

УДК 621 396.67

**УПРАВЛЯЕМАЯ АНТЕННА КРУГОВОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ.
2. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СХЕМЫ**

Э. П. Абринин, Л. Л. Базелян, А. И. Браженко

Приводятся результаты численных расчетов рассмотренных в [2] схем компенсации, предназначенных для излучения (приема) в произвольном направлении поляризованных по кругу волн с помощью скрещенных диполей.

Для исследования спорадического радиоизлучения Солнца разработан и сооружен поляриметр, работающий на частоте 25 МГц. В нем использована управляемая антенная решетка радиотелескопа УРАН-1 [1].

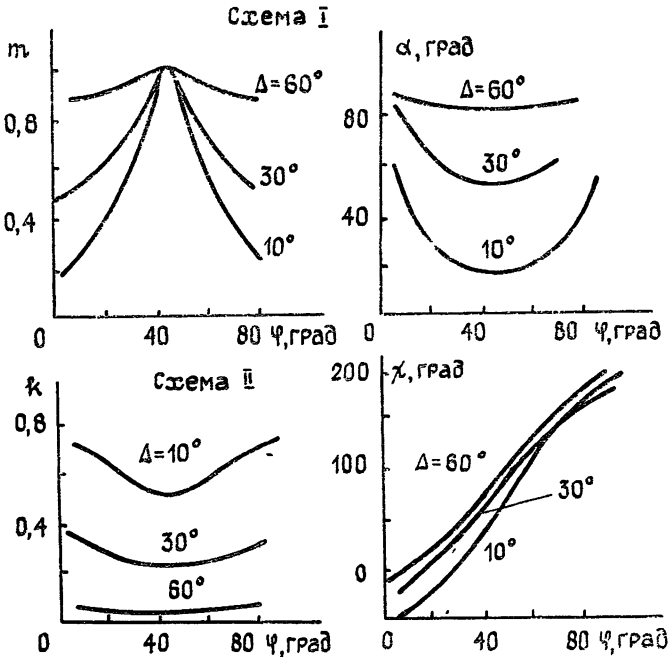


Рис 1.

Поляриметр должен обеспечивать измерения в режиме сопровождения Солнца. Такая возможность реализуется описанными в [2] схемами компенсации. Из приведенных там на рис. 2 — 4 трех вариантов схем, которые мы ниже будем соответственно обозначать I, II и III, необходимо выбрать в секторе углов места Солнца оптимальную. При этом предпочтительней является схема, которой присущи следующие особенности: 1) параметры ее компенсирующих цепей* в зависимости от координат меняются медленнее; 2) заданная развязка по поляризации между каналами обеспечивается в большей области углов фазирования луча антенны при неизменных параметрах схемы или при больших изменениях параметров компенсирующих цепей, если неизменно направление фазирования луча; 3) меньшее число управляемых элементов. Применим перечисленные кри-

* Цель компенсации состоит из управляемых аттенуатора и фазовращателя [2].

терии к схемам I, II и III, пользуясь при этом соотношениями для идеально проводящей земли [2].

На рис. 1 для трех фиксированных значений угла места Δ приведены необходимые для приема (излучения) волн круговой поляризации величины ослабления управляемых аттенуаторов (m, k) и фазы фазовращателей (α, χ) компенсирующих цепей в зависимости от координаты φ , отсчитываемой от оси диполя x [2]. Они приведены для схем I и II. Что касается схемы III, то для нее величина k зависит только от Δ , а фаза компенсирующего тока $\chi = 2\varphi$ и не зависит от Δ .

Изменения параметров компенсации оказываются в схеме I более быстрыми по сравнению со схемой II, не говоря уже о III. Так, фаза α в схеме I меняется медленно только вблизи меридиана ($\varphi = 45^\circ$) и быстро, если луч отвернут от него, особенно на низких углах места Δ . Здесь же быстро изменяется от φ и ослабление аттенуаторов (m). Когда луч антенны находится в плоскости меридиана ($\varphi = 45^\circ$), то при изменении Δ в схеме I не нужно корректировать амплитуды токов. Наоборот, в схеме III только они и регулируются. Однако если антенные элементы в решетке расположены так, что плоскость меридиана не проходит через биссектрису угла между диполями, то в схеме I потребуется регулировать не только фазу, но и амплитуду тока. В схеме же III фаза по-прежнему остается постоянной, хотя и не равной 90° .

