

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ 50 ГЦ
И ЗАЩИТА ОТ НЕГО**

**Методические указания
по выполнению лабораторной работы
на учебном полигоне «Подстанция 110/10 кВ»
по дисциплине «Испытательные и электрофизические
установки высокого напряжения»**

Казань 2016

УДК 621.3.027

ББК 31.24-5

И88

И88 Исследование электромагнитного излучения промышленной частоты 50 Гц и защита от него: методические указания по выполнению лабораторной работы на учебном полигоне «Подстанция 110/10 кВ» по дисциплине «Испытательные и электрофизические установки высокого напряжения» / Сост.: А.Е. Усачев, Э.Р. Гайфутдинова. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2016. – 20 с.

Приведены методические указания по выполнению лабораторной работы по измерению напряжённости электромагнитного поля промышленной частоты с помощью измерителя напряжённости ПЗ-50 на учебном полигоне «Подстанция 110/10 кВ».

Данные методические указания предназначены для студентов, обучающихся по профилю «Высоковольтные электроэнергетика и электротехника» направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», изучающих дисциплину «Испытательные и электрофизические установки высокого напряжения».

УДК 621.3.027

ББК 31.24-5

ПРЕДИСЛОВИЕ

Источники электромагнитных излучений (ЭМИ) промышленной частоты – это, в первую очередь, системы передачи и распределения электроэнергии (электростанции, трансформаторные подстанции, линии электропередачи, электросети административных зданий и др.), а также электрооборудование (электродвигатели, контроллеры, щиты и др.) и электропроводка производственного оборудования.

В условиях постоянного воздействия на рабочем месте электромагнитного поля (ЭМП) промышленных частот, превышающих предельно допустимые уровни, у работников могут наблюдаться нарушения функций иммунной, сердечнососудистой и дыхательной систем, пищеварительного тракта, изменения в крови, а также возможны последствия на генетическом уровне. При местном воздействии ЭМП (прежде всего на руки) появляются ощущение зуда, бледность, синюшность, отечность, уплотнение, а иногда ороговение кожных покровов.

В связи с чем, необходимо измерение напряжённости ЭМП промышленной частоты для сравнения измеренных значений с допустимыми санитарными нормами и принятия мер по защите персонала, работающих в условиях постоянного воздействия ЭМП.

Защита работников осуществляется путем:

- ограничения места и времени нахождения персонала в зоне воздействия ЭМИ (защита расстоянием и временем);
- использования средств индивидуальной защиты;
- использования технических средств, ограничивающих поступление электромагнитной энергии на рабочие места (экранов, отражателей, ограждений);
- применения источников ЭМИ с минимально необходимой мощностью;
- выбора рациональных режимов работы оборудования;
- применения средств обозначений зон с повышенным уровнем ЭМИ.

Данные методические указания предназначены для подготовки студентов к выполнению лабораторной работы, посвящённой измерению напряжённости электромагнитного поля высокой частоты с помощью измерителя ПЗ-50.

В процессе выполнения лабораторной работы у студентов формируются:

- готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности;
- готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике.

Выполнению лабораторной работы предшествует инструктаж по технике безопасности при работе с высокими напряжениями.

Продолжительность лабораторной работы 4 часа. Измерения напряжённости электромагнитного поля проводятся на учебном полигоне «Подстанция 110/10 кВ».

Лабораторная работа

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ 50 ГЦ И ЗАЩИТА ОТ НЕГО

Цель работы:

- 1) ознакомление с назначением, техническими характеристиками, устройством, принципом действия и порядком проведения измерений напряжённости электромагнитного поля высокой частоты с помощью измерителя ПЗ-50;
- 2) проведение измерений напряжённости электрического поля.

Схема и описание подстанции

В состав учебного полигона КГЭУ входит однотрансформаторная подстанция 110/10 кВ с открытым распределительным устройством 110 кВ (рис. 1).

