



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102116844 B

(45) 授权公告日 2014. 04. 09

(21) 申请号 200910238966. 8

(22) 申请日 2009. 12. 31

(73) 专利权人 深圳清华大学研究院

地址 518057 广东省深圳市南山区科技园深圳清华大学研究院大楼 A302 室

(72) 发明人 胡益民 席志远 敬刚 刘岩
冯冠平 高文杰 梁荣

(74) 专利代理机构 深圳市睿智专利事务所
44209

代理人 陈鸿荫

(51) Int. Cl.

G01R 31/36 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1967270 A, 2007. 05. 23,

胡益民等. 基于阻抗谱技术的蓄电池荷电状态的估测. 《电工技术学报》. 2009, 第 24 卷 (第

5 期), 225-228.

朱磊等. 基于 LabVIEW 实现的电池内阻测试仪. 《哈尔滨理工大学学报》. 2005, 第 10 卷 (第 5 期), 67-69.

F. Huet. A review of impedance measurements for determination of the state-of-charge or state-of-health of secondary batteries. 《Journal of Power Sources》. 1998, 第 70 卷 (第 1 期), 59-69.

审查员 马丽

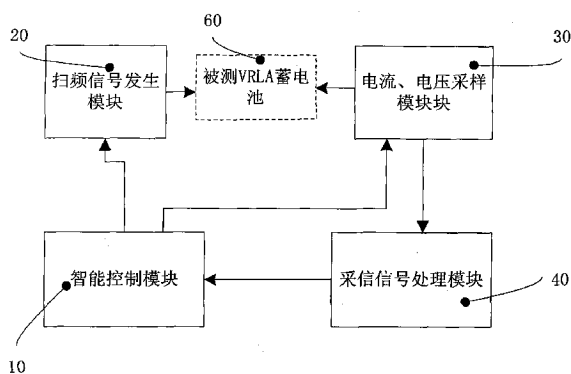
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 3 页

(54) 发明名称

测量阀控铅酸蓄电池荷电状态的方法和装置

(57) 摘要

一种测量阀控铅酸蓄电池荷电状态的方法和装置, 包括智能控制模块、扫频信号发生模块、电流电压采样模块和采样信号处理模块; 被测阀控铅酸蓄电池同扫频信号发生模块和电流电压采样模块电连接; 由智能控制模块控制扫频信号发生模块输出的、施加于被测蓄电池上的信号频率, 由智能控制模块控制电流电压采样模块, 对流经该蓄电池的交流电流和蓄电池的交变响应电压进行同步采样, 经采样信号处理模块移相、滤波、混频和鉴相后, 反馈至智能控制模块形成闭环负反馈回路, 如此即可测得目标蓄电池的谐振频率 f_r 。再利用事先保存该智能控制模块中的 $\{f_r, SOC\}$ 数据集, 通过线性插值的方法, 得到该蓄电池的当前荷电状态。本发明的有益效果是: 无需精确测量阀控铅酸蓄电池的内部阻抗, 而采用测量其谐振频率 f_r 的方法和装置, 即可实现蓄电池 SOC 的低成本、快速测量。



1. 一种测量阀控铅酸蓄电池荷电状态 SOC 的方法,包括步骤:

A. 针对不同型号的阀控铅酸蓄电池,用常规方法将其充电至额定容量后,分阶段使之放电至不同的荷电状态 SOC,分别测出该 SOC 下所述蓄电池的谐振频率 f_r ;对所述蓄电池的谐振频率 f_r 的测量,包括步骤:

I. 在被测蓄电池正、负极两端施加频率 f 受控于扫描电压的交流激励信号 u ,得到该蓄电池两端的交流响应电压 u' ;

II. 将交流激励信号 u 与交流响应电压 u' 进行混频处理后得到信号 s_r ;

III. 将所述信号 s_r 经滤波后,输出的控制电压 t_r 负反馈到步骤 I 所述扫描电压,改变施加在被测蓄电池正、负极两端的交流激励信号 u 的频率 f ;

IV. 步骤 I 至 III 重复进行,直至所述输出的控制电压 t_r 为零时,扫描电压控制的交流激励信号 u 的频率 f ,即为所述蓄电池的谐振频率 f_r ;

B. 将实施上述步骤 A,针对每一种型号的蓄电池测得其 $\{f_r, SOC\}$ 数据集后,贮存在掉电可保存的数据存储器内;

C. 在需要测量 SOC 的所述蓄电池正、负极端子上施加扫频交流激励信号 u ,连续改变该交流激励信号 u 的频率 f ,直至所述被测蓄电池内阻抗表现为纯电阻,此时施加的交流激励信号 u 的频率 f 即为所述被测蓄电池在当时 SOC 的谐振频率 f_r ;

D. 将实施步骤 C 所获 f_r 值输入微处理器,利用贮存在所述掉电可保存的数据存储器内、同被测蓄电池同样型号的蓄电池的 $\{f_r, SOC\}$ 数据集,通过线性插值的方法得到相对应的 SOC,此即所测该蓄电池当时的 SOC,亦即它当时拥有的剩余电量,用百分数%表示。

2. 按照权利要求 1 所述的测量阀控铅酸蓄电池荷电状态 SOC 的方法,其特征在于:

步骤 A 中所述“测出该 SOC 下所述蓄电池的谐振频率 f_r ”,包括步骤:

A1. 以“恒流-恒压-涓流”的三阶段充电方式对所述蓄电池进行充电,在充电过程完成后将电池静置 120 分钟;

A2. 在 $25 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 的环境温度下以 10 小时放电率对电池进行恒流放电;放电过程中,采用安时计量法实时记录蓄电池的剩余电量,并将此值作为其 SOC 的真实值;

A3. 在步骤 A2 所述蓄电池正、负极端子上施加扫频交流激励信号 u ,连续改变施加交流激励信号 u 的频率 f ,直至所述被测蓄电池的内阻抗表现为纯电阻,此时施加的交流激励信号 u 的频率 f 即为该蓄电池在该 SOC 的谐振频率 f_r 。

