

New RF system for VEPP-5 Damping Ring

G. Kurkin (BINP SB RAS, Novosibirsk)

*Институт
Ядерной
Физики
имени Г.И.Будкера*



Прежняя ВЧ система накопителя-охладителя.

Основные параметры накопителя-охладителя

Параметр	Велич.
Энергия, МэВ	510
Частота обращения частиц, МГц	10.94
Частота ВЧ прежней системы, МГц	700,0
Номер гармоники ВЧ системы	64
Энергетический разброс частиц на входе dE/E , %	1
Энергетический разброс частиц на выходе dE/E , %	0.051
Число циклов инжекции, 1/сек	50
Потери энергии на оборот	5,9
Напряжение ВЧ, кВ	200-400
Мощность генератора ВЧ, кВт (Клистрон КУ-393)	65

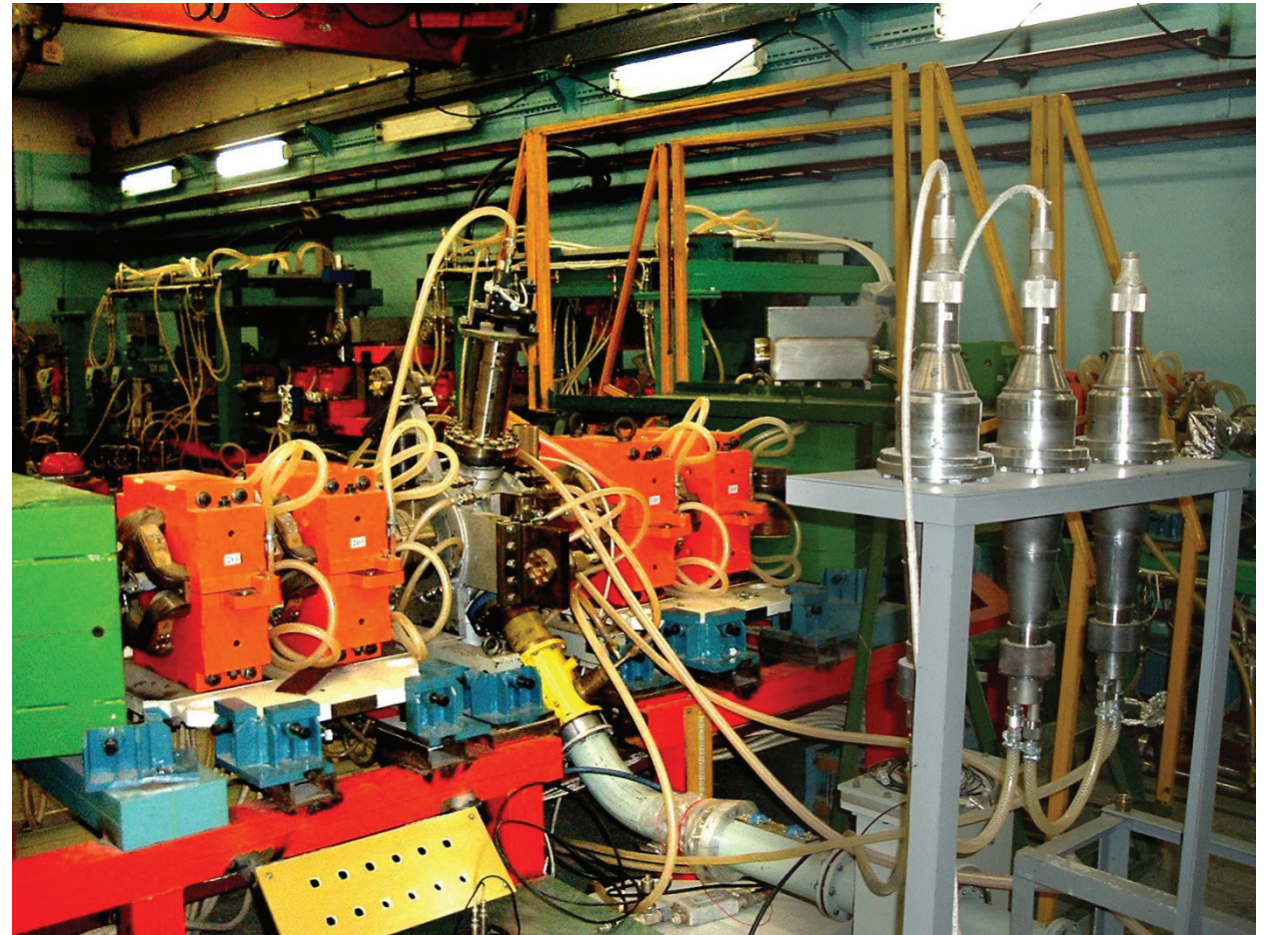


Рис.1 Резонатор 700 МГц в кольце накопителя



ВЧ станции, поставленные HIRFL-CSR, г. Ланьчжоу, Китай 2002 - 2004

ВЧ станция №1:

