

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2022 年 11 月 17 日 (17.11.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/237010 A1

(51) 国际专利分类号:
F04D 27/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/115634

(22) 国际申请日: 2021 年 8 月 31 日 (31.08.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202110513350.8 2021年5月11日 (11.05.2021) CN

(71) 申请人: 西安热工研究院有限公司
(XI'AN THERMAL POWER RESEARCH INSTITUTE CO. LTD.) [CN/CN]; 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。

(72) 发明人: 陈得胜(CHEN, Desheng); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。 郑金(ZHENG, Jin); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。 闫宏(YAN, Hong); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。 孙大伟(SUN, Dawei); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。 石清鑫(SHI, Qingxin); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。 王星(WANG, Xing); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。 马翔(MA, Xiang); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。 李昊燃(LI, Haoran); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。 王伯平(WANG, Boping); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。

(54) Title: POWER STATION CENTRIFUGAL FAN VARIABLE FREQUENCY DRIVE FAULT STATE UTILITY FREQUENCY SWITCHING METHOD

(54) 发明名称: 一种电站离心风机变频器故障状态工频切换方法

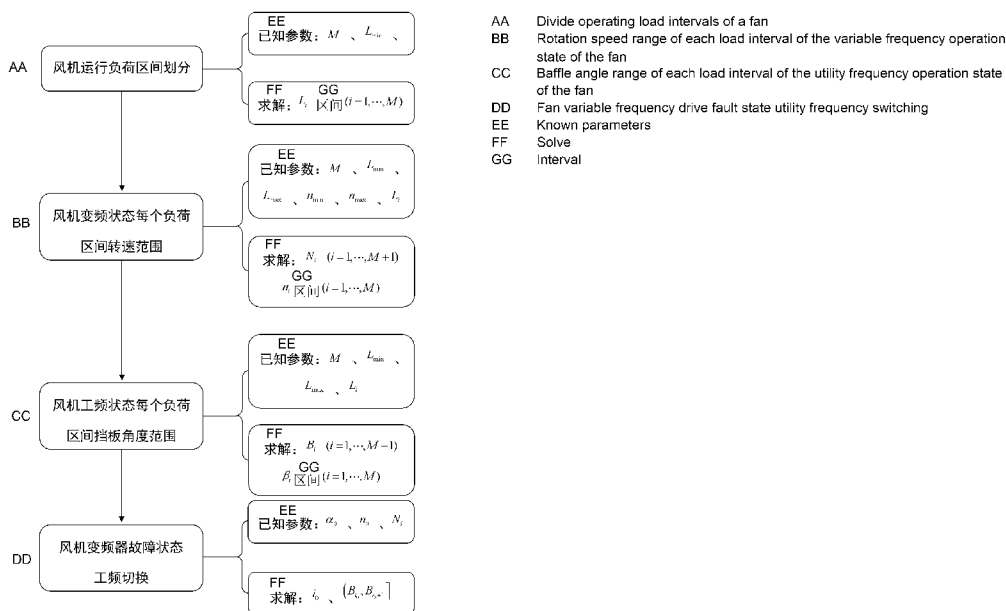


图 1

(57) Abstract: Disclosed is a power station centrifugal fan variable frequency drive fault state utility frequency switching method, comprising: dividing operating load intervals of a centrifugal fan; determining a rotation speed range corresponding to each load interval of the variable frequency operation state of the fan; determining a baffle angle range corresponding to each load interval of the utility frequency operation state of the fan; and after the parameters are determined, implementing the variable frequency state of the centrifugal fan to operate the variable frequency drive to switch to the utility frequency operation of the fan after a fault has occurred. In the present

(74) 代理人: 西安通大专利代理有限公司(XI'AN TONG DA PATENT AGENCY CO., LTD.);
中国陕西省西安市高新区锦业路 32
号, Shaanxi 710075 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家
保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,
CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT,
JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,
LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

invention, by means of switching the angle of the centrifugal fan baffle, negative pressure and low disturbance of an air flue system and a firebox are achieved, and safe and stable operations of the unit are ensured.

(57) 摘要: 本发明公开了一种电站离心风机变频器故障状态工频切换方法, 包括: 对离心风机运行负荷区间进行划分; 确定风机变频运行状态每个负荷区间对应的转速范围; 确定风机工频运行状态每个负荷区间对应的挡板角度范围; 确定上述参数后, 实施离心风机变频状态运行变频器发生故障后向风机工频运行切换。本发明通过对离心风机挡板角度进行切换, 实现风烟系统和炉膛负压低扰动, 保证机组安全稳定运行。

一种电站离心风机变频器故障状态工频切换方法

技术领域

本发明属于离心风机技术领域，具体涉及一种电站离心风机变频器故障状态工频切换方法。

背景技术

目前全国各类火电机组离心风机的应用非常广泛，离心风机大多数采用变频调速方式运行，变频器和电动机采用一对一接线方式。但是，当变频器设备出现故障时，变频器会从回路中切除，电动机改为工频定速方式运行，离心风机挡板门开度需从变频器发生故障前的角度关小，一旦挡板角度切换出现问题，很容易造成炉膛负压扰动，严重时甚至会危及机组运行安全。

离心风机采用变频调速方式运行时，一旦变频器设备出现故障，风机会改为工频方式运行，此时，风机挡板角度切换不当很容易产生机组运行安全问题。因此，离心风机采用变频调速方式运行时，有必要提出在变频器故障状态下可靠的离心风机工频调节切换方法，以提高机组运行的安全性和稳定性。

