

# 一种新型的列车用荧光灯逆变器

许飞 郑晓芳 何国民

(电教中心) (电气工程系) (兰梦科技实业公司)

**摘要** 介绍了一种新型列车用荧光灯逆变器的研制原理、试验结果以及与BY-2型荧光灯逆变器相比的主要优点。

**关键词** 新型;列车;荧光灯;逆变器

**分类号** U270.38

## 0 引言

目前我国铁路客车大量使用的BY-2型荧光灯逆变器,采用了低频高反压大功率三极管3DD15配对组装,用谐振方式起动,电路如图1所示.使用中该装置的大功率三极管及荧光灯管损坏均较严重,究其原因为:(1)该装置自激振荡器部分采用了耦合变压器等非线性电感元件,使振荡器的工作频率在电源电压不同时较大的变化;不同厂家不同批次产品的工作频率更不相同,从而使装置参数难以优化;(2)变压器的漏感使大功率三极管截止时,集-射极间电压有较高的尖峰毛刺,三极管容易被击穿,选用耐压更高的管子也有困难;(3)谐振起动,会形成较大的电流冲击,而双极型三极管对电流的过载能力较差,选用集电极最大电流( $I_{cm}$ )更大

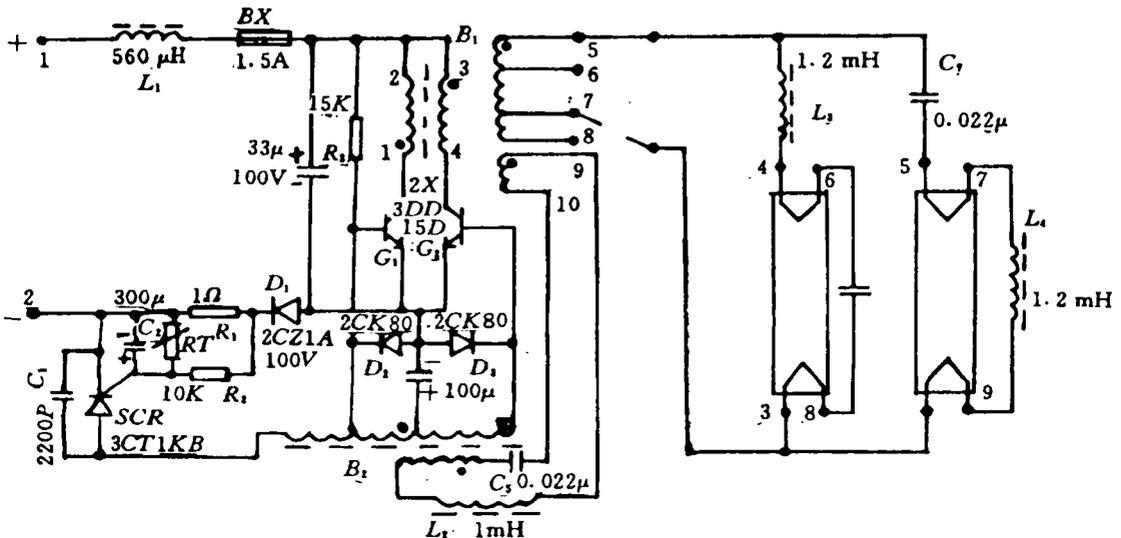


图1

的管子也有困难;(4)当两只灯管都正常工作时,可分别用电感、电容镇流,使其起互补作用,对变压器副边而言,接近纯电阻性负载,三极管处于较佳的工作状态.但若两只灯管中有一只不工作,三极管电流与电压不同相,使三极管发热并且极易被烧坏.

针对上述BY-2型逆变器存在的问题,我们采用脉宽调制技术对BY-2型逆变器的电路结构进行了改进,设计了一种能完全取代BY-2的新型列车用荧光灯逆变器.

# 1 电路结构、电路图及工作原理

## 1.1 电路结构

如图2所示

## 1.2 电路图及脉宽调制技术

电路图如图3所示.

