Об испытании излучения передающей ВЧ модели ЛМА№4ВЧ с помощью приёмной ВЧ модели МА№9ВЧ

Арий Борисович Ляско
Радиоинженер,
канд. физ. - мат. наук, Ph.D.
E-mail: lyasko.ariy@mail.ru

1. Впервые в настоящем году была создана автором малогабаритнаz передающая линейная магнитная антенна для использования в Мегагерцовом диапазоне электромагнитных волн. На **Фото.1** представлен вид модели в герметичном корпусе длиной и диаметром порядка , рассчитанной на подведённую к ней мощность не менее для возможного использования в диапазоне .

Её , создающий продольное магнитное поле рассчитан на подачу переменного тока амплитудой не менее и работу при переменном напряжении не менее

Фото.1.

На поверхности поперечного отсека она обладает двумя разъёмами: один для подсоединения коаксиального кабеля для подачи от тока питания соленоида продольного магнитного потока в теле модели , являющегося источником её электромагнитной радиации, а второй — для снятия переменного напряжения пропорционального величине упомянутого тока. В данном отсеке размещается конденсатор резонансной ёмкости Со, подсоединённой последовательно с индуктивностью упомянутого соленоида продольного магнитного поля, образуя тем самым последовательный колебательный контур упомянутого тока «возбуждения» продольного магнитного поля. В процессе испытаний данная модель установлена наружи лабораторного помещения и соединена с ( ) фидером длиной 20 м в направлении её продольной оси как это можно увидеть на **Фото. 2.**

Фото.2.

Испытания проводились на частоте несущей , поданной к модели . Для данной частоты несущей длина волны Как принято зону дистанций тсчёта уровня радиоизлучения (приёма) от источника электромагнитного излучения (от передающей антенны) , находящуюся в пределах принято считать его , характеризуемой сложным законом изменения уровня радиоизлучения при изменении дистанции . В данном . В инженерных кругах принято считать, излучения начинается с дистанций . В данном случае

[1], проводивший измерения уровня принятого сигнала в ряде пунктов от передающей модели на изобразил их на карте, представленной на **Фиг.1**

Фиг.1

2. В лабораторном помещении расположена контрольно- измерительное и силовое оборудование для контроля режима работы как самой передающей антенны , так и обеспечивающих её нормальное функционирование устройств.

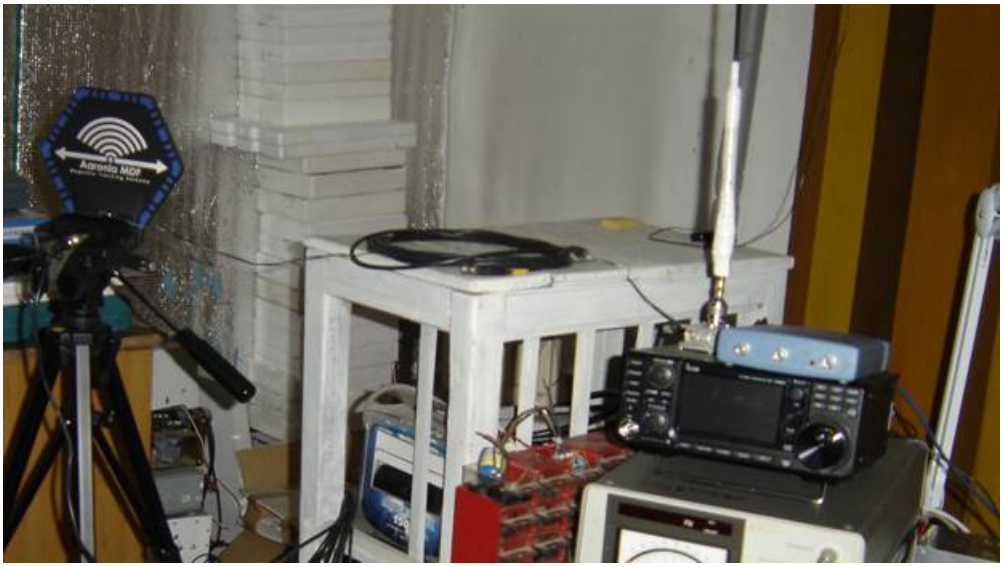


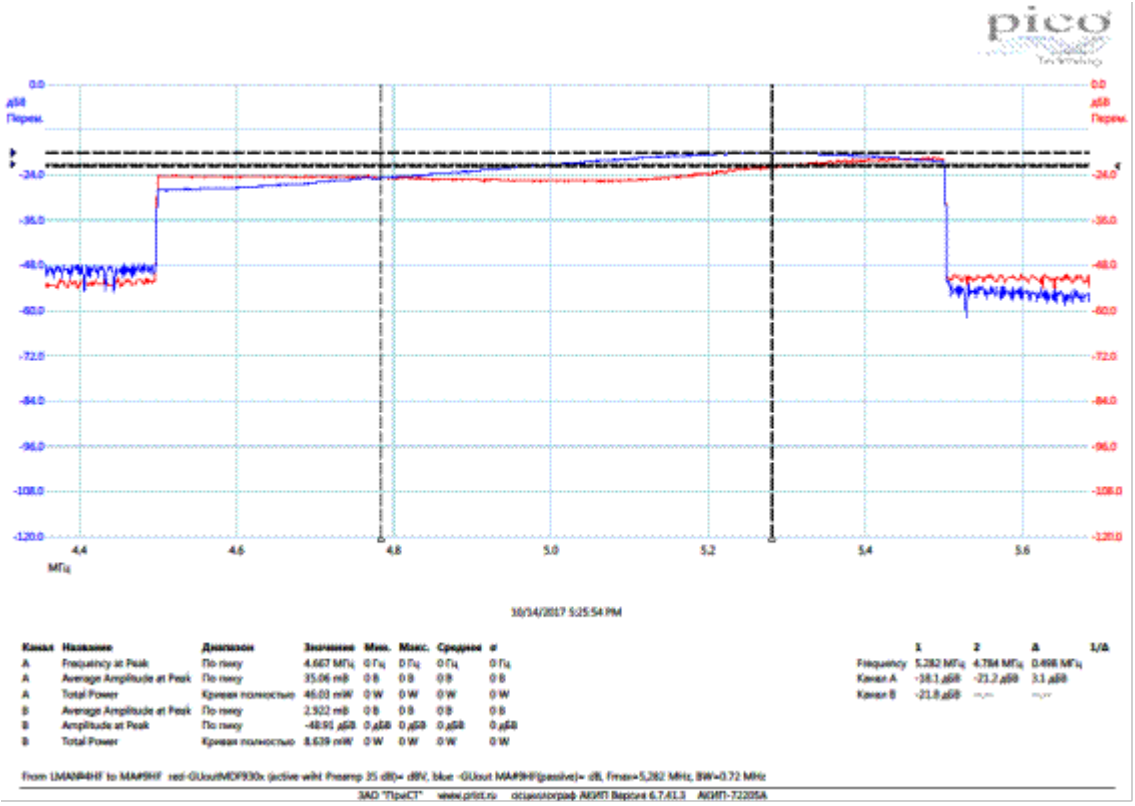
Фото.3.

Фото.4.

Фото.5.

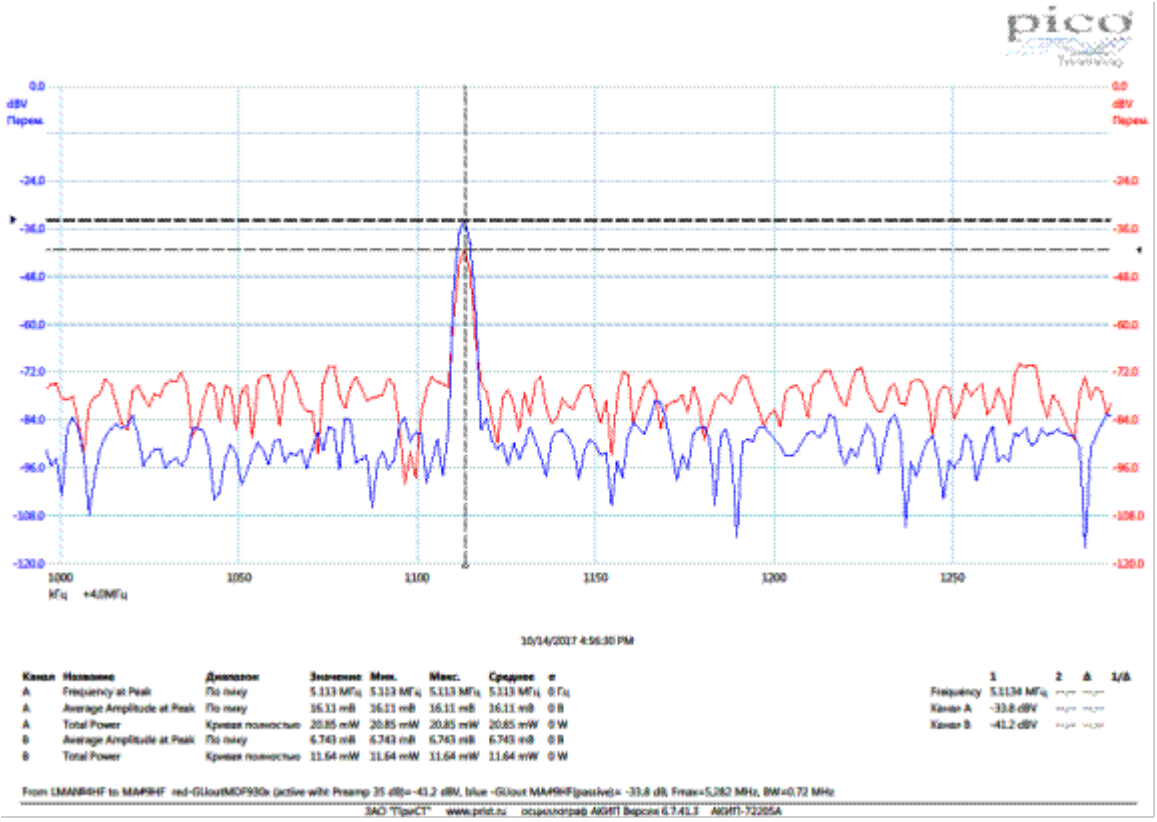
Это: **а)** двух канальный ( ) типа на частоты до (расположен слева на второй полке **Фото.5**), **б)** типа (расположен справа внизу **Фото.5**), питаемый от источника постоянного напряжения при токе на диапазон , **в)** типа , питаемый от сети переменного напряжения , на диапазон (расположен слева внизу на **Фото.5**), и **г)** типа на **Фото.5**)

3. На **Фото.3** представлен на штативе вид с типа . На **Фото.4 а)** в верхней часть слева представлен вид в герметичном корпусе ( ) собственноручно разработанная и изготовлена автором для измерений частоты в диапазоне от типа используемый автором исключительно как на диапазон от с о . **3.1**.Автором предварительно было проведено сравнение возможности регистрации уровня сигнала, излученного в от модели в интересуемой полосе частот, при использовании приёмной активной антенны типа и модели во время снятия ( ) модели , представленной на **Фиг.2**.

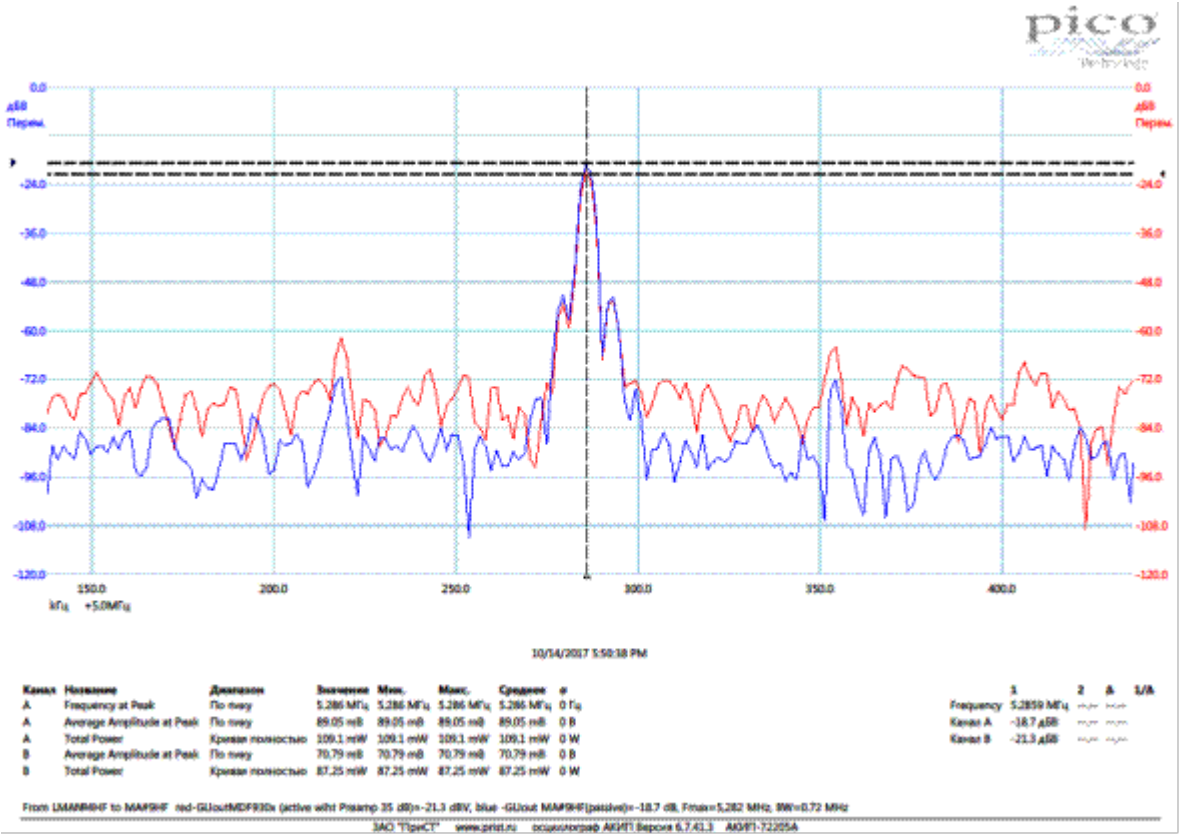


Фиг.2

Можно на основе сравнения результатов измерения уровня сигнала и их приведённых на **Фиг.3** и **Фиг.4,** при нахождении обеих на одном и том же расстоянии в лабораторном помещении от места размещения модели (см. **Фото.2**) для было прийти к решению, что измерения на пересечённой местности нужно производить, используя для регистрации сигнала от в качестве приёмной антенны модель типа внешний вид которого представлен справа от сверху на **Фото.4**.



