

荧光灯电子镇流器局部整流效应条款建立的现实意义以及试验方法

国家电光源质量监督检验中心（上海） 俞安琪

论文摘要：

采用高光效的荧光灯并配备低能耗的电子镇流器，目前仍是室内照明的首选产品。灯管的适当变细，使灯的光效得到提高，但也造成了当灯制作不良或在寿命后期发生局部整流效应时，由于能量集中在灯的阴极上，阴极处产生很高的高温，使合格的灯座受热变形，更严重时会发生灯管壁玻璃融化，造成灯管脱落。IEC 61347-2-3 针对这一现象增补了考核要求，本文就增补内容做了解释，并详细介绍了三种试验方法。

Essay abstract:

Fluorescent lamps having high luminous efficacy equipped with electronic ballast having low power consumption is still the first choice among the indoor illuminating products at present. Proper thinning of the tube not only increases luminous efficacy of the lamp but also brings about local rectifying effect when the lamp is poorly made or at the end of the life. For that power is concentrated on the cathode of the lamp, there produces a very high temperature at the cathode. The heat deforms the qualified lamp holder and the worse is that the tube glass would melt and drop. IEC 61347-2-3 supplements the testing requirements aiming at this fact. This essay makes an explanation of the supplement and introduces three testing methods in detail.

关键词：局部整流效应、阴极位降、辉光放电、热变形

在电子镇流器与荧光灯配合工作时，当灯因为某一阴极发射电子能力的不足造成流过灯的两个半周电流不一致，从而使灯管成为电子整流二极管的现象称之为整流效应，以往的整流效应的异常状态试验都是用串入晶体整流二极管的方法来模拟灯的完全整流效应的，并且认为只要通过了完全的整流效应的异常状态试验就说明电子镇流器具有这一异常状态的保护功能。但随着照明行业的发展以及

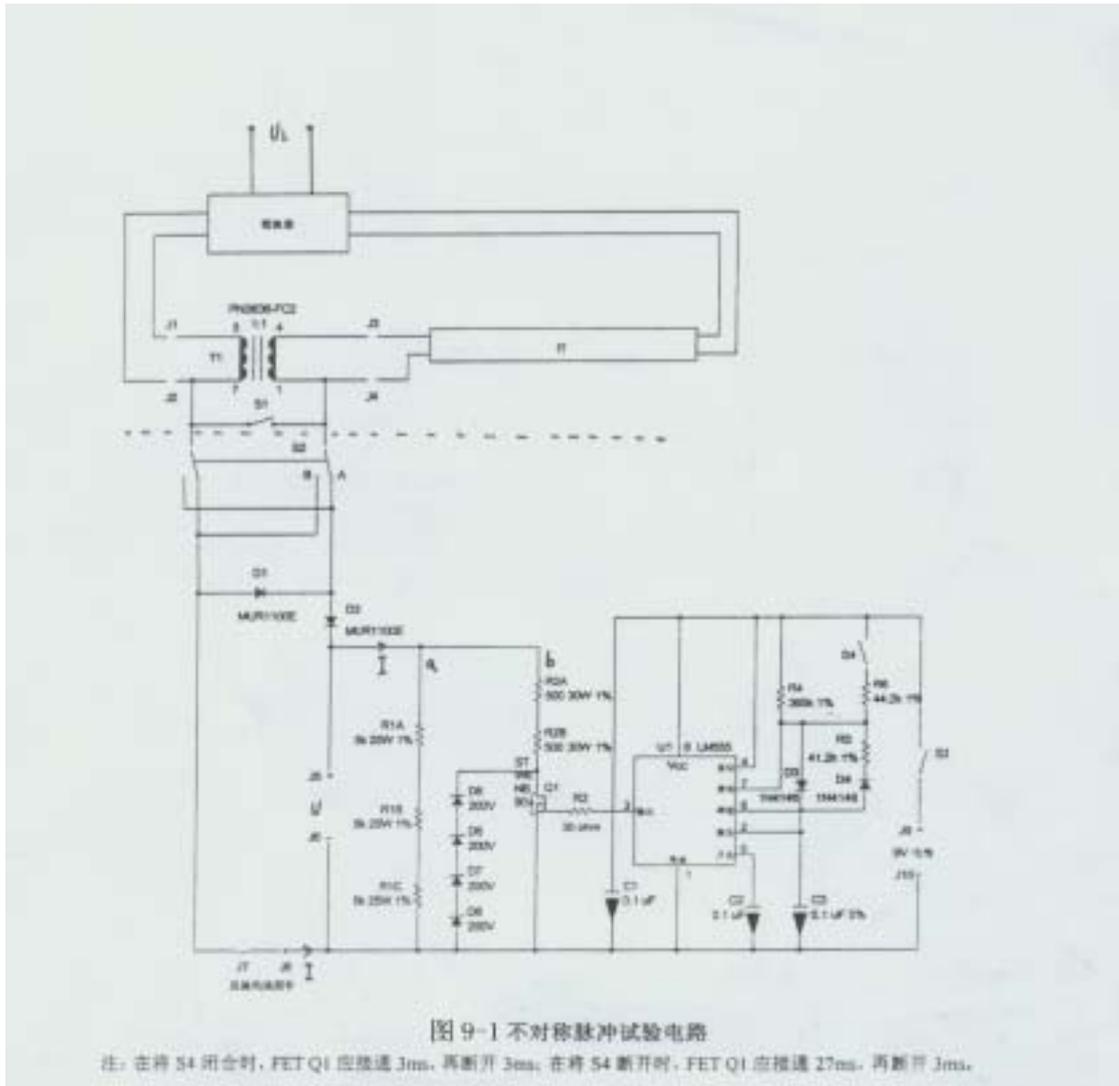
灯的控制装置的发展,发现在灯发生整流效应异常状态时,不仅电子镇流器应具备自身的保护功能,而且还应保护灯管在这一状态下不发生局部爆裂、熔化和破碎跌落现象,尤其是 T5 和 T4 等细管径灯的大量涌现,使这一问题的重要性显得更为突出,IEC61347-2-3 标准的最新修订件正是针对这一情况而补充出版的,下面对这一修订件的建立内涵及试验方法作一分析介绍。

