

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ

Методические указания для проведения лабораторных работ
по дисциплине «Измерения и учет электроэнергии»

Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника
Профиль подготовки – Электропривод и автоматика
Квалификация выпускника – бакалавр

Невинномысск 2019

Методические указания предназначены для проведения для проведения лабораторных работ по дисциплине «Измерения и учет электроэнергии» для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и соответствуют требованиям ФГОС ВО направления подготовки бакалавров.

Составитель: доцент кафедры ИСЭА А.И. Колдаев

Содержание

Введение

Лабораторная работа № 1. Изучение приборов учета электроэнергии: виды и основные характеристики

Лабораторная работа № 2. Исследование работы однофазного измерительного трансформатора

Лабораторная работа № 3. Исследование трехфазного измерительного трансформатора

Лабораторная работа № 4. Подбор мощности устройства компенсации реактивной мощности

Лабораторная работа № 5. Измерение активной энергии в цепях переменного тока

Лабораторная работа № 6. Автоматизированная система контроля и учета электрической энергии (АСКУЭ)

Список рекомендуемой литературы

Введение

Дисциплина «Измерения и учет электроэнергии» изучается студентами по профилю подготовки «Электропривод и автоматика» направления подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника на 2 курсе, когда происходит освоение знаний и умений базовых теоретических дисциплин специальности. Правильное сочетание теоретических знаний с практикой обеспечивает высокое качество подготовки выпускников.

Лабораторная работа № 1

Изучение приборов учета электроэнергии: виды и основные характеристики

Цель: Ознакомиться с видами и основными характеристиками приборов учета электроэнергии.

Краткие теоретические сведения

Прибор учета электрической энергии — специальный прибор, предназначенный для измерения расхода электроэнергии переменного или постоянного тока. Принцип работы электросчётчика зависит от типа конструкции самого прибора.

Так, в электрическом счётчике индукционной системы подвижная часть вращается во время потребления электроэнергии, расход которой определяется по показаниям счётного механизма. Диск вращается за счёт вихревых токов, наводимых в нём магнитным полем катушки счётчика. Магнитное поле вихревых токов взаимодействует с магнитным полем катушки счётчика. В электрическом счетчике электронного типа переменный ток и напряжение воздействуют на твердотельные (электронные) элементы для создания на выходе импульсов, число которых пропорционально измеряемой активной энергии.

Классификация счетчиков электроэнергии

По типу подключения:

- счетчики прямого включения в силовую цепь;
- счётчики трансформаторного включения, подключаемые к силовой цепи через специальные измерительные трансформаторы.

По измеряемым величинам:

- однофазные (измерение переменного тока 220В, 50Гц);

- трехфазные (380В, 50Гц). Современные электронные трехфазные счетчики поддерживают однофазный учет.

По конструкции:

1. Индукционные (электромеханические электросчетчики) - электросчетчики, в которых магнитное поле неподвижных токопроводящих катушек влияет на подвижный элемент из проводящего материала.

Подвижный элемент представляет собой диск, по которому протекают токи, индуцированные магнитным полем катушек. Количество потребленной электроэнергии, в этом случае, прямо пропорционально числу оборотов диска;

2. Электронные (статический электросчетчик) - электросчетчики, в которых переменный ток и напряжение воздействуют на твердотельные (электронные) элементы для создания на выходе импульсов, число которых пропорционально измеряемой активной энергии. Другими словами, измерения активной энергии такими электросчетчиками основаны на преобразовании аналоговых входных сигналов тока и напряжения в счетный импульс. Измерительный элемент электронного электросчетчика служит для создания на выходе импульсов, число которых пропорционально измеряемой активной энергии. Счетный механизм представляет собой электромеханическое (имеет преимущество в областях с холодным климатом, при условии установки прибора на улице) или электронное устройство, содержащее как запоминающее устройство, так и дисплей;

3. Гибридные счётчики электроэнергии - редко используемый промежуточный вариант с цифровым интерфейсом, измерительной частью индукционного или электронного типа, механическим вычислительным устройством.

Индукционные и электронные приборы учета электроэнергии

В последнее время индукционные (механические) счётчики

электроэнергии становятся менее популярны и постепенно вытесняются с рынка электронными счетчиками вследствие их недостатков:

- отсутствие возможности автоматического дистанционного снятия показаний,
- однотарифность,
- большие погрешности учёта,
- плохая защита от хищения электроэнергии,
- низкая функциональность,
- неудобства в установке и эксплуатации по сравнению с современными электронными приборами.

Основным достоинством электронных электросчетчиков является возможность учета электроэнергии по дифференцированным тарифам (одно-, двух- и более тарифный).

Другими словами, счетчики данного типа способны запоминать и показывать количество использованной электроэнергии в зависимости от запрограммированных периодов времени.

Многотарифный учет достигается за счет набора счетных механизмов, каждый из которых работает в установленные интервалы времени, соответствующие различным тарифам. Электронные электросчетчики значительно более долговечны, имеют больший межповерочный период (4-16 лет).

Индукционные приборы при конструировании не были рассчитаны на наличие в квартирах большого количества мощных бытовых приборов и зачастую не выдерживали нагрузки, в то время как электронные счетчики гораздо более устойчивы широкому диапазону нагрузок в сети. Кроме того, помимо очевидных технических преимуществ, улучшенного дизайна, рост популярности электронных счетчиков был обусловлен и постепенным снижением их стоимости на рынке.

Требования к приборам учета электроэнергии

К основным требованиям, предъявляемым к приборам учёта

электрической энергии, можно отнести *класс точности*, «*тарифность*» и *межповерочный интервал*.

Класс точности. Один из основных технических параметров электросчетчика. Он показывает погрешности измерений прибора. До середины 90-х годов все устанавливаемые в жилых домах электросчетчики имели класс точности 2,5 (т.е. максимально допустимый уровень погрешности этих приборов составлял 2,5%). В 1996 году был введен новый стандарт точности приборов учета, используемых в бытовом секторе – 2,0. Именно это стало толчком к повсеместной замене индукционных счетчиков на более точные, с классом точности 2,0.

«*Тарифность*». Важным техническим параметром электросчетчика. Ещё совсем недавно все электросчетчики, применяемые в быту, были одностарифными, т.е. осуществляли учет электрической энергии по одному тарифу. Функциональные возможности современных счетчиков позволяют вести учет электроэнергии по зонам суток и даже по временам года, позволяя значительно экономить электроэнергию и разгрузить электросети в пиковые часы, за счёт так называемой «стирки ночью».

Двухтарифный счетчик электричества способен вести отдельный учет в различное время суток. В настоящее время, одним из способов экономить на счетах за электричество является двухтарифная система учета электроэнергии.

Двухтарифные счетчики дают возможность платить за энергию меньше: в установленное время они автоматически переключаются на ночной тариф, который существенно ниже дневного. Ночной тариф дает возможность существенно сократить расходы на оплату электроэнергии. К самым «продвинутым» моделям электросчётчиков можно применить любую тарифную политику. Например, если энергетики решат сделать скидки по выходным, то воспользоваться ими смогут лишь владельцы электросчетчиков, способных поддерживать несколько тарифов.

Двухтарифная система учета электроэнергии выгодна, как

потребителям, так и всей энергосистеме в равной степени. Дело в том, что нагрузка на электростанции в течение суток меняется. Пиковые нагрузки на электросети приходятся на утренние (7:00-10:00) и вечерние (19:00-23:00) часы. Ночью подавляющее число людей спит, и нагрузки на электростанции сокращаются в разы. Такая неравномерность графика нагрузки энергосистемы негативно сказывается на техническом состоянии оборудования. Кроме того, в периоды максимумов компания вынуждена задействовать все свои мощности, вследствие чего, на ремонт оборудования приходится выделять значительные средства. Такие нагрузки можно снизить при помощи выравнивания суточного объема электропотребления, используя некоторые энергоемкие бытовые приборы (например, посудомоечная и стиральная машина) в ночное время. К тому же это позволит потребителям сэкономить за счет более выгодных тарифов.

По внешнему виду, способу монтажа и подключения двухтарифные счетчики не отличаются от обычных однотарифных. Разница состоит в том, что в установленные часы табло счетчика изменяет свои показания. Стоимость таких счетчиков выше однотарифных, однако, в достаточно короткое время окупается за счет сокращения расходов на электроэнергию.

Межповерочный интервал. С течением времени детали электросчетчика изнашиваются, и класс точности электросчетчика неизбежно меняется. Наступает момент, когда электросчетчик необходимо повторно проверить на точность его показаний. Период с момента первичной проверки (обычно с даты изготовления) до следующей проверки называется межповерочным интервалом (МПИ). Исчисляется МПИ в годах и указывается в паспорте электросчетчика. Обычно электронные счетчики значительно уступают в длительности МПИ по сравнению с индукционными счетчиками, потому что комплектация, используемая в большинстве отечественных электронных счетчиков, состоит из деталей, стабильность параметров которых производитель не нормирует.

Порядок выполнения:

1. Изучить предложенный материал.
2. Ответить на контрольные вопросы (письменно):
 - 1) Что называется прибором учета электрической энергии?
 - 2) Укажите классификацию счетчиков электроэнергии.
 - 3) Сформулируйте недостатки индукционных приборов учета.
 - 4) Какие требования предъявляются к приборам учета электрической энергии? Раскройте их.

Лабораторная работа № 2.

Исследование работы однофазного измерительного трансформатора

Цель работы: Исследование работы однофазного измерительного трансформатора под нагрузкой.

1. 1. Краткое описание

Трансформатором называется статистическое электромагнитное устройство с двумя или несколькими обмотками использующие явление электромагнитной индукции для преобразования токов и напряжений одной системы в токи и напряжения другой. Особо важную роль трансформаторы играют при передаче электрической энергии на большие расстояния, так как в этом случае до поступления ее потребителю она подвергается многократному (3-5 раз) преобразованию с низкого напряжения в высокое напряжение и наоборот.

Режим холостого хода.

В режиме холостого хода ток во вторичной цепи равен нулю (нагрузка не подключена). При подаче на первичную обмотку трансформатора синусоидального питающего напряжения по ней протекает ток. Под действием связывающего обе обмотки магнитного потока в обеих обмотках наводится ЭДС самоиндукции. Режим холостого хода позволяет определить важные характеристики для практики параметры трансформатора как коэффициент трансформации потери в ферромагнитном сердечнике индуктивное сопротивление контура намагничивания.

Режим короткого замыкания.

Вторичная обмотка при этом замыкается накоротко а на первичную обмотку подается напряжение U такой величины при которой ток первичной обмотки имеет номинальное значение. Величина U даже для трансформаторов малой мощности не превышает 10-25% от номинального значения.

1. 2. Указания к выполнению работы

В качестве дополнительной литературы можно воспользоваться [1].

