

Уважаемые студенты групп ТТО -21,22. **Идёт 10 неделя дистанционного обучения!!! Лекция 6 была выложена на сайте ПГТУ 14 мая! Никакой работы в группе ТТО -22 с 14 мая я не увидела. Сегодня по этой лекции вы получаете задачу. (Приведена ниже после лекции) С 1 июня группа уходит на практику.** Работать и во время практики, чтобы успеть выполнить все работы. Если у кого-то нет заданий, или что непонятно, пишите, спрашивайте. Решайте РГЗ 5,6,7. Примеров по решению задач у вас много в ваших тетрадях.

Лекцию 6 законспектировать, рис 2 распечатать, рис4 и рис5 перечертить. Можно и всю лекцию распечатать и прислать распечатанное. Изучить. Решить задачу 6. **Для группы ТТО 21** всё то же самое. Начинаем с лекции 6. Законспектировать до 3 июня. Потом решаем задачу. И заодно решаем РГЗ, сдаём долги.

Выполненные задания посылайте на адрес ivashova08@yandex.ru или в VK.

Лекция 6. Учёт электрической энергии.

1. Устройство и принцип действия индукционного счётчика.
2. Достоинства и недостатки индукционных счётчиков
3. Схема включения счётчика
4. Постоянная счётчика и передаточное число.
5. Устройство и принцип действия электронного счётчика.
6. Достоинства и недостатки электронных счётчиков.

Индукционные (механические) электросчетчики



Счетчики с вращающимся диском знакомы практически каждому. Это те, за прозрачной панелью которых есть вращающееся колесико. Наверняка многие не раз наблюдали за скоростью его вращения — чем выше скорость, тем больше расход энергии. А показания счетчика обозначаются цифрами на специальных барабанах.

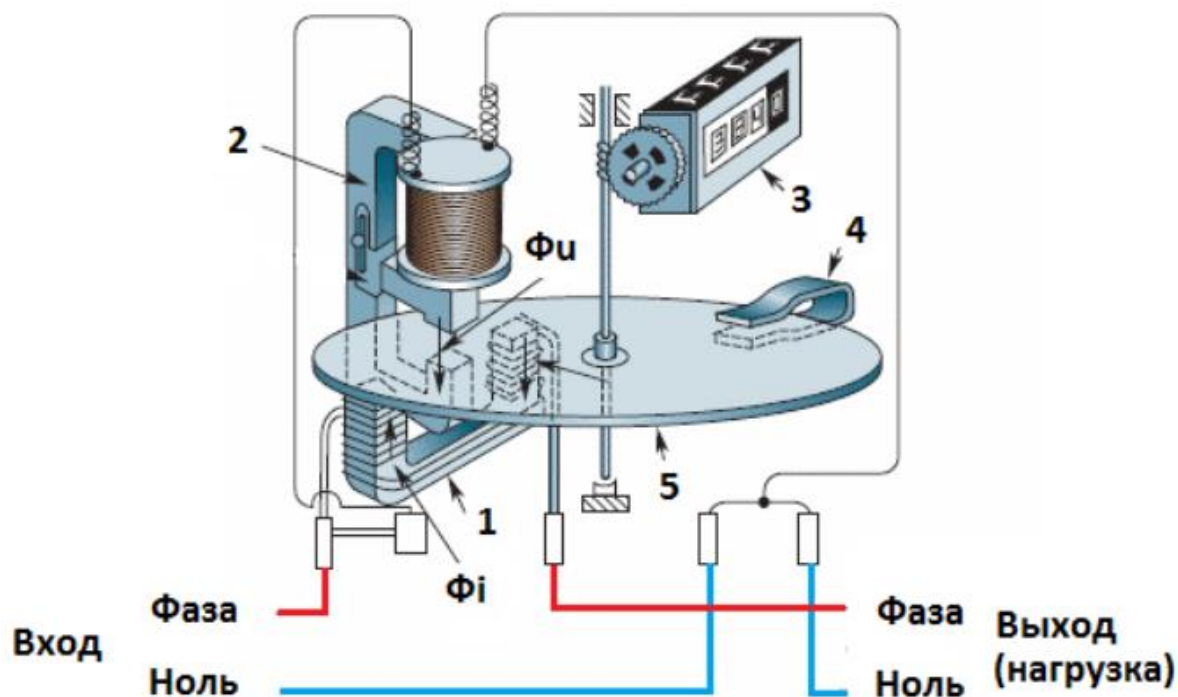
Устройство индукционного счётчика. (рис 2) Однофазный индукционный счётчик учитывает активную энергию $W = P \cdot t = UI \cos \varphi \cdot t$. Для учета эл. тока имеется токовая катушка, которая находится на U-образном ферромагнитном сердечнике и имеет малое количество витков из медного провода сечением не менее $2,5 \text{ мм}^2$, т.к. катушка включается последовательно с приёмником эл. энергии и по ней протекает ток нагрузки. Для учёта напряжения — катушка напряжения, которая находится на замкнутом ферромагнитном сердечнике, имеет большое количество витков малого сечения. Алюминиевый диск(5), в котором наводятся вихревые токи. Постоянный магнит(4) для создания тормозного момента, чтобы устранить момент инерции при вращении диска, чтобы при одинаковой нагрузке скорость вращения диска была равномерной. У счётчика нет устройства,

