

# 火电机组 APS 预选逻辑优化与应用

王南洋<sup>1</sup>, 欧阳智<sup>2</sup>

(1. 中国电力科学研究院有限公司, 北京 100192; 2. 神华国华印尼爪哇发电有限责任公司, 雅加达 40115)

**摘要:**介绍了火电机组自启停控制系统的现状,总结出现阶段火电机组自启停控制系统应用受限的一些原因。在尽量不改变现场设备配置的情况下,从软件优化方面来提高 APS 系统的适用性。从提高 APS 控制系统适用性、投入效果角度出发,对互为备用设备的两选逻辑、三选逻辑进行分析,逐步进行优化,减少 APS 系统执行过程中的中断现象,提高机组自启停效率到 95%。在多种类型的火电机组自启停控制系统的设计与实施方面具有很高的参考价值 and 意义。

**关键词:**火电机组;APS;预选逻辑;两选逻辑;三选逻辑

**中图分类号:**TK323.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)05-0222-06

神华国华印尼爪哇 7 号项目是中国出口海外的首台百万机组以及印尼目前单机容量最大的超超临界燃煤发电机组,配套北京巴威锅炉厂有限公司生产的超超临界 B&WB-3100/28.25-M 型锅炉,上海电气集团股份有限公司生产的超超临界 N1055/27/600/600 型汽轮机,上海电气集团股份有限公司生产的 QFSN-1073-2 型发电机。热工控制系统采用北京国电智深控制技术有限公司的 EDPF-NT 分散控制系统,配备一键启停功能。

APS(automatic plant start-up and shutdown system)通常是指机组自启停控制系统。发电机组按照设计的先后顺序、规定的时间和各控制子系统的运行情况,通过大量的条件和逻辑判断自动启停工艺过程中的相关设备,协调机、炉、电各系统的控制,在极少量人工干预的情况下,自动完成整台机组的启停<sup>[1-4]</sup>。目前,随着中国电力行业的发展,国内电厂设备自身的可控性和可用率已经大幅提高,APS 实现方式基本均为分层顺控结构。由于火电机组工艺过程复杂多变,APS 在设计和实施方面还存在一些问题,所以燃煤机组实现 APS 功能的机组还为数不多,文献[5-15]分别从火电厂自启停控制系统控制范围、断点设置、功能组设置详细讲解了 APS 设计的流程及实施方案,但均没有从提高 APS 的利用率出发进行逻辑设计与优化。本文从提高 APS 利用率的角度出发进行逻辑

设计优化与应用。

## 1 功能需求分析

根据目前火电机组现场配套的设备,APS 无法达到一键启停的总目标,但是可以根据一键启停的总目标进行 APS 逻辑画面设计优化,使 APS 系统在保证安全的前提下可知、可控,最终达到经济、减轻人员劳动强度的目标。现有 APS 逻辑画面的不足主要体现在容错能力不足、智能化程度不高、执行“一键启停”操作前要先满足很多准备条件,人机界面设计不合理等。

1)APS 设计初衷应该是尽量少地采用手动干预,尽量大的发挥 APS 的优势,无论机组或工艺系统处于何种状态,APS 控制系统都应该能自动识别机组或工艺系统所处的状态,然后对应执行相应的功能。

2)APS 至少应包括设备状态监视、设备运行管理等内容。设备状态监视是对所有电气设备、阀门、挡板、执行机构的运行与否、开关情况以及远方就地状态等的监视与管理。设备运行管理主要是对冗余配置的泵、风机等设备设置预选或工作位以及对应的联锁备用管理。

3)APS 设计和实施的主要难点是结合机组复杂的工艺流程及运行方式,合理地整合电厂相关系统。分层顺序控制是实现 APS 的一种有效方法,控制的关键在于要考虑设备启停过程中的各种情况,

**收稿日期:**2022-10-13

**作者简介:**王南洋(1990—),男,河北廊坊人,中国电力科学研究院有限公司,工程师,硕士,研究方向为热工自动化、机组自启停、APS、智慧电厂、协调优化;欧阳智(1983—),男,天津人,神华国华印尼爪哇发电有限责任公司,高级工程师,研究方向为火电厂运行管理与优化、机组自启停、APS、智慧电厂、协调优化。

