

«УТВЕРЖДАЮ»

« » 20 г.

МЕТОДИКА
по проведению измерений тока короткого
замыкания петли фаза-ноль

Содержание	стр.
1. Общие положения	3
2. Методы измерений	3
3. Средства измерений	4
4. Измерение тока короткого замыкания прибором типа 2726 НА.....	5
5. Нормируемые значения для электроустановок	6
6. Условия измерений.....	7
7. Меры безопасности и охрана окружающей среды.....	8
8. Обработка результатов.....	8
Форма протокола.....	9

1. Общие положения.

Настоящая методика «Измерение сопротивления петли «фаза-нуль» распространяется на измерения в электроустановках 0,4 кВ всех типов заземления нейтрали.

В электроустановках напряжением ниже 1000 В с глухозаземлённой и изолированной нейтралью защита участков сети осуществляется автоматическими выключателями реагирующими на сверхток, как основной параметр аварийного состояния электроустановки (ПУЭ гл.1.7). В электроустановках с изолированной нейтралью участки сети могут дополнительно защищаться устройствами защитного отключения (УЗО), реагирующими на сверхток, устройствами контроля изоляции и т.п. В электроустановках с глухозаземлённой нейтралью УЗО также могут применяться для защиты розеточных групп зданий, при условии, что к этим розеткам могут быть подключены переносные электроприборы. Для проверки временных параметров срабатывания защитных устройств реагирующих на сверхток (автоматических выключателей) производится измерение полного сопротивления петли «фаза-нуль» или токов однофазных замыканий. Работа устройств защитного отключения проверяется другим образом.

Полное сопротивление петли «фаза-нуль», и, соответственно, ток однофазного замыкания будет зависеть в основном от нескольких факторов:

- характеристик силового трансформатора;
- сечения фазных и нулевых жил питающего кабеля или воздушной линии (ВЛ); контактных соединений в цепи. Проводимость фазных и нулевых проводников на практике можно не только определить, но и измерить, кроме того, расчётное определение проводимости, в стадии проектирования электроустановки может исключить множество проектных ошибок.

Согласно ПУЭ проводимость нулевого рабочего должна быть не ниже 50% проводимости фазных проводников, в необходимых случаях она может быть увеличена до 100% проводимости фазных проводников. Проводимость нулевых защитных проводников должна соответствовать требованиям главы 1.7 ПУЭ: «1.7.126. Наименьшие площади поперечного сечения защитных проводников должны соответствовать табл. 1.

Таблица №1

Сечение фазных проводников, мм ²	Наименьшее значение защитных проводников, мм ²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

Площади сечений приведены для случая, когда защитные проводники изготовлены из того же материала, что и фазные проводники. Сечения защитных проводников из других материалов должны быть эквивалентны по проводимости приведенным».

После экспериментального определения сопротивления петли «фаза – нуль» производится расчётная проверка тока короткого замыкания и сравнение полученного тока с током срабатывания автоматического выключателя или другого устройства, защищающего данный участок сети. При прямых измерениях однофазных токов короткого замыкания время срабатывания защитных аппаратов определяется по измеренной величине этого тока.

2. Методы измерений.

Проверка производится одним из следующих способов:

- непосредственным измерением тока однофазного замыкания на корпус или нулевой защитный проводник;

- измерением полного сопротивления цепи фаза — нулевой защитный проводник с последующим вычислением тока однофазного замыкания;
- кроме того проверку можно производить расчетом по формулам:

$$Z_{пет} = Z_{п} + Z_{т}/3$$

где $Z_{п}$ – полное сопротивление проводов петли фаза – нуль,

$Z_{т}$ – полное сопротивление питающего трансформатора.

По полному сопротивлению петли фаза – нуль определяется ток однофазного КЗ на землю:

$$I_{к} = U_{ф} / Z_{пет}$$

Если расчёт показывает, что ток однофазного замыкания на землю на 30% превышает допустимый ток (допустимым считается ток, величина которого достаточна для срабатывания защитного аппарата в требуемый временной промежуток), то можно ограничиться расчётом. В противном случае должны быть проведены замеры полного сопротивления петли «фаза – нуль».

Кроме того, на основании пунктов 3.1.9 – 3.1.12 ПУЭ можно составить таблицу наименьших допустимых кратностей тока однофазного замыкания на землю относительно номинальных уставок защитных устройств.

Таблица 2.

