

90°，要求全反射，因此八个面的光洁度要求很高，为▽14，它的材料是光学玻璃的，用真空蒸铝的方法来镀复其八个面，为了保证报文不致扭曲，对八面的平行度、同心度等精度要求较高。

(3) 广角聚焦镜 前面已经说过它有二个作用，一是使激光束直径从1.2毫米聚焦为0.2毫米，二是保证报文的侧边与中心处的光点畸变最小，因为报文侧边光点畸变为椭圆，结果使收报的报文侧边形成失真，该聚焦镜光束的入射角变化范围较大，为90°，同时入射点又是随棱镜的旋转而变化着的，因此设计和加工较为困难。

传真收信机中的激光—棱镜扫描系统，主要用来综合图象，结构与发信机基本相同，所不同的是在发信机中原稿位置上换用记录纸，它是一种特殊的记录用纸，扫描的激光光束对它曝光作用，另一个不同之处是收信机中的扫描光束是包含信息的，它不是激光管直接发射到棱镜上去的激光光束，而是在激光管与棱镜之间放置一个叫声光调制器的部分，激光束经声光调制器作用以后出来的光束便包含有信号性质的光束，用这种信号光束对记录纸实现扫描，才能显示出原稿的真迹。

(4) 声光调制 在这里实质上是作为高速光开关使用的，它受图象信号的控制。其原理是入射一束激光，经过均匀介质后，出射光与入射光的角度是一致的，但如果在均匀介质中传播超声波，这时超声波在均匀介质中就引起介质的疏密变化，这种介质的疏密变化就相当于光栅，光通过它时就发生衍射，因此产生了多级衍射光，适当选择入射光的角度，可以使出射光中的一级衍射光最强，达到0级光的90%以上，在它的前面放一个光阑，只让一级衍射光通过，这样超声波的有无就可以控制输出光束的有无，起到一个光开关的作用。声光调制器的换能器可用石英晶体压电陶瓷之类制成，它的作用是把电的振荡变成机械的振动传播给介质，介质可用液体，也可用固体，要求是它对光的吸收要小，我们这里选用的石英晶体换能器，用去离子水作为介质，这是根据我们的具体情况而定的，一般声光调制器的反差可达1000:1，而且比较稳定，在我们这个场合取用声光调制器是很合适的。

从声光池输出的一级衍射光，经八面棱镜旋转，透镜聚焦在记录纸上实现扫描，完成记录，最后显影成报文，这就是整个接收机的光学系统和扫描装置。激光技术的出现，使各个领域的面貌为之一新，我们将激光器试用到传真通信技术中去，还刚刚开始，但却显示出了激光的优越性，我们相信激光技术在我国社会主义革命和建设中将不断发挥更大的作用。

电力变压器激光载波测温

旅大市电力局

在毛主席革命路线的指引下，随着国民经济发展的需要，工农业生产用电量迅速增长，因此，大容量的新型冷却方式的电力变压器不断出现，同时，大量原有的机组的增容改造工作也在广泛进行。这些设备的安全经济运行的重要条件之一，就是准确地掌握并限制线圈的温度变化。由于实际冷却条件的错综复杂，给理论计算带来了一定的困难，因此直接测量运行中变压器线圈的真实温度，特别是最高温区的温度，便具有十分重要的现实意义。

连续测量变压器运行状态下的各部温度,尤其是测量线圈内部任一点温度,是有很多困难的。由于受到高电压的限制,即使能将感温元件埋入到线圈内部,将温度信号引到变压器外面,而要达到测量的目的,在其绝缘问题上,也是极难解决的。

为了配合主变压器增容改造的需要,我们遵照毛主席关于“中国人民有志气,有能力,一定要在不远的将来,赶上和超过世界先进水平”的教导,对电力变压器线圈的带电直接测温进行了试验研究。我们在毛主席革命路线指引下,破除迷信,解放思想,坚持自力更生,坚持苦干、实干、坚持厂内外三结合,在用隔离变压器法直接测量变压器线圈内部温度的基础上,经过六个月的艰苦奋战,试制成功了用激光载波传递信号的新的测温方法,并于1974年8月正式投入电力系统运行。这种方法不仅对监视变压器安全运行收到了积极的效果,而且为改造后的变压器的正确定容,提供了科学数据。下面就这套测温装置的简要原理、结构、运行情况等几个方面的问题,做一简要总结,期望得到各方面的批评指正。

