

特别说明

此资料来自豆丁网(<http://www.docin.com/>)

您现在所看到的文档是使用**下载器**所生成的文档

此文档的原件位于

<http://www.docin.com/p-37483601.html>

感谢您的支持

抱米花

<http://blog.sina.com.cn/lotusbaob>

文章编号:1004—289X(2004)06—0018—05

DC/AC 逆变器技术及其应用综述

张友军

(苏州大学,江苏 苏州 215021)

摘要:系统地论述了DC/AC逆变器技术的发展、现状与应用,并指明了它们的优缺点。高频环节逆变技术取代低频环节逆变技术是发展的必然趋势。

关键词:逆变器;拓扑;低频环节;高频环节

中图分类号:TM464

文献标识码:B

Summarization of DC/AC Inverter Technology and Application

ZHANG You—jun

(Suzhou University, Suzhou Jiangsu 215021, China)

Abstract: The development of DC/AC inverter technology and application is summarized in this paper and its character is showed in detail. It is inevitable for inverter to apply high frequency link technology instead of low frequency link technology.

Key words: inverter; topology; low frequency link; high frequency link

1 引言

DC/AC 逆变器是应用功率半导体器件,将直流电能转换成恒压恒频交流电能的一种静止变流装置,供交流负载用电或与交流电网并网发电。

随着石油、煤和天然气等主要能源的大量使用,新能源的开发和利用越来越得到人们的重视。利用新能源的关键技术—逆变技术能将蓄电池、太阳能电池和燃料电池等其它新能源转化的电能变换成交流电能与电网并网发电。因此,逆变技术在新能源的开发和利用领域有着至关重要的地位。

2 低频环节逆变技术

传统的DC/AC 逆变器采用低频环节逆变技术,主要有方波逆变器、阶梯波合成逆变器、正弦脉宽调制SPWM 逆变器。

2.1 方波逆变器

方波逆变器主要有推挽式、全桥式电路结构。

推挽式方波逆变器由推挽逆变器、交流调压开关和输出滤波器构成,如图1(a)所示。推挽式方波逆变器主要是通过调节逆变器输出电压脉宽来实现调压功

能的。一种调压方法是调节功率开关 S_1 、 S_2 驱动信号占空比,从而改变输出电压 u_{AB} 即 u_{CD} 的脉宽,如图1(b)所示。但这种调压方法存在明显缺点,即感性负载储能回馈到电网时,变压器 T 副边绕组感应有阴影部分电压,这部分电压随感性负载电感分量加大而加宽,纯电感负载时有效脉宽调节范围为 $0 \sim T/4$,而纯电阻负载时有效脉宽调节范围为 $0 \sim T/2$ 。另一种调压方法是在变压器副边与输出交流滤波器之间加交流调压开关 S_3 ,调节功率开关 S_3 驱动信号占空比,即可调节输出矩形波脉宽,交流开关将方波电压变成脉宽可调的矩形波电压。

桥式方波逆变器电路拓扑及其原理波形如图2所示。改变功率开关驱动信号相位,即可得到矩形波输出电压,调节 α 角可实现输出电压的稳定。

方波逆变器电路的特点为:

- 1)工频变压器体积、重量大,推挽式原边绕组利用率低,桥式绕组利用率高;
- 2)输出四阶交流滤波器体积、重量大,位于功率通道的 L_n 、 C_n 有较大的损耗;
- 3)对于电网电压和负载的波动,系统动态响应特性差;

