

# 大型火力发电机组给煤机低电压穿越能力探讨

张光庆 李乐鹏 寿 军

(淮北市中皖发电有限公司, 安徽 淮北 235000)

**摘 要** 当供电电源发生故障或者扰动时会给火力发电机组给煤机造成一定影响,有必要对该问题展开系统论述。基于此,本文首先就低功率(电压)穿越能力进行简要论述,简单阐述三种常见提高给煤机低电压穿越能力的有效办法,总结发电厂中利用变频器参数调整与热控逻辑调整相配合的提升给煤机低电压穿越能力的案例,具有一定的参考价值。

**关键词** 大型火力发电机组 给煤机 变频器 双电源切换 低电压穿越

中图分类号:TB857

文献标识码:A

文章编号:1007-0745(2021)01-0019-05

现阶段,各大发电企业以及设计单位在机组辅机设计上比较倾向采用变频器技术,这主要是因为该技术在电机的启动方式、变频调速、控制策略、经济运行等方面具有显著优势,也因此得到广泛应用。ABB、Siemens、Schneider、AB等知名品牌的变频器正常工作电压范围(-15%~10%)UN,电网电压波动或者瞬时丢失都会导致变频器跳闸保护动作、给煤机等重要的辅机跳闸、锅炉MFT动作停机,这将会给电厂及电网公司造成很大的影响。基于火电厂重要辅机变频器低电压穿越能力不足的问题,本文提出了依靠变频器参数设置与热控逻辑优化相配合的方法,利用双电源切换装置的优点,在没有额外加装低电压穿越装置情况下,提高了给煤机低电压穿越的能力。

## 1 有关低功率(电压)穿越能力的介绍

低功率(电压)穿越能力对变频器而言,是指变频器在电源电压降低时能在一段时间内可靠、稳定的运行能力。造成变频器低压的主要原因是由电网低电压引起,而低电压一般情况下是短时的,主要是由于系统故障暂态或备自投切换时间过长。引起电源晃电的原因诸多,比如主电网侧电压波动、负荷不平衡、雷击、电力切换等,负载侧的大型设备启动和应用、线路过载等。当母线电压低于变频器低电压保护值(变频器型号不同,该值也不同)时,在延时一段时间后变频器跳停。<sup>[1]</sup>

《DL/T 1648-2016 发电厂及变电站辅机变频器高低电压穿越技术规范》中对发电厂一类辅机的定义如下:发电厂一类辅机是短时(小于5S)中断供电将会造成机组停机或输出功率大幅下降,进而影响电网安全运行的辅机,包括给煤机、给粉机、空气预热器等(如图1)。

## 2 提高给煤机低电压穿越能力的方法介绍

通过查阅、梳理与分析近年来的相关文献资料,可以看出,现阶段国内各大发电厂在提高重要辅机变频器低电压穿越能力时所采取的措施主要有:加装稳压电源装置、设置静态开关、加装低电压穿越装置。

### 2.1 给煤机变频器加装稳压电源装置

给煤机变频器加装稳压电源装置有两种方法,第一种

是给变频器接入在线UPS,这里UPS是给变频器提供动力电源,该方法从原理可以彻底解决变频器低电压穿越问题,但是动力用UPS容量大、转换效率低、保护级别高、投资成本高,现阶段仅个别电厂采用该方式;第二种方法是在变频器直流母线接入一路稳定直流电源,电压在DC580V左右。即在给煤机就地控制柜附近安装一组蓄电池组,将蓄电池组直流输出电压并联接入给煤机变频器直流母线端子。为了保障蓄电池组正常充电,须为其单独配置蓄电池组充电屏。该方案技术理论简单、成熟,可是安装蓄电池组及充电屏占地面积较大,周围粉尘浓度高,须新建配电室,现场实施难度较大、投资成本较高。<sup>[2]</sup>

### 2.2 给煤机变频器加装静态转换开关

静态转换开关(STS),用于两路进线电源,相互备用,自动切换系统。正常工作环境下,主电源处在正常供电电压范围,各馈线负荷连接于主电源。当主电源发生故障引起供电能力不足时,负载自动切换至备用电源,主电源恢复正常后,负载又自动切换到主电源。整个切换时间基本可以控制在10ms以内,这种方法可以解决电源切换过程引起的变频器低电压穿越现象。但是当外部系统电源的长时间大幅度波动,仍无法彻底避免变频器低电压跳闸问题。

