

[起备变]

一种基于电力现货模式的 6 kV 系统接线调整方法及评价

文/ 珠江电厂 唐煜安

为配合电力现货市场交易，发电厂电量关口计量点由输电线路侧调整至发电机变压器组高压侧和起备变压器高压侧，起备变压器电量按外购电量计费，为减少起备变压器的外购电量，提高发电厂经济效益，在保证系统安全性和可靠性前提下，提出了一种对 6 kV 系统接线和运行方式调整的方法。

珠江电厂为 20 世纪 90 年代建设投运的发电厂，机组容量为 4×320 MW，每两台机组配置一台起备变压器，起备变压器除了带机组发电所需的公用辅助设备外，还作为机组起动停机电源以及厂用段的备用电源。原电量关口计量点设置在 220 kV 输电线路侧用于计算上网电量，起备变压器直接接入 220 kV 母线，作为厂用电负荷，不计外购电量。为配合电力现货市场交易，对于资产产权在发电厂侧的，需要以发电厂机组为最小单元参与市场交易，电量关口计量点调整至发电机变压器组高压侧和起备变高压侧，起备变压器电量按外购电量计费，外购和上网电价价格差将提高电厂运营成本。为了提高发电厂经济效益，在保证系统安全性和可靠性前提下，研究出了一种通过调整 6 kV 系统接线和运行方式减少起备变压器外购电量的方法。

调整前 6 kV 系统接线和运行方式

调整前珠江电厂 6 kV 系统接线方式如图 1 所示，为 20 世纪 90 年代建设投运电厂比较典型的接线方式，两台发电机组和一台起备变压器组成一个发电单

元，高厂变压器高压侧接至发电机输出端，为满足发电厂在发电过程中必要的发电辅助设备及环保设备提供厂用电，起备变压器高压侧接在 220 kV 母线，低压侧给发电所需的公用系统设备供电，每台起备变压器作为本单元两台机组厂用电系统的备用电源，两个发电单元中的两台起用变压器之间互为备用，可以间接作为另一发电单元机组厂用电系统的备用电源。

正常运行时，高厂用变压器带各自机组厂用段负荷运行，起备变压器带公用段负荷运行，并作为厂用段的备用电源。当机组高厂用变压器跳闸时，备用电源自投带相应的厂用段负荷；当机组起动或停机时，备用电源带厂用段起动或停机负荷，以第一发电单元为例，起备变压器作为厂用段备用电源时，650a/b 长期合闸，610a/b、620a/b 分别作为厂用 I A/B 段、厂用 II A/B 段备用电源开关，并配置了快速切换装置。每一发电单元的起备变压器带各自公用段负荷运行，当任一发电单元中起备变压器跳闸后，另一发电单元起备变压器作为备用电源自投带两个发电单元的公用段负荷；当任一发电单元中起备变压器停电检修时，另一发电单元起备变压器带两个发电单元公用段负荷运

行；两台起备变压器互为备用时，600 I a/b 长期合闸，两个发电单元的公用段构成单母分段的运行方式，600 II a/b 作为两段母线的备用电源，配置了快速切换装置。上述接