3. 一种测量阀控铅酸蓄电池荷电状态 SOC 的装置,其特征在于:

包括智能控制模块 (10)、扫频信号发生模块 (20)、电流电压采样模块 (30) 和采样信号处理模块 (40);被测阀控铅酸蓄电池 (60) 同扫频信号发生模块 (20) 和电流电压采样模块 (30) 电连接;

智能控制模块 (10) 输出控制电压,驱动扫频信号发生模块 (20) 输出频率受控于所述控制电压变化的交变电压信号施加于所述被测阀控铅酸蓄电池 (60) 上,由电流电压采样模块 (30) 同步采样流经被测阀控铅酸蓄电池 (60) 的交变电流和该被测阀控铅酸蓄电池 (60) 的交变响应电压,输入至采样信号处理模块 (40),经采样信号处理模块 (40) 的移相、滤波、混频和鉴相后,输出控制电压负反馈至智能控制模块 (10),令扫频信号发生模块 (20) 不断改变输出交流信号的频率,直至输出交流信号频率为被测阀控铅酸蓄电池当时 SOC 的谐振频率 f_r 才停止改变,并将此时所获取的 f_r 在智能控制模块 (10) 内通过对比和

插值预先贮存其内的 $\{f_r, SOC\}$ 数据集,得到该被测阀控铅酸蓄电池 (60) 相应的荷电状态 SOC。

4. 按照权利要求 3 所述的测量阀控铅酸蓄电池荷电状态 SOC 的装置,其特征在于:

所述智能控制模块 (10),包括微处理器 (101)、人机界面 (102) 和数据存储器 (103);微处理器 (101) 分别与人机界面 (102) 和数据存储器 (103) 电连接;所述微处理器 (101) 处理人机界面 (102) 得到的指令,并输出控制电压,驱动扫频信号发生模块 (20) 输出频率受控于所述控制电压变化的交变电压信号施加于所述被测阀控铅酸蓄电池 (60) 上,同时控制电流电压采样模块 (30) 同步采样流经被测阀控铅酸蓄电池 (60) 的交变电流和该被测阀控铅酸蓄电池 (60) 的交变响应电压;获取采样信号处理模块 (40) 输出的反馈控制电压,令扫频信号发生模块 (20) 不断改变输出交流信号的频率,直至输出交流电压的频率为被测阀控铅酸蓄电池当时 SOC 的谐振频率 f_r 时才停止改变,并将此时所获取的 f_r 通过对比和插值预先贮存于数据存储器 (103) 内的 $\{f_r, SOC\}$ 数据集,得到该被测阀控铅酸蓄电池 (60) 相应的荷电状态 SOC,并通过人机界面 (102) 显示出来。

5. 按照权利要求 3 所述测量阀控铅酸蓄电池荷电状态 SOC 的装置,其特征在于:

所述扫频信号发生模块 (20),包括正弦信号发生器 (201) 和功率放大器 (202);所述智能控制模块 (10) 的控制电压信号加到正弦信号发生器 (201) 的输入端,使其产生一频率受控于所述控制电压的正弦信号,该正弦信号经所述功率放大器 (202) 放大后,加到被测阀控铅酸蓄电池 (60) 的正、负极端子上。

6. 按照权利要求 3 所述的测量阀控铅酸蓄电池荷电状态 SOC 的装置,其特征在于:

所述电流电压采样模块 (30) 包括取样电阻 R、电流采样电路 (301) 和电压采样电路 (302);所述电流采样电路 (301) 通过取样电阻 R 获取流经所述被测阀控铅酸蓄电池 (60) 的交变电流,并送至采样信号处理模块 (40);与此同时,所述电压采样电路 (302) 采样该被测阀控铅酸蓄电池 (60) 的交变响应电压,也送至采样信号处理模块 (40)。

7. 按照权利要求 3 或 6 所述的测量阀控铅酸蓄电池荷电状态 SOC 的装置,其特征在于:

所述采样信号处理模块 (40) 包括移相器 (401)、第一滤波器 (402)、第二滤波器 (403)、混频器 (404) 和鉴相器 (405);

所述电流电压采样模块 (30) 输出的交变电流经第二滤波器 (403) 滤波后接入所述混频器 (404) 输入端;同时所述电流电压采样模块 (30) 输出的交变响应电压经过移相器 (401) 移相、再通过第一滤波器 (402) 滤波后,也被送入所述混频器 (404) 的另一输入端;该混频器 (404) 的输出端接至鉴相器 (405) 的输入端,经鉴相处理后输出控制电压,该控制电压负反馈至所述智能控制模块 (10) 的微处理器 (101) 中。

8. 按照权利要求 4 所述的测量阀控铅酸蓄电池荷电状态 SOC 的装置,其特征在于:

所述人机界面 (102) 包括键盘和显示器。

9. 按照权利要求 4 所述的测量阀控铅酸蓄电池荷电状态 SOC 的装置,其特征在于:

所述智能控制模块 (10) 的数据存储器 (103) 存储有不同型号的蓄电池的扫描频率上限 f_U 、下限 f_L ,以及起始扫描频率 f_0 。

测量阀控铅酸蓄电池荷电状态的方法和装置

[0001] 技术领域：本发明涉及用于测试蓄电池或一次电池电学状态的仪器，尤其是涉及测量阀控铅酸蓄电池荷电状态的方法和装置。

[0002] 背景技术 阀控铅酸 (Valve-Regulated Lead-Acid, VRLA) 蓄电池的荷电状态 (State of Charge, SOC) 是表征蓄电池充电状态的参数，定义为蓄电池的剩余容量（即电池的当前容量）与其额定容量的百分比。蓄电池用户希望随时了解电池的 SOC，以便确定是可以放心使用，还是必须充电或者进行必要的维护操作。

[0003] 由于 SOC 是蓄电池的一种内在特性，无法进行直接测量，只能针对诸如端电压、充/放电电流等外部可测参数进行间接测量。VRLA 蓄电池 SOC 的无损检测一直是国、内外的研究热点与难点。

