

周志敏 纪爱华 编著

变频器维修入门 与故障检修238例



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

变频器维修入门与故障 检修 238 例

周志敏 纪爱华 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书结合国内变频器的使用与维修技术现状,以刚刚从事变频器维修的人员为读者对象,系统地介绍了变频器维修的基础知识、变频器维修常用电工仪器仪表、变频器故障的检查方法、变频器的故障分析与维修测试、变频器故障报警信息的处理与检修实例,集基础知识、维修方法、变频器故障报警信息处理、检修实例于一体,读者可以以此为“桥梁”,全面了解和掌握变频器维修的操作技能。

本书内容新颖实用、文字通俗易懂,是刚刚从事变频器维修的人员的必备读物,也可作为职业技术学院电器维修专业、变频器维修培训班学员和教师的参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

变频器维修入门与故障检修 238 例/周志敏,纪爱华编著. —北京:电子工业出版社,2013.2
ISBN 978-7-121-19539-6

I. ① 变… II. ① 周… ② 纪… III. ① 变频器—维修 IV. ① TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 020235 号

策划编辑:富 军

责任编辑:谭丽莎

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:16.5 字数:422 千字

印 次:2013 年 2 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:48.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

变频器是电气传动控制领域的重要组成部分,其性能的优劣直接关系到整个系统的安全性和可靠性指标。变频器问世以来引起了国内外电气传动界的普遍关注,现已成为具有发展前景和影响力的一项高新技术产品。现代变频器以其低损耗、高效率、电路简洁等显著优点而受到人们的青睐,并广泛地应用于电气传动控制系统和家用电器中。

近年来,随着工业自动化产业的高速发展,变频器的应用日益广泛。尽管变频器已采用多种新型部件和优化结构,但从目前的元器件技术水平和经济性考虑,仍不可避免地采用寿命相对较短的元器件。与此同时,由于受到安装环境、调试和使用中各种因素的影响,变频器在使用过程中不可避免地会产生各类故障,因此,变频器的故障诊断技术和维修越来越受到人们的关注。

本书结合国内变频器使用和维修中存在的问题,为满足刚从事变频器维修的人员的需求,系统地讲解了变频器维修必备的基础知识,阐述了变频器维修的基本方法和技能,以便于读者掌握变频器维修工作中所需的基础知识和实际操作技能。书中的变频器维修实例具有普遍性和实用性,分析深入浅出,注重细节和方法,具有较强的实用性和可操作性。本书集基础知识、维修方法、变频器故障报警信息处理、维修实例于一体,读者可以以此为“桥梁”,系统、全面地了解和掌握变频器的维修操作技能。

参加本书编写工作的有周志敏、纪爱华、周纪海、纪达奇、刘建秀、顾发娥、刘淑芬、纪和平、纪达安等。本书在写作过程中,从资料的收集到技术信息交流都得到了国内变频器研发、生产商和专业维修变频器公司及从事变频器售后服务的工程技术人员的大力支持。在此对他们表示衷心的感谢。

由于时间短,加上编著者水平有限,书中的错漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 变频器维修的基础知识	1
1.1 变频器电路中的常用电气电子元件	1
1.1.1 变频器电路中的常用电气元件.....	1
1.1.2 变频器电路中的常用电子元件	11
1.2 光电耦合器.....	15
1.2.1 光电耦合器的分类及特性	15
1.2.2 光电耦合器的检测	19
1.3 集成电路.....	24
1.3.1 TTL 逻辑门电路	25
1.3.2 集成运算放大器	27
1.3.3 CMOS 集成电路的特性与参数	29
1.4 半导体功率器件.....	34
1.4.1 功率场效应晶体管	34
1.4.2 绝缘栅双极型晶体管(IGBT)	38
1.4.3 IR 系列 IGBT 模块	40
1.5 智能功率模块(IPM)	43
1.5.1 IPM 的结构与特性	43
1.5.2 富士电机的 R 系列 IPM	47
1.6 功率集成电路.....	49
1.6.1 IR2110 功率集成电路	50
1.6.2 IR2130 功率集成电路	52
1.6.3 IR2233 功率集成电路	53
1.6.4 HL601A 厚膜集成电路	55
1.6.5 TLP250 集成驱动器	58
1.6.6 EXB 系列集成驱动器	59
1.6.7 UC3842 电流型驱动器	64
第 2 章 变频器维修常用电工仪器仪表	68
2.1 常用电工仪表.....	68
2.1.1 万用表	68
2.1.2 MF-50 型万用表	75



2.1.3 DT-830 型数字式万用表	77
2.2 示波器	81
2.2.1 普通示波器	81
2.2.2 双踪示波器	84
2.3 变频器维修中的测量技术	92
2.3.1 电路常用元器件的测量	92
2.3.2 半导体器件的测量	99
2.3.3 电压的测量	110
2.3.4 电流的测量	114
第3章 变频器故障的检查方法	116
3.1 变频器故障的分类与维修流程	116
3.1.1 变频器故障的分类	116
3.1.2 变频器的维修流程	119
3.2 变频器故障的诊断技术与检查方法	123
3.2.1 变频器故障的诊断技术与维修原则	123
3.2.2 变频器故障的检查方法	128
第4章 变频器的故障分析与维修测试	136
4.1 变频器的故障率与故障测试	136
4.1.1 变频器的故障率与引发故障的外部因素	136
4.1.2 变频器故障的自诊断与测试	142
4.2 变频器的故障分析	143
4.2.1 变频器主回路的故障分析	143
4.2.2 变频器辅助控制电路的故障分析	149
4.3 变频器的典型故障原因及处理方法	154
4.3.1 变频器过电流的故障原因及处理方法	154
4.3.2 变频器过载、过热故障的原因及处理方法	158
4.3.3 变频器过压、欠压故障的原因及处理方法	161
4.3.4 变频器电流显示误差的原因及处理方法	169
4.4 变频器的测量与试验	171
4.4.1 变频器的测量	171
4.4.2 变频器的试验标准及方法	173
第5章 变频器故障报警信息的处理与检修实例	180
5.1 变频器故障报警信息的处理	180
5.2 变频器故障检修实例	195
参考文献	258

