



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108233759 B

(45)授权公告日 2020.03.03

(21)申请号 201711485178.X

(22)申请日 2017.12.29

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108233759 A

(43)申请公布日 2018.06.29

(73)专利权人 北京市北分仪器技术有限责
任公司

地址 100095 北京市海淀区北清路160号99
号楼3-5层

(72)发明人 陈智勇 蔡龙 李玉江 许泉

(74)专利代理机构 北京东方芊悦知识产权代理
事务所(普通合伙) 11591

代理人 彭秀丽

(51)Int.Cl.

H02M 9/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 101656511 A,2010.02.24,

CN 105591528 A,2016.05.18,

审查员 周素梅

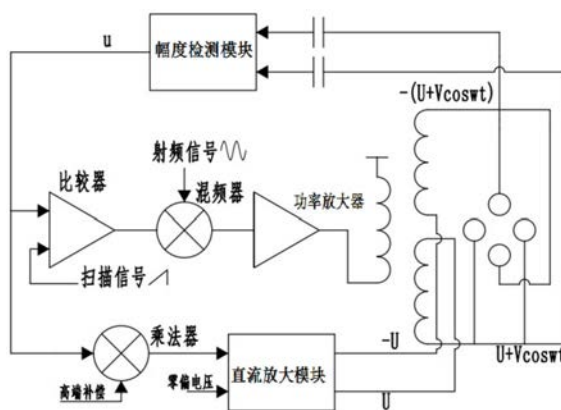
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种具有温度补偿系统的质谱仪射频电源

(57)摘要

本发明公开了一种具有温度补偿系统的质谱仪射频电源,包括射频电压V闭环电路、直流放大模块和扫描信号,射频电压V闭环电路依次包括比较器、混频器、功率放大器和幅度检测模块,扫描信号和所述幅度检测模块的输出端分别与比较器的输入端电性连接,幅度检测模块的输出端通过一乘法器与直流放大模块的输入端电性连接,射频电源中还设有具有正负温补系数的温补放大电路,温补放大电路包括带有温敏元件的温补模块,温敏元件用于检测射频电源工作的环境温度T,温补模块中还存储有环境温度T与射频电源电源偏移值之间关系的数据模型,温补模块根据工作环境温度和数据模型动态调整所述射频电源的反馈量。本发明采用基于温敏元件的温补模块,主动解决温漂问题,补偿效率高,很好地保持射频电源的电压稳定性。



1. 一种具有温度补偿系统的质谱仪射频电源,包括射频电压V闭环电路、直流放大模块和扫描信号,所述射频电压V闭环电路依次包括比较器、混频器、功率放大器和幅度检测模块,所述扫描信号和所述幅度检测模块的输出端分别与所述比较器的输入端电性连接,所述幅度检测模块的输出端通过一乘法器与所述直流放大模块的输入端电性连接,其特征在于,所述射频电源中还设有具有正负温补系数的温补放大电路,所述温补放大电路包括带有温敏元件的温补模块,所述温敏元件用于检测射频电源工作的环境温度T,所述温补模块中还存储有环境温度T与所述射频电源电源偏移值之间关系的数据模型,所述温补模块根据工作环境温度和数据模型动态调整所述射频电源的反馈量;

所述温补模块包括峰位温补模块、分辨温补模块和低端温补模块;峰位温补模块跨接于所述功率放大器的输出端与输入端之间所形成的射频电压V动态补偿反馈环路中,用于动态补偿射频电压V偏移值;

所述分辨温补模块设置于所述乘法器的输入端,用于动态补偿射频电源的直流电压U偏移值;

所述低端温补模块设置于所述直流放大模块的输入端,用于动态补偿直流放大模块零偏电压的偏移值。

2. 根据权利要求1所述的具有温度补偿系统的质谱仪射频电源,其特征在于,所述峰位温补模块中的数据模型为: $A_1=1/(1+k_1T)$, A_1 为峰位温补模块对射频电压V的放大倍数,其中 k_1 为峰位温补系数, T为温敏元件所检测到的环境温度。