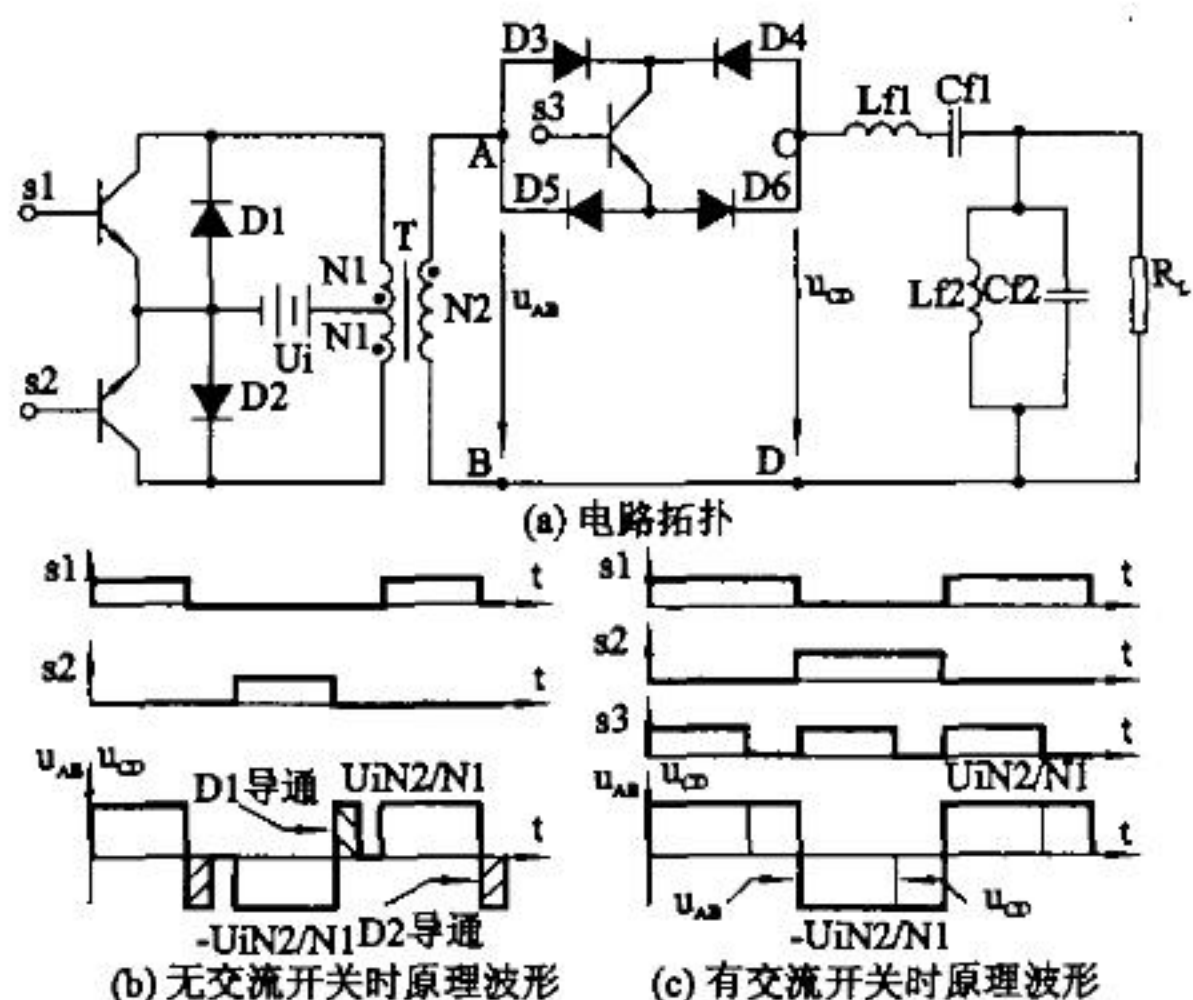


图1 推挽式逆变器电路拓扑及其原理波形

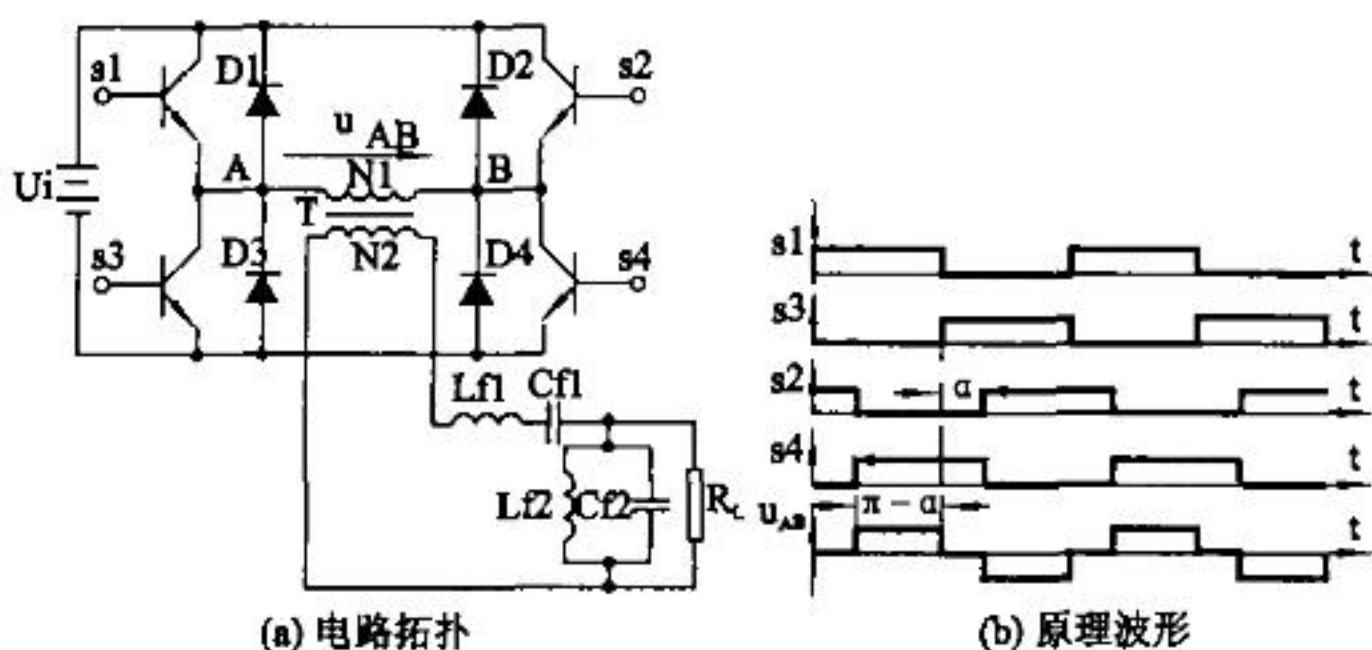


图2 桥式方波逆变器电路拓扑及其原理波形

4) 变压器和输出滤波电感产生的音频噪音大;
5) 推挽式电路拓扑简洁, 功率开关电压应力高 ($2U_i$), 适用于低输入电压逆变场合。桥式电路功率开关数多, 开关电压应力低 (U_i), 适用于高输入电压逆变场合。

2.2 阶梯波合成逆变器

为了减小方波逆变器输出波形谐波含量, 可采用 DC/DC 变换器和阶梯波合成逆变器级联式电路结构, 如图 3(a) 所示。阶梯波的阶高按正弦规律变化, 如果每个周期阶梯波的阶梯数为 $2N$, 则需要 N 台单相逆变器或 $N/3$ 台三相逆变器。每个单相功率电路相同, 可采用推挽、桥式或三相桥式电路。大功率逆变器阶梯波合成常用的方法是移相迭加法, 即将 N 个依次相移 π/N 、不同幅值的方波或矩形波迭加合成, 最大限度地某些低次谐波互相抵消, 使合成波的谐波含量最小。因此, 阶梯波合成逆变器又称为应用“谐波抵消” (Harmonic cancellation) 的逆变器。每相输出变压器变比和绕组的联接方式由“谐波抵消”理论确定, $N=6$ 时变压器绕组联接方式及阶梯波合成波形, 如图 3(b)、(c) 所示。

阶梯波合成逆变器电路的特点为:

- 1) 工频变压器体积、重量大, 产生的音频噪音大;
- 2) 输出电压谐波含量很小, 输出交流滤波器体积、重量小;
- 3) 对于电网电压和负载的波动, 系统动态响应特性好;
- 4) 输出滤波电感产生的音频噪音得到改善;
- 5) 电路拓扑复杂, 功率开关数目多;
- 6) 逆变电路本身无调压功能, 输出电压调节只能由前级 DC/DC 变换器来实现;
- 7) 整机体积、重量仍较大。

