

Approche macroscopique du ferromagnétique

7 juin 2025

Référence

Expérience : Mesure sur le cycle d'hystérésis d'un ferromagnétique

Livre :

— Physique PSI/PSI* Tout-en-un, Dunod, 2022

— BFR 4, 3e édition

Prérequis :

— Électromagnétisme,

— Inductances propres et mutuelles

Niveau : CPGE 2ème année

Introduction

1 Propriétés des milieux ferromagnétiques

1.1 Aimantation et excitation magnétique

Un matériau magnétique perturbe le champ magnétique dans lequel il est plongé.

Schéma d'un matériau avec une aimantation \vec{M} dans un champ $B_0 \rightarrow$ le champ résultant correspond à la somme du champ extérieur et du champ magnétique créé par l'aimantation

$\vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \vec{M})$ où \vec{H} est l'excitation magnétique et \vec{M} est l'aimantation.

On définit la susceptibilité magnétique comme $\vec{M} = \chi_m \vec{H}$

Ainsi on peut écrire le champ magnétique dans le matériau comme étant $\vec{B} = \mu_0(1 + \chi_m)\vec{H}$.

Il y a 3 grandes familles de matériaux d'un point de vue du magnétisme :

- Diamagnétique : $\chi_m \sim 10^{-5}$
- Paramagnétique : $\chi_m \sim 10^{-3}$
- Ferromagnétique : $\chi_m \sim 10^2 - 10^6$

1.2 Courbe de première aimantation

Lorsqu'on soumet un ferromagnétique à une excitation magnétique pour la première fois, il va acquérir une aimantation. Il n'y a pas de réponse linéaire du ferromagnétique entre H et B car χ_m dépend de \vec{H}

Mettre schéma de courbe (voir BFR 4)

On peut distinguer 3 domaines sur cette courbe de première aimantation :

- 1 : domaine linéaire réversible
- 2 : domaine irréversible \rightarrow vient des défauts dans le matériau
- 3 : domaine de saturation

Parler des domaines de Weiss et de leur taille caractéristique

1.3 Cycle d'hystérésis

Une fois que le ferromagnétique a été aimanté, faire varier l'excitation magnétique met en évidence un cycle d'hystérésis.

Mettre schéma du cycle avec vocabulaire B_r : champ rémanent et H_c : champ coercitif

On distingue deux grandes catégories de ferromagnétiques : les doux ($H_c < 10^2 A.m^{-1}$) et les durs ($H_c > 10^3 A.m^{-1}$)

Mettre schéma du poly de TP

Expérience quantitative sur le cycle d'hystérésis

2 Applications

2.1 Transformateur

Permet de transformer une tension d'entrée en fonction du rapport du nombre de spires des bobines le constituant.

Mettre schéma plus calcul

Peut-être mettre la mesure du coefficient de couplage avec et sans ferromagnétique

2.2 Disques durs

Principe de fonctionnement : disques magnétiques tournant dont on lit les informations avec une tête de lecture.

Faire un schéma

En écriture, la tête de lecture vient modifier le champ magnétique rémanent de manière à y faire correspondre la valeur de bit souhaitée (0 ou 1)

En lecture, la tête va détecter les 1 lorsque deux surfaces ont une polarisation différente puisque cela va induire un courant dans la tête (induction car champ magnétique variable) et les 0 lorsqu'il n'y a de courant induit.

Expérience quantitative

Objectif de l'expérience

Mesure du cycle d'hystérésis d'un ferromagnétique de type ferrite doux

Matériels

- Transformateur 220V/110V
- Rhéostat 22 Ohm
- Bobine 500 spires
- Bobine 250 spires
- Étrier pour bobine
- Boîte AOIP à 100 kOhm
- Oscilloscope
- 3 fils de sécurité
- Multimètre
- RLC-mètre
- Câble de connexion avec l'ordinateur

Protocole

Mise en place du montage électronique. Affichage sur l'oscilloscope du mode XY pour visualiser le cycle d'hystérésis. Récupération des voies V1 et V2 sur l'ordinateur. Tracer du cycle d'hystérésis (B en fonction de H) sur QtiPlot Mesurer le champ magnétique rémanent et l'excitation magnétique coercitive. Vérifier que le matériau est bien un ferrite doux.

Précautions expérimentales

Penser à éteindre le transfo quand la manip est terminée (fait du bruit + chauffe + consomme pour rien)

