

А.М. Большунов ЗАО "ФПГ Энергоконтракт"
А.Ю. Воробьев, ЗАО "НПО Энергоформ"
С.Г. Отморский ООО НПО "Техносервис-Электро"

ЭКРАНИРУЮЩИЕ КОМПЛЕКТЫ

Подстанции (ПС) и воздушные линии (ВЛ) напряжением 330 кВ и выше, как показали многочисленные медико-биологические исследования, являются источником биологически активного электрического поля (ЭП). Имеющиеся данные указывают на возможность развития у персонала, обслуживающего указанные электроустановки, ряда патологий, включая злокачественные опухоли, серьезные функциональные со стороны нервной, сердечно-сосудистой, иммунной и эндокринной систем, а также репродуктивной функции. Важным фактором является накопление биологического эффекта в условиях ежедневного, длительного, многолетнего производственного воздействия ЭП. Кроме того, ЭП индуцирует на теле человека, если он изолирован от земли, и на изолированных объектах, например отключенных токоведущих частях оборудования, высокое напряжение. В момент соприкосновения человека с заземленными или изолированными объектами возникает разряд, сопровождающийся протеканием через тело человека импульсного тока, вызывающего сильное болевое раздражение, особенно опасное при работе на высоте, когда возможна тяжелая травма из-за падения. Указанные обстоятельства заставляют относить ЭП к опасным и вредным производственным факторам.

Вопрос о необходимости обеспечения защиты от ЭП в бывшем СССР был поставлен еще в 50-е годы, когда в других странах этой проблемой практически не занимались. И это не удивительно. Наша страна была пионером освоения электропередач сверхвысокого напряжения (СВН) и первой столкнулась с проблемами электромагнитной безопасности.

Отечественные исследователи никогда не драматизировали ситуацию в связи с обнаружением неблагоприятного воздействия ЭП на человека, но не пренебрегали возможными последствиями такого воздействия. Считалось, что лучше исключить его, разработав эффективные меры защиты, чем потом расплачиваться за бездеятельность, если окажется, что опасность реальна. Исходя из этого, была взята на вооружение тактика опережающего внедрения защиты, полностью себя оправдавшая. Сложнейшие процессы, происходящие в человеческом организме под воздействием ЭП, будут изучаться еще многие десятилетия во всем мире, а защита от этого фактора тем, кто подвергается его воздействию, нужна сегодня, когда не осталось сомнений в том, что при уровнях, превышающий 5 кВ/м, воздействие ЭП есть, и от него надо защищаться.

Наиболее эффективным, удобным, универсальным и, вместе с тем, простым средством защиты от воздействия ЭП являются экранирующие комплекты. Их использование в электроустановках СВН в начале 90-х годов были регламентированы «Санитарными нормами и правилами выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты (50 Гц)», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок (изд. 1989 г.)», другими документами отраслевого и федерального уровней. Все упомянутые документы предусматривали необходимость защиты не только экранирующими комплектами, но и альтернативными методами (применение специальных компоновок распределительных устройств, стационарных экранов на ПС, передвижных, инвентарных экранов и т. п.). Необходимость альтернативы диктовалась несовершенством конструкции имевшихся в то время экранирующих комплектов, неудобством их использования.

Новые экранирующие комплекты были разработаны НПО "Техносервис-Электро" совместно с фирмой "Энергоконтракт". Сегодня они производятся, испытываются и поставляются заказчикам московской фирмой ЗАО «НПО Энергоформ». Эти комплекты

лишены недостатков своих предшественников, о чем свидетельствует опыт эксплуатации более 3000 этих изделий, выпущенных к концу 2004 года.

«Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок», предписывают применение экранирующих комплектов персоналом ПС и ВЛ СВН как основного средства, позволяющего сохранить здоровье обслуживающего персонала. Указанный документ утвержден постановлениями Минтруда РФ и Минэнерго РФ и введен в действие с 1 июля 2001 г.

