



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110410996 B

(45) 授权公告日 2022.09.30

(21) 申请号 201910693005.X

(22) 申请日 2019.07.19

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110410996 A

(43) 申请公布日 2019.11.05

(73) 专利权人 宁波东邦电器有限公司  
地址 315000 浙江省宁波市高新区菁华路  
188号B座041幢一楼1307室  
专利权人 宁波东南仪器有限公司

(72) 发明人 王舒卉 葛永强 郑梅甫

(51) Int.Cl.  
F24F 11/89 (2018.01)  
F24F 11/64 (2018.01)  
F24F 11/86 (2018.01)  
F24F 110/20 (2018.01)

(56) 对比文件  
CN 103869847 A, 2014.06.18  
CN 107940693 A, 2018.04.20  
US 2019154286 A1, 2019.05.23

CN 104613600 A, 2015.05.13  
CN 112179012 A, 2021.01.05  
CN 108361924 A, 2018.08.03  
JP 2000209886 A, 2000.07.28  
CN 108779928 A, 2018.11.09  
CN 104807129 A, 2015.07.29  
CN 105333578 A, 2016.02.17  
JP 2017155953 A, 2017.09.07  
CN 102958716 A, 2013.03.06  
CN 109724213 A, 2019.05.07  
CN 107014123 A, 2017.08.04  
JP 2017140885 A, 2017.08.17  
CN 106227276 A, 2016.12.14  
CN 104776556 A, 2015.07.15  
CN 108844188 A, 2018.11.20

李茹. “冬季空调间歇运行室内温度特性及节能潜力的理论与实验研究”.《福建建筑》.2010,

审查员 高丽慧

权利要求书1页 说明书4页 附图1页

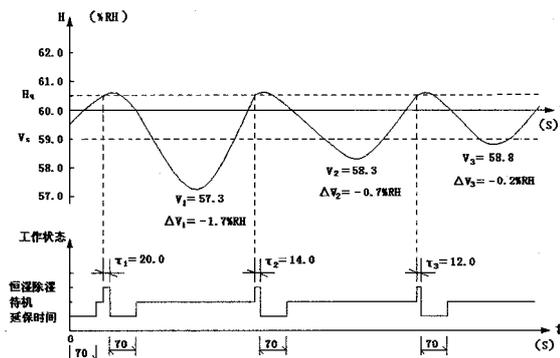
## (54) 发明名称

一种以湿度谷值为被调参数的压缩机除湿位式恒湿控制方法

## (57) 摘要

本发明涉及一种带有以湿度谷值为被调参数,以压缩机连续运行时间为调节参数的闭环控制回路的压缩机除湿位式控制方法,即在上电或工况改变后并在压缩机停机保护时间过后,当湿度等于或大于恒湿除湿启动点时立即启动压缩机进行历时  $\tau_1$  的第一次恒湿除湿。第一次恒湿除湿压缩机连续运行时间  $\tau_1$  是人工设置的,而随后每当压缩机停机保护时间过后且湿度上升至恒湿除湿启动点时又立即启动压缩机进行一次恒湿除湿,并根据第n次恒湿除湿过后出现的湿度谷值偏差(湿度谷值测量值与湿度谷值设定值之差)的大小按正作用调节规律调节下一次恒湿除湿时压缩机连续运行时间  $\tau_{n+1}$ 。如此周而复

