

Министерство образования и науки Челябинской области

ГБПОУ «Троицкий технологический техникум»

**Методические указания**

**по выполнению лабораторных работ**

по дисциплине: **ОП.11 Электрические измерения**

по специальности **13.02.03 Электрические станции, сети и системы**

г. Троицк, 2023 г.

Методические указания для выполнения лабораторных работ разработаны на основе рабочей программы по дисциплине «Электрические измерения» по специальности 13.02.03 Электрические станции, сети и системы.

Разработчик: Перфильева Л.С., преподаватель профессионального цикла высшей квалификационной категории.

Рассмотрено и одобрено на заседании цикловой методической комиссии по программам подготовки специалистов среднего звена технического профиля

Протокол № 6 от «30» мая 2023 г.

## **Содержание:**

1. Пояснительная записка
2. Общие требования по выполнению работы и оформлению отчета;  
критерии оценивания работ
3. Требования к технике безопасности при выполнении работ
4. Тематика и содержание лабораторных работ
5. Список используемой литературы.

## **1. Пояснительная записка**

Целью проведения лабораторных работ является:

- лучшее усвоение материала, закрепление полученных теоретических знаний и практических умений по учебной дисциплине;
- формирование умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов;
- формирование общих и профессиональных компетенций

Согласно учебного плана и рабочей программы дисциплины общий объем на выполнение лабораторных работ составляет 18 часов.

## **2. Общие требования по выполнению работы и оформлению отчета; критерии оценивания работ.**

Обучающийся должен:

- строго выполнять весь объем самостоятельной подготовки, указанный в описании соответствующих лабораторных (практических) работ;
- знать, что выполнению каждой работы предшествует проверка готовности обучающегося, которая проводится преподавателем;
- знать, что после выполнения работы обучающийся должен представить отчет о проделанной работе с обсуждением полученных результатов и выводов.

Критерии оценки лабораторных (практических) работ.

Например:

Оценка «5» - работа выполнена в полном объеме и без замечаний.

Оценка «4» - работа выполнена правильно с учетом 2-3 несущественных ошибок, исправленных самостоятельно по требованию преподавателя.

Оценка «3» - работа выполнена правильно не менее чем на половину или допущена существенная ошибка.

Оценка «2» - допущены две (и более) существенных ошибок в ходе работы, которые обучающиеся не может исправить даже по требованию преподавателя или работа не выполнена.

Отчет по лабораторной работе должен включать в себя:

1. Название лабораторной работы.
2. Цель работы.
4. Перечень оборудования и приборов.

3. Электрическую схему работы, выполненную в соответствии с требованиями ЕСКД.

4. Расчетные формулы и примеры расчетов. Таблицу с экспериментальными и расчетными данными.

5. Выводы по работе.

Отчет оформляется в соответствии с требованиями СПДС и ЕСКД на листах формата А4 разборчивым почерком чернилами одного цвета (синего или черного). Чертежи, схемы выполняются карандашом с помощью чертежных инструментов.

Каждую лабораторную работу начинают с нового листа, на который нанесена рамка рабочего поля со штампом (приложение 1). Рамки отстоят от внешней стороны листа слева на 20 мм, от других сторон на 5 мм.

Описки, графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения работы, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста. Титульный лист оформляется в соответствии со стандартом техникума.

### **3. Требования к технике безопасности при выполнении работ**

1. Перед тем как приступить к выполнению работы, тщательно изучите ее описание, ход ее выполнения.

2. Приступить к выполнению работы учащиеся могут только с разрешения преподавателя.

3. Будьте внимательны, дисциплинированы, осторожны, точно выполняйте указания преподавателя.

4. Учащимся категорически запрещается доступ к распределительным щитам и установкам, не относящимся к выполняемой ими работы.

5. Не оставляйте рабочее место без разрешения преподавателя.

6. Располагайте приборы, материалы, оборудование на рабочем месте в порядке, указанном преподавателем.

7. Не держите на рабочем месте предметы, не требующиеся при выполнении задания.

8. Производите сборку электрических цепей, переключения в них только при отключенном источнике питания.

9. Не включайте источники электропитания без разрешения преподавателя.

10. Проверяйте наличие напряжения на источнике питания или других частях электроустановки с помощью указателя напряжения.

11. Следите, чтобы изоляция проводов была исправна, а на концах проводов были наконечники, при сборке электрической цепи провода располагайте аккуратно, а наконечники плотно зажимайте клеммами. Выполняйте наблюдения и измерения, соблюдая осторожность, чтобы случайно не прикоснуться к оголенным проводам (токоведущим частям, находящимся под напряжением).

12. Не прикасайтесь к конденсаторам даже после отключения электрической цепи от источника электропитания: их сначала нужно разрядить.

13. По окончании работы отключите источники электропитания, после чего разберите электрическую цепь.

14. Обнаружив неисправность в электрических устройствах, находящихся под напряжением, немедленно отключите источник электропитания и сообщите об этом преподавателю.

15. В случае аварии, во время работы НЕМЕДЛЕННО отключить питающий автомат.

#### **4. Тематика и содержание лабораторных работ**

##### **Перечень лабораторных работ**

№ п/п	Наименование работы	Кол- во часов	Тема
1	Проверка вольтметров и амперметров.	2	2.2
2	Измерение сопротивления изоляции мегомметром.	2	3.3
3	Ознакомление с комбинированным электроизмерительным прибором (тестером).	2	3.3
4	Расширение пределов измерения приборов с помощью шунтов и добавочных сопротивлений.	2	3.4
5	Определение промышленной частоты прямым и косвенным методами.	2	5.1
6	Работа с электронно-лучевым осциллографом.	2	7.1
7	Проверка и подключение однофазного счетчика.	2	8.3
8	Изучение и подключение трехфазного счетчика.	4	8.3

# **Лабораторная работа №1**

## **Проверка амперметра и вольтметра.**

**Цель работы:** Получить практические навыки по определению погрешностей измерения вольтметра и амперметра.

**Оборудование и оснащение:** лабораторный стенд «Уралочка», мультиметр, вольтметр и амперметр электромагнитной системы, соединительные провода, методические указания.

### **Краткие теоретические сведения**

При любом измерении результат отличается от истинного значения величины вследствие наличия погрешностей. Погрешность прибора определяет степень близости от показаний к действительному значению измеряемой величины, которое при изменениях всегда остается неизвестным. За действительное значение измеряемой величины  $A_d$  принимают ее значение, полученное при измерении образцовым прибором.

Разность между показаниями прибора  $A_{из}$  и действительным значением измеряемой величины  $A_d$  называется абсолютной погрешностью  $\Delta A$ , имеющей размерность измеряемой величины.

$$\Delta A = A_{из} - A_d.$$

Абсолютная погрешность, взятая с обратным знаком, представляет собой поправку  $K$ .  $K = -\Delta A$ .

Поправка есть та величина, которую следует алгебраически прибавить к показаниям прибора, чтобы получить действительное значение измеряемой величины.

Погрешность измерений оценивается также относительной погрешностью  $\delta$ . Относительная погрешность  $\delta$  представляет отношение модуля абсолютной погрешности  $|\Delta A|$  к действительному значению  $A_d$  измеряемой величины.

$$\delta = \Delta A \cdot 100\% / A_d$$

Степень точности прибора определяют приведенной погрешностью, которая представляет отношение модуля абсолютной погрешности  $|\Delta A|$  к наибольшему значению шкалы прибора  $A_n$

$$\gamma = \Delta A \cdot 100\% / A_n$$

Приборы непосредственной оценки по степени точности делят на восемь классов: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4. Класс точности обозначает наибольшую основную приведенную погрешность прибора, выраженную в процентах.

При эксплуатации могут иметь место износ отдельных частей прибора и разного рода повреждения. Это приводит к появлению недопустимо больших

погрешностей при измерениях, поэтому необходимо периодически проверять приборы во время их эксплуатации. Проверку производят органы Государственной и ведомственной метрологической службы.

Проверка – это определение погрешностей прибора и установление его пригодности к применению. Она включает в себя внешний осмотр поверяемого прибора, выбор образцового прибора, поверку показаний прибора и оформление документов. Внешний осмотр прибора имеет целью выяснить дефекты, препятствующие дальнейшему применению прибора, например, повреждение стекла, корректора, стрелки или наличие отсоединившихся деталей и т.д.

Образцовый прибор выбирают по роду тока, по номинальным значениям величин к классу точности. Верхний предел измерения образцового прибора должен быть близок к верхнему пределу поверяемого прибора, а приведенная погрешность, по крайней мере, в 3 раза меньше приведенной погрешности поверяемого.

Проверку технических приборов производят путем сравнения их показаний с показаниями образцовых приборов.

Регулировку тока или напряжения следует вести так, чтобы показания поверяемого прибора сначала постепенно увеличивались до номинального, а затем плавно уменьшались до нуля. При этом стрелку поверяемого прибора необходимо точно устанавливать на основные деления шкалы и производить запись показаний обоих приборов (поверяемого и образцового).

### **Задание и порядок выполнения работы**

1. Подобрать приборы и оборудование.
2. Собрать электрическую схему установки согласно рис.1.

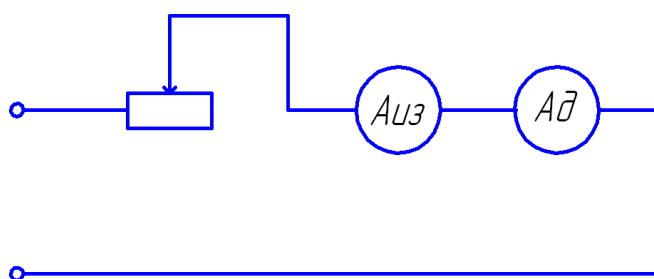


Рис. 1. Схема для поверки амперметра

3. Произвести поверку амперметра. Результаты измерений занести в табл.1  
Проверку амперметра производят при напряжении сети не более 36 В.

