

Курс «Микроэлектронные и микропроцессорные устройства в энергетике»
Лектор: Зализный Д.И.

Лекция 7

Электронные измерительные приборы для нужд энергетики

Интернет-ресурсы

www.kipkr.ru

www.priborcom.com

www.prompribor.by

Измерительные приборы

Мультиметры

Измерители
сопротивлений

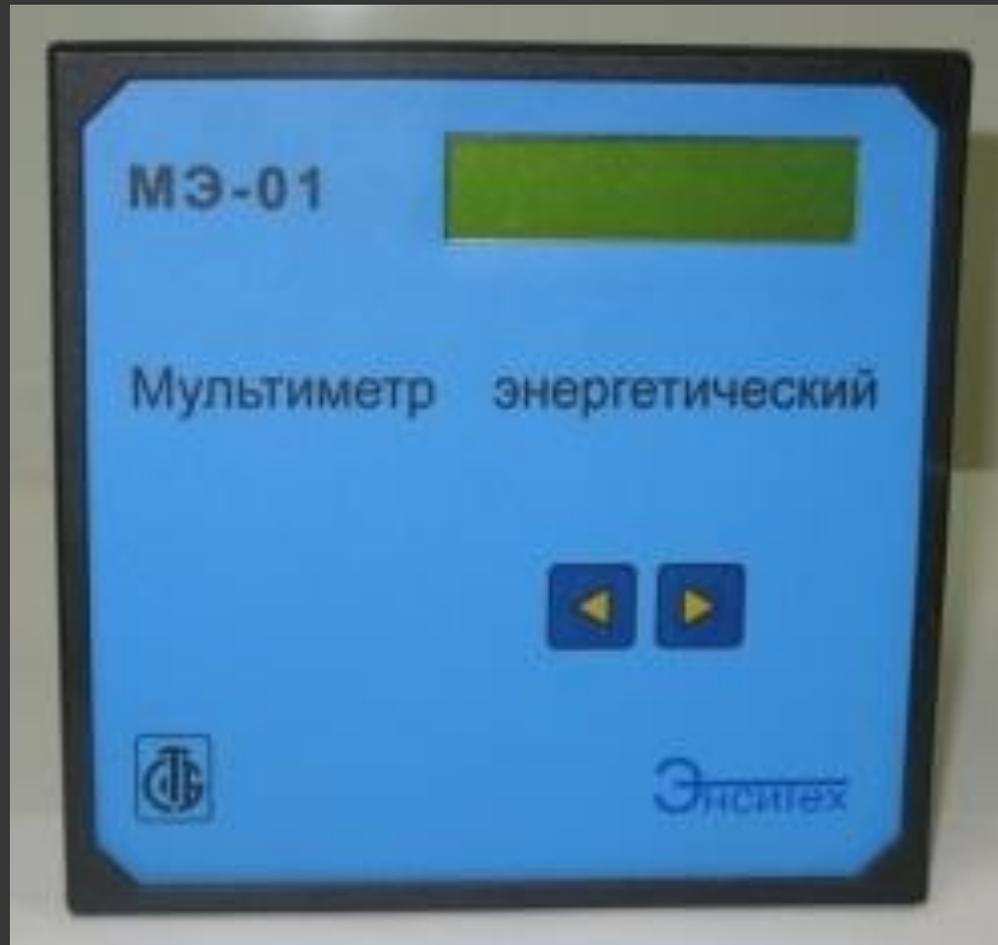
Вольтамперфазометры

Испытательные приборы



Мультиметры

Мультиметр энергетический МЭ-01



Мультиметр энергетический МЭ-01 предназначен для измерения и отображения энергетических параметров сети, используется в системах технического учета и управления

Схема подключения МЭ-01 в руководстве по эксплуатации

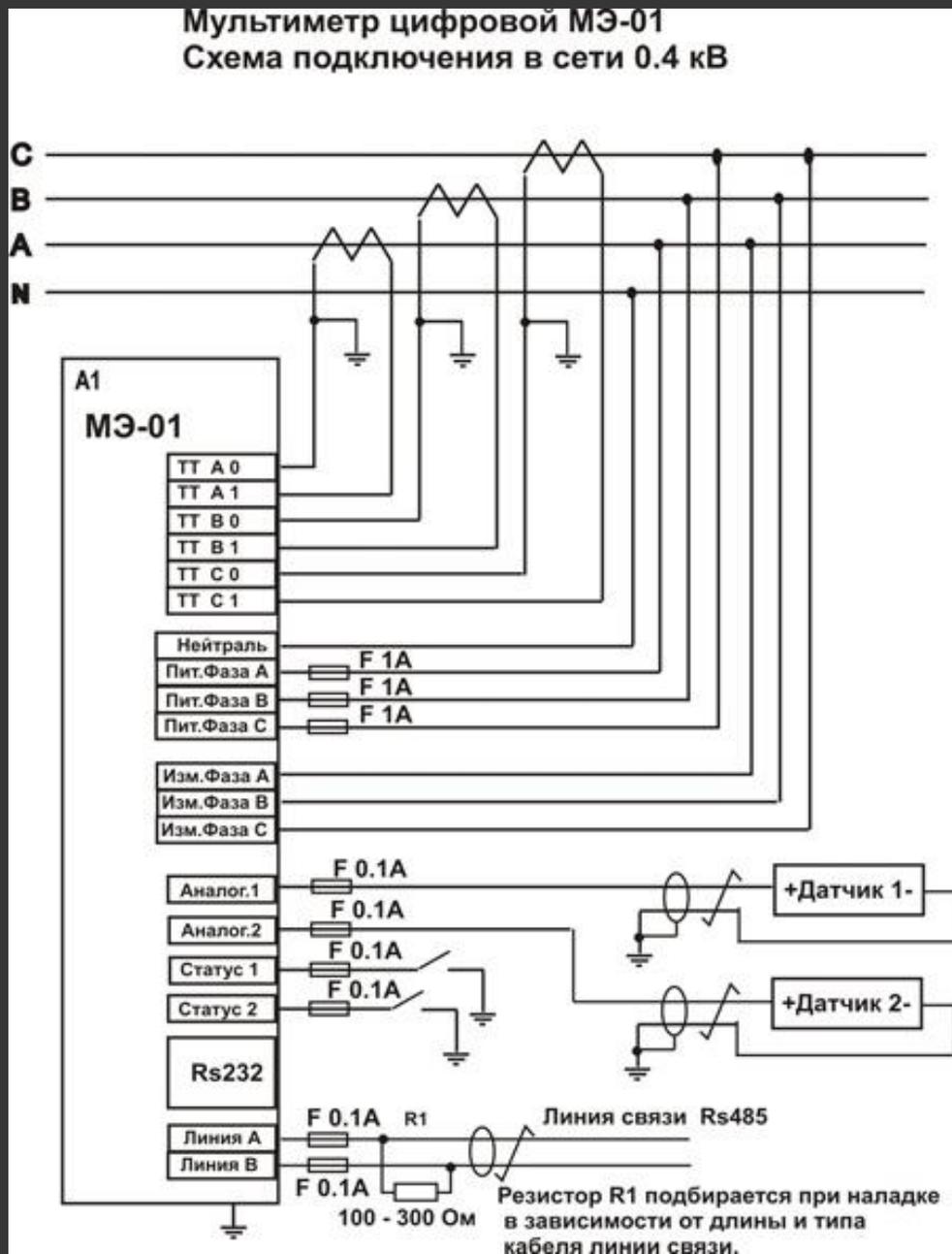
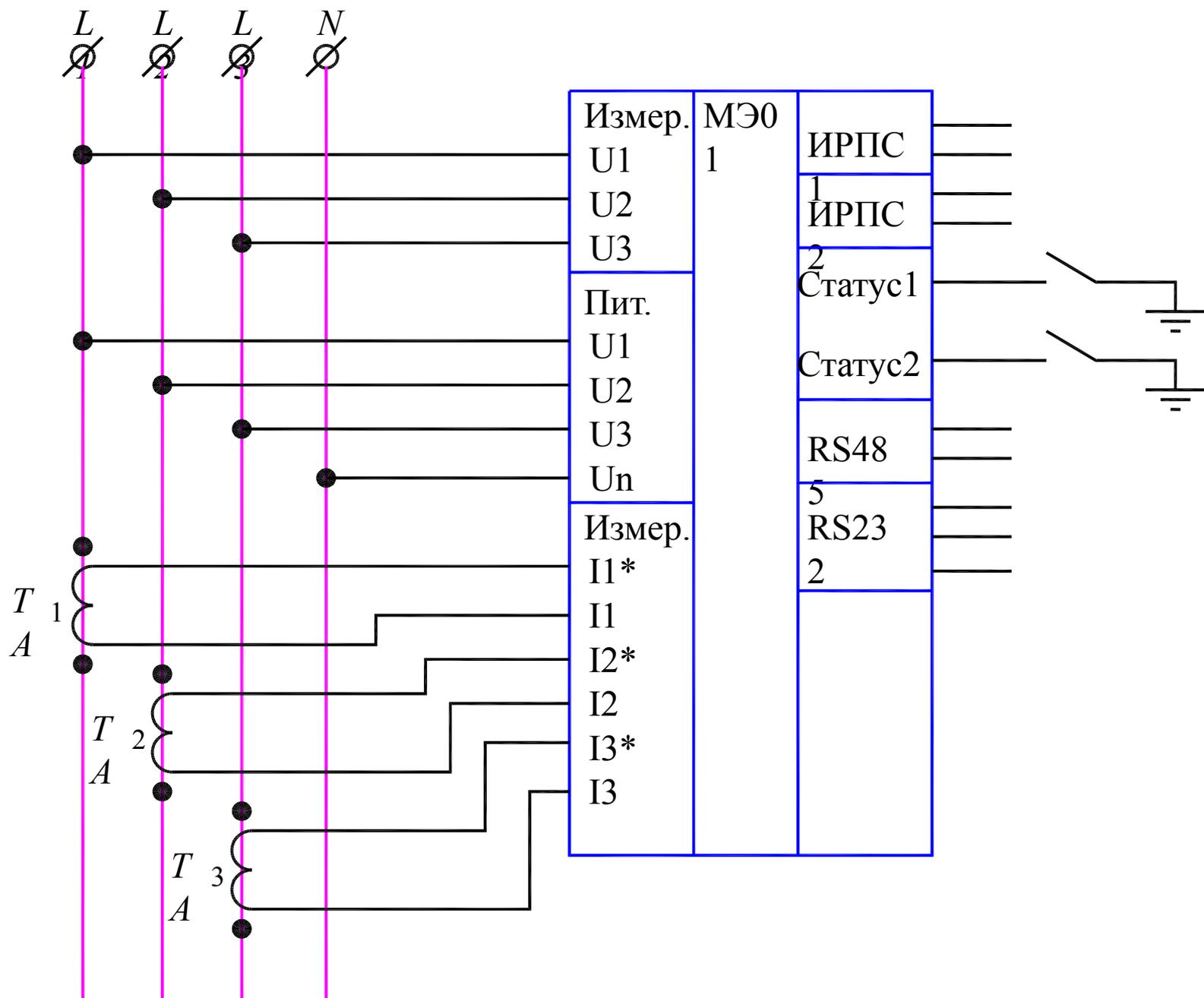


Схема подключения МЭ-01



Функциональные возможности мультиметра МЭ-01

Мультиметр позволяет измерять и отображать следующие параметры сети:

- действующие (RMS) значения токов и фазных напряжений по трём фазам



и отдельно по первой гармонике



Что такое «true RMS»?

- значения активной, реактивной и полной мощности, а также значения этих параметров по первой гармонике сетевого напряжения;
- значение частоты напряжения электрической сети по первой гармонике



P k532 k987 k685
P' k532 k986 k685



S k626 1k16 k853
S' k625 1k16 k849



Q' aLk324 bLk604
F 50.0Hz cLk503

Алгоритм расчёта активной мощности по действующим значениям

$$P = \sum_{i=1}^n P_i = \sum_{i=1}^n U_{\text{RMS}.i} \cdot I_{\text{RMS}.i} \cdot \cos \varphi_i$$

Алгоритм расчёта реактивной мощности

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i = \sum_{i=1}^n U_{\text{RMS}.i} \cdot I_{\text{RMS}.i} \cdot \sin \varphi_i$$

Алгоритм расчёта полной мощности

$$S = \sum_{i=1}^n S_i = \sum_{i=1}^n U_{\text{RMS}.i} \cdot I_{\text{RMS}.i}$$

- значения коэффициентов мощности и $\cos\varphi$ по каждой фазе



Алгоритм расчёта коэффициента мощности

$$K_m = \frac{P}{S}$$

- значения коэффициентов искажения синусоидальности тока и напряжения по каждой фазе



U%	1.5	1.7	1.9
I%	6.3	7.5	9.4

Алгоритм расчёта коэффициента искажения синусоидальности напряжения

$$U\% = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^n U_{\text{RMS}.i}^2}}{U_{\text{RMS}.1}} \cdot 100$$

Функциональные возможности мультиметра МЭ-01

Мультиметр сохраняет данные для построения суточных графиков нагрузки.

С заданным интервалом сохранения МЭ-01 создает архив в одной временной сетке из следующих параметров:

- P, P1, QL1, и QC1,
- состояния двух цифровых входов,
- значения токовых сигналов на двух аналоговых входах.

Измеренные параметры сохраняются в энергонезависимой памяти.

Текущие данные и архив могут быть переданы через интерфейс RS485 (RS232) на удаленный терминал. Скорость передачи данных равна 1200 – 19200 бит/с, при передаче используется логический протокол MODBUS.

МЭ-01 обеспечивает ввод уставок из компьютера верхнего уровня и сохранение их в памяти

Измерители сопротивлений

Назначение

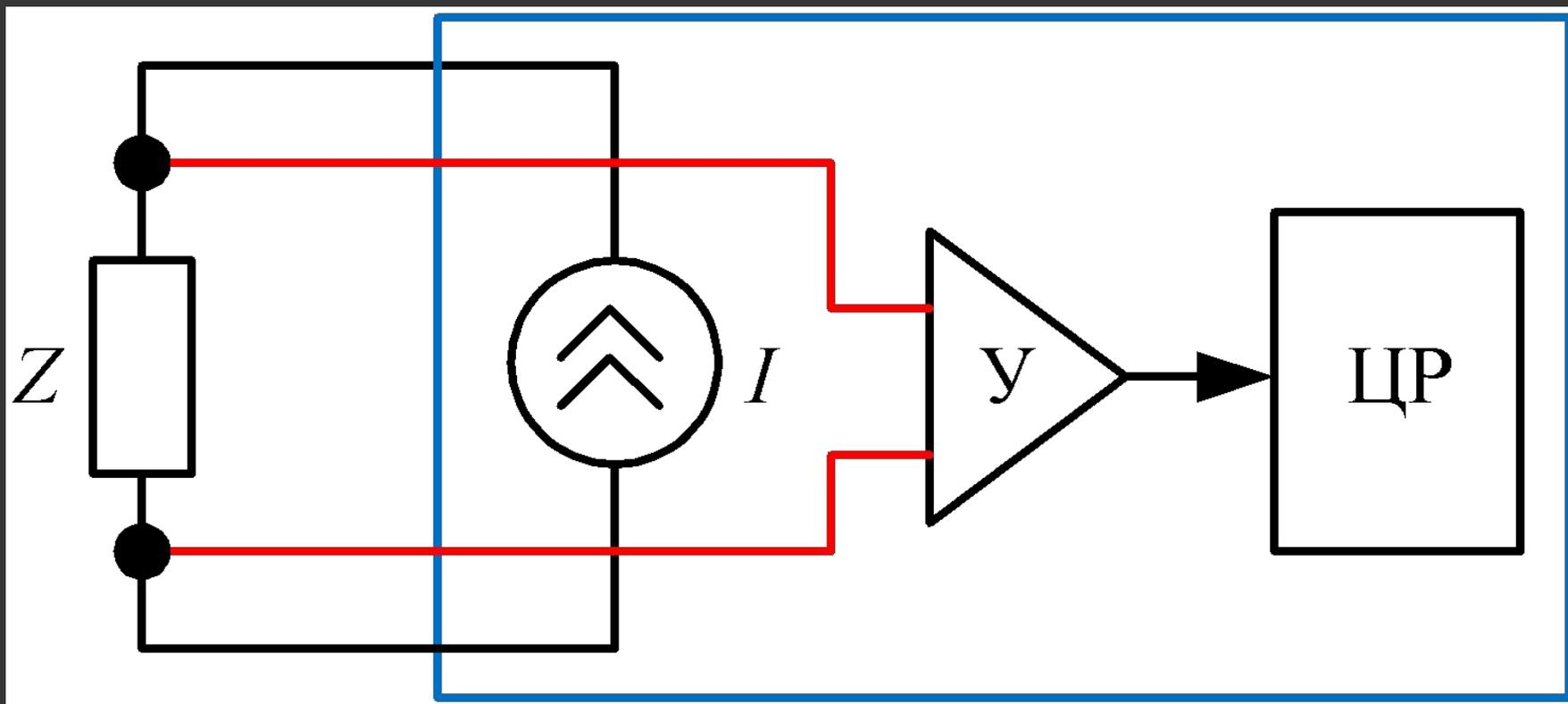
Предназначен для измерения малых активных сопротивлений
диапазоне от 0,1 мкОм до 1999 Ом



Переключатель для выбора измерительного тока от 0,1 мА до 10 А

Кнопки для работы с меню (джойстик)

Функциональная схема измерения малых сопротивлений



Дополнительная информация на дисплее

Сигнализация о превышении внутренней температуры

Индикация заряда аккумулятора

Тип сопротивления: активное или активно-индуктивное

Нормальное или сокращённое время измерения

Необходимость замены измерительных проводов

Недопустимый уровень электрического шума

Номер ячейки в банке памяти

Дополнительная информация на дисплее

Нр. банка и ячейки (в режиме введения в память) либо просмотра границ в оконном режиме



Способ запуска измерения

Сигнализация превышения температуры

Символ типа объекта

Состояние аккумуляторов

Информация о шуме 50Hz

Информация о замене проводов либо об ограничении измерительного тока либо разрядке объекта

Главный результат либо сообщения

Основные технические характеристики

Диапазон	Разрешение	Абсолютная погрешность	Напряжение для диапазона	Рабочий ток
0...999,9 мкОм	0,1 мкОм	$\pm (0,25 \% R + 2 \text{ е.м.р.})$	20 мВ	10 А
1,0000...1,9999 мОм	0,0001 мОм			
2,000...19,999 мОм	0,001 мОм			
20,00...199,99 мОм	0,01 мОм			1 А
200,0...999,9 мОм	0,1 мОм			0,1 А
1,0000...1,9999 Ом	0,0001 Ом			10 мА
2,000...19,999 Ом	0,001 Ом			0,1 мА
20,00...199,99 Ом	0,01 Ом			0,1 мА
200,0...1999,9 Ом	0,1 Ом			0,1 мА

Основные технические характеристики

Защита от наружного напряжения: до 440 В

Макс. индуктивность измеряемого сопротивления: 40 Гн

Макс. время измерения активного сопротивления: 3 с

Макс. время измерения активно-индуктивного сопротивления: 10 мин

Интерфейс связи: RS232

Мегаомметр Fluke 1550C (Fluke Corporation, США)





Назначение

Проверка качества изоляции коммутационных аппаратов, электродвигателей, трансформаторов и кабелей испытательным напряжением до 5 кВ

