

# 浅谈引风机变频节能改造及日常维护应用

### 成丽波 陈绍龙

国电湖南宝庆煤电有限公司,湖南邵阳 422000

[**摘要**] 本文根据宝庆电厂两台机组引风机变频节能改造设计、施工、调试、节能分析及日常维护注意事项,为火电厂同类系统设备节能改造提供参考。

[关键词] 变频器; 真空开关; 控制逻辑; 调试方案; 节能经济性

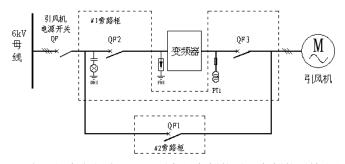
### 1 引风机变频节能改造必要性

国电湖南宝庆煤电有限公司两台 660MW 机组,总装机容量 1320MW,锅炉侧设备为国产设备。为了保证机组的安全稳定运行,机组各辅机的备用容量较大。机组在夏季满负荷时,引风机挡板开度在 75% ~ 80% 左右,能力损失较大,风机效率低,而且将导致电机及机械的使用寿命减少,引起维护工作量和成本大大增加。引风机电机额定功率 6000KW,全年实际最大输出功率不超过 5500KW,节能空间很大,现提出进行 #1、#2 机组共计 4 台引风机变频节能技术改造。

# 2 引风机变频节能改造方案

国电湖南宝庆煤电有限公司 #1、2 机组引风机变频技改工程所采用的变频器为西门子(上海)电气传动设备有限公司提供的空冷型完美无谐波变频器,6KV AC,3 相,50HZ,AC 输入,0-6KVAC 输出。变压器采用 7000KVA 空冷干式30 脉冲隔离变压器。该变频器的控制方式采用多极 PWM 叠加技术,结构采用多个变频单元串联叠加输出的方式。整套变频装置由旁通柜、变压器柜、功率单元柜和控制柜四部分组成,可以在机组正常运行中实现变频回路和工频回路的自动切换或手动切换。

引风机高压变频改造采用"一拖一自动旁路"方式,如下图所示。变频器一次回路由真空断路器 QF1、QF2、QF3 组成。#1 旁路柜由 QF2、QF3 两台真空断路器组成(采用每台断路器独立立柜方式),#2 旁路柜由真空断路器 QF1 组成。采用铠装移开式开关设备。系统一次接线方案如下图所示:



6kV 电源经真空断路器 QF2 到高压变频装置,变频装置输出经真空断路器 QF3 送至引风机电机变频运行;6kV 电源还可经真空断路器 QF1 直接起动引风机工频运行。安装位置:#1 机组两套引风机变频设备安装与#1 引风机与电除尘中间走廊,两套共用一个配电室:#2 机组两套引风机变频设备安装与#2 引风机与电除尘中间走廊,两套共用一个配电室.变频器室采用电机旁就地布置,节约投资费用。

# 2.1 1A引风机变频设备新增电气回路:

- 1) 动力电缆: 6kV 工作段至电机原动力电缆,改为 6kV 工作段至变频器总进线开关,新增动力电缆由变频设备至电机本体。
  - 2) 开关直流控制电源: #1 机组锅炉保安 MCC 段 110V 直流分电屏第 2 排第 9 列间隔;
- 3) 交流电源: 变频器控制电源 I 取至 #1 炉锅炉保安 MCCA 段 07F 间隔; 变频器控制电源 II 取至 #1 炉锅炉保安 MCCB 段 05H 间隔; 变压器空水冷装置动力电源 I 取至 #1 电除尘 PCA 段 03H 间隔; 变频器空水冷装置动力电源 II 取至 #1 电除尘 PCB 段 03I 间隔;

# 2.2 1B引风机变频设备新增电气回路:

1) 动力电缆: 6kV 工作段至电机原动力电缆,改为 6kV 工作段至变频器总进线开关,新增动力电缆由变频设备至电机本体。

*工程建设* 49

- 2) 开关直流控制电源: #1 机组锅炉保安 MCC 段 110V 直流分电屏第 2 排第 10 列间隔;
- 3)交流电源:变频器控制电源 I 取至 #1 炉锅炉保安 MCCB 段 07F 间隔;变频器控制电源 II 取至 #1 炉锅炉保安 MCCA 段 07G 间隔;变压器空水冷装置动力电源取 I 至 #1 电除尘 PCA 段 05H 间隔;变频器空水冷装置动力电源 II 取至 #1 电除尘 PCB 段 04H 间隔;

