



**СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ ІЗОЛЯЦІИ
СА7200**

**СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ ІЗОЛЯЦІЇ
СА7200**

**Рекомендации по применению
АМАК.411213.014 РП**

Киев

1	ИСПЫТАНИЯ ВВОДОВ	3
1.1	Конструкция вводов и основные виды их испытаний.....	3
1.2	Испытания отдельно стоящих (резервных) вводов.....	6
1.3	Испытания вводов, установленных на оборудовании	10
1.4	Оценка результатов испытания вводов	14
2	ИСПЫТАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ	15
2.1	ИСПЫТАНИЯ СИЛОВЫХ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ	15
2.1.1	Испытание двухобмоточных трансформаторов.....	16
2.1.2	Испытания трехобмоточных трансформаторов.....	18
2.1.3	Испытания автотрансформаторов	20
2.1.4	Оценка результатов испытания силовых и распределительных трансформаторов	21
2.2	ИСПЫТАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА	23
2.2.1	Испытательное напряжение	23
2.2.2	Процедура испытаний	23
2.2.3	Оценка результатов испытаний трансформаторов тока	23
2.3	ИСПЫТАНИЯ ШУНТИРУЮЩИХ РЕАКТОРОВ	24
2.4	ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА ХОЛОСТОГО ХОДА ТРАНСФОРМАТОРОВ	26
2.4.1	Испытательное напряжение	26
2.4.2	Процедура испытаний	27
2.4.3	Оценка результатов измерения тока холостого хода.	31
2.5	ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРАНСФОРМАЦИИ	32
3	ИСПЫТАНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ	36
4	ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЕЙ.....	38
4.1	Процедура испытаний.....	38
5	ИСПЫТАНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ	40
5.1	Испытания выключателей с заземленным баком	40
5.2	Испытания выключателей, баки которых находятся под напряжением (Live Tank Breaker)	42
5.3	Оценка результатов испытания высоковольтных выключателей	43
6	ИСПЫТАНИЯ РАЗРЯДНИКОВ	44

Дата	Версия
Апрель 2020	1.0

В данном документе приведены рекомендации по применению Системы диагностики изоляции CA7200 (далее – CA7200) при проведении измерений во время испытаний высоковольтного энергетического оборудования. Поскольку многообразие конструкций испытываемых объектов и принципов их работы не позволяет рассмотреть все возможные варианты, здесь приведены наиболее типичные примеры и рекомендации по оценке полученных результатов измерений.

Информация, приведенная в данном документе, предполагает, что оператор изучил документ "Система диагностики изоляции CA7200. Руководство по эксплуатации АМАК.411439.001 РЭ", освоил работу с CA7200, а также принял к сведению указания по безопасности, изложенные в этом документе.

Символ	Содержание информации
	Риск поражения электрическим током!
	Информация по безопасности персонала и надежной работе CA7200, которую необходимо принять к сведению для предотвращения проблем. Риск повреждения или разрушения оборудования при испытании.

1 ИСПЫТАНИЯ ВВОДОВ

1.1 Конструкция вводов и основные виды их испытаний

Ввод представляет собой проходной изолятор, через внутреннюю полость которого проходит токоведущий стержень (центральный проводник), служащий для вывода наружу обмоток, например, из трансформатора, и подключения их к сети.

Существует большое разнообразие типов вводов, различающихся по способу изоляции токоведущего проводника.

Наиболее распространенными являются вводы конденсаторного типа. Этот тип вводов характеризуется наличием нескольких слоев проводящего или полупроводящего материала, встроенных в изоляционный материал и расположенных коаксиально по отношению к токоведущему проводнику между ним и внешней твердой изоляцией.

Внутренняя изоляция вводов может быть выполнена в виде:

- бумажной изоляции, оклеенной смолой (RBP);
- бумажной изоляции, пропитанной смолой (RIP);
- бумажно-масляной изоляции (OIP).

Эквивалентная схема простейшего конденсаторного ввода представляет собой ряд последовательно соединенных коаксиальных конденсаторов, включенных между центральным проводником ввода и заземленным фланцем.

Вводы могут также классифицироваться по наличию или отсутствию дополнительного вывода, называемого в соответствии с целевым назначением измерительным или потенциальным выводом. Измерительный вывод служит для измерения тангенса угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta$ (DF) и емкости. Ввод с потенциальным выводом, представляет собой делитель напряжения, и может использоваться для измерения напряжения, подключения устройств релейной защиты и других целей. Кроме того, при такой конструкции, потенциальный вывод можно использовать, как измерительный вывод для измерения $\operatorname{tg} \delta$ (DF).

На рисунке 1.1 показана конструкция и эквивалентная схема ввода конденсаторного типа с дополнительным выводом.

Емкости конденсаторов C_{1a} – C_{1h} практически равны, что обеспечивает равномерное распределение напряжения по изоляции от находящегося под напряжением центрального проводника относительно заземленной обкладки и фланца.

Во вводах с измерительным выводом емкости C_1 и C_2 могут быть одного порядка.

Во вводах с потенциальным выводом емкость C_2 намного больше емкости C_1 .

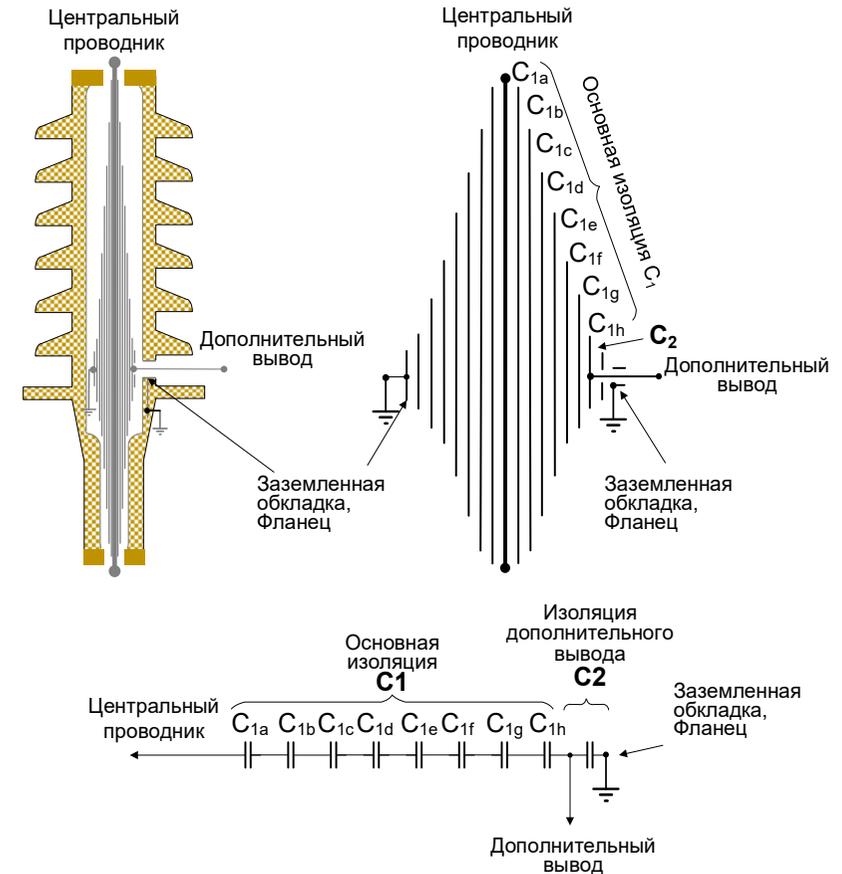


Рисунок 1.1. Конструкция и эквивалентная схема ввода конденсаторного типа с дополнительным выводом



Если дополнительный вывод не используется, он должен быть надежно соединен с заземленным фланцем!

Конденсаторный ввод без дополнительного вывода можно рассматривать, как двухзажимный объект измерения. Его эквивалентная схема представлена на рисунке 1.2.

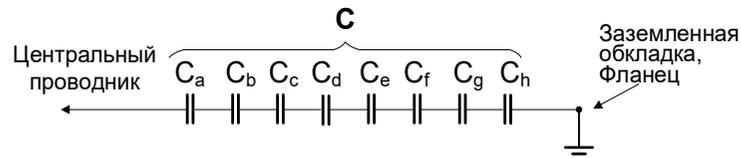


Рисунок 1.2 Эквивалентная схема конденсаторного ввода без дополнительного вывода

Изоляция ввода без потенциального вывода (между центральным проводником и заземленным фланцем) испытывается целиком. Если такой ввод установлен на оборудовании, например, на выключателе, то будут измеряться емкости всех изоляционных частей, включенные между центральным проводником ввода и землей.

Перед началом испытаний необходимо убедиться, что выбранное испытательное напряжение для центрального проводника и для дополнительного вывода являются допустимыми.

Испытательное напряжение для центрального проводника не должно превышать номинального значения напряжения ввода.

Испытательное напряжение для дополнительного вывода зависит от его вида и составляет:

- для потенциального вывода в диапазоне от 2,5 до 5 кВ;
- для измерительного вывода не более 500 В.

Основные виды испытаний конденсаторных вводов:

1 Испытание С – испытание основной изоляции вводов без дополнительного вывода (емкость С).

2 Испытание С1 – испытание основной изоляции вводов с дополнительным выводом (емкость С1);

3 Испытание С2 – испытание изоляции дополнительного вывода (емкость С2).

4 Испытание «Hot Collar» – испытание изоляции между центральным проводником ввода и проводящим кольцом "Hot Collar", надетым на изолятор (рисунки 1.8, 1.9).

Перед началом тестирования следует уточнить значение максимально допустимого испытательного напряжения ввода и

дополнительного вывода, при его наличии. Превышение этих значений может привести к пробое изоляции и повреждению ввода.

Измеренные значения $\text{tg } \delta$ (DF) должны быть приведены к температуре 20°C перед сравнением их с опорными значениями, измеренными при 20°C.

Коэффициенты коррекции по температуре являются в лучшем случае усредненными значениями, что приводит к некоторой погрешности. Погрешность будет минимизирована в случае проведения испытаний при опорной температуре 20°C.

Если при относительно высоких температурах будут получены сомнительные значения $\text{tg } \delta$ (DF), то прежде, чем забраковать вводы, следует дождаться их охлаждения примерно до 20°C и повторить выполненные испытания. Это также относится к испытанию вводов при температуре, близкой к точке замерзания, что тоже может приводить к неприемлемо высоким результатам. В таком случае испытание следует повторить при более высокой температуре.

Не следует проводить испытания вводов, если температура существенно ниже точки замерзания. При такой температуре влага может превратиться в лед, имеющий существенно 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 трансформаторе.

Температура тестирования резервных вводов обычно принимается равной температуре окружающей среды.

При выполнении испытаний по схемам GST температура ввода должна быть выше точки росы во избежание конденсации влаги.

1.2 Испытания отдельно стоящих (резервных) вводов

Основные рекомендации при испытании резервных вводов:

- вводы должны быть установлены на заземленную металлическую стойку, как правило, в вертикальном положении;
- не следует проводить испытания, если ввод находится в деревянном ящике или лежит на полу, в таком случае на результат испытания будет влиять величина зазора между его выводами и деревом или полом;

- вводы, особенно высокие, можно испытывать, когда они подвешены на стропях, однако при этом необходимо следить, чтобы центральный проводник ввода не касался строп;
- к выводам вводов не должно быть подключено дополнительное оборудование;
- если дополнительный вывод не используется, то он должен быть надежно соединен с заземленным фланцем.

