

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

Грищенко Ю. Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Ланин В. Л. – д-р. техн. наук, профессор

Оценена эффективность индукционного нагрева в зазоре магнитопровода для материалов с различным электросопротивлением.

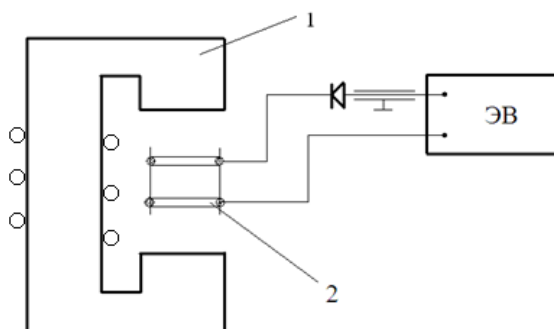
Одним из показателей, характеризующих эффективность ВЧ нагрева, является напряженность магнитного поля в зазоре магнитопровода. Схема измерения (рисунок 1) включает электронный вольтметр, магнитопровод, измерительную рамку и выпрямительный диод. В измерительной рамке наводится ЭДС, которая определяется по формуле [1]:

$$\varepsilon = \mu_0 W \cdot n \pi R^2 H \quad (1)$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м, $W = 2\pi f$ – круговая частота, n – число витков, R – радиус контура для круглой рамки, H – напряженность магнитного поля.

Для прямоугольной рамки площадь $S=a \cdot b$, для квадратной рамки $S=a^2$ (100 мм²). Окончательная формула для расчета напряженности магнитного поля имеет вид:

$$H = 1,26 \cdot \frac{\varepsilon(\text{В})}{f(\text{МГц}) \cdot a^2(\text{мм}^2)} \cdot 10^5 \text{ А/м} \quad (2)$$



1 – магнитопровод; 2 – измерительная рамка

Рисунок 1 – Схема измерения напряженности магнитного поля:

Экспериментально измерение напряженности магнитного поля проводилось квадратной рамкой из медного провода диаметром 0,8 мм, помещенной в воздушный зазор магнитопровода и подключенной к электронному вольтметру. В измерительной рамке наводилась ЭДС, которая затем пересчитывалась в напряженность поля.

На рисунке 2 проиллюстрированы зависимости напряженности магнитного поля от напряжения на индукторе для разных значений тока подмагничивания. С увеличением напряжения на индукторе увеличивается напряженность поля. И, с увеличением напряженности магнитного поля растёт скорость нагрева, по закону близкому к параболическому (рисунок 3). Наибольший рост наблюдается у материалов с малым электросопротивлением.

Плотность энергии магнитного поля рассчитывается по формуле (3). При пайке микроэлектронных устройств, содержащих внутри корпуса микросхему с элементами, чувствительными к электрической составляющей поля, энергия ЭМ наводки должна значительно меньше энергии деградации элементов, которая составляет 10 – 15 мкДж [2]. Максимальная ЭДС поля внутри корпуса составила около 200 мВ. Тогда плотность энергии магнитного поля составила:

$$W = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 126^2}{2} = 0,01 \text{ Дж} \quad (3)$$

Объем корпуса интегральной схемы равен 302 мм³ (Ф15,5мм x 1,6мм). С учетом этого, энергия магнитного поля внутри корпуса на частоте 2 МГц составляет 3 нДж, что значительно меньше энергии деградации элементов.

