Hysteresekurve eines Weicheisenmagneten

Protokoll zu Versuch 23 vom 15.12.1999

Steffen Schröder

5. April 2001

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

In diesem Versuch soll die Hysteresekurve eines Weicheisenmagneten aufgezeichnet werden.

Schickt man durch eine lange, dünne Spule mit n Windungen und Länge L einen Strom I, so resultiert in ihrem Inneren die maganetische Feldstärke $H = \frac{n \cdot I}{L}$. Die magnetische Flußdichte B hängt zusätzlich noch vom Material ab, das sich im inneren der Spule befindet, es gilt $B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H = \mu \cdot H$, wobei $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^7 \frac{Vs}{Am}$ die magnetische Feldkonstante ist und μ_r als relative Permeabilität bezeichnet wird, die im Vakuum 1 ist, bei paramagnetischen Stoffen größer 1 und bei ferromagnetischen Stoffen sogar sehr viel größer ist.

Allerdings ist μ_r hier keine Konstante mehr, sondern hängt sogar von der Vorgeschichte des Materials, also seiner Vormagnetisierung ab. Trägt man B gegenüber I auf, zeigt sich daher eine leichte Schleife, der rückweg der Kurve ist gegenüber dem Hinweg leicht verschoben. Bei $I = 0$ bleibt eine Remanenzinduktion übrig, um B auf 0 zu bringen, ist ein entgegengesetzter Strom notwendig, der Koerzitivwert. Dies rührt daher, daß die kleinen Elementarmagnete im Metall schon ausgerichtet sind und nun erst durch ein Gegenfeld die Ordnung zerstört werden muß, falls man sich in diesem Modell bewegen möchte.

2 Der Versuch

In unserer Spule, die mitsamt Weicheisenkern in zwei Teile geteilt ist, ist ein kleiner Spalt in der Mitte Vorhanden, in den eine Feldplatte so eingebracht wird, daß sie von den magnetischen Feldlinien senkrecht durchsetzt wird. Da der Spalt so klein ist, beeinflußt er die Feldlinien nicht merklich, wir können beide Spulen als eine ansehen, auch wenn die genauen Werte der Spule uns hier nicht interessieren. Auch die Temperatur im Spalt wird mit einem Digitalthermometer gemessen, genauso wie der Strom durch den Magneten und der Widerstand der Feldplatte auch digital angezeigt werden. Den Strom kann man durch anlegen einer mehr oder minder hohen Spannung regeln.

3 Durchführung

Um die geforderte Hystereseschleife bis $I = 13A$ aufzunehmen, haben wir zuerst den Strom durch den magneten auf das Maximum ($I = 13A$) gestellt, und ihn mit Temperatur und Feldplattenwiderstand aufgeschrieben. dann haben wir den Strom schrittweise heruntergedreht, wobei wir darauf achteten, ihn nicht zwischenzeitlich wieder ansteigen zu lassen. An einigen Stellen haben wir nun wieder die drei Werte notiert und bei $I = 0$ die Spannungsquelle umgepolt, um den Strom weiterhin auf $13A$ zu herhöhen und Zwischenwerte aufzuschreiben. Der Rückweg verlief analog, selbiges Procedere wiederholten wir später für die $6A$-Hysteresekurve.

4 Auswertung

Zur Auswertung haben wir zuerst einmal alle Widerstandswerte unter berücksichtiugung der Temperatur mit Hilfe der Eichkurvenschar der Feldplatte in B-Werte übersetzt und dann in die entsprechenden Graphen eingetragen.Die Werte um den Nullpunkt haben wir interpoliert, da hier unter anderem die Feldplatte unbrauchbar war.

Die $13A$-Kurve sieht hier recht schön aus, wenn man eine um $180°$ gedrehte Kopie auflegt, sieht man auch, daß sie recht gut symmetrisch ist, was ja auch zu erwarten war. Die Remanenzinduktion liegt hier bei $(0,03 \pm 0,02)T$, der Koerzitivwert bei $(0,2 \pm 0,05)A$. Trotz der guten Symmetrie kann die Hysteresekurve nicht umgekehrt durchlaufen werden, da die Höhe des B-Wertes auch von der Richtung der Stromänderung abhängt.

Bei der $6A$-Kurve sieht man, daß die beiden Quadranten gegeneinander verschoben sind, da shon vor Erreichen der Sättigung umgepolt wurde, nach erreichen der magnetischen Flußdichte 0 jedoch wieder ein definierter Zustand herrscht, aus dem heraus die Hysterese „neu startet“.Verschiebt man beide Äste etwas zur Mitte hin, so treffen sie sich wie erwartet.

5 Fehlerbetrachtung

Die Stromstärke ließ sich nur auf $0,05A$ genau ablesen, der Widerstand schwankte um $\pm 3\Omega$, der fehler der Temperaturmessung interessiert hier nicht wirklich, da sich alle Werte in der nähe von $22°C$ bewegten und so in der Nähe dieser Eichkurve abgelesen werden mußsten, die anderen Kurven, insbesondere die nächsthöhere $30°C$ Kurve waren zu weit entfernt. In der $13A$Kurve habe ich ein paar Fehlerbalken eingezeichnet, da eine Angabe des Fehlers der Flußdichte für bestimmte Stellen recht sinnfrei wäre.

Die Messung für die $6A$ kurve haben wir auch widerholt, die Ergebniswerte lagen jedoch sehr dicht an der ersten Messung und die Temperatur hat sich auch nicht merklich geändert, so daß die Fehlerbalken in der $13A$-Kurve aussagekräftig genug sind.

Die Fehler von Koerzitivwert und Remanenzinduktion sind so hoch, da in der Nähe des Nullpunktes mit der Feldplatte nicht gemessen werden kann, die Umgebung auch recht ungenau ist und diese Werte somit im interpolierten Bereich der Kurve liegen.