

## Методики применения прибора «ПЭМ-02»



Санкт-Петербург  
2005

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	2
1. Проверка характеристик измерительных каналов АИИС и их элементов .....	4
1.1 Проверка правильности подключения электросчетчиков .....	4
1.2 Контроль метрологических характеристик электросчетчиков .....	4
1.3 Контроль метрологических характеристик ИК в сети 0,4 кВ .....	6
1.4 Определение падения напряжения в линии присоединения счетчика к ТН .....	6
1.5 Измерение полной мощности во вторичной цепи ТН .....	7
1.6 Проверки ТТ в реальных условиях эксплуатации .....	8
1.6.1 Определение коэффициента трансформации ТТ для сети 0,4 кВ .....	8
1.6.2 Проверка нагрузки ТТ .....	10
2. Ведение коммерческих расчетов с потребителями электроэнергии .....	11
2.1 Снятие суточного графика нагрузки в сети 0,4 кВ .....	11
2.2 Снятие суточного графика нагрузки в сети 6-35 кВ .....	11
2.3 Измерение средней электрической мощности за получасовой интервал в сети 0,4 кВ .....	11
2.4 Измерение электрической энергии в сети 0,4 кВ .....	11
3. Энергоаудит и определение потерь мощности. ....	13
3.1 Определение потери мощности в линии электроснабжения в сети 0,4 кВ .....	13
3.2 Определение распределения нагрузки по фазам в сети 0,4 кВ .....	13
3.3 Определение параметров потребления токоприемников в сети 0,4 кВ .....	13
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	15

ООО «Научно – производственное предприятие Марс-Энерго»  
190031, Санкт-Петербург, наб. реки Фонтанки, д. 113А  
Тел./факс: (812) 315-13-68, 327-21-11

E-mail: [mail@mars-energo.ru](mailto:mail@mars-energo.ru)  
[www.mars-energo.ru](http://www.mars-energo.ru)

## **ВВЕДЕНИЕ**

Предлагаем Вашему вниманию краткий обзор методик по использованию прибора энергетика многофункционального для измерения электроэнергетических величин «ПЭМ-02» ТУ 4220-017-49976497-2003. Сферы применения прибора следующие:

1. Проверка характеристик измерительных каналов АИИС и их составных элементов (электросчетчики, ТТ, ТН и вторичные цепи) на местах эксплуатации.
2. Ведение коммерческих расчетов с потребителями электроэнергии (ЭЭ).
3. Энергоаудит и определение потерь мощности.

Для методик, предусматривающих регистрацию измеренных параметров сети с последующей обработкой их на компьютере, должен применяться прибор «ПЭМ-02И» с программой «Энергомониторинг ПЭМ».

## 1. Проверка характеристик измерительных каналов АИИС и их элементов

### 1.1 Проверка правильности подключения электросчетчиков

Для этих целей используется прибор, укомплектованный токоизмерительными клещами с  $I_{\text{ном}} = 10$  (100)А. Зажимы щупов для измерения напряжения можно подключить к токонесущим проводникам (шинам) измеряемой сети в РУ или на ИКК счетчика. А клещи подключаются к токовой измерительной цепи счетчика электроэнергии (ЭЭ) с учетом направления «генератор-нагрузка». Убедиться в правильности подключения счетчика можно путем замера активной мощности по фазам, а так же определением углов фаз токов и напряжений на дисплее прибора.

Измерить углы между током и напряжением, углы сдвига фаз (рис. 1.1).

10			UU	<°	UI		¥
AB	X	.	XXX	A	X	.	XXX
BC	X	.	XXX	B	X	.	XXX
CA	X	.	XXX	C	X	.	XXX

Рис. 1.1

Измерить активную мощность (рис. 1.2) по каждой фазе.

1k			A	Мощн.			¥
P	X	.	XXX	кВт	Кра		
Q	X	.	XXX	кВА	X	.	XX
S	X	.	XXX	квар	С		

Рис. 1.2. Мощность по фазе А.

