



СЧЕТЧИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ
ПСЧ-4ТМ.05МН

Руководство по эксплуатации
Часть 4
Измерение и учет потерь
ИЛГШ.411152.178РЭЗ

Содержание

1	Расчет потерь в линии электропередачи и силовом трансформаторе	3
2	Расчетные соотношения для номинальных мощностей потерь	4
2.1	Номинальные мощности потерь	4
2.2	Потери в линии электропередачи (кабеле)	6
2.3	Активные потери в силовом трансформаторе.....	7
2.4	Реактивные потери в силовом трансформаторе.....	8
3	Учет потерь.....	10
3.1	Энергия и мощность с учетом потерь	10
3.2	Знак учета потерь	11
3.3	Архивы энергии с учетом потерь	11
3.4	Профиль мощности с учетом потерь.....	11
4	Пример расчета номинальных мощностей потерь	12
4.1	Ручной расчет	12
4.2	Автоматический расчет	14

Настоящее руководство по эксплуатации (далее РЭЗ) является выделенным разделом из руководства по эксплуатации ИЛГШ.411152.178РЭ и содержит сведения о счетчике электрической энергии многофункциональном ПСЧ-4ТМ.05МН (далее счетчик) в части измерения и учета потерь в линии электропередачи и силовом трансформаторе.

При изучении, эксплуатации и техническом обслуживании счетчика необходимо дополнительно пользоваться документами ИЛГШ.411152.178РЭ «Руководство по эксплуатации. Часть 1» и ИЛГШ.411152.178РЭ2 «Руководство по эксплуатации. Часть 3. Дистанционный режим».

1 Расчет потерь в линии электропередачи и силовом трансформаторе

1.1 Счетчик производит расчет мощности потерь в линии электропередачи и силовом трансформаторе по измеряемым значениям тока и напряжениям и на основании введенных значений номинальных мощностей потерь.

1.2 В общем случае суммарная активная мощность потерь в линии и силовом трансформаторе определяется формулой (1), а суммарная реактивная мощность потерь формулой (2)

$$P_{\Pi} = P_{\Pi.л} \cdot M_0 + P_{\Pi.н} \cdot M_1 + P_{\Pi.хх} \cdot M_2, \quad (1)$$

$$Q_{\Pi} = Q_{\Pi.л} \cdot M_3 + Q_{\Pi.н} \cdot M_4 + Q_{\Pi.хх} \cdot M_5, \quad (2)$$

где $P_{\Pi.л}$ – активная мощность потерь в линии электропередачи;

$P_{\Pi.н}$ – активная мощность нагрузочных потерь в силовом трансформаторе (потери в обмотке);

$P_{\Pi.хх}$ – активная мощность потерь холостого хода в силовом трансформатора (потери в магнитопроводе);

$Q_{\Pi.л}$ – реактивная мощность потерь в линии электропередачи;

$Q_{\Pi.н}$ – реактивная мощность нагрузочных потерь в силовом трансформаторе (потери в обмотке);

$Q_{\Pi.хх}$ – реактивная мощность потерь холостого хода в силовом трансформаторе (потери в магнитопроводе);

$M_0 - M_5$ – маски составляющих суммарной мощности потерь. Маска является конфигурационным параметром, может принимать значение 1 или 0 и позволяет включить или исключить из расчета каждую составляющую мощности потерь.

1.3 Счетчик по каждой фазе за период сети измеряет и вычисляет отношения

$$\left(\frac{I_i}{I_H} \right)^2, \left(\frac{U_i}{U_H} \right)^2, \left(\frac{U_i}{U_H} \right)^4,$$

где I_i – измеряемый счетчиком ток в i -й фазе;

I_H – номинальный ток счетчика;

U_i – измеряемое счетчиком фазное напряжение в i -й фазе;

U_H – номинальное фазное напряжение счетчика.

1.4 С учетом измеряемых отношений, формулы (1), (2) для суммарных активной и реактивной мощности потерь в линии и силовом трансформаторе, приведенные к входу счетчика, можно представить в виде (3), (4)

$$P_{\Pi} = \sum_{i=1}^3 \left\{ \left(\frac{I_i}{I_H} \right)^2 \cdot P_{\Pi.л.ном} \cdot M_0 + \left(\frac{I_i}{I_H} \right)^2 \cdot P_{\Pi.н.ном} \cdot M_1 + \left(\frac{U_i}{U_H} \right)^2 \cdot P_{\Pi.хх.ном} \cdot M_2 \right\}, \quad (3)$$

$$Q_{\Pi} = \sum_{i=1}^3 \left\{ \left(\frac{I_i}{I_H} \right)^2 \cdot Q_{\Pi.л.ном} \cdot M3 + \left(\frac{I_i}{I_H} \right)^2 \cdot Q_{\Pi.н.ном} \cdot M4 + \left(\frac{U_i}{U_H} \right)^4 \cdot Q_{\Pi.хх.ном} \cdot M5 \right\}, \quad (4)$$

где $Q_{\Pi.л.ном}$ – активная мощность потерь в линии электропередачи, приведенная к входу счетчика при номинальном токе счетчика;

$Q_{\Pi.н.ном}$ – активная мощность нагрузочных потерь в силовом трансформаторе, приведенная к входу счетчика при номинальном токе счетчика (потери в обмотке);

$Q_{\Pi.хх.ном}$ – активная мощность потерь холостого хода в силовом трансформаторе, приведенная к входу счетчика при номинальном напряжении счетчика (потери в магнитопроводе);

$Q_{\Pi.л.ном}$ – реактивная мощность потерь в линии электропередачи, приведенная к входу счетчика при номинальном токе счетчика;

$Q_{\Pi.н.ном}$ – реактивная мощность нагрузочных потерь в силовом трансформаторе, приведенная к входу счетчика при номинальном токе счетчика (потери в обмотке);

$Q_{\Pi.хх.ном}$ – реактивная мощность потерь холостого хода в силовом трансформаторе, приведенная к входу счетчика при номинальном напряжении счетчика (потери в магнитопроводе).