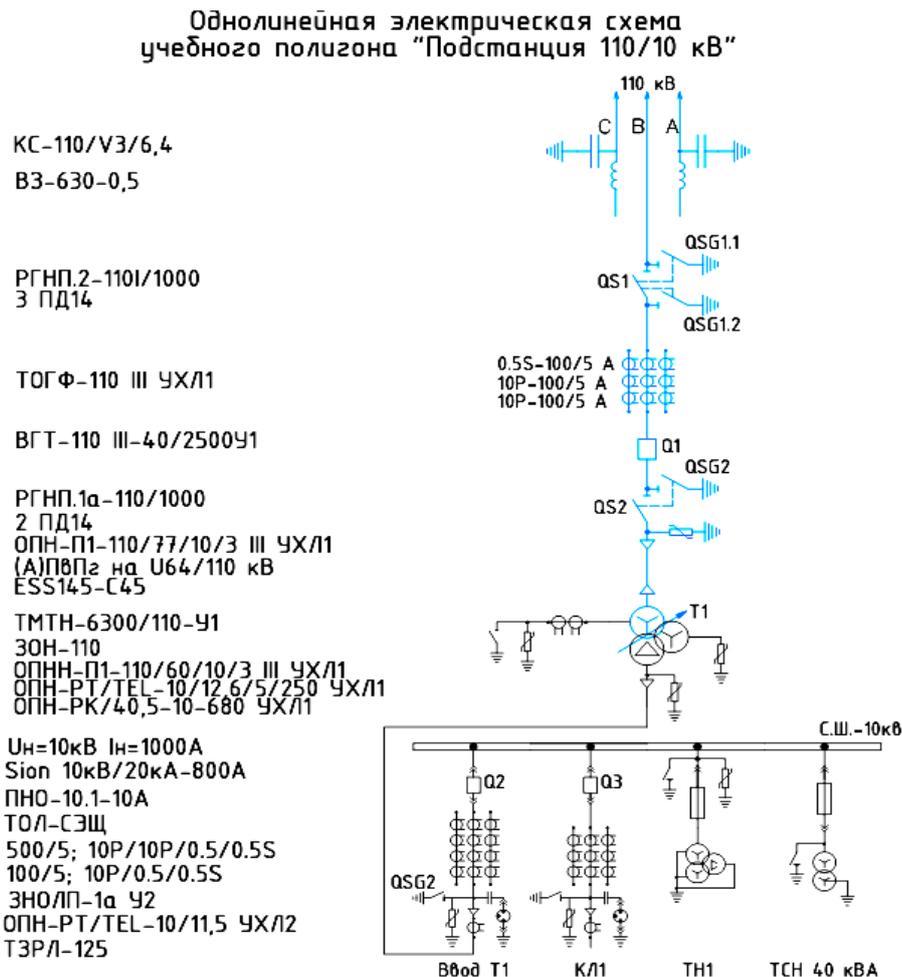


Рис. 1. Электрическая схема подстанции 110/10 кВ

Назначение и технические характеристики ПЗ-50

Измеритель предназначен для измерения среднеквадратического значения напряжённости электрического и магнитного полей (ЭП и МП) промышленной частоты (50 Гц) вблизи электроустановок высокого напряжения промышленной частоты.

Основной областью применения измерителя является контроль предельно допустимых уровней электрического и магнитного полей промышленной частоты (50 Гц) на рабочих местах (согласно [1, 2]).

Измеритель по условиям эксплуатации соответствует группе 3 [3] и удовлетворяет требованиям, приведённым ниже [3, 4]:

Рабочие условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха: $5 \div 40$ °С;
- относительная влажность воздуха: до 90 % при температуре 25 °С;
- атмосферное давление: $70 \div 106,7$ кПа ($537 \div 800$ мм. рт. ст.).

Нормальные условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха 20 ± 5 °С;
- относительная влажность воздуха – $30 \div 80$ %;
- атмосферное давление – $84 \div 106$ кПа ($630 \div 795$ мм. рт. ст.).

Технические характеристики:

- диапазон частот: $48 \div 52$ Гц;
- диапазон измерения напряжённости ЭП: $0,01 \div 100$ кВ/м;
- диапазон измерения напряжённости МП: $0,1 \div 1800$ А/м.

Пределы допускаемой относительной основной погрешности измерения напряжённости ЭП: $\pm[15 + 0,2[E_n/E_x]]$, %, где E_n – установленный предел измерения (0,2; 2; 20 или 200 кВ/м); E_x – измеренное значение напряжённости электрического поля, кВ/м.

Пределы допускаемой относительной основной погрешности измерения напряжённости МП: $\pm[15 + 0,2 [H_n / H_x]]$, %, где H_n – установленный предел измерения (0,2; 2; 20; 200 или 2000 А/м); H_x – измеренное значение напряжённости магнитного поля, А/м.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности, обусловленной отклонением температуры окружающего воздуха от нормальной (20 °С), в пределах рабочих температур не превышают ± 6 % на каждые 10 °С.