### 2.3 给煤机变频器加装低电压穿越装置

国内电力市场,主要有北京四方、南瑞北京监控、南京国电等几家公司产品在火电厂应用较为广泛,实现抗低电压穿越的理论大体一致,均采用直流升压技术来实现。低电压穿越电源结构主要由整流桥、逆变器部分构成。在网端电压正常时,低电压穿越装置处于热备用状态,当网端电压降低到一定程度时,低电压穿越装置自动投入,保障变频器的正常运行。该装置技术相对成熟,改造过程相对简单,但费用投入较大,需占用一定的空间。

## 3 提高给煤机低电压穿越能力改造方案

某发电企业给煤机选用上海发电设备成套设计研究院产品,每台机组配备5台给煤机,采用变频器控制。变频器选用ABB ACS800产品,每台给煤机设计一台就地控制柜。

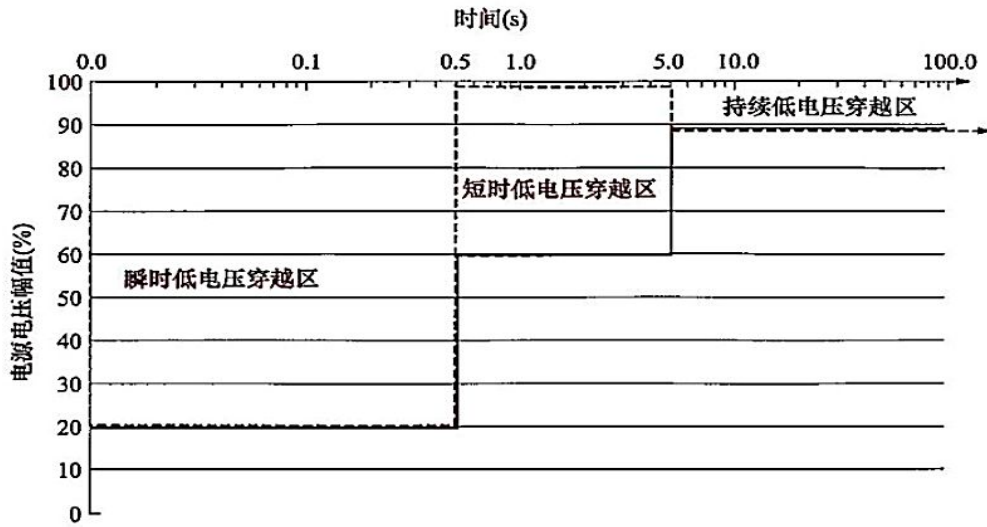


图1 发电厂及变电站辅机变频器低电压穿越区

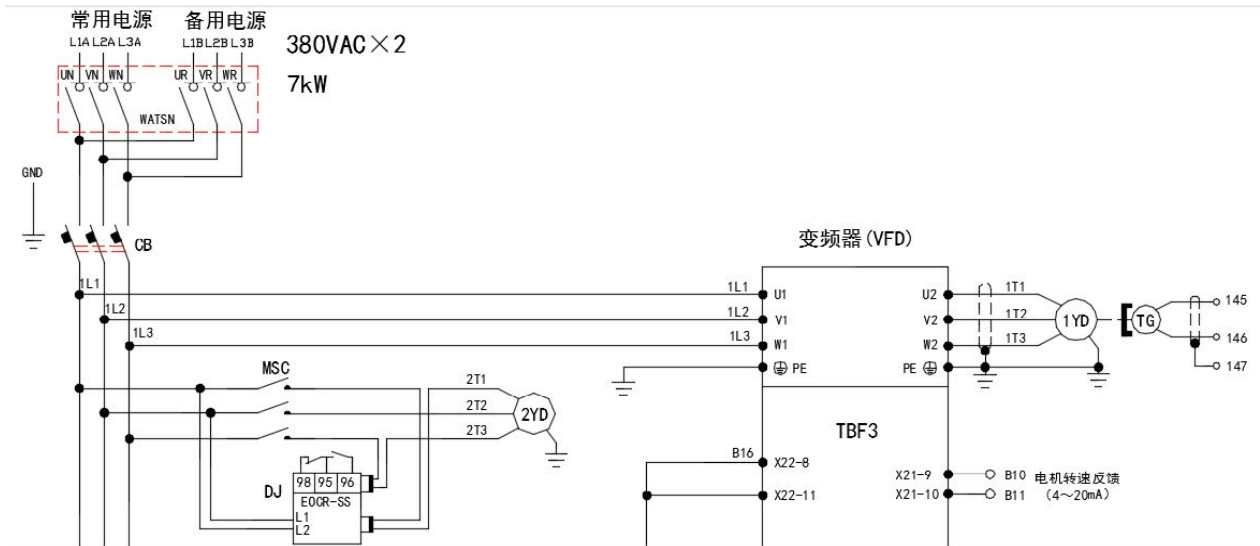


图2 给煤机电气控制原理图

两路电源分别取自400V锅炉PCA、PCB段，经柜内双电源切换装置为给煤机动力及控制回路供电。双电源切换装置选用施耐德万高NSC100B-32A型产品（如图2）。

