



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114251257 A

(43) 申请公布日 2022.03.29

(21) 申请号 202210195027.5

H02P 23/20 (2016.01)

(22) 申请日 2022.03.02

(71) 申请人 天津国能津能滨海热电有限公司
地址 300450 天津市滨海新区北塘街道塘
汉路西侧3199副398号

(72) 发明人 左亮杰 方久文 高宝生 张明琨
赵文聪 李大辉 屠强 刘赫男
姚瀚雪 周明才 张立宗

(74) 专利代理机构 北京超凡宏宇专利代理事务
所(特殊普通合伙) 11463
代理人 舒淼

(51) Int. Cl.

F04B 49/20 (2006.01)

F04B 49/06 (2006.01)

H02P 23/00 (2016.01)

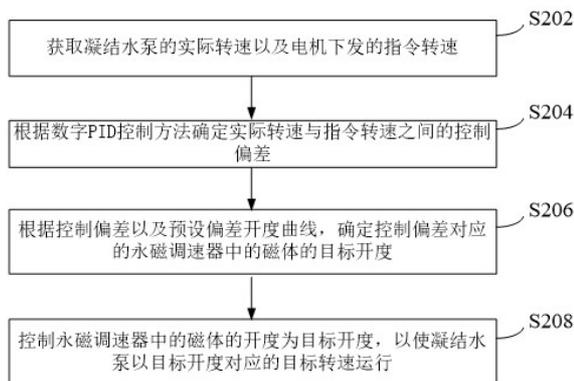
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

永磁凝结水泵转速控制方法、系统、电子设备
及存储介质

(57) 摘要

本发明提供了一种永磁凝结水泵转速控制方法、系统、电子设备及存储介质,属于自动控制技术领域。该方法包括:获取凝结水泵的实际转速以及电机下发的指令转速;根据数字PID控制方法确定实际转速与指令转速之间的控制偏差;根据控制偏差以及预设偏差开度曲线,确定控制偏差对应的永磁调速器中的磁体的目标开度;控制永磁调速器中的磁体的开度为目标开度,以使凝结水泵以目标开度对应的目标转速运行。本发明通过预设偏差开度曲线对PID计算得到的控制偏差进行进一步调整,在凝结水泵的负荷发生变化时,通过调整磁体的开度使得凝结水泵以平缓的方式调整转速,缓解了水泵转速摆度较大的问题,有效降低了水泵运行时的能耗。



1. 一种永磁凝结水泵转速控制方法,其特征在于,所述方法应用于永磁凝结水泵控制系统中的控制器,所述永磁凝结水泵控制系统还包括永磁调速器、凝结水泵和电机,所述控制器分别与所述永磁调速器、所述凝结水泵和所述电机连接;所述方法包括:

获取所述凝结水泵的实际转速以及所述电机下发的指令转速;

根据数字PID控制方法确定所述实际转速与所述指令转速之间的控制偏差;

根据所述控制偏差以及预设偏差开度曲线,确定所述控制偏差对应的所述永磁调速器中的磁体的目标开度;其中,所述预设偏差开度曲线用于表征所述控制偏差与所述磁体的开度的关系,所述预设偏差开度曲线的最低值和最高值之间的斜率小于斜率阈值;

控制所述永磁调速器中的所述磁体的开度为所述目标开度,以使所述凝结水泵以所述目标开度对应的目标转速运行。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述预设偏差开度曲线的确定方法包括:

获取至少两组测试数据;所述测试数据包括多个所述控制偏差以及所述控制偏差对应的永磁调速器中的磁体的测试开度;

根据每组所述测试数据绘制该组测试数据对应的曲线;

从多组所述曲线中确定出曲线的最高值和最低值之间的斜率最低的曲线作为预设偏差开度曲线。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,根据所述控制偏差以及预设偏差开度曲线,确定所述控制偏差对应的所述永磁调速器中的磁体的目标开度的步骤,包括:

根据预设偏差开度曲线确定偏差开度函数;

通过所述偏差开度函数对所述控制偏差进行计算,得到所述控制偏差对应的所述永磁调速器中的磁体的目标开度。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述偏差开度函数为分段线性函数。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

当接收到手动操作指令时,按照所述手动操作指令中包含的手动磁体开度调整所述永磁调速器中的磁体的开度。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,根据数字PID控制方法确定所述实际转速与所述指令转速之间的控制偏差的步骤,包括:

通过以下公式对所述实际转速与所述指令转速进行计算,得到控制偏差:

$$u(t) = k_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right),$$

其中, $e(t)$ 为所述实际转速与所述指令转速在 t 时刻的差值, $u(t)$ 为在 t 时刻的所述控制偏差, K_p 为增益, T_i 为积分时间, T_d 为微分增益, d 为微分速率。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述永磁凝结水泵控制系统还包括显示器,所述方法还包括:

在所述显示器上显示所述永磁调速器中的磁体的实际开度与所述凝结水泵的实际转速。

8. 一种永磁凝结水泵控制系统,其特征在于,所述系统包括控制器、永磁调速器、凝结水泵和电机,所述控制器分别与所述永磁调速器、所述凝结水泵和所述电机连接;所述控制

器包括：

转速获取模块，用于获取所述凝结水泵的实际转速以及所述电机下发的指令转速；

控制偏差确定模块，用于根据数字PID控制方法确定所述实际转速与所述指令转速之间的控制偏差；

目标开度确定模块，用于根据所述控制偏差以及预设偏差开度曲线，确定所述控制偏差对应的所述永磁调速器中的磁体的目标开度；其中，所述预设偏差开度曲线用于表征所述控制偏差与所述磁体的开度的关系，所述预设偏差开度曲线的最低值和最高值之间的斜率小于斜率阈值；