1. 3. Содержание работы

1. 3. 1. Определение параметров схемы замещения при помощи опытов холостого хода и короткого замыкания.

1. 3. 2. Снятие нагрузочной и рабочих характеристик трансформатора.

1. 4. Описание лабораторной установки

Структурная схема виртуальной лабораторной установки представлена на рис. 1.1.

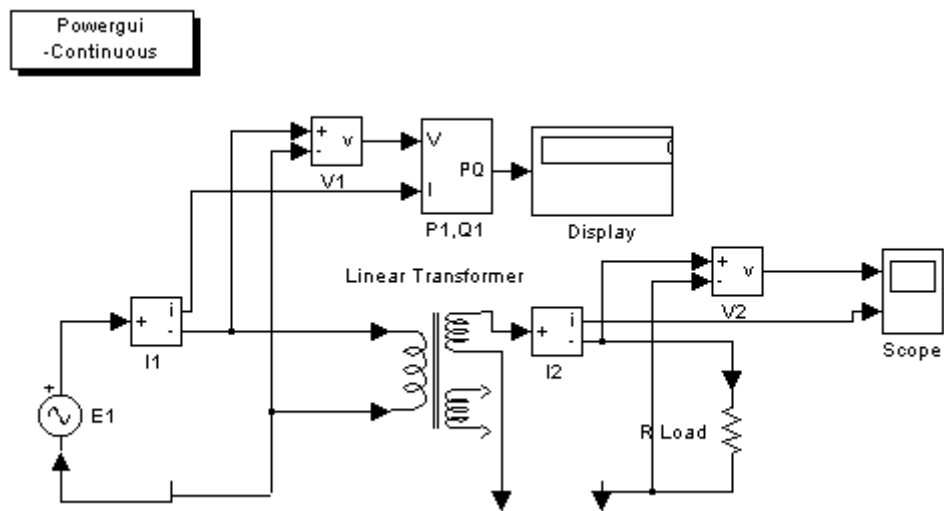


Рис. 1.1. Модель для исследования однофазного трансформатора

Модель содержит:

- источник переменного напряжения E_1 из библиотеки Power System Blockset/Electrical Sources;
- измерители напряжения V_1 , V_2 и измерители тока I_1 , I_2 в первичной и вторичной цепях трансформатора из библиотеки Power System Blockset/Measurement;
- исследуемый трансформатор (*Linear Transformer*) и нагрузку (*R Load*) из библиотеки Power System Blockset/Elements;
- измерители активной и реактивной мощности в первичной и вторичной цепях трансформатора (P_1 , Q_1 , P_2 , Q_2) из библиотеки Power System Blockset/Extras/Measurement;
- блок пользователя (Powergui), который измеряет значения V_1 , V_2 , I_1 , I_2 ;
- блоки *Display1*, *Display2* для количественного представления измеренных мощностей и блок *Scope* для наблюдения формы кривых тока и напряжения во вторичной цепи являются блокам главной библиотеки Simulink/Sinks.

Параметры трансформаторов для выполнения лабораторной работы приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Параметры трансформаторов

Тип трансформатора	S_n [кВа]	U_k [%]	P_k [Вт]	P_{10} [Вт]	I_{10} [%]
ТС-10/066	10	4,5	280	90	7

ТС-16/066	16	4,5	400	125	5,8
ТС-25/066	25	4,5	560	180	4,8
ТС-40/066	40	4,5	800	250	4,0
ТС-63/066	63	4,5	1090	355	3,3
ТС-100/066	100	4,5	1500	500	2,7
ТС-160/066	160	4,5	2060	710	2,3

Базовыми значениями параметров трансформатора являются: расчетная полная мощность S , обозначенная как P [ВА], номинальная частота (Гц), действующее номинальное напряжение (В) соответствующей обмотки. Для каждой обмотки относительные сопротивления и индуктивность определяются выражениями:

$$R_n(pu) = \frac{R_n}{Z_{bn}}; L_n(pu) = \frac{X_n}{Z_{bn}}, \quad (1.1)$$

$$\text{где } Z_{bn} = \frac{U_n^2}{S}$$

Расчет относительных параметров трансформатора осуществляется на основании паспортных данных завода изготовителя по выражениям

$$R_m = \frac{R_0}{Z_b} = \frac{S}{U_1 \cdot I_{10} \cdot \cos \varphi_0}, L_m = \frac{x_0}{Z_b} = \frac{S}{U_1 \cdot I_{10} \cdot \sin \varphi_0}, \varphi_0 = \arccos \frac{P_{10}}{U_1 \cdot I_{10}} \quad (1.2)$$

$$R_1 = R_2' = \frac{R_k}{2 \cdot Z_b} = \frac{S \cdot U_k \cdot \cos \varphi_k}{2 \cdot U_1^2 \cdot I_n}, L_{p1} = L_{p2}' = \frac{x_k}{2 \cdot Z_b} = \frac{S \cdot U_k \cdot \sin \varphi_k}{2 \cdot U_1^2 \cdot I_n},$$

$$\varphi_k = \arccos \frac{P_k}{U_k \cdot I_n} \quad (1.3)$$

При этом номинальный ток трансформатора следует определить из выражения:

$$I_n = \frac{S}{U_1} \quad (1.4)$$

В полях окна настройки параметров трансформатора последовательно задаются:

- мощность трансформатора и частота;
- действующее напряжение и относительные параметры схемы замещения первичной обмотки;
- действующее напряжение и относительные параметры схемы замещения вторичных обмоток;
- относительные параметры ветви намагничивания;
- переменные состояния трансформатора, которые измеряются блоком *Multimeter*.

Поскольку блок *Multimeter* не используется, то в поле *Measurement* из выпадающего меню выбирается опция *None*.

В полях окна настройки параметров источника питания задаются:

- амплитуда источника (В);

- начальная фаза в градусах;
- частота (Гц);
- образец времени (с);
- переменные, измеряемые блоком *Multimeter*.

Напряжение и частота источника должны соответствовать параметрам трансформатора.

В полях окна настройки параметров нагрузки задаются R, L, C. Для исключения реактивных элементов индуктивность должна быть задана равной нулю, а емкость - бесконечности (*inf*). В окне настройки параметров измерителя мощности указывается частота, на которой измеряется активная и реактивная мощность. В полях окна настройки дисплея указывается формат представления числовых результатов, в поле *Decimation* (разбивка) задается число шагов вычисления, через которые значения выводятся на дисплей.

1. 5. Порядок выполнения работы

Тип трансформатора для выполнения работы задается преподавателем. Заполняется окно настройки параметров моделирования.

Определение параметров схемы замещения по п. 4.1 и сравнение их с заданными в окне настройки производится при помощи методов холостого хода и короткого замыкания. При холостом ходе нагрузка отключена, трансформатор запитан номинальным напряжением. Действующие значения напряжений и токов трансформатора при холостом ходе определяются в окне блока *Powergui*.

Активная мощность в режиме холостого хода равна потерям в сердечнике трансформатора.

Относительные параметры ветви намагничивания рассчитываются по выражениям (1.1-1.4).

Опыт короткого замыкания проводится при коротком замыкании во вторичной цепи. При этом напряжение источника питания должно быть равно напряжению короткого замыкания трансформатора, ($U_k = 29,7$ В).

Активная мощность в режиме короткого замыкания при первичном токе короткого замыкания равным номинальному, определяет потери в обмотках трансформатора. После проведения опытов и расчета параметров следует сравнить их с теми, которые были введены в окно параметров.

Снятие нагрузочной и рабочих характеристик трансформатора производится на модели (рис. 1.1) при изменении сопротивления нагрузки (0,2-1,2) $R_{ном}$. При этом для каждого значения сопротивления нагрузки осуществляется моделирование. Номинальное сопротивление нагрузки рассчитывается по формуле:

$$R_{ном} = \frac{U_1^2}{S} \quad (1.5)$$

При проведении исследований заполняется таблица 1.2.

Таблица 1.2. Измеренные и рассчитанные значения

Нагр.	Измерения								Вычисления		
R_n [Ом]	P_1 [Вт]	Q_1 [ВА]	U_1 [В]	I_1 [А]	P_2 [Вт]	Q_2 [ВА]	U_2 [В]	I_2 [А]	φ_1 [град]	$\cos \varphi_1$ [град]	η

Вычисления производятся по выражениям:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}; \varphi = \arctg \frac{Q_1}{P_1} \quad (1.6)$$

По данным таблицы строится нагрузочная характеристика трансформатора и на отдельном рисунке - рабочие характеристики. Формы напряжения и тока на вторичной обмотке трансформатора, полученные с помощью осциллоскопа *Scope*.

1. 6. Содержание отчета

1. 6. 1. Схема модели и описание виртуальных блоков.
1. 6. 2. Сравнительная таблица заданных и определенных из опытов холостого хода и короткого замыкания параметров трансформатора.
1. 6. 3. Нагрузочная характеристика трансформатора $U_2=f(I_2)$
1. 6. 4. Рабочие характеристики трансформатора, η , $\cos \varphi$, I_1 , $U_2 =f(I_2)$.

1. 7. Вопросы для контроля

1. 7. 1. Основные характеристики трансформатора.
1. 7. 2. Структура потерь в трансформаторе и их источники.
1. 7. 3. Основные коэффициенты трансформатора.

Лабораторная работа № 3.

Исследование трехфазного измерительного трансформатора

Цель работы: Исследование трехфазного трансформатора при различных схемах соединения первичных и вторичных обмоток.

2 1.. Краткое описание

Трансформатором называется статистическое электромагнитное устройство с двумя или несколькими обмотками использующие явление электромагнитной индукции для преобразования токов и напряжений одной системы в токи и напряжения другой. Особо важную роль трансформаторы играют при передаче электрической энергии на большие расстояния, так как в этом случае до поступления ее потребителю она подвергается многократному (3-5 раз) преобразованию с низкого напряжения в высокое напряжение и наоборот.

Энергетические соотношения полученные для однофазных трансформаторов (см. Л. Р.№1) справедливы и для трехфазных трансформаторов но при обязательном условии их работы в режиме симметричной нагрузки.

Специфичными для трехфазных трансформаторов являются способы соединения его первичных и вторичных обмоток. Обмотки могут соединяться звездой (Y) или треугольником (Δ) при прямом и встречном включении. Полное число вариантов соединений обмоток высокой и низкой сторон трансформатора равно двенадцати.

При соединении звездой может использоваться нулевой провод. Способ соединения обмоток влияет как на отношение напряжений на фазах так и на сдвиг фазы между напряжениями на входе и выходе трансформатора.

В зависимости от фазового сдвига трансформаторы различаются по группам. Номер группы определяется фазовым сдвигом между одноименными линейными напряжениями первичной и вторичной стороне разделенными на 30° .

2. 2. Указания к выполнению работы

В качестве дополнительной литературы рекомендуется использовать [1].