Функциональные возможности

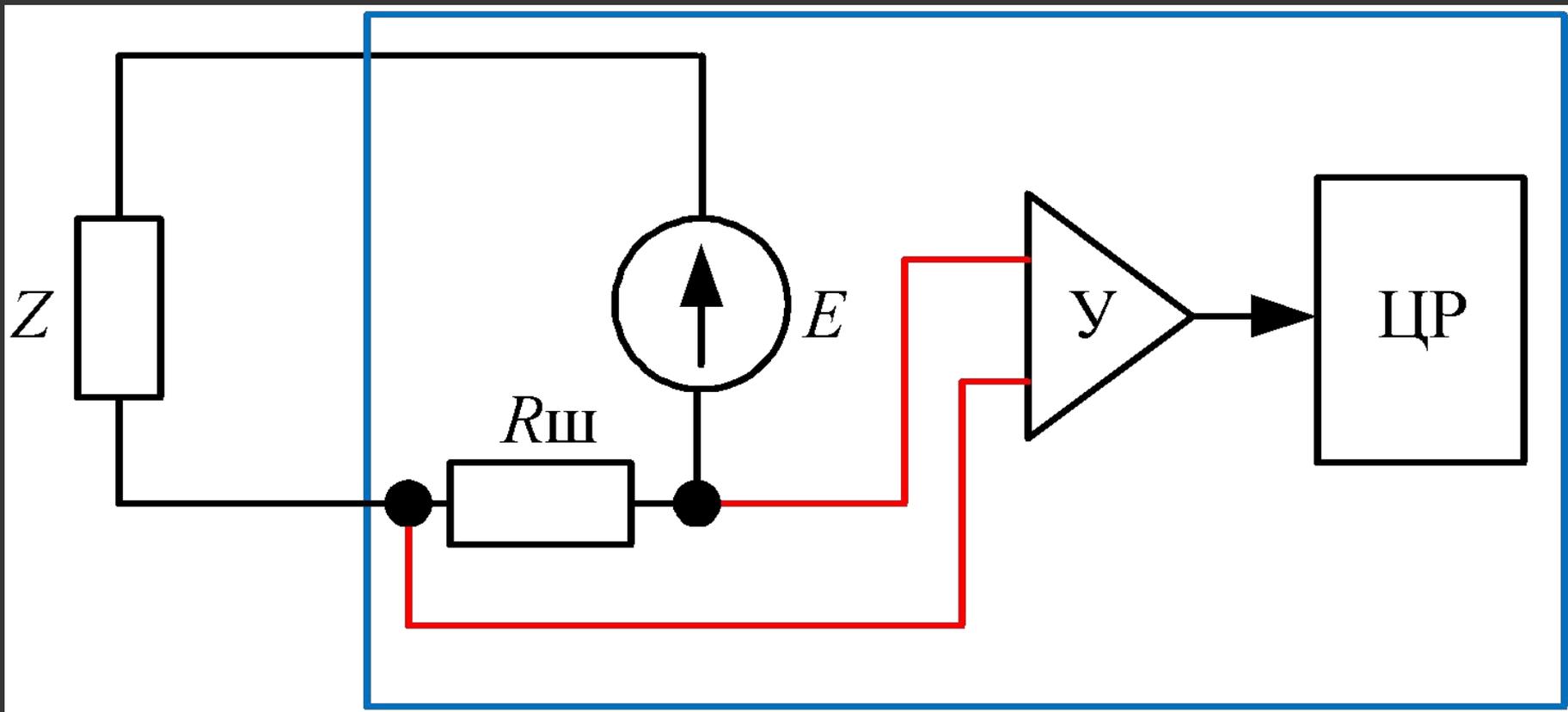
Измерение сопротивления: от 200 кОм до 2 ТОМ

Расчёт индекса поляризации (PI)

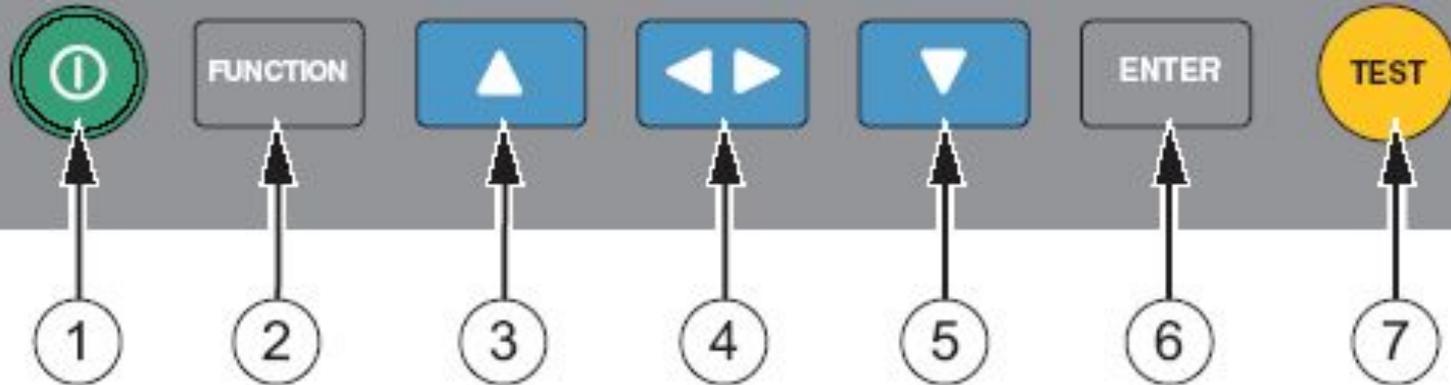
Расчёт коэффициента диэлектрической абсорбции (DAR)

Сигнализация напряжения пробоя

Функциональная схема измерения больших сопротивлений

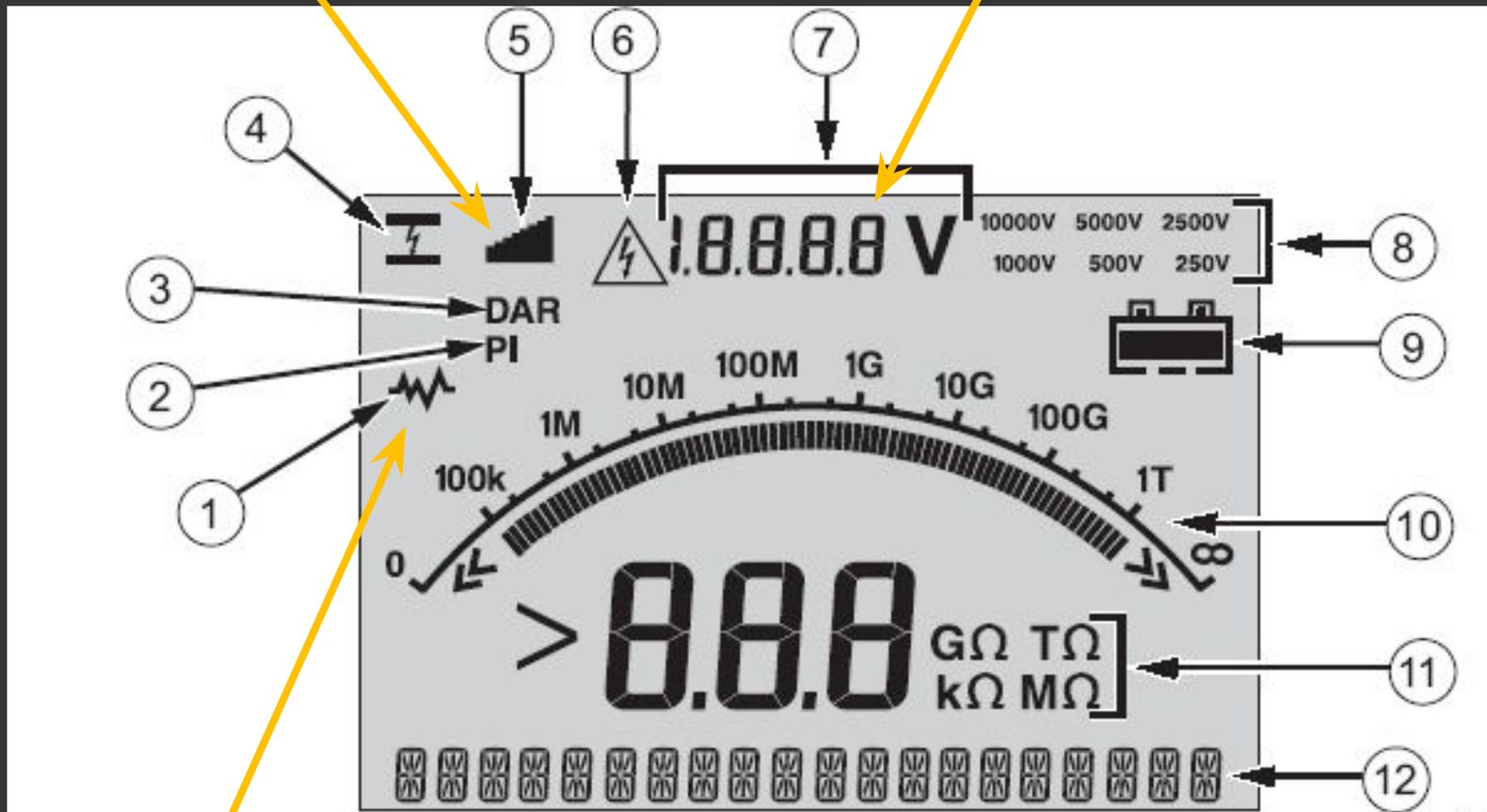


Кнопки управления



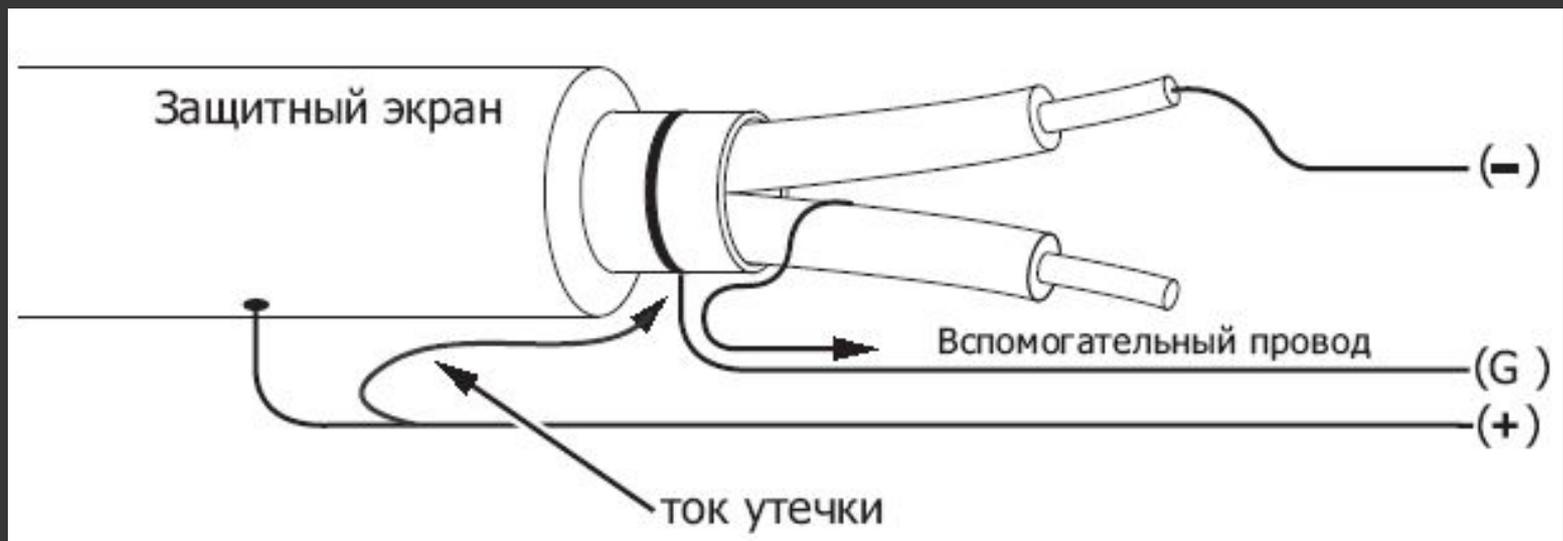
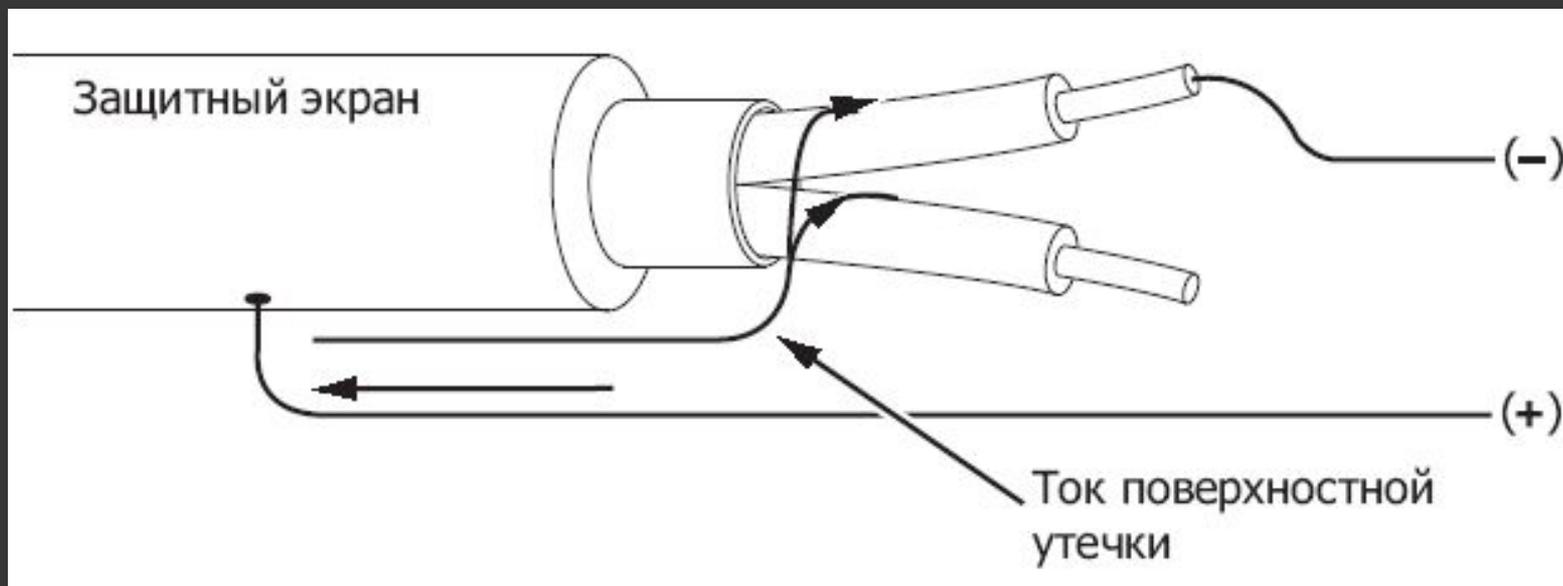
Режим линейного нарастания напряжения (испытание на пробой)

Напряжение на объекте измерения

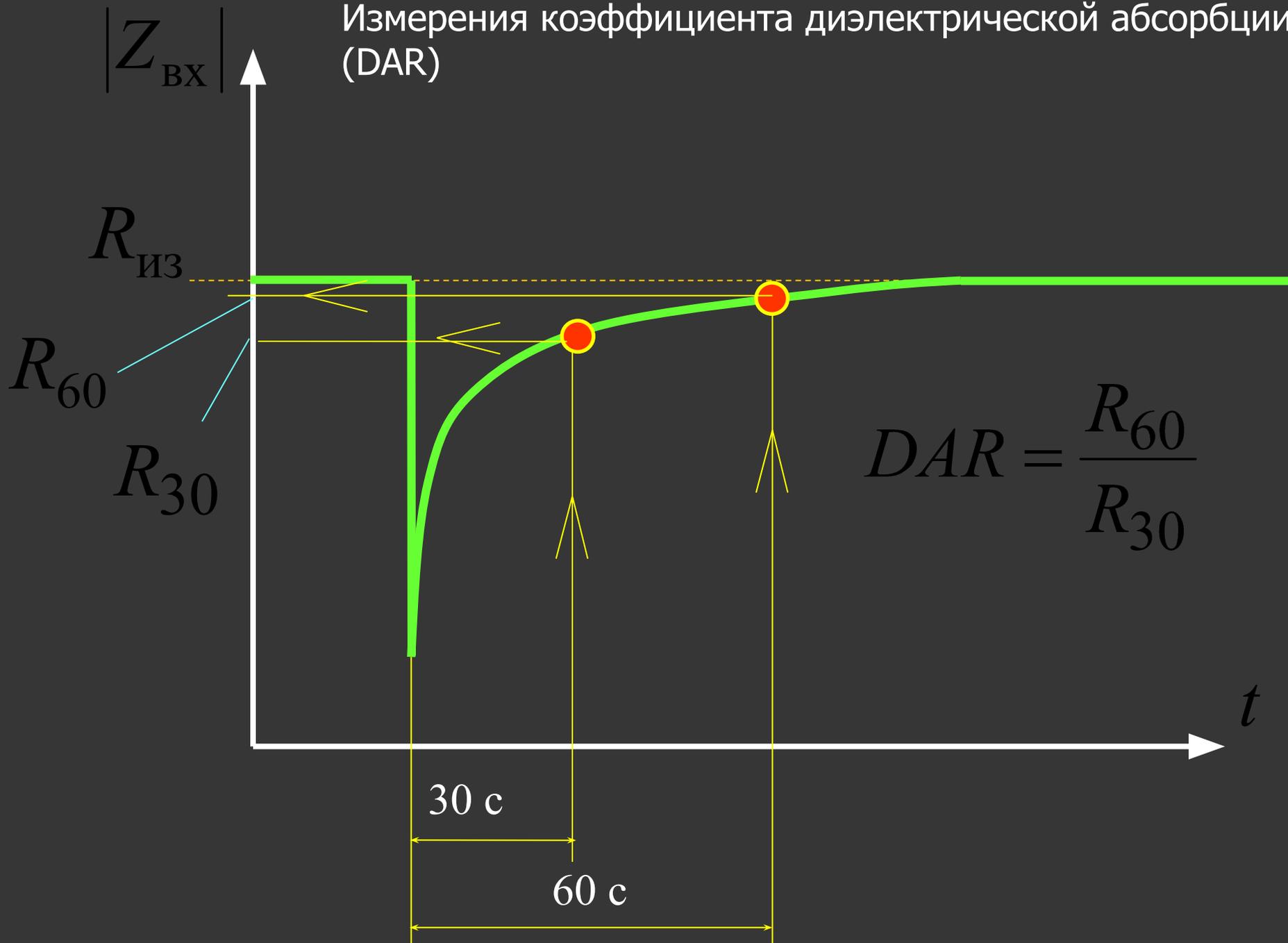


Недопустимый уровень помех

Использование защитной клеммы



Измерения коэффициента диэлектрической абсорбции (DAR)