**Электросчетчик подключен правильно**, если:

- измеренные значения углов сдвига фаз (UU) положительны и примерно равны  $120^\circ$ ;
- углы между током и напряжением (UI) лежат в пределах  $\pm 90^\circ$ ;
- активная мощность по каждой фазе положительна (идет потребление).

### 1.2 Контроль метрологических характеристик электросчетчиков

Прибор подключается, как в п.п. 1.1.

Первый метод (с расчетами на компьютере).

Для определения правильности работы счетчика производится регистрация мощности. Прибор регистрирует активную, реактивную и полную мощность в двух направлениях, усредненную на минутных интервалах с допустимой погрешностью 1%. Причём, для получения достоверного результата разница показаний счетчика («приращение энергии») за время регистрации должна составить не менее 100 дискрет показания счетчика. Сравнив на компьютере с помощью ПО MS Excel значения ЭЭ, измеренные счетчиком и прибором на одном интервале времени регистрации, можно сделать вывод о пригодности счетчика.

Второй метод (автономный).

Оценить погрешность счетчика можно прямо на месте (без снятия нагрузки) с помощью режима «Энергия»:

- Выбрать тип схемы подключения и при необходимости изменить диапазоны измерения.
- Зажимы щупов тестерных, а также токоизмерительные клещи 10 (100)А подсоединить к прибору.
- Убедиться в правильности подключения прибора путем замера мощностей по фазам и углов фаз.
- После появления на счетчике показаний сразу включить прибор в режим «Энергия» - «Нараст. Итог» и записать показания счетчика;
- За время измерений разница показаний счетчика («приращение энергии») должна составить не менее 100 дискретностей показания счетчика. Например, при дискретности счетчика 0,01 приращение должно быть не менее 1,00.
- По окончании времени измерений (достижения показания счетчика нужного значения) записать показания счетчика и показания прибора;  
Значение погрешности рассчитать относительно измеренной прибором энергии для последующего протокола.  
Замеры повторить не менее 5 раз и определить среднюю погрешность.  
Примечание. *Рекомендуется производить испытания в периоды (суточные зоны) как максимального, так и минимального потребления.*

### 1.3 Контроль метрологических характеристик ИК в сети 0,4 кВ

Используется прибор, укомплектованный токоизмерительными клещами с  $I_{ном} = 100; 1000$  А. Зажимы щупов для измерения напряжения подключают к токонесущим проводникам (шинам) измеряемой сети в РУ-0,4, а клещи устанавливают на те же шины. Выполняется регистрация энергии в сети прибором одновременно с ИК, состоящим из счетчика ЭЭ и трансформаторов тока (ТТ).

Перед началом и окончанием регистрации снимают показания счетчика. Для получения достоверного результата разница показаний счетчика («приращение энергии») за время регистрации должна составить не менее 100 дискрет показаний счетчика. По результатам замеров выполняются расчеты, которые показывают различие в измерениях электроэнергии, выполненных прибором и ИК.

Примечание. *Рекомендуется производить испытания в периоды (суточные зоны) как максимального, так и минимального потребления.*

### 1.4 Определение падения напряжения в линии присоединения счетчика к ТН

Как известно, превышение допустимого значения потери напряжения происходит, как правило, по причине использования совместных цепей с устройствами релейной защиты, а также возрастания сопротивлений в местах присоединений при длительной эксплуатации.

Для измерения падения напряжения на линии, соединяющих зажимы выходной обмотки ТН с измерительной клеммной колодкой (ИКК), расположенной рядом со счетчиком на пункте учета ЭЭ, необходимы два прибора «ПЭМ-02И». Допускаемая относительная погрешность прибора при измерении напряжения  $\pm 0,5\%$ .

