Холдинговая компания «ЭМЗ»

Ф. М. Девкин

ИЗМЕРЕНИЕ ТАНГЕНСА УГЛА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ЛАБОРАТОРИЯХ СЕРИИ ЛВИ HVT

практическое пособие

Ярославль 2008 г.

П О Л Ь З О В А Т Е Л Ю Л В И H V T

ББЛ 65./-18

ДЕВКИН Ф.М. ИЗМЕРЕНИЕ ТАНГЕНСА УГЛА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ЛАБОРАТОРИЯХ СЕРИИ ЛВИ HVT. Практическое руководство. Ярославль: Холдинговая компания ЭМЗ. 2008.

В настоящем пособии приводится описание, порядок работы с приборами для измерения тангенса угла диэлектрических потерь и емкости высоковольтной изоляции, а также методы контроля состояния вводов высоковольтных трансформаторов.

Технический и справочный материал позволяет использовать пособие не только для учебных целей, но и для практической работы. Здесь приведены данные по новым разработкам в области измерения диэлектрических потерь, рассматривается работа блока ИДП в составе лаборатории серии ЛВИ HVT.

Книга предназначена для инженерно-технических работников энергетических служб, для ремонтного и эксплуатационного персонала, работающего на лабораториях высоковольтных испытаний (ЛВИ HVT) производства холдинговой компании «ЭМЗ» (Ярославский электромеханический завод) и для студентов техникумов.

Издание пособия второе, переработанное коллективом авторов СКТБ компании, возглавляемых руководителем группы высоковольтных испытаний и измерений Дивногорцевым Владимиром Леонидовичем. Сотрудники СКТБ в память о талантливом инженере отдела Девкине Федоре Михайловиче, написавшим первое издание настоящего пособия, сохраняют за ним авторство этой книги.

© Холдинговая компания ЭМЗ, 2008-29-09

ISBN 5-87555-083-12

Оглавление

1	**Введение**	4
	Приборы для измерения tg δ	11
2	**Мост переменного тока Р5026 М**	11
2.1	Краткая теория, принцип работы и устройство моста	11
2.2	Проведение измерений tg δ мостом Р5026	15
3	**Измеритель параметров изоляции Вектор – 2.0 М и лаборатории серии ЛВИ HVT**	28
3.1	Назначение	28
3.2	Технические характеристики	30
3.3	Указание мер безопасности	31
3.4	Устройство и работа	33
4	**Мосты переменного тока высоковольтные автоматизированные СА7100**	40
4.1	Назначение и область применения	40
4.2	Технические характеристики	42
4.3	Устройство и принцип работы моста	48
4.4	Подготовка моста к работе	53
4.5	Работа с мостом при управлении от БУ	53
4.6	Работа с мостом при управлении от ПК	57
4.7	Автономная работа с БУ	63
4.8	Схемы включения оборудования при проведении измерений параметров изоляции трансформаторов напряжения, трансформаторов тока и маслонаполненных вводов	65
5	**Работа измерителей тангенса угла диэлектрических потерь в составе компьютеризированной ЛВИ**	81
6	**Оборудование для измерения tg δ объектов с большой емкостью на сверхнизкой частоте**	84
7	**Общие требования безопасности**	86
7.1	Организационные меры по обеспечению электробезопасности	86
7.2	Первая помощь пострадавшему от поражения электрическим током	91

1. Введение

Использование электрической энергии в хозяйственной деятельности вызывает необходимость обслуживания объектов, выполняющих функции ее преобразования и доставки потребителям. К таким объектам относятся различного рода трансформаторные подстанции, переключающие устройства, а также линии электропередачи.

При обслуживании объектов энергетики требуется проведение испытаний изоляции электрооборудования высокого напряжения, применяемых при эксплуатационном контроле для определения работоспособности и уровня надежности объектов по рабочим параметрам: испытание приложением напряжения постоянного и переменного тока, а также измерение диэлектрических характеристик изоляции.

Испытания путем приложения напряжения и измерение диэлектрических характеристик (сопротивления, tg δ и емкости изоляции) относятся к тестовым методам контроля, при этом испытывается выведенный из работы (отключенный) объект, а источником испытательного напряжения является специальная испытательная установка (измерительное устройство).

Повышение эффективности диагностирования может быть достигнуто испытанием изоляции под воздействием эксплуатационных нагрузок (напряжения, температуры). Это обеспечивает выявление основных дефектов на ранних стадиях их развития. Эффективность контроля может быть повышена и за счет увеличения частоты испытаний, так при этом увеличивается вероятность своевременного обнаружения быстро развивающихся повреждений. Имеется также возможность выявления зависимостей наблюдаемых параметров от времени, температуры и других эксплуатационных факторов; такие зависимости позволяют более точно оценить характер и опасность дефекта.

Ввиду раннего выявления дефектов уменьшается ущерб от повреждений оборудования. Снижаются затраты на контроль: не надо выводить из работы все оборудование, отключается лишь то, в котором при испытаниях под напряжением выявлены дефекты. Стационарные схемы измерений и отсутствие необходимости в подготовке оборудования к испытаниям позволяют уменьшить трудозатраты на их проведение.

Контроль изоляции оборудования, находящегося под напряжением, выполняется с помощью специальной оснастки. При этом улучшаются условия труда персонала, ибо уменьшается объем работ, проводимых в зоне интенсивных полей на месте установки оборудования, и обеспечивается высокая безопасность проведения испытаний.

Система диагностирования без отключения оборудования создает возможность перехода к современной, более эффективной стратегии его обслуживания — по техническому состоянию. При этом экономический эффект определяется не только снижением аварийности оборудования, но и уменьшением затрат на проведение периодических планово-предупредительных ремонтов.

Применяются следующие системы контроля:

- периодический контроль состояния изоляции с помощью переносных измерительных устройств;
- автоматический контроль состояния изоляции с сигнализацией об опасном (предаварийном) ее ухудшении. При этом измерительные устройства устанавливаются на стационарном пульте контроля изоляции.

Система автоматического контроля может быть применена в составе АСУ-ТП подстанции. В этом случае на устройства АСУ-ТП возлагается управление измерениями, оценка их результатов и формирование сообщения о техническом состоянии объекта контроля.

Одним из наиболее эффективных методов оценки качества изоляции высоковольтного оборудования является измерение тангенса угла диэлектрических потерь высоковольтной изоляции.

Метод испытания высоковольтной изоляции объектов энергетики путем измерения tg δ их изоляции имеет значительные преимущества по сравнению с методом испытания высоким напряжением.

Во-первых, этот метод не причиняет вреда изоляции, так как испытательное напряжение ниже рабочего, во-вторых, имеется возможность прогнозировать состояние изоляции путем ведения статистических наблюдений в течение длительного периода времени (результаты измерений tg δ заносятся в протокол и хранятся в течение всего времени эксплуатации оборудования). При резком увеличении tg δ , по сравнению с предыдущим измерением можно сделать вывод, что оборудование нуждается либо в ремонте, либо в замене.

Анализ существующего состояния объектов энергетики России свидетельствует, что значительная их часть находится в эксплуатации более 30 лет и оснащена морально и физически устаревшим оборудованием. Необходимость эксплуатации и поддержания в рабочем состоянии этого оборудования делает проблему оценки состояния качества изоляции высоковольтных объектов еще более значимой.

Оценка передовых технологий российских и зарубежных ученых и энергетиков, а также опыт промышленно развитых стран, нашли свое отражение в создании передвижных лабораторий, предназначенных для комплексных испытаний и обследования состояния высоковольтных объектов энергетики.

Функциональные возможности лаборатории могут быть существенно расширены путем включения в ее состав разнообразного диагностического оборудования. Как показала практика, применение лабораторий подобного типа энергокомпаниями, ведущими взвешенную техническую политику, приводит к существенному снижению эксплуатационных затрат.

Инструмент для выполнения перечисленных работ – **лаборатории высоковольтных испытаний (ЛВИ).**

Лаборатория высоковольтных испытаний - это единый испытательный комплекс, который позволяет решать ряд задач:

- высоковольтные и низковольтные испытания и измерения;
- обеспечение безопасности персонала при эксплуатации ЛВИ.

Для испытания высоковольтной изоляции обьектов энергетики путем измерения tg δ испытательные лаборатории производства Холдинговой компании «ЭМЗ» оснащены блоком измерения диэлектрических потерь высоковольтной изоляции ИДП-10 различных модификаций, в зависимости от типа применяемого измерительного прибора.

На рис.1.1 показан салон лабораторий ЛВИ-3, выпускаемых компанией до 2000 года и эксплуатируемых во многих энергохозяйствах по сегодняшний день. Выноской с цифрой 1 обозначено положение стойки ИДП-10 в салоне, а выноской с цифрой 2 - положение моста переменного тока Р5026М в стойке ИДП-10.

Рис. 1.1

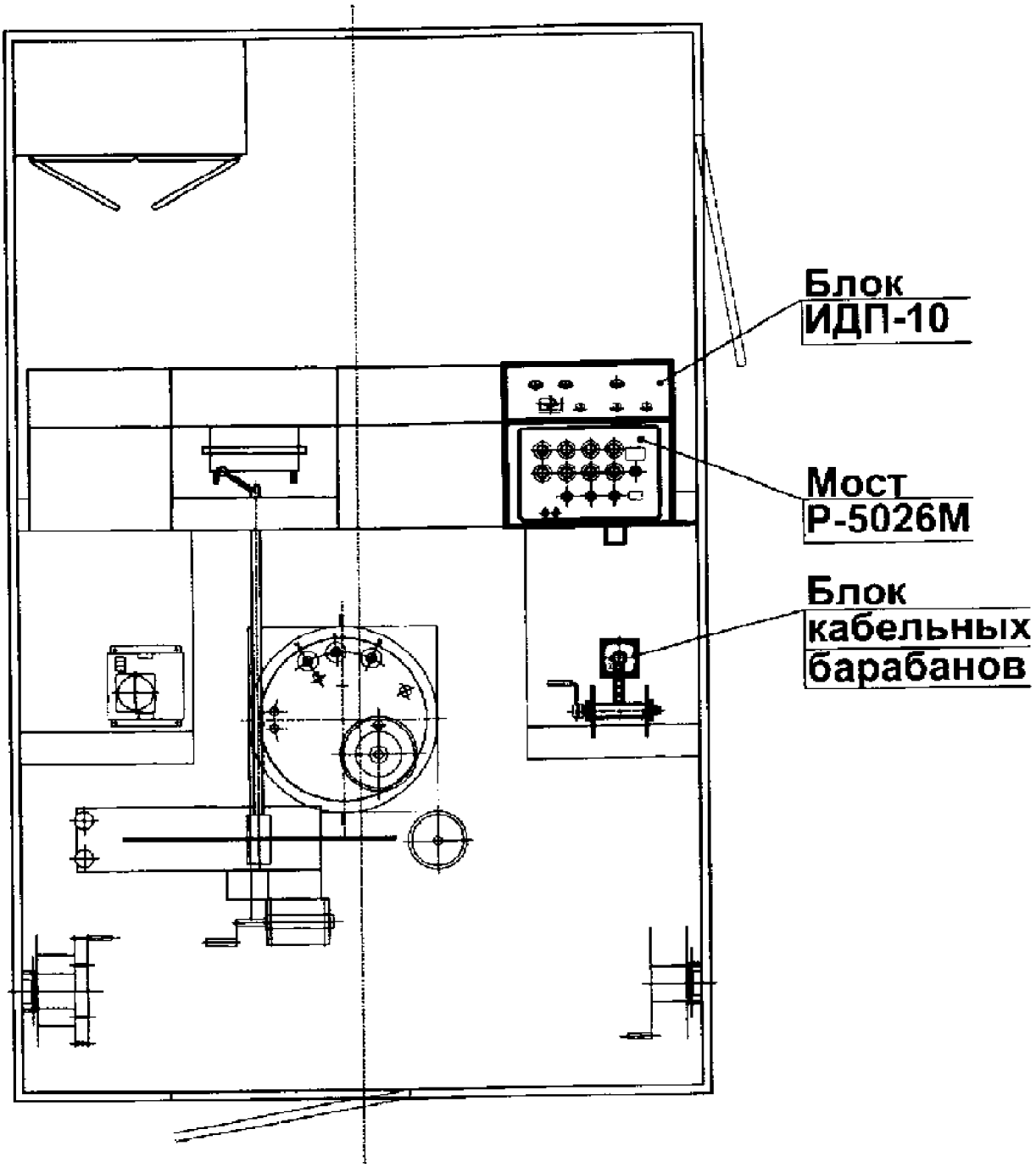


Рис.1.2

На рис.1.2 изображена планировка рабочего отсека и отсек а оператора лаборатории ЛВИ-3, а также указано место расположения блока ИДП-10, приборов для измерения емкости и тангенса диэлектрических потерь, высоковольтного переключателя и блока кабельных барабанов.

На рис. 1.3 изображен блок ИДП-10 стоечного исполнения для лаборатории ЛВИ-3 в комплекте с мостом переменного тока Р-5026М

Рис.1.3

Собственно говоря, измерения производятся с помощью моста переменного тока Р-5026М, а остальные компоненты блока ИДП-10 обеспечивают необходимые режимы измерений.

В нижней части модуля ИДП-10 установлены высоковольтный трансформатор, необходимый для получения рабочего напряжения до 10 кВ, и образцовый конденсатор Р5023 из комплекта моста Р-5026М.

Над ними – переключатель схемы измерения «прямая – перевернутая». Переключатель ножевого типа – при повороте выведенной на переднюю панель блока

рукоятки находящиеся на одной оси с ней контактные ножи поворачиваются, замыкая неподвижные контакты, установленные на электроизоляционной панели.

В верхней части модуля установлен силовой блок с сосредоточенными в нем элементами коммутации и защиты, а также автотрансформатором для подъема рабочего напряжения.

На вершине модуля, за панелью управления, имеется ниша для установки моста Р-5026М.

Для обеспечения снятия электрического заряда с объекта измерения на блоке имеется собственный замыкатель, установленный на задней стенке модуля. Привод замыкателя осуществляется электромагнитом. Замыкатель оснащен блокировкой по высокому напряжению.

Органы управления и индикации, расположенные на панели управления:

- киловольтметр для контроля рабочего напряжения,
- переключатель фазы,
- кнопки включения и выключения высокого напряжения,
- световые индикаторы включения сети и высокого напряжения.

На Рис.1.4 представлен внешний вид пульта управления выпускаемых в настоящее время лабораторий серии ЛВИ-HVT.

Рис.1.4

В лабораториях данного типа применены наиболее современные цифровые компьютеризированные мосты СА7100. Основной блок моста, измерительный, который во время работы при обратной схеме измерения может находиться под высоким напряжением, находится в высоковольтном отсеке ЛВИ в непосредственной близости от нагрузочного высоковольтного трансформатора, переключателя схемы измерения и выходных кабельных барабанов (см. рис.1.5). Со своим блоком управления, находящемся в отсеке оператора, он связан оптоволоконным кабелем. Указанные технические решения повышают удобство работы и гарантируют максимальную безопасность обслуживающего персонала.

Рис.1.5

Приборы для измерения tg δ

В данном разделе приведены основные сведения о принципе работы и устройстве наиболее хорошо зарекомендовавших себя мостов переменного тока для измерения диэлектрических параметров высоковольтной изоляции.

2. Мост переменного тока Р5026 М

2.1 КРАТКАЯ ТЕОРИЯ, ПРИНЦИП РАБОТЫ И УСТРОЙСТВО МОСТА

Объект испытания - это емкость, которая определяется геометрией обьекта испытания, а tg δ определяется состоянием диэлектрика. В свою очередь состояние диэлектрика зависит от процесса поляризации.

Поляризация изоляции бывает быстрая и медленная. Быстрая поляризация возникает в момент приложения напряжения и исчезает после его снятия. Медленная поляризация носит необратимый характер и связана с постепенным старением изоляции, вплоть до выхода ее из строя.

tg δ - это отношение активной составляющей мощности, выделяющейся в изоляции, к реактивной. Активная составляющая мощности - это ток сквозной проводимости, который нагревает изоляцию, разлагает ее и сокращает срок службы. Реактивная составляющая мощности характеризует запасенную изоляцией энергию, которой изоляция обменивается с источником переменного напряжения.

Мост Р5026М измеряет емкость и tg δ в последовательной схеме замещения изоляции емкостью С и сопротивлением R. В этой схеме замещения активная и реактивная мощности и tg δ
подсчитываются через ток по формулам:

$$\operatorname{tg}\delta = P/Q; \qquad P = I^2 Rx: \qquad Q = I^2 / C_x \Omega: \qquad \operatorname{tg}\delta = \Omega C_x R_x:$$

Рассмотрим схему, приведенную на рис. 2.1. Это схема моста переменного тока Шерринга, по которой построен мост Р- 5026М.

Сделаем допущение:

$$Z_1 >> Z_3 \qquad\qquad Z_2 >> Z_4$$

В этом случае токи $I_э$ и I_x, текущие через плечи моста зависят лишь от параметров обьекта измерения и эталонной емкости, а разность потенциалов между точками 3 и 4 полностью определяется параметрами Z_3 и Z_4.

Если емкость магазина $C_4 = 0$, то ток I э совпадает по фазе с напряжением U_4, а так как магазин сопротивлений Z_3 чисто активный, то ток I_x совпадает по фазе с напряжением U_3.

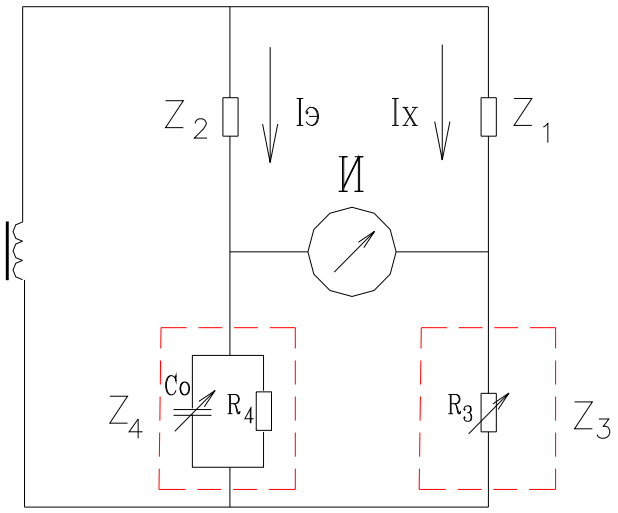


Рис. 2.1

Процесс уравновешивания моста графически представлен на рис. 2.2 и происходит следующим образом:

- так как мы допустили, что $C_4 = 0$, то магазин емкости C_4 оставляем в нулевом положении;

- изменяя сопротивление магазина R_3 мы меняем модуль $/U_3/$ до тех пор, пока вектор $U_д$ будет перпендикулярен вектору U_3;

- затем путем изменения значения магазина C_4 изменяем фазу вектора U_4 до совпадения с вектором U_3;

- окончательная операция - это изменение в небольших пределах сопротивления магазина R3 для того, чтобы уравнять значения потенциалов в точках 3 и 4 ($U_3 = U_4$). После выполнения этих операций процесс уравновешивания можно считать оконченным. Затем необходимо рассчитать tg δ по формулам, приведенным в техническом описании на мост Р-5026 либо приведенным в таблице 2.1.

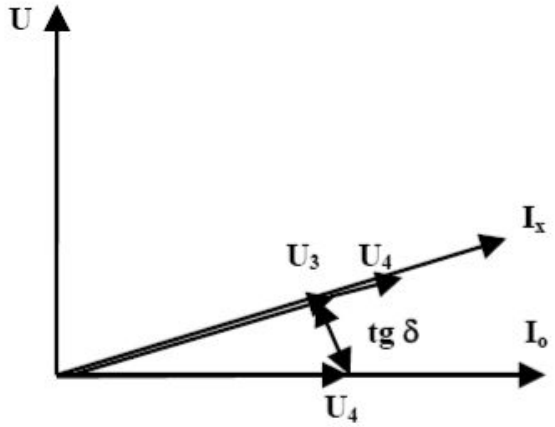


Рис.2.2

Таблица 2.1

Диапазон измерений		Предел допускаемого значения основной погрешности при измерениях		Диапазон рабочих напряжений, кВ	Состав схемы	Наименование схемы измерений	Положение переключателя R_4	Формулы подсчета:		Максимальный ток, А	Положение переключателя диапазонов	Сопротивление шунта N
Cx, пФ	$tg\delta_x$, %	емкости, %	тангенса угла диэлектрических потерь, %					C_x, мкФ	$tg\,\delta_x$, %			
10 – 1000	0.01 – 10	$\pm\frac{2.5}{U}$	$\pm\left[\frac{0.05}{U}\cdot tg\delta+\frac{0.1}{U}\right]$	2 – 5	P5026M, P5023, Ф5122	"Прямая"	318.3 Ω	$\frac{R_4}{R_3}\cdot C_0$	$10\cdot C_4$	$3\cdot10^{-3}$	1	
		± 0.5	$\pm\left[\frac{0.01}{U}\cdot tg\delta+\frac{0.02}{U}\right]$	5 – 10								
100 – 11000	0.01 – 100	$\pm\frac{1.2}{U}$	$\pm\left[\frac{0.015}{U}\cdot tg\delta+\frac{0.03}{U}\right]$	1 – 3			3183 Ω		$100\cdot C_4$	0.03		
		± 0.4	$\pm\left[\frac{0.005}{U}\cdot tg\delta+\frac{0.01}{U}\right]$	3 – 10								
11000 – 20000		$\pm\frac{1.2}{U}$	$\pm\left[\frac{0.015}{U}\cdot tg\delta+\frac{0.03}{U}\right]$	1 – 3				$\frac{R_4}{R_3}\cdot C_0'\,\frac{150+R_3'}{N}$		0.3	2	15.915Ω
		± 0.4	$\pm\left[\frac{0.005}{U}\cdot tg\delta+\frac{0.01}{U}\right]$	3 – 10								
$2\cdot10^4$ – $1.1\cdot10^5$		$\pm\frac{1.2}{U}$	$\pm\left[\frac{0.015}{U}\cdot tg\delta+\frac{0.03}{U}\right]$	1 – 3					$100\cdot C_4-\frac{0.7}{R_3}$			
		± 0.4	$\pm\left[\frac{0.005}{U}\cdot tg\delta+\frac{0.01}{U}\right]$	3 – 5								
$1.1\cdot10^5$ – 10^6	0.05 – 100	$\pm\frac{3}{U}$	$\pm\left[\frac{0.075}{U}\cdot tg\delta+\frac{0.06}{U}\right]$	1 – 3						1.5	3	1.5915Ω
		± 1	$\pm\left[0.025\cdot tg\delta+0.02\right]$	3 – 5								
100 – 11000	0.5 – 100	± 2	$\pm\left[0.05\cdot tg\delta+0.2\right]$	1 – 10	P5026M, P5023	"Прямая", перевернутая	3183 Ω	$\frac{R_4}{R_3}\cdot C_0$	$100\cdot C_4$	0.03	1	
$1.1\cdot10^4$ – $1.1\cdot10^5$								$\frac{R_4}{R_3}\cdot C_0'\,\frac{150+R_3'}{N}$		0.3	2	15.9 Ω
$1.1\cdot10^5$ – 10^6										3	3	1.59 Ω
$5.5\cdot10^5$ – $5\cdot10^6$	0.5 – 500	± 5	$\pm\left[0.1\cdot tg\delta+0.5\right]$	0.5 – 1			15915Ω		$500\cdot C_4$	0.3		

В лабораториях серии ЛВИ мост Р - 5026М встроен в блок ИДП - 10. Внутри блока рядом с высоковольтным трансформатором закреплен **образцовый высоковольтный конденсатор Р5023**, входящий в комплект моста. Схематичное изображение конденсатора показано на рис.2.3.

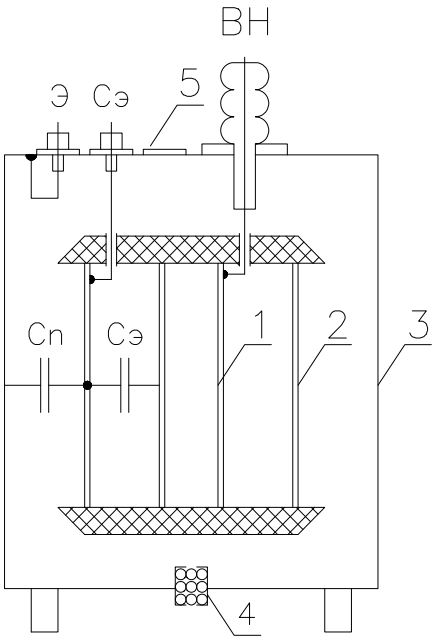


Рис.2.3

На рисунке показаны следующие элементы конструкции конденсатора;

1) металлический цилиндр, это внутренняя обкладка воздушного конденсатора;

2) металлический цилиндр, охватывающий цилиндр 1, это внешняя обкладка конденсатора;

3) металлический герметичный корпус;

4) патрон с силикагелем. В начале эксплуатации надо открыть отверстие, через которое воздух снаружи будет проникать в корпус конденсатора.

На рис.2.3 показаны также: эталонная ёмкость Сэ и ёмкость конструкции Сп. Емкость Сп образована внутренней обкладкой эталонного конденсатора и металлическим корпусом, величина этой ёмкости - около 100 пФ. В схеме измерений ёмкость Сп оказывается присоединённой параллельно сопротивлению Z_4 моста и складывается с ёмкостью C_4. Однако при измерениях на подстанциях такая добавка никакого практического значения не будет иметь, и можно не обращать внимания на паразитную ёмкость эталонного конденсатора.

2.2 ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ tgδ МОСТОМ Р-5026.

В высоковольтном отсеке расположен изолированный блок кабельных барабанов блока ИДП - 10, который состоит из барабана с экранированным кабелем и барабана с проводом ПВВ (длина кабелей 25 м). При испытании изоляции объектов энергетики подключение блока ИДП- 10 к объекту испытания может производиться по “прямой” или “перевернутой” схемам.

По “прямой” схеме испытываются:

- высоковольтные вводы 110 кВ и выше, имеющие измерительный вывод;
- конденсаторы связи;
- трансформаторы тока.

По “перевернутой” схеме испытываются:

- обмотки силовых трансформаторов;
- дополнительная обкладка вводов 110 кВ и выше;
- трансформаторы тока, если низковольтные выводы не отсоединены.

При испытаниях по “прямой” схеме подключение к объекту испытания производится следующим образом:

- подключение высокого напряжения ведется проводом ПВВ с изолированного барабана. Его изоляция выдерживает испытательное напряжение до 10 кВ.
- подключение низкопотенциальной части моста (разъем с маркировкой “Сх“) к объекту испытания производится экранированным кабелем. Экран кабеля соединяется с точками Э и Д моста Р5026М.

При испытаниях по “перевернутой” схеме высокое напряжение подается экранированным кабелем. Центральная жила кабеля подключается к точкам Д и Э моста, а экран кабеля подключается к точкам Со и Сх моста Р 5026М и заземляется. Изолированный барабан с проводом ПВВ при измерениях по “перевернутой “ схеме не используется.

При испытаниях по “перевернутой” схеме надо строго соблюдать правила техники безопасности, так как внутренняя часть моста, защищенная экраном, находится под высоким напряжением.

Упрощенная схема замещения изоляционной конструкции ввода может быть представлена в виде нескольких последовательно соединенных конденсаторов (рис.2.4).

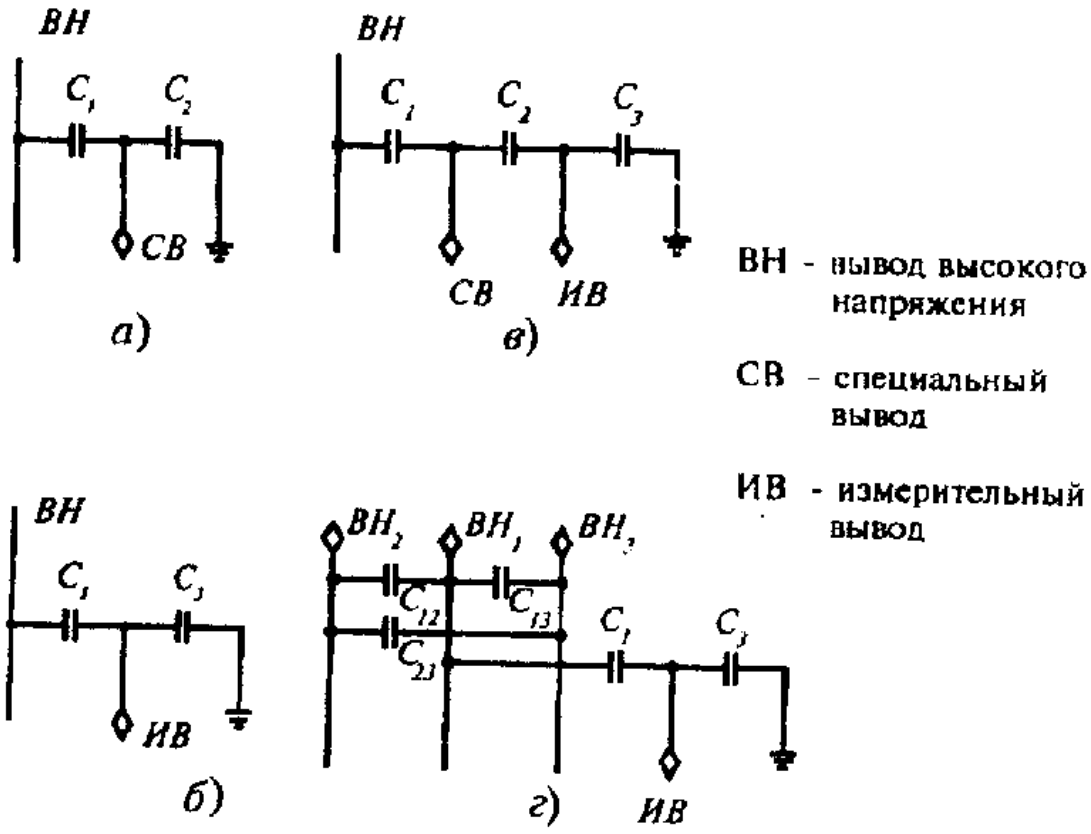


Рис.2.4.Схемы замещения вводов:
а - ввод со специальным выводом (для ПИН);
в - ввод со специальным и измерительным выводами;
г - трех зажимный ввод.

Емкость, tg δ и сопротивление этих конденсаторов эквивалентны характеристикам соответствующих зон изоляции ввода. Емкость C_1 соответствует основной изоляции остова ввода; емкость C_2 определяет характеристики зоны изоляции, используемой для устройства ПИН (конденсатор ПИН); емкость C_3 эквивалентна емкости последней обкладки остова относительно соединительной втулки (емкость наружных слоев изоляции).

Рассматриваются лишь зоны изоляции, характеристики которых могут быть измерены в условиях эксплуатации, т.е. зоны, ограниченные электродами к выводам от которых имеется доступ (выводы ВН СВ или ИВ для зоны C_1, выводы СВ и ИВ для зоны C_2 и вывод ИВ для зоны C_3.).

Следует учитывать, что изоляционная конструкция ввода имеет еще ряд частичных емкостей относительно других его элементов и окружающих предметов, Эти емкости образуют так называемые паразитные связи, влияющие на результаты измерений. В частности, емкость остова относительно фарфоровой покрышки может привести к

несопоставимым результатам измерений в зависимости от состояния поверхности покрышки (степени ее загрязнения и увлажнения). Аналогичная погрешность может возникнуть из-за близко расположенной лестницы, при помощи которой собирали схему измерений, а также при контроле ввода в транспортной таре и т.п. Влияют и частичные емкости относительно обмотки трансформатора или дугогасящих элементов выключателя.

Указанные причины могут привести к различным результатам измерений одной и той же зоны изоляции, проведенных при разных условиях или схемах измерительной установки. Поэтому основным правилом, обеспечивающим получение сопоставимых данных, является проведение измерений в стабильных условиях и при одинаковых схемах измерительной установки.

К оптимальным условиям измерений относятся:

- положительная температура окружающего воздуха и изоляции (20 - 10°С);
- сухая погода (относительная влажность воздуха не более 80%);
- чистая наружная поверхность изоляции;
- отсутствие посторонних предметов вблизи ввода (на расстоянии, меньшем 1,5-2 м для отдельно стоящего ввода).

Ограниченный диапазон температур выбран исходя из того, что в нем температурные изменения контролируемых параметров находятся в допустимых пределах и отпадает необходимость в последующем приведении к нормальным условиям. При некоторых дефектах температурная зависимость параметров существенно возрастает, и это является диагностическим признаком. В этих случаях необходимо производить измерения в широком диапазоне температур (как правило, при наибольшей возможной и при температуре окружающего воздуха, но не ниже чем 10°С).

В целях исключения недопустимых погрешностей измерения, вызванных паразитными связями, при контроле отключенного ввода следует использовать установку экранов (бандажей), соединяемых с экраном измерительной схемы. Должны применяться схемы измерений, уменьшающие уровень токов влияния в измерительном устройстве и методы, исключающие погрешности измерений, вызванные этими токами. Рекомендуемые схемы измерений выбраны исходя из этих требований.

Измерение сопротивления изоляции отключенного ввода производится мегаомметром при напряжении 2500 В. Верхний предел измерений мегаомметра не менее 10000 МОм.

Перед измерением, особенно при повторных приложениях напряжения, контролируемая зона должна быть закорочена не менее чем на 5 мин для снятия остаточного (абсорбционного) заряда. Отсчет показаний мегаомметра производится через 60 с после подачи напряжения на объект; отсчет через 15 с производится лишь в случае определения коэффициента абсорбции (R_{60}/R_{15}).

Основные схемы измерений приведены в табл. 2.2.

При прямой схеме измерений зоны C_1 контролируется главная изоляция (остов). Для реализации этой схемы приходится снимать с ввода ошиновку, т.к. большой ток

влияния, стекающий через источник напряжения мегаомметра, может привести к недопустимым погрешностям измерений. Поэтому предусмотрено совместное измерение зон C_1 и C_3 (C_2) при перевернутой схеме измерительного устройства (без отключения шин). В этой схеме заземление ошиновки существенно снижает уровень помех от токов влияния. Схема рекомендуется для общей оценки состояния изоляции,

Для исключения погрешности измерений сопротивления изоляции зон C_2 и C_3 проводимых при перевернутой схеме, предусмотрено экранирование; на поверхности соответствующих изоляторов (СВ или ИВ) устанавливаются бандажи, соединяемые с выводом “Э” мегаомметра (рис.2.5 и 2.6).

Измерение tg δ и емкости изоляции производится, как правило, мостовым методом. Измерительная установка (МИУ) должна обеспечивать возможность измерений в условиях помех от токов влияния. Типовая установка (рис.2.7) для этого имеет фазорегулятор и коммутатор фазы испытательного напряжения. Измерения ведутся методом совмещения фаз при расчетном исключении остаточной погрешности по результатам двух измерений с изменением на 180° фазы испытательного напряжения. Допускается применение других методов измерений**,** обеспечивающих необходимую точность определения значений контролируемых параметров (например, измерения при частоте испытательного напряжения, отличающейся от промышленной, но не более чем на 25 Гц).

Должны быть приняты меры для уменьшения паразитных связей объекта (очистка поверхностей**,** удаление посторонних предметов и т.п.). При испытаниях вводов, установленных на трансформаторе, необходимо соединять между собой все выводы каждой обмотки трансформатора.

