



ТЕСНІМ

ДІАГНОСТИКА ЧАСТИЧНИХ РАЗРЯДОВ ДЛЯ ГЕНЕРАТОРОВ

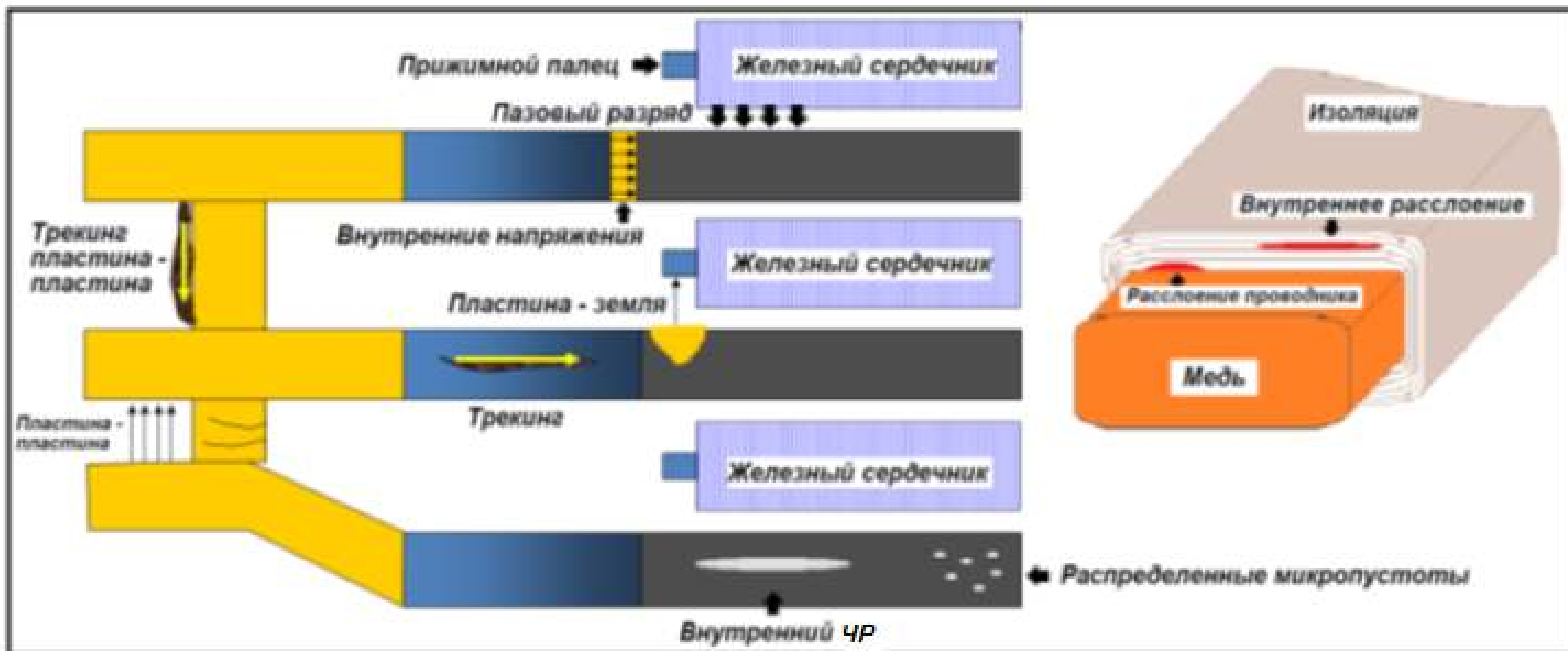


НЕКОТОРЫЕ ФАКТОРЫ СТАРЕНИЯ И ДЕГРАДАЦИИ ВРАЩАЮЩИХСЯ МАШИН

- электрическое старение (ЧР-старение)
- термическое старение
- термическое циклирование
- вибрация стержней/катушек в пазах
 - деградация изоляции витков/ветвей
 - деградация корпусной изоляции
 - деградация фазовой изоляции
- деградация пазового покрытия
- деградация системы выравнивания потенциалов
- витковые короткие замыкания



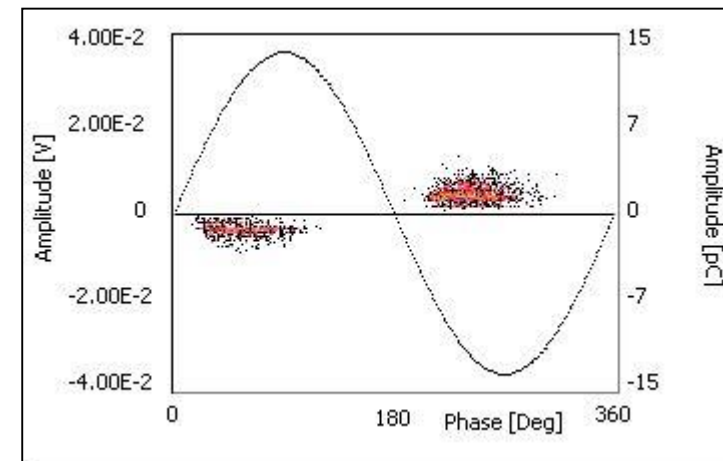
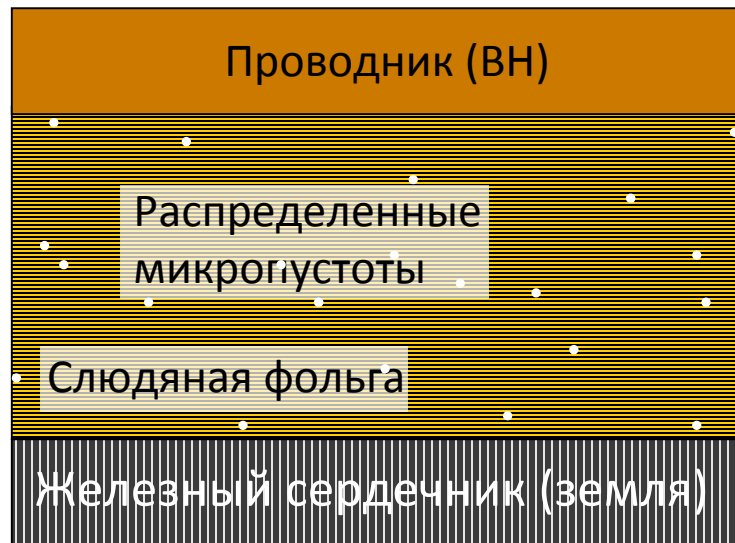
ЧАСТИЧНЫЕ РАЗРЯДЫ ВО ВРАЩАЮЩИХСЯ МАШИНАХ



ЧР-ЯВЛЕНИЯ, ИСТОЧНИКИ ЧР ВО ВРАЩАЮЩИХСЯ МАШИНАХ

Микропустоты:

внутренние полости в системе корпусной изоляции; этот дефект присутствует в любой машине из-за неизбежного несовершенства в процессе пропитки.

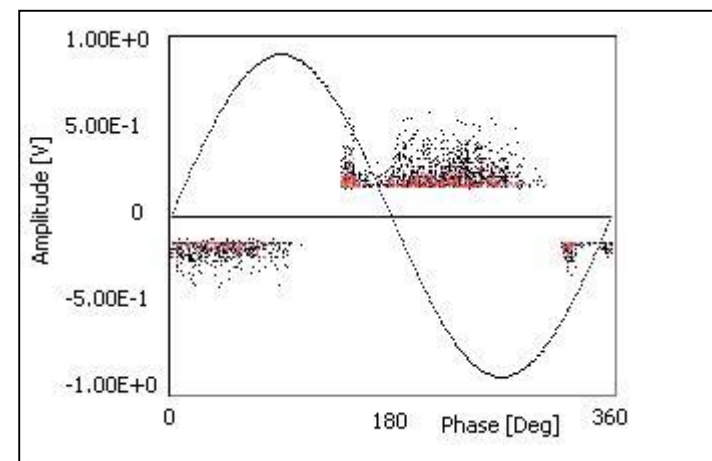
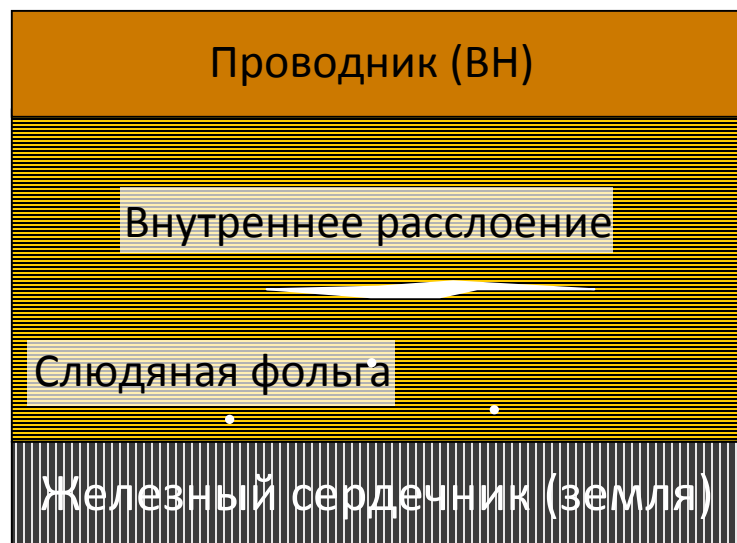


ЧР-ЯВЛЕНИЯ, ИСТОЧНИКИ ЧР ВО ВРАЩАЮЩИХСЯ МАШИНАХ

Внутреннее расслоение:

промежутки в изоляции между слоями слюдяной фольги.

