

CP TD1

Руководство пользователя



Версия руководства: RUS 1035 05 03

© OMICRON electronics GmbH, 2018 г. Все права защищены.

Настоящее руководство выпущено компанией OMICRON electronics GmbH.

Все права, включая права на перевод, защищены. Для воспроизведения документа любым способом, включая фотокопирование, микрофильмирование, оптическое распознавание текста, и/или его хранения в электронных системах обработки данных требуется выраженное в явной форме согласие OMICRON. Полная или частичная перепечатка документа запрещена.

Приведенные в этом руководстве сведения об изделии и его технические характеристики соответствуют техническому состоянию изделия на момент написания руководства; эти данные могут быть изменены без предварительного уведомления.

Мы постарались предоставить в данном руководстве полезную, точную и абсолютно надежную информацию. Тем не менее OMICRON не несет ответственности за любые возможные неточности.

Пользователь берет на себя ответственность за любое использование продукта компании OMICRON.

Компания OMICRON выполняет перевод данного руководства с исходного языка (английского) на многие другие языки. Все переводы данного руководства выполнены в соответствии с требованиями местных законодательств и в случае каких-либо расхождений между английской и переведенной версией английская версия данного руководства должна считаться основной.

Содержание

Разделы руководства пользователя	5
Используемые символы безопасности	5
Дополнительные документы	6
1 Инструкции по технике безопасности	7
1.1 Квалификация операторов	7
1.2 Стандарты и правила техники безопасности	7
1.2.1 Стандарты безопасности	7
1.2.2 Правила техники безопасности	7
1.2.3 Принадлежности для обеспечения безопасности	8
1.3 Работа с измерительной установкой	8
1.4 Обращение с кабелями	9
1.5 Надлежащее использование	10
1.6 Статические разряды	10
1.7 Отказ от ответственности	10
1.8 Декларация о соответствии	11
1.9 Утилизация	11
2 Введение	12
2.1 Назначение	12
2.2 Функциональные компоненты <i>устройств управления и CP TD1</i>	12
2.3 Тележка для оборудования для <i>CPC 100 и CP TD1</i>	13
2.4 Функциональные компоненты <i>CPC 100</i>	14
2.4.1 Передняя панель <i>CPC 100</i>	14
2.4.2 Высоковольтные и силовые выходы <i>CPC 100</i>	15
2.4.3 Интерфейсы встроенного ПК <i>CPC 100</i>	16
2.5 Функциональные компоненты <i>CPC 80</i>	17
2.5.1 Передняя панель <i>CPC 80</i>	17
2.5.2 Подключение источника питания и выход усилителя <i>CPC 80</i>	18
2.5.3 Интерфейсы встроенного ПК <i>CPC 80</i>	19
2.6 Тележка для оборудования для <i>TESTRANO 600 и CP TD1</i>	20
2.7 Функциональные компоненты <i>TESTRANO 600</i>	21
2.7.1 Передняя панель <i>TESTRANO 600</i>	21
2.8 Боковая панель <i>TESTRANO 600</i>	22
2.9 Функциональные компоненты <i>CP TD1</i>	23
2.9.1 Клемма заземления и вход усилителя <i>CP TD1</i>	23
2.9.2 Разъем последовательного интерфейса и измерительные входы <i>CP TD1</i>	23
2.9.3 Высоковольтный разъем <i>CP TD1</i>	23
2.10 Очистка	24
3 Применение	25
3.1 Подготовительные меры на месте испытания	25
3.2 Подключение <i>CP TD1</i> к <i>Устройство управления</i>	26
3.3 Измерение	29
3.4 Отключение	30
4 Общие сведения об измерении емкости и тангенса угла диэлектрических потерь	31
4.1 Теория	31
4.2 Измерения емкости и тангенса угла диэлектрических потерь / коэффициента мощности	38
4.3 Измерения в режимах UST и GST с использованием метода отведения	39
5 Силовые трансформаторы	40
5.1 Измерения тангенса угла диэлектрических потерь	41

5.2	Измерение емкости	41
5.3	Двухобмоточный трансформатор	42
5.4	Измерения на двухобмоточных трансформаторах	45
5.4.1	Измерения на двухобмоточных трансформаторах с помощью <i>CPC 100</i> и <i>CPC 80</i>	46
5.4.2	Измерения на двухобмоточных трансформаторах с помощью <i>TESTRANO 600</i>	46
5.5	Трехобмоточный трансформатор	47
5.6	Измерения на трехобмоточных трансформаторах	51
5.6.1	Измерения на трехобмоточных трансформаторах с помощью <i>CPC 100</i> и <i>CPC 80</i>	53
5.6.2	Измерения на трехобмоточных трансформаторах с помощью <i>TESTRANO 600</i>	58
5.7	Автотрансформатор	58
5.8	Реакторы	58
6	Высоковольтные вводы	59
6.1	Введение	59
6.2	Типы высоковольтных вводов	59
6.2.1	Конденсаторный ввод	59
6.2.2	Составной ввод	61
6.2.3	Ввод с заполнением компаундом	61
6.2.4	Сухой, или ввод без заполнителя	61
6.2.5	Маслонаполненный ввод	61
6.2.6	Маслопогруженный ввод	61
6.2.7	Ввод с бумажно-масляной изоляцией	61
6.2.8	Ввод с бумажной изоляцией, склеенной смолой	61
6.2.9	Ввод с твердой изоляцией (керамический ввод)	61
6.2.10	Ввод с газовой изоляцией	61
6.3	Измерение емкости и тангенса угла диэлектрических потерь в высоковольтных вводах	62
6.4	Испытание незаземленного объекта (UST)	62
6.5	Испытание заземленного объекта (GST)	64
6.6	Испытание в режиме «горячий поиск»	65
7	Технические характеристики	68
7.1	Технические характеристики системы <i>CP TD1</i> , подключенной к устройству управления	68
7.1.1	Высоковольтный выход	68
7.1.2	Измерения	68
7.2	Физические параметры	71
7.3	Условия окружающей среды	71
7.4	Стандарты	72
	Поддержка	73

Разделы руководства пользователя

В документе «Руководство пользователя» предоставлена информация о том, как безопасно, правильно и эффективно использовать испытательную систему *CP TD1*. Руководство пользователя *CP TD1* содержит важные правила техники безопасности для работы с *CP TD1* и дает представление о возможностях использования *CP TD1*. Инструкции, включенные в данное Руководство пользователя, помогут избежать аварийных ситуаций, ремонтных расходов и возможного простоя из-за неправильной работы.

Руководство пользователя *CP TD1* всегда должно находиться в месте использования *CP TD1*. Пользователи *CP TD1* должны ознакомиться с этим руководством перед использованием *CP TD1* и соблюдать изложенные в нем инструкции по технике безопасности, установке и эксплуатации.

Прочтение одного только документа Руководство пользователя *CP TD1* не освобождает от обязательного выполнения всех национальных и международных правил техники безопасности, имеющих отношение к работе с высоковольтным оборудованием.

Используемые символы безопасности

В данном руководстве приведенные ниже символы указывают на инструкции для предотвращения опасностей.



ОПАСНОСТЬ

Несоблюдение правил техники безопасности может привести к тяжелым телесным повреждениям вплоть до смертельного исхода.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Несоблюдение правил техники безопасности может привести к тяжелым телесным повреждениям вплоть до смертельного исхода.



ВНИМАНИЕ

Несоблюдение правил техники безопасности может привести к телесным повреждениям (легким или средней тяжести).

ПРИМЕЧАНИЕ

Возможно повреждение оборудования или потеря данных

Дополнительные документы

Перечисленные ниже документы дополняют сведения, которые содержит Руководство пользователя CP TD1.

Заголовок	Описание
Руководство пользователя системы CPC 100	Содержит инструкции по эксплуатации испытательной системы <i>CPC 100</i> и соответствующие правила техники безопасности.
Справочное руководство к CPC 100	Содержит подробные сведения о программном и аппаратном обеспечении системы <i>CPC 100</i> , включая соответствующие инструкции по безопасности.
Руководство пользователя CPC 80	Содержит инструкции по эксплуатации испытательной системы <i>CPC 80</i> и соответствующие правила техники безопасности.
Руководство пользователя TESTRANO 600	Содержит инструкции по эксплуатации испытательной системы <i>TESTRANO 600</i> и соответствующие правила техники безопасности.
Руководство пользователя PTM CPC 100	Содержит инструкции по использованию ПО <i>Primary Test Manager PTM</i> с испытательной системой <i>CPC 100</i> .
Руководство пользователя CP CR500	Содержит инструкции по эксплуатации компенсирующего реактора <i>CP CR500</i> и соответствующие правила техники безопасности.
Справочное руководство по CP TC12	Содержит инструкции по эксплуатации масляной измерительной ячейки <i>CP TC12</i> и соответствующие правила техники безопасности.
Руководство пользователя CP CAL1	Содержит инструкции по эксплуатации системы для калибровки <i>CP CAL1</i> и соответствующие правила техники безопасности.
Руководство пользователя TD1 C-Load	Содержит инструкции по эксплуатации вспомогательного устройства <i>TD1 C-Load</i> и соответствующие правила техники безопасности.

1 Инструкции по технике безопасности

1.1 Квалификация операторов

Работа с высоковольтным оборудованием может быть крайне опасной. Испытание с помощью *CP TD1* должен выполнять только квалифицированный и обученный персонал, обладающий соответствующими полномочиями. Перед началом работы четко определите обязанности.

Сотрудники, участвующие в тренинге, получающие инструкции, указания или проходящие обучение по использованию устройства *CP TD1*, во время работы с оборудованием должны находиться под постоянным наблюдением опытного оператора. Оператор отвечает за соблюдение техники безопасности в течение всего испытания.

1.2 Стандарты и правила техники безопасности

1.2.1 Стандарты безопасности

Испытание с помощью системы *CP TD1* должно проводиться в соответствии с внутренними инструкциями по технике безопасности, а также всеми необходимыми дополнительными документами по обеспечению безопасности.

Кроме того, следует соблюдать следующие стандарты безопасности (если таковые применимы):

- EN 50191 (VDE 0104) «Монтаж и эксплуатация электрического испытательного оборудования»
- EN 50110-1 (VDE 0105, часть 100) «Эксплуатация электрических установок»
- IEEE 510 «Рекомендованные правила техники безопасности при проведении испытаний, связанных с высокими уровнями напряжения и мощности»

Кроме того, необходимо соблюдать все действующие правила для предотвращения несчастных случаев на месте эксплуатации оборудования.

Перед началом эксплуатации системы *CP TD1* и ее принадлежностей внимательно прочтите инструкции по технике безопасности в данном документе «Руководство пользователя».

Не включайте *CP TD1* и не используйте *CP TD1*, если не удалось разобраться с инструкциями по технике безопасности, приведенными в этом руководстве. Если какие-либо инструкции по технике безопасности непонятны, прежде чем начинать эксплуатацию оборудования, обратитесь в OMICRON.

Техническое обслуживание и ремонт системы *CP TD1* и ее принадлежностей разрешено проводить только квалифицированным специалистам в сервисных центрах OMICRON (см. «Поддержка» на стр. 73).

1.2.2 Правила техники безопасности

Обязательно соблюдайте пять правил техники безопасности:

- ▶ Полностью отключите и отсоедините оборудование.
- ▶ Примите меры по предотвращению случайного подключения оборудования к сети питания.
- ▶ Убедитесь, что установка полностью отключена.
- ▶ Убедитесь в наличии заземления и защиты от короткого замыкания.
- ▶ Обеспечьте изоляцию соседствующих деталей, находящихся под напряжением.

1.2.3 Принадлежности для обеспечения безопасности

OMICRON предлагает комплект принадлежностей для обеспечения дополнительной безопасности во время работы испытательных систем. Для ознакомления с дополнительной информацией и техническими характеристиками изучите прилагаемую сопроводительную инструкцию или обратитесь в службу поддержки компании OMICRON.

1.3 Работа с измерительной установкой

CP TD1 используется в качестве дополнительного устройства, подключаемого к *CPC 100*, *CPC 80* или *TESTRANO 600*, которые управляют измерением. В данном руководстве эти устройства в совокупности именуются *Устройство управления*, если не подразумевается какое-либо конкретное устройство. Не подсоединяйте *CP TD1* к какому-либо другому устройству, кроме *CPC 100*, *CPC 80* или *TESTRANO 600*.

К работе с *CP TD1* допускаются только квалифицированные инженеры, прошедшие обучение в OMICRON.

- Перед началом работы четко распределите обязанности.

Сотрудники, участвующие в тренинге, получающие инструкции, указания или проходящие обучение по использованию устройства *CP TD1*, во время работы с оборудованием должны находиться под постоянным наблюдением опытного оператора.

Оператор отвечает за соблюдение техники безопасности в течение всего испытания.

- Не входите в зону высокого напряжения, если горит красный световой сигнализатор *Устройство управления*, поскольку на всех выходах может присутствовать напряжение или ток опасного уровня!
- Всегда следуйте пяти правилам безопасности и соблюдайте подробные инструкции по технике безопасности, приведенные в соответствующих руководствах пользователя.

Перед проведением испытаний с использованием высокого напряжения ознакомьтесь с изложенными ниже инструкциями.

- Не используйте испытательное оборудование без надежного соединения с заземлением подстанции.
- Запрещается вставлять какие-либо предметы (например, отвертки и т. п.) в любые входные/выходные разъемы.
- Запрещается использовать *CP TD1* в среде с превышением предельных значений температуры и влажности, указанных в разделе 7.3 «Условия окружающей среды» на стр. 71.
- Убедитесь, что испытательное оборудование размещено на сухой и твердой поверхности.
- Не используйте систему *CP TD1* при наличии в зоне эксплуатации взрывоопасных веществ, газов или испарений.
- В случае вскрытия корпуса *CP TD1* все гарантийные обязательства аннулируются.
- Во избежание перегрева изоляции запрещается использовать удлинительные кабели электропитания на кабельном барабане (удлинитель следует размотать).
- Если возникает подозрение, что устройство *CP TD1* не функционирует надлежащим образом, не используйте его. В этом случае следует обратиться в службу технической поддержки компании OMICRON.

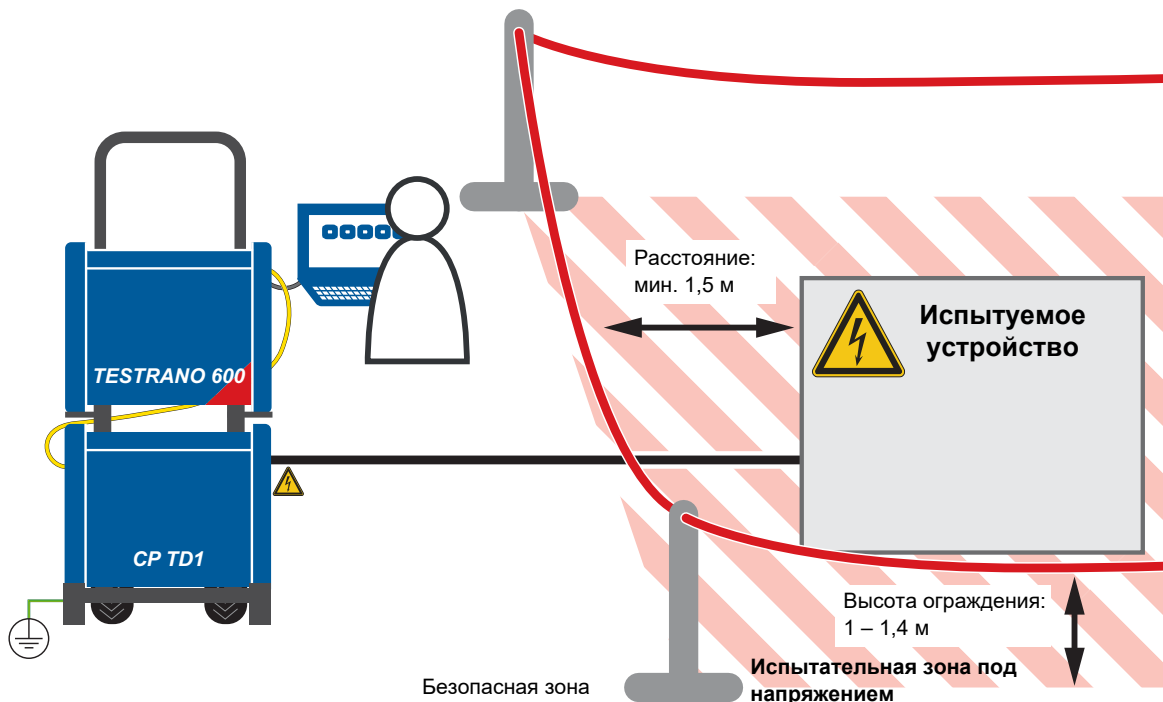


Рис. 1-1: Пример разделения безопасной зоны и зоны высокого напряжения при использовании CP TD1 с TESTRANO 600

1.4 Обращение с кабелями

- ▶ Перед подсоединением или отсоединением любого кабеля всегда полностью выключайте прибор CP TD1 (отсоединив CPC 100 от сети электропитания или нажав кнопку аварийного останова).
- ▶ Высоковольтные кабели обязательно должны быть прочно прикреплены и надежно подсоединены к прибору CP TD1 и к объекту испытаний. Ослабление контакта разъема или его отсоединение от объекта испытаний, находящегося под высоким напряжением, опасно для жизни. Прежде чем подсоединять разъемы, убедитесь, что они чистые и сухие. При подсоединении к CP TD1 плотно вставьте штекер высоковольтного кабеля в разъем и затем до упора закрутите накидную гайку. Если гайка навинчивается с трудом, очистите ее резьбу и нанесите слой смазки (рекомендуется применять вазелин). На объекте испытаний аккуратно вставьте разъемы высоковольтных кабелей так, чтобы послышался щелчок. В таком положении соединитель зафиксирован. Чтобы в этом убедиться, попытайтесь извлечь соединитель. Он должен остаться на месте.
Указание. Затягивайте разъемы вручную. Не пользуйтесь никакими инструментами — это может привести к повреждению вилок или розеток разъемов. Вставьте желтый разъем типа «банан» (заземление высоковольтного кабеля) в соответствующее гнездо разъема.
- ▶ Не подсоединяйте никаких кабелей к объекту испытаний в отсутствие видимого заземления объекта испытаний.
- ▶ Высоковольтный кабель имеет двойное экранирование и поэтому безопасен. Однако на последнем его участке длиной 50 см экранирование отсутствует. Поэтому при испытаниях этот кабель следует считать неизолированным проводом под напряжением, опасным для жизни!

- ▶ Следует помнить, что, когда прибор *CPC 100* во включенном состоянии, эта часть кабеля должна находиться в зоне высокого напряжения из-за опасности поражения электрическим током.
- ▶ Не отсоединяйте **никаких** кабелей от прибора *CP TD1* или объекта испытаний во время испытания.
- ▶ Оградите от посторонних те зоны, в которых могут присутствовать высокие напряжения. Установите ограждение или примите другие необходимые меры.
- ▶ Оба низковольтных измерительных кабеля обязательно должны быть хорошо закреплены и надежно подсоединены к измерительным входам IN A и IN B устройства *CP TD1*. Убедитесь, что кабели, маркированные красным и синим цветом, вставлены в соответствующие измерительные входы: IN A — красный, IN B — синий. Вращая разъемы, затяните их до упора. **Указание.** Затягивайте разъемы вручную. Не пользуйтесь никакими инструментами — это может привести к повреждению вилок или розеток разъемов.
- ▶ Не используйте никаких других кабелей, кроме тех, которые поставляются компанией OMICRON.

1.5 Надлежащее использование

Бумажная или электронная версия Руководство пользователя CP TD1 в формате PDF обязательно должны быть в зоне доступа на участке, где эксплуатируется *CP TD1*. Все пользователи *CP TD1* должны прочитать этот документ и соблюдать указанные правила.

Устройство *CP TD1* разрешается использовать только так, как описано в данном справочном руководстве. Использование для любых других целей не соответствует действующим нормам.

Производитель и/или распространитель не несет ответственности за ущерб, причиненный вследствие использования устройства не по назначению. Всю ответственность и все риски берет на себя только пользователь.

Выполнение инструкций, приведенных в данном документе Руководство пользователя, также является обязательным для соответствия действующим нормам.

В случае вскрытия корпуса системы *CP TD1* или ее принадлежностей все гарантийные обязательства аннулируются.

1.6 Статические разряды

Наводки от испытательного напряжения могут приводить к образованию статических зарядов на вводах или других аппаратах — например, на обмотках трансформаторов. Хотя напряжение может быть недостаточно высоким для серьезных повреждений оборудования, оно может привести к травмированию из-за падения, вызванного рефлекторным движением.

Опасность могут также представлять большие заряды статического электричества на емкостных ответвлениях вводов при снятых крышках.

- ▶ Перед работой с кабелями следует установить защитное заземление.

Обязательно придерживайтесь пяти правил техники безопасности!

1.7 Отказ от ответственности

Использование оборудования способом, отличным от указанного производителем, может привести к снижению уровня защиты, который обеспечивает оборудование.

1.8 Декларация о соответствии

Декларация о соответствии (ЕС)

Данное оборудование соответствует основным положениям руководства Совета Европейского союза в отношении требований, изложенных в директиве электромагнитной совместимости (ЭМС), директиве, регулирующей использование низковольтных устройств, и директиве об ограничении использования некоторых вредных веществ в электрическом и электронном оборудовании.

FCC Compliance (USA)

This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class A digital device, pursuant to part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference when the equipment is operated in a commercial environment. This equipment generates, uses, and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instruction manual, may cause harmful interference to radio communications. Operation of this equipment in a residential area is likely to cause harmful interference in which case the user will be required to correct the interference at his own expense.

Changes or modifications not expressly approved by the party responsible for compliance could void the user's authority to operate the equipment.

Declaration of compliance (Canada)

This Class A digital apparatus complies with Canadian ICES-003.

Cet appareil numérique de la classe A est conforme à la norme NMB-003 du Canada.

1.9 Утилизация



Этот испытательный комплект (включая все принадлежности) не предназначен для домашнего использования. По окончании срока службы испытательный комплект не должен утилизироваться вместе с бытовыми отходами!

Для заказчиков из стран ЕС (включая страны Европейской экономической зоны)

Испытательные комплекты OMICRON подпадают под действие Директивы ЕС 2012/19/EU об утилизации электрического и электронного оборудования (WEEE). В рамках своих правовых обязательств по настоящему законодательству компания OMICRON принимает использованные испытательные комплекты и обеспечивает их утилизацию на сертифицированных перерабатывающих предприятиях.

Для заказчиков из стран вне Европейской экономической зоны

За информацией о соответствующих экологических нормах, действующих в вашей стране, обращайтесь в уполномоченные инстанции. Утилизируйте испытательную установку OMICRON только в соответствии с местными законодательными требованиями.

2 Введение

2.1 Назначение

CP TD1 используется в качестве дополнительного устройства, подключаемого к *CPC 100*, *CPC 80* или *TESTRANO 600*, которые управляют измерением. В данном руководстве эти устройства в совокупности именуются *Устройство управления*, если не подразумевается какое-либо конкретное устройство. Не подсоединяйте *CP TD1* к какому-либо другому *Устройство управления*, кроме *CPC 100*, *CPC 80* или *TESTRANO 600*.

Устройство *CP TD1* представляет собой поставляемую дополнительно высокоточную испытательную систему, предназначенную для проведения испытаний изоляции таких высоковольтных систем, как силовые или измерительные трансформаторы, выключатели, конденсаторы или изоляторы, на месте эксплуатации. При использовании дополнительного устройства *CP TD1* становится возможным применение *Устройство управления* для высоковольтных измерений.

Внутренний импульсный усилитель мощности обеспечивает выполнение измерений на различных частотах без помех промышленной частоты. Автоматизированные процедуры сводят время испытания к минимуму. Протоколы испытаний генерируются автоматически.

При использовании с *CPC 100* или *CPC 80* *CP TD1* поставляется с собственной картой испытаний *CPC Tan Delta* (тангенс дельта), позволяющей с высокой точностью измерять емкость C_x и коэффициент потерь $\tan \delta$ (DF) или коэффициента мощности $\cos \phi$ (PF) соответственно.

Дополнительно *CP TD1* обеспечивает измерение следующих величин:

- активной, наблюдаемой и реактивной мощностей;
- коэффициента эффективности (QF);
- индуктивности;
- полного сопротивления, фазового угла;
- испытательного напряжения и тока.

