

激光冷却泵用三相逆变电源

卿光平 张承铨

一、引言

大多数军用激光装置,诸如重复频率激光测距机、激光目标指示器、激光致盲武器等都必须对其激光器件进行冷却,冷却系统中冷却液的流动是靠小水泵来实现的,冷却系统对水泵的承送能力(流量、扬程等)有一定的要求。除此之外,还要求水泵体积小,振动小,对冷却液无污染。国内现有的各类型水泵都不能达到这些要求。最近,国内专门为军用激光器的冷却系统试制了一种仿英国Ferranti公司的三相微型水泵。这样,冷却泵就必须用三相交流电源供电,在野外没有合适的三相电源的情况下,可用逆变器来产生三相交流电。可控硅三相逆变器电路较成熟,但调试较麻烦。本文介绍一种作为上述冷却泵用的三相400周晶体管逆变电源,它用中规模CMOS集成电路作控制器,用功率达林顿管作主回路。具有体积小、重量轻、调试方便等优点,它与激光整机共用同一蓄电池组,适合于各种军用激光整机的冷却。

二、工作原理

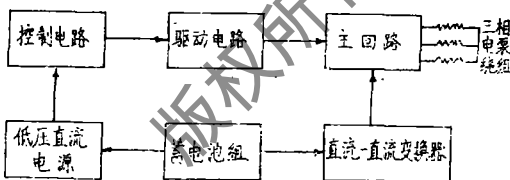


图1 三相逆变器框图

该三相逆变电源主要由下列各单元组成,即低压直流电源、控制电路、驱动电路、直流-直流变换器、主回路等,见图1。下面仅对控制电路、驱动电路、主回路、直流-直流变换器作一些简要说明。

1. 控制电路

控制电路使用了一块5G1555和6块

CMOS中规模集成电路,见图2,各级波形如图3所示。

2. 驱动电路和主回路

驱动电路由脉冲变压器为负载的6个射极跟随器组成。输出的这六路脉冲信号受控制级控制,按一定的逻辑关系送到由六只YZ25-F达林顿功率晶体管组成的主回路,达林顿功放管具有较大的 β 值($\beta=3000$),使送入主回路的六路较弱的控制脉冲信号无须进行预放大即

收稿日期:1984年6月7日。

可实现功率放大而推动负载，从而大大减化了电路，其电原理图见图4。

主回路的输出，即作为微型电泵定子绕组上的相电压，线电压波形如图5所示。从每相绕组来看，所加的是正负脉冲电压，但线电压则是由一个一个的方波构成的阶梯波，若对这些阶梯波进行傅立叶频谱分析则可发现，其中的基波就是一组对称的三相电压，交变频率与

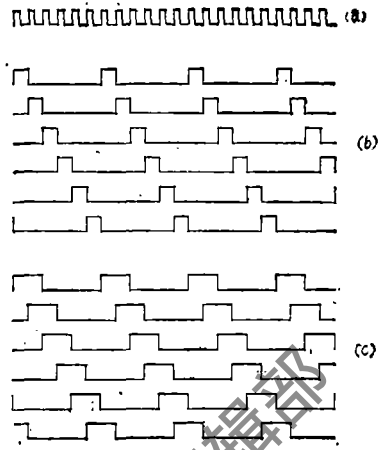


图3 控制电路各级时序图

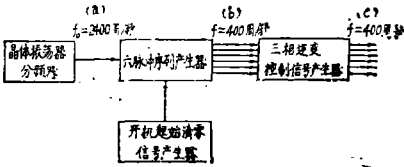


图2 控制电路原理框图

控制级输出的每一路脉冲信号的频率一致为 $\frac{f_0}{6}$ 。但是，实际上由于微型电泵定子绕组是一感性负载，所以在A、B、C三点观察到的电压波形较复杂。

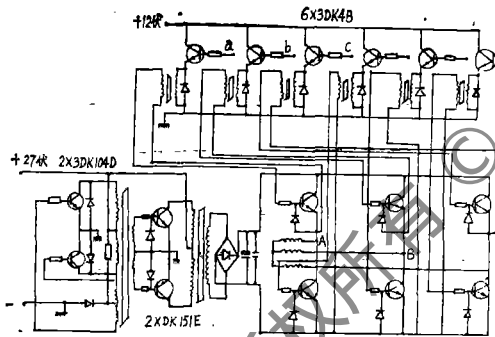


图4 驱动电路、主回路、直流-直流变换器电原理图

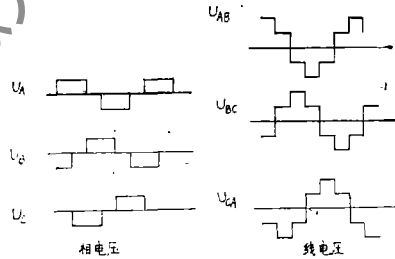


图5 电泵定子绕组上的相电压、线电压波形

3. 直流-直流变换器

直流-直流变换器由27伏蓄电池组供电，从图4可见，微型电泵定子绕组功耗就是主回路的输出功率，由主回路输出功率的大小就可确定主回路供电电源的功率，这实际上也就是直流-直流变换器经整流、滤波之后的直流输出功率。从图5可明显看出，相电压波形是由方波构成的，为了使获得的方波相电压的有效功率与额定的正弦相电压的有效功率相等，应根据傅立叶分析法对方波相电压进行傅立叶展开，将展开式中基波的振幅与额定正弦相电压的振幅进行比较，若基波分量的峰值等于正弦波的峰值，则方波相电压的有效功率就与额定正弦相电压的有效功率相等。求出的结果是这样的，若方波的相电压的幅值为 E_1 ，额定正弦波的相电压幅值为 E_0 ，则两者间有如下的关系：

