

磁滞损耗的热分布计算

张晓兵, 郑姚生, 单德悦, 尹涵春

(东南大学电子所, 南京 210096)

摘 要: 本文对偏转系统的能量损耗进行了分析. 磁滞损耗是在偏转条件下偏转磁芯能量损耗的主要部分, 应用商用 EMAS、NASTRAN 软件和开发的 DUEMAS 可以进行磁滞损耗和热分布计算. 本文对计算的方法和磁滞损耗产生的热分布进行了介绍.

关键词: 磁滞损耗; 偏转; 热分布

中图分类号: TN141.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2000) 12-0119-03

The Calculation of Heat Distribution of Hysteresis Loss

ZHANG Xiao-bing, ZHENG Yao-sheng, SHAN De-yue, YIN Han-chun

(Electronics Research Institute, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: The power loss of deflection yoke is analyzed. Hysteresis loss is the main part of power loss of deflection core at the driving condition. Hysteresis loss and heat distribution can be calculated by means of MSC/EMAS, MSC/NASTRAN and DUEMAS. The calculation method and temperature rising caused by hysteresis loss are introduced in this paper.

Key words: hysteresis loss; deflection; heat distribution

1 引言

高性能彩色显示管是当前 CRT 市场竞争的热点, 为了提高显示管的分辨率, 除了改进电子枪以外, 另外一个必须解决的问题就是提高扫描频率带来的偏转系统的发热和能量损耗. 偏转系统的发热是影响显示管性能的主要因素之一, 它带来了图像质量的不稳定, 因此必须加以改进.

偏转系统的能量损耗主要包括铜损、铁损和介电损耗^[1]. 通过偏转磁芯的材料选择和结构优化来降低铁损中的磁滞损耗和磁芯的发热是最为有效的方法之一, 因此对偏转系统的磁滞损耗的研究是十分有意义的.

本文应用商用 MSC/EMAS 软件和开发的应用 EMAS 结果计算电子轨迹和进行偏转系统优化的 DUEMAS 软件对偏转系统的磁滞损耗进行了计算, 并应用 MSC/NASTRAN 软件对磁滞损耗引起的温度分布进行了分析.

2 计算原理与方法

对于磁性材料, 在交变磁场的作用下的磁滞回线的面积为磁场每变化一周的磁滞损耗密度^[2]. 磁场变化一周的磁滞损耗密度乘以作用的频率为每秒的磁滞损耗密度. 在参考磁通密度 B_{ref} 下的磁滞回线可采用磁特性分析仪对标准环进行测量得到, 如日本 IWATSLI 的 SY-8216BH 分析仪, 进而可以计算一定磁通密度和频率下的磁滞损耗密度. 如果交变磁场的最大磁通密度为 B_{max} , 则磁滞回线的面积将随 B_{max} 的增大而增大, 磁滞损耗密度和 B_{max} 的关系有以下的经验公式:

$$p_h = \eta B_{\text{max}}^{1.6} \quad (\text{W/m}^3) \quad (1)$$

这里 η 为常数, 1.6 次方为经验值, 对实际偏转系统的适用值需要进行实验校正, 这里暂不考虑其精确程度, 仅对计算原理进行分析.

对于偏转系统, 如果最大磁通密度 B_{max} 的分布可以计算得到的话, 则应用公式(1)就可以计算出偏转系统中的磁滞损耗功率分布. 对整个偏转磁芯的体积进行积分, 可得到整个偏转磁芯的磁滞损耗功率.

在对磁滞损耗进行计算中, 首先应用 EMAS 软件对一定电流导线分布的偏转系统的磁场分布进行有限元计算. 根据 EMAS 计算结果, 考虑在偏转情况下偏转磁场与偏转电流成线性关系, 应用开发的 DUEMAS 软件将 EMAS 结果转换为表面磁荷, 再应用表面磁荷法计算电子轨迹^[3], 从而求出在满偏转情况下的偏转电流和偏转磁场, 得到磁通密度 B_{max} 在计算单元中的分布. 假定偏转磁环被划分为小的单元, 第 i 个单元的最大磁通密度 $B_{i\text{max}}$ 是一个常数, 这样根据式(1), 第 i 个单元的磁滞损耗功率密度 p_{ih} 可以表示为:

$$p_{ih} = p_{\text{ref}} (B_{i\text{max}} / B_{\text{ref}})^{1.6} \quad (2)$$

整个偏转系统的磁滞功率损耗 P_h 为各个单元的功率损耗的总和, 可以表示为:

$$P_h = \sum_{i=1}^N \int_{V_i} p_{\text{ref}} (B_{i\text{max}} / B_{\text{ref}})^{1.6} dv_i \quad (3)$$

V_i 是第 i 个单元的体积, N 是总的单元数.

