



ОАО «НТЦ электроэнергетики»

# Методы инструментального выявления недостоверного учета электрической энергии





Предприятия электроэнергетики производят замены электросчетчиков, находящихся на их балансе, в соответствии с Программами замены и модернизации парка приборов учета по:

- межповерочному интервалу
- восстановлению нарушенного учета
- выполнению работ по заявкам потребителей

В связи с выполнением вышеперечисленных работ, из-за низкой квалификации линейного персонала, возможны ошибки в схемах включения трехфазных электросчетчиков.

Ежегодные финансовые потери предприятий электроэнергетики, вызванные ошибками в схемах подключения трехфазных счетчиков электрической энергии, имеют значительные размеры.

Нередко ошибки в схемах подключения счетчиков электрической энергии сразу обнаружить не удастся, а иногда их обнаруживают только через много лет. По этой причине происходят значительные потери денежных средств предприятий электроэнергетики.

В данной презентации подробно рассматриваются методы снятия, построения и анализа векторных диаграмм, с использованием современных недорогих переносных измерительных приборов, а также используются возможности самих современных многофункциональных многотарифных электросчетчиков, позволяющих в режиме измерения параметров сети, снять векторную диаграмму, провести анализ и вовремя обнаружить ошибки в подключении электросчетчиков.



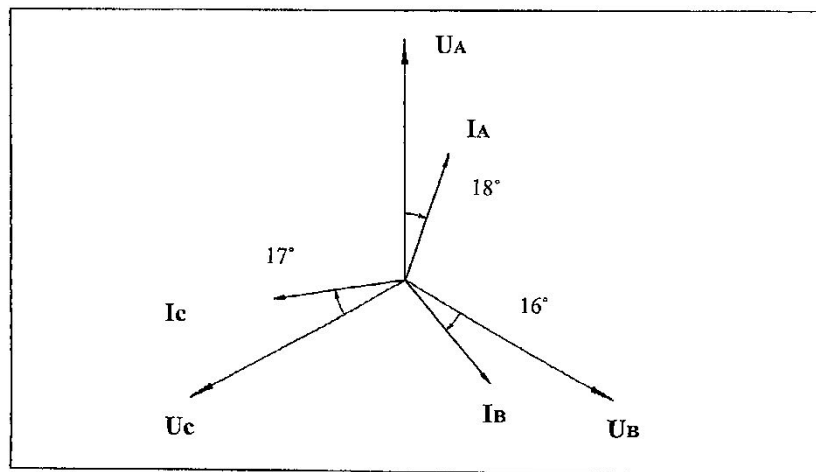
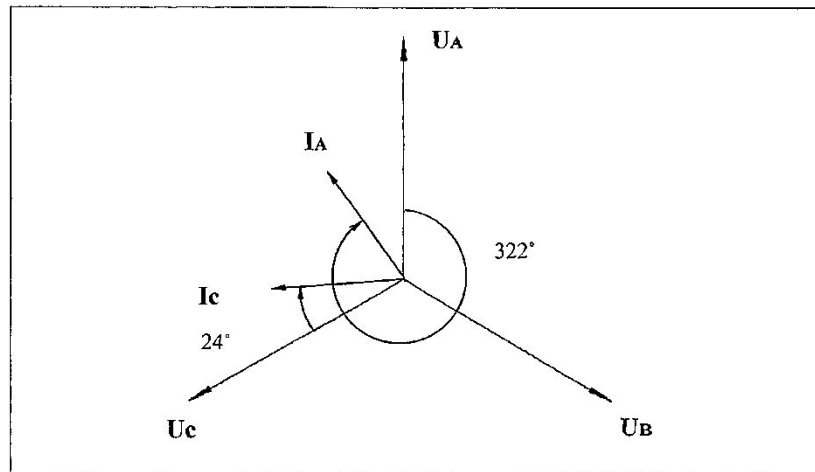
## Виды возможных ошибок в цепях подключения электросчетчиков

- Ошибки в цепях подключения электросчетчиков можно разделить на три группы:
- 1. Нарушение целостности цепей подведенных к электросчетчику, возникает по причине перегорания предохранителей в измерительных цепях, слабых контактов в зажимах или механических повреждений проводов.
- 2. Короткие замыкания в измерительных цепях. Практически редко возникают короткие замыкания в измерительных цепях, если только это не преднамеренные действия. Причиной замыканий может быть поврежденная изоляция.
- 3. Неправильные соединения (неправильные схемы включения электросчетчиков). Наиболее часто встречаются следующие случаи:
  - неправильная полярность цепей напряжения или тока;
  - скрещивание цепей напряжений или токов;
  - неправильный порядок чередования фаз напряжений или токов.
- Эти ошибки могут возникнуть как при установке нового счетчика, при замене счетчика на новый, более сложный счетчик, так и во время текущей эксплуатации.
- В одном и том же присоединении могут одновременно возникнуть две или больше ошибок. Это приводит к рассмотрению очень большого количества случаев, которые трудно проанализировать.



## Примеры возможных ошибок в цепях подключения электросчетчиков

- **1. Нарушение целостности цепей подведенных к электросчетчику.**
- Схема включения: 3-х фазная 3-х проводная, двухэлементная.
- В данном случае произошел обрыв провода вторичной обмотки трансформатора тока (ТТ). Ток в нулевом проводе ТТ  $I_0$  равен нулю. Вектор тока другой фазы сдвинут относительно  $I_0$  на 180 градусов (верхний рисунок).
- Устранен обрыв провода ТТ, схема включения электросчетчика восстановлена.
- До исправления схемы  $P_{акт} = 117$  Вт, после исправления  $P_{акт} = 229$  Вт, недоучет составил = -50%.





## Примеры возможных ошибок в цепях подключения электросчетчиков

Рассмотрим измерение электроэнергии двухэлементным счетчиком САЗУ-И670М. Линейные напряжений  $U_{AB}=U_{CB}=100$  В, ток  $I_A=I_C=1$  А, с углом фазового сдвига  $\varphi=30^\circ$ .

Первым измерительным элементом счетчика измеряется активная мощность

$$P_1 = U_{AB} I_A \cos(30^\circ + \varphi) = 100 \cdot 1 \cdot 0,5 = 50 \text{ Вт.}$$

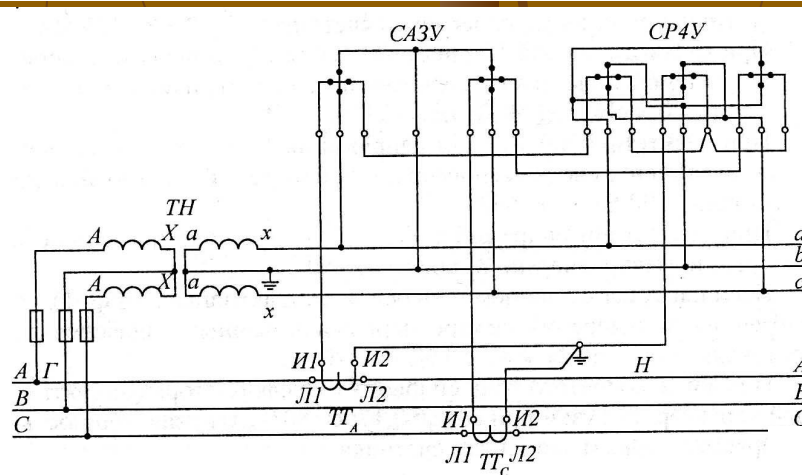
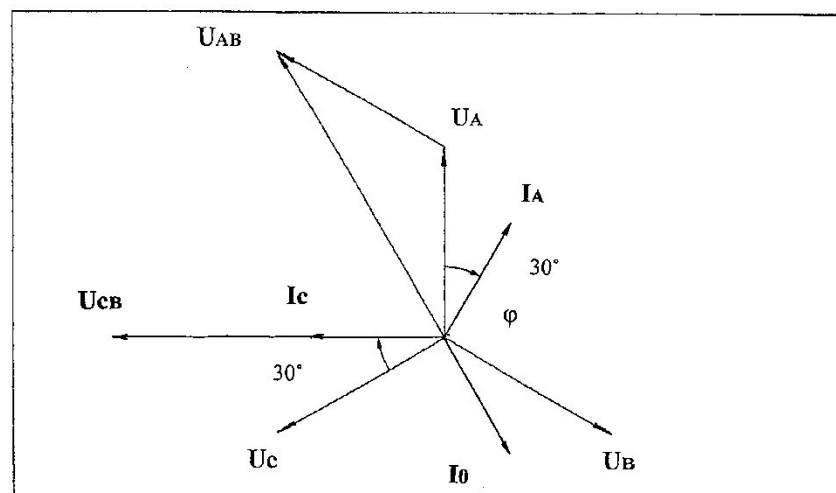
Вторым измерительным элементом счетчика измеряется активная мощность

$$P_2 = U_{CB} I_C \cos(30^\circ - \varphi) = 100 \cdot 1 \cdot 1 = 100 \text{ Вт.}$$

Активная мощность, измеряемая счетчиком,  $P = P_1 + P_2 = 150$  Вт.

При отсутствии тока  $I_A$ , или напряжения  $U_A$  на первом измерительном элементе счетчика абсолютная погрешность измерений электроэнергии составит 50 Вт или - 33 %.

