

Research and Application of Full-process Automatic Control Strategy of Feed Water Pump

Yongjiang Yin

Beijing Jingneng Energy Technology Research Co., Ltd., Beijing, 100022, China

Abstract

This paper deeply studies the automatic control strategy of feed water pump in thermal power plant. In the full load condition and variable load condition, different operation of the feed pump is divided into different control modes, in various control modes can be realized-free switching, effectively ensure the automatic of the whole feed pump. From the boiler water, boiler ignition, and then to the boiler flushing, boost, bypass switching, and pump, dry and wet state conversion, low load operation, load operation, until full load operation, even how to realize the water disturbance automatic control is deeply analyzed, greatly improve the safety and reliability of the unit operation.

Keywords

automatic control; deep peak regulation; bypass switching; control strategy; dry and wet state conversion

给水泵全程自动控制策略研究及应用

殷永江

北京京能能源技术研究有限责任公司, 中国·北京 100022

摘 要

论文针对火力发电厂给水泵自动控制策略进行了深入研究。在满负荷工况和变负荷工况,对给水泵的不同运行特点进行划分为不同控制方式,在各种控制方式下可以实现无扰切换,切实保证给水泵全程自动。论文给水泵自动控制研究从锅炉上水,到锅炉点火,然后到锅炉冲洗、升压、旁路切换、并泵、干湿态转换、低负荷运行、中负荷运行直至满负荷运行,甚至给水扰动时如何实现给水自动化控制进行了深入分析,极大提高机组运行的安全可靠。

关键词

自动化控制; 深度调峰; 旁路切换; 控制策略; 干湿态转换

1 引言

随着 DCS 控制系统技术的不断成熟,火电厂逐步向智能化方向发展,自动控制需求越来越突出。基于自动化生产特性,在火电厂生产过程中应用自动化技术,可以很大程度上提高火电厂发电效率,节省人力资源,在此基础上,还可以有效缩短机组启动时长,提升火电厂的生产经营效益。

给水系统作为火电厂的“心脏”是电厂的重要系统,其自动调节的好坏,能否达到全程自动等功能越来越受到人们的重视。在火力发电厂中,给水系统的控制一旦出现问题,就会导致整个电厂的运行出现很严重的事故。各个电厂都在努力改造自动给水控制逻辑,以便能够有效的对电厂中锅炉进行自动供水,保证电厂能够安全经济地运行。

当前火电机组的启停更加频繁,启停过程中的给水泵切换、给水主旁路切换操作点多,控制复杂逐渐成为火电机

组的迫切要提高自动化的地方。

随着双碳目标的下达,火电行业将朝着高效率、低排放、深调峰、智能化等方向发展,为适应市场的变化和 demand,实现给水全程自动更显得尤为重要。深度调峰阶段的给水自动调节一直是实现火力发电机组全程给水自动控制的一个难点。

论文分析了某发电机组的全程给水自动控制系统,着重研究了这一系统中各个受控对象之间的相互影响和相互作用。针对流量调节过程与给水泵出口压力调节相互耦合的问题,从解耦控制和重新构造调节系统的角度探讨了解决这一问题的方法和途径。论文暂按 350MW 超临界机组为研究对象。

2 给水系统工艺流程

给水系统的配置主要包括以下几种形式:① 2 台 50% 的汽动给水泵作为运行泵,1 台 50% 的电动给水泵作为启动、备用泵;② 2 台 50% 的汽动给水泵作为运行泵,1 台 30% 的电动给水泵作为启动泵;③ 3 台 50% 的电动给水泵,其

【作者简介】殷永江(1979-),男,中国河北保定人,本科,高级工程师,从事能源节能与火电厂自动化研究。

中2台泵作为运行泵,1台泵作为备用泵。论文研究的给水系统全程自动,采用典型的配置模式,即2台50%锅炉额定容量的汽动给水泵,1台30%给水泵作为备用泵。

给水泵全程调整锅炉上水流量,有三个调节子系统:分别为锅炉上水主旁路调节系统;给水流量自动控制系统;给水泵再循环控制系统。这三个系统负责锅炉的上水、冲洗、升温升压、主旁路切换、干湿态转换、正常运行加减负荷、降温降压、给水系统停止等各个工况。

3 给水系统全程自动步序

锅炉给水全程自动控制是指从机组上水到机组并网,至正常运行给水泵并泵,再到减负荷、停机,最后给水系统全停。给水全系统自动控制,运行人员只需要在各阶段输入需要的给水流量即可,在正常运行时给水投入协调控制。在这一过程中减少人为操作锅炉的主旁路切换调节,减少人为操作给水泵再循环调节,减少人为操作给水的并泵操作,避免给水系统因人为操作不当造成意外的风险,同时也降低运行人员的操作强度。

给水全程自动调节理论多样,但实现过程各有不同。论文主要从一种观点进行论述,供大家共同探讨。文章论述主思路是锅炉上水阶段给水泵调整给水母管压力,锅炉点火升温升压及冲转、并网、主旁路切换、干湿态转换等阶段给水泵以调整给水流量为主,用单冲量控制理论,机组转入直流状态后给水流量控制投入自动,给水流量按过热度、煤量、蒸汽流量共同作用,接收锅炉协调控制来的给水流量指令进行调整。