Диапазон рабочих частот - 0,25-1.7МГц,
 Напряжение на ускоряющем зазоре – 8кВ
 Рабочий вакуум в резонаторе $< 3.5 \cdot 10^{-11}$ мбар
 Марка феррита 600НН

ВЧ станция №2:

Диапазон рабочих частот - 6.0 – 14.0МГц,
 Напряжение на ускоряющем зазоре – 25кВ
 Рабочий вакуум в резонаторе $< 3.5 \cdot 10^{-11}$ мбар
 Марка феррита 200ВНП

Разрез резонатора

Конденсаторы связи с генератором

Ферритовый модуль

$D=70\text{мм}$

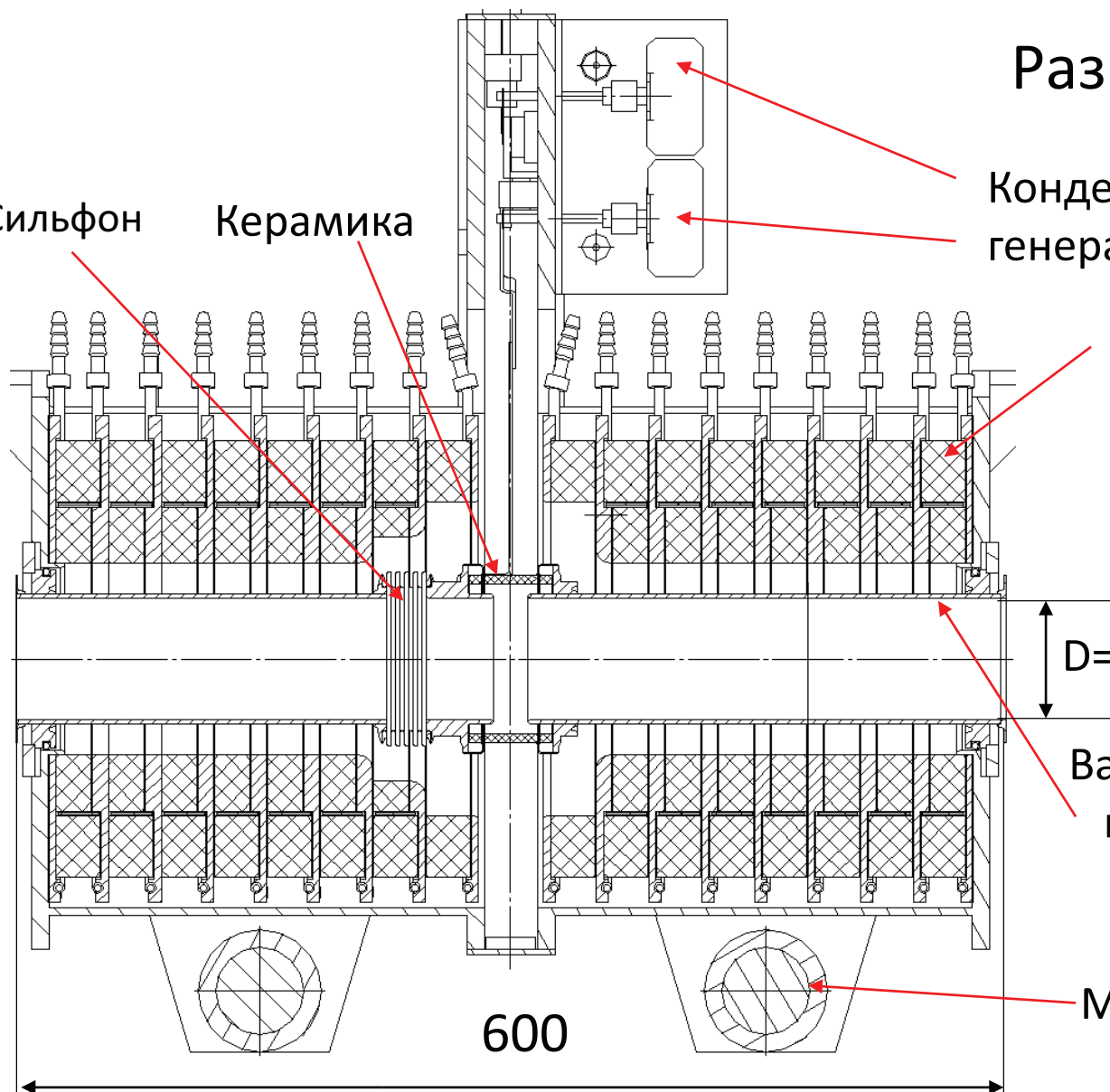
Вакуумная камера

