

**Негосударственное образовательное учреждение  
«Центр подготовки кадров МОСЭНЕРГО»  
Учебно-методическое пособие**

# **Измерительный комплекс учета электроэнергии**

**Москва  
2007**

**ПРОГРАММА**  
**повышения квалификации рабочих**  
**по курсу «Мастер, инженер по изучению измерительного комплекса**  
**учета электроэнергии»**

**Учебно-методическое пособие «Измерительный комплекс учета электроэнергии»** соответствует утвержденной Программе повышения квалификации персонала сетевых компаний электроэнергетики по курсу «Электромонтер, мастер, инженер по изучению измерительного комплекса учета электроэнергии».

**Цель курса** – дать теоретические знания и практические навыки с тем, чтобы подготовить работников на право самостоятельного технического обслуживания измерительного комплекса средств учета электроэнергии.

**Программа предусматривает** обучение персонала с отрывом от производства на 10 рабочих дней из расчета 8 учебных часов в день.

На теоретические занятия отводится 45 учебных часа.

На практические занятия - 35 учебных часа.

## **Программой предусматривается:**

- 1. Изучение требований к расчетному и техническому учету электроэнергии.**
- 2. Изучение измерительных трансформаторов тока, напряжения и схем их соединения.**
- 3. Изучение однофазных и трехфазных электросчетчиков.**
- 4. Изучение программного обеспечения и получение практических навыков по программированию электросчетчиков.**
- 5. Изучение организации и выполнение работ по техническому обслуживанию трехфазных электросчетчиков, в электроустановках до 1000 В и выше 1000 В.**
- 6. Изучение схем включения электросчетчиков, в электроустановках до 1000 В. и выше 1000 В.**
- 7. Проверка правильности включения электросчетчиков на месте их установки. Построение и анализ векторных диаграмм. Вольтамперфазометр ВАФ-85-М1.**
- 8. Изучение порядка проведения работ и получение практических навыков по работе с образцовым оборудованием, калибровка электросчетчиков. Оформление выполненных работ.**

## ПРОВЕДЕНИЕ ЗАНЯТИЙ В ЛАБОРАТОРИИ НОУ ЦПК «МОСЭНЕРГО»



**НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ**  
**Министерство топлива и энергетики РФ, РАО «ЕЭС РОССИИ»**

1. Постановление Правительства РФ от 27 декабря 1997 г. № 1619 «О ревизии средств учета электрической энергии и маркировании их специальными знаками визуального контроля». Зарегистрировано в Минюсте РФ 20 октября 1998 г. № 1636.
2. Типовая инструкция по учету электроэнергии при ее производстве, передаче и распределении РД 34.09.101-94
3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Глава 1.5. Учет электроэнергии.
4. Правила функционирования розничных рынков электрической энергии в переходной период реформирования электроэнергетики от 31 августа 2006 г. N 530.
5. РАО ЕЭС «РОССИИ» Приказ № 432 от 07.08.2000 г. «О создании современных систем учета и контроля за электропотреблением».

## **НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ**

### **Национальные стандарты РФ**

#### **1. ГОСТ 7746 – 2001.**

**Трансформаторы тока. Общие технические условия.  
Межгосударственный стандарт.**

#### **2. ГОСТ 1983 – 2001.**

**Трансформаторы напряжения. Общие технические условия.  
Межгосударственный стандарт.**

#### **3. ГОСТ 6570 – 96.**

**Счетчики электрические активной и реактивной энергии  
индукционные. Общие технические условия. – М.: Издательство  
стандартов, 1997.**

#### **4. ГОСТ 30206 – 94.**

**Статические счетчики ватт-часов активной энергии переменного  
тока (классы точности 0,2S и 0,5S). – М.: ИПК Издательство  
стандартов, 1996.**

#### **5. ГОСТ 30207 – 94.**

**Статические счетчики ватт-часов активной энергии переменного  
тока (классы точности 1 и 2). – М.: ИПК Издательство стандартов,  
1996.**

## **НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ**

### **Национальные стандарты РФ**

#### **1. ГОСТ Р 52320-2005 (МЭК 62052-11:2003)**

**"Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Общие требования. Испытания и условия испытаний. Часть 11. Счетчики электрической энергии", с датой введения в действие с 1 июля 2005 г., в части счетчиков, разработанных до 01 июля 2005 г., - с 1 июля 2006 г.**

#### **2. ГОСТ Р 52321-2005 (МЭК 62053-11:2003)**

**"Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Частные требования. Часть 11. Электромеханические счетчики активной энергии классов точности 0,5; 1 и 2", с датой введения в действие с 1 июля 2005 г., в части счетчиков, разработанных до 1 июля 2005 г., - с 1 июля 2006 г.**

#### **3. ГОСТ Р 52322-2005 (МЭК 62053-21:2003)**

**"Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Частные требования. Часть 21. Статические счетчики активной энергии классов точности 1 и 2", с датой введения в действие с 1 июля 2005 г., в части счетчиков, разработанных до 1 июля 2005 г., - с 1 июля 2006 г.**

## **НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ**

### **Национальные стандарты РФ**

#### **4. ГОСТ Р 52323-2005 (МЭК 62053-22:2003)**

**"Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Частные требования. Часть 22. Статические счетчики активной энергии классов точности 0,2 S и 0,5 S", с датой введения в действие с 1 июля 2005 г., в части счетчиков, разработанных до 1 июля 2005 г., - с 1 июля 2006 г.**

#### **5. ГОСТ 52425 – 2005 (МЭК 62053-23:2003)**

**"Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Частные требования. Часть 23. Статические счетчики реактивной энергии, с датой введения в действие с 1 июля 2005 г., в части счетчиков, разработанных до 1 июля 2005 г., - с 1 июля 2006 г.**

## Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

- **Основной целью учета электроэнергии** является получение достоверной информации о количестве производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии и мощности на оптовом рынке ЕЭС России и розничном рынке потребления
- **Расчетный (коммерческий) учет электроэнергии** - учет электроэнергии для денежного расчета за нее. Счетчики, устанавливаемые для расчетного учета, называются расчетными счетчиками.
- **Технический (контрольный) учет электроэнергии** - учет для контроля расхода электроэнергии внутри электростанций, подстанций, предприятий, для расчета и анализа потерь электроэнергии в электрических сетях. Счетчики, устанавливаемые для технического учета, называются счетчиками технического учета.

Счетчики, учитывающие активную электроэнергию, называются **счетчиками активной энергии**.

Счетчики, учитывающие интегрированную реактивную мощность (далее - реактивная электроэнергия) за учетный период, называются **счетчиками реактивной энергии**.

**Средство измерений** - техническое устройство, предназначенное для измерений.

**Поверка средств измерений** - совокупность операций, выполняемых органами метрологической службы (другими уполномоченными на то органами, организациями) в целях определения и подтверждения соответствия средств измерений установленным техническим требованиям.

**Калибровка средств измерений** - совокупность операций, выполняемых в целях определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и (или) пригодности к применению средств измерений, не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору.

**Измерительный комплекс средств учета электроэнергии** - совокупность устройств одного присоединения, предназначенных для измерения и учета электроэнергии (трансформаторы тока, трансформаторы напряжения, счетчики электрической энергии, датчики импульсов, сумматоры и их линии связи) и соединенных между собой по установленной схеме.

## Основные положения учета электроэнергии Требования к счетчикам

- Каждый установленный расчетный счетчик должен иметь на винтах, крепящих кожух счетчика, пломбы с клеймом госповерителя, а на зажимной крышке - пломбу энергоснабжающей организации.
- На вновь устанавливаемых трехфазных счетчиках должны быть пломбы государственной поверки с давностью не более **12 месяцев**, на однофазных счетчиках - с давностью **не более 2 лет**.
- Допустимые классы точности расчетных счетчиков активной электроэнергии

Генераторы мощностью более 50 МВт, межсистемные линии электропередачи 220 кВ и выше, трансформаторы мощностью 63 МВ·А и более ..... 0,5(0,7)

Генераторы мощностью 12-50 МВт, межсистемные линии 110 - 150 кВ электропередачи, трансформаторы мощностью 10-40 МВА ..... 1,0

## Основные положения учета электроэнергии Требования к счетчикам

### Требования к счетчикам электрической энергии:

- класс точности - не хуже **0,5S**;
- обеспечивать возможность подключения **резервного** источника питания и автоматического переключения на источник резервного питания при исчезновении основного (резервного) питания;
- наличие **энергонезависимой** памяти для хранения профиля нагрузки с получасовым и часовым интервалом на глубину не менее 35 суток, данных по активной и реактивной электроэнергии с нарастающим итогом за прошедший месяц, а также запрограммированных параметров;
- обеспечивать подключение по одному или **нескольким** цифровым интерфейсам компонентов АИИС, в том числе для автономного считывания, удалённого доступа и параметрирования;

## Основные положения учета электроэнергии Требования к счетчикам

- наличие энергонезависимых часов, обеспечивающих ведение даты и времени (точность хода не хуже  $\pm 5.0$  секунды в сутки с внешней автоматической коррекцией (синхронизацией));
- наличие «Журнала событий», фиксирующего время и даты наступления событий;
- обеспечивать защиту от несанкционированного изменения параметров, а также от записи, при этом защита должна быть обеспечена на программном (логическом) уровне (установка паролей) и аппаратном (физическом) уровне (установка пломб, марок и т.п.);
- Счетчики должны обеспечивать работоспособность в диапазоне температур, определенных условиями эксплуатации;
- Средняя наработка на отказ счетчика должна составлять не менее 35000 часов;
- Межповерочный интервал не менее 8-ми лет.

## Основные положения учета электроэнергии Требования к измерительным трансформаторам

**Класс точности** трансформаторов тока и напряжения для присоединения расчетных счетчиков электроэнергии должен быть не более 0,5.

Допускается применение трансформаторов тока с завышенным коэффициентом трансформации, если при максимальной нагрузке присоединения ток во вторичной обмотке трансформатора тока будет составлять не менее 40% номинального тока счетчика, а при минимальной рабочей нагрузке - не менее 5 %.

Присоединение токовых обмоток счетчиков к вторичным обмоткам трансформаторов тока следует проводить отдельно от цепей защиты.

Нагрузка вторичных обмоток измерительных трансформаторов, к которым присоединяются счетчики, **не должна превышать** номинальных значений.

## Основные положения учета электроэнергии Требования к измерительным трансформаторам

Сечение и длина проводов и кабелей в цепях напряжения расчетных счетчиков должны выбираться такими, чтобы потери напряжения в этих цепях составляли **не более 0,25%** номинального напряжения при питании от трансформаторов напряжения класса точности 0,5 и не более 0,5% при питании от трансформаторов напряжения класса точности 1,0.

Для питания цепей счетчиков могут применяться как однофазные, так и трехфазные трансформаторы напряжения, в том числе четырех- и пятистержневые, применяемые для контроля изоляции.

Цепи учета следует выводить на самостоятельные сборки зажимов или секции в общем ряду зажимов. При отсутствии сборок с зажимами необходимо устанавливать испытательные блоки. Зажимы должны обеспечивать закорачивание вторичных цепей трансформаторов тока

## Контрольные вопросы к Главе 1.

1. В чем заключается основная цель учета электроэнергии?
2. Дайте определения расчетного (коммерческого) учета электроэнергии и технического (контрольного) учета электроэнергии?
3. Дайте определения счетчиков технического учета, расчетных счетчиков, счетчиков активной и реактивной энергий?
4. Какие нормативные документы по обеспечению единства измерений вы знаете?
5. Раскройте понятие средство измерений?
6. Раскройте понятия поверка средств измерений, калибровка средств измерений. Приведите основные отличия?
7. Дайте определение измерительного комплекса средств учета электроэнергии?
8. Приведите формулу расчета погрешности измерительного комплекса?
9. Дайте определение системы учета электроэнергии?
10. Приведите классы точности коммерческих счетчиков активной электроэнергии для различных объектов учета электроэнергии (трансформаторы мощностью 63 МВА и более, генераторы мощностью 12—50 МВт, линии электропередачи напряжением 35-150 кВ)?

## Глава 2. СЧЕТЧИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

### Основные понятия, термины и определения

**Электромеханический счетчик** - счетчик, в котором токи, протекающие в неподвижных катушках, взаимодействуют с токами, индуцируемыми в подвижном элементе, что приводит его в движение, при котором число оборотов пропорционально измеряемой энергии.

**Статический счетчик** - счетчик, в котором ток и напряжение воздействуют на твердотельные (электронные) элементы для создания на выходе импульсов, число которых пропорционально измеряемой энергии.

**Многотарифный счетчик** - счетчик электрической энергии, снабженный набором счетных механизмов, каждый из которых работает в установленные интервалы времени, соответствующие различным тарифам.

**Эталонный счетчик** - счетчик, предназначенный для передачи размера единицы электрической энергии, специально спроектированный и используемый для получения наивысшей точности и стабильности в контролируемых условиях.

# Счетчики электрической энергии

## Основные понятия, термины и определения

**Трансформаторный счетчик** - счетчик, предназначенный для включения через измерительные трансформаторы напряжения и тока с заранее заданными коэффициентами трансформации. Показания счетчика должны соответствовать значению энергии, прошедшей через первичную цепь измерительных трансформаторов.

**Трансформаторный универсальный счетчик** - счетчик, предназначенный для включения через измерительные трансформаторы, имеющие любые коэффициенты трансформации. Для определения энергии, прошедшей через первичную цепь измерительных трансформаторов, необходимо показания счетчика умножить на произведение коэффициентов трансформации.

**Измерительный элемент** - часть счетчика, создающая выходные сигналы, пропорциональные измеряемой энергии.

**Дисплей** - устройство, отображающее информацию (жидкокристаллический индикатор ЖКИ).

## Счетчики электрической энергии

### Основные понятия, термины и определения

**Цепь тока:** - внутренние соединения счетчика и часть измерительного элемента, по которым протекает ток цепи, к которой подключен счетчик.

**Цепь напряжения:** - внутренние соединения счетчика, часть измерительного элемента и, в случае статических счетчиков, часть источника питания, питаемые напряжением цепи, к которой подключен счетчик.

**Номинальный ток ( $I_{ном}$ )** - значение тока, являющееся исходным для установления требований к счетчику, работающему от трансформатора;

**Максимальный ток ( $I_{макс}$ )** - наибольшее значение тока, при котором счетчик удовлетворяет требованиям точности, установленным в стандарте (ГОСТ Р 52320-2005).

**Номинальное напряжение ( $U_{ном}$ )** - значение напряжения, являющееся исходным при установлении требований к счетчику.

