

Е.В. ВИШНЕВСКИЙ, Ю.А. ПЬЯНКОВ

РАСЧЕТ ОБЛАСТЕЙ КОЛЕБАНИЙ В ПАРАМЕТРОНЕ НА
ФЕРРОМАГНИТНОЙ ПЛЕНКЕ

Для расчета областей параметрических колебаний была использована система уравнений (2I) статьи I этого сборника при условиях: $K_0=1$, $K_1=K_2=K_4=0$. Эти условия означают, что в емкости и обмотке параметрона пренебрегается потерями и рассматривается такая конструкция параметрона, в которой обмотка плотно облегает пленку.

При указанных допущениях система уравнений (2I) сводится к одному уравнению:

$$n^2 \frac{d^2 \varphi}{d\theta^2} + \nu^2 \cos \varphi \cdot \frac{d^2}{d\theta^2} \sin \varphi + \lambda \frac{d\varphi}{d\theta} + \frac{1}{2} \sin 2\varphi + (h_0 + h \sin 2\theta) \sin \varphi = 0, \quad (I)$$

где обозначено $\nu^2 = K_3$.

Уравнение (I) решалось на электронной цифровой машине Вычислительного центра СО АН СССР методом Эйлера с шагом интегрирования $\Delta \theta = 2\pi \cdot 10^{-4}$

при начальных условиях: $\theta = 0$,
 $\varphi = 0$,
 $\frac{d\varphi}{d\theta} = 1$.

В ходе решения уравнения варьировались параметры ν , λ и h при $h_0 = 1$ и $n = 0,1$. Решения уравнения исследовались при четырех значениях $\lambda = 0,25; 0,5; 1,0; 2,0$. При каж-

дом λ задавались значения: $\nu = 0,8; 0,85; 0,9; 0,95; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3$ и $h = 0 + 6$. Полученные в результате решения области параметрических колебаний приведены на рис. I. Видно, что при одних и тех же значениях ν с увеличением λ для возникновения колебаний необходимы все большие значения h .

На рис. 2,3,4,5 приведены графики $\varphi = \varphi(\theta)$ при $\lambda = 0,25; 0,5; 1,0$ и $2,0$.

Одной из основных характеристик параметрических колебаний является их амплитуда. На рис. 6,7,8,9 приведены графики $\varphi_m = \varphi_m(h)$ при фиксированных значениях λ и ν .

Наибольший интерес представляют те области параметрических колебаний, в которых $\varphi_m = \varphi_m(h)$ меняется мало в достаточно большом диапазоне изменения h .

Как видно из рис. 7 и 8, $\varphi_m = \varphi_m(h) \approx const$ при значениях $\nu \leq 1$. При $\nu > 1$ функция $\varphi_m(h)$ сильно зависит от h .

При исследовании уравнения для малых λ были обнаружены параметрические колебания большой амплитуды (φ_m порядка 4 радиан). Это наблюдалось, как правило, в том случае, если к концу переходного процесса вектор намагниченности совершал колебания при средних значениях $\varphi = m\pi$, где $m = 1,3,5 \dots$

Полученные зависимости позволяют ориентироваться при расчетах параметрона на ферромагнитной пленке. Следует иметь в виду, что согласно статье I этого сборника:

$$\nu^2 = K_3 = \frac{\rho \mu_0 S' C \omega^2 M}{H_K};$$

$$\lambda = \frac{L\omega}{\mu_0 \gamma H_K};$$

$$h = \frac{H_2 f}{H_K}, \quad h_0 = \frac{H_0}{H_K};$$

$$n = \frac{\omega}{\omega_c},$$

$$\omega_c = \mu_0 \gamma \sqrt{\frac{H_K M}{1 + L^2}},$$

где M - модуль вектора намагниченности пленки;

H_K - коэрцитивная сила вращения пленки;

C - емкость параметрона;

$\omega = 2\pi f$ - круговая частота параметрических колебаний;

S' - площадь поперечного сечения ферромагнитной пленки;

L - коэффициент релаксации;
 H_{2f} - амплитуда поля возбуждения параметрона, частота которого в два раза больше частоты параметрических колебаний;

H_0 - величина постоянного поля;

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-9} \text{ гн/см},$$

$$\gamma = 1,76 \cdot 10^{15} \text{ см}^2 \text{ в}^{-1} \text{ сек}^{-2};$$

ρ - коэффициент пропорциональности, связывающий ток в обмотке катушки параметрона и поле этой катушки.

