

Об испытании модели линейной магнитной антенны ЛМАН^о20М1 (часть 2)

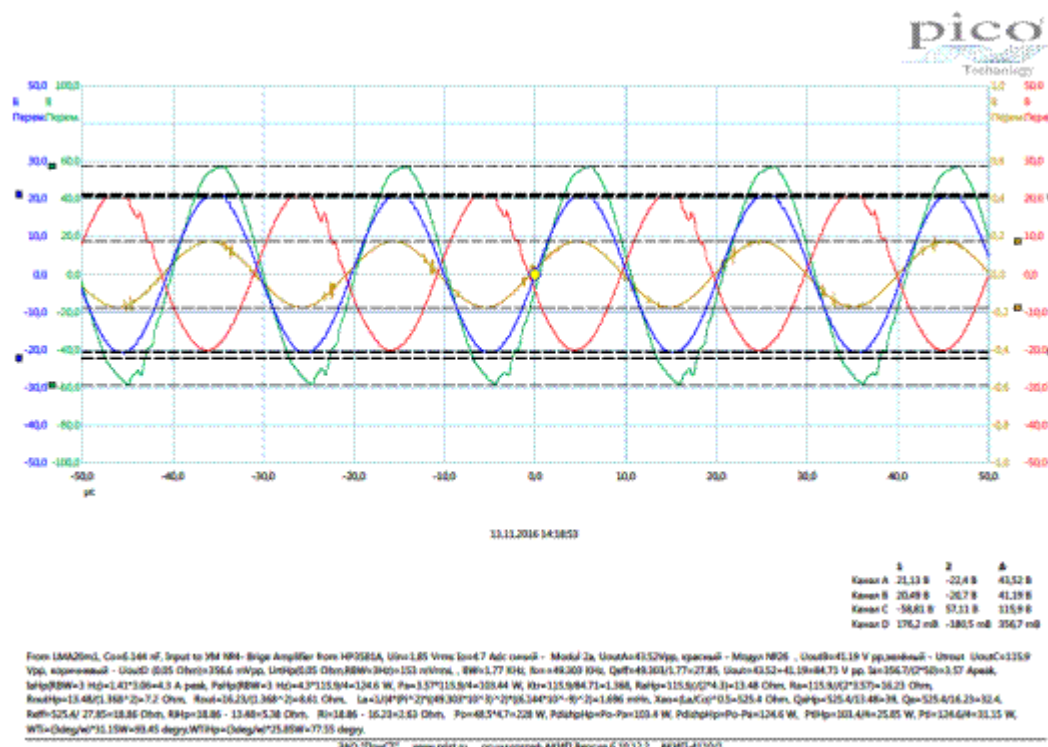
Арий Борисович Ляско

Радиоинженер, канд. физ. - мат. наук, Ph.D.

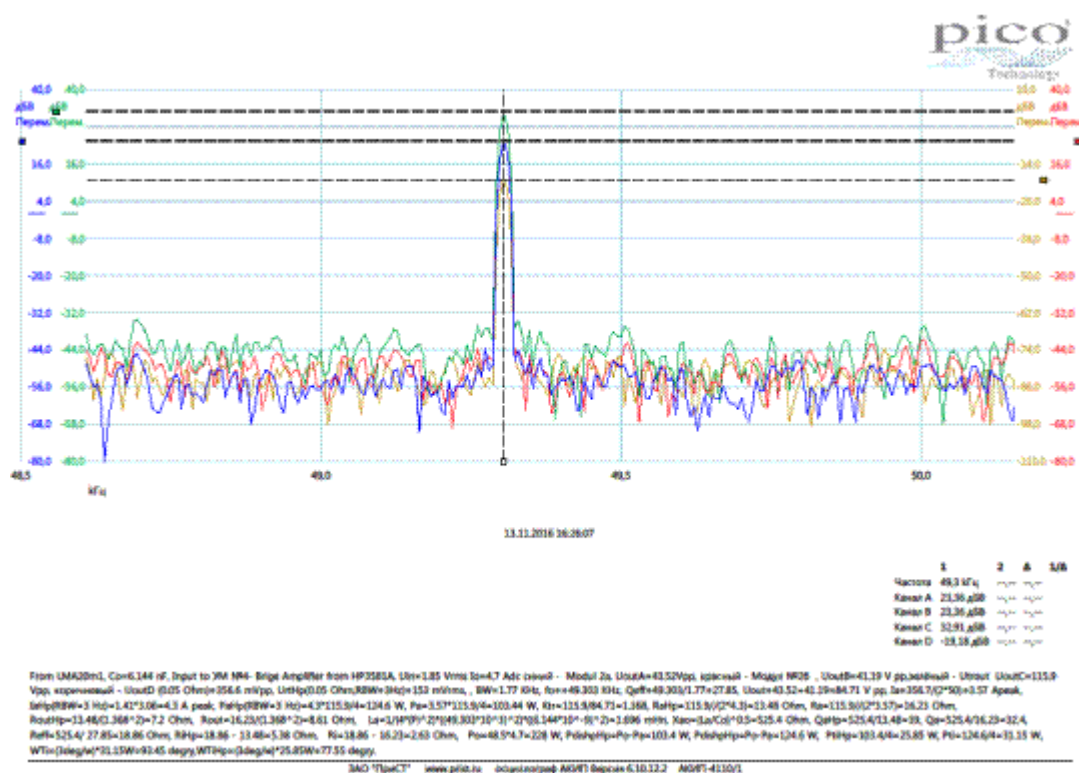
E-mail: lyasko.ariy@mail.ru

(Продолжение п.7 предыдущей моей статьи [5]).

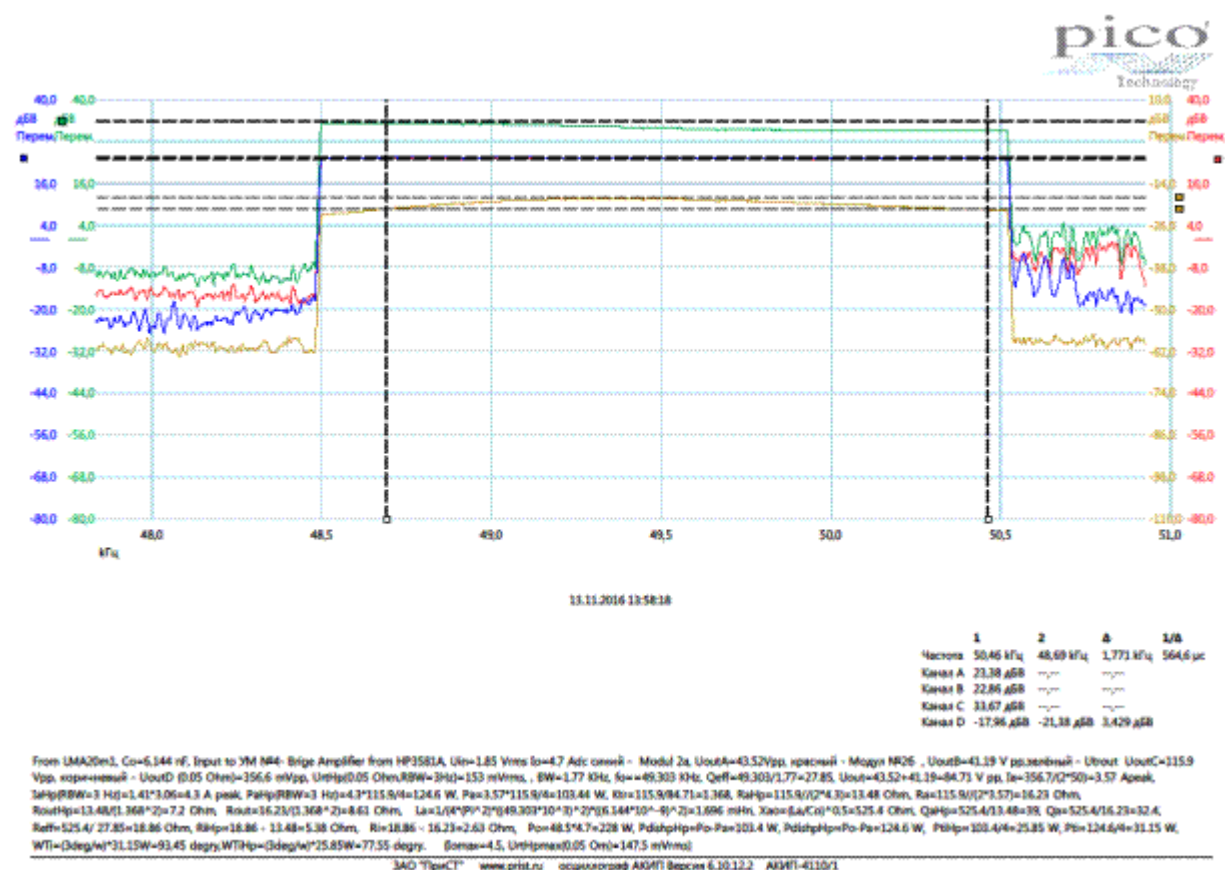
7. Результат исследования работы УМН[№] 4 при «балансном» его выходе на нагрузку антенного контура тока «возбуждения» модели ЛМАН[№] 20м1 в реальных условиях при $U_{in} = 1.85 V_{rms}$ представлен на Изо. 11, 12, 13 и 14.



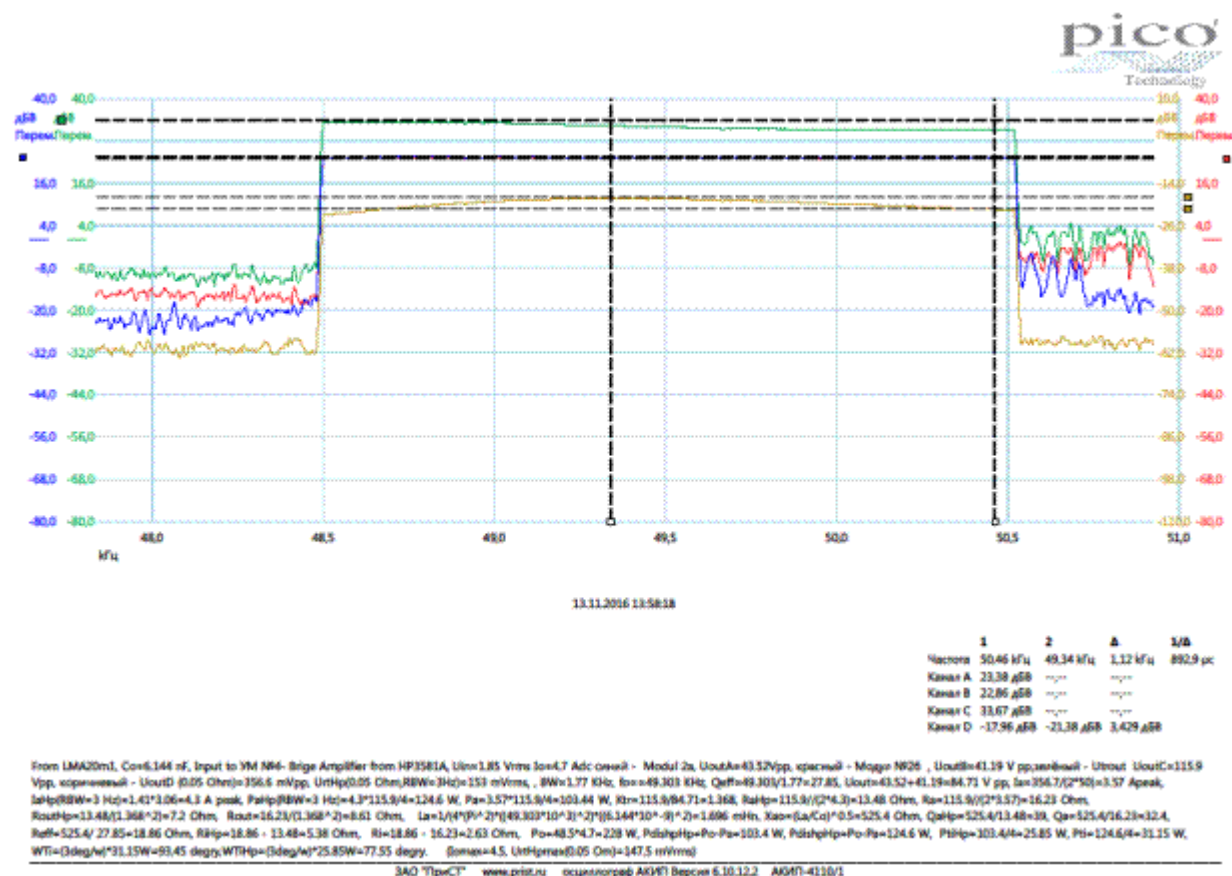
Изо. 11.



Изо. 12.



Изо.13.



Изо.14.

В примечании каждого из приведенных характеристик Изо. 11, 12, 13 и 14 приведены расчёты основных параметров для данного УМН[№] 4 при нагрузке на резонансный контур передающей антенны Модели ЛМАН[№] 20м1 при мостовой схеме подключения выходов его двух каналов: Модуля № 2а и Модуля № 2б (см. Фото. 3 в [5]).