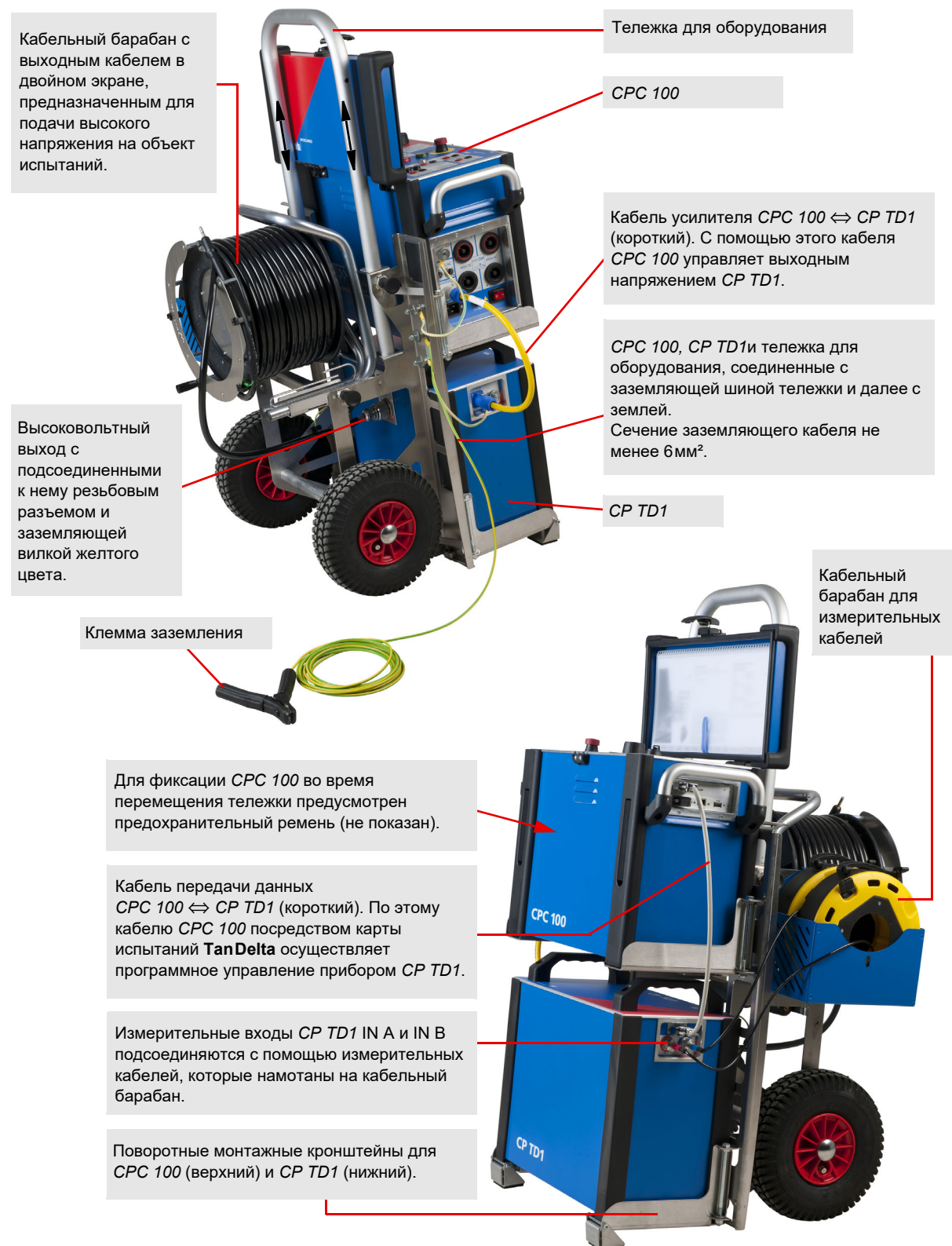
CP TD1 может также выступать источником высокого напряжения.

Использование устройства *CP TD1* для любых других целей, кроме вышеуказанных, рассматривается как использование не по назначению и не только аннулирует все требования покупателя по гарантии, но и освобождает изготовителя от ответственности по регрессным искам.

2.2 Функциональные компоненты устройств управления и *CP TD1*

На следующих страницах описаны функциональные компоненты различных устройств управления (*CPC 100*, *CPC 80* и *TESTRANO 600*) и *CP TD1*, а также возможности использования тележки для различных сочетаний устройств.

2.3 Тележка для оборудования для CPC 100 и CP TD1



2.4 Функциональные компоненты CPC 100

2.4.1 Передняя панель CPC 100

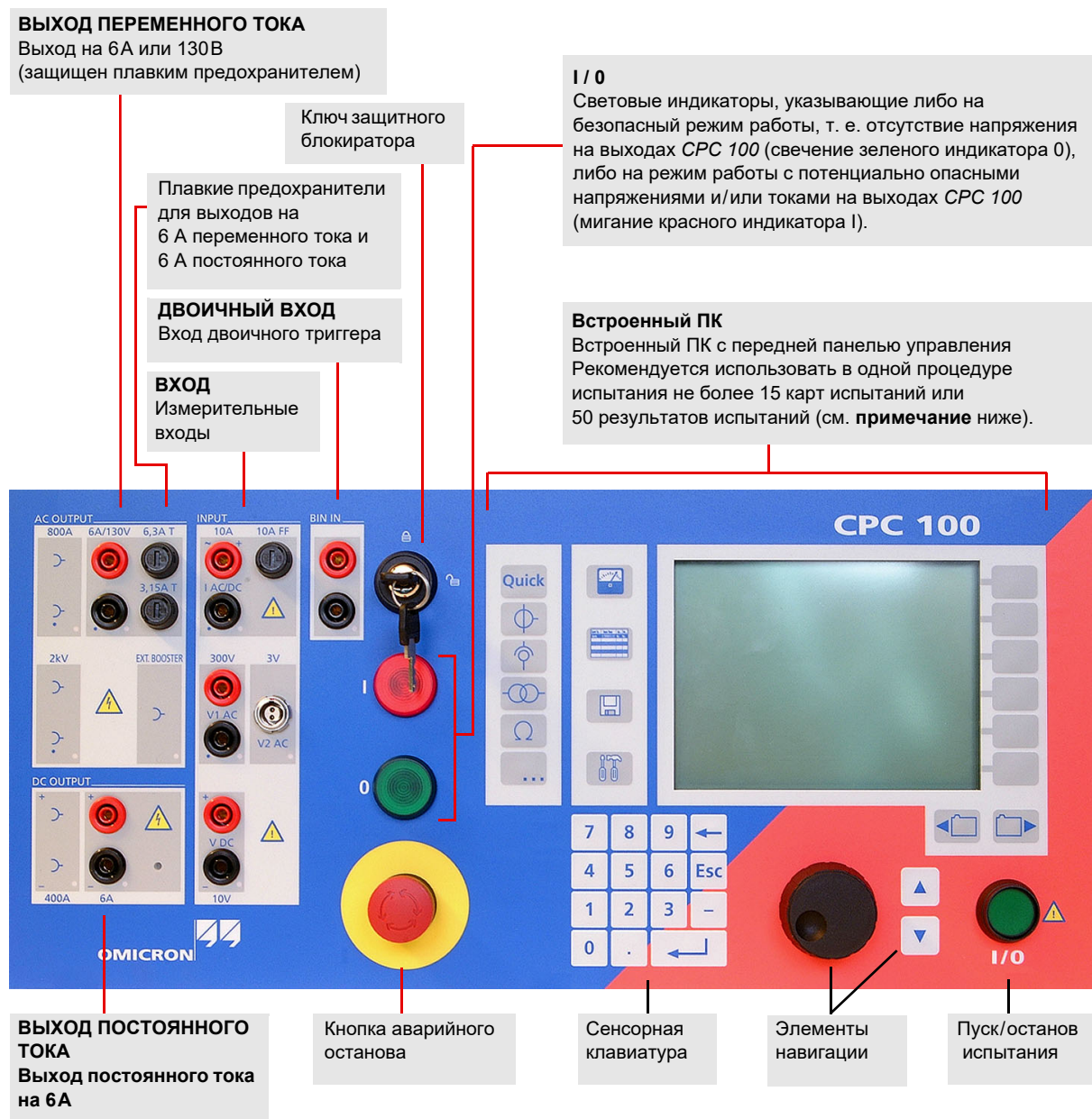


Рис. 2-1: Передняя панель CPC 100

Указание. Во избежание проблем с памятью при использовании CPC 100 версии V0 не используйте более 15 карт в одной процедуре испытания. CPC 100 версии V1 позволяет использовать больше карт в одной процедуре испытания, но с целью четкого структурирования испытаний рекомендуется не использовать более 15 карт испытаний или 50 результатов испытаний.

2.4.2 Высоковольтные и сильноточные выходы CPC 100

В условиях работы с высокими значениями тока на выходе CPC 100 не превышайте допустимую продолжительность включения, применимую для выбранного диапазона выходного сигнала переменного тока. Дополнительные сведения см.



Рис. 2-2: Высоковольтные и сильноточные выходы с левой стороны CPC 100



ОПАСНОСТЬ

Воздействие высокого напряжения или тока может привести к тяжелым телесным повреждениям вплоть до смертельного исхода.

Разъем «Внешний усилитель» всегда гальванически связан с разъемом электропитания, независимо от того, выбран ли внешний усилитель на вкладке **Параметры | Настройка устройства**, горит ли зеленый индикатор (0), отключены ли выходы и нажата ли кнопка аварийного останова.

- ▶ Не используйте никаких других кабелей для внешнего усилителя, кроме поставляемых компанией OMICRON.
- ▶ Не используйте изношенные или поврежденные кабели для усилителя.
- ▶ Выполняйте работы с предельной осторожностью.

2.4.3 Интерфейсы встроенного ПК CPC 100

Интерфейсы встроенного ПК расположены справа на корпусе CPC 100. Набор интерфейсов для подключения ПК и сети зависит от версии CPC 100, как описано ниже.



Рис. 2-3: Интерфейсы встроенного ПК CPC 100 версии V1

CPC 100 версии V1 поддерживает интерфейс USB 1.1 и 2.0 для подключения флэш-накопителей, поставляемых с CPC 100.

Указание. Полная функциональность гарантируется только для накопителей, поставляемых с CPC 100.

Последовательный интерфейс и интерфейс для подключения средства безопасности идентичны интерфейсам CPC 100 версии V0 (см. выше). Сетевой интерфейс — это разъем Ethernet с автоматическим определением типа кабеля для подключения сетевого концентратора, ПК или ноутбука.

На встроенном ПК CPC 100 версии V1 расположены указанные ниже светодиоды.

- Зеленый светодиод светится при правильном подключении CPC 100 к ПК или сети.
- Желтый светодиод светится при получении данных из сети или передачи данных в сеть.
- Красный светодиод предназначен для диагностических целей.

2.5 Функциональные компоненты CPC 80

2.5.1 Передняя панель CPC 80

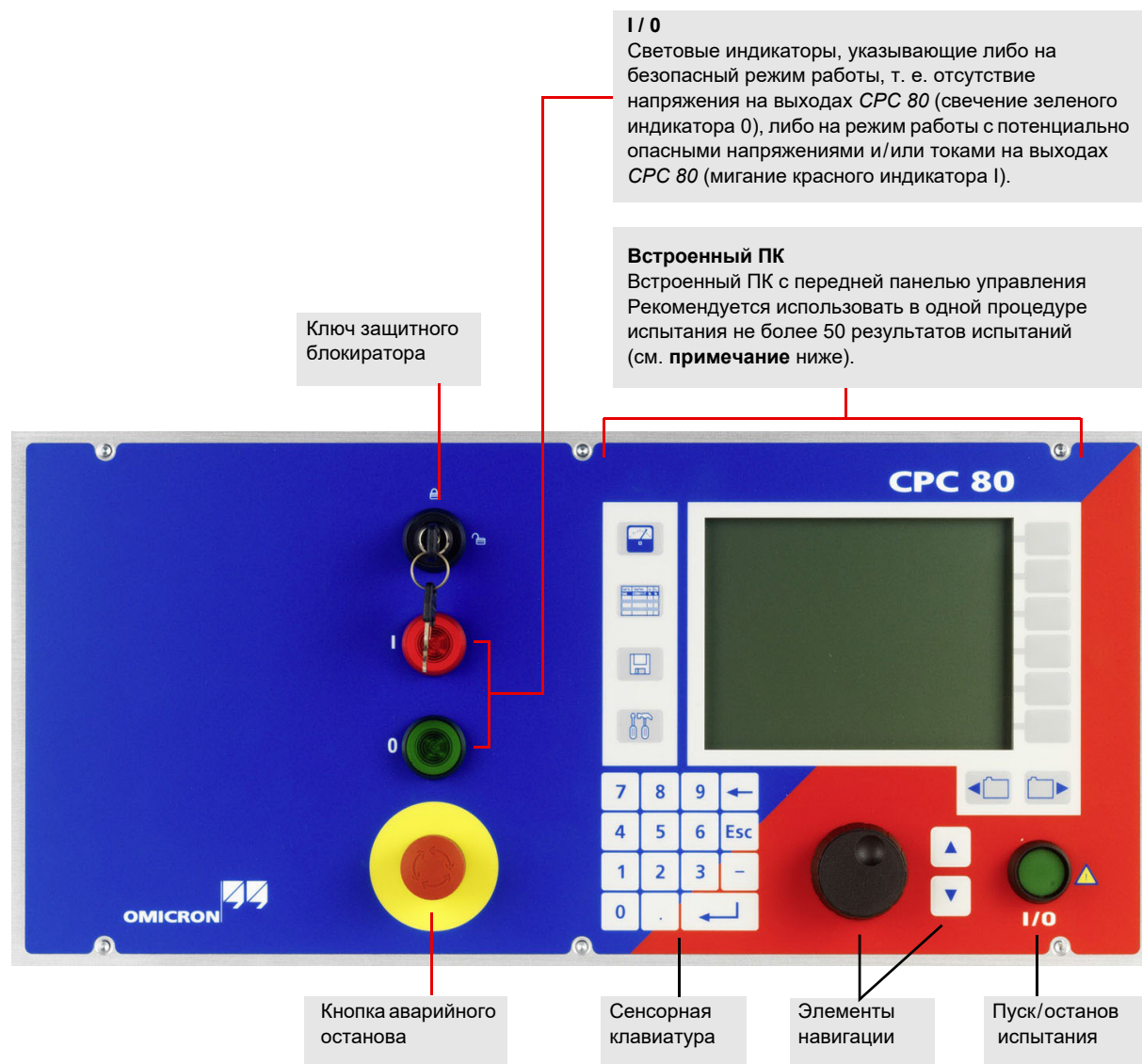


Рис. 2-4: Вид CPC 80 спереди

2.5.2 Подключение источника питания и выход усилителя *CPS 80*

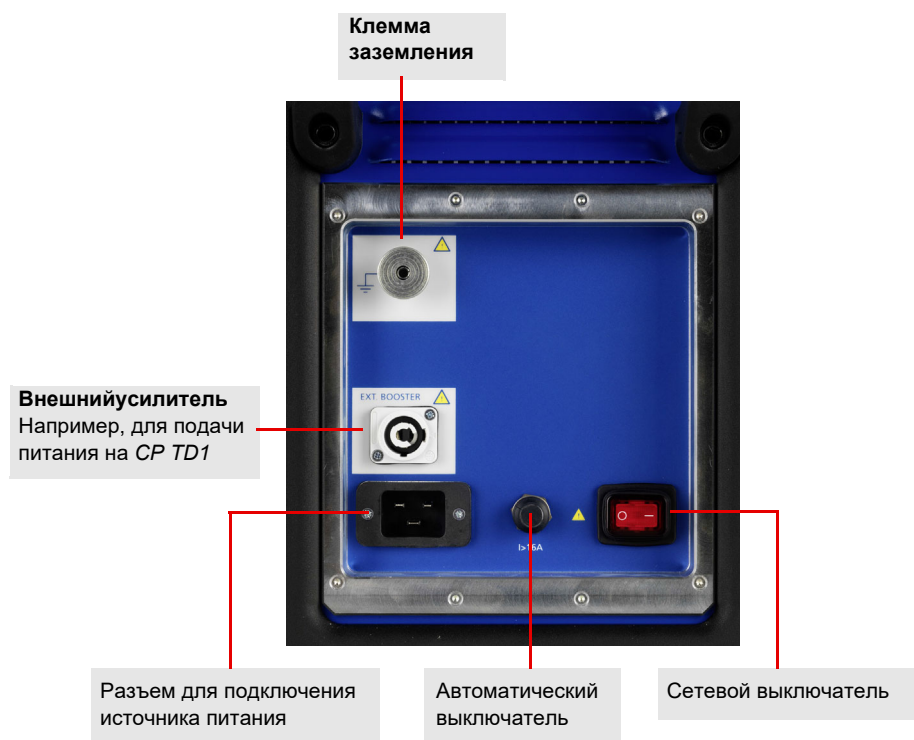


Рис. 2-5: Подключение источника питания, выход усилителя и клемма заземления

2.5.3 Интерфейсы встроенного ПК CPC 80

Интерфейсы встроенного ПК расположены справа на корпусе CPC 80.



Рис. 2-6: Интерфейсы встроенного ПК CPC 80

CPC 80 поддерживает интерфейс USB 1.1 и 2.0 для подключения флэш-накопителей, поставляемых с CPC 80.

Полная функциональность гарантируется только для накопителей, поставляемых с CPC 80.

Сетевой интерфейс — это разъем Ethernet с автоматическим определением типа кабеля для подключения сетевого концентратора, ПК или ноутбука.

На встроенном ПК CPC 80 расположены указанные ниже светодиоды.

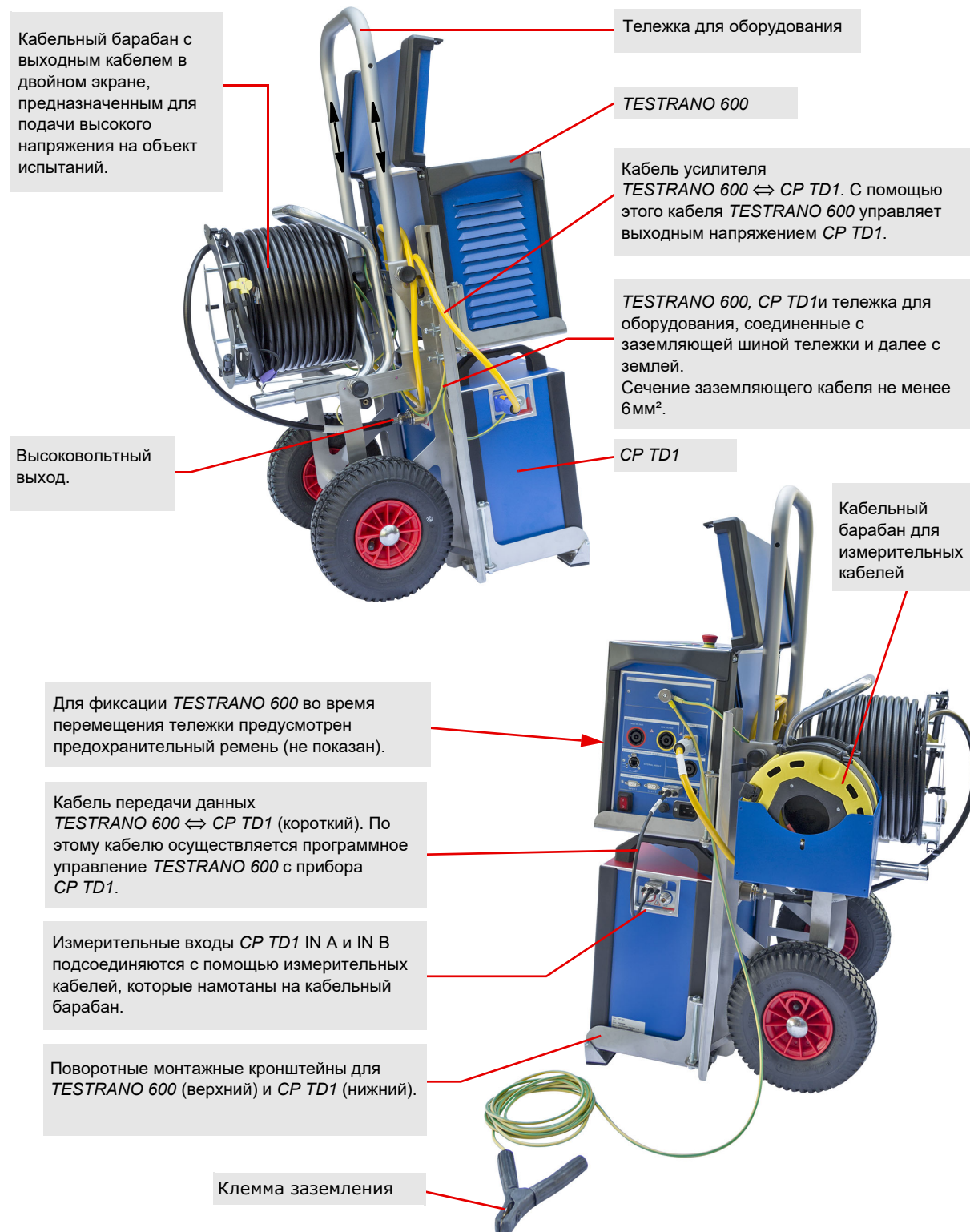
- Зеленый светодиод светится при правильном подключении CPC 80 к ПК или сети.
- Желтый светодиод светится при получении данных из сети или передачи данных в сеть.
- Красный светодиод предназначен для диагностических целей.

Разъем для подключения внешних средств безопасности позволяет подключить следующие средства:

- внешнюю кнопку аварийного останова или кнопку оперативного вмешательства в режим управления;
- внешнюю кнопку пуска/останова испытаний;
- внешние индикаторы предупредительной сигнализации I/O.

Входящая в комплект вилка штепсельного разъема снабжена переключком функции аварийной остановки или отключения. Когда эта вилка вставлена в розетку штепсельного разъема, данные функции шунтируются. Когда вилка извлечена, режим аварийного останова активен.