3. 根据权利要求1所述的具有温度补偿系统的质谱仪射频电源,其特征在于,所述分辨温补模块中的数据模型为: $A_2=1/(1+k_2T)$, A_2 为分辨温补模块对直流电压U的放大倍数,其中 k_2 为分辨温补系数, T为温敏元件所检测到的环境温度。

4. 根据权利要求1所述的具有温度补偿系统的质谱仪射频电源,其特征在于,所述低端温补模块中的数据模型为: $A_3=1+k_3T$, A_3 为低端温补模块对直流放大模块参比电压的放大倍数,其中 k_3 为低端温补系数, T为温敏元件所检测到的环境温度。

5. 根据权利要求1-4任一所述的具有温度补偿系统的质谱仪射频电源,其特征在于,所述的峰位温补模块、分辨温补模块和低端温补模块中的各温补电参数是通过如下方法获得:首先将射频电源独立置于高低温试验箱中,观测记录射频电源在各环境温度下质谱图样的变化;然后根据质谱图样分析并计算出质谱参数漂移的温补系数;最后通过反推方法在所建立的温补放大电路上获得质谱温补电参数。

6. 根据权利要求5所述的具有温度补偿系统的质谱仪射频电源,其特征在于,获得所述射频电源的温度补偿范围为-20~70℃。

一种具有温度补偿系统的质谱仪射频电源

技术领域

[0001] 本发明涉及分析仪器技术领域,具体涉及一种具有温度补偿系统的质谱仪射频电源。

背景技术

[0002] 射频电源是质谱仪中用来驱动质量分析器的电路模块,其温度稳定性直接决定质谱仪分析结果的准确性。为了克服射频电源的温度漂移问题,现有的措施主要包括:(1)整体恒温,为整个射频电源提供恒温的工作环境,该方式大大增加系统重量、体积、功耗,提高了系统复杂度,不适用于小型化仪器;(2)元件优选,使用极低温漂的分立元件以及稳定度高的模块化元件,该方式成本很高但对性能提升有限。

[0003] 射频电源原理框图如图1所示,输入两个小电压信号:射频信号和扫描信号。射频信号的频率决定射频电源的输出频率,射频扫描信号用于控制射频电源输出的电压大小。射频电源输出两路射频高压信号 $\pm(U+V\cos\omega t)$,相位相反,幅度相等,分别连接质量分析器的两对电极。

[0004] 在扫描过程中,直流电压 U 与射频电压 V 同时变化,各个质荷比的离子在这个复合电压下有各自的稳定区,如图2所示。

[0005] 在这个区域中,该离子能够顺利穿过质量分析器,扫描线表示在扫描过程中 U 与 V 的比值保持不变, U/V 的值(扫描线的斜率)决定每个离子的峰宽(分辨率)和峰高(灵敏度)。对扫描线给予一个直流电压补偿,则扫描线 a 相对原点有一截距,则在整个质量范围内都可以得到相等的峰宽和峰高。调谐程序中,“高端补偿”代表 U/V 的值,“低端补偿”代表直流电压补偿的值,调谐时,反复调节该二值直到最佳值,获得适当的分辨率和灵敏度。当四极滤质器的参数与射频电源的工作频率确定后,射频电压 V 与离子质荷比(m/z)为成正比关系,反映在质谱图上,质量轴与 V 呈线性展开,每个质量数的离子(峰位),都与一个确切的 V 值相对应。

[0006] 理论上,峰位、分辨率、灵敏度等参数在质谱仪调谐完毕后均为确定值不再变动。但由于射频电源是温度敏感部件,当其工作温度发生改变时, U 与 V 会不同程度的产生漂移,质量轴、扫描线均会受到影响,质谱参数会被动地发生改变,对质谱仪的分析结果造成误差。