Вид защиты сети от однофазных замыканий	Кратность тока однофазного замыкания на землю относительно уставки защиты для сети, проложенной в помещении	
	невзрывоопасном	взрывоопасном
Плавкий предохранитель	3	4
Автоматический выключатель с обратнозависимой от тока характеристикой	3	6
Автоматический выключатель с электромагнитным расцепителем, если известен коэффициент разброса уставок $K_{р}$ (по данным завода изготовителя)	1.1 $K_{р}$	1.1 $K_{р}$
То же при отсутствии заводских данных по $K_{р}$ при $I_{ном}$ уставки: до 100А	1.4	1.4
более 100А	1.25	1.25

Следует отметить, что при расчете не учитываются сопротивления ошиновки от трансформатора до автоматического выключателя и самого выключателя. Однако практически ошибка здесь невелика и компенсируется тем, что в расчете производится арифметическое, а не геометрическое сложение составляющих.

Измерение производится: при вводе электроустановки в эксплуатацию, при подключении новых потребителей, при изменении схемы сети, в эксплуатации не реже одного раза в 6 лет.

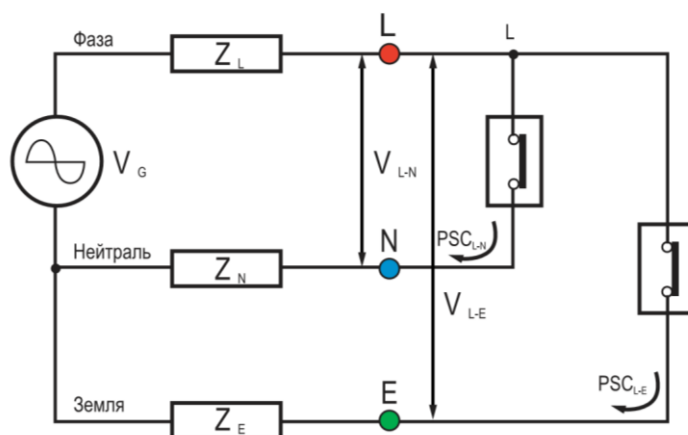
3. Средства измерений.

Анализатор параметров электрических цепей 2726 НА.

Измеритель 2726 НА предназначен для проверки надежности электрической проводки в однофазных сетях, в том числе в сетях и системах с небольшим энергопотреблением. Зона подключения имеет защитную крышку-блокиратор для механической защиты и предотвращения замыканий на входных гнездах. Имеется индикация правильности подключения к объекту и отображения ошибок при подсоединении проводов. За счет применения энергосберегающей технологии питание прибора осуществляется от 6 батарей. Прибор имеет информативный 2-х строчный ЖК-индикатор, для отображения результатов измерения. Первое нажатие на кнопку включает питание прибора. Следующее нажатие - переводит прибор в режим тестирования. Последующие нажатия на кнопку обеспечивают пошаговое измерение параметров электрической цепи, результаты которых отображаются на дисплее. Предусмотрена

возможность сохранения результатов тестирования и «прокрутки» данных предыдущего теста после отключения прибора от сети. Использование измерителя 2726 NA позволяет быстро обнаружить является ли электрическая сеть исправной или существуют какие-либо проблемы в цепях «фаза», «нейтраль» или в цепи заземления. По полученному значению сопротивления заземления можно определить величину тока утечки на землю.

Схема измерений:



Измеряемые параметры: V_G – напряжение генератора на холостом ходу; V_{L-N} (0 A) – напряжение «фаза – нейтраль» без нагрузки (0 A); V_{L-E} (0 A) – напряжение «фаза – земля» без нагрузки (0 A); $Z_{L-N} = Z_L + Z_N$ – полное сопротивление цепи «фаза – нейтраль», включающее реактивное сопротивления источника напряжения, активное сопротивление шины «фаза» и шины «нейтраль»; $Z_{L-E} = Z_L + Z_E$ – полное сопротивление цепи «фаза – земля», включающее реактивное сопротивления источника напряжения, активное сопротивление шины «фаза» и шины «земля»; PSC_{L-N} – ток короткого замыкания в цепи «фаза - нейтраль»; PSC_{L-E} – ток короткого замыкания в цепи «фаза - земля»; Z_L – сопротивление шины «фаза», включающее реактивное сопротивление источника напряжения; Z_N – сопротивление шины «нейтраль»; Z_E – сопротивление шины «земля», учитывающее переходное сопротивление контактов.

Все приборы должны быть поверены, а испытательные установки аттестованы в соответствующих государственных органах (ЦСМ)

4. Измерение тока короткого замыкания прибором типа 2726 NA.

Перед началом измерений необходимо с помощью дополнительной низкоомной цепи, закоротить все автоматы выключения в цепях фаза, нейтраль, земля (УЗО и пр.). Прибор имеет функцию защиты цепи измерения от перегрева. В случае срабатывания схемы защиты, прибор отключить от сети и дать время для естественного охлаждения. Подключить прибор к электросети в соответствии с назначением его выводов (LINE – фаза, NEUTRAL – нейтраль, EARTH – земля).

Запрещается проводить измерения при свечении индикатора N-E, который сигнализирует о неправильном подключении прибора. При правильном подключении должны светиться индикаторы P-E и P-N.