[0004] 现有技术检测 VRLA 蓄电池 SOC 的方法主要有：

[0005] (1) 放电实验法：将蓄电池从实际负载脱开，在特定温度下以恒定电流对假负载放电至截止电压（单体电压为 1.8V），蓄电池所能放出的电量即为其当前容量，该方法是目前行业内的标准做法。

[0006] (2) 开路电压法：VRLA 蓄电池的开路电压与其 SOC 之间存在较好的相关性，通过测量电池的开路电压即可实现对其 SOC 的间接测量。

[0007] (3) 模糊推理法：根据大量放电实验曲线，再加上技术人员的经验，用模糊逻辑模拟人的推理思维，最终实现对蓄电池 SOC 的预测。

[0008] (4) 基于人工神经网络模型的方法：将 VRLA 蓄电池看作一个“黑箱”，采用神经元技术，用蓄电池在整个生命周期内的各种工况来训练由神经元构成的网络模型，其核心思想是利用神经网络的非线性逼近能力，实现对蓄电池 SOC 的预测。

[0009] (5) 安时计量法：在已知蓄电池初始 SOC 的情况下，对蓄电池的充、放电电流进行积分，计算出当前的 SOC。

[0010] (6) 内阻法。迄今为止，该方法是最受行业瞩目的 VRLA 蓄电池无损检测技术之一，并于 1996 年被 IEEE 接受为推荐性标准。其核心思想是：VRLA 蓄电池作为一个动态系统，可以用等效电路模型进行表征，当蓄电池的 SOC 发生变化时，其等效电路模型的参数亦会相应地发生改变。已有文献研究表明，VRLA 蓄电池的 SOC 与其等效电路模型的欧姆内阻之间存在良好的相关性，通过测量等效电路的欧姆内阻，即可得到蓄电池 SOC 的变化信息。

[0011] 上述这些检测方法的主要缺点是：

[0012] (1) 放电实验法：毋庸置疑，这一方法将耗费大量的人力与能源，而且在放电实验期间，蓄电池起不到其应有的后备电源作用。

[0013] (2) 开路电压法：虽然开路电压可以比较准确地反映 VRLA 蓄电池的 SOC，但是，即使在脱离充电机与负载以后，发生在电池内部的极化现象也会在数小时内造成其端电压的不断变化。

[0014] (3) 模糊推理法：模糊逻辑推理在处理定性问题方面有它的独特之处，而其局限性在于很难得到精确的判定，而且不能依靠简单地定义几条模糊规则就可以实现 SOC 的精确预估，必须使系统具有推理和泛化能力，能够对测量的数据进行知识的归纳和推理。

[0015] (4) 基于神经网络模型的方法：要求有足够多的历史数据，样本选择困难，算法复杂，容易陷入局部极小点，收敛速度较慢；此外，神经网络模型是一个“黑箱”模型，其参数缺乏明确的物理意义，建立的数学模型难以理解。

[0016] (5) 安时计量法：其缺点是假定蓄电池的充、放电效率均为 100%。然而，充电机所输出的电能并非完全被蓄电池接收，所有被充进蓄电池的电能也不能通过放电完全放出；此外，VRLA 蓄电池存在不可避免的自放电现象。

[0017] (6) 内阻法：VRLA 蓄电池的欧姆内阻通常在毫欧量级，大容量电池的欧姆内阻更小，其随蓄电池 SOC 不同而变化的幅度也更小，并且测量夹具与电池极柱之间的接触电阻也在毫欧量级，准确测量该参数的难度大、成本高。

[0018] 作为一个动态系统，VRLA 蓄电池可以用图 2 所示的基于阻抗测量的小信号等效电路模型来描述（参考：F. Huet. A review of impedance measurements for determination of the state-of-charge or state-of-health of secondary batteries[J]. Journal of Power Sources, 1998, 70 :59-69. 确定蓄电池荷电状态与健康状态的阻抗测量综述. 电源杂志, 1998, 70 :59-69.）。在图 2 中， R_{Ω} 为欧姆内阻， L 为引线电感， C_{DL+} 、 C_{DL-} 、 R_{T+} 、 R_{T-} 、 Z_{W+} 、 Z_{W-} 分别为蓄电池正、负极的极板双层电容、电荷迁移电阻（也称极化内阻）和 Warburg 阻抗。由于 Warburg 阻抗仅出现在频率极低的时候（ $< 10^{-4}\text{Hz}$ ），实际工程应用中通常将其忽略，而用 $\Phi = [R_{\Omega}, L, R_{T+}, C_{DL+}, R_{T-}, C_{DL-}]$ 来描述 VRLA 蓄电池。

[0019] 由电学理论可知：蓄电池的内部阻抗 Z 可以用函数 $\lambda(f, \Phi)$ 来描述。将一只标称参数为 12V/7.0Ah 的 VRLA 蓄电池放置在 $25 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 的恒温箱内，静置 24 小时后，采用交流恒电位法对其进行内部阻抗测量，扫频范围为 10Hz 到 20KHz，得到其内部阻抗谱图如图 3 所示。图 3 中 Z_{real} 为阻抗实部，即阻抗的电阻分量， Z_{imag} 为阻抗虚部，即阻抗的电抗分量。定义阻抗 Z 呈纯阻性（即 Z 的虚部为零）时相应的激励信号频率为蓄电池的谐振频率 f_r ，此时的阻抗即为蓄电池的欧姆内阻 $R_{\Omega} = \lambda(f = f_r, \Phi)$ ，即 VRLA 蓄电池的欧姆内阻 R_{Ω} 是其谐振频率 f_r 的函数。本发明人的研究成果表明：VRLA 蓄电池的 SOC 与其欧姆内阻 R_{Ω} 之间存在良好的相关性，即 SOC 可以用函数 $\zeta(R_{\Omega})$ 来描述。因此，SOC 也可以表示为谐振频率 f_r 的函数，即： $\text{SOC} = \zeta(R_{\Omega}) = \zeta(\lambda(f=f_r, \Phi)) = \xi(f_r)$ 。通过测量蓄电池的 f_r ，即可实现对其 SOC 的间接测量。