### 3.1 供电电源可靠性分析

#### 3.1.1 给煤机控制柜双电源切换装置

给煤机控制柜内双电源切换装置采用施耐德NSC100B-32A型产品，由施耐德万高（天津）电气有限公司生产。工作电压为AC380V，工作频率50HZ，主要功能是进行电压采集，根据电压的实时值进行故障判断，并控制转换开关相应的转换动作，实现常用电源、备用电源相互切换。<sup>[3]</sup>

(1) 正向切换时间约1.7s：常用电源失电切换至备用电源的时间，此时间为切换装置机械机构固有时间，切换装置控制器切换时间已调整为0s，如图3所示。

(2) 反向切换时间约0.5s：备用电源运行模式下，常用电源恢复送电，电源切换回常用电源，切换装置控制器回

切时间已调整为0s，如图4所示。

#### 3.1.2 给煤机变频器

变频器采用ABB ACS800产品，该变频器具有电网瞬间掉电时运行保持功能。如果电网电压瞬间丢失，变频器传动单元会采用电动机旋转动能继续保持运行。只要电机旋转并给传动单元提供能量，传动单元便会继续保持正常工作。允许中断的时间可调整，出厂设置是5秒，如图5所示。

#### 3.1.3 给煤机上级电源

(1) 给煤机电源设置主备两路，分别取自400V锅炉PCA段、PCB段，该PC段未设双电源切换装置及备自投，无需考虑此处的切换时间；

(2) 10kV厂用电系统设置快切装置，采用东大金智MFC2000型产品，切换时间100ms左右；

