

В. А. РОЩИН

**Рынок
электроэнергии**

СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ



**Производственно-
практическое
пособие**

В. А. Рощин

**СХЕМЫ
ВКЛЮЧЕНИЯ СЧЕТЧИКОВ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Производственно-практическое пособие

*Издание 3-е,
переработанное и дополненное*

Москва
«Издательство НЦ ЭНАС»
2007

УДК 621.317.785

ББК 31.221

Р81

Рощин В. А.

Р81 Схемы включения счетчиков электрической энергии : производственно-практ. пособие / В. А. Рощин. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2007. — 112 с. : ил.

ISBN 978-5-93196-445-4

Рассмотрены различные схемы включения счетчиков электрической энергии, применяемых на энергообъектах. Показаны примеры негативных последствий от неправильного подключения счетчиков. Приведены результаты экспериментального определения погрешностей счетчиков и трансформаторов тока. Даны практические рекомендации по проверке схем подключения счетчиков, по порядку их замены и др.

Для специалистов метрологических служб и электроцехов энергетических предприятий, энергосбытовых организаций.

Может быть рекомендовано специалистам Госстандарта (Ростехрегулирования) России, инспекторам по энергетическому надзору, ответственным за электрохозяйство потребителей электроэнергии.

УДК 621.317.785

ББК 31.221

ISBN 978-5-93196-445-4

© В. А. Рощин, 2007

© ЗАО «Издательство НЦ ЭНАС», 2007

СОДЕРЖАНИЕ

1. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ	5
2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	6
3. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЧЕТЧИКОВ	10
4. ИНДУКЦИОННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ	12
5. ИЗМЕРЕНИЕ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОННЫМИ СЧЕТЧИКАМИ	14
6. ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ СЧЕТЧИКОМ	16
7. СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ ОДНОФАЗНЫХ СЧЕТЧИКОВ	19
8. СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫХ СЧЕТЧИКОВ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ НАПЯЖЕНИЕМ 380/220 В	24
9. ПРОВЕРКА СХЕМ ВКЛЮЧЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫХ СЧЕТЧИКОВ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ НАПЯЖЕНИЕМ 380/220 В	34
10. СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫХ СЧЕТЧИКОВ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ НАПЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В	42
11. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ	55
12. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ НАПЯЖЕНИЕМ 380/220 В	61

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Основные технические характеристики счетчиков электрической энергии	65
Приложение 2. Справочные данные счетчиков	88
Приложение 3. Потребление мощности счетчиками, ваттметрами, варметрами, амперметрами, вольтметрами и преобразователями телеизмерений	95
Приложение 4. Технические характеристики трансформаторов напряжения отечественного производства	98
Приложение 5. Таблица тригонометрических величин	101
Приложение 6. Протокол проверки измерительного комплекса коммерческого учета электроэнергии	103
Приложение 7. Основные параметры измерительных комплексов учета электроэнергии на подстанции	105
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	108

1. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

$$\left. \begin{array}{l} U_1, U_2, U_3 \\ U_\phi \\ U_A, U_B, U_C \end{array} \right\} \text{— фазное напряжение;}$$

$$\left. \begin{array}{l} U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} \\ U_L \end{array} \right\} \text{— линейное напряжение;}$$

$$\left. \begin{array}{l} I_1, I_2, I_3 \\ I_A, I_B, I_C \end{array} \right\} \text{— ток;}$$

- φ — угол фазового сдвига между током и фазным напряжением;
 $\cos \varphi$ — коэффициент мощности нагрузки;
 $P_{1\Phi}$ — активная мощность однофазной сети;
 $P_{3\Phi}$ — активная мощность трехфазной сети;
 W — активная энергия;
 Q — реактивная энергия;
И1, И2 — вторичная обмотка измерительного трансформатора тока
(далее — ТТ);
Л1, Л2 — первичная обмотка ТТ;
 ω — угловая частота;
 t — время;
 T — период колебаний;
 δ_c — погрешность измерений электрической энергии счетчиком.

