

# **ПРОТОН-ЭЛЕКТРОТЕКС**

**Модульное Измерительное Оборудование  
для Силовых Полупроводниковых Приборов**

## План презентации

- Области применения оборудования
- Интегрированное решение
- Особенности оборудования
- Технические характеристики

## Производство:

- Контроль процесса
- Разбраковка по параметрам
- Контроль качества



## Входной контроль:

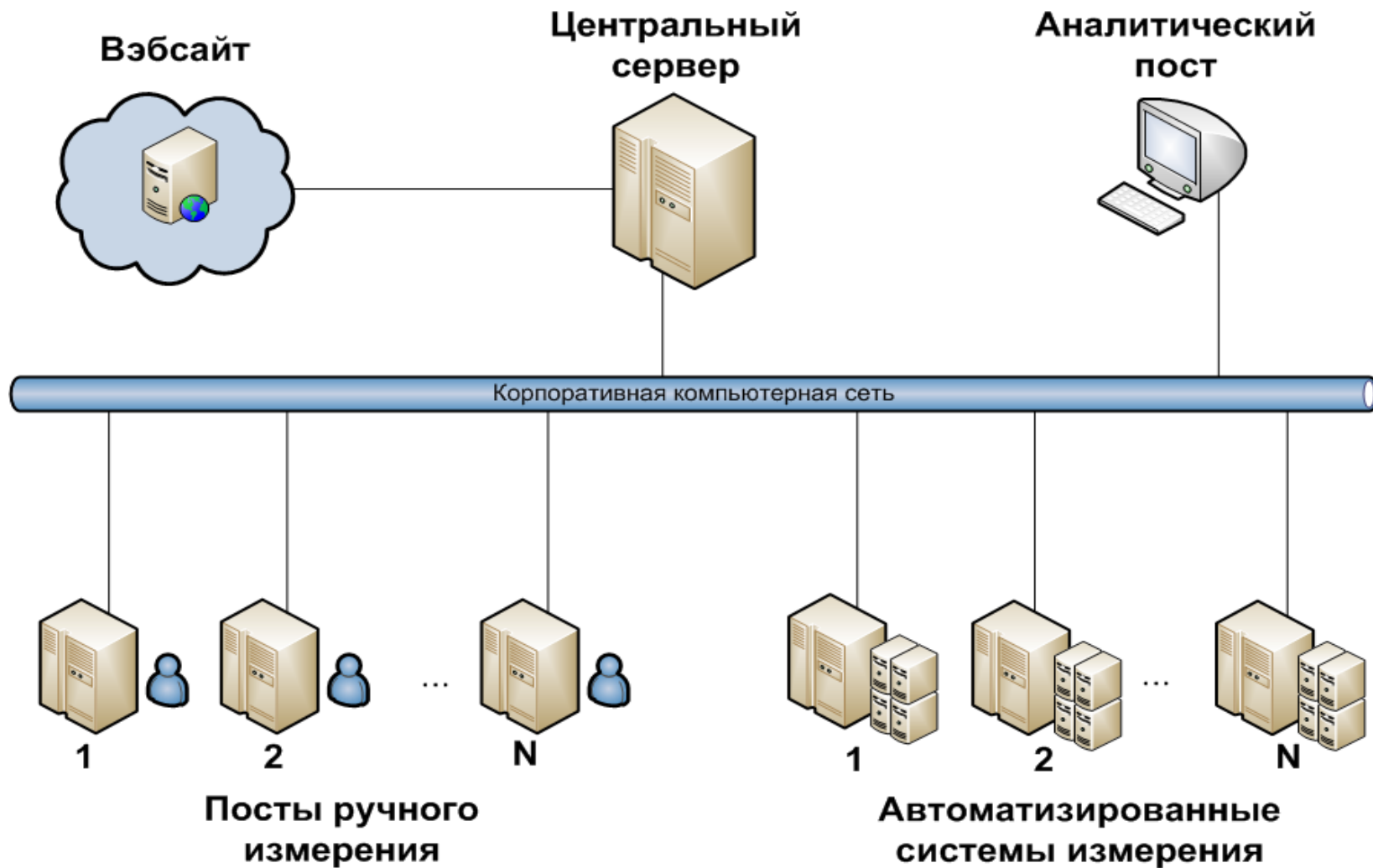
- 100% входной контроль
- Получение высокоточных параметров приборов