(3) 500kV系统震荡或故障暂态过程延时时间参考500kV重合闸延时时间，我厂重合闸延时时间为1.4s。

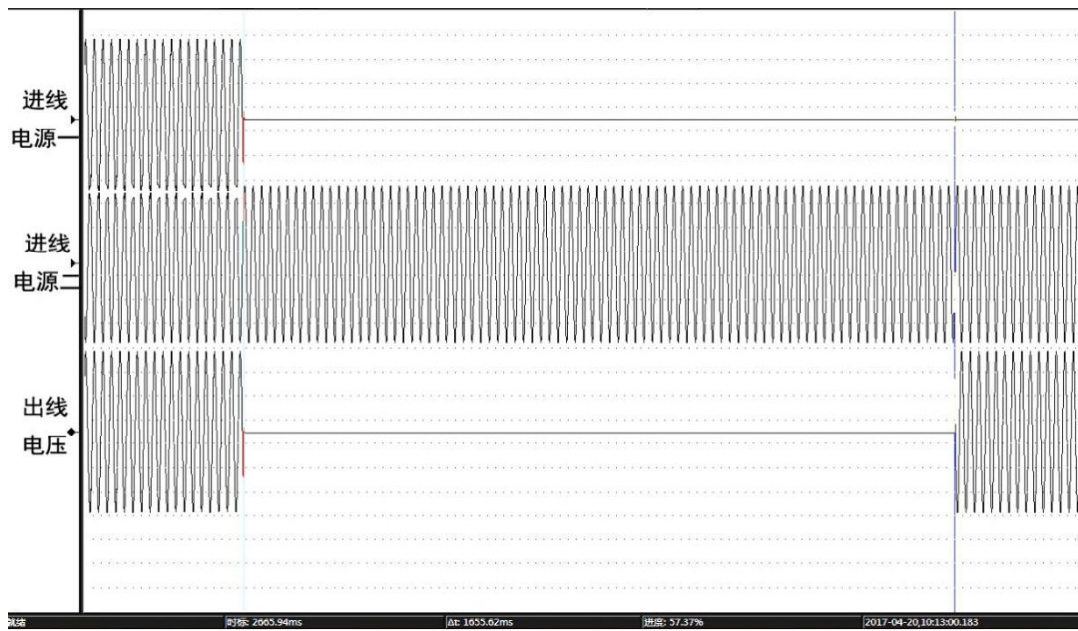


图 3 常用电源切换至备用电源时间

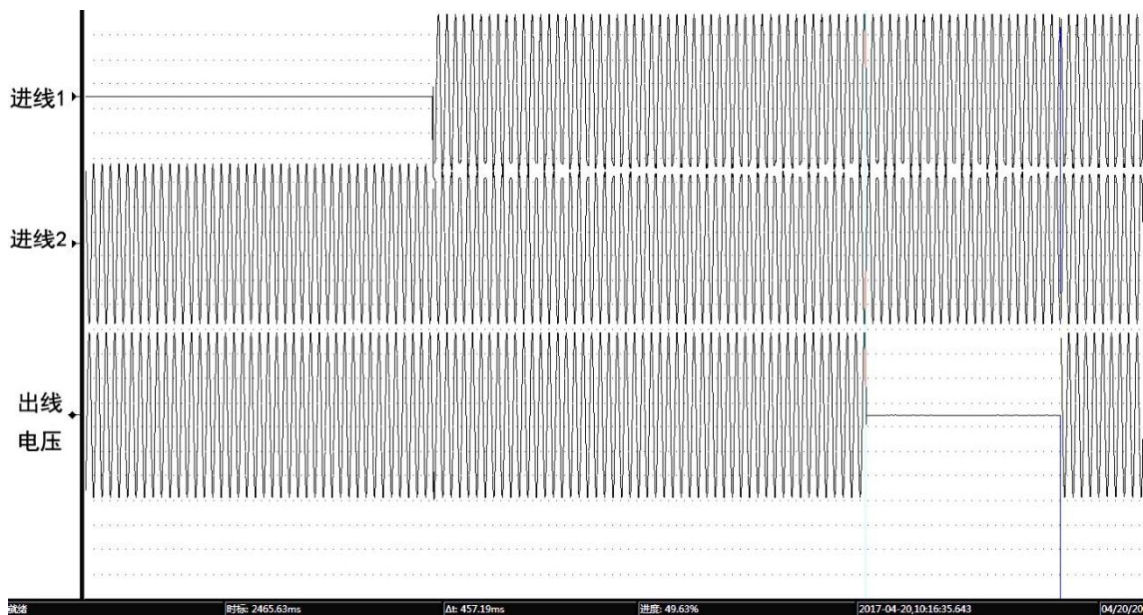


图 4 备用电源切换至常用电源时间

### 3.2 给煤机控制回路及热控逻辑优化

1. 给煤机设置远方及就地控制模式，远方控制设置 DCS 启动及 DCS 停止信号，DCS 启动设置自保持时间继电器 FS，时间继电器延时 2s（即自保持延时 2s）。当给煤机上级电源切换或故障时，控制回路自保持延时 2s 满足给煤机躲低电压能力的要求。

2. 给煤机控制回路自保持延时继电器延时与 DCS 跳闸信号延时配合：为保证给煤机 DCS 远方操作时可靠分闸，必须保证给煤机 DCS 跳闸延时大于控制回路自保持继电器自保持延时。核对热控 DCS 逻辑确定 DCS 跳闸信号延时为 3 秒，因此满足要求。

3. 热控 DCS 中关于给煤机跳闸逻辑是否满足电气躲低电压能力要求：给煤机运行信号取自给煤机就地柜 171 及 172 端子，PS 电源板输出继电器，PS 工作电源取自 380/110V 变压器，因此需要核对此信号在电气动力电源失电时（按 2 秒核对）是否会触发，但此信号与“磨煤机停止信号”组成与门，因此在电气低电压时也不会引起给煤机误跳闸，如图 6 所示。<sup>[4]</sup>