## Контрольные вопросы к Главе 2.

1. Дайте определения мощности и энергии. В чем их отличие?
2. Раскройте понятия активная мощность, активная энергия. Электросчетчик активной энергии?
3. Раскройте понятия реактивная мощность, реактивная энергия. Электросчетчик реактивной энергии?
4. Дайте определение многотарифного многофункционального электросчетчика?
5. Перечислите и дайте определения основных функциональных элементов электросчетчика?
6. Перечислите и дайте определения основных механических элементов электросчетчика?
7. Дайте основные определения относящиеся к изоляции?
8. Раскройте понятия стартовый ток, базовый ток, номинальный ток, максимальный ток, номинальное напряжение?
9. Дайте определения и приведите формулы для расчета абсолютной и относительной погрешности электросчетчика?
10. Какие факторы влияют на рабочие, функциональные и метрологические характеристики электросчетчика?

## Глава 3. КЛАССИФИКАЦИЯ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Все счетчики электрической энергии можно классифицировать по следующим принципам:

### 1. По принципу действия:

- индукционные;
- электронные (статические).

### 2. По классу точности счетчики:

- рабочие;
- образцовые.

### 3. По подключению в электрические сети:

- однофазные (1ф 2Пр однофазный двухпроводный);
- трехфазные – трехпроводные (3ф 3Пр трехфазный трехпроводный);
- трехфазные – четырехпроводные (3ф 4Пр трехфазный четырехпроводный).

# Счетчики электрической энергии

## Классификация счетчиков электрической энергии

### 4. По количеству измерительных элементов:

- одноэлементные (для однофазных сетей; (1ф 2Пр));
- двухэлементные (для трехфазных сетей с равномерной нагрузкой (3ф 3Пр));
- трехэлементные (для трехфазных сетей; (3ф 4Пр)).

### 5. По принципу включения в электрические цепи:

- прямого включения счетчика;
- трансформаторного включения счетчика:
  - подключения счетчика к трехфазной 4-проводной сети с помощью трех трансформаторов напряжения и трех трансформаторов тока;
  - подключения счетчика к трехфазной 3-проводной сети с помощью трех трансформаторов напряжения и двух трансформаторов тока;
  - подключения счетчика к трехфазной 3-проводной сети с помощью двух трансформаторов напряжения и двух трансформаторов тока.

# Счетчики электрической энергии

## Классификация счетчиков электрической энергии

### 6. По конструкции:

- простые;
- многофункциональные.

### 7. По количеству тарифов:

- одготарифные;
- многотарифные.

### 8. По видам измеряемой энергии и мощности:

- активной электроэнергии (мощности);
- реактивной электроэнергии (мощности);
- активно-реактивной электроэнергии (мощности).

для 1-фазного счетчика, Вт:  $P_{1\phi 2} = U_{\phi I} \cos\varphi$

для 3-фазного двухэлементного счетчика, Вт:  $P_{3\phi 2} = \sqrt{3}U_{\phi I} \cos\varphi$

для 3-фазного трехэлементного счетчика, Вт:

$$P_{3\phi 4} = U_{aI} \cos\varphi_1 + U_{bI} \cos\varphi_2 + U_{cI} \cos\varphi_3$$

# Счетчики электрической энергии

## Классификация счетчиков электрической энергии

### 9. По количеству направлений учета электроэнергии

- однонаправленные (1Н);
- двунаправленные (2Н).

### 10. По наличию выходов, типу интерфейса

- телеметрический выход (ТИ);
- цифровой выход, типа RS-232;
- цифровой выход, типа RS-485 (двухпроводный);
- цифровой выход, типа CAN (четырёхпроводный);
- оптический интерфейс (УСО).

## Контрольные вопросы к Главе 3.

1. Приведите классификацию однофазных счетчиков электрической энергии?
2. Приведите классификацию трехфазных электросчетчиков?
3. Приведите схемы включения однофазных счетчиков электрической энергии?
4. Приведите схемы включения трехфазных счетчиков электрической энергии – 3-фазных 3-х проводных?
5. Приведите схемы включения трехфазных счетчиков электрической энергии – 3-фазных 4-х проводных?
6. Поясните, чем отличаются трехфазная четырехпроводная схема включения трехфазного электросчетчика от трехфазной трехпроводной схемы включения?
7. Приведите формулу расчета активной мощности для однофазного счетчика?
8. Приведите формулу расчета активной мощности для трехфазного двухэлементного электросчетчика?
9. Приведите формулу расчета активной мощности для трехфазного трехэлементного счетчика в четырехпроводной сети?
10. Приведите формулу расчета реактивной мощности в трехпроводной и четырехпроводной сети?
11. Приведите и поясните формулу пересчетного коэффициента ( $K_p$ )?
12. Какие типы преобразователей цифровых интерфейсов, применяемых для связи с современными электросчетчиками, вы знаете?

## Глава 4. ОДНОФАЗНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ МНОГОТАРИФНЫЕ СЧЕТЧИКИ

Однофазные электронные многотарифные счетчики предназначены для ведения многотарифного учета электроэнергии индивидуально или в составе АСКУЭ.

Технические требования, предъявляемые ОАО «Мосэнергосбыт» к однофазным многотарифным электросчетчикам:

- Класс точности, не хуже 2,0 %
- Рабочий диапазон температур (- 20\_ +50) С
- Межповерочный интервал, не менее 16 лет
- Точность хода встроенных часов, не хуже  $\pm 1$ с/сутки
- Количество тарифов, не менее 4
- Отображение тарифных зон должно иметь следующее обозначение:
  - обозначение дневного тарифа –Т1;
  - обозначение ночного тарифа –Т2;
  - обозначение дополнительного тарифов – Т3; Т4.
- Наличие интерфейса связи (двухпроводный) RS 485

- Иметь удобное и понятное для пользователя программное обеспечение, обеспечивающее работу со счетчиком, как в локальном, так и в сетевом режиме.
- 9. Монтажная плата должна быть выполнена по технологии поверхностного монтажа.
- 10. Крепление силовых цепей должно быть выполнено под два винта диаметром, не менее 5 мм, и обеспечивать надежное присоединение.
- 11. Сохранение работоспособности при пониженном сетевом напряжении (до 160В).
- 12. Установочные размеры (138x92) мм
- 13. Гарантийные обязательства, не менее 16 лет
- 14. Габаритные размеры (208x135x114) мм
- 15. Конструкция и схемные решения должны обеспечивать применение современных комплектующих с большим сроком службы и повышенной степенью интеграции.
- 16. Счетчик, при отключении сетевого питания или выходе из строя жидкокристаллического индикатора, должен обеспечивать сохранность информации о потребленной электроэнергии и возможность ее считывания для использования в расчетах с потребителем. Информация об этом и способ ее считывания должны быть внесены в техническую документацию и в паспорт на изделие отдельным пунктом.

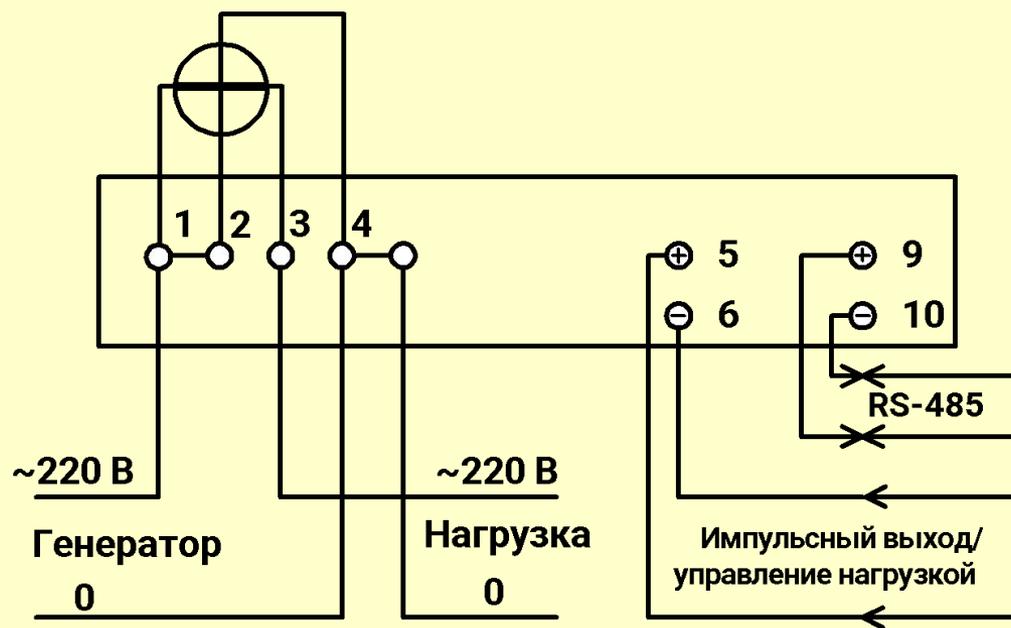
## Однофазный многотарифный счетчик электрической энергии СЭБ-2А.05.2



Однофазный многотарифный  
счетчик электроэнергии  
СЭБ-2А.05.2

# Однофазный многотарифный счетчик электрической энергии

## Схема подключение счетчика типа СЭБ-2А.05.2



## Однофазные многотарифные электросчетчики типа Меркурий 200.02



Электросчетчик Меркурий 200.02

## Контрольные вопросы к Главе 4.

1. Для каких целей применяются однофазные электронные многотарифные счетчики электрической энергии?
2. Приведите и поясните основные требования ОАО «Мосэнергосбыт» к однофазным электронным многотарифным счетчикам электроэнергии?
3. Поясните принцип действия электронного однофазного многотарифного счетчика, типа СЭБ-2А.05.2., производства Нижегородского завода им. М.В. Фрунзе. Приведите основные технические характеристики?
4. Поясните принцип действия однофазного многотарифного многофункционального счетчика электрической энергии СЭБ-1ТМ.02 (с функцией управления нагрузкой), производства Нижегородского завода им. М.В. Фрунзе. Приведите основные технические характеристики?
5. Поясните принцип действия электронного однофазного многотарифного счетчика, типа Меркурий 200.02, производства ООО «Фирмы ИНКОТЕКС». Приведите основные технические характеристики?
6. Приведите схемы включения однофазных многотарифных счетчиков электрической энергии?
7. Приведите примеры электронных многотарифных счетчиков электроэнергии других заводов-изготовителей?
8. Чем отличается однофазный многотарифный счетчик электрической энергии где в качестве датчика тока применяется трансформатор от счетчика где в качестве датчика тока применяется шунт?

## Глава 5. ТРЕХФАЗНЫЕ МНОГОТАРИФНЫЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СЧЕТЧИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ



Многотарифный,  
многофункциональный,  
активно – реактивный,  
совмещенный электросчетчик  
типа СЭТ-4ТМ.02.2

# ТРЕХФАЗНЫЕ МНОГОТАРИФНЫЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОСЧЕТЧИКИ



**Многотарифный,  
многофункциональный,  
активно – реактивный,  
совмещенный электросчетчик  
типа СЭТ-4ТМ.03.**

# ТРЕХФАЗНЫЕ МНОГОТАРИФНЫЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОСЧЕТЧИКИ



Многотарифный  
многофункциональный  
электросчетчик типа  
Меркурий 230 ART

## Основные требования ОАО «Мосэнергосбыт» к трехфазным многотарифным счетчикам электрической энергии

- Счетчики должны соответствовать следующим основным требованиям:
  1. Класс точности - не хуже 0,5S (0,5 акт и 0,5/1,0 реакт энергия и мощность);
  2. Обеспечивать возможность подключения резервного источника питания и автоматического переключения на источник резервного питания при исчезновении основного (резервного) питания;
  3. Наличие энергонезависимой памяти для хранения профиля нагрузки с получасовым интервалом на глубину не менее 35 суток, данных по активной и реактивной электроэнергии с нарастающим итогом за прошедший месяц,;
  4. Обеспечивать подключение по одному или нескольким цифровым интерфейсам компонентов АИИС;
  5. Наличие энергонезависимых часов, обеспечивающих ведение даты и времени (точность хода не хуже  $\pm 0,5$  секунды в сутки с внешней автоматической коррекцией (синхронизацией));
  6. Наличие «Журнала событий», фиксирующего время и даты наступления событий.
    - В «Журнале событий» должны фиксироваться:
    - попытки несанкционированного доступа;

- связи со счетчиком, приведших к каким-либо изменениям данных;
  - изменение текущих значений времени и даты при синхронизации времени;
  - отклонения тока и напряжения в измерительных цепях от заданных пределов (обязательно при новом строительстве энергообъектов);
  - отсутствие напряжения при наличии тока в измерительных цепях;
  - перерывы питания.
7. Обеспечивать защиту от несанкционированного изменения параметров, а также от записи, при этом защита должна быть обеспечена **на программном** (логическом) уровне (установка паролей) и **аппаратном** (физическом) уровне (установка пломб, марок и т.п.);
  8. Обеспечивать автоматическую самодиагностику с формированием обобщённого сигнала в «Журнале событий»:
    - измерительного блока; вычислительного блока; таймера;
    - блока питания; дисплея;
    - блока памяти (подсчет контрольной суммы).
  9. Счетчики должны обеспечивать работоспособность в диапазоне температур, определенных условиями эксплуатации **(- 40 ... +60)**.
  10. Средняя наработка на отказ счетчика должна составлять не менее 35000 часов.
  11. Межповерочный интервал 10 лет.

12. Наличие интерфейса связи (двухпроводного) RS 485
13. Установочные размеры (214x155) мм
14. Габаритные размеры (294x165x121) мм
15. Гарантийные обязательства, приравненные к МПИ.
16. При выходе его из строя жидкокристаллического индикатора (ЖКИ), электросчетчик должен обеспечивать сохранность информации о потребленной электроэнергии и возможность ее считывания для использования в расчетах с потребителем. Информация об этом и способ ее считывания должны быть внесены в техническую документацию и в паспорт на изделие отдельным пунктом.
17. Конструкция и схемные решения должны обеспечивать применение современных комплектующих с большим сроком службы и повышенной степенью интеграции.
18. Конструкция и схемные решения должны обеспечивать:
  - унификацию по присоединительным и установочным размерам, возможность использования при различных схемах измерительных цепей (на два, три измерительных трансформатора тока и т.д.);
19. Иметь удобное и понятное для пользователя программное обеспечение, обеспечивающее работу со счетчиком как в локальном так и в сетевом режиме.
20. Наличие сервисных центров в Московском регионе.

## Вспомогательное оборудование

Для программирования и технического обслуживания многофункциональных многотарифных счетчиков электрической энергии типа СЭТ-4ТМ.02.2; ПСЧ-4ТМ.05; СЭТ-4ТМ.03, используется дополнительное вспомогательное оборудование.

### Устройства сопряжения оптические УСО-1; УСО-2

Устройства предназначены для бесконтактного подключения компьютера к внешнему устройству, оснащеному оптическим портом, с целью обмена информацией через интерфейс RS-232 (УСО-1) и USB (УСО-2).

