
Об испытании модели линейной магнитной антенны ЛМАН[№]20М1 (часть 1)

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

Модель малогабаритной передающей антенны ЛМАН[№]20м1 [1, 2, 3, 4] предназначена для проведения испытаний на дистанциях так называемой "Ближней зоне" (и далее) СДВ диапазона электромагнитных волн в пределах частот от 1 КГц до 80 КГц при подводимой к ней мощности не превышающей 200 ватт.

1. В настоящий момент она установлена наружи (на металлической крыше строения) в герметичной цилиндрической оболочке (длиной 1100 мм и внешним диаметром 110 мм) при расположении её продольной оси в направлении "Юг- Север", как это можно видеть из Фото.1.

В лабораторном помещении от неё на расстоянии 8 метров для предварительного испытания расположена контрольно измерительная аппаратура, включая усилитель мощности и приёмные измерительные

антенны.



Фото. 1.

2. На Фото. 2. слева в корпусе из ПК собрана собственноручно изготовленная двухканальная модель линейного Усилителя Мощности УМН[№]4 для диапазона синусоидального электрического сигнала в пределах полосы пропускания

от 200 Гц до 90 КГц.

При соединении по "Мостовой схеме (при "балансном" выходе) его двух выходов и при активной нагрузке, равной 4 - 6 Ом его выходная мощность может достигать порядка 200 Ватт.



Фото. 2.

УМ№ 4 содержит собственноручно изготовленные два, идентичных по принципиальной электрической схеме, модуля (Модель № 2а и Модель №2 в) усилителей мощности, установленные на левой боковой крышке корпуса УМ№4 (см. Фото. 2).

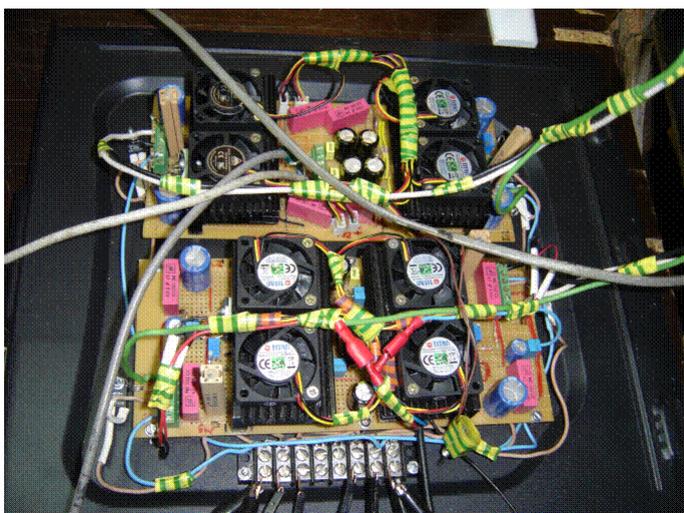


Фото. 3.

Каждая плата Модуля №2 содержит две микросхемы линейного операционного усилителя (ЛОУ) типа TL071 и установленные на своём радиаторе воздушного охлаждения два Интегральных Операционных Усилителя Мощности (ИОУМ) типа LM3886Т.

Таким образом, каждый Модуль №2 содержат два независимых усилителя с отдельными выходами и объединённым входом. Эти выходы объединены через специальные, последовательно подсоединённые к ним калиброванные сопротивления 0.2 Ома (1%, 30 Ватт, с рабочей частотой до 5 МГц), которые можно видеть на Фото.3, закреплённые для их охлаждения в рабочих условиях на внутренней поверхности левой боковой панели корпуса УМ№4 слева от плат Модулей №2.

Охлаждение каждого их радиатора ИОУМ осуществляется двумя микро вентиляторами, как это можно видеть на Фото. 3. Питание этих Модулей №2 осуществляется постоянного стабилизированного напряжения + 24 В и - 24 В от двух однотипных стандартных блоков (импульсного типа) стабилизированного напряжения питания 24 В при токе максимум 12 А, установленных внутри корпуса на верхней панели корпуса УМ№4.

Два коаксиальных разъёма типа BNC каждого из входов Модулей №2 можно видеть в верхней части передней панели корпуса УМН№4 на Фото. 2, Так же как установленный на ней ниже тумблера объединённого включения команды "Mute". В верхней её части установлены 4 тумблера: два крайних - для включения питания постоянным напряжением питания каждого из Модулей №2, а средние два - для подачи команды "Mute" отдельно для каждого из Модулей №2. Ниже справа там же установлен электродинамический прибор показания величины постоянного тока, потребляемого УМН№4. На две клеммы (включая "Заземленный" вывод) задней панели отдельно подсоединены выходы Модулей №2. Там же установлен внешний (вдувной) вентилятор охлаждения, ниже его размещены типовой разъём для трёхжильного кабеля сетевого питания переменного напряжения 50 Гц 220 - 235 В и два тумблера: тумблер включения сетевого напряжения питания, а слева - включения этого внешнего вентилятора воздушного охлаждения.