始若干周期后湿度谷值偏差趋向零,从而使湿度谷值高度稳定。



1. 一种带有以湿度谷值为被调参数的压缩机除湿位式控制方法, 其特征在于, 在压缩机除湿位式恒湿控制中引入自变量湿度谷值作为被调参数, 引入变量恒湿除湿压缩机连续运行时间作为调节参数的闭环控制回路, 即设置一个恒湿除湿启动点 $H_q$ 、湿度谷值设定值 $V_s$ 、压缩机停机保护时间 $\tau_0$ 和第一次恒湿除湿压缩机连续运行时间 $\tau_1$ , 在上电后或工况改变后当压缩机停机保护时间 $\tau_0$ 过后, 当湿度 $H$ 等于或大于恒湿除湿启动点 $H_q$ 或湿度 $H$ 升至恒湿除湿启动点 $H_q$ 时, 立即启动压缩机进行第1次恒湿除湿, 压缩机连续运行 $\tau_1$ 后立即关停压缩机; 随后每当压缩机停机保护时间 $\tau_0$ 过后并且湿度上升至恒湿除启动点 $H_q$ 时又启动压缩机进行一次恒湿除湿, 并根据第 $n$ 次恒湿除湿后出现的湿度谷值偏差 $\Delta V_n$ , 即对应的湿度谷值 $V_n$ 与湿度谷值设定值 $V_s$ 之差的大小按正作用调节规律, 其中最常用的是按正比例调节规律调节下一次恒湿除湿时的压缩机连续运动时间 $\tau_{n+1}$ , 即 $\tau_{n+1} = \tau_n + K(V_n - V_s)$ , 式中 $\tau_n$ 为第 $n$ 次恒湿除湿时压缩机连续运行时间, S;  $V_n$ 为第 $n$ 次恒湿除湿后出现的湿度谷值, %RH;  $V_s$ 为湿度谷值设定值, %RH;  $K$ 为调节灵敏度, S/%RH;  $\tau_{n+1}$ 为第 $(n+1)$ 次恒湿除湿时压缩机连续运行时间; 上述第一次恒湿除湿压缩机连续运行时间 $\tau_1$ 由经验公式确定,  $\tau_1 = \tau_m - AH_q - B\theta_s$ , 式中 $\tau_m$ ——首次恒湿除湿连续时间极限, 秒;  $A$ ——工作湿度影响系数, S/%RH;  $B$ ——工作温度影响系数, S/°C;  $\theta_s$ ——工作温度, 恒温恒湿时则为设定温度值, °C。

## 一种以湿度谷值为被调参数的压缩机除湿位式恒湿控制方法

### 背景技术

[0001] 现有的压缩机除湿位式恒湿控制方法都采用典型三位式控制或带有下切换点多参数补偿的三位式控制。为了避免压缩机过频繁启动,压缩机除湿位式控制系统中的蒸发器都配用大滞后的储能式蒸发器,因此湿度峰值要明显高于上切换点,湿度谷值要明显低于下切换点,尤其在中高湿恒湿控制时或环境干热时湿度谷值有可能要比下切换点低10% RH。因此三位式控制根本无法实现压缩机恒湿除湿的精密控制,其中最主要原因是湿度谷值得不到有效控制。

### 发明内容

[0002] 本发明要解决的技术问题是提供一种带有以湿度谷值为被调参数、以压缩机连续运行时间为调节参数的闭环控制回路的压缩机除湿位式控制方法,以使湿度谷值高度恒定。从而为实现压缩机除湿位式恒湿控制的高精度运作解决最关键问题。

[0003] 本发明解决技术问题所采取的方案是:提供一种带有以湿度谷值为被调参数、以压缩机连续运行时间为调节参数的闭环控制回路的压缩机除湿位式恒湿控制方法,即设置一个恒湿除湿启动点 $H_q$ (相当于双位控制中的切换点和三位式控制中的上切换点)、湿度谷值设定值 $V_s$ 、压缩机停机保护时间(简称停保时间,下同) $\tau$ 。和第一次恒湿除湿压缩机连续运行时间 $\tau_1$ 。在上电后或工况改变后当压缩机停保时间过后,当湿度 $H$ 等于或大于恒湿除湿启动点 $H_q$ 或湿度 $H_q$ 升至恒湿除湿启动点 $H_q$ 时,立即启动压缩机进行第1次恒湿除湿,压缩机连续运行 $\tau_1$ 后立即关停压缩机。随后每当压缩机停保时间 $\tau_0$ 过后并且湿度上升至恒湿除湿启动点 $H_q$ 时就启动压缩机进行一次恒湿除湿,并根据第 $n$ 次恒湿除湿后出现的湿度谷值偏差 $\Delta V_n$ (即对应的湿度谷值 $V_n$ 与湿度谷值设定值 $V_s$ 之差)的大小按正作用调节规律调节下一次恒湿除湿时的压缩机连续运动时间 $\tau_{n+1}$ 。若第 $n$ 次恒湿除湿过后出现的湿度谷值偏差 $\Delta V_n$ 是正偏差,则下一次恒湿除湿时压缩机连续运行时间 $\tau_{n+1}$ 就增加;反之若 $\Delta V_n$ 是负偏差,则 $\tau_{n+1}$ 就减少。显然,正作用调节规律具体可分为正比例调节规律、正作用非线性调节规律和正作用位式调节规律等等。以下仅以最常用的正比例调节规律为例对本发明的控制机理作进一步说明。

