

# 开关电源的工作原理与设计

余云国 金恒 唐洋

南通江海电容器股份有限公司 江苏 南通 226361

**摘要:** 电能是社会发展和人们生活所必须的能源之一,而在工业生产过程中,所有的电力设备只有依靠电能才能正常运转,比如:电动机、电焊机等,而电能想要有效被传输至设备中,则需要利用电源作为支持,电源根据使用形式的不同,大多数分为两种形式:线性电源以及开关电源,其中线性电源是最早被研究和使用的,其运转原理相对比较简单,但是此种电源形式运行效率较低,并且设备体积大,因此开关电源应运而生。

**关键词:** 开关电源;工作原理;能量消耗;DC/DC转换器;电容器

## Working principle and design of switching power supply

Yu Yunguo, Jin Heng, Tang Yang

Nantong Jianghai Capacitor Co., Ltd., Jiangsu, Nantong 226361

**Abstract:** electric energy is one of the necessary energy for social development and People's life. In the process of industrial production, all the electric equipment can work normally only by relying on electric energy, for example, electric motor, electric welding machine, etc., for electricity to be transmitted effectively to a device, it needs to be supported by a power supply, which can be divided into two types, linear and switching, depending on the type of power used, among them the linear power supply is the first to be studied and used, its operation principle is relatively simple, but this form of power supply operation efficiency is low, and the device size is large, so the switch power supply comes into being.

**Key words:** switching power supply; working principle; energy consumption; DC/DC converter; capacitor

### 前言

工业发展过程中,随着科学技术不断被研究和发 展,生活和生产对于开关电源的基础需求总量相对较大,此种发展现状使技术人员对于电源技术逐渐关注和重视,让开关电源技术得到了长远的发展。

### 1 开关电源概述

开关电源是开关模式电源设备的简称,该设备又被成为交换式电源以及开关变化设备,是一种通过高频将电能有效转化的设备。从应用功能来看,开关电源主要将电压利用不同形式的传输结构,有效转化为用户所需要的标准电压或者电流。

开关电源在工作过程中,该设备的主要作用是实现电压以及电流之间的转换。而将开关电源与线性电源相对比后发现,开关电源实际运转和工作主要依靠的是切换晶体管道,并且在全开模式和全关模式之间不断切换,以此完成设备的运转控制。虽然两种形式切换时会产生较高的能量消耗,但是由于切换之间较短,因此总体能耗相对较少,由此可见,开关电源在运行过程中普遍具有能量消耗低等特点<sup>[1]</sup>。

### 2 开关电源的类型及原理

#### 2.1 类型

#### 2.1.1 直流开关电源

现代开关电源主要有两种形式,其一为直流开关电源,其二为交流开关电源,由于直流开关电源相比之下应用更加广泛,因此本次研究主要针对直流开关电源。

直流开关电源的主要功能是将电能质量较差的原生态电源,比如:系电池电源,通过一系列控制系统,转化为能够满足设备使用需求的高质量直流电压,因此直流开关电源的核心设备是DC/DC转换器,直流开关电源的种类划分通常依靠转化器属性进行区分。

从电流输入和输出时设备是否具有电气隔离功能来看,主要分为两种:如果设备具有隔离功能的则被称为隔离式直流开关电源,而没有隔离功能的设备则被称为非隔离式直流开关电源。其中隔离式的电源设备在种类区分时,还可以直接按照电源功率设备的安装数量进行区别处理,比如:单管设备主要包含正激式和反激式两种种类;双管设备则包含双管正激式,双管反激式、推挽式和半桥式。

#### 2.1.2 电容器

对于开关电源来说,电容器是影响其正常运行和操作的核 心零部件,在直流开关电源设备中,电容器相当于断路设备,加上电容器从本质上来看是一种可以储存电荷的电子元



件,因此成为开关电源常见的电子元件之一,对于电容器来说,滤波起到重要作用,开关电源中几乎所有的电路结构都会应用到。

开关电源的电容器所具有的能源转化功能,能够有效将电能转化为开关所需要的能源,而还可以将其他能源通过电容器转化为电能,所以从理论上来看,电容器自身的基础容量越大,那么所产生的阻抗则越小,电能通过的频率同样越高,所以应根据开关电源实际情况,选择适合的电容器型号,确保电源稳定。

