

О ПЛОТНОСТИ ПОТОКА МОЩНОСТИ ОТ "ЭЛЕМЕНТАРНОГО" ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВИБРАТОРА ДЛИНОЙ l В РАДИУСЕ $l \leq r \leq 8l$

Харченко К.П.

Одна из них исторически - классическая концепция Г.Герца основана на уравнениях Максвелла. Другая - базируется на работах [1], [2], сформулирована недавно, известна мало.

Вторая концепция в отличие от первой, по мнению автора, имеет право на "жизнь", так как не противоречит основному закону физики - закону сохранения энергии, в то время как первая его не нарушает только в одном частном случае - случае стоячей волны - и, к тому же, соответствует природным процессам только в зоне, где уровни поля изменяются уже пропорционально $1/r$.

В привычной терминологии речь идет об измерениях уровня поля в пределах "промежуточной - дальней" зон по Г.Герцу для "элементарного" электрического вибратора в понимании [3], стр.133. Подробный теоретический анализ электромагнитных полей излучающих систем в ближней, промежуточной и дальней зонах изложен в работе [4], стр. 17 -24. Он проведен, естественно, по традиционной схеме в сферической системе координат и рекомендуется как один из методически лучших среди многих с целью сопоставления его результатов расчета с результатами, полученными экспериментально.

Измерение поля на малых расстояниях между "элементарными" вибраторами является довольно сложной и "хлопотливой" процедурой, требующей многих предосторожностей для сведения к минимуму возможных погрешностей, при которых ошибка может вывести результаты измерений за разумные пределы с потерей смысла работы в целом.

В данном случае использован линейный симметричный электрический вибратор - диполь, длина l которого составляет $(1/5 \div 1/7) \lambda_i$, где λ_i - одна из длин волн, на которых проведены измерения. Диаметр вибратора равен $d = l/5$.

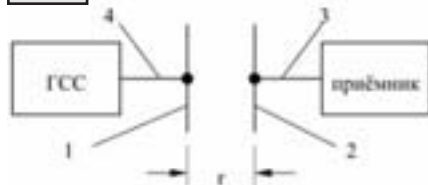
Ниже описываются методика измерений, измерительная установка, результаты измерений, дается оценка результатам и делаются выводы.

Методика измерений направлена на получение зависимости $(E/E_{max})_{дБ} = f(r)$, при $\lambda_i = const$, где r - расстояние между осями диполей, для выбранной относительной ориентации "передающего" 1 и "приемного" 2 диполей, где 3 и 4 - коакси-

альная экспериментальная работа представляется **насуточно необходимой** главным образом потому, что она может выступить "арбитром" между двумя концепциями причин и процессов возникновения радиоволн на линейном проводнике без потерь.

альные фидеры с волновым сопротивлением $Z_0 = 50 \text{ Ом}$, рис.1.

Рис. 1



Оба диполя идентичны по размерам и электрической схеме.

В качестве передатчика применен ГСС Г4-76 А.

В качестве приемника применен селективный микровольтметр RFT SMV-8. Оси вибраторов ориентированы параллельно друг другу так, что центры вибраторов лежат на одной прямой, ортогональной их осям. Размеры r_i определены металлической линейкой длиной 1000 мм с ценой деления 1 мм. Между ГСС (передатчиком) и диполем 1 включена развязка - собственный аттенюатор ГСС, ослабляющий связь между ними не более чем на -30 дБ.

На расстояниях r_i , составляющих доли от λ_i , диполи 1 и 2 взаимно влияют друг на друга, что отражается на "отборе" мощности от передатчика и на "отдаче" мощности в приемник. Для "стабилизации" этого явления при изменениях $r_i = var$ принято решение: настраивать (с повторением) и вибратор 1, и вибратор 2 в "резонанс" до получения максимального показания на шкале приемника, не трогая выставленных регуляторов передатчика, при каждом изменении значения r_i .

Конструкция элементов измерительной установки и сама установка в целом продумана и выполнена с замыслом соответствия методике измерений.

На рис.2 показана схема "элементарного" диполя и его электрический эквивалент - колебательный контур. Плечи диполя, включая зазор ввода эдс возбуждения (-), имеют размер $l \ll \lambda_i$. Параллельно плечам диполя в его точки питания включено симметрирующее устройство, в конструкции которого преду-

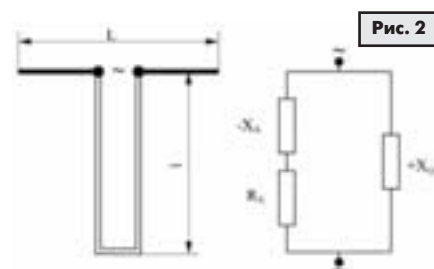


Рис. 2

смотрена возможность изменять его длину ($l = var$). Этим конструкция диполя отображается параллельным колебательным контуром, в который входят (RA) и (-Xc) - активная и реактивная составляющие входного сопротивления диполя и (+Xcy) - реактивная (положительная) составляющая сопротивления симметрирующего устройства. Длины l , l_i и λ_i подобраны так, что на любых расстояниях r_i в пределах $l \leq r_i \leq 8l$ контур настраивается в резонанс изменением длины l .