Испытание С

Схема подключения CA7200 к резервному вводу без дополнительного вывода для тестирования показана на рисунке 1.3.

Для измерения основной изоляции С необходимо установить схему измерения GSTg-12.

Рекомендуемое испытательное напряжение – 10 кВ, но не выше паспортного значения ввода.

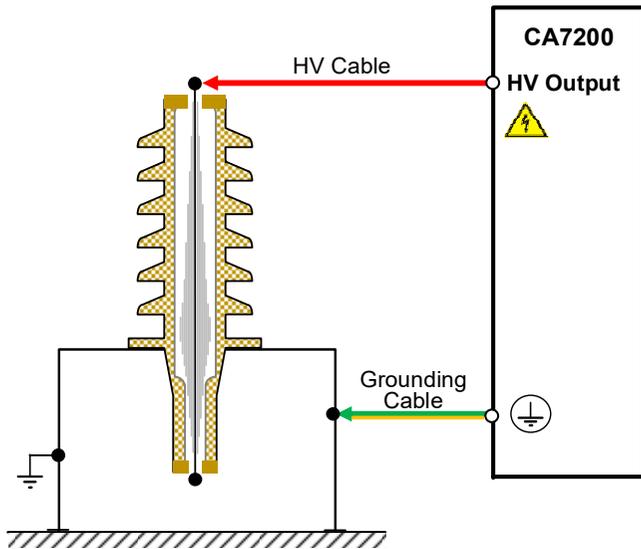


Рисунок 1.3. Испытание изоляции резервного ввода без дополнительного вывода

Испытание С1

Схема подключения CA7200 к резервному вводу, оборудованному дополнительным выводом, потенциальным или измерительным, для тестирования основной изоляции С1 показана на рисунке 1.4.

Для измерения основной изоляции С1 резервного ввода необходимо установить схему измерения UST-1 или UST-2, в зависимости от используемого входа CA7200.

Рекомендуемое испытательное напряжение – 10 кВ, но не выше паспортного значения ввода.

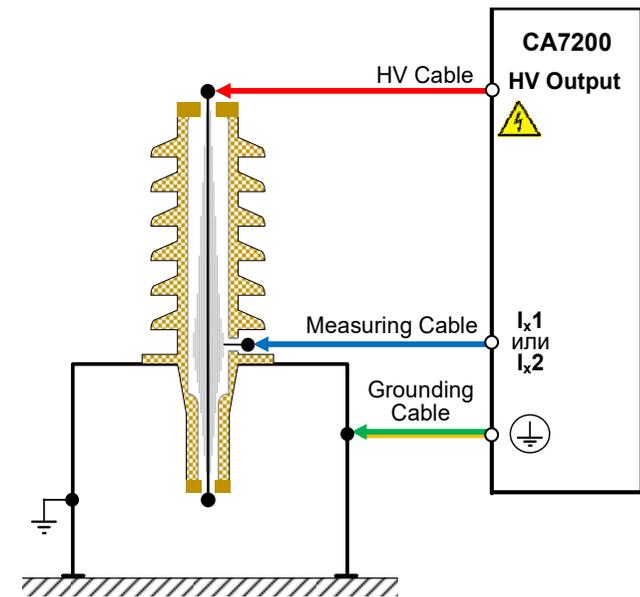


Рисунок 1.4. Испытание основной изоляции резервного ввода с дополнительным выводом

Испытание С2

Схема подключения CA7200 к резервному вводу, оборудованному дополнительным выводом, потенциальным или измерительным, для тестирования изоляции С2 показана на рисунке 1.5. Для измерения изоляции С2 резервного ввода необходимо установить схему измерения GSTg-12.

Для вводов с потенциальным выводом испытательное напряжение может быть в диапазоне от 2,5 до 5 кВ.

Для вводов с измерительным выводом испытательное напряжение составляет 500 В.

Перед началом испытаний необходимо выяснить допустимое значение испытательного напряжения.

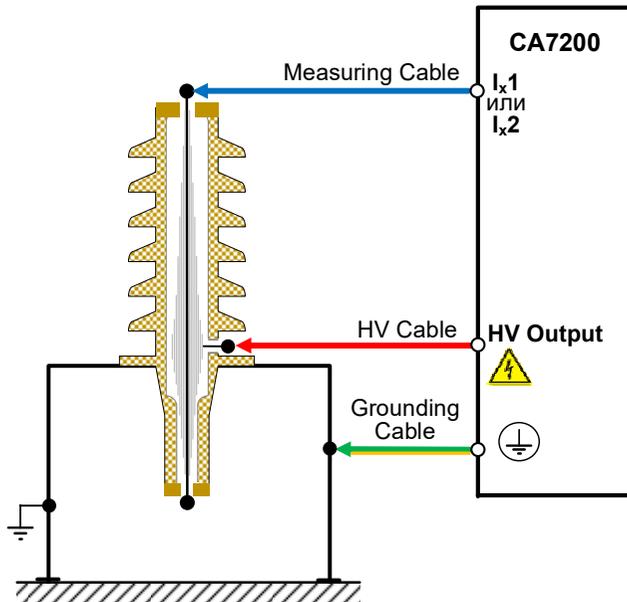


Рисунок 1.5. Испытание изоляции дополнительного вывода резервного ввода

1.3 Испытания вводов, установленных на оборудовании

Основные рекомендации при испытании вводов, установленных на оборудовании:

- при проведении Испытания С1 и Испытания С2 для вводов, установленных на трансформаторах, выводы всех обмоток, которые не подключены к CA7200, должны быть заземлены;

- выводы обмотки трансформатора, подключенной к CA7200, должны быть соединены; невыполнение этого требования может привести к завышенным потерям из-за влияния индуктивности обмоток;

- если дополнительный вывод не используется, то он должен быть надежно соединен с заземленным фланцем.



Необходимо учитывать, что классы изоляции вводов и оборудования могут отличаться. Например, когда нейтральный вывод обмотки, к которой подключен ввод, имеет класс изоляции ниже, чем класс изоляции ввода, испытательное напряжение ввода следует принимать в соответствии с классом изоляции наиболее "слабого" элемента, задействованного в схеме испытаний.

Испытание С

Для вводов, установленных на оборудовании, выполнение Испытание С не рекомендуется, так как на результат в этом случае влияет много дополнительных конструктивных факторов.

Испытание С1

Схема подключения CA7200 к вводу, имеющему дополнительный вывод (потенциальный или измерительный) и установленному на оборудовании, показана на рисунке 1.6. Такое подключение позволяет выполнить тестирования изоляции С1.

Для измерения основной изоляции С1 необходимо выбрать схему измерения UST-1 или UST-2, в зависимости от того, какой вход CA7200 используется.

Рекомендуемое испытательное напряжение – 10 кВ, но не выше паспортного значения ввода.

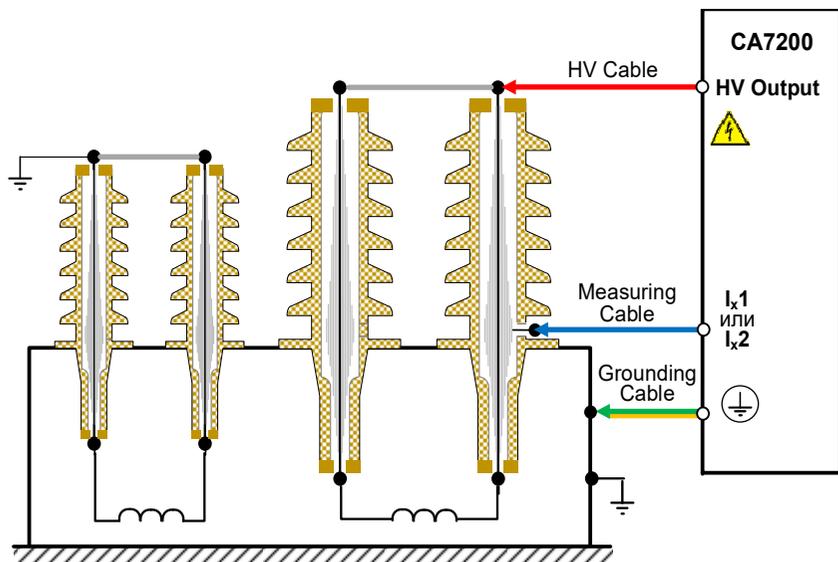


Рисунок 1.6. Испытание основной изоляции ввода, установленного на оборудовании, имеющего дополнительный вывод

Испытание C2

Схема подключения CA7200 к вводу, имеющему дополнительный вывод (потенциальный или измерительный), и установленному на оборудовании, показана на рисунке 1.7. В данном случае к дополнительному выводу подключен HV Cable. Эта схема предназначена для тестирования изоляции C2.

Для измерения изоляции C2 ввода необходимо установить схему измерения GSTg-12.

Для вводов с потенциальным выводом испытательное напряжение может быть в диапазоне от 2,5 до 5 кВ.

Для вводов с измерительным выводом испытательное напряжение составляет 500 В.

Перед началом испытаний необходимо выяснить допустимое значение испытательного напряжения.

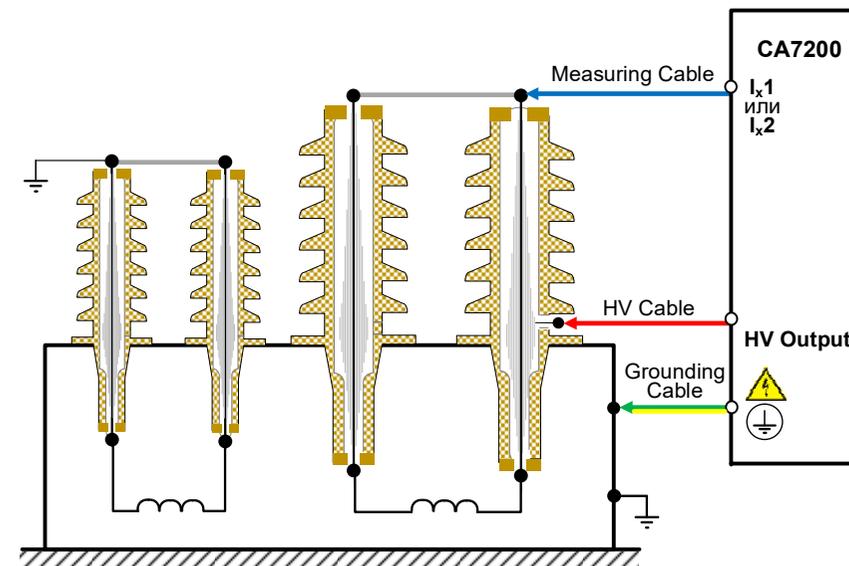


Рисунок 1.7. Испытание изоляции дополнительного вывода, установленного на оборудовании

Испытание "Hot Collar"

Качество изоляции в разных частях изолятора ввода может быть исследовано с помощью проводящего кольца "Hot Collar", плотно прижатого к поверхности фарфора, на который локально подается высокое напряжение, как правило 10 кВ, обеспечивающее более высокий градиент напряжения по толщине изолятора, чем может быть получено в других тестах. Этот тест обеспечивает измерение потерь в секции непосредственно под кольцом.