[0007] 射频电源的内部结构原理图如图3所示,扫描信号与射频信号经过混频器调制,再经过功率放大器后驱动升压线圈,线圈的次级输出通过电容隔直和幅度检测后,得到实际的幅度值对应的小电压 u ,该电压和设定的射频扫描信号进行比较,用其差值对射频电压 V 进行微调,实现射频电压 V 的闭环控制,确保输出电压和控制信号匹配,但当 V 的闭环中任一环节出现漂移时,都会造成 V 的偏差;高端补偿信号与 u 相乘后的积,与零偏电压相加后进行放大,得到直流电压 U 。在 V 扫描的过程中, U 也进行相应的扫描,假设扫描线用 $y=kx+b$ 表示,当 U 与 V 出现漂移,不能保证 U/V 为定值,扫描线的斜率和截距会发生改变。如图4所示,当射频电源的工作温度变化了 T_1 后,横坐标(质量轴)被拉长,扫描线由 a 位置移到了 d 位置。需要

注意的是,当射频工作温度向着相反的方向变化时,质量轴与扫描线的变化趋势与图4相反,同样会影响质谱仪的检测精度。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于解决上述背景技术中存在的不足,提供一种具有温度补偿系统的质谱仪射频电源,避免射频电源由于环境温度变化所产生的扫描线漂移问题,在宽温度范围内实现对射频电源温度漂移的动态补偿,保持质谱仪的检测稳定性。

[0009] 为解决上述技术问题,本发明采用如下技术方案:

[0010] 一种具有温度补偿系统的质谱仪射频电源,包括射频电压V闭环电路、直流放大模块和扫描信号,所述射频电压V闭环电路依次包括比较器、混频器、功率放大器和幅度检测模块,所述扫描信号和所述幅度检测模块的输出端分别与所述比较器的输入端电性连接,所述幅度检测模块的输出端通过一乘法器与所述直流放大模块的输入端电性连接,所述射频电源中还设有具有正负温补系数的温补放大电路,所述温补放大电路包括带有温敏元件的温补模块,所述温敏元件用于检测射频电源工作的环境温度T,所述温补模块中还存储有环境温度T与所述射频电源电源偏移值之间关系的数据模型,所述温补模块根据工作温度和数据模型动态调整所述射频电源的反馈量。

[0011] 所述温补模块包括峰位温补模块、分辨温补模块和低端温补模块;峰位温补模块跨接于所述功率放大器的输出端与输入端之间所形成的射频电压V动态补偿反馈环路中,用于动态补偿射频电压V偏移值;

[0012] 所述分辨温补模块设置于所述乘法器的输入端,用于动态补偿射频电源的直流电压U偏移值;

[0013] 所述低端温补模块设置于所述直流放大模块的输入端,用于动态补偿直流放大模块零偏电压的偏移值。

[0014] 所述峰位温补模块中的数据模型为: $A_1 = 1 / (1 + k_1 T)$, A_1 为峰位温补模块对射频电压V的放大倍数,其中 k_1 为峰位温补系数,T为温敏元件所检测到的环境温度。

[0015] 所述分辨温补模块中的数据模型为: $A_2 = 1 / (1 + k_2 T)$, A_2 为分辨温补模块对直流电压U的放大倍数,其中 k_2 为分辨温补系数,T为温敏元件所检测到的环境温度。

[0016] 所述低端温补模块中的数据模型为: $A_3 = 1 + k_3 T$, A_3 为低端温补模块对直流放大模块参比电压的放大倍数,其中 k_3 为低端温补系数,T为温敏元件所检测到的环境温度。

[0017] 所述的峰位温补模块、分辨温补模块和低端温补模块中的各温补电参数是通过如下方法获得:首先将射频电源独立置于高低温试验箱中,观测记录射频电源在各环境温度下质谱图样的变化;然后根据质谱图样分析并计算出质谱参数漂移的温补系数;最后通过反推方法在所建立的温补放大电路上获得质谱温补电参数。