局部整流效应---是指灯尚能工作,但灯 2 个阴极中有一个已局部去激活或损坏,这就是 IEC61347-2-3 标准最新的修订稿的内容(所谓的局部整流效应)。在现阶段,一般电子镇流器都已具有异常状态的保护电路,当灯在发生灯不启动(对瞬时启动电子镇流器是开路状态)或完全的整流效应发生时,其内部的保护电路一般都能自动进入保护状态,从而避免了灯和镇流器的各种安全故障的发生。但实际使用中,当灯的寿命将终止时,往往是某一阴极的电子发射量不足而另一个阴极则还处于正常状态,灯有一个灯电流从开始出现不对称发展到最后的只有半波电流的发展过程,在这一发展过程中如果灯电流中的单向脉动直流分量所造成的电子镇流器超载现象不足以使电子镇流器内的保护电路动作,(电子镇流器内的保护电路如果灵敏度太高,一般会使灯在低温启动时尚未能启动就转入保护状态,使灯不能转入正常工作状态),并且由于电子镇流器设计和制造技术的进步,一般超负载的能力都较好,在这些因素的影响下,使电子镇流器因整流效应所造成的超功率输出能量有很大部分作用在已具有整流效应的灯管上,这一能量由于集中作用在体积很小的灯的阴极上,所以会使灯的阴极导丝以及喇叭口状玻璃烧坏,灯头温升上升使灯座软化变形,严重时甚至会发生灯的玻管壁因骤热而发生开裂,上述两种现象都可能使灯管跌落发生伤人的现象。目前已有多起这类的原因所造成的质量事故,IEC61347-2-3 标准正是基于这一事实才提出新的修订稿的。这种局部整流效应按标准要求可根据电子镇流器不同的电原理图以及与灯配合所表现的局部整流效应的现象,用下述三种方法中的适用的一个方法来检验其合格性。

不对称脉冲试验

(模拟灯一会儿产生不对称弧光放电,一会儿产生半波弧光放电和/或半波辉光放电的现象)

选用附录 K(资料性附录)所列出的元件,按图 9-1 连接起来。只要元件选择正确,并且连接无误,电路就能工作。



其工作和检测原理如下：

为了能使灯的阴极电流仍按正常工作的状态通过,但又能准确检测灯气体放电的不对称脉冲所造成的功率,所以在灯的一个阴极与电子镇流器之间加入了一个 1:1 的高频变压器,工作时,灯的阴极电流能通过变压器耦合而加到灯的左边阴极上。而灯的电弧电流可通过开关 S₁ 模拟正常工作或通过 S₂ 接入模拟的局部整流不对称脉冲电路。(虚线以下电路)。

