

# 浅析磁芯气隙和多段气隙的运用

## The application of core air gap and multistage air gap is analyzed

汪涛

惠州市攸特电子股份有限公司, 惠州 516005

**摘要:** 当前电感变压器采用多段气隙分段设计已屡见不鲜, 尤其在大功率电源&新能源技术得到广泛运用。本文结合理论, 与现阶段普遍采用多段气隙的运用与影响, 进行简要分析和探讨关于气隙的一点小心得。

**关键词:** 磁性元件, 气隙, 多段气隙, 磁感应强度

最近几年, 磁性元器件在国内外取得高速发展, 在某种程度上讲这完全受益于磁性材料技术发展取得的技术更新和突破, 而电感和高频变压器更是电源和功率变换器的关键器件, 对变换器的效率、功率密度以及各项性能都起到关键性的作用。而在电子行业如此竞争激烈的大环境下, 不仅要求产品质量过硬, 稳定性强, 环保安全, 越来越小的体积也成了消费者最为青睐的选项之一。如此一来, 对电源中最重要元器件的电感和变压器来说, 小体积, 大功率, 低温升等性能提出了更高要求。

电感和变压器中最重要的材料就是提供磁场的核心元件~磁芯, 而磁芯的特性大家都会首先想到饱和和磁感强度  $B_s$  和初始磁导率  $\mu$ 。变压器的功率大小由工作频率, 磁芯的截面积, 磁路长度, 磁感应强度等参数决定, 而在尺寸受限的情况下, 为了节省成本和空间, 能将功率做的更大一些, 常用的方法就是给磁芯开气隙。磁芯开气隙是为了

防止产品在工作中产生磁饱和! 气隙一般是指在铁芯接合处(通常说的磁芯中柱)经打磨而留的缝隙! 气隙的作用是减小磁导率, 使线圈特性较少地依赖于磁芯材料的起始磁导率。当前开气隙主要有单开气隙和双开气隙, 相对而言性能稳定性双开要优于单开气隙。单开气隙和双开气隙如下图所示。

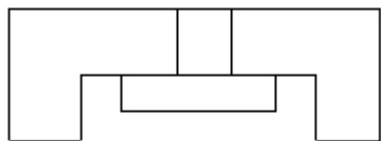
开气隙后, 磁芯的磁感应强度大幅度下降, 气隙越大, 磁芯的磁感应强度越低, 电感线圈越不容易饱和, 损耗越小, 可靠性随之越高。磨气隙后, 材料的有效磁导率和电感因子之所以会降低, 是因为磁路的磁阻变大了, 相当于有限长度  $l_e$  加长, 有理论得知, 磨气隙后, 存在以下公式:

$$H=NI/Le$$

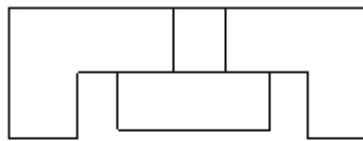
$$B=UeH$$

$$l_g=0.4 \pi \cdot N_p^2 \cdot A_e \cdot 10^{-8}/L_p$$

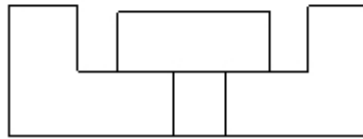
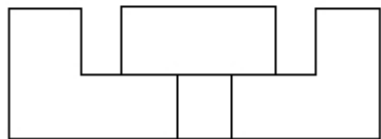
由此表明, 磁场强度  $H$  和有效磁导率  $Ue$  下降, 磁感



单边磁芯开气隙



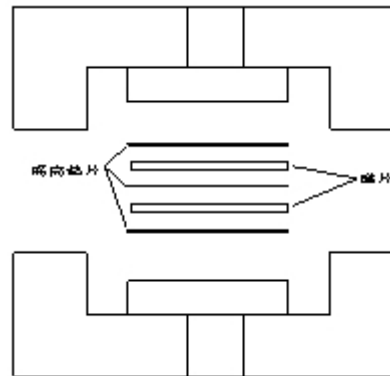
双边均开气隙



应强度亦随之下降。气隙可以避免在交流大信号或直流偏置下的磁饱和现象,更好地控制电感量,从而做大功率而磁芯不饱和失效。如果没有气隙,由于磁场强度太大,则磁芯很容易饱和。而如果加了气隙,减少导磁率可以用增加圈数的办法来获得所希望的电感量,因为磨气隙,电感因子AL会减少很多,但由于 $L=AL \cdot N^2$ ,电感量和圈数的平方成正比,圈数增加并不多,而成本节省不止一点点。