Испытание "Hot Collar" является основным для вводов без дополнительных выводов и эффективен при выявлении таких дефектов, как пустоты, загрязнение, низкий уровень компаунда или жидкости. Проведение Испытания "Hot Collar" не требует отсоединения тестируемого ввода от трансформатора, на котором он установлен.

Перед проведением теста следует убедиться, что:

- внешняя поверхность изолятора ввода чистая и сухая, это необходимо для предотвращения влияния дополнительных поверхностных утечек на результаты испытаний;

- кольцо "Hot Collar" плотно затянуто на поверхности изолятора ввода и обеспечивается хороший контакт с поверхностью.

На рисунке 1.8 представлена схема подключения CA7200 для проведения испытания "Hot Collar" по схеме UST-1 или UST-2.

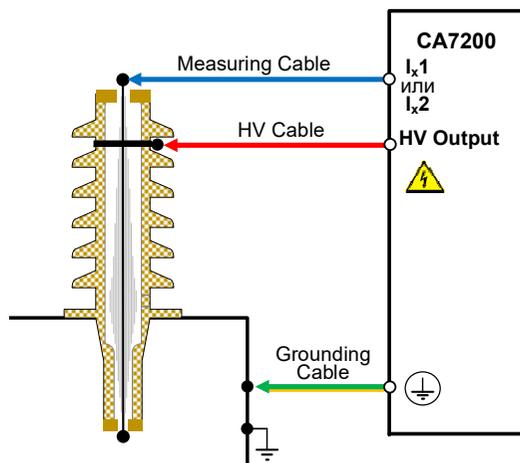


Рисунок 1.8. Испытание изоляции ввода методом "Hot Collar" по схеме UST

Схема подключения CA7200 для проведения испытания "Hot Collar" по схеме измерения GSTg-12 представлена на рисунке 1.9. Центральный проводник тестируемого ввода при этом должен быть заземлен.

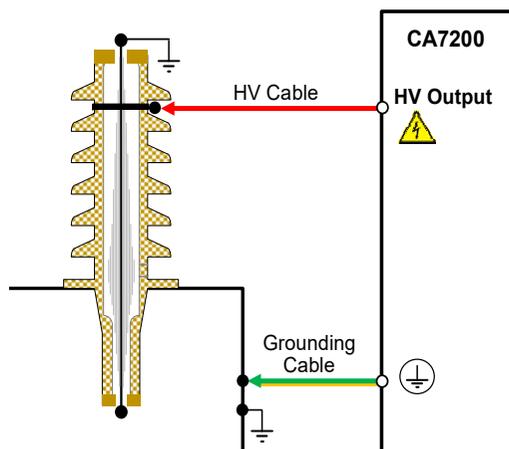


Рисунок 1.9 Испытание изоляции ввода с помощью испытания "Hot Collar" по схеме GSTg-12

Испытание "Hot Collar" обеспечивает измерение потерь в той части изолятора, которая располагается в секции, непосредственно

под кольцом "Hot Collar". Выполняя измерения при различных положениях кольца, можно обеспечить контроль состояния изолятора по всей его длине.

Кольца "Hot Collar" обычно изготавливаются из проводящей резины. Для этой цели могут также использоваться другие материалы (например, алюминиевая фольга или медный провод без изоляции).

В испытании "Hot Collar" качество изоляции оценивается по результатам измерения силы тока и активных потерь (активной мощности).

1.4 Оценка результатов испытания вводов

Полученные результаты измерения емкости и $\text{tg } \delta$ (DF) ввода сравниваются с:

- значениями, указанными в паспорте;
- результатами предыдущих испытаний.

При проведении измерений должна выполняться коррекция $\text{tg } \delta$ (DF) к температуре 20 °С.

Если результаты измерения C или $C1$ демонстрируют непрерывное увеличение $\text{tg } \delta$ (DF), следует рассмотреть вопрос о снятии ввода с эксплуатации. Если увеличение $\text{tg } \delta$ (DF) наблюдается в течение определенного времени, следует контролировать ввод путем более частых испытаний. Решение о выводе ввода из эксплуатации должно приниматься на основе рекомендаций производителя вводов, опыта работы, конструкции ввода и ряда других факторов. Результаты измерения емкости также являются важными и должны быть сравнены с результатами заводских и предыдущих испытаний. Это особенно важно для вводов конденсаторного типа, поскольку увеличение емкости на 5 % и более указывает на образование короткозамкнутых слоев. В таком случае следует рассмотреть вопрос о пригодности ввода для дальнейшей эксплуатации.

Приемлемыми результатами испытания "Hot Collar" являются:

- активные потери меньше, чем 100 мВт;
- значения силы тока при испытаниях подобных вводов – в пределах 10 % от паспортного значения.

В случае, если результаты измерения превышают допустимые значения, необходимо очистить и просушить поверхность изоляции ввода, а затем повторить испытание.

2 ИСПЫТАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Эффективным способом диагностики таких состояний трансформаторов, как наличие влаги, появление проводящих треков, загрязнение вводов, обмоток или изоляционной жидкости является контроль $\text{tg } \delta$ (DF). Измерение тока холостого хода трансформатора помогает также обнаружить неисправности обмотки и сердечника.

Перед началом испытаний трансформаторов следует выполнить испытание его вводов согласно разделу 1.

2.1 ИСПЫТАНИЯ СИЛОВЫХ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Трансформаторы мощностью 500 кВ·А и ниже относятся к распределительным, а выше 500 кВ·А – к силовым. Измерения диэлектрических характеристик изоляции таких трансформаторов позволяют выявить увлажнение, науглероживание и другие виды загрязнения вводов и изоляции, а также деформацию обмоток, поскольку она приводит к изменению емкостей.

Объем испытаний трансформаторов включает проверку емкости изоляции, как между обмотками, так и между каждой из обмоток и баком.

Перечень испытаний, их последовательность и схема испытания зависит от того, сколько соединенных вместе обмоток имеет трансформатор. Так, испытание автотрансформатора с третичной обмоткой, выполняется так же, как и испытание двухобмоточного трансформатора, с той разницей, что названия обмоток будут другими.



При испытаниях трансформатора должны быть соблюдены следующие условия:

- трансформатор должен быть обесточен и полностью отсоединен от электрической сети;
- бак трансформатора должен быть заземлен надлежащим образом, что особенно актуально для резервных трансформаторов;
- выводы каждой обмотки, включая нейтраль, должны быть соединены вместе, что исключит влияние индуктивности обмоток на результаты измерений, при этом нейтрали должны быть разземлены;
- если трансформатор оснащен переключателем ответвлений (РПН или ПБВ), его необходимо установить в среднее положение.

Испытания трансформаторов рекомендуется проводить при температуре около 20°C. Коэффициенты коррекции по температуре можно вычислить с использованием поправочных кривых, однако они в значительной степени зависят от материала изоляции, содержания воды и многих других параметров. Поэтому точность поправок ограничена. Не следует проводить испытания, если температура существенно ниже 0°C. При низкой температуре влага может превратиться в лед, имеющий существенно более высокое объемное удельное сопротивление, и поэтому она может быть не обнаружена.

Испытания рекомендуется проводить при испытательном напряжении 10 кВ. Если значение фазного напряжения обмотки ниже 10 кВ, то значение испытательного напряжения не должно превышать значения номинального фазного напряжения обмотки.

2.1.1 Испытание двухобмоточных трансформаторов

Схемы подключения СА7200 к двухобмоточным трансформаторам представлены:

– для однофазного трансформатора – на рисунке 2.1,

– для трехфазного трансформатора с нейтралью – на рисунке 2.2.

Изоляция двухобмоточного трансформатора (рисунок 2.1) включает три участка изоляции (объекта измерения):

C_{HL} – емкость между обмоткой высокого напряжения Н и обмоткой низкого напряжения L;

C_{HG} – емкость между обмоткой высокого напряжения Н и заземленным баком G;

C_{LG} – емкость между обмоткой низкого напряжения L и заземленным баком G.

В каждом испытании, определяемом вариантом схемы подключения трансформатора к СА7200 и вариантом схемы измерения, измеряется какая-либо одна из этих емкостей или их комбинация.

Перечень испытаний двухобмоточных трансформаторов, которые может выполнить СА7200, приведен в таблице 2.1. На рисунках 2.1, 2.2 показана схема подключения 1.

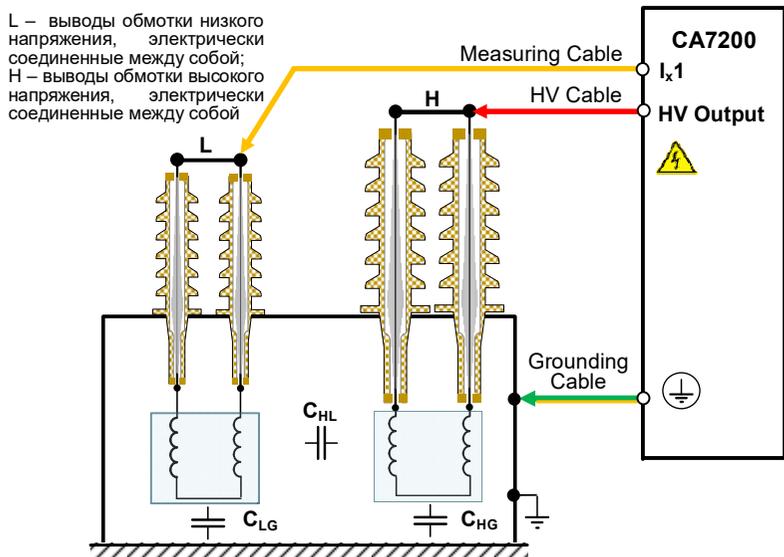


Рисунок 2.1. Испытание однофазного двухобмоточного трансформатора (схема подключения 1)

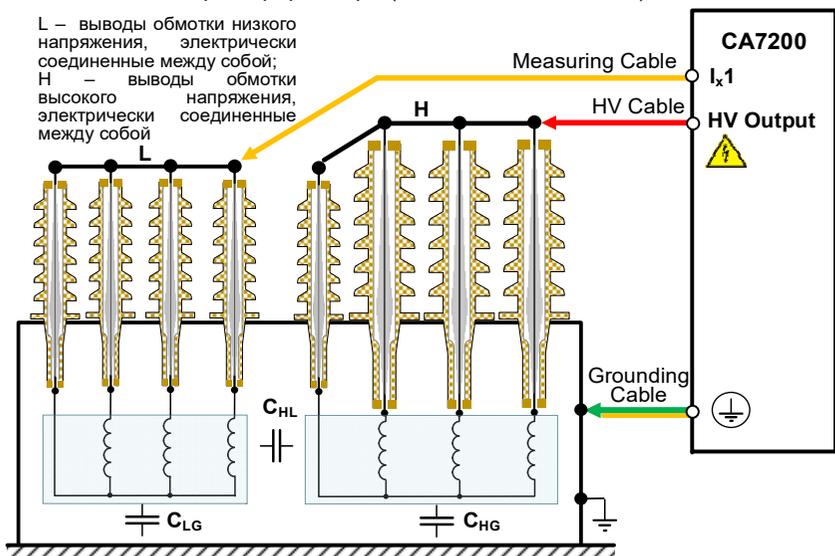


Рисунок 2.2. Испытание трехфазного двухобмоточного трансформатора (схема подключения 1)

Таблица 2.1

№ испытания	Объекты измерения	Схема подключения	Разъемы CA7200				Схема измерения
			I _{x1}	I _{x2}	HV Output	⊕	
1	C _{HG} + C _{HL}	1	L	-	H	Бак	GSTg-2
2	C _{HL}						UST-1
3	C _{HG}						GSTg-12
4	C _{LG}	2	H	-	L	Бак	GSTg-12
5	C _{LG} + C _{HL}						
6	C _{LG} + C _{HG}	3	-	-	H+L	-	-

Примечание. Избыточность полученных результатов позволяет провести контроль правильности выполненных измерений. Необходимо убедиться, что выполняются равенства:

$$C_2 + C_3 = C_1;$$

$$C_2 + C_4 = C_5;$$

$$C_3 + C_4 = C_6,$$

где C_n – значение емкости, полученное при испытании № n.