- ◇ 由时基集成电路 LM555 组成的脉冲发生器,当开关 S₄ 闭合时,由于 R₄ 和 R₆ 并联,电阻值减小,脉冲发生器的周期(LM555 的 3 脚输出电平)为 3ms 高电位,3ms 低电位,由此使绝缘场效应管 Q1 也发生 3ms 导通和 3ms 截止的开关现象。当开关 S₄ 开路时,只有 R₄ 提供电流通路,从而使 LM555 的 3 脚输出高电位的时间延长到 27ms,而由于 C₃ 被充电到阈值电压后,放电的时间常数仍没变,因此 LM555 的 3 脚低电平的维持时间仍为 3ms,场效应管 Q1 的导通和截止时间也随这一变化而变化。
- ◇ 开始检测时,把开关 S₁ 和 S₄ 闭合, S₂ 调到 A 位置。其中 S₂ 是为了模拟灯整流效应两种都有可能发生的整流情况而设置的,因此在试验时要在 A 和 B 两个状态都进行试验。S₄ 尽管闭合了,但由于提供 LM555 工作的电源(9V 电池)没有被 S₃ 接通所以此时时基电路不工作, Q1 也处于截止状态。S₁ 的接通给灯的电弧电流(气体放电电流)提供了通路,此时电子镇流器输入端接通工频电源后,电子镇流器和灯都能正常工作,按标准规定,在这一状态下灯工作 5 分钟(预热)
- ◇ 将开关 S₃ 闭合,9V 电池将向 LM555 提供工作电源。将开关 S₁ 开路此时灯的电弧电流

中,半周可通过二极管 D_1 提供的通路正常导通,另半周通过二极管 D_2 后分为两支回路,其中 a 回路是通常回路,这一回路由于三个电阻的阻值较大,所以通过的电流 I_1 很小,模拟灯的一个阴极发射不足,这一半波电流使灯处于辉光放电状态。其中 b 回路是一个脉冲导通电路,当 Q_1 不导通时,(在关断的 3ms 内) b 回路在源极和漏极间的电压超过直流 800V 时,4 个齐纳二极管接通,这一方面保护了场效应管、防止源极和漏极间击穿,另一方面齐纳二极管的导通也使 b 回路产生一个脉冲导通电流 I_2 ,这一电流受 4 个齐纳二极管的反向击穿电压左右,所以不可能产生明显的脉冲电流。实际检测时,因为每个电子镇流器的性能不同所以产生的半波开路电压也不同,也可能不发生齐纳二极管在 Q_1 截止时的击穿导通现象。

- ◇ 前面讲过,由于 S_4 的闭合再加上 S_3 的闭合,时基电路 LM555 得到 9V 的工作电源后开始按 3ms 的周期反转,即 LM555 输出端 3 脚 3ms 高电位,此时使 b 回路电流骤增(因为 b 回路的 R_{2A} 和 R_{2B} 阻值很小, Q_1 导通后饱和压降也很小,因此 b 回路的脉冲浪涌电流较大),但 3ms 后 LM555 反转,输出端 3 脚为低电平,使 Q_1 转入截止。此时 b 回路的脉冲浪涌电流消失,在这一状态下试验 15 秒,然后把 S_4 断开,此时 Q_1 按 27ms 导通,3ms 截止的周期再工作 15 秒。在 Q_1 导通的两种状态分别测量 a 和 b 回路的平均总功率。这一平均总功率对 T4 灯来说应 5.0W,对 T5 灯来说应 7.5W,否则认为不合格。

值得指出的是,由于 b 回路是间隔性导通的,因此测量的电流 I 和电压 U 是呈周期性变化的,其电流和电压的乘积值(功率值)也是周期性变化的,所以应该用数字存储示波器的两个通道分别同时测量电流 I 和电压 U 的值,并且每次测量周期(采样时间)应 1s,取测量的平均值后就可以判别产品的合格性。(由于 a 和 b 回路都属于电阻性负载,所以可取电流 I 和电压 U 的乘积来得出功率,并且由于电流中有很大的脉动直流,因此测电流探头或取样电路应该用直流)。