Таблица 1.

Показания прибора			Погрешности	
Поверяемый A	Образцовый, A		Абсолютная A	Приведенная, %
	ход вверх	ход вниз		

4. Собрать электрическую схему установки согласно рис.2.

5. Произвести поверку вольтметра. Результаты измерений занести в табл. 2.

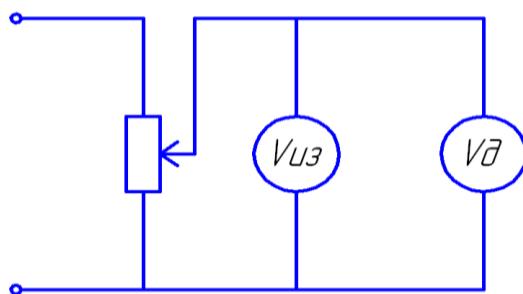


Рис. 2. Схема для поверки вольтметра

Таблица 2.

Показания прибора			Погрешности	
Поверяемый B	Образцовый, В		Абсолютная B	Приведенная, %
	ход вверх	ход вниз		

4. Дать заключения о поверяемых приборах.

*Пример вывода:* Ознакомились с методикой поверки показывающих приборов постоянного тока, а также поверили вольтметр, класс точности которого \_\_\_, с помощью образцового вольтметра, класс точности которого \_\_\_. Как видно из таблицы, погрешность не превышает класс точности прибора.

### Контрольные вопросы

1. Что такое точность прибора?

2. Какие погрешности существуют у электроизмерительных приборов?

### **Содержание отчета**

1. Тема, цель работы.
2. Расчетные формулы с пояснениями.
3. Схемы, таблицы с результатами измерений и расчета. Вывод.
4. Ответы на контрольные вопросы.

## **Лабораторная работа №2**

### **Измерение сопротивления изоляции мегомметром**

**Цель работы:** научится пользоваться мегомметром, получить навык проведения измерения сопротивления изоляции на кабельных линиях и электродвигателе.

**Оборудование и оснащение:** мегомметр М4100/3, электродвигатель, кабель, методические указания.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомление с методическими указаниями, с мегомметром М41100/3.
2. Проведение измерений.
3. Оформление отчета.

#### **Краткие теоретические сведения**

Мегомметр или мегаомметр (от мега..., ом и ...метр), прибор для измерения очень больших (свыше 105 ом) электрических сопротивлений. Мегомметр применяется для измерения сопротивления изоляции электрических проводов, кабелей, разъёмов, трансформаторов, обмоток электрических машин и других устройств, а также для измерения поверхностных и объёмных сопротивлений изоляционных материалов.

При измерении с помощью мегомметра сопротивления электрической изоляции следует учитывать температуру и влажность окружающего воздуха, от значения, которых в большой степени зависит результат измерения.

Мегомметр М4100/3 предназначен для измерения сопротивления постоянному току при температуре окружающего воздуха от минус 30 до плюс 50° С и относительной влажности воздуха до 95% при температуре 30 °С.

Принцип действия мегомметра М4100/3 основан на измерении величины падения напряжения на измеряемом сопротивлении при прохождении через него оперативного тока заданной величины.

Принципиальная схема прибора (рис. 1) состоит из генератора переменного тока Г, приводимого в движение вращением ручки 1(рис. 2), выпрямителя, измерительного механизма И (логометра магнитоэлектрической системы), добавочных резисторов.

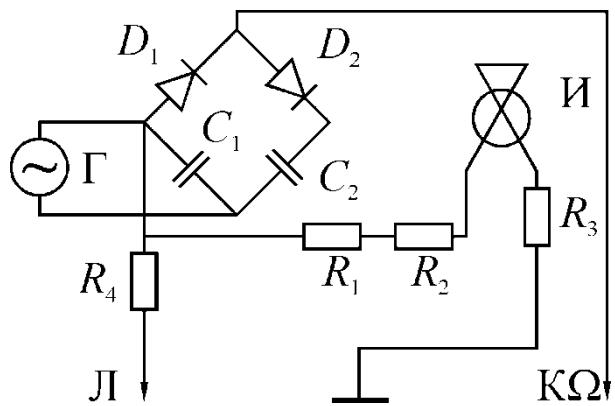


Рис. 1 Схема мегаомметра М4100/3

Якорь генератора достигает номинального числа оборотов при вращении рукоятки со скоростью 120 об/мин. На валу якоря помещён центробежный регулятор, обеспечивающий постоянство напряжения при увеличении скорости вращения якоря генератора выше номинального.

Мегомметр типа М4100/3 снабжён шкалой 2, градуированной в мегаомах (**MΩ**) и килоомах (**kΩ**). Пределы измерения от 0 до 1000 кОм и от 0 до 500 МОм по соответствующим шкалам. Номинальное выходное напряжение 50 – 500 В.

Кроме шкалы, на верхней поверхности корпуса прибора имеются зажимы «Л», « $\perp$ », «**kΩ**» и дана схема измерения сопротивления изоляции на пределах «**MΩ**» и «**kΩ**».

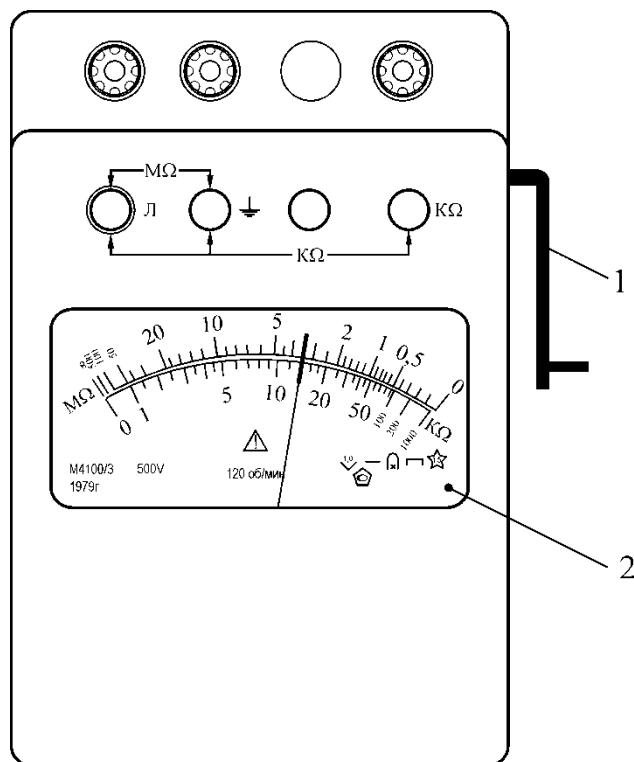


Рис. 2 Внешний вид мегомметра:

1 – ручка; 2 – шкала

При измерении сопротивления изоляции на пределе «**MΩ**» измеряемое сопротивление подключается к зажимам «Л» (линия) и « $\perp$ » (земля)(рис.3а).

Постоянный ток от выпрямителя протекает через рамки (рабочую и противодействующую) измерительного механизма, добавочные резисторы и измеряемое сопротивление изоляции.

В зависимости от величины измеряемого сопротивления изоляции ток, протекающий в цепи рабочей рамки, будет изменяться, что вызовет отклонение подвижной части на угол, соответствующий измеряемому сопротивлению. Через противодействующую рамку мегомметра протекает постоянный ток, создающий противодействующий момент.

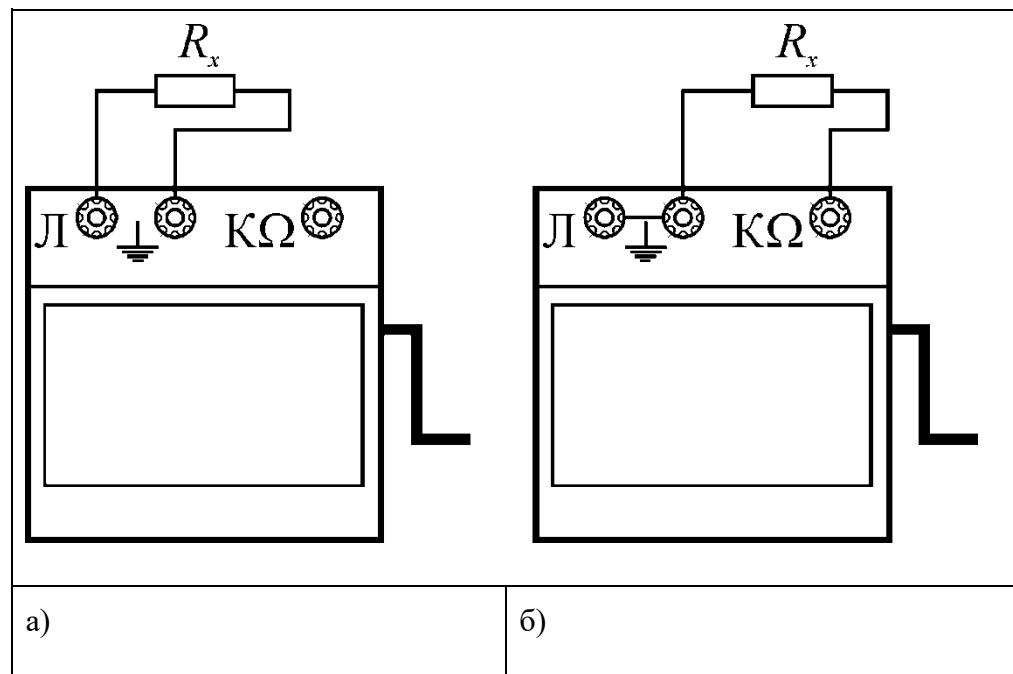


Рис.3 Схема подключения мегомметра

При измерении на пределе «**кΩ**» необходимо перемычку, имеющуюся на одном из соединительных проводов подсоединить к зажимам «Л» — «**T**», а измеряемое сопротивление - между зажимами «**T**» – «**кΩ**»(рис. 36).