这样磁滞功率损耗密度分布和总的磁滞损耗就都可以计

算出来. 当磁滞功率损耗分布求出后, 可以应用 NASTRAN 软件进行热分布的计算. 在这里仅考虑磁滞损耗产生的热分布.

由于磁滞损耗存在于偏转磁芯中, 因此热分布仅对偏转磁芯进行计算. 在热分布计算中, 磁滞损耗被考虑为热源, 加在相应的单元上, 偏转磁芯与空气的热交换仅考虑自然对流, 热传导和热辐射的影响可以与边界所加的自然对流系数一起考虑.

在热分布的计算中, 需要对计算模型进行近似. 这是因为边界所加的自然对流系数是和温度和边界形状等有关的, 不是一个恒定的值, 而是有一定的分布, 在计算中难以确定自然对流系数. 因此, 第一个近似是考虑磁芯内表面受偏转线圈散热和对流的影响, 对内外表面采用不同的自然对流系数, 但不考虑自然对流系数的分布和随温度的变化, 在计算中认为是常数. 另外一个近似是热源的近似. 因为磁性材料的磁滞回线是随温度而变化的, 因此磁滞损耗密度也是变化的, 因此在计算中对磁滞损耗应作校正, 或应用 NASTRAN 进行动态计算, 但温度和磁滞损耗的关系应从实验得出, 在本文的计算中, 对这项变化暂不考虑, 认为磁滞损耗为恒定分布.

3 计算结果

对一种磁性材料 C 进行计算, 该材料在参考磁通密度 $B_{ref} = 0.35T$, 行扫描频率为 $64kHz$ 时, 参考磁滞功率损耗密度为 $p_{ref} = 2.2 \times 10^6 W/m^3$.

采用图 1 所示的 17 英寸 CMT 偏转系统模型进行偏转磁场计算, 线圈绕线采用二极场的余弦分布模型. 图 2 为应用 EMAS 得到的在一定偏转电流下的磁芯内行偏转磁场分布. 根据满偏转时的偏转电流, 得到磁芯中的磁场分布, 根据式 (3) 计算得到的磁芯的总的磁滞功率损耗为 $2.197W$.

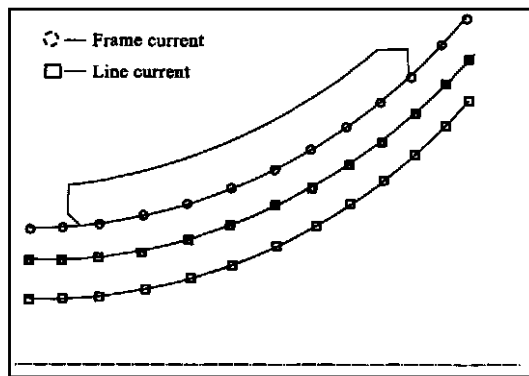


图 1 计算所采用的偏转系统模型

根据得到的磁场分布, 计算磁滞损耗功率分布密度, 并根据磁滞损耗密度和单元体积, 计算单元磁滞损耗功率, 作为热分布计算的热源.

热分布计算中, 磁芯的外表面采用的自然对流系数为 $5W/m^2 \cdot ^\circ C$, 内表面考虑线圈的影响, 取为 $1W/m^2 \cdot ^\circ C$. 磁性材料的热导率和比热分别取 $4 \times 10^{-3} W/mm \cdot ^\circ C$ 和 $750J/kg \cdot ^\circ C$, 初始温度为 $25^\circ C$.

