



МГТУ им. Н.Э. Баумана

Кафедра «Проектирование и технологии производства
электронной аппаратуры» (ИУ4)

Интеллектуальная программно-аппаратный комплекс автоматизированного измерения параметров многоканальных радиочастотных модулей систем управления

Студент: Леонидов В.В.

Руководитель:

к.т.н., доцент Макаrchук В.В.

Москва, 2012

Цель работы

- Разработать программно-аппаратный комплекс для автоматизации процесса измерения электрических параметров многоканальных радиочастотных модулей систем управления

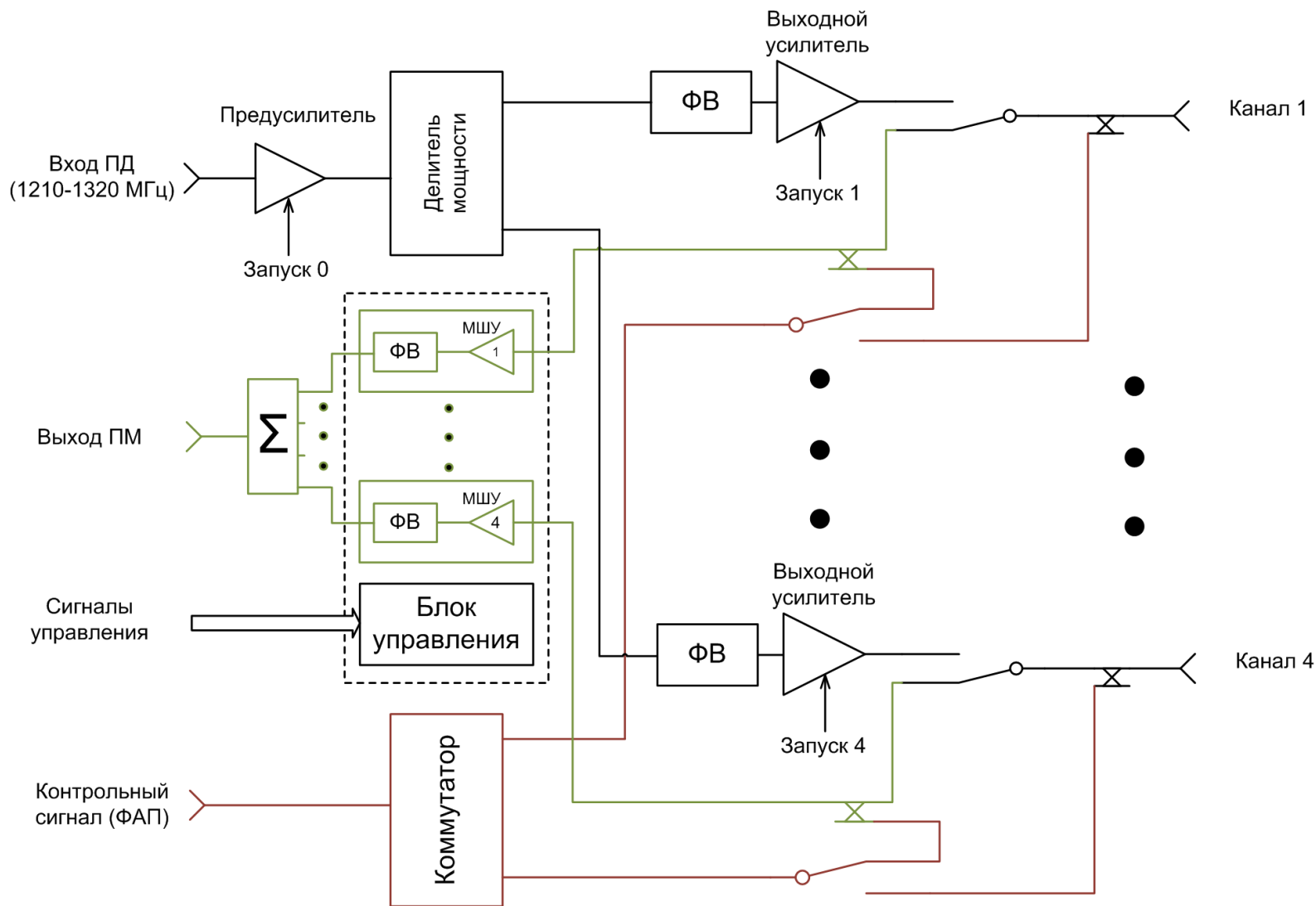
Задачи

- Разработка структурной схемы
- Разработка аппаратного обеспечения
- Разработка программного обеспечения
- Разработка методик калибровки
- Экспериментальные исследования

Работа выполнена на базе ФГУП НПП «Пульсар»



Структурная схема 4-канального ППМ

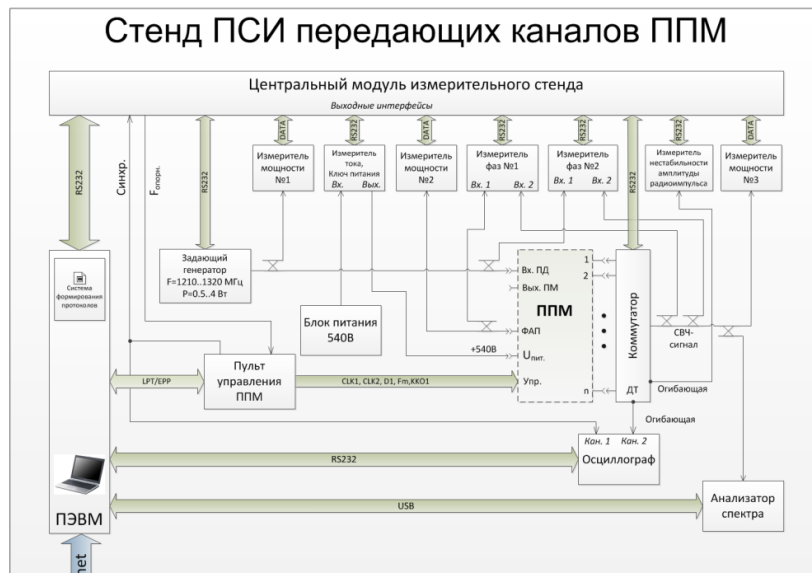


Измеряемые параметры

1. Выходная импульсная мощность передающих каналов
2. Выходная импульсная мощность контрольного канала (ФАП)
3. Коэффициент передачи приёмных каналов
4. Точность установки фазы приёмных/передающих каналов
5. КСВН по входам приёмных каналов
6. КСВН входа передающего канала
7. КСВН входа канала ФАП
8. КСВН выхода приёмных каналов
9. Точность контроля фазы передающих каналов по каналу ФАП
10. Точность контроля фазы приёмных каналов по каналу ФАП
11. Относительный фазовый сдвиг канала ФАП ПД относительно ФАП ПМ
12. Относительный коэффициент ослабления при закрытом состоянии ключей пит. и ант.
13. Характеристики радиоимпульса:
 - a) Форма радиоимпульса
 - b) Длительность радиоимпульса
 - c) Длительность фронтов радиоимпульса
 - d) Скос вершины радиоимпульса
14. Спектральные характеристики модуля:
 - a) Ширина спектра выходного сигнала по уровню -60дБ
 - b) Уровень 2-й гармоники выходного сигнала
 - c) Уровень 3-й гармоники выходного сигнала
15. Ток, напряжение и мощность потребления по цепи 540В
16. АЧХ выходных каналов
17. Контроль корректности запуска передающих каналов