开度控制模块，用于控制永磁调速器中的所述磁体的开度为所述目标开度，以使所述凝结水泵以所述目标开度对应的目标转速运行。

9. 一种电子设备，其特征在于，包括处理器和存储器，所述存储器存储有能够被所述处理器执行的计算机可执行指令，所述处理器执行所述计算机可执行指令以实现权利要求1-7中任一项所述的方法。

10. 一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读存储介质存储有计算机可执行指令，所述计算机可执行指令在被处理器调用和执行时，计算机可执行指令促使处理器实现权利要求1-7中任一项所述的方法。

永磁凝结水泵转速控制方法、系统、电子设备及存储介质

技术领域

[0001] 本发明涉及自动控制技术领域,尤其是涉及一种永磁凝结水泵转速控制方法、系统、电子设备及存储介质。

背景技术

[0002] 在凝结水泵应用期间电机节能的主要手段是调速,主要是通过调整电机的负载转速,实现节能的目的。通常在系统流量以及压力等参数允许的条件下,调速可以减少设备的负载功能,达到节能的目的,其是永磁调速器应用的核心所在。

[0003] 然而,由于永磁凝泵各项参数不完整,导致PID内部参数与函数曲线数据的不稳定性,进而导致凝结水泵转速发生摆动、控制难度大等问题,增加了永磁凝泵的能耗。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种永磁凝结水泵转速控制方法、系统、电子设备及存储介质,以解决凝结水泵转速摆动较大的问题。

[0005] 第一方面,本发明实施例提供一种永磁凝结水泵转速控制方法,该方法应用于永磁凝结水泵控制系统中的控制器,永磁凝结水泵控制系统还包括永磁调速器、凝结水泵和电机,控制器分别与永磁调速器、凝结水泵和电机连接;该方法包括:获取凝结水泵的实际转速以及电机下发的指令转速;根据数字PID控制方法确定实际转速与指令转速之间的控制偏差;根据控制偏差以及预设偏差开度曲线,确定控制偏差对应的永磁调速器中的磁体的目标开度;其中,预设偏差开度曲线用于表征控制偏差与磁体的开度的关系,预设偏差开度曲线的最低值和最高值之间的斜率小于斜率阈值;控制永磁调速器中的磁体的开度为目标开度,以使凝结水泵以目标开度对应的目标转速运行。

[0006] 进一步地,上述预设偏差开度曲线的确定方法包括:获取至少两组测试数据;测试数据包括多个控制偏差以及控制偏差对应的永磁调速器中的磁体的测试开度;根据每组测试数据绘制该组测试数据对应的曲线;从多组曲线中确定出曲线的最高值和最低值之间的斜率最低的曲线作为预设偏差开度曲线。

[0007] 进一步地,上述根据控制偏差以及预设偏差开度曲线,确定控制偏差对应的永磁调速器中的磁体的目标开度的步骤,包括:根据预设偏差开度曲线确定偏差开度函数;通过偏差开度函数对控制偏差进行计算,得到控制偏差对应的永磁调速器中的磁体的目标开度。

[0008] 进一步地,上述偏差开度函数为分段线性函数。

[0009] 进一步地,上述方法还包括:当接收到手动操作指令时,按照手动操作指令中包含的手动磁体开度调整永磁调速器中的磁体的开度。

[0010] 进一步地,上述根据数字PID控制方法确定实际转速与指令转速之间的控制偏差的步骤,包括:通过以下公式对实际转速与指令转速进行计算,得到控制偏差:

$$u(t) = k_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right)$$
, 其中, $e(t)$ 为实际转速与指令转速在 t 时刻的差

值, $u(t)$ 为在 t 时刻的控制偏差, K_p 为增益, T_i 为积分时间, T_d 为微分增益, d 为微分速率。

[0011] 进一步地, 上述永磁凝结水泵控制系统还包括显示器, 上述方法还包括: 在显示器上显示永磁调速器中的磁体的实际开度与凝结水泵的实际转速。

[0012] 第二方面, 本发明实施例还提供一种永磁凝结水泵控制系统, 该系统包括控制器、永磁调速器、凝结水泵和电机, 控制器分别与永磁调速器、凝结水泵和电机连接; 上述控制器包括: 转速获取模块, 用于获取凝结水泵的实际转速以及电机下发的指令转速; 控制偏差确定模块, 用于根据数字PID控制方法确定实际转速与指令转速之间的控制偏差; 目标开度确定模块, 用于根据控制偏差以及预设偏差开度曲线, 确定控制偏差对应的永磁调速器中的磁体的目标开度; 其中, 预设偏差开度曲线用于表征控制偏差与磁体的开度的关系, 预设偏差开度曲线的最低值和最高值之间的斜率小于斜率阈值; 开度控制模块, 用于控制永磁调速器中的磁体的开度为目标开度, 以使凝结水泵以目标开度对应的目标转速运行。