### Преобразователи интерфейсов ПИ-1; ПИ-2

Предназначены для создания последовательных коммуникационных каналов связи систем промышленной автоматизации. Преобразователь интерфейса ПИ-1 осуществляет преобразование сигналов интерфейса RS-232, а ПИ-2 – сигналов стандарта USB (1.1) в гальванически изолированные электрические сигналы интерфейсов RS-232/RS-485, и наоборот.

## Контрольные вопросы к Главе 5.

1. Приведите основные технические характеристики электронного трехфазного многотарифного многофункционального счетчика электроэнергии, типа СЭТ-4ТМ.02.2, производства Нижегородского завода им. М.В. Фрунзе?
2. Приведите основные технические характеристики электронного трехфазного многотарифного многофункционального счетчика электроэнергии, типа СЭТ-4ТМ.03, производства Нижегородского завода им. М.В. Фрунзе?
3. Приведите основные технические характеристики электронного трехфазного многотарифного многофункционального счетчика электроэнергии, типа Меркурий 230АТ, производства ООО «Фирмы ИНКОТЕКС». Основные технические характеристики?
4. Приведите примеры электронных трехфазных многотарифных многофункциональных счетчиков электроэнергии различных заводов-изготовителей?
5. Приведите основные схемы включения трехфазных электросчетчиков (прямого и трансформаторного включения)?
6. Поясните, чем отличаются трехфазная четырехпроводная схема включения трехфазного электросчетчика от трехфазной трехпроводной схемы включения?
7. Приведите основные типы вспомогательного оборудования (преобразователи интерфейсов, устройства сопряжения оптические и др.) используемые для программирования, считывания информации и технического обслуживания электросчетчиков?

## Глава 6. СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫХ СЧЕТЧИКОВ

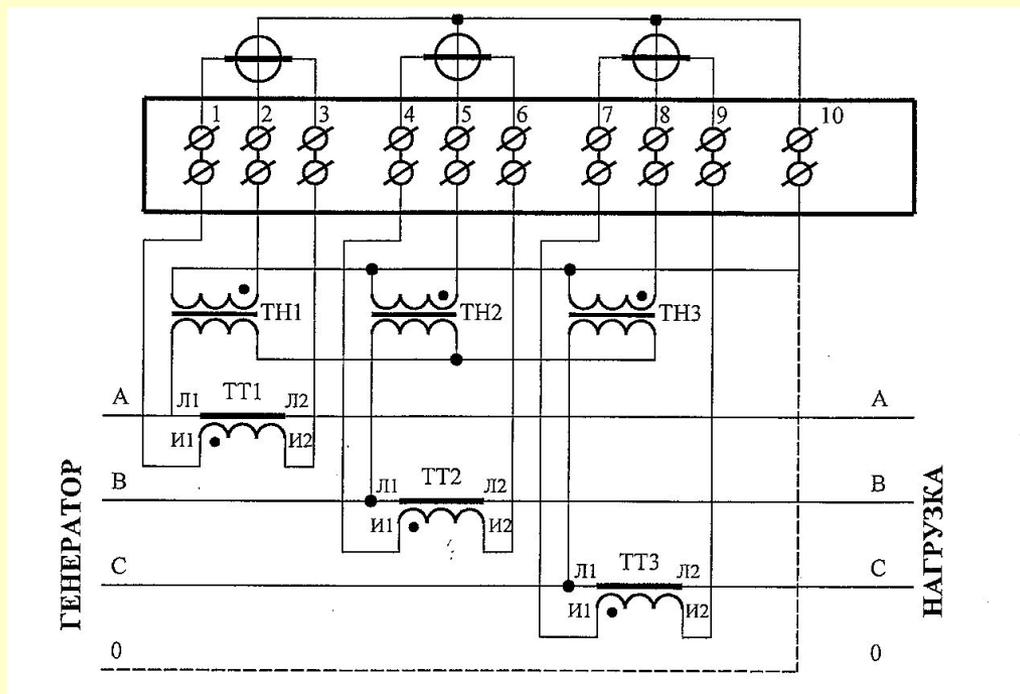


Рис. 1. Схема подключения счётчика к трехфазной 3- или 4-проводной сети с помощью трех трансформаторов напряжения и трех трансформаторов тока

## Схемы включения трехфазных счетчиков

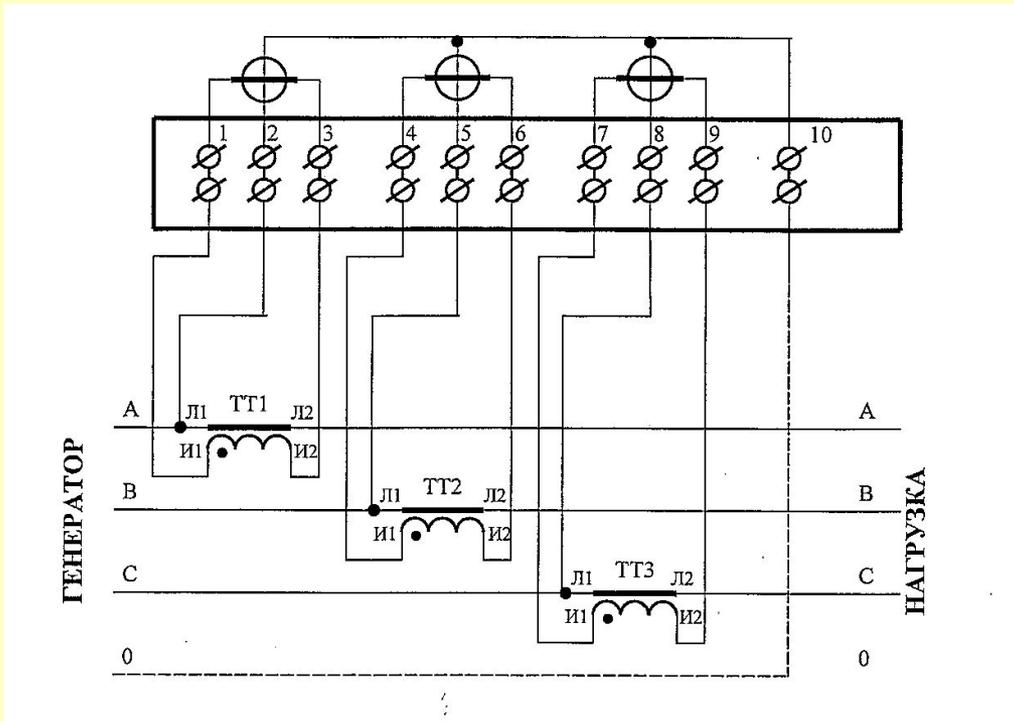


Рис. 2. Схема подключения счётчика к трехфазной 3- или 4-проводной сети с помощью трех трансформаторов тока

## Схемы включения трехфазных счетчиков

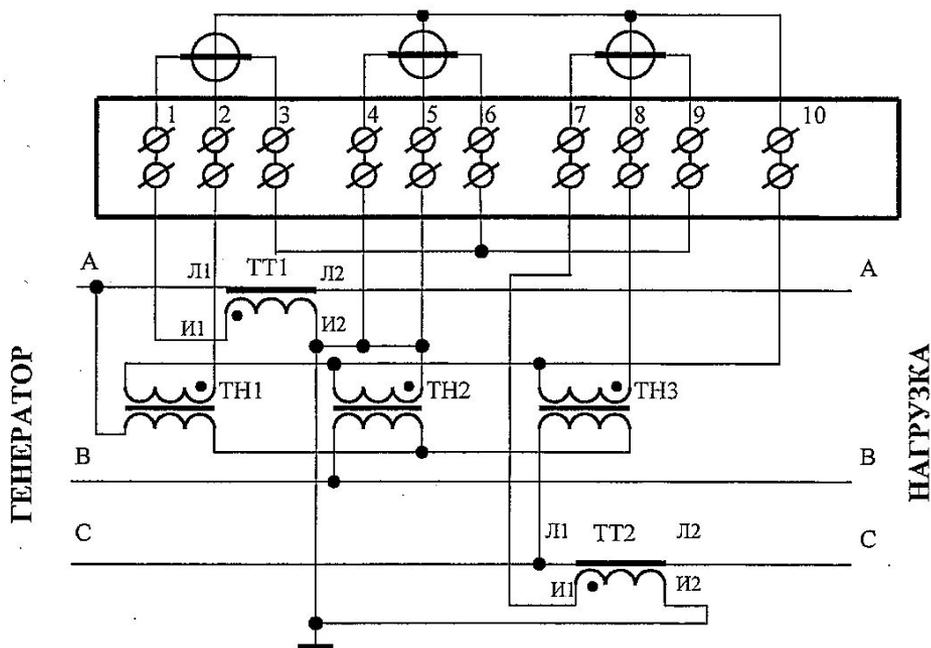


Рис. 3. Схема подключения счётчика к трехфазной 3-проводной сети с помощью трех трансформаторов напряжения и двух трансформаторов тока

## Схемы включения трехфазных счетчиков

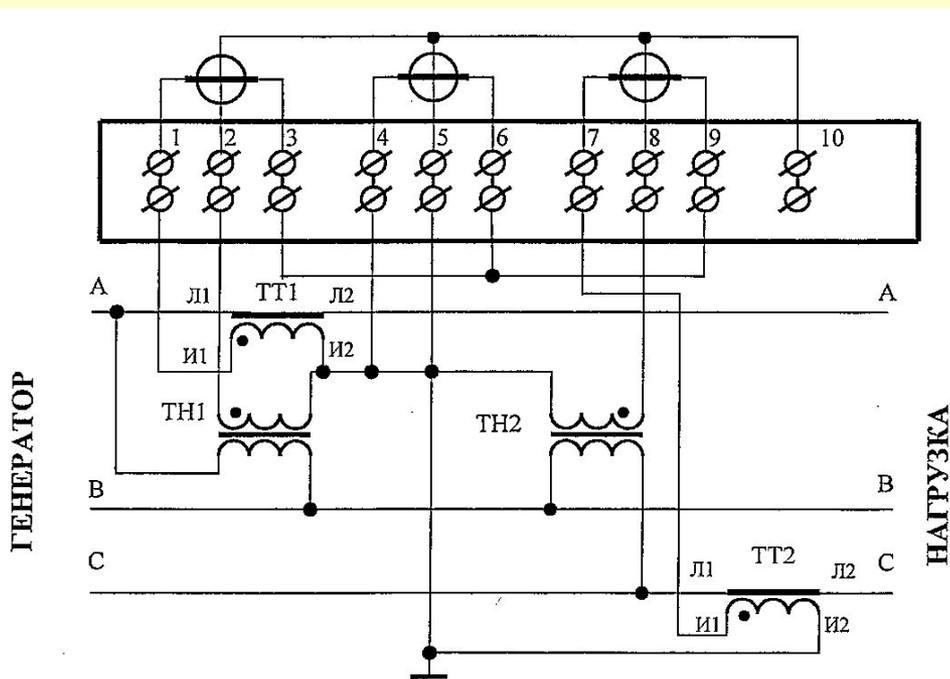
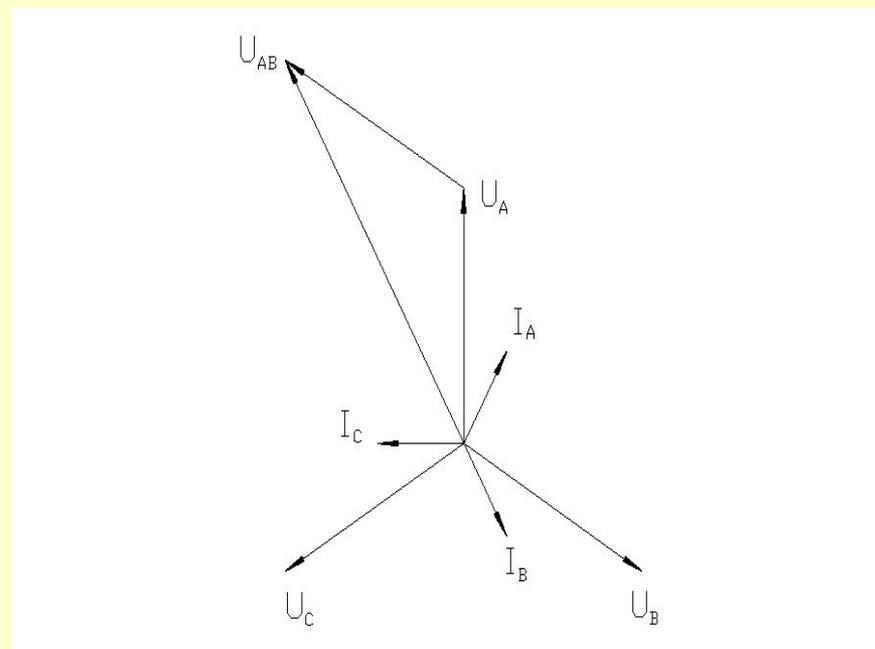


Рис. 4. Схема подключения счётчика к трехфазной 3-проводной сети с помощью двух трансформаторов напряжения и двух трансформаторов тока

## Контрольные вопросы к Главе 6.

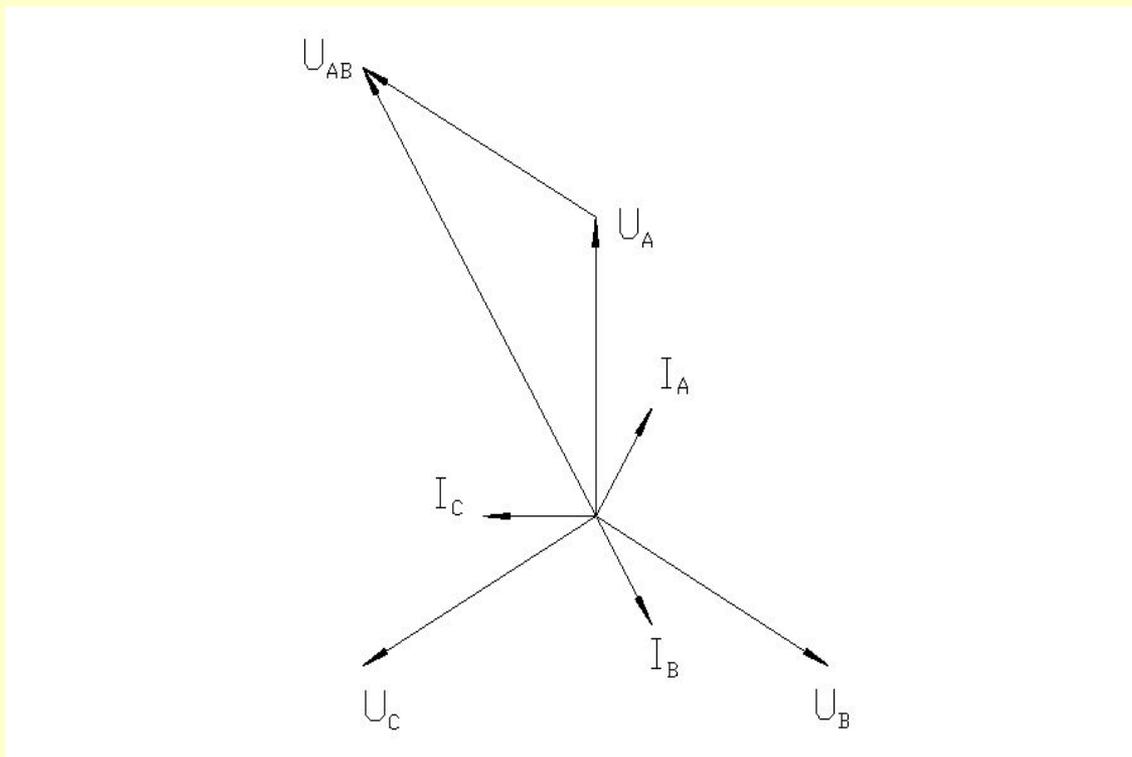
1. Приведите схему включения прямого счетчика?
2. Приведите схему включения трехэлементного счетчика типа ПСЧ-3А.05.2 в четырехпроводную сеть с отдельными цепями тока и напряжения?
3. Приведите схему включения трехэлементного счетчика типа СА4У-И672М в четырехпроводную сеть с совмещенными цепями тока и напряжения?
4. Приведите схему включения счетчиков для измерений активной и реактивной энергии в сети 388/220 В?
5. Приведите схему включения трехэлементного счетчика типа СЭТ-4ТМ.02.2 в четырехпроводную сеть с испытательной коробкой?
6. Приведите схему включения двухэлементного счетчика активной энергии и трехэлементного счетчика реактивной энергии в трехпроводную цепь с двумя измерительными ТТ и ТН? Приведите векторную диаграмму?
7. Приведите схему включения трехэлементных счетчиков активной и реактивной энергии в четырехпроводную цепь с тремя ТТ и заземленной фазой В ТН? Приведите векторную диаграмму?