Измерение напряжённости ЭП и МП обеспечивается с указанной выше основной погрешностью в свободном пространстве при расстоянии от проводящих тел до точки измерения поля не менее 0,2 м. Допускаемое значение перегрузки по напряжённости ЭП и МП не более 200 кВ/м и 10 кА/м, соответственно.

Измеритель обеспечивает свои технические характеристики по истечении времени установления рабочего режима, равного 3 мин.

Измеритель допускает непрерывную работу в рабочих условиях (в автономном режиме без замены элементов питания) в течение времени, равного 16 ч, и при питании от нового комплекта батарей с номинальной ёмкостью не менее 1 А·ч.

Электрическое питание измерителя осуществляется от встроенной батареи из 4-х сменных химических элементов постоянного тока с номинальным напряжением по 1,5 В (при общем напряжении батареи – 3,5 ÷ 6,5 В). Мощность, потребляемая от батареи, не превышает 0,1 Вт.

Максимальные габаритные размеры блоков измерителя:

- антенн преобразователей (АП) ЕЗ-50 и НЗ-50 – 450×110×40 мм;
- устройства отсчётного УОЗ-50 – 200×100×45 мм;
- измерителя в футляре – 440×390×90 мм.

Максимальная масса блоков, входящих в состав измерителя:

- антенн преобразователей ЕЗ-50 и НЗ-50 – не более 0,8 кг;
- устройства отсчётного УОЗ-50 – не более 0,5 кг;
- измерителя в футляре – не более 3,0 кг.

Гарантийный срок эксплуатации – 12 месяцев.

Гарантийный срок хранения – 24 месяца.

Описание устройства и принципа работы ПЗ-50

В состав лабораторной установки входят: источники электромагнитного поля высокой частоты ИОМ 0.22.100/100, НОМ-10 и измеритель напряжённости ПЗ-50 (рис. 2).



Рис. 2. Общий вид измерителя ПЗ-50

В состав измерителя ПЗ-50 входят: 1 – устройство отсчётное УОЗ-50, служащее для преобразования сигнала от АП и снятия показаний; 2 – антенна-преобразователь (АП) ЕЗ-50, служащая для измерения напряжённости электрического поля; 3 – антенна-преобразователь (АП) НЗ-50, служащая для измерения напряжённости магнитного поля; 4 – кабель КЗ-50, служащий для подключения АП к УОЗ-50; 5 – ручка, служащая для увеличения длины рукоятки АП; 6 – муфта соединительная; 7 – футляр для переноски измерителя ПЗ-50.

Работа прибора основана на возбуждении в АП под воздействием измеряемого поля переменного напряжения, пропорционального напряжённости поля. Переменное напряжение с той же частотой, что и измеряемое поле, предварительно усиливается в АП и далее поступает на вход устройства отсчётного, где происходит его фильтрация, дальнейшее усиление, преобразование в постоянное напряжение и индикация.

АП типа ЕЗ-50 предназначена для измерения напряжённости электрического поля и представляет собой симметричную дипольную антенну, электрически малых размеров (полный размер диполя – 100 мм). При помещении диполя в ЭП между плечами диполя возникает переменная разность потенциалов. Амплитуда этого переменного напряжения пропорциональна проекции вектора напряжённости поля на ось диполя. Переменное напряжение с диполя далее передаётся на вход дифференциального усилителя, находящегося в корпусе АП. С выхода усилителя сигнал через кабель поступает на устройство отсчётное УОЗ-50.

АП типа НЗ-50 предназначена для измерения напряжённости магнитного поля и представляет собой экранированную рамочную антенну, электрически малых размеров (средний диаметр рамки – 80 мм, число витков – 5600). При помещении АП в МП в обмотке антенны наводится переменное напряжение пропорциональное проекции вектора напряжённости поля на ось, перпендикулярную плоскости рамки. Переменное напряжение далее через кабель поступает на устройство отсчётное УОЗ-50.