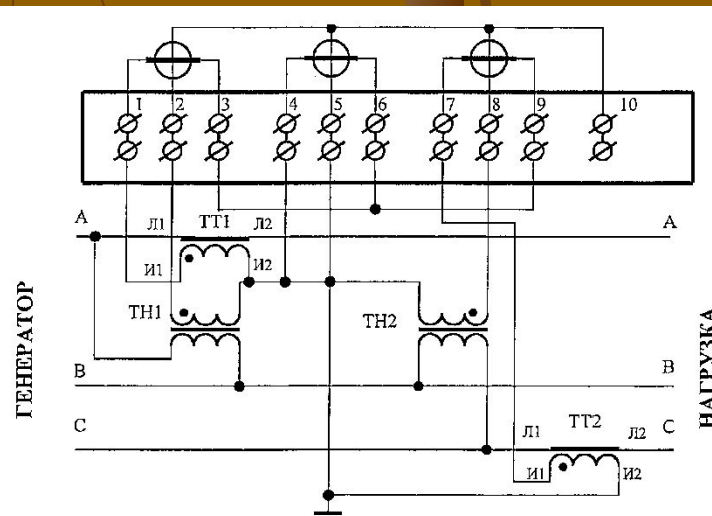
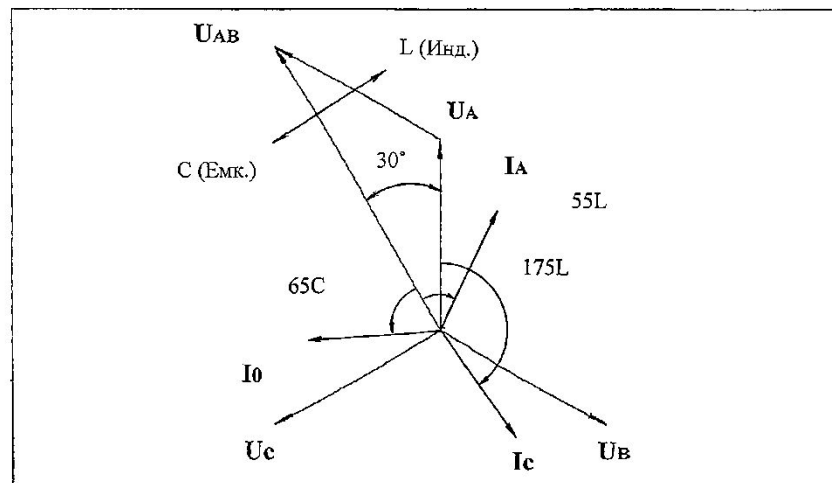
При отсутствии тока  $I_C$  или напряжения  $U_C$  на втором измерительном элементе счетчика погрешность измерений электроэнергии составит 100 Вт или - 66 %.





## Примеры возможных ошибок в цепях подключения электросчетчиков

- **3. Неправильные соединения**
- Счетчик активной энергии установлен на присоединении с индуктивным характером нагрузки. При снятии векторной диаграммы прибором ВАФ-85М1 получены данные для построения векторной диаграммы. По векторной диаграмме видим что вектор  $I_c$  занимает положение, которое должен занимать вектор  $I_0$ . Отсюда делаем вывод, что провод идущий от фазы «С» трансформатора тока, перепутан с нулевым проводом.
- В данном случае недоучет электрической энергии составит около – 40%.





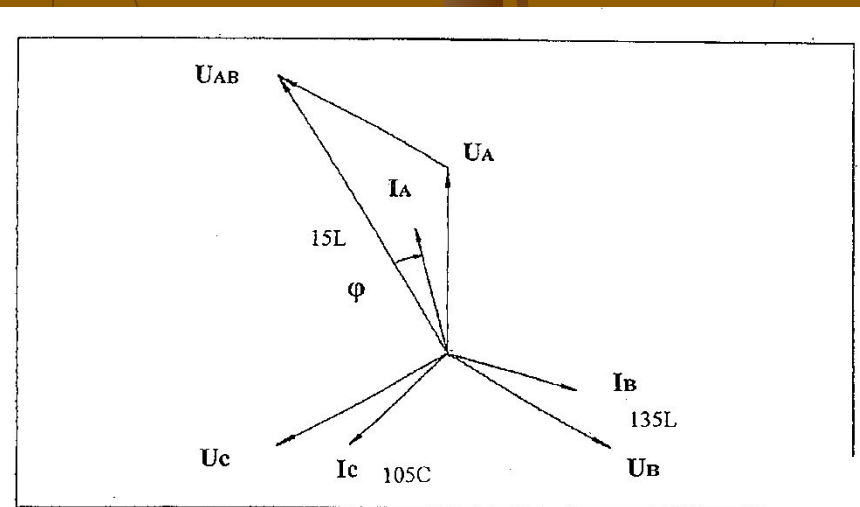
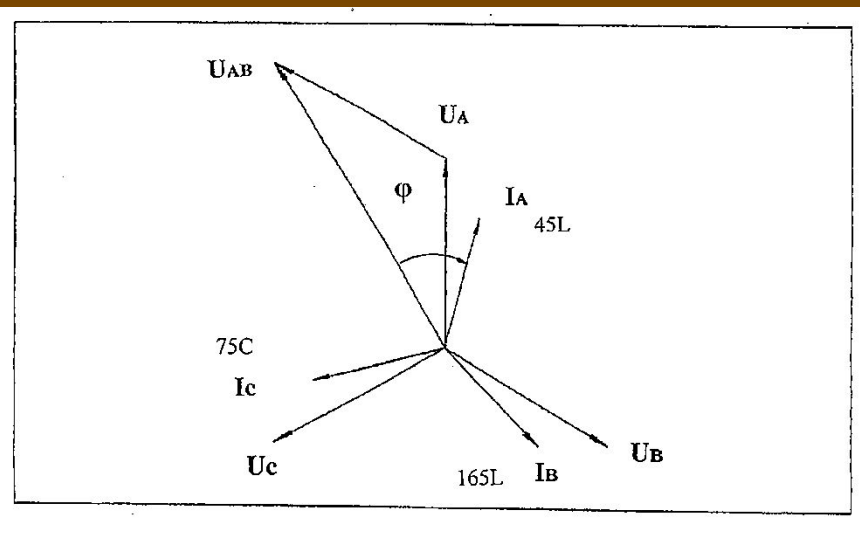
## Проверка схем включения трехфазных счетчиков электрической энергии в электроустановках 0,4 кВ

- **Цель проверки:**
- необходимо убедиться, что на данном присоединении измеряется вся потребляемая электроэнергия.
- Проверка осуществляется с помощью следующих приборов и инструмента:
  - клещей токоизмерительных (служат для измерения токов);
  - калькулятора карманного (необходим для выполнения расчетов);
  - фазоуказателя типа И-517; используется для проверки прямого порядка чередования фаз напряжений на колодке зажимов счетчика;
  - указателей напряжения двухполюсного и однополюсного; С помощью указателя напряжения проверяют наличие (отсутствие) напряжения на колодке зажимов счетчика или испытательной коробке.
  - секундомера (используется для измерения времени вращения диска или периода прохождения импульсов);
  - отвертки с изолированной рукояткой и стержнем.
- Также применяются вольтамперфазометр ВАФ-85М1, ВАФ ПАРМА А. Образцовый счетчик СЕ602-100К, позволяющий производить измерения параметров сети, посредством измерительных токовых клещей, без разрыва токовых цепей.



## Проверка правильности схем включения трехфазных счетчиков электрической энергии 6-10 кВ и выше

- Сделать вывод о правильности включения счетчика можно, если векторная диаграмма, снятая на его зажимах, совпадет с ожидаемой\* (Рисунок).
- Необходимыми и достаточными условиями для этого являются:
  - правильность выполнения вторичных цепей трансформатора напряжения и подключения к ним параллельных обмоток счетчика;
  - правильность выполнения вторичных цепей трансформатора тока и подключения к ним последовательных обмоток счетчика.
  - Проверка правильности включения счетчиков состоит из двух этапов: проверки цепей напряжения и цепей тока (снятие векторной диаграммы).







## Проверка вторичных цепей трансформатора напряжения 6-10 кВ и выше

- Проверка заключается в проверке правильности маркировки фаз и в проверке исправности цепей напряжения.
- Измеряются все линейные напряжения и напряжения каждой фазы относительно «земли». В исправных цепях все линейные напряжения равны и составляют 100 В. Значения же напряжений между фазой и «землей» зависят от схемы включения трансформатора напряжения и выполнения вторичных цепей.
- Если два однофазных трансформатора напряжения соединены в открытый треугольник, либо применен трехфазный трансформатор напряжения с заземленной фазой «В», то напряжение этой фазы относительно «земли» равно 0, а на остальных фазах оно равно линейному. Если в трехфазном трансформаторе напряжения заземлена нейтраль вторичной обмотки, то напряжения всех фаз относительно «земли» составят около 57,7 В ( $100/\sqrt{3}$ ).
- Проверку правильности наименования фаз начинают с отыскания фазы «В», которая должна быть подсоединена к среднему зажиму счетчика. Ее легко найти по результатам измерения напряжений относительно земли.
- Далее проверяют чередование фаз.
- Если при измерении линейных напряжений одно из них, обычно между крайними зажимами, будет около 173 В, то это указывает на то, что вторичная обмотка одного трансформатора напряжения вывернута по отношению к вторичной обмотке второго трансформатора.
- После исправления ошибок в схеме и устранения неисправностей все измерения повторяют.



## Проверка вторичных цепей трансформаторов тока

- Для проверки вторичных цепей трансформаторов тока снимается векторная диаграмма токов, т. е. определяются значения и положения векторов токов, проходящих через последовательные обмотки счетчика, относительно векторов напряжения.
- Затем они сопоставляются с ожидаемыми расположениями векторов вторичного тока, определяемыми характером первичной нагрузки, направлением и значением активной и реактивной мощностей.
- Как должны располагаться векторы токов на диаграмме? Рассмотрим диаграмму распределения активной и реактивной энергии по квадрантам. Диаграмма соответствует ГОСТ Р 52425 – 2005 «Счетчики реактивной энергии».