第1章

变频器维修的基础知识



1.1 变频器电路中的常用电气电子元器件

1.1.1 变频器电路中的常用电气元器件

电气元器件是在电路中具有独立电气功能的基本单元。电气元器件在变频器电路中占有重要的地位,特别是通用电气元器件,如电阻器、电容器、电感器和开关、接插件等,更是变频器电路中必不可少的元器件。无论是进行电路分析还是了解其工作原理,只有了解了电气元器件的基本特性、工作原理及外形结构,才能为维修变频器打下坚实基础,才能从理论上正确地分析和理解变频器所用到的电气元器件在电路中的功能,以便指导实际的维修工作。

1. 电阻器

电阻器在电路中所起的作用就是阻止电流通过,如同水流在流通过程中遇到的阻力一样。对导体而言,电阻器的存在使电流流动遇到了阻力,具体表现就是电阻器消耗了电能。电阻值是一个物理量,它的单位是欧姆(Ω)。

常把电阻器简称为电阻(以下简称电阻)。电阻的种类很多,从结构形式来分,有固定电阻、可调电阻和电位器三种。在电路中,常用电阻的符号如图 1-1 所示。

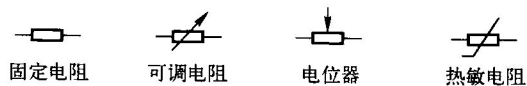
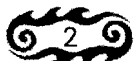


图 1-1 常用电阻的符号

1) 电阻的种类

(1) 碳膜电阻

碳膜电阻是通过在高温真空中分离出有机化合物的碳,并将碳膜紧密附着于瓷棒表面形成电阻体,再加以适当的接头后切薄而成的,其表面涂有环氧树脂以进行密封保护。碳膜电阻是目前电子、电器、电信产品使用量最大,价格最便宜,品质稳定性相对较高的固定电阻。合成碳膜电阻或碳膜电阻(统称碳质电阻)适用于对初始精度和随温度变化的稳定性要求不高的普通电路。其典型应用包括晶体管或场效应管偏置电路中集电极或发射极的负载电阻,充电电容器的放电电阻,以及数字逻辑电路中的上拉电阻或下拉电阻。



碳膜电阻的电阻值有一系列标准值,其阻值范围为 $1 \sim 22\text{M}\Omega$;其允许偏差为 $2\% \sim 5\%$ (碳膜电阻),有时甚至高达 20% (合成碳膜电阻)。其额定功率范围为 $1/8 \sim 2\text{W}$ 。功率为 $1/4\text{W}$ 和 $1/2\text{W}$,允许偏差为 5% 和 10% 的碳膜电阻用得最多。

由于碳膜电阻的温度系数很差(典型值为 $5000\text{ppm}/^\circ\text{C}$),所以当温度变化时,在要求阻值几乎不变的精密应用场合不适合选用这种电阻。碳膜电阻的优点是制作简单、成本低,其缺点是稳定性差、噪声大、误差大。

(2) 金属膜电阻

金属膜电阻适合用于高初始精度、低温度系数和低噪声的精密电路中。金属膜电阻通常是采用真空镀膜或阴极溅射工艺,将作为电阻材料的某种金属或合金(如镍铬合金、氧化锡或氮化钽)积淀在绝缘基体(如模制酚醛塑料)表面形成薄膜电阻体而构成的。

金属膜电阻的典型应用包括电桥电路、RC 振荡器和有源滤波器。金属膜电阻的初始精度范围为 $0.1\% \sim 1.0\%$,温度系数范围为 $10 \sim 100\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。其阻值范围为 $10.0\Omega \sim 301\text{k}\Omega$,阻值间隔为 2% 。金属膜电阻的优点是体积小、精度高、稳定性好、噪声小、电感量小,其缺点是成本高。

(3) 绕线电阻、无感性绕线电阻

将电阻线绕在无性耐热瓷体上,表面涂以耐热、耐湿、无腐蚀的不燃性保护涂料就可构成绕线电阻(KNP)。其特点是耐热性能优良、温度系数小、质轻、耐短时间过负载、低杂音、阻值长期使用变化小。无感性绕线电阻(NKNP)具有绕线电阻的基本特性,并具有低电感量的优点。

绕线电阻非常精密并且稳定($0.05\%, < 10\text{ppm}/^\circ\text{C}$),主要用于对电阻性能要求苛刻的应用场合,如调谐网络和精密衰减电路。其典型阻值范围为 $0.1\Omega \sim 1.2\text{M}\Omega$ 。

2) 电阻的主要参数

(1) 标称阻值和允许误差

在电阻上标注的电阻数值叫做标称阻值,如 $1.5\text{k}\Omega, 5.1\Omega, \dots$ 。电阻的实际阻值允许有一定的误差,称为允许误差,分为 I 级($\pm 5\%$), II 级($\pm 10\%$), III 级($\pm 20\%$)。例如,电阻上标有“ $3\text{k}\Omega \text{ I}$ ”,则表示这个电阻的阻值是 $3\text{k}\Omega$,误差为 $\pm 5\%$ 。