Устройство отсчётное типа УОЗ-50 предназначено для усиления и преобразования аналогового сигнала, поступающего с АП в цифровой сигнал и отсчёта напряжённости ЭП или МП в абсолютных единицах кВ/м или А/м, соответственно. Сигнал с АП поступает на входной усилитель низкой частоты, где происходит усиление или ослабление сигнала в зависимости от положений переключателей пределов измерения (200/20/2 и $\times 0,1/\times 1/\times 10$). Усиленный сигнал через полосовой фильтр (с частотой селекции 50 Гц) поступает на преобразователь переменного напряжения

в постоянное. Постоянное напряжение далее передаётся на аналого-цифровой преобразователь, где происходит преобразование сигнала в цифровую форму и вывод его на жидкокристаллический индикатор.

Электрическое питание измерителя осуществляется от встроенной батареи из 4-х сменных химических элементов постоянного тока с номинальным напряжением по 1,5 В. Для этого в состав УОЗ-50 входит стабилизированный преобразователь напряжения, имеющий на выходе напряжение $10,0 \pm 0,5$ В.

На корпусе УОЗ-50 имеется четырёхштырьковый разъём, предназначенный для подключения к нему кабеля от АП.

На лицевой панели УОЗ-50 имеются следующие органы индикации и управления (рис. 3):

- жидкокристаллический индикатор – для снятия показаний прибора;
- переключатель режима работы ВЫКЛ/КОНТ/ИЗМ – для выключения питания измерителя (положение ВЫКЛ), переключения УОЗ-50 в режим контроля питания (положение КОНТ) и переключения в режим измерения (положение ИЗМ);
- переключатель $\times 0,1/\times 1/\times 10$ (ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЯ) – для установки множителя показаний индикатора и установки пределов измерения;
- переключатель 2/20/200 (ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЯ) – для установки пределов измерения.



Рис. 3. Устройство отсчётное типа УОЗ-50

***Примечание:** Переключатели $x0,1/x1/x10$ и $2/20/200$ предназначены для установки пределов измерения. Выбор требуемого предела производится путем установки их в положения, описанные в таблицах 1 и 2.*

Указания мер безопасности

При эксплуатации измерителя и его поверке необходимо соблюдать правила безопасности при работе с высоковольтными электроустановками и источниками ЭП и МП промышленной частоты. При большой напряжённости ЭП или МП промышленной частоты (превышающей уровень, регламентированный [1, 2]) необходимо применять защитные средства, такие как защитные костюмы и пр.

Не допускается использование измерителя вблизи электроустановок высокого напряжения, если существует опасность искрового пробоя на элементы измерителя.

В связи с тем, что измеритель не содержит источников высокого напряжения и не подключается к электросетям, работа с измерителем электробезопасна.

Рабочее задание

1. Ознакомьтесь с составом, назначением, техническими характеристиками, техникой безопасности и порядком проведения измерений измерителем ПЗ-50.

2. Ответьте на контрольные вопросы.

3. Получите допуск преподавателя к проведению измерений.

4. Проведите измерения напряжённости электрического и магнитного полей в местах, указанных преподавателем; запишите показания прибора, положения множителя и диапазона.

5. Определите значения модулей напряжённости электрического и магнитного полей.

6. Определите погрешность измерений.

7. Сравните измеренные значения напряжённости электрического и магнитного полей с допустимыми санитарными нормами [1, 2] и сделайте вывод о санитарной безопасности (опасности) рабочих мест.

8. Доложите преподавателю результаты выполнения работы, получите разрешение на завершение работы и отметку о выполнении работы.

Методика выполнения работы

Нормальная работа измерителя обеспечивается при соответствии внешних климатических условий рабочим условиям эксплуатации.

Перед началом работы:

1. Произведите внешний осмотр измерителя. Для этого выньте из футляра устройство отсчётное и необходимую АП, убедитесь в отсутствии видимых механических повреждений. Проверьте наличие и внешнее состояние элементов питания. Для этого откройте батарейный отсек с нижней стороны УОЗ-50 и внимательно осмотрите элементы. На них не должно быть следов коррозии и потеков электролита. В противном случае немедленно удалите элементы, протрите батарейный отсек ватой, смоченной этиловым спиртом, и установите новые батареи, соблюдая указанную в отсеке полярность.

При измерении напряжённости ЭП с помощью АП ЕЗ-50 показания жидкокристаллического индикатора с учётом множителя, задаваемого положением переключателя $\times 0,1/\times 1/\times 10$, соответствуют (в кВ/м) средне-квадратическому значению модуля проекции вектора напряжённости ЭП промышленной частоты (50 Гц) на ось диполя (измерительную ось АП ЕЗ-50).