2.6 Тележка для оборудования для *TESTRANO 600* и *CP TD1*



2.7 Функциональные компоненты **TESTRANO 600**

2.7.1 Передняя панель **TESTRANO 600**

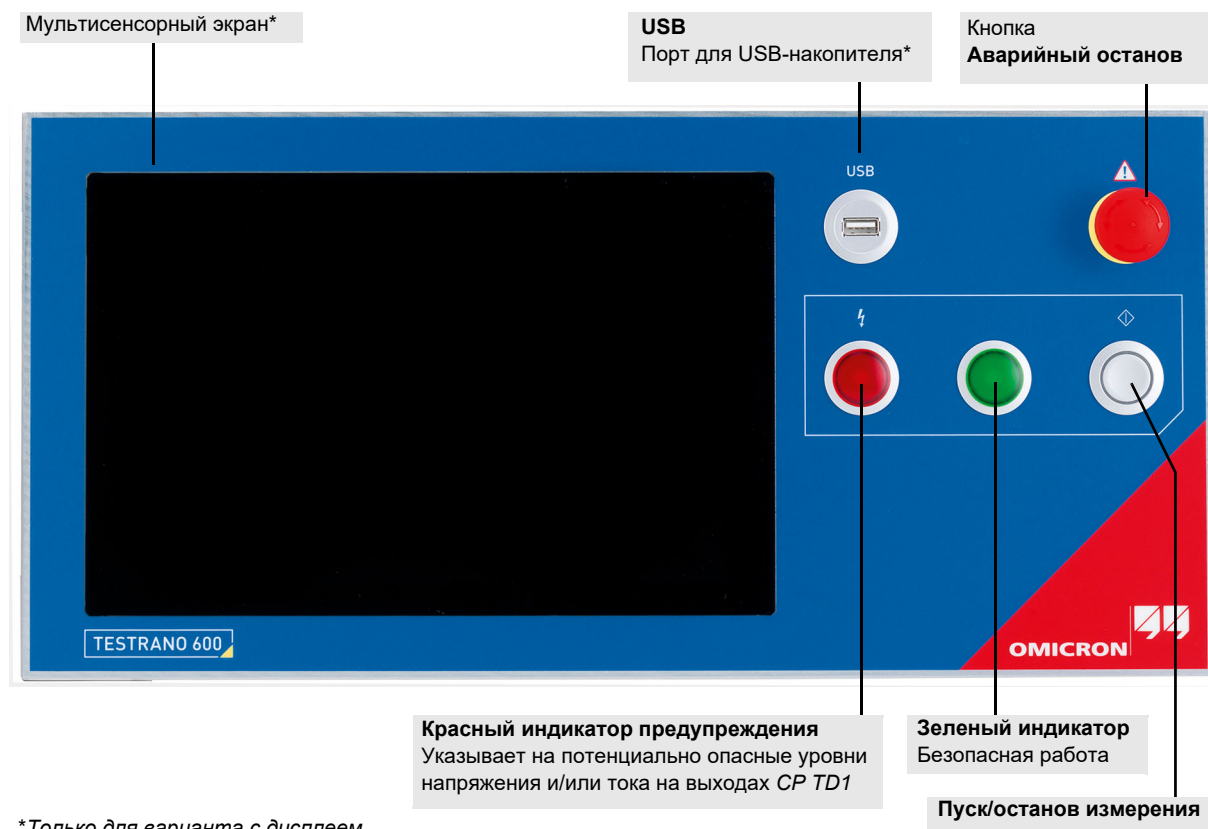


Рис. 2-7: Передняя панель **TESTRANO 600** с дисплеем

2.8 Боковая панель *TESTRANO 600*

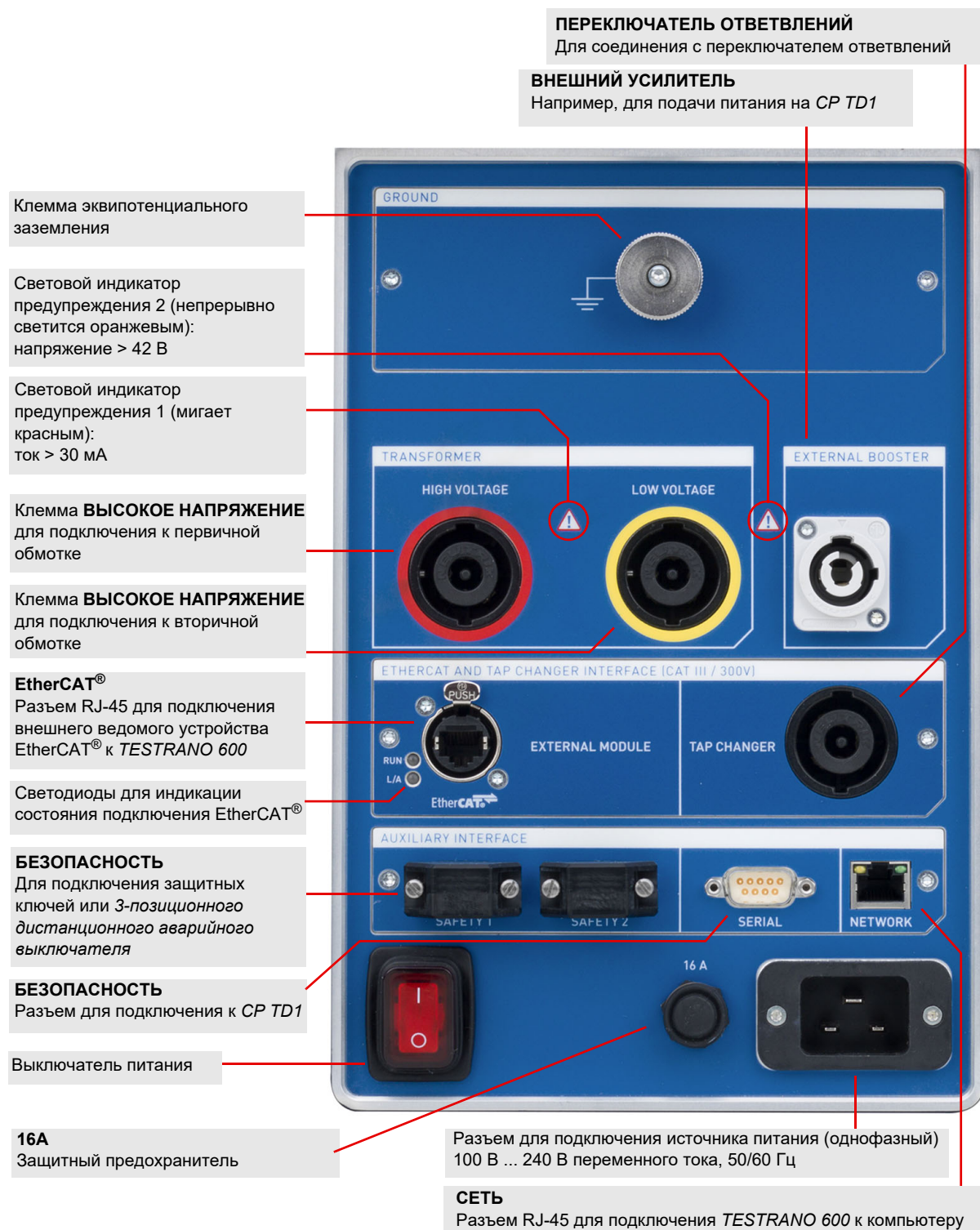


Рис. 2-8: Боковая панель *TESTRANO 600*

2.9 Функциональные компоненты *CP TD1*

2.9.1 Клемма заземления и вход усилителя *CP TD1*



Рис. 2-9: Клемма заземления и вход усилителя *CP TD1* (слева на устройстве)

2.9.2 Разъем последовательного интерфейса и измерительные входы *CP TD1*



Рис. 2-10: Разъем последовательного интерфейса и вход усилителя *CP TD1* (справа на устройстве)

2.9.3 Высоковольтный разъем *CP TD1*



Рис. 2-11: Высоковольтный разъем *CP TD1* (сзади на устройстве)

2.10 Очистка



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Воздействие высокого напряжения или тока может привести к тяжелым телесным повреждениям вплоть до смертельного исхода.

► Перед очисткой отключите устройство.

- Для очистки одного из устройств, упомянутых в руководстве, используйте ткань, смоченную в изопропиловом спирте или воде.

3 Применение

3.1 Подготовительные меры на месте испытания



ОПАСНОСТЬ

Воздействие высокого напряжения или тока может привести к тяжелым телесным повреждениям вплоть до смертельного исхода.

Перед подключением объекта испытания к *CP TD1* квалифицированный сотрудник предприятия должен принять следующие меры.

- ▶ Отключить и отсоединить источник высокого напряжения от объекта испытания.
- ▶ Обезопасить себя и свою рабочую среду от случайного повторного подключения высокого напряжения, вызванного случайными обстоятельствами или выполненного другими лицами.
- ▶ Проверить безопасность изоляции объекта испытания.
- ▶ Выполнить заземление и закорачивание клемм объекта испытания, используя набор для заземления.
- ▶ Обезопасить себя и свою рабочую среду, приняв соответствующие меры для защиты от других цепей (которые могут находиться под напряжением).
- ▶ Установить в соответствующих местах барьеры и, по возможности, световые сигналы, чтобы закрыть доступ к опасной зоне другим людям и предотвратить случайное соприкосновение с частями оборудования под напряжением.
- ▶ При значительной удаленности *CP TD1* от опасного участка (то есть местонахождения объекта испытания) необходимо, чтобы еще один человек находился у кнопки аварийного отключения.

3.2 Подключение CP TD1 к Устройство управления

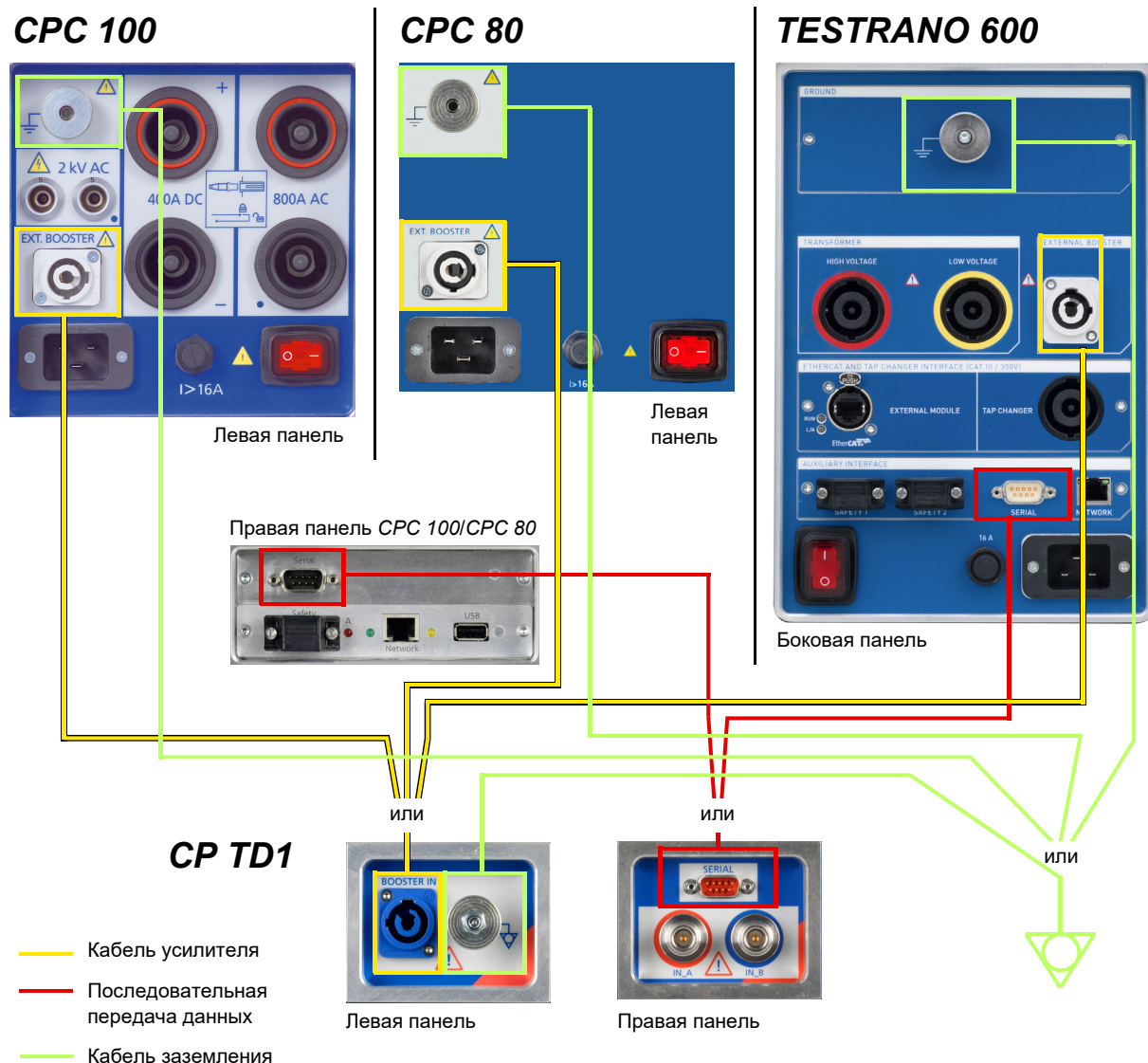


Рис. 3-1: Подключение CP TD1 к CPC 100, CPC 80 или TESTRANO 600

ОПАСНОСТЬ

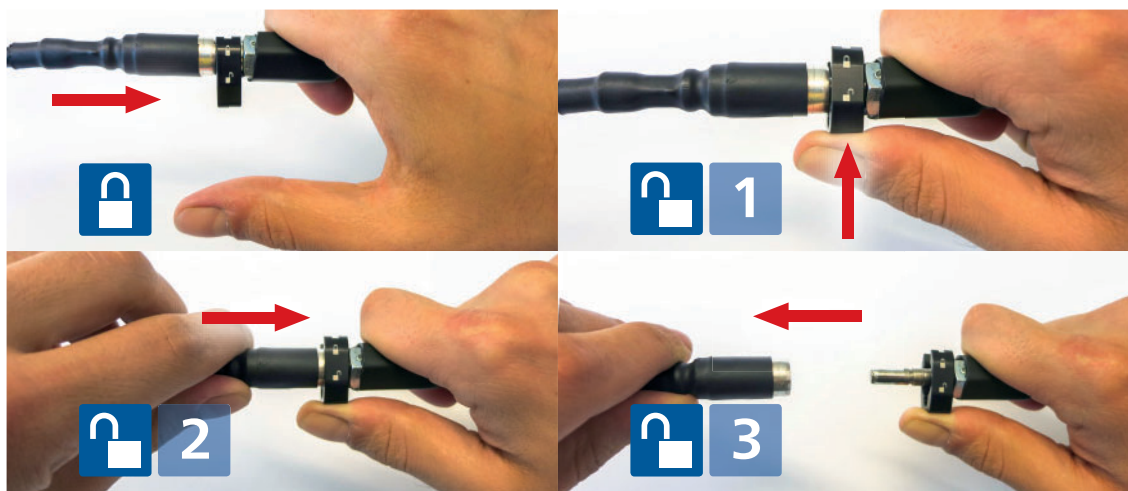


Воздействие высокого напряжения или тока может привести к тяжелым телесным повреждениям вплоть до смертельного исхода.

- ▶ Не используйте CP TD1 без надежного заземления, выполненного кабелем с сечением не менее 6 мм².
- ▶ Точка заземления должна располагаться как можно ближе к объекту испытания.
- ▶ Убедитесь, что объект испытания или CP CAL располагаются в зоне высокого напряжения.

1. Убедитесь, что *Устройство управления* выключено сетевым выключателем.
2. **Без тележки.**
 - ▶ Надежно соедините клеммы заземления *Устройство управления* и *CP TD1* с землей подстанции.
- При использовании тележки (на усмотрение).**
 - ▶ Соедините шину заземления тележки с землей.
 - ▶ Надежно подсоедините клеммы заземления *CPC 100* или *TESTRANO 600* и *CP TD1* к шине заземления тележки.
3. Перед подключением удостоверьтесь, что все кабельные разъемы сухие, а также хорошо зачищены.
4. Соедините вход BOOSTER IN устройства *CP TD1* со входом EXT. BOOSTER устройства *Устройство управления* посредством кабеля усилителя.
5. Соедините разъем SERIAL устройства *CP TD1* с разъемом SERIAL устройства *Устройство управления* посредством кабеля для передачи данных. Этот кабель также обеспечивает электропитание *CP TD1*.
6. Размотайте измерительные кабели с кабельного барабана и подсоедините объект испытаний к измерительным входам IN A и IN B устройства *CP TD1*.
7. Присоедините высоковольтный кабель устройства *CP TD1* к высоковольтному выходу.
 - ▶ При подсоединении к *CP TD1* плотно вставьте штекер высоковольтного кабеля в разъем и затем вручную, не используя никаких дополнительных инструментов, до упора завинтите накидную гайку. Если гайка навинчивается с трудом, очистите ее резьбу и нанесите слой смазки (рекомендуется применять вазелин).
 - ▶ Вставьте желтый разъем типа «банан» (заземление высоковольтного кабеля) в соответствующее гнездо разъема.
 - ▶ На объекте испытаний аккуратно вставьте разъем высоковольтного кабеля так, чтобы послышался щелчок. В таком положении соединитель зафиксирован. Чтобы в этом убедиться, попытайтесь извлечь соединитель. Он должен остаться на месте.

На рисунках ниже показано, как отсоединить кабель. Кроме того, эти инструкции указаны на этикетке, прикрепленной к высоковольтному кабелю.



- ▶ После подключения высоковольтного кабеля используйте кабельный зажим, поставляемый с кабелем, чтобы прикрепить его к объекту испытания.

ОПАСНОСТЬ



Воздействие высокого напряжения или тока может привести к тяжелым телесным повреждениям вплоть до смертельного исхода.

Высоковольтный кабель имеет двойное экранирование и поэтому безопасен. Однако на последнем его участке длиной 50 см экранирование отсутствует.

- При испытаниях этот кабель следует считать неизолированным проводом под напряжением, опасным для жизни!

8. Присоедините *Устройство управления* к сети электропитания при помощи кабеля, входящего в комплект.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ



Поражение высоким напряжением или током может привести к тяжелым телесным повреждениям или летальному исходу.

- Установите ограждение вокруг участка с высоким напряжением.

9. Включите *Устройство управления* при помощи сетевого выключателя.

10. Загорится зеленый световой индикатор. Это значит, что на выходе *Устройство управления* еще нет опасного напряжения или тока (на устройстве *TESTRANO 600* дополнительно загорится синее кольцо на кнопке «Пуск/Останов»).

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ



Поражение высоким напряжением или током может привести к тяжелым телесным повреждениям или летальному исходу.

- Одновременное свечение или отсутствие свечения этих двух индикаторов означает, что прибор неисправен и не подлежит дальнейшему использованию.

11. При неправильном подключении к защитному заземлению или отсутствии гальванической связи источника электропитания с заземлением на экране отображается сообщение об ошибке. Последний из случаев (отсутствие гальванического соединения источника питания с землей) может иметь место при работе со специальными источниками питания, например при использовании двигателей или же изоляционных трансформаторов.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ



Поражение высоким напряжением или током может привести к тяжелым телесным повреждениям или летальному исходу.

Это сообщение важно для соблюдения техники безопасности. Это сообщение может сигнализировать об отсутствии соединения защитного кабеля заземления и заземляющего вывода, что представляет опасность для здоровья и даже жизни персонала, работающего с оборудованием. Оператор несет полную ответственность за любой ущерб, который может быть нанесен по причине ненадлежащего заземления.

- В целях безопасности работы всегда проверяйте подключение как защитного кабеля заземления, так и заземляющего вывода.

При использовании *CPC 100* или *CPC 80* в качестве *Устройство управления*.

12. Если подключение к защитному заземлению и гальваническая связь источника электропитания с заземлением установлены надлежащим образом, а сообщение об ошибке продолжает отображаться, можно отключить проверку заземления и продолжить испытание.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ



Поражение высоким напряжением или током может привести к тяжелым телесным повреждениям или летальному исходу.

Если проверка заземления отключена, оператор несет полную ответственность за любой ущерб, который может быть нанесен по причине ненадлежащего заземления.

- ▶ Отключайте проверку заземления только в том случае, если вы совершенно уверены в надлежащем соединении с землей посредством защитного кабеля заземления и заземляющих выводов.
- ▶ Заземляющие выводы должны быть подключены на протяжении всего процесса измерения. При необходимости изолируйте зону проведения измерений, чтобы не предупрежденные о них люди не наткнулись на заземляющие кабели и случайно их не отсоединили.

Указание. После перезагрузки *CPC 100* или *CPC 80* флажок «Откл. проверку заземления» будет снят в целях безопасности.

3.3 Измерение

Устройством *CP TD1* можно управлять с помощью одного из *Устройство управления* непосредственно или посредством *Primary Test Manager (PTM)* в сочетании с *Устройство управления*.

Детальное описание интерфейса пользователя соответствующего *Устройство управления* или *Primary Test Manager*, а также инструкции по запуску измерений с помощью соответствующего варианта см. в следующих документах.

Вариант	Документ
<i>CPC 100</i>	Руководство пользователя CPC 100 Справочное руководство по CPC 100
<i>CPC 100 + PTM</i>	Руководство пользователя PTM CPC 100
<i>CPC 80</i>	Руководство пользователя CPC 80
<i>TESTRANO 600</i>	Руководство пользователя TESTRANO 600
<i>TESTRANO 600 + PTM</i>	Руководство пользователя TESTRANO 600

3.4 Отключение

1. Отключите высокое напряжение кнопкой пуска/останова.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Поражение высоким напряжением или током может привести к тяжелым телесным повреждениям или летальному исходу.

Если индикатор светится зеленым, выходы *Устройство управления* неактивны.

- После отключения *Устройство управления* дождитесь, пока полностью не погаснет красный индикатор. Пока продолжает светиться красный сигнализатор, на выходе присутствует потенциал напряжения.

2. Нажмите кнопку **Аварийное отключение** на передней панели *Устройство управления*.
3. **При использовании CPC 100 или CPC 80.** Поставьте ключ безопасности в положение «блокировано» (вертикальное положение) и выньте его во избежание случайного включения высокого напряжения.
4. Выполнить заземление и закорачивание клемм объекта испытания, используя набор для заземления.
5. Отключите высоковольтный кабель от высоковольтного выхода *CP TD1*.
6. Отсоедините кабели от *CP TD1*.

4 Общие сведения об измерении емкости и тангенса угла диэлектрических потерь

Измерения емкости (C) и тангенса угла диэлектрических потерь (DF) представляют широко известный и важный метод диагностики изоляции. С его помощью можно обнаружить:

- нарушения изоляции;
- старение изоляции;
- загрязнение изолирующей жидкости частицами;
- наличие воды в твердой и жидкой изоляции;
- Частичные разряды

4.1 Теория

В идеальном конденсаторе без каких-либо диэлектрических потерь ток утечки через изоляцию опережает приложенное напряжение ровно на 90° . Для реальной изоляции с диэлектрическими потерями этот угол будет меньше 90° . Угол $\delta = 90^\circ - \varphi$ называется углом потерь. На упрощенной схеме изоляции C_p представляет емкость без потерь, а R_p — потери (см. рис. 4-1). Потери можно также представить в виде последовательной эквивалентной схемы с элементами C_s и R_s .

Определение тангенса угла диэлектрических потерь и векторная диаграмма показаны на рис. 4-2 на следующей странице.

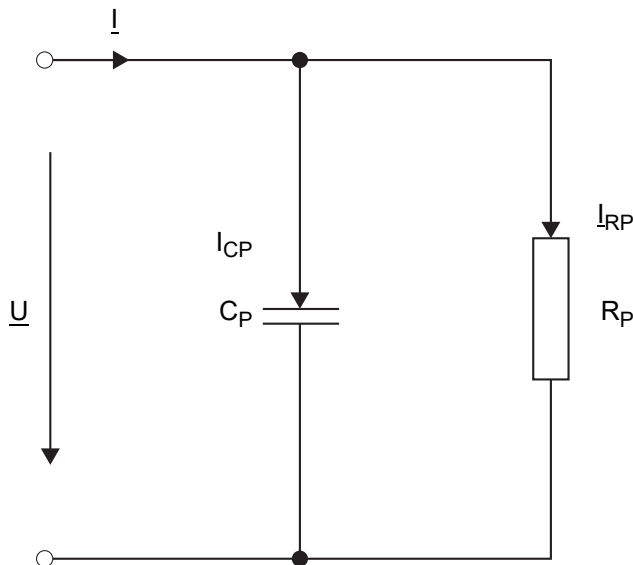


Рис. 4-1: Упрощенная схема конденсатора

$$\tan \delta = \frac{1}{R_p \omega C_p}$$

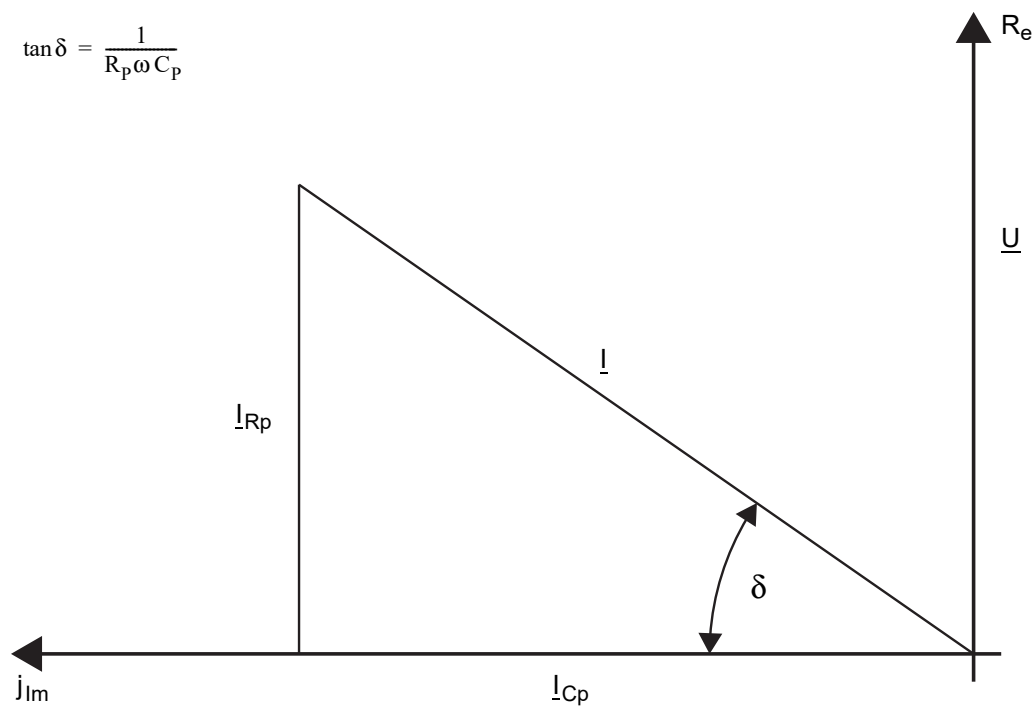


Рис. 4-2: Определение тангенса угла диэлектрических потерь ($\tan \delta$) и векторная диаграмма

Соотношение между тангенсом угла диэлектрических потерь и коэффициентом мощности ($PF = \cos \varphi$) и векторная диаграмма показаны на рис. 4-3.