### **Техника безопасности при выполнении работы**

1. Прибор при вращении ручки генератора создает опасное напряжение 500В. Запрещается касаться руками выводов прибора или выводов, на которых производится измерение при проведении измерений.
  2. При отсутствии зажимов «крокодил» работы по измерению проводятся в два лица. Один студент надежно прижимает выводы прибора к измеряемой цепи. Второй студент бригады по команде первого вращает ручку прибора и, получив измерения, сообщает первому студенту бригады об окончании измерения.
  3. Во избежание разряда емкости запрещается касаться руками выводов, на которых только что производилось измерение сопротивления.
  4. По окончанию измерений выводы, между которыми производилось измерение сопротивления необходимо закоротить проводником, для того чтобы дать емкости разрядиться.
1. равномерно вращаете ручку в течение 60 секунд. Скорость вращения – два оборота в секунду. На 60 секунде отмечайте показания прибора;

2. после каждого замера снимайте остаточный заряд с жилы и с проводов мегомметра, путем их прикосновения к заземлению.

### **Задание и порядок выполнения работы**

#### **1. Проверить работоспособность мегомметра**

Для этого выполните следующие действия:

1. Достаньте прибор из чехла и внимательно осмотрите его щупы. На них не должно быть повреждения изоляционного материала;
2. Вставляем щупы (рис. 3б), прокрутить ручку несколько раз и убедиться, что стрелка стремится к показу бесконечного сопротивления;
3. Замкнуть щупы между собой (с помощью крокодилов), сделать несколько оборотов и убедиться, что стрелка показывает нулевое значение;

При полной исправности измерительного прибора, приступить к дальнейшим действиям.

#### **2. Проверка изоляции кабеля между фазами**

При измерении сопротивления изоляции между фазами прибор подсоединить по схеме (рис.4б). Измерения начинают с предела « $M\Omega$ ». Вращая ручку генератора, произвести отсчёт по шкале « $M\Omega$ ». В случае малых отклонений стрелки по шкале « $M\Omega$ », можно перейти на предел « $k\Omega$ ».

Прибор должен быть установлен на горизонтальной поверхности.

. Равномерно вращайте ручку в течение 60 секунд. Скорость вращения – два оборота в секунду. На 60 секунде отмечайте показания прибора и занесите в таблицу 1

После каждого замера снимайте остаточный заряд с жилы и с проводов мегомметра, путем их прикосновения к заземлению.

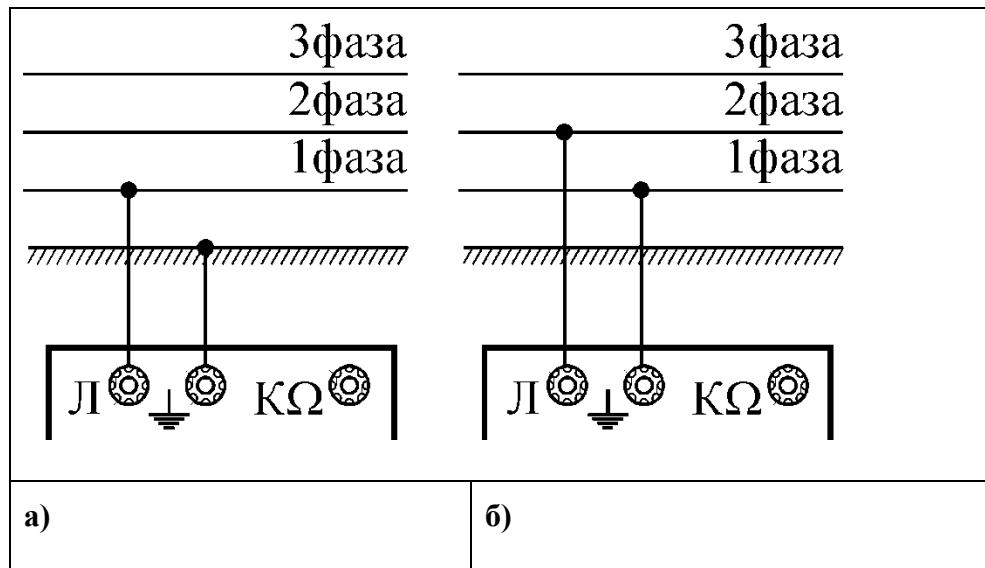


Рис 4. Схемы измерения изоляции кабеля.

*Примечание:* Бытовые сети и домашние проводки достаточно испытывать напряжением 500 В. Минимальное значение, которое должна показать проверка изоляции кабеля мегомметром в этом случае — 0,5МОм.

В промышленных эл. сетях кабели испытываются мегомметрами на 2500 В. Сопротивление изоляции при этом должно быть не меньше 10 МОм.

### **3. Проверка изоляции электродвигателя**

1. Для проверки изоляции один щуп подключаем к корпусу двигателя, второй поочередно прикладываем к каждому из выводов.

2. Для проверки целостности соединения обмоток между собой щупы устанавливаивать на пары обмоток.

Результаты измерений записать в таблицу 1.

*Примечание:* Для проведения измерений двигатель отключить от питания. Асинхронные двигатели, работающие на напряжении до 1000 В тестируются напряжением 500 В.

Для обмоток статора асинхронного электродвигателя напряжением до 660 В сопротивление изоляции должно быть не менее 1 Мом при температуре 10-30°C, для обмоток фазного ротора сопротивление изоляции не нормируется.

**Таблица 1. Данные измерения сопротивления изоляции**

Наименование электрооборудования	Рабочее напряжение В	Rизол Междупфазами и корпусом МОм	Rизол между фазами МОм		
			AB	BC	CA
Кабель		-			
Электродвигатель					

### **Контрольные вопросы**

1. Назначение мегомметра и принцип его действия
2. Подготовка прибора к работе и проверка его исправности.
3. Техника безопасности при работе с мегомметром.

### **Содержание отчета**

1. Тема, цель, оборудование.
2. Схема (рис. 3 а; 4 а, б), таблица измерений.
3. Контрольные вопросы и ответы.

## Лабораторная работа №3

### Ознакомление с комбинированным электроизмерительным прибором.

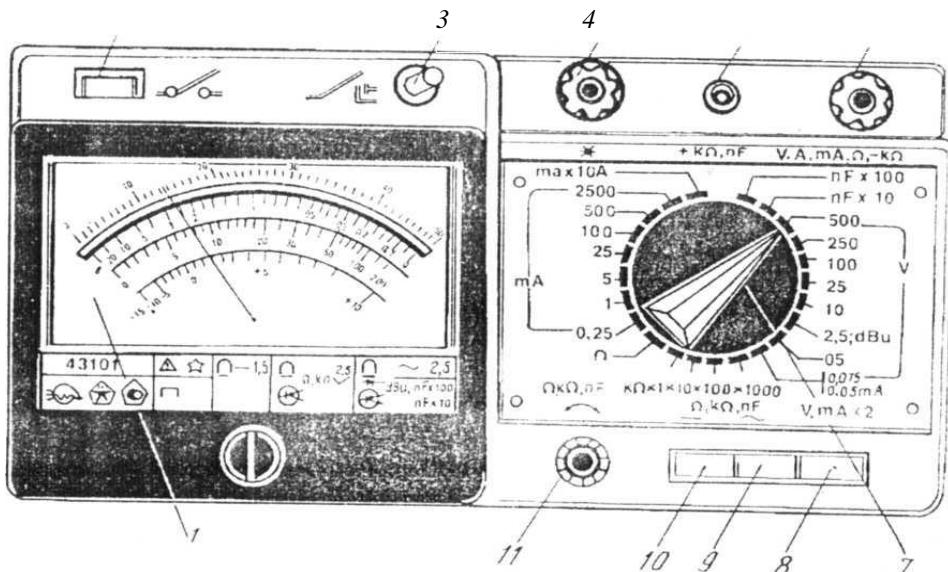
**Цель работы:** изучить устройство и научиться пользоваться электроизмерительным комбинированным прибором 43101.

**Оборудование и оснащение:** лабораторный стенд, измерительный комбинированный прибор 43101, методические указания.

#### Краткие теоретические сведения

Прибор электроизмерительный комбинированный 43101 предназначен для измерения:

- напряжения постоянного и переменного тока от 0.075 до 500 В с пределами шкалы измерения 0,075; 0.5; 2,5; 10; 25; 100, 250 и 500 В, а с множителем «V, mA x 2» - до 1000 В;



- силы постоянного и переменного тока от 0,05 мА до 10 А с пределами шкалы измерения 0,05; 0,25, 1, 5; 25; 100;  $5 \cdot 10^2$ ;  $2,5 \cdot 10^3$  и  $1 \cdot 10^4$  мА, а с множителем «V, mA x 2» до 5 А;
- сопротивления постоянному току от 0.2 до  $1 \cdot 10^4$  кОм с пределами измерения двух шкал 0.2: 10; 100;  $1 \cdot 10^3$ ;  $1 \cdot 10^4$  кОм; электрической емкости от 100 до 1000 пФ.

Измерительным прибором является миллиамперметр магнитоэлектрической системы на растяжках с внутренним магнитом.

Для измерения сил переменного тока в приборе имеется выпрямитель, собранный по двухполупериодной схеме на диодах КД521В. Расширение пределов измерения напряжения осуществляется с помощью резисторов, подключенных последовательно миллиампер-

метру, а расширение пределов измерения силы тока - с помощью универсального шунта, состоящего из цепочки резисторов.

Измерительная цепь сопротивления постоянному току состоит из источника постоянного тока (сухой элемент А316, установленный в камеру с тыльной стороны прибора и закрытый крышкой), миллиамперметра постоянного тока и операционного усилителя. Электроизмерительный комбинированный прибор снабжен автоматической защитой от кратковременных электрических перегрузок при измерении силы и напряжения постоянного и переменного тока, но не более 50 А в последовательных и 2 кВ в параллельных электрических цепях.