Порядок проведения работ предусматривает следующие действия. Перед началом измерений необходимо синхронизировать внутренние часы приборов, затем подключить оба Прибора к измерительной клеммной колодке (ИКК) счетчика (рис.1.3) и запустить режим регистрации. Находясь в режиме регистрации, прибор каждую минуту записывает в энергонезависимую память все измеряемые им величины.

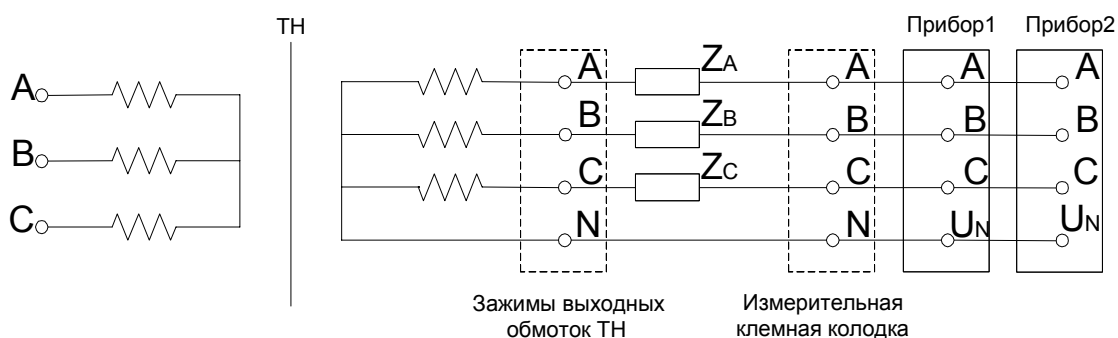


Рис.1.3

Через 6 минут остановите регистрацию, отключите Прибор 2 от ИКК и подключите его к зажимам выходных обмоток ТН согласно рис.1.4.

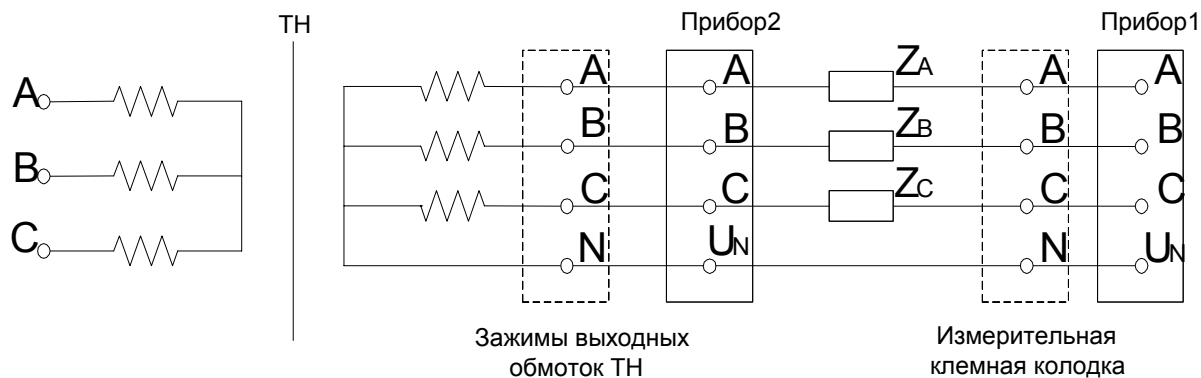


Рис.1.4

Необходимо списать с прибора номер объекта и включить режим «регистрация» на 6 минут. С помощью программы «Энергомониторинг ПЭМ» считать архивы из Приборов 1 и 2. Вы получите на компьютере информацию о значениях фазных напряжений с привязкой по месту и времени. Пользуясь тем, что приборы одновременно измеряли и регистрировали вначале одно и тоже напряжение, а затем напряжения на выходных клеммах ТН и ИКК, можно рассчитать поправку, а затем погрешность  $\delta_{лi}$ , вызванную падением напряжения во вторичных цепях измерительных ТН. Так, например, для фазы «А» в  $i$ -ю минуту измерений:

$$\delta_{лAi} = [(U_{A1ИККi} - U_{A2ТНi}) / U_{A2ТНi}] \cdot 100\%,$$

где:

$U_{A1ИКК}$  – действующее значение напряжения фазы А, измеренное Прибором1, подключенным к ИКК счетчика;

$U_{A2ТН}$  – действующее значение напряжения фазы А, измеренное Прибором2, подключенным к выходным клеммам измерительного ТН.