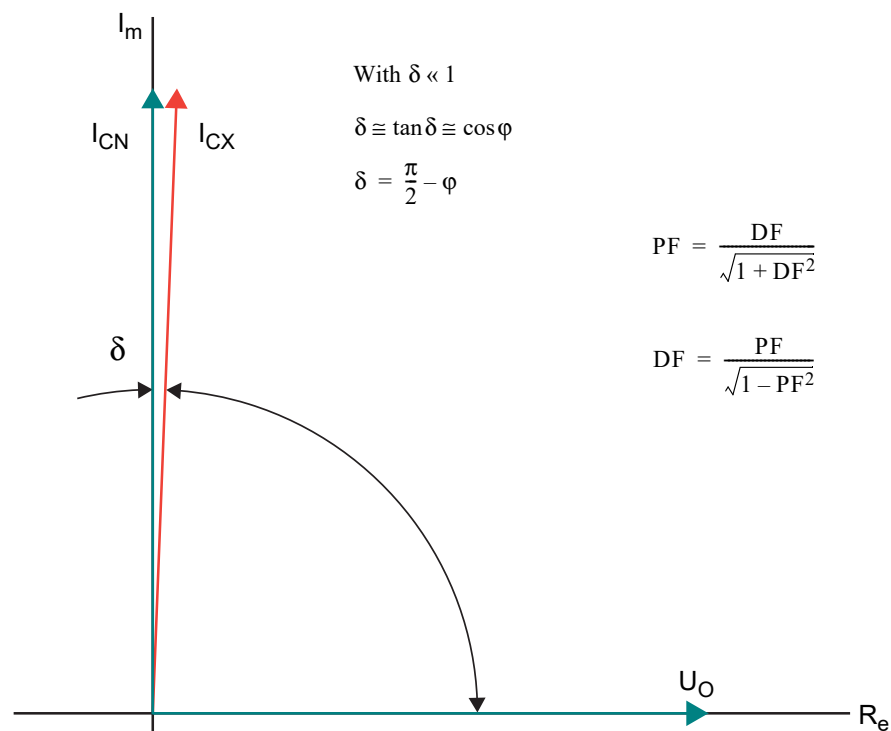


Рис. 4-3: Соотношение между DF и PF

Диэлектрические потери в изоляции вызваны поляризацией и проводимостью. Поляризационные механизмы вызваны различными физическими процессами.^[1]

- Электронная поляризация. Смещение концентрации (отрицательного) заряда атомов в сторону концентрации (положительного) заряда ядра.
- Ионная поляризация. Смещение положительных и отрицательных ионов относительно друг друга.
- Ориентационная поляризация. Выравнивание постоянных диполей под действием приложенного электрического поля.
- «Прыжковая» поляризация. «Прыжковая» поляризация вызвана движением так называемых «прыгающих носителей заряда». Эти носители заряда большую часть времени неподвижны, но иногда меняют свое положение посредством туннелирования или термоактивации.^[2]
- Объемная поляризация. Если в материале присутствуют различные диэлектрики с различной диэлектрической проницаемостью и электропроводностью, на ограничивающих поверхностях этих диэлектриков могут накапливаться носители заряда.

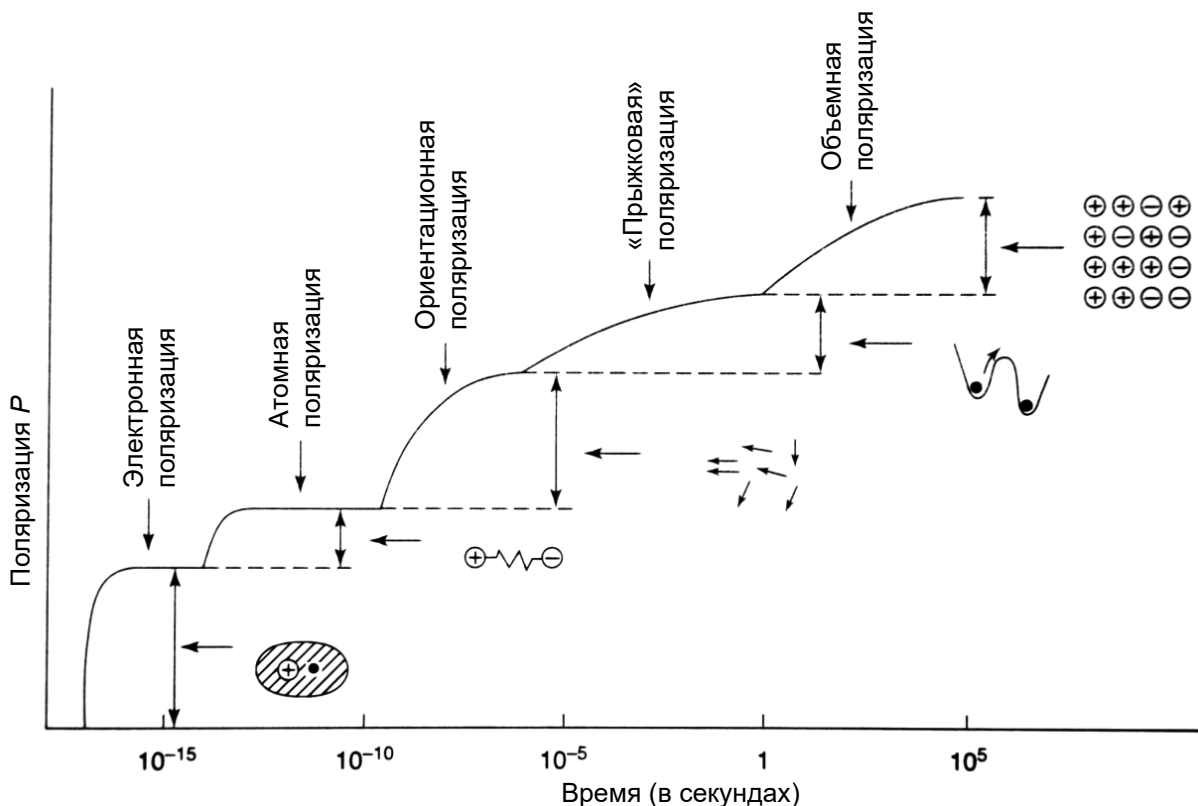


Рис. 4-4: Поляризационные механизмы и соответствующие им постоянные времени ^[3]

1. Zaengl, W.: Dielectric Spectroscopy in Time and Frequency Domain for HV Power Equipment, Part I: Theoretical Considerations. IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 19, No. 5, 2003, стр. 5–19
2. Jonscher, A.K.: Dielectric Relaxation in Solids. Chelsea Dielectric Presss, 1983, ISBN: 0950871109
3. Kao, K.-C.: Dielectric Phenomena in Solids. Academic Press; 1st edition, 2004, ISBN 0123965616

Влияние различных параметров, таких как водосодержание, температура и старение, на тангенс угла диэлектрических потерь

На рис. 4-5 показана зависимость напряжения пробоя и тангенса угла диэлектрических потерь в масле от водосодержания^[1]. При низком водосодержании очень чувствительно напряжение пробоя; при высоком водосодержании хорошим показателем служит тангенс угла диэлектрических потерь.

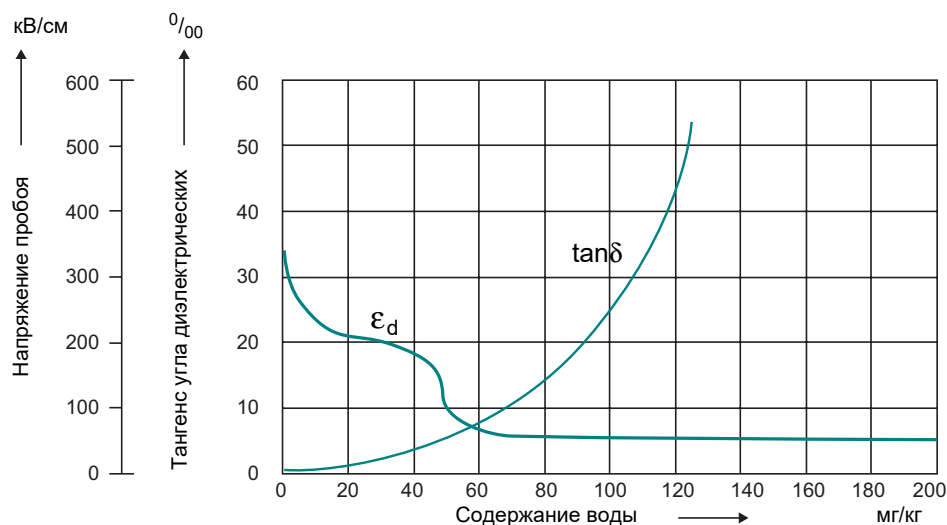


Рис. 4-5: Зависимость напряжения пробоя и тангенса угла диэлектрических потерь в масле от водосодержания

1. Krüger, M.: «Prüfung der dielektrischen Eigenschaften von Isolierflüssigkeiten», ÖZE, No. 5, Vienna, May 1986

Общие сведения об измерении емкости и тангенса угла диэлектрических потерь

На рис. 4-6 показана зависимость тангенса угла диэлектрических потерь в новом и отработанном масле от температуры. При повышенной температуре вязкость масла уменьшается, а потому движение частиц, ионов и электронов происходит легче и быстрее. Соответственно, при повышении температуры тангенс угла диэлектрических потерь увеличивается.

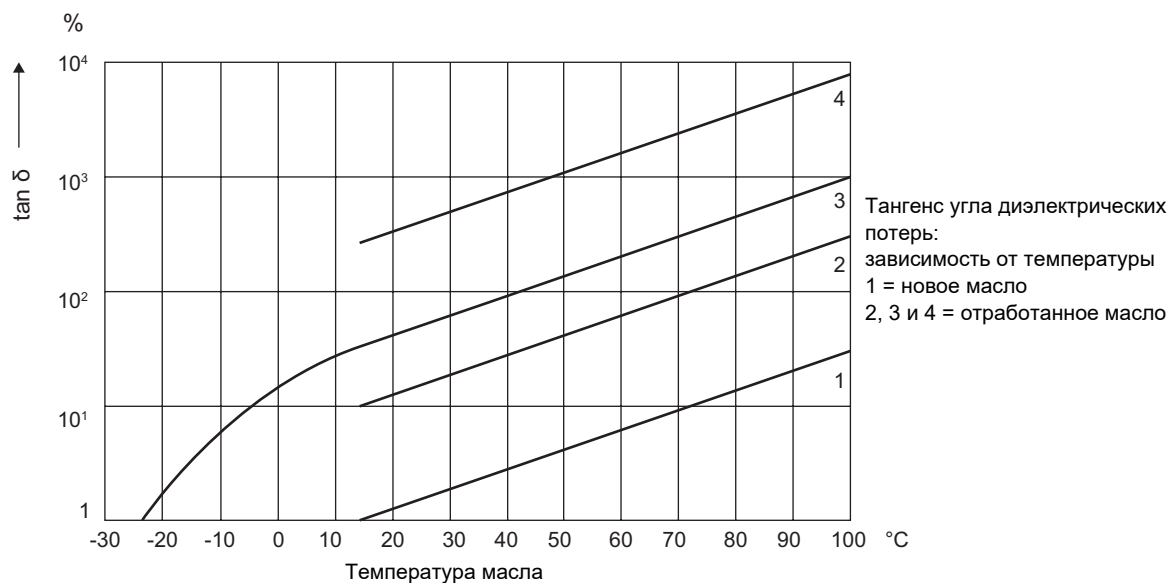


Рис. 4-6: Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь в новом и отработанном масле от температуры

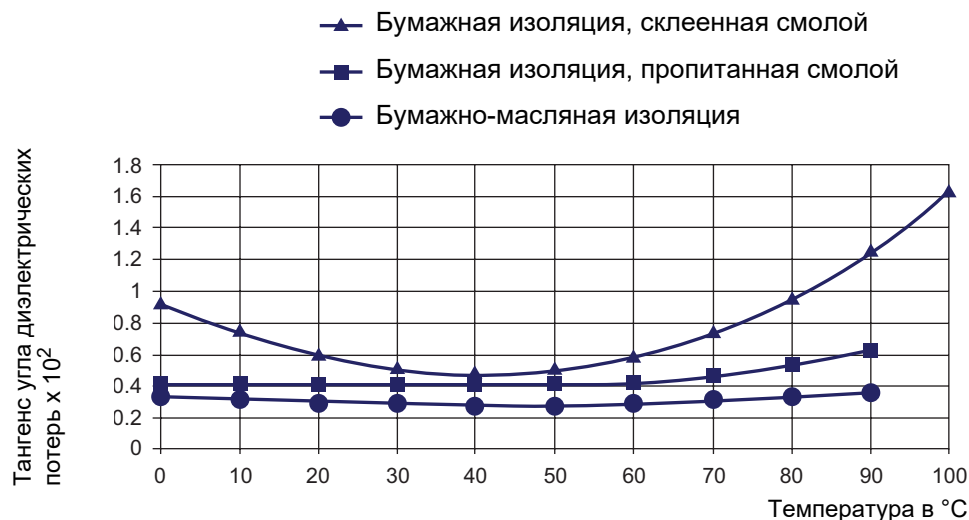


Рис. 4-7: Пример температурных характеристик высоковольтных вводов с изоляцией RBP, RIP и OIP¹

1. Seitz, V.: «Vorbeugende Instandhaltung an Leistungstransformatoren — Betriebsbegleitende Messungen an Stufenschaltern und Durchführungen», OMICRON Anwendertagung 2003, Friedrichshafen

Тангенс угла диэлектрических потерь зависит от частоты. Современное испытательное оборудование, такое как *CPC 100 + CP TD1*, позволяет измерять емкость и тангенс угла диэлектрических потерь в широких пределах. Характеристические результаты современных измерений для сличения, как правило, доступны только при частоте сети питания. На следующих рисунках показана зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от частоты для обмоток трансформатора (с бумажно-масляной изоляцией) и высоковольтного ввода с изоляцией OIP. См. рис. 4-8 и 4-9.

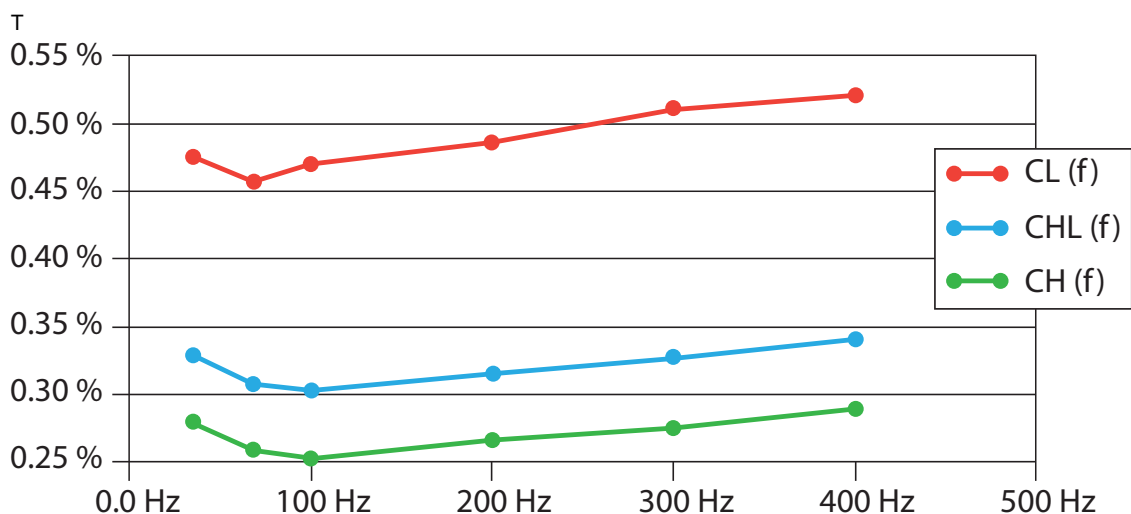


Рис. 4-8: Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от частоты для силового трансформатора

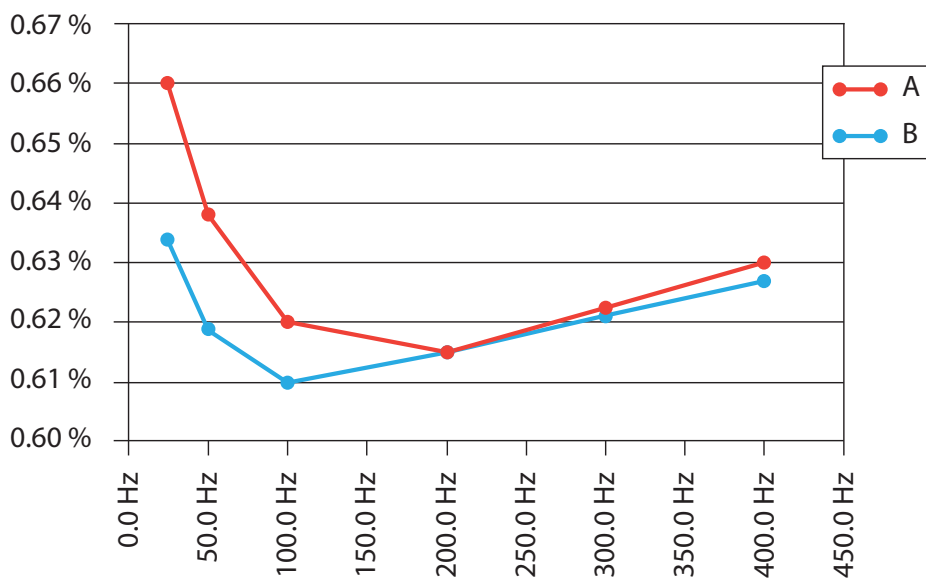


Рис. 4-9: Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от частоты для двух высоковольтных вводов с изоляцией OIP (фазы A и B)

Общие сведения об измерении емкости и тангенса угла диэлектрических потерь

Если тангенс угла диэлектрических потерь также зависит от напряжения, это свидетельствует о наличии частичных разрядов или проблем с контактами. На рис. 4-10 показаны результаты измерений тангенса угла диэлектрических потерь в электродвигателе с номинальным напряжением 6 кВ. При напряжении более 4 кВ возникают частичные разряды, которые увеличивают тангенс угла диэлектрических потерь.

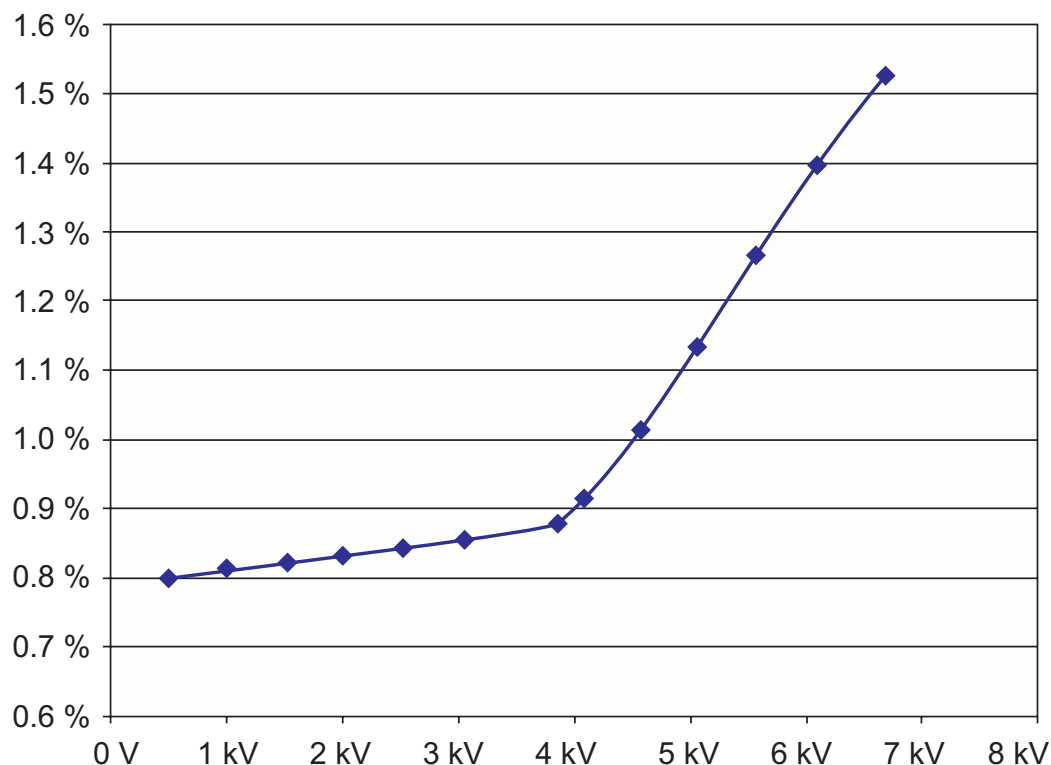


Рис. 4-10: Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от напряжения для электродвигателя с напряжением 6 кВ

4.2 Измерения емкости и тангенса угла диэлектрических потерь / коэффициента мощности

Метод измерений емкости (C) и тангенса угла диэлектрических потерь (DF) был впервые опубликован Шерингом в 1919 году ¹ и использован для этой цели в 1924 году. Соединенные последовательно C_1 и R_1 представляют объект испытаний с потерями, C_2 — образцовый конденсатор без потерь.

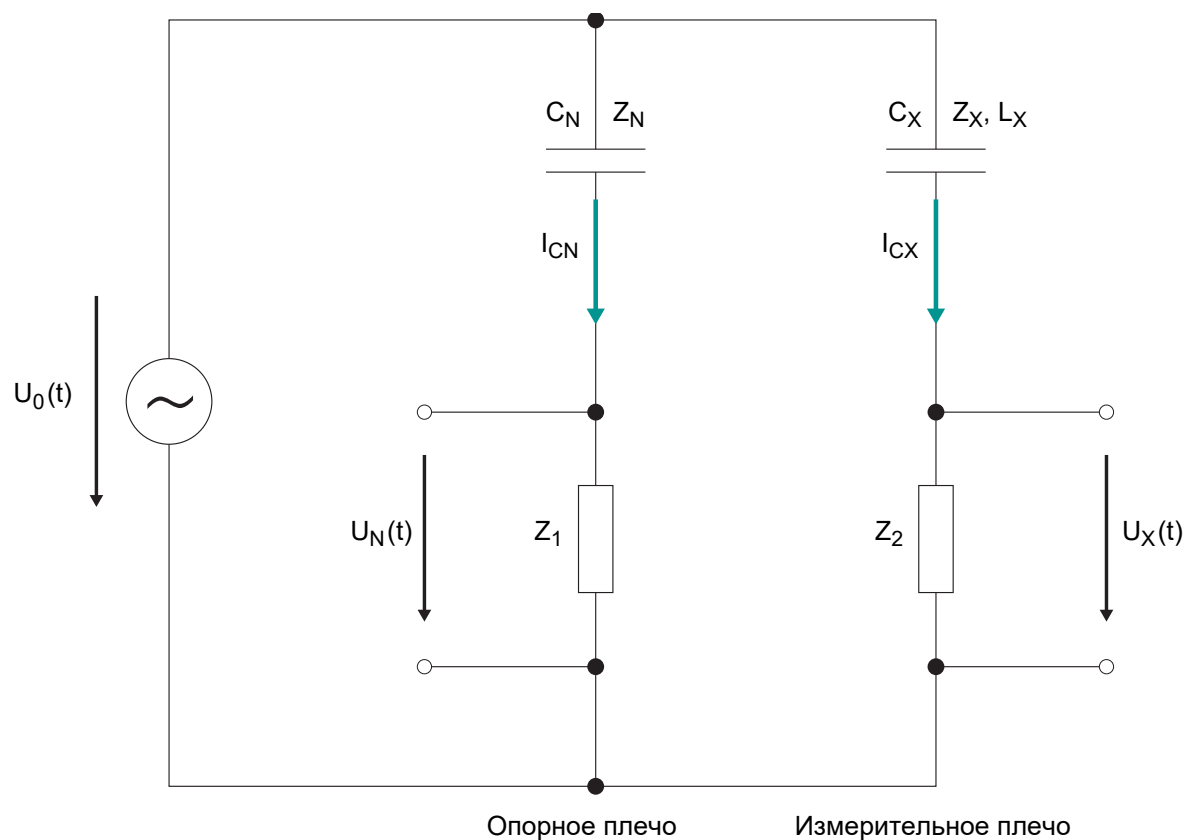


Рис. 4-11: Принцип измерений CP TD1

В испытательной системе CP TD1 используется метод, подобный используемому в мосте Шеринга. Основное различие заключается в том, что принцип измерений, используемый в CP TD1, не требует настройки для выполнения измерений C и DF. C_n — образцовый конденсатор с малыми потерями.

1. Schering, H.: «Brücke für Verlustmessungen», Tätigkeitsbericht der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Braunschweig 1919

4.3 Измерения в режимах UST и GST с использованием метода отведения

В устройстве *CP TD1* есть три внешних измерительных входа: IN A, IN B и земля. Эти три входа можно переключать на отведение или на измерительный блок независимо друг от друга. Если ввод переключен на измерительное плечо, подключенная емкость включена в измерение. Если на отведение — ток отводится от измерительного плеча и не включается в измерение. Преимущество использования переключательной матрицы для настройки измерения состоит в том, что можно выполнять несколько измерений без изменения настройки измерения или схемы подключения.

Термины UST для «испытание незаземленного объекта» и GST для «испытание заземленного объекта» возникли исторически. UST описывает настройку измерения, в которой земля не подключена к измерительному плечу, а GST — настройку измерения, в которой земля подключена к измерительному плечу. В режиме UST возможны 3 конфигурации. В зависимости от конфигурации ток, проходящий через входы IN A и IN B, измеряется или не измеряется (см. таблицу 4-1 ниже). Результатом измерения является сумма всех измеренных каналов.