Фиг.3



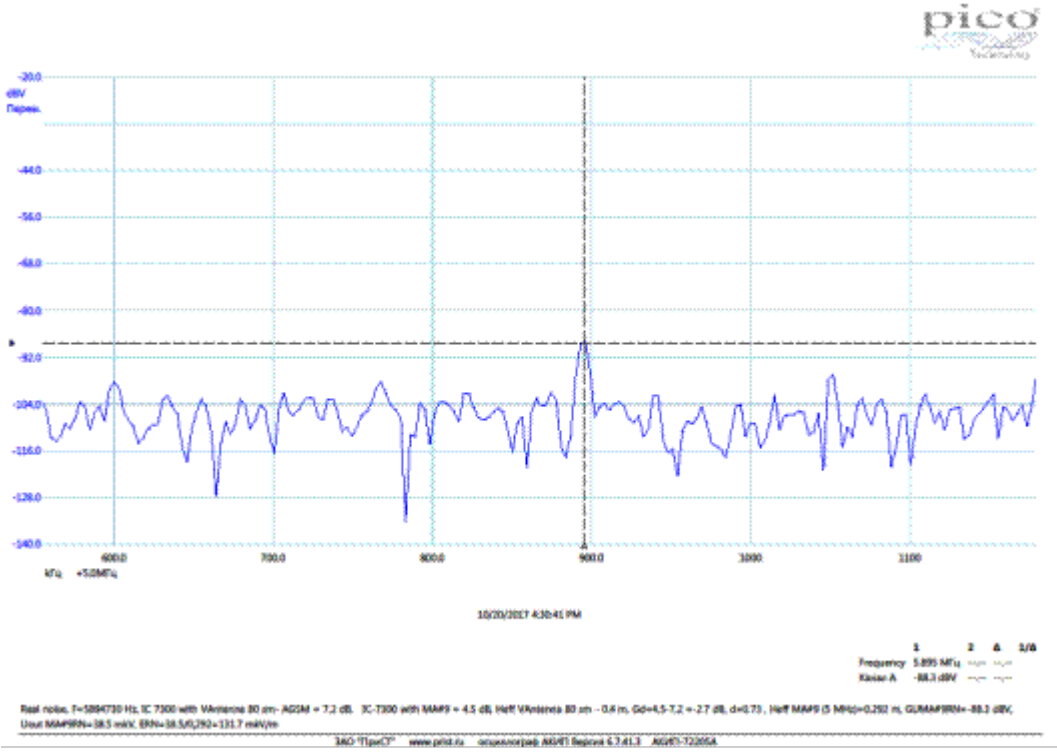
Фиг.4.

3.2. Перед проведением описываемого испытания автор вынужден был оценить так называемую «Действующею высоту модели воспользовавшись сравнением

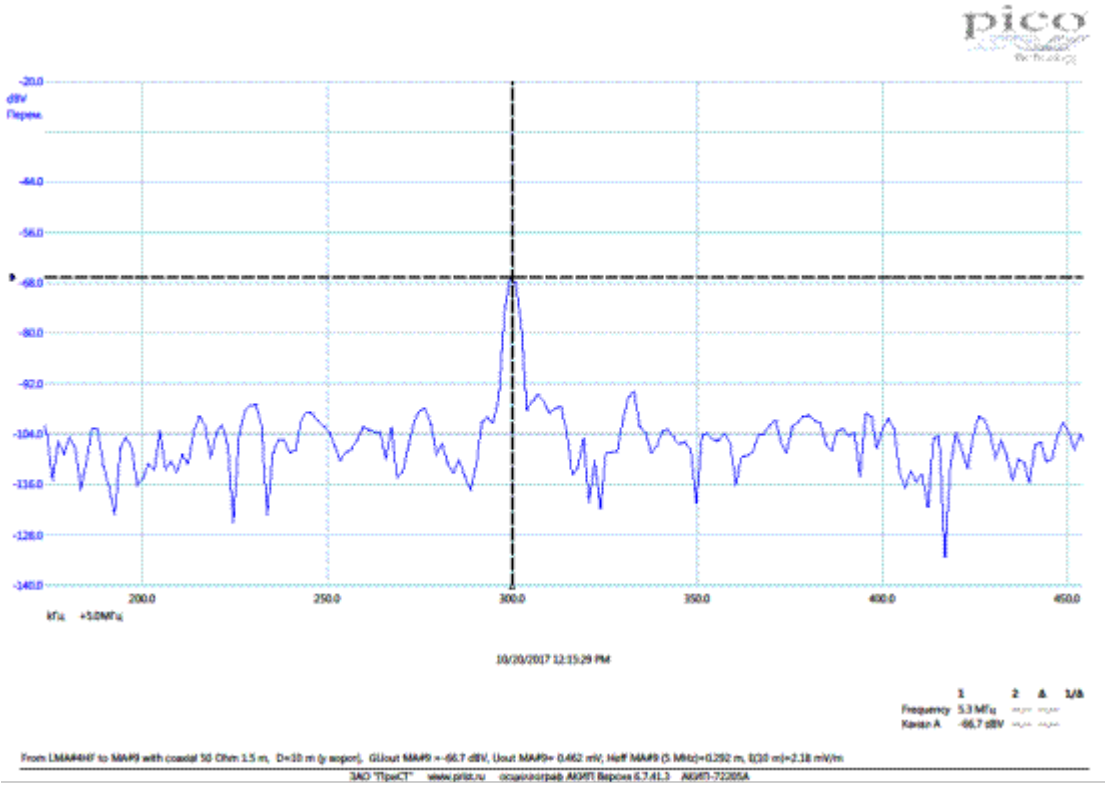
работоспособности измерять реальный эфирный фон с помощью

М

. На **Фиг. 5** представлена кривая спектральной плотности одного из эфирных сигналов, принятых



Фиг.5.



Фиг.6.

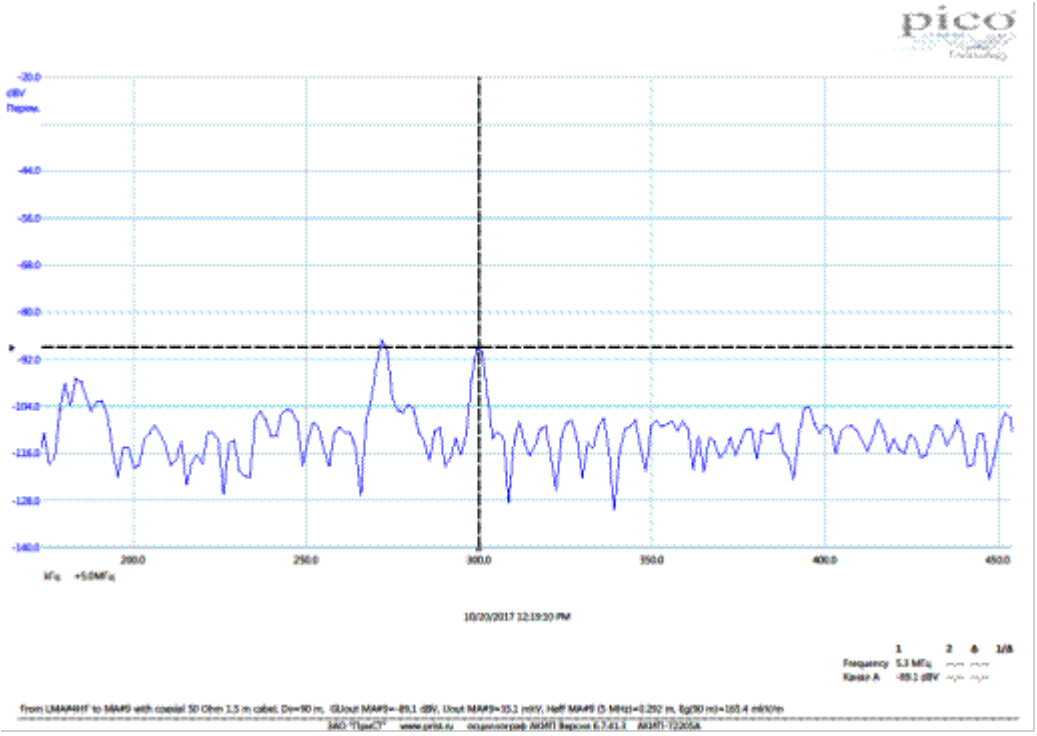
Следует принять во внимание, что приёмное устройство для сигналов передатчиков работающих в режиме) обладает тогда как

следует из текста в нижней части **Фиг.** уровень принятого сигнала с помощью составил величину При использовании зарегистрировал уровень сигнала данной станции близкий к значению , тогда как при использовании

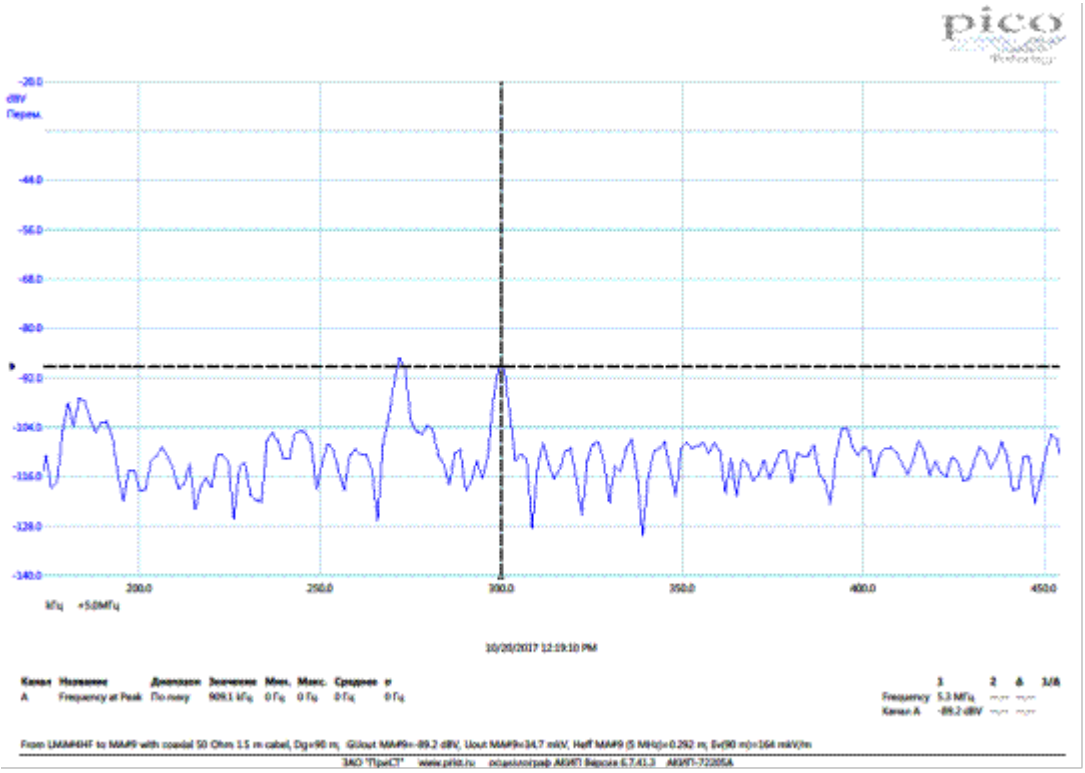
и м Таким образом, « » выше на (в) «**Действующей высоты**» Принято считать, что « » равна половине её длины, поэтому можно считать, что ф

4. Измерения уровня принятого сигнала в ряде пунктов от передающей модели на **20.10 с.г в полдень** в течении не превышающим .