发明内容

为解决现有技术存在的问题，本发明提出了一种电站离心风机变频器故障状态工频切换方法，其目的是在变频器出现故障，电动机切为工频方式运行时，通过对离心风机挡板角度进行切换，实现风烟系统和炉膛负压低扰动，保证机组安全稳定运行。

本发明采用如下技术方案来实现的：

一种电站离心风机变频器故障状态工频切换方法，包括：

对离心风机运行负荷区间进行划分；确定风机变频运行状态每个负荷区间对应的转速范围；确定风机工频运行状态每个负荷区间对应的挡板角度范围；确定上述参数后，实施离心风机变频状态运行变频器发生故障后向风机工频运行切换。

本发明进一步的改进在于，对离心风机运行负荷区间进行划分，具体如下：

按照风机变频运行状态参数包括风机变频挡板角度 α 和风机运行转速 n ，对风机运行负荷区间进行划分，具体划分方法为：

①离心风机变频状态运行时，选取风机变频初始挡板角度 α_0 ；

②确定风机变频运行状态对应机组负荷区间，风机变频状态运行时，风机变频初始挡板角度为 α_0 时，风机满足机组全部负荷区间系统出力所需最低运行转速为 $n_{\min}$ ，对应机组最小负荷为 $L_{\min}$ ；所需最高运行转速为 $n_{\max}$ ，对应机组最大负荷为 $L_{\max}$ ，其中， $n_{\max} \leq n_{\text{design}}$ ， n_{design} 为电机额定转速；

③对离心风机运行负荷区间进行划分，将风机变频运行状态对应机组负荷区间 $[L_{\min}, L_{\max}]$ 平均划分为 M 个区间区间序号 $i \in [1, M]$ ，第 i 区间的机组负荷 L_i 满足如下关系：

$$\begin{cases} L_1 \in \left[L_{\min}, L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{M} \right] \\ L_i \in \left(\left(L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{M} \cdot (i-1) \right), \left(L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{M} \cdot i \right) \right], (i = 2, \dots, M) \end{cases}。$$

本发明进一步的改进在于，挡板角度 α_0 的取值为 $72^\circ \leq \alpha_0 \leq 90^\circ$ 。

本发明进一步的改进在于， $M \geq 6$ 。

本发明进一步的改进在于，确定风机变频运行状态每个负荷区间对应的转速范围，具体如下：

离心风机变频状态运行时, 风机变频初始挡板角度为 α_0 时, 第 i 负荷区间转速范围确定方法如下:

①调整发电机组处于正常运行状态;

②机组负荷由 $L_{\min}$ 缓慢提升至 $L_{\max}$, 在 $(M+1)$ 个负荷结点处机组负荷稳定 15 分钟以上, 负荷结点包括最低负荷 $L_{\min}$ 、最高负荷 $L_{\max}$ 及相邻负荷区间临界点 $L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{M} \cdot i, i=1, \dots, M-1$, 负荷结点处风机运行转速 N_i 稳定后开始记录, 负荷结点处风机运行转速 $N_i, i=1, \dots, M+1$ 与机组负荷满足如下关系:

$$\begin{cases} N_1 = n(L_{\min}) = n_{\min} \\ N_i = n(L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{M} \cdot (i-1)), i=2, \dots, M \\ N_{M+1} = n(L_{\max}) = n_{\max} \end{cases}$$

③根据风机负荷结点处风机运行转速 N_i 对风机运行转速 n 进行区间划分, 第 10 i 区间风机运行转速 n_i 满足如下关系:

$$\begin{cases} n_1 \in [N_1, N_2] \\ n_i \in (N_i, N_{i+1}], (i=2, \dots, M) \end{cases}$$

根据上面关系, 确定第 i 负荷区间转速范围, 或者根据风机运行转速 n 确定所属的区间 i 。

本发明进一步的改进在于, 确定风机工频运行状态每个负荷区间对应的挡 15 板角度范围, 具体如下:

离心风机工频状态运行时, 风机保持电机额定转速 n_{design} 不变, 第 i 负荷区间工频挡板角度范围确定方法如下:

①调整发电机组处于正常运行状态;

②机组负荷由 $L_{\min}$ 缓慢提升至 $L_{\max}$, 在 $(M+1)$ 个负荷结点处机组负荷稳定 15 分钟以上, 负荷结点处风机挡板角度 B_i 稳定后开始记录, 负荷结点处风机挡板 20

角度 B_i , $i=1, \dots, M+1$ 与机组负荷满足如下关系:

$$\begin{cases} B_1 = \beta(L_{\min}) \\ B_i = \beta(L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{M} \cdot (i-1)), i = 2, \dots, M \\ B_{M+1} = \beta(L_{\max}) \end{cases}$$

③根据风机负荷结点处风机挡板角度 B_i 对风机工频挡板角度 β 进行区间划分, 第 i 区间风机工频挡板角度 β_i 满足如下关系:

$$\begin{cases} \beta_1 \in [B_1, B_2] \\ \beta_i \in (B_i, B_{i+1}], (i = 2, \dots, M) \end{cases}$$

根据上面关系, 确定第 i 负荷区间工频挡板角度范围, 也可以根据风机工频挡板角度 β 确定所属的区间 i 。

本发明进一步的改进在于, 变频器故障状态离心风机工频挡板角度 β 切换方法, 具体如下:

离心风机变频状态运行时, 风机变频初始挡板角度为 α_0 , 风机变频器发生故障前稳定运行的转速为 n_0 , 变频器发生故障后风机工频运行切换方法如下:

步骤 1: 风机变频器发生故障前稳定运行的转速为 n_0 , 根据第 2 步的方法, 确定风机转速 n_0 对应的负荷区间 i_0 , $i_0 \in [1, M]$;

步骤 2: 步骤 1 确定的负荷区间为 i_0 , 根据第 3 步的方法, 确定负荷区间 i_0 对应的风机工频挡板角度 β_{i_0} 范围 $(B_{i_0}, B_{i_0+1}]$;

步骤 3: 变频器发生故障后, 风机转速由转速 n_0 向电机额定转速 n_{design} 升速切换, 风机挡板角度由变频初始挡板角度 α_0 向工频挡板角度 B_{i_0+1} 同步完成关角度切换, 切换过程中, 保证锅炉炉膛的稳定燃烧, 并保证风烟系统的波动在合理范围内;

步骤 4: 步骤 3 切换完成后, 风机转速保持电机额定转速 n_{design} 不变, 风机挡板角度由 B_{i_0+1} 在区间 $(B_{i_0}, B_{i_0+1}]$ 范围内继续关小, 每次切换以 1% 挡板开度为单位

进行切换，直到炉膛负压稳定在限定范围，并且风烟系统设备稳定运行后，转入 PID 控制。

本发明进一步的改进在于，步骤 3 中，角度切换时间较转速切换时间延迟最长不超过 5 秒，切换总时间控制在 20 秒内。

5 本发明至少具有如下有益的技术效果：

本发明提供一种电站离心风机变频器故障状态工频切换方法，通过对离心风机运行负荷区间进行划分，确定风机变频运行状态每个负荷区间对应的转速范围，确定风机工频运行状态每个负荷区间对应的挡板角度范围。完成上述工作后，可以根据离心风机变频状态运行变频器发生故障前稳定运行转速 n_0 快速确定对应的负荷区间 i_0 ， $i_0 \in [1, M]$ ，然后根据负荷区间 i_0 确定其对应的风机工频挡板角度 β_{i_0} 范围 $(B_{i_0}, B_{i_0+1}]$ 。通过该方法可以实现离心风机变频器故障状态工频低动态切换，保证风烟系统和炉膛负压低扰动，保证机组安全稳定运行。

附图说明

15 图 1 为本发明专利的原理示意图；

图 2 为本发明专利的设备示意图。

其中，图 1 中， M 为风机运行负荷区间划分数目， i 为风机运行负荷区间序号 ($i=1, \dots, M$)， i_0 为风机变频器发生故障前稳定运行转速对应的负荷区间序号 ($i_0=1, \dots, M$)；

20 $L_{\min}$ 为机组最小负荷， $L_{\max}$ 为机组最大负荷， L_i 为第 i 负荷区间的机组负荷 ($i=1, \dots, M$)，以上单位均为 MW；

α 为风机变频挡板角度， α_0 为风机变频初始挡板角度， β 为风机工频挡板角度， β_i 为第 i 区间的风机工频挡板角度， $\beta(L_{\min})$ 为机组最小负荷对应的风机工频

挡板角度, $\beta(L_{\max})$ 机组最大负荷对应的风机工频挡板角度, B_i 为第 i 负荷结点处风机挡板角度, 以上单位均为 $^{\circ}$;

- n 为风机运行转速 ($i=1, \dots, M$), n_i 为第 i 负荷区间的风机运行转速 ($i=1, \dots, M$), n_{design} 为电机额定转速, $n_{\min}$ 为风机变频初始挡板角度为 α_0 时风机最低运行转速,
- 5 $n_{\max}$ 为风机变频初始挡板角度为 α_0 时风机最高运行转速, N_i 为第 i 负荷结点处风机运行转速, 以上单位均为 r/min。

图 2 中, 1. 变频器, 2. 电动机, 3. 离心风机。

具体实施方式

- 10 下面将参照附图更详细地描述本公开的示例性实施例。虽然附图中显示了本公开的示例性实施例, 然而应当理解, 可以以各种形式实现本公开而不应被这里阐述的实施例所限制。相反, 提供这些实施例是为了能够更透彻地理解本公开, 并且能够将本公开的范围完整的传达给本领域的技术人员。需要说明的是, 在不冲突的情况下, 本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。
- 15 下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

- 如图 1 和图 2 所示, 本发明的目的是在变频器 1 出现故障, 电动机 2 切为工频方式运行时, 通过对离心风机 3 挡板角度进行切换, 实现风烟系统和炉膛负压低扰动, 保证机组安全稳定运行。为此, 本发明提供的一种电站离心风机变频器故障状态工频切换方法, 包括: 对离心风机运行负荷区间进行划分; 确定风机变频运行状态每个负荷区间对应的转速范围; 确定风机工频运行状态每个负荷区间对应的挡板角度范围; 确定上述参数后, 实施离心风机变频状态运行变频器发生故障后向风机工频运行切换。具体实施方法如下:
- 20

1、对离心风机运行负荷区间进行划分。按照风机变频运行状态参数包括风

机变频挡板角度 α 和风机运行转速 n ，对风机运行负荷区间进行划分，具体划分方法为：

①离心风机变频状态运行时，选取风机变频初始挡板角度 α_0 。一般情况下， $\alpha_0=90^\circ$ （即挡板门全开角度）；特殊情况下， α_0 可结合机组实际运行状况选取，
5 一般情况下， $72^\circ \leq \alpha_0 \leq 90^\circ$ （即80%以上挡板门全开角度）。

