

# КОМПЛЕКСНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ **TESEQ** ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ЭМС ОБЩЕПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ, А ТАКЖЕ ОБОРУДОВАНИЯ АВИАЦИОННОЙ, АВТОМОБИЛЬНОЙ И ОБОРОННОЙ ОТРАСЛЕЙ



Смирнов А.П., д.т.н.

Руководитель направления ЭМС  
и радиоизмерений НПФ "Диполь"

8 (495) 645 2002, [smirnov@dipaul.ru](mailto:smirnov@dipaul.ru)

**TESEQ**  
Advanced Test Solutions for EMC



## Определение



### Электромагнитная совместимость

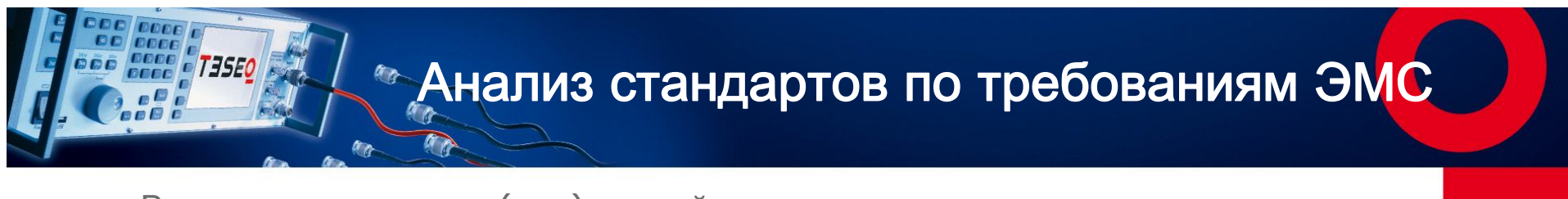
способность любых электрических и электронных средств функционировать в заданной естественной и/или искусственной электромагнитной обстановке ( устойчивость/восприимчивость)

и

и не создавать радиопомех выше заданного уровня  
(эмиссия)



- ☐ нормативные документы, применимые к продукции общепромышленного применения, устройствам бытового назначения, научным и медицинским приборам, основополагающим среди которых являются стандарты МЭК, МСКРП, отчасти МСЭ, в частности стандарты серии 61000-X-XX, EN 55XXX-XX, отечественные стандарты 51317.X.X, 51318.XX;
- ☐ стандарты для продукции оборонного и специального назначения, основанные на материалах документов MIL STD 461, 462 и т.д. различных версий, отечественные стандарты РВ 6601-XXX-2008;
- ☐ стандарты на продукцию гражданского авиастроения, в некоторой части используемые для оборонной продукции, к числу которых в первую очередь относится документ квалификационные требования КТ – 160D, имеющий фактически статус национального стандарта;
- ☐ регламентирующие документы для продукции автомобилестроения, к числу которых документы международного общества автомобильных инженеров SAE, в частности, стандарт ISO 7637-X;
- ☐ отдельные стандарты на специализированную продукцию.



## Виды создаваемых и (или) воздействующих электромагнитных помех

### 1. Низкочастотные кондуктивные электромагнитные помехи:

- установившиеся отклонения напряжения электропитания;
- искажения синусоидальности напряжения электропитания;
- несимметрия напряжений в трехфазных системах электроснабжения;
- Колебания напряжения электропитания:
- провалы, прерывания и выбросы напряжения электропитания;
- отклонения частоты в системах электроснабжения;
- напряжения сигналов, передаваемых в системах электроснабжения;
- - постоянные составляющие в сетях электропитания переменного тока;
- наведенные низкочастотные напряжения.

### 2. Низкочастотные излучаемые электромагнитные помехи:

- магнитные поля;
- Электрические поля;





## Виды создаваемых и (или) воздействующих электромагнитных помех

### 3. Высокочастотные кондуктивные электромагнитные помехи, включая промышленные радиопомехи:

- Напряжения или токи, представляющие собой непрерывные колебания;
- Напряжения или токи, представляющие собой переходные процессы (апериодические и колебательные).

### 4. Высокочастотные излучаемые электромагнитные помехи, включая промышленные радиопомехи:

- магнитные поля;
- электрические поля;
- Электромагнитные поля, в том числе вызываемые непрерывными колебаниями и переходными процессами.

### 5. Электростатические разряды.



# Номенклатура продукции



Компактные системы



Приемники



Антенны



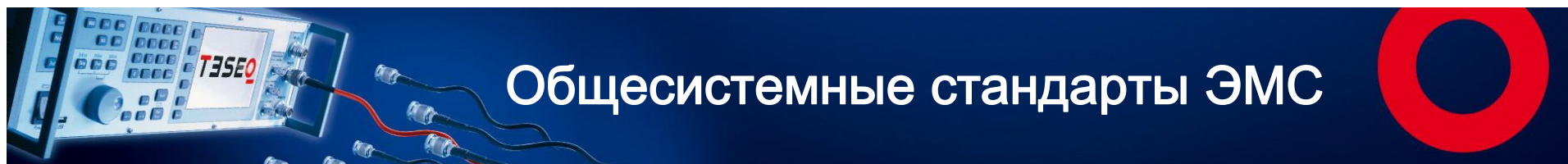
Программное  
обеспечение



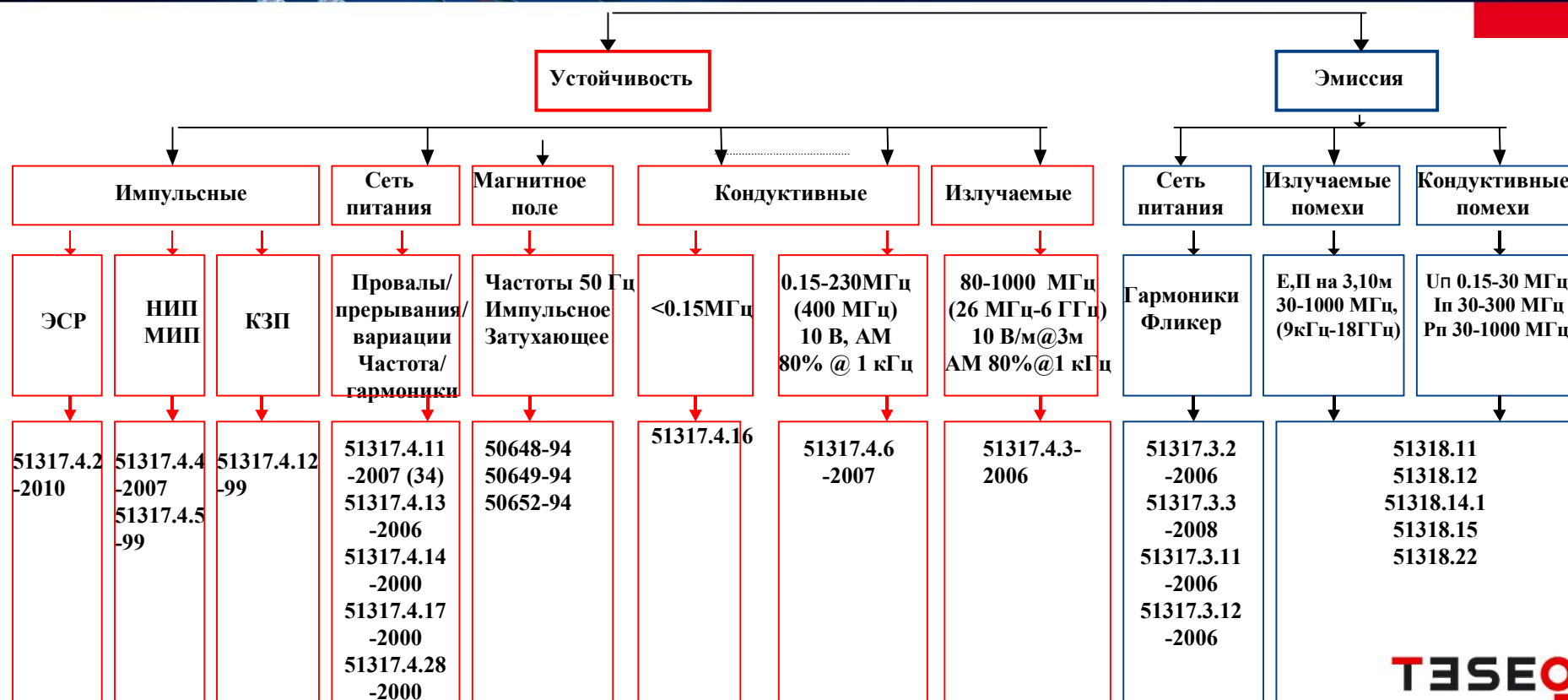
Усилители



GTEM ячейки и эхо-камеры



# Общесистемные стандарты ЭМС

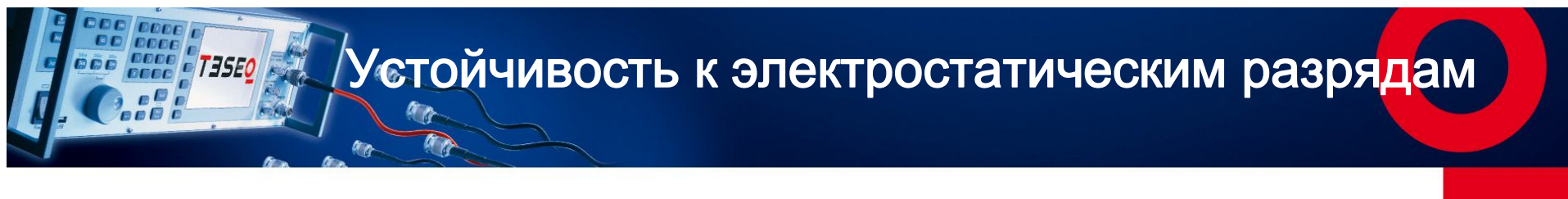




## Основные испытания по устойчивости



- Устойчивость к электростатическим разрядам на корпус объекта
- Устойчивость к импульсным помехам по цепям питания, информационным и командным линиям (микросекундным, пачкам наносекундных, затухающих)
- Устойчивость к кондуктивным помехам, наведенным низкочастотным и высокочастотным ЭМП в цепях питания, информационных и командных линиях
- Устойчивость к излучаемым помехам, обусловленным электромагнитным полем
- Устойчивость к магнитному полю промышленной частоты, импульсному, затухающему магнитному полю
- Устойчивость к провалам, прерываниям и изменениям питающей сети постоянного и переменного тока
- Устойчивость к искажениям и переходным процессам в системах питания постоянного, переменного тока постоянной и переменной частоты



NSG 435



NSG 437



NSG 438





	Требования	NSG 435	NSG 437	NSG 438
Потенциал, кВ, воздушный разряд	8	0.2-16.5 (0.1)	0.2-30 (0.1)	
Потенциал, кВ, контактный разряд	15	0.2-9 (0.1)	0.2-30 (0.1)	
Погрешность, %	5	5		
Разрядная цепь, пкФ/Ом	150/330	150/330		
Разрядная цепь, пкФ/Ом		Задаваемые пользователем R и C		
Частота, Гц (воздух)	>20	0.5/1/5/10/20/25		
Частота, Гц (контакт)		0.5/1/5/10	0.5/1/5/10/20	
Время удержания, с	не менее 5	>5		





## Устойчивость к электростатическим разрядам



	Требования	NSG 435	NSG 437	NSG 438
Запуск		Внешн, внутр.	Внутр.	Внешн.внутр.
Доп. цепи разряда, R/C		0-10 кОм/ 60-500 пкФ	0-20 кОм/ 50-2000 пкФ	0-20 кОм/ 50-2000 пкФ
Опции				
Фронт имп, < 400 пкс		+	+	+
IEC 801-2 (1984)	150 пкФ / 150 Ом	+		
ISO 10605	150,330 пкФ/ 2 кОм		+	+
ANSI C63.16	150 пкФ/ 15,75,330Ом		+	+

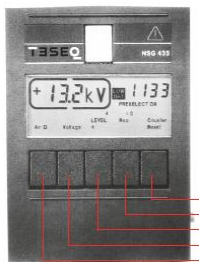


Advanced Test Solutions for EMC



# Модели имитаторов ЭСР. NSG 435

NSG 435



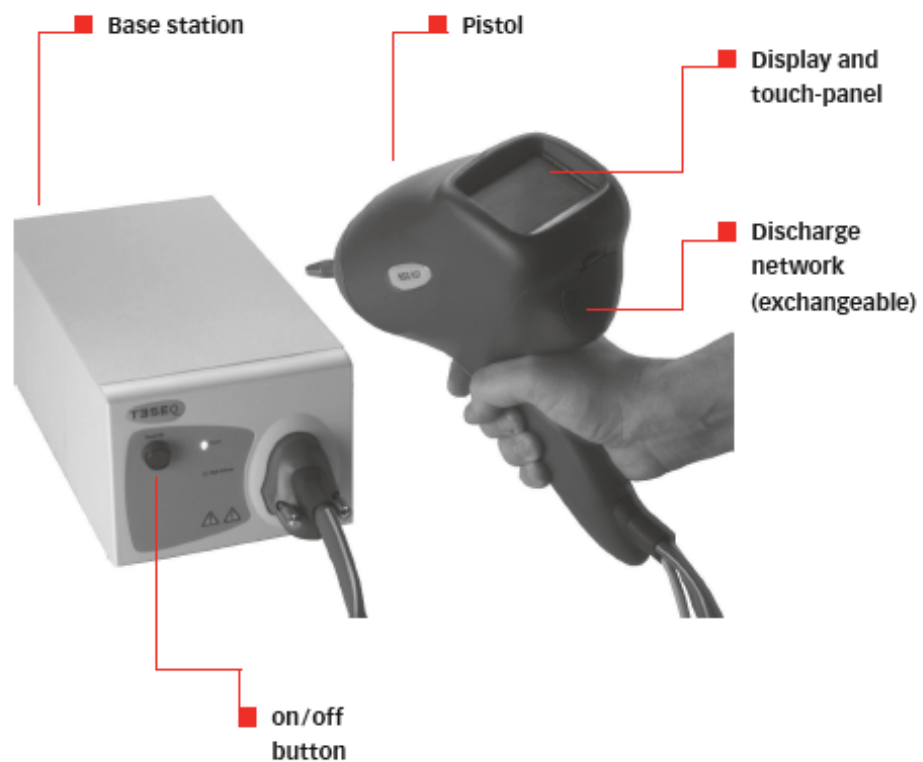
Эргономическая форма	Для комфортной работы
Эксплуатация	Дисплей всегда в поле зрения
Питание от батареи	Независимость от сети питания
Компактность и ручная работа	Нет источников и кабелей ВН. Оптимальная свобода передвижения рядом с ОИ
Упаковка и транспортирование	Обычная упаковка
Микропроцессорное управление	Все функции “на виду”
Точность	Параметры испытаний точно воспроизводятся для последующих тестов
Гибкость и удобство	Предустановленные требования стандартов
Безопасность	Деактивация ВН после паузы
Продолжительная работа	Возможность продолжительной работы на опоре в стационаре
Область применения	Промышленные фирмы, сертификация, испытания



## Модели имитаторов ЭСР



NSG 437





## Модели имитаторов ЭСР



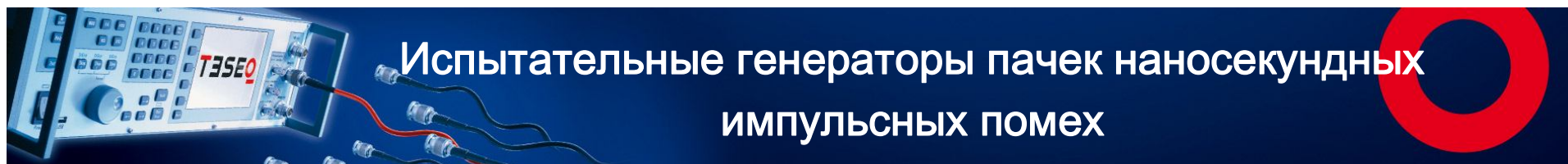
NSG 438





## Генераторы пачек наносекундных импульсных помех

Параметры	Требование	2025-7/8	3025	3040	3060
Амплитуда, кВ	0.25÷4	0.2-8 30 A (1/3 ф.)	0.2-4.8 16 A (1 ф.)	0.2-4.8	0.2÷4.8
Частота импульсов, кГц	2.5, 5	(0.1÷500) ±2%	(0.1÷1000)±2 %	(0.1÷1000) ±2%	(0.1÷1000) ±2%
Длительность пакета, мс	15±20% (5)	1-150	1- 255	10-6 ÷1999	10-6 ÷1999
Период пакетов, с	0.3±20%	(0.1÷10) ±2%	(0.02-100)±2%	0.001-4200	0.001-4200
Синхронизация с питанием	Асинхронная	(0÷360)°±2°		0÷359° (шаг 1°)	
Встроенное УСР (AC/DC)		+	+	+	-



## Испытательные генераторы пачек наносекундных импульсных помех

**NSG 2025 Специализированный, до 8 кВ**



**NSG 3025 Специализированный, малогабаритный, до 4.8 кВ**



**NSG 3040 Многофункциональный, модульный, до 8 кВ**



**NSG 3060 Многофункциональный, модульный, до 8 кВ**

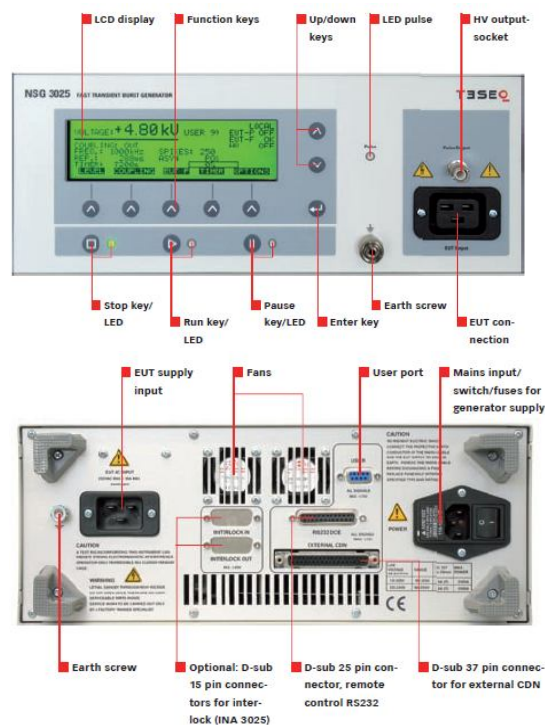




# Специализированные испытательные генераторы наносекундных импульсных помех

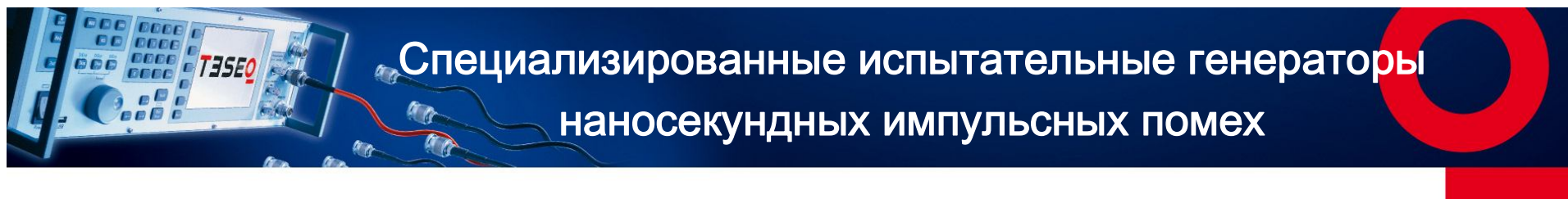


NSG 3025



- Мобильное перемещение
- Встроенное УСР

Pulse form:	5/50 ns $\pm 30\%$ (50 $\Omega$ / 1 k $\Omega$ )
Pulse amplitude:	200 V to 4.8 kV $\pm 10\%$ (open circuit)
Pulse polarity:	+, -, alternating
Pulse output impedance:	50 $\Omega \pm 20\%$
Burst frequency:	0.1 kHz to 1 MHz $\pm 2\%$
Spikes per packet:	1 to 255
Continuous frequency:	Up to 10 kHz
Burst repetition:	20 ms to 100s $\pm 2\%$
Phase angle:	Asynchronous or synchronous 0 - 360° $\pm 2\%$
Statistical freq. distribution:	Within selectable limits of burst frequency
Internal coupling network:	Single phase, in accordance with IEC 61000-4-4



NSG 2025

специализированный генератор НИП до 8 кВ

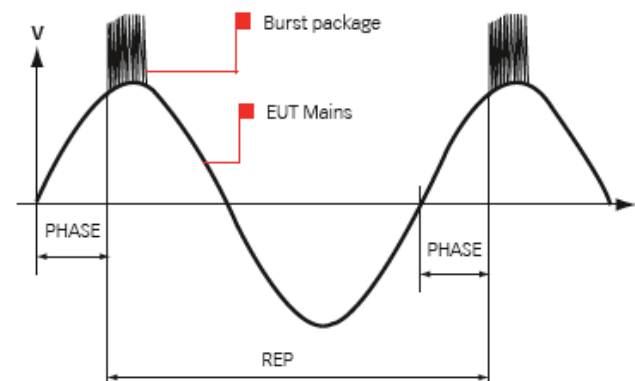
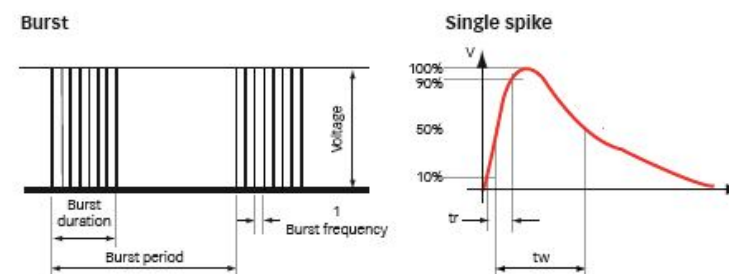