2.1.2 Испытания трехобмоточных трансформаторов

Система изоляции трехобмоточного трансформатора сложнее, чем система изоляции двухобмоточного трансформатора. Здесь к участкам изоляции, присутствующим в эквивалентной схеме двухобмоточного трансформатора, добавляются участки изоляции, связанные с дополнительной обмоткой T.

Изоляция трехобмоточного трансформатора (рисунок 2.3) включает такие участки изоляции (объекты измерения):

C_{HL} – емкость между обмоткой высокого напряжения H и обмоткой низкого напряжения L;

C_{HG} – емкость между обмоткой высокого напряжения H и заземленным баком G;

C_{LG} – емкость между обмоткой низкого напряжения L и заземленным баком G.

C_{TL} – емкость между дополнительной обмоткой Т и обмоткой низкого напряжения L;

C_{TH} – емкость между дополнительной обмоткой Т и обмоткой высокого напряжения Н;

C_{TG} – емкость между дополнительной обмоткой Т и заземленным баком G.

Схема подключения CA7200 к трехобмоточному трансформаторе представлена на рисунке 2.3.

Перечень испытаний трехобмоточных трансформаторов, которые позволяет выполнить CA7200, приведен в таблице 2.2. На рисунке 2.3 показана схема подключения 1.

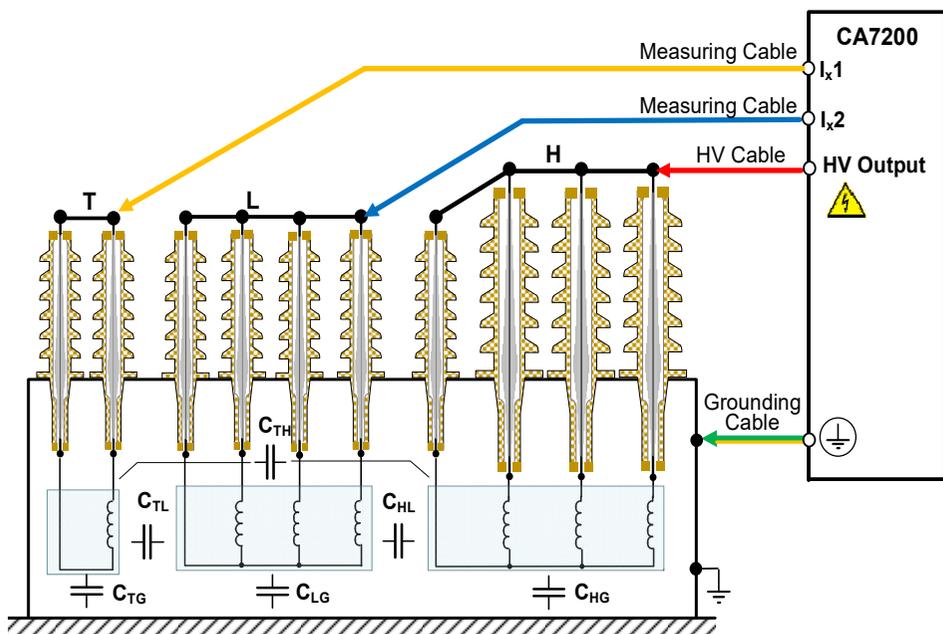


Рисунок 2.3. Испытание трехфазного трехобмоточного трансформатора (схема подключения 1)

Таблица 2.2

№ испытания	Объекты измерения	Схема подключения	Разъемы CA7200				Схема измерения
			Ix1	Ix2	HV Output	⊕	
			подключены к следующим контактам трансформатора:				
1	C_{TH}	1	Т	L	Н	Бак	UST-1
2	C_{HG}						GSTg-12
3	C_{HL}						UST-2
4	$C_{HG} + C_{HL}$						GSTg-1
5	C_{LG}	2	Т	L	GSTg-12		
6	$C_{LG} + C_{TL}$				GSTg-1		
7	C_{TG}	3	H	L	Т		GSTg-12
8	C_{TL}						UST-2
9	$C_{TG} + C_{TH}$						GSTg-2
10	$C_{LG} + C_{HG} + C_{TG}$	4	-	-	H+L+T		GSTg-12

Примечание. Избыточность полученных результатов позволяет провести контроль правильности выполненных измерений. Необходимо убедиться, что выполняются равенства:
 $C_2 + C_3 = C_4$;
 $C_5 + C_8 = C_6$;
 $C_7 + C_1 = C_9$;
 $C_5 + C_2 + C_7 = C_{10}$,
 где C_n – значение емкости, полученное при испытании № n.

2.1.3 Испытания автотрансформаторов

Автотрансформатор имеет только одну обмотку с отводом для вывода низкого напряжения, т.е. обмотка низкого напряжения автотрансформатора фактически является частью обмотки высокого напряжения. Обмотки автотрансформатора не могут быть разделены.

На рисунке 2.4 показана схема подключения CA7200 к автотрансформатору.

При испытаниях выполняется только измерение C_{HG} – емкости между обмоткой высокого напряжения Н и заземленным баком G, при этом все выводы обмоток Н, L, 0 должны быть соединены.

Испытательное напряжение не должно превышать значения фазного напряжения обмотки низкого напряжения. Для измерения емкости C_{HG} необходимо установить схему измерения GSTg-12.

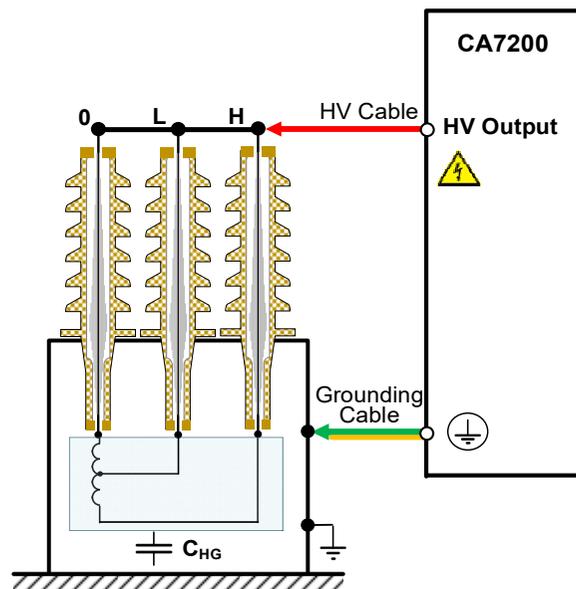


Рисунок 2.4. Испытание автотрансформатора

Если автотрансформатор имеет третичную обмотку, то выводы обмоток H, L, 0 и выводы третичной обмотки соединяются отдельно, а процедура испытаний соответствует процедуре испытаний двухобмоточного трансформатора.

2.1.4 Оценка результатов испытания силовых и распределительных трансформаторов

Полученные результаты измерения емкости, $\text{tg } \delta$ (DF) сравниваются с указанными в паспорте, с результатами предыдущих испытаний или с результатами аналогичных испытаний подобных трансформаторов

Изменение значения емкости является показателем деформации или повреждения обмотки, например, в результате пробоя. Такая неисправность влияет, главным образом, на емкости C_{LG} и C_{HL} .

Увеличение значения $\text{tg } \delta$ (DF) обычно указывает на неудовлетворительное общее состояние трансформатора, например, на загрязнение масла. Увеличение, как емкости, так и $\text{tg } \delta$ (DF) указывает на присутствие воды в масле.

Современные маслонаполненные силовые трансформаторы должны иметь $\text{tg } \delta$ (DF) порядка 0,5 % или менее при температуре 20 °С, если изготовитель не указывает иное значение.

Силовые и распределительные трансформаторы более ранних лет выпуска могут иметь $\text{tg } \delta$ (DF) изоляции выше 0,5 %.

Аномальные значения $\text{tg } \delta$ (DF) межобмоточной изоляции могут быть получены из-за плохого заземления бака трансформатора или из-за использования заземленного экрана между обмотками. В этом случае значение емкости межобмоточной изоляции становится близким к нулю, если не брать в расчет паразитные емкости между проводниками вводов. Вводы трансформатора должны быть испытаны в соответствии с указаниями раздела 1 перед испытаниями трансформатора.

2.2 ИСПЫТАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

Трансформаторы тока (далее – ТТ) преобразуют первичный ток больших значений в более низкие уровни, пригодные для средств учета электроэнергии и релейной защиты. Вторичный ток таких трансформаторов, как правило, равен 5 или 1 А.

Обычно трансформаторы тока бывают маслонеполненными, но в последнее время выпускаются также сухие трансформаторы, заполненные, как правило, SF₆.

2.2.1 Испытательное напряжение

Для ТТ с номинальным напряжением 12 кВ и выше может быть использовано испытательное напряжение 10 кВ.

Для ТТ с номинальным напряжением ниже 12 кВ испытательное напряжение может быть выбрано равным или ниже паспортного значения.

2.2.2 Процедура испытаний

Испытания необходимо проводить по схемам измерения GST. Трансформаторы тока испытываются также, как силовые и распределительные трансформаторы. Перед испытанием трансформатор должен быть изолирован, обесточен и заземлен. Выводы первичной обмотки должны быть закорочены, а выводы вторичной обмотки заземлены.

Некоторые высоковольтные трансформаторы тока могут быть оснащены дополнительным выводом аналогично вводам. Такие трансформаторы требуют дополнительных испытаний изоляции C1 и C2.

Результаты измерения необходимо сравнить с паспортными значениями емкости и $\tan \delta$ (DF).

2.2.3 Оценка результатов испытаний трансформаторов тока

Полученное значение $\tan \delta$ (DF) обычно подвергается температурной коррекции согласно кривым температурной зависимости соответствующего типа ТТ. Трансформаторы тока сухого типа не требуют температурной коррекции. Значения, приведенные к температуре 20 °С, обычно сравниваются с:

- значениями, указанными в паспорте;
- результатами предыдущих испытаний;
- результатами аналогичных испытаний подобных трансформаторов.

