

05.26.01  
Г 202

*На правах рукописи*

**ГАРЕЕВ Михаил Вячеславович**

**СИСТЕМА ИНДИВИДУАЛЬНОГО УЧЕТА УРОВНЯ  
ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ПЕРСОНАЛ  
МЕЖСИСТЕМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

Специальность 05.26.01 – «Охрана труда (электроэнергетика)»

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

Челябинск  
2001

Работа выполнена в Южно-Уральском государственном университете.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Сидоров А.И.

Научный консультант – кандидат технических наук, доцент Окранская И.С.

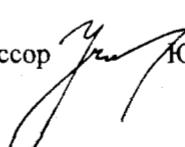
Официальные оппоненты:  
доктор технических наук, профессор Кузнецов К.Б.,  
кандидат технических наук, доцент Булатов Б.Г.

Ведущее предприятие – Межсистемные электрические сети Урала.

Защита диссертации состоится 31 мая 2001 г., в 10<sup>00</sup> часов, в ауд. 380 на заседании диссертационного совета Д.212.298.05 при Южно-Уральском государственном университете по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76, ЮУрГУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан «\_\_\_» 2001 г.

Ученый секретарь диссертационного совета, доктор технических наук, профессор  Ю.С. Усынин

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** На современном этапе научно-технического прогресса значение электроэнергии для всех без исключения отраслей промышленности страны трудно переоценить. Доставка энергии на большие расстояния при помощи линий электропередачи была и остается основным и наиболее технически и экономически выгодным видом транспортировки энергии. Важнейшим же элементом любой электрической энергосистемы являются межсистемные электрические сети сверхвысокого напряжения. Принимая во внимание огромные масштабы нашей страны, нельзя не отметить значительную протяженность межсистемных электрических сетей, что обуславливает необходимость длительного регулярного пребывания обслуживающего персонала в зоне влияния электрического поля, возникающего при работе электроустановок сверхвысокого напряжения. Общеизвестно, что такое пребывание вызывает определенные негативные изменения в состоянии здоровья персонала. Таким образом, обеспечение безопасности труда работников, занятых обслуживанием высоковольтного оборудования межсистемных электрических сетей, является важной народнохозяйственной задачей. Следует также отметить, что в настоящее время эта задача не решена должным образом и меры защиты персонала от воздействия электрического поля промышленной частоты, реально применяемые на сегодняшний день, по существу, ограничиваются территорией открытых распределительных устройств главных понизительных подстанций и недостаточно эффективны. Кроме того, приводимые в различных литературных источниках характеристики напряженности электрического поля вдоль линий электропередачи имеют «локальный» характер результатов отдельных, выборочных измерений и не систематизированы, а поэтому не дают полного представления о реальной картине распределения электрического поля.

В данной диссертационной работе рассмотрены вопросы обоснования и разработки системы индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на персонал подстанций межсистемных электрических сетей, основанной на реализации метода «защита временем». Построение и внедрение подобной системы позволит в дальнейшем эффективно и на качественно новом уровне решать вопросы

защиты здоровья персонала от воздействия электрического поля промышленной частоты, обусловленного работой электрооборудования сверхвысокого напряжения.

**Цель работы:** обоснование и разработка системы индивидуального учета уровня воздействия электрического поля промышленной частоты на персонал подстанций межсистемных электрических сетей.

**Идея работы:** применение метода защиты временем для построения прибора и системы индивидуального учета уровня воздействия электрического поля промышленной частоты на персонал подстанций межсистемных электрических сетей.

### **Научные положения**

1. Величина напряженности электрического поля вблизи электроустановок сверхвысокого напряжения в каждой конкретной точке изменяется в широких пределах и практически не поддается прогнозированию.

2. Сохранение здоровья персонала межсистемных электрических сетей достижимо при создании системы контроля, основанной на измерении экспозиции электрического поля индивидуально для каждого работника и реализующей метод защиты временем.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций** подтверждаются значительным объемом измерений распределения электрического поля в реальных условиях и экспериментальными исследованиями прибора индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на организм человека, а также положительными результатами испытания системы индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на персонал подстанций межсистемных электрических сетей в штатных условиях.

**Значение работы.** Научное значение работы заключается в установлении величин напряженности электрического поля вдоль линий электропередачи для различных рельефов местности, кратности изменения напряженности электрического поля при ходе температуры воздуха, обосновании индивидуального подхода к построению системы защиты персонала электроустановок сверхвысокого напряжения, основанной на методе защиты временем.

**Практическое значение работы** заключается в разработке прибора индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на организм человека, а также системы индивидуального учета уров-

ия воздействия электрического поля на персонал межсистемных электрических сетей.