由 NASTRAN 计算和应用热象仪测量得到的磁芯的热分布(温度)如图 3 所示. 从图中可以看出温度的分布是十分近

似的. 计算得到最高温度为 $55.09^\circ C$ 最低温度为 $50.64^\circ C$, 温度的计算值受边界条件的影响很大, 测量的温度值也受环境的影响比较大, 但计算的温度分布和测量的结果符合的较好. 精确的计算需要反复的根据实验结果进行修正.

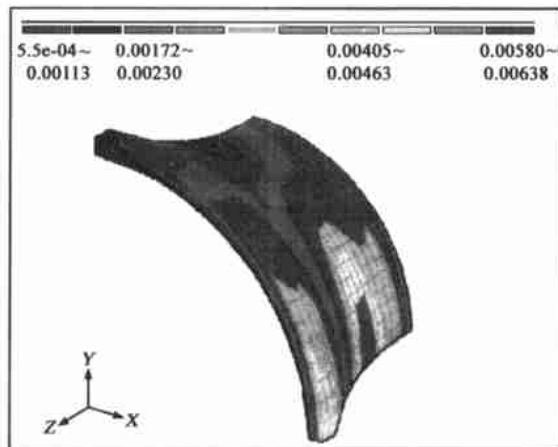


图 2 EMAS 计算得到的磁芯中的磁场分布

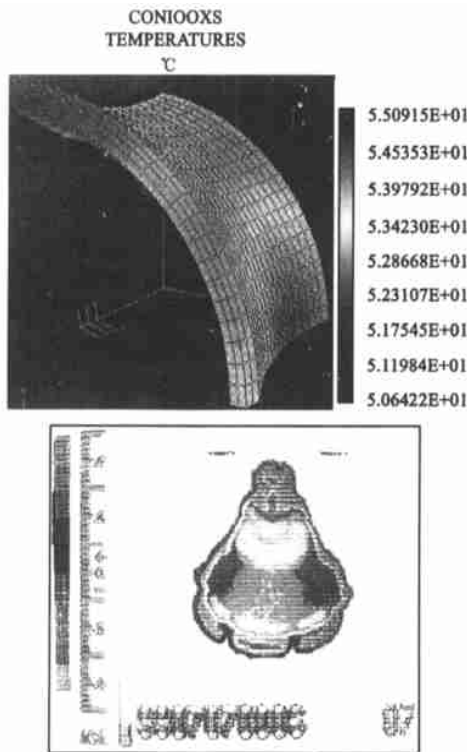


图 3 计算和测量得到的偏转磁芯中的温度分布

4 讨论

由于热分布计算的复杂性, 计算只能给出近似的定性的分析, 经验式(1)中的 1.6 次方只是一近似值, 有一定的适用范围, 其应用于偏转系统还需要进行验证, 如该系数为 1.8 次方时, 计算得到的总的 $64kHz$ 的行扫描频率下的磁滞损耗功率为 $1.35W$, 比用 1.6 次方的磁滞损耗小. 磁滞损耗随温度的变化也需要进行修正. 在热分布的计算中, 磁芯与外界的热交换仅作了简单考虑, 线圈发热对磁芯产生的影响也未作考虑,

这些内容也都需要通过实验的方法进行修正,并应用动态热分析进行计算。在 NASTRAN 中增加对流系数随温度变化的曲线,热源考虑磁滞损耗随温度变化的影响,但这些因素的加入,增加了计算的复杂性。本文采用的计算方法,给出了在偏转系统中计算热分布的一条途径。

为减小磁芯的磁滞损耗和温升,应考虑选择磁滞损耗小的磁性材料,并对磁芯的结构优化,改变磁芯中的磁通密度分布,进而达到降低磁滞损耗和温升的目的。

5 结论

偏转系统的磁滞损耗是偏转磁芯中能量损耗的主要成分,磁滞损耗可以通过计算磁滞回线面积和偏转磁芯内的磁通密度的分布并应用经验公式计算得到。以偏转磁芯中磁滞损耗的分布作为热源,可以计算由磁滞损耗引起的偏转磁芯的温升和热分布。但精确的计算需要对经验公式和偏转磁芯所处的条件下的自然对流系数进行实验校正。

参考文献:

- [1] Y. Masuda, T. Akiyama, M. Kitaoka, S. Otake, H. Takei, Development of new ferrite material for deflection yoke core [A]. SID'98 Digest [C], California, 1998: 343-346.
- [2] 北京大学物理系. 铁磁学 [M]. 北京: 科学出版社, 1976: 220-222.
- [3] 张晓兵, 尹涵春. 偏转系统的计算机模拟与优化 [J]. 东南大学学报, 1998, 28(2): 26-31.