一、基本原理

变压器激光载波测温,就是采用激光作为载波,把含有温度信息的被调制信号,通过空间传播到没有高电压的地方,以达到直接测量变压线圈热点温度的目的。

工作原理:利用对温度反映灵敏的热敏电阻作感温元件,把它放在高电压处的被测点上。这个热敏电阻与其它电子器件组成一个振荡器。由于热敏电阻值随温度的变化而变化,而振荡器的频率又随电阻的大小而变动,这样就把温度信息的变化,转换为频率信息的变化。这个变化着的频率信息迭加到方向性强、单色性好、功率密度高的激光束上,由发射装置发射出去。脉冲激光束由接收装置收到后,把光信号变成电信号,然后再经过放大、整形、解调、直流放大等一系列过程,又把温度数值还原,直接指示出来。其整体构成和方块原理如图1所示。

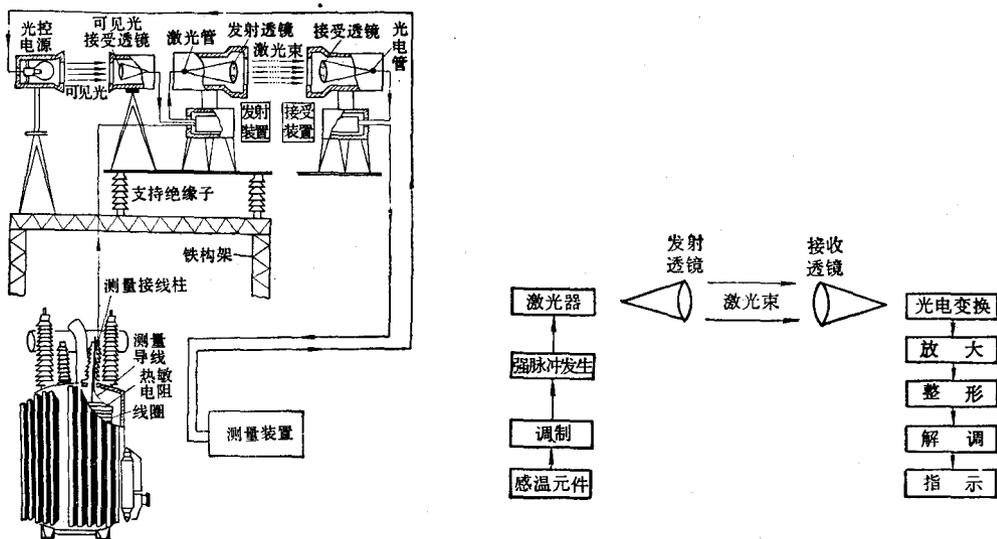


图1 激光载波测温系统图

二、发射部分

发射机和一般的无线电发射机非常相似，只是它用激光作为载波，用透镜作为发射天线，把含有待测的温度信息的脉冲激光发射出去。发射系统由感温元件、调制器、强脉冲发生器、半导体激光器等几个部分组成。其方块原理如图 2 所示。

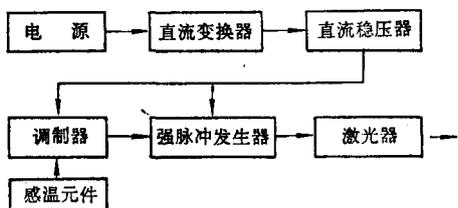


图 2 发射机方块原理图

载波，它运载着信号，通过天线发射出去。在激光载波测温中，信号的发射过程和无线电的发射过程完全类似，只是载波由激光器产生，调制由激光调制器完成，而天线就是一台光学望远镜。电源调制就是用待传递的信号去控制激光器的电源，来达到控制激光输出强度的目的。