①锅炉上水阶段,因为受到上水速率的限制,而且在上水时因给水流量过低,上水流量指示也不准确。在此阶段给水泵控制给水母管压力更好一些,暂定5MPa。锅炉上水旁路门控制锅炉上水流量,因此时的给水流量指示不准,可以根据阀门的流量特性曲线,用锅炉上水旁路门开度控制上水流量。此门的开度值为门前压力5MPa时,锅炉允许的上水流量下对应的阀门开度值。

②锅炉分离器储水罐见水后,由运行人员切换给水的控制方式到“冲洗、升温升压”方式。此方式下给水泵控制流量,流量人为设定流量大小;锅炉上水旁路门控制门前差压。上水旁路调节策略为上水流量对应其阀门开度为主调;旁路门前差压修正门的开度,修正开度最大范围为 $\pm 10\%$;另外为防止旁路门波动过大对给水泵流量的扰动应限制其调节速率为2%/min。在给水调节由“上水方式”切换到“冲洗升温升压”方式时,给水流量应保持当前值不变,锅炉上水门按程序调节到规定值。

③锅炉上水旁主路切换。当锅炉上水流量接近旁路设计流量时,将给水操作中“旁主路切换”按钮投入,此时锅炉的上水流量不允许修改,保持当前值,给水泵保持对给水流量的调节。切换过程中,旁路门按照3%/min的速率至全开。

旁路阀全开后稳定1分钟,再开启给水主路电动门;在给水主路电动门全开后,再全关旁路调节门,速率25%/min。至此旁主路切换完成,“旁主路切换”按钮灯灭。

④锅炉干湿态转换。当锅炉负荷达到干湿态转换负荷时,将给水操作中“干湿态转换”按钮投入,此时锅炉的上水流量值不允许修改,保持当前值。运行人员增加燃料量,锅炉缓慢地由湿态转换为干态。启动分离器储水箱液位小于1.5m且过热度大于15℃时,锅炉干湿态转换结束,“干湿态转换”按钮灯灭。

⑤至此锅炉的运行状态进入纯直流状态,可以将锅炉的给水流量控制投入自动,给水流量将按锅炉负荷指令,控制并调节给水流量。

⑥锅炉干湿态转换。当锅炉减负荷需要停炉时,首先要进入干湿态转换。随着负荷的降低,当达到干湿态转换负荷时,运行人员将给水流量控制由自动切为手动。然后将给水操作中“干湿态转换”按钮投入,此时锅炉的上水流量不允许修改,保持当前值,给水泵保持对给水流量的调节。运行人员减低燃料量,锅炉缓慢地由干态转换为湿态。启动分离器储水箱液位大于4m,过热度低于8℃时,锅炉干湿态转换结束,“干湿态转换”按钮灯灭。

⑦锅炉上水主旁路切换。当锅炉上水流量接近旁路设计流量时,将给水操作中“主旁路切换”按钮投入,此时锅炉的给水流量不允许修改,保持当前值,给水泵保持对给水流量的调节。切换过程,旁路阀首先按照25%/min的速率至全开。旁路阀全开后稳定1分钟,再关闭给水主路电动门,在给水主路电动门全关后,旁路调节门按流量和差压控制其开度。至此主旁路切换完成,延时3min,“主旁路切换”按钮灯灭。

⑧运行人员将给水控制方式切换到“降温降压”方式。此方式下给水泵控制流量,流量人为设定;上水旁路门控制门前差压。上水旁路调节策略为上水流量对应其阀门开度为主调;旁路门前差压修正门的开度,修正开度最大范围为 $\pm 10\%$;另外,为防止旁路门波动过大对给水泵流量的扰动应限制其调节速率为2%/min。用“降温降压”方式控制锅炉给水,直到锅炉停止,给水系统停用。

⑨在锅炉启动、停止过程中,还有一个给水泵再循环控制策略。给水泵再循环的作用为防止给水泵流量低于最小流量,造成给水泵的损坏。给水泵的安全运行区域如图1所示。

两台给水泵配置的350MW机组给水泵额定流量一般为684t/h,当泵入口流量达到额定流量的50%(即342t/h)时开启,并维持50%的入口流量在342t/h以上。给水泵的再循环流量调节按定值调节为主要调节手段当入口流量超过50%额定流量时关闭,低于这个流量时进行调节。为防止小开度时对给水流量扰动过大对其进行速率限制,在开度小于6%时,调节速率为2%/min;在开度6%~40%时,

调节速率为 5%/min；在开度 40%~80% 时，调节速率为 10%/min；在开度 80%~100% 时，调节速率为 20%/min；在再循环达到强开条件时，速率不受限制。

