



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Рубцова Н.Б. , Токарский А.Ю. , Перов С.Ю.

ФГБНУ «НИИ МТ», Москва

Всероссийская научно-практическая конференция
«Актуальные вопросы организации контроля и надзора за физическими
факторами», 25-26 мая 2017 г.



ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ ОБЪЕКТОВ

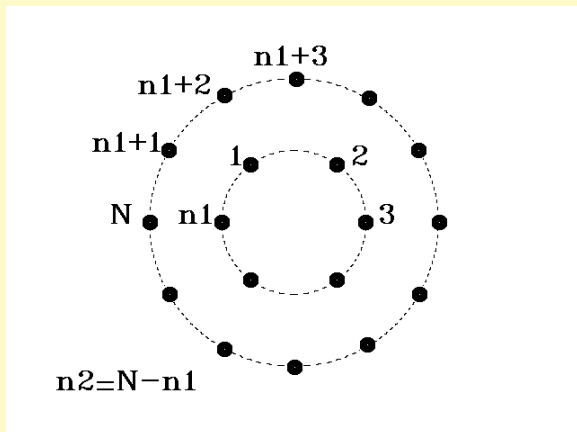
- Защита временем
- Защита расстоянием
- Организационно-технические мероприятия - конструкции, снижающие уровни ЭП и МП путем использования компенсирующего действия разноименных фаз токоведущих частей, экранирующего влияния высоких стоек под оборудование, выполнением шин с минимальным количеством расщепленных проводов в фазе при минимально возможном их провесе и др.,
- Применение СИЗ

Антенный метод снижения уровней электромагнитного излучения коронного разряда на воздушных линиях электропередачи (ВЛ) СВН.

Для каждой фазы ВЛ СВН (500 – 1150 кВ) сверху устанавливается антенна, на которую активным (подается напряжение относительно земли) или резонансным (антенна заземляется через индуктивное сопротивление) методом подается напряжение с определенным значением модуля и фазного угла. (АС №№ 931073, 931074, 1036222, 1072731)

Компактные двухцепные коаксиальные и однорадиусные ВЛ, обеспечивающие полную компенсацию ЭП и МП ПЧ, воздействующих на человека и окружающую среду

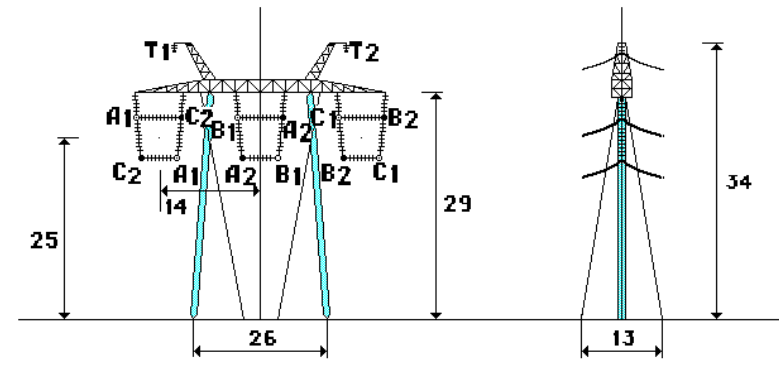
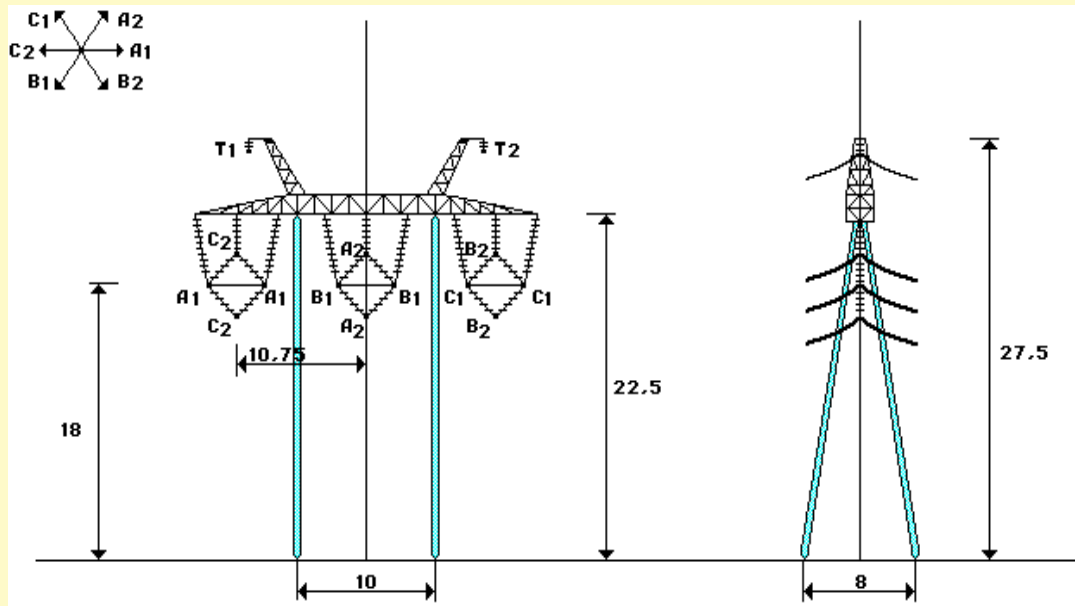
Параметры каждой коаксиальной пары определяются уравнением



