опасного влияния полей на здоровье и повторения ситуации, сходной с той, которая складывалась при недооценке опасности ионизирующих излучений.



Рисунок 2.1 – Прохождение воздушных ЛЭП через населенные местности

Упомянутые проблемы находятся в поле зрения многих международных организаций, таких как Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), Международная электротехническая комиссия (МЭК), Международная ассоциация по защите от ионизирующих излучений (IRPA), Европейский комитет по нормированию в области электротехники (CENELEC), Комиссии европейского союза (CEU), национальные комиссии т.д., занимающиеся вопросами нормирования воздействующих на персонал и население электромагнитных полей, включая поля промышленной частоты.

Согласно многочисленным исследованиям при воздействии полей на человека неопасной считается плотность тока в организме примерно 10 мА/м^2 , что соответствует при частоте 50 Гц напряженности внешних полей 20 кВ/м и 4 кА/м . При больших плотностях наблюдаются такие последствия, как обратимые изменения скорости синтеза протеинов и ДНК, нарушения ионного равновесия, концентрации промежуточных продуктов обмена и активных веществ в клетках, изменения процессов деления клеток

и т.п. При плотностях тока $100-1000 \text{ мА/м}^2$ может происходить сильное возбуждение клеток и тканей, центральной нервной системы, возникают болевые ощущения, а при больших плотностях тока возможны аритмия и фибрилляция сердца. Интересно отметить, что напряженность полей, кратковременно создаваемых приборами электротерапии в организме человека, как правило, выше границы восприимчивости (ощущения человеком наличия поля), а при работе дефибриллятора в сердечной мышце создается импульсное поле напряженностью около 600 В/м , что соответствует плотности тока примерно 60 А/м^2 . Таким образом, следует четко различать возможные негативные или позитивные последствия электрических и магнитных полей в зависимости от их напряженности и экспозиции.

Плотность тока 10 мА/м^2 в теле человека считается уровнем естественных биотоков. При такой плотности тока все клетки функционируют нормально. Частоты биотоков, как правило, лежат в диапазоне $4 - 1000 \text{ Гц}$. Регистрация сигналов, связанных с биотоками (электрокардиограммы, энцефалограммы) является эффективным средством диагностики состояния организма человека[14].

Учитывая важную роль электрических процессов в функционировании организма человека, возможное влияние на организм внешних полей, создаваемых электрическими устройствами, далее рассмотрим электромагнитную обстановку, окружающую человека на производстве и в быту, механизмы воздействия полей на организм, а также некоторые вопросы нормирования допустимых напряженностей.

Электромагнитная обстановка характеризуется напряженностями электрического и магнитного полей. При высоких частотах речь может идти о воздействии электромагнитного поля, при этом наибольший интерес представляет воздействие плоской электромагнитной волны, при которой плотности энергии электрической и магнитной составляющих равны. Характерные напряженности электрических и магнитных полей показаны на рисунке 2.2.

Подразделяют естественную электромагнитную обстановку и техногенную обстановку, созданную применением человеком различных электрических и иных устройств, в которых используется электрическая энергия. Поля естественного и искусственного происхождения накладываются друг на друга, векторы напряженностей суммируются.

Естественное электрическое поле Земли обусловлено отрицательным избыточным зарядом поверхности и составляет на открытой местности примерно $100 - 500 \text{ В/м}$ (заштрихованная область в левой части рисунка 2.2). При наличии грозового облака напряженность поля может возрасти до нескольких десятков и даже сотен киловольт на метр, изменить направление, а при грозовых разрядах возникают импульсы электромагнитного поля.

Сильные электрические поля промышленной частоты в основном создаются объектами электроэнергетики (воздушные линии высокого напряжения). Здания экранируют постоянное электрическое поле Земли и электрическое поле промышленной частоты, созданное ВЛЭП высокого напряжения и иными объектами.

Внутри зданий постоянное электрическое поле как естественного, так и искусственного происхождения определяется в основном наличием электризующихся природных и синтетических материалов, являющихся основой для покрытий полов, мебели, одежды, обуви и т.д. Напряженность электростатического поля в помещении может достигать десятков и сотен киловольт на метр. При разрядах статического электричества наблюдаются электромагнитные импульсы с очень высокой крутизной. Возникают сильные электрические поля вблизи некоторых приборов (телевизоров, мониторов, осциллографов и т.д.), не имеющих специальной защиты и использующих высокое постоянное напряжение.

Постоянное магнитное поле Земли создается токами внутри нее. Оно ориентировано относительно магнитных полюсов. Напряженность магнитного поля зависит от географических координат и составляет 55,7 А/м у магнитных полюсов и 33,4 А/м у магнитного экватора, где вектор напряженности параллелен поверхности Земли. В средних широтах напряженность составляет примерно 40 А/м [18].

Значения напряженности постоянного магнитного поля Земли лежат в пределах заштрихованной зоны в правой части рисунка 2.2. На постоянное поле накладывается медленно изменяющееся геомагнитное поле, порожденное токами в магнитосфере и ионосфере, содержащее широкий спектр частот, в том числе и низкочастотную (до 100 Гц) составляющую напряженности до 0,1 А/м. Во время магнитных бурь, причиной которых являются процессы усиления солнечной активности, амплитуда низкочастотной составляющей многократно возрастает.

Геомагнитные постоянные и низкочастотные поля, в отличие от электрических, не экранируются стенами зданий и другими объектами, за исключением изготовленных из ферромагнитных материалов. Внутри зданий, имеющих стальной каркас, напряженность геомагнитного поля снижается в несколько раз.

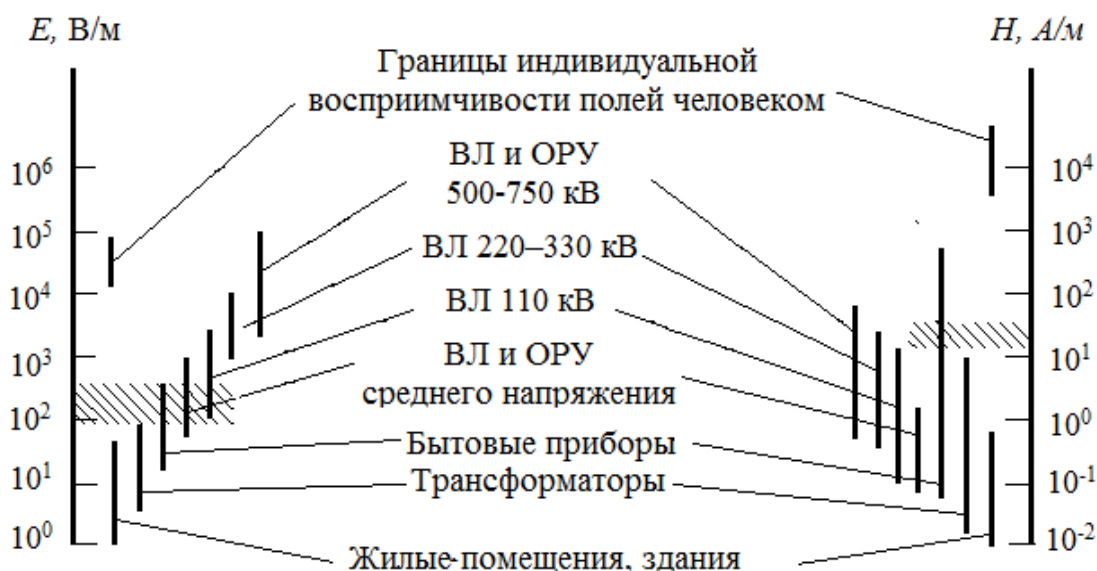


Рисунок 2.2 - Характерные напряженности электрических и магнитных полей

Как видно из рисунка 2.2 сильные электрические поля промышленной частоты в основном создаются объектами электроэнергетики (ВЛЭП, сборные шины подстанций, трансформаторы и аппараты высокого напряжения).

Напряженность вблизи ВЛ 220 кВ и выше может достигать границы индивидуальной восприимчивости поля, когда человек по косвенным признакам (шевелению волос, ощущению покалывания при микроразрядах между телом и одеждой и т.д.) может установить наличие поля.

Напряженность магнитного поля, созданного ВЛЭП, даже при расстоянии нескольких сотен метров от линии может составлять десятые доли ампер на метр. Кабельные линии создают несколько большие напряженности вблизи них, чем воздушные, однако напряженность уменьшается сильнее при удалении от кабеля, и зона заметного поля (напряженность порядка десятых долей ампер на метр) обычно не превышает нескольких десятков метров.

Поле трансформаторов системы электроснабжения изменяется обратно пропорционально расстоянию и может быть заметным на расстоянии менее 10 м. Сети электроснабжения низкого напряжения создают поле, зависящее от не симметрии нагрузки фаз. Его напряженность обратно пропорциональна расстоянию и может быть заметной на расстоянии до 20 м.

В производственных условиях на рабочих местах напряженность магнитного поля промышленной частоты может быть гораздо большей, чем в жилых помещениях. В экстремальных случаях, например вблизи сварочного аппарата, электродуговой печи или непосредственно у проводов мощных ВЛ при выполнении работ под напряжением, персонал может

подвергаться воздействию поля напряженностью 1-10 кА/м, что на два порядка и более превышает напряженность поля Земли. Ориентировочные значения напряженности магнитных полей промышленной частоты, создаваемых различными устройствами, показаны в правой части рисунка 2.2, из которого видно, что напряженность полей, как правило, лежит много ниже порога восприимчивости (например, ощущение магнитного поля по появлению магнитофосфенов в форме мерцаний на периферийных участках поля зрения).

На объектах электроэнергетики напряженности электрического и магнитного полей могут достигать значений напряженности полей естественного происхождения и даже в десятки раз превышать их. Поэтому рассмотрим возможное влияние таких полей на человека[19].

2.2 Виды воздействия электромагнитного поля и их нормирование

В рамках проблемы электромагнитной экологии изучается влияние ЭМП не только на человека, но и на флору и фауну. Влияние на человека представляется в настоящее время несравненно более значимым, поэтому ему уделяется большее внимание. Рассматриваются отдельно вопросы воздействия на человека каждой из компонент ЭМП - электрического и магнитного полей, создаваемых электропередачами переменного тока.

Из двух составляющих ЭМП в течение длительного времени серьезное внимание уделялось лишь электрическому полю и сопутствующим ему факторам, так как было установлено, что электроустановки СВН генерируют в основном ЭП.

Электропередачи СВН создаются с расчетом на функционирование в течение многих десятков лет, и все это время люди в большинстве регионов страны подвергаются воздействию ЭП. Уже в настоящее время десятки тысяч человек заняты на эксплуатации ПС и ВЛ СВН. В зоне влияния ЭП оказываются сотни тысяч людей, проживающих вблизи ВЛ СВН, причем не только практически здоровых. Здесь ведутся сельскохозяйственные работы, дорожное строительство, сооружение и ремонт коммуникаций, прокладываются линии связи и т.д. В зоне влияния ВЛ СВН могут находиться дети, старики и беременные женщины(рисунок 3), но особенно опасным оно является для лиц с имплантированным стимулятором сердечной деятельности. По мере роста числа эксплуатируемых ПС и протяженности ВЛ СВН количество людей, подвергающихся воздействию ЭП, увеличивается. Все это свидетельствует о фундаментальном характере и практической важности проблемы защиты от вредного воздействия ЭМП электропередач. Неудивительно поэтому, что исключение воздействия ЭП на человека, бесспорно необходимое по своей социальной сути, превратилось в одну из важных общенациональных задач, которая

решалась на протяжении продолжительного времени в рамках государственной целевой программы.

Биологическая активность ЭП обнаруживается в электроустановках напряжением 220кВ и выше, причем если на ПС и ВЛ защита человека от воздействия ЭП (биологическая защита) может быть осуществлена с помощью относительно простых технических средств, то в электроустановках 500 кВ необходим целый комплекс организационно-технических защитных мероприятий.

В электроустановках 1150 кВ комплекс защитных мероприятий становится более сложным, причем конструкция и компоновка электроустановок, а также методы их обслуживания в значительной степени определяются необходимостью биозащиты обслуживающего персонала и населения. Возможность дальнейшего повышения напряжения электропередач до 1800 - 2000 кВ, по-видимому, будет находиться в прямой зависимости от прогресса в области разработки систем эффективной биозащиты.

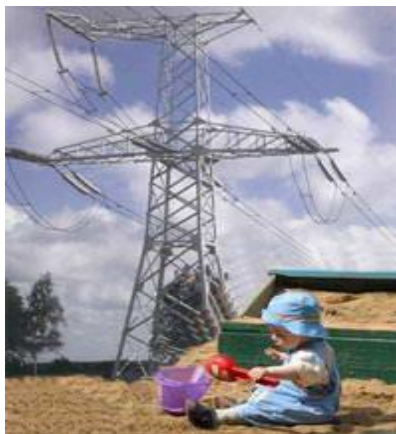


Рисунок 2.3- Прохождение воздушных ЛЭП сверхвысокого напряжения

Исследованиями биологического воздействия электрического поля установлено, что уже при напряженности 1 кВ/м происходит негативные изменения в нервной системе человека, которые в свою очередь вызывают отклонения в эндокринном аппарате и обмене веществ организма (меди, цинка, железа и кобальта), нарушают физиологические функции: ритм сердечных сокращений; уровень кровяного давления; активность мозга; ход обменных процессов и иммунную активность.

Результаты исследования позволило сформулировать основные вопросы, подлежащие решению, и создать на этой основе комплексную целевую программу исключения вредного воздействия ЭП на человека.

Исследования и разработки в соответствии с комплексной целевой программой проводились по следующим направлениям:

- 1) исследование ЭП в электроустановках;
- 2) исследование воздействия ЭП на человека;

3) исследование, разработка и внедрение мер и средств защиты.

Работы по первому направлению позволяют получить данные о напряженности ЭП в любых точках как на действующих объектах (измерения), так и на проектируемых (расчет, исследование на моделях). Требуемая продолжительность работ в зоне влияния ЭП на ПС определяется с учетом принятой номенклатуры ремонтных работ и эксплуатационного обслуживания оборудования, а также достигнутого уровня их механизации, а вблизи ВЛ - в соответствии с принятыми методами проведения сельскохозяйственных работ.

Исследования, выполнявшиеся по второму направлению, позволяют нормировать напряженность ЭП в зависимости от длительности пребывания в нем. Нормы разрабатывались отдельно для обслуживающего персонала и населения.

Третье направление работ базируется на результатах двух предыдущих. Оно позволит обеспечить общее снижение напряженности ЭП на ПС и вблизи ВЛ путем применения специальных конструктивно-компоновочных решений, а также ограничение напряженности ЭП на рабочих местах на ПС с помощью экранирующих устройств до нормируемого уровня. Можно обеспечить сокращение продолжительности пребывания обслуживающего персонала в ЭП за счет внедрения новых технологий проведения ремонтных и профилактических работ, а также применения новых материалов.

Виды воздействия электрического поля на человека. Принято рассматривать как самостоятельные действующие следующие проявления ЭП:

- непосредственное (биологическое) воздействие, проявляющееся при длительном и систематическом (например, ежедневном) пребывании в ЭП, напряженность которого превышает допустимые значения;
- воздействие электрических разрядов (импульсного тока), возникающих при прикосновении человека к заземленным частям оборудования и конструкциям, а также к изолированным от земли корпусам машин и механизмов (машины и механизмы на пневматическом ходу), крупногабаритным и длинномерным металлическим предметам, траве и т.п.;
- воздействие тока, протекающего через человека, находящегося в контакте с изолированными от земли объектами — крупногабаритными предметами, машинами и механизмами (тока стекания).

Предельно допустимые значения напряженности нормируются для электрического поля, не искаженного присутствием человека. Измеряемая напряженность электрического поля определяется на высоте 1,8 м.

Контроль за соблюдением предельно допустимых уровней напряженности электрического поля следует производить:

- при приемке в эксплуатацию новых зданий, сооружений и зон организованного пребывания людей вблизи ВЛЭП;

- после проведения мероприятий по снижению уровней электрического поля ВЛЭП.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) напряженности электрического поля промышленной частоты для людей, профессионально связанных с эксплуатацией и обслуживанием источников ЭМП при воздействии в течение всей смены (8 часов) составляет 5 кВ/м [20].

Допустимое время пребывания людей в этом поле (час) рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{доп}}(\text{ЭП } 50) = \left(\frac{50}{E_{\text{факт}}} \right)^{-2}, \quad (2.1)$$

где, $E_{\text{факт}}$ – напряженность электрического поля (ЭП) 50 Гц в контролируемой зоне, кВ/м.

