# ZU34U4U5 UUR ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻU АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

# **РЗПКРИЧИЪР U.USQUAPSULPU.5 ДИДПРАЛРОБО** СООБЩЕНИЯ БЮРАКАНСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

**ФРЦЧ XIX ВЫПУСК** 

читвијишитт јобридрр' Ц. 2. 200700.0900 Ответственный редактор В. А. АМБАРЦУМЯН

and the second s

# РАДИОМЕТР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИИ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ НА ДЛИНЕ ВОЛНЫ 3,2 си

### Э. Г. Мирзабекян

Разработка методики и создание установки для измерения степени поляризации радноизлучения в трехсантиметровом диапазоне длин волн в последнее время приобрели актуальное значение. Удачное решение этой задачи позволяет поставить ряд новых исследований как в области радиофизики сверхвысоких частот, так и в области радиоастрономии. В настоящей статье описывается новая установка — "поляризационный радиометр", предназначенная для лабораторных измерений степени поляризации радиоизлучения в трехсантиметровом диапазоне длин воли.

### § 1. МОДУЛЯЦИОННЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ СТЕПЕНИ ПОЛЯРИЗАЦИИ

При исследовании радиоизлучения в сантиметровом диапазоне обычно надо уметь выделять и измерять сигнал, мощность которого может составлять десятые доли процента от мощности собственных шумов аппаратуры. В самом деле, как извес но [1], подключенное на вход приемника согласованное сопротивление R создает в полосе частот Af тепловые шумы, мощность которых равна

$$\mathbf{P} = \mathbf{k} \mathbf{T}_{\mathbf{a}} \Delta \mathbf{f} \tag{1}$$

где k — постоянная Больцмана,

То - температура шумящего сопротивления.

Но, кроме этих шумов, приемник обладает собственными шумами, которые можно пересчитать на его вход, пользуясь известным понятием шум - фактора — N, показывающим во сколько раз отношение мощности сигнала к

#### Э. Г. МИРЗАБЕКЯН

мощности шумов на входе больше того же отношения на выходе приемника.

Выражение для мощности собственных шумов на входе приемника принимает при этом вид

 $P = kT_0 N\Delta f$  (2)

Для хврактеристики мощности шумов приемника принято вводить понятие эквивалентной температуры шумов. Эквивалентная температура собственных шумов приемника та температура, до которой необходимо нагреть подключенное на вход нешумящего идеального приемника (N = 1) согласованное сопротивление, чтобы мощность шумов, развниваемая в этом сопротивления, равнялась мощности собственных шумов приемника. Согласно этому определению и формуле (2) следует, что

$$T_{n} = T_{n}N$$

где Т. — эквивалентная температура собственных шумов присмника.

В реальных приеминках сантиметрового диапазона N~ ~ 15 и T<sub>0</sub> ~ 300, откуда для T, получим

$$T_{*} = T_{0}N = 4500^{\circ}K$$

Для характеристики же шумовой мощности исследуемого источника введем понятие эквивалентной температуры источника или просто температуру источника. Температура источника — эта та температура, до которой необхолимо нагреть помещенную в волновод согласованиую нагрузку (с коэффициентом поглощения z = 1), чтобы мощность шумов, отдаваемая этой нагрузкой приемнику, равнялась мощиости шумов, отдаваемой исследуемым источником.

Температура поляризованной компоненты радионалучения того или иного исследуемого источника зачастую может составлять несколько градусов, т. е. всего несколько десятых долей процента от температуры собственных шумов анпаратуры. Это накладывает особо строгие требования к повышению чувствительности метода изме рения.

Теория показывает [2, 3], что флуктуационный порог чувствительности, выраженный в температурах источника, равен

$$\Delta T_{u} = \frac{1}{\sqrt{2}} NT_{o} \sqrt{\frac{\Delta Q}{\Delta \omega}}$$

где  $\Delta \Omega$  — полоса пропускания выходного устройства;  $\Delta \omega$  — полоса пропускания усилителя промежуточной частоты.

В приемниках сантиметрового диапазона обычно этот теоретический порог чувствительности

$$\Delta T_u \simeq 0^\circ, 3K$$

Практически эта чувствительность не достигается изза наличия медленных флуктуационных изменений собственных шумов приемника, вследствие флуктуаций коэффициента усиления последнего и прочих паразитных эффектов. Для значительного уменьшения влияния флуктуаций собственных шумов аппаратуры (флуктуаций шум-фактора) применяется модуляционный метод. Сущность модуляционного метода изложена в работах Дайка, Тронцкого, Бунимовича [2-4]. Идея метода состоит в том, что сигнал со сплошным спектром тем или иным способом модулируется по интенсцвности до подачи на вход приемника, причем модуляция сигнала не сопровождается модуляцией собственных шумов приемника. Далее, после детектирования, сигнал выделяется из собственных шумов аппаратуры узкополосным усилителем, настроенным на частоту модуляции.

Нами для измерения слабых степеней поляризации радиоизлучения избран также модуляционный метод, но сам принцип модуляции существенно отличается от применявшихся до сих пор.

Перед нами стояла задача разработки методики и создания установки, позволяющей на фоне относительно сильного неполяризованного сигнала выявить слабую поляризованную компоненту, определить характер поляризации и измерить интенсивность ее.

Общая идея разработанного метода заключается в следующем. Пусть А — источник электромагнитного излучения

### Э. Г. МИРЭЛБЕКЯН

сантиметрового дивназона (см. рис. 1); В, С, D — цилиндрический волноводный тракт, состоящий из отдельных секций, в котором может распространяться только волна типа H<sub>11</sub>. Этот тракт имеет взаимозаменяемые секции С. Секция № 1 —



Рис. 1. К объяснению общей идеи метода поляризационных измерений

пустой отрезок цилиндрического волновода; секция № 2 — "пластинка  $\frac{\lambda}{4}$  " — отрезок цилиндрического волновода со иставленной внутрь вдоль волновода по диаметру полистироловой пластинкой, представляющей собой аналог пластинки в  $\frac{\lambda}{4}$ ; секция № 3 — "крест поглотителей". — отрезок цилиндрического волновода со вставленными внутри двумя взаимно перпенликулярными поглощающими пластинками; секция № 4 — "поглощающая пластинка" — отрезок цилиндрического волновода со вставленной внутрь вдоль по диаметру иоглощающей пластинкой.

Далее следует секция Д — модулятор, представляющий собой вращающийся отрезок цилиндрического волновода, внутри которого вдоль волновода по лиаметру вставлена полистироловая пластинка, являющаяся аналогом пластинкы

2 За молулятором следует секция F — плавный переход

от цилиндрического к прямоугольному волноводу, в сенция G — анализатор, представляющий собой прямоугольный волновод. Размеры и способ возбуждения цилиндрического волновода таковы, что в нем могут распространяться только волны типа H<sub>II</sub>. Общая идея метода заключается в следующем.

#### Случай 1.

Пусть источник А излучает линейно-поляризованную волну, распространяющуюся в цилиндрическом волноводе в виде волны H<sub>11</sub>. В волноводный тракт вставлена секция № 1.

Вектор Е — вектор напряженности электрического поля линейно-поляризованной волны, — при прохождении через "пластинку  $\frac{\lambda}{2}$  в общем случае оказывается повернутым относительно первоначального своего направления. Так, если направление вектора Е до пластинки составляет угол а с направлением плоскости пластинки, то после пластинки этот вектор оказывается повернутым на угол  $\beta = 2\alpha$  относительно первоначального своего направления. При вращении же "пластинки  $\frac{\lambda}{2}$ " с угловой скоростью  $\omega_1$ , после этой пластинки

 вектор Е вращается с угловой скоростью ω<sub>2</sub>, причем ω<sub>2</sub> = 2ω<sub>1</sub>. Далее, линейно-поляризованная волна, с вращающимся
 вокруг оси волновода вектором Е, встречает анализатор плавный переход F и прямоугольный волновод G. В прямоугольном волноводе эта волна оказывается промодулированной: в моменты, когда вектор Е перпендикулярен к широким стенкам — волна полностью проходит в прямоугольный волновод, в моменты же, когда вектор Е параллелен к тем же стенкам, — она полностью отражается.

Случай 2.

Источник А излучает циркулярно-поляризованную волну. В волноводный тракт вставлена секция № 1. При прохождении циркулярно-поляризованного излучения через "пластинку  $\frac{\lambda}{2}$ " характер ее поляризации не меняется — она остается циркулярно-поляризованной и при вращении модулятора — "пластинки  $\frac{\lambda}{2}$ " модуляция сигнала не происходит.

Если же ввести секцию № 2 — "пластинку  $\frac{\lambda}{4}$ ", циркулярно поляризованная волна на выходе этой секции превращается в линейно-поляризованную и далее, как в случае 1, сигнал модулируется.

Случай З.

Источник А излучает эллиптически~поляризованную волну. В волноводный тракт введена секция № 1.

Эллинс поляризации эллиптически-поляризованного излучения, прошедшето через "пластинку 2", оказывается повернутым весь в целом, без изменения эксцентриситств, на угол 2x относительно первоначального своего положения, где угол а угол межлу большой полуосью эллинса и плоскостью пластинки. При вращения "пластинки 2" эллинс поляризации вращается с двойной угловой скоростью, по сравпенню с угловой скоростью вращения пластинки, и в аналязаторе происходит модуляция сигнала: мощность, поступаюцая в прямоугольный волновод, изменяется от максимального своего значения, когда большая полуось направлена периендикулярно широким стенюам волновода, до минимального при повороте этого эллинса на 90°, когда малая полуось периендикулярна этим стенкам.

Если же теперь, изамен секции № 1, ввести секцию № 2 – "пластинку – так, чтобы плоскость пластинки была

нараллельна одной из полуосей эллинса поляризации. эллиптически-поляризованное излучение, пройля через эту секцию, окажется линейно-поляризованным и в результате вращения модулятора будет модулироваться в анализаторе с глубиной модуляции, равной слинице (в не меньше 1, как без "пла-

стинки  $\frac{\lambda}{4}$ ).

### Случай 4.

Источник А излучает неполяризованное излучение. Распространяющееся в волноводе неполяризованное излучение, пройдя через "пластинку — остается неполяризованных и при вращении этой пластинки молуляции не провсходит. При введении секции № 2 — "пластинки — излучение остается попрежнему неполяризованным. Поэтому и в этом случае сигнал не будет модулироваться. Таким образом,

неполяризованное излучение, в отличие от поляризованного, ни в каком случае не модулируется.

Исследование характера поляризации принимаемого излучения ведется следующим образом. Пусть в конце волноводного тракта имеется детектор, с которого мы снимаем и затем усиливаем и измеряем переменную составляющую сигнала. Пусть мы имеем также возможность определять ориентацию вектора Е сигнала на входе модулятора (способ определения этой ориентации будет указан ниже). Сначала в волноводный тракт вводится секция № 1. Возможны два результата: 1. Сигнал модулируется. II. Сигнал не модулируется.

Рассмотрим первый случай.

Если сигнал модулируется, то он может быть или линейно- или эллиптически-поляризованным. Пусть при этом показание выходного прибора равно N<sub>1</sub> делениям, а направление поляризации входящего в модулятор излучения составляет угол а с вертикалью. Под направлением поляризации будем понимать в дальнейшем направление вектора Е в случае линейно-поляризованного излучения или направление большой полуоси эллипса поляризации в случае эллиптически-поляризованного излучения.

Для дальнейшего анализа вводим секцию № 2 так, чтобы "пластинка  $\frac{\lambda}{4}$ " была параллельна направлению поляризации. Тогда, если излучение было эллиптически-поляризованным, то, пройдя "пластинку  $\frac{\lambda}{4}$ ", ориентированную параллельно большой полуоси эллипса поляризации, оно станет линейно-поляризованным. При этом новое показание N<sub>2</sub> выходного прибора будет больше, чем N<sub>1</sub>, а направление поляризации, вышедшей из "пластинки  $\frac{\lambda}{4}$ " линейно-поляризованной волны, составит с направлением "пластинки  $\frac{\lambda}{4}$ " угол  $\beta$ , определяемый выражением —  $tg2\beta = \frac{a}{b}$ , где а и b полуоси эллипса поляризации. Если же излучение генератора A было линейно-поляризованным, то, пройдя "пластинку 4 ориентированнуюнараллельно вектору E, оно останется линейно-поляризованным. При этом показание выходного прябора и направление поляризации останутся прежними.

Таким образом, когда сигнал молулирустся, мы можем полностью проанализировать характер поляризации.

Рассмотрим теперь второй случай, когда сигнал не модулируется.

Эгот случай может иметь место только тогда, когда приходящее излучение циркулярно-подяризовано или неполяризовано. Для дальнейшего апализа вводится секция  $\mathbb{N}$  2. При этом, если излучение было циркулярно-поляризованным, то, пройдя через "пластинку  $\frac{\Lambda}{4}$ , оно станет линейно-поляризованным и будет модулироваться.

Если же модуляция сигнала при введении "пластинки  $\lambda$  не появляется, то излучение было неполяризованным.

Таким образом, во всех случаях по результатам измерений с секциями №№ 1 и 2 можно однозначно определить характер поляризация принимаемого излучения.

Весьма нажно отметить, что если олновременно с поляризованным сигналом имеется неполяризованный фон. то, как это видно из вышеприведенных рассмотрений, неполяризованный фон не дает модуляции и поэтому исключается.

Ниже, при рассмотрении паразитных эффектов, ограничивающих возможности метода, будет рассмотрено влияние относительно сильного неполяризованного фона.