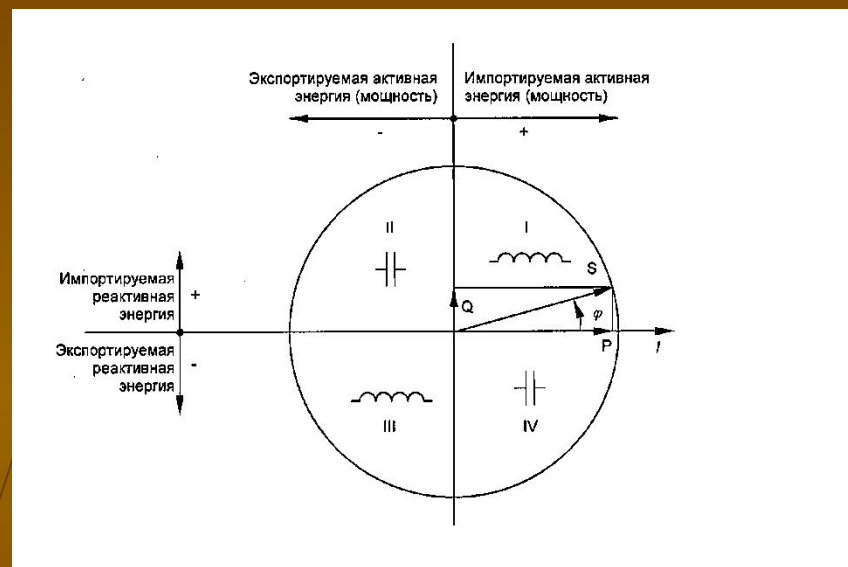


Диаграмма распределения активной и реактивной энергии по квадрантам



## Проверка вторичных цепей трансформаторов тока

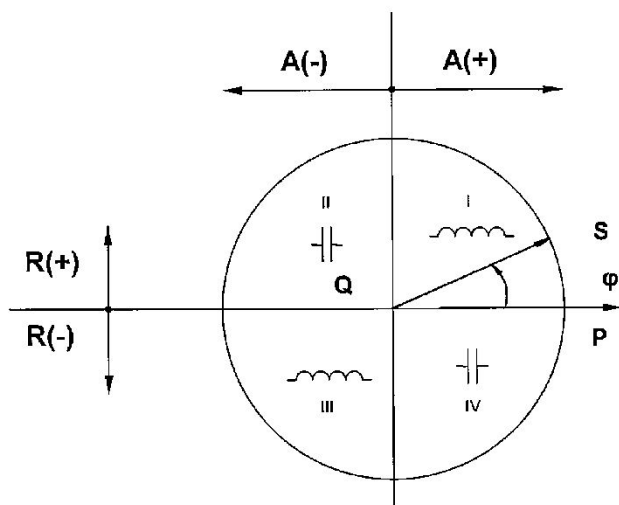
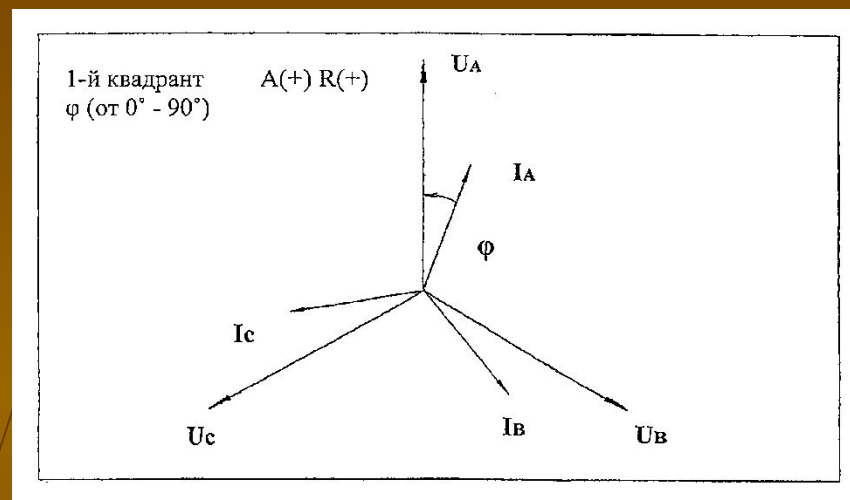
- Расположение векторов токов относительно одноименных фазных напряжений принято изображать в зависимости от направления мощности в первичной сети в соответствии со следующими правилами:
  - за положительное направление активной и реактивной мощностей или тока принято направление их от шин станции или подстанции;
  - положительное значение активной мощности (тока) принято при совпадении вектора тока с положительным направлением вектора одноименного фазного напряжения (ось (+) активная мощность  $P$ );
- При принятых положительных направлениях вектор тока, например,  $I_A$ , фазы А может располагаться относительно вектора напряжения  $U_A$  во всех четырех квадрантах в зависимости от направлений активной и реактивной мощностей в соответствии с таблицей.
- Это правило справедливо и для фаз В и С. Векторные диаграммы токов и напряжений при расположении токов во всех квадрантах приведены на рисунках ниже.

Направление мощности от шин (+) к шинам (-)	Квадрант, в котором расположен вектор тока $I_a$			
	1-й квадрант	2-й квадрант	3-й квадрант	4-й квадрант
Активной	+	-	-	+
Реактивной	+	+	-	-



## Проверка вторичных цепей трансформаторов тока

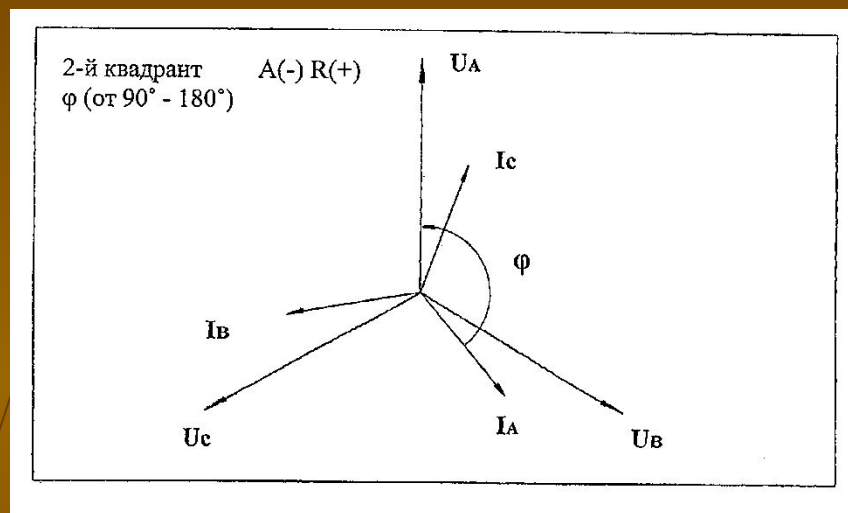
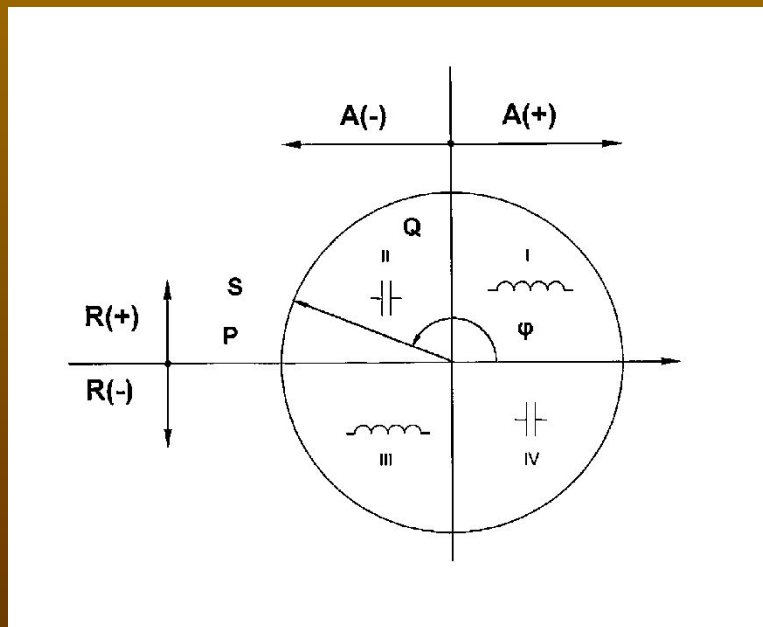
- **1. Первый квадрант**, угол  $\varphi$  изменяется от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ , индуктивный характер нагрузки, активная мощность – положительная, реактивная мощность – положительная.
- Векторная диаграмма характерна для бытовых, мелкомоторных и ряда промышленных потребителей электроэнергии.