TL494是频率固定的脉宽调制型控制器,适用于各种调宽型开关电源,其内部结构示意图4.

锯齿波发生器的振荡频率取决于外接元件 $R_T$ 及 $C_T$ ,其振荡

频率 $f_{osc} \approx \frac{1.1}{R_T C_T}$ . TL494输出脉

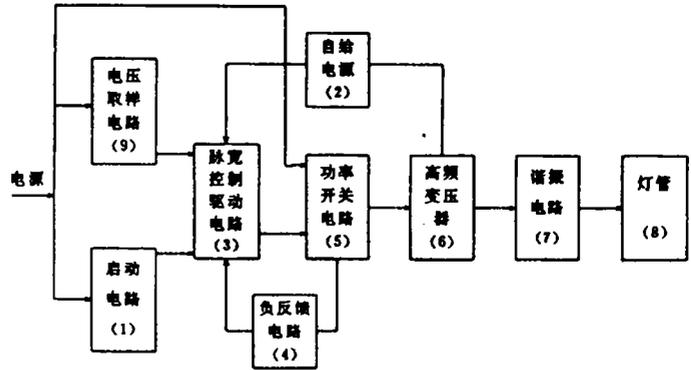


图2

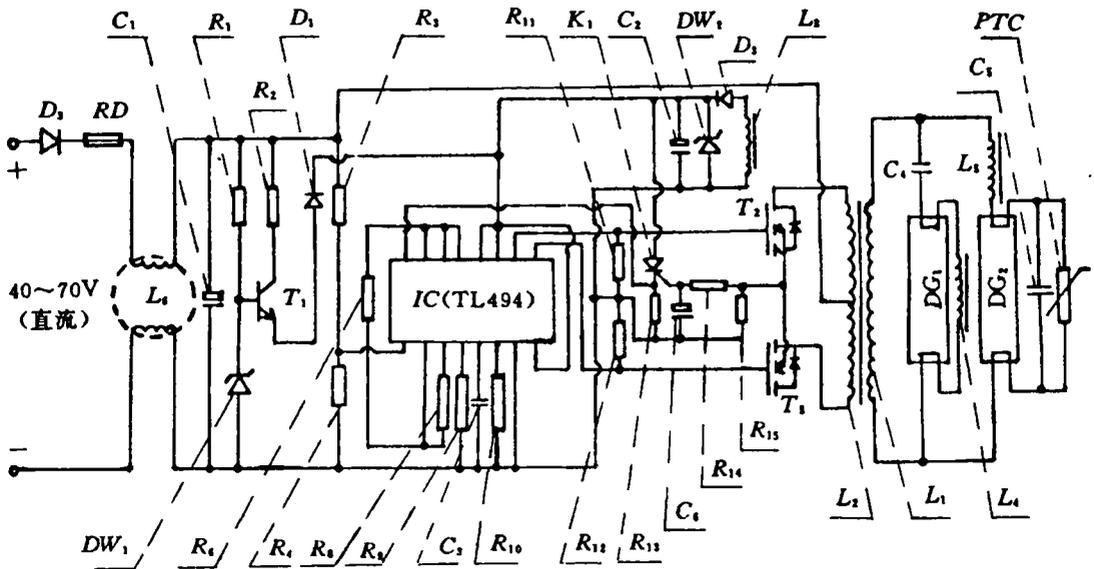


图3

冲的宽度取决于电容 $C_T$ 两端的正向锯齿波和管脚3、4端控制信号比较的结果.输出晶体管 $T_1$ 、 $T_2$ 由两只或非门驱动.当锯齿波电压大于脚3、4两端控制信号时,触发器输入的时钟脉冲才处于低电平.因此,随着脚3、4控制信号幅度的增加,输出脉冲的宽度将减小,从而实现脉宽调制的目的.

TL494的14脚为5V基准电压 $V_{REF}$ ,可输出10mA电流,基准电源精度为 $\pm 5\%$ ,温漂小于50mV.