Рис.1. Индукционный однофазный электросчетчик.

которое создает противодействующий момент для ограничения движения подвижной части прибора. Угол отклонения подвижной части всё время нарастает при вращении диска. Вращение диска связано со счётным механизмом(3) через червячную передачу(рис 3.)

Принцип работы таких счётчиков заключается в следующем.

В электрическом счетчике имеется 2 катушки (рис2- указатели 1 и 2)- катушка напряжения (служит ограничителем переменного тока, преградой для помех и пр., создаёт магнитный поток, соразмерный напряжению) и токовая катушка (создаёт переменный магнитный поток, соразмерный току)



- 1 — токовая или последовательная обмотка (катушка)
- 2 — параллельная катушка (обмотка) или катушка напряжения
- 3 — счетный механизм в виде червячной передачи
- 4 — постоянный магнит для создания торможения и плавности хода диска
- 5 — алюминиевый диск
- Φ_i — магнитный поток, который создается током нагрузки
- Φ_u — магнитный поток, который создается током в катушке напряжения

Рис.2. Принцип работы и устройство индукционного электросчетчика

Магнитные потоки, создаваемые катушками, проникают сквозь алюминиевый диск (рис.2, указатель 5). При этом потоки, которые создает токовая катушка, пронизывают диск несколько раз за счет своей U-образной формы. Как следствие, появляются электромеханические силы, которые и вращают диск.

Далее ось диска взаимодействует со счетным механизмом (рис 2- указатель 3) в виде червячной (зубчато-винтовой) передачи (Рис. 3), которая передает необходимые сигналы и информацию на цифровые барабаны. Чем выше крутящий момент диска, тем выше мощность подаваемого сигнала (крутящий момент равнозначен мощности сети), а значит и расход электроэнергии больше.



Рис.3. Червячная передача

Когда мощность подаваемого электромагнитного сигнала снижается, в действие приходит постоянный магнит торможения (Рис.2, указатель 4). Он и выравнивает колебания частоты вращения диска за счет взаимодействия с вихревыми потоками. Магнит создает электромеханическую силу, обратную кручению диска. Это заставляет диск снизить скорость или вообще остановиться.

Эта группа счетчиков наиболее дешевая и простая. Но постепенно на смену им приходят электронные счетчики за счет ряда недостатков индукционных приборов. Например, индукционный электросчетчик не может снять показания автоматически, а также в показаниях зачастую присутствует погрешность.

