

# 新型Boost及Buck-Boost变换器研究

黄沈乾

(广西大学电气工程学院, 广西 南宁 530004)

**【摘要】**本文提出了几类Boost变换器分析研究, 拓宽了Buck-Boost变换器输入电压范围, 而且同时也降低了开关管的电压应力, 适用于输入电压变化范围较宽的应用场合。因此有利于选择低耐压高速器件以实现更大的功率变换, 且能有效降低电路的开关损耗, 提高变换器的效率。

**【关键词】**高增益; Buck-Boost变换器; DC-DC变换器; 电压应力

由于电力电子技术的飞速发展, 电力供给系统也有了其很大的发展空间, 同时, 功率半导体开关器件的研究也得到了长足进步。DC-DC、AC-DC等电能变换技术在用户和电网之间有着十分良好的缓冲匹配作用。DC-DC变换器是一种将直流电变换为其他一种形式的直流电技术, 如Boost变换器、Buck变换器、Buck-Boost变换器等一系列不同功能的变换器。

自90年代后期开始, 美国、欧洲等国家就已经纷纷禁止了没有谐波抑制及功率因数改善功能的供电系统设备进入本国市场, 而且对高次谐波电流、功率因数制定了明确而详细的国际标准, 从而使世界各个国家对其电源电力的开发研究单位和机构都投入了庞大的人力、物力, 很快这就形成了电源系统研究中的一个新的领域。由于电源给电子设备提供它所必须的能量, 因此这就决定了电源在电子设备中的地位极其重要这一事实。如果电子设备要获得很好的工作可靠度, 那就必须要有高质量保障的电源设备, 因此, 导致电子设备对其电源的安全性, 可靠性, 技术指标的要求也日益提高。对于线性稳压电源而言, 开关稳压电源的优点相对更能满足当今电子设备的各项要求。

近年来, 开关电源技术在电力电子变换器中得到了广泛的关注和关注。同时, 能源需求日益增加并且传统的化石能源所引起的环境问题也日趋严重, 因此人们开始关注新型能源的发展和利用。那些可再生能源的发电技术, 引起了全球各界的广泛关注。然而这些新能源发电系统中, 一般需要将较低的电压(大约30~48V)转换为较高的电压(大约300~400V)输出, 从而来满足用电设备或发电用户的需求。对DC-DC变换器的输入电压范围也提出了更高的要求<sup>[1]</sup>。开关DC-DC变换器的宽输入电压范围特性是通过调节开关管的占空比来实现<sup>[2]</sup>。要能使传统的开关DC-DC变换器可以在一个较宽的输入电压范围内保持恒定的输出电压, 则需要使占空比能在较大范围变化, 从而会导致控制器设计复杂、系统稳定性较差等一系列问题。

## 1. 开关电源发展现状

如今, 各国的研究课题方向主要集中在DC-DC开关变换器系统的建模及控制、拓扑结构的建立、开关器的实际应用开发、软开关技术、降低设备的体积重量以及测试抗电磁干扰等。但是, 在DC-DC开关变换器系统的建模及控制等一系列方向还没有公认成套的方法, 说明其理论方向上还存在较多明显的不完善性。

创业教育是高校职业指导的重要内容。高校的创业教育以提高大学生自我就业能力为目的, 通过对大学生创业意识、创业精神和创业能力的培养, 使更多的谋业者变成职业岗位的创造者。通过创业教育, 使大学生在职业生涯规划层面上, 更加深刻理解创业的意义, 转变单纯寻求岗位的就业思想, 唤醒学生的创业意识, 点燃学生的创业热情; 培养学生敢于创业和善于创业的品格; 引导学生学习创业知识、创业技能和创业方法, 帮助学生结合所学专业选择适合社会需要和个人条件并易于创业的领域、目标和方式, 通过丰富的创业实践活动不断提高创业能力。

## 6. 职业指导有助于培养大学生的职业适应能力。

随着经济社会的不断发展, 经济结构与职业结构发生了巨大的变化, 新旧职业更迭加剧, 职业要求复杂化综合化, 职业的专业界限日益淡化。同时, 在市场经济条件下, 人才面临多种流动诱因和流动机会。这使得就业呈现出流动性。就业的流动性使得人才在成长的过程中面临着不断的失业、再就业。在一个职业更迭和职业流动加速的时代, 未来社会人才的竞争会更激烈, 在成才的长征路上, 大学毕业只是开始, 就业者已由追求终身就业岗

