

基于自适应 PID 控制的凝泵深度变频 节能控制策略研究

章军人¹, 季德亨^{2,3}, 赵永旭³, 王 祺², 傅泓溥³, 倪孔翊³

(1. 浙江浙能中煤舟山煤电有限责任公司, 浙江 舟山 316100; 2. 国网浙江省电力有限公司
电力科学研究院, 浙江 杭州 310014; 3. 杭州意能电力技术有限公司, 浙江 杭州 310014)

摘要:针对凝结水泵传统控制方式节流损失大、变负荷工况下除氧器水位控制品质不佳的问题,以某百万千瓦超超临界机组为对象,提出了一种深度融合运行经济性与控制适应性的凝结水泵优化控制策略。为进一步解决被控对象非线性、时变特性导致的固定参数 PID 控制效果受限的问题,提出一种基于粒子群优化(PSO)算法与多项式拟合的自适应 PID 参数整定方法;通过典型工况模型辨识、PSO 离线参数寻优及全工况参数拟合,实现了控制器参数随负荷的自适应调整。应用结果表明,该策略在保证系统安全的前提下,显著降低了凝结水泵运行电耗,综合节电率达 40%,深度调峰段电流降幅超 70%;在 15 MW/min 的升负荷速率下,除氧器水位最大动态偏差仅为 51.77 mm,平均偏差为 2.15 mm。

关键词:节能减排;凝结水泵;深度变频;除氧器水位;自适应 PID 控制;粒子群优化

中图分类号: TP273

文章编号: 1000-0682(2026)04-0093-07

文献标识码: A

DOI: 10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2026.04.016

Research on deep variable frequency energy – saving control strategy for condensate pump based on adaptive PID control

ZHANG Junren¹, JI Deheng^{2,3}, ZHAO Yongxu³, WANG Qi², FU Hongpu³, NI Kongyi³

(1. Zhejiang Zheneng Zhongmei Zhoushan Coal Power Co., Ltd., Zhejiang Zhoushan 316100, China;

2. State Grid Zhejiang Electric Power Research Institute Co., Ltd., Zhejiang Hangzhou 310014, China;

3. Hangzhou E. Energy Technology Co., Ltd., Zhejiang Hangzhou 310014, China)

Abstract: To address the issues of significant throttling loss in traditional condensate pump control and poor deaerator water level control quality under variable loads, this paper proposes an optimized condensate pump control strategy that deeply integrates operational economy and control adaptability, using a 1000 MW ultra – supercritical unit as a case study. To further overcome the limitations of fixed – parameter PID control caused by the nonlinear and time – varying characteristics of the controlled object, an adaptive PID parameter tuning method based on Particle Swarm Optimization (PSO) and polynomial fitting is proposed. Through model identification under typical operating conditions, offline PSO parameter optimization, and full – range parameter fitting, the controller parameters are adaptively adjusted according to the unit load. Practical application results demonstrate that, while ensuring system safety, this strategy significantly reduces the operating power consumption of the condensate pump, achieving a comprehensive power – saving rate of 40% and a current reduction of over 70% during deep peak shaving. Under a load ramp rate of 15 MW/min, the maximum dynamic deviation of the deaerator water level is only 51.77 mm, with an average deviation of 2.15 mm.

Keywords: energy conservation and emission reduction; condensate pump; deep frequency conversion; deaerator water level; adaptive pid control; particle swarm optimization (PSO)

收稿日期: 2026-03-17

基金项目: 国网浙江省电力有限公司科技项目(B311DS240011)

第一作者: 章军人(1971—),男,浙江台州人,本科,工程师,研究方向为火电机组运行优化技术。

0 引言

为实现“碳达峰、碳中和”战略目标,构建以新能源为主体的新型电力系统已成为必然趋势。随着风电、光伏等波动性电源占比的快速提升,电力系统对灵活调节资源的需求日益迫切。火电机组作为当前主要的可控电源,其运行模式正经历从基荷运行向深度、频繁调峰运行的深刻转变。长期处于低负荷调峰状态,导致机组厂用电率显著上升,其中辅机系统的能耗问题尤为突出,已成为制约火电经济性的关键瓶颈^[1]。

