

660MW火电厂厂用电临机供电技术改造浅析

唐红星

宁夏枣泉发电有限责任公司 宁夏银川 750001

摘要: 本文以某火电为例,为减少本厂外购电量降低生产成本,对现有厂用电系统进行升级改造,将两台机组的厂用电母线通过开关相连接,实现厂用电6kV母线手拉手相连,互为备用,减少外购电量及外购电费,降低生产成本,达到了公司降本增效的目的。

关键词: 火电厂;厂用电;技术改造;手拉手

引言:

近年来,随着我国电力政策环境变化和产业技术升级,分布式电源整县推动分布式光伏试点前所未有的踊跃,我国已进入新发展阶段,推进“双碳”工作是破解资源环境约束突出问题、实现可持续发展的迫切需要,是推动经济结构转型升级的迫切需要。推进“双碳”工作就必须推动能源革命,那就要立足我国能源资源禀赋,坚持先立后破、通盘谋划,传统能源逐步退出必须建立在新能源安全可靠地替代基础上。要加大力度规划建设以大型风光电基地为基础、以其周边清洁高效先进节能的煤电为支撑、以稳定安全可靠地特高压输电线路为载体的新能源供给消纳体系。根据当前电网实际需求,火力发电想在以后的电网中仍起到支撑性作用并能够在较长的一段时间内生存就必须进行升级改造,降低生产成本变得尤为重要。宁夏枣泉发电有限责任公司通过对现有的生产过程的深度剖析,致力于通过减少外购电量、降低外购电费为目标,兼顾提高生产过程的安全性,达到公司降本增效的目的。

1 设备概况

我公司现有两台 $2 \times 660\text{MW}$ 间接空冷机组,采用发电机-变压器组单元接线,发电机出口不设断路器(GCB)。发电机与主变压器之间采用离相封闭母线连接,以 750kV 一级电压接入 750kV 系统。

每台机组配置1台容量为 $60/36-36\text{MVA}$ 的分裂绕组高压厂变。每台机组的 6kV 厂用母线分为A、B两段,分别对应于高压厂变的两个低压侧分裂绕组,供成对设置的机炉电动机、变压器、脱硫负荷和部分公用负荷。厂区设置一处 6kV 公用段配电装置,布置于输煤综合楼。公用 6kV 配电装置设有A、B两段母线,分别由主厂房 6kV 工作段的1A、2A和1B、2B段供电。公用 6kV 配电装置的主要供电对象是煤场及其它公用负荷。

两台机组设1台容量为 $60/36-36\text{MVA}$ 的分裂绕组高

压启动/备用变压器,变压器高压侧为带有载调压分接头的分裂绕组变压器。启动/备用电源取自(110kV 蒋枣线)蒋家南变电站,启动/备用变自身不带公用负荷运行。

2 现状分析

近年来,我国大力发展以大型风光电基地为基础、以其周边清洁高效先进节能的煤电为支撑、以稳定安全可靠地特高压输电线路为载体的新能源供给消纳体系。火力发电厂作为当前电网支撑,必须具备检清洁高效先进节能等特点,故原有火电升级改造迫在眉睫。当前电网新能源装机快速增加,为了应发尽发,减少弃风弃光,火电机组每年都有较长的停备时间。虽然机组停运,但仍有部分低压负荷需要长时间运行,再加上停运机组已带的部分全厂公用负荷,都要由高压启动/备用变压器供电,即由电网供电,导致外购电量大量增加,产生大量外购电费,大大提高了火电厂生产成本。2018年至2020年,3年我公司平均外购电费517万元,为降低火电厂生产成本,减少使用外购电量,降低外购电费,考虑对 6kV 厂用电系统进行改造,利用运行机组带停运机组厂用电,具体方法为:在#1、#2机组 6kV 对应段(1A/2A、1B/2B)之间各加装一组(两台)联络开关,实现#1、#2机 6kV 厂用电源“手拉手”,单台机组停运后由运行机组接带停运机组的负荷。同时,特殊工况下满足邻机机组启动的要求,具备运行机组向停运机组联络供电的启动能力。并且在我公司备用电源 110kV 蒋枣线检修或启备变故障检修期间,两台机组可以相互作为备用电源供电,解决了我厂无其他后备电源问题,大大提高了机组运行安全性、可靠性。