На Фото.2 внизу левее корпуса УМН№4 изображена металлическая коробочка биполярного активного буфера (БФБ) с коэффициентом передачи равным 1 размещён коаксиальный разъём, подаваемого на него входного синусоидального сигнала, и два его выходных коаксиальных разъёма её выходного сигнала со сдвигом фазы на 180 градусов одного относительно другого. Данный буфер используется как входное устройство двухканального УМН№4 в случае соединении его выходов по "мостовой" схеме при подаче напряжения на нагрузку.

3. При испытаниях собственно модели двухканального Усилителя УМН№4 и модели Антенны ЛМН№20м1 входной сигнал подавался, либо с Двухканального цифрового функционального генератора типа АК ИП - 3906/2, внешний вид которого представлен слева корпуса УМН№4 на Фото. 2, либо от размещённого ниже его НР 3581А "Wave Analyzer". Оба эти прибора - генератора использовались как "свип - генераторы" для снятия Амплитудно - частотных характеристик (АЧХ). или спектра исследуемых электрических сигналов УМН№4 и антенны ЛМАН№20м1. Сверху АК ИП - 3906/2 на Фото. 2 виден четырёхканальный цифровой с 12 бит АКП виртуальный "Осциллоскоп - Анализатор" частотного спектра электрических сигналов типа АК ИП 4110/1. Последний служит одновременно для анализа отдельно выходного напряжения на обеих выходных клеммах каналов УМН№4, напряжения на входе фидера питания нагрузки (например, антенного резонансного контура тока питания модели Антенны ЛМАН№20м1) и протекаемого по ней тока в случае использования "балансной схемы" её питания.

В качестве постоянной величины активной нагрузки для проверки основных характеристик одновременно обеих каналов модели УМН№4 были использованы 5 панелей, представленные на Фото. 4 Фото. 5 с набором постоянных 50 Ватт сопротивлений, имитирующие значения нагрузок в 6 Ом, 8 Ом, или сочетании нагрузку 3 Ома, 12 Ом, 14 Ом, 16 Ом.



Фото. 4.