Измерение индекса поляризации (PI)

$$PI = \frac{R_{600}}{R_{60}}$$

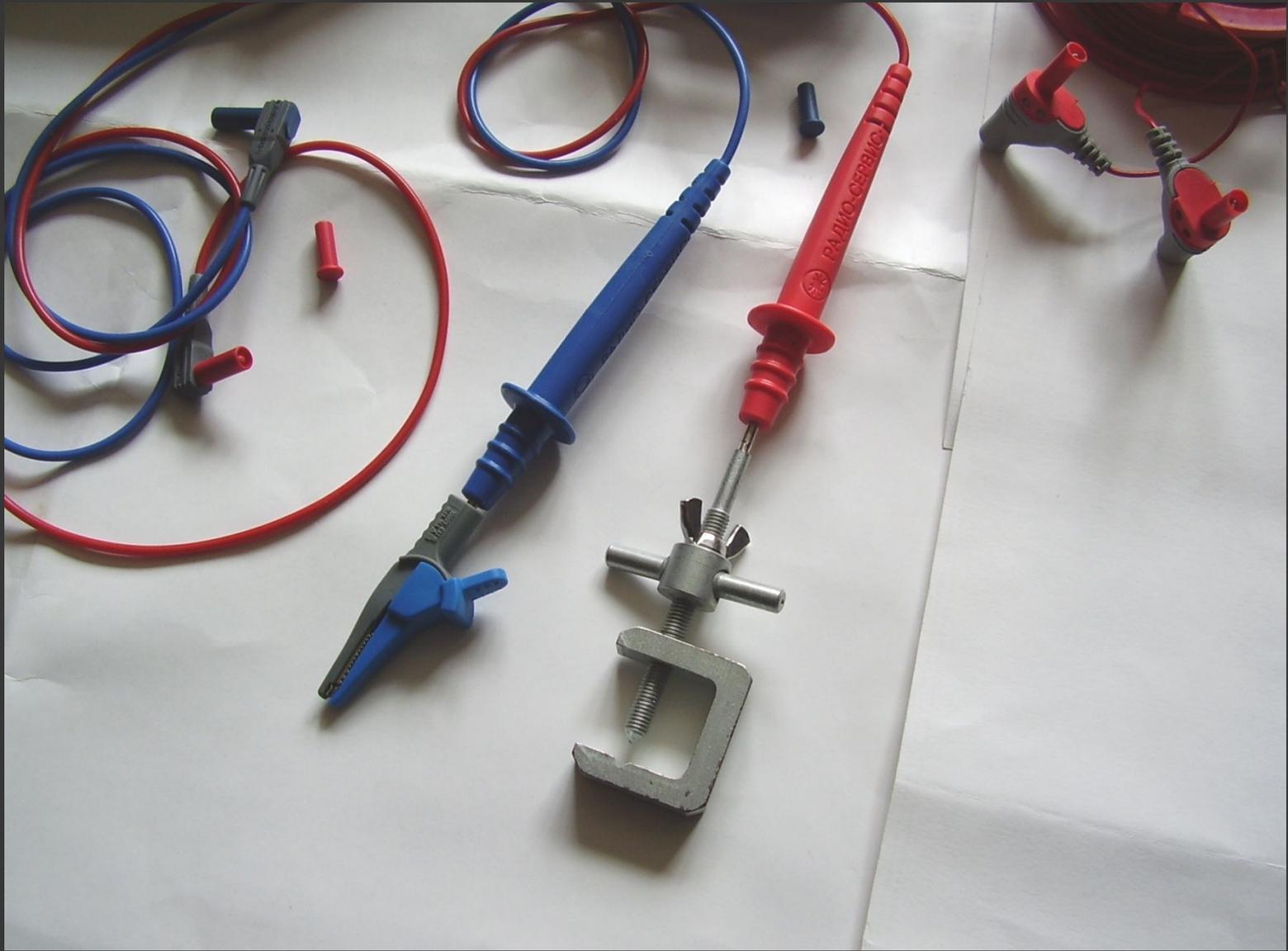
Тестовое напряжение (пост. ток)	Диапазон измерений сопротивления изоляции	Точность (\pm от показаний)
1000 В	$< 200 \text{ к}\Omega$ от $200 \text{ к}\Omega$ до $20 \text{ Г}\Omega$ от $20 \text{ Г}\Omega$ до $200 \text{ Г}\Omega$ $> 200 \text{ Г}\Omega$	не определена 5 % 20 % не определена
2500 В	$< 200 \text{ к}\Omega$ от $200 \text{ к}\Omega$ до $50 \text{ Г}\Omega$ от $50 \text{ Г}\Omega$ до $500 \text{ Г}\Omega$ $> 500 \text{ Г}\Omega$	не определена 5 % 20 % не определена
5000 В	$< 200 \text{ к}\Omega$ от $200 \text{ к}\Omega$ до $100 \text{ Г}\Omega$ от $100 \text{ Г}\Omega$ до $1 \text{ Т}\Omega$ $> 1 \text{ Т}\Omega$	не определена 5 % 20 % не определена

Измеритель сопротивления заземления ИС-10 (ООО «КрайСибПрибор»)

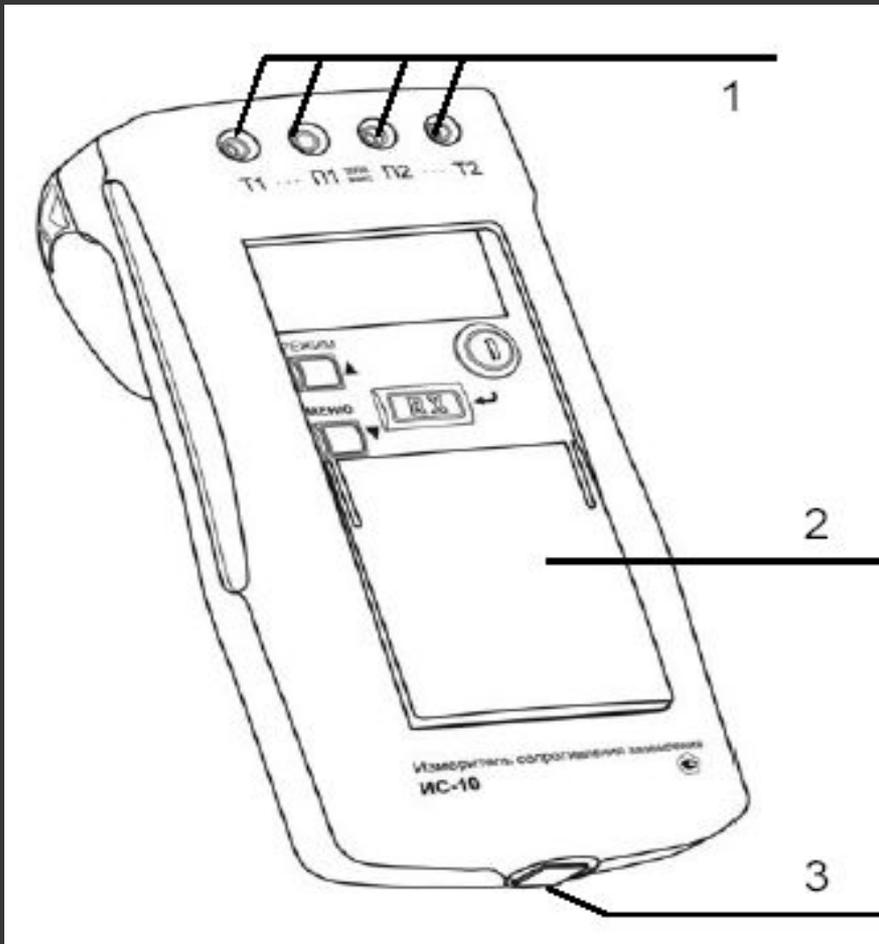


- Прибор предназначен для измерения сопротивления элементов заземления, металлосоединений, непрерывности защитных проводников в различных режимах: по двух-, трёх- или четырёхпроводному методу и измерения с автоматическим вычислением удельного сопротивления грунта.
- С помощью клещей прибор измеряет переменный ток без разрыва измеряемой цепи, а также позволяет сделать качественную оценку состояния единичных заземлителей в многоэлементном заземлении путём определения процентного распределения токов.





Измеритель сопротивления заземления ИС-10



Кнопка «**I**» предназначена для включения и выключения прибора.

Кнопка «Rx / ↵» предназначена для измерения сопротивления. При входе в «МЕНЮ» она выполняет функцию ввода выбранного параметра работы прибора.

Краткие технические характеристики:

Диапазоны измерения сопротивления контура заземления:
от 1 мОм до 10 кОм.

Максимальный измерительный ток: 250 мА/128 Гц

Погрешность: 3%

Фильтрация помехи: до 24 В

Измерение напряжения (амплитудное значение): до 300 В

Измерение переменного тока частотой 50 Гц (с помощью клещей КТИ-10): 1 - 250 мА

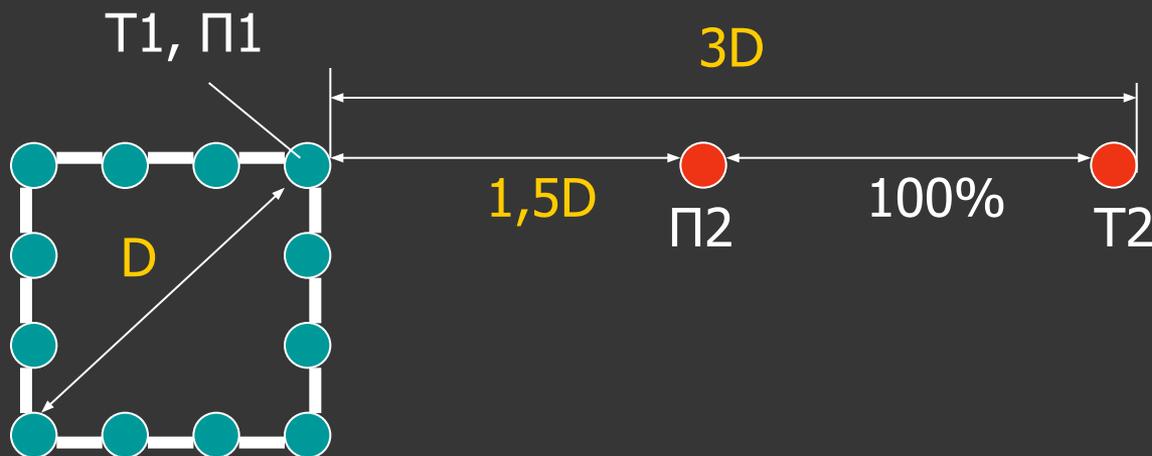
Память на 40 измерений

Рабочая температура от -15 C° до $+55\text{ C}^{\circ}$ (ЖК дисплей с подогревом)

Питание аккумулятор 12 В или сеть 220 В/50 Гц

Методика измерения сопротивления заземления

1. Определить максимальную диагональ (далее D) заземляющего устройства (ЗУ).
2. Соединить ЗУ при помощи измерительных кабелей с гнездами Т1 и П1.
3. Потенциальный штырь П2 установить в грунт на расстоянии $1,5D$, но не менее 20 м от измеряемого ЗУ
4. Токовый штырь Т2 установить в грунт на расстоянии более $3D$, но не менее 40 м от ЗУ.



Методика измерения сопротивления заземления

5. Произвести серию измерений сопротивления заземления при последовательной установке потенциального штыря П2 в грунт на расстоянии 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 и 90 % от расстояния до токового штыря Т2 четырёхпроводным методом
6. Построить график зависимости сопротивления от расстояния между ЗУ и потенциальным штырём П2. Если кривая монотонно возрастает и имеет в средней части достаточно горизонтальный участок (при расстояниях 40 и 60 % разница значений сопротивления меньше 10%), то за истинное принимается значение сопротивления при расстоянии 50 %. В противном случае все расстояния до штырей необходимо увеличить в 1,5–2 раза или изменить направление установки штырей для уменьшения влияния надземных или подземных коммуникаций.

Методика измерения сопротивления заземления

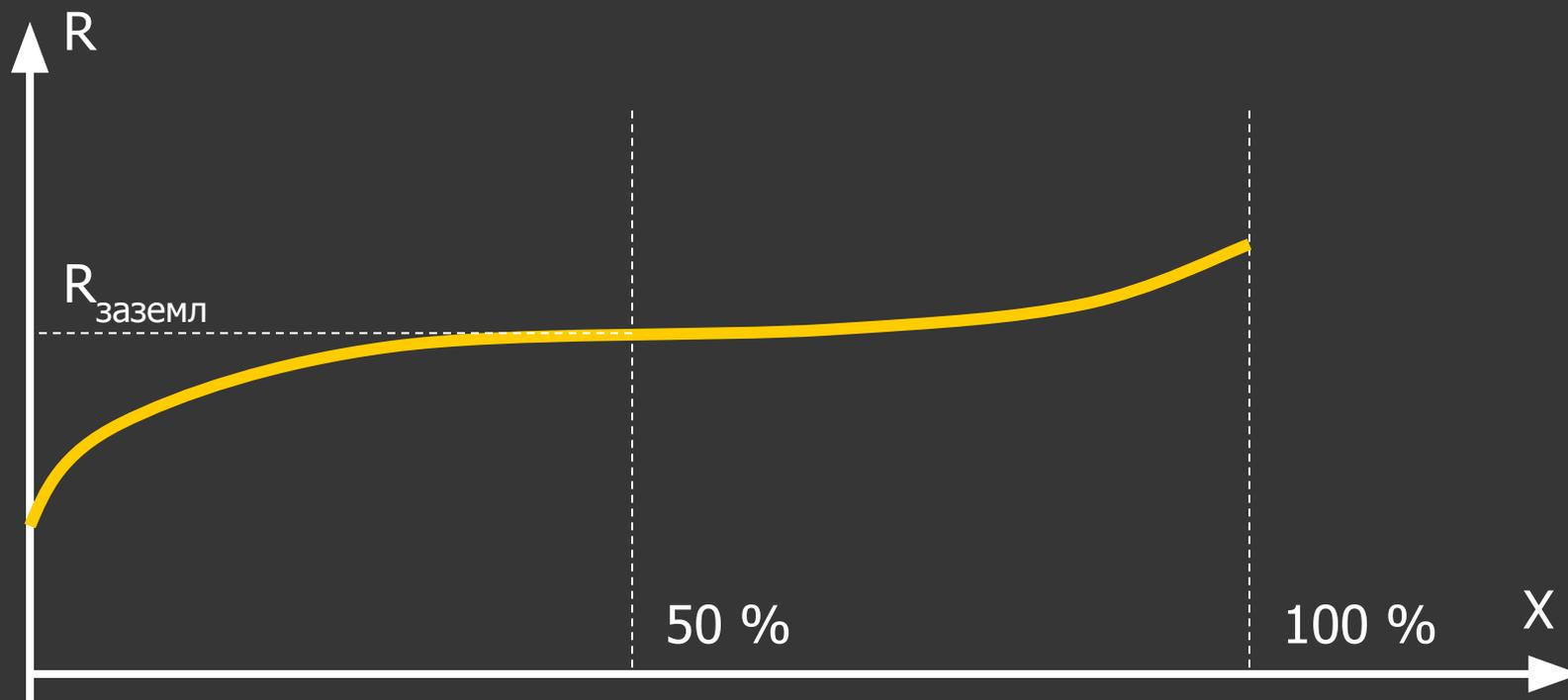
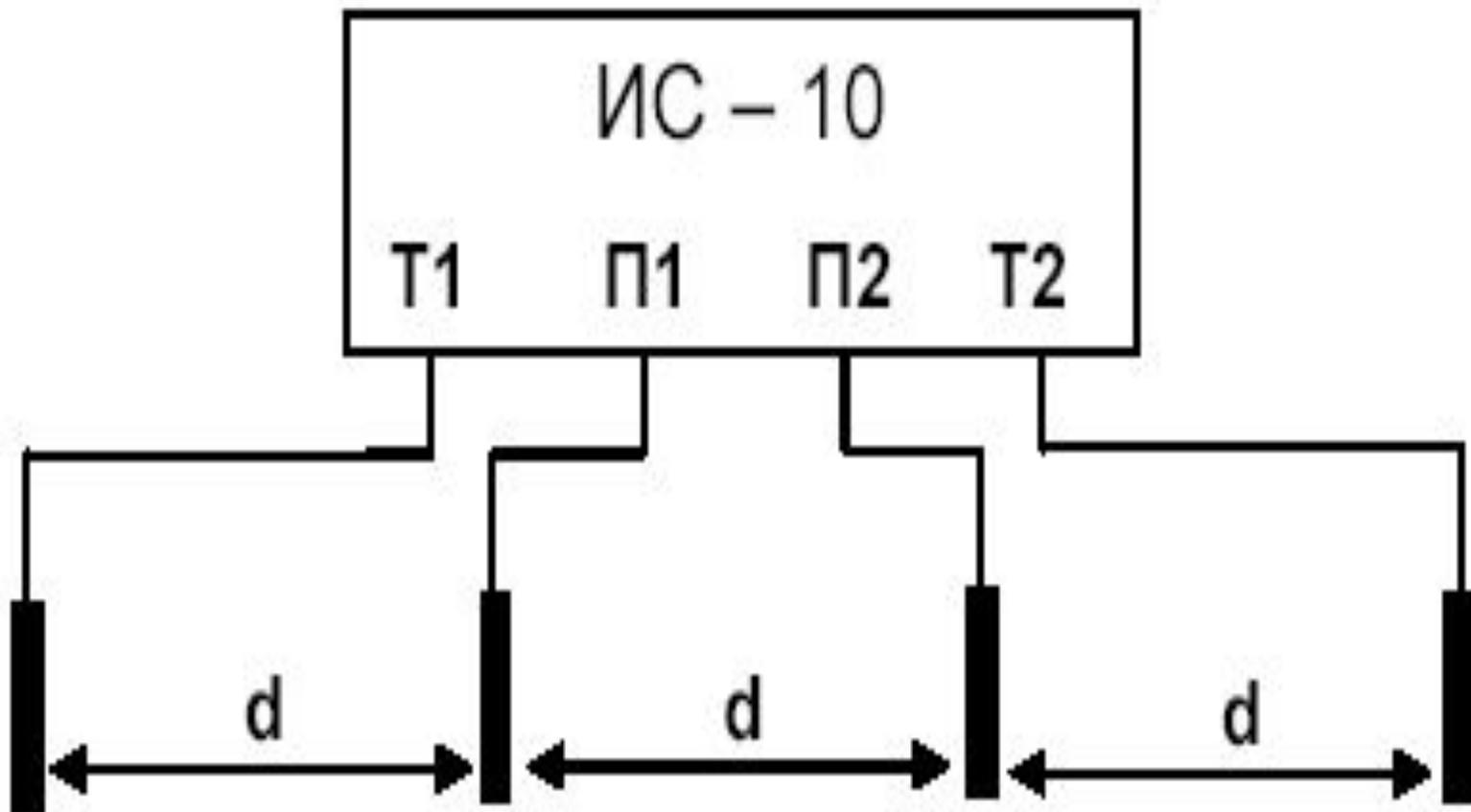


Схема измерения удельного сопротивления грунта



Методика измерения удельного сопротивления грунта

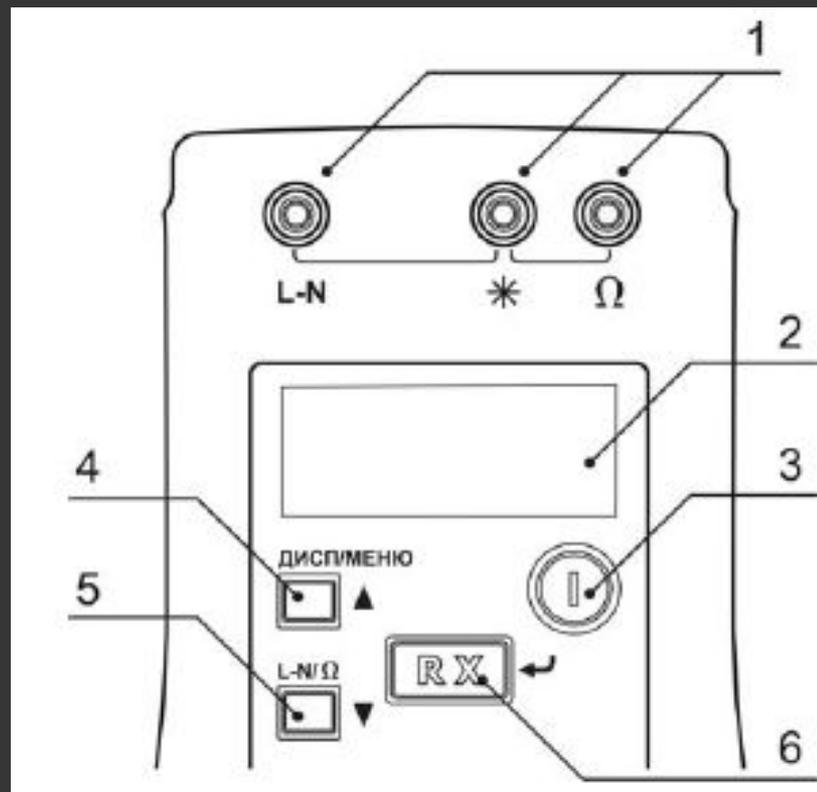
- Значение удельного сопротивления грунта рассчитывается по методике измерения Вернера. Эта методика предполагает равные расстояния между электродами (**d**), которое следует принимать не менее чем в 5 раз больше глубины погружения штырей