2. 3. Содержание работы

2. 3. 1. Определение параметров трансформатора при соединении «звезда-звезда» (Y/Y).

2. 3. 2. Определение параметров трансформатора при соединении «звезда-треугольник» (Y/Δ).

2. 3. 3. Определение параметров трансформатора при соединении «треугольник-треугольник» (Δ/Δ).

2. 3. 4. Определение параметров трансформатора при соединении «треугольник-звезда» (Δ/Y).

2. 4. Описание лабораторной установки

Виртуальная лабораторная установка представлена на рис. 2.1.

По сравнению с моделью однофазного трансформатора (рис. 1.1) здесь не используются блоки для измерения основных характеристик (основные характеристики трехфазного трансформатора и однофазного трансформатора идентичны), но добавлен блок *Multimeter*, измеряющий токи и напряжения трансформатора. Значения этих токов отчитываются с окна блока *Powergui*. Там же снимаются значения входного U_1 и выходного U_2 напряжений и разность фаз между ними.

Окно настройки параметров трехфазного трансформатора в отличие от однофазного трансформатора содержит два дополнительных поля:

- Winding I (ABC) connection - схема соединения первичных обмоток;
- Winding 2 (abc) connection - схема соединения вторичных обмоток.

В выпадающем меню этих полей задается схема соединения. В поле *Measurement* выбрана опция *Windind Voltage*, при которой измеряются напряжения обмоток.

2. 5. Порядок проведения лабораторной работы.

Параметры источника питания Inductive source (рис.2. 1.) задаются в соответствии с параметрами трансформатора. В полях окна настройки параметров источника питания задаются:

- амплитуда источника (В);
- начальная фаза в градусах;
- частота (Гц);
- сопротивление (Ом);
- индуктивность

Параметры моделирования аналогичны параметрам моделирования однофазного трансформатора.

Для каждого пункта (4.1-4.4) проводится моделирование и заполняется отдельная таблица 2.1.

Таблица 2.1. Измеренные и рассчитанные значения

Схема Соедин.	Измерения								Вычисления
	$U_{1ф}$ [В]	$I_{1ф}$ [А]	U_1 [В]	φ_1 [град]	$U_{2ф}$ [В]	$I_{2ф}$ [А]	U_2 [В]	φ_{12} [град]	Коэффициент трансформации

Получаем в окне блока *Powergui* результаты моделирования при соединении обмоток по схеме «звезда-звезда» (Y/Y). В левой колонке представлены измеряемые переменные, в средней – их действующие значения, в правой – их начальные фазы.

Коэффициент трансформации и разность фаз между входными (U_1) и выходными (U_2) напряжениями рассчитывается по выражениям

$$n = \frac{U_1}{U_2}, \varphi = \varphi_1 - \varphi_2$$

В результате получаем графические результаты блока *Multimeter*.

2. 6. Содержание отчета

2. 6. .1. Схема модели и описание виртуальных блоков.
2. 6. .2. Заполненные таблицы.
2. 6. 3. Векторные диаграммы для каждого пункта работы для первичной и вторичной цепи.

2. 7. Вопросы для контроля

2. 7. 1. Особенности конструкции трехфазного трансформатора.
2. 7. 2. Схемы и группы соединения обмоток.
2. 7. 3. Основные параметры трехфазного трансформатора.

Лабораторная работа № 4

Подбор мощности устройства компенсации реактивной мощности

Цель: Научиться подбирать мощность устройств компенсации реактивной мощности.

Обеспечение: таблицы, калькулятор.

Краткие теоретические сведения

Применение установок для компенсации реактивной мощности позволяет:

- снизить оплату за потребление электроэнергии;
- уменьшить потери энергии на линиях электропередачи, в кабелях, трансформаторах и распределительном оборудовании за счет уменьшения фазных токов;
- снизить провалы напряжения;
- увеличить срок службы трансформаторов за счет снижения температуры перегрева обмоток;
- подключить дополнительную нагрузку за счет снижения тока потребляемого от силового трансформатора;
- для проектируемых объектов снизить затраты на закупку кабелей за счет уменьшения их сечения;
- подавить сетевые помехи, снизить несимметрию фаз;
- улучшить качество электроэнергии.

Установки допускают длительную работу:

- при повышении действующего значения напряжения до 1,1 номинального;
- при повышении действующего значения тока до 1,3 номинального, получаемого как за счет повышения напряжения, так и за счет высших гармоник, или того и другого вместе, независимо от гармонического состава тока;
- с учетом предельного отклонения по емкости плюс 5% наибольший допустимый ток может быть до 1,3 номинального тока установки.

Основные виды защит

- от токовых перегрузок конденсаторов;
- тепловая (от перегрева конденсаторов);
- от протекания по конденсаторам токов высших гармоник;
- от пропадания напряжения питающей сети.

Применение установок компенсации реактивной мощности КРМ

необходимо на предприятиях, использующих:

Асинхронные двигатели ($\cos\varphi \sim 0.7$)

Асинхронные двигатели, при неполной загрузке ($\cos\varphi \sim 0.5$)

Выпрямительные электролизные установки ($\cos\varphi \sim 0.6$)

Электродуговые печи ($\cos\varphi \sim 0.6$)

Индукционные печи ($\cos\varphi \sim 0.2-0.6$)

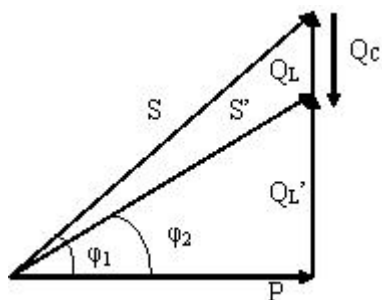
Водяные насосы ($\cos\varphi \sim 0.8$)

Компрессоры ($\cos\varphi \sim 0.7$)

Машины, станки ($\cos\varphi \sim 0.5$)

Сварочные трансформаторы ($\cos\varphi \sim 0.4$)

Лампы дневного света ($\cos\varphi \sim 0.5-0.6$)



Основные принципы по подбору УКМ

При подборе конденсаторной установки УКМ 58 необходимая суммарная мощность Q определяется следующим образом.

$$Q_c = P \cdot (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2).$$

Здесь P – потребляемая активная мощность в цепи.

S и S' – полная мощность до и после компенсации соответственно;

Q_C – требуемая емкостная мощность;

Q_L и Q_L' – индуктивная составляющая реактивной мощности до и после компенсации.

Значение $(\text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi_2)$ определяется, исходя из значений $\cos\varphi_1$ и $\cos\varphi_2$.

$\cos\varphi_1$ – коэффициент мощности потребителя до установки компенсирующих устройств (действующий коэффициент мощности);

$\cos\varphi_2$ – коэффициент мощности после установки компенсирующих устройств (желаемый или задаваемый предприятием энергоснабжения коэффициент мощности).

Таким образом, формулу можно записать в следующем виде:

$$Q_{уст} = P_{\alpha} \cdot k$$

где k – коэффициент, получаемый из таблицы в соответствии со значениями коэффициентов мощности $\cos\varphi_1$ и $\cos\varphi_2$.

Например,

Активная мощность в сети 300 кВт.

Действующий $\cos\varphi = 0,7$ до компенсации.

Требуемый $\cos\varphi = 0,96$.

По таблице 1, вычисляем коэффициент k

Таблица 1

Исходный коэффициент мощности		Коэффициент перерасчета К									
$\cos j_1$	$\tan j_2$	$\cos j_2$									
		0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,92	0,94	0,96	0,98	1
0,20	4,899	3,879	4,017	4,149	4,279	4,415	4,473	4,536	4,607	4,696	4,899
0,25	3,873	2,853	2,991	3,123	3,253	3,389	3,447	3,510	3,581	3,360	3,873
0,30	3,180	2,160	2,298	2,430	2,560	2,695	2,754	2,817	2,888	2,977	3,180
0,35	2,676	1,656	1,795	1,926	2,057	2,192	2,250	33132	2,385	2,473	2,676
0,40	2,291	1,271	1,409	1,541	1,672	1,807	1,865	1,928	2,000	2,088	2,291
0,45	1,985	0,964	1,103	1,235	1,365	1,500	1,559	1,622	1,693	1,781	1,985
0,50	1,732	0,712	0,850	0,982	1,112	1,248	1,306	1,369	1,440	1,529	1,732
0,55	1,518	0,498	0,637	0,768	0,899	1,034	1,092	1,156	1,227	1,315	1,518
0,60	1,333	0,313	0,451	0,583	0,714	0,849	0,907	0,970	1,042	1,130	1,333
0,65	1,169	0,149	0,287	0,419	0,549	0,685	0,743	0,806	0,877	0,966	1,169
0,70	1,020		0,138	0,270	0,400	0,536	0,594	0,657	0,729	0,817	1,020
0,75	0,882			0,132	0,262	0,398	0,456	0,519	0,590	0,679	0,882
0,80	0,750				0,130	0,266	0,324	0,387	0,458	0,547	0,750
0,85	0,620					0,135	0,194	0,257	0,328	0,417	0,620
0,90	0,484						0,058	0,121	0,193	0,281	0,484
0,95	0,329								0,037	0,128	0,329

Определяем из таблицы значение коэффициента $k = 0,73$.

Следовательно, требуемая мощность конденсаторной установки УКМ 58 $Q_c = 0,73 \times 300 = 219 \text{кВАр}$.

При расчете следует учитывать, что обычно не рекомендуется компенсировать реактивную мощность полностью (до $\cos\phi=1$), так как при этом возможна перекомпенсация (за счет переменной величины активной мощности нагрузки и других случайных факторов). Обычно стараются достигнуть значения $\cos(\phi) = 0,90 \dots 0,95$

Основные серии устройств компенсации реактивной мощности УКМ 58 0.4 и КРМ 0.4.