3 改造方案

我公司 6kV 厂用电系统进行改造,利用现有的#1、#2机组 6kV (1A/2A、1B/2B)段的备用真空开关柜(1A12/2A12、1B12/2B12)馈线回路,改造相应的一、二次设备,由#1(#2)机组的 6kV A、B段分别向#2(#1)机组的 6kV A、B段提供调停/检修情况下的临时电源,

如下图所示（以A段为例）：

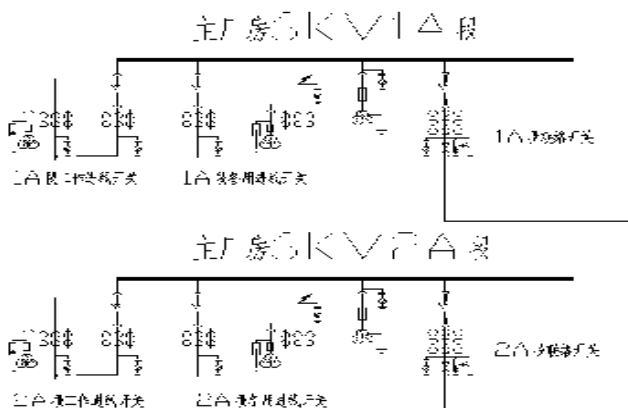


图 #1、#2 机组 6kV 1A/2A 接线

3.1 改造依据及标准

此次改造工作应遵守下列规程、标准、导则、规范和规定等（不限于此）：GB 50150-2016《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》、GBT 50976-2014《继电保护及二次回路安装及验收规范》、DL/T 995-2016《继电保护和电网安全自动装置检验规程》、DL/T 5161.1 ~ 5161.17-2002《电气装置安装工程质量检验及评定规程》、DL 5009.1-2014《电力建设安全工作规程》（第一部分：火力发电）、DLT 5153-2014《火力发电厂厂用电设计技术规程》、部颁《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》。

3.2 改造内容

改造范围#1、#2机组6kV母线段上的1A12、1B12、2A12、2B12备用馈线开关柜、#1、#2机组6kV母线段工、备电源进线开关柜以及相关DCS系统。主要改造内容如下表。

| 序号 | 项目 | 数量 | 改造内容 |
|----|----------------|-----|---|
| 1. | 断路器试验 | 4台 | 合、分闸试验、绝缘电阻、交流耐压试验、导电回路电阻、分闸和合闸电磁铁线圈的绝缘电阻和直流电阻、开关五防试验等 |
| 2. | 电流互感器试验 | 12台 | 绝缘、直阻、变比、极性、误差、伏安特性等 |
| 3. | 零序电流互感器更换、试验 | 4台 | 绝缘、直阻、变比、极性、误差、伏安特性等 |
| 4. | 避雷器试验 | 4台 | 绝缘、泄漏电流等 |
| 5. | 新的微机保护装置安装、调试。 | 4台 | 拆除原微机保护装置（CSC-326GC），更换成新的微机保护装置（CSD-213，无需重新开孔），更改开关柜内保护及二次回路相关配线，保护装置及二次回路调试。 |

| 序号 | 项目 | 数量 | 改造内容 |
|----|-------------|----|--------------------------|
| 6. | 多功能表校验 | 4台 | 多功能表校验。 |
| 7. | 继电器安装、校验 | 4台 | 继电器安装、校验。 |
| 8. | 电缆敷设、试验、接引 | | 按照设计图进行电缆敷设，高、低压电缆试验、接引。 |
| 9. | 通流、传动、带负荷试验 | | 逻辑功能正确，达到设计要求。 |