Это значение приписывается электрическому полю в центре симметрии диполя, которое было в этой точке пространства до внесения в поле АП.

В зависимости от положения переключателей $\times 0,1/\times 1/\times 10$ и 2/20/200 при измерении напряжённости ЭП могут быть установлены пределы измерения, указанные в табл. 1. Не допускается устанавливать другие комбинации переключателей, кроме перечисленных в табл. 1. В противном случае погрешность измерения может выйти за пределы, указанные в разделе технических характеристик.

Таблица 1

Допустимые комбинации переключателей режимов работы

Предел измерения, кВ/м	Положение переключателя $\times 0,1/\times 1/\times 10$	Положение переключателя 2/20/200
200	$\times 1$	200
20	$\times 1$	20
2	$\times 1$	2
0,2	$\times 0,1$	2

При измерении напряжённости МП с помощью АП НЗ-50 показания жидкокристаллического индикатора с учётом множителя, задаваемого положением переключателя $x_{0,1/x1/x10}$, соответствуют (в А/м) средне-квадратическому значению модуля проекции вектора напряжённости МП промышленной частоты (50 Гц) на ось, перпендикулярную плоскости рамки (измерительную ось АП НЗ-50).

Это значение приписывается магнитному полю в центре рамки, которое было в этой точке пространства до внесения в поле АП.

В зависимости от положения переключателей $x_{0,1/x1/x10}$ и 2/20/200 при измерении напряжённости МП могут быть установлены пределы измерения, указанные в табл. 2. Не допускается устанавливать другие комбинации переключателей, кроме перечисленных в табл. 2. В противном случае погрешность измерения может выйти за пределы, указанные в разделе технических характеристик.

Таблица 2

Допустимые комбинации переключателей режимов работы

Предел измерения, А/м	Положение	Положение переключателя
2000	x_{10}	200
200	x_1	200
20	x_1	20
2	x_1	2
0,2	$x_{0,1}$	2

2. Ознакомьтесь с расположением органов управления и контроля измерителя. Установите их в исходное положение:

- переключатель ВЫКЛ/КОНТ/ИЗМ – в положение ВЫКЛ;
- переключатель $x_{0,1/x1/x10}$ – в положение x_1 ;
- переключатель 2/20/200 – в положение 200.

Порядок работы с измерителем ПЗ-50:

1. Измерьте напряжённость ЭП.

1.1. Подключите штатный кабель КЗ-50 к разъёму на хвостовой части АП типа ЕЗ-50. Накрутите на АП пластмассовую ручку. Подключите разъём на свободном конце кабеля к ответной части на УОЗ-50.

1.2. Установите переключатель ВЫКЛ/КОНТ/ИЗМ в положение КОНТ (остальные переключатели оставить в исходном положении). При этом

на индикаторе УОЗ-50 появится контрольное число, соответствующее напряжению питания прибора. Число на индикаторе должно находиться в пределах: $-100,0 \div +150,0$.

При свежих элементах питания число находится в пределах: $+50,0 \div +150,0$. При разряде элементов во время эксплуатации измерителя число будет уменьшаться. При полностью разряженных элементах контрольное число станет менее $-100,0$. В этом случае следует заменить элементы питания.

Элементы питания подлежат замене и при отсутствии показаний на индикаторе или появлении в левом верхнем углу индикатора символа LO BAT. Проведение измерений при включенном символе LO BAT не допускается, поскольку в этом случае погрешность измерений может выйти за допустимые пределы.

1.3. Установите переключатель ВЫКЛ/КОНТ/ИЗМ в положение ИЗМ, а переключатели $x0,1/x1/x10$ и $2/20/200$ в положения, соответствующие пределу измерения 200 кВ/м согласно табл. 1. Поместите АП в измеряемое ЭП, удерживая её за пластмассовую рукоятку в одной руке, а устройство отсчётное УОЗ-50 – в другой. Изменяя направление оси диполя, добейтесь максимального показания на индикаторе.

Если показания на индикаторе слишком малы, переключитесь на более чувствительный предел измерения, установив переключатели $x0,1/x1/x10$ и $2/20/200$ в соответствующие положения согласно табл. 1. Если на индикаторе появляется символ перегрузки (цифра 1 в левом десятичном разряде индикатора при отсутствии цифр в других разрядах), то это означает, что напряжённость ЭП в точке измерения превышает величину установленного предела. Наиболее оптимальным для проведения измерений является предел, на котором можно получить максимальное количество значащих цифр измеряемой величины.