*Комплектные конденсаторные установки напряжением 0,4 кВ с
автоматическим регулированием*

Тип	Мощность, квар	К-во ступеней	Мощность ступеней	Габариты, мм			Масса, кг
				Длина	Ширина	Высота	
УКМ 58-04-20-10УЗ	20	2	2×10	530	430	1010	47
УКМ 58-04-30-10УЗ	30	3	3×10	530	430	1010	62
УКМ 58-04-50-25УЗ	50	2	2×25	530	430	1010	70
УКМ 58-04-50-10-У	50	5	5×10	530	430	1010	78
УКМ 58-04-67-33,3УЗ	67	2	2×33,3	530	430	1010	85
УКМ 58-04-100-33,3УЗ	100	3	1×33,3+1×67	680	430	610	110
УКМ 58-04-112,5-37,5УЗ	112,5	3	1×37,5+1×75	680	430	1610	110
УКМ 58-04-133-33,3-УЗ	133	4	2×33,3+1×67	680	430	1610	125
УКМ 58-04-150-30УЗ	150	5	1×30+2×60	680	430	1610	132
УКМ 58-04-167-33,3УЗ	167	5	1×33,3+2×67	860	430	1610	137
УКМ 58-04-180-30УЗ	180	6	2×30+2×60	860	430	1610	145
УКМ 58-04-200-33,3УЗ	200	6	2×33,3+2×67	860	430	1610	168
УКМ 58-04-225-37,5УЗ	225	6	2×37,5+2×75	860	430	1610	168
УКМ 58-04-268-67УЗ	268	4	4×67	860	430	1610	195
УКМ 58-04-300-33,3УЗ	300	9	4×67+1×33,3	1250	580	1610	210
УКМ 58-04-335-67УЗ	335	5	5×67	1250	580	1610	285
УКМ 58-04-337,5-37,5УЗ	337,5	9	1×37,5+4×75	1250	580	1610	285
УКМ 58-04-402-67УЗ	402	6	6×67	1430	580	1610	305
УКМ 58-04-536-67УЗ	536	8	8×67	430	580	1610	562
УКМ 58-04-603-67УЗ	603	9	9×67	1430	580	1610	585

Примечание: У - установка конденсаторная: КМ - регулируется по РМ:
58 - конструктивное исполнение: 04 - номинальное напряжение, кВ: 200 - номинальная мощность, квар: 33.3 - мощность ступени регулирования, квар:
У - климатическое исполнение (умеренное): 3 - для внутренней установки

Решение типовых задач совместно со студентами

Пример 1: Необходимо определить номинальную мощность Q_k конденсаторной батареи, необходимой для повышения коэффициента мощности до значения 0,95 на предприятии с трехсменным равномерным графиком нагрузки. Среднесуточный расход электроэнергии $A_a = 9200$ кВтч; $A_p = 7400$ кварч. Конденсаторы установлены на напряжение 380 В.

Среднесуточная нагрузка

$$P_{cp} = A_a/24 = 9200/24 = 384 \text{ кВт.}$$

Мощность конденсаторных батарей

$$Q_k = P (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2) = 384 (0,8 - 0,33) = 181 \text{ квар},$$

$$\text{где } \operatorname{tg}\varphi_1 = A_p/A_a = 7400/9200 = 0,8, \operatorname{tg}\varphi_2 = \frac{\sqrt{1-0,95^2}}{0,95} = 0,33$$

Выбираем трехфазные конденсаторы типа КМ1-0,38-13 каждый номинальной мощностью 13 квар на напряжение 380 В. Число конденсаторов в батарее $n = Q/13 = 181/13 = 14$

Примечание: Расшифровка обозначения типа конденсатора: К — косинусный М (С) — с пропиткой маслом (синтетической жидкостью); цифра 1 или 2 — исполнение в корпусе 1-го или 2-го габарита; цифра после первого дефиса — рабочее напряжение в кВ цифра после второго дефиса — реактивная мощность конденсатора в квар.

Мощность различных конденсаторных установок для среднесуточной нагрузки можно найти в электротехнических справочниках и каталогах производителей.

Пример 2:

Активная мощность 300 кВт.

Действующий $\cos(\varphi) = 0,7$.

Требуемый (желаемый) $\cos(\varphi) = 0,96$.

Определяем из таблицы значение коэффициента $k = 0,73$.

Следовательно, требуемая мощность конденсаторной установки КРМ-0,4 (УКМ-58) $Q_c = 0,73 \cdot 300 = 219 \text{кВАр}$.

Лабораторная работа №5

Измерение активной энергии в цепях переменного тока

Цель работы: научиться измерять активную электрическую энергию в однофазных и трехфазных цепях переменного тока.

Краткие теоретические сведения

Учет электроэнергии осуществляется при помощи счетчиков ватт часов, которые являются интегрирующими приборами, измеряющими электрическую энергию в ватт-часах или кратных им единицах. Счетчики, указывающие активную электроэнергию, называются счетчиками активной энергии. В настоящее время для измерения активной электроэнергии применяются индукционные или статические (электронные) счетчики.

Индукционным называется счетчик, в котором магнитное поле неподвижных токопроводящих катушек влияет на подвижный элемент из проводящего материала, обычно это диск, по которому текут токи, индуцированные магнитным полем катушек. Статическим называется счетчик, в котором ток и напряжение воздействуют на твердотельные (электронные) элементы для создания на выходе импульсов, число которых пропорционально измеряемой активной энергии.

Технические требования к индукционным счетчикам регламентированы ГОСТ 6570-75, а к статическим счетчикам - ГОСТ 30206-94 (классы точности 0,2S и 0,5S) и ГОСТ 30207-94 (классы точности 1 и 2).

Обозначение индукционных счетчиков активной энергии:

СО - однофазные непосредственного включения или трансформаторные активной энергии;

СОУ - однофазные трансформаторные со вторичным или смешанным счетным механизмом активной энергии;

СА3 - трехфазные непосредственного включения или трансформаторные трехпроводные активной энергии;

СА4 - то же, четырехпроводные;

СА4У - трехфазные трансформаторные со вторичным или смешанным счетным механизмом трех- и четырехпроводные активной энергии.

В обозначениях счетчиков буквы и цифры обозначают:

С - счетчик;

О - однофазный;

А - активной энергии;

У - со вторичным или смешанным счетным механизмом;

3 или 4 - для трех- или четырехпроводной сети.

Измерение активной энергии в однофазных цепях

Измерение электрической энергии в однофазных цепях переменного тока производится с помощью однофазных счетчиков. В лабораторной работе используется однофазный индукционный счетчик типа СО. Счетчики относятся к интегрирующим приборам, т. к. они дают показания с непрерывно нарастающим итогом. Угол поворота подвижной части в счетчиках не ограничен и она вращается с частотой вращения, пропорциональной мощности цепи. При этом количество оборотов подвижной части за некоторый промежуток времени пропорционально измеряемой энергии. Для регистрации измеряемой энергии каждый счетчик имеет счетный механизм, представляющий, по существу, счетчик оборотов подвижной части. Активная энергия, измеренная счетчиком за время t , равна $W = P t = C n t = C \cdot N$. называется действительной постоянной счетчика, которая определяет энергию, учитываемую счетчиком в цепи за время одного оборота диска. Так как эта величина переменная, то для определения энергии, регистрируемой счетчиком, используется номинальная постоянная счетчика $C_{ном}$, которая подсчитывается по передаточному числу, указанному на щитке каждого счетчика. Передаточное число - это число оборотов диска, приходящиеся на единицу учитываемой счетчиком энергии. *Например:* 1 кВтПч = 2000 оборотов диска. Величина, обратная передаточному числу счетчика, называется номинальной постоянной счетчика. Для счетчика с указанным выше передаточным числом она равна:

$C_{\text{ном}} = 3600 * 1000 / 2000 = 1800$ Вт- с/оборот.

Зная $C_{\text{ном}}$ и число оборотов диска счетчика за время t , энергию, регистрируемую счетчиком, определяют по формуле $W = C_{\text{ном}} * N$.

На практике энергия, измеряемая счетчиком за определенный промежуток времени, находится как разность показаний счетчика в конце и начале этого промежутка. Точность измерения энергии оценивается относительной погрешностью измерения

$$\delta\% = \frac{W_{\text{сч}} - W}{W} 100$$

где $W_{\text{сч}}$ – энергия, зарегистрированная счетчиком за определенный промежуток времени;

W – действительная энергия, израсходованная за то же время в цепи, определяемая по образцовому счетчику или ваттметру и секундомеру. На рис. 1.1 показана схема подключения однофазного счетчика.

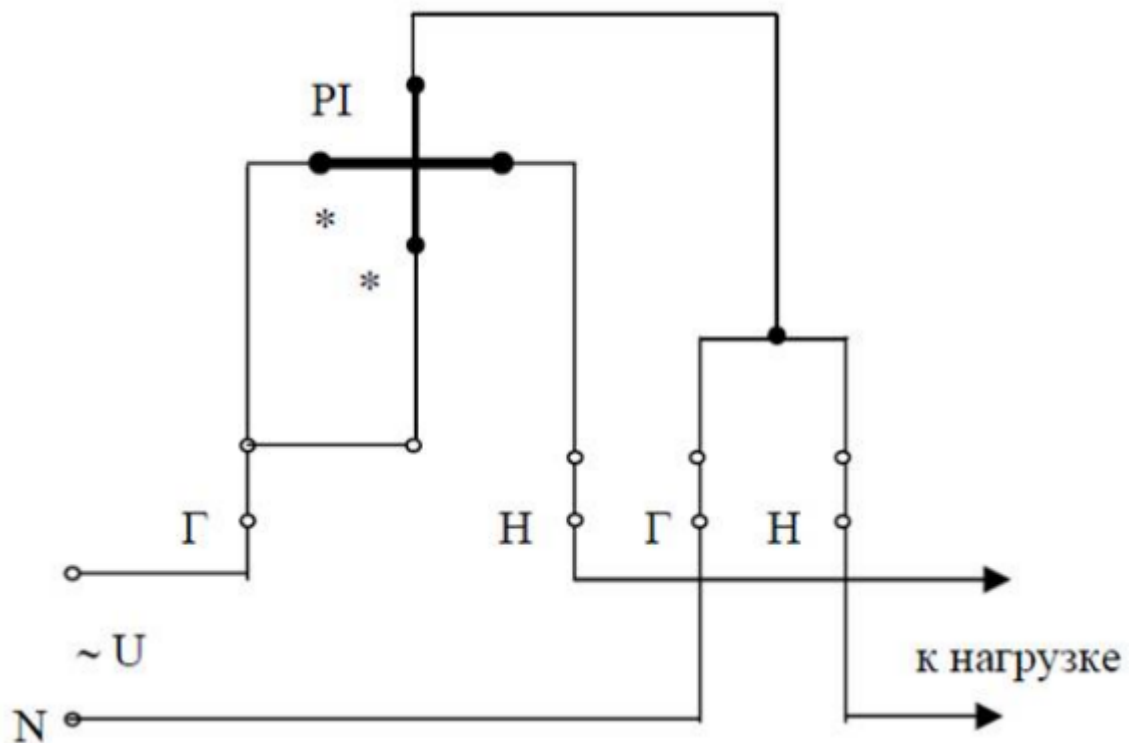


Рисунок 1.1 – Схема подключения однофазного счетчика

Измерение активной энергии в трехфазных цепях

Трехфазные индукционные счетчики активной энергии имеют в одном корпусе два или три измерительных механизма (вращающихся элемента), подобных измерительному механизму однофазного счетчика. Двухэлементные счетчики используются для учета активной энергии в трехфазных трехпроводных цепях переменного тока. Трехэлементными счетчиками учитывается активная энергия в трехфазных четырехпроводных цепях переменного тока.

Как в двухэлементных, так и в трехэлементных счетчиках диски вращающихся элементов укрепляются на одной оси. Это позволяет получить общий вращающий момент подвижной части счетчика, равный алгебраической сумме вращающихся моментов отдельных элементов.