На лицевой стороне корпуса прибора размещены органы управления и отсчета:

- циферблат миллиамперметра,
- ручка установки нуля омметра 11,
- кнопки включения цепи постоянного тока 10
- включения цепи переменного тока 9 с множителем «V, mA x 2»,
- переключатель диапазонов и рода измерения 7,
- зажимы 4-6 подключения измеряемых величин (напряжения, силы тока, сопротивления в омах и переменного напряжения при измерении емкости конденсатора);
- зажим 6 и гнездо 5 для подключения измеряемого сопротивления в Килоомах;
- зажим 4 и гнездо 5 для подключения конденсатора;
- кнопка автоматической защиты 3;
- кнопка включения автоматической защиты 2.

При подготовке прибора к работе проверяют исправность автоматической защиты. Нажимают на кнопку 10 - включают измерительную цепь постоянного тока, потом на кнопку 3 - включают автоматическую защиту. В исправном приборе при нажатии на кнопку 2 стрелка прибора отклоняется на 37-47 делений шкалы V, A.

Для измерения напряжения постоянного тока производят следующие операции: нажимают на кнопку 10, включают измерительную цепь постоянного тока; переключателем 7 устанавливают предел измеряемого напряжения; корректором, если это необходимо, устанавливают стрелку прибора на нуль по шкале V, A; включают автоматическую защиту и подключают зажимы 4-6 к измеряемому напряжению. Значение измеряемого напряжения определяют умножением цены деления на число делений, указанное стрелкой на шкале V, A. При одновременном нажатии кнопок 10 и 8 с множителем «V.mA x 2» показание прибора умножают на 2.

При измерении силы постоянного тока в отличие от измерения напряжения переключателем 7 устанавливают пределы значений силы измеряемого тока, а зажимы 4-6 включают в цепь для измерения силы тока в ней. Значение силы тока определяется умножением цены деления на число делений, указанное стрелкой на шкале V, A. При одновременном нажатии кнопок 10 и 8 с множителем «V, mA x 2» показание прибора удваивается.

При измерении напряжения переменного тока выполняют следующие операции: нажимают на кнопку 9 -включают измерительную цепь переменного тока; переключателем 7 устанавливают предел измеряемого напряжения; корректором устанавливают стрелку прибора на нуль по шкале V, A; включают автоматическую защиту и подключают зажимы 4-6 к измеряемому напряжению. Значение измеряемого напряжения определяется умножением цены деления на число делений, указанное стрелкой на шкале V, A. При одновременном нажатии на кнопки 9 и 8 с множителем «V, mA x 2» показание прибора удваивается.

Для измерения силы переменного тока в отличие от измерения напряжения переключателем 7 устанавливают предел значения силы измеряемого тока, а зажимы 4-6 включают в цепь для измерения силы тока в ней. Значение силы тока определяют на шкале V, A. При одновременном нажатии на Кнопки 9 и 8 с множителем «V, mA x 2» показание прибора удваивается.

Для измерения сопротивления постоянному току включают обе кнопки 10 и 9 одновременно. Для измерения сопротивления в омах переключатель 7 устанавливают на отметку « $\Omega$ » и ручкой 11 переключают стрелку прибора на «0» по шкале  $\Omega$ . Потом подключают к зажимам 4-6 измеряемое сопротивление и по шкале  $\Omega$  определяют сопротивление в омах. Для измерения сопротивлений в килоомах переключатель 7 устанавливают на одно из делений кОм.с пределом измеряемого сопротивления, замыкают накоротко зажим 6 и гнездо 5, а ручкой 11 устанавливают стрелку на нуль справа по шкале кОм. Потом подключают к зажиму 6 и гнезду 5 измеряемое сопротивление и по шкале к $\Omega$  определяют сопротивление с учетом множителей «x10», «x100», «x1000».

Для измерения емкости включаются обе кнопки 10 и 9 одновременно, к зажимам 4~6 подключается источник переменного тока 190-245 В частотой 50 Гц, а к зажиму 4 и гнезду 5 подключается конденсатор, емкость которого измеряется. Переключатель 7 устанавливают на одно из делений nFx10 или nFx100. Емкость определяется по шкале nF с учетом множителей.

При пользовании комбинированным прибором запрещается переключение прибора с одного вида измерения на другой, а также переключение диапазонов измерения без отключения прибора от измеряемой цепи.

## **Задание и порядок выполнения**

1. Ознакомиться с методическими указаниями и прибором 43101.
2. Изучить устройство прибора и его использование при измерении электрических величин.
3. Собрать схему рис. 1, предварительно измерить сопротивление резистора.

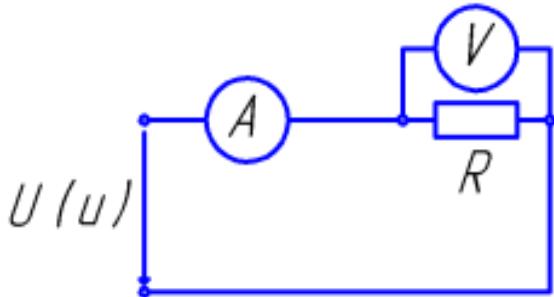


Рис. 1

- 3.1. Подать напряжение постоянного тока 5В. Измерить ток и напряжение прибором 43101. Записать показания приборов.
- 3.2. Подать напряжение переменного тока. Измерить переменный ток и напряжение прибором 43101. Записать показания приборов.

## **Содержание отчета**

1. Тема, цель работы.
2. Схема, результаты измерений.
3. Контрольные вопросы и ответы.

## **Контрольные вопросы**

1. Какие величины, в каких пределах можно измерить с помощью комбинированного электроизмерительного прибора 43101?
2. Как подготовить комбинированный прибор для измерения напряжения постоянного тока? силы постоянного тока?
3. Как с помощью комбинированного прибора измерить напряжение переменного тока, силу переменного тока, сопротивление постоянному току в Ом, сопротивление постоянному току в кОм?
4. Почему при переключении пределов измерения нужно находить новую цену деления шкалы прибора?
6. Как с помощью комбинированного прибора измерить емкость конденсатора?

## **Лабораторная работа №4**

### **Расширение пределов измерения приборов с помощью шунтов и добавочных сопротивлений**

**Цель работы:** ознакомиться со способами расширения пределов измерения амперметров и вольтметров

**Оборудование и оснащение:** вольтметр и амперметр электромагнитной системы, шунты, добавочные сопротивления, соединительные провода, методические указания.

### **Краткие теоретические сведения**

Любой измерительный прибор характеризуется пределом измерений, ценой деления и чувствительностью.

Пределом измерения называется наибольшее значение измеряемой данным прибором величины. Значение измеряемой величины у ряда приборов регистрируется по положению стрелочного или иного вида указателя относительно измерительной шкалы.

Измерительная шкала делится на определенное количество делений. Ценой деления прибора называется значение измеряемой величины, соответствующее наименьшему делению шкалы прибора. Цена деления определяется как отношение предела измерения прибора к полному числу делений его шкалы.

Чувствительность прибора - величина, обратная цене деления. Она характеризуется числом делений шкалы, соответствующим единице измеряемой величины и определяется как отношение полного числа делений шкалы прибора к его пределу измерения.

Увеличение предела измерения электроизмерительного прибора связано с необходимостью выдерживания высоких значений силы тока. Большие токи вызывали бы увеличение сечения проводов обмотки катушки (обычно диаметр проводов не превышает 0,2 мм), а, следовательно, массы и момента инерции подвижной части прибора. Кроме того, приборы обладают внутренним сопротивлением, наличие которого приводит к тому, что подключение измерительных приборов к цепи влияет на её параметры. При этом наличие внутреннего сопротивления у амперметра приводит к тому, что общее сопротивление участка цепи возрастает, и поэтому сила тока в цепи с амперметром меньше чем сила тока без него. Чем меньше внутреннее сопротивление амперметра, тем меньшее изменение силы тока происходит на том участке цепи, куда включается амперметр. Поэтому пределы измерения по току расширяют с помощью шунтов, а по напряжению – с помощью добавочных резисторов.

Для расширения пределов измерения вольтметров применяют добавочные сопротивления, которые имеют большое сопротивление (десятки кОм), и которые включают последовательно с обмоткой вольтметра (рис. 1).

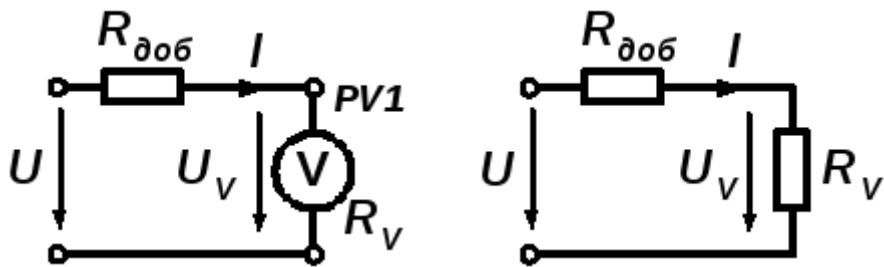


Рис. 1. Принципиальная схема расширения предела измерения вольтметра с помощью добавочного сопротивления (а) и расчетная схема цепи (б).

Величина добавочного сопротивления  $R_{\text{доб}}$  определяется по формуле:

$$R_{\text{доб}} = R_V (m - 1)$$

где  $R_{\text{доб}}$  – добавочное сопротивление;

$R_V$  – сопротивление вольтметра;

$m$  – коэффициент расширения пределов измерения напряжения вольтметром.

$$m = U / U_V$$

где  $U$  – измеряемое напряжение;

$U_V$  – максимально допустимое напряжение вольтметра.

Для расширения пределов измерения амперметра применяют шунты, шунты имеют очень малое сопротивление (десятые, сотые доли ома) и включаются параллельно обмотке амперметра (рис. 2).

