

В.В. Калинин, Т.Б. Синюкова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6 КВ

Исследование параметров устройств для измерения омического сопротивления изоляции электрических сетей напряжением 6 кВ методом наложения постоянного тока на сеть, находящуюся под рабочим напряжением. Требования к значениям параметров.

К л ю ч е в ы е с л о в а: измерение, омическое сопротивление, устройство, параметры, напряжение постоянного тока, полярность, время.

Дослідження параметрів пристроїв для вимірювання омичного опору ізоляції електричних мереж напругою 6 кВ методом накладання постійного струму на мережу, що перебуває під робочою напругою. Вимоги до значень параметрів.

К л ю ч о в і с л о в а: вимірювання, омичний опір, пристрій, параметри, напруга постійного струму, полярність, час.

Постановка проблемы. Безопасность и надежность систем электропитания напряжением 6 кВ с изолированной нейтралью определяется, главным образом, состоянием их изоляции относительно земли. Одним из параметров, характеризующих состояние изоляции, является омическое сопротивление R_{OM} [1, 2, 3]. При хорошем состоянии изоляции, надлежащем уровне эксплуатации и профилактических мероприятиях омическое сопротивление изоляции имеет высокий уровень. При появлении слабых мест в изоляции и больших токов утечки омическое сопротивление значительно снижается. Это говорит о повышении опасности поражения человека электрическим током, пожара или взрыва. В связи с этим контролю омического сопротивления необходимо уделять должное внимание. Измерение омического сопротивления электрических сетей напряжением 6 кВ можно осуществить путем наложения постоянного оперативного тока на сеть, находящуюся под напряжением промышленной частоты.

Известно, что при приложении постоянного оперативного напряжения к изоляции наблюдается уменьшение силы тока в цепи измерения в период времени до определенного установившегося значения. Уменьшение силы тока связано с переходным процессом, который можно разложить на два

этапа – быстрый и медленный. Быстрый переходной процесс связан с зарядом электрической емкости и установлением поляризации и ионного смещения. Медленный переходной процесс может происходить по следующим основным причинам: заряда абсорбционной ёмкости; перераспределения электрического поля в неоднородном диэлектрике; электроосмоса; медленного установления диэлектрической поляризации, образования плохо проводимой пленки; подсушивания изоляции рабочим током и токами утечки; электрической очистки изоляции от примесей; разложения воды при электролизе. Поэтому фактическое омическое сопротивление изоляции может быть определено только по окончании переходного процесса. Значение фактического омического сопротивления также зависит от значения и полярности приложенного напряжения. В связи с этим актуальным является определение влияния параметров постоянного оперативного напряжения на омическое сопротивление изоляции и его зависимости от значения, длительности и полярности приложенного напряжения.

Анализ исследований и публикаций. Основными параметрами, характеризующими состояние изоляции, являются полное $Z_{из}$, активное $R_{из}$, емкостное $X_{из}$ и омическое сопротивление изоляции $R_{ом}$ [1, 4]. Для измерения омического сопротивления используют методы, в которых в качестве измерительного применяют напряжение постороннего источника постоянного тока. При этом, как показали исследования [1, 2], точность измерений омического сопротивления зависит от значения, полярности и длительности приложения оперативного напряжения постоянного тока.

Проведенные российскими учеными Г.И.Сканави, Е.Ф.Цапенко, В.И.Щуцким и другими исследования позволили определить требования к приборам, использующим этот метод, схемам таких приборов, а также их параметрам. Однако обстоятельных экспериментальных исследований параметров приборов для измерения омического сопротивления $R_{ом}$ в электрических сетях напряжением 6 кВ не проводилось.

Цель статьи. Обоснование параметров приборов для измерения омического сопротивления изоляции в сетях напряжением 6 кВ, использующих измерительное напряжение постороннего источника постоянного тока.

