

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H05B 41/288 (2006.01)

H05B 41/24 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510006169.9

[45] 授权公告日 2010年1月20日

[11] 授权公告号 CN 100584139C

[22] 申请日 2005.1.31

[21] 申请号 200510006169.9

[30] 优先权

[32] 2004.1.30 [33] DE [31] 102004004829.0

[73] 专利权人 电灯专利信托有限公司

地址 德国慕尼黑

[72] 发明人 K·施托克瓦尔德

[56] 参考文献

US6184633B1 2001.2.6

US6653799B2 2003.11.25

CN2418646Y 2001.2.7

US6400100B1 2002.6.4

US6437517B1 2002.8.20

审查员 徐卫锋

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 吴立明 张志醒

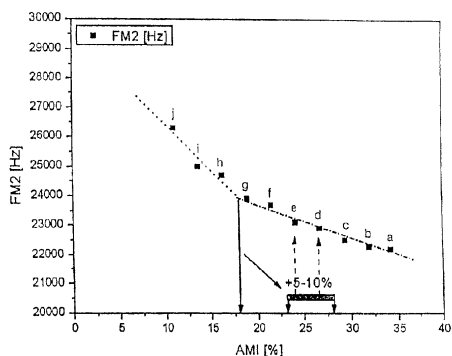
权利要求书 2 页 说明书 18 页 附图 11 页

[54] 发明名称

高压灯在纵模下谐振运行的运行方法、电子镇流器和系统

[57] 摘要

该运行方法基于 FM 和 AM 的同时应用并通过扫描多个步骤来反映，该步骤用于，发现 AM 的最优频率以及此外确定最优的 AM 度。为了实现该方法应用电子镇流器，该电子镇流器拥有可重写的存储器模块。



1. 在使用高频载波频率的情况下的金属卤化灯声谐振运行的运行方法, 该高频载波频率借助扫描信号来进行调频 (FM), 并且同时进行调幅 (AM), 其中首先调节AM信号的基频, 该基频由第*i*个纵模导出, 其特征在于, 在灯点燃和等待期到期之后连续地进行至少以下步骤:

a) 准备步骤: 在该步骤中, 在5 - 15%的AM度AMI时, 通过扫描针对fAM的频率间隔, 首先在理论上和在实验中确定阻抗值Z的第一谐振、也即ZEXT1, 该频率间隔可靠地包含极值; 属于ZEXT1的频率点FM1被考虑用于确定测量间隔MI, 该测量间隔的宽度是具有上截止频率的界限点ST和下截止频率的界限点SM的8到25kHz, 并且在该测量间隔中如此来布置FM1, 以致FM1位于SM和ST之间的距离的55 - 80%处, 其中FM1必须总是位于ST的附近;

b) 步骤1: 在该步骤中, 测量间隔MI被通过; 特征曲线簇如此被确定, 该特征曲线簇通过扫描范围AMI = 5 - 45%中的不同的、逐级变化的AM度被给出, 其中该测量间隔MI总是分别从上向下、即从ST向SP被通过;

c) 步骤2: 通过作为频率函数的灯阻抗的变化在不同AM度时的比较, 从特征曲线簇导出的最优AM度AMI = 最后选择的AM度AMopt的确定; 在AMI的所属值 = AMmd时确定灯阻抗的变化的最大值; 通过规定AMopt = AMmd + W确定AMopt, 其中W = 3 - 10%;

d) 步骤3: 搜寻属于AMopt的频率FMmin;

e) 步骤4: 通过以下方式确定工作频率FMopt, 即通过在FMmin和位于FMmin与混合的频率范围的下终止点FM2之间的间隔中远离FM2有20%的值之间的频率间隔OPT。

2. 如权利要求1所述的运行方法, 其特征在于, 第*i*个纵模是第二纵模。

3. 如权利要求1所述的运行方法, 其特征在于, 在该测量间隔中如此来布置FM1, 以致FM1位于SM和ST之间的距离的60 - 70%处。

4. 如权利要求1所述的运行方法, 其特征在于, 该特征曲线簇通过扫描范围AMI = 10 - 40%中的不同的、逐级变化的AM度被给出。

5. 如权利要求1所述的运行方法, 其特征在于, 扫描信号的频率由第一方位角模式和径向模式导出。

6. 如权利要求5所述的运行方法,其特征在于,扫描频率在运行时保持恒定,而且该扫描频率从第一方位角模式与径向模式之间的范围中被选出。

7. 如权利要求1所述的运行方法,其特征在于,等待期持续30到80秒。

8. 如权利要求1所述的运行方法,其特征在于,准备步骤至少被执行一次。

9. 如权利要求1所述的运行方法,其特征在于,步骤3在每次起动灯时被执行。

10. 如权利要求1所述的运行方法,其特征在于,在穿过AM频率时调幅频率的频率变化的平均的恒定的速率位于每秒0.05kHz到每秒1kHz之间。

11. 如权利要求1所述的运行方法,其特征在于,在步骤1中通过至少6次并且最高15次灯阻抗的变化过程。

12. 如权利要求1所述的运行方法,其特征在于,工作频率FMopt恒定地在每次灯起动时被选择。

13. 如权利要求1所述的运行方法,其特征在于,工作频率FMopt通过扫描间隔OPT中的一系列单个频率来实现。

14. 如权利要求1所述的运行方法,其特征在于,AM度在10-37%的范围中被调节。

## 高压灯在纵模下谐振运行的 运行方法、电子镇流器和系统

### 技术领域

本发明涉及根据权利要求1的前序部分的高压灯在纵模下谐振运行的运行方法、电子镇流器和系统。在此尤其是涉及具有优选地长宽比至少为1.5的陶瓷放电容器的高压放电灯。

### 背景技术

本申请与并行递交的、特此明确进行参考的DEAz10 2004 004 828.2紧密关联。

从US6 400 100中已经已知一种高压灯在纵模下谐振运行的运行方法、电子镇流器和系统。那里给出一种用于发现第二纵向声谐振频率的方法。以此为出发点，即在连续扫描包含纵模的频率范围时，通过这种灯的相对点燃电压提高的出现，可以在垂直的点燃位置的情况下发现谐振频率。这表明，利用这种方法发现和保持垂直谐振时位于放电容器的等离子体的分离的、即分解的状态的纵向频率。但是这样发现的频率可以根据金属卤化物填充物的填充物成分和搜寻程序运行的时刻明显被移得太高，以至于在利用上述的方法发现的频率处声谐振的激励产生不充分的混合并且等离子体的分离、即分解没有足够好地消除。除此之外，在电子镇流器的合适部件中实施该运行方法是昂贵的。

### 发明内容

本发明的任务在于，提供根据权利要求1的前序部分的金属卤化灯的运行方法，该运行方法确保在灯的不同点燃位置的情况下的最优混合。

本发明的另外的任务在于，如此驱动具有高颜色再现和提高的光输出的金属卤化灯，以致该金属卤化灯的点燃位置没有受到限制。应或许产生水平点燃位置和垂直点燃位置之间的运行参数的小差别。另一个任务是提供一种电子镇流器，该电子镇流器执行尽可能自动化的程序，以通过在纵向声谐振附近施加AM度为AMI的适当调幅来实现针对不同的点燃位置近似相同的颜色再现和光输出。

另一个任务在于，可靠地在每个点燃位置的情况下发现所搜寻的声谐振、优选地第二纵向声谐振。另一个任务在于，为此给出所属的系统。另一个任务在于，在高效高压灯的运行期间确定和调节针对金属卤化物等离子体的混合的最优谐振频率调节。另一个任务在于，给出一种算法，借助该算法在灯运行期间镇流器确定和可复制地调节混合的声谐振的针对金属卤化物等离子体的混合最优的频率调节。

运行方法的任务通过权利要求1的表示特征的特性来解决。特别有利的改进方案在从属权利要求中找到。此外，给出应用该方法的电子镇流器。

某些制造公差以及在陶瓷金属卤化灯的较长的运行周期期间不可避免地出现的内长度的变化以及灯的等离子体的声速的微小变化（例如根据环境温度的波动和填充物组成成分的变化）引起长期的（但是也有短期的）在放电容器中谐振频率的反复变化。这要求不断重调调节标准，以准确地调节期望频率或者所期望的频率范围，该期望频率借助纵向声谐振表明混合的积极效果。

根据本发明的运行方法针对从一开始一直（优选地在水平点燃位置的纵向谐振的附近）在持续运行时激发一定频率，因为以此在非水平的点燃位置的情况下也可以达到填充物组成部分、主要是金属卤化物的最优混合。因此广泛地避免了彩色效应和色散。该频率必须在遵守一定的等待期之后被延迟地施加到该系统。该行为方式使得在最优谐振附近、尤其是在水平点燃位置的纵向声谐振 $f_{002}$ 的附近可靠的起振成为可能。该方法首先在长宽比（长：直径）为至少1.5、优选 $>2$ （典型地为3到6）的陶瓷高压灯处是合适的。该方法应用HF扫描驱动，通过该HF扫描驱动抑制了分离并改善了金属卤化物光弧等离子体的混合。

表明，当也在非水平的（尤其甚至在垂直的）位置中在灯的预热阶段首先在近似相等的谐振条件下被激励时，如在水平点燃位置的情况下同样的谐振的情况下，完成最好的混合。在水平点燃位置的情况下，根据其它的对流条件几乎不出现分离。

根据本发明，建议一种改善的、与W002/09480或US6 400 100相比更可靠的方法，该方法可以在电子镇流器（EVG）中更简单和更经济地实现。

针对个别的灯首先求出水平点燃位置情况下的谐振 $f_{002}$ 的位置。这可以通过不同的方法首先一次或者反复在灯运行时在线完成，例如通过利用施加矩形电流和叠加的正弦形信号测量运行时的灯阻抗，其中例如正弦部分的振幅应该在正弦信号的频率变化时总计为电流振幅的约5-15%。

对于本方法的可靠的运行值得期望的是，针对放电容器的预定的几何尺寸存在典型地 $< 1\% \times IL$ 的内长度 $IL$ 的窄的公差范围。该内长度表示灯的那些尺寸，该尺寸定义了第二纵向声谐振，对于电弧等离子体的最优混合、特别是在垂直的点燃位置的情况下该第二纵向声谐振必须被激发。该几何形状优选地是具有直的或者倾斜的末端的圆柱体，但是凸起的容器也是合适的。在这样的情况下可以假设有效的内长度来取代几何求出的内长度。

在垂直点燃位置的情况下，根据与其增强相连的填充物组成成分的分解产生强烈变化的声速，这导致了，当灯起动后，声的第二纵向谐振( $f_{002\_vert}$ )的频率相对水平点燃位置情况下的频率(简称为 $f_{002\_hor}$ )明显偏移，更确切地说向着更高的频率偏移。随着时间的推移，在达到逐渐混合的本发明的运行方式中该谐振频率变化，直至该谐振频率再次近似对应于在水平运行时的那个频率、即 $f_{002\_hor}$ 。

在此表明，根据首先在垂直运行时出现的分离，与水平点燃位置情况下的混合的状态相比，有效声速向更高值的偏差直至30%、大多为约10%至25%。例如，与混合的运行相比，发现在 $Hg/Ar$ 缓冲气体混合物中有效声速的偏差大约为15%至20%。具体的测量值相对464m/s譬如位于550m/s。