А именно, при значении резонансного конденсатора **Со = 6.144 нФ** и значении резонансной частоты **f₀ = 49.3 КГц** и входном напряжении на УМН[№] 4 от свип — генератора **Нр3581А** равном эффективному значению **1.85 В**. Следуя данным **Изо. 11**:

а) Амплитудное значение напряжения на выходе УМН[№] 4 равно **42.35 В**.

б) с помощью электродинамического прибора Нр3581А (см. Фото.1.) производилось измерение эффективного значения напряжения на калиброванном сопротивлении **0.05 Ом**,

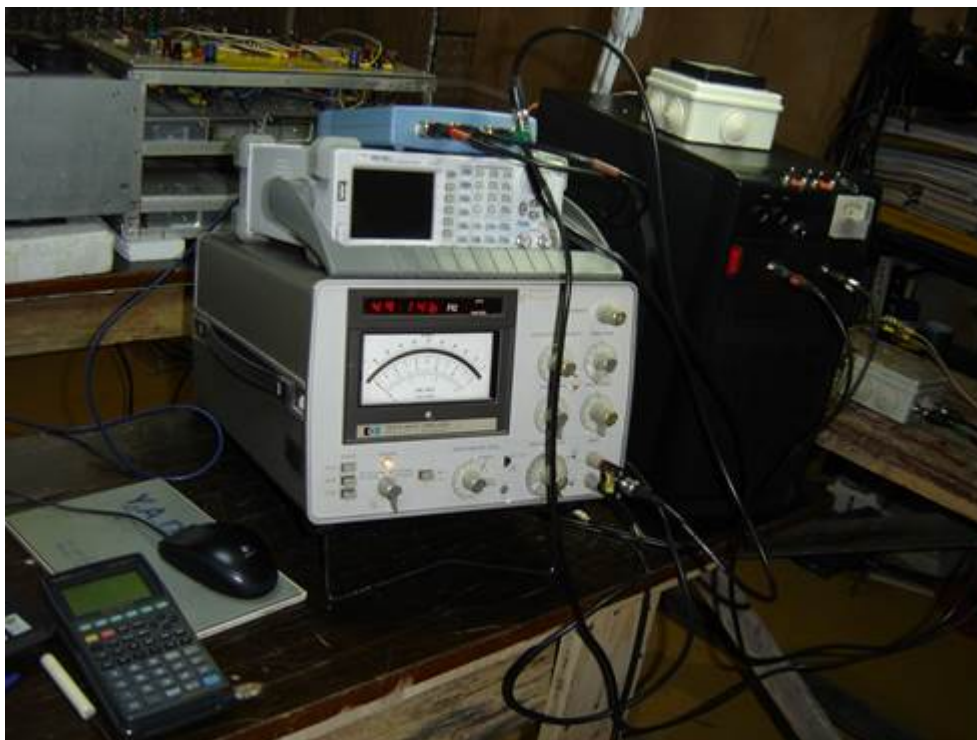


Фото.1.

находящегося в Измерительной коробке, протекаемого тока в антенном резонансном



Фото.2.

контуре ЛМАН[№] 20м1(внешний вид которой показан справа на Фото.2) для частоты несущей, совпадающей с резонансной частотой её контура тока «возбуждения» при фильтре RBW= 3 Гц, эффективного значения которого равно 153 мВ. Это означает, что эффективное значение протекаемого тока по фидеру питания антенного контура последовательного резонанса равно **3.06 А**, а его амплитудное значение равно **4.3 А**.

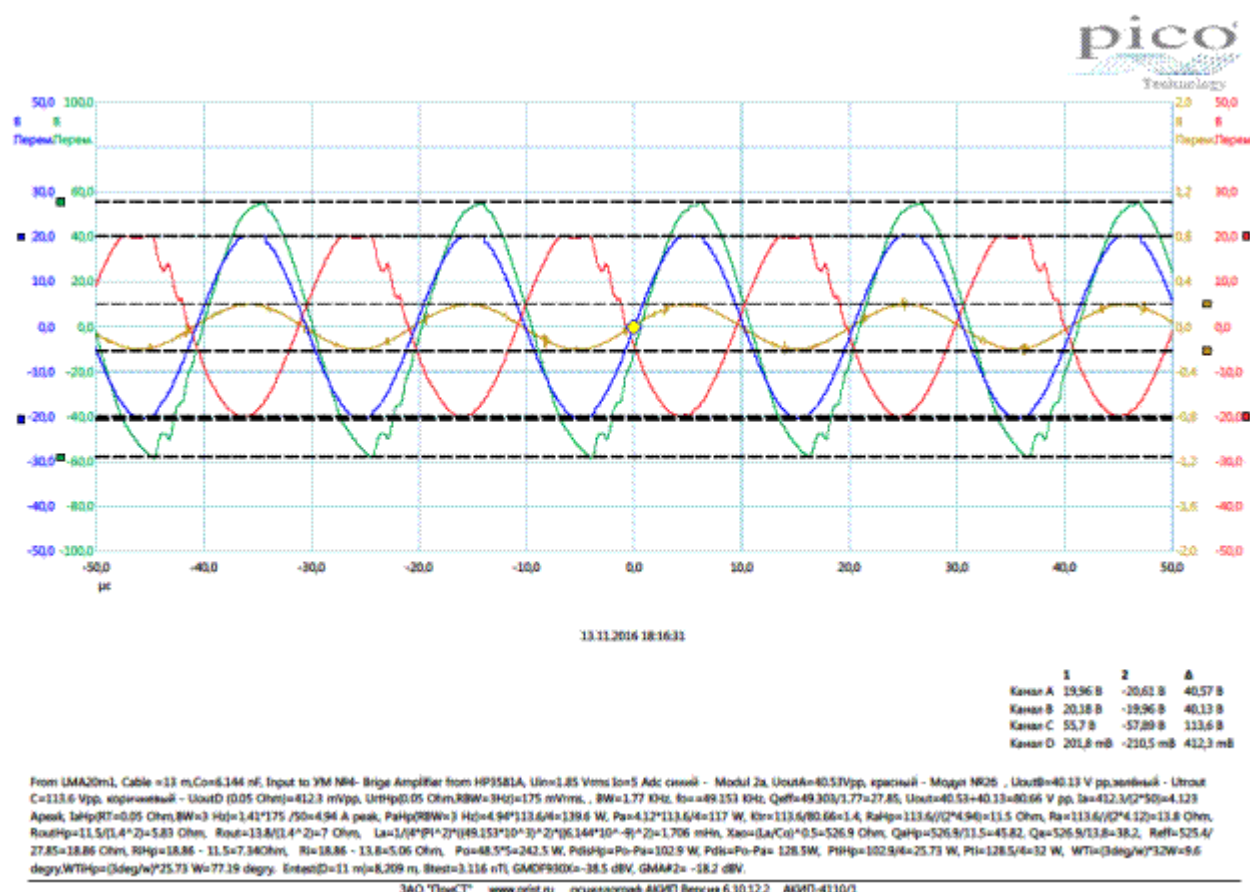
в) Зная двойное амплитудное значение напряжения на выходе СТ УМН[№] 4, равное **115.9 В**, можно определить значение эквивалентного активного сопротивления потерь собственно контура

тока «возбуждения» [1, 2, 3, 4, 5], которое равно **13.48 Ом** для модели ЛМАН[№] 20м1. г) Использование **четырёхканального цифрового с 12 бит АКП виртуального «Осциллоскоп — Анализатора» частотного спектра электрических сигналов типа АКИП 4110/1** (внешний вид которого представлен на Фото.1 в пластиковом корпусе синего цвета в центральной его части) для получения кривых Изо. 11, 12, 13 и 14 позволяет так же определить (хотя не известно значение его **RBW**) эффективного значения активного сопротивления потерь и амплитудное значение тока «возбуждения» в резонансной цепи антенны ЛМАН[№] 20м1 по величине измеренного значения напряжению на этом же калиброванном сопротивлении **0.05 Ом**. Амплитудно значение тока **3.57 А** в антенном контуре равно отношению (см. Изо.11) двойного амплитудного значения напряжения на калиброванном сопротивлении, равного **356.7 мВ** и увеличенного в два раза значения этого калиброванного сопротивления. А значение активного сопротивления потерь УМН[№] 4 равно отношению двойного амплитудного значения напряжения на выходе СТ, равного **115.9 В** и увеличенного в два раза значения тока «возбуждения», равного **3.57 А**. Таким образом, в момент резонанса сопротивление активных потерь собственно антенного контура равно **16.56 Ом**.

д) Как следует из отсчёта показаний двойного амплитудного значения напряжения на выходе Согласующего трансформатора СТ, равного **115.9 В**, подводимая мощность к антенне ЛМАН[№] 20м1 составляет, соответственно, величину **124.6 Ватт** или **103.4 Ватт**.

е) Постоянное напряжение питания **Ео** УМН[№] 4 равно **48.5 В**, а потребляемый им ток в момент резонанса антенной цепи составил величину, равную **4.7 А**. Поэтому в данном случае **УМН[№] 4** потребляет от источника постоянного напряжения питания мощность, равную **228 Ватт**. ж) Мощность теплового рассеяния четырьмя ИОУМ в УМН[№] 4 составляет, соответственно, **103.4 Ватт**, или **124.6 Ватт**. Способность рассеивания тепла используемыми в УМН[№] 4 радиаторами воздушного охлаждения ИОУМ без принудительной вентиляции оценивается как **3 гр./Ватт**. Поэтому каждый ИОУМ может нагреться, соответственно, на **77.6** градуса, или на **93.5** градуса. Поэтому применяются для принудительного отвода тепла от корпуса каждого ИОУМ два микро вентилятора в данном УМН[№] 4. Автор полагает, что будет иметь место коэффициент «способности рассеивания тепла» порядка **1 гр./Ватт**. з) Данные, полученные с помощью Изо.11, позволяют оценить коэффициент трансформации $K_{тр}$ (для данного значения частоты и протекаемого тока) согласующего трансформатора СТ по отношению величины двойного амплитудного значения напряжение на его выходе, равного **115.9 В** и напряжения на его входе, — равного **84.71 В**. Таким образом, СТ — является повышающим трансформатором и $K_{тр} = 1.36$. и) Активное сопротивление нагрузки балансного выхода УМН[№] 4 в момент резонанса, равное **7.3 Ом**, или **9 Ом** может быть определено из Изо.11 как отношение активного сопротивления потерь антенной резонансной цепи, соответственно, равного **13.48 Ом**, или **16.56 Ом** и квадрата коэффициента трансформации СТ $K_{тр}$. к) В силу нелинейности характеристик магнитопровода антенны ЛМАН[№] 20м1 от протекаемого по его обмотке тока «возбуждения» и зависимости его свойств от частоты имеется возможность при помощи кривых Изо.11 оценить эквивалентную величину индуктивности соленоида модели ЛМАН[№] 20м1 с учётом знания величины емкости резонансных конденсаторов, равной **6.144 нФ**. Для частоты $f_0 = 49.3$ КГц эквивалентное значение индуктивности антенны ЛМАН[№] 0м1 равно **1.692 мГн**.

л) на основе АЧХ Изо.13 и Изо. 14 следует, что ЛМАН[№] 20м1 обладает полосой пропускания RB частоты, равной **1.771 КГц** на уровне — 3 dB. Корень квадратный отношения эквивалентного значения индуктивности **1.692 мГн** и резонансной емкости **6.144 нФ** антенного контура определяет величину Волнового сопротивления цепи последовательного резонанса антенного контура тока «возбуждения», равную **524.8 Ом**. Добротность собственно антенного контура тока «возбуждения», равная отношению «Волнового сопротивления» и, соответственно, сопротивления потерь в нём (**13.48 Ом**, или **16.56 Ом**), поэтому равна, соответственно, **39**, или **32**. м) По отношению величины



Изо.16.

9. Как отмечено в нижней части текста Изо. 15. и Изо. 16, в лаборатории на расстоянии **10 м** от места расположения передающей модели ЛМАН[№] 20м1 (см. Фото[№] 1 в [5]) производилось измерение значения напряжённости поля с помощью **портативного цифрового спектра анализатора типа АКИП –4210/3** и одновременно измерение уровня сигнала, принятого антенной **MAN[№] 2** , как это можно видеть на **Фото. 3, 4 и 5** . Эффективное значение электрической составляющей электромагнитного поля, равное **$E=8.209$ В/м**, а значение уровня зарегистрированного ферритовой приёмной антенной MAN[№] 2 сигнала, равного — **18.2 dBV**, с помощью **двухканального цифрового с 16 бит АКП виртуального**



Фото.3.



Фото. 4.