$$\frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2} = \frac{\frac{1}{n1} \sum_{j=1}^{n1} \ln \frac{r_{p1}}{r_{1j}} - \frac{1}{n2} \sum_{j=n1+1}^N \ln \frac{r_{p1}}{r_{1j}}}{\frac{1}{n1} \sum_{j=1}^{n1} \ln \frac{r_{p2}}{r_{(n1+1)j}} - \frac{1}{n2} \sum_{j=n1+1}^N \ln \frac{r_{p2}}{r_{(n1+1)j}}} = -1,$$

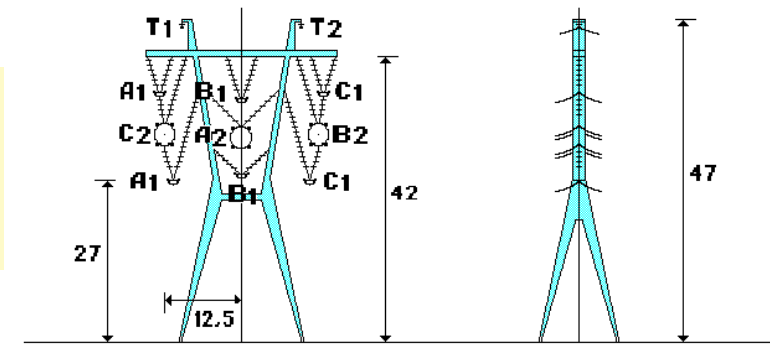
при соблюдении которого (по теореме Гаусса) сумма зарядов коаксиальной пары равна нулю, где $n1$ и $n2$ – число проводов в расщепленной фазе 1 и 2, r_{p1} и r_{p2} – радиусы расщепления фаз 1 и 2, r_{1j} и $r_{(n1+1)j}$ – расстояние между проводом 1 и j , а также между проводом $(n1+1)$ и проводом j , соответственно, \dot{U}_1 и \dot{U}_2 – фазные напряжения фаз 1 и 2 коаксиальной пары.

АС № 1382346

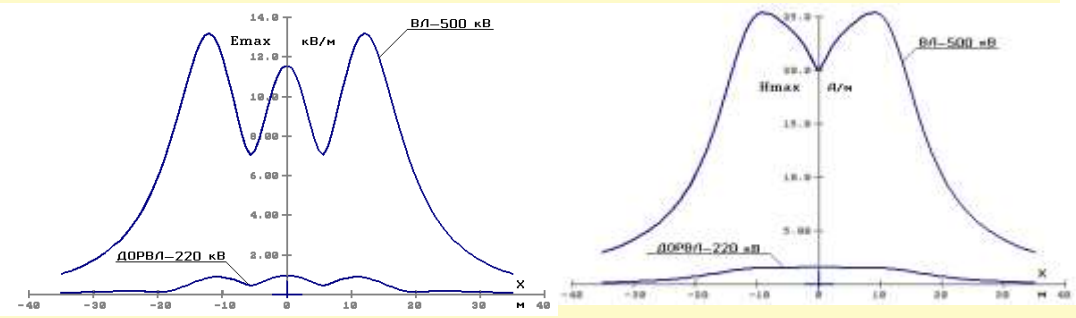


ДОРВЛ-330 кВ с $P_H = 1600$ МВт

Компактная двухцепная однорадиусная ВЛ (ДОРВЛ) 220 кВ на промежуточной железобетонной опоре с натуральной мощностью $P_H = 609,6$ МВт