Основные схемы измерений параметров отключенного ввода приведены в табл. 3. Заземление вывода ВН и связанного с ним участка ошиновки (непосредственное или через испытательный трансформатор) обеспечивает снижение уровня помех от токов влияния. Однако при больших токах влияния, стекающих с шин через испытательный трансформатор, возможны недопустимые погрешности измерений характеристик зоны C_1. В этих случаях возможность проведения измерений без отключения шин определяется опытным путем (сравнением полученных данных с результатами контроля того же объекта после снятия ошиновок).

Результаты контроля зоны C_3, особенно в герметизированных вводах, важны для выявления развивающихся повреждений, связанных с ухудшением состояния масла, Поэтому предусмотрено повышение точности измерений путем установки экрана (бандажа) на пути токов по поверхности вывода ИВ (рис. 2.5, 2.6).

Таблица 2.2

Основные схемы измерений сопротивления изоляции вводов

Схема замещения ввода (рис. 1)	Контролируемая зона изоляции	Схема измерений	Точки присоединения зажимов мегаомметра			Примечание
			r_x	—	Э	
а	C_1	Прямая	СВ	ВН	Заземление	
	C_2	Перевернутая	СВ	Заземление	ВН и бандаж	Бандаж на выводе СВ
	$C_1 + C_2$	Перевернутая	СВ	Заземление	Бандаж	ВН — заземлен; бандаж на выводе СВ
б	C_1	Прямая	ИВ	ВН	Заземление	
	C_3	Перевернутая	ИВ	Заземление	ВН и бандаж	Бандаж на выводе ИВ
	$C_1 + C_3$	Перевернутая	ИВ	Заземление	Бандаж	ВН — заземлен; бандаж на выводе ИВ
в	C_1	Перевернутая	СВ	Заземление	ИВ и бандаж	ВН — заземлен; бандаж на выводе ИВ
	C_1	Прямая	СВ	ВН	Заземление	ИВ — заземлен
	C_2	Прямая	ИВ	СВ	Заземление	ВН — заземлен
	C_3	Перевернутая	ИВ	Заземление	СВ и бандаж	ВН — заземлен; бандаж на выводе ИВ
	$C_1 + C_3$	перевернутая	СВ и ИВ	Заземление	Бандаж	ВН и ИВ — заземлен; бандаж на выводах СВ
г	C_1	Прямая	ИВ	ВН	Заземление	
	C_3	Перевернутая	ИВ	Заземление	ВН и бандаж	Бандаж на выводе ИВ
	$C_1 + C_3$	Перевернутая	ИВ	Заземление	Бандаж	ВН — заземлен; бандаж на выводе ИВ
	C_{12}	Прямая	$ВН_1$	$ВН_2$	$ВН_3$	Измерения производятся до установки ввода на трансформатор
	C_{13}	Прямая	$ВН_1$	$ВН_3$	$ВН_2$	
	C_{23}	Прямая	$ВН_2$	$ВН_3$	$ВН_1$	

Примечание. Типовыми являются схемы измерения сопротивления изоляции зон C_2 и C_3. Остальные схемы измерений применяются для уточнения характера дефекта

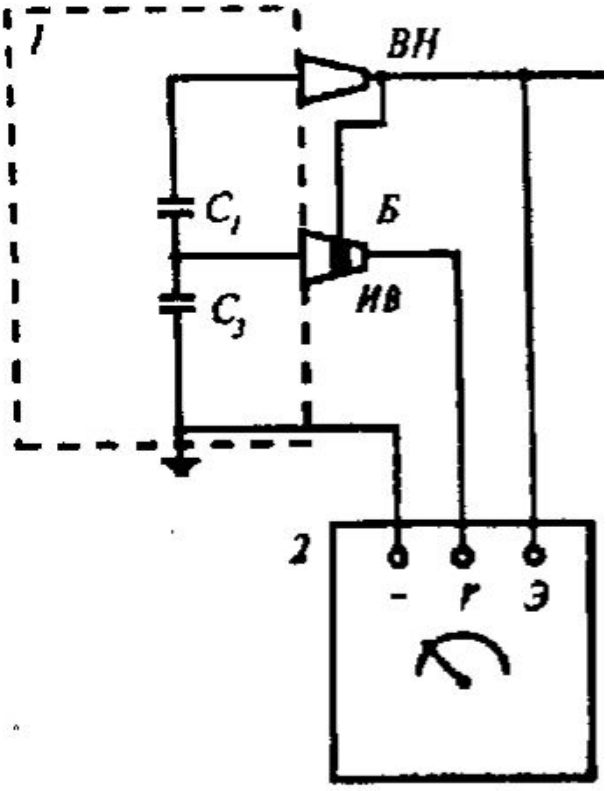


Рис.2.5 Схема экранирования при контроле наружных слоев изоляции
изоляции ввода

1 - объект;
ВН - вывод высокого напряжения
ИВ - измерительный вывод;
Б - бандаж;
2 - мегаомметр

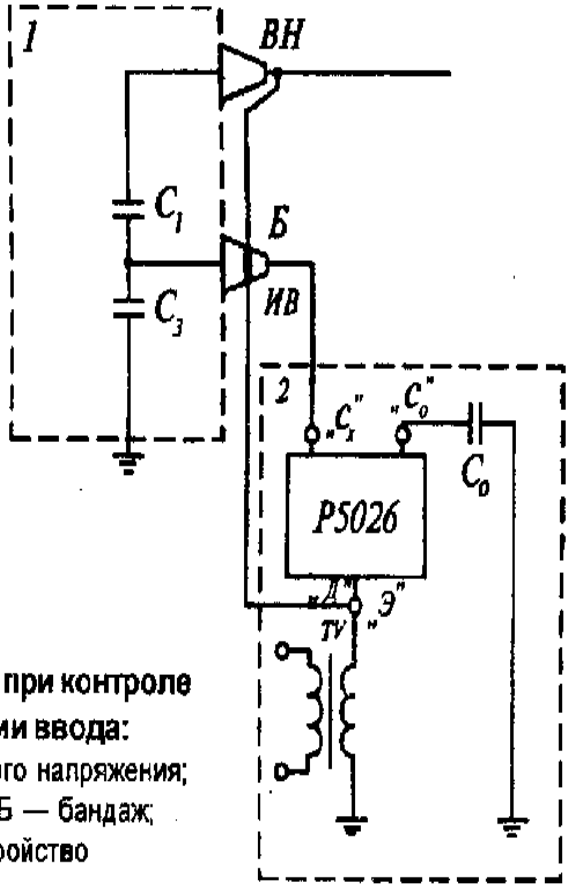


Рис2.6

Схема экранирования при контроле наружных слоёв изоляции ввода:
1 — объект: ВН — вывод высокого напряжения;
ИВ — измерительный вывод; Б — бандаж;
2 — измерительное устройство

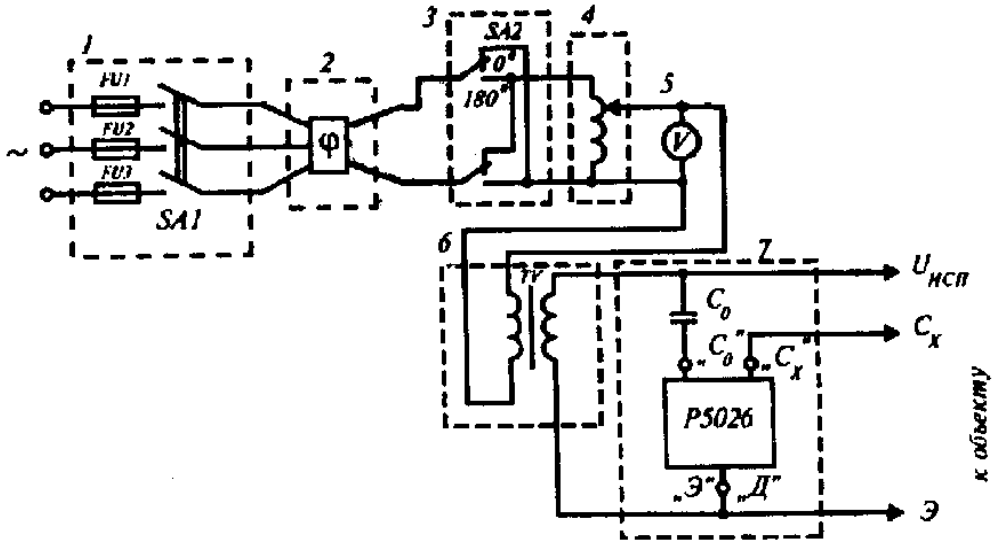


Рис.2.7. Схема мостовой измерительной установки:
1 - предохранитель, выключатель; 2- фазорегулятор;
3 - коммутатор фазы напряжения; 4 - регулятор напряжения;
5 - измеритель напряжения; 6 - испытательный трансформатор;
7 - измерительное устройство (мост).

Схемы совместного измерения зон C_1 и C_3 обеспечивают возможность общей оценки состояния внутренней изоляции ввода. В меньшей степени это относится к схеме совместного измерения зон C_1 и C_2 однако данные и этого измерения несут диагностическую информацию.

Рассмотренные схемы измерений относятся к случаю тестового контроля отключенного оборудования при приложенном напряжении. Для зоны C_1 это напряжение равно 10 кВ, для зон C_2 и C_3 — 5 кВ (для вводов, выпущенных до 1970г. — 3 кВ).

Определение зависимости tg δ и емкости от напряжения производится установкой, аналогичной по схеме установке для измерений при 10 кВ (см. рис. 2.7). Наличие фазорегулятора не обязательно. Применяется прямая схема измерений. Образцовый конденсатор должен иметь соответствующее рабочее напряжение.

При отсутствии необходимого образцового конденсатора целесообразно сравнение характеристик двух однотипных вводов, При этом следует применить схему измерений, рекомендованную для контроля вводов под напряжением.

Измерение производится при 4 -5 значениях напряжения в диапазоне от 35 кВ до наибольшего рабочего (фазового) для данного ввода.

Характеристики изоляции определяются при подъеме и снижении напряжения. Исключение погрешностей от токов влияния обязательно и производится методом двух измерений с переменой на 180° фазы испытательного напряжения. Исключение погрешности производится раздельно по результатам, полученным при подъеме напряжения и при его снижении.

Испытательное напряжение должно подаваться так, чтобы свести до минимума емкость провода от источника напряжения относительно ввода (сверху или перпендикулярно оси ввода). Желательно применять некоронирующие провода (трубы).

Приведение результатов измерений tgδ к сопоставимому виду производится путем температурного пересчета.

Для вводов с бумажно-масляной изоляцией пересчет значений tgδ зон C_1и C_2 производится при помощи графиков рис.2.8. Из точки, соответствующей результату и температуре изоляции при измерениях, по ближайшей кривой (или между соседними кривыми) следует продвинуться до прямой, соответствующей нормированной температуре (20°С), и отсчитать по шкале tgδ приведенное значение. В качестве примера на рис. 2.8 показан пересчет измеренного при +35°С значения tgδ $= 2* 10^{-2}$ приведенное значение при 20°С tgδ $= 1,2* 10^{-2}$.

Существенная зависимость tg δ от температуры у вводов с бумажно-масляной изоляцией появляется лишь при увлажнении остова (относительная влажность W >2%). Поэтому при получении результатов измерений, не превышающих tg δ $=0,5\text{-}10^{-2}$ температурный пересчет не производится.

Пересчет значений tgδ следует производить при помощи графиков рис. 2.9. Из точки, соответствующей результату измерения и температуре изоляции, параллельно прямым зависимости tgδ масла от температуры следует продвинуться до прямой, соответствующей нормированной температуре (20°С), и отсчитать по шкале tg δ приведенное значение.

На рис. 2.9 показан пересчет измеренного при температуре +40°С значения tgδ $=1,6$ 10^2. Приведенное значение tgδ $= 0,7\ 10^2$, При пересчете tgδ вводов с твердой изоляцией результат измерений умножается на соответствующий коэффициент Kt:

Температура изоляции, °С ____10 20 30 40 50 60

Коэффициент_____ К. 0,8 1,0 1,22 1,25 1,25 1,2

В качестве средней температуры изоляции ввода (t) принимается:

для горизонтально установленных вводов; полусумма температур окружающей среды для каждой части ввода;

для вертикально (наклонно) установленных вводов: расчетная температура изоляции: $t_{из} = kt_{из} + (1\text{-к})\ t_{мт}$

.Таблица 2.3

Основные схемы измерений tgδ и емкости изоляции вводов

Схема замещения ввода (рис. 1)	Контролируемая зона изоляции	Схема измерений	Точки присоединения выводов МИУ (рис. 3)			Примечание
			$U_{исп}$	C_x	Э	
а	C_1	Прямая	ВН	СВ	Заземление	Предел измерений моста Р5026 N = 0,1 (R_4 = 318,3 Ом)
	C_2	Перевернутая	Заземление	СВ	ВН	
	$C_1 + C_2$	Перевернутая	Заземление	СВ	—	ВН — заземлен
б	C_1	Прямая	ВН	ИВ	Заземление	
	C_3	Перевернутая	Заземление	ИВ	ВН и бандаж	Бандаж на выводе ИВ
	$C_1 + C_3$	Перевернутая	Заземление	ИВ	Бандаж	ВН — заземлен; бандаж на выводе ИВ
в	C_1	Прямая	ВН	СВ + ИВ	Заземление	
	C_2	Прямая	СВ	ИВ	Заземление	ВН — заземлен
	C_3	Перевернутая	Заземление	ИВ	СВ	ВН — заземлен
г	C_1	Прямая	ВН	ИВ	Заземление	Вывод $ВН_1$ — стержень головки ввода
	C_3	Перевернутая	Заземление	ИВ	ВН	
	$C_1 + C_3$	Перевернутая	Заземление	ИВ	—	ВН — заземлен
	C_{12}	Прямая	$ВН_1$	$ВН_2$	Заземление	$ВН_3$ — заземлен } Измерения производятся до установки ввода на трансформатор
	C_{13}	Прямая	$ВН_1$	$ВН_3$	Заземление	$ВН_2$ — заземлен } Измерения производятся до установки ввода на трансформатор
	C_{23}	Прямая	$ВН_2$	$ВН_3$	Заземление	$ВН_1$ — заземлен } Измерения производятся до установки ввода на трансформатор

Примечание. Типовыми являются схемы измерения параметров зон C_1, C_2 и C_3. Остальные схемы измерений применяются для уточнения характера дефектов

Температура воздуха $t_{ВЗ}$ при продолжительном нагреве ввода прямыми лучами солнца принимается равной полусумме показаний термометров в тени и на солнце. Температура верхних слоев масла трансформатора $t_{МТ}$ определяется любым известным способом. Усредненные значения коэффициента k (при $t_{МЗ}>t_{ВЗ}$):

Температура масла, °С ..10 20 30 40 50 60

Коэффициент,.....0,62 0,55 0,45 0,37 0,32 0,30

Проверка уплотнений у маслонаполненных вводов негерметичного исполнения производится путем гидравлических испытаний.

Для этого из гидравлического затвора ввода сливается масло, и он промывается двумя-тремя порциями свежего масла. К маслоотборному отверстию ввода присоединяется гидравлический насос, и ввод доливается маслом до полного заполнения расширителя, после чего закрывается дыхательное отверстие. Поверхность ввода протирается, чтобы удалить следы масла, и внутри ввода создается избыточное давление 100 кПа.

Ввод считается выдержавшим испытание, если за 30 мин не снизится в нем давление и не появятся на поверхности потеки масла. По окончании испытаний излишки масла сливаются, и восстанавливается нормальная гидравлическая схема. Для проверки этого сливается малая порция масла, что должно дать соответствующее снижение уровня масла в маслоуказателе.

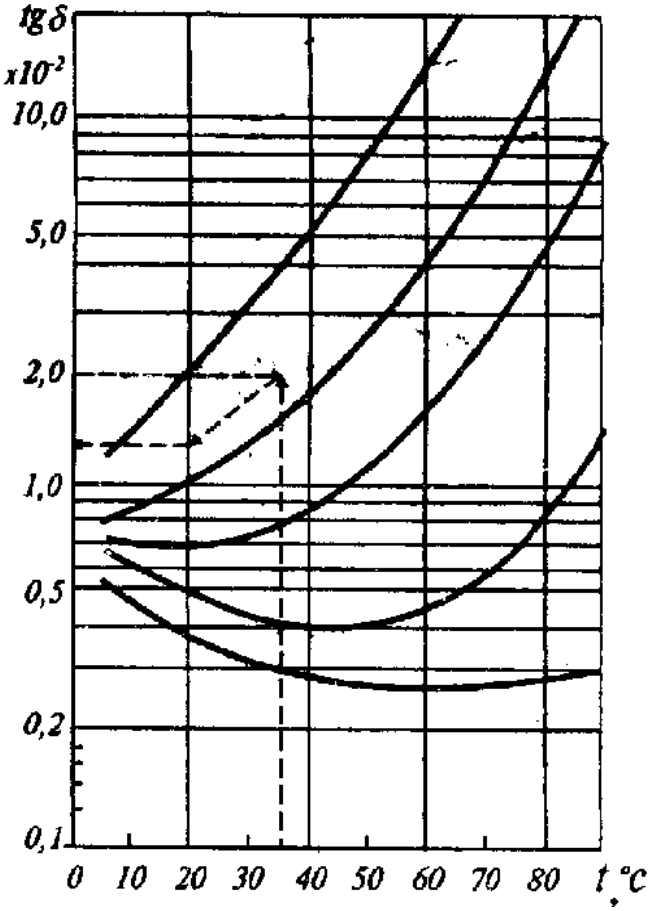


Рис.2.8. Зависимость от температуры tgδ вводов с бумажно - масляной изоляцией

Контроль над рабочим напряжением производится путем измерения тока, протекающего через изоляцию ввода при воздействии фазного напряжения сети.

Контролируемые параметры: диэлектрические потери, емкость изоляции и ее полная (комплексная) проводимость. Для оценки технического состояния ввода используются данные об изменении этих параметров во времени:

$\Delta tg\delta = tg\delta_т - tg\delta_и$; $\Delta C/C = C_т - C_и / C_и$; $\Delta Y/Y = Y_т - Y_и/Y_и$

где $tg\delta_т$, $C_т$, $Y_т$—текущие значения параметров, измеренные при очередном контроле;

$tg\delta_и$, $C_и$, $Y_и$ — значения параметров, измеренные при вводе объекта в эксплуатацию или при начале контроля под напряжением.

При измерении модуля полной (комплексной) проводимости контролируются одновременно $tg\delta$ и емкость изоляции:

$$\Delta Y/Y = ((tg\Delta)^2 + (\Delta C/C)^2)^{1/2}$$

Измерение значений $\Delta tg\delta$ и $\Delta C/C$ производится мостовыми методами. Изменение модуля полной (комплексной) проводимости (параметр $\Delta Y/Y$) определяется неравновесно-компенсационным методом.

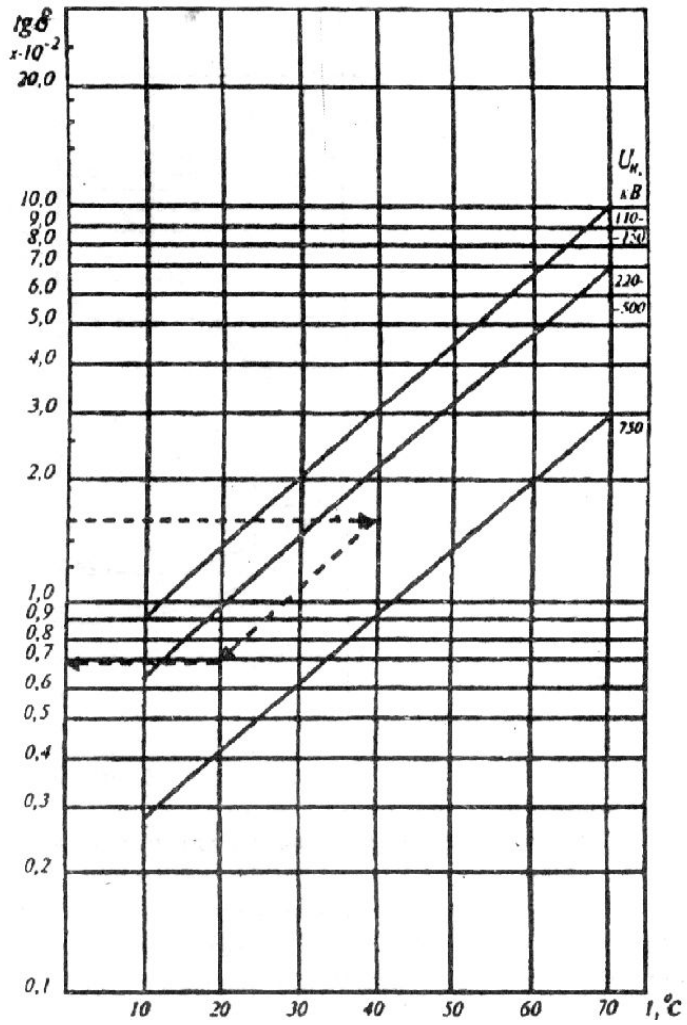


Рис.2.9. Зависимость tg δ масла от температуры.
(предельно допустимые значения)

Мостовые схемы измерений (рис.2.10) основаны на сравнении параметров контролируемого объекта и объекта, принятого в качестве образцового (объекта сравнения). В качестве объекта сравнения может быть использован аналогичный объект соседнего присоединения распредустройства (рис. 2.10а), или образцовый конденсатор низкого напряжения, на который подается напряжение от ТН системы шин (рис. 2.10 б).

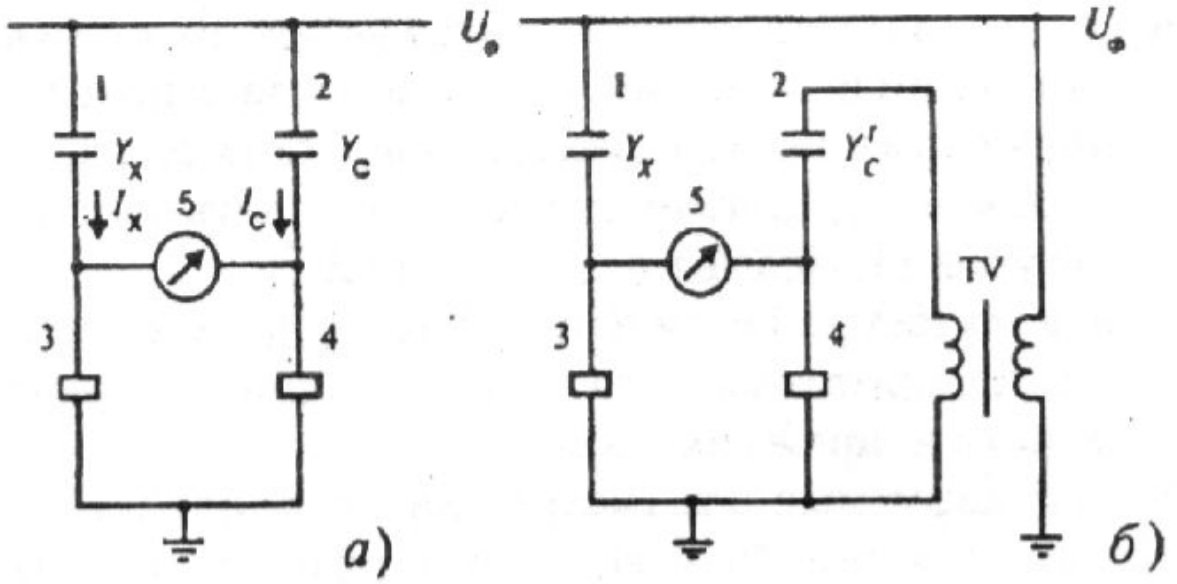


Рис.2.10. Схемы измерения мостовыми методами
1 - объект контроля; 2 - объект сравнения; 3, 4 - регуляторы
5 - индикатор баланса.

Неравновесно-компенсационная схема (рис. 2.11) позволяет одновременно контролировать три ввода одного объекта. При начале контроля трехфазная система токов через изоляцию вводов симметрируется так, чтобы ток на выходе сумматора был равен нулю. При возникновении дефекта ток через изоляцию ввода изменится и на выходе сумматора будет измерен ток, пропорциональный контролируемому параметру.

Вводы, переводимые на контроль под рабочим напряжением, должны быть оборудованы стационарными устройствами присоединения, обеспечивающими безопасность проведения измерений.

Схемы измерений при рабочем напряжении ориентированы на контроль главной изоляции ввода. Однако, из-за частичных емкостей остова относительно фарфоровых покрышек и втулки ввода, результаты измерений зависят от состояния всей внутренней изоляции (особенно при дефектах, связанных с процессами частичных разрядов и выпадением из масла осадков), В частности, надо учитывать, что наличие осадка на внутренней поверхности нижней фарфоровой покрышки может привести к снижению измеренного значения tgδ остова ввода. При интенсивных частичных разрядах в масле

измеренное значение tgδ будет повышенным. Ввиду особенностей метода измерения параметра ΔY/Y его значение будет расти при всех видах ухудшения состояния изоляции.

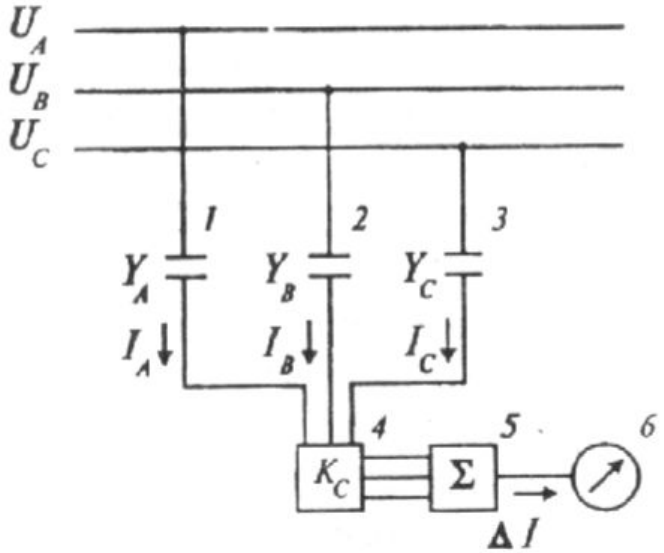


Рис. 2.11 Схема измерений неравноместно-компесационным методом:
1, 2, 3 - объект контроля (три фазы);
4 - регулятор тока (система симметрирования);
5 - сумматор токов; 6 – измеритель

При периодическом контроле под напряжением, кроме плановых измерений, ежегодно следует оценивать состояние ввода при наибольшем нагреве изоляции — в дни высоких температур воздуха и (или) при нагрузке трансформатора, близкой к наибольшей. Это обеспечивает повышенную вероятность выявления повреждений изоляции.

К методам контроля под напряжением относится также наблюдение за давлением в герметичном вводе. Повышение давления сверх допустимого по условиям нагрева ввода может быть следствием интенсивных частичных разрядов. При этом необходимо срочно провести дополнительные испытания, включая контроль масла.

3. Измеритель параметров изоляции Вектор – 2.0 М и лаборатории серии ЛВИ HVT

В настоящее время имеется существенный прогресс в разработке и предложению на рынке новейших приборов для измерения емкости и тангенса угла диэлектрических потерь, использующие другие принципы измерения.

Одним из них является измеритель Вектор – 2.0 М.

Внешний вид прибора вместе с пультом дистанционного управления приведен на рис. 7а, а на рис.7б показано подключение измерителя к персональному компьютеру, в комплекте с которым может работать прибор Вектор.

3.1 НАЗНАЧЕНИЕ

Прибор “Вектор-2.0 М” предназначен для автоматических измерений:

- емкости и тангенса угла диэлектрических потерь высоковольтной изоляции (конденсаторов, вводов, трансформаторов, изоляторов и т.п. объектов) и жидких диэлектриков с использованием внешней меры емкости, как в лабораторных, так и в «полевых» условиях. Измерения могут проводиться по «прямой» и по «инверсной» (перевернутой) схеме измерения (ГОСТ 25242 -93);
- действующих значений первой гармоники и частоты сигналов (токов и напряжений), подаваемых на два входа прибора;
- угла фазового сдвига между сигналами, подаваемыми на входы прибора;
- параметров высоковольтной изоляции (изменение тангенса угла диэлектрических потерь и емкости) под рабочим напряжением при условии оснащения измерительных выводов высоковольтного оборудования специальными устройствами присоединения, обеспечивающими безопасность при проведении измерений;
- потерь, в том числе, потерь холостого хода и короткого замыкания;
- комплексного сопротивления, в том числе, сопротивления короткого замыкания;
- коэффициента трансформации; определяет группу соединения обмоток;
- векторных величин.

STANLEY
ЗАПУСК
РЕЖИМ
ВЫБОР
СБРОС
ВЕКТОР-2У

а

НЕТ СИГНАЛА
В КАНАЛЕ 0
NOKIA

б

Рис.3.1

3.2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Измеряемые величины, диапазоны измерения, цена единицы дискретности цифрового отсчета и пределы допустимой основной погрешности измеряемых величин приведены в табл. 3.1.

Входное активное сопротивление каналов «О» и «Х» при измерении напряжений (переключатели в положении «250 В»): 1 М0м±10%, индуктивность 100 мкГн±10%.

Входное сопротивление каналов «0»и «Х» при измерении токов или емкостей (переключатели в положении «5 А»): 0,1 Ом + 10% (без учета сопротивления присоединительных кабелей).

Входное активное сопротивление каналов «0»и «Х» при измерении токов или емкостей (переключатели в положении «100 мА»): 10 Ом±30%, индуктивность 100 мкГн ±10%.

Входное активное сопротивление каналов «О» и «Х» при измерении токов или емкостей (переключатели в положении «1 мА»): 10 Ом+30%, индуктивность 200мкГн±10%.

Электрическая емкость входов при любых положениях переключателей - не более 100 пФ (без учета емкости соединительных кабелей).

Длина измерительных кабелей, входящих в комплект прибора: 4 кабеля по 1,5 м, один кабель 25 м. При использовании кабелей длиной более 1,5 м дополнительная погрешность измерения тангенса угла диэлектрических потерь не превышает ±0,01% на каждые 25 м длины кабеля (при удельной емкости кабеля не более 100 пф/м).

Допустимое значение емкости на корпус объекта измерения:

- переключатели в положении “I мА” и “100 мА” - не более 3000 пф,
- переключатели в положении “5 А” - не более 0,3 мкФ.

Дальность бесконтактной связи измерительного блока с приемопередатчиком инфракрасного канала: не менее 2,5 м.

Дальность бесконтактного управления измерительным блоком от блока дистанционного управления: не менее 2 м.

Габаритные размеры блоков прибора не более:

измерительного блока 300х140х130 мм;
блока приемопередатчика инфракрасного канала 95х70х55 мм;
блока дистанционного управления 185х45х25 мм;
сетевого блока питания 120 х70х70 мм.

Масса изделия не более 8 кг, в том числе:

измерительного блока - не более б кг;
блока приемопередатчика инфракрасного канала - не более 0,4 кг;
блока дистанционного управления - не более 0,4 кг,
сетевого блока питания - не более 1 кг.

Время измерения без усреднения - не более 10 с, с усреднением - 60 с.

Основной режим работы прибора - питание от встроенного источника (встроенного аккумулятора напряжением 12 В ± 10%, емкостью не менее 1,2 А*ч).

Для обеспечения работы в лабораторных условиях по “прямой” схеме прибор может питаться от внешнего блока питания, включаемого в промышленную сеть переменного тока 220 В, 50 Гц.

Время непрерывной работы прибора при питании от встроенного аккумулятора без подзарядки: не менее 4 часов.

Время зарядки аккумулятора от встроенного зарядного устройства измерительного блока: не более 12 час.

Потребляемая мощность при питании от внешнего сетевого блока:

в режиме измерения не более 10 Вт;

в режиме зарядки не более 5 Вт.

Токи потребления блоков:

приемопередатчика инфракрасного канала: не более 30 мА;

блока дистанционного управления: в ждущем режиме не более 200 мкА;

в активном режиме не более 30 мА.

Средняя наработка на отказ: не менее 8000 часов.

3.3 УКАЗАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ.

При выполнении измерений обслуживающий персонал должен соблюдать общие требования по технической эксплуатации и технике безопасности при эксплуатации измерительных приборов, установленные ГОСТ 12.2.091-94 и “Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок”.

При измерении параметров изоляции (в том числе при измерении тангенса угла диэлектрических потерь и емкости) при повышенном напряжении по «прямой» и «инверсной» схеме после подачи напряжения на испытуемый объект или измерительный прибор, следует считать, что на корпусе прибора имеется повышенный потенциал и работать с прибором «Вектор-2.0 М» можно только с использованием блока дистанционного управления (ДУ). При этом питание прибора должно осуществляться от встроенных аккумуляторов.

При измерении параметров изоляции в лабораторных условиях по «прямой» схеме допускается, при наличии стационарного заземления прибора, работать используя клавиши управления на передней панели прибора (см. далее рис.3.2).

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

При измерениях по “инверсной” схеме измерительный блок должен питаться только от встроенного аккумулятора.

ПОПЫТКА ПИТАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО БЛОКА ОТ СЕТЕВОГО БЛОКА ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ ПО “ИНВЕРСНОЙ” СХЕМЕ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К ПОРАЖЕНИЮ ПЕРСОНАЛА ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ И ВЫХОДУ АППАРАТУРЫ ИЗ СТРОЯ.

При измерениях по “инверсной” схеме измерительный блок должен располагаться на изоляторе в огражденной зоне.

ВОЗМОЖНОСТЬ КАСАНИЯ ПЕРСОНАЛОМ КОРПУСА БЛОКА ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ ПО “ИНВЕРСНОЙ” СХЕМЕ ДОЛЖНА БЫТЬ ПОЛНОСТЬЮ ИСКЛЮЧЕНА.

Управление прибором в этом случае осуществляется только от дистанционного блока управления.

При использовании в “инверсной” схеме в качестве образцового конденсатора “Вектор-С”, данный конденсатор **ОБЯЗАТЕЛЬНО** должен устанавливаться на изоляционной подставке рассчитанной на полное испытательное напряжение («ножки» образцового конденсатора “Вектор-С” испытаны на напряжение промышленной частоты 5кВ).

Необходимо располагать регулировочное устройство с элементами включения и контроля рабочего напряжения так, чтобы оператор, работающий с прибором, мог без посторонней помощи регулировать напряжение, включать и отключать его. Трансформатор и регулировочное устройство должны располагаться на расстоянии не менее одного метра от прибора.

Устройство отключения рабочего напряжения должно находиться под рукой оператора, чтобы при необходимости можно было в любой момент отключить испытательное напряжение.

При измерениях по “прямой” схеме необходимо в первую очередь обеспечить надежное соединение с “землей” клеммы заземления прибора. Заземление должно быть выполнено гибким медным проводом (без скруток) сечением не менее 4 мм^2.

3.4 УСТРОЙСТВО И РАБОТА.

Прибор “ВЕКТОР-2.0 М” представляет собой микропроцессорный измеритель параметров, характеризующих два входных сигнала промышленной частоты (токи или напряжения), которые рассматриваются как векторные переменные электрические сигналы. Такое рассмотрение предполагает синусоидальный характер изменения сигналов, поэтому все измерения проводятся на первой гармонике.

Прибор состоит из измерительного блока и трех вспомогательных блоков - сетевого блока, блока приемопередатчика инфракрасного канала и блока дистанционного управления. Измерительный блок прибора включает в себя АЦП - аналого-цифровой преобразователь, ОЗУ - оперативное запоминающее устройство.

Для того, чтобы исключить неопределенность знака измеряемого фазового сдвига, один из входов прибора обозначен как вход опорного сигнала (“Вход 0”), а второй - как вход измеряемого сигнала (“Вход X”). При этом положительный угол фазового сдвига принимается в том случае, если измеряемый сигнал запаздывает по фазе относительно опорного. Такое разделение входов прибора условно и влияет только на знак измеряемого фазового сдвига. По остальным характеристикам входы идентичны.

