

Г 54-2

На правах рукописи

**ГЛОТОВА Наталья Владимировна**

УДК 622.864:621.316

**МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ  
И РАЗРАБОТКА НА ЕЕ ОСНОВЕ УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ  
СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЕНИЯ**

Специальность 05.26.01 — «Охрана труда»

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

Челябинск 1997

Работа выполнена в Челябинском государственном техническом университете.

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

Научный консультант – кандидат технических наук,  
доцент Ситчихин Ю. В.

Официальные оппоненты : доктор технических наук, профессор,  
академик АЛО Данилов В. Н.;  
кандидат технических наук, доцент,  
Кузнецов К.Б.

Ведущее предприятие – Научно-исследовательский институт ох-  
раны труда и техники безопасности чер-  
ной металлургии (НИИТБ Чермет)

Защита диссертации состоится **29 октября** 1997 г., в 14 часов, на за-  
седании диссертационного совета Д 135.10.02 при Научно-исследова-  
тельном и проектно-конструкторском институте по добыче полез-  
ных ископаемых открытым способом (НИИОГР) по адресу: 454080,  
г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 83.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НИИОГРа.

Автореферат разослан « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 1997 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
канд. техн. наук



Назарова Н. Ю.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Широкое применение электроэнергии во всех отраслях экономики привело к значительному расширению круга лиц, связанных с эксплуатацией электрооборудования. Усложнение электроустановок при этом обуславливает необходимость постоянного внимания к обеспечению электробезопасности.

Дальнейшее повышение уровня электробезопасности может быть достигнуто обоснованным формированием системы средств обеспечения электробезопасности (СОЭ), т.е. применением системного подхода, обеспечивающего анализ системы «человек-среда-электроустановка» и влияния на нее различных факторов, а также ее целостную характеристику. При этом важной задачей является разработка методики формирования требований к СОЭ, позволяющей учитывать взаимное влияние средств защиты при эксплуатации электроустановок.

В частности, защитное заземление оказывает влияние на работоспособность ряда средств защиты (токовой защиты от ОЗЗ, устройств компенсации емкостных токов однофазного замыкания на землю, контроля изоляции). В то же время защитное заземление является наиболее простым, надежным и распространенным средством защиты. Поэтому обеспечение качественного контроля сопротивления заземления также остается актуальной и важной научно-технической задачей.

Применение большинства методов и устройств контроля сопротивления заземления, известных в настоящее время, ограничивается измерениями в грунтах с относительно невысоким удельным сопротивлением. Таким образом, появляется необходимость разработки приборов для измерения в грунте с высоким удельным сопротивлением. При этом целесообразно уменьшить количество вертикальных вспомогательных электродов (либо исключить полностью), что позволит устранить влияние расположения электродов на точность измерения, упростить саму процедуру измерения и создать основы для непрерывного контроля параметров заземляющих устройств.

**Цель работы** – создание методики оценки эффективности различных СОЭ и разработка с учетом этой методики устройства контроля сопротивления заземления.

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ

**Идея работы** – повышение уровня электробезопасности при эксплуатации электроустановок путем формирования состава СОЭ с обоснованными защитными свойствами.

**Научные положения и результаты, выносимые на защиту:**

1. Существующие нормативные акты, определяющие безопасность при эксплуатации электроустановок, регламентируя область и условия применения того или иного средства обеспечения электробезопасности, не учитывают взаимодействие этих средств, что снижает эффективность защитного действия каждого из них.
2. Неучет взаимовлияния СОЭ приводит к формированию заниженных требований к средствам защиты. Последнее может быть устранено с помощью разработанной методики оценки эффективности СОЭ.
3. Измерение сопротивления заземления может быть осуществлено с использованием способа, основанного на введении в цепь измеренного тока смещения, повизна которого заключается в применении двух плоских электродов, каждый из которых представляет собой два диска равного диаметра, разделенных слоем диэлектрика и образующих две равные по величине искусственные емкости.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций** подтверждается обоснованностью исходных посылок, вытекающих из основ теории электрических цепей, теории вероятностей, удовлетворительным совпадением результатов теоретических исследований с результатами экспериментов, выполненных в реальных условиях и на физической модели.