Таблица 4-1: Режимы измерения UST

Режим	IN A	IN B	Заземление
UST-A	Измеряется	Отводится	Отводится
UST-B	Отводится	Измеряется	Отводится
UST-(A+B)	Измеряется	Измеряется	Отводится

В режиме GST возможны 4 конфигурации (см. таблицу 4-2). Названия немного отличаются от названий режимов UST, так как в них указаны не отведенные каналы, а измеряемые. Результатом измерения является также сумма всех измеренных каналов.

Таблица 4-2: Режимы измерения GST

Режим	IN A	IN B	Заземление
GST	Измеряется	Измеряется	Измеряется
GSTg-A	Отводится	Измеряется	Измеряется
GSTg-B	Измеряется	Отводится	Измеряется
GSTg-(A+B)	Отводится	Отводится	Измеряется

В целом измерение в режиме UST подвержено влиянию внешних помех или паразитных емкостей в меньшей степени, чем измерение в режиме GST, и должно использоваться, если доступны оба режима.

Различные конфигурации позволяют выполнять повторные измерения с помощью всего лишь нескольких переключений на испытываемом устройстве. На следующих страницах показаны примеры распространенных случаев для двух- и трехобмоточных трансформаторов.

5 Силовые трансформаторы

Общие сведения

- Трансформатор необходимо отключить и полностью изолировать от энергетической системы.
- Следует проверить качество заземления бака трансформатора.
- Все высоковольтные клеммы вводов должны быть изолированы от соединительных линий.
- Все клеммы вводов в одной группе обмоток, то есть А, В, С (и нейтраль) обмотки высшего напряжения, А, В, С (и нейтраль) обмотки низшего напряжения и А, В, С (и нейтраль) третичной обмотки, следует соединить медным проводом (см. рис. 5-1).

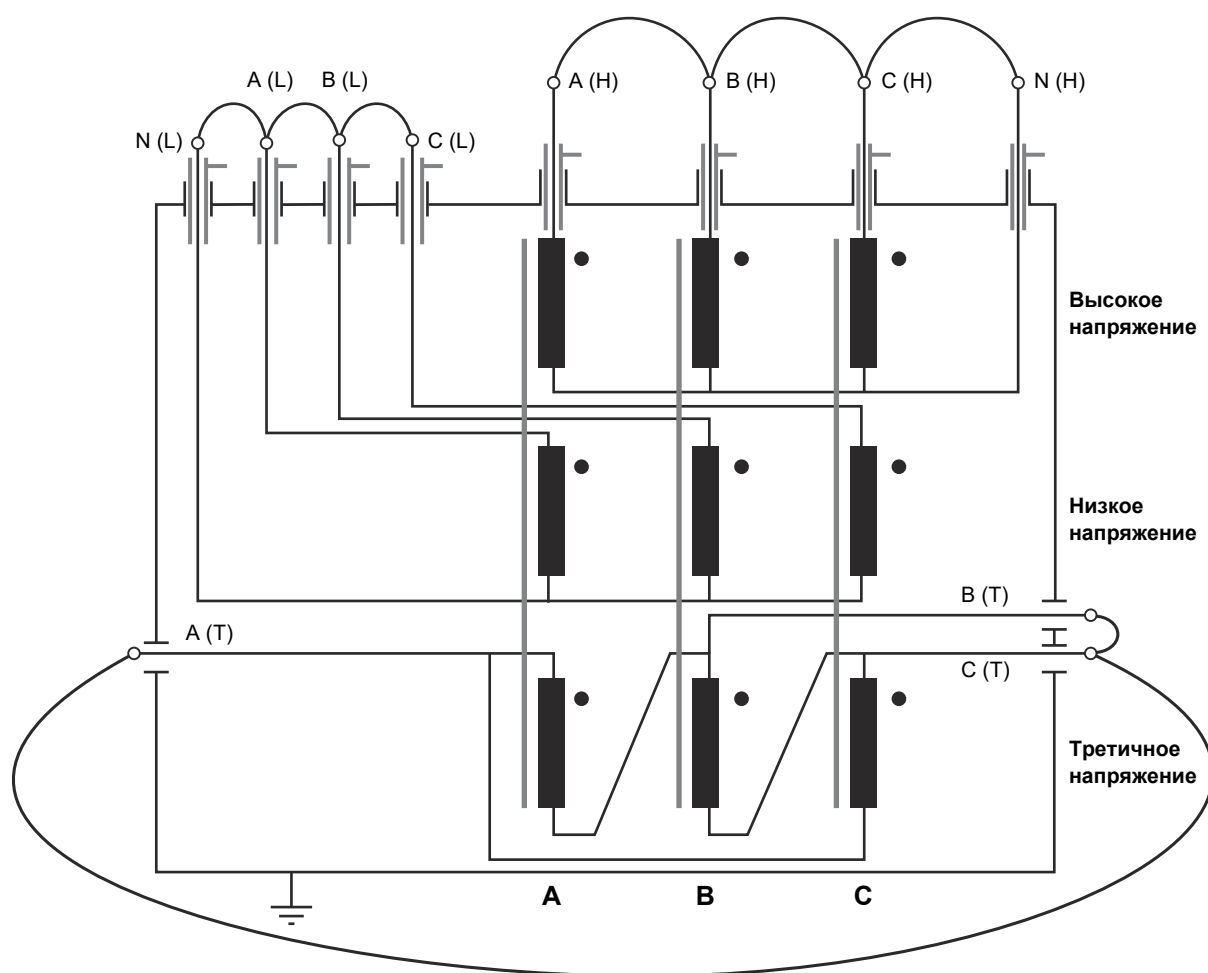


Рис. 5-1: Трехобмоточный трансформатор с соединенными обмотками

- Клеммы нейтрали всех обмоток, соединенных звездой, вместе с нейтралью внешнего подключения следует отключить от земли (бака).
- Если трансформатор оснащен регулятором, то его нужно установить в нейтральное положение (0 или средний отвод).

- Соедините клеммы заземления *Устройство управления + CP TD1* с землей трансформатора (подстанции).
- Замкните накоротко все ТТ вводов.
- Не проводите испытания трансформаторов с вакуумной изоляцией высоким напряжением.
- При выборе испытательного напряжения следует учитывать номинальное напряжение обмотки.
- Все испытания следует проводить при температуре около 20 °С. Коэффициенты поправки по температуре можно вычислить с использованием поправочных кривых, однако они в значительной степени зависят от материала изоляции, водосодержания и многих других параметров. Поэтому точность поправок ограничена.

5.1 Измерения тангенса угла диэлектрических потерь

Условия окружающей среды

Факторы окружающей среды могут существенно повлиять на результаты измерений тангенса угла диэлектрических потерь. Поэтому для сравнения результатов испытаний важно, чтобы при проведении испытаний были записаны условия окружающей среды. Испытания следует проводить при температуре около 20 °С. Коэффициенты поправки по температуре можно вычислить с использованием поправочных кривых, однако они в значительной степени зависят от материала изоляции, водосодержания и многих других параметров. Поэтому точность поправок ограничена. Не следует проводить испытания при очень низких температурах, так как они дают менее точные результаты.

Другие факторы, такие как относительная влажность и общие условия в части климатических воздействий, следует заносить в протокол испытаний для справки.

Рекомендуется регулярно измерять значения и сохранять их для сличения с прежними и будущими результатами испытаний. Таким образом можно наблюдать тенденции изменения параметров и существенно повысить качество оценки результатов.

5.2 Измерение емкости

Емкость изоляционных промежутков между разными обмотками, а также между обмотками и землей зависит в основном от геометрии обмоток. Деформация обмоток может быть следствием транспортировки трансформатора или произошедших поблизости сквозных коротких замыканий силовоточных цепей. Изменения емкости служат надежным индикатором сдвига обмоток и структурных нарушений (смещения клиньев, изгиба и т. д.). Если есть подозрение, что обмотки повреждены, следует измерить реактивное сопротивление утечки в дополнение к измерению емкости. Эта методика измерений позволяет провести отдельное испытание для каждой фазы. Поэтому этот метод более чувствителен к небольшим изменениям в одной фазе.

5.3 Двухобмоточный трансформатор

Двухобмоточный трансформатор — отличный пример для демонстрации измерения различных видов изоляции.

В двухобмоточных трансформаторах с высоко- и низковольтными обмотками есть три вида изоляции, которые можно измерить (см. рис. 5-2 ниже): изоляция C_{HL} между низко- и высоковольтными обмотками, изоляция C_H между высоковольтной обмоткой и землей и изоляция C_L между низковольтной обмоткой и землей.

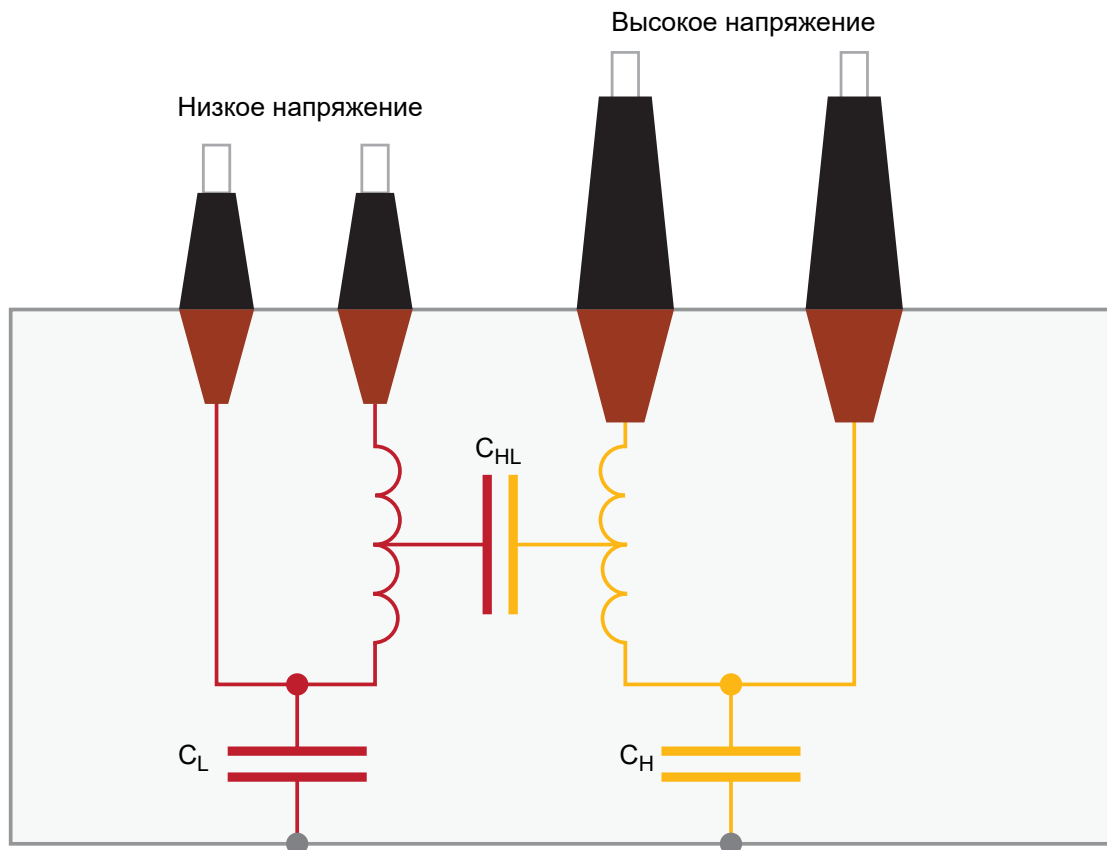


Рис. 5-2: Изоляция двухобмоточного трансформатора

В стержневом трансформаторе изоляция C_{HL} образована из слоев и разделителей, которые обеспечивают механическую устойчивость и подачу масла для охлаждения обмоток. По сравнению с другими видами в изоляции C_{HL} самое высокое содержание бумаги.

Изоляция C_H , изолирующая высоковольтные обмотки от бака, в основном состоит из масла. Влияние свойств бумаги обычно проявляется в зажимных конструкциях.

Изоляция C_L , изолирующая низковольтные обмотки от сердечника, также состоит из масла и бумаги, но обычно содержание бумаги меньше, чем в изоляции C_{HL} .

При измерении диэлектрических свойств двухобмоточного силового трансформатора обычно используются все 3 вида изоляции: C_{HL} , C_H и C_L . Чтобы измерить C_{HL} и C_H , высоковольтный выход CP TD1 подключают к стороне высокого напряжения, а вход IN A — к стороне низкого

напряжения (см. рис. 5-3 на стр. 43). Чтобы предотвратить появление индуцированных токов, все высоковольтные входы сторон высокого и низкого напряжения закорачивают. Земля трансформатора и земля *CP TD1* подключены.

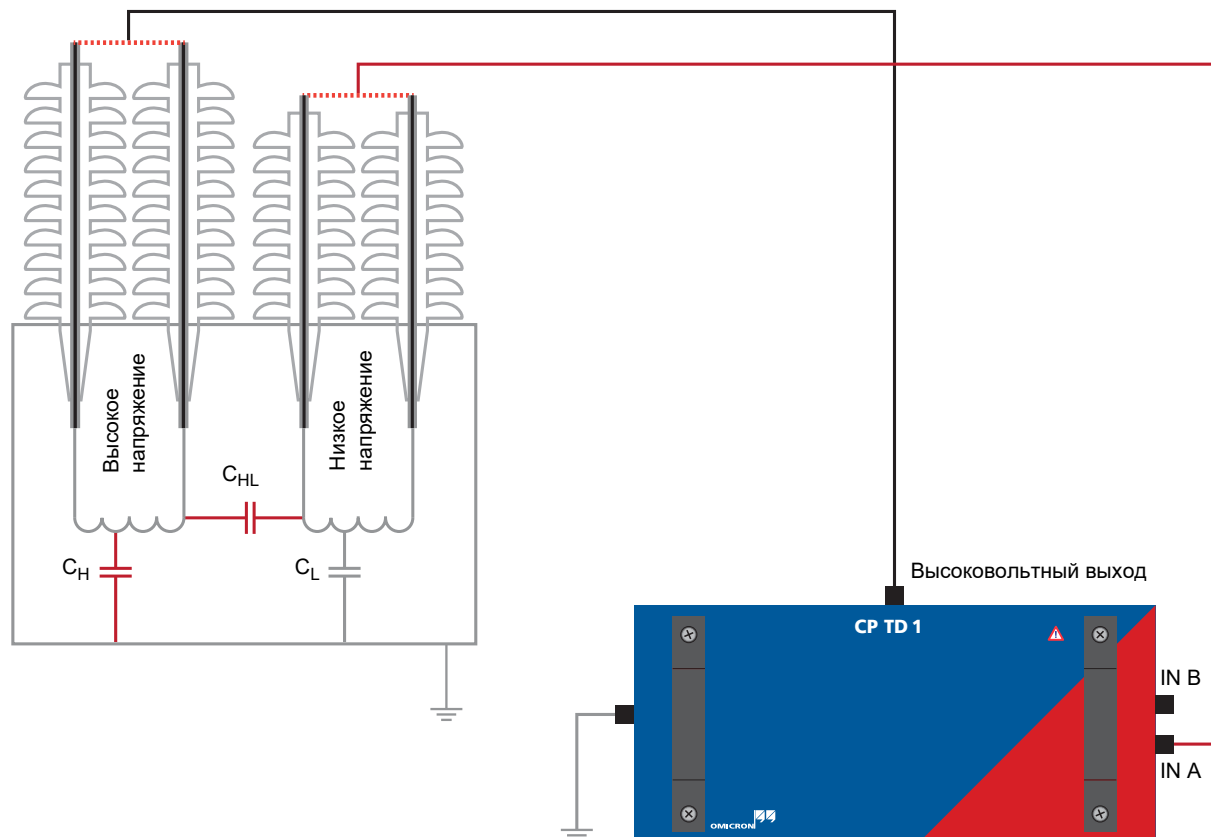


Рис. 5-3: Подключение *CP TD1* к двухобмоточному трансформатору для измерения C_{HL} и C_H

В данной настройке возможны 3 конфигурации (см. таблицу 5-1 ниже). C_{HL} и C_H можно измерить без переподключения.

Вход IN B не подключен, так что в режимах GSTg-A и GSTg-(A+B) получается одинаковый результат, так как не имеет значения, отведен или измеряется ток, проходящий через вход IN B.

Таблица 5-1: Режимы, доступные в настройке измерения, показанной на рис. 5-3

Режим	IN A	Заземление	Результат
UST-A	Измеряется	Отводится	C_{HL}
GSTg-A или GSTg-(A+B)	Отводится	Измеряется	C_H
GSTg-B	Измеряется	Измеряется	$C_{HL} + C_H$

Для измерения C_L настройку нужно изменить. Высоковольтный выход нужно подключить к стороне низкого напряжения, а вход IN A — к стороне высокого напряжения (см. рис. 5-4 ниже).

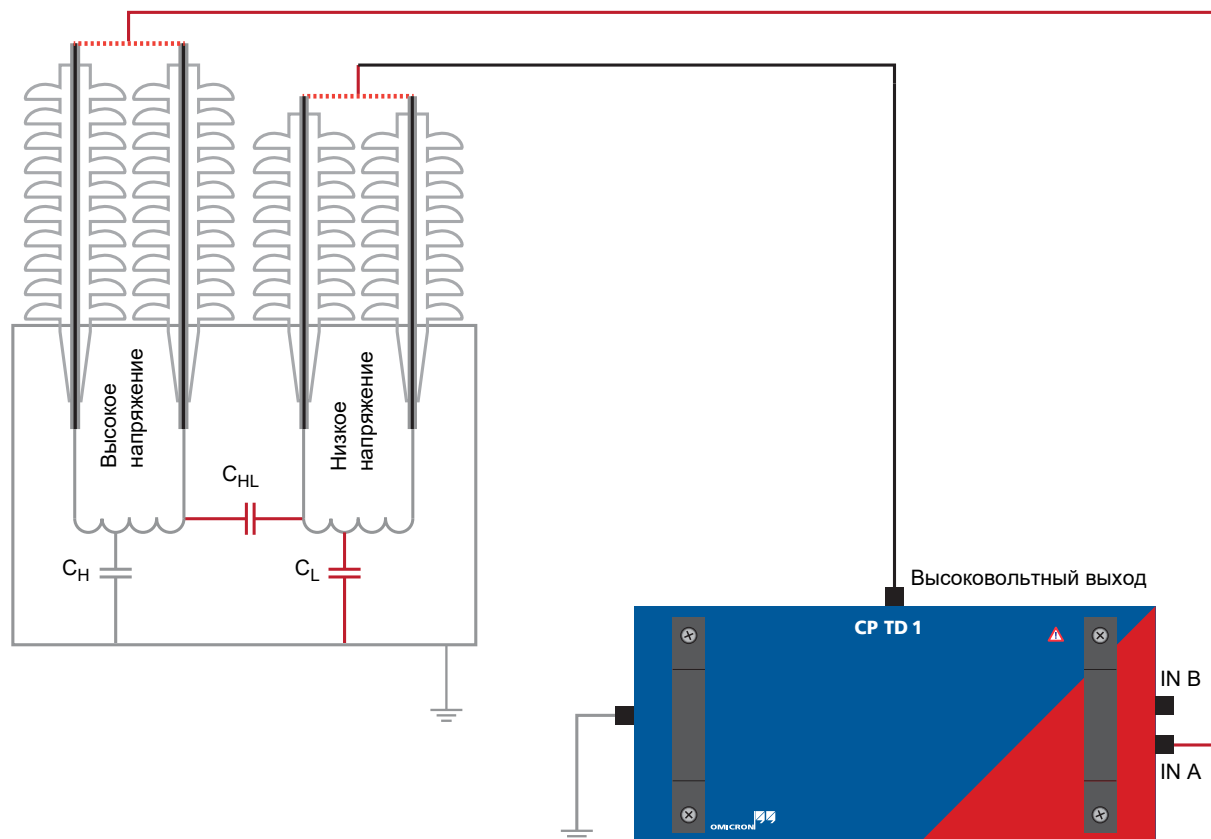


Рис. 5-4: Подключение CP TD1 к двухобмоточному трансформатору для измерения C_{HL} и C_L

В данной настройке возможны также 3 конфигурации (см. таблицу 5-2 ниже). Так как C_{HL} была измерена раньше, в этом другом измерении обычно измеряется только C_L .

Таблица 5-2: Режимы, доступные в настройке измерения, показанной на рис. 5-4

Режим	IN A	Заземление	Результат
UST-A	Измеряется	Отводится	C_{HL}
GSTg-A или GSTg-(A+B)	Отводится	Измеряется	C_L
GSTg-B	Измеряется	Измеряется	$C_{HL} + C_L$

5.4 Измерения на двухобмоточных трансформаторах

На рис. 5-5 показаны обязательные измерения для двухобмоточного трансформатора в соответствии со стандартом IEEE 62 1995 ^[1].

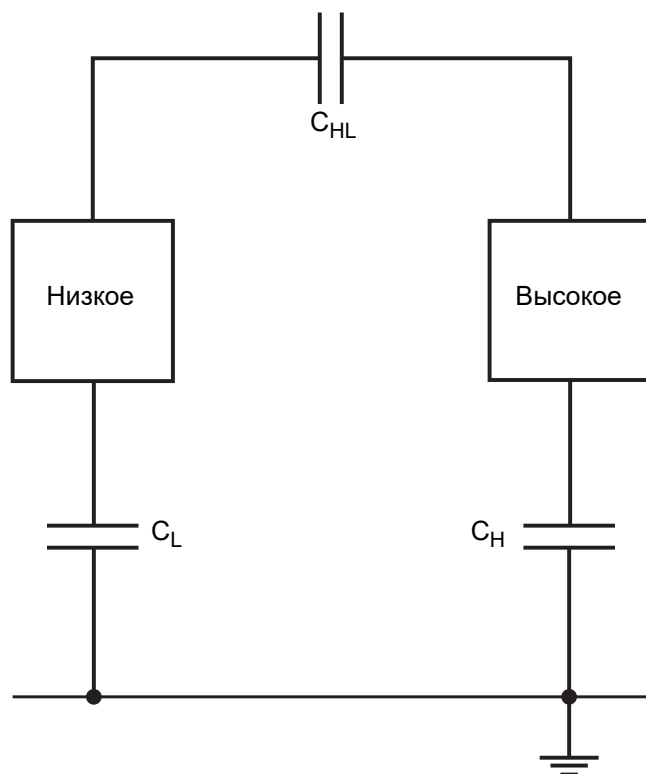


Рис. 5-5: Испытание двухобмоточного трансформатора в соответствии со стандартом IEEE 62-1995

Таблица 5-3: Обязательные измерения

Режим испытания	Подача напряжения	Заземление	Отведение	UST	Измерение
GST	Высокое напряжение	-	Низкое	-	C_H
GST	Низкое напряжение	-	Высокое	-	C_L
Дополнительное испытание для C_{HL}					
UST	Высокое напряжение	-	-	Низкое напряжение	C_{HL}
UST	Низкое напряжение	-	-	Высокое напряжение	C_{HL}

1. ANSI Standard 62-1995: «IEEE Guide for Diagnostic Field testing of Electric Power Apparatus — Part 1: Oil Filled Power Transformers, Regulators, and Reactors», IEEE New York, 1995

5.4.1 Измерения на двухобмоточных трансформаторах с помощью CPC 100 и CPC 80

На рис. 5-6 и 5-7 показана подготовка к испытаниям с использованием *CPC Editor* и результаты испытаний в формате MS Excel.

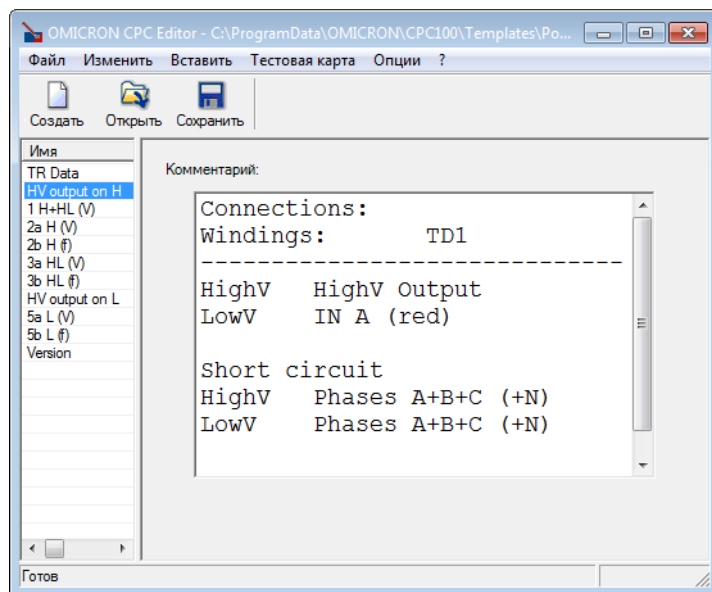


Рис. 5-6: Подготовка к испытаниям двухобмоточного трансформатора с помощью *CPC Editor*

#	HV выход	Заземл.	Защита	UST	V ИСП. [В]	I ИСП. [А]	C	DF [%] измеренный	DF [%] скорректированный	Измер.	Режим	Подключ.
1	H	L			10045,00	0,0271	8,572E-09	0,3711	0,3711	H+HL	GST	H к HV OUT
2	H		L		10045,00	0,0062	1,959E-09	0,3943	0,3943	H	GST gA	L к IN A
3	H		L		10044,00	0,0209	6,614E-09	0,3620	0,3620	HL	UST A	
4	#1 - #2						6,613E-09					
5	L	H			10044,00	0,0254	8,038E-09	1,5799	1,5799	L	GST gA	L к HV OUT H к IN A

Рис. 5-7: Результаты испытаний двухобмоточного трансформатора напряжением 10 кВ (50 Гц)

5.4.2 Измерения на двухобмоточных трансформаторах с помощью TESTRANO 600

Процедура измерения тангенса угла дельта с помощью *TESTRANO 600* подробно рассмотрена в руководстве пользователя *TESTRANO 600* в разделе «Испытания TouchControl» и его подразделе «Тангенс угла дельта».