Для техники и аппаратуры ПДУ напряженности электрического поля 50 Гц при его воздействии в течение 8 часов составляет 0,5 кВ/м [20]. С учетом этого значения допустимое число часов пребывания людей в ЭП 50 Гц бытовой техники можно рассчитать по формуле:

$$T_{\text{доп}}(\text{ЭП } 50) = \left(\frac{5}{E_{\text{факт}}} \right)^{-2}, \quad (2.2)$$

где, $E_{\text{факт}}$ – напряженность ЭП 50 Гц в контролируемой зоне, кВ/м.

Исследования показали, что для персонала ПС и ВЛ высокого напряжения, длительно и регулярно находящегося под воздействием электрического поля, допустимые напряженности поля и длительности их воздействия не должны превышать значений, приведенных в таблице 2.1.

При выполнении этих условий обеспечивается самовосстановление физиологического состояния организма в течение суток без остаточных реакций и функциональных или патологических изменений.

Нормативные данные, приведенные в таблице 2.1, действительны, если остальное время рабочего дня человек находится в местах, где напряженность электрического поля меньше 5 кВ/м и исключена возможность воздействия на него электрических разрядов. При этом напряженность определяется на уровне головы человека (1,8 м над уровнем земли). При невыполнении условий применяют меры по экранированию рабочих мест: тросовые экраны над дорогами, экранирующие козырьки и навесы над шкафами управления, вертикальные экраны между фазами и др.

Т а б л и ц а 2.1 - Допустимая продолжительность работы персонала в электрическом поле промышленной частоты [20]

Напряженность электрического поля, кВ/м	Допустимая продолжительность пребывания персонала в течение суток, мин
5	Без ограничения (в течение рабочего дня)
10	180
15	80
20 – 25	10
Примечание: Данные взяты из ГОСТа РК 1150-2002	

Для ОРУ подстанции СВН после ее пуска в эксплуатацию наряду с расчетами проводят измерения напряженности поля в различных точках, после чего при необходимости экранная защита усиливается. При ремонтных работах применяют съемные экраны. Предъявляются определенные требования к компоновке ОРУ, например не допускается расположение ошиновки над выключателями, чтобы обеспечить возможность их безопасного ремонта и др.

Для ВЛ сверхвысокого напряжения, вблизи которых возможно нахождение персонала посторонних организаций и местного населения, на основании специально проведенных исследований установлены следующие нормативы по допустимой напряженности под ВЛ без определения допустимой длительности пребывания: 20 кВ/м - для труднодоступной местности (болота, горные склоны и т.п.); 15 кВ/м - для ненаселенной местности; 10 кВ/м - для пересечений с дорогами; 5 кВ/м - для населенной местности. Кроме того, нормируется допустимая напряженность на границах жилых застроек - 0,5 кВ/м, что допускает пребывание человека в электрическом поле неограниченное время в течение всей жизни [20,21].

Напряженность поля имеет наибольшее значение под ВЛ и по мере удаления от нее быстро уменьшается. Соответственно зона наибольшего влияния поля из-за провисания проводов находится в середине пролета, а наименьшего - у опор, где высота подвеса проводов наибольшая и, кроме того, сказывается экранирующее действие самих опор. Поэтому дороги, трассы прогона скота, пешеходные дорожки, линии связи и ВЛ более низкого напряжения рекомендуется размещать вблизи опор.

В охранной зоне ВЛ (ее границы параллельны ВЛ, и внутри нее напряженность поля превышает 1 кВ/м, для ВЛ 500 кВ- это 25 м, а 750 кВ- 40 м от крайних фаз) не разрешается размещение постоянных и временных

жилых и производственных сооружений, регламентируется режим работы ремонтного персонала.

Если при пересечении линией дороги необходимо снизить напряженность, ВЛ экранируется тросовыми экранами, выполненными из одного или двух тросов под каждой фазой, натянутых на железобетонных стойках и заземленных по концам. Тросовые экраны могут применяться и для снижения напряженности электрического поля на границах жилых застроек (у стен жилых зданий).

Магнитное поле. Воздействию переменных магнитных полей, создаваемых токоведущими частями электроустановок, еще несколько лет назад уделялось мало внимания. Объясняется это тем, что напряженность МП на соответствующих требованиям безопасности расстояниях от человека до токоведущих частей оборудования и шин не превышала действовавшие ПДУ для персонала. Однако эти ПДУ разрабатывались применительно к сварочным работам. Они не учитывали особенностей электроустановок, а тем более специфики их эксплуатации. Поэтому их искусственное распространение на персонал, обслуживающий электроустановки, было неправомерным.

Что же касается населения, то оно находится в зонах низкоинтенсивных переменных МП, так как удалено от токоведущих частей на большие, чем персонал, расстояния. Низкоинтенсивные МП считались у нас длительное время безвредными, поэтому ПДУ для населения не разрабатывались, что на сегодняшний день следует считать серьезной ошибкой, поскольку уровни МП, соизмеримые с уровнями биополя человека, могут представлять большую опасность, чем МП высокой интенсивности.

Допустимые уровни магнитных полей. Оценка воздействия МП на человека производится на основании двух параметров - интенсивности и времени (продолжительности) воздействия.

Интенсивность воздействия МП определяется напряженностью H или магнитной индукцией B (их эффективными значениями). Напряженность МП выражается в амперах на метр (А/м, кА/м); магнитная индукция - в теслах (Тл, мТл, мкТл, нТл). Индукция и напряженность МП связаны следующим соотношением:

$$B = \mu_0 H \quad (2.3)$$

где, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м — магнитная постоянная.

Продолжительность воздействия T измеряется в часах.

В настоящее время во всем мире все большее внимание уделяется вопросам возможного неблагоприятного, вплоть до канцерогенного, влияния МП со значительно более низкими интенсивностями. Осознание вероятности негативного влияния воздействий низкоинтенсивных МП

нашло отражение в ужесточении их гигиенических регламентов в различных странах, а также на международном уровне.

Исследования биологической активности МП, позволили установить, что МП способно оказывать отрицательное воздействие на организм человека.

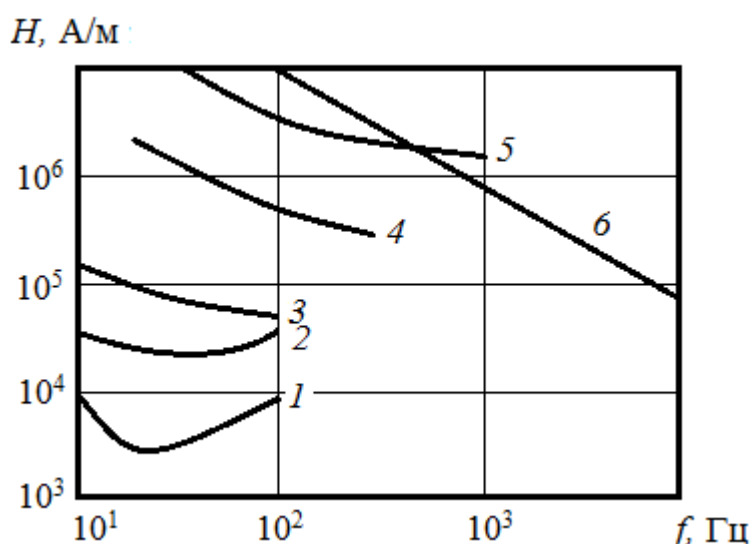
В настоящее время научно установлены два механизма влияния магнитных полей на человека за счет индуцированных в теле токов:

- изменение разности потенциалов между наружными и внутренними поверхностями мембран клеток (возникновение так называемого потенциала действия);
- нагрев тканей.

Проявления этих механизмов при воздействии магнитного поля в зависимости от частоты показаны на рисунке 2.4.

Усредненная граница ощущения наличия магнитного поля в зависимости от частоты приведены на рисунке 2.4 (кривая 2). Объективно регистрируемые нарушения зрения, недомогание, головные боли наблюдаются при напряженностях около 10^5 А/м (рисунок 4, кривая 3). У некоторых людей воздействие появляются при напряженностях, соответствующих кривой 1.

Как видно из рисунка 4, кривые 1 и 2 имеют минимум в области промышленных частот. Возрастание кривых с увеличением частоты объясняется инерционностью системы открытия каналов в стенках клеточных мембран, а с уменьшением частоты - снижением индуцированных токов.



1 - появление мерцания на периферийных участках поля зрения; 2 - ощущение наличия поля; 3 - объективно регистрируемые нарушения зрения, недомогание, головные боли; 4 - нарушение работы сердца; 5 - нарушения работы нервной системы; 6 - нагрев тканей

Рисунок 2.4-Воздействия магнитного поля на человека при разной частоте

Вторым механизмом воздействия полей на организм человека является нагрев тканей при протекании в них емкостных или индуцированных токов. Считается безопасным для организма нагрев тканей на 1 °С, чему соответствует удельная мощность 4 Вт, приходящаяся на 1 кг массы тела. При этой мощности система терморегулирования организма способна обеспечить отвод тепла в окружающее пространство без опасного повышения температуры внутренних органов человека.

При частоте 50 Гц напряженность внешнего электрического поля, способная обеспечить тепловую удельную мощность 4 Вт/кг, составляет около 4 МВ/м, т.е. превышает электрическую прочность воздуха. Напряженность магнитного поля, необходимая для выделения указанного тепла в организме, равна примерно 50 мА/м. Таким образом, напряженность электрического или магнитного поля промышленной частоты, способная повысить температуру на безопасное значение, равное примерно 1 °С, на много порядков превышает пороговые значения восприимчивости полей человеком и встречающиеся на практике. Ситуация меняется при высоких частотах, так как индуцированные токи с увеличением частоты возрастают.

Количественные данные о зависимости напряженности магнитного поля от частоты, при которой удельная мощность тепла, выделенного внутри организма человека, составляет 4 Вт/кг, приведены на рисунке 4 (кривая б).

Таким образом, при промышленной частоте единственным научно установленным механизмом воздействия на организм человека является изменение потенциала действия индуцированными токами.

Магнитное поле создается током, протекающим через проводник. В трехфазных электроустановках МП за счет фазового сдвига токов в токоведущих частях является вращающимся, эллиптически поляризованным, т.е. вектор напряженности H в каждой точке изменяется в пространстве и во времени по закону эллипса, проходя через максимальное H_{max} и минимальное H_{min} значения.

За нормируемое значение напряженности вращающегося МП принято эффективное значение синусоиды, имеющей амплитуду, равную большой полуоси эллипса, описываемого вектором напряженности в данной точке, т.е. $H_{max}/\sqrt{2}$. Это же значение напряженности измеряют и рассчитывают в зоне нахождения персонала при выполнении работ. Предельно допустимые уровни напряженности МП [22] для персонала, обслуживающего электроустановки, приведены в таблице 2.2.

Т а б л и ц а 2.2 - Предельно допустимые уровни напряженности МП

Время пребывания, ч	Допустимая напряженность МП, А/м, при воздействии	
	общем	локальном
≤1	1600	6400
2	800	3200
4	400	1600
8	80	800

Допустимая напряженность МП внутри временных интервалов определяется интерполяцией. При необходимости пребывания персонала в зонах с различной напряженностью МП общее время выполнения работ в этих зонах не должно превышать предельно допустимое для зоны с максимальной напряженностью.

Контроль за соблюдением требований указанных Санитарных правил должен осуществляться при проектировании и эксплуатации электроустановок, являющихся источником МП [22]. При этом измерение напряженности МП должно производиться на всех рабочих местах персонала, обслуживающего электроустановки, на высоте 0,5; 1,5; 1,8 м от поверхности земли или пола помещения. Определяющим является максимальное зарегистрированное значение.

Измерения напряженности (индукции) МП должны производиться при максимальном рабочем токе электроустановки или измеренные значения должны пересчитываться на максимальный рабочий ток I_{max} путем умножения измеренных значений на отношение I_{max}/I (где, I - ток электроустановки при измерениях).

2.3 Мероприятия по защите от электромагнитного поля

Многолетний опыт работ по обеспечению защиты персонала ПС и ВЛ показал, что ограничение продолжительности пребывания персонала в ЭП («защита временем») как альтернатива снижению напряженности ЭП неприемлемо: требуется нереально частая замена работающих для выполнения необходимого объема работ. Установлено также, что снижение напряженности с помощью только электростатического экранирования нереализуемо, так как объем экранирования настолько велик, что эксплуатировать ПС оказывается невозможно (исключен проезд машин и механизмов, затруднен монтаж оборудования и т.д.).

Поэтому защита персонала на ПС СВН осуществляется двухступенчато.

Первая ступень - применение таких конструктивно-компоновочных решений, которые обеспечивают общее снижение напряженности ЭП в установке или в отдельных ячейках в 1,5- 2 раза (обычно до 15 кВ/м).

Вторая ступень - применение экранирующих устройств, обеспечивающих снижение напряженности до 5 кВ/м.

Двухступенчатая защита позволяет не только значительно уменьшить объем экранирования территории ПС, но и сохранить неизменной принятую в стране систему технического обслуживания оборудования.

Из мероприятий, реализующих первую ступень биозащиты, наиболее эффективными являются:

- установка оборудования на более высоких фундаментах, что не только увеличивает расстояние до токоведущих частей, но и усиливает экранирующее действие фундаментов;
- использование такого расположения разноименных фаз, при котором их компенсирующее действие оказывается максимальным;
- применение компоновок без верхнего яруса шин, что упрощает защиту при ремонте выключателей;
- увеличение расстояния между выключателями и сборными шинами; применение параллельного расположения шинных разъединителей вместо килевого;
- создание в ОРУ специальных пешеходных дорожек;
- вынос зданий и сооружений из зон влияния ЭП и т.д.

Стационарные экранирующие устройства разрабатывались с расчетом на установку при сооружении новых ПС. Однако многие из них применимы и на действующих ПС (если не нарушаются установленные изоляционные расстояния). Экраны выполняются из унифицированных элементов (тросов) с оптимальными параметрами, обеспечивающими необходимую эффективность при малой металлоемкости. Оптимизация параметров экранов достигнута благодаря использованию эффекта миграции точки ветвления ЭП в экранируемом пространстве при изменении числа тросов и расстояния между ними. Совмещение этой точки с местом расположения головы человека автоматически обеспечивает наиболее благоприятное распределение ЭП в экранирующем пространстве.

В последнее время основным средством защиты персонала становятся средства индивидуальной защиты (экранирующие комплекты). Для линейного персонала они были и остаются единственным техническим средством защиты от ЭП. Создано новое поколение экранирующих комплектов из новой экранирующей ткани. Электропроводность новой ткани достигается покрытием определенных тканей общего назначения электрохимическим способом соединениями ряда металлов (никель, железо, медь, кобальт), которые наносятся на активированную сульфидами цинка, меди, железа, серебра и палладия поверхность основы. Покрытие обеспечивает хорошую адгезию и соответственно стойкость. Эффективность экранирования новой электропроводящей ткани, а следовательно, и ее защитные свойства, в 10-15 раз выше, чем у электропроводящих тканей, применявшихся ранее. Поэтому новые экранирующие комплекты обеспечивают идеальную защиту от ЭП независимо от

его напряженности. Причем оптимальное сочетание защитных и гигиенических свойств достигается выбором основы (ткани общего назначения) с заданной плотностью.

По своему назначению экранирующие комплекты нового поколения разделяются на две группы. Одна группа - это комплекты для работы в электрическом поле на потенциале земли (работа на ПС и ВЛ в зоне влияния электрического поля), вторая - комплекты для работы под напряжением на потенциале проводов не отключённых ВЛ.

Экранирующие комплекты всех типов создают замкнутое пространство вокруг тела человека (индивидуальную клетку Фарадея), исключая проникновение ЭП, даже очень высокой интенсивности, внутрь экранированного пространства. Обладая высокой проводимостью, комплекты шунтируют тело человека, исключая протекание через него тока смещения и импульсных токов.

Проектирование, сооружение и эксплуатация ВЛ должны осуществляться с учетом необходимости обеспечения безопасных и безвредных условий для населения, проживающего, проводящего сельскохозяйственные и другие работы или временно находящегося вблизи ВЛ, путем снижения напряженности ЭП до допустимых уровней [23].

Для снижения напряженности ЭП в местах пребывания людей следует: выбирать трассу ЭП с таким расчетом, чтобы сложившаяся к началу проектирования жилого застройки, включая жилые и общественные здания и сооружения, дачи и садовые участки, гаражи, площадки для стоянки транспорта, не попадала в санитарно-защитную зону вновь сооружаемой ВЛ.

