

# Current Transformer for Electronic Watthour Meter

## Трансформаторы Тока для Электронных Электрических Счётчиков

### Прецизионные измерительные трансформаторы тока для электронных электрических счётчиков

В последние годы в промышленности электромеханические счётчики типа Феррарис всё чаще заменяются электронными. Поскольку электронные счётчики имеют ряд преимуществ (возможность применения в связанных системах, отсутствие механического износа, меньшие размеры, высокая точность), они всё больше находят применение в быту. При этом они могут использоваться в различных областях – от локальных приборов до региональных сетевых систем с дистанционным управлением и контролем.

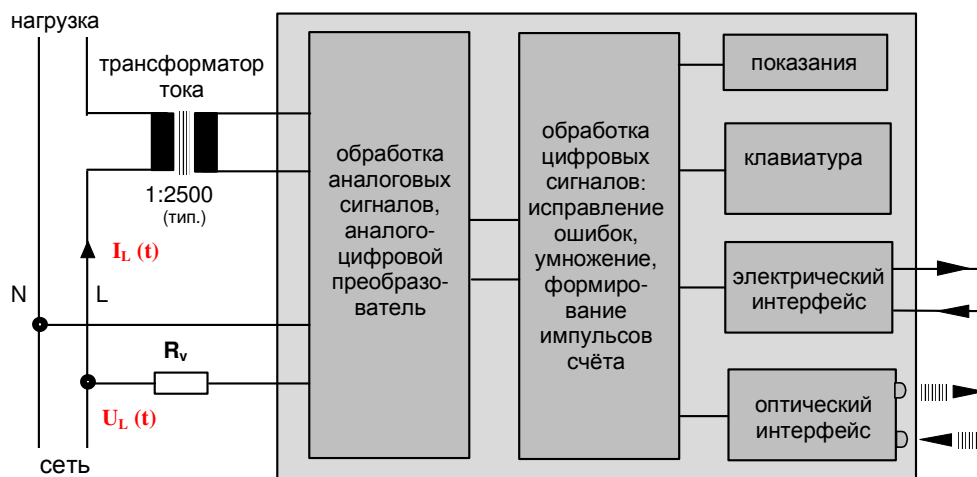


Рис. 1. Принципиальная схема однофазного электронного электрического счётчика.

Одним из важнейших элементов многофазных и в ряде **случаев** однофазных счётчиков является измерительный трансформатор тока. Основным требованием к нему является обеспечение точного, стабильного и независимого от внешних условий коэффициента трансформации и гальванической развязки от сети. **Необходимые** точность и стабильность **устанавливаются по стандарту** (например, в Европе: IEC 62053 – 21 -23 - для счётчиков **непосредственного** включения и IEC 62053- 22 - для счётчиков **посредственного** включения; в США - стандарты ряда ANSI C12.xx).

На сегодняшний день разработаны трансформаторы тока различных конструкций. Однако, наиболее перспективными являются трансформаторы, содержащие кольцевой магнитопровод с низким сопротивлением нагрузки. Они имеют ряд преимуществ: (1) замкнутая магнитная цепь защищает его от мешающих полей, поэтому в большинстве случаев дополнительное экранирование не требуется, (2) используемый магнитный принцип работы не требует применения полупроводниковых элементов, (3) из-за простой конструкции, содержащей малое

количество элементов (магнитопровод с обмоткой, соединительный шнур и защитный контейнер) их относительно легко монтировать и они достаточно компактны. Указанные преимущества существенно снижают стоимость электронных счётчиков **электроэнергии**.