1.4. Для измерения среднеквадратического значения модуля проекции вектора напряжённости ЭП на большую ось эллипса поляризации следует сориентировать в точке измерения ось диполя (измерительную ось АП ЕЗ-50) параллельно большой оси эллипса поляризации ЭП. Для этого необходимо, изменяя направление оси диполя, добиться максимального показания на индикаторе. При этом ось диполя будет параллельна большой оси эллипса поляризации ЭП.

Считайте показания с индикатора УОЗ-50 и, в зависимости от выбранного предела измерения, определите напряжённость поля по формуле:

$$E = M \cdot R, \quad (1)$$

где E – измеренное значение напряжённости ЭП, кВ/м; M – множитель, задаваемый переключателем $x_{0,1}/x_{10}$; R – число на индикаторе УОЗ-50.

Пример. При помещении АП ЕЗ-50 в некоторую точку пространства (точку измерения), переключатель $x_{0,1}/x_{10}$ находится в положении $x_{0,1}$, переключатель 2/20/200 в положении 2, а на индикаторе УОЗ-50 установилось число 0,622.

Среднеквадратическое значение модуля проекции вектора напряжённости ЭП на измерительную ось АП в точке измерения будет равно:

$$E = 0,622 \cdot 0,1 = 0,0622 \text{ кВ/м} = 62,2 \text{ В/м.}$$

Если направление измерительной оси АП выбрано по максимальному показанию индикатора УОЗ-50, то среднеквадратическое значение модуля проекции вектора напряжённости ЭП на большую ось эллипса поляризации будет равно этому же значению.

1.5. Иногда при проведении измерений может потребоваться измерить среднеквадратическое значение модуля вектора напряжённости ЭП (как требуется, например, в большинстве зарубежных стандартов по электромагнитной безопасности). В этом случае измерьте в выбранной точке пространства значения проекции вектора напряжённости поля на три взаимно ортогональные оси E_x , E_y и E_z .

После этого определите модуль вектора напряжённости электрического поля E по формуле:

$$E = \sqrt{(E_x)^2 + (E_y)^2 + (E_z)^2}. \quad (2)$$

Пример. В некоторой точке пространства (точке измерения) переключатель $x_{0,1}/x_{10}$ в положении x_1 ; переключатель 2/20/200 в положении 20, устанавливая три взаимно перпендикулярных направления измерительной оси АП ЕЗ-50, получили три показания индикатора УОЗ-50 $R_x = 6,22$; $R_y = 1,20$; $R_z = 3,14$.

Проекции вектора напряжённости ЭП на три взаимно ортогональные оси в точке измерения будут равны:

$$E_x = 6,22 \cdot 1 = 6,22 \text{ кВ/м}; \quad E_y = 1,20 \cdot 1 = 1,20 \text{ кВ/м};$$

$$E_z = 3,14 \cdot 1 = 3,14 \text{ кВ/м}$$

Среднеквадратическое значение модуля вектора напряжённости ЭП в точке измерения будет равно:

$$E = \sqrt{(6,22)^2 + (1,2)^2 + (3,14)^2} = 7,07 \text{ кВ/м.}$$

1.6. При проведении измерений напряжённости ЭП согласно п.п. 1.4 и 1.5 может возникнуть дополнительная погрешность, проявляющаяся в появлении разницы показаний измерителя при повороте АП на 180° относительно оси ручки. Если разница показаний измерителя при повороте АП на 180° относительно оси ручки выходит за пределы допускаемой основной погрешности, проведите измерения по следующей методике. При измерениях по п. 1.4 после нахождения максимального показания УОЗ-50 запишите его (R^0), поверните антенну на 180° относительно оси ручки и также запишите показания УОЗ-50 (R^{180}). Затем вычислите среднее значение по формуле:

$$R = \frac{R^0 + R^{180}}{2}. \quad (3)$$

Используя полученное значение R , определите напряжённость поля по (1), как описано в п. 1.4.

При измерениях согласно п. 1.5 описанную процедуру необходимо проделать для каждого из трёх измерений.

2. Измерьте напряжённость МП.

2.1. Подключите штатный кабель КЗ-50 к разъёму на хвостовой части АП типа НЗ-50. Накрутите на АП пластмассовую ручку. Подключите разъём на свободном конце кабеля к ответной части на УОЗ-50.