第 $i$ 次纵向声谐振的声谐振频率在内长为 $IL$ 的放电容器中通常通过以下乘积给出：

$$f_{00i} = i \cdot cI / (2 \cdot IL);$$

针对 $i = 2$  (第二声谐振) 因此适用:  $f_{002} = cI / IL$ 。

在此， $cI$ 是有效(纵向有效)声速 $cI$ ，其中适用

$$cI = (R \cdot k \cdot T / M)^{1/2}$$

其中 $R$ 通常为气体常数， $k$ 为压缩系数， $T$ 为平均的等离子体温度， $M$ 为等离子体气体的平均摩尔质量； $IL$ 为放电容器的有效轴向长度。

电子管半径 $R$ 和有效(方位角有效的)声速 $c_{az}$ 之间的相互关系适于

方位角的声谐振:

$f_{i00} = a_{i0} c_{az} / (2 * \pi * R)$ , 其中对于  $i=1, 2, \dots$  = 贝塞尔系数的  $a_{i0}$ :  $a_{10} = 1.84$ ;  $a_{20} = 3.05$ ;  $a_{30} = 4.2$  等。

电子管半径  $R$  和有效的径向有效的声速  $c_r$  之间的相互关系适于径向声谐振:

$f_{0i0} = a_{0i} c_r / (2 * \pi * R)$ ; 其中对于  $i = 1, 2, \dots$  = 贝塞尔系数  $a_{0i}$ :  $a_{01} = 3.83$ ;  $a_{02} = 7.016$ ; 等。

为了激发在封闭的、近似圆柱性的灯泡壳中的声谐振, 所构成的电功率振荡是标准的。也就是说, 在激励频率为  $f_I$  的正弦形电流形状时, 功率频率  $f_P$  有频率:  $f_P = 2 * f_I$ 。

本发明原则上从在针对灯应用典型的 HF 范围中的电气载波频率  $v$ 、例如  $v=50$  kHz 出发, 扫描频率  $f_{FM}$  作为调频被施加给载波频率, 扫描频率的值从第一方位角谐振延伸至第一径向谐振的范围中被选出。优选地尤其是  $f_{FM}$  值, 该值位于两个谐振之间的平均值附近、尤其是直接在平均值处。参考点是大约偏移了直至载波频率 10% 的扫描。该扫描率典型地位于在 100 到 1000/s 的范围中。

扫描运行优选地斜面形地利用上升的和下降的频率来实施。

通过在围绕电弧心的集中的气体振荡的激励, 在垂直的点燃位置以及在水平的点燃位置的情况下, 这个运行方式使用了电弧稳定在放电容器的中心轴上的效果。

此外可能在遵守等待期 (灯的预热) 之后对该基本电流信号形状施加调幅 AM, 该调幅的基频在水平的点燃位置的情况下是第二纵向谐振  $f_{002hor}$ 。该基频是调节的输出基础。

这表明, 在垂直运行时, 相对水平的或混合的条件, 谐振频率在此处使用的放电容器的内部尺寸 (典型的值是 12 至 24mm) 的情况下偏移了直至 5kHz。此处说明的行为方式可靠地导致期望的运行方式。

多种实施方案适合作为最大可能的光弧等离子体的混合的可靠调节和广泛地消除分离的解决途径。用于在任意的点燃位置的情况下 (优选地在为约  $0.9$  至  $1.1 * (f_{100} + f_{010}) / 2$  的值的范围处或在为约  $0.9$  至  $1.1 * (f_{100} + f_{010}) / 2$  的值的范围中扫描运行时的 FM 中) 调节针对引起最好地混合的第二水平纵向谐振  $f_{002}$  的 AM 的多种运行方法此处被广泛给出。10%  $f_{SW}$  的扫描范围符合向上和向下大约 5kHz 的窗。该频率  $f_{SW}$

可以在第一个方位角谐振 $f_{100}$ 和径向谐振 $f_{010}$ 的范围中、优选地在偏差为直至10%、也即 $10\% \times (f_{100} + f_{010}) / 2$ 的频率 $f_{SW}$ 的平均值的附近选择。

针对每个点燃位置的情况下的电弧等离子体的最优混合的AM频率的调节的方法的前提首先是在实际总是已经混合的水平点燃位置的情况下确定和存储第二纵向谐振频率 $f_{002}$ 的位置。为了利用该频率调节基本运行，必须在每个灯中首先个别地特征化和检查那里存在的放电容器的几何尺寸和缓冲气体的成分的声谐振，以至于除了第二纵向谐振频率 $f_{002}$ 外，第一个方位角的谐振频率 $f_{100}$ 和第一个径向谐振频率 $f_{010}$ 也是已知的。此外，两个频率的平均值 $(f_{100} + f_{010}) / 2$ 被从中计算和存储。

在第一个实施方案中，在最经济的混合的运行状态中用于起振的程序由此来实现，即在电弧放电点火后，在遵守大约为30秒到80秒、优选地大约为60秒的预热阶段（直至时刻 $t_1$ 的等待期）的情况下，在大约为60秒到150秒的加载阶段内，调幅AM的基频 $f_{AM}$ 被调节到频率 $f_{002\_hor}$ 的1.15到1.25倍的值上。此前AM频率可以任意选择，但是优选地预调节 $f_{002\_hor}$ 。AM度也可以首先在0至25%的范围中任意调节。在提高加载阶段中的基频 $f_{AM}$ 的时刻，优选地如果同时相对 $f_{002\_hor}$ 调节提高了18%到20%的频率，则AM度被调节在15%到30%。同时，调幅被调节到约为15%到25%的调幅。

基本的解决方案在于，针对借助声纵向谐振控制的金属卤化物放电灯的金属卤化物等离子体的混合以及提供在最优混合模式中运行的电子镇流器的金属卤化物等离子体的混合，被调节地识别AM的最优频率点 $f_{opt}$ 和AM度的匹配的信号电平AMI。

这表明，（从较高频率、例如 $1.25 \times f_{002\_hor}$ 和朝向低的频率开始）在逐渐扫过AM频率 $f_{AM}$ 的频率范围 $\Delta F$ 时，在该频率范围中可达到所分离的、很少混合的金属卤化物等离子体的混合，灯阻抗 $Z$ 的特征特性以这种方式构成，即出现局部的超高 $Z$ 。

AM度是针对与总功率有关的各自的电功率的量度，该总功率被转换成纵向谐振的激励。如果例如以大约2.5%的步进逐步提高AM度，则在通过频率范围 $\Delta F$ 时，在给出的AM度的情况下分别获得灯阻抗的特征特性。



与频率范围  $\Delta F$  上的频率  $f_{AM}$  相关的灯阻抗  $Z(f_{AM})$  的特性作为 AM 度的函数并作为特性曲线簇存储。在此随着 AM 度的增加，示出首先一个、接着两个、必要时甚至多个作为  $f_{AM}$  的函数的灯阻抗的连续的动态极值，该灯阻抗在逐步提高的 AM 度的过程中特征化地构成和偏移。

特别是代替振幅调制度也可使用控制包含金属卤化物的混合的放电的信号频率的功率信号电平、譬如线性叠加的信号电平作为工作参数，该线性叠加引起所混合的纵向方位角谐振，该谐振引起相似的被加强的电弧等离子体的混合，如第二纵向谐振一样。

该方法被划分成多个步骤并由至少两个步骤组成。

第一步是逐渐扫描调幅 ( $f_{AM}$ ) 的相对大的频率间隔。扫描范围位于上起始点  $ST$  和下终止点  $SP$  之间，以至于频率起始点  $ST$  的频率位于终止点  $SP$  之上。

但是首先在频率范围的准备步骤中，在该频率范围内粗略确定（在灯阻抗的最大值上可识别地完全出现的）金属卤化物的混合。该频率范围的终止点称为  $FM1$ （混合的频率范围的上终止点）和  $FM2$ （混合的频率范围的下终止点），其中频率起始点  $ST$  和频率终止点  $SP$  分别位于混合的频率范围之外。因此针对该频率满足条件  $ST > FM1 > FM2 > SP$ 。

混合的频率范围的发现作为第一步的前级例如可通过以很小的 AM ( $AMI=5-10\%$ ) 的信号电平进行粗略的扫描预先确定。

在另外的实施方案中，对于具有给定的内直径  $ID$  和给定的内长度  $IL$  和给定的金属卤化物填充物的几何尺寸，这样的频率间隔  $[ST, SP]$  已经一次基本上确定并储存在所属的电子镇流器中。

随后完成第一步的间隔宽度的规定。典型地不仅  $ST$  而且  $SP$  应分别优选地位于覆盖  $FM1$  和  $FM2$  的窗之外的至少  $10-15\%$  ( $ST > 1.10 \cdot FM1$ ;  $SP < 0.9 \cdot FM2$ )。期望值可在由灯和电子镇流器组成的灯系统中预编程或者作为输入命令被给出。

对于第一步的扫描范围  $ST-SP$  的典型的间隔宽度大约是  $8-15\text{kHz}$ 。

在具体的实施例中，灯的放电容器有  $19\text{mm}$  的长度的内尺寸和  $4\text{mm}$  的内直径，该缓冲气体是汞-氩的混合气体。此处最优混合的谐振频率  $f_{AM}$  位于  $22$  和  $25\text{kHz}$  之间。因此， $FM1$  是  $25\text{kHz}$  而  $FM2$  是  $22\text{kHz}$ 。此处  $ST = 30\text{kHz}$  向下到  $SP = 20\text{kHz}$  的间隔可以被扫描。

从这种状态中产生从较高的ST向较低的终止频率SP的频率扫描方向，（尤其是在垂直运行时的）声谐振在分离的状态中在调幅的连续应用时系统性地向更高频率偏移。这样的特性与US-PS6 400 100的教条相反。此外发现，通过足够慢的时间恒定的偏移、特别是为典型的0.05 - 1kHz/sec的偏移率，混合的声频率信号的激励频率 $f_{AM}$ 在AM度为典型的10 - 40%的足够的信号高度处可以实现灯等离子体的越来越好的混合并因此沿 $f_{002hor}$ 方向谐振频率 $f_{002}$ 向更小的频率偏移。

用于监控该事实情况的非常适当的参数是平均的灯阻抗值 $Z = U_{rms}/I_{rms}$ ，如在 $f_{AM}$ 的时间上恒定的偏移时出现的那样（ $rms =$ 均方根）。

$Z$ 作为时间的函数的完整的特征化对于最优调节不是必需的。在期望的点燃位置、特别是在垂直的情况下作为最低要求测量是足够的，其中频率范围FM的一次完全通过是足够的，更确切地说在界限FM1和FM2之间通过，其中出现混合。优选地，在频率起始点ST和频率终止点SP之间为了安全选择更大的频率窗，因为在频率终止点SP上不存在基本的等离子体的混合，或在上频率点ST上或许存在很小的等离子体混合。

所说明的程序使用利用进展的频率偏移逐渐改善的等离子体中的金属卤化物的混合，以针对混合过程求出特征频率、也即特别是谐振频率 $f_{002}$ 。这表明，应该优选地选择恒定的频率偏移（频率扫描）的速率，其中为此最优的速度可以在0.1到0.5kHz/sec的数量级中发现，该速度可胜任标准灯运行。此外，推荐在约1 - 3分钟的预热运行阶段之后才应用该程序。

根据放电灯的功率随着气体混合的改善不仅轴向而且径向改变气体放电的变化的温度变化和同时也改变放电容器的等温线。根据放电容器的热容量，必须完成等离子体中的新的条件的足够慢的匹配直至达到热平衡。这根据放电容器的形状和容量必需不同长的时间间隔。

