

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ
И ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ**

УДК 621.396 622.3

ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЕ ГЕТЕРОДИНЫ ДЛЯ РАДИОСПЕКТРОМЕТРОВ

Т. М. Егорова, В. Г. Могилева, Н. Ф. Рыжков

Для радиоспектрометров радиотелескопа РАТАН-600 разработаны программно-управляемые по частоте гетеродины на волны 21; 18; 6,2 и 1,35 см. Все гетеродины выполнены на клистронах с фазовой автоподстройкой частоты по гармонике высокостабильного перестраиваемого опорного сигнала. Выбор такого типа гетеродинов был обусловлен широким диапазоном частот, в котором их можно использовать, имеющимся опытом работы с такими устройствами [1, 2], а также тем, что в настоящее время имеется возможность применять выпускаемые промышленностью синхронизаторы и синтезаторы частот.

Все гетеродины на указанные выше волны по своей функциональной схеме подобны и отличаются друг от друга только номерами используемых гармоник опорных частот. Поэтому целесообразно рассмотреть блок-схему только одного из них.

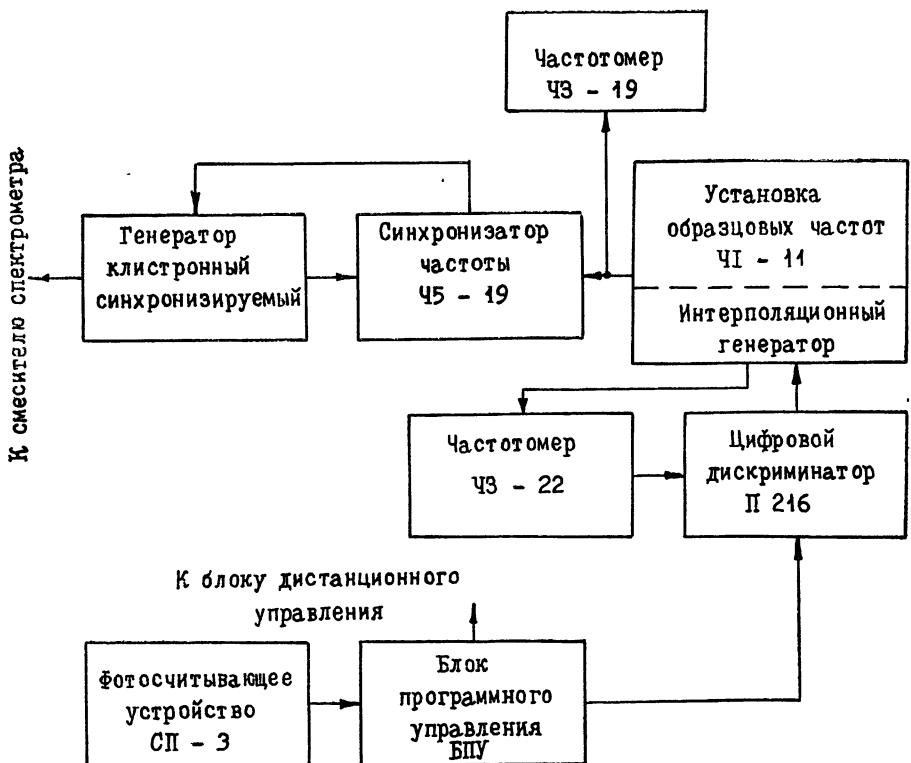


Рис. 1.

На рис. 1 приведена блок-схема гетеродина для спектрометра на волну 21 см. Этот гетеродин выполнен на клистроне типа К-351 с внешним коаксиальным резонато-

ром. Автоподстройка его частоты осуществляется с помощью синхронизатора частоты Ч5-19 по четвертой гармонике опорной частоты. В качестве генератора опорных частот используется установка типа Ч1-11, выдающая образцовые частоты в диапазоне 300—1000 МГц через 100 кГц. Относительная нестабильность образцовых частот с дискретностью 100 кГц определяется кварцевым генератором Ч1-18 (входит в комплект Ч1-11) и равна 10^{-8} . В установке Ч1-11 имеется возможность плавно менять опорную частоту в пределах 0—100 кГц между указанными дискретными точками с помощью интерполяционного генератора. Эта возможность использована для программного управления частотой гетеродина.