1.5 Все перечисленные номинальные мощности потерь приводятся к входу счетчика и определяются для одной фазы при номинальном токе и номинальном напряжении счетчика.

1.6 Номинальные мощности потерь вводятся в счетчик как постоянные программируемые параметры, определяются параметрами учитываемого участка линии и паспортными данными измерительного и силового оборудования объекта.

1.7 Номинальные мощности потерь могут вводиться в счетчик как в физических величинах, Вт (вар) так и в процентах к номинальной мощности счетчика по одной фазе.

1.8 От точности определения номинальных мощностей потерь зависит точность расчета мощности потерь счетчика.

2 Расчетные соотношения для номинальных мощностей потерь

2.1 Номинальные мощности потерь

2.1.1 Ниже будут приведены расчетные соотношения для вычисления номинальных мощностей потерь при включении оборудования по схеме, приведенной на рисунке 1 для счетчика непосредственного включения, и на рисунке 2 для счетчика трансформаторного включения.

2.1.2 Расчет номинальных мощностей потерь может быть произведен на основании паспортных данных силового и измерительного оборудования объекта с применением программного обеспечения «Конфигуратор СЭТ-4ТМ».

Для счетчиков непосредственного включения значения коэффициентов трансформации измерительных трансформаторов напряжения и тока принимаются равными 1.

В формулах используются следующие условные обозначения:

$R_{л}$ – активное сопротивление учитываемого участка линии (измеренное или рассчитанное по параметрам линии);

$X_{л}$ – реактивное сопротивление учитываемого участка линии (измеренное или рассчитанное по параметрам линии);

$K_{тТ}$ – коэффициент трансформации измерительного трансформатора тока (паспортные данные);

$K_{тН}$ – коэффициент трансформации измерительного трансформатора напряжения (паспортные данные);

K_{TC} – коэффициент трансформации силового трансформатора $K_{TC} = \frac{U_{BH}}{U_{HH}}$;

U_{BH} – номинальное напряжение силового трансформатора по высокой стороне (паспортные данные);

U_{HH} – номинальное напряжение силового трансформатора по низкой стороне (паспортные данные);

R_{K3} – активная мощность потерь короткого замыкания трехфазного силового трансформатора при номинальном токе во вторичной обмотке (паспортные данные);

R_{XX} – активная мощность потерь холостого хода трехфазного силового трансформатора при номинальном напряжении вторичной обмотки (паспортные данные);

S – номинальная мощность трехфазного силового трансформатора (паспортные данные);

I_{HTP} – номинальный ток во вторичной обмотке силового трансформатора, вычисляется по формуле (5)

$$I_{HTP} = \frac{\frac{S}{3}}{\frac{U_{HH}}{\sqrt{3}}} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{HH}} \quad (5)$$

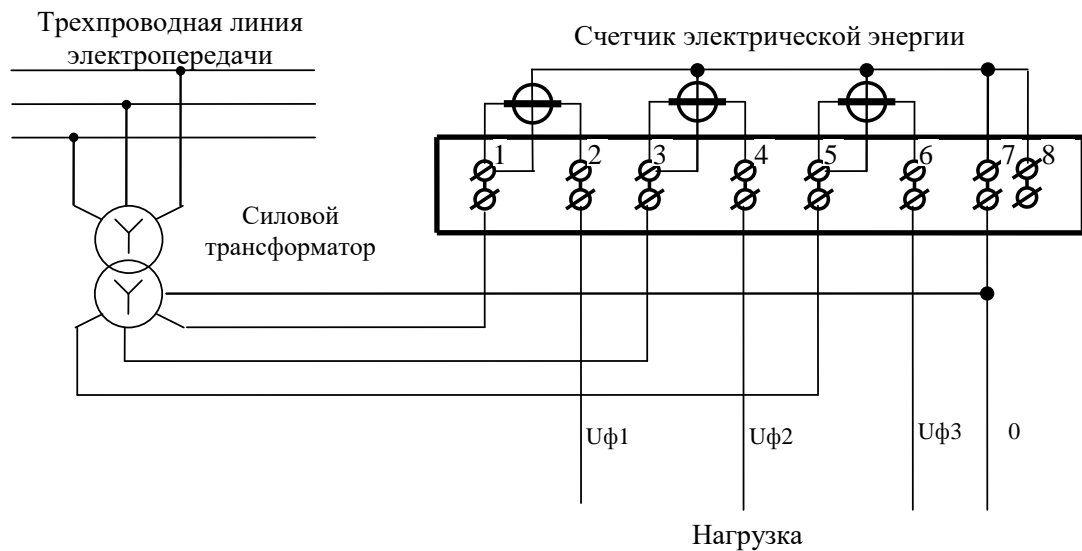


Рисунок 1 – Схема включения оборудования при определении номинальных мощностей потерь счетчика непосредственного включения