[0020] 发明内容本发明要解决的技术问题在于避免上述现有技术的不足之处，而提供一种测量阀控铅酸 VRLA 蓄电池荷电状态 SOC 的方法和装置。实现对 VRLA 蓄电池 SOC 的低成本、快速测量。

[0021] 基于本发明人的上述发现，为解决所述现有技术存在的问题，本发明采用的技术方案是，提出一种测量阀控铅酸蓄电池荷电状态的方法，包括步骤：

[0022] A. 针对不同型号的阀控铅酸蓄电池，用常规方法将其充电至额定容量后，分阶段使之放电至不同的荷电状态，分别测出各该荷电状态下所述 VRLA 蓄电池的谐振频率 f_r ；

[0023] 对所述 VRLA 蓄电池的谐振频率 f_r 的测量，包括步骤：

[0024] I. 在被测 VRLA 蓄电池正、负极两端施加频率受控于扫描电压的交流激励信号 u ，得到该蓄电池两端的交变响应电压 u' ；

[0025] II. 将激励信号 u 与响应电压 u' 进行混频处理后得到信号 s_T ；

[0026] III. 将所述信号 s_T 经滤波后，输出的控制电压 t_T 负反馈到步骤 B1 所述扫描电压，

改变施加在被测 VRLA 蓄电池正、负极两端交流信号 u 的频率 f ；

[0027] IV. 步骤 I 至 III 重复进行,直至所述输出信号 t_r 为零时,扫描电压控制的交流信号 u 的频率 f ,即为所述 VRLA 蓄电池的谐振频率 f_r 。

[0028] B. 将实施上述步骤 A,针对每一种型号的 VRLA 蓄电池测得的 $\{f_r, SOC\}$ 数据集,贮存在掉电可保存的数据存储器内；

[0029] C. 在需要测量 SOC 的所述 VRLA 蓄电池正、负极端子上施加扫频交流信号,连续改变施加交流信号的频率,直至所述被测蓄电池内阻抗表现为纯电阻,此时施加的交流信号频率即为所述被测蓄电池在当时 SOC 的谐振频率 f_r ；

[0030] D. 将实施步骤 C 所获 f_r 值输入微处理器,从贮存在所述掉电可保存的数据存储器内、同被测蓄电池同样型号的 VRLA 蓄电池的 $\{f_r, SOC\}$ 数据集内,通过线性插值的方法得到相对应的 SOC,此即所测该蓄电池当时的 SOC,亦即它当时拥有的剩余电量,用百分数%表示。

[0031] 步骤 A 中所述“测出各该 SOC 下所述 VRLA 蓄电池的谐振频率 f_r ”,包括步骤：

[0032] A1. 以“恒流-恒压-涓流”的三阶段充电方式对所述蓄电池进行充电,在充电过程完成后将电池静置 120 分钟；

[0033] A2. 在 $25 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 的环境温度下以 10 小时放电率对电池进行恒流放电。放电过程中,采用安时计量法实时记录蓄电池的剩余电量,并将此值作为其 SOC 的真实值；

[0034] A3. 在步骤 A2 所述蓄电池正、负极端子上施加扫频交流信号,连续改变施加交流信号的频率,直至所述被测蓄电池内阻抗表现为纯电阻,此时施加的交流信号频率即为该蓄电池在该 SOC 的谐振频率 f_r 。

[0035] 为解决现有技术存在的问题,本发明还采用如下的技术方案:提供一种测量阀控铅酸蓄电池荷电状态的装置,包括智能控制模块、扫频信号发生模块、电流电压采样模块和采样信号处理模块;被测 VRLA 蓄电池同扫频信号发生模块和电流电压采样模块电连接；

[0036] 智能控制模块输出控制电压,驱动扫频信号发生模块输出频率受控于所述控制电压的交变电压信号施加于所述被测蓄电池上,由电流电压采样模块同步采样流经被测蓄电池的交变电流和该蓄电池的交变响应电压,输入至采样信号处理模块,经采样信号处理模块的移相、滤波、混频和鉴相后,输出控制电压负反馈至智能控制模块,令扫频信号发生模块不断改变输出交流信号的频率,直至输出交流信号频率为被测蓄电池当时 SOC 的谐振频率 f_r 时才停止改变,并将此时所获取的 f_r 在智能控制模块内通过对比和插值预先贮存其内的 $\{f_r, SOC\}$ 数据集,得到该被测蓄电池相应的荷电状态,经人机界面显示出来。

[0037] 所述智能控制模块,包括微处理器、人机界面和数据存储器;微处理器分别与人机界面和数据存储器分别电连接;所述微处理器处理人机界面得到的指令,并输出控制电压,驱动扫频信号发生模块输出频率受控于所述控制电压的交变电压信号施加于所述被测蓄电池上,同时控制电流电压采样模块同步采样流经被该测蓄电的交变电流和该蓄电池响应的交变电压;获取采样信号处理模块输出的反馈控制电压,令扫频信号发生模块不断改变输出交流电压的频率,直至输出交流电压的频率为被测蓄电池当时 SOC 的谐振频率 f_r 时才停止改变,并将此时所获取的 f_r 通过对比和插值预先存贮在数据存储器内的 $\{f_r, SOC\}$ 数据集,得到该被测蓄电池相应的荷电状态,并通过人机界面显示出来。

[0038] 所述人机界面包括键盘和显示器。

[0039] 所述智能控制模块的数据存储器存储有不同型号的 VRLA 蓄电池的扫描频率上限 f_U 、下限 f_L ，以及起始扫描频率 f_0 。

[0040] 所述扫频信号发生模块，包括正弦信号发生器和功率放大器；所述智能控制模块的电压控制信号加到正弦信号发生器的输入端，使其输出频率受控于所述控制电压变化的正弦信号，该正弦信号经所述功率放大器放大后，加到被测蓄电池的正、负极端子上。

[0041] 所述电流电压采样模块包括取样电阻 R、电流采样电路和电压采样电路；所述电流采样电路通过取样电阻 R 获取流经所述被测蓄电池的交变电流，并送至采样信号处理模块；与此同时，所述电压采样电路采样该蓄电池两端交变响应电压，也送至采样信号处理模块。