### **Реализация выводов и рекомендаций работы**

Научные положения, выводы и рекомендации использованы:

- Челябинским предприятием «Межсистемные электрические сети РАО «ЕЭС России» – прибор индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на персонал подстанций межсистемных электрических сетей (3 комплекта);

- Южно-Уральским Государственным университетом в учебном пособии по лекционному курсу «Безопасность жизнедеятельности», ч. VII., предназначенном для студентов электротехнических специальностей и специальности 330100 («Безопасность жизнедеятельности в техносфере»)

**Апробация работы.** Основные материалы и результаты диссертационной работы были доложены, рассмотрены и одобрены на 12 Международной научно-технической конференции «Электробезопасность 99» (Польша, Вроцлав, 1999), Российской научно-практической конференции «Современные аспекты и проблемы охраны труда» (Пермь, 1998), Пятой Российской научно-технической конференции «Электромагнитная совместимость технических средств и биологических объектов» (Санкт-Петербург, 1998), Международных научных чтениях «Белые ночи» (Санкт-Петербург, 1999), а также на ежегодных научно-технических конференциях Южно-Уральского государственного университета (1997...2000 гг.).

Прибор индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на организм человека демонстрировался на выставках «Охрана труда в энергетике» в 1999 и 2000 гг. (ВВЦ России, г. Москва), Минобразования РФ (1999 г., г. Москва)

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 11 печатных работ, включая патент на изобретение № 2149415.

**Объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, изложенных на 98 страницах машинописного текста, содержит 41 рисунок, 16 таблиц, список использованной литературы из 80 наименований и 3 приложения.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Невозможно представить себе жизнь современного общества без электроэнергии. Электричество используется всюду – на производстве, в быту, на транспорте, в системах радио- и телекоммуникации, и т.д. Этот вид энергии является наиболее универсальным для использования и самым рациональным для преобразования и транспортировки на большие расстояния. Энергосистема любой страны мира немыслима без линий электропередачи. Главнейшим же звеном энергетической системы являются воздушные линии электропередачи сверхвысокого напряжения.

В то же время известно, что работающие электроустановки сверхвысокого напряжения создают электрическое поле большой интенсивности, при систематическом воздействии на организм человека способное приводить к негативным изменениям в состоянии здоровья. Большой вклад в изучение воздействия электрического поля на живые организмы и установление количественных характеристик этого воздействия внесен такими учеными, как Сазонова Т.Е., Малаян К.Р., Александров Г.Н., Габович Р.Д., Козярин И.П., Поспелова Т.Г., Кузнецова К.Б. и другими. Вместе с тем задача защиты здоровья персонала, обслуживающего электрооборудование сверхвысокого напряжения и систематически подвергающегося действию электрического поля в силу своих профессиональных обязанностей, остается на сегодняшний день актуальной. Меры защиты работников от указанного вредного фактора производственной среды, применяемые в настоящее время, являются, по существу, недостаточно эффективными.

Наличием электрического поля обусловлено также такое явление, как токи смещения. Они представляют собой емкостные токи, возникающие в системе «фазные провода линии – воздух – человек – земля» и возникают под действием переменного напряжения высоковольтной линии (50 Гц). Токи смещения протекают через тело человека, если тот находится в зоне действия переменного электрического поля. В связи с этим имеет смысл характеризовать поле вблизи высоковольтных ВЛ напряженностью ЭП и величиной тока смещения через тело человека.

Однако для того, чтобы выработать меры защиты от воздействия любого вредного фактора, необходимо предварительно проанализировать физическую природу последнего, изучить его особенности, а также

составить представление о реальных уровнях неблагоприятного воздействия, существующих в конкретных производственных условиях.

В литературе имеются сведения по результатам расчетов и измерений напряженности ЭП и токов смещения вблизи линий сверхвысокого напряжения как в нашей стране, так и за рубежом. 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.) и поэтому нельзя получить четкого представления о пространственной картине распределения ЭП в рассматриваемом пролете; кроме того, не учитывается влияние рельефа местности между опорами на искажение поля из-за изменения расстояний между поверхностью земли и проводами линии. Сезонные колебания температуры также приводят к изменению напряженности ЭП (особенно в середине пролета) за счет температурного сжатия или растяжения металла проводов, что не отражено в известных нам источниках.

Нами проведен ряд экспериментов по измерению уровней и установлению характера пространственного распределения ЭП вдоль пролетов линий электропередачи напряжением 500 кВ Челябинского предприятия «Межсистемные электрические сети «РАО ЕЭС России». Измерения носили «массовый» характер, т.е. на каждом из выбранных пролетов ВЛ осуществлялось измерение напряженности не менее чем в 80 точках, по строго определенной схеме. Это позволяет получить весьма полное представление о характере распределения напряженности ЭП под всем пролетом линии электропередачи. Исследовалось влияние рельефа местности, по которой проходит линия электропередачи 500 кВ, на характер распределения напряженности ЭП в пролете линии. Кроме того, рассмотрению подлежал также вопрос о том, к каким качественным и количественным вариациям в картине распределения напряженности ЭП в пролете линии приводят изменения температуры воздуха. Измерения производились на уровне 1,8 м от уровня земли, в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.002-84, при помощи прибора NFM-1. В качестве одного из примеров результатов указанных исследований на рис.1 и 2 представлены данные, отражающие характер распределения ЭП в пролете №2 ВЛ 500 кВ подстанции «Златоуст»; это случай подъема линии электропередачи в гору.