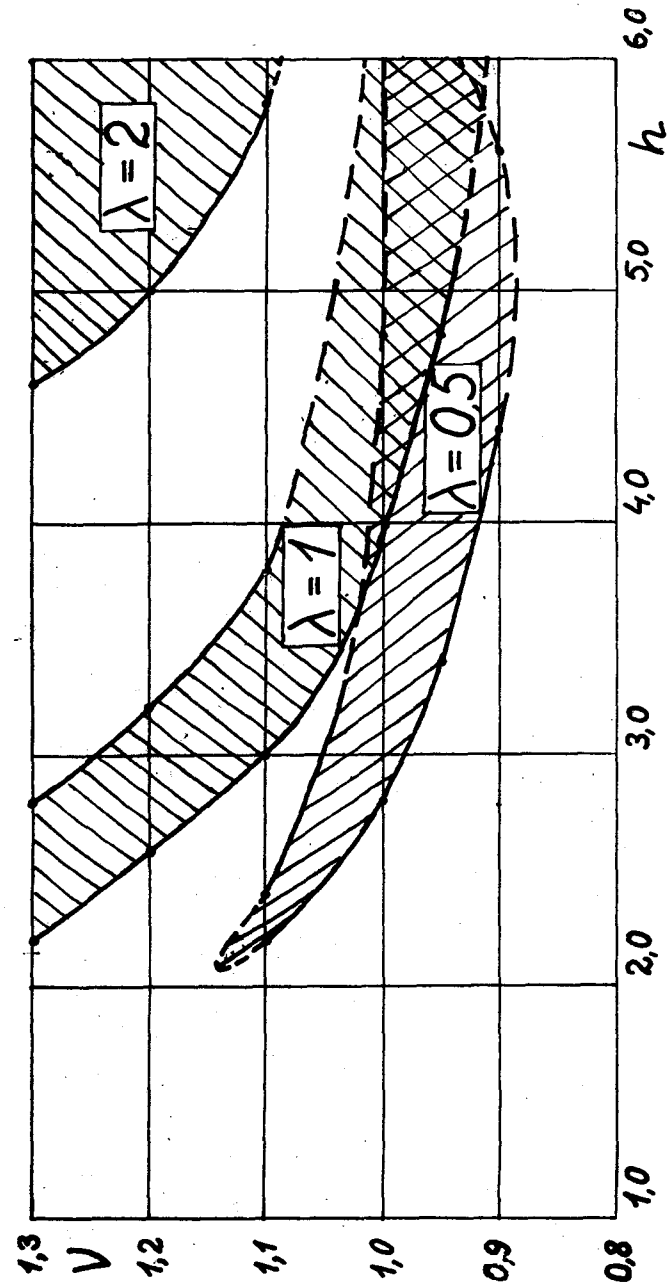
По величине ψ_m может быть ориентировочно подсчитана мощность, выделяющаяся в параметроне, которая согласно уравнению (24) статьи I равна:

$$\rho \approx \frac{\omega^2 L B_S V \psi_m^2}{2 \mu_0 \gamma}, \quad (2)$$

где $B_S = \mu_0 M$, V - объем пленки. Максимальное значение напряжения на емкости параметрона (при одном витке обмотки катушки параметрона) равно:

$$U_m = S' \omega \cdot B_S \cdot \psi_m. \quad (3)$$

Предполагается при выводе (2) и (3), что максимальное значение угла отклонения вектора намагниченности приблизительно равно величине амплитуды первой гармоники разложения $\psi(\theta)$.



Р и с. I. Области параметрических колебаний.