2.3 正弦脉宽调制 SPWM 逆变器

将正弦波 (调制波) 与高频载波 (三角波) 相交生成的正弦脉宽调制信号用来控制驱动逆变桥功率开关, 便可得到脉宽宽度按正弦规律分布的 SPWM 波 u_{AB} , 如图 4 所示。图 4(b) 为单极性正弦脉宽调制波, 图 4(c) 为双极性正弦脉宽调制波。

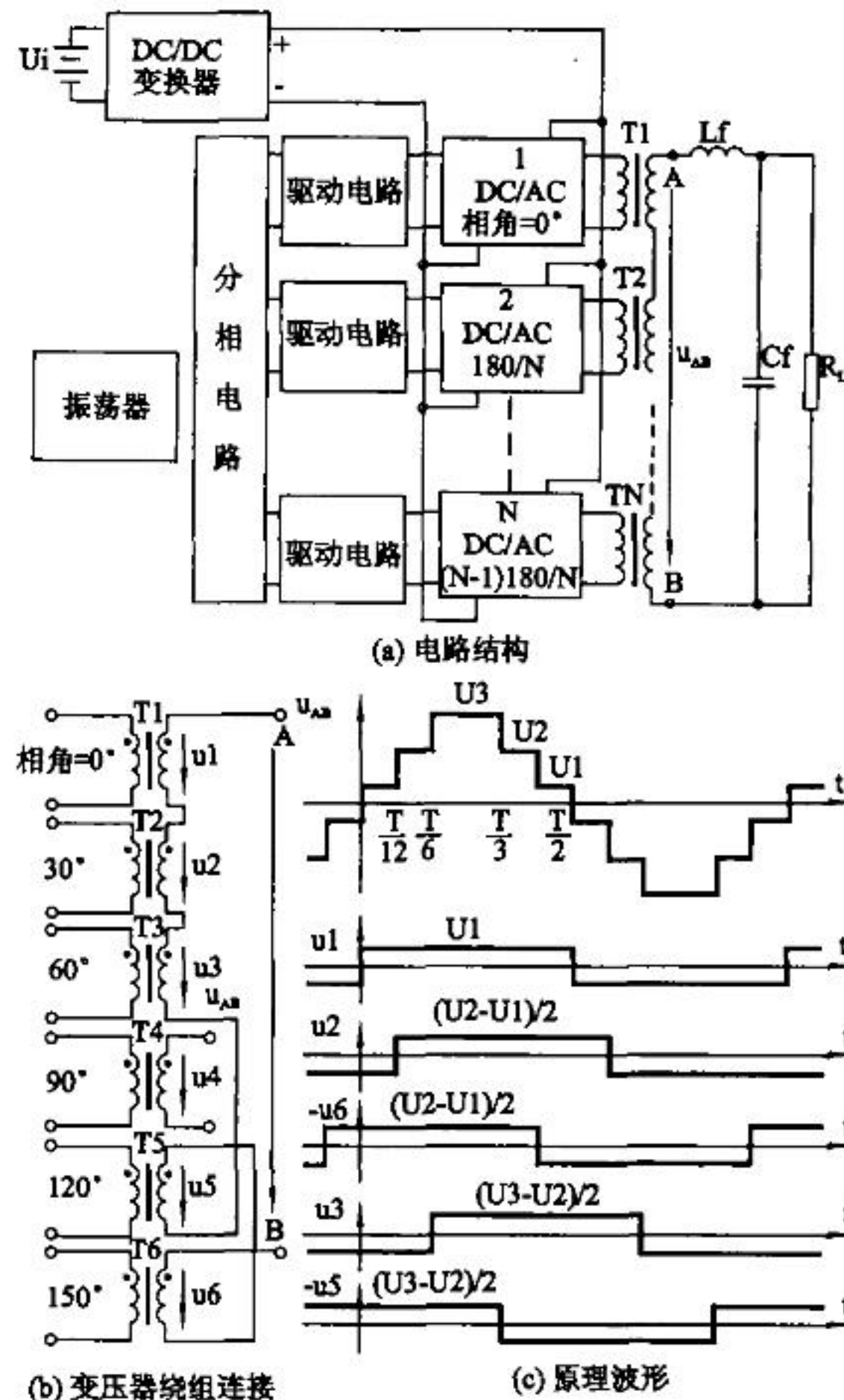


图3 阶梯波合成逆变器电路结构及其 $N=6$ 时原理波形

正弦脉宽调制 SPWM 逆变器电路的特点为:

- 1) 变压器仍工作在工频, 体积大且笨重, 体积与重量仅和输出电压频率有关, 与逆变器开关频率无关, 提

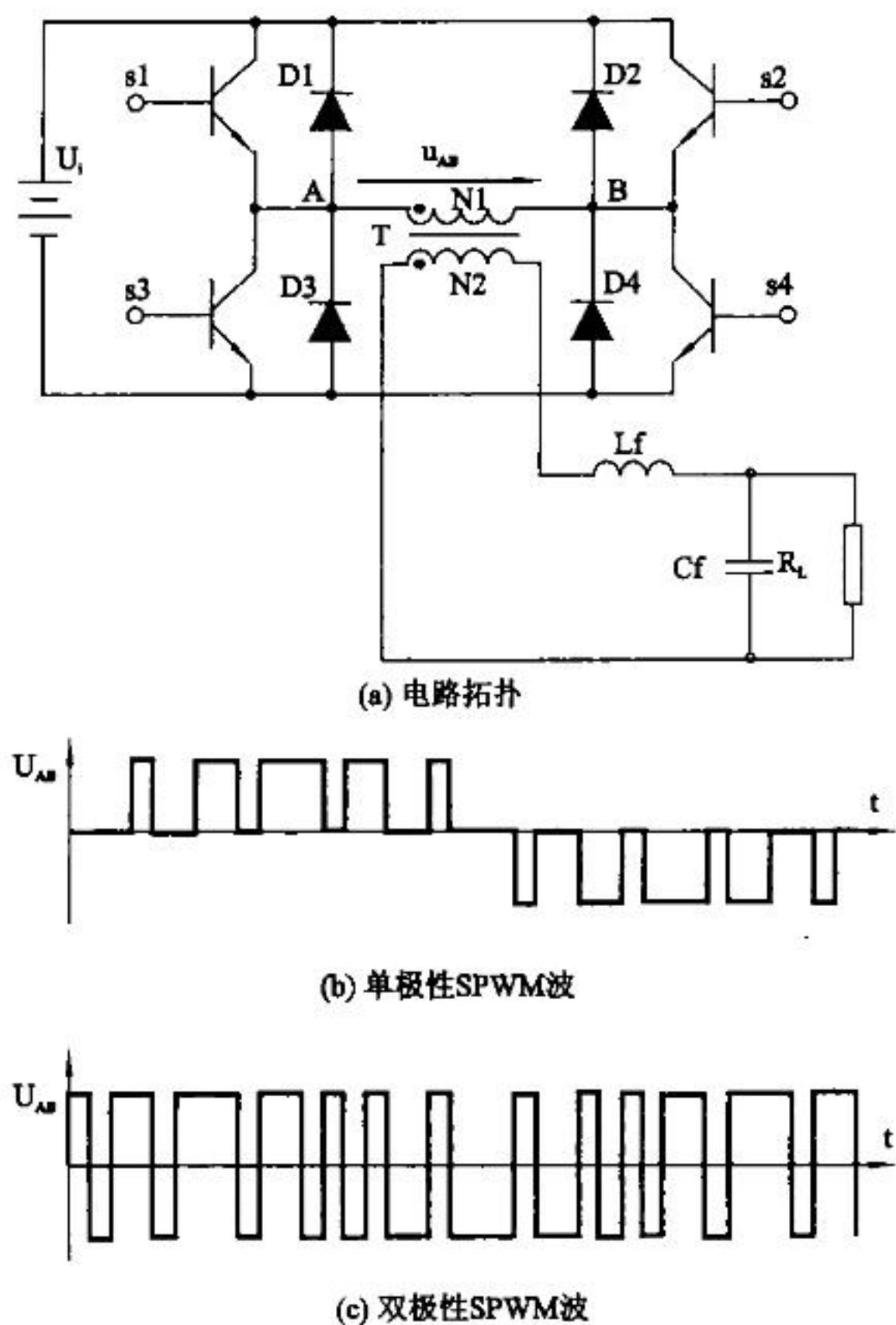


图4 正弦脉宽调制逆变器电路拓扑及其原理波形
高逆变器开关频率并不能减小变压器体积和重量;

- 2) 输出滤波器体积、重量小;
- 3) 对于输入电压和负载的波动, 系统的动态响应特性好;
- 4) 变压器和输出滤波电感产生的音频噪音得到改善;
- 5) 功率器件开关频率高, 开关损耗增加, 降低了系统变换效率。

在低频环节 DC/AC 逆变技术中, 由于工频变压器的体积和逆变器的开关频率无关, 只和输出电压的频率有关。为克服此缺点, 必须采用高频环节逆变技术。

3 高频环节逆变技术

为了克服低频环节逆变技术的缺点, Mr. Espelage 于 1977 年提出了可变高频环节逆变技术新概念^[2]。该系统由一个并联逆变器和十二个晶闸管组成的周波变换器构成, 具有简单的自适应换流、高频电气隔离、独立的有功能量和无功能量控制、固有的四象限工作能力等优点, 如图 5 所示。受当时半导体器件的限制, 谐振储能电路工作频率局限在 2k~4kHz 范围, 未完全体现高频环节逆变技术的优越性。

用高频变压器替代低频环节逆变技术中的工频变

压器, 克服了低频环节逆变技术的缺点, 显著提高了逆变器特性。因此, 该技术引起了人们的极大研究兴趣。

按照功率传输方向, 高频环节逆变技术可分为单向型(Unidirectional Power Flow Mode)和双向型(Bi-directional Power Flow Mode)两类; 按照功率变换器类型, 高频环节逆变技术可分为电压源(Voltage Mode 或 Buck Mode)和电流源(Current Mode 或 Buck-Boost Mode)两类。必须强调, 这里的 Buck、Buck-Boost Mode 已不是传统意义上完整的 Buck、Buck-Boost 变换器。

