

УДК 621.316.11

Дин Ситин

Амурский государственный университет

г. Благовещенск, Россия

E-mail: 2250657440@qq.com**Козлов Александр Николаевич**

Амурский государственный университет

г. Благовещенск, Россия

E-mail: kozlov1951@yandex.ru**Ding Xiting**

Amur State University

Blagoveshchensk, Russia

E-mail: 2250657440@qq.com**Kozlov Alexander Nikolaevich**

Amur State University

Blagoveshchensk, Russia

E-mail: kozlov1951@yandex.ru**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СИСТЕМЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ В КИТАЕ****ELECTRICAL AND GROUNDING SYSTEMS IN CHINA**

Аннотация. В энергосистеме Китая используются три способа работы с нейтральной точкой трехфазной сети: нейтральная точка без заземления (Unearthed, isolated or floating neutral); заземление нейтральной точки через сопротивление (resistance – earthed neutral); прямое заземление нейтральной точки (Solid or Directly Earthed Neutral). Первые два называются системой заземления с малым током замыкания на землю, а последний является системой заземления с большим током. Вопросы проектирования и эксплуатации заземляющих устройств очень важны, поскольку хорошее заземление энергосистем и электрических установок является мощной гарантией безопасности людей, нормальной работы энергосистем и электрических установок.

Abstract. The Chinese power system uses three methods of working with the neutral point of a three-phase network: neutral point without grounding (Unearthed, isolated or floating neutral); grounding of the neutral point through resistance (resistance – earthed neutral); direct grounding of the neutral point (Solid or Directly Earthed Neutral). The first two are called low current grounding system and the latter is a high current grounding system. Issues of design and operation of grounding devices are very important, because good grounding of power systems and electrical installations is a powerful guarantee of the safety of people and the normal operation of power systems and electrical installations.

Ключевые слова: способы заземления электроустановок, моделирование заземления, нормирование заземляющих устройств, испытательная оценка заземления.

Key words: methods of grounding electrical installations, grounding modeling, standardization of grounding devices, test evaluation of grounding.

Хорошее электрическое заземление – обязательное условие для обеспечения стабильной работы электрооборудования и безопасной работы людей. Заземляются нейтральные точки энергосистемы и электроустановки, а корпуса электрооборудования и металлические несущие конструкции электроустановок и зданий соединяются с заземляющим устройством специальными проводниками – заземляющими спусками.

Хотя заземляющее устройство на электроустановке – одно, в зависимости от того, какие элементы к нему присоединены, оно может называться рабочим, защитным заземлением для безопасности людей и грозозащитным заземлением.

Способы заземления нейтрали трехфазной сети. Различают сети с эффективным заземлением нейтрали и сети с изолированной нейтралью. В первом случае нейтральная точка трехфазной сети непосредственно соединяется с заземляющим устройством (с «землей»). Такое заземление нейтрали используется в сетях напряжением 110 кВ и выше. Электрические сети 6 ~ 35 кВ работают либо с изолированной нейтралью, либо при наличии соответствующих обоснований – с компенсированной нейтралью. Выбор режима работы нейтрали в сетях 6 – 35 кВ во многом определяется величиной тока, протекающего через место повреждения изоляции при однофазном замыкании на землю (тока ОЗЗ).

В сети с изолированной нейтралью ток ОЗЗ имеет емкостной характер. В зависимости от напряжения сети допускаются следующие значения этого тока: в сетях напряжением 6 кВ – не более 30 А; в сетях 10 кВ – до 20 А; в сетях 35 кВ – не более 10 А. Величина тока ОЗЗ зависит от разветвленности сети, возрастая с расширением сети и строительством новых ЛЭП. На каком-то этапе развитие электрической сети приведет к тому, что указанные выше уровни тока ОЗЗ будут превышены и появится необходимость использовать меры компенсации емкостного тока. В качестве этих мер применяются резонансное заземление нейтральной точки (через дугогасящий реактор) и заземление нейтральной точки через резистор (низкоомный или высокоомный) [4].