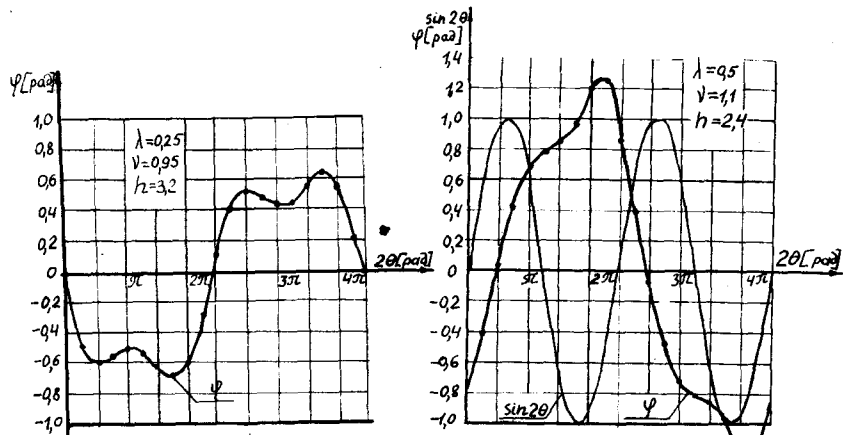


Рис.2.

Рис.3.

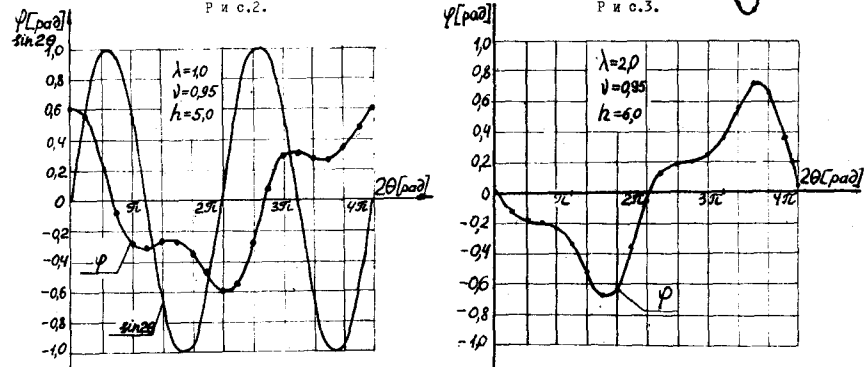


Рис.4.

Рис.5.

Графики изменения φ как функции θ при заданных λ , ν и h .

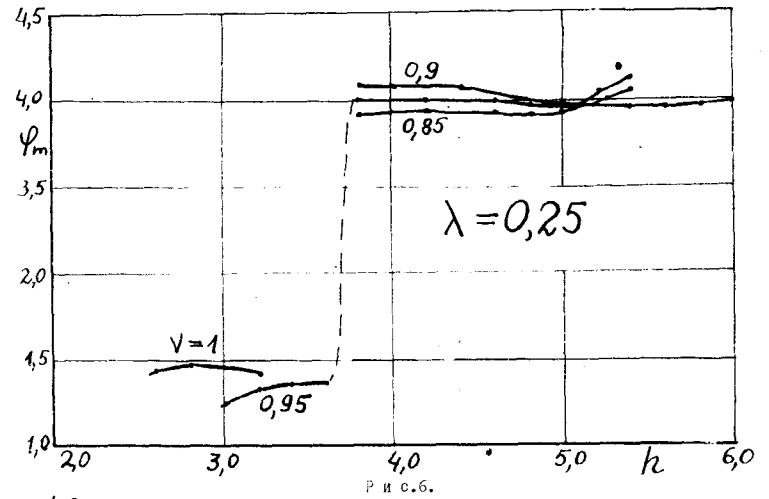


Рис.6.