[0013] 第三方面, 本发明实施例还提供一种电子设备, 包括处理器和存储器, 存储器存储有能够被处理器执行的计算机可执行指令, 处理器执行计算机可执行指令以实现上述第一方面的永磁凝结水泵转速控制方法。

[0014] 第四方面, 本发明实施例还提供一种计算机可读存储介质, 计算机可读存储介质存储有计算机可执行指令, 计算机可执行指令在被处理器调用和执行时, 计算机可执行指令促使处理器实现上述第一方面的永磁凝结水泵转速控制方法。

[0015] 本发明带来的有益效果:

本发明实施例提供的上述永磁凝结水泵转速控制方法、系统、电子设备及存储介质, 首先获取凝结水泵的实际转速以及电机下发的指令转速; 并根据数字PID控制方法确定实际转速与指令转速之间的控制偏差; 根据控制偏差以及预设偏差开度曲线, 确定控制偏差对应的永磁调速器中的磁体的目标开度; 最终控制永磁调速器中的磁体的开度为目标开度, 以使凝结水泵以目标开度对应的目标转速运行。本发明通过预设偏差开度曲线对PID计算得到的控制偏差进行进一步调整, 在凝结水泵的负荷发生变化时, 通过调整磁体的开度使得凝结水泵以平缓的方式调整转速, 缓解了水泵转速摆度较大的问题, 有效降低了水泵运行时的能耗。

[0016] 本公开的其他特征和优点将在随后的说明书中阐述, 或者, 部分特征和优点可以从说明书推知或毫无疑问地确定, 或者通过实施本公开的上述技术即可得知。

[0017] 为使本公开的上述目的、特征和优点能更明显易懂, 下文特举较佳实施例, 并配合所附附图, 作详细说明如下。

附图说明

[0018] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案, 下面将对具体实施方式或现有技术描述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。

[0019] 图1为本发明实施例提供的一种永磁凝结水泵转速控制系统的结构示意图;

图2为本发明实施例提供的一种永磁凝结水泵转速控制方法的流程图；

图3为本发明实施例提供的一种永磁凝结水泵转速控制系统中DCS模块的控制逻辑示意图；

图4为本发明实施例提供的一种偏差开度曲线的确定方法的流程图；

图5为通过本发明实施例提供的一种偏差开度曲线的示意图；

图6为本发明实施例提供的一种永磁凝结水泵控制系统中控制器的结构示意图；

图7a-图7b为使用本发明实施例提供的永磁凝结水泵转速控制方法前后的凝结水泵的运行转速波形示意图；

图8为本发明实施例提供的一种电子设备的结构示意图。

具体实施方式

[0020] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，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。基于本发明中的实施例，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。

[0021] 目前的永磁凝结水泵的转速控制技术由于PID内部参数与函数曲线的不稳定性，凝结水泵转速摆动较大，基于此，本发明实施例提供一种永磁凝结水泵转速控制方法、系统、电子设备及存储介质，以解决凝结水泵转速摆动较大的问题。

[0022] 参照图1所示的永磁凝结水泵控制系统的结构示意图。该电子系统可以用于实现本发明实施例的永磁凝结水泵转速控制方法和装置。如图1所示，永磁凝结水泵控制系统包括控制器、永磁调速器、凝结水泵和电机，其中，控制器分别与永磁调速器、凝结水泵和电机连接，控制器获取凝结水泵的实际转速和电机的指令转速，根据接收到的实际转速和指令转速确定控制指令，并将控制指令发送给永磁调速器，永磁调速器中包括两个永磁磁体，永磁磁体与凝结水泵连接，通过调节永磁调速器中的两个永磁磁体之间的开度，进而控制凝结水泵的转速。

[0023] 基于上述永磁凝结水泵控制系统，本发明实施例提供了一种永磁凝结水泵转速控制方法，该方法应用于永磁凝结水泵控制系统中的控制器，如图2所示，该方法包括以下步骤：

S202:获取凝结水泵的实际转速以及电机下发的指令转速；

本步骤中，可以通过对凝结水泵出口母管压力进行一次PID计算，得出电机下发的凝结水泵的转速指令。

[0024] S204:根据数字PID控制方法确定实际转速与指令转速之间的控制偏差；

具体地，可以在控制器中设置PID(Proportional-Integral-Differential,比例积分微分算法)算法模块，将指令转速和实际转速作为PID算法的输入值，通过对输入值进行比例-积分-微分运算，得到实际转速和指令转速之间的控制偏差。需要注意的是，计算控制偏差所使用的PID算法与计算指令速度使用的PID算法可以是原理相同实际输入不同的两次PID计算过程。

[0025] S206:根据控制偏差以及预设偏差开度曲线，确定控制偏差对应的永磁调速器中的磁体的目标开度；

为了使电机的指令转速发生变化时,凝结水泵的转速能够以平缓的方式进行改变,本发明实施例预先获取偏差开度曲线,偏差开度曲线用于表征磁体的开度与凝结水泵的转速的关系,曲线的斜率越大,说明凝结水泵的转速的摆动幅度越大,能耗越大,因此,为了使凝结水泵的转速摆动较小,需要将预设偏差开度曲线的斜率控制在一定范围内,例如可以设置预设偏差开度曲线的最低值和最高值之间的斜率小于斜率阈值。预设偏差开度曲线的具体获取方法将在下文具体阐述,在此不再赘述。