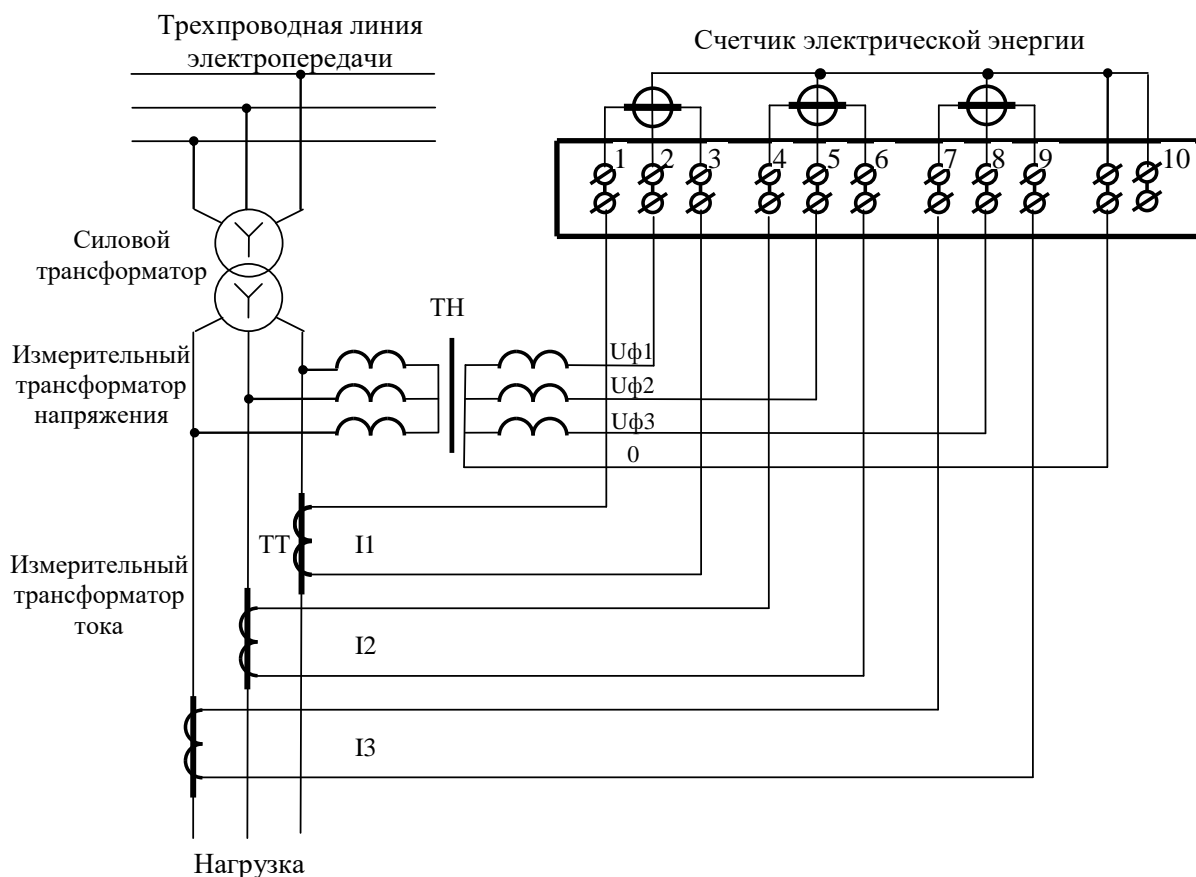


Рисунок 2 – Схема включения оборудования при определении номинальных мощностей потерь счетчика трансформаторного включения

2.2 Потери в линии электропередачи (кабеле)

2.2.1 Активные потери в линии электропередачи пропорциональны квадрату тока и активному сопротивлению учитываемого участка линии. Активные потери в линии не имеют знака и всегда положительные.

Активная мощность потерь в одном проводе линии электропередачи, приведенная к входу счетчика, определяется по формуле (6)

$$\begin{aligned}
 P_{\text{П.Л}} &= \left(\frac{I_i}{I_H} \right)^2 \cdot R_{\text{Л}} \cdot \left(\frac{I_H \cdot K_{\text{ТТ}}}{K_{\text{ТС}}} \right)^2 \cdot \frac{1}{K_{\text{ТТ}} \cdot K_{\text{ТН}}} = \\
 &= \left(\frac{I_i}{I_H} \right)^2 \cdot R_{\text{Л}} \cdot \left(\frac{I_H}{K_{\text{ТС}}} \right)^2 \cdot \frac{K_{\text{ТТ}}}{K_{\text{ТН}}} = \left(\frac{I_i}{I_H} \right)^2 \cdot P_{\text{П.Л.НОМ}}
 \end{aligned} \quad (6)$$

$P_{\text{П.Л.НОМ}}$ определяется формулой (7), имеет физический смысл активной мощности потерь в одном проводе линии на номинальном токе счетчика без учета коэффициентов трансформации измерительных трансформаторов напряжения и тока, является величиной постоянной и вводится в счетчик как конфигурационный параметр.

$$P_{\text{П.Л.НОМ}} = R_{\text{Л}} \cdot \left(\frac{I_H}{K_{\text{ТС}}} \right)^2 \cdot \frac{K_{\text{ТТ}}}{K_{\text{ТН}}} \quad (7)$$

2.2.2 Реактивные потери в линии пропорциональны квадрату тока и реактивному сопротивлению учитываемого участка линии. Реактивная мощность потерь в линии может иметь знак, в зависимости от характера реактивного сопротивления линии:

- знак плюс при индуктивном характере сопротивления линии;
- знак минус при емкостном характере сопротивления линии.