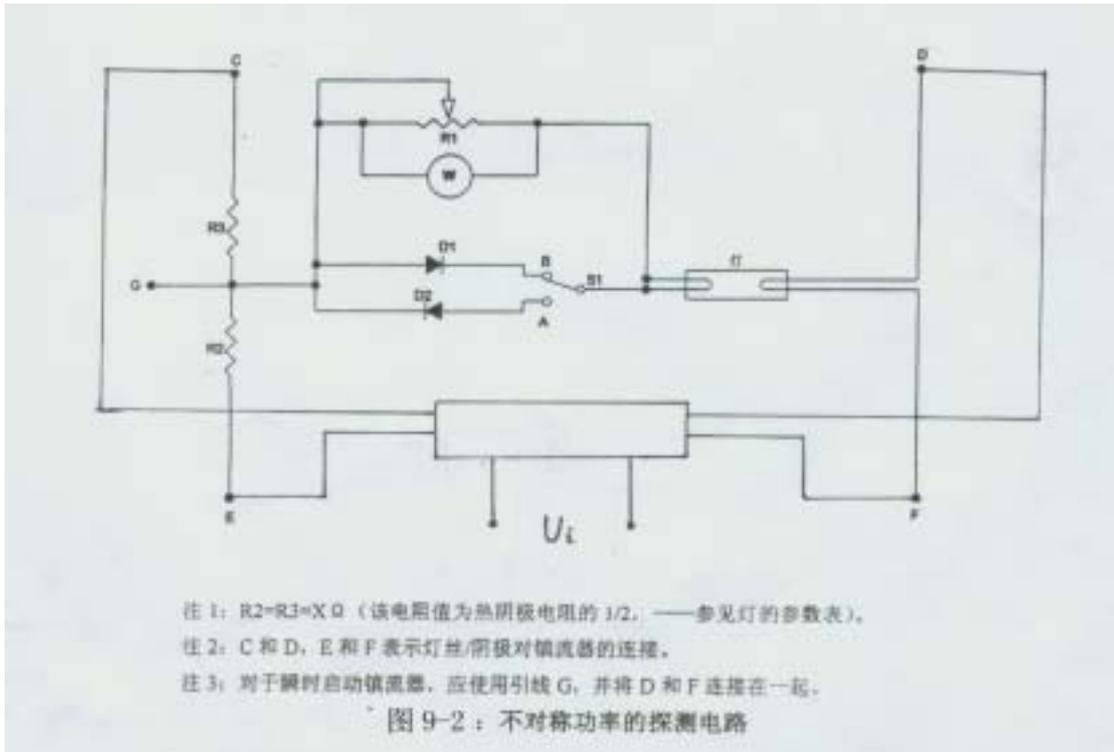
- ◇ 完成上述测量后,再把开关 S_1 和 S_4 闭合,但把 S_2 调到 B 位置,模拟另一种状态灯的局部整流效应情况,再按上述步骤进行测量。在 A 和 B 位置测量时都不允许所测的平均功率值超过规定值。
- ◇ 对于同一型号、不同功率(不同规格)的电子镇流器,应进行每一种规格的电子镇流器的局部整流效应试验,对于一个电子镇流器带多支灯的情况,也应在每支灯上分别进行上述的试验。

· 不对称功率试验

(模拟连续放电缓慢地产生局部整流效应的现象)

按图 9-2 连接好试验线路。这一电路与以前的整流效应试验线路几乎没有区别,只是在整流二极管 D_1 或 D_2 上并联了一个可调电阻 R_1 ,并且在 R_1 上加有测量功率的功率表(或二通道数字存储示波器)。其模拟性及检测原理如下:

- ◇ 开始试验时,开关 S_1 调到 A 位置,此时可变电阻 R_1 的滑动臂调到最右边(0 欧),这时由于二极管 D_2 被 R_1 所短接,电路无整流情况发生,在这一装态下接通电子镇流器的输入电源、点亮灯,并使灯持续加热 5 分钟。