Границы санитарно-защитных зон вдоль трассы ВЛ должны определяться при проектировании ВЛ расчетом или измерением на аналогичных эксплуатируемых ВЛ. Для ВЛ с горизонтальным расположением проводов допускается принимать эти границы на следующих расстояниях от проекции на землю крайних фазных проводов в направлении, перпендикулярном к ВЛ, по обе стороны от нее [23]:

330 кВ — 20 м;

500 кВ — 30 м;

750 кВ — 40 м;

1150 кВ — 55 м.

В пределах санитарно-защитной зоны запрещается размещение жилых и общественных зданий из дерева и других не экранирующих материалов, а также детских и игровых площадок, площадок для стоянки и остановки общественного транспорта, предприятий по обслуживанию автомобилей и складов нефтепродуктов.

Минимальное расстояние от зданий и сооружений до ВЛ определяется требованиями ПУЭ [23]. Расстояние от проекции проводов ВЛ до ограды садовых и дачных участков, а также гаражных

боксов должно быть не менее 1 м. Должен быть обеспечен подъезд транспорта к любому участку ВЛ.

Т а б л и ц а 2.3 - Минимально допустимые габариты ВЛ до земли

Расположение пролета ВЛ	Минимальный габарит проводов до земли, м, при номинальном напряжении, кВ			
	220	500	750	1150
В населенной местности	11	15,5	23	—
На пересечениях с автодорогами	8,5	9,5	16	23
В ненаселенной местности	7,5	8	12	17,5
В труднодоступной местности	6,5	7	10	15

Трассы проектируемых и вновь сооружаемых ВЛ должны выбираться таким образом, чтобы объекты, перечисленные выше, не оказались в пределах санитарно-защитных зон или были вынесены за пределы этих зон. Вынос осуществляется организацией, эксплуатирующей ВЛ, за счет средств, которые должны быть предусмотрены проектом.

Обеспечение защиты персонала энергопредприятий от МП осуществляется путем проведения организационных и технических мероприятий. К организационным относятся мероприятия, обеспечивающие соблюдение требований ограничения продолжительности пребывания персонала в условиях воздействия МП (без нарушения сложившейся системы эксплуатационного обслуживания электрооборудования) и организации рабочих мест на расстояниях от токоведущих частей оборудования, при которых соблюдаются требования ПДУ.

При проектировании электроустановок организационные мероприятия включают:

- отказ от размещения производственных помещений, рассчитанных на постоянное пребывание персонала, вблизи токоведущих частей электроустановок, а также под и над токоведущими частями оборудования (например, токопроводами), за исключением случаев, когда уровни МП по результатам расчета не превышают предельно допустимых;
- расположение путей передвижения обслуживающего персонала на расстоянии от экранированных токопроводов и (или) шинных мостов, обеспечивающих соблюдение ПДУ.

При проектировании ВЛ предпочтение должно отдаваться двухцепным ВЛ с расположением фазных проводов, обеспечивающим максимальную компенсацию МП фазных проводов обеих цепей. При эксплуатации электроустановок организационные мероприятия должны состоять в следующем:

- зоны с уровнями МП, превышающими предельно допустимые, где по условиям эксплуатации не требуется даже кратковременное пребывание персонала (например, камеры выводов турбогенераторов), должны

ограждаться и обозначаться соответствующими предупредительными знаками;

- осмотр электрооборудования, находящегося под напряжением, должен осуществляться из зон с уровнями МП, удовлетворяющими нормативным требованиям;

- ремонт электрооборудования следует производить вне зоны влияния МП.

К техническим относятся мероприятия, снижающие уровни МП на рабочих местах путем экранирования источников МП или рабочих мест. Экранирование должно осуществляться посредством магнитных экранов с высокой магнитной постоянной (например, пермаллоевых) или активных экранов.

Исследования показывают что, для защиты организма обслуживающего персонала от действия электромагнитных излучений необходимо снижение их интенсивности до уровней, не превышающих предельно допустимые. Защита обеспечивается выбором конкретных методов и средств, учетом их экономических показателей, простотой и надежностью эксплуатации [24].

3. Экспериментальные исследования напряженности ЭМП на энергетических объектах высокого напряжения

3.1 Методика проведения эксперимента и обработки результатов

Несмотря на очевидные преимущества расчетных методов применительно к решению проблем электромагнитного мониторинга, экспериментальные исследования прочно сохраняют свои позиции в случаях:

- когда информация об устройстве объекта исследования отсутствует или недостаточна для построения корректной расчетно-теоретической модели;

- когда параметры, характеризующие режим работы объекта, оказываются трудно предсказуемыми;

- когда исходные параметры расчетной модели могут быть определены лишь на основе экспериментальных данных.

И, наконец, корректно поставленный эксперимент в адекватных условиях является лучшим критерием проверки точности результатов, получаемых расчетным путем.

Экспериментальные исследования ЭМП построим таким образом, чтобы условия проведения эксперимента были аналогичны условиям, моделируемым при расчете.

Измерения ЭМП высоковольтных ЛЭП проводятся следующим образом:

- электрическое и магнитное поля измеряются на высоте 2 м от поверхности Земли в направлении, перпендикулярном линии электропередач, в

нескольких сечениях на протяжении всего следования линии, при этом необходимо учитывать возможное совместное прохождение линий различного класса напряжений и корректно интерпретировать результаты для этих случаев:

- магнитное поле измеряется систематически в течении некоторого времени (месяц, полгода, год) с целью проверки корреляции с соответствующим графиком загрузки линий;
- измерения контрольных точек корректируются в соответствии с характером рельефа местности;
- измерения проводятся до расстояний, превышающих размеры зоны, в которой контролируемые параметры оказываются больше своих предельно допустимых значений, регламентированных СанПиН.

В качестве объекта исследования для проведения измерения были выбраны и проводились эксплуатирующиеся в электрических сетях АО «КЕГОС», на высоковольтной подстанций ЦГПП "Центральная" ПС 500/220/110/10 кВ и воздушных ЛЭП - 500 кВ, ЛЭП - 220 кВ,.

Измерения проводились с целью оценки уровней электромагнитных полей и, одновременно, проверки корректности расчетов, проведенных ранее.

Уровни напряженности электрического и магнитного полей определялись на высоте 2,0 м от поверхности Земли.

Измерения проводилась с помощью измерителя параметров электромагнитного поля промышленной частоты ВЕ-50 (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1- Измеритель параметров ЭМП промышленной частоты ВЕ-50

Измерения проводились на отметках 0, 2, 5, 10, 15, 20, 50 метров от оси проходящей вдоль направления следования каждой ЛЭП. Процесс проведения измерений напряженности электромагнитного поля ЛЭП при помощи прибора ВЕ-50 показан на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2 – Процесс проведения измерений напряженности ЭМП при помощи прибора VE-50

В каждой точке производилось не менее трех измерений, в протокол занесены максимальные значения полученных уровней.

На рисунке 3.3 показаны контролируемые зоны ОРУ подстанции. На территории подстанции расположены трансформаторы, разрядники грозозащиты, помещение компенсирующих и фильтровых реакторов.

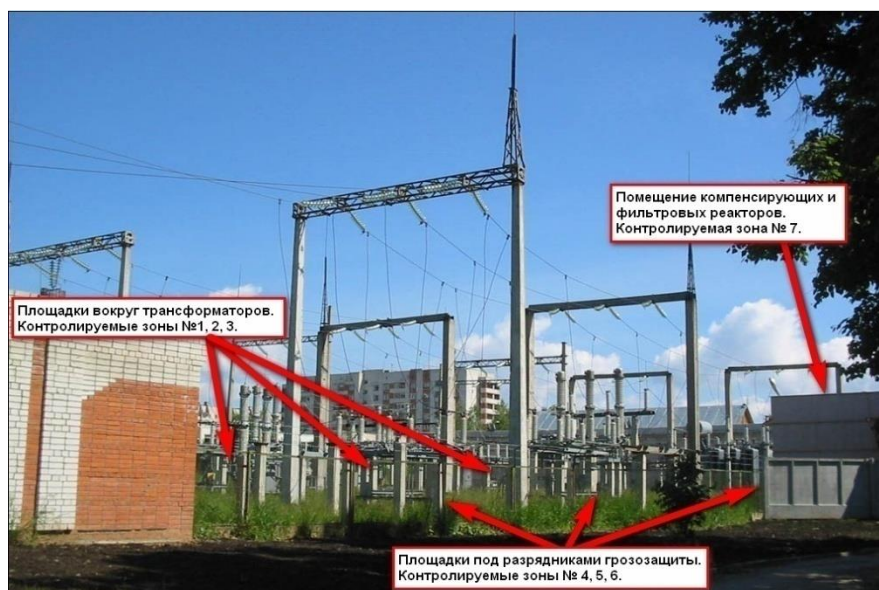


Рисунок 3.3 - Контролируемые (измеряемые) зоны ОРУ подстанции

Измерения напряженности ЭМП проводились в электрических сетях 110, 220, 500 кВ АО «КЕГОС», на высоковольтной подстанций ЦГПП "Центральная" ПС 500/220/110/10 кВ и приведены только средние значения, полученные экспериментальным путем. А также построены графики, полученные теоретическим путем. На рисунках А1-А6 (приложение А),

показаны распределения электрического и магнитного полей воздушных ЛЭП с напряжением 110,220 и 500 кВ.

Приведенные результаты измерений в указанных точках территории на различных расстояниях от объекта, полученные с помощью прибора для измерения напряженности ЭМП промышленной частоты ВЕ-50 в целом хорошо соответствуют результатам прогнозирования электромагнитной обстановки, полученными расчетно-аналитическим путем по разработанной ранее методике.

Некоторые количественные расхождения между расчетными и экспериментальными результатами, очевидно, объясняются влиянием случайных факторов, которые не учитываются в методиках проведения расчетных и экспериментальных исследований.

3.2. Результаты экспериментальных исследований ЭМП трансформаторной подстанции

Объектом исследования являлось оборудование трансформаторной подстанции, расположенной вблизи жилого дома.

Подстанция оборудована двумя трансформаторами, каждый из которых рассчитан на номинальную нагрузку 640 кВА. Текущая нагрузка подстанции на момент проведения измерений 750 кВА.

Напряженность электрического поля, создаваемого ВЛЭП, можно разложить на две составляющие – горизонтальную и вертикальную, которые соответственно равны:

$$E = \frac{C \cdot U_{\Phi}}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \sqrt{(2 \cdot \kappa_1 - \kappa_2 - \kappa_3)^2 + 3(\kappa_3 - \kappa_5)^2} \quad (3.1)$$

$$E = \frac{C \cdot U_{\Phi}}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \sqrt{(2 \cdot \kappa_2 - \kappa_4 - \kappa_6)^2 + 3(\kappa_4 - \kappa_6)^2} \quad (3.2)$$

где, $\kappa_1, \kappa_2, \dots, \kappa_6$ – коэффициенты;

C – емкость фазы трехфазной линии относительно земли на единицу длины линии, Ф/м; U_{Φ} – фазное напряжение линии, кВ; ϵ_0 – электрическая постоянная, Ф/м ($\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$).

Искомая напряженность электрического поля трехфазной ВЛЭП с горизонтальным расположением проводов:

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} \quad (3.3)$$

$$E = \frac{C \cdot U_{\phi}}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \sqrt{(2 \cdot \kappa_1 - \kappa_2 - \kappa_3)^2 + 3(\kappa_3 - \kappa_5)^2 + (2 \cdot \kappa_2 - \kappa_4 - \kappa_6)^2 + 3(\kappa_4 - \kappa_6)^2} \quad (3.4)$$

Значение C определяется по формуле:

$$C = \frac{2\pi \cdot \varepsilon_0}{\ln \frac{2 \cdot H_{cp} \cdot d}{r^3 \sqrt{(4 \cdot H_{cp}^2 + d^2)} \sqrt{H_{cp}^2 + d^2}}} \quad (3.5)$$

где, H_{cp} – средняя высота подвеса проводов над поверхностью земли, м; d – расстояние между фазными проводами, м; r – эквивалентный радиус провода, м.

Эквивалентный радиус провода рассчитывается по формуле:

$$r = P^{\frac{1}{3}} \sqrt[n]{r_0 \cdot a^{n-1}} \quad (3.6)$$

где, n – количество проводов в расщепленной фазе; P – поправочный коэффициент, при $n = 3$ $P = 1$; a – шаг расщепления, см.

Коэффициенты $\kappa_1, \kappa_2 \dots \kappa_6$ вычисляются соответственно по формулам:

$$\kappa_1 = \frac{x+d}{m_A^2} - \frac{x+d}{n_A^2}; \quad (3.7)$$

$$\kappa_2 = \frac{H_0-h}{m_A^2} + \frac{H_0+h}{n_A^2}; \quad (3.8)$$

$$\kappa_3 = \frac{x}{m_B^2} - \frac{x}{n_B^2}; \quad (3.9)$$

$$\kappa_4 = \frac{H_0-h}{m_B^2} + \frac{H_0+h}{n_B^2}; \quad (3.10)$$

$$\kappa_5 = \frac{x-d}{m_C^2} - \frac{x-d}{n_C^2}; \quad (3.11)$$

$$\kappa_6 = \frac{H_0-h}{m_C^2} + \frac{H_0+h}{n_C^2}; \quad (3.12)$$

Отрезки m и n являются гипотенузами соответствующих прямоугольных треугольников (рис. 1) и определяются следующими уравнениями:

$$m_A = \sqrt{(x+d)^2 + (H_0 - h)^2}, \quad n_A = \sqrt{(x+d)^2 + (H_0 + h)^2} \quad (3.13)$$

$$m_B = \sqrt{x^2 + (H_0 - h)^2}, \quad n_B = \sqrt{x^2 + (H_0 + h)^2} \quad (3.14)$$

$$m_C = \sqrt{(x-d)^2 + (H_0 - h)^2}, \quad n_C = \sqrt{(x-d)^2 + (H_0 + h)^2} \quad (3.15)$$

где, x – расстояние от оси линии до расчетной точки, м; H_0 – габарит линии, м; h – высота расчетной точки, м.

Подставляем исходные данные и решаем задачу в числах.

Предварительно определяем емкость фазы относительно земли:

$$r = 1 \cdot \sqrt[3]{0.0126 \cdot 0.76^{3-1}} = 0.194 \text{ м}$$

$$C = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}}{\ln \frac{2 \cdot 13.1 \cdot 10.5}{0.194 \cdot \sqrt[3]{(4 \cdot 13.1^2 + 10.5^2) \sqrt{13.1^2 + 10.5^2}}}} = 1.36 \cdot 10^{-11} \text{ Ф/м}$$

Высота расчетной точки принимаем равным 1,8 м /2/.

