

## К вопросу о моделировании средневолновой антенны с высоким КПД

В.Т. Поляков

Российский Новый Университет, Москва, ул. Радио 22, [ra3aae@mail.ru](mailto:ra3aae@mail.ru)

Предложена и смоделирована в программе MMANA проволочная передающая антенна средневолнового диапазона, отличающаяся небольшими габаритами (10 x 20 м), простотой установки, неплохими электрическими параметрами и относительно высоким КПД.

Ключевые слова: проволочная передающая антенна, средние волны, высокий КПД.

## On the issue of modeling a medium wave antenna with high efficiency

V.T. Poljakov

A medium-wave transmitting wire antenna is proposed and modeled in the MMANA program. It is characterized by small dimensions (10 x 20 m), ease of installation, good electrical parameters, and relatively high efficiency.

Key words: wire transmitting antenna, medium waves, high efficiency.

Основные проблемы при установке передающих антенн средних и длинных волн (СВ ДВ) создают высокие мачты. Так, даже для верхней частоты СВ диапазона высота вертикальной четвертьволновой антенны-мачты должна составлять 50 метров, а для ДВ диапазона значительно больше [1, 2].

Для малых, передвижных и быстроразвертываемых станций используют антенны меньшей высоты: зонтичные, Г- и Т-образные проволочные [3]. Излучает их вертикальная часть, а горизонтальная часть, нередко из нескольких проводов, служит верхней емкостной нагрузкой. В большинстве случаев емкостного укорочения недостаточно, и в снижение антенны приходится включать удлиняющую катушку индуктивности. К потерям в проводах антенны и в заземлении при этом добавляются еще потери в катушке, что снижает КПД антенны.

Желание повысить КПД малогабаритной антенны заставляет делать удлиняющие катушки больших размеров с высокой конструктивной добротностью, что противоречит исходному требованию малогабаритности. Типичный пример ДВ или СВ проволочной антенны показан на рис. 1.

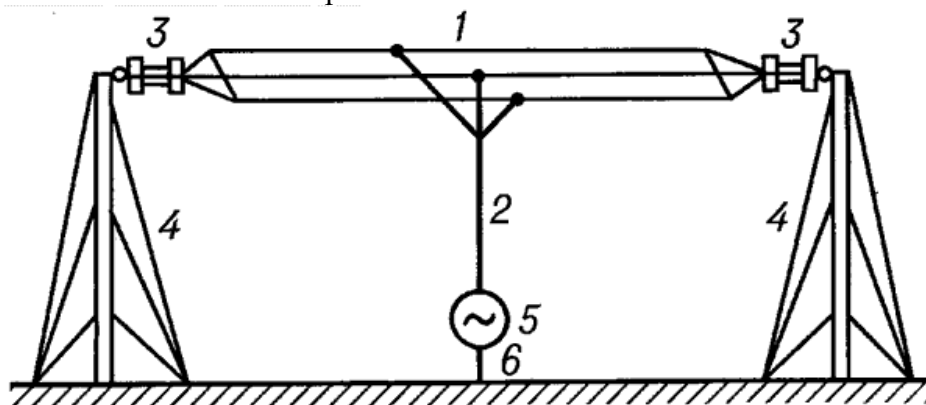


Рис. 1. Проволочная ДВ/СВ антенна

Цифрами на рисунке обозначены: 1 – верхняя емкостная нагрузка (радиосеть) из нескольких параллельных проводов; 2 – снижение; 3 – изоляторы; 4 – мачты; 5 – передатчик, 6 – заземление.

При необходимости понизить собственную резонансную частоту антенны в провод снижения 2 включают удлиняющую катушку. К очевидным недостаткам конструкции относится подвеска провода снижения 2 к середине горизонтального полотна 1, что вызывает дополнительные механические нагрузки провисание полотна. Как показало моделирование и практика, перенос точки подключения снижения к краю полотна 1 незначительно влияет на параметры антенны, но облегчает конструкцию.