Следует отметить, что для наиболее полного анализа принимаемого излучения требуется также уметь определять степень поляризации (т. е. отношение интенсивности поляризованной компоненты к общей интенсивности) и абсолютную интенсивность поляризованного излучения. Для этих целей предусмотрены секции MN: 3 и 4, о которых подробно будет сказано ниже.

### § 2. АППАРАТУРА

#### 1. Блок сменных секций (рис. 2)

Цилиндрический волновод, соединяющий источник исследуемого радиоизлучения с радиометром, имеет внутренний диаметр Ф = 23,4 мм. При выборе величины диаметра цилиндрического волновода мы должны учитывать, что он.



Рис. 2. Блок сменных секций- револьгерный блок\*

цолжен быть больше критического для данной длины волны размера и меньше днаметра, при котором могут возбуждаться и распространяться весьма нежелательные высшие типы волн. При днаметре  $\Phi = 23,4$  мм на частоте 9.500 мгц ( $\lambda = 3,2$  см) вдоль волноводного тракта может распространяться только волна типа  $H_{11}$ .

Согласно общей идее разработанного метода измерений поляризации радиоизлучения в волноводном тракте поляризационного радиометра необходимо иметь взаимозаменяемые секции цилиндрического волновода. Таких секций было у нас пять. Одна из них — запасная, нами не использовалась. Эти секции вмонтированы в общий револьверный барабан. Поноротом этого барабана можно виести в волноводный тракт ту или иную желаемую секцию. Каждая секцяя, кроме этого, имеет возможность поворачиваться вокруг своей оси. На каждой секции имеется градусная шкала, позволяющая измерять углы поворота секции.

Каждая секция револьверного блока имеет свое определенное назначение:

а) Секция № 1 — "пустая". Эта секция представляет собой отрезок цилиндрического волновода без каких-либо истанок внутри.

б) Секция № 2 \_\_пластинка — ". В этой секции вдоль

цилин рического волновода по днаметру вставлена полистиродовая иластника. При прохождении электромагнитной волны через огрезок цилипдрического волновода, со вставленной внутрь полистироловой пластинкой, между компонентами всктора напряженности электрического поля вдоль и понерек плоскости пластинок набегает разность фаз, вследствие того, что действие пластинок в этих двух направлениях различно. Длина полистироловой пластинки подбирается такой.

чтобы этот набег разности фаз равнялся бы  $\frac{\pi}{2}$ , т. е. чтобы

данная секция была бы аналогом "пластинки 1/4" в оптике.

Для согласования в волноводе "пластинка / сдела-

на с четвертьнолновыми ступеньками с обеих сторон. Коэффициент стоячей волны этой пластинки оказился равным 1.04. Размеры пластинки, первоначально сделанные по расчетам, были исправлены тщательной экспериментальной проверкой сдвига фаз, создаваемого пластинкой. Пластинка считалась четвертьволновой, если линейно-поляризованный сигнал, падающий под углом  $\pm 45^{\circ}$  к плоскости пластинки, выходил после нее циркулярно-поляризованным (эллиптичность при этом была весьма ничтожной: с — 1 < 0.001, где  $c = \frac{E_a}{E_c}$  — отношение полуосей эллипса поляризации) и, на-

оборот, циркулярно - поляризованный сигнал преобразовывался в линейно - поляризованный  $\left(c^{1}=\frac{E_{a}}{E_{b}}<10^{-3}\right)$ .

в) Секция № 3 — "крест поглотителей".

Количественные измерения, производимые поляризационным радиометром, требуют градуировки его чувствительности, абсолютной калибровки показаний выходных приборов.

В литературе описаны различные способы градуировок, основным и общепринятым из которых в диапазоне сантиметровых волн является калибровка при помощи согласованной нагреваемой нагрузки — "черного тела", помещаемого в волновод. Этот метод сводится к измерению выхода при двух различных известных температурах этой нагрузки. Изменению температуры нагрузки на  $\Delta T$  градусов соответствует изменение показаний выходного прибора на ΔN делений, откуда находится цена деления выходного прибора в температурах источника. Но такой способ калибровки имеет целый ряд недостатков и, фактически, при такой калибровке относительная ошибка в определении эффективных температур слабых источников радиоизлучения слишком велика. В самом деле, как показывают соответствующие измерения, коэффициент стоячей волны — к. с. в., характеризующий коэффициент отражения такой нагрузки, сильно зависит от ее температуры [5].

Относительно небольшие же изменения к. с. в. создают довольно сильные изменения паразитного сигнала, вызывающие изменения показаний выходного прибора. Изменения показаний выходного прибора, обусловленные паразитным сигналом, составляют значительную долю изменений показаний выходного прибора при нагревании нагрузки.

Уменьшить же относительную ошибку, вызванную изменением к. с. в., увеличением  $\Delta T$  нельзя, так как при этом увеличивается и изменение к. с. в.

Далее, нагрузка без термостатирования подвержена влиянию изменений температуры и влажности окружающего воздуха, что влечет за собой увеличение ошибок измерений. Из-за тепловой инерции самой нагрузки и окружаю-

13-

#### Э. Г. МИРЗАБЕКЯН

щего волновода на калибровочные измерения тратится сравпительно много времени. Применение двух разных нагрузок, нагретых до различных значений температур, хотя и устраниет некоторые недостатки вышеуказанного способа, но создает дополнительные трудности: необходимость двух высокочастотных трактов с дополнительным нереключением, необходимость тщательного термостатирования и автоматической поддержки постоянной температуры каждой нагрузки, необходимость одинакового согласования двух трактов и пр-

В поляризационном радиометре нами применен новый способ градупровки, идея которого состоит в следующем.

Плоская поглощающая иластинка, помещенная в цилиндрический волновод вдоль по диаметру, будет излучать по закону Кирхгофа в меру своей температуры и коэффициента поглощения.

Как известно [6], мощность, излучаемая перегородкой в волноводе в частотном интервале 41, равна:

$$P_{mn} = kTA_{mn}\Delta f$$

(1)

где k-постоянная Больцмана,

Т - температура перегордки.

Входящий в (1) коэффициент А<sub>ша</sub> представляет собой суммарный коэффициент поглощения для всех типов волн Е<sub>ша</sub> и Н<sub>ша</sub>. Если размеры волновола таковы, что докритической волной является только волна типа H<sub>11</sub>, то А<sub>ша</sub> просто коэффициент поглощения для этого типа волны, обозначаемый нами далее через х.

Таким образом, для расчета тепловой мощности излучаемой поглощающей пластинкой, помещенной в волновол, надо знать только температуру излучателя и его коэффициент поглощения (при к. с. в. = 1). Если поглощающая пластинка частично "прозрачна". то экспериментальное определение А<sub>шп</sub> сводится к определению коэффициента пропускания 1 — х.

Пусть имеем в цилиндрическом волноводе крест из двух взаимно перпендикулярных поглощающих пластинок с различными коэффициентами поглощения \*, и \*2. Обе эти пластинки находятся при одинаковой температуре — температуре окружающей среды Т<sub>о</sub>.

Мощности, излучаемые каждой пластинкой, в силу различия их коэффициентов поглощения, будут не равны: мощность, излучаемая первой пластинкой в единичном интервале частот, равна:

$$P_{1} = x_{1}kT \tag{2}$$

второй

$$P_2 = x_2 kT \qquad (3)$$

Таким образом, излучение "креста поглотителей", распространяющееся в цилиндрическом волноводе в сторону модулятора, представляет собой две независимые волны, линейно-поляризованные в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Интенсивности излучения в этих лвух направлениях определяются выражениями (2) и (3).

Предположим  $x_1 > x_2$ . При вращении модулятора — "пластинки  $\frac{\lambda}{2}$ " мощность излучения, поступающего в ана-

лизатор, будет меняться от своего максимального значения  $P_1$ , когда в анализатор полностью проходит излучение от первой пластинки и совершенно не проходит от второй, до минимального —  $P_2$ , когда проходит излучение от второй плас.инки и не проходит от первой. Пусть при этом показания выходного прибора равны N делениям. Найдем: какой разности температур соответствует это показание.

Выходные показания прибора пропорциональны разности мощностей излучения пластинок:

$$N = \gamma \Delta P$$
, где  $\Delta P = P_1 - P_2 = (x_1 - x_2)kT_0$ 

Пусть экспериментально определенные значения  $\varkappa$  равны следующим величинам:  $\varkappa_1 = 1$ ,  $\varkappa_2 = 0.9$  (T<sub>0</sub> = 300°K).

Тогда  $\Delta P = 0, 1 \cdot k \cdot 300^\circ = k \cdot 30^\circ$ , т. е. разность мощностей при данных значениях \* и  $T_0$  эквивалентна сигналу, выраженному в температурах источника  $\Delta T_u = 30^\circ$ K.

Таким образом, N делений выходного прибора соответствуюг сигналу в 30° по температуре источника.

Конечно, такой метод градупровки не исключает некоторых факторов, ограничивающих точность калибровки, но, как показывается далее, эта точность выше точности, достигаемой общепринятым способом калибровки.

Кроме того, этот метод избавляет нас от неприятных забот по термостатированию, автоматической регулировке температуры и т. д.

Он практически позволяет в начале и в конце каждого намерения надежно и быстро (такая калибровка требует 15—20 сек.) измерить чуиствительность поляризационного радиометра, что делает несьма надежным количественные измерения абсолютной интенсивности принимаемого излучения.

г) Секция № 4 — "поглощающая пластинка".

Для определения степени поляризация — отношения интенсивности поляризованной компоненты к интенсивности общего излучения — необходимо иметь возможность измерять общую интенсивность. Для этой цели служит секция цилиндрического волновода, в которой вдоль него по диаметру расположена поглощающая пластинка. Поглощающая пластинка представляет собой плоскую гетинаксовую пластинку, покрытую поглощающим слоем — аквадагом. Для хорошего согласования концы пластинки сделаны с четвертьволновыми треугольными вырезами. Пластинка обеспечивает почти полное (больше 30 дб) поглощение для волны, вектор Е которой расположен вдоль пластинки.

В перпендикулярном направлении мощность проходит практически без поглощения. Радноизлучение, пройдя через такую секцию, оказывается линейно-поляризованным в направлении, перпендикулярном пластинке. Вместе с тем, пластинка в меру своей собственной температуры посылает излучение с вектором Е. направленным вдоль нее (коэффициент поглощения ее x = 1).

Таким образом, при измерениях с секцией № 4 показания выходного прибора пропорциональны разностя мощностей собственного излучения поглощающей пластинки и излучения исследуемого источника, т. с. разности.

$$\Delta \mathbf{P} = \mathbf{P}_{u} - \mathbf{P}_{n} = \mathbf{k}(\mathbf{T}_{N} - \mathbf{T}_{n})$$

где Т<sub>и</sub> — температура источника.

Т<sub>п</sub> — температура поглощающей пластинки, равная температуре окружающей среды (Т<sub>о</sub> = 300° K).

Имея прокалиброванную с помощью секции № 3 установку и зная температуру Т<sub>о</sub> "поглощающей пластинки", можно определить температуру источника,

### 2. Поляризационный модулятор

Как указывалось выше, разработанный метод поляризационных измерений предполагает новый способ модуляции — модуляцию вращением волноводного аналога "пластинки  $\frac{\lambda}{2}$ ". Таким аналогом в поляризационном радиометре является секция цилиндрического волновода со вставленной вчутрь вдоль волновода по диаметру полистироловой пластинкой, размеры которой таковы, что при прохождении излучения через такую секцию между компонентами вектора напряженности электрического поля, параллельной и перпендикулярной к плоскости пластинки, создается сдвиг фазы на 180°. Для лучшего согласования этой пластинки в волноводе она сделана с четвертьволновыми вырезами на концах.

Эта секция цилиндрического волновода была тщательно проверена экспериментально: было измерено, насколько точно она обеспечивает сдвиг фазы на 180°. Размеры полистироловой пластинки, рассчитанные теоретически, были в результате тщательной экспериментальной проверки уточнены. Измерения показали, что возникающая вследствие неточности размеров пластинки паразитная эллиптичность при прохождении линейно-поляризованной волны через эту пластинку, характеризуемая отношением мощностей вдоль полуосей эллипса поляризации, меньше 10<sup>-4</sup>.

Для исключения паразитной модуляции существенно было добиться хорошего и одинакового согласования "пластинки <sup>λ</sup> для любой ориентации ее относительно вектора

проходящей волны. Измеренный к.с.в.н. этой пластинки равен 1,04.

Для осуществеления модуляции в поляризационном раднометре необходимо вращать секцию — "пластинку  $\frac{1}{2}$ ". Технически эта задача решена следующим образом. За блоком сменных секций расположен синхронный мотор СОД — 220 (рис. 3). Осью ротора этого мотора служит секция ци-



Рис. З. Полиризационный модулятор

линдрического волновола, представляющая аналог "пластинки — Мотор питается взятым с выхода камертонного ге-

нератора и усиленным усилителем мощности переменным напряжением частоты 40 гц. Схема радиометра с синх, онным детектором требует наличия в схеме фазовращателя для регулировки разности фаз между сигналом и опорным напряжением. Для этого обычно опорное напряжение на синхронный детектор подается через реактивный фазовращатель, который не отвечает требованию постоянства амплитуды напряжения при изменении фазы ± 90°.

В поляризационном раднометре изменение соотношения фаз между сигналом и опорным напряжением осуществляется изменением фазы модуляции сигнала при помощи вращения статора мотора-модулятора.

Для определения угла поворота статора на нем имеется градусная шкала с делениями через каждые 2° ст-90° до+90°.

Такой способ обеспечивает вращение фазы в любых желаемых пределах, совершенно не влияя на амплитуду опорного напряжения.

Кроме того, после соответствующей градуировки шкалы статора мотора (об этой градуировке подробно ниже) такой способ позволяет определять ориентацию поляризации принимаемого поляризованного сигнала.