Ниже приведены расчеты напряженности электрического поля для $x=0$ м и $x=45$ м. 1. Расчетная точка находится под средней фазой ($x = 0$)
Находим отрезки m и n :

$$m_A = m_C = \sqrt{10,5^2 + (8,65 - 1,8)^2} = 12,54 \text{ м};$$

$$n_A = n_C = \sqrt{10,5^2 + (8,65 + 1,8)^2} = 14,81 \text{ м};$$

$$m_B = 8,65 - 1,8 = 6,85 \text{ м};$$

$$n_B = 8,65 + 1,8 = 10,45 \text{ м}.$$

Определяем коэффициенты k :

$$k_1 = \frac{10.5}{12.54^2} - \frac{10.5}{14.81^2} = 1.89 \cdot 10^{-2};$$

$$k_2 = \frac{8.65 - 1.8}{12.54^2} + \frac{8.65 + 1.8}{14.81^2} = 9.12 \cdot 10^{-2};$$

$$k_3 = 0;$$

$$k_4 = \frac{8.65 - 1.8}{6.85^2} + \frac{8.65 + 1.8}{10.45^2} = 0.242;$$

$$k_5 = \frac{-10.5}{12.54^2} - \frac{-10.5}{14.81^2} = -1.89 \cdot 10^{-2};$$

$$k_2 = \frac{8.65 - 1.8}{12.54^2} + \frac{8.65 + 1.8}{14.81^2} = 9.12 \cdot 10^{-2};$$

Горизонтальная составляющая напряженности:

$$E_x = \frac{1.36 \cdot 10^{-11} \cdot 500}{\sqrt{3} \cdot 4 \cdot 3.14 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} \cdot \sqrt{(2 \cdot 1.89 \cdot 10^{-2} - 0 + 1.89 \cdot 10^{-2})^2 + 3(0 + 1.89 \cdot 10^{-2})^2} =$$

$$= 2.312 \text{ кВ/м}$$

Вертикальная составляющая:

$$E_y = \frac{1.36 \cdot 10^{-11} \cdot 500}{\sqrt{3} \cdot 4 \cdot 3.14 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} \times$$

$$\times \sqrt{(2 \cdot 9.12 \cdot 10^{-2} - 0.242 - 9.12 \cdot 10^{-2})^2 + 3(0.242 - 9.12 \cdot 10^{-2})^2} =$$

$$= 10.64 \text{ кВ/м}$$

Суммарная напряженность:

$$E = \sqrt{2.312^2 + 10.64^2} = 10.89 \text{ кВ/м}$$

2. Расчетная точка находится на расстоянии $x = 45$ м от оси воздушной линии. Находим отрезки m и n :

$$m_A = \sqrt{(45 + 10.5)^2 + (8.65 - 1.8)^2} = 55.92 \text{ м}$$

$$n_A = \sqrt{(45 + 10.5)^2 + (8.65 + 1.8)^2} = 56.48 \text{ м}$$

$$m_B = \sqrt{45^2 + (8.65 - 1.8)^2} = 45.52 \text{ м}$$

$$m_B = \sqrt{45^2 + (8.65 + 1.8)^2} = 46.2 \text{ м}$$

$$m_C = \sqrt{(45 - 10.5)^2 + (8.65 - 1.8)^2} = 35.2 \text{ м}$$

$$n_c = \sqrt{(45 - 10.5)^2 + (8.65 - 1.8)^2} = 36 \text{ м}$$

Определяем коэффициенты k:

$$k_1 = \frac{45 + 10.5}{55.92^2} - \frac{45 + 10.5}{56.48^2} = 3.5 \cdot 10^{-4};$$

$$k_2 = \frac{8.65 - 1.8}{55.92^2} + \frac{8.65 + 1.8}{56.48^2} = 5.5 \cdot 10^{-3};$$

$$k_3 = \frac{45}{45.52^2} - \frac{45}{46.2^2} = 6.35 \cdot 10^{-4};$$

$$k_4 = \frac{8.65 - 1.8}{45.52^2} + \frac{8.65 + 1.8}{46.2^2} = 8.2 \cdot 10^{-3};$$

$$k_5 = \frac{45 - 10.5}{35.2^2} - \frac{45 - 10.5}{36^2} = 1.22 \cdot 10^{-3};$$

$$k_6 = \frac{8.65 - 1.8}{35.2^2} + \frac{8.65 + 1.8}{36^2} = 0.014;$$

Горизонтальная составляющая напряженности:

$$E_x = \frac{1.36 \cdot 10^{-11} \cdot 500}{\sqrt{3} \cdot 4 \cdot 3.14 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} \times \\ \times \sqrt{(2 \cdot 3.5 \cdot 10^{-4} - 6.35 \cdot 10^{-4} - 1.22 \cdot 10^{-3})^2 + 3(6.35 \cdot 10^{-4} - 1.22 \cdot 10^{-3})^2} = \\ = 0.054 \text{ кВ/м}$$

Вертикальная составляющая:

$$E_y = \frac{1.36 \cdot 10^{-11} \cdot 500}{\sqrt{3} \cdot 4 \cdot 3.14 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} \times \\ \times \sqrt{(2 \cdot 5.5 \cdot 10^{-3} - 8.2 \cdot 10^{-3} - 0.014)^2 + 3(8.2 \cdot 10^{-3} - 0.014)^2} = \\ = \frac{0.445 \text{ кВ}}{\text{м}}$$

Суммарная напряженность:

$$E = \sqrt{0.054^2 + 0.445^2} = 0.448 \text{ кВ/м}$$

На рисунке 2 представлен график полученной зависимости $E(R)$, построенный по формуле (3) с помощью программно-вычислительного комплекса Mathcad, а в таблице 1 некоторые значения $E(R)$.

Т а б л и ц а 3 . 1 Значения $E(r)$

$r, \text{ м}$	0	10	10,5	20	30	36,08	40
$E(r), \text{ кВ/м}$	10,89	13,03	13,211	5,623	1,755	1	0,729

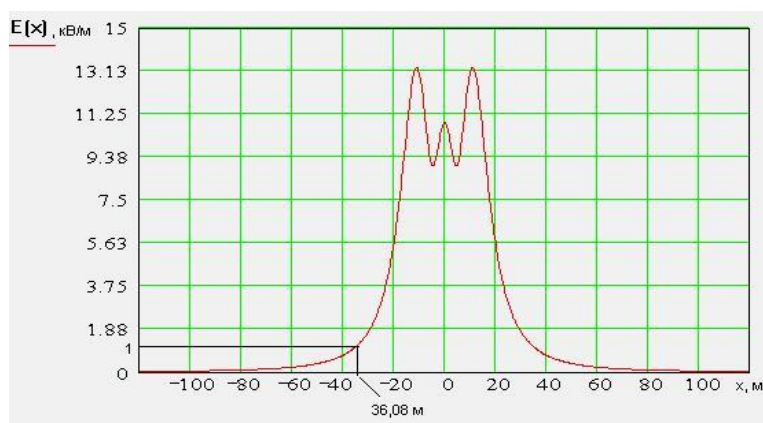


Рисунок 3.2 – График зависимости $E(R)$ для $a=76 \text{ см}$

Для территории селитебной зоны предельно допустимый уровень напряженности электрического поля составляет 1 кВ/м [2]. Согласно графику, напряженность поля принимает значение 1 кВ/м на расстоянии $36,08 \text{ м}$ от оси воздушной линии.

Границы санитарно-защитной зоны для воздушной линии по электрическому полю промышленной частоты равна [2]

$$L_{CЗЗ} = 36,08 - d = 36,08 - 10,5 = 25,58 \text{ м.}$$

Проведем аналогичные расчеты для оптимального шага расщепления. Как известно из третьей задачи $a_{\text{опт}} = 25,86 \text{ см}$.

$$r = 1 \cdot \sqrt[3]{0,0126 \cdot 0,25856^{3-1}} = 0,094 \text{ м}$$

$$C = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}}{\ln \frac{2 \cdot 13,1 \cdot 10,5}{0,094 \cdot \sqrt[3]{(4 \cdot 13,1^2 + 10,5^2) \sqrt{13,1^2 + 10,5^2}}}} = 1,154 \cdot 10^{-11} \text{ Ф/м}$$

1. Расчетная точка находится под средней фазой ($x = 0$)

Находим отрезки m и n :

$$m_A = m_C = \sqrt{10.5^2 + (8.65 - 1.8)^2} = 12.54 \text{ м};$$

$$n_A = n_C = \sqrt{10.5^2 + (8.65 + 1.8)^2} = 14.81 \text{ м};$$

$$m_B = 8.65 - 1.8 = 6.85 \text{ м};$$

$$n_B = 8.65 + 1.8 = 10.45 \text{ м};$$

Определяем коэффициенты k :

$$k_1 = \frac{10.5}{12.54^2} - \frac{10.5}{14.81^2} = 1.89 \cdot 10^{-2};$$

$$k_2 = \frac{8.65 - 1.8}{12.54^2} + \frac{8.65 + 1.8}{14.81^2} = 9.12 \cdot 10^{-2};$$

$$k_3 = 0;$$

$$k_4 = \frac{8.65 - 1.8}{6.85^2} + \frac{8.65 + 1.8}{10.45^2} = 0.242;$$

$$k_5 = \frac{-10.5}{12.54^2} - \frac{-10.5}{14.81^2} = -1.89 \cdot 10^{-2};$$

$$k_2 = \frac{8.65 - 1.8}{12.54^2} + \frac{8.65 + 1.8}{14.81^2} = 9.12 \cdot 10^{-2};$$

Горизонтальная составляющая напряженности:

$$E_x = \frac{1.154 \cdot 10^{-11} \cdot 500}{\sqrt{3} \cdot 4 \cdot 3.14 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} \cdot \sqrt{(2 \cdot 1.89 \cdot 10^{-2} - 0 + 1.89 \cdot 10^{-2})^2 + 3(0 + 1.89 \cdot 10^{-2})^2} =$$

$$= 1.968 \text{ кВ/м}$$

Вертикальная составляющая:

$$E_y = \frac{1.154 \cdot 10^{-11} \cdot 500}{\sqrt{3} \cdot 4 \cdot 3.14 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} \times$$

$$\times \sqrt{(2 \cdot 9.12 \cdot 10^{-2} - 0.242 - 9.12 \cdot 10^{-2})^2 + 3(0.242 - 9.12 \cdot 10^{-2})^2} =$$

$$= 9.018 \text{ кВ/м}$$

Суммарная напряженность:

$$E = \sqrt{1.968^2 + 9.018^2} = 9.23 \text{ кВ/м}$$

2. Расчетная точка находится на расстоянии $x = 45$ м от оси воздушной линии. Находим отрезки m и n :

$$m_A = \sqrt{(45 + 10.5)^2 + (8.65 - 1.8)^2} = 55.92 \text{ м}$$

$$n_A = \sqrt{(45 + 10.5)^2 + (8.65 + 1.8)^2} = 56.48 \text{ м}$$

$$m_B = \sqrt{45^2 + (8.65 - 1.8)^2} = 45.52 \text{ м}$$

$$n_B = \sqrt{45^2 + (8.65 + 1.8)^2} = 46.2 \text{ м}$$

$$m_C = \sqrt{(45 - 10.5)^2 + (8.65 - 1.8)^2} = 35.2 \text{ м}$$

$$n_C = \sqrt{(45 - 10.5)^2 + (8.65 + 1.8)^2} = 36 \text{ м}$$

Определяем коэффициенты k :

$$k_1 = \frac{45 + 10.5}{55.92^2} - \frac{45 + 10.5}{56.48^2} = 3.5 \cdot 10^{-4};$$

$$k_2 = \frac{8.65 - 1.8}{55.92^2} + \frac{8.65 + 1.8}{56.48^2} = 5.5 \cdot 10^{-3};$$

$$k_3 = \frac{45}{45.52^2} - \frac{45}{46.2^2} = 6.35 \cdot 10^{-4};$$

$$k_4 = \frac{8.65 - 1.8}{45.52^2} + \frac{8.65 + 1.8}{46.2^2} = 8.2 \cdot 10^{-3};$$

$$k_5 = \frac{45 - 10.5}{35.2^2} - \frac{45 - 10.5}{36^2} = 1.22 \cdot 10^{-3};$$

$$k_6 = \frac{8.65 - 1.8}{35.2^2} + \frac{8.65 + 1.8}{36^2} = 0.014;$$

Горизонтальная составляющая напряженности:

$$E_x = \frac{1.154 \cdot 10^{-11} \cdot 500}{\sqrt{3} \cdot 4 \cdot 3.14 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} \cdot \sqrt{(2 \cdot 3.5 \cdot 10^{-4} - 6.35 \cdot 10^{-4} + 1.22 \cdot 10^{-3})^2 + 3(6.35 \cdot 10^{-4} - 1.22 \cdot 10^{-3})^2} = 0.053 \text{ кВ/м}$$

Вертикальная составляющая:

$$E_y = \frac{1.154 \cdot 10^{-11} \cdot 500}{\sqrt{3} \cdot 4 \cdot 3.14 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} \times \\ \times \sqrt{(2 \cdot 5.5 \cdot 10^{-3} - 8.2 \cdot 10^{-3} - 0.014)^2 + 3(8.2 \cdot 10^{-3} - 0.014)^2} = \\ = 0.428 \text{ кВ/м}$$

Суммарная напряженность:

$$E = \sqrt{0.053^2 + 0.428^2} = 0.432 \text{ кВ/м}$$

На рисунке 3 представлен график полученной зависимости $E(R)$, построенный по формуле (3) с помощью программно-вычислительного комплекса Mathcad, а в таблице 2 некоторые значения $E(R)$.

Т а б л и ц а 3.2 - Значения $E(r)$ для $a_{\text{опт}}$

$r, \text{ м}$	0	10	10,5	20	30	34,2	40
$E(r), \text{ кВ/м}$	9,23	11,069	11,223	4,777	1,491	1	0,619

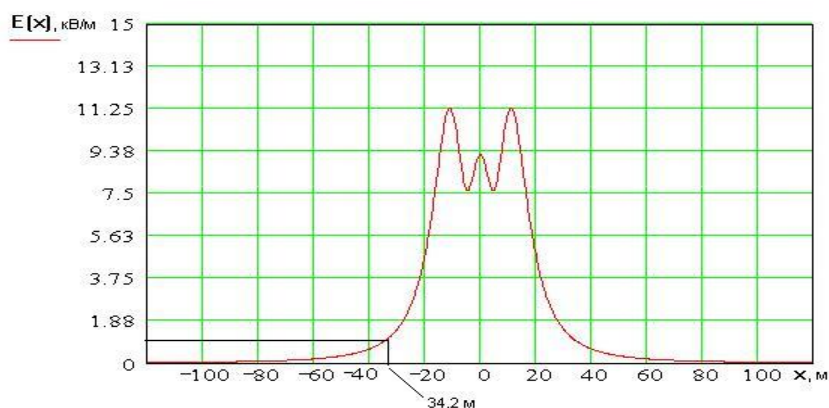


Рисунок 3.3 – График зависимости $E(R)$ для $a=25,86 \text{ см}$

Напряженность электрического поля принимает значение 1 кВ/м на расстоянии 34,2 м от оси воздушной линии.

Границы санитарно-защитной зоны для воздушной линии по электрическому полю промышленной частоты равна:

$$I_{\text{СЗЗ}} = 34,2 - d = 34,2 - 10,5 = 23,7 \text{ м}$$

$$\Delta I = \frac{I_{\text{СЗЗ}} - I_{\text{СЗЗ}}}{I_{\text{СЗЗ}}} \cdot 100 = \frac{36,08 - 34,2}{36,08} \cdot 100 = 5,2\%$$

Таким образом, для оптимального шага расщепления размер санитарно-защитной зоны для воздушной линии по электрическому полю промышленной частоты уменьшается на 5,2 % по сравнению с исходным значением - $a=76$ см.

Уровни экспериментальной напряженностей электрического и магнитного полей определялись с помощью прибора ВЕ-50 на высоте 1,5м от плоскости установки трансформаторов. Внешний вид трансформаторной подстанции приведен на рисунке 3.4.

Измерения электрического поля не выявили сколько-нибудь существенных уровней, отличимых от уровня фона, создаваемого соединительными линиями. Данный факт, очевидно, обусловлен тем обстоятельством, что электрическое поле в трансформаторной подстанции концентрируется вблизи высоковольтных вводов и корпусов трансформаторов.

При этом значительное ослабление электрического поля вне помещения трансформаторной подстанции вызвано экранирующим действием стен помещения, имеющего заземленную арматуру. В связи с этим дальнейшие измерения электрического поля было признано нецелесообразным.

Для трансформаторных подстанций целесообразно проводить измерения только магнитного поля.

Измерения магнитного поля проводились на различных азимутальных направлениях (рисунок 3.5). В каждой точке производилось не менее трех измерений, в протокол занесены средние значения полученных уровней напряженности магнитного поля.

На рисунках 3.6 и 3.7 приведены результаты измерений напряженности магнитного поля трансформаторной подстанции, проведенных на различных высотах для различных азимутальных направлений.

Результаты измерений на указанных азимутах на различных расстояниях от объекта, полученные с помощью прибора для измерения напряженности ЭМП промышленной частоты ВЕ-50, по структуре поля хорошо соответствуют результатам прогнозирования электромагнитной обстановки, получаемым расчетно-аналитическим путем для аналогичных объектов.