电阻的标称值和误差也可以用色环来表示。在电阻上印有四条色彩鲜艳的圆环,紧靠电阻左端的三条色环表示电阻值,最后一条色环表示允许误差。微调电阻和电位器的标称值是它们的最大电阻值。例如, $100\text{k}\Omega$ 电位器,表示它的阻值可在 $0 \sim 100\text{k}\Omega$ 内连续变化。

(2) 额定功率

额定功率指电阻正常工作时允许的最大功率。超过额定功率值时,电阻将因过分发热而烧毁。

3) 热敏电阻

热敏电阻是一种对温度敏感的电阻器件。当温度变化时,它的电阻值会按照预期的规律变化。一般来说,它的电阻会随着温度的上升而减小。在将某些热敏电阻用做电路保护组件的应用场合中,会使用正温度系数热敏电阻;但在温度控制、温度补偿等应用场合中,广泛使用的是负温度系数热敏电阻。

NTC 是 Negative Temperature Coefficient 的缩写,意思是负的温度系数,泛指负温度系数很大的半导体材料或元器件。所谓 NTC 热敏电阻就是指负温度系数热敏电阻,它是以锰、钴、镍

和铜等金属氧化物为主要材料,采用陶瓷工艺制造出来的。这些金属氧化物材料都具有半导体性质,因为它们在导电方式上完全类似锗、硅等半导体材料。当温度低时,这些氧化物材料的载流子(电子和孔穴)数目少,因此电阻值较高;随着温度的升高,载流子数目增加,因此电阻值降低。NTC 热敏电阻在室温下的变化范围为 $100 \sim 10\,000\,000\Omega$,温度系数范围为 $-2\% \sim -6.5\%$ 。NTC 热敏电阻可广泛应用于温度测量、温度补偿、抑制浪涌电流等场合。

热敏电阻的基础材料一般都是金属氧化物的混合物,其稳定性、电阻特性、电阻温度特性都可以通过改变电阻材料的化学成分和处理过程中的参数来进行控制。这样,就有各种不同特性的热敏电阻可供选择。再对其进行适当的封装,还可以进一步改善其稳定性和电气特性。热敏电阻的工作温度范围为 $-80^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$,甚至更高。

热敏电阻的温度电阻特性是非线性的,热敏控制和温度补偿等应用都依赖于这种温度电阻特性。

热敏电阻在低电流时的功耗是很小的。当温度不变时,热敏电阻和一般固定电阻的特性相同,它的电压和电流存在线性关系。当电流增加时,热敏电阻不能消耗掉所产生的功率,结果使得电阻上的电压不随电流线性增加,反而相对减小。这种现象叫做“自热”效应。

当热敏电阻的功率做跳跃式变化时,在达到稳定的电流前总有一个延迟。在这个延迟期间,热敏电阻的电流将逐渐上升,并经过一定的时间 T 后达到稳定。这种特性的最典型应用是限制电流的突然增长。 B 值(材料常数)相同、阻值不同的 NTC 热敏电阻的 $R-T$ 特性曲线如图 1-2 所示;相同阻值、不同 B 值的 NTC 热敏电阻的 $R-T$ 特性曲线如图 1-3 所示。

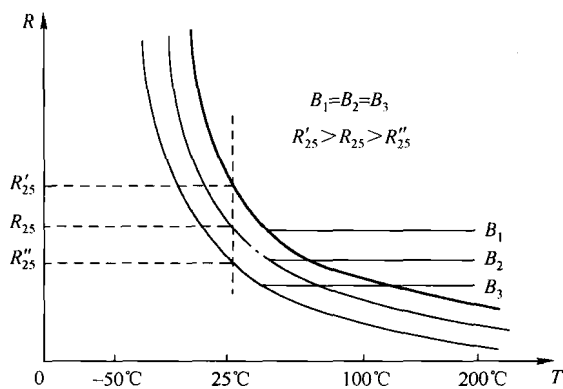


图 1-2 B 值相同,阻值不同的 NTC 热敏电阻的 $R-T$ 特性曲线

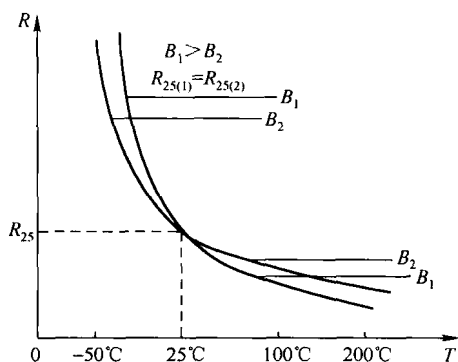
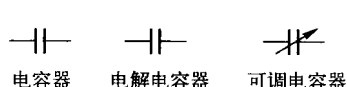


图 1-3 相同阻值,不同 B 值的 NTC 热敏电阻的 $R-T$ 特性曲线

2. 电容器

电容器可以用来储存和释放电荷,根据它储存电荷能力的不同,可以分别用于滤波、移相、选频。电容器在充电的瞬间,电路中便会产生电流。而充电过程很快结束,电容器充满电荷后,电流就会消失。电容器的容量越小,充电所用时间越短暂,由此可见直流电是不能通过电容器的。若将电源改为交流电源,电路中将有持续的电流。若交流电的频率可以变化,则在相同的电压下,较高频率的交流电比较低频率的交流电更易于通过同一个电容器。这说明电容