Связь между модуляторной секцией цилиндрического волновода и соседними секциями осуществляется через бесконтактные дросельные фланцы. Для уменьшения потерь принимаемого излучения в таких фланцах зазор между ними доведен до 0,1 мм.

### 3. Балансный смеситель

После модулятора следует анализатор — плавный переход с цилиндрического на прямоугольный волновод, соединенный с одним из плеч высокочастотного весьмиполюсника. Вместо обычно применяемых двойных Т-образных соединений в поляризационном радиометре используется волноводное кольцо, так называемое гибридное кольцо новой конструкции.

Из двух возможных видов гибридных колец — колец в Е и Н-плоскостях — было выбрано кольцо в Е-плоскости высокое кольцо, как обеспечивающее более близкое расстояние между двумя детекторами балансного смесителя и более легко согласовывающееся. Кольцо в Е-плоскости является последовательным соединением плеч восьмиполюсника. Условия согласования при таком соединении требуют выполнения следующих соотношений [7].

 $Z_1 = Z_2, \quad Z_3 = Z_4, \quad Z_1 Z_4 = 2Z_0^2$ 

где Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>, Z<sub>3</sub>, Z<sub>4</sub> — волновые сопротивления соответствующих плеч восьмиполюсника, Z<sub>0</sub> — волновое сопротивление кольца.

Наиболее широкополосное согласование достигается при

$$Z_1 = Z_3 = Z_3 = Z_4 = \sqrt{2} Z_0$$

Для выполнения последнего равенства необходимо,

#### э. г. мирзабекян

чтобы ширина кольца равнялась b / 2, где b – размер узкой

стороны прямоугольных волноводов, присоединяемых к кольцу. В этом случае кольцо будет согласовано со стороны любого плеча, если волноводы каждого плеча имеюл согласованные нагрузки. Расположение же мест соединений плеч с кольцом рассчитывается из требований уловлетворения соответствующих разностей фаз. В литературе имеется описание только одного частного вида кольца, у которого все соединяющиеся плечи расположены по одну сторону днаметра кольца с определенным относительным расположеинем. Нет никаких указаний на возможность иного расположения соединяющихся прямоугольных волноводов. Между тем в тех или иных случаях требуется иметь кольца различных габаритов с различным относительным расположением соединяющихся плеч.

Для этой цели найдем условия, которым должны удовлетворять размеры кольца и соотношения расстояний между соединениями плеч с кольцом (схематический чертеж гибридного кольца привелен на рис. 4). Гибридное кольцо должно удовлетворять общему условню — каждое плечо должно быть электрически связано с соседними двумя плечами и развязано с оставшимся четвертым плечом. Из этого требования вытекает необходимость выполнения следующих условий:

$$l_{12} - l_{12} = p_1 \lambda_1^0 \qquad l_{22} - l_{32} = p_3 \lambda_2^0$$

$$l_{14} - l_{14} = p_2 \lambda_2^0 \qquad l_{34} - l_{34} = p_4 \lambda_2^0$$

$$l_{13} - l_{13} = (2p_1 + 1) \frac{\lambda_2}{2} \qquad l_{24} - l_{34} = (2p_2 + 1) \frac{\lambda_2}{2}$$

$$l_{12} - l_{23} + l_{24} + l_{14} = N \frac{\lambda_2}{4} = 2\pi R_{cp}$$

- гле lmn н l взанмно дополняющие дуги кольца межлу плечами т н п; λ — длина волны в кольцевом волноволе;
- R<sub>ср</sub> раднус средней окружности кольца; р и р' целые числа.



Рис. 4. К расчету "гибридного кольца"

Разность l<sub>ma</sub> — l<sub>ma</sub> — это разность двух путей волны, распространяющейся из плеча т в плечо п по двум взаимно дополняющим дугам кольца.

Исходя из вышеуказанных требований, были сконструированы и изготовлены два варианта гибридных колец: первый вариант:

$$l_{12} = l_{23} = l_{14} = 5 \frac{\lambda_g^0}{4}, \quad l_{34} = 3 \frac{\lambda_g^0}{4}, \quad 2\pi R_{cp} = 18 \frac{\lambda_g^0}{4}$$

второй варнант:

$$l_{12} = l_{23} = l_{14} = 3 \frac{\lambda_g^0}{4}, \quad l_{34} = \frac{\lambda_g^0}{4} 2\pi R_{cp} = 10 \frac{\lambda_g^0}{4}$$

В поляризационном радиометре было использовано гибридное кольцо первого варианта. В этом кольце плечо № 1 сигнальное плечо, плечи №№ 2 и 4—детекторные, плечо № 3— гетеродинное. При использовании гибридного кольца так же, как при употреблении двойного тройника, шумы гетеродина подавляются

### Э. Г. МИРЗАБЕКЯН

В качестве смесителей используются кремниевые кристаллические детекторы — ДКС-5 и ДКВ-4.

Гетеродином в поляризационном радиометре служит отражательный клистрон К -19.

### 4. Предварительный усилитель промежуточной частоты Основной усилитель промежуточной частоты RC-усилитель и вспомогательные блоки

Вход предварительного усилителя промежуточной частоты ПУПЧ сделан по двухтактной схеме. Первый каскад ПУПЧ собран на ламие бЖП в триодном режиме, второй каскад на триоде бНІБП по схеме триод с заземленной сеткой, далее следуют четыре каскада на лампах бЖП с контурами, настроенными на частоты 48 мггц, 60 мггц и 72 мггц. УПЧ представляет собой две тройки каскадов, собранных на лампах бЖШ. В качестве второго детектора на выходе УПЧ используется лампа 6 Х 2П. Усиление УПЧ регулируется изменением напряжения катодного смещения дами последней тройки.

Узконолосный RC - усилитель имеет следующие данные: частота — 80 ги; полоса — 4 ги; усиление = 10000. На выходе RC - усилителя помещен синхронный детектор на лампе 6 X 6 и усилитель постоянного тока на двух лампах 6Ж4. При помощи соответствующего переключателя можно постоянную времени выходных устройств менять в пределах от 0,1 до 32 сек.

#### § 3. ПОЛЯРИЗАЦИОННАЯ МОДУЛЯЦИЯ

Как ясно из предыдущего, для осуществления модуляции необходимо, чтобы на модулятор подавался линейнополяризованный сигнал. Поляризаторами сигнала служат соответствующие, описанные выше, сменные секции цилиндрического волновода. Источником переменного напряжения для питания мотора-модулятора служит камертонный генерэтор на частоту 40 гц. Стабилизированное по частоте и амплитуде напряжение, выдаваемое камертонным генерато-

ром, усиливается усилителем мощности, собранным на двух лампах ГУ 50, и подается на синхронный мотор.

При вращении мотора с частотой Ω<sub>m</sub> оборотов в секунду модуляция мощности сигнала происходит с учетверенной частотой — частотой Ω<sub>c</sub> = 4 Ω<sub>m</sub>.

В самом деле, как указывалось выше, вектор напряженности электрического поля линейно поляризованного излучения, входящего в модулятор, пройдя через вращающую-

ся с частотой  $\Omega_m$  "пластинку  $\frac{\lambda}{2}$ ", на выходе этой пла-

стинки вращается с удовоенной частотой — 29<sub>m</sub>.

В анялизаторе — прямоугольном волноводе — амплитуда напряженности электрического поля будет изменяться по закону.

$$\mathbf{E} = |\mathbf{E}_0 \cos 2\Omega_m t|$$

т. е. по закону изменения модуля косинуса.

Мощность принимаемого излучения при поляризационной модуляции будет в прямоугольном волноводе изменяться по закону

$$P = \frac{E_0^2}{2}(1 + \cos 4\Omega_n t)$$

Следует отметить (как это видно и из формулы), что глубина модуляции при таком способе модуляции всегда равна единице, так как мощность сигнала изменяется от максимального своего значения до нуля (когда сигнал полностью отражается от анализатора). В поляризационном радиометре частота модуляции сигнала равна 80 гц. (При частоте питания мотора в 40 гц число оборотов мотора в секунду равно 20 т. е.  $\Omega_m = 20$ , а частота модуляции сигнала  $\Omega_c = 4 \Omega_m = 80$ ).

При выборе частогы модуляции руководствуются следующими соображениями. В лиссертации Малахова [8] и в работе Саломоновича и Шмаонова [9] экспериментально показано, что спектральная плотность собственных шумов приемника имеет аномальный характер — резкое возрастание в области нулевых частот. Поэтому частота модуляции, естественно, должна быть вне области повышенной спек-

### Э. Г. МИРЗАБЕКЯН

тральной илотности шумов. Область аномальной спектральной илотности простирается до частот в несколько десятков герц. Частота модуляции должна быть больше этой величины. Повышение частоты модуляции свыше 80—100 ги ве должно дать ощутимого выигрыша.

Радноизлучение исследуемого источника, имеющее силошной спектр, пройдя через модулятор, оказывается промодулированным. Промодулированный шумовой сигнал со силонным спектром, смешиваясь с частотой местного гетеродина, преобразуется в шумы промежуточной частоты. На выходе второго детектора,, паряду с шумом комбинационных частот, появляется перемениая составляющая частоты модуляции, мощность которой пропорциональна мощности модулируемого сигнала. Эта перемениая составляющая узконолосным RC - фильтром выделяется из собственных шумов аннаратуры, усиливается и подается на синхронный детектор.

Источником опорного напряжения для синхронного детектора служит тот же камертонный генератор. Так как частота опорного напряжения должна быть равной 80 гг, переменное напряжение с выхода камертонного генератора предварительно удваивается и фильтруется.

На спихронном детекторе происходит смешение синусондального колебания сигнала, получающегося на выходе RC, с синхронным опорным напряжением. В результате этого смешения вырабатывается постоянное напряжение, пропорциональное мощности измеряемого сигнала.

Далее, это постоянное напряжение усиливается усилителем постоянного тока с оконечной RC-ячейкой. Величины сопротивления R и емкости C определяют полосу пропускания выходного устройства.

При применении синхронного детектора необходимо. чтобы разность фаз между сигналом и опорным напряжением равнялась 0 или 180. Как указывалось выше, эта разность фаз устанавливается и меняется изменением фазы модуляции сигнала при помощи поворота статора мотора.

Оптимальное соотношение фаз между опорным напря-

жением и сигналом определяется и контролируется при помощи осциллографа.

К выходу раднометра можно присоединять либо шлейфосциллограф HIO, либо самопишущий автоматический потенциометр ЭПП-09.

### § 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО РАДИОМЕТРА

Подготовка установки к регулярным измерениям включала тщательные испытания как отдельных узлов, так и всей установки в целом. Работа по исследованию установки проводилась по следующим разделам.

# 1. Настройка высокочастотного тракта

В процессе конструирования отдельных высокочастотных узлов установки одним из основных требований, предъявляемых к конструируемым узлам, было получение возможно широкой полосы по высокой частоте.

Так, например, применявшиеся высокочастотные детекторные секции после тщательного подбора двух симметричных кристаллов и настройки на одну и ту же среднюю частоту имели коэффициент стоячей волны по напряжению к.с.в.н. меньше 1,5 в полосе 300 мггц.

Испытания высокочастотного тракта включали также испытание сконструированного нами нового гибридного кольца. Эги испытания показали большое преимущество гибридных колец по сравнению с широко применяющимися ранее двойными тройниками.

Как известно, двойные тройники настраиваются с помощью индуктивных штырей и емкостных диафрагм. Настройка эта обычно отнимает немало времени и требует определенного умения. При этом настраиваются эти тройники в сравнительно узкой полосе: в полосе 200 мггц к.с. в.н. на краях равен 2,0 [5]. Гибридное же кольцо в отличие от двойных тройников совершенно не имеет настроечных элементов и оказывается автоматически настроенным при правильном расчете конструкции и точном изготовлении его. Так, испытание нашего гибридного кольца показало, что к.с.в.н. его на краях полосы в 500 мггц равен 1,3, и середние — 1,06. Важной характеристикой работы гибридного кольца является степень развязки между сигнальным и гетеродишным плечами. Соответствующие измерения показали, что гибридное кольцо обеспечивает развязку порядка 28 дб. Эти данные убедительно показывают целесообразность применения гибридных колец вместо двойных тройников.

Намерения полосы пропускания гибрилного кольна вместе с детекторными секциями дали следующие результаты: к.с.в.н. на краях полосы в 400 мгги равен 1,6; в середние 1,06.

Таким образом испытания показали, что полоса высокочастотного тракта поляризационного ралнометра заметно шире (примерно в 4 раза) полосы ралнометров на ту же нолну, описание которых опубликовано рансе.

#### 2. Испытание усилителей промежуточной частоты

Намерения показали, что общая полоса ПУПЧ и УПЧ равна 20 мггц. Измеренный с помощью генератора с шумовым диодом шум-фактор оказался равным 3. Общее усиление ПУПЧ и УПЧ равно 10000 Общий шум-фактор поляризационного раднометра, измеренный при помощи генератора стандартных сигналов, оказался равным 12.

### 3. Исследование паразитных эффектов в аппаратуре

 а) Ошибки измерений, вызванные интерференционных эффектом.

Кристаллические летекторы, стоящие в волноводном тракте в качестве смесителей, сами являются источниками шумового напряжения. Шумы детекторов, распространяясь в направлении сигнального тракта и отражаясь от него обратно, могут дать, когда не предпринимаются соответствующие меры, интерференционный эффект: прямые и отраженные волны когерентны и поэтому амплитуда суммарного шумового напряжения на входе приемника будет зависеть от амплитуд и разности фаз прямой и отраженной волн. Указанная же разность фаз зависит от длины волновода и ча-

стоты гетеродина. Впервые указал на наличие интерференционного эффекта В. С. Троицкий [10].