Расчётная формула:

$$\rho_{\text{уд}} = 2 \cdot \pi \cdot d \cdot R_{\text{E}}$$

Измеритель сопротивления петли фаза-нуль ИФН-200

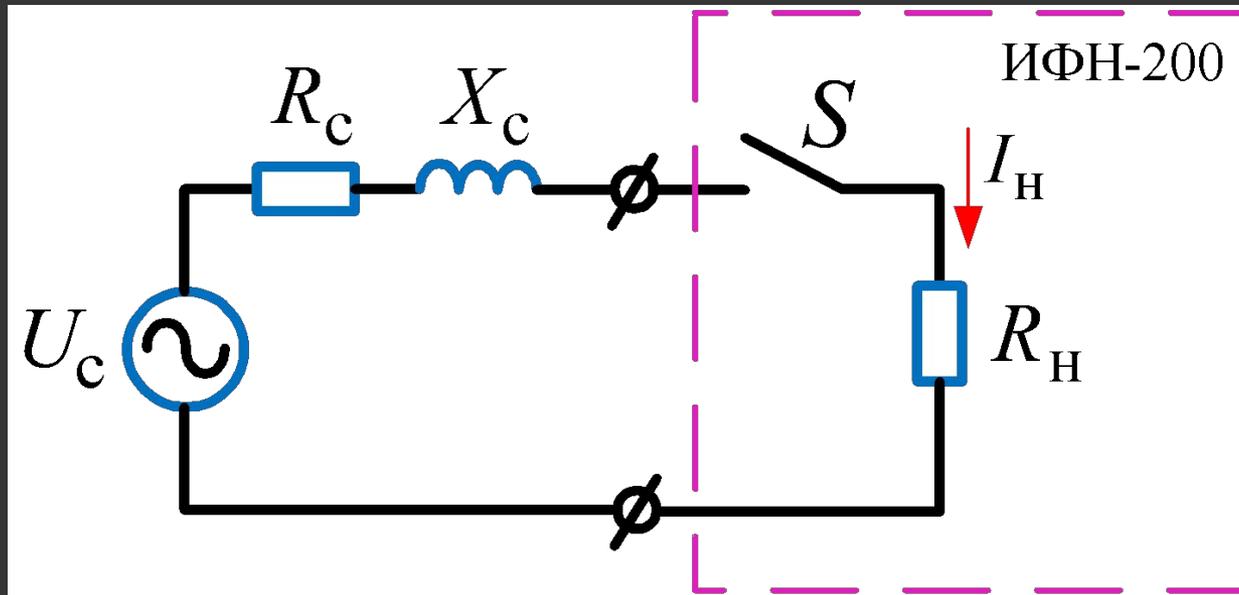
ООО "КрайСибПрибор"



Функциональные возможности

- измерение полного, активного и реактивного сопротивления цепи фаза-нуль, без отключения источника питания;
- вычисление ожидаемого тока короткого замыкания, приведенного к напряжению сети 220 В;
- вычисление угла сдвига фаз между напряжением и током при коротком замыкании.
- измерение переменного напряжения;
- измерение сопротивления постоянному току (режим омметра);
- измерение сопротивления металлосвязи током до 250мА для сопротивлений <20 Ом;

Функциональная схема измерения сопротивления петли фаза-нуль



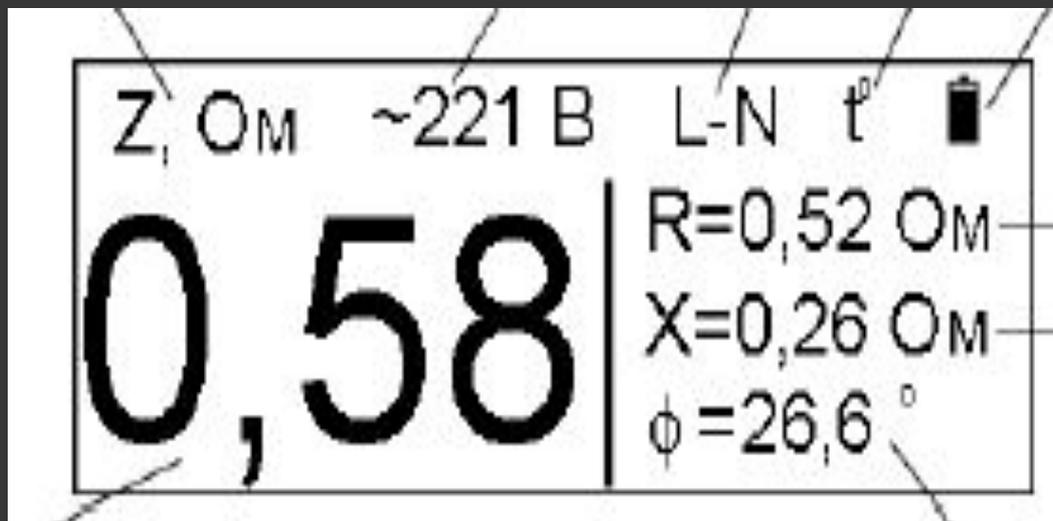
$$\left\{ \begin{array}{l} I_H = \frac{U_c}{\sqrt{(R_c + R_H)^2 + X_c^2}}; \\ \operatorname{tg} \varphi = \frac{X_c}{R_c + R_H}, \end{array} \right.$$

$$\begin{cases} X_c = \frac{U_c \cdot \operatorname{tg} \varphi}{I_H \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}}; \\ R_c = \frac{U_c}{I_H \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}} - R_H. \end{cases}$$

Технические характеристики:

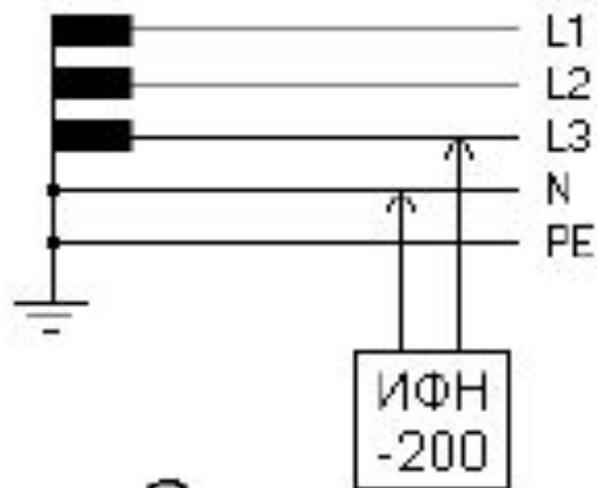
- Измерение полного, активного и реактивного сопротивления петли «фаза-нуль»: 0,01-200 Ом
- Погрешность: 3%
- Максимальный измерительный ток в цепи: 25 А
- Вычисление тока короткого замыкания: до 22 кА
- Измерение сопротивления постоянному току: - 0,01-999 Ом
- Измерение напряжения: 30-280 В
- Память: 35 измерений
- Рабочая температура - от -15 C° до $+55\text{ C}^{\circ}$ (ЖК дисплей с подогревом)
- Питание - аккумулятор 12 В

Измеритель сопротивления петли фаза-нуль ИФН-200

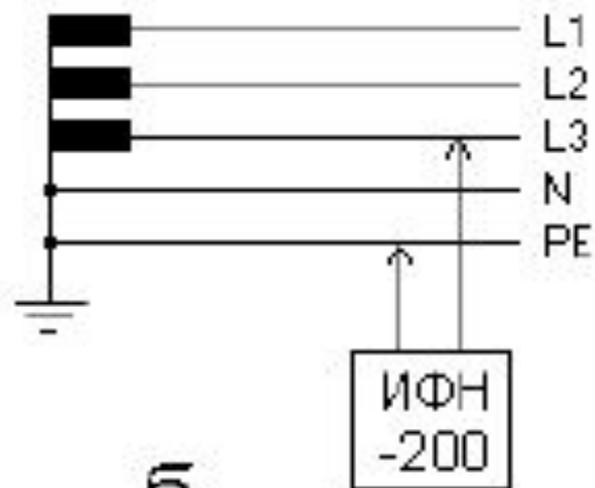


Вид индикатора в режиме измерения петли «фаза-нуль»

Схемы подключения ИФН-200



а.



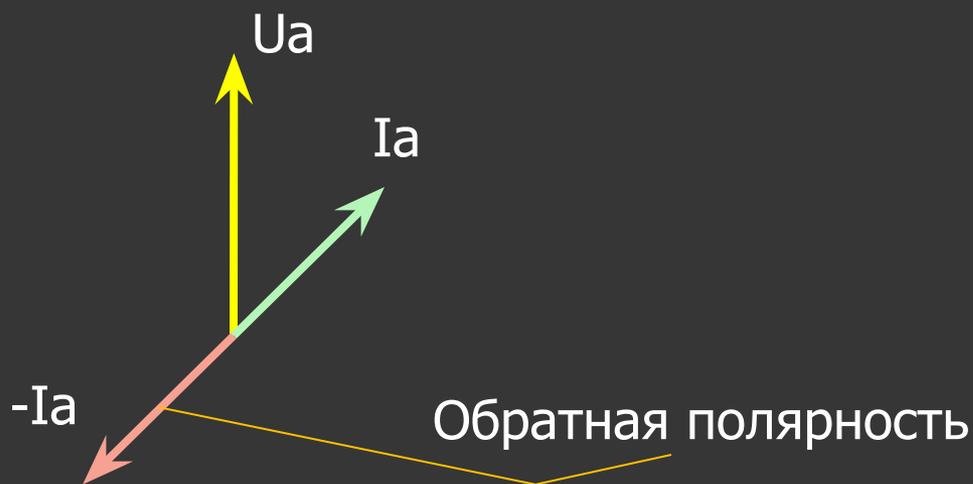
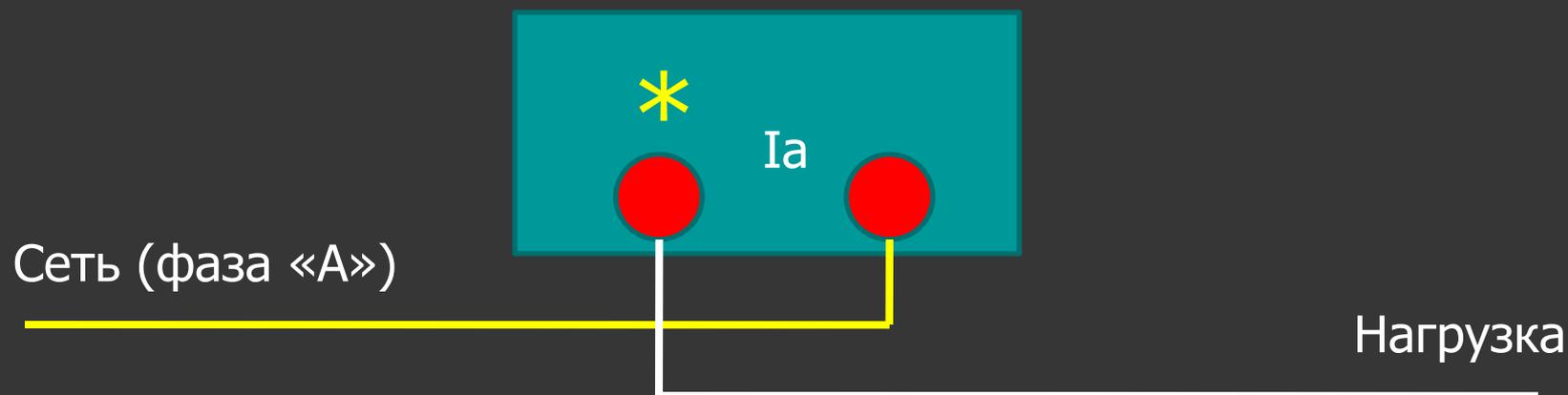
б.

Диагностические приборы

Вольтамперфазометры

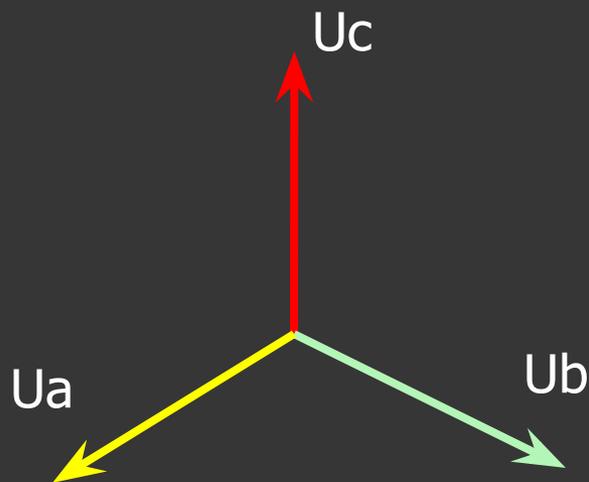
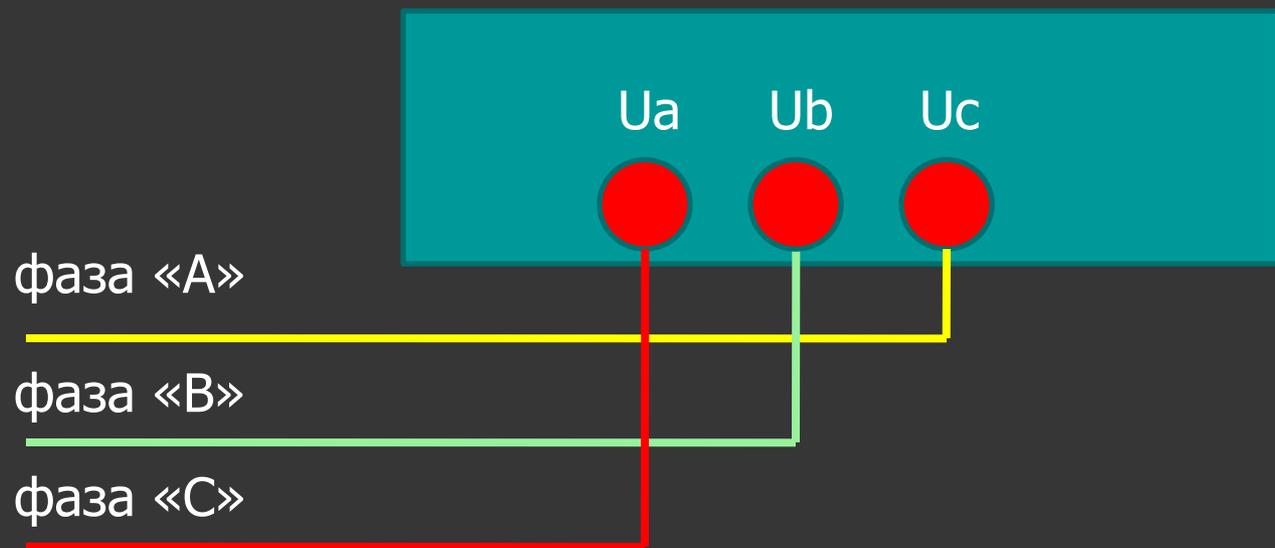
Ошибки подключения измерительных приборов к трёхфазной сети

Неверная полярность подключения токов

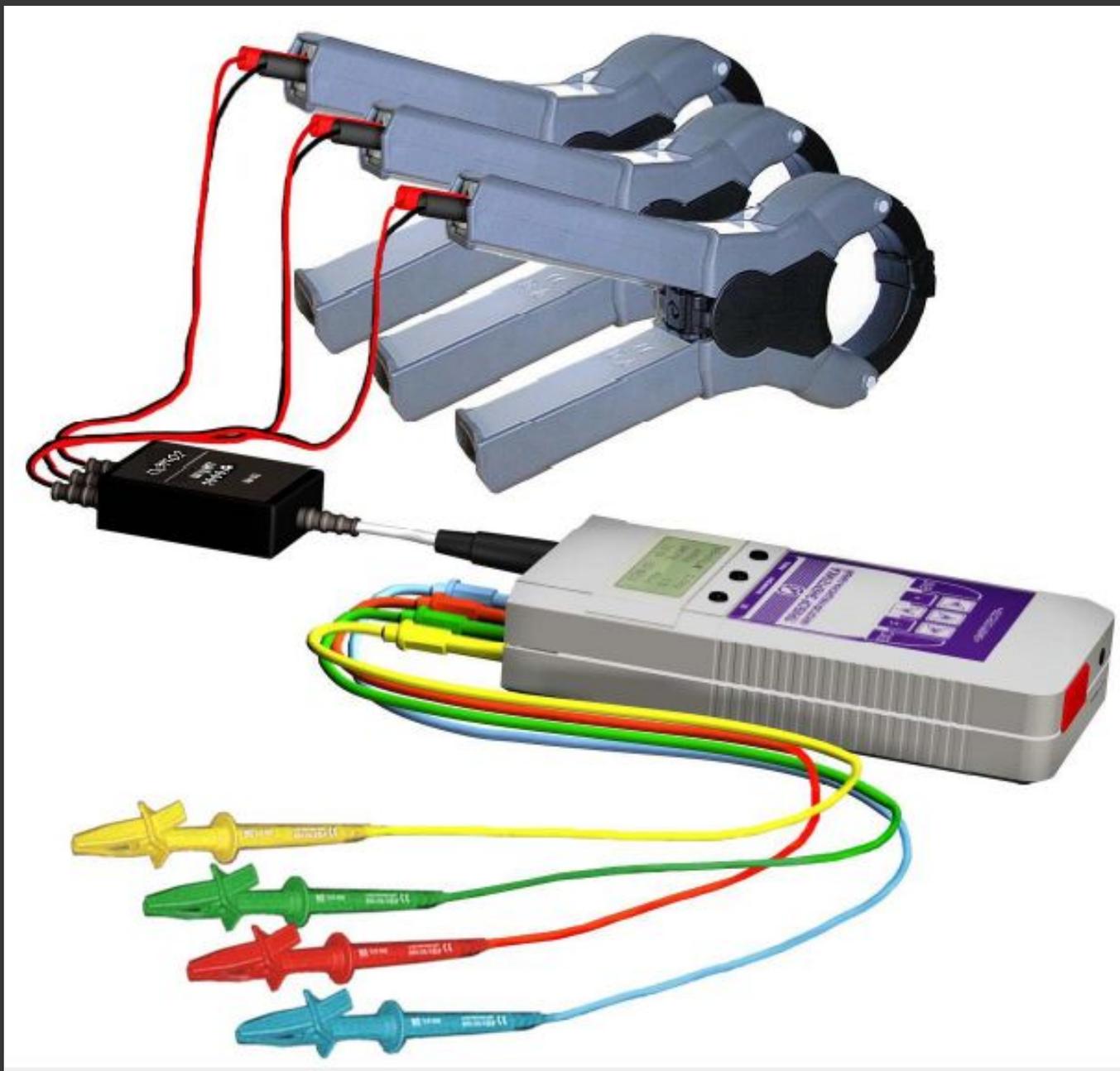


Ошибки подключения измерительных приборов к трёхфазной сети

Неверное чередование фаз напряжения



Прибор энергетика многофункциональный ПЭМ-02



Назначение прибора

Измерение RMS-значений напряжений и токов, а также фазовых сдвигов между ними в трёхфазных и однофазных сетях