Двухцепная коаксиальная ВЛ (ДКВЛ) 500 кВ с $P_H = 4900$ МВт



Распределение E_{max} и H_{max} в сечениях ВЛ-500 кВ и ДОРВЛ-220 кВ на уровне 1,8 м от поверхности земли

Экранирование электрических полей ВЛ СВН с помощью пассивных, активных и резонансных тросовых экранов

Пассивный тросовой экран (ПТЭ) заземляется в одной точке. На активный ТЭ (АТЭ) подается напряжение относительно земли с определенным значением модуля и фазного угла. На резонансном ТЭ (РТЭ) напряжение с определенным значением модуля и фазного угла наводится при его заземлении через индуктивное сопротивление.

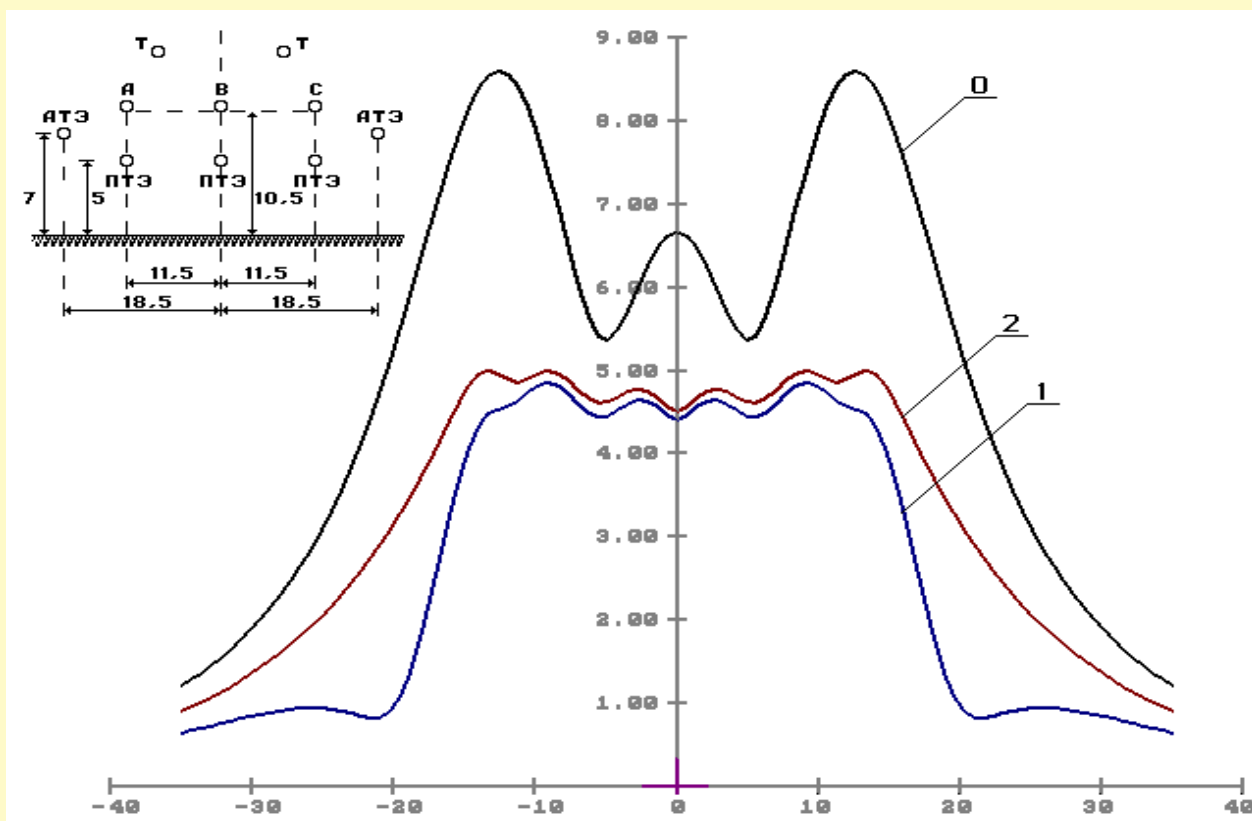


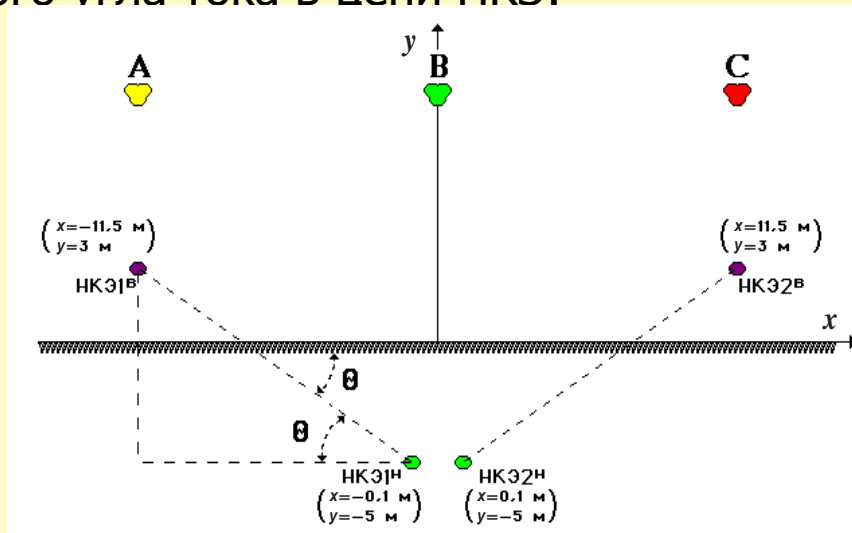