[0004] 正比例调节规律表达式如下:

$$[0005] \quad \tau_{n+1} = \tau_n + K \Delta V_n \quad (1)$$

[0006] 式中:

[0007]  $\tau_n$ ——第 $n$ 次恒湿除湿时压缩机连续运行时间,秒;

[0008]  $\tau_{n+1}$ ——第 $(n+1)$ 次恒湿除湿时压缩机连续运行时间,秒;

[0009]  $K$ ——调节灵敏度, $S/\%RH$ ;

[0010]  $\Delta V_n$ ——第 $n$ 次恒湿除湿后所出现的湿度谷值偏差, $\%RH$ ;

$$[0011] \quad \Delta V_n = V_n - V_s \quad (2)$$

[0012] 式中:

[0013]  $V_n$ ——第 $n$ 次恒湿除湿过后出现的湿度谷值测量值, $\%RH$

[0014]  $V_s$ ——湿度谷值设定值, %RH

[0015] 上电后或工况改变后压缩机停保时间 $\tau_0$ 过后的待机阶段, 当湿度 $H$ 等于或大于恒湿除湿启动点 $H_q$ 或湿度 $H$ 升至恒湿除湿启动点 $H_q$ 时立即启动压缩机, 开始进行第1次恒湿除湿, 在连续运行 $\tau_1$ 后立即关停压缩机。只要 $\tau_1$ 不太短(例如 $>10$ 秒钟)则湿度必然逐渐升高直至峰值后再回落, 接着又缓慢下降直至第1次恒湿除湿过后的湿度谷值 $V_1$ , 然后又重新慢慢回升, 此时可测得第1次恒湿除湿后的湿度谷值 $V_1$ 及对应的湿度谷值偏差 $\Delta V_1$ 。在压缩机停保时间过后且当湿度重新升至恒湿除湿启动点 $H_q$ 时就又立即启动压缩机进行第2次恒湿除湿。由式(1)可知, 第2次恒湿除湿压缩机连续运行时间 $\tau_2$ 等于 $\tau_1 + K \Delta V_1$ 。所以若 $\Delta V_1$ 为正值, 则 $\tau_2$ 在 $\tau_1$ 的基础上增加, 这样第2次恒湿除湿过后出现的湿度谷值 $V_2$ 就必然往下移, 与之对应的湿度谷值偏差 $\Delta V_2$ 就减少。相反若 $\Delta V_1$ 为负值, 则 $\tau_2$ 在 $\tau_1$ 的基础上减少,  $V_2$ 就会上移, 对应的 $\Delta V_2$ 的绝对值就减少。总之, 湿度谷值都会向湿度谷值设定值 $V_s$ 方向靠拢。当第2次恒湿除湿过后待延保时间 $\tau_0$ 过后且湿度又上升至恒湿除湿启动点 $H_q$ 时, 就开始第3次恒湿除湿, 该次压缩机连续运行时间等于 $\tau_2 + K \Delta V_2 \dots$ 如此循环下去, 只要调节灵敏度 $K$ 整定得当, 若干周期以后湿度谷值必然会趋向湿度谷值设定值, 即湿度谷值偏差趋向零, 显然这是无余差调节。