Встроенное УСП

Spike rise time  
Spike width

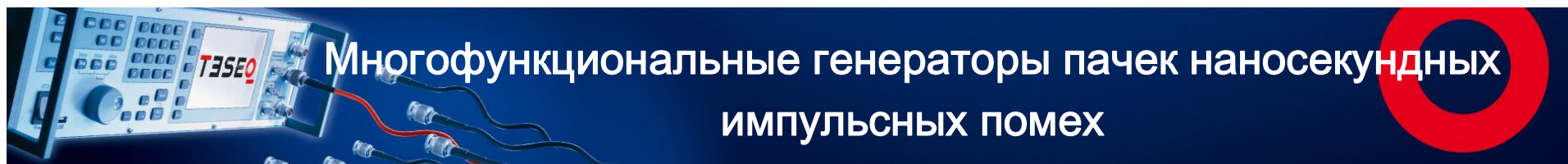
tr: 5 ns  $\pm$  30%  
tw: 50 ns  $\pm$  30% into 50  $\Omega$  load  
50 – 15 ns / + 100 ns into 1000  $\Omega$  load  
Ri: 50  $\Omega$   $\pm$  20%  
Cd: 10 nF  
Mains reference Asynchronous

Source impedance  
Decoupling capacitor  
Mains reference



..SEQ

Advanced Test Solutions for EMC



# Многофункциональные генераторы пачек наносекундных импульсных помех

NSG 3040

Многофункциональный, модульный, до 8 кВ, модуль НИП FTM 3425-40



Parameter	Value
Pulse amplitude:	±200 V to 4.8 kV (in 1 V steps) - open circuit ±100 V to 2.4 kV (50 Ω matching system)
Burst frequency:	100 Hz to 1000 kHz
Polarity:	positive / negative / alternate
Repetition time:	1 ms to 4200 s (70 min)
Burst time:	1 μs to 1999 s, single pulse, continuous
Test duration:	1 s to 1000 h
Phase synchronization:	asynchronous, synchronous 0 to 359° (in 1° steps)
Coupling:	external / internal

Встроенное УСР

NSG 3060




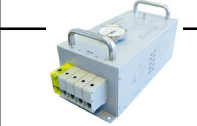
Многофункциональный, модульный, до 8 кВ, модуль НИП 3425-60



Parameter	Value
Pulse amplitude:	±200 V to 4.8 kV (in 1 V steps) - open circuit ±100 V to 2.4 kV (50 Ω matching system)
Burst frequency:	100 Hz to 1000 kHz
Polarity:	positive / negative / alternate
Repetition time:	1 ms to 4200 s (70 min)
Burst time:	1 μs to 1999 s, single pulse, continuous
Test duration:	1 s to 1000 h
Phase synchronization:	asynchronous, synchronous 0 to 359° (in 1° steps)
Coupling:	ANSI / IEC / external



### УСР для ввода НИП в цепи питания

CDN 3043-B32	3 фазное, 480 В/ 32 А (АС) 4.8 кВ (НИП)	
CDN 3043-C32		
CDN 3061-B16	1 фазное, 265 В/ 16 А (АС) 4.8 кВ (НИП)	
CDN 3061-C16/(PQM)		
CDN 3063-B32	3 фазное, 480 В/ 32 А (АС) 4.8 кВ (НИП)	
CDN 3063-C32		
CDN 3083-B100	3 фазное, 690/100 А (АС) / 1000 В (DC), 8 кВ	



## Устройства связи/развязки для ввода наносекундных импульсных помех в линии связи и информационные линии

- CDN 3425 предназначены для ввода НИП в сигнальные линии и линии данных согласно 61000-4-4
- CDN 3425 должны использоваться с генератором НИП, удовлетворяющим 61000-4-4
- Стандарт 61000-4-4 допускает использование емкостных клещей для ввода НИП в линии питания AC/DC
- Опция INA 3825 – предохранительный колпак для предотвращения прикосновении к проводящей плате



- Габаритные размеры CDN 3425 1100x200x110
- Габаритные размеры INA 3825 1230x250x170
- Макс. допустимое напряжение помехи 8 кВ
- Диаметр испытываемых кабелей 4-40 мм





# Емкостные клещи связи для ввода наносекундных импульсных помех

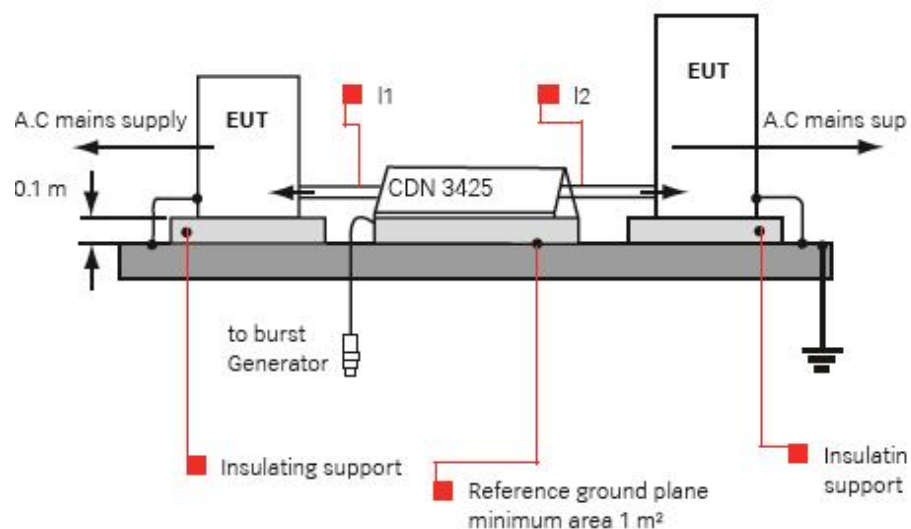


Схема установки



Подключение к генератору NSG 3040





## Опции построения генератора NSG 3040



• NSG 3040-IEC-ERC

- без встроенного монитора
- управление от внешнего ПК под бесплатным ПО WIN3000



• NSG 3040-EFT-CWS-EPO

- только генератор импульсов
- без встроенного УСР

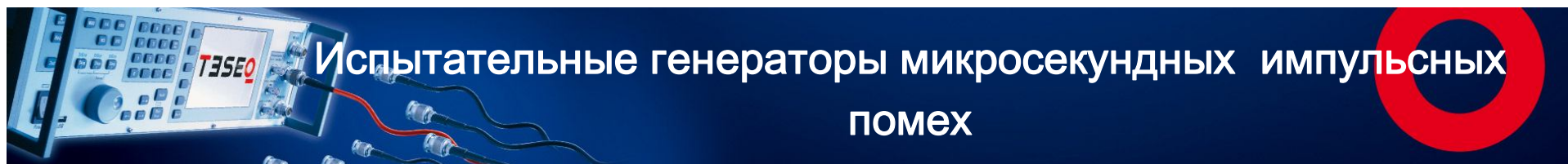


• NSG 3040-DDV-ERC

- помехоустойчивость к прерываниям сети
- управление от внешнего ПК
- Встроенное УСР



Параметры	Требования	NSG 3040	NSG 3060	NSG 3060-TS-EXT
Импеданс источника, Ом	2, 15	2,12	2,12	15,40
Период импульсов, с	>60	10-600	5-600	30-600
Полярность	“+”, “-”	“+”, “-”, “+/-”		
Напряжение, кВ	0.5- 4	0.2-4.4	0.2-6.6	0.2-7.7
Ток, кА	0.2-2 12-100	0.1-2.2	0.1-3.3	
Синхронизация с питанием	Асинхронная	0÷360° ( шаг 1°)		
Встроенное УСП (AC/DC)		+	-	-



## Испытательные генераторы микросекундных импульсных помех

Основные испытания по  
ГОСТ Р 51317.4.5: 1.2/50-8/20



CWM 3450 для NSG 3040







CWM 3650 для NSG 3060

Дополнительные испытания по  
ГОСТ Р 51317.4.5: 10/700-5/320 мкс  
Внешний блок NSG 3060-TS-EXT





### УСР для цепей питания

CDN 3043-S32	3 ф., 480 В/ 32 А (АС) 4.4 кВ (МИП)	
CDN 3043-C32		
CDN 3061-B16	1 ф., 265 В/ 16 А (АС) 6.6 кВ (МИП)	
CDN 3061-C16/(PQM)		
CDN 3063-S32	3 ф., 480 В/ 32 А (АС) 6.6 кВ (МИП)	
CDN 3063-C32		
CDN 3063-S63	3 ф., 480/63 А 6.6 кВ	
CDN 3063-S100	3 ф., 480/100 А 6.6 кВ	

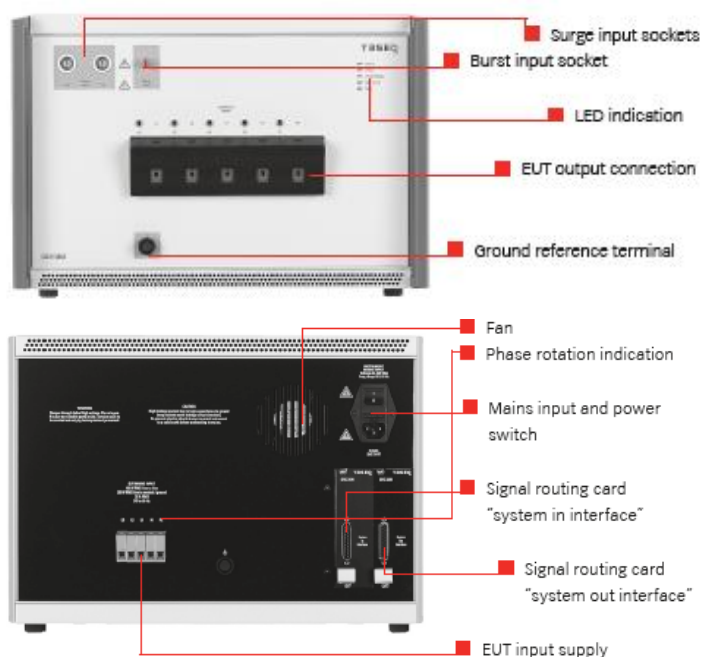
### УСР для информационных линий

CDN 117-М, 118-М – УСР для несимметричных и симметричных информационных линий



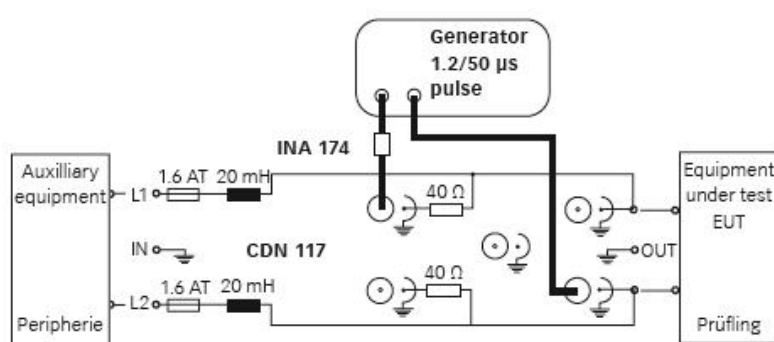
# Устройства связи/развязки ввода микросекундных импульсных помех в трехфазные сети питания

CDN 3043

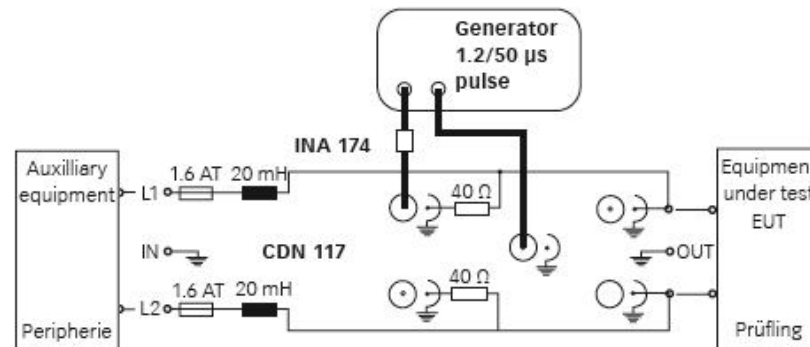




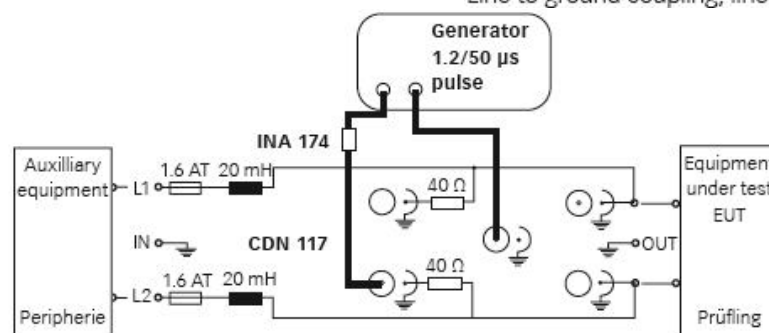
# Коммутация УСР для ввода микросекундных импульсных помех в линии связи



Line to line coupling, line L1 → L2



Line to ground coupling, line L1 → PE

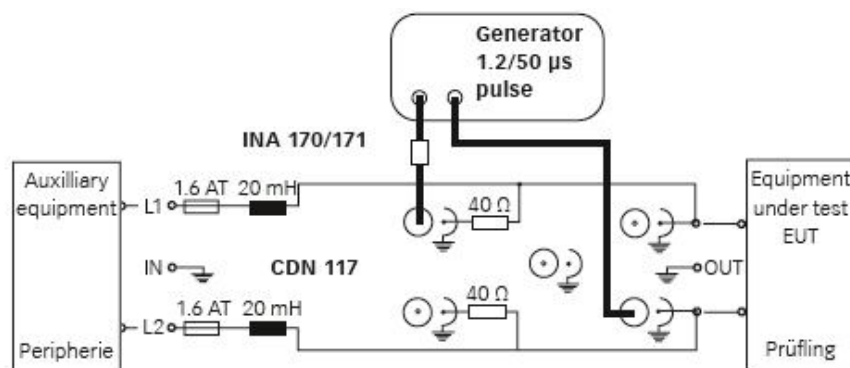


Line to ground coupling, line L2 → PE

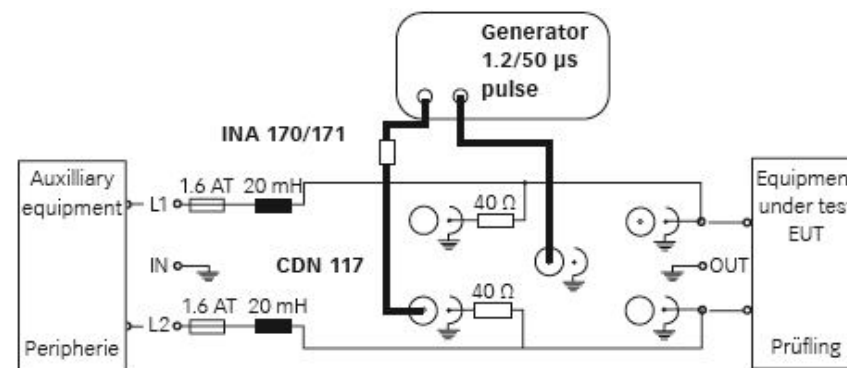




# Коммутация УСР для ввода микросекундных импульсных помех в линии связи



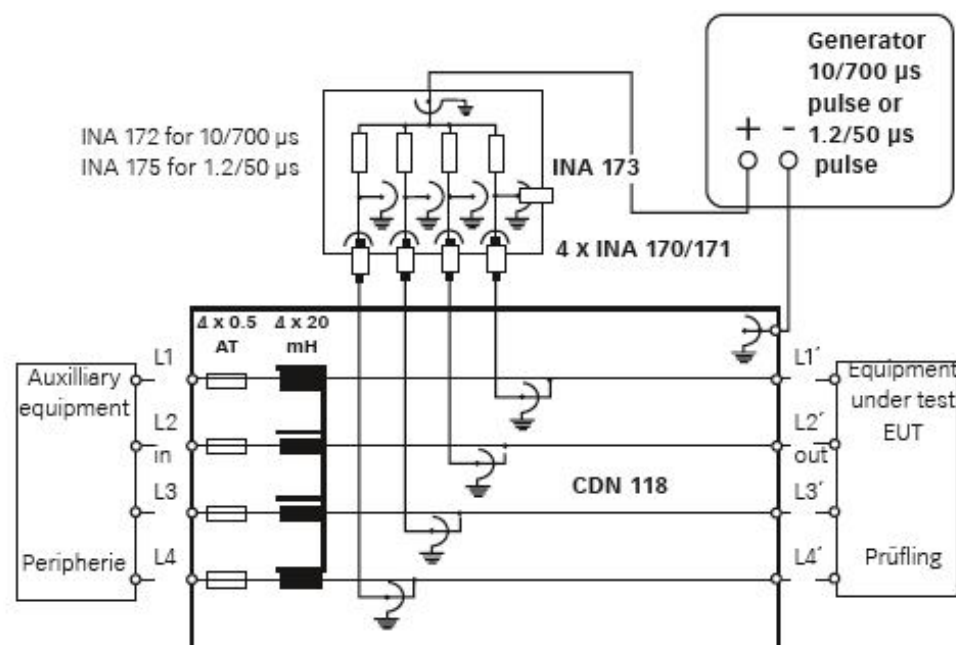
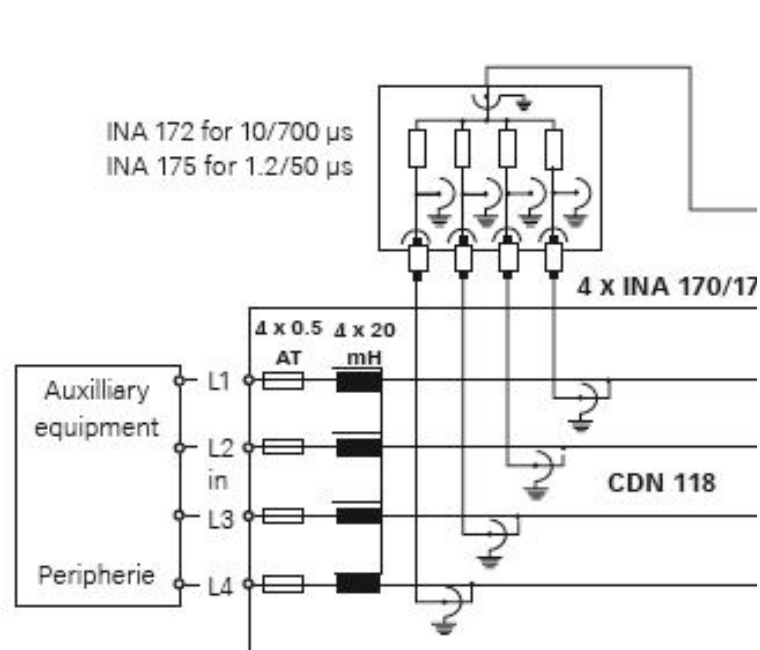
Line to line coupling with 1.2/50 µs pulse on line L1 → L2



Line to ground coupling with 1.2/50 µs pulse on line L2 → PE



# Коммутация УСР для ввода микросекундных импульсных помех в линии связи



Line to line coupling with 10/700  $\mu$ s or 1.2/50  $\mu$ s pulse on telecom lines (1 line in turn grounded with INA 173)



ГОСТ Р 51317.4.12: 0.5 мкс/100 кГц

**NSG 3060 с модулем RWM 3652**

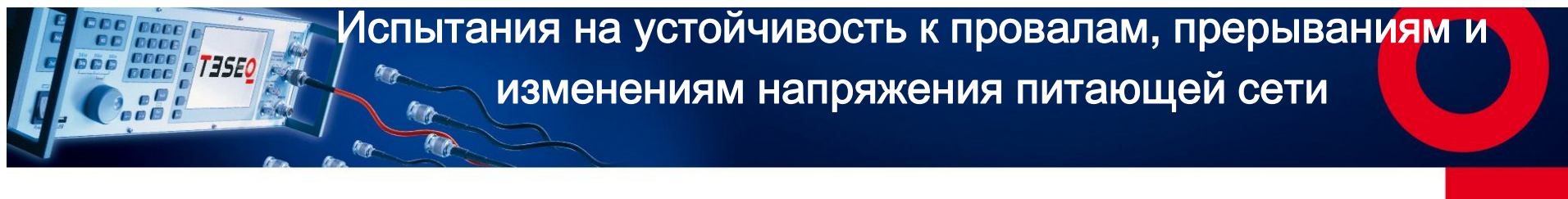
Параметр	NSG 3060
Напряжение, кВ	0.2-6.6
Импеданс, Ом	12, 30, 200
Ток, А	16.6-550, 6.6-220, 1-33
Период, с	1-600

ГОСТ Р 51317.4.12: 75 нс/0.1, 1 МГц

**NSG 3040-SOW**

Параметр	NSG 3040
Напряжение, кВ	0.2-4.4
Импеданс, Ом	150, 200
Частота, 1/с	1-600 (1 МГц) 1-120 (0.1 МГц)

УСР для КЗП– аналогичны УСР для МИП



Основные стандарты: 61000-4-11 ( 51317.4.11) для AC, 61000-4-29 для DC

Испытания на устойчивость к провалам и прерываниям напряжения- ОСНОВНЫЕ

Испытания на устойчивость к изменениям- ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ

В зависимости от электромагнитной обстановки могут содержать следующие воздействия:

- 0% Упит в течение 1 периода колебаний
- 40% Упит в течение 10 периодов колебаний
- 70% Упит в течение 25 периодов колебаний
- 80% Упит в течение 250 периодов колебаний

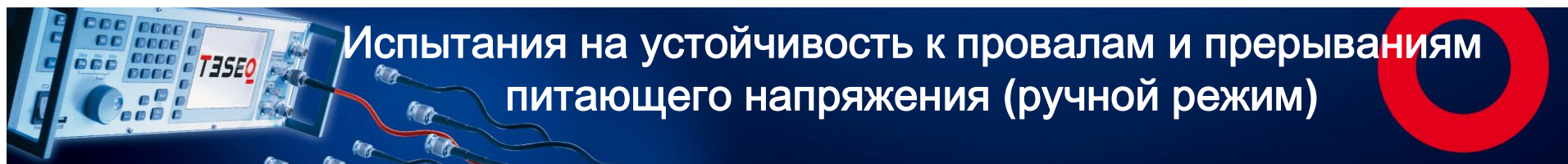
Таким образом, испытательное оборудование- совокупность источника и коммутатора

ИСТОЧНИКИ : трансформаторы INA 6501, INA 6502 ( основные испытания)

VAR 3501-S, VAR 3501-D (основные и дополнительные)

КОММУТАТОР: PQM 3403 ( встраивается в NSG 3040 или в CDN 3061-C16)

АЛЬТЕРНАТИВА : программируемые источники питания из систем Proflin – НЕ основная функция!!!



