



**МОСТЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА
ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ
СА7100М1, СА7100М1.1**

**Руководство по эксплуатации
Часть 1. Техническая
эксплуатация АМАК.411213.007 РЭ**

Киев

СОДЕРЖАНИЕ

1 НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	5
2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	5
3 КОМПЛЕКТНОСТЬ	11
4 Устройство и работа Моста.....	14
4.1 Основные составные части Моста и выполняемые ими функции	14
4.2 Конструкция Моста.....	18
4.3 Маркировка.....	25
5 УКАЗАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ.....	25
6 ПОДГОТОВКА МОСТА К РАБОТЕ	26
6.1 Установка программного обеспечения Моста на ПК.....	26
6.2 Данные, которые необходимо знать перед началом измерений	28
6.3 Некоторые сведения по работе с программой	29
6.4 Работа с архивом.....	32
6.5 Заряд аккумулятора.....	34
7 РАБОТА С МОСТОМ.....	34
7.1 Подготовка к измерению.....	34
7.2 Измерение паразитной емкости, шунтирующей вход "Сх" БИ, при подключенном трехзажимном конденсаторе.....	35
7.3 Измерение паразитной емкости, шунтирующей вход "Сх" БИ, при определении тангенса угла потерь изоляции кабеля.....	37
7.4 Измерение емкости Сх и тангенса угла потерь $tg\delta x$	39
на 1...4 п/д	39
7.5 Определение тангенса угла потерь изоляции кабелей	41
7.6 Измерение емкости и тангенса угла потерь на 5 и 6 п/д с использованием Расширителя диапазона CA7150	43
8 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ	45
8.1 Поддержание работоспособности и исправности Моста	45
8.2 Замена аккумулятора	46
8.3 Ремонт измерительных кабелей КИ1 и КИ2	46
9 ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ.....	46
ПРИЛОЖЕНИЕ	47

ИЗГОТОВИТЕЛЬ

Почтовый адрес: Украина, 04128, г. Киев, а/я 33, ООО "ОЛТЕСТ"
Юридический адрес: Украина, 03056, г. Киев, пр. Победы, 37/1,
кв. 11, ООО "ОЛТЕСТ"

E-mail: info@oltest.ua

Тел.: (+380 44) 537-08-01, (+380 44) 227-66-65, (+380 44) 331-46-21

ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА

Почтовый адрес: Россия 620049, г. Екатеринбург,
ул. Студенческая, 33

Тел.: (+7 499) 322-86-43

E-mail: info@oltestrus.ru

ВНИМАНИЕ!**ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИЗМЕРЕНИЙ:**

- рабочее место оператора должно располагаться за пределами огражденной зоны;
- при проведении измерений кабель Устройства зарядного должен быть отключен от Блока измерительного;
- корпус Блока измерительного и подключенные к нему элементы измерительной схемы при использовании могут находиться под опасным для жизни напряжением, поэтому прикасаться к ним после подачи рабочего напряжения запрещено.

ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ЕМКОСТИ И ТАНГЕНСА УГЛА ПОТЕРЬ В ПРЕДЕЛАХ ДОПУСКАЕМЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ:

- при каждом измерении должны быть введены значения паразитной емкости S_{co} , шунтирующей вход "C₀" Моста и паразитной емкости объекта измерения S_{cx} , шунтирующей вход "C_x" Моста¹;
- все измерения S и $\text{tg}\delta$ рекомендуется проводить в режиме накопления;
- при проведении измерений в измерительной схеме не должно быть коронных разрядов.

ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОСТА:

- заряд аккумулятора должен осуществляться по мере его разряда, но не реже чем 1 раз в 6 месяцев;
- радиус изгиба волоконно-оптического кабеля должен быть не менее 50 мм.

ВЫКЛЮЧЕНИЕ БЛОКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ:

- автоматически, через 20 минут после последнего обращения к нему²;
- вручную, через основное диалоговое окно программы, которая управляет процессом измерения.

¹ При работе с Расширителем диапазона CA7150 значение емкости S_{cx} не вносить.

² Функция автоматического выключения блока измерительного может быть отключена в настройках.

Настоящее руководство по эксплуатации содержит сведения, необходимые для правильной и безопасной эксплуатации Мостов переменного тока высоковольтных автоматических CA7100M1, CA7100M1.1 (далее – Мосты, Мост...). Эти сведения включают информацию о назначении и области применения Мостов, их технических характеристиках, устройстве и принципе действия, подготовке к работе, порядке работы и техническом обслуживании.

1 НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1 Мосты предназначены для прецизионного измерения емкости и тангенса угла потерь, в том числе тангенса угла диэлектрических потерь.

1.2 Мосты выпускаются в исполнениях CA7100M1 и CA7100M1.1, которые имеют одинаковые метрологические и технические характеристики и различаются конструктивным исполнением блока измерительного.

1.3 Мосты CA7100M1 могут содержать в составе комплекта внешний эталонный конденсатор измерительный высоковольтный (автономная часть). Тип конденсатора, номинальное значение емкости и максимальное рабочее напряжение конденсатора определяется при заказе.

1.4 Мосты CA7100M1.1 не содержат эталонный конденсатор в составе комплекта.

1.5 Область применения Мостов – организации и фирмы, осуществляющие метрологические исследования, поверку, калибровку эталонных мер емкости и тангенса угла потерь, измерение емкости и тангенса угла потерь силовых конденсаторов, а также определение тангенса угла диэлектрических потерь кабелей согласно ГОСТ 12179-76.

1.6 Мосты могут эксплуатироваться в производственных цехах.

2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1 Мост одновременно автоматически измеряет:

- емкость и тангенс угла потерь;
- действующее значение первой гармоники напряжения, приложенного к эталонному конденсатору;
- частоту напряжения, приложенного к эталонному конденсатору.

2.2 Основные метрологические характеристики приведены в таблице 2.1, технические характеристики приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.1

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений емкости Мостом без Расширителя диапазона CA7150	От 0 до $1000 \cdot C_0$, где C_0 – номинальное значение емкости эталонного конденсатора
Диапазон измерений емкости при использовании Расширителя диапазона CA7150	От 0 до $100000 \cdot C_0$
Номинальное значение емкости эталонного конденсатора (автономная часть), пФ	От 10 до 10000
Диапазон измерений тангенса угла потерь	От 0 до 1,1
Пределы основной допускаемой относительной погрешности моста при измерении емкости, % без учета погрешностей эталонного конденсатора в поддиапазонах: $0,01 \leq C_x/C_0 \leq 0,1$ $0,1 \leq C_x/C_0 \leq 100$ $100 \leq C_x/C_0 \leq 1000$ при использовании Расширителя диапазона CA7150 $1000 \leq C_x/C_0 \leq 100000$	$\pm[2 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-4} \cdot (C_0/C_x - 10) + tg\delta_x - tg\delta_0]$ $\pm[1 \cdot 10^{-3} + tg\delta_x - tg\delta_0]$ $\pm[2 \cdot 10^{-3} + tg\delta_x - tg\delta_0]$ $\pm[5 \cdot 10^{-3} + tg\delta_x - tg\delta_0]$
Пределы основной допускаемой абсолютной погрешности моста при измерении тангенса угла потерь без учета погрешностей эталонного конденсатора в поддиапазонах: $0,01 \leq C_x/C_0 \leq 0,1$ $0,1 \leq C_x/C_0 \leq 100$ $100 \leq C_x/C_0 \leq 1000$ при использовании Расширителя диапазона CA7150 $1000 \leq C_x/C_0 \leq 100000$	$\pm[2 \cdot 10^{-5} + 2 \cdot 10^{-6} \cdot (C_0/C_x - 10) + 0,005 \cdot tg\delta_x - tg\delta_0]$ $\pm[1 \cdot 10^{-5} + 0,005 \cdot tg\delta_x - tg\delta_0]$ $\pm[2 \cdot 10^{-5} + 0,005 \cdot tg\delta_x - tg\delta_0]$ $\pm[5 \cdot 10^{-5} + 0,005 \cdot tg\delta_x - tg\delta_0]$

Продолжение таблицы 2.1

Наименование характеристики	Значение
Пределы основной допускаемой относительной погрешности моста при измерении емкости, %, с учетом погрешностей эталонного конденсатора, входящего в комплект, в поддиапазонах: $0,01 \leq C_x/C_0 \leq 0,1$ $0,1 \leq C_x/C_0 \leq 100$ $100 \leq C_x/C_0 \leq 1000$ при использовании Расширителя диапазона CA7150 $1000 \leq C_x/C_0 \leq 100000$	$\pm[5 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-4} \cdot (C_0/C_x - 10) + tg\delta_x - tg\delta_0]$ $\pm[4 \cdot 10^{-3} + tg\delta_x - tg\delta_0]$ $\pm[5 \cdot 10^{-3} + tg\delta_x - tg\delta_0]$ $\pm[8 \cdot 10^{-3} + tg\delta_x - tg\delta_0]$
Пределы основной допускаемой абсолютной погрешности моста при измерении тангенса угла потерь с учетом погрешностей эталонного конденсатора, входящего в комплект, в поддиапазонах: $0,01 \leq C_x/C_0 \leq 0,1$ $0,1 \leq C_x/C_0 \leq 100$ $100 \leq C_x/C_0 \leq 1000$ при использовании Расширителя диапазона CA7150 $1000 \leq C_x/C_0 \leq 100000$	$\pm[5 \cdot 10^{-5} + 2 \cdot 10^{-6} \cdot (C_0/C_x - 10) + 0,005 \cdot tg\delta_x - tg\delta_0]$ $\pm[4 \cdot 10^{-5} + 0,005 \cdot tg\delta_x - tg\delta_0]$ $\pm[5 \cdot 10^{-5} + 0,005 \cdot tg\delta_x - tg\delta_0]$ $\pm[8 \cdot 10^{-5} + 0,005 \cdot tg\delta_x - tg\delta_0]$
Пределы допускаемых дополнительных погрешностей при измерениях емкости и тангенса угла потерь, вызванных изменением температуры окружающего воздуха от границ температурного диапазона $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ до границ рабочего диапазона на каждые 10°C	Равны пределам основных погрешностей измерения емкости и тангенса угла потерь, соответственно
Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении рабочего напряжения, %	$\pm 1,0$

Продолжение таблицы 2.1

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при измерении частоты рабочего напряжения, Гц	$\pm 0,1$
Нормальные условия эксплуатации: Температура окружающего воздуха Относительная влажность	$(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ до 80 % при температуре 25°C без конденсации влаги

Основные технические характеристики приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Наименование характеристики	Значение
Диапазон допустимых значений силы тока в цепи эталонного конденсатора	От 10 мкА до 10 мА
Диапазон допустимых значений силы тока в цепи объекта, А	От 0 до 0,5
Диапазон допустимых значений силы тока в цепи объекта при наличии Расширителя диапазона CA7150, А	От 0,03 до 50
Диапазон допустимых значений частоты рабочего напряжения, Гц	От 49 до 51
Диапазон измерения рабочего напряжения, приложенного к эталонному конденсатору ³	От $U_{\min} = I_{C_0 \min} / 2\pi \cdot f_p \cdot C_0$ до $U_{\max} = I_{C_0 \max} / 2\pi \cdot f_p \cdot C_0$, но не более, чем максимально допустимое значение напряжения эталонного конденсатора, где $I_{C_0 \min}$ и $I_{C_0 \max}$ – минимальное и максимальное значения тока эталонного конденсатора; f_p – частота рабочего напряжения, Гц; C_0 – емкость эталонного конденсатора, подключенного к входу C_0 Моста, Ф

³ Номинальные значения емкости и рабочего напряжения определяются при заказе

Продолжение таблицы 2.2

Наименование характеристики	Значение
Условия эксплуатации: Температура окружающего воздуха Относительная влажность	От 0 до 40 °С до 80 % при температуре 25 °С без конденсации влаги
Показатели питания Моста	6 В, 12 А·ч (встроенный аккумулятор)
Время работы от полностью заряженного аккумулятора, ч, не менее	40
Наработка на отказ, ч, не менее	9000
Средний срок службы (без учета ПК и аккумулятора), лет, не менее	10
Габаритные размеры составных частей Моста, мм, не более ⁴ :	
блок измерительный CA7100M1	250×185×350
CA7100M1.1	270×360×415
конденсатор измерительный высоковольтный	2600×1200
расширитель CA7150	130×200×200
блок сопряжения	70×60×35
устройство зарядное	80×80×130
Масса составных частей Моста, кг, не более:	
блок измерительный CA7100M1	10
CA7100M1.1	16
конденсатор измерительный высоковольтный	400
расширитель CA7150	4
блок сопряжения	0,2
устройство зарядное	0,5

⁴ Габаритные размеры и масса Блока измерительного и Конденсатора высоковольтного измерительного зависят от исполнения, номинального значения емкости и максимального рабочего напряжения указанных при заказе.