3.3 DCS逻辑

3.3.1 负荷限制

1) 在“6kV 1A/1B（2A/2B）段厂用电系统”及“6kV 2A/2B段厂用电系统”画面分别实时显示“6kV 1A/2A段电机总容量”及“6kV 1B/2B段电机总容量”，当#1机6kV 1A段与#2机6kV 2A段或#1机6kV 1B段与#2机6kV 2B段投运电动机总容量大于28000kW时，延时1秒报警，报警名称分别为“6kV 1A/2A段电机总容量预警”、“6kV 1B/2B段电机总容量预警”。当此报警发出时，提醒运行人员注意控制高压电机负荷，6kV 1A/2A段（6kV 1B/2B）段运行电动机总容量不允许超过29120kW。

2) 计算方法：通过判断断路器状态，累计#1机6kV 1A段与#2机6kV 2A段或#1机6kV 1B段与#2机6kV 2B段投运的高压电动机总额定功率，输煤及外围公用系统无法通讯的高压电动机可按照总功率的85%计入。

3.3.2 开关逻辑

以#1机6kV 1A段母线联络开关612A01为例：

3.3.2.1 DI信号

- 1) #1机6kV 1A段母线联络开关612A01“分闸位置1”；
- 2) #1机6kV 1A段母线联络开关612A01“分闸位置2”；
- 3) #1机6kV 1A段母线联络开关612A01“合闸位置”；
- 4) #1机6kV 1A段母线联络开关612A01“就地控制”信号；
- 5) #1机6kV 1A段母线联络开关612A01“装置告警、回路断线、弹簧未储能”信号；
- 6) #1机6kV 1A段母线联络开关612A01“保护动作”信号；
- 7) #1机6kV 1A段母线联络开关612A01“同步检查继电器闭锁”信号。

3.3.2.2 AI信号

- 1) #1机6kV 1A段母线联络开关612A01电流（4~20mA）-（0~1000A）；

2) #1机6kV 1A段母线联络开关612A01电度脉冲;

3) #1机6kV 1A段母线联络开关612A01有功功率(4~20mA);

3.3.2.3 DO信号

1) #1机6kV 1A段母线联络开关612A01“合闸指令”;

2) #1机6kV 1A段母线联络开关612A01“分闸指令”;

3.3.2.4 合闸允许:分馈线和进线两种状态

馈线状态:(以下条件同时满足)

1) #1机6kV 1A段母线联络开关612A01“分闸位置”;

2) #1机6kV 1A段母线联络开关612A01“远方控制”;

3) #1机6kV 1A段母线联络开关612A01无“装置告警、回路断线、弹簧未储能”信号;

4) #1机6kV 1A段母线联络开关612A01无“保护动作”信号;

5) #1机无跳闸,#2机6kV 2A段母线联络开关621A02“分闸位置”;

6) #1机6kV 1A段、#2机6kV 2A段运行电动机总容量小于29120kW。

进线状态:(以下条件同时满足)

1) #1机6kV 1A段母线联络开关612A01“分闸位置”;

2) #1机6kV 1A段母线联络开关612A01“远方控制”;

3) #1机6kV 1A段母线联络开关612A01无“装置告警、回路断线、弹簧未储能”信号;

4) #1机6kV 1A段母线联络开关612A01无“保护动作”信号;

5) #1机跳闸,#1机6kV 1A段工作电源进线611A开关分闸位置、#2机6kV 2A段母线联络开关621A02“合闸位置”;

6) #1机6kV 1A段、#2机6kV 2A段运行电动机总容量小于29120kW。

3.3.2.5 开关分闸

DCS内均不设限制条件。

3.4 接线方式

#1机组6kV 1A段母线上开关柜(10BBA12)与#2机组6kV 2A段母线上开关柜(20BBA12),#1机组6kV 1B段母线上开关柜(10BBB12)与#2机组6kV 2B段母线上开关柜(20BBB12)之间通过电缆进行“手拉手”,实现#1(#2)机组的6kV A、B段母线提供调停/检修情况下的临时供电。