Результаты исследований. Исследования по разработке требований к параметрам устройства для измерения омического сопротивления $R_{ом}$ методом наложения постоянного оперативного тока на сеть, находящуюся под рабочим напряжением промышленной частоты, проводились с помощью специально разработанного устройства, схема которого приведена на рисунке 1.

Устройство состоит из разделительного трансформатора TVP, дросселя, конденсаторов С1 и С2, ограничительного сопротивления R и измерительных приборов (самопишущих амперметра и вольтметра).

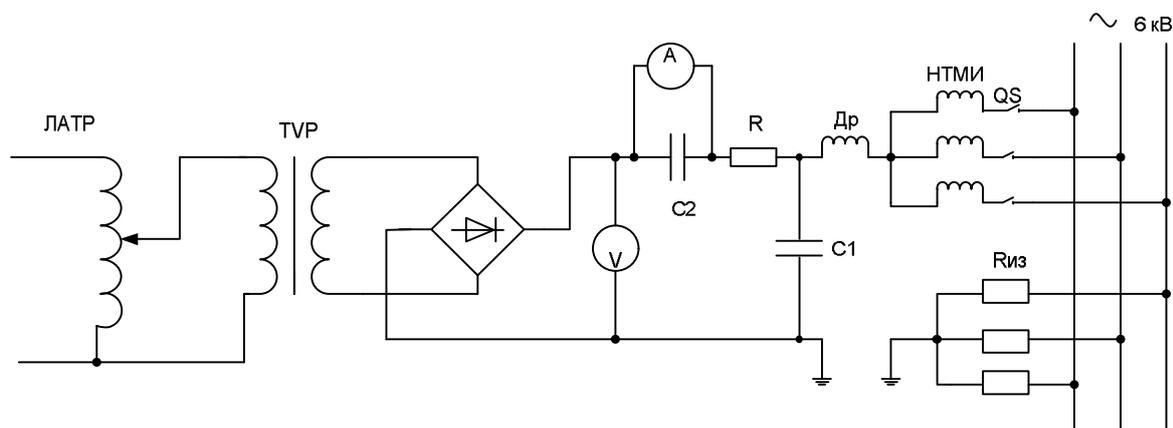


Рисунок 1 – Схема устройства для измерения омического сопротивления изоляции

Прибор присоединяется к сети через трансформатор напряжения типа НТМИ-6. С целью исключения влияния переменного тока сети на показания приборов в схеме применены дроссель Др и конденсаторы С1 И С2. Схема прибора рассчитана так, что при максимальной несимметрии сети влияние переменного тока на точность измерений не превышает 5%. Омическое сопротивление определяется из выражения:

$$R_{OM} = \frac{U}{J} - (R_{ПП} + R_{ДР}),$$

где U – напряжение источника постоянного тока, В;

J – сила постоянного тока цепи, А;

$R_{ПП}$ – суммарное сопротивление элементов прибора, Ом;

$R_{ДР}$ – сопротивление дросселя, Ом.

Регулирование напряжения постоянного тока осуществлялось лабораторным автотрансформатором ЛАТР. Сила тока измерялась самопишущим прибором Н-370 и записывалась на диаграммную бумагу в течение всего времени измерения. Напряжение измерялось прибором Ц-433. Для питания устройства предусмотрен стабилизатор. Измерение омического сопротивления изоляции производилось непрерывно в течение длительного времени (несколько суток).

Для обеспечения безопасного производства измерений изоляция устройства перед присоединением испытывалась повышенным напряжением. Наличие дросселя Др и разрядника, установленных в камере трансформатора напряжения, исключало появление повышенного напряжения на измерительных приборах.

Исследования проводились на специальной экспериментальной электрической сети, смонтированной по схеме, приведенной на рисунке 2. В схеме сети предусмотрена возможность изменения длины и количества

подключенных кабелей различных марок и сечений, что позволяет изменить сопротивление изоляции в широких пределах.