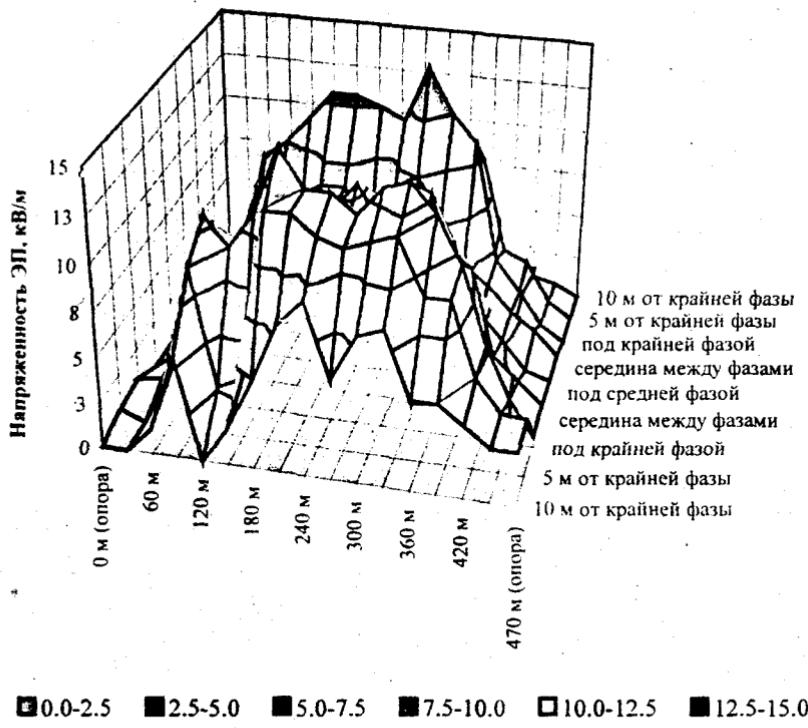


Рис. 1. Картина распределения ЭП под пролетом № 2 ВЛ 500 кВ подстанции «Златоуст» (подъем линии в гору)

На рис. 3 показано, как изменяется напряженность ЭП в пролете линии при изменении температуры воздуха: представлены графики напряженности поперек пролета при температурах +27 °C и при -6 °C (пролет №4 подстанции «Шагол», 180 м от опоры №4). Как видно из рисунка, напряженность под средней фазой при изменении температуры на 33 °C изменяется почти в 4 раза.

Таким образом, установлено, что распределение уровня напряженности ЭП имеет вид сложной пространственной функции и существенным образом зависит как от рельефа местности в пролете линии, так и от хода температур. Это означает, в частности, что даже в течение рабочего дня вблизи работающих электроустановок

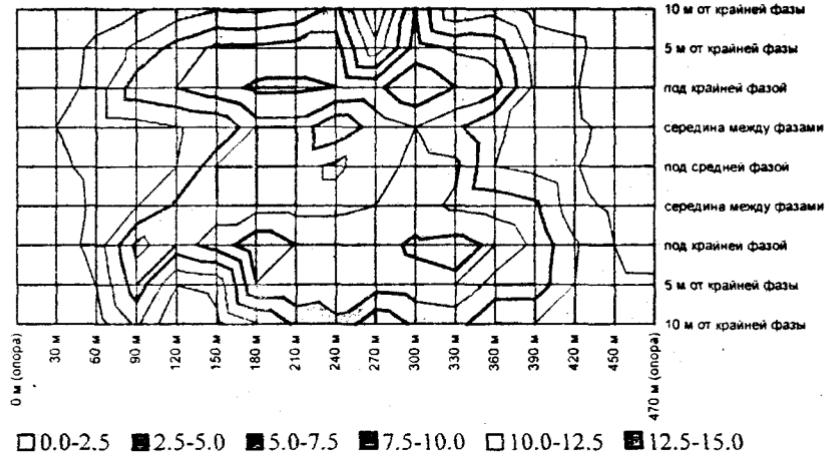


Рис. 2. Карта напряженности ЭП под пролетом № 2 ВЛ 500 кВ подстанции «Златоуст» (подъем линии в гору)

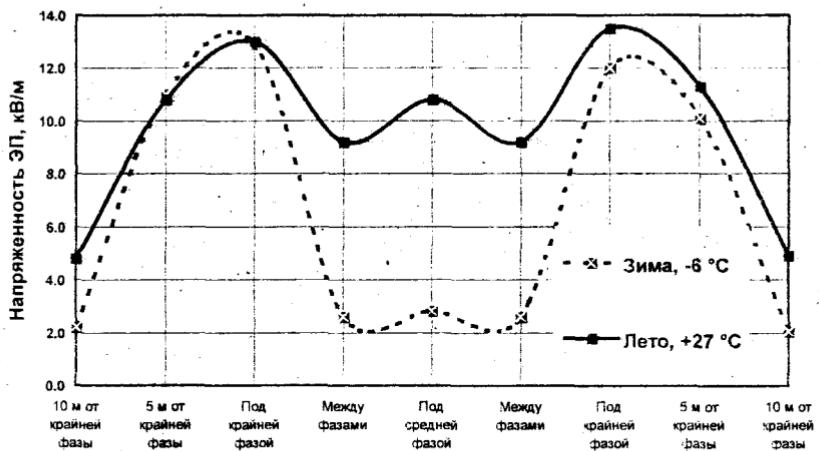


Рис. 3. Изменение напряженности поперек пролета №4 подстанции «Шагол» на расстоянии 180 м от опоры №4