**Значение работы.** Научное значение работы заключается в установлении зависимости выбора основополагающих параметров СОЭ от взаимовлияния средств защиты, в разработке способа измерения сопротивления заземления, основанного на введении в цепь измерения тока смещения, в исследовании и оценке его точности.

**Практическое значение работы** заключается в разработке методики оценки эффективности СОЭ, позволяющей обоснованно задавать требования к СОЭ, подбирать оптимальный состав СОЭ с учетом их взаимовлияния, а также в разработке устройства для измерения сопротивления заземления.

**Реализация работы.** Научные положения, выводы и рекомендации использованы:

- ПО «Южуралнеруд» – устройство измерения сопротивления заземления;
- Челябинским государственным техническим университетом в учебном пособии по лекционному курсу «Безопасность жизнедеятельности» и в практическом занятии «Оценка риска»:
  - способ измерения сопротивления заземляющих устройств;
  - методика оценки эффективности средств обеспечения электробезопасности.

**Апробация работы.** Основные материалы и результаты диссертационной работы были доложены, рассмотрены и одобрены на Международной научной конференции «Проблемы энергетики Казахстана» (Павлодар, 1994), X Международной научно-технической конференции «Защита от поражений электрическим током» (Польша, Вроцлав, 1995), региональной научно-технической конференции «Технологии, методы, средства» (Норильск, 1996), научно-технических конференциях Челябинского государственного технического университета (1995–1997).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 8 печатных работ.

**Объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, изложенных на 115 страницах машинописного текста, содержит 47 рисунков, 4 таблицы, список использованной литературы из 102 наименований и 4 приложения.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Значительный вклад в решение задачи повышения уровня электробезопасности внесли такие ученые, как Бариев Н. В., Бургсдорф В. В., Бухтояров В. Ф., Гладилин Л. В., Карякин Р. Н., Ковалев П. Ф., Колосюк В. П., Коструба С. И., Меньшов Б. Г., Найфельд М. Р., Никольский О. К., Разгильдеев Г. И., Целебровский Ю. В., Щуцкий В. И., Якобс А. И. и другие.

В настоящее время применение средств защиты определяется целым рядом нормативных документов, регламентирующих требования к СОЭ при проектировании, изготовлении, монтаже и эксплуатации электрооборудования, однако, ни в одном из них нет системного обоснования применения той или иной группы защитных средств, не

учитывается возможность взаимовлияния СОЭ.

Системный подход к обеспечению электробезопасности дает возможность выполнить анализ системы «человек-среда-электроустановка», оценить влияние различных факторов на эту систему, учесть взаимодействие ее отдельных элементов. Задачи обеспечения электробезопасности при эксплуатации электроустановок решаются как совершенствованием защитных характеристик существующих средств защиты, так и разработкой новых способов и устройств. Эффективность их применения выявляется на основе сравнения параметров средств защиты с нормативными значениями.

Существующие подходы к нормированию параметров СОЭ (нормирование допустимых уровней тока и напряжения прикосновения, нормирование конкретных характеристик средств защиты) не позволяют учитывать влияние разрабатываемого защитного мероприятия на уровень электробезопасности в целом, формировать требования к СОЭ.

При выборе параметров средств обеспечения безопасности необходимо исходить из концепции приемлемого риска, представляющей собой некоторый компромисс между уровнем безопасности и возможностями его достижения.

Существующая методика оценки эффективности СОЭ, основанная на указанной концепции, применима только при определении нормативных требований к конкретному средству защиты или достаточности набора СОЭ. Вместе с тем, проведенный анализ показал, что существует ряд средств защиты, зависимых в своих действиях друг от друга. В этом случае указанная методика не применима.