Плоские пустоты, встроенные в изоляцию. Особенно опасны, так как зона перехода "слюда-воздух" снижает теплопроводность изоляционной системы (перегрев, горячие точки).

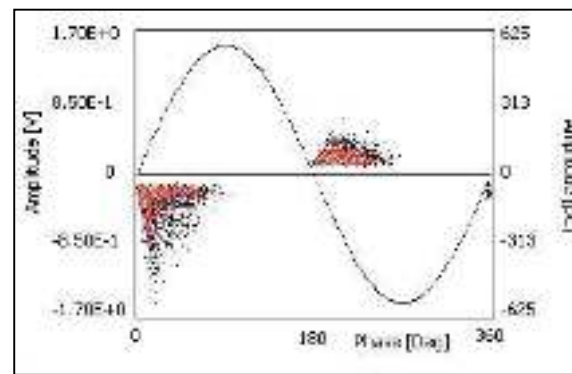
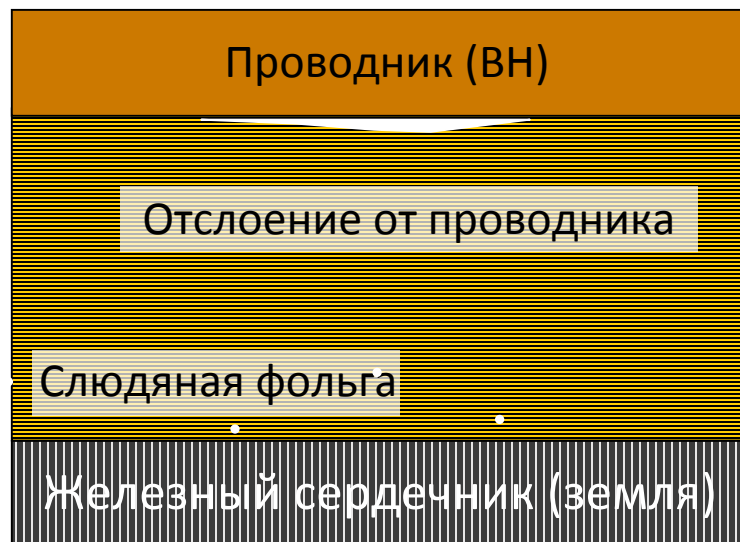


ЧР-ЯВЛЕНИЯ, ИСТОЧНИКИ ЧР ВО ВРАЩАЮЩИХСЯ МАШИНАХ

Отслоение от проводника:

промежутки в изоляции между проводником и слюдяной фольгой.

Зоны перехода "медь-воздух"/"слюда-воздух" снижают теплопроводность изоляционной системы (перегрев, горячие точки).

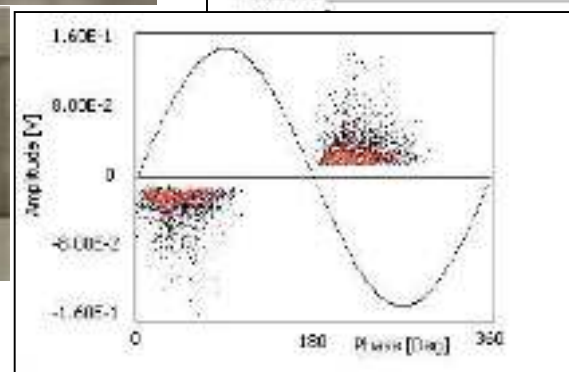
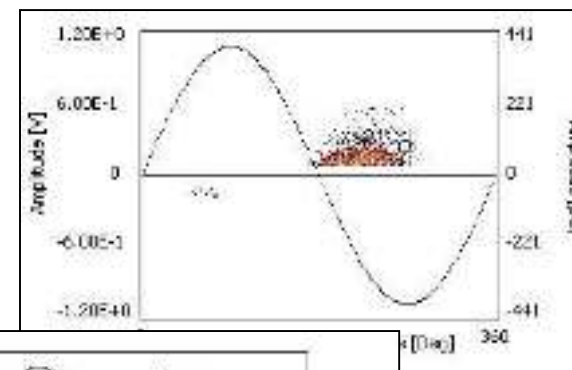
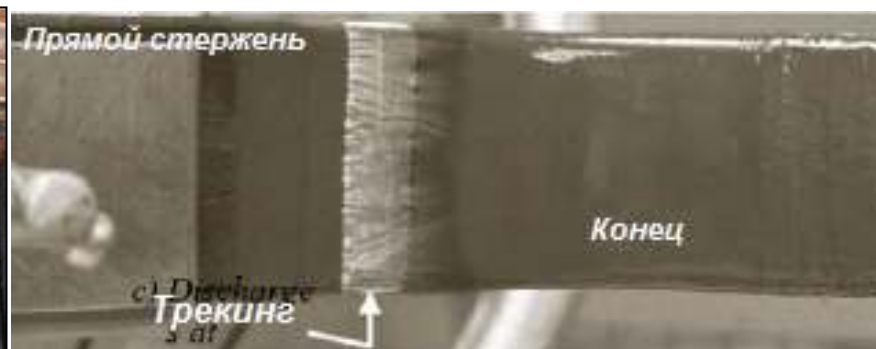


ЧР-ЯВЛЕНИЯ, ИСТОЧНИКИ ЧР ВО ВРАЩАЮЩИХСЯ МАШИНАХ

Поверхностные ЧР в районе градиентного покрытия:

на стыке полупроводящего лобового и проводящего пазового покрытий

Возникают, когда контактное сопротивление между полупроводящим лобовым и проводящим пазовым покрытиями слишком велико или контакт отсутствует. Проводящее загрязнение влияет на район градиентного покрытия (трекинг). Машины в хорошем состоянии могут долго выдерживать эти разряды.

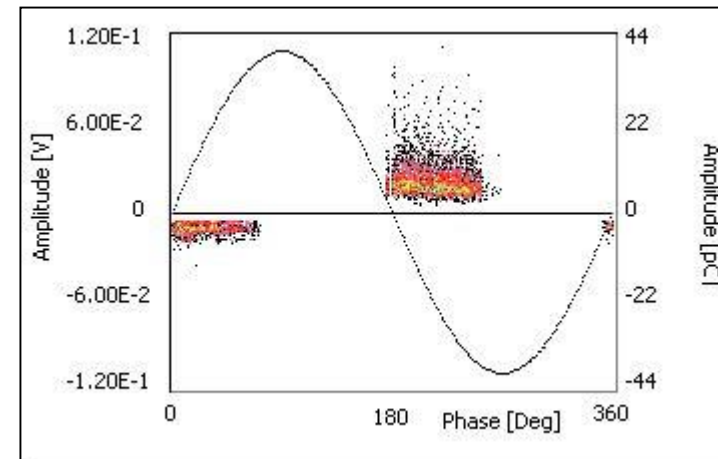
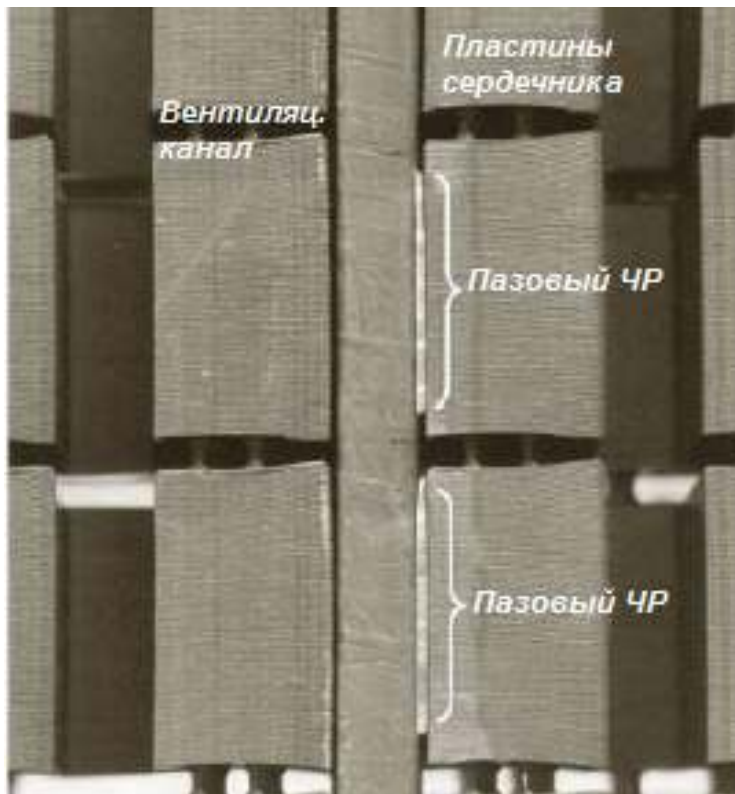