如果针对声激励的电弧等离子体的混合不超过下频率FM2，则出现灯阻抗的突然变化和在较小的影响或者完全无影响的状态中再次过渡电弧等离子体的金属卤化物混合。

下列的实施方案是特别优选的。

对于所有的应用相关的金属卤化物混合、例如具有碱性卤化物和/

或稀有元素卤化物、特别是如下列成分的碘化物：

NaI或LiI或者CsI和稀有元素(SE)成分CeI<sub>3</sub>、DyI<sub>3</sub>、NaI<sub>3</sub>、PrI<sub>3</sub>、HoI<sub>3</sub>、TmI<sub>3</sub>、DyI<sub>3</sub>以及可能的其它部分ZnI<sub>2</sub>、InI、TiI、MgI<sub>2</sub>、CaI<sub>2</sub>、Hg和Zn、特别是在碱性卤化物含量的摩尔部分<90mol%时。

如果基本上观察以下特性，则建议以下逐步进行对于最优的运行参数的选择和相应装备的电子镇流器中通过自动化调节实现。

步骤1：

AM度AMI被作为信号电平来考虑。AM度AMI(也称为AM指数)通过下式定义：

$$AMI = (U_{max} - U_{min}) / (U_{max} + U_{min})$$

$U_{max}$ 和 $U_{min}$ 是最大点燃电压和最小点燃电压。AMI的值对于确定最优的声的等离子体混合被如此长地逐步提高，直到灯阻抗在通过混合的频率范围FM取代单个最大值显示至少两个明显的特征最大值ZMAX1和ZMAX2，阻抗最小值ZMIN位于该两个最大值ZMAX1和ZMAX2之间。

在这种情况下在提高的等离子体混合度处相反地导致减小的灯阻抗的比率出现；因而通常适用，在两个极值ZEXTR1与ZEXTR2之间存在相反的极值ZINV。

因而有利地在分析时、最好与近似的非混合状态Zrel相比考虑灯阻抗的数额，即 $Z(fAM) \sim |Z(fAM) / Zrel|$ 。

绝对的灯阻抗变化有利地涉及在频率终止点ST和SP上的仅仅非重要的混合状态，即或者涉及 $Z(fAM = ST)$ 或者涉及 $Z(fAM = SP)$ 。因为两个值大约近似相等，所以代替这两个值其平均值也可以用作参考阻抗 $ZREF = (Z(fAM = ST) + Z(fAM = SP)) / 2$ 。

这种标准化阻抗可以与任意因子k相乘以简化分析，以致适用：

$$Z_n(fAM) = k * |Z(fAM) / Zrel|$$

该标准化阻抗被更广泛地理解为阻抗的特征值并因而简化地无变化地称为阻抗。

在从ST到SP的调幅的频率变化过程中，针对各自的金属卤化物混合产生灯阻抗 $Z(fAM)$ 的特征变化，该变化表明增强地混合等离子体。在与针对有明显提高的碱性含量的其他的金属卤化物混合期间，在相对小的碱性含量表明最大值，在加强混合等离子体时表明特征阻抗下降，以至于在任何情况下构成特征值 $Z_n(fAM)$ 的最大值。

为了确定最大值 $Z_n(f_{AM})$ ，调制度AMI逐级提高并在分别保持恒定的AMI情况下扫描一再通过混合的频率间隔 $[ST, Sp]$ 来执行，直到显示函数 $Z(f_{AM})$ 的特征阻抗变化。在此调制度AMI（典型地在约是5-10%的值开始）分步大约分别提高了2-5%，以至于平均大约4到12次扫描是必要的。AM度的足够的最大值一般位于20%和40%之间。

这证明，在由上起始点ST向下终止点SP的频率偏移的过程中低频率处的第二个阻抗最大值 $Z_{MAX2}$ 的频率之下不再进行等离子体混合。也就是说，FM2是通过在 $Z_{MAX2}$ 处出现的频率给出。

根据下扫描频率SP相邻的频率FM2处的最大值 $Z_{MAX2}$ 的 $Z(f_{AM})$ 的变化明显地高于余下的扫描范围。这个原因是电弧放电的温度变化的特征变化。该特性表明在所有金属卤化物放电等离子体时是一致的，其中典型的5-20%的灯阻抗的强烈变化在SP附近的无混合的等离子体状态中的过渡时可以确定。这个突然的变化至少出现在几个十秒钟的时间间隔之内。

也就是说，频率为 $f_{AM}$ 的阻抗 $Z$ 的变化的特征值达到极值点，其中因此值 $dZ(f_{AM})/df_{AM}$ 达到负的最小值。此外，根据这个标准阻抗特征的分析可以有利地为了确定针对等离子体混合的下AM频率FM2的确定而被考虑。

此外发现，从作为AM度AMI的函数的FM2的偏移的总特性中可确定针对长时间稳定的运行必要的AM度AMI。

为此，步骤2被应用：

在约5-35%的AM度的范围中，在典型的AMI约为2.5%（例如10次扫描）的步骤中确定函数FM2（AMI）的偏移率。在此，在单个的阻抗极值构成为更大数量（典型地为2）同类型的阻抗极值的过渡中产生具有AM度的频率FM2的增强偏移。超过增强偏移的范围后，具有继续增长的AMI的函数FM2（AMI）再次表明明显更小的变化率。AM度 $AMI_{opt}$ 被选出，该AM度在出现多于一个的阻抗极值时被分配给提高的混合的范围。这是典型的，AM度 $AMI_{opt}$ 比每个AM度高大约3到10%、尤其是大约5%，其中刚构成第二阻抗极值。

第3步：针对提高的等离子体混合调节激励频率：

利用步骤2中确定的AM指数 $AMI_{opt}$ 现在从ST开始或者至少从FM1开始沿向FM2的方向，AM频率 $f_{AM}$ 以可比较的如步骤1中（典型地为0.1-

0.5kHz/sec) 的频率变化率运行至频率点 $f_{AMopt}$ , 该频率点位于在阻抗变化的最小值(一般: 相反的极值)的频率点上 $FM2 < FMmin < FM1$ 。

这表明, 在 $FMmin$ 和 $FM2$ 之间的范围中电弧等离子体的混合被改善。观察到电弧分布的最强的收缩在 $FM2$ 处作为两个压缩的电弧范围的对称结构。根据未超过频率点 $FM2$ , 由于从外面施加的、即强迫混合的突然的故障, 在其他的频率变小时观察到等离子体阻抗的最强烈的变化。该效应不仅在垂直的也在水平的点燃位置的情况下调节。

对于稳定的等离子体混合, 令人惊讶地准确的调节到 $FM2$ 已证明不是合乎目的的, 因为如长时间漂移和等离子体成分的细小的变化的效应通过消耗或诸如此类的如填充物成分的分布的变化一样可以十分容易地导致长时间稳定的有效的等离子体混合的干扰。

此处提出了调节到更高的频率来克服。不仅针对有目的地调节色温而且针对高的光输出以及针对高的颜色稳定性, 在分配给下截止频率 $FM2$ 的下阻抗最大值 $ZMAX2$ 和分配给较高的频率 $FMmin$ 的位于 $ZMAX2$ 和 $ZMAX1$ 之间存在的阻抗最小值 $ZMIN$ 之间的频率范围证明是最有利的。

在下截止频率 $FM2$ 和 $FMmin$ 之间的距离与 $AM$ 度有关, 因此该距离可以在某种程度上借助 $AM$ 度调节。 $AM$ 度选择得越高, 阻抗最小值 $ZMIN$ 更明显并且 $FM2$ 和 $ZMIN$ 之间的距离越大。这种考虑可尤其是用于确定最后选择的 $AM$ 度 $AMopt$ 。

在实际的检查中证实, 借助 $AM$ 度至少, 应调节在频率 $FM2$ 和 $FMmin$ 之间的400Hz、尤其是直至900Hz的距离, 由此实现在总使用期达到长时间稳定。

产生具有特征化的信号电平 $AMI$ 如也具有特征频率的特征曲线簇和确定针对声的等离子体混合、特别是通过第二纵向谐振的截止频率( $ST, SP, FM1, 2$ ), 典型地在灯起灯之后、即灯开启后的1至3分钟才以约100Hz/s到1kHz/s ( $AM$ 或 $HF$ ) 的频率偏移率、100至200Hz的步幅(分辨率)来执行。这种测量可以在第一次灯开启之后一次或者也重复地以规则的时间间隔或者在每次灯开启时被执行。

此外针对稳定的长时间调节注意下列知识证明是有利的。

惊讶地发现, 尽管在较长的点燃时间后灯阻抗的变化, 灯阻抗 $ZMIN$  (a) 的当前局部最小值此外位于在第一次开启灯时发现的阻抗最小值

ZMIN (a) 附近, 以至于ZMIN (i) 总是作为最优声的等离子体混合的参考点可被使用。

这已表明, 在第一次扫描之后, 尽管有某些漂移通过明显更慢的为50 - 100Hz/min的频率变化率以为50到100Hz的步长可以跟踪阻抗最小值。

利用这个行为方式灯的颜色稳定性可以在本方法的特别优选的实施例中得到明显地改善。因而除此之外建议一种被扩展的、在步骤1 - 3的第一方法上建立的运行方法, 以借助调幅和HF扫频驱动的高压放电灯的颜色调节:

为此, 作为输出点考虑频率为FM2的下阻抗最大值ZMAX2、或者位于混合范围内的频率, 该频率比FM2高了至少150Hz、优选地至少200Hz。这个频率以50至150Hz的步长被提高而且, 在此测量灯阻抗。根据至少为1分钟的起振时间间隔, 灯阻抗在预先扫描的频率点处还被测量和被记录, 例如在非易失性存储器中, 其中借助微处理器控制器存储数据。

在超过调节的灯阻抗的最小值之后, 最后的频率、即在分配给阻抗最小值的频率的步骤序列中直接在前面的频率直接在最小值的出现之前被调节。

这样的调节方法十分可靠, 但是该标准方法可以根据每个频率点的长的调节时间 (大约1至5分钟) 相对长地持续。

因而可替换地也执行快速进行的频率扫描并与谨慎的、缓慢进行的标准方法比较。在此目标是, 尽管测量时间短但是一直保证足够的填充物存放, 该填充物存放在 (通过标准方法表示的) 持续点燃状态中几乎对应该比率。

这表明, 频率偏移率为100至300Hz/秒的明显更快执行的频率扫描也可考虑用于确定最优频率点, 该频率偏移率多次容许实际上不足的填充物存放。特别优选的是下列方法:

为此多次、特别是至少两次从位于等离子体混合的范围的上端的高频率ST出发, 直至位于等离子体混合FM2的最小的频率之下的低频率SP以100至300Hz/sec的频率偏移率扫描频率fAM的范围。待超过的频率间隔的典型宽度是5 - 10kHz。在此调幅的频率被偏移并在每个频率测量点fAM上, 更确切地说以每个频率测量点0.2至1秒的典型的保持时

间测量灯阻抗 $Z(f_{AM})$ 。该测量值在非易失性存储器中存储。

针对最优运行的频率点的选择，频率 $FM2$ 处的阻抗最大值 $Z_{MAX}$ 和在稍微更高的频率 $FM_{min}$ 处的前置的阻抗最小值 $Z_{MIN}$ 之间的阻抗变化过程被考虑，在该频率 $FM2$ 之下不再出现等离子体混合。

