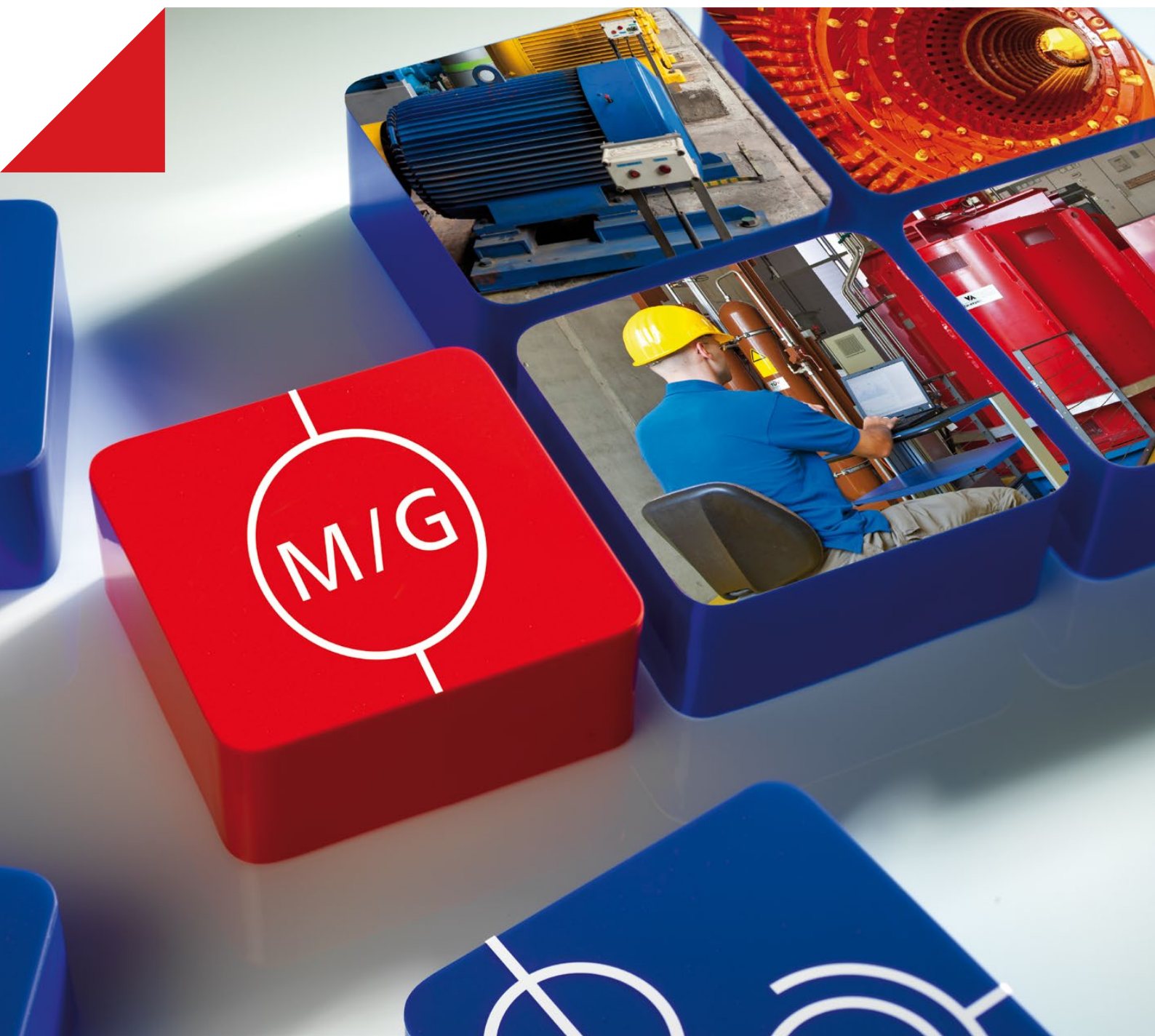


# Диагностические испытания и мониторинг вращающихся машин



# Регулярный сбор данных о состоянии машины обеспечивает ее надежное функционирование

## Снижение риска отказа вращающихся машин

Электрические вращающиеся машины, такие как двигатели и генераторы, являются очень важной составляющей производства электроэнергии и ее промышленного применения. Поэтому к их надежности и доступности выдвигаются высокие требования. Преждевременные отказы из-за неожиданного отключения и возможного повреждения самого оборудования могут привести к ощутимым финансовым издержкам. Чтобы техническое обслуживание было эффективным, необходимо точно оценивать состояние машин для их своевременного ремонта или замены деталей.

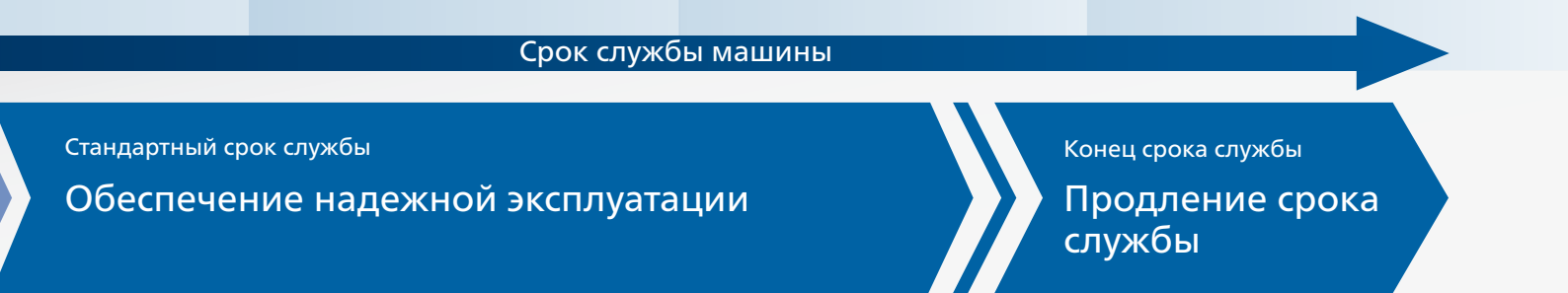


Различные электрические испытания могут проводиться в течение всего срока службы вращающихся машин для повышения их надежности, предотвращения преждевременных отказов и увеличения срока эксплуатации. В результате диагностических испытаний, выполняемых на отключенном оборудовании, определяют текущее состояние машины и возможные дефекты. Временный и постоянный мониторинг на работающем оборудовании обеспечивает непрерывный процесс оценки состояния при нормальных эксплуатационных условиях.

### Испытания и промежуточные ремонты предназначены для обеспечения надежности работы машины и увеличения срока ее службы

- > Регулярные или постоянные оценки состояния с использованием различных методов электрических испытаний
- > Изменение положения нейтрали звезды на противоположное
- > Частичная перемотка изношенных частей
- > Замена поврежденных компонентов

Срок службы машины



Стандартный срок службы

Обеспечение надежной эксплуатации

Конец срока службы

Продление срока службы

# Части вращающихся машин и рекомендованные электрические испытания

## Обнаружение повреждений во избежание отказов

С помощью электрических испытаний можно получить исчерпывающую информацию о состоянии двигателя или генератора. В основном, электрические испытания выполняются после завершения производства машины, ее установки на объекте или во время периодических проверок технического состояния.

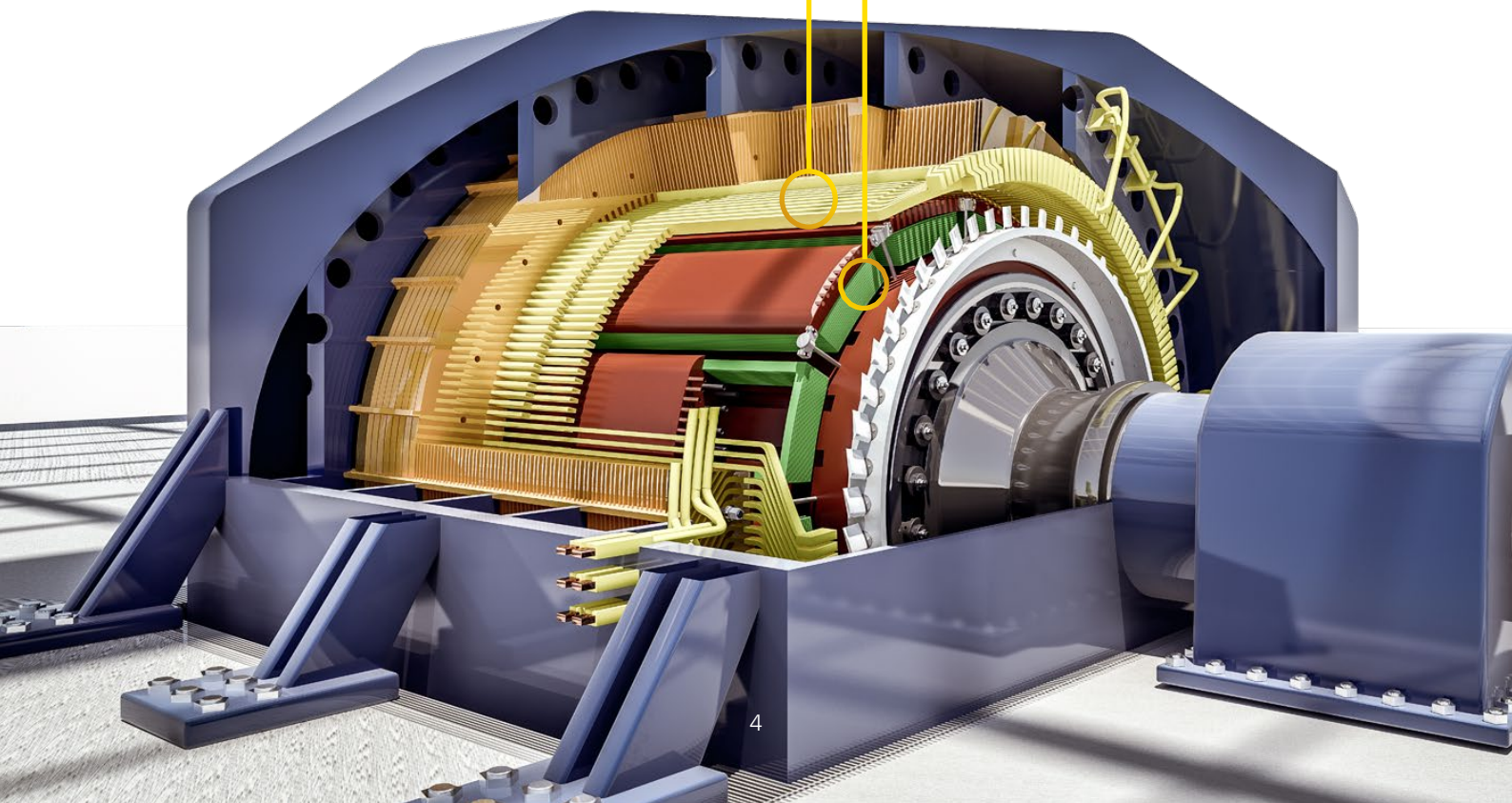
Электрические испытания, перечисленные здесь, являются методами диагностики, которые обеспечивают достоверный анализ состояния изоляции и других компонентов во вращающихся машин.

Результаты таких измерений позволяют планировать сроки выполнения технического обслуживания компонентов машины.

Испытуемая часть машины

Обмотка статора

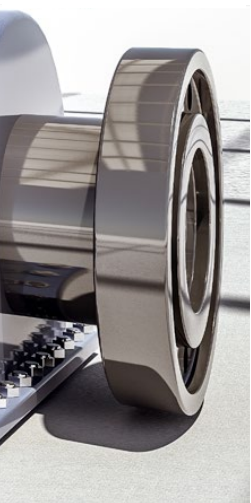
Обмотка ротора



Что проверяется	Рекомендуемые испытания									
Частичные разряды (ЧР)	■	■	■							
Загрязнение	■	■	■		■					■
Деградация изоляции	■	■	■		■					■
Электрическая прочность изоляции					■					
Целостность изоляции					■	■				■
Проблемы с подключением							■			
Внутривитковые повреждения										■
Внутривитковые повреждения									■	■
Повышенное сопротивление контактов								■		

Измерения ёмкости коэффициента диэлектрических потерь ( $\tan \delta$ )/ коэффициента мощности
Измерение частичных разрядов (ЧР)
Мониторинг ЧР на работающем оборудовании
Испытание на электрическую прочность изоляции
Измерения сопротивления изоляции, индекса поляризации и коэффициента абсорбции
Измерения сопротивления постоянному току
Измерение падения напряжения контактов
Анализ напряжения на полюсах
Анализ частотного отклика
Анализ диэлектрического отклика



## Рекомендуемые инструменты диагностики

Стандартные методы диагностики вращающихся машин реализованы в предлагаемых нами системах испытаний и мониторинга. Эти решения позволяют выполнять тщательный анализ состояния электрических машин для быстрого выявления потенциальных проблем и риска отказа.