输出模式控制端(脚13)接地时,TL494作单边控制.脚13若接基准电压,TL494作推挽控制.

外加控制信号由死区时间控制端(脚4)、误差放大器输入端(脚1、2、15、16)或反馈输入端(脚3)输入.由于死区时间控制比较器 $IC_3$ 的输入端有0.12V的失调电压,限制最小死区时间,其值约占锯齿波的一个周期的4%,使得

TL494在推挽控制时,最大占空比为48%,而不是50%,这对防止作推挽的两只开关管同时导通是有好处的.在死区时间控制端加上电压即能调整输出的死区时间.

反馈输入端(脚3)所加电压从0.3V变到3.5V时,脉宽调制比较器 $IC_4$ 的输出就能使输出脉冲的占空比由死区时间控制输入端所确定的最大百分率下降至零.误差放大器 $EA_1$ 和 $EA_2$ 的开环电压增益为95dB左右,允许共模输入范围为 $-0.3V$ 到 $(V_{CC} - 2)V$ ,它可用来检测输出电压和电流.两个误差放大器的高电平输出以或的关系同时加到脉宽调制比较器的同相输入端.当两个误差放大器中的任一个输出高电平时,脉冲均会变窄.

### 1.3 电路原理

(1) 启动电路:由 $DW_1$ 、 $T_1$ 、 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $D_1$ 组成.它的作用是为脉宽调制控制器 $IC$ (TL494)提供启动电源;

(2) 自给电源:由 $C_2$ 、 $DW_2$ 、 $D_2$ 、 $L_3$ 组成. $L_3$ 为主变压器的一个次级绕组.电路启动后, $IC$ 的供电转为自给电源供电;

(3) 脉宽调制驱动电路:由 $IC$ 、 $R_8$ 、 $R_9$ 、 $R_{10}$ 、 $C_3$ 、 $C_6$ 组成.本电路为他激式振荡电路,因此有固定的工作频率.振荡频率 $f = 1.1/R_{10}C_3$ . $IC$ 的9、10脚为功率开关器件提供脉冲宽度随输入电压变化的驱动信号.输入电压升高,脉冲宽度变窄,同样,输入电压降低,脉冲宽度变宽;

(4) 负反馈电路:由 $K_1$ 、 $R_{13}$ 、 $R_{14}$ 、 $R_{15}$ 、 $C_6$ 组成.反馈信号接到 $IC$ 的16脚.该电路的作用是为逆变器提供一种可自动恢复的过流保护,通过调整电阻、电容的参数可改变关断电流的数值;

(5) 功率开关电路:由场效应管 $T_2$ 、场效应管 $T_3$ 、电阻 $R_{11}$ 、电阻 $R_{12}$ 组成,场效应管 $T_2$ 的栅极接集成块 $IC$ 的10脚,场效应管 $T_3$ 的栅极接集成块 $IC$ 的9脚,它们的源极相连,它们的漏极分别接高频变压器的初级二端,电阻 $R_{11}$ 、 $R_{12}$ 串接后接在集成块 $IC$ 的9脚与10脚之间.场效应管 $T_2$ 、 $T_3$ 为功率开关器件,它们的开通与关断受 $IC$ 的9、10脚控制, $IC$ 的9、10脚提供了两个宽度可变的控制脉冲;

