

甲类单端输出变压器电感量的测量

——实用甲类单端输出变压器电感测试仪

贾泽舟

甲类单端输出变压器是甲类单端功放必不可少的重要配件，其电感量大小直接决定了整机的低频响应。由于甲类单端功放输出管的直流成分要流经输出变压器，给变压器铁心以很大的磁场强度 H ($H=I \cdot N$)，铁心被磁化而产生磁感应强度 B 。为防止铁心磁感强度 B 过大而磁饱和，导磁率 μ 迅速下降，从而使电感 L 也迅速下降，铁心必须顺插并留有空气隙。它有一定的磁阻，因此甲类单端输出变压器电感不易做得很大。在按设计要求制作完成输出变压器后，或购买了成品输出变压器，其电感量 L 的数据便是我们最关心的参数了。而甲类单端输出变压器电感量的测量却不是一件容易的事。

带铁心的电感器，其电感量的测定，必须符合其实际工作状态的铁心磁感应条件，否则会产生很大的误差，从百分之几十到百分之几百，相信谁也无法忍受。比如用电感表测定的输出变压器电感，是在铁心无任何磁感应条件下的电感。而铁心磁感应强度 B 对铁心导磁率 μ 的影响极大，并呈非线性关系，而电感量 L 又与导磁率 μ 成正比。对于现在常用的硅钢片铁心导磁率 μ 较高时，通常对应的磁感应强度 $B=0.2 \sim 1.2$ 特斯拉。

把无任何磁感应条件下测得的电感称初始电感，它离实用条件相差甚远。而加载一定的交流电压时测得的电感可与推挽输出电路的工作条件一致，与甲类单端输出功放的工作条件也是不符的。只有加载相应的直流电流后，给铁心施以实际的磁场强度 H ，而铁心达到了相应的磁感应强度 B 时，所测得的电感才符合甲类单端功放电路工况的实际真实电感。而要达到此条件，则必须要有直流恒流源。该直流恒流源必须对交流呈现无穷大阻抗，并且是可控制电流的，可使被测电感上加载与实际工作相符的直流电流。然后注入交流电流，由感抗产生交流电压，用此电压即可准确测定其实用电感。方式可分为定电

压式和定电流式两种。

因为笔者常遇到此类棘手问题，又不满足于估测的很大误差，故特此设计了专测甲类单端输出变压器实用电感的仪器两款，它可测加载 $10 \sim 150\text{mA}$ 直流电流时单端输出变压器的电感，也可附带测量电源滤波扼流圈的实用电感，关闭恒流源后还可测推挽输出变压器的电感。

【例1】电路为定交流电压式，如图1所示。该方式不存在阻抗感抗串联的相移问题，测电感的电流表可以使用普通指针式磁电式电流表。把交流电压加在电感上，测得交流电流由感抗 $X_L=U/I$ 计算感抗，再由电感量 $L=X_L/\omega$ 计算电感。要求使用者每次测量都进行两步计算，太不方便。因此，

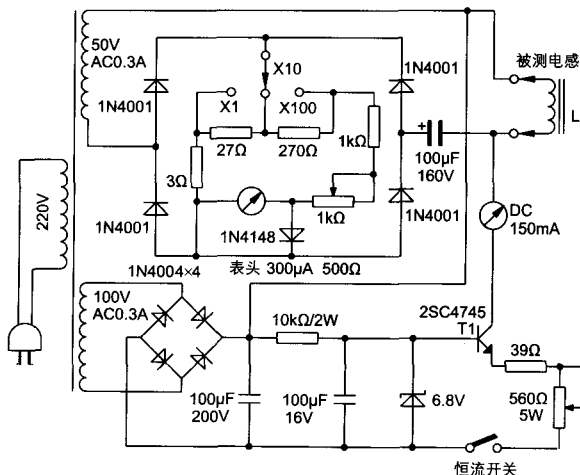


图1 甲类单端输出变压器电感测试仪一（定电压式）

把电流表刻度上直接标出电感数,不需要专门由测试数据在表盘上另绘刻度线,而是直接利用原刻度。采用以3的倍数的电流表较方便,可直接将电感数标在原刻度上。如果采用 $300\ \mu\text{A}$ 电流表,满刻度300为1H。其余电感数对应电流值在附表中列出,请查阅。1H电感的感抗 $X_L = \omega L = 2\pi fL = 314\ \Omega$,故满度电流在 $L \times 1$ 档为 $I = U/X_L = 50/314 = 0.1592\text{A} = 159.2\text{mA}$, $L \times 10$ 档为 15.92mA , $L \times 100$ 档为 1.592mA 。分流电路 $3\ \Omega$ 、 $27\ \Omega$ 、 $270\ \Omega$ 为分流电阻。 $1\text{k}\ \Omega$ 电阻为温度补偿用, $1\text{k}\ \Omega$ 电位器为灵敏度调整用。这样便可由交流电流表直读电感数了。电流表采用整流后接分流器的电路,最大优点是刻度线性化,没有一般整流式交流电流表先分流后整流、初始值刻度非线性缺点。

