

Основы построения упрощенной модели векторного гистерезиса

Толмачёв С.Т., Ильченко А.В., Батраков Д.В.
Криворожский технический университет

Рассмотрим физическую трактовку процесса, который вписывается в рамки формально введённого ранее гистерезиса [1, 2]. Пусть задана одноосная частица с однородной намагничённостью J_s и константой анизотропии. Определим полную свободную энергию частицы как сумму её энергии относительно внешнего поля, и энергии магнитной анизотропии. Положение оси лёгкого намагничивания зададим углом φ , направление внешнего поля углом Ψ , внешнее поле H , а равновесное состояние вектора намагничённости – углом θ между векторами напряжённости H и намагничённости J . Гистерезис каждой частицы происходит за счёт процесса вращения её вектора намагничённости. Тогда множество равновесных значений $\theta(H, \Psi)$, соответствующих минимуму Φ , является областью значений определяющего функционала гистерезиса (ОФГ)

$$\begin{cases} H \sin \theta - \sin 2(\psi - \theta) = 0, \\ H \cos \theta + \cos 2(\psi - \theta) > 0 \end{cases} \quad (1)$$

откуда легко определить θ для произвольных значений h и Ψ .

Множество критических состояний определяется из системы

$$\begin{cases} 2h \sin \theta - \sin 2(\psi - \theta) = 0, \\ h \cos \theta + \cos 2(\psi - \theta) = 0. \end{cases}$$

Гистерезис каждой микрочастицы описывается трансцендентным тригонометрическим уравнением (1), поэтому основное время при расчёте вектора намагничённости макрообъёма вещества затрачивается на решение этого уравнения.

По аппроксимированной линии критических состояний можно определить устойчивые состояния угла $\varphi(h, \Psi)$ – область обратимых состояний. «Скачек» угла φ возможен только по достижению линии критических состояний. «Переброс» никогда невозможен если $|\psi| \leq \pi/2$ или $h \leq 0,5$. Это условие надо ставить первым при определении состояния ОЛН частицы. Знак угла φ всегда совпадает со знаком угла Ψ .

Литература

1. Толмачов, С.Т. Специальные методы решения задач магнитостатики / С.Т. Толмачов. – Киев: Высшая школа, 1983. – 166 с.
2. Толмачев, С.Т. Математическая модель гистерезиса ферромагнетиков / С.Т. Толмачов // Известия АН СССР. Энергетика и транспорт. – 1983. – № 5. – С. 43–53.