应自动区分系统的启动工况与设备状态,并选择相应的功能步序执行,具有高度的智能化。

2 APS 逻辑设计优化

2.1 两个设备预选逻辑优化

一个工艺系统有两个互为备用的马达,启动此系统时,可以按照以下顺序启动:①启动马达 A;②马达B投入备用。然后监测工艺系统运行参数是否正常即可。这样看起来控制逻辑更为简单,但是存在不灵活的问题,根据工艺需求不应该启动 A 设备,投入 B 设备备用,而是应该启动 B 设备,投入 A 设备备用,这时此逻辑就不能应用,逻辑的可用性太差。

对逻辑进行优化,加入预选逻辑,在启动此工艺系统前,运行人员可以选择哪个设备为预选设备,然后按照以下顺序启动此工艺系统:①启动预选的设备;②非预选的设备投入备用。然后监测工艺系统运行参数是否正常即可。

这样启动看起来简单,节省启动时间,逻辑的可用性也提高了,但是此逻辑还存在问题,此启动逻辑起不到检测备用逻辑或者检测备用逻辑中所涉及的触发备用逻辑测点的作用。

本文对此逻辑进行优化,在启动此工艺系统前,运行人员可以选择哪个设备为预选设备,然后按照以下顺序启动此工艺系统:①启动非预选的设备;②预选的设备投入备用;③停掉非预选设备,这时候由于预选的设备备用投入,预选的设备会联锁启动;④非预选设备投入备用。此逻辑起到测试备用逻辑及测点的效果,更加符合机组启动的工艺流程。

可见如果一个工艺系统有两个设备互为备用,机组自启停系统在启动此系统过程中,一定会涉及两个马达预选位选择的问题,因为在启动这样的系统过程中,均会设计设备预选逻辑。

但是上述逻辑也存在问题,假如启动此工艺系统时,两个设备中有一个设备正在检修或处于挂起状态,这时用上述的控制逻辑就没有办法正常启动此工艺系统。如果有一个设备处于挂起或检修状态,或者是机组处于热态阶段,此系统已经正常运行,一台设备正常运行,另外一台设备处于备用状态,机组自启停控制系统启动时,应该如何操作呢?

再次对互为备用冗余的设备控制逻辑进行优化,设计预选逻辑,如图 1 所示,APS 投入后,系统自动默认预选设备为设备 A,设备 B 默认为非预选状态,但是允许运行人员根据现场实际情况进行手动预选。设备 B 挂起或故障时,设备 B 已经运行且设备 A、B 均未有挂起或故障时,这两种情况必须选择设备 A 为预选设备,运行人员无法进行干预。设备 A 挂起或故障时,设备 A 已经运行且设备 A、B 均未有挂起或故障时,这两种情况必须选择设备 B 为预选泵。当设备 A、B 均未挂起或故障,且两台设备均未运行时,运行人员可以根据现场情况自由选择设备 A 或设备 B 为预选设备。

设计是否进行设备切换试验逻辑,如图 2 所示,如果设备均没有问题,APS 投入后,默认为进行设备切换试验,允许运行人员根据现场实际情况再次进行选择。设备 A、B 有任何一个设备处于挂起状态或有故障状态,系统会自动判断为不进行设备切换试验。