Рассмотрим интерференционный эффект в поляризационном радиометре. Распространяющееся в прямоугольном волноводе в сторону модулятора шумовое излучение детекторов оказывается линейно-поляризованным и, пройдя через модулятор, отражается то от исследуемого источника, то от той или иной пластинки, введенной в волноводный тракт. Это приводит к модуляции интерференционного эффекта с частотой, равной частоте модуляции полезного сигнала, что вносит ошибки в производимые измерения.

Расчет показывает, что величина паразитного уровня, обусловленного наличием интерференционного эффекта, при балансной схеме входа пропорциональна разности

$$\Delta T_{u} = T_{k} \left( p_{\alpha} \cos \frac{2\pi f}{c} 2l_{\alpha} - p_{\beta} \cos \frac{2\pi f}{c} \cdot 2l_{\beta} \right)$$
(4.1)

где Т<sub>к</sub>-температура шумов кристалла,

ра, l<sub>а</sub> — коэффициент отражения исследуемого и точника и длина линии до него,

р<sub>3</sub>, l<sub>β</sub> — коэффициент отражения соответствующей пластинки, введенной в волноводный тракт, и длина линии до нее.

Из этой формулы следует, что для уменьшения интерференционной ошибки необходимо:

во-первых, добиться такого согласования, чтобы при возможно меньших значениях  $p_{\alpha}$  и  $p_{\beta}$  были бы возможноменьшими и разности  $\Delta p = p_{\alpha} - p_{\beta}$ ;

во-вторых, выбирать место пластинок вдоль волноводного тракта так, чтобы  $2(l_x - l_3) = n\lambda_g;$ 

где  $\lambda_g$  — длина волны в волноводе,

п — целое число.

Вышеприведенное рассмотрение показывает, что помимо тщательного согласования всех элементов высокочастотного тракта, т. е. достижения возможно меньших значений к.с.в.н., характеризующих коэффициенты отражения, необходимо еще добиться возможно меньших значений соответствующих разностей к.с.в.н. Для точного определения этих разностей нами была применена специальная схема измерений, показанная на рис. 5.



Рис. 5 Схема измерений разностей к.с.п.н.

При измерениях по этой схеме картина стоячих волн в измерительной линии в случае, если соответствующие к.с.в.н. не равны, периодически меняется с частотой 80 ги, на которую настроен RC - усилитель с синхронным детектором. Модуляция мощности в измерительной линии обусловлена измерямой разпицей к.с.в.н. При этом показания выходного прибора пропорциональны разности соответствующих к.с.в.н.

Такая схемя измерений дает возможность измерить разницу к.с.в.н. в третьем знаке и определить фазу паразитной модуляции, а по последней уже и ориентацию направления максимального паразитного сигнала.

Таким способом определялась нами разница между к.с.в.н. "поглощающей пластинки" и источника —  $(k_n - k_u);$ "пластинки  $\frac{\lambda}{4}$ " и источника —  $(\frac{k_{\lambda}}{4} - k_u);$  первой и второй пластин "креста поглотителей" —  $(k_1 - k_{II}).$ 

Тщательным согласованием нам удалось сделать эти разницы меньше 0,01 при значениях к.с.в.н. порядка 1,05. Зная точные значения этих разниц к.с.в.н., можно, пользуясь выражением, приведенным в формуле (4.1), для каждого конкретного случая теоретически оценить величину максимальной интерференционной ошибки. Но, помимо такой теоретической оценки, мы нашли возможность экспериментальной оценки. ошибки, вызванной паразитной модуляцией.

Идея этого способа состоит в следующем.

Возьмем крест из двух поглощающих пластинок с одинаковыми коэффициентами поглощения, равными единице:  $x_1 = x_3 = 1$ . Пусть при этом к.с.в.н. этих пластинок со стороны детекторов различны:  $k_1 \neq k_{II}$ . По схеме 1 (рис. 5) измеряем выход, обусловленный, как это ясно из схемы измерения, только различным к.с.в.н. у каждой из этих пластинок. Тут необходимо отметить, что при таких и подобных им измерениях для точного определения величины сигнала мы воспользовались возможностью легко и просто исключать опинбку определения нуля отсчета с помощью поворота "креста" на 90°. При таком повороте фаза модуляции сигнала на синхронном детекторе меняется на 180° и если в

#### э. г. мирзабекян

начале выходной прибор постоянного тока отклонялся на – п делений, то после повојота он отклонятся на – п делений. Таким образом, выход, обусловленный разностью к.с.

Таким образов) настойностиния развостию тасс и.н., измеренный таким способом, пусть равен N<sub>1</sub> делениям. При этом N<sub>1</sub> =  $\frac{N' - N''}{2}$ , гле N' и N'' показания выходного прибора при двух взаимно перпендикулярных положениях "креста". Далее измеряем выход по полной схеме ралнометра (с ПУПЧ и УПЧ и т. д.). Пусть при этом он равен N<sub>2</sub> делениям выходного прибора. Ясно, что ввиду равенства коэффициентов поглощения и температур обеих пластинок "креста", мощности собственных излучений пластинок "креста, равны. Измеренный выход в N<sub>2</sub> делений обусловлен только паразитным сигналом – разницей условий отражения шумов детектора от каждой пластинки.

Таким образом, мы вправе утверждать, что паразитный сигнал, дающий дри измерении по схеме 1 отклонение выходного прибора, равное N<sub>1</sub> делениям, дает при измерении по полной схеме раднометра отклонение, равное N<sub>2</sub> делениям. Иными словами, N<sub>1</sub> делениям по первой схеме состветствуют N<sub>2</sub> деления по полной схеме. После такой калибровки этот крест поглотителей заменяем, скажем, эталонным крестом поглотителей – секцией N 3, которая служит в нашей установке для калибровки чувствительности. Как было указано выше, коэффициент поглощения одной пластинки равен x<sub>1</sub> = 1, другой пластинки — x<sub>2</sub> = 0.9. Измеряем выход по схеме 1. Ясно, что он обусловлен только паразитной молуляцией.

Пусть отклонение при этом равно N<sub>3</sub> деленяям. Далее измеряем выход от этого же креста по полной схеме раднометра. При этом отклонение пусть равно N<sub>4</sub> делениям. Выход этот обусловлен как разницей мощностей собственных излучений каждой пластинки— полезный сигнал. так и разницей в условиях отражения шумов детекторов от каждой пластинки — паразитный сигнал. Теперь мы можем отделить полезный сигнал от паразитного В самом деле.

$$N_1 = N \pm \frac{N_2}{N_1} N_3.$$

Здесь через N обозначен выход, обусловленный полезным сигналом;  $\frac{N_2}{N_1} \cdot N_3$  — выход, обусловленный паразитным сигналом. Выбор знака зависит от того: в фазе или в противофазе полезный и паразитный сигналы. Фаза паразитной модуляции определяется при измерениях по схеме I, а фаза полезной модуляции задается положением первой пластинки ( $x_1 > x_3$ ).

Таким образом, вышеуказанный способ позволяет экспериментально определить ошибку измерений, вызванную паразитной модуляцией.

б) Паразитная амплитудная модуляция неполяризованного фона.

Другим паразитным эффектом поляризационного радиометра, могущим внести ошибку при поляризационных измерениях, является паразитная амплитудная модуляция неполяризованного фона, вызванная поглощением в полистироловых  $\frac{\lambda}{2}$  и  $\frac{\lambda}{4}$  пластинках. Хотя поглощение в полистироле и весьма ничтожно, но в измерениях слабых поляризаций на фоне сильного неполяризационного излучения паразитная амплитудная модуляция этого фона может составить заметную долю выходного уровня сигнала. Во всяком случае, не лишена смысла приводимая ниже количественная оценка этого эффекта, позволяющая судить в какой мере этот эффект может влиять на точность поляризационных измерений.

Неполяризованное радиоизлучение, распространяющееся в цилиндрическом волноводе, пройдя через полистироловую пластинку, окажется частично-поляризованным, так как интенсивность излучения в направлении вдоль плистинки будет несколько ослаблена в меру поглощения пластинки, излучение же в направлении, перпендиклярном пластинке, практически пройдет пластинку без ослабления.

Пусть в волноводный тракт введена секция № 1-"пустая". В этом случае единственной полистироловой пластинкой в тракте является вращающаяся "пластинка  $\frac{\lambda}{2}$ ". При вращении "иластинки 2, направление частичной поляризации будет вращаться вокруг оси волновола с частотой вращения "иластинки 2, создавая некоторую паразитную модуляцию принимаемого неполяризованного излучения. При этом выходной уровень поляризационного раднометра будет пропорционален разности мощностей в направлениях вдоль и перпендикулярно к иластинке прошеднего через эту пластинку принимаемого неполяризованного излучения. Частога этой наразитной модуляция будет равна частоте вращения пластинки, т. с. она вдвое меньше частоты модуляции измеряемого поляризованного сигнада.

Как известно, при распространении волны на длину л<sub>и</sub>(л<sub>и</sub> – длина волны в диэлектике) амплитуда уменьшается -2πtg <sup>8</sup>/<sub>2</sub>.

в с раз, где tgo тангенс потерь данного диэлектрика. Таким образом, вектор напряженности волны, прошедшей через диэлектик, заполняющий волновод, выразится

$$E = E_0 e^{-2\pi t g \frac{6}{2}}$$
(3.2)

Для полистирола в области частот порядка 9.10° значение tq3 = 0,00025. Подставляя соответствующие численные значения в (3.2), будем имсть

$$E = E_0^{-7.5 \cdot 10^{-4}} \simeq E_0 (1 - 7.5 \cdot 10^{-4}) \approx 0.999 E_0$$

Отсюда, мощность на выходе волновода. участок алнной в  $\lambda_m$  которого целиком заполнен полистиролом, будет равна

$$P \simeq 0.998 P_{\odot}$$
 (3.3)

Дальнейший расчет, учитывающий частоту паразитной амплитудной модуляции неполяризованного фона (она вдвое меньше частоты полезной модуляции, на которую настроен узкополосный RC-усилитель) и весьма малые потери в полистироле, которые выражаются соотношением (3.3). показывает, что ошибки измерений, вызванные такой паразитной модуляцией. пренебрежимо малы.

# В случае же работы с секцией № 2- "пластинкой $\frac{\lambda}{4}$ ",

частота паразитной амплитудной модуляции равна частоте модуляции полезного сигнала, но фаза паразитной модуляции сдвинута относительно фазы полезной модуляции на 90°. Поэтому синхронный детектор, работая в режиме максимальной чувствительности к полезному сигналу, оказывается нечувствительным к паразитному.

### 4. Градуировка шкалы фазовращателя

Как указывалось выше, изменение соотношения между фазой модуляции сигнала и фазой опорного напряжения осуществляется поворотом статора мотора-модулятора. Методика поляризационных измерений требует соответствующей градунровки шкалы статора мотора. Можно предложить несколько способов такой градуировки, наиболее простым из которых является следующий. К цилиндрическому волноводному тракту взамен исследуемого источника подключается генератор стандарт-сигналов 43И, на выходе которого имеется переход с прямоугольного волновода на коаксиальный кабель и обратный переход с коаксиального кабеля на прямоугольный волновод. К последнему переходу подключается плавный переход с прямоугольного на цилиндрический волновод. Когда включается генератор в цилиндрическом волноводном тракте в сторону приемника распространяется линейно поляризованное излучение в виде волн типа Н<sub>11</sub> с вектором Е напряженности электрического поля, перпендикулярным широким стенкам прямоугольного волновода плавного перехода. Поворачивая вокруг оси волноводного тракта плавный переход на угол Ф, определяемый по градусной шкале на плавном переходе, мы поворачиваем направление вектора Е принимаемого сигнала на этот же угол Ф. Для каждого известного направления вектора Е сигнала устанавливается такое положение статора мотора-модулятора, при котором достигается оптимальное (0° или 180°) соотношение фаз модуляции сигнала и опорного напряжения на синхронном детекторе. Правильность соотношения

фаз определяется с помощью осциллографа, подключенного к входному трансформатору свихронного детектора.

При втом при повороте направления вектора Е принимаемого сигнила на угол  $\Delta \varphi$  статор мотора приходится понорачивать на угол  $\Delta \varphi = \frac{1}{2} \Delta \varphi$ . Углы поворота статора мотора отсчитываются по градусной шкале на статоре. Вообще для последующих измерений полезно запомнить следующие два обстоительства.

Во-первых, при повороте вектора Е линейно поляризованного сигнала на угол Др при неподвижном статоре мотора разность фаз модулящии сигнала и опорного напряжения меняется на угол Дф = 2Ду.

Во-вторых, при новороте статора мотора на угол  $\Delta \varphi_m$ при неподвижном векторе Е ситиала эта разность фаз мениется на угол  $\Delta \varphi = 4\Delta \varphi_m$ . В самом деле, повернув статор мотора на угол  $\Delta \varphi_m$ , мы тем самым поворачиваем "пластинку  $\frac{1}{2}$ " на такой же угол. При этом угол между "пластинкой  $\frac{1}{2}$ " и вектором Е сигнала на выхоле модулятора изменяется на величину  $\Delta \varphi^1 = 2\Delta \varphi_m$ , а изменение же орнентацин вектора Е на угол  $\Delta \varphi^1$  влечет изменение разности фаз на синхронном детекторе на угол  $\Delta \varphi = 2\Delta \varphi_m$ .

Все эти соотношения подтверждаются экспериментально.

Проградунрован вышеуказанным способом шкалу фазовращателя-статора мотора, можно при поляризационных измерениях определять неизвестную нам ориентацию вектора Е радноизлучения исследуемого источника.