脉冲调制的种类很多。如脉冲调幅、脉冲调宽、脉冲调频等。我们用的半导体激光器是在自然条件下工作，而激光器的输出功率随环境温度的高低有所变化。为了避免激光器由于环境温度的影响而造成测量误差，我们采用了脉冲调频，因为激光器功率有时虽然降低了，但能够保持频率不变，所以这样能保证测量的准确度。这种调制，是使激光脉冲随信号的强弱变化而改变其疏密程度。信号越强，激光脉冲就越密；信号越弱，激光脉冲就越疏，如图 3 所示。另外，这种调制对于激光二极管来说较易实现，因此我们采用了这种方法。对于这种调频载波，接收后解调也很方便。

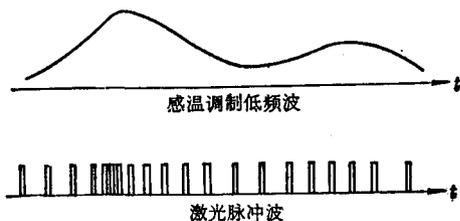


图 3 脉冲调频

1. 脉冲电源调制

无线电的发射过程是将需要传递的信息，通过信号变换器转变为电信号，然后用这个信号去调制一个高频电波，也就是去控制高频电波的参量(幅度、频率或相位)，使它能按照信号的规律变化。高频通常称为

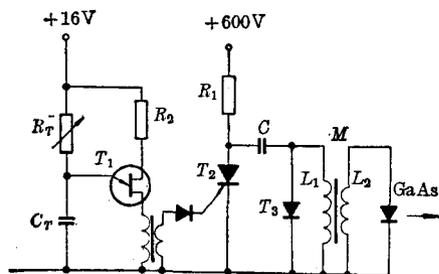


图 4 砷化镓激光二极管电源线路

R_T —热敏电阻 T_2 —可控硅
 T_1 —单结晶体管 M —铁氧变压器

2. 砷化镓激光二极管电源线路

砷化镓半导体激光器实际上就是一种晶体二极管。为了散热，在室温下，砷化镓二极管往往以窄脉冲方式工作。

用什么方法能产生电流密度大、通电时间短的电流脉冲呢？有多种方式。我们采用了可控硅开关组成的线路，因其重量轻、体积小、工作电压低、机械强度高，如图 4 所示。

这个线路产生的电流脉冲幅度可达到几十或数百安培，持续时间为 0.2 微秒，重复频率为 500 ± 200 赫芝。这个电流脉冲激励激光二极管产生激光。其振荡重复频率可由以下公式

近似计算得出:

$$f = \frac{1}{R_T C_T \ln \frac{1}{1-\eta}}$$

式中: R_T ——感温元件的电阻;
 C_T ——弛张振荡器的电容;
 η ——单晶体管的分压比。

热敏电阻 R_T 的阻值随温度的变化而改变。因此当振荡器的电容固定时, 振荡频率 f 只是 R_T 的单变量函数。热敏电阻的温度系数为负, 所以当温度升高时 R_T 值下降, 于是重复频率就升高, 反之, 温度下降, R_T 值升高, 重复频率就下降, 这就形成了按温度进行频率调制的过程。

实际测得的频率数值列示表 1。

表 1

温 度 (°C)	频 率 (赫芝)
20	363
30	408
40	455
50	500
60	545
70	590
80	625
90	672
100	720

三、接收部分

发射装置发射出脉冲激光, 载着被传递的信号向远处传播。接收机就是用来接受被传递的信号。当激光在空气中传播时, 由于“散射”、“吸收”、“抖动”等原因, 会有一些的能量损失, 但考虑到本测量装置激光传播的通道距离比较近(不到一百公尺), 故这种影响可以忽略不计。

信号的接收是信号发送的还原过程, 即把被调制的光信号转换成电信号, 并变为还原的信息。接收系统由接收透镜、光电变换器、脉冲放大器、整形放大器、积分解调、直流放大器、指示仪表及 20°C 频率振荡器等几个部分组成。其原理如图 5 所示。