[0042] 所述采样信号处理模块包括移相器、第一滤波器、第二滤波器、混频器和鉴相器；所述电流电压采样模块输出的交变电流经第二滤波器滤波后接入所述混频器输入端；同时所述电流电压采样模块输出的交变电压经过移相器移相、再通过第一滤波器滤波后，也被送入所述混频器的另一输入端；该混频器的输出端接至鉴相器的输入端，经鉴相处理后输出控制电压，该控制电压负反馈至所述智能控制模块的微处理器中。

[0043] 同现有技术相比较，本发明的有益效果在于：无需精确测量阀控铅酸蓄电池的内部阻抗，而采用测量其谐振频率 f_r 的方法和装置，即可实现蓄电池 SOC 的低成本、快速测量。

[0044] 附图说明图 1 为本发明“测量阀控铅酸蓄电池荷电状态的装置”的逻辑框图；

[0045] 图 2 是阀控铅酸 VRLA 蓄电池的等效电路模型示意图；

[0046] 图 3 是典型 VRLA 蓄电池的内部阻抗谱；

[0047] 图 4 是 VRLA 蓄电池谐振频率 f_r 的测量原理图；

[0048] 图 5 是 VRLA 蓄电池在不同荷电状态 SOC 时的谐振频率；

[0049] 图 6 是本发明“测量阀控铅酸蓄电池荷电状态的装置”的结构示意图。

[0050] 具体实施方式下面，结合各附图所示之优选实施例进一步阐述本发明。

[0051] 参见图 4 与图 5，本发明之优选实施例是：提供一种测量阀控铅酸蓄电池荷电状态的方法，包括步骤：

[0052] 针对不同型号的阀控铅酸蓄电池，用常规方法将其充电至额定容量后，分阶段使之放电至不同的荷电状态，分别测出各该荷电状态下所述 VRLA 蓄电池的谐振频率 f_r ；

[0053] A. 将实施上述步骤 A，针对每一种型号的 VRLA 蓄电池测得的 $\{f_r, SOC\}$ 数据集，贮存在掉电可保存的数据存储器内；

[0054] B. 在需要测量 SOC 的所述 VRLA 蓄电池正、负极端子上施加扫频交流信号，连续改变施加的交流信号的频率，直至所述被测蓄电池内阻抗表现为纯电阻，此时施加的交流信号频率即为所述被测蓄电池在当时 SOC 的谐振频率 f_r ；

[0055] C. 将实施步骤 C 所获 f_r 值输入微处理器，利用贮存在所述掉电可保存的数据存储器内、同被测蓄电池同样型号的 VRLA 蓄电池的 $\{f_r, SOC\}$ 数据集，通过线性插值的方法得到相对应的 SOC，此即所测该蓄电池当时的 SOC，亦即它当时拥有的剩余电量，用百分数 % 表示。

[0056] 步骤 A 中所述“测出各该荷电状态下所述 VRLA 蓄电池的谐振频率 f_r ”，包括步骤：

[0057] A1. 以“恒流 - 恒压 - 涓流”的三阶段充电方式对所述蓄电池进行充电，在充电过

程完成后将电池静置 120 分钟；

[0058] A2. 在 $25 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 的环境温度下以 10 小时放电率对电池进行恒流放电。放电过程中,采用安时计量法实时记录蓄电池的剩余电量,并将此值作为其 SOC 的真实值；

[0059] A3. 在步骤 A2 所述蓄电池正、负极端子上施加扫频交流信号,连续改变施加的交流信号的频率,直至所述被测蓄电池内阻抗表现为纯电阻,此时施加的交流信号频率即为该蓄电池在该 SOC 的谐振频率 f_r 。

[0060] 所述 VRLA 蓄电池的谐振频率 f_r 的测量原理如图 4 所示,包括步骤：

[0061] B1. 扫描电压发生器 801 产生由低到高的扫描电压,控制正弦波发生器 802 输出信号 u 的频率 f ,该信号施加在被测 VRLA 蓄电池 803、负极两端,蓄电池 803 在 u 的激励下输出与其同频率的响应电压信号 u' ，

[0062] B2. 将步骤 B1 所述的交流电压 u' 经移相器 804 移相 90° 后输出 u'_T ,再与 u 在混频器 805 内混频后输出 s_T ，

[0063] B3. 将所述信号 s_T 经鉴相后,经低通滤波器 806 滤波后输出控制电压 t_T ,控制扫描电压发生器。改变施加在被测 VRLA 蓄电池 803 正、负极两端交流信号 u 的频率 f ；

[0064] B4. 步骤 B1 至 B3 重复进行,直至所述输出信号 t_T 为零时,扫描电压控制的交流信号 u 的频率 f ,即为所述 VRLA 蓄电池 803 的谐振频率 f_r 。

[0065] 假定正弦波发生器 802 的输出信号为：

$$[0066] \quad u = A \sin(2\pi ft) \quad (1)$$

[0067] 式中, A 、 f 分别为激励信号 u 的幅值与频率。则蓄电池的响应电压信号为：

[0068]

$$u' = A' \sin(2\pi ft + \varphi) \quad (2)$$

[0069] 式中, A' 为响应电压信号 u' 的幅值, φ 为 u' 与 u 之间的相位移。于是移相器 804 与混频器 805 的输出信号分别为：

[0070]

$$u'_T = A' \sin\left(2\pi ft + \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$$

[0071]

$$s_T = u'_T u = \frac{1}{2} A' A \left[\cos\left(\varphi + \frac{\pi}{2}\right) - \cos\left(4\pi ft + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) \right] \quad (3)$$

[0072] 经过低通滤波器 806 滤波后,得到：

[0073]

$$t_T = \frac{1}{2} A' A \cos\left(\varphi + \frac{\pi}{2}\right) = \frac{1}{2} A' A \sin \varphi \quad (4)$$