Электрические испытания	CPC 100	+ CP TD15 + CP CR600	TANDO 700
Измерения ёмкости, коэффициента диэлектрических потерь ( $\tan \delta$ ) / коэффициента мощности	■ <sup>2</sup>	■ <sup>2</sup>	■
Измерение частичных разрядов (ЧР)	■ <sup>1, 2</sup>	■ <sup>1, 2</sup>	
Мониторинг ЧР на работающем оборудовании			
Испытание на электрическую прочность изоляции	■ <sup>1, 2</sup>	■ <sup>1, 2</sup>	
Измерения сопротивления изоляции, индекса поляризации и коэффициента абсорбции			
Измерения сопротивления постоянному току	■		
Измерение сопротивления контактов	■		
Измерение падения напряжения на полюсах	■		
Анализ частотного отклика			
Анализ диэлектрического отклика			

<sup>1</sup> Выступает источником высокого напряжения

<sup>2</sup> Также возможно с CPC 80 с CP TD12/15

Универсальная испытательная установка для электрической диагностики высоковольтного оборудования



Диэлектрическое испытательное устройство с компенсирующим реактором



Высокоточные измерения ёмкости и коэффициента диэлектрических потерь / коэффициента мощности в лабораторных условиях



MPD 800	MONTESTO 200	MONGEMO	DIRANA	FRANEO 800
■	■	■		
	■	■		
			■	
				■
			■	


Универсальная система измерения и анализа частичных разрядов (ЧР)




Портативная система для измерения и мониторинга частичных разрядов



Стационарная система для непрерывного мониторинга ЧР на генераторах и двигателях при работающем оборудовании



Компактная установка для анализа диэлектрического отклика на высоковольтном оборудовании



Анализатор частотного отклика обмоток



# Измерения ёмкости, коэффициента диэлектрических потерь ( $\tan \delta$ ) / коэффициента мощности

## Объект испытаний

- ✓ Обмотка статора
- Обмотка ротора

## Зачем нужны измерения?

По результатам измерений ёмкости (С) и коэффициента диэлектрических потерь ( $DF/\tan \delta$ ) / мощности (PF) можно обнаружить неисправности, влияющие на состояние изоляции машины. Исправная изоляция является важным условием безопасной эксплуатации.

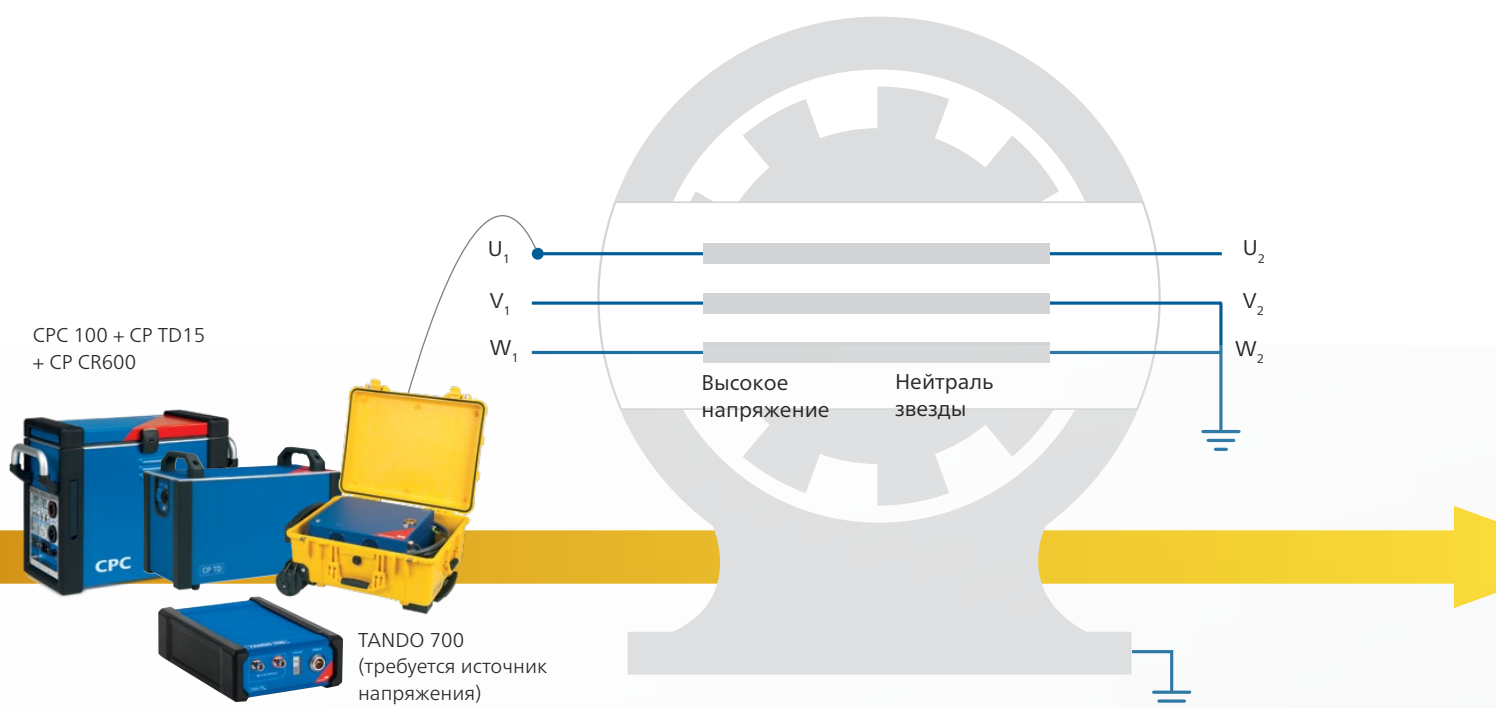
Изменения значений С и  $DF/PF$  на протяжении некоторого периода часто свидетельствуют о частичных разрядах (ЧР) или повреждениях изоляции. Данные тенденций помогают определить скорость износа изоляции и наличие критических изменений для дальнейшего изучения.

## Как это работает?

Измерительный прибор вместе с источником высокого напряжения подключают к клеммам машины для измерений или фаза-на-землю или, если нейтраль звезды недоступна, комбинированного трёхфазного измерения. Также можно выполнить межфазные измерения для определения ёмкости концевой обмотки.

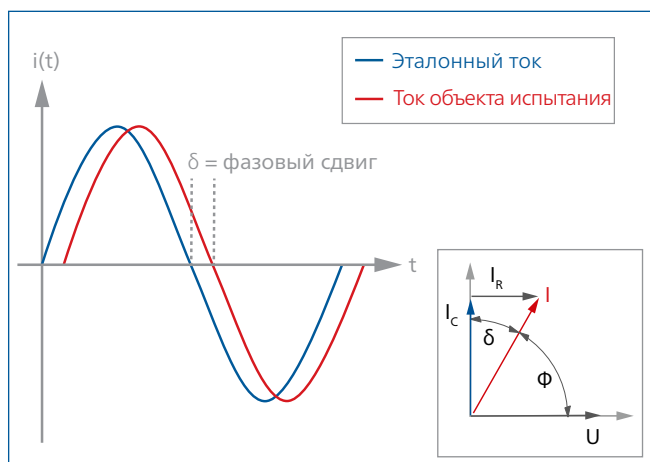
Обычно значения  $DF/PF$  измеряются в конкретном диапазоне напряжения ( $U/U_{ном}$ ) при испытаниях повышенным напряжением. Стандартное значение напряжения при запуске и шаг увеличения составляет 0,2  $U_{ном}$ . Также можно выбрать другие шаги и начальные значения, например 0,1  $U_{ном}$ . Полученные результаты сравнивают пофазно или с результатами предыдущих измерений.

Измерения С и  $DF/PF$  предписываются международными стандартами, такими как IEEE 286-2000 и IEC 60034-27-3.

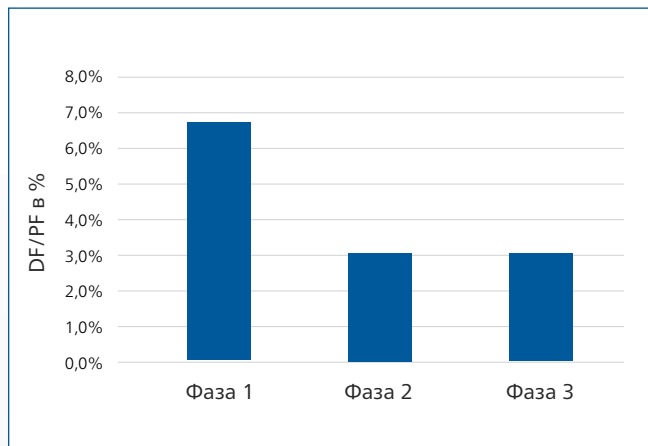


## Полезная информация

- > Постепенное увеличение значений DF/PF при повышении напряжения может свидетельствовать о растущей активности ЧР. Рекомендуется выполнить измерение ЧР для определения типа и локализации дефекта.
- > OMICRON рекомендует выполнить испытание при повышении и понижении напряжения для получения сведений об активности ЧР (напряжение возникновения и гашения).
- > Значения DF/PF можно сравнить с данными производителя или с результатами предыдущих испытаний для определения изменений состояния изоляции
- > Визуальный осмотр также может помочь определить наличие повреждений в результате дефектов.



Потери в диэлектрике вызывают фазовый сдвиг.



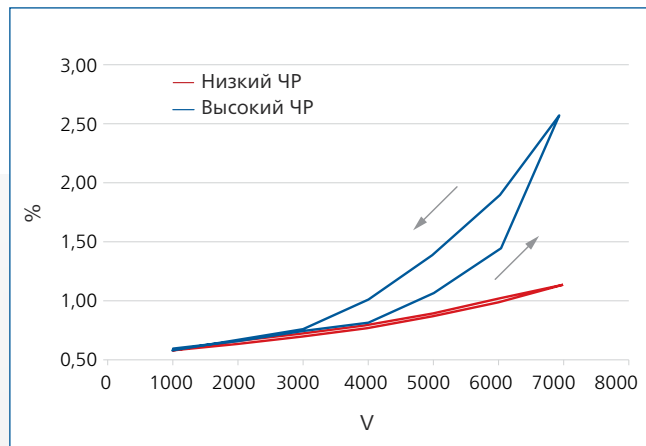
DF/PF с повреждением фазы 1 по сравнению с положительными результатами фаз 2 и 3.

## Почему CPC 100 + CP TD15 + CP CR600?

- > Портативный источник высокого напряжения (до 15 кВ и 6 А) с возможностью измерения C и DF/PF
- > Резонансный контур (CP CR600 и испытательная емкость) для испытания при номинальной частоте
- > Быстрое выполнение измерений благодаря автоматизированным процедурам испытаний и предоставления отчетов
- > Подробный анализ благодаря автоматической развертке по напряжению и частоте

## Почему TANDO 700?

- > Высокоточные измерения в лабораторных условиях
- > Максимальная безопасность благодаря полноценной электрической изоляции между устройствами сбора данных и блоком управления
- > Измерение заземленных и незаземленных объектов испытаний также под потенциалом высокого напряжения
- > Широкий измерительный диапазон (5 мкА–1 А) и до 28 А при использовании внешних шунтов
- > Настраиваемые отчеты с доступными для выбора параметрами и трендами



Синяя линия относится к машине с высокой активностью ЧР (большой гистерезис). Красная линия представляет новую машину с низкой активностью ЧР.

# Измерение частичных разрядов

## Объект испытаний

- ✓ Обмотка статора
- Обмотка ротора

## Зачем нужны измерения?

Частичные разряды (ЧР) происходят в системе изоляции электрических машин, где напряженность электрического поля превышает электрическую прочность. Это приводит к прогрессирующей эрозии изоляционных материалов и, соответственно, к пробое.