### 1.5 Измерение полной мощности во вторичной цепи ТН

Прибор позволяет при поверке ТН на месте эксплуатации измерить **полную мощность во вторичной цепи ТН** с использованием токоизмерительных клещей с номинальным током 10А. Методика определения нагрузки представлена в Приложении Б к РД 153-34.0-15.501-00. При этом погрешность измерений полной мощности не превышает 4% в диапазоне мощностей 18...1500 ВА. Это соответствует диапазону нагрузок 25-100%, т.к. большинство измерительных ТН класса 0,5 напряжений 6-500 кВ имеют номинальную мощность из ряда от 75 до 400 ВА (см. табл.1.1).

Таблица 1.1

Тип	Номинальное напряжение обмоток, В		Номинальная мощность в классе точности, В·А			Максимальная мощность, В·А
	ВН	НН	0,5	1,0	3,0	
НОМ-6	6000	100	50	75	200	400
НОМ-10	10000	100	75	150	300	640
НОМ-35	35000	100	150	250	600	1200
НТМК-6-48	6000	100	75	150	300	640
НТМК-10	10000	100	120	200	500	960
НТМИ-6	6000	100	75	150	300	640
НТМИ-10	10000	100	120	200	500	960
ЗНОМ-15-72	$6000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	50	75	200	400
ЗНОМ-15-72	$10000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	75	150	300	640
ЗНОМ-20	$18000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	90	150	300	640
НКФ-110	$110000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	400	600	1200	2000
НКФ-220-58	$220000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	400	600	1200	2000

Тип	Номинальное напряжение обмоток, В		Номинальная мощность в классе точности, В·А			Максимальная мощность, В·А
	ВН	НН	0,5	1,0	3,0	
НКФ-330	$330000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	400	600	1200	2000
НДЕ-500	$500000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	300	500	1000	1200

Замер реальной нагрузки вторичной цепи ТН (полной мощности) позволяет определить, работает ли ТН в своем классе точности.

### 1.6 Проверки ТТ в реальных условиях эксплуатации

Данная методика распространяется на измерительные трансформаторы тока (ТТ), выпущенные по ГОСТ 7746, класса 0,5S и менее точные, с номинальным напряжением 0,66 кВ; номинальным первичным током от 10 до 1000 А; номинальным вторичным током 5 А.

Для выполнения измерений применяются: вольтметр переменного тока класса 1 или более точный, с входным сопротивлением не менее 0,5 МОм, с диапазоном измерений от 10 мВ до 100 В и два прибора «ПЭМ-02»:

- прибор 1 - для измерения первичного тока - с токоизмерительными клещами ( $I_n=1000$  А).
- прибор 2 - для измерения вторичного тока – с токоизмерительными клещами ( $I_n=10$  или 100 А).

Все испытания производятся без отключения ТТ от действующей схемы и без снятия нагрузки.

- *Примечание. Рекомендуется производить испытания в периоды (суточные зоны) как максимального, так и минимального потребления. Для определения указанных периодов следует выполнить регистрацию нагрузки сети с помощью прибора с токоизмерительными клещами ( $I_n=1000$  А) в течение типичных суток.*

#### 1.6.1 Определение коэффициента трансформации ТТ для сети 0,4 кВ

1.6.1.1 Метод с использованием компьютера.