[0074] 从上式可以看出：(1) 当 $\varphi < 0$ 时, $t_T < 0$, 阻抗 Z 呈容性；(2) 当 $\varphi > 0$ 时, $t_T > 0$, 阻抗 Z 呈感性；(3) 当 $\varphi = 0$ 时, $t_T = 0$, 阻抗 Z 呈现纯阻性,此时的激励信号 u 的频率即为所需要的谐振频率 f_r ,通过频率显示 807 读取。

[0075] 参考图 1 和 6,为解决现有技术存在的问题,本发明还采用如下的技术方案:提供一种测量阀控铅酸蓄电池荷电状态的装置,包括智能控制模块 (10)、扫频信号发生模块

20、电流电压采样模块 30 和采样信号处理模块 40；被测阀控铅酸蓄电池 60 同扫频信号发生模块 20 和电流电压采样模块 30 电连接；

[0076] 智能控制模块 10 输出控制电压，驱动扫频信号发生模块 20 输出频率受控于所述控制电压的交变电压信号施加于所述被测蓄电池 60 上，由电流电压采样模块 30 同步采样流经被测蓄电池 60 的交变电流和该蓄电池 60 的交变响应电压，输入至采样信号处理模块 40，经采样信号处理模块 40 的移相、滤波、混频和鉴相后，输出控制电压负反馈至智能控制模块 10，令扫频信号发生模块 20 不断改变输出交流信号的频率，直至输出交流电压的频率为被测蓄电池当时 SOC 的谐振频率 f_r 时才停止改变，并将此时所获取的 f_r 在智能控制模块 10 内通过对比和插值预先贮存其内的 $\{f_r, SOC\}$ 数据集，得到该被测蓄电池 (60) 相应的荷电状态 SOC，经人机界面显示出来。

[0077] 所述智能控制模块 10，包括微处理器 101、人机界面 102 和数据存储器 103；微处理器 101 分别与人机界面 102 和数据存储器 103 分别电连接。

[0078] 所述微处理器 101 处理人机接口 102 得到的指令，并输出控制电压，驱动扫频信号发生模块 20 输出频率受控于所述控制电压的交变电压信号施加于所述被测蓄电池 60 上，同时控制电流电压采样模块 30 同步采样流经被测蓄电 60 的交变电流和该蓄电池 60 的交变响应电压；获取采样信号处理模块 40 输出的反馈控制电压，令扫频信号发生模块 20 不断改变输出交流电压的频率，直至输出交流电压频率为被测蓄电池当时 SOC 的谐振频率 f_r 时才停止改变，并将此时所获取的 f_r 通过对比和插值预先存贮在数据存储器 103 内 $\{f_r, SOC\}$ 数据集，得到该被测蓄电池 60 相应的荷电状态 SOC，并通过人机界面 102 显示出来。

[0079] 所述人机界面 102 包括键盘和显示器。

[0080] 所述智能控制模块 10 的数据存储器 103 存储有不同型号的阀控铅酸蓄电池的扫描频率上限 f_U 、下限 f_L ，以及起始扫描频率 f_0 ；同时该数据存储器 103 存储不同型号的阀控铅酸 VRLA 蓄电池的 $\{f_r, SOC\}$ 数据集。

[0081] 所述扫频信号发生模块 20，包括正弦信号发生器 201 和功率放大器 202；所述智能控制模块 10 的电压控制信号加到正弦信号发生器 201 的输入端，使其输出频率受控于所述控制电压的正弦信号，该正弦信号经所述功率放大器 202 放大后，加到被测蓄电池 60 的正、负极端子上。

[0082] 所述电流电压采样模块 30 包括取样电阻 R、电流采样电路 301 和电压采样电路 302；所述电流采样电路 301 通过取样电阻 R 获取流经所述被测蓄电池 60 的交变电流，并送至采样信号处理模块 40；与此同时，所述电压采样电路 302 采样该蓄电池 60 两端的交变电压，也送至采样信号处理模块 40。

[0083] 所述采样信号处理模块 40 包括移相器 401、第一滤波器 402、第二滤波器 403、混频器 404 和鉴相器 405；

[0084] 所述电流电压采样模块 30 输出的交变电流经第二滤波器 403 滤波后接入所述混频器 404 输入端；同时所述电流电压采样模块 30 输出的交变响应电压经过移相器 401 移相、再通过第一滤波器 402 滤波后，也被送入所述混频器 404 的另一输入端；该混频器 404 的输出端接至鉴相器 405 的输入端，经鉴相处理后输出控制电压，该控制电压负反馈至所述智能控制模块 10 的微处理器 101 中。

