

**ОСОБЕННОСТИ
ПОСТРОЕНИЯ
ВСЕНАПРАВЛЕННЫХ
АНТЕННЫХ СИСТЕМ**

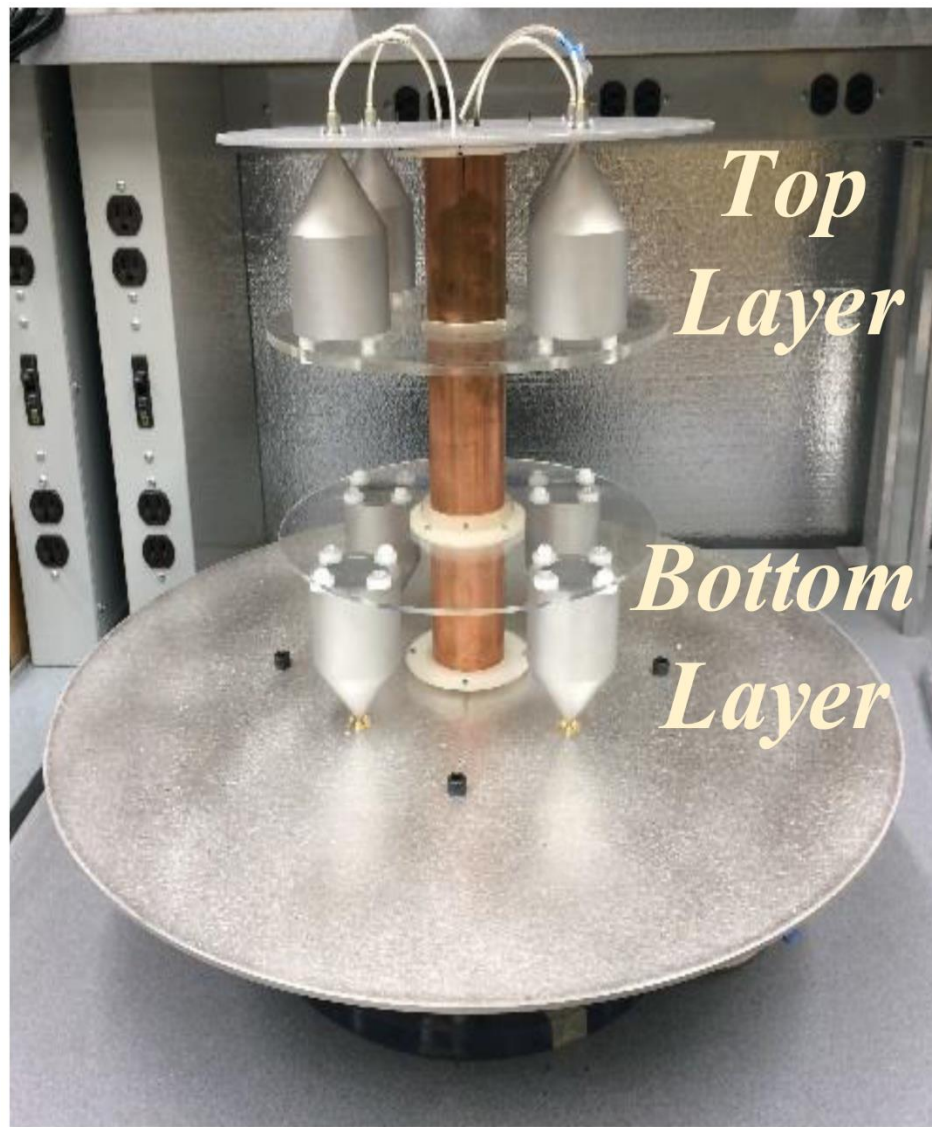
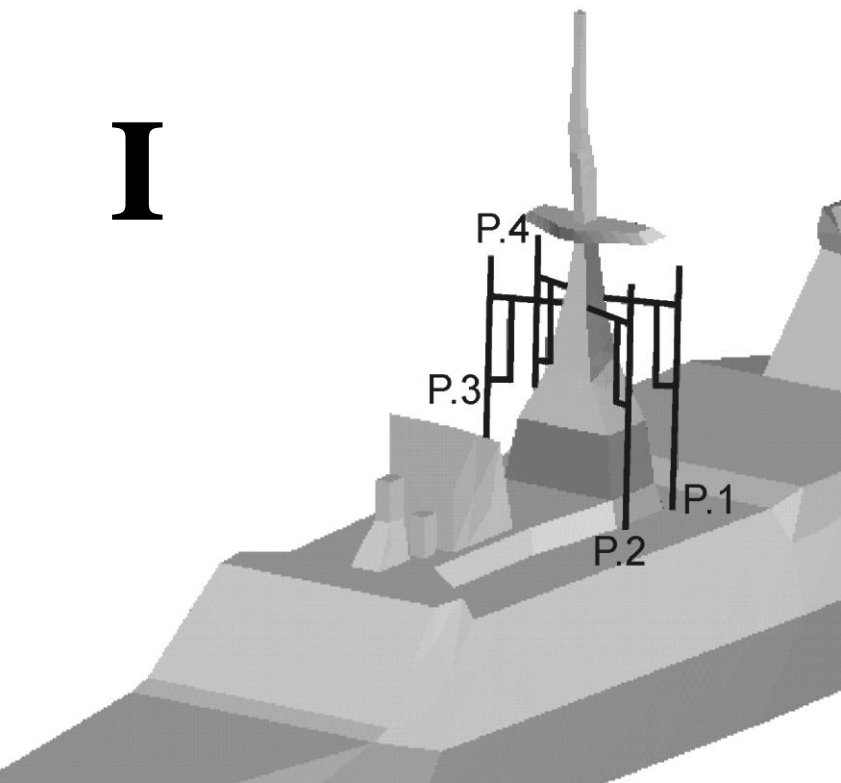
I – обзорная часть

I I – часть о ВОЗМОЖНОСТЯХ И
ДОСТИЖЕНИЯХ

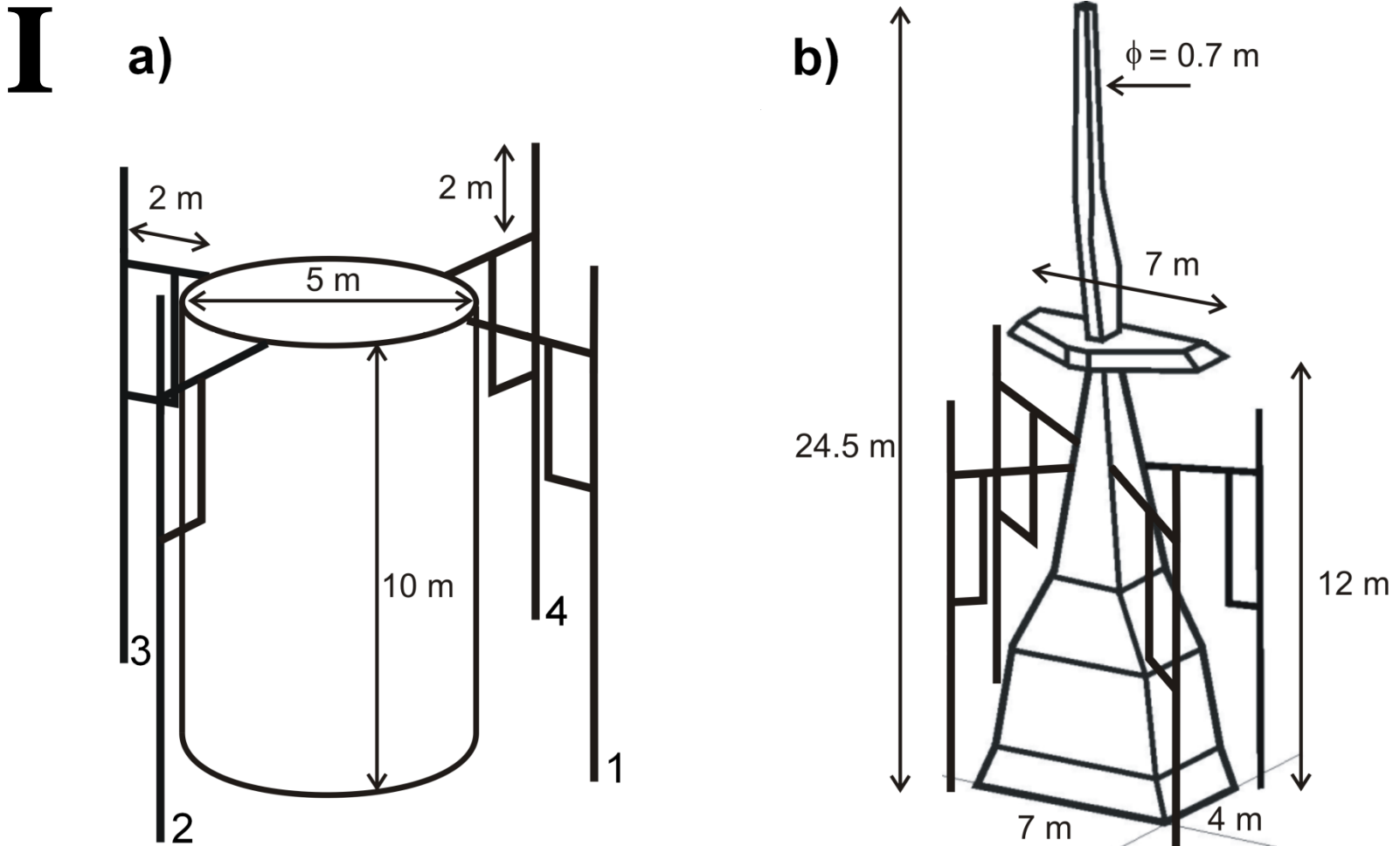
I I I – часть озадачивающая

Всенаправленные системы

I

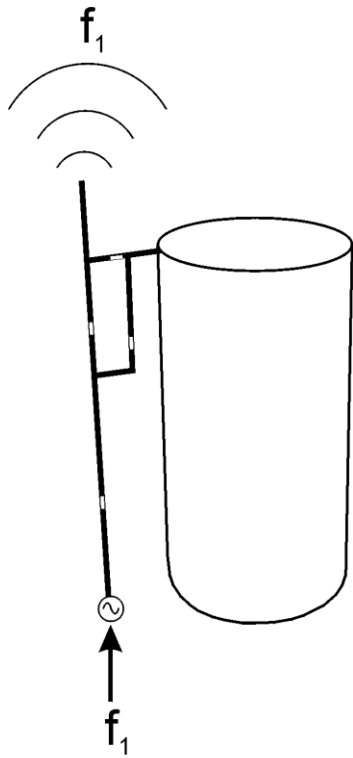


Всенаправленные системы

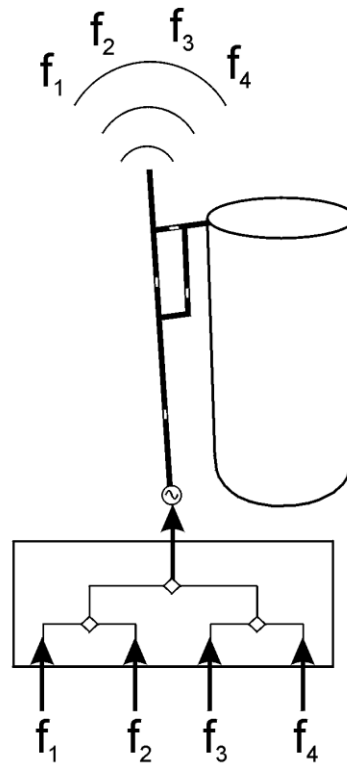


Одно- и многоканальные системы

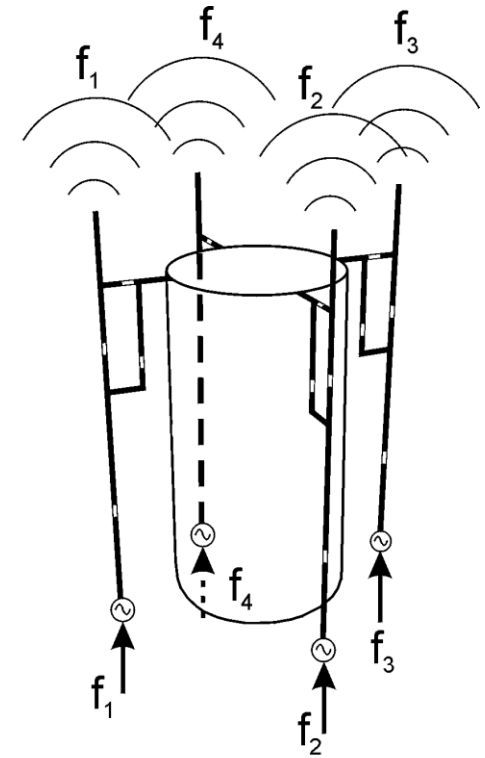
I



a)



b)



c)

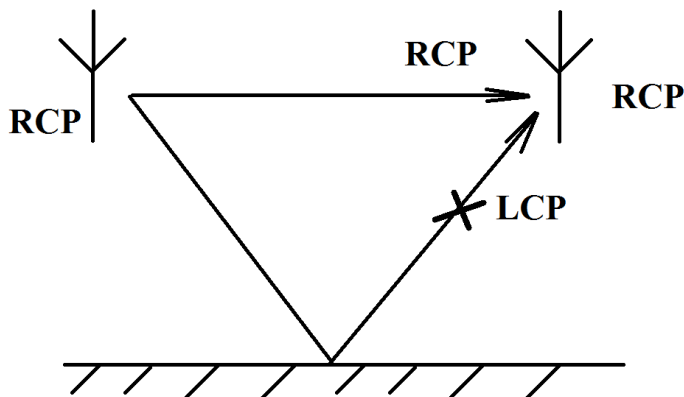
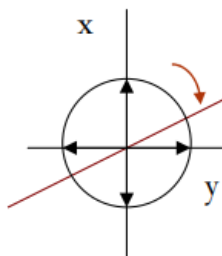
Распространение электромагнитной волны круговой поляризации

I

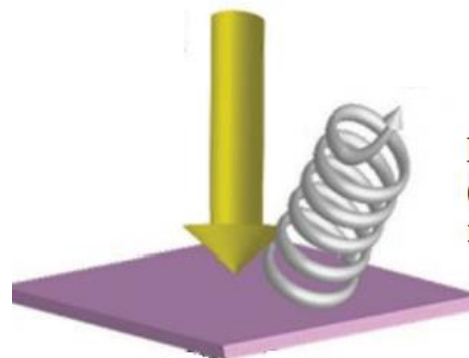
Направление распространения

Вектор напряженности электрического поля

Вектор напряженности магнитного поля ортогонален вектору напряженности электрического



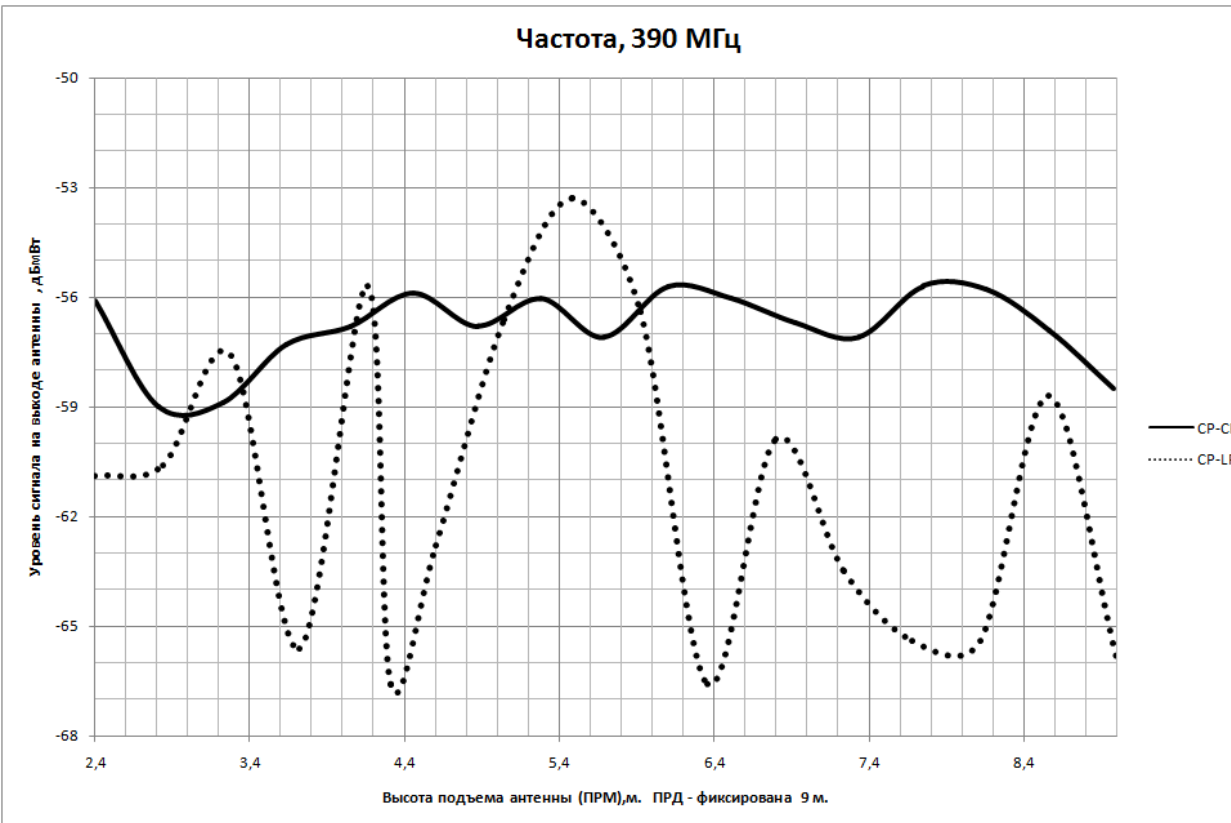
падающая
Волна круговой
(левой)
поляризации



отраженная
Волна круговой
(правой)
поляризации

Распространение электромагнитной волны круговой и линейной поляризации

I



I Способы реализации излучения волн круговой поляризации

- в виде спиральных антенн (плоских, объемных, многозаходных и т.п.);
- в виде излучателей турникетного типа (с крестообразно расположенными излучателями);
- четырехвибраторные антенны с вращающейся поляризацией;
- рупорные излучатели с вращающейся поляризацией;
- система из магнитного горизонтального излучателя (рамки) и вертикального электрического (штыря);
- «патч»-антенны с вращающейся поляризацией.

I Способы реализации излучения волн круговой поляризации

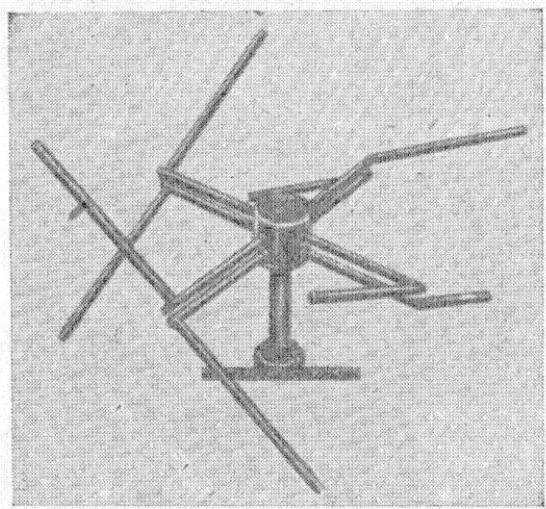
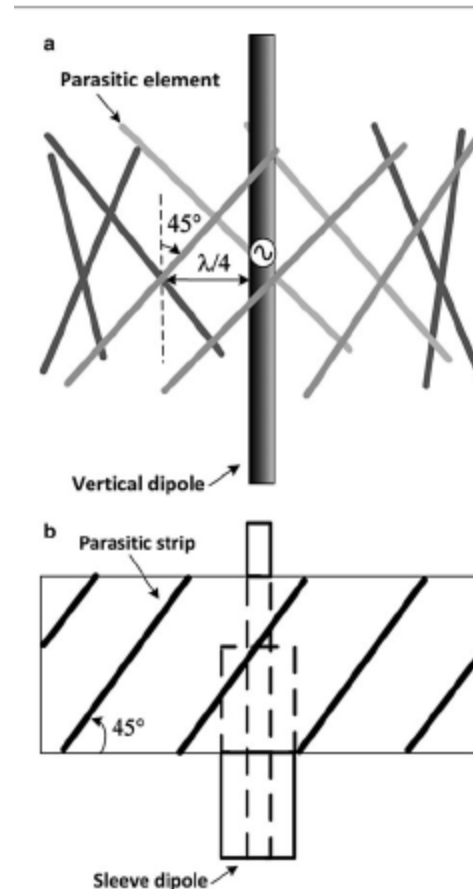


Рис. VIII.4. Четырехвибраторная антенна с вращающейся поляризацией.