Важным достоинством схемы III по сравнению с I является то, что она обеспечивает лучшую развязку по поляризациям на низких углах места, оставаясь не хуже при всех остальных Δ . Описывать развязку

по поляризациям удобно величиной телесного угла, стягивающего область, при приеме из которой поляризованной по кругу волны обеспечивается развязка не хуже некоторой заданной величины, при неизменных параметрах схемы и ориентации луча антенны.

Подобные зависимости величин телесных углов в квадратных градусах для схем I (θ_I) и III (θ_{III}) для случая $\varphi = 45^\circ$ приведены на рис. 2. Там же пунктирной кривой показано отношение телесных углов областей, для которых развязка по поляризациям не хуже 20 дБ. Как видно, в плоскости меридиана преимуще-

ство схемы III начинает проявляться при $\Delta \leq 40^\circ$. Следует заметить, что эта граница сдвигается в сторону больших Δ по мере отворота луча антенны от плоскости меридиана или при меньшей развязке.

Не менее важным свойством схемы является ее устойчивость по отношению к изменениям параметров. Это свойство особенно важно, поскольку параметры антенн зависят от ряда трудно учитываемых факторов и поэтому известны с ограниченной точностью. На рис. 3 сравниваются схемы I (пунктирные кривые) и III при трех различных значениях угла места. На рис. 3а приведена зависимость развязки по поляризациям D от величины k/k_0 при условии точной компенсации по фазе ($\chi = \chi_0$), а на рис. 3б, наоборот, — от $\chi - \chi_0$ при точной компенсации по амплитуде тока, $k = k_0$. (Для схемы I брались соответствующие величины m и α .)

Как видно, в обоих случаях больших расстроек обеспечение одной

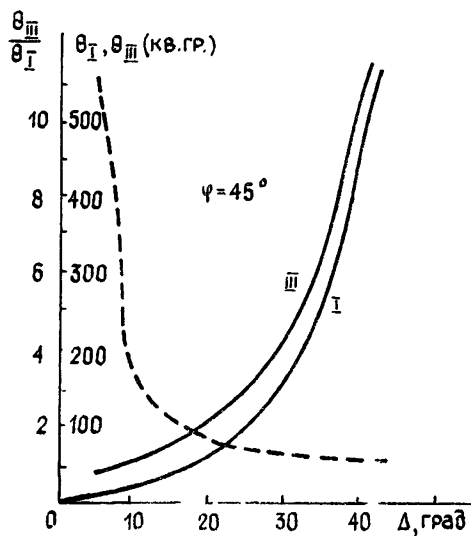


Рис. 2.

и той же развязки допускает схема III, т.е. она оказывается более устойчивой. Такое преимущество схемы III сохраняется на низких углах места, но оно становится все более значительным по мере приближения луча антенны к зениту.

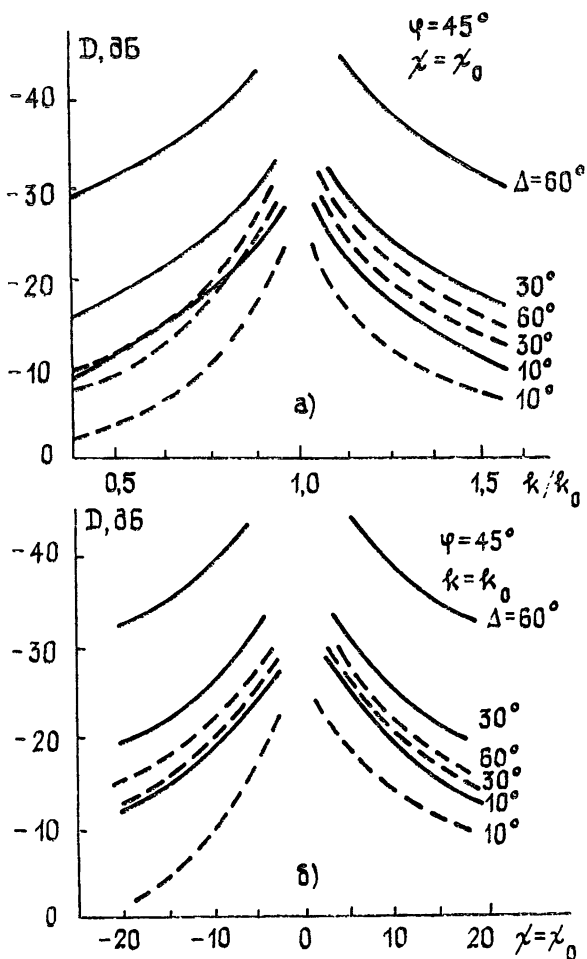


Рис. 3.