### 2.3 2A引风机变频设备新增电气回路:

- 1) 动力电缆: 6kV 工作段至电机原动力电缆,改为 6kV 工作段至变频器总进线开关,新增动力电缆由变频设备至电机本体。
  - 2) 开关直流控制电源: #2 机组锅炉保安 MCC 段 110V 直流分电屏第 2 排第 6 列间隔:
- 3)交流电源:变频器控制电源 I 取至 #2 炉锅炉保安 MCCA 段 04G 间隔;变频器控制电源 II 取至 #2 炉锅炉保安 MCCB 段 07H 间隔;变压器空水冷装置动力电源 I 取至 #2 电除尘 PCA 段 03G 间隔;变频器空水冷装置动力电源 II 取至 #2 电除尘 PCB 段 02I 间隔;

### 2.4 2B引风机变频设备新增电气回路:

- 1) 动力电缆: 6kV 工作段至电机原动力电缆,改为 6kV 工作段至变频器总进线开关,新增动力电缆由变频设备至电机本体。
  - 2) 开关直流控制电源: #2 机组锅炉保安 MCC 段 110V 直流分电屏第 2 排第 7 列间隔;
- 3)交流电源: 变频器控制电源 I 取至 #2 炉锅炉保安 MCCB 段 07I 间隔; 变频器控制电源 II 取至 #2 炉锅炉保安 MCCA 段 07G 间隔; 变压器空水冷装置动力电源 I 取至 #2 电除尘 PCA 段 04H 间隔; 变频器空水冷装置动力电源 II 取至 #2 电除尘 PCB 段 03H 间隔;

### 2.5 #1机组引风机变频室新增电气回路:

- 1) #1 引风机变频室照明空调配电箱电源取至 #1 电除尘 PCA 段 03A 间隔
- 2) #1 引风机变频室检修电源箱电箱电源取至 #1 电除尘 PCB 段 04F 间隔

### 2.6 #2机组引风机变频室新增电气回路:

- 1) #2 引风机变频室照明空调配电箱电源取至 #2 电除尘 PCA 段 03A 间隔
- 2) #2 引风机变频室检修电源箱电箱电源取至 #2 电除尘 PCB 段 02H 间隔

#### 2.7 变频器至热工新增信号:

以 DCS 侧为基准

- 1) DO 信号: 变频器 DCS 紧急停机指令,变频器 DCS 远方复位指令,DCS 变频启动指令,DCS 变频停止指令,QF1 断路器 DCS 合闸指令,QF1 断路器 DCS 分闸指令,QF2 断路器 DCS 合闸指令,QF3 断路器 DCS 分闸指令,QF3 断路器 DCS 分闸指令,QF3 断路器 DCS 分闸指令。
- 2) DI 指令: 变频器准备就绪(常开点),电机变频运行(常开点),变频重故障(常开点),变频轻故障(常开点),变频远方/就地控制(常开点),QF1 远方控制模式(常开点),QF1 位置信号(常开点),QF1 位置信号(常闭点),QF1 开关综合报警(常开点)QF2 远方控制模式(常开点),QF2 位置信号(常开点),QF2 位置信号(常闭点),QF2 开关综合报警(常开点)QF3 远方控制模式(常开点),QF3 位置信号(常开点),QF3 位置信号(常闭点),QF3 开关综合报警(常开点);
  - 3) A0 反馈: 变频器给定频率;
  - 4) AI 指令: 变频器运行频率,变频器输出电流,引风机变频室温度;目前真空系统节能改造主要有两种技术路线:

# 3 宝庆电厂#1、2机组引风机变频逻辑应用

# 3.1 新增逻辑

- 1) 引风机高压侧电源开关 QF 逻辑
- 2) 引风机高压侧电源开关 QF 合闸允许条件

任一台冷却风机运行;任一台引风机电机油站油泵运行;引风机电机油站供油压力正常(大于 0.2 MPa);引风机轴承温度正常〈90°C;引风机电机前、后轴承温度〈70°C;引风机入口烟气挡板 1、2 关闭;引风机出口电动门开状态;任一台空预器投入运行;引风机无电气故障;脱硫系统启动允许;建立烟风通道;无跳闸条件;变频器进线开关 QF2 在分闸位置;工频旁路开关 QF1 在分闸位置