凝结水泵作为火电厂关键辅机之一,其传统控制方式下,凝结水泵多采用工频定速运行,通过调节除氧器给水调节阀开度来控制水位,导致阀门节流损失巨大,且泵组长期偏离高效区运行,能源浪费严重,应用变频调速技术是降低凝泵电耗的直接有效途径^[2]。然而,简单的变频改造若辅以固定的控制策略,在机组宽负荷、快速变负荷运行时,因除氧器水位对象具有的大惯性、大延迟及非线性特性,常出现水位波动大、调节品质下降等问题^[3-4]。

围绕凝结水泵的变频优化控制,国内外学者已开展了广泛研究,主要集中于控制策略设计与控制器参数整定 2 个层面。在控制策略上,主流方案可归纳为 3 类^[5]:一是“阀控水位、泵控压力”的经典模式;二是“泵控水位、阀控压力”的逆转模式;三是基于负荷判据的分段混合模式。其中,分段混合模式因能兼顾高低负荷的不同特性而成为研究热点。文献[6]提出了经济模式与安全模式的概念及切换逻辑;文献[7-9]则在具体工程中验证了低负荷段采用压力控制、高负荷段切换为液位控制这一模式的有效性,并取得了显著的节电效果。这些工作证实了分负荷区控制的节能潜力,但对于模式间如何实现平滑、安全、动态的协同与切换,其内在机制与系统性设计仍有待深化。在控制器参数整定方面,为应对对象的时变特性,智能算法被引入以实现参数自适应^[10-12]。文献[13]采用遗传算法进行 PID 参数的离线优化;文献[14]利用 RBF 神经网络进行在线辨识与调整;文献[15]则基于专家规则库动态修正参数。这些方法提升了控制器的适应性,但往往在“离线全局优化”的完整性与“在线实时调整”的工程简便性之间难以兼顾,或依赖精确模型,或计算复杂,限制了其大规模工程应用。

综合来看,现有研究在如何实现模式间平滑、安全切换,以及如何设计一套简便可靠、适用于工程现

场的全工况自适应 PID 整定方法方面,仍有深化空间。针对某 1000 MW 超超临界机组,提出一种基于负荷工况切换的双模式协同控制策略,在满足除氧器水位自动调节和凝结水母管压力的前提下,尽量保持除氧器水位调节阀开度较大甚至全开,通过降低变频器频率达到节电目的;同时采用“粒子群优化(PSO)离线寻优+多项式拟合在线映射”的方法,构建凝泵串级 PID 参数的自适应律,从而实现凝结水泵水位调节的全局稳定控制。现场应用验证了该策略在显著节能的同时,能有效提升全工况下的水位控制精度与稳定性。

1 研究对象及控制方法

1.1 研究对象

以浙江省某百万千瓦火力发电厂为主要研究对象,该电厂的每台机组均配置 3 台 1600 kW 凝结水泵,其中 2 台凝结水泵运行,1 台备用。每台机组的 3 台凝结水泵配一套变频器,呈“一拖二”式连接并采用手动操作切换凝结水泵工/变频运行,凝结水泵与变频器的连接方式如图 1 所示。其中,凝结水泵 A、B 为运行泵,即可由变频器驱动也可工作于工频状态;凝结水泵 C 为备用泵,其运行或备用均在工频状态,QF₁~QF₃ 为对应回路的空气开关。变频器设置切换隔离刀闸,K₁~K₇ 为单刀单掷开关,当变频器或运行泵 A、B 出现故障时,可将备用泵 C 投入运行,故障变频器或运行泵隔离检修。