### 5. Абсолютная калибровка радиометра

По описанному в § 2 способу абсолютной градунровки была определена чувствительность поляризационного радиометра. Как указывалось выше, разность мощностей от каждой пластинки "креста поглотителей", выраженная в температурах источника, равна  $\Delta T_{\mu} = 30$ , так что изменение по-

казаний выходного прибора при повороте "креста" на 90° эквивалентно изменению температуры сигнала на  $\Delta T = 60^\circ$ .

Определенная экспериментально с помощью "креста потлотителей" предельная чувствительность поляризационного раднометра, выраженная в температурах источника, оказалась равной:

### $\delta T_u = 1^{\circ} K$

### § 5. О НЕКОТОРЫХ ПРИМЕНЕНИЯХ ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО РАДИОМЕТРА

С помощью описываемого раднометра можно провести ряд раднофизических исследований в трехсантиметровом диапазоне длин волн. Прежде чем перейти к конкретным применениям поляризационного радиометра, предложим два способа определения величины сдвига фаз между двумя взаимно перпендикулярными компонентами радиоизлучения, распространяющегося в волноводном тракте. Покажем, что если мы имеем между источником радиоизлучения, подключенным к цилиндрическому волноводу раднометра, и блоком сменных секций участок волноводного тракта, вносящий по тем или иным причинам некоторый сдвиг фаз между двумя взаимно перпендикулярными компонентами радиоизлучения, то по степени искажения характера поляризации радноизлучения можно определить величину сдвига фаз. Для определения этой величины необходимо иметь источник излучения с известным нам характером поляризации излучаемых им волн. Таким источником радноизлучения может быть генератор стандарт-сигналов 43И,

1. Пусть генератор 43И излучает линейно поляризованную волну. Последовательно меняем направление линейной поляризации излучаемого сигнала — угол а<sub>изл.</sub> между вектором Е излучения и вертикалью. Для этого вращаем вокруг оси волноводного тракта плавный переход с прямоугольного на цилиндрический волновод. соединяющий генератор с высокочастотным трактом. Как указывалось выше, на пути радноизлучения, распространяющегося в сторону приемника, имеется исследуемый анизотропный участок волноводного тракта. Анизотропия эта выражается в различии скоростей

### Э. Г. МИРЗАБЕКЯН

распространения для воли, поляризованных в различных направлениях, перпендикулярных оси волноводного тракта. Вследствие этого излучение на выходе этого участка будет в зависимости от ориситации вектора Е излучения, вхолящего в этот участок, либо липейно, либо эллиптически поляризованным. Для каждого фиксированного значения угла акал измеряем эллиптичность радиоизлучения, выхолящего из этого участка. По данным этих измерений мы можем определить величину сдинга фаз, создаваемого этим участком между двумя взанымо перпендикулярными компонентами налучения, направленными вдоль осей анизотронии исследуемого участка. Можно также определить ориентацию осей анизотронии.

В самом деле, пусть сигнал линейно поляризован под углом ж к направлению оси анизотропии. Выберем прямоугольную систему координат так, чтобы направление оси у совпадало с направлением оси анизотропии, и оси х и у находились бы на плоскости, перпендикулярной оси волноводного тракта.

Тогда компоненты вектора напряженности электрического поля сигнала вдоль этих полуосей после прохождения исследуемого участка могут быть выражены через

$$E_x = E \sin \alpha \sin \omega t \qquad E_y = E \cos \alpha \sin (\omega t \pm \gamma) \qquad (1)$$

где ф — появнышийся сдвиг фазы.

Сделяв соответствующие элементарные преобразования, получим уравнение кривой, которую описывает конец вектора Е после прохождения исследуемого участка:

$$\frac{E_{x}^{2}}{E^{2}\sin^{2}x} + \frac{E_{y}^{2}}{E^{2}\cos^{2}x} - \frac{E_{z}E_{y}}{E^{2}\sin x\cos x} - \sin^{2}x = 0$$
(2)

Легко видеть, что уравнение (2) — есть уравнение эллипса.

Обозначив через ў угол между большой полуосью эллипса поляризации с осью х. можем получить следующее соотношение, связывающее ў, ч и х:

$$tg2\beta = \cos tg2a, \tag{3}$$

Для связи же между эксцентриситетом е и углами 2 и э. находим следующее соотношение:

$$e = \sqrt{1 - \frac{1 - \sqrt{\cos^2 2\alpha} + \sin^2 2\alpha \cos^2 \varphi}{1 + \sqrt{\cos^2 2\alpha} + \sin^2 2\alpha \cos^2 \varphi}}$$
(4)

Для случая, когда угол a = 45°, формула эта принимает вид

$$e = \sqrt{\frac{1 - \cos\varphi}{1 + \cos\varphi}}$$
(5)

Измерив эксцептриситет е эллипса поляризации излучения, прошедшего через исследуемый участок, можно легко по формуле (5) найти величину ф сдвига фаз.

2. Величину сдвига фаз можно найти и другим способом, несколько отличающимся от вышеописанного. В этом случае линейно поляризованный сигнал генератора 43И преобразуется (при помощи "турникета" или другим из известных способов) в циркулярно поляризованный. Тогда, при прохождении такого сигнала через исследуемый участок, между двумя взаимно перпендикулярными компонентами, направленными вдоль осей анизотропии этого участка, возникает некоторый сдвиг фаз р. Компоненты вектора Е сигнала вдоль осей х и у будут равны следующим выражениям (оси х и у выбраны вдоль осей анизотропии):

$$E_x = Esin\omega t$$
  $E_y = Esin\left(\omega t + \frac{\pi}{2} + \varphi\right)$  (6)

Приняв  $\psi = \frac{\pi}{2} + \varphi$  и исключив из (6) время t, будем иметь следующее уравнение кривой, которую описывает конец вектора E:

$$E_{x}^{2}+E_{y}^{2}-2E_{x}E_{y}\cos\psi-E^{2}\sin^{2}\psi=0$$
 (7)

Это уравнение является уравнением эллипса, полуоси которого составляют с осями анизотропии исследуемого участка угол β, связанный с величиной сдвига фаз следующим соотношением:

$$tg2\beta = \frac{2\cos\psi}{\cos\psi - 1} \tag{8}$$

Зная направление осей анизотропии исследуемого участка и определив при помощи радиометра направление осей

### Э. Г. МИРЗАБЕКЯН

эллинса поляризации ралноизлучения на выходе этого участка, можно измерить угол β и по формуле (8) вычислить величниу сдвига фаз.

Если же в тех или иных конкретных задачах направление осей анизотронии неизвестно, то величину сдвига фаз можно определить измерия эксцентриситет эллинса возникающей эллиптической поляризации. В самом деле, между эксцентритетом е и величниой сланга фаз можно вывести следующее соотношение:

$$e = \frac{V \cos \phi}{e \cos \frac{\phi}{2}}$$

2

(9)

где

Таким образом, если имеется участок волноводного тракта, в котором скорости распространения радноизлучения в каких-либо двух взаимно нерпендикулярных направлениях не равны, то инркулярно поляризованное излучение, пройдя через такой участок, становнтся эллиптически ноляризованным. Измерия соотношение мощностей вдоль полуосей эллипса поляризации, можно по формуле (9) определить величину слвига фаз, создаваемого исследуемым участком волноводного тракта, между двумя взаимно перпендикулярными компонентами распространяющегося излучения.

Итак, как ясно из настоящей статьи, разработанный метод поляризационных исследований позволяет производить полный анализ поляризации исследуемого радноизлучения, т. е.:

1) определять, поляризовано или неполяризовано это излучение;

2) при налични поляризованной компоненты определять характер поляризации во всех трех случаях:

а) циркулярно поляризованное излучение — направление вращения вектора Е;

б) эллиптически поляризованное излучение — степень эллиптичности, направление вращения вектора Е и ориентацию полуосей эллипса поляризации;

39

в) линейно поляризованное излучение — направление плоскости поляризации.

измерять абсолютную интенсивность поляризованной компоненты;

4) измерять абсолютную интенсивность общего (поляризованного и неполяризованного) излучения.

Следует отметить существенное преимущество разработанного метода поляризационных измерений по сравнению с другими известными методами, заключающееся в том, что новый принцип модуляции, так называемой поляризационной модуляции, позволяет полностью устранить относительно мощный фон неполяризованного излучения. При поляризационных измерениях модулируется только поляризованная компонента исследуемого излучения, а неполяризованное излучение не претерпевает модуляции. Это преимуществе особенно существенно при исследованиях весьма слабых степеней поляризации.

Вышеуказанные возможности поляризационного раднометра позволяют назвать ряд раднофизических задач, для решения которых с успехом может быть использован поляризационный раднометр. К числу таких задач относятся следующие.

I. Исследование цилиндрических волноводных трактов.

В целом ряде случаев в раднолокации и в радиоастрономии используются цилиндрические волноводы в качестве линий передач. Зачастую при этом требуется, чтобы при распространении радионзлучения в сравнительно длинном цилиндрическом волноводе между двумя взанмно перпендикулярными компонентами излучения не набегала бы разность фаз. С помощью поляризационного радиометра можно исследовать такие тракты и, в случае наличия в этих трактах паразитного сдвига фаз, измерить величину его и одним из известных способов скомпенсировать этот сдвиг фаз.

II. Определение диэлектрической проницаемости є или показателя преломления п различных диэлектриков на частоте 9500 мггц.

Поместив диэлектрическую пластинку в цилиндрический волновод, зная размеры пластинки и длину волны, из-

#### э. г. мирзабекян

лучаемой генератором, можно по величине сдвига фаз, даваемой этой пластинкой, определить или n.

III. Исследование поляризации радиоизлучения плазмы с наложенным внешним магнитным полем.

Вмонтировая определенным образом газоразрядную трубку в цилиплрический волновод и наложив внешнее магнитное поле, можно исследовать зависимость степеня и хярактера поляризации радноизлучения плазмы от величины и направления магнитного поля, от концентрации ионов и электронов и от прочих параметров.

IV. Исследование законов отражения и преломления в днаназоне ультра-коротких Ллин воли (л = 3,2 с.2.). Определение по результатам соответствующих измерений показателей преломления различных зиэлектриков на частотах = = 10000 мггц.

V. Исследование поляризации теплового ралиоизлучения анизотронных (в том числе магнитоактивных) сред. Исследовачие распространения радиоизлучения через такие среды.

VI. Поляризационный ралиометр может найти примепенне! и и радноспектроскопии при исследовании эффекта Зеемана.

VII. Исследование эффекта Фарадея на частотах ~ ~ 10000 мггц.

В заключение выражаю глубокую благодарность профессору С. Э. Хайкину и старшему научному сотруднику Н. Л. Кайдановскому за руководство и ценные советы при выполнении настоящей работы.

#### է. 2. ՄԻՐՋԱԲԵԿՑԱՆ

### ՌԱԴԻՈՃԱՌԱԳԱՑԹՄԱՆ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻԲՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱԲ ՌԱԳԻՈՄԵՏԲ 3.2 օմ ԱԼԻՔԻ ԵԲԿԱԲՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ

### Ամփոփում

Ներկա հոդվածում Նկարադրված է մի Նոր սարը, այսպես կոչված բեեռացման ռադիոմետրը։ Հեղինակի կողմից մօակված ռադիոնառագայիման բեեռացման ուսումնասիրու յան Նոր մե-

### ՔԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒ**Բ**ՑԱՆ ՌԱԴԻՈՄԵՏՐ

Թոդը և Նրա հիման վրա ստեղծված բևեռացման ռադիոմետրը հնարավորու Յյուն են տալիս համեմատարար ուժեղ չրևեռացված ճառադայ Յման ֆոնի վրա հայտնարերել ճառագայ Յման թևեսացված Թույլ կոմպոնենտը և կատարել բևևռացման բազմակողմանի ուսու Յնասիրու Յյուն, ինչպես նաև չափել բևևռացված կոմպոնենտի բացարձակ ինտենսիվու Յյունը։ Բացի գրանից, րևեռացման ռադիոմետրը կարող է օգտագործվել սովորական ամսլլիտու գային ռադիոմ և արնրով կատարվող բոլոր տեսակի չավում ենրի համար.

ն տարրերություն ընհռացման ուսումնասիրության ճամար գոյություն ունեցող սարջնրի, ընհռացման ռադիոմետրում րհնռացման չափումննրի մամանակ մոգուլացիայի է ենթարկվում և ումեղացվում ուսումնասիրվող ռադիոճառադայթման միայն ընհռացված կոմպոնննտը, որի ճետևանջով լրիվ ճեռացվում է չընհռացված ֆոնը, Այդ ճանդամանջը զգալիորեն բարձրացնում է ռադիոմնտրի զգայնությունը թույլ ընհռացման չափումների մամանակ։

Նկ. 3-ում Նոր մոդուլյատորը իրենից ներկայացնում է « λ. խերթի» ալիջամուղ անալոդը։ Մոդուլյացիան իրականաց-

վում է վերջինիս պատման միջոցով։

Բևևուացման ռադիոմևտրում կիրառված է զգայնության թացարձակ կալիրրովկայի նոր եղանակ, որը թույլ է տալիս յուրաքանչյուր չափման սկզրում ու վերջում հեշտությամբ և արագ կատարել այդպիսի կալիրրովկա։

Բևեռացման ռադիոմնտրի բարձը հաճախականության հանդույցներից անհրաժեշտ է նշել նաև նոր օղակաձև ալիջամուղ ութարևեռը (восьмиполюсник) (նկ. 4), որը ունի մի շարջ առավելություններ նախկինում լայնորեն կիրառվող կրկնակի ալիջամուղ T - կամրջակների նկատմամը.