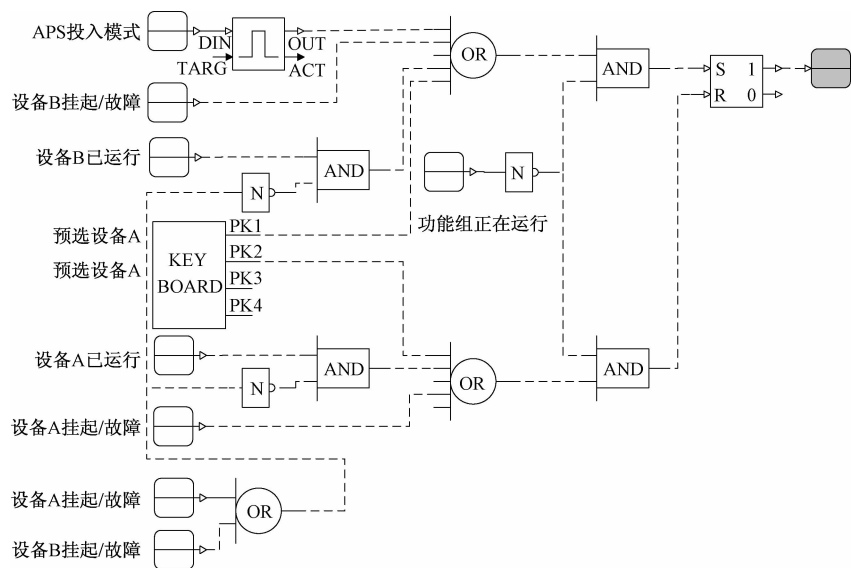


图 1 两个设备预选逻辑

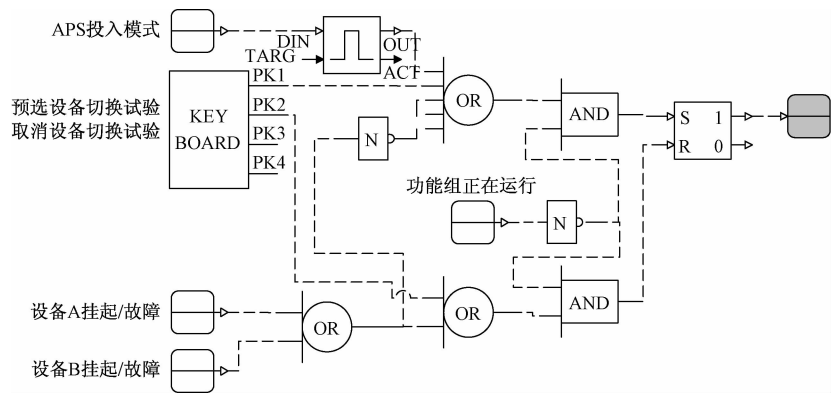


图 2 两个设备切换试验预选逻辑

根据设计的预选逻辑以及是否进行设备切换试验逻辑对系统启动逻辑进行设计,按照以下顺序启动此工艺系统:①判断是否进行切换试验,默认执行,若不进行切换试验直接跳转到第 6 步执行,否则执行第 2 步;②若执行切换试验,启动非预选的设备;③预选的设备投入备用;④停掉非预选设备,这时候由于预选的设备备用投入,预选的设备会联锁启动;⑤非预选设备投入备用;⑥若不进行切换试验,直接启动预选的设备,并提示未进行切换试验。此逻辑不仅起到测试备用逻辑及测点的效果,而且对系统启动的适应性更强,能够适应多种不同工况的系统启动,更加符合机组自启停系统设计的初衷。

2.2 3 个设备预选逻辑优化

3 个设备互为备用,一般两个设备运行,一个设备备用,设定工作位 1,工作位 2,工作位 3 来区分 3 个设备。正常情况下 3 个设备预选逻辑,APS 投入后,系统自动默认设备 A 为工作位 1,设备 B 为工作位 2,设备 C 为工作位 3,但是允许运行人员根据现场实际情况进行手动切换。