[0018] 获得所述射频电源的温度补偿范围为 $-20 \sim 70^\circ\text{C}$ 。

[0019] 本发明技术方案具有如下优点:

[0020] A. 本发明在射频电源中设置了温补放大电路,质谱仪发生工作温度变化时,温补放大电路会对射频电源V和直流电压U进行补偿,使其稳定电压保持稳定,避免发生偏移,提高了宽温度范围下质谱仪分析结果的可靠性;另外,现有技术中的整体恒温与元件优选属于被动解决温漂的方案,本发明提出的基于温敏元件的温度补偿系统,属于主动解决温漂

的方案,补偿效率更高。

[0021] B.本发明采用三个温补模块,其中峰位温补模块补偿了射频电压V的漂移,提升了质量轴的温度稳定性;分辨温补模块、低端温补模块分别对扫描线的斜率和截距的温度漂移进行了补偿,确保了分辨率与灵敏度的温度稳定性,在三种温度补偿的共同作用下,提高了宽温度范围下质谱仪分析结果的可靠性。

[0022] C.本发明温补放大电路结构简单,无需数字控制系统,占用面积小,与整体恒温方案相比,射频电源体积、功耗、重量和复杂度都明显降低;与元件优选方案相比,本发明成本优势明显,同时适用温度范围宽,在高温和低温下均会产生较好的使用效果,而且在高温试验确定下来的温补参数,无需再次调整即可适用于环境温度降低的情况,便于应用。

[0023] D.本发明实现简单,在原电路中插入温补模块即可,可测试性与可制造性具有优势,不影响原电路的体积、功耗和重量,也不影响射频电源输出、效率等电气指标,温补模块参数的调试步骤简单、清晰,易于操作和实现。

附图说明

[0024] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式,下面将对具体实施方式中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0025] 图1为射频电源输入输出原理框图;

[0026] 图2为电压参数对质量峰宽、峰高和扫描线示意图;

[0027] 图3为射频电源的工作原理图;

[0028] 图4为质量轴与扫描线的偏移示意图;

[0029] 图5为本发明所提供的温补放大电路原理图;

[0030] 图6为峰位温补模块示意图;

[0031] 图7为分辨温补模块与低端温补模块相结合示意图。

[0032] 图中:

[0033] A'-反相器;A"-运算放大器;

[0034] F-带温敏元件的反馈网络;PA-功率放大器。

具体实施方式

[0035] 下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0036] 如图3-图7所示,本发明提供一种具有温度补偿系统的质谱仪射频电源,包括射频电压V闭环电路、直流放大模块和扫描信号,射频电压V闭环电路依次包括比较器、混频器、功率放大器和幅度检测模块,扫描信号和幅度检测模块的输出端分别与比较器的输入端电性连接,幅度检测模块的输出端通过一乘法器与直流放大模块的输入端电性连接,射频电源中设有具有正负温补系数的温补放大电路,温补放大电路包括带有温敏元件的温补模块,温敏元件用于检测射频电源工作的环境温度T,温补模块中还存储有环境温度T与射频电源电源偏移值之间关系的数据模型,温补模块根据工作环境温度和数据模型动态调整所

述射频电源的反馈量。本发明在射频电源中设置了温补放大电路,质谱仪发生工作温度变化时,温补放大电路会对射频电源V和直流电压U进行补偿,使其稳定电压保持稳定,避免发生偏移,提高了宽温度范围下质谱仪分析结果的可靠性;另外,现有技术中的整体恒温与元件优选属于被动解决温漂的方案,本发明提出的基于温敏元件的温度补偿系统,属于主动解决温漂的方案,补偿效率更高。