Для измерения тока в первичной и вторичной цепи ТТ необходимы два прибора «ПЭМ-02»: один с токоизмерительными клещами с  $I_{ном} = 10$  А и второй – 100 или 1000А. А также компьютер с ПО «Энергомониторинг ПЭМ». Допускаемая относительная погрешность прибора при измерении тока  $\pm 1\%$ .

Порядок проведения работ предусматривает следующие действия (рисунок 1.5).



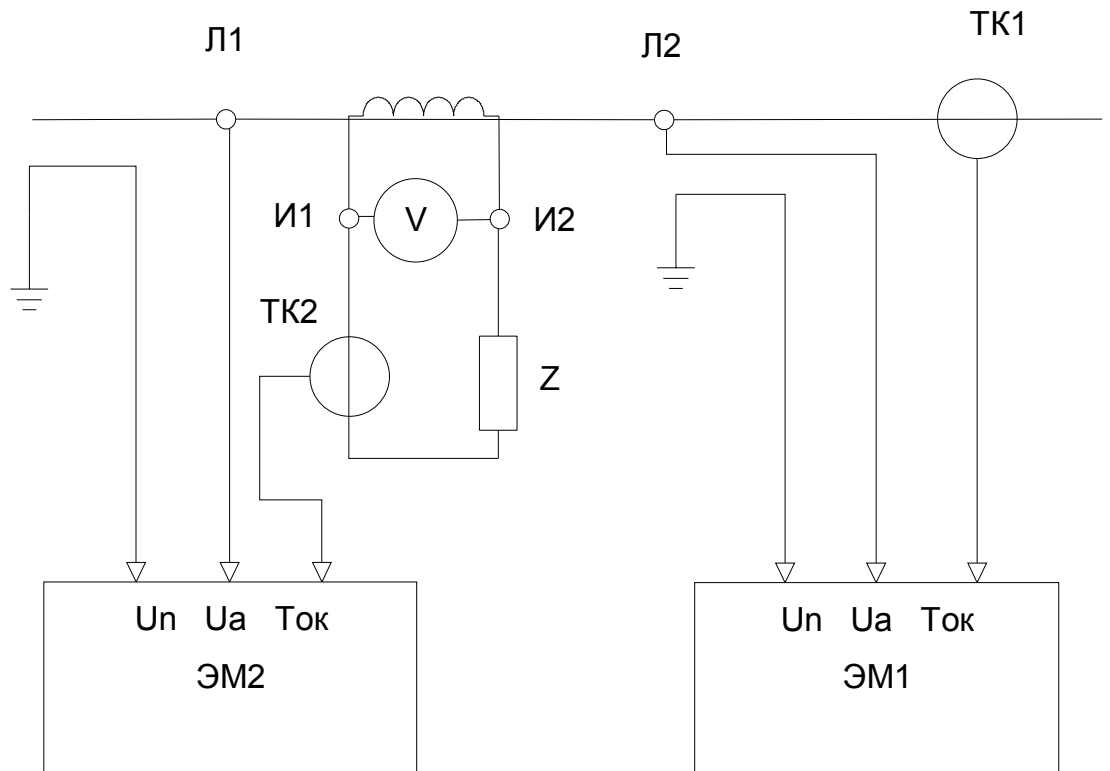


Рис. 1.5. Схема испытаний. ЭМ1 – прибор 1; ЭМ2 – прибор 2; V – вольтметр; ТК – токовые датчики; Z – реальная нагрузка вторичной цепи ТТ.

Перед началом измерений необходимо синхронизировать внутренние часы приборов, затем подключить один прибор (на 10 А) ко вторичной цепи (Прибор 2), а другой – к первичной цепи ТТ (Прибор 1) и запустить режим регистрации («Архив»). Находясь в режиме регистрации, прибор каждую минуту записывает в энергонезависимую память все измеряемые им величины. Через 6 минут остановите регистрацию.

