

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. В.Г. Шухова»**

Кафедра «Электроэнергетика и автоматика»

Лабораторная работа № 5

Дисциплина: «Эксплуатация систем
электрообеспечения»

Тема: «Проверка согласования параметров
цепи «фаза-нуль» с характеристиками
аппаратов защиты»

Выполнил: студент гр. _____

Проверил: доцент Д.А.Прасол

Белгород 2020

Лабораторная работа № 5

Проверка согласования параметров цепи «фаза-нуль» с характеристиками аппаратов защиты

Цель работы: изучить методику и приборы для измерения сопротивления «петли фаза-нуль» и тока короткого замыкания; выполнить измерение сопротивления «петли фаза-нуль» и тока короткого замыкания электроустановки различными приборами.

Основные понятия и определения

Данная методика предназначена для производства измерений полного сопротивления «петли фаза-нуль» и тока короткого замыкания при испытаниях электроустановок зданий и сооружений с целью оценки срабатывания автоматического отключения питания при повреждении изоляции для предотвращения появления напряжения прикосновения и поражения людей электрическим током.

Защитное устройство, предназначенное для автоматического отключения питания цепи или электрооборудования, должно обеспечивать защиту от косвенного прикосновения при замыкании токоведущей части на открытую проводящую часть или защитный проводник цепи или электрооборудования таким образом, чтобы время отключения питания обеспечивало электробезопасность человека при одновременном прикосновении к проводящим частям, а также в случае возможного повышения значений напряжения прикосновения выше 50 В переменного тока (действующее значение) и 120 В выпрямленного тока.

Время отключения, независимо от значения напряжения прикосновения, для распределительных цепей не должно превышать 5 секунд. Наибольшее время отключения для системы TN с номинальным фазным напряжением 220 В не

должно превышать 0,4 секунд. Полное сопротивление «петли фаза-нуль» должно удовлетворять условию:

$$Z_S \leq \frac{U_H}{I_K}, \text{ где}$$

Z_S – полное сопротивление петли «фаза-нуль»;

U_H – номинальное напряжение между фазой и землей;

I_K – номинальный ток короткого замыкания, вызывающий срабатывание защитного устройства.

В полное сопротивление петли «фаза-нуль» входят сопротивления: обмотки силового трансформатора, фазного провода, нулевого рабочего провода, контактов автоматов, пускателей и т.д.

Целью измерения полного сопротивления петли «фаза-нуль» является определение величины тока К.З. цепи. Этот ток должен иметь определенную кратность по отношению к номинальному току плавкой вставки предохранителя или электромагнитного расцепителя автоматического выключателя согласно п.п. 1.7.79, 7.1, 7.2, 1.8.37.3 и 1.8.39.4 ПУЭ.

Предлагаемые методы дают только приближенные значения величины полного сопротивления петли «фаза-нуль» или токов К.З., так как они не учитывают сдвиги фаз напряжения, существующие в цепях переменного синусоидального тока, то есть реальные условия, существующие в электрической цепи при замыкании на «землю». Такая степень приближенности вполне приемлема при условии, что реактивные сопротивления испытываемой цепи незначительны или меньше активных.

До выполнения измерения сопротивления петли «фаза-нуль» рекомендуется провести испытания сопротивлений защитных проводников, их непрерывности, а также сопротивлений изоляции элементов электроустановки здания.

Измерение полного сопротивления петли «фаза-нуль» проводят на частоте, равной номинальной частоте сети.

При проведении испытаний электрооборудования производится проверка

согласования параметров цепи «фаза-нуль» с характеристиками аппаратов защиты, которая заключается в измерении токов короткого замыкания и сопротивления петли «фаза-нуль» как однофазной электросети, так и трехфазной электросети. Затем сравнивается полученное значение тока короткого замыкания с максимальным значением тока уставки электромагнитного расцепителя. Измерения производятся в распределительных щитах, причем проверяются линии вводных и всех групповых автоматических выключателей. Измерения выполняются либо измерителем тока короткого замыкания типа Щ41160, либо измерителем параметров электроустановки С.А 6115N.