2.3 Управление процессом измерения выполняется с помощью персонального компьютера (далее – ПК), подсоединенного к Мосту. На ПК должно быть установлено специальное программное обеспечение, которое размещено на диске, входящем в комплект. ПК должен иметь следующие характеристики:

- операционная система Windows 10;
- наличие одного свободного USB порта;
- тактовая частота процессора – не ниже 2 ГГц;
- объем оперативной памяти – не менее 2 Гб.

2.4 Для обеспечения безопасности оператора связь ПК и Моста осуществляется с помощью волоконно-оптического кабеля.

2.5 Полное время измерения, включая выбор пределов, составляет не более 14 с. Время первого измерения при измерении с накоплением результатов составляет не более 14 сек., а последующих – не более 7 сек.

2.6 Электропитание Блока измерительного Моста (далее – БИ) осуществляется от встроенного аккумулятора с номинальным напряжением 6 В и номинальной емкостью 12 А·ч. Заряд аккумулятора осуществляется с помощью Устройства зарядного от сети переменного тока 220/230 В частотой 50 Гц.

2.7 Время работы Моста от полностью заряженного аккумулятора составляет не менее 40 часов. Уровень заряда аккумулятора индицируется в основном окне программы (рисунок 6.2, поз.17). При разряде аккумулятора появляется соответствующее сообщение. После появления сообщения работа с Мостом может продолжаться около 1 часа. При более глубоком разряде аккумулятора Мост автоматически выключается и дальнейшая работа с ним возможна только после заряда аккумулятора (раздел 6.5).

2.8 Паразитные емкости кабелей измерительных составляют:

- Кабеля измерительного КИ1 – _____ пФ;
- Кабеля измерительного КИ2 – _____ пФ;
- Кабеля измерительного КИ3 – _____ пФ.

2.9 Максимально допустимое напряжение между центральной жилой и экраном Кабелей измерительных КИ1, КИ2, КИ3 и КИ4 составляет не более 500 В.

2.10 Корпуса БИ и Расширителя CA7150 обеспечивают степень защиты IP20 от проникновения твердых предметов и воды согласно ГОСТ 14254.

2.11 Срок службы аккумулятора – не менее 5 лет.

3 КОМПЛЕКТНОСТЬ

3.1 Состав комплекта Мостов CA7100M1, CA7100M1.1 без Расширителя диапазона P7150 представлен в таблице 3.1.

Состав комплекта Расширителя CA7150 при его наличии в комплекте Моста представлен в таблице 3.2.

Состав дополнительного комплекта для инсталляции согласно Приложению представлен в таблице 3.3.

3.2 Мосты CA7100M1, CA7100M1.1 содержат в составе комплекта внешний эталонный конденсатор измерительный высоковольтный. Тип конденсатора, номинальное значение емкости и максимальное рабочее напряжение конденсатора определяется при заказе. Также допускается использование совместно с Мостами конденсаторов, не входящих в состав комплекта.

Таблица 3.1 Состав комплекта Моста

Наименование	Обозначение	Кол.	Примечание
Блок измерительный CA7100M1	АМАК.411722.015	1 шт.	Вариант определяется при заказе
Блок измерительный CA7100M1.1	АМАК.411722.023	—	
Ноутбук		1 шт.	—
Конденсатор измерительный высоковольтный	КГИ 42-1-50	1 шт.	—
Устройство зарядное	АМАК.436112.002-01	1 шт.	—
Блок сопряжения	АМАК.411619.029	1 шт.	—
Кабель измерительный КИ1	АМАК.685611.030	2 шт.	3 м
Кабель измерительный КИ2	АМАК.685651.010	2 шт.	1,5 м
Кабель измерительный КИ3	АМАК.685651.042	2 шт.	5 м
Кабель измерительный КИ4	АМАК.685611.050	2 шт.	5 м

Продолжение таблицы 3.1

Наименование	Обозначение	Кол.	Примечание
Кабель волоконно-оптический ВОК	АМАК.468615.015-02	1 шт.	10 м
Мышь для ноутбука		1 шт.	—
Сумка для ноутбука		1 шт.	—
Диск "Программное обеспечение CA7100M1"	АМАК.411213.007 К	1 шт.	—
Руководство по эксплуатации	АМАК.411213.007 РЭ	1 экз.	—
Методика поверки	МП.2202-0077-2019	1 экз.	—
Паспорт	АМАК.411213.007 ПС	1 экз.	—
Сумка CA7100M1 БИ 0484	АМАК.323382.052	1 шт.	—
Сумка конденсатора до 45 кВ	АМАК.323382.064	1 шт.	—
Сумка CA7100M1 Аксессуары 0485	АМАК.323382.053	1 шт.	—

Таблица 3.2 Состав комплекта Расширителя диапазона CA7150

Наименование	Обозначение	Кол.	Примечание
Расширитель диапазона CA7150	АМАК.411521.001	1 шт.	—
Кабель измерительный КИ6 CA7150	АМАК.685692.001	1 шт.	—
Кабель высоковольтный КВ6 CA7150	АМАК.685651.007	1 шт.	—
Кабель переходной КП1	К7101.000.056.100	3 шт.	0,5 м
Кабель питания КП CA7150	АМАК.685612.004	1 шт.	—
Сумка CA7150	АМАК.323382.057	1 шт.	—
Сумка CA7150 Аксессуары	АМАК.323382.058	1 шт.	—

Таблица 3.3 Состав дополнительной комплектации для инсталляции согласно Приложению.

Наименование	Обозначение	Кол.	Примечание
Стойка на колесах	K7101.100.000.000	1 шт.	
Кабель волоконно-оптический ВОК	АМАК.468615.014-02	1 шт.	30 м
Блок подключения НВ (поле №1)	K7101.100.010.000	1 шт.	
Блок подключения НВ (поле №2)	K7101.000.010.000	1 шт.	
Блок подключения НВ (поле №3)	K7101.000.010.000-01	1 шт.	
Блок подключения ВВ (поле №1)	K7101.000.020.100	1 шт.	
Блок подключения ВВ (поле №2)	K7101.000.020.100	2 шт.	—
Блок подключения ВВ (поле №3)	K7101.000.020.100	2 шт.	
Кабель измерительный КИ9	K7101.000.055.000	2 шт.	
Кабель измерительный КИ10	K7101.000.056.000	3 шт.	
Кабель высоковольтный КВ7	K7101.000.057.000	1 шт.	
Кабель высоковольтный КВ8	K7101.000.058.000	3 шт.	
Кабель высоковольтный КВ9	K7101.000.059.000	2 шт.	
Кабель К3	K7101.000.060.000	4 шт.	
Кронштейн	K7101.600.000.000	6 шт.	
Устройство тестирующее CA7135	АМАК.411644.001	1 шт.	

4 УСТРОЙСТВО И РАБОТА МОСТА

4.1 Основные составные части Моста и выполняемые ими функции

Структурная схема Моста приведена на рисунке 4.1.

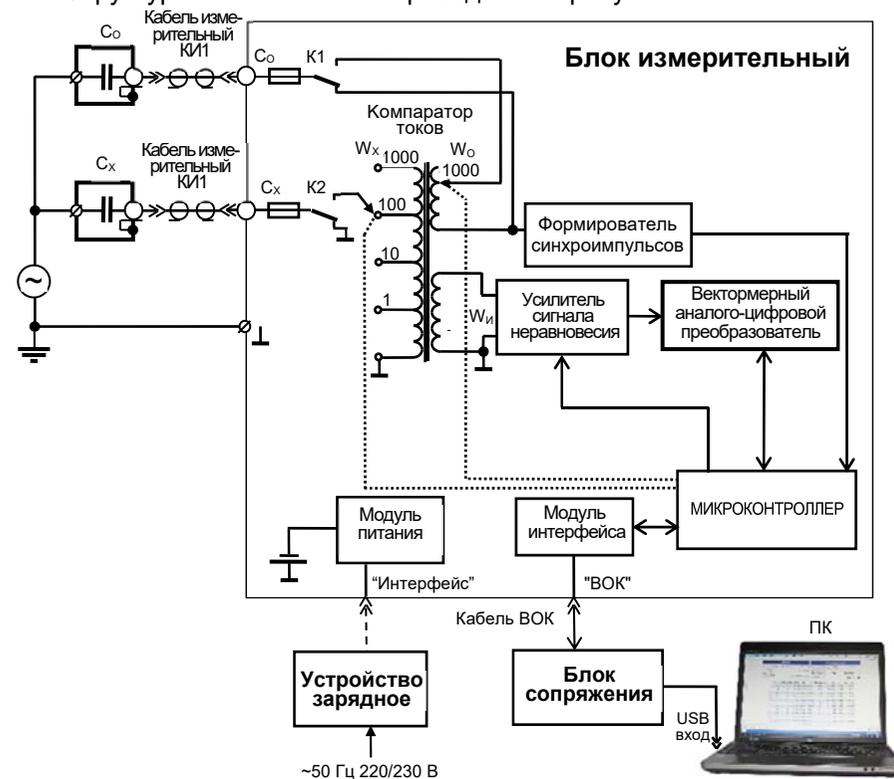


Рисунок 4.1

Персональный компьютер (ПК) предназначен для управления процессом измерения, визуализации результатов измерений, а также просмотра архива результатов измерений.

Measuring unit (Блок измерительный, далее – БИ) объединяет основные составные части Моста. Связь ПК и БИ осуществляется с помощью Interface unit (Блок сопряжения, далее – БС) через полностью диэлектрический волоконно-оптический кабель, что позволяет обеспечить безопасность персонала. БС подключен к ПК через USB-вход. В качестве источника питания БИ используется встроенный аккумулятор.

Модуль интерфейса (МИ) осуществляет в *БИ* функцию преобразования оптических сигналов в электрические.

Модуль питания (МП) служит для формирования питающих напряжений, а также, совместно с *ЗУ*, обеспечивает автоматический заряд аккумулятора.

Компаратор токов (КТ), эталонный конденсатор C_0 и измеряемый конденсатор C_x образуют мостовую схему измерения.

Усилитель сигнала неравновесия (УСН) усиливает сигнал неравновесия мостовой схемы до уровня, необходимого для эффективной работы *векторного аналого-цифрового преобразователя (ВАЦП)*. *ВАЦП* представляет собой комбинацию двух синхронных детекторов с взаимно квадратурными опорными колебаниями и двух аналого-цифровых преобразователей (АЦП), подключенных к их выходам. Значения кодов, считываемых микроконтроллером с указанных АЦП, пропорциональны соответствующим квадратурным составляющим сигнала неравновесия.

Микроконтроллер осуществляет преобразование команд, поступающих из *ПК*, в сигналы управления узлами измерительного блока, а также передает в *ПК* через волоконно-оптический кабель значения кодов, вырабатываемых АЦП, информацию о перегрузке входных цепей по току и о разряде аккумулятора.

КТ содержит обмотки W_x и W_0 , через которые протекают сравниваемые токи (ток эталонного конденсатора и ток объекта измерения) и обмотку W_i , которая служит для выделения сигнала неравновесия. В зависимости от выбранного поддиапазона измерения ток объекта измерения поступает на один из выводов обмотки W_x (на рисунке 4.1 показано положение переключателя поддиапазонов, соответствующее второму поддиапазону измерения). Число витков обмотки W_0 может меняться от 1 до 1000. Изменением количества витков этой обмотки осуществляется уравнивание мостовой цепи в пределах поддиапазона измерения.

Формирователь синхроимпульсов (ФСИ) вырабатывает импульсы синхронные с измерительным сигналом. Период данных импульсов измеряется с помощью микроконтроллера. Благодаря этому формируемые им опорные колебания для синхронных детекторов *ВАЦП* когерентны с токами, сравниваемыми *КТ*.

Основой, на которой базируется процесс измерения, является вариационный метод измерения. Используемая в Мосте разновидность вариационного метода измерения предусматривает изменение (вариацию) отношения токов на известное с необходимой точностью значение. Разность значений измеряемой величины до и после вариации используется в качестве калибровочного сигнала. Вычисления, необходимые для получения результата, осуществляет *ПК*.

Процесс измерения можно условно разделить на следующие основные этапы:

- выбор чувствительности и измерение рабочего напряжения;
- выбор п/д;
- уравнивание измерительной цепи в пределах п/д;
- измерение значения остаточного сигнала неравновесия и "нулей" прибора (при отключенных с помощью коммутаторов K_1 и K_2 сравниваемых токах);
- вычисление результата измерения по равновесным значениям декадных коммутаторов и значению остаточного сигнала неравновесия;
- коррекция результата измерения с учетом влияния паразитных емкостей, шунтирующих входы Моста, а также сопротивлений подводящих проводов, обмоток и коммутаторов в цепи объекта измерения и эталонного конденсатора.