Радиолюбителями предложена конструкция подобной антенны, где точка питания отнесена к основанию одной из мачт, а точка соединения снижения 2 с горизонтальной частью 1 – к вершине другой мачты. Горизонтальные компоненты тока в снижении и в горизонтальных проводах в какой-то мере компенсируют излучение в зенит, а индуктивность более длинного снижения несколько уменьшает требуемую индуктивность удлиняющей катушки.

Основная идея предлагаемой антенны состоит в следующем: сделать удлиняющую катушку максимально большого диаметра, занимая весь габарит антенны. Катушка может иметь всего один виток и использовать для крепления точки подвеса самой антенны. То, что получилось, показано на чертеже рис. 2, выполненном в программе моделирования антенн MMANA.

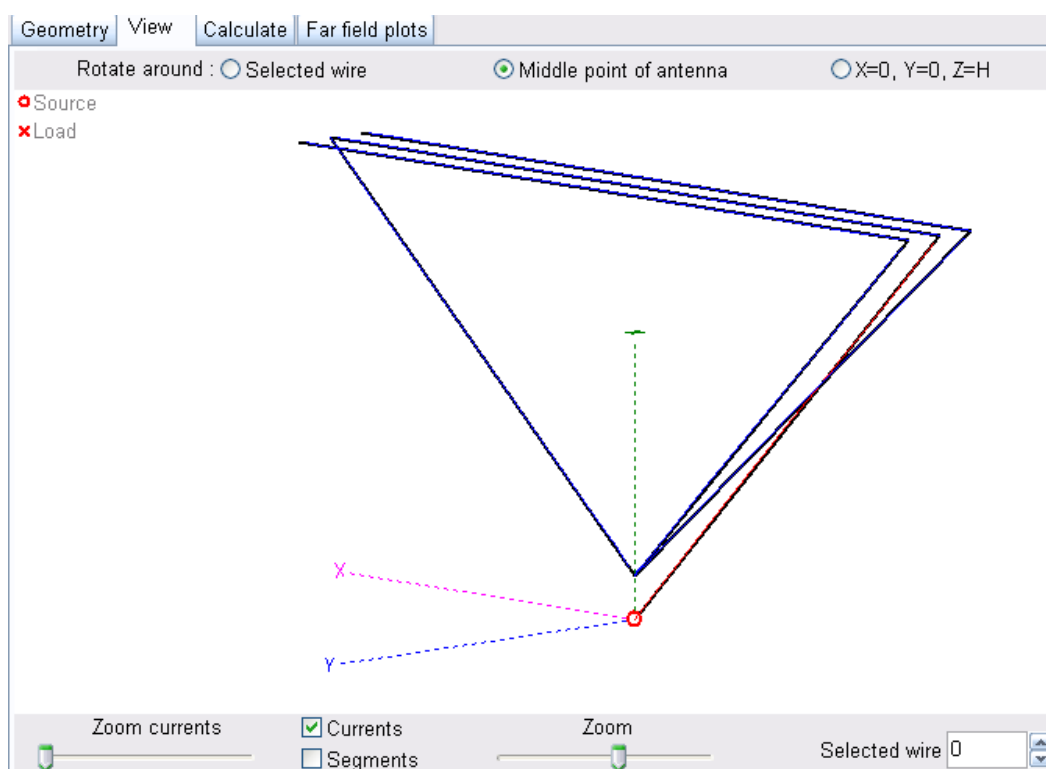


Рис. 2. Геометрия проводов антенны

Точка питания (передатчик) расположена посередине между основаниями мачт (на чертеже не показаны) и обозначена кружком. Антенный провод идет от передатчика к вершине одной мачты, затем, как средний провод горизонтальной части, к вершине другой мачты и снова спускается вниз, к передатчику. Здесь он разветвляется на два провода и вновь поднимается к вершине первой мачты. Далее эти два провода служат крайними в верхней горизонтальной радиосети.