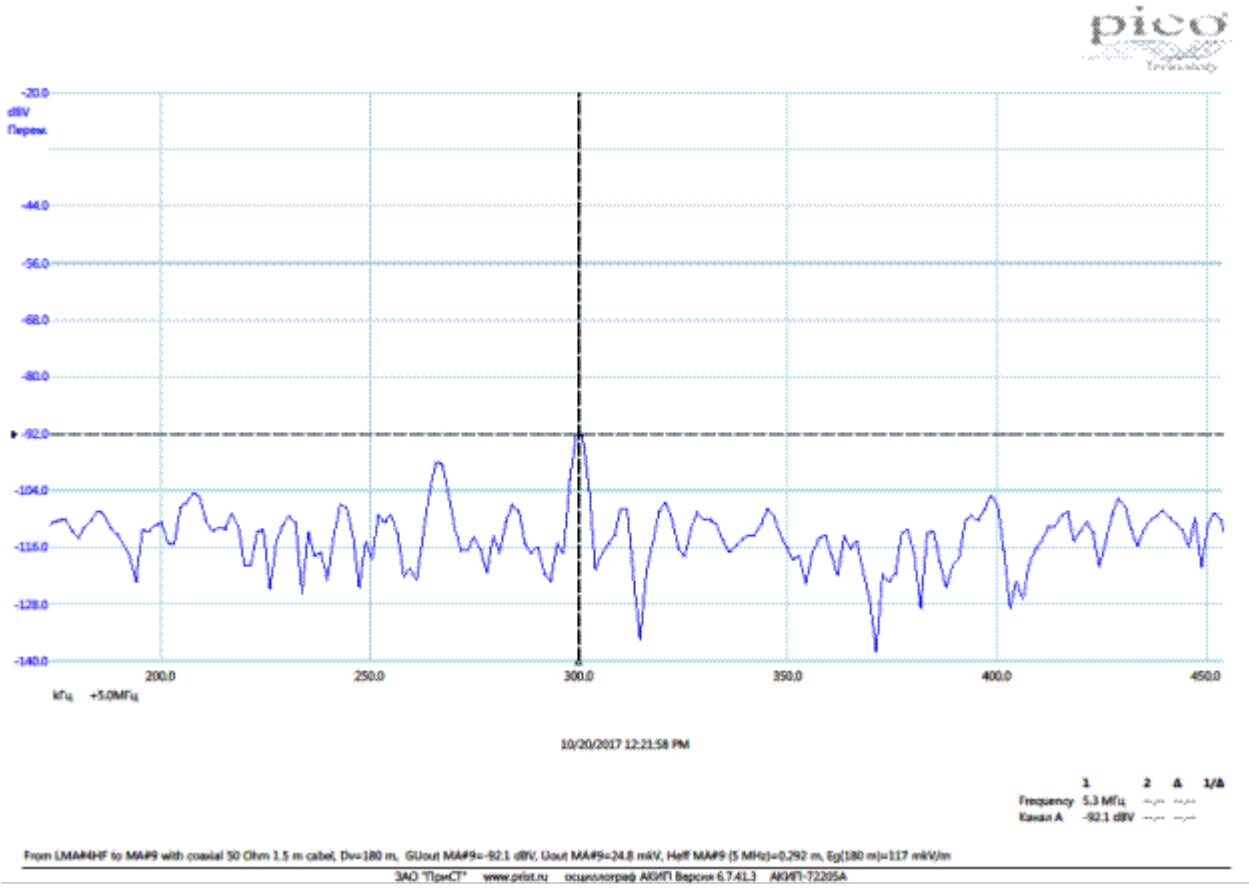
Результаты измерения в указанных на карте **Фиг.1** пунктах приведены с помощью Спектрограмм ниже начиная с **Фиг. 6** по **Фиг.15**



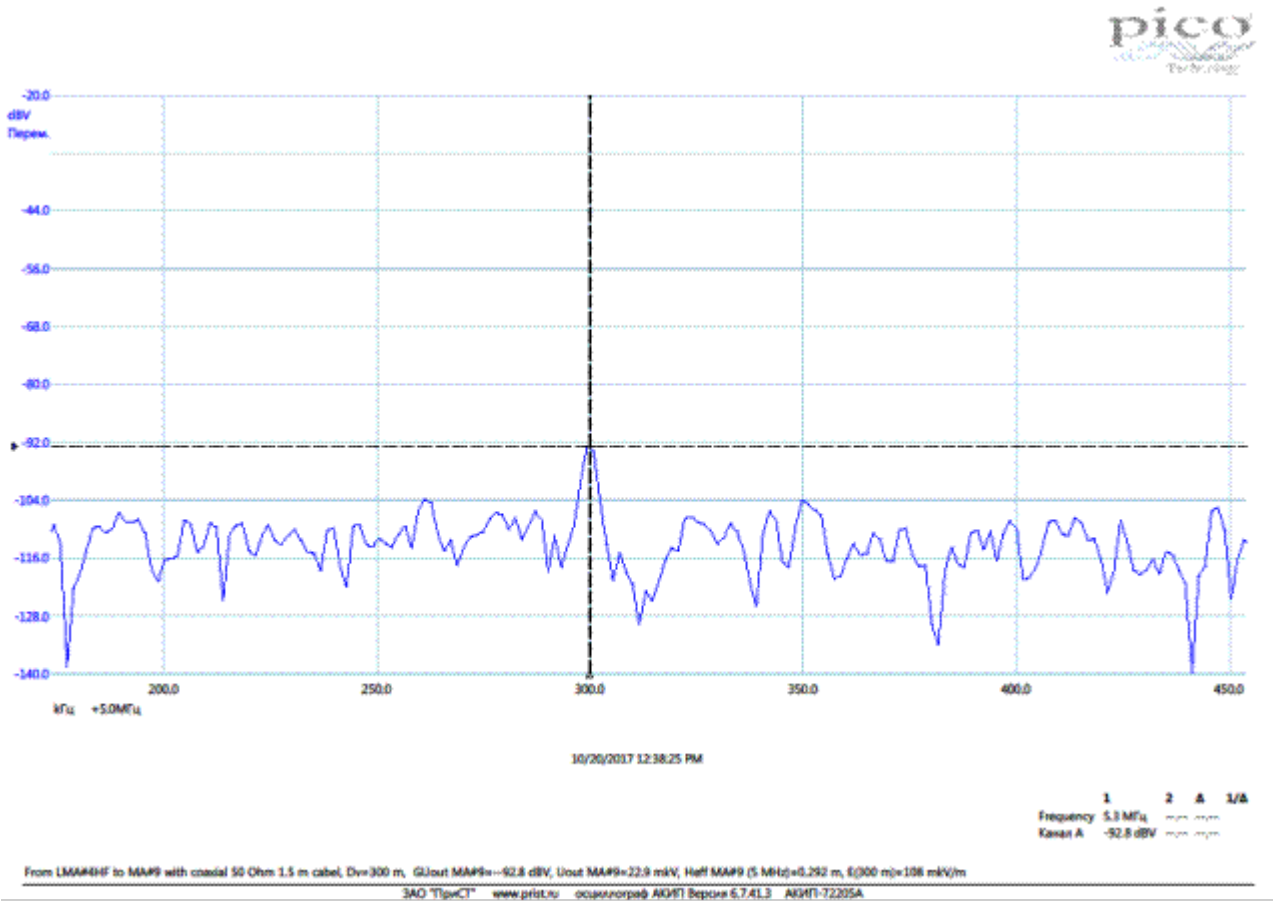
Фиг.7.