Достоинства и недостатки индукционных счетчиков

Достоинства

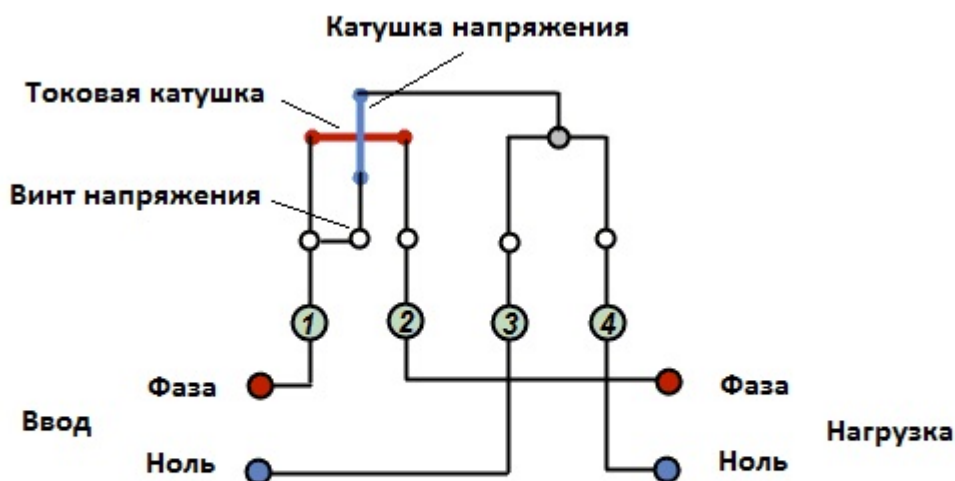
1. Надежны в использовании
2. Многолетний срок эксплуатации счетчика
3. Независимость от перепадов электроэнергии
4. Дешевле электронных

Недостатки

1. Класс точности достаточно низок — 2,0; 2,5
2. Практически отсутствует защищенность от хищения электрической энергии
3. Высокое собственное потребление тока
4. При малых нагрузках вырастает погрешность (чем меньше класс точности, тем больше погрешность)
5. При учете нескольких типов электроэнергии (активной и реактивной) возникает необходимость использования нескольких приборов учета энергии
6. Энергоучет ведется в одном направлении
7. Крупные габариты приборов

Схема включения представлена на рис 4

Рис4. Схема подключения счётчика



Красным цветом обозначены токовая катушка (обмотка) и фазный провод, синим цветом — катушка (обмотка) напряжения и нулевой провод.

Токовая катушка включается последовательно с нагрузкой (выводы 1 и 2). Катушка напряжения включается параллельно нагрузке (выводы 1 и 3-4). Второй вывод обмотки напряжения раздвоен для удобства подсоединения. Генераторные выводы (1 и 3) подключаются к источнику питания, нагрузочные выводы (2 и 4) подключаются к нагрузке.

Частота вращения диска пропорциональна мощности цепи P , а энергия, израсходованная за время t , будет пропорциональна количеству оборотов диска. Количество энергии, израсходованной в сети за время одного оборота диска, называется **действительной постоянной счётчика**. $C_d = W/N = P \cdot t / N$, где N – количество оборотов диска.

Число оборотов диска, соответствующее единице энергии, регистрируемой счётчиком, называется **передаточным числом**. Передаточное число записано на щитке счетчика. Например, 1кВт·ч равен 1000 оборотов диска. Величина, обратная передаточному числу, т.е. энергия, регистрируемая счётчиком за один оборот его диска, называется **номинальной постоянной счётчика (C_n)**. По передаточному числу можно определить номинальную постоянную счётчика.

$$C_n = \frac{W_{сч}}{N} = \frac{1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}}{1000 \text{ об}} = \frac{1000 \text{ Вт} \cdot 3600 \text{ с}}{1000 \text{ об}} = 3600 \text{ Вт} \cdot \text{с} / \text{об} = 3600 \text{ Дж} / \text{об.},$$
 т.е. за один оборот счетчик регистрирует (учитывает) 3600 Дж эл. энергии или $1 \cdot 10^{-3}$ кВт·ч эл. энергии за один оборот диска. Относительная погрешность счетчика определяется по формуле:

$$\gamma\% = \frac{C_n - C_d}{C_d} \cdot 100\%$$

Если диск счётчика вращается при наличии напряжения на параллельной цепи и отсутствии нагрузки (через токовую катушку ток не протекает), то имеется самоход счётчика или холостой ход. Т.е. счётчик учитывает несуществующую нагрузку. Самоход возникает либо при неправильной установке счетчика, либо при неправильной регулировке. Без нагрузки счетчик может сделать только один оборот. Если диск продолжает вращаться, следовательно, имеется самоход.