Методы измерений

Прибор М-417

Прибор М-417 предназначен для измерения сопротивления петли «фаза-нуль» в диапазоне от 0,1 до 1,6 Ом без отключения питающего источника тока с глухозаземленной нейтралью.

Принцип работы прибора основан на измерении падения напряжения на низменном сопротивлении R_1 . Падение напряжения на нем зависит от величины сопротивления цепи «фаза-нуль», что позволяет отградуировать шкалу измерительного органа в единицах сопротивления.

Порядок измерения прибором М-417:

- установить прибор на горизонтальную поверхность;
- ручку “калибровка” установить стрелку прибора в левое крайнее положение;
- присоединить измерительные проводники к зажимам прибора: один проводник присоединить к корпусу измеряемого объекта, а второй - к фазе питающей сети;
- подать напряжение на измеряемый участок сети, при этом на приборе загорается лампа « $Z=\infty$ » (если лампа не загорелась, это свидетельствует об обрыве заземляющей цепи);

- нажать кнопку «Проверка калибровки» и ручку «Калибровка», установить стрелку прибора на отметку «0»;
- нажать кнопку «Измерения» и произвести отсчет показания по шкале измерительного устройства. Величина сопротивления «цепи фаза-нуль» равна показанию прибора минус 0,1 Ом (сопротивление соединительных проводников). Время измерения не должно превышать 7 секунд с интервалом между измерениями не менее 0,5 минуты.
- загорание сигнальной лампы « $Z > 2$ Ом» при нажатой кнопке «Измерение» свидетельствует о том, что сопротивление «цепи фаза-нуль» измеряемого объекта больше 2 Ом.

Повторные измерения производятся только после повторной калибровки прибора.

Ток К.З. рассчитывается по данным измерения сопротивления «цепи фаза-нуль» с коэффициентом 0,9. Кратность тока проверяется по норме согласно пункту 1.7.79 ПУЭ.

Метод измерения цифровым прибором Щ-41160.

Измеритель тока К.З. цифровой Щ-41160 предназначен для измерения тока однофазного короткого замыкания цепи «фаза-нуль» в сети переменного тока 380/220 В, частотой 50 Гц с глухозаземленной нейтралью силового трансформатора и углом сдвига фаз между напряжением и током $30 \pm 25^\circ$. Диапазон измерения тока 10-1000 А.



Рис. 1. Внешний вид прибора Щ41160

В основу работы прибора положено измерение реального тока короткого замыкания с ограничением времени протекания тока короткого замыкания длительностью не более 10 мс.

Для устранения апериодической составляющей тока короткого замыкания измерение производится в два такта. Во время первого такта измеряется угол сдвига установившегося значения тока по отношению к напряжению, а затем производится повторное короткое замыкание в момент, соответствующий измеренному углу сдвига ϑ .

Порядок измерения прибором Щ-41160:

- установить прибор на изолированную горизонтальную поверхность;
- соединительные провода подключить к прибору согласно маркировке, при этом провод «Фаза» подключен к зажиму «Фаза $R_{огран.}$ »;
- подключить соединительные провода согласно маркировке к объекту измерения;
- нажать кнопку «ПТН» (Питание), при этом высвечивание нулей на индикаторе свидетельствует, что измеритель исправен и готов к работе;
- нажать кнопку «ИЗМ» (Измерение), при этом индикация гаснет и высвечивается результат измерения.

Если результат измерения тока короткого замыкания с ограничивающим резистором превышает 535 А, то ориентировочное значение тока К.З. определяется по формуле:

$$I_{к.з.} = \frac{220}{\frac{220}{I_{изм}} - 0,3}, \text{ где}$$

$I_{изм}$ – показание измерителя.

Если результат измерения тока короткого замыкания с ограничивающим резистором не превышает 535 А, то измерение необходимо повторить без ограничивающего резистора, отключив соединительный провод «фаза» от зажима «фаза $R_{огран.}$ » и подключив его к зажиму «фаза».