1)3 个设备均未挂起或故障,设备 A 运行时,设备 B、C 均未运行时,设备 A 为工作位 3,设备 B 为工作位 1,设备 C 为工作位 2。

3 个设备均未挂起或故障,设备 B 运行时,设备 A、C 均未运行时,设备 B 为工作位 3,设备 A 为工作位 1,设备 C 为工作位 2。

3 个设备均未挂起或故障,设备 C 运行时,设备 A、B 均未运行时,设备 C 为工作位 3,设备 A 为工作位 1,设备 B 为工作位 2。

3 个设备均未挂起或故障,设备 A、B 运行时,设备 C 未运行时,设备 A 为工作位 3,设备 B 为工作位 2,设备 C 为工作位 1。

3 个设备均未挂起或故障,设备 A、C 运行时,设备 B 未运行时,设备 A 为工作位 3,设备 C 为工

作位 2,设备 B 为工作位 1。

3 个设备均未挂起或故障,设备 B、C 运行时,设备 A 未运行时,设备 B 为工作位 3,设备 C 为工作位 2,设备 A 为工作位 1。

2)设备 A 挂起或故障时,设备 B、C 均未运行时,设备 B 为工作位 1,设备 C 为工作位 2,设备 A 为工作位 3。

设备 A 挂起或故障时,设备 B 运行、C 未运行时,设备 B 为工作位 1,设备 C 为工作位 2,设备 A 为工作位 3。

设备 A 挂起或故障时,设备 B 未运行、C 运行时,设备 B 为工作位 1,设备 C 为工作位 2,设备 A 为工作位 3。

设备 A 挂起或故障时,设备 B、C 均运行时,设备 B 为工作位 1,设备 C 为工作位 2,设备 A 为工作位 3。

3)设备 B 挂起或故障时,设备 A、C 均未运行时,设备 A 为工作位 1,设备 C 为工作位 2,设备 B 为工作位 3。

设备 B 挂起或故障时,设备 A 运行、C 未运行时,设备 A 为工作位 1,设备 C 为工作位 2,设备 B 为工作位 3。

设备 B 挂起或故障时,设备 A 未运行、C 运行时,设备 A 为工作位 1,设备 C 为工作位 2,设备 B 为工作位 3。

设备 B 挂起或故障时,设备 A、C 均运行时,设备 A 为工作位 1,设备 C 为工作位 2,设备 B 为工作位 3。

4)设备 C 挂起或故障时,设备 A、B 均未运行时,设备 A 为工作位 1,设备 B 为工作位 2,设备 C 为工作位 3。

设备 C 挂起或故障时,设备 A 运行、B 未运行时,设备 A 为工作位 1,设备 B 为工作位 2,设备 C

为工作位 3。  
设备 C 挂起或故障时,设备 A 未运行、B 运行时,设备 A 为工作位 1,设备 B 为工作位 2,设备 C 为工作位 3。  
设备 C 挂起或故障时,设备 A、B 均运行时,设备 A 为工作位 1,设备 B 为工作位 2,设备 C 为工作

位 3。  
设计是否进行设备切换试验逻辑,如图 3 所示,如果设备均没问题,APS 投入后,默认进行切换试验,允许运行人员根据现场实际情况进行再次选择。设备 A、B、C 有任何一个设备处于挂起状态或故障状态,系统会自动判断为不进行切换试验。

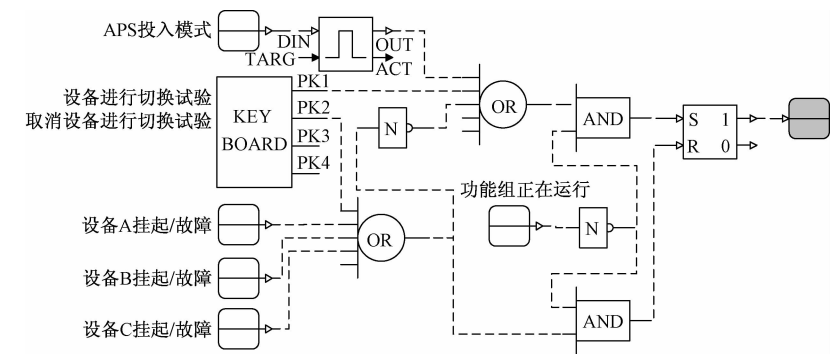


图 3 3 个设备切换试验预选逻辑

根据设计的预选逻辑以及是否进行切换试验逻辑对启动逻辑进行设计,然后按照以下顺序启动此工艺系统:①判断是否进行切换试验,默认执行,若不进行切换试验直接跳转到第七步执行;②若执行切换试验,启动工作位 3 的设备;③启动工作位 2 的设备;④工作位 1 的设备投入备用;⑤停掉工作位 3 的设备,这时候由于工作位 1 的设备备用投入,工作位 1 的设备会联锁启动;⑥工作位 3 的设备投入备用;⑦若不进行切换试验,直接启动工作位 2 的设备;⑧若不进行切换试验,直接启动工作位 1 的设备,并提示未进行切换试验;⑨空步。此逻辑不仅起到测试备用逻辑及测点的效果,而且对系统启动的适应性更强,能够适应多种不同工况的系统启

动,更加符合机组自启停系统设计的初衷。  
**3 APS 逻辑应用**  
针对两个设备预选、切换逻辑在引风机油站控制上进行现场应用,测试设计逻辑的可用性。

分析逻辑图 4 可知 APS 投入后,A 引风机油泵自动默认预选泵为 A 泵,B 泵默认为备选泵,但是允许运行人员根据现场实际情况进行手动预选。A 引风机 B 油泵挂起或故障时,B 油泵已经运行且 A、B 油泵均未有挂起或故障时,运行人员手动选择 A 油泵为预选泵时,均会把 A 油泵作为预选泵。A 引风机 A 油泵挂起或故障时,A 油泵已经运行且 A、B 油泵均未有挂起或故障时,运行人员手动选择 B 油泵为预选泵时,均会把 B 油泵作为预选泵。