[0037] 具体的温补模块工作原理如图5所示。具体包括放大器A'为反相器,带温敏元件的反馈网络跨接在运算放大器A''的输入端与输出端之间。温敏元件检测射频电源工作的环境温度T,当T变化时,温敏元件的变化会调节运算放大器A''的反馈量,使各温补模块的增益按照各自所建立的数据模型进行变化。设置运算放大器A''的电参数,使温补模块的补偿量动态抵消补偿对象随温度变化的偏移量。根据温补模块所补偿对象的温度特性,确定峰位温补模块、分辨温补模块和低端温补模块的温度特性。

[0038] 针对射频电源存在温度漂移问题,为射频电源设计了的温补模块包括如下三个模块:峰位温补模块、分辨温补模块和低端温补模块。在每个温补模块中均设有温敏元件,每个温补模块可以看作是一个具有信号放大性质的二端口网络,特点是放大倍数具有温度特性。通过对特定位置的信号进行宽温度范围的动态补偿,抑制射频电源控制电路因温度变化而产生的偏差,从而维持射频电源输出的稳定。

[0039] 其中的峰位温补模块跨接于功率放大器的输出端与输入端之间所形成的射频电压V动态补偿反馈环路中,用于动态补偿射频电压V偏移值,在峰位温补模块中所存储的数据模型为: $A_1 = 1 / (1 + k_1 T)$, A_1 为峰位温补模块对射频电压V的放大倍数,其中 k_1 为峰位温补系数,T为温敏元件所检测到的环境温度;随着工作环境温度的变化,峰位补偿模块不断地调节着射频电压V的反馈环路,以抑制射频电压V随温度变化而产生的偏差,维持了质量轴的稳定。峰位补偿示意图如图6所示。

[0040] 分辨温补模块设置于乘法器的输入端,用于动态补偿射频电源的直流电压U偏移值,分辨温补模块中所存储的数据模型为: $A_2 = 1 / (1 + k_2 T)$, A_2 为分辨温补模块对直流电压U的放大倍数,其中 k_2 为分辨温补系数,T为温敏元件所检测到的环境温度;分辨温补模块在本发明中具有如下两个作用:其一、抵消峰位温补模块对直流电压U带来的影响,其二、对乘法器的漂移进行补偿,上述两点保证了扫描线斜率不随温度而变化。

[0041] 其中的低端温补模块设置于直流放大模块的输入端,用于动态补偿射频电源的直流电压U与射频电压V所形成U/V扫描线的截距值,低端温补模块中的数据模型为: $A_3 = 1 + k_3 T$, A_3 为低端温补模块对直流放大模块参比电压的放大倍数,其中 k_3 为低端温补系数,T为温敏元件所检测到的环境温度;低端温补模块根据工作环境温度的变化,不断改变对直流电压U的直流补偿值,动态地补偿着扫描线的截距,它与分辨温补模块协同作用,确保了扫描线的温度稳定性,分辨温度补偿与低端温度补偿的示意图如图7所示。

[0042] 其中温度补偿电参数的获得可通过如下步骤完成:

[0043] A将射频电源单独至于高低温试验箱中,观测记录不同温度下质谱图样;

[0044] B分析计算出质谱参数漂移的温补系数K,反推温度补偿电路的电参数;

[0045] C再对加装温补放大电路的射频电源进行高低温试验验证,获得数据模型。本发明获得射频电源的温度补偿范围为-20~70℃。

[0046] 本发明中质谱仪射频电源的温补原理如下:

[0047] 扫描信号与射频信号经过混频器调制,再经过功率放大器后驱动升压线圈,线圈的次级输出通过电容隔直和幅度检测后,得到实际的幅度值对应的小电压 u ,该电压和设定的射频扫描信号进行比较,用其差值对射频电压 V 进行微调,实现射频电压 V 的闭环控制,确保输出电压和控制信号匹配,同时高端补偿信号与 u 相乘的积,与零偏电压相加后进行放大,得到直流电压 U 。当射频电源的工作温度变化后,三种温补模块中的温敏元件会检测到射频电源工作环境温度的变化。假定质谱仪调谐完毕,当射频电源的工作温度变化了 ΔT 后,三种温补模块对射频电源补偿的过程如下:

[0048] (1) 峰位温度补偿:随着温度的变化,目标峰移动了 ΔM 个质量数,根据质谱理论,对应的变化量为 ΔV ,这是由于射频电压 V 的温度漂移造成的,射频电压 V 的变化率是 $1+\Delta V/V$ 。峰位温补模块根据温度变化按照公式 $A_1=1/(1+k_1T)$ 调节增益 A_1 ,使得 A_1 值等于射频电压变化率的倒数,通过将温补模块加入串联反馈环节,抵消射频电压 V 的变化,使射频电压 V 保持不变。这就补偿了射频电压 V 因温度造成的漂移。

[0049] (2) 分辨温度补偿:随着温度的变化,高端峰的半峰宽变化了 Δm_1 ,根据质谱理论,扫描线的斜率变化了 Δk ,其值等于 $\Delta U/V$,变化量 ΔU 是直流电压 U 的温度漂移造成的,直流电压 U 的变化率是 $1+\Delta U/U$ 。分辨温补模块根据温度变化按照公式: $A_2=1/(1+k_2T)$ 调节增益 A_2 , A_2 值等于 U 变化率的倒数,通过将温补模块加入串联环节,抵消直流电压 U 的变化,使直流电压 U 保持不变。这就补偿了直流电压 U 因温度造成的漂移。

[0050] (3) 低端温度补偿:随着温度的变化,低端峰的半峰宽变化了 Δm_2 ,根据质谱理论,扫描线的截距变化了 Δb ,这是由于直流放大模块的零偏电压发生了温度漂移,对应的直流变化量为 $\Delta U'$ 。低端温补模块根据温度变化按照公式 $A_3=1+k_3T$ 调节增益 A_3 ,使得增益变换量 ΔA_3 与直流放大模块输入参比电压之积等于 $-\Delta U'$ (参比电压为5V直流电压),将该补偿电路加入到比较环节,抵消上述零偏电压的温度漂移。这就补偿了直流放大模块的零偏电压因温度造成的漂移。

[0051] 最终,在三个温补模块的联同作用下,根据三种温补模块各自所建立的数据模型,对电参数的偏移值进行及时校正,扫描线由图4中扫描线d位置“拉回”到扫描线a位置,质量轴保持不变,保证了质谱仪分析结果的正确性。

[0052] 显然,上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的举例,而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明的保护范围之内。