目前, 开关电源的抗干扰技术和防止电网系统的各项污染技术也早已引起各国专家们的密切关注。在本世纪, 分布式的电源系统组成将着重于“电力电子的封装技术”、“系统的集成”等领域。而现今新能在低压工作、降压很小的器件也已经开始陆续地进入了市场, 有可以得到低压输出为1V和功率低至10mW的开关电源, 并且其功率密度达每立方厘米5~6W, 这样便为小型化装置微型化提供了有利条件。同时, 还可以采用软开关技术, 可以使小功率开关的电源效率达到90%甚至更高, 大功率电源可以达到95%以上。外形也可以做的更加轻薄、短小。总而言之, 电源早已不再是又笨又重的旧型设备了, 取而代之的是灵巧便捷、智能高效的新型装置。虽然这几年我国的开关电源技术也有了很快很大的进步, 同时理论研究和实际应用也已初具规模, 但是国内的开关电源市场还需要进一步大力开拓, 而相控电源是在我国现有的电源中占有市场份额较大的一种。因此, 必须应用软开关技术的电源取代其他各类的相控电源。对于当今的开关电源功率交换技术的发展趋势, 总体可以概括为四类: 高效率、高频率、零污染以及模块化。

## 2. 变换器概述

DC-DC变换器是属于电子学功率的范畴, 它涉及到控制理论、电力电子和电机学等多个学科, 从70年代起发展至今, 和这类变换器相关的理论研究和实际器件的开发也有了长足的进步与发展。

在电力电子设备领域, 我们把整流器称为一次电源, 而把DC-DC变换器称为二次电源。此外按照其输入与输出之间是否有电气隔离之分, 开关型的DC-DC变换器可分为有电气隔离的隔离型DC-DC变换器与无电气隔离的非隔离型DC-DC变换器。按照其能量的传递方向不同, DC-DC变换器又可分为电源只可向负载供电的单向与电源可向负载供电、负载也可向电源供电的双向两种。另外, 按按照其开关器件的控制方式不同, 开关型DC-DC变换器还可分为自激式变换器与他控式变换器。同时按照开关器件的开通条件不同, 开关型DC-DC变换器也可分为软开关(soft switching)和硬开关(hard switching)这两种。

传统Boost电路只有一个可以控制的功率开关管, 因为其结构简洁、效率较高等优点而得到了较为广泛的应用<sup>[3]</sup>。但是当变换器前端的燃料电池、太阳能等直流源的电压较低, 而同时又需要输出很高的电压时候, 功率开关管可能会经受很大的电压、电流应力, 同时输入电压越低, 其开关的导通占空比也就会越大, 甚至可能接近于1的临界状态, 如此之大的占空比将直接导致系统效率的降低, 此外由于实际中开关等器件的条件限制, 开关的频率也将不能进一步的提高。

此外, 我们也了解到软开关技术具有多项较为突出优点, 其主要可以总结为以下几点<sup>[4]</sup>: (1)通过软开关技术能非常有效的降低开关管的导通和关断时所产生损耗, 从而提高变换器的

位转向追求终身就业能力。未来职业是否能成功, 在很大程度上取决于个人应对复杂多变的职业世界的自我决策能力。

高校职业指导的内容不止是了解某种职业及资格要求、学会撰写简历与参加面试; 高校职业指导的重点也不仅是职业观、就业观的教育。高校职业指导以人的职业能力的终身发展、以职业相联系的人的整体发展为着眼点开展教育工作, 培养学生在今后的职业生涯中需要的适应能力, 使学生接受到最适合自己的职业教育, 使他们具有能够适应未来职业发展需要的良好素质, 能够在未来的职业生活中自我充实、自我提高、自我实现。

## 参考文献

- [1]劳动和社会保障培训就业司.中国就业培训技术指导中心.创新职业指导——新理念[M].北京:中国劳动社会保障出版社,2005.1.
- [2]廖铁涵.职业与职业指导概念探究[J].中国职业技术教育,2007(15).
- [3]俞俭.社会需要什么的大学生——武汉大学调查启示[N].中国教育报,2000-9-19(05).
- [4]郭秀兰.大学生就业压力的实证分析[J].湖北工业大学学报,2011(6).
- [5]青云.对职业指导工作开展几点思考[J].中国教师,2008(S1).236.