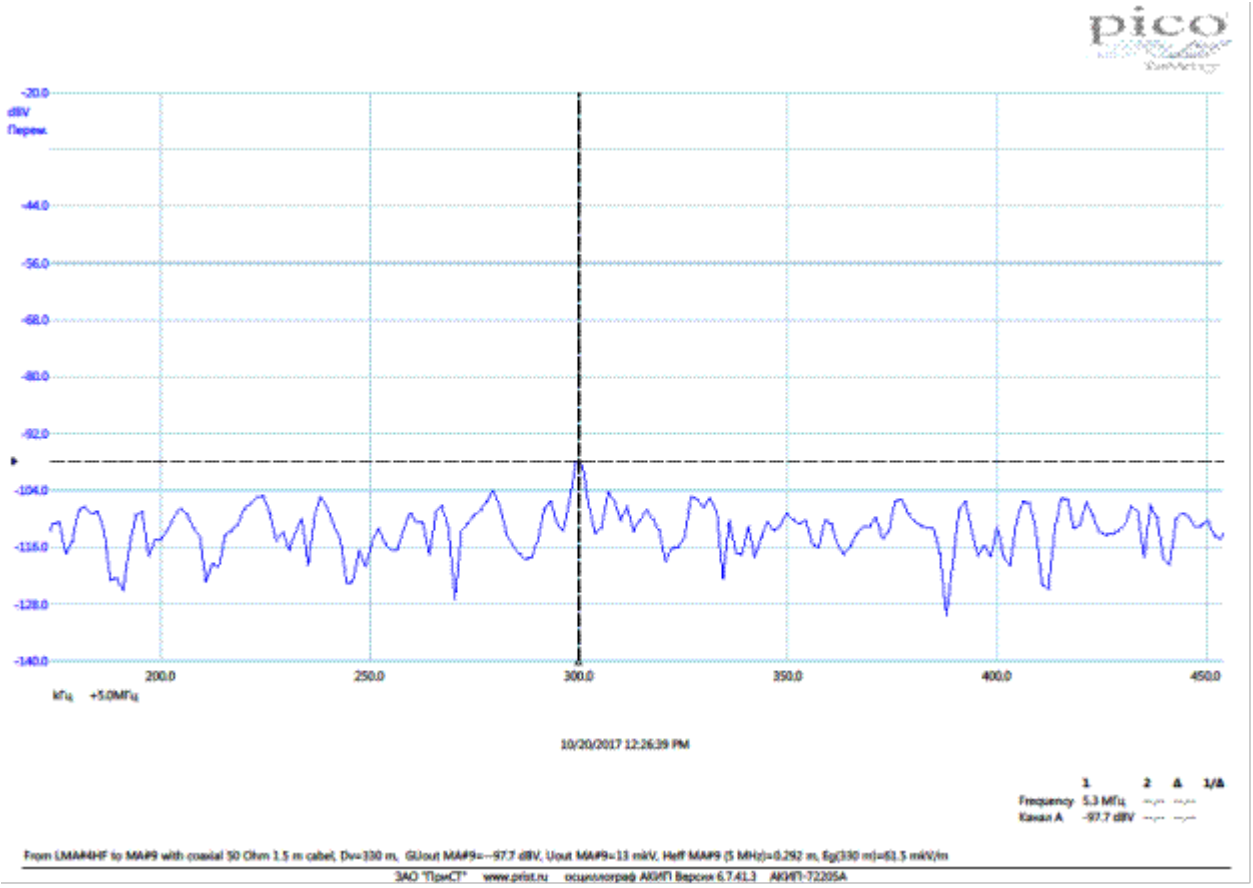
Фиг.8



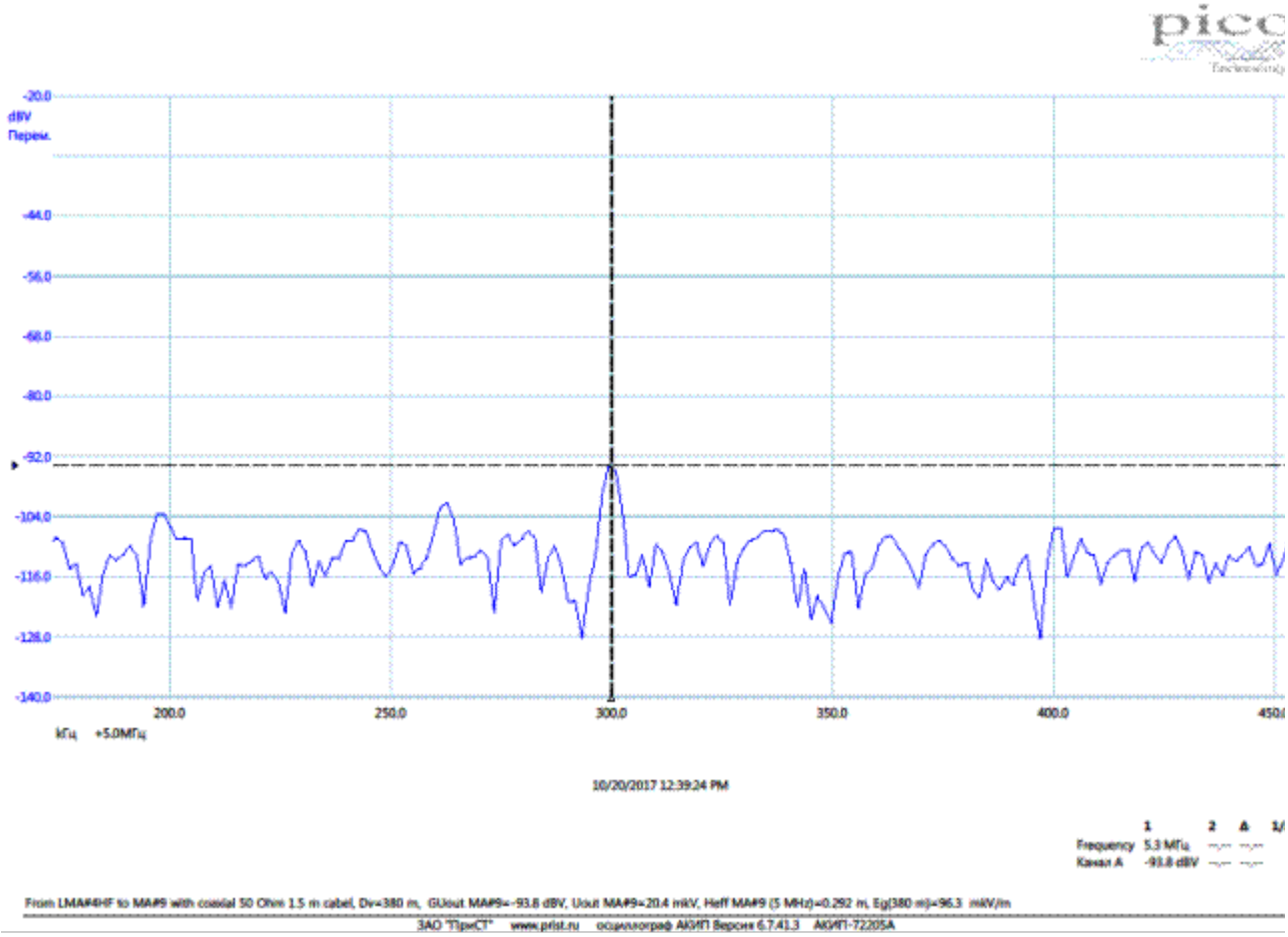
Фиг.9



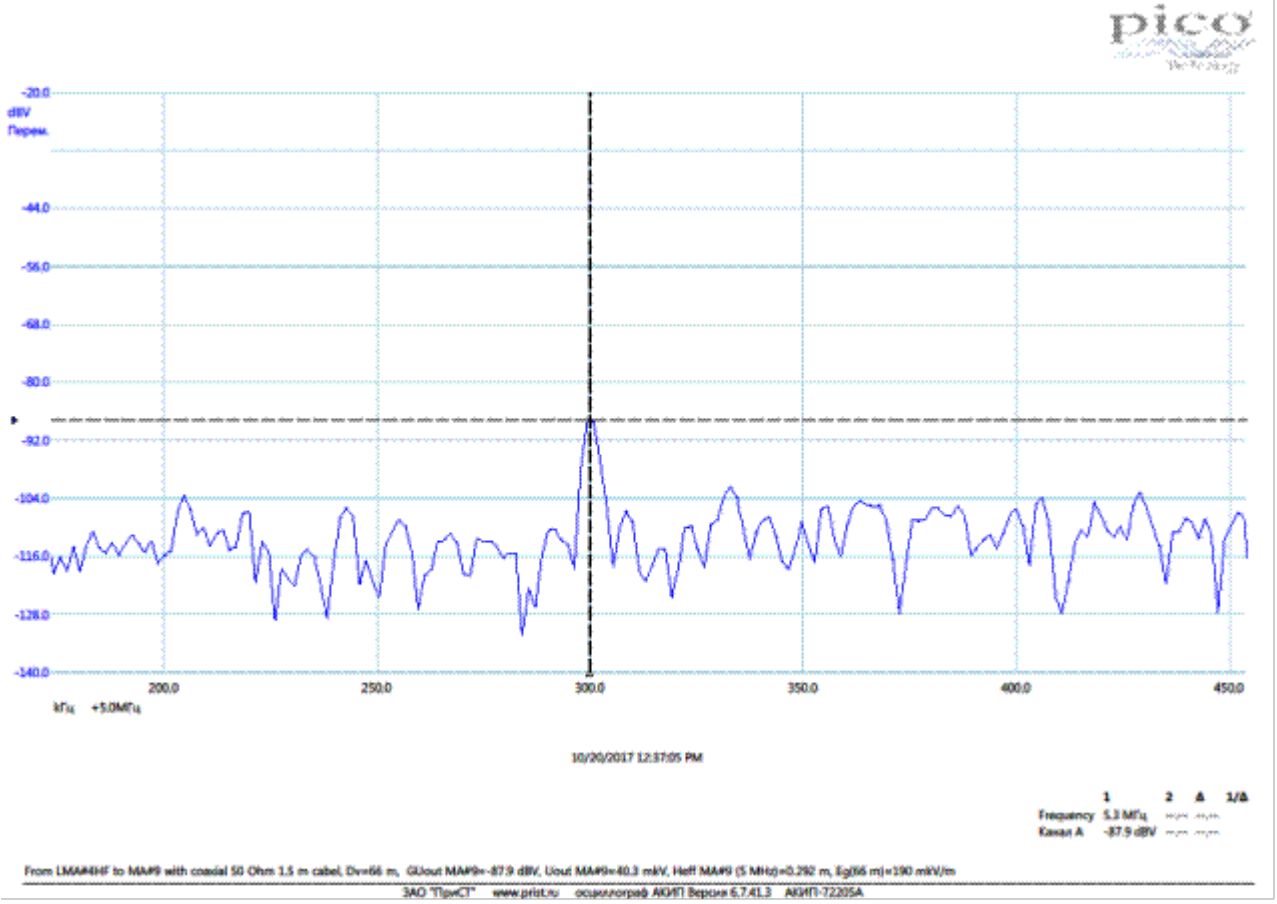
Фиг.10


pico
-20.0
dBV
Перем.
-44.0
-56.0
-68.0
-80.0
-92.0
-104.0
-116.0
-128.0
-140.0
200.0
250.0
300.0
350.0
400.0
450.0
кГц +5.0МГц
10/20/2017 12:26:39 PM
1 2 Δ 1/Δ
Frequency 5.3 МГц
Канал А -97.7 dBV
From LMA#4HF to MA#9 with coaxial 50 Ohm 1.5 m cabel, Dv=330 m, GUout MA#9=--97.7 dBV, Uout MA#9=13 mkV, Heff MA#9 (5 MHz)=0.292 m, Eg(330 m)=61.5 mkV/m
ЗАО "ПриСТ" www.prist.ru осциллограф АКИП Версия 6.7.41.3 АКИП-72205А

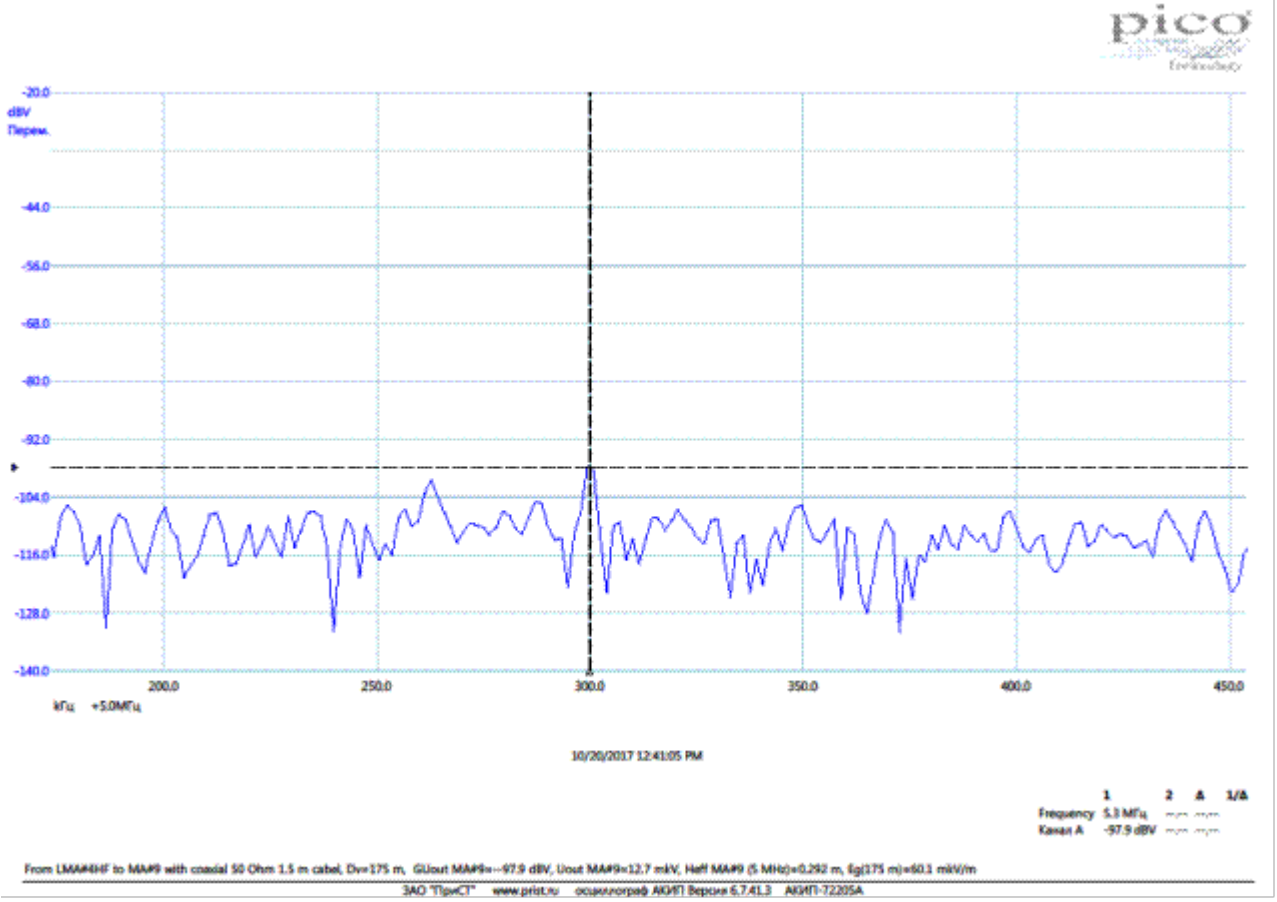
Фиг.11


pico
-20.0
dBV
Перем.
-44.0
-56.0
-68.0
-80.0
-92.0
-104.0
-116.0
-128.0
-140.0
200.0
250.0
300.0
350.0
400.0
кГц +5.0МГц
10/20/2017 12:39:24 PM
1 2 Δ
Frequency 5.3 МГц
Канал А -93.8 dBV
From LMA#4HF to MA#9 with coaxial 50 Ohm 1.5 m cabel, Dv=380 m, GUout MA#9=-93.8 dBV, Uout MA#9=20.4 mkV, Heff MA#9 (5 MHz)=0.292 m, Eg(380 m)=96.3 mkV/m
ЗАО "ПриСТ" www.prist.ru осциллограф АКИП Версия 6.7.41.3 АКИП-72205А

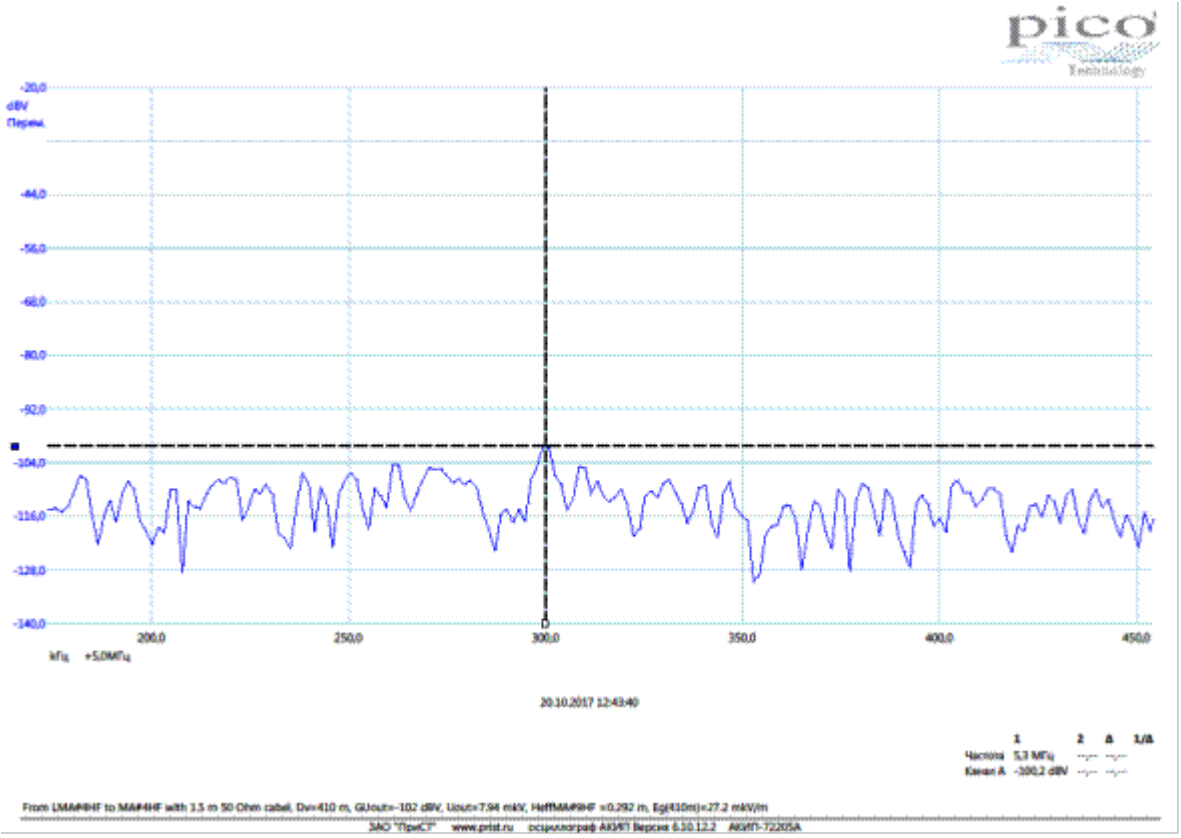
Фиг.12


pico
dBV
Перем.
-20.0
-44.0
-56.0
-68.0
-80.0
-92.0
-104.0
-116.0
-128.0
-140.0
200.0
250.0
300.0
350.0
400.0
450.0
кГц +5.0МГц
10/20/2017 12:37:05 PM
1 2 Δ 1/Δ
Frequency 5.3 МГц
Канал A -87.9 dBV
From LMA#4HF to MA#9 with coaxial 50 Ohm 1.5 m cabel, Dv=66 m, GUout MA#9=-87.9 dBV, Uout MA#9=40.3 mkV, Heff MA#9 (5 MHz)=0.292 m, Eg(66 m)=190 mkV/m
ЗАО "ПриСТ" www.prist.ru осциллограф АКИП Версия 6.7.41.3 АКИП-7220SA

Фиг.13


pico
dBV
Перем.
-20.0
-44.0
-56.0
-68.0
-80.0
-92.0
-104.0
-116.0
-128.0
-140.0
200.0
250.0
300.0
350.0
400.0
450.0
кГц +5.0МГц
10/20/2017 12:41:05 PM
1 2 Δ 1/Δ
Frequency 5.3 МГц
Канал A -97.9 dBV
From LMA#4HF to MA#9 with coaxial 50 Ohm 1.5 m cabel, Dv=175 m, GUout MA#9=--97.9 dBV, Uout MA#9=12.7 mkV, Heff MA#9 (5 MHz)=0.292 m, Eg(175 m)=60.1 mkV/m
ЗАО "ПриСТ" www.prist.ru осциллограф АКИП Версия 6.7.41.3 АКИП-7220SA

Фиг.14



Фиг.15

В **Таблицу 1** сведены

Фиг.1

Таблица 1.