Если при измерении тока К.З. происходит срабатывание защиты и отключение сети и не удастся зафиксировать результат измерения, то необходимо измерение повторить в следующей последовательности:

- соблюдая полярность, установить в отсек питания 6 элементов 316

«Уран»;

- включить сеть (автомат защиты);
- включить кнопку «ПТН»;
- включить кнопку «ПМТ» (Память), переводя измеритель в режим запоминания результата измерения;
- произвести измерение, нажав кнопку «ИЗМ»;
- повторно включить сеть (автомат защиты), если произошло отключение измерителя от сети;
- кнопку «ПТН» отжать и через 10-15 секунд нажать. На измерительном устройстве высвечивается результат предыдущего измерения;
- после окончания измерения отжать кнопку «ПТН» для предотвращения разряда батарей.

Измеритель параметров электроустановки С.А 6115N

Данный прибор может осуществлять измерение полного сопротивления петли Ф-З, Ф-Н и Ф-Ф с вычислением тока КЗ, а также проверку устройств защитного отключения.

Многофункциональный измерительный прибор модели С.А 6115 является компактным цифровым устройством, способным обеспечить комплексный контроль параметров различных электрических установок.

Одним из важных свойств модели С.А 6115 (рис. 2) является возможность проводить измерения сопротивления петли Фаза-Земля, не вызывая при этом срабатывания устройств защитного отключения. Прибор позволяет сохранять в собственной памяти до 800 результатов измерений.

Основные функции прибора:

- Определение точного порога срабатывания УЗО путём плавного увеличения величины испытательного тока.
- Ступенчатая и плавная предустановка величины испытательного тока при проверке УЗО.
- Проверка УЗО возможна в режиме, не приводящем к срабатыванию

защиты.

- Измерение сопротивления петли при пропускании слабых токов для исключения срабатывания УЗО.
- Измерение сопротивления петли при пропускании высоких токов.
- Измерение сопротивления изоляции при воздействии одного из трёх испытательных напряжений: 100, 250 или 500 В.
- Проверка целостности цепи.
- Измерение полного сопротивления петли Фаза-Фаза, Фаза-Нейтраль и Фаза-Земля.
- Вычисление тока короткого замыкания.



Рис. 2. Внешний вид прибора С.А 6115N

При измерении полного сопротивления петли Ф-З, с целью исключения срабатывания 30 мА УЗО, используется разработанная фирмой технология проверки “ALT” (патент CHAUVIN ARNOUX).

Всем измерениям предшествует слаботочный оценочный тест и автоматическая идентификация положения нейтрального и земляного проводов.

Прибор питается от NiMH аккумуляторной батареи и оснащён встроенным зарядным устройством.

Прибор позволяет выполнить вычисление тока короткого замыкания в диапазоне 2 А...30 кА.

Прибор имеет запатентованный способ измерения, не приводящий к срабатыванию 30 мА УЗО.

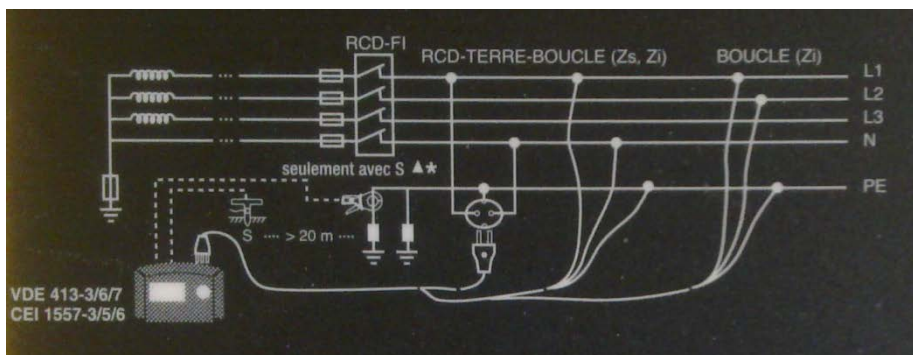


Рис. 3. Схема подключения прибора S.A 6115N для измерения сопротивления петли фаза-ноль

В схемах с системами ТТ, TN и IT функция «Измерение Импеданса цепи / Тока короткого замыкания» позволяет проверить установленные системы защиты. Прибор также позволяет быстро и легко измерять импеданс цепи между L и PE и импеданс схемы между L и N или L и L, а также соответствующий ток короткого замыкания в сетях напряжением 95–440 В переменного тока. Автоматически определяется правильная полярность схемы (позиции L и N).