[0026] S208:控制永磁调速器中的磁体的开度为目标开度,以使凝结水泵以目标开度对应的目标转速运行。

[0027] 上述对永磁调速器中的磁体开度的控制,是在 DCS 上完成的远程操作和控制,并在DCS系统中增加了永磁装置的温度、转速等监视测点和报警、联锁及控制功能。原则上通过出口阀门调节控制母管出口压力,在保证母管压力不至过低的前提下,出口阀门尽量开度最大。可以通过给定阀门一个相应开度作为 PID 控制回路的前馈,该开度同负荷有一函数对应关系,PID 运算起微调作用。凝结水泵用于调节凝结水母管水压,原有的调节阀门仍用于调节除氧器水位。图3为本发明实施例提供的控制器中DCS模块的逻辑示意图。

[0028] 本发明提供的上述永磁凝结水泵转速控制方法,首先获取凝结水泵的实际转速以及电机下发的指令转速;并根据数字PID控制方法确定实际转速与指令转速之间的控制偏差;根据控制偏差以及预设偏差开度曲线,确定控制偏差对应的永磁调速器中的磁体的目标开度;最终控制永磁调速器中的磁体的开度为目标开度,以使凝结水泵以目标开度对应的目标转速运行。本发明通过预设偏差开度曲线对PID计算得到的控制偏差进行进一步调整,在凝结水泵的负荷发生变化时,通过调整磁体的开度使得凝结水泵以平缓的方式调整转速,缓解了水泵转速摆度较大的问题,有效降低了水泵运行时的能耗。

[0029] 图4为本发明实施例提供的一种偏差开度曲线的确定方法,如图所示,该方法包括:

S402:获取至少两组测试数据;测试数据包括多个测试偏差以及每个测试偏差对应的永磁调速器中的磁体的测试开度;

S404:根据每组测试数据绘制该组测试数据对应的曲线;

曲线的横坐标代表每个测试偏差,纵坐标代表与测试偏差对应的测试开度。原则上,测试数据的数量越多,曲线的准确性越高。即,每组测试数据中的对应的测试偏差和测试开度越多,绘制得到的曲线的准确性越高,越能真实体现偏差和开度的对应关系。

[0030] S406:从多组曲线中确定出曲线的最高值和最低值之间的斜率最低的曲线作为预设偏差开度曲线。

[0031] 需要注意的是,还可以是设定斜率阈值,将多组曲线中的斜率低于斜率阈值的曲线集合确定为备用曲线,并从备用曲线中选取斜率最低的曲线作为预设偏差开度曲线。图5为通过本发明实施例提供的方法确定的偏差开度曲线的示意图,该曲线示意图的横坐标代表偏差值,纵坐标代表磁体开度。

[0032] 在一些可能的实施方式中,在确定出预设偏差开度曲线后,可以直接根据该曲线确定目标开度。例如,可以将曲线的横坐标等分成多个区间,对于其中的一个区间*i-j*,表征控制偏差为*i-j*,对应的开度为 $Y(i)-Y(j)$,当得到的实际的控制偏差值在*i*和*j*之间时,确定永磁调速器的磁体的目标开度为 $Y(j)$ 。

[0033] 在另一些可能的实施方式中,在确定出预设偏差开度曲线后,上述步骤S206中的根据控制偏差以及预设偏差开度曲线,确定控制偏差对应的永磁调速器中的磁体的目标开度,可以具体包括:

(1)根据预设偏差开度曲线确定偏差开度函数;

(2)通过偏差开度函数对控制偏差进行计算,得到控制偏差对应的永磁调速器中的磁体的目标开度。

[0034] 具体地,偏差开度函数通过分段线性函数发生器 $F(x)$ 确定,该函数发生器通过一组坐标点 (X,Y) 产生分段线性函数 $f(x)$ 。该算法可以由常量点和变量点产生分段线性函数。最多可以实现24段分段线性函数。分段函数点个数为PointCount(2-25),分段函数段数 $N=PointCount-1$ 。X坐标点为常数系列 $\{X_0, X_1, X_2, \dots, X_N\}$ 。与X坐标对应的Y坐标点可以是一组常数序列 $\{Y_0, Y_1, Y_2, \dots, Y_N\}$,也可以是变量 $\{YC_0, YC_1, \dots, YC_N\}$,同时也允许是二者混合的方式。如果某点连接了模拟量输入YC,则该点可以实现动态变化,即可实现动态函数发生器功能。在算法运算时首先确定满足单调递增条件的坐标X点的个数n,并根据n得到实际函数段数。在坐标 $X_0 \sim X_N$ 之间,如果变量坐标点连接了输入,则取输入值 YC_i ,否则使用常量 Y_i ,从而确定各段的线性函数。下表1为通过偏差开度函数确定得到的控制偏差与开度的对应关系。

[0035] 表1

控制偏差	0.000	35.000	40.000	45.000	50.000	55.000	60.000	65.000	70.000	75.000	80.000	85.000
开度	34.000	35.060	35.770	36.480	37.190	37.900	38.610	39.330	40.090	41.800	43.510	46.000

在一些可能的实施方式中,除了采用上述的自动确定永磁调速器中磁体开度的方法,还可以采用手动和自动结合的控制方法,例如当接收到手动操作指令时,按照手动操作指令中包含的手动磁体开度调整永磁调速器中的磁体的开度。