Входные сигналы воспринимаются прибором с центральных контактов входных коаксиальных разъемов относительно клеммы заземления. При измерениях по “прямой” схеме клемма заземления должна быть соединена с “землей”. При измерениях по “инверсной” схеме клемма заземления должна быть соединена с выводом источника рабочего напряжения.

Прибор непосредственно производит измерение следующих параметров входных сигналов:

- частоты,
- действующих значений первых гармоник тока и напряжения,
- фазового сдвига между первыми гармониками сигналов.

Другие параметры (емкость, тангенс угла диэлектрических потерь, потери, комплексное сопротивление, коэффициент трансформации, группа соединения обмоток, векторные величины и напряжение источника питания) являются расчетными.

При измерении емкости и тангенса угла диэлектрических потерь конденсатора он должен быть подключен к входу “X”, а к входу “O” должен быть подключен образцовый конденсатор с известными параметрами - емкостью и тангенсом угла диэлектрических потерь. Перед измерением оператор должен ввести с помощью кнопок значение емкости и угла диэлектрических потерь образцового конденсатора. По результатам измерений встроенный микропроцессор рассчитывает значения емкости и тангенса угла диэлектрических потерь объекта измерений.

Измерительный блок автоматически производит процедуру измерения и выводит результаты измерений на индикатор. Измеренные величины индицируются попарно. Переключение индицируемых величин осуществляется оператором с клавиатуры.

При измерениях по “инверсной” схеме оператор не должен касаться корпуса измерительного блока, так как он находится под высоким потенциалом.

Для оперативного управления прибором имеется блок дистанционного управления, позволяющий оператору выбирать нужный режим работы, не касаясь корпуса измерительного блока, с помощью световых управляющих сигналов инфракрасного диапазона.

Для безопасной передачи результатов измерения в персональный компьютер (в том числе и в портативный типа “NoteЬook”) организован инфракрасный канал связи, включающий два инфракрасных приемопередатчика. Один из них встроен в измерительный блок, а второй размещен в блоке приемопередатчика инфракрасного канала, который имеет возможность питания от сети переменного тока.

Основным режимом питания измерительного блока является питание от встроенного аккумулятора.

Однако, при измерениях по “прямой” схеме измерительный блок может питаться от внешнего сетевого блока, включаемого в сеть 220 В, 50 Гц. От сетевого блока производится также зарядка встроенного аккумулятора через имеющееся внутри измерительного блока зарядное устройство.

Органы управления.

Органы управления измерительного блока.

Общий вид передней панели измерительного блока представлен на рис.3.2, где:

1 - цифровой индикатор;
2 - светодиод индикации режима зарядки аккумулятора;
3 - окно инфракрасного приемопередатчика;
4 - кнопка “РЕЖИМ”;
5 - кнопка “ВЫБОР”;
6 - кнопка “СБРОС”;
7 - тумблер включения питания.

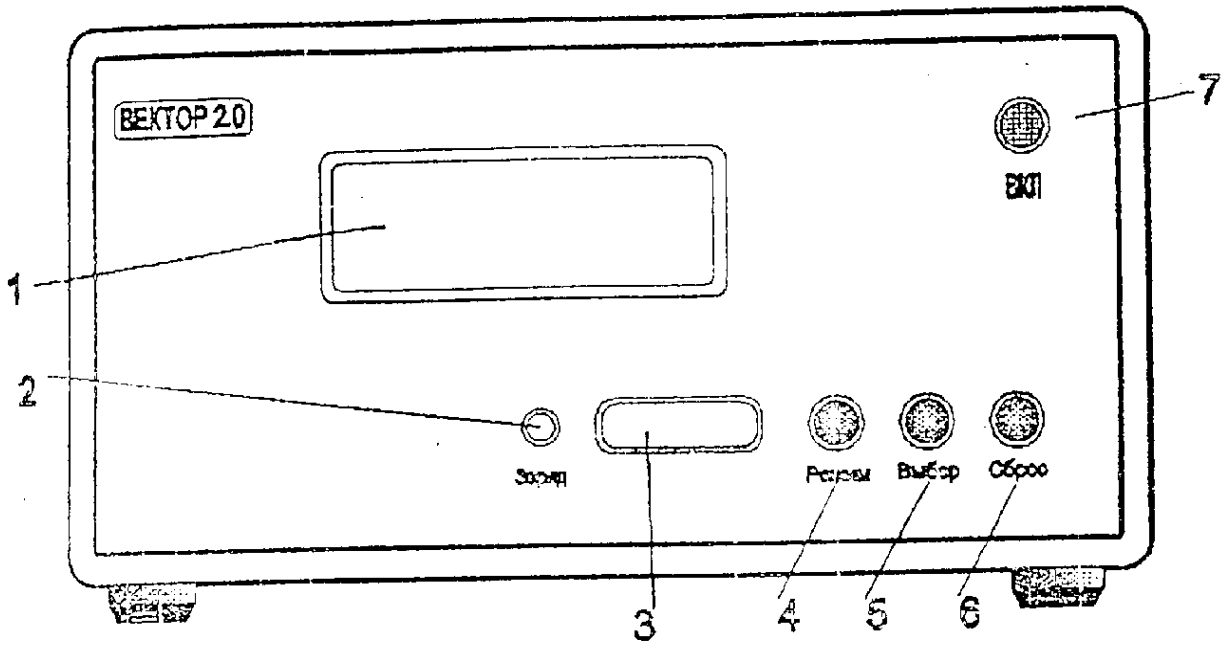

ВЕКТОР 2.0
ВКЛ
Заряд
Разряд
Выбор
Сброс
1
2
3
4
5
6
7

Рис.3.2

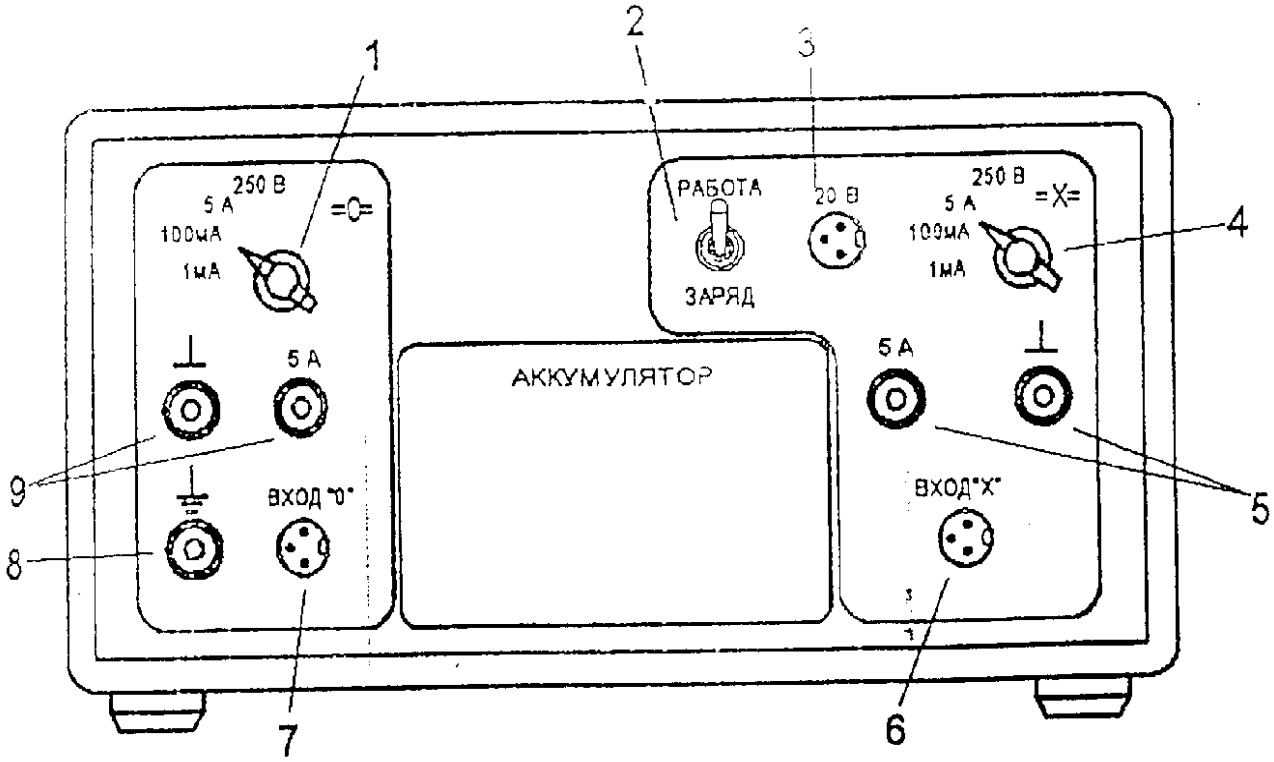

250 В
5 А
100мА
1мА
=0=
5 А
ВХОД "0"
РАБОТА
ЗАРЯД
20 В
250 В
5 А
100мА
1мА
=X=
АККУМУЛЯТОР
5 А
ВХОД "X"
1
2
3
4
5
6
7
8
9

Рис.3.3

Общий вид задней панели измерительного блока представлен на рис.3.3, где:

1 - переключатель сигналов на входе “О”;
2 - переключатель режимов работы прибора;
3 - разъем для подключения кабеля от внешнего сетевого блока;
4 - переключатель сигналов на входе “Х”;
5 - пара клемм для подключения входных токов в диапазоне 100мА-5А на вход“Х”;
6 - входной разъем “Х” для подключения входных токов и напряжений (переключатель сигналов 4 в положении 1 мА, 100 мА и 250 В);
7 - входной разъем “О” для подключения входных токов и напряжений (переключатель сигналов 1 в положении 1 мА, 100 мА и 250 В);
8 - клемма заземления;
9 - пара клемм для подключения входных токов в диапазоне 100 мА-5А на вход “О”.

На крышке внешнего сетевого блока расположен тумблер включения блока.

На передней панели блока дистанционного управления расположены кнопки управления “РЕЖИМ” и “ВЫБОР”.

На передней панели приемопередатчика инфракрасного канала (ИПП) расположены: тумблер включения питания, светодиод, индицирующий включение питания, светодиод, индицирующий разряд источников питания.

На боковой грани блока расположено окно приемопередатчика, через которое осуществляется информационная связь измерительного блока и блока ИПП.

Прибор «Вектор-2М» может быть встроен в блок измерения диэлектрических потерь ИДП-10М, который является одним из центральных блоков лаборатории **ЛВИ HVT-3M**, выпускаемой ООО «Ярославский электромеханический завод». Эта лаборатория - последняя в ряду передвижных лабораторий высоковольтных испытаний серии ЛВИ HVT, пришедшим на смену ранее выпускаемым лабораториям ЭТЛ. Лаборатория этого типа сочетает в себе удобство проведения испытаний и повышенную безопасность работы обслуживающего персонала. В ней нашли отражение новейшие конструкторские и тезнические разработки, что в сочетании с улучшенной комфортностью и повышенным уровнем ремонтопригодности составляет основные преумущества лаборатории. Применение нового высоковольтного переключателя рода работ с электродистанционным управлением и нескольких ступеней электрической защиты обеспечивает безопасную и удобную эксплуатацию лаборатории.

Общий вид отсека оператора ЛВИ HVT -3M с пультом управления представлен на рис.3.4. Здесь можно видеть расположенный за защитным стеклом прибор «Вектор-2М». **ВОЗМОЖНОСТЬ КАСАНИЯ ПЕРСОНАЛОМ КОРПУСА БЛОКА ПОЛНОСТЬЮ ИСКЛЮЧЕНА.** При попытке поднять защитное стекло во время проведения испытаний срабатывает блокировка, отключающая цепи питания лаборатории.

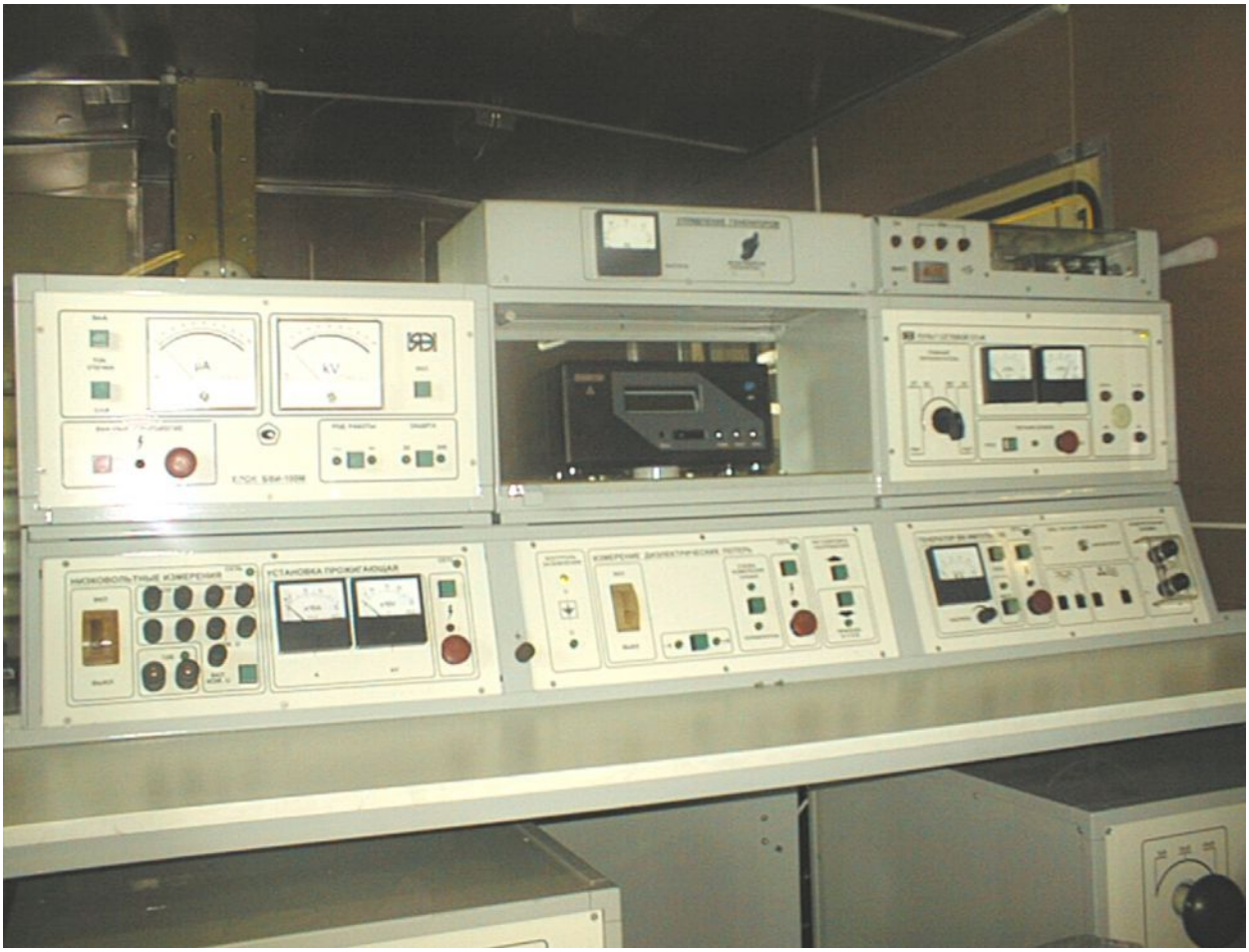


Рис.3.4

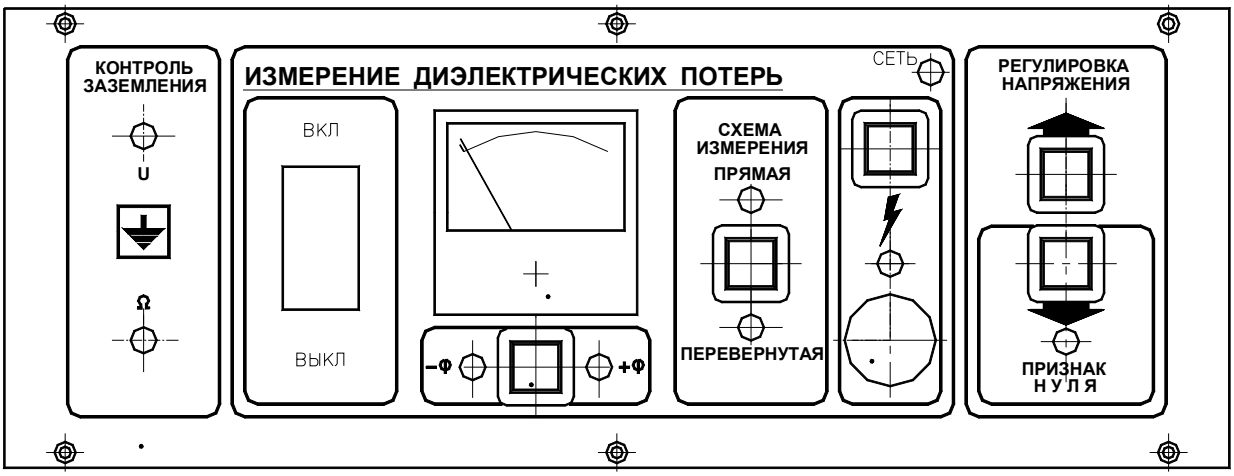


Рис.3.4

Блок ИДП-10М имеет панель управления (рис.3.4), на лицевой стороне которой расположены:

- автоматический выключатель для включения блока со световой индикацией;

· переключатели “+φ,–φ “ и **“ прямая-перевернутая”** для выбора режима испытания со световой индикацией;

· кнопки для включения и выключения высокого напряжения со световой индикацией.

Внешний вид высоковольтного отсека представлен на рис.3.5.

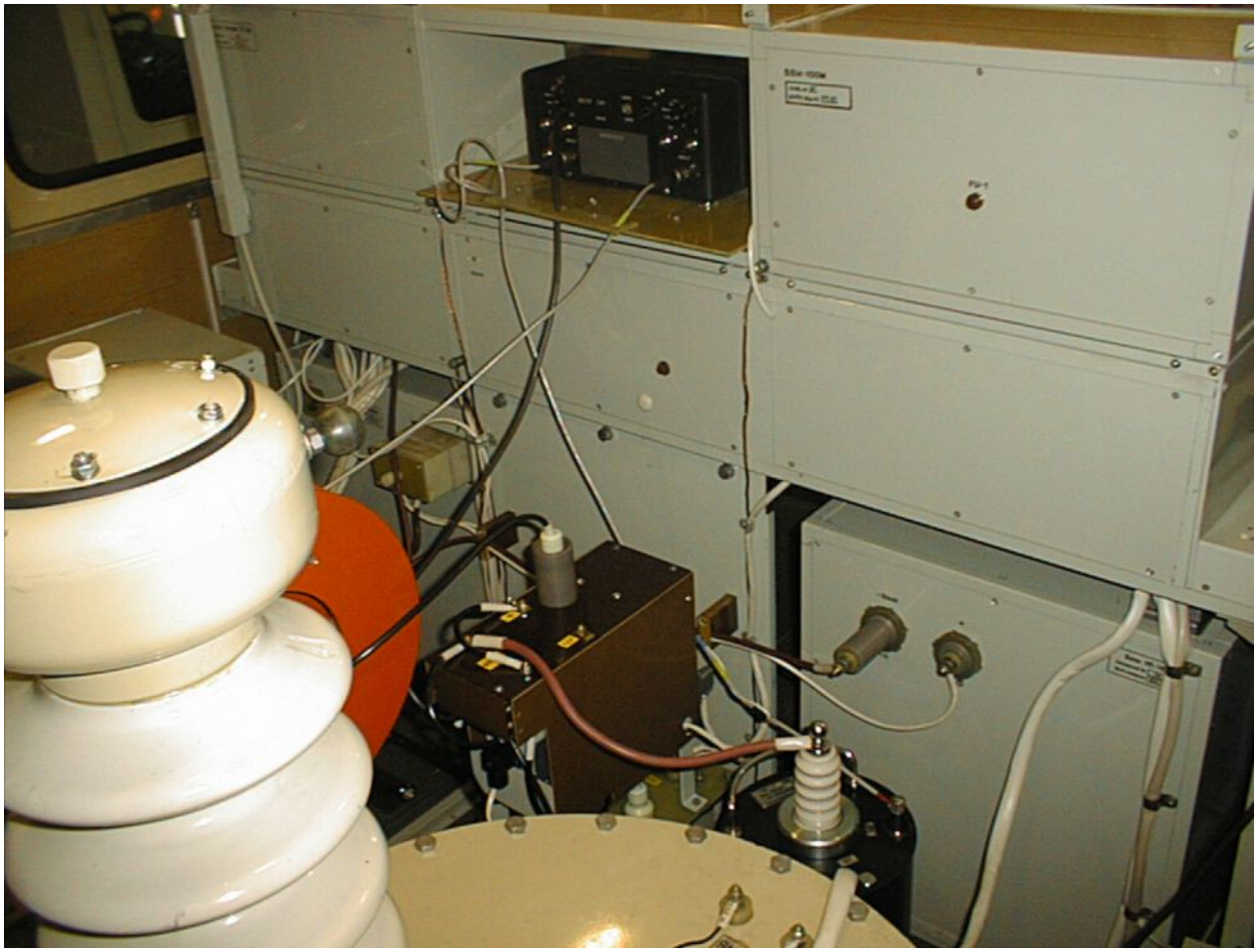


Рис.3.5

С барабана ИДП высоковольтный провод и штатный кабель прибора “Вектор” выводится через винипластовые выводы, установленные в отверстия в двери или боковом окне кузова, и подключаются их к объекту испытания. В случае удаленности объекта провода должны быть подвешены на изолирующих штангах.

При проведении измерений необходимо подключить провода и кабели так, как показано на рис.12 и 13:

- начало экранированного кабеля с барабана через паз в изоляционной стойке соедините с гнездом **“ВХОД X”** прибора “ Вектор”;

- высоковольтный провод с барабана - с высоковольтным выходом переключателя схем;

- выход переключателя с маркировкой ⊥ подключите к аналогичной клемме прибора “Вектор”, корпус эталонного конденсатора должен быть связан с этой клеммой через соответствующую клемму переключателя схем.

- вход **ВП** эталонного конденсатора соедините с клеммой **10 кВ** переключателя;
- вход **НП** - с гнездом **“ВХОД О”** прибора “Вектор”.

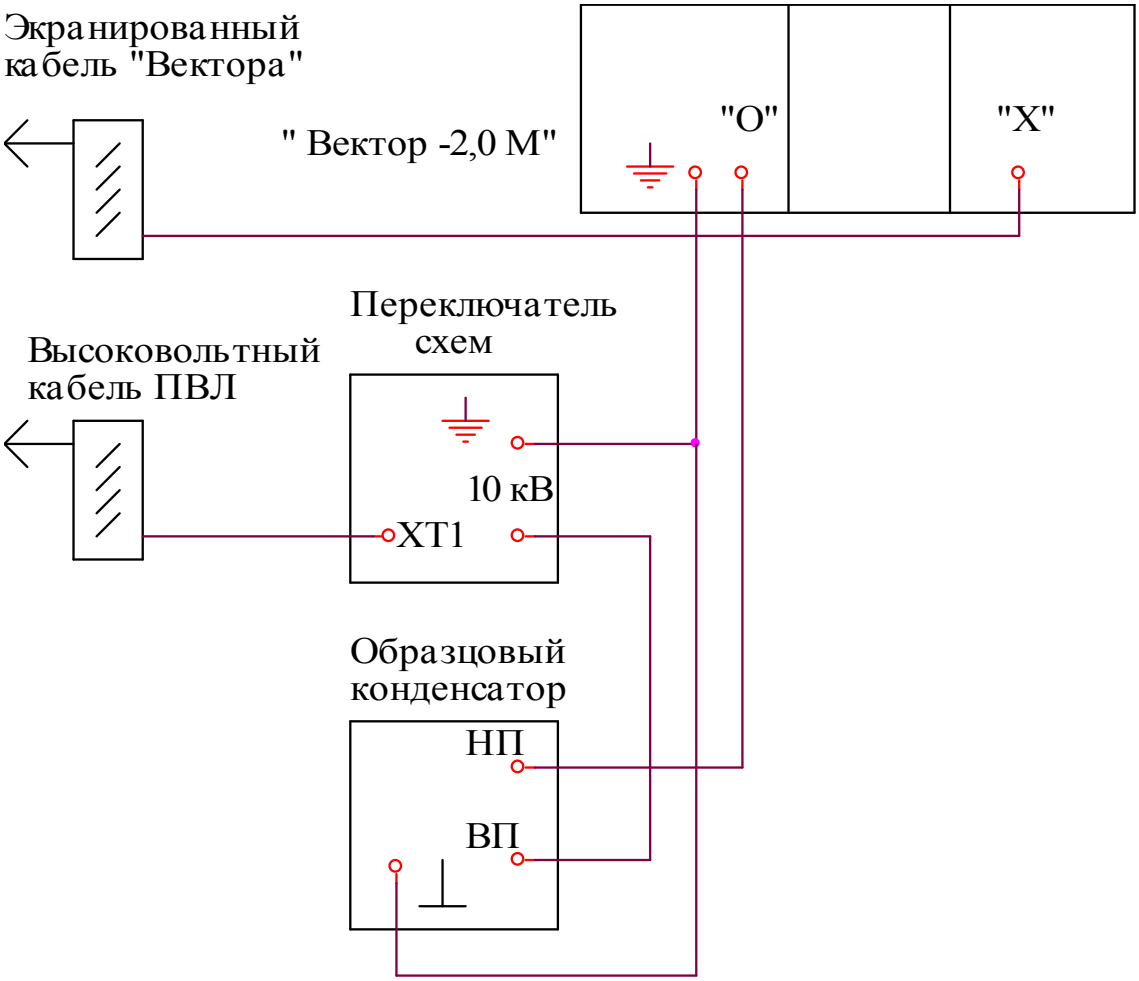


Рис.3.6

4. Мосты переменного тока высоковольтные автоматизированные СА7100

В настоящее время наиболее технически совершенными являются цифровые мосты переменного тока серии СА7100. Помимо высоких эксплуатационных параметров, они обладают некоторыми конструктивными особенностями, которые обеспечивают их гибкое встраивание в состав передвижных электротехнических лабораторий и дополнительно повышают удобство и безопасность применения.

4.1 НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Мосты переменного тока высоковольтные автоматические СА7100 (далее – Мосты) предназначены для измерений электрической емкости (далее – емкость) и тангенса угла диэлектрических потерь (далее – тангенс угла потерь), напряжения и частоты переменного тока, сопротивления постоянному току.

Основные измеряемые величины	Исполнения	
	СА7100-2	СА7100-3
▪ емкость и тангенс угла потерь;	+	+
▪ сопротивление постоянному току при напряжении до 2,5 кВ ;	–	+
▪ рабочее напряжение (напряжение, приложенное к эталонному конденсатору) и его частота в следящем режиме	+	+

Область применения

Контроль изоляции и измерения параметров электротехнического, электронного оборудования и их компонентов при производстве и эксплуатации.

Поверка, калибровка, метрологическая аттестация и испытания средств измерительной техники.

Эксплуатационные характеристики

Мост состоит из Блока управления (БУ), устанавливаемого на рабочем месте оператора, и Блока измерительного (БИ), который размещается в высоковольтной зоне. Связь БУ с БИ осуществляется с помощью волоконно-оптического кабеля.

Это обеспечивает полную электробезопасность персонала.

Процесс измерения полностью автоматизирован, включая выбор поддиапазонов. Отображение результатов измерения осуществляется на жидкокристаллическом индикаторе БУ (2 строки по 16 знакомест). Управление процессом измерения может также осуществляться с помощью персонального компьютера (ПК).

В энергонезависимой памяти БУ возможно сохранение до 1000 записей результатов измерений, которые могут быть скопированы в память ПК в формате Microsoft Word или Microsoft Excel. Результат каждого измерения, занесенного в архив, может быть идентифицирован по дате и времени проведения измерения, а также по введенному в память цифро-буквенному обозначению объекта измерения.

Работоспособность Моста может быть оперативно проверена даже в полевых условиях с помощью Тестирующего устройства, входящего в комплект поставки.

Мосты СА7100-3 поставляются с одним из вариантов высоковольтного коммутатора. Коммутатор СА7160 переключает режимы измерения C, tgδ ↔ R. Коммутатор СА7161 переключает режимы измерения C, tgδ ↔ R и схемы измерений "прямая–перевернутая". Коммутаторы управляются дистанционно с помощью БУ.

В стандартный комплект поставки Моста входит кабель измерительный КИ3 (25 м) с внешней изоляцией, выдерживающей рабочее напряжение до 10 кВ. В связи с этим при измерениях по "перевернутой" схеме не требуется принимать дополнительные меры по его изоляции.

Все составные части Моста и кабели размещаются в специальных укладочных сумках.

Кабели могут поставляться в укладочной сумке или на специальных катушках. Комплект кабелей определяется при заказе.

Мосты могут эксплуатироваться в производственных цехах, стационарных и передвижных лабораториях.

4.2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

		CA7100-2	CA7100-3
Измеряемые величины:	емкость, тангенс угла потерь, напряжение и частота; сопротивление постоянному току при испытательном напряжении до 2,5 кВ	+ –	+ +
Контроль изоляции объектов под рабочим напряжением	при наличии Устройства согласования автоматизированного CA7140 или CA7141	+	+
Автоматизация процесса измерения	полная, включая выбор поддиапазона	+	+
Управление и отображение результатов измерения:	**вариант 1:** управление с помощью Блока управления (клавиатура 16 клавиш, двухстрочный ЖКИ); **вариант 2:** управление с помощью персонального компьютера, подключенного через COM-порт (RS232) к Блоку управления	+	+
Емкость и рабочее напряжение встроенного эталонного конденсатора	50 … 200 пФ, 10 кВ	+	+
Емкость внешнего эталонного конденсатора	от 10 пФ до 10000 пФ	+	+
Сила тока через эталонный конденсатор	от 10 мкА до 10 мА	+	+
Сила тока через объект измерения	от 0 до 0,5 А	+	+
Диапазон частот рабочего напряжения	от 48,7 Гц до 61,2 Гц	+	+
Диапазоны измерений: **емкости**	от 0 до $C_0 \times 1000$ (4 поддиапазона); где C_0 - емкость эталонного конденсатора.	+	+
тангенса угла потерь	от 0 до 1	+	+
сопротивления	от 5×10^5 до 10^{10} Ом при испытательном напряжении 500 В; от 10^6 до 5×10^{10} Ом при испытательном напряжении 1000 В; от $1{,}5\times10^6$ до 10^{12} Ом при испытательном напряжении 2500 В	–	+
Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении:			
емкости	$\pm5\times10^{-2}$%; при использовании внешнего эталонного конденсатора $\pm1\times10^{-2}$%.	+	+
тангенса угла потерь	$\pm(1\times10^{-4}+0{,}01\times tg\delta)$	+	+
рабочего напряжения	±1,5%	+	+
частоты	±0,1 Гц	+	+
сопротивления	±2,5% (при испытательном напряжении 2500 В погрешности измерений нормированы для диапазона от $1{,}5\times10^6$ до 10^{11} Ом)	–	+
Пределы дополнительной погрешности при измерении сопротивления при воздействии на	± 0,2%	–	+

измерительный вход моста "Cx, Rx" синусоидального тока промышленной частоты с действующим значением до 0,5 мА			
Измерение емкости и тангенса угла потерь в условиях электро-статических помех на рабочей частоте	автоматизированное подавление "токов влияния" путем смены фазы рабочего напряжения (метод двух отсчетов) ***"Плавный" фазорегулятор не требуется!***	+	+
Возможность измерения параметров заземленных объектов ("перевернутая схема")	предусмотрена для всех измеряемых параметров	+	+
Архивирование результатов измерений	1000 записей результатов измерений	+	+

Нормальные условия применения

- температура окружающего воздуха – от 15 до 25^{0}С;
- относительная влажность воздуха – до 80% при температуре 25 ^{0}С

Рабочие условия применения

- температура окружающего воздуха – от минус 10 до плюс 40 ºС;
- относительная влажность воздуха – до 80% при температуре 25 ºС

Электропитание

- Блока измерительного – от встроенного аккумулятора;
- Блока управления – от сети 220 В 50 Гц или бортовой сети передвижной лаборатории 12 В

Время непрерывной работы Блока измерительного от полностью заряженного аккумулятора

	СА7100-2	**СА7100-3**
Не менее	50 часов	25 часов

Масса

	СА7100-2	**СА7100-3**
▪ Блока измерительного, не более	14 кг	16 кг
▪ Блока управления, не более	0,55 кг	0,55 кг

Габаритные размеры

	СА7100-2	**СА7100-3**
▪ Блока измерительного, не более	120 мм × 315мм × 415 мм	120 мм х 315 мм х 415 мм
▪ Блока управления, не более	135 мм×27 мм×153 мм	135 мм×27 мм×153мм

Метрологическое обеспечение

методика поверки, рассчитанная на применение стандартных средств измерения, которая может быть реализована в любом региональном метрологическом центре

Гарантийное обслуживание

18 месяцев со дня продажи, гарантийное и послегарантийное обслуживание обеспечивается на всей территории СНГ

Сертификация

сертифицированы в Украине, России, Беларуси и Казахстане и включены в реестры средств измерений, разрешенных к применению в этих странах

Консультации и обновление ПО

технические консультации пользователям в процессе эксплуатации Мостов предоставляются бесплатно;
программное обеспечение для работы Мостов под управлением персонального компьютера входит в комплект поставки, новые версии программного обеспечения поставляются бесплатно в течение всего срока службы приборов

ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИЗМЕРЕНИЙ, КАК В ПОЛЕВЫХ, ТАК И В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ:

– БЛОК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МОСТА ДОЛЖЕН УСТАНАВЛИВАТЬСЯ НА ИЗОЛЯЦИОННОМ ОСНОВАНИИ В ОГРАЖДЕННОЙ ЗОНЕ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИСПЫТАНИЙ;

– ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ УСТРОЙСТВА ЗАРЯДНОГО К СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ДОЛЖНА БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНА <u>РОЗЕТКА, В КОТОРОЙ ИМЕЕТСЯ ЗАЖИМ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ.</u>

– ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОСТА В ПЕРЕДВИЖНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ПИТАНИЕ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ (БУ) СЛЕДУЕТ ОСУЩЕСТВЛЯТЬ ОТ БОРТОВОЙ СЕТИ АВТОМОБИЛЯ НАПРЯЖЕНИЕМ + 12 В.