Приведенные в [2] соотношения позволяют учесть влияние реальной земли на параметры всех рассматриваемых схем. Здесь это сделано только для схемы III, которая, как представляется, является наиболее перспективной. На рис. 4а приведены отношения амплитуд полей устраняемого и выделяемого в канале круговой волны в зависимости от угла места для различных величин комплексной диэлектрической проницаемости почвы ϵ' . Как видно, влияние земли приводит к увеличению этого отношения главным образом при умеренных углах места. Причем, как показывают расчеты, увеличение, например, в «правом» канале $k = |E_2^{(1)}|/|E_1^{(1)}|$ связано преимущественно с уменьшением амплитуды выделяемой волны ($|E_1^{(1)}|$), а потом уже с увеличением амплитуды устраняемой ($|E_2^{(1)}|$). Последнее проявляется несколько сильнее на низких углах места. Заметим, что величина k от азимута не зависит.

Что касается требуемой для компенсации разности фаз χ , то напомним, что в случае идеально проводящей земли, как это следует из приведенного в [2] соотношения (8), в обоих каналах схемы III обе составляющие поля (правая и левая) оказываются синфазными при любых ϕ и Δ . Наличие реальной земли приводит к тому, что эта син-

фазность нарушается. При этом углы между составляющими в «правом» канале $E_1^{(1)}$ и $E_2^{(1)}$ и между $E_2^{(2)}$ и $E_1^{(2)}$ в «левом» канале естественно оказываются равными, а их величина зависит только от угла места и ϵ' почвы и по-прежнему не зависит от азимута. Однако здесь устраняемое в «правом» канале поле $E_2^{(1)}$ опережает выделяемое в «левом» канале $E_2^{(2)}$ и, наоборот, устраняемое поле $E_1^{(2)}$ в «левом» канале отстает от выделяемого в «правом» канале $E_1^{(1)}$. Вследствие этого необходимые для компенсации устраняемых в обоих каналах волн фазовые сдвиги оказываются различными. Поэтому, в принципе, невозможно осуществить ее одним фазовым сдвигом обеих компонент в каком-либо одном канале, как это имеет место в свободном пространстве или в случае идеально проводящей земли.

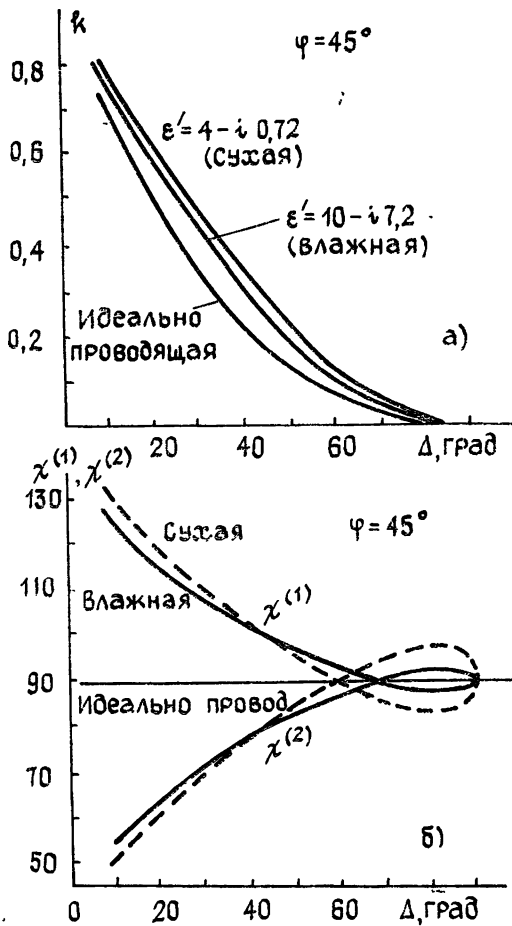


Рис. 4.