因此，通过在步骤3达到范围之后执行步骤4。

在此优选的最优频率点 $f_{opt}$ 从点 $FM_{min}$ 和点 $FM2 + 1/5 \times (FM2 - FM_{min})$ 之间的范围中被选择。

由此发现的频率点 $f_{opt}$ 基本上具有与每个频率点 $F_{min}$ 相同的特性，该频率点在慢慢执行灯阻抗的扫描时显示相对阻抗变化的局部最小值和以此作为混合的持续平衡的最优频率点而出众。

如果灯功率通过镇流器来调节（例如为了调光），则在调节另一个灯功率之后重新重复整个测量过程，以针对新调节的灯的参数确定最优频率点。

这种功率匹配可以通过已知的灯的特性的特征按照上述原理在察觉具有比在第一次测量时明显更短的时间消耗的缩短的步骤序列的情况下执行，该特征已经在制造商处确定并可能在电子镇流器中已经被存储。

整个方法可以独立地由编程的由微处理器控制的电子镇流器来执行，并且除此之外允许针对灯功率的不同的灯类型（例如不同的色温）相关运行参数的匹配。类似地适用具有不太强烈不同的灯功率的相同的灯类型。因此针对多种灯类型的HF驱动提供几个电子镇流器，具有在使用纵向声谐振、优选地第二声谐振的情况下的运行稳定性。最终这种技术也容许在灯中不同色温的调节，例如方法是激励不同的声谐振模式。

本发明也包含在镇流器中上面说明的方法和该方法的实施的组合。直至所说明的程序、也就是说完全有效的频率变化和AM度变化的开始的时间范围通过在起动阶段的镇流器的功率耦合输入来确定。所给出的时间间隔可以直接在电弧放电开始后通过短时间提高的功率输入量被缩小了直至50%。相反上面给出的时间间隔在针对放电容器的应用中以特别高的热容量也被提高直至200%。

此外，为了确定频率 $f_{AM}$ 和AM度可多次运行该测量步骤。

系统或镇流器和合适的灯的制造商可有利地在EVG中预编程针对

由灯的几何尺寸和填充系统组成的一定组合的特征，以至于缩短的方法可以只在使用单个步骤的情况下应用。可是推荐，重复检测和必要时匹配在给定的AM度AMI处调节 $f_{opt}$ ，以至于在每次灯开启时至少运行步骤3。

通过自动测量灯的点燃电压和阻抗，附加地调节针对所定义的待驱动的高压灯类型的开启 - 或切断准则进行调节。

除该方法外，本发明还包含具有微处理器的电子镇流器，在该电子镇流器中执行所说明的程序。

### 附图说明

以下应根据多个实施例进一步说明本发明。其中：

图1示意性地示出高压灯的放电容器；

图2示出用于借助声波激励的纵向谐振稳定化的具有AM和FM调制的高压灯的示意性的功率谱；

图3a示出针对70W的高压灯在不同的振幅调制指数AMI时作为频率 $f_{AM}$ 的函数的两种典型的阻抗变化曲线；

图3b示出70W的高压灯在振幅调制指数AMI变化时典型的阻抗变化曲线的比较；

图3c示出70W的高压灯在振幅调制指数AMI的分级、逐步变化时的典型的阻抗变化曲线；

图4示出根据图3b的阻抗变化，在阻抗最大值上标准化并参考起始 - 和终止频率的平均值；

图5示出从与AMI有关的偏移率FM2中确定最优振幅调制指数；

图6示出在AM度的最优选择和优选的频率范围选择时在具有不同的混合特性的范围中作为 $f_{AM}$ 的函数的阻抗变化曲线的划分；

图7a示出用于发现最优频率范围的原理流程图；

图7b示出准备步骤的详细流程图；

图7c示出步骤1和步骤2的详细流程图；

图7d示出步骤3的详细流程图；

图7e示出步骤4的详细流程图；

图8示出电子镇流器的示意性结构。

### 具体实施方式

在图1中示出有相对高的长宽比  $ID/IL$  的高压灯的示意图。该高压灯应用陶瓷制成的具有给定的内直径  $ID$  和给定的内长度  $IL$  圆柱形放电



容器1。电极3被布置在放电容器的末端2上，该电极3借助引线4与外部电流引线5连接。放电容器典型地包含由缓冲气体汞与氩和金属卤化物组成的填充物、例如由碱性碘化物和稀有元素碘化物组成的混合物以及如铊的填充物。该灯在电子镇流器（参见图8）上以声稳定的谐振高频运行。对此，首先建议第二纵向谐振。

进一步检查的灯是功率为70W的高效金属卤化灯。该放电容器有为18.7mm的最大轴向内长度 $IL$ 和4mm的内直径 $ID$ 。因此长宽比是4.7。该高压灯填充4.4mg的汞和由 $NaI : CeI_3 : CaI_2 : TlI = 1.78 : 0.28 : 1.93 : 0.28$ mg组成的金属卤化物混合物。电极距离为14.8mm。

通过预先检查确定，电弧稳定的运行是可能的，其中电弧在水平的和垂直的点燃位置的情况下被集中在电极连接线上。为此，以在范围为45 - 55kHz中的具有典型的扫描率 $f_{FM} = 130$ Hz的所扫描的高频来运行作为输出点。

在垂直点燃位置的情况下示出在运行开始和大约为120秒的预热阶段之后沿着电弧的分离的、即分解的金属卤化物分布。在金属卤化物的在蒸发阶段中存在的部分不是同样分布在电弧长度上。碱性-和SE碘化物的发射集中在灯的下面三分之一中，而在上面的部分直至上电极上面可以观察到主要的Hg和Tl的发射。在这种状态中，灯有相对小的颜色再现和相对小的光输出。补充一点，在垂直点燃位置的情况下色温主要与水平点燃位置的情况下的色温不同，更确切地说相差直至1500K。

通过施加固定频率 $f_{AM}$ 为约25Hz、AM度为10 - 30%的调幅，根据示意性的图2（小图示出实际的测量）在扫描率为130/s、即通过7.7ms的时间间距时在20至150 kHz的范围中产生灯中的电功率谱。此处根据它的抑制的可能性不进一步考虑更高阶。在AM频率（25kHz）的范围中的功率部分引起第二声波纵向谐振 $f_{002}$ 的激励。

在准备步骤中现在首先在垂直的点燃位置，具有大约5到15%的低的恒定的AM度、大约 $f_{AM} = 40$ kHz到大约15kHz的范围中的调幅AM的宽的频率范围以150 - 250Hz步幅被扫描。在此在27kHz左右的范围中示出灯阻抗的显著增加（图3a）。该增加对应于由谐振效果引起的混合特性的变化。肉眼观察到的分离突然的明显减小由此表明，即电弧的范

围在特征为提高的碱性 - 和SE发射的放电容器的下半部分中, 该范围向上延伸到放电容器的上部中直至大约它的中部并在穿过频率范围1 - 2kHz之后又回到分离的状态。可比较的灯阻抗的变化在水平点燃位置的情况下同样被确定, 其中同样金属卤化物的蒸汽压力沿电弧轴出现分布的变化。为此参见程序流程图(图7a和7b)。

这个范围被假设为最外部的频率范围, 现在该频率范围被强烈限制在AM度逐步提高的AM的频率扫描的过程的其他程序中。

27kHz的频率FM1(其中在本实施例中低的AM度的情况下出现灯阻抗的单个最大值ZMAX1)现在根据图3b被嵌入例如10kHz宽的更窄的间隔中, 该间隔通过起始频率ST(30kHz)和终止频率SP(20kHz)来确定。在此间隔如此被选择, 以致在低的AM度时极值的位置(27kHz)被移在10kHz的总间隔的约55 - 80%处, 也就是说, 该间隔从ST = 30kHz延伸至SP = 20kHz。因此这个间隔如此被选择, 以致 $FM1 = SP + m \times (ST - SP)$ , 其中 $m = 0.55$ 至 $0.8$ , 优选地 $m$ 大约为60 ~ 70%。

然后, 在AM度提高的情况下, 从ST向SP以约0.12kHz/sec的扫描率的重新的频率扫描(Scan)在每个频率点上以约0.5秒的保持时间执行, 并在这样的位置上, 在保持时间终止时求出灯阻抗。图3b以这种方式示出该原理, 即AM度被一次从以前的11%突然提高到27%。AM度明显提高时, 惊奇的发现表明, 灯阻抗的明显的次最大值(ZMAX2)出现。所分配的频率 $f_{AM}$ 标记为FM2。在两个最大值ZMAX1和ZMAX2之间灯阻抗的最小值在频率FMmin处发现。

可是在根据本发明的运行方法中逐步调节多个AM度(此处从10.9 - 36.6%)。也就是说, 在逐步提高了AM度大约2 - 5%(此处为2.4 - 2.7%)的情况下, 从ST向SP以约0.12kHz/sec的扫描率的重复的(此处为十一次)频率扫描(Scan)在每个频率点上以约0.5秒的保持时间执行, 并在这样的位置上, 在保持时间终止时求出灯阻抗。在此, 根据图3c发现的灯阻抗值 $Z(f_{AM})$ 存储在电子镇流器的微控制器中。

有利地根据图4, 图3c的特征曲线簇也可为了更清除被标准化地表示为 $Z_n(f_{AM})$ , 例如关于扫描范围的起始点ST和终止点SP上的阻抗值, 其中该频率ST和SP的平均值也可被考虑用于描述, 在图4中作为 $= ST$ 和 $= SP$ 示出。

从根据图3c或者4的变化曲线中提取频率点FM2(AMI)。在图4中,

所属的最大值FM2分别利用字母a到j来表示。在未超过次最大值之后分别出现阻抗的突然变化。

该最大值的频率FM2现在与涂去分别所属的AM度AMI相反优选地直接作为算法存储在EVG中。

在图5中示出该相关性。通过分段微分，从出现电弧等离子体的提高的混合开始，AM度的范围可被确定，在图5的例子中这是过渡点g。从该点开始，灯阻抗的第二个最大值被特别明显地构成，其中所属的频率FM2与第一个最大值的频率FM1通过最小值FMmin分开，也参见图3b。从图5的发现中，最优的AM度AMiopt由此被提取，即在过渡点（此处：g）上求出的AM度上还上涨至少5%的值。

在图6中，针对稳定的长期运行，给出针对最优AM度附近的两个AMI值的标准化阻抗Zn的相对变化曲线。同时示出了阻抗变化曲线分为I到IV四个区域，该划分与阻抗变化曲线相关对应于放电电弧中的金属卤化物等离子体的不同的混合状态。

在区域I和IV（条状阴影）中，声耦合在电弧等离子体上是最小的，因为从有效谐振频率中除去的激励频率过大。这仅仅导致了与频率fAM有关的灯阻抗的微小变化。在区域II（条状灰色背景）中进一步示出已经增强的等离子体混合。在水平点燃位置，由填充材料已经在区域II中构成中心存放环。但是这个强烈的混合在垂直点燃位置还不够可靠，以在上电极的范围中实现分离的明显消除。在现有技术中，可是该范围正好目前被有目的地控制，因为该范围能简单地被找到。

根据本发明，在区域III（阴影和醒目条）中产生优选的调节范围。该范围位于最小值和次最大值之间的阻抗处的频率FM2和FMmin之间。此处刚好在最小值FMmin的AM频率之下，该最小值比在区域II中实现明显更好的等离子体混合。此处才产生在垂直的和水平的点燃位置中，颜色再现和光输出的进一步提高以及在光技术值之间好的协调。