2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Счетчик электрической энергии — интегрирующий по времени прибор, измеряющий активную и (или) реактивную энергию (далее — счетчик).

Активная мощность — количество активной энергии, потребляемой за единицу времени $\left[\frac{\text{джоуль}}{\text{секунда}} = \text{Ватт (Вт)} \right]$.

Активная мощность, Вт, измеряемая счетчиком, определяется выражениями:

для однофазного счетчика

$$P_{1\phi} = U_{\phi} I \cos \varphi;$$

для трехфазного двухэлементного счетчика

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} U_{\text{л}} I \cos \varphi;$$

для трехфазного трехэлементного счетчика в четырехпроводной сети

$$P_{3\phi 4} = U_1 I_1 \cos \varphi_1 + U_2 I_2 \cos \varphi_2 + U_3 I_3 \cos \varphi_3.$$

Реактивная мощность — количество электрической энергии, циркулирующей в единицу времени, между генератором и магнитным полем приемника (трансформатора, электродвигателя). При этом происходит периодический (колебательный) обмен энергии без преобразования ее в тепловую, механическую или иную.

Реактивная мощность, вар, измеряемая счетчиком реактивной энергии, определяется выражением

$$Q_{3\phi} = \sqrt{3} U_{\text{л}} I \sin \varphi.$$

Загрузка реактивной мощностью линий и трансформаторов уменьшает пропускную способность сети и не позволяет полностью использовать установленную мощность генератора.

Угол фазового сдвига — фазовый сдвиг между электрическим напряжением и током, градусы. При индуктивном характере нагрузки ток по фазе отстает от напряжения (рис. 1). При емкостном характере нагрузки ток по фазе опережает напряжение.

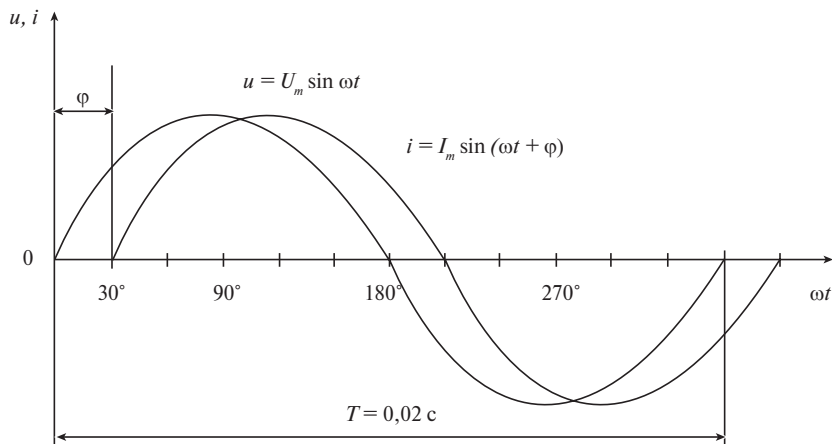


Рис. 1. Мгновенные значения тока и напряжения с углом сдвига фаз

Вектор — условное графическое изображение параметра по значению и направлению.

Векторная диаграмма — условное графическое изображение векторов тока и напряжения (рис. 2).

Порядок чередования фаз напряжений может быть прямым или обратным, определяется фазоуказателем И517М или прибором ВАФ-85 на колодке зажимов счетчика.

Прямой порядок чередования фаз напряжений — ABC, BCA, CAB (по часовой стрелке, рис. 3). Обратный порядок чередования фаз напряжений — ACB, CBA, BAC , создает дополнительную погрешность и вызывает самоход индукционного счетчика активной энергии. Счетчик реактивной энер-