## Проверка вторичных цепей трансформаторов тока

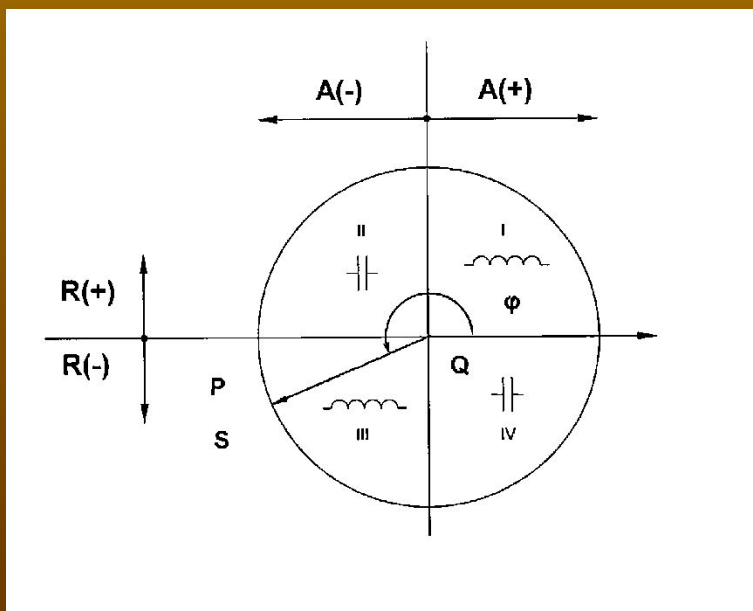
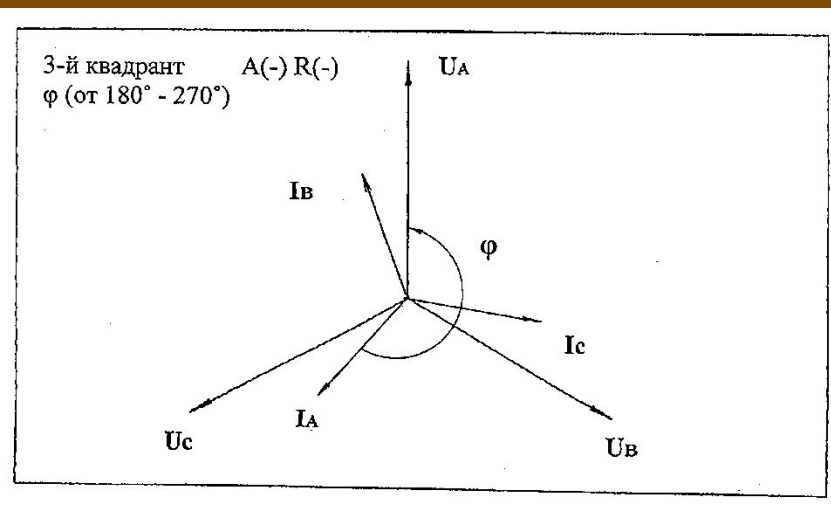
- **2. Второй квадрант**, угол  $\varphi$  изменяется от  $90^\circ$  до  $180^\circ$ , емкостной характер нагрузки, активная мощность – отрицательная, реактивная мощность – положительная.
- Векторная диаграмма характерна для учета на линиях связи ВЛ 35/110/220 кВ, а также для нефтегазодобывающего комплекса.





## Проверка вторичных цепей трансформаторов тока

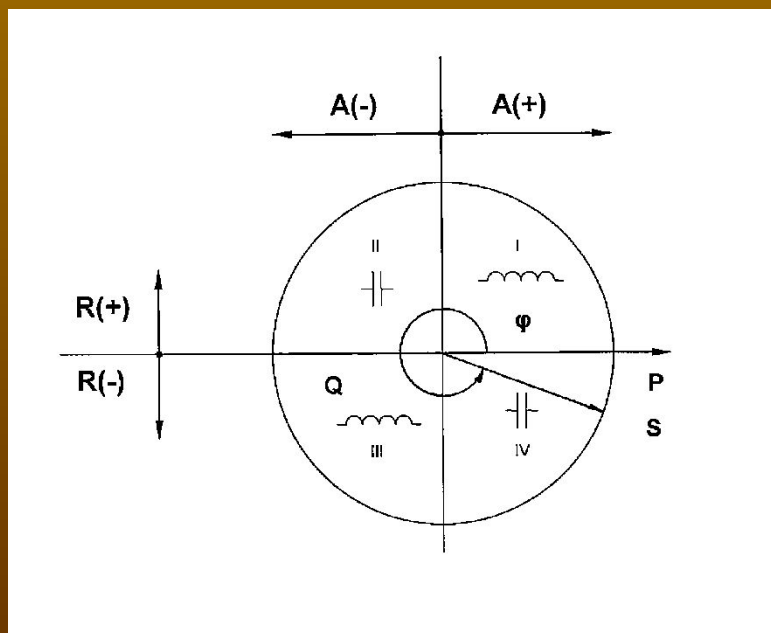
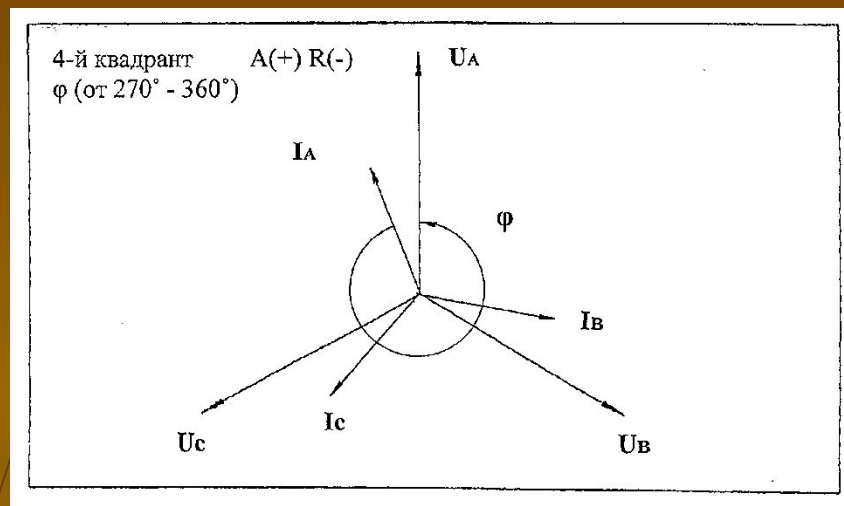
- **3. Третий квадрант**, угол  $\varphi$  изменяется от  $180^\circ$  до  $270^\circ$ , индуктивный характер нагрузки, активная мощность – отрицательная, реактивная мощность – отрицательная.
- Векторная диаграмма характерна для учета на линиях связи ВЛ 35/110/220 кВ, а также для учета на границах сетевых компаний.





## Проверка вторичных цепей трансформаторов тока

- **4. Четвертый квадрант**, угол  $\varphi$  изменяется от  $270^\circ$  до  $360^\circ$ , емкостной характер нагрузки, активная мощность – положительная, реактивная мощность – отрицательная.
- Векторная диаграмма характерна для учета на линиях связи ВЛ 35/110/220 кВ, а также для нефтегазодобывающего комплекса.





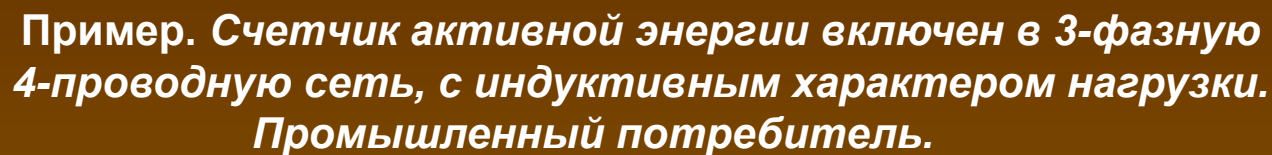
## Примерный характер нагрузок по группам потребителей

- Характер нагрузки, зависящий от присоединенного потребителя, данные о наличии синхронных компенсаторов, конденсаторных батарей приведены в таблице:

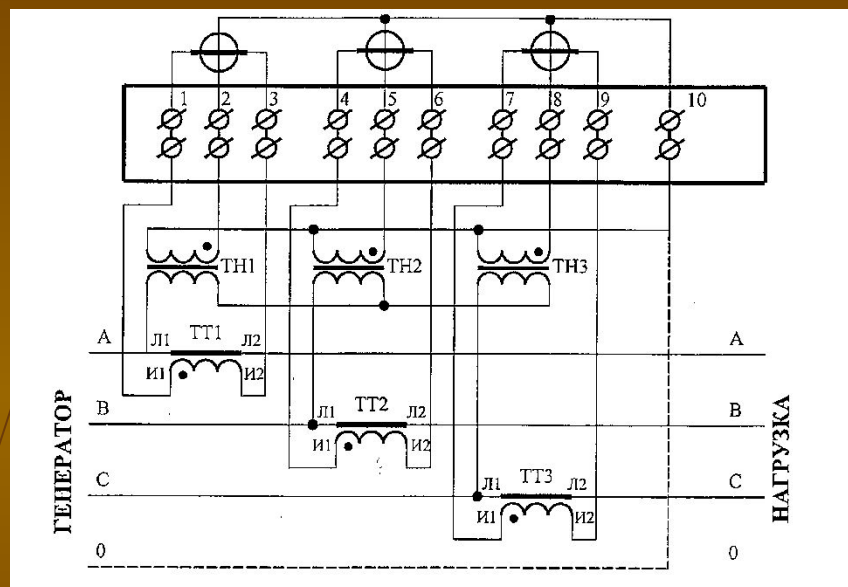
Группа потребителей	Режим больших нагрузок	Режим малых нагрузок	Компенсирующее устройство	
			Статические конденсаторы	Синхронные машины
Бытовой потребитель	Индуктивный	Индуктивный	---	---
Промышленный потребитель	Индуктивный	Индуктивный	Есть	---
Сельскохозяйственный потребитель	Индуктивный	Индуктивный	---	---
Нефтегазодобывающий комплекс	Индуктивный	Емкостный	Есть	Есть
Линии связи 220/110/35 кВ	Индуктивный	Емкостный	---	---

- Для снятия векторных диаграмм удобно использовать вольтамперфазометры ВАФ-85 М1, ВАФ ПАРМА А и другие, образцовые счетчики, типа СЕ602 – 100К, ЦЭ6815, позволяющие измерять параметры сети.