В отличие от других диэлектрических испытаний для вращающихся машин, различия в значениях измерений ЧР позволяют четко определить уязвимые области в системе изоляции.

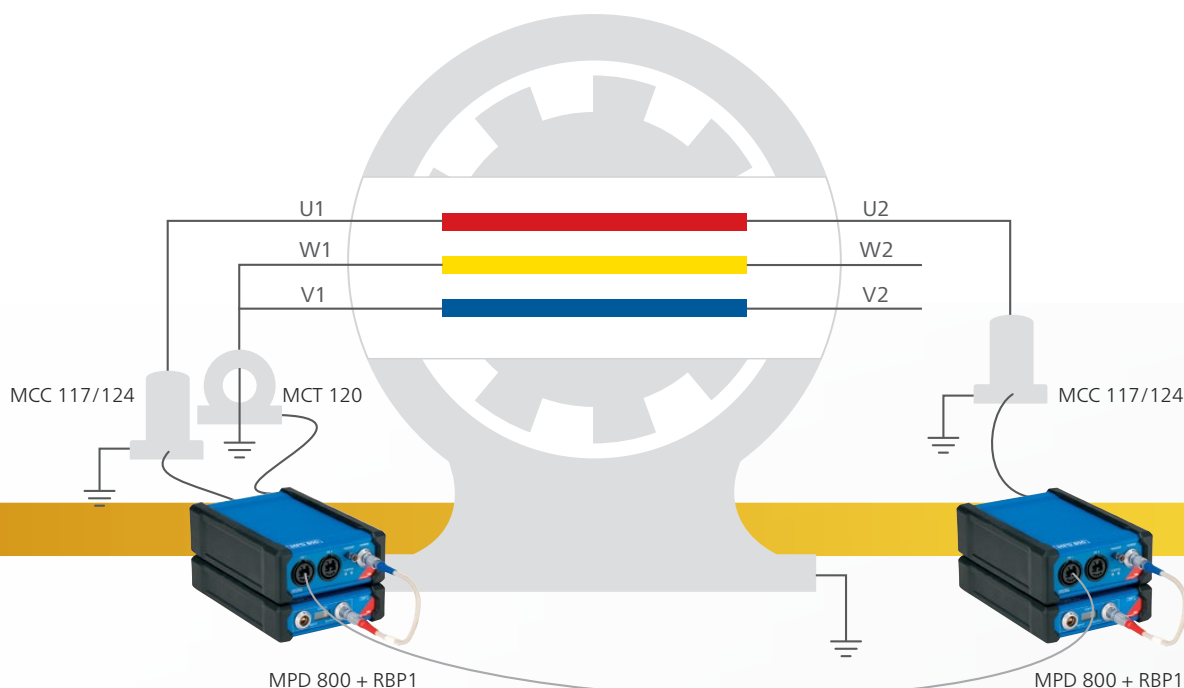
ЧР во вращающихся машинах (например, разряды в пазах или концевой обмотке) приводят к возникновению легко узнаваемых схем. Посредством анализа таких схем можно определить основные причины появления ЧР, такие как загрязнение, образование пустот, трещин, износ или общие повреждения различных компонентов изоляции.

## Как это работает?

Измерения ЧР выполняются на отключенной машине при подаче напряжения от источника высокого напряжения. Измерительное устройство ЧР подключается к конденсатору связи, который подключен к клеммам машины.

Однофазное измерение можно выполнить в зависимости от доступности нейтрали звезды. Определить активность ЧР в конкретной фазе при трехфазном измерении позволяет метод разделения источников. Выполнение нескольких измерений на протяжении некоторого периода позволяет выполнить построение тенденций состояния изоляции, что является наиболее действенным способом обнаружения повреждений на ранней стадии.

Существует ряд соответствующих международных стандартов, которые определяют процедуру выполнения измерений ЧР на вращающихся машинах, например стандарт IEC 60034-27.



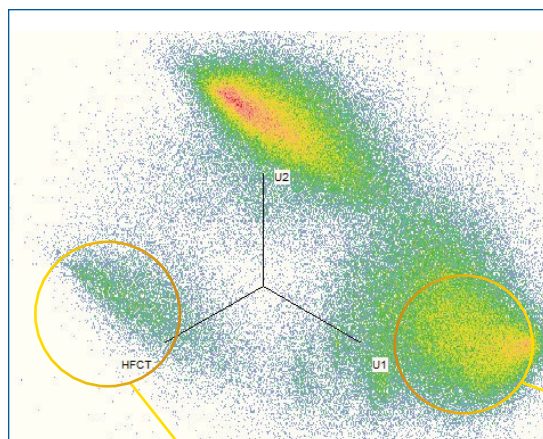
## Полезная информация

- > Комбинированное измерение в нейтрали звезды (если доступно) и на клеммах позволяет выполнить более детальный анализ.
- > Применение фильтра низкой частоты обеспечивают более широкое покрытие обмотки.
- > Цифровые системы частотно-избирательных измерений ЧР обеспечивают эффективное подавление шума и предоставляют расширенные возможности диагностики.
- > Усовершенствованные средства диагностики, такие как ЗРАД (трехфазная диаграмма зависимости амплитуд) и ЗФРЕК (синхронные многочастотные измерения), используются для разделения источников шума и нескольких источников ЧР для обеспечения более надежной интерпретации.
- > OMICRON рекомендует использовать высокочастотный трансформатор тока (ВЧТТ) в заземленных, не измеряемых фазах для измерения перекрестных сигналов и использования опции ЗРАД.

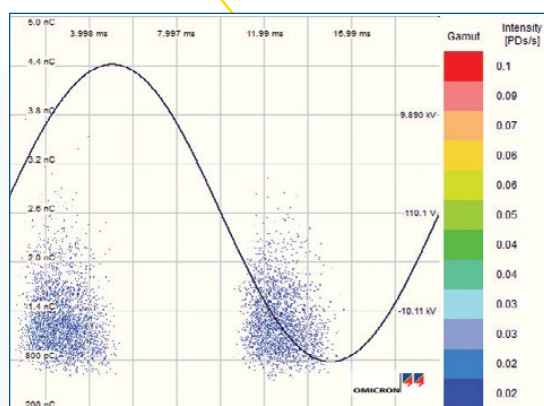
## Почему MPD 800?

- > Измерения частичного разряда на обмотках статора в соответствии со стандартом IEC.
- > Гальваническая изоляция с помощью волоконно-оптических кабелей обеспечивает безопасную эксплуатацию.
- > Синхронные многоканальные измерения и стробирование ЧР.
- > Запись и воспроизведение наборов данных ЧР для последующего анализа.
- > Усовершенствованные методы подавления шумов и разделения нескольких источников для надежного обнаружения ЧР.
- > Настраиваемое программное обеспечение позволяет выбирать только необходимые инструменты анализа ЧР.

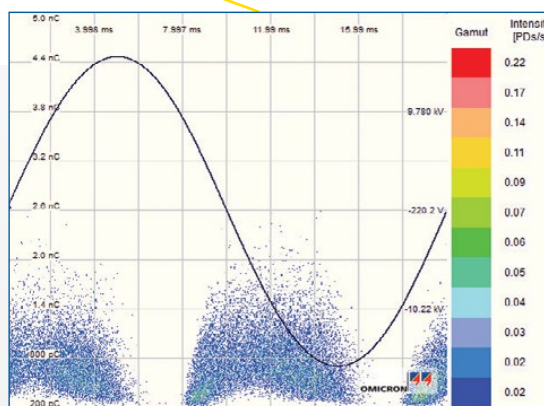
## Разделение источников с помощью ЗРАД



ЗРАД



Источник ЧР 1



Источник ЧР 2

# Онлайн мониторинг частичных разрядов

## Объект испытаний

- ✓ Обмотка статора
- Обмотка ротора

## Зачем нужны измерения?

В отличие от плановых диагностических испытаний, выполняемых на отключенном оборудовании, мониторинг частичных разрядов (ЧР) на работающем оборудовании предоставляет менеджерам объектов актуальную информацию о состоянии изоляции во время эксплуатации двигателей и генераторов, а также под влиянием процессов износа.

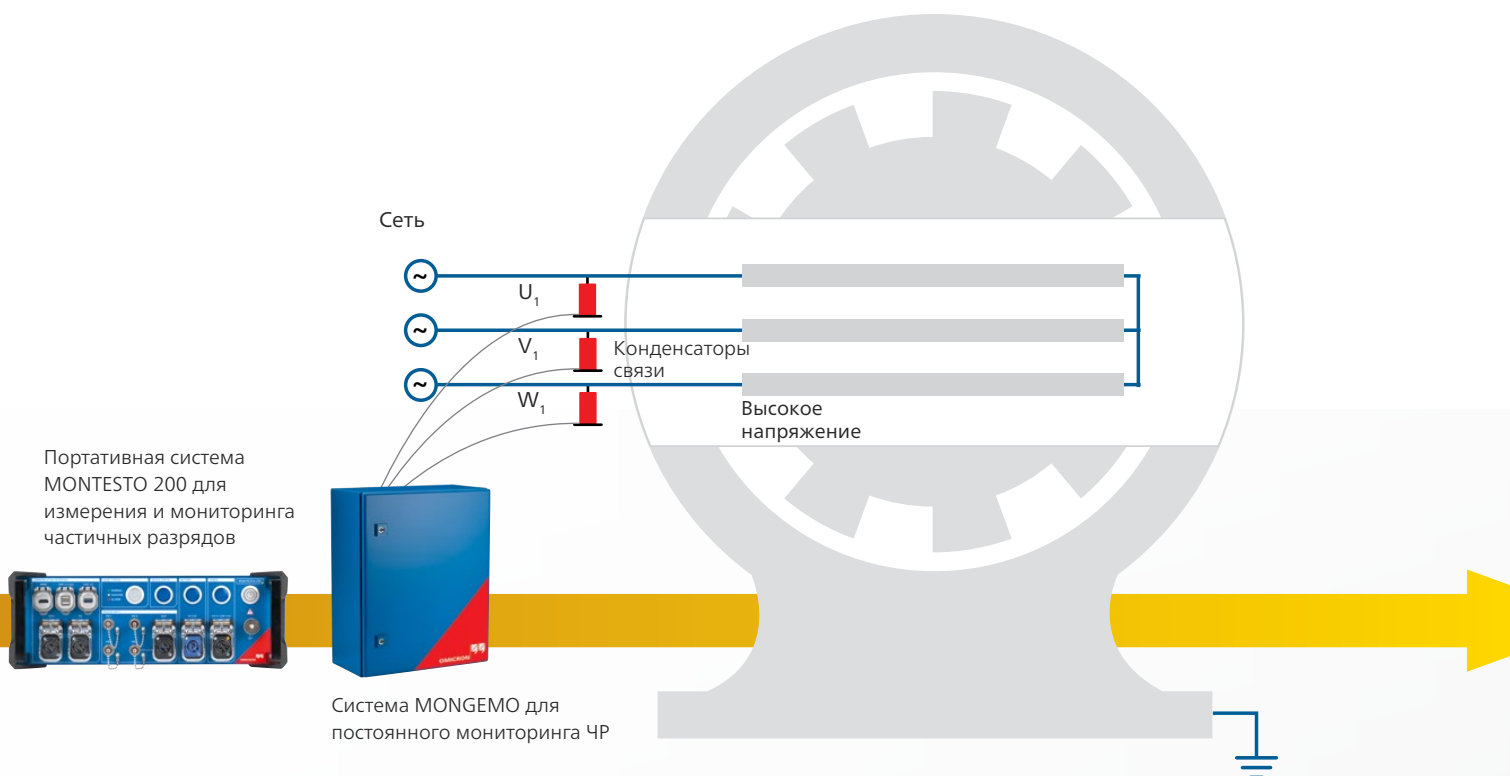
Временный мониторинг ЧР применяется для периодического наблюдения изменений активности ЧР, а постоянный мониторинг ЧР обеспечивает непрерывный анализ активности ЧР в течение всего срока службы машины. На основании собранных данных операторы машин принимают решение о необходимости и времени планирования простоя и выполнения техобслуживания.

## Как это работает?

Конденсаторы связи подключаются к каждой фазе при остановленной машине. Затем устройство сбора данных будет подключено к конденсаторам связи. Мобильная рабочая станция или центральный компьютер подключаются посредством оптоволоконного кабеля к устройству сбора данных для настройки и управления системой, а также для доступа к данным с помощью программного обеспечения.