Структурная схема комплекса

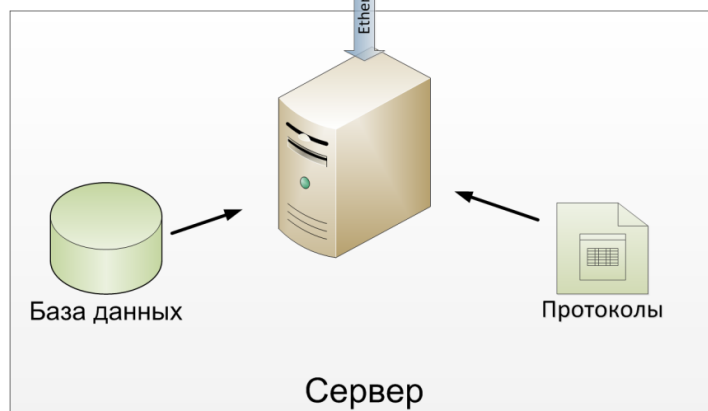
Стенд ПСИ передающих каналов ППМ



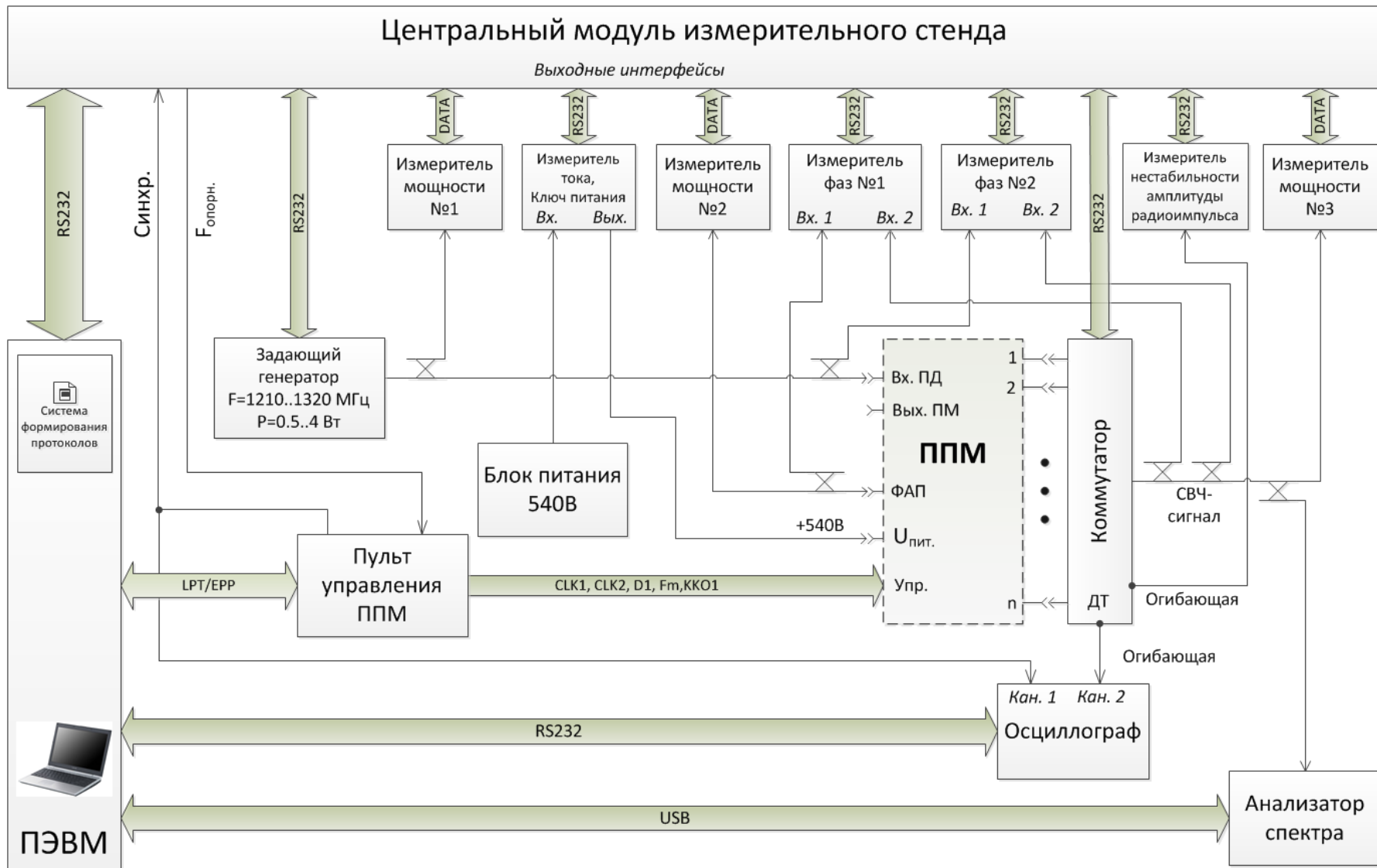
Стенд ПСИ приёмных каналов ППМ



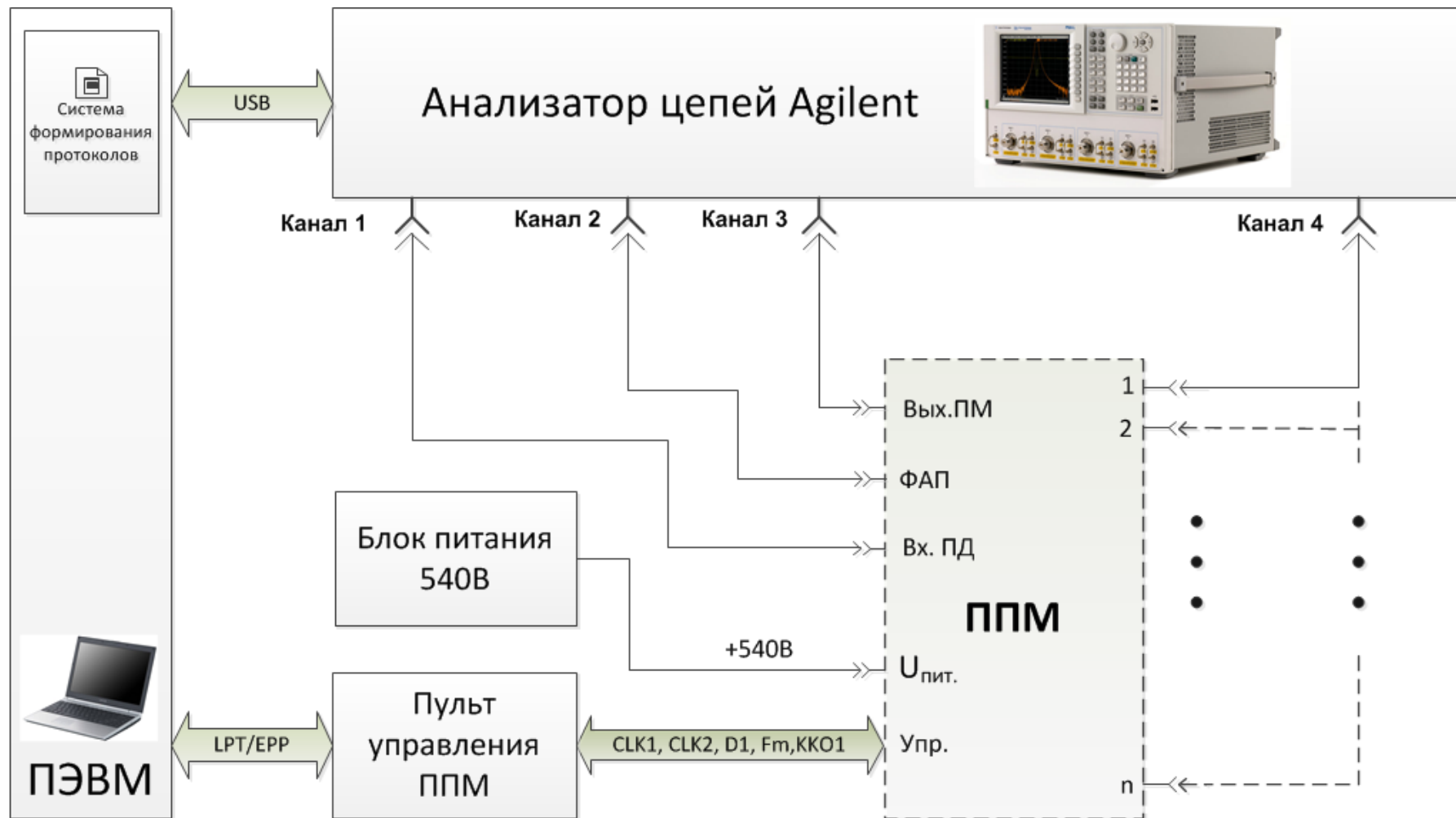
Локальная сеть предприятия