5.5 Трехобмоточный трансформатор

В трехобмоточном трансформаторе есть два вида изоляции (C_{HL} и C_{LT}), состоящей из слоев и разделителей, между низковольтной и третичной обмотками (см. рис. 5-8 ниже). Оба вида изоляции по своей конструкции похожи на C_{HL} в двухобмоточном трансформаторе.

Кроме изоляции C_H , которая похожа на C_H в двухобмоточном трансформаторе, также есть изоляция C_L между низковольтной обмоткой и баком, изоляция C_T между третичной обмоткой и баком и изоляция C_{HT} между высоковольтной и третичными обмотками. C_T похожа на C_L в двухобмоточном трансформаторе, тогда как C_L в трехобмоточном трансформаторе — это в основном изоляция между низковольтной обмоткой и баком, а не сердечником. C_{HT} очень тонкая и обычно не имеет особого значения, так как это в основном паразитная емкость между сторонами высокого и третичного напряжения в зажимных конструкциях над обмотками и под ними.

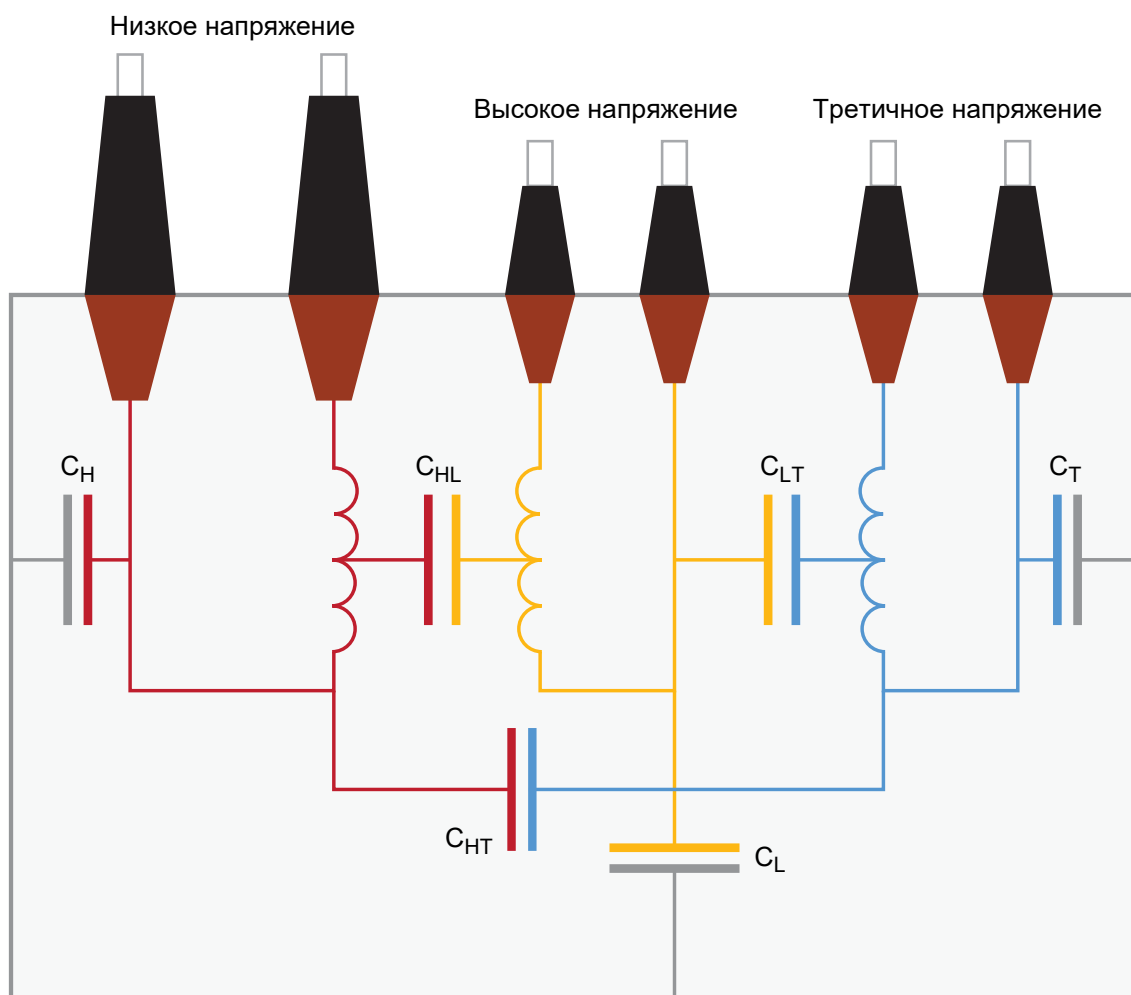


Рис. 5-8: Изоляция трехобмоточного трансформатора

Все фазы и клемма нейтрали одной обмотки (Н, L и Т) должны быть замкнуты накоротко. Из-за индуктивности обмоток могут возникнуть резонансные эффекты, влияющие на результаты измерений.

Если высоковольтный выход *CP TD1* подключен к низковольтной обмотке, а входы IN A и IN B — к высоковольтной и третичной, емкости C_{HL} , C_{LT} и C_L можно измерить без переподключения (см рис. 5-9 и таблицы 5-4 и 5-5 ниже).

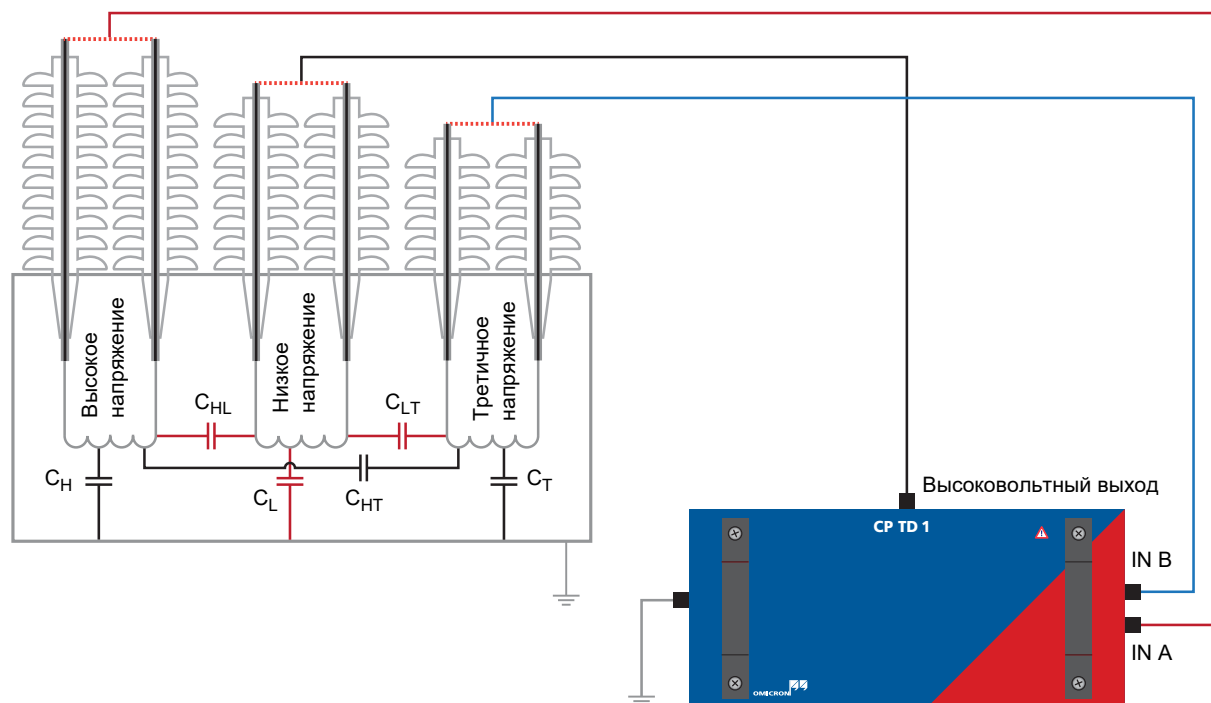


Рис. 5-9: Подключение *CP TD1* к трехобмоточному трансформатору для измерения C_{HL} , C_{LT} и C_L

В данной настройке возможны 3 конфигурации.

Таблица 5-4: Режимы, доступные в настройке измерения, показанной на рис. 5-9

Режим	IN A	IN B	Заземление	Результат
UST-A	Измеряется	Отводится	Отводится	C_{HL}
UST-B	Отводится	Измеряется	Отводится	C_{LT}
GSTg-(A+B)	Отводится	Отводится	Измеряется	C_L

Кроме того, возможны комбинации трех разных входов, но они редко используются, так как каждый вид изоляции обычно измеряется отдельно.

Таблица 5-5: Дополнительные конфигурации, доступные в настройке измерения, показанной на рис. 5-9, при разном сочетании входов

Режим	IN A	IN B	Заземление	Результат
GSTg-(B)	Измеряется	Отводится	Измеряется	$C_L + C_{HL}$
GSTg-(A)	Отводится	Измеряется	Измеряется	$C_L + C_{LT}$
GST	Измеряется	Измеряется	Измеряется	$C_L + C_{LT} + C_{HL}$
UST-(A+B)	Измеряется	Измеряется	Отводится	$C_{HL} + C_{LT}$

Для измерения C_H высоковольтный выход нужно подключить к высоковольтной обмотке. Другие обмотки подключаются к входам IN A и IN B. При таком подключении можно также измерить C_{HL} и C_{HT} (см. рис. 5-10 и таблицу 5-6 ниже).

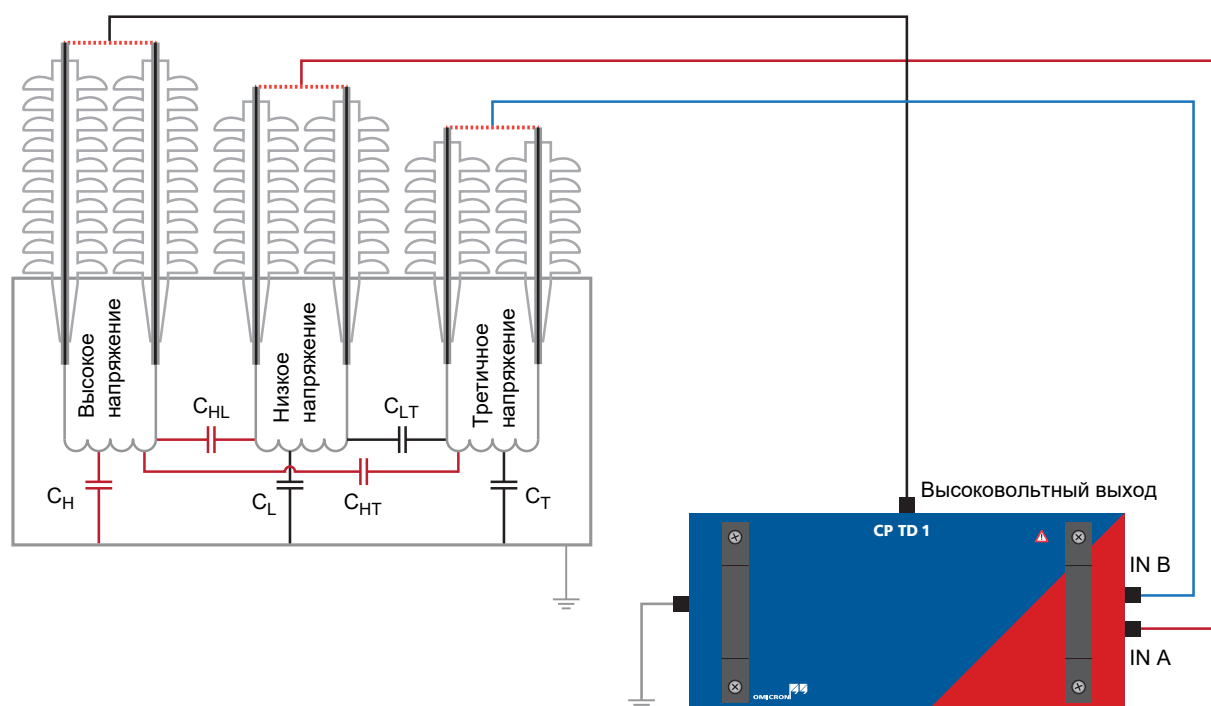


Рис. 5-10: Подключение CP TD1 к трехобмоточному трансформатору для измерения C_H

В данной настройке возможны 3 конфигурации.

Таблица 5-6: Режимы, доступные в настройке измерения, показанной на рис. 5-10

Режим	IN A	IN B	Заземление	Результат
GSTg-(A+B)	Отводится	Отводится	Измеряется	C_H
UST-A	Измеряется	Отводится	Отводится	C_{HL}
UST-B	Отводится	Измеряется	Отводится	C_{HT}

Для измерения C_T высоковольтный выход нужно подключить к третичной обмотке. Другие обмотки подключаются к входам **IN A** и **IN B**. При таком подключении можно также измерить C_{LT} и C_{HT} (см. рис. 5-10 и таблицу 5-6 ниже).

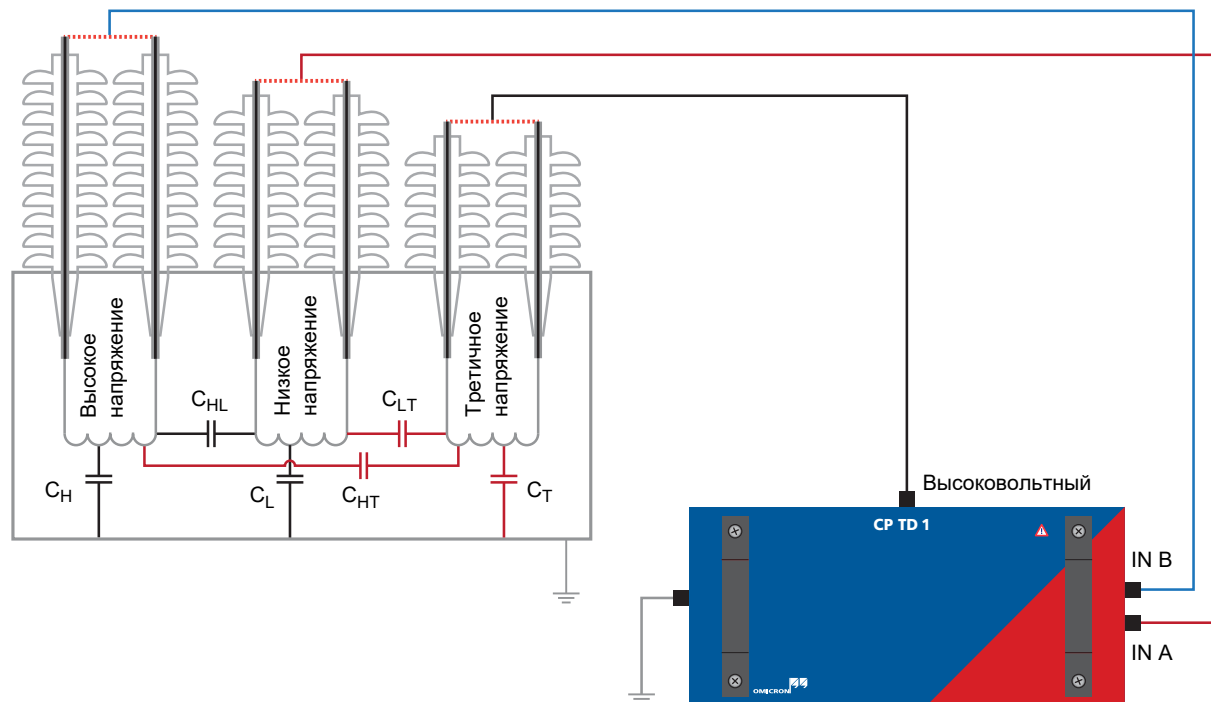


Рис. 5-11: Подключение CP TD1 к трехобмоточному трансформатору для измерения C_T

В данной настройке возможны 3 конфигурации.

Таблица 5-7: Режимы, доступные в настройке измерения, показанной на рис. 5-11

Режим	IN A	IN B	Заземление	Результат
GSTg-(A+B)	Отводится	Отводится	Измеряется	C_T
UST-A	Измеряется	Отводится	Отводится	C_{LT}
UST-B	Отводится	Измеряется	Отводится	C_{HT}

5.6 Измерения на трехобмоточных трансформаторах

В стандарте IEEE62-1995 ^[1] описана процедура испытаний трансформаторов с двумя и тремя обмотками. На рис. 5-12 показаны шесть обязательных измерений для трехобмоточного трансформатора.

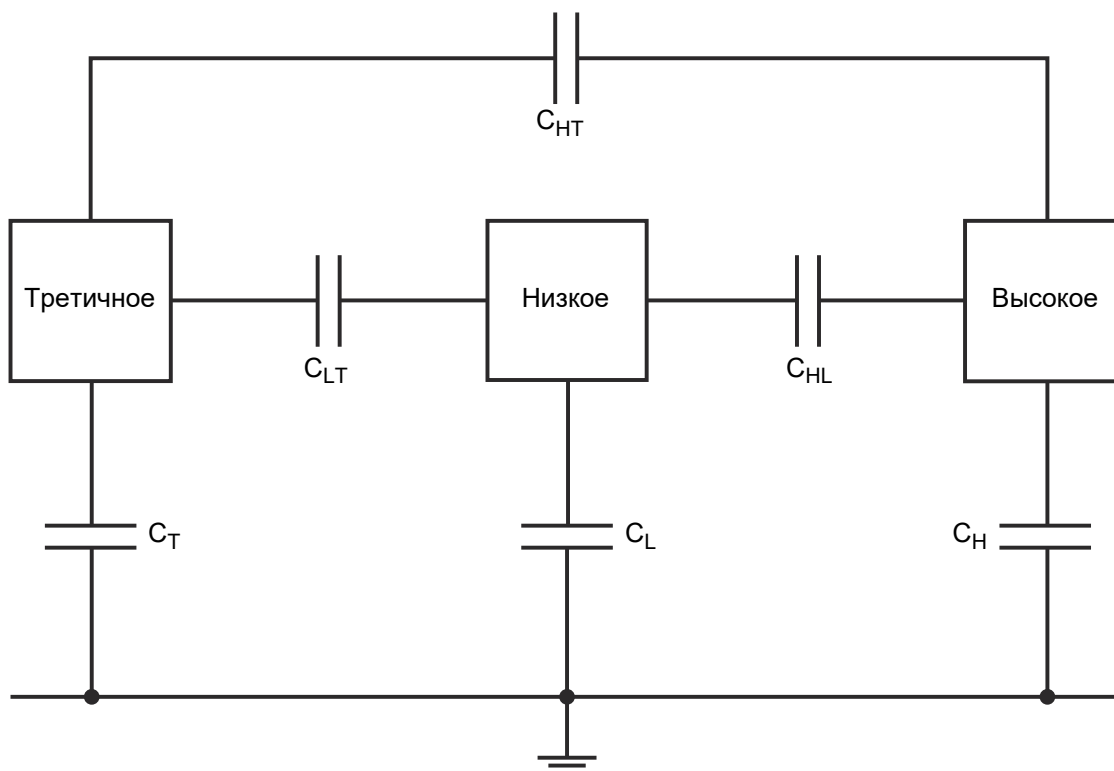


Рис. 5-12: Испытание трехобмоточного трансформатора в соответствии со стандартом IEEE 62-1995

1. ANSI Standard 62-1995: «IEEE Guide for Diagnostic Field testing of Electric Power Apparatus — Part 1: Oil Filled Power Transformers, Regulators, and Reactors», IEEE New York, 1995

Таблица 5-8: Шесть обязательных измерений

Режим испытания	Подача напряжения	Заземление	Отведение	UST	Измерение
GST	Высокое напряжение	-	Низкое, третичное	-	C_H
GST	Низкое напряжение	-	Третичное, высокое	-	C_L
GST	Третичное напряжение	-	Высокое, низкое	-	C_T
Дополнительное испытание межобмоточной изоляции					
UST	Высокое напряжение	Третичное напряжение	-	Низкое напряжение	C_{HL}
UST	Низкое напряжение	Высокое напряжение	-	Третичное напряжение	C_{LT}
UST	Третичное напряжение	Низкое напряжение	-	Высокое напряжение	C_{HT}

Процедура испытаний двух- и трехобмоточных трансформаторов более подробно рассмотрена в стандарте IEEE C57.12.90 ^[1]

1. IEEE Standard C57.12.90: «IEEE Standard Test Code for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers», IEEE New York, 1995

5.6.1 Измерения на трехобмоточных трансформаторах с помощью CPC 100 и CPC 80

В данном примере показан процесс подготовки к измерению трехобмоточного трансформатора с помощью CPC Editor. Из-за большого объема данных измерений процедура испытаний разделена на три отдельных файла испытаний. В первый файл входят испытания, при выполнении которых обмотка высшего напряжения подключается к высоковольтному выходу CP TD1.