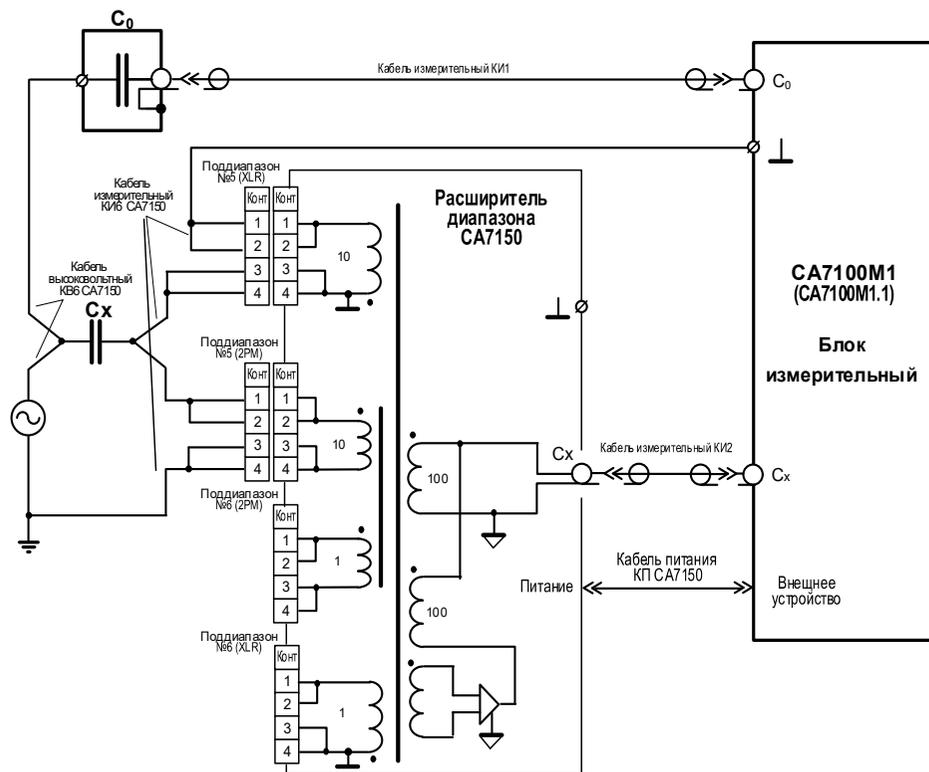
Выбор чувствительности осуществляют изменением коэффициента передачи *УСН*.

Смена п/д осуществляется переключением числа витков обмотки W_x , а уравнивание в пределах п/д – переключением витков обмотки W_0 .

После уравнивания с помощью *ВАЦП* измеряется остаточный сигнал неравновесия. Используя результат этого измерения, равновесные значения числа витков обмоток *КТ*, а также параметры эталонного конденсатора C_0 , введенные оператором, *ПК* производит вычисления и выводит на экран измеренные значения емкости и тангенса угла диэлектрических потерь объекта, действующее значение первой гармоники рабочего напряжения и его частоты.

Мост обеспечивает измерение емкостей на 4-х п/д при отношении C_x/C_0 в диапазоне от 0,01 до 1000. Для измерения емкостей при больших отношениях совместно с *БИ* используется *Расширитель CA7150*.

Расширитель CA7150 представляет собой прецизионный двухступенчатый трансформатор тока с электронной компенсацией нагрузочной погрешности, который включают на вход C_x *БИ* и, таким образом, увеличивают отношение C_x/C_0 до 10000 (п/д 5) и 100 000 (п/д 6). Структурная схема *Расширителя CA7150* при работе с мостом показана на рисунке 4.2.



Расширитель CA7150 подключен к БИ для работы на 5 п/д

Рисунок 4.2

Заземление измерительной схемы выполняется в одной точке, как показано на рисунке 4.2. Для исключения дополнительных погрешностей измерения корпуса эталонного конденсатора C_0 , БИ и Расширителя CA7150 должны быть изолированы от земли.

4.2 Конструкция Моста

4.2.1 Блок измерительный

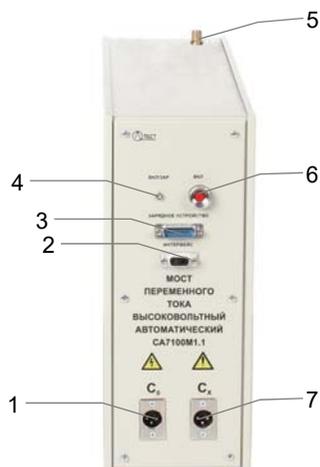
На рисунке 4.3 показан внешний вид передней панели Блока измерительного Моста CA7100M1.



- Поз.1 - индикатор включения питания Моста и контроля процесса заряда аккумулятора;
- Поз.2 - разъем "Интерфейс" для подключения Устройства зарядного или Расширителя CA7150;
- Поз.3 - разъем "ВОК" для подключения Блока сопряжения с помощью волоконно-оптического кабеля ВОК;
- Поз.4 - разъем "C₀" для подключения эталонного конденсатора с помощью кабеля измерительного КИ1;
- Поз.5 - корпусной зажим;
- Поз.6 - разъем "C_x" для подключения объекта измерения с помощью кабеля измерительного КИ1, КИ2 или КИ3.

Рисунок 4.3

На рисунке 4.4 показан внешний вид передней панели Блока измерительного Моста CA7100M1.1.



Поз.1 - разъем "C_x" для подключения эталонного конденсатора с помощью кабеля измерительного КИ1;

Поз.2 - разъем "ВОК" для подключения Блока сопряжения с помощью волоконно-оптического кабеля ВОК;

Поз.3 - разъем "Интерфейс" для подключения Устройства зарядного или Расширителя CA7150;

Поз.4 - индикатор включения питания Моста и контроля процесса заряда аккумулятора;

Поз.5 - корпусной зажим;

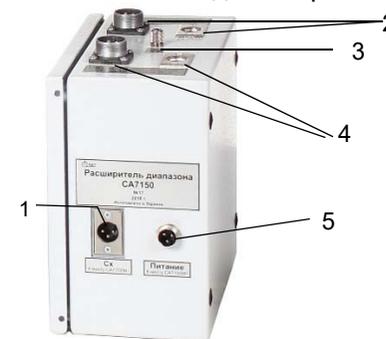
Поз.6 - кнопка для включения прибора;

Поз.7 - разъем "C_x" для подключения объекта измерения с помощью кабеля измерительного КИ1, КИ2 или КИ3.

Рисунок 4.4

4.2.2 Расширитель диапазона CA7150

На рисунке 4.5 показан внешний вид Расширителя CA7150.



Поз.1 - разъем "C_x" для подключения Блока измерительного с помощью кабеля измерительного КИ1;

Поз.2 - группа разъемов "Вход измерительный Поддиапазон №6" для подключения объекта измерения с помощью кабеля измерительного КИ6 при измерениях на поддиапазоне №6;

Поз.3 - корпусной зажим;

Поз.4 - группа разъемов "Вход измерительный Поддиапазон №5" для подключения объекта измерения с помощью кабеля измерительного КИ6 CA7150 при измерениях на поддиапазоне №5;

Поз.5 - разъем "Питание" для подключения к разъему "Интерфейс" Блока измерительного с помощью кабеля питания КП CA7150.

Рисунок 4.5

4.2.3 Конденсатор измерительный высоковольтный

В состав Моста CA7100M1 могут входить конденсаторы, отличающиеся рабочим напряжением, массогабаритными характеристиками и типом диэлектрика.

На рисунке 4.6 показан внешний вид Конденсатора измерительного высоковольтного КГИ 42 (максимальное рабочее напряжение 42 кВ) с диэлектриком в виде газа (SF₆).



- Поз.1 - вывод высоковольтный для подключения к источнику рабочего напряжения;
 Поз.2 - корпусной зажим;
 Поз.3 - разъем для подключения Блока измерительного с помощью кабеля измерительного КИ1 ко входу "I1" Моста.

Рисунок 4.6

На рисунке 4.7 показан общий вид конденсатора (меры емкости и тангенса угла диэлектрических потерь), рассчитанного на максимальное рабочее напряжение 10 кВ, с диэлектриком на основе плавленного кварца – Меры CA6221D (вид спереди и сзади).



Вид спереди

- Поз.1 – высоковольтный вывод "Hi";
 Поз.2 – низковольтные выводы "Lo1", "Lo2", "Lo3", "Lo4" и "Lo5";
 Поз.3 – вывод корпуса;
 Поз.4 – разъем для подключения вторичного преобразователя для контроля температуры меры.

Вид сзади

Рисунок 4.7

На рисунке 4.8 показан общий вид конденсатора (меры емкости и тангенса угла диэлектрических потерь), рассчитанного на максимальное рабочее напряжение 1 кВ, изготовленного на основе емкостных элементов с диэлектриком из высокостабильной керамики – Меры CA6210D (вид спереди и сзади).



Вид спереди

- Поз.1 – высоковольтный вывод "Hi";
 Поз.2 – низковольтные выводы "Lo1", "Lo2", "Lo3", "Lo4" и "Lo5";
 Поз.3 – вывод корпуса;
 Поз.4 – разъем для подключения вторичного преобразователя для контроля температуры меры.

Вид сзади

Рисунок 4.8

Основные технические характеристики конденсаторов высоковольтных измерительных представлены в таблице:

Наименование характеристики	Числовые значения
Номинальное значение емкости C_{12} , пФ	от 10 до 1000
Пределы допускаемого относительного изменения емкости C_{12} в зависимости от приложенного напряжения, %, не более	$\pm 2 \cdot 10^{-3}$
Пределы допускаемого абсолютного изменения тангенса угла диэлектрических потерь в зависимости от приложенного напряжения	$\pm 2 \cdot 10^{-5}$
Действительное значение паразитной входной емкости C_{10}^* , пФ	
Действительное значение паразитной выходной емкости C_{20}^* , пФ	
Максимальное рабочее напряжение, кВ	Определяется при заказе
Наибольшее напряжение между центральной жилой вывода "Lo" и выводом корпуса, не более, В	500

* – значения определяются при калибровке конденсатора

В эксплуатационной документации на Меры тангенса угла потерь и емкости высоковольтной CA6221D-30-10 и CA6210D дополнительно приводятся характеристики, связанные с воспроизводимым ими тангенсом угла диэлектрических потерь.

На рисунке 4.9 показано схематическое изображение кабелей, входящих в комплект Расширителя CA7150.

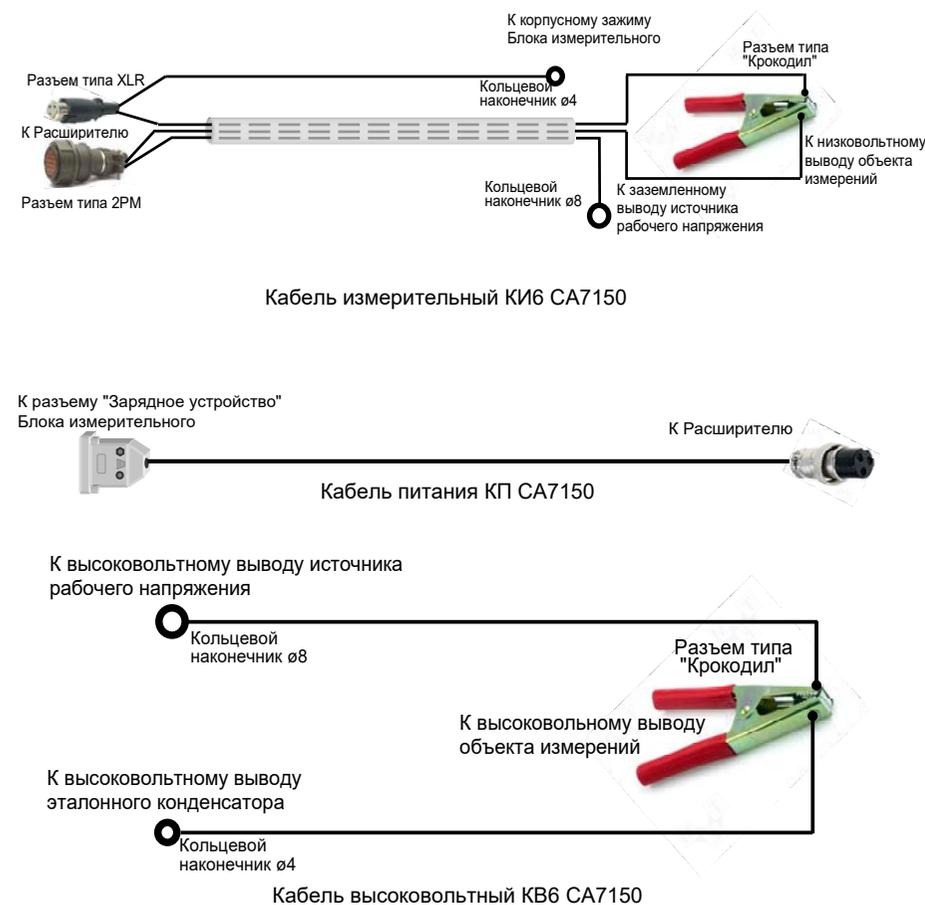


Рисунок 4.9

4.3 Маркировка

4.3.1 На передней панели Блока измерительного нанесены:

- наименование и условное обозначение Моста;
- товарный знак предприятия-изготовителя;
- назначение разъемов.