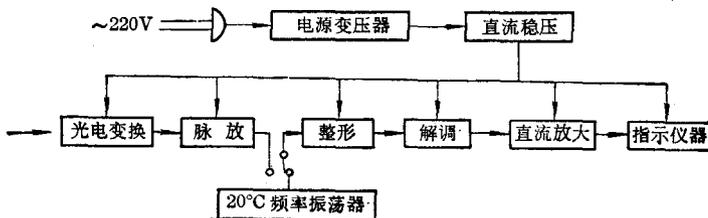


图 5 接收机原理方块图

四、控制部分

由于发射架上处于高电压,所以发射机所用的电源,直接接入是比较困难的。又因为激光管的寿命与加电的时间有关系(不连续工作可延长其寿命),而感温用的热敏电阻其本身的功率较小(毫瓦级),因此我们考虑整机不能连续使用,以间断式工作为宜,因而采取了光遥控的方式间接接入电源。每次测量仅在8秒钟内进行,在测量者能清楚地读取所指示的温度数值以后,自动地切断电源。这部分目前是由可见光源、半导体时间继电器等组成的,具体线路如图6所示。

图6的上部为半导体时间继电器,由单晶体管、可控硅等元件组成。当电源接通8秒钟以后,单晶体管输出触发脉冲,使可控硅导通, J_2 动作后,将电源断开,使测量停止。

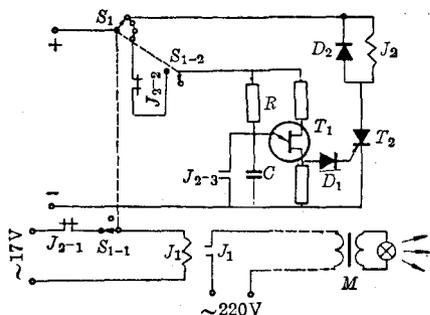


图6 控制部分电路图

T_1 —单晶体管 T_2 —可控硅 D_1 、 D_2 —二极管
 J_1 、 J_2 —继电器 M —变压器 S —联动开关

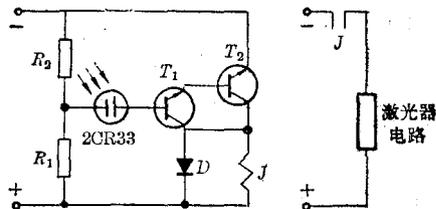


图7 光电继电器电路

T_1 、 T_2 —三极管 2CR33—光电池
 J —继电器 D —二极管

可控电源的发光装置,通过电缆安装在与发射架距离约3公尺的相应位置上,经校准后固定在三角架上。而接受可见光束的光电池,则通过透镜聚焦后固定在发射架内。采用的灯泡为12伏、20瓦的汽车后灯。硅光电池为2CR33型,两块串联。操作切换开关与指示装置接在一起,放于控制室内。

图7为光电继电器电路。当硅光电池2CR33受到经聚焦的可见光束照射后,即产生1伏电压加到晶体管 T_1 上,此时继电器 J 动作,将激光器所用的电源接入。当可见光不照射时,继电器 J 就停止动作,激光器电路电源切断。

五、设备安装

1. 感温元件的安装

目前经常使用的感温的物体很多,如电偶、纯铜线电阻、白金丝、热敏电阻等。我们采用的是体积较小的热敏电阻,它是长约8毫米、直径约1毫米的长型圆柱体,其电阻、温度特性如表2所示。

热敏电阻的安装,是在线圈导线上开一个长10毫米、宽2毫米的口,如图8所示。把热敏电阻置于导线开口处之中,然后用电气和机械性能高的树脂固定,拉出测量引线。引线的根部必须很好保护,以免在线圈绕制施工中弄断。元件埋入的一段导线要比其它部位的导线被复

表 2

温度 (°C)	电阻值 (千欧)
0	74.34
10	40
20	30.4
30	23.1
40	17.59
50	13.87
60	11.0
70	8.83
80	9.11
90	5.79
100	4.71

得略厚一些,使元件安装牢固可靠。为了将来核对热敏电阻所测得的温度的正确性,在其附近又另外安装了一组康铜热电偶(热电偶的热点焊接在线圈导线上,直接等电位)。由于热敏电阻值为千欧级,所以采用了0.4毫米直径的测量引线,这样可以使有测量引线的导线被覆后的粗度与无测量引线的导线基本相差不多。