②确定风机变频运行状态对应机组负荷区间。风机变频状态运行时，风机变频初始挡板角度为 α_0 时，风机满足机组全部负荷区间系统出力所需最低运行转速为 $n_{\min}$ ，对应机组最小负荷为 $L_{\min}$ ；所需最高运行转速为 $n_{\max}$ ，对应机组最大负荷为 $L_{\max}$ 。其中， $n_{\max} \leq n_{\text{design}}$ （ n_{design} 为电机额定转速）。

③对离心风机运行负荷区间进行划分。将风机变频运行状态对应机组负荷区间 $[L_{\min}, L_{\max}]$ 平均划分为 M 个区间（ $M \geq 6$ ，一般取 $M=10$ ），区间序号 $i \in [1, M]$ ，第 i 区间的机组负荷 L_i 满足如下关系：

$$\begin{cases} L_1 \in \left[L_{\min}, L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{M} \right] \\ L_i \in \left(\left(L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{M} \cdot (i-1) \right), \left(L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{M} \cdot i \right) \right], \quad i = 2, \dots, M \end{cases}$$

2、确定风机变频运行状态每个负荷区间对应的转速范围。离心风机变频状态运行时，风机变频初始挡板角度为 α_0 时，第 i 负荷区间转速范围确定方法如下：
15

①调整发电机组处于正常运行状态。机组燃用日常煤种，炉膛氧量、发电负荷及主蒸汽流量等锅炉主要参数和风烟系统所有设备及烟道均处于正常水平且稳定运行。

②机组负荷由 $L_{\min}$ 缓慢提升至 $L_{\max}$ ，在 $(M+1)$ 个负荷结点处（包括最低负荷
20 $L_{\min}$ 、最高负荷 $L_{\max}$ 及相邻负荷区间临界点 $L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{M} \cdot i, i = 1, \dots, M-1$ ）机组负荷

稳定15分钟以上，负荷结点处风机运行转速 N_i 稳定后开始记录。负荷结点处风

机运行转速 N_i , $i=1, \dots, M+1$ 与机组负荷满足如下关系:

$$\begin{cases} N_1 = n(L_{\min}) = n_{\min} \\ N_i = n(L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{M} \cdot (i-1)), (i=2, \dots, M) \\ N_{M+1} = n(L_{\max}) = n_{\max} \end{cases}$$

③根据风机负荷结点处风机运行转速 N_i 对风机运行转速 n 进行区间划分。第 i 区间风机运行转速 n_i 满足如下关系:

$$\begin{cases} n_1 \in [N_1, N_2] \\ n_i \in (N_i, N_{i+1}], (i=2, \dots, M) \end{cases}$$

根据上面关系, 可以确定第 i 负荷区间转速范围, 也可以根据风机运行转速 n 确定所属的区间 i 。

3、确定风机工频运行状态每个负荷区间对应的挡板角度范围。离心风机工频状态运行时, 风机保持电机额定转速 n_{design} 不变, 第 i 负荷区间工频挡板角度范围确定方法如下:

①调整发电机组处于正常运行状态, 调整方法同上。

②机组负荷由 $L_{\min}$ 缓慢提升至 $L_{\max}$, 在 $(M+1)$ 个负荷结点处 (包括最低负荷 $L_{\min}$ 、最高负荷 $L_{\max}$ 及相邻负荷区间临界点 $L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{M} \cdot i, i=1, \dots, M-1$) 机组负荷稳定 15 分钟以上, 负荷结点处风机挡板角度 B_i 稳定后开始记录。负荷结点处风机挡板角度 B_i , $i=1, \dots, M+1$ 与机组负荷满足如下关系:

$$\begin{cases} B_1 = \beta(L_{\min}) \\ B_i = \beta(L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{M} \cdot (i-1)), (i=2, \dots, M) \\ B_{M+1} = \beta(L_{\max}) \end{cases}$$

③根据风机负荷结点处风机挡板角度 B_i 对风机工频挡板角度 β 进行区间划分。第 i 区间风机工频挡板角度 β_i 满足如下关系:

$$\begin{cases} \beta_1 \in [B_1, B_2] \\ \beta_i \in (B_i, B_{i+1}], (i = 2, \dots, M) \end{cases}$$

根据上面关系，可以确定第*i*负荷区间工频挡板角度范围，也可以根据风机工频挡板角度 β 确定所属的区间*i*。

4、变频器故障状态离心风机工频挡板角度 β 切换方法。离心风机变频状态运行时，风机变频初始挡板角度为 α_0 ，风机变频器发生故障前稳定运行的转速为 n_0 ，变频器发生故障后风机工频运行切换方法如下：

步骤 1：风机变频器发生故障前稳定运行的转速为 n_0 ，根据第 2 步的方法，确定风机转速 n_0 对应的负荷区间 i_0 ， $i_0 \in [1, M]$ ；

步骤 2：步骤 1 确定的负荷区间为 i_0 ，根据第 3 步的方法，确定负荷区间 i_0 对应的风机工频挡板角度 β_{i_0} 范围 $(B_{i_0}, B_{i_0+1}]$ ；