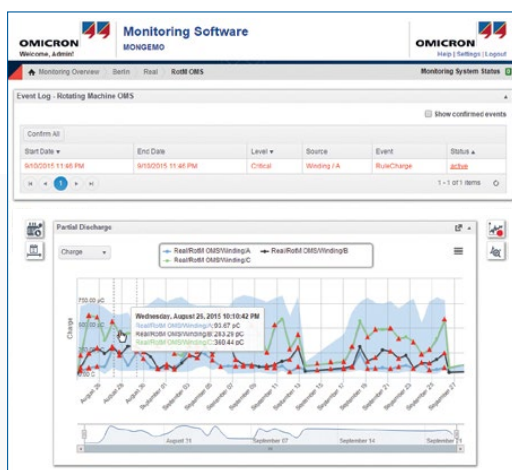
Непрерывное сравнение измеренных значений ЧР на каждой фазе выполняется с учетом предельно допустимых значений, определенных пользователем. При превышении таких предельно допустимых значений отображаются предупреждения и подаются сигналы.

IEC 60034-27-2 — это действующий международный стандарт, определяющий процедуру мониторинга ЧР на вращающихся машинах.



## Полезная информация

- > Мониторинг ЧР при работающем оборудовании не подвергает изоляцию влиянию повышенного напряжения .
- > При частом выполнении испытаний и мониторинга ЧР рекомендуется установить конденсаторы связи на постоянной основе во избежание постоянного отключения машины. Использование клеммной коробки обеспечивает удобное подключение к устройствам сбора данных.
- > Усовершенствованные средства диагностики, такие как ZPARD (трехфазная диаграмма зависимости амплитуд), используются для разделения источников шума и нескольких источников ЧР для обеспечения надежной интерпретации.
- > При использовании на устаревших машинах с повышенными уровнями ЧР рекомендуется использовать систему непрерывного мониторинга для постоянного наблюдения за состоянием изоляции.



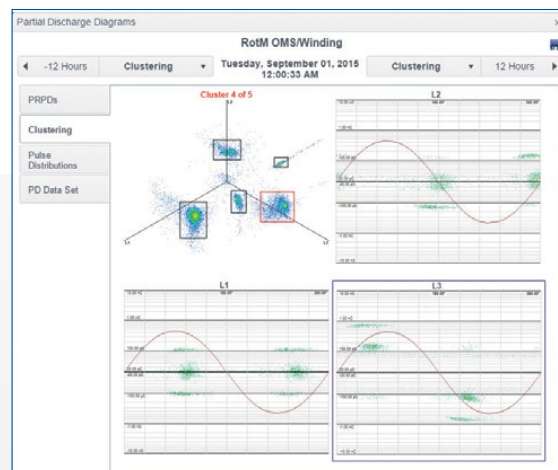
Текущие и архивные данные о ЧР отображаются для каждой фазы.

## Почему MONTSTO 200?

- > Система «2 в 1» для измерения и кратковременного мониторинга ЧР на работающем оборудовании
- > Удобство в транспортировке благодаря легкости и компактности
- > Обеспечена возможность применения как в помещении, так и вне его
- > Встроенный компьютер для постоянного сбора и архивирования данных на месте эксплуатации
- > Веб-интерфейс для удобного удаленного доступа к данным
- > Автоматизированные функции программного обеспечения для быстрого анализа и создания отчетов

## Почему MONGEMO?

- > Портативная система постоянного мониторинга ЧР при работающем оборудовании для долгосрочного использования на одной или нескольких машинах
- > Многоканальный одновременный сбор данных для комплексной оценки активности ЧР
- > Передовая система подавления шума и автоматизированного разделения кластеров ЧР упрощает анализ результатов измерений
- > Запись и сохранение необработанных данных за указанные периоды времени с целью дальнейшего подробного анализа
- > Простая интеграция с устройствами для мониторинга других производителей и SCADA-системами



Усовершенствованные методы разделения шумов и нескольких источников ЧР для надежного и удобного анализа и обнаружения дефектов.

# Испытание на электрическую прочность изоляции

## Объект испытаний

- ✓ Обмотка статора
- Обмотка ротора

## Зачем нужны измерения?

Для обеспечения стабильной работы системы испытание на электрическую прочность изоляции может применяться для выявления отдельных уязвимых областей в изоляции двигателей и генераторов.

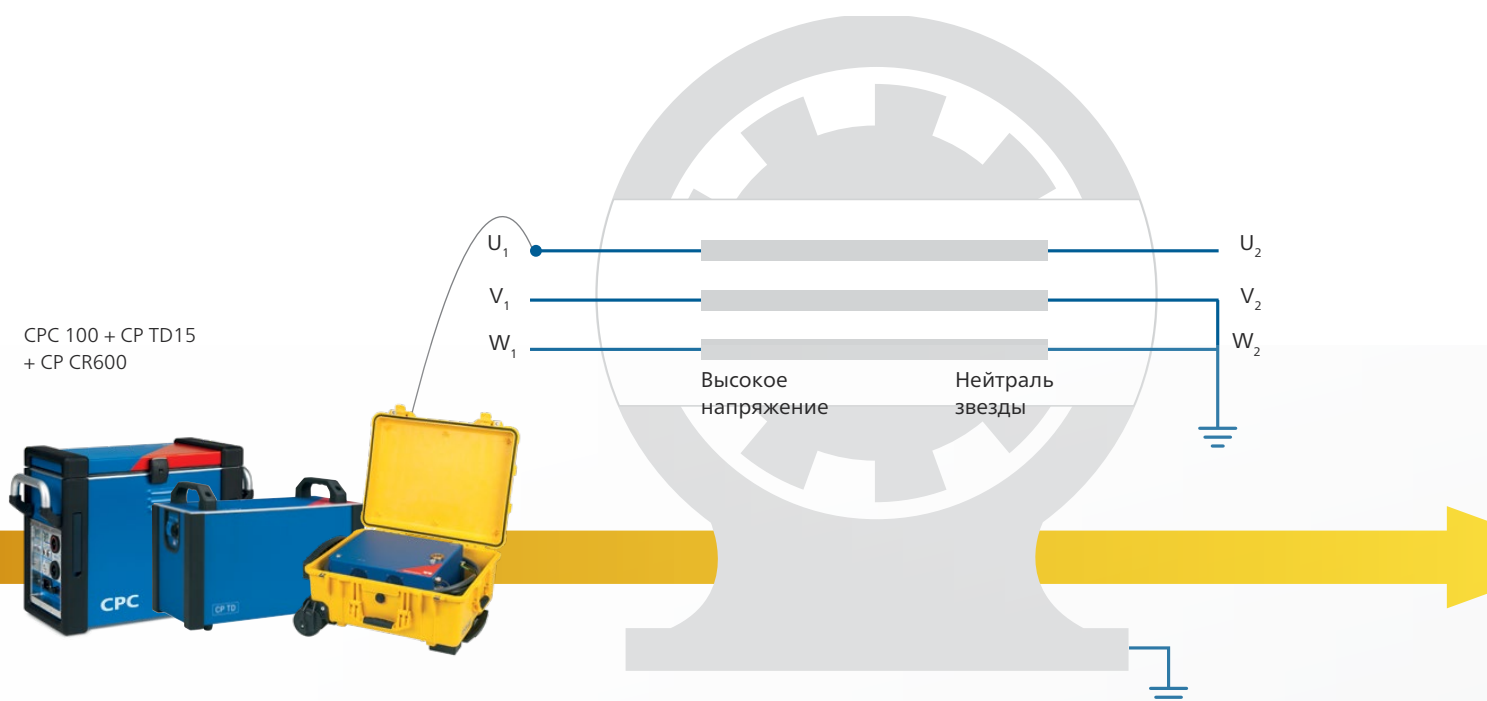
Испытание на электрическую прочность является выбраковочным. Естественная прочность исправной изоляции значительно превышает стандартное значение контрольного испытания. Отказ во время испытания указывает на то, что состояние изоляции является ненадлежащим для использования.

## Как это работает?

К обмоткам подключается источник переменного тока, а затем на них подается напряжение выше номинального с линейным шаговым или плавным повышением.

Если изоляция обмотки выдержала определенный уровень перенапряжения без пробоя, испытание считается пройденным.

Процедура испытания электрической прочности описана в стандарте IEC 60034-1. Испытание может быть выполнено только на новых машинах с полным испытательным напряжением в соответствии со стандартом. Для эксплуатируемых машин испытание выполняется при сниженных уровнях напряжения.



## Полезная информация

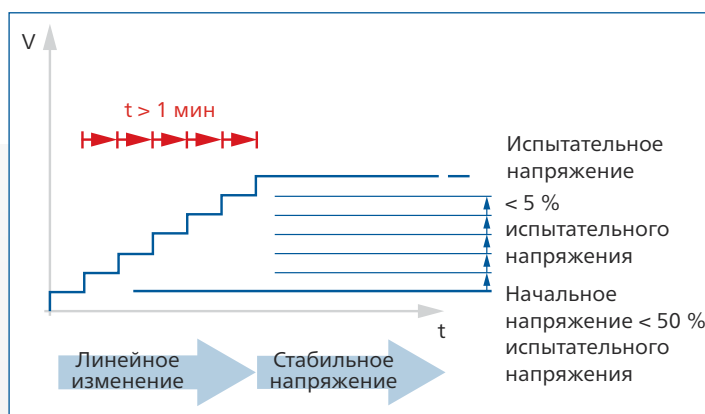
- > В случае отсутствия подходящего источника переменного тока для испытания при номинальной частоте может быть использован источник постоянного тока. В таком случае значение амплитуды напряжения постоянного тока выше среднеквадратичного значения постоянного тока согласно действующему стандарту.
- > Распределение потенциалов в лобовой части обмотки и механизме пробоя отличается в случае применения высокого напряжения постоянного тока вместо переменного.
- > Автоматический источник высокого напряжения (т. е. с автоматически изменяющимся напряжением) может использоваться для линейного увеличения приложенного напряжения от нуля до некоторого максимального значения с постоянной скоростью изменения от 1 до 2 кВ в минуту.
- > Изначально рекомендуется выполнить проверку индекса поляризации (PI) с целью обнаружения наличия существенных путей утечки.

## Почему CPC 100 + CP TD15 + CP CR600?

- > Подробный анализ благодаря автоматическому изменению напряжения и частоты
- > Максимальное испытательное напряжение составляет 15 кВ
- > Быстрое выполнение измерений благодаря автоматизированным процедурами испытаний и предоставления отчетов
- > Модульная и мобильная система — масса самого тяжелого блока составляет 48 кг
- > Портативный источник высокого напряжения для испытаний при номинальной частоте



Напряжение увеличивается линейно или с шагом до необходимого испытательного напряжения, значение которого сохраняется в течение не менее одной минуты.



Если напряжение увеличивается шагово, стандарт IEC рекомендует величину шага менее 5% значения испытательного напряжения.

# Измерения сопротивления изоляции, индекса поляризации и ко

## Объект испытаний

- ✓ Обмотка статора
- Обмотка ротора

## Зачем нужны измерения?

Измерения сопротивления изоляции (IR), индекса поляризации (PI) и коэффициента абсорбции (DAR) позволяют выявить наличие загрязнений в обмотках вращающейся машины и ухудшение свойств изоляции. Кроме того, они дают возможность оценить целостность изоляции и содержание влаги в обмотках статора, которое может повыситься вследствие длительного перерыва в работе оборудования.