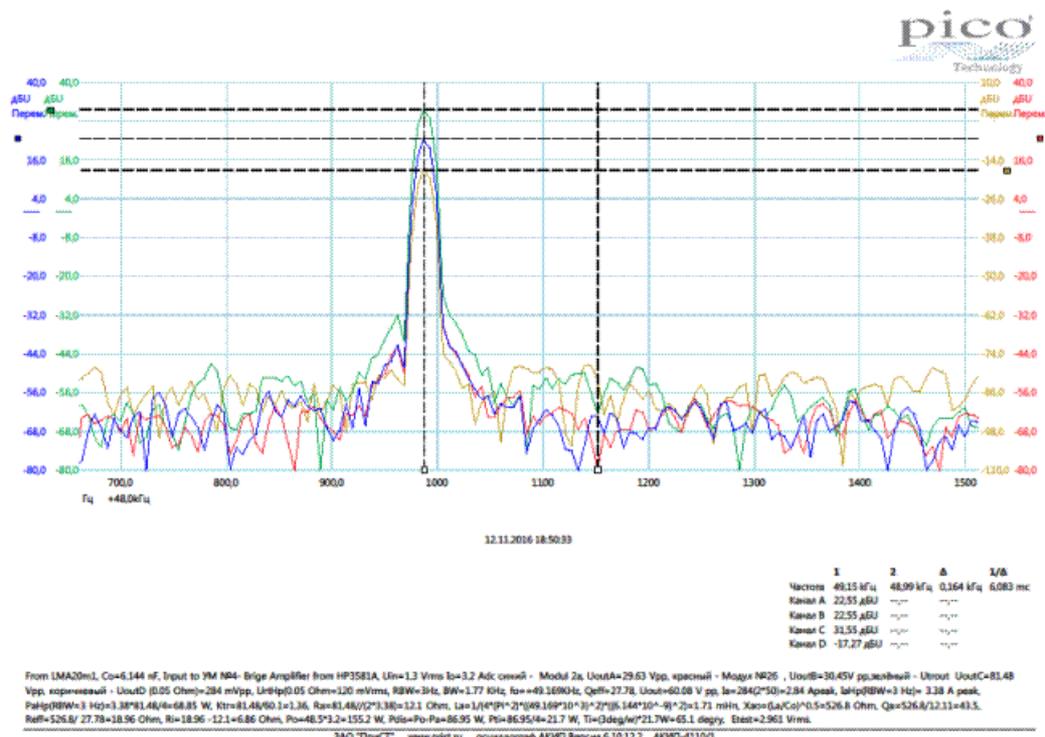


Фото. 5

При использовании "балансного" выхода модели УМН№4 для измерения напряжения на нагрузке и протекаемого по ней тока применялась переходная измерительная коробочка (ПИК), и согласующий трансформатор (СТ) выходного сопротивления УМН№4 с активным сопротивлением нагрузки. На Фото. 5 представлена пластмассовая ПИК, внутри которой в разрыв одного из проводов двух жильного кабеля, идущего от выходных клемм модели УМН№4 к нагрузке, последовательно включено специального типа калиброванное 1% 30 Ватт сопротивление $R_t = 0.05$ Ом, точно того же типа как сопротивления 0.2 Ома, описанного выше. На этом же фото справа видна панель с радиатором воздушного охлаждения, на обратной его стороне которого закреплён набор 10 - ти штук 32 Ом 50 Ватт сопротивлений. ПИК имеет два коаксиальных разъёма типа BNC для вывода напряжения падения U_{rt} ($R_t=0.05$ Ом) на сопротивлении R_t и напряжения U_n на нагрузке R_n .

При необходимости согласования выходного сопротивления УМН№4 с сопротивлением нагрузки R_n используется "согласующий" трансформатор СТ (для частот от 20 КГц до 80 КГц), вид СТ для модели ЛМАН№20м1 показан в средней части Фото. 5 (ниже пластиковой ПИК и слева от панели - радиатора с сопротивлениями).

4. На Изо.1, Изо.2 и Изо. 3 представлены при моно гармоничном напряжении $U_{in} = 1.3$ V rms на выходе HP 3581A "Wave Analyzer", поданного на модель УМН№4 через "би-фазный" буфер (БФБ), кривые АЧХ, формы и спектр выходных напряжений с модели УМН№4 и протекаемого тока сквозь согласующий трансформатор и ПИК и напряжения на входе двухпроводного фидера (длиной 14 м) питания контура тока "возбуждения" модели ЛМАН№20м1, установленной вне лабораторного помещения на деревянной подставке как это показано на Фото.1.



Изо. 3.

Кривые характеристик на Изо. 1. 2. 3 получены с помощью четырёхканального цифрового с 12 бит АКП виртуального "Осциллоскоп - Анализатора" частотного спектра электрических сигналов типа АКИП 4110/1.

Синим цветом представлено напряжение Uвых1 на выходе Модуля №2а, красным напряжение Uвых2 на выходе Модуля №2в, зелёным - напряжение Utrout на выходе СТ и на входе фидера питания током "возбуждения" Модель Антенны ЛМАН№20м1 и коричневым - напряжение Urt(Rt=0.05 Ом) с калиброванного сопротивления 0.05 Ом, пропорциональное току, питание на частоте несущей обмотки "возбуждения" продольного магнитного поля ЛМА.

5. Одновременно со снятием этих характеристик производилось измерение излученного моделью ЛМАН№20м1 сигнала помощью двух, установленных по соседству с УМ№4 (на расстоянии порядка 4 м), приёмных антенн, вид которых показан на Фото. 6.

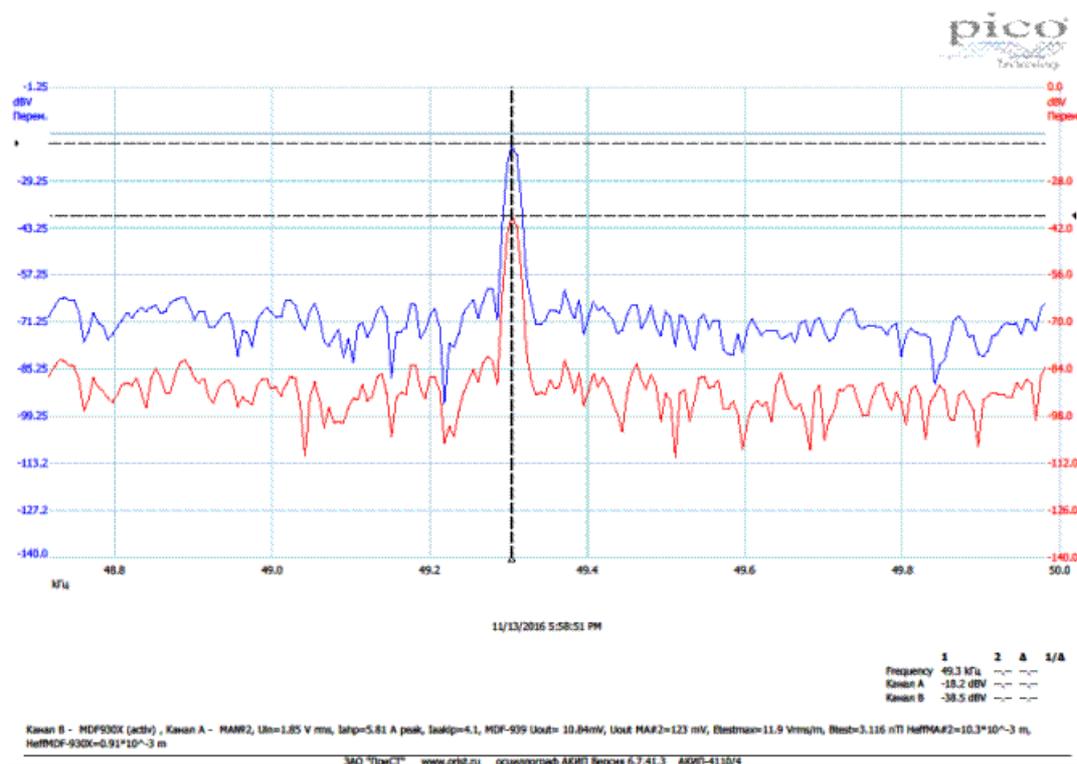
В верхнем правом углу Фото. 6 видна часть собственноручно изготовленная квадратная плоская прямоугольной формы со стороной 50 см Рамочная приёмная антенна ЛАН№2 с число витков её обмотки равным 25 на диапазон 30 - 100 КГц, а слева в нижней