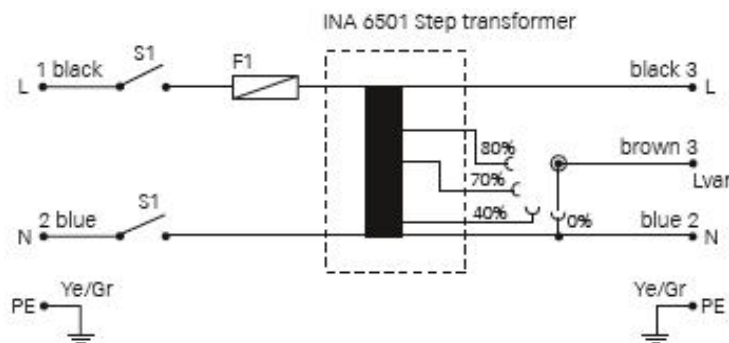
## Испытания на устойчивость к провалам и прерываниям питающего напряжения (ручной режим)

INA 6501 – трансформатор с ручной установкой и управлением под NSG 3000

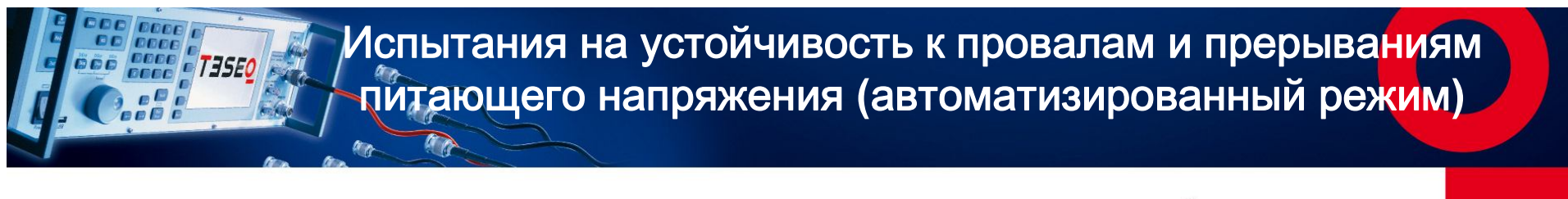
Трансформаторы – стандартная принадлежность для генераторов NSG 3000

Возможно настольное или настенное положение

Соответствие последним требованиям IEC 61000-4-11: 2004



- Входное напряжение 0-250 В (AC)
- 4 уровня: -0%, -40%, -70%, -80%
- Погрешность  $\pm 5\%$
- Установка напряжения пользователем или WIN 3000

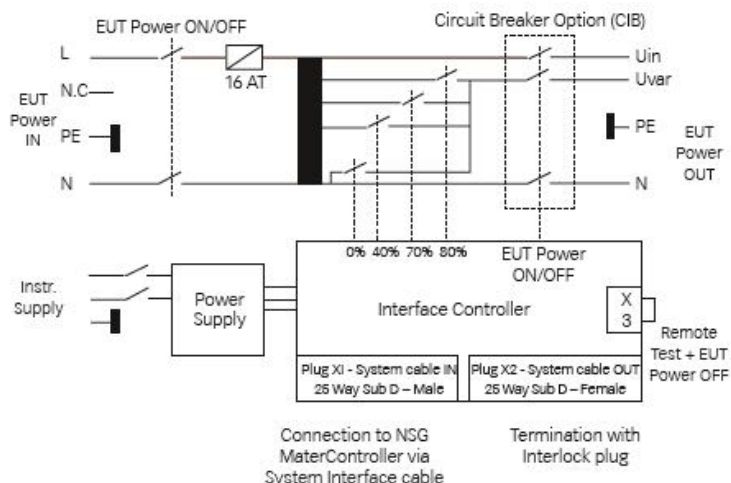


INA 6502 – трансформатор с полностью автоматизированным управлением под NSG 3000

Трансформаторы – стандартная принадлежность для генераторов NSG 3000

Возможно настольное или настенное положение

Соответствие последним требованиям IEC 61000-4-11



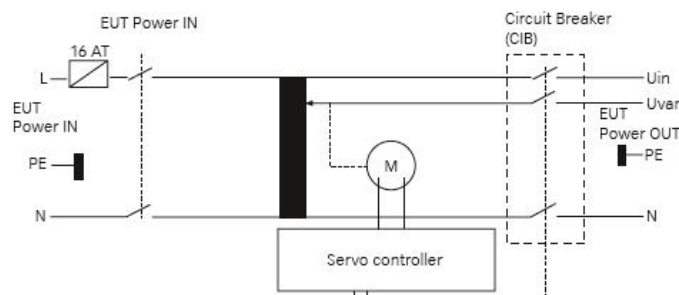
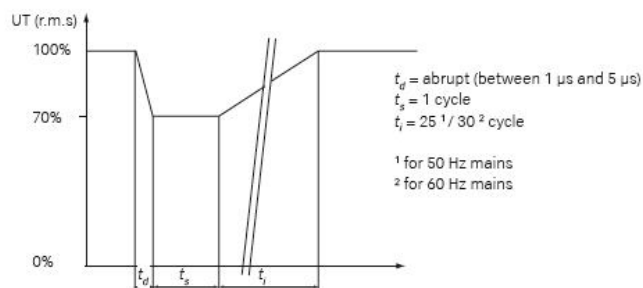
- Входное напряжение 0-250 В (AC)
- 4 уровня: -0%, -40%, -70%, -80%
- Погрешность  $\pm 5\%$
- Установка напряжения пользователем или WIN 3000



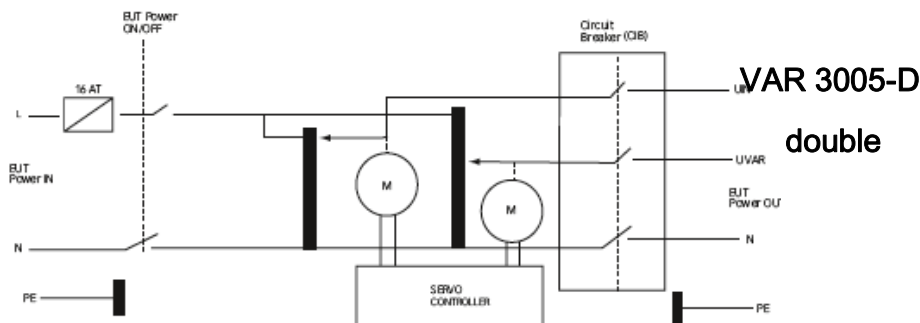


# Автотрансформаторы для испытаний по 61000-4-11

Дополнительные испытания- устойчивость к изменениям питающего напряжения



VAR 3005-S  
single



•Позволяет проводить испытания объектов с питанием 110 В от сети 220 В

•Позволяет устанавливать произвольные уровни провалов

•Позволяет проводить испытания объектов на разных питающих напряжениях без размыкания ( стандарт требует проведение испытаний во всем диапазоне питающих напряжений, если диапазон напряжения питания больше 5 %



## Испытания на устойчивость к изменениям питающей сети



•VAR 3005 + NSG 3040



•VAR 3005 + NSG 3060 + CDN 3061

### •Parameter Value

- Specification: Per IEC and EN 61000-4-11: 2004
- Instrument supply: 85 to 265 VAC / 50/60 Hz
- Power consumption: max. 150 W
- EUT supply input voltage: 10 to 250 VAC (not suited for DC voltages)
- EUT supply input current: 16 A
- EUT supply frequency: 45 to 65 Hz at 10 to 235 VAC
- 49 to 65 Hz at 236 to 250 VAC
- EUT output voltage  $U_{in}$  (test voltage): Adjustable from 0 to 265 VAC
- EUT output voltage  $U_{Var}$  (dip voltage): Adjustable from 0 to 265 VAC or from 0 to 115% of  $U_{in}$
- Adjusting accuracy:  $< 2\%$
- EUT output current: 16 A continuous for variac set to 100%  $U_{in}$
- 20 A for 5 sec for variac set to 80 %  $U_{in}$
- 23 A for 3 sec for variac set to 70%  $U_{in}$
- 40 A for 3 sec for varica set to 40%  $U_{in}$



## Испытания на устойчивость к импульсному и затухающему магнитному полю



INA 701

Одновитковая рамочная антенна, 4 A/m (НГ), 40 A/m (кратковременно 5 с), 1200 A/m импульсное (8/20 мкс), 1m x 1m, полное соответствие ГОСТ. Работает с модулями **MFO 6501 или 6502 для магнитного поля промышленной частоты**. Может использоваться с программируемыми источниками питания. Механизм вращения.



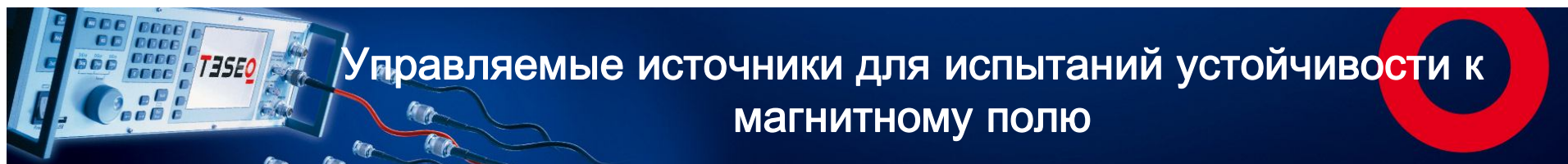
INA 702

Многовитковая рамочная антенна до 40 A/m (НГ), 330 A/m (кратковременно 5 с), 1200 A/m импульсное (8/20 мкс), 1m x 1m, полное соответствие стандарту. 11 витков с выходами на 1,5,11 витков.  
Работает с модулями **MFO 6501 или 6502 для магнитного поля промышленной частоты**. Может использоваться с программируемыми источниками питания. Механизм вращения.



INA 703

Многовитковая рамочная антенна до 330A/m (НГ), 1100 A (кратковременно 5 с), 1200 A/m импульсное (8/20 мкс), 1m x 1m, полное соответствие стандарту. 37 витков с выходами на 1,5,37 витков.  
Работает с модулями **MFO 6501 или 6502 для магнитного поля промышленной частоты**. Может использоваться с программируемыми источниками питания. Механизм вращения.



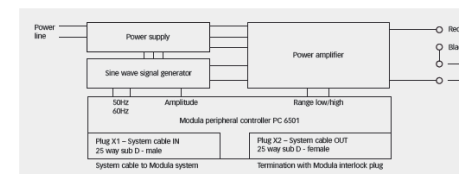
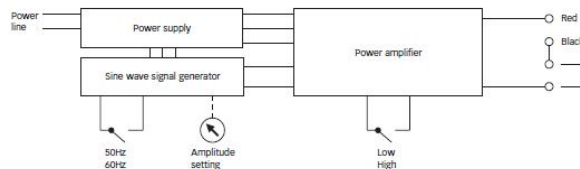
## Управляемые источники для испытаний устойчивости к магнитному полю

- Устойчивость к магнитному полю промышленной частоты (ГОСТ 50648) : до 100 А/м (НГ), до 1000 А/м (1-3 с)
- Устойчивость к импульсному магнитному полю (ГОСТ 50649):
- Устойчивость к затухающему магнитному полю (ГОСТ 50652): до 100 А/м

MFO 6501- стационарный источник для создания МП ПЧ на частотах 50, 60 Гц согласно 61000-4-8



- До 3.6 А/м с INA 701
- До 40 А/м с INA 702
- До 160 А/м с INA 703



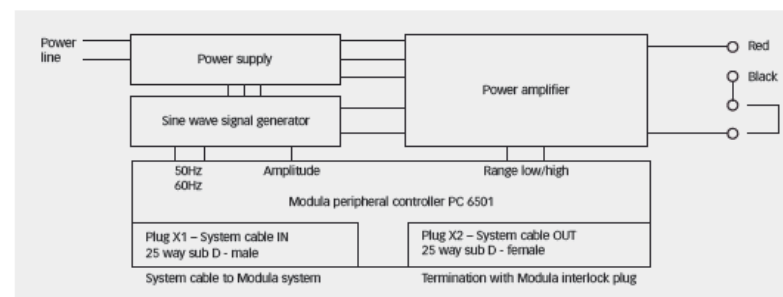
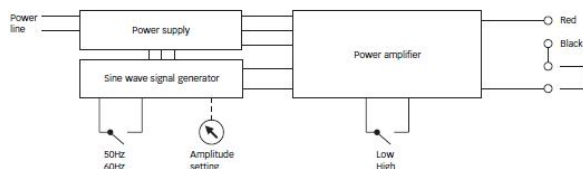
# Управляемые источники для испытаний устойчивости к магнитному полю

- Устойчивость к магнитному полю промышленной частоты
- Устойчивость к импульсному магнитному полю
- Устойчивость к затухающему магнитному полю

MFO 6501- стационарный источник для создания МП ПЧ на частотах 50, 60 Гц согласно 61000-4-8



- До 3.6 А/м с INA 701
- До 40 А/м с INA 702
- До \_\_\_\_ А/м с INA 703





## КОМБИНАЦИЯ

- Генератор импульсов
- Внешний трансформатор
- Рамочная антенна
- Источник питания
- Программное обеспечение
- NSG 3040 / NSG 3060
- INA 6501/ INA 6502/ VAR 3005
- INA 701/ INA 702/ INA 703
- MFO 6501 / MFO 6502
- WIN 3000

Обеспечит автоматизированное квалифицированное проведение испытаний по  
ГОСТ 51317.4.4, 4.5, 4.11, 4.12, 4.29, 50648, 50649, 50652





## Опции построения генератора NSG 3040



• NSG 3040-IEC-ERC

- без встроенного монитора
- управление от внешнего ПК под бесплатным ПО WIN3000



• NSG 3040-EFT-CWS-EPO

- только генератор импульсов
- без встроенного УСР



• NSG 3040-DDV-ERC

- помехоустойчивость к прерываниям сети
- управление от внешнего ПК
- Встроенное УСР

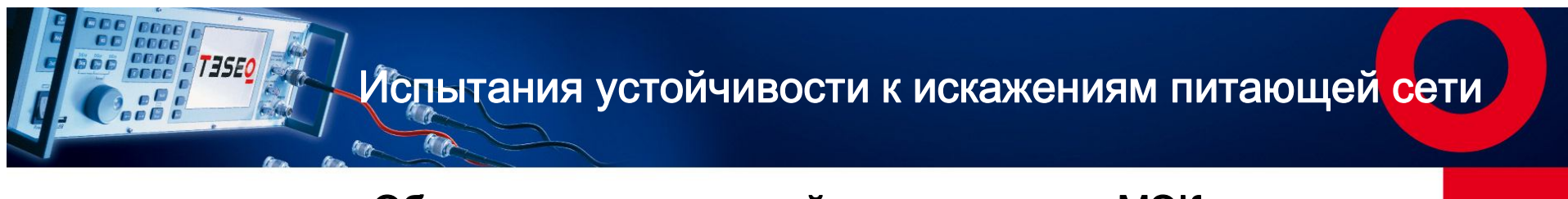


## Модульность построения NSG 3060



- Платформа NSG 3060 MainFrame

CWM 3650	Импульсный модуль: генерирует импульсы МИП( 1,2/50 мкс) до 6,6 kV и 3.3 kA. Соответствует IEC 61000-4-5 и ANSI C62.41&45. Сертификат калибровки.
RWM 3652	Импульсный модуль: генерирует колебательные затухающие помехи ( 100 кГц, 1 МГц) до 6,6 kV. Соответствует 61000-4-12 и ANSI C62.41&45. Сертификат калибровки.
FTM 3425-60	Импульсный модуль: Генерирует импульсы пачек НИП до 4.8 kV. Соответствует IEC 61000-4-4. Сертификат калибровки.
TSM 3751	Импульсный модуль: генерирует импульсы МИП для телекоммуникационных устройств ( 10/700 мкс) до 7,7 kV. Соответствует IEC 61000-4-5 и серии ITU.K Сертификат калибровки.
PQM 3403	Модуль качества питания (включен в CND 3061)



## Испытания устойчивости к искажениям питающей сети

### Обеспечение испытаний по стандартам МЭК

Стандарты на устойчивость к искажениям питающей сети:

МЭК 61000-4-13 Устойчивость к гармоникам и интергармоникам

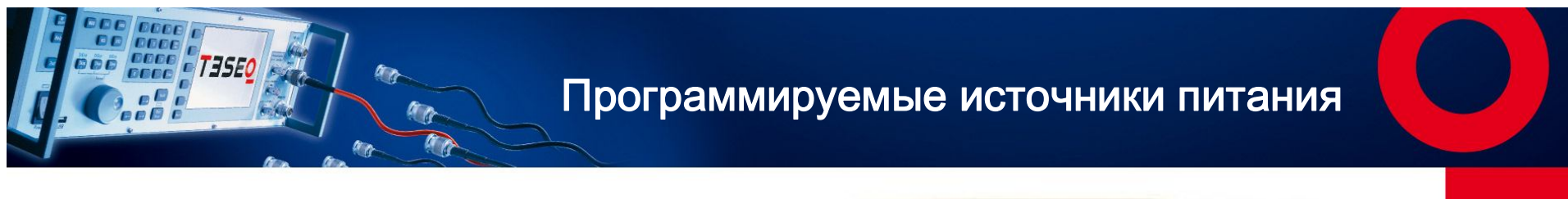
МЭК 61000-4-14 Устойчивость к колебаниям напряжения электропитания

МЭК 61000-4-17 Устойчивость к пульсациям сети питания постоянного тока

МЭК 61000-4-27 Устойчивость к асимметрии питающей сети

МЭК 61000-4-29 Устойчивость к посадкам, краткосрочным пропадааниям и колебаниям постоянного напряжения питания

МЭК 61000-4-8 Устойчивость к магнитному полю промышленной частоты

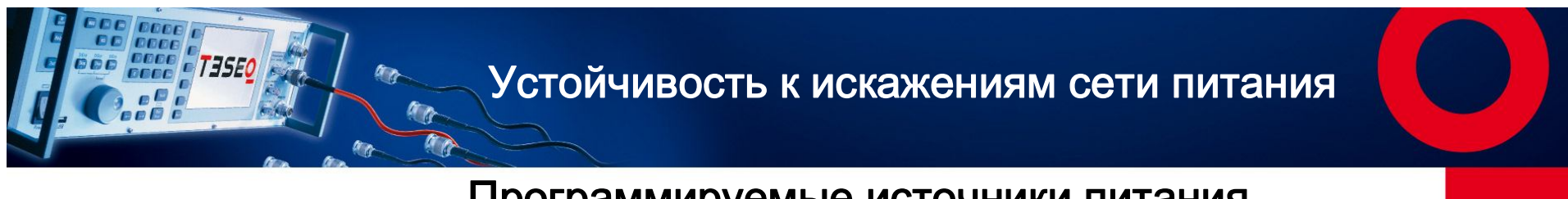


## Программируемые источники питания

### Семейство источников питания серии NSG 1007



- Комбинация источника AC/DC и анализатора мощности вместо совокупности
- Создание сигналов обычной и произвольной формы
- Встроенный цифровой анализатор мощности
- Удовлетворяет требованиям к источникам питания для испытаний по МЭК 61000-3-2 и МЭК 61000-3-3
- Возможность программируемого импеданса не требует физического модуля
- Включено универсальное программное обеспечение



## Программируемые источники питания

Модель	NSG 1007-3	NSG 1007-5	NSG 1007-10	NSG 1007-15	NSG 1007-30	NSG 1007-45
Выходной ток AC						
Режим	Максимум на фазу					
НД, в установ. режиме	22.2	37.0	74	37.0	67 (200@1ф)	99 (300@1ф)
НД, пик. повтор. режим	110.0	110.0	220.0	110.0	в 3.6 раз больше	
ВД, в установ. режиме	11.1	18.5	37.0	18.5	33.3 (100@1ф)	50 (150@1ф)
ВД, пик. повтор. режим	96.0	96.0	192.0	96.0	в 3.6 раз больше	



# Устойчивость к искажениям сети питания

## Программируемые источники питания

Модель	NSG 1007-3		NSG 1007-5		NSG 1007-10		NSG 1007-15		NSG 1007-30		NSG 1007-45			
Питание, В	240		208		400		208		400		208		400	
Выходное напряжение AC	Диапазон напряжения				Низкий диапазон (НД)				Высокий низкий (ВД)					
	AC				0-150 В				0-300 В					
	AC+DC				0-150 В				0-300 В					
	Регулировка нагрузки		(ALC ON)		<0.2%				<0.25% DC-100 Гц <0.5% 100-819 Гц					
			(ALC OFF)		<0.5% DC-100 Гц									
					<2.2% 100-500 Гц									
					<3% 500-1000 Гц									
	Регулировка линии				<0.1% для 10% диапазона									
Скорость изменения		200 мкс для 10% - 90% полной шкалы, на R-нагрузку												
Внешняя АМ		Глубина 0-10%, частоты 0-2 кГц												
ВД, пик. повтор. режим		96.0		96.0		192.0		96.0		в 3.6 раз больше				