Наименьшая нагрузка, выраженная в процентах номинальной, при которой диск счётчика начинается вращаться без остановки, называется чувствительностью или порогом чувствительности.

$$S = (P_{\text{наим.}} / P_{\text{ном}}) \cdot 100\%$$

Электронные электросчетчики



Рис.4. Электронный электросчетчик

Эти приборы несколько дороже индукционных, но на сегодняшний день это наиболее выгодные и приоритетные в использовании счетчики. Они имеют более высокий класс точности и позволяют учитывать многотарифность.

Электронные электросчетчики работают за счет преобразования входного аналогового сигнала с датчика тока в цифровой код, равнозначный потребляемой мощности. Этот код отправляется расшифровываться на специальный микроконтроллер. После чего на дисплей (или цифровой барабан) выводится количество расходуемой электроэнергии.

Самая главная составляющая этих счетчиков — это микроконтроллер. Именно он производит анализ сигнала и рассчитывает количество расходуемой электроэнергии. А также передает информацию на выводющие, электромеханические устройства и дисплей.

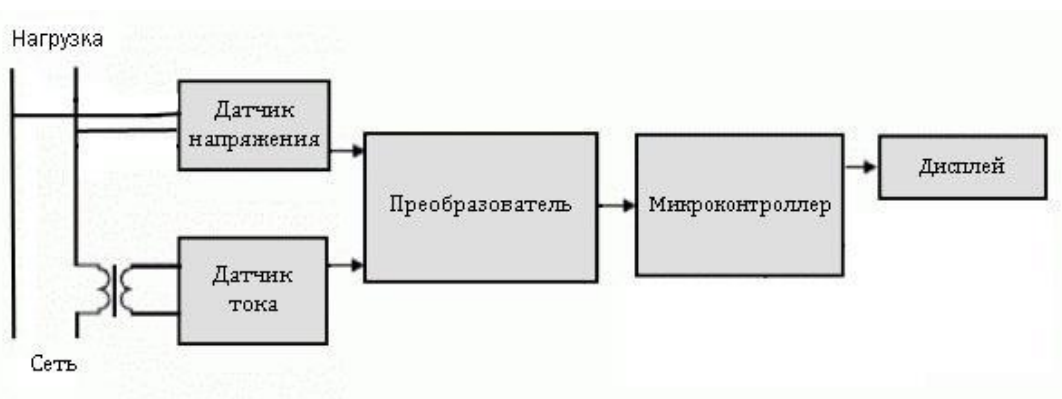


Рис.5. Принцип работы электронного электросчетчика

Сам прибор состоит из корпуса, трансформатора тока, преобразователя сигнала и тарификационного модуля. Если же разбирать более подробно, в состав счетчика входят еще и:

- ЖК-дисплей (или цифровой барабан)
- источник вторичного питания (преобразует переменное напряжение)
- микроконтроллер (просчитывает входные импульсы, рассчитывает расходимую электроэнергию, обменивается данными с другими узлами и схемами счетчика)
- преобразователь (преобразует аналоговый сигнал в цифровой с последующим преобразованием его в импульсный сигнал, равнозначный потребляемой энергии)
- супервизор (формирует сигнал сброса при перебоях с питанием, выводит аварийный сигнал при снижении входного напряжения)
- память (хранит данные об электроэнергии)
- телеметрический выход (принимает импульсный сигнал об энергопотреблении)
- часы реального времени (отсчитывают текущее время и дату)
- оптический порт (считывает показания счетчика, а также программирует его)

Схема включения электронного счетчика такая же, как и у индукционного счётчика. 1 и 3 выводы подключаются к источнику питания, ко 2 и 4 выводам подключается нагрузка.