Рисунок 3.4 - Внешний вид исследуемой трансформаторной подстанции

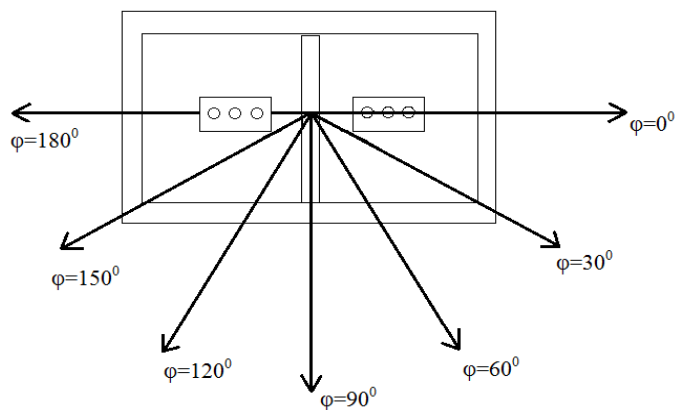


Рисунок 3.5 - Диаграмма выбора контрольных точек измерения магнитного поля

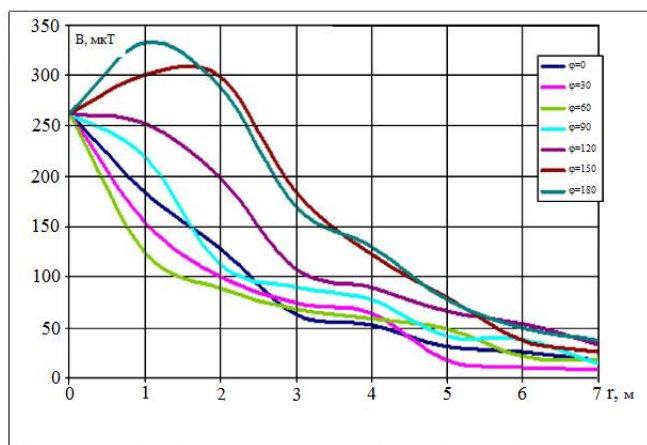


Рисунок 3.6 - Распределение магнитного поля трансформаторной подстанции на высоте 1.5 м от плоскости пола

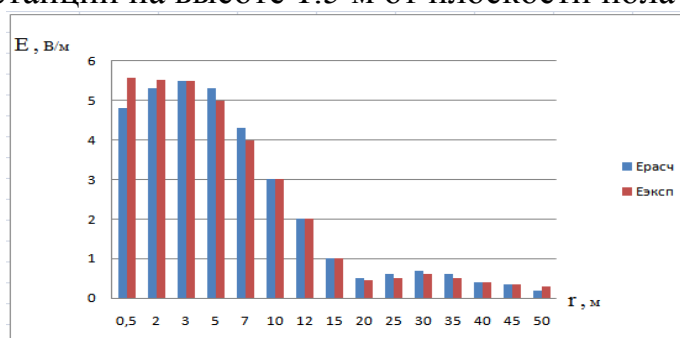


Рисунок 3.9 - Распределение электрических полей вдоль ВЛЭП 220кВ

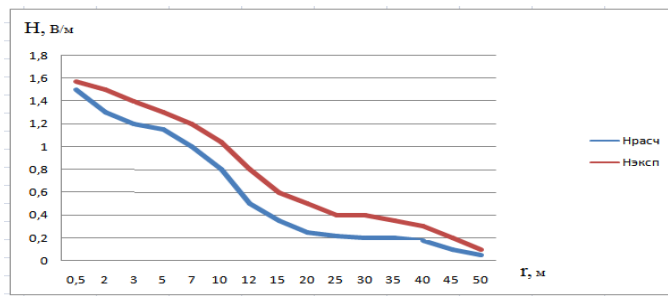


Рисунок 3.10 - Распределение магнитных полей вдоль ЛЭП 220кВ

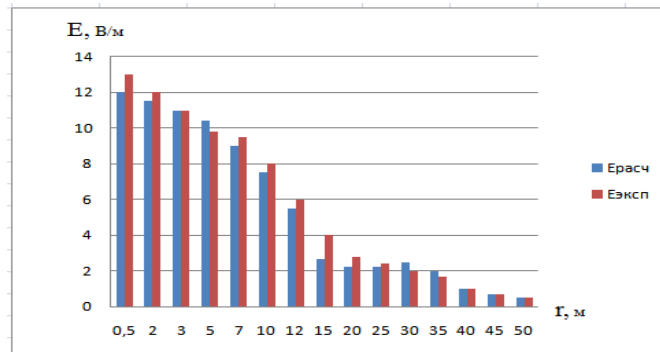


Рисунок 3.11 - Распределение электрических полей вдоль ЛЭП 500 кВ

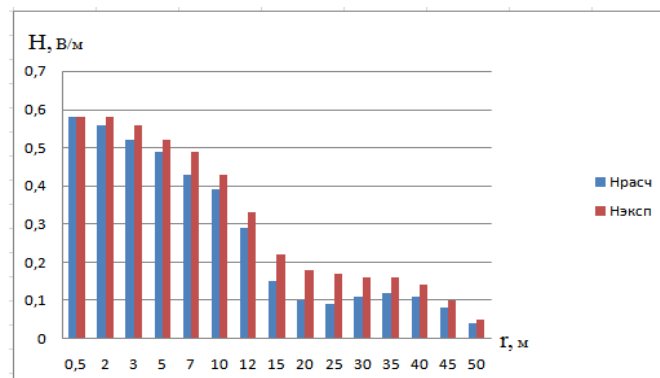


Рисунок 3.12 - Распределение магнитных полей вдоль ЛЭП 500 кВ

4. Разработка проекта организации работ при обслуживании линий сверхвысокого напряжения

Электромагнитные излучения, в определенной степени, способствовали зарождению жизни на земле. Они сопровождали человечество на всем пути его развития. При этом интенсивность этих излучений все время усиливается. Обеспечить защиту от их воздействия путем пространственного разделения сфер нахождения людей и полей невозможно. Рассчитывать на адаптационные способности человека также не приходится. Все это заставляет искать новые эффективные решения по защите человека, в частности, линейного персонала, занятого эксплуатацией линий электропередачи сверхвысокого напряжения.

4.1. Применение расчетных карт распределения напряженности электрического поля вдоль линии электропередачи

Имеющиеся сегодня в распоряжении линейного персонала технические средства (приборы NFM-1, ИНЭП-50 и др.), не позволяют обеспечить организацию работ на линиях электропередачи сверхвысокого напряжения таким образом, чтобы исключить или существенно уменьшить риск повреждения здоровья.

Наиболее простым и экономичным решением в этом случае могло бы послужить применение расчетных карт напряженности электрического поля вдоль линии электропередачи. При этом следует заметить, что данное решение может быть внедрено на подобных линиях без промедления.

Рассмотрены различные варианты расчета напряженности электрического поля вдоль линии электропередачи. Используемые методики позволяют учесть температуру воздуха, рельеф местности, по которой проходит линия электропередачи, густоту кустарника. Все это позволяет утверждать о возможности расчета и составления карты распределения напряженности электрического поля вдоль линии электропередачи с учетом факторов, перечисленных выше.

В этом случае порядок подготовки указанных карт должен быть следующим. Мастер на основе густоты кустарника руководствуясь [18] определяется временные затраты на расчистку пролета линии электропередачи. При этом он составляет так же карту густоты кустарника, которая используется в дальнейшем для расчета с помощью пакета прикладных программ напряженности электрического поля под линией электропередачи с учетом экранирующего действия кустарника. В карте указывается коэффициент экранирования кустарником ЭП промышленной частоты. Накануне ведения работ на линии необходимо от метеорологической службы района, где проходит ЛЭП СВН, получить прогнозные данные по температуре воздуха. Далее, на основании данных о рельефе местности, пользуясь программами, необходимо построить

расчетную карту распределения напряженности электрического поля вдоль линии электропередачи. На основании карты напряженности, рассчитанной на 9 и 12 часов (погодные условия утром и днем) составляется карта перемещения работников. При разработке карты перемещения работников наряду с картами напряженности мастеру необходимо самому оценивать индивидуальное состояние работников: возраст, стаж и вытекающую из этого производительность труда для наиболее точного выравнивания дозовых нагрузок.

Площадь расчистки под одним пролетом относительно невелика и составляет порядка 1 га. Часто условия (заболоченность, густота кустарника) постоянны на протяжении всего пролета. В этом случае работы с минимальным риском для обслуживающего персонала можно организовать без использования расчетных карт напряженности ЭП.

На рисунках 4.1...4.4 представлены характерные (стилизованные) диаграммы распределения напряженности (сечение осуществлено по линиям максимальной напряженности).

На рисунке 4.1 представлены диаграммы распределения напряженности для линии, проходящей по относительно ровной местности.

В этом случае напряженность электрического поля, при перемещении от опоры А к опоре В монотонно нарастает, достигая своего максимума (как правило не превышающего для ЛЭП 500 кВ 14 кВ/м) в середине пролета, а затем монотонно убывает. Для обеспечения минимального воздействия электрического поля на персонал, занятый, например, расчисткой трассы (следует заметить, что за одну-полторы смены линейный персонал проходит обычно один пролет) указанные работы следует организовывать по схеме: бригада распределяется на две группы (расчистка проводится вручную), работа начинается в середине пролета (точка С) и каждая из групп двигается соответственно к опоре А или В. Учитывая, что в начале смены (через час после начала ведения работ) работоспособность персонала достигает своего максимума, можно утверждать о минимальном времени работы в зоне с наибольшей напряженностью электрического поля. Необходимо отметить, что работы по расчистке начинаются с восьми часов утра, когда температура воздуха ниже, чем в середине дня, а, следовательно, напряженность электрического поля в середине пролета существенно ниже, чем в полдень. По мере приближения к опорам напряженность электрического поля, уменьшаясь, достигнет значения, не превышающего 5 кВ/м (т.е. согласно [9] нахождение в этой зоне не представляет опасности для персонала).

Выше уже отмечались большая протяженность ЛЭП СВН и малая численность персонала, эксплуатирующего их. Вследствие этого бригада, проводящая расчистку трассы, может состоять из трех и даже двух человек. Если бригада состоит из 2...3 человек, то работать двумя группами может оказаться неудобно. В этом случае расчистку необходимо начинать на расстоянии 50...80 м от середины пролета (точка 0) и двигаться в сторону

опоры, которая находится дальше (в данном случае к опоре А). В первые 3 часа работы наблюдается высокая работоспособность персонала, кроме того, напряженность ЭП в середине пролета, утром ниже, чем днем. Это позволит существенно снизить экспозицию вредного фактора. Когда расчистка данной части пролета закончена необходимо продолжить работу от точки Э к опоре В (на следующий рабочий день) либо от опоры В к точке Б, если данный пролет можно расчистить за один день.

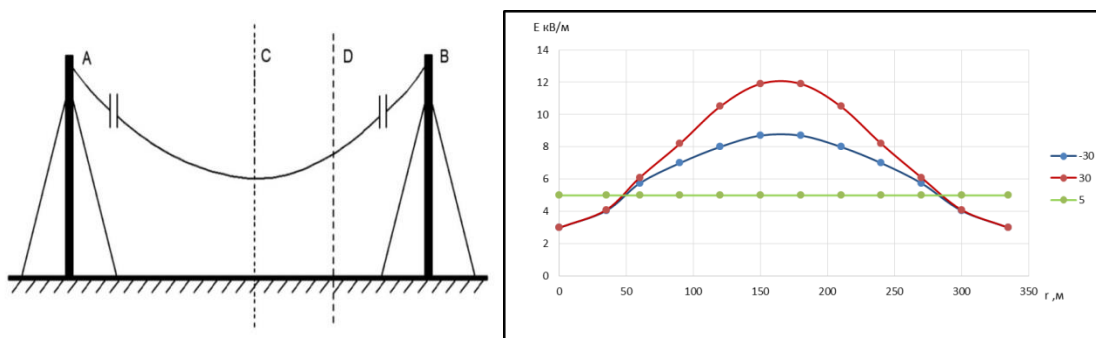


Рисунок 4.1 - Диаграммы распределения напряженности в пролете между опорами А и В (линия проходит по относительно ровной местности)

На рисунке 4.2 представлены диаграммы распределения напряженности для линии при наличии между точками А и В впадины.

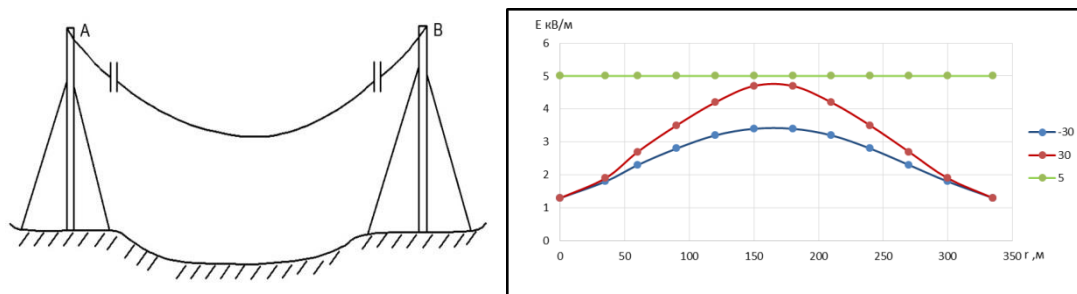


Рисунок 4.2 - Диаграммы распределения напряженности для линии при наличии между точками А и В впадины

При таком рельефе местности напряженность распределяется равномерно и, как правило, не превышает 5 кВ/м, т.е. нахождение в этой зоне не представляет опасности для персонала. В этом случае линейный персонал может сам выбирать направление движения и точку, с которой начнет расчистку. Как правило, это движение всей бригадой от точки А к точке В.

На рисунке 4.3 представлены диаграммы распределения напряженности для линии при наличии между точками А и В возвышенности.

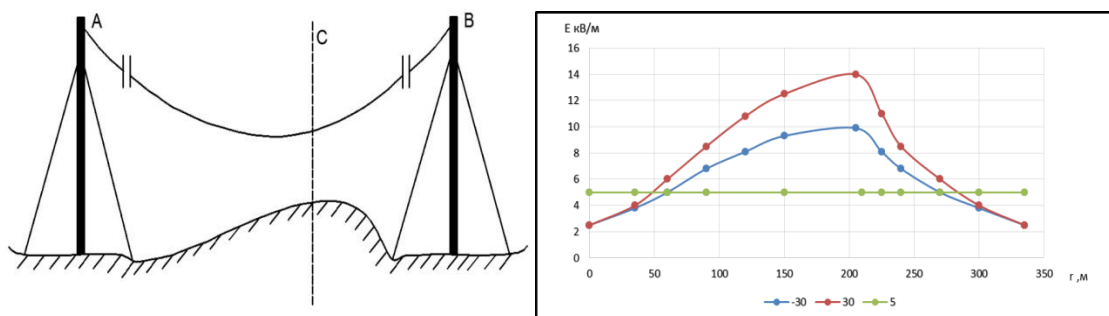


Рисунок 4.3 - Диаграммы распределения напряженности для линии при наличии между точками А и В возвышенности

В этом случае напряженность электрического поля, при перемещении от опоры А к опоре В нарастает, достигая своего максимума в точке, в которой расстояние от провода до поверхности земли минимально. В зависимости от положения возвышенности эта точка может находиться в середине пролета, а может быть смещена к одной из опор.

Для обеспечения минимального воздействия электрического поля на персонал следует организовывать работы по следующей схеме: работа начинается в точке, где на взгляд линейного персонала от провода до земли расстояние минимально (точка С). Это расстояние можно измерить, например, с помощью ультразвукового измерителя расстояния «Даль». Движение ведется к той из опор, расстояние до которой больше. Учитывая, что в начале смены физиологическое состояние персонала хорошее, а температура воздуха ниже, чем в середине дня, можно утверждать о минимальной экспозиции напряженности электрического поля. Когда расчистка данной части пролета закончена необходимо продолжить работу от опоры В к точке С. Это позволит достичь точки С к вечеру, когда температура воздуха, а следовательно напряженность ЭП ниже, чем в середине дня или в первой половине следующего дня, когда температура воздуха невелика и наблюдается высокая работоспособность персонала.

На рисунке 4.4 представлены диаграммы распределения напряженности при резком изменении рельефа в точке С и минимальном изменении при движении в сторону опоры В (ЛЭП СВН проходит по горной местности).