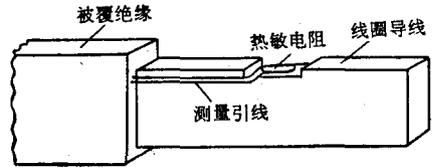


图 8 热敏电阻安装示意图

测量元件的测量导线是沿着被测的导线引出的,这样就使测量线与被测线圈的导线始终与同一磁通交链,二者之间就不会有电流磁场而产生的感应电压,因此。在测量引线没引出线圈端部之前,不需要另加绝缘。直到测量引线引出线圈端部以后,才另行引到套管的端部固定在专用的结线柱上。再从结线柱上用双芯屏蔽线顺着母线伸到发射架上去。

根据有关变压器资料的记载,经与变压器现场检修安装人员的共同研究,我们把感温元件安装在变压器线圈最上一饼的中心部位上,如图 9 所示。据认为,这是变压器的最热点。

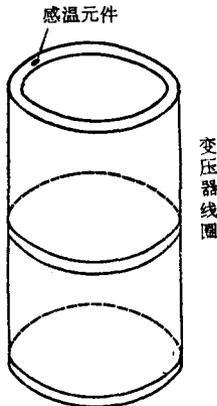


图 9 感温元件在线圈上的安装部位

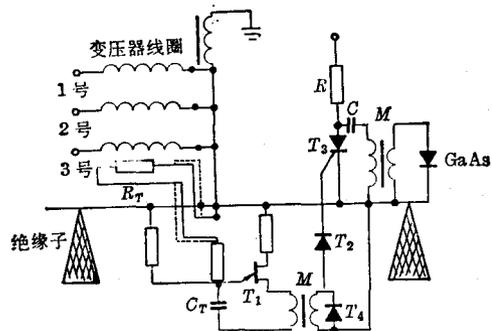


图 10 发射架高压等电位接线图

R_r —热敏电阻 M —变压器 T_1 —单结晶体管
 T_2, T_4 —硅二极管 T_3 —可控硅

2. 发射架高压等电位连接

感温元件引出的测量线由套管端部引到发射架而等电位,如图 10 所示。发射架上部用 2 毫米的铁板做成防雨罩,表面涂一层白漆,以反射阳光。架内装有激光发射器和光控的接收装置。发射架的支持物为两支 66 千伏等级的棒式绝缘子。该装置安装在距变压器不远的门型

构架上。

3. 接收机的安装

接收部分的透镜、光电变换器和前置放大器,安装在变电所主控室屋顶上的与发射装置相对应的小房子里,与发射架的空间距离为32公尺,再通过约30公尺的高频电缆线接收机与主控室内的测量装置相连接。

六、运行情况

整套装置于1974年8月正式投入电力系统运行。在运行一个多月以后,偶然发生了故障。经过详细检查,是由强脉冲发生器的可控硅损坏引起的。在发生故障的当时,据了解系统网路并没有异常现象,所以晶体管的损坏可能是其本身的质量问题造成的。可控硅更换了以后,装置便恢复了正常运行。

运行初期还发现仪器指示有时不够稳定。经检查,是由于接收系统的前置放大器的直流电源波纹系数大造成的。电源改进后,不稳定现象也消除了。

为了使其运行更为可靠,我们还做了以下两项试验:

1. 电场干扰情况的试验

因为该装置的发射部分带有高电压,所以必须对装置在电场情况下的测量准确性进行校对。我们的作法是:趁变压器停电后的送电机,对变压器送电前后瞬间温度进行测量比较。测量结果,加压前后的测量数值完全一致,这证明装置不受电场的干扰。

2. 磁场干扰情况的试验

我们在安装热敏电阻的同一位置处,安装了一组康铜热电偶,在变压器负荷较大的情况下,进行校对。其作法是:等电位作业测试康铜热电偶的电动势,与同一时间内的激光载波测温的数值比较,结果二者的数值完全相同,这证明装置也不受磁场的干扰。