器在电路中,可以起到“隔直流,通交流”,“通高频、阻低频”的作用。电容器在电路中的符号



如图 1-4 所示。

1) 电容器的构成

两个彼此绝缘、互相靠近的导体就构成了一个电容器。这两个导体叫做电容器的两个极,分别用导线引出。电容器的文字符号是 C。它的大小用电容量来衡量。电容量的基本单位是法拉(用 F 表示),还有较小的单位,如微法(μF)和皮法(pF)。这三个单位的换算关系是: $1\text{F} = 10^6\mu\text{F}$; $1\mu\text{F} = 10^6\text{pF}$ 。

电容器按其电容量是否可以改变分为固定电容器和可变电容器(包括微调电容器和可变电容器);若按制作材料划分,则可分为瓷介电容器、电解电容器、空气电容器等。

2) 电容器的原理

当如图 1-5 中所示的电路开关合上时,电源加在电容器的电极 A 和电极 B 的两端,电路中有短暂的电流流过,电容器开始充电。当电极 A 和电极 B 之间的电压与电池的电压相等时,电流停止流动。假如电路中的开关打开,则电容器所充的电能将保留在电路中。若用导线短接电极 A 和电极 B,则电容器所充的电能将经由导线释放。电容器的电容量,取决于电容极板的相对面积和电容极板之间的距离。

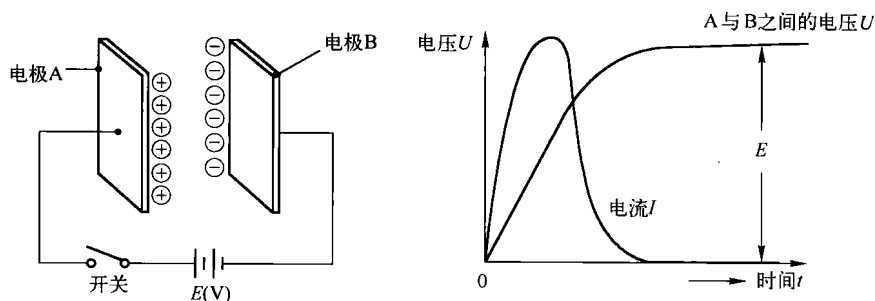


图 1-5 电容器的结构示意图

电容器的充、放电示意图如图 1-6 所示。当电路中的开关接至点 1 时,电容器由电池 E 充电。电容器的终端电压 E_c 不会立刻上升至 E ,而是逐渐接近 E ;当电路中的开关接至点 2 时,充入电容器的电能经由电阻器放电,电压逐渐由 E_c 降至 0。

在充电期间,称 E_c 上升至恒定电压(E)的 63.2%,以及在放电期间下降至 E 的 36.8% 所需的时间为时间常数,用符号表示为 τ ,其计算公式为

$$\tau = C \times R \quad (1-1)$$

3) 电容器的主要特性参数

(1) 容量与误差

电容器的实际电容量和标称电容量允许的最大偏差范围为允许误差。精密电容器的允许误差较小,而电解电容器的允许误差较大。常用的电容器的误差精度等级和电阻器的表示方法相同。用字母表示为:D,005 级, $\pm 0.5\%$; F,01 级, $\pm 1\%$; G,02 级, $\pm 2\%$; J,I 级, $\pm 5\%$; K, II 级, $\pm 10\%$; M, III 级, $\pm 20\%$ 。

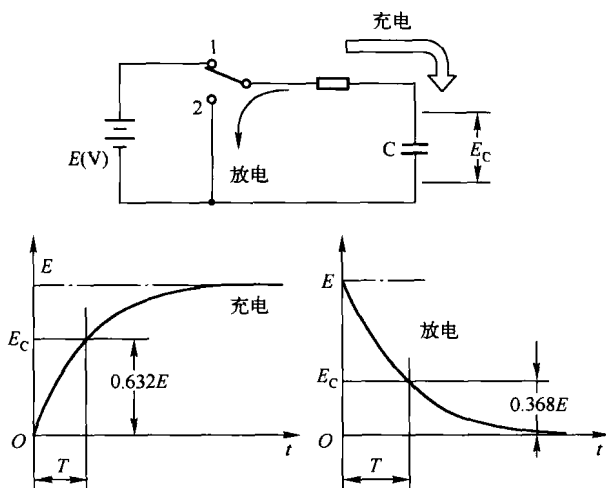


图 1-6 电容器的充、放电示意图

(2) 耐压

电容器长期可靠地工作时所能承受的最大直流电压为电容器的耐压,也叫做电容器的直流工作电压。如果应用在交流电路中,则要注意所加的交流电压的最大值不能超过电容器的直流工作电压值。对于结构、介质、容量相同的电容器,耐压越高的电容器体积越大。

(3) 温度系数

在一定温度范围内,温度每变化 1°C 时电容量的相对变化值就叫做温度系数。电容器的温度系数越小,其性能越好。

(4) 绝缘电阻

由于电容器两极之间的介质不是绝对的绝缘体,故它的电阻不是无限大,而是一个有限的数值,一般在 $1000\text{M}\Omega$ 以上。电容器两极之间的电阻叫做绝缘电阻,或者叫做漏电阻。漏电阻越小,漏电越严重。电容器漏电会引起能量损耗,这种损耗不仅会缩短电容器的寿命,而且会影响电路的工作。因此,其漏电阻应越大越好。