4.3.2 На задней панели Блока измерительного нанесены заводской № и дата изготовления Моста.

5 УКАЗАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 Общие требования безопасности, по способу защиты человека от поражения электрическим током соответствуют требованиям ГОСТ 26104 и ГОСТ Р 51350 для класса 1.

5.2 На всех стадиях испытаний и эксплуатации Моста должно быть обеспечено соблюдение правил техники безопасности и выполнение инструкций по безопасному проведению каждого вида работ.

5.3 Корпус БИ и подключенные к нему элементы измерительной схемы при проведении измерений могут находиться под опасным для жизни напряжением, поэтому контакт с ним при подаче напряжения категорически запрещается!

5.4 При размещении аппаратуры, используемой при проведении измерений, все блоки, находящиеся под напряжением, необходимо ограждать в соответствии с "Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок".

5.5 Запрещается проведение измерений при подключенном к БИ Устройстве зарядном.

6 ПОДГОТОВКА МОСТА К РАБОТЕ

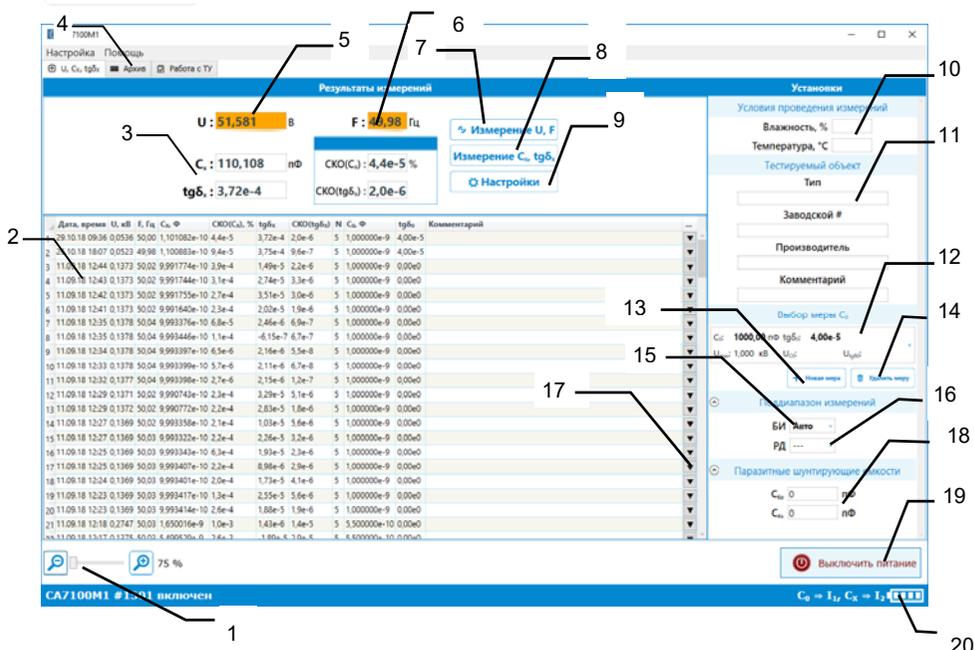
6.1 Установка программного обеспечения Моста на ПК

Перед первым использованием Моста на ПК должно быть установлено программное обеспечение, которое размещено на инсталляционном диске, входящем в комплект поставки.



Рисунок 6.1

- 1) Включить ПК.
- 2) Ознакомиться с файлом readme.txt (этот файл размещен на диске "Программное обеспечение CA7100M1") и выполнить в соответствии с ним установку программного обеспечения.
- 3) Подсоединить ПК к БИ с помощью Interface unit (Блока сопряжения) в соответствии с рисунком 6.1.
- 4) После установки программного обеспечения на Рабочем столе ПК появится иконка . Двойной щелчок клавишей мыши по этой иконке приводит к появлению на экране окна программы (рисунок 6.2).
- 5) Проверить состояние заряда аккумулятора (рисунок 6.2, поз.17). При необходимости выполнить заряд аккумулятора в соответствии с указаниями раздела 6.5.
- 6) Выбрать язык интерфейса пользователя в пункте меню "Настройки".



- Поз.1 - масштабирование основного окна программы;
 Поз.2 - поле архивных записей измерений;
 Поз.3 - поля вывода результатов измерения емкости и тангенса угла потерь;
 Поз.4 - вкладка для просмотра архива измерений;
 Поз.5 - поле вывода значения рабочего напряжения;
 Поз.6 - поле вывода значения частоты рабочего напряжения;
 Поз.7 - кнопка запуска измерения рабочего напряжения и его частоты;
 Поз.8 - кнопка запуска измерения емкости и тангенса угла потерь;
 Поз.9 - кнопка настройки режима накопления и режима вывода результатов с дополнительными разрядами;
 Поз.10 - поля для ввода влажности и температуры;
 Поз.11 - поля для ввода типа тестируемого оборудования, его заводского номера, производителя оборудования и поле для ввода комментариев;
 Поз.12 - поле вывода параметров меры C_0 ;
 Поз.13 - кнопка ввода параметров новой меры C_0 ;
 Поз.14 - кнопка удаления параметров меры C_0 ;
 Поз.15 - поле выбора фиксированного поддиапазона измерений;
 Поз.16 - поле выбора фиксированного поддиапазона измерений расширителя CA7150;
 Поз.17 - кнопка просмотра промежуточных измерений при включенном режиме измерений с накоплениями;
 Поз.18 - поля для ввода значения паразитной емкости $C_{к0}$, шунтирующей вход Моста " C_0 " и паразитной емкости $C_{кx}$, шунтирующей вход Моста " C_x ";
 Поз.19 - кнопка включения/выключения питания Моста;
 Поз.20 - индикатор состояния заряда аккумулятора.

Рисунок 6.2

6.2 Данные, которые необходимо знать перед началом измерений

Перед началом проведения измерения емкости C_x и тангенса угла потерь $\text{tg}\delta_x$ должны быть известны следующие данные:

- паспортное (действительное) значение емкости эталонного конденсатора C_0 (при использовании конденсатора, не входящего в комплект Моста);
- паспортное (действительное) значение тангенса угла потерь $\text{tg}\delta_0$ (при использовании конденсатора, не входящего в комплект Моста);
- значение паразитной емкости $S_{к0}$, шунтирующей вход " C_0 " Моста, причем $S_{к0} = C_{Э20} + S_{Кки1}$, где $C_{Э20}$ – выходная паразитная емкость эталонного конденсатора C_0 ; $S_{Кки1}$ – паразитная емкость кабеля измерительного КИ1;
- значение паразитной емкости $S_{кx}$, шунтирующей вход " C_x " Моста, причем $S_{кx} = C_{Х20} + S_{Кки1}$, где $C_{Х20}$ – выходная паразитная емкость объекта измерения C_x ; $S_{Кки1}$ – паразитная емкость кабеля измерительного КИ1. В качестве измерительных кабелей могут быть также использованы КИ2 и КИ3.

Все объекты измерения должны подключаться к Мосту по трехзажимной схеме. На рисунке 6.3 показана измерительная схема, где объект измерения C_x представлен в виде трехзажимного конденсатора. Подобная схема иллюстрирует присутствие паразитных емкостей $C_{Э20}$, $C_{Х20}$ и $S_{Кки1}$, шунтирующих входы " C_0 " и " C_x " Моста.

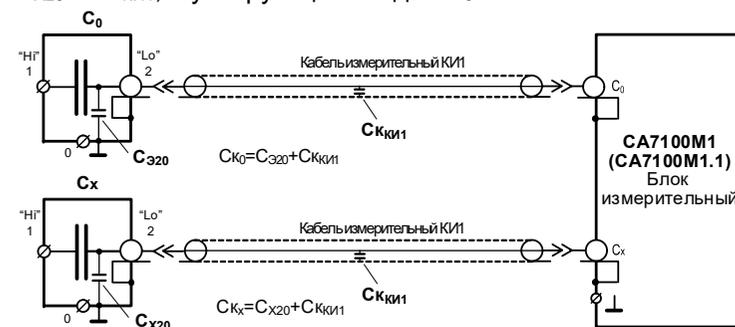


Рисунок 6.3

Перед началом измерений емкости C_x и тангенса угла потерь $\text{tg}\delta_x$ значения паразитных емкостей $S_{к0}$ и $S_{кx}$ должны быть введены в окно программы (рисунок 6.2, поз.18), поскольку каждые неучтенные 1000 пФ паразитной емкости могут привести к дополнительной погрешности измерения тангенса угла потерь равной $\pm 1 \cdot 10^{-5}$. Значение емкости $S_{к0}$ должно быть введено при измерениях на всех поддиапазонах, а емкости $S_{кx}$ – только при измерениях на 1-4 поддиапазонах.

Значения паразитных емкостей $C_{к0}$ и $C_{кх}$ могут быть определены расчетным способом или в результате измерений.

При расчете $C_{к0}=C_{Э20}+C_{ККИ1}$ и $C_{кх}=C_{Х20}+C_{ККИ1}$ значения $C_{Э20}$ и $C_{Х20}$ могут быть взяты из эксплуатационной документации на конденсаторы, а значение паразитной емкости $C_{ККИ1}$ кабеля измерительного КИ1 (далее – кабель КИ1) из 2.19.

Если значения паразитных емкостей $C_{Э20}$ и $C_{Х20}$ в эксплуатационной документации отсутствуют, и рассчитать $C_{к0}$ и $C_{кх}$ нельзя, то значения паразитных емкостей $C_{к0}$ и $C_{кх}$ необходимо измерить согласно рекомендациям раздела 7.2.

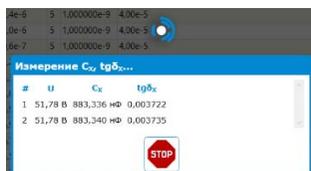
6.3 Некоторые сведения по работе с программой

При работе с программой необходимо учитывать следующее:

– При запуске программы автоматически включается БИ. Для предотвращения неоправданного разряда аккумулятора предусмотрено автоматическое отключение БИ, если в течение 20 минут не производились измерения (функция отключения блока измерительного может быть отменена в настройках рис.6.5).

– После загрузки программы Мост переходит в режим измерения рабочего напряжения. Измеренное напряжение и его частота индицируются в полях "U" и "F" (рисунок 6.2, поз.5, 6). Для получения корректного значения рабочего напряжения, в поле "C₀" (рисунок 6.2, поз.13) необходимо выбрать Конденсатор высоковольтный измерительный, входящий в состав Моста CA7100M1 или ввести паспортное значение емкости эталонного конденсатора C_0 .

– После запуска процесса измерения емкости и тангенса угла потерь на экране появляется окно (рисунок 6.4), на котором индицируется текущее измерение из серии измерений. Окно исчезнет, когда измерение завершится.



#	U	C _x	tgδ _x
1	51,78 В	883,336 нФ	0,003722
2	51,78 В	883,340 нФ	0,003735

Рисунок 6.4

– Измерение C_x и $tg\delta_x$ выполняется с накоплением результатов измерений. Для установки количества усредняемых измерений щелкнуть по кнопке "Настройки" (рисунок 6.2, поз.9) и в появившемся окне (рисунок 6.5) ввести необходимое число измерений в поле (поз.1). При измерении емкости с действительным значением $tg\delta_x$ менее 0,1 рекомендуемое число накапливаемых измерений – 5. При измерении емкости с действительным значением $tg\delta_x$ от 0,1 до 1,1 рекомендуемое число накапливаемых измерений – 20.