Магнитопровод

Сильфон

Керамика

600



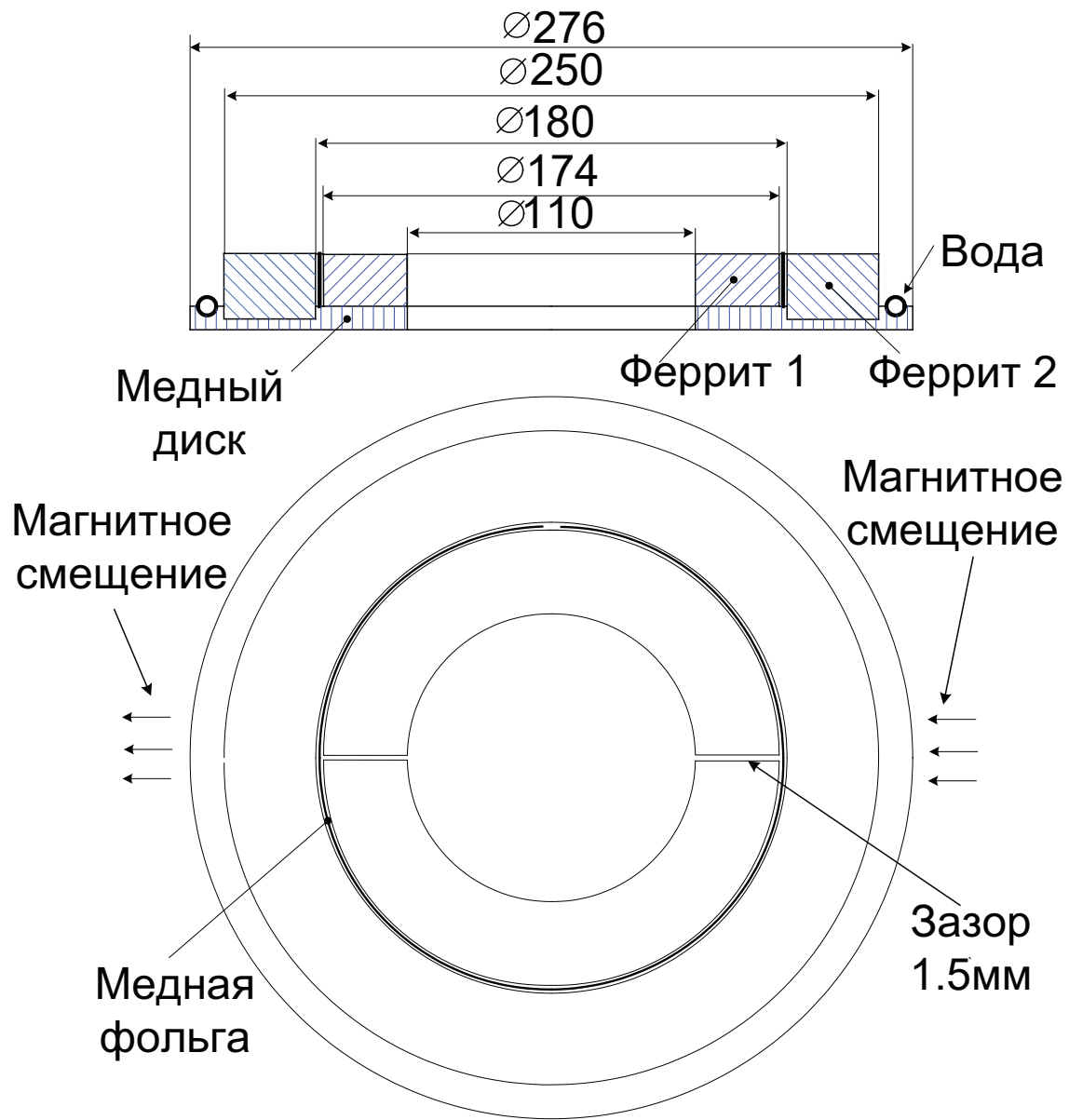


Рис.4 Ферритовый модуль

Размеры внешнего кольца D x d x b, мм	250 x 180 x 25
Размеры внутреннего кольца D x d x b, мм	174 x 110 x 20
Внешний диаметр вакуумной камеры, мм	76 мм
Марка феррита	ВНП90
Суммарный зазор во внутреннем кольце	3 мм
Амплитуда ВЧ индукции на средней линии колец	62 гс
Изменение индукции по радиусу кольца (B_{min} - B_{max})	55 – 76 гс
Удельная мощность в феррите	0,22 Вт/см ³