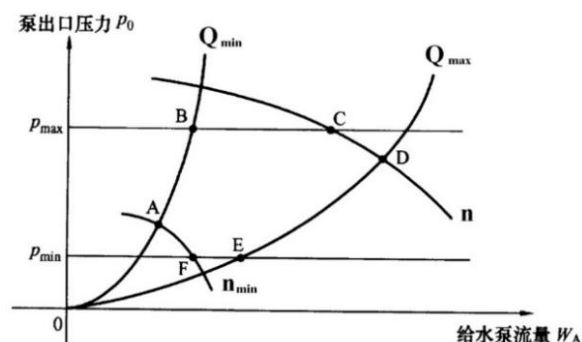


图 1 给水泵安全运行区域

给水泵再循环投自动时，应保证调节门自动调节的指令与反馈偏差在 5% 以内，否则不允许投自动。再循环调节系统切手动条件：①汽动给水泵入口流量坏质量，延时 2S；②调门反馈坏质量，延时 2S；③指令和反馈偏差大 20%，延时 60S；④小汽机给水泵跳闸。

⑩关于给水泵的自动并泵功能。在机组并网且转入直流运行状态后，需要启动第二台给水泵，有的机组为了不影响加负荷，也可以提前启动第二台给水泵。

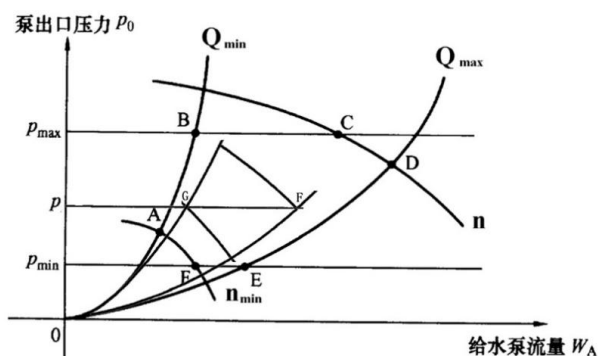


图 2 给水泵并列运行特性曲线

图 2 中曲线为给水泵的安全运行区间，由此可得两台性能相同给水泵并列运行的性能曲线。单台泵运行时与管路性能曲线相交于 F 点；2 台泵运行时，单台泵的运行曲线与管路性能曲线相交于 G 点。显然 $QG=2QF$ ， $HG=HF$ 。若以单台给水泵最大流量为给水泵并泵运行策略条件，很有可能出现影响给水安全性的工况，所以建议机组转态后立即进行给水泵并泵操作。操作要点为并泵时给水总流量不变，母管压力不变工况下，由一台泵运行转换为两台泵运行，原运行泵的流量减为原流量的一半，新启动的泵增加流量到运行泵

的参数，然后两台泵一并运行，负责锅炉供水。

当第二台给水泵启动定速后，投入“2 号并入 1 号泵”按钮（原来运行 1 号，现在 2 号泵启动准备并入 1 号系统）。2 号泵的给水转速控制按 5%/min 速率，增加到泵出口比给水母管压力低于 2MPa 时，2 号泵的给水转速控制停止。开启给水泵出口电动门。出口电动门开启后，再缓慢增加给水泵的转速控制器，速率 3%/min，这期间 1 号泵的转速调节器投自动，2 号泵的再循环投自动。按相应策略自动调整。随着待并列电动给水泵指令出力的不断增加，运行电动给水泵指令出力逐渐减少，在给水流量平衡控制回路的作用下，最后实现两台电动给水泵出力相同。当两台泵的转速控制器指令相平时（偏差 $\pm 2\%$ ），即认为给水泵并泵成功。2 号给水泵转速控制器投自动，与 1 号泵共同调整给水流量，“2 号并入 1 号泵”按钮灯灭。

4 结论

给水有三个调节子系统：分别为锅炉上水主旁路调节系统；给水流量自动控制系统；给水泵再循环控制系统。给水控制设计分为 6 个阶段，即锅炉上水阶段、启动阶段、湿态带部分负荷阶段、纯直流阶段、停炉阶段、给水泵自动并泵阶段。在每个不同的阶段和调节子系统搭配下，设置了 10 个切换按钮，不同的工况应用不同的切换按钮，实现给水全程自动调节。

①为实现锅炉机组启动过程中给水泵的自动调节运行，设计全程给水自动控制策略。在锅炉上水操作、冲洗和升温升压操作、主旁路阀门控制切换、给水泵再循环调节、给水泵单、三冲量控制切换控制策略、两台给水泵的并泵策略等方面，充分考虑联锁保护条件与运行条件，引入相关控制反馈信号对手操器以及速率限制器进行修正。

②锅炉给水全程自动控制系统的投运，使得机组具备平稳的给水控制功能，从而解决了启机过程中给水流量波动大的问题。此外，全程给水自动控制系统的应用，提高了机组整体的自动化水平，降低了运行人员的工作强度，摆脱了启机过程中给水泵调节对运行人员的依赖，使机组运行更加安全稳定可靠。

参考文献

- [1] 大唐华银攸县能源有限公司.一种超临界直流锅炉深度调峰下给水自动控制方法:CN202311566461.0[P]. 2024-02-27.
- [2] 华能临沂发电有限公司.一种直流锅炉给水再循环阀控制系统:CN202320077836.6[P].2024-01-26.
- [3] 淮河能源淮南潘集发电有限责任公司.一种燃煤机组电动给水泵自动启停控制系统及方法:CN202311384615.4[P].2023-12-29.