2.2. Выполните операции контроля питания согласно п. 1.2.

2.3. Установите переключатель ВЫКЛ/КОНТ/ИЗМ в положение ИЗМ, а переключатели $x0,1/x1/x10$ и $2/20/200$ в положения, соответствующие пределу измерения 2000 А/м согласно табл. 2.

Поместите АП в измеряемое МП, удерживая её за пластмассовую рукоятку в одной руке, а устройство отсчётное УОЗ-50 – в другой. Изменяя направление измерительной оси АП, добейтесь максимального показания на индикаторе.

Если показания на индикаторе слишком малы, переключитесь на более чувствительный предел измерения, установив переключатели $x0,1/x1/x10$ и $2/20/200$ в соответствующие положения согласно табл. 2. Если на индикаторе появляется символ перегрузки (цифра 1 в левом десятичном разряде индикатора при отсутствии цифр в других разрядах), то это означает, что напряжённость МП в точке измерения превышает величину установленного предела.

Наиболее оптимальным для проведения измерений является предел, на котором можно получить максимальное количество значащих цифр измеряемой величины.

2.4. Для измерения среднеквадратического значения модуля проекции вектора напряжённости МП на большую ось эллипса поляризации [2] следует сориентировать в точке измерения ось, перпендикулярную плоскости рамки (измерительную ось АП НЗ-50), параллельно большой оси эллипса поляризации МП. Для этого, изменяя направление измерительной оси, добейтесь максимального показания на индикаторе. При этом измерительная ось АП будет параллельна большой оси эллипса поляризации МП.

Снимите показания с индикатора УОЗ-50 и, в зависимости от выбранного предела измерения, определите напряжённость поля по формуле:

$$H = M \cdot R, \quad (4)$$

где H – измеренное значение напряжённости МП, А/м; M – множитель, задаваемый переключателем $\times 0,1/\times 1/\times 10$; R – число на индикаторе УОЗ-50.

Пример. При помещении АП НЗ-50 в некоторую точку пространства (точку измерения), положении $\times 10$ переключателя $\times 0,1/\times 1/\times 10$ и положении 200 переключателя 2/20/200 на индикаторе УОЗ-50 установилось число 23,4.

Среднеквадратическое значение модуля проекции вектора напряжённости МП на измерительную ось АП в точке измерения будет равно:

$$23,4 \cdot 10 = 234 \text{ А/м.}$$

Если направление измерительной оси АП выбрано по максимальному показанию индикатора УОЗ-50, то среднеквадратическое значение модуля проекции вектора напряжённости МП на большую ось эллипса поляризации будет равно этому же значению.

2.5. Иногда при проведении измерений может потребоваться измерить среднеквадратическое значение модуля вектора напряжённости МП (как требуется, например, в большинстве зарубежных стандартов по электромагнитной безопасности). В этом случае в выбранной точке пространства измерьте проекции вектора напряжённости поля на три взаимно ортогональные оси H_x , H_y и H_z . После этого определите модуль вектора напряжённости магнитного поля H по формуле:

$$H = \sqrt{(H_x)^2 + (H_y)^2 + (H_z)^2}. \quad (5)$$

Пример. В некоторой точке пространства (точке измерения), положении 1 переключателя $x_{0,1}/x_{10}$ и положении 2 переключателя $2/20/200$, устанавливая три взаимно перпендикулярных направления измерительной оси АП НЗ-50, получили три показания индикатора УОЗ-50:

$$R_x = 0,531; R_y = 1,202; R_z = 0,140.$$

Проекции вектора напряжённости МП на три взаимно ортогональные оси в точке измерения будут равны:

$$H_x = 0,531 \cdot 1 = 0,531 \text{ А/м}; H_y = 1,202 \cdot 1 = 1,202 \text{ А/м}; \\ H_z = 0,140 \cdot 1 = 0,140 \text{ А/м}.$$

Среднеквадратическое значение модуля вектора напряжённости МП в точке измерения будет равно:

$$H = \sqrt{(0,531)^2 + (1,202)^2 + (0,14)^2} = 1,322 \text{ А/м}.$$

2.6. При возникновении необходимости пересчёта значений напряжённости МП (H) в значения магнитной индукции (B) следует использовать следующее известное соотношение:

$$B = \mu_0 \cdot H, \quad (6)$$

где μ_0 – магнитная постоянная, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \cong 1,26 \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

Если B измеряется в мкТл, а H измеряется в А/м, то $B [\text{мкТл}] = 1,26 \cdot H [\text{А/м}]$.