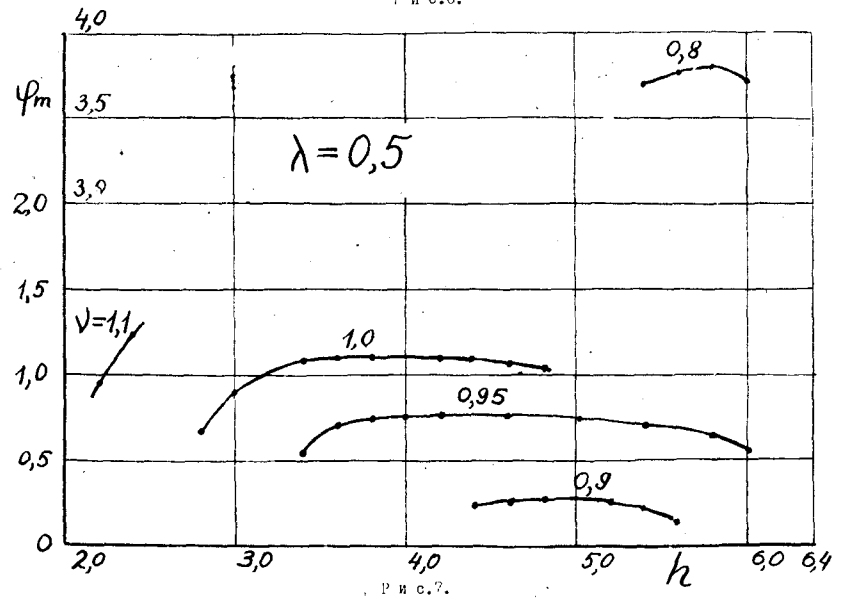
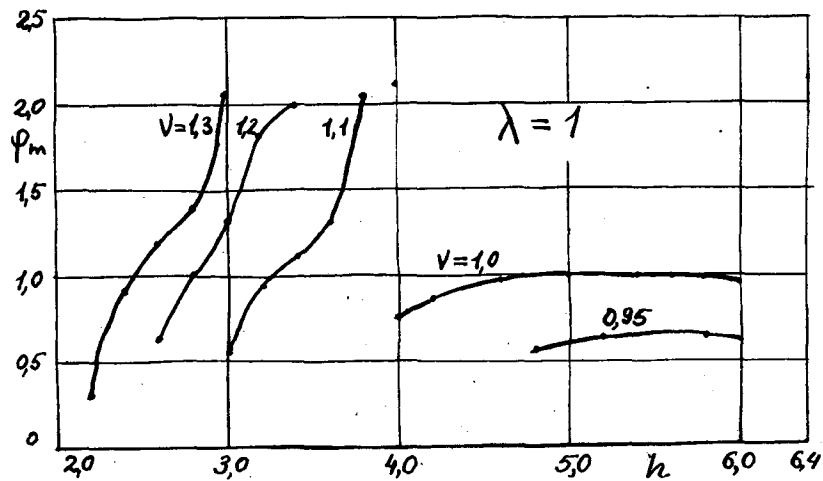
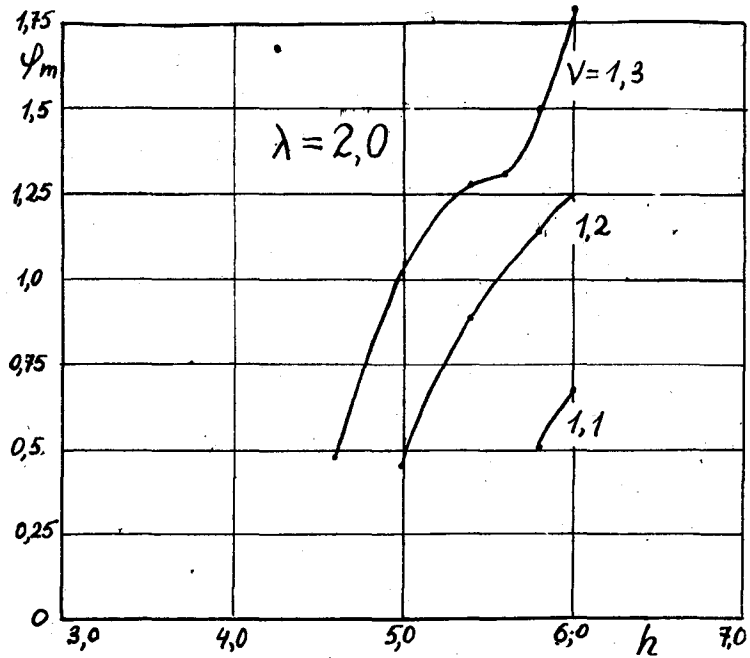


Рис.7.

Графики изменения максимального отклонения угла φ_m как функции h при заданных λ и ν .



Р и с. 8.



Р и с. 9.

Графики изменения максимального отклонения угла φ_m как функции h при заданных λ и V .