2.3 ИСПЫТАНИЯ ШУНТИРУЮЩИХ РЕАКТОРОВ

Шунтирующий реактор (далее – ШР) предназначен для компенсации реактивной мощности и стабилизации уровня напряжения в высоковольтных электрических сетях. ШР представляет собой статическое устройство шунтирующего типа с плавно регулируемым индуктивным сопротивлением.

При испытании однофазного ШР процесс испытания изоляции заключается в измерении емкости между закороченными выводами ШР и его баком. При этом на выводы ШР подается высокое напряжение с выхода “HV Output” CA7200, в то время, как кабель защитного заземления системы подсоединен к баку ШР.

Схема подключения CA7200 к трехфазному шунтирующему реактору показана на рисунке 2.5. Перечень испытаний трехфазных ШР, которые позволяет выполнить CA7200, приведен в таблице 2.3. На рисунке 2.5 показана схема подключения 1

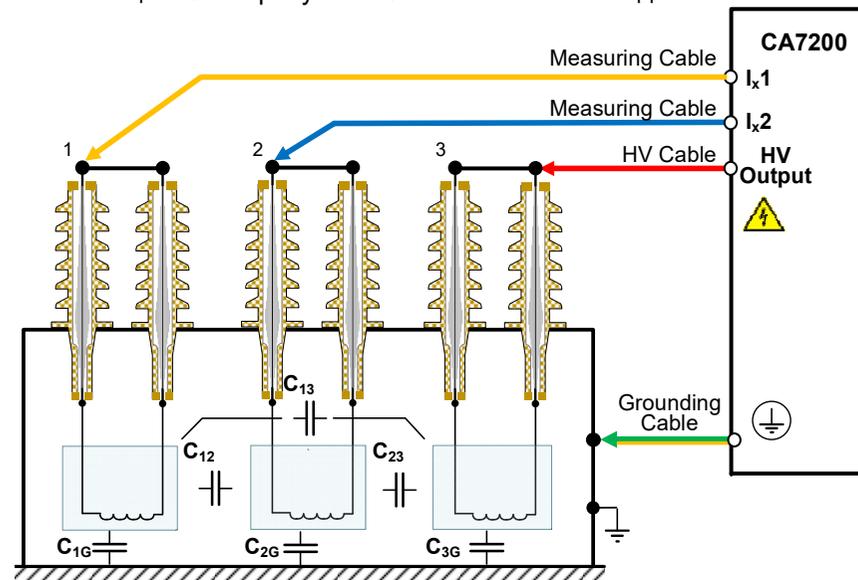


Рисунок 2.5. Испытание трехфазного шунтирующего реактора (схема подключения 1)

Таблица 2.3

№ испытания	Объекты измерения	Схема подключения	Разъемы CA7200				Схема измерения	
			Ix1	Ix2	HV Output			
			подключены к следующим контактам реактора:					
1	C ₁₃	1	1	2	3	Бак	UST-1	
2	C _{3G}						GSTg-12	
3	C ₂₃						UST-2	
4	C _{3G} + C ₂₃						GSTg-1	
5	C _{2G}	2	1	2	GSTg-12			
6	C _{2G} + C ₁₂				GSTg-1			
7	C _{1G}	3	3	-	-		1+2+3	GSTg-12
8	C ₁₂							UST-2
9	C _{1G} + C ₁₃							GSTg-2
10	C _{1G} + C _{2G} + C _{3G}	4	-	-	1+2+3		GSTg-12	

Примечание. Избыточность полученных результатов позволяет провести контроль правильности выполненных измерений. Необходимо убедиться, что выполняются равенства:

$$C_2 + C_3 = C_4;$$

$$C_5 + C_8 = C_6;$$

$$C_7 + C_1 = C_9;$$

$$C_5 + C_2 + C_7 = C_{10},$$

где C_n – значение емкости, полученное при испытании № n.

Полученные значения $\text{tg } \delta$ (DF) подвергаются температурной коррекции.

Оценку полученных результатов можно выполнить, сравнивая их с паспортными данными, результатами предыдущих испытаний или испытаниями аналогичных ШР.

Дополнительно к этим испытаниям рекомендуется проводить испытания вводов ШР, а также проверку тока холостого хода по фазам.

2.4 ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА ХОЛОСТОГО ХОДА ТРАНСФОРМАТОРОВ

Контроль тока холостого хода позволяет диагностировать многие проблемы в трансформаторах, даже в случаях, когда коэффициент трансформации и сопротивление обмоток остаются в норме. При этом могут быть обнаружены короткозамкнутые витки, замыкания пластин сердечника, неисправности регулятора, плохие электрические соединения и другие повреждения сердечника и обмоток трансформатора. Эту проверку следует проводить перед измерением сопротивления постоянному току обмоток, в противном случае из-за остаточного намагничивания сердечника результаты будут неверными.

Измерения обычно производятся со стороны обмоток высокого напряжения. Даже при небольшом токе холостого хода можно выявить дефекты и в низковольтных обмотках.



Если в цепи низкого напряжения имеется нейтраль, она должна быть заземлена во время измерений.

Находясь вблизи выводов трансформатора, следует соблюдать осторожность, поскольку при измерениях они могут находиться под индуцированным напряжением.

Если трансформатор оснащен РПН, то измерения следует выполнять, как минимум, в двух его крайних положениях. Если на трансформаторе установлен ПБВ, то измерения должны быть выполнены, по крайней мере, в рабочем положении.

2.4.1 Испытательное напряжение

Измерения тока холостого хода следует выполнять при самом высоком значении испытательного напряжения, которое позволяет получить испытательная установка. При этом испытательное напряжение не должно превышать:

- номинального линейного напряжения для обмоток, соединенных "треугольником";
- номинального фазного напряжения для обмоток, соединенных "звездой";

При всех измерениях испытательное напряжение должно быть одинаковым, поскольку ток холостого хода связан с ним нелинейной зависимостью. При получении некорректных результатов целесообразно выполнить измерения при нескольких значениях испытательного напряжения.

2.4.2 Процедура испытаний

Схема подключения CA7200 к однофазному трансформатору представлена на рисунке 2.6, а параметры испытания – в таблице 2.4.

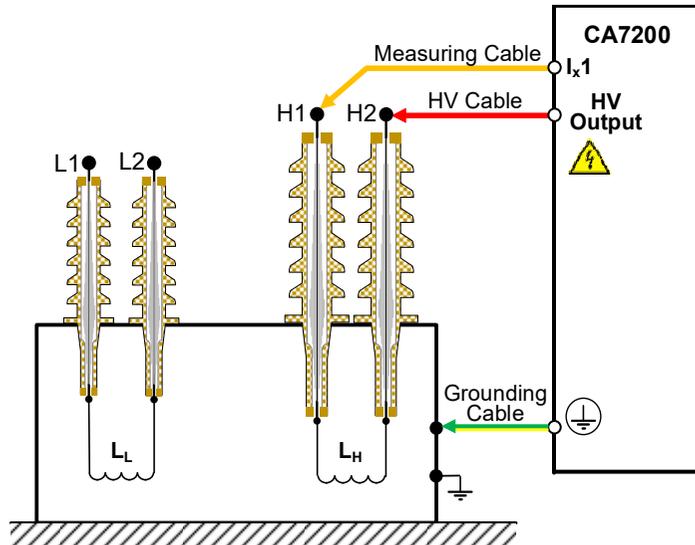


Рисунок 2.6. Измерение тока холостого хода однофазного трансформатора

Таблица 2.4

№ испытания	Объекты измерения	Разъемы CA7200				Схема измерения
		Ix1	Ix2	HV Output	⊕	
		подключены к следующим контактам трансформатора:				
1	L _H	H1	–	H2	Бак	UST-1

Схема подключения CA7200 к трехфазному трансформатору со схемой соединения обмоток "Y – un", показана на рисунке 2.7, а перечень испытаний для этой схемы, которые может выполнить CA7200, представлен в таблице 2.5. На рисунке 2.7 показана схема подключения 1.

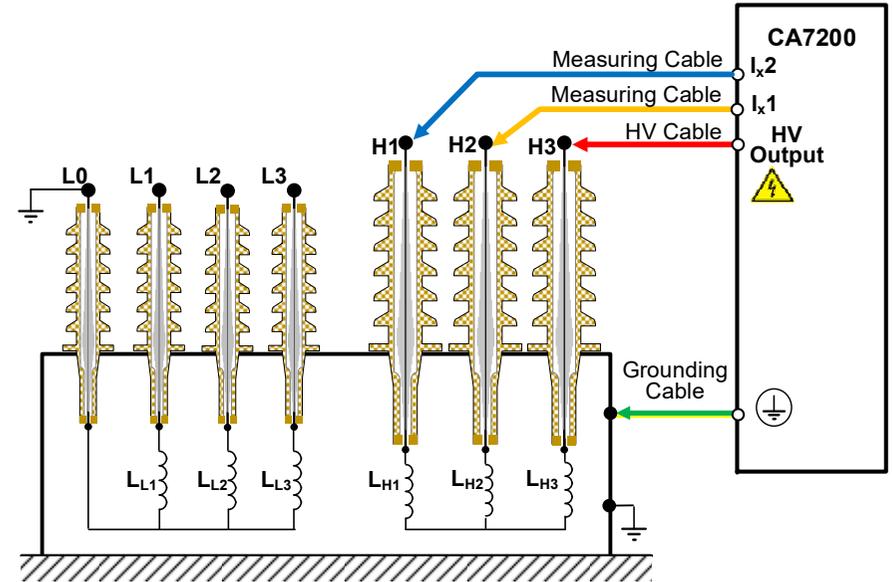


Рисунок 2.7. Измерение тока холостого хода трехфазного трансформатора со схемой соединения обмоток "Y-yn" (схема подключения 1)

Таблица 2.5

№ испытания	Объекты измерения	Схема подключения	Разъемы CA7200				Схема измерения
			Ix1	Ix2	HV Output	⊕	
		подключены к следующим контактам трансформатора:					
1	L _{H2} + L _{H3}	1	H2	H1	H3	Бак	UST-1
2	L _{H1} + L _{H3}		UST-2				
3	L _{H1} + L _{H2}	2	H2	H3	H1	Бак	UST-1

Схема подключения CA7200 к трехфазному трансформатору со схемой соединения обмоток "YN – un", показана на рисунке 2.8.