针对其他的运行的频率fAM的调节现在可利用明显更高的每个频率点的保持时间来实现。

在其他的实施例中也可能，不是在范围III中固定调节一定的固定的频率点，而是在灯的运行过程中系统地和周期性地在FMmin到大约 $FU = FM2 + 1/5 \times (FMmin - FM2)$ 的间隔OPT中施加不同的频率点。在上述范围中频率点的变化可以导致在近似相同的光输出的情况下色温的微小

的偏移（典型地为几十K）。可加载范围因此包括大约直至范围III的4/5。

任意的点燃位置的高的灯稳定性和近似相同的色温表明在简单的实施方案中通过调节到范围III中间隔OPT内的固定频率点 $f_{opt}$ 产生，优选地在通过频率点 $f_{opt} = FM2 + Rx (FM_{min} - FM2)$ （其中 $0.3 < R < 0.7$ ）覆盖的频带中。

图7示意性地示出了运行方法的过程。在图7a中，总结了所有5个原理步骤。在灯开启和等待等待期（典型地为1分钟）之后首先完成准备步骤。

在准备步骤中，在5到15%（典型为10%）的十分低的AM度时，阻抗值Z的第一谐振、即ZEXT1首先在理论上或者在实验中由此来确定，即大的频率间隔被扫描，该频率间隔可靠地包含极值。为了确定测量间隔MI考虑所属的频率点FM1，该测量间隔的宽度为具有界限点ST（上截止频率）和SM（下截止频率）的8到25kHz，并且在该测量间隔中FM1被如此来布置，以致FM1位于SM和ST之间的距离的约55到80处、优选地60%到70%处，其中FM1必须始终位于ST附近。

测量间隔总是从上向下、即从ST向SP被通过。

步骤1是确定特征曲线簇，该特征曲线簇通过在最大的范围 $AMI = 5 - 45\%$ 、特别是10%到40%中扫描不同的逐级变化的AM度来给出，其中测量间隔MI分别被扫描。通常AM度变化的约6到15级就足够了。在他的下端，最大的范围AMI应该包括AM度，其中只有灯阻抗的单个极值（大多为最大值）实际上是可识别的并在他的上端包含AM度，在至少第二最大值已明显地显示出来。

步骤2是通过灯阻抗的变化作为频率函数在不同的AM度时的比较由此导出的最优AM度 $AMI = AM_{opt}$ 的确定。通过确定灯阻抗的变化的最大值进行 $AM_{opt}$ 的确定。AMI的所属值是 $AM_{md}$ 。该值再次被设置在高出3-10%的值W，以获得 $AM_{opt}$ ，即 $AM_{opt} = AM_{md} + W$ 。

步骤3是属于 $AM_{opt}$ 的频率 $FM_{min}(AM_{opt})$ 的搜索。该频率从特征曲线簇中被确定并在灯处从起始点ST开始运行。

最后，步骤4是工作频率 $FM_{opt}$ 的最终有效的确定，方法是通过在 $FM_{min}$ 和位于 $FM_{min}$ 和 $FM2$ 之间的间隔中的远离 $FM2$ 有20%的值之间的频率间隔OPT，并分析相应的运行参数。

第五步在图7b到7e中详细描述。紧接着，EVG可以执行AMopt和FMopt处的持续运行。另外，可以规定切断机制，例如生命终止电路或询问，该询问不断监控保持标准的运行状态。在持续运行期间例如步骤3和4在有偏差时可能可以再次执行以重调。

单个步骤也可以有目的地被用于可调整地调节如色温等的灯的参数。

在图8中示出所属的EVG的原理电路图。该电路图具有以下重要部件：

**定时器/序列发生器：**此处完成时序图控制，以控制预热阶段的持续时间和点燃后加载阶段的利用和高压灯的电弧吸收。此外此处完成灯电弧稳定化的扫描率的控制。

此外，扫描率以及在进行频率扫描时在各自频率点上的停留时间以及接连的程序步骤之间的间歇时间的确定被控制。

**功率级（功率终端级）：**具有限流元件和典型的频率特性的全桥或半桥。该功率级通过供电汇流排（450V DC）被耦合到电源部分。

**反馈回路（Feed-Back-Loop）：**灯的运行识别，可能为如灯电流和灯电压的灯参数的反馈，以调节控制参数和确定预热 - 或加载阶段、或利用其他调节参数重复加载阶段。

此处，实施在EVG - 输出端（灯）上对电流和电压进行足够准确的测量的电路部分。通过这个电路部分，测量值通过A/D转换器针对在控制器中的处理被继续处理。针对其他的分析程序，这些产生的数据被写入数据存储器中。