– РАБОЧЕЕ МЕСТО ОПЕРАТОРА ДОЛЖНО РАСПОЛАГАТЬСЯ ЗА ПРЕДЕЛАМИ ОГРАЖДЕННОЙ ЗОНЫ;

– ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВСТРОЕННОГО ЭТАЛОННОГО КОНДЕНСАТОРА ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПОВЫШАТЬ НАПРЯЖЕНИЕ, ПРИКЛАДЫВАЕМОЕ К ЭТАЛОННОМУ КОНДЕНСАТОРУ, ВЫШЕ 10кВ;

– ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВНЕШНЕГО ЭТАЛОННОГО КОНДЕНСАТОРА, ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ВЫВОД ВСТРОЕННОГО ЭТАЛОННОГО КОНДЕНСАТОРА НЕОБХОДИМО СОЕДИНИТЬ С КОРПУСОМ БЛОКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО;

– ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПОДКЛЮЧЕННОМ УСТРОЙСТВЕ ЗАРЯДНОМ К БЛОКУ ИЗМЕРИТЕЛЬНОМУ;

– КОРПУС БЛОКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МОСТА И ПОДКЛЮЧЕННЫЕ К НЕМУ ЭЛЕМЕНТЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СХЕМЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОГУТ НАХОДИТЬСЯ ПОД ОПАСНЫМ ДЛЯ ЖИЗНИ НАПРЯЖЕНИЕМ, ПОЭТОМУ ПРИКАСАНИЕ К НИМ ПОСЛЕ ПОДАЧИ РАБОЧЕГО НАПРЯЖЕНИЯ ДОЛЖНО БЫТЬ ПОЛНОСТЬЮ ИСКЛЮЧЕНО;

– ВЫКЛЮЧЕНИЕ БЛОКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МОСТА МОЖЕТ ОСУЩЕСТВЛЯТЬСЯ: <u>АВТОМАТИЧЕСКИ</u> ЧЕРЕЗ 25 МИНУТ ПОСЛЕ ПОСЛЕДНЕГО ОБРАЩЕНИЯ К НЕМУ; <u>ВРУЧНУЮ</u> ПРИ ВЫКЛЮЧЕНИИ МОСТА С КЛАВИАТУРЫ БУ; <u>ВРУЧНУЮ</u> ЧЕРЕЗ ОСНОВНОЕ ДИАЛОГОВОЕ ОКНО ПРОГРАММЫ ПРИ УПРАВЛЕНИИ МОСТА ОТ ПК.

– РАДИУС ИЗГИБА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ ДОЛЖЕН БЫТЬ НЕ МЕНЕЕ 5 СМ.

– ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОСТА В СОСТАВЕ ПЕРЕДВИЖНОЙ ЛАБОРАТОРИИ БЛОК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ДОЛЖЕН БЫТЬ УСТАНОВЛЕН В СУМКЕ УКЛАДОЧНОЙ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ АМОРТИЗАЦИИ.

- Метрологические характеристики Моста гарантируются только при использовании штатных измерительных кабелей, входящих в комплект Моста.

- При этом суммарная длина кабелей, подключенных к измерительным входам Моста, не должна превышать 25 м.

Максимальное действующее значение рабочего напряжения при работе со встроенным конденсатором составляет 10 кВ.

Максимальное действующее значение рабочего напряжения при работе с внешним эталонным конденсатором определяется характеристиками используемого эталонного конденсатора.

Пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении температуры окружающего воздуха ±1 °С.

Конструктивные характеристики и питание

Мост снабжен жидкокристаллическим индикатором (2 строки по 16 знакомест) и клавиатурой для управления (16 кнопок).

Результаты измерений могут быть сохранены в энергонезависимой памяти Моста. Предусмотрена возможность просмотра сохраненных результатов.

Сохраненные результаты измерений могут быть распечатаны при включении в комплект поставки печатающего устройства.

Для расширения диалоговых возможностей Моста в комплект поставки включено программное обеспечение для проведения измерений с помощью персонального компьютера.

В состав Моста входят следующие устройства: Измерительный блок, Блок управления (БУ) и Устройство зарядное.

Масса составных частей Моста составляет: Измерительного блока - не более 14 кг, БУ – не более 0,55 кг, Устройства зарядного – не более 1 кг.

Габаритные размеры составных частей Моста: Измерительного блока - не более 120 мм ×315 мм ×415 мм; БУ – не более 135 мм ×27 мм ×153 мм; Устройства зарядного - не более 75 мм ×70 мм ×121 мм

Корпуса устройств Моста, имеют степень защиты IP20 от проникновения твердых предметов и воды согласно ГОСТ 14254-96.

Электропитание Моста осуществляется от встроенного аккумулятора и сети переменного тока (220 ± 22) В, (50 ± 1) Гц или бортовой сети 12 В.

Время работы Моста от полностью заряженного аккумулятора составляет не менее 50 часов.

Мощность, потребляемая Мостом, в работе или при заряде аккумулятора не более 15 В·А.

КОМПЛЕКТНОСТЬ

Наименование	Кол. (шт)	Примечание
Блок измерительный	1	
Блок управления	1	
Устройство зарядное	1	
Многозначная коммутируемая мера емкости (МКМЕ)	1	
Кабель измерительный (КИ1)	1	10 м
Кабель измерительный (КИ2)	1	1,5 м
Кабель измерительный высоковольтный (КИ3)	1	25 м
Кабель интерфейсный последовательного порта (RS232)	1	
Кабель волоконно-оптический (ВОК)	1	3 м
Кабель переходной (КП1) (разъем XLR-M – зажим типа "крокодил")	–	Количество определяется при заказе
Кабель переходной (КП2) (разъем XLR-M – два зажима типа "крокодил")	1	Количество определяется при заказе
Кабель переходной, (КП3) (разъем XLR-M – кольцевой наконечник)	1	
Кабель переходной (КП4) (для подключения БУ)	1	
Перемычка	1	
Заглушка экранирующая	1	

Наименование	Кол. (шт)	Примечание
Кабель питания сетевой 220В, 50 Гц	1	
Кабель питания от бортовой сети 12В	1	
Датчик температуры	1	
Диск инсталляционный	1	
Эксплуатационная документация		
Руководство по эксплуатации	1	
Паспорт	1	
Методика поверки	1	
Комплект ЗИП		
Разъем кабельный типа XLR-F	2	
Разъем кабельный типа XLR-M	2	
Ключ корпусной	1	
Вставка плавкая ВПТ2-1А-250В	2	
Вставка плавкая ВПТ1-0,25А-250В	2	
Комплект упаковочной тары		
Сумка укладочная для Блока измерительного	1	
Сумка укладочная для БУ	1	
Сумка укладочная для кабелей	1	

4.3 УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ МОСТА

Основные составные части Моста и выполняемые ими функции

Структурная схема Моста приведена на рисунке 4.1:

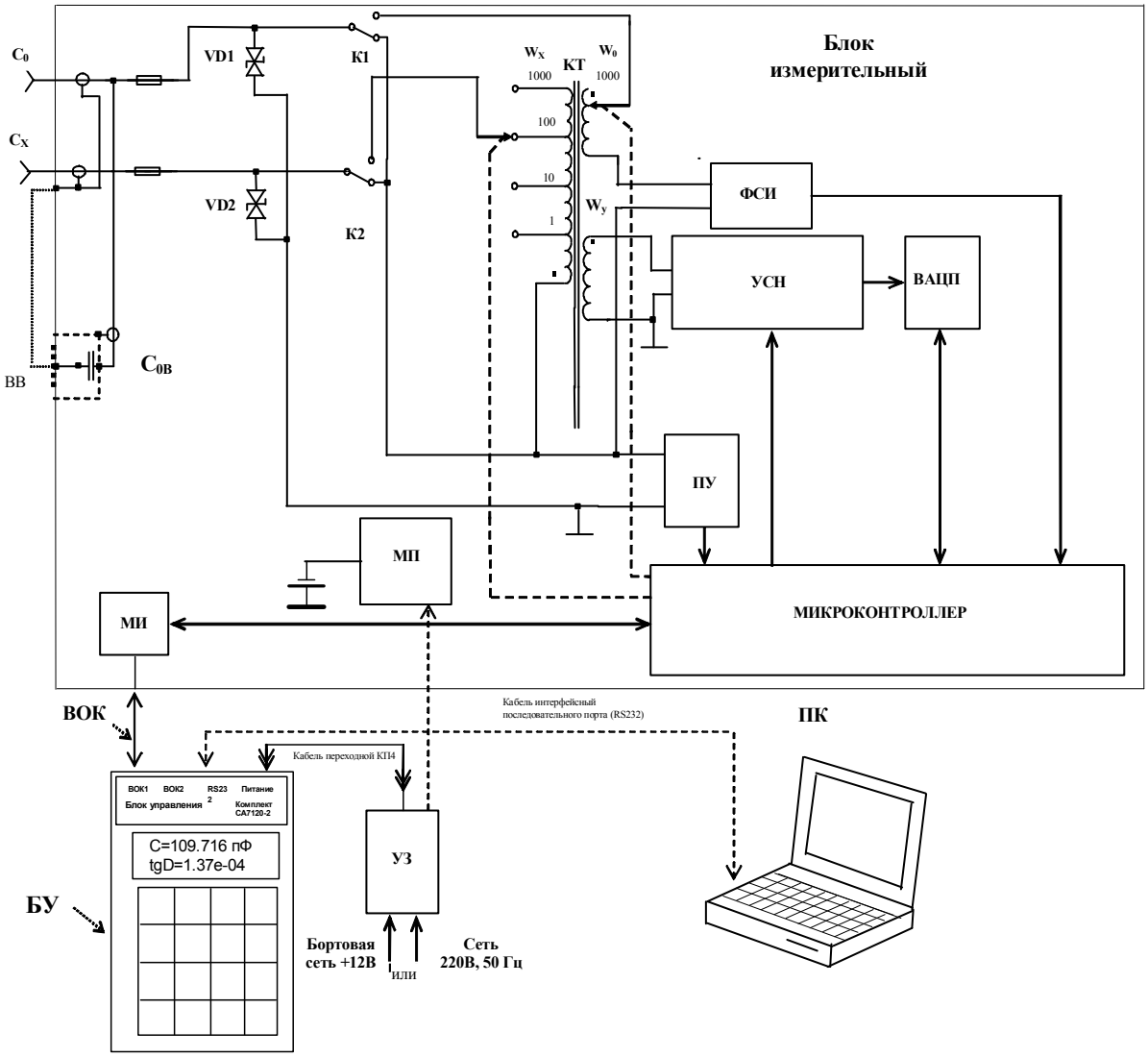


Рисунок 4.1

КТ - компаратор токов; ФСИ – формирователь синхроимпульсов; УСН – усилитель сигнала неравновесия; ВАЦП – вектормерный аналого-цифровой преобразователь; ПУ – пороговое устройство; ВВ – высоковольтный ввод встроенного эталонного конденсатора; C_{0B} – встроенный эталонный конденсатор; МИ – модуль интерфейса, МП – модуль питания; УЗ – устройство зарядное; ВОК – волоконно-оптический кабель; БУ – Блок управления, ПК - персональный компьютер.

БУ (Блок управления) предназначен для управления процессом измерения, а также для диалога оператора с Мостом. Связь БУ и Измерительного блока осуществляется через полностью диэлектрический волоконно-оптический кабель, что позволяет обеспечить безопасность персонала. В БУ предусмотрен последовательный интерфейсный порт для связи с ПК (RS232). При использовании Моста с ПК расширяются диалоговые возможности прибора, а также возможности по сохранению и дальнейшей обработке результатов измерений стандартными программами.

МИ (модуль интерфейса) осуществляет функцию преобразования оптических сигналов в электрические.

МП (модуль питания) служит для формирования питающих напряжений, а также обеспечивает автоматический заряд аккумулятора.

КТ (компаратор токов), эталонный конденсатор (C_0) (или встроенный эталонный конденсатор C_{0B}) и измеряемый конденсатор (C_X) образуют мостовую схему измерения.

УСН (усилитель сигнала неравновесия) усиливает сигнал неравновесия до уровня, необходимого для эффективной работы ***ВАЦП (векторомерный аналого-цифровой преобразователь)***.

ВАЦП представляет собой комбинацию двух синхронных детекторов с взаимно квадратурными опорными колебаниями и двух АЦП, подключенных к их выходам. Значения кодов, считываемых микроконтроллером с указанных АЦП, пропорциональны соответствующим квадратурным составляющим сигнала неравновесия.

Микроконтроллер осуществляет преобразование команд, поступающих из БУ, в сигналы управления узлами Измерительного блока, а также передает в БУ через ВОК (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 Wy, 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 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 уравновешивание Мостовой цепи в пределах поддиапазона измерения.

ФСИ (формирователь синхроимпульсов) 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.

Стабилитроны VD1, VD2, БУ, коммутаторы К1 и К2, а также предохранители предназначены для предохранения измерительной цепи от перегрузок по току.

Основой процесса измерения является вариационный метод измерения. Используемая в Мосте разновидность вариационного метода измерения предусматривает изменение (вариацию) измеряемой величины (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 процессор, размещенный в Блоке управления.

Процесс измерения с помощью Моста можно условно разделить на следующие основные этапы:

1) выбор чувствительности и измерение рабочего напряжения;
2) выбор п/д;
3) уравновешивание измерительной цепи в пределах п/д;
4) измерение значения остаточного сигнала неравновесия и "нулей" прибора (при отключенных с помощью коммутаторов К1 и К2 сравниваемых токах);
5) вычисление результата измерения по равновесным значениям декадных коммутаторов и значению остаточного сигнала неравновесия;
6) коррекция результата с учетом влияния сопротивлений подводящих проводов, обмоток и коммутаторов в цепи объекта измерения и образцовой меры.

Выбор чувствительности осуществляют изменением коэффициента передачи УСН.

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

После уравновешивания с помощью ВАЦП измеряется остаточный сигнал неравновесия.

Используя результат этого измерения, равновесные значения числа витков обмоток КТ, а также значения емкости и тангенса угла потерь C_0, введенные оператором, БУ производит вычисление и вывод на экран БУ значений емкости и тангенса угла потерь объекта измерения и действующего значения первой гармоники рабочего напряжения и его частоты.

Управление элементами, участвующими в выполнении указанных выше операций, а также передачу измерительной информации в БУ осуществляет микроконтроллер, получающий команды от БУ.

Конструкция Моста

Мост состоит из:

- Измерительного блока;
- Блока управления (БУ);
- Устройства зарядного, выполняющего также функцию источника питания БУ.

На рисунке 4.2 показан внешний вид передней панели и верхней стенки Измерительного блока, на рисунке 4.3 - внешний вид БУ.

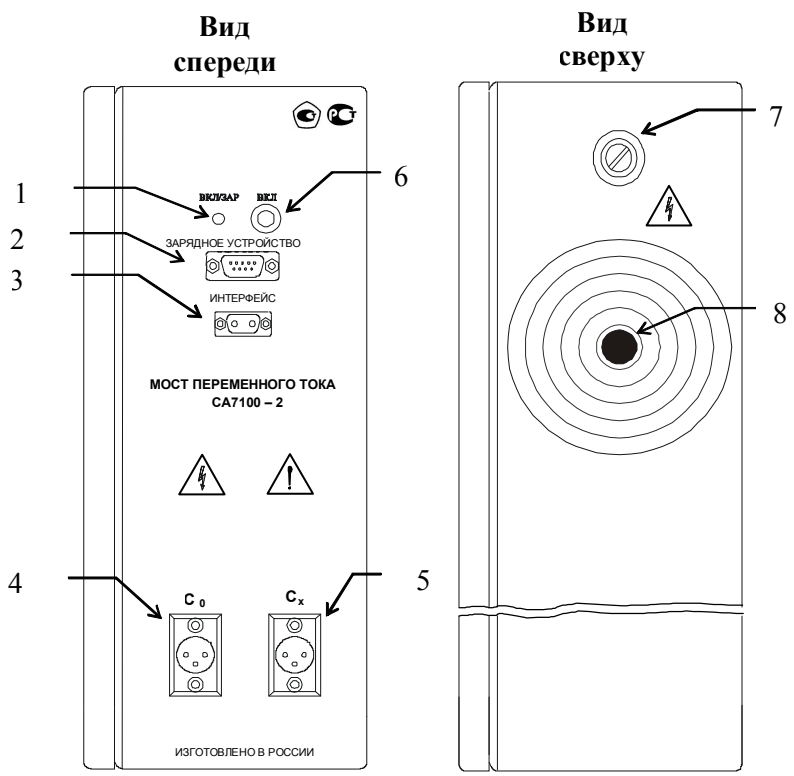


Рисунок 4.2.

Поз.1 – индикатор включения питания Измерительного блока и контроля заряда аккумулятора;
Поз.2 – разъем для подключения Устройства зарядного и внешних устройств (Тестирующее устройство, датчик температуры и т.п.);
Поз.3 – разъем для подключения Блока управления;
Поз.4 – разъем для подключения внешнего эталонного конденсатора;
Поз.5 – разъем для подключения объекта измерения;
Поз.6 – кнопка включения питания;
Поз.7 – корпусной зажим;
Поз.8 – в/в вывод встроенного эталонного конденсатора.

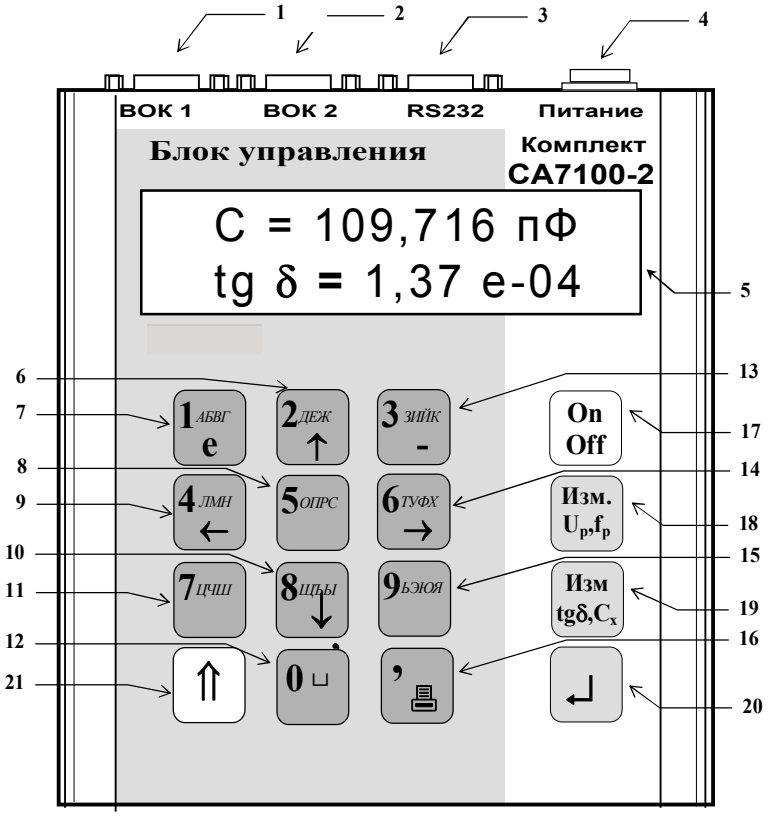


Рис.4.3

Поз.1 – разъем для подсоединения Измерительного блока с помощью волоконно-оптического кабеля (ВОК1);

Поз.2 – разъем для подсоединения в/в источника напряжения с помощью волоконно-оптического кабеля (ВОК2); если в данной комплектации разъем не используется, то, в качестве заглушки, устанавливается разъем DB-9M;

Поз.3 – разъем для подсоединения ПК или печатающего устройства;

Поз.4 – разъем для подключения Устройства зарядного;

Поз.5 – двухстрочный ЖК-индикатор для вывода информации;

Поз.6 – кнопка для ввода символов "2","Д","Е","Ж" и для перемещения курсора;

Поз.7 – кнопка для ввода символов "1","А","Б","В","Г" и для ввода основания степени (е);

Поз.8 – кнопка для ввода символов "5""О","П","Р","С";

Поз.9 – кнопка для ввода символов "4","Л","М","Н" и для перемещения курсора;

Поз.10 – кнопка для ввода символов "8","Щ","Ъ","Ы" и для перемещения курсора;

Поз.11 – кнопка для ввода символов "7","Ц","Ч","Ш";

Поз.12 – кнопка для ввода символов "0" и " ␣ "

Поз.13 – кнопка для ввода символов "3","З","И","Й","К" и для ввода знака "-";

Поз.14 – кнопка для ввода символов "6","Г","У","Ф","Х" и для перемещения курсора;

Поз.15 – кнопка для ввода символов "9","Ъ","Э","Ю","Я";

Поз.16 – кнопка для ввода разделителя "," и включения печати;

Поз.17– кнопка для включения / выключения режимов;

Поз.18 – кнопка для включения режима измерения напряжения и частоты;

Поз.19 – кнопка для включения режима измерения емкости и тангенса;

Поз.20 – кнопка для переключения режимов;

Поз.21 – кнопка для включения регистра (для кнопок с двойным назначением).

4.4 ПОДГОТОВКА МОСТА К РАБОТЕ

1. Соединить составные части Моста, в соответствии с рисунком 4.4, для этого:

1) подключить Устройство зарядное к БУ, присоединив кабель с разъемом (DB-15) Устройства зарядного к кабелю переходному (КП), а кабель переходной к разъему "Питание" БУ (Не проводить это подсоединение при включенном Устройстве зарядном!);

2) соединить БУ с Измерительным блоком, используя волоконно-оптический кабель (ВОК), подключив его разъемы к разъему БУ "ВОК" и разъему Измерительного блока "Интерфейс", соответственно.

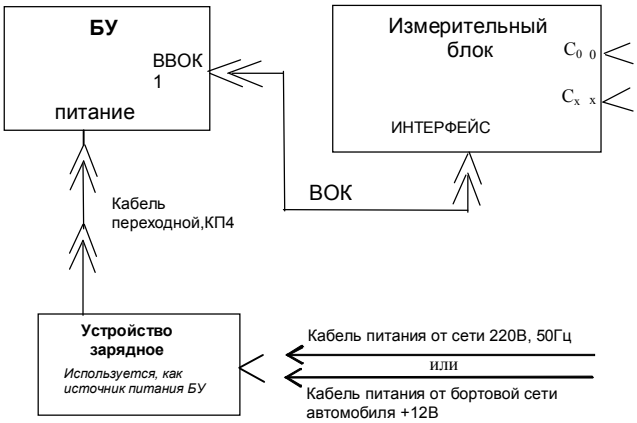


Рисунок 4.4

4.5 РАБОТА С МОСТОМ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ОТ БУ

Порядок работы с Мостом при использовании встроенного эталонного конденсатора

Номинальное значение встроенного эталонного конденсатора указано в п.2.2. РЭ. Значение емкости встроенного эталонного приведено для определения диапазона измерения емкости при работе со встроенным эталонным конденсатором.

Подключение оборудования для проведения измерений

1. Подготовить Мост к работе в соответствии с разделом 5.1РЭ.
2. Вставить заглушку экранирующую из комплекта поставки в разъем C_0 Измерительного блока.
3. Подключить оборудование для проведения измерений с помощью Моста по "нормальной" (прямой) или "перевернутой" (инверсной) схемам, согласно рисунка 4.5, для этого:

1) соединить с помощью одного из измерительных кабелей (КИ1÷КИ3) для "нормальной" схемы или высоковольтного измерительного кабеля (КИ3) для "перевернутой" схемы, входящих в комплект поставки, разъем C_x и объект измерения;

2) соединить высоковольтный вывод эталонного конденсатора и корпусной зажим Моста с высоковольтным коммутатором "нормальная - перевернутая" (В/в коммутатор),

причем для "нормальной" схемы соединение выполнить проводом, изоляция которого относительно "земли" рассчитана на рабочее напряжение.

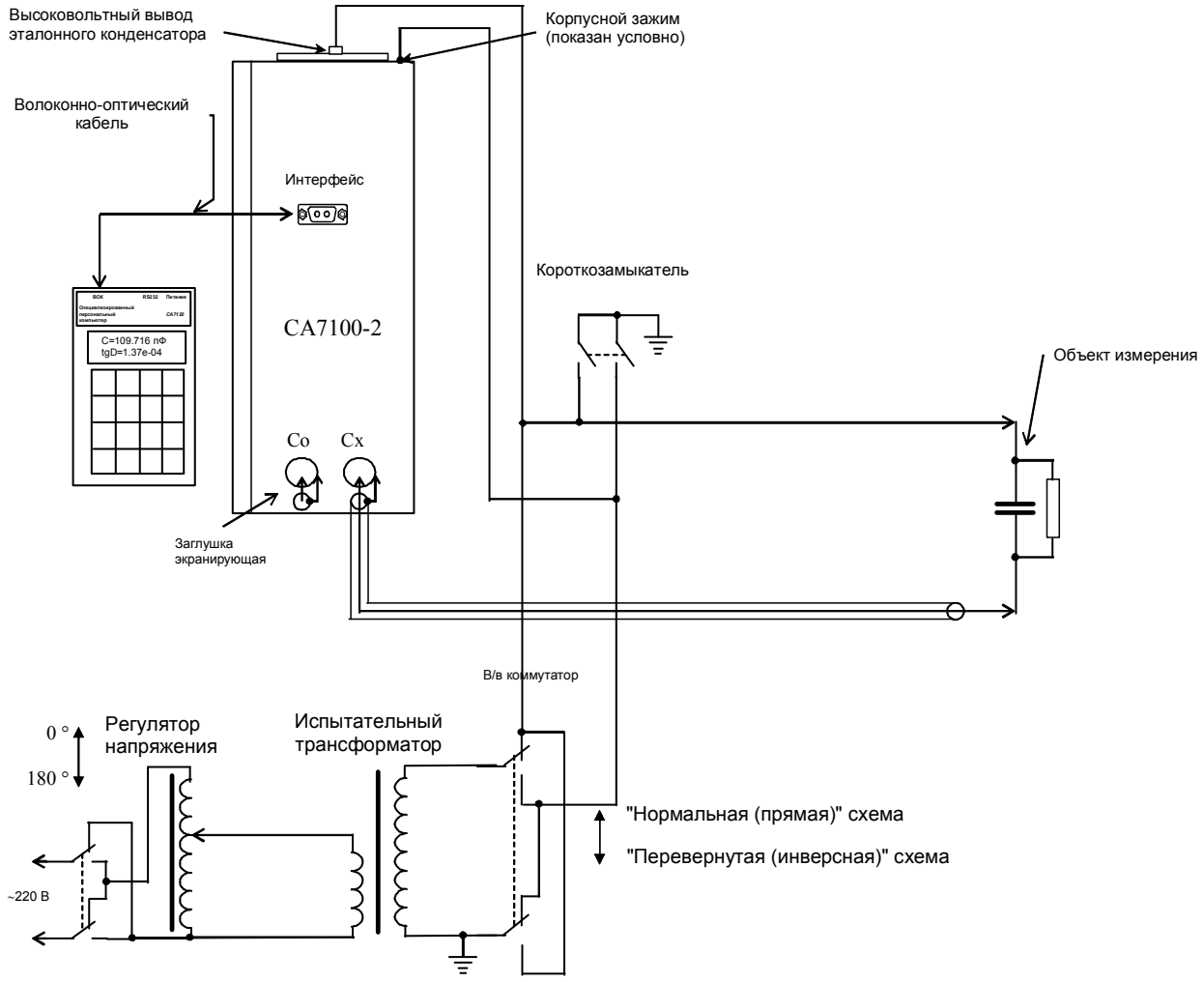


Рисунок 4.5

5. При измерениях по "перевернутой" схеме установить Мост на изолирующую подставку, причем подставка должна быть рассчитана на рабочее напряжение.

Измерение параметров объекта при наличии токов влияния (режим смены фаз [1])

В условиях большой напряженности электромагнитного поля (токи влияния) и невозможности эффективного экранирования объекта, измерения следует проводить, используя режим "Измерение со сменой фазы". Это позволит существенно уменьшить влияние внешнего электрического поля на результат измерения.

[1] Измерения в режиме смены фаз проводятся методом двух отсчетов.

Следует учитывать, что уменьшение влияния помех при применении режима смены фаз будет достигнуто только в том случае, если источник помех когерентен с источником рабочего напряжения. Для повышения эффективности компенсации влияния помех следует стремиться к тому, чтобы значения рабочего напряжения, устанавливаемые на первом и втором этапах режима со сменой фаз, были практически равны.

Особенности работы с внешним эталонным конденсатором

Подключение оборудования для проведения измерений

1. Подготовить Мост к работе в соответствии с разделом 5.1.
2. Собрать схему подключения оборудования для проведения измерений с помощью Моста по "нормальной" (прямой) или "перевернутой" (инверсной) схемам, согласно рисунка 6.2, для этого:

1) соединить с помощью одного из измерительных кабелей (КИ1÷КИ3), входящих в комплект поставки, разъем"C_x" Моста и объект измерения;

2) соединить с помощью одного из измерительных кабелей (КИ1÷КИ3) разъем "C_o" Моста, и низковольтный вывод внешнего эталонного конденсатора.

3. Соединить высоковольтный вывод встроенного высоковольтного конденсатора с корпусным зажимом Моста.
4. При измерениях по "перевернутой" схеме установить Мост на изолирующую подставку, причем подставка должна быть рассчитана на рабочее напряжение.
5. Включить Мост, выполнив указания раздела 6.1.2 РЭ.

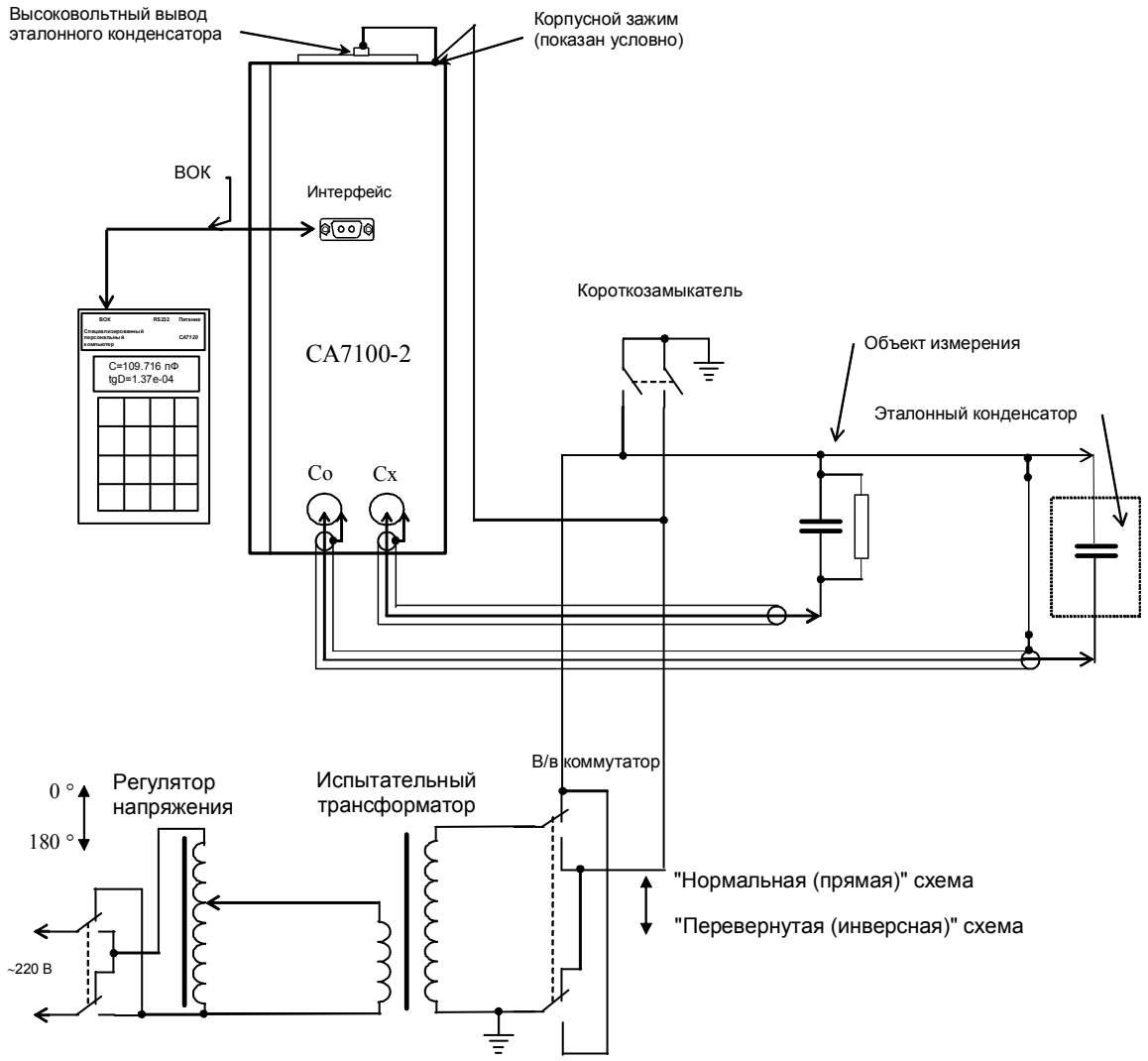


Рисунок 4.6

Измерение параметров объекта под рабочим напряжением (в процессе эксплуатации)

Проведение измерений под рабочим напряжением осуществляется с помощью Устройства согласования автоматического CA7140, которое не входит в комплект поставки и может быть поставлено отдельно. Порядок проведения измерений под рабочим напряжением изложен в Руководстве по эксплуатации Устройства согласования автоматического CA7140.

Тестирование Моста

Тестирование Моста выполняется совместно с Тестирующим устройством типа CA7130, которое не входит в комплект поставки и может быть поставлено отдельно. Порядок работы при тестировании Моста изложен в Руководстве по эксплуатации Тестирующего устройства CA7130.

Оперативная печать результатов измерений

Печать результатов измерений осуществляется с помощью портативного термопринтера, который не входит в комплект поставки и может быть поставлен отдельно.

Для подключения принтера необходимо соединить составные части Моста в соответствии с рисунком 4.7.

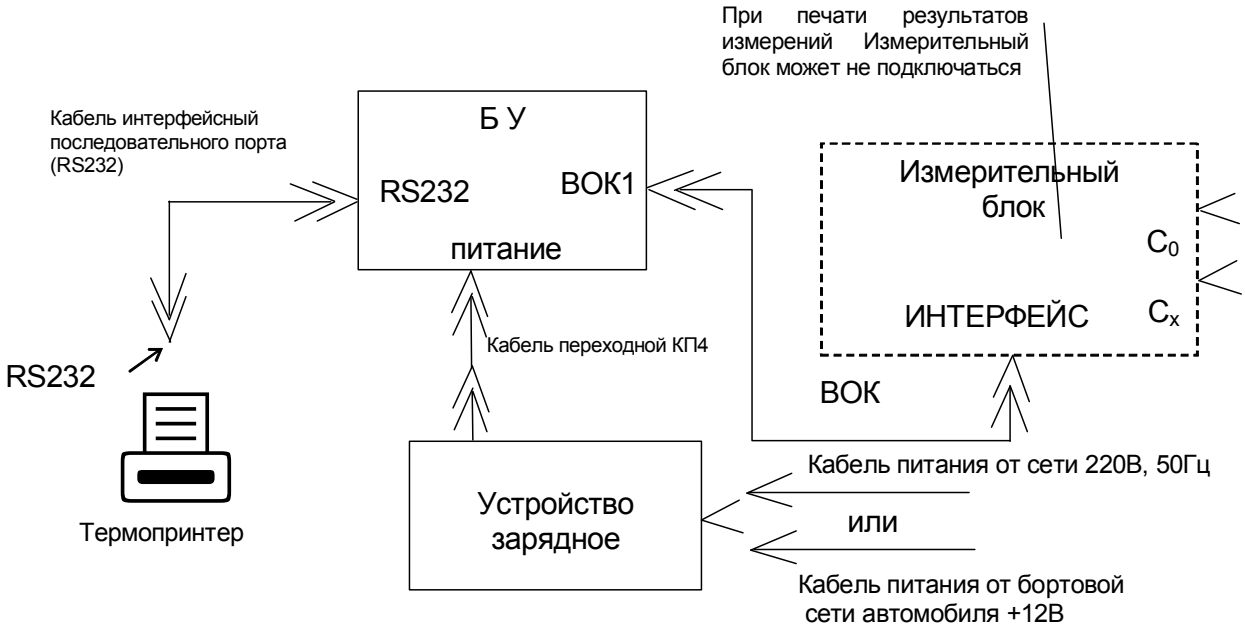


Рис.4.7

Предусмотрено три варианта печати:

– <u>Печать результатов текущего измерения.</u>

Для этого, после появления результатов измерений на экране БУ нажать кнопку .