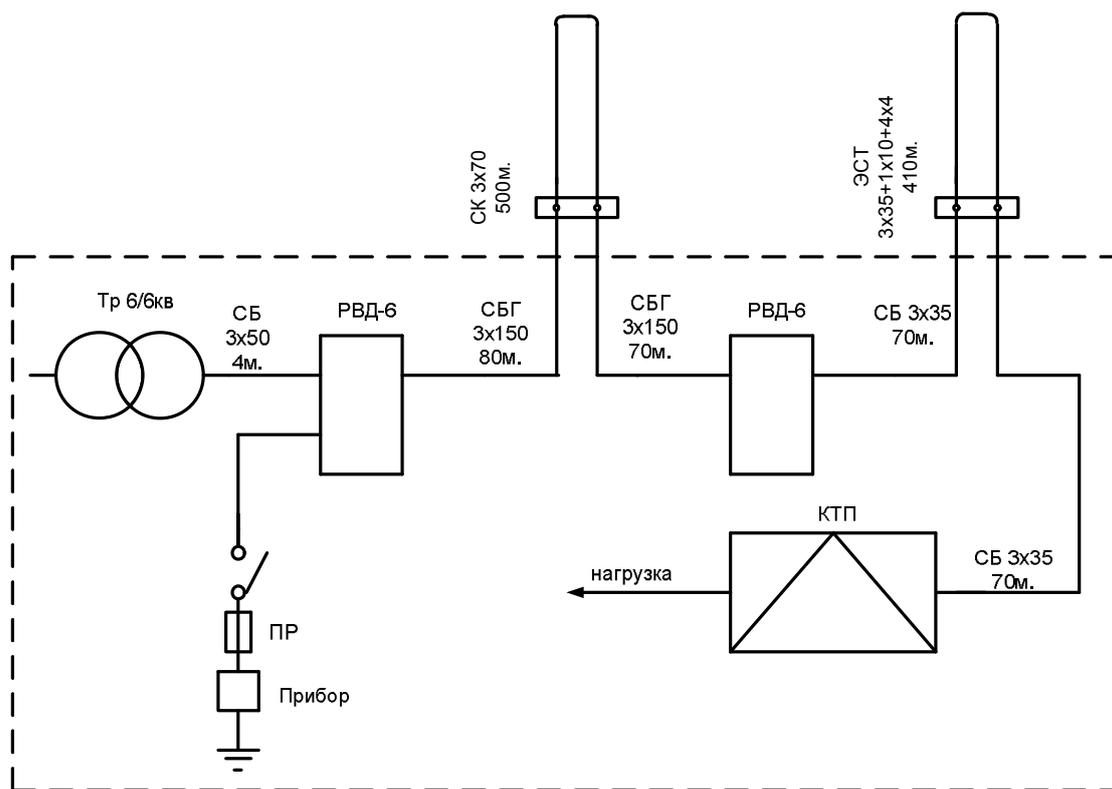


Рисунок 2 – Схема экспериментальной сети

Измерения проводились при различной температуре (от минус 15 °С до 30 °С) и относительной влажности воздуха. Подобные исследования были проведены также в системах электроснабжения шахт.

Для определения влияния значения приложенного напряжения были проведены следующие опыты. На сеть, находящуюся под рабочим напряжением 6 кВ, накладывался постоянный оперативный ток. По достижении установившейся силы тока напряжение плавно изменялось от 10 до 600 В. При определенных значениях напряжения измерялась сила тока и определялось омическое сопротивление изоляции.

Опыты проведены при изменении сопротивления изоляции сети в схеме рисунка 2 от 0,5 до 30 МОм при различных полярностях оперативного тока. Результаты исследований приведены на рисунке 3.