Включить прибор, нажав клавишу TEST. После появления на дисплее прибора команды «PRESS “TEST”», повторно нажать клавишу TEST. Процесс тестирования сопровождается сообщением «---TESTING!---» (ИДЕТ ИЗМЕРЕНИЕ). Измерение параметров сети осуществляется автоматически под контролем встроенного микропроцессора.

Первый результат, который выводится на дисплей, это напряжение в цепи фаза – нейтраль без нагрузки ($V_{LINE-NEUTRAL}$). Для просмотра других параметров, последовательно нажимать клавишу TEST:

V ® LINE-NEUTRAL – напряжение в цепи фаза – нейтраль, - V ® LINE-EARTH – напряжение в цепи фаза – земля,
 Z ® LINE-NEUTRAL – полное сопротивление цепи фаза – нейтраль,
 Z ® LINE-EARTH – полное сопротивление цепи фаза – земля,
 PSC ® LINE-NEUTRAL – ток короткого замыкания в петле фаза – нейтраль,
 PSC ® LINE- EARTH – ток короткого замыкания в петле фаза – земля,
 Z ® NEUTRAL WIRE – сопротивление шины нейтраль,
 Z ® EARTH WIRE – сопротивление шины земля,
 Z ® LINE + XFORM COIL – сопротивление шины фаза с учетом реактивной составляющей (индуктивное сопротивление).

После просмотра результатов измерения, отключить прибор от сети.

Результаты последнего цикла измерений хранятся в памяти прибора до выключения питания. Для просмотра содержимого памяти, отключить прибор от сети, нажать клавишу TEST. На дисплей выводится сообщение «NO LINE», затем «PREVIOUS...» (после каждого нажатия клавиши TEST), после чего при каждом нажатии клавиши TEST на дисплее будут последовательно отображаться результаты последнего цикла измерений.

После окончания измерений снять шунтирующую перемычку с автоматов выключения.

5. Нормируемые значения для электроустановок (в соответствии с ПУЭ изд. 7).

5.1 В электроустановках с глухозаземлённой нейтралью (система TN) с целью обеспечения автоматического отключения аварийного участка проводимость фазных и нулевых, рабочих и нулевых защитных проводников должна быть выбрана такой, чтобы при замыкании на корпус или на нулевой проводник возникал ток короткого замыкания, который обеспечивает время автоматического отключения питания, не превышающего значений, указанных в табл. 3.

Таблица 3

Номинальное фазное напряжение U, В	Время отключения, с
127	0,8
220	0,4
380	0,2
Более 380	0,1

5.2 Приведенные значения времени отключения считаются достаточными для обеспечения электробезопасности, в том числе в групповых цепях, питающих передвижные и переносные электроприемники и ручной электроинструмент класса 1.

5.3 В цепях, питающих распределительные, групповые, этажные и др. щиты и щитки, время отключения не должно превышать 5 с.

5.4 Допускаются значения времени отключения более указанных в табл.1, но не более 5 с в цепях, питающих только стационарные электроприемники от распределительных щитов или щитков при выполнении одного из следующих условий:

- полное сопротивление, защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом или щитком не превышает значения, Ом: $50 \times Z_c / U_0$, где Z_c - полное сопротивление цепи «фаза-нуль», Ом; U_0 - номинальное фазное напряжение цепи, В; 50 - падение напряжения на участке защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом или щитком, В;
- к шине РЕ распределительного щита или щитка присоединена дополнительная система уравнивания потенциалов, охватывающая те же сторонние проводящие части, что и основная система уравнивания потенциалов.

5.5 Для определения времени отключения аппарата защиты после измерения тока КЗ

необходимо использовать времятоковые характеристики данного аппарата.

5.6 В соответствии с ГОСТ Р 50345-99 регламентируются следующие диапазоны срабатывания расцепителей в зависимости от их характеристики:

- автоматические выключатели с характеристикой «В» 3-5 Iном;
- автоматические выключатели с характеристикой «С» 5-10 Iном;
- автоматические выключатели с характеристикой «Д» 10-15 Iном.

5.7 В соответствии с ГОСТ Р 50345-99 данные выключатели с характеристиками «В», «С», «Д»; при токе более 5, 10, 15 Iном соответственно, должны отключиться за время не более 0,1 секунды, что удовлетворяет требованиям таблиц 1 и 2.

5.8 В следующих случаях для определения времени срабатывания необходимо использовать индивидуальные времятоковые характеристики данного защитного аппарата:

- кратность тока короткого замыкания петли фаза-нуль менее значений 5, 10, 15 Iном соответственно для выключателей с характеристиками «В», «С», «Д»;
- аппарат изготовлен не по ГОСТ Р 50345-99;
- аппарат имеет только обратозависимый от тока расцепитель.

6. Условия измерений.