ЧР-ЯВЛЕНИЯ, ИСТОЧНИКИ ЧР ВО ВРАЩАЮЩИХСЯ МАШИНАХ

Пазовые ЧР:

разряды между изоляцией стержня/катушки и железным сердечником статора.

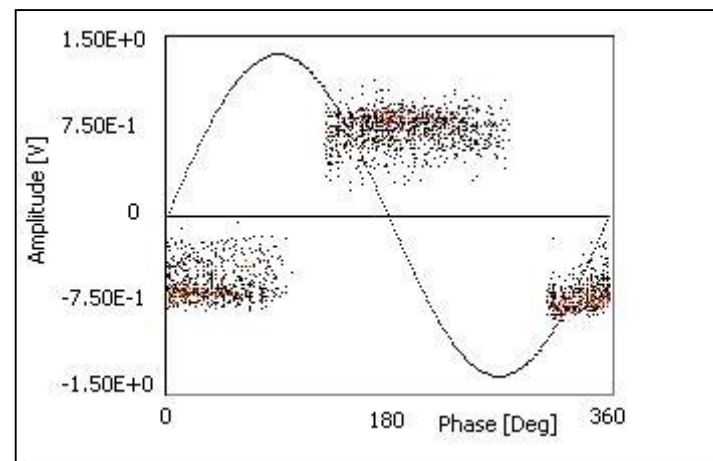
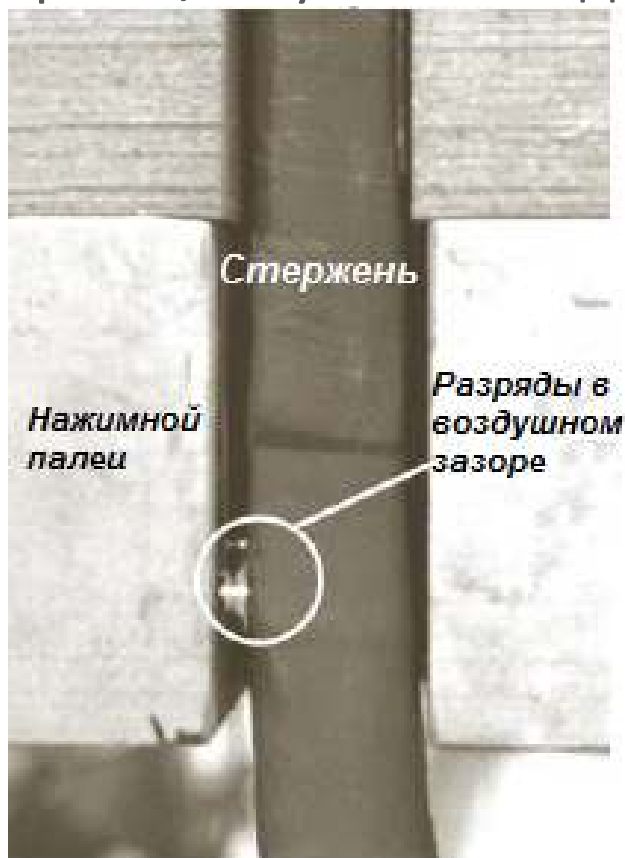
Они разрушают полупроводящее покрытие и изоляцию.



ЧР-ЯВЛЕНИЯ, ИСТОЧНИКИ ЧР ВО ВРАЩАЮЩИХСЯ МАШИНАХ

Искрение в воздушных зазорах (стержень/земля):

между стержнем и нажимным пальцем в области, где стержни/катушки выходят из сердечника.

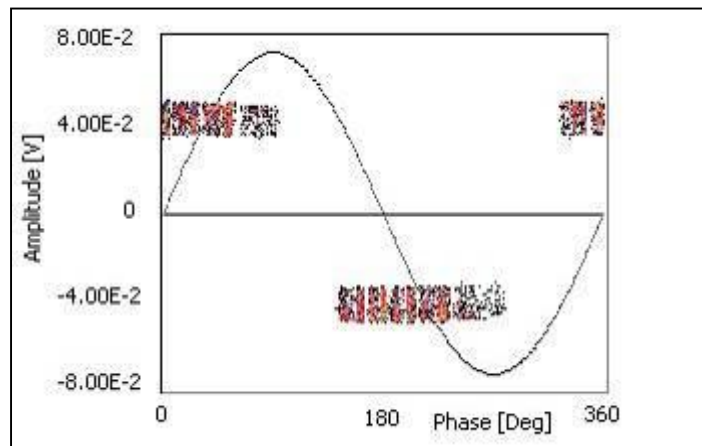


ЧР-ЯВЛЕНИЯ, ИСТОЧНИКИ ЧР ВО ВРАЩАЮЩИХСЯ МАШИНАХ

Разряды "стержень-стержень" ("фаза-фаза"):

между стержнями разных фаз и/или между стержнем и землей в лобовой части.

Зазоры были уменьшены из-за механической деформации лобовой части обмотки; проводящее увлажнение покрывает межстержневые распорки в лобовых частях; такие разряды могут ухудшить изоляцию быстрее, чем коронные.





ВРАЩАЮЩИЕСЯ МАШИНЫ РЕШЕНИЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ И МОНИТОРИНГА



Измерение и анализ частичных разрядов для генераторов. Рекомендации и примеры

ОНЛАЙН-ИЗМЕРЕНИЯ ЧР

Онлайн-измерения ЧР

■ Преимущества

- после установки муфт мониторинг ЧР может выполняться непрерывно
- TEAM-нагрузки (тепловые, электрические, условия окружающей среды, механические) соответствуют реальным рабочим условиям
- можно наблюдать все типы механизмов ЧР

■ Недостатки

- вопросы надежности датчиков и безопасности при их монтаже
- шумы (корона, возбудитель и т. д.)
- ложные сигналы
- интерпретация данных, множественная активность, перекрестные помехи



ОНЛАЙН-ИЗМЕРЕНИЯ ЧР

ЗА и ПРОТИВ

■ ЗА:

- измерения проводятся на генераторе, работающем в реальных условиях (например, ВИБРАЦИЯ)
- более высокая вероятность запуска спорадического события
- быстрое измерение
- простая корреляция между несколькими периодическими измерениями
- проводится при 50 или 60 Гц