线方式将两个发电单元的 6 kV 系统紧密连接起来，最大程度地确保 6 kV 系统电源的可靠性和安全性。

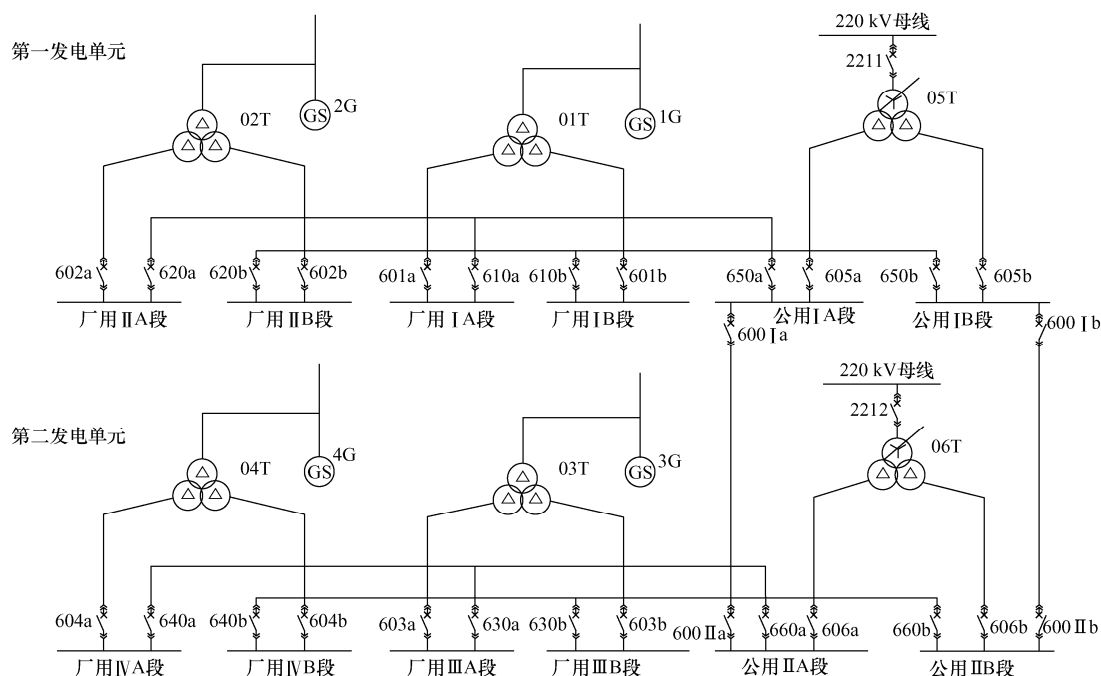


图 1 调整前珠江电厂 6 kV 系统接线方式

6 kV 系统接线和运行方式调整可行性评估

为了提高经济效益，需要从减少起备变压器带负荷时间和降低起备变压器带负荷容量两方面着手，不降低系统可靠性和安全性。调整方案考虑将起备变所带的公用段负荷转移至高厂变压器带，起备变压器提供机组起停电源并作为厂用段备用电源，调整后改变了起备变压器，高厂变压器各种运行方式下所带的负荷容量和电源开关备自投切换容量需要对调整方案中各种运行方式进行评估校核。

近年来，由于电厂环保设备增加，机组厂用段负荷和公用段负荷随之增加，以负荷计算容量为依据核算的结果是高厂变压器高低压侧绕组容量均不满足要求，但实际运行中大部分设备属于主备或冗余配置，实际运行容量较计算容量小，运行历史数据显示公用段正常运行时最大负荷率小于起备变压器 20%，各厂用段最大负荷率为高厂变压器的 40%~65%。调整方案的可行性评估核算以历史运行数据为依据，通过核算，高厂变压器和起备变压器容量满足各种运行方式的要求，起备变压器

容量满足各种运行方式下备用电源自投容量要求，各种运行方式下母线电压水平校验，母线短路水平校验，倒闸操作时高厂变压器与起备变并列运行环流计算，均满足规范要求。

调整后 6 kV 系统接线和运行方式

方案将原 6 kV 公用段母线分为公用电源母线段及公用负荷母线段，即将起备变压器低压侧电源开关向厂用段供电的备用电源开关，以及与另一发电单元 6 kV 公用段互为备用电源的联络开关合成为公用电源母线段，其他负荷开关合成为公用负荷母线段。公用电源母线段仍作为备用电源，公用负荷母线段作为一个整体负荷转移至厂用段母线带。调整后珠江电厂 6 kV 系统接线方式如图 2 所示。

以第一发电单元为例，将原公用 I A/B 段母线拆分为公用 I A/B 段电源段和公用 I C/D 负荷段，公用 I A/B 电源段母线所挂间隔为 605a/b、650a/b、600 I a/b 和公用 I A/B 电源段母线 TV，公用 I C/D 负荷段母线所挂间隔为公用系统负荷间隔、公用 I C/D 负荷段进线电源刀