## Ремонтные организации:

- Оценка износа приборов
- Точный подбор замены для приборов





## Основные особенности:

- Модульный дизайн
- Экономически эффективная модернизация
- Простота обслуживания

## Типы измеряемых приборов:

- Диоды
- Тиристоры
- IGBT
- Силовые сборки

## Типы корпусов:

- Таблеточные приборы
- Штыревые приборы
- Модули
- Полупроводниковые элементы



## Тиристоры и диоды Статические характеристики

Характеристики	Обозн.	Диапазон		Точность	Условия
Импульсное напряжение в открытом состоянии, В	$U_{TM(FM)}$	0.3	5	$\pm 1\%$ от значения $\pm 5\text{MB}$	$I_{TM(FM)} = 400..10000\text{A}$ ; Форма сигнала: трапеция, синус, S-кривая Длительность до 10мс
Повторяющееся импульсное обратное напряжение, повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии, В	$U_{DRM}$ , $U_{RRM}$	300	8500	$\pm 1\%$ от значения $\pm 10\text{B}$	$I_{DRM/RRM} = 0.1..500\text{mA}$ ; Форма сигнала: синус Длительность 8.3..10мс Частота 5, 50Гц
Повторяющийся импульсный обратный ток, повторяющийся импульсный ток в закрытом состоянии, мА	$I_{DRM}$ , $I_{RRM}$	0.1	10	$\pm 1\%$ от значения $\pm 10\text{мкА}$	$U_{DRM/RRM} = 300..8500\text{B}$ ; Форма сигнала: синус Длительность 8.3..10мс Частота 5, 50Гц
		10	100	$\pm 1\%$ от значения $\pm 0.1\text{мА}$	
		100	500	$\pm 1\%$ от значения $\pm 1\text{мА}$	
Отпирающее постоянное напряжение управления, В	$U_{GT}$	0.1	4.5	$\pm 2\%$ от значения $\pm 10\text{MB}$	$U_D = 12\text{B}$ ;
Отпирающий постоянный ток управления, мА	$I_{GT}$	50	1000	$\pm 2\%$ от значения $\pm 1\text{мА}$	$U_D = 12\text{B}$ ;
Ток удержания, мА	$I_H$	30	700	$\pm 2\%$ от значения $\pm 1\text{мА}$	$I_G = 1\text{A}$ ;
Электрическая прочность изоляции, В	$U_{ISOL AC}$	100	10000	$\pm 1\%$ от значения $\pm 10\text{B}$	$I_{ISOL} = 0.1..10\text{mA}$ $t = 1..1000\text{с}$
	$U_{ISOL DC}$	100	12000	$\pm 1\%$ от значения $\pm 10\text{B}$	
Сопротивление изоляции, МОм	$R_{isol}$	10	500	$\pm 1\%$ от значения $\pm 1\text{МОм}$	$I_{ISOL} = 0.1..10\text{mA}$ $U_{ISOL} = 100..10000\text{B}$ ; $t = 1..1000\text{с}$
Критическая скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии, В/мкс	$dU_D/dt$	50	2500	$\pm 10\%$	$U_{DM} = 300..5600\text{B}$ $t = 50..200\text{мкс}$

## Тиристоры и диоды Динамические характеристики

Характеристики	Обозн.	Диапазон		Точность	Условия
Critical rate of rise of off-state voltage, V/us	$dV_D/dt$	50	2500	$\pm 10\%$	$V_{DM} = 300..5600V$ $t = 50..200\mu s$
Reverse recovery charge, uQ	$Q_{RR}$	1	10000	According to the oscilloscope accuracy and resolution*	$I_{TM(FM)} = 100..2000A$ $dI/dt = 1..100A/us$ $V_R = 0..3V; 80..150V$
Reverse recovery time, us	$t_{RR}$	0.5	100	According to the oscilloscope accuracy and resolution*	$I_{TM(FM)} = 100..2000A$ $dI/dt = 1..100A/us$ $V_R = 0..3V; 80..150V$
Reverse recovery current, A	$I_{RRM}$	10	800	$\pm 1.25\% \pm 0.1A$	$I_{TM(FM)} = 100..2000A$ $dI/dt = 1..100A/us$ $V_R = 0..3V; 80..150V$
Turn-off time, us	$t_Q$	0.5	2000	According to the oscilloscope accuracy and resolution*	$I_{TM(FM)} = 100..2000A$ $dI/dt = 1..100A/us$ $V_R = 0..3V; 80..150V$ $V_D = 100..4500V$ $dV/dt = 10..2000V$