Достоинства и недостатки электронных электросчетчиков

Достоинства

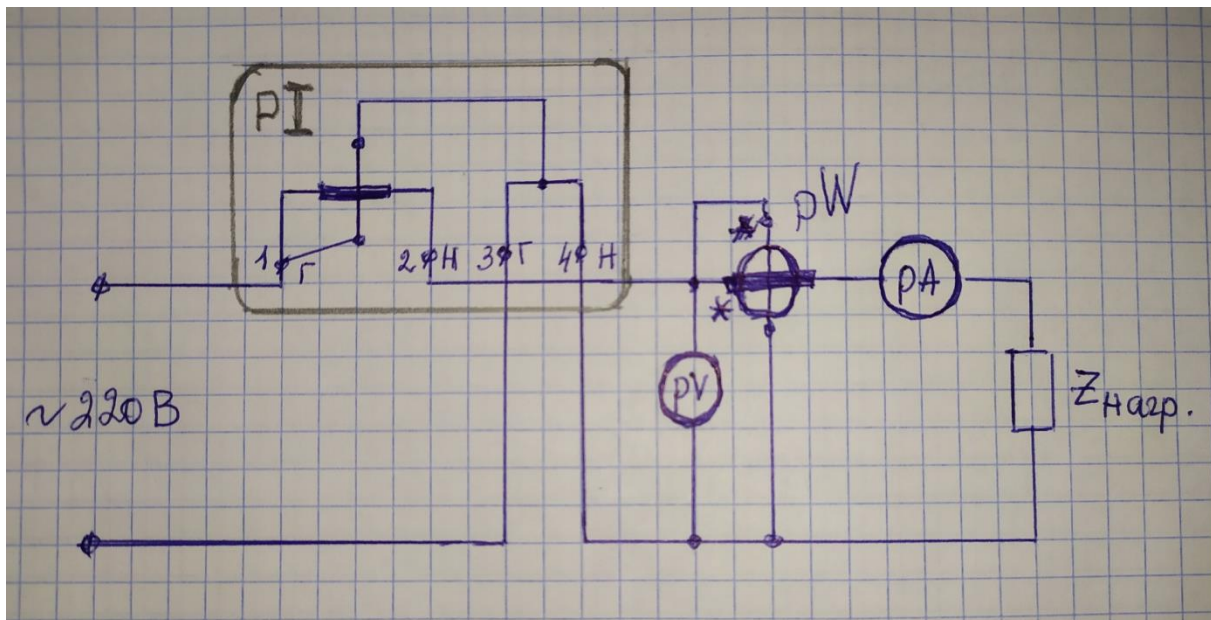
1. Класс точности — от 1,0 — высокий
2. Многотарифность (от 2)
3. Достаточно одного счетчика при учете нескольких типов электрической энергии
4. Энергоучет ведется в 2 направлениях
5. Ведут измерение качества и объема мощности
6. Хранят данные учета электроэнергии
7. Данные легко доступны
8. В случае хищения электроэнергии осуществляется фиксация несанкционированного доступа
9. Возможность дистанционно снимать показатели
10. Возможно применение при автоматизированном техническом учёте и контроле учета электроэнергии (АСТУЭ и АСКУЭ)
11. Длительный срок метрологического интервала (МПИ)
12. Малые по размеру

Недостатки

1. Очень чувствительны к перепадам напряжения
2. Дороже индукционных
3. Достаточно сложно отремонтировать

Задача по теме «Учет электрической энергии»

Эл. схему подключения счётчика перерисовать в тетрадь обязательно. Схемы индукционного и электронного счётчиков одинаковы. На выводы генераторные 1 и 3, подаётся напряжение от источника питания, к выводам нагрузочным 2 и 4 подключается нагрузка, например, осветительно-бытовые приборы вашей квартиры, дома.