在隔直应用中,选用电解电容需要注意低漏电电流;在大动脉电流滤波时电解电容需要具有低ESR要求,而且还要注意流过的纹波电流是否超过电解电容的额定电流;在高频,大电流滤波时电解电容不仅需要低ESR还需要具有较低的寄生电感,以获得良好的频率阻抗特性。不仅如此,电解电容选型,还需要根据应用环境的温度范围和寿命要求来选型。<sup>[2]</sup>

同时开关电源不断的小型化、轻便化、集成电路模块化和高效率,在电子设备中使用量越来越大,普及率越来越高。相应的就要求电解电容器小型大容量化,高温长寿命化,耐大纹波电流,高频低阻抗化,高可靠性和更适应高密度组装。

## 2.2 原理

### 2.2.1 脉冲宽度调控

从脉冲宽度调控方式来看,该技术最为显著的技术特点则是开关方式调控频率和开关周期具有固定性,其中如果开关方式调控频率趋于固定的话,那么开关电源则可以通过改变开冲宽度,实现调节脉冲占空比,从而实现稳定电压的最终目标;而开关周期固定的话,开关电源的滤波电路则可以相对清晰,有效降低内部结构出现故障问题的机率<sup>[3]</sup>。

### 2.2.2 脉冲频率调控

脉冲频率调控技术最显著的优势是自身所具有的稳定性的,以此保证在日常应用过程中能够对开关电源的运行频率合理调控,最终实现调整占空比,实现电压稳定的最终目的。因此基于脉冲频率调控方式对电路进行方案设计,需要采用电流固定脉冲器有效代替脉宽调整器中电波控制设备,并且为保证开关电源的控制效果,还需要利用电压频率转化设备有效改变电流控制频率,针对此种现状,技术人员要结合脉冲频率调控技术特点,从不同方面探索其原理。

第一,脉冲宽度调控与脉冲频率调控相比较,两种调控技术均使用时间比例控制稳定电压,所以两种方式在稳定电压的过程中,虽然操作形式和改变内容具有明显差异性,但是所得到的结果以及工作目的相同。第二,脉冲频率调控在实际运转过程中,当电压基础负载由轻提高至重,或者电压输入等级从高降低至低时,为保证电压的稳定性,需要利用脉冲频率调控技术,并且通过提高脉宽、提高脉冲基础频率的方式,始终保持输出电压的稳定系数。

### 2.2.3 混合调控

混合调控技术总本质上来看,是为了保证开关电源能够应对各种运转环境,由于开关电源运转过程中,无论是宽度脉冲还是开关的控制频率等方面都极易出现明显波动,所以为了确保开关电源自身的稳定,越来越多的生产企业选择将脉冲宽度调控以及脉冲频率调控相结合<sup>[4]</sup>。

## 3 开关电源的设计要点

### 3.1 软启动电路设计

由于大多数开关电源的输入端都会安装输入电流滤波设备,而当开关开启后,滤波电流则会大量涌入,最大甚至达到正常输入电流的几倍,此种巨大的电流会造成开关电源内部熔断设备损坏,或者直接损坏开关的合闸区域,导致输入保险丝熔断、开关无法正常使用。除此之外,大量涌入的电流同样会损坏电容器,缩短设备使用寿命,导致电容器过早损坏。

针对开关电源使用现状,需要单独设置防浪涌的电流软启动电路结构,有效确保开关电源能够正常运转。在开关电源电路结构设计上,软启动电路通常使用继电器以及限流电阻等电子元件,以此有效限制对电容器过度充电,并且为了避免限流电阻电子元件在运转时消耗过多的电流功率,影响开关电源的正常运转,在设备处于开启状态后,还要在线路结构上安装继电器进行自动短接,以此有效保证直流电源能够对开关电压稳定设备提供基础电力。

### 3.2 驱动电路设计

对于开关电源来说,驱动电路是电源主要电路以及控制电路的连接端口,因此科学、合理的驱动电路方案设计,对于开关电源设备的安全运转具有十分重要作用。

驱动电路在设计过程中,由于该电路的作用是放大电源输出脉冲功率,以此有效驱动其他电子元件,所以在方案设计之前,首先要明确驱动电路所需要支持的功率设备和电子元件型号,根据其运转形式选择适合的驱动电路,比如:驱动电源、线路隔离设备以及逻辑电路等。

由于本次研究的开关电源为直流开关电源,因此开关电源元件则需要选择功率较大的24N40E驱动电路;该型号电路具有开关反应速度快、并联操作建议且所需要的驱动功率较低等优势,针对该型号驱动电路,电流控制设备则需要选择型号为SG3525的PWM控制器,以此保证驱动电路能够正常运行<sup>[5]</sup>。