Длина горизонтальной части антенны была выбрана равной 20 м ( $\lambda/10$ ), высота над землей 10 м ( $\lambda/20$ ). Высота точки ветвления провода – 1 м, расстояние между проводами горизонтальной части такое же, по 1 м. Для проводов использован медный (омедненный) антенный канатик диаметром 2 мм. В модель были заложены параметры земли: диэлектрическая проницаемость  $\varepsilon = 10$ , проводимость  $\sigma = 0,01$  См/м. Резонансная частота антенны безо всяких настроечных элементов оказалась равной 1675 кГц (верхняя часть СВ диапазона). Результаты моделирования даны в таблице.

F (MHz)	R (Ohm)	jX (Ohm)	SWR 50	Gh dBd	Ga dBi	F/B dB	Elev.	Ground	Add H.	Polar.
1.675	4.502	-0.2382	11.1	---	0.88	-0.25	24.0	Real	0.0	vert.

Входное сопротивление антенны, практически чисто активное, составило 4,5 Ом, в полном согласии с формулой Рюденберга для сопротивления излучения заземленной вертикальной антенны с действующей высотой  $h = \lambda/20$ :

$$R_s = 1600 (h/\lambda)^2, \text{ Ом,}$$

где  $h$  – действующая высота,  $\lambda$  – рабочая длина волны.

Выигрыш антенны, равный произведению КНДхКПД, меньше, чем у антенны без потерь над идеально проводящей землей (4,7 дБ), что объясняется потерями в реальной земле, и лишь некоторая часть – в проводах антенны. Зависимости входного сопротивления и КСВ от частоты в полосе  $\pm 20$  кГц даны на рис. 3

График КСВ дан с учетом включения согласующего устройства, приводящего входное сопротивление к стандартному 50 Ом. Это может быть ВЧ трансформатор или Г-образная LC цепь. Узкая полоса пропускания антенны объясняется ее хорошими резонансными свойствами и небольшими потерями, что характерно вообще для малых антенн [4]. Тем не менее, полоса (около 10 кГц) вполне достаточна для радиотелефонии, и, с некоторым ограничением спектра, для радиовещания.

Диаграмма направленности (ДН) антенны, рассчитанная программой, показана на рис. 4.

ДН антенны несколько отличается от ДН вертикальной антенны-мачты наличием излучения в направлениях, близких к зенитному. Оно ослаблено на 3...8 дБ, но это может оказаться достоинством при работе ионосферными волнами на дистанциях в первые сотни километров [5]. Перестраивать антенны на другие частоты можно изменяя ее размеры пропорционально длине волны, включая реактивные элементы в точках питания и ветвления провода. В этих случаях настройка ведется из помещения радиостанции,

Просчитывался и упрощенный вариант, когда вся антенна указанных габаритов изготовлена из одного цельного отрезка провода, точки ветвления нет, а горизонтальная часть содержит только два провода. Резонансная частота при этом понижается до 1 МГц, но возрастают и потери на 2,5 дБ. Любопытно заметить, что общая длина провода в таком варианте близка к четверти длины волны.

Область применения предложенной антенны достаточно широка. Она может использоваться службами МЧС для связи на расстояниях 50...300 км, где УКВ станции уже не работают, а спутниковые дороги и ненадежны. Отведенная для МЧС частота – 1620 кГц. Антенна пригодна для организации местного радиовещания на такие же расстояния и для оповещения населения при ЧС [6]. Небольшие города и поселения должны иметь «беспроводные радиоузлы» [7], заменяющие устаревшую и

разрушенную радиотрансляционную сеть. О дополнительных возможностях вещания на ДВ и СВ рассказано в [8],