Измерение P , Q , S , коэффициента мощности

Проверка работоспособности и правильности подключения счётчиков электроэнергии и других измерительных приборов

Измерение показателей качества электроэнергии

Измерение энергии

Области применения прибора

Энергетическое обследование предприятий, производящих и потребляющих электроэнергию (энергоаудит)

Технологический контроль электроэнергии

Наладка и испытания систем электроснабжения



ИК-порт

1

2

7

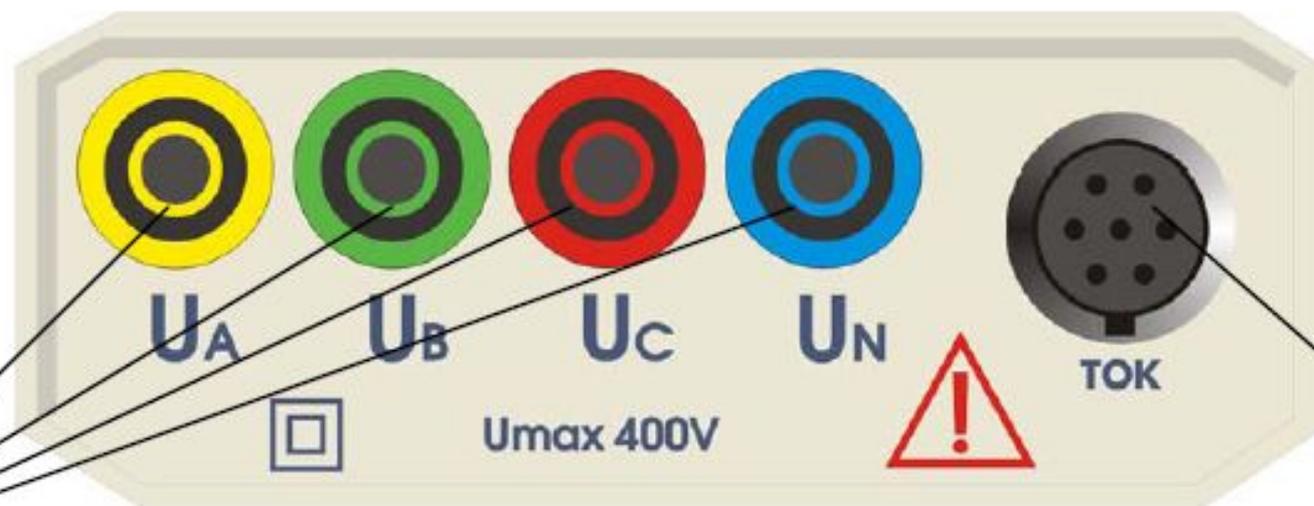
6

3

4

5

Гнёзда для измерительных проводов



1

2

Выбор типа сети

				Т	и	п		с	е	т	и				
			у	3	ф		4	п	р		У				
				3	ф		3	п	р		▲				
				1	ф		2	п	р						

Разделы главного меню

Мощности

Напряжения и токи

Энергия

ПКЭ

Гармоники

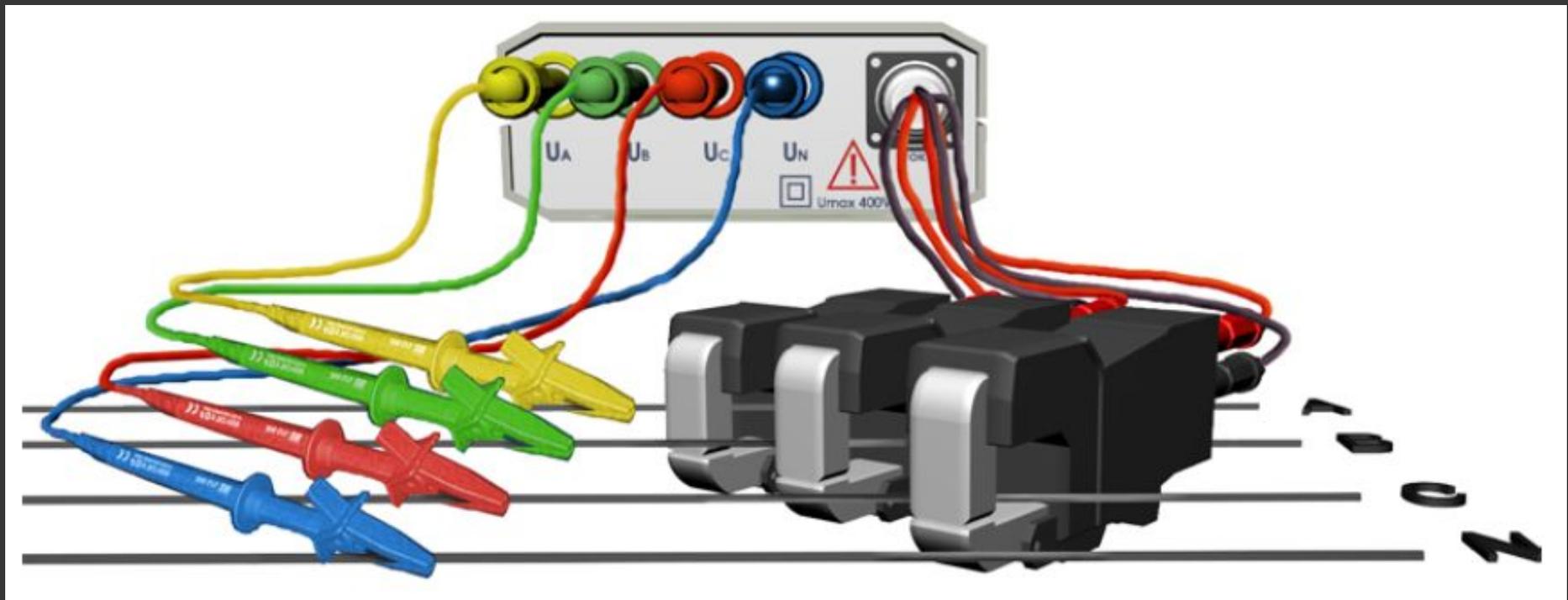
Архив

Измерение потреблённой и сгенерированной энергии

Нарастающим итогом

В режиме получасовок

Схема подключения к трёхфазной сети



Вольтамперфазометр MI2230



пр-во Словения

Назначение прибора

Измерение в однофазных или трёхфазных трёхпроводных сетях:

напряжений, токов, частоты, P , Q , S , $\cos \phi$,
коэффициента мощности,
сопротивлений и проверка непрерывности соединений

Виды экранов

Напряжение, ток, мощность, THD

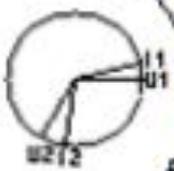
Тип соединения: 2-фазн.

U/f	L1	L2
U	246.1 В	30.2 В
I	216.2 А	201.9 А
φ	-15.1° ^{u-i}	-19.2° ^{u-i}
f	50.00 Гц	

φ_{u-u} : 119.1° φ_{i-i} : 115.0°

POS	L1	L2
Вт	51.38 k	47.70 k
вар	-13.81 k	-17.35 k
ВА	53.20 k	50.76 k
PF	0.97	0.94
DPF	0.97	0.94

BEK1	
U1	0.0°
I1	15.0°
U2	-119.9°
I2	-99.9°



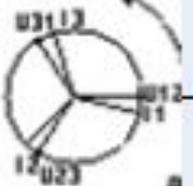
THD	L1	L2
thdU	10.1 %	5.1 %
thdU	24.8 В	12.8 В
thdI	20.0 %	24.3 %
thdI	43.2 А	50.5 А

Тип соединения: 3-фазн. (Аарона)

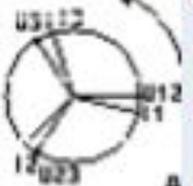
U/f	L12	L23	U/f	L23	L31
U	246.0 В	251.4 В	U	251.4 В	249.0 В
I	216.2 А	225.0 А	I	225.1 А	201.9 А
φ_u	0.0°	-119.9°	φ_u	-119.9°	119.0°
φ_i	15.1°	140.6°	φ_i	140.6°	-99.9°
f	50.00 Гц		f	50.00 Гц	

POS	Сум.
Вт	3.673 k
вар	2.970 k
ВА	4.724 k
PF	0.78

BEK1	
U12	0.0°
U23	-122.8°
U31	121.8°

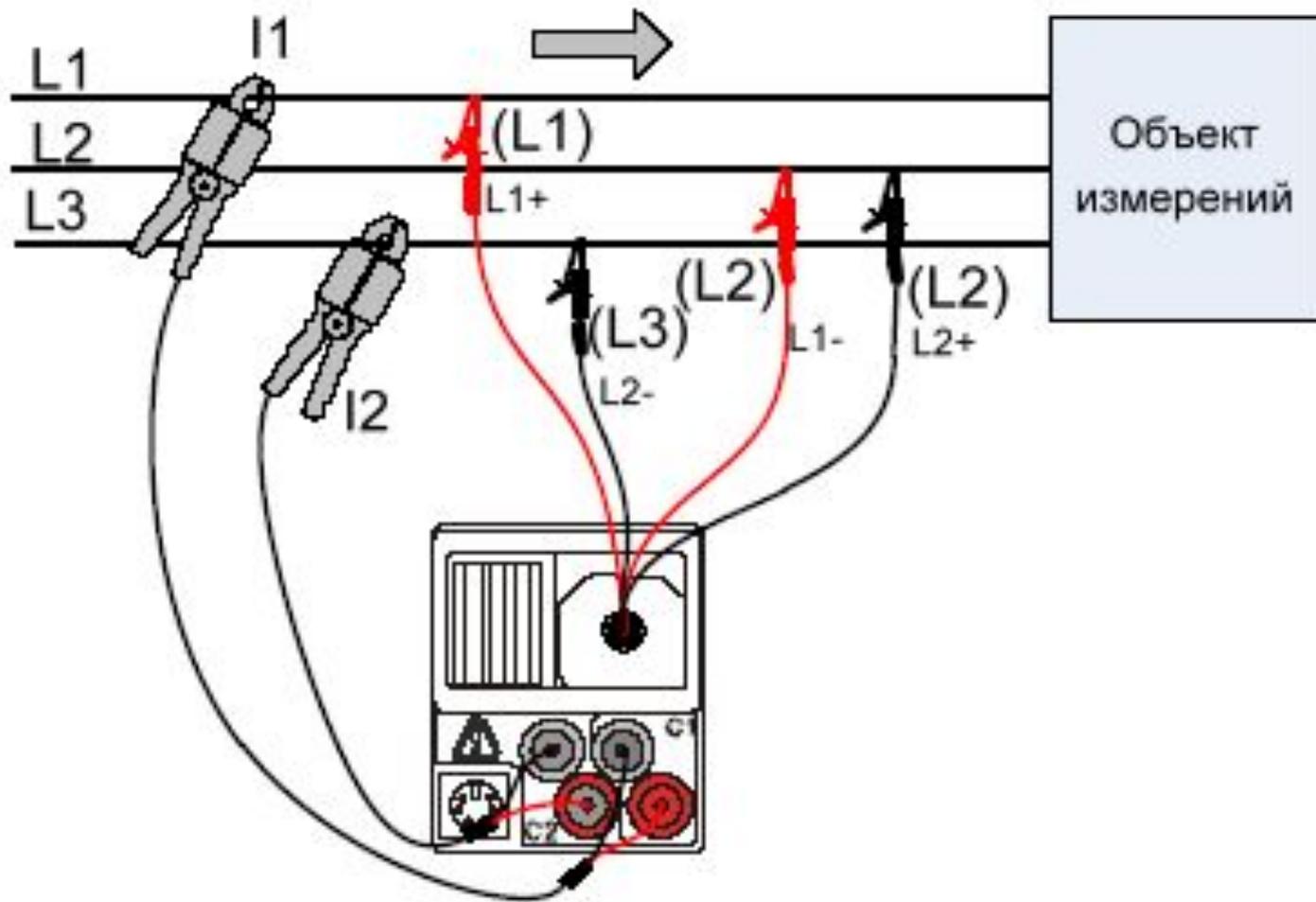


BEK1	
I1	-15.3°
I2	-133.9°
I3	107.2°

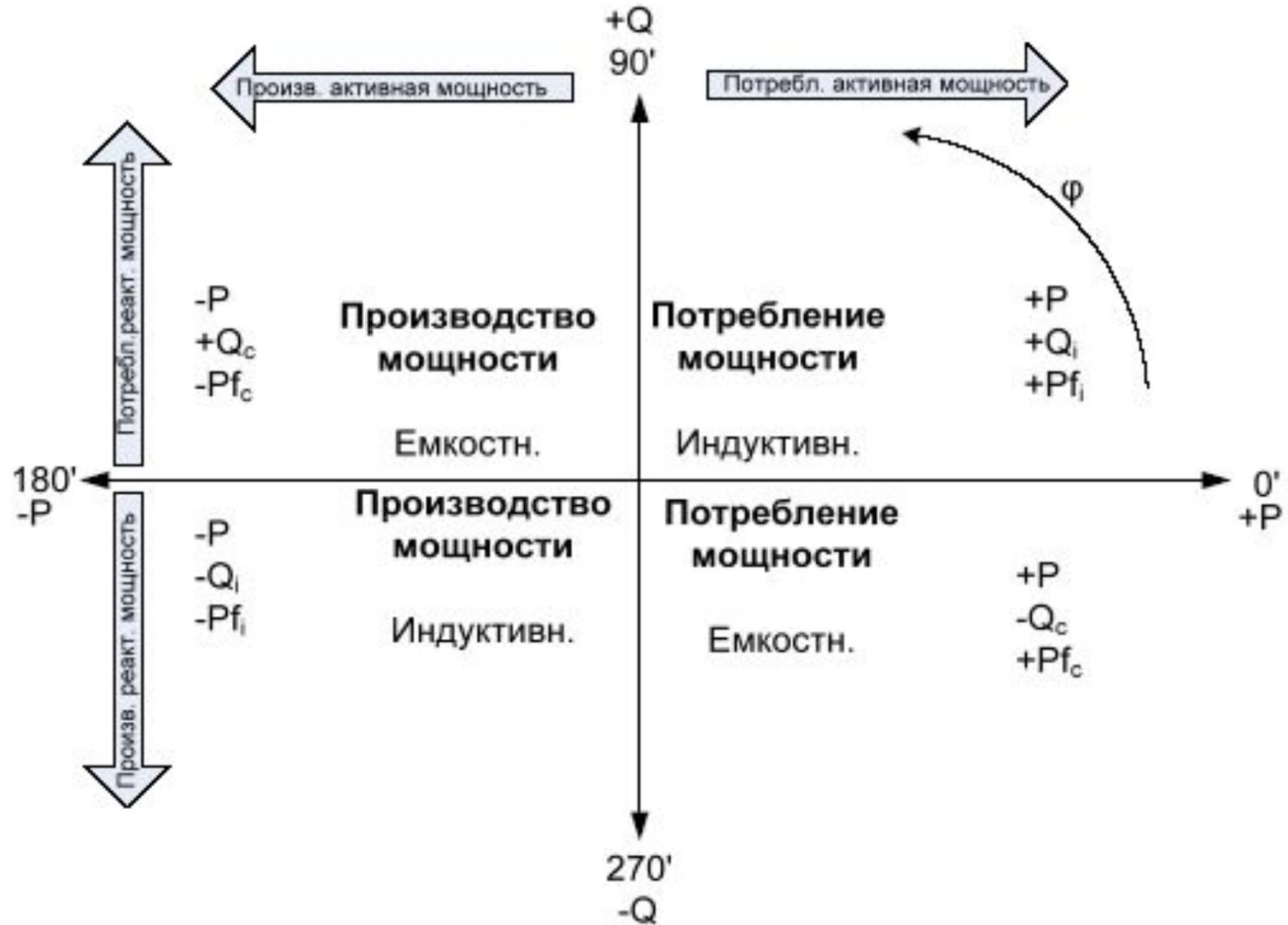


THD	L12	L23	THD	L23	L31
thdU	2.8 %	3.1 %	thdU	3.1 %	6.1 %
thdU	12.0 В	12.7 В	thdU	12.7 В	24.6 В
thdI	20.0 %	24.3 %	thdI	24.3 %	29.7 %
thdI	43.2 А	50.6 А	thdI	50.6 А	64.3 А

Подключение к трёхфазной трёхпроводной сети



Четырёхквadrантное исчисление мощности



Аппарат высоковольтный испытательный «АИД-70Ц»



Назначение:

диагностирование электрической прочности изоляции
постоянным напряжением до 70 кВ
и переменным напряжением с действующим значением до 50 кВ

Пульт
управления

Кабель
соединения
с принтером

Принтер

Высоковольтный
генератор

Соединительный
кабель

Провода
заземления

8, 9

6

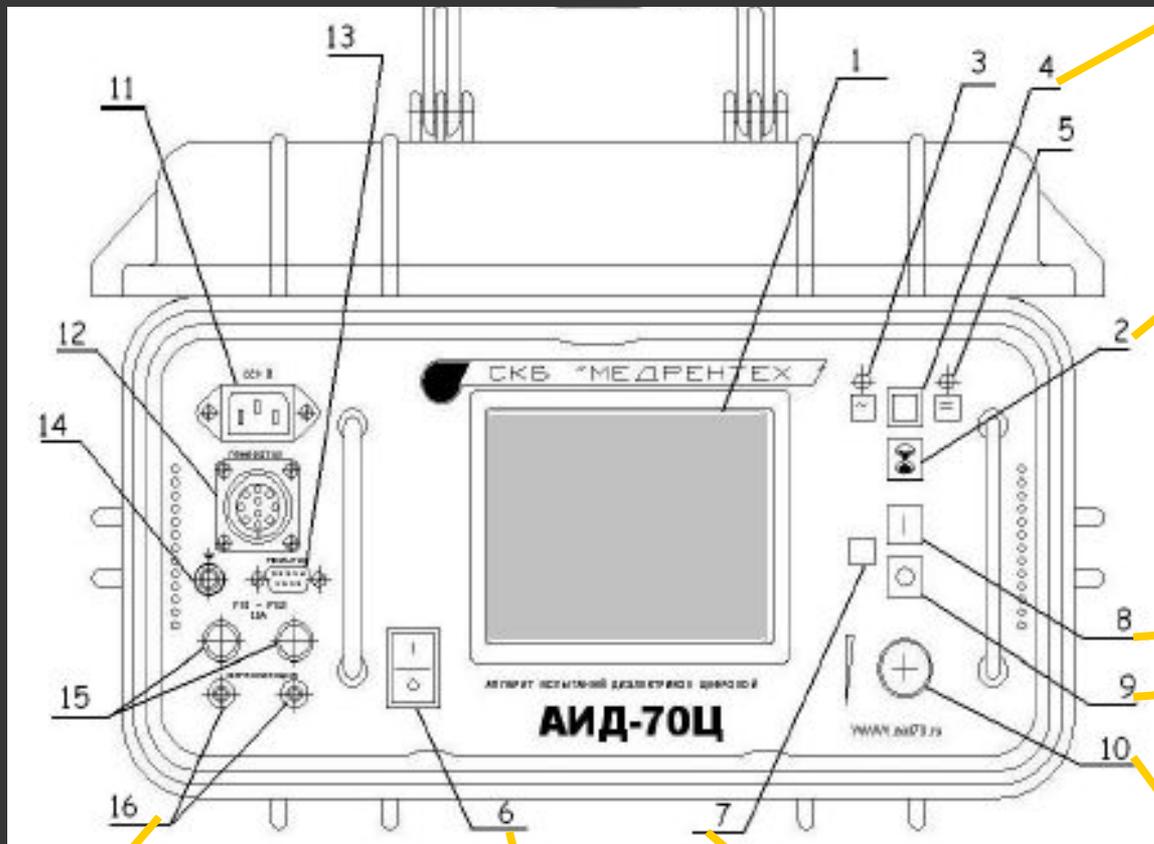
7



Технические характеристики

еристики аппарата АИД-70 Ц

Диапазон регулирования напряжения (постоянного/переменного)	2-70 / 2-50 кВ
Максимальный рабочий ток при постоянном/переменном напряжении	0-10 мА / 0-50 мА
Непосредственное измерение напряжения на нагрузке с относительной (абсолютной) погрешностью	не более 3%
Защита от превышения максимального напряжения и тока нагрузки	есть
Пределы измерения тока на дополнительном диапазоне для переменного/постоянного тока	0-2000 мкА /0-1000 мкА
Напряжение питания	(220±22) В, 50 Гц