# Характеристики источников питания (основные)



Model	Output power AC	Output phases	Maximum current per phase				Input voltage	Input phases
			Low voltage range Amps		High voltage range Amps		Voltages stated are line to line with the exception of NSG 1007-3-240 which requires single phase input	
	kVA		AC	DC	AC	DC	Volts AC	1
NSG 1007-3-240	3	1	22.0	15.6	11.0	7.8	208 - 204	3
NSG 1007-5-208	5	1	37.0	26.0	18.5	13.0	208 - 204	3
NSG 1007-5-400	5	1	37.0	26.0	18.5	13.0	400 - 480	3
NSG 1007-10-208	10	1	74.0	52.0	37.0	26.0	208 - 240	3
NSG 1007-10-400	10	1	74.0	52.0	37.0	26.0	400 - 480	3
NSG 1007-15-208	15	3	37.0	26.0	18.5	13.0	208 - 240	3
NSG 1007-15-400	15	3	37.0	26.0	18.5	13.0	400 - 480	3



## Характеристики источников питания (1)



Model	NSG 1007-3	NSG 1007-5		NSG 1007-10		NSG 1007-15	
Supply option	240	208	400	208	400	208	400
Operating modes	AC, DC, or AC + DC						
Frequency range	16 Hz – 1000 Hz (See voltage de-rating Vs frequency chart below)						
Total power	3,000 VA	5,000 VA		10,000 VA		15,000 VA	
Load power factor	0–1 at full rated power						
AC mode voltage	Voltage range		Low		High		
	AC		0–150 V		0–300 V		
	AC + DC		0–150 V		0–300 V		
	Load regulation (ALC ON)		<0.2%		<0.2%		
	Load regulation (ALC OFF)		<0.5% DC–100 Hz		<0.5% DC–100 Hz		
			<2.2% 100–500 Hz		<0.6% 100–500 Hz		
			<3% 500–1000 Hz		<3% 500–1000 Hz		
	Line regulation		<0.1% for 10% line change				
Output noise	(20 kHz to 1 MHz) <250 mVrms typical, <500 mVrms maximum						
Harmonic distortion	<1% from 16–66 Hz, <2% at 400 Hz, <3% at 800 Hz						
DC offset	<20 mV						
External amplitude modulation	Depth 0–10%, Frequency DC–2 kHz						
Isolation voltage	300 Vrms output to chassis						



## Характеристики источников питания (2)



Model	NSG 1007-3	NSG 1007-5	NSG 1007-10	NSG 1007-15
Supply option	240	208 400	208 400	208 400
Maximum power	2,100 Watts	3,500 Watts	7,000 Watts	3,500 Watts/Ø
Line regulation	<0.1% FS for 10% Line change			
Output noise	(20 kHz to 1 MHz) <250 mVrms typical, <500 mVrms Max			
<b>DC mode current</b>	Maximum DC current per output			
200 V range	15.6	26.0	52.0	26.0
400 V range	7.8	13.0	26.0	13.0
Current limit	Programmable from zero to maximum current for selected range			
AC + DC output power	Full AC power if DC component is less than 20% of full scale voltage, full DC power if DC component is above 20%			
Storage	Non volatile memory storage, 16 instrument setups, 200 user defined waveforms			
Waveforms	Waveform types User defined waveform storage	Sine, square, clipped sine, user defined Four groups of 50 user defined waveform of 1024 points		
System interface	Inputs Outputs	Remote shut down, external synch, clock/lock (optional) Function strobe, clock/lock (optional)		
Protection	Over load Over temperature	Constant current or constant power mode Automatic shutdown		



## Расширение номенклатуры испытаний

### Дополнительные виды испытаний (при наращивании источника питания)

Стандарты по провалам, прерываниям и изменениям питающей сети переменного напряжения:

(при дополнительном быстродействующем коммутаторе)

МЭК 61000-4-11 I<16 А на фазу

МЭК 61000-4-34 I>16 А на фазу

Стандарты по устойчивости к магнитному полю (при дополнительных адаптере и рамочной антенне)

Стандарты по фликеру (при дополнительном измерительном модуле):

МЭК 61000-3-3 I<16 А на фазу

МЭК 61000-3-11 I<75 А на фазу

Стандарты по эмиссии гармоник: при дополнительном измерительном модуле

МЭК 61000-3-2 I<16 А на фазу

МЭК 61000-3-12 I>16 А на фазу



## Система Profline - объединение источника и измерительного модуля



### Измерение гармоник и фликера при токах

до 11 А (СКЗ) и 96 А (пик) для сетей питания 230 В (Profline 2103)

Включает программируемый источник питания 3 кВА типа NSG 1007-3

Содержит 3 измерительных канала по току и 1 измерительный канал по напряжению

Встроена цифровая карта обработки

Вычисляются: гармоники, интергармоники, кратковременная и длительная доза фликера, установившееся и максимальное изменение СКЗ напряжения

Наличие NSG 1007-3 обеспечивает:

Имитацию стандартного импеданса за ( $0.24+j0.15$  Ом – линия,  $0.16+j0.1$  Ом - нейтраль) путем контроля за соотношением напряжения к току;

Отсутствие необходимости использования физического стандартного импеданса

Непосредственная возможность других испытаний на устойчивость к искажения AC/DC

Опциональная возможность испытаний на устойчивость к магнитному полю и квалификационных испытаний к динамическим изменениям сети





## Системы испытаний Profline



### Profline системы

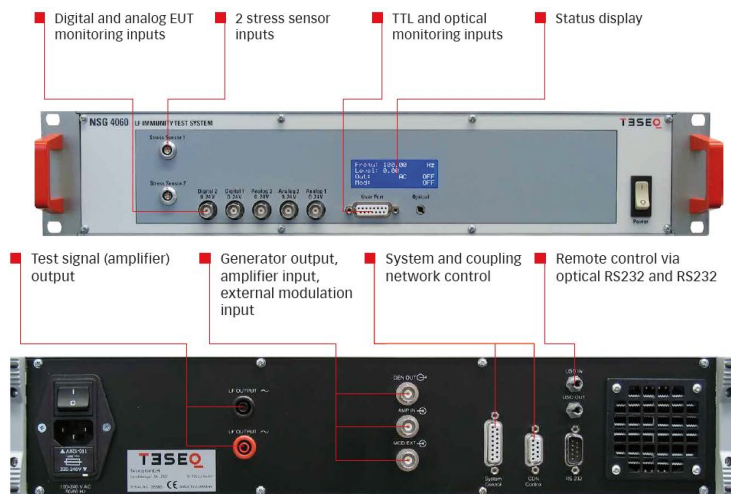
Измерение гармоник и фликера IEC 61000-3-2, IEC 61000-3-3 (до 16 A)																				
Profile	Фазы	Источник сигнала (мощности)							Измерител. модуль			Испытания по доп. стандартам								ПО
		Пита-ние, В, фазы	Р на фа-зу, kVA	Модель NSG	Диапазоны					каналы	U <sub>max</sub> (front,rear)	I <sub>max</sub> (front,rear)	61000-3-11	61000-3-12	61000-4-13 61000-4-14 61000-4-17 61000-4-28	61000-4-29	61000-4-34	61000-4-11	61000-4-8	
					AC			DC												
					U, В	I, A	F, Гц	U, В	I, A											
2100-1	1	No AC source							4 <sup>1</sup>	240 300	16 40									WIN 2100
2100-3	3								12 <sup>1</sup>											
2103-240	1	240, 1	3	1007-3-240	150 300	22.2(110 <sup>1</sup> ) 11.1 (96)	16- 1000		15.6 7.8	4	240 300	16 40	-							WIN 2100 H&F WIN 2110 PQT
2105-208	1	208, 3	5	1007-5-208																
2105-400		400, 3	3dc	1007-5-400																
2115-208		208, 3	5	1007-5-208																
2115-400		400, 3	3dc	1007-5-400																
2130-208	3	208, 3	10	1007-30-208	150 300	67 (240), 33 (120)	16- 819	200 400	33 17	12	300	74	+   <							





NSG 4060 обеспечивает проведение по стандартам

- IEC 61000-4-16
- IEC 61000-4-19
- ГОСТ 51317.4.16-2000



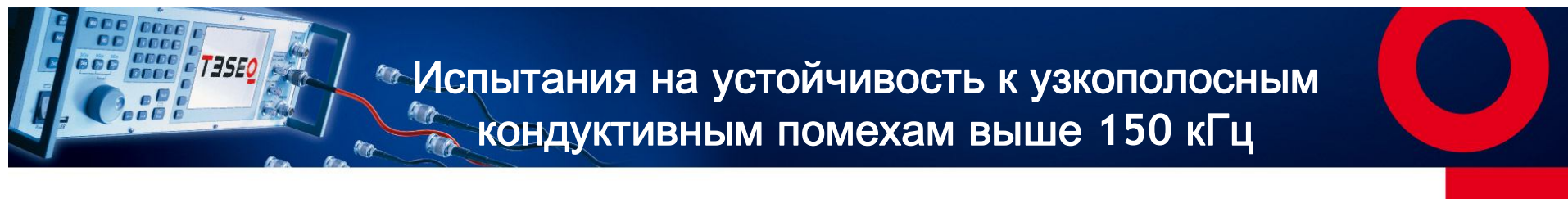
• Обеспечивает ввод симметричных и несимметричных помех

Frequency range:	15 Hz to 150 kHz (generator output max. 1 MHz)
Resolution:	0.01 Hz
Output voltage:	0.1 V <sub>rms</sub> to 30 V <sub>rms</sub>
Output current:	0.1 A to 4 A, at 150 kHz 2A
Resolution:	0.01 V
Output impedance:	<0.1 Ω for 50 Ω ±10 % use NSG 4060-1 or RES 50 (external 50 Ω resistor box) for 10 Ω ±30 % use RES 10 (external 10 Ω resistor box) for 1 Ω ±30 % use RES 01 (external 1 Ω resistor box)
Output connector:	4 mm safety banana



## Проверка устойчивости к кондуктивным наведенным помехам выше 150 кГц

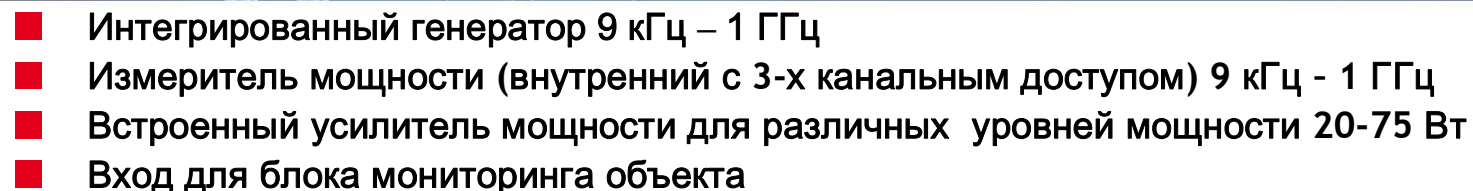
- Испытания: устойчивость к кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными полями
- Частотный диапазон: 150 кГц ... 80 (230) МГц
- Жесткость испытаний: 1, 3 или 10 В для 150 Ом-ных систем
- Помещение: экранированное помещение
- Оборудование: генератор, усилитель мощности, измеритель мощности, направленный ответвитель, 6 dB -аттенюатор, ПО
- Устройства связи: УСП (типы M, AF, T, S), ЭМ-клеммы, токовый зонд
- Дополнительно: Средства калибровки уровня воздействий



## Испытания на устойчивость к узкополосным кондуктивным помехам выше 150 кГц

Генератор NSG 4070 – основа системы





- Опция 20 Вт 150 кГц - 230 МГц      УСР (10 В ), ЭМ клещи (3 В)
- Опция 30 Вт 150 кГц - 230 МГц      УСР / ЭМ клещи (10 В),
- Опция 75 Вт 150 кГц - 230 МГц      все режимы IEC/EN 61000-4-6  
УСР / ЭМ клещи / токовый зонд (10 В)

- Модуляция (внутренняя 1 Гц-50 кГц) АМ, ИМ
- Возможность использования внешних усилителей и направленных ответвителей
- 5.7“ TFT монитор с клавишным и сенсорным управлением
- Разнообразные опции мониторинга объекта испытаний
- Автоматизированная калибровка и запоминание результатов

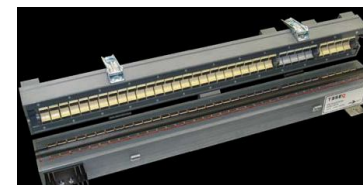
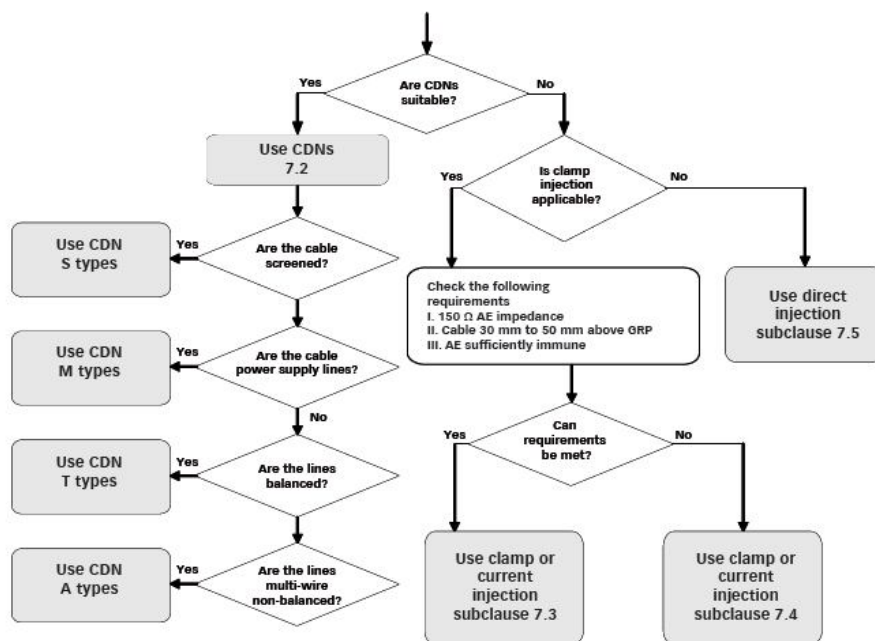




# Выбор необходимого УСР



## Алгоритм выбора подходящего УСР



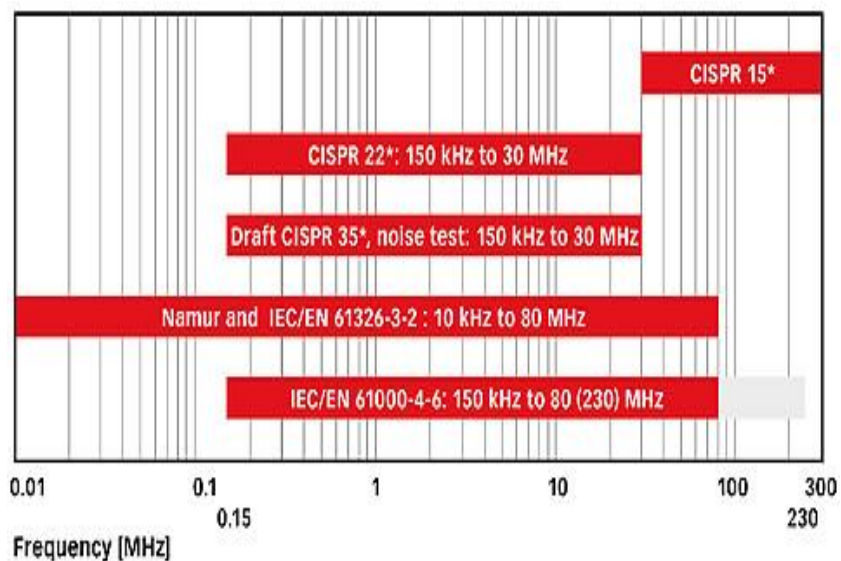




# Устройства связи/развязки для ввода кондуктивных помех



## Частотный диапазон УСР



\* Standard contains additional requirements for the CDN.

## Типы УСР

Тип	Описание	Вариации
<b>M</b>	Неэкр. линии AC/DC	1/2/3/4/5- штырь CEE 7/17 ( 2 линии, станд.) IEC 60320 C14/C20 ( 3 линии, станд.) Schuko CEE 7/4 ( 3 линии, станд.) CEE 17, 5 линий ( станд.)
<b>AF</b>	Неэкр. несим. слаботочные линии	2/3/4 штырь 8/15 линий: 25 D-sub
<b>CAN</b>	Спец. неэкр. CAN шина	4/5 линии (станд.)
<b>S</b>	Экр. линии	2/4/9/15/25 линий (станд.)
<b>S+</b>	Коаксиальные	50/75 Ом
<b>USB</b>	USB	Основное/периферийное устройство
<b>ST</b>	Экр. сим. линии для IT	RJ 45: 0.01-80/0.15-230 МГц
<b>T</b>	Неэкр. сим. линии для IT	1/2/4 пар RG11/RG45 для разных скоростей обмена



Advanced Test Solutions for EMC





# Устройства ввода помех без разрыва цепи



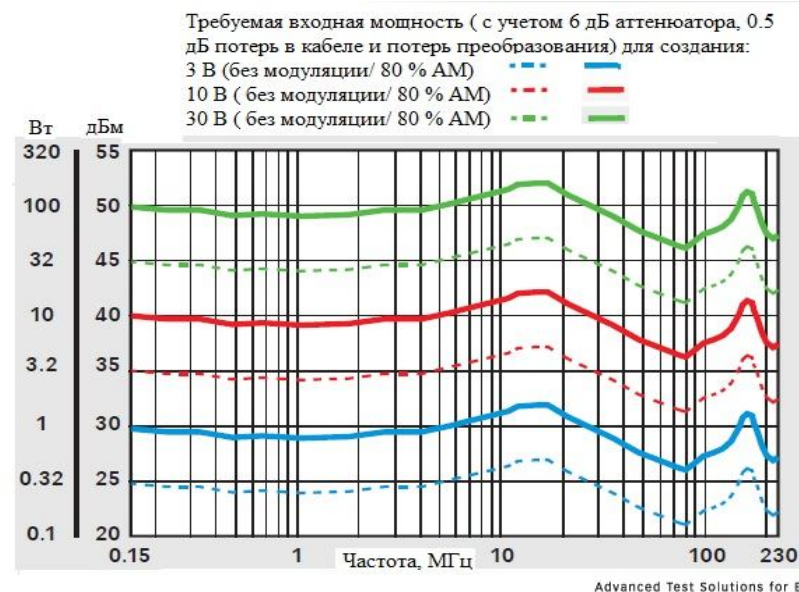
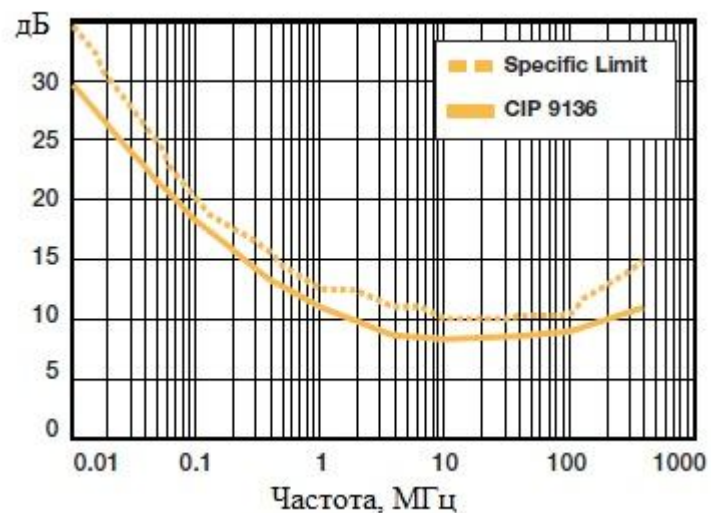
CIP 9136

10 кГц-400 МГц, 1 кВт



KEMZ 801A

0.15-1000 МГц, Pmax=100 Вт@15 мин





PCJ 9201B – калибровочное приспособление для CIP



CAL 801A

CAL 801A – калибровочное приспособление для CDN и ЭМ-клетей



Адаптеры 150/50 Ом, согласованные нагрузки 50, 150 Ом



Рассеивающие 6 дБ аттенюаторы 10, 20, 50, 70 Вт; 0-1 ГГц



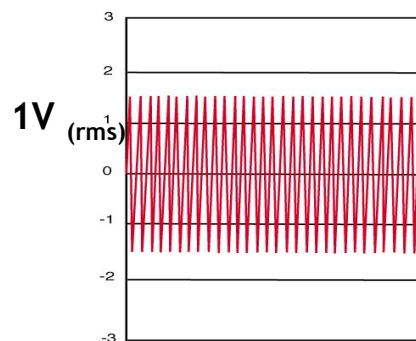
# Устойчивость к кондуктивным наведенным помехам



Степени жесткости испытаний: 1, 3, 10 В и специальная.