\* Scope device specification:  
 14 bit (0.006 %) resolution (16 bit enhanced resolution)  
 500 MS/s sampling  
 250 MHz bandwidth  
 32 MSamples memory per channel  
 0.25 % DC vertical accuracy, 0.1 % typical  
 25 ppm time base accuracy

## IGBT Статические характеристики

Характеристики	Обозн..	Диапазон		Точность	Условия
Gate-to-Emitter Leakage Current, $\mu\text{A}$	$I_{\text{GES}}$	1	1 000	$\pm 1\%$ of reading $\pm 1\mu\text{A}$	$V_{\text{GE}} = 15\text{V}..40\text{V};$ $V_{\text{CE}} = 0\text{V}$
Gate Threshold Voltage, V	$V_{\text{GE(on)}}$	4	10	$\pm 1\%$ of reading $\pm 10\text{mV}$	$I_{\text{C}} = 10..1000\text{mA};$ $V_{\text{CE}} = V_{\text{GE}};$
Collector-to-Emitter Leakage Current, $\mu\text{A}$	$I_{\text{CES}}$	0.1 1 000	1 000 500 000	$\pm 1\%$ of reading $\pm 10\mu\text{A}$ $\pm 1\%$ of reading $\pm 1\text{mA}$	$V_{\text{GE}} = 0\text{V};$ $V_{\text{CE}} = 500..8500\text{V};$ Signal shape: single pulse half-sine with duration form 2 to 12ms
Collector-to-Emitter Breakdown Voltage, V	$V_{\text{(BR)CES}}$	500	8500	$\pm 1\%$ of reading $\pm 10\text{V}$	$V_{\text{GE}} = 0\text{V};$ $I_{\text{C}} = 100\text{nA}..500\text{mA};$ Signal shape: single pulse half-sine with variable duration form 2 to 12ms
Collector-to-Emitter Saturation Voltage, V	$V_{\text{CE(on)}}$	0.2	10	$\pm 1\%$ of reading $\pm 10\text{mV}$	$I_{\text{C}} = 200..10000\text{A};$ $V_{\text{GE}} = 10..20\text{V};$ Signal shape: trapezoidal, PWM generated, duration up to 10ms
Max Reverse Leakage Current, $\mu\text{A}$	$I_{\text{R}}$	10 1 000	1 000 300 000	$\pm 1\%$ of reading $\pm 10\mu\text{A}$ $\pm 1\%$ of reading $\pm 1\text{mA}$	$V_{\text{BR}} = 500..8000\text{V};$ Signal shape: single pulse half-sine with duration form 2 to 12ms
Cathode Anode Breakdown Voltage, V	$V_{\text{BR}}$	500	8000	$\pm 1\%$ of reading $\pm 10\text{V}$	$I_{\text{C}} = 0..10\text{mA};$ Signal shape: single pulse half-sine with duration form 2 to 12ms
Forward Voltage, V	$V_{\text{F}}$	0.2	10	$\pm 1\%$ of reading $\pm 10\text{mV}$	$I_{\text{C}} = 200..5000\text{A};$ Signal shape: trapezoidal, PWM generated, duration up to 10ms



## IGBT

### Динамические характеристики

Характеристики	Обозн..	Диапазон		Точность	Условия
Collector-emitter voltage after switching off, V	$V_{CE}$	20	2 000*	According to the oscilloscope accuracy and resolution***	$V_{CC} = 20V..2000V$ ; $L\text{-Load} = 30/100/300/1000\mu H$ ; $V_{GEON} = 5..20V$ ; $-V_{GEON} = 0..15V$ ; $t_p = 5..1000\mu s$ ;
Peak collector-emitter voltage, V	$V_{CE(peak)}$	20	3000*		
Peak collector current, A	$I_{CM}$	1	1 200**		
Turn-off energy, mJ	$E_{off}$	1	1000		
Turn-on energy, mJ	$E_{on}$	1	1000		
Turn-on delay time, ns	$t_{D(on)}$	10	10 000		
Rise time, ns	$t_R$				
Turn-off delay time, ns	$t_{D(off)}$				
Fall time, ns	$t_F$				
Tail time, ns	$t_Z$				
Reverse recovery time, ns	$t_{RR}$				
Decay current rate, A/us	$di/dt$	10	8000		
Non-repetitive peak collector current, A	$I_{CSM}$	10	1200**		
Reverse recovery current, A	$I_{RR}$	20	2000**		
Reverse recovery charge, uC	$Q_{RR}$	1	3000		
Reverse recovery energy, mJ	$E_{REC}$	1	1000		
Decay recovery current rate, A/us	$di_{REC}/dt$	10	8000		