- На первом этапе снятия векторной диаграммы необходимо проверить напряжения, т.е. измерить значения фазных и линейных напряжений (проверяем наличие всех напряжений и целостность цепей напряжения), далее определить зажимы, к которым подведены напряжения фаз А, В и С, и определить чередование фаз.
- При снятии векторной диаграммы прибором ВАФ-85 М1 получены следующие данные (чередование фазных напряжений прямое, в последовательности АВС (ЖЗК)):

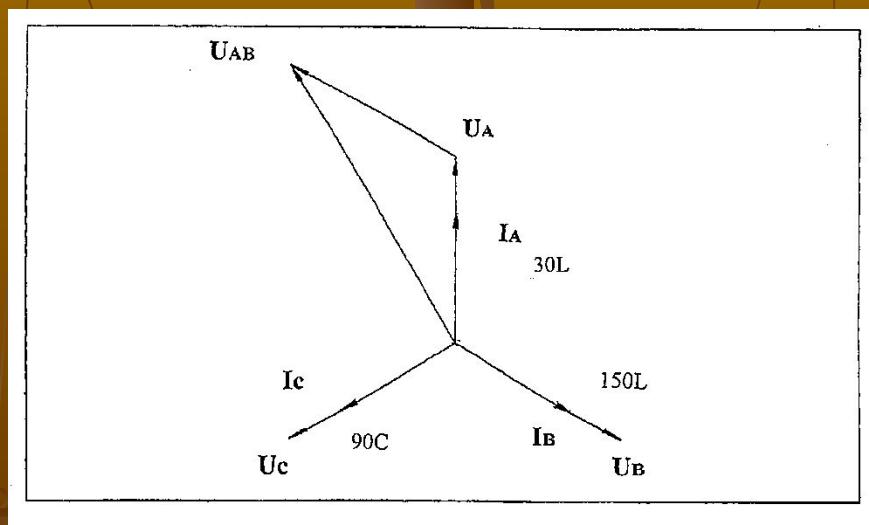
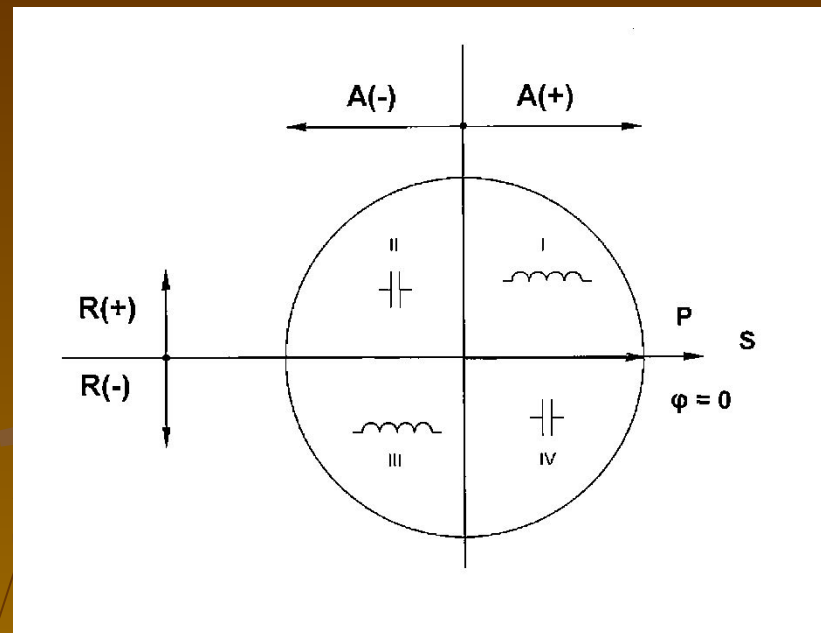


Параметр	I <sub>A</sub>	I <sub>0</sub>	I <sub>C</sub>
Ток, А	1,5	1,5	1,5
U <sub>AB</sub> ^I*	30 Инд. (L)	150 Инд. (L)	90 Емк. (C)



Векторы фазных напряжений, в произвольном масштабе, наносят для удобства построения на миллиметровую бумагу под углом 120 градусов друг к другу. Строим вектор  $U_{AB}$ , принимая его за начало отсчета.

- Откладываем от вектора линейного напряжения  $U_{AB}$  по часовой стрелке угол  $30^\circ$ , строим вектор тока  $I_A$ , который совпадает с одноименным вектором фазного напряжения, откладываем по часовой стрелке  $150L$ , строим вектор тока  $I_B$ , который также совпадает с вектором фазного напряжения, далее против часовой стрелки откладываем  $90C$ , строим вектор тока  $I_C$ , совпадающий с одноименным вектором фазного напряжения.
- В соответствии с диаграммой векторы токов и напряжений одноименных фаз совпадают, угол  $\varphi = 0^\circ$ . Это свидетельствует о том, что потребитель потребляет только активную мощность и энергию, реактивная энергия в данном случае равна нулю.
- Электросчетчик учитывает электрическую энергию и мощность в первом квадранте  $A(+)$ ;  $R(+)$ , индуктивный характер нагрузки, коэффициент мощности равен 1.
- **На основании анализа полученных данных делается вывод о правильности схемы включения электросчетчика и предварительный вывод о достоверности измерения электроэнергии. Схема включения электросчетчика правильная.**





## Вольтамперфазометр ВАФ-85М1



- Вольтамперфазометр ВАФ-85М1 предназначен для измерения:
  - среднеквадратического значения силы и напряжения переменного тока синусоидальной формы;
  - угла сдвига фаз между напряжением и напряжением;
  - угла сдвига фаз между током и напряжением, номинальными значениями 110В; 220В; 380В;
  - а также для определения последовательности чередования фаз в трехфазных системах;



## Рекомендуется следующий порядок снятия и построения векторных диаграмм вольтамперфазометром ВАФ-85М1:

1. К контактным гнездам фаз «А», «В», «С» подводится соответственно напряжение трехфазного тока 110, 220, 380 В. Переключатель диапазонов измерений устанавливается в положение («125», «250», «500» В) соответствующее величине подведенного к гнездам «А», «В», «С» трехфазного напряжения.
2. Для проверки чередования фаз нажать кнопку верньера. При этом вращение оси фазовращателя с лимбом по часовой стрелке указывает на чередование фаз в последовательности ABC (BCA, CAB). (Изменение порядка следования любых двух фаз (ACB, BAC и CBA) вызывает процесс обратного чередования фаз, при котором электрические двигатели будут вращаться в противоположную сторону). Прямое чередование фазных напряжений обязательно.
3. К контактным гнездам «\*» и «А» присоединяют электроизмерительные клещи, в соответствии с маркировкой (стержень соединительной вилки, имеющей обозначение «\*», должен входить в контактное гнездо, обозначенное «\*» на приборе).
4. Переключатель V, A/mA установить в положение V, A. Переключатель «Величина»/«Фаза» установить в положение «Величина». Переключатель диапазонов измерений установить в положение 5А (10А) или 1А (в зависимости от величины ожидаемого измеряемого тока).
5. Электроизмерительными клещами охватить провод подключенный к началу токовой обмотки электросчетчика в «фазе А» («фазе В», «фазе С»), таким образом, чтобы контактные поверхности магнитопровода были надежно сомкнуты. Сторона клещей, отмеченная «\*», должна быть обращена в сторону трансформаторов тока. Измерить величину тока в «фазе А», «фазе В», «фазе С».
6. Переключатель «Величина»/«Фаза» установить в положение «Фаза». Вращением лимба стрелка прибора подводится к нулю. При этом направление поворота стрелки должно быть одинаковым с направлением вращения лимба. Целесообразнее вращать лимб против часовой стрелки, фиксируя при этом подход к нулю стрелки справа со стороны шкалы. Установив стрелку на нуль, отсчитывают угол по делению лимба, совмещенному с риской. Аналогичным образом измеряют угол других фаз, а также нулевого провода.

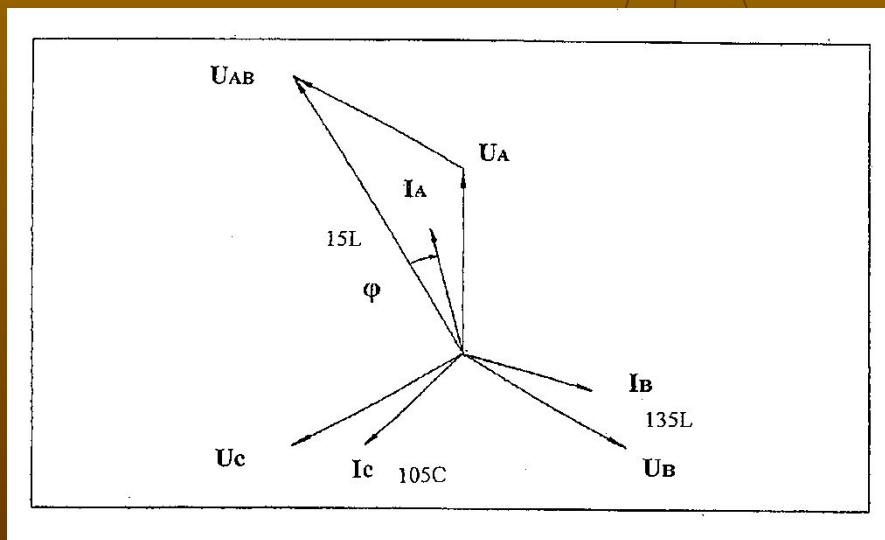


7. После снятия векторной диаграммы приступают к ее построению и анализу. Сначала строят векторы фазных напряжений  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$  и вектор  $U_{AB}$ , опережающий на  $30^\circ$   $U_A$ , и принятый за начало отсчета; ( $U_{AB} = U_A - U_B$ ).

8. Откладывая относительно  $U_{AB}$  измеренные прибором углы, строят векторы тока. Угол со знаком «Инд.» (индуктивность) откладывается по часовой стрелке, а со знаком «Емк.» (емкость) против часовой стрелки. Наконец, определяем углы между одноименными векторами токов и фазных напряжений (определяем угол от вектора тока против часовой стрелке до одноименного вектора фазного напряжения) и определяем квадрант и характер нагрузки.

9. Проверяем по векторной диаграмме, что векторы токов и напряжений одноименных фаз сдвинуты один относительно другого на один и тот же угол. Это свидетельствует о том, что чередование фаз напряжения и тока совпадает.

10. При анализе векторных диаграмм необходимо помнить, что каждому току должно соответствовать свое напряжение, в противном случае показания электросчетчика могут искажаться.