这套测温装置的投入使用,使我们得以经常监视变压器的热点温度。运行实践告诉我们:在通常情况下,变压器的热点温度要比上层油温高 30°C 左右。这就大大地开阔了我们的认识境界,使我们懂得:仅用变压器的上层油温来监视变压器的运行状态是远远不够的,必须开辟一条新的途径,更有效地监视变压器的工作状态,以达到安全经济运行。表3列出了运行中的几个典型测量数据。

表3 运行中变压器的测温数据

名称	测量日期				备注
	74.8.25	74.8.27	74.8.31	75.1.8	
电流(安)	1050	1070	1000	1480	热电偶测 激光测
电力(万千瓦)	9.5	10.3	10.3	15.5	
上层油温($^{\circ}\text{C}$)	49	47	56	32	
一次线圈温度($^{\circ}\text{C}$)	60	59	66	51	
二次线圈温度($^{\circ}\text{C}$)				73	
二次线圈温度($^{\circ}\text{C}$)	70	72	72	73	

注:1. 75年1月8日的测试,其中二次线圈用热电偶测得的数据,系等电位带电作业测得的,此热电偶与激光测试的感温元件在一个部位。

2. 75年1月8日这一天,大负载的时间很短($11^{\circ}45' \sim 12^{\circ}35'$),其它时间负载都较低,因此上层油温与线圈温度相差较大。

七、结 语

在这套激光载波测温装置的研制过程中，我们得到了许多兄弟单位的热情支持和无私援助，尤其是上海光机所、大连工学院、大连光学仪器厂、3280部队后勤部晶体管厂、阜新发电厂等单位的大力支援。因此，激光载波装置的试制成功，是共产主义大协作的产物。

伟大领袖毛主席教导我们说：“客观现实世界的变化运动永远没有完结，人们在实践中对于真理的认识也就永远没有完结。”我们虽然在变压器激光载波测温方面取得了一定的效果，但是，由于我们初次接触激光技术，实践的时间又较短，因此，不论是实际结论还是原理分析，在认识上都有很大的局限性和片面性。我们决心在今后的实践中，努力学习毛主席的哲学著作，坚持唯物论的反映论，继续洗刷唯心主义思想，不断加深对变压器激光载波测温的认识，将电力设备带电测温这场革命进行到底，为保证系统多供电、供好电，加快电力工业的步伐而努力。

* * * * *

全国激光机械加工会议在柳州召开

在全党全军和全国各族人民热烈欢庆以华国锋主席为首的党中央一举粉碎王张江姚“四人帮”反党集团篡党夺权阴谋取得的伟大历史性胜利的大好形势下，全国激光机械加工技术经验交流会于1976年11月25~30日在广西壮族自治区柳州市召开。会议由中国科学技术情报所主持，中国科学院科学技术办公室以及广西壮族自治区和柳州市有关方面负责同志出席了会议。应邀参加这次经验交流会的代表150余名，分别来自20个省、市、自治区的110多个单位或部门。

会议自始至终坚持以阶级斗争为纲，代表们以极大的无产阶级义愤声讨“四人帮”祸国殃民的滔天罪行，决心最紧密地团结在以华国锋主席为首的党中央周围，狠抓革命，猛促生产，作出优异成绩，为巩固无产阶级专政而努力。

会议交流了激光技术用于打孔、切割、划片、焊接等方面取得的成绩和经验，并对一些关键技术环节开展了专题讨论。会议认为，激光机械加工技术已经取得了可喜的进展，有些生产部门由于引入这一技术使生产面貌有了明显变化，形成了较为合理的自动化生产线，大大提高了生产效率。对于某些零件精度要求较高，而生产批量较小的情况，激光机械加工技术也已被生产部门采用。但是，象喷油咀、喷丝头等这类量大面广、精度要求很高的零件的加工，采用激光技术并建立稳定可靠的高效率自动化生产线尚须克服一定困难之后才能实现。因此，与会代表热切希望有关领导部门组织会议以便尽快地攻克这些技术难关，为激光机械加工技术广泛进入生产自动线扫清障碍。与会代表坚信，只要我们坚持以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，坚持无产阶级专政下的继续革命，努力学习马列主义和毛泽东思想，任何困难都是可以克服的。