(下转第58页)

与激光器有关的一切可能危险材料之容许污染程度。

表2 某些激光器产品和操作的容许空气污染程度(1)

空气污染	污染源	容许的污染曝光程度[2,3]	
		八小时加权平均值	容许的最高限浓度
石棉	目标后障	2根纤维 (> 5微米长/厘米 ³)	10根纤维 (> 5微米长/厘米 ³)
溴	激光介质	百万分之0.1 (0.7毫克/米 ³)	—
二氧化碳	激光介质	百万分之5000 (9000毫克/米 ³)	—
一氧化碳	激光介质	百万分之50 (55毫克/米 ³)	—
铜蒸气	金属目标	0.1毫克/米 ³	—
溴化氢	激光放电管	百万分之3 (10毫克/米 ³)	—
碘	离子激光介质	—	百万分之0.1 (1毫克/米 ³)
氧化铁蒸气	金属目标	10毫克/米 ³	—
镍	金属目标	1毫克/米 ³	—
二氧化氮	液氮冷却剂	百万分之5 (9毫克/米 ³)	—
臭氧	闪光灯	百万分之0.1	—
砒化物	液体激光介质	0.2毫克/米 ³	—
钽	金属线目标	5毫克/米 ³	—
氧化锌蒸气	金属线目标	5毫克/米 ³	—

注：(1) 容许污染程度引自参考文献[8]中的OSHA标准；(2) 每百万分被污染的空气中蒸气或气体所占份数（按体积计算），温度为25℃、压力为760毫米汞柱；(3) 每立方米空气中粒子的大致毫克数。

低温液体

某些高功率激光器系统采用低温液体来冷却激光器和接收器敏感元件。液氮 (LNO₂) 是一种常用的冷却剂，但液氢和液氦也用。

与使用低温流体或低温系统有关的主要危险如下：

• 高压：在冷却剂的使用和保存期间内，由于从低温液体转变到气体的巨大膨胀率，可能导致压力的急剧上升。

易燃性：有些气体，如氢、臭氧及其他等，本性是易燃的。氧虽然不可燃，但它同其

(上接第36页)

$$E_1 = 1.19E_0 \approx 1.2E_0$$

电流间也具有上述相同的关系，已知 E₀ 后，由上式即可确定 E₁，进而为设计直流-直流变换器提供了依据。我们实验中设计的直流-直流变换器的输出电压、电流均与上述公式吻合，只有 1% 的误差。

三、结果与讨论

我们为最近新研制的一种激光冷却用的三相 400 赫微型电泵设计了一台三相逆变电源，结果较为理想，微型电泵启动电源为 0.4 安，转入正常工作后，电流降为 0.27 安，电压保持不变为 115 伏，在正常运转时，所耗功率并不十分大，使用这一电源为微型电泵供电，测量

他材料和气体的混合物通常会增加可燃性。

• 亲自接触：同低温液体短暂接触会引起烧伤；较长期的接触可引起人体部分的冻凝和变脆。

• 窒息：在狭窄和不通风的场合下，大气中氧气的冷凝（例如液化）可引起窒息。这在使用液氮时是可能的，因为氧在液氮温度以上约13K°就发生冷凝。

• 使用不合适的材料：必须从化学反应观点仔细考虑用于低温处理和贮存的材料性质，还应考虑到许多材料的低温效应（例如脆性）。因此，选用不合适的材料，导致致冷液体的泄漏是危险的。

• 毒性：有些致冷剂，如二氧化碳及氟化物等，本性有毒，必须极谨慎地对待。

这些危险通常限制在研究和发展实验室的范围内。

噪音危险

在极高能量的脉冲激光系统附近的放电电容器，有时可产生危险的噪音水平。劳动部^[9]禁止在峰值声压超过140分贝的冲击或脉冲噪音下工作。

电离辐射

当电位超过15千伏时，电源管能产生X射线；然而，大多数激光系统使用的电压低于8000伏^[10]。而对于某些高功率气体激光器^[1]，需要采用马克思发电机输入电压达100千伏。

非激光光束光学辐射危险

除激光光束本身以外，还可能有来自光泵灯以及激光放电管的紫外辐射危险。

爆炸危险

在高功率激光系统运转期间，如果系统中有不合格的光泵灯及电容器组，则爆炸的可能性是存在的。用于激光装置中的高压弧灯和白热丝灯同样可能有危险。必须仔细鉴定激光靶的爆炸或破碎效应。

如前所述，致冷剂的贮存和使用中，压力有可能急剧增高。

燃烧危险

与激光有关的燃烧危险或起源于直射激光光束（如其能量足够高的话），或起源于电的装置。评价电路中的元件须考虑其燃烧危险性，对电源电路的布线和变压器须加特殊考虑。

参 考 文 献（略）

（李迎旭 译 江德全 校）

了电泵的输出流量。冷却泵工作液为去离子水，测出最大流量为3.15升/分，达到了设计要求，实验中也发现一些问题，就是冷却泵的启动时间受环境温度影响较大，在低温的情况下，启动时间加长，且启动电流、电压都要稍许增大，而在环境温度大于10℃的情况下，启动时间较短，约10秒左右。

在研制过程中曾得到叶祖琛同志的许多帮助，在此表示诚挚的谢意。

参 考 文 献

[1] 微特电机，1980年，第1~4页。

[2] 实用晶体管电路设计，国防工业出版社，1972年。