3.5 运行方式

3.5.1 #1机组6kV 1A段母线联络开关612A01与#2机组6kV 2A段母线联络开关621A02,#1机组6kV 1B段母线联络开关612B01与#2机组6kV 2B段母线联络开关

621B02之间通过电缆进行“手拉手”,实现#1(#2)机组的6kV A、B段分别向#2(#1)机组的6kV A、B段母线提供调停/检修情况下的临时供电,检修机组的厂用电系统由启备变供电改为“手拉手”互联运行方式。

3.5.2 机组正常运行期间,两台机组6kV段母线联络开关必须处于冷备用状态。

3.5.3 检修结束后,启动循环水系统前检修机组将厂用电系统运行方式由“手拉手”互联运行方式改回启备变供电方式,并将两台机组6kV段母线联络开关转为冷备用状态。

3.5.4 6kV段母线联络开关作为进行开关时,须在两侧母线联络开关合闸后,方可投入本开关柜上的“对侧联跳压板”;运行机组侧母线联络开关保护动作跳闸时联跳检修机组侧相应母线联络开关。

3.5.5 运行机组6kV段母线联络开关保护装置“对侧联跳压板”不投。

3.5.6 运行机组6kV段母线联络开关合闸前须合上本开关柜内的“备用电源电压”小开关。

3.5.7 当6kV厂用电系统由备用电源向联络电源切换前,需将母线联络开关柜内的“备用电源电压”小开关分闸,“对侧母线电压”小开关合闸。

3.5.8 当6kV厂用电系统由联络电源向备用电源切换前,需将母线联络开关柜内的“对侧母线电压”小开关分闸,“备用电源电压”小开关合闸。

3.5.9 6kV段母线联络开关柜内的“对侧母线电压”和“备用电源电压”切换开关严禁同时合闸,操作时须先分后合。

3.5.10 6kV厂用电系统备用电源与联络电源相互切换前,须在运行机组厂用快切装置查看相角差小于 11° ,查看两台机组6kV段母线电压差小于200V。

3.5.11 6kV厂用电系统备用电源与联络电源相互切换时采用顺控切换,严禁手动切换。

3.5.12 如自动切换条件不满足时,确需#1、#2机组厂用电系统手拉手互联运行时,需采取冷倒方式。

3.5.13 机组任一6kV段母线检修时需将两侧母联开关柜内接地刀闸合闸。

3.6 功能限制

3.6.1 #1、#2机组6kV厂用电系统为互联运行时,1A段/2A段(1B段/2B段)母线的电动机投入总容量不能超过29120kW。

3.6.2 当#1机6kV 1A段、#2机6kV 2A段母线电动机总容量大于28000kW,延时1秒报警。

3.6.3 当#1机6kV 1B段、#2机6kV 2B段母线电动机

总容量大于28000 kW，延时1秒报警。

3.6.4计算方法：通过判断断路器状态，累计#1机6kV 1A段与#2机6kV 2A段或#1机6kV 1B段与#2机6kV 2B段所投入的高压电机总额定功率，输煤及外围公用系统无法通讯的高压电机按照总功率的85%计入。

3.7 传动试验

分别模拟各保护动作，对各开关跳闸回路传动，保护跳开关动作应正确，同时检查DCS内相关信号指示应正确。对各开关连锁跳闸、闭锁合闸回路及逻辑传动，开关动作正确，同时检查DCS内相关信号指示应正确。

3.8 带负荷试验正常

投入保护功能压板，分别合上1A12、1B12、2A12、2B12开关，保证带上一一定负荷（二次侧电流不小0.5A），对各开关柜微机保护装置（CSD-213）分别进行检查，确认电流幅值及相量、差流、信号是否正常，除测定三相电路及差回路电流外，还必须检测中性线的不平衡电流，以确保回路的完整正确。

