

десятисантиметровая головка на клистроне типа К-26. Чувствительность по току нерезонансных трехсантиметровых головок была порядка $6 \cdot 10^{-2} \text{ а/вт}$, т. е. более чем на порядок хуже чувствительности по току хороших кристаллических детекторов.

В заключение отметим те обстоятельства, которые позволяют надеяться на возможность использования описанного механизма детектирования в миллиметровом диапазоне длин волн. Чувствительность по току детекторного клистрона зависит от величины изменения глубины виртуального катода под действием СВЧ сигнала (если оставить в стороне неустойчивый режим внутри границ возникновения и исчезновения виртуального катода в пространстве стражателя). Изменение глубины виртуального катода определяется изменением скоростей электронов. Изменение скоростей электронов,

в свою очередь, пропорционально коэффициенту $M = \frac{\sin \varphi/2}{\varphi/2}$, где φ — пролетный угол

электронов в пространстве между сетками резонатора (при линейном распределении потенциала в пространстве между сетками резонатора). Это обстоятельство заставляет уменьшать расстояние между сетками резонатора (для обеспечения значительного изменения скоростей электронов). В миллиметровом диапазоне такой путь получения большой чувствительности детектора мало привлекателен. Однако при создании детекторного клистрона миллиметрового диапазона можно будет расстояние между сетками резонатора делать большим. В этом случае значительное изменение скоростей электронов под действием СВЧ сигнала может быть достигнуто за счет кумуляции изменений скоростей, подобно тому, как это осуществляется в диодах [1]. Необходимый для этого квадратичный закон распределения потенциала можно обеспечить при большой плотности тока пучка тормозящим напряжением на верхней сетке резонатора

ЛИТЕРАТУРА

1. A. B. Bronwell, T. C. Wang, I. C. Nitz, J. May, H. Machowsky, Proc. IRE, 42, 1117 (1954).

Московский государственный университет

Поступила в редакцию
25 ноября 1957 г.

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СРЕДНЕГО КОМПЛЕКСНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕДАЧИ НЕЛИНЕЙНЫХ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ

В. А. Двинских

Одной из наиболее важных характеристик нелинейного четырехполюсника является средний комплексный коэффициент передачи, равный отношению первой гармоники выходного сигнала к амплитуде входного синусоидального сигнала. Определение этого коэффициента путем подачи на вход от специального генератора синусоидальных сигналов известной амплитуды и последующим измерением амплитуды первой гармоники выходного сигнала из-за несинусоидальности последнего представляет собой относительно сложную задачу.

Для измерения среднего комплексного коэффициента передачи нелинейных четырехполюсников целесообразно воспользоваться косвенным методом, сущность которого состоит в следующем. Пусть мы имеем нелинейный четырехполюсник с малой нелинейностью, выполненный таким образом, что его выходная цепь не влияет на входную (например, нелинейный усилитель на электронных лампах). В общем случае между синусоидальным входным сигналом частоты ω_1 и первой гармоникой выходного сигнала будет иметь место сдвиг по фазе ψ_k . Подберем такой линейный четырехполюсник, чтобы при подаче на его вход синусоидального сигнала частоты ω_1 выходной сигнал был сдвинут по фазе по отношению к входному на угол ψ_3 , удовлетворяющий условию: $\psi_k + \psi_3 = 0$. Затем составим автономную замкнутую систему из исходного нелинейного четырехполюсника и дополнительного линейного четырехполюсника так, чтобы модуль коэффициента передачи последнего был больше обратной величины модуля среднего комплексного коэффициента передачи нелинейного четырехполюсника при $4 \rightarrow 0$. При выполнении указанных выше условий в системе возникнут незатухающие колебания. Дальнейшее развитие колебаний определяется зависимостью среднего комплексного коэффициента передачи нелинейного четырехполюсника от амплитуды колебаний. Поскольку в практически важных задачах нелинейные элементы обладают такими характеристиками, для которых средний комплексный коэффициент

передачи при безграничном нарастании амплитуды колебаний уменьшается, то, очевидно, при нарастании амплитуды колебаний наступит момент, когда будет выполняться соотношение:

$$K_{\text{ср}}(A_1, \omega_0) \beta(\omega) = 1, \quad (1)$$

где $K_{\text{ср}}(A_1, \omega_0)$ — значение среднего комплексного коэффициента передачи исходного нелинейного четырехполюсника при установившихся колебаниях амплитуды A_1 и частоты ω_0 , $\beta(\omega_0)$ — значение комплексного коэффициента передачи дополнительного линейного четырехполюсника для сигналов частоты ω_0 . По известному значению $\beta(\omega_0)$ из (1) вычисляем $K_{\text{ср}}(A_1, \omega_0)$.

Для косвенного метода, в отличие от непосредственного, измерения среднего комплексного коэффициента передачи возможны только для тех амплитуд колебаний, которые лежат в областях устойчивых колебаний. (Амплитуду установившихся колебаний можно изменить, изменяя величину $\beta(\omega_0)$.) В случае, когда нелинейный элемент четырехполюсника обеспечивает максимальное значение среднего комплексного коэффициента при $A \rightarrow 0$ и, по мере нарастания амплитуды колебаний, приводит к его монотонному уменьшению, то (как это показывается в теории нелинейных колебаний) область устойчивых колебаний простирается от сколь угодно малых амплитуд колебаний до амплитуды, соответствующей насыщению. В случае же, когда нелинейный элемент четырехполюсника обеспечивает максимальное значение среднего комплексного коэффициента передачи при $A_1 \neq 0$, область устойчивых колебаний соответствует $A' > A_1$, а амплитуды $A'' < A_1$ отвечают области неустойчивых колебаний: для них значения $K(A, \omega_0)$ не могут быть получены с помощью косвенного метода измерения.

В ряде случаев представляет интерес значение среднего комплексного коэффициента передачи нелинейного четырехполюсника при относительно малых амплитудах колебаний. В других случаях необходимо, чтобы амплитуда установившихся колебаний не превышала определенного предела. В указанных случаях необходимо ввести в цепь измерения дополнительный нелинейный элемент, обеспечивающий ограничение нарастания колебаний. При этом, если амплитуда установившихся колебаний близка к амплитуде ограничения, мы можем лишь утверждать, что значение среднего комплексного коэффициента передачи исходного нелинейного четырехполюсника превышает определенную величину. В большинстве случаев такая информация является достаточной.

Споставление результатов измерений среднего комплексного коэффициента передачи двухкаскадного широкополосного нелинейного усилителя на электронных лампах, проведенных непосредственным и косвенным методами, показало, что разница между ними не превышает $1 \div 2\%$. В качестве дополнительного линейного четырехполюсника использована двухзвенная РС-цепочка. При измерениях обоими методами неизменность режима ламп усилителя обеспечивалась с помощью специальной системы коммутации.

Саратовский государственный
университет

Поступила в редакцию
8 января 1958 г.