сверхвысокого напряжения величина напряженности ЭП на рабочих местах и сам характер ее распределения может ощутимо изменяться. В

этой связи применяющиеся на сегодняшний день методы защиты от воздействия ЭП, а именно составление карт напряженности и установка табличек с указанием значения напряженности ЭП в данной точке, следует считать недостаточно эффективными. Кроме того, персонал, обслуживающий электрооборудование сверхвысокого напряжения, в процессе своей трудовой деятельности, как правило, перемещается (как на территории открытых распределительных устройств, так и под линиями электропередачи), а не находится постоянно в какой-либо фиксированной точке.

Выполненный в диссертации анализ позволил установить, что в зависимости от рельефа местности до 1/2 пространства между опорами имеет напряженность ЭП, равную или превышающую величину 5 кВ/м. В этих условиях обеспечение защиты линейного персонала традиционными методами (экранирование, применение СИЗ) не представляется возможным в силу известных обстоятельств. Решение вопроса может быть обеспечено реализацией метода защиты временем.

С целью определения готовности персонала к пользованию прибором, реализующим метод защиты временем, было проведено изучение мнения персонала ряда подстанций и районов межсистемных электрических сетей (РМЭС). В результате данного исследования установлено, что независимо от характера производственной деятельности, стажа, возраста, образовательного уровня персонал абсолютным большинством высказался за применение такого прибора.

На основании изложенного выше и с учетом требований ГОСТ 12.1.002-84 был разработан прибор индивидуального учета уровня воздействия ЭП на организм человека, структурная схема которого приведена на рис.4, а внешний вид – на рис.5.

Прибор работает следующим образом. При воздействии на антенный датчик 1 переменного ЭП на нем наводится переменная ЭДС, по амплитуде и фазе соответствующая воздействующему полю. Чувствительность датчика составляет приблизительно 0,1 В на 1 кВ/м. Наведенная на датчике ЭДС подается на вход предварительного усилителя 2 с коэффициентом передачи по напряжению, равным единице. Усиленный по мощности сигнал с частотой 50 Гц далее поступает на вход активного амплитудного детектора 3, который преобразует этот сигнал в постоянное напряжение, равное амплитуде переменного напряжения на входе. Амплитудный детектор соединен последовательно с преобразователем «напряжение – частота» 4 (ПНЧ).

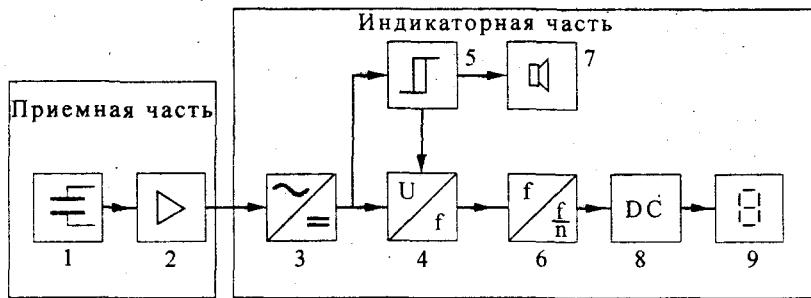


Рис. 4. Структурная схема прибора индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на организм человека

На рисунке цифрами обозначены:

- 1 – антенный датчик электрического поля;
- 2 – предварительный усилитель;
- 3 – активный амплитудный детектор;
- 4 – преобразователь «напряжение – частота»;
- 5 – пороговое устройство;
- 6 – двоичный счетчик импульсов;
- 7 – блок звуковой индикации;
- 8 – цифровой дешифратор;
- 9 – знакосинтезирующий индикатор.

Выходной сигнал ПНЧ представляет собой последовательность импульсов прямоугольной формы с частотой, прямо пропорциональной напряжению на выходе амплитудного детектора 3, а следовательно, и сигналу с антенного датчика ЭП 1 и текущему значению напряженности ЭП. Коэффициент преобразования ПНЧ составляет приблизительно 50 Гц/В, или в пересчете на напряженность ЭП 5 Гц/(кВ/м).