Таким образом, независимо от количества применяемых вращающихся элементов в счетчиках устанавливается один счетный механизм. Включение вращающихся элементов счетчиков для учета активной энергии производится по схемам включения ваттметров для измерения активной мощности.

Генераторные зажимы токовых обмоток счетчиков обозначаются буквой Г, а зажимы, к которым подключается нагрузка, - буквой Н. Зажимы обмоток напряжения счетчиков, предназначенных для включения в трехфазные трех- или четырехпроводные цепи, обозначаются цифрами 1, 2, 3 и 0.

Промышленностью выпускаются счетчики трех разновидностей: счетчики непосредственного включения, трансформаторные счетчики и трансформаторные универсальные.

Трансформаторные счетчики предназначены для включения через измерительные трансформаторы, имеющие определенные, изначально заданные коэффициенты трансформации. Трансформаторные универсальные счетчики предназначены для включения через измерительные трансформаторы, имеющие любые коэффициенты трансформации.

В трехфазных трехпроводных цепях для измерения активной энергии используются двухэлементные счетчики активной энергии типа СА3 или СА3У. В трехфазных четырехпроводных цепях для измерения активной энергии используются трехэлементные счетчики активной энергии типа СА4 или СА4У.

Включение вращающихся элементов счетчиков для учета активной энергии производится по схемам включения, представленным на рис.1.2 и 1.3. В случае измерения активной энергии в трехфазной четырехпроводной цепи с применением измерительных трансформаторов тока и измерительных трансформаторов напряжения показания счетчика необходимо умножить на номинальный коэффициент трансформации $K_{I_{НОМ}}$ применяемого измерительного трансформатора тока и номинальный коэффициент трансформации $K_{U_{НОМ}}$ применяемого трансформатора напряжения:

$$W = W_{сч} K_{I_{НОМ}} K_{U_{НОМ}}.$$

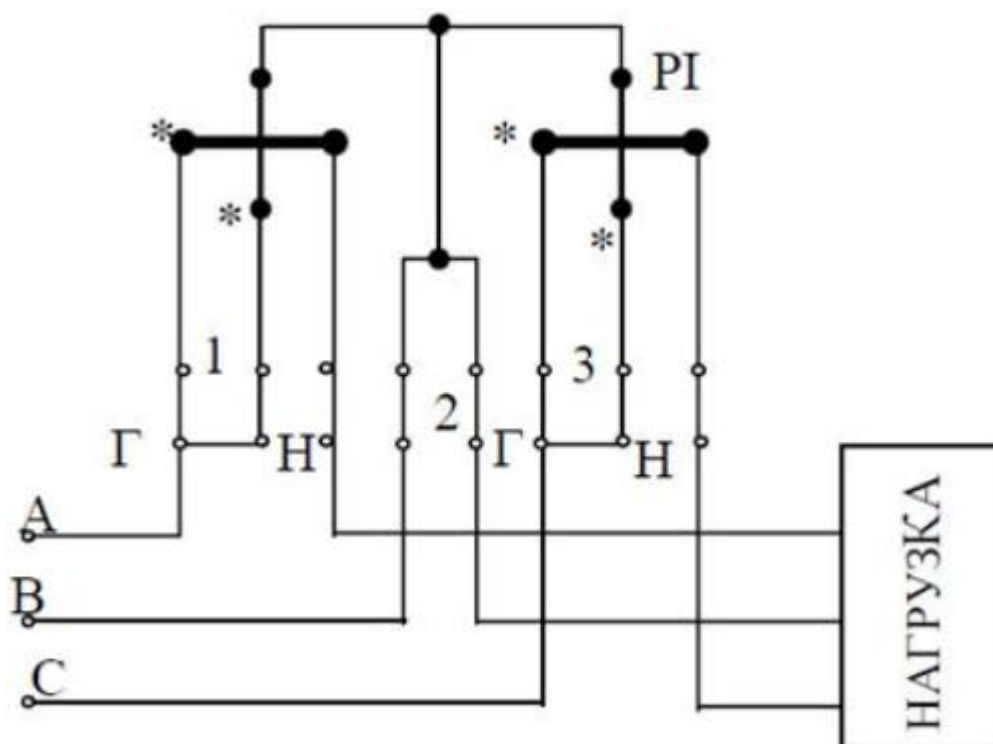


Рисунок 1.2 – Схема включения (вариант 1)

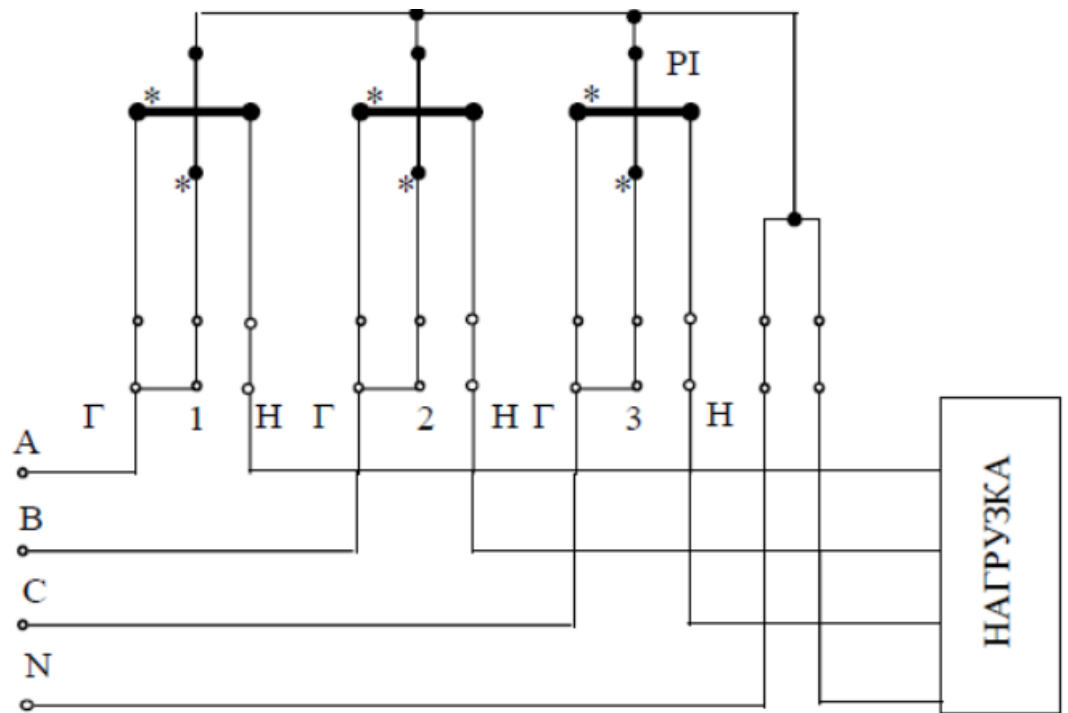


Рисунок 1.3– Схема включения (вариант 2)

При этом генераторные зажимы токовых обмоток счетчика Г должны быть подключены к зажимам И1 измерительных трансформаторов тока, а зажимы обмоток напряжения счетчика 1, 2 и 3 - к зажимам «а» измерительных трансформаторов напряжения.

2. Программа работы

1. Ознакомиться с аппаратурой и приборами, необходимыми для выполнения работы и записать их основные технические данные.

2. Собрать схему 1 рис. 2.1 и предъявить ее для проверки преподавателю.

3. При отсутствии тока в последовательной обмотке счетчика (ключ БА разомкнут) и номинальном напряжении на его параллельной обмотке убедиться в отсутствии вращения диска, т. е. в отсутствии у счетчика самохода.

4. Вычислить номинальную постоянную счетчика $C_{ном}$.

5. Измерить активную энергию, израсходованную в однофазной цепи за время $t = 300$ сек., для чего:

- включить схему в сеть переменного тока напряжением $U = 220$ В;
- изменяя сопротивление нагрузки $R_{нагр}$ по амперметру установить ток

равный 50 % от номинального тока счетчика;

- измерить число оборотов диска N за время $t = 300$ сек., ток в цепи I , напряжение U , активную мощность P ;
- вычислить энергию W за время $t = 300$ сек, используя показание ваттметра, и энергию $W_{\text{сч}}$ регистрируемую счетчиком, используя $C_{\text{ном}}$ и N .

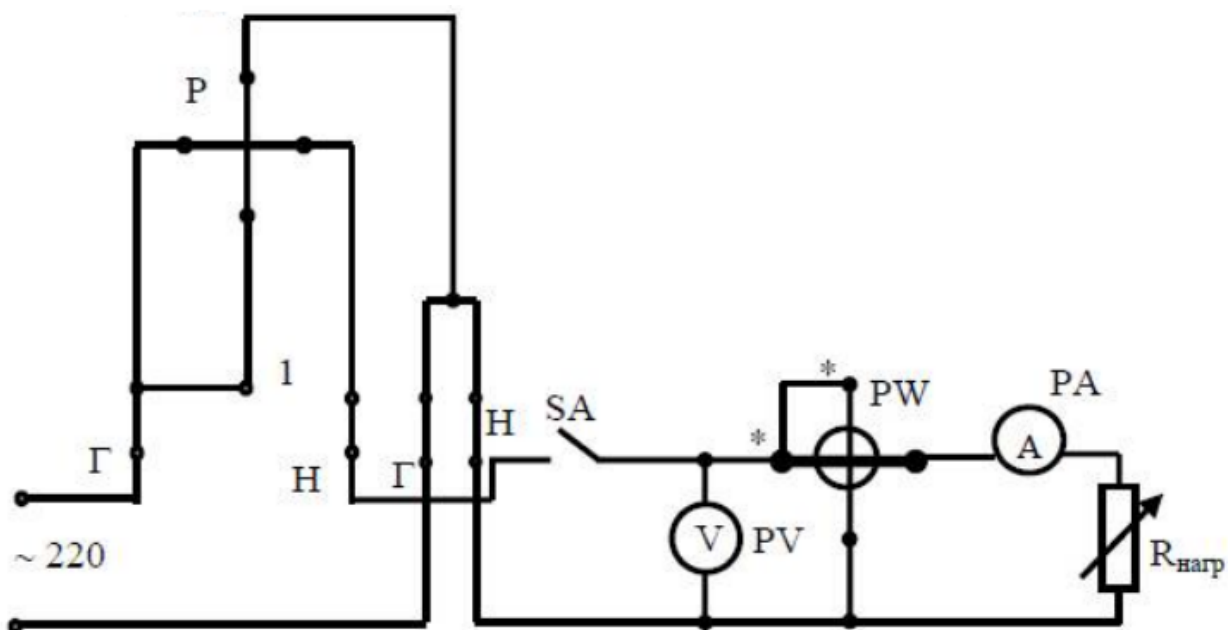


Рисунок 2.1 – Схема 1

6. Приняв за действительное значение энергии величину, подсчитанную по показанию ваттметра за время $t = 300$ сек., а за измеренное значение - энергию, регистрируемую за то же время счетчиком, вычислить относительную погрешность измерения энергии 5% .