步骤 3：变频器发生故障后，风机转速由转速 n_0 向电机额定转速 n_{design} 升速切换，风机挡板角度由变频初始挡板角度 α_0 向工频挡板角度 B_{i_0+1} 同步完成关角度切换，切换过程中，必须保证锅炉炉膛的稳定燃烧，并保证风烟系统的波动在合理范围内，角度切换时间较转速切换时间延迟最长不超过 5 秒，切换总时间控制在 20 秒内；

步骤 4：步骤 3 切换完成后，风机转速保持电机额定转速 n_{design} 不变，风机挡板角度由 B_{i_0+1} 在区间 $(B_{i_0}, B_{i_0+1}]$ 范围内继续关小，每次切换以 1%挡板开度为单位进行切换，直到炉膛负压稳定在限定范围，并且风烟系统设备稳定运行后，转入 PID 控制。

20 实施例

国内某 350MW 机组引风机为离心式风机，风机额定转速 $n_{design}=990\text{r/min}$ ，机组最小负荷 $L_{\min}$ 为 170MW，机组最大负荷 $L_{\max}$ 为 350MW，风机变频初始挡板角

度 $\alpha_0 = 90^\circ$ ，风机运行负荷区间划分数目 M 取 6。依次按照下面的步骤进行离心风机变频器故障状态工频切换：

1、完成机组负荷 $L_i, (i=1, \dots, 6)$ 区间划分如下：

$$\begin{cases} L_1 \in [170, 210] MW \\ L_i \in ((170 + 30 \cdot (i-1)), (170 + 30 \cdot i)] MW, (i=2, \dots, 6) \end{cases}$$

5 2、调整发电机组处于正常运行状态。机组燃用日常煤种，炉膛氧量、发电负荷及主蒸汽流量等锅炉主要参数和风烟系统所有设备及烟道均处于正常水平且稳定运行。

3、机组负荷由 170MW 缓慢提升至 350MW，离心风机在变频状态稳定运行，风机变频初始挡板角度 $\alpha_0 = 90^\circ$ 保持不变，在 7 个负荷结点处记录风机运行转速值 $N_i, (i=1, \dots, 7)$ ，其中，第 1 个负荷结点处转速 $N_1 = n(170MW) = n_{\min} = 601 \text{ r/min}$ ，第 7 个负荷结点处转速 $N_7 = n(350MW) = n_{\max} = 956 \text{ r/min}$ ，其他结点处风机运行转速值 $N_i, (i=2, \dots, 6)$ 做好记录，根据上述结点处风机运行转速值 $N_i, (i=1, \dots, 7)$ 完成转速区间划分。

4、机组负荷由 170MW 缓慢提升至 350MW，离心风机在工频状态稳定运行，15 风机保持电机额定转速 $n_{\text{design}} = 990 \text{ r/min}$ 不变，在 7 个负荷结点处记录风机挡板角度值 $B_i, (i=1, \dots, 7)$ ，其中，第 1 个负荷结点处风机挡板角度 $B_1 = B(170MW) = 51^\circ$ ，第 7 个负荷结点处转速 $B_7 = B(350MW) = 85^\circ$ ，其他结点处风机运行转速值 $B_i, (i=2, \dots, 6)$ 做好记录，根据上述结点处风机挡板角度值 $B_i, (i=1, \dots, 7)$ 完成风机挡板角度区间划分。

20 5、当离心风机变频状态运行时，风机变频初始挡板角度为 α_0 为 90° ，风机变频器发生故障前稳定运行转速 n_0 为 771 r/min ，根据第 3 步划分的转速区间，确定风机变频器发生故障前稳定运行转速 n_0 对应的负荷区间序号 i_0 为 3；负荷区间

序号 i_0 为3, 根据第4步划分的风机挡板角度区间, 确定第3负荷区间风机工频挡板角度 β_3 区间范围 $(B_3, B_4]$, 其中, $B_3 = 62.5^\circ$, $B_4 = 68^\circ$ 。

6、变频器发生故障后, 风机转速由转速 $n_0 = 771 \text{ r/min}$ 向电机额定转速 $n_{design} = 990 \text{ r/min}$ 升速切换, 风机挡板角度由变频初始挡板角度 $\alpha_0 = 90^\circ$ 向工频挡板角度 $B_4 = 68^\circ$ 同步完成关角度切换, 切换过程中, 必须保证锅炉炉膛的稳定燃烧, 并保证风烟系统的波动在合理范围内, 角度切换时间较转速切换时间延迟最长不超过5秒, 切换总时间控制在20秒内; 上面切换完成后, 风机转速保持电机额定转速 $n_{design} = 990 \text{ r/min}$ 不变, 风机挡板角度由 $B_4 = 68^\circ$ 在区间 $(62.5^\circ, 68^\circ]$ 范围内继续关小, 每次切换以1%挡板开度为单位进行切换, 直到炉膛负压稳定在限定范围, 并且风烟系统设备稳定运行后, 转入PID控制。

经过上面的步骤, 就完成了离心风机变频器故障状态工频切换, 切换过程动态实现, 稳定高效, 保证了风烟系统和炉膛负压低扰动, 实现了机组安全稳定运行。

虽然, 上文中已经用一般性说明及具体实施方案对本发明作了详尽的描述, 但在本发明基础上, 可以对之作一些修改或改进, 这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此, 在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进, 均属于本发明要求保护的范围。