### 3.3 变频器参数优化

从图 5 中可以看出 ABB ACS800 具备躲低电压的能力，但参数需要进行优化。

1. 参数组 20.06 UNDERVOLTAGECTRL：激活或解除中

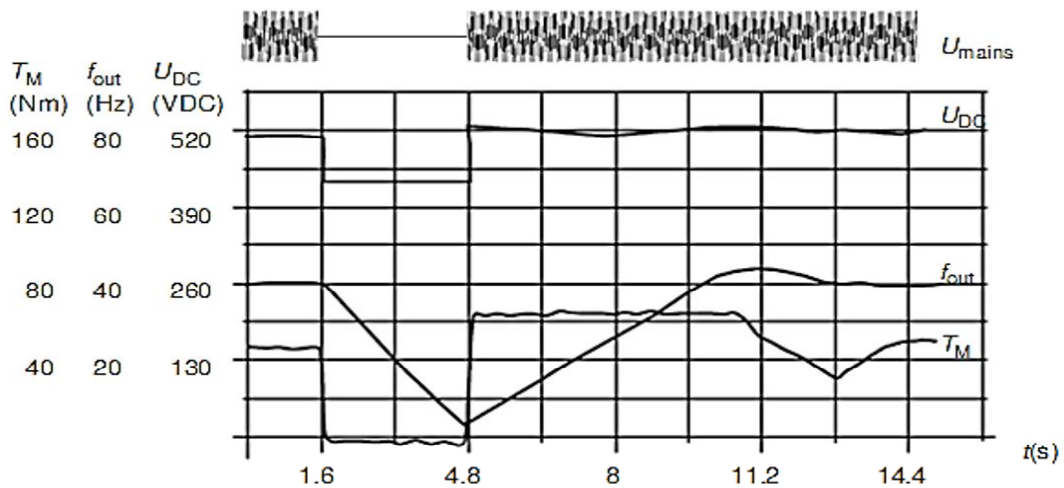


图5 ACS800变频器失电后波形图

注:  $U_{DC}$ =传动单元中间电路的电压,  $f_{out}$ =传动单元的输出频率,  $T_M$ =电机转矩

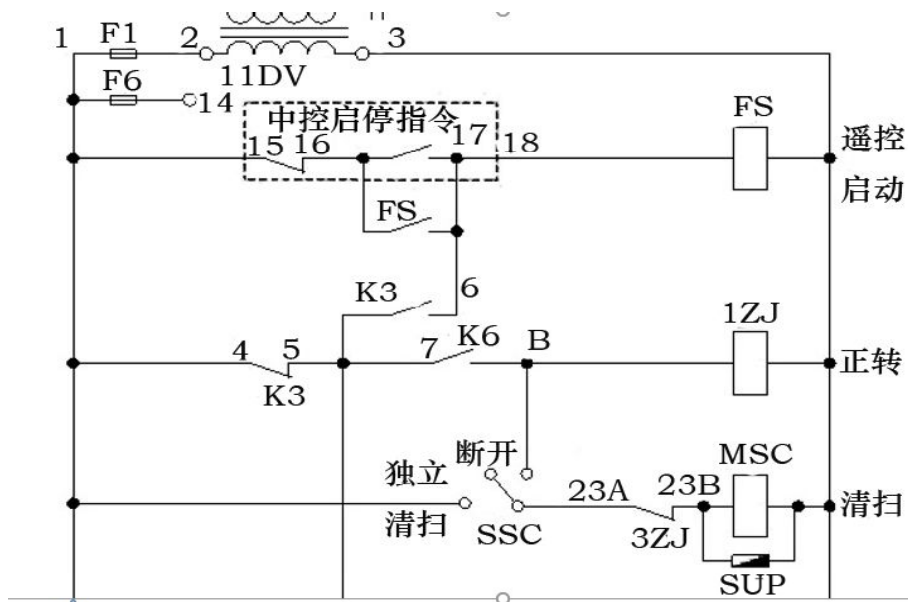


图6 给煤机控制原理图

间直流母线的欠压控制—激活;如直流电压因输入电源切断而降低,欠电压控制器会自动减小电机转速以保持电压在最低极限值之上。通过减小电机转速,负载的惯性将电流回馈到ACS 800,保持直流母线带电,并防止欠压跳闸一直到电机惯性停止。在大惯性负载系统中,如离心机或风扇,它的功能相当于一个临时电源(电源中断的情况下,由临时电源继续为系统供电);

2. 参数组 31.06 UNDERVOLTAGE: 激活直流母线欠电压故障的自动复位功能—激活;

3. 参数组 16.04 FAULT RESET SEL: 选择故障复位信号的信号源。传动单元故障跳闸,待故障排除后,该信号使传动单元复位 ---SEL;

4. 参数组 99.04 MOTOR CTRL MODE: 选择电动机的控

制模式 ---DTC 直接转矩控制;

5. 参数组 10.01 EXT1 STRT/STP/DIR: 外部启动、停机和转向控制信号源 ---DI1F DI2R;

6. 参数组 10.03 REF DIRECTION: 允许改变电动机的转向或固定转向 ---REQUEST;