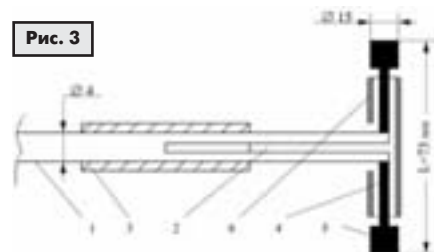


Рис. 3

На рис. 3 показана конструкция диполя с элементами его питания. Здесь 1 - стержень (медная трубка) диаметром $d = 4 \text{ мм}$ с толщиной стенки $0,5 \text{ мм}$. На конце трубки прорезана щель 2. На трубку надета металлическая втулка 3, которую можно перемещать вдоль щели с целью изменения ее длины l .

Плечи диполя 4 сделаны из медного прутка диаметром 1 мм . На концы плечей диполя надеты отрезки цилиндров 5. Три четверти длины диполя закрыты металлическим цилиндрическим "экраном" 6, который не касается элементов 2,4,5 и служит, по мнению автора, препятствием проникновению во вне диполя тех полей, которые есть поля "возмуще-

ния", созданные эдс фидерной линии в месте ее стыка с плечами 4 диполя. К точкам питания диполя энергия подводится коаксиальным фидером, проложенным внутри трубки 1, который на рис.3 не показан. Диполь со щелевым типом возбуждения подробно описан в [5], стр 237,239.

Рис. 4

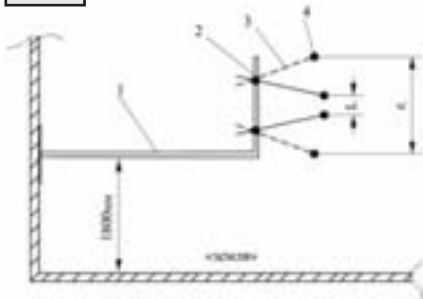


Схема измерительной установки показана на рис.4. В нее входят несущая диэлектрическая консоль Г-образного вида 1, которая фиксирует все элементы установки в некотором пространстве "земля"-стены. На консоли 1 есть шарниры 2, через которые пропущены стержни 3, имеющие на своих концах диполи 4.

Поворачивая стержни 3 вокруг шарниров 2, устанавливают расстояние r между осями диполей 4.

С целью оценки погрешностей измерений уровней поля, возникающих за счет переотражений от "земли" и стен, измерения проведены на различных частотах для одних и тех же текущих значений r в двух взаимноортогональных позициях расположения осей диполей по отношению к плоскости "земли".

Согласно работе [4], расстояние, на котором наступает "дальняя" зона по Г.Герцу, определено выражением:

$$r_d \geq 2D^2 / \lambda_{\min} \quad (1)$$

где D - максимальный размер антенны.

В рассматриваемом случае $D = L = 73$ мм, что после подстановки в (1) позволяет получить:

$$r_d \geq 2(73)^2 / \lambda_{\min} \quad (2)$$

Так как $\lambda_{\min} = 375$ мм, то окончательно имеем:

$$r_d \geq 29 \text{ мм} \quad (3)$$

и считаем, что на расстояниях $r_d \geq L = 73$ мм гарантированно наступает "дальняя" зона по Г.Герцу в соответствии представлениям [4].

Обратимся к рис. 5 и рис. 6. На них в декартовой системе координат дБ - r мм нанесены две кривые E / r и E / \sqrt{r} . Первая характеризует сферическую волну. Вторая - волну цилиндрическую. Первая соответствует изменению с расстоянием плотности потока мощности от "элементарного" диполя по концепции Г.Герца. Вторая - характеризует те границы изменения с расстоянием плотности потока мощности от "элементарного"