Фото. 6

Её части видна в герметичной цилиндрической формы оболочке длиной 53 см с внешним диаметром 5.2 см собственноручно изготовленная модель пассивной приёмной ферритовой антенн MAN[№]2 на диапазон 20 - 100 КГц. MAN[№]2 в корпусе для электрического типа штыревых 5-и метровых антенн аппаратуры диагностики недр Земли компании геофизиков "Радионда" прошла с положительным результатом испытание в течение полгода в реальных условиях на используемых глубинах в скважинах земной коры на частотах 30 КГц и 61 КГц] 3]. В центральной части Фото.6 на штативе представлена стандартная измерительная активная (с усилением в 35 dB) Рамочная антенна MDF 930X рассчитана на диапазон от 9 КГц до 30 МГц при выходным сопротивлением 50 Ом. .

На Изо. 4. представлена спектральная плотность излученного сигнала передающей антенной ЛМА20м1, находящейся на расстоянии 10 м от места установки изображённых на Фото. 6 антенн MAN[№]2 и MDF 930X при значении входного сигнала $U_{in} = 1.85 V_{rms}$ с выхода HP 3581A "Wave Analyzer".



Изо. 4.

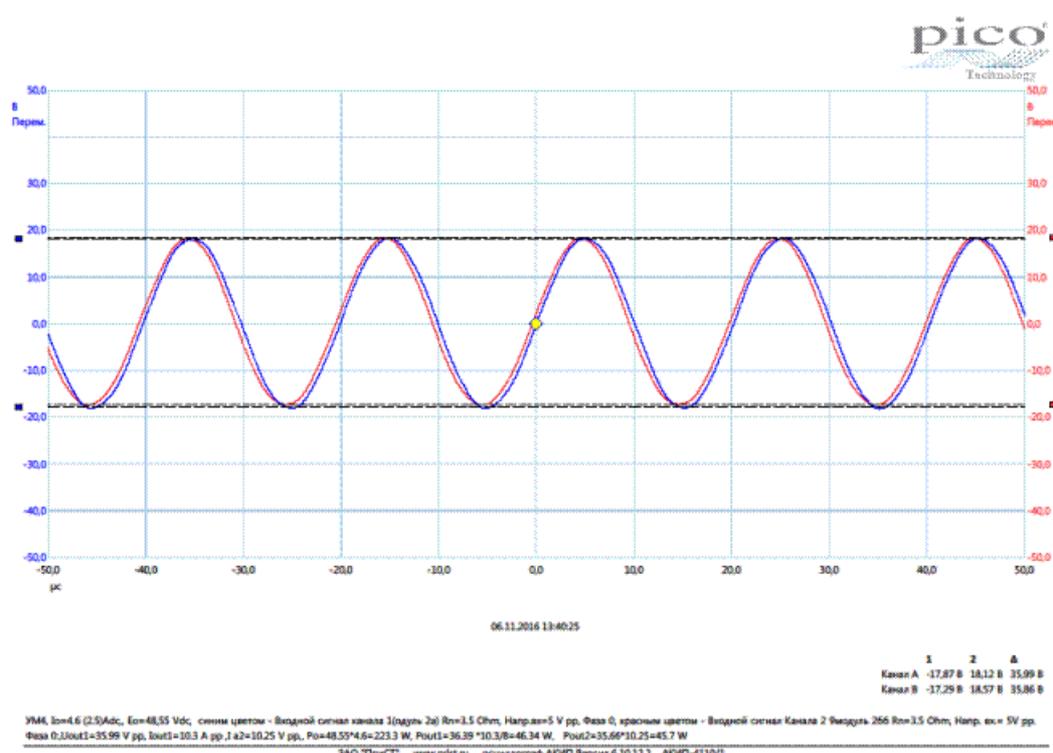
Верхняя кривая спектральной плотности зарегистрированного сигнала (синего цвета) пассивной собственноручно изготовленной Моделью Ферритовой Антенны MAN[№]2, выход которой был подсоединён к каналу А двухканального цифрового с 16 бит АКП виртуального "Осциллоскопа - Анализатора" частотного спектра электрических сигналов типа АКИП 4110/4, внешний вид которого представлен в нижнем углу Фото.5. Нижняя кривая (красного цвета) - спектральная плотность того же излученного ЛMAN[№]29м1 сигнала на частоте несущей 49.3 КГц, зарегистрированного активной антенной MDF 930X. Сопоставляя показание портативного цифрового спектра анализатора типа АКИП -4210/3 (внешний вид его изображён в центральной части Фото. 5) измеренного эффективного значения напряжённости электрической составляющей электромагнитного поля, излученного ЛMAN[№]29м1 в данный момент измерения, с рассчитанным значением зарегистрированных уровней сигнала антеннами MAN[№]2 и MDF 930X, указанных в таблице Изо. 4, - можно однозначно определить эффективное значение "Действующей высоты" Нэфф этих антенн на частоте несущей 49.3 КГц излученного сигнала передающей антенной ЛMAN[№]20м1, внешней вид в герметичном корпусе которой является точной копией модели ЛMAN[№]20м, представленной на Фото. 6.