Բևհռացման ռադիոմնտրի հիմնական տվյալներն են՝

1. Բաց խողման շևրտի լայնությունը րարձր հաճախակա-Նության համար՝ 5.10<sup>8</sup> հերց (լարվածության կանգնած ալիջի դործակիցը շերտի եզրերում հավասար է 1,5)։

2. Ընդունվող հաճակականությունների շերտի լայնությունը (հայելիային խուղակի օգտագործման ժամանակ) —4.10° հերց։ 3. Աղմուկի գործակիցը՝ № == 12:

#### b. 2. **ՄԻՐԶԱՐԵԿՅԱՆ**

4. If mpoliting gamping franches  $\mathcal{E}_{T} = 1^{\circ}\mathcal{K}$  (= 16 dph dmif mounthly formamon top glogon if)

Բենաացման տագիտնեարը կարող է օդտագործվել գերրարձր ճաճախականությունների ճետ կապված մի շարջ տագիոֆիզիկական լարորատար ճետազատությունների ժամանակ (տարըեր զիկներարկներում բեկժան և անգրազարձման օրենքների ուսումնասիրության, պազմայի սագիռնառողայինման բենոացման ուսումնասիրության՝ արաչաքին մազնիսական գաշտի ասկայության գեպքում, մարագելի և Չենմանի էֆեկտների ուուռննասիրության՝ 10<sup>10</sup> ճերց ճաճարականությունների ճամար և այլնի։

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Nyquis: H. Phys. Rev. 32, 110 (1928).

2. Гронцкии И. С. ЖТФ, т. 22, 455 (1952).

3 Буни чович В. С. Флуктуационные пропессы в радиоприемных устройствах (1951).

4. Dicke R. H. Rev. Sci. Instr. Vol. 17, 268 (1946).

5 Туруслеков М. Г. Кандидатская диссертания (1974).

6. Рытов С. М. Теория электрических фауктуаций и тепловых шумов (1954).

7. Техника измерений на сантиметровых волнах (Издательство "Советское радно"). т. 1, стр. 254 -- 256 (1949).

8 Малахов А. И. Кандидатская диссертация ГГУ (1953).

 Саломонович А. Г. в Шлионов Т. А. Исследование низкочастотной части спектра собственных шумов приемника (1952).
 10. Троицкий В. С. ЖТФ, 25, 1426 (1955).

# СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АG ДРАКОНА

#### Л. В. Мирзоян

В работе В. А. Амбарцумяна "Явление непрерывной эмиссии и источники звездной энергии" [1] показано, что для решения вопроса о природе источников звездной энергии особый интерес представляют исследования звезд типа Т Тельца и примыкающих к ним нестационарных звезд, во внешних слоях которых, как показывают наблюдательные данные, происходят процессы непосредственного выделения взутризвездной энергии.

Согласно [2] особой разновидностью звезд типа Т Тельца, обладающей подобными особенностями излучения, является звезда BD+67°922=АС Дракона.

Спектрофотометрическому исследованию этой звезды посвящена настоящая статья.

Впервые на AG Дракона обратили внимание Янсен и Высотский [3] в 1943 г. На призменных спектрограммах было обнаружено наличие в спектре звезды сильных эмиссионных линий водорода Н<sub>р</sub>, H<sub>τ</sub>, H<sub>ε</sub>, H<sub>ε</sub> и линии λ4686ионизированного гелия. Визуальные наблюдения на 26" рефракторе не показали никаких признаков существования вокруг AG Дракона планетарной туманности<sup>\*</sup>. Наблюдался непрерывный спектр без линий поглощения. Блеск звезды был оценен 10<sup>m</sup>.

В том же году Джой и Вильсон [4] на щелевых спектрограммах обнаружили, помимо указанных линяй, еще линию Н<sub>с</sub> и шесть эмиссионных линий нейтрального гелия.

<sup>\*</sup> На фотогряфии, полученной 21" камерой Шмидта Бюраканской обсерватории Б. Е. Маркаряном, при предельной величине 18<sup>m</sup>.5 также не обнаружено никаких следов туманности вокруг АG Дракона.

Линии поглощения, будучи нерезкими, характеризовали спектр класса dG7.

Последующие наблюдения в 1944, 1945, 1948 гг. [5, 6] не показали значительных изменений в спектре АG Дракона по сравнению с 1943 г.

В 1952 г. звезда была исследована Роман [6] на обсернаторни Мак Дональд. Спектр оказался сильно изменившиямся. Наблюдался очень сильный пепрерывный континууя, нолностью маскирующий все линии поглощения и простирающийся до 23300. В области и 3800—5000 все наблюдаемые линии водорода, и иопизированного гелия были в эмиссии, так же, как и лимии нейтрального гелия, кроме слабейщих. В период между 13 сентября и 4 октября 1952 г. заметных изменений в спектря не было отмечено.

Фотоэлектрические наблюдения в марте 1952 г. указывали на аномальное распределение энергии в непрерывном снектре звезды. Показатели цвета в системе Джонсона [7] оказались равными: 0.88 (В—V), что соответствует звездам G5, и —0.68 (U—B) в соответствии с dB3. Звездная величина была оценена в 9<sup>m</sup>.44 (V).

Переменность этой звезды была открыта в 1953 г. А. С. Шароным [8]. Амилитуда изменения блеска составляла приблизительно 2<sup>m</sup> (9<sup>m</sup>.4 – 11<sup>m</sup>.4) в фотографических лучах, а характер изменения был исправильным.

В дальнейшем переменность AG Дракона была подтверждена В. Венцелем [9], который на основе имеющегося в Зоннебергской обсерватории наблюдательного материала построил кривые блеска этой звезды на протяжении ряда лет. Были обнаружены неправильные колебания блеска в фотографических лучах в интервале 9<sup>m</sup>-11<sup>m</sup>. По Венцелю, звезда принадлежит к группе звезд типа Z Андромеды.

А. Д. Бериев [10] построил кривую блеска АС Дракона в период с 1941 по 1955 гг. Амплитуда блеска в фотографических лучах, согласно [10], составляла приблизительно 2<sup>m</sup>.5 (8<sup>m</sup>.9-11<sup>m</sup>.4). К 1955 г. относятся всего два наблюдения (23 и 24 августа). Они хорошо согласуются с нашими того же периода.

# СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ AG Dra 45

### НАБЛЮ ДЕНИЯ

Спектрограммы получены объективной призмой, с преломляющим углом в 4°, в комбинации с 12—8" камерсй Шмидта Бюраканской обсерватории. Список наблюдений, лежащих в основе настоящего исследования, приводится в таблице 1.

Таблица 1

Дата В. В.	№№ пластинки	ІІродолжи- тельность экспозиции в мин.	Сорт эмульсии
28 января	50	60	Ильфорд-Зенит
29 L thompson	51	132	
т февраля	52	150	۳
2	55	150	
3	56	150	
26 1189	40	100	Истичн 103а-0
30	61	70	
11 люня	64	90	
	65	35	
12	66	100	
16	70	120	
	71	65	
17 .	72	120	
	73	70	
24 .	75	100	•
19 августа	79	150	Ильфорд-Зенит
	80	150	
20	81	60	Кодак
21 .	82	120	
	83	90	
22 .	84	105	
	85	120	
23 .	86	120	•
	8/		·
7 сентября	88	90	
8 .	89	120	
13 .	93	90	
14 .	95	125	
15 .	97	140	
16	99	100	w
19	100	120	
16 ноября	102	115	
	Дата В. В. 28 января 29 1 февраля 2 3 3 26 мая 30 11 шоня 12 16 17 24 19 августа 20 21 22 23 25 7 сентября 8 13 14 15 16 16 17 19 22 23 25 10 7 сентября	Дата В.В.         №№           28 января         50           29         51           1 февраля         52           2         55           3         56           26 мая         49           30         61           11 люня         64           12         66           16         70           17         72           24         75           19 августа         79           20         81           21         82           23         86           25         87           7 сентября         88           8         93           13         93           14         95           15         97           16         99           19         100	Дата В.В.         NeNs пластинки         Ilpoдолжи- тельность экспозиции в мин.           28 января 29         50         60           29         51         132           1 февраля         52         150           2         53         75           2         55         150           2         55         150           3         56         120           26 мая         49         100           30         61         70           11 люня         64         90           12         66         100           16         70         120           71         65         35           17         72         120           73         70         100           24         75         100           19 августа         79         150           20         81         60           21         82         120           23         86         120           23         86         120           13         93         90           14         95         125           15         97

Наблюдения переменной АС Дракона в 1955 г.

Спектры расширялись путем расстройства часового механизма телескова. Дляна спектрограмм для исследованной области М 3500-5000 приблизительно 5 мм, а ширина 0.1-0.2 мм. Спимки проявлялись гидрохиноновым проявителем в течение 4 в минут одновременно с калибровочными шкалами.

Калибровочные шкалы фотографировались на трубочном фотомстре светом, пропущенным через синий светофильтр "Агфа". Таким образом, не учтено изменение формы характеристических кривых с длиной волны Разность в вкспозициях при фотографирования звездных спектров и калибровочных шкал значательна: 10—20 раз, что, однако, не может привести к значительным опинбкам в измерениях нитенсивностей.

Дисперсионная кривая построеня по волородным линиям серии Бальмера в спектрах АО-звезд, в основном в спектре звезлы сравнения, после получения микрофотометрических записей э.их спектров. Величина линейной лиспер-

Таблица 2 Линейная дисперсия инструмента в А/мм.

Ha	2.1686	H	Ha	H.	H:
610	540	420	315	310	255

Сни на спектрограммах в Таблица 2. А/мм для ряда длин волн прумента ластся в таблице 2.

> Первые шесть спектрограмм АС Дракона были получены в сентябре — ноябре 1954 г. Из-за отсутствия сротнетствующих калибро-

вочных шкал они не обрабоганы. На всех этих спектрограммах в эмиссии находятся все наблюдаемые линии водорода от Н до Н<sub>11</sub> включительно. Весьма интенсивна эхиссионная линия 2 686 ионизированного гелия. На микрофотограммах она занимает площадь, равную по величине площали Н<sub>2</sub>. Линии поглощения очень слабы, как и на всех спектрограммах 1955 г., вследствие чего их невозможно отличить от случайных флюктуаций плотности негатива.

# СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ AG Dra 47

НЕПРЕРЫВНЫЙ СПЕКТР И ЭМИССИОННЫЕ ЛИНИИ

Спектры обработаны по их микрофотометрическим записям, полученным на саморегистрирующем микрофотометре Бюраканской обсерватории с увеличением в 70 раз (фиг. 1).



Фиг. 1

При измерениях непрерывного спектра AG Дракона звездой сравнения служила звезда спектрального класса A0, HD 145258, которая находится недалеко от исследуемой звезды. Такой выбор обусловлен стремлением исключить ошибки, обычно возникающие при сравнении звезд на двух разных пластинках, в основном связанные с учетом атмосферной экстинкции. Правда, сильное водородное поглощение в линиях у A-звезд несколько искажает их непрерывный спектр, делая невозможным его точное проведение на микрофотограммах, однако, так как нас больше интересуют изменения в спектре AG Дракона, это не может служить существенным препятствием. Следует учесть также и то обстоятельство, что на фотографиях области AG Дракона нет ни одной О или В-звезды.

Для получения распределения энергии в непрерывном спектре исследуемой звезды по отношению к распределению в непрерывном спектре звезды сравнения, непрерывные спектры интерполированы к частотам линий излучения для АG Дракона и линий поглощения для звезды сравнения. Все

L					
- 21		 	-	-	100
	1.5	 10.00	2.2	<b>a a</b>	
			and to	_	-
			-4		

1m, = m, (АG Дракона) - m, (HD 145258)

Серия	n 21	2.02	2.06	2.10	2.14	2.18	2-24	2.26	2.31	2.34	2.37	2.44	2.49	2.52	2.57	2.61	2.63	2.65
t	6	0.92	1.05	1.33	1.50	1.58	1.65	1.72	1.50	1.58	1.98	2.00	1.98	1.95	1.92	1.75	1.60	1.45
11	10	1.10	1.18	1.35	1.45	1.60	1.85	2.03	2.15	2.30	2.50	2.70	2.73	2.78	2.78	2.80	2.68	2.40
111	7	0,95	1.00	1.20	1.25	1.35	1.48	1.58	1.68	1.78	1.85	2.00	2.12	2.15	2.15	2.05	2.00	1.85
IV	0	1.05	1.08	1.30	1.45	1.55	1.65	1.78	1.85	1.95	2.10	2.25	2.28	2.33	2.33	2.25	2.15	-

### СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ AG Dra 49

наблюдения были разделены на четыре серин по периодам наблюдений. Таблица I разграфлена в соответствии с этим разделением.

Результаты измерений непрерывных спектров, средние для всех серий, представлены в таблице 3: в первом столбце — номер серии, во втором — число спектрограмм в серии, а в последующих — разность звездных величин, в смысле АG Дракона минус HD 145258, для волновых чисел, указанных в первой строке таблицы.

Данные таблицы 3 характеризуют излучение AG Дракона в среднем для каждой серии наблюдений. Осреднение результатов измерений по сериям здесь и в дальнейшем изложении выполнено с целью свести к минимуму возможные случайные ошибки. В этом случае, естественно, мы проходим мимо реальных изменений в спектре исследуемой звезды в промежутках времени между отдельными наблюдениями данной серии. В тех случаях когда промежуток времени между отдельными наблюдениями данной серии сравнительно большой, например между семью первыми и двумя последними четвертой серии, включение в одну серию было обусловлено тем, что значительных изменений в спектре за это время не было обнаружено.