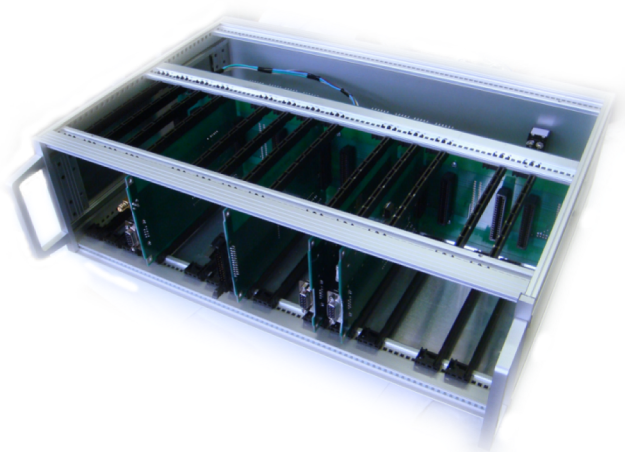
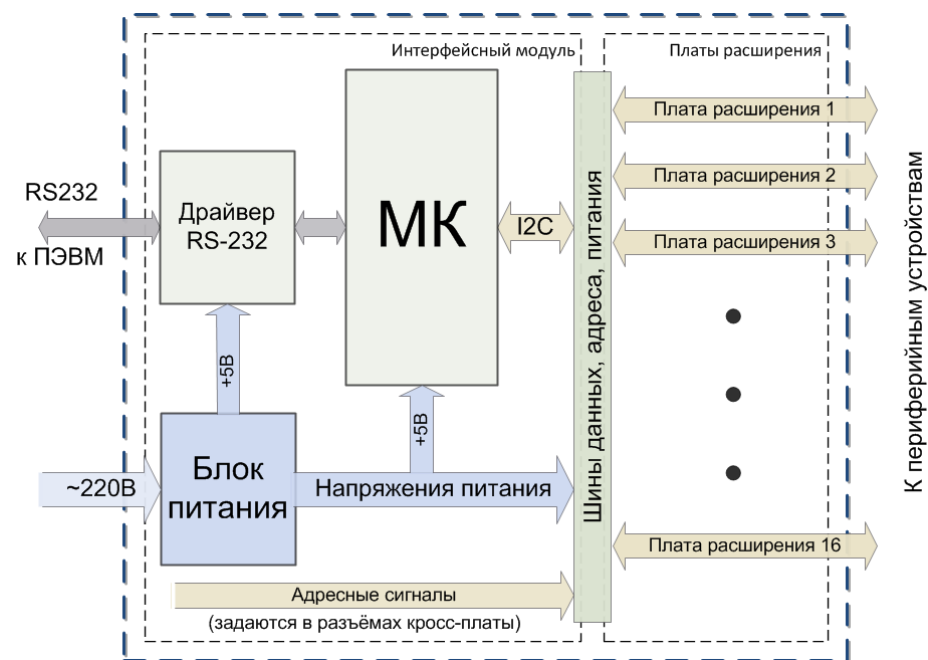
Стенд передающих каналов



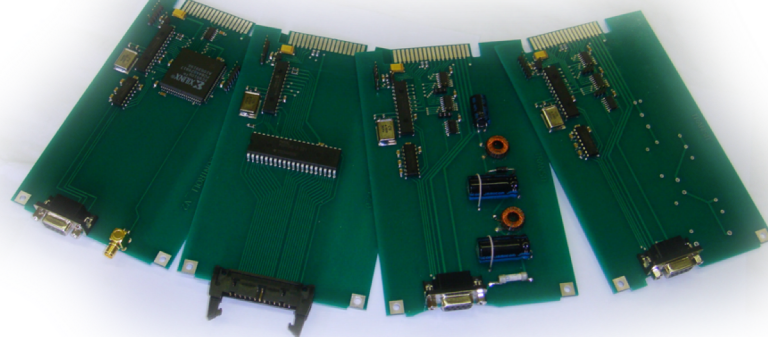
Стенд приёмных каналов



Центральный модуль измерительного стенда



Платы расширения:



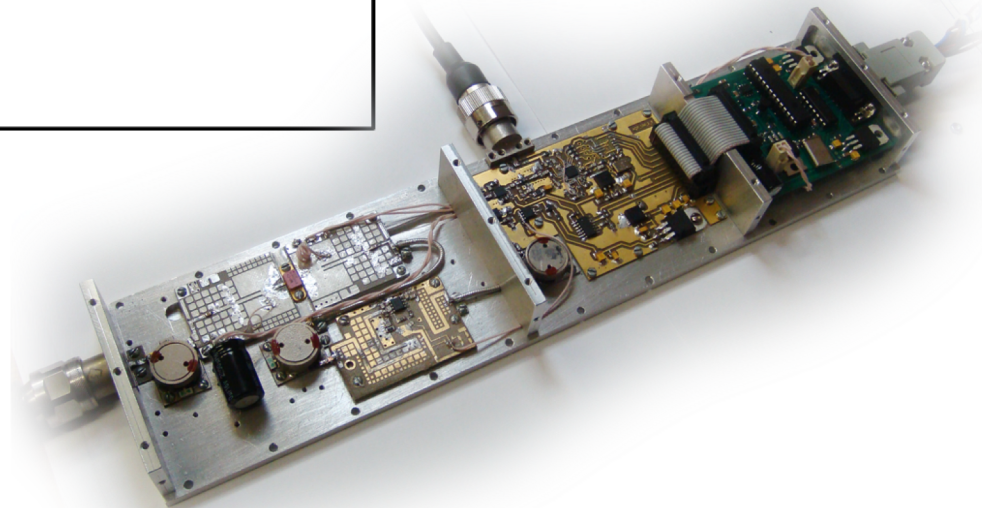
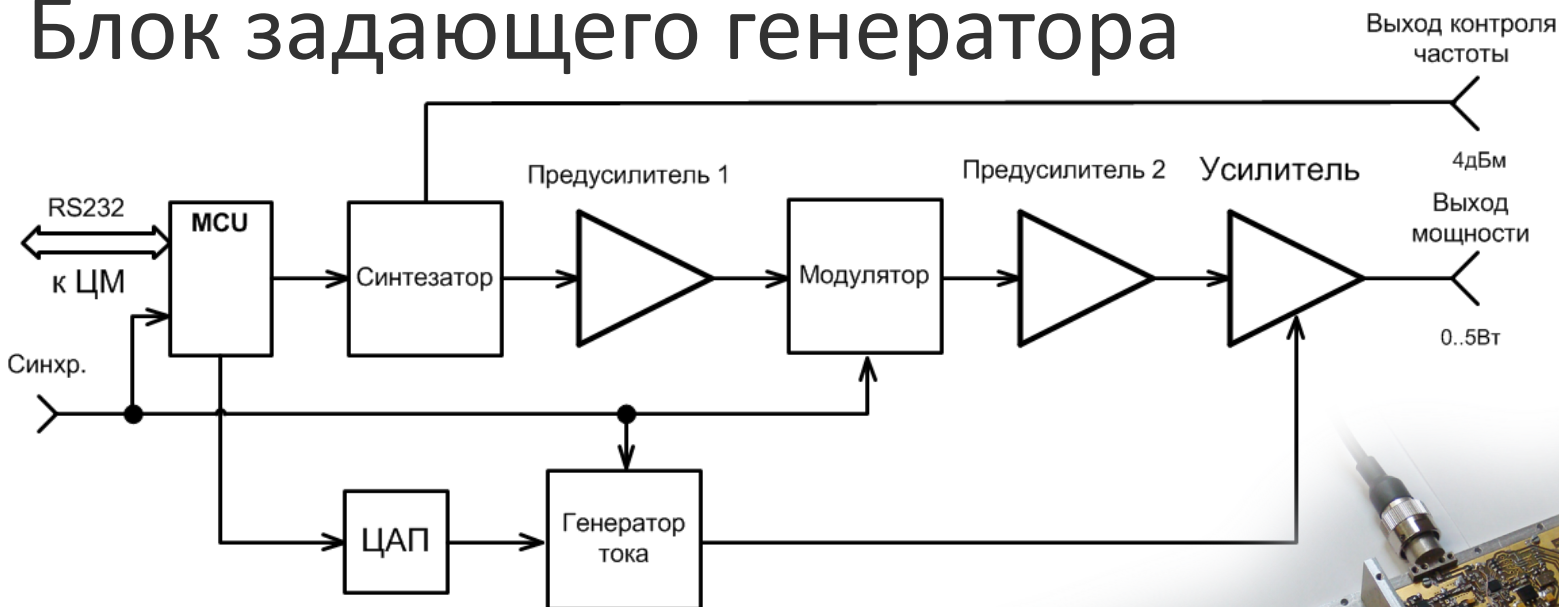
Задачи модуля:

- Управление и приём данных от периферийных устройств
- Передача результатов в ПЭВМ

Характеристики модуля:

- Максимальное кол-во периферийных модулей: 16 шт.
- Напряжения питания периферийных модулей: $\pm 15V$, $+5V$, $+24V$
- Шина данных: I2C

Блок задающего генератора

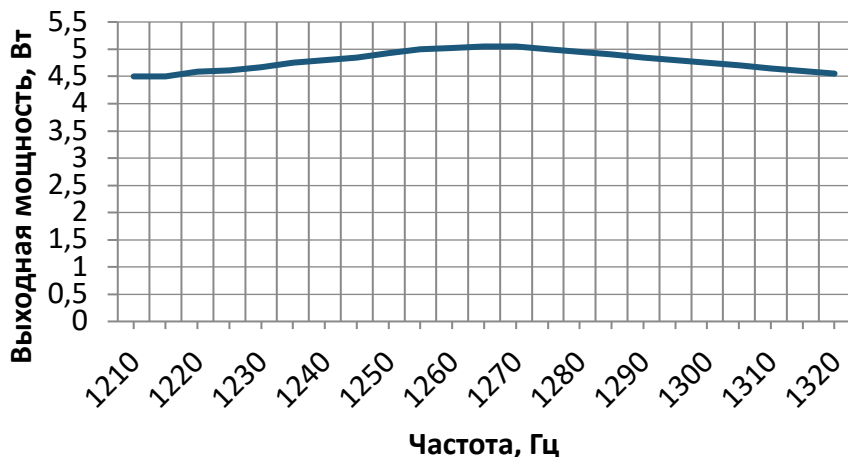


Характеристики блока:

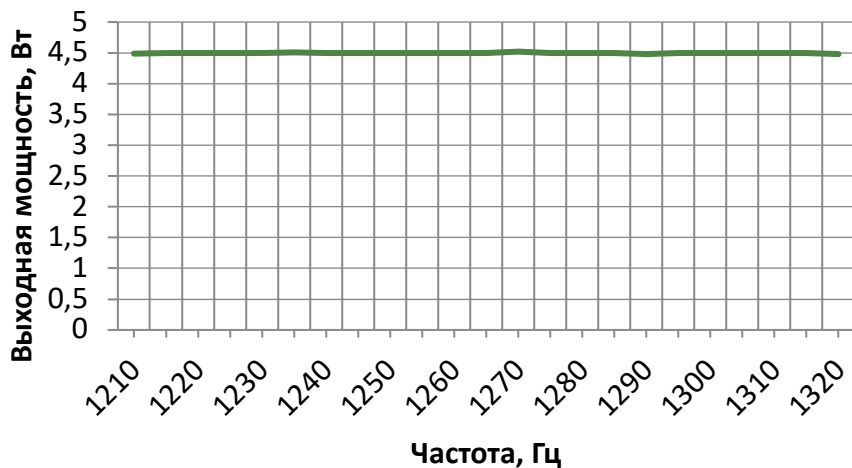
- Диапазон задаваемых частот: 2.7..2.9ГГц / 1.1..1.5ГГц (в зависимости от конфигурации)
- Диапазон выходной мощности: 0..5Вт
- Длительность фронтов выходного импульса: не более 50нс
- Максимальная длительность выходного импульса: 500мкс