7. Результаты измерений и расчетов записать в табл.
8. Собрать схему 2 рис. 2.2 и предъявить ее для проверки преподавателю.

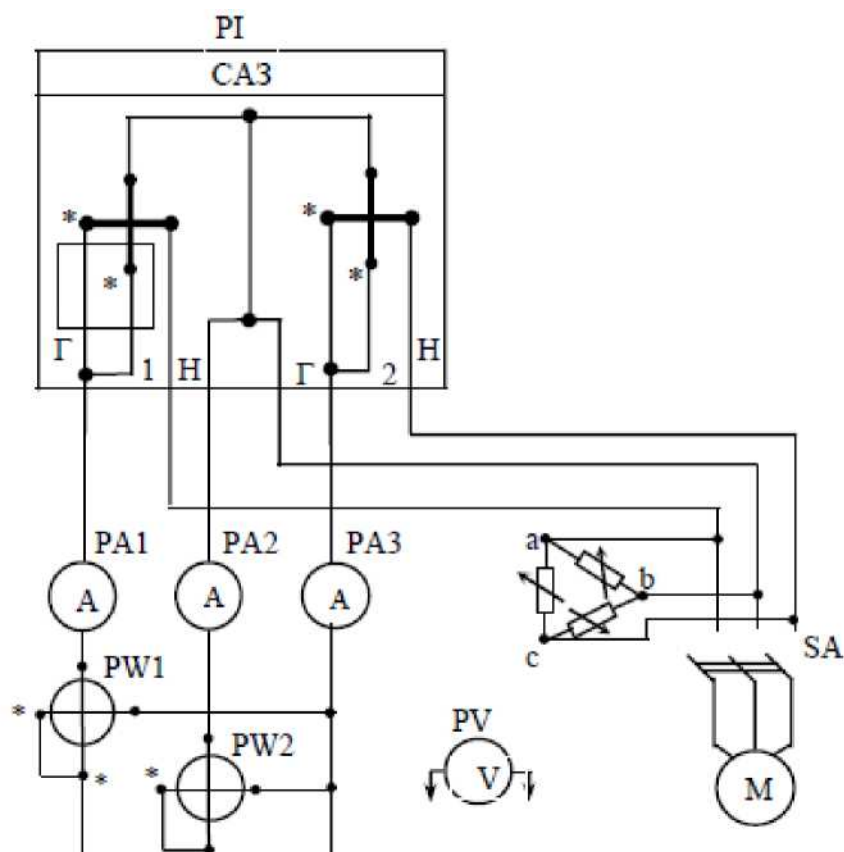


Рисунок 2.2 Схема 2

9. Определить номинальную постоянную трехфазного счетчика $S_{\text{ном}}$.
10. Измерить активную энергию, израсходованную в трехфазной цепи за время $t = 600$ сек., для чего:
 - включить схему в сеть переменного тока напряжением 220/127 В.;
 - замкнуть ключ SA и изменяя сопротивление нагрузки R_A, R_B, R_C по амперметрам PA_1, PA_2, PA_3 установить неравномерную нагрузку;
 - измерить за время $t = 600$ сек число оборотов диска трехфазного счетчика активной энергии N , токи I_A, I_B, I_C и напряжения U_A, U_B, U_C ;
 - вычислить: активную мощность трехфазной цепи P (используя показания ваттметров PW_1 и PW_2); активную энергию за время $t = 600$ сек, регистрируемую счетчиком CA_3 ($W_{\text{сч}}$) и по показаниям двух ваттметров (W). Приняв за действительные значения активной энергии величину, подсчитанную по показаниям двух ваттметров за время $t = 600$ сек, а за измеренные значения - энергию, регистрируемую трехфазным счетчиком активной энергии за время $t = 600$ сек, вычислить погрешность измерения активной энергии ($5W$).
11. Результаты измерений и расчетов записать в табл 2.1.

Таблица 2.1

Опытные данные									
t	N	I _A	I _B	I _C	U _A	U _B	U _C	P _{W1}	P _{W2}
сек.	обор.	A	A	A	B	B	B	Вт	Вт
Расчетные данные									
P		C _{ном}		W		W _{сч}		δ _W	
Вт		Вт·с/об		Вт·с		Вт·с		%	

3. Содержание отчета

1. Технические данные оборудования и измерительных приборов, используемых в работе.
2. Схемы произведенных измерений.
3. Расчет номинальных постоянных счетчиков, энергии и погрешностей измерений.
4. Таблицы с опытными и расчетными данными.
5. Ответы на контрольные вопросы.
6. Выводы по работе.

Вопросы для самоконтроля.

1. Как определить номинальную постоянную счетчика?
2. В каких случаях применяются двухэлементные и трехэлементные счетчики активной энергии?
3. Какие виды трехфазных счетчиков активной энергии выпускаются?
4. Как измерить энергию при подключении счетчиков через измерительные трансформаторы тока и напряжения?

Лабораторная работа №6

Автоматизированная система контроля и учета электрической энергии (АСКУЭ)

Цель работы:

- научиться работать с программой обслуживания многофункциональных счетчиков электроэнергии SETOOLS и программировать электронные счетчики электроэнергии;
- изучить технические средства АСКУЭ;
- ознакомиться с особенностями построения автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии бытовых и промышленных потребителей.

План занятия:

1. Программирование электронных счетчиков электроэнергии.
2. Преимущества применения АСКУЭ.
3. Виды автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии.
4. Состав технических средств автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии.
5. Основные особенности и правила построения АСКУЭ бытовых и промышленных потребителей.
6. Задания для выполнения.

1. Программирование электронных счетчиков электроэнергии

Программа обслуживания многофункциональных счетчиков электроэнергии SETOOLS предназначена для чтения и программирования счетчиков электроэнергии. Ее основное назначение - продемонстрировать функциональные возможности счетчиков электроэнергии, а также позволить запрограммировать счетчик перед его эксплуатацией.

Главное окно программы SETOOLS состоит из нескольких частей, как показано на рис. 1.1: 1 - главное меню программы; 2 - основная и дополнительная секции панели управления; 3 - монитор обмена; 4 - панель состояния; 5 - рабочая область программы.

Главное меню программы содержит вкладки Файл, Вид, Отчет, Счетчик,

Сервис, Настройки, Настройка модема рис. 1.1.

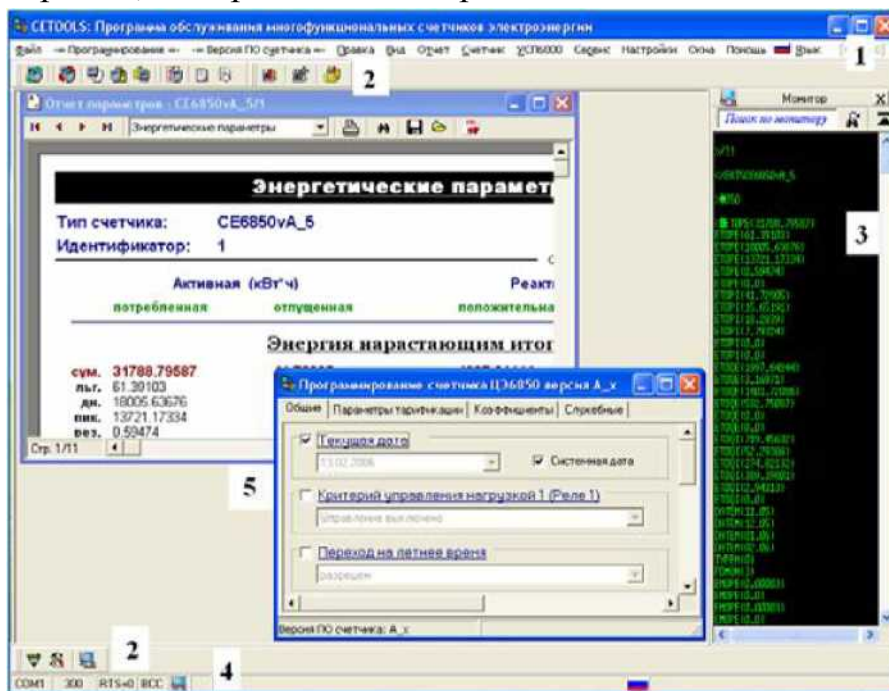


Рисунок 1.1 Окно программы CETOOLS

Панель управления содержит несколько панелей инструментов. Выбор необходимых панелей инструментов происходит с помощью команды *Панели инструментов* меню *Вид*. Панель управления содержит две секции: основная (в верхней части главного окна программы - под главным меню) и дополнительная (в нижней части окна программы - над панелью состояния).

Монитор обмена предназначен для слежения за процессом обмена данными между программой и подключенным устройством. Начало передачи данных от программы обозначается знаком $>$, а начало приема данных от устройства - знаком $<$. Монитор обмена вызывается командой.

Монитор меню *Вид*. При этом значок монитора на панели состояния будет отображаться цветным.

Панель состояния отображает состояние программы, а также позволяет изменить некоторые настройки, рис. 1.2.



Рисунок 1.2 Монитор меню Вид

Каждая секция панели состояния предоставляет доступ к соответствующей настройке программы. Например, чтобы изменить активный COM-порт, достаточно нажать правой кнопкой мыши на секции, отображающей имя порта связи и в появившемся меню выбрать необходимый порт.

2. Преимущества применения АСКУЭ

После того, как в последние годы электроэнергетика перешла на рыночные механизмы функционирования, кардинально изменилось отношение к организации энергоучета. Электроэнергия стала дорогим товаром. В связи с этим и энергоснабжающие организации, и потребители создают на своих объектах автоматизированные системы контроля и учета энергоресурсов (электроэнергии) - АСКУЭ.

Учету электроэнергии на промышленных предприятиях в России начали уделять особое внимание только в начале 1990-х годов из-за изменения экономической ситуации. Распад СССР и вместе с тем единой

энергосистемы, переход к рыночным отношениям привел к резкому удорожанию энергоресурсов. Стоимость электроэнергии стала составлять ощутимую долю в себестоимости продукции (до 25%, а для энергоемких производств до 45%).

АСКУЭ, обеспечивая непрерывный мониторинг и анализ потребления энергоресурсов, стимулируют, с одной стороны, сбытовые организации сокращать потери энергоресурсов при доставке их потребителям, а с другой стороны - это стимул для потребителей, которые благодаря оптимизации режимов использования энергоресурсов достигают существенной экономии финансов.