### 3.3 PWM控制器设计

PWM控制器在实际应用过程中,根据使用特点通常为电压型的控制设备以及电流型的控制设备,其中电压型的控制设备上安装电压反馈控制功能,以此满足电压稳定输出的基础需求,而电流性的控制设备则在原始结构的基础上增加电流反馈控制,致使设备除了可以进一步稳定开关电源输出电压以外,还具有以下优势。

第一,当开关所流通的电压达到预期数值时,开关电源流通管道会自动关闭;第二,电流型的控制设备在日常运

转过程中,此种控制形式能够自动清除电压输入设备后所产生的滤波电压,有效保证开关电源输出端较低的滤波电容量;第三,当多台开关电源共同工作并且处于并联状态时,所使用的PWM控制器可以利用自身具有的电流均衡能力,保证电源自身更快的相应动态电流负载。

### 3.3.1 优化振荡电路

振荡电路进行方案设计时,主要将电源基础电容中放电线路与充电线路有效区分,并且单独设立线路引脚,而放电线路则要在电路上额外连接电阻,以此有效改变线路的放电时间,由此可见,开关电源是否具有充电功能,主要由振荡电路设计方案和电流源所决定。

### 3.3.2 改进输出电路

对于开关电源来说,输出电路是影响电力供应的重要影响因素之一,对此想要彻底改进输出电路,型号为SG3525的PWM控制器则需要使用图腾柱输出电路结构,且结构主要由达林顿管所构成,其电路最大的驱动能力能够达到100mA,有效实现输出管道的快速开启和关闭。

除此之外,输出电路在方案设计过程中,为保证电路运转稳定性和安全性,还需要在线路上额外设置振荡器,确保该设备通过外接使线路基础电容和电阻出现锯齿波形震荡的同时,出现脉冲信号,以此展现出输出电路进行电流传输时的实际情况;改进输出电路方案中,时钟脉冲同样需要技术人员的格外关注,这是因为该设备作为输出电路的触发设备,一旦电路出现异常情况则可以触发控制信号,并且经过电路误差放大器的作用,将放大的信号与振荡器输出的锯齿波电压相互碰撞和反映后,第一时间上传至PWM控制器输出端,以此为工作人员提供电路运行参数。

### 3.4 高频高压变压器设计

高频、高压变压设备是开关电源的重要构成环节,因此针对其电路设计时需要重点关注以下几个方面。

第一,由于变压器的绝缘区域包含:设备高压边缘端头的绝缘区域、高压边缘对低压边缘的绝缘区域、高压边缘对于变压设备铁芯的绝缘区域等,所以实际开展变压器优化和

设计时,应根据不同变压器绝缘区域选择适合的设计方案,但是现阶段由于大多数变压器自身体积和占地面积相对较小,所以各个绝缘的距离也受到了明显的约束和限制。

第二,由于变压器的抗漏频率基础比例不断增加,变压设备的基础输出功率受到了极大的约束和限制,导致变压设备降低漏感十分艰难,其变压器内部结构无法满足基础需求。

针对以上变压器所产生的问题和不足,本次研究主要将变压其进行真空油液浸泡处理,这是因为油液的基础绝缘效果要比空气好,并且如果设备自身如果使用足够大的铁芯的话,则可以确保设备之间具有足够的绝缘距离,有效降低绝缘距离对于分布电容的影响程度,但是此种处理方式需要格外关注电容的控制,如果电容过小则会提高设备漏感。

### 结束语:

总之,开关电源作为工业生产以及电子研究技术的重点方向,该技术的输出效果则代表着各种电子设备的输出功率,因此开关电源设计时,自身应确保稳定性、高效率以及低噪声等优势。

### 参考文献:

- [1]张勇.基于UC3842的小功率开关电源工作原理及维修[J].冶金动力,2022(02):117-119.
- [2]陈永真.电容器及其应用.北京.科学出版社.2005
- [3].单激式变压器开关电源的工作原理[J].世界电子元器件,2022(11):15-16.
- [4]黄剑女,郭爱群.医疗设备开关电源故障维修四例[J].医疗装备,2022,35(21):128-131.
- [5]赵利华.开关电源的工作原理及技术趋势[J].电子测试,2021(11):129-130.

基金项目:2022年度江苏省工业和信息化产业转型升级专项资金关键核心技术(装备)攻关产业化项目—新能源汽车及新能源用高可靠铝电解电容器研发及产业化。