3.9 投入运行

检查确认电流、相量、信号都正常后投入运行。

3.10 互联运行期间注意事项

3.10.1 监视#1、#2机组1A段/2A段（1B段/2B段）母线电动机总容量不超过28000kW。

3.10.2 #1、#2机组1A段/2A段（1B段/2B段）母线电动机总容量达到报警时，及时调整运行方式降低母线电动机总容量。

3.10.3 运行期间，不得启动检修机组引风机等超过1000kW的电动机（引风机、送风机、一次风机、循环水泵、凝结水泵、电动给水泵）。

3.10.4 因#1、#2机组母线联络开关柜均带接地刀闸且与对侧开关无连锁，在送电前必须检查母线联络开关对侧接地刀闸在分闸状态。

4 改造后效果

1) 改造前，当启备变间隔电气设备检修或故障时，两台机组均将失去备用电源，对于机组的安全运行将带来影响，存在巨大安全隐患。改造后，临机可相互提供备用电源，机组发电更有保障，确保企业稳定生产，保证电力能源供应，间接社会效益显著。

2) 两台机组正常运行时，任一机组正常停运、检修或发生故障申请停机及调度安排调停时，可通过6kV厂用电源手拉手开关运行机组为停运机组带厂用电，以最大限度的降低外购电量的使用，经济效益显著。

3) 从电网取电与从邻机取电电价差额约为0.1315元/度，取值依据为2021年1月份国网宁夏电力有限公司电

费通知单，当月峰时电价0.5309元/千瓦时，平时电价0.39100元/千瓦时，谷时电价0.25113元/千瓦时，其平均值为0.391元/千瓦时。

2019年国家电网有限公司与宁夏枣泉发电有限责任公司电能交易购售输电合同中交易价格，上网电价为0.2595元/千瓦时。

从电网取电与从邻机取电电价差额为：0.391-0.2595=0.1315元/千瓦时。

4) 2018年-2020年外购电量统计数据如下：

| 年度 \ 电量 | 1号机组 (万千瓦时) | 2号机组 (万千瓦时) | 合计 (万千瓦时) |
|---------|----------------|----------------|--------------|
| 2018年 | 785.58 | 383.65 | 1169.23 |
| 2019年 | 575.60 | 417.10 | 992.71 |
| 2020年 | 551.85 | 961.82 | 1513.67 |
| 总计 | | | 3675.61 |

5) 2018年度到2020年停机情况统计数据如下：

2019年2月1日13:02至3月1日7:21 #2机组调停期间使用启备变电量为例，停机过程中电量：以厂用电切换完成到凝结水泵停运期间使用启备变电量约为19.8万kwh；启机过程中电量：以凝结水泵启动到完成厂用电系统切换期间使用启备变电量约为22万kwh。2018年至2020年，折3年的启停机统计情况来看，启停机总共26次，每次按40万电量计算，启停机（必须由启备变带）共使用外购电费：40*26=1040万元。

调停或检修期间由临机带所节省的费用：(3675.61-1040)*0.1315=346.58万元。即启停机过程不计算的前提下，3年可节省外购电费346.58万元，平均每年可节省115.52万元，本次改造总投资171.2万元，预计投运1年半时间内就能够收回成本。

5 结束语

综上所述，针对目前我国推进“双碳”工作，推动能源革命，以清洁高效先进节能的煤电为支撑需求，对火电厂现有厂用电系统进行升级改造，实现由#1（#2）机组的6kV A、B段分别向#2（#1）机组的6kV A、B段提供调停/检修情况下的临时电源，即在单元机组停机后，由运行机组带停运机组的负荷，从而减少外购电量及外购电费，降低生产成本，经济效益显著，达到火电厂降本增效的目的。

参考文献：

[1] 穆建忠. 浅谈发电机组厂用电手拉手互为备用技术改造[J]. 科技创新导报, 2017(18): 42-43.

[2] 吕喆. 国华电力发电机组厂用电率现状分析及探讨[J]. 电力技术, 2010(1): 15-18.