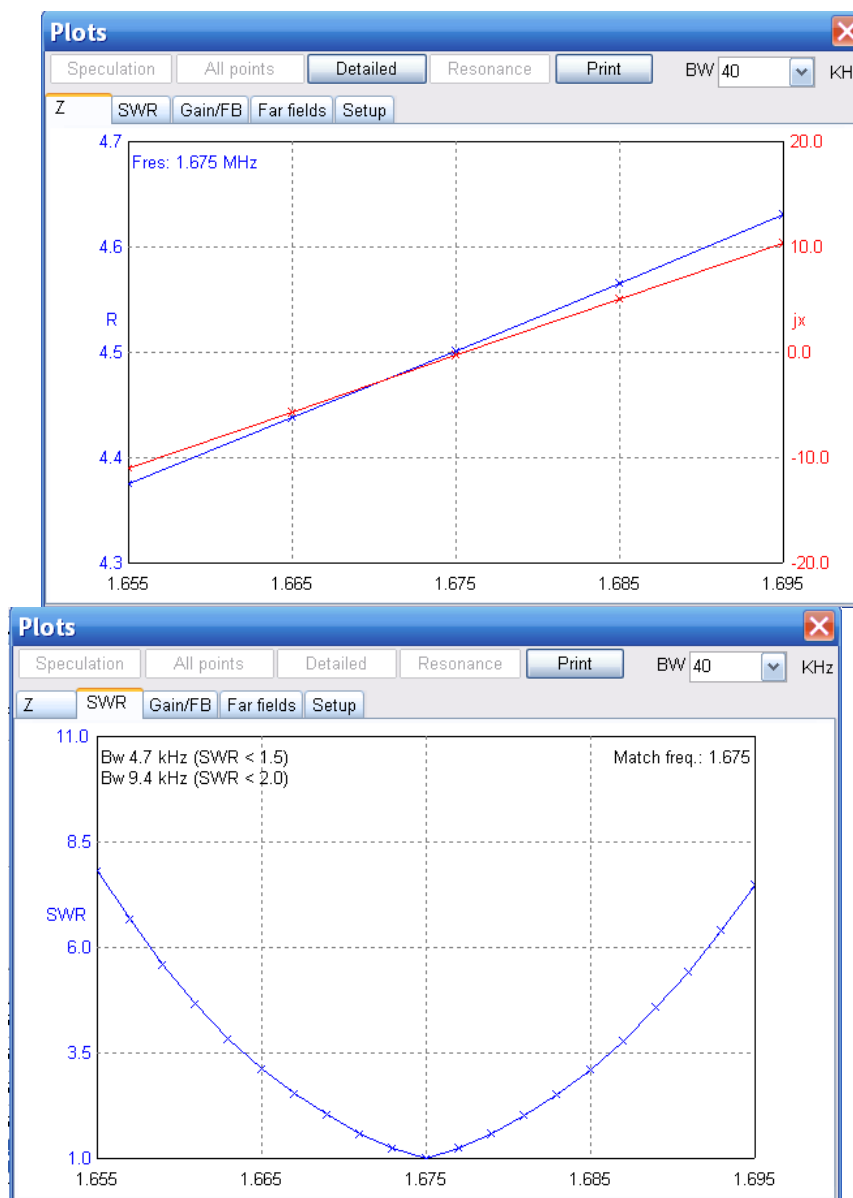


Рис. 3. Зависимости входного сопротивления и КСВ от частоты

### Литература

1. Аборин М.А., Поляков В.Т. Чудновский Л.С. ДЛИННОВОЛНОВАЯ АНТЕННА // Вестник РосНОУ, Серия: «Сложные системы: модели, анализ, управление» 2017, вып.4 с. 49-51.
2. Aborin, M.A., Polyakov, V.T., Chudnovs-kiy, L.S. BROADBAND LF EMITTER // AIS-2016 «Atmosphere, Ionosphere, Safety». – Kaliningrad, 2016. – P. 313–316
3. Белоцерковский Г.Б. АНТЕННЫ. –М.: Оборонгиз, 1956.
4. Поляков В.Т. МАЛЫЕ АНТЕННЫ: ФИЗИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ. Радио, 2002, № 10, с. 66-67.
5. Поляков В.Т. NVIS – ТЕХНИКА БЛИЖНЕЙ СВЯЗИ НА КВ. Спецтехника и связь, 2009, № 1, с. 59-63.
6. Батманова О.В., Нагорняк М.В., Поляков В.Т., Домнина М.С., Тесла Е.А. ОПОВЕЩЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ ЧЕРЕЗ

СИСТЕМЫ РАДИОВЕЩАНИЯ. В сборнике: Цивилизация знаний: российские реалии Труды XX Международной научной конференции. 2019. С. 338-343.