Заземление нейтрали через дугогасящие реакторы (ДГР) компенсирует емкостные токи в месте замыкания и в ряде случаев снижает величины перенапряжений. Однако остается опасность возникновения больших кратностей перенапряжений при сочетании однофазных дуговых замыканий и неполнофазных режимов, возникающих при замедленной работе или отказе фаз выключателя и неточной настройке ДГР [4].

При ОЗЗ в сетях с нейтралью, заземленной через резистор, во всех присоединениях протекают собственные емкостные токи, а в поврежденном присоединении, кроме того, протекает активный ток, создаваемый резистором. Это позволяет селективно определить поврежденное присоединение, а также существенно ограничить уровень дуговых перенапряжений

при ОЗЗ и исключить феррорезонансные процессы [4, 1].

Моделирование заземляющих устройств. Для проектирования эффективно и надежно работающего заземляющего устройства (ЗУ) необходимо учитывать ряд факторов. В первую очередь важна геологическая структура грунта в районе, в котором будет создаваться ЗУ. На основании геодезических исследований создается многослойная структурная модель грунта, дополненная моделированием заземляющего устройства. Кроме того, необходимо выполнить нормативные требования к величине сопротивления ЗУ, обусловленные номинальным напряжением сети, для которой создается устройство. В качестве дополнительных мер, особенно в районах с грунтами малой проводимости, рассматриваются мероприятия, обеспечивающие нормируемые величины напряжения шага и напряжения прикосновения.

Развитие информационных технологий дает возможность создавать математические модели ЗУ, позволяющие рассмотреть влияние различных факторов при реализации перечисленных выше требований и принять по возможности оптимальное конструктивное решение для обеспечения показателей безопасности электроэнергетической системы.

Показатели безопасности заземляющего устройства. Основным нормируемым показателем является сопротивление заземляющего устройства. Грамотно спроектированное рабочее (защитное) заземление, как правило, отвечает этим требованиям. Сложнее обеспечить нормативные величины напряжения прикосновения и шага, особенно в режимах, когда по ЗУ протекают импульсные токи, т.е. заземление работает как грозозащитное.

Национальный стандарт GB50065 предлагает соответствующие критерии для указанных показателей безопасности. С целью проверки моделей расчета перенапряжений, появляющихся на ЗУ в импульсных режимах, был проведен симуляционный эксперимент, позволяющий оценить рассеивание энергии импульсного тока с заземляющего устройства.

При использовании математических моделей корректный расчет переходного процесса в ЗУ при протекании по нему импульсного тока молнии требует учитывать характеристики грунта и влияние конструктивного исполнения заземляющего устройства. И все равно результат будет в определенной мере приближенным из-за необходимости принимать те или иные допущения [3, 5].

Использование экспериментальных установок также дает приближенный результат. В полевых условиях устройство имитации грозового разряда и само заземляющее устройство отнесены друг от друга на сравнительно большое расстояние (от нескольких десятков до нескольких сотен метров), заземляющий контур – протяженный, а значение импульсного сопротивления ЗУ обычно составляет от нескольких Ом до десятков Ом. Кроме того, электрическая индуктивность и сопротивление во всем контуре велики, что затрудняет создание крутого фронта волны и большую амплитуду тока «молнии», требуется также очень высокое напряжение.

В [2] был предложен метод измерения импульсного сопротивления заземления с использованием импульса со сравнительно плавным фронтом волны и более низкой амплитудой и разработано устройство фиксации параметров эксперимента (рис. 1).