На двух снимках серин III (№№ 82, 83) результаты измерений которых не вошли в средние таблицы 3, звезда сравнения HD 145258 вышла непосредственно у края пластинки. Поэтому измерения соответствующих спектрограмм AG Дракона выполнено по отношению к звезде спектрального класса A5: HD 143253. Сравнение результатов обработки этих двух спектрограмм со средними данными серин III (по остальным семи спектрограммам), приведенными в таблице 3, графически представлено на фигуре 2. Разность нуль-пунктов обусловлена разностью в видимых величинах HD 145258 и HD 143253\*, а наклон прямой приводит к относительному градненту примерно 0.22. Непосредственное определение относительного градцента HD 143253 по отношению к HD 145258 по пластинке № 84 привело к значению 0,18.

\* m≈8.95 [8, 9] для HD 145258 (значение m=9,3, приведеннос в HD, неверное) и mptm=9.4, mpg=9.5 для HD 143253 по HD.

Таким образом, следует считать согласие вполне удовлее творительным.



Была сделана попытка на основе наших измерений непрерывного снектра определить показатель цвета АС Довкони в системе (U, B) Джонсона для первых двух серий ноблюдений. Для эффективных длин воли в этой системе приняты приблизительные значения: / 3600 и / 4100. Звезлизя величина для 1.3600 определена экстраполяцией данных таблицы 3, а для 14100 непосредственно. Ультрафиолетовыйсники показатель цвета получился равным соответственно -0.87 и -0.55 для I и II серий наблюдений. Здесь не учтен эффект возможного скачка в величине интенсивности непрерывного излучения АС Дракона у границы серии Бальмера, а также влияние конечной ширины полосы пропускания светофильтров и влияние спектральных линий на результаты электрофотометрических определений. Это означает, что наши определения лишь очень грубо характеризуют истинный цвет звезды в системе (U, B).

На всех спектрограммах АС Дракона видны в эмиссии вопородные линии от H<sub>2</sub> до H<sub>2</sub>—H<sub>11</sub> и линия 4685 нонизированного гелия. На некоторых спектрограммах намечаются линии нейтрального гелия (2.4471, 4026, 4009 и т.д.).

Нами фотометрированы наиболее яркие из них:  $H_{2}$ ,  $H_{1}$ ,  $H_{2}$ ,  $H_{1}$ ,  $H_{2}$ ,  $H_{1}$ ,  $H_{2}$ , H

Сводка измерений эквивалентных ширин этих линий и соответствующие средние отклонения в ангстремах приводятся в таблице 4 (п— число наблюдений в серии).

# СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ AG Dra 51

Таблица 4

Серня	n	Ηβ	HT	Ha	H	Hc	λ 4686
1	6	29.1±5.7	15.0±3.6	9.4±3.9	2.3±0.7	5.3±1.0	21.4±6.0
п	10	17.5±3.7	15.0±3.5	9.7±2.8	4.5±1.1	5.4±1.9	19.3±4.7
ш	9	11.4±1.8	8.8±1.8	5.6±1.5	$2.5 \pm 0.4$	2.7 <u>+</u> 0.4	13.2±1.5
IV	9	10.3±2.1	7.4±1.0	$5.1 \pm 1.1$	3.4±1.8	4.5±1.8	9.4±1.2

Эквивалентные ширины эмиссионвых линий АG Дракона (в ангстремах)

Эти средние отклонения будут равны средним ошибкам одного определения при предположении, что в период наблюдений данной серии эквивалентные ширины не изменяются. Это предположение не вполне соответствует действительности, однако если учесть, что наблюдаемые изменения внутри серии небольшие и притом неправильные, то такое предположение можно считать приемлемым. Правда, в этом случае вычисленные ошибки будут как-то характеризовать и величину изменений внутри серии.

На основе данных таблицы 5 далее вычислены относительные интенсивности эмиссионных линий. С этой целью определено абсолютное распределение энергии в непрерыеном спектре AG Дракона для каждого отдельного наблюдения с помощью абсолютного распределения энергии в непрерывном спектре звезды сравнения HD 145258 (в упомянутых выше двух случаях звезды сравнения HD 143253). Абсолютное распределение энергин излучения звезд сравнения взято в соответствии с теоретическими расчетами Э. Р. Мустеля [11].

Вычисленные относительные интенсивности эмиссионных линий (средние для серий) представлены в таблице 5. Везде интенсивность Н<sub>3</sub> принята равной единице. Изменение абсолютной интенсивности самой H<sub>3</sub> от серии к серии выражается следующим отношением: 1.00:0.60;0.42:0.34.

### Л. В. МИРЗОЯН

#### Относительные интенсивности эмиссионных линий АСІ Дракона 110 H, 1 4636 111 11: Серия Ha 0.22 0,37 0.07 0.19 0.55 I 1.00 0.57 0.27 0,10 0.13 0.94 H 1.00 0,600,33 0,13 0.16 1.01 111 1.000.34 0.57 0.18 0.32 0,86 IV 1.00

Следует указать, что данные о линиях Н. и Н., повидимому, искажены наложением на эти линии других, менее ваметных линий.

### обсуждение

О результатах обработки первых двух серий наблюдений АС Дракона коротко было сообщено в [12]. Там же были приведены некоторые соображения о нозможной интерпретации наблюдательных данных. Здеск мы приведем анализ результатов обработки всех наших наблюдений АС Дракона.

На фигуре 3 графически представлено относительное распределение энергии в непрерывном спектре АС Дракона н виде зависимости (Algl, 1/A), где Algl — lgl (АС Дракона) — — lgl (HD 145258) для всех чегырех серий наблюдений, по данным таблицы 3.

Во всех случаях эта зависимость, начиная с некоторой длины волны, резко отклоняется от прямолинейности. Это свидетельствует о том, что излучение переженной отклоняется от Планковского, обычно довольно хорошо представляющего излучение нормальных звезд. Совсем небольшая часть этого отклонения может быть обусловлена нодоролным поглощением в спектре звезды сравнения [13]. Действительно, поскольку такой эффект должен был проявляться олинаково для всех серий, а кривые, представляющие разные серии, в этом смысле значительно отличаются, то следует считать, что в основном эти отклонения характеризуют изменения избытка излучения в коротковолновой части спектра АG Дракона по отношению к нормальному.

Таблица ..

### СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ AG Dra 53

Следует отметить, что относительное распределение Algl обычной КО-звезды HD 146988 по отношению к звезде сравнения HD 145258 (АО) дало прямолинейную зависимость от <sup>1</sup>/А без заметных отклонений в коротковолновой части.



Фиг. 3. Зависимость ∆lgI = lgI (АС Дракона)-lgI (НD 145258) от 1/λ для всех серий наблюдений (номера справа указывают серии).

Прямолинейная часть указанной зависимости во всех рассматриваемых случаях приводит к спектрофотометрической температуре 3300—4400°, если абсолютный градиент HD 145258 (А0) принять равным 1.00.

Сравнение кривых I и II показывает их сходство в длинноволновой части и серьезное различие между ними в коротковолновой части. Это различие, как и все остальные различия между кривыми, следует приписать изменениям интенсивности излучения АG Дракона. Они, естественно, приводят к изменениям яркости звезды в целом. В случае кривых 1 и II изменение интенсивности излучения АG Дракона в коротковолновой части, как ноказывает график, привело к смещению на фиг. З точки, начиная от которой огносительное распределение энергии отклоняется от пормального: в сторону ультрафиолета с ослаблением яркости звезды. В период первой серии наблюдений переменная была значительно ярче, чем в период второй серия наблюдений. В соответствии с этим кривая 1 отклоняется от прямой начиная с  $1/\lambda = 2.37$ , в то время как на кривой II это отклонение начинается у  $1/\lambda = 2.52$ .

Значительный интерес представляет следующее общее свойство кривых относительного распределения энергия I и II. Обе кривые можно представить как сумму двух издучений: постоянного "нормального" издучения звезды позднего типа с почти постоянным градиентом и источника из лучения непрерывной эмиссии, которое имеет в обеих случаях примерно одно и то же относительное распределение, но разную абсолютную интенсивность. Иначе говоря, обекривые можно представить следующей формулой:

$$I(1/\lambda) = I_0(1/\lambda) + k \cdot E(1/\lambda)$$
 (A)

Здесь  $I({}^{i}/h)$  — относительное распределение энергии в непрерывном спектре AG Дракона,  $I_{0}({}^{i}/h)$  — распределение "нормального" излучения звезды позднего типа с постоян ным граднентом,  $E({}^{i}/h)$  — относительное распределение непрерывной эмиссии, а k характеризует абсолютную интенспвность непрерывной эмиссии и поэтому может принимать различные положительные значения.

Когда абсолютная интенсивность непрерывной эмиссии больше (кривая I). то она становится заметной и там, где сравнительно слаба, т. е. в более длинноволновой области. Наиболее сильный эффект непрерывной эмиссии наблюдается начиная с A3900, где разность блеска между первой и второй сериями достигла одной звезднок величины.

Кривые распределения III и IV на фиг. 3, прелставляющие наблюдения соответствующих серий, показывают, что наблюдаемые изменения интенсивности излучения AG Дракона не всегда возможно представить с помощью фор-

# СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ AG Dra 55

мулы (А), т. е. изменением абсолютной интенсивности непрерывной эмиссии. Кривые III и IV указывают по отношению к кривым I и II и на некоторые изменения в длинноволновой части графика. Так, например, в отличие от кривых I и II, у них наклоны прямолинейной части другие, соответствующие более высоким спектрофотометрическим температурам. Значительно больше также абсолютная интенсивность непрерывного спектра в этой части. Однако, как уже было указано выше, и для кривых III и IV характерно отклонение от прямой в коротковолновой части.

Таким образом, для объяснения изменений в непрерывном спектре AG Дракона, в общем случае, следует допустить, что кроме изменений в интенсивности непрерывной эмиссии, имеют место изменения в "нормальном" — температурном излучении, обусловленные изменением температуры фотосферы звезды. Следовательно изменения интенсивности непрерывного излучения AG Дракона обусловлены совокупным действием двух факторов: непрерывной эмиссии и температурными изменениями, причем соотношение влияния этих двух факторов меняется во времени.

Так, например, в период между I и II сериями наблюдений изменение яркости AG Дракона было обусловлено, в основном (если не целиком), усилением коротковолновой части непрерывного спектра (непрерывной эмиссии), в то время как между II и III сериями наблюдений оно наступило в результате усиления непрерывного спектра в целом: как в длинноволновой (дополнительное, по всей вероятности, тепловое излучение вследствие повышения температуры), так и в коротковолновой (непрерывная эмиссия) областях. В рамках такой схемы можно интерпретировать и другие нозможные изменения яркости переменной AG Дракона, в частности изменение между III и IV сериями наблюдений.

Объяснение изменений яркости АG Дракона одними только изменениями температуры или размеров звезды оказывается невозможным. В. П. Цесевич [14] предлагает гипотезу о двойственности этой звезды. Однако эта гипотеза, подобно аналогичным гипотезам для объяснения поведения так называемых "симбиотических" звезд (АХ Персея, Z Ан-

### л. в. мирзоян

дромеды, СІ Лебеди и т. д.) встречается с серьезными трудностями [15]. Хотя кажется, что одновременное появление свойств горячей и холодной звезд всегда проще объяснять наличнем двух звезд, однако при накоплении данных о более топких свойствах звезд такие искусственные гипотезы обычно тернят неудачу.

Во всяком случае наши данные говорят о том, что в случае, если считать звезду состоящей из двух составляющих, то обе составляющие следует считать переменными.

До сих пор ири рассмотрении изменений в спектре AG Дракона речь шла только, о непрерывном спектре. В дейстиптельности яркость знезды в целом зависит также от интенсивности излучения в линиях. в особенности в рассматриваемом случае, когла в эмиссионных линиях сосредоточено значительное количество энергия.

Изменения непрерывного спектра у АС Дракона, согласно ланным таблицы 4, сопровождаются изменениями в эмисспонных липиях. Взанмосвязь между ними для H<sub>3</sub>. H<sub>1</sub> и λ4686 представлена графиками на фиг. 4, где на оси



Фиг. 4. Ход наменения эквивалентных ширия линий H<sub>2</sub>, H<sub>7</sub> и  $\lambda$  46% в спектре AG Дракона в зависимости от изменений в непрерывном спектре у этих линий:  $\Delta m_{\lambda} = m_{\lambda}$  (AG Дракона)— —  $m_{\lambda}$  (HD 145258).

ординат отложены эквивалентные ширины линий, а на оси абсцисс Ат из таблицы 3, соответствующие точкам непре-

# СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ AG Dra 57

рывного спектра у этих линий. Рассмотрение этих графиков показывает, что связь между изменениями эквивалентных ширин эмиссионных линий и непрерывного спектра довольно сложная. Отдельные куски ломаных линий на графиках можно интерпретировать в рамках вышеприведенной схемы следующим образом.

Участок I—II характеризуется сильным ослаблением непрерывного спектра в коротковолновой части (у  $H_1$  изменение больше 0<sup>m</sup>.3). В длинноволновой части практически изменения нет: у  $H_\beta$  и  $\lambda$ 4686 изменения непрерывного спектра порядка 0<sup>m</sup>.1 (разного знака) находятся в пределах ошибок. Линия  $H_\beta$  значительно ослабла, а линии  $H_1$  и  $\lambda$ 4686 не изменились. Можно допустить, что ослабление коротковолнового излучения (непрерывной эмиссии) привело к ослаблению водородных линий, как видно на примере  $H_\beta$  и не заметно на  $H_1$ , повидимому, вследствие изменения самого непрерывного спектра у этой линии.