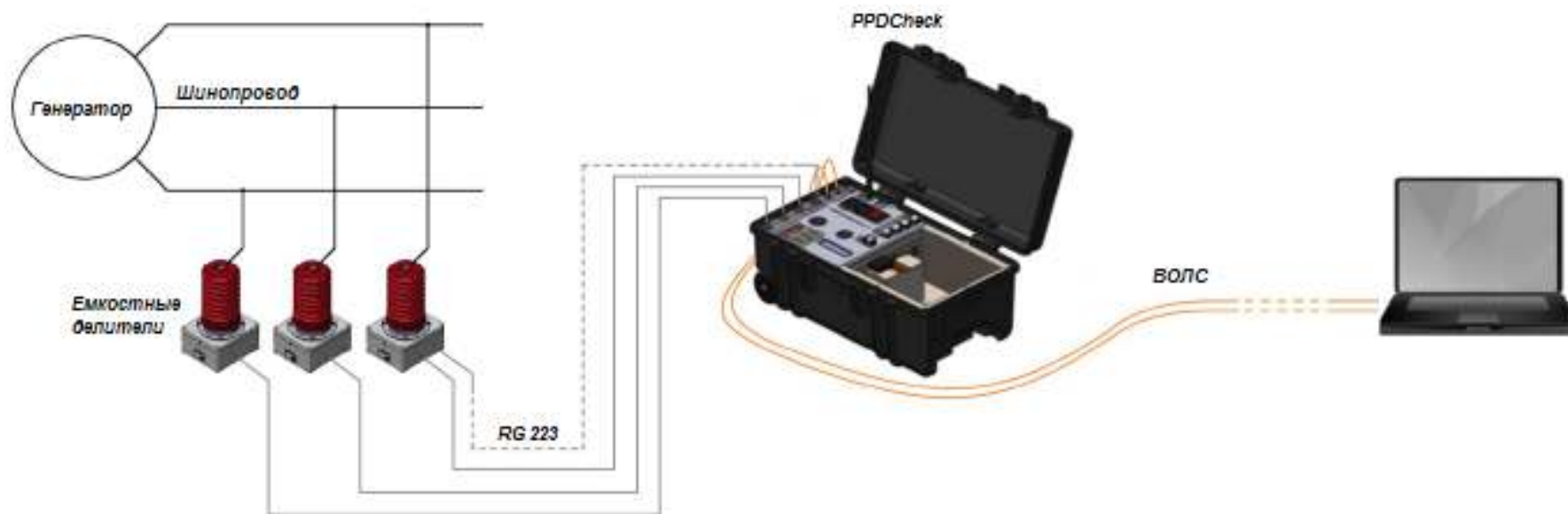
■ ПРОТИВ:

- невозможно увидеть напряжения возникновения (PDIV) и погасания (PDEV) ЧР
- для диагностики требуются значительные навыки (в связи с низким соотношением "сигнал-шум")



ОНЛАЙН-ИЗМЕРЕНИЯ ЧР

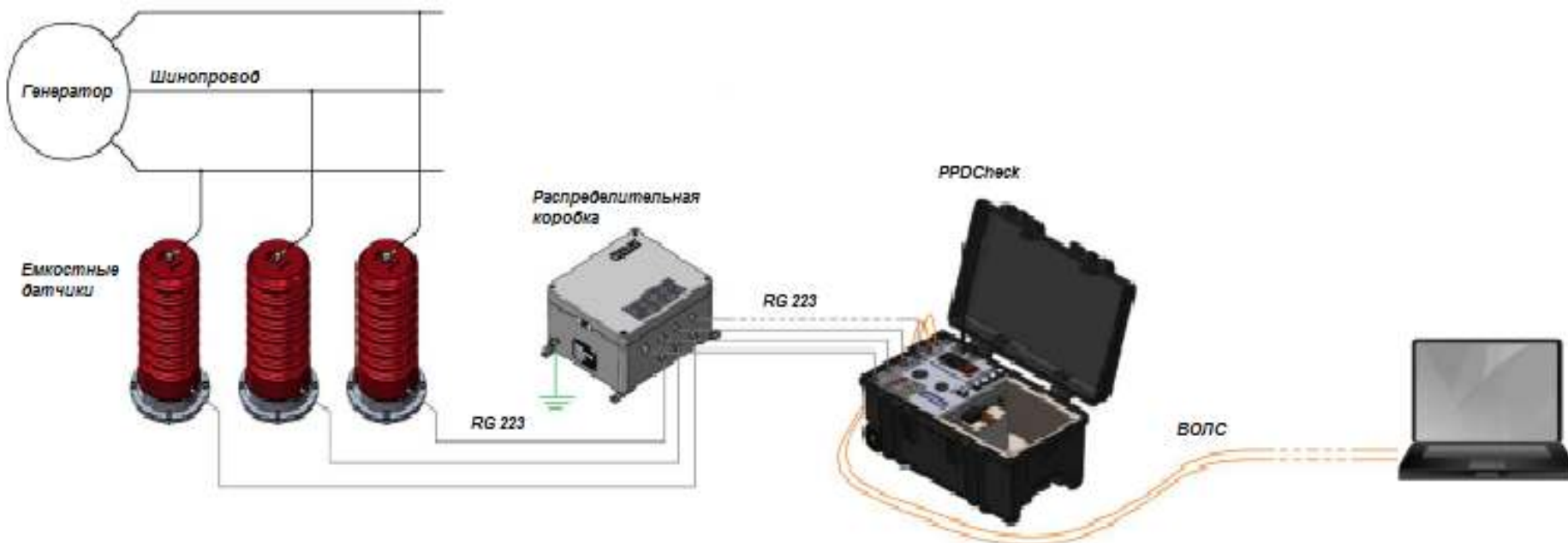
Соединения (без постоянной установки датчиков)



Пример установки датчиков для точечных измерений

ОНЛАЙН-ИЗМЕРЕНИЯ ЧР

Соединения (с постоянной установкой датчиков)



Пример установки датчиков для постоянного мониторинга

ОФФЛАЙН-ИЗМЕРЕНИЯ ЧР

Проблемы оффлайн-измерений ЧР

- **Напряжение постоянно во всех частях обмотки**

- дефект, который не был активен во время рабочего режима, может проявиться во время оффлайн-теста

- **Нет тока нагрузки**

- машина, как правило, непрогрета и увлажнена: поверхностные разряды на лобовых частях
 - нет электродинамических усилий: пазовые разряды могут не проявиться

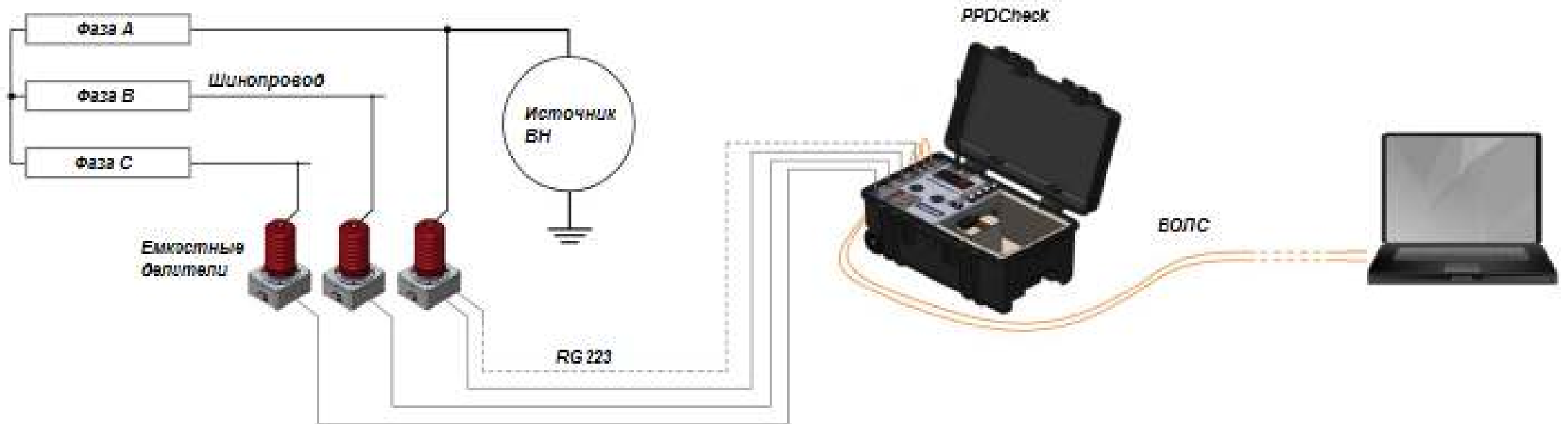
- **ЧР "стержень-стержень" может проявиться, если фазное напряжение поднять до номинального линейного**

- повышенные напряжения в системе выравнивания потенциала и корпусной изоляции



ОФФЛАЙН-ИЗМЕРЕНИЯ ЧР

Соединения (если нейтраль звезды недоступна)