На сегодняшний день в России все описанные ниже экранирующие комплекты для защиты от электрического поля промышленной частоты (50 Гц) внесены в «Типовые нормы бесплатной выдачи спецодежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам организаций электроэнергетической промышленности» по целому ряду специальностей. Таким образом, у энергопредприятий России появилась возможность приобретать экранирующие комплекты наравне со спецодеждой общего назначения, включая стоимость изделия в себестоимость производства или передачи электроэнергии.

Что же представляют собой экранирующие комплекты нового поколения? В чем их основные преимущества по сравнению с известными аналогами?

Первое и главное отличие – использование принципиально новых материалов, изготавливаемых по новой технологии. В частности, электропроводящая (экранирующая) ткань, из которой выполняется одежда экранирующих комплектов, изготавливается из специально подобранной (например, негорючей) ткани общего назначения, путем нанесения на нее, после предварительной подготовки, электрохимическим способом сплошного тончайшего покрытия из различных металлов в два или три слоя с каждой стороны. Новые экранирующие ткани достаточно хороши в гигиеническом отношении.

Токсикологические исследования показали отсутствие кожно-раздражающего эффекта.

И, главное, защитные свойства новых экранирующих тканей на два порядка выше, чем у ранее применяемых.

Другое важное отличие новых экранирующих комплектов от ранее выпускавшихся заключается в гораздо лучшем качестве изготовления, лучшей комплектации, повышенной износостойкости, обеспечении большего удобства в эксплуатации.

По своему назначению экранирующие комплекты, производимые ЗАО "НПО Энергоформ" разделяются на две группы. Первая – 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 неотключенных ВЛ. Промежуточное положение занимают комплекты для работы в зоне наведенного напряжения. Отдельное место занимают экранирующие комплекты для защиты от электромагнитного излучения радиочастот, которые наибольшее применение находят при работах в зоне действия мощных источников излучения, работающих в радиочастотном диапазоне (радиопередающих и телевизионных станций, сотовой и высокочастотной связи, радиолокационных установок, аэронавигации, установок высокочастотного нагрева).

Экранирующие комплекты всех типов создают замкнутое пространство вокруг тела человека (индивидуальную клетку Фарадея), исключая проникновение поля даже очень высокой интенсивности внутрь экранированного пространства. Обладая высокой проводимостью, комплекты шунтируют тело человека, исключая протекание через него тока смещения и импульсных токов. Комплекты для работы под напряжением, кроме того, защищают органы дыхания пользователя от аэроионов, образующихся в результате ионизации воздуха под воздействием высокого напряжения.

Комплекты для защиты от электрического поля промышленной частоты (50 Гц) выполнены по ТУ-8572-001-493352590-99 «Средства индивидуальной защиты от электрических полей. Комплект экранирующий.», разработанным ЗАО «НПО Энергоформ» и согласованным с Департаментом Генеральной инспекции по эксплуатации электростанций и сетей РАО «ЕЭС России».

Комплекты отвечают требованиям ГОСТ 12.4.172-87. Они сертифицированы Органом по сертификации средств индивидуальной защиты Госстандарта России. На комплекты получено санитарно-эпидемиологическое заключение Департамента Госсанэпиднадзора Минздрава РФ.

Экранирующие комплекты типа Эп-1 (летний) и Эп-3 (зимний) (рис. 1, 2) являются универсальным средством защиты от вредного воздействия всех факторов электромагнитной природы, создаваемых электроустановками ПС и ВЛ напряжением до 1150 кВ переменного тока. Они предназначены для использования при работах, выполняемых на потенциале земли, в том числе при ремонтных работах на отключенном и заземленном оборудовании, а также железобетонных, металлических и деревянных конструкциях.

Комплекты обеспечивают защиту:

- от воздействия электрического поля;
- от воздействия тока смещения, протекающего через тело человека при еработе в электрическом поле действующих электроустановок;
- от воздействия импульсного тока (разрядов), возникающего при прикосновении к заземленным или изолированным предметам, частям электрооборудования, а также траве и мелкому кустарнику;
- от воздействия интенсивного электромагнитного излучения в широком диапазоне радиочастот, возникающего при разряде между контактов разъединителей, особенно при отключении ненагруженных трансформаторов и ВЛ;
- от возможной электротравмы при работе в зоне наведенного напряжения.

