

Э. Г. Мирзабекян

СИММЕТРИЧНЫЙ КОЛЬЦЕВОЙ ВОЛНОВОДНЫЙ ОБЛУЧАТЕЛЬ

Описанный в нашей статье [1] новый метод исследования поляризации радионизлучения в трехсантиметровом диапазоне длин волн был использован для измерения степени поляризации радионизлучения Солнца.

Для этой цели поляризационный радиометр был дополнен зеркалом-отражателем и облучателем. Отражатель поляризационного радиометра должен быть параболоидом вращения.

В настоящей статье описывается новый облучатель, предназначенный для поляризационного радиометра.

Конструируемый облучатель должен был удовлетворять следующим общим требованиям: 1) ширина диаграммы направленности облучателя по $1/10$ мощности должна быть примерно равна апертуре зеркала; 2) вся поверхность излучающих щелей должна быть в зоне фокального пятна; 3) облучатель должен хорошо согласовываться в широкой полосе (≈ 500 мГц) частот и иметь ничтожное собственное поглощение. Помимо этих общих требований, разработанный метод поляризационных измерений накладывал специальные требования к конструкции облучателя. Облучатель должен, во-первых, обладать осевой симметрией для того, чтобы одинаково принимать излучение любой поляризации с любой ориентацией вектора напряженности электрического поля принимаемого излучения; во-вторых, запитываться цилиндрическим волноводом со стороны отражателя. Кроме этого, облучатель должен быть заднего облучения, при котором исключается необходимость иметь коленчатые участки цилиндрического волновода — высокочастотный цилиндрический тракт до анализатора должен быть строго прямолинейным для

исключения возможности искажения характера поляризации принимаемого радиовлучения.

Все описанные в литературе конструкции облучателей не удовлетворяют этим требованиям. Используемая в радиолокации [2] в диапазоне сантиметровых волн антенна с циркулярной поляризацией имеет или спиральный облучатель, запитываемый коаксиалом, или же квадратный рупор, со вставленной внутрь пластинкой $\frac{\lambda}{4}$, запитываемый прямо-

угольным волноводом. Их использование лишило бы нас существенного преимущества метода поляризационной модуляции, при которой модулируется только поляризованный компонент и тем самым устраняется неполяризованный фон. Мы лишились бы также возможности производить полный анализ принимаемого поляризованного излучения.

При конструировании облучателя, запитываемого цилиндрическим волноводом, нами отбрасывались все те варианты конструкции, которые требовали применения изогнутых цилиндрических волноводов. При наличии изгибов в цилиндрическом волноводе неизбежно появление высших типов волн и искажение характера поляризации принимаемого излучения, что весьма сильно ограничило бы возможности поляризационного радиометра.

В литературе нет описаний конструкции щелевого облучателя, запитываемого цилиндрическим волноводом. Сконструированный нами новый облучатель с кольцевой щелью имеет вид, показанный на рис. 1.

Диаметр и ширина кольцевой щели подобраны так, чтобы удовлетворились требования, накладываемые величиной дифракционного фокального пятна и величиной апертуры зеркала. Фокальное пятно примененного зеркала имеет диаметр ≈ 25 мм. Для получения нужной диаграммы направленности облучателя, обеспечивающей облучение всего зеркала, расстояние между серединами щелей должно быть около 21 мм.

Цилиндрический волновод, запитывающий облучатель, имеет внутренний диаметр $\Phi = 23,4$ мм.

Для удовлетворения вышеуказанных требований к размерам щели необходимо было сузить цилиндрический волновод, запитывающий облучатель. Был сужен только малый участок (длиной ≈ 100 мм), непосредственно запитывающий кольцевую щель. Этот D-участок волновода (рис. 1) сделан в виде плавно суживающегося конуса. Но, как известно,

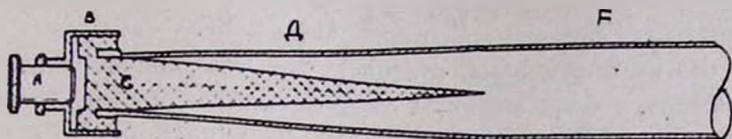


Рис. 1. Облучатель.

изменение диаметра цилиндрического волновода влечет за собой изменение его волнового сопротивления. В самом деле, волновое сопротивление цилиндрического волновода выражается формулой [3]

$$z = \frac{754}{\sqrt{1-\gamma^2}}, \quad (1)$$

где $\gamma = \frac{\lambda}{\lambda_{кр}}$ — отношение длины волны в волноводе к критической длине волны.