Дистанция в м	**Горизонтальная составляющая Ег в мкВ/м**	**Вертикальная составляющая Ев в мкВ.м**
10	**1580**	
66	**138**	
90	**189**	**113**
175	**43.5**	
180	**86.9**	
300	**108**	
330	**43.5**	
380	**66.8**	
410	**27.2**	

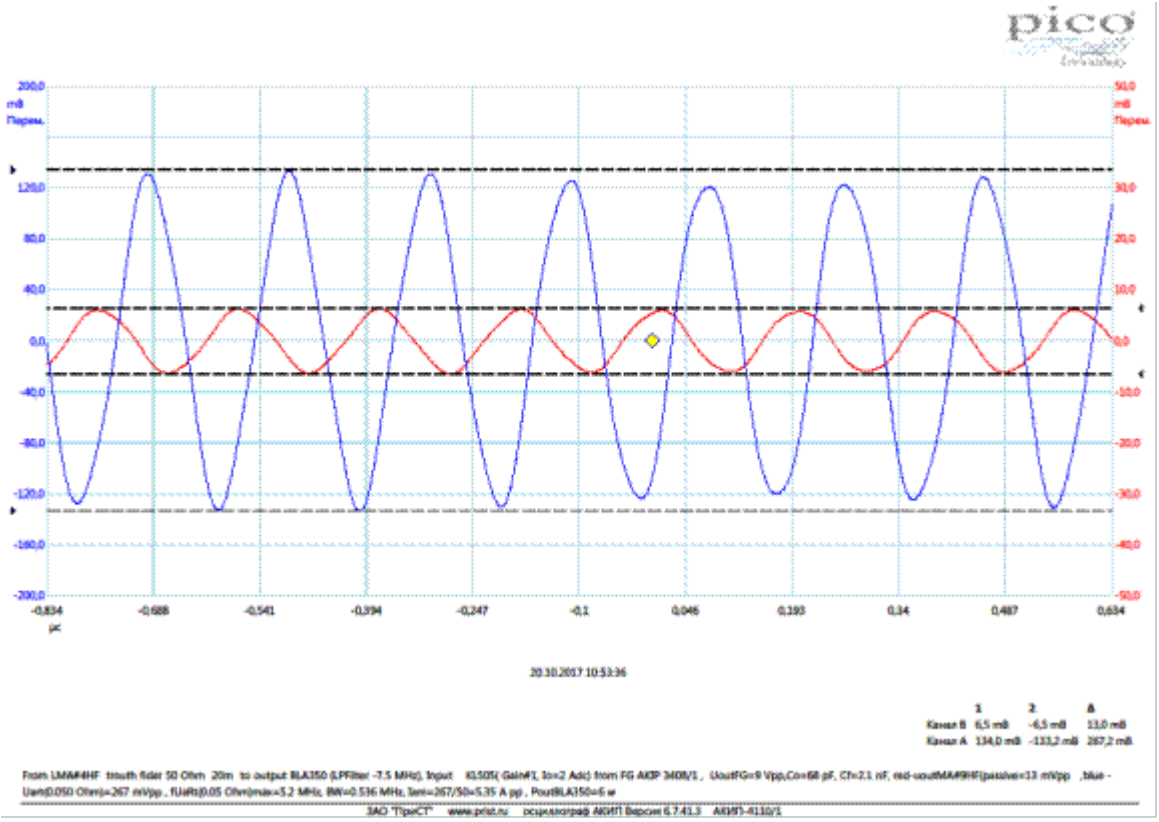
5 . В момент процесса измерений вне лабораторного помещения, автор осуществлял с помощью имеющейся аппаратуры процесс излучения модели на частоте несущей , непрерывно контролируя значения тока «возбуждения» продольного магнитного потока в её теле. В связи с тем обстоятельством, что типа и

Поэтому автору, за не имением альтернативы, приходится последовательно соединять имеющиеся у него два упомянутых выше типа В целях безопасности приходится удалять модель на расстояние порядка . Что привело к применению фидера, идущего от выхода оконечного , в данном случае типа Таким образом пришлось использовать типа не по назначению, — как предварительный усилитель для типа В связи с отсутствием в распоряжении автора усложнилось точное определение основных параметров всего тракта от выхода оконечного минуя фидер (коаксиального кабеля повышенной мощности) к модели и модели , как транслятора электромагнитной энергии, и следовательно, усложнилась возможность подбора необходимого согласующего трансформатора ( ) для неё, чтоб свести к манимому отражение от нее в подводящем фидере, и, следовательно возможность осуществления оптимального согласования её входного сопротивление в данном диапазоне частот с волновым сопротивлением фидера, и, как следствие, — с выходным сопротивлением конечного . Достаточно сказать, что измеренное значение электрической ёмкости упомянутого «силового м коаксиального кабеля на частоте с помощью цифрового моста составило величину , тогда как значение ёмкости резонансного конденсатора в цепи тока «возбуждения», находящегося внутри корпуса модели составляет величину для обеспечения использования диапазона.

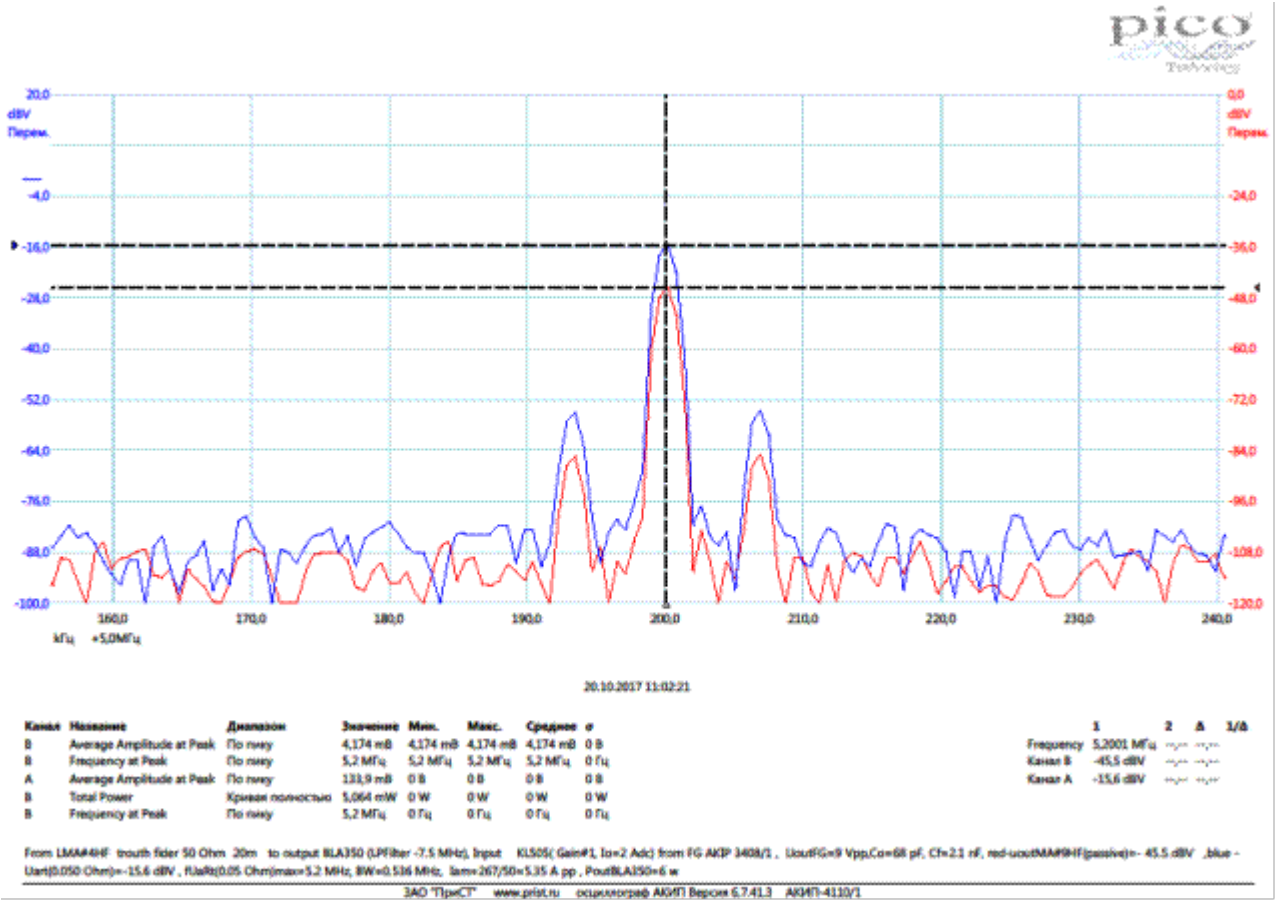
УМ типа обладает автоматическим обеспечением его рабочих характеристик: имея фиксированный набор на выходе, контроль за выходными допустимыми параметрами тракта фидер — антенна, а так же обладает электромагнитным стрелочным прибором для относительного контроля выходной мощности.

. Для контроля тока поступающего в автору пришлось внутрь её герметичного корпуса включить последовательно в токовую цепь контура «возбуждения» калиброванное сопротивление , подсоединив параллельно к нему контакты упомянутого ранее разъема, изображённого рядом с на **Фото.1.**

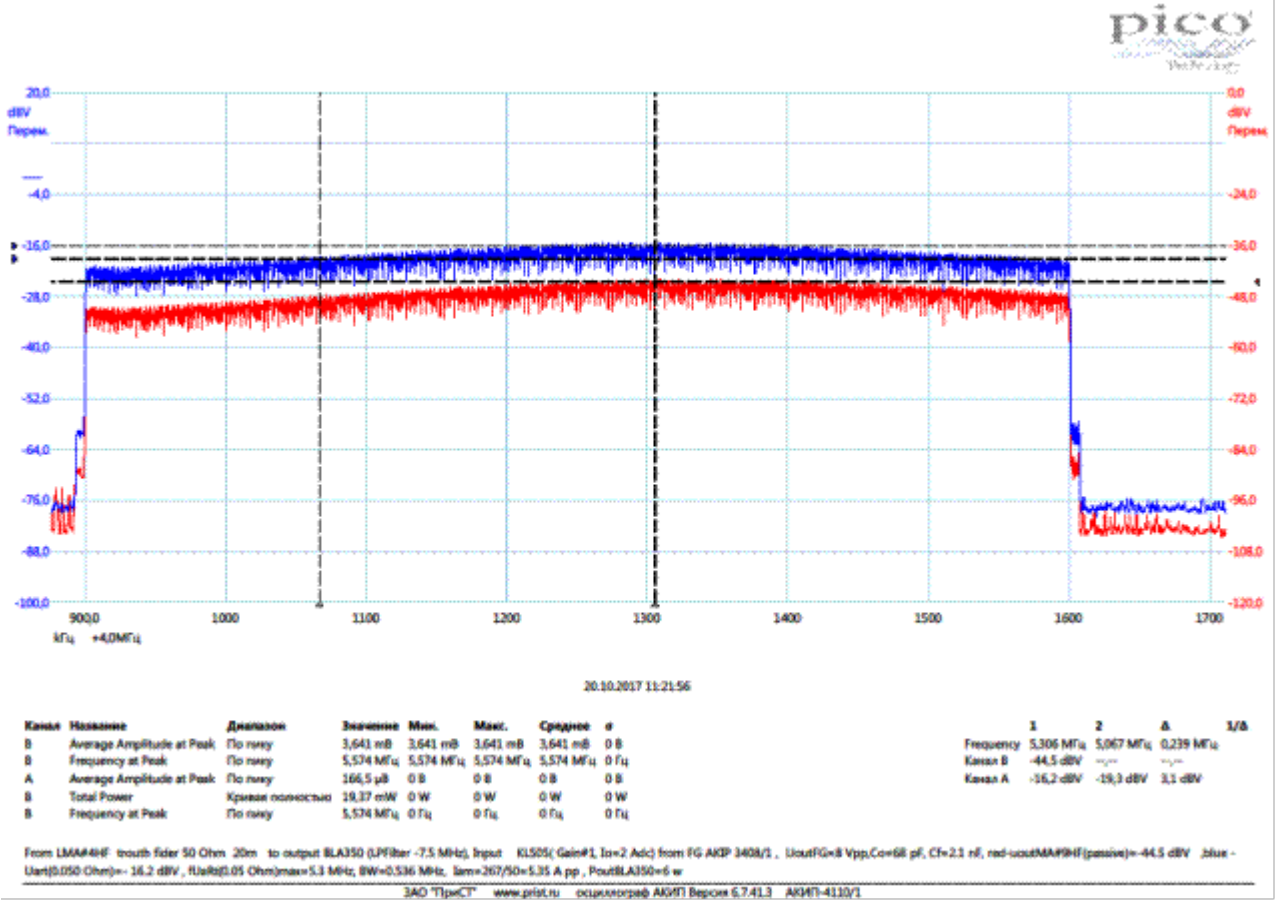
Для представления вида АЧХ и режима работы модели при данном испытании предшествовавшему моменту осуществления такового, ниже приводится ряд АЧХ, спектральных и временных осциллограмм для 5 МГц диапазона модели


pico
20.10.2017 10:53:36
1 2 Δ
Канал B 6,5 mB -6,5 mB 13,0 mB
Канал A 134,0 mB -133,2 mB 267,2 mB
ЗАО "ПриСТ" www.prist.ru осциллограф АКИП Версия 6.7.41.3 АКИП-4110/1