На участке II—III наблюдается усиление непрерывного спектра везде: порядка  $0^m 2$  у  $H_\beta$  и  $\lambda$  4686 и  $0^m 5$  у  $H_\gamma$ . Оно привело к уменьшению эквивалентных ширин всех эмиссионных линий. В согласии с фиг. З следует думать, что усиление непрерывного спектра в рассматриваемой области явилось следствием повышения температуры звезды.

Наконец на участке III—IV имеет место некоторое ослабление непрерывного спектра, сопровождаемое незначительным ослаблением линий. Фиг. 3 в этом случае указывает на некоторое понижение температуры AG Дракона и возможно на незначительное ослабление непрерывной эмиссии.

Таким образом, совокупность наблюдательных данных о спектре AG Дракона, повидимому, свидетельствует в пользу идей В. А. Амбарцумяна [1] о непосредственном освобождении внутризвездной энергии во внешних слоях ряда нестационарных звезд в виде непрерывной эмиссии, энергии эмиссионных линий и дополнительного температурного излучения.

### Л. В. МИРЗОЯН

Избыток ультрафиолетового излучения в снектре AG Дракона во всех рассмотренных случаях невозможно объяснить шикакими известными процессами теплового излучения. Небезыитересно отметить в связи с этим, что к аналогичному выводу привели теоретические расчеты Харо и Хербиге [16] относительно избытка ультрафиолетового излучения у ряда исследованных ими объектов типа Т Тельца. Полученные в той же работе [16] другие результаты качественно очень сходны с изложенными выше.

В заключение рассмотрим те особенности спектра AG Дракона, которые приближают эту звезду к тем или иным группам небесных объектов:

Неправильные изменения яркости и наличие непрерывной эмиссии и эмиссионных линий в спектре AG Дракона приближают эту звезду к звездам типа Т Тельца. Однако ряд особенностей звезды AG Дракона не характерен для указанной группы звезд. К ним относится, прежде всего, наличие интенсивной эмиссионной линии л 4686 ионизированного гелия и больших допплеровских смещений линий, приводящих к лучевой скорости примерно в полтораста км/сек. Необычно для звезд типа Т Тельца и большая галактическая широта AG Дракона (41).

Наличие интенсивной эмиссии в линиях водорода и, в особенности, в линии л 4686 ионизированного гелия делает спектр AG Дракона сходным в этом отношении с эмиссионным спектром планетарных тумаиностей. Однако в отличие от последних в спектре AG Дракона нет никаких следов запрещенных линий N<sub>1</sub> и N дважды ионизированного кислорода.

Эмиссионный спектр AG Дракона показывает некоторое сходство и со спектрами "симбнотических" звезд AX Персея, CI Лебедя и т. д. Однако AG Дракона резко отличается от "симбиотических" звезд тем, что в се спектре никогда не наблюдались сколько-нибудь интенсивные запрещенные лииии. Для сравнения в таблице 6 приводятся соответствующие данные. Там же приведены и ланные о планетарных туманностях: NGC 7027 и средние для трех групп туманностей из [23].

Эти данные, повиднмому, свидетельствуют о том, ч.офизический механизм излучения линий всех указанных

I GOALAGIG U	Ta	бл	ица	6
--------------	----	----	-----	---

Объект	Hβ	H <sub>T</sub>	Ha	H1	HĮ	λ 4686	Ν <sub>1</sub> λ 5007	Ns λ 4959	Источник
AG Дракона	1.00	0.37-0.60	0.22-0.34	0.07-0.18	0.13-0.32	0.55-1.04	_	-	Настоящая работа
NGC 7027	1.00	0.33	0.16	0.24	0.09	0,45	11.70	4.20	[17]
АХ Персея	1.00	0.45-0.67	0.28-0.53	0.13-0.47	0.03-0.16	0.46-0.83	0.07-0.50	0.15-0.17	[18,19,20]
СІ Лебедя	1.00	0.48-0.80	0.28 - 0.50	0.07-0.40	0.20	0.50-0.90	_		[18,19,20,21]
Пл. туман-								7.00	12 No.
ности	1.00	0.37-0.45	0.16-0.22	0.08-0.14	0.07-0.09		_1	1.71-4.40	[23]

Относительные интенсивности эмиссионных линий у разных объектов

<sup>1</sup> В ряде случаев приведенные для интенсивностей Н<sub>4</sub> и Н<sub>5</sub> значения включают в себя и интенсивности близких линий λ 3967 [Ne III], 3965 Не I и λ 3888 Не I.

<sup>в</sup> Интенсивность N<sub>1</sub> должна быть в три раза больше интенсивности N<sub>2</sub>.

### Л. В. МИРЗОЯН

объектов один и тот же: флюоресценция. В частности можно допустить, что у АС Дракона эмиссионные линии возникают над обращающим слоем, причем необходимая для этого энергия доставляется процессами непосредственного освобождения внутризвездной энергии над этим слоем.

Несмогря на близость относительных интенсивностей эмпесионных линий АС Дракона и "симбиотических" звезд следует подчеркнуть огромное различие между ними в смысле количества эпергия, излучаемой в линиях. Эквивалентные ширины эмиссионных линий водорода у некоторых "симбиотических" звезд в десятки раз превышают ширины у АС Дракопа. Для примера отметим, что эквивалентные ширины линий Н<sub>2</sub>, Н<sub>1</sub> и Н<sub>4</sub> в спектре ВГ Лебедя 7 июня 1950 г. составляли соответственно 820, 270, 100 и 39А [22]. Небезынтересно отметить, что у Ве-звезд, наоборот, эквивалентные ширины эмиссионных линий во много раз меньше, чем у АС Дракона [24].

Таким образом, приходится признать, что переменная АG Дракона в настоящее время составляет интересное исключение среди всех известных объектов с эмиссионными линиями в спектрах.

Можно надеяться, что всестороннее исследование этой звезды позволит вскрыть природу процессов, происходящих в ее атмосфере и приводящих к наблюдаемым особенностям се спектра. Это будет серьезным шагом вперед и в вопросе об источниках звездной энергии.

Автор выражает глубокую благодарность академику В. А. Амбарцумяну за постоянный интерес к работе и ценные советы при ее выполнении.

#### L. J. FFP208RD

### AG ՎԻՇԱՊԻ ՍՊԵԿՏՐՈՆՈՏՈՄԵՏՐԻԿ ՀԵՏԱՉՈՏՈՒԹՅՈՒՆ

#### Ամփոփում

1955 թ. Բյուրականում Շմիդար սիստեմի 8—12 դիտակի և օրյեկտիվ պրիզմայի գնությամբ ստացված 36 սպեկտրալ յուսանկարների շիման վրա (ազյուսակ 1) ուսումսա իրության է ենթարկված անկանոն փոփոխական AG էրապի սպեկտրը

# AG ՎԻՇԱՊԻ ՍՊԵԿՏՐՈՖՈՏՈՄԵՏՐԻԿ ՀԵՏԱՉՈՏՈՒԹՅՈՒՆ

2).3700—4900 տիրույթում։ Գործիջի դծային դիսպերսիան։ որոշված է AO-աստղերի սպեկտըներում դիտվող ջրածնի կլանման գծերի միջոցով (աղյուսակ 2), իսկ ֆոտոմետրիկ ցուցնակները նկարաճանված են խողովակաձև ֆոտոմետրի վրա՝ կապույտ լույսով։

Անընդ ատ սպնկտրի չափումները կատարված են A0դասի աստղ HD 145258 համնմատությամը (միայն երկու դեպքում A5 դասի աստղ HD 143253 համեմատությամբ), Արդյունքները ներկայացված հն աղյուսակի (A 3) և դրաֆիկի (գծ. 3) օգնությամբ

Որոշված ևն մի շարը ճառագայթման գծերի համարժեք լայնությունները (աղյուսակ 4) և հարաբերական ինտենսիվությունները H<sub>3</sub>-ի նկատմամը (աղյուսակ 5)։ Կատարված է համեմատություն սպեկտրում պայծառ գծեր ունեցող այլ օրյեկտների հետ (աղյուսակ 6),

Բոլոը դիտումները բաժանված են չորս սերիայի՝ ըստ ժամանակի։ Աշխատանքում ըերված են համապատասխան մեծու-Թյունների միջին արժևքները այդ սերիաների համար։

Ստացված արդյունջների ջննարկումը հանգեցրել է հետևյալ հիմնական եղրակացություններին՝

1. AG Վիշտպի ճառագայթեումը կարճալիջային մասում ջեղվում է Պլանկյան ճառագայթեումից, այդ մասում ճառագայթեման ավելցուկի առկայության իմաստով։

2. Երկարալիջային մասում աստղի ճառագայթեռւմը կարելի է ննրկայացնել որպես Գլանկյան 3300–4400° սպեկտրոֆոտոմետրիկ ջերմաստիճանով, որը համապատասխանում է G5–Қ5 դասերին,

3. Էներգիայի րաշխումը AG Վիշապի անընդհատ սպեկտրում փոփոխվում է ժամանակի ընթացքում։ Այդ փոփոխությունները նրրհմն շատ զգայի ևն կարճալիջային մասում ևգրեթե րացակայում են երկարալիջային մասում (I և II սերիաների միջև)։ Սակայն շատ հաճախ փոփոխություններ գիտվում են այդ երկու մասերում միաժամանակ (II և III, III և IV սերիաների միջև).

4. Այն դևպջում, նրը AG Վիշապի պայծառության փոփոխությունները պայմանավորված ևն տմրողջովին նրա կարճալիջային ճառագայթնման հզորության փոփոխությամբ (I և II սնրիաննրի միջն) Էներգիայի բաշխումը աստղի անընդհատ

### լ. վ. ՄԻՐՋՈՑԱՆ

ապեկարում կարելի է ՆերկայուցՆել, որպես երկու տեսակ Շաուղայինումների գումար՝ գրենեն նատատուն գրադիննառով ուջ ակպի առադի Հարմալ» ճառագայինման և այնպրոր անդնոչնատ ճառագայինման, որի հարարական բաշխումը միշտ մոտավորապես Նույնն է, իսկ բացարձակ ինտենսիվուն յունը տարրեր։ 5. Անդնոչնան ապեկարի փոփոխուն յունները AG Վիշապի

ծ. Անթագման են ճառագայթեման գծերի ինտենսիվություն» մոտ ուղեկցվում են ճառագայթեման գծերի ինտենսիվություն» ների փոփոխություններով։ Գծերի և տնընդնատ աղեկարի փոփոխությունների կապը բավական բարդ է (գծ. 4)։

6. AG Լիշապի ճառադայիումը Տնարավոր չէ բացատրել Գերմային ճառադայիման ճայտնի պրոցեսների միջոցով միայն։ Երե նույնիսկ ենքագրել, որ AG Լիշապի աստղը կրկնակի է կազմված ջերմ ու տասը բաղադրիչներից, ապա նրա ճառադայիման դիավող փոփոխությունները բացատրելու ճամար պետք է ընդունել, որ ճիշյալ երկու բաղադրիչն էլ փոփոխական ենս

7. Ստացված արդյունըները, հավանարար, վկայում են Վ. Հ. Համ արտումյանի կողմից անընդհատ առաջման երևույթի վերարերյալ զարուցրած գաղափարների օգտին։ Այսինըն պետո է ընդունել, որ AG Վիշապի տառաղայիման դիավող փոփոխությունները նրա արտաջին շերտերում ներաստղային էներդիայի անմիջական աղատագրման պրոցեսների հետևանք են։ Ըստ որում, այդ էներդիայի անմիջական աղատագրումը կարող է ուղե ունենալ՝ ինչպես անընդհատ առաջման, այնպես էլ ճառ ռաղայիման գծերի էներդիայի և լրացուցիչ ջերմային ճառադայիման ձևով։

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Амбариумян, Сообщения Бюраканской обсерватории, 13. 1954.

2. В. А. Амбарцумян, К симпознуму по нестационарным звездам в Дублине, Москва, 1955.

3. E. Janssen, A. Vyssotsky, PASP, 55, 244, 1943.

4. R. Wilson, PASP, 55, 282, 1943.

5. R. Wilson, PASP, 57, 309, 1945.

6. N. Roman, Ap. J. 117, 467, 1953.

7. H. Johnson, W. Morgan, Ap. J. 117, 313, 1953.

8. A. C. Шаров, 113, 10. Nº 1, 1954.

9. W. Wenzel, MVS, Nº 201, 1955.

### СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ AG Dra 63

- 10. А. Д. Бериев, Бюллетень Сталинабадской обс., № 15, 1956.
- 11. Э. Р. Мустель, Труды ГАИШ, 13. № 2, 1940.
- 12. Л. В. Мирзоян, ДАН СССР, 105, 928, 1955.
- 13. Н. В. Быстрова, Диссертация, Леяннград, 1955,
- 14. В. П. Цесевич, Астр. циркуляр, № 167, 23, 1956.
- 15. M. Johnson, Transactions IAU, 8 839, 1954.
- 16. G. Haro, G. Herb'g, Bolet n obs Tonanzintla, 12. 33, 1955.
- 17. L. Aller, I. Bowen, R. Minkowski, Ap. J. 122, 61, 1955.
- 18 P. Merrill, Ap. J. 77, 44, 1933.
- 19. P. Swings, O. Struve, Ap. J. 91, 610, 1940.
- 20. Tcheng Mao-Lin, M. Bloch., Ann. d Ap. 17, 6, 1954.
- 21. P. Merill, Ap. J. 111, 484, 1950.
- 22 L. Aller, Publ Dom. Obs. Victoria, 9, 321, 1954.
- 23 L. Berman, MN, 98, 890, 1936.
- 24. C. Burbidge, E. Burbidge, Ap J., 117, 424, 1953.