I Способы реализации излучения волн круговой поляризации

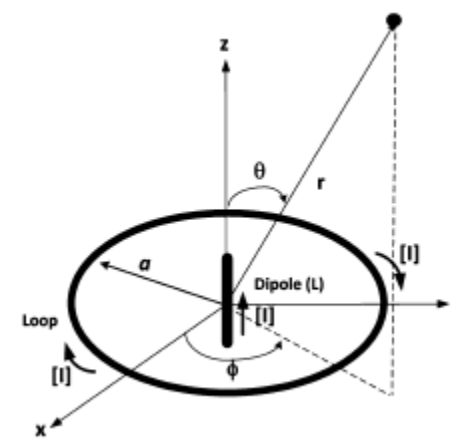
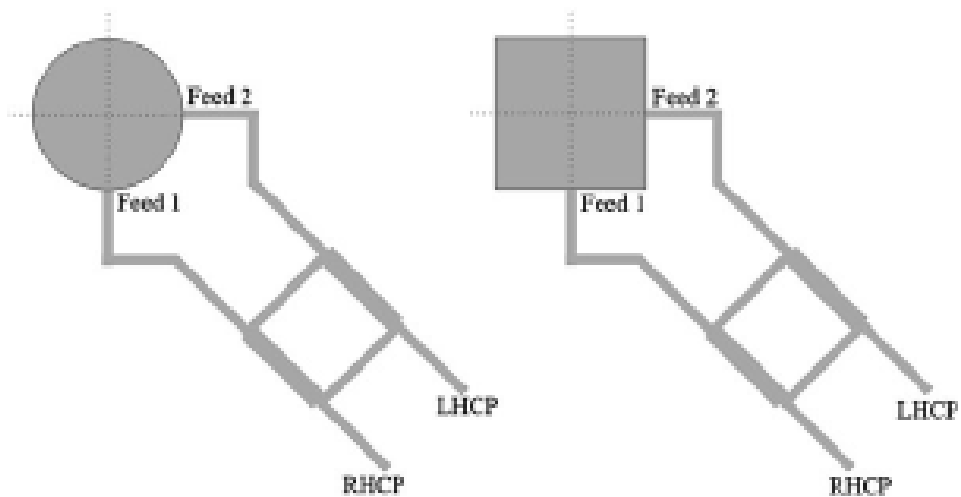
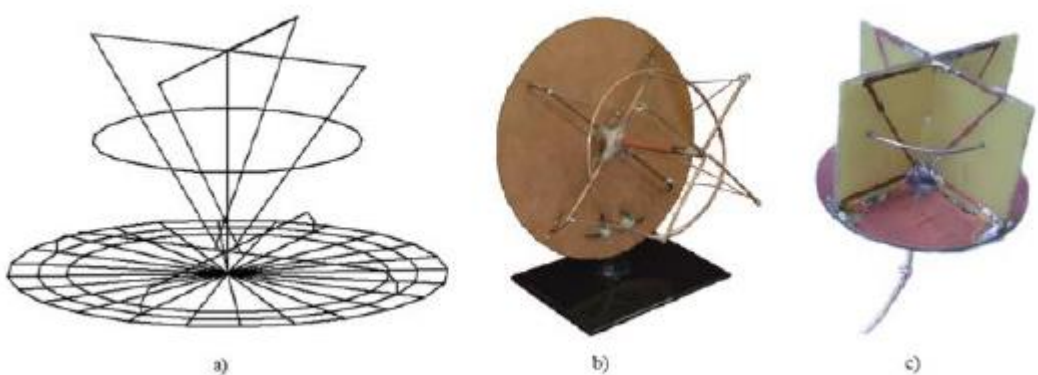


Fig. 12 Dual-fed CP patch antenna configuration with a quadrature hybrid power divider



Изотропная антенна круговой поляризации «Квазишунтовой клевер» 1 ГГц.

I Способы реализации излучения волн круговой поляризации

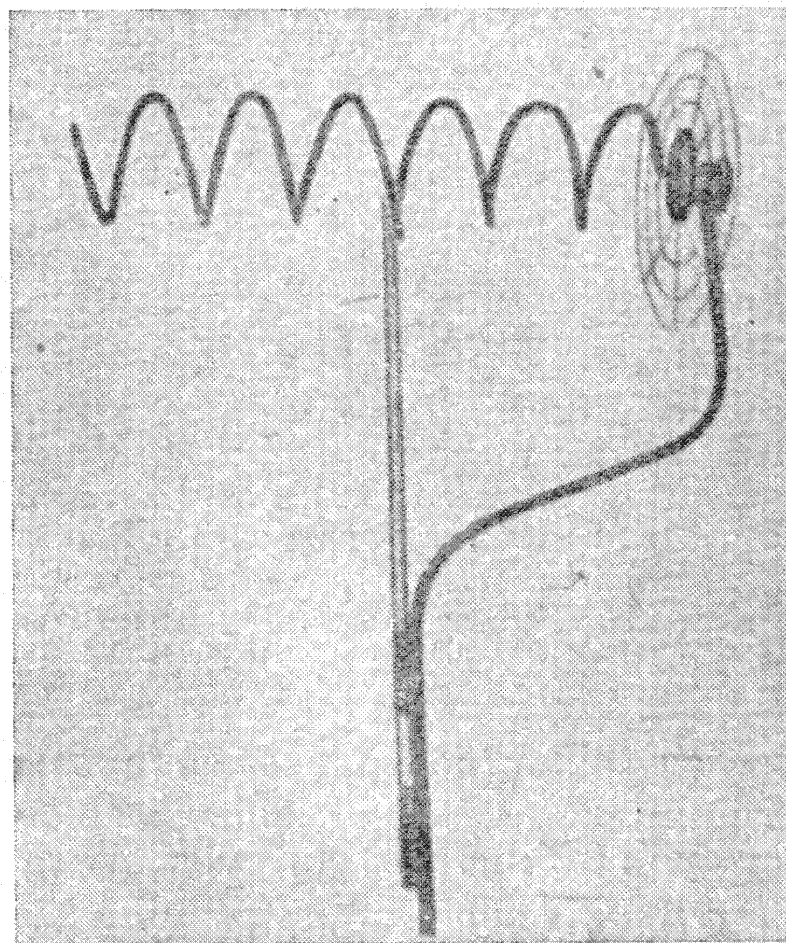
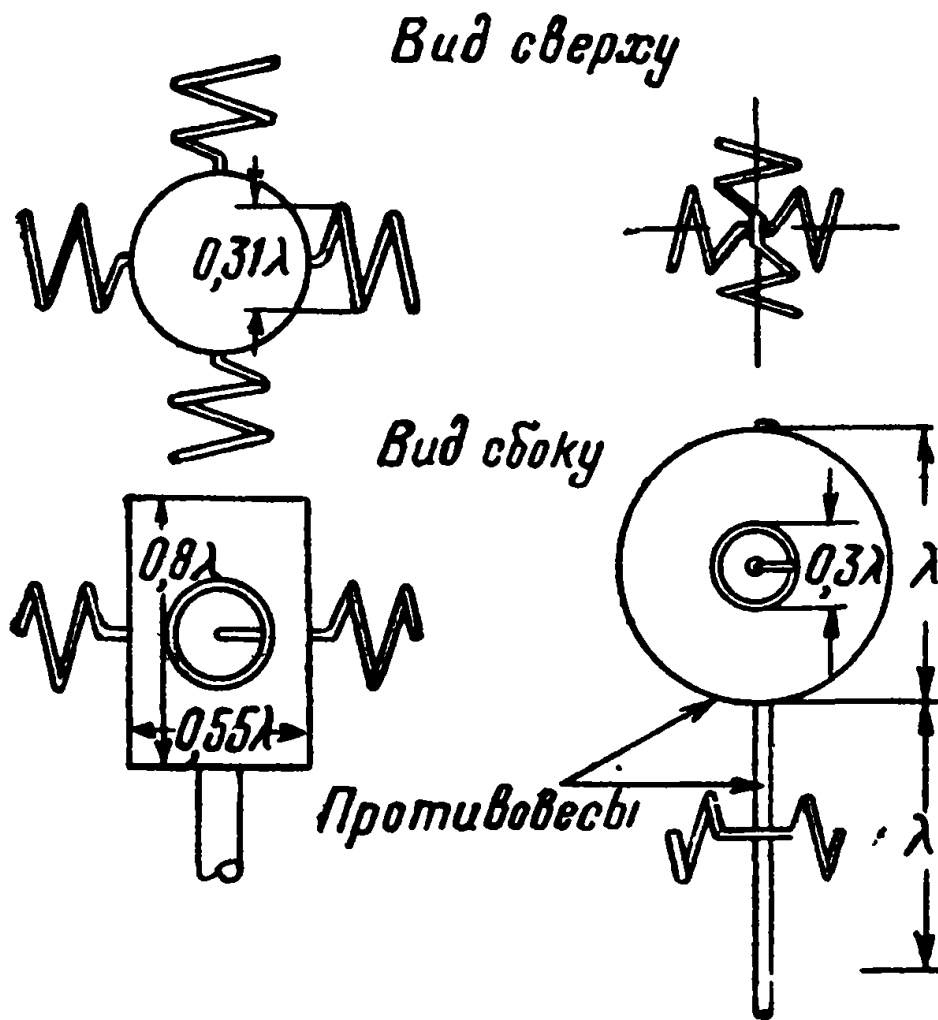
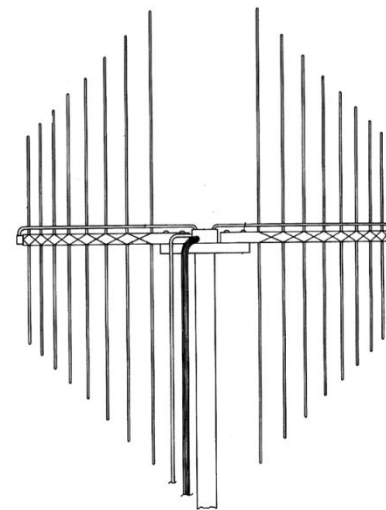
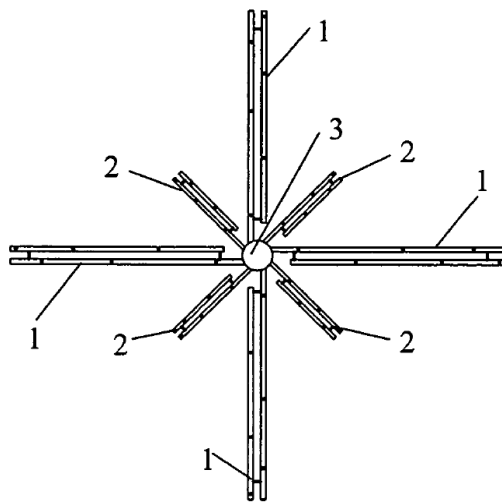
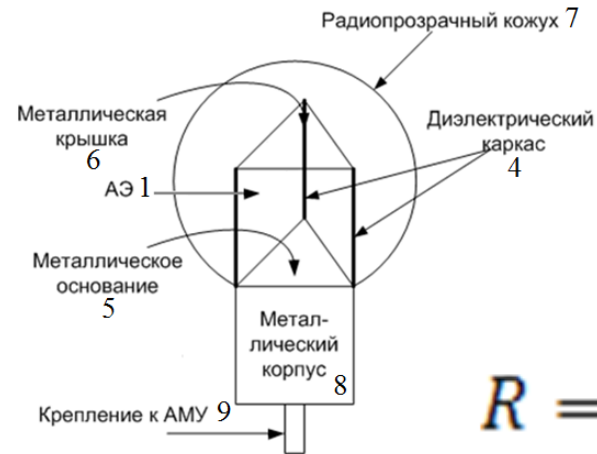
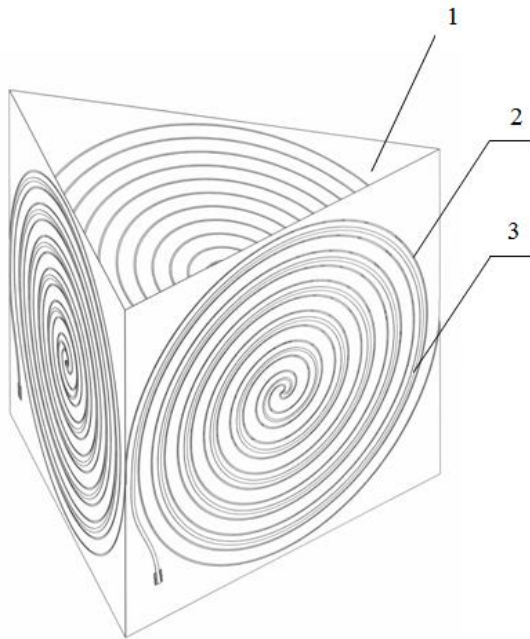


Рис. VIII.23. 6-витковая спиральная антенна с углом подъема 14° для диапазона 300—500 мгц.

I Всенаправленные антенные системы с подвижным фазовым центром



I Всенаправленные антенные системы круговой поляризации



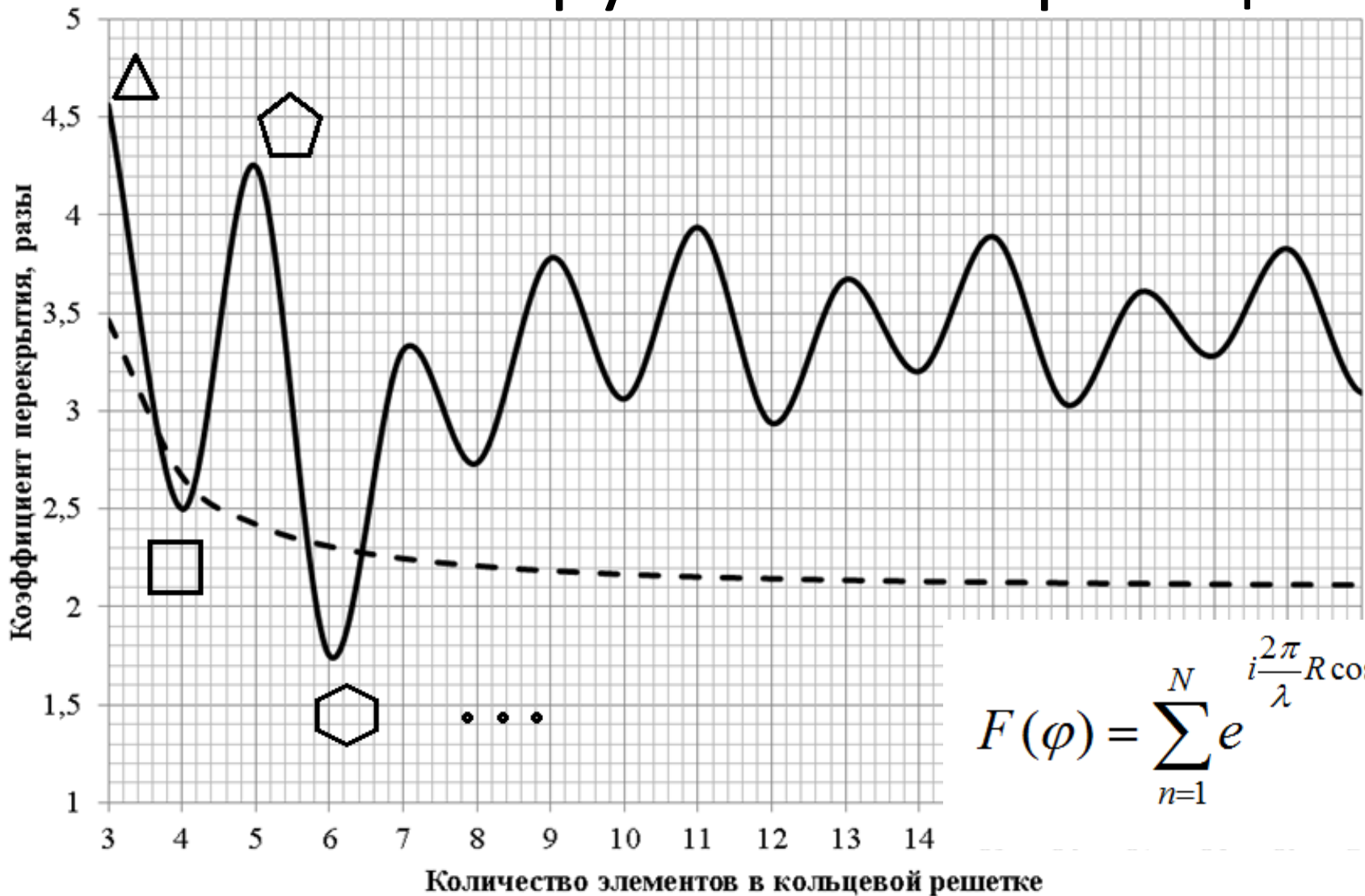
$$R = \frac{a}{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{N}\right)}$$

$$\frac{2\pi a}{1,5} \geq \lambda_{\text{H}}$$

$$\frac{2\pi R}{N} \leq \lambda_{\text{В}}/2$$

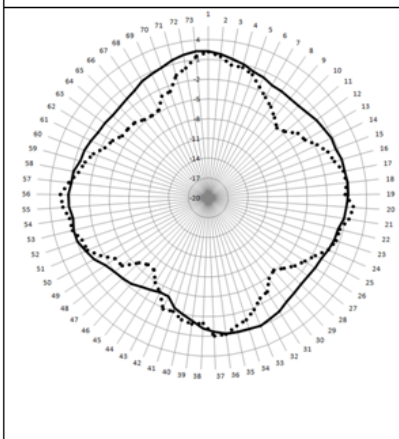
$$k = \frac{N \cdot \operatorname{tg}\frac{\pi}{N}}{3}$$

I Всенаправленные антенные системы круговой поляризации



I

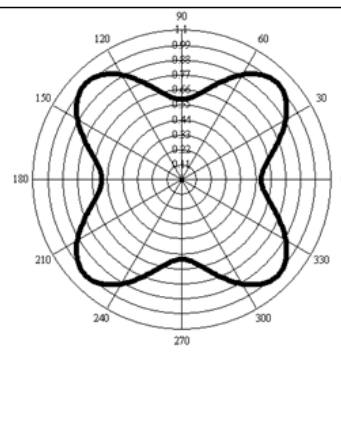
Форма диаграммы направленности АР из четырех АЭ



3.а. по результатам натурного эксперимента
(сплошная линия – ДН на частоте 645 МГц, линия точек – на частоте 695 МГц)

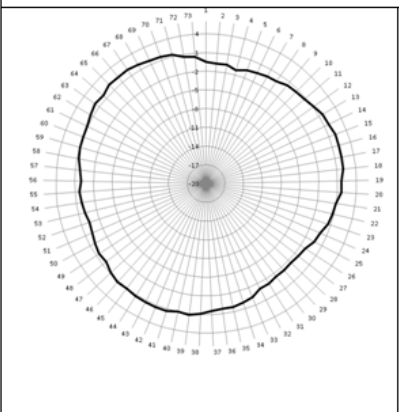


3.б. по результатам моделирования
(неравномерность не более 3 дБ)
Частота 645 МГц

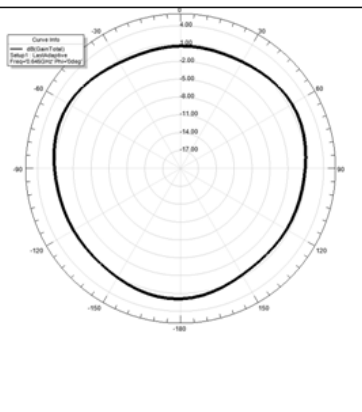


3.в. по результатам аналитического вычисления множителя решетки (частота 695 МГц)

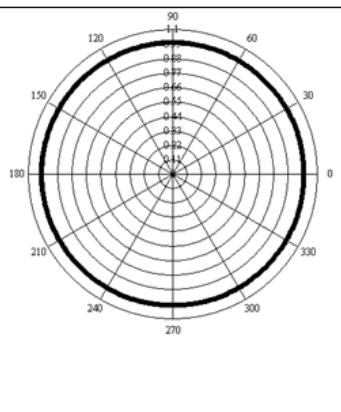
Форма диаграммы направленности АР из трёх АЭ



4.а. по результатам натурного эксперимента
(неравномерность не более 3 дБ)
Частота 695 МГц



4.б. по результатам моделирования
(неравномерность не более 1,5 дБ)
Частота 645 МГц



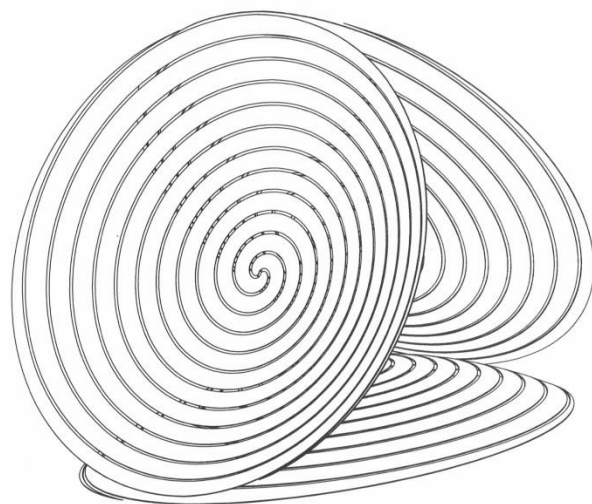
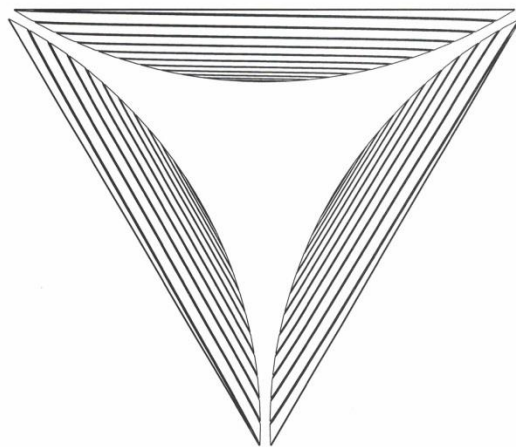
3.в. по результатам аналитического вычисления множителя решетки
Частота 645 МГц

I

- Анализ результатов натуральных экспериментов, электродинамического моделирования, а так же аналитического расчета множителя решетки кольцевой АР, показывает:
- Форму (равномерность) ДН в азимутальной плоскости в основном определяет множитель решетки (которая образует систему АЭ).
- Для обеспечения наибольшей широкополосности антенной системы необходимо минимизировать электрический радиус АР, а также выбрать количество АЭ – нечетным. А для максимальной эффективности количество элементов – минимальным.