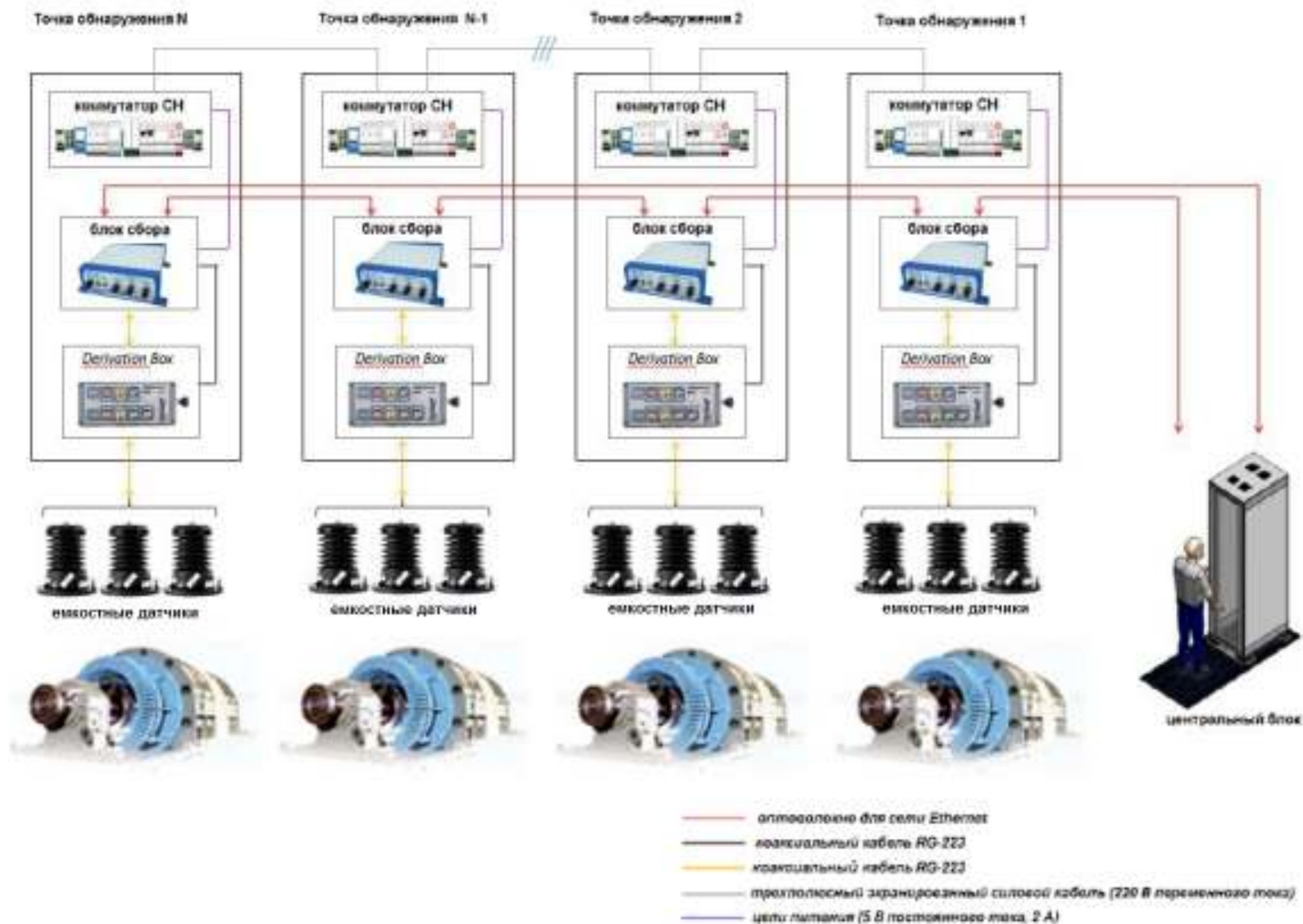


ОФФЛАЙН-ИЗМЕРЕНИЯ ЧР

Соединения (если нейтраль звезды доступна и ее можно разъединить)



СХЕМА ПОСТОЯННОГО МОНИТОРИНГА



ПРАКТИЧЕСКИЙ ПРИМЕР № 1

ТЕХНОЛОГИЯ ТЕСНІМР ПОЗВОЛЯЕТ РАЗДЕЛЯТЬ
ИСТОЧНИКИ ЧР И УЛУЧШАЕТ ИХ ИДЕНТИФИКАЦИЮ.
БОРОСКОПИЧЕСКИЙ ОСМОТР ПОДТВЕРЖДАЕТ ДИАГНОЗ.

РАСПОЛОЖЕНИЕ	Европа
ОБОРУДОВАНИЕ	Генератор газовой турбины с возд. охл.
$U_{\text{ном}}$	15 кВ (линейное)
ТИП ИСПЫТАНИЙ	Онлайн

ТЕСНІМР



Измерение и анализ частичных разрядов для генераторов. Рекомендации и примеры

УСТАНОВКА ДАТЧИКА ЧР

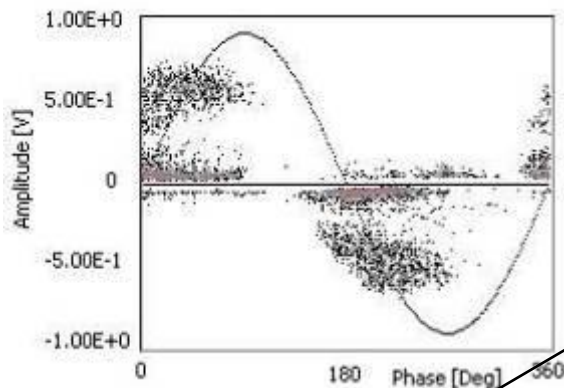
Емкостный
датчик



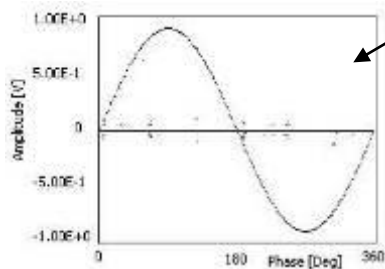
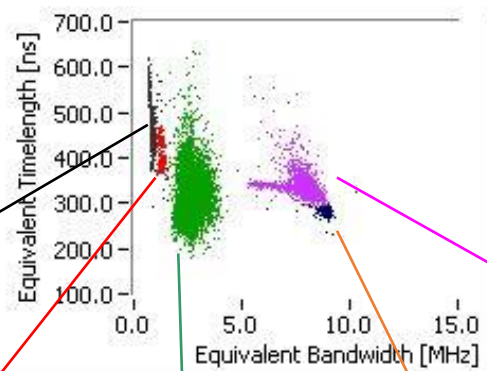
ПРОВЕРКА ВРАЩАЮЩЕЙСЯ МАШИНЫ

Онлайн-тест ЧР на генераторе: фаза U

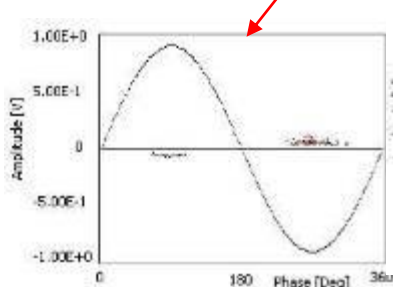
Полный PRPD-образ



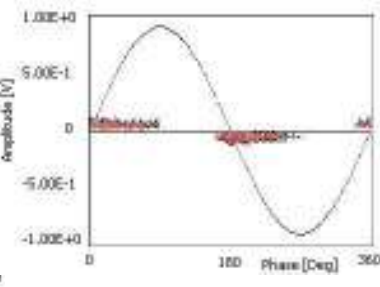
Карта классификации



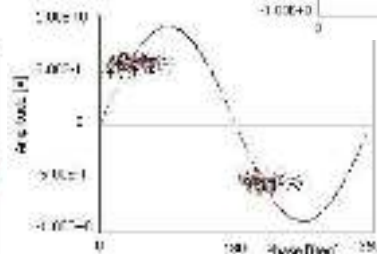
Шум возбуждателя



Внешний разряд на фазе U. Перекрестные помехи от распределенных микропустот на фазе W