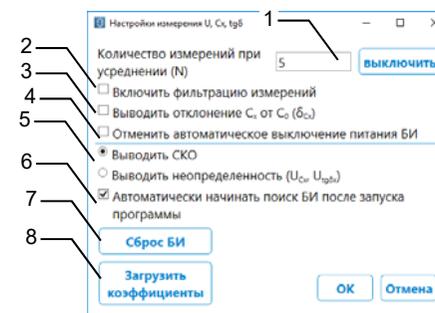


Рисунок 6.5

На рисунке 6.5 показано содержимое окна «Настройки измерений» со следующими режимами измерений:

1 – включение режима измерений с усреднением и возможностью выбора количества накапливаемых измерений;

2 – включение фильтрации измерений применяется при измерении с накоплением, когда возникают случайные изменения характеристик напряжения во времени в электрической сети (например, провалы и прерывания напряжения, импульсные перенапряжения);

3 – вывод отклонения C_x от C_0 (δ_{Cx}) позволяет определять относительное отклонение значения емкости измеряемого конденсатора от эталонного в %. Применяется при равных номинальных значениях C_x и C_0 ;

4 – отмена автоматического выключения питания БИ приводит к тому, что питание Моста не отключается через 20 минут при отсутствии измерений;

5 – выбор вывода среднеквадратичного отклонения или вывода неопределенности измерений;

6 – после запуска программы на ПК поиск измерительного блока начинается автоматически;

7 – сброс БИ позволяет перезапустить программу контроллера блока измерительного;

8 – кнопка «Загрузить коэффициенты» позволяет записать градуировочные коэффициенты из файла коэффициентов данного моста.

– При вводе паспортных данных эталонного конденсатора: можно использовать ранее введенные значения, для этого следует нажать в поле 12, рис.6.2 стрелку выпадающего списка и в списке (рисунок 6.6) выбрать необходимое значение. Из списка могут быть удалены ненужные значения. Для удаления следует выбрать параметры удаляемой меры и нажать кнопку «удалить меру» (рис.6.2, поз.14).

– По завершении процесса измерения на экране появляются результаты в поле «Результаты измерений» (рис. 6.2, поз. 3) и строка в поле архивных записей (рис. 6.2, поз. 2).

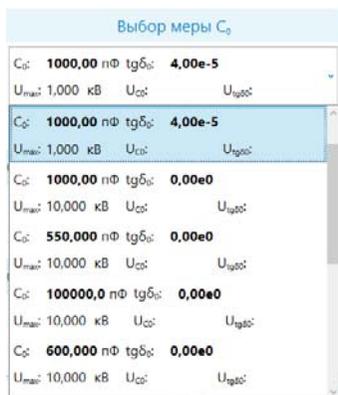


Рисунок 6.6

– Если измерение выполнялось с усреднением (поз.1, рис. 6.5), нажатием на кнопку промежуточных измерений (рис. 6.2, поз.17) этой строки можно сделать доступными для просмотра все промежуточные результаты. Если при этом включена фильтрация (рис. 6.5, поз.3), окно с этими результатами будет содержать также информацию о наличии результатов, отфильтрованных из-за чрезмерного отклонения по какому-либо из параметров (С или tg δ) от остальной массы результатов. Вариант такого окна представлен на рис. 6.7. Здесь строка с отфильтрованным пятым измерением выделена желтым цветом. Более ярким оранжевым цветом подсвечен параметр, по которому выполнена фильтрация (в данном случае это емкость С). Это промежуточное измерение не участвует в вычислении среднего, выводимого как результат измерения с усреднением.

Дата, время	U, кВ	F, Гц	C _х , Ф	tgδ _х	СКО(C _х), %	СКО(tgδ _х), %	N	C _х , Ф	tgδ _х	Комментарий
20.08.19 15:24	3,512	50,33	3,779631e-11	1,88e-5	2,3e-3	7,6e-6	5 (4)	5,151400e-11	0,00e0	
Производитель Влажность, % 46										
Заводской No Температура, °C 20,8										
Тип объекта										
Некоторые измерения были отфильтрованы по критерию C _х										
No	U, кВ	C _х , Ф	tgδ _х							
1	3,512	3,779719e-11	2,67e-5							
2	3,512	3,779718e-11	2,61e-5							
3	3,512	3,779719e-11	2,64e-5							
4	3,512	3,779370e-11	3,84e-6							
5	3,512	3,786234e-11	4,01e-6	Отклонение по C _х более 0,100%						
2	20.08.19 15:23	5,838	49,96	3,779049e-11	1,33e-4	1,8e-2	1,1e-4	5	5,151400e-11	0,00e0
3	20.08.19 15:22	1,694	49,96	3,779715e-11	2,21e-5	2,2e-5	2,4e-6	5	5,151400e-11	0,00e0 d100
4	20.08.19 11:13	12,02	49,99	3,703615e-11	1,08e-5	4,8e-6	4,5e-8	5	5,151400e-11	0,00e0 d100

Рисунок 6.7

6.4 Работа с архивом

Все результаты измерений сохраняются в памяти компьютера и доступны для последующего просмотра. Записи результатов измерений могут идентифицироваться по дате и времени измерения.

Результаты измерения в виде записи с указанием даты и времени автоматически заносятся в память ПК (в архив), одновременно результаты измерения C_х, tgδ_х заносятся в буфер обмена ПК и могут быть сохранены в других программах ПК.

Для просмотра архива измерений открыть вкладку "Архив" (рисунок 6.2, поз.4), на экране появится окно (рисунок 6.8).

Для того, чтобы просмотреть конкретное число последних результатов измерений следует нажать кнопку 2, записи в диапазоне (номер начальной и конечной записи указать в соответствующих полях) – кнопку 3, результаты измерений за последний месяц – кнопку 4, весь архив – кнопку 1.

Для просмотра результатов измерений, которые были усреднены после накопления, необходимо щелкнуть по кнопке  (рисунок 6.8, поз.5).

Для копирования или удаления записи на вкладке "Архив" необходимо щелкнуть на записи и в появившемся контекстном меню выбрать требуемую строку. Аналогичным образом можно выбрать несколько записей и нажать на кнопку "Удалить выбранные записи".

К любой записи на вкладке "Архив" можно добавить комментарий после двойного щелчка мышью по соответствующему полю и введя необходимый текст.

Записи результатов измерения, хранящиеся в памяти ПК, могут быть сохранены в файл с расширением .html или в файл с расширением .xls. Для этого необходимо нажать кнопку "Экспорт" (поз.7) и в открывшемся окне (рисунок 6.9) выбрать необходимые столбцы и формат "HTML" или "Excel".

№	Дата, время	U, кВ	f, Гц	C _к , Ф	SKO(C _к), %	tgδ _к	SKO(tgδ _к)	N	C _к , Ф	tgδ _к	Комментарий
1	29.10.18 11:22	0,0504	50,00	8,833028e-7	6,3e-4	0,003726	2,6e-6	5	1,000000e-9	4,00e-5	
2	29.10.18 10:28	0,0518	50,01	8,833357e-7	1,4e-4	0,003725	2,5e-6	5	1,000000e-9	4,00e-5	
3	29.10.18 10:27	0,0527	49,99	8,833448e-7	8,9e-4	0,003726	2,4e-6	5	1,000000e-9	4,00e-5	
4	29.10.18 09:36	0,0536	50,00	1,101082e-10	4,4e-5	3,72e-4	2,0e-6	5	1,000000e-9	4,00e-5	
5	26.10.18 18:07	0,0523	49,98	1,100883e-10	9,4e-5	3,75e-4	9,6e-7	5	1,000000e-9	4,00e-5	
6	11.09.18 12:44	0,1373	50,02	9,991774e-10	3,9e-4	1,49e-5	2,2e-6	5	1,000000e-9	0,00e0	
7	11.09.18 12:43	0,1373	50,02	9,991744e-10	3,1e-4	2,74e-5	3,3e-6	5	1,000000e-9	0,00e0	
8	11.09.18 12:42	0,1373	50,02	9,991755e-10	2,7e-4	3,51e-5	3,0e-6	5	1,000000e-9	0,00e0	
9	11.09.18 12:41	0,1373	50,02	9,991640e-10	2,3e-4	2,02e-5	1,9e-6	5	1,000000e-9	0,00e0	
10	11.09.18 12:35	0,1378	50,04	9,993376e-10	6,8e-5	2,46e-6	6,9e-7	5	1,000000e-9	0,00e0	
11	11.09.18 12:35	0,1378	50,04	9,993446e-10	1,1e-4	-6,15e-7	6,7e-7	5	1,000000e-9	0,00e0	
12	11.09.18 12:34	0,1378	50,04	9,993397e-10	6,5e-6	2,16e-6	5,5e-8	5	1,000000e-9	0,00e0	
13	11.09.18 12:33	0,1378	50,04	9,993397e-10	6,5e-6	2,11e-6	7,7e-8	5	1,000000e-9	0,00e0	
14	11.09.18 12:32	0,1377	50,04	9,993396e-10	2,7e-4	2,15e-6	1,2e-7	5	1,000000e-9	0,00e0	

Рисунок 6.8

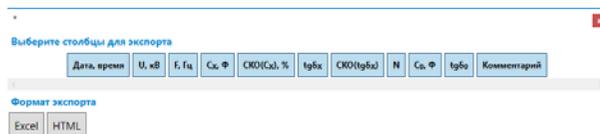


Рисунок 6.9

Столбцы, отображаемые в архиве (рисунок 6.10), выбираются после нажатия на соответствующую кнопку (рисунок 6.8, поз.6).



Рисунок 6.10

6.5 Заряд аккумулятора

Заряд аккумулятора должен выполняться не реже одного раза в 6 месяцев. Заряд аккумулятора проводить от сети ~50 Гц 220/230 В только при температуре окружающей среды в пределах от 0 до 40 °С.

Используемый в БИ свинцово-кислотный аккумулятор не обладает эффектом памяти, который присущ щелочным аккумуляторам, и не требует специальных режимов для его обслуживания.

1) Подключить Устройство зарядное к БИ и к сети ~50 Гц 220/230 В, как показано на рисунке 6.8.

2) Включить Устройство зарядное, для чего установить выключатель питания в положение ВКЛ. При этом, индикатор "ВКЛ/ЗАР" на передней панели БИ начнет мигать. Время заряда полностью разряженного аккумулятора – 7 часов.

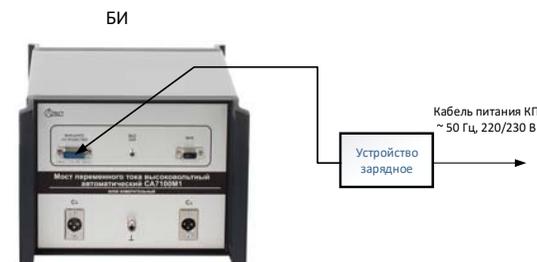


Рисунок 6.8

3) Убедиться в том, что индикатор "ВКЛ/ЗАР." на передней панели БИ перестал мигать и погас. При этом подача тока от Устройства зарядного автоматически прекращается, что позволяет исключить выход из строя аккумулятора.

4) Выключить Устройство зарядное, для чего установить выключатель "I/O" в положение "O" и отсоединить его от БИ и сети питания.

5) Уровень заряда аккумулятора можно проконтролировать по индикатору в окне программы (рисунок 6.2, поз.20).

7 РАБОТА С МОСТОМ

7.1 Подготовка к измерению

Выбрать схему и состав используемого при измерении оборудования, исходя из значений емкости и силы тока в цепи объекта измерения (таблица 7.1).

Таблица 7.1

№ п/д	C_x/C_0	Сила тока в цепи объекта измерения, А	Способ выбора п/д	Составные части Моста	Схема и порядок измерений в разделе:
1-4	$0,01 - 10^3$	$0 \dots 0,5$	Автоматический	БИ	7.4, 7.5
5	$10^3 \dots 10^4$	$0,03 \dots 5$	Ручной	БИ, CA7150	7.6
6	$10^4 \dots 10^5$	$0,3 \dots 50$			

Внимание!

Заземление всех измерительных схем выполнять в одной точке, как показано на рисунках 7.1-7.6.

Для исключения дополнительных погрешностей измерения эталонный конденсатор C_0 , Блок измерительный и Расширитель CA7150 установить так, чтобы их корпуса были изолированы от земли.

7.2 Измерение паразитной емкости, шунтирующей вход "Сх" БИ, при подключенном трехзажимном конденсаторе

Схема для измерения паразитной емкости, шунтирующей вход "Сх" БИ, при подключенном трехзажимном конденсаторе с подсоединенным к нему измерительным кабелем КИ1 (далее – паразитная емкость C_{pc}) показана на рисунке 7.1. Паразитная емкость C_{pc} является суммой выходной паразитной емкости конденсатора C_{20} и емкости изоляции кабеля КИ1 $C_{кки1}$.

Для обеспечения корректного измерения $C_{pc} = C_{20} + C_{кки1}$ корпус измеряемого конденсатора и экран, подключенного к нему кабеля КИ1, изолированы от земли и от корпуса Моста, это достигается за счет использования кабеля КПЗ из комплекта Моста, экран которого изолирован от корпуса одного из разъемов. Также для того, чтобы исключить влияние на процесс измерения $C_{pc} = C_{20} + C_{кки1}$ емкостей C_{10} и C_{12} , вход "1" трехзажимного конденсатора заземлен (рисунок 7.1).