## Глава 7. ВЕКТОРНАЯ ДИАГРАММА. СНЯТИЕ, ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ



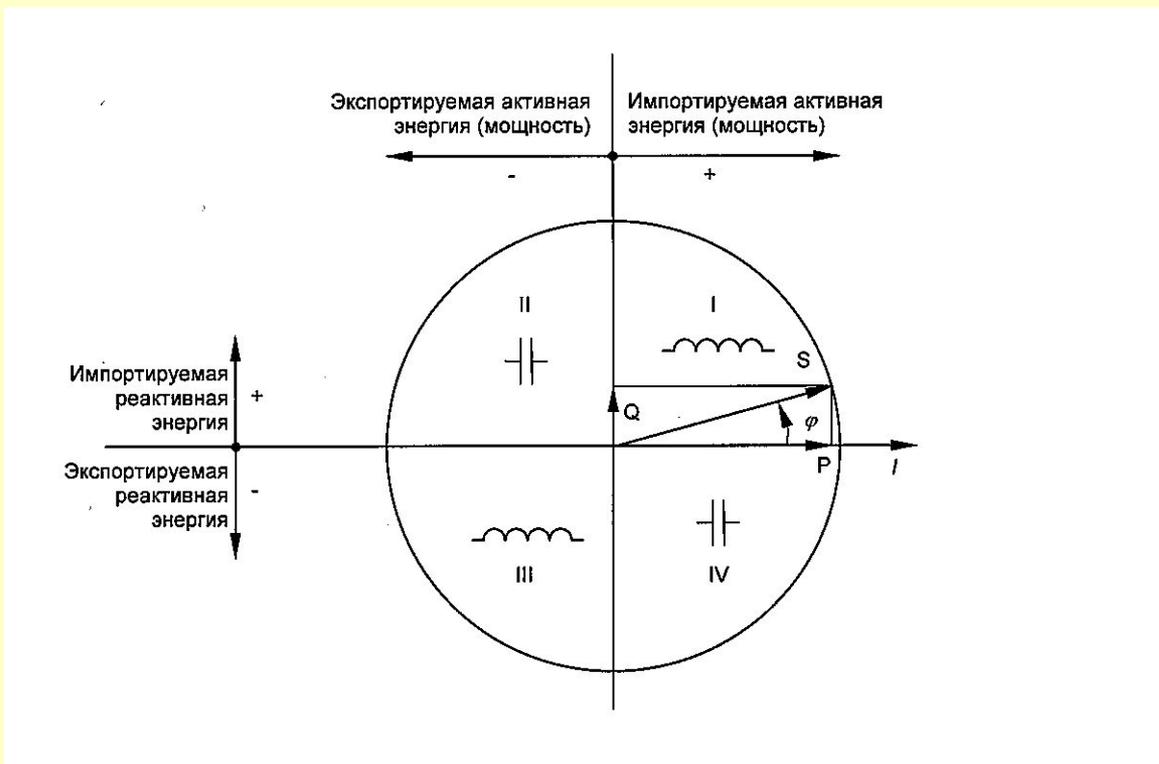
## Проверка правильности включения электросчетчика. Построение и анализ векторных диаграмм

Сделать вывод о правильности включения счетчика можно, если векторная диаграмма, снятая на его зажимах, совпадет с нормальной:



# Проверка правильности включения электросчетчика. Построение и анализ векторных диаграмм

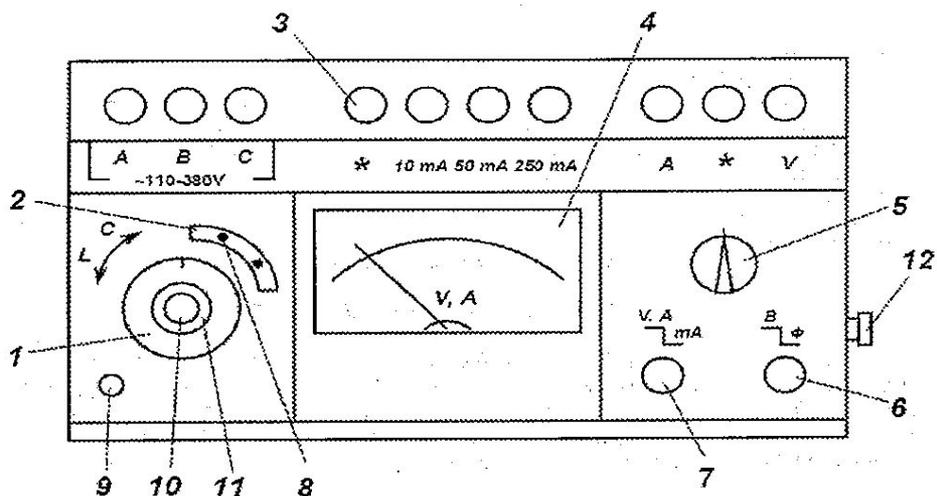
Диаграмма распределения активной и реактивной энергии по квадрантам. Диаграмма соответствует ГОСТ Р 52425 – 2005 «Счетчики реактивной энергии».



## Проверка правильности включения электросчетчика. Построение и анализ векторных диаграмм

Для снятия векторных диаграмм можно использовать  
вольтамперфазометр ВАФ-85 М1.

Прибор ВАФ-85 М1 предназначен для измерения значения и фазы  
переменного напряжения и тока, а также для определения  
чередования фаз. Значение тока может быть измерено без  
разрыва цепи.



1 - лимб фазовращателя; 2 - планка подвижная; 3 - гнездо контактное; 4 - механизм измерительный; 5 - переключатель диапазонов измерений;  
6 - переключатель "Величина-Фаза"; 7 - переключатель "V, A - mA"; 8 - винт прижимной; 9 - кнопка верньера; 10 - прижимной винт лимба; 11 - ручка фазовращателя; 12 - винт заземления; В - "Величина"; Ф - "Фаза"; L - нагрузка индуктивная; С - нагрузка емкостная.

Рисунок 1 - Передняя панель прибора.

## Проверка правильности включения электросчетчика. Построение и анализ векторных диаграмм

Перед снятием векторной диаграммы необходимо проверить установку нуля прибора. Произвести калибровку прибора по току и напряжению.

Калибровка прибора ВАФ-85М1 по току:

- На зажимы А, В, С подается трехфазное питание.
- Клещами, обращенными в сторону прибора, охватывается провод, идущий к зажиму С. Ток в этом проводе около 0,1 А, поэтому целесообразно намотать на клещи несколько витков.
- Переключатель «Величина»/«Фаза» установить в положение «Фаза». Вращением лимба устанавливают стрелку прибора на нуль, при этом с рисккой начала отсчета должен совпасть **нуль** лимба. Незначительное несовпадение корректируется путем совмещения планки с рисккой.

## Проверка правильности включения электросчетчика. Построение и анализ векторных диаграмм

### Калибровка прибора ВАФ-85М1 по напряжению:

- Для этого на зажимы А, В, С подается трехфазное питание.
- Соединяется перемычками гнезда фазы «А» с «\*», а фазы «В» с «V».
- Переключатель «Величина»/«Фаза» установить в положение «Фаза».
- Вращением лимба устанавливают стрелку прибора на нуль, при этом с рисккой начала отсчета должен совпасть нуль лимба.
- При несовпадении нуля лимба с рисккой на планке установки нуля отпустить прижимной винт 8, установить риску планки 2 против нуля лимба 1 фазовращателя и зажать прижимной винт.
- Снять перемычки и приступить к измерению

## Проверка правильности включения электросчетчика. Построение и анализ векторных диаграмм

### Порядок снятия векторной диаграммы:

- К контактным гнездам фаз «А», «В», «С» подводится соответственно напряжение трехфазного тока 110, 220, 380 В.
- Переключатель диапазонов измерений установить в положение («125», «250», «500» В) соответствующее величине подведенного к гнездам «А», «В», «С» трехфазного напряжения.
- Для проверки чередования фаз нажать кнопку верньера. При этом вращение оси фазовращателя с лимбом по часовой стрелке указывает на чередование фаз в последовательности ABC (BCA, CAB). (Изменение порядка следования любых двух фаз (ACB, BAC и CBA) вызывает процесс обратного чередования фаз, при котором электрические двигатели будут вращаться в противоположную сторону).
- К контактным гнездам «\*» и «А» присоединяют электроизмерительные клещи, в соответствии с маркировкой (стержень соединительной вилки, имеющей обозначение «\*», должен входить в контактное гнездо, обозначенное «\*» на приборе).

## Проверка правильности включения электросчетчика.

### Построение и анализ векторных диаграмм

- Переключатель  $V, A/mA$  установить в положение  $V, A$ .
- Переключатель «Величина»/«Фаза» установить в положение «Величина».
- Переключатель диапазонов измерений установить в положение 5A (10A) или 1A (в зависимости от величины ожидаемого измеряемого тока).
- Электроизмерительными клещами охватить провод, подключенный к началу токовой обмотки электросчетчика в «фазе А» («фазе В», «фазе С»). Сторона клещей, отмеченная «\*», должна быть обращена в сторону трансформаторов тока. Измерить величину тока в «фазе А», «фазе В», «фазе С».
- Переключатель «Величина»/«Фаза» установить в положение «Фаза». Вращением лимба стрелка прибора подводится к нулю. При этом направление поворота стрелки должно быть одинаковым с направлением вращения лимба. Целесообразнее вращать лимб против часовой стрелки, фиксируя при этом подход к нулю стрелки справа со стороны шкалы. Установив стрелку на нуль, отсчитывают угол по делению лимба, совмещенному с риской. Аналогичным образом измеряют угол других фаз, а также нулевого провода.

## Проверка правильности включения электросчетчика. Построение и анализ векторных диаграмм

- После снятия векторной диаграммы приступают к ее построению и анализу.
- Сначала строят векторы фазных напряжений  $U_a$ ,  $U_b$ ,  $U_c$  и вектор  $U_{ab}$ , опережающий на  $30^\circ$   $U_a$ ; ( $U_{ab} = U_a - U_b$ ).
- Откладывая относительно  $U_{ab}$  измеренные прибором углы, строят векторы тока.
- Угол со знаком «Инд.» откладывается по часовой стрелке, а со знаком «Емк.» против часовой стрелки.
- Далее, определяют углы между одноименными векторами токов и фазных напряжений (определяем угол от вектора тока против часовой стрелки до одноименного вектора фазного напряжения).
- Анализируем полученную векторную диаграмму в зависимости от характера нагрузки и полученной от диспетчера энергосистемы или службы РЗА информации о том, куда направлены активная и реактивная мощности: от шин или к шинам.
- Делаем заключение о правильности включения счетчика.

## Проверка правильности включения электросчетчика. Построение и анализ векторных диаграмм

### Пример 1.

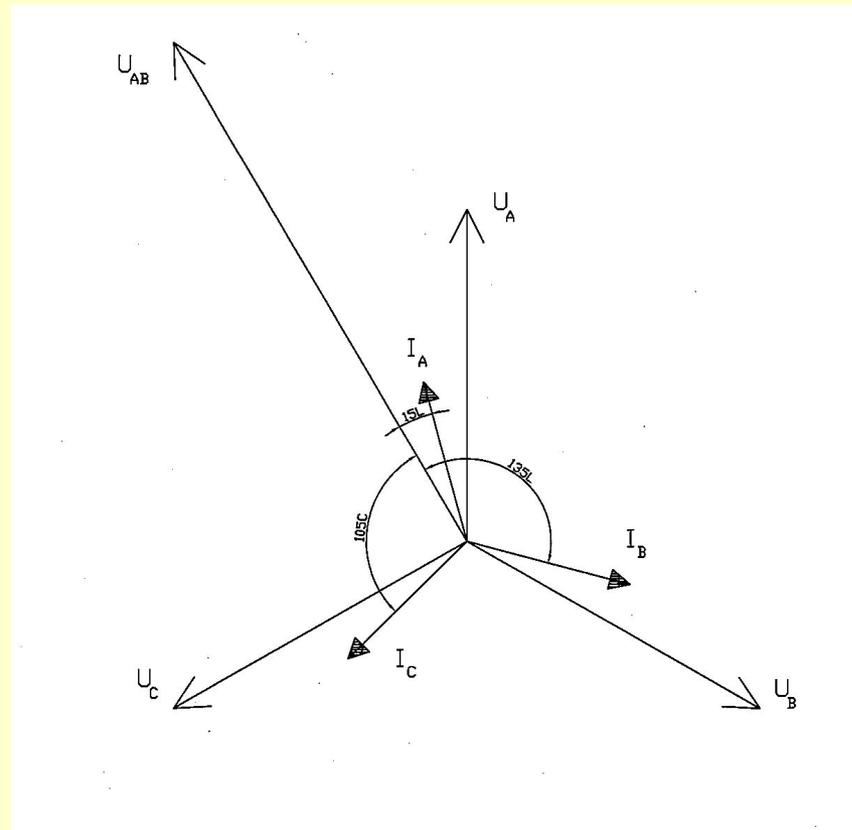
Счетчик активной энергии установлен на стороне низкого напряжения понижающего трансформатора в трехпроводной сети. Характер нагрузки емкостной. При снятии векторной диаграммы прибором ВАФ - 85М1 получены следующие данные:

Обозначение	A	C	0
Ток, А	1,2	1,2	1,2
Угол, град.	15L	105C	135L

Отложив от вектора линейного напряжения  $U_{ав}$  по часовой стрелке угол  $15^\circ$ , строят вектор тока  $I_a$ . Отложив от вектора линейного напряжения  $U_{ав}$  угол  $105^\circ$  против часовой стрелки и угол  $135^\circ$  по часовой стрелке, строят вектора  $I_c$  и  $I_o$ .