На рис. 4б представлены рассчитанные для схемы III зависимости необходимых для точной компенсации фазовых сдвигов в «правом» ($\chi^{(1)}$) и «левом» ($\chi^{(2)}$) каналах для трех состояний почвы: идеально проводящей, влажной и сухой. Приведенные здесь данные относятся к случаю, когда луч антенны находится в плоскости меридиана ($\varphi = 45^\circ$). Поскольку коэффициенты Френеля не зависят от азимута A , то необходимый для компенсации фазовый сдвиг в обоих каналах (χ) можно представить в виде суммы:

$$\chi = \chi(\Delta) + \chi(A),$$

где $\chi(\Delta)$ и $\chi(A)$ — составляющие фазы, зависящие соответственно толь-

ко от угла места и азимута. Согласно [2] можно считать $\chi(A) = 2A$. Если, как это принято, отсчитывать положительные значения азимута от юга на запад, то при выбранном у нас расположении турникетного элемента и угла φ

$$\chi(A) = 2(45 - \varphi).$$

В плоскости меридиана при любых значениях ϵ' и Δ разность начальных фаз полей $E_1^{(1)}$ и $E_2^{(2)}$ оказывается равной $\pi/2$. Поэтому для идеально проводящей земли, когда $E_1^{(1)}$ и $E_2^{(1)}$ ($E_1^{(2)}$ и $E_2^{(2)}$) синфазны, $\chi = 90^\circ$. В случае реальной земли, как отмечалось, эта синфазность нарушается (тем сильнее, чем меньше проводимость почвы) при всех Δ , за исключением тех значений, где выполняется условие

$$f_r \sin \Phi_r' + f_b \sin \Phi_b' = f_r f_b \sin (\Phi_r' - \Phi_b').$$

Как видно из рис. 4б, если земля не идеально проводящая, то таких точек две. Одна — при $\Delta = 90^\circ$ и не зависит от параметров почвы. В этой точке написанное выше условие выполняется при любых параметрах почвы. Действительно, здесь (как и в случае идеально проводящей земли при любых Δ) $f_r = f_b$ и $\Phi_r' = \pi + \Phi_b'$. Второе значение Δ , где $\chi = 90^\circ$, зависит от параметров почвы (рис. 4б).

Как видно из рис. 4, в области углов места $\Delta \gtrsim 55^\circ$ поправки к величинам k и χ , вносимые реальной почвой по сравнению с идеально проводящей, оказываются относительно небольшими. Далее, в этой области Δ , в силу малости модуля устраняемого поля (рис. 4а), приемлемые развязки обеспечиваются при значительных отклонениях этих величин от соответствующих точной компенсации. Поэтому при $\Delta \gtrsim 55^\circ$ влиянием реальной земли можно практически пренебречь и здесь примерно с одним и тем же успехом можно использовать любую из трех схем. Однако все же некоторое предпочтение должно быть отдано схеме III, так как даже в этой области углов она обладает, хотя и небольшими, преимуществами. Кроме того, для ее реализации требуется всего один управляемый фазовращатель.

Что касается области углов $\Delta \leq 55^\circ$, то здесь влияние реальной земли на величины k и χ является сильным и его учет необходим. Как следует из изложенного выше, в этой области схеме III присущи безусловные преимущества. Однако в отличие от случая $\Delta \gtrsim 55^\circ$ в ней нужно использовать второй управляемый фазовращатель. Оба фазовращателя включаются в компенсирующие цепочки последовательно с управляемыми аттенюаторами и управляются по различным законам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобейко А. Л., Бовкун В. П., Брауде С. Я., Мень А. В., Сергиенко Ю. Ю. В кн. Антенны. — М.: Связь, 1978, вып. 26, с. 121.
2. Базелян Л. Л. — Изв. вузов — Радиофизика, 1987, 30, № 4, с. 516.

Институт радиофизики и электроники
АН УССР

Поступила в редакцию
12 июня 1985 г.,
после доработки
20 января 1986 г.

STEERABLE ARRAY WITH CIRCULAR POLARIZATION. 2. THE CHOICE OF THE OPTIMUM NETWORK

E. P. Abranin, L. L. Bazelyan, A. I. Brazhenko

The results of numerical calculations analysed in [2] of compensation schemes used for radiation (reception) by crossed dipoles of the circular polarized waves in an arbitrary direction are given. The calculations are made for an antenna array placed over the ideally conducting and real earth.