II

О возможностях расширения рабочего диапазона в область верхних и нижних частот



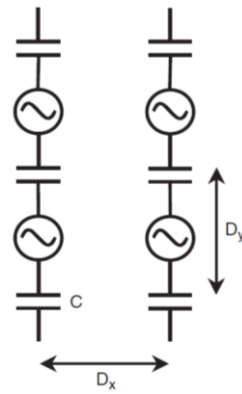
II Способ построения широкополосных антенных решеток антенных элементов с фиксированными фазовыми центрами

Антенная система (решетка), построенная по методу CSA, отличается тем, что имеет большую широкополосность в область низких частот по сравнению с отдельным составляющим ее элементом.

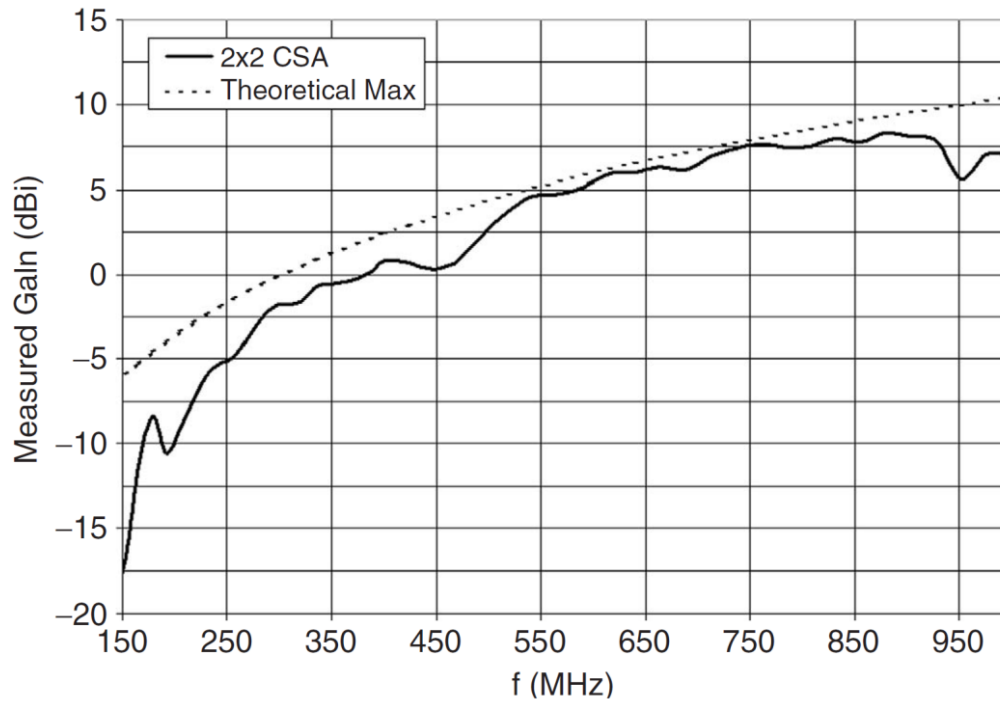
Размещают (взаимно) АЭ, таким образом, чтобы расстояние между соседними АЭ не превышало половины наименьшей длины волны в рабочем диапазоне, что в свою очередь обеспечивает отсутствие побочных минимумов/максимумов ДН решетки.

Система построена так, чтобы емкостная связь между АЭ обеспечивала согласование в нижней части рабочего диапазона антенной решетки там, где АЭ не обеспечивает (в виду своего малого электрического размера) согласование с трактом.

$$Q = \eta \left(\frac{1}{(kr)^3} + \frac{1}{kr} \right) \quad d < \frac{\lambda}{1 + \cos\theta_{гл}}$$



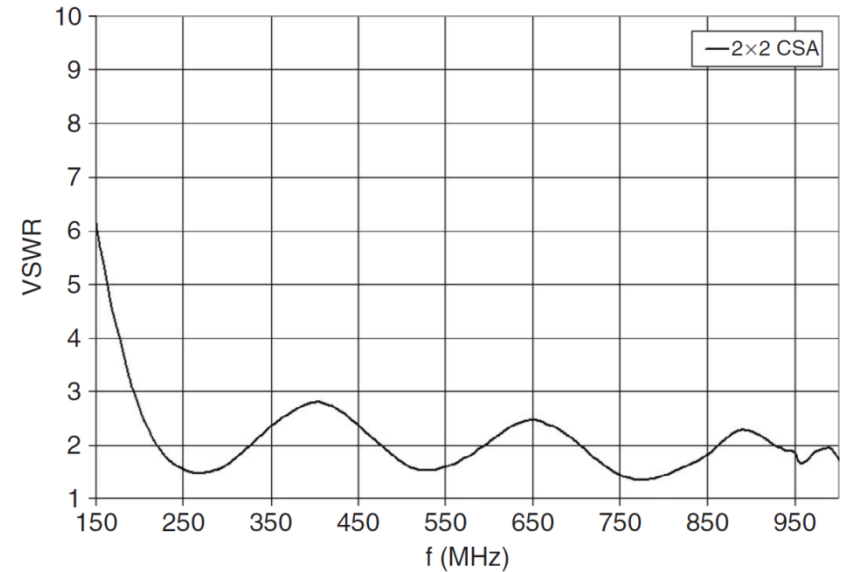
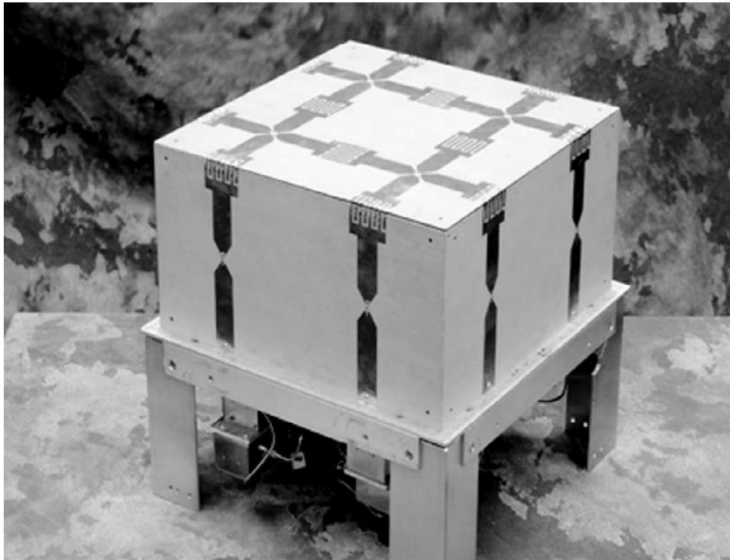
II



12x12x6 дюймов
300x300x150 мм

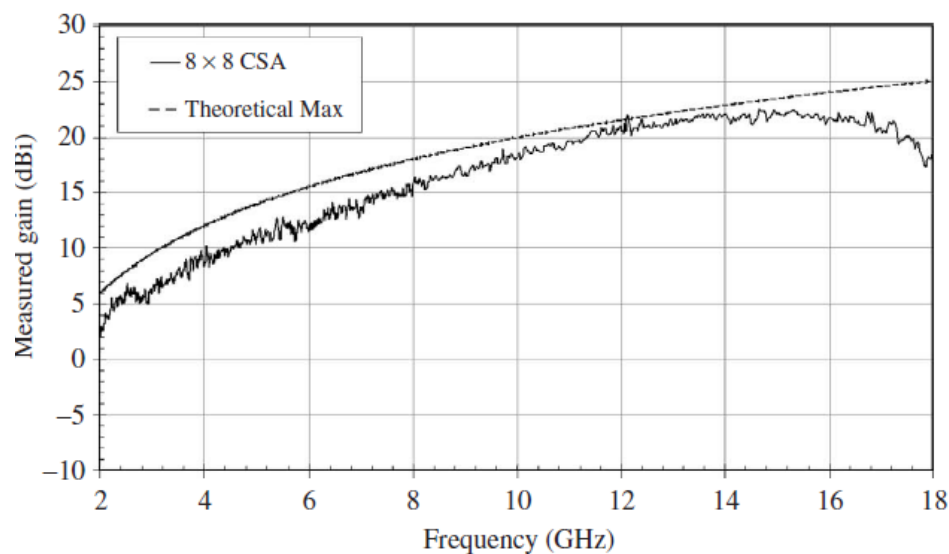
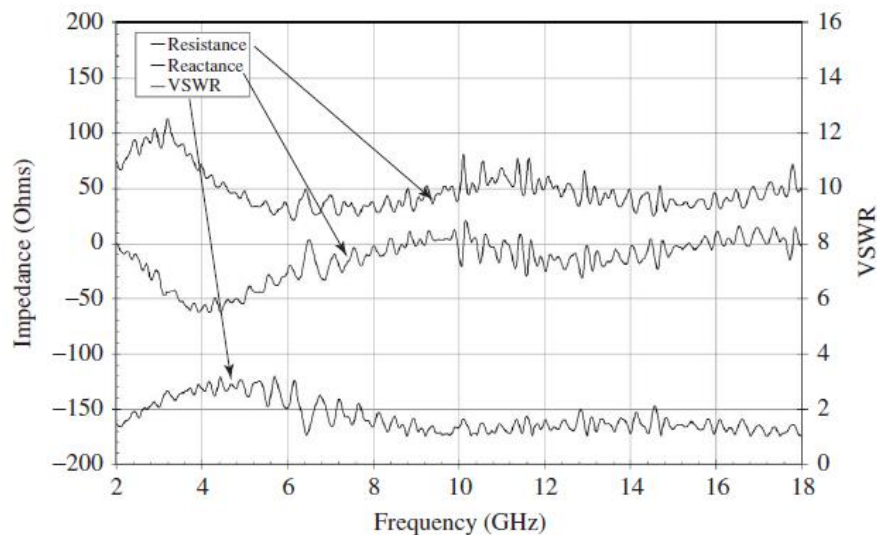
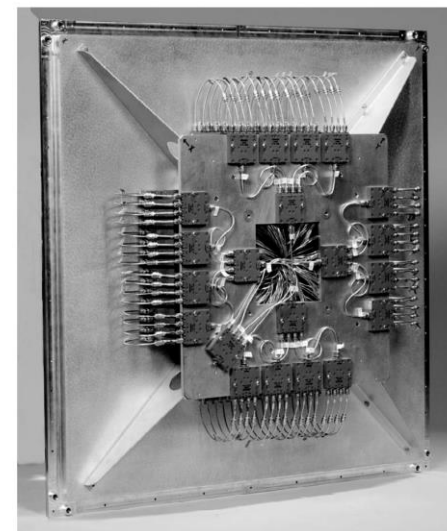
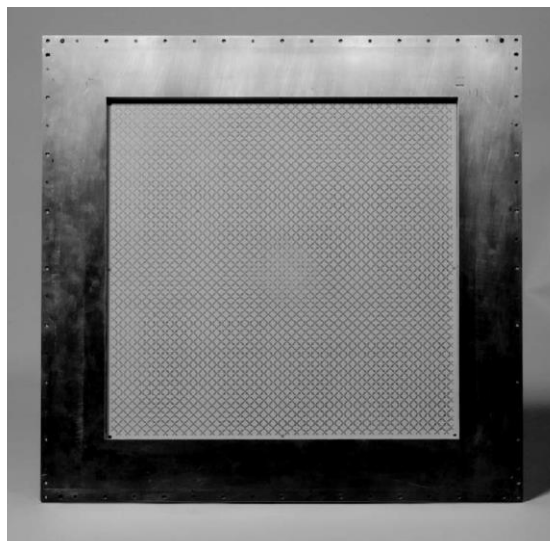
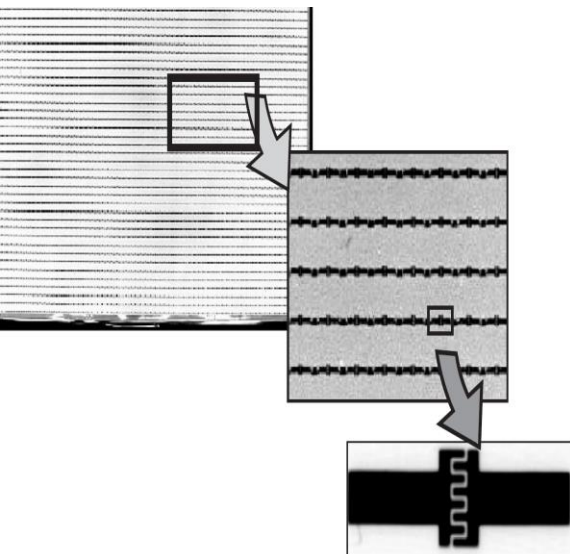
$$G = \frac{4\pi S}{\lambda^2}$$

Измеренные значения КУ системы 2x2 CSA в сравнении с теоретическим максимумом



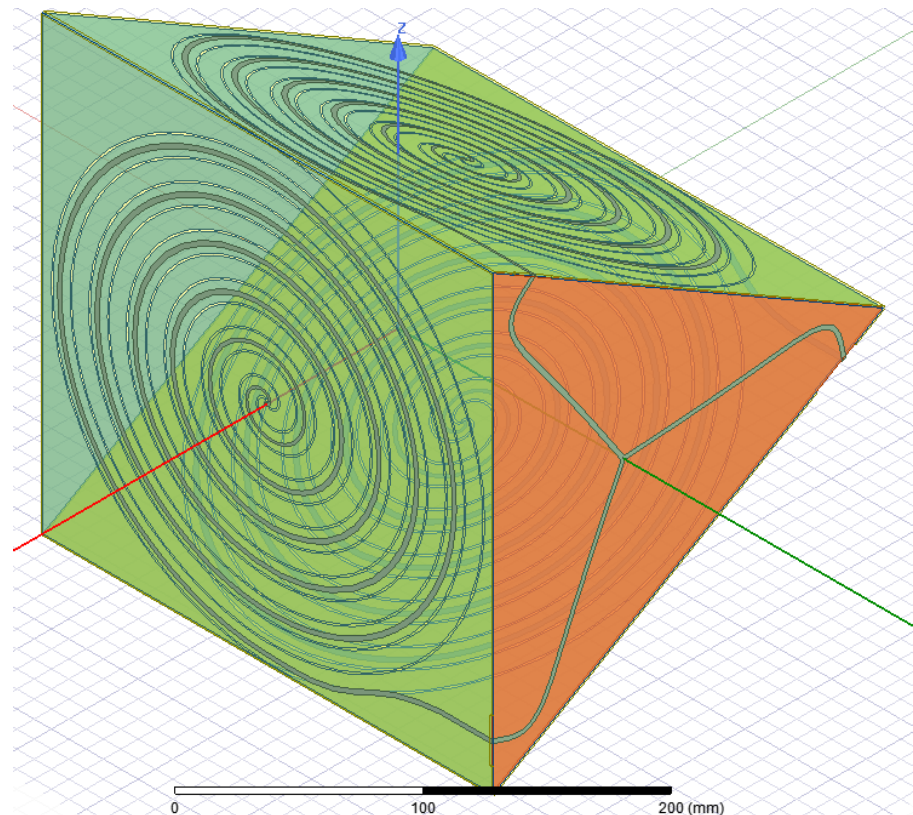
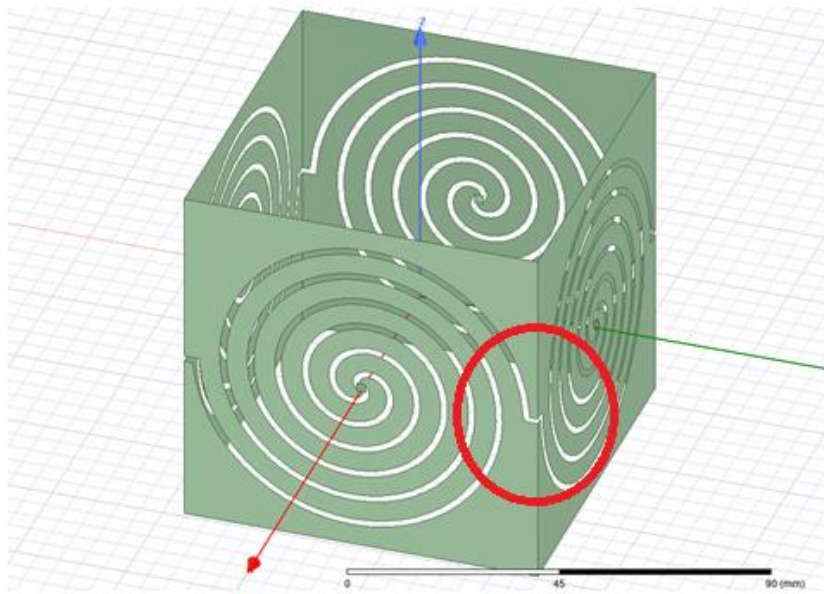
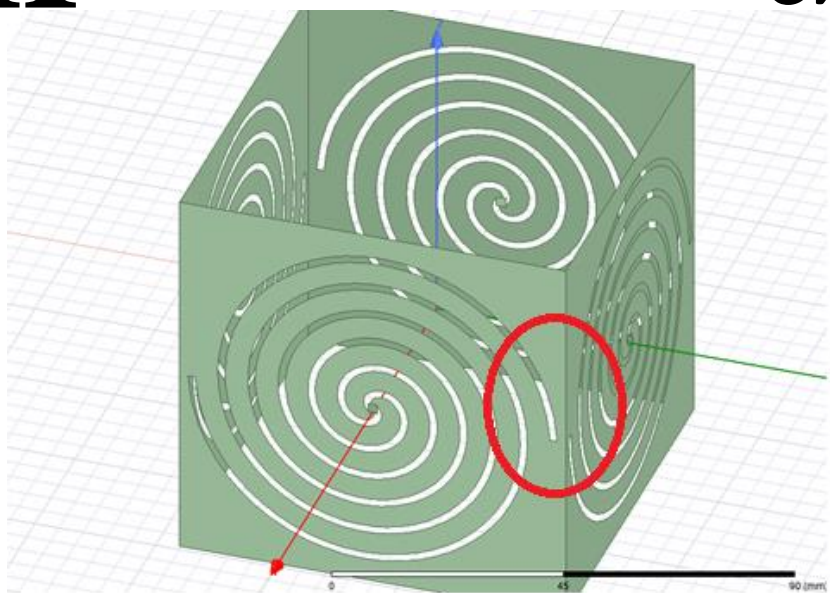
Измеренный КСВн системы 2x2 CSA

II AP производства Harris Corporation по технологии CSA, размерами 22x22 дюйма(550x550 мм), 2664 элемента, рабочий диапазон 2 -18 ГГц.