恒流源电路由稳压电路和恒流管 T1 构成, 稳定电压为 6.8V, T1 为彩电电源开关管 2SC4745 或 2SD1445。要求它的电流放大系数 $h_{FE} > 20$, 其基极接 6.8V 稳压点, 发射极接电流调整电路, 560 Ω / 5W 线绕电位器串 39 Ω 电阻。集电极串联 150mA 直流电流表, 通过被测电感接通 +135V 电源, 完成恒流源。该恒流源内阻为 10mA 时 $R_i > 6M \Omega$, 100mA 时 $R_i > 600k \Omega$ 。

50V/50Hz 交流电经交流电流表和100 μ F/160V电容加在被测电感上。由于电源电压可能波动,因此在测试前关闭恒流源,把314 Ω /10W电阻(可由300 Ω /

10W 串联 $14\ \Omega$ /1W 完成, 要校准该电阻)接在电感两接线柱上, 选择开关放在 $L \times 1$ 档, 调电流表灵敏度电位器使电流表指针位于满度值 300 (即 1H 处)。用法类似于万用电表电阻档调零。当然也可采用 $3140\ \Omega$ 电阻在 $L \times 10$ 档调整, 然后便可对电感进行测量了。

未打开恒流源时测得值为没有直流磁化情况，加载 $50\text{ Hz}/50\text{ V}$ 交流电压下的电感。打开恒流源后，调电流使恒流电表读数为其实用值，这时测得的电感即为加载额定直流后的电感，数值由电感表直读。它可以直观地显示甲类单端输出变压器的电感随直流磁化变化的反映，从而知道其气隙宽度选择是否合理，使我们调整空气隙宽度时得心应手，避免了盲目性。使用中两个电感接线柱切勿短路，未接入被测电感时切勿打开恒流开关，并且选择开关档位要从 $L \times 1$ 档开始，逐步由 $L \times 1 \rightarrow L \times 10 \rightarrow L \times 100$ 顺序选择，用完即退回 $L \times 1$ 档。

量程为 1~1000H。

【例2】 电路为定交流电流式，如图2所示。电源电路分两部分，一部分为恒流源电路，和例1相同，这里不再赘述。另一部分为50Hz交流电源，电压为245V，交流电流由R通过C1加在被测电感上，由被测电感的感抗产生了交流电压U，感抗 $X_L=U/I$ ，再由 $L=X_L/\omega$ 即可算出电感。每次测量都进行两步计算未免太麻烦，选取适当电流，即 $I=U/\omega L$ ，式中U取1V，L取1H，即 $I=1/314.16=3.183\text{mA}$ ，便可以使测得的电压数直接等于电感数，避免了计算麻烦。例如测得电感的交流压降为17V，该电感的电感量即为17H。普通指针式交流电压表内阻太小，为 $4\text{k}\Omega/\text{V}$ ，测量50H以上电感时将带来一定误差，要想提高测量精度，请使用 $20\text{k}\Omega/\text{V}$ 灵敏度交流电压表。具体做法是选用 $50\mu\text{A}$ 磁电式表头，配4只1N4148二极管组成桥式整流，再串联 $1\text{M}\Omega$ 倍率电阻，即组成50V内阻 $1\text{M}\Omega$ 灵敏度 $20\text{k}\Omega/\text{V}$ 的交流电压表了。

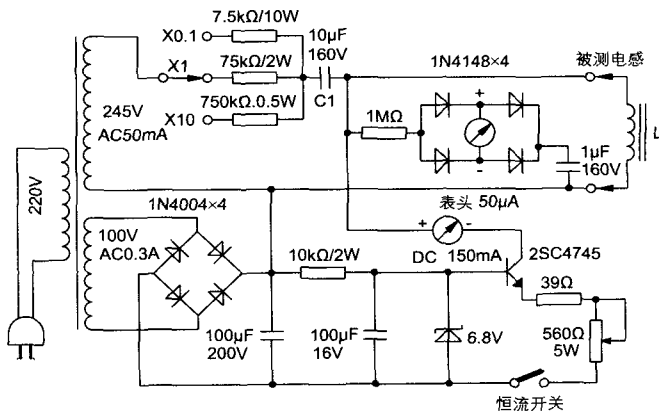


图 2 甲类单端输出变压器电感测试仪二 (定电流式)