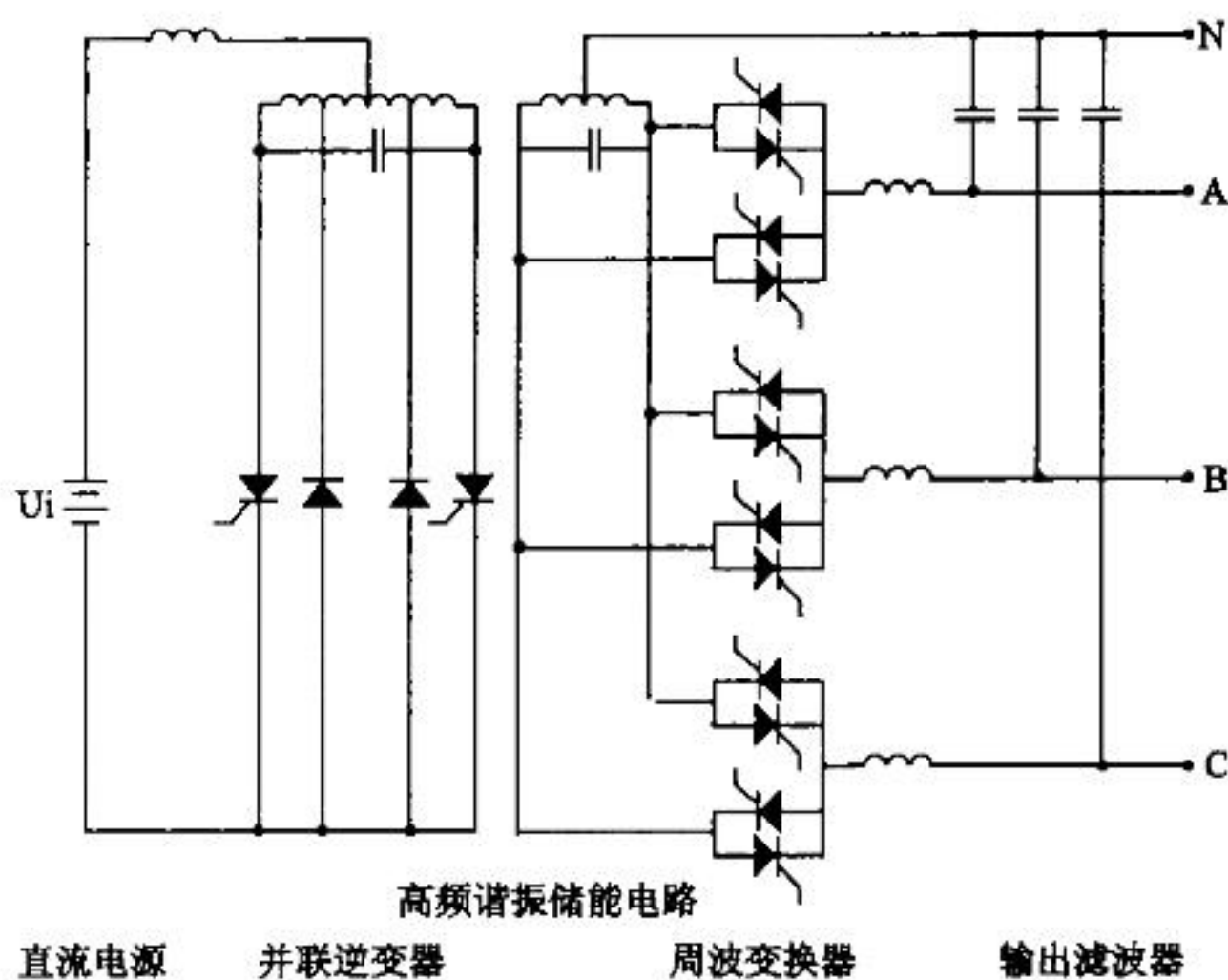


图5 可变高频环节逆变系统

3.1 电压源高频环节逆变技术

1) 单向电压源高频环节逆变技术

在直流电源和逆变器之间加入一级高频电气隔离 DC/DC 变换器, 使用高频变压器实现电压比调整和电气隔离, 省掉了体积庞大且笨重的工频输出变压器, 降低了音频噪音。单向电压源高频环节逆变器^[3,4]如图 6 所示。该电路结构具有单向功率流、三级功率变换 (DC/HFAC/DC/LFAC)、变换效率和可靠性不够理想、但应用较广泛等特点。

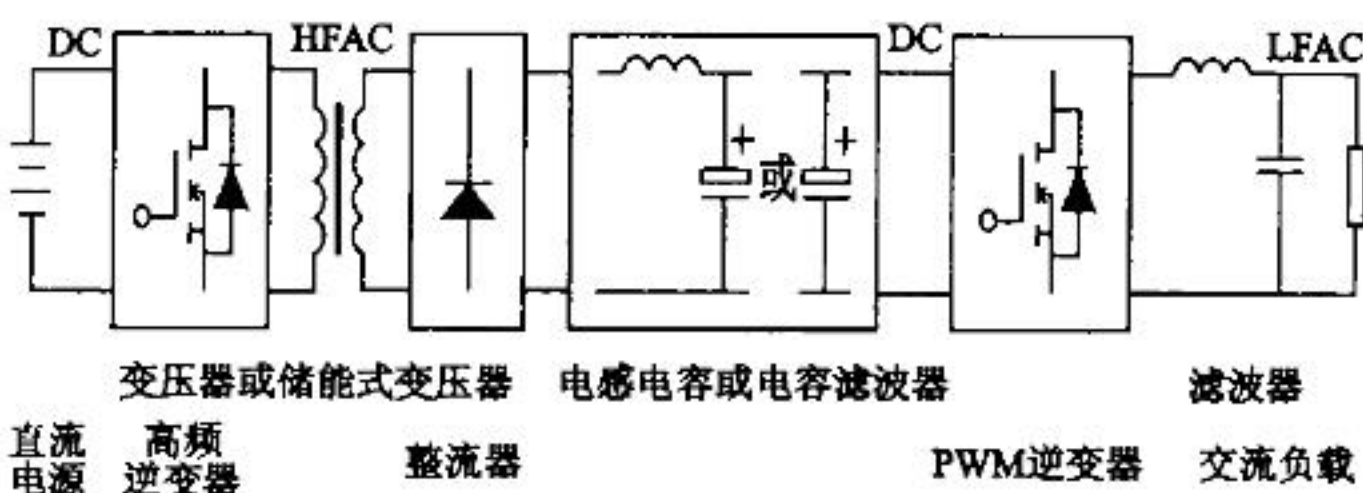


图6 单向电压源高频环节逆变器电路结构

针对单向电压源高频环节逆变器, 各国学者提出了多种控制策略或改进。其中相控谐振式单向电压源高频环节逆变器, 使得功率器件实现了软开关, 降低了

开关损耗和系统的电磁干扰 EMI。但该电路拓扑十分复杂,降低了系统变换效率和可靠性。

南京航空航天大学陈道炼博士提出了高频脉冲直流环节逆变器电路拓扑^[53],它将图 6 中整流器后的电感电容或电容滤波器换成了无功吸收支路,如图 7 所示。这类软开关逆变器由高频脉冲直流环节电路与 DC/AC 逆变桥级联而成,前级输出的高频脉冲直流电压波为 DC/AC 逆变桥功率器件实现 ZVS 开关创造了条件。