Схема расположения АТЭ и ПТЭ ВЛ-500 кВ с габаритом «нижний провод фазы – земля» 10,5 м; E_{\max} на уровне 1,8 м: неэкранированная линия – кривая 0, ВЛ экранирована с помощью ПТЭ и АТЭ с напряжениями $63,5 e^{-j180}$ кВ и $63,5 e^{-j60}$ кВ – кривая 1, ВЛ экранирована с помощью ПТЭ и АТЭ с напряжениями $63,5 e^{-j120}$ кВ – кривая 2

Экранирование магнитных полей ВЛ СВН с помощью пассивных, активных и резонансных направленных контурных экранов.

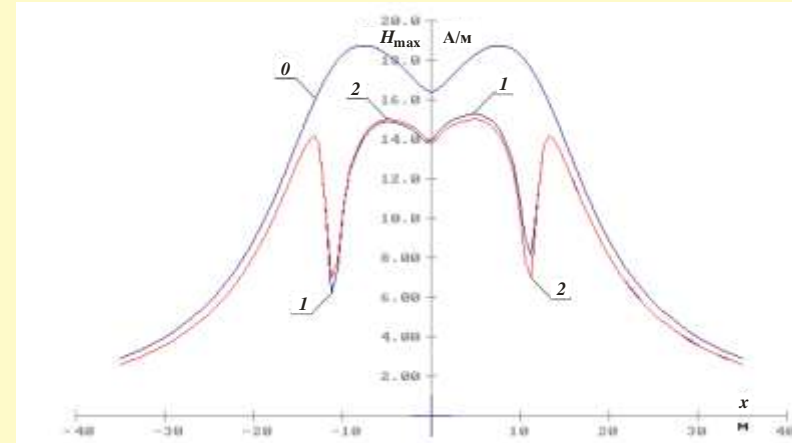
Пассивный НКЭ - это простой замкнутый контур.

Активный НКЭ содержит в своей цепи ЭДС с определенными значениями модуля и фазного угла (определяются для каждого конкретного НКЭ).