– <u>Печать отдельной записи из архива.</u>

Для этого необходимо войти в режим просмотра результатов измерений (раздел 8.1), выбрать интересующую запись и распечатать ее, нажав кнопку.

– <u>Печать группы записей результатов измерений за указанный период времени.</u>

4.6 РАБОТА С МОСТОМ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ОТ ПК

Использование Моста совместно с персональным компьютером (ПК) позволяет через диалоговое окно ПК осуществлять управление Мостом, выводить результаты измерений, а также переписывать из памяти БУ на винчестер или гибкий диск файл результатов измерений.

ПК должен быть IBM– совместимым и иметь следующие характеристики:

– операционная система не ниже Windows 95;

– объем оперативной памяти - не менее 16МБ;

– процессор - не ниже Pentium-100;

– дисплей - не ниже SVGA;

– поддержка цветовой палитры 16 бит;

– объем дисковой памяти - не менее 5МБ;

– наличие манипулятора типа "мышь";

– наличие одного свободного COM - порта (RS232).

Подготовка Моста к работе при управлении от ПК

Перед первым совместным использованием Моста и ПК в память компьютера должно быть загружено программное обеспечение, которое размещено на инсталляционном диске, входящем в комплект поставки.

Подключение ПК к Мосту

1. Собрать Мост, в соответствии с рисунком 5.1.
2. Подключить к Мосту персональный компьютер (рисунок 7.1), для чего к разъему с надписью "RS232" на БУ, подключить интерфейсный кабель КИ, входящий в комплект Моста, другой разъем этого кабеля подключить к разъему свободного последовательного (COM) порта персонального компьютера.

Подключение следует выполнять при отключенных от питающей сети ПК и БУ (сетевые вилки ПК и Устройства зарядного должны быть извлечены из розеток!). Невыполнение указанного требования может привести к выходу аппаратуры из строя!

3. Включить кабель питания Устройства зарядного в сеть при установленном в положении "О" переключателе "I/O", который может размещаться на корпусе или на кабеле, в зависимости от варианта питания.
4. Установить переключатель"I/O" в положение "I".
5. Включить ПК.
6. Включить кабель питания Устройства зарядного в сеть при установленном в положении "О" переключателе "I/O", который может размещаться на корпусе или на кабеле, в зависимости от варианта питания.
7. Установить переключатель"I/O" в положение "I".
8. Включить ПК.

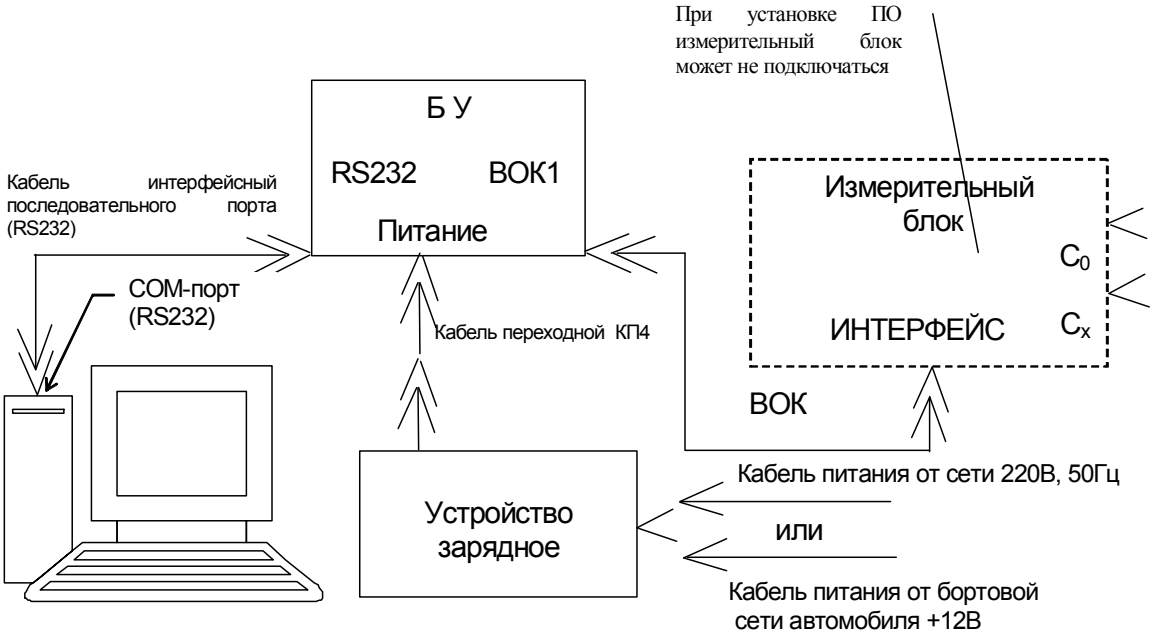


Рис. 4.8

Установка программного обеспечения Моста на ПК

Программное обеспечение Моста размещено на инсталляционном диске в папке HVBridge. Папка HVBridge включает в себя файлы для работы с Мостом из операционной системы Windows 9X**:**

- HVLink.exe - программа для чтения файла результатов из БУ и записи его на ПК (информация об использования этой программы для считывания файла результатов приведена в разделе 8.1), кроме того, эта программа определяет № порта ПК, к которому подключен Мост;
- HVBridge.exe - программа для управления Мостом через диалоговое окно ПК;
- pcomm.dll - библиотека функций для работы с последовательным портом;
- HVBridge.ini - файл конфигурации.

Для установки ПО на персональный компьютер:

1. Скопировать папку HVBridge с ее содержимым на жесткий диск ПК и открыть эту папку. В дальнейшем, запуск программ HVLink.exe и HVBridge.exe выполнять из папки, переписанной на жесткий диск.
2. Отменить атрибут "только для чтения" файла HVBridge.ini.

ПОРЯДОК РАБОТЫ СО ВСТРОЕННЫМ ЭТАЛОННЫМ КОНДЕНСАТОРОМ

Подключение Моста к ПК и подготовка к работе

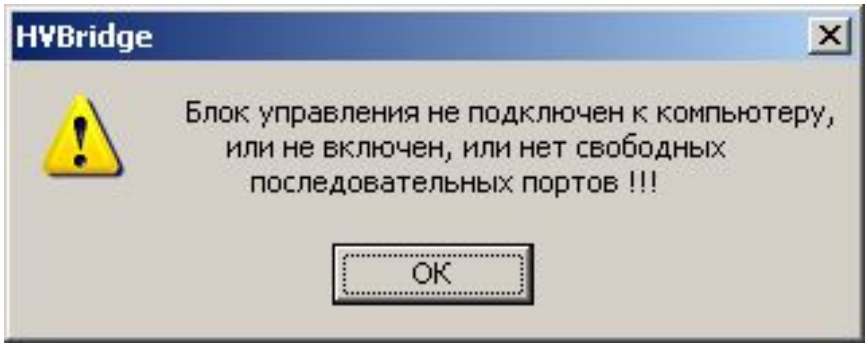
1. Собрать схему Моста и подключить к нему ПК, в соответствии с разделом 7.1.1.

2. Собрать схему включения оборудования для проведения измерений с помощью Моста по "нормальной" (прямой) или "перевернутой" (инверсной) схемам и включить Мост, в соответствии с разделами 6.1.1 (подпункты 2-4), 6.1.2.

3. Включить ПК и вывести на экран ПК основное диалоговое окно при совместной работе Моста и ПК (рисунок 7.2), для чего из папки HVBridge запустить исполняемый файл HVBridge.

4. Убедиться в наличии связи между ПК и БУ, в строке состояния (поз.16) основного диалогового окна должно быть сообщение "Связь установлена по COM …".

В случае появления сообщения



необходимо проверить, что подключение и включение БУ и ПК выполнено, в соответствии с п.7.1.1, или обнаружить программу, которая использует данный порт и отключить ее.

После устранения возможных ошибок, программу HVBridge.exe запустить еще раз и убедиться в успешном установлении связи.

5. В дальнейшем, все действия по управлению процессом измерения следует осуществлять через основное диалоговое окно с помощью манипулятора типа "мышь" (или другого, его заменяющего) и клавиатуры ПК. При загрузке в основном диалоговом окне устанавливается флажок ∨ "С0 встроенный" (поз.19, рисунок 5.3) и в поле "Выбор поддиапазона измерения" (поз.9, рисунок 5.3) установлен вариант "Автоматическ."

6. Включить Мост, для чего щелкнуть в основном диалоговом окне по кнопке **выкл** в поле "Питание" (поз.8, рисунок 4.9).

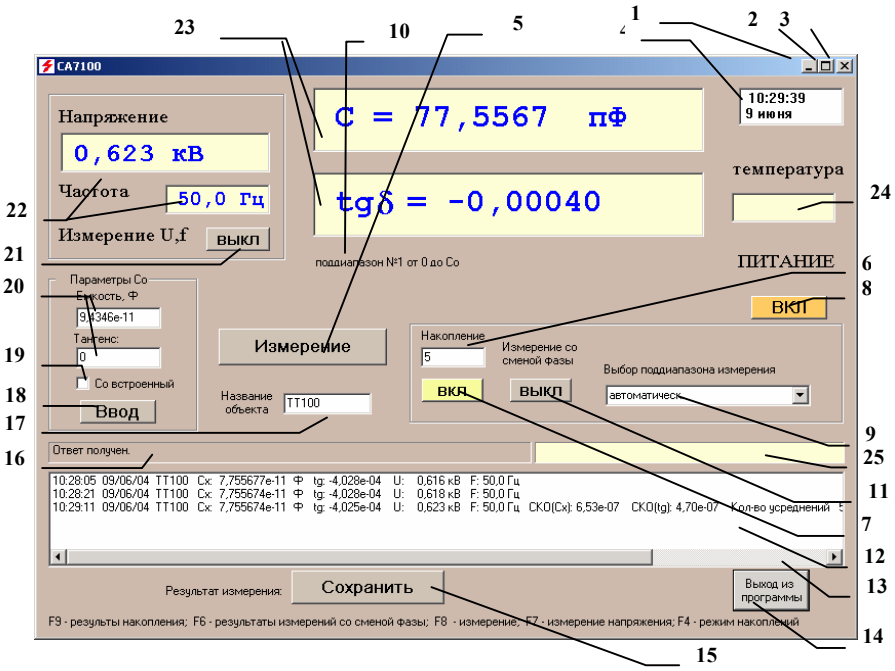


Рисунок 4.9

Поз.1 – кнопка минимального размера окна;

Поз.2 – кнопка максимального размера окна;

Поз.3 – быстрый выход из программы;

Поз.4 – поле вывода времени и даты измерений;

Поз.5 – кнопка запуска измерений;

Поз.6 – поле ввода количества усредняемых результатов;

Поз.7 – кнопка вкл./выкл. режима измерения с усреднением результатов;

Поз.8 – кнопка включения моста;

Поз.9 – поле выбора фиксированного поддиапазона измерений и режима "автоматический выбор п/д";

Поз.10 – поле вывода выбранного поддиапазона измерений;

Поз.11 – вкл./выкл режима измерения со сменой фаз;

Поз.12 – поле вывода результатов измерений, полученных за время сеанса работы;

Поз.13 –горизонтальная прокрутка результатов измерений за время сеанса работы;

Поз.14 – кнопка выхода из программы;

Поз.15 – кнопка сохранения результатов измерений на жестком диске;

Поз.16 –строка состояния программы;

Поз.17 – поле ввода названия объекта измерений;

Поз.18 –кнопка ввода параметров эталонного конденсатора;

Поз.19 – вкл./выкл. режима работы с встроенным конденсатором;

Поз.20 – поля ввода паспортных данных внешнего эталонного конденсатора;

Поз.21 – вкл./выкл. режима измерения параметров рабочего напряжения;

Поз.22 – поля вывода значений параметров рабочего напряжения;

Поз.23 – поля вывода параметров объекта измерений;

Поз.24 – поле вывода температуры;

Поз.25 – индикация хода выполнения команды.

Применение функциональных клавиш при работе Моста с ПК

Клавиша	Функция
Alt+F4	Осуществляется закрытие активного открытого окна. Если открыто только основное диалоговое окно, то произойдет выход в операционную систему.
F4	Включение/выключение режима измерения с усреднением результатов
F6	Просмотр результатов измерений, полученных в режиме со сменой фаз
F7	Включение/выключение измерения рабочего напряжения и частоты.
F8	Измерение параметров подключенного объекта.
F9	Просмотр результатов измерений, полученных в режиме с накоплением результатов. При просмотре режим "Накопление" должен быть включен.
Tab	Служит для перемещения курсора по полям ввода.

Завершение работы с Мостом при управлении от ПК

Автоматическое отключение Моста

Для предотвращения неоправданного разряда аккумулятора предусмотрено автоматическое отключение питания Измерительного блока, которое происходит, если в течение 20 мин. не производились измерения параметров рабочего напряжения или параметров объекта измерений. При выключении погаснет индикатор "ВКЛ/ЗАР" на передней панели Измерительного блока и на экране ПК в основном диалоговом окне в поле "Питание" появится кнопка **выкл** .

Если после автоматического отключения Моста работа должна продолжиться, то для включения Моста необходимо:

1. Отключить рабочее напряжение.
2. Нажать кнопку **Вкл** .на Измерительном блоке
3. Щелкнуть по кнопке **выкл** в поле "Питание" в основном диалоговом окне на ПК

Для завершения работы с Мостом:

1. Выйти из программы HVBridge, щелкнув по кнопке **Выход из программы**.
2. Установить переключатель "I/O", размещенном на Устройстве зарядном или на его кабеле питания (в зависимости от варианта питания), в положение "O".

Отключение Моста вручную

1. Выключить питание измерительного блока, для чего в основном диалоговом окне на ПК щелкнуть по кнопке **вкл** в поде "Питание", на Измерительном блоке погаснет индикатор "ВКЛ/ЗАР"
2. Установить переключатель "I/O", размещенный на Устройстве зарядном или на его кабеле питания (в зависимости от варианта питания), в положение "O".

4.7 АВТОНОМНАЯ РАБОТА С БУ

Просмотр результатов измерений, сохраненных в памяти БУ

Просмотр результатов измерений, записанных в память БУ, на экране БУ можно проводить в автономном режиме в любом месте, где на БУ может быть подано питание. Схема подключения оборудования показана на рисунок 4.10.

В памяти БУ будут сохранены результаты измерений, которые выполнялись после включения режима сохранения. При этом может сохраняться не более 1000 записей последних по дате.

Рисунок 4.10

Считывание результатов измерений, сохраненных в памяти БУ в память ПК

1. Соединить устройства, в соответствии с рисунок 4.11

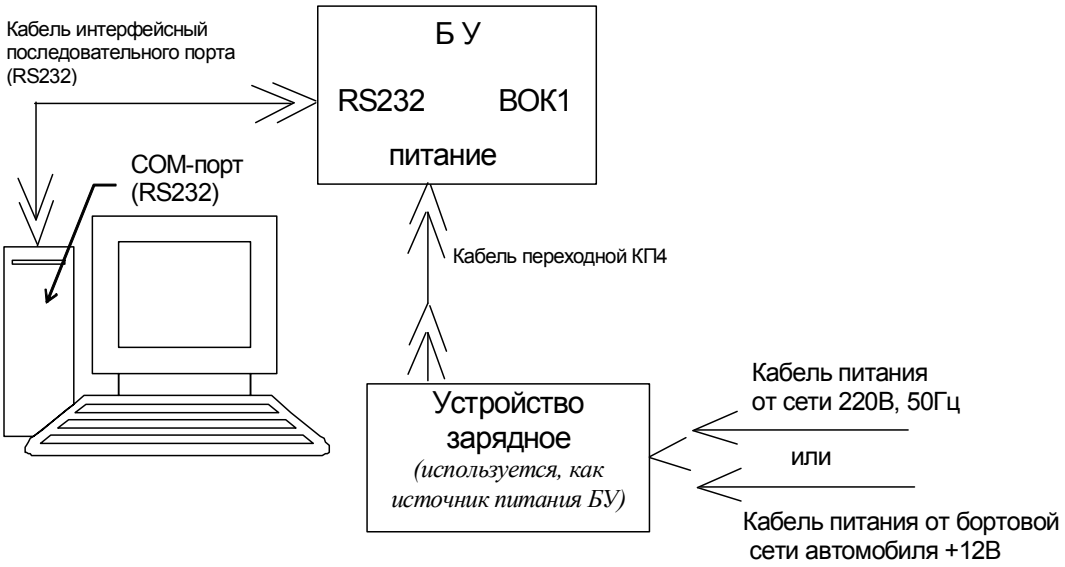
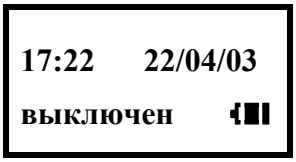
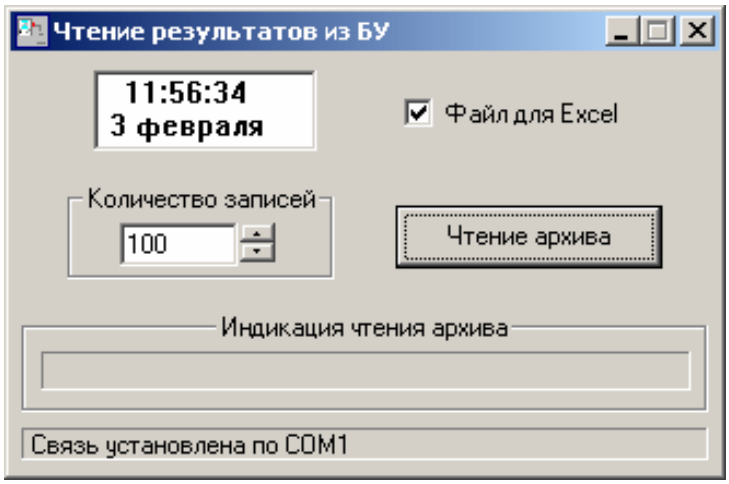


Рисунок 4.11

2. Включить питание БУ (см. таблицу раздела 5.1,п.1,подпункты 1-3 для обоих вариантов питания), на экране БУ появится окно:



3. Запустить на ПК из папки HVBridge исполняемый файл HVLink.exe, на экране ПК появится следующее диалоговое окно и с этого момента начнется функционирование программы чтения.



4. Скопировать файл результатов из БУ в ПК, для чего щелкнуть по кнопке **Чтение архива** . По умолчанию будет скопирован файл с расширением .doc. Если необходим файл Excel, то следует предварительно установить флажок ☑ "Файл для Excel".

5. Если файл результатов в БУ существует, на экране ПК откроется стандартное диалоговое окно "Сохранение " с предложением запомнить результаты, например, в файл **results25_06_03.doc** (25_06_03 - дата измерения) или в файл **results 25_06_03.xls**, если флажок ☑ "Файл для Excel" был установлен. Если же файл с результатами в БУ отсутствует, то в строке состояния появится сообщение "Файл не найден!!!".

6. Для выхода из программы щелкнуть по кнопке ☒.

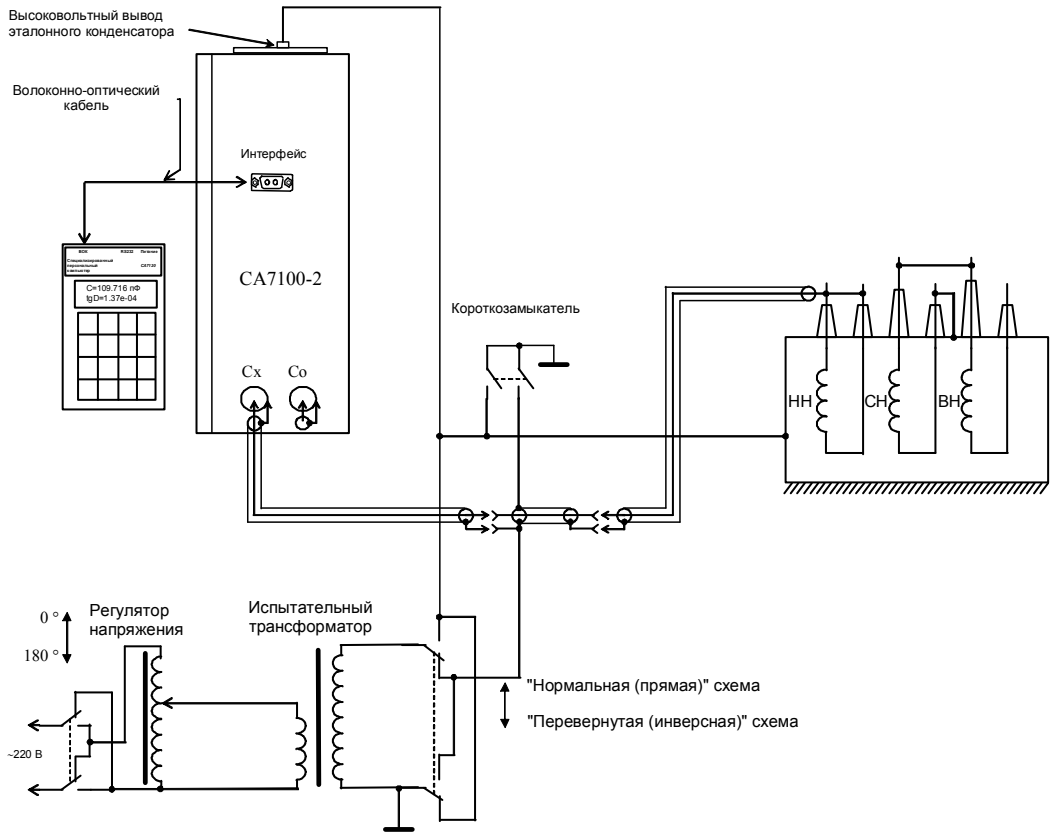
В случае работы по "инверсной" схеме измерения Измерительный блок Моста необходимо устанавливать на изолирующую подставку, рассчитанную на рабочее напряжение.

В случае работы с внешним эталонным конденсатором, высоковольтный электрод встроенного эталонного конденсатора необходимо соединить с корпусным зажимом Измерительного блока Моста.

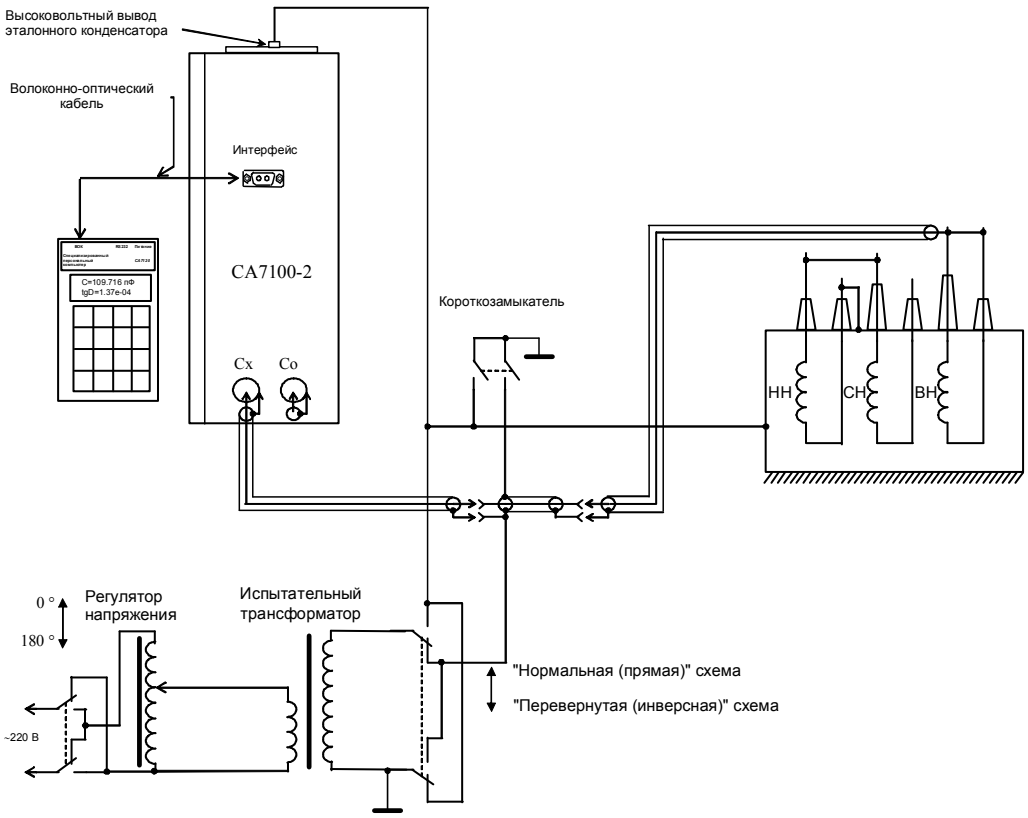
4.8 СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ, ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА И МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ ВВОДОВ

Схемы включения оборудования при проведении измерений tg δ и емкости изоляции трехобмоточных трансформаторов напряжения.

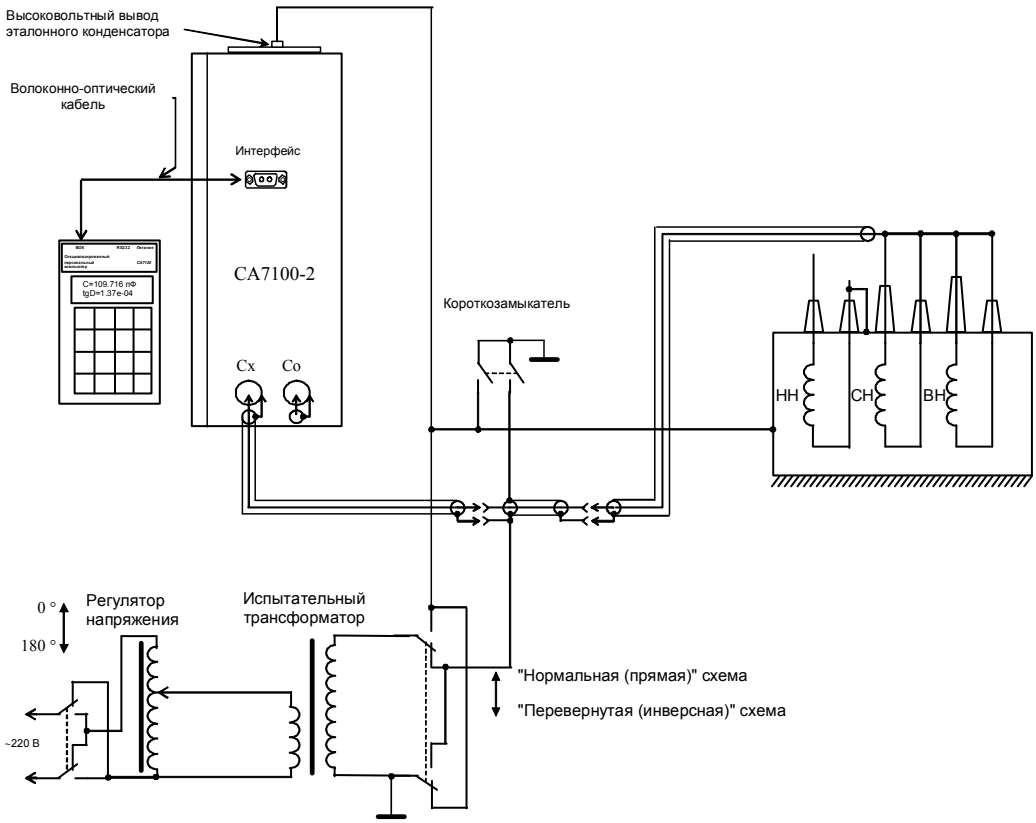
а) НН-бак;



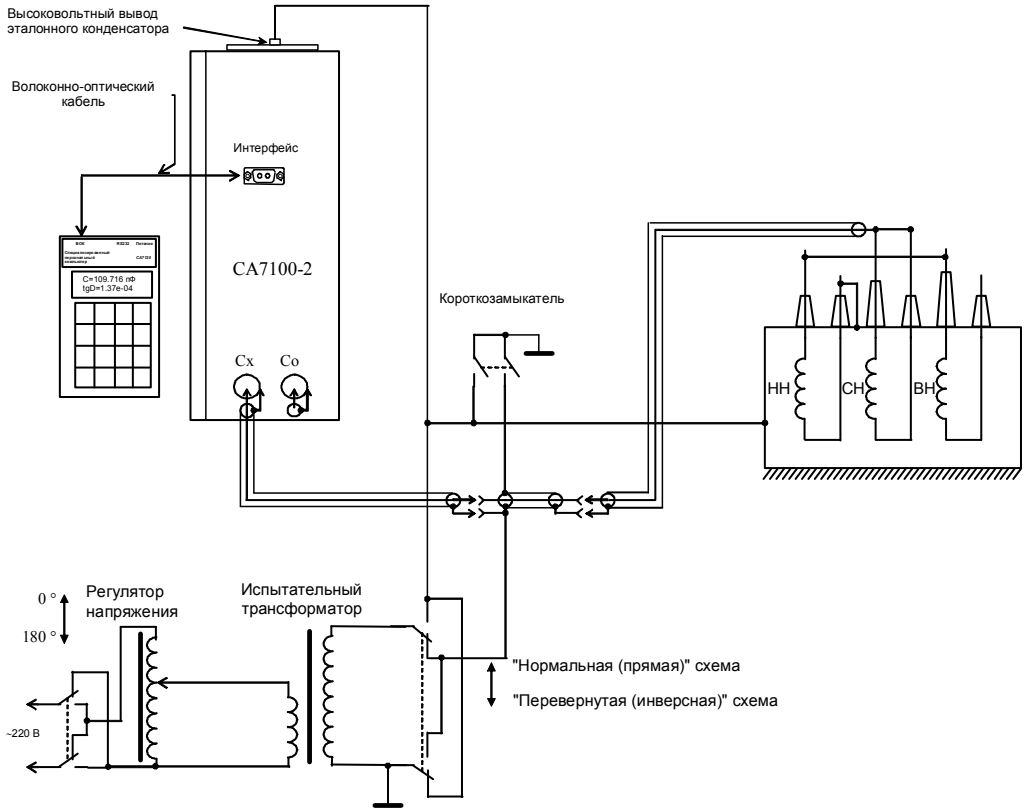
б) ВН-бак;



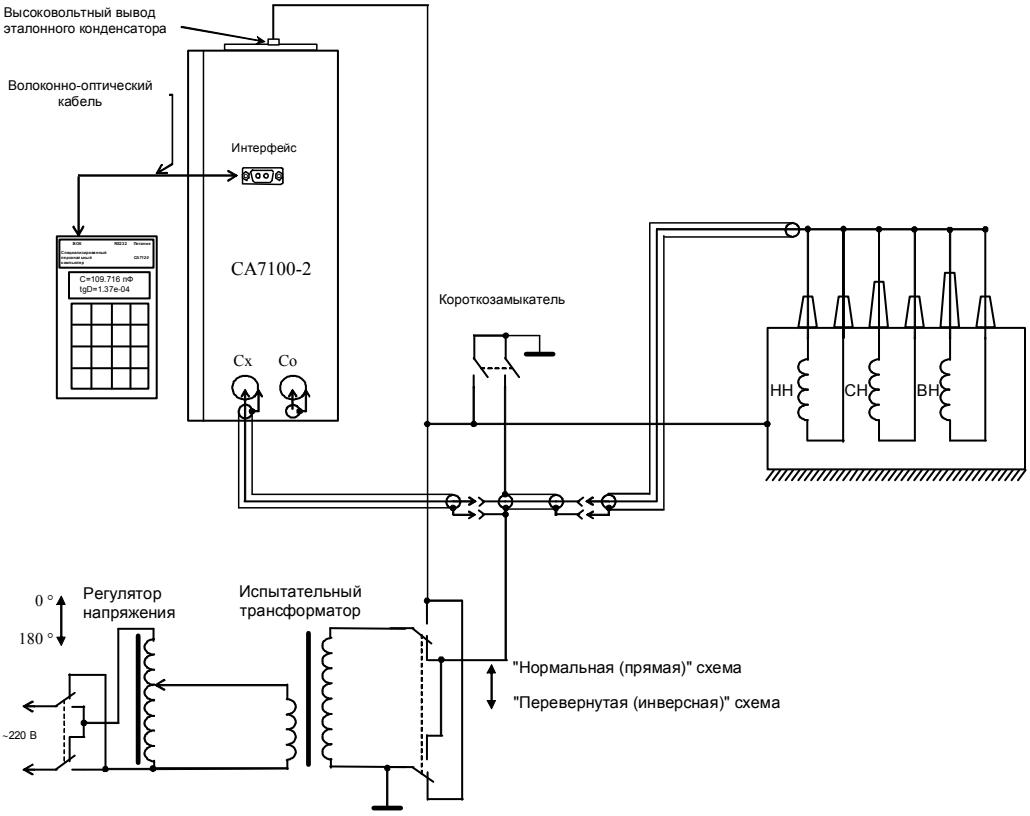
в) (ВН+СН)-бак;



г) СН-бак;

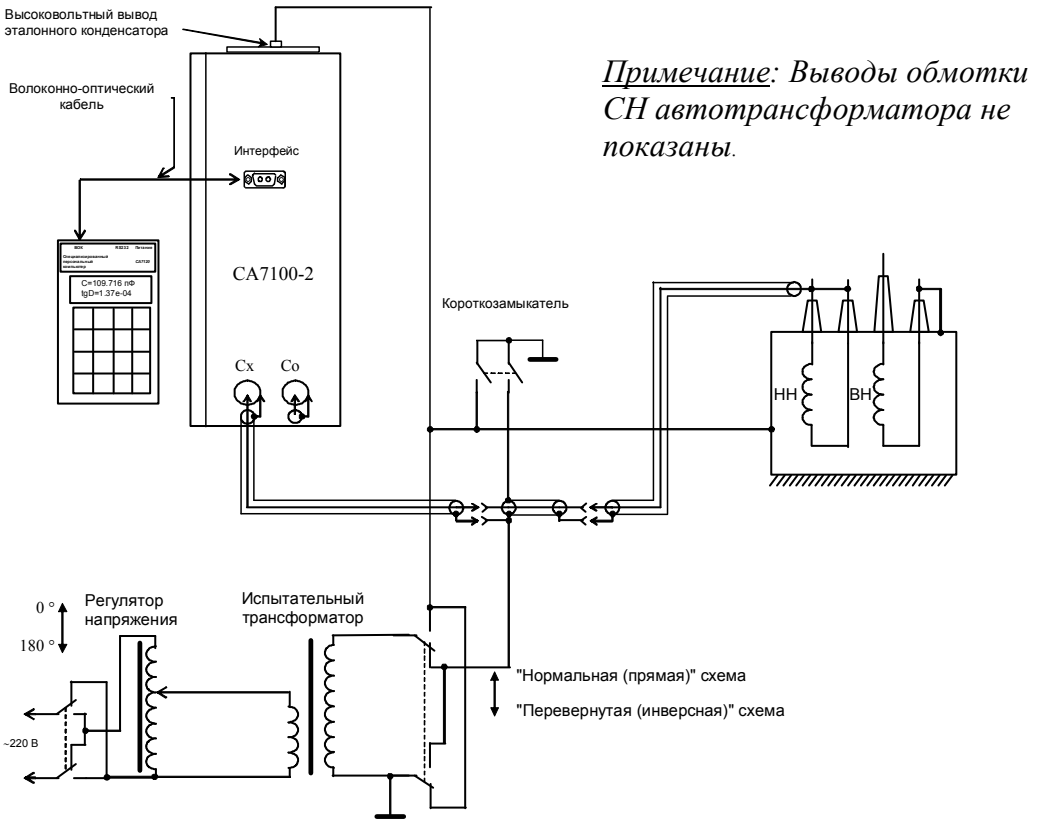


д) (ВН+СН+НН)-бак.