1. 一种电站离心风机变频器故障状态工频切换方法，其特征在于，包括：

对离心风机运行负荷区间进行划分；确定风机变频运行状态每个负荷区间对应的转速范围；确定风机工频运行状态每个负荷区间对应的挡板角度范围；确定上述参数后，实施离心风机变频状态运行变频器发生故障后向风机工频运行切换。

2. 根据权利要求 1 所述的一种电站离心风机变频器故障状态工频切换方法，其特征在于，对离心风机运行负荷区间进行划分，具体如下：

按照风机变频运行状态参数包括风机变频挡板角度 α 和风机运行转速 n ，对风机运行负荷区间进行划分，具体划分方法为：

①离心风机变频状态运行时，选取风机变频初始挡板角度 α_0 ；

②确定风机变频运行状态对应机组负荷区间，风机变频状态运行时，风机变频初始挡板角度为 α_0 时，风机满足机组全部负荷区间系统出力所需最低运行转速为 $n_{\min}$ ，对应机组最小负荷为 $L_{\min}$ ；所需最高运行转速为 $n_{\max}$ ，对应机组最大负荷为 $L_{\max}$ ，其中， $n_{\max} \leq n_{\text{design}}$ ， n_{design} 为电机额定转速；

③对离心风机运行负荷区间进行划分，将风机变频运行状态对应机组负荷区间 $[L_{\min}, L_{\max}]$ 平均划分为 M 个区间区间序号 $i \in [1, M]$ ，第 i 区间的机组负荷 L_i 满足如下关系：

$$\begin{cases} L_1 \in \left[L_{\min}, L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{M} \right] \\ L_i \in \left(\left(L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{M} \cdot (i-1) \right), \left(L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{M} \cdot i \right) \right], (i = 2, \dots, M) \end{cases}。$$

3. 根据权利要求 2 所述的一种电站离心风机变频器故障状态工频切换方法，其特征在于，挡板角度 α_0 的取值为 $72^\circ \leq \alpha_0 \leq 90^\circ$ 。

4. 根据权利要求 2 所述的一种电站离心风机变频器故障状态工频切换方法，

其特征在于， $M \geq 6$ 。

5. 根据权利要求2所述的一种电站离心风机变频器故障状态工频切换方法，其特征在于，确定风机变频运行状态每个负荷区间对应的转速范围，具体如下：

离心风机变频状态运行时，风机变频初始挡板角度为 α_0 时，第 i 负荷区间转

5 速范围确定方法如下：

①调整发电机组处于正常运行状态；

②机组负荷由 $L_{\min}$ 缓慢提升至 $L_{\max}$ ，在 $(M+1)$ 个负荷结点处机组负荷稳定15分钟以上，负荷结点包括最低负荷 $L_{\min}$ 、最高负荷 $L_{\max}$ 及相邻负荷区间临界点

$L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{M} \cdot i, i = 1, \dots, M-1$ ，负荷结点处风机运行转速 N_i 稳定后开始记录，负荷

10 结点处风机运行转速 $N_i, i = 1, \dots, M+1$ 与机组负荷满足如下关系：

$$\begin{cases} N_1 = n(L_{\min}) = n_{\min} \\ N_i = n(L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{M} \cdot (i-1)), i = 2, \dots, M \\ N_{M+1} = n(L_{\max}) = n_{\max} \end{cases}$$

③根据风机负荷结点处风机运行转速 N_i 对风机运行转速 n 进行区间划分，第 i 区间风机运行转速 n_i 满足如下关系：

$$\begin{cases} n_1 \in [N_1, N_2] \\ n_i \in (N_i, N_{i+1}], (i = 2, \dots, M) \end{cases}$$

15 根据上面关系，确定第 i 负荷区间转速范围，或者根据风机运行转速 n 确定所属的区间 i 。

6. 根据权利要求5所述的一种电站离心风机变频器故障状态工频切换方法，其特征在于，确定风机工频运行状态每个负荷区间对应的挡板角度范围，具体如下：

20 离心风机工频状态运行时，风机保持电机额定转速 n_{design} 不变，第 i 负荷区间

工频挡板角度范围确定方法如下：

①调整发电机组处于正常运行状态；

②机组负荷由 $L_{\min}$ 缓慢提升至 $L_{\max}$ ，在 $(M+1)$ 个负荷结点处机组负荷稳定 15 分钟以上，负荷结点处风机挡板角度 B_i 稳定后开始记录，负荷结点处风机挡板角度 B_i ， $i=1, \dots, M+1$ 与机组负荷满足如下关系：

$$\begin{cases} B_1 = \beta(L_{\min}) \\ B_i = \beta(L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{M} \cdot (i-1)), i = 2, \dots, M \\ B_{M+1} = \beta(L_{\max}) \end{cases}$$

③根据风机负荷结点处风机挡板角度 B_i 对风机工频挡板角度 β 进行区间划分，第 i 区间风机工频挡板角度 β_i 满足如下关系：

$$\begin{cases} \beta_1 \in [B_1, B_2] \\ \beta_i \in (B_i, B_{i+1}], (i = 2, \dots, M) \end{cases}$$

根据上面关系，确定第 i 负荷区间工频挡板角度范围，也可以根据风机工频挡板角度 β 确定所属的区间 i 。

7. 根据权利要求 6 所述的一种电站离心风机变频器故障状态工频切换方法，其特征在于，变频器故障状态离心风机工频挡板角度 β 切换方法，具体如下：

离心风机变频状态运行时，风机变频初始挡板角度为 α_0 ，风机变频器发生故障前稳定运行的转速为 n_0 ，变频器发生故障后风机工频运行切换方法如下：

步骤 1：风机变频器发生故障前稳定运行的转速为 n_0 ，根据第 2 步的方法，确定风机转速 n_0 对应的负荷区间 i_0 ， $i_0 \in [1, M]$ ；