(5) 损耗

电容器的损耗指在电场的作用下,在单位时间内发热而消耗的能量。这些损耗主要来自介质损耗和金属损耗,通常用损耗角的正切值来表示。

(6) 频率特性

电容器的电参数会随电场频率变化而变化。在高频条件下工作的电容器,由于其介电常数在高频时比低频时小,故其电容量也相应减小,而其损耗随频率的升高而增加。另外,在高频条件下工作时,电容器的分布参数,如极片电阻、引线和极片间的电阻、极片的自身电感、引线电感等,都会影响电容器的性能。所有这些均使得电容器的使用频率受到了限制。不同品种的电容器,其最高使用频率不同。小型云母电容器的使用频率在 250MHz 以内;圆片型瓷介电容器为 300MHz ;圆管型瓷介电容器为 200MHz ;圆盘型瓷介电容器可达 3000MHz ;小型纸介电容器为 80MHz ;中型纸介电容器只有 8MHz 。

4) 常用电容器

(1) 有机介质电容器

由于现代高分子合成技术的进步,新的有机介质薄膜不断出现,故这类电容器发展很快。除了传统的纸介、金属化纸介电容器外,常见的涤纶、聚苯乙烯电容器等也均属此类。

① 纸介电容器(型号为 CZ)。它是以纸作为绝缘介质,以金属箔作为电极板后卷绕而成的,是生产历史最悠久的一种电容器。它的制造成本低,容量范围大,耐压范围宽(36V ~ 30kV),但其体积大,损耗($\tan\delta$)大,因而只适用于直流或低频电路。在其他有机介质迅速发展的今天,纸介电容器将逐步被淘汰。

② 金属化纸介电容器(型号为 CJ1)。它是通过在电容器纸上蒸镀一层金属膜作为电极,再卷制后封装而成的。它有单向和双向两种引线方式。金属化纸介电容器的成本低、容量大、体积小。在相同耐压和容量的条件下,其体积比纸介电容器的体积小 3 ~ 5 倍。这种电容器在电气参数上与纸介电容器基本一致,其突出的特点是受到高电压击穿后能够“自愈”,但其电容值不稳定,等效电感和损耗($\tan\delta$ 值)都较大,适用于频率和稳定性要求不高的电路。

③ 有机薄膜电容器。有机薄膜电容器与纸介电容器的区别在于它的介质材料不是电容纸,而是有机薄膜。有机薄膜在这里只是一个统称,它具体又分为涤纶、聚丙烯薄膜等数种。不论体积、质量还是电参数,这种电容器都要比纸介或金属化纸介电容器优越得多。最常见的涤纶薄膜电容器(型号为 CL)具有体积小,容量范围大,耐热、耐湿性能好等优点。其稳定性不高,但仍比低频瓷介或金属化纸介电容器要好,宜做旁路电容器使用。

(2) 无机介质电容器

无机介质电容器是由陶瓷、云母、玻璃等材料制成的。

① 瓷介电容器(型号为 CC 或 CT)。瓷介电容器也是一种生产历史悠久、容易制造、成本低廉、安装方便、应用极为广泛的电容器,一般按其性能可分为低压小功率电容器和高压大功率(通常其额定工作电压高于 1kV)电容器两种。

常见的低压小功率电容器有瓷片、瓷管、瓷介独石等类型。在陶瓷薄片两面喷涂银层并焊接引线,披釉烧结后就可制成瓷片电容器;若在陶瓷薄膜上印制电极后叠层烧结,就能制成独石电容器。独石电容器的单位体积比瓷片电容器小很多,这为瓷介电容器向小型化和大容量的方向发展开辟了良好的途径。

高压大功率瓷介电容器可制成鼓形、瓶形、板形等形式,这种电容器的额定直流电压可达 30kV,其容量范围为 470 ~ 6 800pF,通常用于高压供电系统的功率因数补偿。

由于所用陶瓷材料的介电性能不同,因而低压小功率瓷介电容器有高频瓷介(CC)、低频瓷介(CT)电容器之分。高频瓷介电容器的体积小、耐热性好、绝缘电阻大、损耗小、稳定性高,常用于要求低损耗和容量稳定的高频、脉冲、温度补偿电路,但其容量范围较窄,一般为 1pF ~ 0.1 μ F;低频瓷介电容器的绝缘电阻小、损耗大、稳定性差,但质量轻、价格低廉、容量大,特别是独石电容器的容量可达 2 μ F 以上,一般用于对损耗和容量稳定性要求不高的低频电路,或在普通电子产品中广泛用做旁路、耦合元件。

② 云母电容器(型号为 CY)。它是以云母为介质,用锡箔和云母片(或用喷涂银层的云母片)层叠后在胶木粉中压铸而成的。由于云母材料优良的电气性能和机械性能,使得云母电容器的自身电感和漏电损耗都很小,并具有耐压范围宽、可靠性高、性能稳定、容量精度高等优点。它被广泛用在一些具有特殊要求(如高温、高频、脉冲、高稳定性)的电路中。

目前应用较广的云母电容器的容量一般为 $4.7 \sim 51\,000\text{pF}$, 精度可达到 $\pm 0.01\% \sim 0.03\%$, 这是其他种类的电容器难以做到的。云母电容器的直流耐压通常在 $100\text{V} \sim 5\text{kV}$ 之间, 最高可达到 40kV 。其温度系数小, 一般可达到 $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$; 可用于高温条件下, 最高环境温度可达到 460°C ; 长期存放后, 其容量变化小于 $0.01\% \sim 0.02\%$ 。但是云母电容器的生产工艺复杂, 成本高, 体积大, 容量有限, 因此它的使用范围受到了一定的限制。