Выходная характеристика задающего генератора для L-диапазона частот

АЧХ на входе ПДМ (до корректировки):

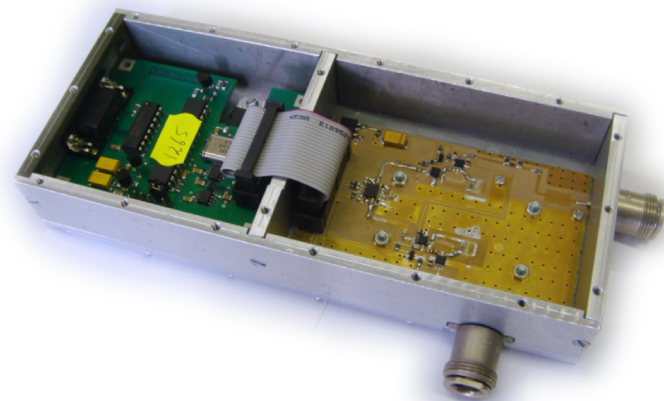
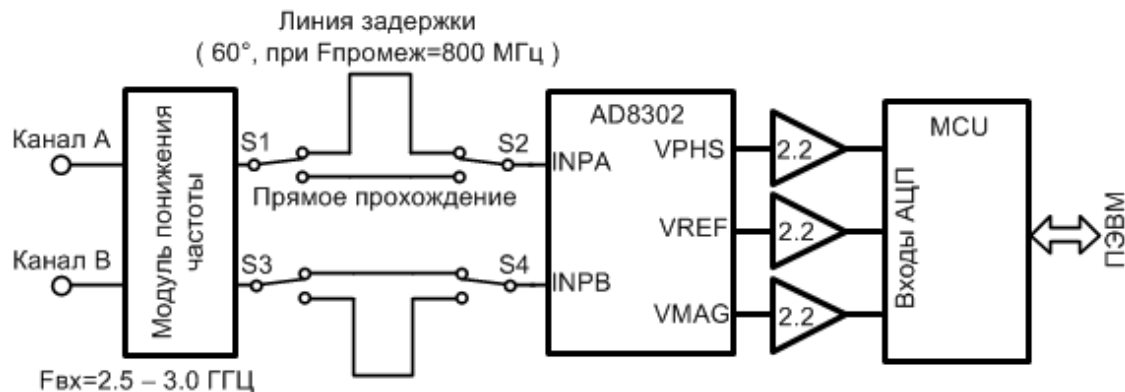


АЧХ на входе ПДМ (после корректировки), $P=4.5\text{Вт}$:



- Коэффициент усиления выходного каскада задаётся программно посредством установки тока эмиттера транзистора
- Выравнивание АЧХ осуществляется путём аппроксимации полученной характеристики полиномами 1-3 порядков по методу наименьших квадратов в среде MATLAB
- Коэффициенты аппроксимации записываются в ПЗУ МК индивидуально для каждого блока задающего генератора

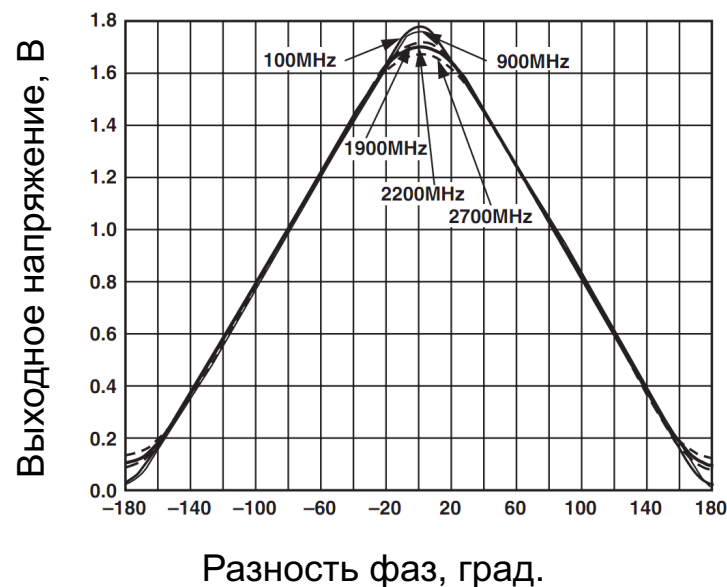
Блок измерителя фаз



Характеристики блока:

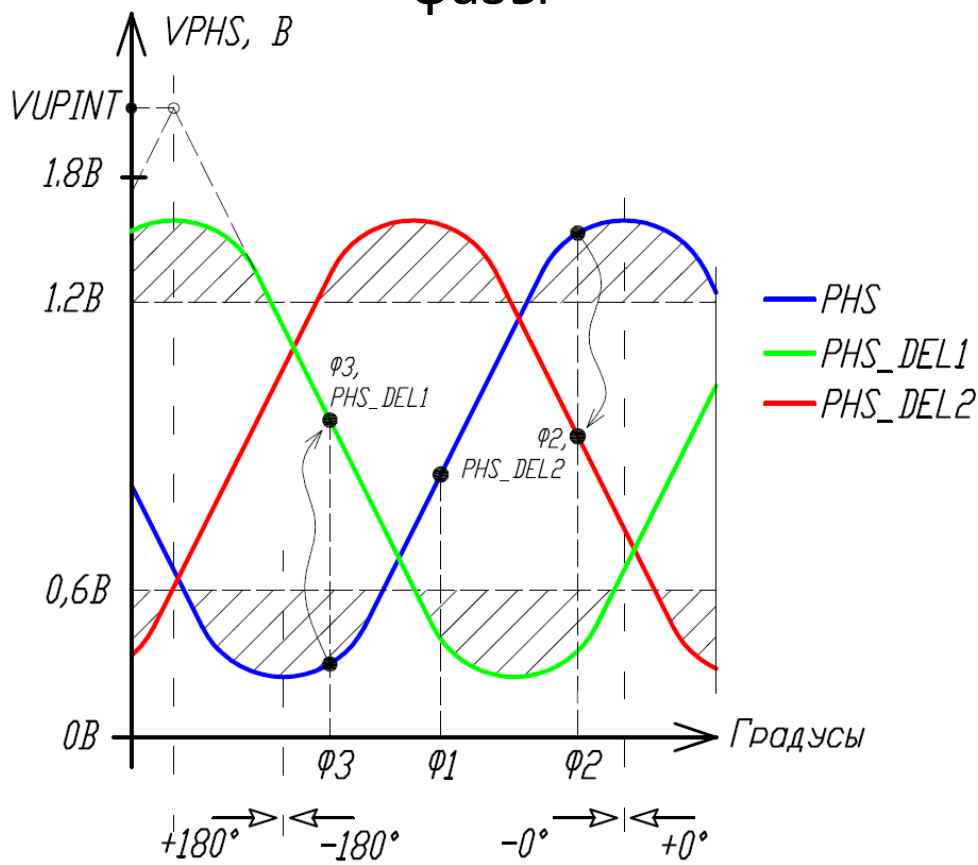
- Диапазон частот: L,S
(в зависимости от конфигурации стенда)
- Диапазон измерения разности фаз: $0-360^\circ$
- Точность измерения: $\pm 2^\circ$
- Динамический диапазон:
 - ▢ $-40..-10 \text{ дБм}$ для L-диапазона
 - ▢ $-10..+10 \text{ дБм}$ для S-диапазона