步骤 2：步骤 1 确定的负荷区间为 i_0 ，根据第 3 步的方法，确定负荷区间 i_0 对应的风机工频挡板角度 β_{i_0} 范围 $(B_{i_0}, B_{i_0+1}]$ ；

步骤 3：变频器发生故障后，风机转速由转速 n_0 向电机额定转速 n_{design} 升速切换，风机挡板角度由变频初始挡板角度 α_0 向工频挡板角度 B_{i_0+1} 同步完成关角度切

换，切换过程中，保证锅炉炉膛的稳定燃烧，并保证风烟系统的波动在合理范围内；

步骤 4：步骤 3 切换完成后，风机转速保持电机额定转速 n_{design} 不变，风机挡板角度由 B_{i_0+1} 在区间 $(B_{i_0}, B_{i_0+1}]$ 范围内继续关小，每次切换以 1% 挡板开度为单位
5 进行切换，直到炉膛负压稳定在限定范围，并且风烟系统设备稳定运行后，转入 PID 控制。

8. 根据权利要求 7 所述的一种电站离心风机变频器故障状态工频切换方法，其特征在于，步骤 3 中，角度切换时间较转速切换时间延迟最长不超过 5 秒，切换总时间控制在 20 秒内。

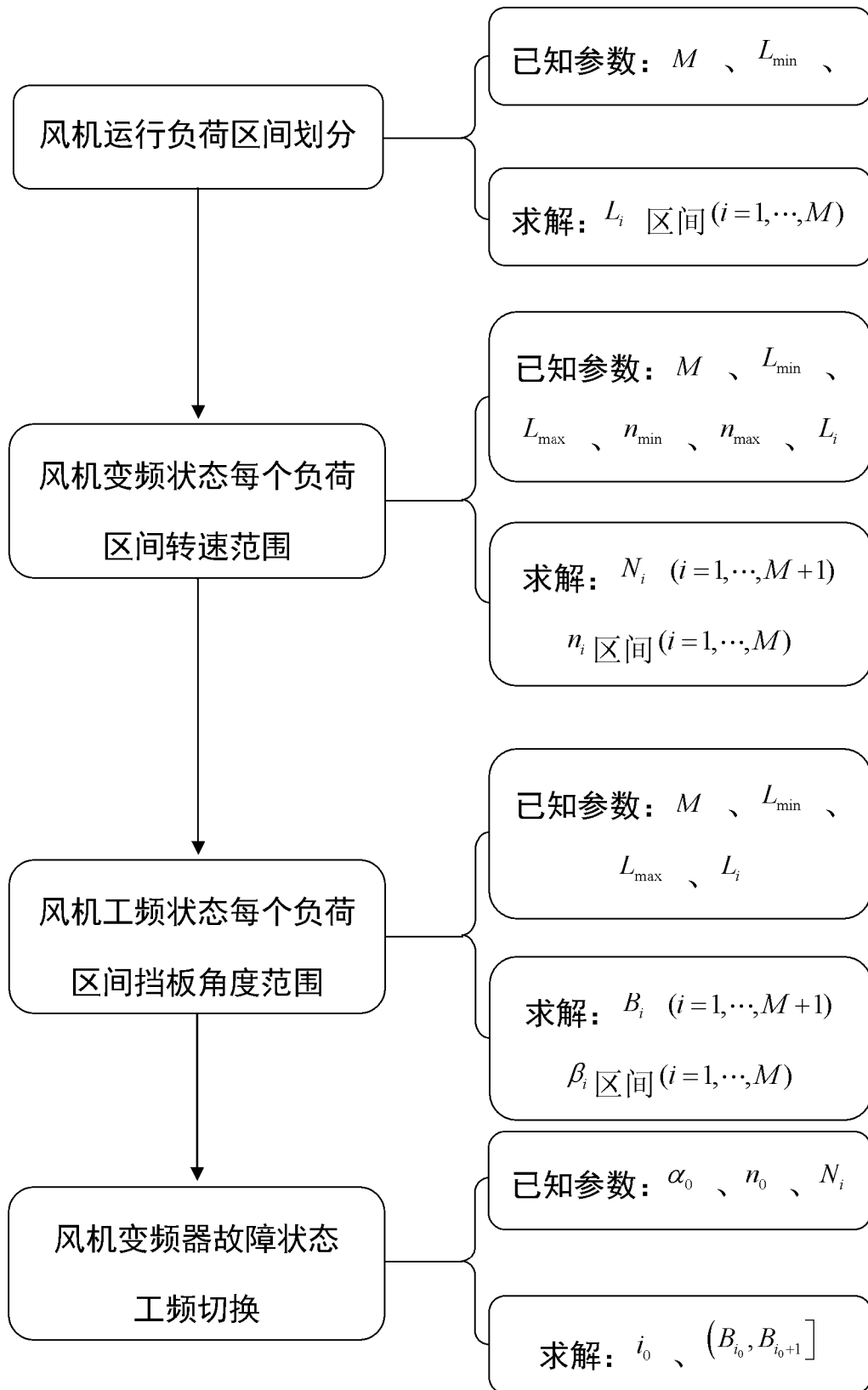


图 1

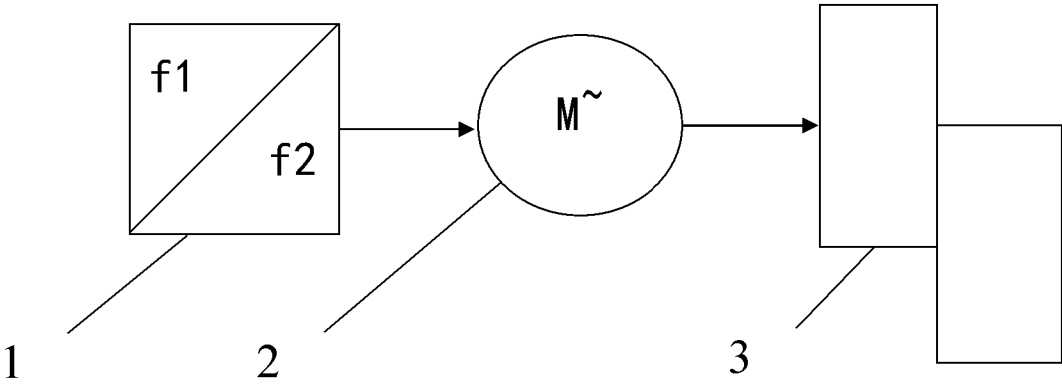


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/115634

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F04D 27/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F04D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT; CNKI: 西安热工研究院, 变频, 工频, 切, 负荷, 负载, 载荷, 挡板, 风门, 转速, 速度, 风机, conversion, converter, frequency, switch+, cut+, load, plate, baffle, board, blade, vane, speed, velocity, fan

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 113027802 A (XI'AN THERMAL POWER RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.) 25 June 2021 (2021-06-25) claims 1-8	1-8
X	施侠 等 (SHI, Xia et al.). "高压变频调速装置在电站锅炉送引风机上应用 (The Application of the HVC Speed Governing System on the Forced and Induced Draft Fans of the Power Station Boiler)" 上海节能 (Shanghai Energy Conservation), No. 12, 15 December 2009 (2009-12-15), ISSN: 2095-705X, pp. 10-13	1
X	CN 103047166 A (JIANGSU LIPU ELECTRONICS SCIENCE & TECHNOLOGY CO., LTD.) 17 April 2013 (2013-04-17) description, paragraphs [0023]-[0032] and figure 1	1,
A	JP S60104797 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 10 June 1985 (1985-06-10) entire document	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 October 2021

Date of mailing of the international search report

16 December 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/115634

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	113027802	A	25 June 2021	None	
CN	103047166	A	17 April 2013	None	
JP	S60104797	A	10 June 1985	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/115634

A. 主题的分类 F04D 27/00 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																	
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) F04D 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNABS; CNTXT; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT; CNKI: 西安热工研究院, 变频, 工频, 切, 负荷, 负载, 载荷, 挡板, 风门, 转速, 速度, 风机, conversion, converter, frequency, switch+, cut+, load, plate, baffle, board, blade, vane, speed, velocity, fan																	