3) 引风机高压侧电源开关 QF 跳闸条件

引风机 A 轴承温度 >110℃,延时 5s;引风机 A 电机前轴承温度或后轴承温度 >80℃;引风机 A 电机三相线圈温度 >130℃;引风机 A 轴承 X 向振动过大 7. 1mm/s 且 Y 向振动报警 4. 8mm/s 加品质判断(延时 3s);引风机 A 轴承 Y 向振动过大 7. 1mm/s 且 X 向振动报警 4. 8mm/s 加品质判断(延时 3s);两台冷却风机全停且引风机轴承温度(>95℃);两台润滑油泵全停延时 10S 或引风机电机油站供油压力低且低低(延时 5s);引风机 A 运行后 60S,出口电动门关延时 15S;引风机 A 启动后 60S,入口烟气挡板全关延时 15S;两台送风机运行,两台引风机运行时。送风机 A 跳闸,联跳同侧引风机 A;两侧主 / 备用空预器电机均停运延时 2min;

MFT 已跳闸且炉膛压力低 2 且低 3 值 (-4500Pa); 脱硫请求停引风机 A; 循环浆液泵全停;

4) 工频旁路开关 QF1 合闸条件

引风机高压侧电源开关 QF 在合闸位置;变频器出线开关 QF3 在分闸位置;变频器进线开关 QF1 控制方式在远方;

变频器进线开关 QF1 无报警

### 3.2 变频器逻辑

1) 变频器启动允许条件

变频器无轻故障;变频器无重故障;变频器准备就绪;变频器远方控制;引风机高压侧电源开关QF合闸状态;变频器进线开关QF2合闸状态;变频器出线开关QF3合闸状态;

### 2) 变频器停止条件

变频器重故障信号;变频切工频指令发出;DSC 发变频器停止;就地停止变频器;DCS 发变频器紧急停止;就地紧急停止变频器:

## 3) 变频切工频逻辑

变频切工频条件

变频器重故障信号来; DCS 上"变频切工频"指令发出;

### 4) 变频切工频逻辑动作步骤

跳闸变频器出线开关 QF3; 跳闸变频器进线开关 QF2; 停止变频器运行; 超驰关闭引风机静叶至对应负荷位置(该位置由对应负荷静叶曲线给定); 变频器出线开关 QF3 跳开 1.5S 后,合上工频旁路开关 QF1。

### 5) 工频切变频逻辑

工频切变频条件

由运行人员在 DCS 上按下"工频切变频"按钮,发出工频切变频指令,引风机自动由工频运行方式切换至变频运行方式;

#### 6) 工频切变频逻辑动作步骤

运行人员发出"工频切变频"指令;合上变频器进线开关 QF2;变频器准备就绪,发信号至 DCS;确认变频器转速给定( $4 \sim 20$ mA 模拟量)为额定转速和较高转速(变频给定在 49HZ 以上);断开工频旁路开关 QF1;合上变频器出线开关 QF3;变频器启动运行

### 3.3 变频调节自动逻辑

增加变频调节自动调节回路,工作原理同引风机静叶调节回路。任一变频调节投入自动后,两台引风机静叶强制切手动。人为将静叶全开,变频自动调节炉膛负压。通过引风机 A 变频调节操作面板可以设置炉膛负压设定值,通过引风机 B 变频调节操作面板可以设置 A/B 引风机变频指令偏置,变频指令最大偏置不得超过 ±5%,既两台引风机变频频率差最大不得超过 10%,否则输入无效。

原工频情况下静叶调节自动不变(既 A 引静叶调节器调节负压, B 引静叶调节器调节两侧静叶偏置)。

变频自动切手动条件:操作员将变频切手动;变频指令与反馈偏差大;变频反馈品质坏;炉膛压力测点无效;炉膛压力控制偏差>500Pa 且 RB 未动作;引风机变频器停止运行。

### 3.4 修改逻辑

# 1) 引风机状态判断逻辑

原逻辑中引风机高侧电源开关 QF 的合闸状态代表引风机运行状态,引风机高侧电源开关 QF 的分闸状态代表引风机停止状态,增加变频设备后,引风机状态判断条件需进行相应修改。

原逻辑中引风机跳闸接的是高压侧开关状态,应将原逻辑中单台引风机跳闸的逻辑更改为引风机跳闸综合信号。信号更改后相应引风机 RB 功能、送引风机相互联锁功能以及引风机跳闸联关静叶、进出口挡板功能可不做变动。