Переключение
вида напряжения

Старт
автоматич.
измерений

Включение
отключение
высокого
напряжения

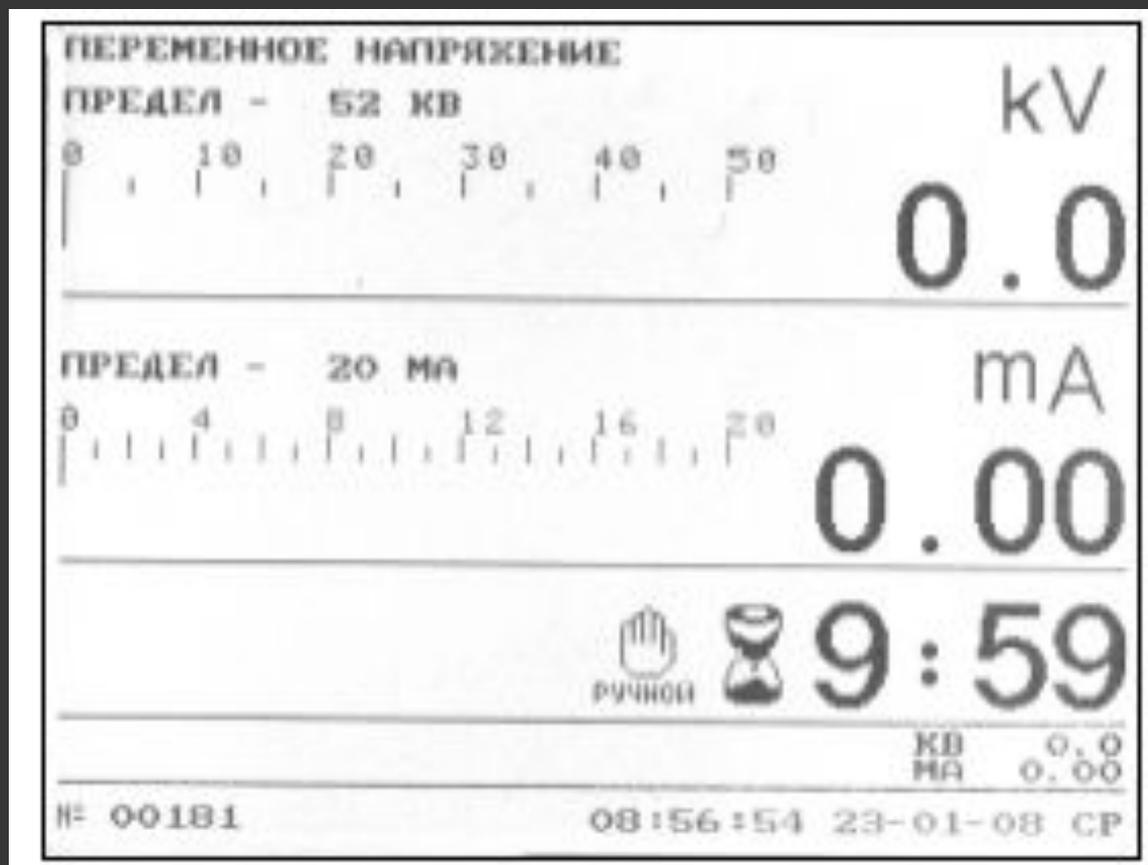
Регулятор
высокого
напряжения
и управление
меню

Подключение
внешней
сигнализации

Сетевой
выключатель

Индикатор
высокого
напряжения

Пример информации, отображаемой на дисплее



«Вега-500» - прибор для измерения параметров автоматических выключателей, управляемых дифференциальным током (дифференциальных автоматов)

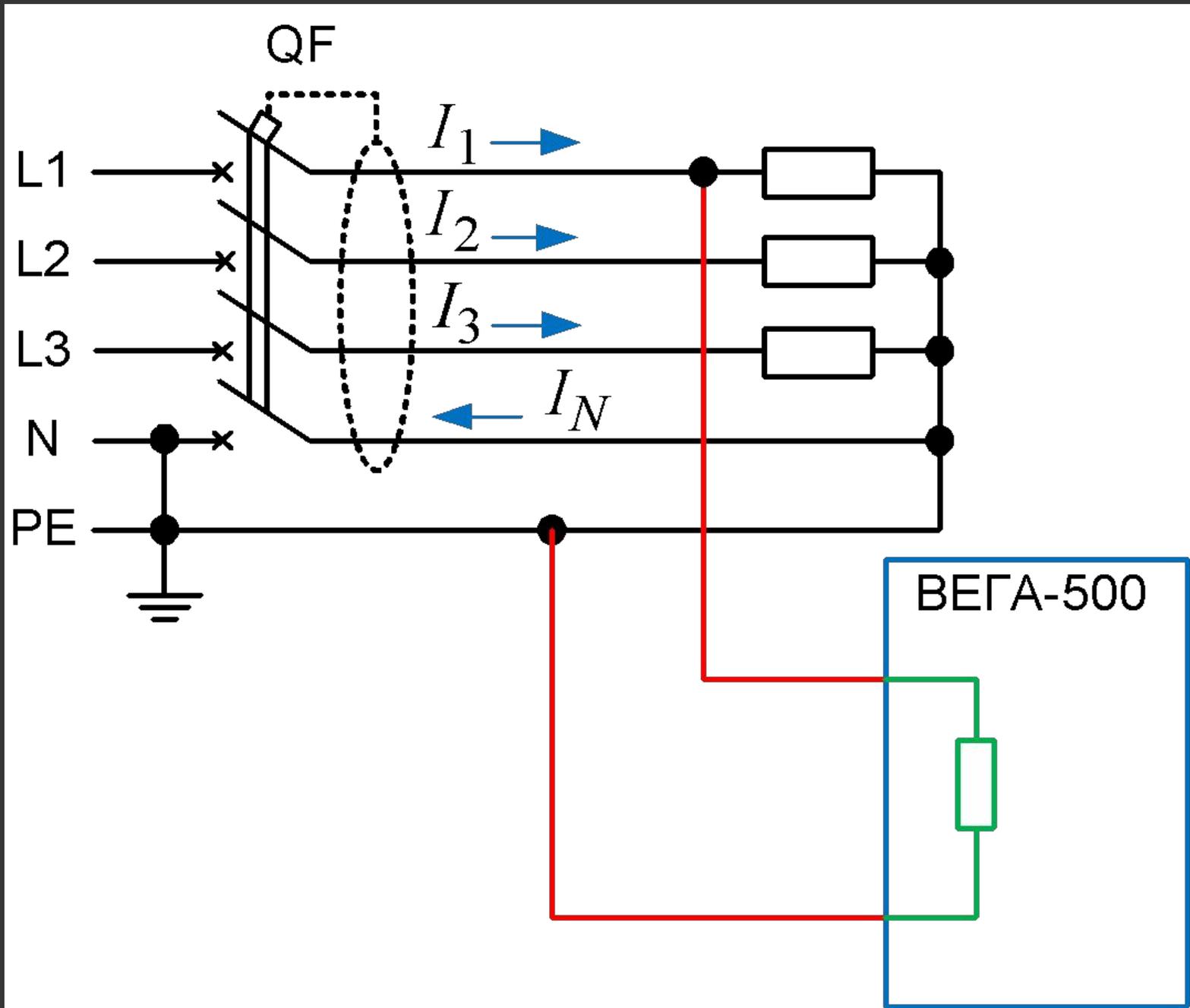
ООО "Измерительные приборы»



Функциональные возможности

- - измерение и индикация тока отключения автоматического выключателя;
- - измерение и индикация времени отключения автоматического выключателя.

Схема подключения «ВЕГА-500»



Дифференциальный ток в трёхфазной сети

$$\Delta I^{\square} = I_1^{\square} + I_2^{\square} + I_3^{\square} - I_N^{\square} = 3 \cdot I_0^{\square} - I_N^{\square}$$

Принцип работы

- При измерении тока отключения ВДТ, ток на выходе прибора возрастает до момента отключения ВДТ. Величина тока, соответствующая моменту отключения, индицируется на дисплее прибора.
- При измерении времени отключения ВДТ на выходе прибора генерируется ток нормируемой, для данного типа ВДТ, величины. При отключении ВДТ измеренное время индицируется на дисплее прибора. Если ВДТ не сработал в течении 1 с, на индикаторе прибора появляется предупреждение «Т > 1 с».
- Стандартными значениями номинального отключающего дифференциального тока являются: 6, 10, 30, 100, 300, 500 мА.
- Измерение времени отключения ВДТ проводится при номинальном, двукратном и пятикратном номинальному токах.

«ИДО-06» - Индикатор дефектов обмоток электрических машин

ООО "Измерительные приборы"



Функциональные возможности:

- выявление междувитковых замыканий;
- выявление обрыва проводников;
- выявление неправильного соединения схемы обмотки;
- выявление неудовлетворительного состояния изоляции обмоток относительно корпуса машины и между обмотками.

Принцип работы:

При проверке обмотки на наличие междувитковых замыканий, обрыва проводников на правильность соединения схемы сравниваются полные сопротивления двух фаз обмотки при подключении к ним генератора высокочастотного стабилизированного тока. При наличии дефектов полные сопротивления фаз обмотки и, соответственно, токи в них будут различными.

Степень различия устанавливается по значениям коэффициентов несимметрии фазных токов:

$$K_1 = \frac{I_A - I_B}{I_A + I_B} \quad K_2 = \frac{I_B - I_C}{I_B + I_C} \quad K_3 = \frac{I_C - I_A}{I_C + I_A}$$

При проверке состояния изоляции обмоток относительно корпуса машины и между обмотками подается постоянное напряжение и контролируется ток утечки.

Технические характеристики:

параметры выходного переменного тока: действующее значение
1,5 мА; частота 10 кГц;

выходное постоянное напряжение: 1000 В;

Показания индикатора	Вид дефекта
-ЬС А-С АЬ- «Неуд.»	Обрыв фазы
А00 – А09 Ь00 – Ь09 С00 – С09 «Норм.»	Дефект отсутствует (междувитковая изоляция в нормальном состоянии)
А10 – А99 Ь10 – Ь99 С10 – С99 «Неуд.»	Междувитковые замыкания. Неправильное соединение фаз
0,50 – 500 «Норм.»	Дефект отсутствует (Изоляция обмотки относительно корпуса машины и между обмотками в нормальном состоянии)
0,00 – 0,50 «Неуд.»	Неудовлетворительное состояние изоляции обмотки относительно корпуса машины и между обмотками

Измеритель коэффициента трансформации СА610 (ООО «Олтест» Украина)



Прибор предназначен для измерения характеристик однофазных и трёхфазных трансформаторов, автотрансформаторов и других масштабных преобразователей напряжения и тока.

Функциональные возможности:

- измерение коэффициента трансформации напряжения;
- измерение разности фаз между входным и выходным напряжениями;
- измерение тока возбуждения;
- проверка группы соединения обмоток;
- ввод с клавиатуры названий объектов
- соединение с компьютером по интерфейсу RS232

Технические характеристики

Диапазоны измерения:

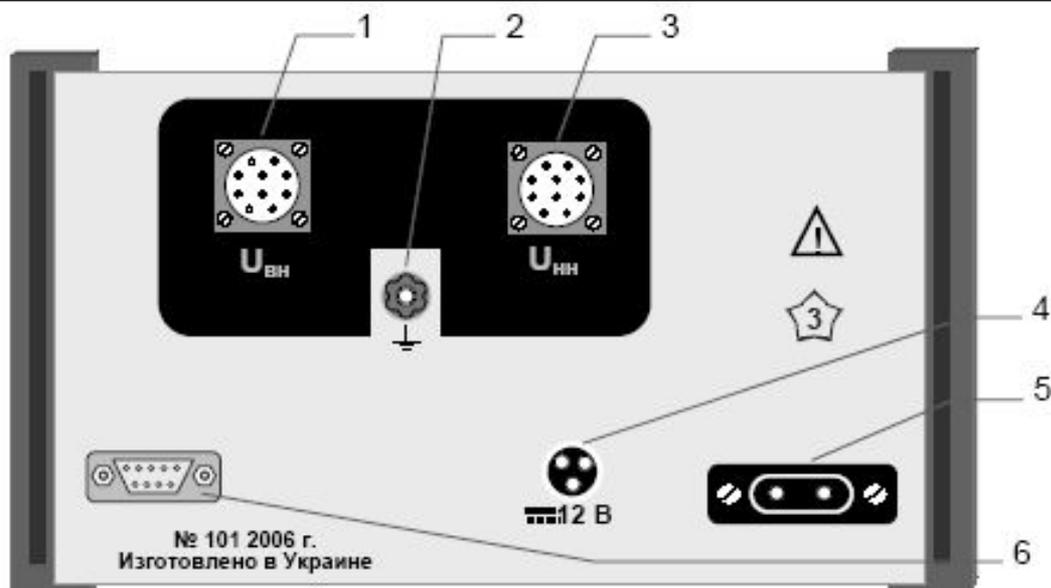
- коэффициента трансформации напряжения: от 0,8 до 10000;
- разности фаз: от -180° до 180° ;
- силы тока возбуждения: от 0 А до 0,7 А.

Формируемое напряжение: частота 50Гц, действующие значения 1; 8; 40; 100; 200 В

Время полного цикла измерения: не более 20 с;

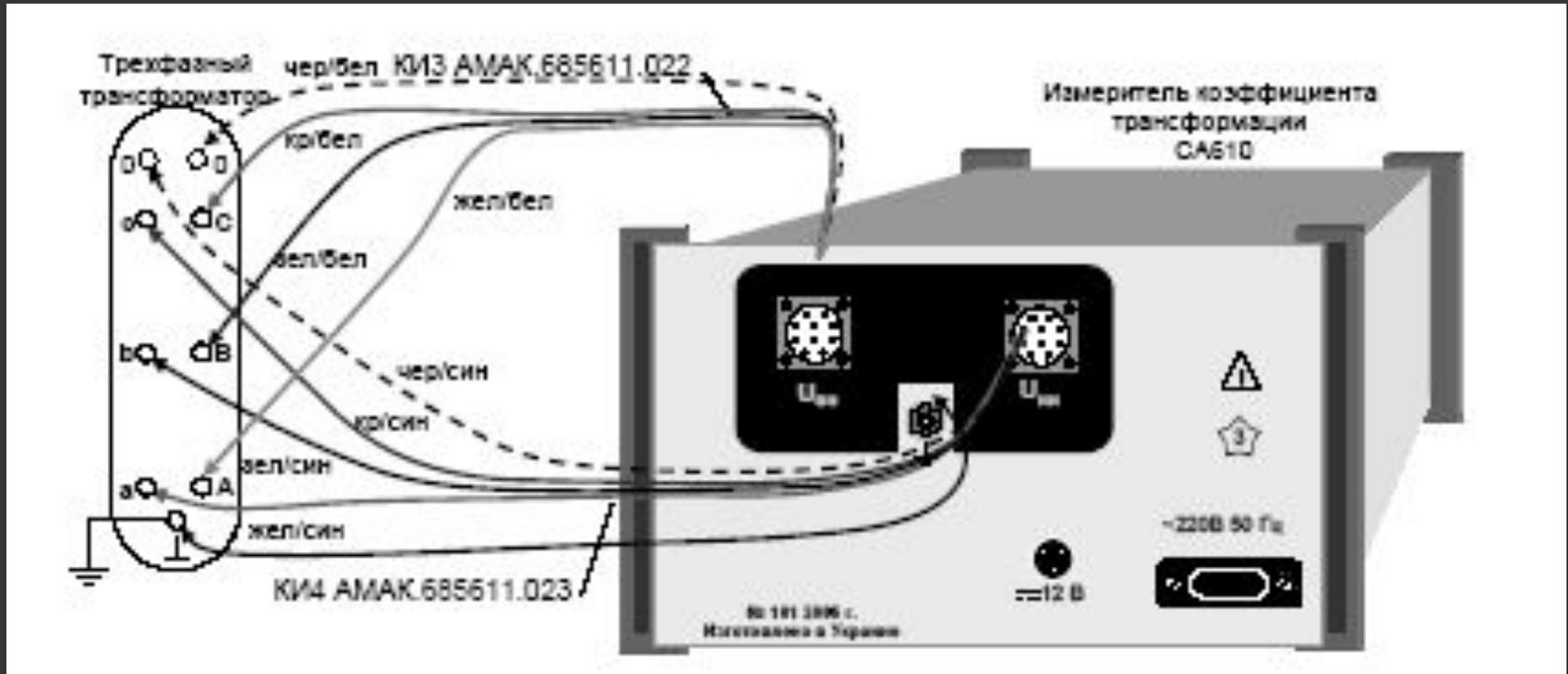
Предел допускаемой основной погрешности по коэффициенту трансформации: 0,3 %

Задняя панель прибора



- 1 – разъем для подключения кабеля КИ1 АМАК.685611.020 или кабеля КИ3 АМАК.685611.022;
- 2 – зажим измерительного заземления;
- 3 – разъем для подключения кабеля КИ2 АМАК.685611.021 или кабеля КИ4 АМАК.685611.023;
- 4 – разъем для подключения кабеля питания от источника постоянного напряжения $-12 В$ АМАК.685612.008;
- 5 – разъем для подключения кабеля питания $\sim 220 В 50 Гц$;
- 6 – разъем для подсоединения ПК

Измерение коэффициента трансформации трёхфазного трансформатора



Устройство для проверки высоковольтных выключателей PME-500 (EuroSMC)



Прибор предназначен для контроля правильности работы выключателей среднего и высокого класса напряжений



Функциональные возможности:

- проверка синхронности срабатывания контактов выключателя;
- измерение токов катушек включения и отключения;
- измерение сопротивления контактов;
- измерение скорости и ускорения контактов;
- 3 канала для записи осциллограмм;
- сенсорная панель управления (тач-скрин);
- программируемые последовательности: В, О, В-О, О-В, О-В-О, В-О-В.
- встроенный термопринтер

Технические характеристики:

измерение напряжения: до 360 В;

измерение тока: до 50 А;

измерение сопротивления контактов с разрешением 0,1 мкОм;