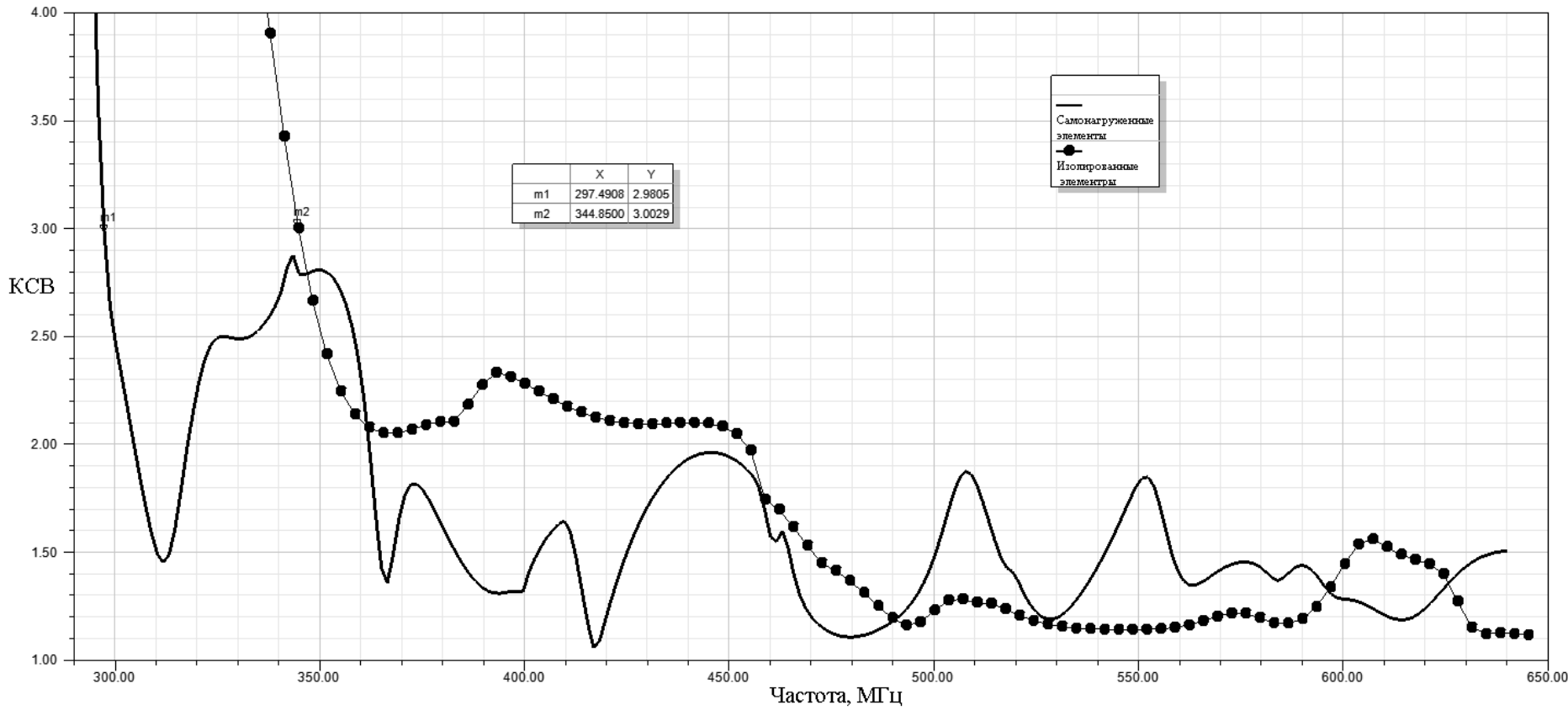


Электрическое удлинение АЭ в системе

II



II Результат расширения рабочей полосы в область нижних частот при использовании метода «самонагружения» АЭ

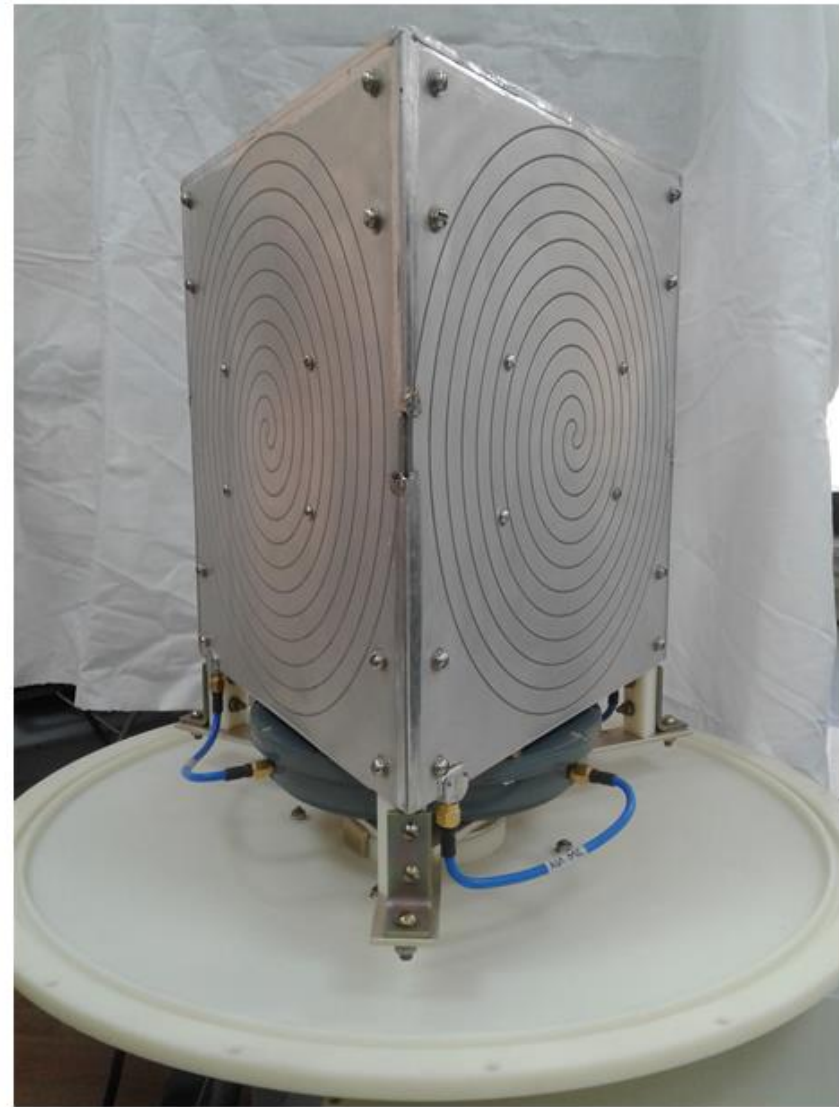


Сторона платы АЭ – 270 мм.

II



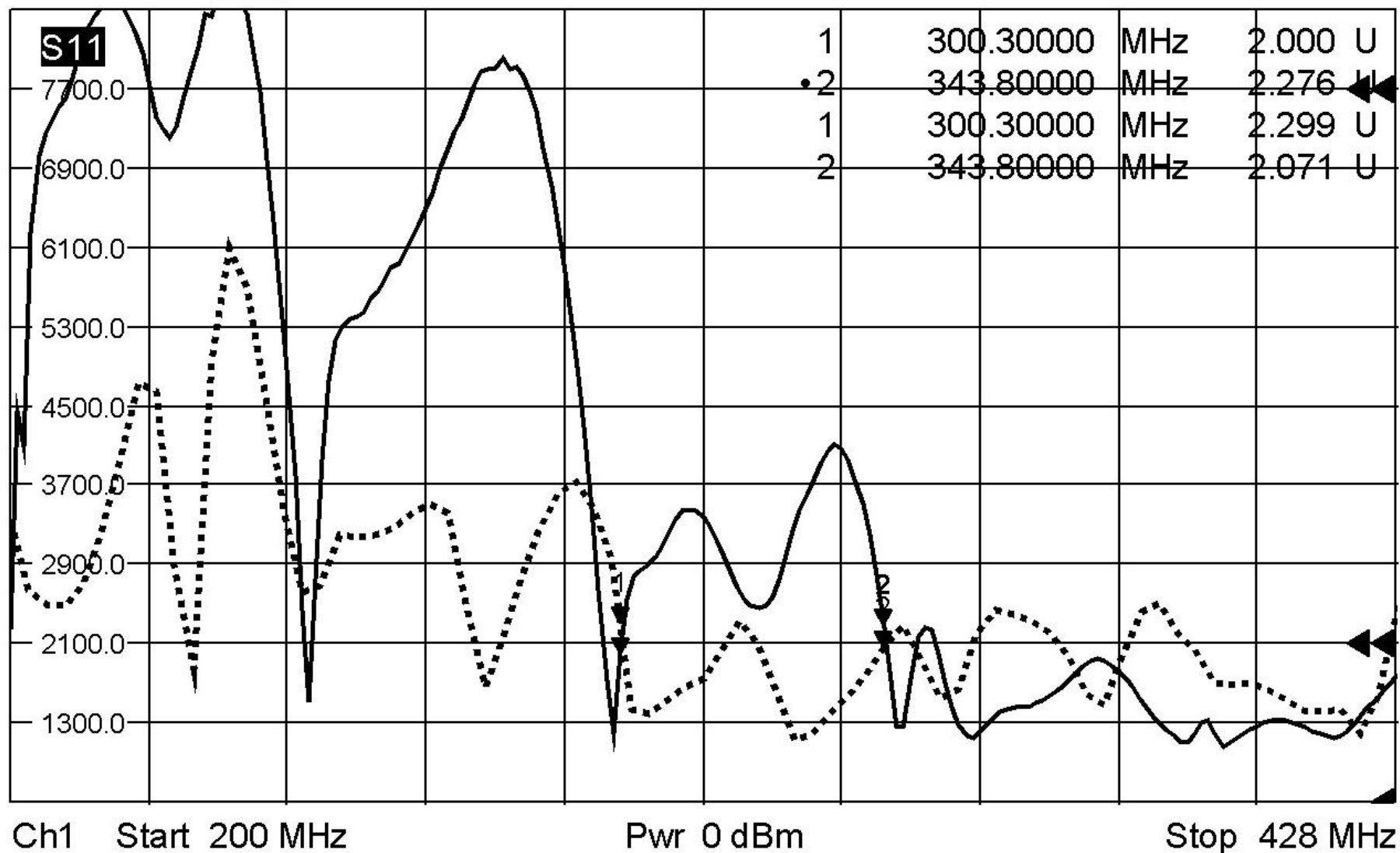
Сбоку



Спереди

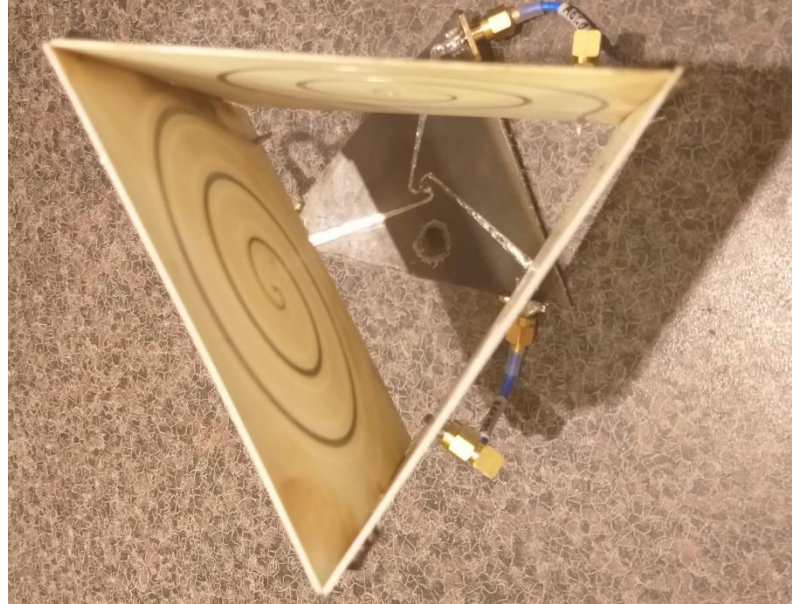
Внешний вид ОО антенны

II Эффект электрического удлинения АЭ (результаты измерения)



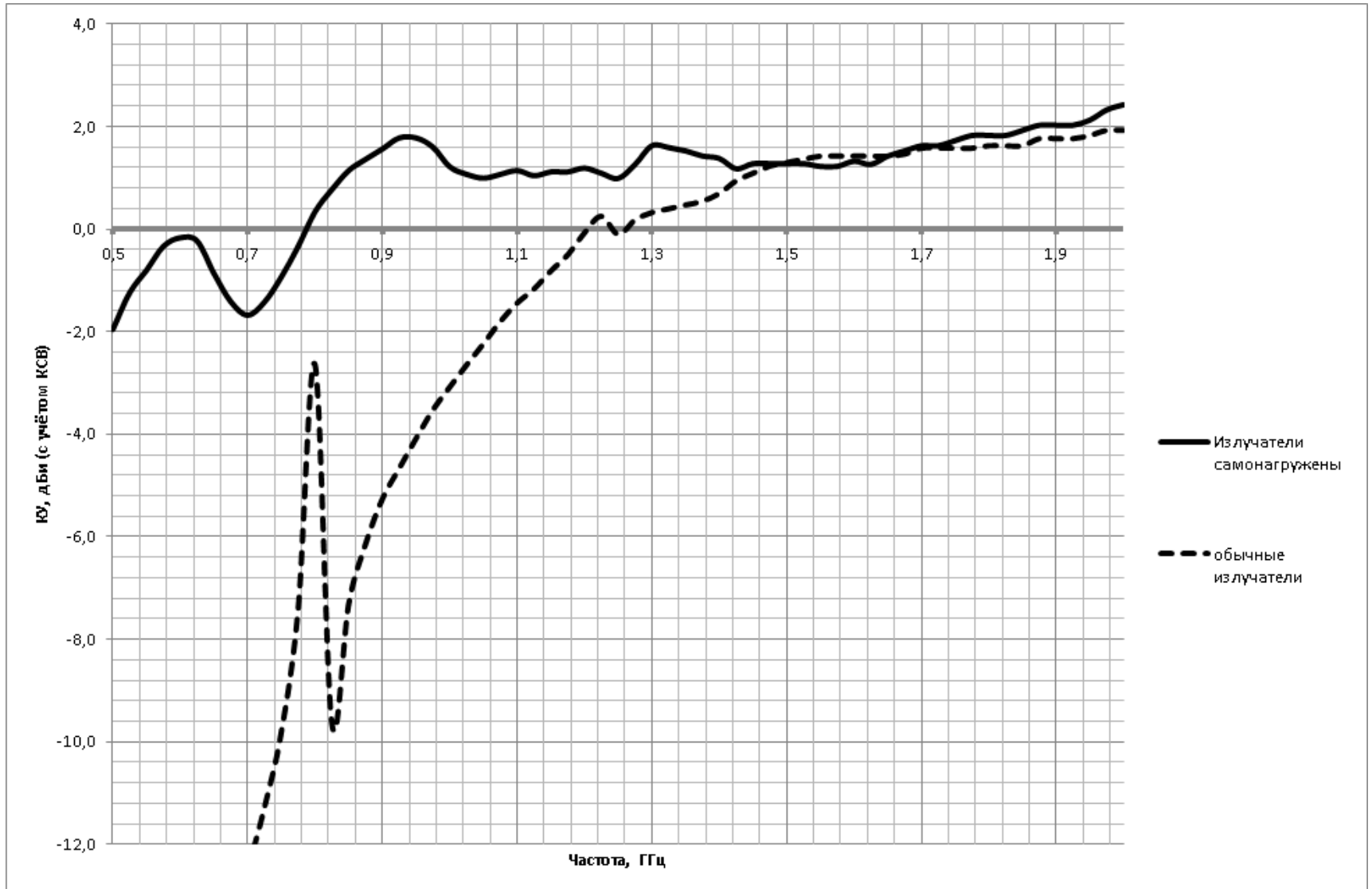
II

фото макета



II

Эффект расширения полосы в область низких частот по КУ



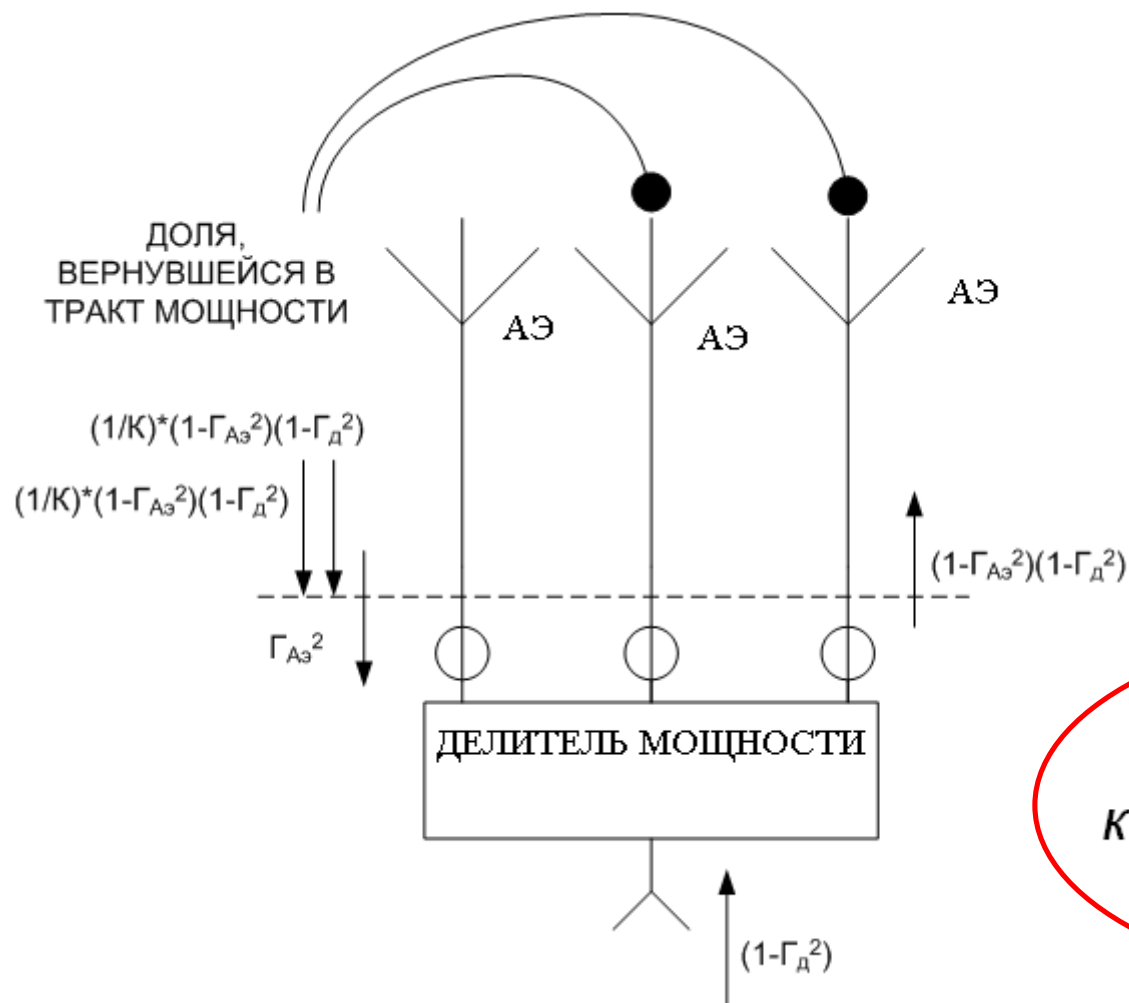
II

Рабочий диапазон широкополосной антенной системы может быть расширен путем уменьшения размера антенного элемента **без потери эффективности системы в целом:**

- при обеспечении увеличенной связи между АЭ в области низких частот (самонагружения);
- при этом система АЭ имеет бóльшую широкополосность в область низких частот по сравнению с отдельным составляющим ее элементом;
- уменьшенный же размер АЭ обеспечивает расширение в область высоких частот за счет сближения фазовых центров и уменьшения электрического радиуса решетки.