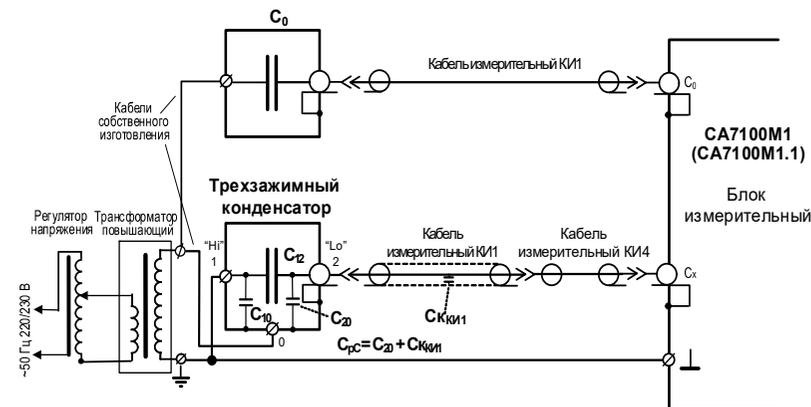


Рисунок 7.1

- 1) Подсоединить ПК к БИ в соответствии с рисунком 6.1.
- 2) Подсоединить к БИ эталонный конденсатор C_0 и трехзажимный конденсатор, собрав схему, показанную на рисунке 7.1.
- 3) Включить ПК.
- 4) Включить питание БИ, для чего запустить программу

"CA7100M1" двойным щелчком по иконке  расположенной на Рабочем столе ПК. На экране ПК появится диалоговое окно программы (рисунок 6.2, далее все ссылки на этот рисунок).

- 5) Ввести паспортные данные эталонного конденсатора в раздел "Выбор меры C_0 " (поз.12): емкости C_0 , в пикофарадах, и $tg \delta_0$.
- 6) Ввести значение паразитной емкости $C_{к0}$ в раздел "Паразитные шунтирующие емкости" (поз.18).⁵
- 7) Включить режим измерения U и F, для чего щелкнуть по кнопке

 (поз.7) или нажать клавишу **F7** на клавиатуре ПК. Установить требуемое значение рабочего напряжения, регулируя его величину с помощью регулятора и контролируя значение в поле (поз.5). Рабочее напряжение должно соответствовать: требованиям 2.7, не должно превышать паспортного значения наибольшего рабочего напряжения для низковольтного вывода "2" трехзажимного конденсатора и максимально допустимого значения напряжения между центральной жилой и экраном кабеля КИ1, приведенного в 2.20.

⁵ При измерении паразитной емкости C_{pc} значениями $C_{к0}$ и $C_{кх}$ можно пренебречь, поэтому в поля (поз.12, 13) можно ввести значения 0 пФ.

8) Включить режим измерения C_x и $\operatorname{tg}\delta_x$, для чего щелкнуть по кнопке Измерение $C_x, \operatorname{tg}\delta_x$ (поз.8) или нажать клавишу **F8** на клавиатуре ПК.

9) Результат измерения C_{pc} отобразится в поле "Сх" (поз.3).

Измерение паразитной емкости $C_{pc} = C_{20} + C_{ККИ1}$ может быть выполнено также с помощью лабораторного моста переменного тока, имеющего класс точности не ниже 0,5 на частоте переменного тока не более 1000 Гц. На рисунке 6.9 показана схема измерения при использовании моста переменного тока P5083.

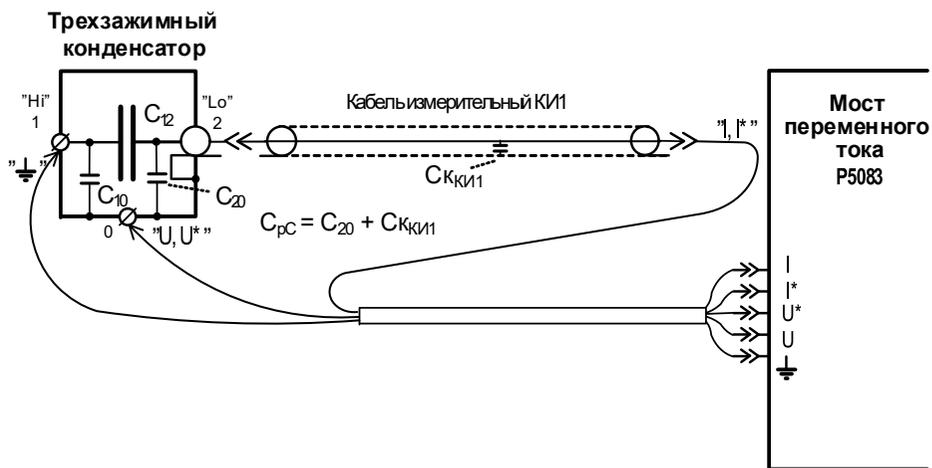


Рисунок 7.2

Значение C_{pc} должно быть использовано в качестве $C_{к0}$ или $C_{кx}$ при дальнейших измерениях (разделы 7.4-7.7), в зависимости от назначения данного трехзажимного конденсатора.

7.3 Измерение паразитной емкости, шунтирующей вход "Сх" БИ, при определении тангенса угла потерь изоляции кабеля

Схема для измерения паразитной емкости, шунтирующей вход "Сх" БИ, при определении тангенса угла потерь изоляции кабеля (далее – паразитная емкость C_{pc}), показана на рисунке 7.3. Паразитная емкость C_{pc} является суммой паразитной емкости изоляции испытуемого кабеля между экраном и броней $C_{эб}$ и емкости изоляции кабеля измерительного КИ2 $C_{КИ2}$.

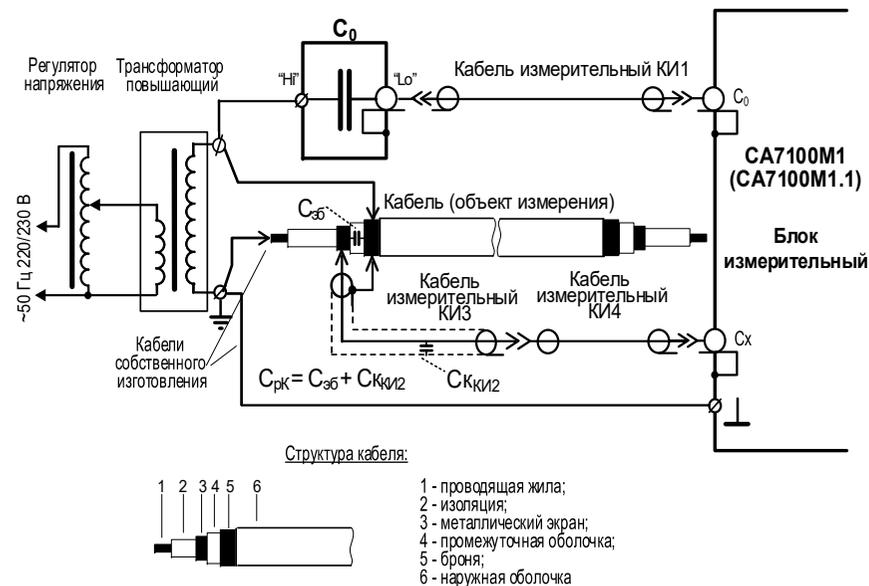


Рисунок 7.3

- 1) Подсоединить ПК к БИ в соответствии с рисунком 6.1.
- 2) Подсоединить к БИ эталонный конденсатор C_0 и испытуемый образец кабеля, собрав схему, показанную на рисунке 7.3.
- 3) Выполнить п.п.3-5 раздела 7.2
- 4) Ввести значение паразитной емкости $C_{к0}$ в раздел "Установки" (поз.12).⁶

5) Включить режим измерения U и F , для чего щелкнуть по кнопке Измерение U, F (поз.7) или нажать клавишу **F7** на клавиатуре ПК. Установить требуемое значение рабочего напряжения, регулируя его величину с помощью регулятора и контролируя значение в поле (поз.5). Рабочее напряжение не должно превышать максимально допустимого значения напряжения между центральной жилой и экраном кабеля КИ2, приведенного в 2.20.

10) Включить режим измерения C_x и $\operatorname{tg}\delta_x$, для чего щелкнуть по кнопке Измерение $C_x, \operatorname{tg}\delta_x$ (поз.8) или нажать клавишу **F8** на клавиатуре ПК.

⁶ При измерении паразитной емкости C_{pc} значениями $C_{к0}$ и $C_{кx}$ можно пренебречь, поэтому в поля (поз.12, 13) можно ввести значения 0 пФ.

11) Результат измерения $C_{рк}$ отобразится в поле C_x (поз.3).

Значение паразитной емкости $C_{рк}$ может быть определено расчетным способом. При расчете $C_{рк}=C_{эб}+C_{кки2}$ значение $C_{эб}$ может быть вычислено, если известна погонная емкость испытуемого кабеля между экраном и броней, а значение паразитной емкости $C_{кки2}$ взято из 2.19.

Значение $C_{рк}$ должно быть использовано в качестве $C_{кx}$ при измерении тангенса угла потерь изоляции кабеля (раздел 7.5).

7.4 Измерение емкости C_x и тангенса угла потерь $tg\delta_x$ на 1-4 п/д

ВНИМАНИЕ! Устройство зарядное должно быть отключено от **БИ**. **Невыполнение этого требования может привести к выходу из строя Моста!**

При измерениях не должно возникать коронных разрядов!

Измерения могут выполняться при подключении объекта измерения к Мосту, как по "прямой" (нормальной), так и по "инверсной" (перевернутой) схемам.

При измерениях по "перевернутой" схеме необходимо выполнить следующие требования:

– Установить БИ и эталонный конденсатор C_0 на изолирующие подставки, рассчитанные на рабочее напряжение.

– При рабочем напряжении до 10 кВ кабели измерительные КИ1 развесить на диэлектрических стойках.

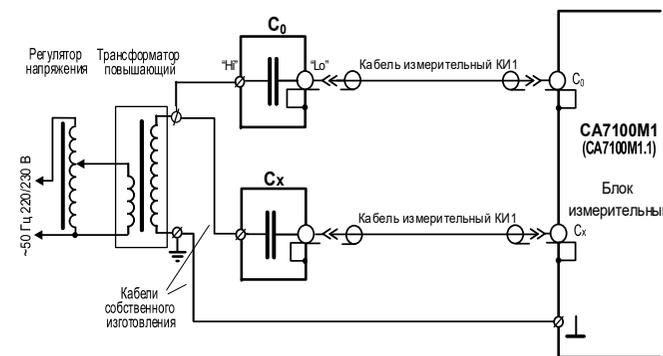
– При рабочем напряжении выше 10 кВ использовать кабели собственного изготовления с внешней изоляцией, рассчитанной на требуемое рабочее напряжение, причем плотность экрана кабеля должна быть не менее 100 %.

1) Подсоединить ПК к БИ в соответствии с рисунком 6.1.

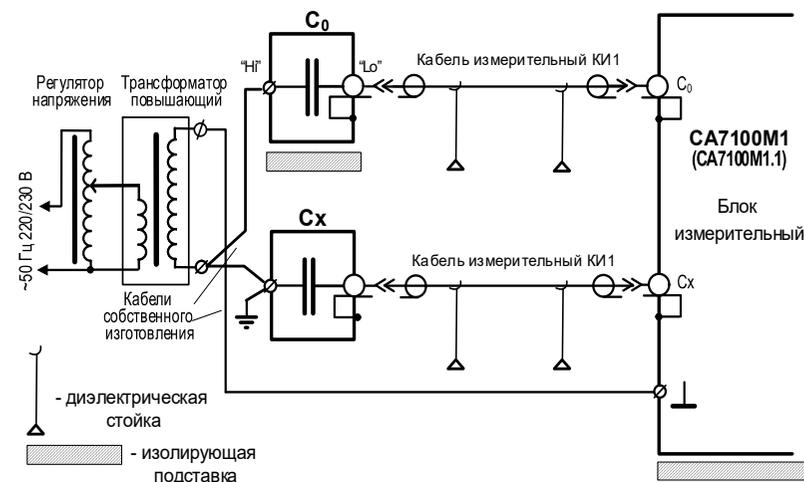
2) Подсоединить к БИ эталонный конденсатор C_0 и объект измерения C_x по "прямой" (нормальной) схеме (рисунок 7.4,а) или "инверсной" (перевернутой) схеме (рисунок 7.4,б).

3) Включить ПК.

4) Включить питание БИ, для чего запустить программу "CA7100M1" двойным щелчком мыши по иконке , расположенной на Рабочем столе ПК. На экране ПК появится диалоговое окно программы (рисунок 6.2, далее все ссылки на этот рисунок).