С помощью программы «Энергомониторинг ПЭМ» считать архивы из Приборов 1 и 2. Вы получите на компьютере информацию о значениях токов с привязкой по месту и времени. Пользуясь тем, что приборы одновременно измеряли и регистрировали токи, можно рассчитать коэффициент трансформации ТТ для сети 0,4 кВ.

#### 1.6.1.2 Метод с вычислениями на объекте (на калькуляторе).

Подключить прибор 1 с датчиками 100 (1000) А к первичной цепи ТТ, а прибор 2 с клещами 10 А - к вторичной цепи ТТ, в соответствии со схемой рис.1.5 и Руководством по эксплуатации прибора.

Включить приборы по схеме «однофазная двухпроводная».

В меню «Настройки» выбрать необходимые пределы измерения тока.

В меню «Измерения» выбрать пункт «Ток, напряжение» и одновременным нажатием на обоих приборах кнопки «Ent» начать замеры.

Записать в протокол одновременно измеренные действующие значения фазных токов:

- вторичного  $I_2$  - с прибора 2 (рис. 1.6);
- первичного  $I_1$ - с прибора 1.

1	0	0												
U	φ		X	.	X	X	X	1	г	X	.	X	X	X
I	φ		X	.	X	X	X	1	г	X	.	X	X	X
f			X	.	X	X	X	<		X	.	X	X	X

Рис. 1.6

Повторить измерения по п.п. 2.5 еще 4 раза.

Рассчитать 5 значений коэффициента трансформации  $K_{тт} = I_2 / I_1$ .

**ТТ неисправен**, если измеренные значения  $K_{тт}$  отличаются от номинального более, чем на  $\pm 5\%$ .

### 1.6.2 Проверка нагрузки ТТ.

- Подключить прибор 2 и вольтметр переменного тока к вторичной цепи ТТ в соответствии со схемой рис. 1.5 и Руководствами по эксплуатации приборов.
- Включить прибор по схеме «однофазная двухпроводная».
- Измерить прибором 2 ток и, одновременно, вольтметром - напряжение во вторичной цепи ТТ. Записать в протокол измеренные значения.
- Повторить измерения по п.п. еще 4 раза.
- Рассчитать полную мощность нагрузки  $S_2 = U \cdot I$  (ВА) по каждому измерению.

**ТТ эксплуатируется в классе точности**, если измеренные значения  $S_2$  лежат в пределах 25...100 % от номинальной нагрузки.

## 2. Ведение коммерческих расчетов с потребителями электроэнергии

### 2.1 Снятие суточного графика нагрузки в сети 0,4 кВ

Используется прибор, укомплектованный токоизмерительными клещами с  $I_n = 100$  (или 1000) А. Регистрация активной и реактивной мощности выполняется прибором с интервалами усреднения 1 мин. или 30 мин. с возможностью последующего усреднения на компьютере и интегрирования (для расчета электроэнергии). Максимальная длительность непрерывной регистрации:

- 6 часов (360 минут) при усреднении за 1 минуту,
- 7,5 суток (180 часов) при усреднении за 30 минут.

### 2.2 Снятие суточного графика нагрузки в сети 6-35 кВ

Используется прибор, укомплектованный токоизмерительными клещами с  $I_n = 10$  А. Перед началом регистрации необходимо записать параметры использованных измерительных ТН и ТТ для того, чтобы ввести их при последующей обработке на компьютере (типы, зав. №№, номиналы, класс точности). Регистрация активной и реактивной мощности выполняется прибором с интервалами усреднения 1 мин. или 30 мин. с возможностью последующего усреднения на компьютере и интегрирования (для расчета электроэнергии).

### 2.3 Измерение средней электрической мощности за получасовой интервал в сети 0,4 кВ

Используется прибор, укомплектованный токоизмерительными клещами с  $I_n = 10$  (100, 1000)А.