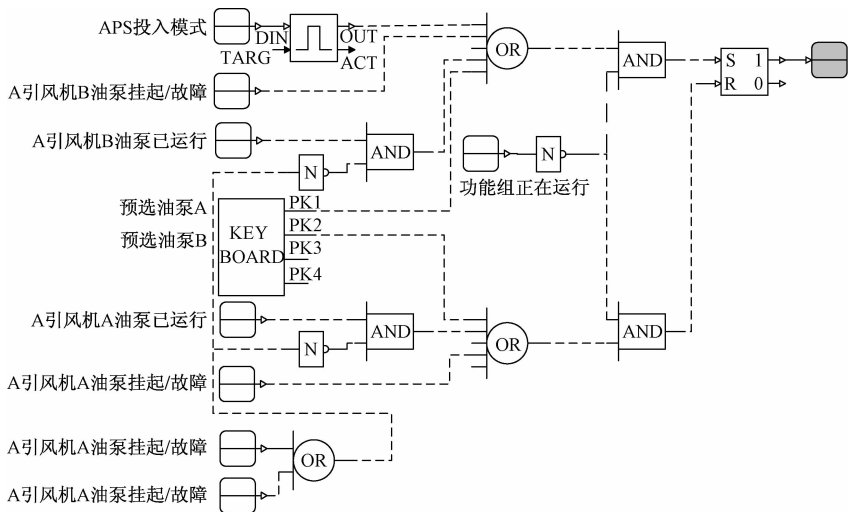


图 4 A 引风机油泵预选逻辑

是否进行切换试验如图 5 所示,分析图 5 可知,如果设备均没有问题,APS 投入后,默认为进行切换试验,允许运行人员根据现场实际情况进行选择。A 引风机润滑油泵 A、B 有任何一个油泵处于