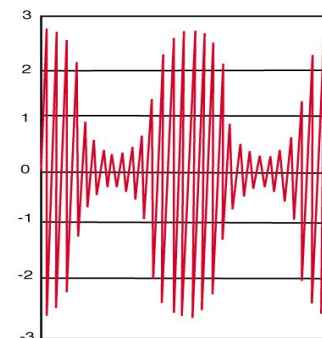
Калибровка в немодулированном режиме

Испытание- ввод АМ модуляции 80 %@ 1 кГц



CW

$$V_{p-p} = 2.8V$$



80% AM

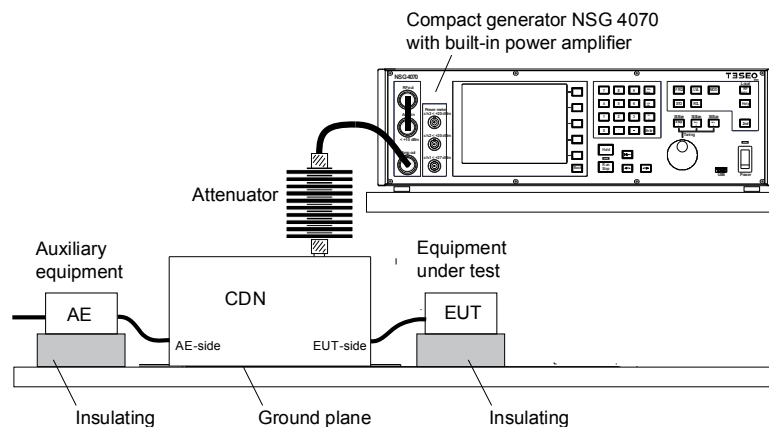
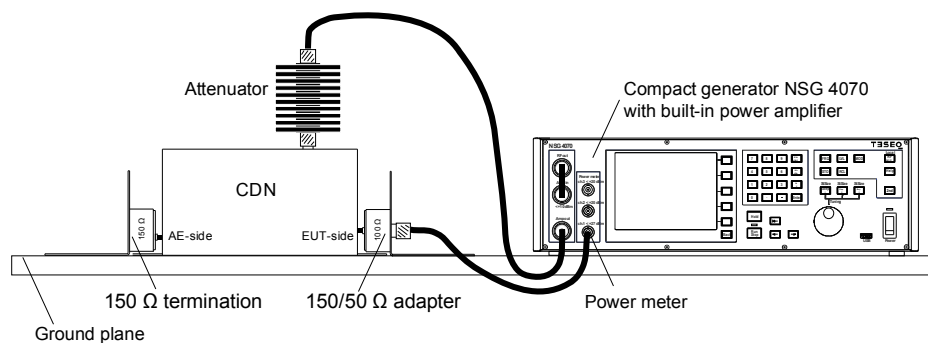
$$V_{p-p} = 5.04V$$

$$\frac{P_{mod}}{P_{CW}} = \frac{5.04^2}{2.8^2} = 3.24$$

# Типовые схемы применения испытательного оборудования

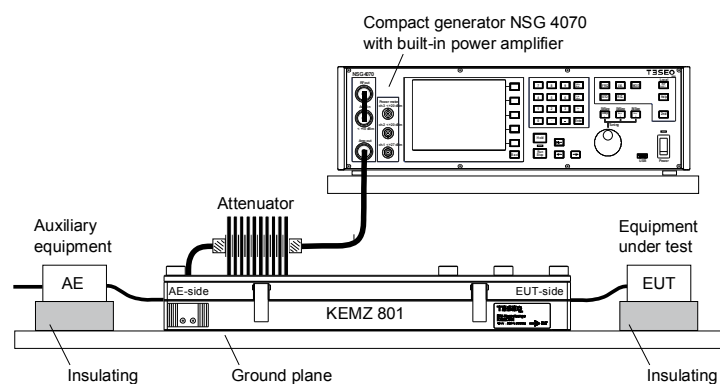
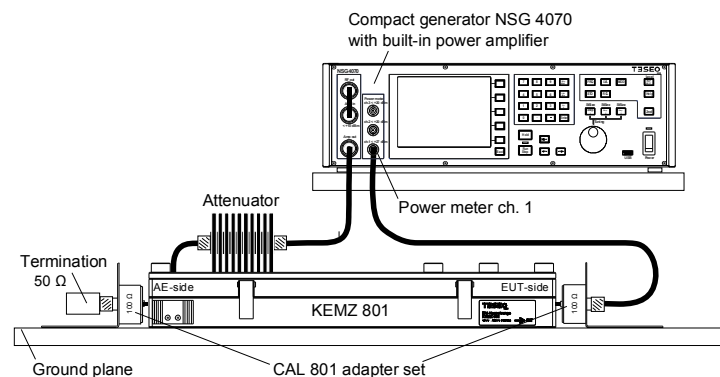
## Устройство связи: УСР

- Схема калибровки
- Схема испытаний



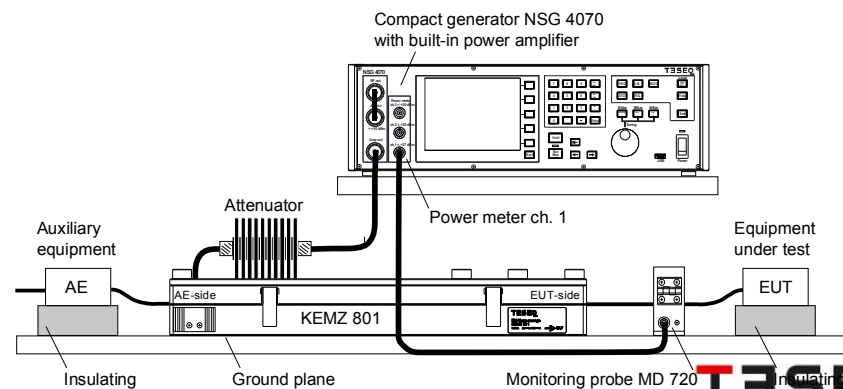


# Типовые схемы применения испытательного оборудования



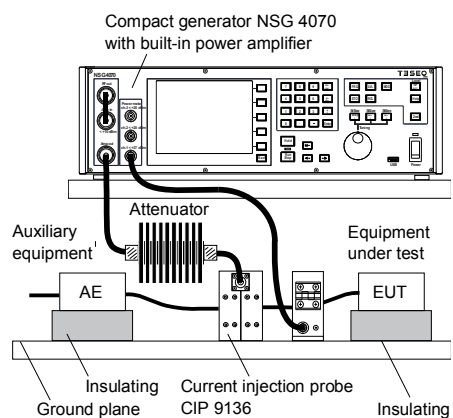
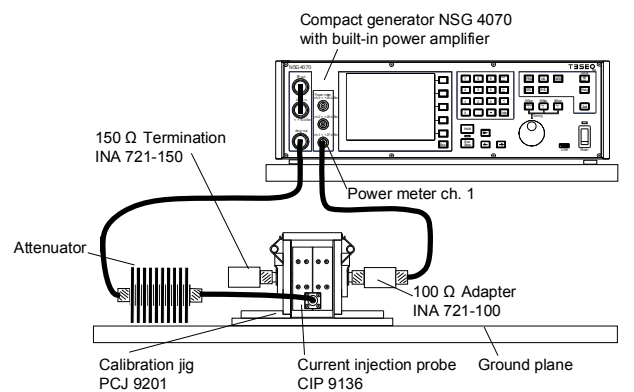
## Устройство связи: ЭМ-клеммы

- Схема калибровки
- Схема испытаний ( с известным импедансом)
- Схема испытаний ( с неизвестным импедансом)



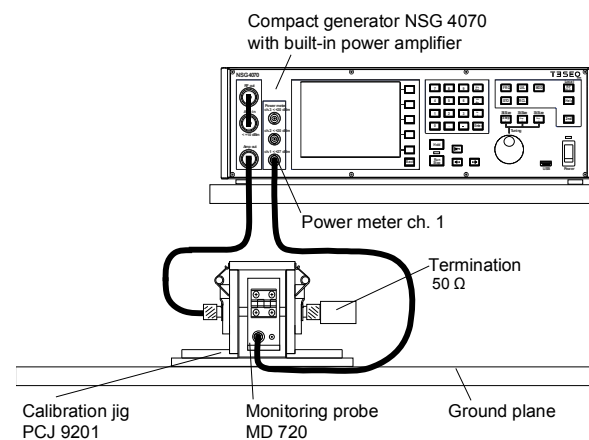


# Типовые схемы применения испытательного оборудования

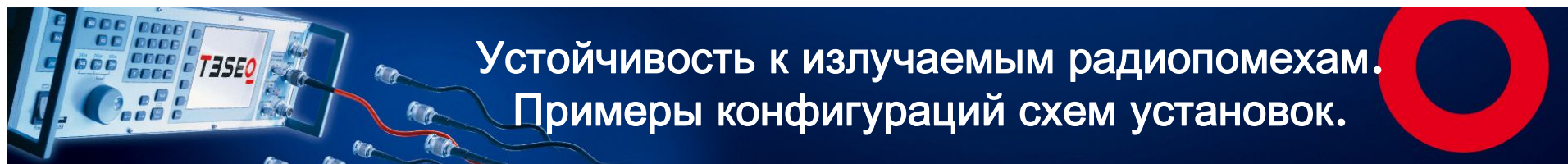


## Устройство связи: токовый зонд

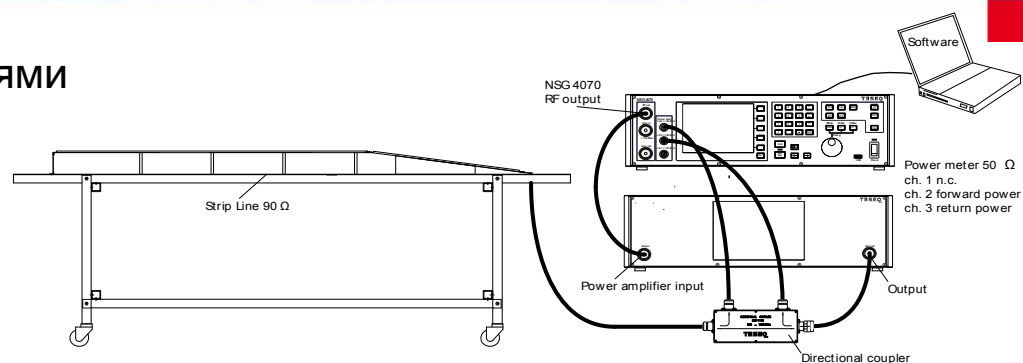
- Схема калибровки
- Схема испытаний
- Схема калибровки зонда



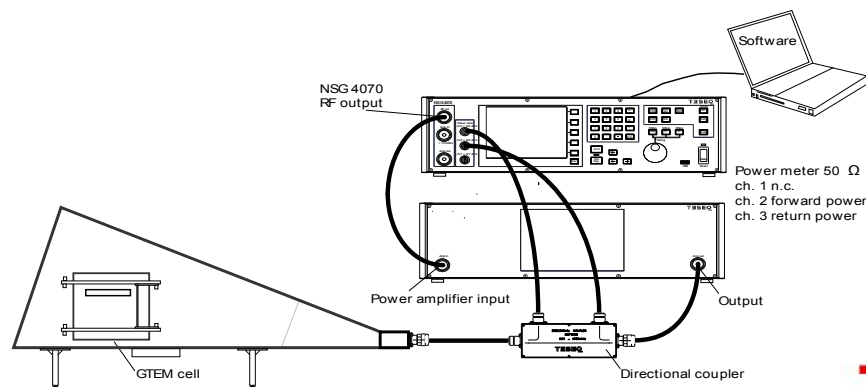




## Применение с полосковыми линиями



## Применение с GTEM ячейками





## Испытательная система ITS 6006

Интегрированный генератор сигналов 80 МГц – 6 ГГц

Встроенный коммутатор

Опция многоканального мониторинга объекта

Встроенные измерительные каналы

Внутренняя АМ, ИМ

Программное управление





## Особенности испытательной системы ITS 6006

- Режим генерации
  - Функции многоканального генератора сигналов
  - Гибкие функциональные свойства
  - Встроенный усилитель мощности
  - Встроенный 2-4 канальный коммутатор
- Режим оценки устойчивости
  - Разветвленное меню согласно
  - Отслеживание порогов устойчивости
  - Мониторинг объекта



## Измерительные (излучающие) антенны TESEQ

CBL 6111



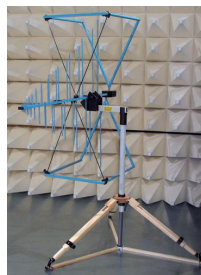
CBL 6141



CBL 6112



CBL 6144



UPA 6108/6109



BHA 9220



BHA 9118





## Полеобразующие системы. Антенны



### Технические характеристики излучающих антенн

Тип	Диапазон	Калибровка, дБм <sup>-1</sup>	Pmax, Вт	Pвх. для 10 В/м@3м, Вт
CBL 6111	30 МГц-1 ГГц	20-24	300	40-8
CBL 6112	30 МГц- 2 ГГц	18-27	300	40-4
CBL 6141	30 МГц -2 ГГц	24-33	300	30-8
CBL 6143	30 МГц -3 ГГц	22-33	300	30-4
CBL 6144	30 МГц -3 ГГц	5-33	600	20-7
UPA 6108/6109	200/300 -1000 МГц	10/15-25	300	30-20
BHA 9220	200 МГц – 2 ГГц	10-30	200	12-6
BHA 9118	1-18 ГГц	25-40	200	10-5



# Полеобразующие системы. Полосковые линии

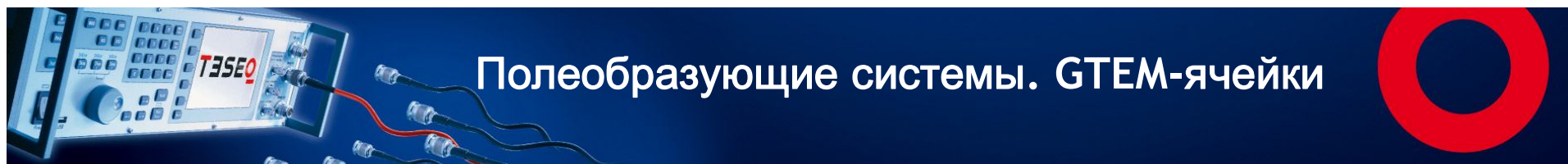
## Симметричные полосковые линии

Используются в основном для испытаний автомобильного оборудования



SL 50	0.1 Вт для 10 В/м	150 мм	10 кГц- 1ГГц, 50 Ом, 1 кВт
SL 90	0.05 Вт для 10 В/м	150 мм	10 кГц-1ГГц, 90 Ом, 150Вт
SL 150	10 Вт для 10 В/м	800 мм	10 кГц-1ГГц, 50 Ом, 100 Вт

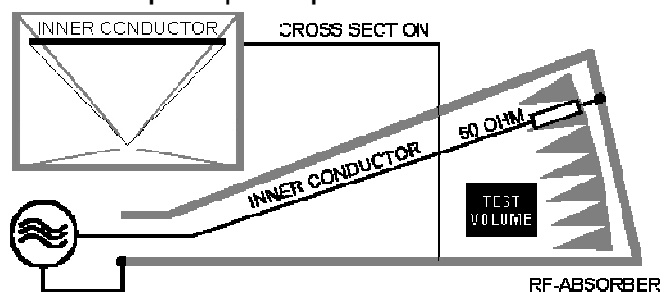




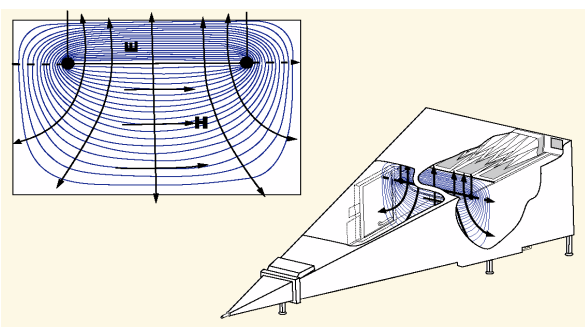
# Полеобразующие системы. ГТЕМ-ячейки

GTEM = GigaHertz Transverse Electro Magnetic

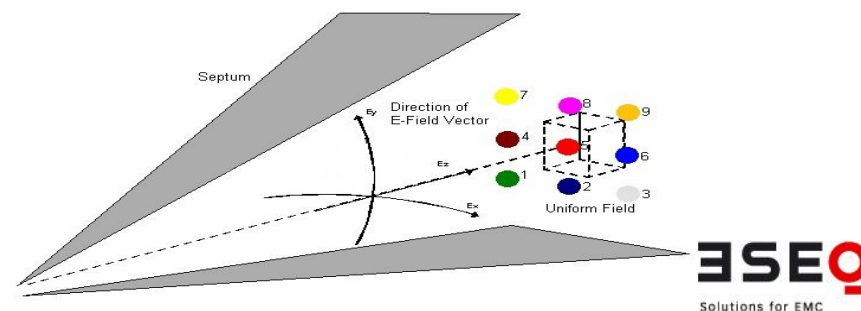
## Принципы работы



## Структура поля внутри ячейки



Основное требование –плоскость однородного поля с вариациями не более 6 дБ согласно EN 61000-4-3: Однородность относительно суммы  $E_y$ ,  $E_x$  и  $E_z$



**TESEO**  
Solutions for EMC



# Полеобразующие системы. ГТЕМ-ячейки

## Основные характеристики ГТЕМ ячеек (0-20 ГГц)

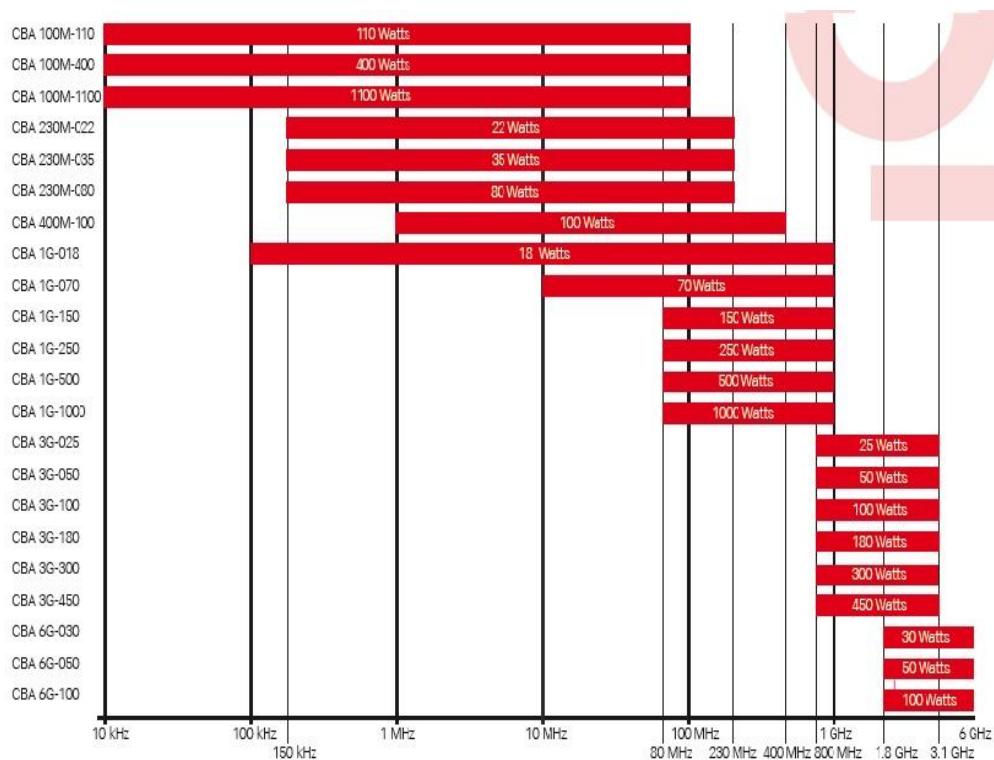
Тип	Габариты объекта	Объем по вариациям 6 дБ, м <sup>3</sup>	Мощность для 10 В/м, Вт	Высота объема в контрольной точке, мм	Макс. входная мощность, Вт	Габариты ячейки, м
GTEM 250	0.20 <sup>2</sup> *0.13	0.083 <sup>3</sup>	0.1	217	50 (100)	1.25*0.65*0.45
GTEM 500	0.41 <sup>2</sup> *0.31	0.167 <sup>3</sup>	0.7	433	100(400)	2.95*1.48*1.61
GTEM 750	0.62 <sup>2</sup> *0.49	0.25 <sup>3</sup>	1.7	650	200(500)	3.95*2.02*1.95
GTEM 1000	0.74 <sup>2</sup> *0.66	0.333 <sup>3</sup>	3.0	866	1000	4.95*2.54*2.3
GTEM 1250	0.93 <sup>2</sup> *0.83	0.416 <sup>3</sup>	4.7	1083	1000	5.95*3.06*2.52
GTEM 1500	1.11 <sup>2</sup> *0.99	0.5 <sup>3</sup>	6.8	1299	1000	6.95*3.58*2.55
GTEM 1750	1.32 <sup>2</sup> *1.16	0.583 <sup>3</sup>	9.2	1516	1000	7.95*4.10*2.90
GTEM 2000	1.50 <sup>2</sup> *1.32	0.666 <sup>3</sup>	12	1732	1000	8.95*4.62*3.24



# Источники сигналов для оценки устойчивости к излучаемым радиопомехам

Основные характеристики усилителей: диапазон,

усиление, нелинейные искажения



CBA	G, дБ	TOI, дБм
100M-110/400/1100	51/57/62	61/67/72
230M-022/035/080	46/46/50	54/55/58
400M-100/110	51/51	61/61
1G-018/070/150/250/275/500/1000	44/49/52/55/56/58/61	54/58/61/64/64/66/70
3G-012/025/050/100/180/300/450	41/46/48/51/54/56/57	54/54/57/60/64/65/66
6G-030/050/100	47/47/50	52/54/57



## Усилители мощности для оценки устойчивости к излучаемым радиопомехам до 6 ГГц



a TESEQ Company

Диапазон, ГГц	Мощность, Вт
0.08-1	175-1000
0.7-2.8	25-170
0.8-2.5	18-500
1-2	30-1000
2-4	30-400
1.8-6	30 -100

- Gain variation with temperature <0.06 dB/°C
- IP3 typically 8dB> P1dB
- Harmonics -20 dBc max
- Spurious (max) -70dBc
- Spurious (typical) -80 dBc