## Вольтамперфазометр ВАФ ПАРМА А



- Прибор предназначен для измерения:
  - постоянного напряжения, действующего значения напряжения и силы переменного тока синусоидальной формы с одновременным вычислением активной и реактивной мощностей в цепи;
  - измерения частоты;
  - угла сдвига фаз между напряжением и напряжением;
  - угла сдвига фаз между током и током (если прибор укомплектован двумя токоизмерительными клещами);
  - угла сдвига фаз между током и напряжением, а также для определения последовательности чередования фаз в трехфазных системах.



## Порядок работы с прибором ВАФ ПАРМА А

- Прибор не имеет переключателей режимов работы и диапазонов измерений.
- Все переключения производятся автоматически на основании оценки поступающих сигналов.
  - Определение последовательности чередования фаз:
- Прибор автоматически переключается в данный режим при поступлении сигнала на клемму «В». Правильное определение последовательности чередования фаз возможно только при условии, что все три фазы подключены в соответствии с маркировкой на приборе.
- Результат определения чередования фаз выводится в текстовом виде.
  - Для измерения угла сдвига фаз между напряжением и током подайте на клеммы обозначенные Уопорн напряжение, подключите токоизмерительные клещи с маркировкой Измер к разъему, обозначенному Измер С момента появления сигнала на клеммах Уопорн прибор автоматически перейдет в нужный режим. В нижней строке дисплея будет выведено значение сдвига фаз между напряжением Уопорн и током Измер Если напряжение в канале Уизмер также присутствует, то прибор покажет оба сдвига фаз. Считайте показания с дисплея в верхней строке.



## Пример. Счетчик активной энергии включен в 3-фазную 4-проводную сеть, с индуктивным характером нагрузки. Промышленное предприятие.

- **Примечание:**
- На время проверки схемы включения электросчетчика установку компенсации реактивной мощности отключают.
- Приведем данные, для построения векторной диаграммы, снятые с электросчетчика вольтамперфазометром ВАФ ПАРМА А, относительно опорного ( $U_{\text{опорн}}$ ) линейного напряжения  $U_{AB}$ .
- На первом этапе снятия векторной диаграммы необходимо проверить напряжения, т.е. измерить значения фазных и линейных напряжений (наличие всех напряжений и целостность цепей напряжения), определить зажимы, к которым подведены напряжения фаз А, В и С, и определить чередование фаз.
- При снятии векторной диаграммы прибором ВАФ ПАРМА А получены следующие данные (чередование фазных напряжений прямое, в последовательности ABC):

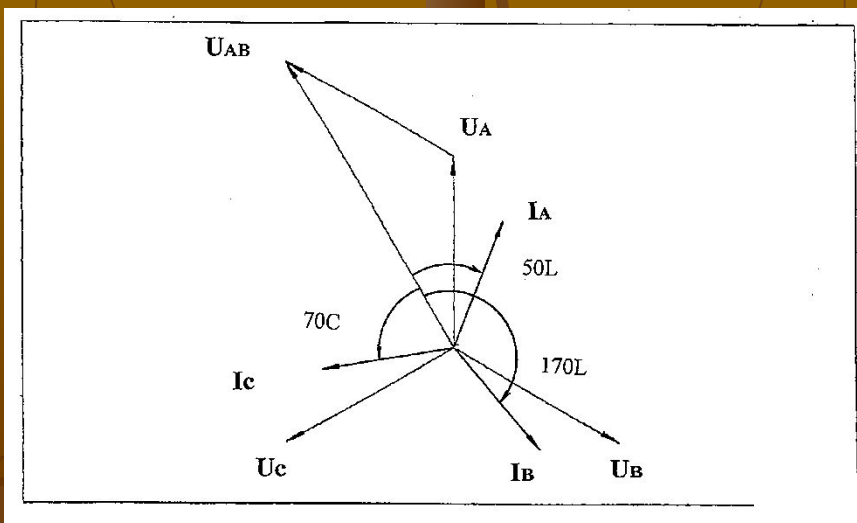
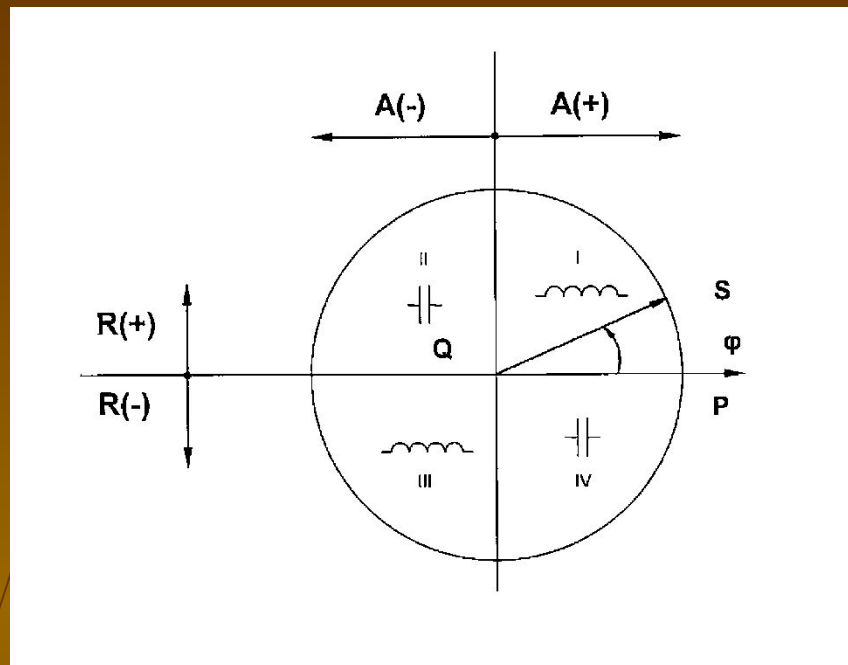
Параметр	I <sub>A</sub>	I <sub>B</sub>	I <sub>C</sub>
Ток, А	0,89	0,88	1,00
$U_{AB}^{\wedge} I^*$	50 Инд. (L)	170 Инд. (L)	70 Емк. (C)





Наносят векторы фазных напряжений под углом  $120^\circ$  друг к другу. Строим вектор  $U_{AB}$ , принимая его за начало отсчета.

- Откладываем от вектора линейного напряжения  $U_{AB}$  по часовой стрелке угол  $50^\circ$  Инд, строим вектор тока  $I_A$ , откладываем по часовой стрелке  $170^\circ$  Инд, строим вектор тока  $I_B$  далее против часовой стрелки откладываем  $70^\circ$  Емк, строим вектор тока  $I_C$ .
- В соответствии с диаграммой векторы токов и напряжений одноименных фаз сдвинуты один относительно другого на один и тот же угол, примерно,  $\varphi = 20^\circ$  например  $U_A \wedge I_A = 20^\circ$ . Это свидетельствует о том, что чередование фаз напряжения и тока совпадает.
- Для того, чтобы сделать заключение в каком квадранте находится вектор полной мощности, по построенной векторной диаграмме, определяем угол от вектора тока, например  $I_A$ , против часовой стрелки до одноименного вектора фазного напряжения,  $U_A$ . Угол  $\varphi = 20^\circ$ . Аналогично определяем угол для других токов и напряжений. Вектор полной мощности находится в четвертом квадранте. Электросчетчик учитывает электрическую энергию и мощность в первом квадранте  $A(+)$ ;  $R(+)$ .





## Прибор энергетика многофункциональный портативный ЭНЕРГОМЕРА СЕ602-100К.



- **Прибор ЭНЕРГОМЕРА СЕ602-100К предназначен:**
  - для снятия векторной диаграммы трехфазных электросчетчиков, в том числе и электросчетчиков прямого включения (до 100А). Проверки правильности подключения трехфазных электросчетчиков.
  - для измерения основных электроэнергетических величин в контролируемой однофазной и трехфазной сети. Проведение измерений с помощью токовых клещей без разрыва электрической цепи (в зависимости от вариантов исполнения)
  - для определения погрешностей индукционных и электронных электросчетчиков на местах их эксплуатации при реально существующей во время измерений нагрузке.



## Измерение параметров сети для трехфазной, четырехпроводной схемы подключения (ЗФ4П)

- Переход к режиму производится из меню измерения по кнопке **< 1 >**.
- **P, Q, S** - активная, реактивная и полная мощности суммарные по трем фазам.
- **U, I** - напряжение и ток по фазам А, В, С.
- **U, °** - угол между сигналами напряжения по отношению к первой фазе, в градусах.
- **U ^ I, °** - угол между сигналами напряжения и тока по фазам А, В, С в градусах..

### ■ Пример

■ ***Счетчик активной энергии включен в 3-фазную 4-проводную сеть, с индуктивным характером нагрузки.***

■ ***Примечание:*** На время проверки схемы включения электросчетчика установку компенсации реактивной мощности отключают.

- На первом этапе снятия векторной диаграммы необходимо проверить напряжения, т.е. измерить значения фазных и линейных напряжений (наличие всех напряжений и целостность цепей напряжения), определить зажимы, к которым подведены напряжения фаз А, В и С, измерить значения фазных токов, определить чередование фаз.
- При снятии векторной диаграммы прибором СЕ602-100К получены следующие данные (чередование фазных напряжений прямое, в последовательности АВС):
- Параметры сети, измеренные прибором энергетика многофункциональным портативным СЕ602–100К, для построения векторной диаграммы, для удобства сведем в таблицу:



Векторы фазных напряжений, в произвольном масштабе, наносят на бумагу под углом 120 градусов друг к другу. В данном случае, для того чтобы построить вектора токов, за начало отсчета принимаем соответствующие фазные напряжения ( $U_A - I_A$ ;  $U_B - I_B$ ;  $U_C - I_C$ ).