III

Взаимное влияние антенных элементов (АЭ) в системе



$$K = \frac{|I_1|^2 R_1'}{|I_2|^2 R_2}$$

$$\begin{cases} U_1 = I_1 Z_{11} + I_2 Z_{12}; \\ 0 = I_1 Z_{21} + I_2 (Z_{22} + Z_{\text{нагрузки}}). \end{cases}$$

$$K = \left| \frac{Z_{22} + Z_{\text{нагр}}}{Z_{12}} \right|^2 \frac{R_{11} - \operatorname{Re} \frac{Z_{12}^2}{Z_{22} + Z_{\text{нагр}}}}{R_{\text{нагр}}}$$

III

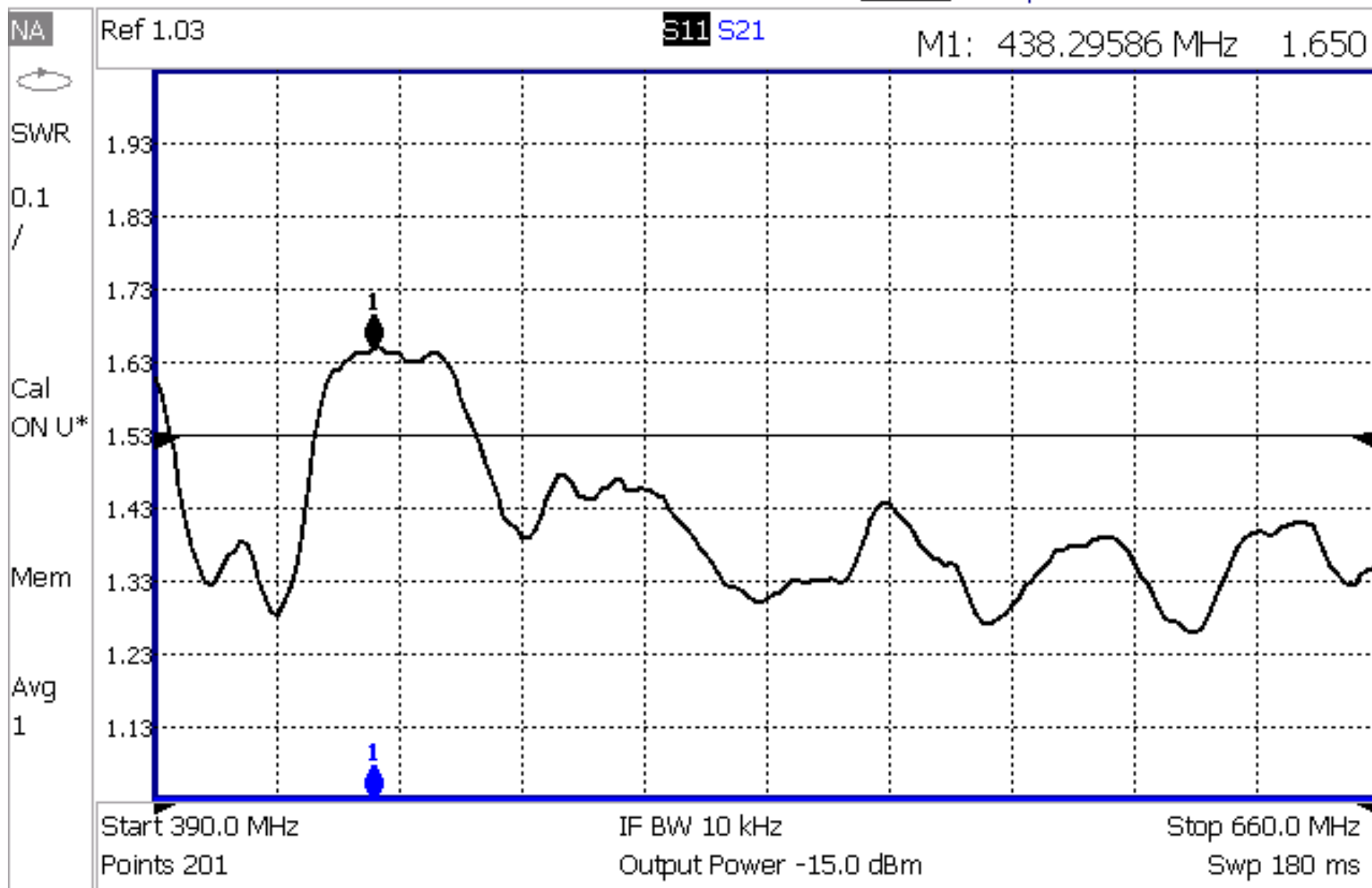
Взаимное влияние антенных элементов (АЭ) в системе

Измерение взаимного влияния проводил тремя способами:

- **Прямое измерение S_{12}** попарно между каждыми АЭ;
- Измерение мощности наведенной системой АЭ в тракте каждого АЭ, **с помощью циркуляторов;**
- **Измерение взаимных сопротивлений** с последующим вычислением развязки.

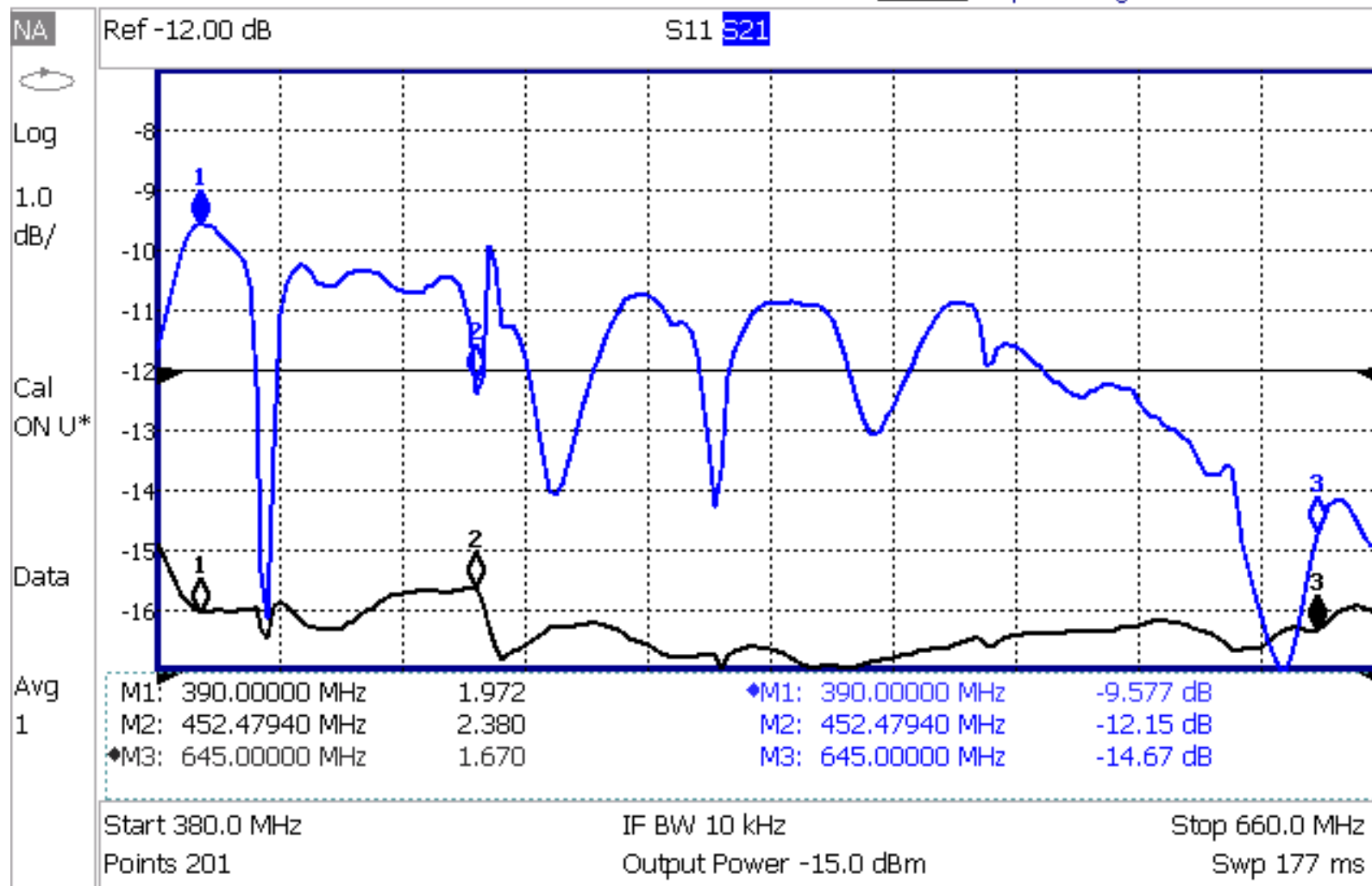
III

Уединенный АЭ (КСВн)



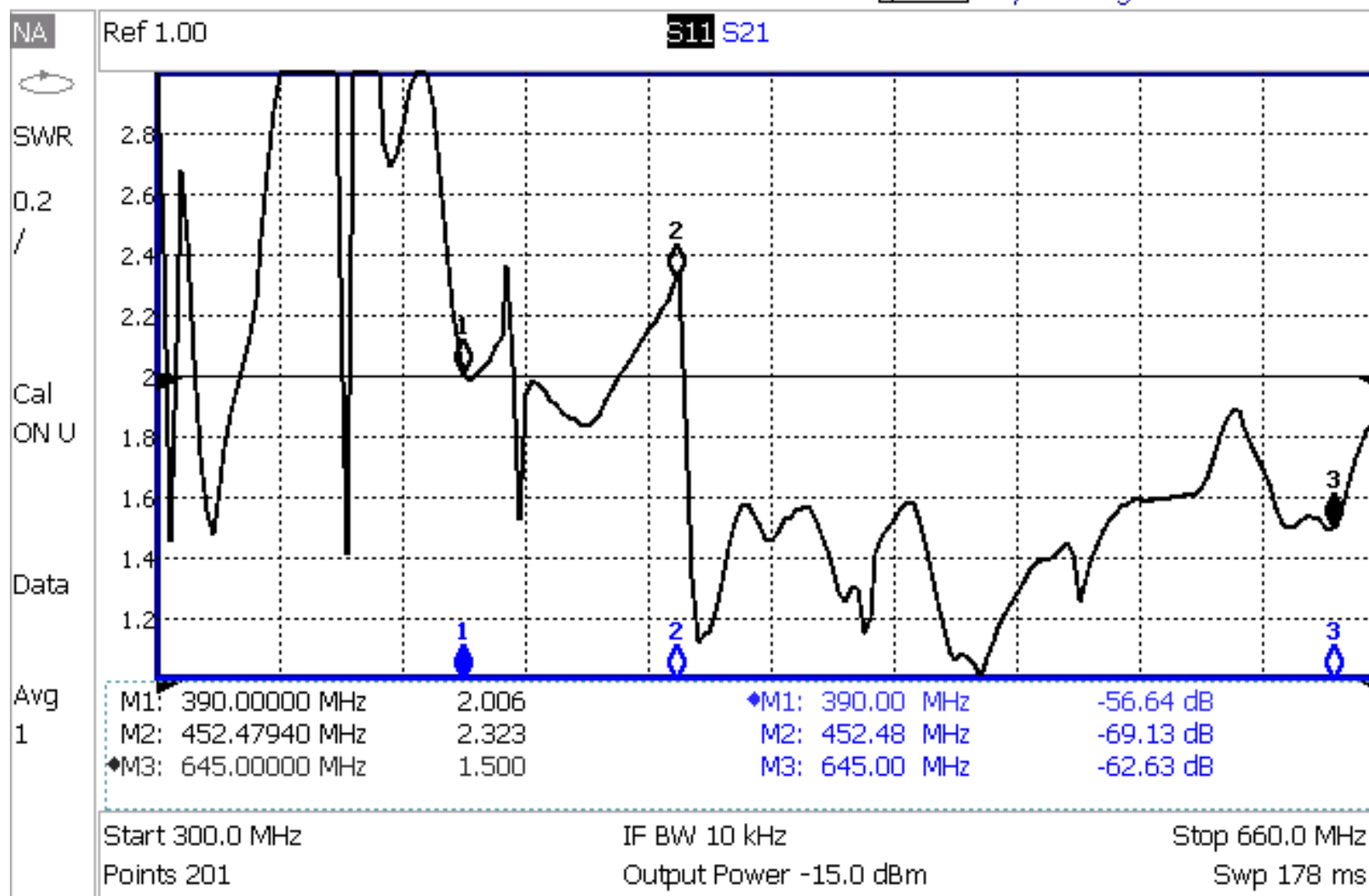
III

АЭ в системе трех изолированных АЭ

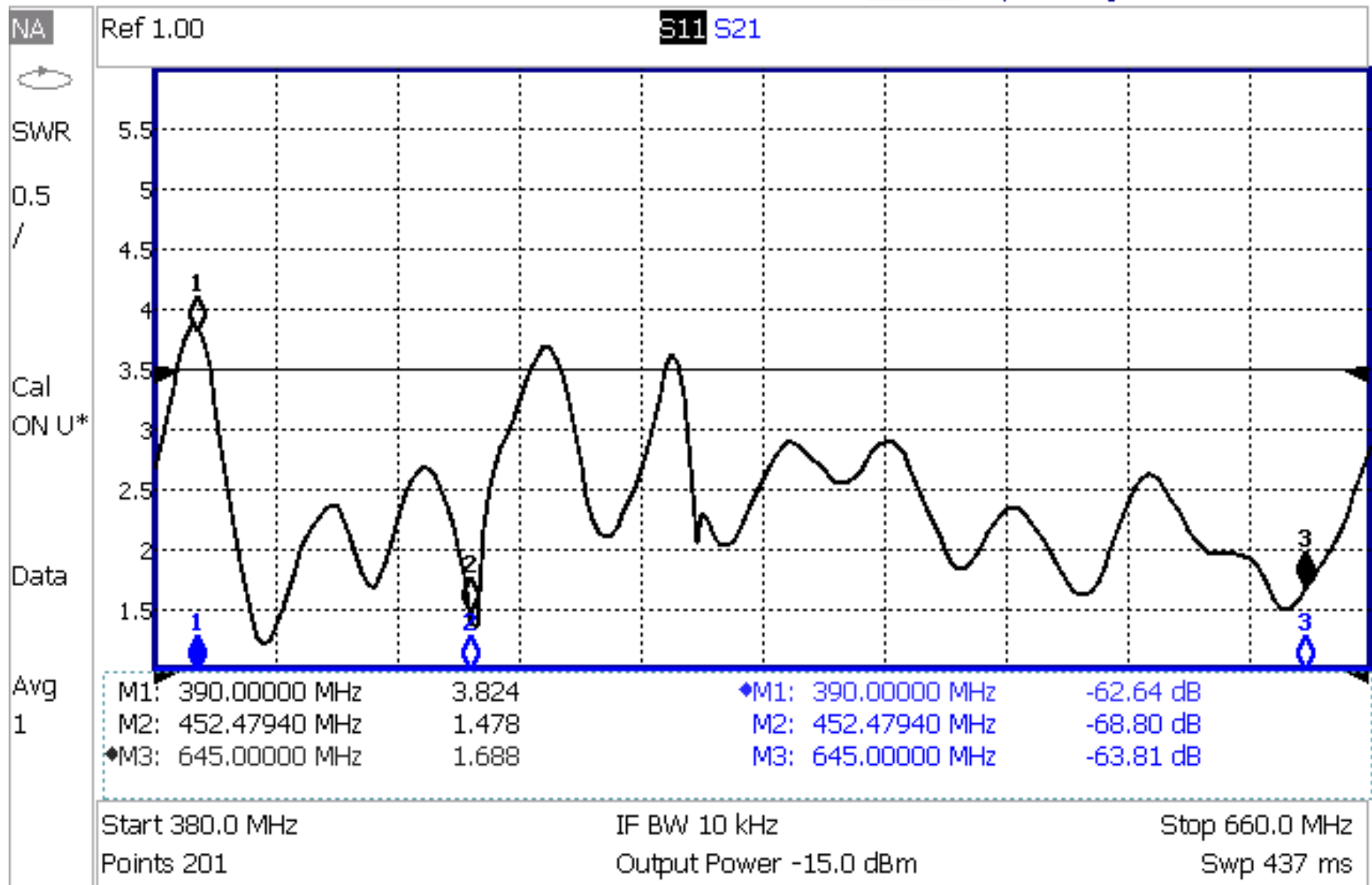


III

АЭ в системе трех изолированных АЭ

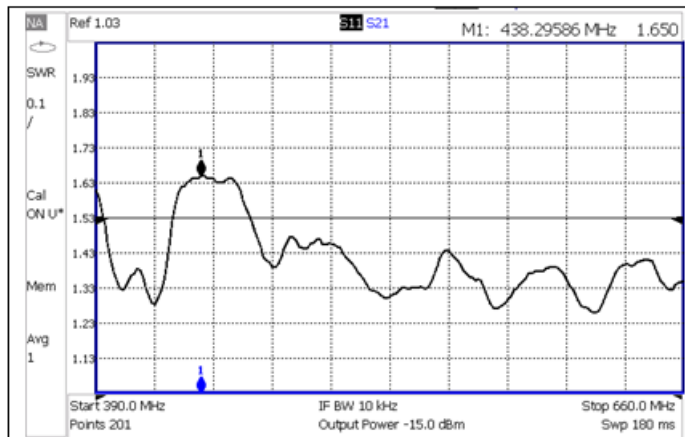


III КСВн системы изолированных АЭ в системе их трех АЭ

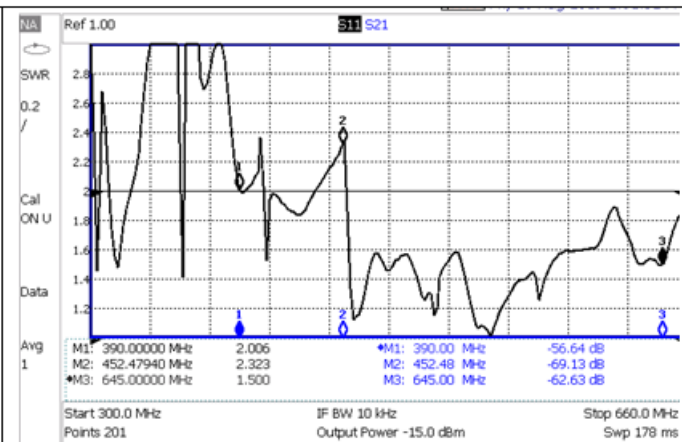


III

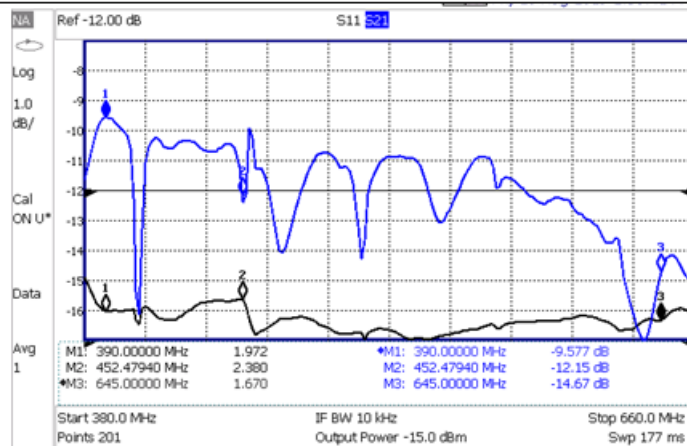
Компиляция



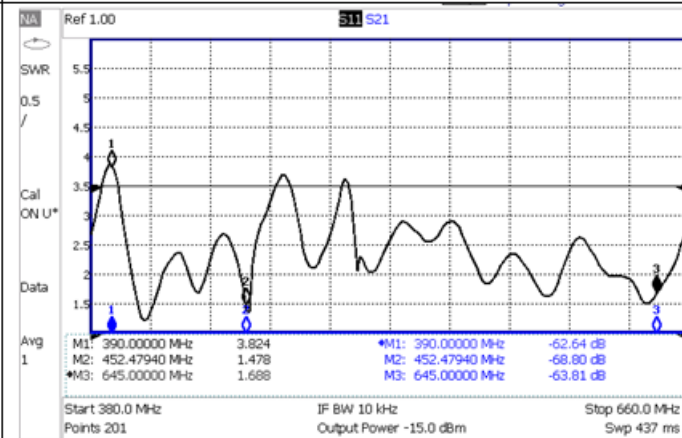
Одиночный (уединенный АЭ)