На Фото.6 рядом с моделью передающей Антенны ЛMAN[№]20м видны два в герметичном корпусе резонансных конденсатора контура последовательного резонанса тока обмотки соленоида "возбуждения" продольного магнитного поля в его теле. Эти два резонансных конденсатора отличаются по номиналу и длине их корпусов от аналогичных резонансных конденсаторов модели ЛMAN[№]20м1, что видны поверх герметичного корпуса модели ЛMAN[№]20м1 на Фото. 1

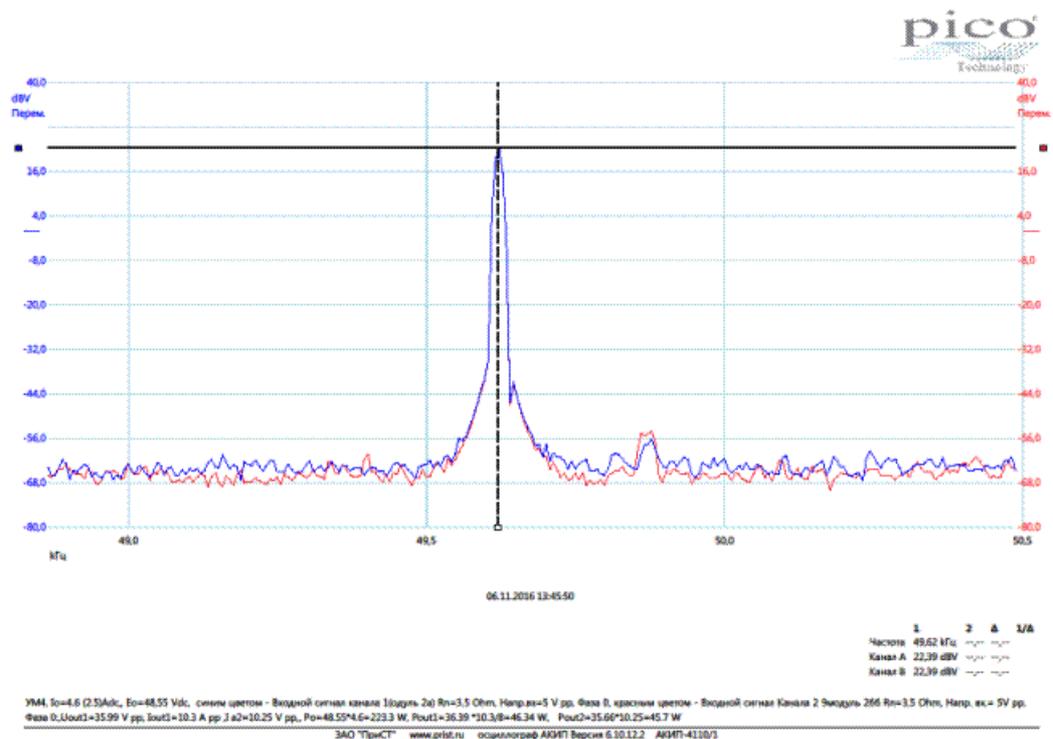


Фото. 6.