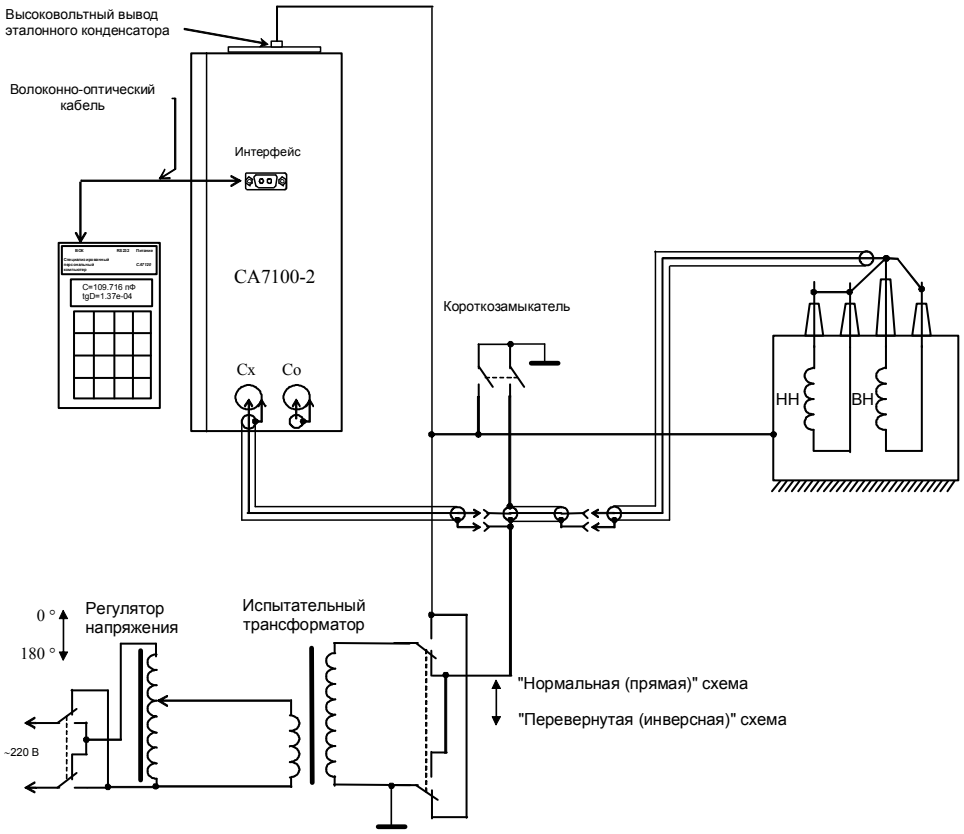
Схемы включения оборудования при проведении измерений tg δ и емкости изоляции двухобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов напряжения.

а) НН-бак;

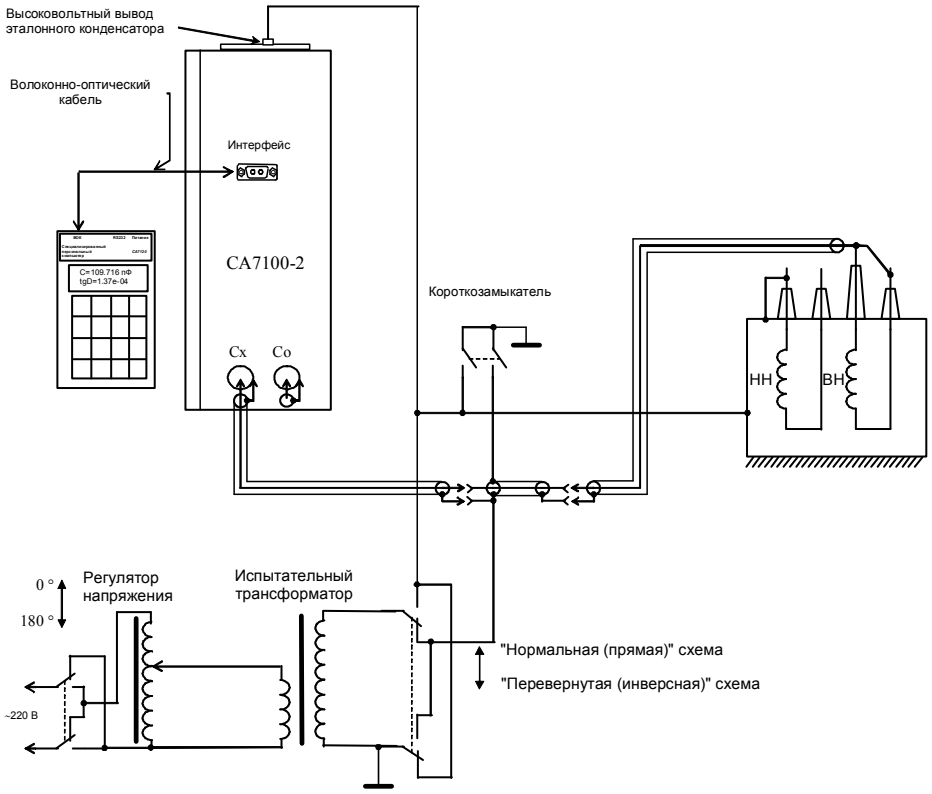


<u>Примечание</u>: Выводы обмотки СН автотрансформатора не показаны.

б) (ВН+НН)-бак;

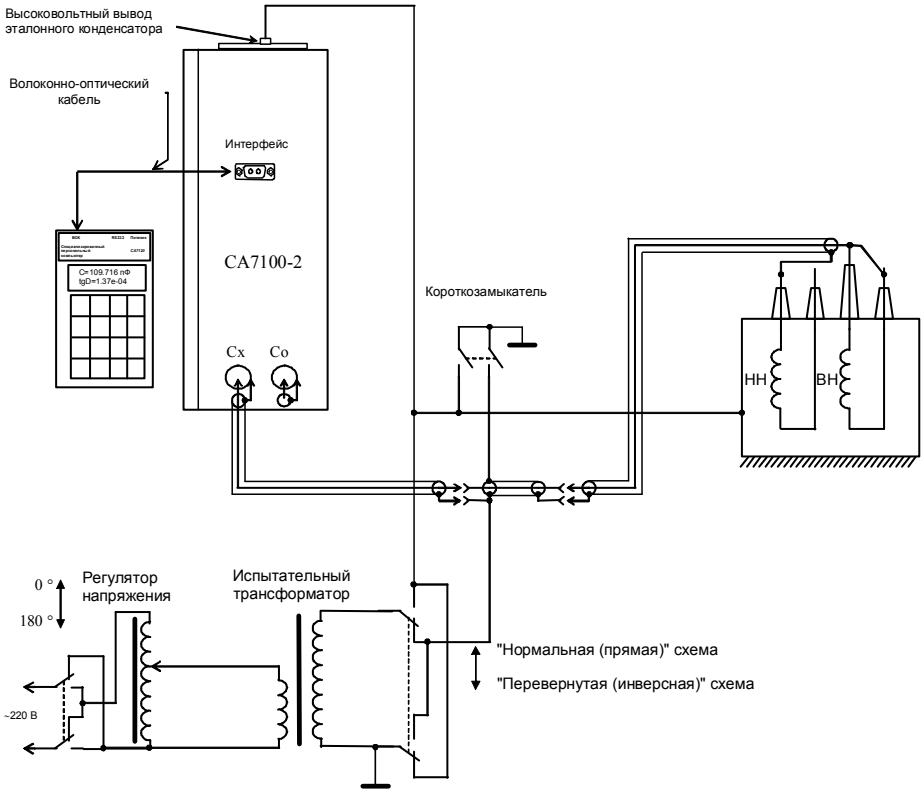


в) ВН-бак.

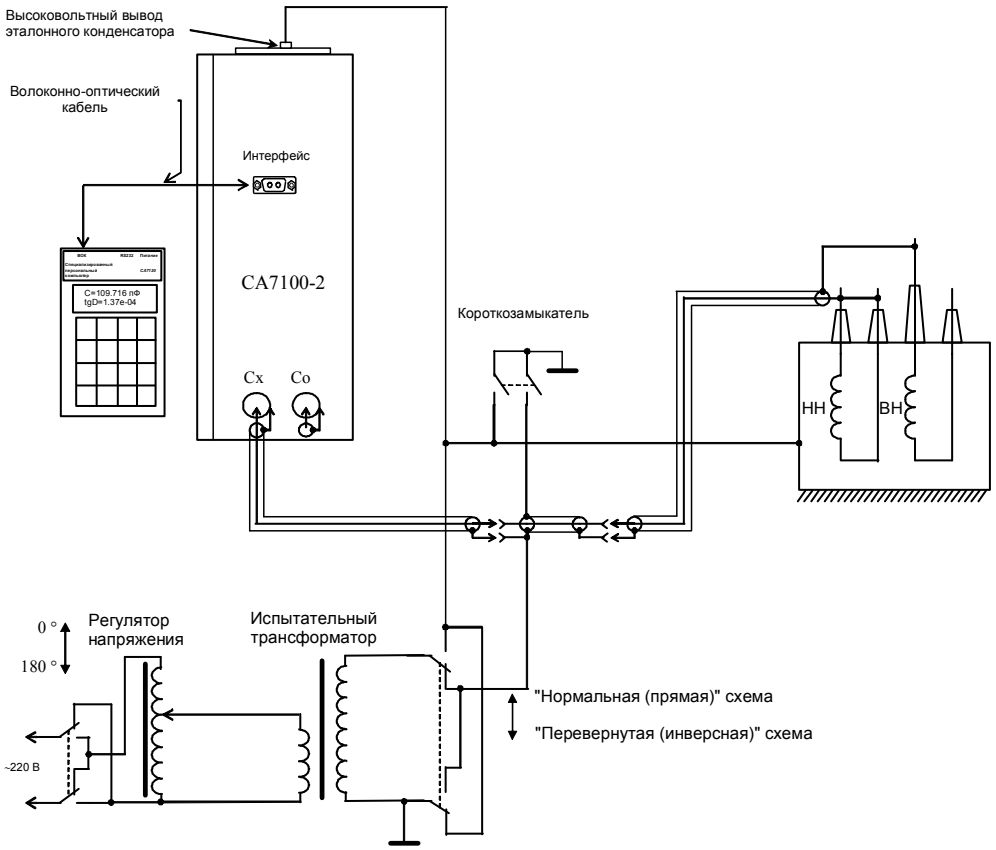


Схемы включения оборудования при проведении измерений tg δ и емкости изоляции двухобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов напряжения по участкам изоляции.

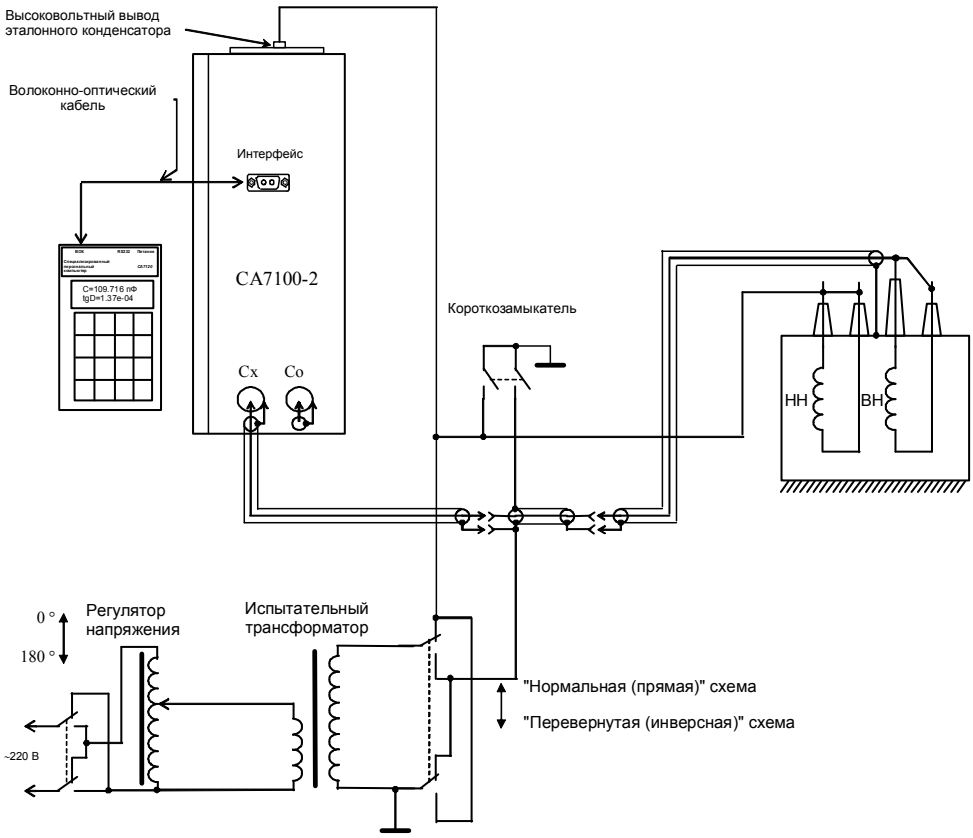
а) ВН-бак;



б) НН-бак;

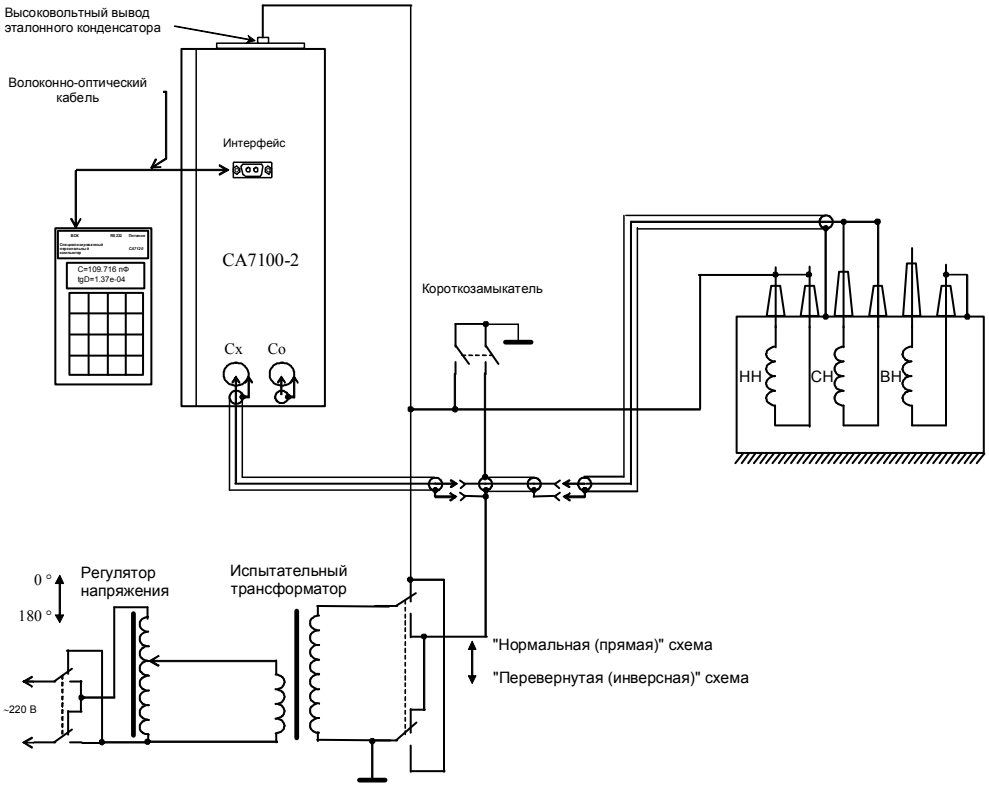


в) ВН-НН.

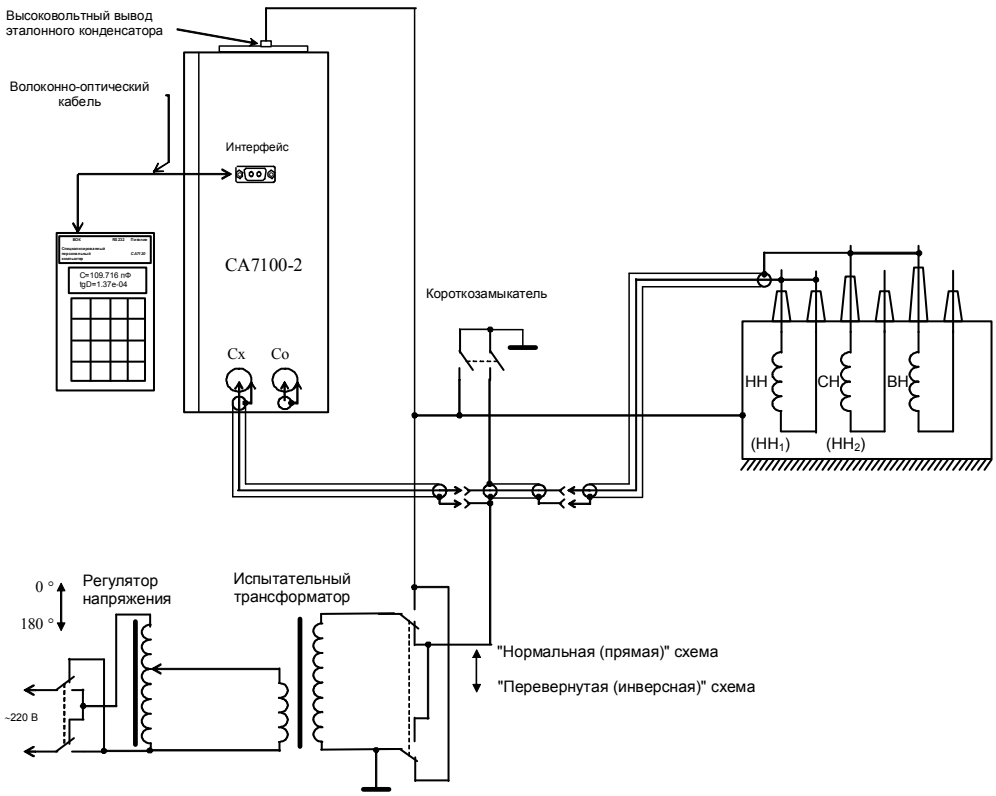


Схемы включения оборудования при проведении измерений tg δ и емкости изоляции трехобмоточных трансформаторов напряжения и трансформаторов напряжения с расщепленной обмоткой по участкам изоляции.

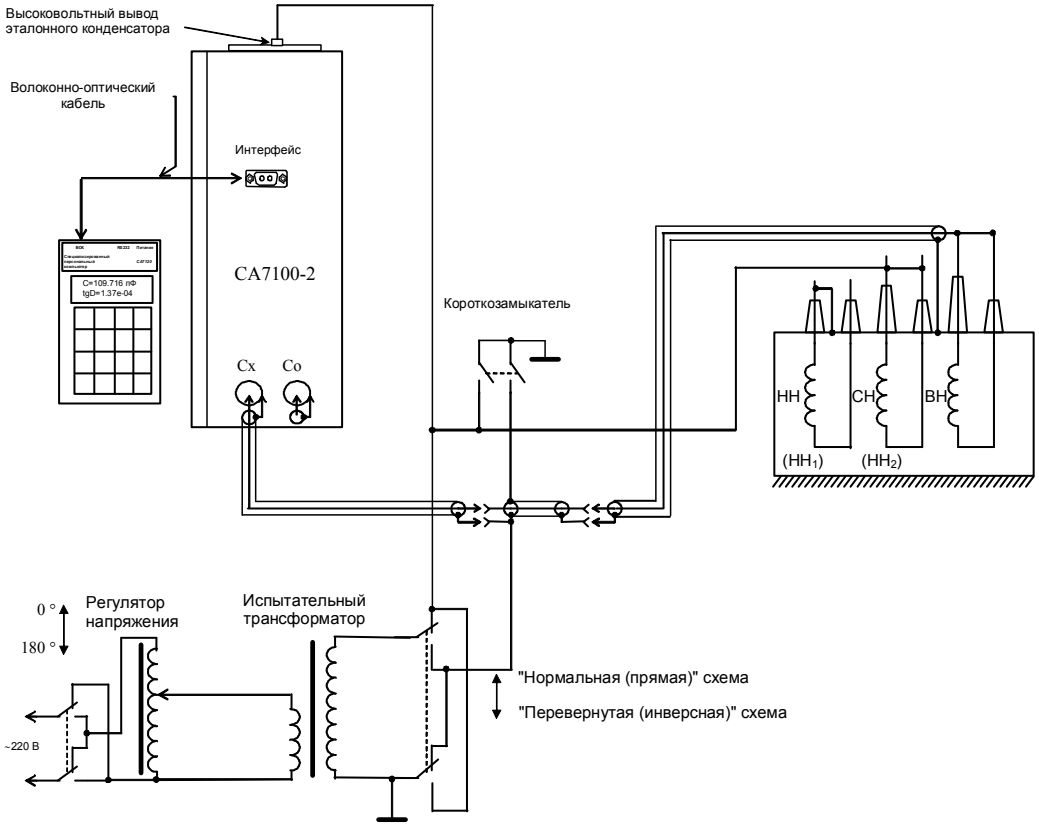
а) СН-НН;



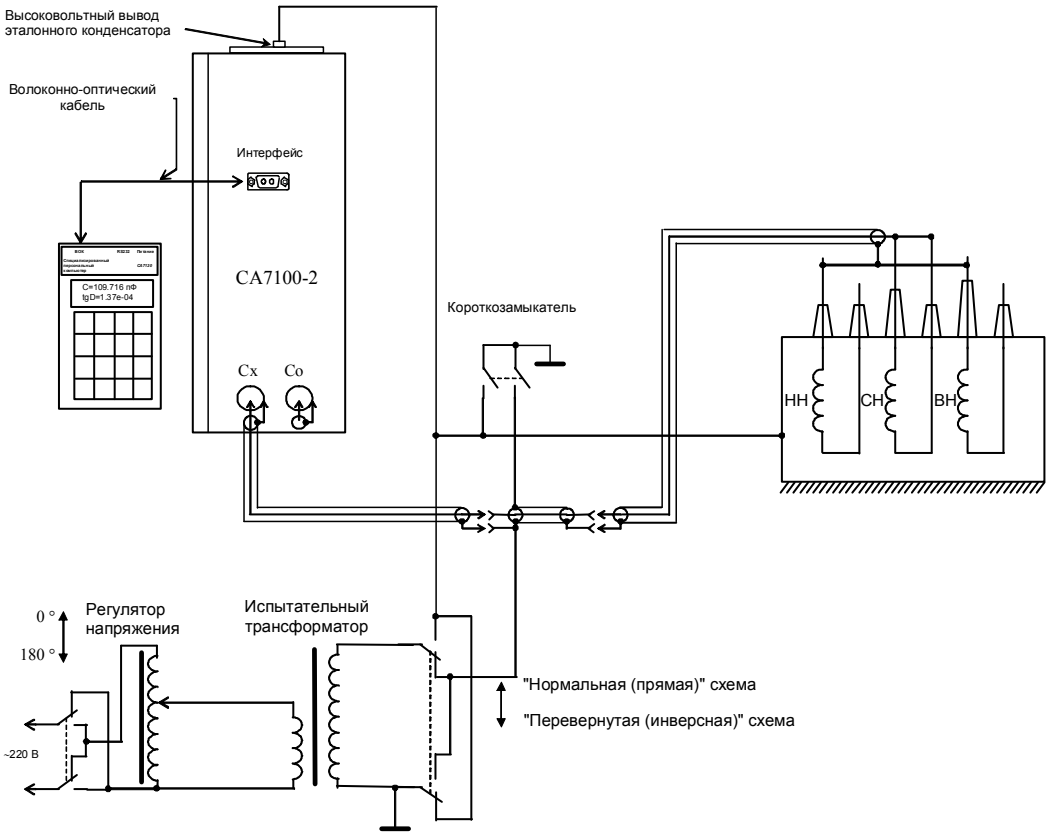
б) НН-бак;



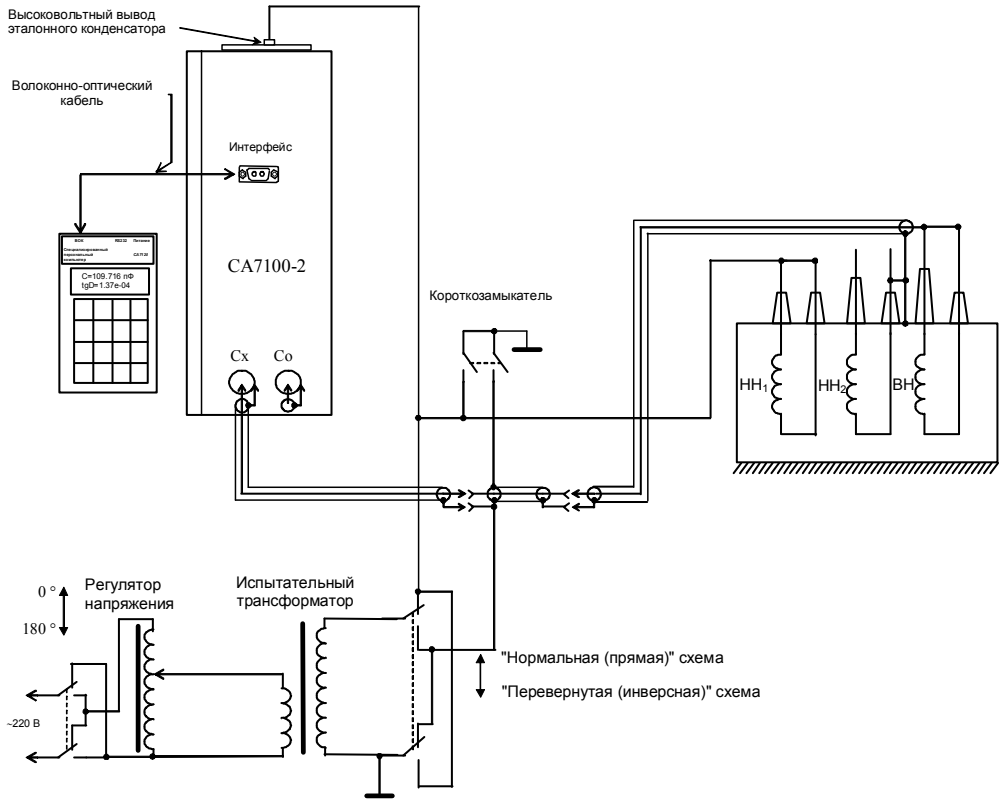
в) ВН-СН;



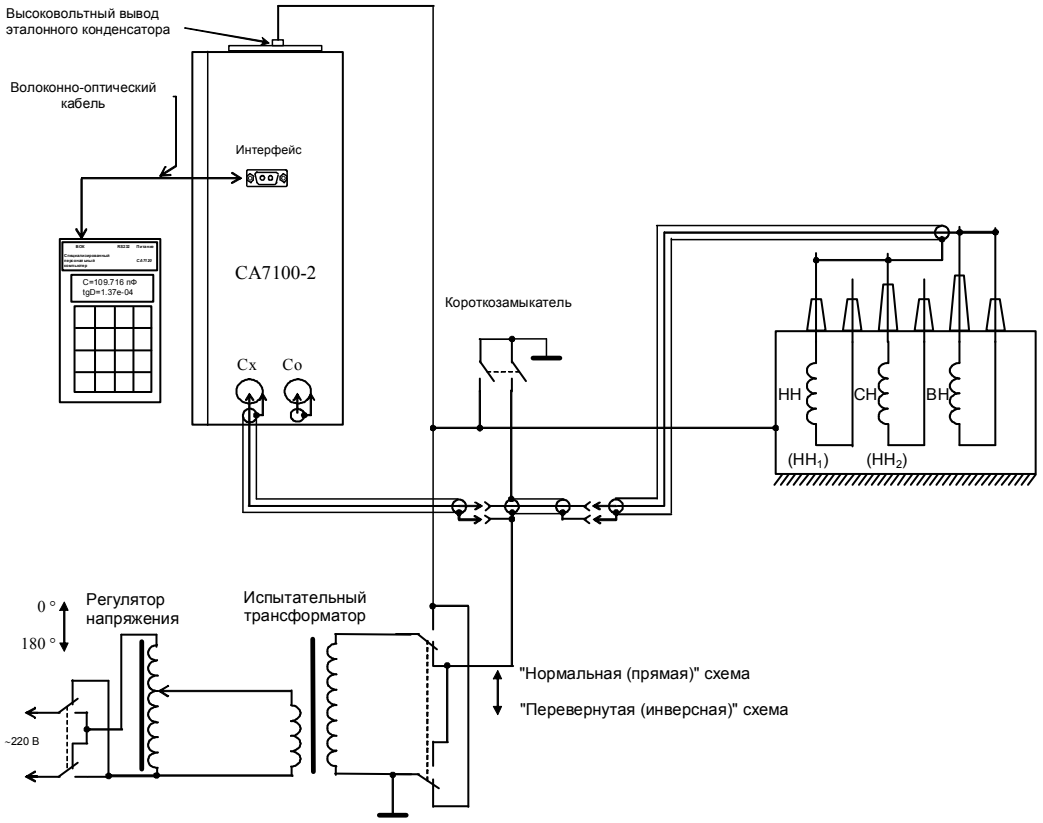
г) СН-бак;



д) ВН-НН$_1$;

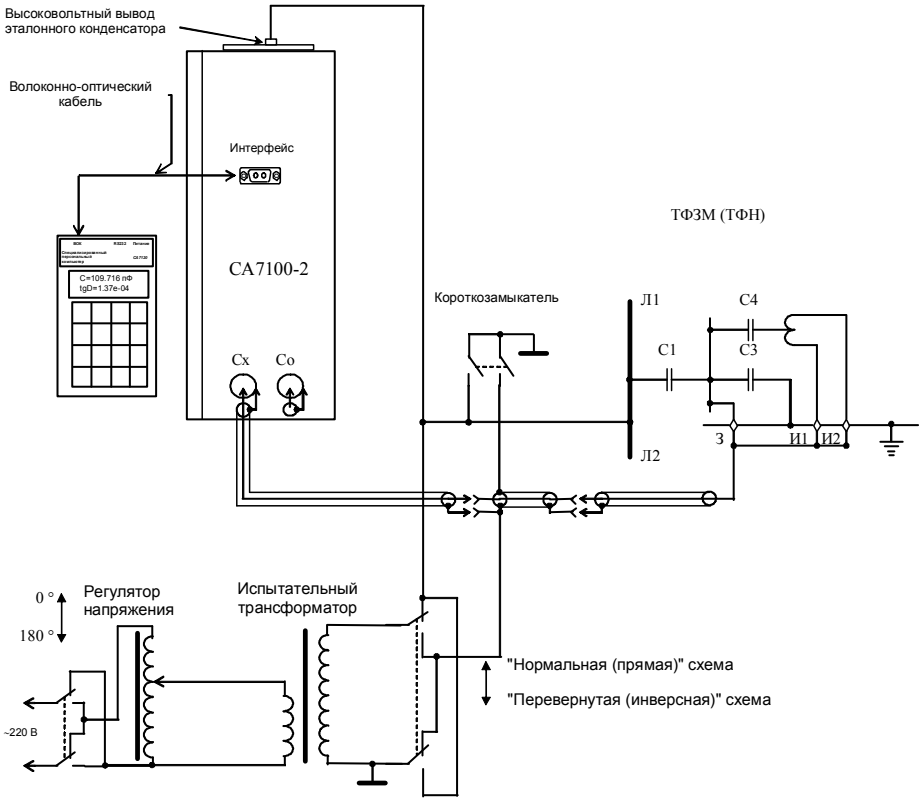


е) ВН-бак.

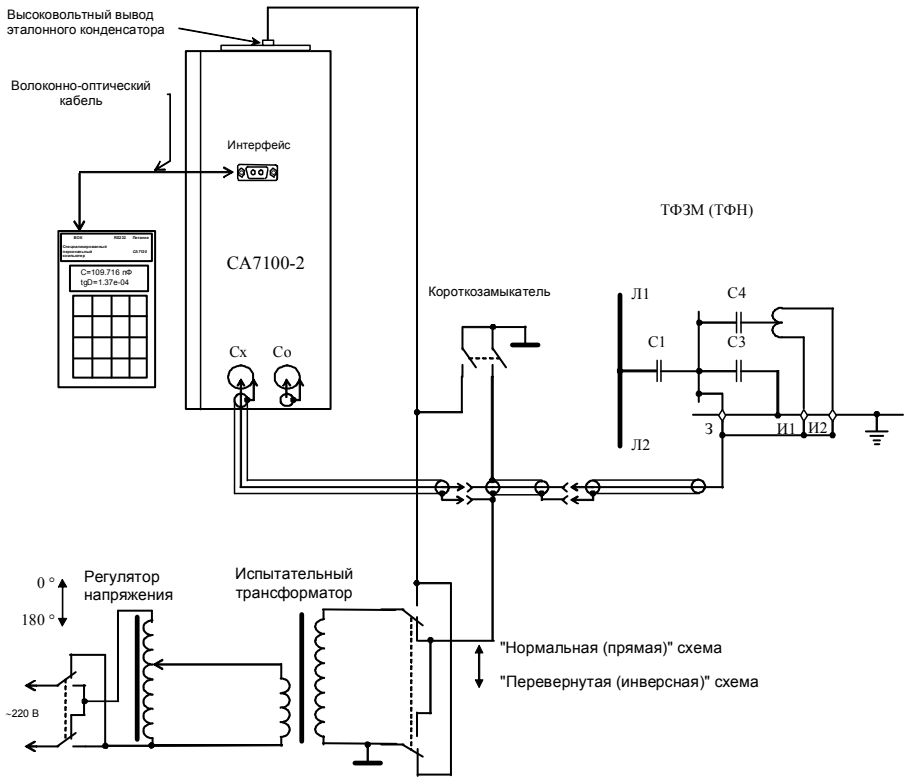


Схемы включения оборудования при проведении измерений tg δ и емкости изоляции трансформаторов тока серий ТФЗМ (ТФН).

а) основной изоляции;

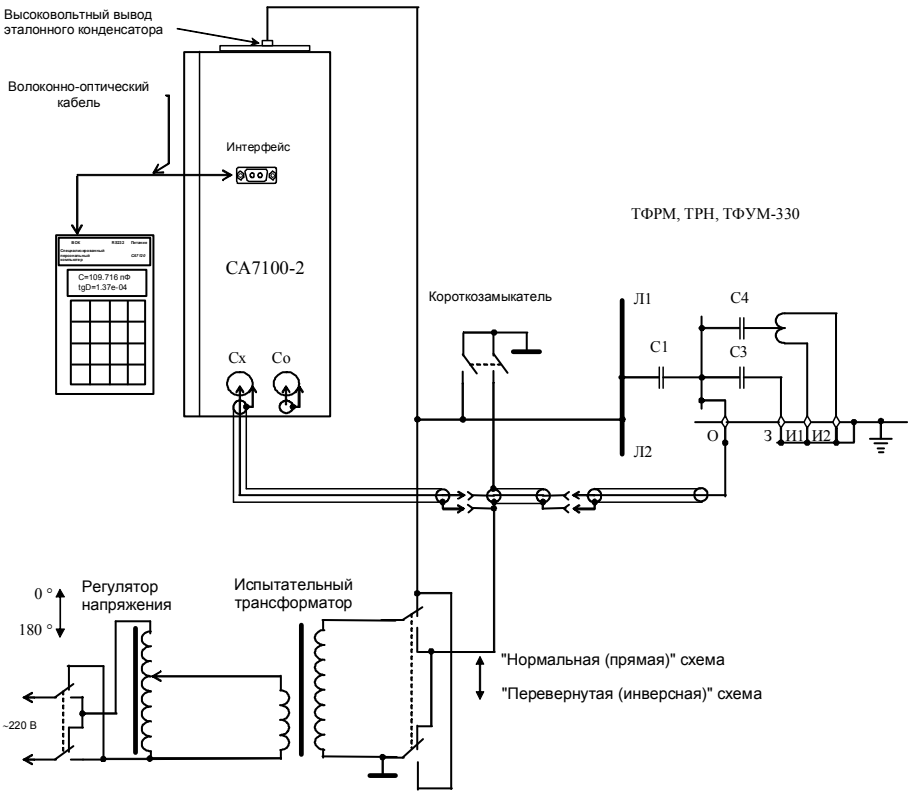


б) изоляции последних слоев.