[0036] 具体地,可以通过在控制器中设置MA模块来实现手动控制,MA模块全称带限值器及可调偏置的软手操器算法。该算法基于操作员站的一个软手操器算法,具有自动和手动两种工作方式,算法的工作方式可由操作员通过发送命令进行切换。

[0037] 通过手动自动结合的控制方法,可以在例如控制器失效的特殊情况下保证永磁凝结水泵的正常运转。

[0038] 在一些可能的实施方式中,可以通过以下公式对实际转速与指令转速进行计算,得到控制偏差:

$$u(t) = k_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right),$$

其中, $e(t)$ 为实际转速与指令转速在 t 时刻的差值, $u(t)$ 为在 t 时刻的控制偏差, K_p 为增益, T_i 为积分时间, T_d 为微分增益, d 为微分速率。

[0039] 数字PID控制是目前工业控制系统中应用比较广泛的控制算法,借助于计算技术的发展,通过计算机的逻辑组合及运算将模拟PID数字化,促使PID控制算法更加灵活使用,现已被广泛应用于电力、冶金、化工、精密仪器等行业中。PID控制系统结构原理如图6所示。PID控制的基本原理是基于确定的给定值 $r(t)$ 与实际的输出值 $y(t)$ 之间的偏差 $e(t)$,根据比例-积分-微分的线性组合关系确定出控制量 $u(t)$,再通过改变控制量来控制被控对象,相比于PI控制,两者都是基于误差控制,但PID控制多了一个微分环节,使得控制过程的运

算更为复杂多变,但控制结果更为精确可靠。

[0040] 为了进一步提升永磁凝结水泵控制系统的可视性与操作的便利性,上述永磁凝结水泵控制系统还可以包括显示器,基于此,在对永磁凝结水泵的转速进行控制的进程中,还可以在显示器上显示永磁调速器中的磁体的实际开度与凝结水泵的实际转速。

[0041] 本发明实施例提供了一种永磁凝结水泵控制系统,该系统包括控制器、永磁调速器、凝结水泵和电机,控制器分别与永磁调速器、凝结水泵和电机连接;图6为本发明实施例提供的永磁凝结水泵控制系统中控制器的结构示意图,如图所示,该控制器包括:

转速获取模块602,用于获取凝结水泵的实际转速以及电机下发的指令转速;

控制偏差确定模块604,用于根据数字PID控制方法确定实际转速与指令转速之间的控制偏差;

目标开度确定模块606,用于根据控制偏差以及预设偏差开度曲线,确定控制偏差对应的永磁调速器中的磁体的目标开度;其中,预设偏差开度曲线用于表征控制偏差与磁体开度的关系,预设偏差开度曲线的最低值和最高值之间的斜率小于斜率阈值;

开度控制模块608,用于控制永磁调速器中的磁体的开度为目标开度,以使凝结水泵以目标开度对应的目标转速运行。

[0042] 本发明提供的上述永磁凝结水泵转速控制系统,首先获取凝结水泵的实际转速以及电机下发的指令转速;并根据数字PID控制方法确定实际转速与指令转速之间的控制偏差;根据控制偏差以及预设偏差开度曲线,确定控制偏差对应的永磁调速器中的磁体的目标开度;最终控制永磁调速器中的磁体的开度为目标开度,以使凝结水泵以目标开度对应的目标转速运行。本发明通过预设偏差开度曲线对PID计算得到的控制偏差进行进一步调整,在凝结水泵的负荷发生变化的时候,通过调整磁体的开度使得凝结水泵以平缓的方式调整转速,缓解了水泵转速摆度较大的问题,有效降低了水泵运行时的能耗。

[0043] 上述预设偏差开度曲线的确定过程包括:获取至少两组测试数据;测试数据包括多个控制偏差以及控制偏差对应的永磁调速器中的磁体的测试开度;根据每组测试数据绘制该组测试数据对应的曲线;从多组曲线中确定出曲线的最高值和最低值之间的斜率最低的曲线作为预设偏差开度曲线。

[0044] 上述根据控制偏差以及预设偏差开度曲线,确定控制偏差对应的永磁调速器中的磁体的目标开度的过程,包括:根据预设偏差开度曲线确定偏差开度函数;通过偏差开度函数对控制偏差进行计算,得到控制偏差对应的永磁调速器中的磁体的目标开度。

[0045] 上述偏差开度函数为分段线性函数。

[0046] 上述系统还包括:手动控制模块,用于当接收到手动操作指令时,按照手动操作指令中包含的手动磁体开度调整永磁调速器中的磁体的开度。

[0047] 上述根据数字PID控制方法确定实际转速与指令转速之间的控制偏差的过程,包括:通过以下公式对实际转速与指令转速进行计算,得到控制偏差:

$$u(t) = k_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right),$$

其中, $e(t)$ 为实际转速与指令转速在 t 时刻的差值, $u(t)$ 为在 t 时刻的控制偏差, K_p 为增益, T_i 为积分时间, T_d 为微分增益, d 为微分速率。

[0048] 上述永磁凝结水泵控制系统还包括显示器,用于显示永磁调速器中的磁体的实际开度与凝结水泵的实际转速。

[0049] 本发明实施例提供的永磁凝结水泵的转速控制系统,其实现原理及产生的技术效果和前述方法实施例相同,为简要描述,上述装置的实施例部分未提及之处,可参考前述永磁凝结水泵转速控制方法实施例中的相应内容。