## Проверка правильности включения электросчетчика. Построение и анализ векторных диаграмм

Вектор  $I_0$  по фазе и значению равен  $I_B$  (если за положительное направление  $I_0$  принять направление от трансформатора к счетчику, что и выполняется при снятии векторной диаграммы). На векторной диаграмме токи опережают соответствующие фазные напряжения на  $\varphi = 15^\circ$  (емкостной характер нагрузки). Следовательно, счетчик включен правильно.



## Проверка правильности включения электросчетчика. Построение и анализ векторных диаграмм

### Пример 2.

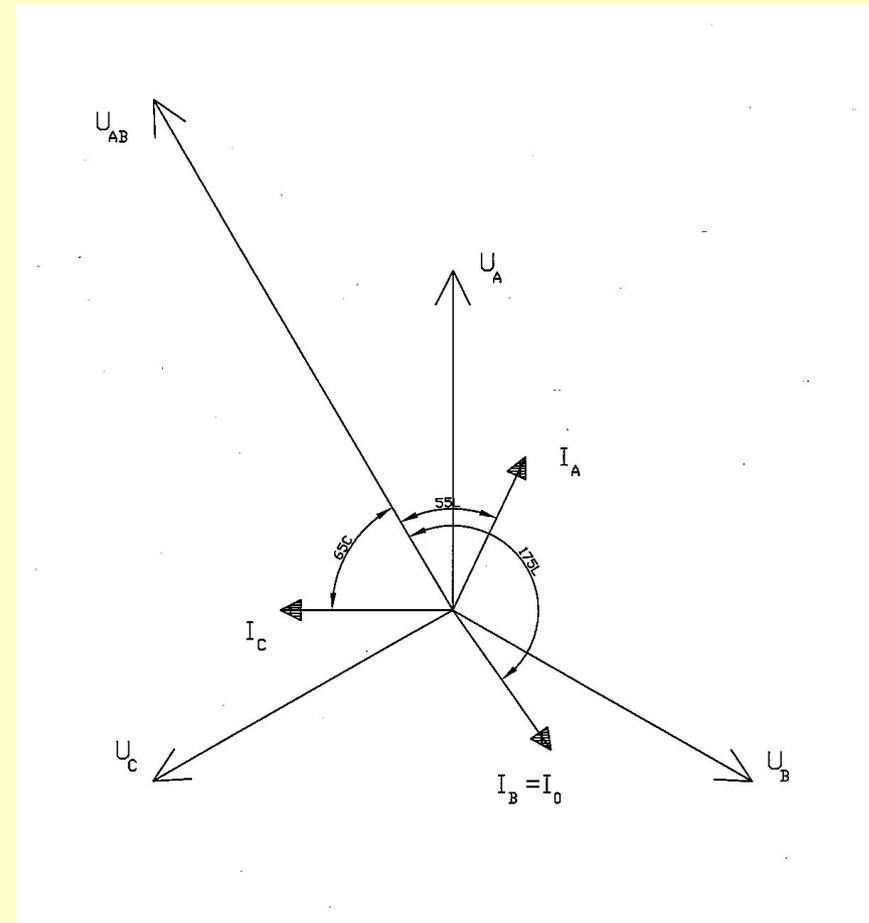
Счетчик активной энергии установлен на присоединении с индуктивным характером нагрузки. При снятии векторной диаграммы прибором ВАФ-85 получены следующие данные:

Обозначение	A	C	0
Ток, А	1,2	1,2	1,2
Угол, град.	55L	65C	175L

Отложив от вектора линейного напряжения  $U_{ав}$  по часовой стрелке угол  $55^\circ$ , строят вектор тока  $I_a$ . Отложив от вектора линейного напряжения  $U_{ав}$  угол  $65^\circ$  против часовой стрелки и угол  $175^\circ$  по часовой стрелке, строят вектора  $I_c$  и  $I_o$ .

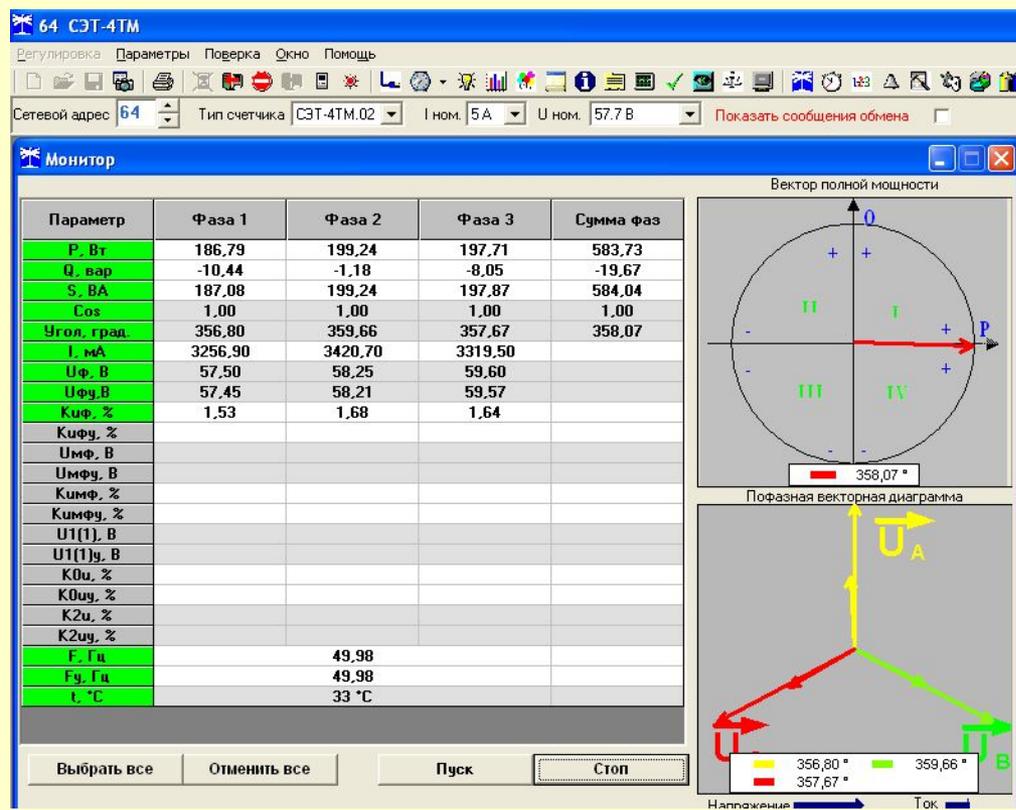
# Проверка правильности включения электросчетчика. Построение и анализ векторных диаграмм

Вектор  $I_0$  по фазе и значению равен  $I_B$  (если за положительное направление  $I_0$  принять направление от трансформатора к счетчику, что и выполняется при снятии векторной диаграммы). На векторной диаграмме токи отстают от соответствующих фазных напряжения на  $\varphi = 25^\circ$  (индуктивный характер нагрузки). Следовательно, счетчик включен правильно.



# Проверка правильности включения электросчетчика. Векторная диаграмма полученная ПО «Конфигуратор СЭТ-4ТМ»

Программное обеспечение «Конфигуратор СЭТ-4ТМ», предназначенное для технического обслуживания и программирования электросчетчиков типа СЭТ-4ТМ.02.2 или СЭТ-4ТМ.03 можно использовать для снятия, запоминания и анализа векторных диаграмм.



# Проверка правильности включения электросчетчика. Векторная диаграмма снятая образцовым счетчиком ЦЭ 6815

Распечатка параметров сети,  
векторной диаграммы,  
полученная с помощью  
образцового счетчика ЦЭ6815.

**ПРОТОКОЛ 14**  
поверки от 31-03-06

Объект:  
Присоединение: Фидер-050  
Счетчик СЭТ4 1.5 №037241  
Эталонное ср-во измерения ЦЭ 6815 №0011  
Схема: 3Ф Зпр 2эл расч

Параметры сети

Частота F=50.01 Гц

Напряжения		Токи	
U1=63.273 В	I1=985.74 мА	U2=63.031 В	I2=910.57 мА
U3=63.268 В	I3=962.21 мА		

Узлы U^U		Узлы U^I	
U1^U2= 119.8°	U1^I1=-160.7°	U2^U3= 119.8°	U2^I2= -39.7°
U2^U1= 120.3°	U3^I3= 83.9°	U3^U1= 120.3°	

Мощности

активная	PΣ= -8.18 Вт
реактивная	QΣ= 3.26 ВАР
полная	SΣ= 180.64 ВА

Cosφ=-0.045 Sinφ= 0.018

Погрешность

P+	C=5000.000	δ=*****%
P-	C=5000.000	δ=*****%
Q+	C=5000.000	δ=*****%
Q-	C=5000.000	δ=*****%

## Контрольные вопросы к Главе 7.

### Вариант 1.

1. Построить векторную диаграмму. ( Схема 3 фазн. 4 пров.)
2. Определить характер нагрузки. Обосновать.
3. Определить в каком квадранте находятся вектора тока. Обосновать.
4. Определить направление активной и реактивной мощности (А и R).

Обозначение	A	B	C
Ток, А	1,2	1,2	1,2
Угол, град	40 Инд.	160 Инд.	80 Емк.

### Вариант 2.

1. Построить векторную диаграмму. ( Схема 3 фазн. 4 пров.)
2. Определить характер нагрузки. Обосновать.
3. Определить в каком квадранте находятся вектора тока. Обосновать.
4. Определить направление активной и реактивной мощности (А и R).

Обозначение	A	B	C
Ток, А	1,2	1,2	1,2
Угол, град	20 Инд.	140 Инд.	100 Емк.

## Контрольные вопросы к Главе 7.

### Вариант 3.

1. Построить векторную диаграмму. ( Схема 3 фазн. 4 пров.)
2. Определить характер нагрузки. Обосновать.
3. Определить в каком квадранте находятся вектора тока. Обосновать.
4. Определить направление активной и реактивной мощности (А и R).

Обозначение	А	В	С
Ток, А	1,2	1,2	1,2
Угол, град	100 Емк.	20 Инд.	140 Инд.

### Вариант 4.

1. Построить векторную диаграмму. ( Схема 3 фазн. 4 пров.)
2. Определить характер нагрузки. Обосновать.
3. Определить в каком квадранте находятся вектора тока. Обосновать.
4. Определить направление активной и реактивной мощности (А и R).

Обозначение	А	В	С
Ток, А	1,2	1,2	1,2
Угол, град	160 Инд.	80 Емк.	40 Инд.

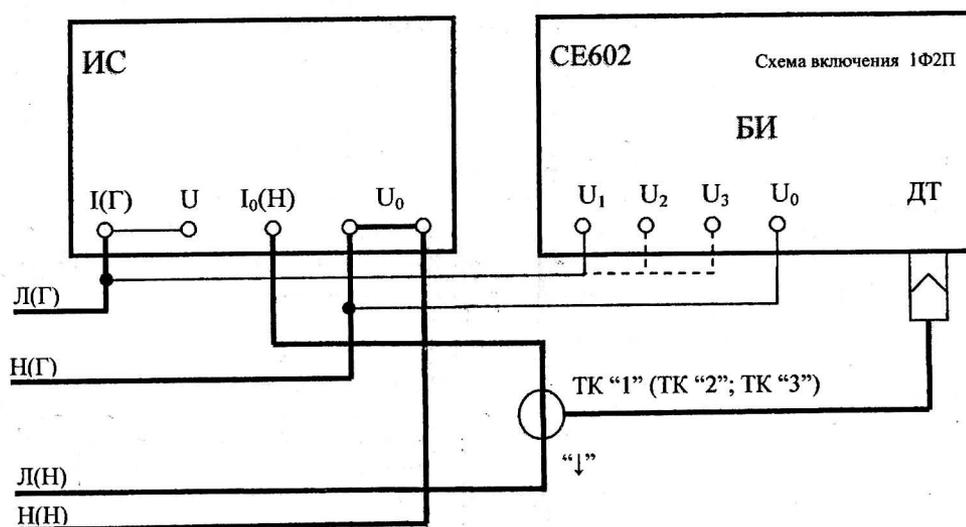
## Глава 8. ПРИБОР ЭНЕРГЕТИКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ЭНЕРГОМЕРА СЕ602



Предназначен для проверки однофазных и трехфазных средств измерений электрической мощности и энергии в лабораторных и производственных условиях (без разрыва токовых цепей). Определяет погрешности индукционных и электронных электросчетчиков на месте их установки без разрыва электрической цепи. Измеряет основные электроэнергетические величины в контролируемой однофазной и трехфазной сети.

## Основные схемы включения СЕ602-100К. Однофазный счетчик непосредственного включения (1ф2Пр).

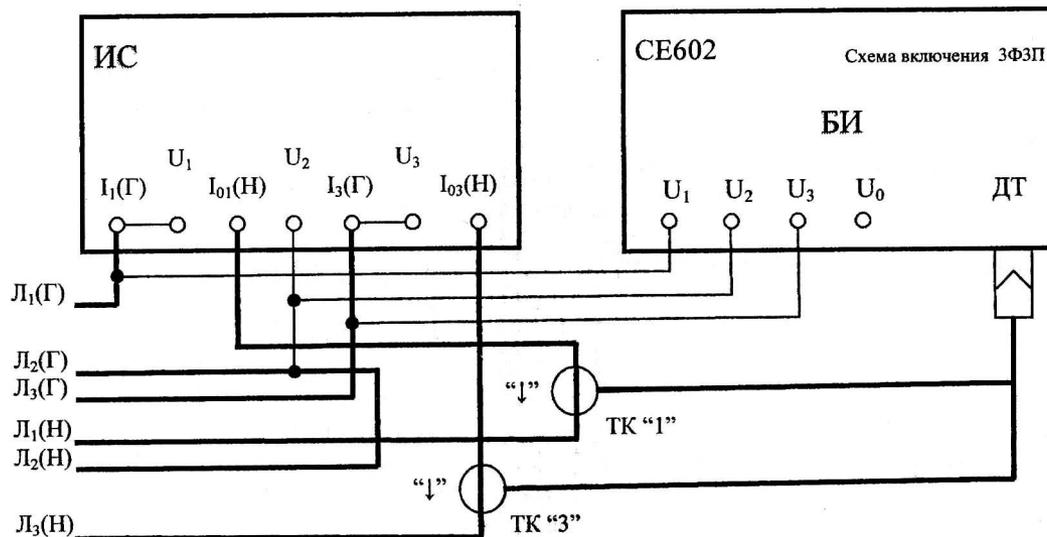
Схема подключения прибора при подключении к цепям тока с помощью токовых клещей для определения погрешности однофазного счетчика непосредственного включения



ИС – испытуемый однофазный счетчик непосредственного включения;  
БИ – блок измерительный прибора;  
ТК – токовые клещи прибора.