В режиме «Энергия» следует выбрать пункт «Получасовки». Энергия начинает измеряться сразу при входе в режим «Получасовки». Через каждые 30 мин. фиксируется измеренное значение электроэнергии (до обновления индикации через следующие 30 мин.). Умножив полученный результат на 2, получаем среднее значение мощности (кВт, квар) за прошедшие 30 мин.

### 2.4 Измерение электрической энергии в сети 0,4 кВ

Используется прибор, укомплектованный токоизмерительными клещами с  $I_n = 10$  (100, 1000)А.

В режиме «Энергия» следует выбрать пункт «Нараст. итог».

1	k			W	h	h	:	m	m	:	s	s	¥		
P	,	k	B	T	*	ч		Q	,	k	v	a	r	*	ч
П		X	X	.	X	X		П		X	X	.	X	X	
Г		X	X	.	X	X		Г		X	X	.	X	X	

Рис. 2.1

В режиме измерения энергии нарастающим итогом (рисунок 2.1) автоматически запускаются и отображаются:

- отсчет времени в часах, минутах и секундах (запуск измерения и отсчета времени происходит при входе в режим измерения),
- измерение нарастающим итогом активной (кВт\*час) и реактивной (квар\*час) потребляемых (П) и генерируемых (Г) энергий по всем фазам суммарно (измерение ведётся непрерывно, пока прибор находится в этом режиме). В этом режиме прибор работает как электросчетчик кл. 1,0.

### 3. Энергоаудит и определение потерь мощности.

#### 3.1 Определение потери мощности в линии электроснабжения в сети 0,4 кВ

Используются два прибора, укомплектованные токоизмерительными клещами с  $I_{ном} = 100$  или  $1000\text{А}$ . Зажимы щупов для измерения напряжения и токоизмерительные клещи первого прибора подключались к токонесущим проводникам (шинам) измеряемой сети в начале линии, а второго – в конце. Выполняется регистрация мощности в сети одновременно двумя приборами в течение суток. Допускается сокращение срока для предварительной оценки потерь. Результаты измерений обрабатываются на компьютере в программе «Энергомониторинг ПЭМ» и экспортируются в программу MS Excel (из пакета MS Office). В программе MS Excel выполняется статистическая обработка для определения средних потерь в линии и представления на графике (см. рисунок 3.1). Измерения позволяют определить причину небаланса по узлам учета поставщика ЭЭ и потребителя.