С выхода преобразователя импульсы поступают на счетчик импульсов 6. Число импульсов, поступивших на счетчик 6 за время  $t$ , соответствует выражению

$$N = \int_0^t f \cdot dt.$$

Поскольку частота импульсов  $f$  пропорциональна напряженности поля  $E$ , то есть

$$f = k \cdot E,$$

можно записать

$$N = k \cdot \int_0^t E \cdot dt, \text{ кВ/м} \cdot \text{ч}$$

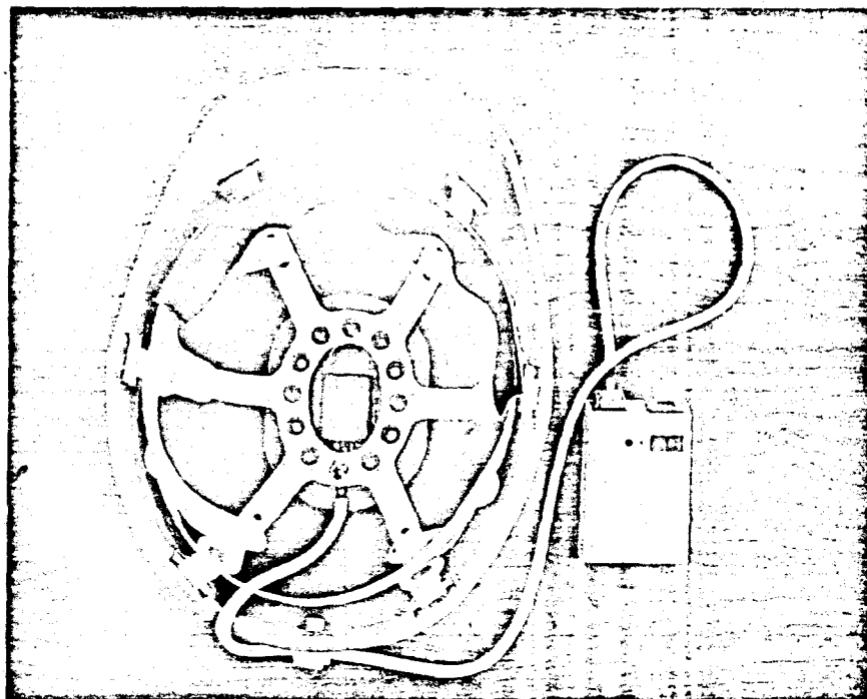


Рис.5. Внешний вид прибора индивидуального учета уровня воздействий ЭП на организм человека

Таким образом, число импульсов  $N$ , отсчитанных за время  $t$ , будучи умножено на коэффициент  $k$ , характеризует текущую количественную оценку (экспозицию) напряженности ЭП, выраженную в  $\text{kV/m} \cdot \text{ч}$ , за то же время.

Информация о содержимом счетчика 6 через двоично-десятичный дешифратор 8 поступает на двухразрядный светодиодный знакосинтезирующий индикатор 9. Коэффициент пересчета счетчика 6 (равно как и другие коэффициенты схемы) выбран таким образом, что на индикаторе 9 отображается уровень воздействия напряженности электрического поля, выраженный непосредственно в  $[(\text{kV/m}) \cdot \text{ч}]$ . Индикатор в штатном

режиме работы прибора отключен, но при необходимости его показания можно считать, нажав на микрокнопку, расположенную на лицевой стороне индикаторной части прибора рядом с индикатором. Сброс показаний в ноль осуществляется еще одной микрокнопкой, которая во избежание случайных нажатий «утоплена» в корпусе.

Пороговое устройство 5 выполняет две функции:

- автоматическое прекращение измерений (с сохранением неизменным текущего результата) при напряженности ЭП, меньших 5 кВ/м, так как согласно ГОСТ 12.1.002-84 зоной воздействия электрического поля является зона с напряженностью 5 кВ/м и выше;
- управление блоком звуковой сигнализации 7, который выдает предупреждающий тональный сигнал при превышении предельно допустимого уровня напряженности ЭП, равного 25 кВ/м, в соответствии с ГОСТ 12.1.002-84.

Звуковая сигнализация срабатывает также и в том случае, если уровень воздействия ЭП, или, что то же, величина экспозиции ЭП, превышает предельно допустимый уровень для одной рабочей смены (8 ч), равный  $40 \text{ [(кВ/м)} \cdot \text{ч}]$ . Управляющий цифровой сигнал об этом событии поступает на вход блока звуковой сигнализации от счетчика 6.

Таким образом, прибор, построенный по приведенной на рис. 4 структурной схеме, обеспечивает измерение уровня воздействия ЭП промышленной частоты на организм работника, причем показания прибора есть интегральная оценка этого уровня, выраженная непосредственно в размерных единицах –  $[(\text{kV/m}) \cdot \text{ч}]$  – и не требующая пересчета, что делает использование прибора удобным и наглядным. Работник в течение рабочего дня может по мере необходимости самостоятельно контролировать показания прибора, кроме того, ориентируясь по звуковым сигналам, он сможет организовать свою работу так, чтобы подвергаться наименьшему риску для своего здоровья.

Таким образом, прибор обеспечивает реализацию принципа защиты временем, и помимо этой своей основной функции, также выполняет функцию сигнализирующего устройства.

Как видно из рис.5, конструктивно прибор состоит из двух частей: приемной и индикаторной. Первая из них содержит антенный датчик ЭП и предварительный усилитель (блоки 1 и 2 на структурной

схеме) и смонтирована в стандартной монтажной кассе над оголовьем. На рис.5 виден один из электродов антенного датчика ЭП (пластина овальной формы) и миниатюрный металлический кожух, размещающийся непосредственно на этом электроде. Под кожухом находится печатная плата ( $22 \times 33$  мм), на которой собрана схема предварительного усилителя. Приемная часть прибора электрически соединяется с индикаторной при помощи тонкого гибкого кабеля, заключенного в мягкую оболочку из кремнийорганической резины, через миниатюрный разъем. В корпусе индикаторной части прибора выполнены все остальные функциональные узлы. В этом же корпусе установлен дополнительный разъем, который в случае необходимости позволяет считывать данные с прибора в виде двоичного кода для автоматизированного ввода информации в персональную IBM-совместимую ЭВМ.