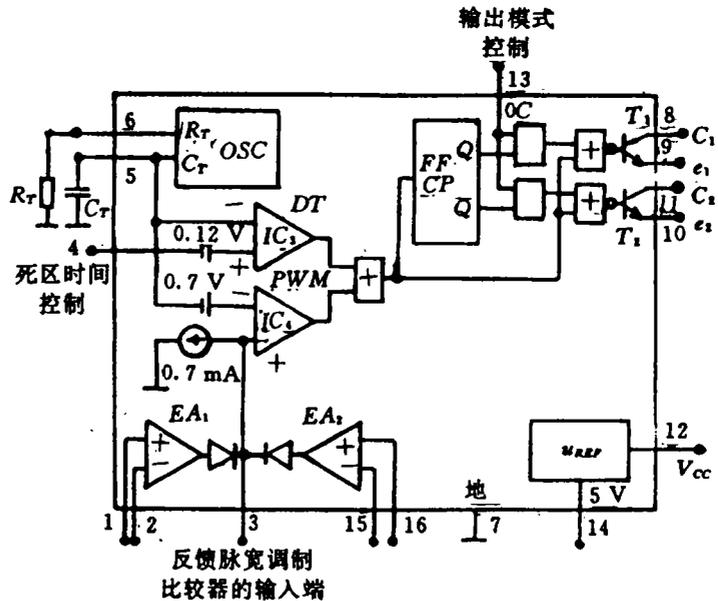


图4

(6) 高频变压器:由  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  组成。 $L_2$ — 变压器的原边绕组,该变压器有两个  $L_2$ 。 $L_1$ — 变压器的次级绕组。 $L_3$ — 变压器的第二次级绕组,为控制电路提供自给电源;

(7) 谐振电路:由  $C_4$ 、 $C_5$ 、 $L_4$ 、 $L_5$ 、 $PTC$  及两根灯管组成。在启动的过程中, $C_4$ 、 $L_4$ 、 $L_2$  和  $C_5$ 、 $L_5$ 、 $L_2$  分别组成两个谐振电路, $L_4$  和  $C_5$  两端可分别产生很高的谐振电压,使两根灯管点燃。在工作过程中, $L_4$ 、 $C_5$  几乎不起作用, $C_4$ 、 $L_5$  分别对两根灯管起限流作用。 $PTC$  的作用是使灯管延时启动,这样可大大的延长灯管的使用寿命;

## 2 主要优点

(1) 本逆变器用于驱动两根 15W 荧光灯,与 BY-2 型逆变器具有互换性,采用了一体化结构,已于 1994 年获国家专利。专利号:94202594.6;

(2) 由于功率开关器件采用了 VMOS 场效应管,VMOS 场效应管具有输入阻抗高、驱动电流小、开关速度快等特点,所以本逆变器功耗小,避免了热故障,大大延长了逆变器的寿命,同时还具有节能的特点;

(3) 本逆变器采用他激振荡电路,因此具有固定的工作频率,这样有利于装置参数的优化;

(4) 由于该逆变器采用了脉宽调制技术,使得逆变器输入电压升高时,输入电流能自动减小;输入电压降低时,输入电流能自动增大,这样就可以使逆变器基本工作在恒功状态,使荧光灯的照度基本维持不变;

(5) 允许输入电压变化范围大。本逆变器能在输入电压为 40~70V 的范围内可靠的启动、工作;

(6) 单管工作性能好。两根灯管可分别单独在 40~65V 电压范围内可靠的启动和工作;

(7) 有能自动恢复的过压、过流保护功能。通过参数的选择,可确定所要求的过压值和过流值;

(8) 谐振电路增加了  $PTC$ ,使灯管在启动过程中产生延时,大大提高了灯管的寿命。

## 3 试验结果

### 3.1 工作特性试验

(1) 试验条件:① 试验温度:常温下(本试验温度为 20℃)。② 逆变器状态:安装散热器(本逆变器的散热方式为底板散热)、外壳等使其成为能与 BY-2 互换的成品。③ 电源:220V 交流经过调压器再接整流桥,然后经过电容滤波。④ 灯管:采用标准灯管。

(2) 试验数据(见表 1)

### 3.2 高温试验

(1) 试验条件:① 试验温度:利用烘箱做为逆变器的工作环境,调节烘箱温度使逆变器工作环境温度为 70℃;②、③、④ 与工作特性试验相同;⑤ 试验时间:15 天;⑥ 试验数量:4 台逆变器同时进行,试验数据取 4 台的平均数。

(2) 试验结果(见表 2)