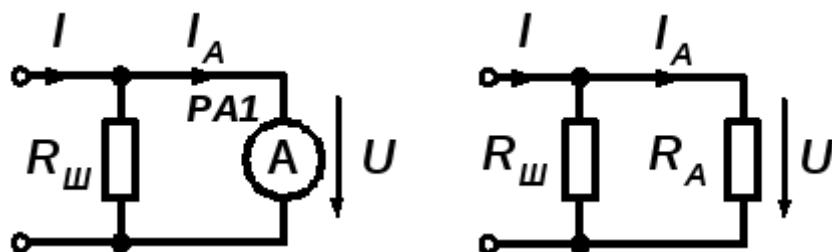


Рис. 2. Принципиальная схема расширения предела измерения амперметра с помощью шунта (а) и расчетная схема цепи (б).

Величина шунта  $R_{\text{ш}}$  определяется по формуле:

$$R_{\text{ш}} = R_A / (n - 1)$$

где  $R_{\text{ш}}$  – сопротивление шунта;

$R_A$  – сопротивление амперметра;

$n$  – коэффициент расширения пределов измерения тока амперметром.

$$n = I / I_A$$

где  $I$  – измеряемый ток;

$I_A$  – максимально допустимый ток амперметра.

## **Задание и порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться со способами расширения пределов измерения напряжения и тока.
2. Рассчитать сопротивления шунтов для значений тока 5 А; 10 А с целью расширения пределов измерения амперметра с заданным пределом шкалы  $I_A=0,1\text{А}$  и сопротивлением  $R_A = 1,2\text{Ом}$ . Собрать схему согласно рис. 2, поочередно подключая выбранные шунты, фиксировать показания амперметра.
3. Рассчитать сопротивления добавочных резисторов к вольтметру для расширения его пределов измерения до 500 В и 1000 В, при заданном значении предела шкалы вольтметра 100 В. Сопротивление вольтметра 5000 Ом. Собрать схему согласно рис. 1а, поочередно подключая выбранные добавочные сопротивления, фиксировать показания фиксировать показания вольтметра.

## **Контрольные вопросы**

1. Что называется пределом измерения?
2. Как определить цену деления прибора?
3. Что означает чувствительность прибора?
4. Для каких целей применяются шунты и добавочные сопротивления?
5. Как рассчитать шунт и добавочное сопротивление?

## **Содержание отчета**

1. Тема, цель, задание.
2. Схемы, расчеты шунтов и добавочных сопротивлений, показания приборов.
3. Ответы на контрольные вопросы.

## Лабораторная работа № 5

### Определение промышленной частоты прямым и косвенным методами.

**Цель работы:** ознакомиться с измерением частоты методом сравнения и косвенным способом.

**Оборудование и оснащение:** осциллограф, генератор синусоидального сигнала, мультиметр, магазин конденсаторов, магазин сопротивлений, методические указания.

### Основные теоретические сведения

Переменный ток имеет ряд важных характеристик, влияющих на его физические свойства. Одним из таких параметров является частота переменного тока. Если говорить с точки зрения физики, то частота – это некая величина, обратная периоду колебания тока. Если проще – то это количество полных циклов изменения ЭДС, произошедших за одну секунду.

В качестве единицы измерения частоты во всем мире принят 1 Гц, который соответствует 1 периоду колебания за 1 секунду.

Существуют разнообразные способы измерения частоты и основаны они на различных физических явлениях. Различают методы прямого измерения частоты и методы косвенного измерения частоты. Методы прямого измерения основаны на подсчете количества полных колебаний в единицу времени.

Для измерения частоты переменного тока применяют приборы, называемые частотомерами. Частотомеры используют несколько основных способов измерения, а именно:

- метод дискретного счета;
- резонансный метод измерения частот.
- метод сравнения частот;

**Метод дискретного счета** основывается на подсчете импульсов необходимой частоты за конкретный промежуток времени. Его наиболее часто используют цифровые частотомеры, и именно благодаря этому простому методу можно получить довольно точные данные. Электронно-счётные частотомеры по своим возможностям являются универсальными приборами. Их основное назначение - измерение частоты непрерывных и импульсных колебаний, осуществляемое в широком частотном диапазоне (примерно от 10 Гц до 100 МГц) при погрешности измерений не более 0,0005%. Кроме того, они позволяют измерять периоды низкочастотных колебаний, длительности импульсов, отношения двух частот (периодов) и т. д.

**Резонансный способ измерения** базируется на электрическом резонансе, возникающем в контуре с подстраиваемыми элементами. Частота, которую необходимо измерить, определяется по специальной шкале самого механизма подстройки. Сущность резонансного метода состоит в сравнении измеряемой частоты  $f_x$  с собственной резонансной частотой  $f_p$  градуированного

колебательного контура или резонатора. Такой метод дает очень низкую погрешность. Измерительный контур резонансного частотомера в зависимости от диапазона частот, для которого он предназначен, выполняется с сосредоточенными или распределенными параметрами. Резонансные частотомеры с сосредоточенными элементами применяется на частотах от 50кГц до 200 МГц, а с распределенными параметрами широко применяются в диапазоне СВЧ. Погрешность измерения частоты резонансным частотомером с распределенными параметрами составляет 0,1%. При измерении частоты этим методом используется явление параллельного или последовательного резонанса.

**Метод сравнения частот** применяется в осциллографах, и основан на смещении эталонной частоты с измеряемой. Измерение частоты на основе сравнения ее с точно известной и высокостабильной мерой частоты получило широкое распространение благодаря своей простоте, пригодности для измерения практически в любом диапазоне частот и сравнительно высокой точности результата измерения. В соответствии с методом значение неизвестной частоты  $f_x$  определяется из условия её равенства значению другой частоты  $f_{обр}$ , принимаемой в качестве образцовой. Реализация метода возможна и при наличии образцовой частоты, кратной измеряемой (или наоборот). Для измерения неизвестной частоты методом сравнения необходимо иметь генератор сигнала образцовой частоты и индикатор. Если в качестве индикатора используется осциллограф, то способ измерения называют осциллографическим, если в качестве индикатора используется магнитоэлектрический микроамперметр, то способ измерения называют гетеродинным или способом нулевых биений.

Методы сравнения используются в основном для градуировки генераторов различных измерительных приборов.

Наиболее простым является **косвенный** способ измерения частоты, основанный на зависимости сопротивления реактивных элементов от частоты протекающего по ним тока. Возможная схема измерений представлена на рис. 1.

К источнику колебаний частоты  $F_x$  подключается цепочка из резистора  $R$  и конденсатора  $C$  с малыми потерями, параметры которых точно известны. Вольтметром переменного тока  $V$  с пределом измерения, близким к значению входного напряжения, поочерёдно измеряются напряжения  $U_R$  и  $U_C$  на элементах цепочки.

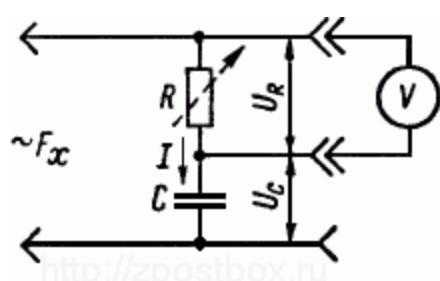


Рис. 1. Схема измерения частоты при помощи вольтметра

Поскольку  $U_R = I \cdot R$ , а  $U_C = I/(2\pi f_x C)$  (где  $I$  - ток в цепи), то отношение  $U_R/U_C = 2\pi f_x RC$ , откуда следует:

$$f_x = (U_R/R_C) \cdot 1/(2\pi RC)$$

Входное сопротивление вольтметра  $V$  должно по крайней мере в 10 раз превышать сопротивление каждого из элементов цепочки. Однако влияние вольтметра можно исключить, если использовать его лишь в качестве индикатора равенства напряжений  $U_R$  и  $U_C$ , достигаемого, например, плавным изменением сопротивления  $R$ . В этом случае измеряемая частота определяется простой формулой:

$$f_x = 1/(2\pi RC) \approx 0,16/(RC),$$

и при неизменной ёмкости конденсатора  $C$  переменный резистор  $R$  можно снабдить шкалой с отчётом в значениях  $f_x$ .

Эффективность метода зависит от точности подбора номиналов и качества элементов RC-цепочки.

### **Задание и порядок выполнения работы**

1. Собрать схему рис. 1

2. Определить частоты, если:

- 1) Резистор имеет максимальное сопротивление  $R_M = 100$  кОм, а  $C = 0,01$  мкФ, 10 и 100 пФ.
- 2) При  $R_M = 10$  кОм и тех же значениях ёмкостей.

### **Контрольные вопросы**

1. На чём основывается метод дискретного счета и в основе каких частотомеров используется?
2. Как определяется частота с методом перезарядки конденсатора, для измерения каких частот применяется?
3. На чём основан резонансный метод и для измерения каких частот применяется?
4. Как измеряется частота резонансным методом?
5. Как определяется частота методом сравнения?
6. Что служит индикатором в методе сравнения?
7. На чём основан косвенный метод измерения частоты?
8. Что служит индикатором в косвенном способе?
9. Как определяется частота в косвенном методе?

### **Содержание отчета**

1. Тема, цель, задание.
2. Схему, расчеты.
3. Контрольные вопросы и ответы.

# Лабораторная работа №6

## РАБОТА С ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫМ ОСЦИЛЛОГРАФОМ

**Цель работы:** ознакомление с принципом работы осциллографа и приобретение навыков измерений параметров электрических сигналов.

**Оборудование и оснащение:** универсальный электронный осциллограф, генератор синусоидального сигнала, методические указания.

**Задание и порядок выполнения:**

1. Ознакомиться с методическими указаниями.
2. Выполнить упражнения
3. Оформить отчет согласно требованиям.