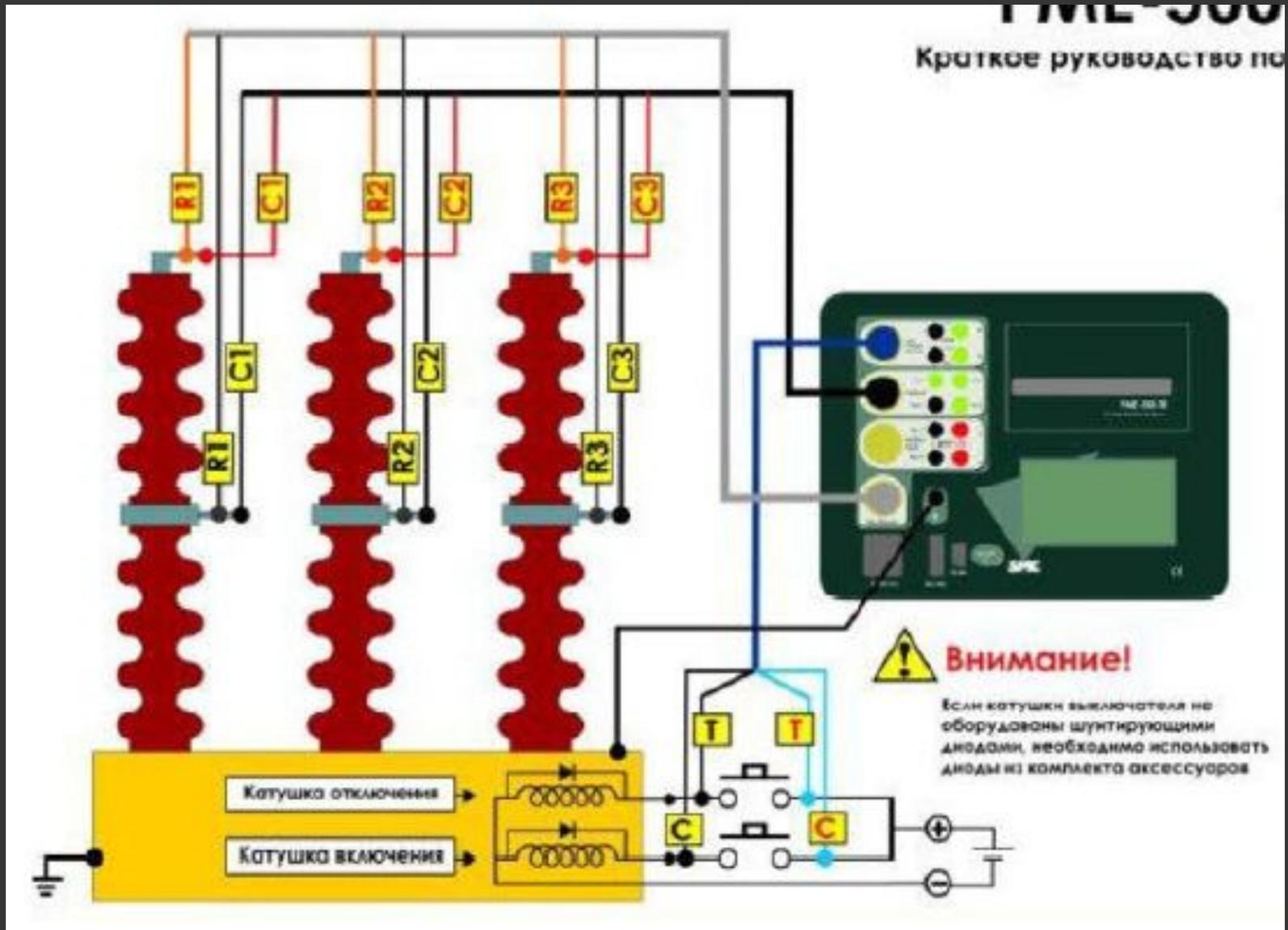
период дискретизации для осциллограмм: 0,1 мс.

ток, пропускаемый через контакты выключателя:

0,1 А – при измерении времени срабатывания;

10 А – при измерении сопротивления

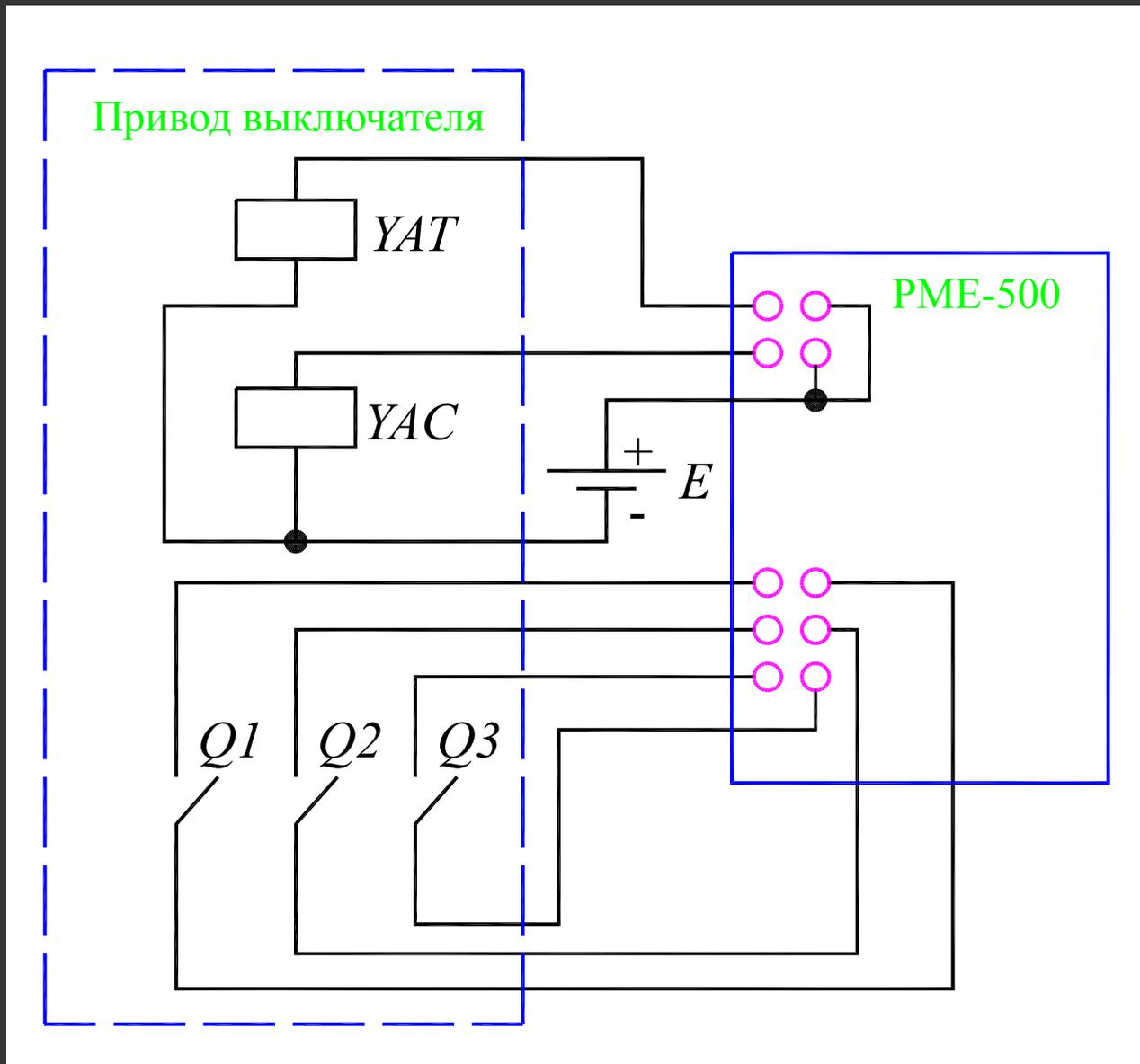
Схема подключения



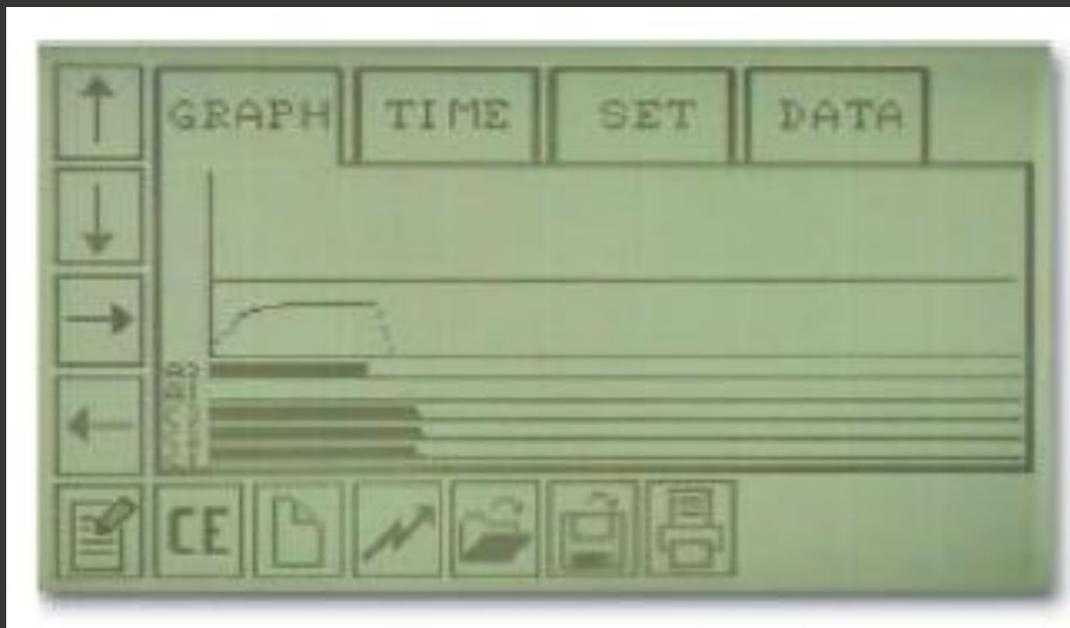
Внимание!

Если катушки выключателя не оборудованы шунтирующими диодами, необходимо использовать диоды из комплекта аксессуаров

Схема подключения



Результаты на дисплее



The screenshot shows the same green monochrome display with the menu at the top: GRAPH, TIME, SET, and DATA. The TIME menu is selected. Below the menu is a table with three columns. The first column is labeled 'MEASURE', the second 'SETPOINT', and the third 'REFERENCE'. The table contains three rows of data. Below the table are the same six icons as in the first screenshot: a pencil, 'CE', a document, a lightning bolt, a power button, and a printer.

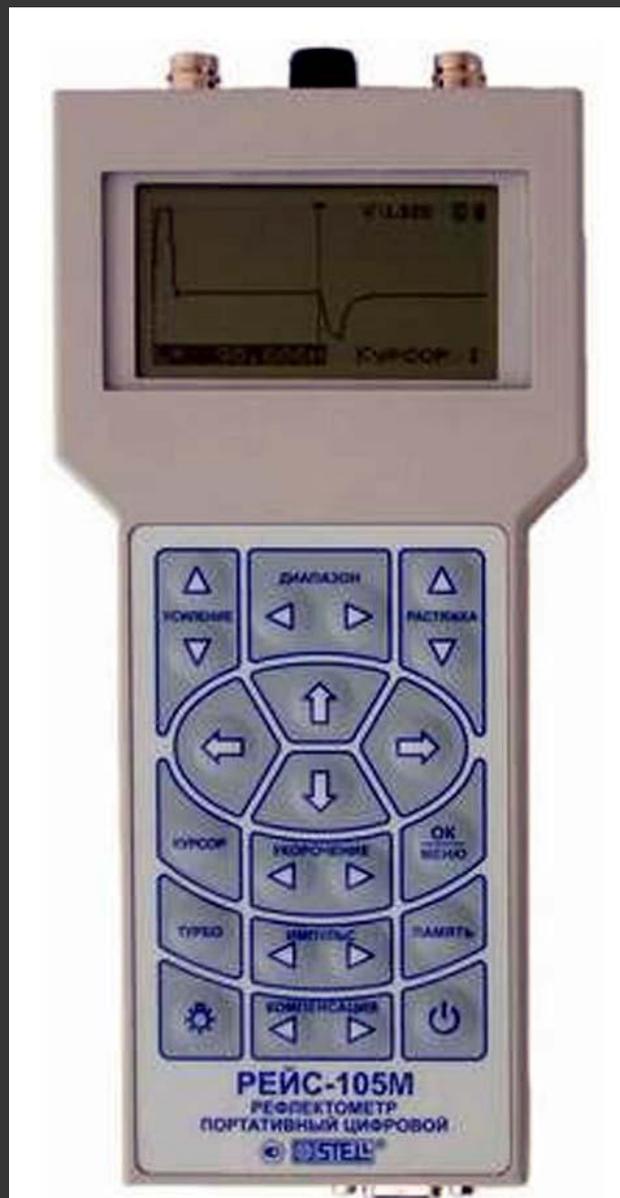
MEASURE	SETPOINT	REFERENCE
CO.0	CO.0	CO.0
R104.0	R105.1	R104.5
O107.1	O107.5	O106.1

Внешний модуль для измерения скорости хода контактов



Рефлектометр РЕЙС-105М1

НПП «Стэлл»



Функциональные возможности

Определение характера повреждения кабельной или воздушной линии (обрыв, короткое замыкание и др.) и расстояния до него.

Выявление неоднородности кабельной линии: муфты, подключения к линии, повышенного сопротивления жил и др.

Измерение длины линии, в том числе длины кабеля на барабане или в бухте.

Определение расстояния до места перепутывания жил в кабеле.

Оценка значения волнового сопротивления линии.

Запись и хранение измеренной информации в памяти прибора.

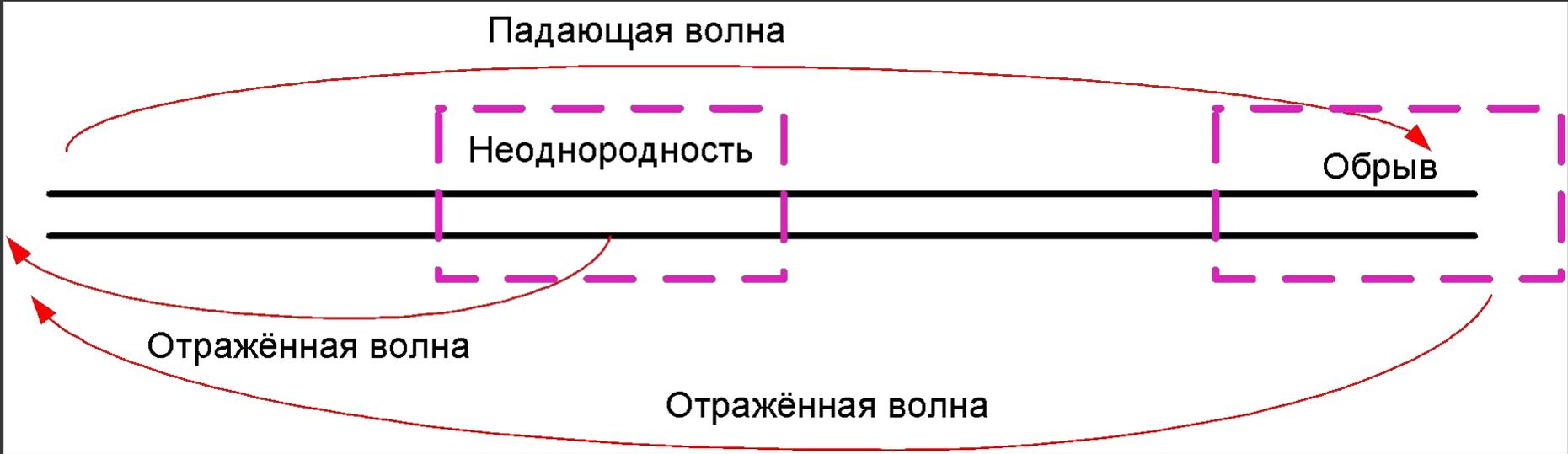
Передача информации в компьютер.

Технические характеристики

Наименование	Значение
<p><u>Характеристики:</u> Диапазоны измеряемых расстояний (при коэффициенте укорочения 1,500), м</p> <p>Предел допускаемых значений основной приведенной погрешности измерения расстояния, %, не более</p> <p>Диапазон устанавливаемых значений коэффициентов укорочений</p>	<p>12,5; 25; 50; 100; 200; 400; 800; 1600; 3200; 6400; 12800; 25600.</p> <p>0,2 (на диапазонах от 200 до 25600 м)</p> <p>0,8 (на диапазонах 25, 50, 100 м)</p> <p>установка или измерение в пределах от 1 до 7 с дискретностью 0,001</p> <p>возможность записи пользовательских коэффициентов укорочения</p>
Выходное сопротивление, Ом	от 30 до 450, плавно регулируемое

Технические характеристики

Наименование	Значение
Зондирующий импульс: - амплитуда, В, не менее - длительность, нс	3,5 от 10 до $5 \cdot 10^3$, автоматическая или ручная установка; на диапазонах от 800 м и выше имеется возможность включения импульса компенсации
Перекрываемое затухание, дБ, не менее	60
Режимы измерения	<i>нормальный</i> - считывание и отображение текущей рефлектограммы (вход1, вход 2); <i>сравнение</i> - наложение двух рефлектограмм (вход 1- вход 2, вход – память, память-память); <i>разность</i> - вычитание двух рефлектограмм (вход 1- вход 2, вход – память, память-память); <i>раздельный</i> - отображение рефлектограммы со входа 2 при зондировании по входу 1



Расчёт расстояния до места повреждения по методу импульсной рефлектометрии

$$L_x = \frac{t_x \cdot V}{2}$$

$$V = \frac{c}{\gamma} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon}} \quad \gamma = \sqrt{\varepsilon}$$

где:

- V - скорость распространения волны в линии;
- c - скорость света;
- γ - коэффициент укорочения электромагнитной волны в линии;
- ε - диэлектрическая проницаемость материала изоляции кабеля.