Одиночный АЭ в АР

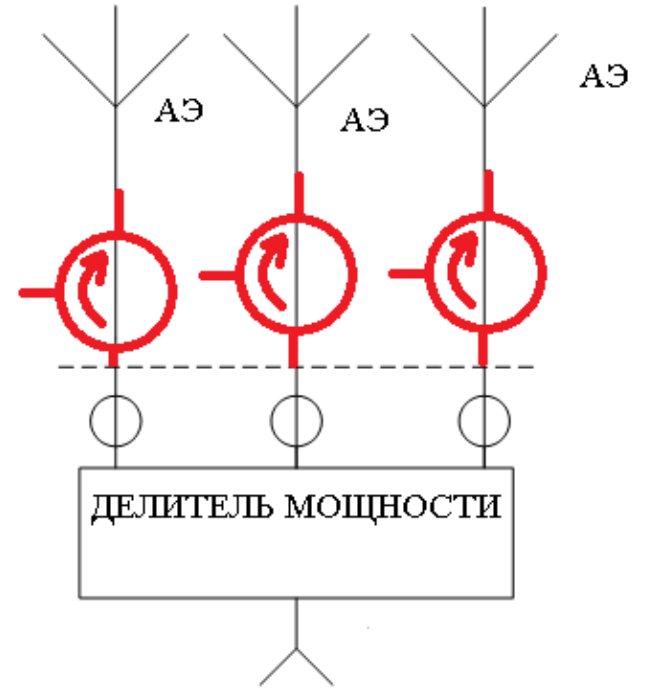
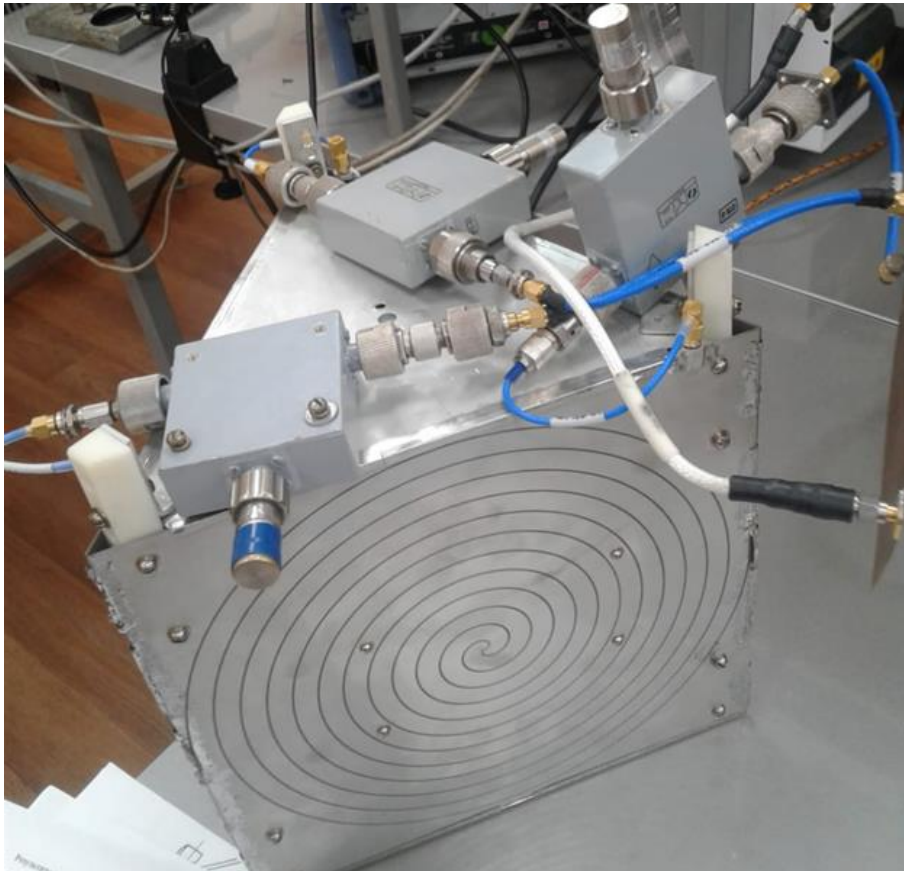


Типичная изоляция АЭ не ниже 10 дБ



Уровень согласования по выходу АР

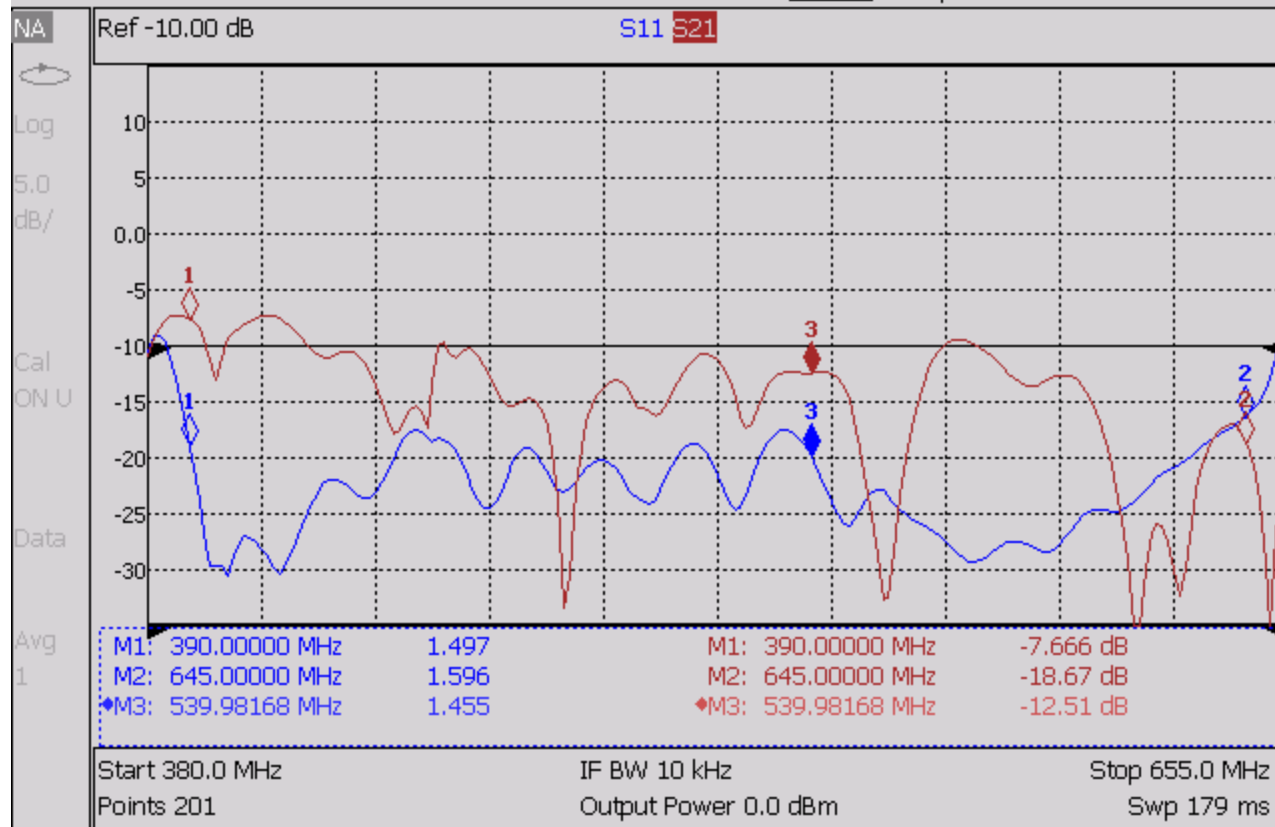
III Измерение изоляции АЭ с помощью циркуляторов



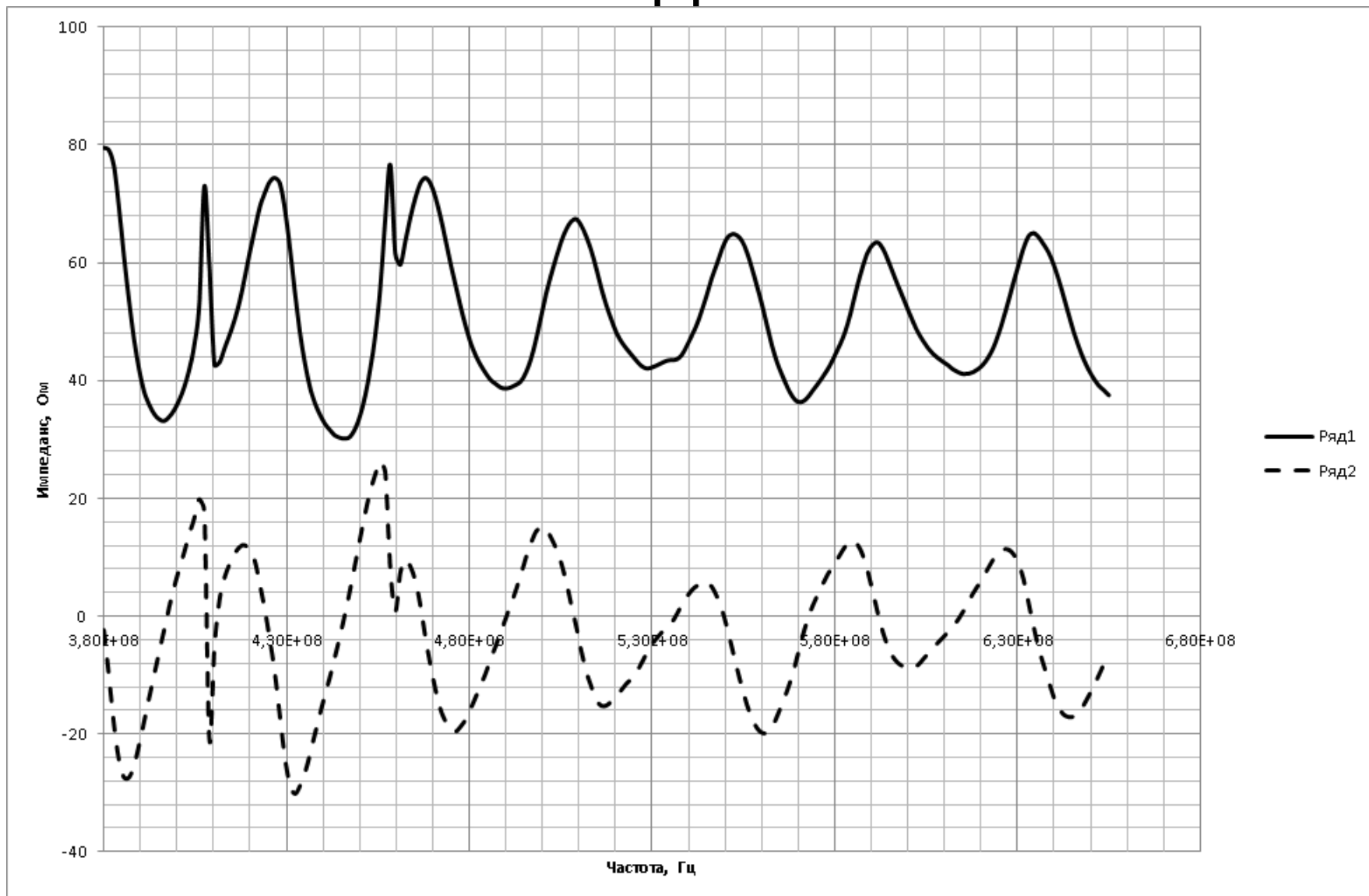


Keysight Technologies: N9916A, SN: MY53104117

47% Mon, 25 Nov 2019 5:10:14 PM

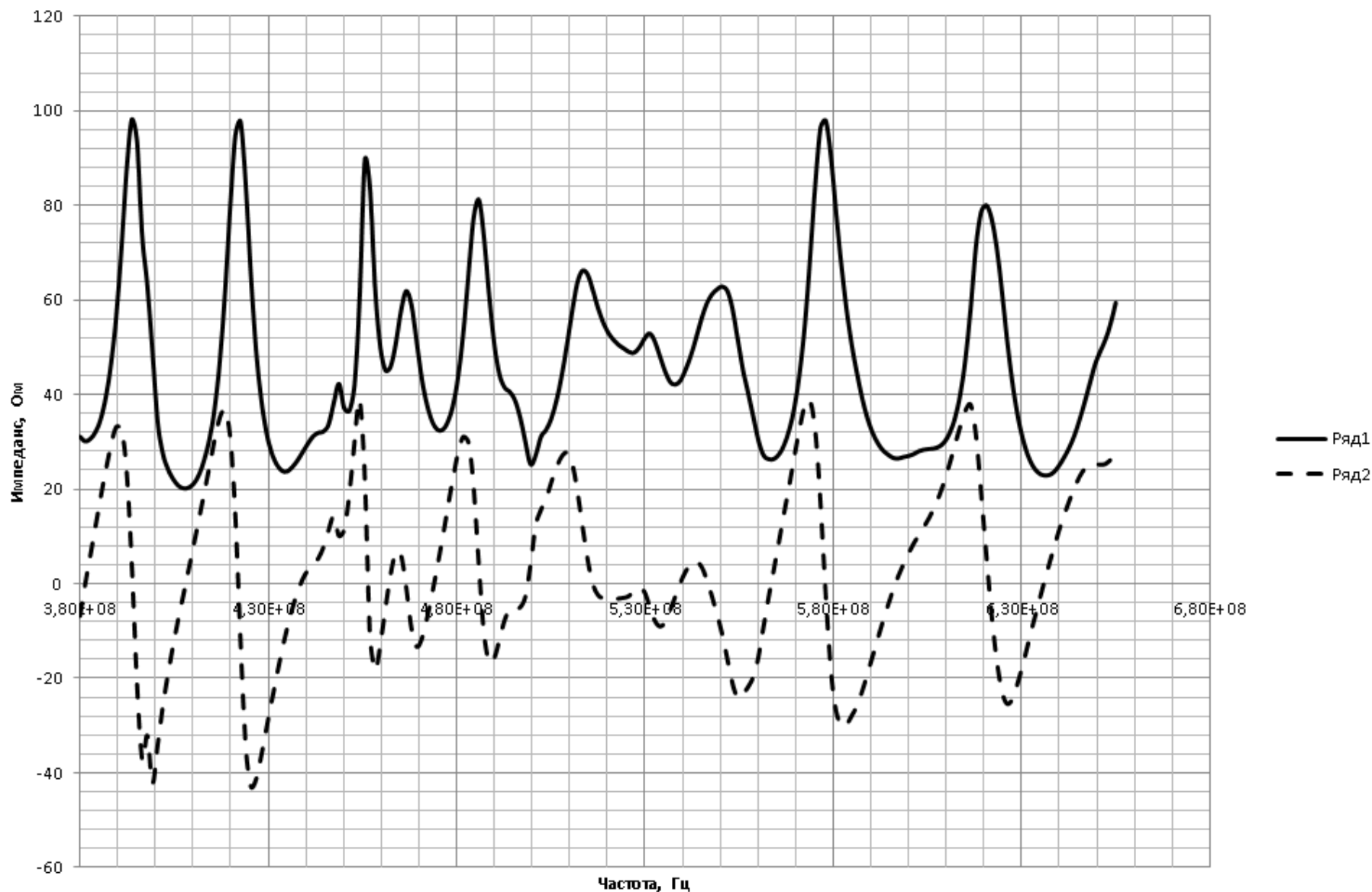


III Уединенный АЭ. Метод взаимных импедансов.

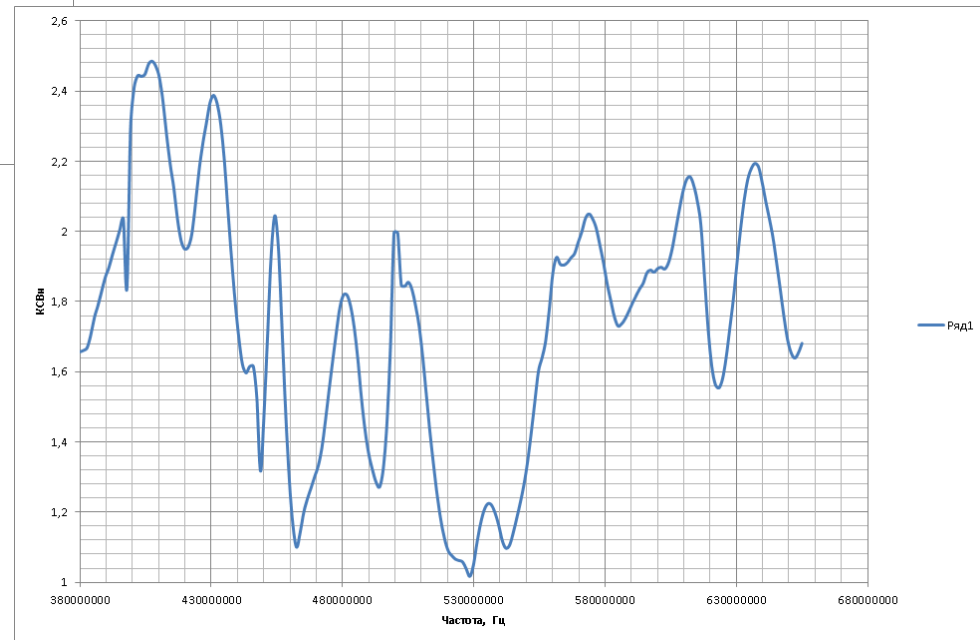
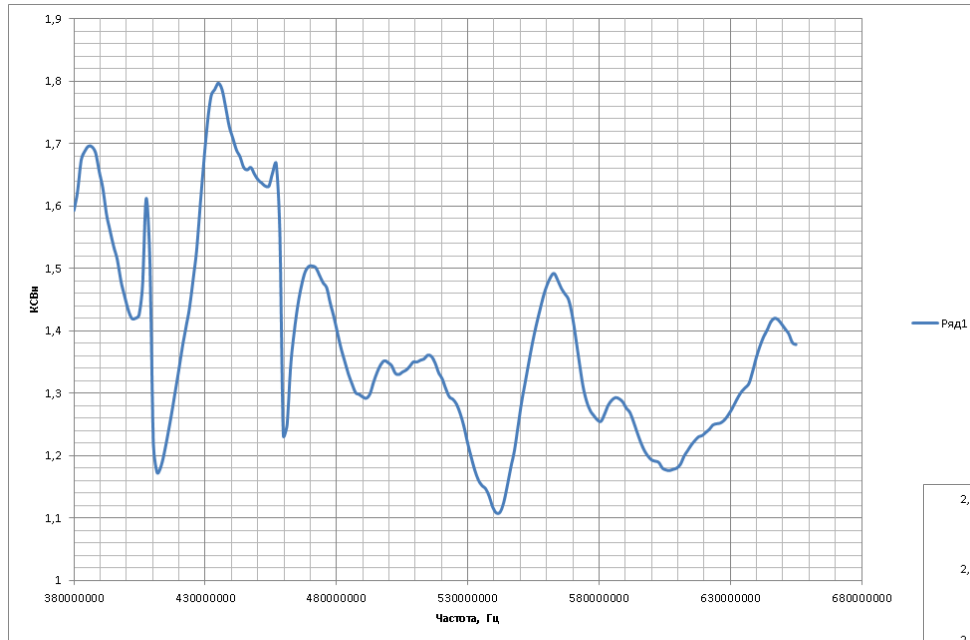