а) "Прямая" (нормальная) схема при измерении на 1-4 п/д



б) "Инверсная" (перевернутая) схема при измерении на 1-4 п/д

Рисунок 7.4

5) Установить автоматический выбор поддиапазона измерения. Для этого выбрать вариант "АВТО" из списка "Поддиапазон, БИ» (поз.14). Измерения на 1-4 п/д всегда выполняются в автоматическом режиме, а выбор одного из поддиапазонов используется только при проверке Моста.

6) Ввести паспортные данные эталонного конденсатора в раздел "Выбор меры C_0 " (поз.12): емкости C_0 (в пикофарадах) и $tg\delta_0$.

7) Ввести значения паразитных емкостей $C_{к0}$ и $C_{кx}$ (в пикофарадах) (поз.18). Сведения о паразитных емкостях приведены в разделе 7.2.

8) Включить режим измерения U и F, для чего щелкнуть по кнопке

Измерение U, F

(поз.7) или нажать клавишу **F7** на клавиатуре ПК.

Установить требуемое значение рабочего напряжения, регулируя величину с помощью регулятора и контролируя его значение в поле (поз.5). Если при повышении напряжения в измерительной схеме появляются коронные разряды, то необходимо снять напряжение и устранить причину их появления.

9) Включить режим измерения C_x и $tg\delta_x$, для чего щелкнуть по кнопке (поз.8) или нажать клавишу **F8** на клавиатуре ПК.

10) Результаты измерения C_x и $tg\delta_x$ отобразятся в полях (поз.3), а в таблице (поз.2) появится новая запись.

11) Для просмотра усредняемых значений результатов измерения C_x и $tg\delta_x$ щелкнуть по кнопке (поз.17).

12) После завершения измерений выключить питание БИ, для чего щелкнуть по кнопке (поз.19).

7.5 Определение тангенса угла потерь изоляции кабелей

Измерение тангенса угла потерь изоляции кабелей выполняется в соответствии с ГОСТ12179-76. Далее приводится порядок выполнения измерения тангенса угла потерь изоляции между токопроводящей жилой и экраном кабеля.

1) Разделать концы испытуемого образца кабеля, длина которого должна быть не менее 5 м, исключая длину концевых разделок.

2) Установить на концевых разделках охранные кольца и экраны, соединив их с броней кабеля, как показано на рисунке 7.5. Концевые разделки с установленными охранными кольцами и экранами должны обеспечивать отсутствие перекрытий в них в процессе измерений.

3) Подсоединить ПК к БИ в соответствии с рисунком 6.1.

4) Подсоединить к БИ эталонный конденсатор C_0 и испытуемый кабель, как показано на рисунке 7.5.

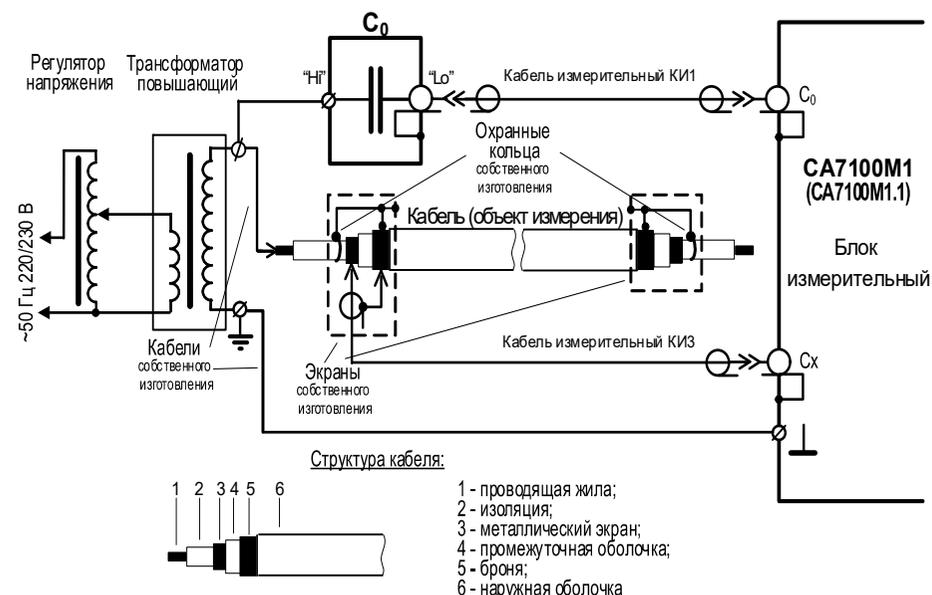


Рисунок 7.5

5) Включить ПК.

6) Включить питание БИ, для чего запустить программу "CA7100M1" двойным щелчком мыши по иконке , расположенной на Рабочем столе ПК. На экране ПК появится диалоговое окно программы (рисунок 6.2, далее все ссылки на этот рисунок).

7) Установить автоматический выбор поддиапазона измерения. Для этого выбрать вариант "АВТО" из списка "Поддиапазон, БИ" (поз.14). *Измерения на 1-4 п/д всегда выполняются в автоматическом режиме, а выбор одного из поддиапазонов используется только при поверке Моста.*

8) Ввести паспортные данные эталонного конденсатора в раздел "Установки" (поз.10): емкости C_0 (в пикофарадах) и $tg\delta_0$.

9) Ввести значения паразитных емкостей $C_{к0}$ и $C_{кх}$ (в пикофарадах) в раздел "Паразитные шунтирующие емкости" (поз.18). Сведения о паразитных емкостях приведены в разделах 7.2, 7.3.

10) Включить режим измерения U и F , для чего щелкнуть по кнопке (поз.7) или нажать клавишу **F7** на клавиатуре ПК. Установить требуемое значение рабочего напряжения, регулируя величину с помощью регулятора и контролируя его значение в поле (поз.5). Если при повышении напряжения в измерительной схеме появляются

коронные разряды, то необходимо снять напряжение и устранить причину их появления.

11) Включить режим измерения C_x и $\text{tg}\delta_x$, для чего щелкнуть по кнопке (поз.8) или нажать клавишу **F8** на клавиатуре ПК.

12) Результаты измерения C_x и $\text{tg}\delta_x$ отобразятся в полях (поз.3), а в таблице (поз.2) появится новая запись.

13) Для просмотра усредняемых значений результатов измерения C_x и $\text{tg}\delta_x$ щелкнуть по кнопке (поз.17).

14) После завершения измерений выключить питание БИ, для чего щелкнуть по кнопке (поз.19).

7.6 Измерение емкости и тангенса угла потерь на 5 и 6 п/д с использованием Расширителя диапазона CA7150

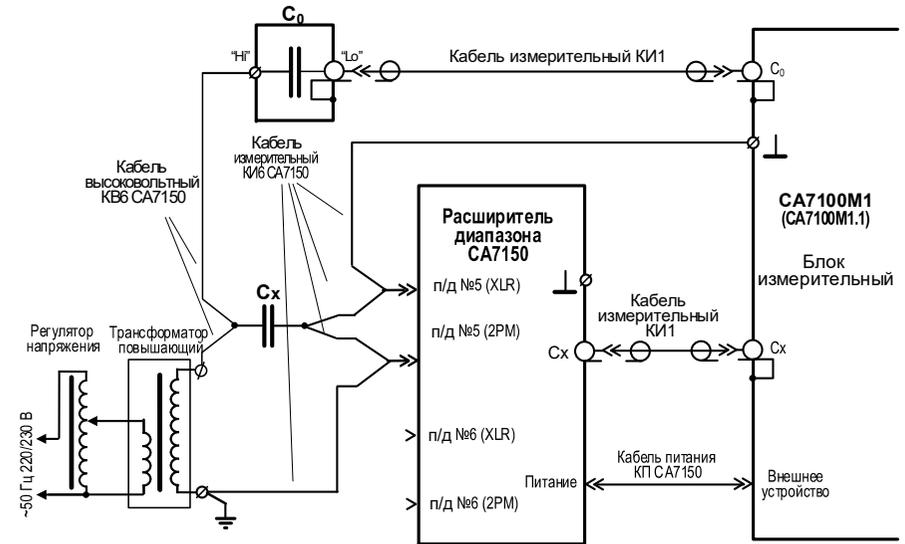
1) Подсоединить к БИ ПК в соответствии с рисунком 6.1.

2) Для проведения измерений на 5 п/д, собрать схему, показанную на рисунке 7.6,а, для измерений на 6 п/д – схему, показанную на рисунке 7.6,б.

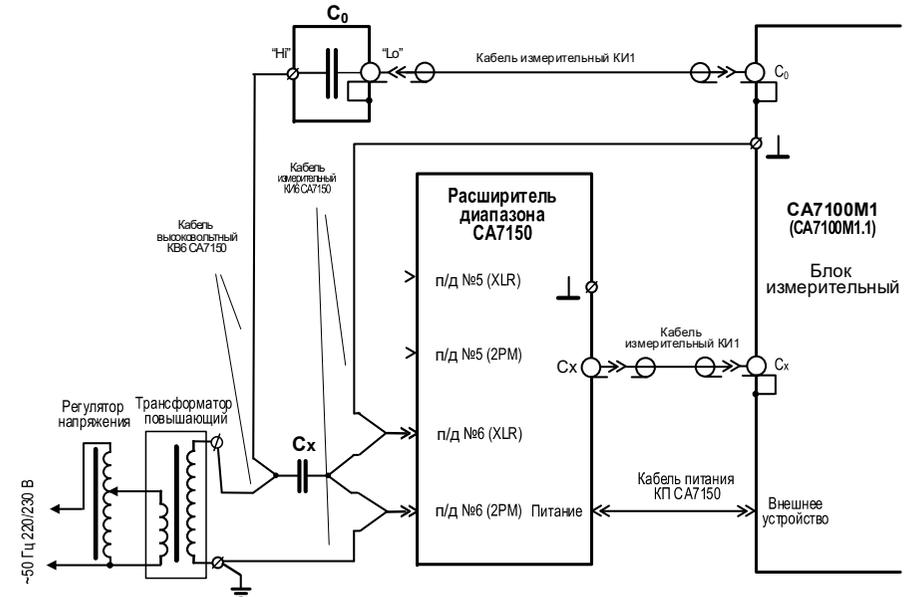
3) Включить ПК.

4) Включить питание БИ, для чего запустить программу "CA7100M1" двойным щелчком мыши по иконке , расположенной на Рабочем столе ПК. На экране ПК появится диалоговое окно программы (рисунок 6.2)

5) Установить требуемый поддиапазон измерения. Для этого выбрать вариант из списка "Поддиапазон, РД" (поз.16).



а) Схема при измерении на 5 п/д с использованием Расширителя диапазона CA7150



б) Схема при измерении на 6 п/д с использованием Расширителя диапазона CA7150

Рисунок 7.6

6) Ввести паспортные данные эталонного конденсатора в раздел "Выбор меры C_0 " (поз.12): емкости C_0 (в пикофарадах) и $tg\delta_0$.

7) Ввести значение паразитной емкости $C_{к0}$ (поз.18). При работе с Расширителем значение емкости $C_{кх}$ не используется. Сведения о паразитных емкостях приведены в разделе 7.2.

8) Включить режим измерения U и F , для чего щелкнуть по кнопке  (поз.7) или нажать клавишу **F7** на клавиатуре ПК. Установить требуемое значение рабочего напряжения, регулируя величину с помощью регулятора и контролируя его значение в поле (поз.5).

9) Включить режим измерения C_x и $tg\delta_x$, для чего щелкнуть по кнопке  (поз.8) или нажать клавишу **F8** на клавиатуре ПК.

10) Результаты измерения C_x и $tg\delta_x$ отобразятся в полях (поз.3), а в таблице (поз.2) появится новая запись.

11) Для просмотра усредняемых значений результатов измерения C_x и $tg\delta_x$ щелкнуть по кнопке  (поз.17).

12) После завершения измерений выключить питание БИ, для чего щелкнуть по кнопке  (поз.19).

8 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

8.1 Поддержание работоспособности и исправности Моста

1) К эксплуатации и обслуживанию Моста должны допускаться лица, изучившие настоящее руководство по эксплуатации и "Правила устройства электроустановок".

2) Необходимо строго соблюдать график периодических проверок или калибровок.

3) Вид контроля метрологических характеристик после ремонта и в процессе эксплуатации определяют, исходя из области применения Моста. Проверка проводится органами государственной метрологической службы или аккредитованными на право проведения поверки лабораториями. Межповерочный интервал – не более двух лет. Рекомендованный интервал между калибровками – 2 года.

4) При перерывах в использовании Моста, а также при его хранении проводить заряд аккумулятора. Заряд должен проводиться не реже одного раза в 6 месяцев. Заряд выполнять в соответствии с рекомендациями раздела 6.5.

8.2 Замена аккумулятора

В Мосте использован герметичный аккумулятор NP12-6 фирмы YUASA или его аналог.