决开关损耗和电磁干扰(EMI)问题。然而,该电路系统为变频控制方式,电路设计难以优化。

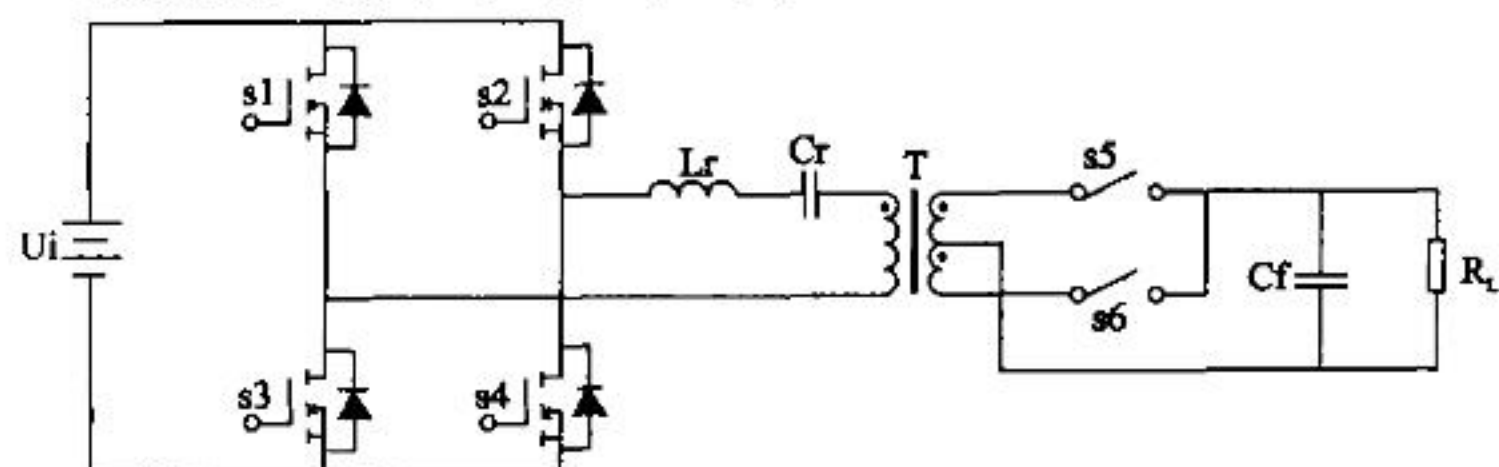


图 9 串联谐振式双向电压源高频环节逆变器

因此,在不增加电路拓扑复杂程度的前提下,如何解决高频脉冲交流环节逆变器固有的电压过冲问题和实现周波变换器的软换流技术,是高频环节逆变技术的一个研究重点。为此,作者提出了单极性、双极性移相控制高频环节逆变技术,分别使得逆变器开关实现 ZVS(零电压)或 ZVZCS(零电压、电流)软开关,并已研制出 1kVA 原理样机^[14,15]。

3.2 电流源高频环节逆变技术

浙江大学黄敏超博士提出了基于 Flyback 变换器的电流源高频环节逆变器新概念^[10]及其电路结构,如图 10 所示。该逆变器由高频逆变器、储能式变压器和周波变换器三部分组成。高频逆变器将直流电压能量转换成脉动的电流能量储存在储能式变压器中,周波变换器将此高频脉动电流低频解调,经输出滤波电容滤波后供给负载,具有电路拓扑简洁、两级功率变换(DC/HFAC/LFAC)、DCM 工作模式、易并联、变换效率高、动态响应速度快、可靠性高等特点,但功率开关电流应力大,仅适用于小功率逆变场合。

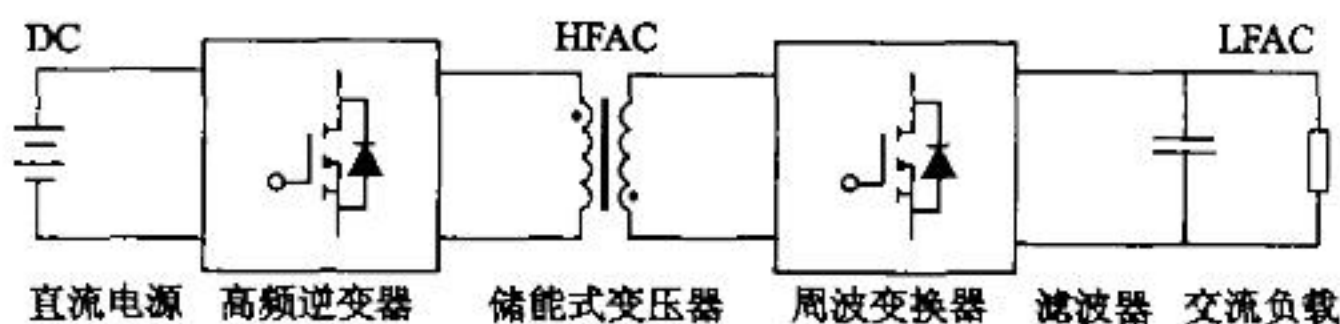


图 10 电流源高频环节逆变器

4 逆变器技术的应用

DC/AC 逆变器具有广泛的应用前景,可应用到如下领域:

1)以直流发电机、蓄电池、太阳能电池和燃料电池为主直流电源的场合,如航空静止变流器(27V 或 270VDC/115V400HzAC)、通讯静止变流器(48VDC/220V50HzAC);