При длительных наблюдениях линии нейтрального водорода от протяженных областей Галактики на антенне с неподвижной диаграммой направленности необходимо производить коррекцию частоты настройки приемника для компенсации изменения поправки на движение Земли и Солнца к частотам профиля радиолинии [8]. Следовательно, частота гетеродина в процессе таких наблюдений должна изменяться по вполне определенной для каждого случая программе. Эти изменения лежат в пределах 474 кГц [8]. Чтобы иметь возможность производить такую перестройку от любой начальной частоты профиля радиолинии, диапазон изменения частоты интерполяционного генератора в установке Ч1-11 был нами расширен до 250 кГц (что соответствует перестройке гетеродина в пределах 1 МГц).

Значение опорной частоты f_{0n} , необходимое для синхронизации гетеродина на частоте $f_{гn}$, при которой обеспечивается настройка n -го канала спектрометра на частоту $f_{ан}$ профиля линии, в общем случае определяется из следующего уравнения:

$$f_{0n} = \frac{1}{m} \{ f_{ан} \mp [f_1 + (n-1)\Delta f] \mp f_{0.c} \},$$

где m —номер гармонической частоты f_{0n} , f_1 —центральная частота 1-го спектрального канала (по первой промежуточной частоте), Δf —интервал между центральными частотами соседних каналов, $f_{0.c}$ —опорная частота синхронизатора частоты. Верхние знаки в приведенном уравнении берутся, когда $f_{гn} < f_{ан}$, $mf_{0n} < f_{гn}$, нижние—соответственно, когда $f_{гn} > f_{ан}$, $mf_{0n} > f_{гn}$.

Опорную частоту f_{0n} можно представить в виде двух составляющих: постоянной f_0 и интерполяционной f_n . Постоянная составляющая выбирается с дискретностью 100 кГц по шкалам на стойке Ч1-11, исходя из условия $f_0 \leq (f_{0n})_{\min} \leq f_{0n} + 100$ кГц, где $(f_{0n})_{\min}$ —минимальное для данного наблюдения значение опорной частоты.

После выбора f_0 может быть рассчитана частота интерполяционного генератора и ее изменения, необходимые для перестройки гетеродина в процессе наблюдений. Частоты интерполяционного генератора рассчитываются на ЭВМ для каждого наблюдения и выдаются в виде управляющей программы на 5-дорожечной перфоленте. Расчетные значения частоты перфорируются для каждого 30-секундного интервала наблюдений, так как максимальные изменения поправки к частоте радиолинии за 30 с не превышают 0,5 кГц (10% от естественной ширины радиолинии) [8].

Блок-схема устройства программного управления интерполяционным генератором приведена в нижней части рисунка. Фотосчитывающее устройство типа СП-3 автоматически считывает один раз в 30 с информацию с перфоленты, на которой записана управляющая программа. Эта программа, как правило, содержит двоично-десятичный код четырех младших разрядов расчетного значения (уставки) частоты, который записывается в 4-х строках перфоленты. Блок программного управления преобразует параллельно-последовательный двоично-десятичный код уставки частоты в параллельный и хранит его в течение всего 30-секундного периода в запоминающем регистре. В этом же блоке производится преобразование двоично-десятичного кода в параллельный десятичный и выдача этого кода на «уставочный» вход цифрового дискриминатора типа П-216.

Цифровой частотомер типа ЧЗ-22 измеряет и индицирует текущее значение частоты интерполяционного генератора. Получаемый на выходе частотомера код этой частоты (четыре младших разряда) подается на информационный вход цифрового дискриминатора. В дискриминаторе текущее значение частоты f_n сравнивается с уставкой f_y и в зависимости от их соотношения $f_n > f_y$, $f_n = f_y$ или $f_n < f_y$ коммутируется полярность сигнала, выдаваемого в цепь дистанционного управления, а также производится световая индикация результата сравнения («больше», «норма», «меньше»). Управляющий сигнал с амплитудой порядка 0,1 В и полярностью, зависящей от результата сравнения, воздействует на электродвигатель ИДР-6, вращающий ротор переменного конденсатора в интерполяционном генераторе стойки Ч1-11. Благодаря этому производится подстройка текущей частоты генератора под расчетную для данного момента. Как только значение f_n совпадает с уставкой, дискриминатор снимает с мотора управляющий сигнал и индицирует совпадение на световом табло «норма». Система обеспечивает точность сопровождения не хуже ± 400 Гц на частоте гетеродина ≈ 1375 МГц, т. е. максимальная относительная погрешность не превышает $3 \cdot 10^{-7}$. Блок программного управления разработан на дискретных компонентах и гиб-