开关和公用 I C/D 负荷段母线 TV。在保持原系统其他一次接线和开关控制回路不变的基础上,增加了厂用 I A/B

段、厂用 II A/B 段至公用 I C/D 负荷段的开关 601c/d、602c/d, 在公用 I C/D 负荷段增加了进线电源开关 6051c/d。

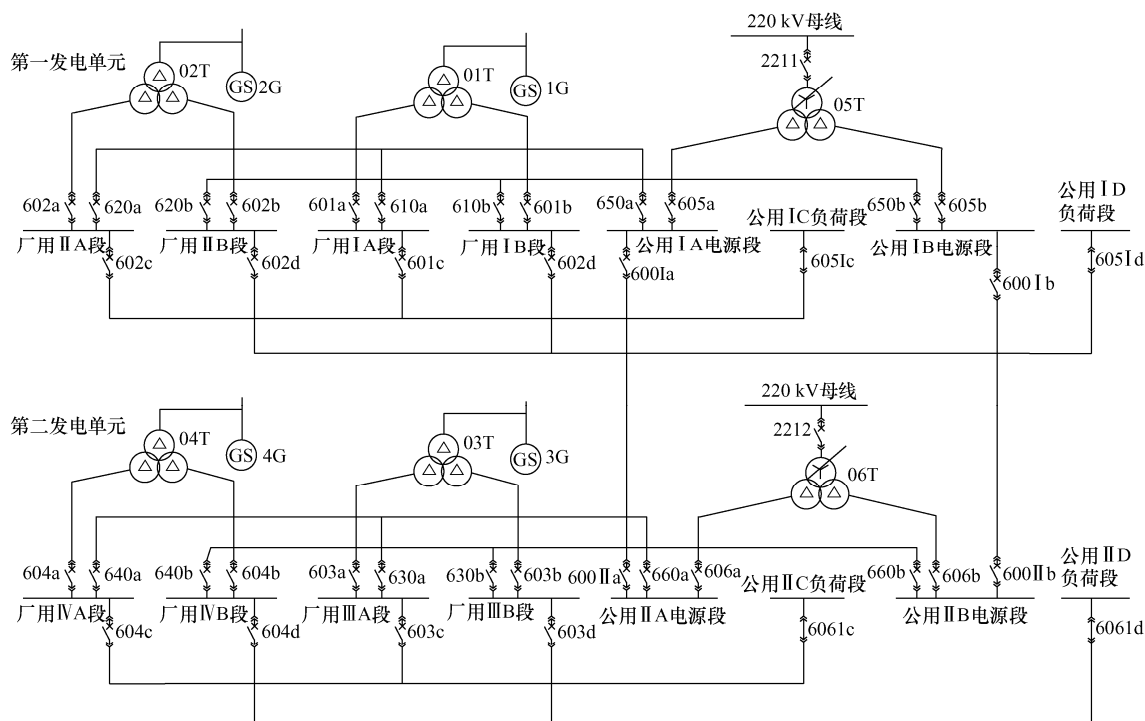


图 2 调整后珠江电厂 6 kV 系统接线方式

正常运行时,高厂变压器带各自机组的厂用段负荷运行,起备变变压器带公用电源段空载运行,并作为厂用段的备用电源,当机组高厂变压器跳闸时,备用电源自投带相应的厂用段负荷,当机组起动或停机时,备用电源带厂用段起动或停机负荷。当一个发电单元中有一台机组处于停机备用状态时,其厂用段负荷可由相邻运行机组带,起备变压器仍带公用电源段空载运行。起备变压器作为厂用段备用电源,两个发电单元中起备变压器互为备用的运行方式与调整前保持一致。从而在确保不降低系统可靠性和安全性的前提下减少了起备变压器外购电量。具体运行方式以第一发电单元为例,厂用 I A/B 段带公用 I C/D 负荷段时,601c/d 合闸,602c/d 断开,6051c/d 刀开关合上;当 01T 停电时,由 02T 通过厂用 II A/B 段带公用 I C/D 负荷段,601c/d 断开,602c/d 合闸,6051c/d 刀开关合上,公用 I C/D 负荷段也可以由厂用 II A/B 段带,可根据运行需要切换。

调整方案评价及经济性分析

1) 为了保证运行机组的安全, 相邻机组起停机

过程的厂用母线段负荷由起备变压器带动，机组起停结束后将起备变压器转为空载运行，停机负荷可切换至相邻运行机组带动，既能保证机组起停期间不对相邻机组安全运行造成影响，又在一定程度上减少了起备变压器的外购电量。