Анализ разработанной схемы учета взаимовлияния различных СОЭ выявил наличие средств безопасности, выполнение защитных функций которыми зависит от одного или нескольких (не более трех) других устройств защиты (рис. 1).

Данная схема отражает сложность связей между СОЭ, когда отказ одного средства защиты может привести к нарушению нормальной работы всей системы. Отказы некоторых средств защиты приводят к снижению степени надежности работы других СОЭ.

Неучет взаимозависимости СОЭ может привести к неправильному определению защитных свойств средства, предлагаемого к внедрению.

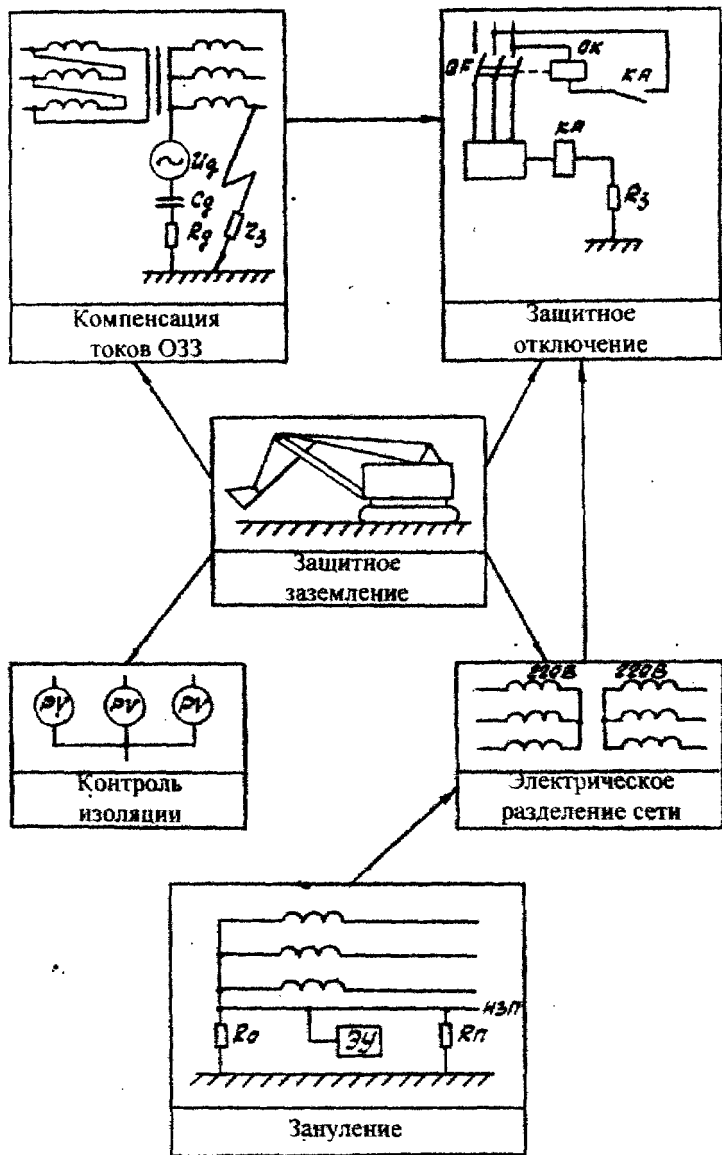


Рис.1. Схема взаимовлияния средств защиты

В связи с этим, была разработана методика оценки эффективности СОЭ, позволяющая учитывать зависимость в действиях средств защиты. Суть методики состоит в следующем. Рассмотрим случай, когда в системе присутствует некоторое устройство  $k$ , зависимое в своих действиях от устройства  $n$ , то есть:

$$P_k = f(P_n), \quad (1)$$

где  $P_k$  – вероятность отказа  $k$ -ого устройства;

$P_n$  – вероятность отказа  $n$ -ого устройства.