АСКУЭ позволяет получить достоверную информацию о количестве переданной, распределенной и потребленной электрической энергии и мощности. Эта информация позволяет:

- производить финансовые расчеты между участниками рынка;
- управлять режимами энергопотребления;
- контролировать техническое состояние систем учета электроэнергии;
- определять и прогнозировать все составляющие баланса электроэнергии.

Каждый месяц составляется баланс - соотношение поступившей и отпущенной электрической энергии с учетом потерь и расхода энергии на собственные нужды. Баланс составляется на основе показаний счетчиков электрической энергии, снимаемых в 24 часа местного времени последних суток каждого расчетного месяца.

Рынок электроэнергии - совокупность взаимодействующих поставщиков и потребителей. В связи с этим особенно важно то, что создание АСКУЭ дает значительный положительный эффект для обеих сторон. Рассмотрим что дает внедрение АСКУЭ участникам рынка электроэнергии.

Для энергоснабжающих предприятий (АО-энерго):

1. Возможность выхода на ФОРЭМ - федеральный рынок энергомощностей. Он обеспечивает свободную продажу электроэнергии. У

нас в стране это возможно только для 6% электроэнергии, а в Западной Европе - до 60%. ФОРЭМ предоставляет возможность свободных торгов и следовательно, снижение цены за кВт.ч.

2. Повышение точности учета за счет уменьшения ошибок при ручном съеме данных, за счет ревизии приборов учета и замены старых типов счетчиков на более современные и точные.

3. Снижение потерь электроэнергии за счет контроля балансов по объектам, и уменьшения потерь и хищений электроэнергии.

4. Контроль заявленной мощности предприятий-потребителей.

5. Сокращение затрат на обработку информации экономическим подразделением за счет получения оперативной и достоверной информации об энергопотреблении в электронном виде.

Для промышленных потребителей:

1. Снижение затрат на электроэнергию за счет перехода на дифференцированные тарифы.

2. Контроль фактически потребленной мощности и снижение заявленной (договорной) мощности.

3. Сокращение затрат на обработку информации за счет получения оперативной и достоверной информации об энергопотреблении в электронном виде.

Повышение точности учета (за счет уменьшения ошибок при ручном съеме данных, за счет ревизии приборов учета и замены старых типов счетчиков на более современные и точные).

Для бытовых потребителей:

1. Организация достоверного учета и оперативного контроля за потреблением электроэнергии по каждой квартире и по жилому дому в целом.

2. Переход на многотарифную систему оплаты за потребленную электроэнергию.

3. Отказ от системы выписки счетов за потребленную электроэнергию

самими жильцами и переход на выписку счетов энергоснабжающей организацией.

4. Сокращение затрат на персонал, контролирующий показания квартирных счетчиков.

5. Снижение потерь электроэнергии за счет контроля и анализа потребления дома в целом и уменьшения нерационального расхода энергии в нежилых помещениях дома (на лестничных площадках, при освещении входов в подъезды, в подвалах и т.п.).

3. Виды автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии

В настоящее время существует два вида АСКУЭ: коммерческая и техническая. Коммерческая АСКУЭ контролирует процесс энергопотребления и обеспечивает возможность платы за купленную (потребленную) электроэнергию в реальном масштабе времени. Измеряемыми показателями коммерческого учета являются количество поставленной на рынок или полученной с рынка активной и реактивной электроэнергии за расчетный период, согласно заключенным договорам. При расчетах по двухставочному тарифу дополнительным измеряемым параметром является мощность. Для создания коммерческой АСКУЭ необходимо наличие трех точек хранения информации, соединенных цифровыми линиями: счетчик с памятью, концентратор с памятью и центр обработки информации.

Техническая АСКУЭ позволяет получить картину энергопотребления каждого объекта в режиме максимально приближенном к реальному времени и, соответственно, планировать подключение своих объектов с максимальной эффективностью.

Основное отличие между этими видами АСКУЭ заключается в том, что для коммерческой АСКУЭ обязательна метрологическая аттестация средств учета, а для технической АСКУЭ достаточно только калибровки.

4. Состав технических средств автоматизированной системы

контроля и учета электроэнергии.

АСКУЭ выполняется на базе технических средств и лицензионного программного обеспечения. В состав технических средств АСКУЭ входят:

Счетчики электрической энергии. Причем, именно электронные счетчики, оснащенные датчиками-преобразователями, которые преобразуют измеряемую энергию в пропорциональное количество выходных импульсов (счетчики с числоимпульсными выходами) или в цифровой код (цифровые счетчики с интерфейсом RS485).

Устройства сбора и передачи данных (УСПД) - обеспечивают сбор информации от счетчиков и передачу ее по коммуникационным каналам в центры сбора и обработки информации.

УСПД - это концентратор, который собирает, обрабатывает и передает на верхний уровень АСКУЭ информацию по заданным параметрам энергопотребления. УСПД имеет более емкую память по сравнению даже с микропроцессорным электросчетчиком и способен хранить суточные графики нагрузок по каждому электросчетчику с дискретностью 30 минут в течение 3-х месяцев и значений энергии за месяц в течение 3-х лет. УСПД обеспечивает подключение 16 счетчиков с телеметрическими выходами и 8 счетчиков с цифровым интерфейсом (типа RS485).

Каналы связи с соответствующей каналобразующей аппаратурой (модемы) для передачи измерительной информации. В настоящее время доступны следующие каналы:

- коммутируемый канал - это линия телефонной связи;
- выделенная линия - используется модем;
- радиоканал - используется радиомодем;
- сотовая связь - используется GSM-модем;
- спутниковая связь;
- по силовой сети 0,4 кВ - используется PLC-модем.

Эта новая среда имеет огромные преимущества своей низкой стоимостью, т.к. не требует прокладывать специальных проводных линий связи.

Дальность передачи без ретрансляции по скрытым силовым линиям (кабелям) - до 500 м, по воздушным силовым линиям - до 2000 м.

Средства обработки информации (персональные ЭВМ, выступающие в роли сервера АСКУЭ или АРМов - автоматизированных рабочих мест).

Дополнительное оборудование:

- измерительные трансформаторы напряжения и тока;
- источники бесперебойного питания;
- устройство синхронизации системного времени;
- блок питания - предназначен для питания комплекса технических средств от сети переменного или постоянного тока, обеспечивая напряжение на своем выходе $24 \pm 1,2$ В.

4. Построение АСКУЭ жилого многоквартирного дома

Рассмотрим различные способы построения АСКУЭ в зависимости от среды передачи информации, а также типа используемых приборов учета.

Сбор данных от электронных счетчиков по цифровому интерфейсу RS485. Основные элементы:

1. Устройство сбора и передачи данных УСПД 164-01Б (бит).
2. Блок питания БП-24 для питания УСПД пониженным напряжением 24 В.
3. Счетчики квартирные (этажные) типа СЕ 102.
4. Разветвители интерфейса - устанавливаются на каждом этаже и обеспечивают подключение 4-х этажных счетчиков по интерфейсу RS485.

Между этажами разветвители интерфейса соединяются по витой паре. Разветвители интерфейса предназначены для удобства соединения цифровых счетчиков, УСПД, адаптеров, а также для уменьшения отрицательного волнового сопротивления. Вся собранная со счетчиков подъезда (а также дома) информация поступает в УСПД 164-01Б №1.

Сбор данных от электронных счетчиков, имеющих числоимпульсный интерфейс. Основные элементы:

1. Устройство сбора и передачи данных УСПД 164-01Б.
2. Блок питания БП-24.
3. Счетчики квартирные (этажные) типа ЦЭ6807.
4. Для сбора данных от таких счетчиков вместо разветвителей интерфейса применяется устройство сбора данных (УСД) СЕ821. УСД позволяет подключать 8 числоимпульсных счетчиков.

Сбор данных по низковольтным электрическим сетям 0,38 кВ с использованием PLC-технологии:

1. При этом используются квартирные счетчики типа СЕ102 с PLC-модемом.
2. В шкафу АСКУЭ установлен стационарный PLC-модем, посредством которого УСПД 164-01Б № 2 получает информацию от указанных счетчиков.

При построении АСКУЭ в многоквартирном доме может быть выбран один из трех рассмотренных способов организации системы учета. Но для всех трех способов существует единый порядок организации вводно-распределительного устройства (ВРУ) для всего дома. Вводно-распределительное устройство вместе с шкафом АСКУЭ располагается обычно во дворе дома в закрытом помещении. Шкаф АСКУЭ содержит:

1. Один УСПД 164-01Б.
2. Блок питания БП-24.
3. Два вводных трехфазных счетчика на весь дом (второй - резервный) для подведения общедомового баланса расходования электроэнергии.
4. Электронные трехфазные счетчики типа СЕ301, обеспечивающие общедомовой учет (лифт, освещение) по числу подъездов.
5. Повторители интерфейсов по числу подъездов - они повторяют и усиливают сигнал между подъездами и УСПД.

Каждый повторитель интерфейса соединяется с УСПД по интерфейсу RS485. УСПД одновременно собирает информацию со всего массива электросчетчиков. От УСПД вся информация с дома поступает в центр обработки информации (ЦОИ), где полученные данные анализируются, и на

основании этого ведутся расчеты с потребителями электроэнергии - жильцами дома.

Для передачи информации на участке «общедомовое УСПД - ЦОИ» могут использоваться следующие каналы:

- проводные: выделенные и коммутируемые (АТС) телефонные линии, силовые линии 0,4 кВ;
- беспроводные: радиоканал, сотовая связь.

На трансформаторной подстанции устанавливается стационарный радиомодем SE831С, который опрашивает все счетчики поселка и по интерфейсу RS485 передает данные в устройство сбора и передачи данных УСПД 164-01Б (быт).

Далее информация с УСПД передается в центр обработки информации по сети Internet, или непосредственно с помощью оператора, который переносит информацию с УСПД на свой КПК (ноутбук), а затем отвозит ее в центр.

5. Задания для выполнения

Задание 1: Программирование электронного счетчика.

1. Подготовить счетчик к работе

- Включить персональный компьютер.
- Подключить счетчик к USB-порту компьютера.
- Подключить к счетчику оптическую считывающую головку. Для этого необходимо пристыковать оптическую считывающую головку к оптопорту счетчика, путем поднесения ее к круглому углублению в правом нижнем углу панели счетчика. Считывающая головка должна быть спозиционирована так, чтобы отходящий от нее кабель был расположен вниз.
- После стыковки считывающей головки с оптопортом, она будет держаться за счет встроенного в нее магнита.

- Включить счетчик в сеть.

2. Настроить порт связи

- Определить порт, к которому выполнено подключение счетчика. Для

этого выполнить следующую последовательность действий: *Пуск/ Панель управления/ Система/ Оборудование/Диспетчер устройств/Порты/ USB Serial Port (COM_)*.