Для системы TN измерение цепей L-PE, L-N или L-L позволяет измерить аварийные параметры цепи и рассчитать токи короткого замыкания, чтобы определить величины уставок предохранителей, разъединителей или выключателей.

Порядок работы с прибором:

1. Подсоедините прибор в соответствии со схемой соединения, приведенной на рис. 3.
2. Установите переключатель в положение LOOP « Z_S » L-PE для импеданса заземления, или в положение « Z_i » L-N для импеданса схемы.

Чтобы аварийное напряжение измерялось автоматически в положении LOOP « Z_S », подсоедините к прибору зонд заземления.

При выполнении выборочного измерения заземления одновременно с цепью (использование зонда и зажима), подсоедините зажим и провод измерения PE (белый) кабеля с 3 проводниками максимально близко к измеряемому заземлителю, и сделайте компенсацию проводов перед началом измерения!

3. Нажмите на кнопку «TEST».

4. С помощью кнопки «MORE» выведите дополнительные измерения (ток короткого замыкания (I_K), эталонное напряжение (U_{REF}), сопротивление цепи (R_S) или (R_I) и, в случае использования зонда или зажима, выборочное сопротивление заземления (R_{SEL}), ток измерения (I_{SEL}) и аварийное напряжение (U_F).

5. Для запуска нового измерения нажмите опять на кнопку «TEST».

6. Для возврата к выводу сетевого напряжения U_{L-N} , установите переключатель или нажмите на CHANGE или SELECT.

Для измерений на трехфазных системах, импеданс цепи должен измеряться между каждым проводником фазы (L1, L2, L3), проводником нейтрали и защитным проводником (PE).

Определение погрешностей измерения. Замеренные прибором значения всегда отличаются от действительного значения, то есть всегда имеется какая-то погрешность измерений. Степень приближения измеренного значения к действительному характеризует относительная погрешность, определяемая выражением:

$$\gamma_{н.в.} = \frac{\gamma_g \cdot A_H}{A}, \text{ где}$$

$\gamma_{н.в.}$ – наибольшая возможная относительная погрешность измерения;

γ_g – класс точности прибора (допустимое стандартное значение приведенной погрешности);

A_H – верхний предел измерения прибора;

A – измеренная величина.

Дополнительная погрешность при отклонении прибора от рабочего положения в пределах 10 градусов учитывается в величине наибольшей возможной относительной погрешности измерений $\gamma_{н.в.}$, то есть погрешность измерения удваивается.

Основная погрешность прибора М-417 и Щ-41160 определяется выражением:

$$\gamma_{н.в.} = \pm [10 + (I_K / I_{изм} - 1)]\% , \text{ где}$$

I_K – конечное значение диапазона измерений, А;

$I_{изм}$ – измеренное значение тока.

Безопасные приемы работы

К работе с прибором М-417, Щ-41160 и С.А 6115N по измерению полного сопротивления «петли фаза-нуль» или тока короткого замыкания допускаются лица электротехнического персонала не моложе 18 лет, обученные и аттестованные на знание «Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» и ПТЭЭП, а также данной методики, обеспеченные инструментом, индивидуальными защитными средствами, спецодеждой.

Перед работой должны быть оформлены организационные и выполнены технические мероприятия, согласно требований раздела 3 «Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».

Измерения производятся по распоряжению (заданию) звеном из 2 специалистов с квалификационными группами не ниже III-ей.

При подаче напряжения от постороннего источника питания должны быть оформлены и выполнены организационные и технические мероприятия, как в месте подключения, так и на рабочем месте.

Соединительные провода, питающий кабель, понижающий трансформатор должны иметь двойную изоляцию.

Запрещается выполнять работы при высокой влажности, а также в огне-, пожаро- и во взрывоопасных средах и помещениях.