Реактивная мощность потерь в одном проводе линии электропередачи, приведенная к входу счетчика, определяется по формуле (8)

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{п.л}} &= \left(\frac{I_i}{I_H} \right)^2 \cdot X_{\text{л}} \cdot \left(\frac{I_H \cdot K_{\text{ТТ}}}{K_{\text{Тс}}} \right)^2 \cdot \frac{1}{K_{\text{ТТ}} \cdot K_{\text{ТН}}} = \\
 &= \left(\frac{I_i}{I_H} \right)^2 \cdot X_{\text{л}} \cdot \left(\frac{I_H}{K_{\text{Тс}}} \right)^2 \cdot \frac{K_{\text{ТТ}}}{K_{\text{ТН}}} = \left(\frac{I_i}{I_H} \right)^2 \cdot Q_{\text{п.л.ном}}
 \end{aligned} \tag{8}$$

$Q_{\text{п.л.ном}}$ определяется формулой (9), имеет физический смысл реактивной мощности потерь в одном проводе линии на номинальном токе счетчика без учета коэффициентов трансформации измерительных трансформаторов напряжения и тока, является величиной постоянной и вводится в счетчик как конфигурационный параметр.

$$Q_{\text{п.л.ном}} = X_{\text{л}} \cdot \left(\frac{I_H}{K_{\text{Тс}}} \right)^2 \cdot \frac{K_{\text{ТТ}}}{K_{\text{ТН}}} \tag{9}$$

2.3 Активные потери в силовом трансформаторе

2.3.1 Активные потери в силовом трансформаторе делятся на нагрузочные (потери в обмотке), пропорциональные квадрату тока, и потери холостого хода (потери в магнитопроводе), пропорциональные квадрату напряжения.

2.3.2 Активная мощность нагрузочных потерь в силовом трансформаторе, приведенная к входу счетчика (для одной фазы), определяется по формуле (10)

$$\begin{aligned}
 P_{\text{п.н}} &= \left(\frac{I_i}{I_H} \right)^2 \cdot \frac{P_{\text{КЗ}}}{3} \cdot \left(\frac{I_H \cdot K_{\text{ТТ}}}{I_{\text{Нгр}}} \right)^2 \cdot \frac{1}{K_{\text{ТТ}} \cdot K_{\text{ТН}}} = \\
 &= \left(\frac{I_i}{I_H} \right)^2 \cdot \frac{P_{\text{КЗ}}}{3} \cdot \left(\frac{I_H}{I_{\text{Нгр}}} \right)^2 \cdot \frac{K_{\text{ТТ}}}{K_{\text{ТН}}} = \left(\frac{I_i}{I_H} \right)^2 \cdot P_{\text{п.н.ном}}
 \end{aligned} \tag{10}$$

2.3.3 $P_{\text{п.н.ном}}$ определяется формулой (11), имеет физический смысл активной мощности нагрузочных потерь на номинальном токе счетчика в одной фазе без учета коэффициентов трансформации измерительных трансформаторов напряжения и тока. $P_{\text{п.н.ном}}$ является величиной постоянной, определяется паспортными данными на силовое и измерительное оборудование и вводится в счетчик как конфигурационный параметр.

$$P_{\text{п.н.ном}} = \frac{P_{\text{КЗ}}}{3} \cdot \left(\frac{I_H}{I_{\text{Нгр}}} \right)^2 \cdot \frac{K_{\text{ТТ}}}{K_{\text{ТН}}} \tag{11}$$

2.3.4 Активная мощность потерь холостого хода в силовом трансформаторе, приведенная к входу счетчика (для одной фазы), определяется по формуле (12)

$$\begin{aligned}
 P_{\text{п.хх}} &= \left(\frac{U_i}{U_H} \right)^2 \cdot \frac{P_{\text{хх}}}{3} \cdot \left(\frac{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot K_{\text{ТН}}}{U_{\text{НН}}} \right)^2 \cdot \frac{1}{K_{\text{ТТ}} \cdot K_{\text{ТН}}} = \\
 &= \left(\frac{U_i}{U_H} \right)^2 \cdot \frac{P_{\text{хх}}}{3} \cdot \left(\frac{\sqrt{3} \cdot U_H}{U_{\text{НН}}} \right)^2 \cdot \frac{K_{\text{ТН}}}{K_{\text{ТТ}}} = \left(\frac{U_i}{U_H} \right)^2 \cdot P_{\text{п.хх.ном}}
 \end{aligned} \tag{12}$$

2.3.5 $P_{\text{п.хх.ном}}$ определяется формулой (13), имеет физический смысл активной мощности потерь холостого хода силового трансформатора при номинальном фазном напряжении счетчика в одной фазе без учета коэффициентов трансформации измерительных трансформаторов напряжения и тока. $P_{\text{п.хх.ном}}$ является величиной постоянной, определяется паспортными данными на силовое и измерительное оборудование и вводится в счетчик как конфигурационный параметр.

$$P_{\text{п.хх.ном}} = \frac{P_{\text{хх}}}{3} \cdot \left(\frac{\sqrt{3} \cdot U_H}{U_{\text{НН}}} \right)^2 \cdot \frac{K_{\text{ТН}}}{K_{\text{ТТ}}} \tag{13}$$

2.4 Реактивные потери в силовом трансформаторе

2.4.1 Реактивные потери в силовом трансформаторе делятся на нагрузочные (потери в обмотке), пропорциональные квадрату тока, и потери холостого хода (потери в магнитопроводе), пропорциональные четвертой степени напряжения.