## Основные схемы включения СЕ602-100К. (3фазный 3-проводный непосредственного включения).

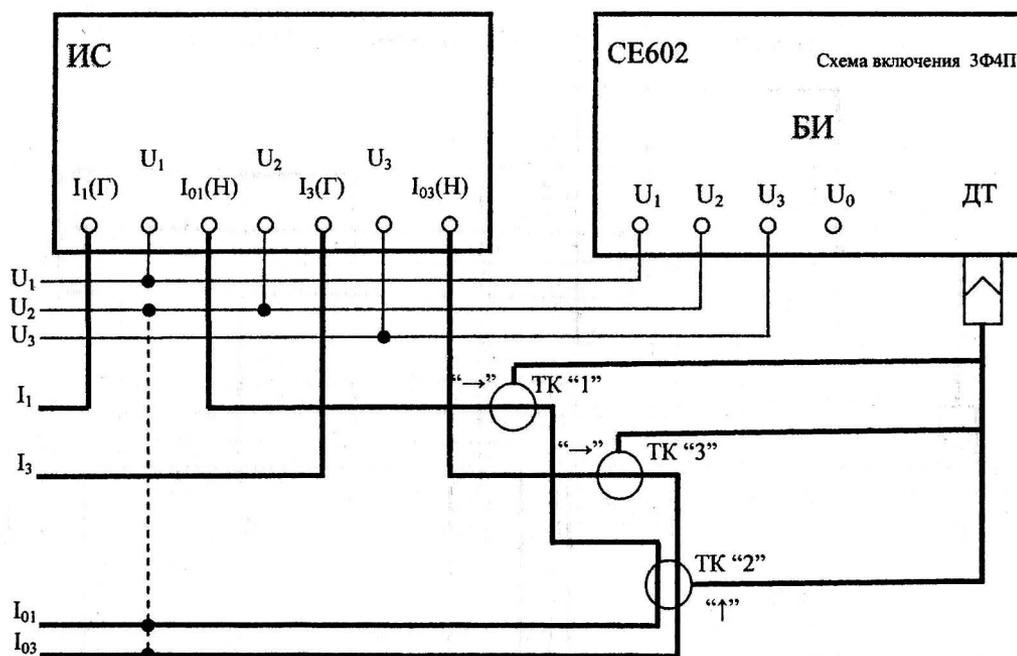
Схема подключения прибора с помощью токовых клещей для определения погрешности трехфазного трехпроводного счетчика непосредственного включения



ИС – испытуемый трехфазный трехпроводный счетчик непосредственного включения;  
БИ – блок измерительный прибора;  
ТК – токовые клещи прибора.

## Основные схемы включения СЕ602-100К. (3-фазный 3-проводный трансформаторного включения).

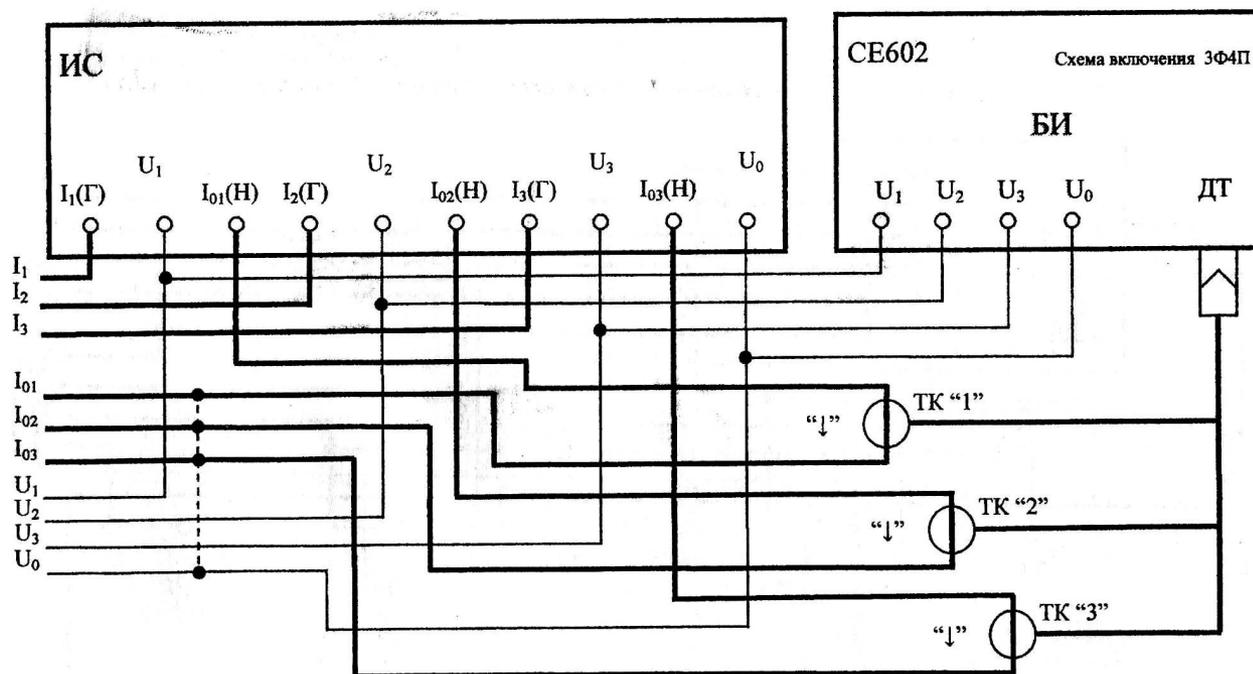
Допустимая схема подключения прибора с помощью токовых клещей для определения погрешности трансформаторного трехфазного трехпроводного счетчика



ИС – испытуемый трансформаторный трехфазный трехпроводный счетчик;  
БИ – блок измерительный прибора;  
ТК – токовые клещи прибора.

## Основные схемы включения СЕ602-100К. (3-фазный 4-проводный трансформаторного включения).

Схема подключения прибора с помощью токовых клещей для определения погрешности трансформаторного трехфазного четырехпроводного счетчика



ИС – испытуемый трансформаторный трехфазный четырехпроводный счетчик;  
БИ – блок измерительный прибора;  
ТК – токовые клещи прибора.

## Контрольные вопросы к Главе 8.

1. Перечислите основные технические характеристики и особенности прибора энергетика Энергомера СЕ602 – 100К?
2. Приведите порядок работы с прибором энергетика Энергомера СЕ602 – 100К?
3. Какие действия необходимо выполнить, чтобы добавить запись в прибор для проведения измерений?
4. Какие действия необходимо выполнить, чтобы произвести измерение погрешности электросчетчика на месте его установки?
5. Какие параметры сети измеряет прибор энергетика Энергомера СЕ602 – 100К?
6. Можно ли используя измеренные прибором СЕ602 – 100К параметры сети – сделать заключение о правильности включения электросчетчика? И как?
7. Как записать произведенные измерения в прибор? Как их можно использовать в дальнейшем?
8. Приведите основные отличия прибора СЕ602 – 100К от аналогичных, ЦЭ6806 П-0,1; ЦЭ6815; СЕ601?
9. Приведите основные схемы включения прибора СЕ602 – 100К?

## Глава 9. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Измерительные трансформаторы напряжения (ТН) предназначены для питания измерительных приборов (электросчетчиков) и схем релейной защиты.

Основными параметрами ТН являются номинальное первичное напряжение  $U_{1ном}$ , вторичное номинальное напряжение  $U_{2ном}$ . Отношение этих величин, называется номинальным коэффициентом трансформации:

$$K_{ном} = U_{1ном} / U_{2ном}$$

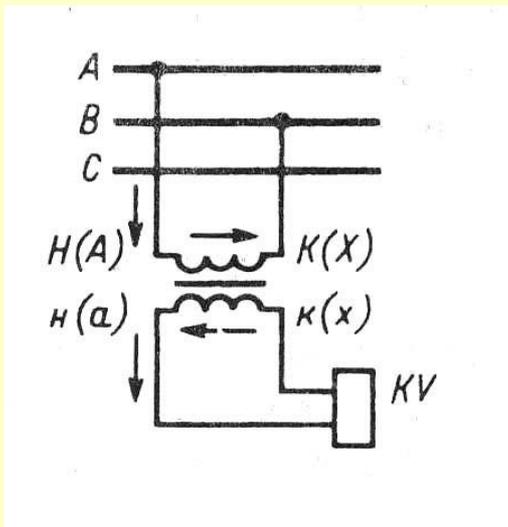


Схема включения трансформатора напряжения.

## Схема соединения трансформаторов напряжения в звезду.

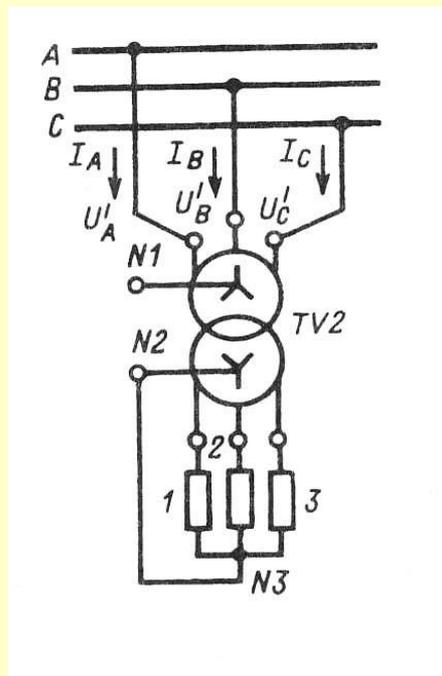
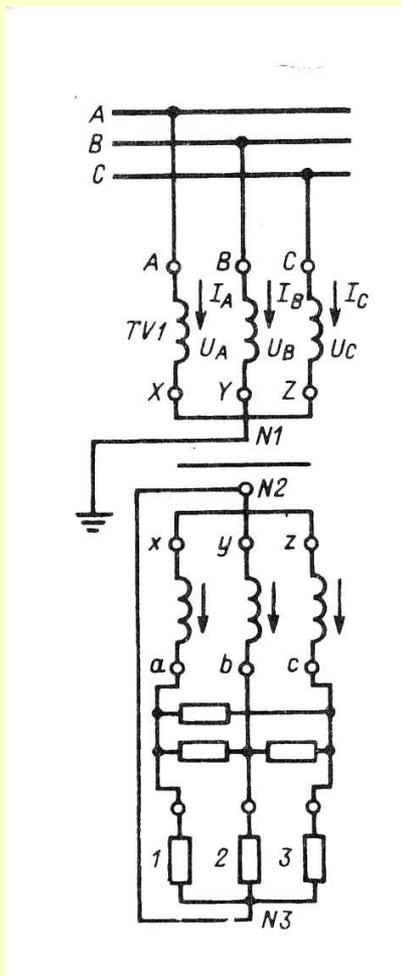
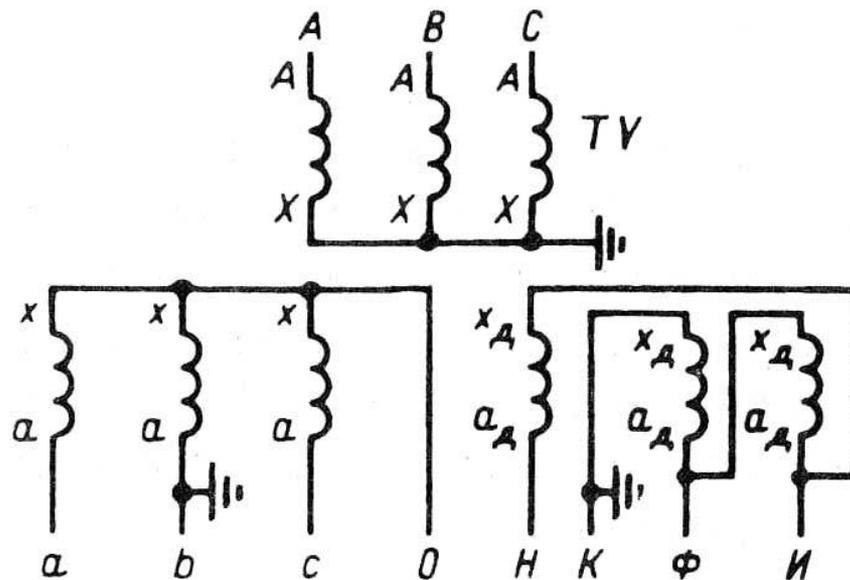


Схема соединений однофазных трансформаторов напряжения в звезду (схема звезды с заземленной нейтралью первичной обмотки - слева), (то же с заземленной нейтралью – справа).

## Измерительные трансформаторы напряжения



Измерительный трансформатор напряжения должен заземляться в трех точках:

1. Нейтраль по высокой стороне (первичная обмотка);
2. Обмотка «В» по низкой стороне (вторичная обмотка);
3. Конец разомкнутого треугольника X<sub>д</sub>.