- ◇ 在 15 秒内迅速把 R_1 的滑动臂调向左边, 即快速升高 R_1 的电阻值, 此时灯从右向左方向的电弧电流可通过 D_2 顺利导通, 而灯从左向右的电弧电流必须通过 R_1 的即时值再导通, 从而模拟了通过灯的电弧电流不对称的局部整流现象。随着 R_1 阻值的升高, 这种不对称电流的脉动成分越来越大, 所以 R_1 阻值的变化模拟了灯局部整流效应的逐步加深的过程。但是, 由于电子镇流器电路以及元件设计的多样性, 使得局部整流效应所造成的发热功率 (作用在 R_1 上的电功率) 并不一定是在 R_1 调得越大时其耗散功率也越大。所以试验要求对 T4 灯管在 15 秒内调整 R_1 阻值使 R_1 耗散功率达到 10W, 如果是 T5 灯管则使 R_1 耗散功率达到 15W, 此时停止调整 R_1 的阻值, 在这一状态下等待 15 秒, 如果在 15 秒内 R_1 的耗散功率下降到 P_{\max} 以下, (对 T4 灯 5.0W, 对 T5 灯 7.5W) 认为试验合格, 如超出规定的 P_{\max} , 认为试验不合格。
- ◇ 由于电子镇流器电路和设计的多样性, 可能在调整 R_1 的过程中, R_1 上的耗散功率达不到 (T4 灯) 10W 或 (T5 灯) 15W 的数值, 此时应把 R_1 调整到 R_1 耗散功率最大值的位置, 在这一位置上等待 30 秒, 如果在 30 秒内 R_1 的耗散功率下降到 P_{\max} 以下, 认为试验合格, 反之则认为试验不合格。
- ◇ 如果在调整 R_1 的过程中, R_1 上的耗散功率尚未达到对 T4 灯 10W、对 T5 灯 15W 的水平, 镇流器的异常保护电路动作了, 则还是应该把 R_1 回调到 R_1 上的耗散功率最大的位置, 并在这一状态下等待 30 秒。在 30 秒内 R_1 的耗散功率下降到 P_{\max} 以下, 认为试验合格, 反之则认为试验不合格。
- ◇ 断开电子镇流器的输入电源, 把开关 S_1 调整到 B 位置, 继续上述试验, 判断方法类同。镇流器只有通过上述的试验才认为合格。
- ◇ 对于多灯的电子镇流器, 应在每一灯上模拟上述情况对电子镇流器加以试验。对于同一型号但不同规格 (不同功率值) 的电子镇流器, 应对每一规格进行上述试验。
- ◇ 对瞬时启动镇流器, 可把电路中 DF 短接作为电子镇流器的一个输出极连接点, 取 G 点作为电子镇流器的另一个输出极连接点。

从上述分析可知, 这一试验电路适用于在整流效应异常状态时具有较稳定的异常工

作状态的电子镇流器。

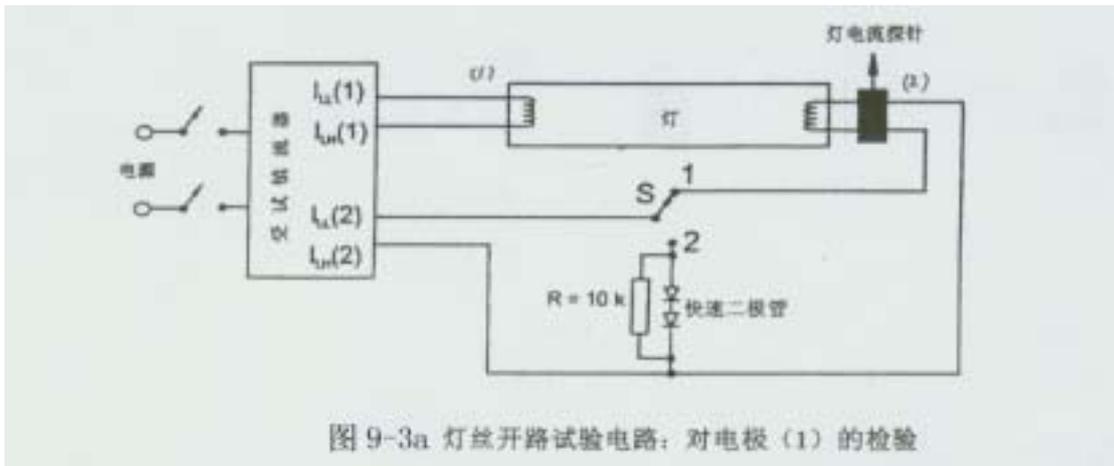
灯丝开路试验

(灯丝上并有二极管)