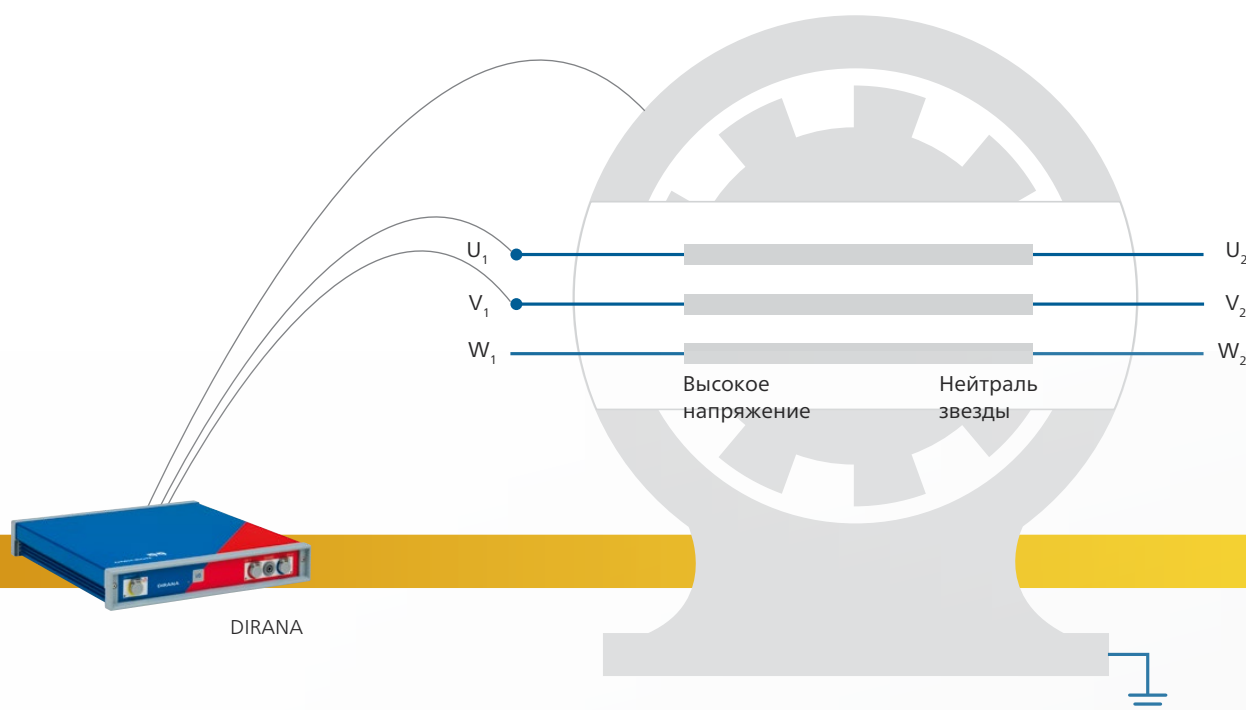
## Как это работает?

Для измерения сопротивления между медным проводником и землёй прикладывается постоянное напряжение.

Для определения коэффициента PI необходимо выполнять измерение коэффициента IR в течение 10 минут. PI является отношением значения величины IR, измеренной после 10 минут, к значению величины IR, измеренной через 1 минуту. DAR также представляет собой соотношение двух значений электрической прочности, измеренных через некоторое время. Часто используются значения, измеренные при 60 и 30 секундах.

Уменьшение значений IR и PI (или DAR) по сравнению с другими фазами или предыдущими испытаниями свидетельствует об ухудшении свойств высоковольтной изоляции.

Стандарт IEEE 43-2000 определяет процедуру выполнения таких измерений и устанавливает пределы для оценки результатов.



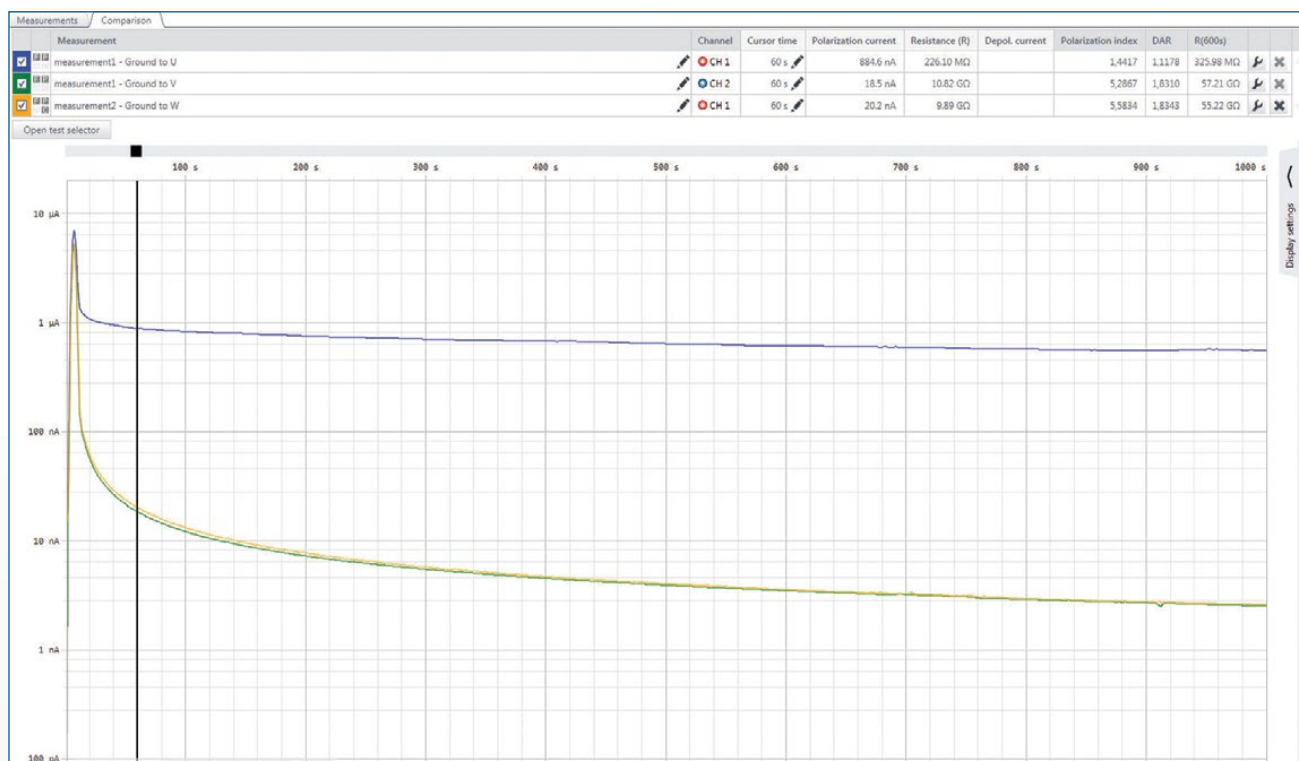
# эffициента абсорбции

## Полезная информация

- > Этот интегрированный процесс измерений дает общее представление о состоянии изоляции машины, но не является альтернативой высоковольтным измерениям на переменном напряжении (т. е. C, DF/PF или ЧР).
- > Предварительная поляризация, возникшая в результате предыдущих измерений значений IR и PI, может влиять на результаты. Для предотвращения такой ситуации убедитесь в надлежащей продолжительности временного интервала (не меньше, чем продолжительность самого измерения) до выполнения следующих измерений.
- > В процессе измерения диэлектрического отклика также будут определены значения IR, PI и DAR.

## Почему DIRANA?

- > Автоматическое измерение диэлектрического отклика, сопротивления изоляции и индекса поляризации
- > Одновременные измерения на двух фазах
- > Схемы соединений помогают определить оптимальные конфигурации измерений, а также правильные сценарии измерения
- > Проверка предварительной поляризации обеспечивает надежность процесса измерений
- > Высокая точность и безопасность при использовании низких испытательных напряжений



Сопротивление IR с пробоем в фазе U.

# Измерения сопротивления постоянному току

## Объект испытаний

- ✓ Обмотка статора
- ✓ Обмотка ротора

## Зачем нужны измерения?

Измерения сопротивления обмотки постоянному току выполняются для обнаружения возможных дефектов соединения в обмотках статоров или роторов вращающихся электрических машин.

Проблемы с подключением могут возникать между отдельными катушками или стержнями обмотки или на межполюсных соединениях в роторе. Они формируют участки нагрева, которые при определенных условиях могут вызвать повреждение машины.

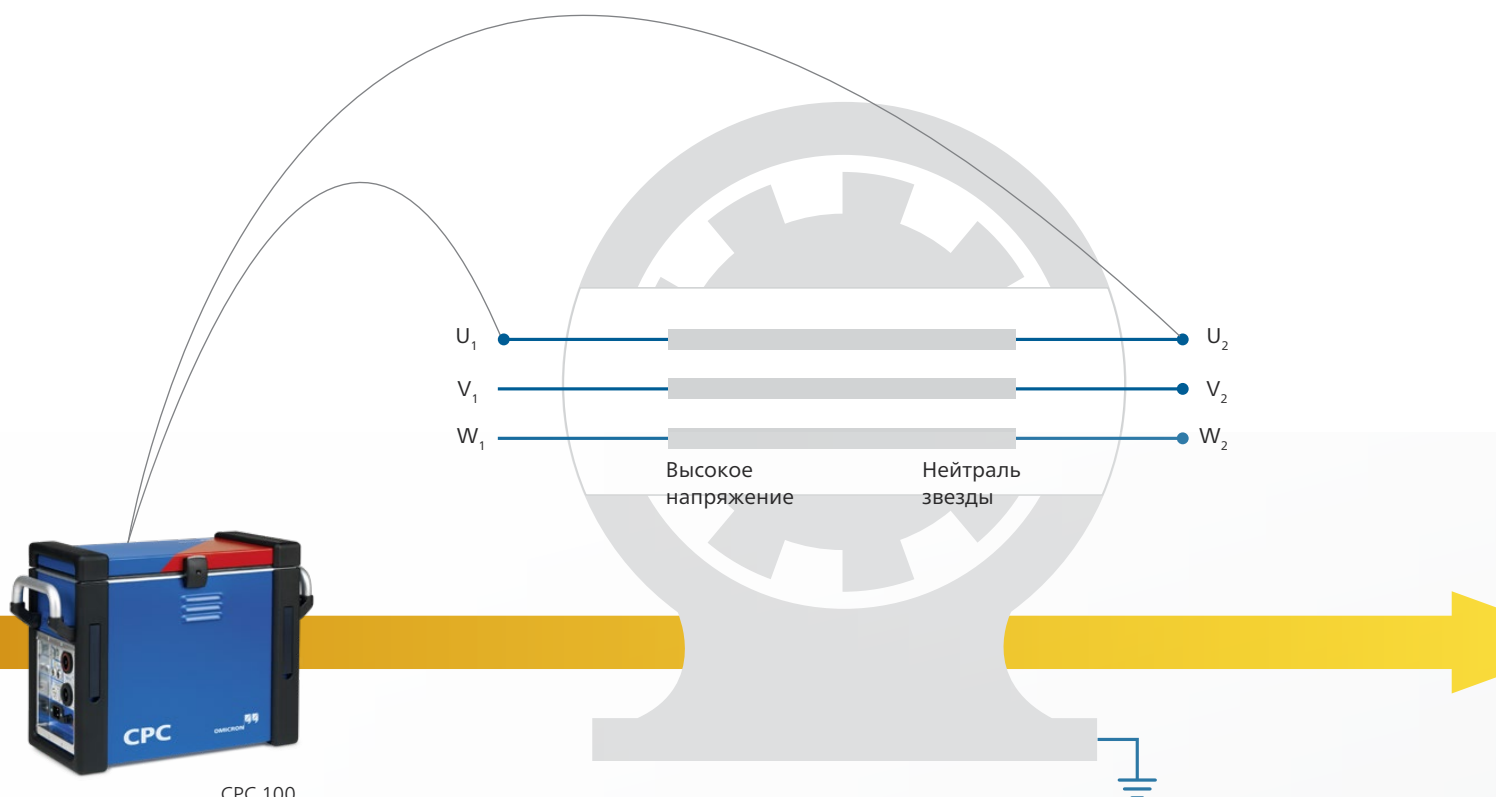
Обычно к таким повреждениям относятся недостаточно плотно примыкающие контакты, которые ослабевают в процессе эксплуатации, или неплотные соединения, а также окисленные и поврежденные поверхности на полюсных наконечниках электрической машины.

## Как это работает?

Для измерения сопротивления постоянному току измерительный прибор подключают к клеммам машины. Постоянный ток и постоянное напряжение измеряются одновременно для каждой фазы, а сопротивление рассчитывается.

Оценка результатов состоит в пофазном сравнении значений и сравнении с предыдущими измерениями. Различие между значениями свидетельствует о потенциальной проблеме с контактами.