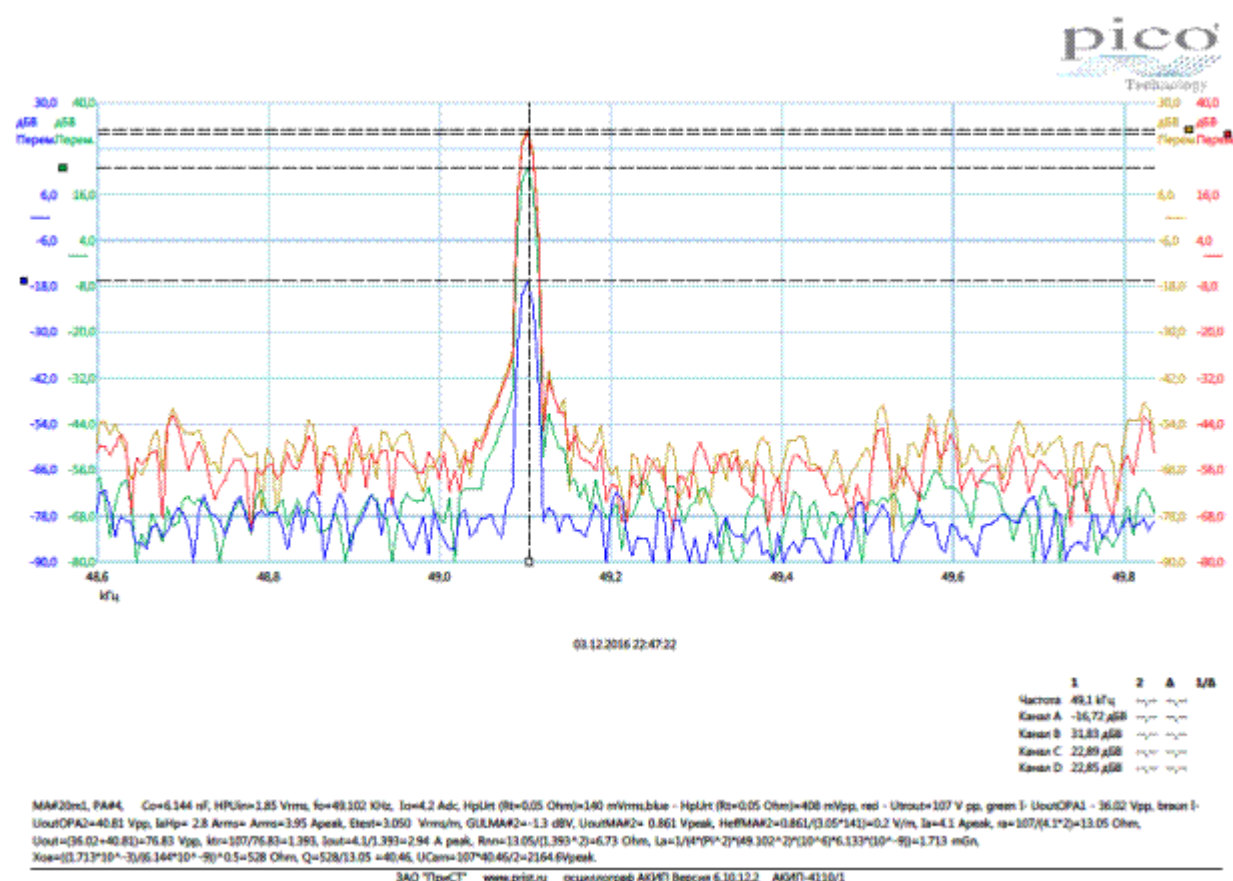
«Осциллоскопа — Анализатора» частотного спектра электрических сигналов типа *Piso ADC — 216*. Собственно **MAN[№] 2** является широкополосной приёмной антенной, предназначенной для приёма электромагнитного сигнала в частотном диапазоне от **20 КГц** до частоты не менее **80 КГц**. При этом была разработана её конструкция с используемым для её подключения кабелем заданного типа и длины, чтобы её собственная резонансная частота не была ниже **90 КГц**. При измерении характеристик Модели ЛМАН[№] 20м1, приведённых на **Изо. 15 и 16**, был зарегистрирован сигнал с амплитудным значением напряжения, равным **0.123 В**. Знание эффективного значения величины электрической составляющей электромагнитного поля, равного **E=8.209 В/м**, в месте расположения антенны **MAN[№] 2** позволило определить для частоты резонанса **f₀ = 49.3 КГц** значение её «**Действующей Высоты**», равное **0.015 м**.

С целью возможности производства измерения электромагнитного поля вне лабораторного помещения на дистанциях «Ближней и дальней» зоны излучения моделью ЛМАН[№] 20м1 на частоте несущей порядка 49 КГц — 52 КГц с использованием УМН[№] 4, мощность которого порядка 200 Ватт, стало целесообразным применение **MAN[№] 2** с добавкой внешнего конденсатора с регулируемой ёмкостью в конце её кабеля, позволяющего искусственно переместить собственная её резонансную частоту в заданную частотную область.



Фото. 5.

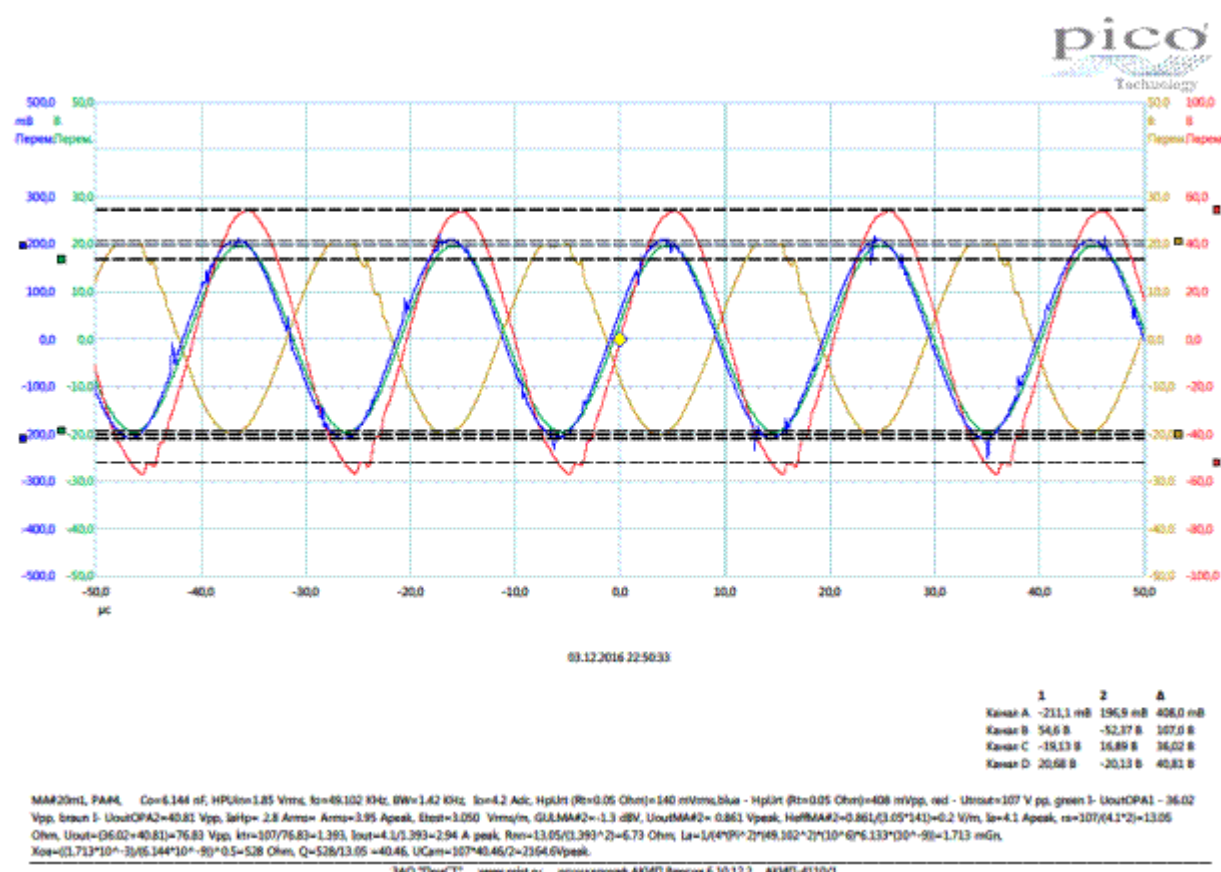
На Фото. 5 можно видеть сверху функционального генератора изображение **двухканального цифрового с 16 бит АКП виртуального «Осциллоскопа — Анализатора» частотного спектра электрических сигналов типа Pico ADC — 216** и прикреплённый на один из его входов (канал А) смеситель на два его входа BNC типа . К верхнему входу этого смесителя подведён длиной в 1 м коаксиальный кабель от модели MAN[№] 2, а к нижнему его входу подсоединён «кабель — аппендикс» с металлической коробочкой на его конце, в которой параллельно подсоединены дополнительный постоянный конденсатор порядка **73 пФ** и переменный роторного типа конденсатор — триммер со значением его емкости от **3 пФ** до **50 пФ**, чтобы обеспечить возможность установления её собственной резонансной частоты в пределах частот от **48 КГц** до **52 КГц** в процессе предполагаемых внешних испытаний на указанных частотах при подсоединении к измерительному прибору с входным сопротивлением не менее **0.5 МОм**, например, к такому, как измеритель **АКИП — 4210/3** (в режиме селективного микро вольтметра, обладающего чувствительностью **0.2 мкВ**), или **Pico ADC — 216**, или **АКИП-4110/4**, или **Нр3581А** (при работе в режиме селективного микро вольтметра с **RBW = 3 Гц**, обладающего чувствительностью **0.1 мкВ**).



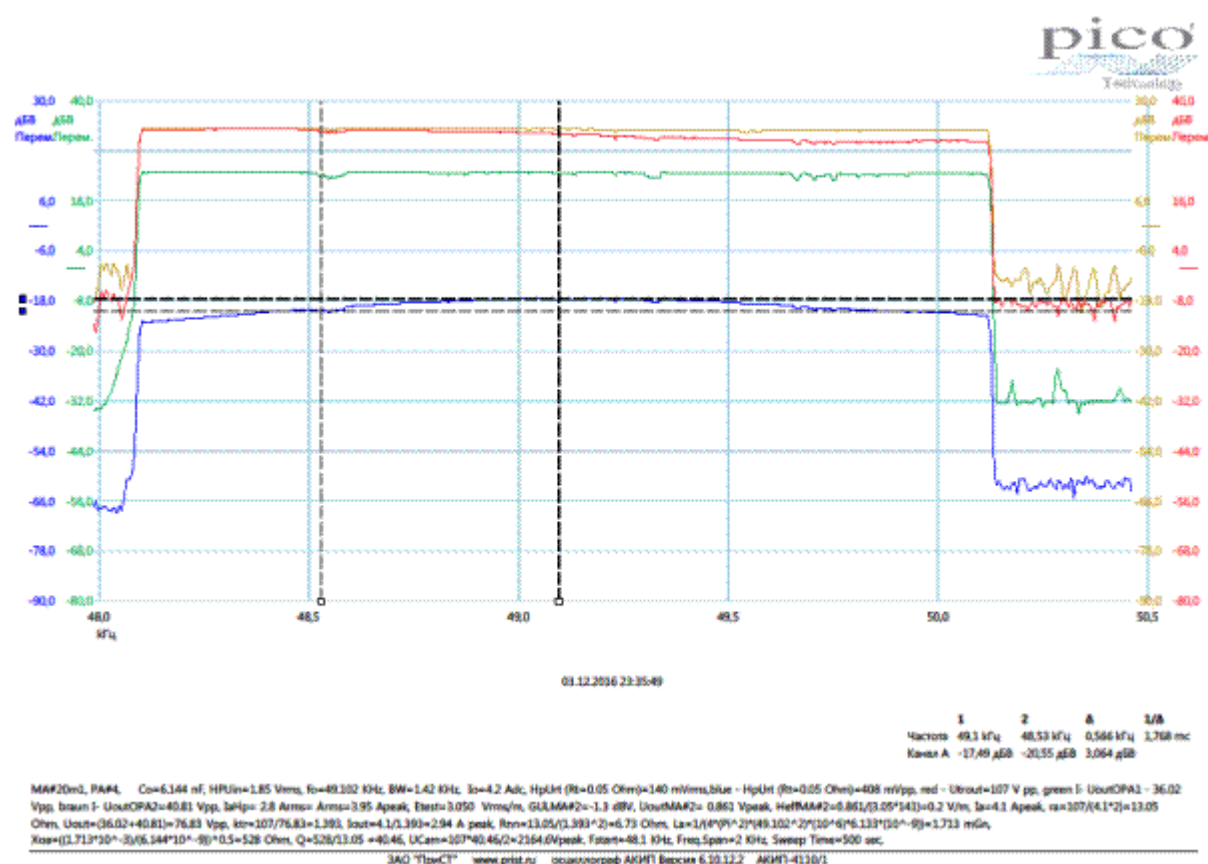
Изо. 17.

10. На Изо.19 и Изо.20 представлена АЧХ сигнала в контролируемых точках УМ[№] 4 при подаче питания передающей антенне ЛМАН[№] 20м1 в момент её трансляции электромагнитной энергии в окружающее пространство. На Изо.22 и Изо.23 представлена АЧХ сигнала принятого ферритовой антенны MAN[№] 2 в момент осуществления сканирования частот несущей в её цепи тока «возбуждения» антенны ЛМАН[№] 20м1 в момент её трансляции электромагнитного излучения в частотном диапазоне от 48.1 КГц до 50.1 КГц. Из этих данных следует, что полоса пропускания **RB** для приёмной антенны, в силу обладания ею селективностью по частоте уже полосы пропускания **RB** контура тока «возбуждения» антенны ЛМАН[№] 20м1. На Изо.21 и Изо.17 представлен вид, соответственно, спектральной плотности принятого антенной MAN[№] 2 сигнала

и вид спектральной плотности сигналов в контрольных точках УМН[№] 4, при транслируемого антенной ЛМАН[№] 20м1 на частоте несущей в момент резонанса в цепи тока её питания. В момент резонанса на Изо.18 представлена форма сигнала в упомянутых точках контроля УМН[№] 4.