作者简介:

张晓兵 1968 年生, 1990 年获东南大学电子工程系工学学士学位, 1993 年和 1996 年在东南大学获物理电子学和光电子学工学硕士、博士学位并留校从事显示技术的研究, 为 IEEE 会员、SID 会员。

郑姚生 1961 年生, 1983 年毕业于南京工学院无线电系, 现从事显示技术的研究。

新书介绍

多传感器信息融合及应用

Multisensor Information Fusion with Applications

由何友、王国宏、陆大、彭应宁合著的《多传感器信息融合及应用》一书, 已由电子工业出版社出版发行。全书约 60 万字, 是关于多传感器信息融合理论及应用的一部专著。该书获 1998 年国家科技学术专著出版基金资助。

本书是作者们在阅读了大量文献资料、总结了国内外 10 多年来研究进展及作者们十余年的研究成果的基础上写成的, 包含了作者们在信息融合领域里的许多创新研究成果。本书全面、系统地介绍了当代多传感器信息融合技术的发展与最新研究成果, 内容丰富, 具有较强的科学性和系统性, 有较大的参考价值。

全书共分十五章。第一章介绍了信息融合的概念、层次和分类、应用领域、研究历史与现状等, 以便使读者对信息融合技术有一个全面的、基本的了解。第二章介绍线性和非线性系统的状态估计技术。第三章研究主观 Bayes 方法、证据理论等不确定推理技术, 目的是为读者提供本书以后各章需要的理论基础。第四章讨论融合系统的功能和各融合层次的结构模型。第五章研究了分布检测融合理论, 其中包括局部判决融合规则设计、并行结构、串行结构和带反馈并行结构中的分布检测与融合, 以及分布式 CFAR 检测等。第六章讨论集中式多传感器综合跟踪, 重点是多传感器联合概率数据互联法、多传感器多目标跟踪的广义 S-维分配算法和用于实际的舰载多雷达综合跟踪技术。第七章研究用于分布式融合的统计航迹关联算法, 主要讨论加权法、修正法、序贯、统计双门限、最近邻域、K 近邻域和多局部节点情况下的航迹关联算法, 以及统计算

法的性能分析和应用等。作为第七章的继续, 第八章提出分布式融合中的模糊航迹关联算法, 其中包括模糊双门限、模糊综合函数、模糊综合评判和多局部节点情况下的模糊航迹关联算法及其性能分析等。第九章讨论雷达与 ESM 关联算法, 主要内容有: 相等和不等样本容量下基于统计理论和模糊综合分析及基于组合优化的雷达与 ESM 关联算法, 以及动态和属性信息在雷达和 ESM 关联中的应用等。第十章介绍红外目标跟踪、基于雷达和红外的融合跟踪及雷达与红外航迹关联算法等。第十一章提出集中式、分布式、混合式和多级式多传感器信息融合系统中的状态估计模型, 带反馈信息的分布和多层次估计算法等。第十二章讨论信息融合中的航迹文件管理技术。第十三章讨论基于不确定推理、可能性理论、多属性模糊加权法和模糊综合函数的属性融合方法在雷达辐射源识别中的应用。第十四章介绍基于最大后验估计概率准则、DS 证据理论、黑板模型和模糊综合函数的目标识别融合算法。第十五章回顾和总结本著作的研究成果, 并对某些问题提出进一步的研究建议, 同时指出了信息融合领域未来的发展方向。

本书涉及的专业面很广, 可供从事信息工程、C³I 系统、雷达工程、电子对抗、红外、声纳、模式识别、军事指挥等专业的科技人员阅读和参考, 还可作为上述专业的研究生教材。同时也可供从事激光、机器人、遥感、遥测等领域的工程技术人员参考。

本书估价 42 元。需订购者请按下面地址联系: 北京万寿路 173 号信箱发行部, 100036