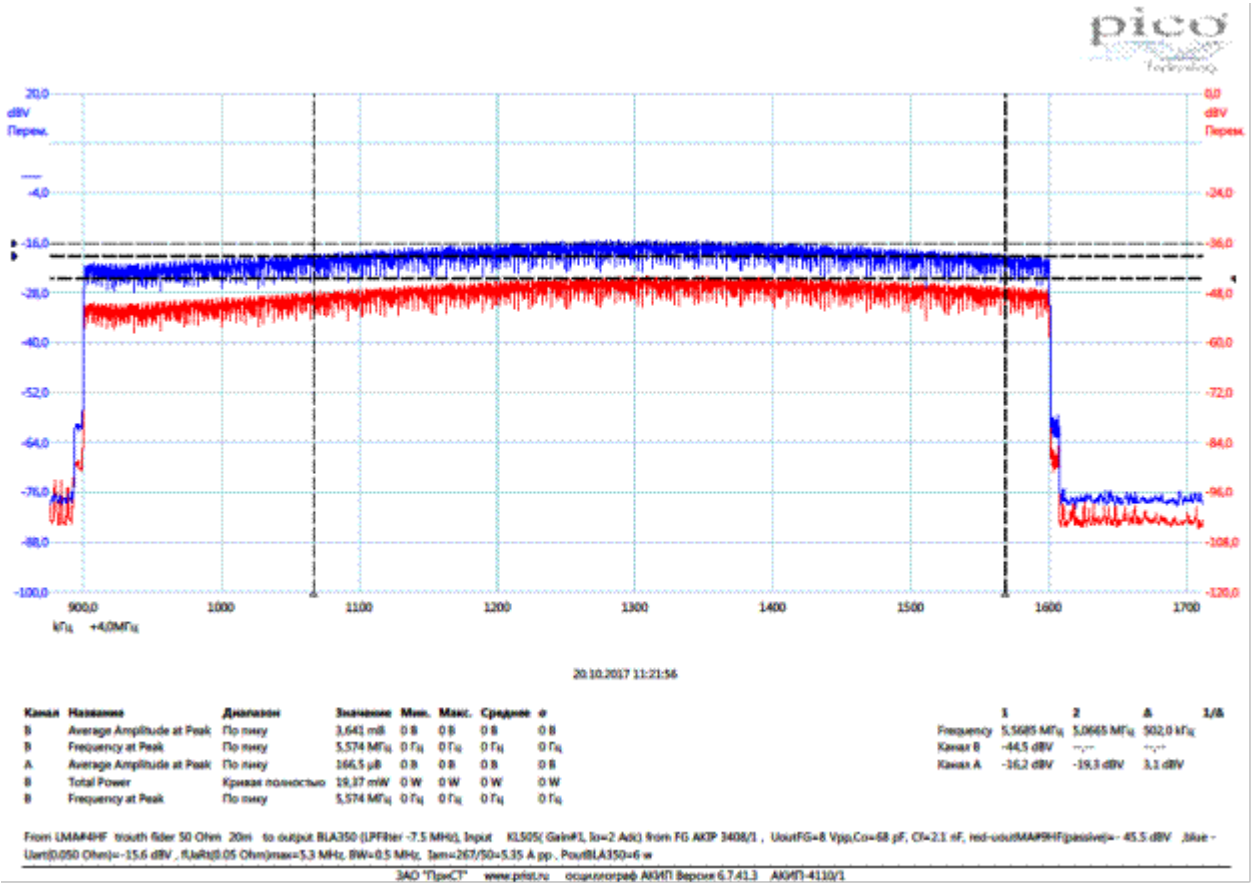
Фиг.16.


pico
20.10.2017 11:02:21
Канал Название Диапазон Значение Мин. Макс. Среднее σ
B Average Amplitude at Peak По пику 4,174 mB 4,174 mB 4,174 mB 4,174 mB 0 B
B Frequency at Peak По пику 5,2 МГц 5,2 МГц 5,2 МГц 5,2 МГц 0 Гц
A Average Amplitude at Peak По пику 133,9 mB 0 B 0 B 0 B 0 B
B Total Power Кривая полностью 5,064 mW 0 W 0 W 0 W 0 W
B Frequency at Peak По пику 5,2 МГц 0 Гц 0 Гц 0 Гц 0 Гц
1 2 Δ 1/Δ
Frequency 5,2001 МГц
Канал B -45,5 dBV
Канал A -15,6 dBV
ЗАО "ПриСТ" www.prist.ru осциллограф АКИП Версия 6.7.41.3 АКИП-4110/1

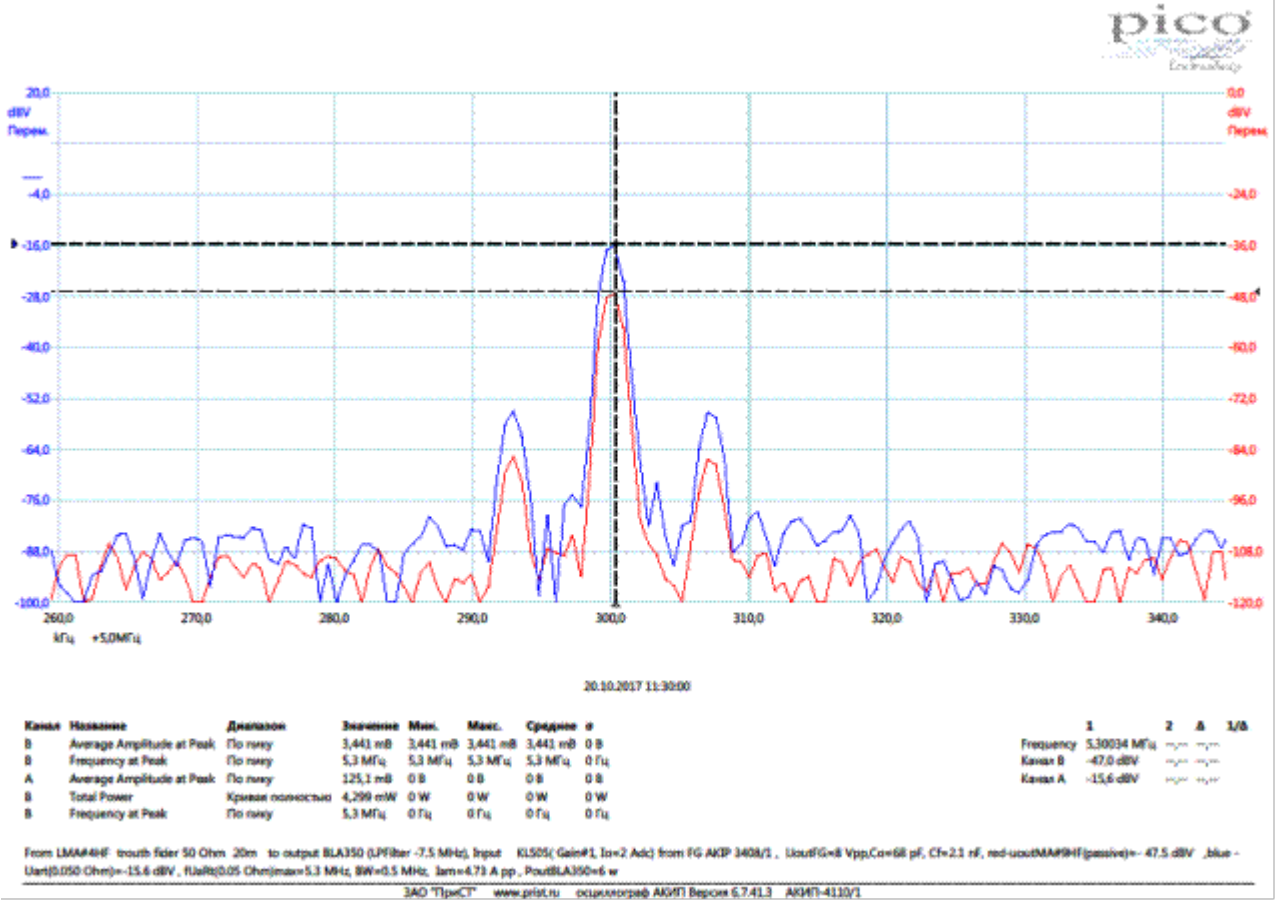
Фиг.17


pico
20,0
dBV
Перем.
-4,0
-16,0
-28,0
-40,0
-52,0
-64,0
-76,0
-88,0
-100,0
0,0
dBV
Перем.
-24,0
-36,0
-48,0
-60,0
-72,0
-84,0
-96,0
-108,0
-120,0
900,0
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
1700
кГц +4,0МГц
20.10.2017 11:21:56
Канал Название Диапазон Значение Мин. Макс. Среднее σ
B Average Amplitude at Peak По пику 3,641 mВ 3,641 mВ 3,641 mВ 3,641 mВ 0 В
B Frequency at Peak По пику 5,574 МГц 5,574 МГц 5,574 МГц 5,574 МГц 0 Гц
A Average Amplitude at Peak По пику 166,5 µВ 0 В 0 В 0 В 0 В
B Total Power Кривая полностью 19,37 mW 0 W 0 W 0 W 0 W
B Frequency at Peak По пику 5,574 МГц 0 Гц 0 Гц 0 Гц 0 Гц
1 2 Δ 1/Δ
Frequency 5,306 МГц 5,067 МГц 0,239 МГц
Канал B -44,5 dBV --,-- --,--
Канал A -16,2 dBV -19,3 dBV 3,1 dBV
From LMA#4HF trouth fider 50 Ohm 20m to output BLA350 (LPFilter -7.5 MHz), Input KL505(Gain#1, Io=2 Adc) from FG AKIP 3408/1 , UoutFG=8 Vpp,Co=68 pF, Cf=2.1 nF, red-uoutMA#9HF(passive)=-44.5 dBV ,blue - Uant(0.050 Ohm)=- 16.2 dBV , fUaRt(0.05 Ohm)max=5.3 MHz, BW=0.536 MHz, Iam=267/50=5.35 A pp , PoutBLA350=6 w
ЗАО "ПриСТ" www.prist.ru осциллограф АКИП Версия 6.7.41.3 АКИП-4110/1