2.4.2 Реактивная мощность нагрузочных потерь в силовом трансформаторе, приведенная к входу счетчика (для одной фазы), определяется по формуле (14)

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{п.н}} &= \left(\frac{I_i}{I_H} \right)^2 \cdot \frac{Q_{\text{кз}}}{3} \cdot \left(\frac{I_H \cdot K_{\text{ТТ}}}{I_{\text{НТр}}} \right)^2 \cdot \frac{1}{K_{\text{ТТ}} \cdot K_{\text{ТН}}} = \\
 &= \left(\frac{I_i}{I_H} \right)^2 \cdot \frac{Q_{\text{кз}}}{3} \cdot \left(\frac{I_H}{I_{\text{НТр}}} \right)^2 \cdot \frac{K_{\text{ТТ}}}{K_{\text{ТН}}} = \left(\frac{I_i}{I_H} \right)^2 \cdot Q_{\text{п.н.ном}}
 \end{aligned} \tag{14}$$

2.4.3 $Q_{\text{п.н.ном}}$ определяется формулой (15), имеет физический смысл реактивной мощности нагрузочных потерь на номинальном токе счетчика в одной фазе без учета коэффициентов трансформации измерительных трансформаторов напряжения и тока. $Q_{\text{п.н.ном}}$ является величиной постоянной, определяется паспортными данными на силовое и измерительное оборудование и вводится в счетчик как конфигурационный параметр.

$$Q_{\text{п.н.ном}} = \frac{Q_{\text{кз}}}{3} \cdot \left(\frac{I_H}{I_{\text{НТр}}} \right)^2 \cdot \frac{K_{\text{ТТ}}}{K_{\text{ТН}}}, \tag{15}$$

где $Q_{\text{кз}}$ - реактивная составляющая мощности потерь короткого замыкания силового трансформатора при номинальном токе во вторичной обмотке.

$Q_{\text{кз}}$ может быть вычислена по формуле (16) из треугольника мощностей короткого замыкания, полученного на основании схемы замещения трансформатора и приведенного на рисунке 3.

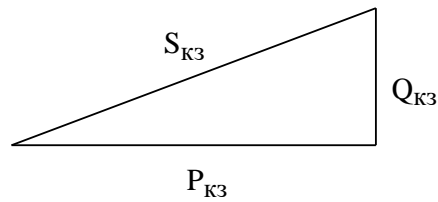


Рисунок 3 – Треугольник мощностей короткого замыкания трансформатора

$$Q_{кз} = \sqrt{\left(S \cdot \frac{U_{кз}}{100}\right)^2 - P_{кз}^2} \quad (16)$$

где S - номинальная мощность силового трансформатора (паспортные данные);
 $U_{кз}$ - напряжение короткого замыкания, приведенное к номинальной мощности силового трансформатора в процентах от номинального напряжения при номинальном токе во вторичной обмотке (паспортные данные);

$S_{кз} = S \cdot \frac{U_{кз}}{100}$ - полная мощность потерь короткого замыкания силового трансформатора при номинальном токе во вторичной обмотке;

$P_{кз}$ - активная составляющая мощности потерь короткого замыкания силового трансформатора при номинальном токе во вторичной обмотке (паспортные данные).

2.4.4 Реактивная мощность потерь холостого хода в силовом трансформаторе, приведенная к входу счетчика (для одной фазы), определяется по формуле (17)

$$Q_{п.хх} = \left(\frac{U_i}{U_H}\right)^4 \cdot \frac{Q_{хх}}{3} \cdot \left(\frac{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot K_{ТН}}{U_{НН}}\right)^4 \cdot \frac{1}{K_{ТТ} \cdot K_{ТН}} =$$

$$= \left(\frac{U_i}{U_H}\right)^4 \cdot \frac{Q_{хх}}{3} \cdot \left(\frac{\sqrt{3} \cdot U_H}{U_{НН}}\right)^4 \cdot \frac{K_{ТН}^3}{K_{ТТ}} = \left(\frac{U_i}{U_H}\right)^4 \cdot Q_{п.хх.ном} \quad (17)$$

2.4.5 $Q_{п.хх.ном}$ определяется формулой (18), имеет физический смысл реактивной мощности потерь холостого хода силового трансформатора при номинальном фазном напряжении счетчика в одной фазе без учета коэффициентов трансформации измерительных трансформаторов напряжения и тока. $Q_{п.хх.ном}$ является величиной постоянной, определяется паспортными данными на силовое и измерительное оборудование и вводится в счетчик как конфигурационный параметр.

$$Q_{п.хх.ном} = \frac{Q_{хх}}{3} \cdot \left(\frac{\sqrt{3} \cdot U_H}{U_{НН}}\right)^4 \cdot \frac{K_{ТН}^3}{K_{ТТ}} \quad (18)$$

где $Q_{хх}$ - реактивная составляющая мощности потерь холостого хода силового трансформатора при номинальном напряжении вторичной обмотки.

$Q_{хх}$ может быть вычислена по формуле (19) из треугольника мощностей холостого хода, приведенного на рисунке 4, полученного на основании схемы замещения трансформатора.

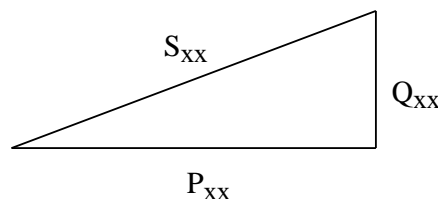


Рисунок 4 – Треугольник мощностей холостого хода трансформатора

$$Q_{xx} = \sqrt{\left(S \cdot \frac{I_{xx}}{100}\right)^2 - P_{xx}^2} \quad (19)$$

где S - номинальная мощность силового трансформатора (паспортные данные);

I_{xx} - ток холостого хода силового трансформатора, приведенный к номинальной мощности силового трансформатора в процентах от номинального тока при номинальном напряжении вторичной обмотки (паспортные данные);

$S_{xx} = S \cdot \frac{I_{xx}}{100}$ - полная мощность потерь холостого хода силового трансформатора при номинальном напряжении вторичной обмотки.