Выходная характеристика AD8302

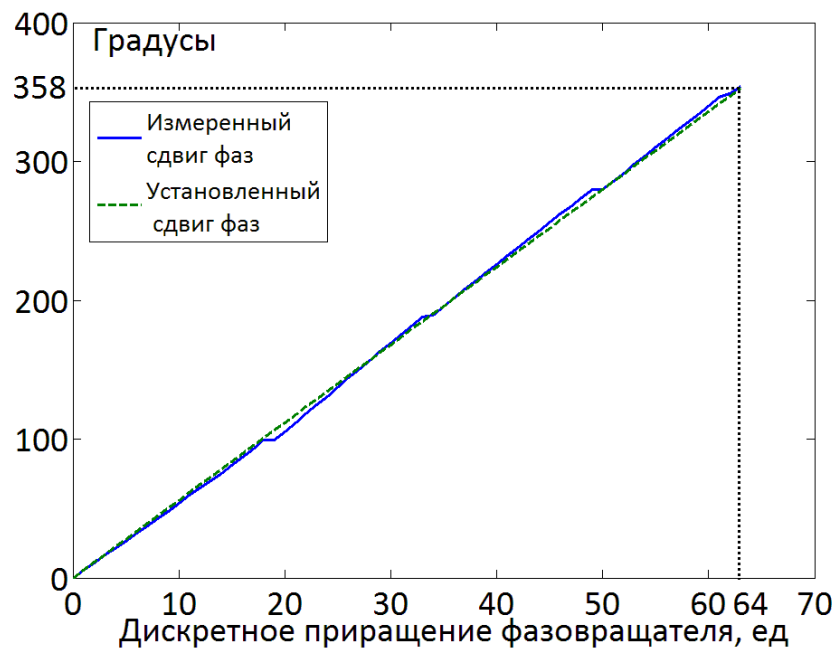


Блок измерителя фаз

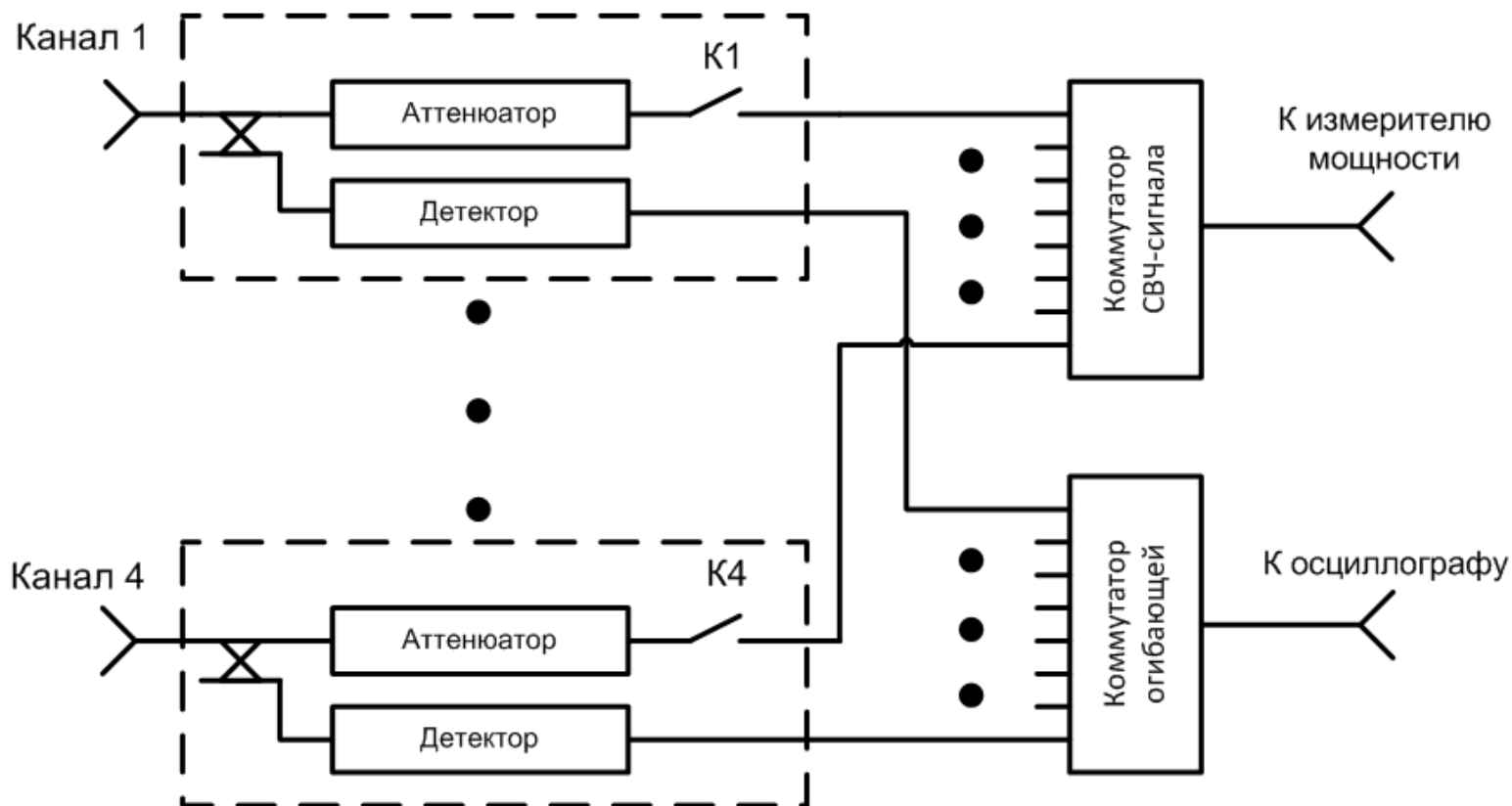
Методика определения сдвига фазы



Выходная характеристика измерителя фаз



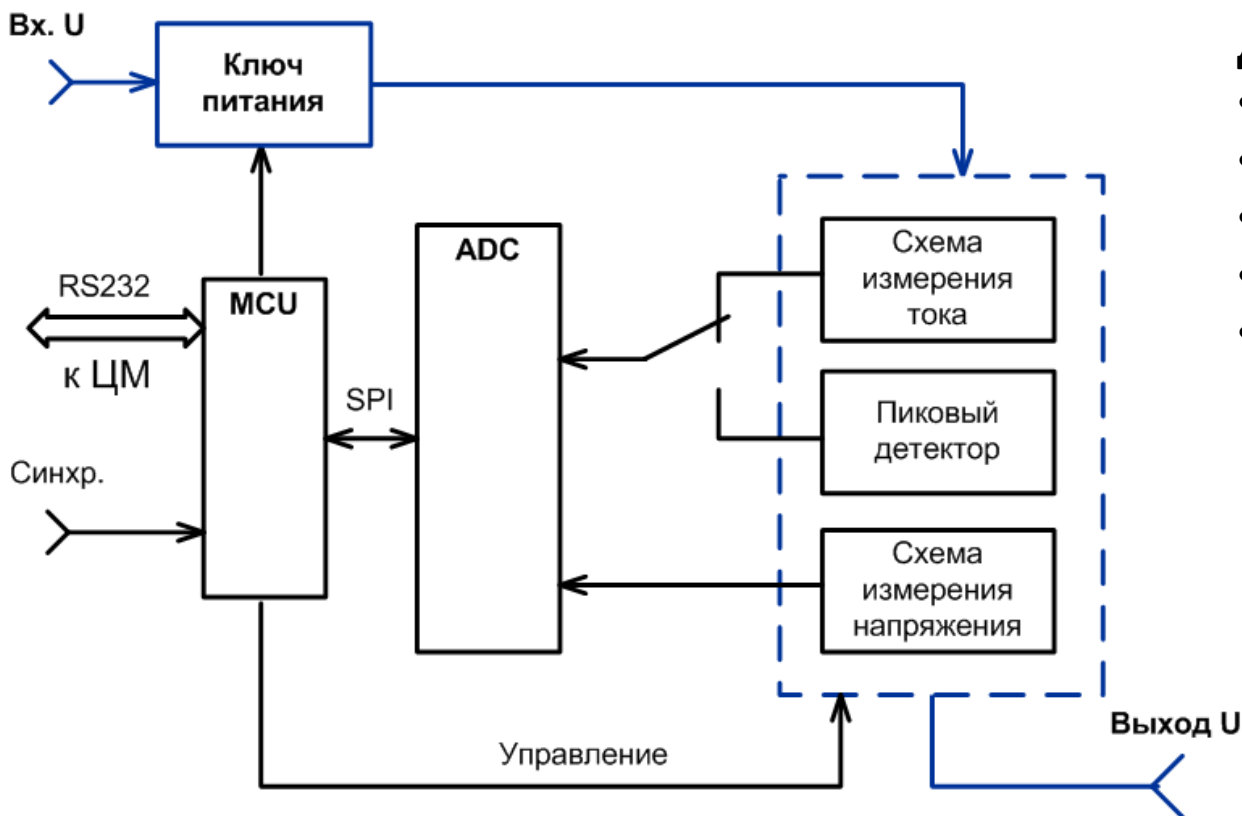
Блок коммутатора



Характеристики блока:

- Число коммутируемых каналов: 8шт.
- Коэффициент ослабления мощности на выходе: -30dB
- Диапазон частот: 0..4ГГц

Блок измерителя тока/напряжения питания



Диапазоны измерения тока:

- 10A
- 5A
- 2.5A
- 1.25A
- 0.625A

Диапазоны измерения напряжения:

- 1000V
- 500V
- 250V
- 125V
- 62.5V

Программное обеспечение

Управление питанием модуля

Измеряемые параметры

Режимы измерений

Результаты измерений по каждому из каналов

Нормы и режимы измерений

Измерение всех параметров

Создание протоколов измерений

Температура модуля

Стенд ПСИ передающих каналов "Печенег-Л"

Файл Настройки Справка

Главная Спектральные характеристики Радиоимпульсы АЧХ модуля Управление модулем

Питание модуля

Выключено

Измерения

ИЗМЕРИТЬ ВСЁ

СТОП

Генерирование протоколов

Протоколы

Запуск пульта

☒ Внешний

☐ Внутренний

Запуск измерений

t= 35.625 °C

История операций: Очистить

--- Удет. = 0.00

Переключение коммутатора на канал 3:

--- Результат: ОК

--- Коммут. канал: 3

--- Удет. = 0.00

Переключение коммутатора на канал 4:

--- Результат: ОК

--- Коммут. канал: 4

--- Удет. = 2.60

Питание модуля отключено!

Параметр Режимы

Рвых.

Δφ, вх.-вых.