ридных ИМС 217 серии. Он может быть использован для цифрового управления синтезаторами типов Ч6-31 и Ч6-58. В этом случае цифровой дискриминатор и цепь авто-регулирувания не используются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Т. М. Егорова, Н. Ф. Рыжков, Изв. Главн. астр. обсерв. в Пулкове, № 172, 194 (1964).
2. Н. Ф. Рыжков, Изв. Главн. астр. обсерв. в Пулкове, № 188, 172 (1972).
3. З. А. Алферова, Н. В. Быстрова, И. В. Госачинский, З. Г. Трунова, Изв. Главн. астр. обсерв. в Пулкове, № 188, 216 (1972).

Ленинградский филиал специальной астрофизической
обсерватории АН СССР

Поступила в редакцию
9 сентября 1975 г.

УДК 533.925

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СФЕРОЙ, ПОКРЫТОЙ РАДИАЛЬНО НЕОДНОРОДНОЙ ПЛАЗМЕННОЙ ОБОЛОЧКОЙ

В. А. Пермяков

1. В настоящей работе с помощью строгого численного решения и в приближении геометрической оптики проанализированы особенности обратного рассеяния электромагнитных волн идеально проводящей сферой с радиально неоднородной плазменной оболочкой. Показано, что при изменении параметров плазменной оболочки сечение обратного рассеяния (СОР) имеет минимум, когда концентрация электронов на поверхности сферы (при монотонно растущих законах $\epsilon(r)$) равна критической. При этом эффект минимизации СОР допускает наглядную и простую физическую интерпретацию в приближении геометрической оптики.

2. Рассмотрим объяснение этого эффекта в приближении геометрической оптики. Геометрооптическое сечение обратного рассеяния сферы с радиально неоднородной плазменной оболочкой определяется в случае малых потерь формулой, являющейся очевидным обобщением аналогичной формулы для радиально неоднородной плазмы [1]:

$$\sigma_{r.0} = \frac{\pi \eta^2}{I^2}, \quad I = \frac{1}{\alpha} + \int_{r_1}^{\alpha} \frac{dr}{r^2 n(r)}, \quad \eta = \exp\left(-2 \int_{r_1}^{\alpha} \kappa(r) dr\right), \quad (1)$$

где $n - i\kappa = \sqrt{\epsilon}$, ϵ — относительная комплексная диэлектрическая проницаемость плазмы, α — внешний радиус плазменной оболочки, радиус $r_1 = \min(\rho, \rho_0)$, ρ — радиус металлической сферы, ρ_0 — радиус отрицательного плазменного ядра, определяемый условием $\text{Re } \epsilon(\rho_0) = 0$. Здесь и ниже все линейные размеры нормированы умножением на волновое число свободного пространства k_0 .

Для линейного закона $\epsilon = 1 + a(r - \alpha)$, $a = \text{Re } a(1 + i\bar{\nu})$ имеем при $\bar{\nu} = 0$

$$I = \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\gamma a} \left\{ \frac{\sqrt{r - \rho_0}}{r \rho_0} + \frac{1}{2 \rho_0} \left[\frac{2}{\sqrt{\rho_0}} \arctg \sqrt{\frac{r - \rho_0}{\rho_0}} \right] \right\} \Bigg|_{r_1}^{\alpha}, \quad (2)$$

где верхняя строчка в квадратных скобках в (2) берется при $\rho_0 > 0$, нижняя при $\rho_0 < 0$.

Физическая картина поведения сечения обратного рассеяния, как следует из (2), такова. При фиксированных радиусах сферы и плазменной оболочки с увеличением градиента диэлектрической проницаемости, пока в слое $\epsilon > 0$, отражение происходит от поверхности сферы, а сечение уменьшается вследствие роста рефракции лучей. Единственный минимум сечения достигается, когда концентрация электронов на поверхности