[0085] 上述过程为本发明优选实现过程，本领域的技术人员在本发明基本上进行的通常

变化和替代包含在本发明的保护范围之内。

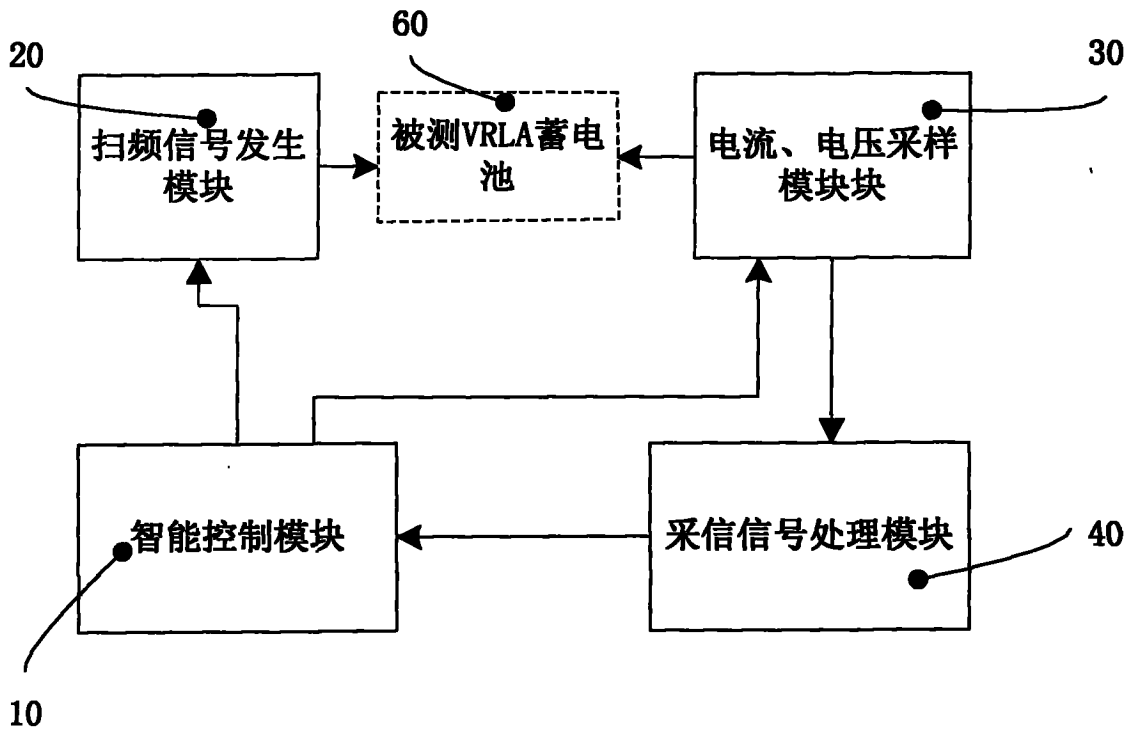


图 1

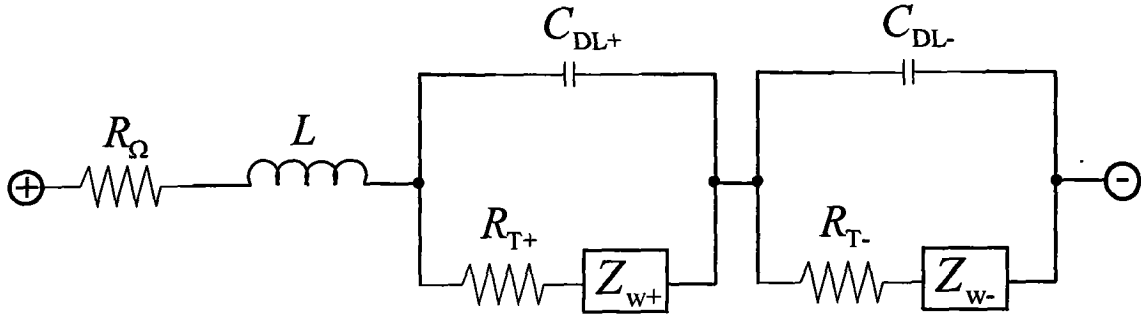


图 2