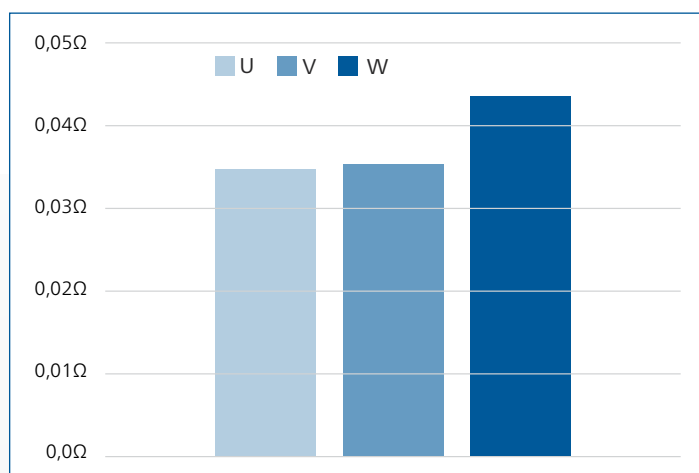
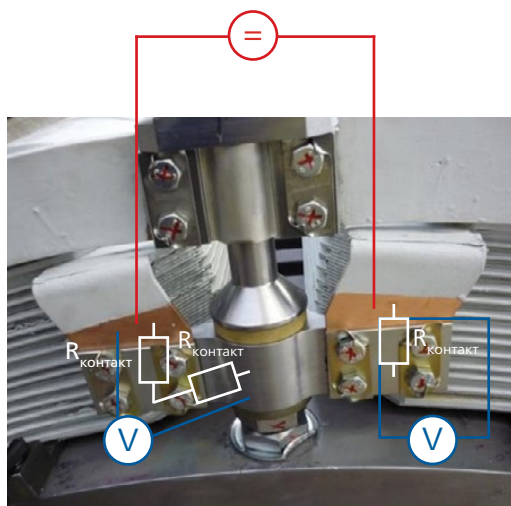
Для измерения сопротивления контактов, например на межполюсных соединениях, постоянный ток большой величины подается между контактами. В этом случае измеренное значение также будет сравниваться со значениями предыдущих измерений или с другими измерениями.



CPC 100

## Полезная информация

- > Четырехпроводная схема измерений обеспечивает получение более достоверных результатов и исключает влияние соединительных проводов.
- > Поскольку этот метод является сравнительным, то, значения сопротивления должны быть скорректированы по температуре для сравнения результатов.
- > Осмотр с применением термографической камеры может применяться для подтверждения результатов. Применение высокого тока и визуальный осмотр с помощью термографической камеры помогает определить расположение участков чрезмерного нагрева.



Измерение сопротивления обмотки на токе 100 А (фаза W с плохим контактом в месте пайки).

## Почему CPC 100?

- > Многофункциональное устройство для базовых испытаний электротехнического оборудования на вращающихся электрических машинах
- > До 400 А постоянного тока и 5 кВА для измерений сопротивления вплоть до единиц мкОм.
- > Устройство удобно для транспортировки (29 кг) и выполнения испытаний на месте эксплуатации
- > Наличие шаблонов испытаний и поддержка функции автоматического создания программ и протоколов испытаний



Ремонт повреждения в месте пайки

# Измерение падения напряжения на полюсах

## Объект испытаний

- Обмотка статора
- ✓ Обмотка ротора

## Зачем нужны измерения?

Механические нагрузки вызывают витковые повреждения (короткие замыкания) в обмотке ротора, что, в свою очередь, может нарушить магнитный баланс. При этом усиливается вибрация вала, и из-за повышенной нагрузки быстро изнашиваются подшипники.

Как и анализ частотного отклика обмоток, измерение падений напряжения на полюсах выполняется на однополюсных обмотках роторов для выявления межвитковых повреждений.

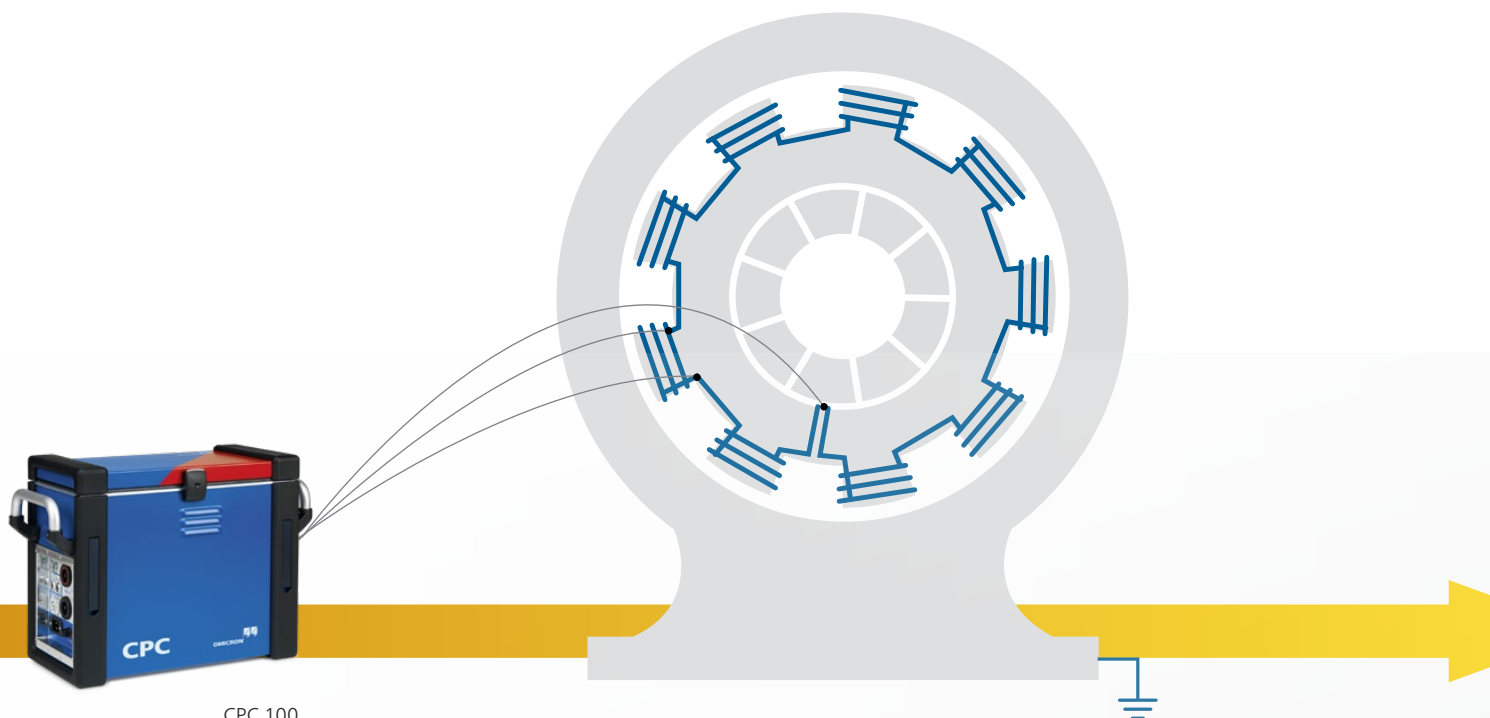
Этот простое сравнительное испытание, выполняемое во время заводских приемочных испытаний, плановых технических осмотров или при восстановлении обмоток полюсов машины.

## Как это работает?

Измерение падений напряжения на полюсах выполняется на отключенном генераторе. Переменный ток подается на контактные кольца для возбуждения обмоток.

Измерив падение напряжения в межполюсных соединениях по каждому полюсу, можно определить значение полного сопротивления. Результаты испытания для разных полюсов сравниваются между собой или с данными предыдущих измерений. Этот метод позволяет выявить витковые повреждения в обмотках полюсных наконечников.

Полюс с межвитковым замыканием имеет существенно меньшее значение падения напряжения (или более низком полном сопротивлении) по сравнению со средним значением исправных полюсов.



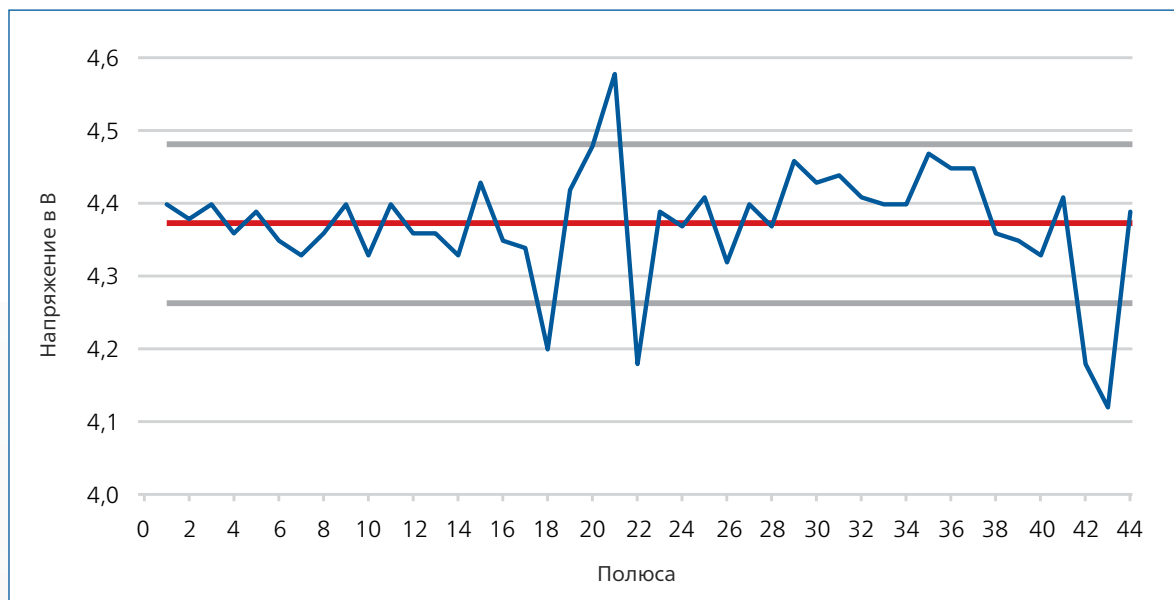
CPC 100

## Полезная информация

- > Значения полного сопротивления каждого полюса необходимо сравнивать друг с другом. Кроме того, можно выполнить сравнение с предыдущими результатами измерений. Основываясь на опыте компании OMICRON, отличие, составляющее  $\pm 2,5\%$  от среднего значения является показателем повреждения и должно быть изучено.
- > Значения могут меняться, в частности на снятых роторах в зависимости от их положения. Это также относится к машинам с удаленной верхней частью статора.
- > Потенциальные витковые повреждения, появляющиеся в результате действия центробежных сил, не могут быть выявлены, поскольку при испытаниях ротор неподвижен.

## Почему CPC 100?

- > Многофункциональная установка для большинства регламентных электрических испытаний вращающихся машин
- > Устройство удобно для транспортировки (29 кг) и выполнения испытаний на месте эксплуатации
- > Наличие шаблонов испытаний и поддержка функции автоматического создания программ и протоколов испытаний



Красная линия обозначает среднее значение. Не все значения измерений находятся в допустимом диапазоне —  $\pm 2,5\%$  от среднего значения. Это указывает на наличие потенциальных межвитковых повреждений.

# Анализ частотного отклика обмоток

## Объект испытаний

- ✓ Обмотка статора
- ✓ Обмотка ротора

## Зачем нужны измерения?

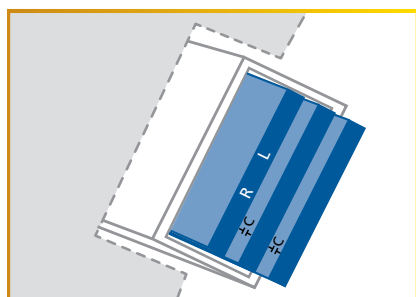
Анализ частотного отклика обмоток (SFRA) выполняется для выявления витковых повреждений, вызванных механическим воздействием в обмотках машин во время заводских приемочных испытаний или планового технического обслуживания. Кроме того, он может применяться для обнаружения межвитковых повреждений в обмотках статора.

## Как это работает?

Электрический контур в статоре и роторе представляет собой комплексную электрическую систему, состоящую из конденсаторов, индуктивностей и резисторов с собственным частотным откликом. Любые повреждения обмотки приводят к изменению этой системы и сказываются на частотном отклике. Измерение такого частотного отклика позволяет выявить повреждение.

Синусоидальный сигнал подаётся на вход электрической цепи.