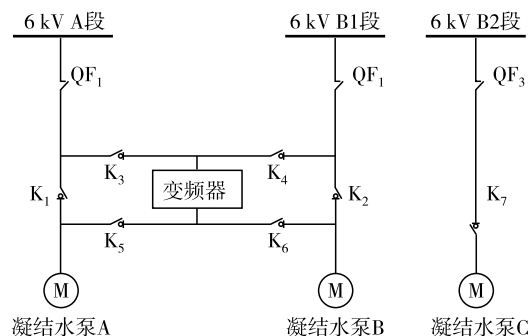


图1 凝结水泵变频装置连接图

除氧器上水部分的热力简图如图 2 所示。凝结水泵将凝汽器里的水打出后送入低压省煤器,经加热后送至除氧器里^[16]。进入除氧器里的水量由低压省煤器后的除氧器给水调节阀控制,即当除氧器水位低时增大调节阀开度,高时反之。改造前凝结水泵电机定转速运行,出口流量由除氧器水位调节,节流损失大,且水泵一直处于严重偏离设计转速的高效率区域运行,一定程度上影响了机组的经济运

行。改造后需解决的核心问题是:如何协调变频器与上水调阀,在确保凝结水母管压力满足低旁减温水、密封水等全厂性安全需求的前提下,最大限度地降低泵耗与节流损失,并实现除氧器水位的精确、快速、稳定控制,尤其是在负荷动态变化过程中。

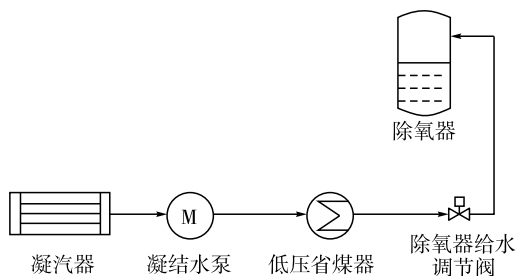


图2 除氧器上水热力简图

1.2 凝结水泵深度变频控制策略

凝结水泵深度变频控制策略包括压力控制与液位控制 2 种方式,2 种控制方式之间可无缝切换。在机组负荷低于额定负荷的 30% 时,处于压力控制模式,除氧器给水调节阀自动控制除氧器水位,凝结水泵变频控制凝结水出口母管压力;当机组负荷位于额定负荷的 30% 以上时,处于液位控制模式,凝结水泵变频控制除氧器水位,除氧器给水调节阀开度以双折线函数形式跟随负荷变化进行调节,双折线函数中的参数为凝泵变频器的输出频率在可调且最经济的范围。

1.2.1 压力控制模式

压力控制模式下,凝结水出口母管压力设定值表现为经限速后的“负荷指令—母管压力”的非线

性函数。为保证低压主汽旁路阀开度及密封水压力,经函数生成的压力设定值会与低旁压力设定值、密封水压力低限值比较后,取其中的最大值作为最终的压力控制设定值。

1.2.2 液位控制模式

液位控制模式下,凝结水泵变频以串级 PID 方式控制除氧器水位,主调节控制器根据除氧器水位偏差修正除氧器进水流量指令,副调节控制器根据除氧器进口流量偏差调节凝结水泵变频出力,从而实现除氧器水位调节的闭环控制。除氧器给水调节阀以双折线函数的形式跟随负荷变化进行开环调节,并在双折线函数上做水位偏差大与压力低的保护修正。当除氧器水位高于设定值较多或凝结水出口母管压力偏低时,除氧器给水调节阀需采取快慢恢复的方式,按比例关小来辅助调节除氧器水位,防止水位大幅波动,从而保证整个液位控制模式下的可调性与经济性。

为保障系统安全,在 DCS 控制逻辑中引入了工况监测与异常闭锁机制。当识别到机组负荷指令过低($<300\text{ MW}$)、除氧器水位超限、变频泵故障跳闸或测点信号异常(如频率偏差过大、水位信号坏点)时,系统将自动切出双模式协同控制,无扰退回至传统的工频定压控制模式,确保冷端系统运行的绝对安全。凝泵深度变频控制策略逻辑图如图 3 所示。