3 Учет потерь

3.1 Энергия и мощность с учетом потерь

3.1.1 При учете потерь в счетчике производится суммирование (или вычитание) измеренных значений за период сети активной и реактивной составляющих вектора полной мощности без учета потерь (S) в каждой фазе сети с одноименными составляющими вектора полной мощности потерь (S_{Π}). На рисунке 5 приведен пример для индуктивной нагрузки и индуктивного характера мощности потерь. На рисунке 6 приведен пример для емкостной нагрузки и индуктивного характера мощности потерь. Проекции вектора полной мощности с учетом потерь ($S+S_{\Pi}$) определяют активную ($P+P_{\Pi}$) и реактивную ($Q+Q_{\Pi}$) составляющие мощности с учетом потерь для каждой фазы за период сети.

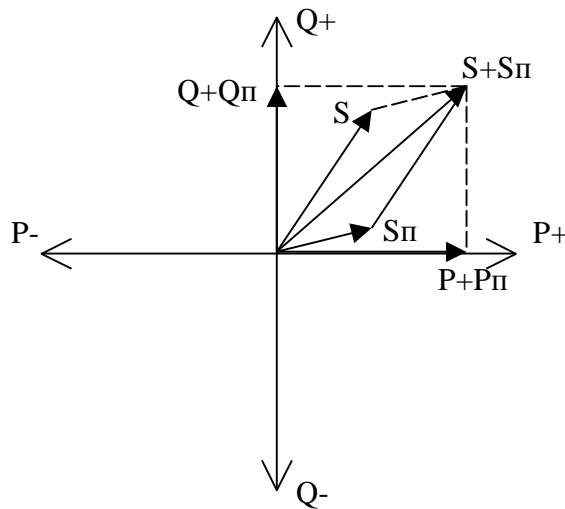


Рисунок 5

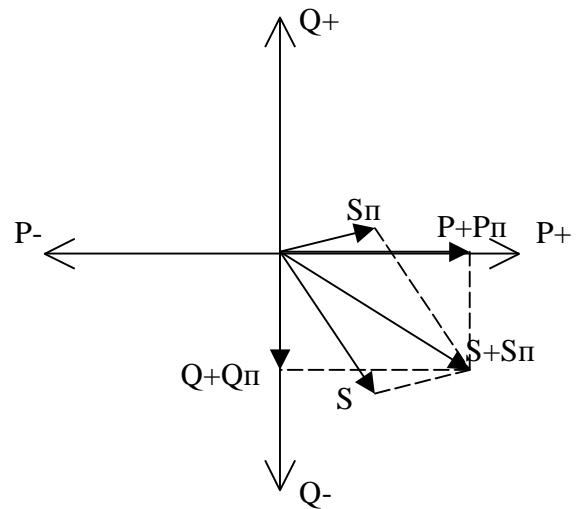


Рисунок 6

3.1.2 Вычисление за период сети значений мощностей с учетом потерь трехфазной системы производится алгебраическим (с учетом знака направления) суммированием соответствующих мощностей однофазных измерений.

3.1.3 По измеренным за период сети значениям активной и реактивной мощности с учетом потерь формируются импульсы телеметрии, которые подсчитываются контроллером и сохраняются в регистрах текущих значений энергии и профиля мощности по каждому виду энергии (мощности) и направлению до свершения события.

3.1.4 По свершению события, текущие значения энергии или мощности фиксируются в соответствующих энергонезависимых архивах учета энергии и массиве профиля мощности. При этом в качестве события выступает время окончания текущего тарифа, текущих су-

ток, месяца, года или время окончания интервала интегрирования мощности для массива профиля.

3.2 Знак учета потерь

3.2.1 Потери могут учитываться как со знаком плюс, так и со знаком минус. Знак учета потерь зависит от расположения точки измерения и точки учета относительно потери. На рисунке 7 показано слева направо:

- генератор;
- точка учета (со стороны генератора);
- Z_{Π} (комплексное сопротивление потерь);
- точка измерения (со стороны нагрузки);
- $Z_{\text{Н}}$ (комплексное сопротивление нагрузки).

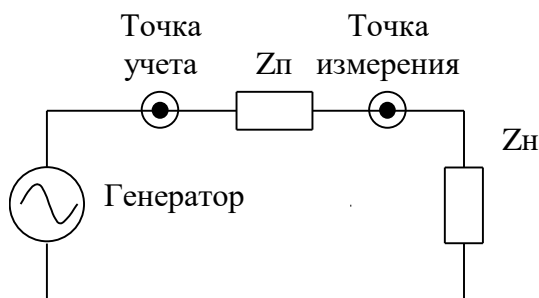


Рисунок 7

3.2.2 Точка измерения – это точка, в которой установлен счетчик, производящий измерения. Точка учета – это точка, в которой нужно вычислить энергию и мощность с учетом потерь по результатам измерений в точке измерения.

3.2.3 Если точка измерения и учета расположены так, как показано на рисунке 7, то в точке измерения мощность будет меньше чем в точке учета на величину мощности потерь. Для расчета мощности в точке учета (с учетом потерь) нужно к мощности без учета потерь добавить мощность потерь. При этом знак учета потерь выбирается и конфигурируется как плюс.