③ 玻璃电容器。玻璃电容器以玻璃为介质, 目前常见的有玻璃独石和玻璃釉独石两种电容器。玻璃独石电容器与云母电容器的生产工艺相似, 即通过把玻璃薄膜与金属电极交替叠合后热压成整体而制成; 玻璃釉独石电容器与瓷介独石电容器的生产工艺相似, 即先将玻璃釉粉压成薄膜, 在膜上印制图形电极, 再交替叠合后剪切成小块, 最后在高温下烧结成整体。

与云母和瓷介电容器相比, 玻璃电容器的生产工艺简单, 因而其成本低廉。它具有良好的防潮性和抗振性, 能在 200°C 高温下长期稳定工作, 是一种高稳定性、耐高温的电容器。其稳定性介于云母与瓷介电容器之间, 体积只有云母电容器的几十分之一, 因此在高密度的电路中得到了广泛使用。

(3) 电解电容器

电解电容器以金属氧化膜为介质, 以金属和电解质为电容的两极(其中金属为阳极, 电解质为阴极)。使用电解电容器时必须注意其极性: 极性不能接反, 否则会影响介质的极化, 使电容器漏液、容量下降, 甚至发热、击穿、爆炸。又由于介质单向极化的性质, 故它不能用于交流电路。

由于电解电容器的介质是一层极薄的氧化膜(厚度只有几纳米到几十纳米), 所以其比率电容(容量/体积)比任何其他类型电容器的都要大。在相同容量和耐压情况下, 其体积又要比其他电容器小几个或几十个数量级, 低压电解电容器的这一特点更为突出。在要求大容量的场合(如滤波电路等)均应选用电解电容器。电解电容器的缺点是损耗大, 温度特性、频率特性、绝缘性能差, 漏电流大(可达毫安级), 长期存放时可能因电解液干涸而老化。因此, 除体积小以外, 其任何性能均远不如其他类型的电容器。常见的电解电容器有铝电解电容器、钽电解电容器和铌电解电容器。此外, 还有一些特殊性能的电解电容器, 如激光储能型电容器、闪光灯专用型电容器、高频低感型电解电容器等, 可用于不同要求的电路中。

① 铝电解电容器(型号为 CD)。铝电解电容器一般是用铝箔和浸有电解液的纤维带交叠卷成圆柱形后, 封装在铝壳内而制成的。大容量的铝电解电容器的外壳顶端通常有“十”字形压痕, 其作用是防止电容器内部发热引起外壳爆炸。假如电解电容器被错误接入电路, 介质反向极化会导致其内部迅速发热, 电解液汽化, 膨胀的气体就会顶开外壳顶端的压痕释放压力, 从而避免外壳爆裂伤人。铝电解电容器是一种使用最广泛的通用型电解电容器, 适用于电源滤波和音频旁路。铝电解电容器的绝缘电阻小, 漏电损耗大, 其容量范围为 $0.33 \sim 10\,000\mu\text{F}$, 额定工作电压一般在 $6.3 \sim 450\text{V}$ 之间。

② 钽电解电容器(型号为 CA)。钽电解电容器采用金属钽(粉剂或溶液)作为电解质。由于钽及其氧化膜的物理性能稳定, 所以与铝电解电容器相比, 钽电解电容器具有绝缘电阻大、漏电小、寿命长、比率电容大、长期存放性能稳定、温度及频率特性好等优点, 其缺点是成本高、额定工作电压低(最高只有 160V)。这种电容器主要用于一些对电气性能要求较高的电路, 如积分、计时、开关电路等。钽电解电容器分为有极性和无极性两种。除液体钽电容器以外, 近年来又有了超小型固体钽电容器, 如高频片状钽电容器的最小尺寸可达 $1\text{mm} \times 2\text{mm}$, 可

用在混合集成电路或采用 SMT 技术的微型电子产品中。

3. 电感器

电感器俗称电感或电感线圈,是利用电磁感应原理制成的元件,在电路里起阻流、变压、传送信号的作用。电感器的应用范围很广泛,常用在调谐、振荡、耦合、匹配、滤波、陷波、延迟、补偿及偏转聚焦等电路中。由于其用途、工作频率、功率、工作环境不同,对电感器的基本参数和结构就有不同的要求,从而导致电感器的类型和结构多样化。电感器在电路中的符号



图 1-7 电感器在电路中的符号

号如图 1-7 所示。它常用 L 来表示。

电感器按工作特征分为电感量固定的和电感量可变的两种;按磁导体性质分成空心电感、磁芯电感和铜芯电感;按绕制方式及其结构分成单层、多层、蜂房式、有骨架式或无骨架式电感。

(1) 电感量

在没有非线性导磁物质存在的条件下,一个载流线圈的磁通量 Ψ 与线圈中的电流 I 成正比,称其比例常数为自感系数,用 L 表示,简称电感,即

$$L = \Psi / I \quad (1-2)$$

电感的基本单位是 H(亨利),实际常用单位还有 mH(毫亨)、 μ H(微亨)和 nH(毫微亨)。一般电感器的电感量精度在 $\pm 5\% \sim \pm 20\%$ 之间。

(2) 固有电容

电感线圈的各匝绕组之间通过空气、绝缘层和骨架而存在分布电容。同时,在屏蔽罩之间、多层绕组的每层之间、绕组与底板之间也都存在分布电容。这样,电感器实际上可以等效成如图 1-8 所示的电路。图 1-8 中的等效电容 C_0 就是电感器的固有电容。由于固有电容的存在,使电感线圈有一个固有频率或谐振频率(f_0),其值为