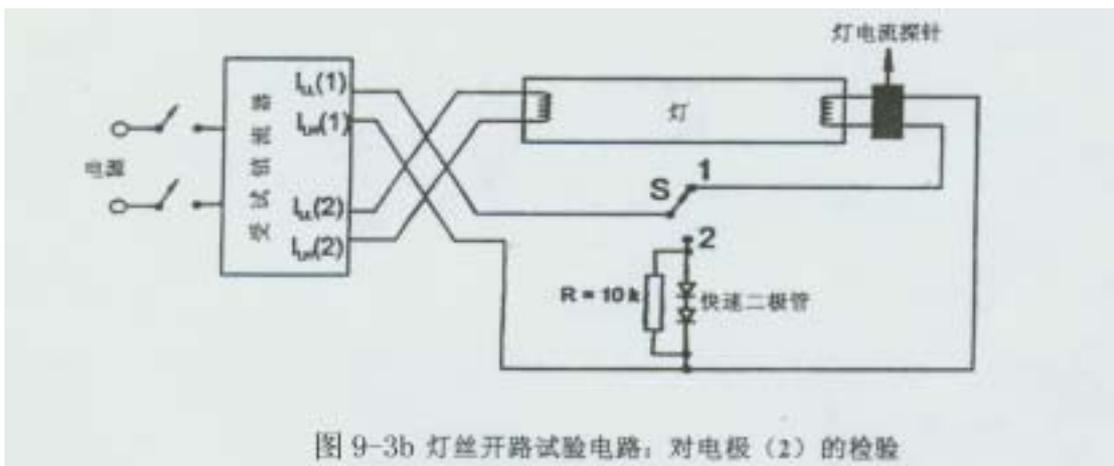
由于电子镇流器的电路和设计不同,有些电子镇流器在灯的一头灯丝断路时也会使灯形成气体放电,但因为是电流很小的气体放电,即灯处于辉光放电状态,灯的阴极电压降很大,此时仅管流过阴极的放电电流很小,但很大的阴极压降与电流的乘积(作用在阴极上的功率)仍很大。又因为照明用的荧光灯阴极都是按弧光放电设计的,当灯阴极处于高电压降辉光放电状态时,阴极会很快升温并且产生很高的温度,这一温度通过灯头传导给灯座后,会使热试验完全合格的注塑灯座软化或熔化(严重的热变形),甚至发生灯的玻璃管壁或固定阴极导丝的喇叭口状玻璃熔化,这些原因会导致灯管的跌落伤人事故。这第三种局部整流效应的试验方法就是针对这一新出现的危及使用安全的现象而制订的。

试验步骤如下:

- ◇ 按电子镇流器正常使用方式连接好电路,用高频电流探头分别测量电子镇流器连接到灯4根引线的电流,对于灯的其中一端(1),其引出线有一根的电流会大于灯的电弧电流,标为 $I_{LH(1)}$,另一根引出线的电流会小于灯的电弧电流,标为 $I_{LL(1)}$ 。用相同的方式标出灯的另一端(2)的两根引出线,分别为 $I_{LH(2)}$ 和 $I_{LL(2)}$ 。
- ◇ 按图9-3a连接好电路,并按标准的A程序,把开关S调到1的位置,接通电子镇流器的输入电源,点亮灯并让它工作5分钟。