Результаты опытов показывают, что чем выше сопротивление изоляции, тем больше его зависимость от напряжения. При низком сопротивлении изоляции (около 1 МОм) напряжение выше 50 В уже не оказывает влияния на омическое сопротивление изоляции. При высоком сопротивлении изоляции (более 20 МОм) предельное значение напряжения, при котором омическое сопротивление имеет минимальное значение, составляет 200 В. Влияние полярности на эти зависимости не обнаружено.

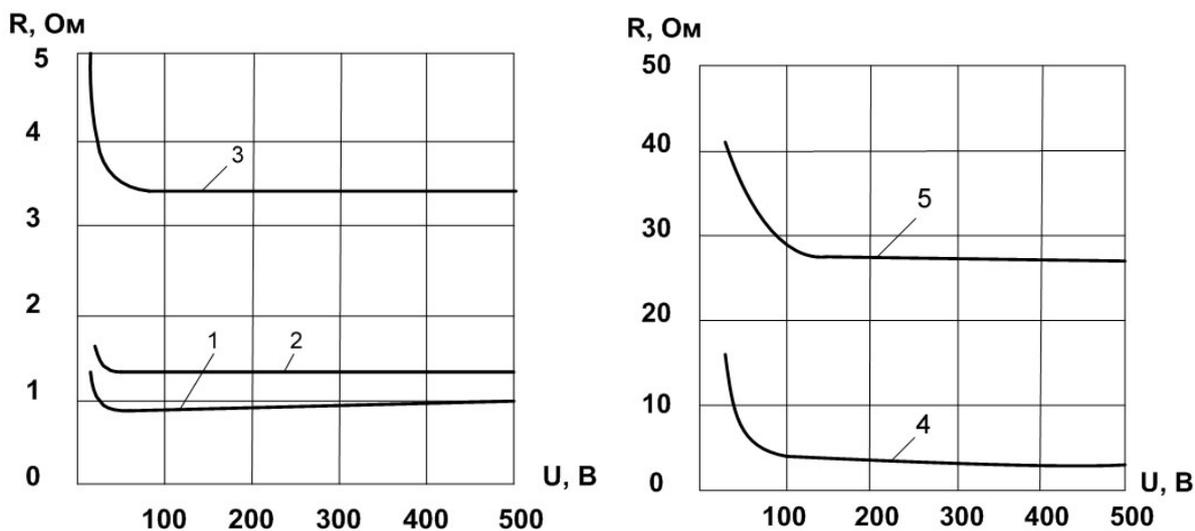


Рисунок 3 – Зависимость омического сопротивления изоляции от напряжения: 1-5 – сети разной конфигурации и протяженности

Для определения времени переходного процесса, за которое сила тока принимает установившееся значение, на сеть, находящуюся под рабочим напряжением, прикладывалось оперативное напряжение 400 В. Через определенные промежутки времени измерялась сила тока и определялось сопротивление изоляции. Опыты также проводились при различном значении омического сопротивления изоляции и полярности постоянного тока. Результаты этих исследований приведены на рисунке 4.