\* up to 8500V on demand

\*\* up to 12kA on demand

\*\*\* Scope device specification:

14 bit (0.006 %) resolution (16 bit enhanced resolution)

500 MS/s sampling

250 MHz bandwidth

32 MSamples memory per channel

0.25 % DC vertical accuracy, 0.1 % typical

25 ppm time base accuracy

## Зажимные устройства

Характеристики	Значение			
Тип корпуса измеряемы устройств	Модуль	Штыревые	Таблеточные	Полупроводниковый элемент (биполярный)
Тип	Ручное; Электромеханическое;	Ручное; Электромеханическое;	Электромеханическое;	Электромеханическое;
Усилие зажатия	2кН	2кН	50кН; 100кН;	50кН; 100кН;
Нагрев	150°С	150°С	200°С	200°С
Максимальный ток	6кА	6кА	30кА	30кА
Изоляция	8кВ	8кВ	15кВ	15кВ
Форм фактор	Настольное	Настольное	19" промышленная стойка	19" промышленная стойка

Измерительная система



Зажимное устройство



Зажимное устройство



Technician ✕



GATE



VTM



SEFL TEST



CALIBRATION

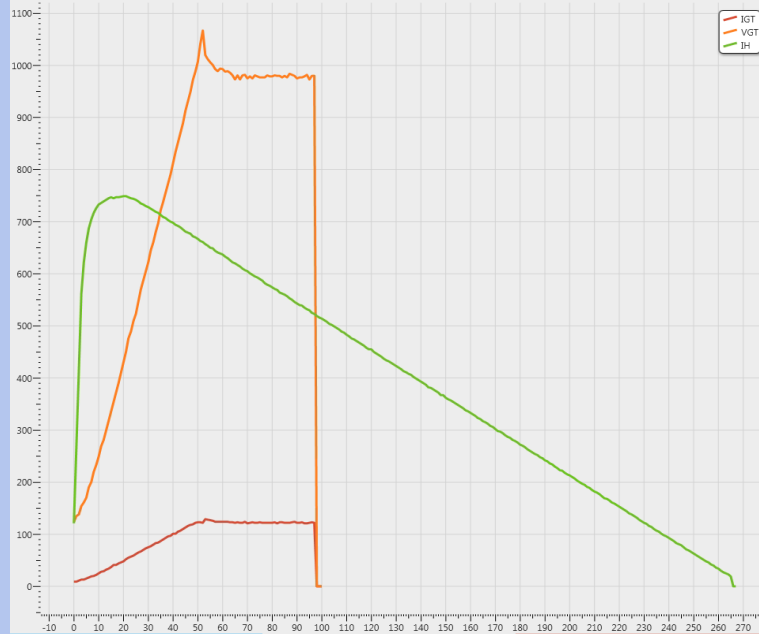


LOGS



BACK

Gate testing ✕



- Pure Vgt
  - Is IH enabled
  - Is IH strike enabled
  - Is IL enabled
- |            |              |
|------------|--------------|
| Kelvin     | Kelvin is ok |
| Resistance | 8.9 Ohm      |
| IGT        | 122 mA       |
| VGT        | 979 mA       |
| IH         | 19 mA        |
| IL         | 409 mA       |

BACK

STOP

START

## Резюме

- Области применения оборудования
- Интегрированное решение
- Особенности
- Технические характеристики



**Спасибо за внимание**

Семенов Павел  
[paul.semenov@proton-electrotex.com](mailto:paul.semenov@proton-electrotex.com)  
[www.proton-electrotex.com](http://www.proton-electrotex.com)