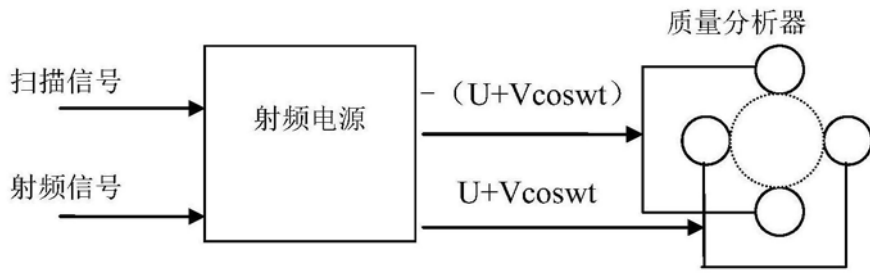


图1

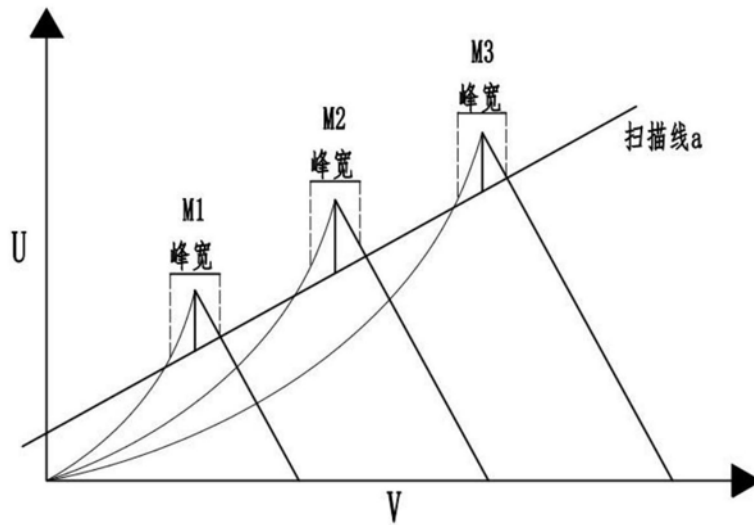


图2

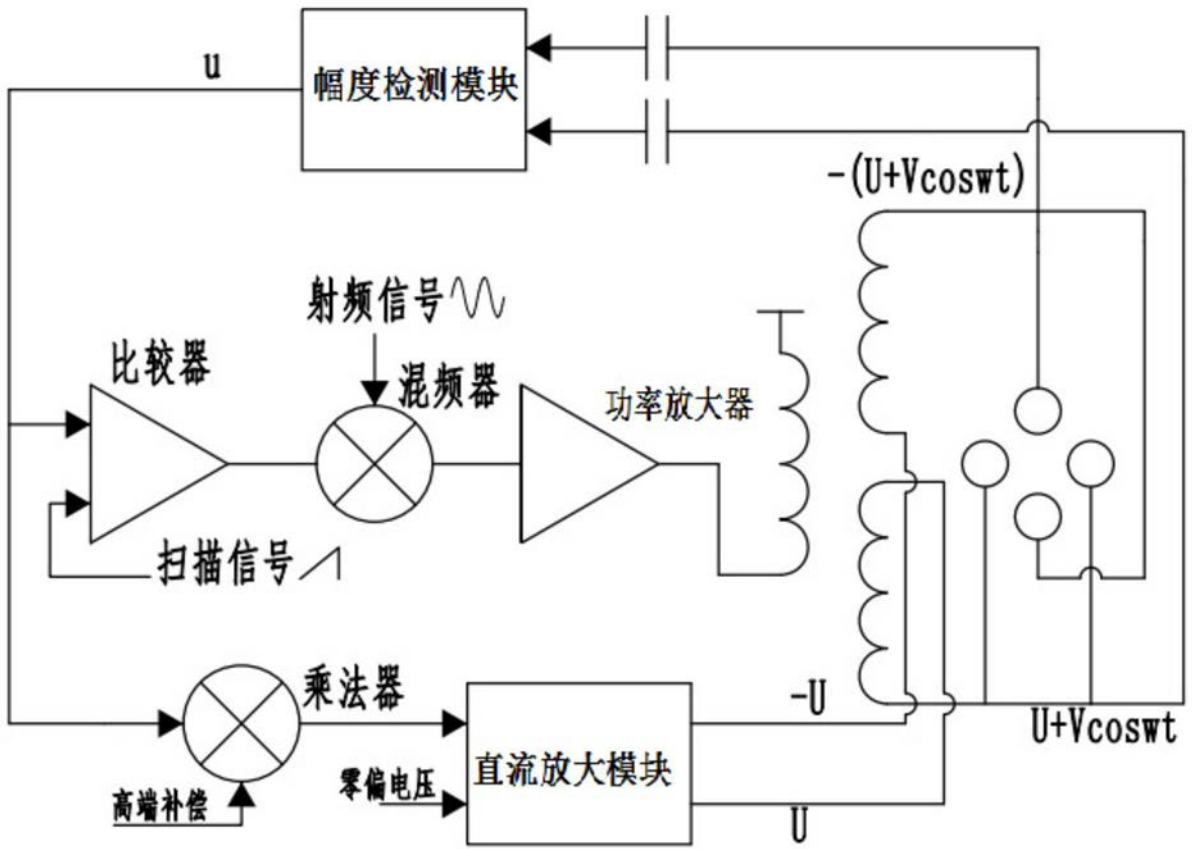


图3