工作效率; (2) 在开关管导通和关断损耗降低的同时, 还可以提高其工作的频率, 这样不但可以加快变换器的动态响应速度, 还可以再次提高变换器的功率密度; (3) 另外, 软开关技术也可以切实有效的降低变换器的电磁干扰, 从而提高变换器的环境适应能力。

### 3. 新型高增益双开关Boost变换器

新型拓扑如图1所示, 该拓扑采用输入端的并联方式, 这样可以有效减小开关管的电流应力, 输出端则是采用两个储能电容C1和C2的准串联结构方式, 既能降低开关电压的应力又能减小其输出电压的纹波, 这里的储能电容准串联结构方式指的是两个电容并没直接的串联, 而是在输出端起到了串联的作用。为了便于分析其工作原理, 我们要做以下几点假设: (1) 所有的开关管、二极管都是理想器件 (导通和关断时间为零), 并且关断时的电阻为无穷大, 导通时的压降为零; (2) 所有的电感及电容均为理想器件; (3) 同时, 输出的电容足够大 (可近似看为无穷大), 稳态时的直流输出电压为恒定值, 并且纹波电压忽略不计; (4) 电感电流一直都处于连续工作的状态。

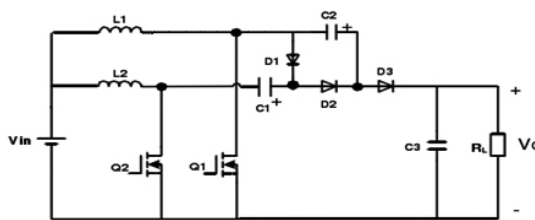


图1 新型两开关高增益Boost变换器

这种新型的高增益双开关Boost升压变换器, 与传统的单Boost或者双开关Boost变换器 (如交错并联和三电平Boost变换器等) 相比, 具有以下明显的优势: (1) 在相同占空比的情况之下, 电压增益提高很大, 最高可以为传统的双开关变换器的3倍左右, 相当适合于低电压输入、高电压输出的情形; (2) 开关管的电压应力大为减小, 十分有利于具有低耐压并且高速度开关器件的电路, 从而降低电路的损耗, 达到提高电路的性能的目的; (3) 采用交错式控制技术, 可以非常有效的减小输入电流纹波及输出电压纹波。

另外, 结合电压升举技术中的升压优势以及二次型变换器中宽输入电压范围明显优点的基础之上, 构想出一种新型双开关高增益Boost变换器, 这种变换器不但具有直流增益高和输入电流连续的特点, 还有可以降低开关管的电压应力的优势, 从而以便于选取具有较小的导通电阻的开关管来进一步提高变换器的效率。新型双开关高增益Boost变换器还具有输入电压范围较宽、输入电流非常连续、效率高明显优势, 它适用于光伏发电系统和燃料电池等新型能源之中。

### 4. 双管Buck-Boost变换器

在光伏发电中, 光伏逆变器通常采用的结构是两级式, 即前级的DC-DC变换器和后级的DC-AC逆变器组合而成。前级DC-DC变换器主要的两个任务是将光伏电池的输出电压转换成所需的恒定的直流电压; 并且要实现光伏电池的最大功率跟踪。后级DC-AC逆变器则是要将前级恒定的直流电压转换成交流电压, 并入电网中去。

光伏电池的输出电压不但与输出电流有关, 而且还和光照、温度等气候条件有关, 变化的范围较宽。图2中所示的是由Buck变换器和Boost变换器级联并简化而得的双管Buck-Boost变换器, 它不但拥有升降压的功能, 而且还与Buck-Boost、Sepic、Zeta等其他变换器相比, 具有无源元件少、开关管电压应力低、以及输入输出极性相同等优势, 适用于各种宽输入电压范围的情况<sup>[5]</sup>。

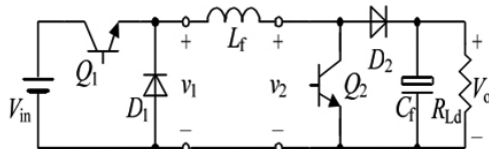


图2 双管Buck-Boost变换器

为了减小消除输入电压扰动对输出电压的影响, 我们可以采取输入电压的前馈方法。常见的输入电压前馈方法有以下几种:

(1) 可以让锯齿波信号的峰值或参考信号随输入电压的变化而相应变化, 以便实时的调节占空比; (2) 可以根据变换器的直流传输增益的表达式, 采样输入电压实时计算的占空比; (3) 可以通过变换器的小信号模型而推导相应的实现输入电压对输出电压的传递函数为零的前馈函数式, 这个前馈函数的输出信号一样可以