Рабочее место для склейки ферритовых модулей. Клей - кремнийорганический компаунд «ПентЭласт-712» марки А



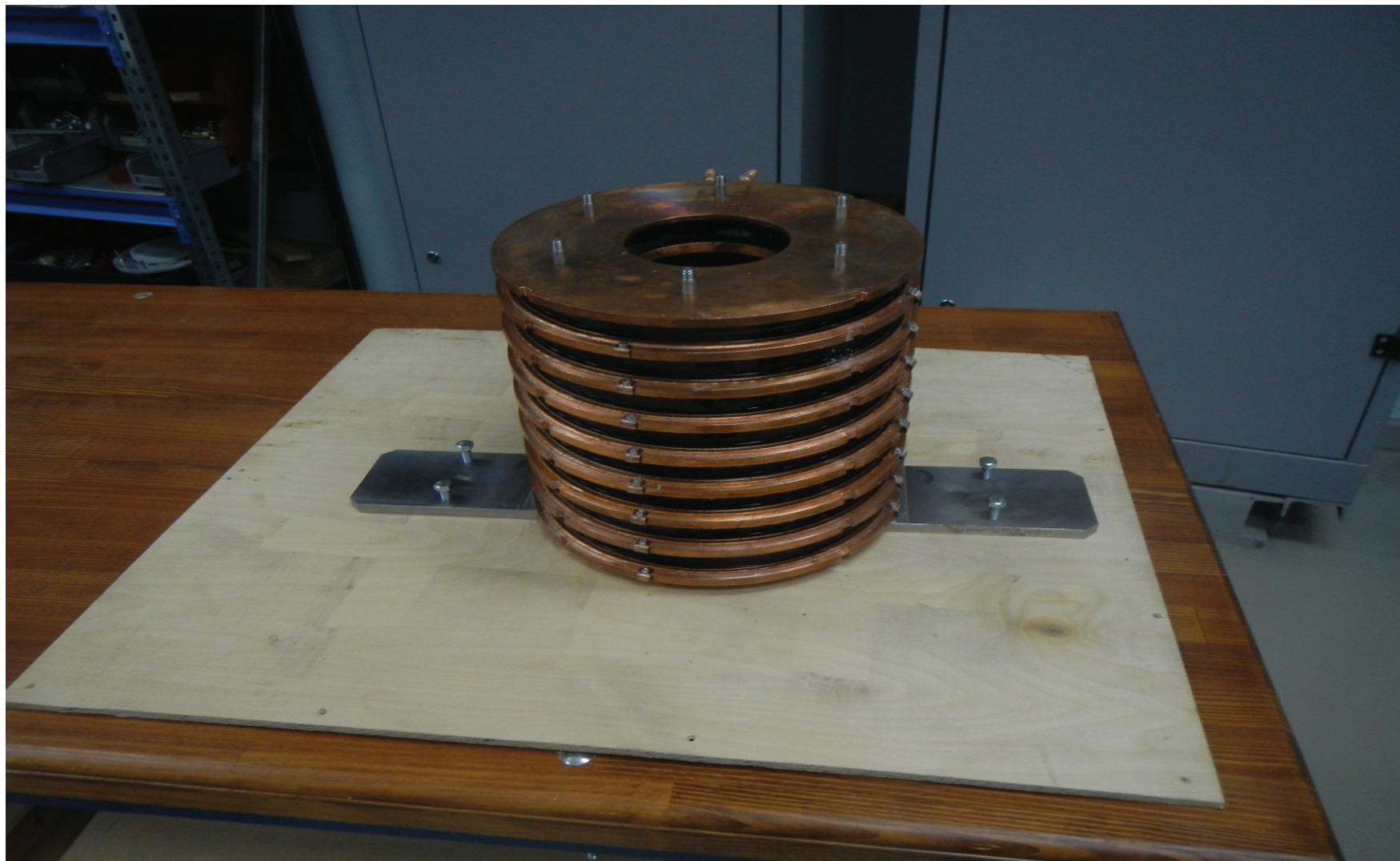
Процесс пошел...



Кольца приготовлены для сборки пакета



Модули склеиваются в пакет на подставке. Соосность обеспечивается вертикальными кондукторными пластинами. Корпус половины резонатора надвигается сверху на склеенный ферритовый пакет после удаления пластин кондуктора.