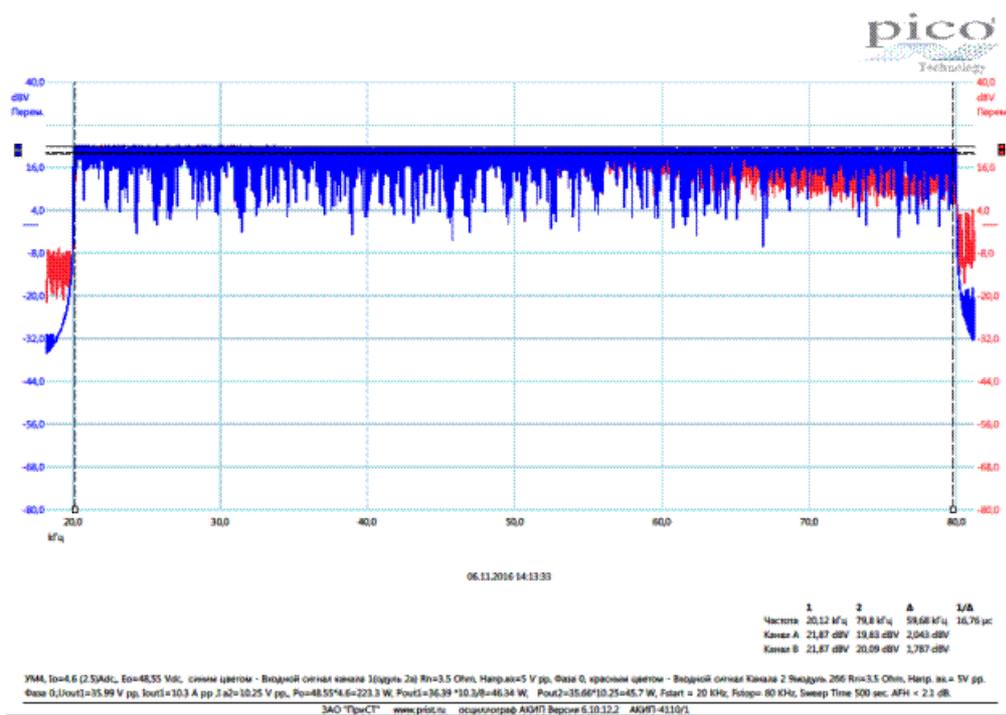
6. При тесте параметров УМН^{№4} форма напряжений на выходе каналов УМН^{№4}, их спектральная плотность и частотная характеристика УМН^{№4} представлены на Изо. 5, 6, 7 и 8, при подаче отдельно на вход каждого из его каналов одного и того же уровня сигнала с двух выходов Двухканального цифрового функционального генератора типа АКИП - 3906/2, изображённого на Фото. 2.



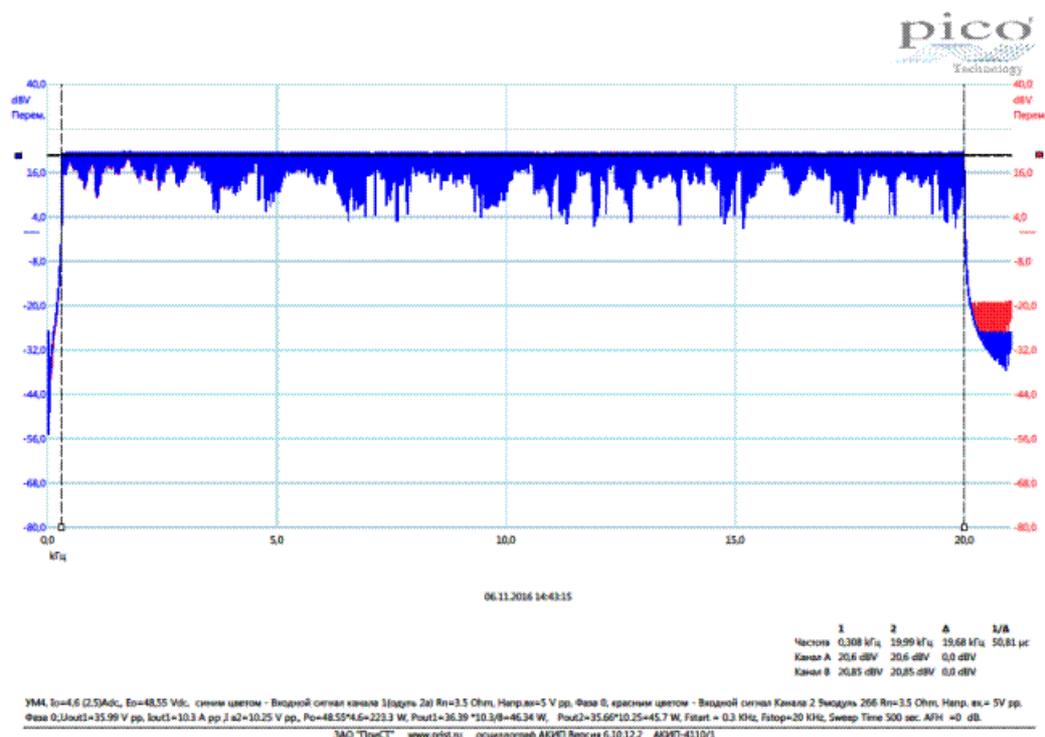
Изо. 5.