На рис. 2 приведена схема электропоражения при наличии в сети зависимых друг от друга СОЭ.

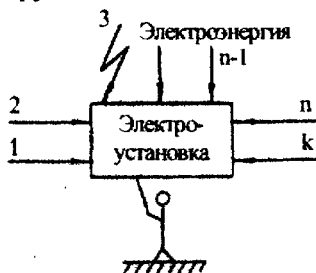


Рис. 2. Обобщенная схема возникновения опасности электропоражения при наличии в сети зависимых друг от друга СОЭ:

1, 2, ...,  $n$  – различные СОЭ, используемые в данной сети, независимые в действиях друг от друга;  $k$  – средство защиты, зависимое в действиях от устройства  $n$

Были получены соотношения, позволяющие рассчитать вероятность отказа конкретного средства обеспечения электробезопасности с учетом его зависимости от одного, двух и трех устройств защиты.

Так, вероятность отказа  $P_{k(n)}$  устройства  $k$  с учетом зависимости его работы от устройства  $n$  можно определить по формуле

$$P_{k(n)} = P_n + P_k - P_n \cdot P_k. \quad (2)$$

В этом случае общий порядок расчета защитных характеристик средств защиты, вводимых или предлагаемых к внедрению, следующий.

1. Определяем вероятность электропоражения  $P_3$  при появлении той



или иной опасной ситуации в системе «человек-среда-электроустановка».

Для расчета используется формула (3), если все устройства, входящие в систему, независимы друг от друга:

$$P_3 = \prod_{i=1}^n P_i, \quad (3)$$

где  $P_i$  – вероятность возникновения отказа  $i$ -ого СОЭ;

$n$  – количество влияющих факторов.

Если в системе присутствуют устройства, зависимые в своих действиях друг от друга, то для расчетов используются формулы, приведенные в диссертационной работе.

Например, в случае наличия в системе устройства  $k$ , зависимого от одного устройства  $n$ , вероятность электропоражения определяется по формуле

$$P_3 = \prod_{i=1}^{n(n \neq k)} P_i (P_n + P_k - P_n \cdot P_k). \quad (4)$$

2. Полученное значение  $P_3$  сравниваем с величиной приемлемого риска  $P_H$  (при отсутствии нормативно установленной величины приемлемого риска – с установившимся в отрасли или на отдельном предприятии уровнем электробезопасности).

Выполнение неравенства (5) свидетельствует о достаточности состава СОЭ, координированности их действия. Если неравенство не выполняется, то в систему необходимо ввести средства защиты, повышающие надежность функционирования действующих устройств.

$$P_3 \leq P_H. \quad (5)$$

3. Требования к средству защиты, вводимому или предлагаемому к внедрению определяются по формуле

$$P_D \leq \frac{P_H}{P_3}, \quad (6)$$

где  $P_D$  – допустимая вероятность невыполнения защитных свойств предлагаемого средства защиты.

Если речь идет об устройстве, зависимом в своих действиях, то

полученное значение  $P_d$  является допустимой вероятностью отказа с учетом зависимости от других устройств. В этом случае требуемая вероятность отказа устройства, зависящего в действиях от одного СОЭ, определится как

$$P_k = \frac{P_d - P_n}{1 - P_n} \quad (7)$$

В других случаях необходимую вероятность отказа данного средства защиты можно определить исходя из формул, полученных в диссертационной работе.

Если полученное значение  $P_d$  не может быть обеспечено при реализации устройства на имеющейся технической базе, то приближения к уровню приемлемого риска необходимо добиваться установкой не только анализируемого, но и других средств защиты.

Таким образом, предлагаемая методика позволяет рассчитывать вероятностные характеристики разрабатываемых СОЭ с учетом обеспечения при их внедрении приемлемого риска поражения электрическим током, причем расчет может проводиться как для независимых устройств, так и устройств, зависящих в своих действиях друг от друга.