Рабочий размещает индикаторную часть на своей спецодежде – на пояссе, в нагрудном кармане и т.д. – по собственному усмотрению. Ориентация в пространстве индикаторной части прибора не имеет значения. Рабочее положение – любое.

Для организации защиты персонала с помощью разработанного прибора в пределах одного конкретного электросетевого предприятия целесообразно создание системы индивидуального учета уровня воздействия ЭП на персонал межсистемных электрических сетей. Данная система имеет 4 иерархических уровня: участок, подстанция, район (РМЭС) и дирекция (управление сетевого предприятия). В диссертации на основе анализа особенностей сетевых предприятий, обслуживающих подстанции и ЛЭП 500 кВ, сформулированы основные требования к системе учета.

Структурная схема системы индивидуального учета уровня воздействия ЭП на персонал межсистемных электрических сетей приведена на рис. 6. Затененными прямоугольниками на схеме представлены отдельные приборы индивидуального учета уровня воздействия ЭП.

На всех подстанциях электросетевого предприятия имеется оборудование сверхвысокого напряжения, обслуживанием которого занято определенное число работников. Перед началом рабочего дня работникам выдаются приборы индивидуального учета уровня воздействия ЭП, которые в течение смены измеряют экспозицию поля для каждого конкретного работника. По окончании смены работники сдают приборы, после чего показания, накопленные приборами за рабочую смену,

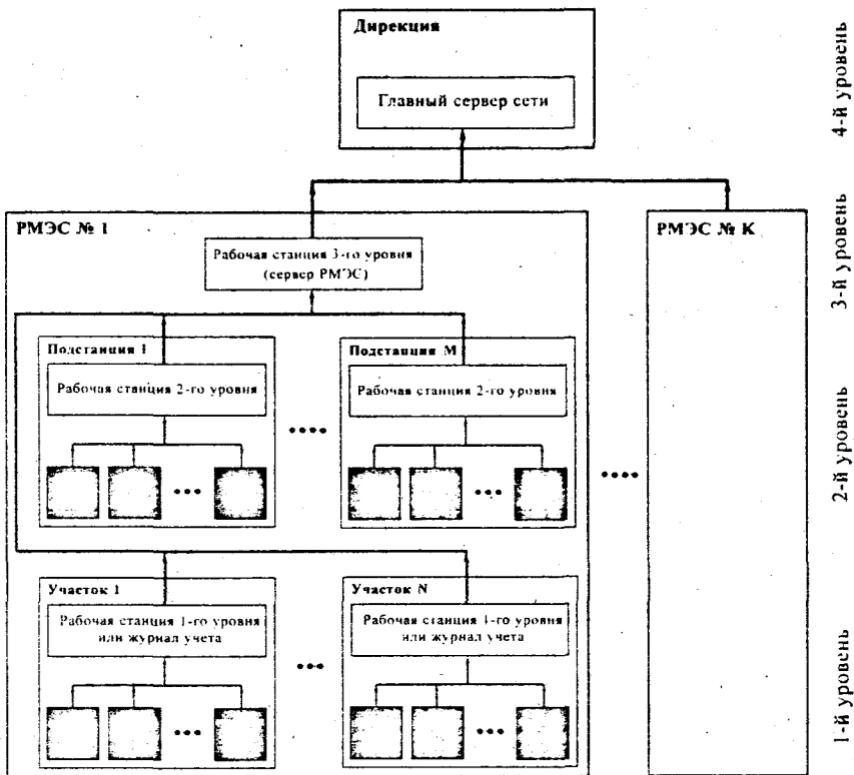


Рис.6. Структурная схема системы индивидуального учета уровня воздействия ЭП на персонал межсистемных электрических сетей

считываются при помощи специального согласующего устройства и заносятся в базу данных, реализованную на базе персонального компьютера. При этом информация передается в компьютер по цепи «прибор индивидуального учета – согласующее устройство – параллельный порт ввода-вывода (LPT) компьютера». Таким образом, при внедрении предлагаемой системы учета на любой из подстанций данного электросетевого предприятия имеется возможность располагать точными данными о степени воздействия электрического поля на каждого конкретного работника за сколь угодно длительный период времени; функции длительного хранения информации (более суток) при этом возлага-

гаются не на сами приборы индивидуального учета, а на жесткий диск компьютера. При объединении рабочих станций 2-го уровня, на которых хранятся указанные базы данных, между собой, а также с главным сервером дирекции в единую компьютерную сеть, появляется возможность считывать информацию о степени воздействия на персонал ЭП с каждой из подстанций и хранить эту объединенную воедино информацию на компьютере, установленном в дирекции. Таким образом, руководство предприятия получает доступ к точной и оперативной информации, пополняемой ежедневно, на основании которой можно принимать необходимые меры по улучшению условий труда (как технического, так и организационно-административного характера), корректировать организацию труда персонала, исходя из реальных величин степени воздействия ЭП, а также планировать оздоровительные и профилактические мероприятия индивидуально для каждого работника.