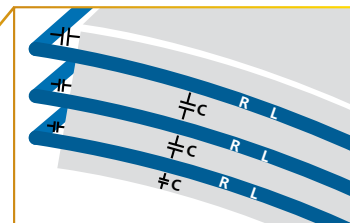
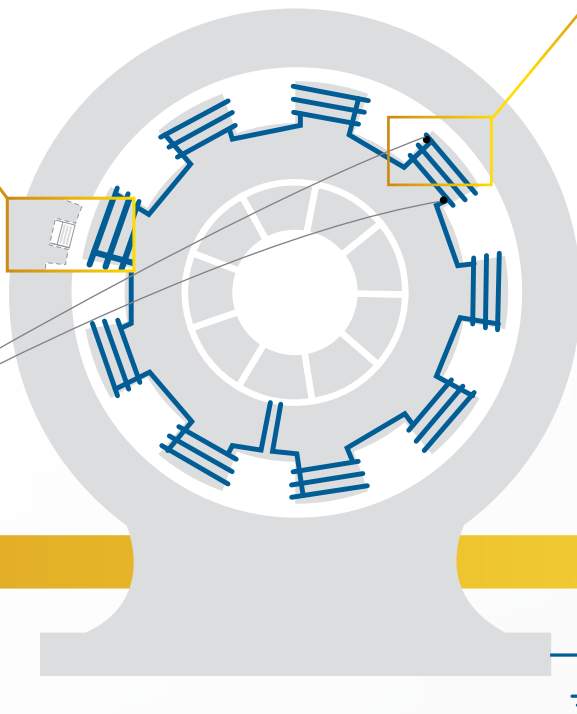
Частотный отклик определяется путем сравнения амплитуды и фазы входных и выходных сигналов. Происходит отклонение значений между различными полюсами или между предыдущими измерениями, когда наличие межвитковых повреждений приводит к изменению характеристик частотного отклика.



Анализ частотного отклика обмоток (SFRA) дает возможность обнаружить межвитковые замыкания в обмотках статора.



FRANEО 800



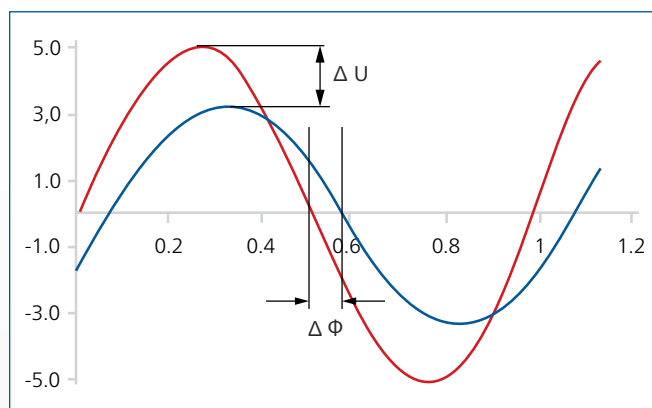
Кроме того, SFRA обеспечивает достоверную диагностику обмотки ротора для вращающихся машин.

## Полезная информация

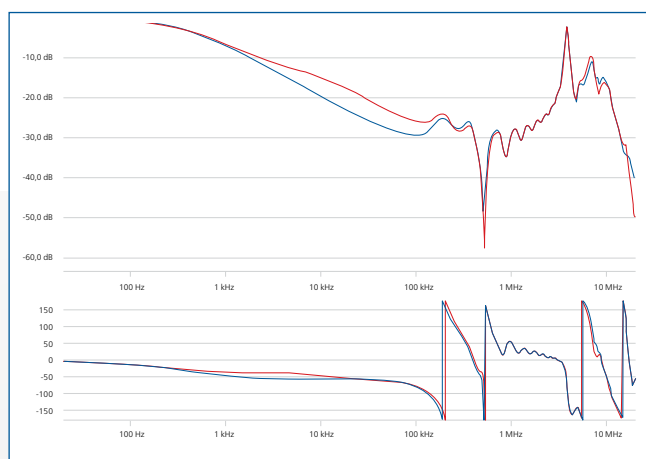
- > Метод SFRA был разработан с целью обнаружения механических деформаций обмоток трансформатора, а также используется для выявления межвитковых замыканий в обмотках вращающихся машин.
- > При волновых испытаниях может быть необходимо обеспечить ввод импульсов с обеих сторон обмотки. Данная процедура не требуется для измерения SFRA.
- > При измерениях на полюсах: Поскольку речь идет о сравнительном измерении, помните, что при отсутствии верхней части машины будет наблюдаться различие между верхними и нижними полюсами в зависимости от их положения, а также предыдущих измерений.

## Почему FRANEO 800?

- > Анализ частотного отклика обмоток в самом широком в отрасли динамическом диапазоне (> 150 дБ)
- > Более высокая точность ( $\pm 0,5$  дБ вплоть до -100 дБ)
- > Высокая чувствительность обеспечивает надежность результатов, а также максимальную безопасность при низких уровнях напряжения
- > Регулируемое выходное напряжение
- > Поддержка программного обеспечения для автоматического анализа результатов, сравнений и настраиваемой отчетности



Метод измерений



Синяя линия отображает исправный полюс, а красная линия отображает полюс с межвитковым замыканием, в котором один виток шунтируется.

# Анализ диэлектрического отклика

## Объект испытаний

- ✓ Обмотка статора
- Обмотка ротора

## Зачем нужны измерения?

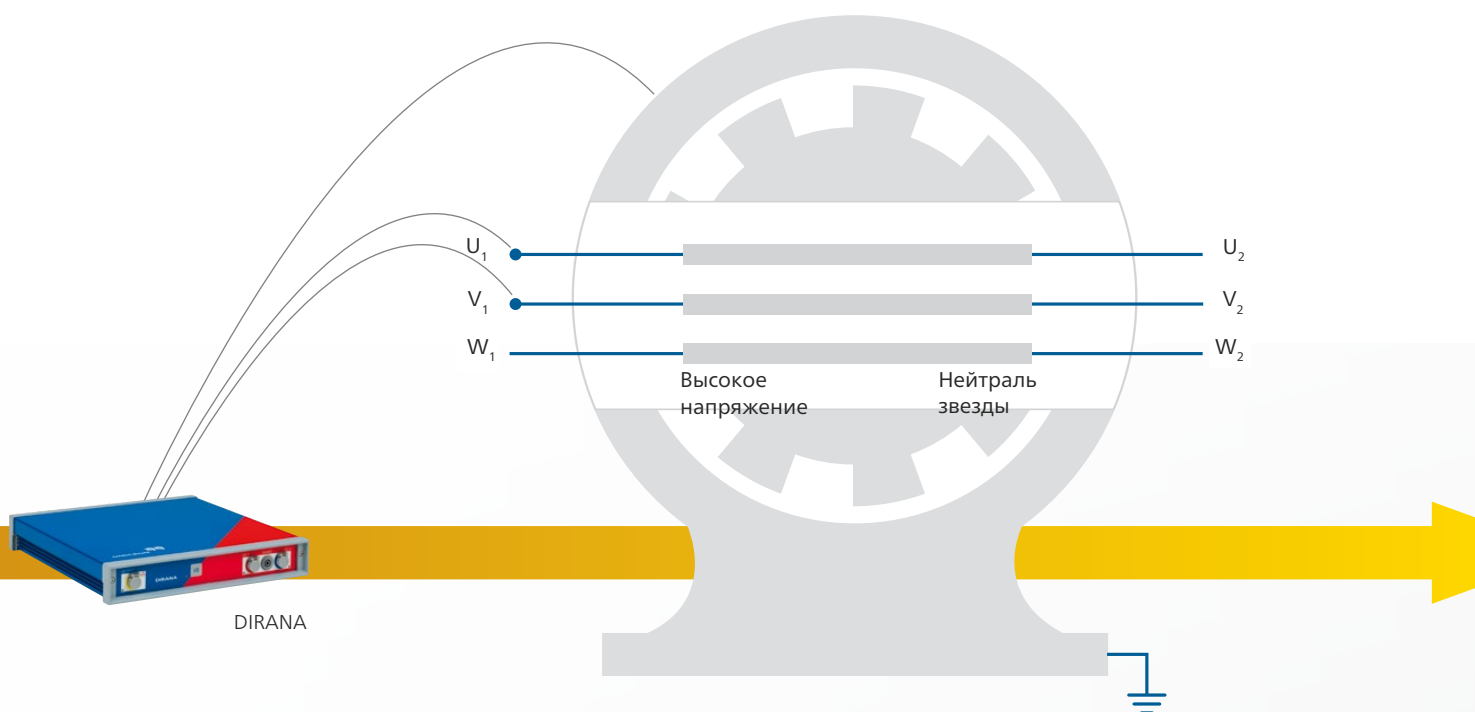
Анализ диэлектрического отклика вращающихся машин предоставляет оценку состояния изоляции машины, например сведения о загрязнении, ухудшении свойств и целостности изоляции. Кроме того, это помогает обнаружить наличие влаги после долгого простоя оборудования.

## Как это работает?

Анализ диэлектрического отклика определяет диэлектрические свойства изоляции в очень широком диапазоне частот (от мГц до кГц). Это делает его чрезвычайно чувствительным к выявлению различных дефектов изоляции.

Обычно значение фазы на землю изоляции статора измеряется на вращающихся машинах. Напряжение на выходе применяется к земле, а один или два входных канала подключены к фазе(-ам).

Анализ измерения можно выполнить с помощью абсолютных значений, например значений емкостного сопротивления или коэффициента диэлектрических потерь/коэффициента мощности (DF/PF) и т. д., или путем сравнения кривых диэлектрического отклика различных фаз.

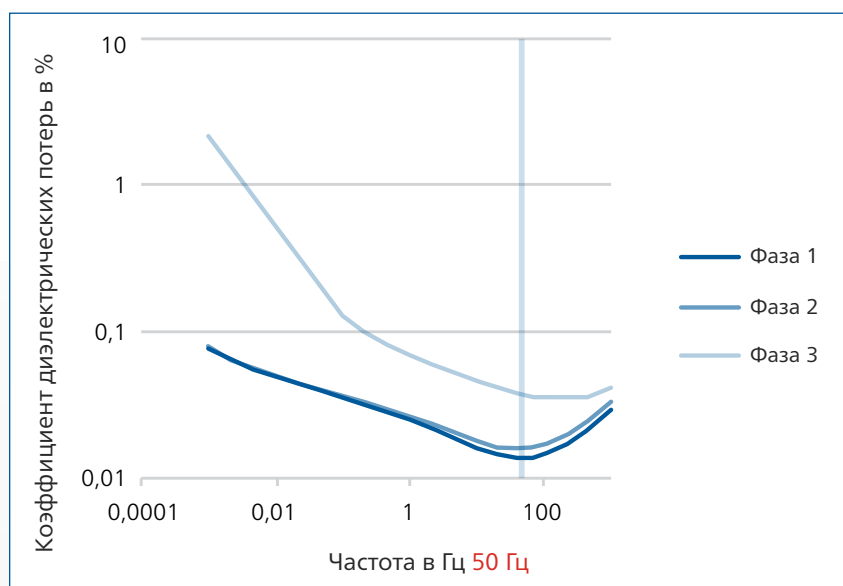


## Полезная информация

- > Анализ диэлектрического отклика выполняется при относительно низких значениях напряжения. Это дает возможность выполнять быстрые испытания на месте эксплуатации. С другой стороны, анализ диэлектрического отклика не является альтернативой измерению ЧР. Он обеспечивает обнаружение определенных повреждений, полученных в результате ЧР, однако не может выявить сами ЧР.
- > Каналы утечки легче обнаружить при более низких частотах. Таким образом, анализ диэлектрического отклика является более чувствительным методом для обнаружения каналов утечки по сравнению с измерениями DF/PF при частоте сети.
- > В процессе измерения диэлектрического отклика также будут определены значения индекса поляризации (PI) и сопротивления изоляции (IR).
- > Перед началом измерения рекомендуется проверить изоляцию на наличие предварительной поляризации, которая может повлиять на результаты измерений. Предварительная поляризация может возникнуть из-за предварительных испытаний постоянного тока (например, сопротивления изоляции и пр.) или предыдущих измерений PDC на других фазах.