3.2.4 Если точку измерения и учета поменять местами, то в точке измерения мощность будет больше, чем в точке учета. Для расчета мощности в точке учета (с учетом потерь) нужно из мощности без учета потерь вычесть мощность потерь. При этом знак учета потерь выбирается и конфигурируется как минус.

3.3 Архивы энергии с учетом потерь

3.3.1 Счетчик ведет архивы не тарифицированной энергии с учетом потерь (активной, реактивной прямого и обратного направления в зависимости от варианта исполнения):

- всего от сброса (нарастающий итог);
- за текущие и предыдущие сутки;
- на начало текущих и предыдущих суток;
- за каждые предыдущие календарные сутки глубиной до 30 дней;
- на начало каждых предыдущих календарных суток глубиной до 30 дней;
- за текущий месяц и двенадцать предыдущих месяцев;
- на начало текущего месяца и двенадцати предыдущих месяцев;
- за текущий и предыдущий год;
- на начало текущего и предыдущего года.

3.3.2 Все перечисленные архивы доступны для чтения только через интерфейсы связи и не выводятся на индикатор счетчика.

3.4 Профиль мощности с учетом потерь

3.4.1 Счетчик ведет два четырехканальных массива профиля мощности нагрузки базовой структуры (активной, реактивной прямого и обратного направления).

3.4.2 Каждый массив может конфигурироваться для ведения профиля мощности с учетом потерь. Конфигурирование производится через интерфейсы связи и описано в документе «Руководство по эксплуатации. Часть 3. Дистанционный режим».

4 Пример расчета номинальных мощностей потерь

4.1 Ручной расчет

4.1.1 Расчет ведется на основании схемы, приведенной на рисунке 1 для счетчика непосредственного подключения к сети. Коэффициенты трансформации измерительных трансформаторов напряжения и тока принимаются равными 1. Все номинальные мощности потерь приводятся к входу счетчика и рассчитываются для одной фазы.

4.1.2 Исходные данные для расчета взяты из паспортных данных измерительного и силового оборудования и приведены в таблице 1. Активное и реактивное сопротивление линии электропередачи считается известным (измеренным или вычисленным на основании типа применяемого кабеля, его длины, сечения провода и материала).

Таблица 1

Обозначение параметра	Наименование параметра	Значение параметра
Параметры линии электропередачи (одного провода)		
Rл	Активное сопротивление линии, Ом	0,3
Xл	Реактивное сопротивление линии (индуктивный характер), Ом	0,5
Паспортные данные измерительных трансформаторов тока и напряжения		
Kтг	Коэффициент трансформации измерительного трансформатора тока	1
Kтн	Коэффициент трансформации измерительного трансформатора напряжения	1
Паспортные данные трехфазного силового трансформатора ТМГ-16/6-10		
S	Номинальная мощность, кВА	16
Uвн	Номинальное напряжение по высокой стороне, кВ	6
Uнн	Номинальное напряжение по низкой стороне, кВ	0,4
Pкз	Активная мощность потерь короткого замыкания, кВт	0,44
Pхх	Активная мощность потерь холостого хода, кВт	0,085
Uкз	Напряжение короткого замыкания, %	3
Iхх	Ток холостого хода, %	3
Паспортные данные счетчика ПСЧ-4ТМ.05МН		
Un	Номинальное фазное напряжение, В	230
In	Номинальный ток, А	5

Недостающие исходные данные, вычисленные на основании паспортных данных, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Обозначение параметра	Наименование параметра	Значение параметра
К _{тс}	Коэффициент трансформации силового трансформатора ($K_{тс} = \frac{U_{вн}}{U_{нн}}$)	15
I _{нтр}	Номинальный ток вторичной обмотки силового трансформатора $I_{нтр} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{нн}}$, А	23,094
Q _{кз}	Реактивная составляющая полной мощности потерь короткого замыкания силового трансформатора (формула 16), квар	0,1918
Q _{хх}	Реактивная составляющая полной мощности потерь холостого хода силового трансформатора (формула 19), квар	0,4724

4.1.3 Формулы для расчета и рассчитанные значения номинальных мощностей потерь, приведенных к входу счетчика (одна фаза), приведены в таблице 3.

Таблица 3

Обозначение	Наименование	Значение
Рп.л.ном	Активная мощность потерь в линии, приведенная к входу счетчика, при номинальном токе счетчика (формула 7), Вт	0,0333
Qп.л.ном	Реактивная мощность потерь в линии, приведенная к входу счетчика, при номинальном токе счетчика (формула 9), вар	0,0556
Рп.н.ном	Активная мощность нагрузочных потерь в трансформаторе, приведенная к входу счетчика, при номинальном токе счетчика (формула 11), Вт	6,875
Рп.хх.ном	Активная мощность потерь холостого хода в трансформаторе, приведенная к входу счетчика, при номинальном фазном напряжении счетчика (формула 13), Вт	28,1031
Qп.н.ном	Реактивная мощность нагрузочных потерь в трансформаторе, приведенная к входу счетчика, при номинальном токе счетчика (формула 15), вар	2,9974
Qп.хх.ном	Реактивная мощность потерь холостого хода в трансформаторе, приведенная к входу счетчика, при номинальном фазном напряжении счетчика (формула 18), вар	154,9228
Рп	Суммарная активная мощность потерь в линии и трансформаторе, приведенная к входу счетчика в одной фазе, при номинальном токе и напряжении счетчика (формула 3), Вт	35,0114
Qп	Суммарная реактивная мощность потерь в линии и трансформаторе, приведенная к входу счетчика в одной фазе, при номинальном токе и напряжении счетчика (формула 4), вар	157,9758

Из приведенного примера следует, что если принять, что мощность, измеряемая счетчиком в одной фазе при номинальном напряжении (230 В) и номинальном токе (5 А) равна 1150 Вт (вар), то суммарные активные потери составляют 3,044 %, а суммарные реактивные потери составляют 13,737 % от номинальной мощности счетчика.