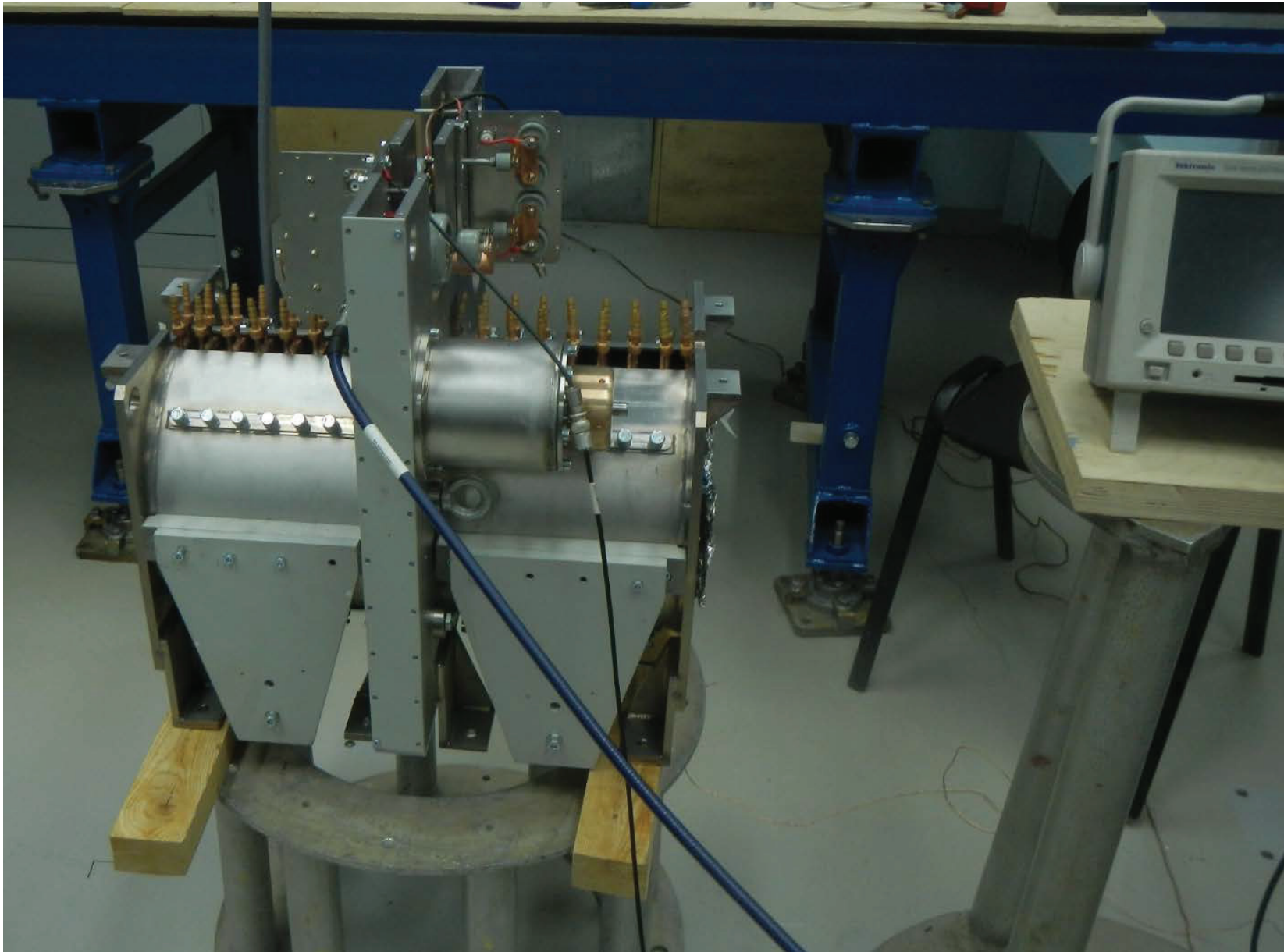
Одна ферритовая сборка готова



Изготовленная ферритовая сборка вставляется в нижнюю половинку корпуса резонатора. Сборка центрируется в корпусе закруглёнными торцами болтов с контргайками в четырёх направляющих пазах каждой медной пластины охлаждения. После сборки половины корпуса с ферритами вставляется вакуумная камера с керамическим ускоряющим зазором и сильфоном механической развязки. Вакуумная камера с разгрузочным сильфоном и керамическим изолятором ускоряющего зазора вставляется в корпуса половин резонатора на скользящих кольцевых пружинных контактах (геликофлекс).



Затем сверху опускается вторая половина корпуса с ферритовой сборкой



Резонатор собран и
подготавливается к
испытаниям.



Рис. 2. Испытания резонатора на стенде. Весна 2017 г.