[0050] 为了验证本发明实施例提供的永磁凝结水泵控制系统对于水泵转速的优化效果,针对使用前和使用后的水泵转速及电流进行了比对,图7a为未使用本发明实施例提供的方法得到的凝结水泵的运行转速波形图,图7b为使用本发明实施例提供的方法得到的凝结水泵的运行转速波形图,其中,横坐标表示波形获取时间,纵坐标表示各个时刻对应的凝结水泵的转速。图7a中的波形抖动较为明显,图7b中的波形比较平缓,可见通过本发明提供的方法可以有效缓解凝结水泵的转速的波动。

[0051] 本发明还针对不同工况下凝结水泵的性能进行了试验,在未使用本发明实施例提供的方法得到的凝结水泵在启动时的瞬时电流为65A,而使用了本发明实施例提供的方法得到的凝结水泵在启动时的瞬时电流为22.5A,同时,未使用本发明实施例提供的方法得到的凝结水泵在满负荷工况下的电流为88A,而使用了本发明实施例提供的方法得到的凝结水泵在满负荷工况下的电流为48A。可见在启动时和满负荷工况下,使用本发明实施例提供的方法得到的凝结水泵的性能都具有较大幅度改善。

[0052] 本发明实施例还提供了一种电子设备,如图8所示,为该电子设备的结构示意图,其中,该电子设备包括处理器801和存储器802,该存储器802存储有能够被该处理器801执行的计算机可执行指令,该处理器801执行该计算机可执行指令以实现上述永磁凝结水泵转速控制方法。

[0053] 在图8示出的实施方式中,该电子设备还包括总线803和通信接口804,其中,处理器801、通信接口804和存储器802通过总线803连接。

[0054] 其中,存储器802可能包含高速随机存取存储器(RAM,Random Access Memory),也可能还包括非不稳定的存储器(non-volatile memory),例如至少一个磁盘存储器。通过至少一个通信接口804(可以是有线或者无线)实现该系统网元与至少一个其他网元之间的通信连接,可以使用互联网,广域网,本地网,城域网等。总线803可以是ISA(Industry Standard Architecture,工业标准体系结构)总线、PCI(Peripheral Component Interconnect,外设部件互连标准)总线或EISA(Extended Industry Standard Architecture,扩展工业标准结构)总线等。所述总线803可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。为便于表示,图8中仅用一个双向箭头表示,但并不表示仅有一根总线或一种类型的总线。

[0055] 处理器801可能是一种集成电路芯片,具有信号的处理能力。在实现过程中,上述方法的各步骤可以通过处理器801中的硬件的集成逻辑电路或者软件形式的指令完成。上述的处理器801可以是通用处理器,包括中央处理器(Central Processing Unit,简称CPU)、网络处理器(Network Processor,简称NP)等;还可以是数字信号处理器(Digital Signal Processor,简称DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,简称ASIC)、现场可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,简称FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。结合本发明实施例所公开的方法的步骤可以直接体现为硬件译码处理器执行完成,或者用译码处理器中的硬件及软件模块组合

执行完成。软件模块可以位于随机存储器,闪存、只读存储器,可编程只读存储器或者电可擦写可编程存储器、寄存器等本领域成熟的存储介质中。该存储介质位于存储器,处理器801读取存储器中的信息,结合其硬件完成前述实施例的永磁凝结水泵转速控制方法的步骤。

[0056] 本发明实施例还提供了一种计算机可读存储介质,该计算机可读存储介质存储有计算机可执行指令,该计算机可执行指令在被处理器调用和执行时,该计算机可执行指令促使处理器实现上述永磁凝结水泵转速控制方法,具体实现可参见前述方法实施例,在此不再赘述。

[0057] 除非另外具体说明,否则在这些实施例中阐述的部件和步骤的相对步骤、数字表达式和数值并不限制本发明的范围。

[0058] 所述功能如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个处理器可执行的非易失的计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0059] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0060] 最后应说明的是:以上所述实施例,仅为本发明的具体实施方式,用以说明本发明的技术方案,而非对其限制,本发明的保护范围并不局限于此,尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,其依然可以对前述实施例所记载的技术方案进行修改或可轻易想到变化,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改、变化或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明实施例技术方案的精神和范围,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应所述以权利要求的保护范围为准。