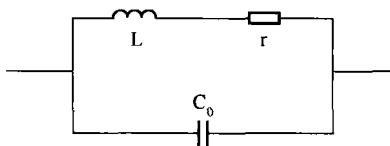


图 1-8 电感器的等效电路

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC_0}} \quad (1-3)$$

使用电感线圈时,应使工作频率远低于电感线圈的固有频率。为了减小电感线圈的固有电容,可以减小电感线圈骨架的直径,用细导线绕制电感线圈,或者采用间绕法、蜂房式绕法。

(3) 品质因数(Q 值)

电感线圈的品质因数定义为

$$Q = \frac{2\pi fL}{r} \quad (1-4)$$

式中, f 是工作频率(Hz); L 是电感线圈的电感量(H); r 表示电感线圈的损耗电阻(Ω),包括直流电阻、高频电阻及介质损耗电阻。

Q 值反映了电感线圈损耗的大小, Q 值越高,损耗功率越小,电路效率越高。一般谐振电路要求电感线圈的 Q 值高,以便获得更好的选择性。为提高电感线圈的品质因数,可以采用镀银导线、多股绝缘线绕制电感线圈,以及使用高频陶瓷骨架及磁芯(提高磁通量)。

(4) 额定电流

电感线圈的额定电流指电感线圈长期允许通过的最大电流。当电感线圈在供电回路中作为高频扼流圈或在大功率谐振电路里作为谐振电感使用时,都必须考虑它的额定电流是否符合

合要求。

(5) 稳定性

因电感线圈产生几何变形、温度变化而引起的固有电容和漏电损耗的增加,都会影响电感线圈的稳定性。电感线圈的稳定性通常用电感温度系数 α_L 和不稳定系数 β_L 来衡量,两者的值越大,表示电感线圈的稳定性越差。 α_L 用于衡量电感量相对于温度的稳定性,其值为

$$\alpha_L = \frac{L_2 - L_1}{L_1(t_1 - t_2)} \quad (1-5)$$

式中, L_2 和 L_1 分别表示温度为 t_2 和 t_1 时的电感量(H)。

β_L 表示电感量经过温度循环变化后不再能恢复到原来数值的这种不可逆变化(无单位数值,可以用小数或百分数表示),其值为

$$\beta_L = \frac{L - L_1}{L} \quad (1-6)$$

式中, L 和 L_1 分别为原来的和温度循环变化后的电感量(H)。

温度对电感量的主要影响是导线受热膨胀后使电感线圈产生几何变形,为减小这一影响,可以采用热绕法(绕制时将导线加热,冷却后导线收缩,紧紧贴合在骨架上)或烧渗法(在高频陶瓷骨架上烧渗一层旋绕的银薄膜来代替原来的导线),以保证电感线圈不变形。

当湿度增大时,电感线圈的固有电容和漏电损耗会增加,这也会降低电感线圈的稳定性。改进的方法是将电感线圈用绝缘漆或环氧树脂等防潮物质浸渍密封。但这样处理后,由于浸渍材料的介电常数比空气大,会使线匝间的分布电容增大,同时还会引入介质损耗,影响 Q 值。

4. 变压器

两个电感线圈相互靠近,就会产生互感现象。因此从原理上来说,各种变压器都属于电感器。变压器在电子产品中能够起到交流电压变换、电流变换、传递功率和阻抗变换的作用,是不可缺少的重要元件之一。变压器在电路中的符号如图 1-9 所示。变压器的主要性能参数如下。

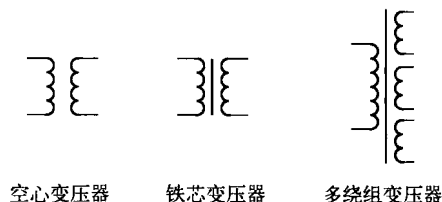


图 1-9 变压器在电路中的符号

(1) 额定功率

在规定的电压和频率下,变压器能够长期连续工作而不超过规定温升的输出功率即为额定功率。一般电子产品中的变压器的额定功率都在数百瓦以下。

(2) 变压比

变压比指变压器初级电压与次级电压的比值或初级绕组匝数与次级绕组匝数的比值。通常在变压器外壳上会直接标出变压比,如 220V/12V。变阻比是变压比的另一种表达形式,可以用来表示初级和次级的阻抗变换关系,如用 4:1 表示初级、次级的阻抗比值。

(3) 效率

效率指输出功率与输入功率的比值,一般用百分数表示。变压器的效率由设计参数、材料、制造工艺及额定功率决定。通常 20W 以下的变压器的效率是 70% ~ 80%,而 100W 以上的变压器的效率可达到 95% 左右。

(4) 温升

温升指当变压器通电工作以后,线圈温度上升到稳定值时,比环境温度升高的数值。温升

高将使变压器的绕组导线和绝缘材料老化。

(5) 绝缘电阻和抗电强度

绝缘电阻和抗电强度(指线圈之间、线圈与铁芯之间及引线之间,在规定的时间内(如1分钟)可以承受的试验电压)是判断变压器能否安全工作的特别重要的参数。不同的工作电压、不同的使用条件和要求,对变压器的绝缘电阻和抗电强度有不同的要求。一般要求电子产品中的小型变压器的绝缘电阻 $\geq 500\text{M}\Omega$,抗电强度 $\geq 2\,000\text{V}$ 。