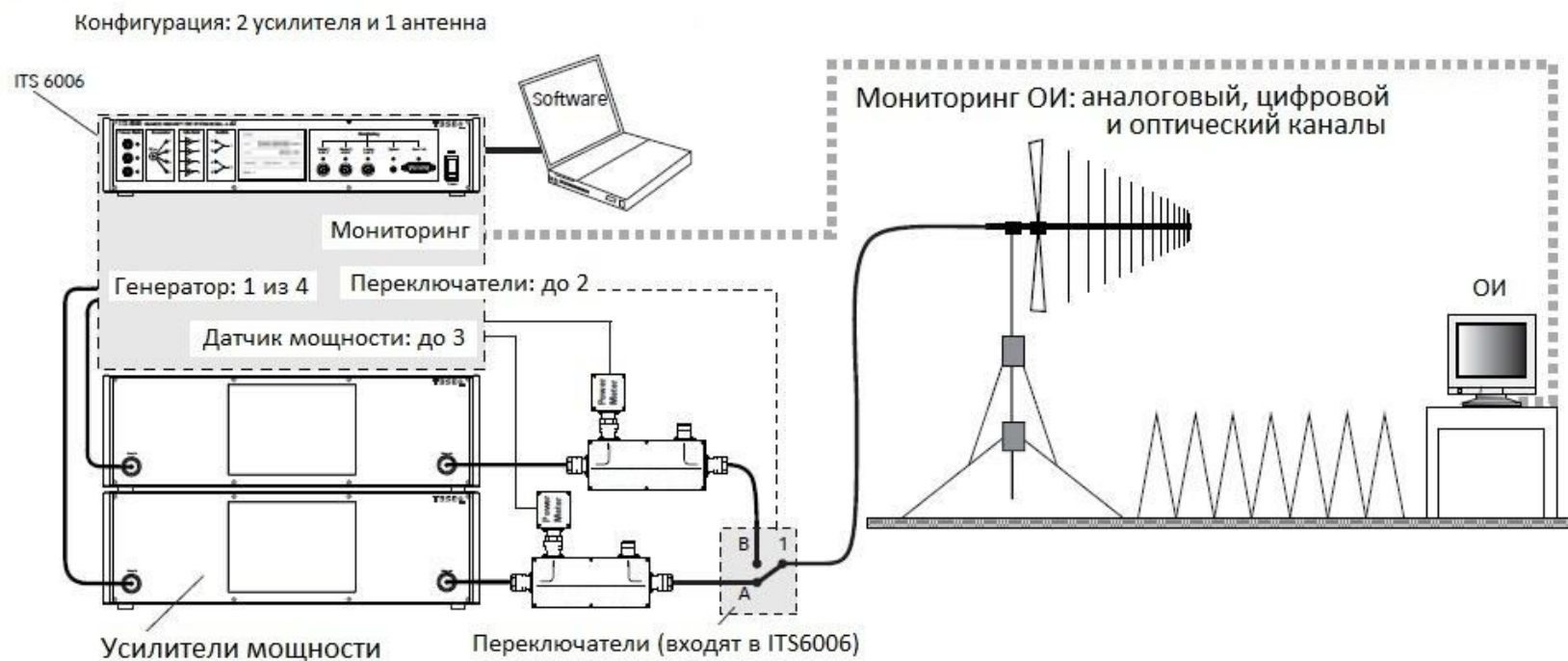
- Ethernet, USB and RS232 connections allowing "plug and play" simplicity with the most current user interfaces
- All data is measured at 25 °C driven from a 50 R source and driving into a 50 R load
- Input power (for rated output) 5 dBm
- Input power (no damage) 15 dBm
- Input VSWR (impedance 50 R nominal) 2:1 max
- Output VSWR (impedance 50 R nominal) 2:1 typical
- Load VSWR (any phase) is infinite
- Line input frequency 47-63 Hz
- Operating temperature (ambient air) 0 to 40 °C
- Storage temperature -40 to 70 °C.

- Простая модернизация
- Гарантия 5 лет

**TESEQ**  
Advanced Test Solutions for EMC



## Устойчивость к излучаемым радиопомехам. Примеры конфигураций схем установок.



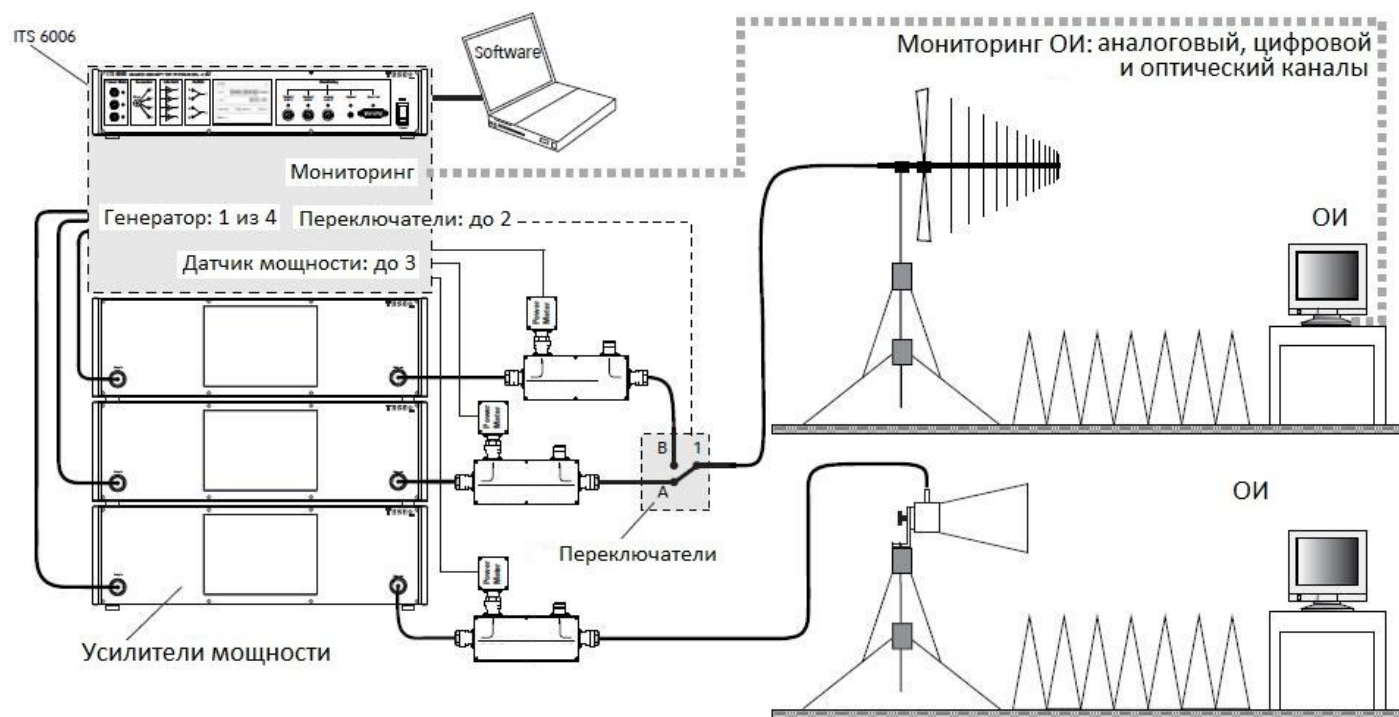




## Устойчивость к излучаемым радиопомехам. Примеры конфигураций схем установок.



Конфигурация: 3 усилителя и 2 антенны



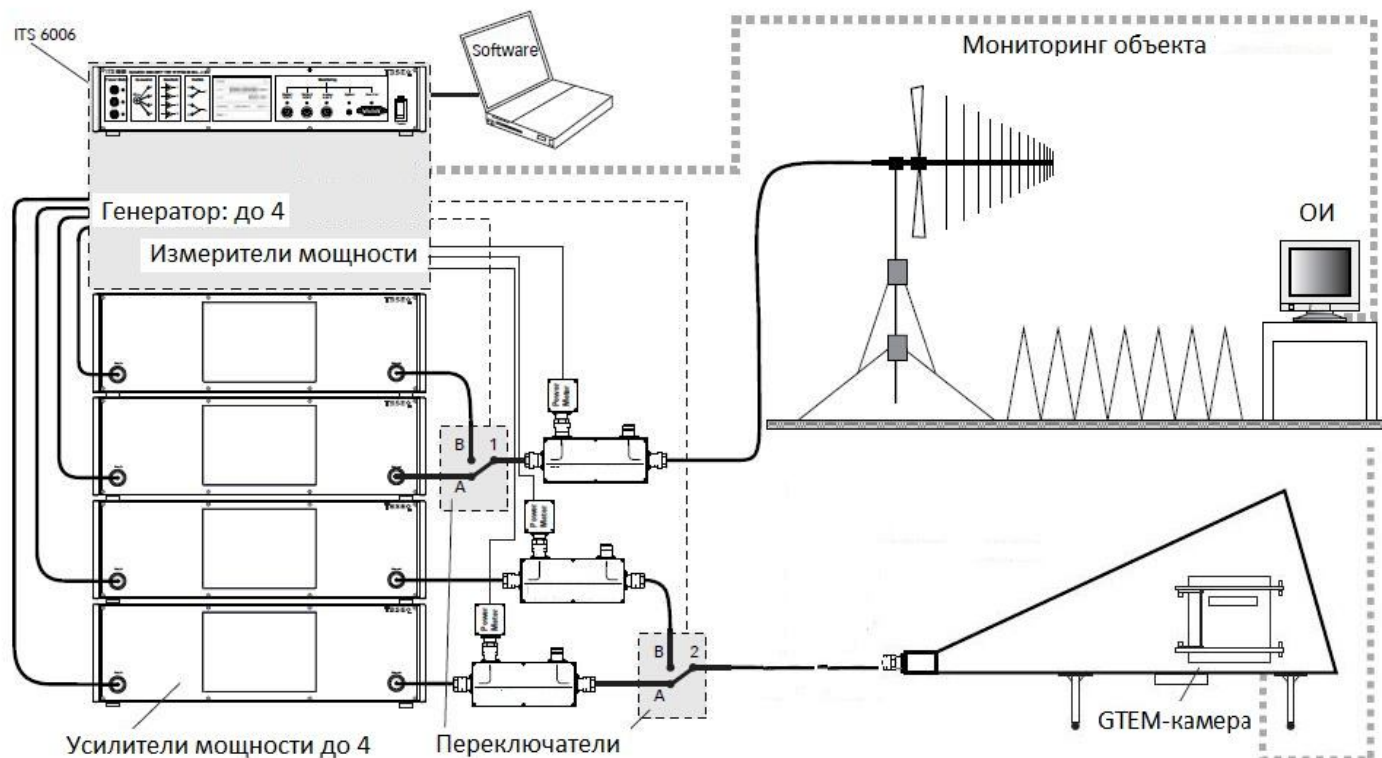




## Устойчивость к излучаемым радиопомехам. Примеры конфигураций схем установок.



Конфигурация: антенна и GTEM-камера

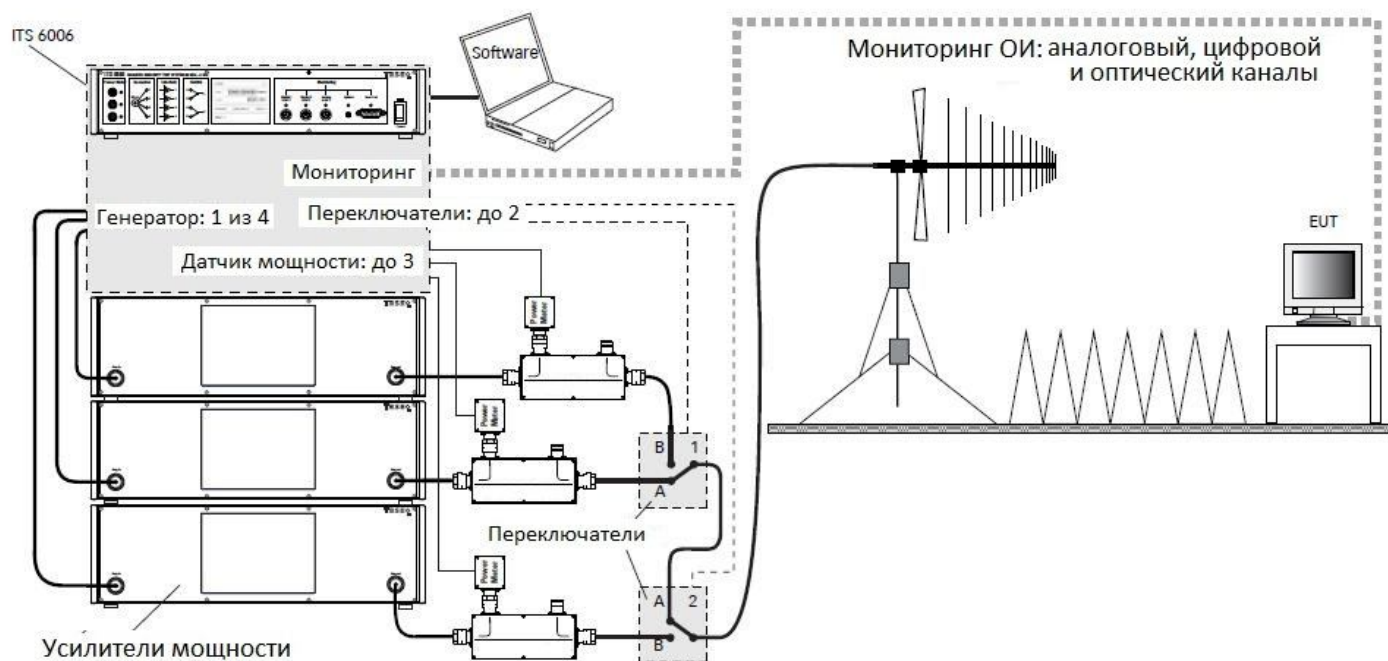




## Устойчивость к излучаемым радиопомехам. Примеры конфигураций схем установок.



- Конфигурация: 3 усилителя и 1 антенна





Основа: MIL STD 461F и адаптированная версия ГОСТ РВ 6601-001-2008

Виды испытаний:

Восприимчивость к низкочастотному синусоидальному воздействию помех на линии питания (ВП1)

Восприимчивость к высокочастотному синусоидальному воздействию помех на линии связи и питания (ВП2)

Восприимчивость к импульсному воздействию помех на линии связи и питания (ВП3)

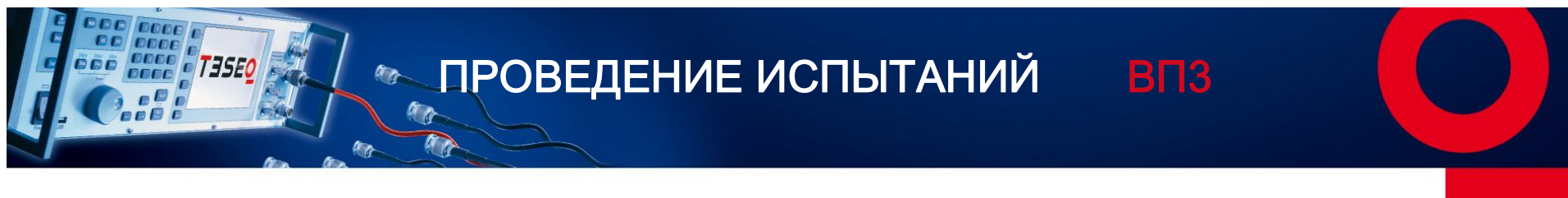
Восприимчивость к импульсному воздействию затухающего синусоидального сигнала на линии связи, питания и заземления (ВП4)

Восприимчивость к воздействию излучения электрического поля в диапазоне частот (ВИ1)



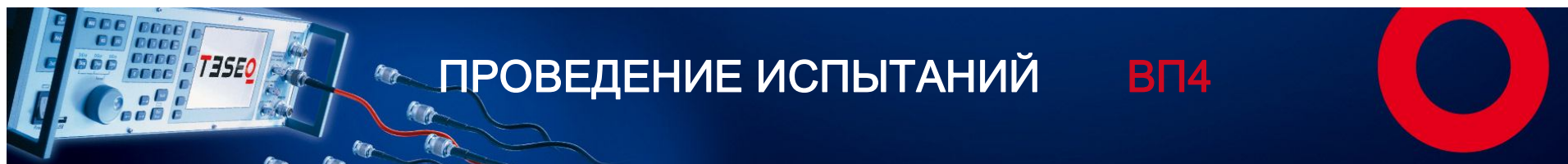
### Основные требования (MIL, ГОСТ РВ)

- Уровень испытательных воздействий до 20-200 В/м (1 – 30 В/м)
  - Частотный диапазон 2 МГц- 18 ГГц (80 МГц – 6ГГц)
  - Однородность поля объекту испытаний не более 3 дБ (6 дБ )
  - Уровень воздействия нормируется в максимуме облучения (75 % площади облучаемой апертуры должно облучаться нормированным полем)
  - Модуляция ИМ с сохранением максимума (АМ с увеличением максимума)
  - Облучение с разных ракурсов и для различных поляризаций
- 
- Методики испытаний в основном определяются общепромышленными стандартами
  - Степень жесткости испытаний существенно выше общепромышленной продукции
  - Расширение частотного диапазона испытаний
  - Вынужденная необходимость разнотипного испытательного оборудования для конкретных объектов и условий целевого применения



**Оборудование для испытаний устойчивости ТС к кондуктивным  
импульсным помехам по ВПЗ ГОСТ 6601-001-2008 (CS115 MIL STD 461F)**

Генератор импульсов	9355-1	SOLAR	2-2000 В, 35/2 нс, 0.6-150 имп./с	
Эквивалент сети питания	9233-50-TS-50-N	SOLAR	развязка ОИ с сетью питания по помехам	
Токовый зонд	9142-1N	SOLAR	10 кГц-500 МГц, 1.25"	
Калибровочное приспособление	9125-1	SOLAR		
Токоъемник измерительный	9123-1	SOLAR	10 кГц-500 МГц, 1.25"	
Высоковольтный аттенюатор	9410-1	SOLAR	40 дБ, 0-1 ГГц, для калибровки генератора	
Высоковольтная согласованная нагрузка	9841-1	SOLAR	1 кВт, 50 Ом, 1 Вт- средняя, для калибровки зонда	



**Оборудование для испытаний устойчивости ТС к кондуктивным  
затухающим синусоидальным помехам согласно ВП4 ГОСТ 6601-001-2008, CS116 MIL STD 461F**

Универсальный импульсный генератор	9354-2 (9354-1)	<b>SOLAR</b>	6 затухающих синусоид (0.01, 0.1, 1, 10, 30, 100 МГц), 3 пары экспонент (6.4 мкс- "по нулям", 70, 120 (500) мкс - "по половине")	
Частотный модуль 1 (опционально)	9554-10K/100K	<b>SOLAR</b>	Для CS116, 0.01-0.1 кГц, 30 В, 0.25 Ом	
Частотный модуль 2 (опционально)	9554-100K/1M	<b>SOLAR</b>	Для CS116, 0.1-1 МГц, 300 В, 2.5 Ом	
Частотный модуль 3 (опционально)	9554-1M/6M	<b>SOLAR</b>	Для CS116, 1-6 МГц, 3200 В, 25 Ом	
Частотный модуль 4 (опционально)	9554-6M/50M	<b>SOLAR</b>	Для CS116, 6-50 МГц, 1000 В, 50 Ом	
Частотный модуль 5 (опционально)	9754-35M/85M	<b>SOLAR</b>	Для CS116, 35-85 МГц, 300 В, 50 Ом	
Многопортовые клещи	9335-2	<b>SOLAR</b>	Для ввода помех, 10 кГц- 10 МГц	
Токовый зонд	9719-1N	<b>SOLAR</b>	Для ввода помех, 10 кГц- 100 МГц	
Калибровочное приспособление	9357-1	<b>SOLAR</b>	Приспособление для 9335-2 или 9719-1N	
Калибровочное приспособление	2925-1	<b>SOLAR</b>	Приспособление для 9335-2	
Токовый зонд	9142-1N	<b>SOLAR</b>	Для ввода помех, 1- 100 МГц	
Калибровочное приспособление	9125-1	<b>SOLAR</b>	Приспособление для 9142-1N	
Токосъемник	9123-1N	<b>SOLAR</b>	10 кГц-500 МГц	

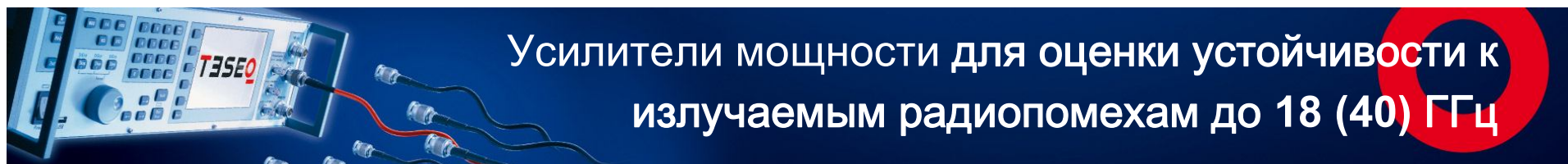




## Системное оборудование для оценки устойчивости к излучаемым помехам

### На примере TESEQ и представляемые Диполь

- Генераторы сигналов ( специализированные источники сигналов TESEQ NSG 4070, ITS 6006 в диапазоне 9 кГц-6 ГГц, генераторы Agilent типа N5183A или аналоги, с АМ/ИМ )
- Усилители мощности в диапазоне частот:
  - TESEQ CBA до 6 ГГц ,
  - MILMEGA до 8 ГГц,
  - IFI до 18 ГГц (40 ГГц)
- Излучающие антенны ( TESEQ: логопериодические, рупорные 0.03-18 ГГц)
- Приемные зонды для контроля однородности и калибровки воздействия
- Мачта ( сканер) для перемещения зонда



## Усилители мощности для оценки устойчивости к излучаемым радиопомехам до 18 (40) ГГц



Диапазон, ГГц	Мощность, Вт
1-18	20 (твердотельный)
2.5-7.5	200-1000 (ЛБВ)
2-8	20-300 (ЛБВ)
6-18	10-300 (ЛБВ)
7.5-18	10-1000 (ЛБВ)
18-26	40 -200 (ЛБВ)
26-40	40 -200 (ЛБВ)