Рвых. ФАП

Δφ, вых.-ФАП

Рпотр.

Запуск каналов

Канал 1 Канал 2 Канал 3 Канал 4

0°	120.0МГц	93.1Вт	100.1Вт	83.3Вт	90.5Вт
F= 265.0МГц		94.6Вт	101.7Вт	89.6Вт	98.5Вт
1320.0МГц		84.6Вт	92.0Вт	81.5Вт	85.4Вт
337.5°	1210.0МГц	92.4Вт	99.8Вт	83.3Вт	90.5Вт
F= 1265.0МГц		94.4Вт	101.7Вт	89.4Вт	98.3Вт
1220.0МГц		85.0Вт	92.0Вт	81.5Вт	85.5Вт
112.5°		114.7°	102.8°	110.0°	109.4°
180°		181.4°	179.0°	175.0°	178.6°
225°		228.3°	228.4°	221.6°	225.5°
337.5°		342.9°	332.0°	335.2°	335.1°
112.5°		0.30Вт	0.31Вт	0.35Вт	0.23Вт
180°		0.30Вт	0.32Вт	0.33Вт	0.22Вт
225°		0.31Вт	0.33Вт	0.32Вт	0.22Вт
337.5°		0.32Вт	0.32Вт	0.33Вт	0.23Вт
22.5°		137.1°	136.0°	127.8°	138.1°
45°		137.2°	135.4°	128.5°	138.9°
90°		136.9°	134.8°	129.2°	139.6°
180°		135.6°	134.2°	130.0°	139.9°
Δφ max по кан.		1.6°	1.8°	2.2°	1.8°
Упит.		535.0В			
Ипотр.		331.0мА			
Ипик.		551.5мА			
177.1Вт					
ОК		ОК	ОК	ОК	ОК

Измеряемые параметры, нормы и режимы измерений

Файл конфигурации: Control.ini Открыть Сохранить

Q= 10 ед.

Запуск каналов

☐ Все

☒ Только текущий

Измeрить

Норма: 0.2 ≤ Рвых. ≤ 0.4 Вт

Разность фаз по контрольному каналу (ФАП)

P= 1.50 Вт

F= 1265.0 МГц

W= 500 мкс

Q= 10 ед.

Запуск каналов

☐ Все

☒ Только текущий

Измeрить

Норма: Δφ= 165 ± 11 град.

Мощность потребления по цепи 540В

P= 2.50 Вт

F= 1265.0 МГц

W= 500 мкс

Q= 10 ед.

Измeрить

Норма: Рпотр. ≤ 250 Вт

Норма: Ипик. ≤ 1000 мА

Проверка импульсов запуска каналов

P= 1.50 Вт

F= 1265.0 МГц

W= 500 мкс

Q= 10 ед.