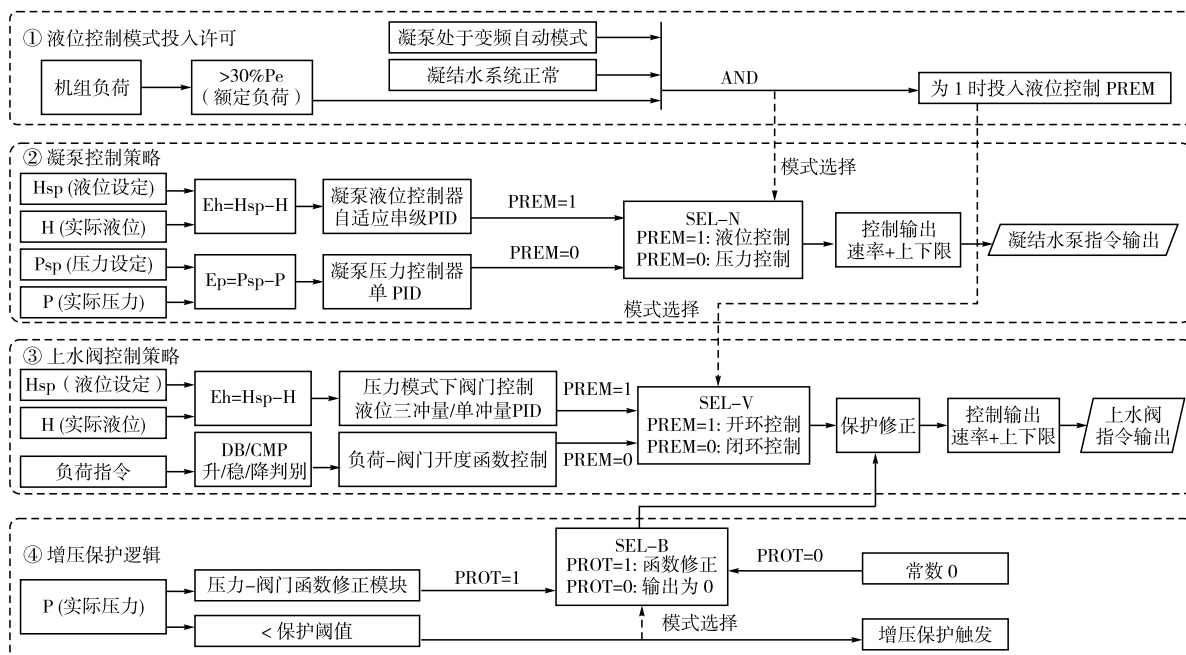


图3 凝泵深度变频控制策略逻辑图

2 自适应 PID 控制算法

由于凝结水泵深度变频控制存在着大迟延、大惯性、非线性等特性,单一固定的 PID 参数难以适应宽负荷运行。该文建立了不同负荷点下的分段线性化模型,采用粒子群优化(PSO)算法,对各负荷点下的 PID 参数进行寻优,并采用多项式拟合对参数进行平滑处理,获得随负荷变化的自适应控制律。

2.1 粒子群寻优

粒子群优化算法是一种随机搜索算法,其从若干随机解(粒子)出发通过多次迭代寻找较优解(粒子),在迭代过程中使用适应度评价解的品质,是一种高效的并行搜索算法^[17]。算法按式(1)、式(2)对解(粒子)进行迭代更新:

$$v_{i,d}^{t+1} = wv_{i,d}^t + r_1c_1(P_{i,d}^t - x_{i,d}^t) + r_2c_2(G_d^t - x_{i,d}^t) \quad (1)$$

$$x_{i,d}^{t+1} = x_{i,d}^t + v_{i,d}^{t+1} \quad (2)$$

式中: $x_{i,d}^t$ 为粒子 i 在第 t 次迭代中位置向量 $\mathbf{X}_i^t$ 的第 d 个元素; $v_{i,d}^t$ 为粒子 i 在第 t 次迭代中速度向量 $\mathbf{V}_i^t$ 的第 d 个元素。 w 为惯性系数, c_1, c_2 分别为个体学习因子和群体学习因子。 $P_{i,d}^t$ 为粒子 i 在前 t 次迭代中个体最优位置的第 d 个元素, G_d^t 为前 t 次迭代中群体最优位置的第 d 个元素, r_1, r_2 为 $[0, 1]$ 范围内的随机数。

粒子群优化算法的具体实现步骤如下:

步骤 1, 初始化。

(1) 确定种群规模、学习因子、惯性系数、早熟阈值以及最大迭代次数取值。

(2) 随机生成一批取值范围内的初始粒子位置向量。

(3) 根据任务目标及经验知识设计适应度函数。

步骤 2, 采用适应度函数评价初始种群中粒子, 获得初始的个体与群体的适应度极值和最优位置向量。

步骤 3, 开始迭代搜索最优值。

(1) 如式(1)、式(2)所示, 根据当前个体与群体最优位置向量更新每一粒子的速度与位置。

(2) 重新评价粒子群, 更新个体与群体的适应度极值和最优位置向量。

步骤 4, 对结束条件进行判断, 若达到最大迭代次数或满足收敛精度要求, 即结束寻优, 否则返回步

骤 3。

2.2 自适应控制律拟合

非线性拟合是一种常应用于科学和工程分析中的技术, 其可预测函数的行为, 也可用于推断模型及其变量之间的关系。常见的非线性拟合方法有多项式拟合、样条拟合、最小二乘拟合等。多项式拟合可以对不同方程的函数进行拟合, 比如二次或三次多项式等, 这种方式可以解决单变量或者多变量函数的拟合, 而样条拟合则使用曲线或曲面近似拟合一组离散数据, 最小二乘拟合则为拟合数据点选择一个最佳的模型, 生成最优的曲线。

根据实际生产经验, 一般在火力发电过程控制中, 采用多项式拟合自适应控制律即可满足需求。若以随负荷工况变化的 PID 控制器参数为例, 则其控制律形如:

$$f_x(N_e) = a_n N_e^n + a_{n-1} N_e^{n-1} + \cdots + a_0 \quad (3)$$

式中: $a_n, a_{n-1}, \cdots, a_0$ 为待求解的拟合系数; N_e 为机组负荷; f_x 为相应负荷下 PID 控制器中的某一参数。根据式(3)可得控制器参数矩阵为:

$$\begin{bmatrix} K_{P,1} & K_{I,1} & K_{D,1} \\ K_{P,2} & K_{I,2} & K_{D,2} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ K_{P,m} & K_{I,m} & K_{D,m} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_{e,1}^n & N_{e,1}^{n-1} & \cdots & 1 \\ N_{e,2}^n & N_{e,2}^{n-1} & \cdots & 1 \\ \cdots & \cdots & \cdots & 1 \\ N_{e,m}^n & N_{e,m}^{n-1} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a_n & b_n & c_n \\ a_{n-1} & b_{n-1} & c_{n-1} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ a_0 & b_0 & c_0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

式中: m 代表参与多项式拟合的数据点总数; $K_{P,i}, K_{I,i}, K_{D,i}, \forall i \in \{[1, m] \cap N^+\}$ 为数据点对应负荷下的最佳 PID 参数。

式(4)表示控制器参数关于负荷的多项式关系, 对控制器参数矩阵进行最小二乘法可得自适应 PID 控制律。

3 工程应用

通过现场凝泵深度变频水位控制试验, 综合考虑节流损失及凝结水泵电耗, 对除氧器给水调节阀开度及凝结水出口母管压力设定值进行优化。优化后得到的各负荷段除氧器给水调节阀开度及最小凝结水出口母管压力设定值见表 1、表 2, 双折线曲线如图 4 所示。

表 1 液位控制模式下各负荷对应除氧器给水调节阀开度

负荷/% Pe	降负荷时开度/%	升负荷时开度/%
0	48	45
30	48	45
40	50	47
50	58	55
60	73	70
70	88	85
75	93	90
80	100	100
100	100	100

表 2 液位控制模式下各负荷对应
凝结水出口母管压力设定值

负荷/% Pe	0	30	40	60	70	80	90	95	100
压力设定值/MPa	1.8	1.4	1.4	1.5	1.65	1.8	2.1	2.25	2.4