附表 电感与刻度对应值

刻度	300	250	200	150	120	100	75	60	50	37.5	30	25	20	15	10
电感	1H	1.2H	1.5H	2H	2.5H	3H	4H	5H	6H	8H	10H	12H	15H	20H	30H

大功率再生电源处理器制作

何庆华

日常交流中,大多数发烧友也能体会到电源处理的重要性,但不少发烧友只将重点放在机器内的变压器上,甚至会钻牛角尖,用进口变压器,或定制进口铁心加多少N铜线的变压器,然后再寻觅几个口碑好的发烧电容。至于市电处理,多数只是加个LC滤波器。市电的干扰依然有可能进入到器材内部电路中。

在本刊2007年第6、第7期笔者介绍了一款使用再生电源的全平衡前级的制作。这次笔者向大家详细介绍一款输出功率更大、输出220V的通用型再生电源的制作,可以为整套系统中的CD、DAC、前级及部分功放提供纯净的供电,希望借此为发烧友提供一个药引。

一、电源处理

对音频电路的工作环境来讲,

再没有什么比电源供应更重要的事情了。不管是用于模拟的放大器还是数字音频的DAC解码器、CD播放机,它们对电源的纯净度都非常敏感,号称抗干扰能力强的数字电路,也会因为电源处理不好而令Jitter大大高出标称值,从而令音质劣化。笔者见到过一款国产名牌DAC工作时因为开关荧光灯时的电源脉冲干扰而死机无声。可想而知,重放时音质会受到何等严重损害。

市电电源的纯净度常常受到各式各样的污染,包括电脑、移动电话、荧光灯、有电动机的电器如风扇、空调等,以及如CD机之类的数码器材所产生的电波干扰。因此,如果不对电源供应电路进行小心处理的话,电源的噪声及干扰信号就会窜到音乐信号中去,令音质变差,干扰甚至会掩盖原本音乐中一些细节信

号,令重放的音乐细节减少,高频延伸及透明度下降。虽然这样会显得中频或低频量感更突出,似乎声音厚实了,但有量无质,音质粗糙,无法还原CD片录音时的音乐真谛。

常见的音响用电源处理器可分为三类:无源净化电源、补偿方式净化电源和再生电源。

其中无源净化电源是大家所熟识的使用LC滤波器的处理方式,市场上一些两三千元以下的电源处理器多数是属于这种处理方式。优点是成本最低,由于使用的是无源器件,可靠性高,但处理效果三者中最差,只能小幅度地抑制中高频的干扰噪声。

补偿方式净化电源,这种电源处理方式的成品是市场上较多见的,日本的金嗓子推出的电源处理器正是使用这种方式,近年国内一些厂家也生产过这类电源

选用测量上限电压为50V,由相移引起的误差为-2%。如图2所示,交流电流通过感抗产生的电压为 U_L ,电源电压为 U , $U_L/U=50/245=0.2041$,相移角 $\theta=0.2041$, $\theta=11^\circ 30'$,而 $\cos(11^\circ 30')=0.9799$,因此最大 $U_L=50V$ 时,误差为-2%。而中间值 $U_L=25V$ 时, $\theta=25/245=0.10204$, $\theta=5^\circ 48'$,而 $\cos(5^\circ 48')=0.9949$,此时误差为-0.51%,精度很高了。

$L \times 1$ 档的交流电流 $I=3.183mA$,另两档分别为电流10倍的

31.83mA、档位 $L \times 0.1$ 和电流 $1/10$ 的0.3183mA、档位 $L \times 10$,分别由 $7.5k\Omega/10W$ 、 $75k\Omega/2W$ 和 $750k\Omega/0.5W$ 电阻提供交流电流,用开关转换,量程为 $0.5 \sim 500H$ 。本电路也可关断直流恒流电路,测无直流磁化时电感,读数依然方便。该电路使用中,被测电感两端发生短路也无妨,但不应开路。同例1一样切记在未接入被测电感时不得开启恒流开关。

以上两例中的恒流源管

2SC4745若使用3DD15D类低压管,在恒流开关关断瞬时产生的反峰压作用下,有可能使之击穿。另外,该管的20W功耗需配散热器,因每次测试时间仅几分钟,故散热器不必很大。

有了这台仪器,发烧友尤其是DIY发烧友,对各种发烧音响用推挽输出变压器和单端输出变压器、扼流圈等关键配件,如同有了火眼金睛,无论配件外表如何华丽,其低频响应如何,一测便知高低。