### Краткие теоретические сведения

Электронные осциллографы предназначены для визуального наблюдения и измерения

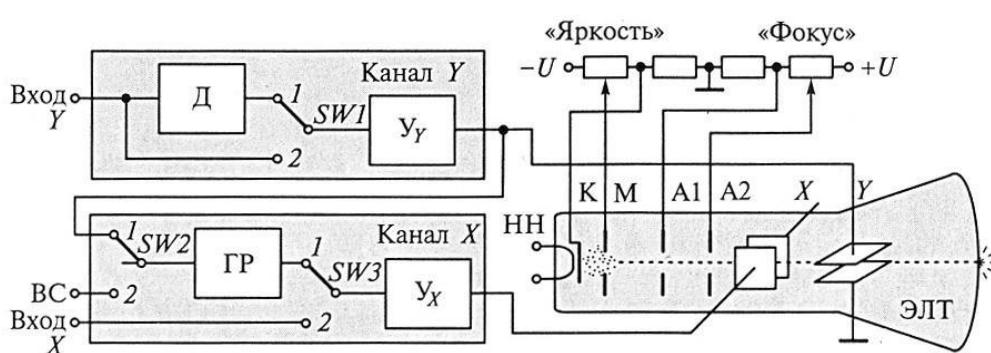


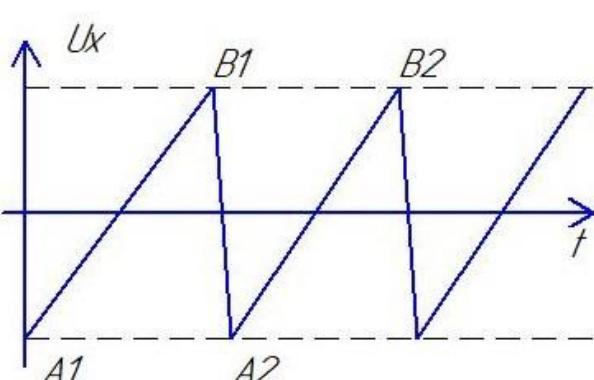
Рис.1

параметров  
периодических  
электрических  
сигналов.  
Основными  
частями  
осциллографа  
являются  
электронно-  
лучевая трубка

(ЭЛТ), генератор развёртки ГР, блок синхронизации ВС, усилители  $Y_Y$ ,  $Y_X$  вертикального и горизонтального каналов отклонения луча.

Электронно-лучевая трубка, схематически изображённая на рис.1, внешне представляет собой колбу специальной формы, в которой создан высокий вакуум. Эта трубка позволяет получить узкий пучок электронов, т.е., электронный луч. В месте попадания на экран электронного луча возникает ярко светящееся пятно, диаметр которого можно сделать весьма малым, превратив его практически в светлую точку. Источником (излучателем) электронов является накаливаемый нагревателем НН катод К. Для формирования луча из испущенных катодом электронов служат три электрода, имеющие форму коаксиальных цилиндров: управляющий электрод – модулятор М, первый анод А1 и второй анод А2. Модулятор, имеющий отрицательный относительно катода потенциал, формирует выходящий из катода электронный пучок в луч. Изменяя потенциал этого электрода можно регулировать

количество электронов в электронном луче, т.е., можно регулировать яркость светящегося пятна на экране. Потенциал первого анода положителен относительно катода, а потенциал второго анода положителен относительно первого



анода. Регулируя потенциалы анодов, можно добиться фокусировки электронного луча в малое пятно (точку) на экране. На пути электронного луча находятся две пары параллельных пластинчатых электродов X и Y; эти электроды называют отклоняющимися пластинами. Если к одной из этих пар параллельных пластин приложить напряжение, то между ними образуется электрическое поле, вектор напряженности которого равен перпендикуляру к пластинам. Под действием этого поля электронный луч, проходящий между пластинами, отклоняется и, следовательно, светящееся пятно перемещается по экрану осциллографа. Пластины X перемещают светящееся пятно в горизонтальном направлении, а пластины Y в вертикальном направлении. Величина смещения этого пятна от центральной точки экрана практически пропорциональна разности потенциалов между соответствующими пластинами.

Важнейшим применением осциллографа является изучение быстрых периодических электрических процессов. Для исследования напряжений, изменяющихся во времени, используют обе пары отклоняющих пластин ЭЛТ. На вертикально отклоняющие пластины обычно подается изучаемое напряжение, а на горизонтально отклоняющие пластины — вырабатываемое в самом осциллографе напряжение, изменяющееся пропорционально времени. Это напряжение, называемое напряжением развёртки, вырабатывается генератором развёртки.

График напряжения развёртки изображён на рис.2. На графике по горизонтальной оси отложено время  $t$ , а по вертикальной оси — напряжение развёртки  $U_x$ . По виду графика — это напряжение также называют пилообразным.

На участке графика A1 B1 напряжение  $U_x$  возрастает пропорционально времени, и поэтому светящееся пятно на экране равномерно движется слева направо вдоль оси X от точки M на левом крае экрана до точки N на правом крае (рис.3). Дойдя до правого края экрана, пятно мгновенно возвращается обратно к левому краю экрана (участок B1 B2 на рис.2). Затем пятно снова движется равномерно слева направо (участок A2 B2 графика) и т.д.

Так осуществляется развёртка во времени.

Пусть  $U(t)$  — изучаемое переменное напряжение. Если в момент  $t_1$ , когда

светящееся пятно проходит точку M экрана, на вертикально отклоняющиеся пластины подать напряжение  $U(t)$ , то электронный луч вычертит кривую зависимости излучаемого напряжения от времени интервала от  $t_1$  до  $t_2$ , где  $t_2$  — момент времени, когда светящееся пятно достигнет точки N экрана.

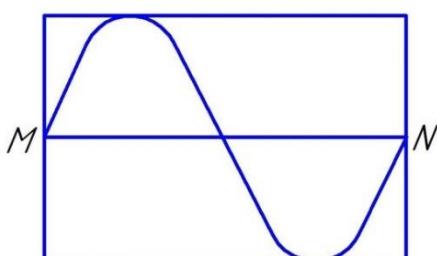


Рис.3

Если  $U(t)$  — периодическая функция с периодом  $T$ , равным  $t_2 - t_1$ , то на экране осциллографа мы увидим первый период функции  $U(t)$ . После мгновенного возвращения светящегося пятна в точку M мы (при последующем его перемещении в точку N экрана) увидим второй период изменения функции  $U(t)$  и т.д. Повторяя развертку многократно, мы сможем увидеть на экране неподвижную картину изменения функции  $U(t)$  в течение одного её периода,

если время движения светящегося пятна  $t_2 - t_1$  по экрану М от N равно переходу Т функции  $U(t)$ . Если же  $t_2 - t_1 = nT$ , где  $n$  — целое число, то на экране мы получим  $n$  периодов изменения функции  $U(t)$  и изображение будет неподвижным.

Обычно достаточно точное соотношение периодов развертки и изучаемого напряжения, то есть соотношение  $t_2 - t_1 = nT$ , соблюсти оказывается невозможно из-за нестабильности генератора развертки или самого изучаемого процесса. Для принудительного согласования указанных периодов используют синхронизацию, то есть выбирают такую схему, при которой изучаемое напряжение "навязывает" свой период генератору развертки.

Для измерения амплитуды сигналов необходимо знать чувствительность осциллографа, то есть величину смещения светящегося пятна при изменении напряжения на отклоняющих пластинах на 1 вольт. Для канала вертикального отклонения чувствительность  $S_Y$  равна:

$$S_Y = Y/U_Y,$$

где  $Y$  — смещение вдоль оси  $Y$  под действием напряжения на пластинах  $Y$ , равного  $U_Y$ .

При помощи осциллографа можно определить частоту исследуемого сигнала (см. упражнение 2).

Частоту сигнала можно определить и другим способом. Для этого на пластины X подают напряжение известной частоты, например, 50 Гц от сети, а на пластины Y — напряжение неизвестной частоты. Генератор развертки при этом отключается. В данном случае электронный луч участвует в двух взаимно перпендикулярных колебательных движениях.

Если точка (например, светящееся пятно на экране осциллографа) одновременно участвует в двух взаимно перпендикулярных гармонических колебаниях (например, вдоль оси X и оси Y), то она будет двигаться по некоторой траектории. Получающиеся в результате сложения двух взаимно перпендикулярных колебаний траектории называют *фигурами Лиссажу*. Форма этих фигур зависит от соотношения амплитуд, частот и фаз колебаний. По форме фигуры Лиссажу можно судить о частоте исследуемого сигнала (см. упражнение 3).

### Задание и порядок выполнения работы

**Упражнение 1.** Измерить амплитуду сигнала генератора. Определить чувствительность осциллографа.

Подключить генератор к гнезду «ВХОД У» осциллографа. Вольтметр подключить к гнезду «V» генератора.

1. Установить частоту переменного тока от генератора, равную 1000 Гц.
2. Переключатель осциллографа "V/дел" установить в положение «2».
3. Включить генератор и осциллограф в сеть.
4. Наблюдая за показаниями стрелочного вольтметра и поворачивая ручку генератора установите напряжение  $U_{\phi} = 2$  в.
5. С помощью ручек осциллографа «СТАБ», «УРОВЕНЬ», «ВРЕМЯ/ДЕЛ», «ПЛАВНО» добиться устойчивого изображения синусоиды на экране.
6. Ручками «ЯРКОСТЬ» и «ФОКУС» добиться четкого изображения.

7. Переключатель «ВИД СИГНАЛА» перевести в положение «». При этом на экране появится горизонтальная линия. Если линия на экране не появилась, то вращая ручки «СТАБ» и «УРОВЕНЬ» добейтесь ее появления.
8. Ручкой " " совместить эту полосу с осью X на экране осциллографа.
9. Переключатель “ВИД СИГНАЛА” переводится в исходное состояние « ». На экране должна появиться синусоида. При ее отсутствии изображение восстанавливается вращением ручек “СТАБ' и "УРОВЕНЬ". Синусоида должна быть строго симметрична относительно оси X.
10. Измерить число делений  $Y_m$  на экране осциллографа от оси x до вершины синусоиды. Экран осциллографа разбит на квадраты. Сторона квадрата равна одному делению. Каждое деление разбито на пять частей, следовательно, одна его часть равна 0,2 деления.