(6) 空载电流

称给变压器初级加上额定电压而次级空载时的初级电流为空载电流。空载电流的大小,反映了变压器的设计、材料和加工质量的优劣。空载电流大的变压器的自身损耗大,输出效率低。空载电流一般不超过变压器额定电流的10%。设计和制作优良的变压器,空载电流可小于额定电流的5%。

(7) 信号传输参数

用于阻抗变换的音频、高频变压器,还要考虑漏电感、频带宽度和非线性失真等信号传输参数。

5. 接插件的分类

接插件可按工作频率和外形结构特征来分类,按照工作频率可分为低频接插件和高频接插件两种。其中,低频接插件适合在频率为100MHz以下时工作,高频接插件适合在频率为100MHz以上时工作。高频接插件在结构上需要考虑高频电场的泄漏、反射等问题,一般都采用同轴结构,以便与同轴电缆连接,因此又称其为同轴连接器。

接插件按照外形结构特征分为矩形接插件、印制板接插件、带状电缆接插件等。

(1) 矩形接插件

矩形接插件如图1-10所示。由于矩形接插件的体积较大,电流容量也较大,并且矩形排列能够充分利用空间,所以这种接插件被广泛用于印制电路板上安培级电流信号的互相连接。有些矩形接插件带有金属外壳及锁紧装置,可以用于机外的电缆之间、电路板与面板之间的电气连接。

(2) 印制板接插件

印制板接插件如图1-11所示。印制板接插件用于印制电路板之间的直接连接,其外形是长条形,结构有直接型、绕接型、间接型等。其插头由印制电路板(“子”板)边缘上镀金的排状铜箔条(俗称“金手指”)构成;插座根据设计要求订购,焊接在“母”板上。“子”板插入“母”板上的插座,就可连接两个电路。印制板插座的型号很多,其主要规格有排数(单排、双排)、针数(引线数目,从7线到近200线不等)、针间距(相邻接点簧片之间的距离),以及有无定位装置、有无锁定装置等。

(3) 带状电缆接插件

带状电缆是一种扁平电缆,从外观看像是将几十根塑料导线并排黏合在一起而形成的。带状电缆占用空间小,轻巧柔韧,布线方便,不易混淆。带状电缆插头是电缆两端的连接器,它与电缆的连接不用焊接,而是靠压力使连接端内的刀口刺破电缆的绝缘层来实现电气连接的。带状电缆接插件的工艺简单可靠,如图1-12所示。带状电缆接插件的插座部分直接装配焊接在印制电路板上。

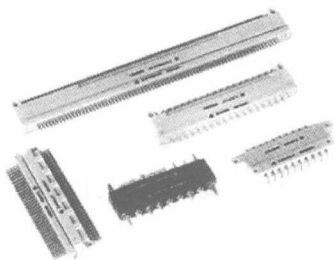


图 1-10 矩形接插件

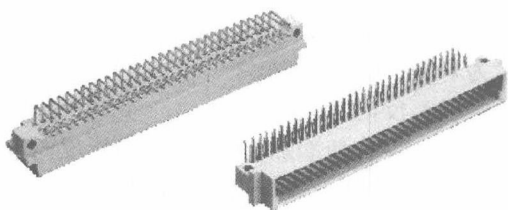


图 1-11 印制板接插件

带状电缆接插件用于低电压、小电流的场合,能够可靠地同时传输几路到几十路数字信号,但不适合用在高频电路中。它在高密度的印制电路板之间得以广泛应用。

(4) 条形接插件

条形接插件如图 1-13 所示,广泛用于印制电路板与导线的连接。接插件的插针间距有 2.54mm(额定电流为 1.2A)和 3.96mm(额定电流为 3A)两种,工作电压为 250V,接触电阻约为 0.01Ω 。插座焊接在印制电路板上,导线压接在插头上,压接质量对连接可靠性的影响很大。这种接插件可保证约 30 次插拔次数。

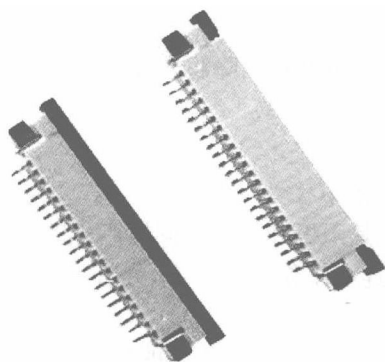


图 1-12 带状电缆接插件

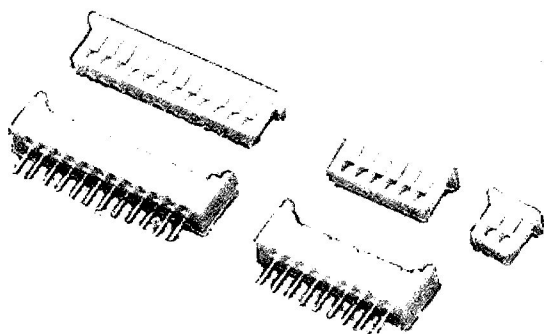


图 1-13 条形接插件

1.1.2 变频器电路中的常用电子元器件

1. 二极管

1) 普通二极管

半导体二极管是由 PN 结加上引线 and 管壳构成的。它按制造材料分为硅二极管和锗二极管;按二极管的结构分为点接触型二极管和面接触型二极管。二极管在电路中的符号为 VD , 用 VD 来表示,其电流方向为箭头所指方向。给二极管施加正向电压时它会导通,施加反向电压时它不导通,因此它具有单向导电性。二极管的基本特性参数有以下几个。

(1) 正向特性

当加在二极管两端的正向电压(P 为正、N 为负)很小时(锗二极管小于 0.1V,硅二极管小