Распределенные микропустоты на фазе U



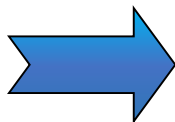
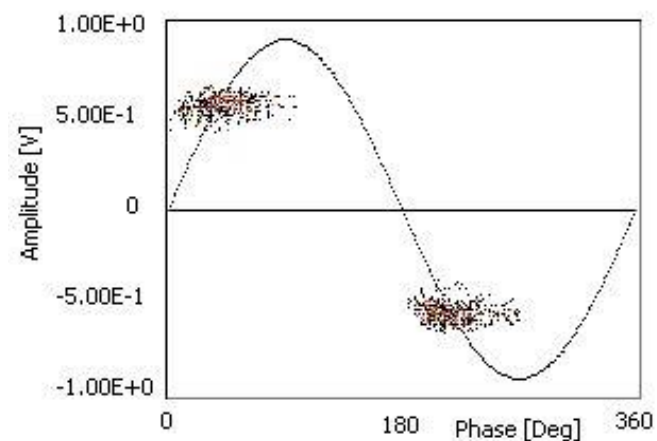
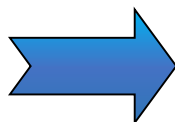
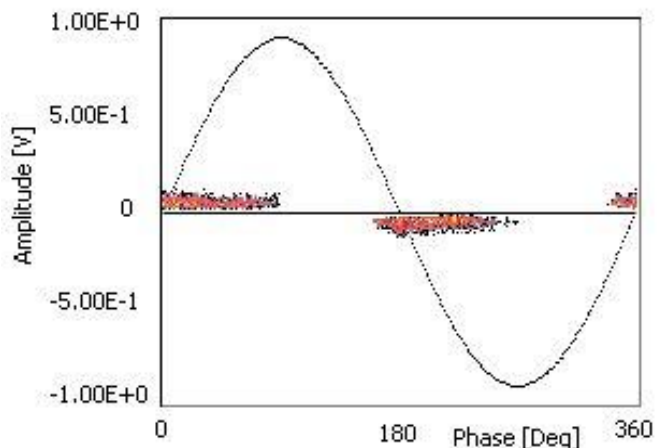
ЧР "стержень-стержень" и "стержень-земля" в лобовых частях

ПРОВЕРКА ВРАЩАЮЩЕЙСЯ МАШИНЫ

Онлайн-тест ЧР на генераторе: фаза U, конкретные виды активности

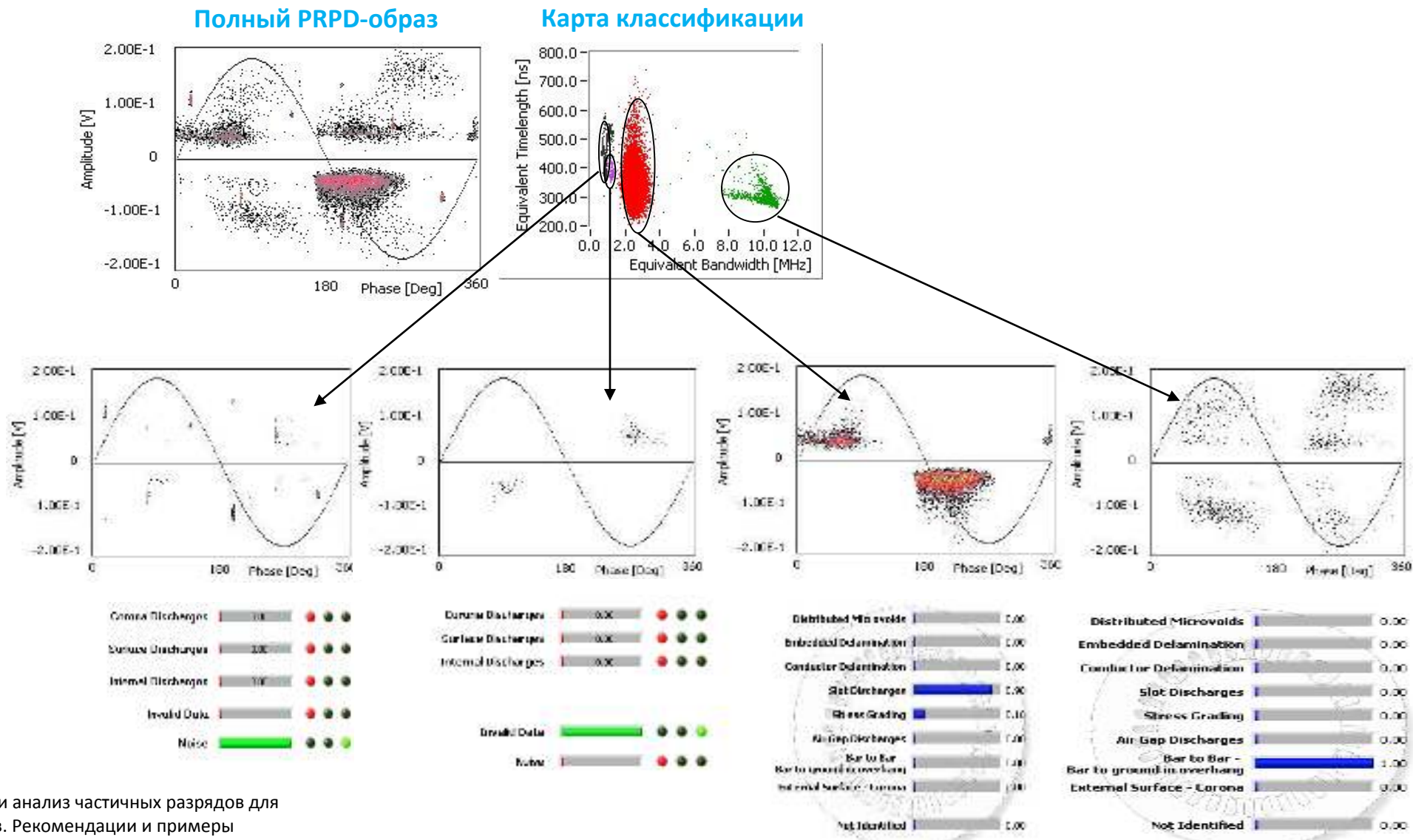
Идентификация III уровня

Подшаблон



ПРОВЕРКА ВРАЩАЮЩЕЙСЯ МАШИНЫ

Онлайн-тест ЧР на генераторе: фаза V



ПРОВЕРКА ВРАЩАЮЩЕЙСЯ МАШИНЫ

Онлайн-тест ЧР на генераторе

Результаты эндоскопического осмотра генератора



Следы ЧР обнаружены в 12 пазах из 60

(7 белых следов и
8 подозрительных)



**Пазовые разряды
Очень опасно!**

ПРОВЕРКА ВРАЩАЮЩЕЙСЯ МАШИНЫ

Онлайн-тест ЧР на генераторе: окончательные соображения

Онлайн-измерения ЧР

Сбор данных для оценки всех условий работы машины



в частности

Машина подвержена воздействию:
ЧР в распределенных микропустотах (все фазы)

ЧР "стержень-стержень (земля)" (фаза U)

пазовых ЧР



неизбежный процесс в современных системах термореактивной изоляции



высокочастотные токи со временем могут ухудшить как систему выравнивания потенциалов, так и защиту пазового покрытия в области выхода стержней из сердечника



Опасное явление: требуются осмотр и техническое обслуживание



Измерение и анализ частичных разрядов для генераторов. Рекомендации и примеры

ПРАКТИЧЕСКИЙ ПРИМЕР № 2

ТЕХНОЛОГИЯ ТЕСИМР ПОЗВОЛЯЕТ РАЗДЕЛЯТЬ
ИСТОЧНИКИ ЧР И УЛУЧШАЕТ ИХ ИДЕНТИФИКАЦИЮ.
ОСМОТР ПОДТВЕРЖДАЕТ ДИАГНОЗ.