- Instantaneous Broadband Frequency range
- Modular Design Construction
- Rugged Construction & High Reliability
- Backlit LCD Display
- Integrated Force Air Cooling
- Self-diagnostic circuitry
- IEEE-488 interface, RS232 & Ethernet Remote available

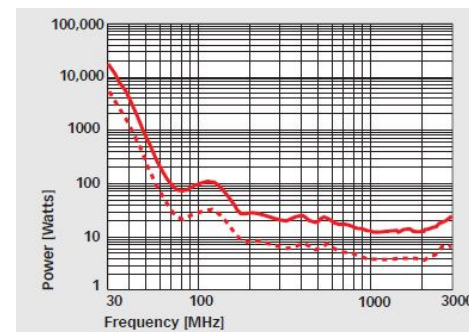
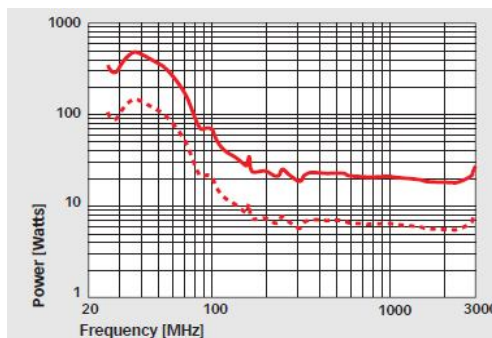
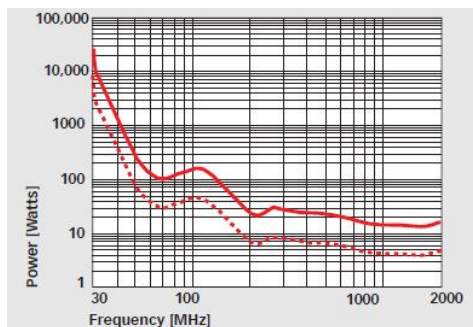
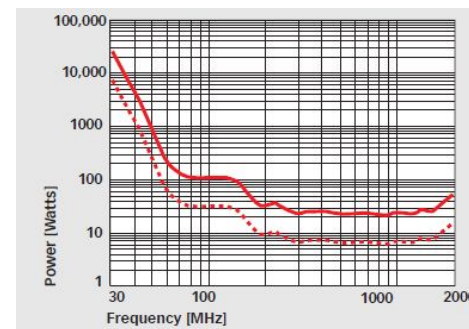
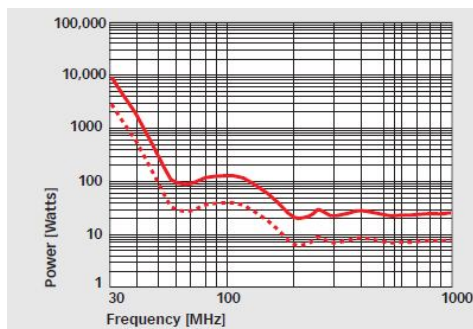


## Требования к мощности

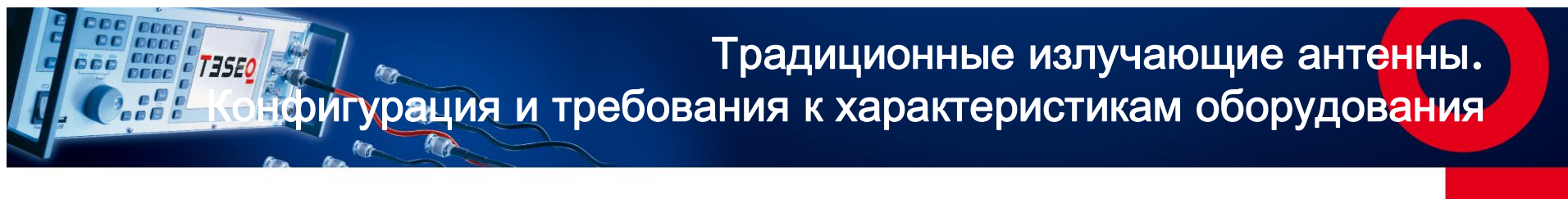
$$P = \frac{(E \cdot R \cdot [1 + m])^2 \cdot \Delta A}{30G}$$

$m$  - индекс АМ, 80%

- вариации поля, 6 дБ

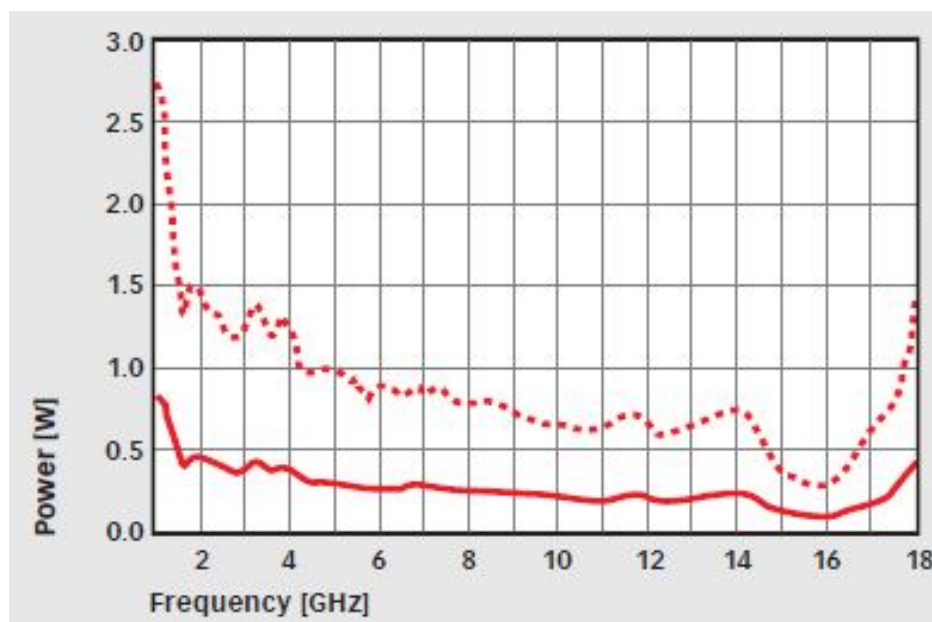


Для 10 В/м@3м@80-1000 МГц нужно до 400 Вт

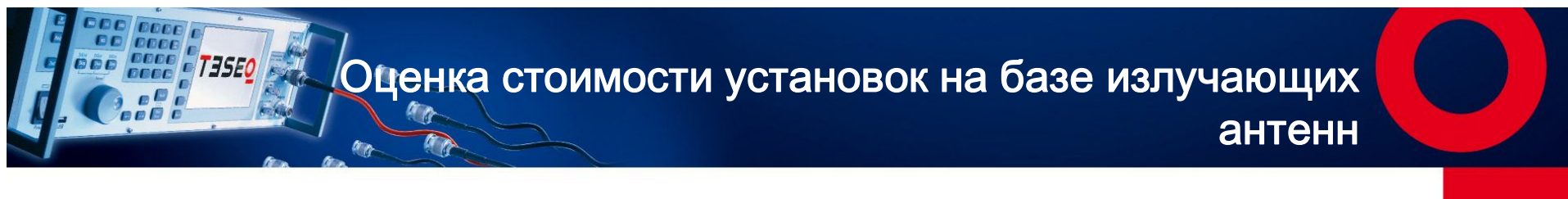


## Традиционные излучающие антенны. Конфигурация и требования к характеристикам оборудования

Требования к мощности на входе рупорной антенны (1-18 ГГц) для 1 м



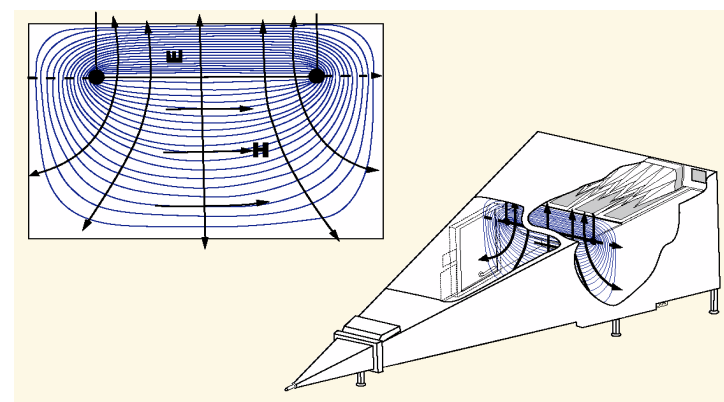
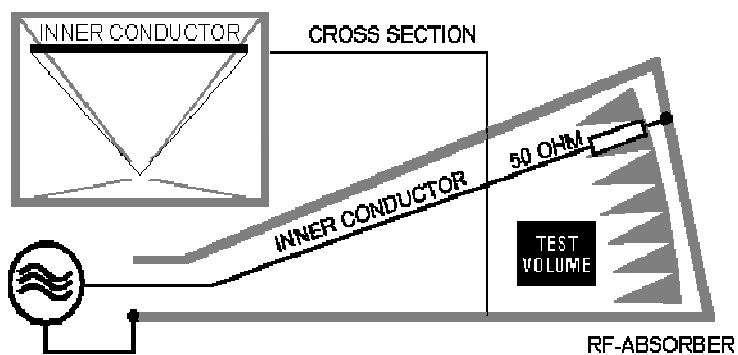
Для 10 В/м (1-18 ГГц)@3 м нужно 80-90 Вт



Антенны	10-12 к€
Усилители (1 кВ@0.08 -1 ГГц, 50 Вт@1-18 ГГц)	170 к€ + 200 к€
Генераторы	20 к€
Датчики, позиционеры	20-30 к€
БЭК	1 М€



## ГТЕМ-ячейки. Физические основы



Нижняя частота – 0 Гц

Верхняя частота – определяется согласованием, материалами - 15-20 ГГц

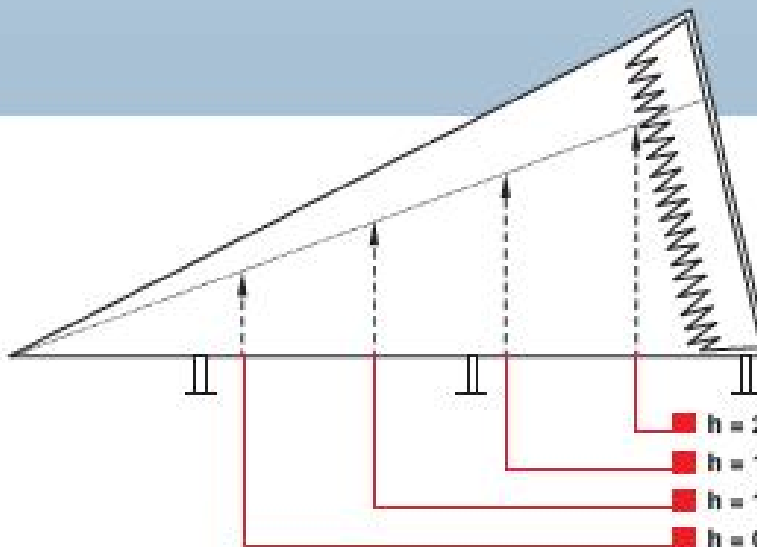
$$P = \frac{(E \cdot d \cdot [1 + m])^2 \Delta A}{Z}$$





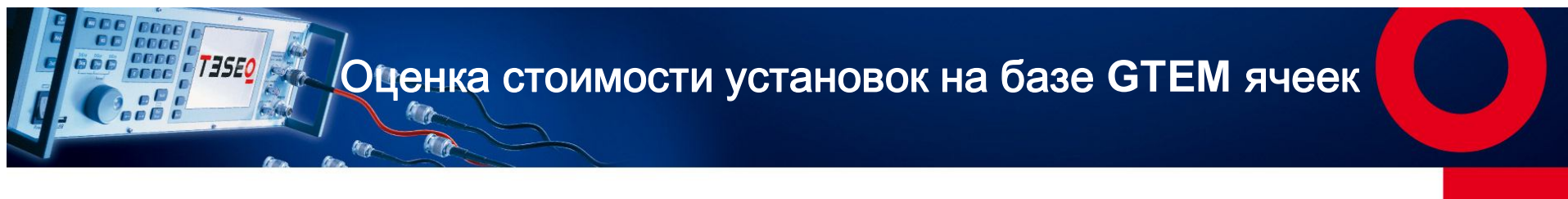
## ГТЕМ-ячейки Смещение рабочей зоны внутри ГТЕМ-ячеек.

$$P = \frac{(E \cdot d \cdot [1 + m])^2 \Delta A}{Z}$$



■	h = 2.0 m, P = 51.8 W (16 W for M = 1)
■	h = 1.5 m, P = 29.2 W (9 W for M = 1)
■	h = 1.0 m, P = 13.0 W (4 W for M = 1)
■	h = 0.5 m, P = 3.2 W (1 W for M = 1)

Смещение ко входу → Уменьшение входной мощности → Уменьшение размеров зоны



GTEM – ячейки	15- 160 к€
Усилители (100 Вт, 1-18 ГГц)	150-200 к€
Генераторы	20 к€
Датчики, позиционеры	20-30 к€



## Нормативное обеспечение применения РК



### Общее применение

- устойчивость
- эмиссия
- измерения эффективности экранирования

### Специальные применения

- Авиационное оборудование: RTCA DO 160 D/E (>100 MHz)
- MIL461E: альтернативный метод испытаний (200 MHz-40 GHz)
- Автомобильная индустрия: SAE J1113/27, GMW 3100GS, GM9114P, ES-XW7T-1A278-AC (>400 MHz)
- Измерения эффективности экранирования: IEC/EN 61000-4-21
- Основной стандарт для оценки эмиссии и устойчивости: IEC/EN 61000-4-21
- Отечественные стандарты **ГОСТ 6000-001-2008, 6000-002-2008**
- Отечественные стандарты **ГОСТ 51318.11, 51318.22**

**TESEQ**

Advanced Test Solutions for EMC



## Реверберационная камера. Общий принцип реализации



### Общий принцип

- РК состоит из экранированной камеры и механической смесителя
- Экранированная камера - это объемный резонатор с высокой добротностью
- Смешивание многомодовой электромагнитной среды с помощью механического тюнера/мельницы( рабочей зоне) в широком частотном диапазоне работы



### Цель

- Сильное электромагнитное поле
- Однородное в рабочем объеме
- Приблизительно равномерное в широком частотном диапазоне

# Устойчивость к излучаемым радиопомехам. Реверберационные камеры.

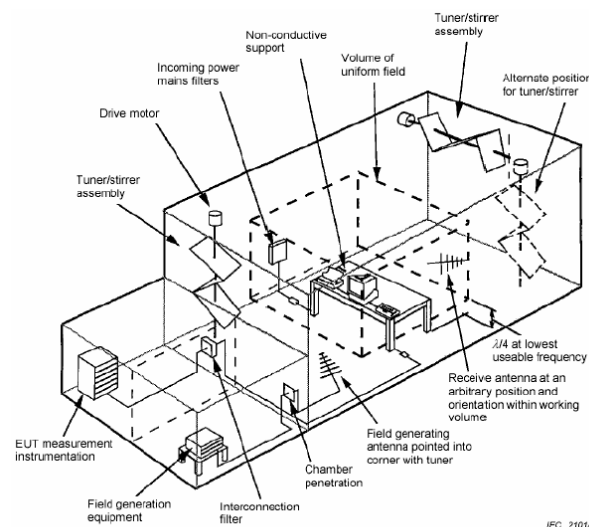
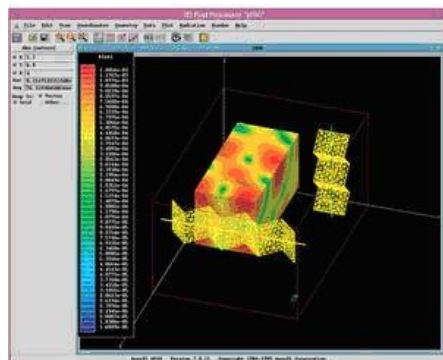
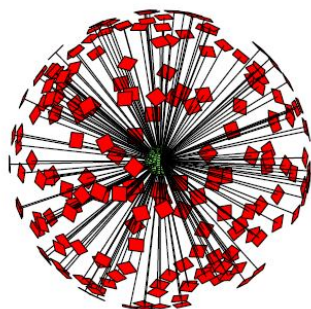


FIGURE 1—TYPICAL REVERBERATION CHAMBER LAYOUT (Z-FOLD TUNER)

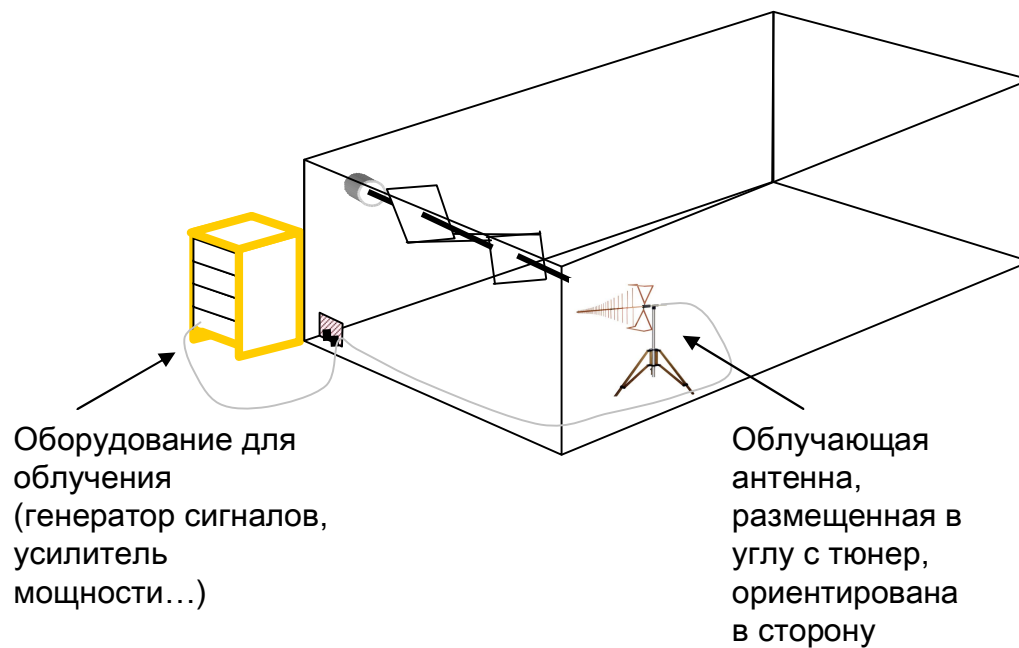
$$P_{\text{Input}} = \left[ \frac{E_{\text{Test}}}{E * \sqrt{CLF}} \right]^2$$



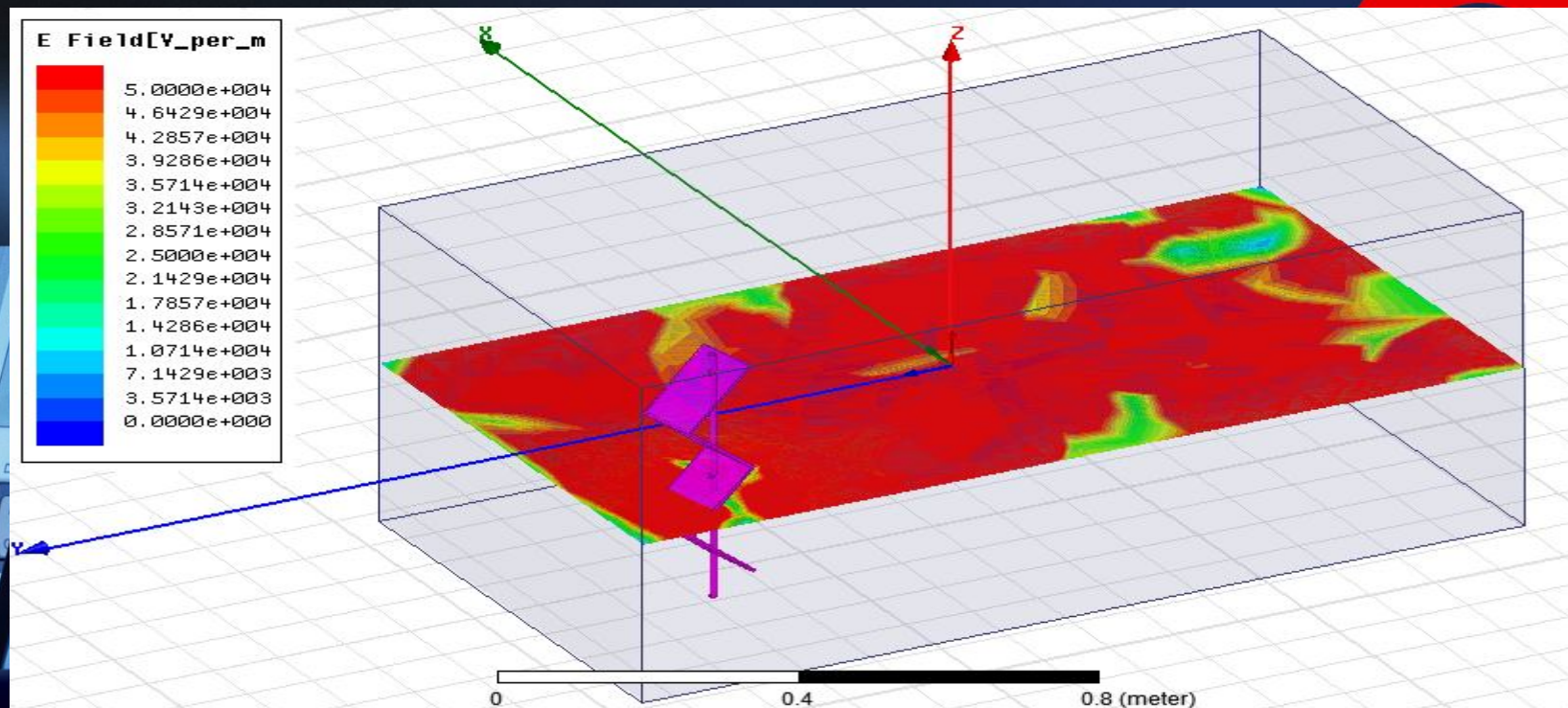
## Техническое оборудование Оборудование для генерации поля