# 2) 引风机变频运行状态判断

以下条件全部满足,则认为该引风机处于变频运行状态:

引风机高侧电源开关 QF 合闸状态; 变频器变频运行状态;

# 3) 引风机工频运行状态判断

以下条件全部满足,则认为该引风机处于工频运行状态:

引风机高侧电源开关 QF 合闸状态; 引风机工频运行状态。

### 4) 跟踪逻辑

在原跟踪逻辑中增加以下跟踪逻辑:

任一引风机运行过程中变频切工频,其静叶自动关闭至对应负荷曲线对应下开度。(见附表一、二) 附表一:#1 锅炉引风机静叶开度与机组负荷对应关系:

负荷 项目	OMW	300MW	500MW	660MW
A引静叶开度	35	35	56	85
B引静叶开度	34	34	52	80

附表二: #1 锅炉引风机静叶开度与负荷对应曲线

11100—1 11- 111/1/2 17/11/11/2 17/11/11/2 17/11/11/2 17/11/11/2 17/11/11/2 17/11/11/2 17/11/11/2 17/11/11/2 17/11/11/2 17/11/2				
<u>负</u> 荷 项目	0-300MW	300-500MW	500-660MW	
A引静叶对应曲线	Y=35	Y=0. 105X+3. 5	Y=0. 181X-34. 6	
B引静叶对应曲线	Y=34	Y=0.09X+7	Y=0, 175X-35, 5	

*工程建设* 51

# 3.5 画面修改

### 1) 风烟系统画面

增加引风机变频操作面板连接,点击风烟系统画面上的引风机变频按钮弹出变频操作面板。该面板包括 QF、QF1、QF2、QF3 及变频器的操作和状态显示,变频器频率手操器操作及手自动状态显示,开关量报警信号的显示(包括变频器远方/就地控制状态、变频器准备就绪、变频器充电中、变频器轻故障报警、变频器重故障报警、变频器故障声报警、变频器控制电源掉电、变压器风机故障、变压器温度过高、开关柜 I 直流电源掉电报警、开关柜 II 直流电源掉电报警)以及模拟量信号的显示等(包括变频器电流、变频器频率)。

风烟系统画面增加变频器频率手操器操作及手自动状态显示,变频器输入电流、变频器输入电压、变频器输出电流及变频器频率信号显示等。

#### 2)新增光字牌报警

变频器轻故障报警;变频器重故障报警;变频器故障声报警;变频器控制电源掉电;变压器风机故障;变压器温度过高;开关柜 I 直流电源掉电报警;开关柜 II 直流电源掉电报警;开关柜 III 直流电源掉电报警;开关柜 III 直流电源掉电报警;变频器切手动;引风机变频切工频引风机工频切变频

#### 3.6 引风机启停操作步骤

#### 1) 引风机工频启动步骤

合上引风机高压侧电源开关 QF; 10S 后引风机入口烟气挡板 1、2 联开(或手动开启); 合上引风机工频旁路开关 QF1; 逐步开启引风机静叶至需要开度

### 2) 引风机工频停止步骤

关闭引风机静叶;断开引风机工频开关QF1;断开引风机高压侧电源开关QF

### 3) 引风机变频启动步骤

合上引风机高压侧电源开关 QF; 10S 后引风机入口烟气挡板 1、2 联开(或手动开启); 合上引风机变频器进线开关 QF2 向变频器充电; 合上引风机变频器出线开关 QF3; 启动变频器运行; 检查变频频率自动增加至 20HZ, 逐步开启引风机静叶直至全开; 逐步增加引风机变频频率至需要频率

### 4) 引风机变频停止步骤

逐步减少引风机变频频率至 20HZ 左右;逐步关闭引风机静叶开度;停止变频器运行;断开变频器出线开关 QF3;断开变频器进线开关 QF2;断开引风机高压侧电源开关 QF;

# 5) 引风机变频切工频步骤

将待切工频引风机变频自动解手动;逐步将待切工频引风机变频频率增至49HZ以上,同时手动逐步关小其静叶开度至对应负荷下相应开度;维持另一台引风机变频自动;按下待切工频引风机"变频切工频"按钮;检查待切工频引风机由变频自动切换为工频运行;调整炉膛负压正常,根据实际选择变频自动或工频自动或手动调节炉膛负压

