

Ю.А. ПЬЯНКОВ

РАСЧЕТ ОБЛАСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ ВЕКТОРА НАМАГНИЧЕННОСТИ
В ОДНОДОМЕННЫХ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПЛЕНКАХ

Для определения областей вращения вектора намагниченности было проведено большое количество решений уравнения (20) статьи I при $h_{ye} = 0$, $h_{xe} = -h \sin \theta$:

$$n^2 \frac{d^2 \varphi}{d\theta^2} + \beta n \frac{d\varphi}{d\theta} + \frac{1}{2} \sin 2\varphi + h \sin \theta \cos \varphi = 0. \quad (I)$$

Уравнение (I) решалось методом Эйлера при нулевых начальных условиях и при изменении θ от 0 до 20π с шагом интегрирования $\Delta\theta = 2\pi \cdot 10^{-4}$. При этом варьировались значения n , h и β . Значения β были взяты близкими к реальным для пермаллоевых пленок. Решения проводились на электронной цифровой машине Вычислительного центра СО АН СССР. В результате анализа решений были определены области вращения вектора намагниченности. Значения параметров n , h и β считались принадлежащими области вращения, когда за 10 периодов внешнего поля вектор намагниченности совершал приблизительно 10 оборотов. Полученные области для значений $\beta = 1$ и 2 приведены на рис.1. Некоторые из полученных решений приведены на рис.2,3,4 и 5. При значениях $\beta = 0$ за 10 периодов изменения внешнего поля вектор намагниченности при определенных условиях совершал значительно больше десяти оборотов. Поэтому для этого случая приведен график зависимости $\varphi(h)$, где φ - угол, на который повернулся вектор намагниченности к концу десято-

го периода изменения внешнего поля. В случаях, когда вектор намагниченности совершал значительно больше десяти оборотов за десять периодов внешнего поля, результаты решений нельзя считать достоверными, так как значение шага интегрирования $\Delta \theta$ оставалось неизменным, равным $2\pi \cdot 10^{-4}$. Для случаев же, когда вектор намагниченности совершал количество оборотов порядка 10, значение шага интегрирования, равное $2\pi \cdot 10^{-4}$, давало достаточно точные решения.

Полученные зависимости могут быть использованы совершенно аналогично случаю исследования параметрических колебаний в статье 3. Согласно статье I (уравнение (24)), мощность, выделяющаяся при вращении вектора намагниченности, может быть оценена по формуле:

$$P \approx \frac{\omega^2 L B_s}{\mu_0 \gamma} \cdot V. \quad (2)$$

Максимальное значение напряжения в витке, плотно обхватывающем пленку, может быть оценено по формуле:

$$U_m \approx \omega S' B_s. \quad (3)$$

Здесь применены те же обозначения, что и в статьях I и 3.

Любопытно провести некоторое сравнение рототрона, элемента, в котором используется вращение вектора намагниченности, с параметроном. Сравнение можно, для определенности, провести при одном и том же значении ω . Это означает, что частота поля питания для параметрона в два раза больше частоты поля питания для рототрона.

Согласно формуле (2) статьи 3, мощность, выделяющаяся в параметроне, равна:

$$P_n = \frac{\omega^2 L B_s}{\mu_0 \gamma} \cdot V_n \frac{\varphi_m^2}{2}. \quad (4)$$

Максимальное значение напряжения равно:

$$U_{mn} = \omega S'_n \cdot B_s \cdot \varphi_m. \quad (5)$$

При сравнении можно положить $P_n = P_p$, $U_{mn} = U_{mp}$, где P_p и U_{mp} - соответствующие значения для рототрона, выражения для которых даны уравнениями (2) и (3).

Если для простоты принять ферромагнитные пленки параметрона и рототрона круглыми, имеющими диаметр D и толщину a , то при равенстве мощностей и напряжений должны выполняться соотношения:

$$a_p = 2a_n \\ D_p = D_n \cdot \frac{\varphi_m}{2}, \quad V_p = V_n \cdot \frac{\varphi_m^2}{2}. \quad (6)$$

Уравнения (6) показывают те условия, при которых оба элемента будут равноценными с точки зрения выделяющихся в них мощностей и напряжений.

Однако следует иметь в виду, что при соблюдении условий (6) рототрон все же будет иметь определенные преимущества перед параметроном. Как следует из статьи 3, параметрические колебания существуют при небольших изменениях параметра V , в то время как вращение может происходить при очень больших изменениях параметра n , аналогичного V . Кроме того, напряжение на параметроне зависит от φ_m , а на рототроне не зависит, поэтому при одинаковых разбросах параметров в пленке и в конденсаторе напряжение на рототроне имеет меньший разброс, чем на параметроне.

У рототрона можно предполагать значительно меньший переходной процесс, чем у параметрона.

Однако следует указать, что в настоящее время еще не могут быть проведены окончательные заключения о преимуществе того или иного элемента.