Следует отметить, что наличие компьютерного оборудования не является обязательным условием для реализации указанной системы. Возможны различные варианты осуществления долговременного хранения информации в зависимости от особенностей сетевого предприятия – например, при помощи ведения журналов учета уровня воздействия ЭП.

Для реализации указанной системы был разработан алгоритм и составлена компьютерная программа, позволяющая осуществлять автоматизированный сбор и хранение информации о экспозиции ЭП с приборов индивидуального учета уровня воздействия ЭП для каждого отдельного работника предприятия.

Применение разработанной и представленной в диссертации системы обеспечивает вполне определенный социально-экономический эффект. Социальный эффект обусловлен сохранением здоровья и работоспособности персонала, а экономический – снижением уровня профессионального риска, который определяется как

$$R = \frac{\sum Y_i \cdot n_i}{N},$$

где  $Y_i$  – ущерб здоровью при работе в условиях труда степени вредности  $i = 3,1; 3,2; 3,3; 3,4$ , принимаемый по нормативному документу Р2.2.755-99,

$n_i$  – количество работающих в условиях труда класса вредности  $i$ ;

$N$  – общее количество персонала сетевого предприятия.

Применительно к Челябинскому предприятию «Межсистемные электрические сети РАО «ЕЭС России» снижение уровня профессионального риска при внедрении системы индивидуального учета уровня воздействия ЭП на персонал составило 82%.

Разработанные прибор и система индивидуального учета уровня воздействия ЭП внедрены на Челябинском предприятии «Межсистемные электрические сети РАО «ЕЭС России» и в АО «Тюменьэнерго». Полученные в диссертации данные об уровнях напряженности ЭП и токов смещения использованы при подготовке конспекта лекций по разделу «Электромагнитные излучения».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена актуальная научно-техническая задача разработки системы индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на персонал подстанций межсистемных электрических сетей, использующей метод защиты временем и позволяющей обеспечивать оперативную и высокоэффективную защиту здоровья персонала от воздействия электрического поля промышленной частоты.

Выполненные исследования позволили получить следующие основные результаты и сделать выводы:

1. В результате выполненных исследований впервые получены и построены графические трехмерные картины распределения напряженности электрического поля вдоль воздушных линий электропередачи 500 кВ для различных рельефов местности. Анализ этих поверхностей показал, что до 1/2 пространства между опорами имеет напряженность электрического поля, равную 5 кВ/м и более. Впервые количественно установлено изменение напряженности электрического поля вдоль линии электропередачи напряжением 500 кВ при изменении температуры воздуха. При изменении температуры от +27 °C до -6 °C изменение напряженности электрического поля под средней фазой в середине пролета составило 3,8 раза, что обусловлено изменением стрелы провеса фазных проводов. При удалении в сторону от проекции крайней фазы напряженность электрического поля в зависимости от рельефа местности достигает значений менее 5 кВ/м на расстоянии 7 и более метров. Последнее показывает целесообразность внесения изменений в Типовую инструкцию по эксплуатации воздушных линий электропередачи на-

пряжением 35 – 800 кВ (РД 34.20.504-94) в части перемещения персонала при осмотре ВЛ.

2. Экспериментально доказано, что величина тока смещения через тело человека определяется не столько ростом человека, сколько площадью «сечения» плечевого пояса. Выявлено, что функциональное состояние линейного персонала, связанное со снижением активности иммунной системы, изменяется в большей степени, нежели у оперативного и ремонтного персонала.

3. Наиболее рациональным и пригодным для применения в повсеместной практике методом защиты персонала от воздействия электрического поля электроустановок напряжением 500 кВ, с учетом существующих на сегодняшний день особенностей электросетевых предприятий, является метод защиты временем, для реализации которого предназначена предлагаемая система индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на персонал подстанций межсистемных электрических сетей.

4. Статистическое исследование отношения персонала к использованию индивидуального прибора, позволяющего обеспечить практическую реализацию принципа «защита временем», показало, что независимо от вида работ, стажа и возраста персонала, последний готов к его использованию в своей повседневной профессиональной деятельности.

5. Разработана структурная схема прибора индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на организм человека, позволяющая реализовать прибор, способный эффективно осуществлять функции защиты временем и сигнализации о превышении предельно допустимых показателей воздействия электрического поля промышленной частоты. Разработаны принципиальная электрическая схема и конструкция прибора индивидуального учета уровня воздействия ЭП на организм человека, а также изготовлены опытные образцы прибора индивидуального учета уровня воздействия ЭП на организм человека, которые успешно прошли испытания в лабораторных и полевых условиях. На основании анализа существующих конструкций датчиков промышленных приборов для измерения напряженности электрического поля, а также с учетом реальной картины электрического поля, искажение которой обусловлено присутствием человека в точке измерения, сформулированы требования к датчику прибора индивидуального учета уровня воздействия электрического поля, разработан и изготовлен датчик, обеспечивающий приемлемую точность измерений.