Изо. 6.



Изо. 7.

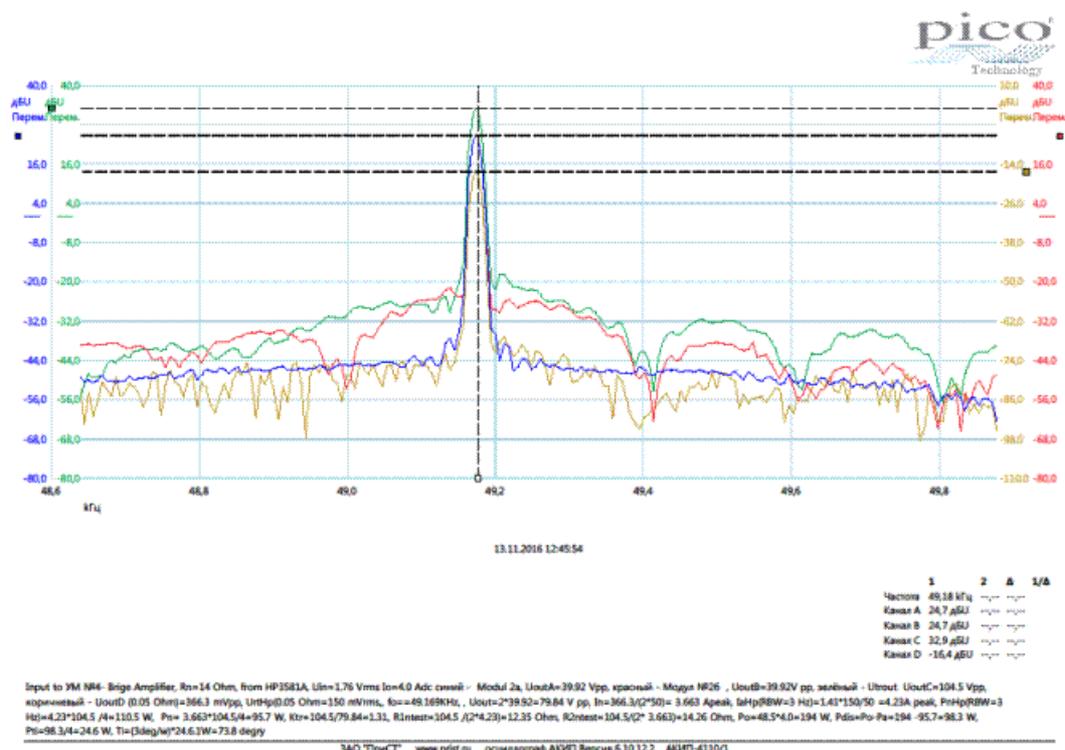


Изо. 8.