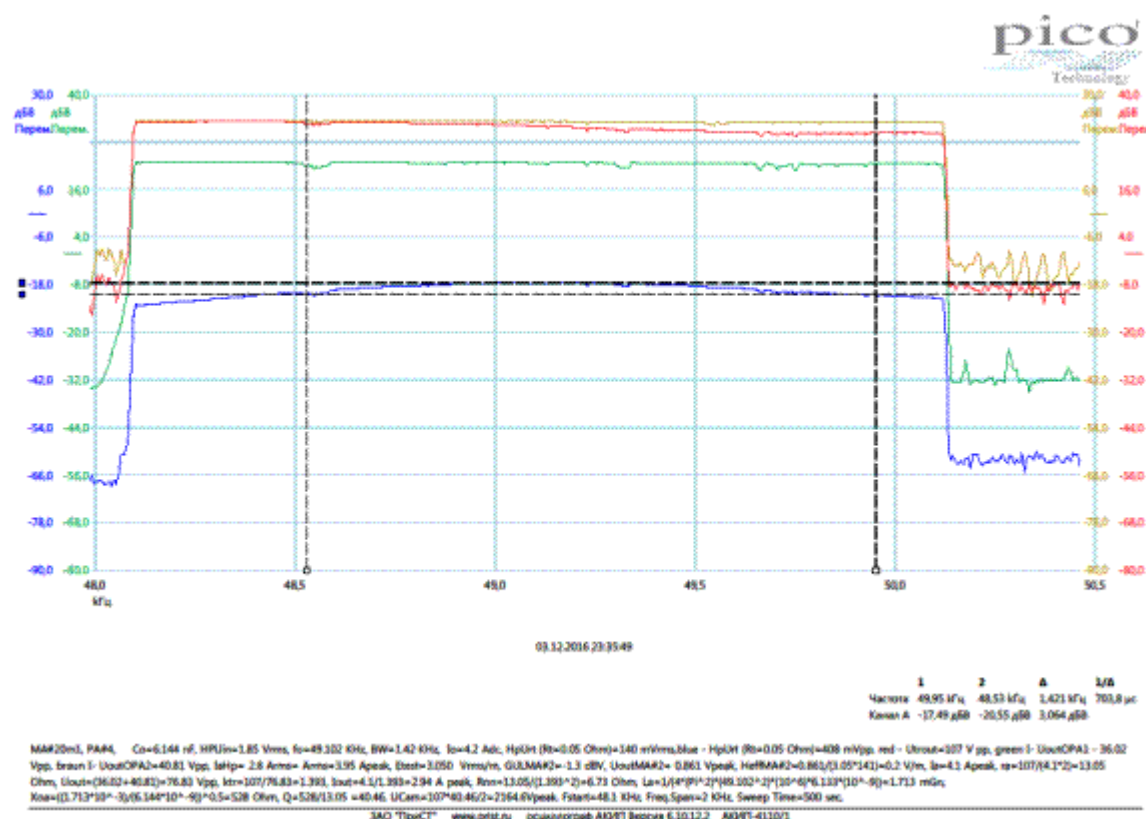


Изо. 18.

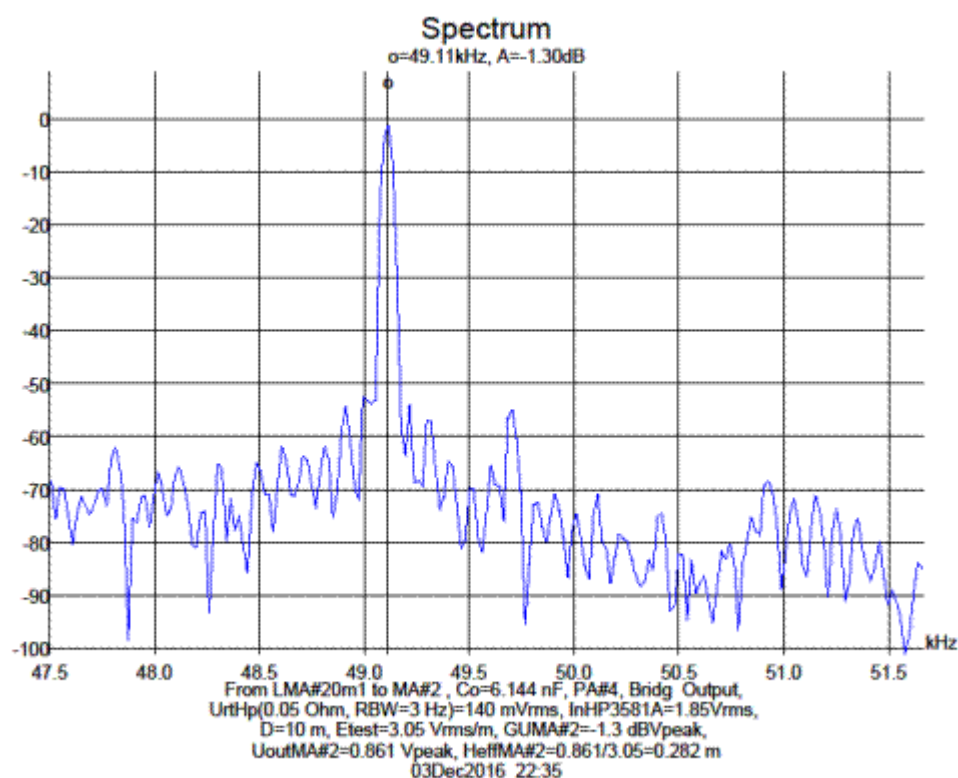


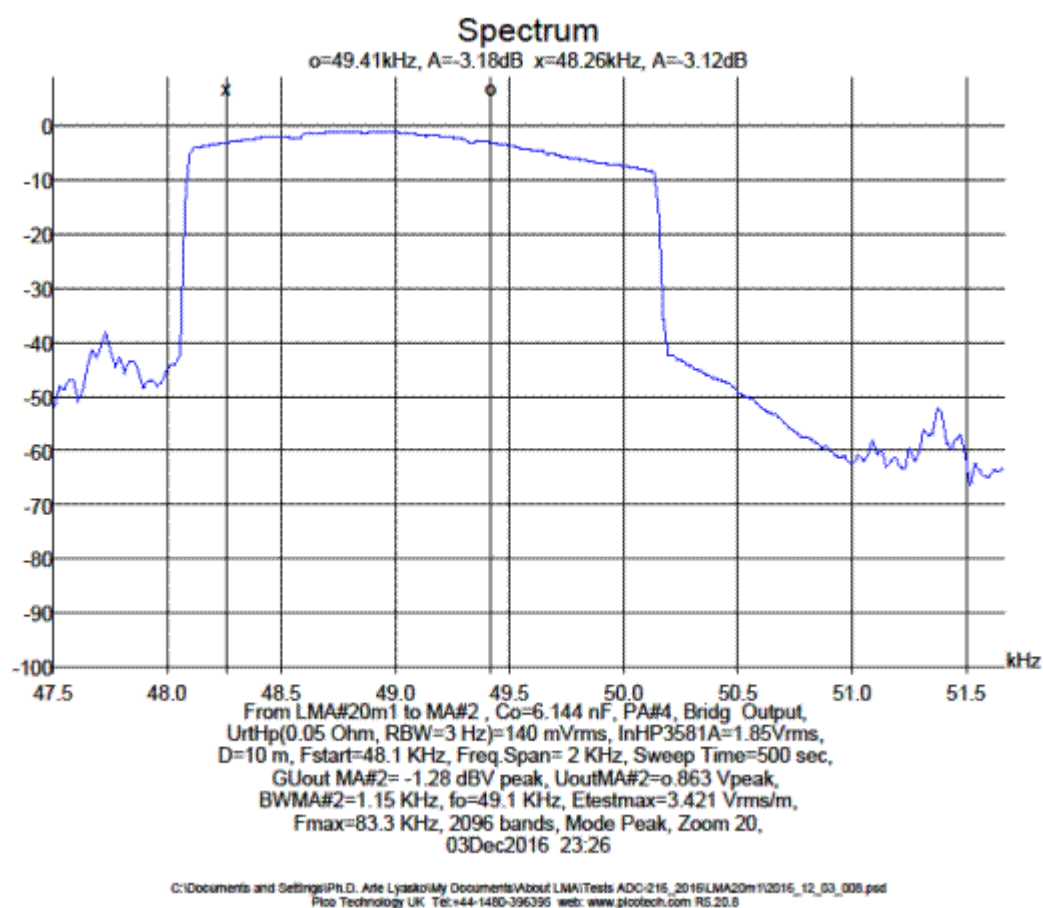
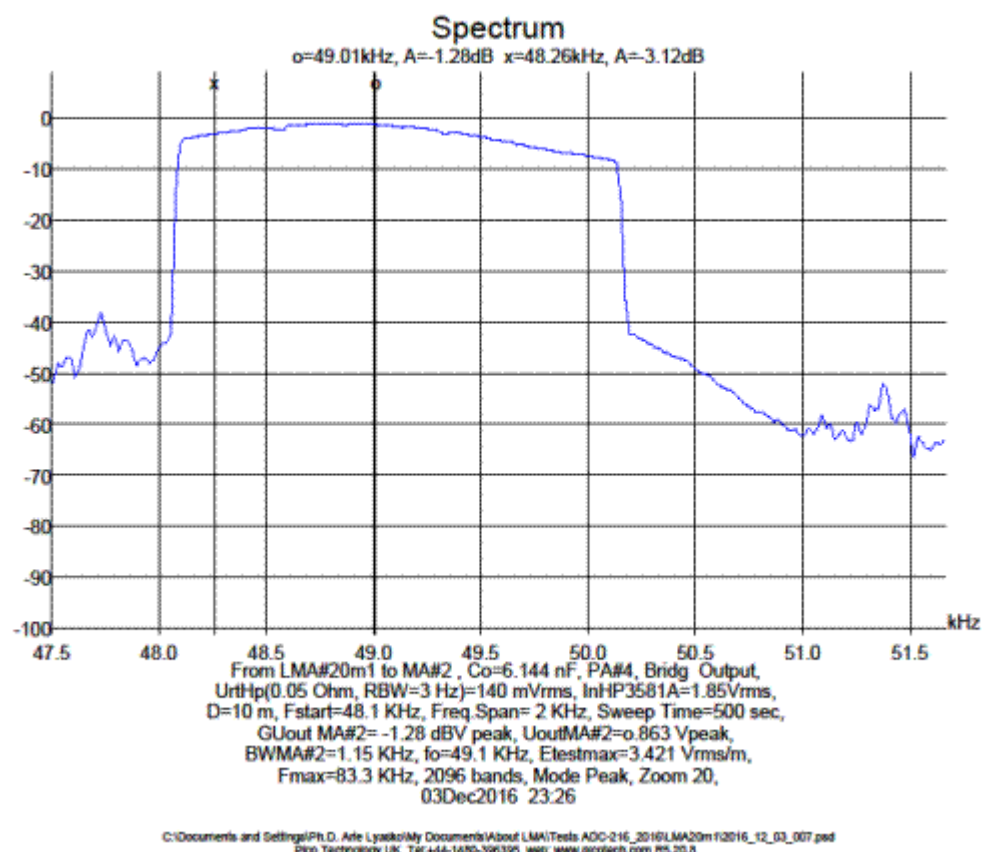
Изо.19.

11. В нижней части текста этих Изо. во время осуществления данного теста приводятся рассчитанные данные основного режима работы УМН[№] 4. Из полученных с их помощью данных в момент резонанса в антенной цепи можно прийти к заключению: а) амплитудное значение тока «возбуждения» продольного магнитного потока а ЛМАН[№] 20м1 составило величину в **4.9 А** (на основе показаний **Нр3581А**, вид которого представлен на **Фото.1** и **Фото.7**).



Изо. 20.





Изо. 23.



Фото.6.



Фото.7.

б) амплитудное значение напряжения на вторичной обмотке согласующего трансформатора СТ (вид которого представлен слева на **Фото.2**), подаваемого на вход фидера питания передающей антенны ЛМАН[№] 20м1 длиной в 13 м, равное 56.8 В, в) Потребляемая

УМН[№] 4 мощность от источника постоянного напряжения составляет величину, равную **230 Ватт**, тогда как подводимая к антенне ЛМАН[№] 20м1 мощность составляет величину порядка **140 Ватт**.

г) коэффициент трансформации СТ равен **1.4**,

д) полоса пропускания **RB** цепи питания током передающую антенну ЛМАН[№] 20м1 на уровне — **3dB** равна **1.77 КГц** при значении частоты несущей, равной **49.1 КГц**.