### 6) 引风机工频切变频步骤

检查待切变频引风机静叶在手动位置;适当增大炉膛负压;将待切变频引风机变频频率给定至49HZ以上;维持另一台引风机变频自动;按下待切变频引风机"工频切变频"按钮;检查待切变频引风机自动由工频切换至变频运行;逐步全开切换成功引风机静叶,并逐步减少切换成功引风机变频频率;投入两台引风机变频自动

# 4新增变频器接口信号

对变频器的启停操作,既可以通过就地的按钮控制,也可以通过远方的 DCS 来控制,以下列表为变频器装置与 DCS 的接口信号清单;

1A 引风机变频(I/0 类型以 DCS 为准):

序号	DCS卡件通道	变频器设备位置	I/0类型	中文描述
1		变频器控制柜	DO	1A引风机变频器DCS紧急停机指令
2		变频器控制柜	DO	1A引风机变频器DCS远方复位指令
3		变频器控制柜	DO	1A引风机DCS变频启动指令
4		变频器控制柜	DO	1A引风机DCS变频停止指令
5		变频器控制柜	AO	1A引风机变频器给定频率
6		变频器控制柜	AI	1A引风机变频器运行频率
7		变频器控制柜	AI	1A引风机变频器输出电流
8		变频器控制柜	AI	1A引风机变频室温度
9		变频器控制柜	DI	1A引风机变频器准备就绪(常开点)
10		变频器控制柜	DI	1A引风机电机变频运行(常开点)
11		变频器控制柜	DI	1A引风机变频重故障(常开点)
12		变频器控制柜	DI	1A引风机变频轻故障(常开点)
13		变频器控制柜	DI	1A引风机变频远方/就地控制(常开点)
14		QF1断路器柜	DO	1A引风机QF1断路器DCS合闸指令
15		QF1断路器柜	DO	1A引风机QF1断路器DCS分闸指令
16		QF1断路器柜	DI	1A引风机QF1远方控制模式(常开点)
17		QF1断路器柜	DI	1A引风机QF1位置信号(常开点)
18		QF1断路器柜	DI	1A引风机QF1位置信号(常闭点)

19	QF1断路器柜	DI	1A引风机QF1开关综合报警(常开点)
20	QF2断路器柜	DO	1A引风机QF2断路器DCS合闸指令
21	QF2断路器柜	DO	1A引风机QF2断路器DCS分闸指令
22	QF2断路器柜	DI	1A引风机QF2远方控制模式(常开点)
23	QF2断路器柜	DI	1A引风机QF2位置信号(常开点)
24	QF2断路器柜	DI	1A引风机QF2位置信号(常闭点)
25	QF2断路器柜	DI	1A引风机QF2开关综合报警(常开点)
26	QF3断路器柜	DO	1A引风机QF3断路器DCS合闸指令
27	QF3断路器柜	DO	1A引风机QF3断路器DCS分闸指令
28	QF3断路器柜	DI	1A引风机QF3远方控制模式(常开点)
29	QF3断路器柜	DI	1A引风机QF3位置信号(常开点)
30	QF3断路器柜	DI	1A引风机QF3位置信号(常闭点)
31	QF3断路器柜	DI	1A引风机QF3开关综合报警(常开点)

注:上表仅为 A 引风机变频接口信号, B 引风机变频接口信号同 A 引风机。

### 5 引风机变频改造后日常维护注意事项

引风机变频运行时,检查空水冷装置及风扇正确投运,开式水母管压力正常,阀门开启,确保引风机变频室内室温不得高于33度,必要时将工业空调投入,防止变频设备高温跳闸。

### 6 结束语

目前宝庆电厂4台引风机变频运行良好,节能效果明显,同时引风机振动比原工频运行工况下小很多。改造后平均厂用电率降低0.5%左右。负荷变化范围波动大的火电机组,尤其是夜间负荷率低的机组,节能效果明显。变频器改造后,每次风机本体检修后,需要测量各种转速下等级震动值,有效规避风机共振区域,避免发生设备共振引起风机损坏。

引风机变频器对运行环境较高,重点解决一下三方面问题。1)防超温; 2)防尘; 3)防潮。宝庆电厂引风机变频室采用空水冷全密封内循环冷却方式,变频器采用内循环防尘及冷却效果非常好。引风机变频室内部配置除湿机,设备停运后除湿机投运,保持室内干燥,解决了设备停运后受潮无法正常启动的隐患。宝庆电厂设备投运后运行已经超过2年,目前设备未发生异常。

### [参考文献]

[1] 西门子新一代控制高压变频用户手册. 2006

工程建设 53