Рис. 2. Бытовой электронный счётчик **электроэнергии** построен согласно стандарту IEC 62053- 21 -23 (с разрешения фирмы АББ)

Следующие параметры определяют токовую и угловую погрешность, их линейность и предельное значение по току в первичной обмотке кольцевого магнитопровода:

- частота  $f$  и напряжение, возникающее на входном сопротивлении ( $R_B$ ) аналого-цифрового преобразователя (рис.1) при протекании тока  $I$  в первичной обмотке трансформатора;
- свойства материала магнитопровода (магнитная индукция насыщения  $B_{sat}$ , относительная магнитная проницаемость  $\mu'$  и угол потерь  $\delta$  как функции намагничивания);
- число витков вторичной обмотки  $N_{sec}$ , сопротивление вторичной обмотки  $R_{Cu}$ , площадь поперечного сечения магнитопровода  $A_{Fe}$  и средняя длина магнитопровода  $l_{Fe}$ .

Для трёх стандартов (Европы и США) существуют различные требования к материалам:

Для **счётчиков по стандартам IEC 62053- 22 и ANSI C12.xx** требуются материалы с высокой магнитной проницаемостью, высокой индукцией и нечувствительностью к температуре. Трансформаторы тока, изготовленные из традиционных материалов (высококачественные кристаллические Ni-Fe-сплавы (ULTRAPERM®)) хорошо зарекомендовали себя на рынке. Однако, последние разработки в этой области - трансформаторы тока из аморфных (VITROVAC®) или нанокристаллических (VITROPERM®) сплавов, производимые компанией VACUUMSCHMELZE GmbH & Co. KG, г. Ганауе (Германия), имеют улучшенные эксплуатационные характеристики. Из-за высокой и практически постоянной магнитной проницаемости независимой от намагничивания, эти сплавы имеют очень малую угловую погрешность, которую можно легко компенсировать. Благодаря применению тонких лент (толщина порядка 22  $\mu m$ ), можно достичь очень малой токовой погрешности. Аморфные и нанокристаллические сплавы имеют малую коэрцитивную силу и их магнитные свойства слабо зависят от температуры. Поэтому зависимость этих погрешностей от температуры определяется медной обмоткой.

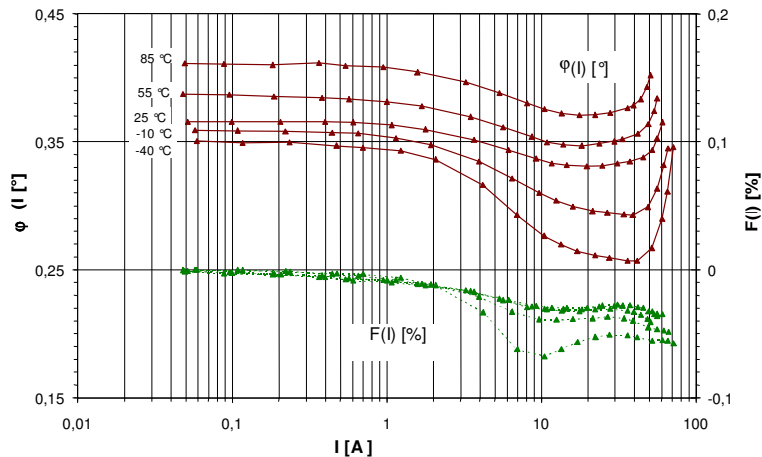


Рис. 3. Измерительный трансформатор тока с кольцевым магнитопроводом **изготовленным из нанокристаллического сплава VITROPERM®**: **Зависимости** токовой  $F$  и угловой  $\varphi$  погрешностей от **значений** первичного тока  $I$  и температуры. **Этот** трансформатор рассчитан на промышленные счётчики **посредственного** включения по **стандарту** IEC 62053- 22 с первичным током 6 А при 50 Hz.

Следует отметить, что в примере, приведенном на рис. 3, токовая погрешность не превышает 0.1%, а диапазон изменений угловой погрешности при комнатной температуре составляет только 0.03°. Указанная точность, определяемая материалом и конструкцией, позволяет компенсировать погрешности даже в прецизионных счётчиках достаточно простыми средствами. В том случае, если в счётчиках используются трансформаторы тока **изготовленные из** традиционных материалов (Ni-Fe сплавы или ферриты), либо с датчиками Холла, то необходимы дополнительные дорогостоящие преобразователи.