е) Антенной МАН[№] 2 на дистанции **10 м** был зарегистрирован уровень сигнала (см. **Изо. 21**), равный — **1.3 dBV**. Это значит, что на выходе соединительного кабеля от приёмной пассивной антенны МАН[№] 2 был зарегистрирован сигнал с амплитудным значением, равным **0.861 В** (см. **Изо.22** и **Изо.23**). Измерительный прибор **АКИП –4210/3** в месте установки модели МАН[№] 2 (см. **Фото.3**) дал показание эффективного значения электрической составляющей напряжённости электромагнитного поля, равного **3.421 В/м** (см. **Фото.6**). Отношение амплитудного значения напряжения зарегистрированного сигнала **0.861 В** и увеличенного в **1.41 раза** эффективного значения напряжённости электрического поля **3.421 В/м** даёт возможность оценить величину «Действующей Высоты» Модели приёмной Антенны **МАН[№] 2** с подсоединенным на выходе её кабеля дополнительной емкости в виде «кабеля — аппендикса», как это можно видеть на **Фото.5**. Итак, «Действующая Высота» **МАН[№] 2** в данном случае равна **0.18 м** вместо полученного ранее её значения, равного **0.015 м** (см. **п.9**). Увеличение величины «Действующей высоты» **МАН[№] 2** облегчит проведение измерений уровня принятого сигнала с её помощью на дальних дистанциях от места расположения передающей Антенны ЛМАН[№] 20м1 при использовании в режиме селективного микро вольтметра прибора **Нр3581А** с установкой **RBW = 3 Гц**. С помощью его электромагнитного индикатора можно производить отсчёт уровня принятого сигнала в единицах dBV, или в микровольтах. Для достоверности регистрации спектральной плотности нужного сигнала с помощью виртуального измерителя типа **Pico ADC — 216**, или **АКИП-4110/4**, такой измеритель можно подсоединить к **специальному выходу регенерируемого принятого Нр3581А входного сигнала**.

11. Можно провести оценку возможного уровня приёма на пересечённой местности сигнала антенной МАН[№] 2 при значении её «Действующей Высоты», равном **0.18 м** на частоте **49.1 КГц** излученного Моделью ЛМАН[№] 20м1 при амплитудном значении тока «возбуждения, равном **5 А** путём моделирования происходящих процессов в ЛМА, как типичного представителя Магнитного Диполя Герца, исследуя уравнения, используемые автором в его работах [2, 3, 4, 5] с помощью компьютерной программы [6].

Ниже размещена копия рабочего материала расчетов параметров виртуальной модели антенны ЛМАН[№] 20м1 по этим уравнениям для дистанций 10 и 1000 м с помощью данной компьютерной программы.

$$\begin{aligned}
& \text{LMA\#20m1 } L_0 = 34.7 \text{ mH, } l_m = 1.0, l_c = 0.5 \text{ m, } N_1 = N_2 = 64 \\
& d_c = 6.8 \text{ cm, } d_m = 3 \text{ cm, } \mu = 48 \\
& \mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ henry (1 - 1) } \quad d_c := 0.068 \cdot \text{m} \quad N := 64 \quad l_c := 0.5 \cdot \text{m} \quad f_l := 49100 \cdot \text{Hz} \\
& L_0 := \frac{(\pi \cdot d_c \cdot N)^2 \cdot 10^{-7} \text{ henry}}{(l_c + 0.45 \cdot d_c) \cdot \text{m}} \quad (1 - 2) \quad L_0 = 3.523 \cdot 10^{-5} \text{ henry } \mu_{\text{eff}l} := 48 \\
& L_{a1} := \mu_{\text{eff}l} \cdot L_0 \quad (1 - 4) \quad L_{a1} = 1.691 \cdot 10^{-3} \text{ henry} \quad (1 - 5) \\
& i := \sqrt{-1} \quad l_m := 1 \cdot \text{m} \quad D_1 := 1000 \cdot \text{m} \quad D_2 := \frac{D_1}{100} \quad D := D_1 \quad \epsilon_0 = 8.854187817 \cdot 10^{-12} \frac{\text{farad}}{\text{m}} \\
& \pi = 3.142 \quad e = 2.718 \quad e^i = 0.54 + 0.841i \quad e^{-i} = 0.54 - 0.841i \\
& \mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{henry}}{\text{m}} \quad \mu_r := 1 \quad \theta := 0 \quad \epsilon_r := 1 \quad \epsilon_0 = 8.854187817 \cdot 10^{-12} \frac{\text{farad}}{\text{m}} \\
& \mu_0 = 1.257 \cdot 10^{-6} \frac{\text{henry}}{\text{m}} \quad \epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{farad}}{\text{m}} \quad \mu_0 = 1.257 \cdot 10^{-6} \cdot \text{m}^{-1} \text{ henry} \\
& \epsilon := \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \quad c_0 := \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \epsilon_0}} \quad c_0 = 2.998 \cdot 10^8 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \quad \epsilon_r := 1 \\
& c_0 = 2.998 \cdot 10^8 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \quad c_r := c_0 \cdot \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \quad \lambda_{o1} := \frac{c_0}{f_l} \quad c_r = 2.998 \cdot 10^8 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \\
& \lambda_{o1} = 6.106 \cdot 10^3 \cdot \text{m} \quad \alpha_0 := 2 \cdot \frac{\pi}{\lambda_{o1}} \quad \alpha_0 = 1.029 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^{-1} \quad \psi_{o1} := 2 \cdot D \cdot \frac{\pi}{\lambda_{o1}} \\
& \psi_{o1} = 1.029 \quad \lambda_{r1} := \frac{c_r}{f_l} \quad \lambda_{r1} = 6.106 \cdot 10^3 \cdot \text{m} \quad \alpha_{r1} := 2 \cdot \frac{\pi}{\lambda_{r1}} \\
& \psi_{r1} := 2 \cdot D \cdot \frac{\pi}{\lambda_{r1}} \quad \psi_{r1} = 1.029 \quad W_0 := \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \quad W_0 = 376.73 \cdot \text{ohm} \quad W_r := \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \cdot W_0 \\
& W_r = 376.73 \cdot \text{ohm} \quad N = 64 \\
& mE_\theta = j\omega \cdot \frac{lm}{(4 \cdot \pi)} \cdot (D^{-2} + i \cdot \lambda^{-1} \cdot D^{-1}) \cdot e^{-i \cdot \alpha \cdot D} \cdot \cos(\theta) \\
& mH_\theta = j\omega \cdot lm \cdot \frac{\lambda}{4 \cdot \pi \cdot W_0} \cdot (-i \cdot D^{-3} + \lambda^{-1} \cdot D^{-2} + \lambda^{-2} \cdot D^{-1}) \cdot e^{-i \cdot \alpha \cdot D} \cdot \cos(\theta) \\
& mH_\rho = j\omega \cdot lm \cdot \frac{\lambda}{4 \cdot \pi \cdot W_0} \cdot (-i \cdot D^{-3} + \lambda^{-2} \cdot D^{-1}) \cdot e^{-i \cdot \alpha \cdot D} \cdot \sin(\theta) \quad I_{am} := 5 \cdot \text{A} \quad Q_{a1} := 34.2 \\
& BW_1 := \frac{f_l}{Q_{a1}} \quad BW_1 = 1.436 \cdot 10^3 \cdot \text{Hz} \quad \omega_1 := 2 \cdot \pi \cdot f_l \quad \omega_1 = 6.283 \cdot f_l \quad f_l = 4.91 \cdot 10^4 \cdot \text{Hz} \\
& L_0(d_c, l_c, N) := \frac{(\pi \cdot d_c \cdot N)^2 \cdot 10^{-7} \text{ henry}}{(l_c + 0.45 \cdot d_c) \cdot \text{m}} \quad L_0(d_c, l_c, N) = 3.523 \cdot 10^{-5} \text{ henry} \\
& N = 64 \quad \mu_{\text{eff}l} = 48 \quad Q_{a1} := i \cdot 34.2 \\
& L_{a1}(d_c, l_c, N) := \mu_{\text{eff}l} \cdot L_0(d_c, l_c, N) \quad L_{a1}(d_c, l_c, N) := L_{a1}(d_c, l_c, N)
\end{aligned}$$

```

Xal(dc,lc,N,ωl) := i·ωl·Lal(dc,lc,N)    Xal(dc,lc,N,ωl) = 521.69i·ohm

Uaml(dc,lc,N) := Ism·Xal(dc,lc,N,ωl)  Uaml(dc,lc,N) = 2.608·103 i·V  Rn :=  $\frac{Xal(dc,lc,N,ωl)}{Qal}$ 

|Xal(dc,lc,N,ωl)| = 521.69·ohm    Coa :=  $\frac{-1}{Xal(dc,lc,N,ωl)·ωl·i}$     Coa = 6.213·10-9·farad

mEφ = Im· $\frac{lm}{(4·π)}·(D^{-2} + i·λ^{-1}·D^{-1})·e^{-i·α·D}·cos(θ)$     λol = 6.106·103·m    Rn = 15.254·ohm

mHg = Im·lm· $\frac{λ}{4·π·W_0}·(-i·D^{-3} + λ^{-1}·D^{-2} + λ^{-2}·D^{-1})·e^{-i·α·D}·cos(θ)$ Lo(dc,lc,N) = 3.523·10-5·henry

mHp = Im·lm· $\frac{λ}{4·π·W_0}·(-i·D^{-3} + λ^{-2}·D^{-1})·e^{-i·α·D}·sin(θ)$     θ := 0    J := 1    D = 1·103·m

Eal(dc,lc,N) :=  $\frac{Uaml(dc,lc,N)}{π·dc·N}$     Eal(dc,lc,N) = 190.785i· $\frac{V}{m}$ 

 $\left[ \frac{lm}{4·π}·(dc^{-2} + i·λol^{-1}·dc^{-1})·e^{-i·αo·dc}·cos(θ) \right] = 17.21 - 1.013·10^{-3} i·m^{-1}$ 

Jal :=  $\frac{Eal(dc,lc,N)}{\left[ J·\frac{lm}{(4·π)}·(dc^{-2} + i·λol^{-1}·dc^{-1})·e^{-i·αo·dc}·cos(θ) \right]}$     Jal = -6.523·10-4 + 11.086i·V

|Jal| = 11.086·V    θ = 0    v1 :=  $\frac{|Jal|}{Ism}$     v1 = 2.217·ohm

αo = 1.029·10-3·m-1

e-i·αo·D = 0.516 - 0.857i    cos(θ) = 1

mEφ1(D,lm,λol,αo,θ) := Jal· $\frac{lm}{(4·π)}·(D^{-2} + i·λol^{-1}·D^{-1})·e^{-i·αo·D}·cos(θ)$ 

mEφ1(D,lm,λol,αo,θ) = 6.813·10-7 + 5.787·10-7 i    |mEφ1(D,lm,λol,αo,θ)| = 8.939·10-7· $\frac{V}{m}$ 

For MA#2    Heff1 := 0.18·m

1    D = 1·103·m

U11outMA2 := Heff1·|mEφ1(D,lm,λol,αo,θ)|

U11outMA2 = 1.609·10-7·V    Ism := Jal

mHβ1(D,λol,αo,Jal,lm,Wo,θ) :=  $\left\{ Jal·lm·\frac{λol}{4·π·Wo} \right\} [-i·D^{-3} + λol^{-1}·D^{-2} + (λol)^{-2}·D^{-1}]·e^{-i·αo·D}$ 

mHβ1(D,λol,αo,Jal,lm,Wo,θ) = 9.708·10-9 - 1.084·10-8 i·m-1·A