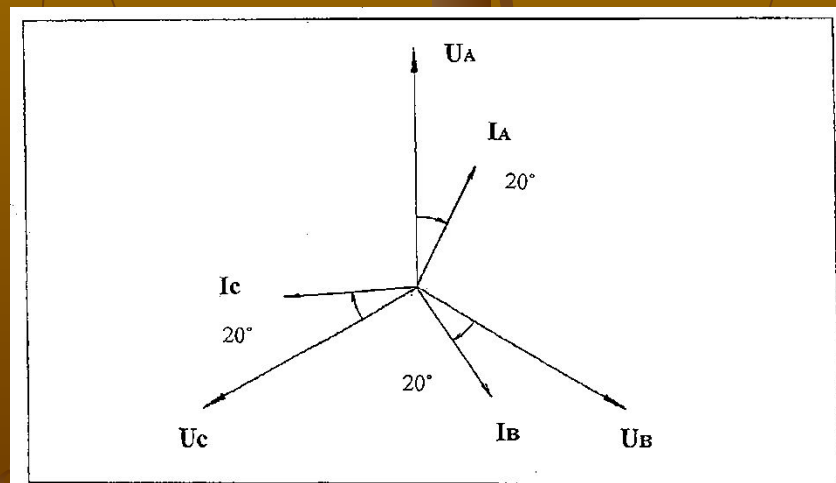
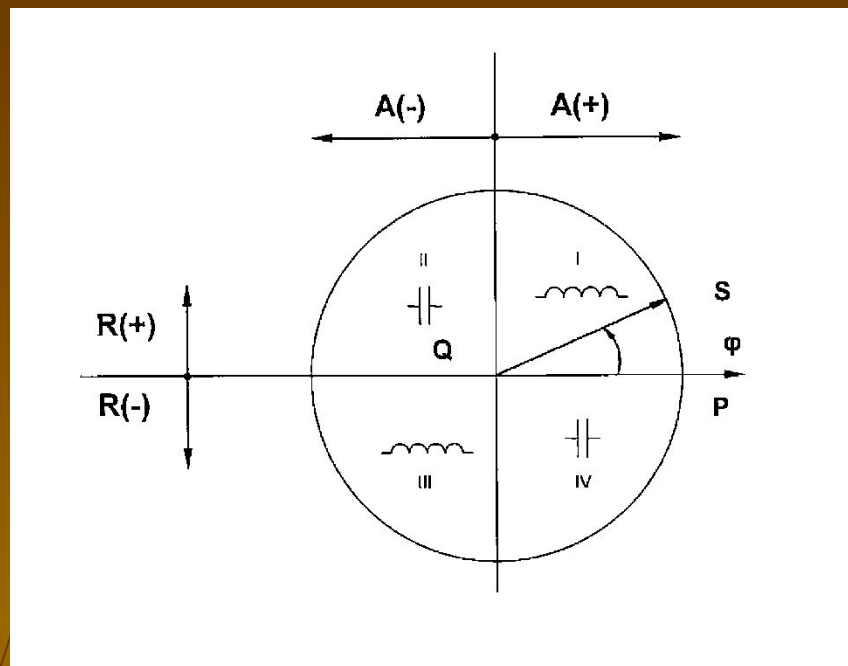
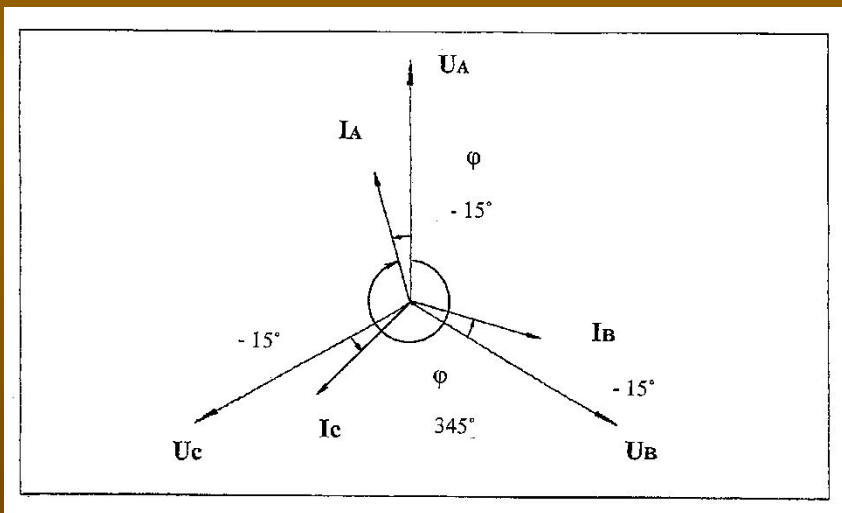
- Откладываем от вектора фазного напряжения  $U_A$  по часовой стрелке угол  $20^\circ$ , строим вектор тока  $I_A$ , от вектора фазного напряжения  $U_B$  откладываем по часовой стрелке  $20^\circ$ , строим вектор тока  $I_B$ , далее от вектора фазного напряжения  $U_C$  откладываем по часовой стрелке  $20^\circ$ , строим вектор тока  $I_C$ .
- В соответствии с диаграммой векторы токов и напряжений одноименных фаз сдвинуты один относительно другого на один и тот же угол,  $\varphi = 20^\circ$  например  $U_A \wedge I_A = 20^\circ$  (вектора токов отстают от одноименных векторов напряжений). Это свидетельствует о том, что чередование фаз напряжения и тока совпадает.
- Для того, чтобы сделать заключение в каком квадранте находится вектор полной мощности, по построенной векторной диаграмме, определяем угол от вектора тока, например  $I_A$ , против часовой стрелки до одноименного вектора фазного напряжения,  $U_A$ . Угол  $\varphi = 20^\circ$ . Аналогично определяем угол для других токов и напряжений.
- Вектор полной мощности находится в первом квадранте. Электросчетчик учитывает электрическую энергию и мощность в первом квадранте  $A(+)$ ;  $R(+)$ , индуктивный характер нагрузки.

Параметр	Фаза 1 (желтый)	Фаза 2 (зеленый)	Фаза 3 (красный)
Р, Вт	30,19	27,03	26,81
Q, Вар	3,26	2,15	2,01
Ток, А	0,89	0,88	1,00
Угол, град	$U_1 \wedge I_1 = 0^\circ$	$U_1 \wedge U_2 = 120^\circ$	$U_1 \wedge U_3 = 240^\circ$
Угол, град	$U_1 \wedge I_1 = 20^\circ$	$U_2 \wedge I_2 = 20^\circ$	$U_3 \wedge I_3 = 20^\circ$



На основании анализа полученных данных можно сделать вывод о правильности схемы включения электросчетчика и предварительный вывод о достоверности измерения электроэнергии.

- Схема включения электросчетчика правильная.





# Снятие и анализ векторных диаграмм с использованием вспомогательных функций и сервисного программного обеспечения многофункциональных электросчетчиков типа СЭТ-4ТМ.

- **Счетчики СЭТ-4ТМ.03**
- предназначены для многотарифного коммерческого или технического учета активной и реактивной электрической энергии прямого и обратного направления и четырехквadrантной реактивной энергии в трех- и четырехпроводных сетях переменного тока.
- **Счетчики СЭТ-4ТМ.03**
  - могут применяться на предприятиях промышленности и в энергосистемах, осуществлять учет потоков мощности в энергосистемах и межсистемных перетоков.
  - имеют несколько модификаций, отличающихся классом точности, номинальным напряжением, числом интерфейсов и наличием резервного блока питания.
  - могут эксплуатироваться автономно или в составе автоматизированных систем: контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ); диспетчерского управления (АСДУ).





## Ручной режим управления

- Позволяет считать параметры сети и величины для построения векторной диаграммы, в режиме вспомогательных параметров вручную.
- В ручном режиме управления информация считывается визуально.
- Переход в режим индикации вспомогательных параметров производится из режима индикации текущих измерений или из режима индикации основных параметров длинным нажатием кнопки «РЕЖИМ ИНДИКАЦИИ».
- Во всех вспомогательных режимах индикации, кроме времени, даты и температуры, производится индикация квадранта, в котором в текущий момент времени находится вектор полной мощности, двумя курсорами в соответствии с:
  - A(+), R(+)  
1-й квадрант;
  - A(-), R(+)  
2-й квадрант;
  - A(-), R(-)  
3-й квадрант;
  - A(+), R(-)  
4-й квадрант.
- Перебор (по кольцу) вспомогательных режимов индикации производится коротким нажатием кнопки «РЕЖИМ ИНДИКАЦИИ» в следующей последовательности:
  - индикация мгновенных значений активной, реактивной или полной мощности с размерностью «Вт» («кВт», «МВт», «ГВт»), «ВАр» («кВАр», «МВАр», «ГВАр»), «ВА» («кВА», «МВА», «ГВА»);
  - индикация мгновенных значений фазных, межфазных напряжений и напряжения прямой последовательности с размерностью «В», «кВ»;
  - индикация мгновенных значений токов, с размерностью «А», «кА»;
  - индикация коэффициента мощности с размерностью «cos φ».