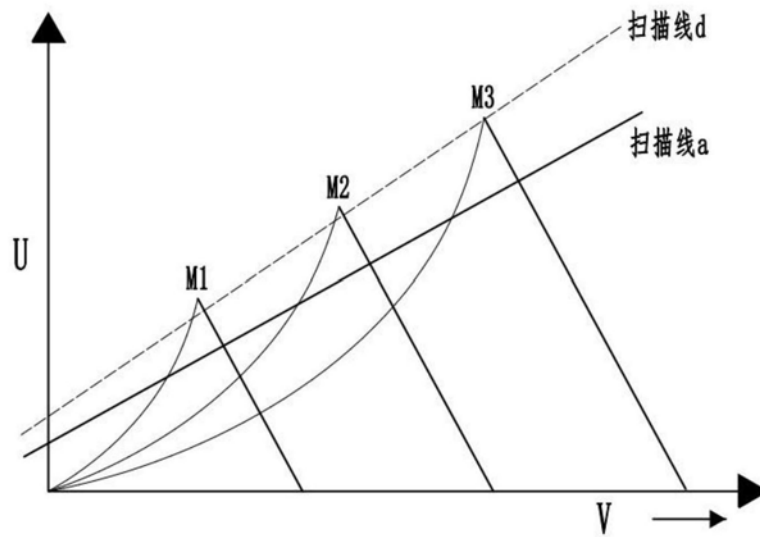


图4

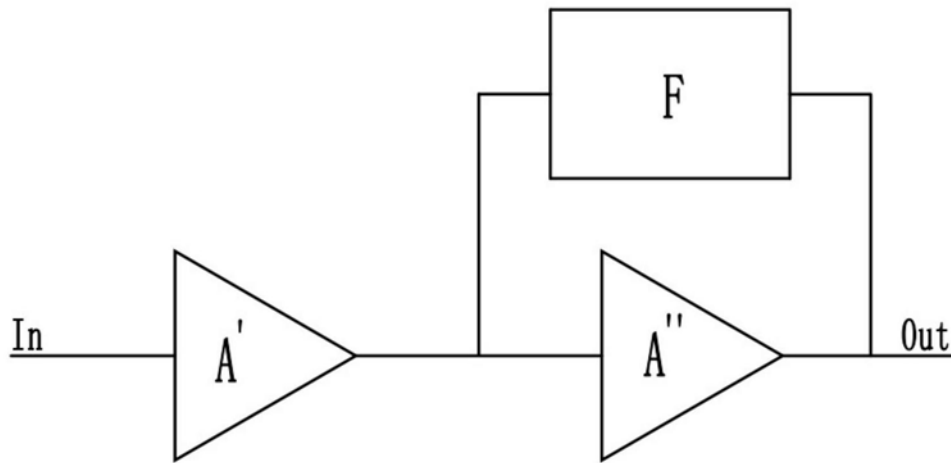


图5

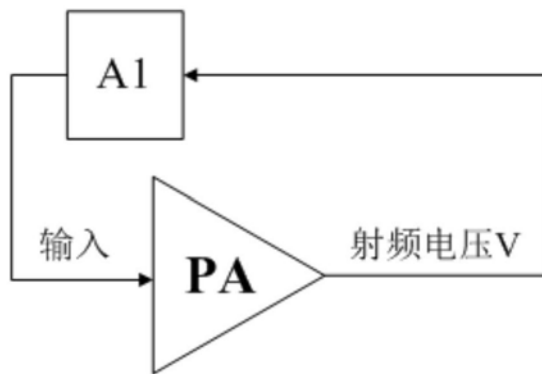


图6



图7