Замена аккумулятора в течение гарантийного срока осуществляется предприятием-изготовителем или сервисной службой. При необходимости самостоятельной замены аккумулятора по истечении гарантийного срока предварительно следует получить соответствующие рекомендации, обратившись в сервисную службу:

Почтовый адрес: Россия 620049, г. Екатеринбург,
ул. Студенческая, 33

Тел.: (+7 499) 322-86-43

E-mail: info@oltestrus.ru

или на предприятие-изготовитель:

Почтовый адрес: Украина, 04128, г. Киев, а/я 33, ООО "ОЛТЕСТ"

Юридический адрес: Украина, 03056, г. Киев, пр. Победы, 37/1,
кв. 11, ООО "ОЛТЕСТ"

E-mail: info@oltest.ua

Тел.: (+380 44) 537-08-01, (+380 44) 227-66-65, (+380 44) 331-46-21

Ремонт измерительных кабелей КИ1, КИ2, КИ3 и КИ4

При ремонте кабелей следует учитывать, что центральная жила кабеля должна быть подпаяна к соединенным между собой контактам №1 и №2 разъема типа XLR, а экран кабеля – к соединенным между собой контакту №3 и корпусному выводу этого разъема.

9 ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ

1) Мост в упаковке изготовителя может транспортироваться в крытых транспортных средствах любым видом транспорта, самолетом – в отопляемых герметизированных отсеках.

2) При транспортировке Моста необходимо соблюдать меры предосторожности.

3) Во время погрузочных и разгрузочных работ при транспортировке Мост не должен подвергаться воздействию атмосферных осадков.

4) Условия хранения Моста в упаковке предприятия-изготовителя должны соответствовать условиям хранения 1 по ГОСТ 15150-69.

5) В помещениях для хранения Моста содержание пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию не должно превышать содержание коррозионно-активных агентов для атмосферы типа 1 по ГОСТ 15150-69.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Комплект аппаратуры для измерения емкости и тангенса угла потерь кабелей высоковольтных.

Назначение

Комплект предназначен для:

- измерения емкости и тангенса угла потерь высоковольтных кабелей в испытательном зале, территориально разделенном на 3 поля (при использовании дополнительной комплектации согласно таблице 3.3);
- измерения емкости и тангенса угла потерь в полевых условиях (при использовании измерительных и высоковольтных кабелей, входящих в комплект CA7150).

Измерение емкости и тангенса угла потерь в одном из трех измерительных полей.

Внимание! Измерения проводить для тока объекта, не превышающего 3 А. Это ограничение определяется характеристиками высоковольтных и измерительных кабелей, входящих в состав измерительных схем.

На рисунках 1 – 3 показано размещение оборудования для измерения емкости и тангенса угла потерь в одном из трех измерительных полей.

Используемые аббревиатуры:

БПВВ – блок подключения высоковольтный;

БПНВ - блок подключения низковольтный;

КИ – кабель измерительный;

КВ – кабель высоковольтный;

ВОК – волоконно-оптический кабель;

КП – кабель присоединительный;

КЗ – кабель заземления;

ПД – поддиапазон измерения.

Мобильная стойка на колесах, в которой установлены блок измерительный моста высоковольтного CA7100M1, расширитель диапазона CA7150, БПНВ (Поле №1) и конденсатор измерительный высоковольтный КГИ 42-1-50, постоянно расположены в поле 1.

БПВВ и БПНВ предназначены для быстрого подключения/отключения измерительных кабелей.

Для подачи рабочего напряжения на высоковольтный конденсатор используются кабели КВ7, подключенные к БПВВ соответствующего поля (номер поля указан на БПВВ).

Для обеспечения безопасности БПВВ в полях, в которых не ведутся измерения, а также БПВВ соответствующих полей в поле 1 должны быть заземлены кабелями КЗ.

Внимание! В случае прекращения измерений на любом из полей, БПВВ этих полей должны быть заземлены посредством кабелей заземления (далее – КЗ), входящих в комплект поставки.

Внимание! Экраны кабелей КВ8 обязательно должны быть заземлены.

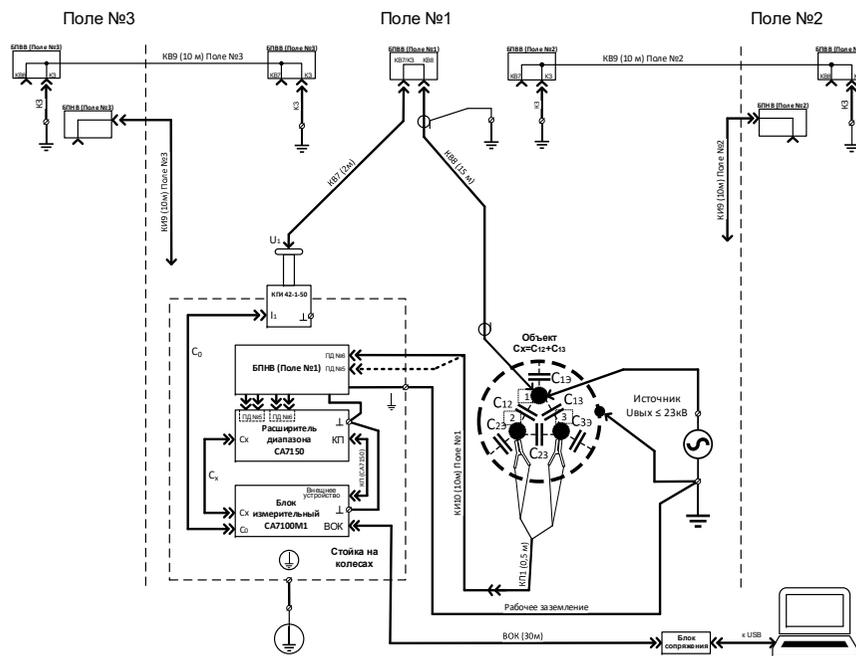
На рисунках 1 – 3 указаны наименования подключаемых кабелей и для справки дана их длина.

Для передачи тока объекта измерения, расположенного на поле 2 или поле 3 к стойке, БПНВ используются совместно с измерительными кабелями КИ9 и КИ10. Для проведения измерения в поле 1 применяется один измерительный кабель – КИ10.

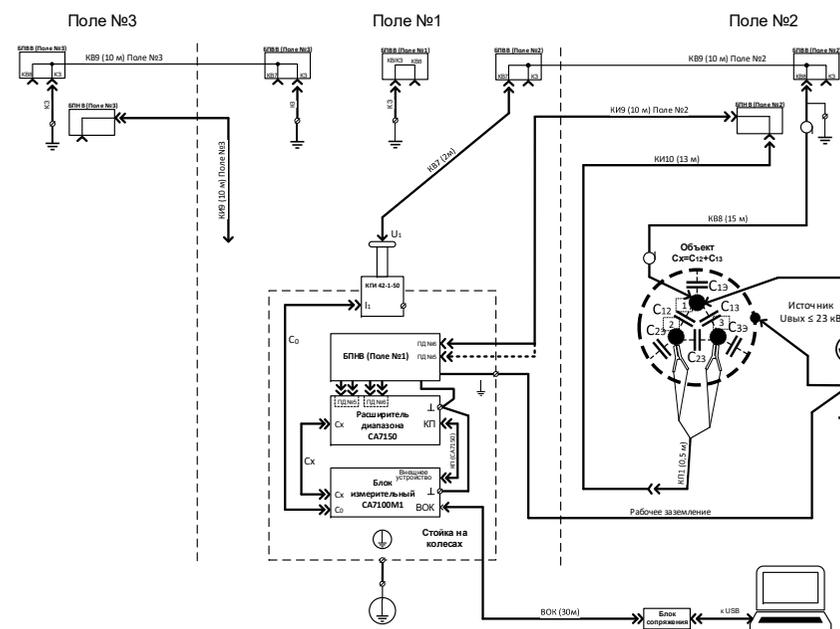
Измерительные кабели КИ10 в месте подключения к объекту измерения снабжены кабелем переходным КП1 для удобства соединения между собой двух жил проверяемого трехжильного высоковольтного кабеля.

Внимание! Для обеспечения работоспособности оборудования следует перед подачей высокого напряжения контролировать надежное подключение кабеля «Рабочее заземление».

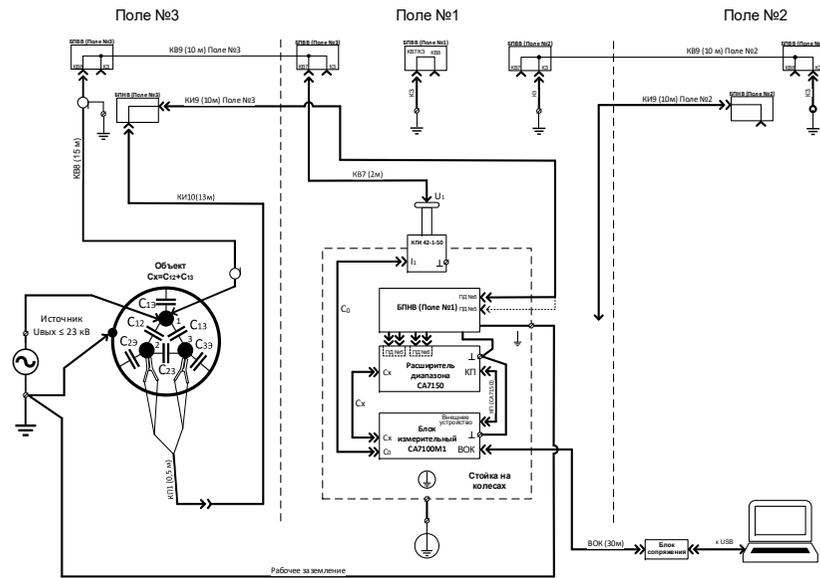
Внимание! При проведении измерений кабель заземления должен быть подключен к броне проверяемого кабеля.



Измерение емкости и тангенса угла потерь параллельно соединенных участков изоляции C_{12} и C_{13} высоковольтного кабеля в поле 1
Рисунок 1

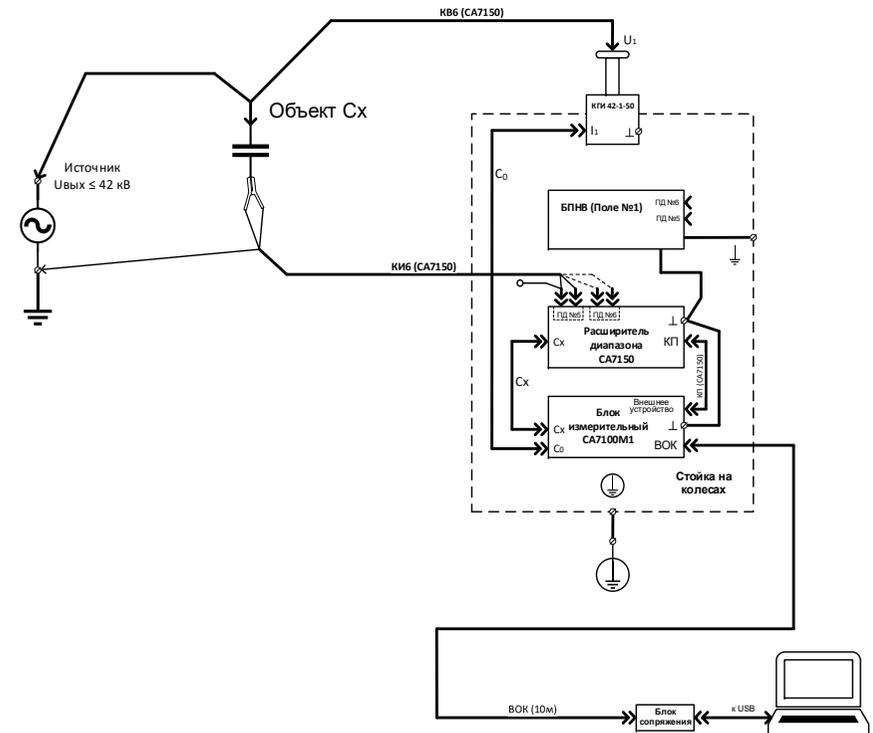


Измерение емкости и тангенса угла потерь параллельно соединенных участков изоляции C_{12} и C_{13} высоковольтного кабеля в поле 2
Рисунок 2



Измерение емкости и тангенса угла потерь параллельно соединенных участков изоляции C_{12} и C_{13} высоковольтного кабеля в поле 3
Рисунок 3

Измерения емкости и тангенса угла потерь в полевых условиях. Эта схема измерения может применяется для измерения тока объекта до 50 А. В этой схеме измерения используются кабели, входящие в комплект расширителя диапазона CA7150.



Измерения емкости и тангенса угла потерь в полевых условиях
Рисунок 4