Лица, допустившие нарушения «Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» и ПТЭЭП, а также допустившие искажения достоверности и точности измерений, несут ответственность в соответствии с законодательством.

Оформление результатов измерений

Согласно требованиям ГОСТ Р 50571.16-2019 (МЭК 60364-6:2016) для

регистрации и обработки результатов измерений и испытаний, должен вестись пронумерованный и прошнурованный рабочий журнал. По результатам измерений составляется протокол испытаний сопротивления петли «фаза-нуль» и токов короткого замыкания. Каждая серия измерений сопротивления петли «фаза-нуль» и токов короткого замыкания частей и элементов электроустановки, выполненная одним прибором, заносится в отдельный протокол.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами М-417, Щ-41160 и С.А 6115N.
2. Изучить методики измерения сопротивления петли «фаза-нуль» и токов короткого замыкания электроустановок приборами М-417, Щ-41160 и С.А 6115N.
3. Провести измерения сопротивления петли «фаза-нуль» и токов короткого замыкания электроустановок (объектов) приборами М-417, Щ-41160 и С.А 6115N.
4. Заполнить протоколы измерений.
5. Определить нормируемые значения времени отключения электроустановок, проверить согласование параметров петли «фаза-нуль» с параметрами аппаратов защиты.
6. Сравнить полученные результаты с нормативными значениями.
7. Представить в табличном виде нормативные значения времени отключения электроустановок, а также времятоковые характеристики аппаратов защиты.
8. Сделать заключение (вывод) по проделанной работе.
9. Предоставить список литературы, использованной в процессе выполнения лабораторной работы.

Структура отчета

Отчет выполненной лабораторной работы должен содержать следующие обязательные разделы:

- Содержание.
- Введение (цель работы и постановка задачи).

Основная часть:

- Описание приборов М-417, Щ-41160 и С.А 6115N.
- Методики измерения сопротивления петли «фаза-нуль» и токов короткого замыкания электроустановок.

- Протоколы измерений.
- Нормативные значения времени отключения электроустановок, а также времятоковые характеристики аппаратов защиты.
- Заключение (выводы по работе).
- Список литературы (ГОСТ Р 7.0.100-2018).

ПРОТОКОЛ № _____ / _____

Проверка согласования параметров цепи «фаза-нуль» с характеристиками аппаратов защиты

Измерения проведены «__» _____ 20__ г.

Прибор: _____

Метрологические данные: _____

Система: _____ $\cos\varphi =$ _____ $U_{расч.} =$ _____.

№ п/п	Наименование присоединения	Автомат, предохранитель			Измеренное значение сопротивления цепи «фаза-нуль», Ом			Расчётное значение тока однофазного замыкания, А			Измеренное сопротивление защитного проводника между главными заземляющими шинами и электрическим щитком, Ом	Время срабатывания аппаратов защиты, с.		Расчётное сопротивление защитного проводника между главными заземляющими шинами и электрическим щитком, Ом	Заключение
		Тип	Ток уставки теплового расцепителя (Iуст.), А	Ток уставки электромагн. расцепителя (Iуст.), А	L1-PEN	L2-PEN	L3-PEN	L1-PEN	L2-PEN	L3-PEN		Допустимое	Измеренное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.															
2.															
3.															

Норма: _____

Общее заключение: _____

Измерения проводил: _____

Протокол проверил: _____

«__» _____ 20__ г.

Библиографический список

1. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий [Электронный ресурс] / Н. К. Полуянович. - Москва: Лань, 2012. - 400 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2767>.

2. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования : учеб. пособие / Н. А. Акимова, Н. Ф. Котеленец, Н. И. Сентюрихин. - 4-е изд., стер. - Москва : Академия, 2006. - 295 с.

3. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – Москва: ЭНАС, 2013. – 280 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/38582>.

4. ПУЭ, изд. 7-е: общие правила; передача электроэнергии; распределительные устройства и подстанции; электрическое освещение; электрооборудование специальных установок [Электронный ресурс]: — Электрон. дан. — М. : ЭНАС, 2013. — 560 с. URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38572 (24.12.2017).