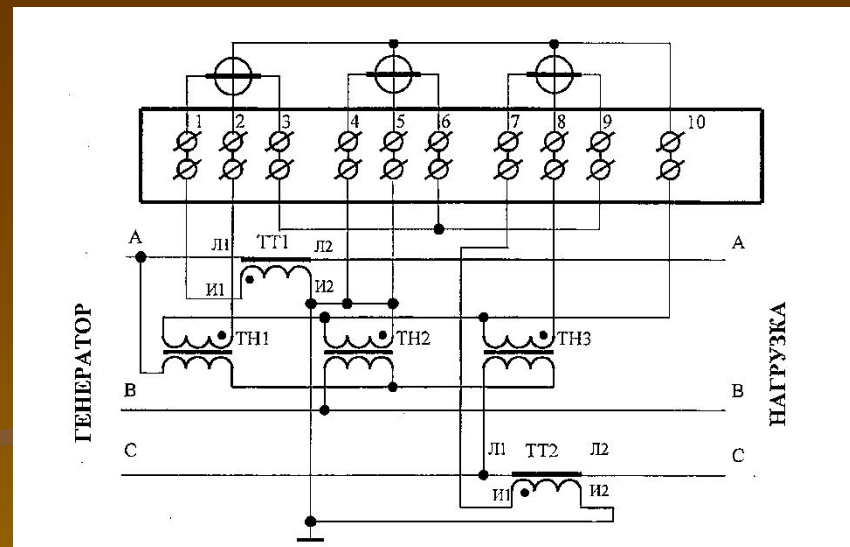
РЕЖИМ ИНДИКАЦИИ	ВИД ЭНЕРГИИ	НОМЕР ТАРИФА
<b>Короткое нажатие</b> – переход в режим индикации основных параметров	<b>Короткое нажатие</b> - выбор вида индицируемой текущей энергии по текущему тарифу	<b>Короткое нажатие</b> - не используется
<b>Длинное нажатие</b> – переход в режим индикации вспомогательных параметров	<b>Длинное нажатие</b> - не используется	<b>Длинное нажатие</b> – переход в режим индикации текущей активной энергии



## Пример

Электросчетчик типа СЭТ-4ТМ.03 подключен к 3-ф 3-проводной сети с помощью 3-х трансформаторов напряжения и 2-х трансформаторов тока.

- Первоначально проверяем чередование фазных напряжений, по ЖКИ индикатору электросчетчика. Чередование фазных напряжений должно быть прямое, на ЖКИ индикаторе индицируются фазные напряжения (1; 2; 3), отсутствует мигание какой либо одной фазы.
- Для снятия и построения векторной диаграммы со счетчика в «ручном режиме управления», переходим в режим индикации вспомогательных параметров. Переход производится из режима индикации текущих измерений или из режима индикации основных параметров длинным нажатием кнопки «РЕЖИМ ИНДИКАЦИИ».
- Во всех вспомогательных режимах индикации, кроме времени, даты и температуры, производится индикация квадранта, в котором в текущий момент времени находится вектор полной мощности, двумя курсорами в соответствии с: A(+), R(+) 1-й квадрант; A(-), R(+) 2-й квадрант; A(-), R(-) 3-й квадрант; A(+), R(-) 4-й квадрант.
- Для построения векторной диаграммы снимаем и фиксируем в «ручном режиме управления» следующие параметры сети:



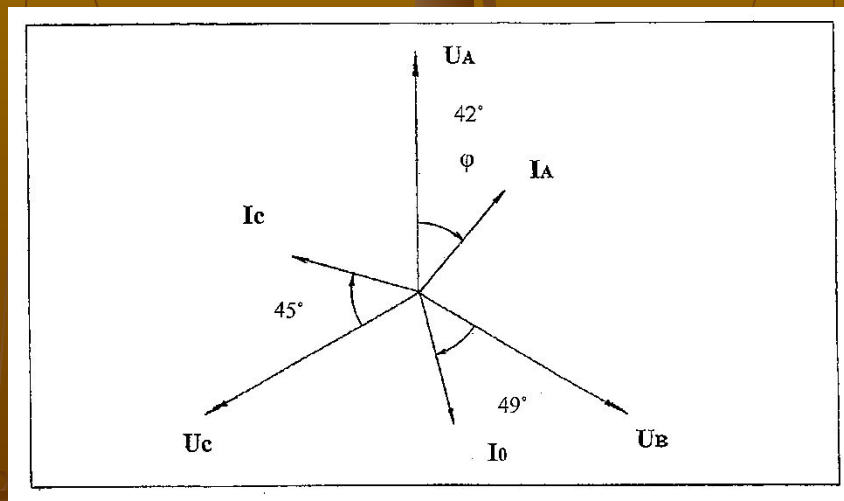
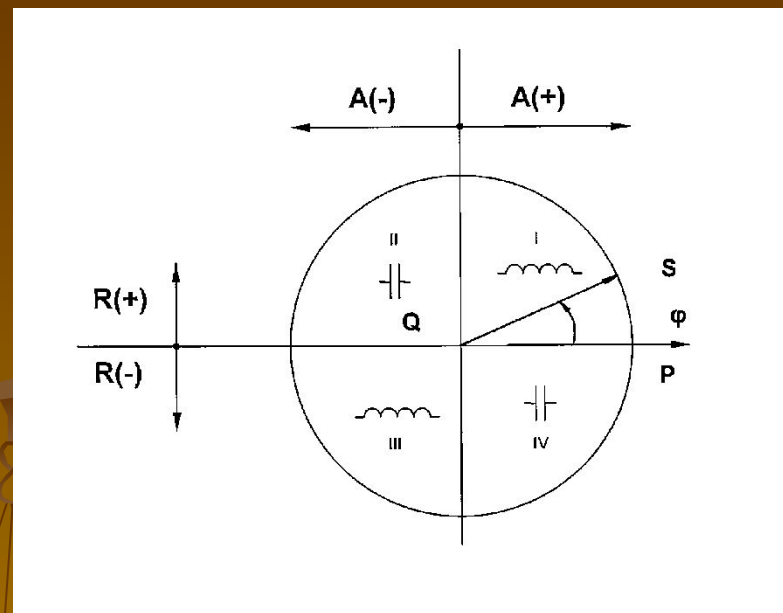
Параметр	Фаза 1	Фаза 2	Фаза 3
P, Вт	30,19	27,03	26,81
Q, вар	28,03	31,26	27,21
Cos	0,73	0,65	0,70
Угол, град.	42,88	49,16	45,43
I, mA	775,00	782,70	747,20
Uф, В	53,19	52,82	51,16
Uмф, В	101,79	101,43	101,55





Обращаем внимание на индикацию квадранта, в котором в текущий момент времени находится вектор полной мощности (два курсора на ЖКИ индикаторе: A(+), R(+), величины P, Вт и Q, вар, положительны).

- В данном случае вектор полной мощности находится в первом квадранте, индуктивный характер нагрузки:
- В соответствии с полученными данными строим векторную диаграмму, откладывая, вправо, по часовой стрелке, соответствующий угол, в градусах, от вектора фазного напряжения (угол  $\varphi_1=42,88$  (IA) откладывается от вектора фазного напряжения  $U_A$ ; угол  $\varphi_2=49,16$  (IO) откладывается от вектора фазного напряжения  $U_B$ ; угол  $\varphi_3=45,43$  (IC) откладывается от вектора фазного напряжения  $U_C$ ): На основании анализа полученных данных можно сделать вывод о правильности схемы включения электросчетчика и предварительный вывод о достоверности измерения электроэнергии. Схема включения электросчетчика правильная.





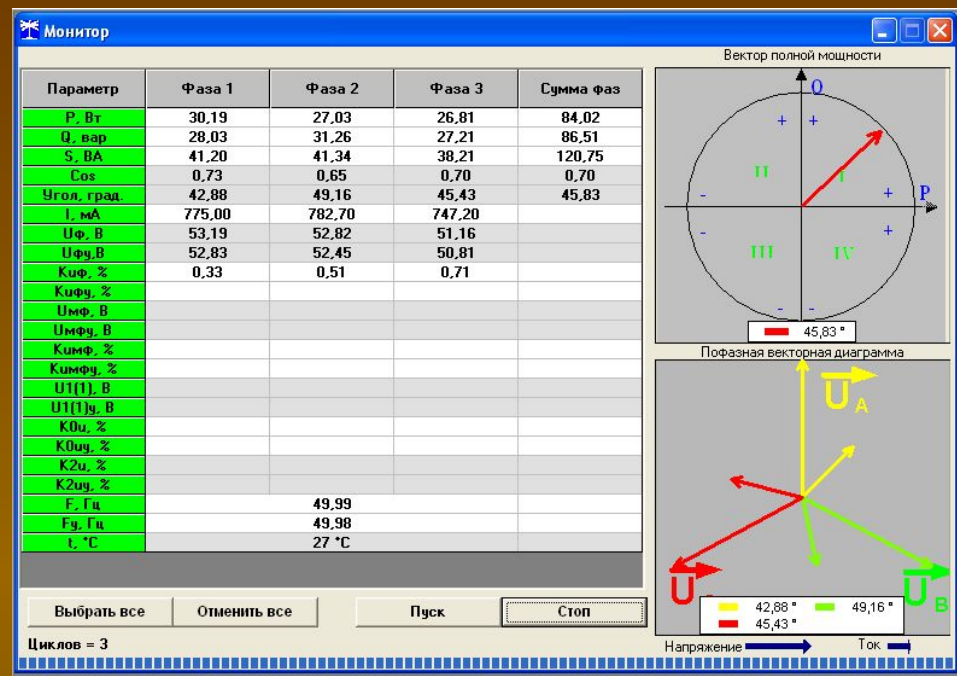
## Дистанционный режим

Для программирования электросчетчика и считывания данных в дистанционном режиме управления используется программное обеспечение «Конфигуратор СЭТ-4ТМ».

Считывание вспомогательных параметров, измеряемых счетчиком, производится через форму «Монитор» из меню «Параметры». Вид формы «Монитор» на рисунке.

При построении векторной диаграммы, по данным, снятым с использованием программного обеспечения «Конфигуратор СЭТ-4ТМ», вектор тока (IA) откладывается от одноименного вектора фазного напряжения U(A), на величину измеренного угла, в градусах, по часовой стрелке.

Аналогично откладываются вектора тока IB и IC.





ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
**НТЦ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**

**Ковров Иван Александрович**  
**Главный метролог**  
**ОАО «НТЦ электроэнергетики»**

**E-mail:**

**[kovrov@ntc\\_kovrov@ntc-pow.ru](mailto:kovrov@ntc_kovrov@ntc-pow.ru)**

**Тел.: (495) 727-19-09 (249);**

**Тел. моб. 8-926-363-15-33**





Спасибо за внимание!