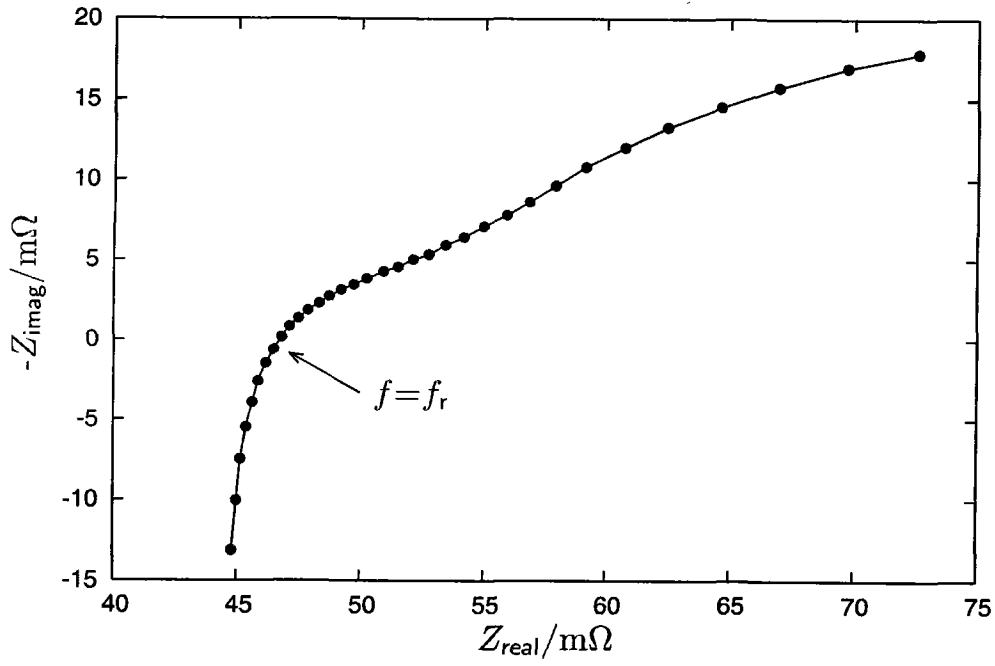


图 3

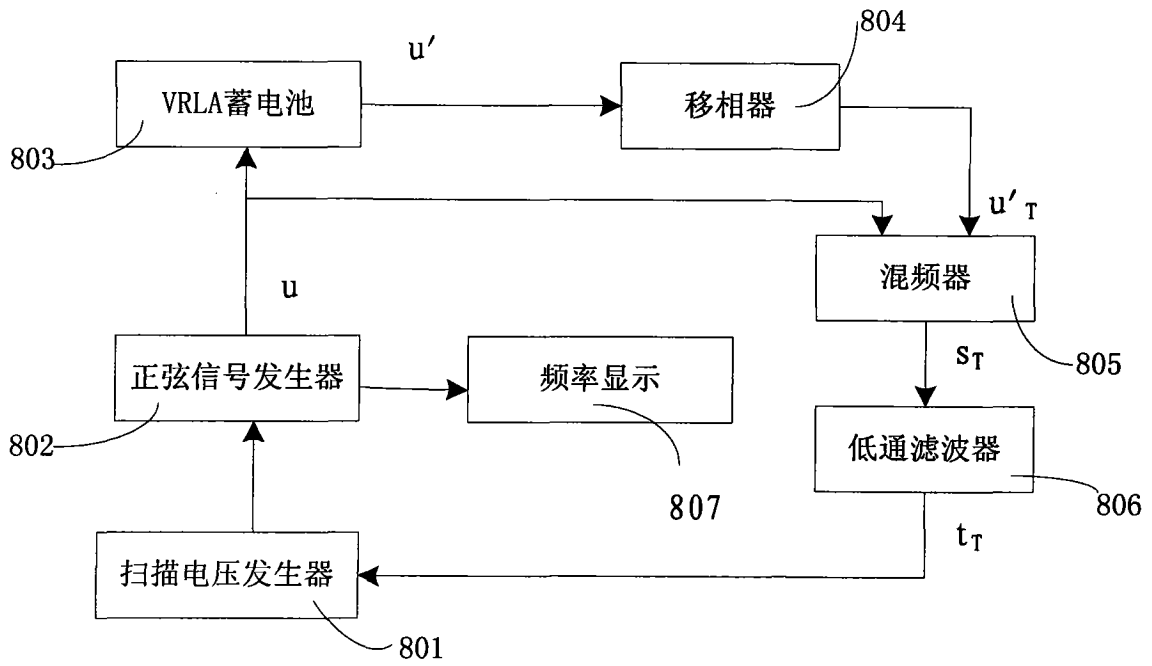


图 4

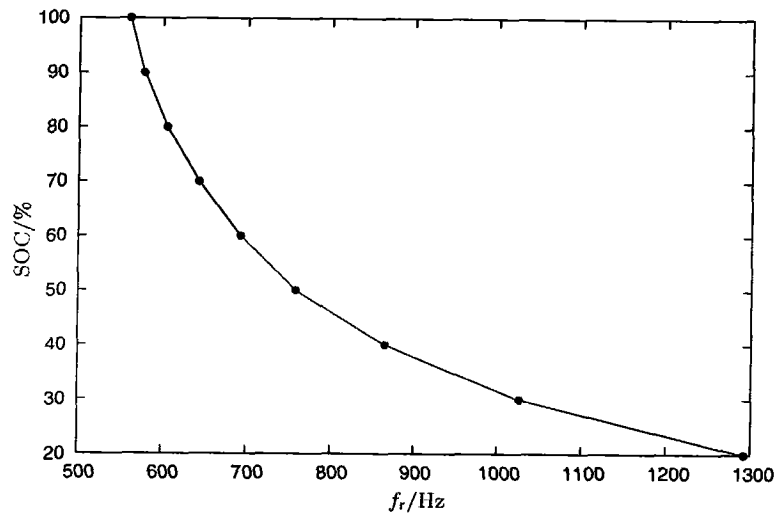


图 5

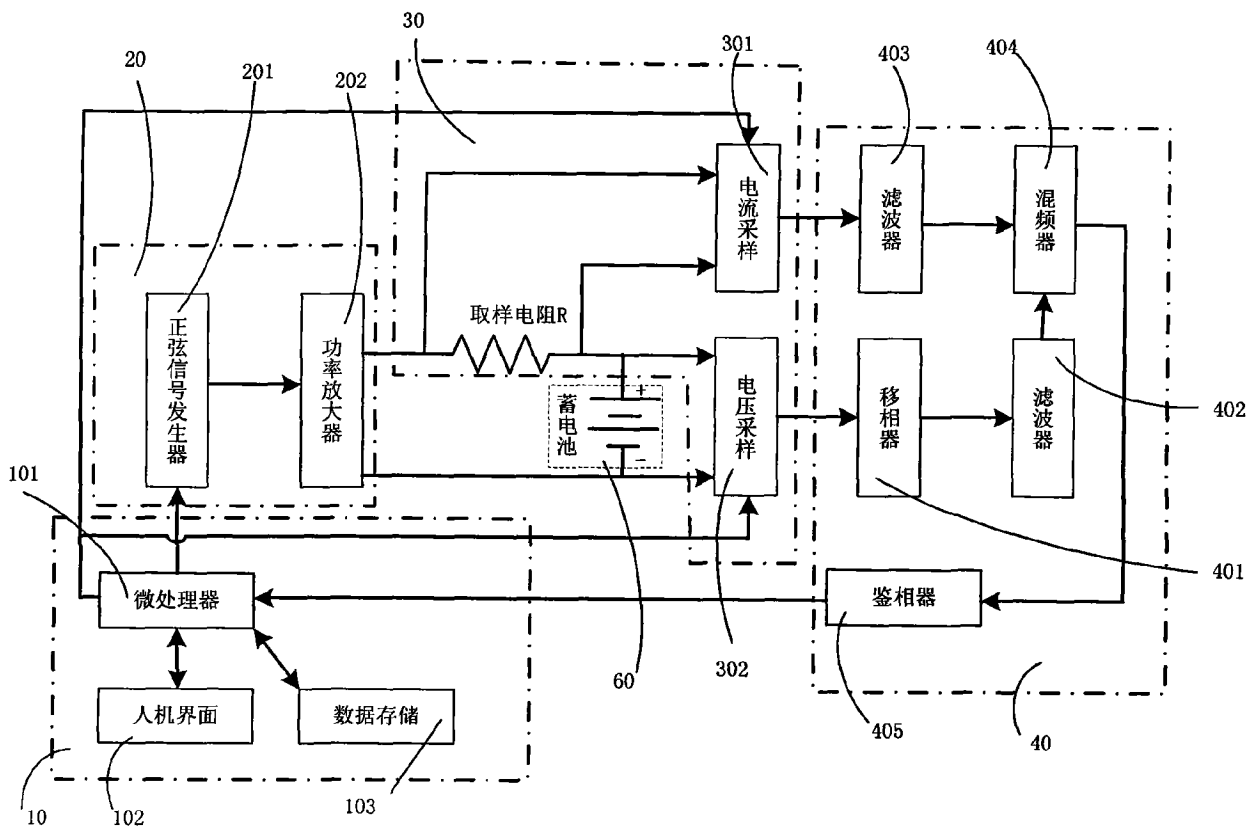


图 6