2)以变频或恒频交流电为主交流电源且采用交一直一交变换方案的场合,如飞机变速恒频电源(变频交

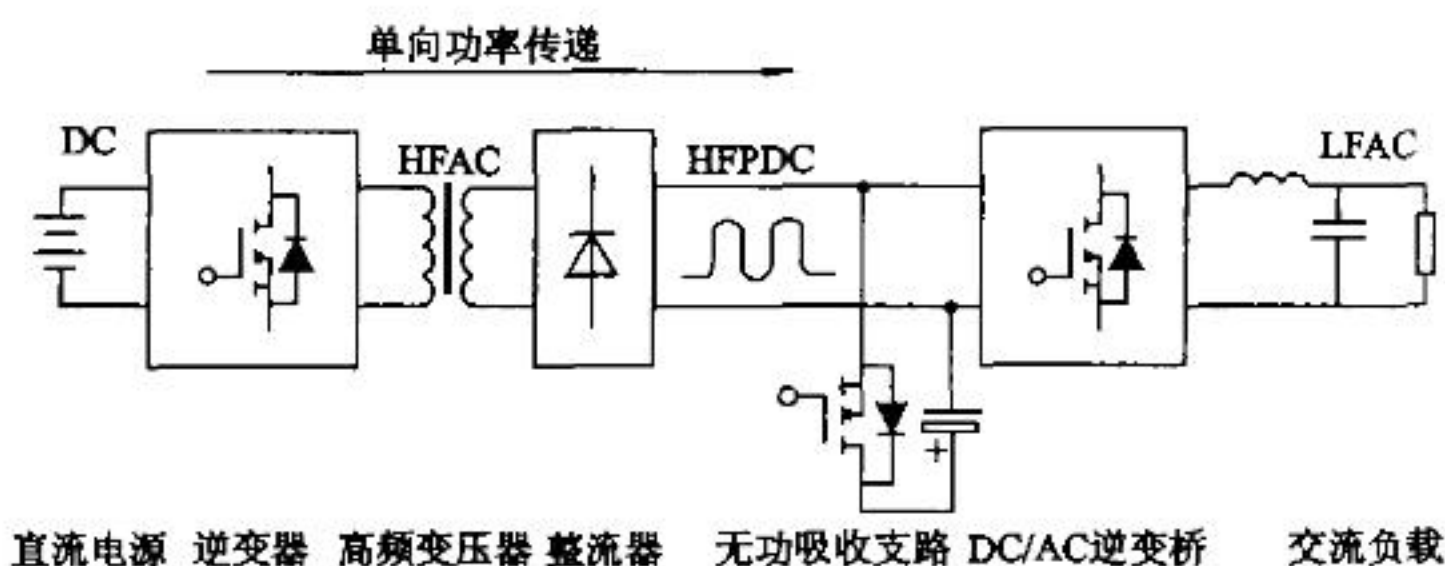


图 7 高频脉冲直流环节逆变器电路结构

2)双向电压源高频环节逆变技术

双向电压源高频环节(高频脉冲交流环节)逆变器^[1,7]如图 8 所示。它具有双向功率流、两级功率变换(DC/HFAC/LFAC)等特点,这对提高逆变器效率和可靠性起到了关键作用。该电路特别适用于有双向功率流的场合,可以用来构成 UPS。

高频脉冲交流环节逆变器采用传统的 PWM 技术时周波变换器器件换流将打断漏感中连续的电流而造成不可避免的电压过冲。由于这个原因,这类方案都需另外采用一些缓冲电路或有源电压箝位电路来吸收存储在漏感中的能量^[7]。有源电压箝位电路是以增加功率器件数和控制电路的复杂性为代价的,故不十分理想。

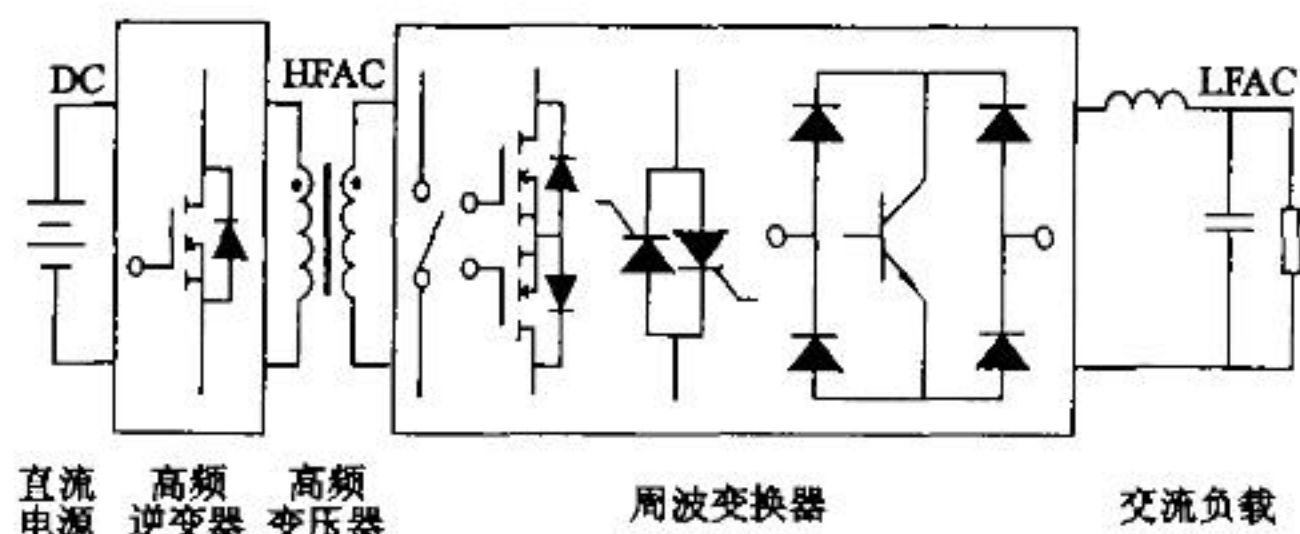


图 8 高频脉冲交流环节逆变器

文献[8,9]提出了串联谐振式双向电压源高频环节逆变器,如图 9 所示。尽管串联谐振逆变器功率开关工作在电流过零点,但仍可以通过控制功率传输和回馈的时间比来控制谐振储能电路的功率。而且只要双向开关 S5 和 S6 也和电流过零点同步,就可以同时解

流电/115V400HzAC)、新型风力发电电源(变频交流电/220V50HzAC)和变频电源(220V50HzAC/115V400HzAC或115V400HzAC/220V50HzAC);

3)不间断电源UPS中的核心环节—逆变器;

4)作为校表台产品的电压、电流标准源—电压功率放大器、电流功率放大器。

图11为中国航空工业贵阳185厂研制成功的27VDC/115V400HzAC航空静止变流器(ASI),达到国内最新技术水平。它采用单端反激Flyback变换器与SPWM逆变器级联式电路结构。实质上,该电路就属于单向电压源高频环节逆变器电路结构。相当于国外先进国家第二代(80年代)航空静止变流器技术水平,其特点是采用巨型晶体管GTR、硅铁心材料和分立电子元件、开关频率为21.6kHz、功率密度(额定功率为750VA,功率重量比为93.75VA/kg,功率体积比为0.07VA/cm³)与变换效率(额定负载时75%)不够理想。