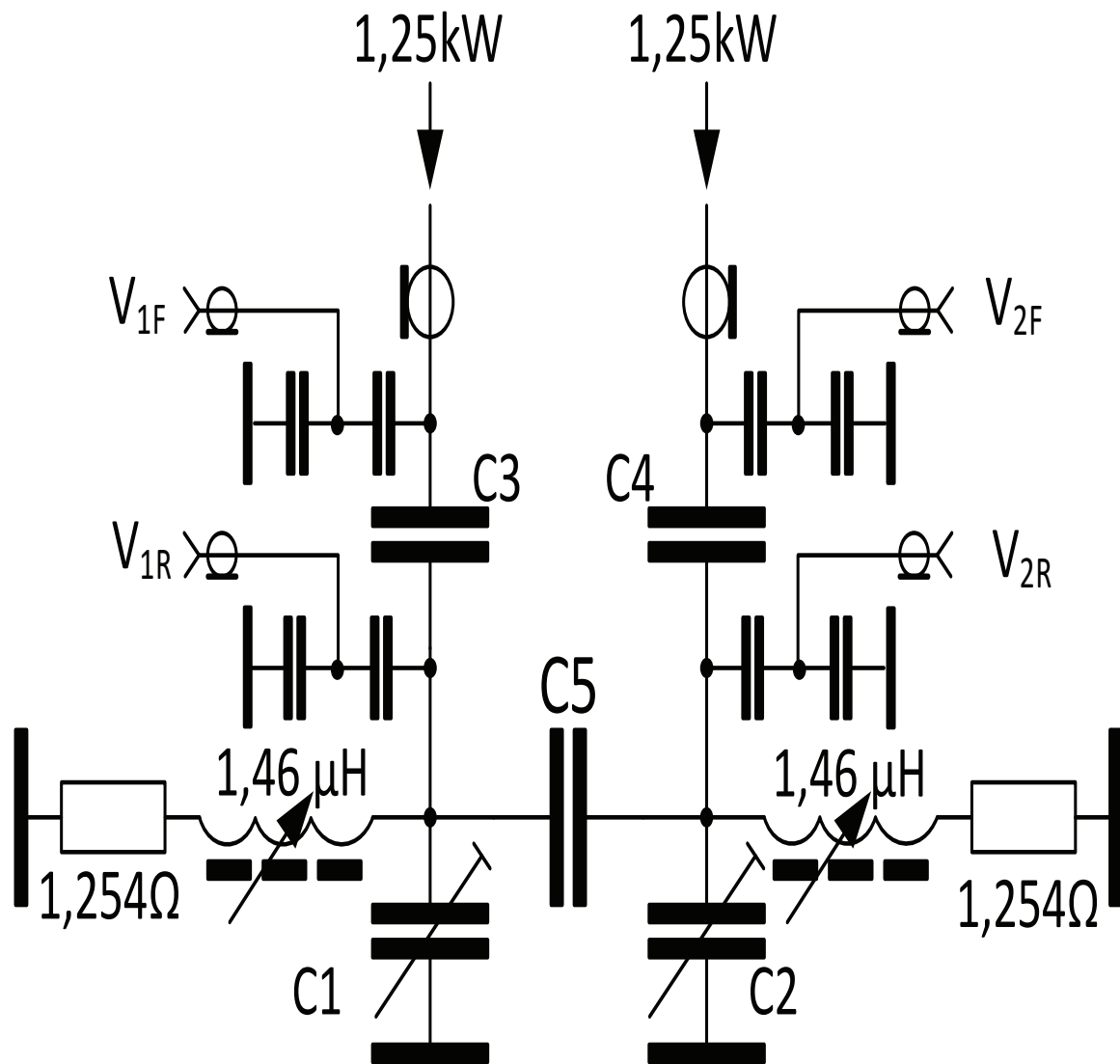
Ферритовый резонатор	
Рабочее напряжение на зазоре, кВ	9 кВ
Потребляемая мощность, кВт	2,36
Шунтовое сопротивление, кОм	17
Добротность резонатора	60
Средняя амплитуда ВЧ индукции, Гс	65
Перестройка резонатора, %	10
Тип феррита	Н90ВНП
Установочная длина, мм	600

Основные
параметры
резонатора



Генератор ВЧ мощности

Транзисторный усилитель мощности поставлен НПО «Триада ТВ», г. Новосибирск, Два блока оконечных усилителей возбуждаются одним сигналом системы управления. Каждый блок содержит четыре усилительные ячейки на транзисторах BLF188. Противофазное напряжение поступает на входы мощности половинок резонатора. Максимальная выходная мощность каждого канала – 3.7кВт.



Эквивалентная схема резонатора.
 $C1 = C2 = 82\text{пф}$. $C3 = C4 = 22\text{пф}$.
 $C5 = 8\text{пф}$
 Волновое сопротивление
 половинки резонатора $\rho = 100\text{ Ом}$.