[0016] 由于对湿度谷值进行无余差的闭环控制, 因此如果不考虑过渡过程的长短的话, 则人工设置的第一次恒湿除湿压缩机连续运行时间 $\tau_1$ 的大小是不受限制的, 即使是零或是100多秒都没关系, 其湿度谷值偏差 $\Delta V$ 最终都会趋向零, 且在某一工况下每次恒湿除湿压缩机运行时间相应都会趋向某一个稳定值 $\tau_\infty$ , 只是为了缩短过渡过程时间才应使 $\tau_1$ 尽量靠近 $\tau_\infty$ 。实验表明, 上述 $\tau_\infty$ 与控制对象特性有关, 对于某一既定控制对象而言,  $\tau_\infty$ 又与湿度波动度目标(略大于 $H_q$ 与 $V_s$ 的差值)成正比, 而与 $H_q$ 成反比, 与工作温度 $\theta_s$ 成反比, 还与环境温度成正比(其影响系数要小一些, 可不考虑之)。对于湿度波动度为 $\pm 1\%$  RH的控制系统,  $\tau_1$ 数值可参照经验公式式(3)来设置:

$$[0017] \quad \tau_1 = \tau_m - A H_q - B \theta_s \quad (3)$$

[0018] 式中:  $\tau_m$ ——首次恒湿除湿连续时间极限值, 秒。例如取110秒;

[0019]  $A$ ——工作湿度影响系数,  $S/\%$  RH。例如 $A=1.0S/\%$  RH;

[0020]  $B$ ——工作温度影响系数,  $S/^\circ\text{C}$ 。例如 $B=1.0S/^\circ\text{C}$ ;

[0021]  $\theta_s$ ——工作温度, 恒温恒湿时则为温度设定值,  $^\circ\text{C}$ 。

[0022] 这样, 式(3)就可用式(4)来简化:

$$[0023] \quad \tau_1 = 110S - H_q \cdot S/\%$$
 RH -  $\theta_s \cdot S/^\circ\text{C} \quad (4)$

[0024] 本技术方案的理论根据是: 根据能量守恒定律和热力学原理, 即对同一个封闭空间(即同一个调节对象)进行压缩机间歇除湿实验, 只要压缩机连续运行时间不太短暂, 则必然会出现湿度上升——上升至峰值——下降——下降至谷值——再上升的现象。而且在相同工作条件下, 即相同的工作温度、环境温湿度和相同的除湿启动点时, 若压缩机连续运行时间越长, 则对应的湿度谷值就越低, 即两都存在着反作用因果规律, 且在一定范围内成反比例关系。因此根据这一原理, 我们就可以根据第 $n$ 次压缩机恒湿除湿后出现的湿度谷值偏差 $\Delta V_n$ 大小, 按与上述实验规律相反的规律——正作用调节规律来调节下次压缩机恒湿除湿时的压缩机连续运行时间 $\tau_{n+1}$ 。并随着压缩机恒湿除湿次数的增加, 湿度谷点偏差的绝对值会越来越小, 最终趋向零, 从而使湿度谷值趋向高度稳定。

[0025] 有益效果

[0026] 本发明实质上是用一个以湿度谷值为被调参数、以压缩机连续运行时间为调节参数的闭环控制回路取代了现有的三位式控制方法中的下切换点来控制湿度谷值,而且是无余差控制回路,因此使湿度谷值高度恒定,从而彻底消除了现有压缩机除湿位式恒湿控制方法存在的湿度谷值严重偏离的缺陷,从而为压缩机除湿位式恒湿控制的高精度运作解决了最关键的问题。本发明可单独用于压缩机间歇除湿的恒湿控制系统,也可用于压缩机间歇制冷/除湿的恒温恒湿控制系统。

### 具体实施方式

[0027] 下面结合具体实施例,进一步阐述本发明。应理解,该实施例仅用于说明本发明而不适用于限制本发明的范围。此外应理解,在阅读了本发明讲授的内容之后,本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改,这些等价形式同样落于本申请所附权利要求书所限定的范围。

[0028] 本发明的实施涉及一种带有以湿度谷值为被调参数、以以压缩机连续运行时间为调节参数的闭环控制回路的压缩机除湿位式恒湿控制方法,即设置一个恒湿除湿启动点 $H_q$ 、湿度谷值设定值 $V_s$ 、压缩机停机延保时间 $\tau_0$ 、调节灵敏度 $K$ 和第一次恒湿除湿压缩机连续运行时间 $\tau_1$ 。而随后的每一次恒湿除湿压缩机连续运行时间 $\tau_{n+1}$ 则根据第 $n$ 次恒湿除湿后出现的湿度谷值偏差 $\Delta V_n$ 的大小按正比例调节规律进行调节。每一个恒湿除湿周期都分成以下三个阶段:

[0029] 第一阶段是上电后或压缩机关停后的压缩机停机延时保护阶段,停保时间 $\tau_0$ 由人工设置,以防止压缩机过频繁启动。 $\tau_0$ 数值由控制对象的滞后时间常数 $T_L$ 决定, $\tau_0$ 一般取 $3T_L$ 左右,例如70秒。

[0030] 第二阶段是压缩机停保时间过后且湿度尚未达到恒湿除湿启动点 $H_q$ 时的那段时间,称为待机阶段,历时为零至数百秒钟不等。

[0031] 第三阶段是压缩机工作阶段,即在待机阶段当湿度达到恒湿除湿启动点 $H_q$ 时立即启动压缩机进行第 $n$ 次恒湿除湿,其连续运行时间为 $\tau_n$ ,其中第一次恒湿除湿时压缩机连续运行时间 $\tau_1$ 为人工设置,可采用式(4)的经验公式。

[0032] 附图是实施例的控制原理图,其中相关参数的设定值为:压缩机停保时间 $\tau_0$ 设置为70秒;恒湿除湿启动点 $H_q$ 按使用要求设置为60.5%RH;湿度偏差的谷值设定值 $V_s$ 按波动度 $\pm 1\%$ RH要求设置为59.0%RH;第一次恒湿除湿压缩机连续运行时间 $\tau_1$ 按经验公式(4)设置为20秒(注:工作温度 $\theta_s$ 为30°C);正比例调节灵敏度 $K$ 设置值由系统稳定性试验结果确定,设为4S%RH。

[0033] 从图1可见,开机后湿度缓慢上升,压缩机停保时间 $\tau_0$ 到达70秒后不久湿度测量值 $H$ 升至恒湿除湿启动点 $H_q$ 即60.5%RH时立即启动压缩机进行第1次恒湿除湿,而当压缩机连续运行时间达到第一次恒湿除湿压缩机连续运行时间设置值 $\tau_1$ 即20秒钟后立即关停压缩机。从附图可见,压缩机启动后甚至压缩机关停后湿度仍然缓慢地上升,直至最高点后才慢慢下降,随后降速加快,继而又减慢直到出现第一个湿度谷值 $V_1=57.3\%$ RH后再拐弯向上升。由于湿度谷值设定值 $V_s=59.0\%$ RH,故第一次湿度谷值偏差 $\Delta V_1$ 为-1.7%RH。

[0034] 当湿度再次升至恒湿除湿启动点 $H_q$ 60.5%RH时又立即启动压缩机进行第2次恒湿

除湿。由于控制灵敏度 $K$ 为 $4S\%RH$ ,  $\Delta V_1 = -1.7\%RH$ , 因此第2次恒湿除湿时的压缩机连续运行时间 $\tau_2$ 就由第一次的 $\tau_1 = 20$ 秒基础上减少 $6.8$ 秒, 即 $\tau_2 = 13.2$ 秒, 于是第2次恒湿除湿时压缩机连续运行 $13.2$ 秒钟后就停下来。由于 $\tau_2$ 比 $\tau_1$ 减少 $6.8$ 秒, 因而, 第2次恒湿除湿后的湿度谷值 $V_2$ 明显上升至 $58.3\%RH$ , 对应的第2次湿度谷值偏差 $\Delta V_2$ 为 $-0.7\%RH$ , 即更靠近湿度谷值设定值 $V_S$ 。

[0035] 当湿度第3次升至恒湿除湿启动点 $H_q$   $60.5\%RH$ 时又立即启动压缩机进行第3个恒湿除湿。由于 $\Delta V_2 = -0.7\%RH$ ,  $K = 4S/\%RH$ , 故第3次恒湿除湿时压缩机连续运行时间 $\tau_3$ 减至 $10.4$ 秒, 因此第3次湿度谷值 $V_3$ 又升至 $58.8\%RH$ , 即第3次湿度谷值偏差 $\Delta V_3$ 又进一步上升至 $-0.2\%RH$ 。如此循环下去, 只需若干周期就会使湿度谷值趋向湿度谷值设定值 $V_S$   $59.0\%RH$ , 对应的湿度谷值偏差趋向零, 使湿度波动度达到 $\pm 1.0\%RH$ 。