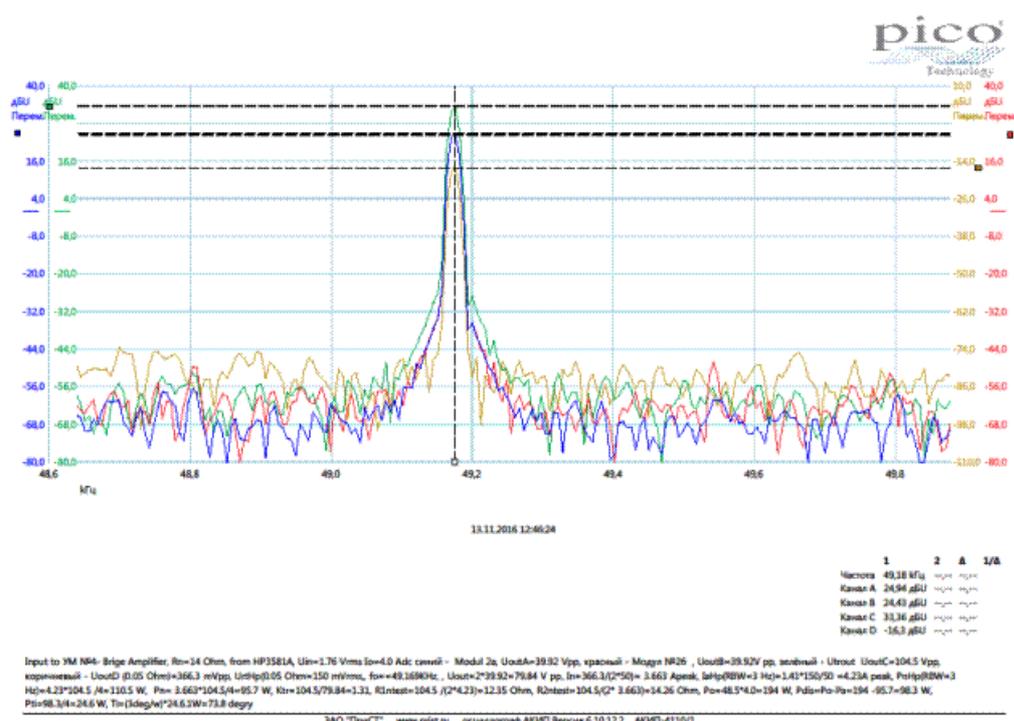
После того как был испытан каждый из двух каналов УМ№4 на максимально возможную мощность при сохранении линейности характеристики "Вход - Выход" при одной и той же фазе входного сигнала, равного 5 В (двойного его амплитудного значения) после выравнивания их коэффициента усиления специальными подстроечными потенциометрами, закреплёнными перед подсоединением их входов к разъёмам типа BNC на обратной стороне пластиковой вставки передней панели корпуса УМ№4 (см. Фото.2), на которой они закреплены. При этом выход каждого из каналов был нагружен на сопротивление, равное 3 Ома (две из панелей с набором сопротивлений, изображённых на Фото.4, имитирующие нагрузку в 6 Ом были соединены параллельно).

Проведены были аналогичное исследование параметров УМ№4 при подаче на его входы через БФБ (см Фото.2) моно гармоничного сигнала с эффективным значением 1.76 В с выхода НР 3581А "Wave Analyzer". При этом исследования проводились при подсоединении имитатора сопротивления активных потерь модели ЛМА20м1 (см. "панель - радиатор" набора сопротивлений Фото. 5), равного 14 Ом, подсоединённому к "балансному" выходу УМ№4 сквозь ПИК и СТ в пределах частот резонанса антенного контура тока "возбуждения", образованного последовательным соединением его двух конденсаторов с двух сторон индуктивности L_a обмотки соленоида "возбуждения" продольного магнитного поля внутри тела модели ЛМАН№20м1, при этом эквивалентным резонансным значением конденсатора данного контура является значение C₀=6.144 нФ. Результат данного теста представлен на Изо.9 и10.

Текст примечаний Изо. 9, 10 содержит данные полученных параметров и результаты расчёта всех основных характеристик модели УМ№4 с учётом реальных температурных условий работы активных его компонент внутри его корпуса. Дело в том, что содержащие в нём ИОУМ - это саморегулирующие свои параметры устройства, которые, как показала практика, начинают с превышением температуры их корпуса 90 градусов по Цельсию переходят автоматически в положение "Mute" на отрезок время до момента установления температуры охлаждения их корпуса ниже 90 градусов.



Изо. 9.



Изо. 10.

В данном случае при $U_{in} = 1.76$ Vrms с продолжительностью работы модели УМ№4 можно лишь на изображении спектра напряжений в контрольных точках (канала А, В, С и D) начала достижения 90 градусной границы корпуса одного из ИОУМ каналов Модулей №2. в какие то мгновения по искажению картинке спектра одного из каналов, как это будет понятно из сравнения кривых спектра сигналов на Изо.9 и Изо.10. из кривых Изо. 9 видим, что спектр выходного напряжения второго канала в его основе искажён, что вызвало естественно,

искажением в основе кривой спектра напряжение на нагрузке. Всё говорит о том, что с течением времени работы ИОУМ (у одного из двух) мощность теплового рассеивания превышена в корпусе ИОУМ для данного используемого радиатора охлаждения.

Поэтому пришлось кропотлива просчитать все необходимые параметры на основе полученных данных. Результат отмечен в Примечание изображений Изо. 9 и 10.

7. Результат исследования работы УМ№4 при "балансном" его выходе на нагрузку в реальных условиях антенного контура тока "возбуждения" модели ЛМАН№20м1 при $U_{in} = 1.85 \text{ Vrms}$ представлен на Изо. 11, 12, 13 и 14.

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),
3. «Евразийский научный журнал» № 6, Июнь 2016 г.
4. А.Б. Ляско, «Сферические волны передающей магнитной антенны (Часть 2),
5. «Евразийский научный журнал» № 7, Июль 2016 г.
6. 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.