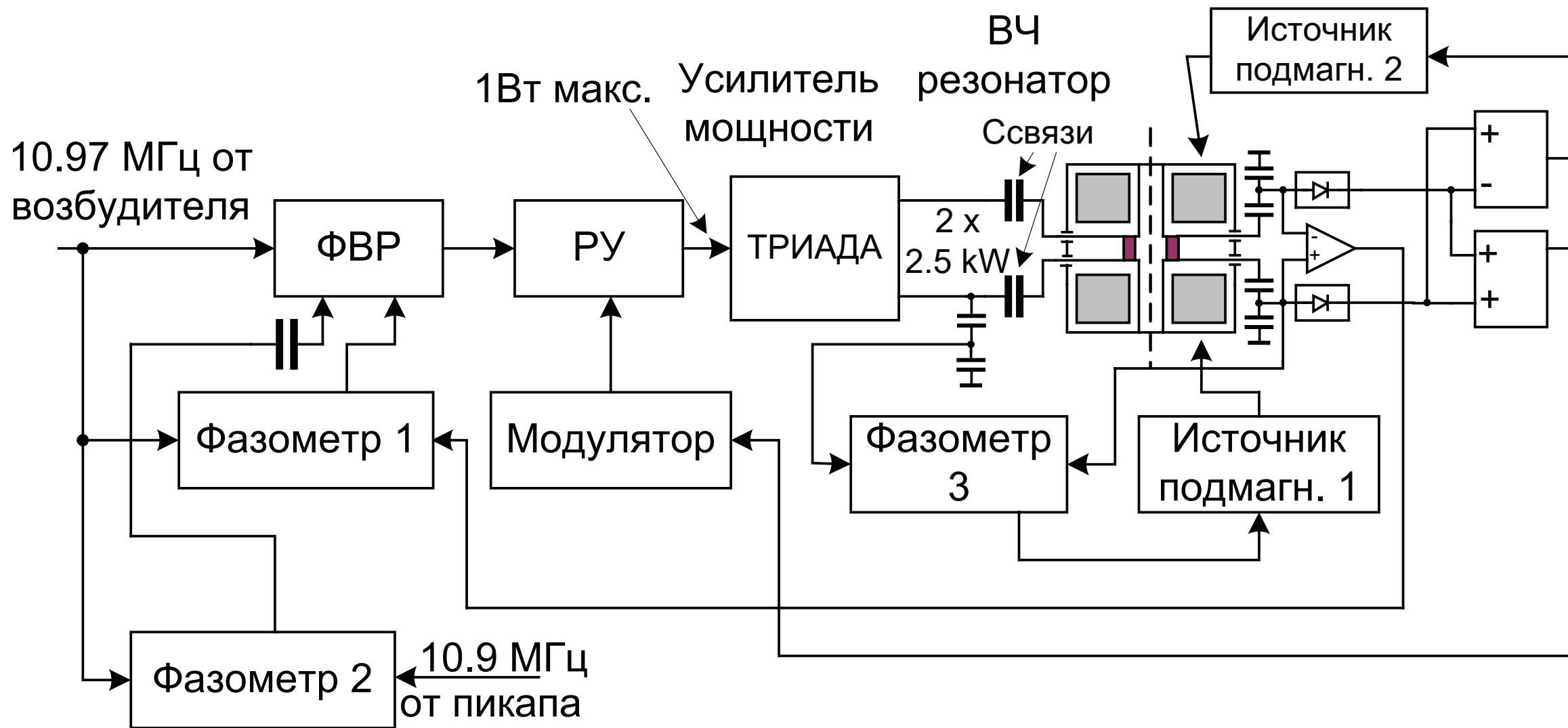
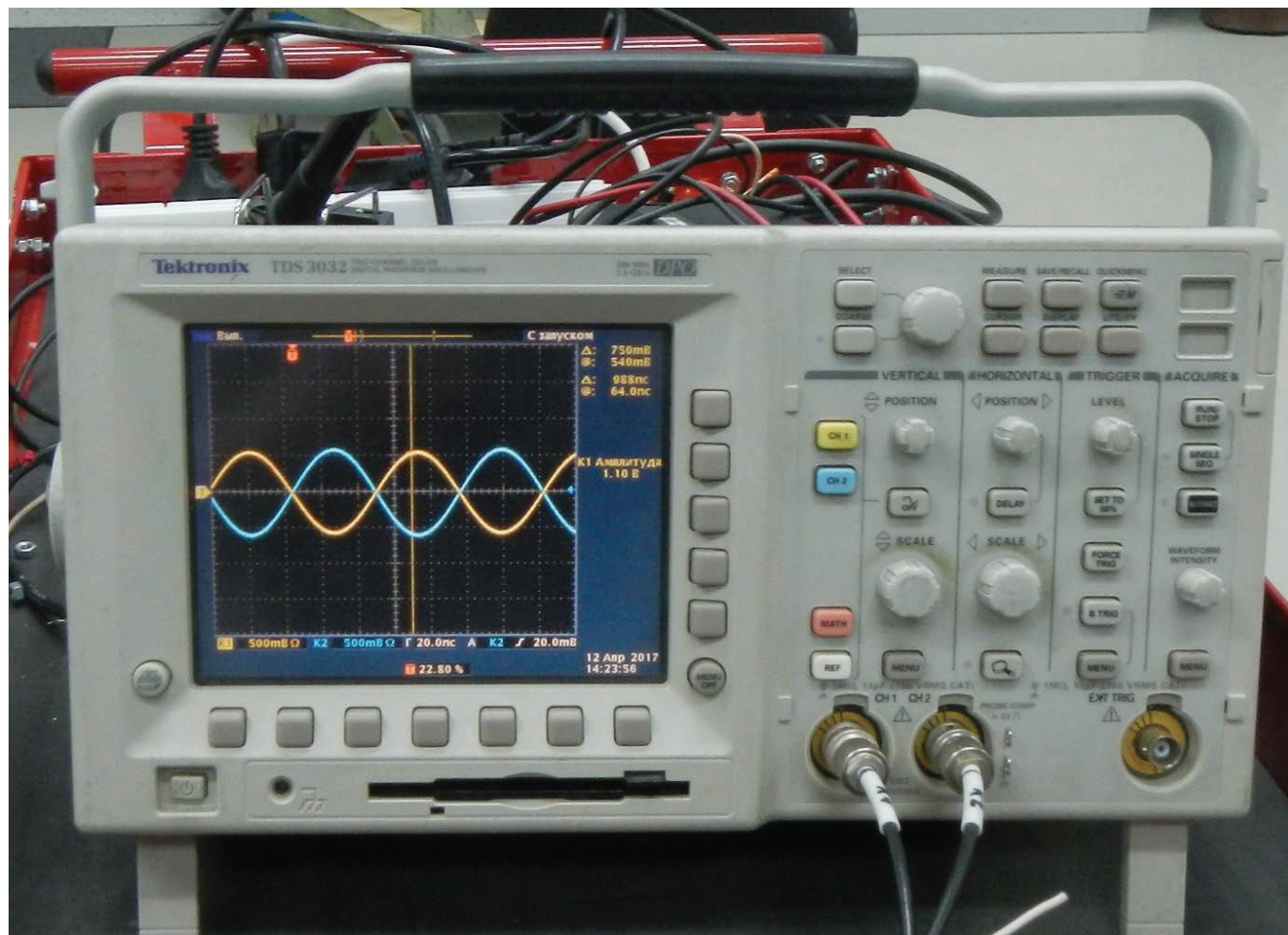