РАСПОЛОЖЕНИЕ	Европа
ОБОРУДОВАНИЕ	Генератор газовой турбины с возд. охл.
$U_{\text{ном}}$	11 кВ (линейное)
ТИП ИСПЫТАНИЙ	Онлайн

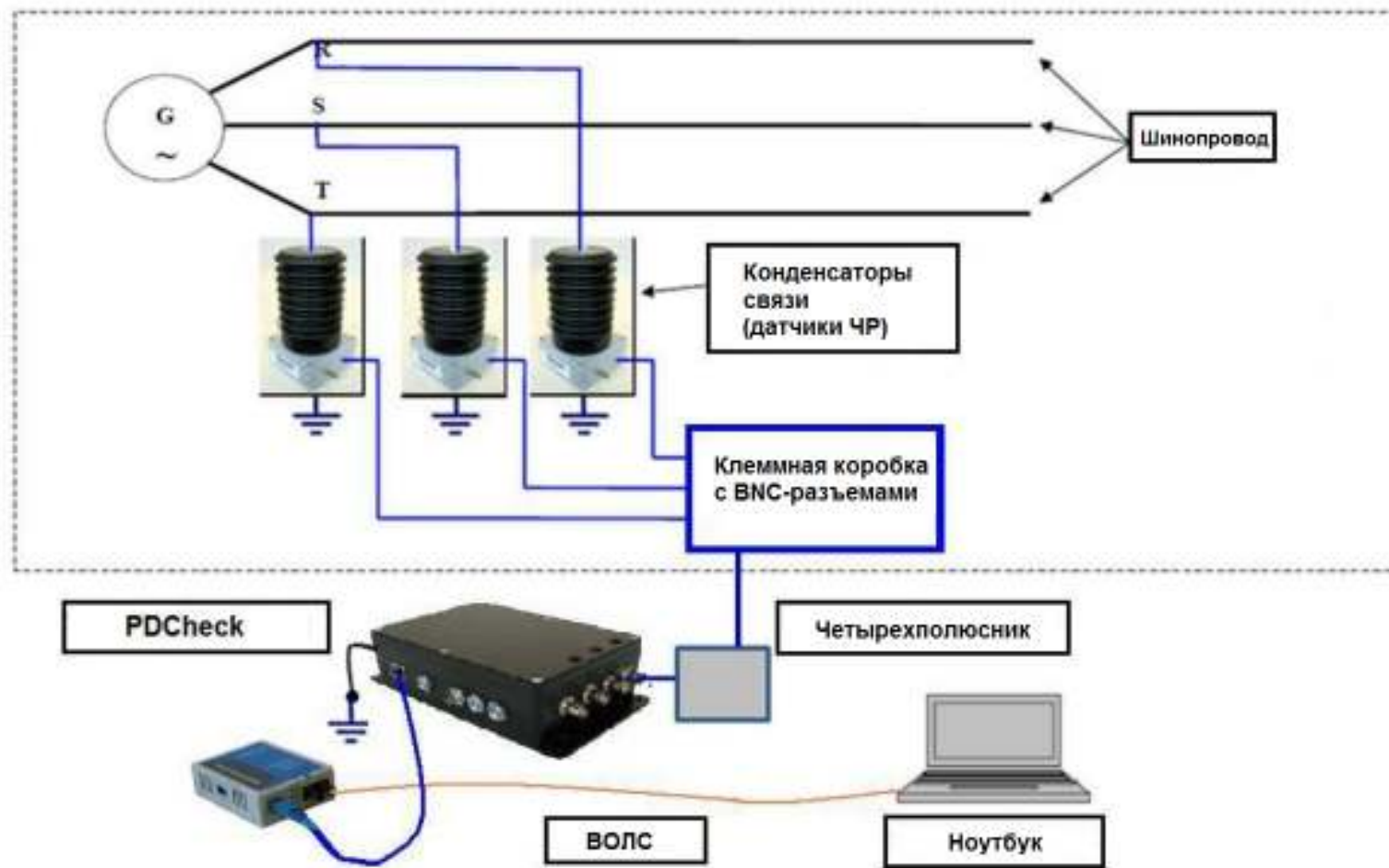
ТЕСИМР



Измерение и анализ частичных разрядов для генераторов. Рекомендации и примеры

ПРОВЕРКА ВРАЩАЮЩЕЙСЯ МАШИНЫ

Онлайн-тест ЧР на генераторе: схема измерений ЧР



Измерение и анализ частичных разрядов для генераторов. Рекомендации и примеры

ПРОВЕРКА ВРАЩАЮЩЕЙСЯ МАШИНЫ

Онлайн-тест ЧР на генераторе: результаты измерений ЧР

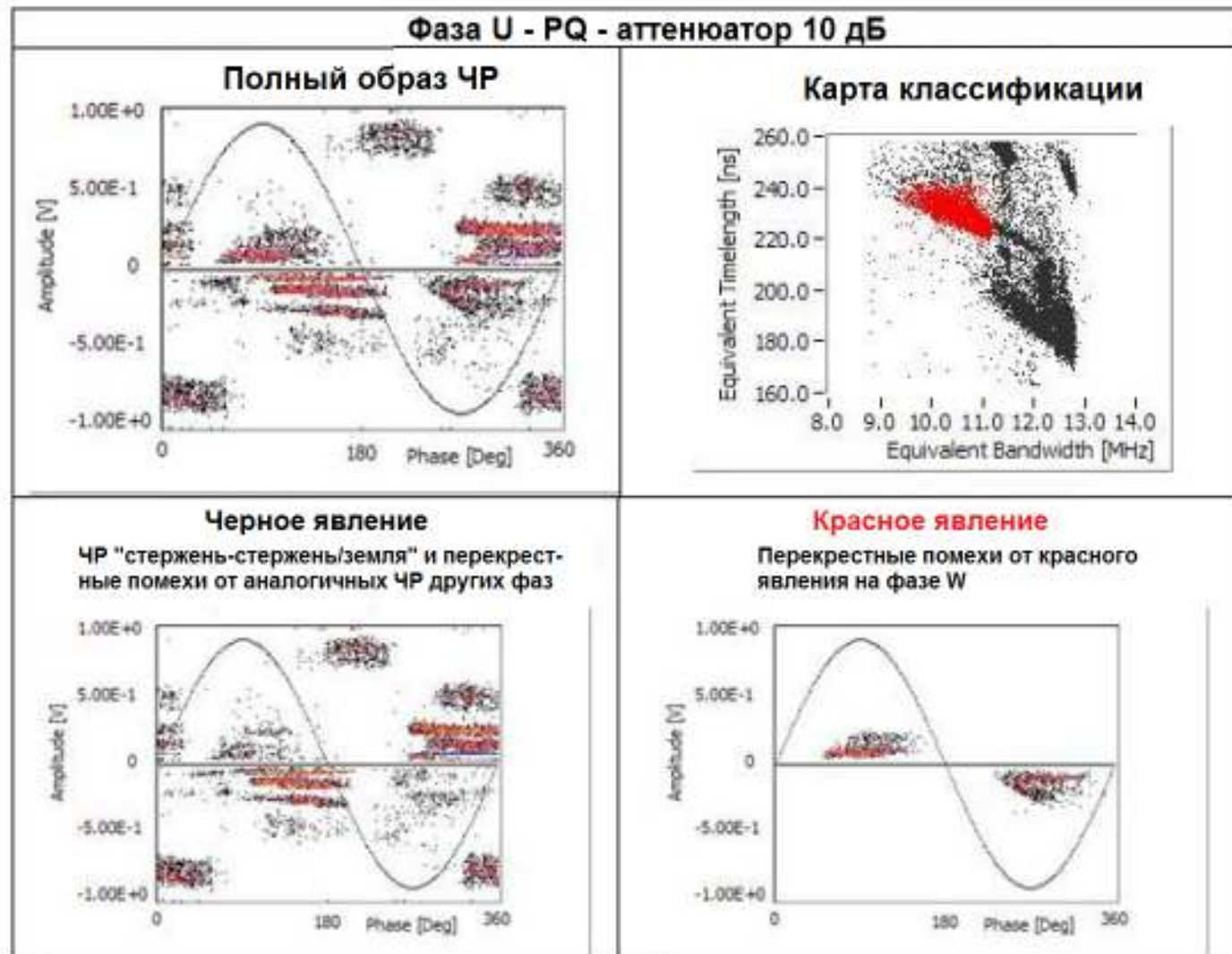
Генератор	Фаза 1 (U)	ЧР "стержень-земля" высокой амплитуды (около 3 В)	
	Фаза 2 (V)	ЧР "стержень-земля" высокой амплитуды (около 13 В)	
	Фаза 3 (W)	ЧР "стержень-земля" высокой амплитуды (около 7 В), ЧР на системе выравнивания потенциала высокой амплитуды (около 22 В)	

Анализ полученных данных показал наличие:

- ЧР "стержень-стержень/земля" на фазе U
- ЧР "стержень-стержень/земля" на фазе V
- ЧР "стержень-стержень/земля", коронные разряды и ЧР на системе выравнивания потенциала на фазе W