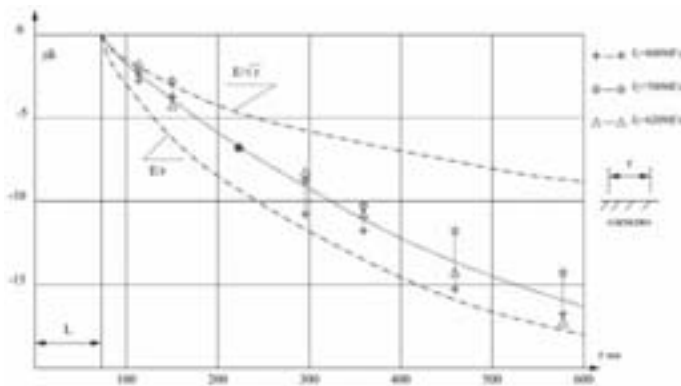


Рис. 5

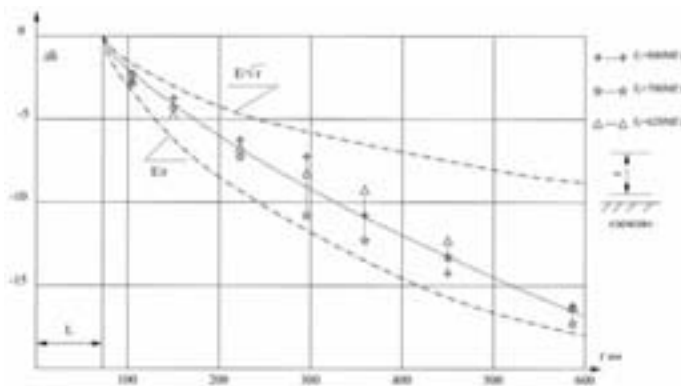


Рис. 6

диполя, о которых трактует работа [2] по концепции ее автора.

Результаты эксперимента нанесены на рис.5 и рис.6 точками $+ \rightarrow +$, $* \rightarrow *$, $\Delta \rightarrow \Delta$, $\square \rightarrow \square$, которые соответствуют частотам $f_1 = 800$ МГц, $f_2 = 700$ МГц, $f_3 = 620$ МГц, для семи значений r и двух позиций осей диполей по отношению к "земле".

За ноль дБ взято то значение показаний на шкале приемника, которое зафиксировано при $r = L$, для каждого цикла измерений. Отметим, что на каждой точке измерений уровень поля на шкале приемника превышал 50 дБ по отношению к 0 дБ самого приемника.

Сопоставляя точки рис. 5 и рис.6 можно считать экспериментально достоверными кривые, выделенные "жирной" чертой.

Очевидно, что эксперимент отрицает концепцию Г.Герца и перечеркивает градации его зон (они отсутствуют), так как на расстояниях $r \approx (4 \div 5) r_d$ уровень поля все еще близок к зависимости E / \sqrt{r} и медленно приближается к зависимости E / r , не достигая ее даже на расстояниях $r \approx 20 r_d$.

Работа [2] прогнозирует, объясняет и согласуется с результатами эксперимента.

Автор отмечает, что на расстояниях $r < L$ начинают заметно проявляться поля, не имеющие прямого отношения к полям излучения. Они, надо думать, есть проявления индивидуальных неоднородностей на стыке элементов фидерной линии с плеча-

ми диполя. К этим полям можно применить понятие "связанной энергии".

Традиционную (классическую) радиотехнику мало волнуют расстояния, соизмеримые с длиной проводника антенны. Поэтому ей могут показаться малозначительными любые уточнения в распределениях полей рис.5 и рис.6.

Однако, нарождается и другая радиотехника, которую интересуют поля именно те, которыми пренебрегает связанная классика. Для нее и постараемся. Известно, что поверхность сферы не равна поверхности тороида, вписанного в эту

сферу. Поэтому плотность потока мощности на этих поверхностях от одного и того же источника колебаний будет различной. Только за счет разницы в конфигурациях поверхностей ошибка может достигать двух децибел. Согласно [2], радиоволна начинает свое движение от проводника в виде волны цилиндрического типа, которая постепенно видоизменяется в волну тороидального типа (и никогда не переходит в волну сферическую. Хотя этот факт, насколько известно, нигде не учитывается и даже не упоминается).

Возможно исследователи, которые заинтересуются рис.5 и рис.6, поймут, почему их результаты ожидания, основанные на расчетах по концепции Г.Герца, не отвечают тем, которые получаются на самом деле.

Материал поступил в редакцию 12 января 2004 г.

Литература

1. Харченко К.П. "Радиоволны - это что?" Информост №4 (28) "Радиоэлектроника и телекоммуникации" июль-август 2003
2. Харченко К.П. "Радиоволна - это сброс энергии за пределы проводника, отраженной от его конца", Информост: радиоэлектроника и телекоммуникации №6 (30) ноябрь-декабрь 2003
3. Айзенберг Г.З. "Антенны ультракоротких волн" М. 1957
4. Марков Г.Т. Сазонов Д.М. "Антенны" М. 1975
5. Кочержевский Г.Н. "Антенно-фидерные устройства" М. 1972