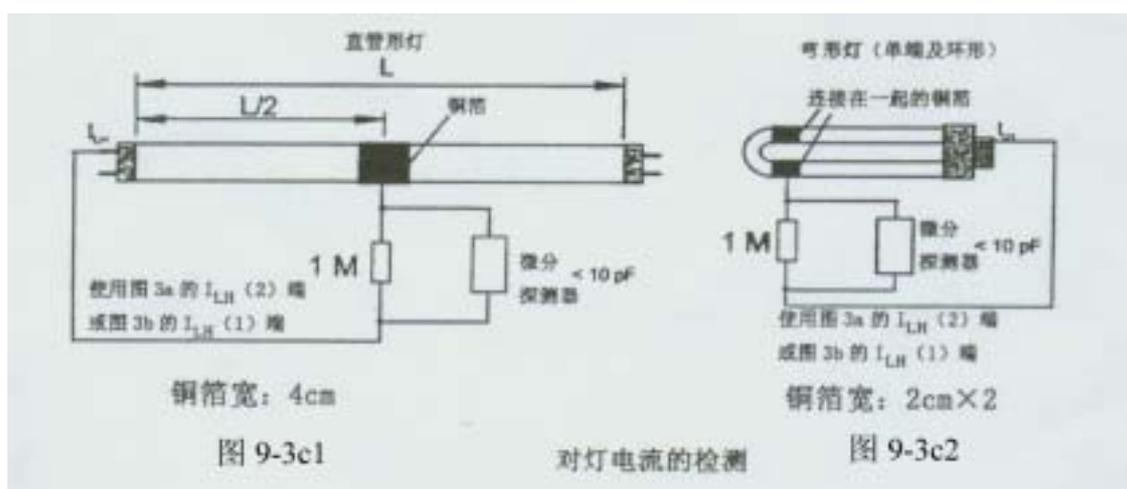


- ◇ 把高频电流探头尽可能放在靠近灯头的位置,把开关S调到2的位置,并等待30秒,此时测量的灯气体放电电流应做到,对T4灯, $I_{max} < 1MA$,对T5灯, $I_{max} < 1.5MA$ 。如果灯电流有脉动现象,则电流的检测应取一个包括断开时间在内的完整的脉冲周期,再积分计算出有效值电流。如果所测电流大于上述规定值,则



应按 B 程序进行试验。

- ◇ 如果所测电流小于等于上述规定值，再按时图 9 - 3 b 连接的电路，仍旧重复上述的过程，对电子镇流器可能遇到的另一灯电极出现断丝并伴有辉光放电的情况进行模拟并试验。两种状态试验的电流都小于等于规定值，则试验合格。如果大于规定值，则有两种可能，一种是灯的断丝后的电弧电流中有较大成份的弧光放电电流，这一电流虽然较大，但灯阴极电压降并不大，也不会出现上述的危及安全现象。另一种情况是电弧电流超出后，断丝头的阴极电压降很大，这就会出现上述的危及安全现象。要进行正确判别，应按 B 程序试验后才能判别。
- ◇ B 程序执行前按图 9 - 3 c 所示，在灯的中间用总宽度为 4 cm 的铜箔包住灯管，



并在铜箔与模拟断丝灯的一端中的较大电流电极 (L_{LH}) 间连接上一个 $1M$ 的电阻。它是通过电容性感应原理来测量断丝后的灯的一端引出线与灯的 $1/2$ 长度处之间的感应电压降是否超过规定值的方法来验证电子镇流器在这一状态下是否会危及使用安全。应注意对双端荧光灯或灯的中间部位有长于 $4cm$ 的直线部位的单端荧光灯，用 $4cm$ 宽的铜箔包在灯管的中间部位。对灯的中间部位刚好是弯曲部位的单端荧光灯，用 2 个 $2cm$ 宽的铜箔分别包在灯管靠近中间弯曲部位的地方，把这 2 个 $2cm$ 宽的铜箔连接在一起，再接入测量回路。

- ◇ 按图 9 - 3 c 1 连接好检测线路后，把开关 S 调到 1 位置（正常工作状态），接通电子镇流器电源，使灯工作 5 分钟。
- ◇ 把开关 S 调到 2 位置，等待 30 秒，然后用数字记忆示波器测量 $1M$ 电阻上的有效电压值，如果这一电压存在脉动，应以包括断开时间的一个完整的脉冲周期来计算该有效电压值。
- ◇ 所测得的有效值电压应不超过灯的额定电压的 25%，如超出则判为不合格。
- ◇ 按图 9 - 3 c 2 连接好检测线路，仍按上述步骤测量电子镇流器另一组输出导线的整流效应，如测量的有效值电压不大于 25% 灯的额定电压，则判为合格，反之则判为不合格。

结论

T5 和 T4 荧光灯用电子镇流器增加进行局部整流效应试验是非常必要的,但是在 IEC61347-2-3 标准的最新修订件中,只给出了 T5 和 T4 灯的局部整流效应试验的限定功率值、电流值或电压值,但在实际的使用中 T8 灯也已发生了因为局部整流效应而发生灯管熔化、爆裂、灯座熔化及跌落现象。所以电子镇流器的生产企业应借鉴上述的试验原理及方法,对 T8 灯用的电子镇流器也进行对应的

考核试验 ,以保证当灯发生局部整流效应时 ,不发生上述的危及使用安全的现象。

参考文献

1.IEC61347-2-3:2000 AMENDMENT 1:2004-06

2004 . 6 . 16