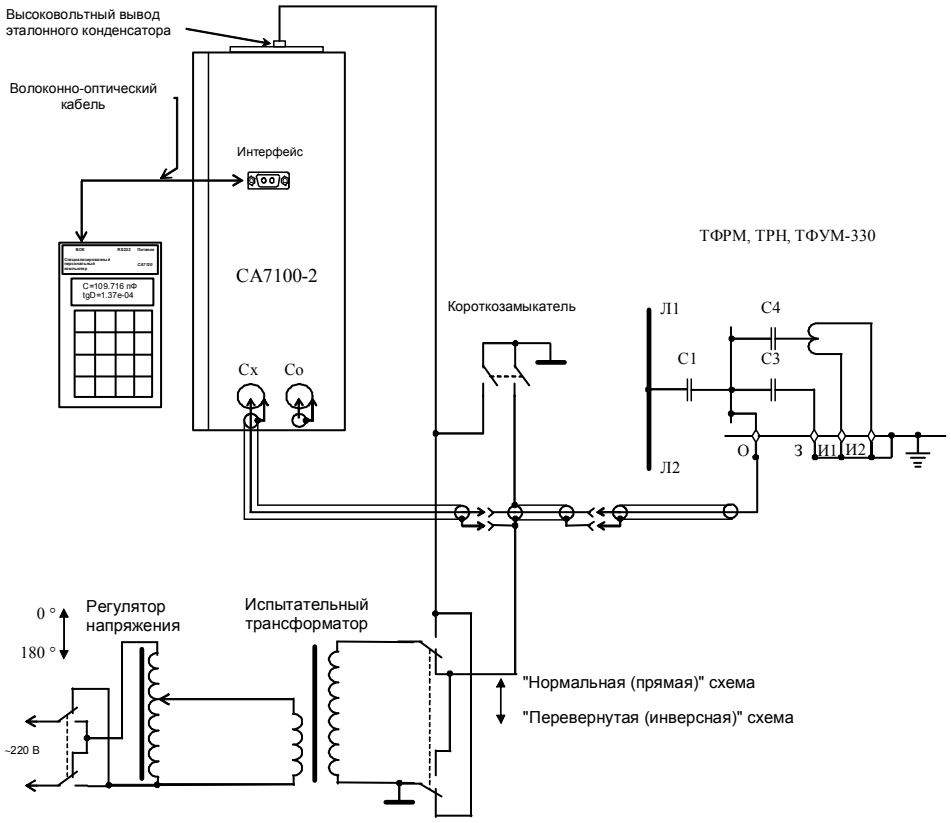


Схемы включения оборудования при проведении измерений tg δ и емкости изоляции трансформаторов тока серий ТФРМ (ТРН), ТФУМ-330.

а) основной изоляции;

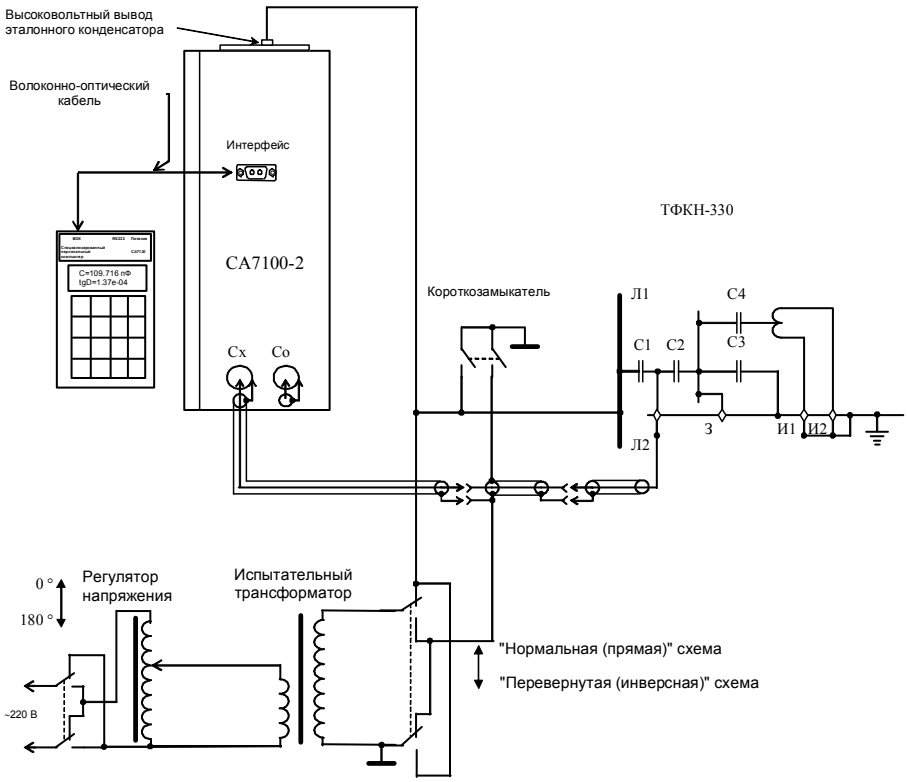


б) изоляции последних слоев.

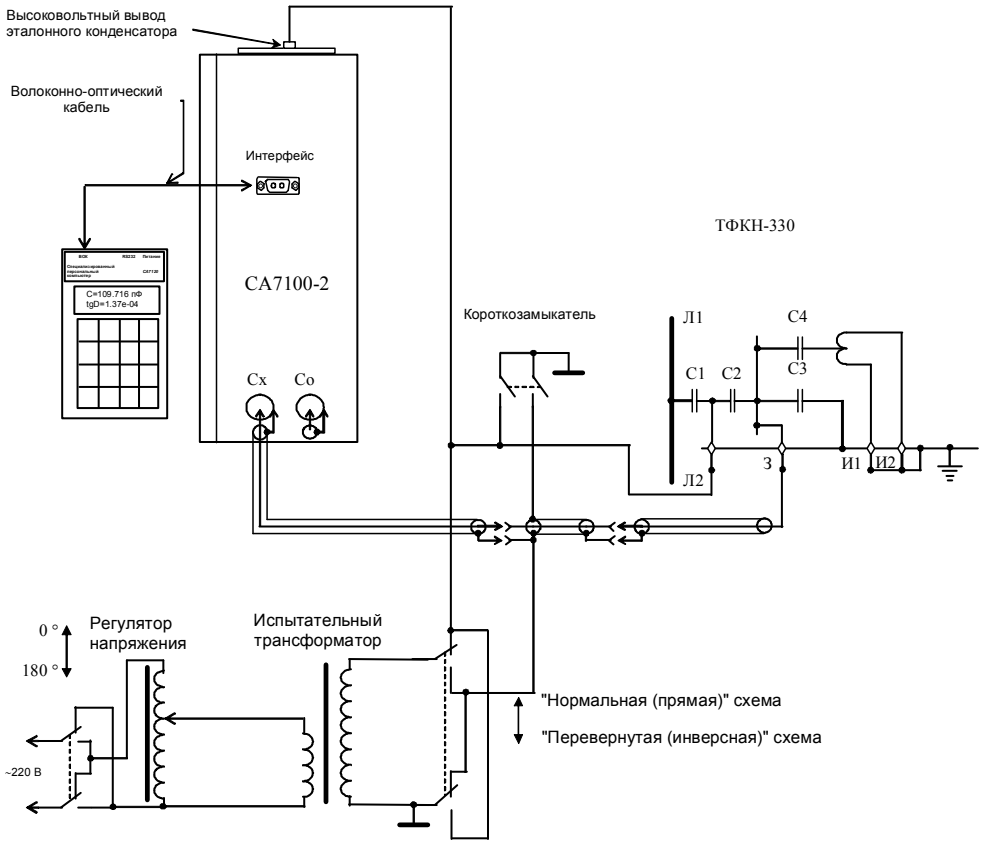


Схемы включения оборудования при проведении измерений tg δ и емкости изоляции трансформаторов тока серий ТФКН-330.

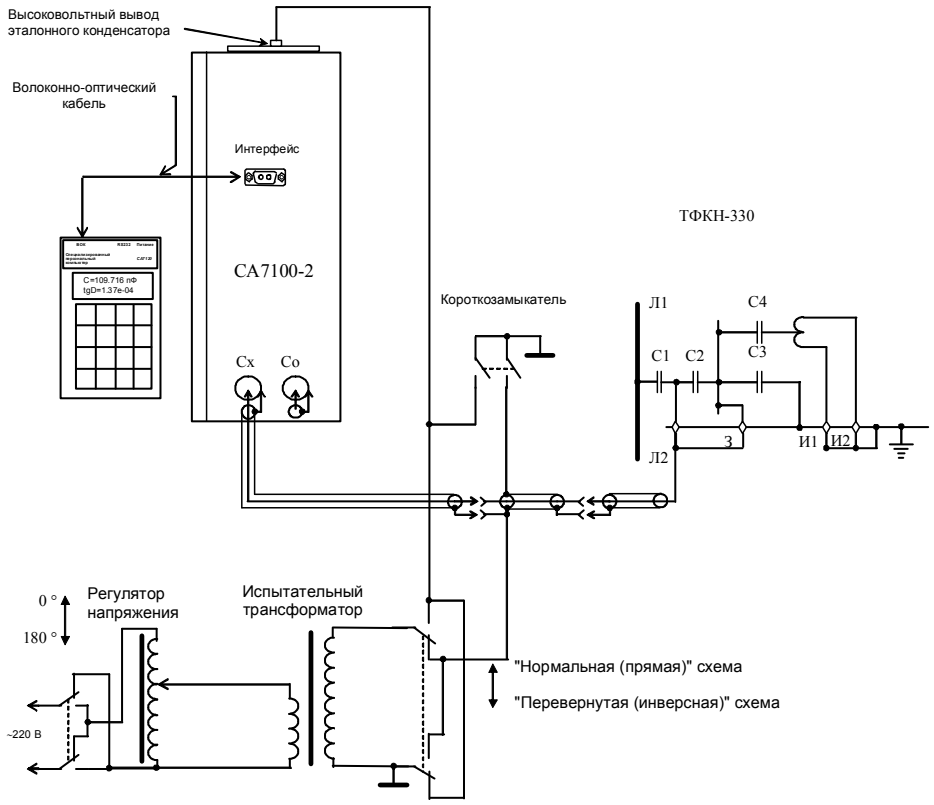
а) основной изоляции;



б) измерительного конденсатора;

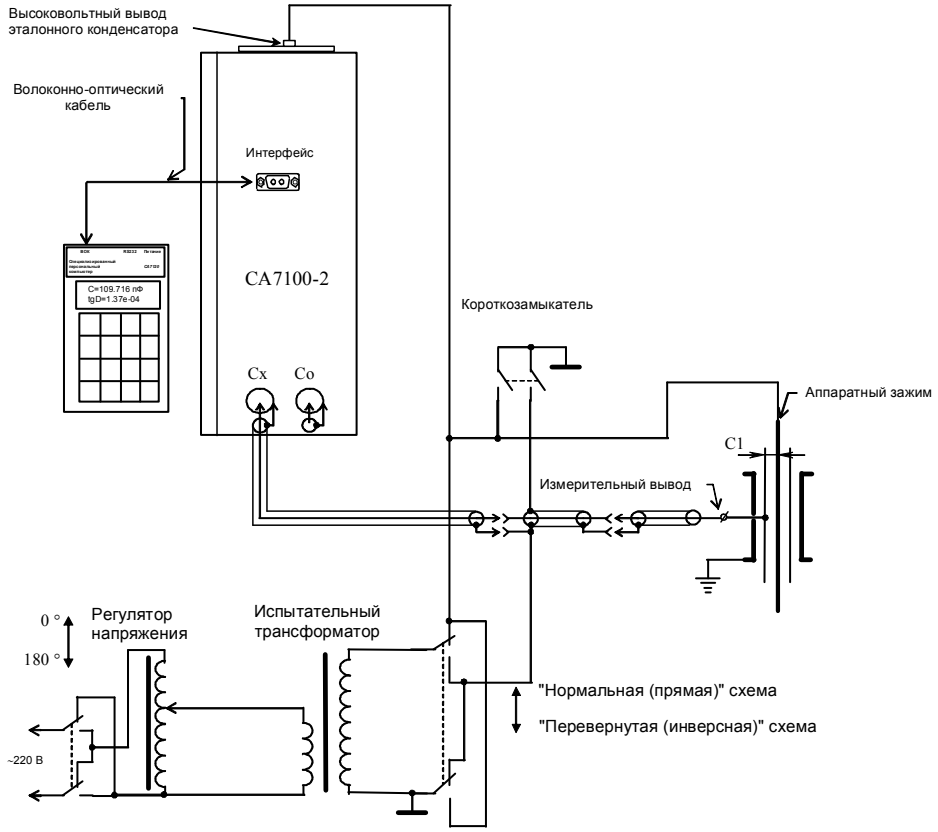


в) изоляции последних слоев.

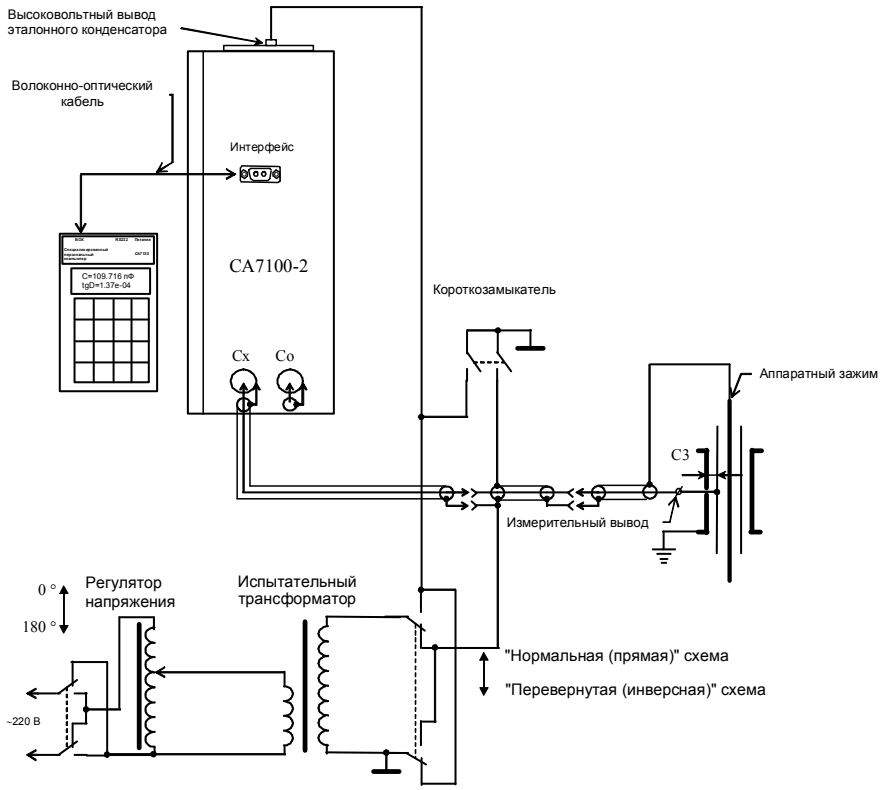


Схемы включения оборудования при проведении измерений tg δ и емкости изоляции вводов типа МТ, МВ, МНВ, МНЛ, БМТ, БТВ, БМЛ, ГБМТ.

а) основной изоляции (C_1, напряжение 10 кВ);

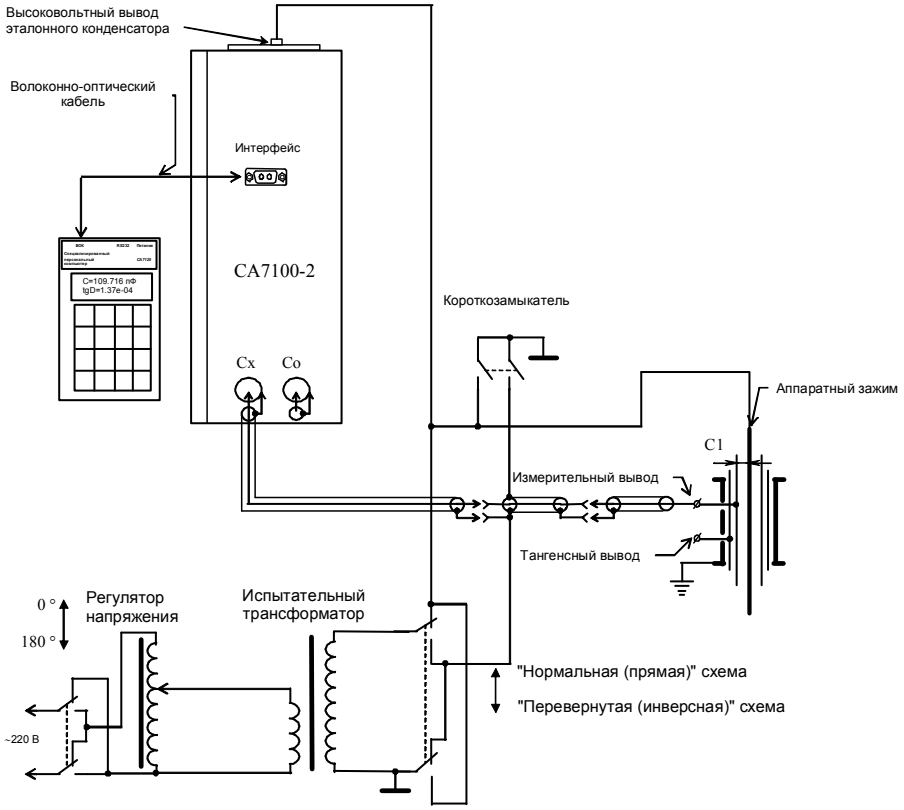


б) измерительного конденсатора (C_3, напряжение 3кВ).

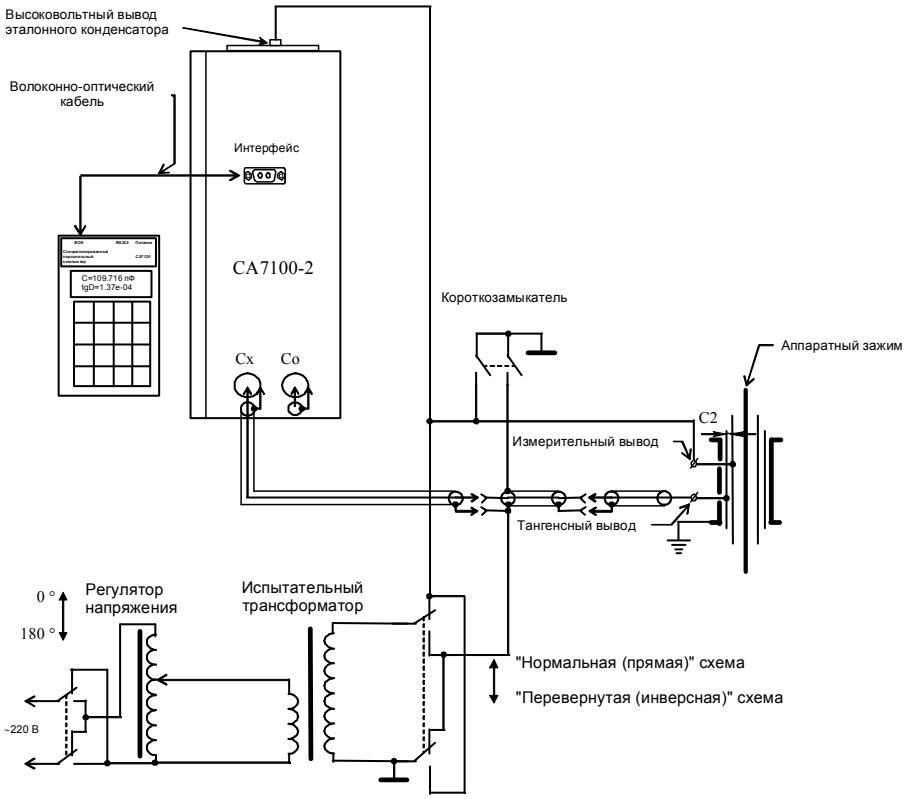


Схемы включения оборудования при проведении измерений tg δ и емкости изоляции вводов типа МТП и МВП старого исполнения с измерительным конденсатором с двумя выводами.

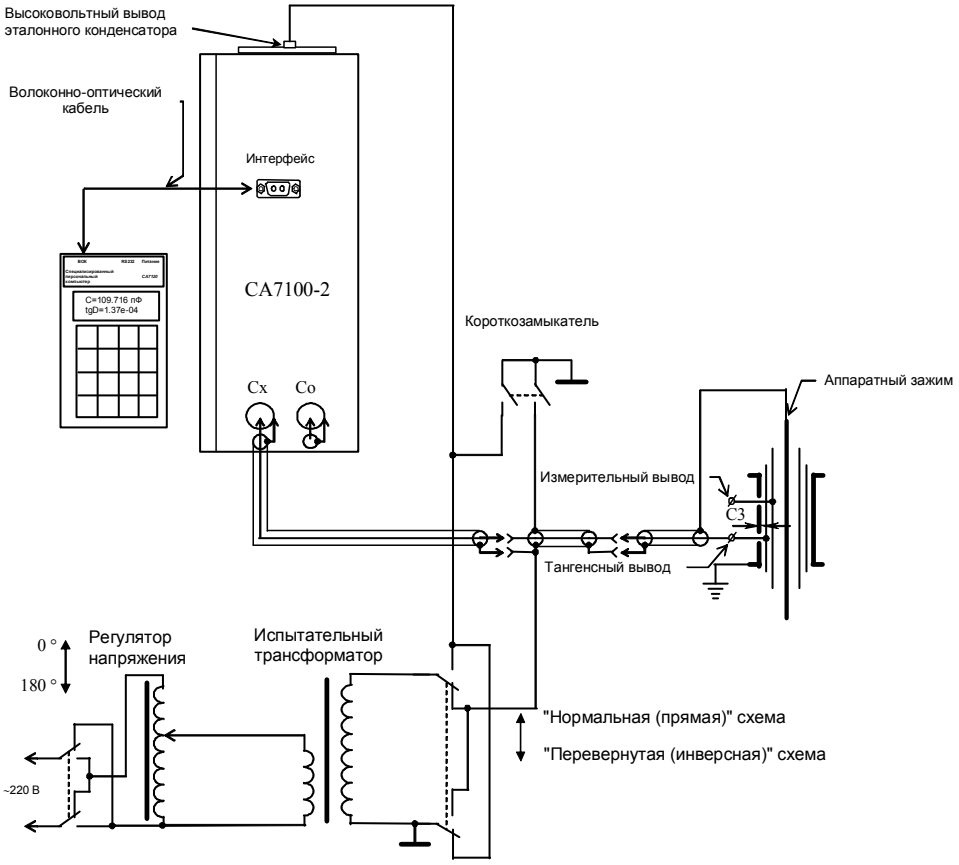
а) основной изоляции (C_1, напряжение 10 кВ);



б) измерительного конденсатора (C_2, напряжение 3кВ);

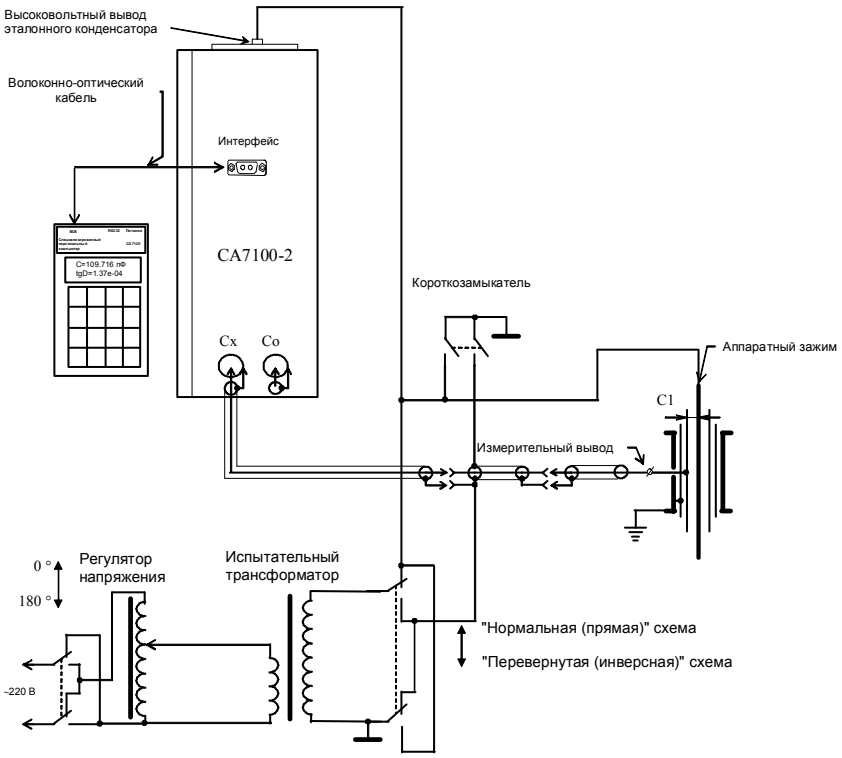


в) изоляции последней обкладки относительно соединительной втулки (C_3, напряжение 3 кВ).

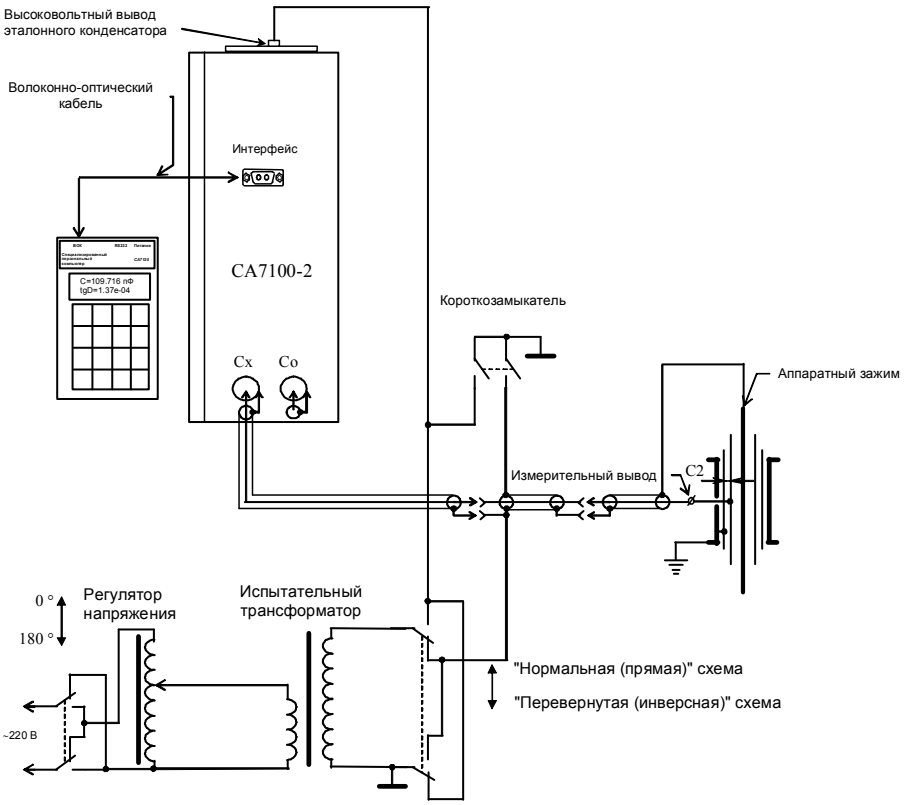


Схемы включения оборудования при проведении измерений tg δ и емкости изоляции вводов типа МТП и МВП нового исполнения и БМТП, БМВП, ГБМЛП с измерительным конденсатором с одним выводом.

а) основной изоляции (C_1, напряжение 10 кВ);



б) измерительного конденсатора (C_2, напряжение 5кВ).



5. Работа измерителей тангенса угла диэлектрических потерь в составе компьютеризированной ЛВИ

Специалисты ООО «ЯЭМЗ» постоянно работают над дальнейшим совершенствованием своей продукции. В 2002 году начался выпуск ЛВИ серии **ЛВИ-МК** с компьютеризированной системой управления**.** Это лаборатории нового поколения, работающие под управлением АСУЛ (автоматизированной системы управления лабораторией). АСУЛ позволяет повысить точность измерений и качество испытаний, проводимых лабораторией, повысить степень безопасности лаборатории, ведя постоянный контроль за оборудованием и действиями персонала, оперативно выявлять причины аварийных ситуаций, обеспечить более качественный анализ результатов испытаний вследствие отображения их в более информативном виде и долговременного хранения в форме, необходимой для последующего автоматизированного анализа.

В лабораториях ЛВИ-МК применена АСУЛ, построенная на принципе распределенного управления и сбора данных. В качестве узлов системы применены микроконтроллеры, которые конструктивно расположены в каждом блоке лаборатории ЛВИ-МК. Микроконтроллеры осуществляют управление процедурами: цифрового и аналогового ввода данных с контролируемых точек; предварительной обработки данными и представление их в виде сетевых переменных; обмена сетевыми переменными с другими узлами сети; автономного выполнения функций в соответствии с занесенными в них технологическими программами; непосредственной выдачи управляющих воздействий на объект; гальванической развязки между объектом управления и остальными узлами АСУЛ.

Прием данных с контролируемых точек осуществляется непосредственно на цифровые и аналоговые входы микроконтроллеров. Управление исполнительными устройствами (реле) осуществляется при помощи дискретных выходов микро-контроллеров. Количество и типы контроллеров в конкретных блоках определяются исходя из функциональной необходимости.

Основные функциональные блоки АСУЛ и их взаимосвязи представлены на структурной схеме (рис.5.1).

Блок ИДП-10МК со встроенным в него микроконтроллером также является составной частью АСУЛ, что позволяет проводить измерения емкости и тангенса δ в автоматическом режиме, выводить данные на экран монитора в виде таблиц или графиков, создавать базу данных на каждый конкретный вид оборудования, формировать протоколы установленного образца.

С помощью АСУЛ реализована система защиты от внешних электромагнитных помех, а также от влияния различного рода искажений формы испытательного напряжения.

Блок ИДП-10МК может быть реализован на базе автоматизированных мостов переменного тока «Вектор-2М» или CA7100, имеющих выход на компьютер.

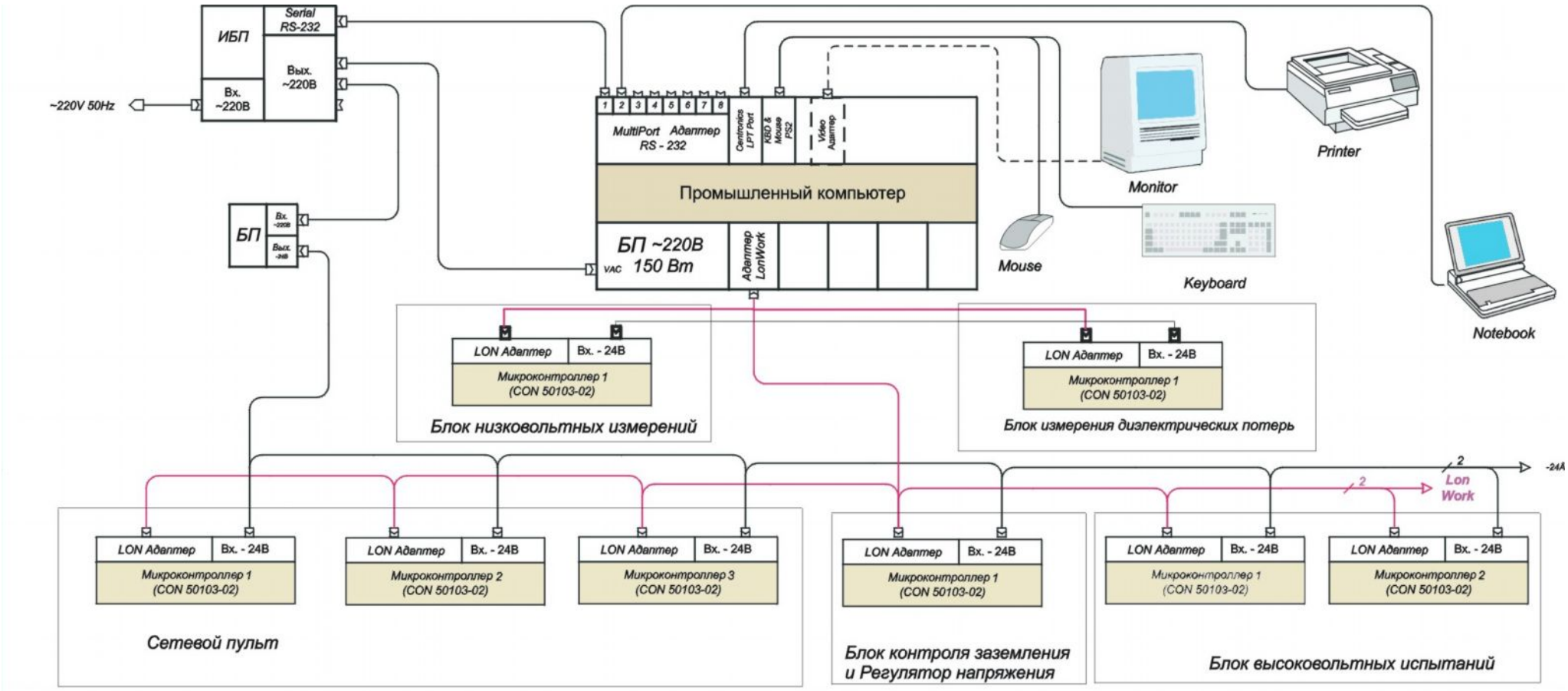

ИБП
Serial RS-232
Вых. ~220В
Вх. ~220В
~220V 50Hz
БП
Вх. ~220В
Вых. -24В
1 2 3 4 5 6 7 8
MultiPort Адаптер RS - 232
Centronics LPT Port
KBD & Mouse PS2
Video Адаптер
Промышленный компьютер
БП ~220В 150 Вт
VAC
Адаптер LonWork
Monitor
Printer
Mouse
Keyboard
Notebook
LON Адаптер
Вх. - 24В
Микроконтроллер 1 (CON 50103-02)
Блок низковольтных измерений
Блок измерения диэлектрических потерь
Микроконтроллер 2 (CON 50103-02)
Микроконтроллер 3 (CON 50103-02)
Сетевой пульт
Блок контроля заземления и Регулятор напряжения
Блок высоковольтных испытаний
Lon Work
-24А

Рис.5.1

В 2008 году дальнейшее развитие АСУЛ в лаборатории серии ЛВИ-МК нашло свое продолжение в лабораториях нового поколения ЛВИ HVT-C, которые впитали в себя лучшие характеристики предыдущей серии и добавили возможность не только управления процессами, но и анализа, сравнения, обработки результатов испытаний, а также выдачи рекомендаций по дальнейшему использованию.