Проверить

Измeрить на

☒ Канал 1

☒ Канал 2

☒ Канал 3

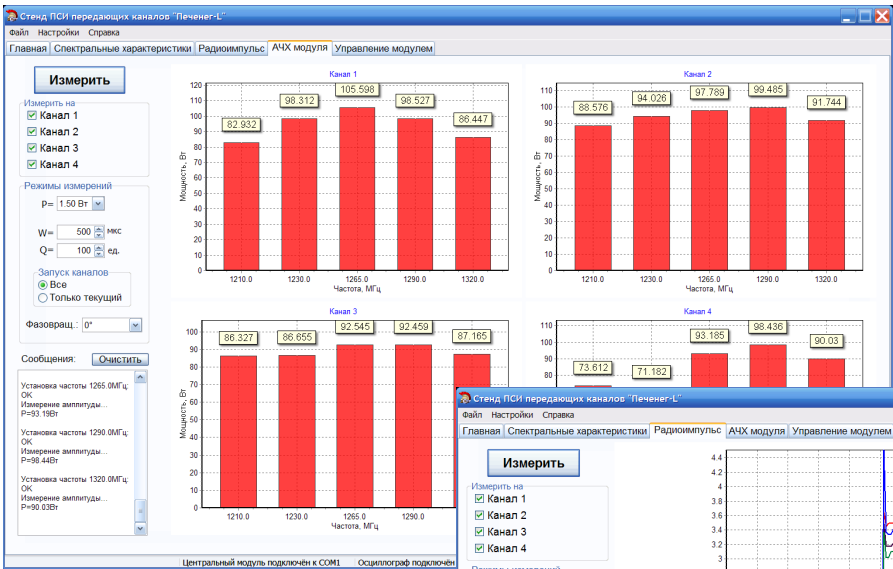
☒ Канал 4

Центральный модуль подключён к COM Осциллограф подключен к COM4

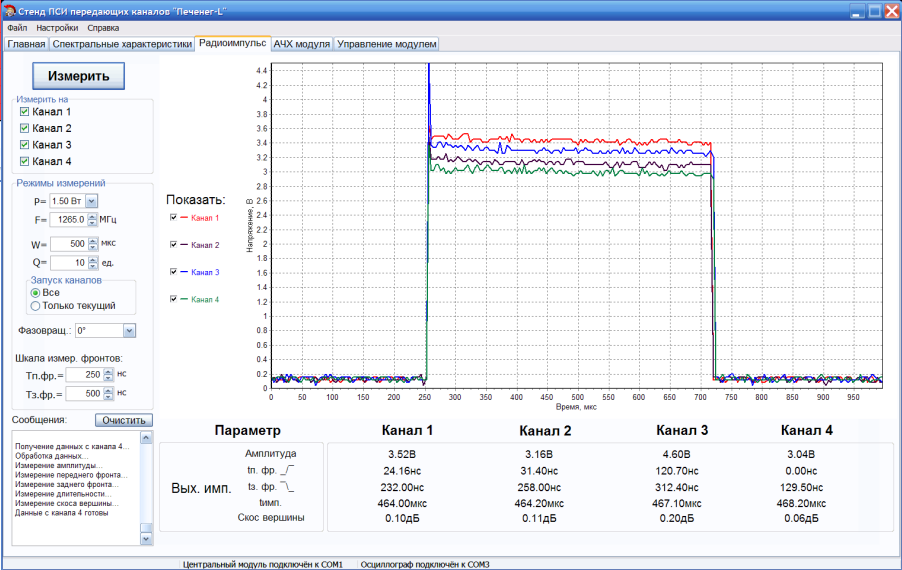
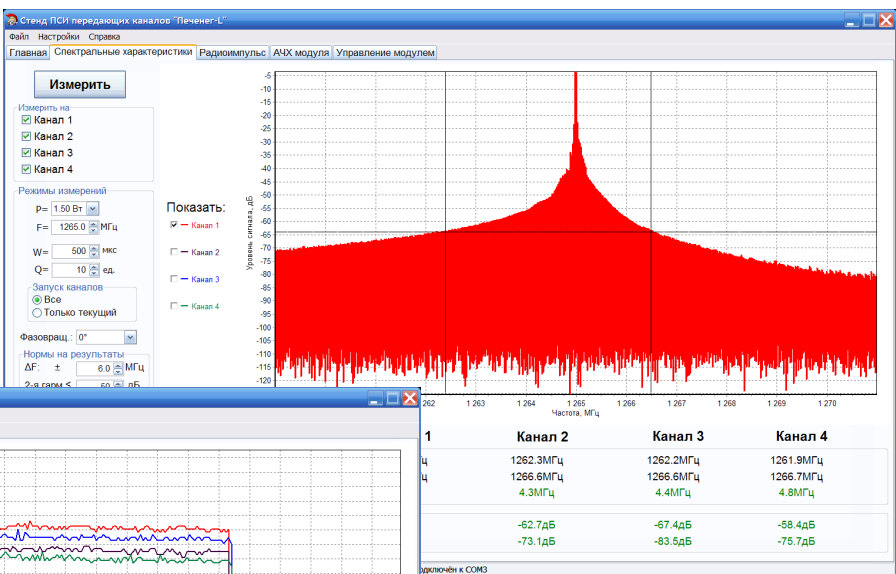
Анализатор спектра подключен по USB

Программное обеспечение

АЧХ модуля



Спектральные характеристики



Параметры радиоимпульса

Внешний вид комплекса

- Здесь будет фото

Выводы

- Разработанный программно-аппаратный комплекс позволяет во много раз упростить и ускорить процесс измерения параметров мощных многоканальных радиочастотных модулей систем управления.
- Производительность измерений и настройки данных модулей увеличивается в 100 раз.
- Функциональность программно-аппаратного комплекса может быть легко расширена за счет введения других необходимых периферийных устройств и соответствующей модификации ПО ПК.

Перспективы

- В дальнейшем планируется расширение возможностей данного программно-аппаратного комплекса

Апробация

- По результатам работы имеются тезисы и доклады на IX научно-технической конференции **«Твердотельная электроника. Сложные функциональные блоки РЭА»** - 1-3 декабря 2010 г., г. Звенигород:
 - «Программно-аппаратный комплекс автоматизированного измерения параметров мощных многоканальных радиочастотных передающих модулей» - Р.М. Григорян, Г.С. Колчин, В.В. Леонидов, И.Б. Гуляев
 - «Автоматизированный измерительный комплекс статических параметров n-канальных полевых транзисторов» - В.В. Леонидов, Р.М. Григорян, И.Б. Гуляев
- По материалам работы имеется статья в журнале **«Электронная техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы»**:
 - «Программно-аппаратная платформа автоматизированного измерения параметров электронных модулей и полупроводниковых приборов» - В.В. Леонидов, И.Б. Гуляев, Г.С. Колчин
- По результатам работы имеется доклад на XIII международной молодёжной научно-технической конференции **«Научоёмкие технологии и интеллектуальные системы - 2011»**, 27 апреля 2011г., г. Москва:
 - «Универсальная платформа для разработки программно-аппаратных комплексов автоматизированного измерения электрических параметров мощных многоканальных СВЧ передающих модулей» - В.В. Леонидов, Р.М. Григорян