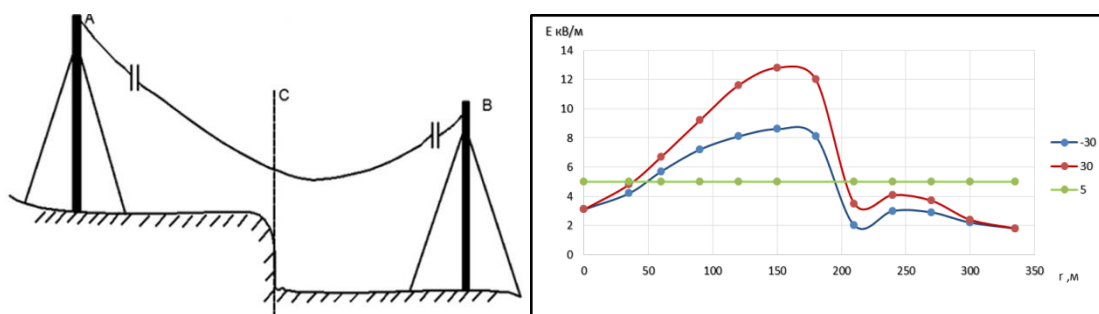


Рисунок 4.4 - Диаграммы распределения напряженности при резком изменении рельефа в точке С и минимальном изменении при движении в сторону опоры В (ЛЭП СВН проходит по горной местности)

В этом случае напряженность электрического поля, при перемещении от опоры В к точке С практически не изменяется и составляет менее 5 кВ/м, что не оказывает отрицательного действия на организм человека. Начиная с точки С происходит скачок значения напряженности. При этом напряженность может превысить 10 кВ/м. При движении от точки С к точке А напряженность незначительно снижается. Заметное уменьшение напряженности наблюдается только вблизи опоры, где сказывается ее экранирующее действие. Для обеспечения минимального воздействия электрического поля на персонал, занятый расчисткой трассы, указанные работы следует организовывать по схеме: работа начинается в точке С. Движение ведется к той из опор, которая расположена выше (в данном случае это опора А). Учитывая, что в начале смены физиологическое состояние персонала хорошее, можно утверждать о минимальном времени работы в зоне с наибольшей напряженностью электрического поля. По достижению опоры А, необходимо продолжить расчистку от опоры В.

4.2 Устройство индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на организм человека

Обеспечение защиты персонала, подвергающегося воздействию электрических полей, например, полей промышленной частоты электроустановок напряжением 500 кВ и выше, предполагает либо периодический, либо постоянный контроль напряженности электрического поля на месте производства работ. В настоящее время применительно к открытым распределительным устройствам это достигается в частности путем составления карт напряженности электрического поля. Для линий

электропередачи напряжением 500 кВ карты не составляются, а периодический контроль может быть осуществлен с помощью различных приборов, предназначенных для измерения напряженности электрического поля, например NFM - 1. Карты напряженности, и приборы типа NFM -1 не обеспечивают индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на организм человека.

Известно устройство для индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на организм человека, предназначенное для измерения экспозиции (количественной характеристики интенсивности и продолжительности вредного фактора) электрического поля индивидуально для каждого работника [16].

Недостатком этого устройства является то, что измеряемое им значение экспозиции электрического поля не несет достоверной информации о степени воздействия электрического поля на организм человека, поскольку предельное допустимое значение экспозиции уменьшается с ростом напряженности более чем в 4 раза (рисунок 4.5).

Таким образом, осуществлять контроль экспозиции электрического поля с помощью прибора, описанного в [15], нецелесообразно.

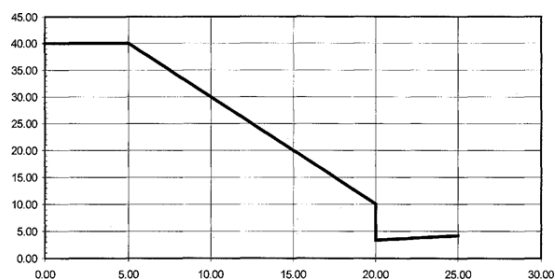


Рисунок 4.5 - Диаграмма изменения предельно допустимой экспозиции в зависимости от величины напряженности электрического поля

Время при изменении напряженности электрического поля в интервале от 5 до 20 кВ/м может быть рассчитано по формуле, ч:

$$T_{\text{пр}} = 8 \int \frac{1}{T_E} dt \quad (4.1)$$

где, T_E - допустимое время пребывания в электрическом поле с текущей напряженностью, которое определяется по формуле [90], ч:

$$T_E = \frac{50}{E} - 2 \quad (4.2)$$

При напряженности электрического поля от 20 до 25 кВ/м время пребывания персонала не должно превышать 10 мин. Пребывание в электрическом поле более 25 кВ/м без применения защиты не допускается.

Пребывание в электрическом поле напряженностью менее 5 кВ/м допускается в течение всего рабочего дня.

Для решения вышеуказанной задачи было разработано устройство для индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на организм человека, структурная схема которого представлена на рисунке 4.6.

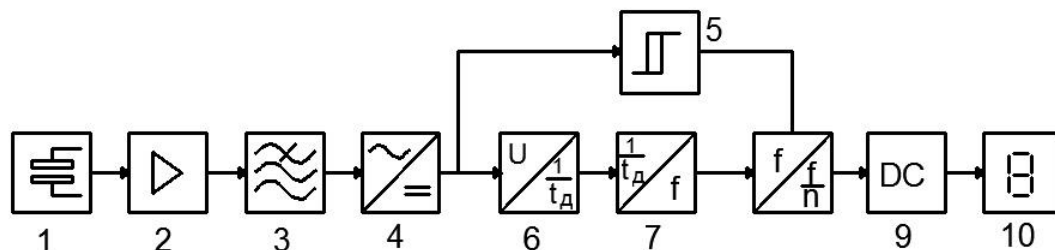


Рисунок 4.6 - Структурная схема устройства для индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на организм человека

На рисунке 4.6 цифрами обозначены:

- 1- антенный датчик электрического поля;
- 2- усилитель тока;
- 3- звено частотной коррекции;
- 4- активный амплитудный детектор;
- 5- пороговый элемент;
- 6- блок вычисления величины, обратной допустимому времени пребывания в электрическом поле с текущей напряженностью;
- 7- преобразователь " величины, обратной допустимому времени пребывания в электрическом поле с текущей напряженностью - частота";
- 8- счетчик импульсов;
- 9- двоично-десятичный дешифратор;
- 10- знакосинтезирующий индикатор.

Отличительной особенностью устройства является введение нового блока, обеспечивающего возможность оценки приведенного времени, эквивалентного по биологическому эффекту пребыванию в электрическом поле нижней границы измеряемой напряженности (5 кВ/м), которое однозначно связано со степенью воздействия электрического поля на организм человека. Оно позволяет определить приведенное время пребывания человека в электрическом поле, при этом осуществляется интегрирование величины, обратной допустимому времени пребывания в электрическом поле с текущим уровнем напряженности.

Показания прибора при напряженности поля от 5 кВ/м до 20 кВ/м прямо пропорциональны величине:

$$N = k \cdot \int_0^t \frac{E}{50 - 2E} \cdot dt \cdot 8 \text{ ч}, \quad (4.3)$$

где, E — текущая величина напряженности электрического поля;
 k — коэффициент, учитывающий индивидуальные антропометрические данные конкретного работника, $k = 0,8 \dots 1,2$;
 t — время, в течение которого работник подвергается воздействию поля с напряженностью свыше 5 кВ/м, $0 < t \leq 8$ ч.

Поскольку при напряженности поля от 20 кВ/м до 25 кВ/м нормируется время пребывания в зоне действия электрического поля, показания прибора в этом диапазоне напряженности прямо пропорциональны величине:

$$N = k \cdot 6 \cdot \int_0^t dt \cdot 8 \text{ ч}, \quad (4.4)$$

Сущность предлагаемого устройства поясняется рисунке 4.7.

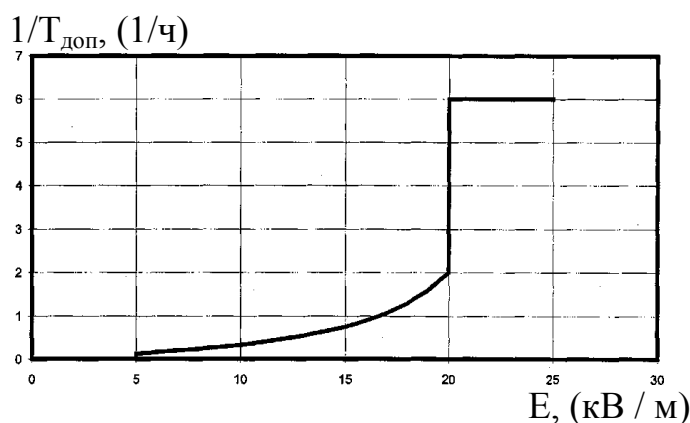


Рисунок 4.7 - Диаграмма изменения величины обратной допустимому времени пребывания в электрическом поле с текущим уровнем напряженности

Устройство работает следующим образом. Переменное электрическое поле, воздействуя на антенный датчик 1, представляющий собой две плоские проводящие пластины, расположенные параллельно друг другу и разделенные слоем диэлектрика, создает в нем ток, пропорциональный величине напряженности воздействующего поля. Полученный сигнал переменного тока поступает на вход блока усилителя тока 2, имеющего входное полное сопротивление, близкое к нулю. На выходе усилителя формируется сигнал напряжения, кратный величине входного тока. Напряжение с выхода усилителя тока поступает на звено частотной коррекции 3, учитывающее особенности частотных свойств антенного датчика и усилителя тока и повышающее точность измерений. После звена частотной коррекции сигнал подается на вход амплитудного детектора 4, который преобразует входное переменное напряжение в постоянное с величиной, равной амплитуде входного напряжения. Полученный сигнал, пропорциональный напряженности поля, поступает на вход порогового элемента 5, которое блокирует измерения, если величина сигнала

напряжения на входе порогового элемента ниже заданной величины, соответствующей напряженности поля 5 кВ/м. Напряжение с выхода амплитудного детектора поступает также на вход блока вычисления величины, обратной допустимому времени пребывания в электрическом поле с текущей напряженностью 6. На его выходе формируется напряжение, обратно пропорциональное допустимому времени пребывания в электрическом поле с текущей на данный момент напряженностью. Напряжение с выхода блока вычисления величины, обратной допустимому времени пребывания в электрическом поле с текущей напряженностью, поступает на вход преобразователя "напряжение — частота" (ПНЧ) 7. На выходе ПНЧ формируется переменное напряжение прямоугольной формы, с частотой, кратной входному сигналу, и, таким образом, кратной измеряемой напряженности поля. Переменное напряжение с выхода ПНЧ поступает на цифровой счетчик импульсов 8, выходы которого подключены через дешифратор 9 к знакосинтезирующему индикатору 10, который отображает число импульсов, поступивших на вход счетчика за время t , ($0 < t < 8$ ч). Счетчик, помимо основного входа, имеет также вход запрета счета, который подключен к выходу порогового элемента. При помощи этой связи осуществляется запрет измерений при напряженности электрического поля менее 5 кВ/м. Количество импульсов, поступивших на вход счетчика за время t и отображаемое индикатором в виде числа, является количественной оценкой уровня воздействия электрического поля на организм человека.

Наиболее просто реализовать эту зависимость можно, разбив кривую на 4 части в зависимости от значения напряженности ЭП (E):

1. $0 \text{ кВ/м} \leq E \leq 5 \text{ кВ/м}$;
2. $5 \text{ кВ/м} < E \leq 20 \text{ кВ/м}$;
3. $20 \text{ кВ/м} < E \leq 25 \text{ кВ/м}$;
4. $E > 25 \text{ кВ}$;

Как видно из рисунка 4.7 в первой части значение $1/T_{\text{доп}}$ равно нулю, на второй части оно изменяется по формуле [13]:

$$\frac{1}{T_{\text{пр}}} = \frac{E}{50 - 2E}, \quad (4.5)$$

где, E — текущая величина напряженности электрического поля.

На 3 участке значение $1/T_{\text{доп}}$ постоянно и равно 6. На четвертом участке включается звуковая сигнализация, которая предупреждает работника о том, что находиться в этой зоне действия электрического поля без специальных средств защиты нельзя, а значение $1/T_{\text{доп}}$ принимается равным 6.

Принципиальная схема БВ представлена на рисунке 4.4.

Условно устройство можно разделить на 3 блока:

1. Блок предварительного усиления (I). Напряжение, пропорциональное напряженности электрического поля поступает на вход 10 операционного усилителя DA 3.2. Операционный усилитель выполняет роль повторителя напряжения и необходим для согласования низкоомной нагрузки с высокоомным входом 2.

2. Блок экспонирования напряжения (II). Для экспонирования напряжения широко используется экспоненциальная зависимость тока через открытый р-п- переход от напряжения на этом переходе [26, 95, 99]. Зависимость коллекторного тока от базаэмитторного напряжения для трансиода (транзистора, у которого напряжение между коллектором и базой поддерживается близким к нулю) подчиняется экспоненциальной зависимости в диапазоне изменения токов на 4-5 и более декад. Вольт-амперная характеристика р-п-перехода существенно зависит от температуры. Для борьбы с температурной погрешностью обычно применяют дифференциальное включение одинаковых р-п-переходов.

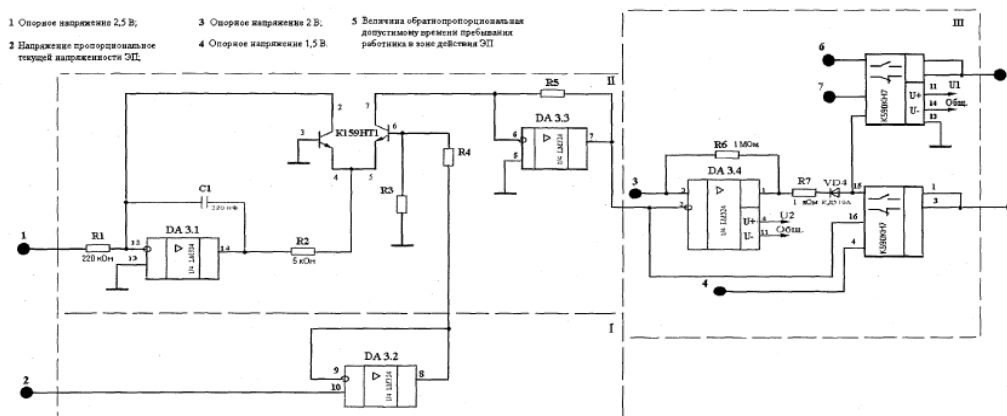


Рисунок 4.8 - Принципиальная схема блока вычисления времени обратного предельно допустимому для данного значения напряженности

3. Блок пороговых элементов. При напряжении, пропорциональном напряженности более 20 кВ/м, значение $1/T_{\text{доп}}$ постоянно и равно 6, т.е. в 3 раза больше, чем при напряженности 20 кВ/м. Для обеспечения точности вычисления $1/T_{\text{доп}}$ в диапазоне до 20 кВ/м и одновременного обеспечения ее значения при напряженности выше 20 кВ/м применяется блок пороговых элементов. Экспонированное напряжение поступает на вход компаратора DA 3.4, на вход 3 поступает опорное напряжение пропорциональное напряженности ЭП, равной 20 кВ/м. Компаратор управляет двумя ключами DD 5.1 и DD 5.2. Если напряженность электрического поля ниже 20 кВ/м (2 В), на выходы 1 и 3 DD 5.2 поступит экспонированное напряжение с 16 входа, если напряженность составит более 20 кВ/м, на выходе 1 и 3 DD 5.2 поступит опорное напряжение 1,5 В. Напряжение с выходов 1 и 3 DD 5.2 поступает на ПНЧ. Переменный сигнал напряжения прямоугольной формы с выхода ПНЧ аналоговой платы поступает через контакт 1 на вход

нормирующего счетчика DD3 (K561IE16), который делит входную частоту в $2^{14} = 16384$ раз, если напряженность меньше 20 кВ/м, и в $2^{12} = 4096$ раз, если напряженность более 20 кВ/м. Ключ DD 5.1 служит переключения коэффициента деления. При напряжении пропорциональном напряженности более 20 кВ/м значение $1/T_{\text{доп}}$ постоянно и равно 6, т.е. в 3 раза больше, чем при напряженности 20 кВ/м. Поскольку $1/T_{\text{доп}}$ изменяется от 0,125 до 2 (1/с), а напряжение пропорциональное этой величине может изменяться от 0 до 3, то для более точного получения экспоненты применен ключ DD 4.1. Устройство может быть использовано при организации работ, выполняемых, например, вблизи электроустановок напряжением 500 кВ и выше. Указанными устройствами должны обеспечиваться, например, лица оперативного, ремонтного и линейного персонала, на период ведения работ вблизи электроустановок напряжением 500 кВ и выше. Этот персонал по показаниям предлагаемого устройства имеет возможность контролировать продолжительность своего пребывания в зонах с напряженностью электрического поля свыше 5 кВ/м.

Устройство может быть использовано при организации работ, выполняемых, например, вблизи электроустановок напряжением 500 кВ и выше. Указанными устройствами могут обеспечиваться, например, лица оперативного, ремонтного и линейного персонала, на период ведения работ вблизи электроустановок напряжением 500 кВ и выше. Этот персонал по показаниям предлагаемого устройства имеет возможность контролировать продолжительность своего пребывания в зонах с напряженностью электрического поля свыше 5 кВ/м.