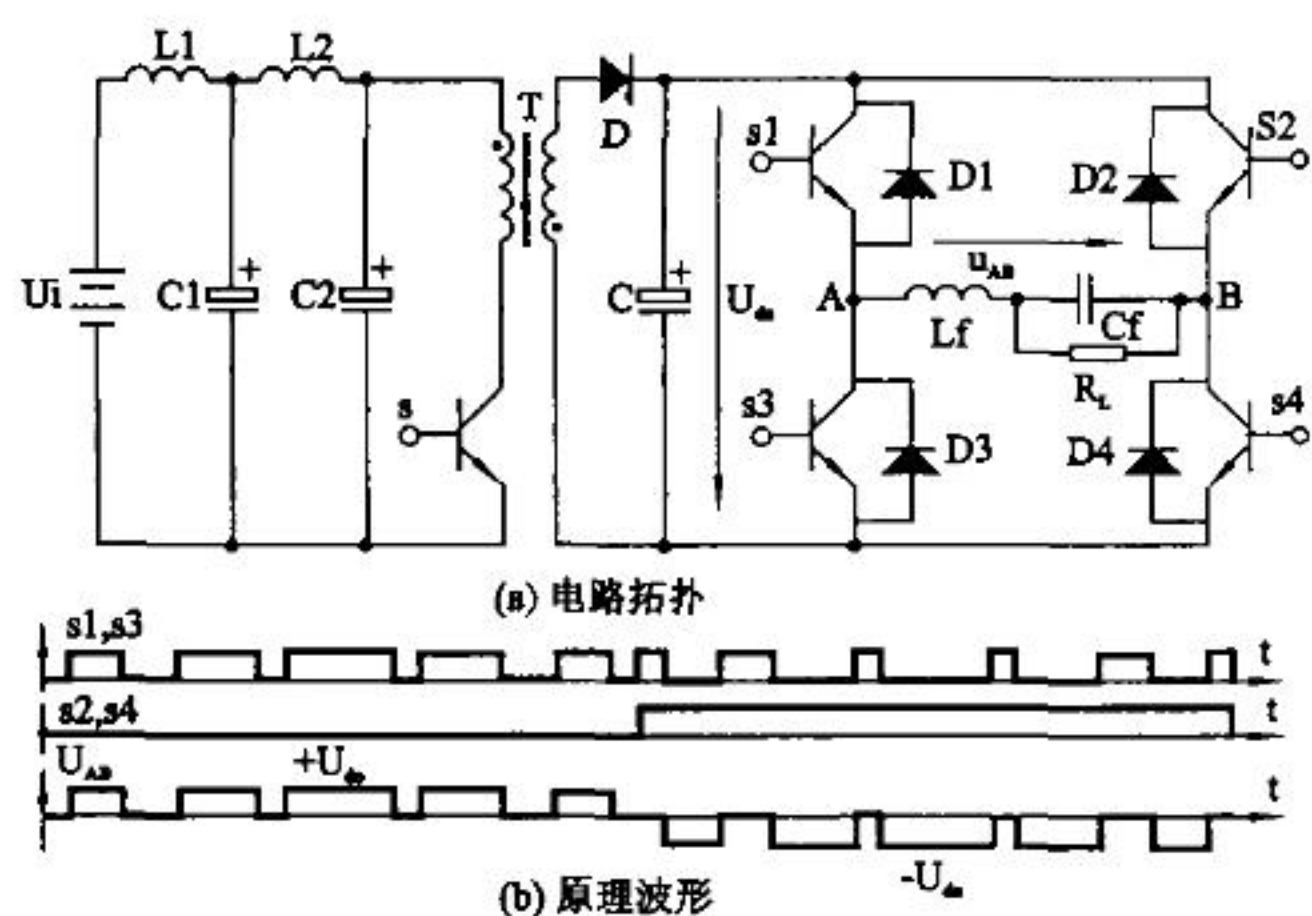


图11 Flyback变换器与SPWM逆变器级联式ASI电路及其原理波形

5 结论

DC/AC逆变技术具有广泛的应用前景。DC/AC逆变技术可分为低频环节逆变技术和高频环节逆变技术,后者取代前者是发展的必然趋势。高频逆变环节是实现高功率密度、高变换效率逆变器的合理方案。

参考文献

[1] I. Yamato et al, New conversion system for UPS using high frequency link, IEEE PESC'88, pp. 658~663.

[2] P. M. Espelage et al, High frequency link power conversion, IEEE Trans. on IA, 1977, Vol. 13, no. 5, pp. 387~394.

[3] 陈道炼. 应用双环控制技术的开关型直流变换器的研究. 南京航空航天大学硕士学位论文, 1989.

[4] J. Jalade et al, New DC/AC high power cell structure improve performances for sine generator, IEEE PESC, 1980, pp. 326~331.

[5] 陈道炼. 软开关PWM组合式航空静止变流器研究. 南京航空航天大学博士学位论文, 1998.

[6] 陈道炼. 高频环节航空静止变流器研究. 南京航空航天大学博士后研究报告, 2001.

[7] I. Yamato et al, High frequency link DC/AC converter for UPS with a voltage clamper. IEEE PESC'90, pp. 749~756.

[8] Yong-Ho Chung et al, Bilateral series resonant inverter for High frequency link UPS. IEEE PESC'89, pp. 83~89.

[9] H. Pinheiro et al, Zero voltage switching series resonant based UPS. IEEE PESC'98, pp. 1879~1885.

[10] 黄敏超. 高频链逆变技术的研究. 浙江大学博士学位论文, 1998.

[11] 吴保芳等. 一种具有高频环节的SPWPM变换电路的研究[J]. 电力电子技术, 1997, No. 2, pp. 44~47.

[12] K. Harada et al, Phase controlled DC/AC converter with high frequency switching. IEEE PESC'87, pp. 13~19.

[13] M. Matsui et al, High frequency link DC/AC converter with suppressed voltage clamp circuits—naturally commutated phase angle control with self turn-off devices. IEEE Trans. on IA, 1996, Vol. 32, no. 2, pp. 293~300.

[14] 张友军、陈道炼. UC3875在正弦脉位调制高频交流环节逆变器中的应用研究. 电工技术杂志[J], 2001, No. 12, pp. 30~32.

[15] 张友军. 高频脉冲交流环节航空静止变流器研究. 南京航空航天大学硕士学位论文, 2002.

收稿日期: 2004-08-24

作者简介: 张友军 男, 1970年生, 讲师, 硕士. 发表论文及专业文章20余篇, 研究方向为电力电子变换技术.