**Счётчики по стандарту IEC 62053- 21 -23** должны обладать нечувствительностью к постоянному току, который может насыщать обычные трансформаторы тока. Для этого пользуются магнитопроводы, произведенные из аморфных сплавов (VITROVAC®) компанией VACUUMSCHMELZE GmbH & Co. KG и **обладающие** линейными характеристиками с увеличенным динамическим диапазоном токов первичной обмотки, позволяющих уменьшить эффекты насыщения. Отметим, что в этом случае снижение эффектов насыщения от постоянной составляющей тока можно достигнуть без применения воздушного зазора, что позволяет уменьшить влияние помех. Эти трансформаторы имеют очень малую токовую погрешность на уровне  $10^{-3}$  -  $10^{-2}$  % и очень низкую, но линейную зависимость от температуры (рис. 4). Из-за низкой проницаемости наблюдается угловая погрешность от 4° до 5°, которую, однако, можно легко компенсировать, поскольку она очень стабильная ( $\pm 0.05^\circ$ ). Термокомпенсацию можно легко осуществить аналоговым или цифровым способом.

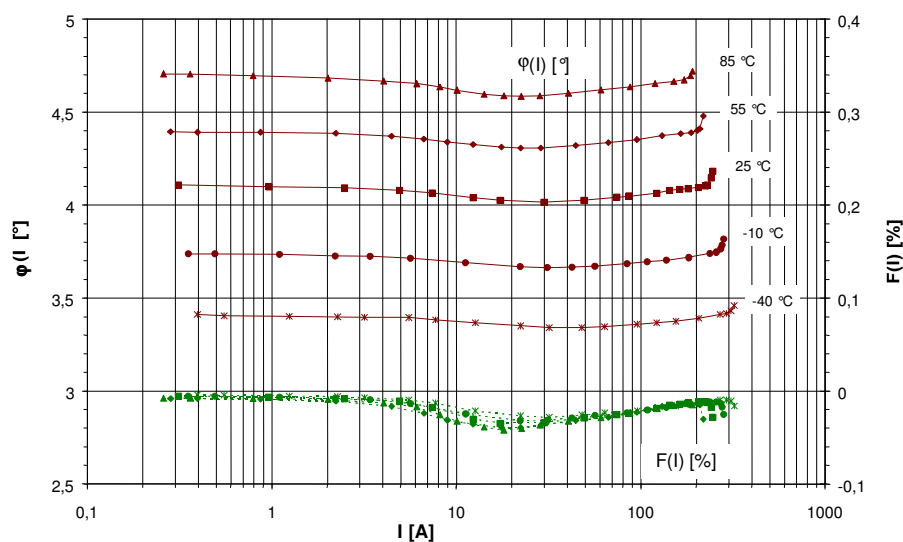


Рис. 4. Измерительный трансформатор тока с кольцевым магнитопроводом **изготовленным из аморфного сплава VITROVAC®**: **Зависимости** токовой F и угловой φ погрешностей от значений первичного тока I и температуры. **Этот** трансформатор рассчитан на счётчики **непосредственного** включения по **стандарту** IEC 62053- 21 -23 с первичным током 60 А.

VACUUMSCHMELZE GMBH & CO KG



Advanced Materials – The Key to Progress

P.O.B. 22 53  
D-63412 Hanau  
GERMANY  
tel. (\*\*49) 6181 / 38-0  
fax. (\*\*49) 6181 / 38-26 45  
Internet: [www.vacuumschmelze.com](http://www.vacuumschmelze.com)  
eMail: [info@vacuumschmelze.com](mailto:info@vacuumschmelze.com)

Local Sales Representative  
KBR MAGNETO Sp.J.  
ul. Wyzwolenia 9 lok. 21  
PL-42-224 Czestochowa  
POLAND  
tel./fax.: (\*\*48) 34 364 20 66  
Internet: [www.magneto.pl](http://www.magneto.pl)  
eMail: [magneto@magneto.pl](mailto:magneto@magneto.pl)