Перечень испытаний для этой схемы, которые может выполнить CA7200, представлен в таблице 2.6. На рисунке 2.8 показана схема подключения 1

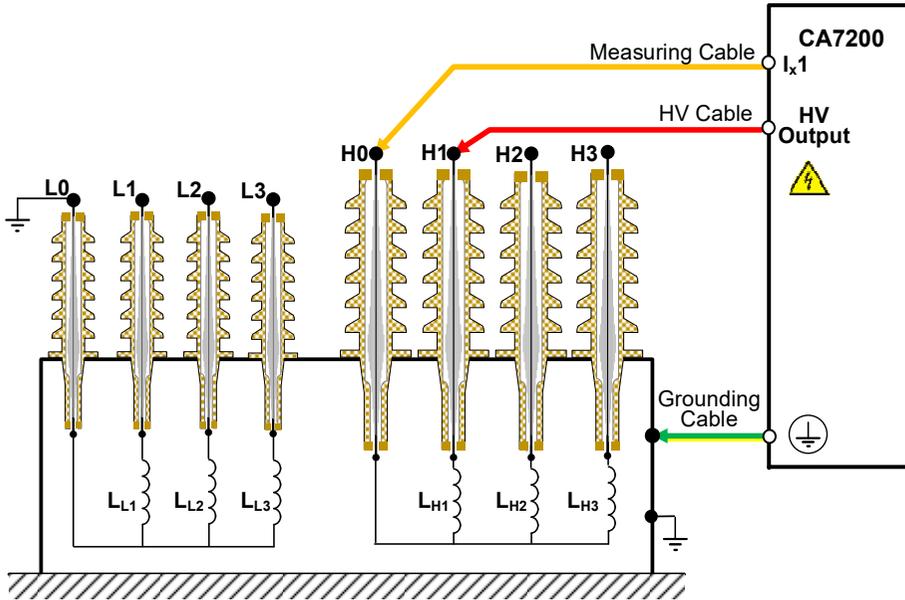


Рисунок 2.8. Измерение тока холостого хода трехфазного трансформатора со схемой соединения обмоток "YN-yn" (схема подключения 1)

Таблица 2.6

№ испытания	Объекты измерения	Схема подключения	Разъемы CA7200				Схема измерения
			I _{x1}	I _{x2}	HV Output	⊕	
			подключены к следующим контактам трансформатора:				
1	L _{H1}	1		–	H1	Бак	UST-1
2	L _{H2}	2	H0	–	H2		
3	L _{H3}	3		–	H3		

Схема подключения CA7200 к трехфазному трансформатору со схемой соединения обмоток "Δ – yn", показана на рисунке 2.9.

Перечень испытаний, которые может выполнить CA7200, представлен в таблице 2.7. На рисунке 2.9 показана схема подключения 1

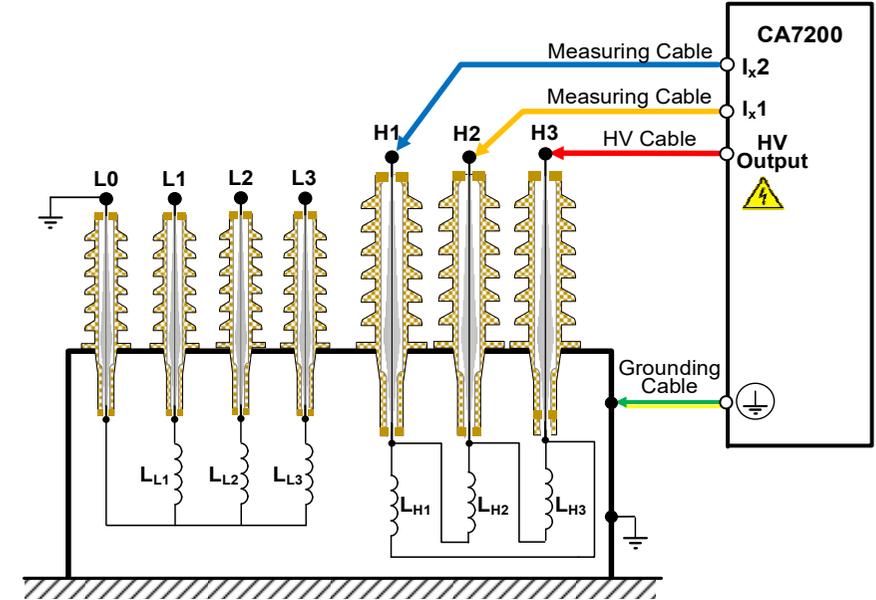


Рисунок 2.9. Измерение тока холостого хода трехфазного трансформатора со схемой соединения обмоток "Δ - yn" (схема подключения 1)

Таблица 2.7

№ испытания	Объекты измерения	Схема подключения	Разъемы CA7200				Схема измерения
			I _{x1}	I _{x2}	HV Output	⊕	
			подключены к следующим контактам трансформатора:				
1	L _{H1}	1	H2	H1	H3	Бак	UST-1
2	L _{H2}		H3	H1	2		UST-2
3	L _{H3}	2	H3	H1	2		UST-1

2.4.3 Оценка результатов измерения тока холостого хода

При оценке результатов измерения тока холостого хода их сравнивают с паспортными данными, результатами предыдущих измерений в таком же режиме или результатами измерений для аналогичного оборудования.

Для трехфазных трансформаторов сравниваются также результаты измерений между фазами. В трехфазном трансформаторе с обмотками "Y - Δ" или "Δ - y" ток холостого хода в двух внешних стержнях будет выше, чем в среднем стержне. Сравнивать следует только два более высоких значения тока:

- если ток холостого хода меньше 50 мА, то отличие между двумя большими токами должно быть меньше 10 %;
- если ток холостого хода больше 50 мА, то отличие должно быть меньше 5 %.

Как правило, при наличии внутренних неполадок в трансформаторе наблюдаются более значительные отличия. В этом случае при выполнении других испытаний также будут выявлены нарушения и нужно будет рассмотреть вопрос о проведении внутреннего осмотра трансформатора.

Результаты измерения тока холостого хода не требуют температурной коррекции.

2.5 ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРАНСФОРМАЦИИ

Измерение коэффициента трансформации позволяет обнаружить короткозамкнутые витки, свидетельствующие о пробое изоляции трансформатора.

Измерение коэффициента трансформации высоковольтных трансформаторов часто выполняется на относительно низком напряжении (<100 В). Однако, для более полной диагностики бывает целесообразно выполнять это измерение на высоком напряжении. Такую возможность обеспечивает CA7200, позволяющая повысить испытательное напряжение до 10 кВ. При этом значение напряжения не должно превышать значения номинального напряжения испытываемого трансформатора.

Измерение коэффициента трансформации CA7200 выполняется в режиме "Transformer Turns Ratio Test" по схеме UST-1 с использованием Конденсатора измерительного TTR (TTR Test Capacitor), который входит в дополнительный комплект (раздел 4.2 документа "Система диагностики изоляции CA7200. Руководство по эксплуатации" АМАК.411213.014 РЭ).

Процедура измерения разделена на два этапа:

1. Измерение емкости Конденсатора измерительного TTR (TTR Test Capacitor) с помощью CA7200 (рисунок 2.10). Результат этого измерения обозначают, как С1.

2. Измерение емкости Конденсатора измерительного TTR (TTR Test Capacitor) с подключенным к нему испытываемым трансформатором. Схема подключения CA7200 для однофазного трансформатора показана на рисунке 2.11, при подключении необходимо соблюдать полярность обмоток. Результат этого измерения обозначают, как С2.

По результатам измерений С1 и С2 выполняется расчет коэффициента трансформации

$$N = \frac{C1}{C2}$$

Так как, емкость TTR Конденсатора имеет зависимость от температуры, измерения 1 и 2 рекомендуется выполнять непосредственно одно за другим для меньшего изменения ее значения и, соответственно, меньшей погрешности определения коэффициента трансформации.

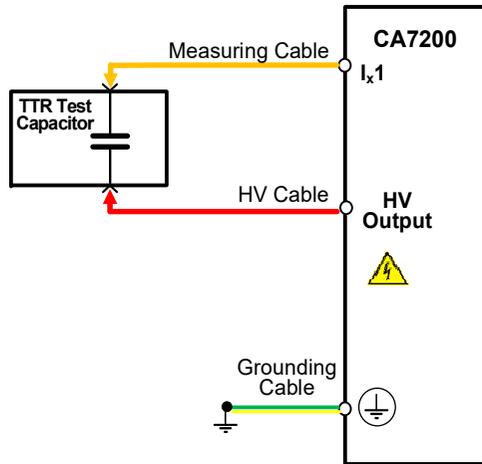


Рисунок 2.10. Измерение емкости Конденсатора измерительного TTR (TTR Test Capacitor)

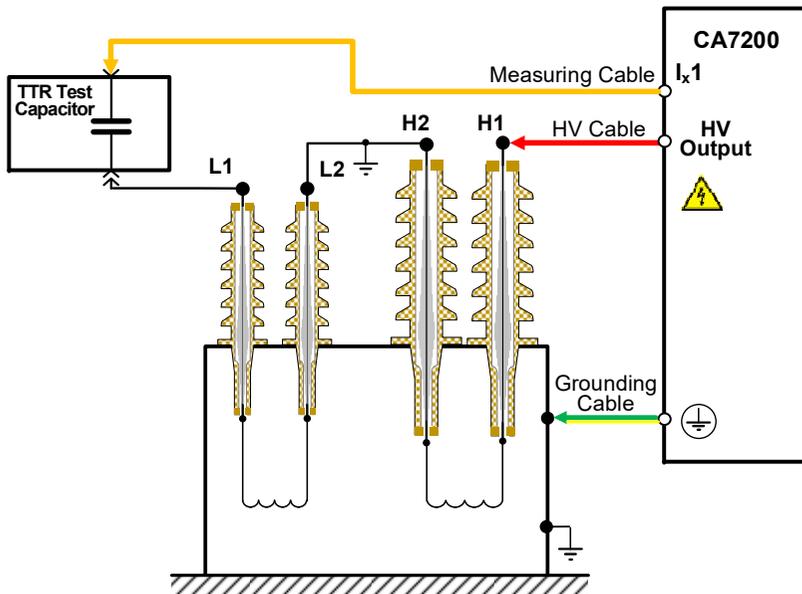


Рисунок 2.11. Измерение коэффициента трансформации однофазного трансформатора

Процедура измерения коэффициента трансформации трехфазного трансформатора аналогична однофазному.

Схема подключения CA7200 для трансформатора с обмотками высокого и низкого напряжения, соединенными "треугольником" представлена на рисунке 2.12.

Схема подключения CA7200 для трехфазного трансформатора, в котором обмотки высокого напряжения соединены "звездой", а обмотки низкого напряжения – "треугольником", показана на рисунке 2.13.

На рисунках 2.12, 2.13 показаны схемы измерения коэффициента трансформации для одной из фаз трехфазного трансформатора. Аналогично выполняются измерения для остальных фаз.