Согласование выходного сопротивления с линией

Генератор

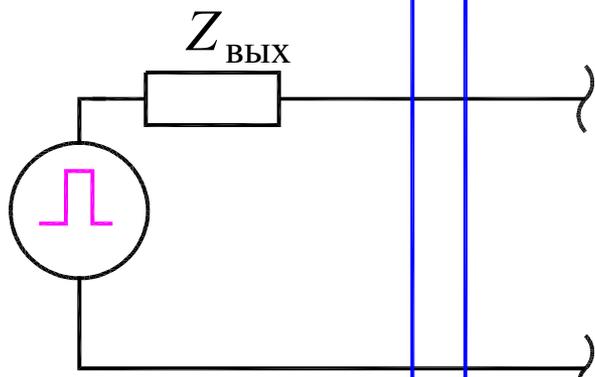
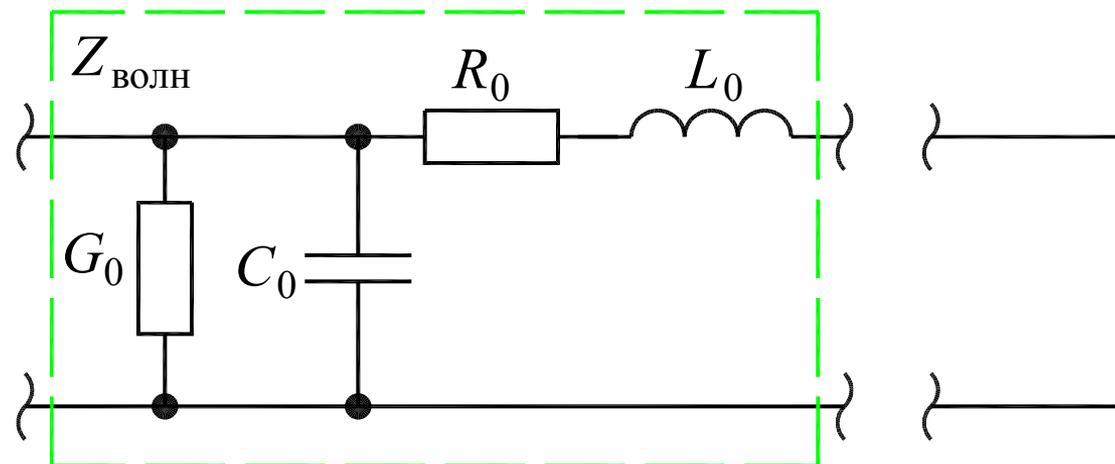


Схема замещения ЛЭП



Волновое сопротивление

$$\underline{Z}_{\text{ВОЛН}} = \sqrt{\frac{R_0 + j\omega L_0}{G_0 + j\omega C_0}}$$

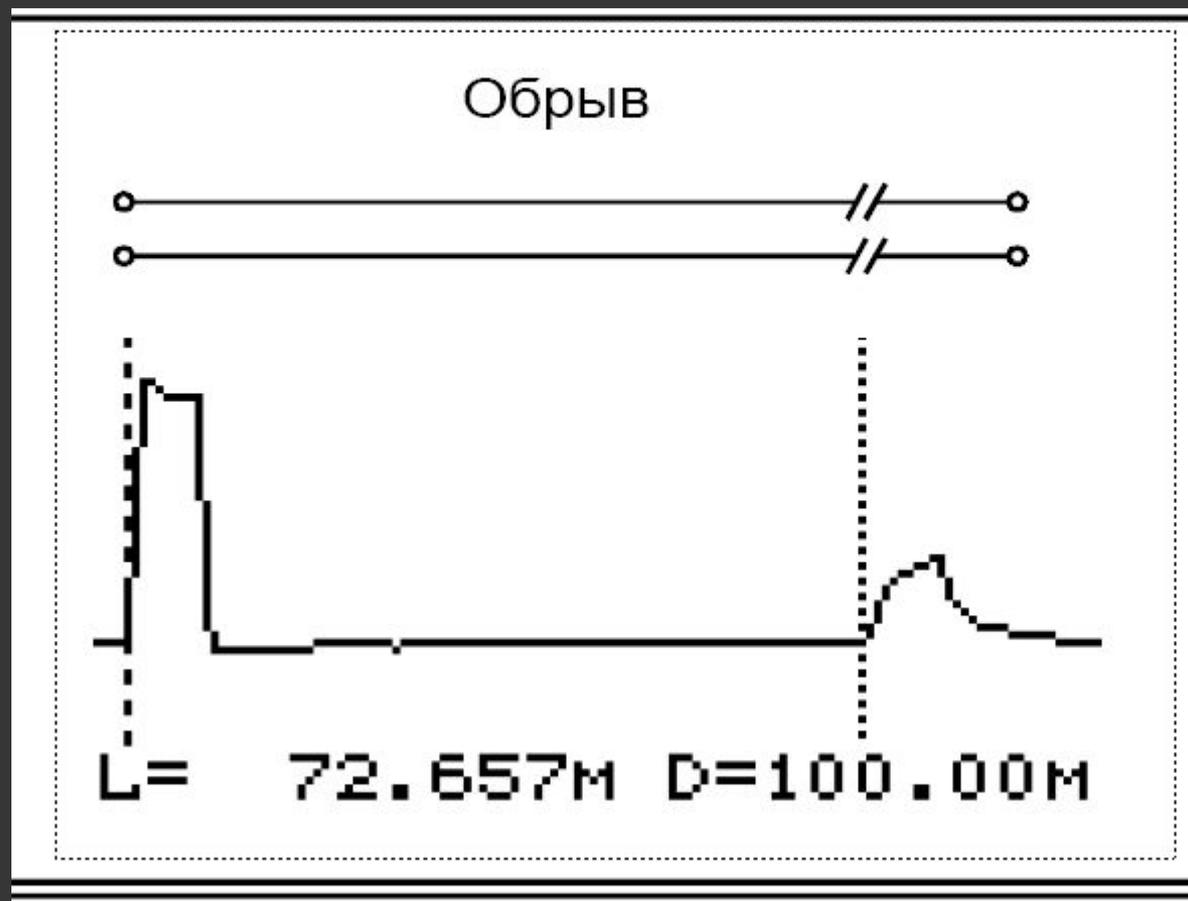
Условие согласования

$$|\underline{Z}_{\text{ВЫХ}}| = |\underline{Z}_{\text{ВОЛН}}|$$

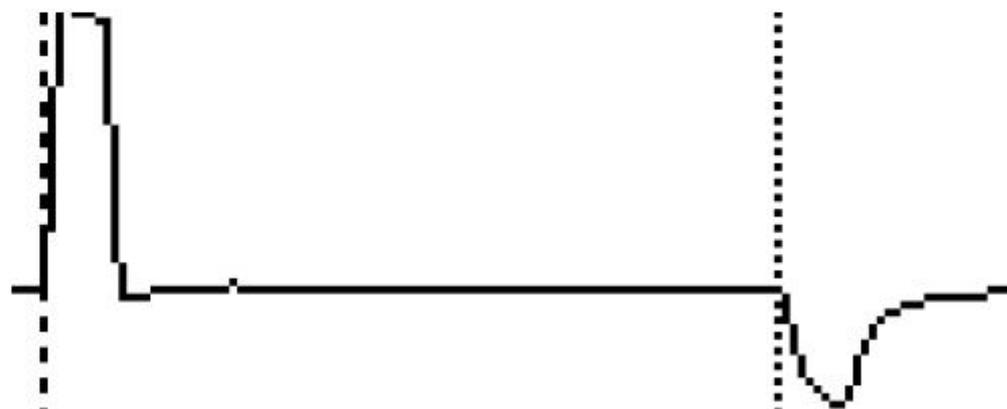
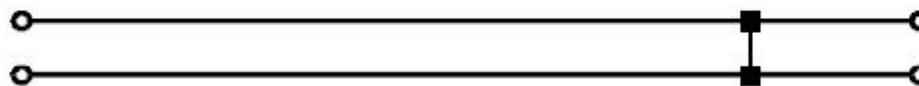
Рефлектограмма



Примеры рефлектограмм

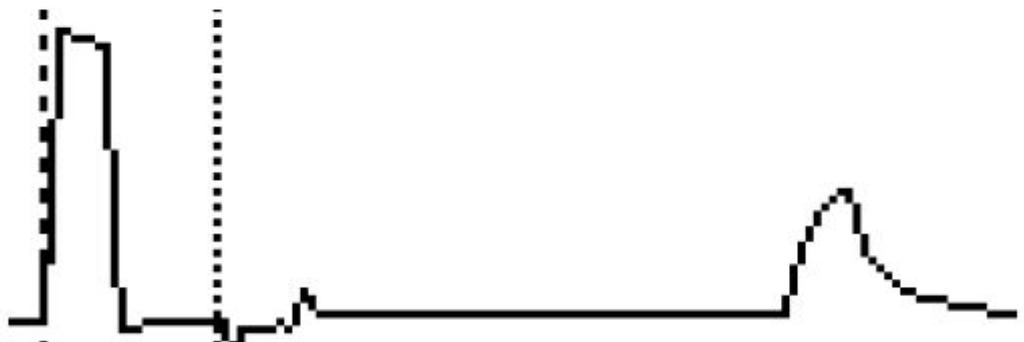
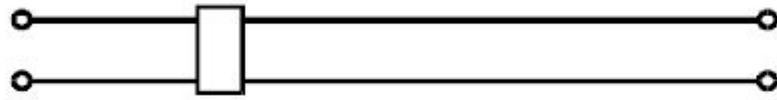


Короткое замыкание



L= 72.657M D=100.00M

Муфта, емкость



L= 17.188M D=100.00M

Тепловизор Fluke Ti10



Закон Стефана-Больцмана

$$W = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot \varepsilon \cdot \theta^4$$

W - интенсивность излучения;

ε - коэффициент излучения

θ - температура

Закон смещения Вина

$$\lambda_{\max} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3} \cdot \varepsilon}{\theta}$$

λ_{\max} - длина волны излучения,
соответствующая максимальному
значению излучательной способности
объекта

Значения коэффициента излучения

Цемент		При комнатной температуре	0,97
Древесный уголь	Порошок		0,96
Глина	Отожженная	70	0,91
Ткань	Черная	20	0,98
Эбонит		При комнатной температуре	0,89
Наждачная бумага	Грубая	80	0,85
Лак	Бакелитовый	80	0,93
	Черный, матовый	40 – 100	0,96 – 0,98
	Черный, глянцевый, распыленный на сталь	20	0,87
	Термостойкий	100	0,92
	Белый	40 – 100	0,8 – 0,95
Сажа		20 – 400	0,95 – 0,97
	Нанесенная на твердую поверхность	50 – 1 000	0,96
	Сажа на жидком стекле	20 – 200	0,96
Бумага	Черная	При комнатной температуре	0,90
	Черная, матовая		0,94
	Зеленая		0,85
	Красная		0,76
	Белая	20	0,7 – 0,9
	Желтая	При комнатной температуре	0,72
Стекло		20 – 100	0,94 – 0,91
		250 – 1 000	0,87 – 0,72
		1 100 – 1 500	0,70 – 0,67
	Матовое	20	0,96
Гипс		20	0,80 – 0,90
Лед	Покрытый матовой коркой	0	0,98
	Гладкий	0	0,97
Известь		При комнатной температуре	0,30 – 0,40
Мрамор	Серый, полированный	20	0,93
Слюда	Толстослойная	При комнатной температуре	0,72
Фарфор	Глазирванный	20	0,92
	Белый, с глянцевой поверхностью	При комнатной температуре	0,70 – 0,75
Резина	Жесткая	20	0,95
	Мягкая, серая, с неровной поверхностью	20	0,86
Песок		При комнатной температуре	0,60
Шеллак	Черный, матовый	75 – 150	0,88

Тепловизор Fluke Ti10

Функциональные возможности:

- Калиброванные диапазоны температур от -20°C до 250°C
- Тепловая чувствительность: $0,2^{\circ}\text{C}$
- Выбор цветových палитр: серая, сине-красная, высококонтрастная, цвета нагрева железа
- Минимальная дистанция фокусировки: 46 см
- Поддержка множества известных форматов изображений: JPEG, TIFF, GIF и др.
- Масштабирование: плавное автоматическое или ручное
- Программное обеспечение SmartView входит в стандартный комплект поставки и позволяет проводить полнофункциональную обработку термограмм и готовить термографические отчеты.

Программа для анализа термограмм

NEC San-ei Image Processor

Файл Правка Вид Температура Анализ Последовательность Изображение Сервис Окно Справка

200% 38.SIT не задана.

Точки	Линии	Области		
Линия	MIN °C	MAX °C	AVR °C	E
1	26,7	30,6	29,1	0.

Контур - Гливая 1
MAX: 30,6°C MIN: 26,7°C AVR: 29,1°C

Температура °C

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65

пикс.

Фигуры

MIN: 26,7°C
MAX: 30,6°C

Шкала температур

Железо 256

39,4 °C
32,4
25,4
18,4
11,4
4,4
-2,6
-9,6
-16,6

Аним. Полная
 Блок Инверт.

39,4 Верхний
-16,6 Нижний
0,0 Изоверх
0,0 Изоний

Параметры

Свойство	Значение
Система	NEC TH91XX
Имя файла	38.SIT
Размер	320x240
Дата	24.08.2006
Время	06:20:32
Шкала макс.	39,4°C
Шкала мин.	-16,6°C
Коеф-т излуч...	0,96
Сообщение	

Оптика

Корректировка тры

Фильтры

Значимый интервал

Особые участки

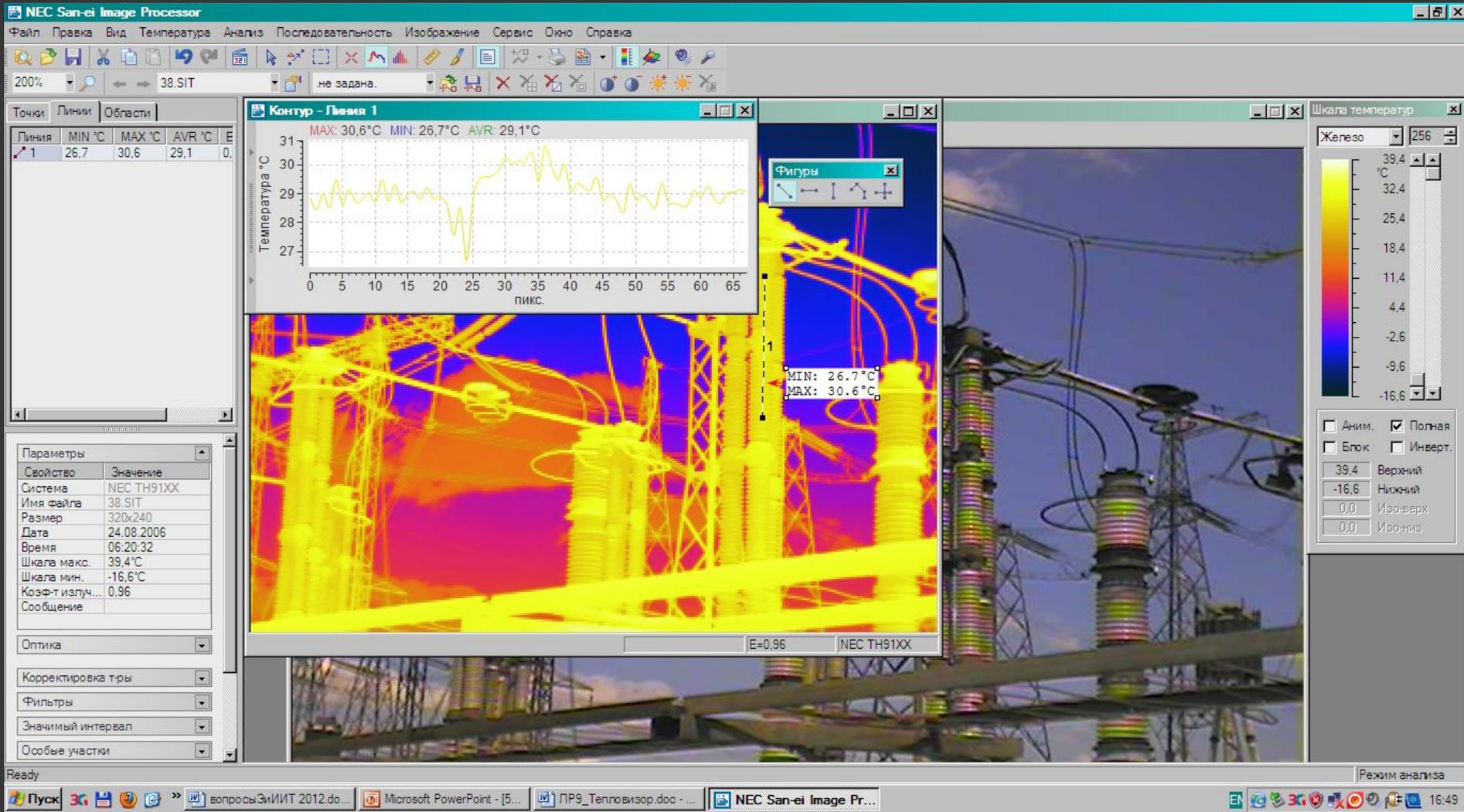
E=0,96 NEC TH91XX

Режим анализа

Пуск

вопросыЭиИИТ 2012.do... Microsoft PowerPoint - [5... ЛР9_Тепловизор.doc -... NEC San-ei Image Pr...

16:49



ПКРТ-3 – прибор контроля и расчёта температур электроэнергетического оборудования разработчик: Зализный Д.И.



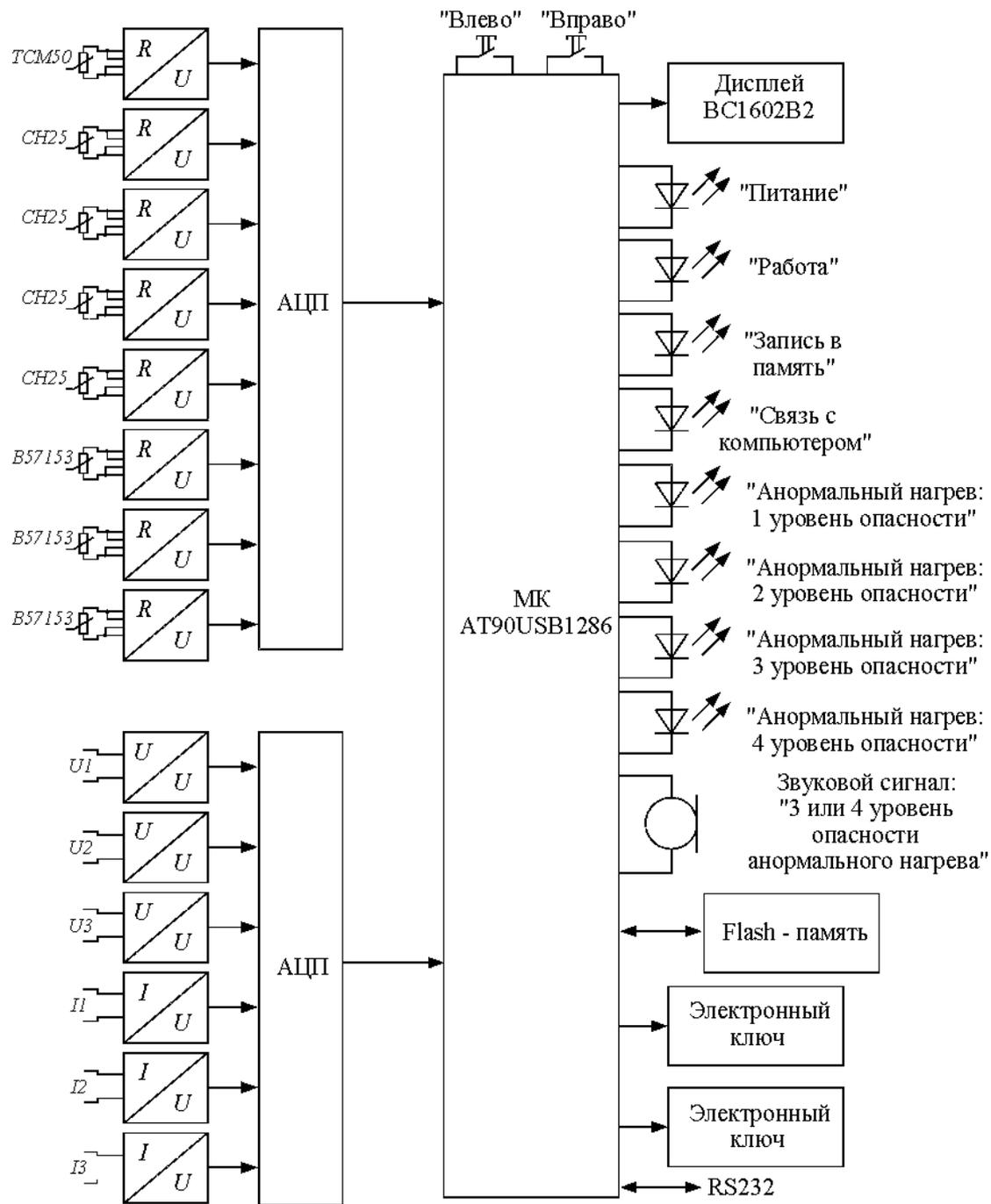


Схема экспериментальной установки