```

$$\begin{aligned}
& |mH\theta_1(D, \lambda_{o1}, \alpha_o, J_{a1}, l_m, W_o, \theta)| = \dots \cdot m^{-1} \cdot A \\
U12outMA2 &:= W_o \cdot Heffl \cdot |mH\theta_1(D, \lambda_{o1}, \alpha_o, J_{a1}, l_m, W_o, \theta)| \quad U12outMA2 = 9.87 \cdot 10^{-7} \cdot V \\
mHp_1(J_{a1}, l_m, \lambda_{o1}, \alpha_o) &:= J_{a1} \cdot l_m \cdot \frac{\lambda_{o1}}{4 \cdot \pi \cdot W_o} \cdot (-i \cdot D^3 + \lambda_{o1}^{-2} \cdot D^{-1}) \cdot e^{-i \cdot \alpha_o \cdot D} \cdot \sin(\theta) \quad I_{am} = 5 \cdot A \\
|J_{a1}| &= 11.086 \cdot V \\
mHp_1(J_{a1}, l_m, \lambda_{o1}, \alpha_o) &= 0 \cdot m^{-1} \cdot A \quad U\Sigma 1outMA2 := \sqrt{(|U11outMA2|)^2 + (|U12outMA2|)^2} \\
U\Sigma 1outMA2 &= 1 \cdot 10^{-6} \cdot V \quad E := \frac{U\Sigma 1outMA2}{Heffl} \quad \frac{\lambda_{o1}}{2 \cdot \pi} = 971.761 \cdot m \quad E = 5.556 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{V}{m} \\
Ktr &:= \sqrt{\left(\frac{R_n}{6 \cdot ohm} \right)} \quad Ktr = 1.594 \quad R_n = 15.254 \cdot ohm \\
Pasum &:= I_{am}^2 \cdot \frac{R_n}{2} \quad Esum := E \quad Esum = 5.556 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{V}{m} \\
UoutMA2 &:= Esum \cdot Heffl \quad UoutMA2 = 1 \cdot 10^{-6} \cdot V \quad Pasum = 190.676 \cdot \mu watt \\
2 \quad D &:= D2 \quad D2 = 10 \cdot m \\
U11outMA2 &:= Heffl \cdot |mE\phi_1(D, l_m, \lambda_{o1}, \alpha_o, \theta)| \quad U11outMA2 = 1.588 \cdot 10^{-3} \cdot V \quad J_m := J_{a1} \\
mH\theta_1(D, \lambda_{o1}, \alpha_o, J_{a1}, l_m, W_o, \theta) &:= \left\{ J_{a1} \cdot l_m \cdot \frac{\lambda_{o1}}{4 \cdot \pi \cdot W_o} \right\} \cdot [-i \cdot D^3 + \lambda_{o1}^{-1} \cdot D^{-2} + (\lambda_{o1})^{-2} \cdot D^{-1}] \cdot e^{-i \cdot \alpha_o \cdot D} \cdot \cos(\theta) \\
mH\theta_1(D, \lambda_{o1}, \alpha_o, J_{a1}, l_m, W_o, \theta) &= 0.014 - 1.228 \cdot 10^{-4} i \quad m^{-1} \cdot A \\
|mH\theta_1(D, \lambda_{o1}, \alpha_o, J_{a1}, l_m, W_o, \theta)| &= 0.014 \cdot m^{-1} \cdot A \\
U12outMA2 &:= W_o \cdot Heffl \cdot |mH\theta_1(D, \lambda_{o1}, \alpha_o, J_{a1}, l_m, W_o, \theta)| \quad U12outMA2 = 0.97 \cdot V \\
mHp_1(J_{a1}, l_m, \lambda_{o1}, \alpha_o) &:= J_{a1} \cdot l_m \cdot \frac{\lambda_{o1}}{4 \cdot \pi \cdot W_o} \cdot (-i \cdot D^3 + \lambda_{o1}^{-2} \cdot D^{-1}) \cdot e^{-i \cdot \alpha_o \cdot D} \cdot \sin(\theta) \quad |J_{a1}| = 11.086 \cdot V \\
mHp_1(J_{a1}, l_m, \lambda_{o1}, \alpha_o) &= 0 \cdot m^{-1} \cdot A \quad U\Sigma 1outMA2 := \sqrt{(|U11outMA2|)^2 + (|U12outMA2|)^2} \\
U\Sigma 1outMA2 &= 0.97 \cdot V \quad E := \frac{U\Sigma 1outMA2}{Heffl} \quad E = 5.386 \cdot \frac{V}{m} \\
Ktr &:= \sqrt{\left(\frac{R_n}{6 \cdot ohm} \right)} \quad Ktr = 1.594 \quad R_n = 15.254 \cdot ohm \quad Pasum := I_{am}^2 \cdot \frac{R_n}{2} \quad Esum := E \\
Esum &= 5.386 \cdot \frac{V}{m} \quad UoutMA2 := Esum \cdot Heffl \quad UoutMA2 = 0.97 \cdot V \quad Pasum = 190.676 \cdot \mu watt
\end{aligned}$$

12. В результате этих расчётов а) на дистанции **10 метров** теоретически амплитудное значение антенной MAN[№] 2 принятого сигнала равно **0.97 В**, что соответствует уровню — **0.26 dBV**, а эффективное теоретическое значение электрической составляющей напряжённости поля равно **3.82 В/м**. Что находится с инженерной точкой зрения близко к экспериментально полученным (описанным в п.11д) их значениям, соответственно, **0.861 В** и **3.421 В/м**.

б) На дистанции **1000 м** теоретически амплитудное значение антенной MAN[№] 2 принятого сигнала равно **1 мкВ**, что соответствует уровню **-120 dBV**, а эффективное теоретическое значение

электрической составляющей напряжённости равно **55.6 мкВ/м**.

Концом «Ближней зоны» излучения для частоты **49.1 КГц** является дистанция **972.4 м**.

13. Для уверенной регистрации антенной **MAN[№] 2** излучения модели **ЛMAN[№] 201м** на пересечённой местности автор предполагает использовать в режим **С W** в пределах частоты несущей **от 48 КГц до 52 КГц** им приобретённый усилитель мощности типа **RMX 2450s**, **внешний**, вид которого представлен на **Фото. 8 и 9** в момент его использования в лабораторном помещении при очередном тесте регистрации антенной **MAN[№] 2** сигнала, излученного передающей моделью **ЛMAN[№] 20м1**.



Фото.8.

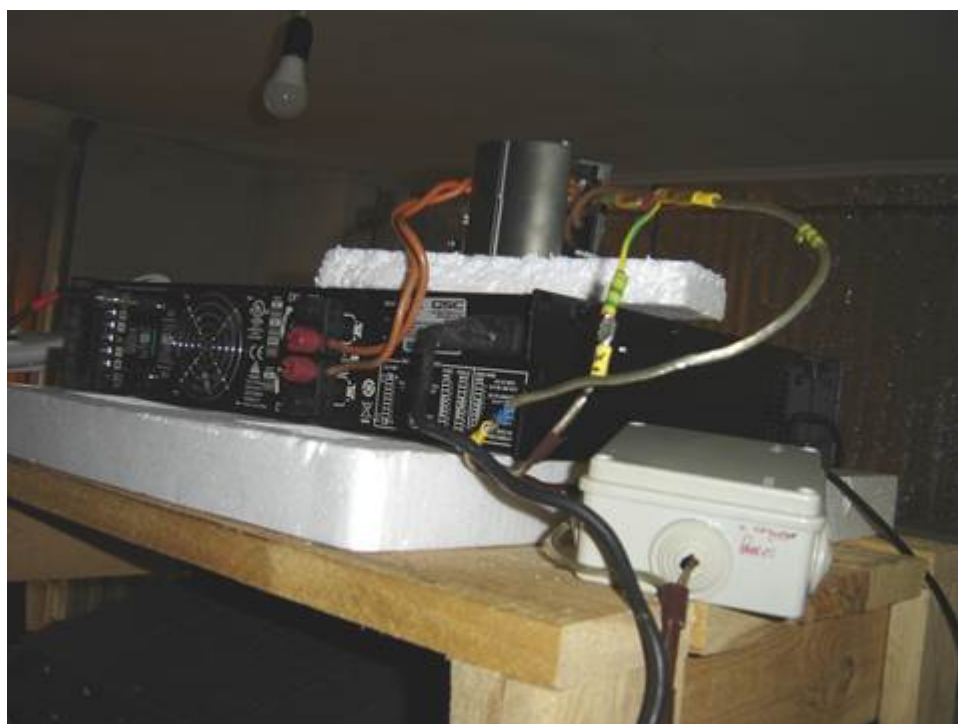
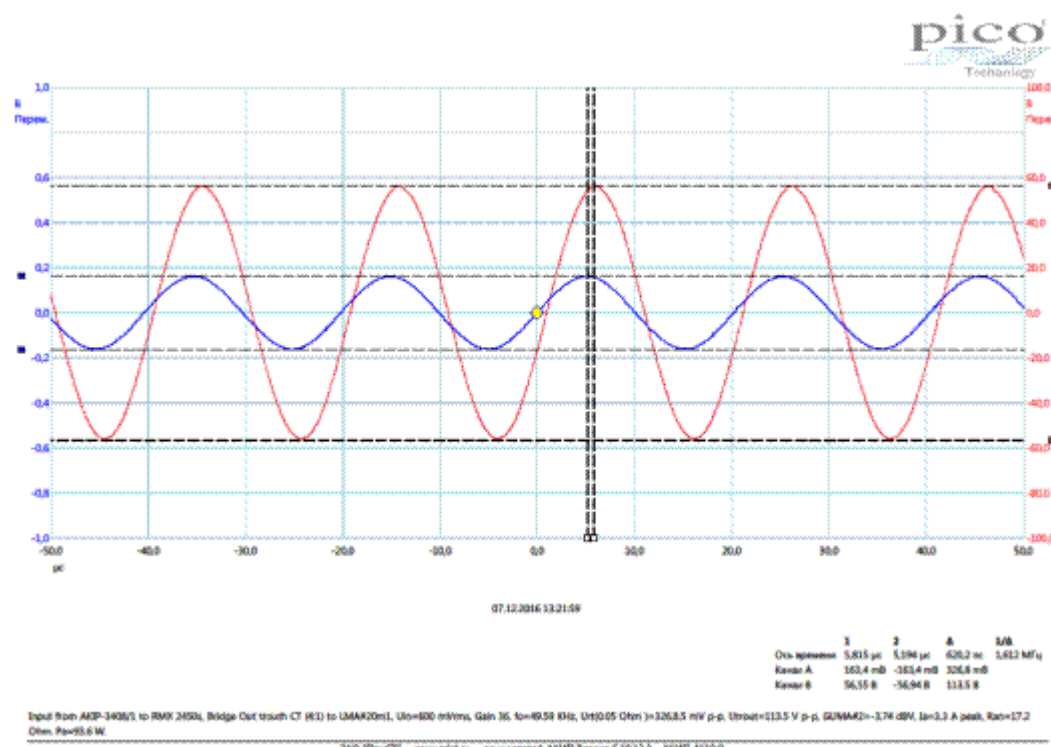


Фото.9.

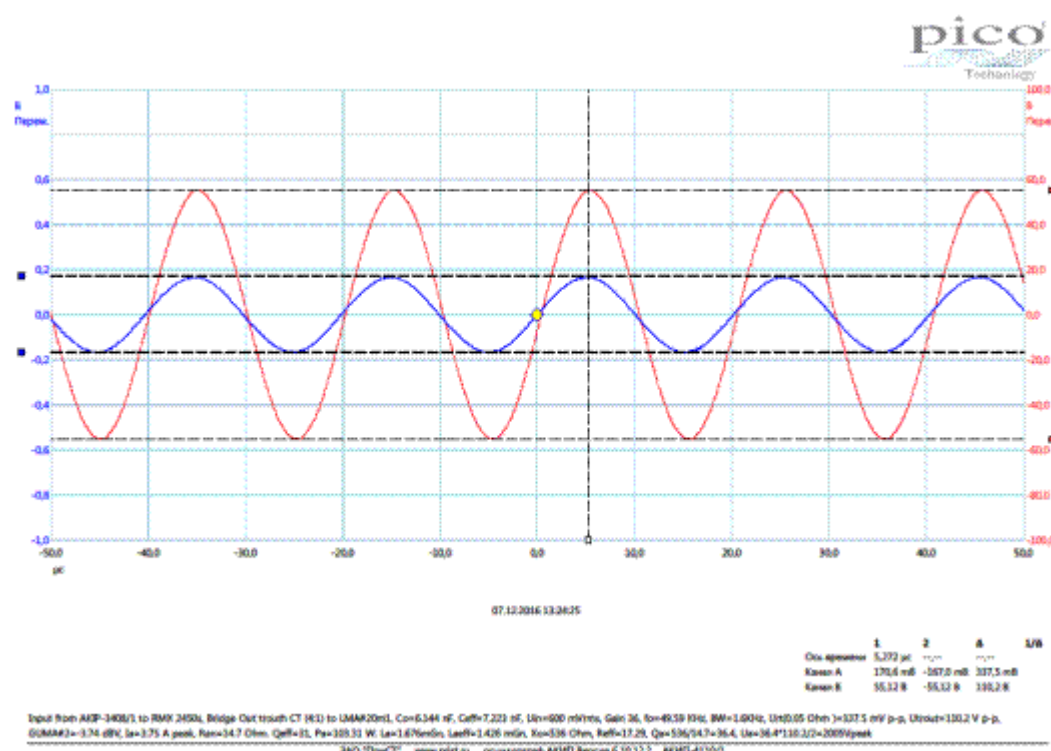
Можно видеть сверху корпуса данного УМ на Фото. 9 размещенный трансформатор,

согласующий выходное сопротивление данного УМ с активным сопротивлением эквивалентных потерь антенного контура последовательного резонанса тока «возбуждения» передающей антенны ЛМАН[№] 20м1 в момент совпадения транслируемой несущей частоты с частотой собственного резонанса в данном контуре. А с боку УМ там же можно видеть упомянутую ранее пластиковую измерительную коробку для измерения напряжения на калиброванном сопротивлении 0.05 Ом и напряжения поданного на фидер питания током «возбуждения» продольного магнитного поля в теле антенны ЛМАН[№] 20м1.