В состав комплекта входят следующие элементы:

- экранирующая куртка с втачным капюшоном;
- экранирующий полукомбинезон;
- экранирующий напасник;
- экранирующие трикотажные перчатки;
- экранирующие кожаные ботинки.

Все элементы комплекта выполнены с использованием электропроводящих материалов и гальванически соединяются друг с другом. Схема электрических (гальванических) соединений включает каналы повышенной проводимости, «сборные шины» и соединительные выводы. Эта схема собирается на внутреннем экранирующем слое. Все элементы схемы выполняются из ленты или ткани с посеребренной нитью. Контактные соединения выводов обеспечиваются металлическими полукольцами и парными кнопками. Указанное построение электрических соединений обеспечивает практически 100-процентное прохождение тока смещения и импульсного тока минуя тело человека, даже при снижении проводимости экранирующей ткани.

Технические характеристики (защитные свойства) экранирующих комплектов типа Эп-1, Эп-3

Коэффициент экранирования ткани, дБ, не менее:	
При частоте 50 Гц	90
до 10 МГц	90
10-500 МГц	80
500-20000 МГц	60
Коэффициент экранирования при частоте 50 Гц комплекта в целом, дБ, не менее:	60 (1000 отн. ед.)
сопротивление экранирующей одежды, Ом, не более	40
сопротивление экранирующих перчаток, Ом, не более	30
сопротивление экранирующей обуви, Ом, не более	500



Рис. 1. Экранирующий комплект типа Эп-1



Рис. 2. Экранирующий комплект типа Эп-3

Экранирующие комплекты типа Эп-4(л) летний и Эп-4 (з) зимний (рис. 3, 4) предназначены для использования при работах, выполняемых на потенциале проводов неотключенных ВЛ переменного тока напряжением до 1150 кВ включительно. Их можно также использовать при работах под напряжением, выполняемых на потенциале земли (стойки и траверсы опор ВЛ).

Комплекты обеспечивают защиту от тех же факторов вредного воздействия, что и Эп-1, но более эффективно, и дополнительно, как было указано выше, существенно очищают вдыхаемый воздух от аэроионов, концентрация которых вблизи проводов неотключенных ВЛ недопустимо высока. Кроме того, комплекты типа Эп-4(л) и Эп-4(з) защищают пользователя, работающего в непосредственной близости от проводов неотключенной ВЛ от интенсивного электромагнитного поля, создаваемого коронным разрядом.

Куртка, полукомбинезон, нагасник и ботинки выполнены с использованием негорючей экранирующей ткани.

Ткань верха комплекта также является негорючей с грязе- и водоотталкивающей пропиткой. Внутри спецкарманов куртки, как у комплектов Эп-1, закреплены проводники из электропроводящей ткани с зажимами на концах. Они предназначены для гальванического соединения комплекта с монтерской кабиной или штангой для переноса потенциала.

Технические характеристики (защитные свойства) экранирующих комплектов типа Эп-4 (л), Эп-4(з)

Коэффициент экранирования ткани, дБ, не менее:	
При частоте 50 Гц	90
до 10 МГц	90
10-500 МГц	80
500-20000 МГц	60
Коэффициент экранирования при частоте 50 Гц комплекта в целом, дБ, не менее:	60 (1000 отн. ед.)
сопротивление экранирующей одежды, Ом, не более	10
сопротивление экранирующих перчаток, Ом, не более	30
сопротивление экранирующей обуви, Ом, не более	500
Коэффициент снижения концентрации аэроионов во вдыхаемом воздухе, отн. ед., не менее:	
легких	3
тяжелых (аэрозолей)	12

Экранирующие комплекты типа Эп-4(0) (рис. 5) предназначены для исключения возможной электротравмы при работе в зоне наведенного напряжения, причем не только на ВЛ, но и на контактной сети железных дорог, а также на ПС, включая тяговые.

Комплект рассчитан на протекание, минуя тело человека, в течение короткого времени (1-2 с) тока величиной более 100 А. Это достигается применением более сложной схемы гальванических соединений с параллельными связями и более совершенными контактными соединениями.