На основе разработанной методики был выполнен анализ вероятности отказа средств защиты с учетом изменения вероятности отказа устройств, влияющих на его работу. Было установлено, что в системе СОЭ, где присутствуют взаимозависимые средства защиты, требования к надежностным показателям устройств ужесточаются. Неучет взаимовлияния СОЭ приводит к формированию заниженных требований к средствам защиты. Так, для независимых устройств расчетное значение допустимой вероятности отказа устройств контроля параметров заземления равно 0,06, при учете взаимовлияния СОЭ оно уменьшается до 0,01.

Следует избегать использования устройств, действия которых зависят от работы трех и более других СОЭ, так как вероятность отказа такого устройства значительно повышается даже при достаточно высоких надежностных показателях средств защиты, влияющих на его работу. Составленная схема взаимовлияния средств защиты позволяет формировать состав СОЭ с учетом их влияния друг на друга.

Из схемы взаимовлияния средств защиты (см. рис. 1) следует, что защитное заземление наиболее сильно влияет на работоспособность и надежность других СОЭ. В то же время оно является простым и распространенным средством защиты, эффективность действия которого во многом определяется сопротивлением растеканию тока. Поэтому обеспечение качественного контроля сопротивления заземляющих устройств является важной задачей обеспечения электробезопасности.

Выполненный в диссертационной работе анализ показал, что применение большинства методов и устройств контроля параметров заземления, известных в настоящее время, ограничивается грунтами с относительно невысоким удельным сопротивлением, а наличие двух вертикальных вспомогательных электродов усложняет процесс измерения, повышает его трудоемкость. При этом точность измерений зависит от правильности расположения электродов друг относительно друга. Предлагаемый в диссертационной работе способ измерения сопротивления заземляющих устройств, основанный на введении в цепь измерения тока смещения (рис. 3), позволяет проводить измерения в грунте с высоким удельным сопротивлением и исключает применение вертикальных вспомогательных электродов.

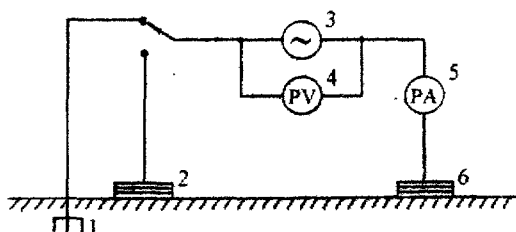


Рис. 3. Схема измерения сопротивления заземляющего устройства:

1 – заземляющее устройство; 2, 6 – плоские электроды; 3 – генератор; 4 – вольтметр; 5 – амперметр

Ток смещения вводится в измерительную цепь через искусственно созданную емкость. В соответствии с предлагаемым способом первоначально к генератору синусоидальных сигналов подключают два плоских электрода, каждый из которых представляет собой два диска равного диаметра, разделенных слоем диэлектрика и образующих две равные по величине искусственные электрические емкости.

сти, расположенные на определенном расстоянии друг от друга, измеряют напряжение на выходе генератора и ток, протекающий по цепи, образованной генератором и двумя плоскими электродами. Затем один из выводов генератора подключают вместо плоского электрода к заземляющему устройству, вновь измеряют ток и напряжение генератора, а сопротивление заземляющего устройства ( $R_3$ , Ом) определяют по формуле

$$R_3 = \sqrt{\frac{U_G^2}{I_1^2} - \left(\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_G \cdot C}\right)^2} - \sqrt{\frac{U_G^2}{4 \cdot I^2} - \left(\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_G \cdot C}\right)^2} - \frac{R_A}{2}, \quad (8)$$

где  $U_G$  — напряжение на выходе генератора синусоидальных сигналов, В;

$f_G$  — частота генератора синусоидальных сигналов, Гц;

$I_1$  — ток в измерительной цепи с подключенным заземляющим устройством, А;

$I$  — ток в измерительной цепи с двумя плоскими электродами, А;

$R_A$  — сопротивление амперметра, Ом;

$C$  — величина емкости плоского электрода, Ф.