Выражая λ и $\lambda_{кр}$ через соответствующие параметры, получим для γ зависимость:

$$\gamma = \frac{\lambda_0 k}{2\pi r \sqrt{\mu \varepsilon}}. \quad (2)$$

Здесь k — корень функции Бесселя, получающийся при решении задачи распространения волн в круглых волноводах; λ_0 — длина волны в свободном пространстве; r — радиус цилиндрического волновода; μ и ε — соответственно магнитная и диэлектрическая проницаемости среды, заполняющей волновод.

Так как значение корня k функции Бесселя зависит от типа волн, распространяющихся в волноводе, то и величина волнового сопротивления z , как это видно из формул (1) и (2), также зависит от типа волн. В частности, для нашего

случая, когда в волноводе распространяется волна типа H_{11} , будем иметь: $K_{11} = 1,84$.

Подставляя это значение k в формулу (2), а затем полученное выражение в формулу (1), будем иметь

$$Z_{01} = \frac{754}{\sqrt{1 - \left(\frac{1,84}{2\pi r \sqrt{\epsilon_1}} \right)^2}}$$

Из этой формулы следует, что два цилиндрических волновода, — один волновод радиуса r_1 , заполненный диэлектриком, имеющим диэлектрическую проницаемость ϵ_1 , другой волновод радиуса r_2 , заполненный другим диэлектриком, имеющим диэлектрическую проницаемость ϵ_2 , — имеют, при всех прочих одинаковых условиях, равные волновые сопротивления, если выполняется соотношение:

$$r_1 \sqrt{\epsilon_1} = r_2 \sqrt{\epsilon_2}.$$

Для выполнения этого соотношения в конический волновод D (рис. 1) вставлен полистироловый конус C с острием, направленным в сторону широкой части волновода. Этот полистироловый конус, имея диэлектрическую проницаемость, отличную от диэлектрической проницаемости воздуха, компенсирует изменение волнового сопротивления волновода, вызванное изменением радиуса последнего. Полистирол, как по величине диэлектрической проницаемости ($\epsilon = 2,54$), так и по ничтожной величине поглощения на частоте $\omega_n = 10^{10}$ вполне подходящий для этих целей диэлектрик.

Принцип работы облучателя заключается в следующем. Собственно облучатель — это резонансный объем B с излучающей кольцевой щелью. Резонансный объем настраивается единственным настраиваемым элементом — винтом A. Размеры резонатора и способ возбуждения таковы, что в нем возбуждается только волна типа H_{11} , схематически изображенная на рис. 2. Расстояние d между щелями влияет на ширину диаграммы направленности облучателя в E-плоскости, а некоторая эффективная длина l — на ширину диаграммы в H-плоскости.

Полное поле кольцевой щели, работающей в приемном режиме, есть сумма падающей волны, отраженной волны

и расходящейся сферической волны, излучаемой в пространство возбужденной щелью. Кроме того, внутри резонатора будут возбуждаться щелью и распространяться в цилиндрическом волноводе типы волн, у которых критические длины волн больше рабочей. Размеры резонатора и цилиндрического волновода, как мы уже отмечали, таковы, что могут возбуждаться и распространяться только волны типа H_{11} .

Мощность, уносимая волной H_{11} в волноводе, равна [4]

$$W_{H_{11}} = \frac{c B^2}{8\pi} \cdot 0,35 \lambda^2 Q_{H_{11}},$$

где $Q_{H_{11}}$ — коэффициент излучения волны H_{11} ; c — скорость света, B — вектор напряженности магнитного поля.