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 113027802 A (西安热工研究院有限公司) 2021年6月25日 (2021 - 06 - 25) 权利要求1-8</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>施侠 等. "高压变频调速装置在电站锅炉送引风机上应用" 上海节能, 第12期, 2009年12月15日 (2009 - 12 - 15), ISSN: 2095-705X, 第10-13页</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 103047166 A (江苏力普电子科技有限公司) 2013年4月17日 (2013 - 04 - 17) 说明书第[0023]-[0032]段及图1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP S60104797 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 1985年6月10日 (1985 - 06 - 10) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 113027802 A (西安热工研究院有限公司) 2021年6月25日 (2021 - 06 - 25) 权利要求1-8	1-8	X	施侠 等. "高压变频调速装置在电站锅炉送引风机上应用" 上海节能, 第12期, 2009年12月15日 (2009 - 12 - 15), ISSN: 2095-705X, 第10-13页	1	X	CN 103047166 A (江苏力普电子科技有限公司) 2013年4月17日 (2013 - 04 - 17) 说明书第[0023]-[0032]段及图1	1	A	JP S60104797 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 1985年6月10日 (1985 - 06 - 10) 全文	1-8
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
PX	CN 113027802 A (西安热工研究院有限公司) 2021年6月25日 (2021 - 06 - 25) 权利要求1-8	1-8															
X	施侠 等. "高压变频调速装置在电站锅炉送引风机上应用" 上海节能, 第12期, 2009年12月15日 (2009 - 12 - 15), ISSN: 2095-705X, 第10-13页	1															
X	CN 103047166 A (江苏力普电子科技有限公司) 2013年4月17日 (2013 - 04 - 17) 说明书第[0023]-[0032]段及图1	1															
A	JP S60104797 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 1985年6月10日 (1985 - 06 - 10) 全文	1-8															
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																	
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 </td> <td> "T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件 </td> </tr> </table>			* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	"T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件													
* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	"T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件																
国际检索实际完成的日期 2021年10月29日		国际检索报告邮寄日期 2021年12月16日															
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 翟丽娜 电话号码 86-(512)-88995277															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/115634

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	113027802	A	2021年6月25日	无	
CN	103047166	A	2013年4月17日	无	
JP	S60104797	A	1985年6月10日	无	