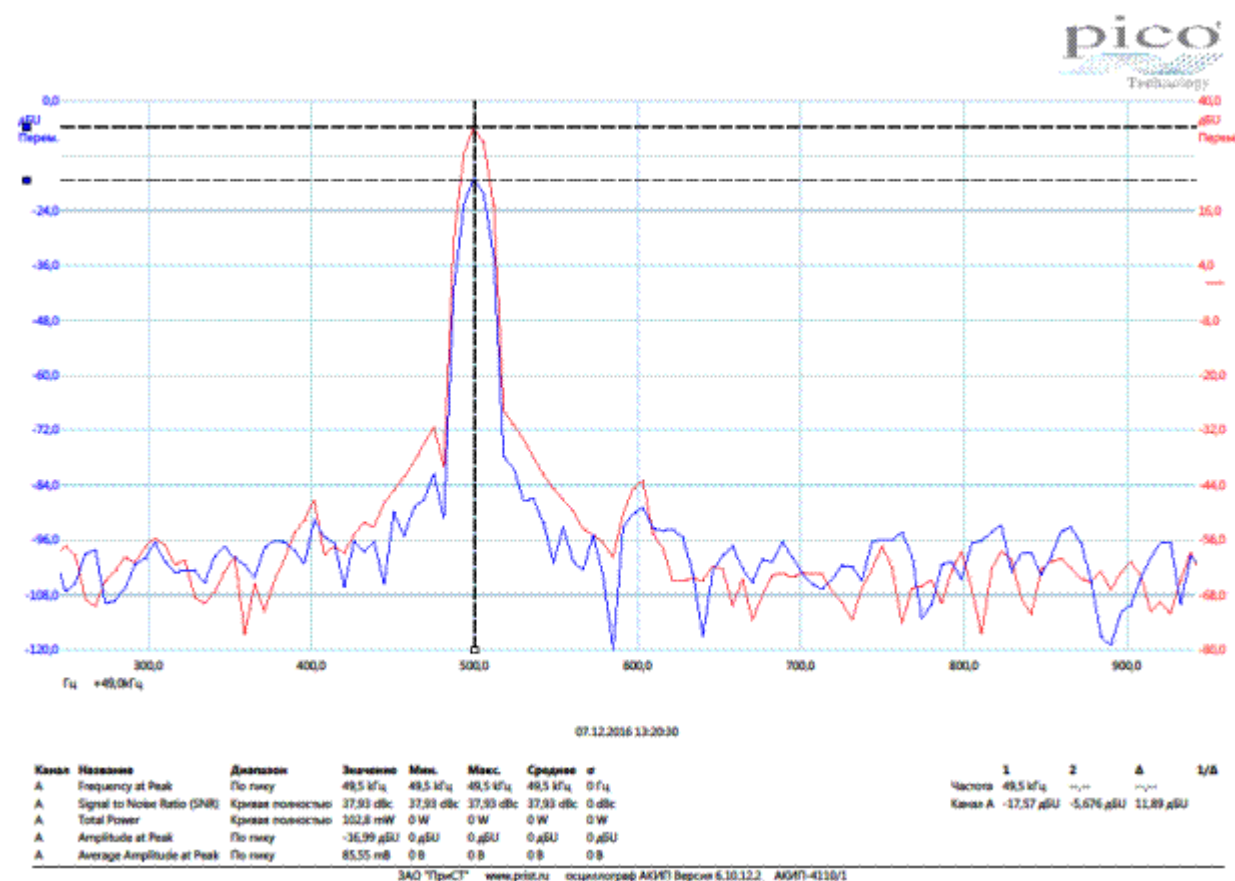
14. Ниже приведены в лабораторных условиях изображения пробных измерений в заданных контрольных точках данного теста.



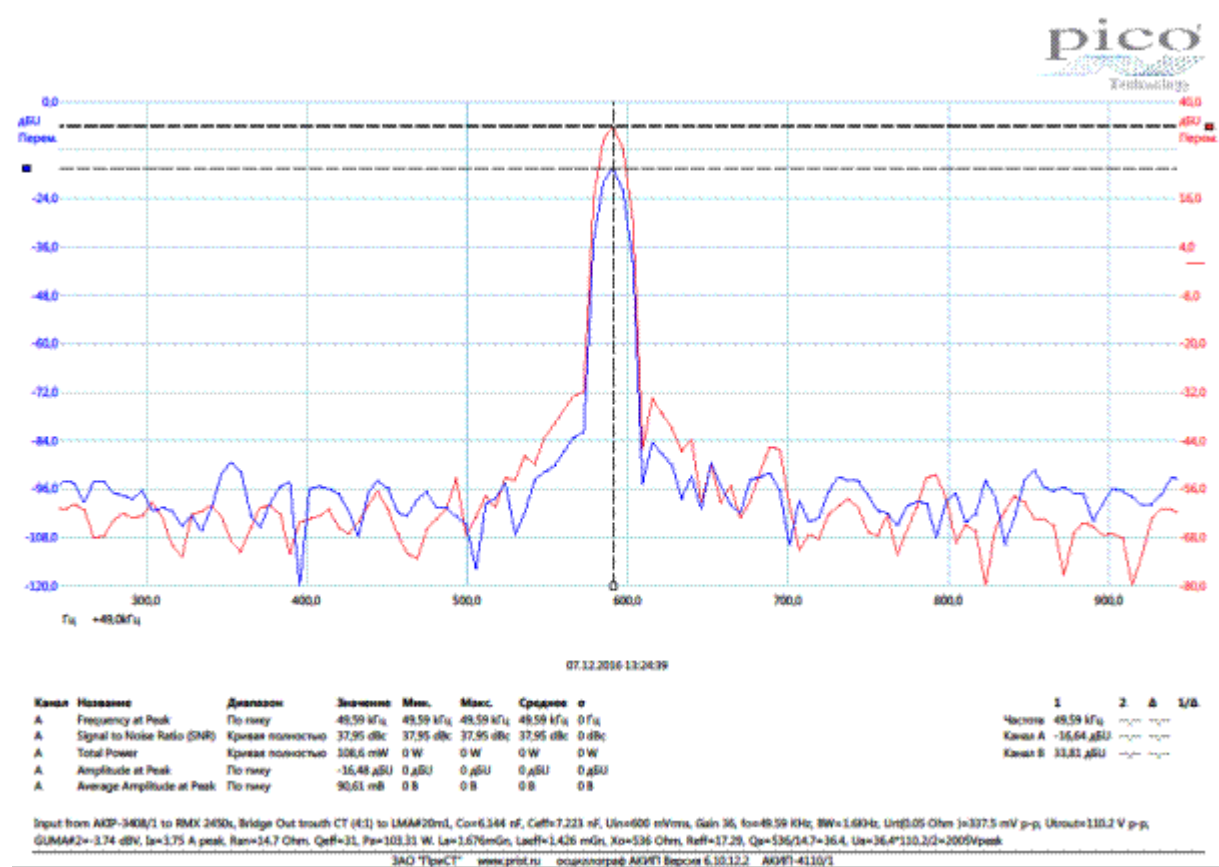
Изо. 24.



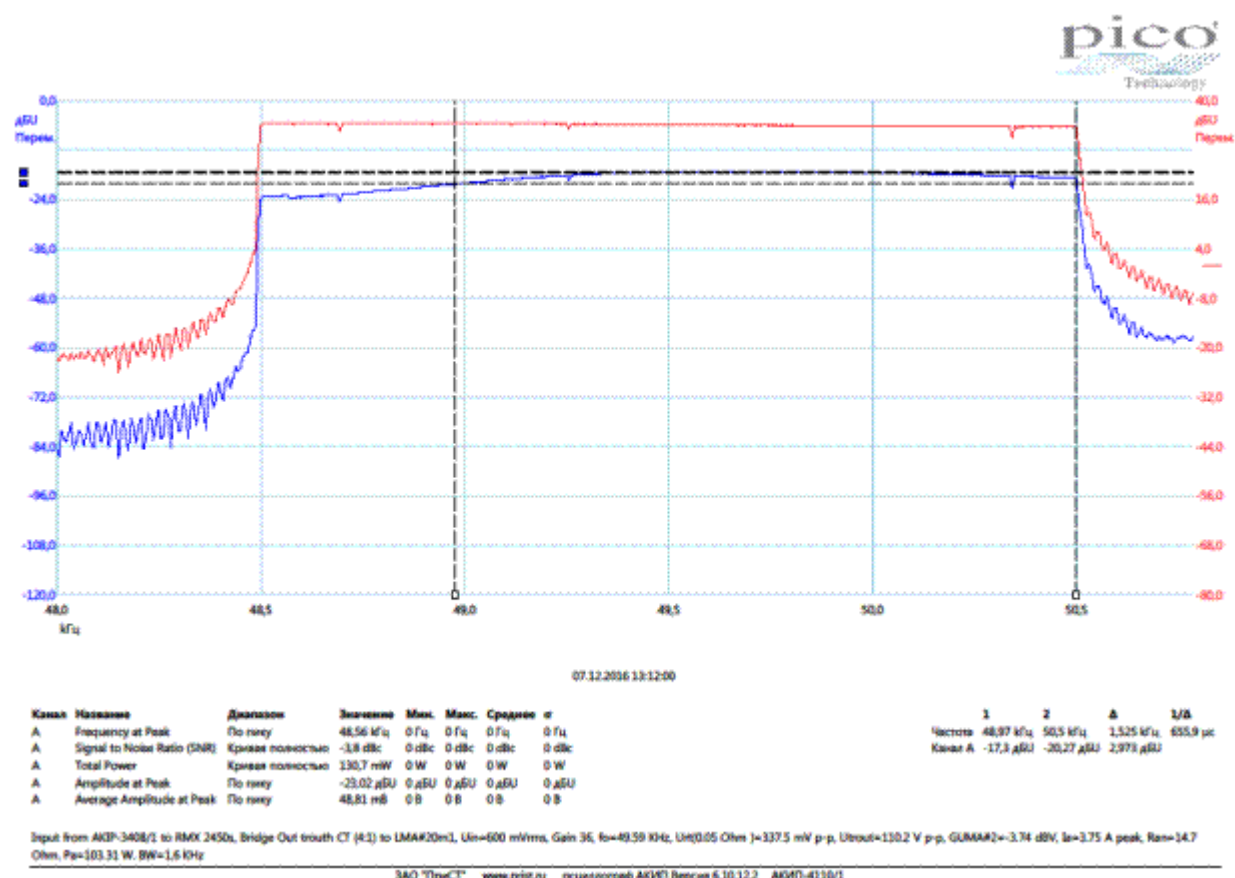
Изо. 25.



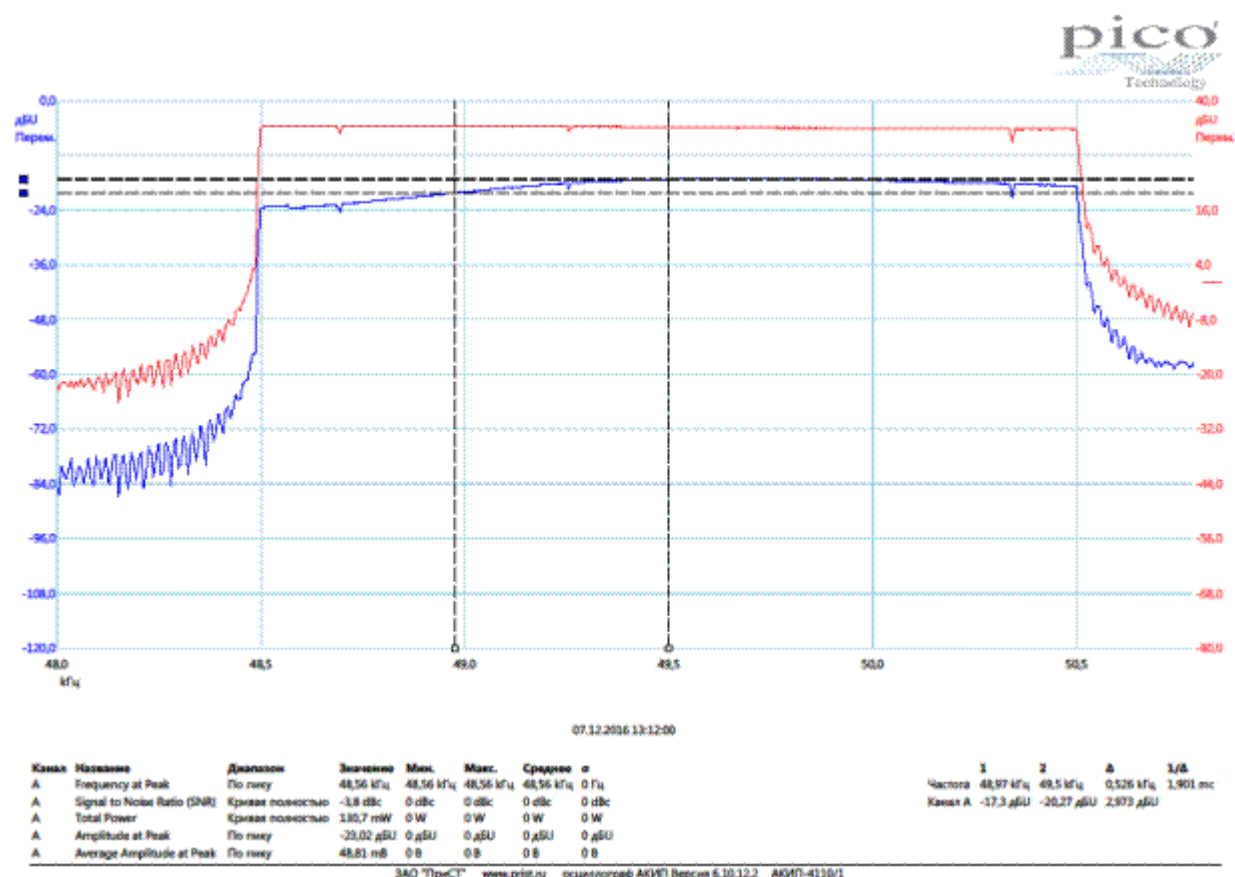
Изо. 26.