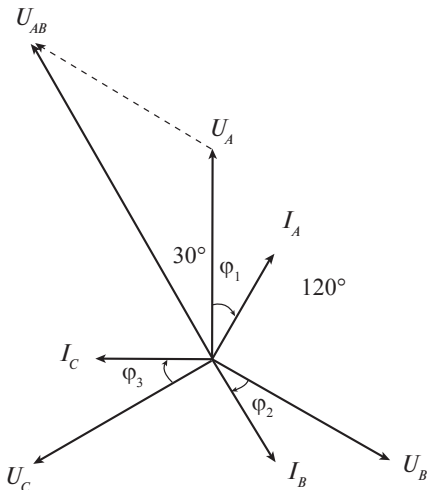


Рис. 2. Векторная диаграмма токов и напряжений в трехфазной сети

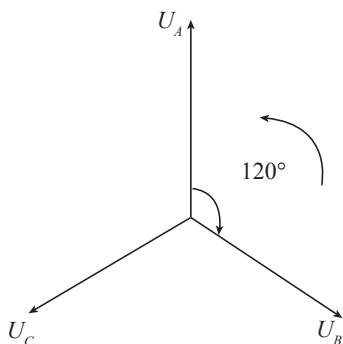


Рис. 3. Прямой порядок чередования фаз напряжений

гии при обратном порядке чередования фаз напряжений и нагрузки вращается в обратную сторону.

Обозначение класса точности счетчика — число, равное пределу допускаемой погрешности, выраженной в процентах, для всех значений диапазона измерений тока от минимального до максимального значения, коэффициенты мощности, равном единице, при нормальных условиях, установленных стандартами или техническими условиями на счетчик. На щитке счетчика обозначается цифрой в круге, например (2).

Самоход счетчика — движение диска или мигание индикаторов счетчика под действием приложенного напряжения и при отсутствии тока в последовательных цепях.

Порог чувствительности счетчика — наименьшее нормируемое значение тока, которое вызывает изменение показаний счетного механизма при номинальных значениях напряжения, частоты и $\cos \varphi = 1$.

Полярность трансформатора тока. Однополярными зажимами измерительных трансформаторов называют зажимы первичной и вторичной обмоток, намотанных на сердечник (кern) в одном направлении. Обратная полярность — изменение направления тока в первичной или вторичной обмотках ТТ. Изменение направления тока в токовой цепи измерительного элемента счетчика равноценно изменению угла фазового сдвига на 180° , что вызывает отрицательный вращающий момент (рис. 4).

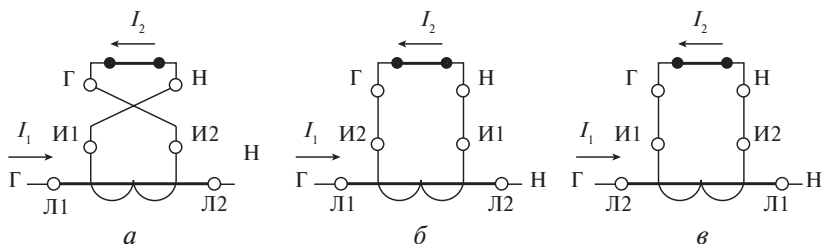


Рис. 4. Обратная полярность включения токовой цепи счетчика и вторичной обмотки ТТ, выполненная соединительными проводами (а), по вторичной обмотке ТТ (б) и по первичной обмотке ТТ (в)

Правильная полярность подключения обмоток ТТ и токовой цепи измерительного элемента счетчика показана на рис. 5.

Внутренний угол счетчика — угол фазового сдвига между магнитным потоком напряжения Φ_U и магнитным потоком токовой цепи Φ_I измерительного элемента (для индукционного счетчика активной энергии — равен 90°).

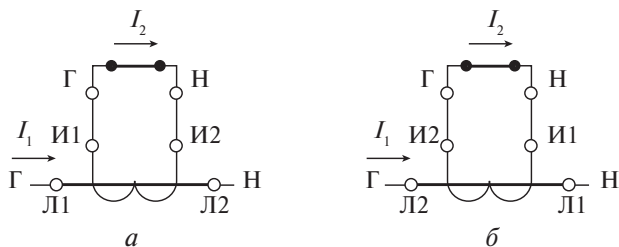


Рис. 5. Полярность подключения обмоток ТТ и токовой цепи счетчика:
а — Л1–И1–Г — однополярны; *б* — Л2–И2–Г — однополярны; Л1Л2 — линия; И1И2 — измерение