6. Сформулированы основные требования к системе индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на персонал подстанций межсистемных электрических сетей, при выполнении которых обеспечивается надежная и эффективная работа данной системы учета, что выражается в обеспечении реальной и оперативной защиты персонала от воздействия электрического поля промышленной частоты. Разработана структурная схема системы индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на персонал подстанций межсистемных электрических сетей, реализация которой позволит осуществить высокоеффективную защиту персонала от воздействия электрического поля методом защиты временем при минимальных материальных затратах для электросетевого предприятия.

7. Произведена оценка социально-экономического эффекта от внедрения системы индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на персонал подстанций межсистемных электрических сетей. Результаты приведенной оценки свидетельствуют о целесообразности внедрения предлагаемой системы. Образцы приборов индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на организм человека введены в опытную эксплуатацию на Челябинском предприятии «Межсистемные электрические сети «РАО ЕЭС России» (3 комплекта). Материалы исследований используются в учебном процессе при подготовке специалистов по специальности 330100 («Безопасность жизнедеятельности в техносфере»), а также студентами Энергетического факультета.

**Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:**

1. Анализ повреждений здоровья персонала электроустановок напряжением 500 кВ / И.С. Окраинская, А.И. Сидоров, Э.М. Красильникова, В.Д. Куфельд, М.В. Гареев // Электробезопасность. – 1997. – №3-4. – С.5 – 12.

2. Законодательные аспекты обеспечения электромагнитной совместимости электроустановок напряжением 500 кВ и персонала, как составной части среды обитания. / И.С. Окраинская, М.В. Гареев, А.И. Сидоров, В.Д. Куфельд // Электробезопасность. – 1998. – №1. – С. 29 – 31.

3. Гареев М.В., Окраинская И.С. Некоторые результаты анкетирования персонала электроустановок напряжением 500 кВ // Безопас-

ность жизнедеятельности: Сб. науч. тр. – Челябинск, ЮУрГУ, 1998. – С.19 – 23.

4. Гареев М.В., Окраинская И.С., Сидоров А.И. Характеристика напряженности электрического поля ВЛ 500 кВ // Современные аспекты и проблемы охраны труда: Тез. докл. Российской науч.-практ. конф. – Пермь, 1998. – С. 193.

5. Сидоров А.И., Куфельд В.Д., Окраинская И.С., Гареев М.В. Электромагнитная совместимость ВЛ 500 кВ и линейного персонала // Электромагнитная совместимость технических средств и биологических объектов: Тез. докл. У Российской науч.-техн. конф. – Санкт-Петербург, 1998. – С. 55 – 59.

6. Окраинская И.С., Гареев М.В., Сидоров А.И. Некоторые результаты исследования напряженностей электрических полей вблизи электроустановок 500 кВ и действия этих полей на персонал // Белые ночи: Сб. материалов науч. чтений. – Санкт-Петербург, 1999. – С. 47. – 51.

7. Анализ факторов, определяющих условия труда персонала электроустановок 500 кВ / И.С. Окраинская, М.В Гареев., А.И. Сидоров, В.Д. Куфельд // Электрические станции. –1999. –№5.– С. 46 – 49.

8. Окраинская И.С., Гареев М.В., Сидоров А.И. Условия труда и оценка состояния здоровья персонала, обслуживающего ВЛ 500 кВ // Электробезопасность 99: Тез. докл. 12 Международной науч.-техн. конф. – Вроцлав, Польша, 1999. – С. 139 – 143.

9. Гареев М.В., Окраинская И.С., Сидоров А.И. Прибор индивидуального учета времени пребывания персонала в зоне влияния электромагнитного поля // Электробезопасность 99: Тез. докл. 12 Международной науч.-техн. конф. – Вроцлав, Польша, 1999. – С. 455 – 458.

10. Влияние рельефа местности и хода температуры на напряженность электрического поля вдоль ВЛ 500 кВ / М.В. Гареев, И.С. Окраинская, А.И. Сидоров, А.Б. Тряпицын // Электробезопасность. – 1998. – № 3-4.– С. 41 – 48.

11. Патент 2149415 РФ, МПК 7G01R29/08. Устройство для индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на организм человека / М.В. Гареев, И.С. Окраинская, А.И. Сидоров, В.Д. Куфельд (РФ). – 3 с.: ил.

Гареев

ГАРЕЕВ Михаил Вячеславович

СИСТЕМА ИНДИВИДУАЛЬНОГО УЧЕТА УРОВНЯ  
ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ПЕРСОНАЛ  
МЕЖСИСТЕМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Специальность 05.26.01 – «Охрана труда (электроэнергетика)»

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Издательство Южно-Уральского государственного  
Университета

---

ИД № 00200 от 28.09.99. Подписано в печать 19.04.2000. Формат  
60\*84 1/16. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,16. Уч-изд. л. 1.  
Тираж 80 экз. Заказ 122/197.

---

УОП Издательства. 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.