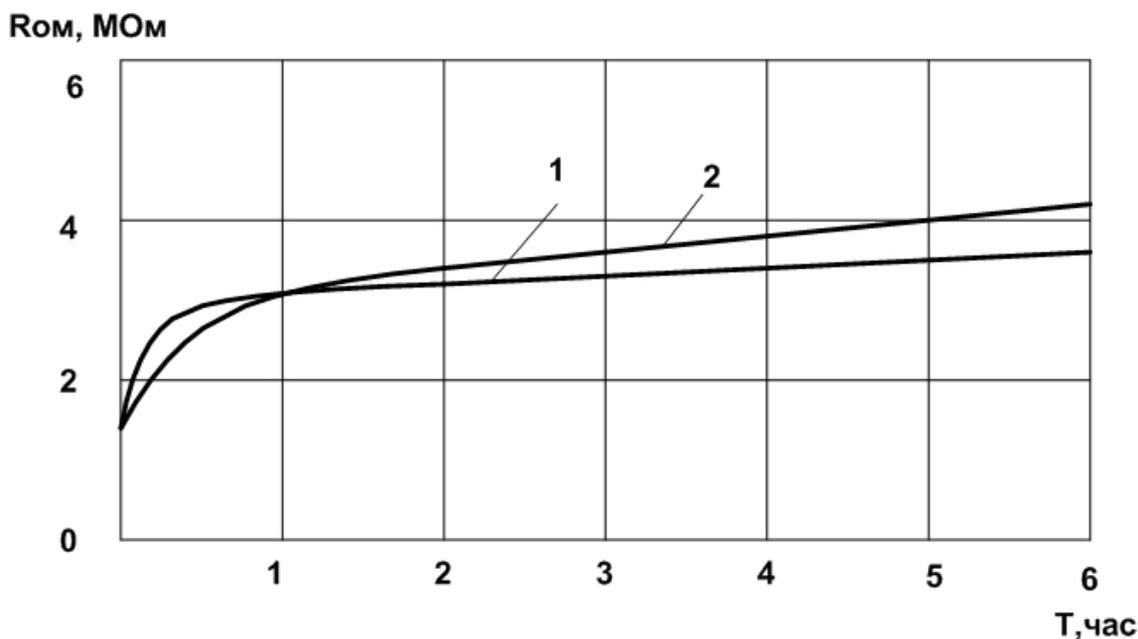


Рисунок 4 – Зависимость омического сопротивления изоляции от времени приложения напряжения

Время, за которое сопротивление изоляции достигает установившегося значения, для кабельных сетей достигает 6 часов (кривая 1). Такая же продолжительность переходного процесса была зафиксирована при измерениях в реальных кабельных сетях на подстанциях Центрального предприятия электрических сетей Донбассэнерго и ряда шахт комбинатов Артемуголь и Орджоникидзеуголь (кривая 2). При наложении постоянного тока на сети, содержащие воздушные линии электропередач (ЛЭП), время переходного процесса не превышает 60 мин. При этом полярность постоянного тока не оказывает влияния на время переходного процесса.

Выводы.

Исследования позволили разработать следующие требования к параметрам устройств для измерения омического сопротивления изоляции в электрических системах напряжением 6 кВ:

1. Напряжение постоянного оперативного тока должно быть не менее 400 В.
2. При наложении постоянного оперативного тока положительный полюс источника должен быть присоединен к заземлению, а отрицательный – к фазам сети.
3. Измерения сопротивления изоляции необходимо производить не ранее, чем через 6 часов после подключения приборов к кабельной сети, и не ранее, чем через 1 час после подключения к сетям, содержащим воздушные ЛЭП.

Список литературы

1. Калинин В.В. Состояние изоляции сетей электроснабжения напряжением 6 кВ шахт Центрального Донбасса / В.В.Калинин, Ф.А.Айдаров // Взрывозащищенное электрооборудование: сб. науч.тр.УкрНИИВЭ. – Донецк: ООО «АИР», 2010. – С. 268-276.
2. Электробезопасность в горнодобывающей промышленности/ [Гладилин Л.В., Щуцкий В.И., Бацежев Ю.Г., Чеботаев Н.И.]. – М.: Недра, 1977. – 327 с.
3. Шкрабец Ф.П. Теоретическое обоснование способа определения параметров изоляции электрических сетей / Ф.П.Шкрабец, В.Г.Скосырев // Геотехнічна механіка: міжвід.зб.наук. праць / Інститут геотехнічної механіки НАН України.– Дніпропетровськ, 2000. – Вип. 22. – С. 13-18.
4. Шкрабец В.Ф. Контроль и управление параметрами изоляции распределительных сетей /В.Ф.Шкрабец// Взрывозащищенное электрооборудование: сб.науч.тр. УкрНИИВЭ. – Донецк: ООО «АИР», 2010.–С.277-288.