**灯：**高压放电灯（HID灯）。

**FM调制器：**高功率调频器。

**AM调制器：**具有不仅控制频率 $f_{AM}$ 而且控制AM度AMI的可能性的模拟变化的高功率调制器。

**AM信号发生器：**数字或者压控振荡器。

**FM信号发生器：**数字或者压控振荡器。

**电源（电源部分）：**干线电压发生器。

**控制器：**所有单元的中央控制。

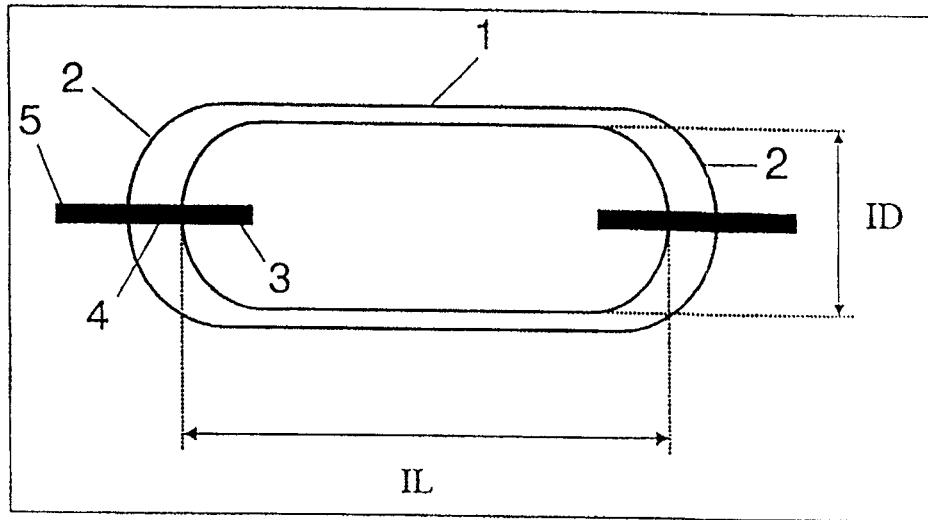


图 1

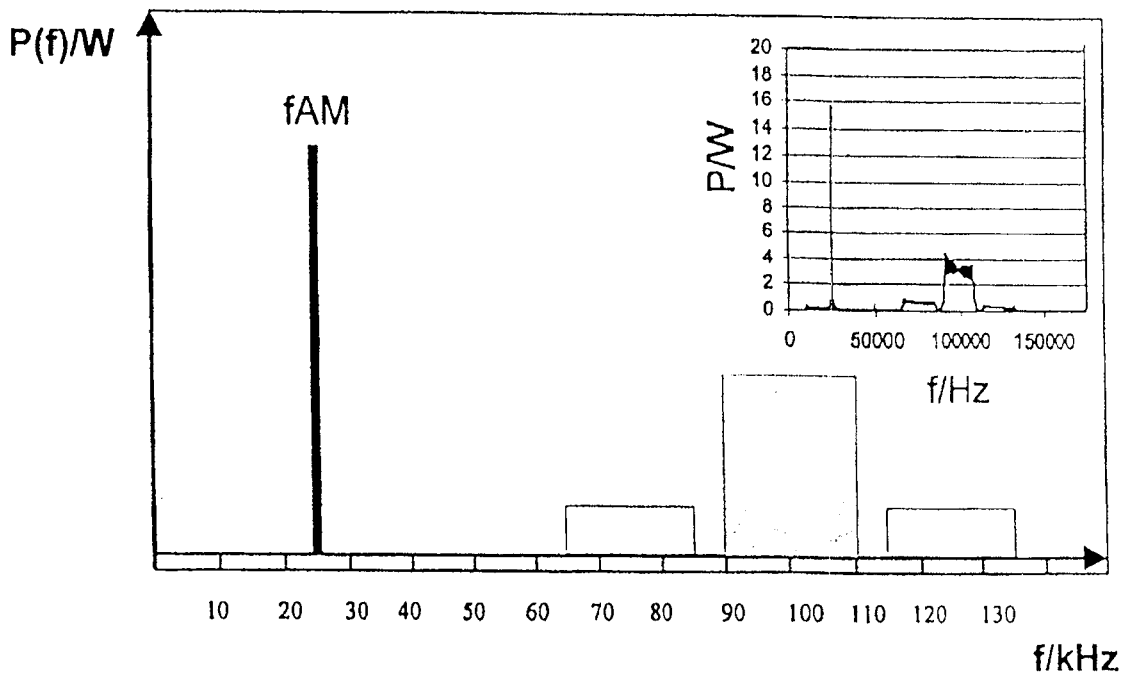


图 2

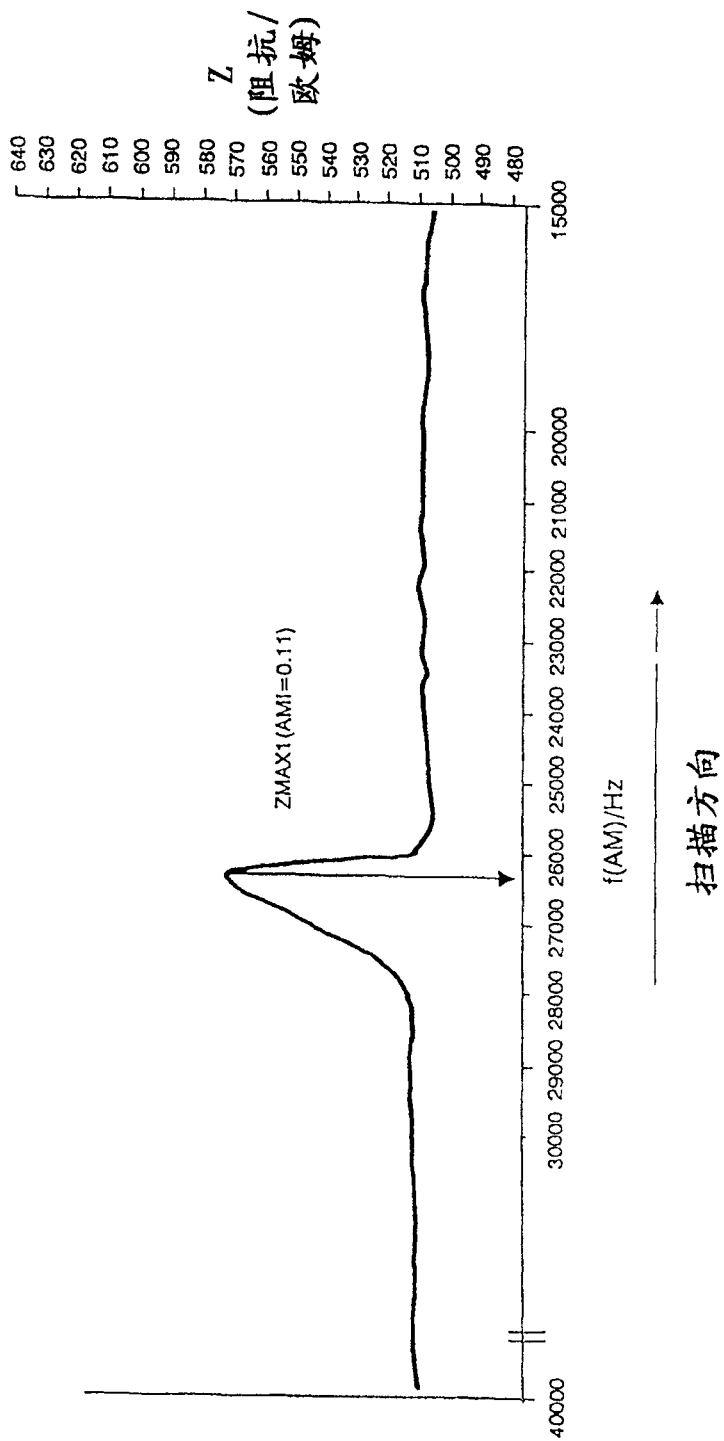


图 3A

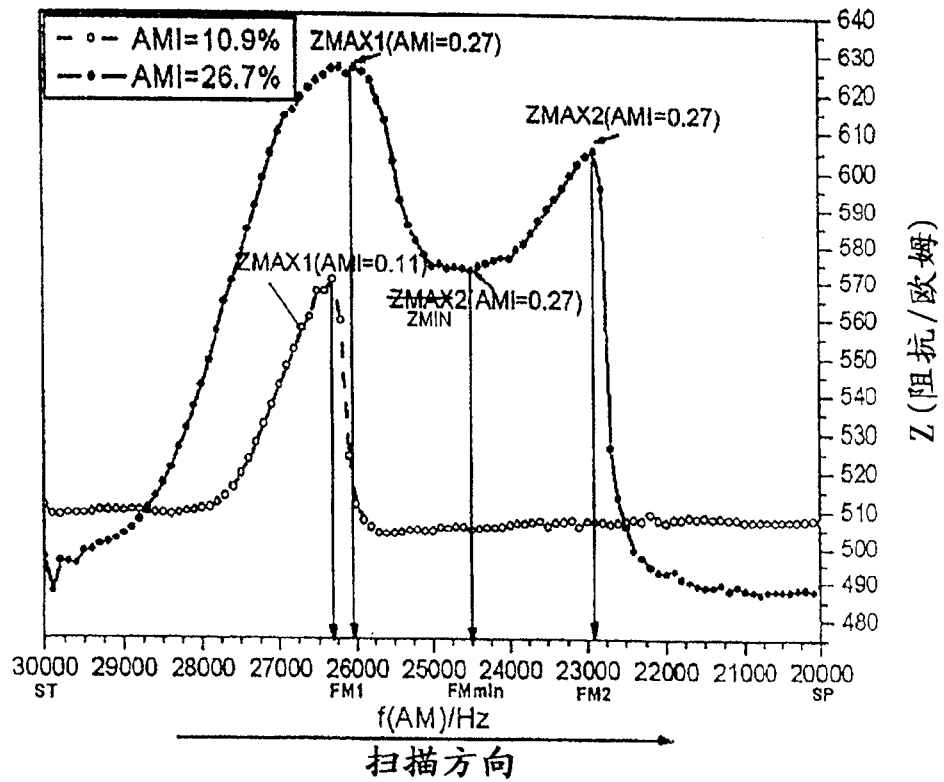