7. 参数组 30.02 PANEL LOSS: 控制盘通讯中断时,ACS800 的动作情况—LAST SPEED, ACS800 产生一个告警信息,将速度保持为传动单元最后运转的速度值,而最后 10s 的平均速度决定了该速度值。<sup>[5]</sup>

### 3.4 试验结果

#1 机组给煤机空载运行情况下躲双电源切换暂态过程的试验进行了两次,结果相差较大,造成这一状况的原因:给煤机变频器选用 ABB ACS800 系列变频器,在输入电压

表1 #1 机组给煤机(空载)在双电源切换过程中试验情况(第一次试验)

	500 r/min	600 r/min	700 r/min	800 r/min	900 r/min	1000 r/min	1100 r/min
给煤机 1A	×	×	×	×	×	×	×
给煤机 1B	×	×	×	×	×	×	×
给煤机 1C	×	×	×	×	×	×	×
给煤机 1D	×	×	×	√	√	√	√
给煤机 1E	×	×	×	×	×	√	√

说明: (1) “×”: 试验失败; “√”: 试验成功; (2) 各给煤机电机检修后第一次启动运行

表2 #1 机组给煤机(空载)在双电源切换过程中试验情况(第二次试验)

	500 r/min	600 r/min	700 r/min	800 r/min	900 r/min	1000 r/min	1100 r/min
给煤机 1A	√	√	√	√	√	√	√
给煤机 1B	√	√	√	√	√	√	√
给煤机 1C	√	√	√	√	√	√	√
给煤机 1D	√	√	√	√	√	√	√
给煤机 1E	√	√	√	√	√	√	√

说明: (1) “×”: 试验失败; “√”: 试验成功; (2) 机组启动过程中, 各给煤机已经过长时间的试转;

瞬间丢失后, 传动单元将利用电机旋转的动能辅以转子剩磁为传动单元提供能量, 保持传动单元正常工作。

第一次试验时给煤机已经停运了40天左右且经过了检修, 转子基本没有剩磁, 第二次试验时是在机组启动过程中, 给煤机已运行了较长时间, 转子剩磁较大, 所以在双电源切换过程中第二试验成功。在以后的运行中应参照第二次试验结果。在某发电机组启动过程中对给煤机1B在负载情况(煤量: 25吨、转速253r/min)下进行了一次切换试验, 整个切换过程给煤机运行正常。具体结果见表1, 表2。

### 3.5 试验总结

(1) 给煤机在暂态穿越区( $\leq 20\% UN$ , 0.5s), 给煤机可以运行正常;

(2) 由于缺少相关试验仪器, 动态穿越区( $\geq 60\% UN$ ,  $\leq 5s$ )、稳态穿越区( $\geq 90\% UN$ ,  $\geq 5s$ )无法进行试验, 无法保证给煤机低电压穿越能力;

(3) 变频器各参数优化后确定了变频器掉电自保持时间为1.4s左右, 此时间从接入系统稳定性来看已基本满足躲系统低电压穿越能力要求;

(4) 双电源切换装置固有时间满足给煤机正常运行及躲低电压穿越能力需要(切换时间1.7s)。

## 4 结语

综上, 本文对低电压穿越能力进行简单的阐述, 并分析了各发电公司常用的躲低电压穿越方法, 提出了一种新型的躲低电压穿越的方法, 基于ASC800变频器的固有特性, 对变频器参数优化、控制回路优化、热控逻辑优化后的给

煤机具备躲过1.5s左右低电压穿越能力, 此时间已基本保证在系统振荡、故障或机组厂用电切换等原因引起的暂态低电压时给煤机可靠连续运行。

### 参考文献:

- [1] ASC800 固件手册标准控制程序 7.X[S]. 北京 ABB 电气传动系统有限公司, 2010.
- [2] (IEC61000-2-8: 环境 - 公共电力供应系统的电压骤降和短时中断, 统计测量结果 2002, IEC6100-2-12) 国际电工委员会标准 [S]. 上海, 2002.
- [3] 余伟权, 马智行, 傅富强, 周佳洁, 王琳, 王曙光. 提升给煤机低电压穿越能力的研究及应用 [J]. 发电设备, 2014, 28(01): 49-51.
- [4] 张伟. 低电压穿越保护能力改造在电厂辅机上的作用 [J]. 新疆有色金属, 2018, 41(S1): 91-92.
- [5] 惠海芝. 300MW 火电机组给煤机变频器低电压穿越能力的研究及应用 [D]. 华北电力大学, 2017.