挂起状态或有故障状态,系统会自动判断为不进行切换试验。

根据以上逻辑说明,设计引风机 A 油站系统功能组监控画面,如图 6 所示。

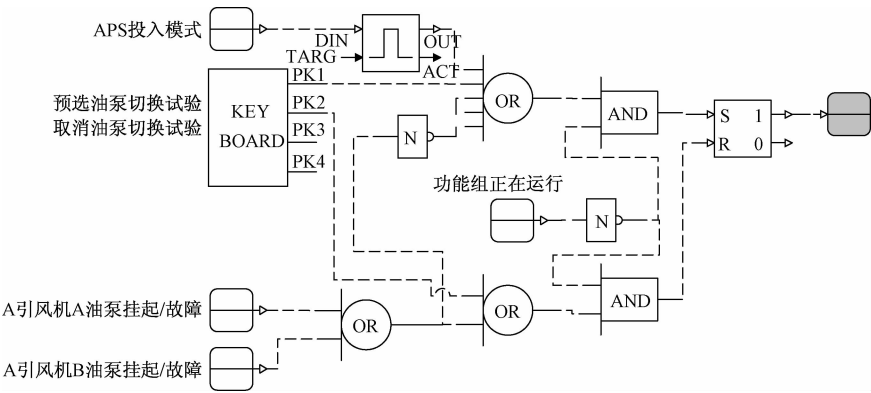


图 5 A 引风机油泵切换试验预选逻辑

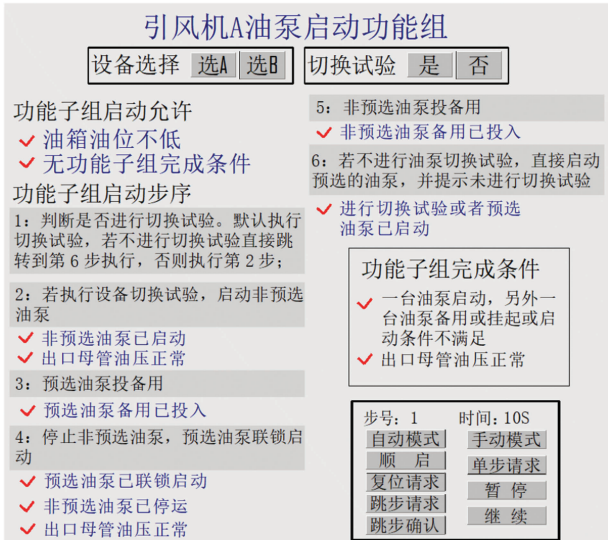


图 6 引风机 A 油泵启动功能组

4 总结

本文 APS 研究从实际应用出发,从优化 APS 控制逻辑、提高运行及设备管理水平出发,提高 APS 在电厂生产过程中的利用率到 95%。本文进行优化后的 APS 逻辑,提高程序控制智能化,自动识别系统状态,采取合理运行方式,增强系统容错能力,控制策略设计较为完善,能适应多种工况,便捷性、规范性、可靠性及经济性等方面都已满足日常生产中实际应用的要求。以本文设计的优化逻辑为基础的机组自启停控制系统在国外某厂 1 050 MW 机组中已经投运,被证明可以实现不同工况的自动启停,适应性强,大大提高了系统的适应能力,希望能够对完善国内机组自启停控制系统

功能的设计和应用有所借鉴和帮助。

参考文献

[1] 潘风萍,陈世和,陈锐民,等. 火力发电机组自启停控制技术及应[M]. 北京:科学出版社,2011:1-2.

[2] 张炳聪,肖军勇. 大型火电机组全程自启停功能应用的探讨[J]. 机电信息,2004(13):34-36.

[3] 郑慧莉. 电厂机组自启停控制系统的现状与发展[J]. 仪器仪表用户,2012,19(6):7-9.

[4] 彭敏,刘冬林,谢国鸿,等. 国产超(超)临界火电机组智能控制系统的工程应用[J]. 中国电力,2016,49(10):7-11,27.

[5] 牛海明,吴东黎,杨爽,等. 超超临界 1 000 MW 二次再热机组自启停控制系统设计方案与实现[J]. 热力发电,2017,46(2):125-129,135.

[6] 潘风萍,陈世和,张红福,等. 1 000 MW 超超临界机组自启停控制系统总体方案设计与应用[J]. 中国电力,2009,42(10):15-18.

[7] 张建玲,朱晓星,寻新,等. 超(超)临界机组智能控制系统设计[J]. 热力发电,2015,44(5):59-63.

[8] 陈世和,朱亚清,潘风萍,等. 1 000 MW 超超临界机组自启停控制技术[J]. 南方电网技术,2010,4(S1):1-5.

[9] 郑玲红,石磊. 1 000 MW 超超临界二次再热燃煤机组自启停控制系统设计与应用[J]. 广西电力,2018,41(5):65-69.

[10] 周杰杰,孙俊莲. 火电厂自启停控制系统控制范围及断点设置[J]. 工业仪表与自动化装置,2019(1):23-26.

[11] 张清健,张海安. 1 000 MW 超超临界机组自启停控制系统开发策略及应用[J]. 广西电力,2019,42(4):46-51.

[12] 赵晓林,曾名劭. 超临界火电机组启动过程进度控制及节能优化[J]. 能源研究与管理,2016(4):117-120.

[13] 王立地,秦莉. 火力发电厂 APS 应用与设计研究[J]. 电力技术,2010,19(S1):18-26.

[14] 冯庭有. 百万千瓦级超临界 APS 机组自启停控制技术研

究及应用[J]. 科技情报开发与经济, 2010, 20(30): 183-186. [15] 谢宏亮. 370 MW 机组 APS 改造工程[J]. 电力自动化设备, 2010, 30(12): 121-123.

Optimization and Application of APS Preselection Logic and HMI of Thermal Power Unit

WANG Nanyang<sup>1</sup>, OUYANG Zhi<sup>2</sup>

(1. China Electric Power Research Institute, Beijing 100192, China;  
2. PT. Guohua Taidian Pembangunan Jawa Bali, Jakarta 40115, Indonesia)

**Abstract:** After introducing the status of the APS used in thermal power unit, some reasons for the limited application of the APS in thermal power units at the present stage are summarized. From the perspective of improving the applicability of APS system and making optimization without changing the field equipment configuration as much as possible, as well as the investment effect of APS control system, the two preselected logic of mutual standby equipment and three preselected logic of mutual standby equipment are analyzed. Then gradually optimizes them, reduce the interruption phenomenon in the execution of APS system, and improve the efficiency of unit start and stop. It has a high reference value and significance in the design and implementation of the APS of various types of thermal power unit.

**Keywords:** thermal power unit; APS; preselected logic; two preselected logic; three preselected logic