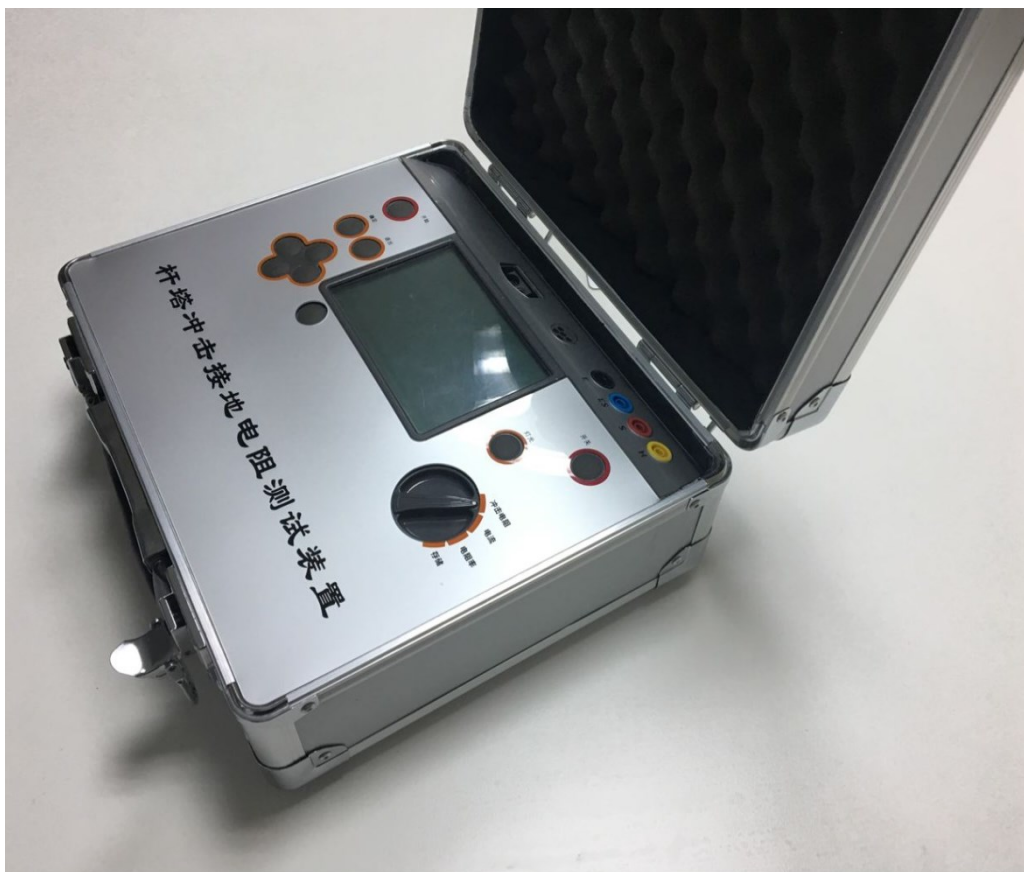


Рис. 1. Регистратор параметров импульсного сопротивления ЗУ.

Сопротивление защитного (рабочего) заземления. Величина сопротивления ЗУ, определяемого при протекании тока промышленной частоты, регламентируется в зависимости от уровня высшего напряжения электроустановки. В настоящее время в Китае используется специальный прибор для измерения сопротивления заземления (рис. 2).