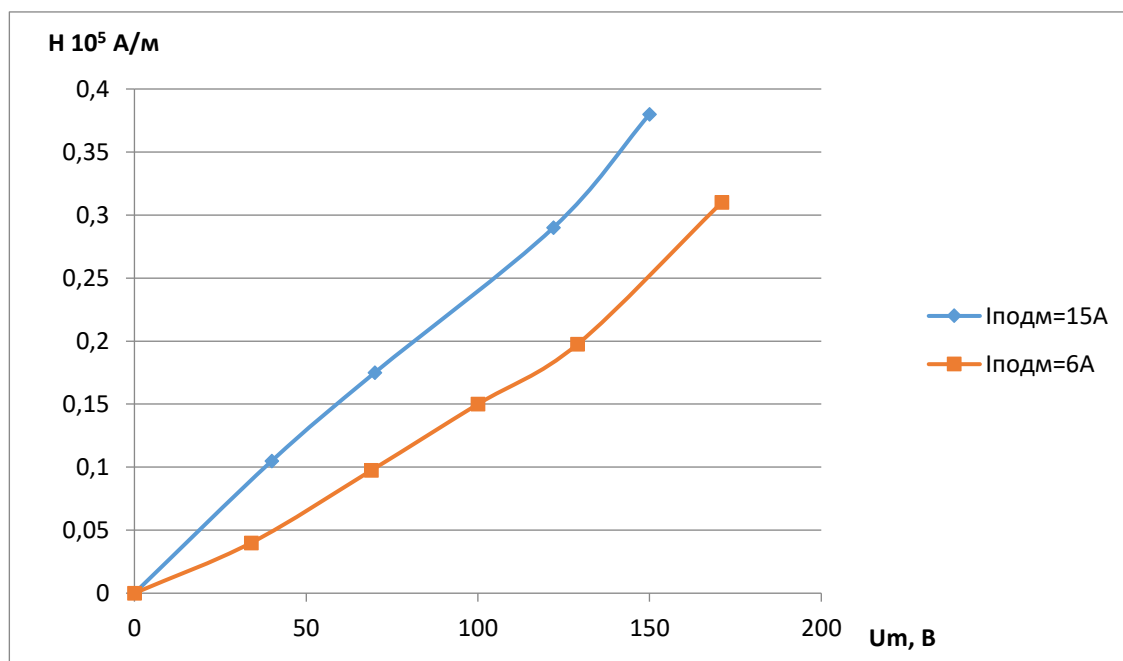


Рисунок 2 – Зависимости напряженности магнитного поля от напряжения на индукторе и тока подмагничивания

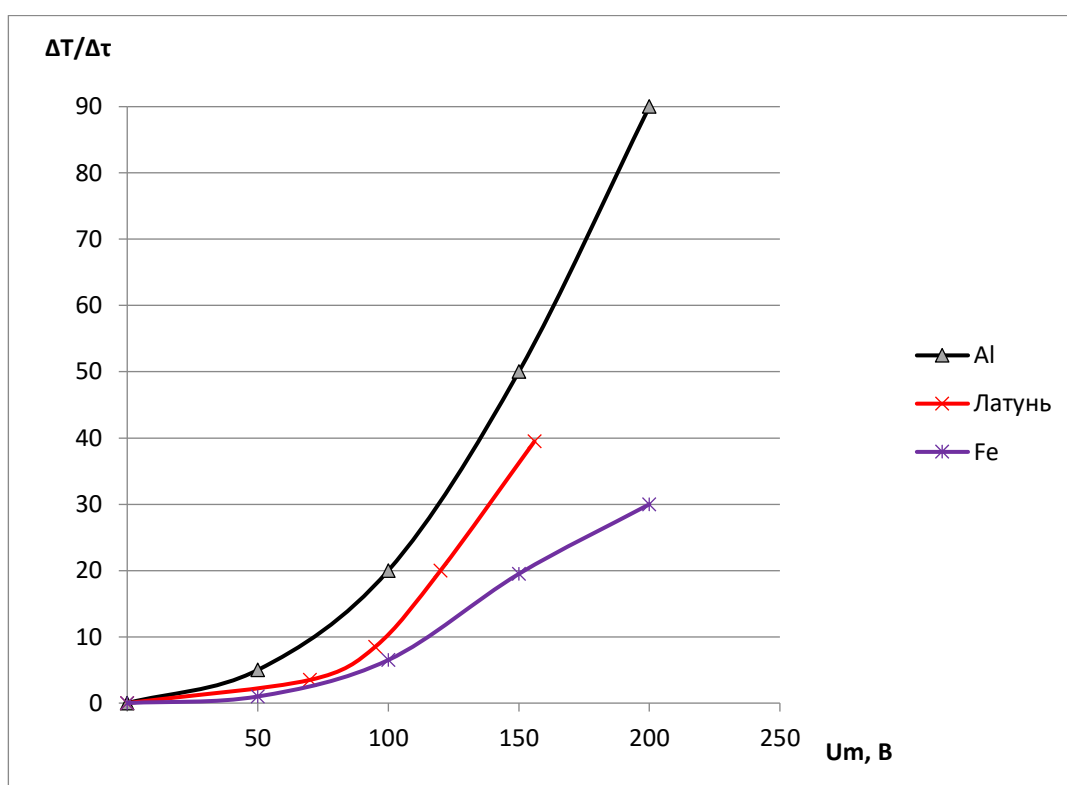


Рисунок 3 – Зависимости скорости роста температуры от напряжения на обмотке и вида металла детали

При ВЧ нагреве в зазоре магнитопровода нагрев металлов и сплавом с низким электросопротивлением идет с большей скоростью (до $30^\circ\text{C}/\text{с}$), нежели с большим сопротивлением, в отличие от обычного ВЧ нагрева.

Список использованных источников:

1. Немков, В. С. Теория и расчет устройств индукционного нагрева / В. С. Немков, В. Б. Демидович. – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 142 с.
2. Рикетс, Л. У. Электромагнитный импульс и методы защиты / Л. У. Рикетс, Д. Э. Бриджес, Дж. Майллета. – М.: Атомиздат, 1979. – 328 с.