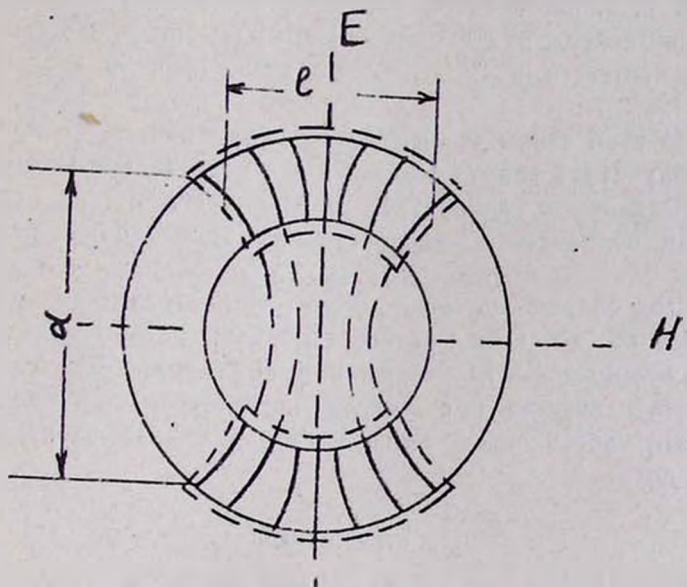


Рис. 2. Схематическое изображение электрического поля в кольцевой щели облучателя.

Так как величина $\frac{c B^2}{8\pi}$ — есть плотность потока энергии в падающей волне, то эффективный поперечник возбуждения волны H_{11} , обозначаемый через $S_{H_{11}}$, равен:

$$S_{H_{11}} = 0,35 \lambda^2 Q_{H_{11}}.$$

Расчет и эксперимент показывают, что $Q_{\text{нп}} \approx 1$ в широком интервале частот. Следовательно

$$S_{\text{нп}} \approx 0,35 \lambda^2.$$

Следует отметить, для сравнения, что у металлического диполя в свободном пространстве, работающего в оптимальном приемном режиме (сопротивление нагрузки равно сопротивлению излучения), эффективный поперечник возбуждения равен $0,13 \lambda^2$.

Таким образом, кольцевой облучатель с резонансным объемом является эффективной излучающей системой.

Испытания облучателя дали следующие результаты: 1) к. с. в. н. на средней частоте (536,0 мггц) равен 1,05; на краях полосы в 500 мггц — 1,3; 2) апертура облучения по $1/10$ мощности в Е-плоскости равна 135° , в Н-плоскости — 125° .

По всем своим данным новый симметричный волноводный облучатель вполне подходит для использования его в поляризационном радиометре, предназначенном для исследования поляризации радиовлучения космических источников.

Этот облучатель может быть рекомендован также для применения во всех радиоустановках, которые должны иметь возможность излучения и приема радиоволн сантиметрового диапазона с любым характером поляризации, с любым направлением вектора напряженности электрического поля.

Է. Ա. ՄԱՐԶԱՐԿԻԱՆ

ՄԻՄԵՏՐՈՒԿ ԱՐՔԱՄԵՐՆԵ ԶԱՌԿԱԼՅՈՒՉ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հեղինակի մշակած բեկոացման ուղիումները [1] ուղիումատղաղիտական ճեղքագոտությունների ժամանակ կիրառելիս տնօրհանության է ունենալ ճառագայթի: ճառագայթիչների միջև այժմ ճառագայթի թուր տիպերը բեկոացման ուղիումներում օգտագործվել են կարող: ներկա նորվածում բերված է բեկոաց-

ման ռադիոմետրի համար պիտանի նոր ճառագայթիչի նկարագիրը Այդ ճառագայթիչը կարող է առաջարկվել նաև սովորական ամպլիտուդային ռադիոմետրերում օգտագործվելու համար: Նոր ճառագայթիչը (նկ. 1) իրենից ներկայացնում է մի կոնական ալիքամուկ, որը ղեկավարում է օդակաձև ճեղք (հայելուն ուղղված) տնկյուղ զլանական ծավալային ռեզոնատորով: Ցույց է տրված, որ ալիքիսի ճառագայթիչը հանդիսանում է էֆեկտիվ ճառագայթող մի սխեմա: Ճառագայթիչի փորձարկումները ավել են հետևյալ արդյունքները՝ 1) լարվածության կանգնած ալիքի գործակիցը միջին հաճախականության համար հավասար է 1.05, իսկ 5.10⁸ հերց լայնությանը շերտի եղրերում՝ 1.3, 2) ճառագայթման բացվածքը (ապերտուրա) բոլոր 1/10 հզորության, E հարթության մեջ կազմում է 135°, իսկ H հարթության մեջ՝ 125°:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Э. Г. Мирзабекян, Сообщения Бюраканской астрофизической обсерватории. вып. XIX (1956).
2. Техника сверхвысоких частот. Изд-во «Советское радио» (1952).
3. Дж. К. Соусворт, «Принципы и применения волноводной передачи», Издательство «Советское радио», стр. 137 (1955).
4. М. Л. Левин, Докторская диссертация (1954).