III

Импеданс одного АЭ в системе трёх АЭ

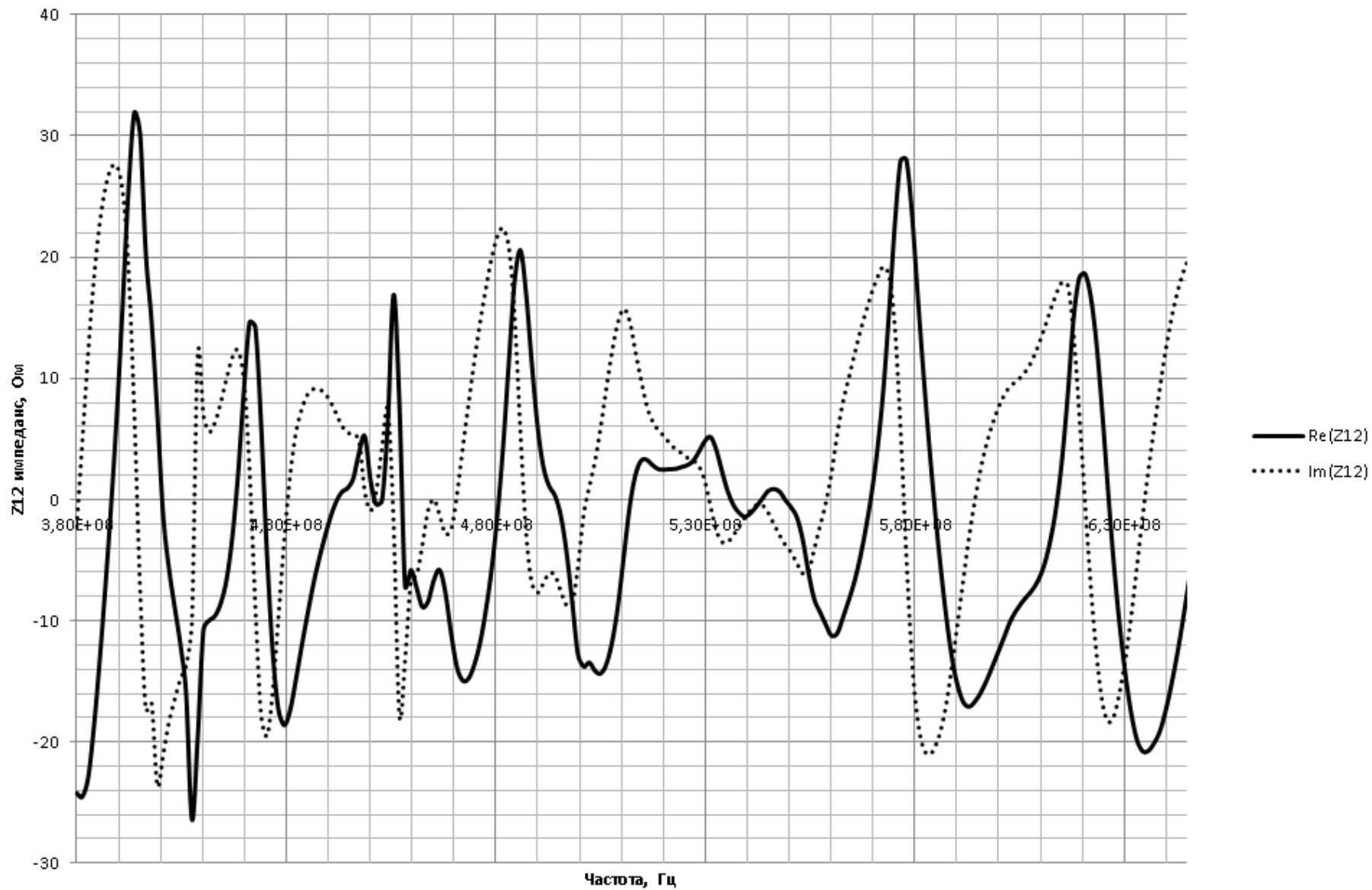


III КСВн уединенного АЭ и одного АЭ в системе трёх АЭ



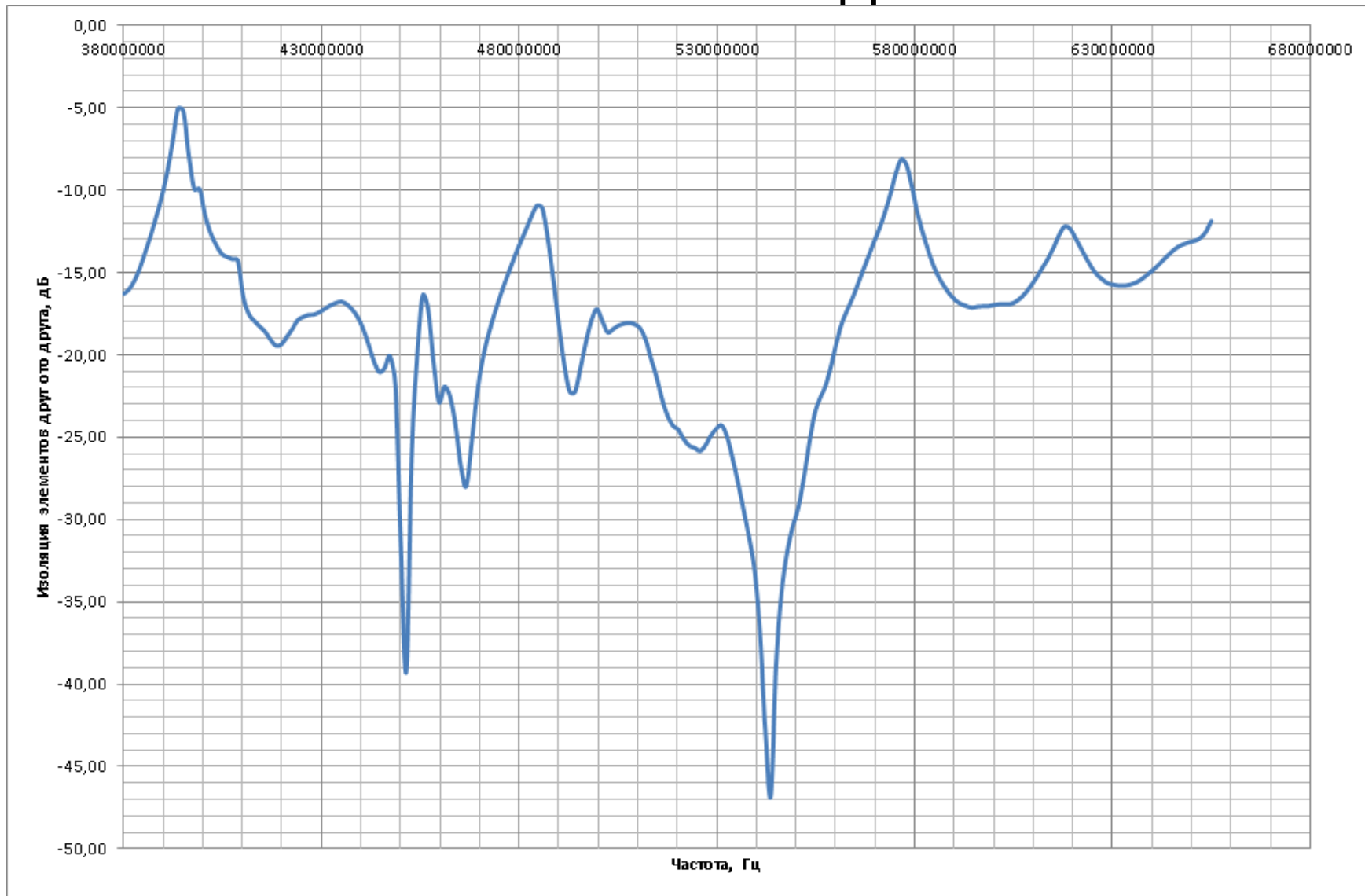
III

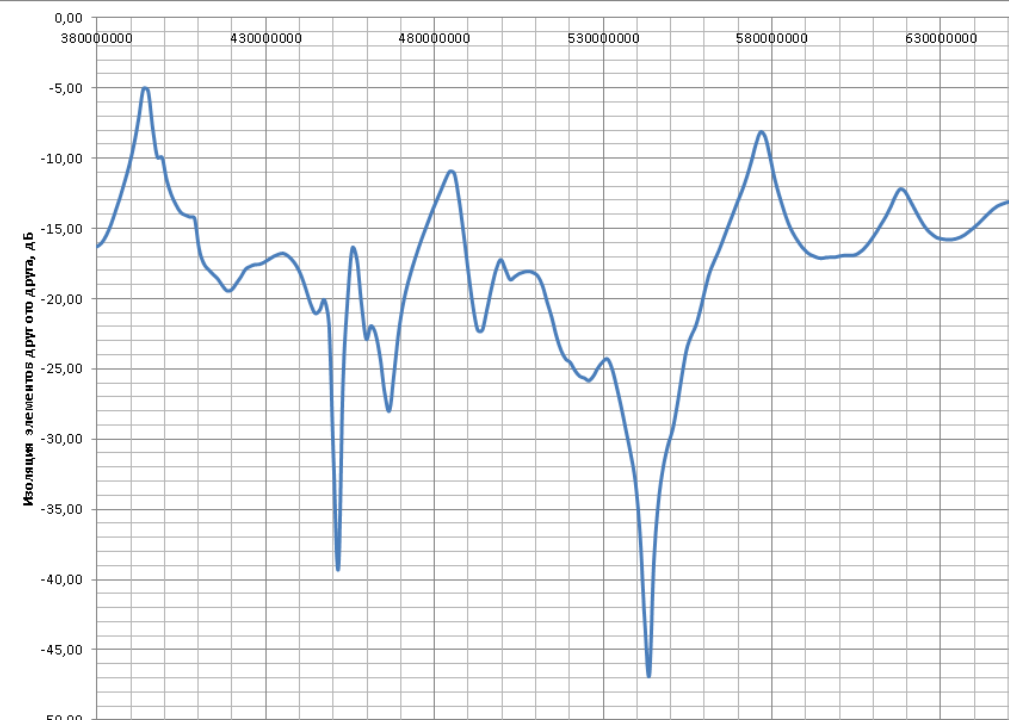
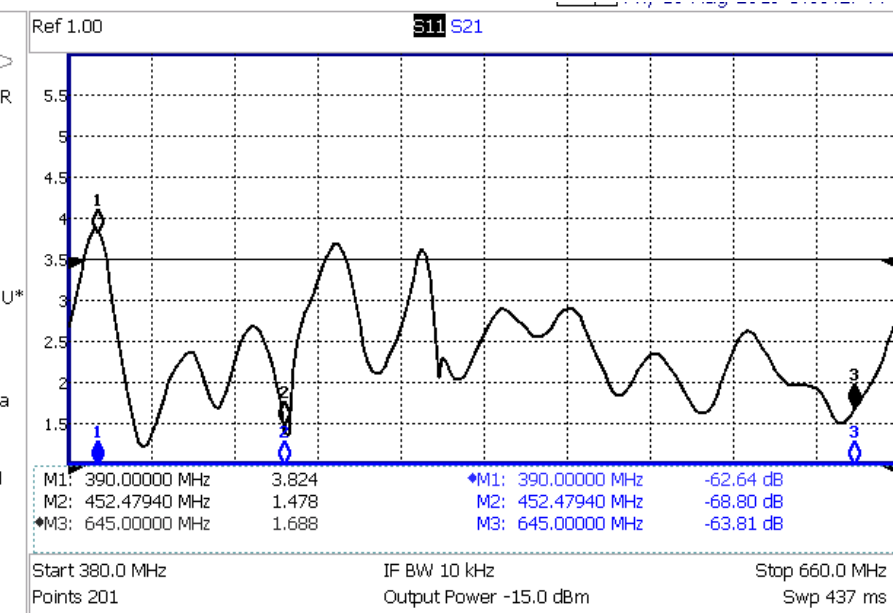
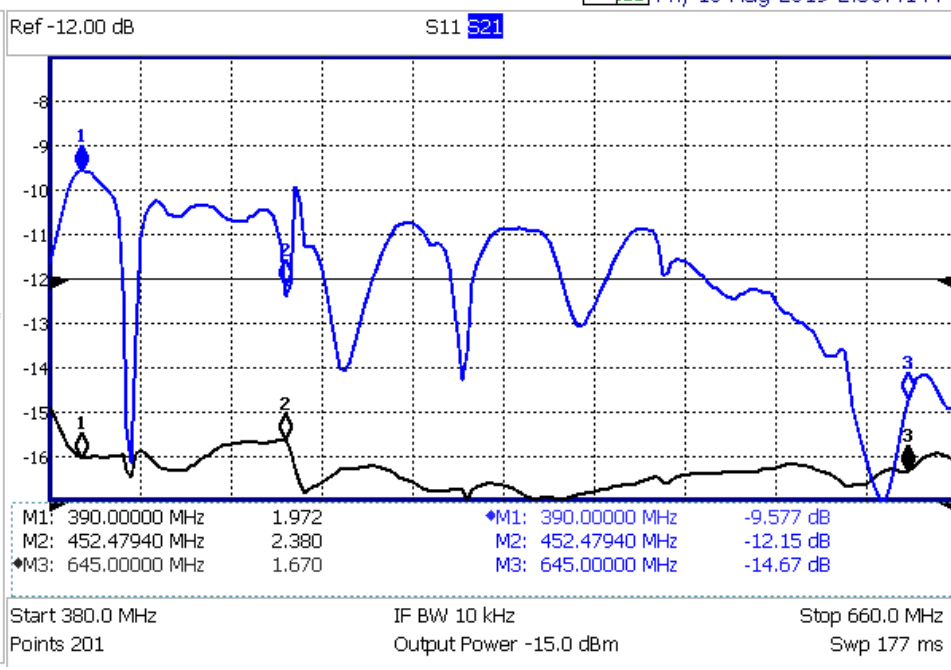
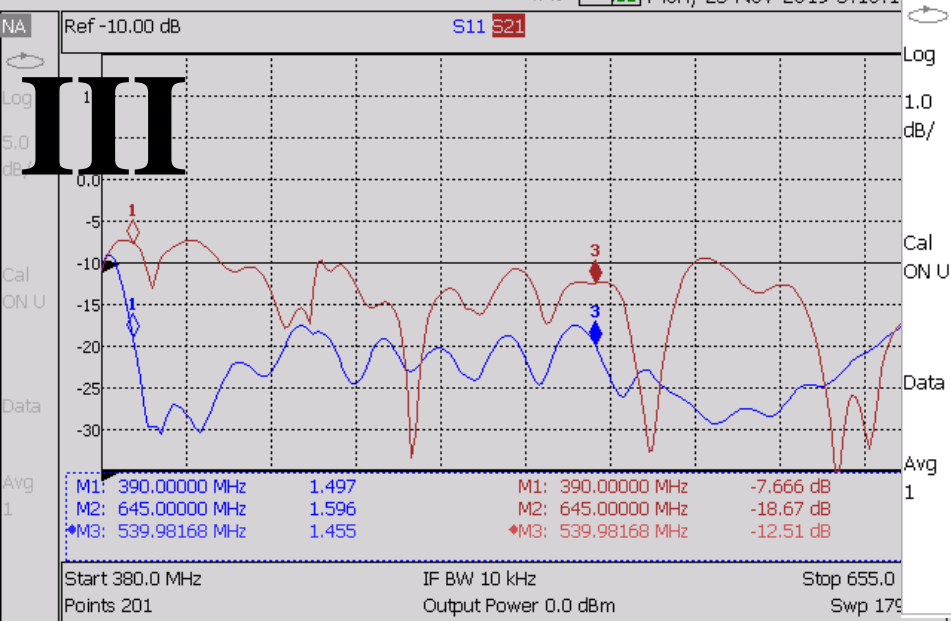
Взаимные сопротивления



III

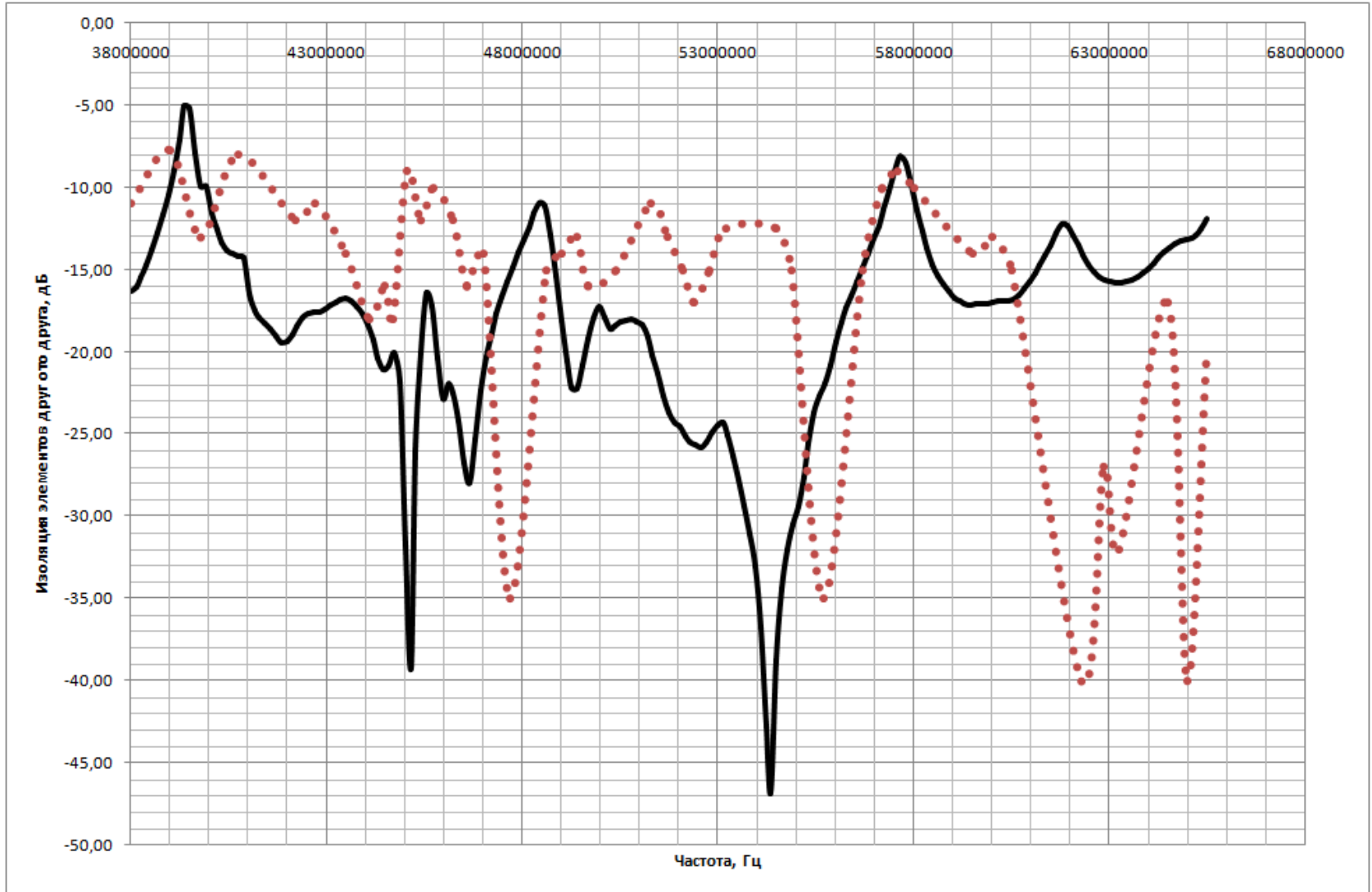
Изоляция АЭ, вычисленная через взаимные импедансы



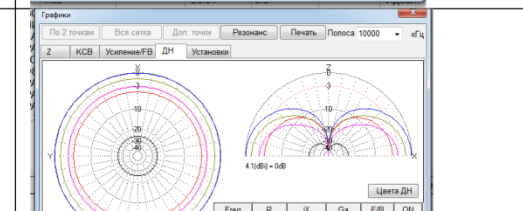
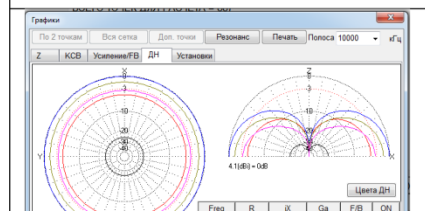
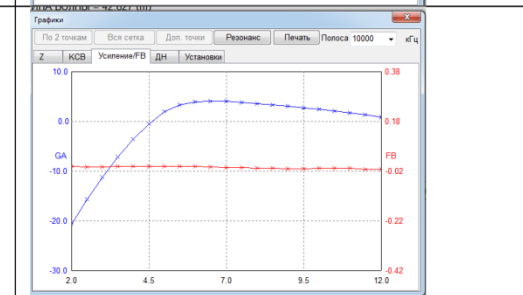
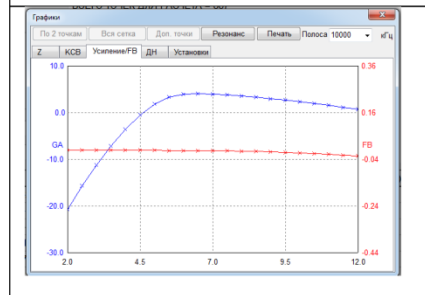
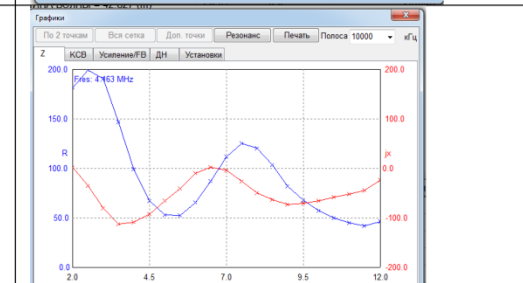
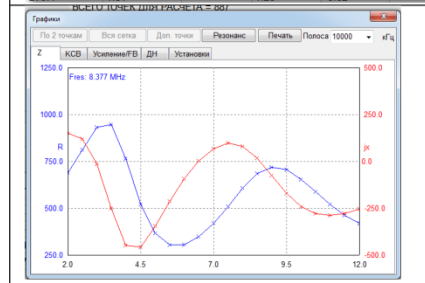
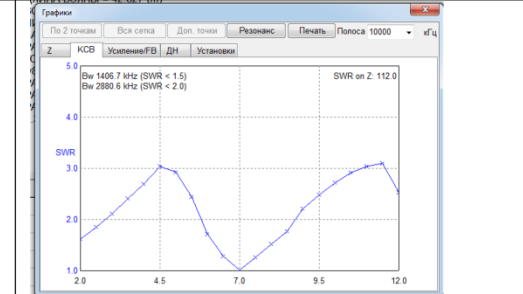
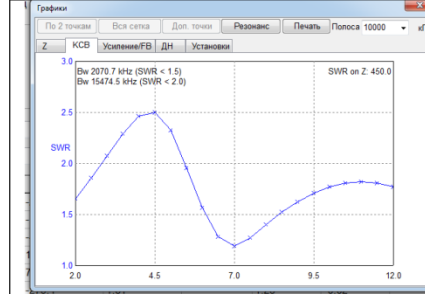
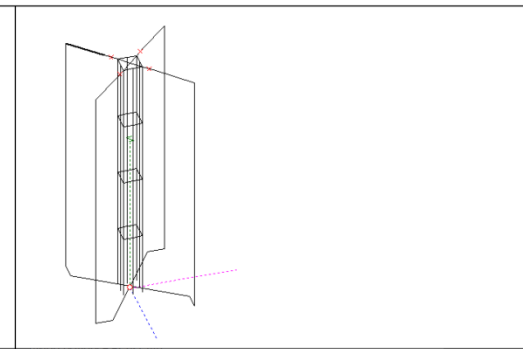
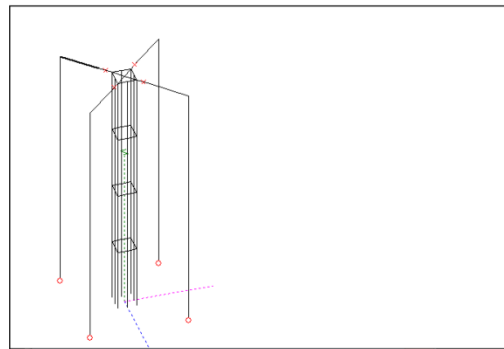


III

Точки – измерение с помощью циркуляторов



III КВ диапазон



III

Что озадачивает меня

Построение сверхширокополосных антенных систем (в том числе всенаправленных) требует близкого размещения антенных элементов (их фазовых центров).