Измерение сопротивления петли «фаза – нуль» следует производить при положительной температуре окружающего воздуха, в сухую, спокойную погоду. Атмосферное давление особого влияния на качество проводимых испытаний не оказывает.

Влияние нагрева проводников на результаты измерений: следует учитывать повышение сопротивления проводников, вызванное повышением температуры.

Когда измерения произведены при комнатной температуре и малых токах, чтобы принять в расчет повышение сопротивления проводников в связи с повышением температуры, вызванного током замыкания, и убедиться для системы TN в соответствии измеренной величины сопротивления петли «фаза—нуль» требованиям таблицы 3, может быть применена нижеприведенная методика.

Считают, что требования таблицы 3 выполнимы, если петля «фаза—нуль» удовлетворяет следующему уравнению

$$Z_{\text{петли}} \leq \frac{2U_0}{3I_{\Delta}}$$

Где $Z_{\text{петли}}$ — измеренная величина сопротивления петли «фаза—нуль», Ом;

U_0 — фазное напряжение, В;

I_{Δ} — ток, вызывающий автоматическое срабатывание аппаратов защиты в течение времени, указанного в таблице 3, или в течение Δt для стационарных электроприёмников.

Если измеренная величина сопротивления петли «фаза—нуль» превышает $2U_0/3I_{\Delta}$, более точную оценку соответствия требованиям таблицы 3 можно сделать путем измерения величины сопротивления петли «фаза—нуль» в следующей последовательности:

- сначала измеряют сопротивление петли «фаза—нуль» источника питания на вводе электроустановки Z_e ;
- измеряют сопротивление фазного и защитного проводников сети от ввода до распределительного пункта или щита управления;

- измеряют сопротивление фазного и защитного проводников от распределительного пункта или щита управления до электроприемника;
- величины сопротивлений фазного и нулевого защитного проводников увеличивают для учета повышения температуры проводников при протекании по ним тока замыкания. При этом необходимо учитывать величину тока срабатывания аппаратов защиты;
- эти увеличенные значения сопротивления добавляют к величине сопротивления петли «фаза—нуль» источника питания Z_e и в результате получают реальную величину Z_s в условиях замыкания.

7. Меры безопасности и охрана окружающей среды.

7.1 К работе по измерению сопротивления (тока) петли фаза-нуль (фаза-фаза) допускаются лица электротехнического персонала, не моложе 18 лет, прошедшие проверку знаний Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок и имеющие практический опыт работы с приборами, знающие настоящую методику, обеспеченные спецодеждой, инструментом, индивидуальными средствами защиты.

7.2 Перед работой должны быть оформлены организационные и выполнены технические мероприятия, согласно требований разделов №5, №16 Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.

7.3 Измерения производятся по наряду, распоряжению (заданию) группой из 2-х специалистов с квалификационной группой не ниже III.

7.4 Запрещается выполнять работы при высокой влажности, а также в пожароопасных и во взрывоопасных средах и помещениях.

7.5 Работу по подключению прибора к объекту измерения выполнять, предварительно отключив его.

7.6. Проводимые измерения не представляют опасности для окружающей среды.

8. Обработка результатов.

По данным испытаний и измерений производятся соответствующие расчёты и сравнения. Измерив ток однофазного КЗ, необходимо определить время срабатывания защитного аппарата по его времятоковой характеристике, и затем дать заключение о времени срабатывания выключателя и его соответствии требованиям ПУЭ.

Результаты измерений и вычислений (при необходимости) заносят в протокол, кроме того в протокол заносятся характеристики автоматических выключателей и на основании анализа результатов измерений и параметров соответствующих автоматических выключателей делается вывод о соответствии результатов измерений требованиям стандартов.

Начальник электролаборатории

Электрооборудование: _____

Месторасположения: _____

Дата: «__» _____ 20 г.

ПРОТОКОЛ № _____
ПРОВЕРКИ ПОЛНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЕТЛЯ «ФАЗА-НОЛЬ»

№ п/п	Токоприемники		Защитное устройство			Измеренное значение сопротивления цепи «Ф.-0»			Измеренное (расчетное) значение тока однофазного КЗ			Время срабатывания аппарата защиты, сек.		Вывод
	Наименование эл. оборудования	Место замера	Тип автомата, предохранители	Номинальный ток уставки автомата, ПВ	Диапазон тока сраб. расцепителя КЗ, А.	А	В	С	А	В	С	Допустимое	По времятоковой характеристике	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Результаты испытаний и измерений на момент испытания соответствуют требованиям нормативно-техническим документам, с учетом погрешности измерения.

ПРИБОРЫ	№ п/п	Наименование прибора	Тип	№ прибора	Класс точности	Дата след. поверки	Примечания

Испытание производили: _____

Начальник электролаборатории: _____ / _____ /
(Подпись)

Инженер-электрик _____ / _____ /
(Подпись)