Первый файл

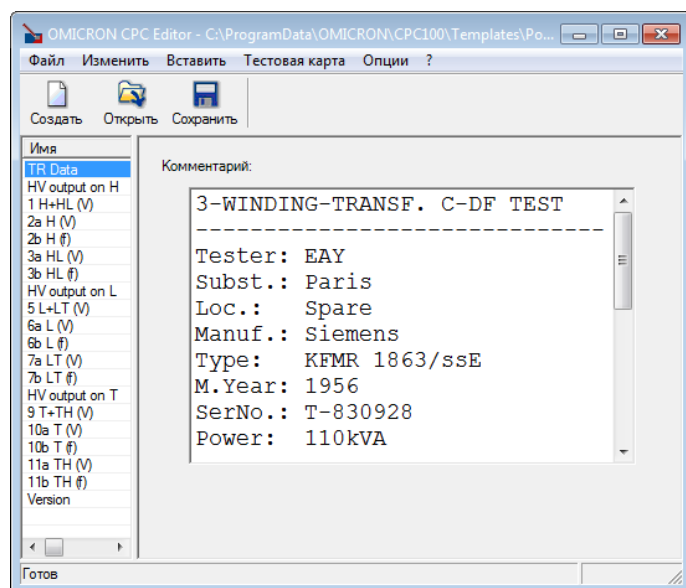


Рис. 5-13: Ввод данных трансформатора

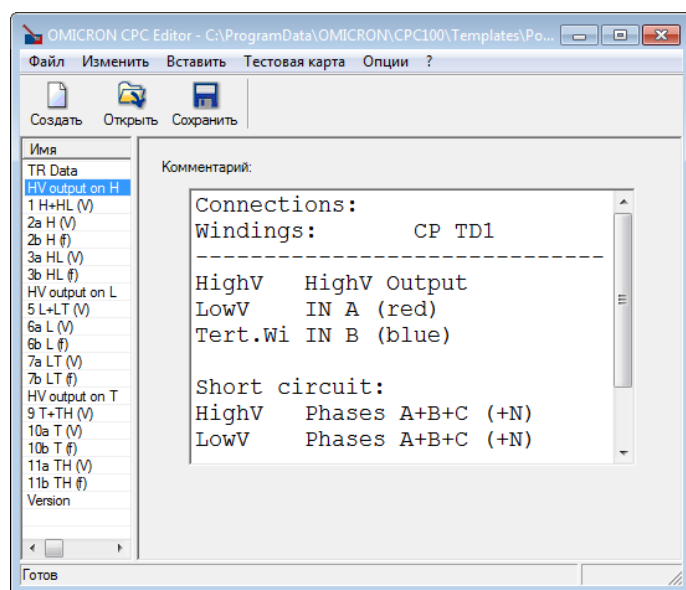


Рис. 5-14: Инструкция по выполнению электрических подключений для проведения испытаний

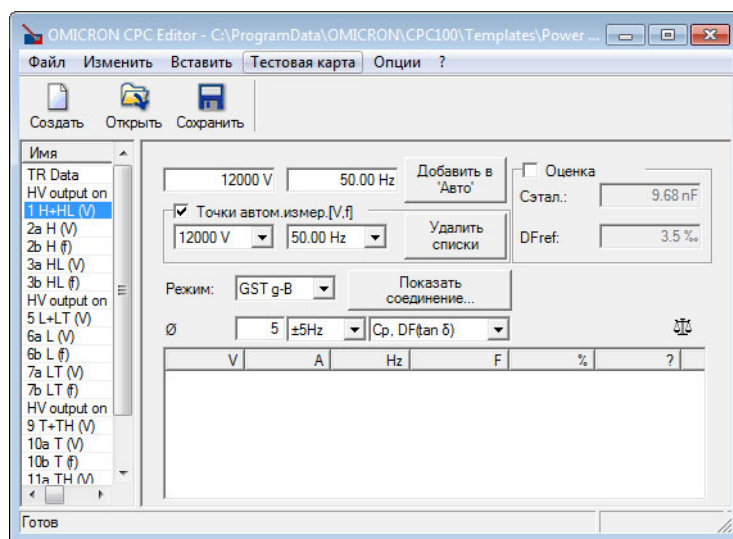


Рис. 5-15: Измерения C_H и C_{HL} в режиме GST g-B

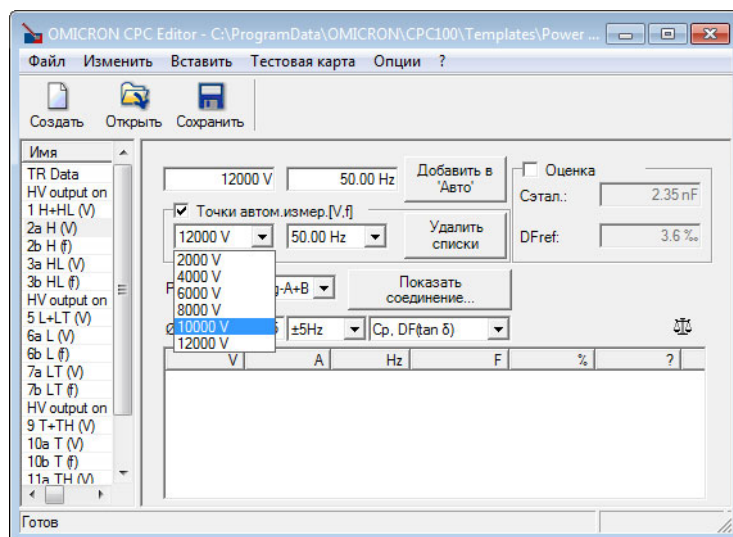


Рис. 5-16: Сканирование по напряжению изоляции между обмотками высшего напряжения и баком с сердечником (GST gA+B)

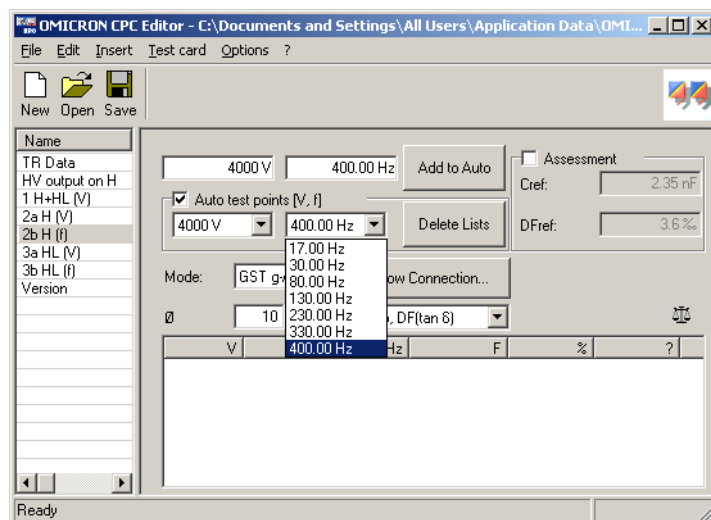


Рис. 5-17: Частотное сканирование изоляции между обмотками высокого напряжения и баком с сердечником (GST gA+B)

Подготовка к другим испытаниям H_L выполняется аналогично данным примерам.

Второй файл

Во второй файл входят испытания, при выполнении которых обмотка низшего напряжения подключается к высоковольтному выходу *CP TD1*. На рис. 5-18 показан первый экран с инструкциями по подключению.

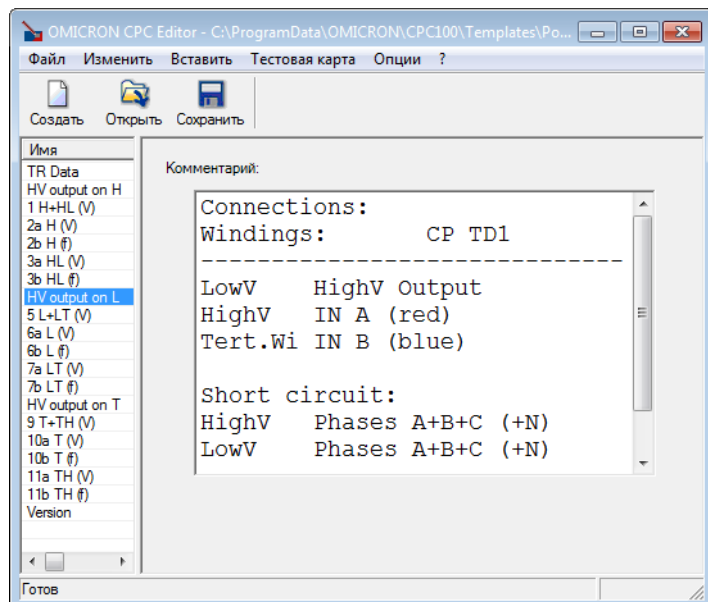


Рис. 5-18: Инструкции по подключениям для выполнения испытаний с подачей напряжения на обмотку низшего напряжения

Третий файл

Третий файл используется для испытаний, при выполнении которых третичная обмотка подключается к высоковольтному выходу *CP TD1*. На рис. 5-19 показаны инструкции по подключениям для выполнения испытаний с подачей напряжения на третичную обмотку.

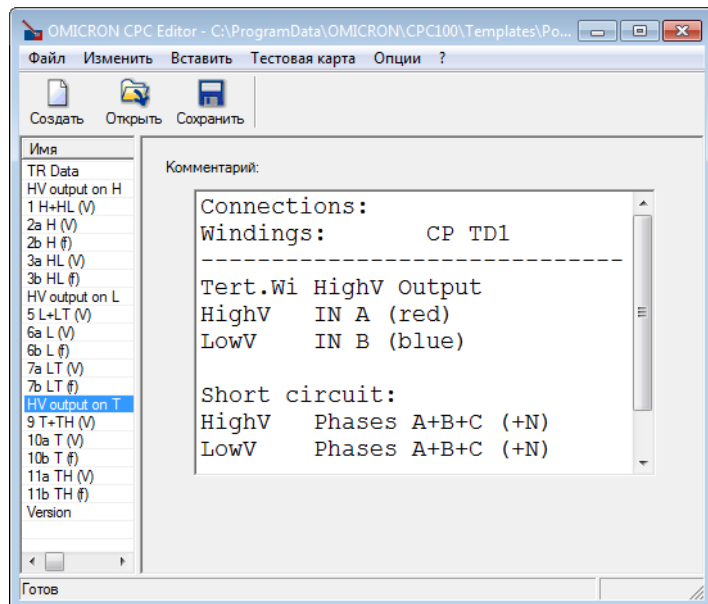


Рис. 5-19: Инструкции по подключениям для выполнения испытаний с подачей напряжения на третичную обмотку

Подготовленные задания испытаний загружаются в *CPC 100* в виде файлов .xml, не содержащих результатов. После завершения испытаний эти файлы .xml, уже с результатами, загружаются на компьютер и открываются в программе Microsoft Excel с помощью утилиты *OMICRON CPC 100 File Loader* (все файлы испытаний содержатся на компакт-диске).

TR_3-WIND_C-DF2 [Compatibility Mode] - Microsoft Excel

FileHomeInsertPage LayoutFormulasDataReviewViewAdd-Ins

Paste

Clipboard

Font

Alignment

Number

Text

Conditional Formatting

Format as Table

Cell Styles

Styles

Insert

Delete

Format

Cells

Sort & Find & Filter

Editing

G15

</

Рис. 5-20: Результаты испытаний трехобмоточного трансформатора напряжением 10 кВ (50 Гц)

На рис. 5-20 показаны результаты испытаний напряжением 10 кВ.

1	H+HL
2	H
3	HL
5	L+LT
6	L
7	LT
9	T+TH
10	T
11	TH

В строке 4 вычисляется разность между значениями емкости, полученными в ходе испытаний 1 и 2, что позволяет сравнить их с результатом испытания 3. В строках 8 и 12 вычисляется разность между строками 5-6 и 9-10, чтобы их также можно было сравнить с результатами испытаний 7 и 11. Таким образом можно проверить достоверность измеренных значений. При испытании третичной обмотки напряжение было снижено до 5 кВ в связи с более низким номинальным напряжением этой обмотки.

Результаты измерений методом сканирования по напряжению показаны на рис. 5-21, методом частотного сканирования — на рис. 5-22.

Сканирование по напряжению и частотное сканирование позволяют получить дополнительную информацию о качестве изоляции. Результаты этих измерений следует сохранить в качестве характеристических значений для использования в дальнейшем. Для всех описанных измерений требуются только три различных схемы подключений. Подготовка к испытаниям на рабочем месте в офисе с использованием *CPC Editor* позволяет свести к минимуму продолжительность испытаний на месте эксплуатации.

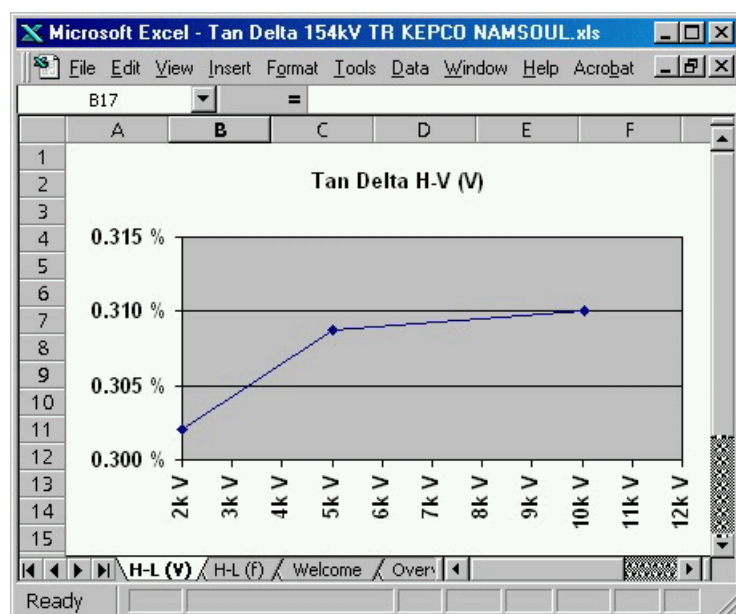


Рис. 5-21: Сканирование по напряжению для H-L (В) (50 Гц)

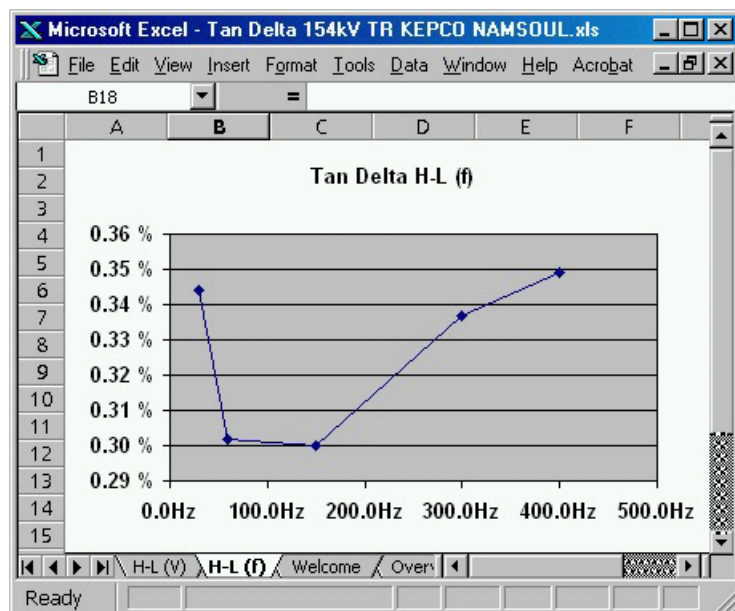


Рис. 5-22: Частотное сканирование для H-L (f) (5 кВ)

5.6.2 Измерения на трехобмоточных трансформаторах с помощью *TESTRANO 600*

Процедура измерения тангенса угла дельта с помощью *TESTRANO 600* подробно рассмотрена в руководстве пользователя *TESTRANO 600* в разделе «Испытания TouchControl» и его подразделе «Тангенс угла дельта».

5.7 Автотрансформатор

Автотрансформатор имеет только одну обмотку с отводом для вывода низкого напряжения. Производится только одно измерение обмотки относительно бака с сердечником. Все клеммы обмоток высшего и низшего напряжений соединяются между собой, так как они образуют высоковольтный электрод емкости.

5.8 Реакторы

Как и автотрансформаторы, реакторы обычно имеют только одну обмотку. Низковольтные концы трех фаз часто соединяются с нейтралью вне бака. В данном случае на каждую фазу приходится по два ввода, которые необходимо соединить для измерений тангенса угла диэлектрических потерь. Можно измерить все комбинации: между фазами и между фазой и баком (землей).

6 Высоковольтные вводы

6.1 Введение

Высоковольтные вводы составляют важную часть силовых трансформаторов, выключателей и других электрических приборов. Более 10 % случаев выхода трансформаторов из строя связано с неисправностями высоковольтных вводов. Хотя стоимость ввода невелика по сравнению со стоимостью всего трансформатора, неисправность ввода может привести к полному выходу из строя трансформатора. Настоятельно рекомендуется регулярно измерять емкость и тангенс угла диэлектрических потерь.

6.2 Типы высоковольтных вводов

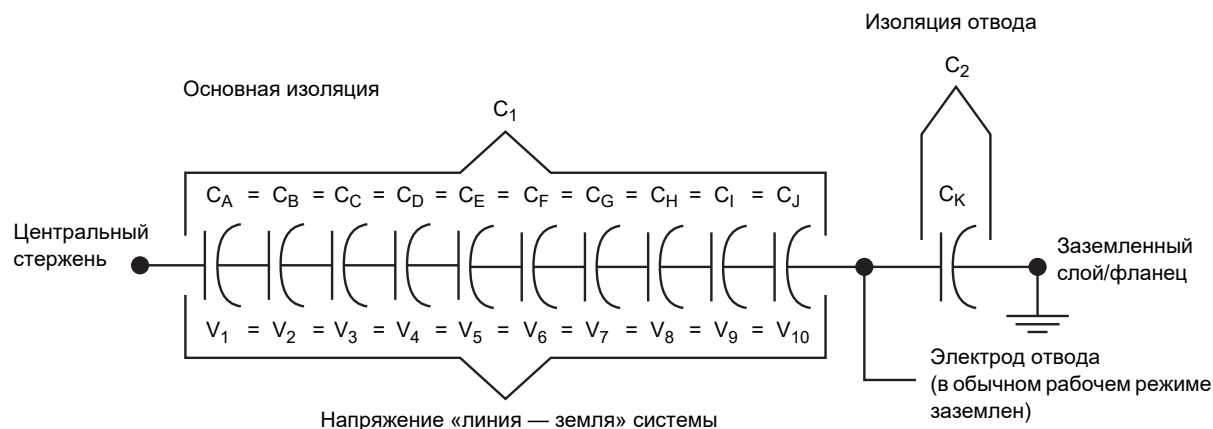
Испытания и обслуживание высоковольтных вводов необходимы для продолжительной успешной эксплуатации трансформаторов и выключателей. Выход ввода из строя может привести к перерывам в подаче электроэнергии. В трансформаторах и выключателях используются различные виды высоковольтных вводов, в том числе следующие.

6.2.1 Конденсаторный ввод

Этот тип чаще всего используется для высоковольтных вводов и поэтому наиболее подробно рассмотрен в данном руководстве. Цилиндрические проводящие слои расположены в изоляционном материале коаксиально с токоведущим стержнем. Длина и диаметр цилиндров подобраны таким образом, чтобы контролировать распределение электрического поля внутри по внешней поверхности ввода. Частичные емкости включаются последовательно, и падение напряжения на емкостях приблизительно одинаково (см. рис. 6-1 и 6-2).



Рис. 6-1: Конструкция конденсаторного ввода



Указание. У вводов с потенциальными отводами емкость C_2 намного больше C_1 . У вводов с отводами для измерения коэффициента мощности значения емкостей C_1 и C_2 могут быть одного порядка.

Рис. 6-2: Схема конденсаторного ввода

У конденсаторных вводов может быть изоляция следующих типов:

- бумажная изоляция, склеенная смолой (RBP);
- бумажная изоляция, пропитанная смолой (RIP);
- бумажно-масляная изоляция (OIP).

6.2.2 Составной ввод

Ввод, изоляция которого состоит из двух или более коаксиальных слоев, сделанных из различных изоляционных материалов.

6.2.3 Ввод с заполнением компаундом

Ввод, в котором пространство между основной изоляцией или токоведущим стержнем (если основная изоляция не используется) и внутренней поверхностью покрышки (как правило, фарфоровой) заполнено компаундной массой, обладающей изолирующими свойствами.

6.2.4 Сухой, или ввод без заполнителя

Ввод, состоящий из фарфоровой трубы без наполнителя в пространстве между оболочкой и токоведущим стержнем. Номинальное напряжение таких вводов обычно не превышает 25 киловольт.

6.2.5 Маслонаполненный ввод

Ввод, в котором пространство между основной изоляцией или токоведущим стержнем и внутренней поверхностью покрышки заполнено изоляционным маслом.

6.2.6 Маслопогруженный ввод

Ввод, в котором основные изоляторы полностью погружены в ванну с изоляционным маслом.

6.2.7 Ввод с бумажно-масляной изоляцией

Ввод, внутренняя конструкция которого выполнена из целлюлозного материала, пропитанного маслом.

6.2.8 Ввод с бумажной изоляцией, склеенной смолой

Ввод, в котором основная изоляция обеспечивается целлюлозным материалом, склеенным смолой.

6.2.9 Ввод с твердой изоляцией (керамический ввод)

Ввод, в котором основная изоляция обеспечивается керамическим или иным подобным материалом.

6.2.10 Ввод с газовой изоляцией

Ввод, содержащий сжатый газ, например SF₆ или смесь SF₆ с другими газами (например, N₂). Этот тип вводов часто используется в выключателях.

6.3 Измерение емкости и тангенса угла диэлектрических потерь в высоковольтных вводах

Измерение тангенса угла диэлектрических потерь является наиболее эффективной из известных процедур испытаний, проводимых на месте эксплуатации. С помощью этого метода можно на ранней стадии обнаружить загрязнение и повреждение вводов. При этом также измеряется испытательный переменный ток, который прямо пропорционален емкости ввода.

Измерения тангенса угла диэлектрических потерь и емкости ввода следует выполнять непосредственно после установки ввода и через один год после установки. После проведения этих первичных измерений коэффициент мощности или тангенс угла диэлектрических потерь, а также емкость ввода следует измерять через регулярные интервалы (обычно от трех до пяти лет). Измеренные значения следует сравнивать с результатами предыдущих испытаний и паспортными значениями.

Указание. Значительные колебания температуры существенно влияют на результаты измерений тангенса угла диэлектрических потерь определенных типов вводов. Чтобы результаты были сопоставимыми, они должны быть получены при одинаковой температуре. Прежде чем сравнивать результаты измерений, полученные при разных температурах, необходимо их соответственно откорректировать.

Испытания вводов можно проводить с помощью одного или нескольких из четырех различных методов, в зависимости от типа ввода и имеющегося испытательного комплекта для измерения тангенса угла диэлектрических потерь. Более подробные инструкции об этом испытании приведены в руководстве по эксплуатации испытательного комплекта для измерения тангенса угла диэлектрических потерь, предоставленном изготовителем комплекта. Далее описаны четыре метода испытаний.

6.4 Испытание незаземленного объекта (UST)

В ходе этого испытания измеряются показатели изоляции между токоведущим стержнем и емкостным отводом, отводом для измерения тангенса угла диэлектрических потерь и/или незаземленным фланцем высоковольтного ввода. Таким испытаниям можно подвергать любые входные или выходные входы электрического аппарата, если он оснащен либо отводами для измерения емкости или тангенса угла диэлектрических потерь, либо фланцем, который можно изолировать от заземленного бака, в котором установлен ввод. Сопротивление изоляции между отводами или изолированными фланцами и землей должно быть не менее 0,5 МОм. Хотя в этом случае все соединенное с высоковольтным вводом оборудование также будет под напряжением, измеряться будут только параметры изоляции между токоведущим стержнем и незаземленным отводом или фланцем. Для вводов, оснащенных емкостными отводами, следует всегда проводить дополнительное испытание изоляции между отводом и фланцем.

Большинство производителей приводят на паспортной табличке ввода значения тангенса угла диэлектрических потерь и емкости, измеренные в режиме UST.

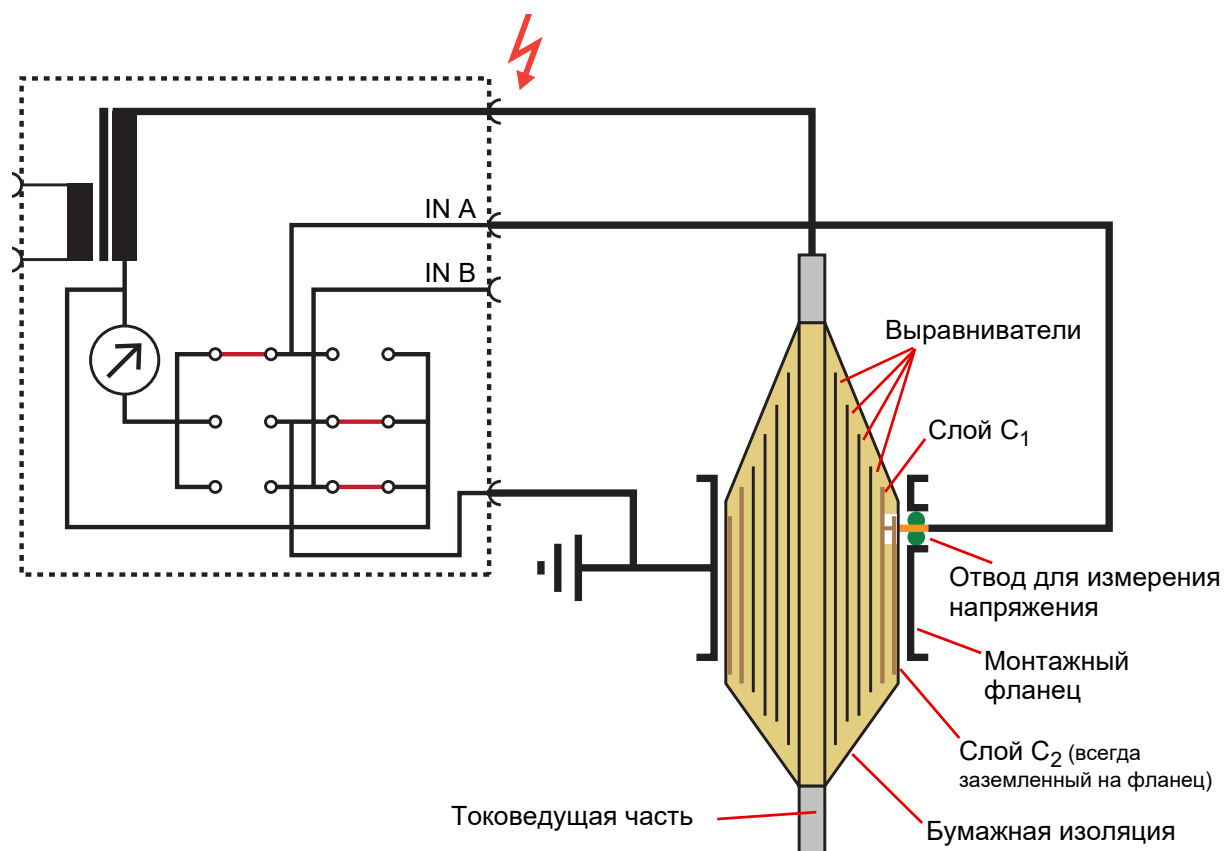


Рис. 6-3: Испытание ввода в режиме UST-A (C₁)

При испытании оснащенных емкостными или потенциальными отводами вводов с номинальным напряжением 110 кВ и выше в режиме UST следует также отдельно выполнить измерения тангенса угла диэлектрических потерь изоляции отвода.