图 3B

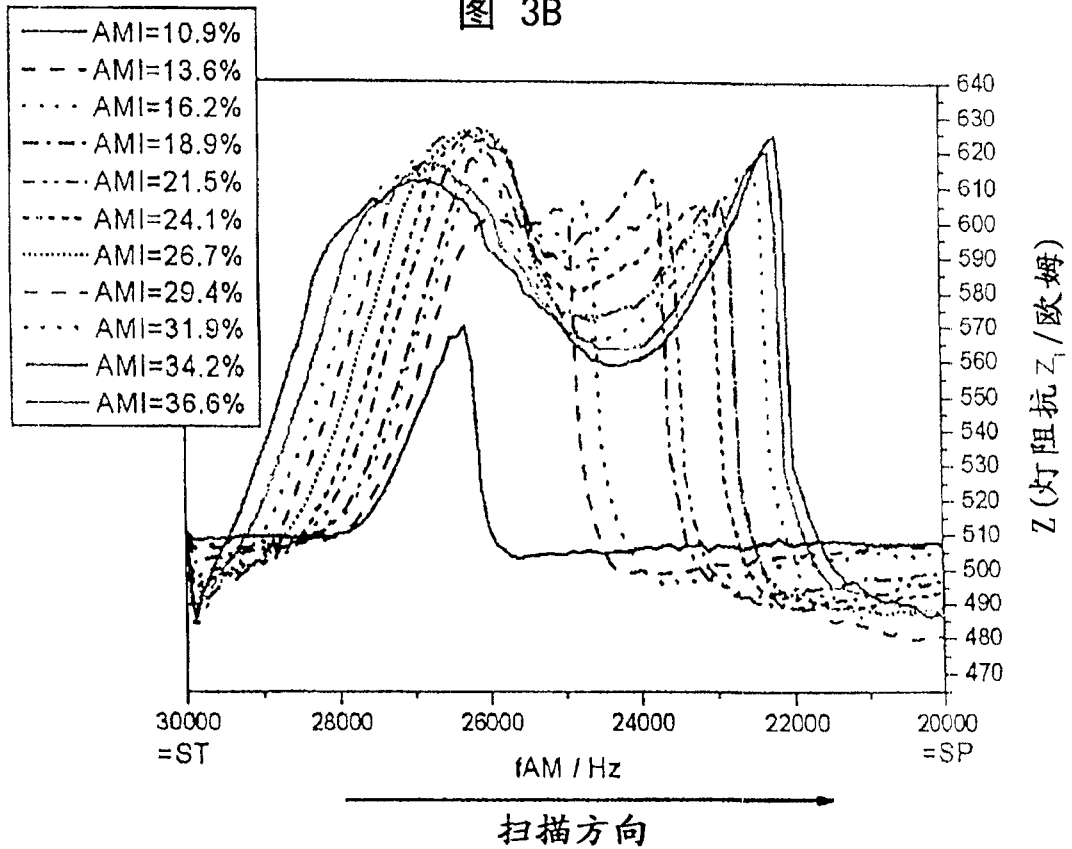


图 3C



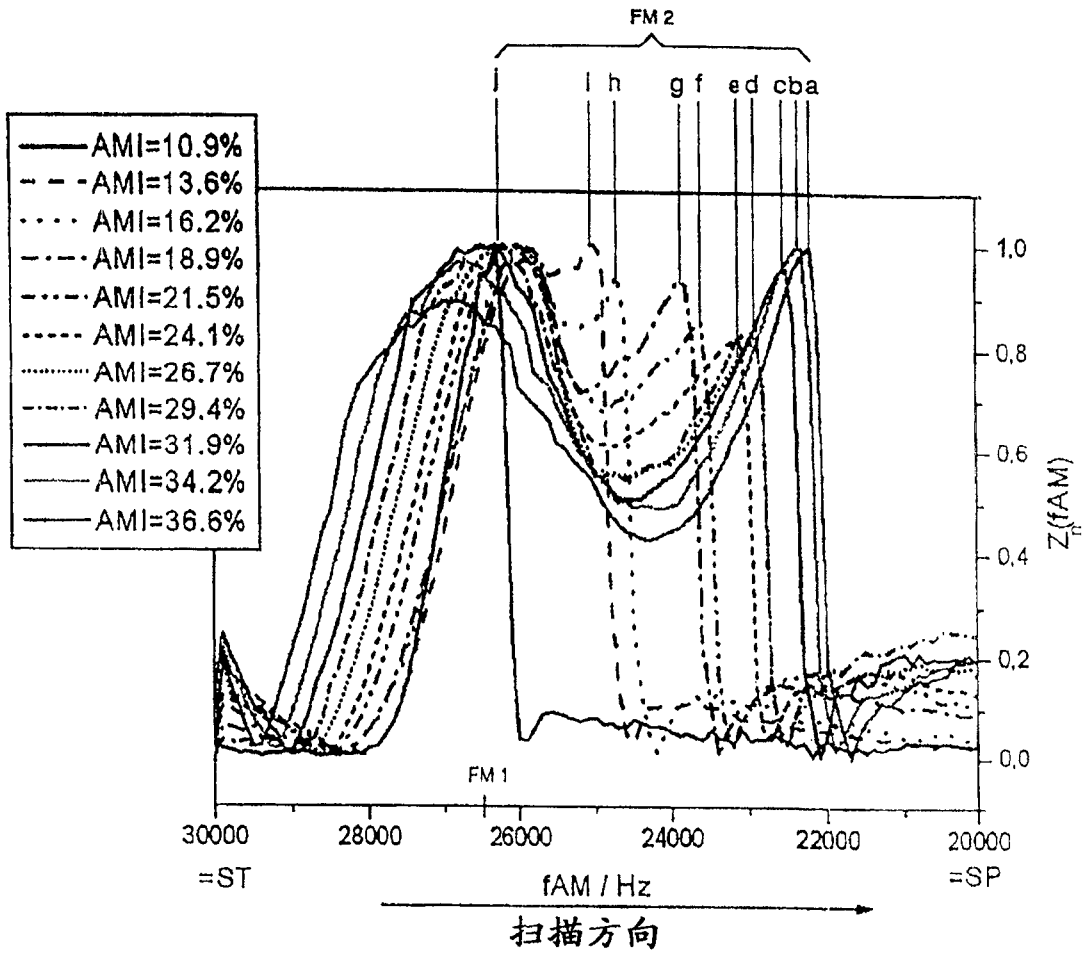


图 4

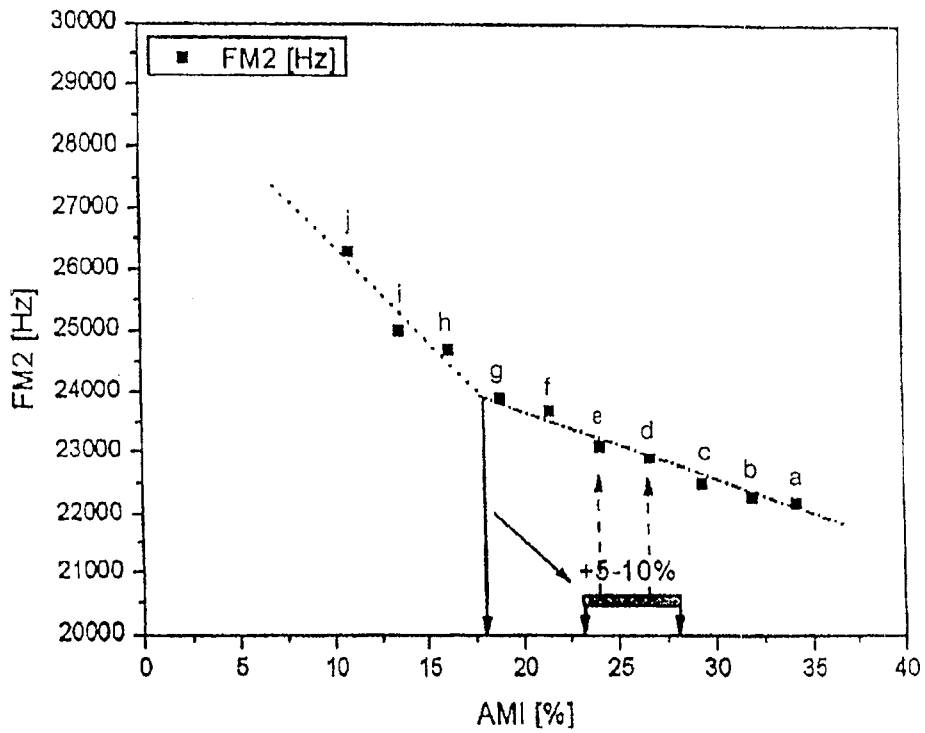


图 5

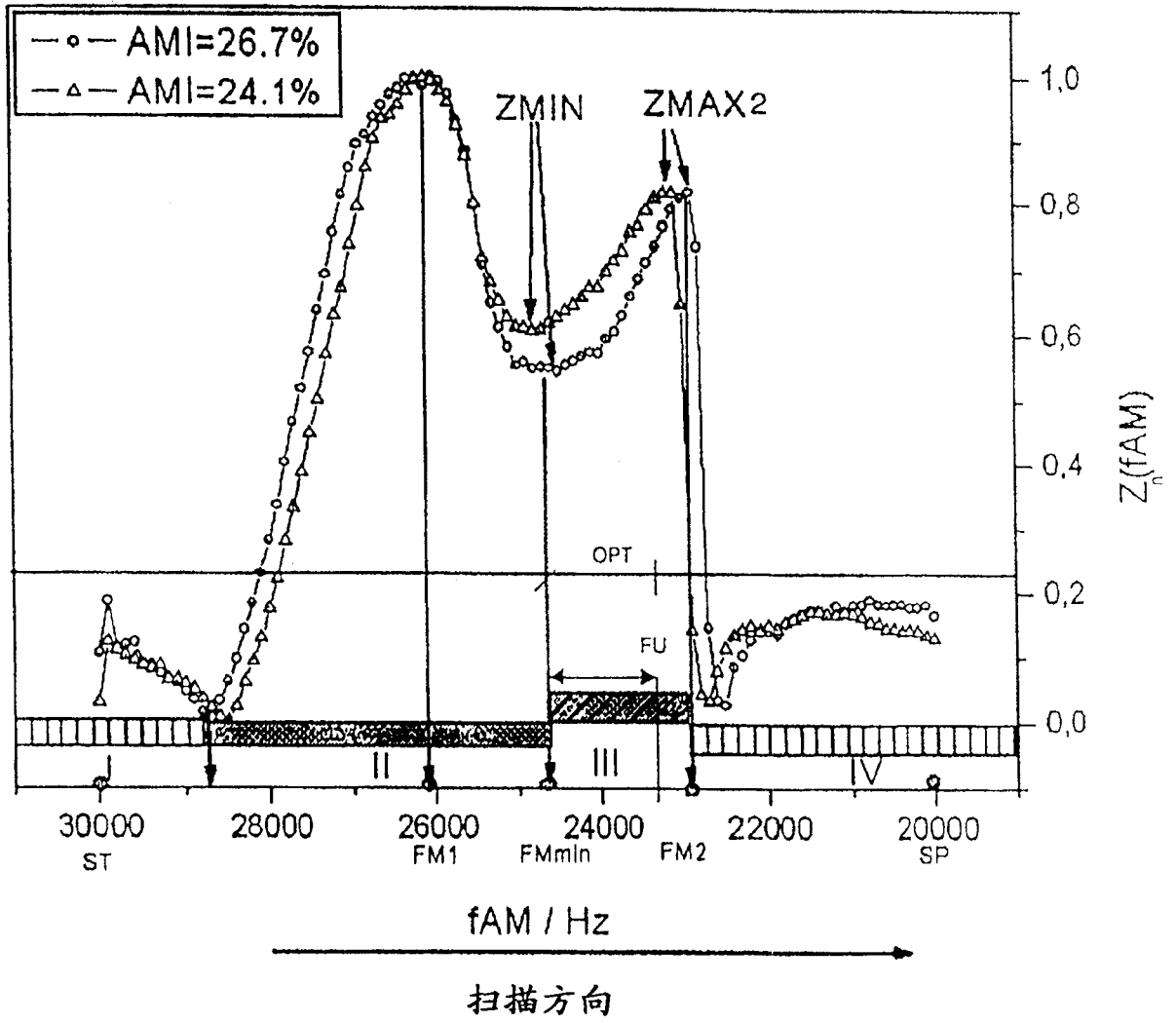


图 6

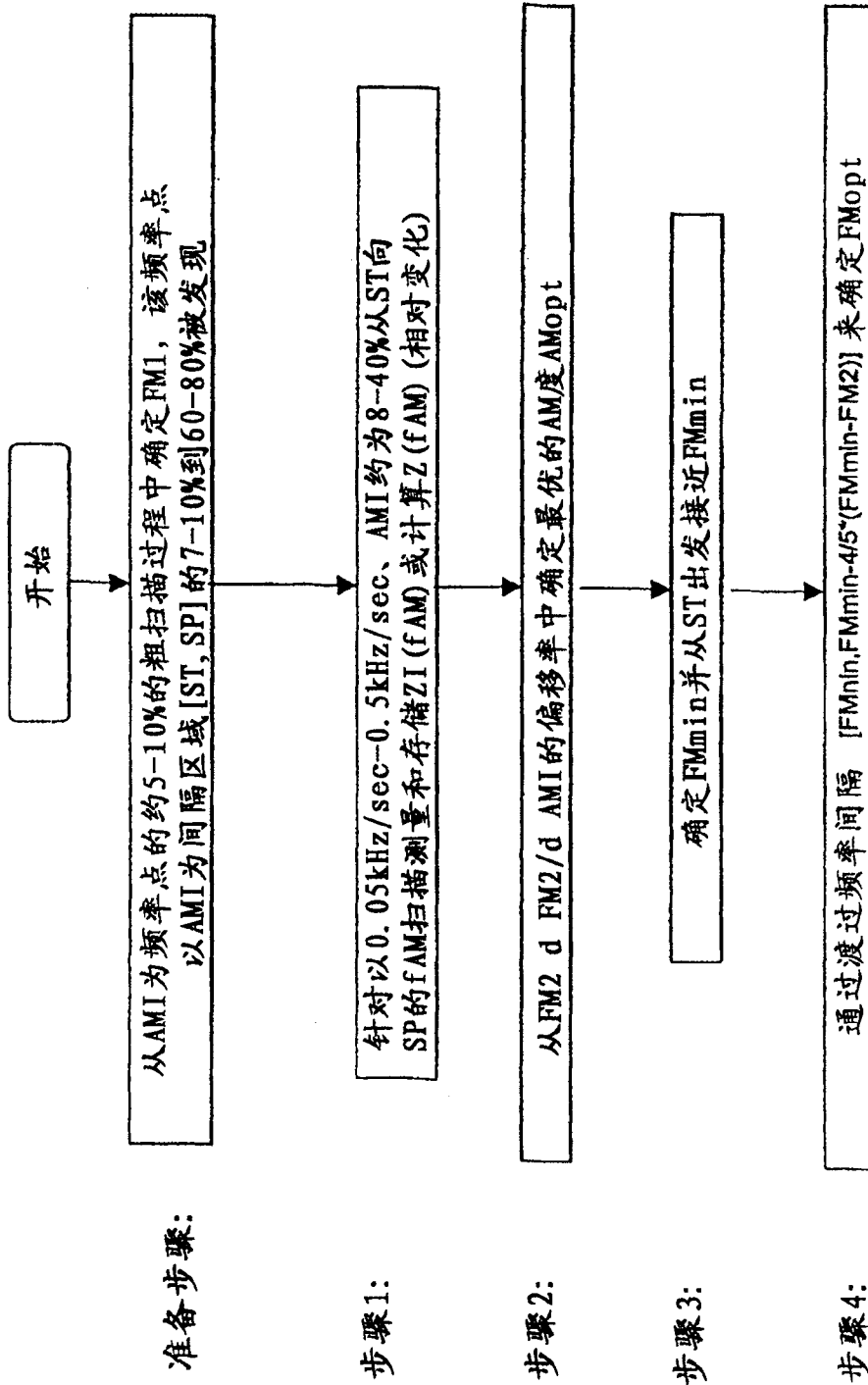


图 7A

准备步骤：  
确定ST和SP

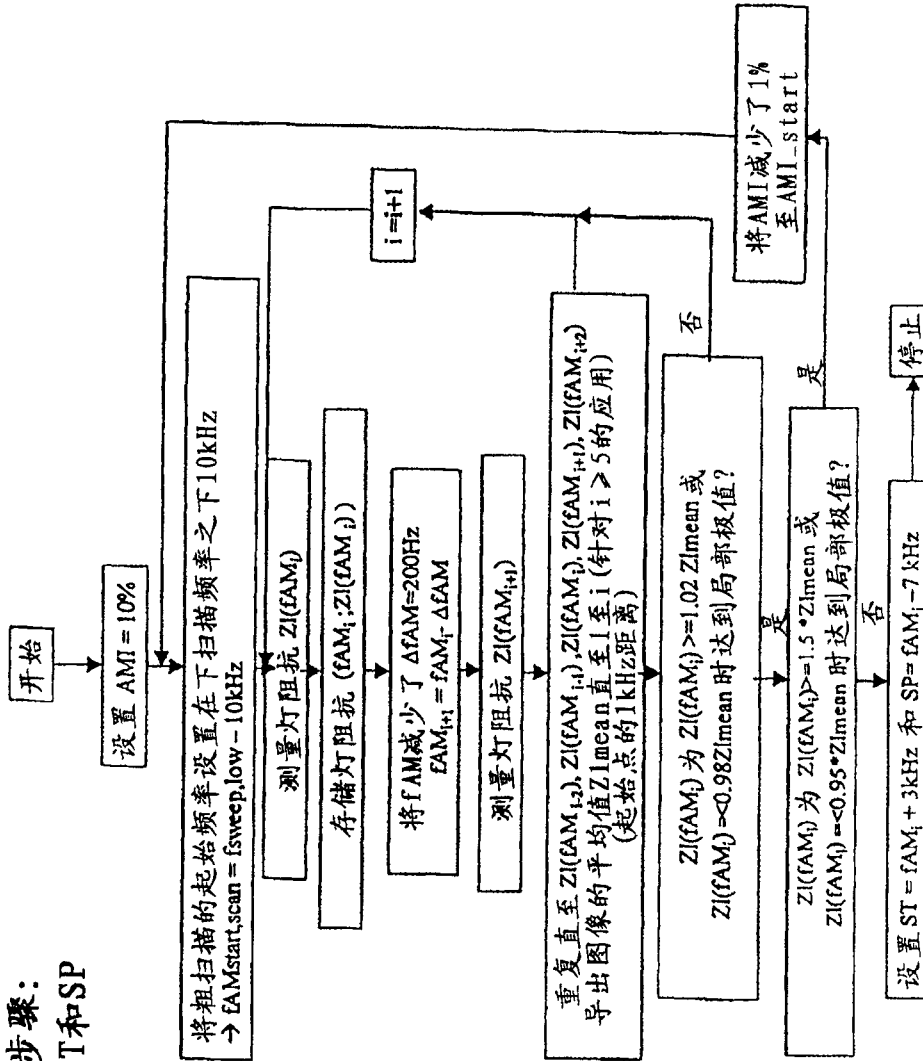


图 7B

步骤1: 从ST至SP确定Z (fAM)