Пример. На щитке счетчика указано: класс точности 2,0; передаточное число 1кВтч=1200оборотов диска.
 Для проверки счётчика в цепь включили ваттметр ($U_{ном}=300В$, $I_{ном}=5 А$, $N=150$ дел.). За 5 минут диск счётчика сделал $n=51$ оборот. Ваттметр показал $n_w=52$ деления. Определить номинальную постоянную счётчика, действительную постоянную, абсолютную и относительную погрешности. Сделать выводы о работе счетчика.

1) Определяем постоянную ваттметра $C_W = \frac{P_H}{N} = \frac{U_H \cdot I_H}{N} = \frac{300 \cdot 5}{150} = 10 \text{ Вт/дел}$

Определяем показания ваттметра $P_W = C_W \cdot n_w = 10 \cdot 52 = 520 \text{ Вт}$

2) определяем действительную постоянную счётчика

$$C_D = \frac{W_D}{n} = \frac{P_D \cdot t}{n} = \frac{520 \cdot 300}{51} = 3058,8 \text{ Вт} \cdot \text{с/об} = 3058,8 \text{ Дж/об}$$

Где $t=5 \text{ мин} = 5 \cdot 60 = 300 \text{ с}$

3) По передаточному числу определяем номинальную постоянную счётчика

$$C_H = \frac{1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}}{1200 \text{ об}} = \frac{1000 \text{ Вт} \cdot 3600 \text{ с}}{1200 \text{ об}} = 3000 \text{ Вт} \cdot \text{с/об}$$

4) Определяем абсолютную погрешность $\Delta C = C_H - C_D = 3000 - 3058,8 = -58,8 \text{ Дж/об}$,

Т.к. $\Delta C < 0$, то счётчик занижает показания, т.е. учитывает меньше энергии, чем расходуется в сети.

Если $\Delta C > 0$, то счётчик, наоборот, завышает показания, т.е. учитывает энергии больше, чем расходуется в сети.

5) Определяем относительную погрешность $\gamma_{отн\%} = \Delta C / C_D \cdot 100\% = -58,8 \cdot 100\% / 3058,8 = -1,9\%$

6) Определяем приведенную погрешность $\gamma_{пр\%} = \Delta C / C_H \cdot 100\% = -58,8 \cdot 100\% / 3000 = -1,96\%$

Где ΔC берётся по абсолютной величине.

По приведенной погрешности определяют класс точности. Счётчики бывают следующих классов точности 1,0; 2,0; 2,5.

Т.к. приведенная относительная погрешность получилась 1,96%, то это соответствует второму классу 2,0, что написано на щитке счетчика, следовательно, счетчик исправен.

Задача для самостоятельного решения.

Для группы ТТО-21.

На щитке счетчика указано: класс точности 2,0; передаточное число $1\text{кВтч}=800\text{оборотов диска}$. Для проверки счётчика в цепь включили ваттметр ($U_{\text{ном}}=300\text{В}$, $I_{\text{ном}}=5\text{ А}$, $N=150\text{ дел.}$). За 3 минут диск счётчика сделал $n=26$ оборотов. Ваттметр показал $n_w=64$ деления. Определить номинальную постоянную счётчика, действительную постоянную, абсолютную и относительную погрешности. Сделать выводы о работе счетчика.

Для группы ТТО-22

На щитке счетчика указано: класс точности 2,5; передаточное число $1\text{кВтч}=1000\text{оборотов диска}$. Для проверки счётчика в цепь включили ваттметр ($U_{\text{ном}}=300\text{В}$, $I_{\text{ном}}=5\text{ А}$, $N=150\text{ дел.}$). За 4 минут диск счётчика сделал $n=47$ оборотов. Ваттметр показал $n_w=72$ деления. Определить номинальную постоянную счётчика, действительную постоянную, абсолютную и относительную погрешности. Сделать выводы о работе счетчика.