Таким образом, постоянно оценивая предельно допустимое время пребывания в поле различной напряженности можно оценить время, в течение которого работник может находиться в зоне действия электрического поля промышленной частоты без вреда для своего организма.

5. Экономическая часть

Целью технико-экономического обоснования является обеспечение реконструкции подстанции ЦГПП 500/220/110/10,5 кВ и прилегающих к ней сетей 220 и 110 кВ.

Подстанция предназначена для реализации электроэнергии города.

Описание реконструируемой подстанции.

Подстанцию и прилегающие к ней сети размещена в г.Астана. Сооружение ЛЭП 220, 110 и 10,5 кВ предполагает использование железобетонных опор. Длина линии 110 КВ составляет 6 километров. Линии электропередачи 110-10,5 кВ, как правило, должны выполняться воздушными.

Для стоимостной оценки результата используются действующие цены и тарифы $T=14,5$ тенге за 1 кВт ч.

5.1 Расчет технико-экономических показателей подстанции

5.1.1 Определение капитальных вложений в реконструкцию подстанции

В соответствии со строительными нормами срок реконструкции подстанции, установленной мощности 2х630 кВА, и прилегающих сетей 10 кВ принят равным одному году.

В соответствии с нормами освоения введенных энерго мощностей, была определена программа отпуска электроэнергии на шинах подстанции, приведенная в таблице 5.1.

Т а б л и ц а 5 . 1 Программа отпуска электроэнергии на шинах подстанции

Показатели	Годы строительства и эксплуатации		
	1	2	3
Коэффициент нагрузки, %	0,8	0,8	0,8
Поступление энергии в сеть, кВт час	4485208	4485208	4485208

Организационная структура управления ТОО будет такой же, как и в других сетях компаниях.

На п/ст и прилегающих к ней сетях предполагается установить современное высокоавтоматизированное оборудование, что обеспечивает высокий уровень надежности электроснабжения.

Кредит для реконструкции подстанции берется в банке с дальнейшей выплатой процентов по кредиту. Процентная ставка 10 % годовых, срок кредитования 10 лет.

Для осуществления реконструкции рассматриваемого энергообъекта создается Товарищество с ограниченной ответственностью с привлечением средств за счет выпуска акций и заемного капитала потенциальных инвесторов.

В примере структура финансирования суммарных инвестиций принята следующей: 70% акционерного капитала и 30% заемного с выплатой последнего равными долями в течение пяти лет начиная со второго года эксплуатации энергообъекта.

Определение капитальных вложений в реконструкцию подстанции.

Капиталовложения в подстанцию определяются по приведенным в справочнике укрупненным показателям стоимости суммированием следующих составляющих:

- Высоковольтные выключатели;
- трансформаторы ТСЗ-630(10/0,4);

Капитальные затраты на реконструкцию подстанции определяются составом оборудования:

$$КП/СТ = (\sum K_i \cdot n_i + K_{\text{пост}}) \cdot \alpha_p = 50 \text{ млн.тенге} \quad (5.1)$$

где, K_i - расчетные стоимости распределительных устройств, трансформаторов, а также дополнительные капиталовложения линейных ячеек, оборудованных высокочастотной связью; n_i - соответственно число единиц перечисленного оборудования; $K_{\text{пост}}$ - постоянная часть затрат по подстанции, малозависящая от мощности подстанции; α_p - коэффициент, учитывающий район сооружения.

Расчетная стоимость трансформаторов включает затраты на ошиновку, шинопроводы, грозозащиту, заземление, контрольные кабели, РЗиА, строительные конструкции и строительномонтажные работы.

Показатели постоянной части затрат по подстанции учитывают полную расчетную стоимость подготовки и благоустройства территории, общеподстанционного пункта управления, устройств расхода на собственные нужды, аккумуляторной батареи, компрессорной, подъездных и внутривозрадных дорог, средств связи и телемеханики, маслохозяйства, водопровода, канализации, наружного освещения и прочих общеподстанционных элементов.

5.1.2 Определение капитальных вложений в реконструкцию прилегающих сетей

Стоимость реконструкции ЛЭП определяется основными ее параметрами: напряжением, типом опор, маркой проводов и конструкцией фазы, районом строительства, характеристикой трассы и климатическими условиями и рассчитывается по выражению:

$$K_{\text{ЛЭП}} = k_{\text{уд}} \cdot L \cdot \alpha_{\text{нв}} \cdot \alpha_p + \Delta K_{\text{р.пр.}} + \Delta K_{\text{д.гр.}} + n_{\text{р.б.}} \cdot K_{\text{р.б.}} \quad (5.2)$$

где, $K_{\text{уд},i}$ - удельные показатели стоимости 1 км линии, соответствующие уровню напряжения и количеству цепей, а также учитывающий определенные условия прохождения трассы (по равнине, лес - не более 10% от длины трассы, доставка грузов до трассы - не более 20 км и развозка оборудования по трассе - не более 10 км); $L = 7$ км - длина линии; $\alpha_{\text{нв}} = 1,06$ - поправочный коэффициент, учитывающий скоростной напор ветра; $\alpha_p = 1,27$ - коэффициент, учитывающий район прохождения трассы; $\Delta K_{\text{р.пр.}} = 3,8$ - затраты, учитывающие рубку просеки в лесу, если лес составляет более 10% длины трассы; $\Delta K_{\text{д.гр.}} = 1$ - затраты, учитывающие доставку грузов к линии, если условия доставки отличаются от вышеуказанных; $n_{\text{р.б.}} = 1$ - количество ремонтных баз вдоль линии; $K_{\text{р.б.}} = 1$ - затраты на создание и оснащение одной ремонтной базы.

В расчете затраты на реконструкцию и оснащение ремонтных баз, а также на создание линий связи принимаются в размере 10%.

Все расчеты капиталовложения по линиям электропередач сводятся в таблицу 5.2.

Т а б л и ц а 5 . 2 Капитальные вложения в ЛЭП

Линия	Общая длина линии, км	Стоимость одного км. длины линии, млн.тенге	Общая стоимость линии, млн. тенге (с учетом строительных работ, оборудования)
ВЛ 220 кВ	7	2,0	14,0
Итого:	14,0		

Общие капитальные вложения в реконструкцию энергообъекта составят:

$$K_{ЭС} = K_{П/СТ} + K_{ЛЭП} = 50 + 14,0 = 64,0 \text{ млн. тенге}$$

5.2 Определение ежегодных издержек производства

Издержки производства п/ст и прилегающих сетей связаны с затратами на содержание подстанции, распределительных устройств и линий электропередач.

Кроме того, передача и распределение электроэнергии связаны с частичной потерей ее при транспортировке по линиям электропередач и трансформации. Поскольку такие потери связаны с процессом передачи, то их стоимость включается в состав ежегодных издержек:

$$I_{\text{перед}} = I_{\text{экс}} + I_{\text{пот}}, \quad (5.3)$$

где, $I_{\text{экс}}$ - суммарные затраты электросетевых хозяйств системы на ремонтно-эксплуатационное обслуживание сетей, тенге/год;
 $I_{\text{пот}}$ - суммарная стоимость потерь в сетях системы, тенге/год.

Расчет затрат электросетевых хозяйств на ремонтно-эксплуатационное обслуживание сетей определяется по укрупненным показателям:

$$I_{\text{экс}} = I_{\text{ам}} + I_{\text{об.рем}}, \quad (5.4)$$

где, $I_{\text{ам}}$ - ежегодные издержки на амортизацию (реновацию), тенге/год:

$$I_{\text{ам}} = \frac{\alpha_{\text{ам}}}{100} \cdot K_{\text{ЭС}}, \quad (5.5)$$

где, $\alpha_{\text{ам}}$ - нормы отчислений на амортизацию, %/год;

$I_{\text{об/рем}}$ - издержки на обслуживание и ремонты (капитальный и текущие), тенге/год:

$$I_{\text{об.рем}} = \frac{\alpha_{\text{об.рем}}}{100} \cdot K_{\text{ЭС}}, \quad (5.6)$$

где, $\alpha_{\text{об/рем}}$ - нормы отчислений на обслуживание электрических сетей и ремонты, % год.

5.3 Расчет себестоимости передачи электроэнергии

Полная себестоимость передачи электроэнергии по сетям энергосистемы определяется суммарными издержками, связанными с передачей и распределением электроэнергии, и количеством энергии отпущенной потребителю. В эксплуатационных расходах, рассмотренных в предыдущей главе, не были учтены остальные составляющие. В связи с этим, производим перерасчет эксплуатационных расходов.

Издержки на амортизацию оборудования:

$$I_{\text{ам}} = \sum K_{\text{п/стЛЭП}} \cdot N_{\%} = 64,0 \cdot 0,04 = 2,56 \text{ млн.тенге,}$$

где, $N_{\%} = 2 \div 4\%$ - норма амортизации.

Общие издержки составят:

$$I_{\Sigma} = I_{\text{з/п}} + I_{\text{обсл.}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{с/э}} + I_{\text{админ.}} + I_{\text{прочие}} = 100\%, \quad (5.7)$$

где, $I_{\text{з/п}}$ – издержки на заработную плату персонала;

$I_{\text{обсл.}}$ – издержки на обслуживание п/ст и ЛЭП;

$I_{\text{ам}}$ – издержки на амортизацию;

$I_{\text{с/э}}$ – издержки на строительство, эксплуатацию;

$I_{\text{админ.}}$ – административные издержки;

$I_{\text{прочие}}$ – прочие издержки.

Издержки на амортизацию могут достигать до 45%, а 55% составят другие затраты.

Тогда суммарные издержки на передачу электроэнергии составят:

$$\sum I_{\text{передача}} = \frac{2,56 \cdot 1}{0,45} = 5,68 \text{ млн. тенге.}$$

Себестоимость передачи электроэнергии:

$$S_{\text{перед}} = \frac{\sum I_{\text{передача}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}} = \frac{5.68}{29.15} = 0.19 \text{ тенге,}$$

где, $\mathcal{E}_{\text{год}}$ —годовое энергопотребление предприятия.

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 4485,208 \cdot 6500 = 29,15 \text{ млн. кВт}\cdot\text{ч.}$$

5.4 Расчет срока окупаемости реконструкции ПС и ЛЭП

Стоимость электроэнергии:

$T = 14,5$ тенге/кВтч – тариф за электроэнергию.

ТОО «Аирлайн» заключает договора по поставке электроэнергии со следующими поставщиками:

$T_{\text{гор.сети (РЭК)}} = 4,84$ тенге/кВтч – тариф за передачу электроэнергии городским сетям или РЭК;

$T_{\text{эпо}} = 5,5$ тенге/кВтч – тариф за электроэнергию, установленный энергопроизводящей организацией;

$T_{\text{НЭС}} = 1,5$ тенге/кВтч – тариф на услуги по передаче электроэнергии по национальным электрическим сетям.

ТОО «Аирлайн» может получить прибыль по двум составляющим:

1) услуга за передачу электроэнергии;

2) по виду деятельности (т.е. АО выступает в виде гарантированного поставщика электроэнергии предприятию).

Выручка от прогнозируемого объема передачи электроэнергии заводу машиностроения ТОО «Аирлайн» составит

$$V_{\text{ТОО «Аирлайн»}} = T \cdot \mathcal{E}_{\text{год}} = 14,5 \cdot 29,15 = 422,67 \text{ млн. тенге}$$

Из прогнозируемой выручки ТОО «Аирлайн» произведет следующие выплаты:

- Выплаты по договору ТОО «Аирлайн» составят:

$$V = 0,1 \cdot 29,15 = 2,915 \text{ млн. тенге}$$

- Выплаты городским сетям за передачу электроэнергии составят:

$$V = 4,84 \cdot 29,15 = 141,08 \text{ млн. тенге}$$

- Выплаты национальным электрическим сетям составят:

$$V = 1,5 \cdot 29,15 = 43,72 \text{ млн. тенге}$$

- Выплаты энергопроизводящим предприятиям составят:

$$V=5,5 \cdot 29,15 = 160,32 \text{ млн. тенге}$$

Остаток из прогнозируемой выручки за передачу электроэнергии составит:

$$\Pi = 422,67 - 2,915 - 141,08 - 43,72 - 160,32 = 74,63 \text{ млн. тенге}$$

Чистая прибыль за вычетом налога 20% составит:

$$\Pi_{\text{ч}} = 74,63 \cdot 0,8 = 59,7 \text{ млн. тенге}$$

Полученная прибыль будет направлена на погашения инвестиционных средств и это составит 60% от чистой прибыли:

$$V_{\text{реал}} = 59,7 \cdot 0,6 = 35,82 \text{ млн.тенге}$$

Срок окупаемости сооружаемой подстанции и ЛЭП для ТОО «Аирлайн» составит:

$$PP = \frac{I_c}{CF} = \frac{\sum K_{\text{п-стЛЭП}}}{\Pi_{\text{ч}} + I_{\text{ам}}} = \frac{125,2}{59,7 + 2,56} = \frac{125,2}{62,26} = 2,01 \text{ года}$$

5.5 Определение NPV (чистой текущей стоимости)

Для определения NPV, необходимо спрогнозировать величину финансовых потоков в каждый год проекта, а затем привести их к общему знаменателю, для сравнения во времени. То есть NPV – это разница между суммой денежных поступлений порождаемых реализацией проекта и дисконтированных текущих стоимостей и всех затрат необходимых для реализации этого проекта.

Чистая приведенная стоимость определяется:

$$NPV = \sum_1^n \frac{CF_n}{(1+r)^n} - I_0 \quad (5.8)$$

где, CF – ежегодные денежные поступления;

n - годы реализации проекта;

I_0 - полные суммарные инвестиции;

r – процентная ставка.

Т а б л и ц а 5.5 - Результаты расчета чистой текущей стоимости

Год	CF,млн тг	r1=10%, ставка дисконтиро вания	PV1,млн тг	NPV1, млн тг	r2=15%, ставка дисконтиро вания	PV2	NPV2
0,00	-125,20	1,00	-125,20	0,00	1,00	- 125,20	0,00
1,00	62,26	0,91	56,60	-68,60	0,87	54,14	-71,06
2,00	62,26	0,83	51,45	-17,15	0,76	47,08	-23,98
3,00	62,26	0,75	46,78	29,63	0,66	40,94	16,95

Расчет ведется до первого положительного значения NPV, т.е. до 19-го года. NPV больше нуля, следовательно, при данной ставке дисконтирования проект является выгодным для предприятия. Срок окупаемости проекта по данному методу расчета 3 года.

Под внутренней нормой прибыли инвестиционного проекта (InternalRateofReturn, IRR) понимают значение коэффициента дисконтирования r , при котором NPV проекта равен нулю:

$$NPV = 0 \text{ при } IRR=r$$

Экономический смысл критерия IRR заключается в следующем: IRR показывает максимально допустимый относительный уровень расходов по проекту. В то же время предприятие может реализовывать любые инвестиционные проекты, уровень рентабельности которых не ниже текущего значения показателя цены капитала.

Рассчитаем IRR для $r = 10\%$ банковского процента и методом интерполяции при помощи $r = 15\%$ определим IRR по формуле:

$$IRR = r_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \cdot (r_2 - r_1), \quad (5.9)$$

где, r_1 - банковский процент в размере 10 %,

r_2 - банковский процент в размере 15%,

NPV_1 - NPV при банковском проценте 10 %,

NPV_2 - NPV при банковском проценте 15 %.

$$IRR = 10 + \frac{29.63}{29.63 + 16.95} \cdot (15 - 10) = 13.18\%$$

IRR служит индикатором риска. В нашем случае IRR превышает нашу процентную ставку на 0,6%.

Определяем срок окупаемости. Метод состоит в определении того срока окупаемости, который необходим для возмещения суммы первоначальных инвестиций.

$$PP = \frac{I_0}{CF_{\Sigma}}, \quad (5.10)$$

Рассчитаем срок окупаемости PP:

$$CF_{\Sigma} = 62,26 \text{ млн. тг,}$$

$$I_0 = 125,2 \text{ млн. тг}$$

Из этих данных рассчитаем срок окупаемости инвестиций в проект.

$$\frac{125,2}{62,26} = 2,01 \text{ г.}$$

Из приведенных расчетов видно, что срок окупаемости инвестиций составил 2,01 года. Таким образом, анализ приведённых финансово-экономических показателей свидетельствует об эффективности инвестиций в рассматриваемый проект.