7. Поляков В.Т. ТЕХНИКА РАДИОПРИЕМА. ПРОСТЫЕ ПРИЕМНИКИ АМ СИГНАЛОВ. –М.: ДМК Пресс, 2001. <https://amfan.ru/>

8. Поляков В.Т. О некоторых возможностях длинноволнового радиовещания с фазовой синхронизацией. VIII Всероссийские Арmandовские чтения. Муром 2018.

[http://www.mivlgu.ru/conf/armand2018/sbornik-2018/pdf/S1\\_8.pdf](http://www.mivlgu.ru/conf/armand2018/sbornik-2018/pdf/S1_8.pdf)

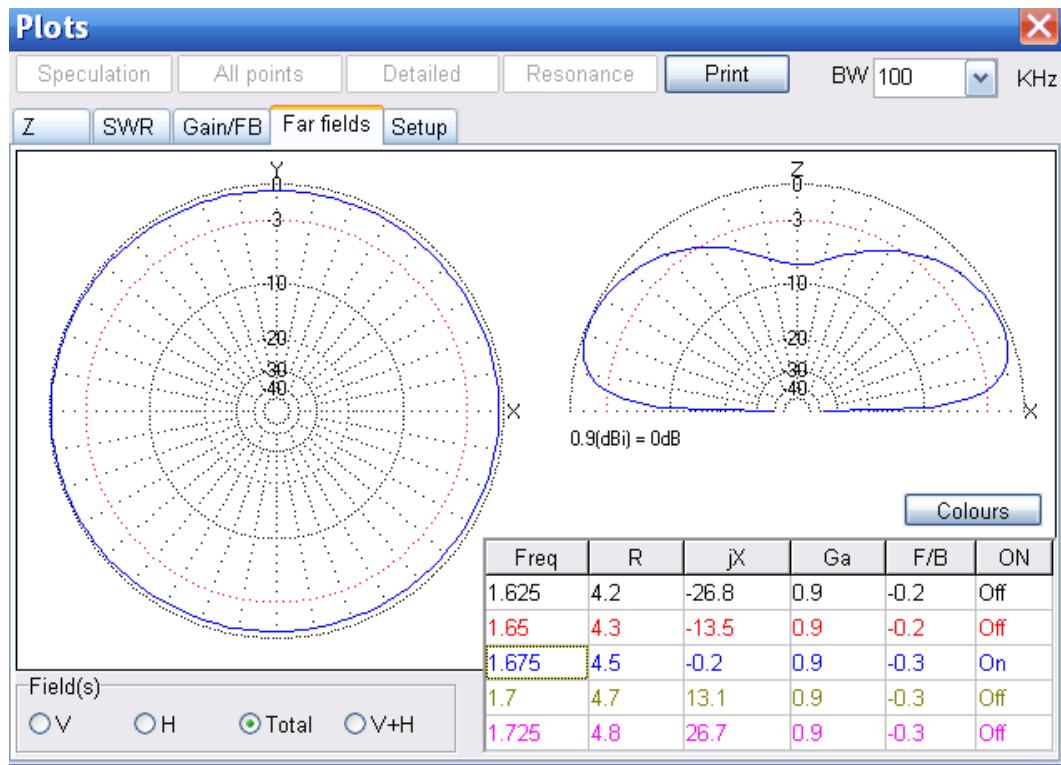


Рис. 4. Диаграмма направленности антенны