6 kV 系统运行方式调整方案于 2020 年上半年实施完成。最近 4 年起备变压器有功电量见下表, 2020 年外购有功电量已明显减少, 其中 2020 年有功电量根据下半年有功电量的两倍折算 (据统计, 历年来起备变下半年有功电量约为全年的一半)。按外购有功电量与有功发电成本电价差 0.29 元/kW·h 计算, 与调整前年平均外购有功电量比较, 2020 年共减少 3 888 万 kW·h 有功电量, 节省 1 127 万元外购有功电量费用。另外电网对功率因数低于 0.9 的用电负荷按一定比例收取功率因数考核费, 在固定的功率因数下考核费与外购有功电量成正比, 与 2019 年相比, 2020 年节省 121 万元功率因数考核费用, 2020 年总共节省费用 1 248 万元。

表 最近4年起备变压器有功电量

(单位: 万 kW·h/a)

年 份	1 [#] 起备变压器 (05T) 电量	2 [#] 起备变压器 (06T) 电量	总电量	平均电量
2017	2 619	3 546	6 165	
2018	3 215	3 320	6 535	6 128
2019	2 516	3 169	5 685	
2020	1 016	1 224	2 240	2 240

2) 厂用电系统切换方式可以维持原有的快速切换方式, 不需调整快切装置及回路, 厂用电切换方式不变, 运维人员容易适应。

3) 公用负荷的供电方式更加灵活, 可以分别从两个厂用母线段来供电, 两台起备变压器同时停电也不影响公用负荷供电。

4) 厂用电系统的安全性和可靠性与调整前保持一致, 保留了起备变作为两台发电机组备用电源的功能, 也保留了第一、第二单元两台起备变压器互为备用的功能。

结束语

在电力现货市场交易模式下, 通过调整 6 kV 系统接线方式, 减少起备变外购电量, 提高经济性, 同时不降低系统安全性和可靠性, 调整后运行方式更灵活。基于典型厂用电接线方式的调整方法, 对有类似厂用电接线方式的老电厂有一定借鉴意义。EA

(收稿日期: 2021.02.02)

ABB 为全球最大反渗透式海水淡化项目提供配电解决方案

塔维勒水厂位于阿布扎比以北约 45 km 处, 采用反渗透技术对海水进行淡化, 供当地社区和工业使用。该项目将从规模、效率和每吨淡水极低的生产能耗成本为行业设定新的基准。

阿布扎比塔维勒水厂将于 2022 年第四季度投运, 预计将日产淡水 909 200 t。该水厂将在满足高峰用水量方面发挥关键作用, 预计 2017—2024 年间, 该地区高峰用水量将增长 11%。

作为全球电气技术的领导者, ABB 积极参与到塔维勒水厂项目建设中, 携手项目 EPC 总承包方山东电力建设第三工程有限公司, 为项目提供领先的中低压电气解决方案, 保证供电连续性, 提高系统运行效率, 降低维护成本。ABB 将向该海水淡化项目提供 30 台 UniGear ZS3.2 中压开关柜和 250 台 MNS Digital 低压开关柜。

“我们非常自豪, ABB 的技术将用于塔维勒水厂, 这将有助于阿联酋实现建设更可持续、自主和高效的水和能源设施的目标。预计投产后, 该水厂将满足 35 万多户家庭的用水需求。水显然是一个国家繁荣和增长的关键因素, 3 月 22 日是世界水日, 我们很高兴为打造安全、智慧和可持续的未来贡献力量”, ABB 电气中东和非洲负责人 Loay Dajani 表示。

在配电系统中, 开关柜用于控制、保护和隔离电气设备, 确保连续供电。已交付的 ABB MNS 开关柜将智能

设备与数据接口结合, 支持开关设备的远程操作监控和基于状态的维护。

在项目中, ABB 还提供了广泛的中低压电机和变频器, 确保工厂水泵的高效稳定运行。ACS580MV 中压变频器将电机的速度和扭矩与水泵需求相匹配, 从而实现节能。

ABB 电气中国总裁赵永占表示, 供电可靠性和电能管理对海水淡化工程的长期可靠运行及高效运营至关重要, ABB 能够为海水淡化项目提供完整的电气解决方案。在中国, 为中国和世界, 我们很荣幸与全球知名 EPC 总承包商山东电力建设第三工程有限公司携手合作, 为阿布扎比这一标志性的项目提供领先的配电技术。ABB 致力于为成为中国企业的优选合作伙伴, 期待我们利用各自的优势在全球市场实现合作共赢。”(来源: ABB)