## Измерительные трансформаторы напряжения

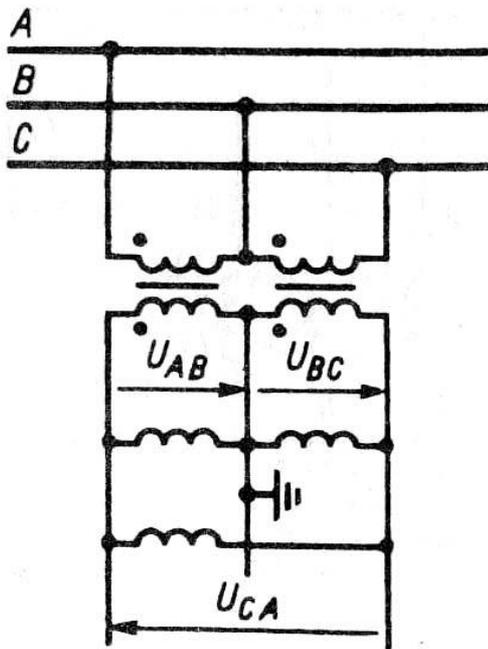
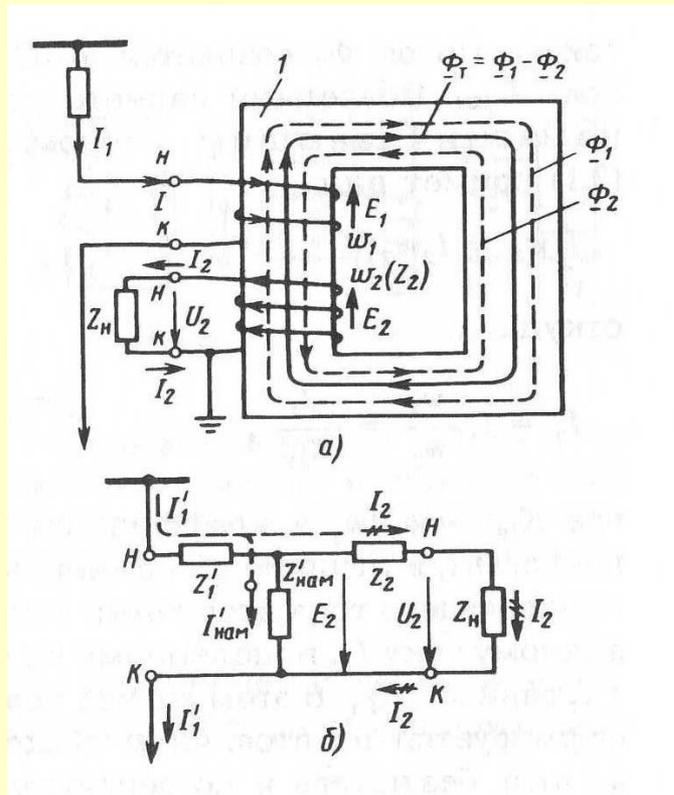


Схема соединений  
однофазных ТН в  
открытый треугольник

## Измерительные трансформаторы тока



Трансформаторы тока:  
а). принцип устройства;  
б). схема замещения (принято, что первичный ток и сопротивление первичной обмотки приведены к числу витков вторичной обмотки).

## Измерительные трансформаторы тока

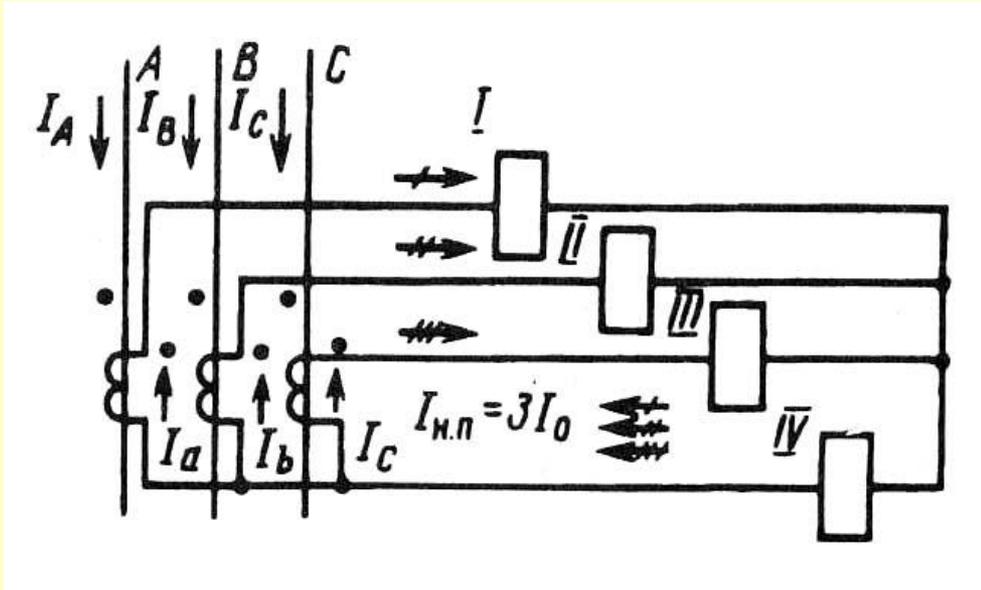


Схема соединения ТТ и обмоток реле в звезду.

## Измерительные трансформаторы тока

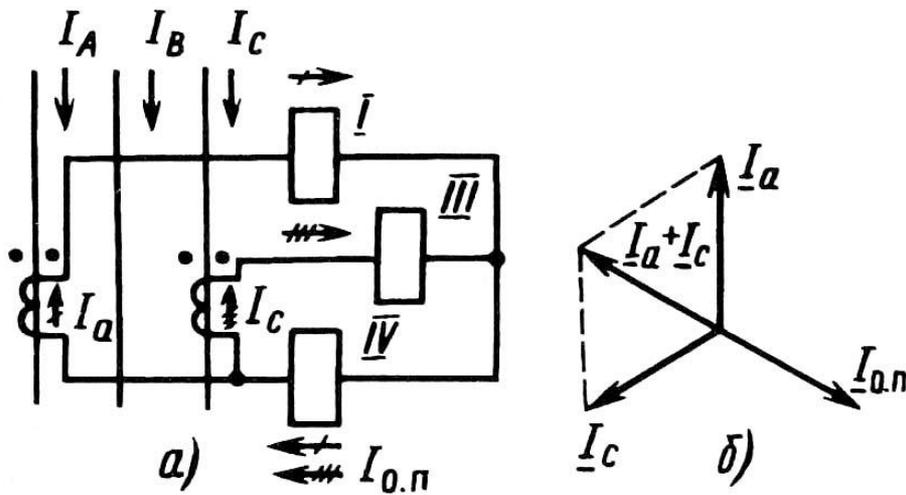


Схема соединения ТТ и обмоток реле в неполную звезду

## Контрольные вопросы к Главе 9.

1. Назначение измерительных трансформаторов тока и напряжения?
2. Условное обозначение трансформатора напряжения. Классификация трансформаторов напряжения?
3. Перечислите основные параметры и характеристики трансформаторов напряжения?
4. Приведите основные схемы соединения трансформаторов напряжения?
5. Условное обозначение трансформатора тока. Классификация трансформаторов тока?
6. Перечислите основные параметры и характеристики трансформаторов тока?
7. Принцип действия трансформатора тока?
8. Приведите обозначение выводов обмоток трансформаторов тока?
9. Приведите типовые схемы соединения обмоток трансформаторов тока?

## **Глава 10. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ ПО ЗАМЕНЕ, ПРОВЕРКЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ**

При выполнении работ по замене, проверке и измерениях в измерительном комплексе (цепях расчетного (коммерческого) и технического учета) необходимо соблюдать требования безопасности в соответствии ГОСТ 12.3.019-80, ГОСТ 12.2.007.0-75 (П.2.1.1., 2.7.1.), «Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей», «Правилами эксплуатации электроустановок», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

**Требования, предъявляемые к организации расчетного учета электрической энергии у потребителей:**

**1. Технические условия на организацию расчетного учета должны отражать требования ПУЭ, ПУЭЭ, РД 34.09.101-94, при их выдаче необходимо руководствоваться следующим:**

**1.1. Учет электроэнергии устанавливается на границе балансовой принадлежности.**

**1.2. Электросчетчики должны размещаться в помещениях, доступных для персонала.**

1.3. Для расчетов за электропотребление на всех объектах следует требовать установку электронных и микропроцессорных приборов учета рекомендованных энергосбытом.

1.4. При расчетной нагрузке до 80 А требовать установку счетчиков непосредственного включения (прямоточные).

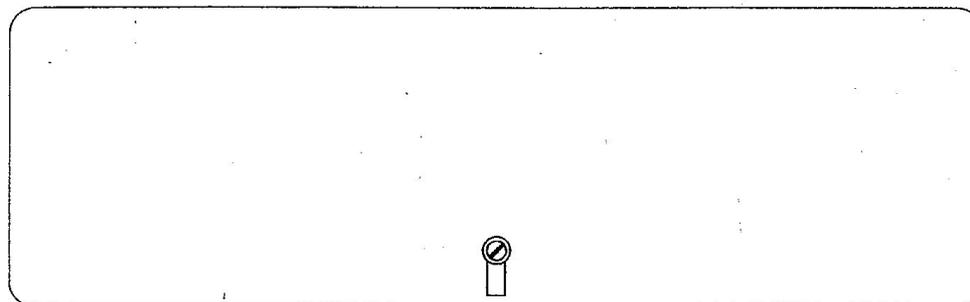
1.5. Для электросчетчиков, включаемых в цепь учета через измерительные трансформаторы, необходимо устанавливать испытательную коробку.

1.6. Вторичные выводы трансформаторов тока должны закрываться неразборной крышкой с возможностью пломбировки для исключения несанкционированного доступа. Класс точности ТТ – 0,5; 0,5S.

1.7. Выбрать измерительные трансформаторы тока в соответствии с требованиями гл. 1.5 ПУЭ. Испытательная коробка обязательна.

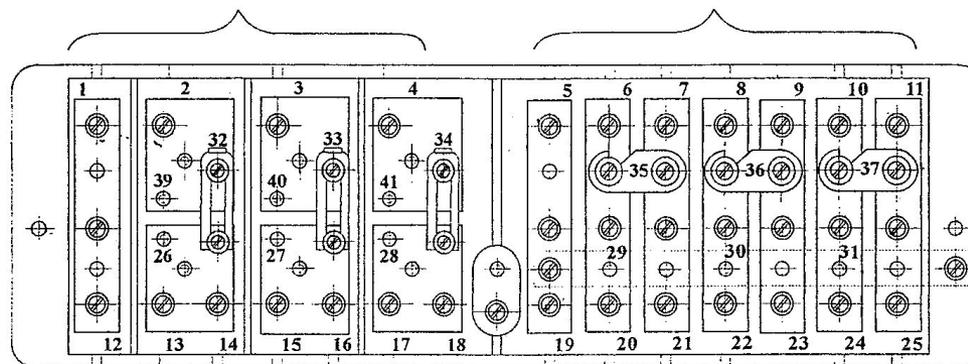
1.8. Цепи учета выполняются медным гибким проводом сечением не менее 2,5 мм<sup>2</sup> или алюминиевым проводом сечением не менее 4 мм<sup>2</sup> , маркируются , прокладываются единым жгутом, без разрывов.