表 1

		逆变器输入电压(V)					
		40	44	55	65	70	
性能试验	双管	输入启动电流(mA)	900	850	800	600	400
		输入工作电流(mA)	690	650	550	450	400
		输入功率(W)	27.60	28.60	30.25	29.25	28.00
	单管	输入启动电流(mA)	400	400	400	420	450
		输入工作电流(mA)	350	380	400	420	450
		输入功率(W)	14.00	16.72	22.00	27.30	31.50
管	输入启动电流(mA)	350	340	320	200	170	
	输入工作电流(mA)	350	340	320	200	170	
	输入功率(W)	14.00	14.96	17.60	13.00	11.90	
绝缘试验	输入——输出 (MΩ)		> 20MΩ			测试条件 1. 输入端短接 2. 输出端短接 3. 用 500VMΩ 表测量	
	输入——壳体 (MΩ)		> 20MΩ				
	输出——壳体 (MΩ)		> 20MΩ				
工作频率		(KHz)			27		

表 2

试验时间(第×天)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
输入电压(V)	55.0	56.0	55.0	54.5	55.0	55.0	55.5	54.5	55.5	52.0	55.5	54.0	55.0	55.5	55.5
工作环境(C)	71	72	71	70	71	71	71	73	70	71	72	74	73	70	69
散热板底板(C)	87	87	88	85	84	84	84	87	85	85	84	86	85	82	84
底板温升(C)	16	15	17	15	13	13	13	14	15	14	12	12	12	12	15

### 1.3 开关寿命试验

(1) 试验条件:①、②、③、④同工作特性试验;⑤试验方式:逆变器采用开通 3s 关断 10s 的工作方式;⑥数量:4 台逆变器并联运行;⑦输入电压:55V。

(2) 试验结果(见表 3)

### 1.4 现场运用情况

本逆变器已投入小批量的生产,并已投入现场运用部门接受实际的考验,已运行 3 个多月,情况良好,现正在运行中。

## 4 需要改进的地方

### (1) 灯管寿命偏低

通过开关寿命试验可以看出,逆变器的开关性能稳定可靠,灯管的寿命仍然偏低,尽管与同类产品相比,灯管的寿命已有大幅度的提高,但离部颁标准还有一定的差距,尤其是电容限流的灯管,离部颁标准的差距较大,因此我们认为需对逆变器做进一步的改进以便提高灯管的

表 3

编号	A	B	C	D
电感限流灯管的最大开关次数(次)	49856	38654	41365	29374
电容限流灯管的最大开关次数(次)	19677	31289	21131	20103
逆变器状态	好	好	好	好

寿命.

(2) 单管工作时恒功效果不理想

尽管本逆变器单根灯管已能在 40 ~ 65V 的电压范围内可靠工作,但恒功效果不够理想,灯管的照度随着输入电压的变化而变化,因此需对逆变器进一步的改进使它能在单管工作时比较理想.

### 参 考 文 献

- 1 叶治政,叶靖国. 开关稳压电源. 北京:高等教育出版社,1989,93 ~ 150
- 2 张鸿哲,王紫婷. 用 VMOS 管组成单灯逆变器. 铁道车辆,1992,30(11):28 ~ 31

## A New Fluorescent Lamp Convert of Train

Xu Fei

(Center of Audio-  
Visual Education)

Zheng Xiaofang

(Corporation of LANMONG  
Science Industry)

He Guomin

(Department of  
Electrical Engineering)

**Abstract**

The developing fundamentals of a new fluorescent lamp convert are introduced in this paper, and the testing results are given. The main advantages comparing with the fluorescent lamp convert of type BY - 2 are also discussed.

**Key words**

New; Train; Fluorescent; Convert

(上接第 44 页)

## Vertical Vibration of Railway

Sheng Xiaozhen

Lü Shaodi

(Department of Civil Engineering)

**Abstract**

The vertical vibration of railway under a moving and oscillating load is researched by using the model of two-layer beam and the method of modal decomposition.

**Key words**

High speed Railway; railway structure; Vibration