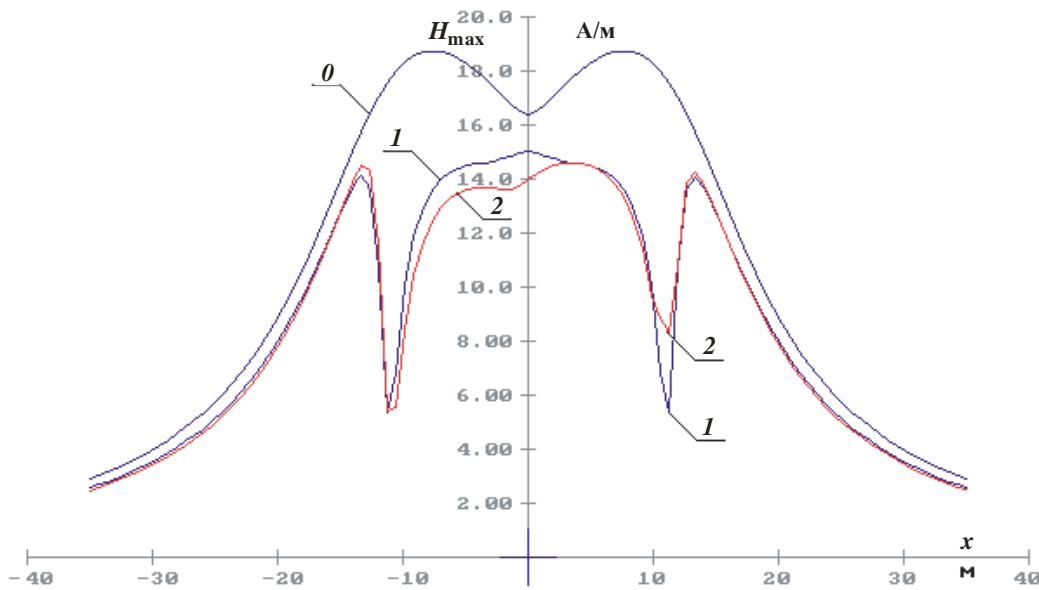
Резонансный НКЭ содержит в своей цепи емкость определенного значения, создающую необходимые значения модуля и фазного угла тока в цепи НКЭ.



ВЛ 500 кВ с НКЭ

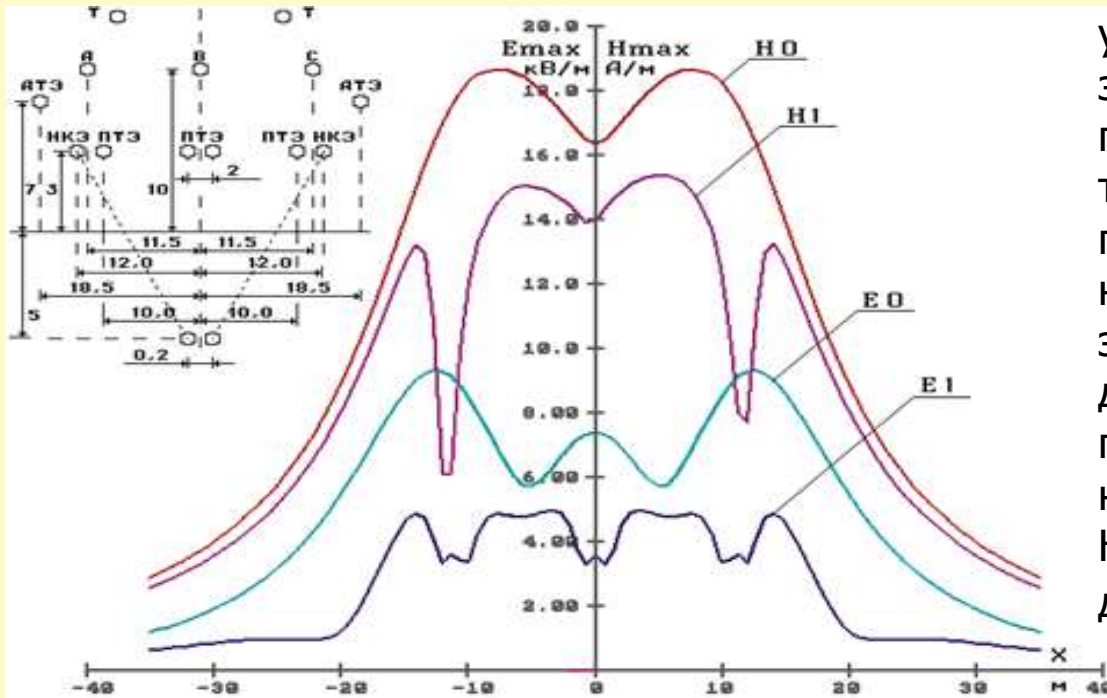


Распределение H_{\max} на уровне 1,8 м от поверхности земли в сечении ВЛ–500 кВ для: неэкранированной линии – кривая 0, при экранировании МП с помощью пассивных НКЭ с токами, полученными с учетом активной составляющей их сопротивлений – кривая 1, а также без учета этой составляющей – кривая 2



Распределение H_{\max} на уровне 1,8 м от поверхности земли в сечении ВЛ–500 кВ с использованием активных – кривая 1 и резонансных – кривая 2 НКЭ