3. После окончания работы с измерителем выключите питание (перевести в положение ВЫКЛ переключатель ВЫКЛ/КОНТ/ИЗМ), отсоедините составные части прибора друг от друга и уложите в футляр.

Не допускается хранение составных частей измерителя вне футляра. Футляр с измерителем не рекомендуется оставлять вблизи сильных источников тепла, в открытом состоянии и с незакрытыми замками.

При перерывах между измерениями более 1 месяца рекомендуется вынимать элементы питания из батарейного отсека УОЗ-50 и хранить отдельно.

Требования к оформлению отчёта

Отчёт оформляется каждым студентом индивидуально и включает в себя:

- заполненные таблицы с результатами измерений напряжённости электрического и магнитного полей;
- расчёты определения значений модулей напряжённости электрического и магнитного полей;
- выводы о санитарной безопасности (опасности) рабочих мест.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите составные части измерителя ПЗ-50.
2. Объясните, для чего нужен измеритель ПЗ-50.
3. Перечислите порядок подготовки измерителя ПЗ-50 к работе.
4. Укажите, в каком диапазоне должны находиться числа на индикаторе устройства отсчётного УОЗ-50 в режиме контроля питания при готовности измерителя к работе.
5. Что следует делать, если на индикаторе в режиме контроля высветилось отрицательное число?
6. Что следует делать, если в режиме контроля появился в левом верхнем углу индикатора символ *LO BAT*?
7. Что следует делать, если в режиме контроля индикаторная панель не светится?
8. Какие пределы измерения должны быть установлены перед переключением режима работы в положение ИЗМ при измерении напряжённости электрического поля?
9. Какие пределы измерения должны быть установлены перед переключением режима работы в положение ИЗМ при измерении напряжённости магнитного поля?
10. Какие пределы измерения можно устанавливать при измерении напряжённости электрического поля?
11. Какие пределы измерения можно устанавливать при измерении напряжённости магнитного поля?
12. Как измерить напряжённость электрического поля?
13. Как измерить напряжённость магнитного поля?
14. Как определить погрешность измерения?
15. Назовите основные правила техники безопасности при измерении напряжённости электромагнитного поля.

16. Что следует делать при появлении на индикаторе в режиме измерения числа, которое больше единицы?

17. Как выбрать правильное положение переключателя диапазона для уменьшения ошибки измерения?

18. Как повысить точность единичного измерения проекции электрического или магнитного поля на ось датчика?

19. Перечислите порядок окончания работ с измерителем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряжённости и требования к проведению контроля на рабочих местах. – М.: Изд-во стандартов, 2002.

2. СанПиН 2.2.4.723-98. Переменные магнитные поля промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях. – М.: Изд-во Мин.здрав. РФ 1999.

3. ГОСТ 22261-94. Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2001.

4. ГОСТ Р 51070-97. Измерители напряжённости электрического и магнитного полей. Общие технические требования и методы испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1997.

5. Паспорт Измеритель напряжённости поля промышленной частоты. НПП «Омега Инжиниринг».

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Схема и описание подстанции	4
Назначение и технические характеристики ПЗ-50	5
Описание устройства и принципа работы ПЗ-50	6
Указания мер безопасности	9
Рабочее задание.	9
Методика выполнения работы.	10
Требования к оформлению отчёта.	17
Контрольные вопросы	17
Библиографический список	18

Учебное издание

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ 50 ГЦ И ЗАЩИТА ОТ НЕГО

Методические указания
по выполнению лабораторной работы
на учебном полигоне «Подстанция 110/10 кВ»
по дисциплине «Испытательные и электрофизические
установки высокого напряжения»

Кафедра электрических станций КГЭУ

Составители: **Усачев Александр Евгеньевич,**
Гайфутдинова Эльмира Рашитовна

Редактор издательского отдела *Н.И. Оморова*
Компьютерная верстка *Т.И. Лунченкова*

Подписано в печать 15.04.16.

Формат 60×84/16. Бумага ВХИ. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.
Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,29. Тираж 500 экз. Заказ 63/эл.

Редакционно-издательский отдел КГЭУ,
420066, Казань, Красносельская, 51