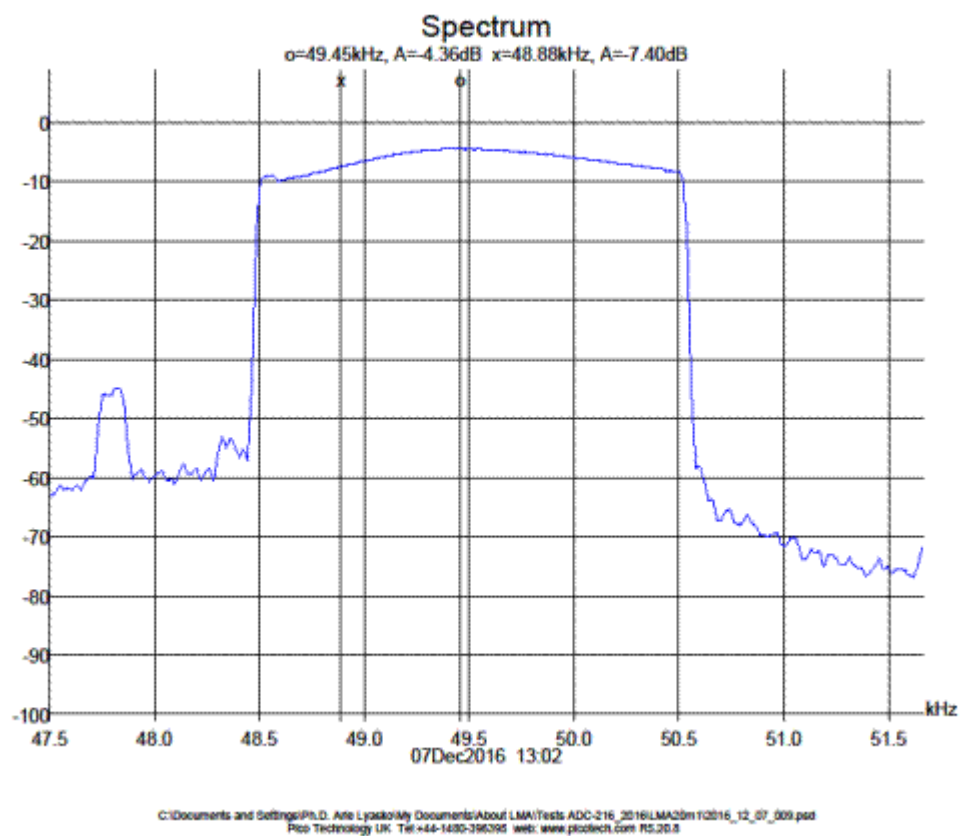
Изо. 27.



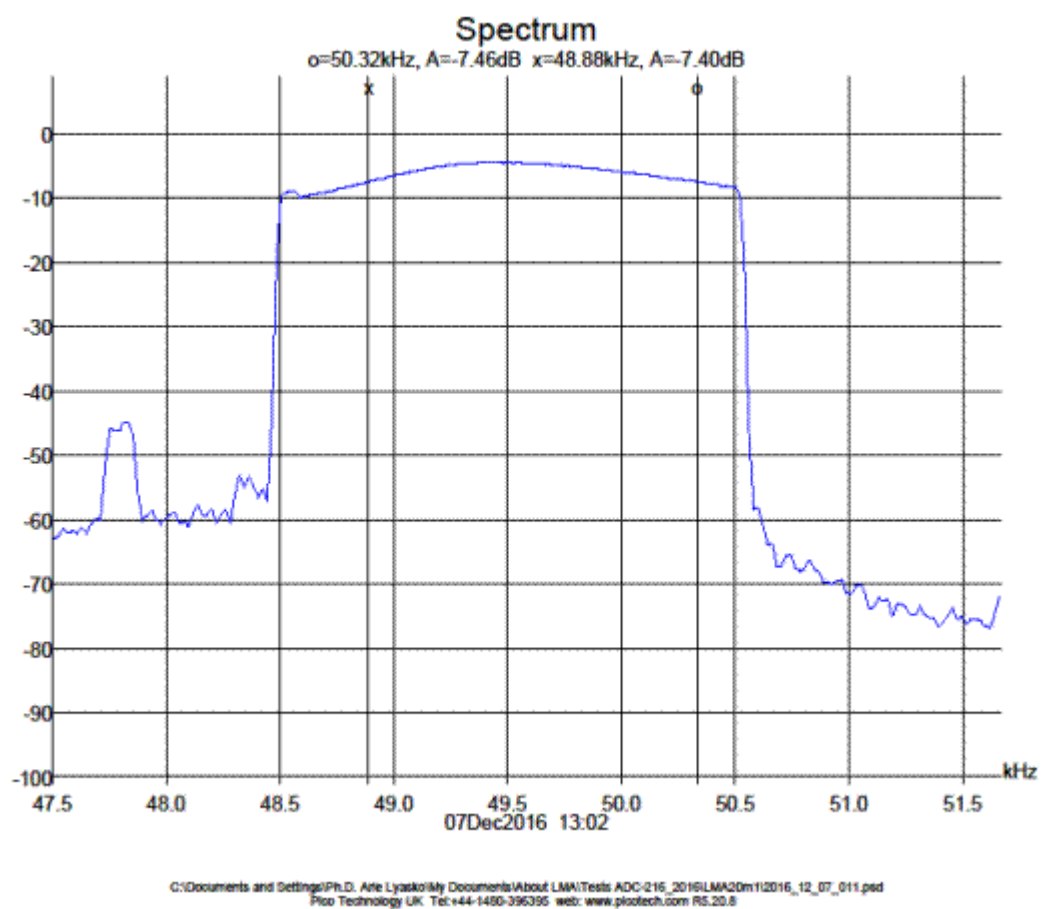
Изо. 28.



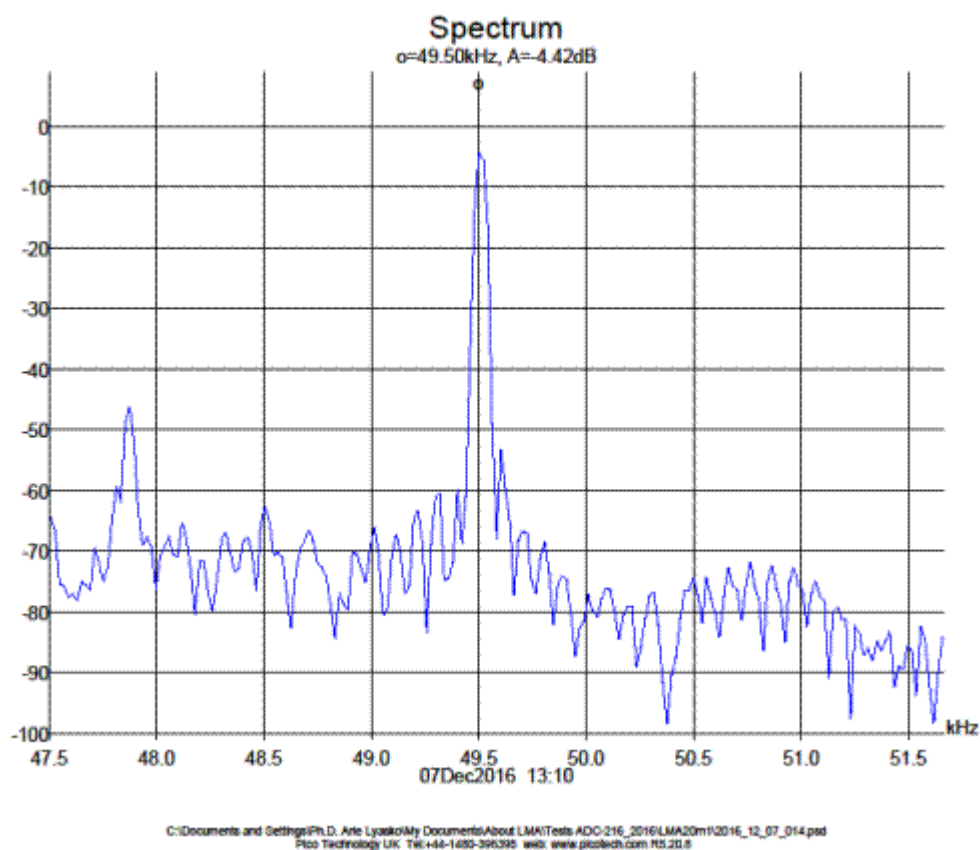
Изо. 29.



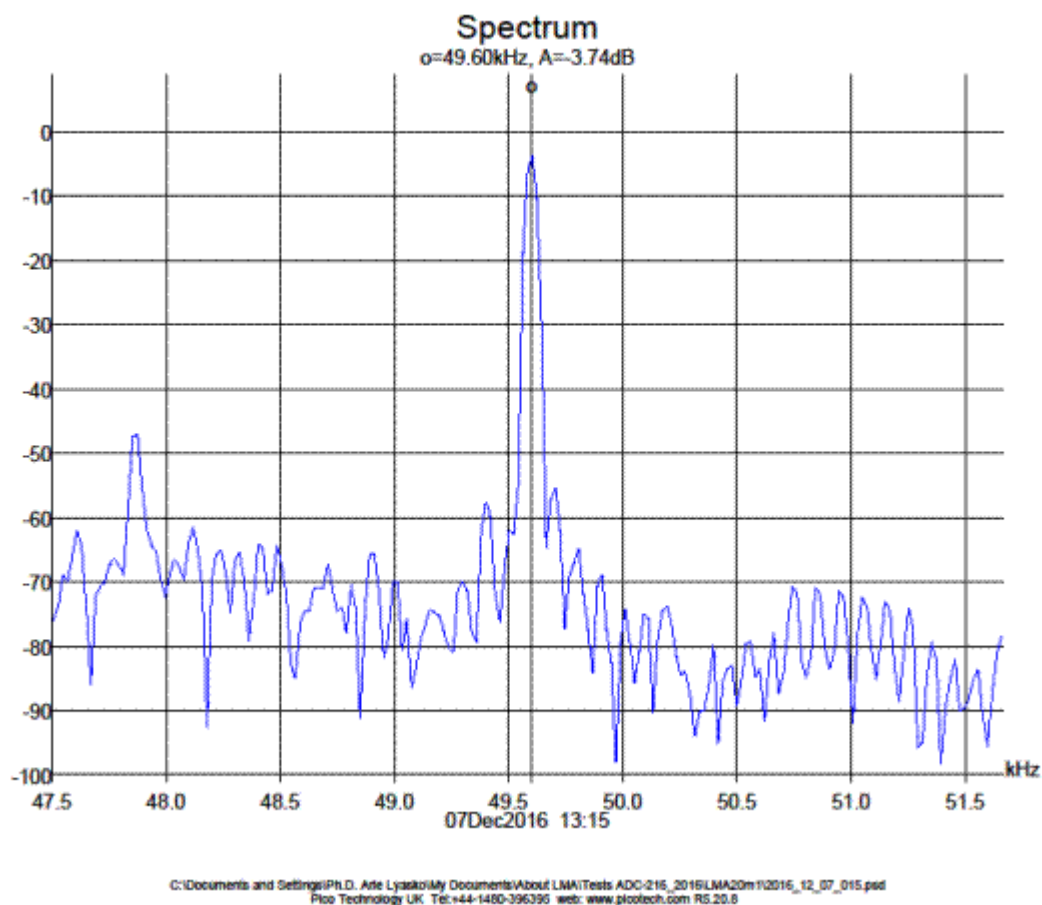
Изо. 30.



Изо. 31.



Изо. 32.



Изо. 33.

В тексте внизу этих изображений приведены соответствующие расчётные данные в интересующих точках измерения, а именно, величины напряжения на выходе согласующего трансформатора и напряжение на калиброванном сопротивлении 0.05 Ом с целью расчёта необходимых параметров как приёмной так и передающей антенн.

Данный УМ с использованием модели ЛМАН[№] 20м1 и модели МАН[№] 2 будет в ближайшее время использован в грядущих тестах этих моделей на пересечённой местности.

Литература:

1. А.Б. Ляско, Патент РФ № 2428774 на изобретение «Передающие Линейные Магнитные Антенны (ЛМА)», 10 Сентября 2010 г., ФИПС, Москва.
2. А.Б. Ляско, "Сферические волны передающей линейной магнитной антенны (Часть 1)", "Евразийский научный журнал" № 6, Июнь 2016 г.
3. А.Б. Ляско, «Сферические волны передающей магнитной антенны (Часть 2)», „Евразийский научный журнал“ № 7, Июль 2016 г.
4. А.Б. Ляско, „О реальной возможности использования линейных магнитных антенн (ЛМА) для электромагнитной двусторонней трансляции дискретной информации в морской среде между мобильными объектами в диапазоне КНЧ“, „Евразийский научный журнал“ № 8, Август 2016 г.
5. А.Б. Ляско, „Об испытании модели линейной магнитной антенны ЛМАН[№] 20м1 (Часть 1)“, „Евразийский научный журнал“ № 11, Ноябрь 2016
6. Программа » MathCAD MathSoft, Ink."