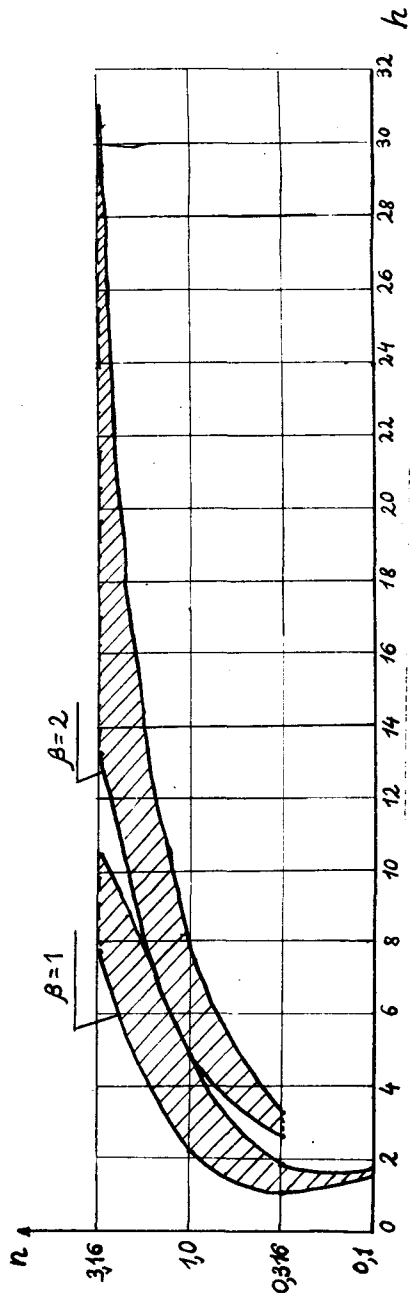


Рис.1. Область вращения вектора намагниченности.

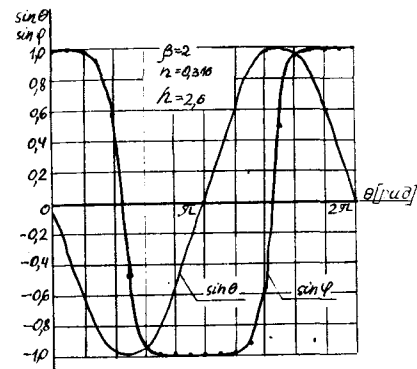


Рис.2.

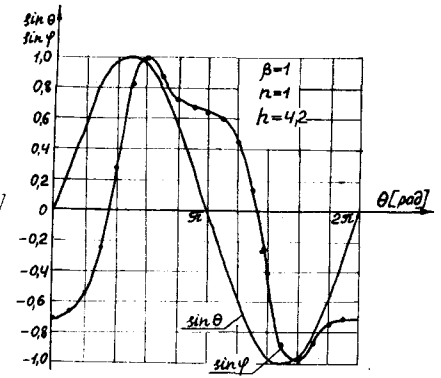


Рис.3.

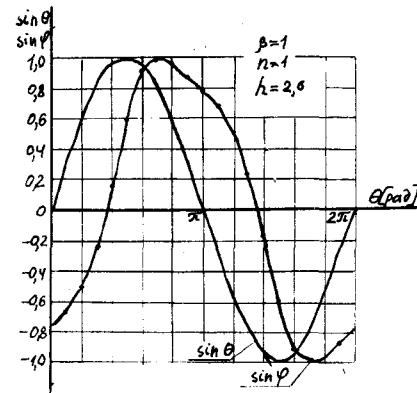


Рис.4.

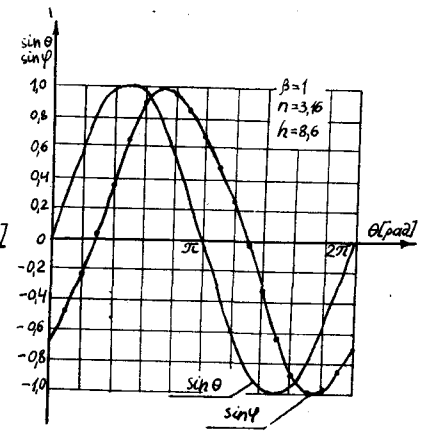
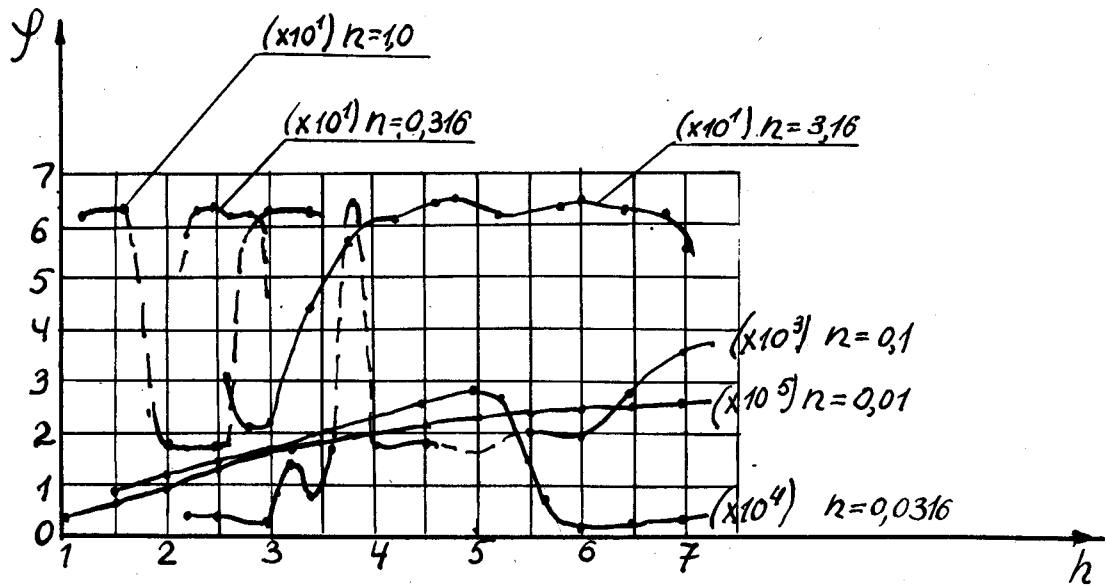


Рис.5.

Графики изменения $\sin \phi$ как функции θ при заданных β , n и h .



Р и с.6. Графики изменения угла поворота ψ вектора намагниченности как функции h при заданных n за десять периодов изменения θ