Рис. 3. Экранирующий комплект типа Эп-4(л)



Рис. 4. Экранирующий комплект типа Эп-4(з)



Рис. 5. Экранирующий комплект типа Эп-4(0)



Рис. 6. Экранирующий комплект типа Эи-2

Экранирующие комплекты типа Эи-2 (рис. 6) предназначены для исключения вредного воздействия электромагнитного поля радиочастот на организм пользователя. Они создают замкнутую оболочку с эффективными проводящими уплотнениями в соединительных швах, а также между элементами комплекта, затрудняющими проникновение электромагнитного поля радиочастот внутрь экранированного пространства.

Конструктивное отличие этих комплектов от серии Эп состоит в том, что все элементы соединены между собой гальванически не при помощи контактных выводов, а электропроводящими поверхностями концевых участков одежды, перчаток и обуви. Благодаря этому отличию и достигается эффективное экранирование от поля высоких частот.

Комплекты Эи-2 выполнены по ТУ-8572-003-49352590-2001, разработанными ЗАО «НПО Энергоформ». В состав комплекта входят следующие элементы:

- экранирующий комбинезон;
- экранирующий головной убор (шлем) с экраном для лица;
- экранирующие трикотажные перчатки;
- кожаные экранирующие ботинки;

Технические характеристики (защитные свойства) экранирующих комплектов типа Эи-2

Коэффициент экранирования электромагнитного поля комплектом, включая головной убор с экраном для лица, дБ, не менее:

40-80 МГц	15
80-300 МГц	25
300-22000 МГц	30
сопротивление экранирующей одежды, Ом, не более	10
сопротивление экранирующих перчаток, Ом, не более	30
сопротивление экранирующей обуви, Ом, не более	500

В заключении коротко об испытаниях экранирующих комплектов.

Испытаниям экранирующих комплектов всех типов предшествуют испытания экранирующих тканей. Они проводятся в соответствии с требованиями международного стандарта IEC 60895. Дополнительно проводится токсикологическая оценка с целью подтверждения нетоксичности тканей, определяются гигиенические свойства, а также стойкость к истиранию, разрывная нагрузка, другие механические характеристики.

Типовые испытания комплектов серии Эп, включая все составные элементы, проводятся в соответствии с требованиями стандарта IEC 60895. В отличие от рекомендаций указанного стандарта защитные свойства этих комплектов проверяются в однородном поле плоского конденсатора (рис. 7), т. е. в наиболее тяжелом случае. Стандартизация электрического поля испытательной установки позволяет унифицировать условия испытаний и сделать сопоставимыми результаты испытаний разных образцов одноименных комплектов.

При испытаниях экранирующие комплекты типа Эп-1 и Эп-3 располагают на заземленной пластине конденсатора, комплекты типа Эп-4 (л, з) – на пластине, находящейся под напряжением. Манекен (фантом), на который надевают комплекты, оборудован системой из 64 миниатюрных датчиков. В результате удастся определить не только интегральные защитные характеристики комплектов (по току смещения), но и дифференциальные (по напряженности электрического поля), на различных участках поверхности фантома.

Типовые испытания комплектов Эи-2 проводятся в безэховой экранированной камере. При этом комплект, надетый на манекен, подвергается воздействию электромагнитного излучения от мощного источника (генератора) с регулируемой частотой излучения. Приемные антенны, подключенные через экранированный соединительный кабель к измерительному устройству, размещаются на манекене под комплектом на уровне груди и под экраном для лица. Далее приемные антенны настраиваются на частоту источника и при помощи измерительного устройства фиксируется ослабление электромагнитного поля комплектом в диапазоне частот от 0,1 МГц до 22 ГГц с переменным шагом.



Рис. 7. Испытания экранирующих комплектов серии Эп

В ходе производственного цикла каждый комплект, включая все его элементы, подвергается приемо-сдаточным испытаниям посредством измерения его электрического сопротивления. Такие испытания в соответствии с инструкцией по эксплуатации необходимо периодически повторять в процессе эксплуатации комплектов для подтверждения соответствия их защитных свойств установленным требованиям.