# Испытательная коробка

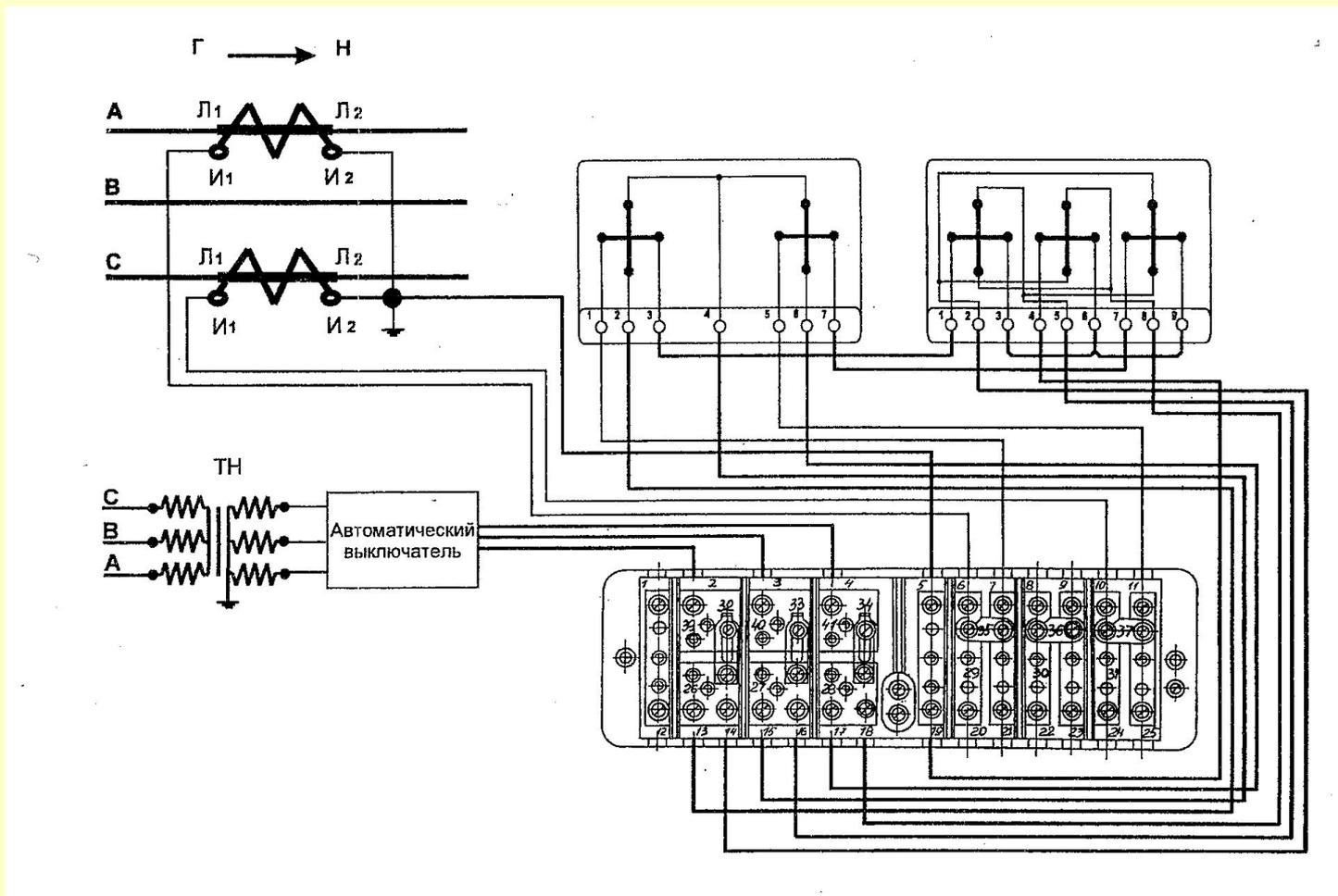


Зажимы цепей напряжения

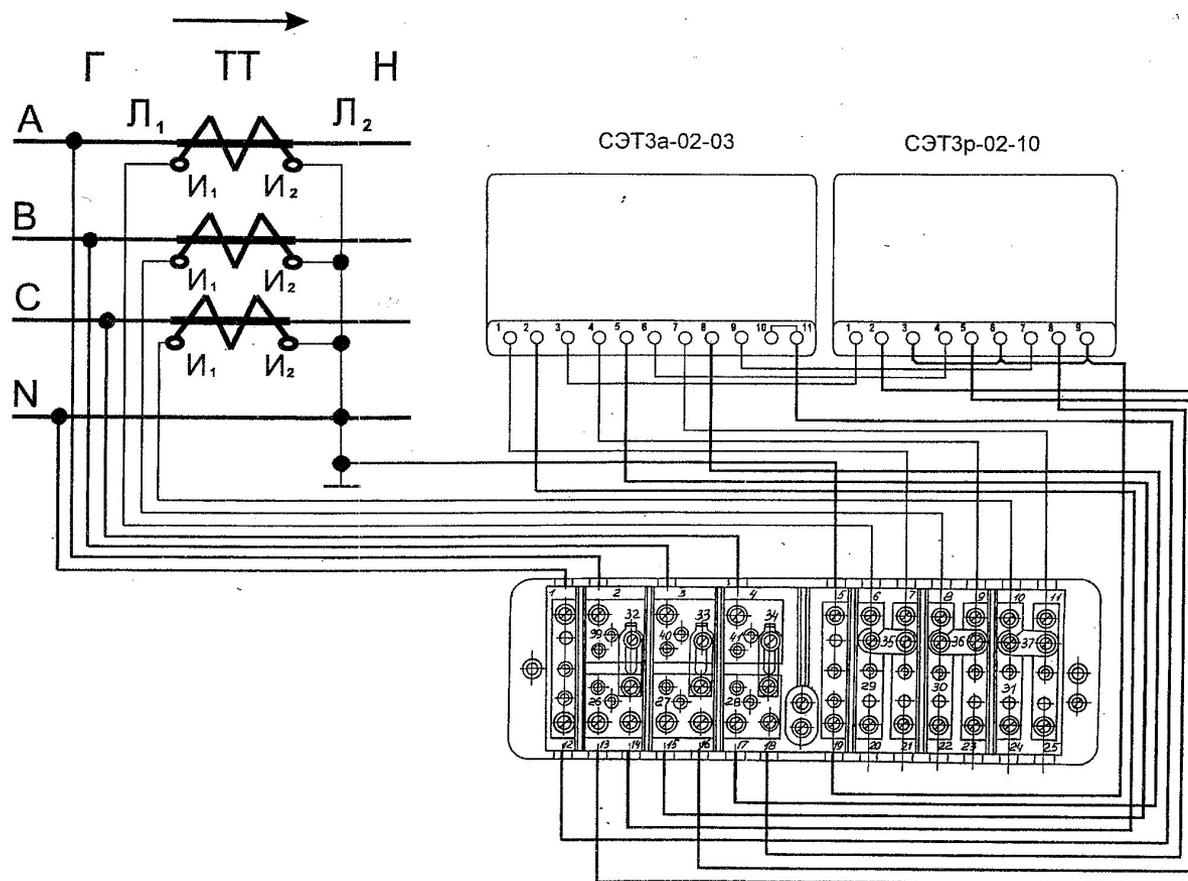
Зажимы цепей тока



# Подключение испытательной коробки и электросчетчиков к измерительным трансформаторам тока и напряжения, в электроустановках напряжением выше 1000В



# Подключение испытательной коробки и электросчетчиков к измерительным трансформаторам тока и напряжения, в электроустановках напряжением до 1000В



## Замена, проверка электросчетчиков. Оформление выполненных работ.

Работы по замене, проверке электросчетчиков оформляются Актом выполненных работ.

Обязательно заполняются графы Акта выполненных работ:

- - диспетчерское наименование присоединения;
- - адрес, наименование потребителя;
- - в графе «Составлен» подробно и разборчиво указываются должности и фамилии представителей организации, предприятия сетей и др.
- **1. Замена, проверка электросчетчиков.**
- В таблицу № 1 Акта выполненных работ заносится информация о снятых (активных, реактивных) электросчетчиках и вновь установленных. Обязательно заполняются все графы таблицы.
- **2. Проверка измерительного комплекса.**
- В графы таблицы № 2.1. «Измерительные трансформаторы», заносится информация об измерительных трансформаторах тока и напряжения, с «карт присоединений», находящихся на подстанциях, питающих центрах и т.д.

## 2.2. Векторная диаграмма.

Векторная диаграмма снимается с клемм электросчетчика, с помощью приборов ВАФ – 85; ВАФ ПАРМА А; образцового счетчика СЕ602-100К в соответствии с руководством по эксплуатации. Затем векторная диаграмма анализируется. При необходимости исправляется схема включения электросчетчика. В соответствии с полученной информацией заполняются графы таблицы № 2.2.

При проведении работ по замене счетчиков или исправления схемы векторную диаграмму необходимо снимать до замены и после замены электросчетчика.

## 2.3. Значение напряжений.

## 2.4. Нагрузка вторичных измерительных цепей.

Трансформаторы напряжения и тока.

## 2.5. Фиксация пломб на приборах и оборудовании, входящих в состав измерительного комплекса.

3. В ходе проверки были использованы приборы.

## 4. Заключение

- сделать заключение о проделанной работе. Указать выполненные изменения в схемах включения счетчиков, замеченные нарушения и др.

## **Оформление ПАСПОРТА - ПРОТОКОЛА измерительного комплекса.**

**Главной задачей** проведения ревизии средств учёта электрической энергии является проверка соответствия их фактического состояния требованиям, действующих нормативных документов, соблюдения сроков периодических поверок и повышения их защищённости от несанкционированного доступа. Ревизия должна осуществляться путём визуального осмотра, проверки пломб, технической документации на средства учёта электрической энергии и проведением инструментальной проверки и измерений.

При выполнении проверки и измерениях необходимо соблюдать требования безопасности в соответствии ГОСТ 12.3.019-80, ГОСТ 12.2.007.0-75 (П.2.1.1. , 2.7.1.), «Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей», «Правилами эксплуатации электроустановок», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

## Оформление ПАСПОРТА - ПРОТОКОЛА измерительного комплекса.

1. Наименование объекта (электростанция, подстанция).
2. Наименование присоединения.
3. Дата ввода комплекса в эксплуатацию.
4. Основные паспортные и эксплуатационные данные:
  - 4.1. Счетчики электрической энергии.

Заносится информация о счетчике электрической энергии. При проверке вторичных цепей необходимо руководствоваться следующими данными, определёнными в ПУЭ: п. 1.5.13.

На вновь устанавливаемых трехфазных счётчиках должны быть пломбы государственной поверки с давностью не более 12 мес., а на однофазных счётчиках - с давностью не более 2 лет.

Обязательно заполняются все графы:

вид учета (Р или К), вид энергии (А или R); тип счетчика;  
заводской номер счетчика; ток, А; напряжение, В; класс точности;  
схема включения (указать номер приложения руководства по эксплуатации);  
количество тарифов;  
другие данные.

- **4.2. Трансформаторы тока.**
- Заносится информация об измерительных трансформаторах тока (ТТ). Измеряется фактическая нагрузка. При проверке вторичных цепей необходимо руководствоваться ПУЭ:
- **п. 1.5.16.**
- Класс точности ТТ и ТН для присоединения расчётных счётчиков электроэнергии должен быть не более 0,5. Допускается использование ТН класса 1.0 для включения расчётных счётчиков класса точности 2,0.
- **п. 1.5.18.**
- Присоединение токовых обмоток счётчиков к вторичным обмоткам трансформаторов тока следует производить, как правило, отдельно от цепей защиты и совместно с электроизмерительными приборами.
- Допускается производить совместное присоединение токовых цепей, если раздельное их присоединение требует установки дополнительных трансформаторов тока, а совместное присоединение не приводит к снижению класса точности и надёжности цепей трансформатора тока, служащих для учёта, и обеспечивает необходимые характеристики устройств релейной защиты.
- Использование промежуточных трансформаторов тока для включения расчётных счётчиков запрещается (исключение см. п. 1.5.21 ПУЭ).

- **п. 1.5.23.**
- Цепи учёта следует выполнять на самостоятельные сборки зажимов или секции в общем ряду зажимов. При отсутствии сборок с зажимами необходимо устанавливать испытательные блоки.
- Зажимы должны обеспечивать закорачивание вторичных цепей трансформаторов тока, отключение токовых цепей счётчика и цепей напряжения в каждой фазе счётчиков при их замене или проверке, а также включение образцового счётчика без отсоединения проводов и кабелей.
- **п. 1.5.29.**
- Высота от пола до коробки зажимов счётчиков должна быть в пределах 0.8-1.7 м.
- Допускается высота менее 0.8 м., но не менее 0.4 м.
- Обязательно заполняются все графы:
  - тип трансформатора тока;
  - коэффициент трансформации;
  - заводской номер (фаза А), (фаза В), (фаза С);
  - класс точности измерительной обмотки;
  - номер пломбира;
  - допустимая нагрузка ( $V \cdot A$ ). Паспортные данные трансформаторов тока, информация заносится с «карт присоединений», находящихся на подстанциях, питающих центрах и т.д. При необходимости, информация уточняется в службе РЗА.

- фактическая нагрузка (измеренная нагрузка вторичных измерительных цепей  $V \cdot A$ ). В данном случае проверяется находится ли реальная нагрузка трансформатора тока в пределах допустимых значений паспортных данных ТТ. (ГОСТ 7746-2001 «Трансформаторы тока. Общие технические условия»). **Порядок проведения измерений:**
- - произвести измерение действующего значения тока в цепи ТТ, на каждом трансформаторе тока (используя ВАФ – 85 или токовые клещи);
- - произвести измерение напряжений на 1-м клемнике от трансформаторов тока, используя милливольтметр;
- - определить действующее значение потребляемой мощности токовой нагрузки по формуле:
- $S$  нагрузки (действующей) =  $I$  изм.цепи напр.\*  $U$  измеренный;
- - привести действующее значение потребляемой мощности к номинальному току вторичной обмотки трансформатора тока, по формуле:
- $S$  измер. =  $S$  измер. (действующая)\*( $I$  ном. ТТ /  $I$  измер.)<sup>2</sup>;
- - максимальное значение токовой нагрузки занести в графу «фактическая нагрузка». Провести анализ измерений.
- другие данные.
- **4.3. Трансформаторы напряжения.**
- Заносится информация об измерительных трансформаторах напряжения (ТН). Измеряется фактическая нагрузка. Обязательно заполняются все графы:

- тип трансформатора напряжения;
- коэффициент трансформации;
- заводской номер (фаза А), (фаза В), (фаза С);
- класс точности;
- допустимая нагрузка ( $V \cdot A$ ). Паспортные данные трансформаторов напряжения, информация заносится с «карт присоединений», находящихся на подстанциях, питающих центрах и т.д. При необходимости, информация уточняется в службе РЗА;
- фактическая нагрузка (измеренная нагрузка  $V \cdot A$ ). В данном случае проверяется находится ли реальная нагрузка трансформатора напряжения в пределах допустимых значений паспортных данных ТН. **Порядок проведения измерений:**
  - - произвести измерение напряжений и токов на 1-м клемнике от трансформаторов напряжения:
  - $U_{A0} \quad U_{B0} \quad U_{C0} \quad I_{An} \quad I_{Bn} \quad I_{Cn} \quad (U_{AB} \quad U_{BC} \quad U_{CA} \quad I_A \quad I_B \quad I_C)$
  - - произвести расчет:  $P = U_{A0} \cdot I_{An} + U_{B0} \cdot I_{Bn} + U_{C0} \cdot I_{Cn}$
  - или  $P = \sqrt{3}U$  линейное среднее \* I среднее арифметическое
  - - значение измеренной мощности занести в графу «фактическая нагрузка». Провести анализ измерений.

- **5. Схемы соединения и кабельные связи.**
- **5.1. Токовые цепи:**
- Схемы соединения измерительных обмоток тр. тока.
- **5.2. Цепи напряжения:**
- Схема соединения кабелей (с указанием маркировки, наименования сборок выводов шкафов и панелей), параметры кабелей и др.;
- Допустимое значение потерь напряжения от ТН до счетчика. Для каждой фазы проверяемого ТН необходимо определить величину нагрузки создаваемую измерительными цепями и падение напряжения в этой цепи. Для анализа нахождения измерительного ТН в классе руководствоваться ПУЭ пункт 1.5.19. «Сечение и длина проводов и кабелей в цепях напряжения расчетных счетчиков должны выбираться такими, чтобы потери напряжения в этих цепях составляли не более 0.25% номинального напряжения при питании от трансформаторов напряжения класса точности 0.5.
- Фактическое значение потерь напряжения от ТН до счетчика. Определение потери напряжения от измерительного ТН до счетчика осуществляется методом двух вольтметров производящих измерения на клеммах измерительной обмотки ТН и на соответствующих клеммах счетчика одновременно. Разница показаний этих вольтметров и определяет потери напряжения в измерительной цепи ТН.
- $\Delta U_a = U_{a1} - U_{a2}$ ;  $\Delta U_b = U_{b1} - U_{b2}$ ;  $\Delta U_c = U_{c1} - U_{c2}$ .

- **6. Вспомогательные аппараты.**
- **6.1. Автоматические выключатели:**
- Заносится информация:
- обозначение по схеме; тип автоматического выключателя;
- номинальный ток; тип защиты и плавкая вставка; номер.
- **6.2. Предохранители:**
- Заносится информация:
- обозначение по схеме; тип предохранителя; номинальный ток;
- ток плавкой ставки.
- **7. Информационно-измерительная система.**
- Заносится информация:
- тип имеющейся ИИС; номер; другие данные.
- **8. Погрешность измерительного комплекса (расчетная).**
- Предел допустимой относительной погрешности измерительного комплекса определяется по формуле, в соответствии с «Типовой инструкцией по учету электроэнергии при ее производстве, передаче и распределении» РД 34.09.101-94:

$$\delta_j = \pm 1,1 \sqrt{\delta_I^2 + \delta_U^2 + \delta_L^2 + \delta_{OC}^2},$$

## Оформление ПАСПОРТА - ПРОТОКОЛА измерительного комплекса.

- *\* Примечание: Для активно-реактивного (совмещенного, однонаправленного, двунаправленного) электросчетчика рассчитывается погрешность по активной и реактивной составляющей, отдельно.*
- **9. Регистратор событий:**
- Заносится информация:
- обозначение по схеме;
- тип регистратора;
- номер;
- другие данные.
- **10. Дата, вид поверки элементов комплекса:**
- Заносятся данные по первичному протоколу, дате его составления, номеру.
- **11. Дата, наименование выполненных работ.**
- Подписи ответственных лиц за составление Паспорта-Протокола измерительного комплекса по учету электроэнергии.

## Контрольные вопросы к Главе 10.

1. В каких случаях производится проверка электросчетчика?
2. В каких случаях производится замена электросчетчика?
3. Приведите основные требования к электрозащитным средствам?
4. Перечислите основные требования, предъявляемые к организации расчетного учета электрической энергии?
5. Приведите порядок подключения электросчетчиков до 1000В через испытательную коробку?
6. Приведите порядок подключения электросчетчиков выше 1000В через испытательную коробку?
7. Оформление Акта выполненных работ. Замена электросчетчика.?
8. Оформление Акта выполненных работ. Проверка электросчетчика?
9. Оформление Паспорта-протокола измерительного комплекса. Проведение измерений?

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**