## Почему DIRANA?

- > Диэлектрический отклик измеряется в широком диапазоне частот
- > Автоматическое измерение диэлектрического отклика, сопротивления изоляции и индекса поляризации
- > Одновременные измерения на двух фазах
- > Схемы соединений помогают определить оптимальные конфигурации измерений, а также правильные сценарии измерения
- > Проверка предварительной поляризации обеспечивает надежность процесса измерений
- > Высокая точность и безопасность при использовании низких испытательных напряжений



Анализ диэлектрического отклика с пробоем в фазе 3.

# Испытание сердечника статора на вращающихся машинах

## Объект испытаний

- Обмотка статора
- Обмотка ротора
- ✓ сердечник статора

## Зачем нужны измерения?

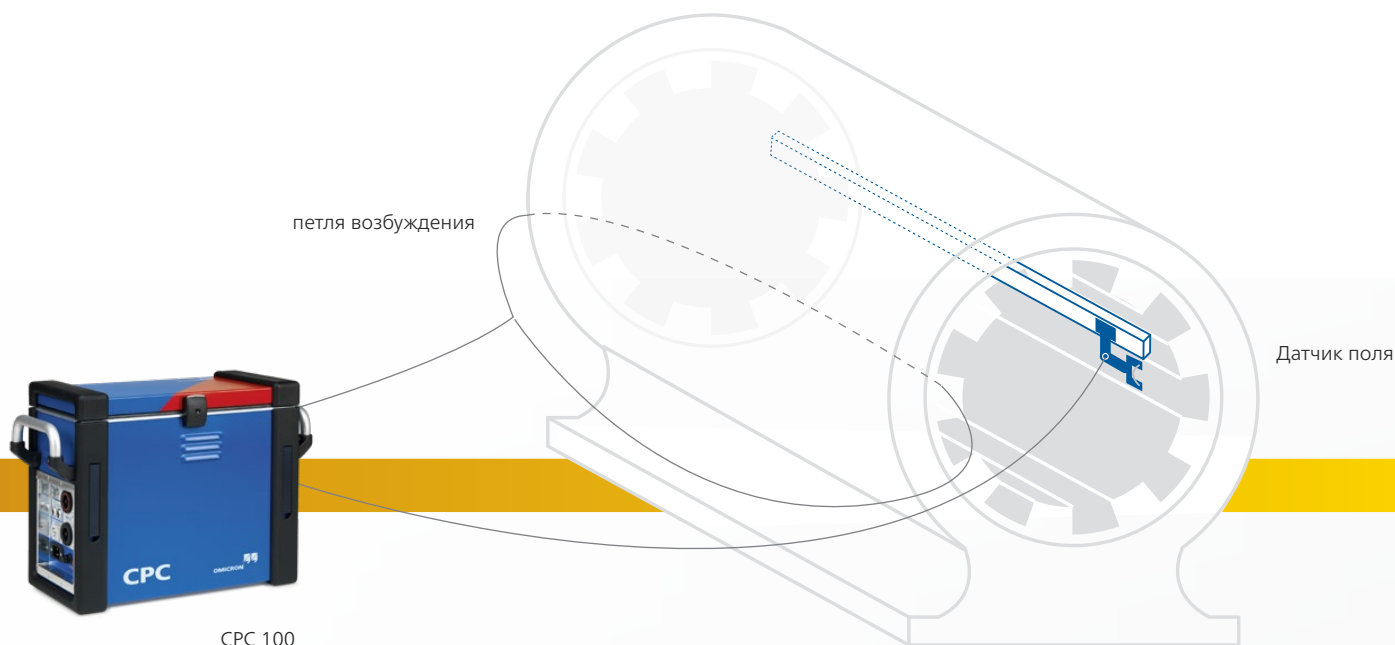
Сердечники статора вращающихся электрических машин сделаны из плотно сжатых тонких ламинированных стальных сегментов, изолированных друг от друга слоем лака для уменьшения потерь. При разрушении лакового слоя протекающий ток вызывает возникновение локальных точек нагрева, которые при неблагоприятном сценарии могут стать причиной частичного расплавления и повреждений, требующих капитального ремонта.

Испытание на наличие электромагнитных дефектов выполняется для выявления нарушений в структуре межслойной изоляции пластин сердечника статора, которые могут стать причиной перегрева и повреждения сердечника статора в работающих двигателях и генераторах.

## Как это работает?

Поскольку повреждения создают дефекты в магнитной цепи сердечника статора, их легко обнаружить по увеличению амплитуды и/или изменениям фазы потока рассеяния. Кроме того, неисправности можно определить, сравнив результаты измерений различных зон сердечника статора.

Испытание выполняется на отключенной машине при её выводе для технического обслуживания. Во время испытания ротор снимается для облегчения доступа к статору. Комплексное решение для выполнения измерений на сердечнике статора позволяет подать на статор небольшой процент от номинального потока, а поток рассеяния на поверхности измерить вдоль пазов.

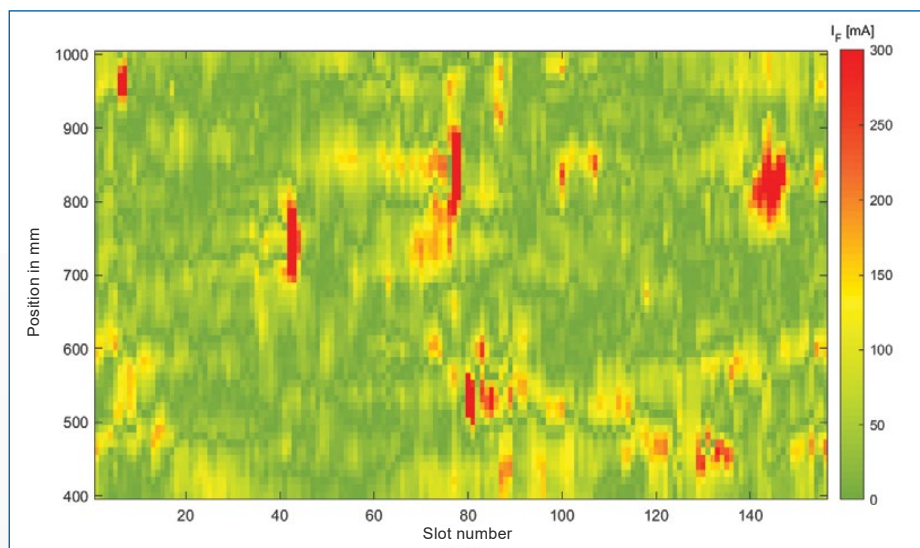


## Полезная информация

- > Измерения сердечника статора должны выполняться для оценки целостности изоляции между листами сердечника статора при заводских испытаниях и наладке и, регулярно, в течение всего срока эксплуатации для проверки состояния статора.
- > Датчик автоматически перемещается вдоль установленной рейки, сканируя поверхность сердечника статора, расположенную ниже.

## Почему CPC 100?

- > Сканирование сердечника статора в полуавтоматическом режиме
- > Измерения и возбуждение с помощью одной системы
- > Вариабельная подача сигналов в зависимости от частоты в диапазоне от 15 до 400 Гц
- > Удобная работа с использованием ПО Primary Test Manager
- > Автоматизированное создание протоколов, в том числе результатов, графиков /и тепловых карт
- > Длину кабеля возбуждения можно наращивать, что позволяет с легкостью адаптироваться к особенностям требований отдельных измерений
- > Многофункциональная испытательная система CPC 100 соответствует потребностям в проведении дополнительных измерений



Участки статора, подвергающиеся повышенному нагреву, наглядно представляются на тепловой карте с регулируемыми предельными значениями.

Мы предлагаем нашим клиентам только лучшее...

## Качество

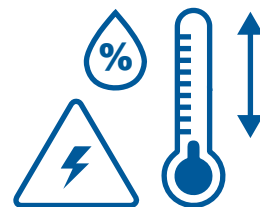
Мы хотим, чтобы вы всегда могли доверять нашим решениям для тестирования. Вот почему мы разрабатываем свои установки увлеченно и тщательно, постоянно задавая новые стандарты в нашей отрасли.



Обеспечение высоких стандартов безопасности

Максимальная надежность благодаря проведенным на протяжении

72



часов заводским испытаниям

100%



стандартных испытаний всех компонентов оборудования

ISO 9001  
TÜV & EMAS  
ISO 14001  
OHSAS 18001



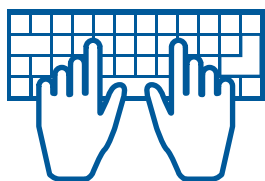
Соответствие международным стандартам

## Инновации

Наших сотрудников отличает неординарное мышление и новаторство в работе. Применяя комплексную стратегию поддержки продуктов (в частности, предлагая бесплатные обновления ПО), мы даем вам возможность повысить окупаемость инвестиций в долгосрочной перспективе.

Более

200



разработчиков  
обеспечивают актуальность решений

Мне  
требуется...



... продукция, соответствующая моим требованиям

Более

15%



годового дохода инвестируется в исследования и разработки

Экономия до

70%



времени на испытания благодаря использованию шаблонов и автоматизации

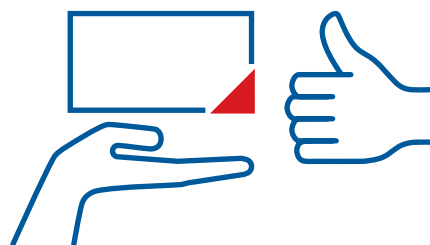
Мы предлагаем нашим клиентам только лучшее...

## Поддержка

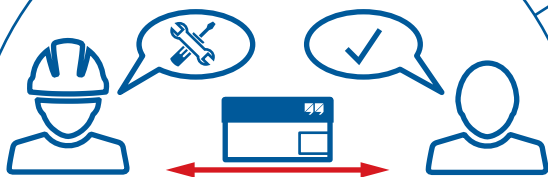
Мы всегда рядом, когда требуется помощь. Наши высококвалифицированные сотрудники в любое время готовы ответить на ваши вопросы. Более того, мы помогаем сократить время простоев, обеспечивая быструю доставку испытательного оборудования из ближайшего сервисного центра.



Круглосуточная  
профессиональная  
техподдержка



Аренда установок для  
сокращения времени  
простоя



Рентабельность и  
простота обслуживания/  
калибровки



представительства по  
всему миру

## Знания

Компания постоянно поддерживает диалог с пользователями и экспертами. Клиентам бесплатно предоставляется доступ к нашей базе профессиональных статей и руководств по применению установок. Помимо этого, наш учебный центр OMICRON Academy предлагает широкий выбор учебных курсов и бесплатных вебинаров.



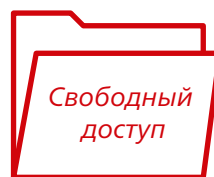
Проведение компанией OMICRON встреч пользователей, семинаров и конференций

Более

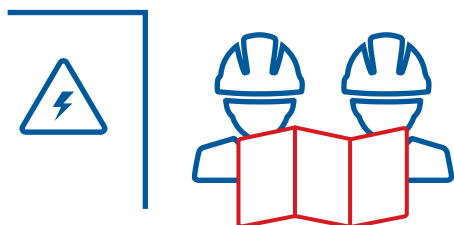
300



учебных курсов и множество практических тренингов на протяжении года



к тысячам пособий и указаний по применению



Огромный опыт в сфере консалтинга, испытаний и диагностики

OMICRON — международная компания, видящая своей главной целью идею сделать системы электро- и двигатели надежными и безопасными. Наши новаторские разработки созданы для решения сегодняшних и будущих вызовов в электроэнергетике. Мы всегда делаем еще больше для наших пользователей: оперативно и вторично обслуживаем высококачественную поддержку на местах и делимся своими знаниями и опытом с нашими клиентами.

Опытные специалисты OMICRON проводят исследования и разрабатывают инновационные технологии для всех областей электроэнергетики. Пользователи со всего мира полагаются на точность, качество и быстродействие наших удобных современных решений для испытания оборудования высокого и среднего напряжения, проверки устройств защиты, испытания цифровых подстанций и обеспечения кибербезопасности.

И области обслуживания наша поддержка клиентов. Мы предлагаем уникальные услуги в области электро- и двигатели и системы для более чем 160 стран. Мы предлагаем поддержку наших продуктов в области электроэнергетики из более чем 160 стран.

Более подробную информацию, дополнительную литературу и подробную контактную информацию наших региональных офисов по всему миру вы можете найти на нашем веб-сайте.