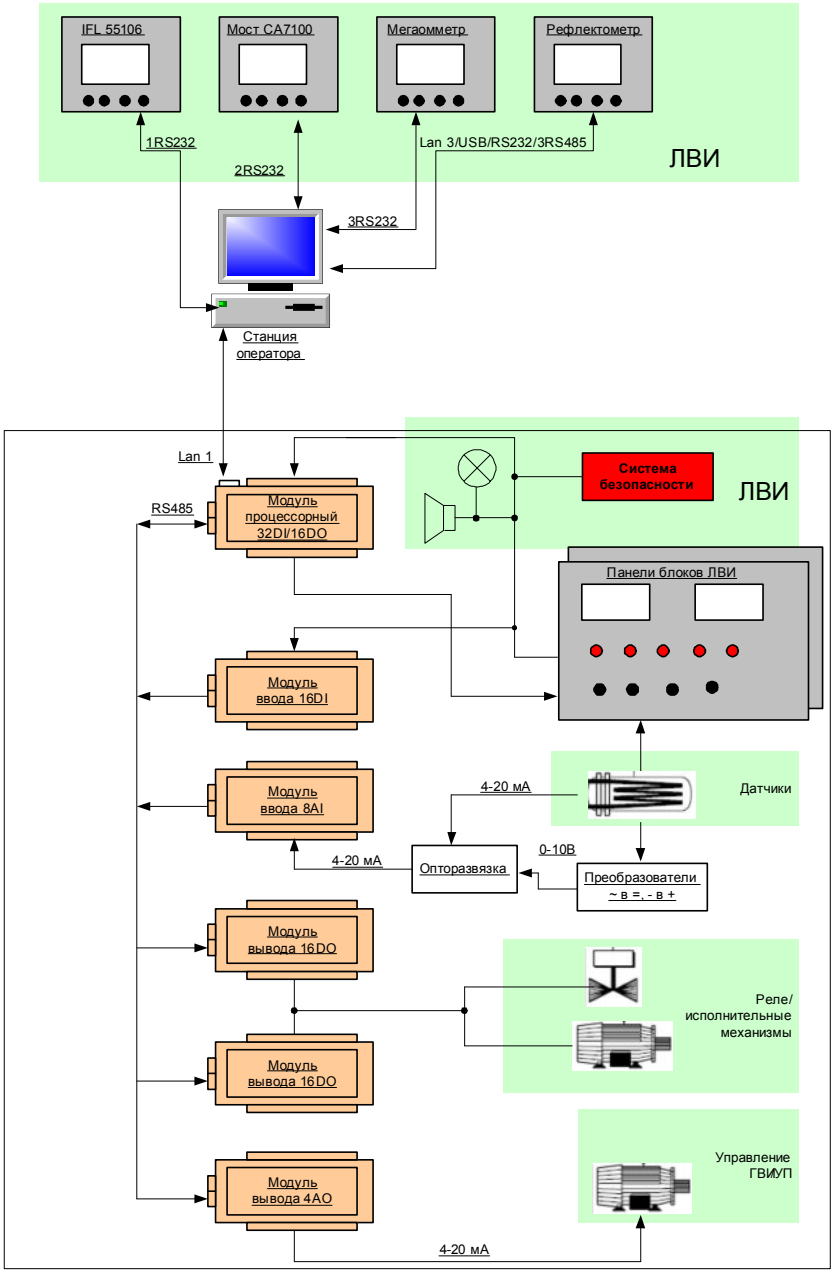


Рис.5.2

Лаборатории данного типа отличаются также более современной элементной базой, развитой системой контроля состояния коммутационных устройств и могут быть смонтированы на автомобильных шасси малой грузоподъемности.

6. Оборудование для измерения tg δ объектов с большой емкостью на сверхнизкой частоте

Новым перспективным направлением в области диагностики состояния высоковольтной изоляции является метод измерения tg δ на частотах 0,2…0,01Гц (напряжение сверхнизкой частоты – СНЧ). По своей величине tg δ на этих частотах несколько выше значения, измеренного на промышленной частоте, что упрощает выявление случаев снижения качества изоляции. Кроме этого, данный метод позволяет проводить диагностику объектов с емкостью в единицы, и даже десятки микрофарад при малых габаритах источника высокого напряжения.

Область применения: полевая диагностика состояния изоляции силовых кабелей, трансформаторов и других объектов с большой емкостью.

Для выполнения данного вида работ служит установка TDB-60.

Схема проведения измерений tg δ с помощью указанной установки представлена на Рис.6.1.

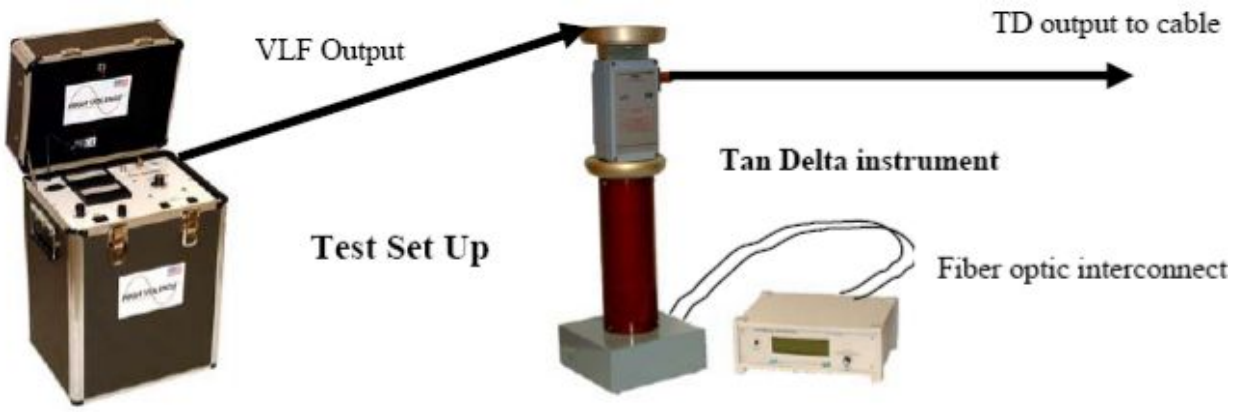


Рис.6.1

Синусоидальное напряжение от источника высокого напряжения СНЧ подается на объект через высоковольтный блок установки. Соединение высоковольтного блока с измерительным осуществляется через оптоволоконный кабель, что повышает удобство и безопасность работ. С помощью измерительного блока осуществляется управление работой установки и считывание текущих параметров.

Основные параметры установки TDB-60:

- Диапазон частот от 0,01 до 0,2Гц
- Рабочее напряжение 1…60кВ (амплитудное значение)
- Измерение тока, напряжения, частоты и tg δ
- Точность измерений – 2%
- Звуковая индикация готовности к очередному циклу измерений
- Быстрое развертывание в полевых условиях

- Интерфейс RS232 для связи с компьютером
- Масса в/в блока 10,4кг
- Масса блока управления 6,4кг

В качестве источников высокого напряжения СНЧ могут быть использованы следующие установки:

	VLF-28CMF Uвых=28кВ макс Частота / макс нагрузка: 0,1Гц / 0,4 мкФ
	VLF-4022CMF Uвых=40кВ макс Частота / макс нагрузка: • 0,1Гц / 1,1 мкФ • 0,05Гц / 2,2 мкФ • 0,02Гц / 5,5мкФ
	VLF-6022CMF Uвых=60кВ макс Частота / макс нагрузка: • 0,1Гц / 1,1 мкФ • 0,05Гц / 2,2 мкФ • 0,02Гц / 5,5мкФ
	VLF-50CMF Uвых=50кВ макс Частота / макс нагрузка: • 0,1Гц / 5 мкФ • 0,05Гц / 10 мкФ • 0,02Гц / 25мкФ • 0,01Гц / 50 мкФ

7. Общие требования безопасности

7.1. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ.

При производстве работ в электроустановках выполняются технические и организационные мероприятия (мера предосторожности) для того, чтобы исключить случайную подачу напряжения к месту работы и случайное приближение или прикосновение к токоведущим частям, оставшимся под напряжением.

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работы в электроустановках, являются:

1. Оформление работы нарядом или распоряжением.
2. Допуск к работе.
3. Надзор во время работы.
4. Оформление перерывов в работе, переводов на другое рабочее место, окончание работы.

По наряду могут производиться работы:

1. С полным отсутствием напряжения.
2. Выполняемые с частичным снятием напряжения.
3. Работы под напряжением.

ПТЭЭП и ПТБ при ЭЭП регламентируют очередность этапов работы и технологию производства работ. Основой регламентации является наряд на работу или устное распоряжение.

Нарядом на работу в электроустановках называется письменное распоряжение, определяющее место, время начала работы и условия ее производства, состав бригады и лиц, ответственных за безопасность работающих.

Наряды имеют право выдавать лица из административно- технического персонала, имеющие V квалификационную группу по электробезопасности, уполномоченные приказом (распоряжением) по предприятию.

После подготовки рабочего места наряд вручается производителю работ во время допуска бригады. Наряд выдается на весь период работы, срок его действия не ограничивается. При перерывах в работе наряд остается действительным, если не изменились условия работы, относящиеся к подготовке и состоянию рабочего места. Изменение рабочего места возможно только в том случае, если будет выписан новый наряд. Ежедневно по окончании рабочего дня наряд сдается дежурному.

Когда работа закончена полностью, наряд закрывается. После закрытия наряда никто не имеет права приближаться к установке. Рабочее место должно быть убрано. Бригада уходит, а установка считается находящейся под напряжением. Производитель и ответственный руководитель работ расписываются об окончании работы, наряд сдается оперативному персоналу.

Допуск к работе.

Перед началом работы ответственный руководитель, производитель работы и допускающий (старший дежурный) вновь проверяют, выполнены ли все меры безопасности, и только после этого допускающий приступает к допуску бригады:

- проверяет по именным удостоверениям соответствие состава бригады записям в наряде и квалификацию;

- указывает бригаде место работы и в присутствии бригады доказывает отсутствие напряжения на отключенных и заземленных токоведущих частях вначале указателем напряжения, а затем непосредственно прикосновением к ним рукой (в электроустановках напряжением 35 кВ и выше - показом наложенных заземлений);

- инструктирует бригаду, дополнительно разъясняя на рабочем месте состояние установки и возможные опасности;

- указывает расположенные поблизости части оборудования, оставшиеся под напряжением;

- дает разрешение производителю работ начинать работу и вручает ему наряд.

После допуска производитель работ не имеет права отлучаться с места работы и оставлять бригаду без надзора. Допуск к работе производится ежедневно.

Надзор во время работы.

Производитель работ в процессе работы обязан предотвращать возможные нарушения правил безопасности членами бригады. Если производителю работ (наблюдающему) нужно отлучиться, то он должен оставить вместо себя ответственного руководителя или вывести бригаду из помещения электроустановки и закрыть вход в нее.

При необходимости члены бригады могут ненадолго отлучаться с места работы. Производитель работы должен проинструктировать их о пути безопасного передвижения. Оставаться в распределительном устройстве одному члену бригады и даже производителю работ не разрешается.

Только при работах, по необходимости производимых в разных помещениях или на разных присоединениях, разрешается оставаться одному члену бригады с квалификационной группой не ниже III. Порядок работы при этом оговаривается в графе наряда “Особые условия”.

Перерыв, переход на другое рабочее место, окончание работы.

Если во время работы наступает перерыв, то вся бригада обязана покинуть электроустановку и запереть вход в нее. Наряд остается у производителя работ или наблюдающего. Без производителя работ или наблюдающего никому из работающих приходить к месту работы не разрешается. После окончания перерыва производитель работ или наблюдающий собирает бригаду, сопровождает ее к месту работы и допускает к работе. Если перерыв в работе вызван необходимостью пробного включения напряжения,

все члены бригады покидают электроустановку. Производитель работы сдает наряд. Бригада допускается к работе после пробного включения заново.

При переходе на другое рабочее место ремонтной бригады дежурный заново производит допуск. Все переходы отмечаются в наряде.

На работу в разных местах или на разных этажах одного электрического присоединения может быть выдан один наряд. В этих случаях дежурный подготавливает все рабочие места, но допускает только на одно рабочее место. При переходе ремонтной бригады на другое рабочее место дежурный заново производит допуск.

По окончании работы (работа считается полностью законченной после уборки рабочих мест) ответственный руководитель осматривает участок, удаляет бригаду с места работы и сдает наряд дежурному.

Дежурный проверяет состояние рабочих мест, после чего закрывает наряд и подготавливает оборудование к включению, для этого он отключает заземляющие ножи, снимает переносные заземления и проверяет в месте хранения, все ли переносные заземления в наличие для того, чтобы на присоединении, предназначенном для включения, не оставить забытых заземлений.

Работы по распоряжению.

По устному распоряжению производятся работы:

1. Вдали от токоведущих частей, находящихся под напряжением (уборка территории и помещений, в т.ч. за панелями щитов, ремонт аппаратуры, освещения и связи, замена ламп вне камер, надзор за сушкой отключенного оборудования, ремонт строительной части зданий, фундаментов оборудования, перекрытий кабельных каналов).
2. Краткосрочные (до 1 часа) и небольшие по объему с полным или частичным снятием напряжения и наложением заземления (отсоединение и присоединение питающего кабеля к электродвигателю, доливка и устранение течи масла, переключение ответвлений на трансформаторе).
3. По распоряжению производят измерение нагрузки в кабельных линиях токоизмерительными клещами, проверку нагрева контактной штангой, определение штангой места вибрации шин. Эти работы опасны т.к. оборудование находится под напряжением. Поэтому они выполняются двумя лицами с квалификационной группой старшего не ниже IV, а исполнителя - III, и с соблюдением необходимых мер безопасности.

Неисправности, которые могут привести к аварии, например, нагрев контактов, загрязнение изоляции устраняются оперативным персоналом без наряда (при напряжении более 1000 В - не менее чем двумя лицами).

Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках, выполняют в следующем порядке:

1. Отключают напряжение и принимают меры, исключающие его ошибочную подачу к месту работы: включают блокировку, ставят механический запор на привод

разъединителя, рубильника, снимают предохранители, устанавливают временные ограждения.

2. Вывешивают предупредительные плакаты на коммутационной аппаратуре, на постоянных и временных ограждениях.

3. К заземляющему устройству присоединяют зажим переносного заземления.

4. Проверяют, есть ли напряжение на отключенной для работы части установки, если его нет, то немедленно накладывают на токоведущие части установки переносное заземление.

5. На месте работы вывешивают плакат “ Работать здесь”.

Эти мероприятия выполняет дежурный персонал, обслуживающий электроустановку.

Отключение напряжения.

На месте работы отключают оборудование, которое подлежит ремонту и те токоведущие части, к которым при работе можно приблизиться на опасное расстояние или случайно прикоснуться. Отключенный участок отделяют со всех сторон, откуда может быть подано напряжение, видимым разрывом, создаваемым разъединителями, рубильником, снятыми перемычками.

Работать на оборудовании, отделенном только выключателем, не разрешается. Во избежание обратной трансформации со стороны низшего напряжения силовые и измерительные трансформаторы отключают как от высокого, так и от среднего и низшего напряжения.

Приводы разъединителей с ручным управлением механически запирают навесным замком, специальным болтом или штифтом для предупреждения их ошибочного или самопроизвольного включения. На приводах с пневматическим управлением запирают вентиль подвода воздуха. В электроустановках напряжением до 1000 В напряжение отключается коммутационными аппаратами с ручным управлением.

Ограждение места работ и вывешивание плакатов.

Если расположенные вблизи места работ токоведущие части не могут быть отключены, их надежно ограждают. Расстояние от ограждения до токоведущей части, как правило, должно соответствовать допустимому расстоянию в метрах в зависимости от напряжения в кВ токоведущих частей:

до 15 кВ - 0,7 м
выше 15 до 35 кВ - 1,0 м
выше 35 до 110 кВ - 1,5 м

В электроустановках напряжением до 1000 В допускается не отключать допустимые прикосновению токоведущие части, если они будут ограждены накладками из изолирующих материалов.

На временных ограждениях участка ремонтных работ и на постоянных ограждениях соседних ячеек вывешиваются плакаты “Стой - высокое напряжение”.

На открытых подстанциях участок для ремонтных работ выделяют с помощью каната, натягиваемого по периметру участка. На канате закрепляют плакаты “ Стой - высокое напряжение”, обращая их внутрь, к месту работы.

Если работы ведутся на высоте, то на конструкции, на которой поднимаются к месту работы, вывешивают плакат “Влезать здесь”, а на соседних - “Не влезать - убьет”. На месте работы вывешивают плакат “Работать здесь”.

Временные ограждения и плакаты запрещено переставлять или убирать.

Вывешивать и снимать плакаты разрешается только оперативному персоналу, осуществляющему подготовку рабочего места.

Чтобы исключить случайную или ошибочную подачу напряжения на отключенное оборудование, на всех ключах управления и приводах выключателей, разъединителей, рубильников вывешивают плакаты “ Не включать - работают люди”.

Если отключения произведены для подготовки работы на линии электропередачи, то вешают плакаты “ Не включать - работа на линии”.

Проверка отсутствия напряжения.

После того, как напряжение отключено, необходимо убедиться, что напряжение отсутствует, затем немедленно заземлить отключенные токоведущие части. Для этого у места работ снимают постоянные ограждения. Переносное заземление присоединяют одним концом к шине заземляющего контура (его свободные концы будут присоединены к токоведущей части, после того как удостоверятся в том, что напряжения на ней нет). Отсутствие напряжения проверяют специальным указателем.

Наложение и снятие заземлений.

После проверки отсутствия напряжения заземляют и соединяют накоротко фазы тех токоведущих частей, на которых будут работать или от которых может быть подано напряжение. Заземления накладывают со всех сторон, откуда может быть подано напряжение, так чтобы отключенный для работы участок находился между ними. Этим обеспечивается наиболее надежная защита работающих от случайного появления напряжения.

В ячейке отходящей линии заземления ставят не только со стороны шин, но и на ножах линейных разъединителей.

Переносные заземления, как правило, устанавливают двумя работниками, один из которых должен иметь IV квалификационную группу.

6.2. ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПОСТРАДАВШЕМУ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

При оказании первой помощи дорога каждая секунда. Чем больше времени человек находится под действием тока, тем меньше шансов па ею спасение.

Пораженного электрическим током напряжением до 380 В словно притягивает к проводу или прибору, и сам он обычно освободиться не может. Вследствие судорожного сокращения мышц пострадавший крепко сжимает предмет, находящийся под током. Электрический ток быстро поражает центральную нервную систему, и человек может потерять сознание, оставаясь в контакте с источником тока. Поэтому человеку, попавшему под напряжение, надо немедленно, до прибытия врача, оказать помощь, заключающуюся в первую очередь в быстром освобождении его от тока.

Самое простое - разомкнуть цепь с помощью выключателя, рубильника или штепсельного разъема, а также путем вывертывания пробок или отключения пакетных или автоматических выключателей на щитке. Однако не всегда возможно это сделать: указанные средства могут оказаться неисправными или удаленными от места происшествия. Тогда приходится действовать иначе. Если травма вызвана прикосновением к прибору (светильнику) с нарушенной изоляцией или оголенному проводу электропроводки, надо перерезать или перерубить провода (каждый провод в отдельности) ножницами или другим режущим инструментом с рукояткой из изолирующего материала.

Во избежание контакта оказывающего помощь с цепью электрического, тока металлическую рукоятку надо обернуть чистой сухой шелковой, шерстяной, хлопчатобумажной или прорезиненной тканью.

При невозможности быстрого разрыва цепи электрического тока необходимо оттянуть пострадавшего от провода или же отбросить сухой палкой оборвавшийся конец провода от пострадавшего. Необходимо помнить, что пострадавший, находящийся в цепи тока, сам является проводником электрического тока. Поэтому, при освобождении пострадавшего от электрического тока, оказывающему помощь необходимо принять меры предосторожности: надеть резиновые перчатки или обернуть свои руки сухой материей, а если несчастный случай произошел в сыром помещении или во дворе, то дополнительно следует надеть резиновые сапоги или положить себе под ноги изолирующий предмет: сухую доску, резиновый коврик или, в крайнем случае, свернутую сухую одежду. Оттягивать пострадавшего от провода рекомендуется за концы одежды одной рукой, к открытым частям тела прикасаться нельзя.

Если человек, попавший под напряжение вне помещения, находится в сознании, но растерялся и не знает, что для освобождения от тока необходимо оторваться от земли, резкий окрик «Подпрыгни!» заставит его действовать правильно и освободиться от провода.

Когда освобождение от соприкосновения с цепью электрического тока связано с опасностью падения с высоты, необходимо принять меры для предохранения пострадавшего от ушиба при падении. Если человек попал под напряжение выше 1 кВ, такие меры предосторожности недостаточны. Необходимо тотчас обратиться к

специалистам, которые немедленно снимут напряжение с электроустановки, линии электропередачи.

Дальнейшие меры доврачебной помощи пострадавшему зависят от его состояния после освобождения от тока. Для определения такого состояния необходимо:

- немедленно уложить пострадавшего на спину; расстегнуть стесняющую дыхание одежду;

проверить по движению грудной клетки, дышит ли он;

- проверить наличие пульса (на лучевой артерии у запястья или на сонной артерии на шее);

- проверить состояние зрачка (узкий или широкий).

Широкий неподвижный зрачок указывает на отсутствие кровообращения мозга.

Определение состояния пострадавшего должно быть проверено быстро (за 15-20 с).

Пострадавшего необходимо уложить, обеспечив ему покой до прибытия врача.

В случае невозможности быстро вызвать врача необходимо срочно доставить пострадавшего в лечебное учреждение при помощи транспортных средств или носилок: ни в коем случае нельзя позволять пострадавшему двигаться. Отсутствие тяжелых симптомов непосредственно после поражения не исключает возможности последующего ухудшения его состояния.

При отсутствии сознания, но сохранившемся дыхании пострадавшего надо уложить на спину, горизонтально, на что-нибудь твердое (пол, щит, кушетку), создать приток свежего воздуха, давать нюхать нашатырный спирт, обрызгивать водой (не изо рта), растрать и согревать тело. Помощь рекомендуется оказывать на месте происшествия. Переносить пострадавшего следует только в тех случаях, когда опасность продолжает угрожать пострадавшему или оказывающему помощь.

Если после отключения пострадавшего от цепи тока сознание его не возвращается, затруднено дыхание, слабеет деятельность сердца, необходимо тут же восстанавливать кровообращение и дыхание. Иногда пострадавший совсем не дышит, у него не прощупывается пульс. Но эта смерть мнимая. Если в первые 5—6 мин начать оживление, человека можно спасти.

Среди методов оживления, не требующих специальной аппаратуры и доступных любому свидетелю несчастного случая, наиболее эффективным признается искусственное дыхание путем вдувания воздуха через рот или нос пострадавшего.

Техника проведения искусственного дыхания «рот в рот» или «рот в нос» заключается в следующем:

Оказывающий помощь до начала искусственного дыхания должен обеспечить свободное прохождение воздуха в легкие через дыхательные пути. Голову пострадавшего надо запрокинуть назад, для чего подкладывают одну руку под шею, а другой надавливают на лоб. Этим обеспечивается отхождение корня языка от задней стенки гортани и восстановление проходимости дыхательных путей. При указанном положении головы обычно рот раскрывается (рис. 7.1).

Если во рту есть слизь, ее вытирают платком или краем рубашки, натянутым на указательный палец, еще раз проверяют, нет ли во рту посторонних предметов, которые

должны быть удалены, после чего приступают к вдуванию воздуха в рот или в нос. При вдувании воздуха в рот оказывающий помощь делает вдох, плотно (можно через марлю

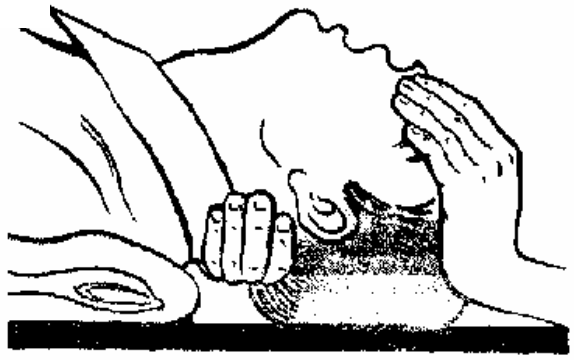


Рис.7.1

или носовой платок) прижимает свой рот ко рту пострадавшего и с силой вдувает в рот пострадавшего воздух, одновременно своим лицом (щекой) или пальцами руки, находящейся на лбу, зажимая пострадавшему нос, чтобы обеспечить поступление всего вдуваемого воздуха в его легкие. При невозможности полного охвата рта пострадавшего следует вдувать воздух в нос, плотно закрыв при этом рот пострадавшего. Маленьким детям вдувают воздух одновременно в рот и в нос, охватывая своим ртом и рот, и нос оживляемого. Вдувание воздуха производят каждые 5—6 с, что соответствует частоте дыхания 10—12 раз в минуту (рис.7.2). После каждого вдувания (вдоха) освобождают рот и нос пострадавшего для свободного выдоха воздуха из легких пострадавшего (выдоха).

Наружный (непрямой) массаж сердца поддерживает кровообращение, как при остановившемся сердце, так и при нарушении ритма его сокращений. Для проведения

непрямого массажа сердца у пострадавшего, лежащего на жестком основании, обнажают грудную клетку. Вся стесняющая одежда, пояс расстегивается или снимается.

Оказывающий помощь становится сбоку от пострадавшего и занимает такое положение, чтобы иметь возможность наклониться над ним; если пострадавший лежит на полу— становится рядом на колени. Определив положение нижней трети грудины, накладывает па нее основание ладони (подушечку) разогнутой кисти Ладонь второй руки накладывает поверх первой и начинает ритмично надавливать на нижний край грудины. Надавливать на грудину надо резкими толчками: при этом грудина смещается вниз (к спине) в сторону позвоночника на 3-5 см, сердце сдавливается, и из его полостей выдавливается кровь в кровеносные сосуды. Надавливание необходимо повторять примерно 1 раз в секунду. Следует остерегаться надавливания на окончания ребер, так как это может привести к их перелому.

Нельзя надавливать ниже края грудины на мягкие ткани: можно повредить расположенные в брюшной полости органы, в первую очередь печень.

Обязательным условием обеспечения организма кислородом при отсутствии работы сердца является одновременное с массажем сердца проведение искусственного дыхания. Поскольку надавливание на грудную клетку затрудняет ее расширение при вдохе, вдувание воздуха проводится во время паузы, которая специально соблюдается через каждые четыре—шесть надавливаний на грудину.

Желательно, чтобы в оживлении участвовали два обученных правилам оказания первой помощи человека, поочередно, через каждые 5—10 мин сменяющих друг друга при проведении искусственного дыхания и массажа сердца. Это менее утомительно, чем беспрерывное проведение одной и той же процедуры (в особенности массажа сердца).

В крайнем случае, помощь может быть оказана и одним человеком, который чередует искусственное дыхание и массаж сердца в следующем порядке. После двух-трех вдуваний воздуха в рот (или в нос) пострадавшего он проводит 15 надавливаний на грудину (массаж сердца), после чего вновь проводит два-три глубоких вдувания воздуха и приступает к массажу сердца и т.д. В случае присутствия человека, не обученного методам оживления, целесообразно предложить ему проводить искусственное дыхание путем вдувания воздуха как менее сложную процедуру, следя за тем, чтобы она правильно проводилась.

Разумеется, при оказании помощи пострадавшему следует постоянно проверять эффективность оказываемой помощи.

При правильном проведении искусственного дыхания каждое вдувание вызывает расширение грудной клетки, прекращение вдувания вызывает ее спадание, сопровождаемое характерным шумом при выходе воздуха из легких пострадавшего через рот или нос. При затруднении вдувания надо проверить, свободны ли дыхательные пути пострадавшего.

Эффект наружного массажа сердца проявляется в первую очередь в том, что каждое надавливание на грудину вызывает появление пульса на лучевой артерии у запястья или на сонной артерии на шее (проверяется лицом, производящим вдувание воздуха).

При правильном проведении искусственного дыхания и массажа сердца у пострадавшего появляются следующие признаки оживления:

- улучшается цвет лица — оно приобретает розовый оттенок вместо серо-землистого цвета с синеватым оттенком, который был до оказания помощи;
- появляются самостоятельные дыхательные движения, которые становятся все более и более равномерными по мере продолжения мероприятий по оживлению;
- сужаются зрачки.

Степень сужения зрачков может служить наиболее строгим показателем эффективности оказываемой помощи. Узкие зрачки указывают на достаточное снабжение мозга кислородом. Наоборот, начинающееся расширение зрачков указывает на ухудшение кровообращения мозга и необходимость улучшения качества мероприятий по оживлению организма.

Дополнительной полезной мерой является поднятие ног у пострадавшего на 0,5 м от пола и оставление их в этом положении в течение всего времени массажа (для этой цели под ноги можно что-нибудь подложить), что способствует лучшему притоку крови в сердце из вен нижней части тела.

Искусственное дыхание и наружный массаж сердца следует проводить непрерывно до появления самостоятельного дыхания и восстановления работы сердца у пострадавшего или до прибытия вызванного ранее врача.

Уместно здесь напомнить, что при вызове врача на место происшествия следует его предупредить, что произошло. Для спасения пораженного электрическим током требуются подчас специальные меры и особые приборы, длительно поддерживающие кровообращение и дыхание.

Во время перевозки в больницу пострадавшему, не оживленному мерами первой помощи, искусственное дыхание и массаж сердца не прекращают. Однако, надеяться на благополучный исход можно лишь в том случае, если искусственное дыхание и массаж сердца были применены в первые минуты.

При оказании первой доврачебной помощи пострадавшему с электрическими ожогами (от действия электрического тока или электрической дуги) на месте происшествия независимо от площади поражения накладываются асептические (стерильные) повязки, которые должны обеспечить защиту раны от загрязнения и внешних физических воздействий. Нельзя касаться руками обожженных участков кожи или смазывать их чем-нибудь, вскрывать пузыри, удалять приставшую к обожженному месту мастику, канифоль, обгоревшие куски одежды. В этом случае стерильная повязка накладывается поверх них. При тяжелых и обширных ожогах необходимо пострадавшего завернуть в чистую простыню или ткань, не раздевая его, укрыть потеплее, напоить теплым чаем и создать покой до прибытия врача.

При ожогах глаз следует делать холодные примочки из раствора борной кислоты (1/2 чайной ложки на стакан воды).

При поражении электрическим током ни в коем случае нельзя зарывать пострадавшего в землю. Закапывание пострадавшего в землю для отведения якобы

электрического тока из организма вредно и очень опасно. Это приводит к ограничению движения грудной клетки и теряется время для оказания действенных мер по спасению пострадавшего.

Кроме того, ожоговая поверхность тела загрязняется.

Умейте оказывать первую помощь пострадавшему. Помните! Личная бдительность и соблюдение элементарных правил гарантирует безопасность при пользовании электричеством в быту.

Приложение 1

ФОРМА НАРЯДА-ДОПУСКА

Лицевая сторона наряда

Предприятие _____ для работ в электроустановках
Подразделение _____

НАРЯД-ДОПУСК № _____

Ответственному руководителю работ _____
Допускающему _____ , производителю работ _____
Наблюдающему _____ с членами бригады
_____
_____
поручается_____
_____
Работу начать: дата _____ время _____
Работу закончить: дата _____ время _____

Работу выполнить: со снятием напряжения, без снятия напряжения на токоведущих частях и вблизи них; вдали от токоведущих частей; находящихся под напряжением (ненужное зачеркнуть).

Таблица 1. Меры по подготовке рабочих мест

Наименование электроустановок, в которых нужно произвести отключения и наложить заземления	Что должно быть отключено и где заземлено

Отдельные указания_____
_____
_____

Наряд выдал: дата _____ время _____ подпись _____ фамилия _____

Наряд продлил по: дата _____ время _____подпись _____фамилия _____

Таблица 2. Разрешение на допуск

	Дата, время	От кого (должность, фамилия)	Допускающий (подпись)
Разрешение на подготовку			
рабочих мест и на допуск			
к работе получил			

Оборотная сторона наряда

Рабочие места подготовлены. Под напряжением остались:_____
_____
_____
_____

Допускающий _____ Ответственный руководитель _____
(подпись) (подпись)

Таблица 3. Ежедневный допуск к работе и ее окончание

Бригада проинструктирована и допущена на подготовленное рабочее место				Работа закончена, бригада удалена		
Наименование рабочих мест	Дата, время	Подписи		Дата, время	О снятии заземлений, наложенных бригадой, сообщено (кому)	Производитель работ (подпись)
		допускающего	производителя работ			
1	2	3	4	5	6	7

Таблица 4. Изменения в составе бригады

Введен в состав бригады	Выведен из состава бригады	Дата, время	Разрешил (подпись)

Работа полностью закончена, бригада удалена, заземления, наложенные бригадой, сняты, сообщено (кому)_____
_____
(должность, фамилия)

Дата_____Время_____

Производитель работ

_____
(подпись)

Ответственный руководитель работ

_____
(подпись)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мост переменного тока Р5026М (паспорт). 1992

2. Измеритель параметров изоляции «Вектор - 2М» (Руководство по эксплуатации).

3. Мост переменного тока автоматический СА7100-2 (Руководство по эксплуатации). 2007

4. Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования электрических цепей. Раздел 1. Испытания изоляции электрооборудования. Общие методы. (Москва. АО ОРГРЭС.1996г.)

5. Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования. Раздел 8. Методы контроля состояния вводов и проходных изоляторов. (Москва. АО ОРГРЭС.1998г.)

6. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей - Н. Новгород: Госэнергонадзор издательство «ВЕНТА-2» - 1999 г.

7. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. РД 153-34.0-03.150-00 - М. Введены с 1.07.2003, издание 2007 г. , 208 С.

8. Объемы и нормы испытаний электрооборудования. РД 34.45-51.300-97. РАО «ЕЭС России». (Москва ЭНАС 1998 г.)

9. Балаков Ю.Н., Неклепаев Б.И., Шунтов А.В. Электротехническое оборудование станций и подстанций. (Электрические станции 1996 №10).

10. Надежность систем энергетики: достижения, проблемы, перспективы. под ред. Н.И. Воропая. Новосибирск: Наука.1998

11. Джон Маркс. Действия зарубежных энергокомпаний. (Мировая энергетика. 1997 №4)

12. Лаборатория высоковольтных испытаний ЛВИ HVT - 3М. (Руководство по эксплуатации) Я.2008. ЯЭМЗ. РИО.

13. Лаборатория высоковольтных испытаний ЛВИ. Справочник пользователя. Издание 4. г. Я 2004. Холдинговая компания ЭМЗ. Электро-Сервис.

14. Правила устройства электроустановок. Издание 7, М.2007. Главгосэнерго России. Министерство топливо и энергетики. Издательство «Омега-Л»

Федор Михайлович Девкин

ИЗМЕРЕНИЕ ТАНГЕНСА УГЛА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ЛАБОРАТОРИЯХ СЕРИИ ЛВИ HVT

практическое пособие

Редактор В.Л. Дивногорцев
Компьютерная верстка Т.С. Смирновой

Сдано в набор 26.09.2008
Подписано в печать 29.09.2008
Усл.печ.л.6,25

Лицензия №02894 от 29 сентября 2000г.

Редакционно-издательский отдел
Холдинговой компании «ЭМЗ»

150029, г. Ярославль, Промзона,
ул. Декабристов, 14