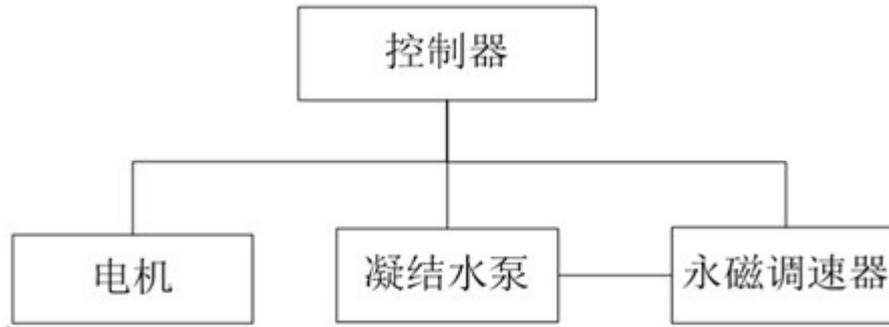


图1

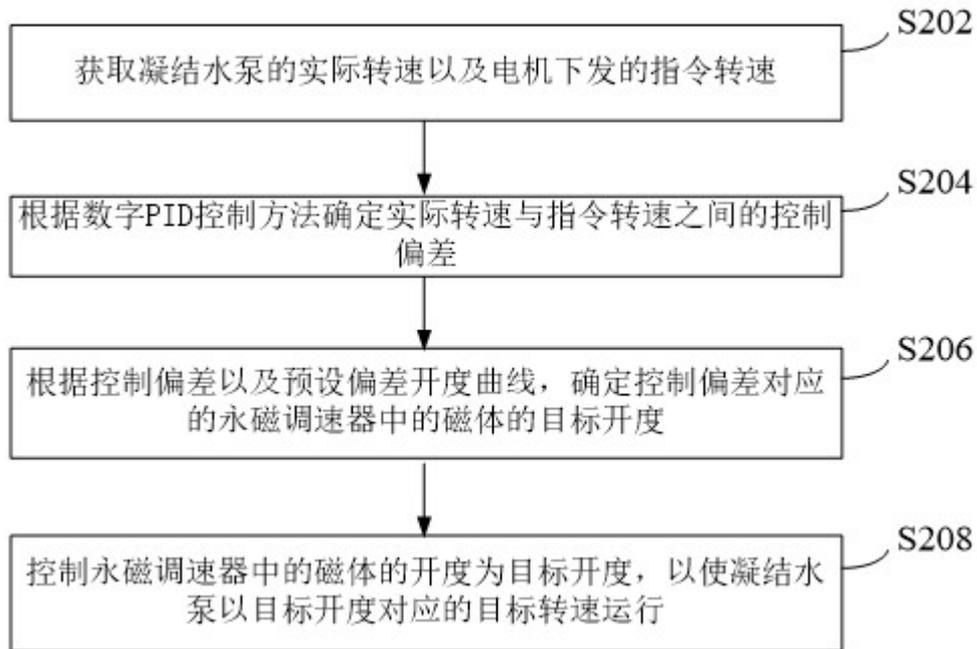


图2

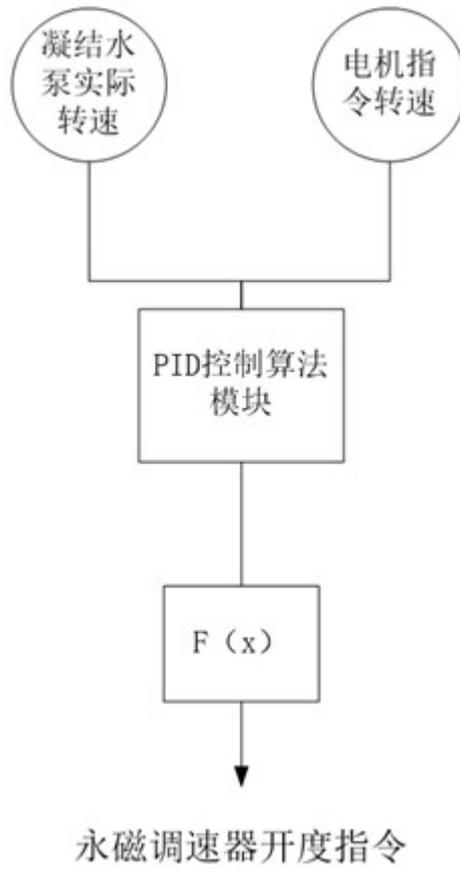


图3

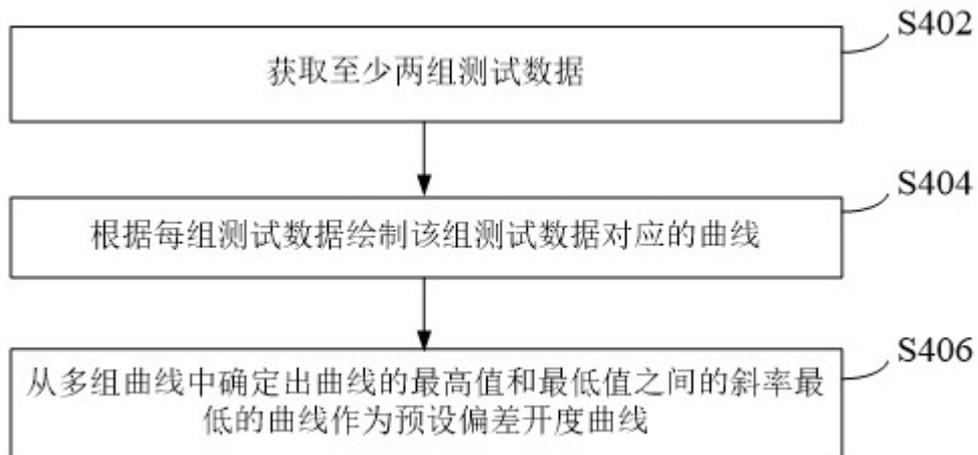


图4