用于实时调节占空比。但是考虑到小信号模型是基于某一个直流的工作点, 上述的前馈函数因此不适用于输入电压范围比较宽, 同时直流工作点也不停变化的场合。

无论是采用何种方法, 其输入电压前馈的本质均是从输入电压扰动信号中获取本身所需要补偿的占空比, 从而起到抑制扰动信号对其输出电压的影响的作用。同时又考虑到实际中的电路的并不是那么理想化, 所以一般采用输入电压前馈和输出电压反馈同时作用, 从而来调节输出的电压。如果一旦输入电压发生扰动, 它所需要补偿的占空比大部分都是由输入电压前馈所提供的, 这样使得其尽可能的减小输出电压反馈调节器本应该需要的补偿量, 从而减少调节器的响应时间。

### 5. 新型四开关Buck-Boost变换器

假如提出一种四开关的Buck-Boost变换器, 以其作为两级式变换器的前级便可以使得额定输入的电压附近效率最高, 然而同时其输出的电压变化范围又较窄, 从而可以为后级的优化实现和设计创造很有利的条件。

前级变换器能同时具备Buck与Boost两种工作模式, 这样的话便可能让额定输入电压附近的效率达到最高值。同时实现升和降两种状态的基本变换器有Buck-Boost、Sepic、Cuk和Zeta等。其中Buck-Boost和Cuk的输出是反极性的, 并且辅助电源和驱动实现起来比较困难; 而Sepic、Cuk、Zeta变换器的无源元件很多, 不太利于实现高功率的密度。所以综上所述, 这几种基本拓扑机构均不适合使用。

Buck和Boost是最基本、最简单的两种变换器, 它们输出电压分别低于和高于输入电压。但是额定输入电压附近的效率不是很高, 同时因为其输入的范围较宽, 所以整体的效率也不会很高。

因为全桥变换器具有拓扑结构简洁并且控制方式简单等众多优点而被广泛的应用在各类电源模块中, 因此可以尝试选择如图3所示的变换器。

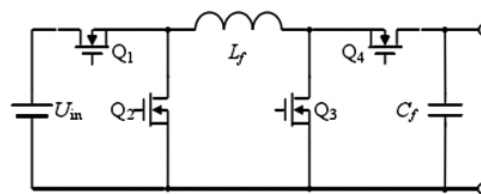


图3 四开关Buck-Boost变换器

按照输出电压的调节方式来分类的话, 两级式变换器的控制策略可以大致分为以下两种: (1) 一级粗调或不调, 另一级精调; (2) 两级都精调。

针对某些电源模块具有很高的要求, 这种方式是一种高效率、高功率密度并且适合输入范围较宽工作的四开关Buck-Boost变换器。提出的这种结构和控制策略可以保证高效率的同时还能实现额定输入附近的效率最高, 满足未来各类模块电源高效率以及高功率密度的需求。

### 6. 总结

(1) 通过阅读了相应的国内外文献, 比较全面地掌握了开关电源的工作原理和电力电子中变换器的国内外发展现状及其在研究与生产中的重要性, 从而引入了目前一些Boost及Buck-Boost变换器所存在的一些个比较难以解决的技术性问题。

(2) 本文随后分别从新型高增益双开关Boost变换器、双管Buck-Boost变换器、新型四开关Buck-Boost变换器分析了其各自的特点及其适用范围, 并且在理论上提出了一些控制策略。

### 参考文献

- [1] Wu Hua Li, Xiangning He, Review of nonisolated high-step-up DC-DC converters in photovoltaic grid-connected applications[J]. IEEE Transactions on industrial electronics, 2011, 58(4): 1239-1250.
- [2] 杨平, 许建平, 张士宇, 王金平. 峰值电流控制二次型Boost变换器[J]. 电工技术学报, 2011, 26(5): 101-107.
- [3] Chihchiang Hua, Chihming Shen. Control of DC/DC converters for solar energy system with maximum power tracking[J]. IECON Proceedings, 1997, 2: 827-832.
- [4] 陈武, 阮新波, 颜红. DC/DC多模块串并联组合系统控制策略[J]. 电工技术学报, 2009, 24(7): 93-102.
- [5] 石健将, 何湘宁, 严仰光. 耦合电感并串型双管正激组合变换器研究[J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(10): 157-161.