Это обстоятельство обуславливает их сильную связь.

Сильная связь в свою очередь при одноканальной работе вызывает «рассогласование» тракта, а при многоканальной «нагружает» соседние каналы и портит линейность.

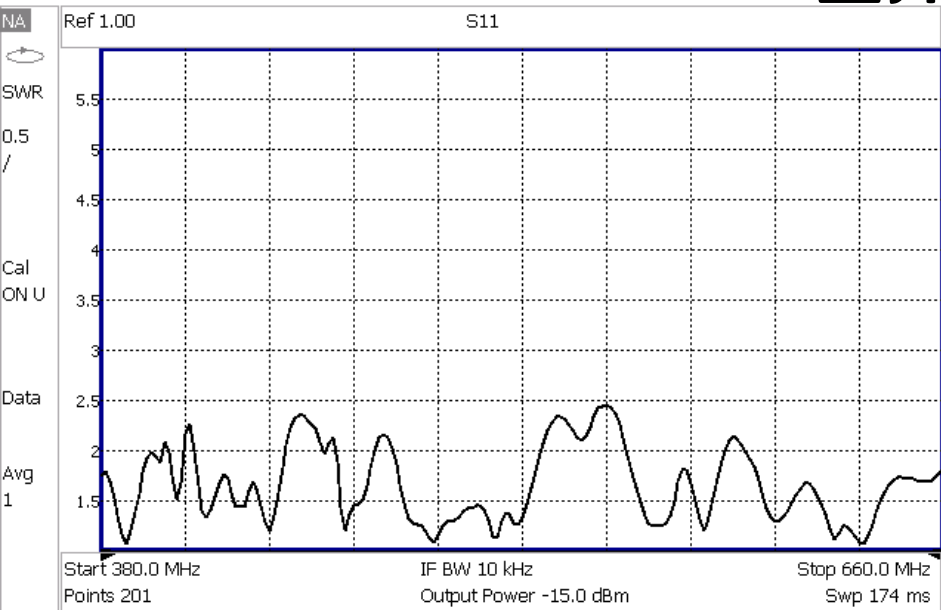
Так или иначе – задача для меня – обеспечить согласование/защиту тракта антенной системы при непосредственном контакте или даже наложении отдельных ее составных частей.

Что в конечном счете выбрать для всенаправленной системы? Одноканальную или многоканальную работу?

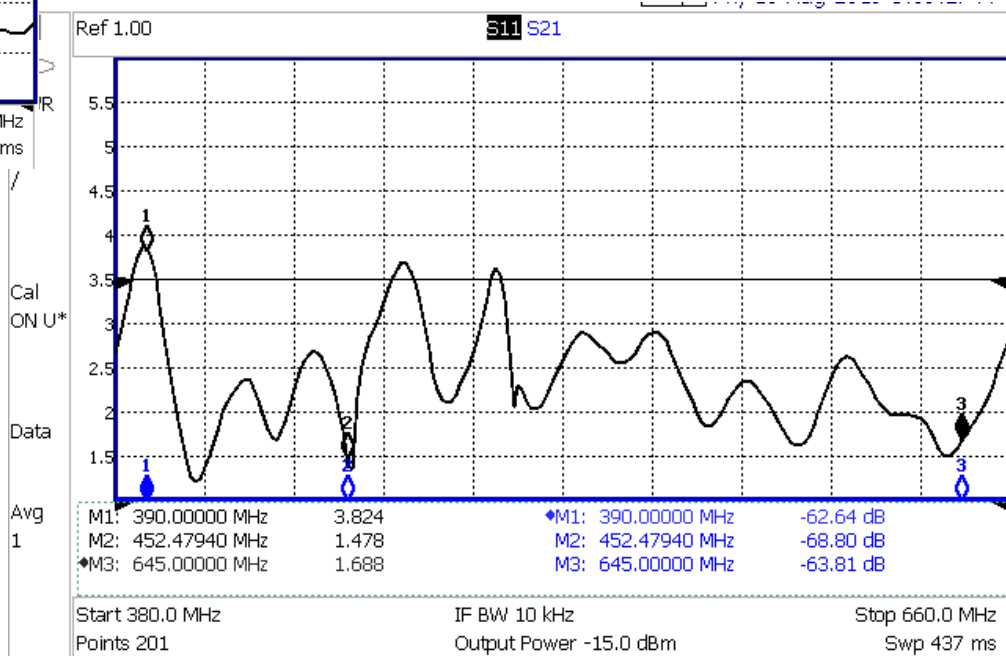
Результат по КСВн системы трех

III изолированных АЭ с рефлектором и шлейфами

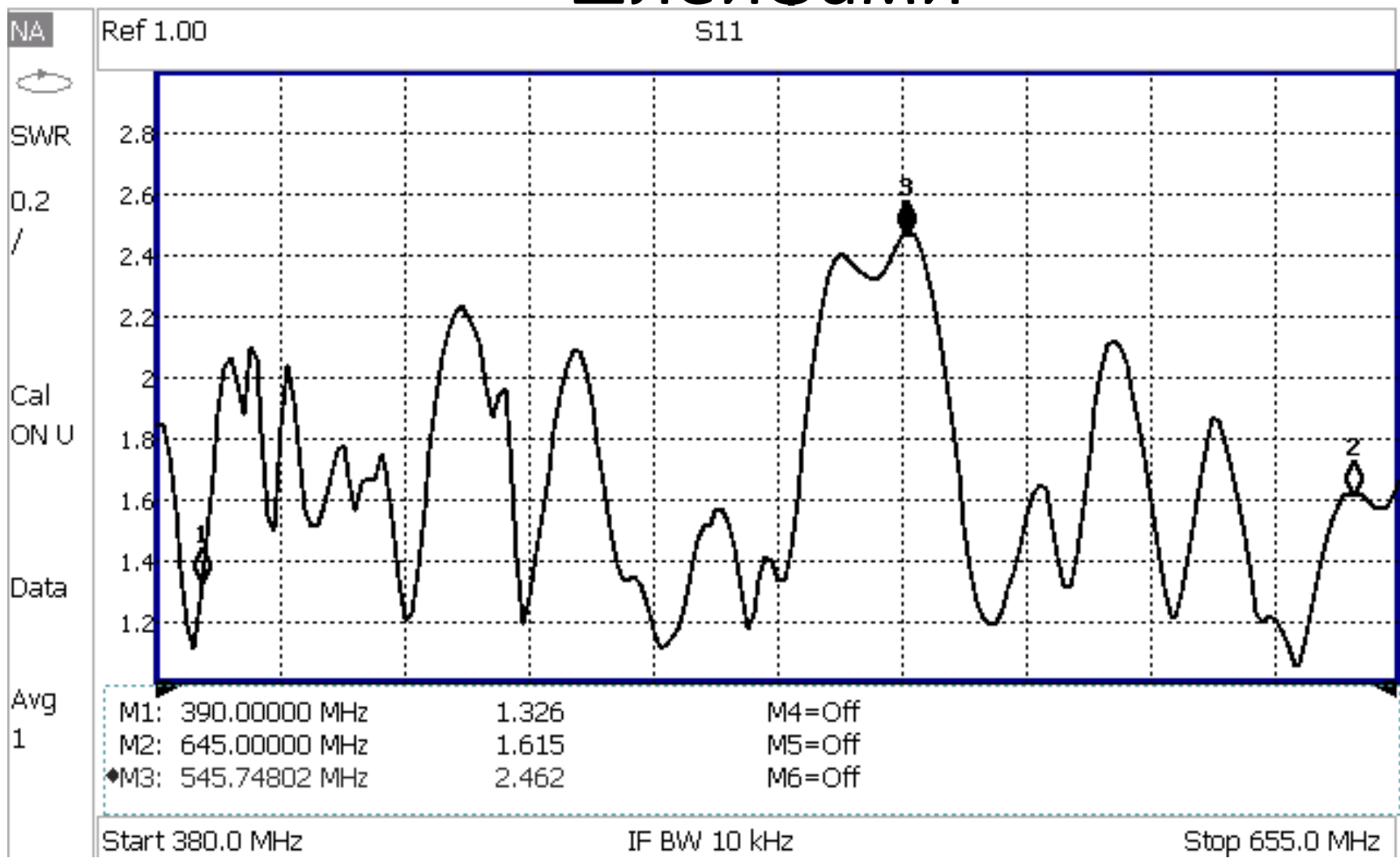
стало после
введения рефлектора
и шлейфов



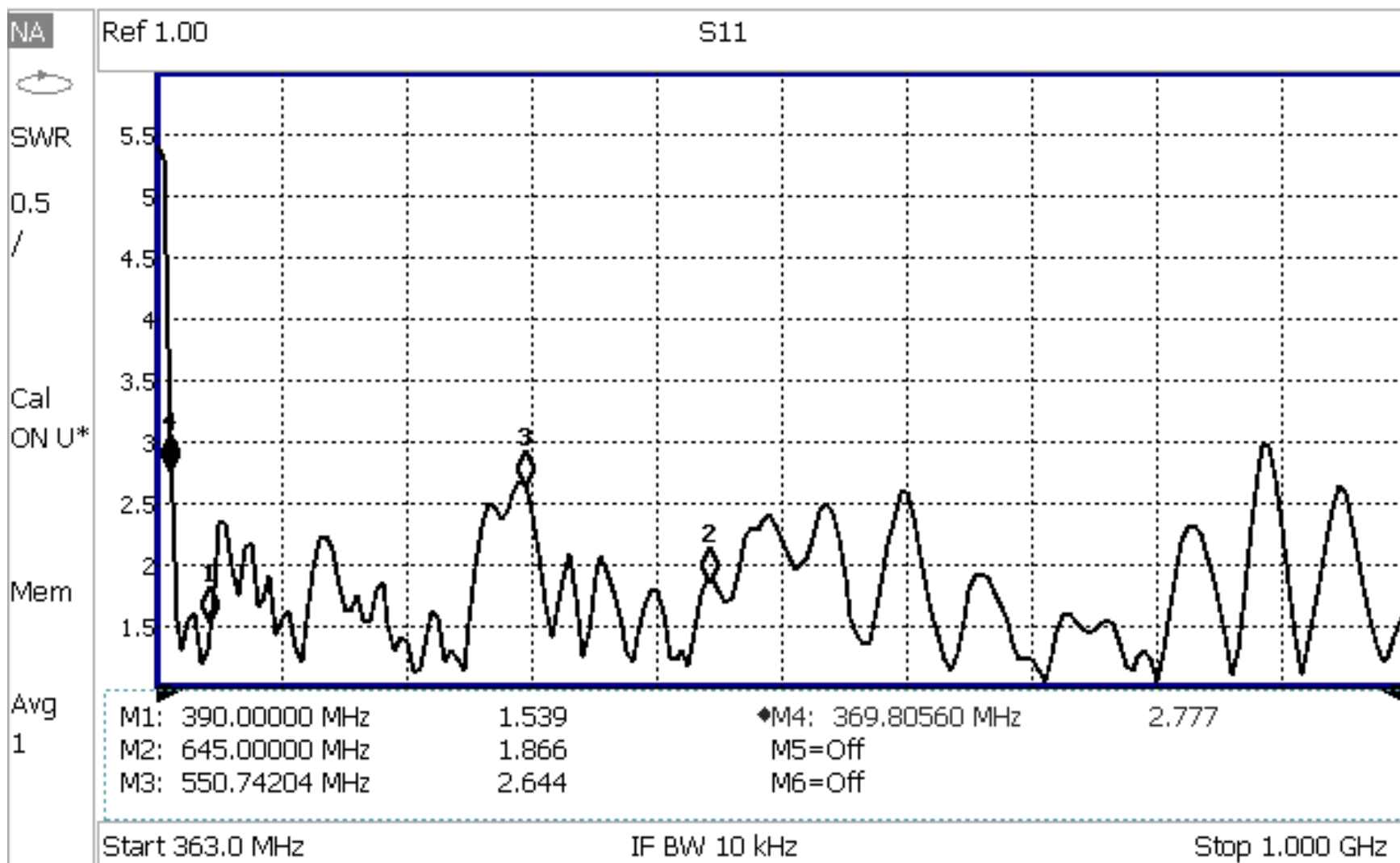
было



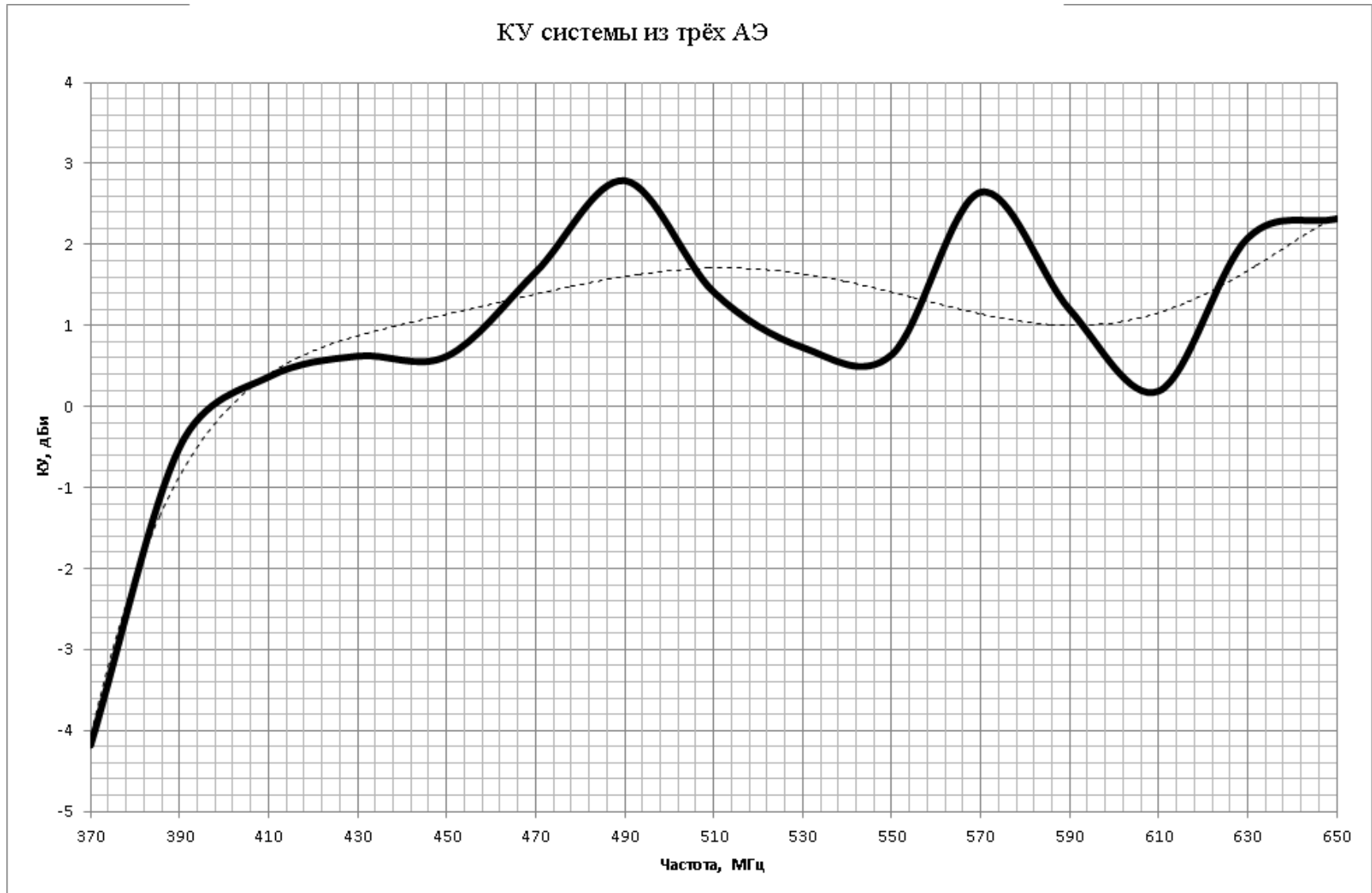
III Результат по КСВн системы трех изолированных АЭ с рефлектором и шлейфами



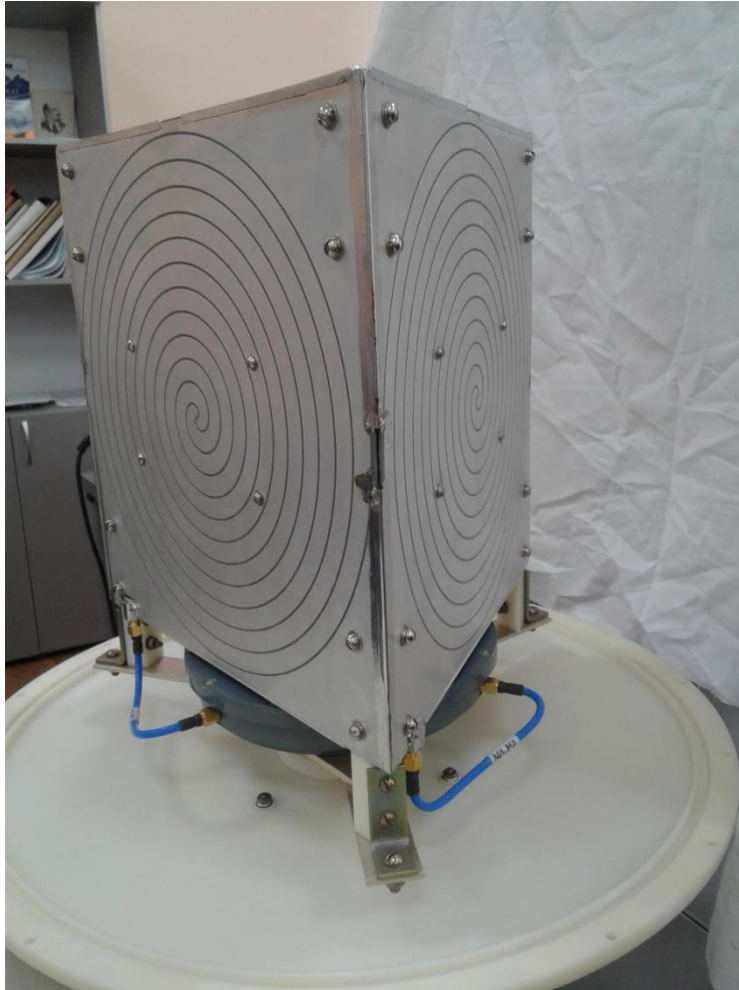
Результат по КСВн системы трех III изолированных АЭ с рефлектором и шлейфами



III КУ системы изолированных АЭ, измеренный методом идентичных антенн



III



Для обеспечения наибольшей широкополосности антенной системы необходимо минимизировать электрический радиус AP , а также выбрать количество $AЭ$ – минимальным и нечетным.

Антенную систему для обеспечения бóльшей широкополосности можно построить на базе сильносвязанных антенных элементов при уменьшении размера последних, что обуславливает сближение фазовых центров $AЭ$ и уменьшение электрического радиуса решетки.

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