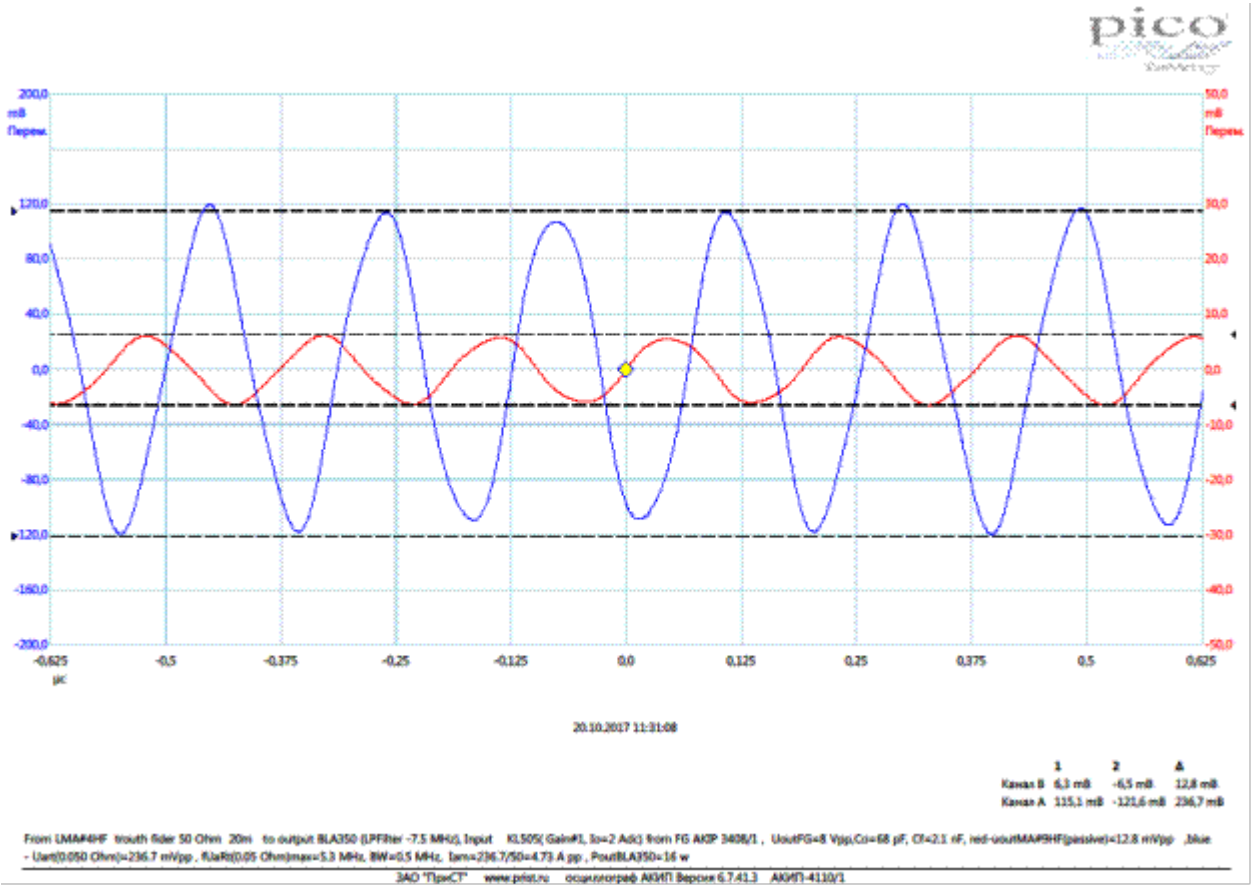
Фиг.18


pico
20,0
dBV
Перем.
-4,0
-16,0
-28,0
-40,0
-52,0
-64,0
-76,0
-88,0
-100,0
0,0
dBV
Перем.
-24,0
-36,0
-48,0
-60,0
-72,0
-84,0
-96,0
-108,0
-120,0
900,0
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
1700
кГц +4,0МГц
20.10.2017 11:21:56
Канал Название Диапазон Значение Мин. Макс. Среднее σ
B Average Amplitude at Peak По пику 3,641 mВ 0 В 0 В 0 В 0 В
B Frequency at Peak По пику 5,574 МГц 0 Гц 0 Гц 0 Гц 0 Гц
A Average Amplitude at Peak По пику 166,5 µВ 0 В 0 В 0 В 0 В
B Total Power Кривая полностью 19,37 mW 0 W 0 W 0 W 0 W
B Frequency at Peak По пику 5,574 МГц 0 Гц 0 Гц 0 Гц 0 Гц
1 2 Δ 1/Δ
Frequency 5,5685 МГц 5,0665 МГц 502,0 кГц
Канал B -44,5 dBV --,-- --,--
Канал A -16,2 dBV -19,3 dBV 3,1 dBV
From LMA#4HF trouth fider 50 Ohm 20m to output BLA350 (LPFilter -7.5 MHz), Input KL505(Gain#1, Io=2 Adc) from FG AKIP 3408/1 , UoutFG=8 Vpp,Co=68 pF, Cf=2.1 nF, red-uoutMA#9HF(passive)=- 45.5 dBV ,blue - Uant(0.050 Ohm)=- 15.6 dBV , fUaRt(0.05 Ohm)max=5.3 MHz, BW=0.5 MHz, Iam=267/50=5.35 A pp , PoutBLA350=6 w
ЗАО "ПриСТ" www.prist.ru осциллограф АКИП Версия 6.7.41.3 АКИП-4110/1

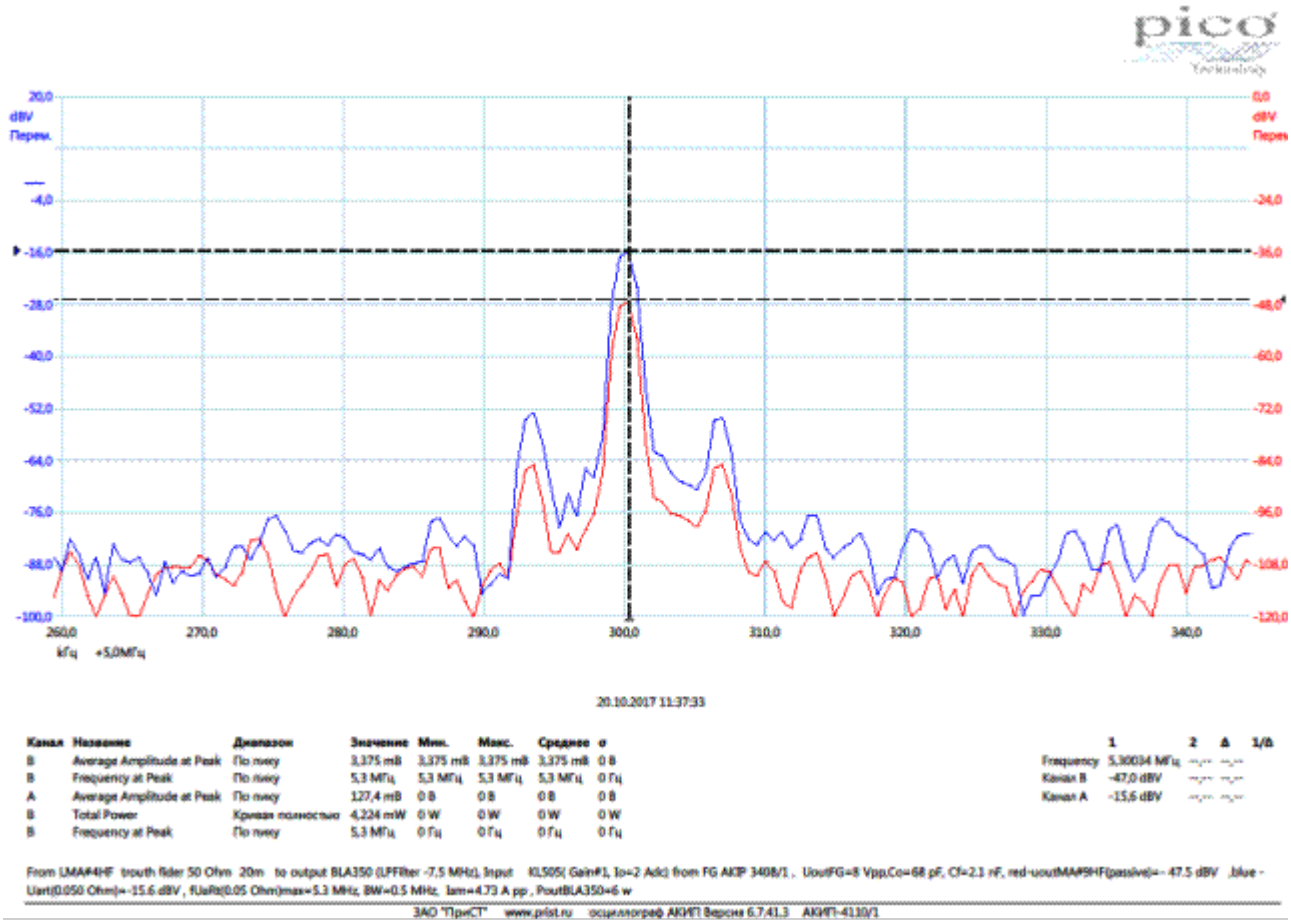
Фиг.19


pico
dBV
Перем.
20,0
-4,0
-16,0
-28,0
-40,0
-52,0
-64,0
-76,0
-88,0
-100,0
0,0
-24,0
-36,0
-48,0
-60,0
-72,0
-84,0
-96,0
-108,0
-120,0
260,0
270,0
280,0
290,0
300,0
310,0
320,0
330,0
340,0
кГц +5,0МГц
20.10.2017 11:30:00
Канал Название Диапазон Значение Мин. Макс. Среднее σ
B Average Amplitude at Peak По пику 3,441 mB 3,441 mB 3,441 mB 3,441 mB 0 B
B Frequency at Peak По пику 5,3 МГц 5,3 МГц 5,3 МГц 5,3 МГц 0 Гц
A Average Amplitude at Peak По пику 125,1 mB 0 B 0 B 0 B 0 B
B Total Power Кривая полностью 4,299 mW 0 W 0 W 0 W 0 W
B Frequency at Peak По пику 5,3 МГц 0 Гц 0 Гц 0 Гц 0 Гц
1 2 Δ 1/Δ
Frequency 5,30034 МГц
Канал B -47,0 dBV
Канал A -15,6 dBV
From LMA#4HF trouth fider 50 Ohm 20m to output BLA350 (LPFilter -7.5 MHz), Input KL505(Gain#1, Io=2 Adc) from FG AKIP 3408/1 , UoutFG=8 Vpp,Co=68 pF, Cf=2.1 nF, red-uoutMA#9HF(passive)=- 47.5 dBV ,blue - Uart(0.050 Ohm)=-15.6 dBV , fUaRt(0.05 Ohm)max=5.3 MHz, BW=0.5 MHz, Iam=4.73 A pp , PoutBLA350=6 w
ЗАО "ПриСТ" www.prist.ru осциллограф АКИП Версия 6.7.41.3 АКИП-4110/1

Фиг.20


pico
mB
Перем.
200,0
120,0
80,0
40,0
0,0
-40,0
-80,0
-120,0
-160,0
-200,0
50,0
30,0
20,0
10,0
0,0
-10,0
-20,0
-30,0
-40,0
-50,0
-0,625
-0,5
-0,375
-0,25
-0,125
0,0
0,125
0,25
0,375
0,5
0,625
μc
20.10.2017 11:31:08
1 2 Δ
Канал B 6,3 mB -6,5 mB 12,8 mB
Канал A 115,1 mB -121,6 mB 236,7 mB
From LMA#4HF trouth fider 50 Ohm 20m to output BLA350 (LPFilter -7.5 MHz), Input KL505(Gain#1, Io=2 Adc) from FG AKIP 3408/1 , UoutFG=8 Vpp,Co=68 pF, Cf=2.1 nF, red-uoutMA#9HF(passive)=12.8 mVpp ,blue - Uart(0.050 Ohm)=236.7 mVpp , fUaRt(0.05 Ohm)max=5.3 MHz, BW=0.5 MHz, Iam=236.7/50=4.73 A pp , PoutBLA350=16 w
ЗАО "ПриСТ" www.prist.ru осциллограф АКИП Версия 6.7.41.3 АКИП-4110/1

Фиг.21



Фиг.22

Итак. данная группа изображений описывает «характер поведения» напряжения полученного на выходе коаксиального кабеля с типа ВЧ упомянутого разъёма, находящегося на внешней герметичной оболочке модели и изображённого **Фиг.1.** И выходного напряжения , снятого с конца коаксиального кабеля, подсоединённого к выходному типа ВЧ разъёму «пассивной» приёмной ферритовой антенны . Место нахождения которой в лабораторном помещении и её расположение можно видеть на **Фото.4.**

Изображение формы этих двух напряжений (, а) представлены на **Фиг.16.** В тексте в нижней его части автором приведена количественная оценка уровня этих напряжений и необходимая информация об заданных параметрах режима работы и и В том числе вычисленное значение амплитуда тока «возбуждения», протекаемого по обмотке соленоида, создающего продольно магнитный поток в теле модели , а именно при частоте несущей , установленной на при о амплитуде напряжения в на его выходе. По форме тока можно с уверенностью сказать, что без всякого согласующего трансформатора ВЧ тракт антенного тока находится в приемлемом для согласовании с его как по сопротивлению, так и по величине возможного возврата к нему подаваемой в силовой фидер к . При этом стрелка его электродинамического прибора отклоняется на от нулевого до первого деления его шкалы указателя выходной мощности. Если вся его шкала соответствует значению его , то можно считать, что его выходной мощностью в данном случае является величина, равная . Но если считать, что его