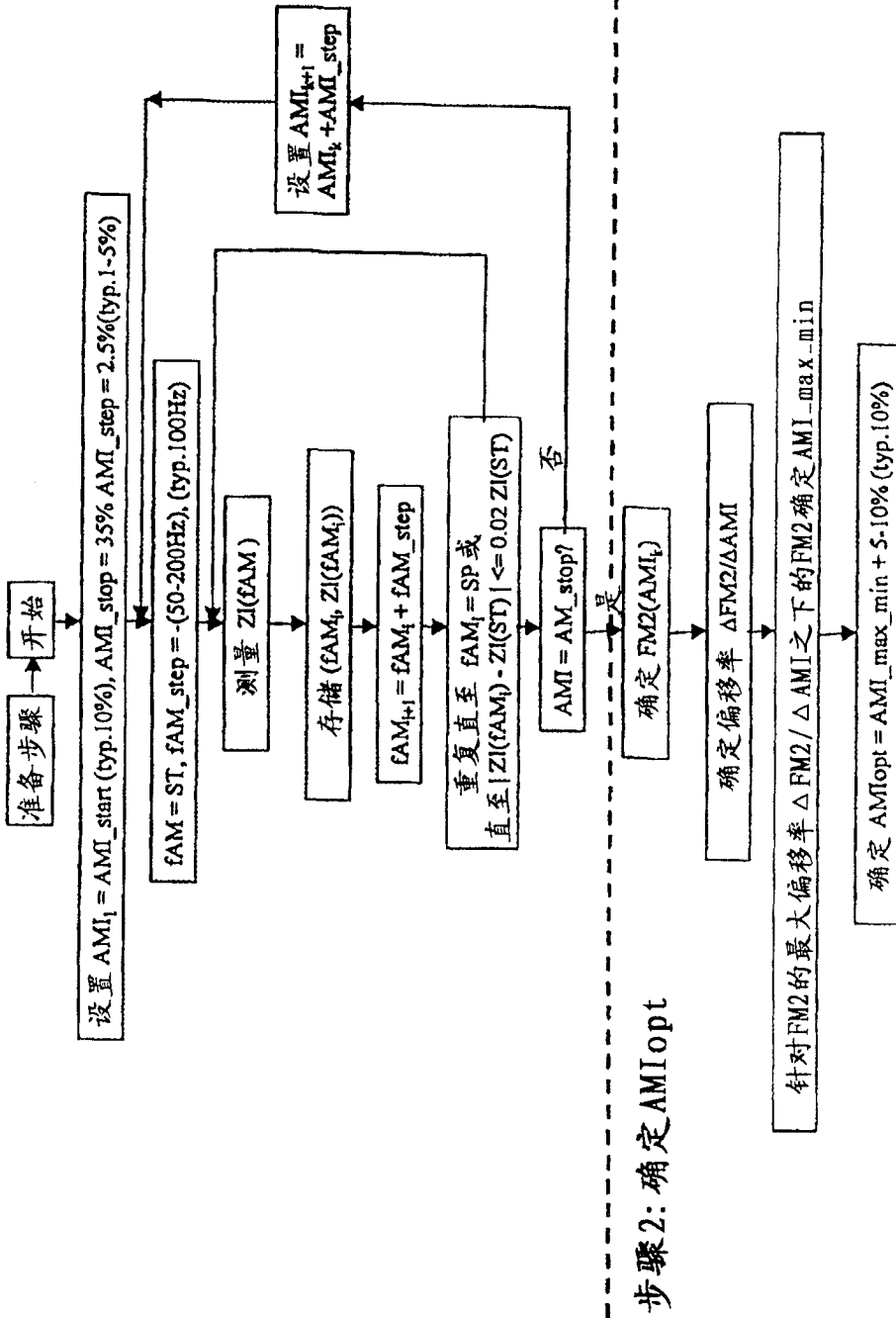


图 7C

步骤3: 在AMIopt处接近FMmin

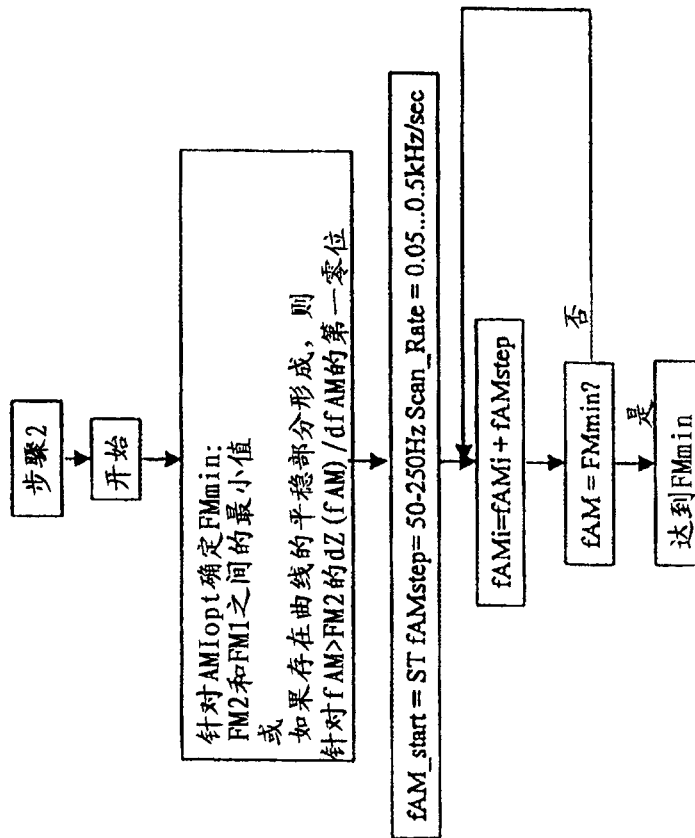


图 7D

步骤4: 接近FMopt

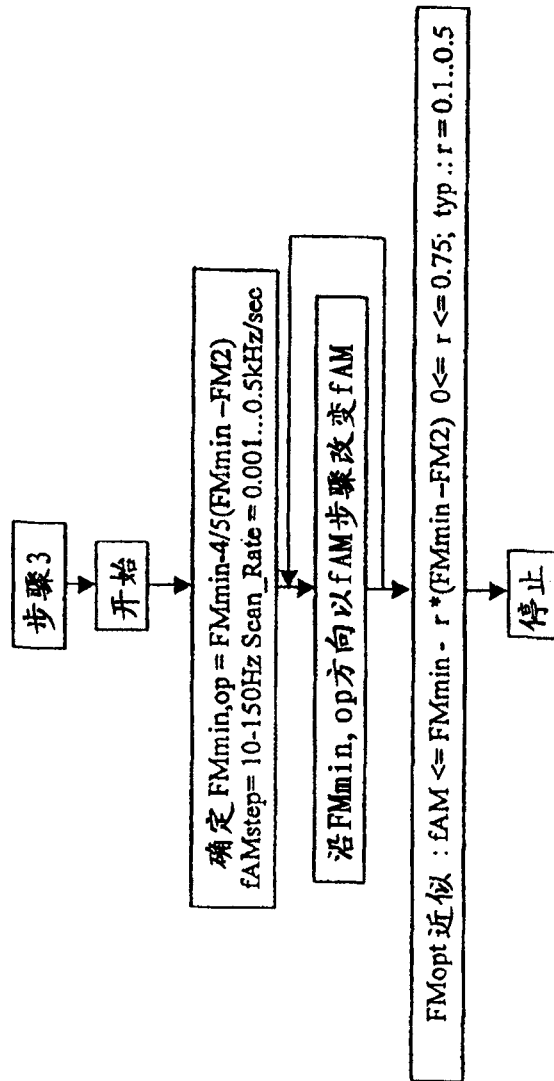


图 7E

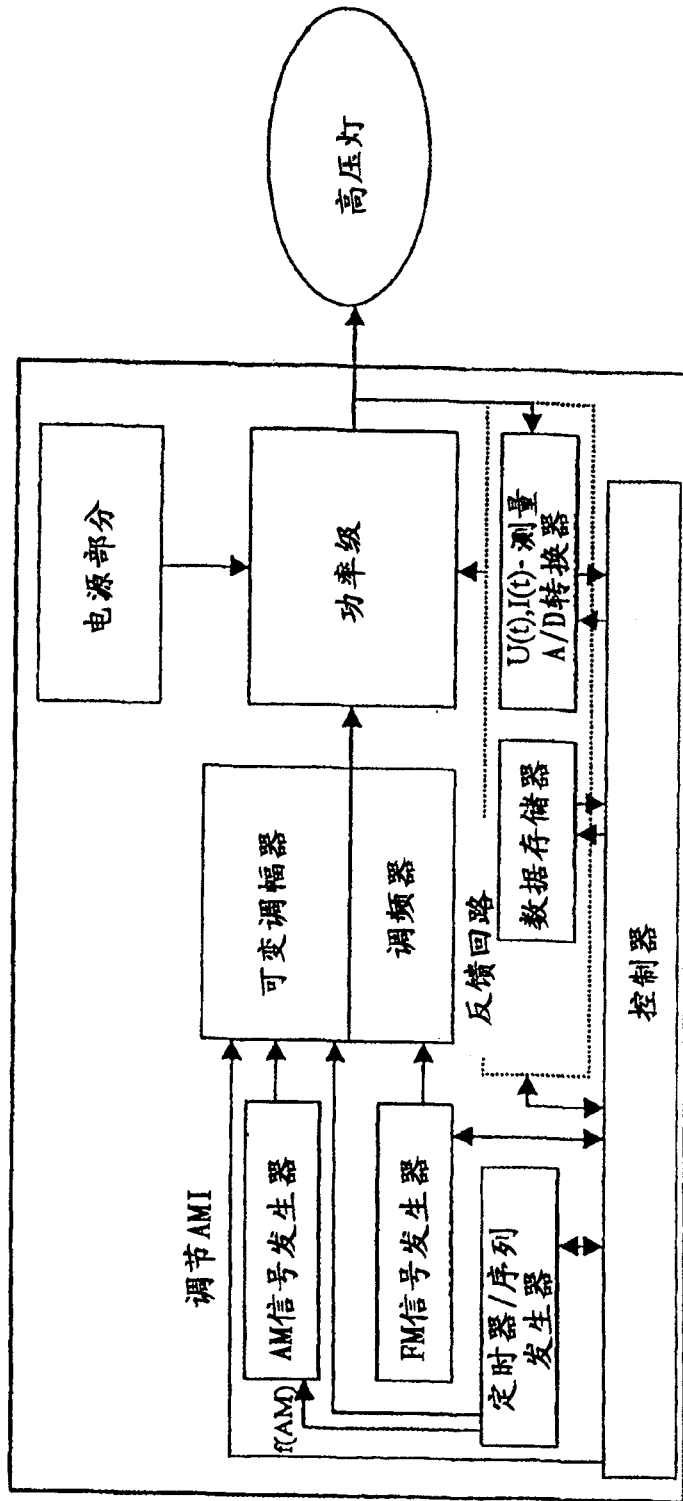


图 8