Выполненные аналитические и экспериментальные исследования доказали работоспособность данного способа измерения сопротивления заземляющих устройств и позволили сформировать требования, необходимые для разработки устройства, реализующего этот способ.

В результате экспериментов было установлено, что оптимальной формой пластин, образующих искусственную емкость, является круг. В этом случае изменение положения пластины, например, относительно одиночного заземлителя, не влияет на величину измеряемого сопротивления. Целесообразная величина сопротивления самозаземления пластин находится в диапазоне 25 ... 1000 Ом (самозаземление образуется при контакте металлической пластины с грунтом). В этом диапазоне погрешность измерения сопротивления заземляющего устройства величиной, например, 10 Ом не превышает 9%.

Следует отметить, что предлагаемый способ позволяет измерять сопротивление заземляющих устройств в грунтах с очень высоким удельным сопротивлением, где сопротивление самозаземления пла-

стин достигает 10000 Ом и более. В этом случае погрешность измерения сопротивления заземления устройства величиной 100 Ом составляет 20%, для величины сопротивления заземляющего устройства 500 Ом – 3,8%.

Было выявлено, что влияние отклонения величины искусственно созданной емкости и измерительной частоты на результат измерения пренебрежимо мало. При измерении сопротивления заземляющего устройства величиной 10 Ом отклонение указанных параметров на 30% дает ошибку измерения сопротивления заземляющего устройства 0,5 ... 1,4%. При измерении на частотах выше 1500 Гц и при величине емкости 0,5 мкФ и более их влияние на ошибку измерения сопротивления заземляющих устройств становится несущественным. Исследования показали, что наиболее сильное влияние на ошибку определения сопротивления заземляющего устройства предлагаемым способом оказывает погрешность измерения тока, что необходимо учитывать при разработке устройства, реализующего данный способ.

С учетом требований, сформулированных в результате исследования данного способа измерения сопротивления заземляющих устройств, было разработано устройство, функциональная схема которого приведена на рис. 4.

Результаты экспериментальных исследований указанного устройства приведены в таблице. Эксперименты показали работоспособность устройства и возможность с его помощью проводить измерения с достаточной степенью точности. Следует указать, что внедрение в практику эксплуатации электроустановок разработанного устройства обеспечивает прежде всего технический эффект, заключающийся в возможности измерения сопротивления заземляющих устройств и сопротивления самозаземления электроустановок практически при любом удельном сопротивлении грунта.

Учитывая, что измерение сопротивления заземляющих устройств проводится в действующих электроустановках и при этом регламентируется только периодичность, а не время выполнения измерения, говорить об экономическом эффекте, связанном с сокращением объема работ при применении разработанного устройства, нецелесообразно. Здесь имеет место социальный эффект, выражающийся в обеспечении возможности соблюдения требований электробезопасности при эксплуатации заземляющих устройств электроустановок, размещенных на грунтах с высоким удельным сопротивлением.