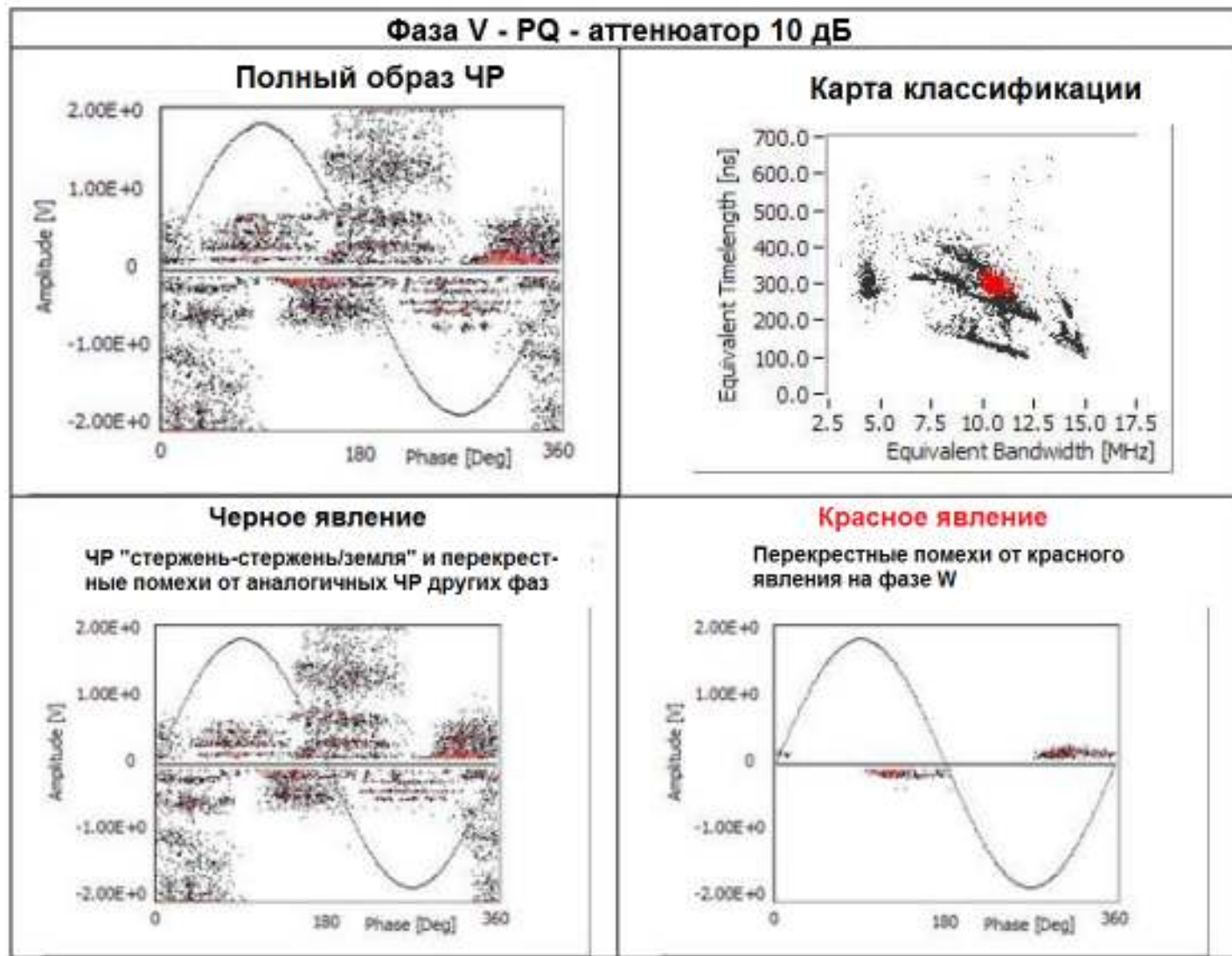
ПРОВЕРКА ВРАЩАЮЩЕЙСЯ МАШИНЫ

Онлайн-тест ЧР на генераторе: результаты измерений ЧР на фазе U



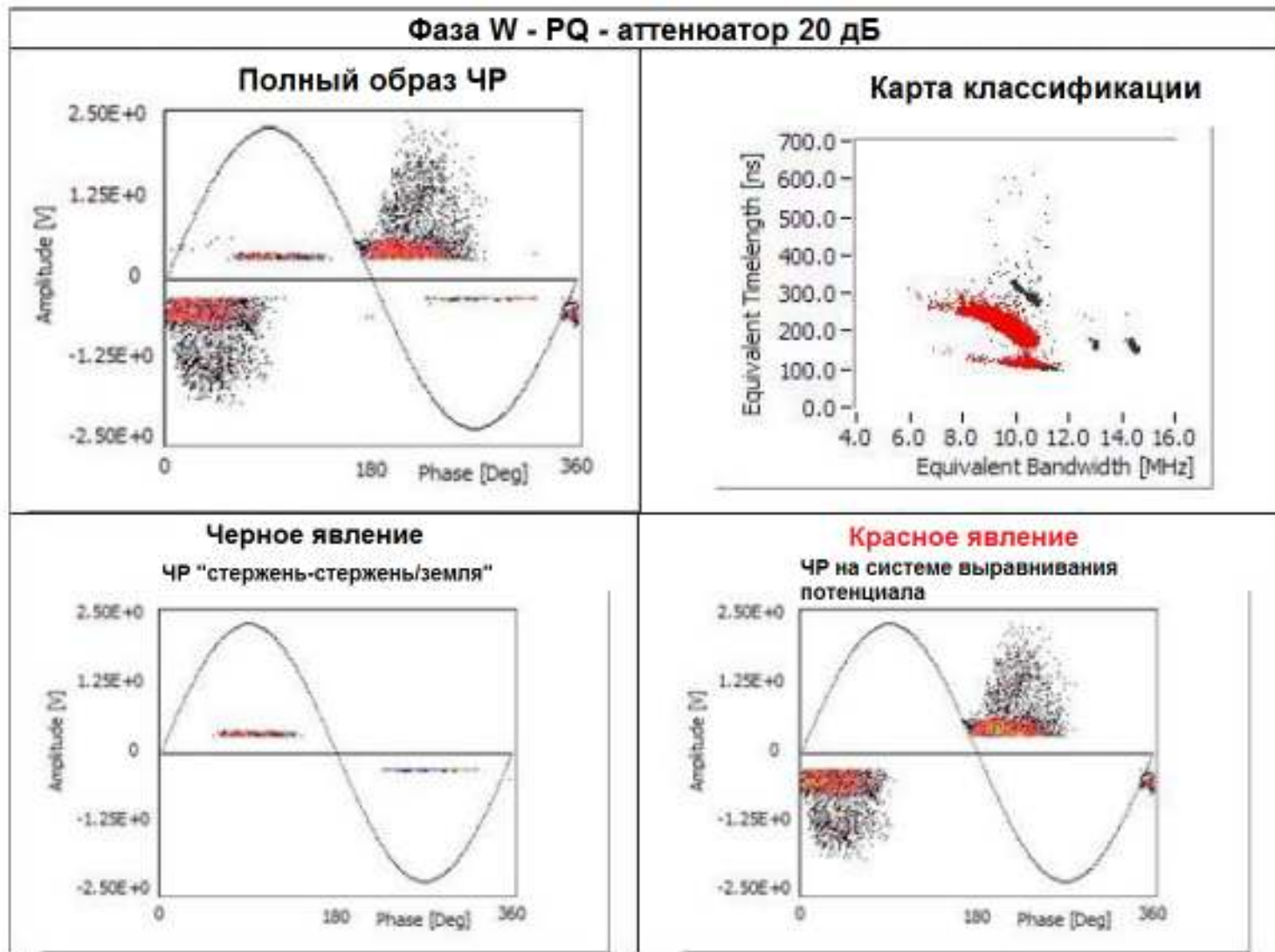
ПРОВЕРКА ВРАЩАЮЩЕЙСЯ МАШИНЫ

Онлайн-тест ЧР на генераторе: результаты измерений ЧР на фазе V



ПРОВЕРКА ВРАЩАЮЩЕЙСЯ МАШИНЫ

Онлайн-тест ЧР на генераторе: результаты измерений ЧР на фазе W



ПРОВЕРКА ВРАЩАЮЩЕЙСЯ МАШИНЫ

Онлайн-тест ЧР на генераторе: осмотр



ЧР "стержень-стержень"



Измерение и анализ частичных разрядов для генераторов. Рекомендации и примеры

ПРОВЕРКА ВРАЩАЮЩЕЙСЯ МАШИНЫ

Заказчик решил отложить обслуживание системы (генератор оффлайн).

Немедленно выполнена инверсия нейтрали звезды.

Следовательно, максимизация производства энергии связана с первым кварталом года!