Вывод: Целью технико-экономического обоснования являлось реконструкция подстанции 220, 110 кВ и прилегающих к ней сетей 10 кВ. Подстанция предназначена для реализации электроэнергии г. Астана со стороны 220 и 110 кВ. Для реконструкции подстанции, передачи электроэнергии по тарифу, который ниже действующего, создается ТОО «Аирлайн». Целью создания является получение прибыли от передачи электроэнергии с шин подстанции до потребителя. Капитальные вложения в подстанцию составили 64 млн. тенге. Затраты на амортизацию составили 2,56 млн. тенге. Чистая прибыль за вычетом налога 20% составила 59,7 млн. тенге. Полученная прибыль направлена на погашения инвестиционных средств и кредита и составила 35,82 млн. тенге. Срок окупаемости реконструкции подстанции и ЛЭП для ТОО «Аирлайн» составил 2,01 года. Для реализации проекта организация брала кредит с процентной ставкой равной 10%. В итоге с учетом дисконтирования срок окупаемости составил 3 года.

6 Безопасность жизнедеятельности

6.1 Расчет естественного освещения

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь естественное освещение.

Источником естественного освещения является солнце. Условия освещения в помещении определяется в основном диффузным светом небосвода, а также отраженным светом, создаваемым излучением, отраженным от земной поверхности.

Естественное освещение подразделяется на боковое, верхнее и комбинированное (верхнее и боковое).

Так как естественный свет непостоянен, может резко изменяться даже в течение нескольких минут, то естественное освещение нормируется не по освещенности, а по коэффициенту естественной освещенности (КЕО). Коэффициент естественной освещенности e представляет собой отношение естественной освещенности в данной точке внутри помещения $E_{вн}$ к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности $E_{н}$, создаваемой светом полностью открытого небосвода. КЕО выражается формулой:

$$e = e_{вн}/e_{сн} \cdot 100\%, \quad (6.1)$$

Таким образом, коэффициент естественной освещенности показывает, какую долю наружной освещенности диффузного света небосвода составляет освещенность в расчетной точке внутри помещения.

Строительные нормы и правила СНиП 23-05-95 устанавливают минимальные значения КЕО в зависимости от разряда зрительной работы, системы освещения (боковое, верхнее). Разряд зрительной работы определяется по наименьшему размеру объекта различения, например, толщина линии, нити, царапина и т.д.

При одностороннем боковом освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов.

При двухстороннем боковом освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке посередине помещения.

При верхнем и комбинированном естественном освещении нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности. Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности стен или осей колонн.

Нормированное значение КЕО для зданий, расположенных в различных районах следует определять по формуле

$$e_n = e_n \cdot m_n, \quad (6.2)$$

где N -Номер группы обеспеченности естественным светом по табл. 2.2

e_n -Значение КЕО по таблице Приложения 1;

m_n -Коэффициент светового климата по табл. 2.1

Полученные по формуле значения следует округлить до десятых долей.

Упрощенный метод расчета площади световых проемов состоит в определении площади световых проемов, при которой обеспечивается нормированное значение КЕО.

Расчет производится по формулам:

а) при боковом освещении помещений

$$S_o = \frac{S_n \cdot e_n \cdot k_z \cdot \eta_o}{100 \cdot \tau_o \cdot r_1} k_{\zeta \ddot{a}}; \quad (6.3)$$

где S_o -площадь световых проемов при боковом освещении; S_n -площадь пола помещения; e_n -нормированное значение КЕО для зданий, расположенных в различных районах; k_z - коэффициент запаса; $k_{\zeta \ddot{a}}$ - коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями, η_o -световая характеристика окна, r_1 -коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении, благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию; τ_o - общий коэффициент светопропускания, определяемый по формуле:

$$\tau_o = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 \quad (6.4)$$

где - τ_1 - коэффициент светопропускания материала; τ_2 -коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема; τ_3 -коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях (при боковом освещении $\tau_3 = 1$); τ_4 -коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах, для убирающихся регулируемых жалюзи и штор $\tau_4 = 1$; τ_5 -коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарем, принимается равным 0,9.

Цель расчета естественного освещения - определение площади остекления, при которой будет обеспечена величина нормированного коэффициента естественной освещенности. При этом определяются тип переплетов (фонарей), положение остекления, количество световых проемов и др.

6.2 Порядок расчета естественного освещения

1. Выбор системы естественного освещения.

Выбор производится в зависимости от назначения производственного помещения с учетом специфики технологического процесса.

Освещение может быть боковое (одностороннее или двустороннее), верхнее - через аэрационные фонари, комбинированное (верхнее и боковое).

2. Выбор нормированного значения коэффициента естественной освещенности производится по СНиП 23-05-95. Для этого необходимо определить разряд зрительной работы в зависимости от наименьшего размера объекта различения.

Скорректировать значения e_n в зависимости от района расположения здания с учетом светового климата по формуле (2.2). При этом коэффициент светового климата определяют в зависимости от номера группы административных районов по ресурсам светового климата. Световые проемы ориентированы на север.

3. Выбор коэффициента запаса K_z , который учитывает снижение КЕО за счет загрязнения остекления. Для этого необходимо установить категорию помещения по условиям загрязнения воздушной среды и расположение светопропускающего материала по отношению к горизонту.

4. Определение световой характеристики световых проемов производится при боковом освещении в зависимости от величины отношения длины помещения L_n к его глубине B (L_n/B), а также величины отношения глубины помещения B к его высоте от уровня условной рабочей поверхности от верха окна $h_1(B/h_1)$;

Определение общего коэффициента светопропускания производится по формуле (2.5).

5. Определение коэффициентов τ_1 - для бокового освещения. Для этого необходимо определить:

- отношение глубины помещения к высоте от уровня условной рабочей поверхности до верха окна $-B/h_1$;

- отношение расстояния между расчетной точкой и наружной стеной к глубине помещения $-L/B$;

- отношение длины помещения к его глубине $-L_n/B$;

- величину средневзвешенного коэффициента отражения ρ_{cp} потолка, стен и пола, которая определяется по формуле:

$$\rho_{cp} = \frac{\rho_1 \cdot s_1 + \rho_2 \cdot s_2 + \rho_3 \cdot s_3}{s_1 + s_2 + s_3} \rho_2, \quad (6.5)$$

где ρ_1, ρ_2, ρ_3 -Коэффициенты отражения потолка, стен и пола соответственно; S_1, S_2, S_3 -Площадь поверхности потолка, стен и пола соответственно.

Определяется в зависимости от величины отношения высоты помещения, принимаемой от условной рабочей поверхности до нижней грани остекления к ширине помещения ($H\phi/B$), а также от средневзвешенного коэффициента отражения потолка, стен и пола ρ_{cp} , который рассчитывается по формуле (2.6).

Определение коэффициента $K_{зд}$, учитывающего затенение противостоящими зданиями, в зависимости от величины отношения расстояния между рассматриваемым и противостоящим зданием к высоте расположения карниза противостоящего здания над подоконником рассматриваемого окна ($L_{зд}/H_{зд}$).

Определение площади световых проемов производится при боковом освещении по формуле (2.7);

Определить относительную площадь световых проемов при боковом освещении:

$$\sigma_{\delta} = \frac{S_o}{S_n} \cdot 100, \% \quad (6.6)$$

6.3 Расчет естественного освещения в диспетчерской ПС «Центральная» в г.Астана.

Определить необходимую площадь световых проемов (остекления).
Дано: Геометрические размеры помещения: длина помещения $L_n = 10$ м; глубина $B = 12$ м; высота $H = 5$ м. Высота от рабочей поверхности до верха окна $h_1 = 4$ м. Расстояние от наружной стены до расчетной точки $A - L = 6$ м. Коэффициенты отражения потолка, стен и пола: 50 %, 30%, 10 %. Противостоящее здание находится на расстоянии $L_{зд} = 30$ м; $H_{зд} = 30$ м. Спроектировать боковое, одностороннее естественное освещение. Предусмотреть использование двойного оконного стекла в деревянных спаренных вертикально расположенных переплетах. Наименьший размер объекта различения -4 мм.

Решение:

Определяем нормированное значение коэффициента естественной освещенности для района расположения : $e_N = e_n m_N$, находим по таблице Приложения 1 $e_n = 1$.

Для г.Астана при ориентации окон на север $-e_N = 1 \cdot 1,1 = 1,1$
Коэффициент запаса $k_3 = 1,6$.

Находим световую характеристику световых проемов по табл. 2.3 при $L_n/B = 10 \cdot 12 = 0,8$; $B/h_1 = 12 : 4 = 3 - \eta_o = 18$.

Определяем общий коэффициент светопропускания:

$$\tau_o = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4,$$

$$\tau_1 = 0,8; \tau_2 = 0,7; \tau_3 = 1 \text{ (при боковом освещении); принимаем } \tau_4 = 1. \tau_o = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 = 0,56$$

Определяем коэффициент r_1 -для бокового освещения.

Для этого находим:

отношение глубины помещения к высоте от уровня условной рабочей поверхности до верха окна $-B/h_1 = 12/4 = 3$; отношение расстояния между расчетной точкой и наружной стеной к глубине помещения $-L/B = 6/12 = 0,5$; отношение длины помещения к его глубине $-Ln/B = 10/12 = 0,8$; величину средневзвешенного коэффициента отражения ρ_{cp} потолка, стен и пола, при площади потолка $S_1 = 10 \cdot 12 = 120 \text{ м}^2$; площади стен $S_2 = 2 \cdot 12 \cdot 5 + 10 \cdot 5 = 170 \text{ м}^2$; площади пола $S^3 = 10 \cdot 12 = 120 \text{ м}^2$:

$$\rho_{cp} = (50 \cdot 120 + 30 \cdot 170 + 10 \cdot 120) / (120 + 170 + 120) = 30 (\%).$$

$$r_1 = 1,15.$$

Находим коэффициент $K_{зд}$, учитывающий затенение противостоящим зданием при отношении

$$L_{зд}/H_{зд} = 30/30 = 1 \text{ и } \rho_{cp} = 30 \% \cdot K_{зд} = 1,4.$$

Определяем площадь световых проемов по формуле:

$$S_o = \frac{S_n \cdot e_n \cdot k_\zeta \cdot \eta_o}{100 \cdot \tau_o \cdot r_1} k_{\zeta\ddot{a}} = \frac{120 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 18 \cdot 1,4}{100 \cdot 0,56 \cdot 1,15} = 77,5$$

Относительная площадь световых проемов:

$$\sigma_\delta = \frac{S_o}{S_n} \cdot 100 = \frac{77,5}{120} \cdot 100 = 64,6, \%$$

Заключение

Основной целью дипломной работы было рассмотреть влияние электромагнитного поля на здоровье человека, а так же предложить меры по уменьшению вредного воздействия электромагнитного поля на организм человека. В ходе выполнения дипломной работы были затронуты основные отрицательные влияния линии электропередач на обслуживающий персонал ЛЭП.

В дипломной работе предложено новое решение актуальной научно - технической задачи повышения безопасности персонала, обслуживающего электроустановки СВН путем разработки проекта организации работ при обслуживании ЛЭП, использующей метод защиты временем и позволяющей организовать работу с минимальным воздействием вредных условий труда.

Выполненные работы позволили получить следующие основные результаты и сделать выводы.

1. Рассмотрена напряженность ЭП вдоль воздушной линии напряжением 220кВ и 500 кВ в зависимости от рельефа местности.
2. В результате выполненных работ получены и построены расчетные карты напряженности ЭП под ЛЭП СВН.
3. С учетом существующих на сегодняшний день особенностей электросетевых предприятий, занятых эксплуатацией ЭУ СВН, наиболее целесообразно использовать для снижения риска повреждения здоровья в результате воздействия ЭП метод защиты временем. Реализация этого метода может быть осуществлена с помощью предлагаемых в работе приборов индивидуального учета уровня воздействия ЭП на организм человека и расчетных карт напряженности.
4. В дипломной работе показана структурная схема устройства индивидуального учета уровня воздействия ЭП на организм человека, позволяющая реализовать устройство, способное эффективно осуществлять функции защиты временем и сигнализацию о превышении предельно допустимых показателей воздействия ЭП промышленной частоты. Устройство позволяет вычислить время нахождения в ЭП, приведенное к нижней границе нормируемой напряженности ЭП (5кВ/м).
5. Показана возможность аттестации рабочих мест линейного персонала по фактору «напряженность электрического поля промышленной частоты» с помощью расчетных карт напряженности электрического поля.
6. Произведена оценка социально-экономического эффекта от внедрения проекта организации работ на ЛЭП СВН.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Гудериан Р. Загрязнение воздушной среды.- М.: Мир, 1979. - 200 с.
- 2 ГОСТ 12.1.002 - 84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.
- 3 Евтушенко В.А., Иванов В.Л., Сергеев А.С. и др. Влияние высоты фундаментов на напряженность электрического поля в ОРУ 500 - 750 кВ // Электрические станции. - 1981.-№11.-С. 39-42.
- 4 Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. М.: Энергия, 1979.-408с.
- 5 Довбыш В.Н., Маслов М.Ю., Семаков Л.М., Сподобаев Ю.М. Экспериментальные исследования электромагнитных полей высоковольтной линии электропередач // Инфокоммуникационные технологии.- 2007. -Т. 2, №4.- С.70-74.
- 6 Колечицкий Е.С, Филиппов А.А., Фирсова О.В. Методы расчета электрических полей высоковольтных аппаратов // Электротехника.-1980. - №4. - С.13-15.
- 7 Влияние электрического поля, создаваемого электроустановками высокого на-пряжения переменного тока, на организм человека. / Кривова Т.И., Луковкин В.В., Морозов Ю.А., Сазонова Т.Е., Асанова Т.П., Ревна Н.В. // Тр. ин-та / Ленинградский ин-т охраны труда. 1977. С.33 - 39.8 Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. М.: Энергия, 1979.-408с.
- 9 ССБТ. ГОСТ 12.1.002-84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах Текст. М.: Изд-во стандартов, 1985. - 5 с.
- 10 Дьяков А.Ф. О влиянии электрических и магнитных полей промышленной частоты на здоровье человека / И.И. Левченко, О.А. Никитин и др // Энергетик.- 1996. - № 11. - С. 4-5.
- 11 ГОСТ РК 1150-2002. Электромагнитные поля промышленной частоты допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля.
- 12 СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.
- 13 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. - М.: НЦ ЭНАС, 2003. - 304 с.
- 14 Дюсебаев М.К., Абдимуратов Ж.С. Повышение экологической безопасности при воздействии электромагнитных полей на энергообъектах // Научный журнал «Поиск».-2013. -№3(1). -С.98-102.

- 15 Козярин И.П., Габович Р.Д., Попович В.М. Действие электромагнитного поля низкой частоты на организм при кратковременном ежедневном облучении // Гигиена и санитария. - 1977. - №4. - С. 18-22
- 16 Защита от действия электромагнитных полей и электрического тока в промышленности. Труды лаборатории электробезопасности ЛИОТ, Л., 1958.
- 17 Кайданов Ф.Г. Защита персонала подстанций от влияния электрического поля // Электрические станции. - 1974. - №1. - С. 63 - 66.
- 18 Вопросы электробезопасности в народном хозяйстве. - М.: ВЦНИИОТ, 1974. - 119с.
- 19 Никольский В.В. Теория электромагнитного поля/ изд-е 3-е.- М.: Высшая школа, 1964. - 384 с.
- 20 Гареев М.В. Система индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на персонал межсистемных электрических сетей: Дис. ... канд. тех. наук. - Челябинск. - 2001 -108 с.
- 21 Дюсебаев М.К., Абдимуратов Ж.С. Исследования электромагнитных полей на объектах энергетики Казахстана // Научный журнал «Поиск». - 2013.-№3(1). - С.103-107.
22. СНиП (II-4-79). Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования. - М.: Стройиздат, 1995. — 48
- 23 Тряпицын А.Б.Безопасная организация работ на линиях напряжением 330 кВ и выше. 2002 г.
- 24 Типовая инструкция по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35-800 кВ РД 34.20.504-94, СТО ОРГРЭС, 1996. - 82 с.
- 25 Малаян К.Р. Магнитные поля в установках с большими токами промышленной частоты // Известия ВУЗов. Энергетика - 1988. - №8. - С. 50-52
- 26 Пеневич Е.И, Чесноков Н.М. Защита персонала, работающего в условиях полей высокого напряжения // Электрические станции. - 1968. - №9. - С.61 - 65.
- 27 ССБТ. Комплект индивидуальный экранирующий для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования и методы контроля. СССР ГОСТ 12.4.172-87. -М.: Изд-во стандартов. - 1988. - 7с.