Чувствительность определить по формуле:

$$S_y = Y_m / U_{\text{эфф}} \sqrt{2}$$

11. Таким же образом определить чувствительность  $S_y$  при  $U_{\text{эфф}} = 4\text{ В}$ .

Вычислить среднее значение величины  $S_y$ .

12. Переключатель осциллографа "V/дел" установить в положение «5».

Определить чувствительность при  $U_{\text{эфф}} = 6; 8; 10 \text{ В}$ . Вычислить среднее значение величины  $S_y$ .

Результаты занести в таблицу.

$U_{\text{эфф}}, \text{ В}$					
$Y_m, \text{ дел}$					
$S_y, \text{ дел/В}$					

13. Вычислить обратные величины средних значений  $S_y$ . Сравнить эти величины с соответствующими показателями переключателя "V/ДЕЛ".

**Упражнение 2.** Определить частоты сигнала генератора.

1. Установить произвольную чистоту сигнала генератора. Переключатель «V/ДЕЛ» оставить в положении «5».
2. Ручками «ВРЕМЯ/ДЕЛ», «СТАБ», «УРОВЕНЬ» добиться стабильного изображения синусоиды на экране осциллографа. Желательно, чтобы синусоида имела минимально возможное число периодов.
3. Определите (по оси X) число больших делений  $X_T$ , приходящихся на один период синусоиды на экране осциллографа. Измерения необходимо проводить с точностью до десятых долей большого деления.
4. Запишите показание времени развертки K переключателя «ВРЕМЯ/ДЕЛ»
5. Определите период T и частоту f исследуемого сигнала по формулам:

$$T = KX_T; f = 1/T = 1/KX_T$$

6. Сравните найденную частоту сигнала с частотой, установленной на генераторе.

## **Контрольные вопросы**

1. Каково назначение осциллографа и в чём его преимущества по сравнению со стрелочно-цифровыми приборами?
2. Перечислите основные блоки осциллографа.
3. Опишите устройство и работу электронно-лучевой трубки.
4. Как осуществляется фокусировка и разгон электронов в трубке?

## **Содержание отчета**

1. Тема, цель, задание.
2. Таблицу с измерениями и результаты расчетов, осциллограммы.
3. Ответы на контрольные вопросы.

# **Лабораторная работа №7**

## **Проверка и подключение однофазного счетчика**

**Цель работы:** 1. изучить устройство и подключение однофазного электронного счетчика;

2. научится проверять электронный счетчик.

**Оборудование и оснащение:** методические указания; счетчик активной электрической энергии СЕ101R5; цифровой ваттметр (однофазный) ЦП-ВТ72/1; автоматический выключатель ВА47-29 С6 230/400; лампа накаливания Р=100 Вт (нагрузка); выключатель KCD4 16A, 250В, со светодиодной индикацией; соединительные провода ПВ-3.

### **Краткие теоретические сведения**

Счетчик активной электрической энергии СЕ101 является однофазным однотарифным прибором учета непосредственного выключения.

Конструктивно состоит из следующих элементов:

- измерительный модуль на печатной плате, в котором перемножаются входные ток и напряжения, преобразуются в частотно модулированный сигнал, пропорциональный мощности потребляемой энергии (последовательность импульсов)

Суммирование этих импульсов отсчетным устройством дает количество активной энергии

-датчик тока (шунт);

-контактная коробка для подсоединения к сети и потребителю;

-телеметрический выход, используется для подключения АСКУЭ, персональному компьютеру или системе удаленной передачи данных.

Предусмотрена светодиодная индукция вида «3200 imp/(kW\*h)».

Светодиод при наличии напряжения и отсутствии нагрузки постоянно светится, при подключении нагрузки периодически гаснет с частотой, пропорциональной току нагрузки.

Прибор применяется для постоянного измерения и отображения активной мощности потребляемой электроэнергии.

### **Проверка счетчика**

Проверка электросчетчика в соответствии с ГОСТ 31819.21-2012 состоит из следующих этапов:

- 1) внешний осмотр счетчика;
  - 2) проверка правильности функционирования (начальный запуск счетчика);
  - 3) проверка без тока нагрузки (отсутствие самохода);
  - 4) проверка стартового тока (чувствительность);
  - 5) проверка точности электросчетчика.
1. При внешнем осмотре счетчика выявляются механические повреждения корпуса и элементов прибора, наличие персонального номера, комплектация прибора, маркировки.
  2. Счетчик должен функционировать через 5 сек после подачи номинального напряжения.
  3. Проверка отсутствия самохода проводится в условиях потребления. Световой индикатор не должен мигать более одного раза в течении времени 14 мин. Для этого цепь тока должна быть разомкнута, а к цепи напряжения приложено напряжение равное 264 В.
  4. При проверке чувствительности счетчик должен начать и продолжать регистрировать показания при значении тока 0,01А для класса точности 1.
  5. Проверка точности электросчетчика

Стандарт предусматривает следующие методы проверки:

-метод образцового счетчика, при котором показания проверяемого счетчика сравнивают с показаниями образцового счетчика;

-метод ваттметра и секундомера, с помощью ваттметра определяют значение активной мощности Р, расход электроэнергии рассчитывают по формуле

$$W = P * t,$$

где t, с—время измеряемого секундомера.

### **Порядок выполнения работы**

Собрать схему согласно рис.1. Подать напряжение на стенд.

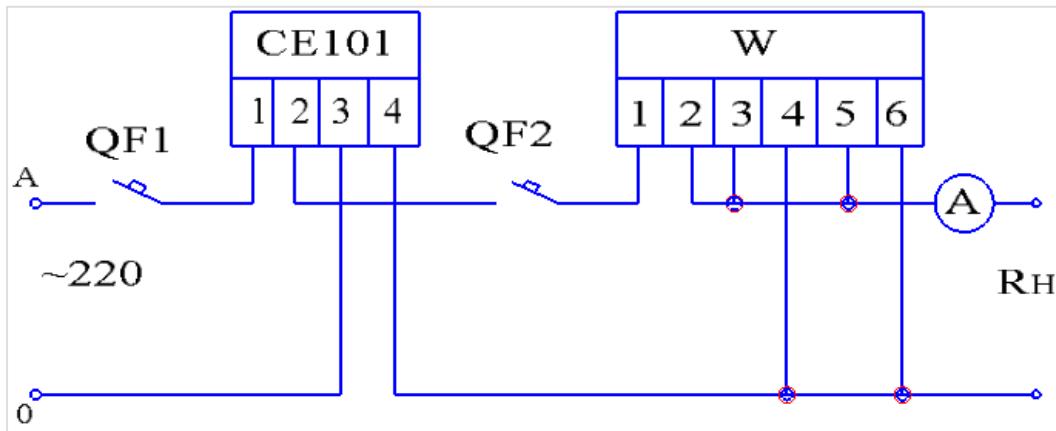


Рис.1 Схема подключения счетчика

1. Проверить начальный запуск счетчика. Включить автомат QF1, по секундомеру отметить момент запуска счетчика.

(Счетчик начал работать через 5 секунд.)

2. Проверить точность счетчика, подключить к счетчику ваттметр и нагрузку (лампу) включением автомата QF2.

Измерить ваттметром мощность, потребляемую нагрузкой.

( $P = 99\text{Вт} = 0,099\text{кВт}$ )

Включить секундомер, определить время десяти импульсов светового индикатора счетчика ( $t = 114\text{с.}$ )

Рассчитайте время одного мигания, разделив показания секундомера  $t$  на 10.  
( $T = t / 10 = 114 / 10 = 11,4\text{с.}$ )

В соответствии с формулой определить погрешность измерений электросчетчика.

$$E = \left( P * T * \frac{A}{3600} - 1 \right) * 100\%$$

$P$ -показание ваттметра (кВт) одного интервала

$T$ , с-время между импульсами

$A$ -передаточное число счетчика

$$(E = \left( 0,099 * 11,4 * \frac{3200}{3600} - 1 \right) * 100\% = 0,32\%).$$

Сделать выводы по результатам проверки электросчетчика.

(Данный счетчик обеспечивает точность учета электроэнергии)

3. Повторить проверку точности счетчика для двадцати импульсов светового индикатора

### **Контрольные вопросы**

1. Из каких элементов состоит счетчик СЕ101?
2. Чему равно передаточное число счетчика СЕ101?
3. Какой метод проверки электросчетчика используется в данной работе?

### **Отчет должен содержать**

1. Тема, цель работы, оборудование, приборы.
2. Схему подключения счетчика.
3. Данные измерений и результаты проверки.
4. Выводы и ответы на контрольные вопросы.

# **Лабораторная работа № 8**

## **Изучение и подключение трехфазного счетчика**

**Цель работы:** изучить схемы прямого, полукосвенного способов подключения трехфазного счетчика для учёта активной электроэнергии.

**Оборудование и оснащение:** лабораторный макет, соединительные провода, методические указания,

### **Задание и порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с методическими указаниями.
2. Изучить способы подключения счетчика.
3. Оформить отчет согласно требованиям.

### **1. Краткие теоретические сведения**

В трехфазных четырехпроводных сетях напряжением 380/220В для измерений электрической энергии применяют счетчики прямого (непосредственного) включения. Их называют прямоточными. Кроме того, используют счетчики, подключаемые в сеть через ТТ. Их называют универсальными или трансформаторными. Счетчики прямого включения рассчитаны на номинальные токи 5, 10, 20, 50 А. Подключение токовой цепи этих счетчиков осуществляется последовательно с сетевыми проводниками и обязательным соблюдением полярности. Подключение с обратной полярностью одной из токовых цепей счетчика приводит к значительному недоучету электроэнергии.