Рис.3. Блок-схема ВЧ системы 10.97МГц



ВЧ напряжения с датчиков на половинках резонатора

Параметры цепей обратной связи системы управления.

1. Стабилизация и регулирование амплитуды ВЧ напряжения на зазоре резонатора по емкостным датчикам, присоединенных к зазору резонатора. Точность регулирования $3 \cdot 10^{-3}$, постоянная времени регулирования 100 мксек.
2. Стабилизация и регулирование фазы ускоряющего напряжения относительно задающего генератора частоты обращения. Точность регулирования – 1 град., постоянная времени – 300 мксек.
3. Точность настройки резонатора по частоте 1/30 полосы резонатора, разность амплитуд напряжения половинок резонатора меньше 1%.
4. Постоянная времени затухания когерентных продольных колебаний сгустка 1 мсек.

Управление ВЧ системы от ЭВМ.

CANbus модуль CAC208. Разработан и изготовлен в ИЯФ.

Основные параметры:

1. 8 каналов ЦАП, разрядность каналов 16 бит, выходное напряжение $\pm 10\text{В}$.
2. 24 канала АЦП, разрешение 24 бит, входное напряжение 10В
3. 8 каналов выходного регистра с гальванически изолированными выходами
4. 8-канального входного регистра с гальванически изолированными входами



Новая ВЧ система

Частота ВЧ системы	10.94МГц
Номер гармоники ВЧ системы	1
Напряжение на зазоре резонатора	9 кВ
Энергия частиц	395 МэВ
Потери энергии частиц на оборот	1,3 кэВ
Частота когеррентных фазовых колебаний	3,3 кГц
Скорость накопления позитронов	6 мА/сек
Точность синхронизации ускоряющего напряжения относительно опорного сигнала	150 псек

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новая ВЧ система работает с начала Октября 2017 года. Энергия частиц была понижена до 395 МэВ, потери энергии снизилась до 2.1 кэВ на оборот. Обычный темп накопления позитронов – 6 мА/сек, что вполне достаточно для эффективной работы коллайдеров ИЯФ.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!