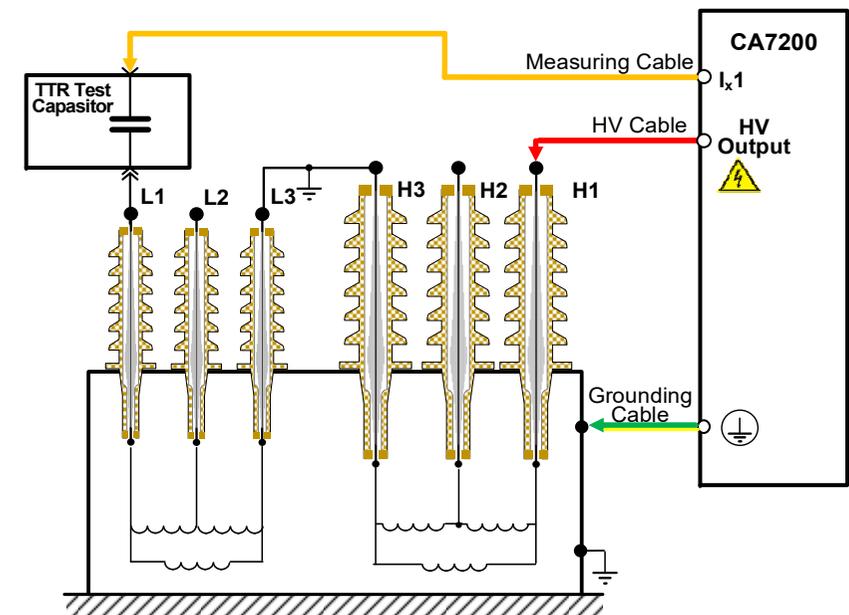


Рисунок 2.12. Измерение коэффициента трансформации трехфазного трансформатора со схемой соединения обмоток "Δ – Δ"

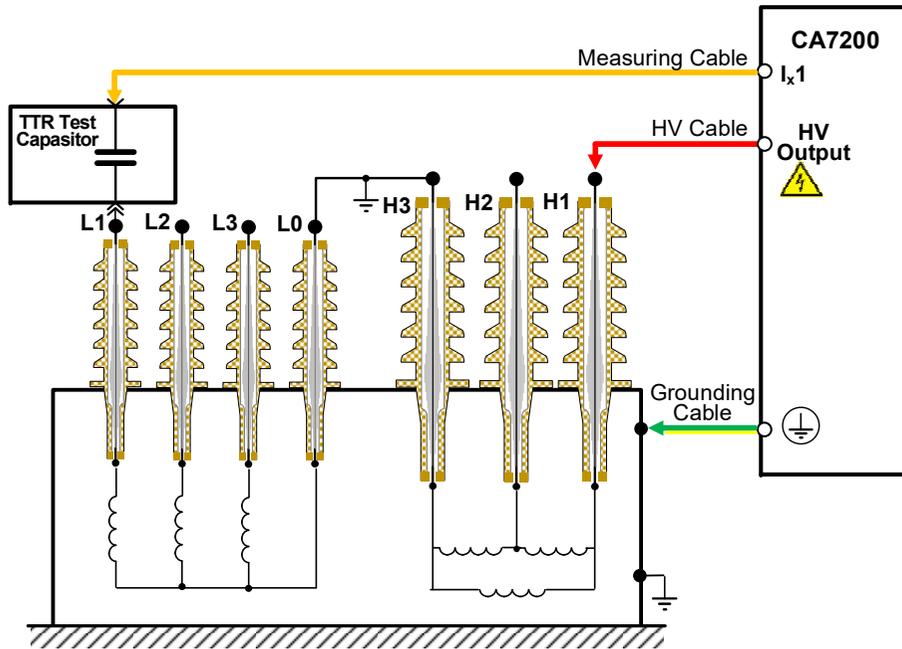


Рисунок 2.13. Измерение коэффициента трансформации трехфазного трансформатора со схемой соединения обмоток "Δ-yn"

Оценку полученных результатов можно выполнить, сравнивая их с паспортными данными или результатами предыдущих испытаний трансформатора.

Отличие между значением, полученным в результате испытаний на месте эксплуатации, и заводским значением не должно превышать 0,5%.

Для новых трансформаторов отклонение от стандартного значения обычно находится в пределах 0,1%.

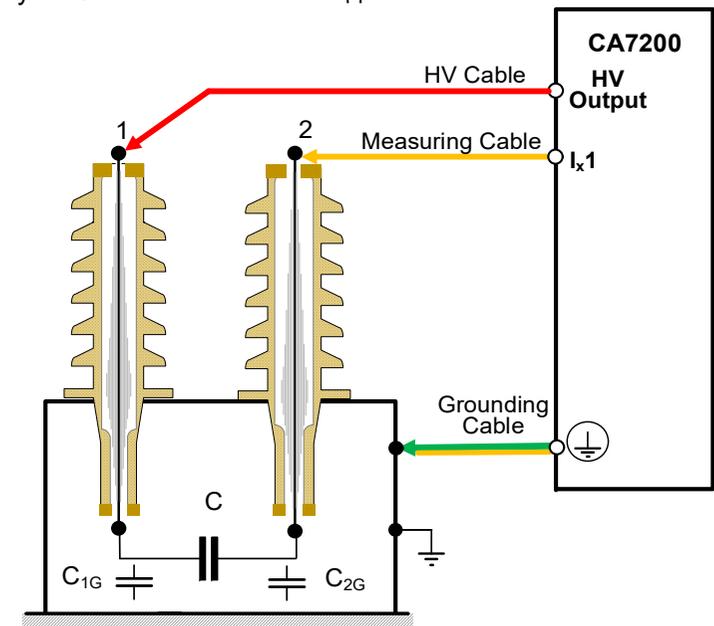
3 ИСПЫТАНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Объектами испытания являются компенсирующие конденсаторы, используемые для повышения коэффициента мощности в цепях высокого напряжения, и защитные конденсаторы, применяемые для защиты от перенапряжений. Конденсаторы могут быть выполнены, как серия элементарных емкостных модулей, например, слоев бумажно-масляной изоляции.



Перед испытанием следует убедиться, что конденсатор полностью разряжен, а его корпус надежно заземлен.

Схема подключения CA7200 к конденсатору представлена на рисунке 3.1. Перечень испытаний высоковольтного конденсатора, которые позволяет выполнить CA7200, приведен в таблице 3.1. На рисунке 3.1 показана схема подключения 1.



1, 2 – выводы конденсатора;
 C – основная емкость конденсатора;
 C_{1G} и C_{2G} – емкости на корпус проводников вводов 1, 2

Рисунок 3.1. Испытание конденсатора

Таблица 3.1

№ испытания	Объекты измерения	Схема подключения	Разъемы CA7200				Схема измерения
			Ix1	Ix2	HV Output		
			подключены к следующим выводам конденсатора:				
1	C	1	2	–	1	Бак	UST-1
2	C _{1G}						GSTg-12
4	C _{2G}	2	1	–	2	Бак	GSTg-12
5	C _{1G} + C _{2G}	3	–	–	1+2		

Оценку полученных результатов можно выполнить, сравнивая их с паспортными данными, с результатами предыдущих испытаний или испытаний аналогичных образцов конденсаторов.

Как правило, $\text{tg } \delta$ (DF) конденсатора имеет низкое значение, которое должно оставаться стабильным, как и значение его емкости. В таком конденсаторе даже небольшие отклонения общего результата испытания, представляющего собой усредненное значение для всех слоев изоляции, могут свидетельствовать о серьезных проблемах в каком-либо отдельном слое.

4 ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЕЙ

Контроль $\text{tg } \delta$ (DF) изоляции кабеля является эффективным способом его диагностики и позволяет выявить ухудшение и загрязнение изоляции.

Измеренное значение $\text{tg } \delta$ (DF) изоляции кабеля определенной длины представляет собой усредненное значение, учитывающее значение $\text{tg } \delta$ (DF) каждой элементарной части изоляции вдоль всей длины кабеля. Поэтому дефект, присутствующий на небольшом участке, приводящий локально к аномально высокому значению $\text{tg } \delta$ (DF), трудно выявить, если испытывать кабель в целом или его слишком длинный отрезок. Эффективным является контроль $\text{tg } \delta$ (DF), выполненный на относительно коротких участках кабеля с обеих его концов.

Испытательное напряжение может быть выбрано 12 кВ. Если номинальное фазное значение напряжения кабеля ниже, то испытательное напряжение следует понизить до допустимого значения. Чем длиннее кабель, тем больше будет значение емкости, и соответственно, при высоких напряжениях может возникнуть превышение мощности нагрузки источника питания. В таких случаях измерения следует провести при меньших значениях испытательного напряжения.

4.1 Процедура испытаний

На рисунке 4.1 показан разрез экранированного кабеля с тремя жилами А, В и С. Изоляционную систему трехжильного кабеля можно рассматривать, как набор емкостей, включающий емкости C_{AB} , C_{BC} , C_{AC} между жилами кабеля и емкости C_{AG} , C_{BG} и C_{CG} между каждой жилой и экраном или оболочкой кабеля. В данном случае система изоляции кабеля, включающая емкости C_{AB} , C_{BC} , C_{AC} , C_{AG} , C_{BG} и C_{CG} , подобна рассмотренным ранее системам изоляции трехобмоточного трансформатора (рис. 2.3) или трехфазного шунтирующего реактора (рис. 2.4).

Перечень испытаний такого кабеля, которые может выполнить CA7200, аналогичен перечню испытаний трехфазного шунтирующего реактора, представленному в таблице 2.3.

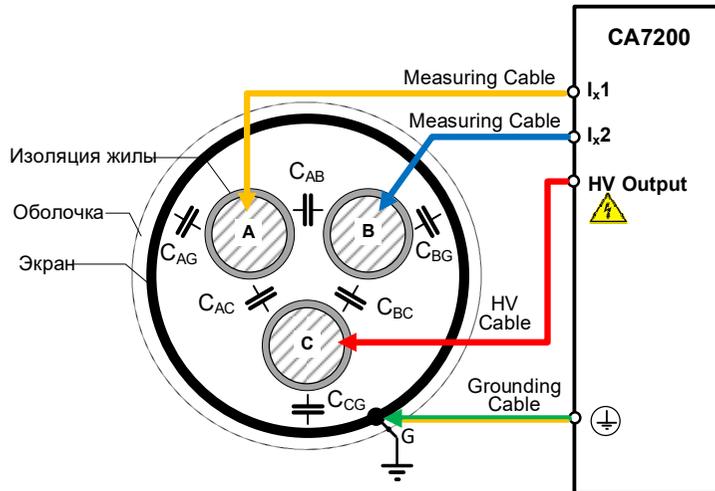


Рисунок 4.1 Испытание экранированного кабеля с тремя жилами А, В и С

При оценке полученных результатов необходимо сравнить их:

- с паспортными данными;
- с предыдущими результатами испытаний;
- с результатами испытаний аналогичных образцов в таких же условиях;
- с результатами испытаний, полученными для другого конца кабеля.

Температурная коррекция результатов испытаний кабелей обычно не проводится.

Увеличение $\text{tg } \delta$ (DF) с повышением испытательного напряжения может быть признаком присутствия коронных разрядов.

Измерения на ряде значений испытательного напряжения путем постепенного его увеличения позволяют выявить коронные разряды. При наличии коронных разрядов значение $\text{tg } \delta$ (DF) будет увеличиваться по мере увеличения значения напряжения.

5 ИСПЫТАНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Высоковольтные выключатели предназначены для оперативного включения и отключения электрооборудования в энергосистеме в нормальных или аварийных условиях при ручном, дистанционном или автоматическом управлении.

Принципиально важно, чтоб высоковольтный выключатель обеспечивал быстрое выключение больших токов. Не менее важно обеспечение хорошей изоляции выводов выключателя между собой и относительно его корпуса. Для проверки качества изоляции следует периодически выполнять контроль емкости и $\text{tg } \delta$ (DF) всех ее элементов.

При испытаниях изоляции выключатели могут быть разделены на две группы:

- выключатели, у которых бак заземлен;
- выключатели, у которых бак находится под напряжением

Для более полного контроля выключателей желательно также подвергать проверке образцы изоляционных жидкостей.

5.1 Испытания выключателей с заземленным баком

Большинство выключателей с заземленным баком являются однофазными (один заземленный бак на фазу), хотя у некоторых конструкций имеется общий бак для всех трех фаз. Независимо от этого, испытания и их анализ выполняются пофазно.