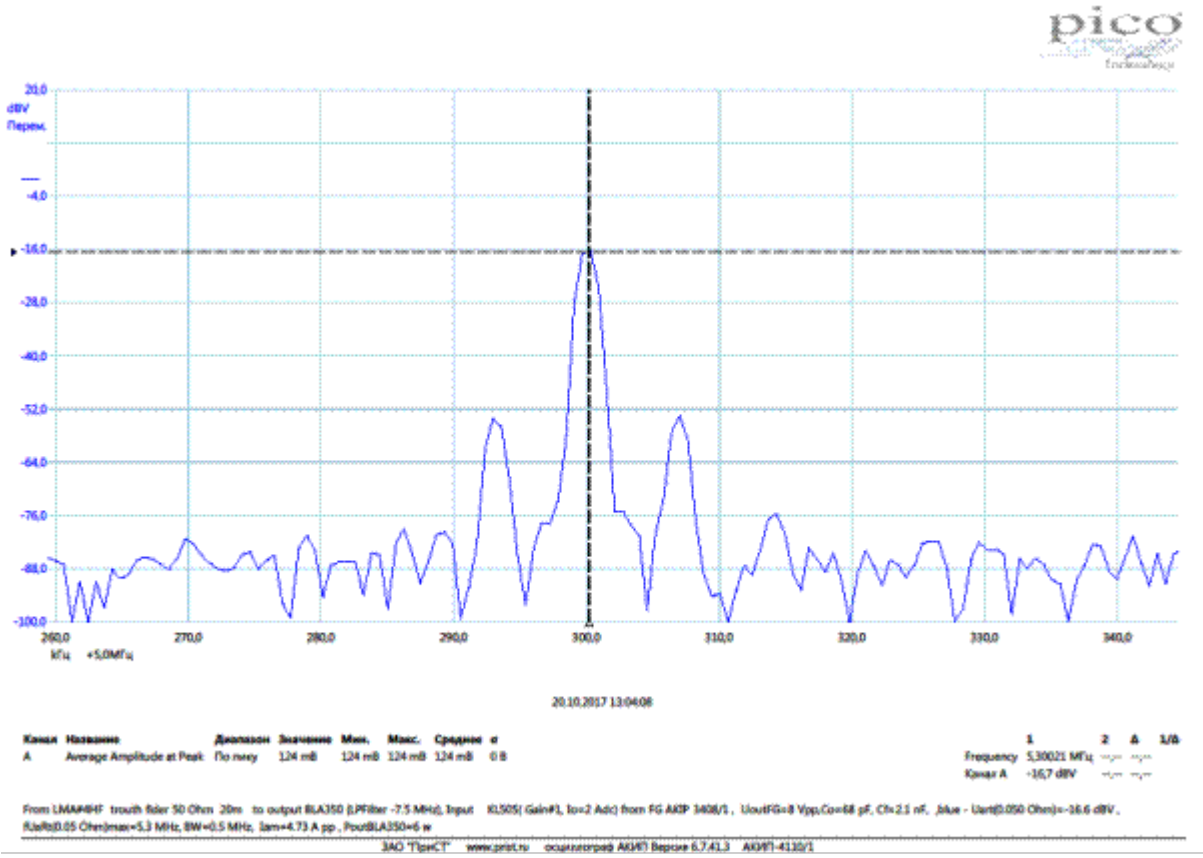
то в данном случае выходная его мощность составляет величину, равную только . Характер спектральной плотности упомянутых напряжений отражён на **Фиг.17**. О виде АЧХ и ширине полосы функционирования модели можно судить по графикам АЧХ упомянутых напряжений на и **Фиг.19**. Видим, что максимум напряжения достигается в диапазоне при частоте несущей его ширина . Изображение дают возможность понять выбранный автором для данного эксперимента режим работы, а именно, **а)** значение выходного напряжения и частоты несущей, установленные на **б)** типа в положении на его передней панели и указана величина постоянного тока потребляемая им от источника постоянного напряжения, внешний вид которого можно видеть на **Фото.5** внизу справа от него, **в)** указано положение переключателя на выходе на передней панели типа см. при подаче в фидер в направлении модели а именно .

. Как было отмечено ранее почти час во время этого эксперимента вся контрольно- силовая аппаратура в лабораторном помещении непрерывно функционировала на указанной частое несущей, хотя в документации к и указан ограниченный интервал времени их применения в режиме) без принятой в радиолюбительской практике вида модуляции несущей). Ниже приведённые изображения на **Фиг.23**, **Фиг.24** и **Фиг.25** дают представление о режиме работы в момент проведения измерений уровня сигнала на пересечённой местности, излучаемого непрерывно на частоте несущей практически за пределами «Ближней зоны», доказывая, [2]

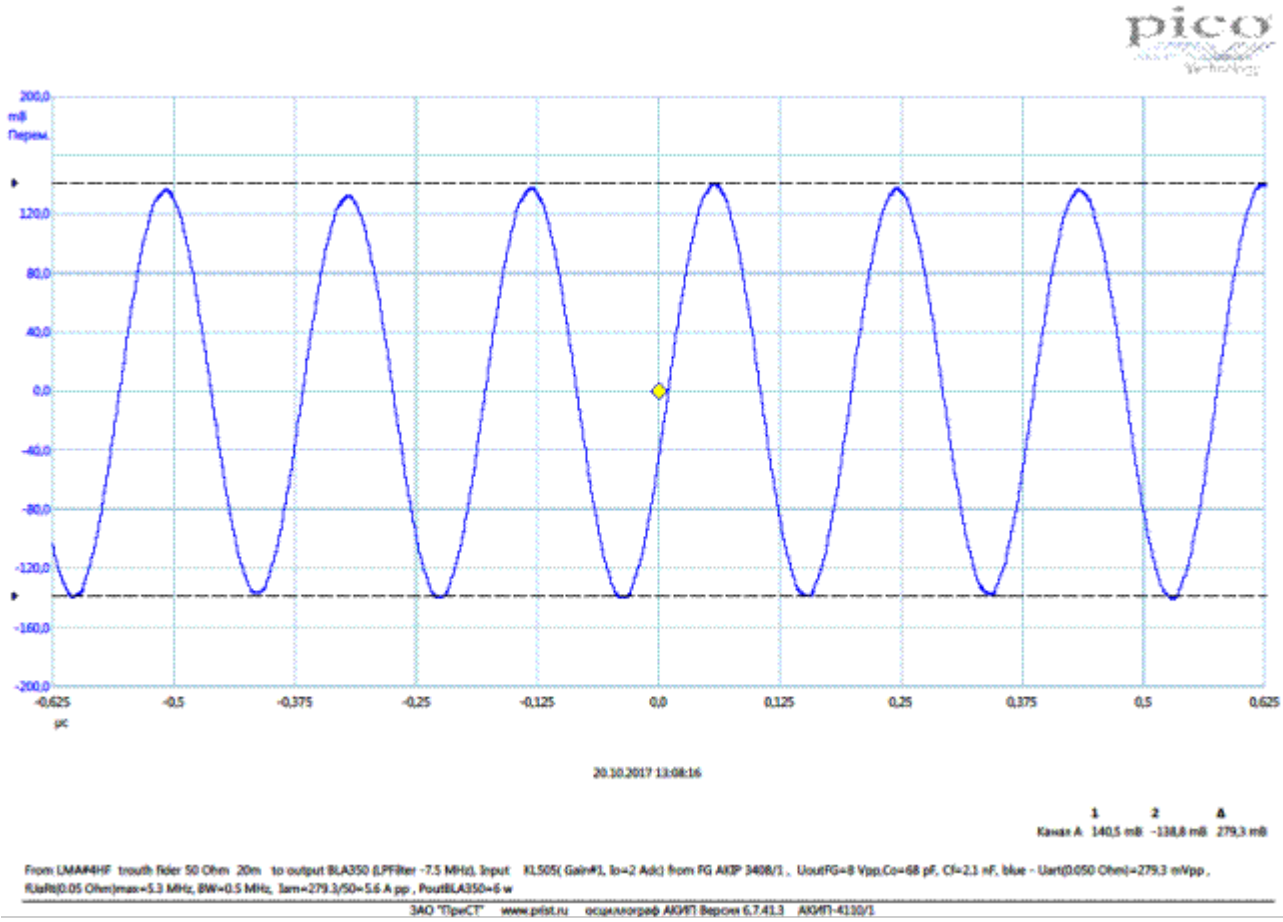
Модель была создана в соответствии с существующем **Патентом РФ [2].**

В основном, размещённое тело модели в герметичном корпусе собственноручно изготовлено .

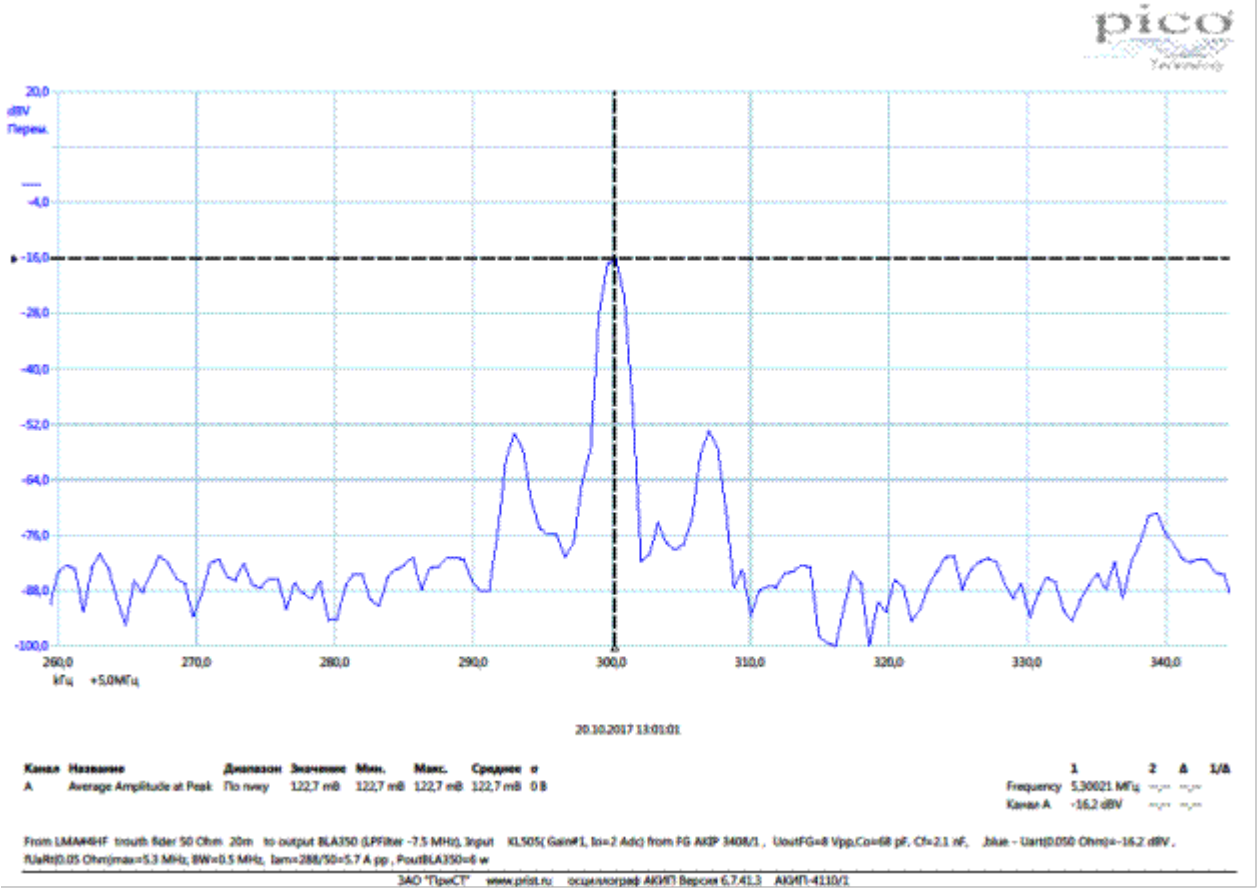
Материалы измерений, произведённых вне помещения лаборатории, автору любезно были представлены


pico
dBV
Перем.
20,0
-4,0
-16,0
-28,0
-40,0
-52,0
-64,0
-76,0
-88,0
-100,0
260,0
270,0
280,0
290,0
300,0
310,0
320,0
330,0
340,0
кГц +5,0МГц
20.10.2017 13:04:08
Канал Название Диапазон Значение Мин. Макс. Среднее σ
A Average Amplitude at Peak По пику 124 mB 124 mB 124 mB 124 mB 0 B
1 2 Δ 1/Δ
Frequency 5,30021 МГц
Канал A -16,7 dBV
From LMAMHF trouth fider 50 Ohm 20m to output BLA350 (LPFilter -7.5 MHz), Input KL505(Gain#1, Io=2 Adc) from FG AKIP 3408/1 , UoutFG=8 Vpp,Co=68 pF, Cf=2.1 nF, ,blue - Uart(0.050 Ohm)=-16.6 dBV ,
RJaRt(0.05 Ohm)max=5.3 MHz, BW=0.5 MHz, Iam=4.73 A pp , PoutBLA350=6 w
ЗАО "ПриСТ" www.prist.ru осциллограф АКИП Версия 6.7.41.3 АКИП-4110/1

Фиг.23.


pico
mB
Перем.
200,0
120,0
80,0
40,0
0,0
-40,0
-80,0
-120,0
-160,0
-200,0
-0,625
-0,5
-0,375
-0,25
-0,125
0,0
0,125
0,25
0,375
0,5
0,625
μc
20.10.2017 13:08:16
1 2 Δ
Канал A 140,5 mB -138,8 mB 279,3 mB
From LMAMHF trouth fider 50 Ohm 20m to output BLA350 (LPFilter -7.5 MHz), Input KL505(Gain#1, Io=2 Adc) from FG AKIP 3408/1 , UoutFG=8 Vpp,Co=68 pF, Cf=2.1 nF, blue - Uart(0.050 Ohm)=279.3 mVpp ,
RJaRt(0.05 Ohm)max=5.3 MHz, BW=0.5 MHz, Iam=279.3/50=5.6 A pp , PoutBLA350=6 w
ЗАО "ПриСТ" www.prist.ru осциллограф АКИП Версия 6.7.41.3 АКИП-4110/1

Фиг. 24



Фиг.25.

Список литературы:

1. **www.lret.ru, 2017.**
2.