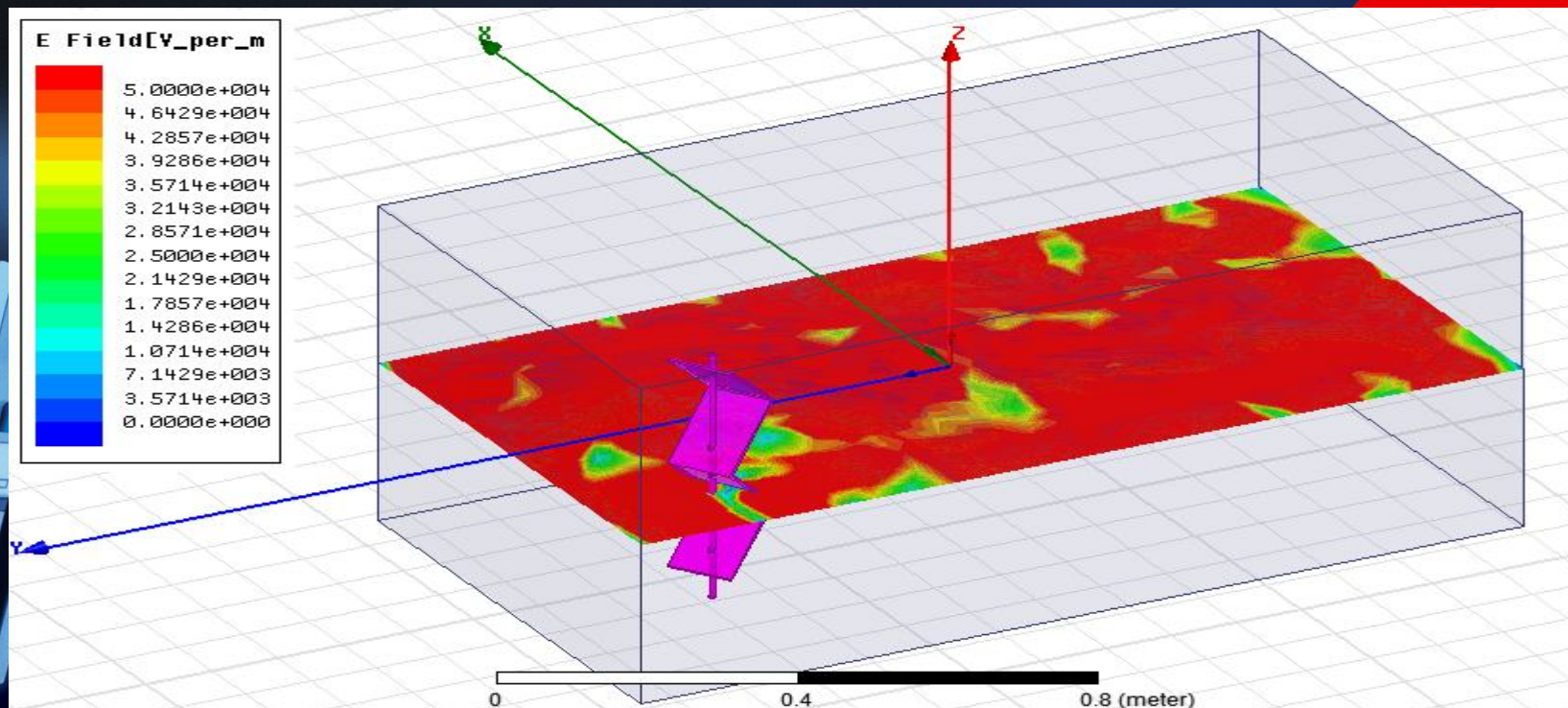
.... И, конечно, еще источник сигнала с антенной (...и услителем мощности)







Распределение поля для 1 ГГц



Распределение поля для 5 ГГц



## Варианты РК производства TESEQ

Модель камеры	Габариты, м <sup>3</sup>	Диапазон, ГГц	Рабочий объем, м <sup>3</sup>	Напряженность поля при входной мощности 1 Вт, В/м
2XS	1.5x0.8x1.0	0.8-18	0.5x0.3x0.5	130-180 ( до 5 ГГц)
XS	2.7x1.5x1.3	0.5-18	1.2x1.0x0.8	130-180 ( до 10 ГГц)



## Варианты РК производства TESEQ-2XS





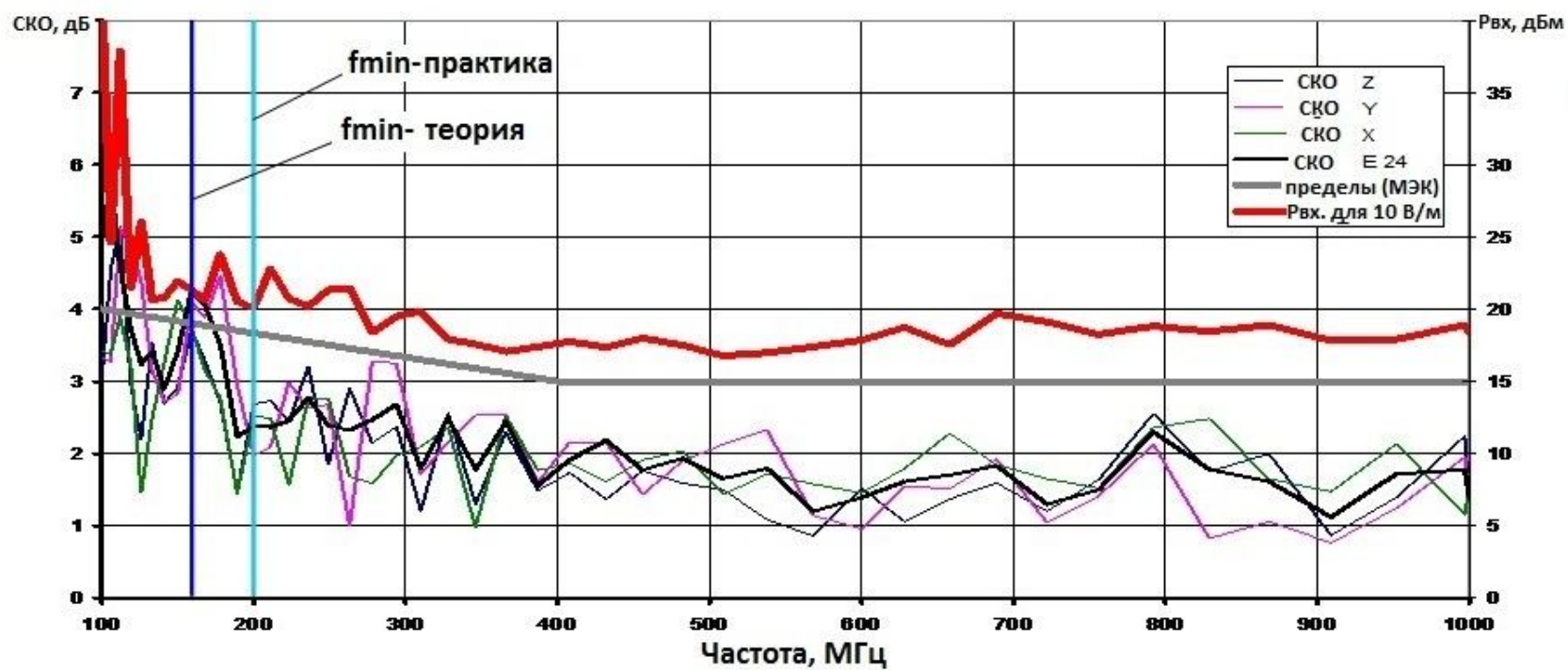


## Варианты РК производства TESEQ-XS





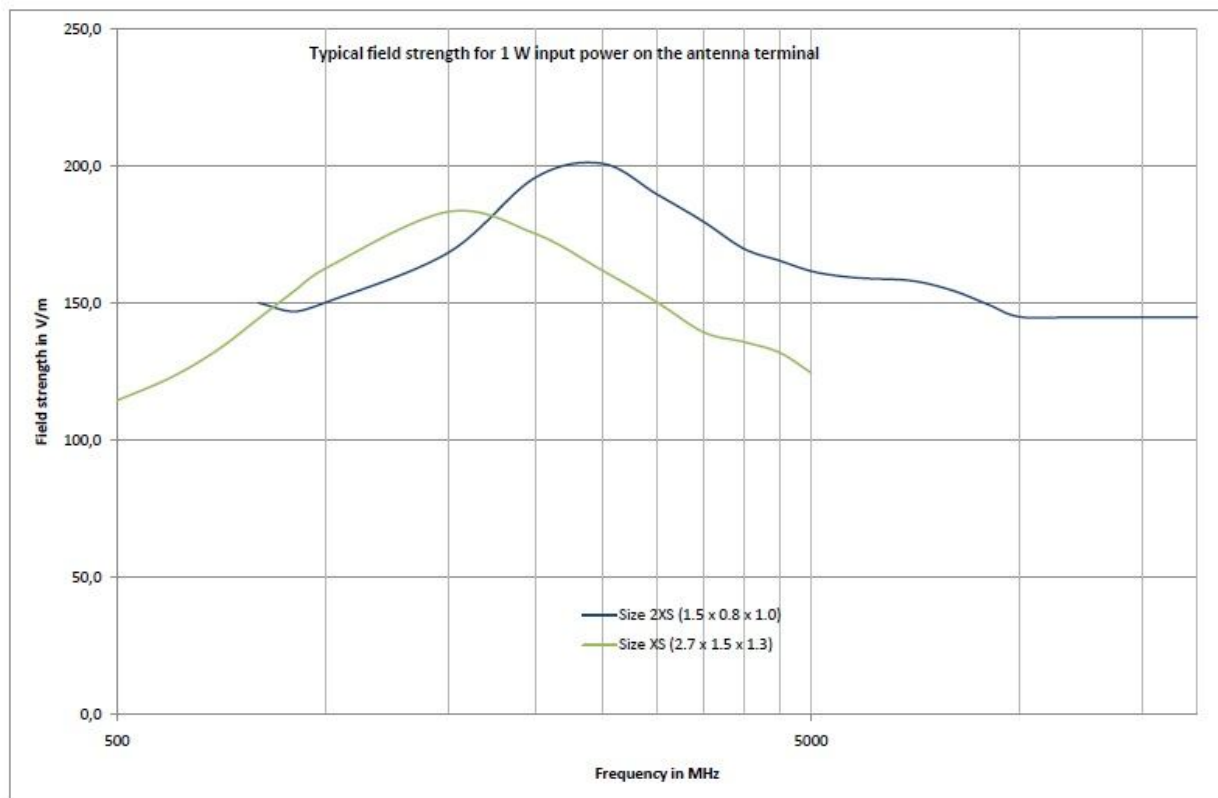
## “Контрольная калибровка” Оценка неоднородности поля







## “Контрольная калибровка”. Оценка энергетических характеристик РК





## Достоинства РК



### Достоинства

- Не нужны поглотители (экономия места и денег, лучшая пожаробезопасность)
- Большой рабочий объем
- Равномерное поле для всех направлений в любой ориентации и поляризации -нет необходимости в вращении мачтах (для высотного перемещения)
- Унифицированное оборудование для оценки эмиссии и устойчивости
- Эффективное преобразование мощности требует слабых усилителей (РК: 250 мВт для 10 В/м, БЭК - 20 Вт для 80 МГц, GTEM 1000 - 13 Вт)
- Нет проблем с созданием облучения в ГГц диапазоне
- Соответствует стандартам в автомобилестроении и ОПК
- Высокая повторяемость измерений



## Особенности оценки устойчивости продукции автомобилестроения



Устойчивость к узкополосным кондуктивным помехам	ISO 11452-2, 1-400 МГц, 200/100 мА	ГОСТ Р 41.10-99 48 мА для испытаний путем непосредственной инъекции тока
Устойчивость к узкополосным излучаемым помехам	ISO 11452-4, 20 – 5000 МГц, 200/100 В/м	ГОСТ Р 41.10-99 20 -1000 МГц 48 В/м для испытаний в 150 мм полоской системе; 12 В/м для испытаний в 800 мм полосковой системе; 60 В/м для испытаний в ТЕМ камере; 24 В/м для испытаний в свободном
Устойчивость к импульсным помехам в линиях питания	ISO 7637-2 Импульсы 1, 2a/2b, 3a/3b, 4, 5	ГОСТ 28751-90 1b, 2, 3a/3b, 4,5 ( для 12 В – имп.6,7, для 24 В – имп.1 b)
Устойчивость к импульсным помехам в сигнальных линиях	ISO 7637-3 Импульсы 3a/3b	ГОСТ 29157-91 Импульсы 1,2, 3a/3b
Устойчивость к электростатическому разряду	10605, до 25 кВ	ГОСТ 30378-95



# Особенности оценки устойчивости продукции автомобилестроения



**NSG 5500**

Генерация импульсов 1, 2а, 3, 5, 6, 7



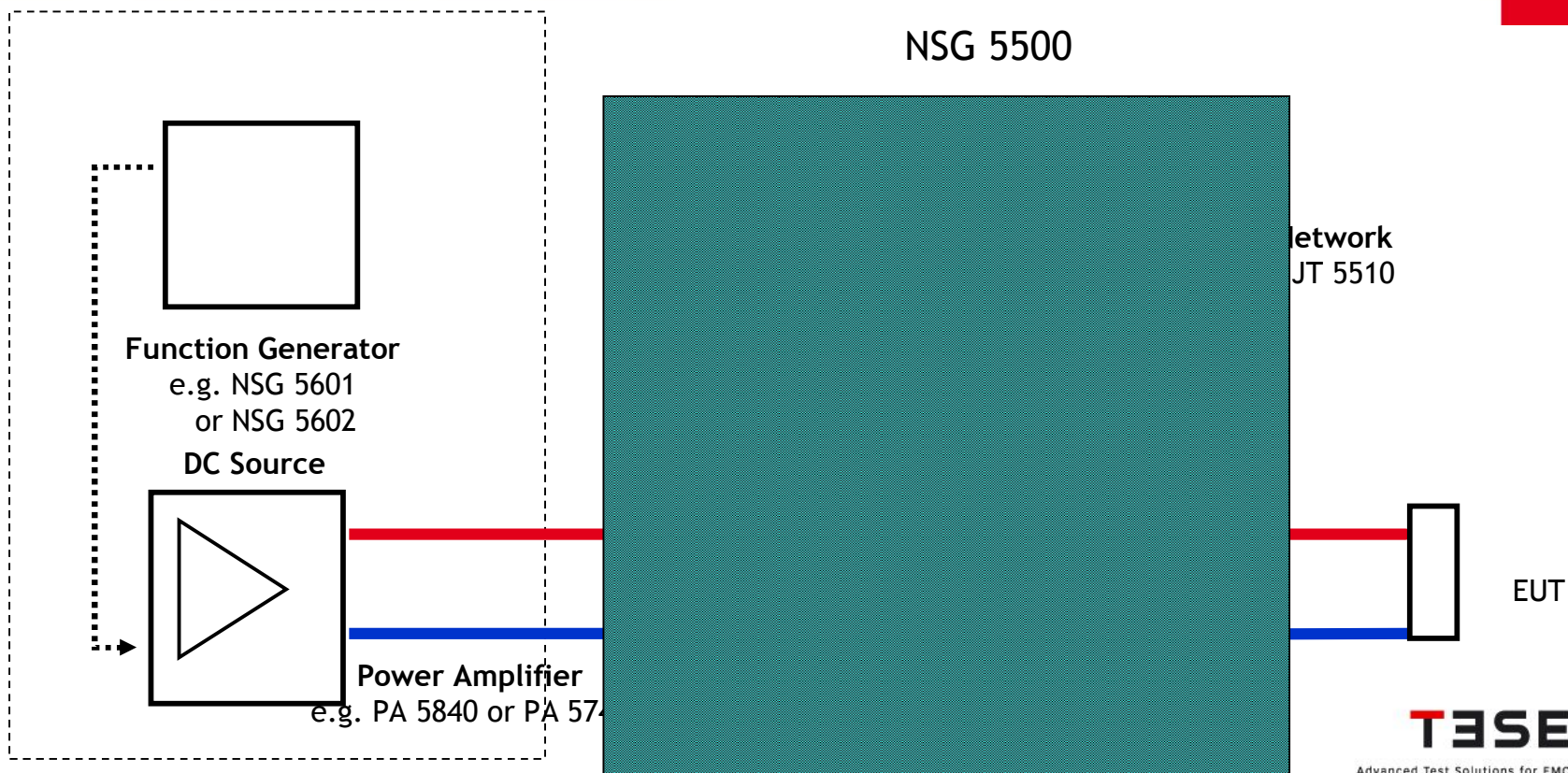
**NSG 5600**

Генерация импульсов 2b, 4





# Типичная конфигурация для импульсных воздействий





КТ DO 160	ОБОРУДОВАНИЕ
16 Устойчивость к искажениям бортовой сети питания ( постоянного тока, переменного тока стабильной частоты 400 Гц, переменного тока переменной частоты)	PROFLINE 2103-240
17 Устойчивость к импульсным помехам, 600 В	SOLAR 7054-1
18 Восприимчивость к помехам звуковых частот в линиях питания	NSG 4060
20 Устойчивость кондуктивным и излучаемым помехам 10 кГц -400 МГц ( кондуктивные) 100 МГц-18 ГГц (излучаемые)	NSG 4070, ITS6006, N5183A
22 Устойчивость к переходным процессам, вызванным молнией	SOLAR 9354-1
23 Прямое воздействие молнии	
25 Электростатический разряд	NSG 437

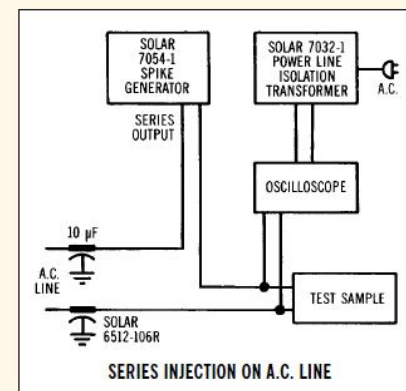
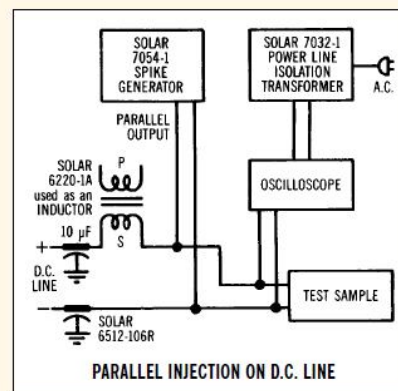


## ИСПЫТАНИЯ ПО ТРЕБОВАНИЯМ КТ ДО 160. Раздел 17.

### Генератор 7054-1 SOLAR

Генератор обеспечивает 600 В импульс на 5 Ом нагрузке

- Вариант 7054-1A создает импульс длительностью 50 мкс ( по нулям)
- Вариант 7054-1B создает импульс длительностью 120 мкс ( по нулям)



**SEO**

Advanced Test Solutions for EMC



## ИСПЫТАНИЯ ПО ТРЕБОВАНИЯМ КТ ДО 160. Раздел 22.



Генератор 9354-1 SOLAR

Генератор обеспечивает:

6 затухающих синусоид (10 кГц, 100 кГц, 1 МГц, 10 МГц, 30 МГц и 100 МГц)

3 двойные экспоненты (6.4 мкс, 70 мкс, 500 мкс)



Многопортовое УСП 9335-2

Waveform	Pin Injection	Cable Bundle Injection
1 (70 $\mu$ S)	no requirement	level 1 - 4
2 (6.4 $\mu$ S)	no requirement	level 1 - 4
3 (1MHz & 10 MHz)	level 1 - 5	level 1 - 4
4 (70 $\mu$ S)	level 1 - 5	level 1 - 4
5B (500 $\mu$ S)	level 1 - 4	level 1 - 3



Advanced Test Solutions for EMC



# ИСПЫТАНИЯ ПО ТРЕБОВАНИЯМ КТ DO 160. Раздел 22.



## Генератор 2654-1 SOLAR



Solar Model 2654-1 Module	DO-160E Transient	Transient Format*	Pin Injection Level	Cable Bundle Injection Level
6.4/69 $\mu$ s**	1	SS, MS	N/A	1 – 3
100 ns/6.4 $\mu$ s	2	SS, MS	N/A	1 – 3
6.4/69 $\mu$ s**	4	SS, MS	1-3	1 – 3
1 MHz Sine	3A	SS, MS, MB	1-3	1 – 3
10 MHz Sine	3B	SS, MS, MB	1-3	1 – 3
40/120 $\mu$ s	5A	SS, MS	1-3	n/a



C5 E	Compliance 5 Emission
C5 I	Compliance 5 Immunity
E5	Emipak 5
G5 E	GTEM 5 Emission
G5I	GTEM 5 Immunity
App E M	Emission: Mil-Std Military application
App E A	Emission: DO160 Aerospace application
App E MS	Emission: Mil-Std Military application
App E AS	Emission: DO160 Aerospace application
App I M	Immunity/Susceptabilty: Mil-Std Military application
App I A	Immunity/Susceptabilty: DO160 Aerospace application
App I R	Immunity/Susceptabilty: Reverberation chamber application
App I MS	Immunity/Susceptabilty: Mil-Std Military application
App I AS	Immunity/Susceptabilty: DO160 Aerospace application
App I RS	Immunity/Susceptabilty: Reverberation chamber application



**Спасибо за внимание**

Смирнов А.П., д.т.н.

Руководитель направления ЭМС

и радиоизмерений НПФ “Диполь”, Санкт-Петербург Москва

8 (495) 645 2002, [smirnov@dipaul.ru](mailto:smirnov@dipaul.ru)