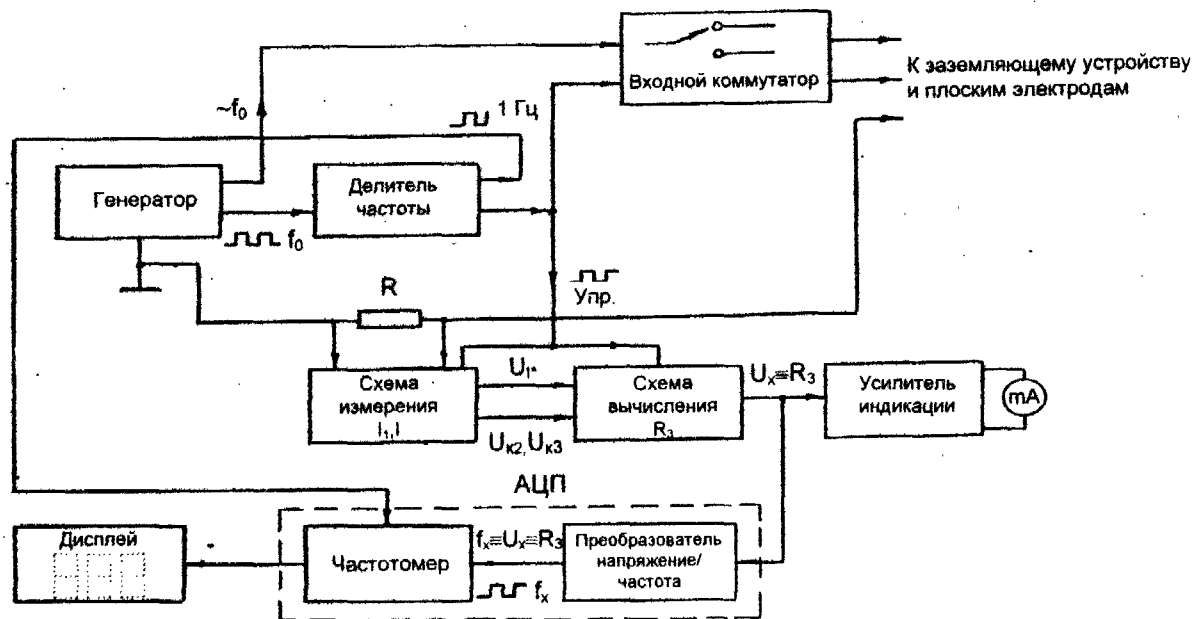


Рис.4. Функциональная схема устройства измерения сопротивления заземления

Результаты исследования устройства измерения сопротивления заземления

Способ измерения сопротивления заземляющего устройства	Вид заземляющего устройства (ЗУ)									
	ЗУ ПИ 72		ЗУ опоры ВЛ		Одиночный заземлитель		Самозаземление экскаватора ЭКГ-4,6		Самозаземление бурстанка 2СБШ-200	
	Величина сопротивления, Ом	Погрешность измерения, %	Величина сопротивления, Ом	Погрешность измерения, %	Величина сопротивления, Ом	Погрешность измерения, %	Величина сопротивления, Ом	Погрешность измерения, %	Величина сопротивления, Ом	Погрешность измерения, %
Метод амперметра-вольтметра	1,8	—	160	—	680	—	227	—	358	—
Прибор Ф4103	2,0	11	170	6,3	700	3	239	5,3	374	4,5
Прибор М416	2,1	17	175	9,4	710	4,4	244	7,5	378	5,6
Исследуемое устройство	3,6	102	177	10,7	714	5	246	8,3	380	6,1

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе дано новое решение актуальной научной задачи выбора оптимального состава СОЭ с обоснованными защитными свойствами и разработки с учетом этого устройства контроля параметров СОЭ, обеспечивающего повышение уровня электробезопасности при эксплуатации электроустановок.

На основании выполненных теоретических и экспериментальных исследований можно отметить следующие основные результаты и сделать выводы:

1. Анализ существующих методов оценки эффективности средств обеспечения электробезопасности показал их малую пригодность для обоснования требований к защитным свойствам СОЭ на стадии разработки и создания.
2. Обоснована схема учета взаимовлияния различных СОЭ, позволяющая установить наличие средств безопасности, выполнение защитных функций которыми зависит от одного или нескольких других устройств защиты. Данная схема позволяет формировать состав СОЭ с учетом их влияния друг на друга.
3. Разработана методика, дающая возможность рассчитывать обоснованные количественные требования к СОЭ как для независимых устройств, так и для устройств, зависимых в своих действиях друг от друга.

Установлено, что учет взаимовлияния СОЭ приводит к формированию заниженных требований к средствам защиты. Так, расчетное значение допустимой вероятности отказа устройства контроля параметров заземления без учета взаимовлияния устройств равно 0,06, при учете взаимовлияния СОЭ оно уменьшается до 0,01.