Совместная работа ТЭ и НКЭ



Распределение E_{\max} и H_{\max} на уровне 1,8 м от поверхности земли в сечении ВЛ–500 кВ с габаритом 10 м при горизонтальном расположении верхних проводов НКЭ и проводов ПТЭ: незранированное ЭП – кривая E_0 ; экранирование ЭП с помощью двух АТЭ, трех ПТЭ и верхних проводов двух НКЭ – кривая E_1 ; незранированное МП – кривая H_0 ; экранирование МП с помощью двух пассивных НКЭ – кривая H_1

Комбинированные электромагнитные экраны (КЭМЭ) для снижения уровней напряжённости магнитного поля электрических реакторами без ферромагнитного сердечника (Патент РФ № 2304815)

КЭМЭ замкнут сам на себя и не имеет электрического контакта с обмоткой реактора.

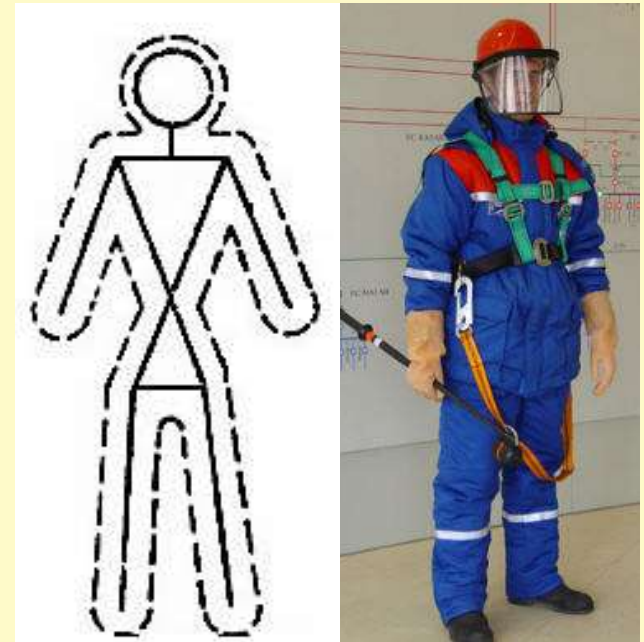
Конструкции электрических реакторов без ферромагнитного сердечника со сниженными уровнями напряженности магнитного поля, создаваемого ими в окружающем пространстве (Патент РФ № 2304816)

Экранирующие обмотки включаются последовательно в обмотку реактора (ОР) и намотаны встречно ОР

Средства индивидуальной защиты от ЭП ПЧ

Индивидуальные экранирующие средства защиты персонала от неблагоприятного воздействия ЭП ПЧ могут быть использованы для работы на потенциале земли (ЭП-1, ЭП-3) и на потенциале проводов (ЭП-4(0)).

1. Худшие условия экспозиции и конструктивные особенности СИЗ, целесообразно учитывать при проведении лабораторных испытаний комплектов СИЗ.
2. С учетом ПДУ для человека (напряженности электрического поля - кВ/м) стоит рассматривать комплексную оценку, включающую не только наведенный ток на испытательном манекене, размещенном в электрическом поле, и напряженность в пододежном пространстве для сопоставления с действующими во всем мире нормативными значениями.



Высоковольтный стенд "Установка электрического поля"



- Плоскопараллельный конденсатор из двух алюминиевых пластин, в воздушном зазоре между которыми обеспечивается сравнительно равномерное ЭП ПЧ.
- Манекен размещается горизонтально на изоляционном листе на нижней заземленной пластине конденсатора, на верхнюю пластину подается высокое напряжение.

Оценка по току смещения	Оценка по напряженности электрического поля
Металлизированный манекен	Непроводящий полый манекен
$K_I = 100 \frac{I_1}{I_1 + I_2},$ <p>где I_1 – суммарный ток через костюм и манекен . I_2 - ток через манекен.</p> <p>IEC 60895- 2002 Live working - Conductive clothing for use at nominal voltage up to 800 kV a.c. and +/- 600 kV d.c</p>	$K_E = 20 \lg \frac{E_1}{E_2}$ <p>где E_1 - напряженность внешнего ЭП, измеренная без комплекта, E_2 - напряженность ЭП, измеренная внутри комплекта.</p> <p>ГОСТ 12.4.172-2014 ССБТ. Комплект индивидуальный экранирующий для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования и методы испытаний</p>



Спасибо за внимание