Испытания емкостных или потенциальных отводов выполняют при напряжении от 500 до 1000 В. На отвод подается напряжение, в то время как токоведущий стержень и фланец заземлены. Тангенс угла диэлектрических потерь емкостного или потенциального отвода обычно имеет значение порядка 1,0 процента или менее. Обычно не рекомендуется регулярно проводить испытания изоляции отводов на вводах с номинальным напряжением не более 69 кВ, оснащенных отводами для измерения тангенса угла диэлектрических потерь. Однако если испытания в режиме UST покажут сомнительные результаты или если визуальный контроль обнаружит неудовлетворительное состояние отвода для измерения тангенса угла диэлектрических потерь, следует выполнить измерения тангенса угла диэлектрических потерь изоляции отвода. Процедура испытаний аналогична применяемой выше для емкостных отводов. В таких случаях максимально допустимые испытательные потенциалы следует ограничивать значениями, которые приведены в приложении или рекомендованы изготовителем ввода. Для большинства ранее рассмотренных вводов тангенс угла диэлектрических потерь изоляции отвода обычно имеет значение порядка 1,0 процента или менее.

6.5 Испытание заземленного объекта (GST)

В ходе этого испытания оценивается качество изоляции между центральным или токоведущим стержнем и монтажным фланцем высоковольтного ввода. Этому испытанию подвергают вводы, демонтированные с оборудования; вводы, соединенные с обесточенным оборудованием; резервные вводы или вводы, которые должны изолироваться от подключенных обмоток и прерывателей. При проведении испытания на проводник ввода подается напряжение, а фланец заземляется.

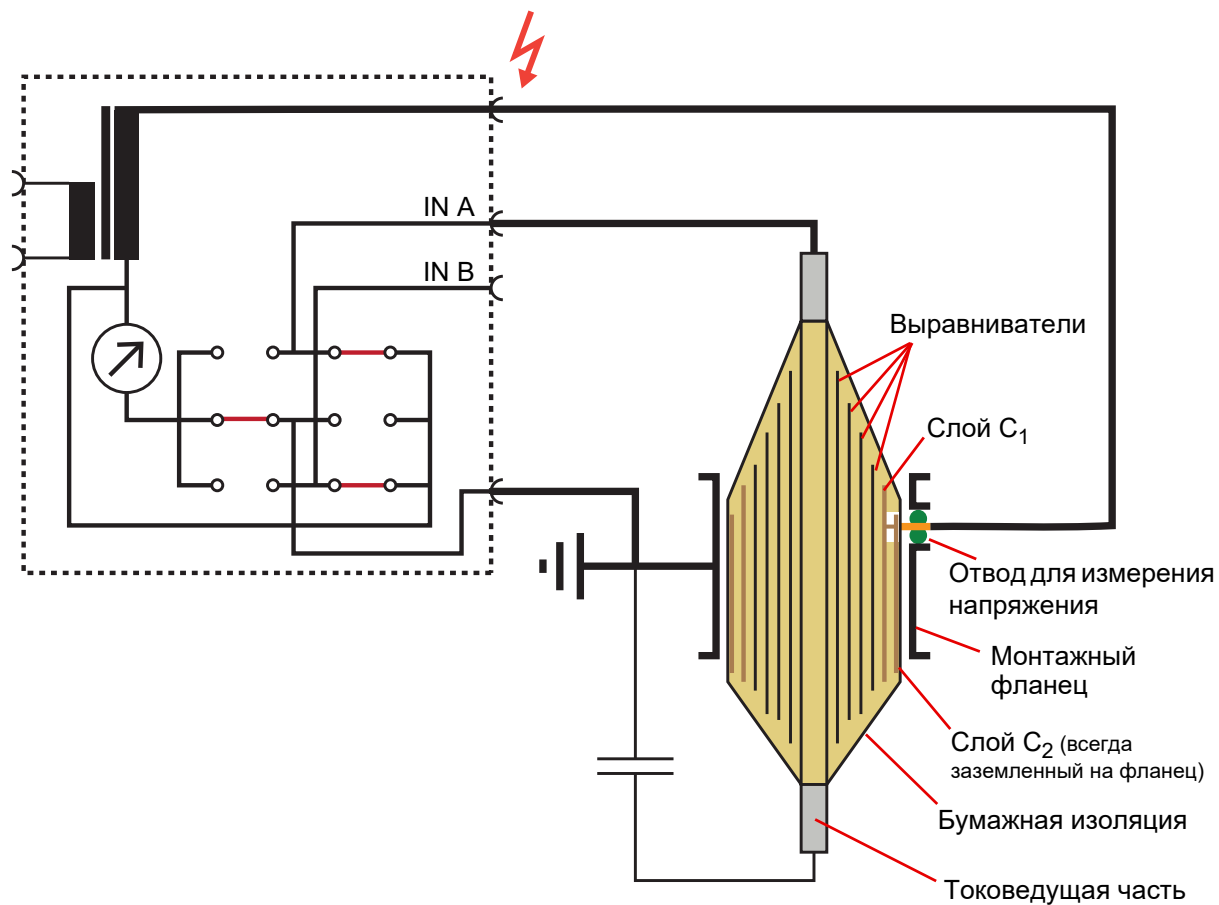


Рис. 6-4: Испытание ввода в режиме GST (C₂)

6.6 Испытание в режиме «горячий поиск»

Этим испытанием оценивается состояние отдельного небольшого участка изоляции между зоной фарфоровой покрышки и центральным или токоведущим стержнем. При проведении испытания подается напряжение на один или несколько электродов, размещаемых вокруг фарфорового изолятора ввода, а токоведущий стержень заземляется. Это испытание проводится в дополнение к трем предыдущим испытаниям. Этот метод также используется для испытания вводов в аппаратах в тех случаях, когда три других метода оказываются неприменимыми или нецелесообразными, например в случае элегазовых вводов. Испытание в режиме «горячий поиск» следует выполнять на каждой третьей юбке элегазовых вводов.

Испытания в режиме «горячий поиск» позволяют эффективно обнаруживать трещины в фарфоре, повреждения или загрязнения изоляции в части покрышки ввода, низкий уровень компаунда или жидкости, а также пустоты в компаунде — зачастую еще до того, как подобные дефекты можно будет обнаружить с помощью других методов испытаний.

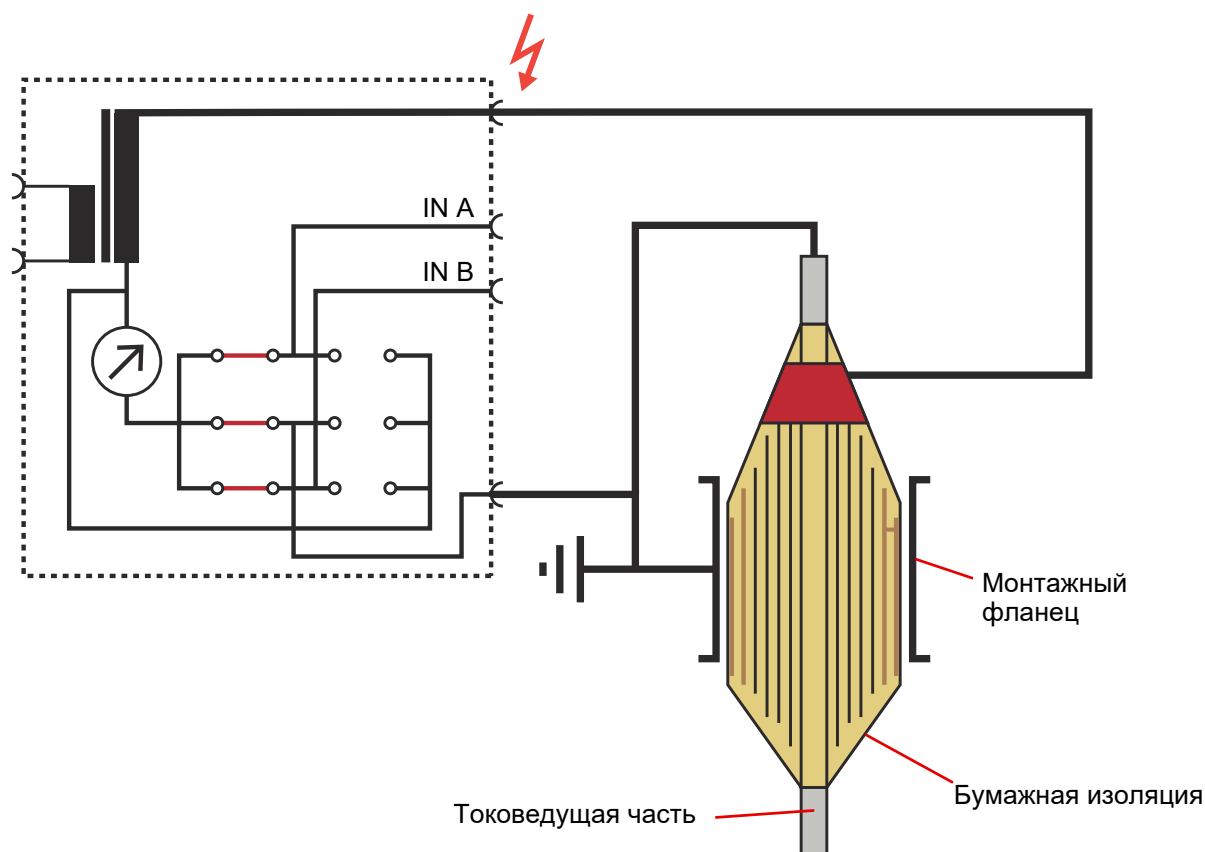


Рис. 6-5: Испытание в режиме «горячий поиск»

Измеренные значения тангенса угла диэлектрических потерь следует приводить к температуре 20°C перед сравнением их с опорными значениями, измеренными при 20°C.

Коэффициенты коррекции по температуре являются в лучшем случае усредненными значениями и поэтому допускают некоторую погрешность. Абсолютная величина погрешности будет минимизирована в случае проведения испытаний при опорной температуре 20 °C. Если при относительно высоких температурах будут получены сомнительные значения тангенса угла

диэлектрических потерь, то прежде чем забраковать вводы, следует дождаться их охлаждения примерно до 20 °С и повторить испытание. Это также относится к испытанию вводов при температуре, близкой к точке замороза, так как при этом значительный коэффициент коррекции (более 1,00) может привести к неприемлемо высоким результатам; в этом случае испытание оборудования следует повторить при более высокой температуре. Не следует проводить испытания вводов, если температура существенно ниже точки замороза. При такой температуре влага превращается в лед, имеющий намного более высокое объемное удельное сопротивление, и поэтому она может быть не обнаружена. Температура вводов, установленных в трансформаторах, приблизительно равна среднему арифметическому между температурой окружающей среды и температурой масла в верхней части бака трансформатора.

Емкость вводов следует измерять при каждом измерении коэффициента мощности или тангенса угла диэлектрических потерь. Для оценки состояния ввода следует тщательно сравнивать полученное значение емкости с паспортным и с результатами предыдущих измерений. Это особенно важно для конденсаторных вводов, увеличение емкости которых на 5 % сверх исходного или паспортного значения ставит вопрос о пригодности ввода к дальнейшей работе. Указания относительно конкретных вводов следует получать от их изготовителя.

При высокой относительной влажности на результаты измерений часто оказывает влияние ток, протекающий по поверхности изолятора. Иногда эти токи могут быть одного порядка с током, протекающим через изоляцию, или еще выше. Если тщательной очистки и сушки поверхности изолятора окажется недостаточно, то для отвода этого тока следует использовать метод отведения (см. рис. 6-6).

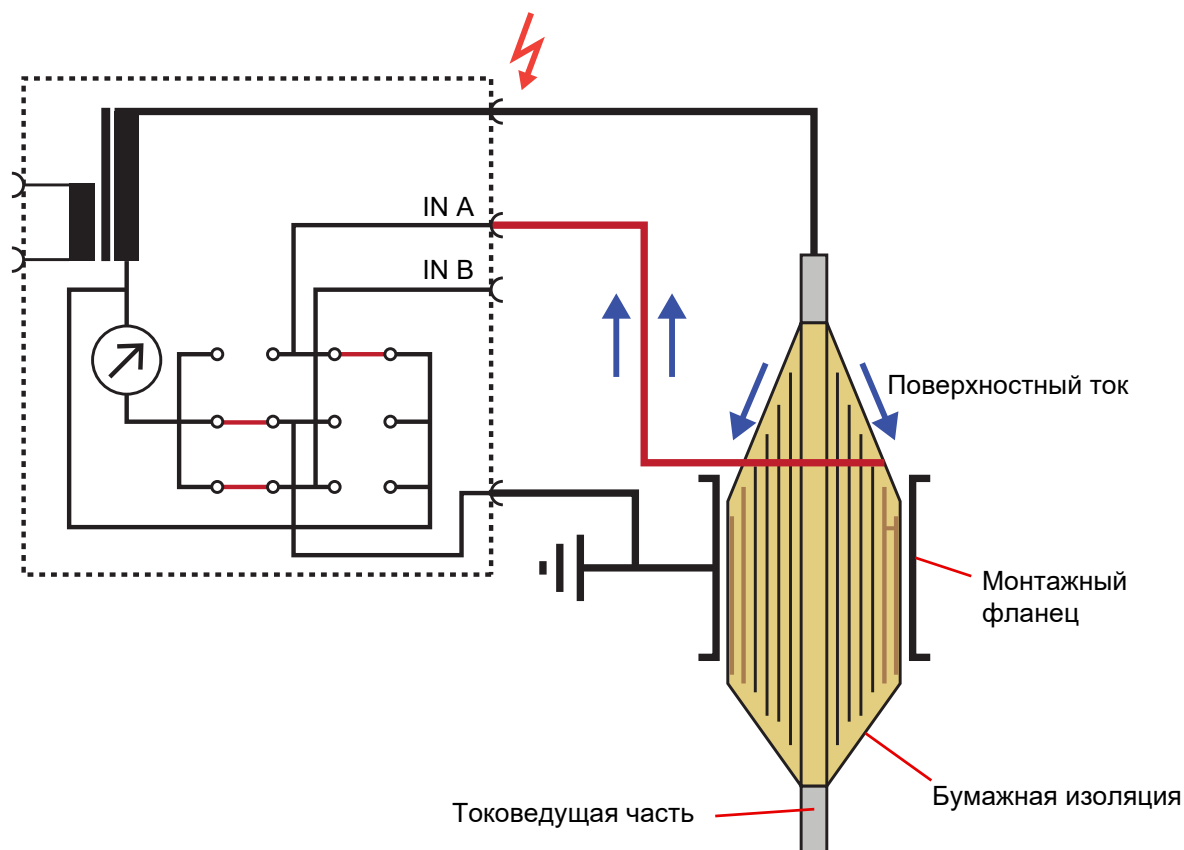


Рис. 6-6: Использование метода отведения для отвода поверхностного тока

Этот метод соединения также очень полезен при измерении параметров изоляции кабелей.

При испытании вводов трансформаторов можно использовать входы IN A и IN B для измерений параметров двух вводов за один раз без переключения проводов:

Таблица 6-1: Измерения

Измерение	UST A (вход IN A)	UST B (вход IN B)
1	Фаза А	Фаза В
2	Фаза С	Нейтраль

Частотное сканирование изоляции вводов помогает лучше выявлять неисправности, так как некоторые проблемы могут приводить к значительному отклонению промышленных частот. Его легче заметить при сравнении исправных и поврежденных вводов. Эти дополнительные сведения следует применять в качестве ориентира при сравнении параметров вводов в дальнейшем.

7 Технические характеристики

7.1 Технические характеристики системы CP TD1, подключенной к устройству управления

7.1.1 Высоковольтный выход

Условия: допускается использование сигналов с частотой ниже 45 Гц при условии уменьшения амплитуды. Емкостные линейные нагрузки.

Таблица 7-1: Высоковольтный выход

Клемма	U / f	Полн. коэфф. гарм.	I	S	t _{макс.}
Высоковольтный выход	0...12 кВ переменного тока 15...400 Гц	< 2 %	300 мА	3600 ВА	> 2 мин.
			100 мА	1200 ВА	> 60 мин.

7.1.2 Измерения

Испытательные частоты

Таблица 7-2: Испытательные частоты

Диапазон	Типовая точность
15...400 Гц	погрешность < 0,005 % от показания

Только для CPC 100 и CPC 80: карта испытаний Tan Delta (столбец «Гц» таблицы результатов)

Специальные обозначения в столбце частоты «Гц» и их значение:

*50 Гц (*60 Гц)	Режим измерений с подавлением помех промышленной частоты; увеличивает время измерения в два раза.
!30 Гц	Выбранное испытательное напряжение недоступно в режиме автоматических измерений (относится только к частотам ниже 45 Гц).
?xx Гц	Пониженная точность результатов измерения, например в случае низкого уровня испытательного напряжения, при влиянии частичных разрядов и т. д.

Измерительный фильтр

Условия: $f = 15 \dots 400$ Гц

Таблица 7-3: Измерительный фильтр

Ширина полосы фильтра	Время измерения	Характеристика полосы подавления (ослабление)
$f_0 \pm 5$ Гц	2,2 с	> 110 дБ при $f_x = f_0 \pm (5$ Гц или больше)
$f_0 \pm 10$ Гц	1,2 с	> 110 дБ при $f_x = f_0 \pm (10$ Гц или больше)
$f_0 \pm 20$ Гц	0,9 с	> 110 дБ при $f_x = f_0 \pm (20$ Гц или больше)

Испытательный ток (эфф. зн., с частотной фильтрацией)

Таблица 7-4: Ток испытания

Клемма	Диапазон	Типовая точность	Условия
IN A или IN B ¹	0...5 А переменного тока	погрешность $< 0,3$ % от показания + 100 нА	$I_x < 8$ мА
		погрешность $< 0,5$ % от показания	$I_x > 8$ мА

1. IN A (красный) или IN B (синий), в зависимости от режима.

Испытательное напряжение (эфф. зн., с частотной фильтрацией)

Таблица 7-5: Испытательное напряжение

Условие: $U > 2$ кВ

Диапазон	Типовая точность
0...12 000 В переменного тока	погрешность $< 0,3$ % от показания + 1 В

Емкость C_p (параллельная эквивалентная схема)

Таблица 7-6: Емкость C_p

Диапазон	Типовая точность	Условия
1 пФ...3 мкФ	погрешность $< 0,05$ % от показания + 0,1 пФ	$I_x < 8$ мА, $U_{test} = 300$ В...10 кВ
	погрешность $< 0,2$ % от показания	$I_x > 8$ мА, $U_{test} = 300$ В...10 кВ

Тангенс угла диэлектрических потерь ($DF, \tan \delta$)

Таблица 7-7: Тангенс угла диэлектрических потерь (DF)

Диапазон	Типовая точность	Условия
0...10 % (емкостн.)	погрешность $< 0,1$ % от показания + 0,005 % ¹	$f = 45 \dots 70$ Гц, $I < 8$ мА, $U_{test} = 300$ В...10 кВ
0...100 (0...10 000 %)	погрешность $< 0,5$ % от показания + 0,02 %	$U_{test} = 300$ В...10 кВ

1. Пониженная точность измерений тангенса угла диэлектрических потерь DF на сетевой частоте или на ее гармониках. Подавление сетевой частоты возможно путем точного выбора значения сетевой частоты *50Hz или *60Hz в столбце Hz.

Коэффициент мощности (PF, $\cos \varphi$)

Таблица 7-8: Коэффициент мощности (PF)

Диапазон	Типовая точность	Условия
0...10 % (емкостн.)	погрешность < 0,1 % от показания + 0,005 % ¹	f = 45...70 Гц, I < 8 мА, U _{test} = 300 В...10 кВ
0...100 %	погрешность < 0,5 % от показания + 0,02 %	U _{test} = 300 В...10 кВ

1. Пониженная точность измерений коэффициента мощности PF на сетевой частоте или на ее гармониках. Подавление сетевой частоты возможно путем точного выбора значения сетевой частоты *50Hz или *60Hz в столбце Hz.

Фазовый угол φ Таблица 7-9: Фазовый угол φ

Диапазон	Типовая точность	Условия
-90 °...+90 °	погрешность < 0,01 °	V _{test} = 300 В...10 кВ

Полное сопротивление Z

Таблица 7-10: Полное сопротивление Z

Диапазон	Типовая точность	Условия
1 кΩ...1200 МΩ	погрешность < 0,5 % от показания	V _{test} = 300 В...10 кВ

Индуктивность Lx (последовательная эквивалентная схема)

Таблица 7-11: Индуктивность Lx

Диапазон	Типовая точность
1 Г...1000 кГ	погрешность < 0,3 % от показания

Коэффициент эффективности (QF)

Таблица 7-12: Коэффициент эффективности (QF)

Диапазон	Типовая точность
0...1000	погрешность < 0,5 % от показания + 0,2 %
> 1000	погрешность < 5 % от показания

Мощность P, Q, S (с частотной фильтрацией)

Таблица 7-13: Мощность P, Q, S

Диапазон	Типовая точность
0...3,6 кВт	погрешность < 0,5 % от показания + 1 мВт
0...3,6 кВАР	погрешность < 0,5 % от показания + 1 мВАР
0...3,6 кВА	погрешность < 0,5 % от показания + 1 мВА

7.2 Физические параметры

Таблица 7-14: Физические параметры

Устройства/принадлежности		Масса	Габариты (Ш x В x Г)
CP TD1	Испытательный комплект	25 кг	450 x 330 x 220 мм без ручек
	Испытательный комплект с кейсом ¹	38,1 кг	700 x 500 x 420 мм
Кабели и принадлежности	Оборудование	16,6 кг	
	Оборудование с кейсом ¹	26,6 кг	680 x 450 x 420 мм
Тележка для оборудования	Оборудование	14,5 кг	
	Оборудование с картонной упаковкой	18,9 кг	590 x 750 x 370 мм
CP TD1, CPC 100, оборудование и тележка для оборудования	Оборудование	85 кг	750 x 1050 x 600 мм
	Оборудование с упаковкой	125 кг	
CP TD1, TESTRANO 600, оборудование и тележка для оборудования	Оборудование	85 кг	750 x 1050 x 600 мм
	Оборудование с упаковкой	125 кг	

1. Кейс = прочный кейс, IP22

7.3 Условия окружающей среды

Таблица 7-15: Климат

Характеристика		Номинальные значения
Температура	Диапазон рабочих температур	–10...+55 °C
	Хранение и транспортировка	–20...+70 °C
Макс. высота над уровнем моря		2000 м
Относительная влажность		5...95 %; без конденсации, пройдены испытания по стандарту IEC 60068-2-78

Таблица 7-16: Помехоустойчивость

Характеристика	Номинальные значения
Помехоустойчивость	Электростатические разряды: 15 мА наведенных помех в любом испытании без потери точности измерений при максимальном соотношении помех к току объекта 20:1 Электромагнитные импульсы: 500 мкТ при 60 Гц в любом направлении

7.4 Стандарты

Таблица 7-17: Соответствие стандартам

Безопасность		
Безопасность	IEC / EN / UL 61010-1	
ЭМС		
ЭМС	IEC/EN 61326-1 (промышленная электромагнитная среда) FCC, подраздел В части 15, класс А	
Другое		
Ударная нагрузка	Согласно IEC 60068-2-27 (во время работы), 15 г/11 мс, полуволна	
Вибрация	Согласно IEC 60068-2-6 (во время работы), от 10 до 150 Гц, ускорение 2 г непрерывно (20 м/с ²); 10 циклов на ось	
Влажность	Согласно IEC/EN 60068-2-78 (относительная влажность 5–95 %, без конденсации)	

Поддержка

Наша компания изо всех сил стремится обеспечить вам максимум возможностей при работе с нашими продуктами. Мы готовы предоставить любую поддержку по первому требованию!



Ежедневная круглосуточная служба технической поддержки — обращайтесь

www.omicronenergy.com/support

На горячей линии технической поддержки можно задать вопросы лучшим специалистам нашей компании. Круглосуточно, квалифицированно и бесплатно.

Воспользуйтесь круглосуточными горячими линиями технической поддержки:

Южная и Северная Америка: +1 713 830-4660 или +1 800-OMICRON

Азия, Тихоокеанский регион: +852 3767 5500

Европа, Ближний Восток, Африка: +43 59495 4444

Кроме того, вы можете обратиться в ближайший центр обслуживания OMICRON или к торговому партнеру OMICRON. Их контактные данные можно найти по адресу www.omicronenergy.com.



Личный кабинет — вся необходимая информация всегда под рукой

www.omicronenergy.com/customer

Личный кабинет на нашем сайте — это международная платформа для обмена знаниями. Здесь можно загрузить последние версии обновлений ПО для всех продуктов и поделиться своим опытом на форуме пользователей.

В библиотеке знаний можно найти указания по применению, доклады с конференций, статьи о повседневной эксплуатации, руководства пользователя и многое другое.



OMICRON Academy — узнайте больше

www.omicronenergy.com/academy

Узнайте больше о своем продукте в одном из учебных курсов, предлагаемых службой OMICRON Academy.