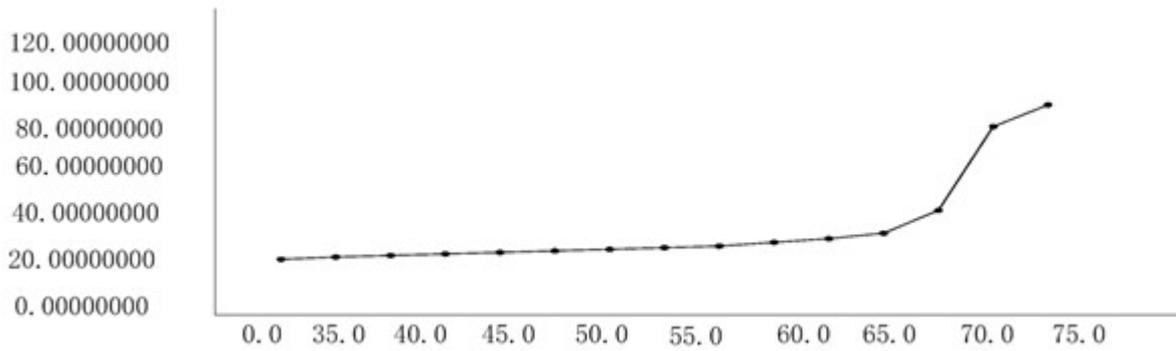


图5



图6

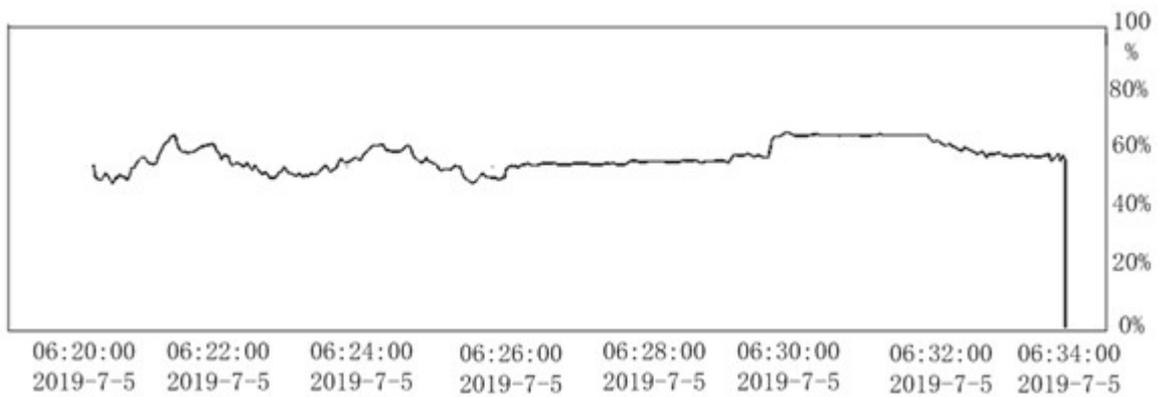


图7a

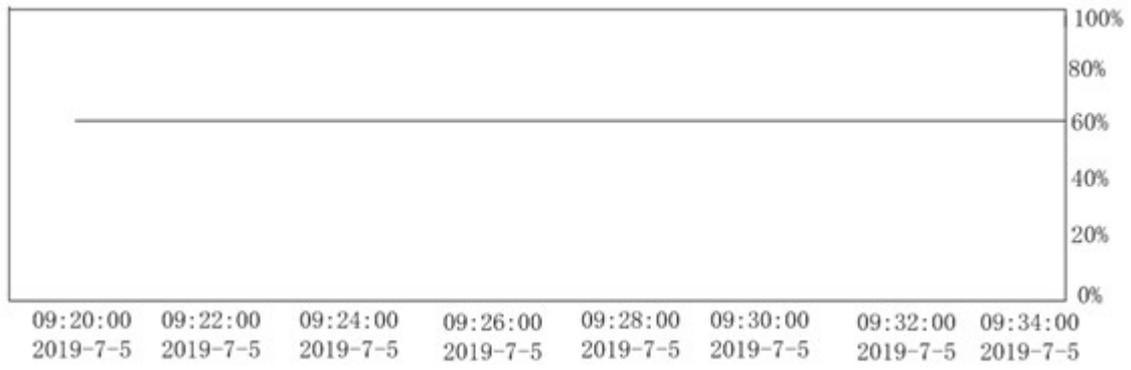


图7b

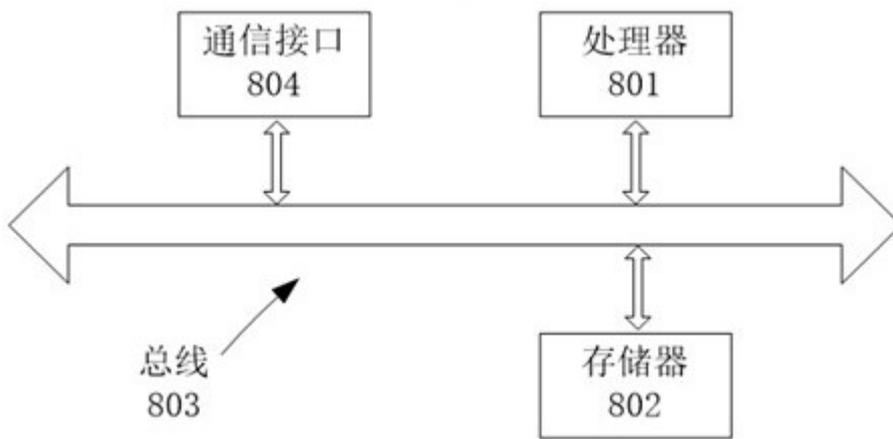


图8