4. Предложен новый способ измерения сопротивления заземляющих устройств, основанный на введении в цепь измерения тока смещения. Отличительной особенностью способа является отсутствие необходимости настройки в резонанс измерительного контура; при измерениях используются два плоских электрода, являющихся искусственно созданными емкостями, каждый из которых представляет собой две плоские пластины, разделенные слоем диэлектрика.



5. В результате экспериментов установлено, что влияние отклонения величины искусственно созданной емкости и измерительной частоты на результат измерения пренебрежимо мало. При измерении сопротивления заземляющего устройства величиной 10 Ом отклонение указанных параметров на 30% дает ошибку измерения сопротивления заземляющего устройства 0,5 ... 1,4%. При измерении на частотах выше 1500 Гц и при величине емкости 0,5 мкФ и более их влияние на ошибку измерения сопротивления заземляющих устройств становится несущественным. Выявлено, что наиболее сильное влияние на ошибку определения сопротивления заземляющего устройства оказывает погрешность результата измерения тока.
6. Разработано устройство измерения сопротивления заземления, реализующее способ, основанный на введении в цепь измерения тока смещения. Экспериментальные исследования устройства в реальных условиях показали, что оно позволяет проводить измерения с достаточной степенью точности, исключает применение дополнительных вертикальных электродов и предназначается, в первую очередь, для измерений в грунтах с высоким удельным сопротивлением.

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

1. Ситчихин Ю. В., Сидоров А. И., Глотова Н. В. Оценка эффективности средств безопасности в системах электроснабжения // Проблемы энергетики Казахстана: Тез. докл. Международной научн. конф. – Павлодар, 1994. – С. 30–31.
2. Ситчихин Ю. В., Глотова Н. В., Сидоров А. И. Методика оценки эффективности средств обеспечения электробезопасности // Безопасность жизнедеятельности: Сб. научн. трудов. – Челябинск: ЧГТУ. 1995. – С. 3–7.
3. Automatyczna kontrola parametrow uziemienia / Sidorow A., Siczichin J., Glotowa N., Zacharowa J. // X Miedzynarodowa konferencja naukowo-techniczna "Ochrona przeciwporazeniowa w urzadzeniach elektrycznych". Polska, Wroclaw. – 1995. – P. 330–335.

4. Glotova N.V. Earth devices parameters control in the high resistivity soil // Technologies, methods, techniques: Regional scientific & technical conference. – Norilsk, 1996. – P. 43.
5. Глотова Н. В. Выбор частоты измерительного тока для определения сопротивления заземления // Безопасность жизнедеятельности: Сб. научн. трудов. – Челябинск: ЧГТУ, 1996. – С. 20–21.
6. Ситчихин Ю. В., Глотова Н. В. Оценка совместимости различных средств обеспечения электробезопасности // Безопасность жизнедеятельности: Сб. научн. трудов. – Челябинск: ЧГТУ, 1996. – С. 21–22.
7. Ситчихин Ю. В., Глотова Н. В. Методика формирования требований к средствам обеспечения электробезопасности // Безопасность жизнедеятельности: Сб. научн. трудов. – Челябинск: ЧГТУ, 1996. – С. 23–24.
8. Электробезопасность на открытых горных работах / В. И. Щуцкий, А. И. Сидоров, Ю. В. Ситчихин и др. – М.: Недра, 1996. – 267 с. (п. 8.1., с. 213–215).

Техн. редактор А. В. Миних

Издательство Челябинского  
государственного технического университета

---

ЛР № 020364 от 10.04.97. Подписано в печать 11.09.97 Формат 60×84 1/16. Печать офсетная. Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. 0,99  
Тираж 100 экз. Заказ 269/323.

---

УОП издательства. 454080, пр. им. В. И. Ленина, 76.