4.2 Автоматический расчет

4.2.1 Вычисления номинальных мощностей потерь может быть произведено с помощью программного обеспечения «Конфигуратора СЭТ-4ТМ» формы «Измеритель потерь», вкладки «Расчет номинальных мощностей потерь», вид которой приведен на рисунке 8.

Измеритель потерь
 Конфигурирование | Только ПСЧ-3.4ТМ.05 | Расчет номинальных мощностей потерь

Паспортные данные измерительного и силового оборудования

Обозначение параметра	Наименование параметра	Значение параметра
Параметры линии электропередачи (одного провода)		
Вл	Активное сопротивление линии, Ом	0.3
Хл	Реактивное сопротивление линии, Ом	0.5
Паспортные данные измерительных трансформаторов тока и напряжения		
Ктт	Коэффициент трансформации измерительного трансформатора тока	1
Ктн	Коэффициент трансформации измерительного трансформатора напряжения	1
Паспортные данные трехфазного силового трансформатора		
S	Номинальная мощность, кВА	16
Uвн	Номинальное напряжение по высокой стороне, кВ	6
Uнн	Номинальное напряжение по низкой стороне, кВ	0.4
Ркз	Активная мощность потерь короткого замыкания, кВт	0.44
Рхх	Активная мощность потерь холостого хода, кВт	0.085
Uкз	Напряжение короткого замыкания, %	3
Iхх	Ток холостого хода, %	3
Паспортные данные счетчика		
Un	Номинальное фазное напряжение, В	230
In	Номинальный ток, А	5

Kтс=15
 Интр=23.09401 А
 Qкз=0.1918333 квар
 Qхх=0.472414 квар

Рассчитать

Рассчитанные значения номинальных мощностей потерь, приведенные к входу счетчика (одна фаза) при номинальном токе счетчика

Параметр	Вт (вар)	%
Активная номинальная мощность потерь в линии	0,0333	0,0029
Активная номинальная мощность нагрузочных потерь в трансформаторе	6,875	0,5978
Активная номинальная мощность потерь холостого хода в трансформаторе	28,1031	2,4437
Реактивная номинальная мощность потерь в линии	0,0556	0,0048
Реактивная номинальная мощность нагрузочных потерь в трансформаторе	2,9974	0,2606
Реактивная номинальная мощность потерь холостого хода в трансформаторе	154,9228	13,4715

Переписать результат в таблицу "Конфигурирование"

Рисунок 8 – Вкладка «Расчет номинальных мощностей потерь»

4.2.2 Для автоматического расчета номинальных мощностей потерь необходимо в окне «Значение параметра» группы элементов «Паспортные данные силового и измерительного оборудования» ввести паспортные значения параметров силового и измерительного оборудования объекта и нажать кнопку «Рассчитать». При этом рассчитанные значения номинальных мощностей будут отображаться в соответствующих окнах группы элементов «Рассчитанные значения номинальных мощностей потерь, приведенных к входу счетчика (одна фаза) ...» в физических величинах (Вт, вар) и в процентном отношении к номинальной мощности счетчика.

4.2.3 Для записи номинальных значений мощностей потерь в счетчик их нужно передать вкладке «Конфигурирование» по кнопке «Переписать результат в таблицу «Конфигурирование»». Вид формы вкладки «Конфигурирование» приведен на рисунке 9.

Измеритель потерь
 Конфигурирование | Только ПСЧ-3.4ТМ.05 | Расчет номинальных мощностей потерь

Параметр	Знак	Вт (вар)	%	Учитывать
Активная номинальная мощность потерь в линии	+	0,0333	0,0029	Да
Активная номинальная мощность нагрузочных потерь в трансформаторе	+	6,875	0,5978	Да
Активная номинальная мощность потерь холостого хода в трансформаторе	+	28,1031	2,4437	Да
Реактивная номинальная мощность потерь в линии	+	0,0556	0,0048	Да
Реактивная номинальная мощность нагрузочных потерь в трансформаторе	+	2,9974	0,2606	Да
Реактивная номинальная мощность потерь холостого хода в трансформаторе	+	154,9228	13,4715	Да

Записать все | Прочитать

Рисунок 9 – Вкладка «Конфигурирование» измерителя потерь

4.2.4 Переписанные данные отображаются в окнах «Вт (вар)» и «%» формы «Конфигурирование» красным цветом. При этом значения в окнах «Знак», «Учитывать» отсутствуют.

4.2.5 Для включения или исключения конкретной составляющей суммарной мощности потерь нужно установить «Да» или «Нет» в окне «Учитывать» для каждой мощности. Установка производится путем нажатия левой кнопки манипулятора «Мышь» на поле соответствующего окна. При каждом нажатии кнопки значение в окне «Учитывать» изменяется на противоположное.

4.2.6 Знак учета потерь «+» или «-» следует задавать из соображений, приведенных в п. 3.2, путем нажатия левой кнопки манипулятора «Мышь» на поле любого окна «Знак». При каждом нажатии кнопки значение во всех окнах «Знак» изменяется на противоположное.

4.2.7 Перепись подготовленных параметров в счетчик производится по кнопке «Записать все», расположенной на поле вкладки «Конфигурирования». Запись возможна только со вторым уровнем доступа. После успешной записи и контрольного чтения значения параметров вкладки «Конфигурирование» будут отображаться черным цветом.