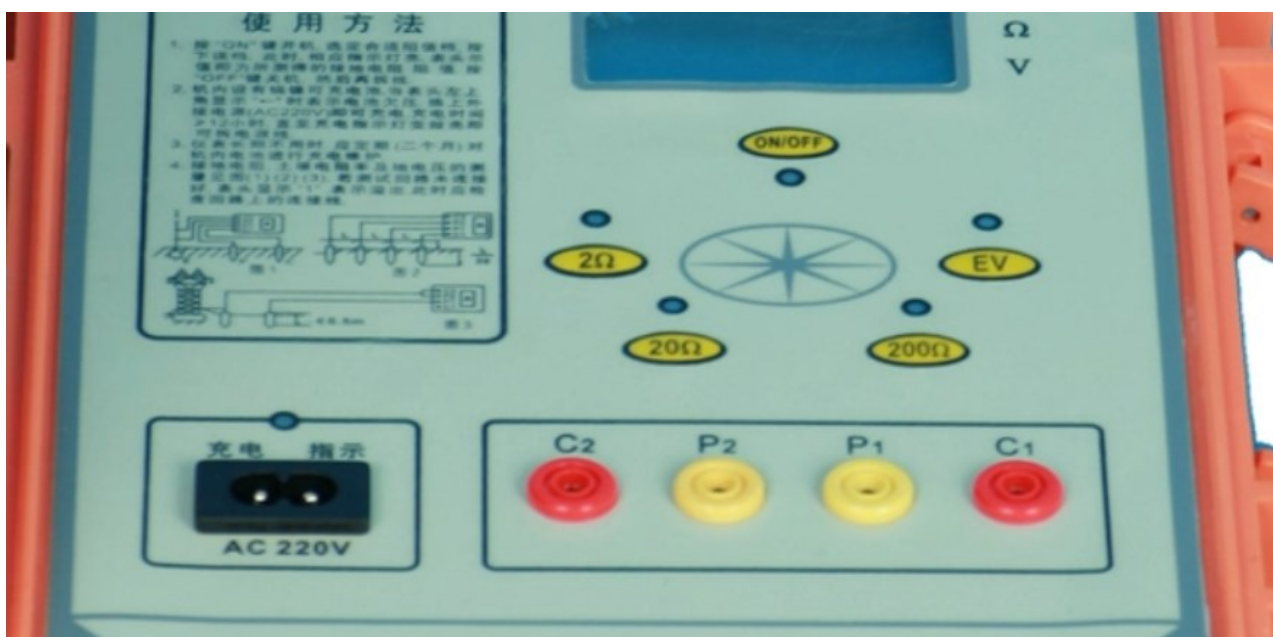


Рис. 2. Прибор для измерения сопротивления заземления.

При совместном использовании заземляющего устройства в качестве рабочего и защитного заземления сопротивление ЗУ должно быть наименьшим из требуемых значений. В районах с высоким удельным сопротивлением грунта это значение может быть соответствующим образом увеличено, если выполнены условия допустимого напряжения прикосновения и шага.

Чтобы гарантировать стабильную и эффективную работу заземляющего устройства электроустановки, необходимо в установленные сроки контролировать его состояние, проверяя соответствие величины сопротивления нормативным значениям и степень коррозии элементов ЗУ. Для контроля сопротивления используются портативные многофункциональные приборы; оценка степени коррозии выполняется путем раскопки грунта в нескольких точках размещения устройства на территории электроустановки и визуальной оценки состояния электродов.

1. Устройство заземления энергосистемы, его эксплуатация и обслуживание. [Электронный ресурс]. URL: <https://chn.oversea.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?filename=ZDHT201802055&dbcode=CJFD&dbname=CJFD2018&v=> (дата обращения 12.10.2023г.).

2. Устройство заземления и вопросы его качества. [Электронный ресурс]. URL: <https://chn.oversea.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?filename=XXJK200517154&dbcode=CJFD&dbname=CJFD2005&v=> (дата обращения 12.10.2023г.).

3. Заземляющее устройство низкого напряжения при коротком замыкании. [Электронный ресурс]. URL: <https://chn.oversea.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?filename=HLKX202013082&dbcode=CJFD&dbname=CJFD2020&v=> (дата обращения 12.10.2023г.).

4. Катасонов, С.М., Чиндяскин, В.И., Кажаяев, В.Ф. Ограничение перенапряжений в сетях 6-35 кВ с помощью резистивного заземления нейтрали. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ogranichenie-perenapryazheniy-v-setyah-6-35-kv-s-pomoschyu-rezistivnogo-zazemleniya-neytrali> (дата обращения 09.03.2024г.).

5. Боронин, В.Н., Коровкин, Н.В. и др. Математическое моделирование заземляющих устройств при действии импульсных токов. [Электронный ресурс]. URL: <https://zym-emc.ru/2013/matematiceskoe-modelirovanie-zazemlyayushchih-ustrojstv.pdf> (дата обращения 09.03.2024г.).