- Открыть программу обслуживания многофункциональных счетчиков электроэнергии SETOOLS.
 - Настроить порт связи. Окно настройки порта вызывается через меню *Настройки/Настройка порта связи*. Тип используемого порта: определяет тип порта связи с устройством. Порт: номер COM-порта, через который будет происходить обмен данными. Этот список отображает все имеющиеся в системе COM-порты. Следует выбрать порт, определенный ранее с помощью Диспетчера устройств.
 - Настроить начальную скорость обмена, равную 300 бод. Начальная скорость - это скорость обмена, на которой программа начнет обмен данными со счетчиком. После успешной настройки порта связи его название и начальная скорость обмена отобразятся на панели состояния главной формы программы.
 - Включить монитор обмена командой *Вид/ Монитор*.
- 3. Получить информацию о счетчике*
- Сбросить информацию с оптической головки счетчика (поднять и опустить оптическую головку).
 - С помощью команды *Информация о счетчике* меню *Счетчик* получить и записать в конспект основные сведения о подключенном счетчике, такие как: тип счетчика, идентификатор. Идентификатор скопировать - он пригодится дальше.
 - Проверить дату и время счетчика, состояние работоспособности счетчика.
- 4. Считать данные со счетчика*
- Сбросить информацию с оптической головки счетчика.
 - Выполнить команду *Считать данные* меню *Счетчик*. При этом происходит чтение всех параметров счетчика. Одноименная кнопка на панели управления дублирует эту команду главного меню. При запросе

идентификатора устройства, ввести определенный ранее идентификатор. Процесс обмена данными с устройством отображается в окне *Монитора обмена*. После чтения счетчика программа отобразит отчет параметров.

- Просмотреть отчет параметров и записать в конспект коэффициенты трансформации тока и напряжения, частоту сети.

5. *Сохранить отчет параметров*

- Выполнить команду *Отчет параметров / Сохранить*.
- В директории User Data создать папку со своей фамилией. В этой папке создать папки «Отчеты» и «Программы».

- Сохранить полученный отчет в папку «Отчеты», под следующим именем: *фамилия отчет первый*.

6. *Просмотреть профили (графики нагрузки)*

- Сбросить информацию с оптической головки счетчика. Выполнить команду *Считать профили* меню *Счетчик*.

- Ввести идентификатор счетчика. Из списка доступных дат выбрать любую интересующую дату.

- После выбора необходимых дат профилей программа считывает данные по выбранным параметрам и отображает полученную информацию в графическом виде, рис. 1.

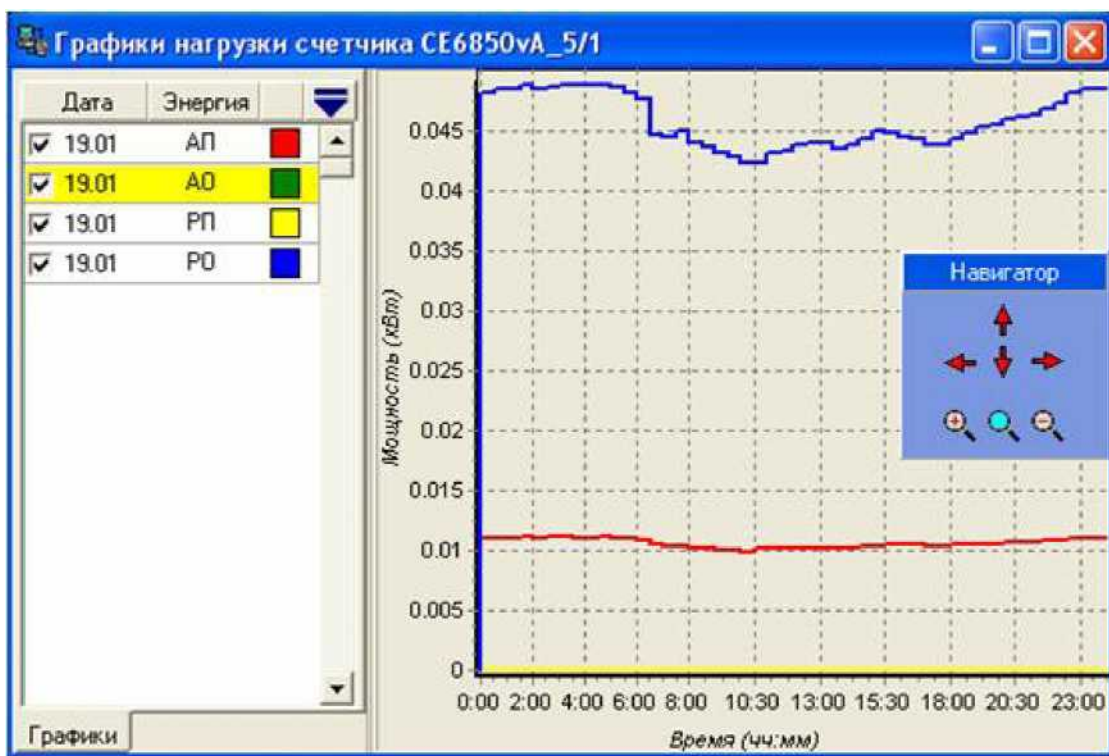


Рисунок 1

Для перемещения по графику предназначена *Навигационная панель*. С ее помощью можно перемещать график и изменять масштаб. На полученном графике активной мощности определить максимум нагрузки и соответствующее ему время. Используя команду *Графики нагрузки / Сохранить в файл*, сохранить

- просмотренные профили в созданную ранее папку «Программы» под именем *фамилия _профили*.
- Проверить правильность сохранения, выполнив следующие действия: *Счетчик /Загрузить профили из файла /Программы / фамилия профили*.

7. Выборочно считать несколько параметров счетчика

Режим выборочного чтения предназначен для чтения выборочных параметров счетчика. Выборочный режим экономит время, необходимое для получения требуемой информации.

- Сбросить информацию с оптической головки счетчика.
- Выполнить команду *Параметры выборочного чтения* меню *Счетчик*.

Выбрать тип используемого счетчика.

- Задать параметры для выборочного чтения: из группы «Параметры 1» - максимальное значение мощности, частоту сети, энергию за сутки; из группы

«Параметры 2» - идентификатор счетчика, коэффициенты трансформации тока и напряжения.

- Выполнить команду *Считать выборочно* из меню *Счетчик*. После чтения счетчика программа отобразит отчет параметров.

- Сохранить полученный отчет, содержащий значения выборочных параметров, с помощью команды *Отчет параметров / Сохранить*, в папке «Отчеты», с именем файла *фамилия отчет выборочно*.

8. Запрограммировать счетчик

- Выполнить команду *Счетчик / Программировать/новыми данными*.

- Выбрать тип используемого счетчика. Во вкладке *Коэффициенты* внести изменения в значения коэффициентов трансформации тока и напряжения, - сделать их равными 25.

- Сохранить внесенные изменения, для этого выбрать команду *Программирование / Сохранить как*, сохранив в созданную ранее папку «Программы», под именем *фамилия _ программирование*.

- Сбросить информацию с оптической головки счетчика.

- Нажать кнопку *Доступ* на счетчике.

- Выполнить команду *Счетчик / Записать данные в счетчик*. Проверить правильность программирования, для этого выборочно считать данные (коэффициенты трансформации) со счетчика и проверить полученный отчет (изменились ли коэффициенты трансформации).

- Сохранить новый отчет в папку «Отчеты» под именем *фамилия после программирования*, для этого выполнить команду *Отчет параметров / Сохранить*.

-

9. Запрограммировать в счетчик исключительные дни и тарифы.

Выполнить команду Счетчик / Программировать / новыми данными /Параметры тарификации .

- Выполнить команду *Правка / Отменить все*, чтобы очистить список тарифных зон.

- Задать исключительные дни: январь: 2, 3, 9; февраль: 5, 21, 28; март: 1, 14, 27; апрель: 1, 17, 23; май: 6, 18, 25; июнь: 1, 13, 29; июль: 12, 21, 30; август: 4, 23, 29; сентябрь: 3, 9, 15; октябрь: 7, 16, 22; ноябрь: 11, 17, 25; декабрь: 2, 6, 15.

- Выбрать номер сезонной программы и задать число и месяц начала срока.

- Задать номера графиков, например: январь будние дни - 1, субботы - 2, воскресения - 3 и т.д.Выполнить соответствие дня недели номеру графика.По заданию преподавателя ввести интервалы тарифных зон суток.

- *Сохранить программный файл фамилия тарифы, с помощью команды Программирование / Сохранить как /Программы.*

- Записать данные в счетчик. Считать данные со счетчика и сохранить под именем *фамилияотчет* тарифов в папку «Отчет».

- В полученном отчете, открыв вкладки *Параметры тарификации /Исключительные дни / Графики тарификации*, проверить правильность тарификации.

Задание 2

В отчете привести преимущества АСКУЭ и состав технических средств АСКУЭ.

Задание 3

В отчете привести информацию и поясняющие схемы по различным способам построения АСКУЭ для бытовых и промышленных потребителей.

б. Содержание отчета:

1. Основные сведения по работе с электронным счетчиком.
2. Анализ графиков нагрузки по конкретным данным.
3. Теоретические данные по техническим средствам АСКУЭ.

4. Выводы по работе.

7. Вопросы для подготовки к защите лабораторной работы:

1. Расшифровать значение термина АСКУЭ.
2. Какие виды АСКУЭ вы знаете, в чем заключается их отличие?
3. Почему АСКУЭ можно отнести к энергосберегающим технологиям?
4. В чем заключается экономический эффект, получаемый промышленным предприятием от внедрения на нем АСКУЭ?
5. Из каких уровней состоит АСКУЭ?
6. Какие функции может выполнять АСКУЭ?
7. Перечислить основные составляющие АСКУЭ промышленного потребителя.
8. Назвать технические средства, необходимые для создания АСКУЭ жилого дома.
9. Счетчик активной энергии на напряжение 220В и ток 5 А, подключенный к сети через измерительные трансформаторы тока 50/5 и напряжения 3000/100, в начале месяца имел показания 1234,2 кВт.ч, а в конце - 1478,5 кВт.ч. Определить энергию, израсходованную за месяц.
10. По каким каналам связи возможна передача информации от объекта до ЦОИ?
11. Опишите назначение модемов в АСКУЭ.
12. Опишите возможные варианты построения АСКУЭ на базе КТС «Энергомера» для частного жилого сектора.
13. Опишите возможные варианты построения АСКУЭ на базе КТС «Энергомера» для многоквартирного жилого дома.
14. Опишите возможные варианты построения АСКУЭ на базе КТС «Энергомера» для промышленных предприятий.
15. Какое оборудование входит в состав ЦОИ?
16. Какое количество счетчиков и каких можно подключить к

УСПД- 164-01 И?

17. Опишите назначение преобразователей интерфейсов.

**Методические указания для проведения лабораторных работ
по дисциплине «Измерения и учет электроэнергии»**

**ДЛЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ
13.03.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

Составитель канд. техн. наук А.И. Колдаев