В зависимости от способа включения трехфазного прибора различают следующие виды их подсоединения:

1. Так называемое «прямое» или непосредственное;
2. Полукосвенное (десятипроводная, «звездой»)

Первый из них используется в тех случаях, когда ток в каждой из фаз не превышает 100А. При данном подходе подводящие провода подсоединяются непосредственно к контактам прибора. В этом случае счетчик прямого включения позволяет реализовать наиболее простое из всех возможных решений, не требующее значительных материальных издержек.

В отличие от него два других варианта предполагают использование специальных преобразовательных устройств, позволяющих понизить величину тока в контролируемых цепях.

### **2. Прямое подключение**

Этот вид подключения практически ничем не отличается от типовой однофазной схемы включения счётчика. Потребляемый нагрузкой ток проходит в этом случае непосредственно по обмотке прибора, включённого в разрыв питающей цепи. Электрическая схема подключения трехфазных счетчиков напрямую выглядит следующим образом (рисунок 1).

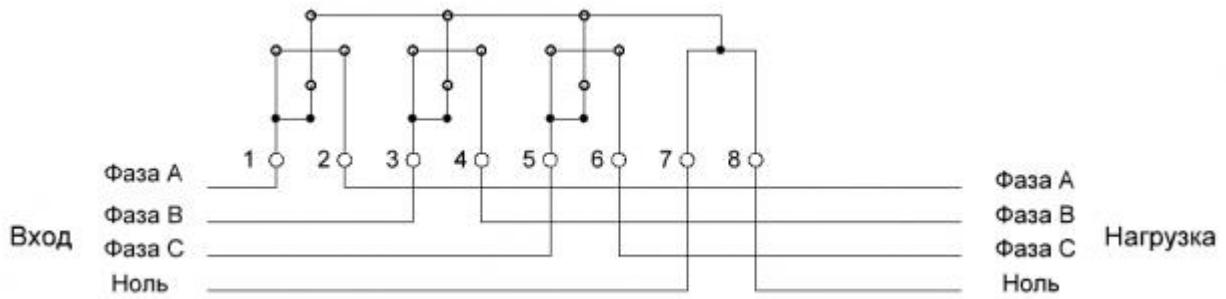


Рис. 1

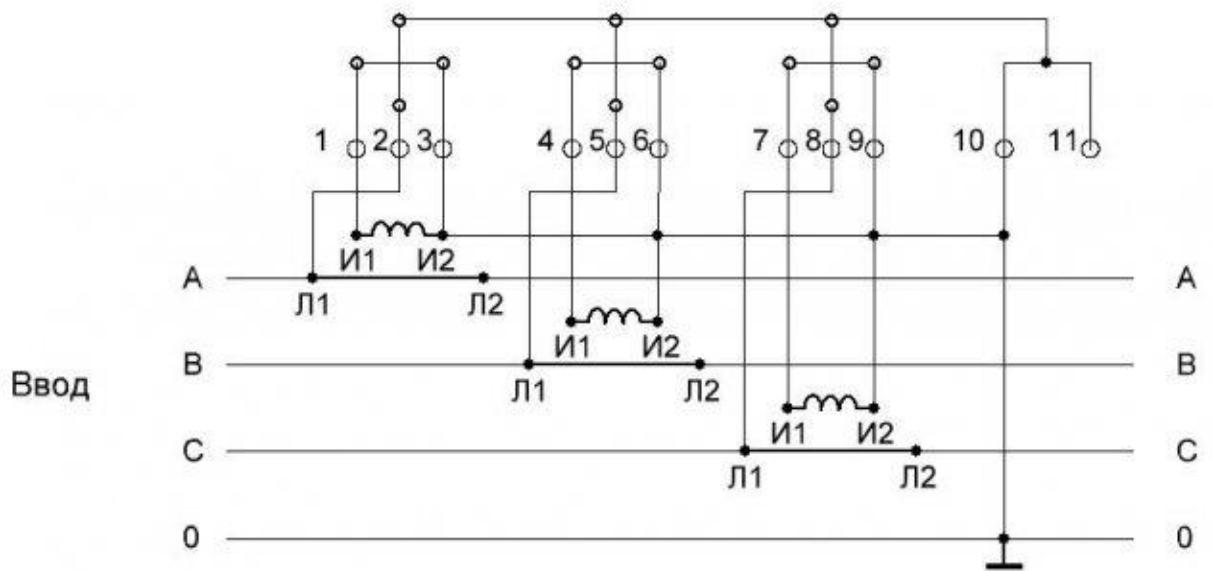
Главным условием подключения является строгое соблюдение порядка подсоединения проводов, соответствия нечетных номеров проводов вводу, а четных — нагрузке.

### 3. Полукосвенный способ

Максимальный ток счетчика электроэнергии, как правило, ограничен значением 100 А, поэтому в мощных электроустановках не применяются. В этом случае, подключение к трехфазной сети идет не напрямую, а через трансформаторы.

### 10-проводная принципиальная схема

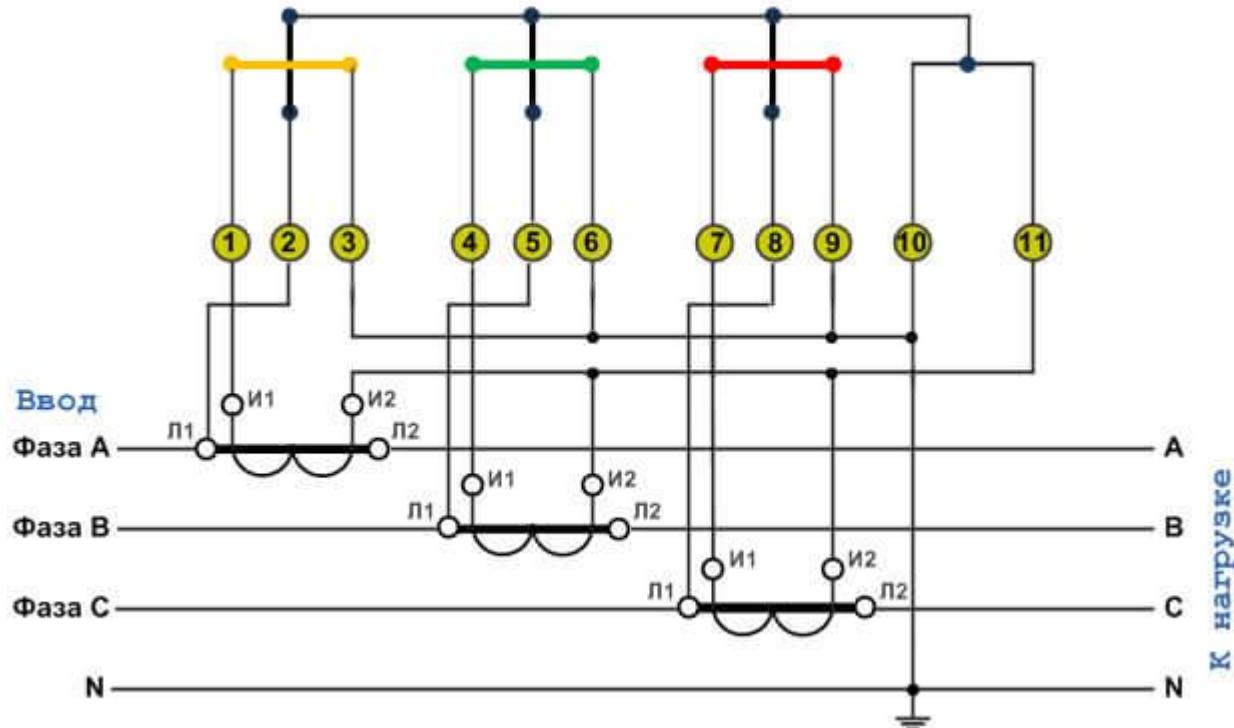
Удобная, тщательная и безопасная схема подключения трехфазного счетчика через трансформатор тока, но не без недостатков. С одной стороны, схема позволяет при смене устройства учета не отсекать электроустановки, цепи напряжения можно спокойно выключать посредством испытательной коробки, заземление токовых цепей не дает потенциалу образовываться на выводах вторичных цепей. Независимый учет проводится по каждой фазе, если все-таки он нарушится по одной фазе, на других это не проявится. С другой стороны, 10-проводная схема предполагает значительный расход проводника.



Назначение контактных зажимов в десятипроводной схеме подключения:

- входные зажимы фазовых проводов А, В, С — первый, четвертый и седьмой; выходные — третий, шестой, девятый;
- входные зажимы измерительных обмоток фаз — второй, пятый, восьмой;
- входной 0 провод идет на десятый зажим;
- нулевой провод — на одиннадцатый.

### Схема подключения “звездой”



Все выходы измерительных обмоток И2 должны сойтись в одном узле тока и подсоединиться к одиннадцатому зажиму устройства учета. Третий, шестой и девятый выходные зажимы фазовых проводов, а также десятый входной нулевого провода надо соединить вместе и подключить к нулевой шине.

Плюс такого подключения — меньше проводов, минус — в плохой наглядности соединений, что может затруднить проверку соединения.

### Порядок выполнения работы

- Изобразить и описать схему прямого подключения счетчика.
- Изобразить и описать десятипроводную схему и схему подключения счетчика «звездой».
- Произвести сборку схем на лабораторном макете и предъявить преподавателю.

### Контрольные вопросы

- Какие схемы подключения трехфазных счетчиков вы знаете?
- В каких случаях используется прямое включение и в чем заключается?
- На какие номинальные токи рассчитаны счетчики прямого включения?

4. В чем заключается полукосвенный способ подключения?
5. Отличительные особенности десятипроводной схемы подключения?

**Содержание отчета:**

1. Тема, цель работы.
2. Схемы и их описание;
3. Вопросы и ответы.

## 5. Список используемой литературы

1. Панфилов В.А. Электрические измерения. - М.: Академия, 2020.
2. Вострокнутов Н.Н. Электрические измерения. М., АСМС, 2020.
3. Конспекты лекций.