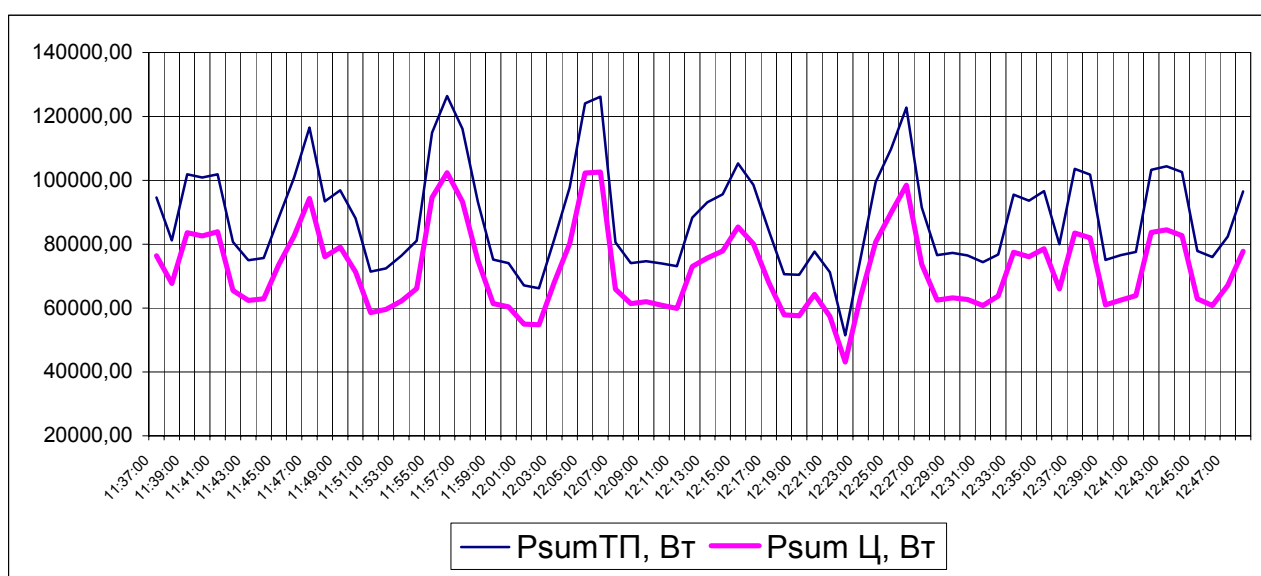


Рис. 3.1. График. Активная мощность на питающей ТП и на РУ цеха.

#### 3.2 Определение распределения нагрузки по фазам в сети 0,4 кВ

Используется прибор, укомплектованный токоизмерительными клещами с  $I_n = 10$  (100, 1000) А.

Для предварительной оценки активной и реактивной мощности по фазам (без регистрации) выполняются замеры с усреднением 30 мин.

Для получения протоколов с помощью программы «Энергомониторинг ПЭМ» выполняется регистрация прибором с интервалами усреднения 1 мин. в течение требуемого времени. Программа обеспечивает распечатку протоколов с графиками мощностей по фазам.

#### 3.3 Определение параметров потребления токоприемников

Используется прибор, укомплектованный токоизмерительными клещами с  $I_n = 10$ ; 100; 1000 А. Прибор подключается к линии питания электротехнического устройства (привод, ТЭН, ГРЩ и т.п.). Регистрация активной и реактивной мощности выполняется прибором с интервалами усреднения 1 мин. с возможностью

последующего усреднения на компьютере на интервалах 30 мин. и интегрирования. Программа «Энергомониторинг ПЭМ» обеспечивает распечатку протоколов с графиками измеренных параметров (I, U, P, Q, Kp, фазные углы и т.д.).

Результаты измерений из программы «Энергомониторинг ПЭМ» могут экспортироваться в программу MS Excel (из пакета MS Office). В программе MS Excel выполняется статистическая обработка для определения средних, максимальных и минимальных значений параметров за выбранный период времени. Там же можно построить соответствующие графики и гистограммы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **ГОСТ 8.259-77.** Счетчики электрической активной и реактивной энергии индукционные. Методы и средства поверки.
2. **ГОСТ 30207-94.** Статические счетчики ватт-часов активной энергии переменного тока (классы точности 1 и 2).
3. **ГОСТ 30206-94.** Статические счетчики ватт-часов активной энергии переменного тока (классы точности 0,2 и 0,5).
4. **ГОСТ 8.216-88.** ГСИ. Трансформаторы напряжения. Методика поверки.
5. **ГОСТ 8.217-87.** ГСИ. Трансформаторы тока. Методика поверки.
6. **ГОСТ 7746-2001.** Трансформаторы тока. Общие технические условия.
7. **ГОСТ 1983-2001.** Трансформаторы напряжения. Общие технические условия.
8. **РД 34.11.333-97.** Типовая методика выполнения измерений количества электрической энергии.
9. **РД 34.09.101-94.** Типовая инструкция по учёту электрической энергии при её производстве, передаче и распределении.
10. **РД 34.11.114-98.** Учет электрической энергии и мощности на энергообъектах. АСКУЭ. Основные нормируемые метрологические характеристики. Общие требования.
11. **РД 153-34.0-11.209-99.** Рекомендации. АСКУЭ. Типовая методика выполнения измерений электроэнергии и мощности.
12. **РД 153-34.0-15.501-00.** "Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 1. Контроль качества электрической энергии " (согласовано ВНИИМС).