При испытаниях выключателей с заземленным баком необходимо предварительно провести испытание его вводов (раздел 1).

Испытательное напряжение может быть выбрано 10 кВ. Если номинальное фазное значение напряжения выключателя ниже, то испытательное напряжение следует понизить до допустимого значения.

Схема подключения CA7200 к однофазному высоковольтному выключателю с заземленным баком, представлена на рисунке 5.1.

При разомкнутом выключателе будет контролироваться изоляция между вводами C_{12} и изоляция каждого из вводов относительно заземленного бака C_{1G} и C_{2G} , при замкнутом – изоляция относительно заземленного бака обоих вводов ($C_{1G} + C_{2G}$).

Перечень испытаний высоковольтного выключателя с заземленным баком, которые позволяет выполнить CA7200, представлен в таблице 5.1. На рисунке 5.1 показана схема подключения 1

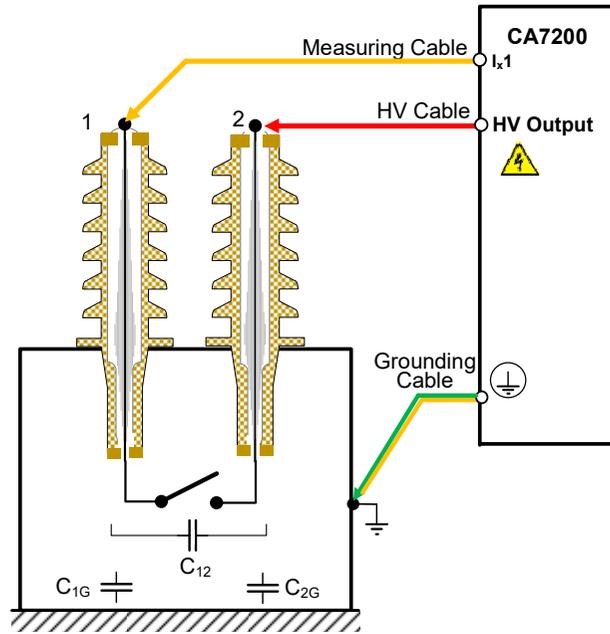


Рисунок 5.1. Испытание выключателя с заземленным баком

Таблица 5.1

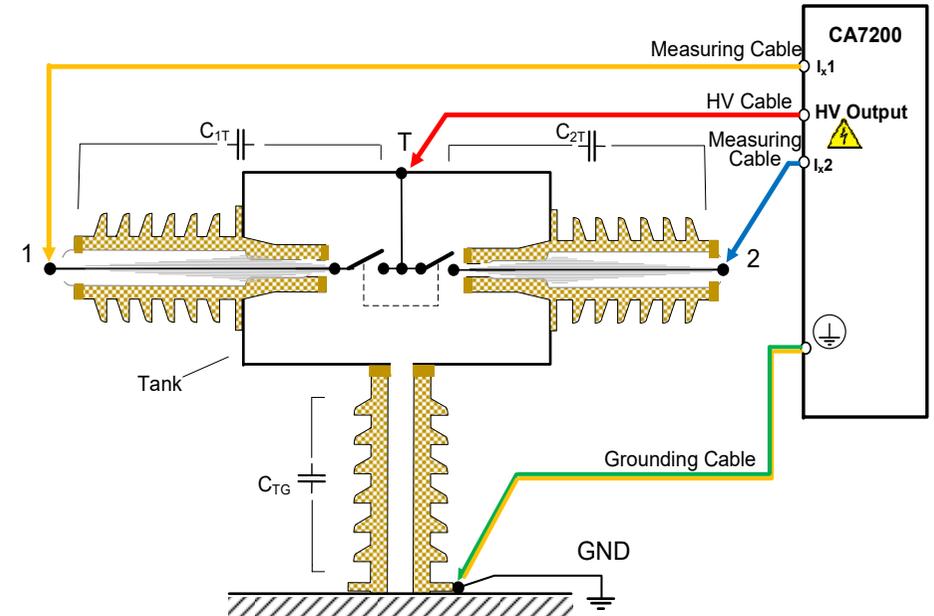
№ испытания	Состояние контакта	Объекты измерения	Схема подключения	Разъемы CA7200				Схема измерения
				Ix1	Ix2	HV Output	⊕	
				подключены к следующим выводам выключателя:				
1		C ₁₂	1	1	2	Бак	UST-1	
2		C _{2G}	2	-	1			
3		C _{1G}	3	-	1 + 2		GSTg-12	
4		C _{1G} + C _{2G}	3	-	1 + 2			

Примечание. Избыточность полученных результатов позволяет провести контроль правильности выполненных измерений. Необходимо убедиться, что выполняются равенства:
 $C_2 + C_3 = C_4$,
 где C_n – значение емкости, полученное при испытании № n.

5.2 Испытания выключателей, баки которых находятся под напряжением (Live Tank Breaker)

Выключатели, баки которых находятся под напряжением (Live Tank Breaker), как правило, применяются в цепях высокого и сверхвысокого напряжения, поэтому в качестве испытательного напряжения в условиях эксплуатации для них берется 10 кВ. Однако, при анализе причины получения некорректных результатов, иногда полезно выполнить испытания при различных испытательных напряжениях для выяснения линейности полученных результатов. В этом случае, испытательное напряжение можно повысить до 12 кВ.

Схема подключения CA7200 к выключателю с незаземленным корпусом, представлена на рисунке 5.2. Выключатель имеет два размыкателя, корпус выключателя размещается на изоляторе.



C_{1T} – емкость между выводом 1 и баком Т выключателя;
 C_{2T} – емкость между выводом 2 и баком Т выключателя;
 C_{TG} – емкость между баком Т землей GND.

Рисунок 5.2. Испытание выключателя, бак которого находится под напряжением

Перечень испытаний высоковольтного выключателя, бак которого

находится под напряжением, которые позволяет выполнить CA7200, представлен в таблице 5.2. Все измерения должны выполняться при разомкнутом состоянии выключателя.

Таблица 5.2

№ испытания	Объекты измерения	Схема подключения	Разъемы CA7200				Схема измерения
			Ix1	Ix2	HV Output		
			подключены к следующим контактам выключателя:				
1	C _{1T}	1	1	2	T	GND	UST-1
2	C _{2T}						UST-2
3	C _{1T} + C _{2T}						UST-12
4	C _{TG}						GSTg-12

Примечание. Избыточность полученных результатов позволяет провести контроль правильности выполненных измерений. Необходимо убедиться, что выполняются равенства:
 $C_1 + C_2 = C_3$,
 где C_n – значение емкости, полученное при испытании № n.

5.3 Оценка результатов испытания высоковольтных выключателей

При выполнении каждого измерения определяются емкость, $\text{tg } \delta$ (DF), сила тока и активные потери. Для некоторых выключателей $\text{tg } \delta$ (DF) корректируется по температуре, при этом используются данные завода-изготовителя.

Высокие значения активных потерь и $\text{tg } \delta$ (DF) свидетельствуют, в основном, об ухудшении или загрязнении изоляции выравнивающих конденсаторов. Потери также могут быть вызваны поверхностными утечками (внешними или внутренними) вводов. Повышенная емкость может свидетельствовать о коротком замыкании секций выравнивающих конденсаторов. Высокие потери, полученные при испытаниях колонок изоляторов, свидетельствуют о возможных поверхностных утечках (внешних или внутренних) по колонке или из-за увлажнения внутренних трубопроводов и тяг.

6 ИСПЫТАНИЯ РАЗРЯДНИКОВ

Разрядник — электрическое устройство, предназначенное для ограничения перенапряжений в электротехнических установках и электрических сетях. В отличие от выключателей, разрядники не являются коммутационной аппаратурой и предназначены для защиты линии и оборудования от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Например, при грозовых разрядах напряжение достигает 10^7 В, что может вывести из строя любую электроустановку.

Разрядник представляет собой устройство одним выводом присоединенное к линии, а другим – к земле. Сопротивление разрядника меняется в зависимости от уровня приложенного к нему напряжения. При рабочем напряжении его сопротивление большое и разрядник является изолятором. При увеличении напряжения выше допустимого в разряднике происходит пробой, он становится проводником, по которому электрический разряд от проводов линии уходит в землю. При уменьшении напряжения до нормального, разрядник опять становится изолятором.

Измерение $\text{tg } \delta$ (DF) является эффективным методом оценки целостности разрядника и обнаружения потенциальной опасности его отказа. Поверхность разрядника при испытании должна быть сухой и чистой для исключения поверхностных утечек, искажающих результат.

Некоторые типы разрядников характеризуются значительной температурной зависимостью, в то время как другие обладают достаточной стабильностью, поэтому необходимость температурной коррекции результатов испытаний следует решать с учетом типа разрядника. Рекомендуется проводить испытания разрядника при той же температуре, при которой проводились контрольные измерения.

Испытательное напряжение при испытании разрядника выбирается ниже напряжения пробоя, указанного в его паспорте.

Испытательное напряжение при испытании разрядника должно быть таким же, как и при контрольных измерениях. Обычно испытательное напряжение составляет 10 кВ.

На рисунке 6.1 показана схема подключения CA7200 к разряднику, состоящему из четырех последовательно соединенных секций. Перечень испытаний разрядника, которые позволяет выполнить CA7200, представлен в таблице 6.1

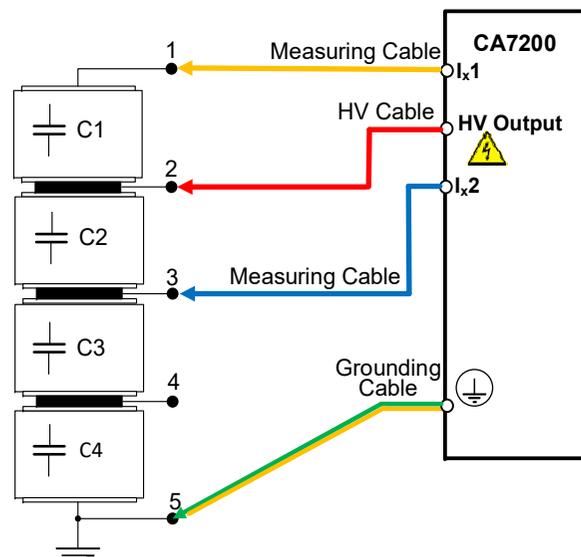


Рисунок 6.1. Испытание разрядника (схема подключения 1)

Таблица 6.1

№ испытания	Объекты измерения	Схема подключения	Разъемы CA7200				Схема измерения
			Ix1	Ix2	HV Output	⊕	
			подключены к следующим контактам разрядника:				
1	C1	1	1	3	2	5	UST-1
2	C2						
3	C3	2	-		4		UST-2
4	C4						

Полученные результаты измерения сравниваются с данными производителя, с результатами аналогичных испытаний выполненных в тех же условиях.

Слишком высокое значение $\text{tg } \delta$ (DF) может свидетельствовать о наличии загрязнений на внешних или внутренних поверхностях фарфорового корпуса, появлении ржавчины на вводах или в трещинах корпуса. Слишком низкое – о дефекте шунтирующих резисторов.