近年来,在原传统开气隙工艺的基础上,更是突破采用了分段气隙设计(如上图所示)。分段气隙既保证了较高的磁感强度,也降低了初始磁导率,分段气隙每一段气隙的磁场强度小很多,这样气隙磁通扩散损耗会降很多,。中柱开气隙,比一次性磨掉中柱太多的那样好,因为分段后将气

隙分散,中柱磁场保持均匀,不仅仅可以减少漏磁,另外铁芯损耗也有减少,稳定性和一致性远远优于传统工艺。



多段气隙图

上接162页

占全球的近39%以上。产量居世界第一的产品有:电容器、电阻器、电声器件、磁性材料、压电石英晶体、微特电机、电子变压器、印制电路板。伴随我国电子信息产业规模的扩大,珠江三角洲、长江三角洲、环渤海湾地区、部分中西部地区四大电子信息产业基地初步形成。这些地区的电子信息企业集中,产业链较完整,具有相当的规模和配套能力。

在集成电路设计方面,国产芯片和软件的集成应用的强化。集成电路设计产值国内市场比重由5%提高到15%。在显示技术方面,要积极有序发展大尺寸膜晶体管液晶显示(TFT-LCD)、加快推进有机发光二极管(OLED)、三维立体(3D)、激光显示等新一代显示技术的研发和产业化。在LED产业方面,攻克LED、OLED产业共性关键技术和关键装备,提高LED、OLED照明的经济性。在新型元器件方面,掌握智能传感器和新型电力电子器件及系统的核心技术,提高新兴领域专用设备仪器保障和支撑能力,发展片式化、微型化、绿色化的新型元器件。在未来几年,电子元器件行业的发展值得关注,这是一个与我们生活密切相关的高科技行业,它将在未来几年大放异彩。

针对我国电子元件行业的特点,今后几年我国电子元件行业有如下方面的发展趋势:一是我国电子元件的发展必须以市场为导向,密切跟踪数字化、网络化技术的发展方向,不断开发新产品,提高技术档次,加快新型电子元件的开发,使我国电子元件由生产大国向生产强国转变;

二是突破关键元器件技术,电子元件企业要加快技术创新体系建设,提升行业整体竞争力;三是片式化是电子元件的重要发展方向,不仅市场需求量大,而且充分体现了规模经济的特点,如果结合上下游产品,如材料、零部件、设备、仪器等,形成产业链,则产业规模更大,拉动效益更明显。最后,要把握国际电子信息产业调整和转移的机遇,推动更高层次的国际合作,以资本为纽带,调整产业结构和产品结构,提升管理水平,培育我国电子元件的跨国公司,打造国际级的龙头企业和拳头产品,努力提高国内外市场的占有率,继续保持我国电子元件较快的增长速度。

6 结束语

电子元件是信息产业核心基础产业的重要组成部分,对信息产业的技术创新和做大做强发挥着至关重要的作用。我国已经形成世界上产量最大、门类较为齐全、产业链基本完善的电子元件工业体系,电子元件行业的企业数量、整体销售额都位居电子信息制造业前列,为国民经济和国防建设做出了巨大的贡献。国家已经出台鼓励光伏发电的实施意见和管理办法,将引发国内市场需求。随着《规划》的全面实施,电子元器件产业将保持平稳发展,为电子信息产业平稳快速发展作出重要贡献。展望未来,随着协同机器人、感应充电、3D打印等能改变传统思维和行为规则的高新技术相继出现,这将对元件行业企业运行模式产生重大影响,抓住这一重大机会将有助于提高企业的创新能力。