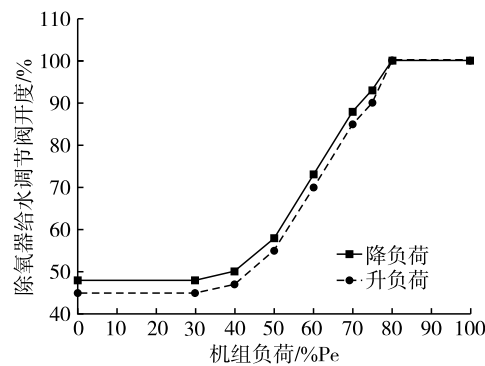


图 4 液位模式下除氧器给水调节阀开度随负荷
变化函数曲线图

在负荷工况与机组主要参数稳定的情况下,除氧器给水调节阀开度调至表 1 中数值,测得 3 种负荷状态下,除氧器给水调节阀开度与除氧器进口流

量、凝结水泵变频出力与水位间的传递函数,如表 3 所示。

表 3 不同负荷下除氧器给水调节阀开度与除氧器
进口流量、凝结水泵变频出力与除氧器水位的关系

负荷/MW	除氧器进口流量模型 $G_2(s)$	除氧器水位模型 $G_1(s)$
500	$80.73/(2.63s+1)^2$	$0.0038/s(30.1s+1)$
750	$85.65/(2.47s+1)^2$	$0.0031/s(23s+1)$
900	$87.15/(2.39s+1)^2$	$0.003/s(19.4s+1)$

需注意的是,表 3 中的辨识模型参数 $G(s)$ 是基于过程工程单位(流量为 t/h,水位为 mm,变频指令为%)获得的物理模型。在实际 DCS 控制系统控制参数寻优过程中,需考虑控制器输入输出量程的归一化折算系数。串级 PID 方式控制除氧器水位的控制块图如图 5 所示,流量控制回路(副回路)的量程为 0~4000 t/h,水位控制回路(主回路)的量程为 0~3000 mm,控制系统计算时,需在反馈通道中引入相应的量程转换增益 $H_{\text{flow}} = 100/4000$ 与 $H_{\text{level}} = 100/3000$,以确保控制回路增益匹配。进一步结合表 3 所示传递函数,对串级 PID 主副控制器参数进行 PSO 寻优,优化后的串级 PID 控制器参数如表 4 所示。

表 4 优化后的串级 PID 控制器参数

负荷/MW	副调节控制器 ($K_{p,\text{副}}, K_{i,\text{副}}$)	主调节控制器 ($K_{p,\text{主}}, K_{i,\text{主}}$)
500	(147.06, 373.13)	(0.213, 111.11)
750	(156.25, 370.37)	(0.248, 102.04)
900	(159.24, 368.41)	(0.25, 97.83)

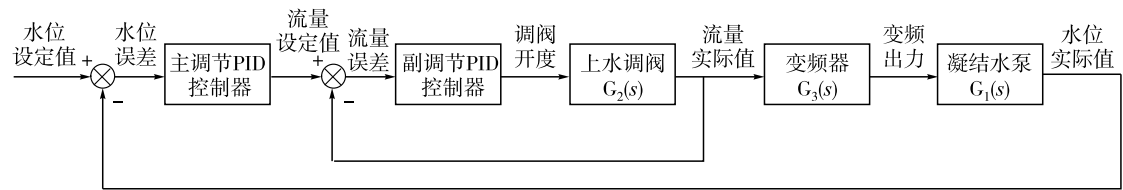


图 5 串级 PID 控制块图

综合控制器参数模型复杂度和预测精度,该文采用二次函数对表 4 所示控制器参数与负荷间关系进行非线性拟合,获得 PID 控制律如式(5)和图 6 所示(其中标注点为代表拟合数据点)。

$$\begin{cases} K_{p,\text{主}} = -3.2 \times 10^{-7} N_e^2 + 5.36 \times 10^{-4} N_e^1 + 0.0243 \\ K_{p,\text{副}} = -4.2 \times 10^{-5} N_e^2 + 8.93 \times 10^{-2} N_e^1 + 112.905 \\ K_{i,\text{主}} = 2.05 \times 10^{-5} N_e^2 - 6.19 \times 10^{-2} N_e^1 + 136.95 \\ K_{i,\text{副}} = -5.1 \times 10^{-6} N_e^2 - 4.7 \times 10^{-3} N_e^1 + 376.75 \end{cases} \quad (5)$$

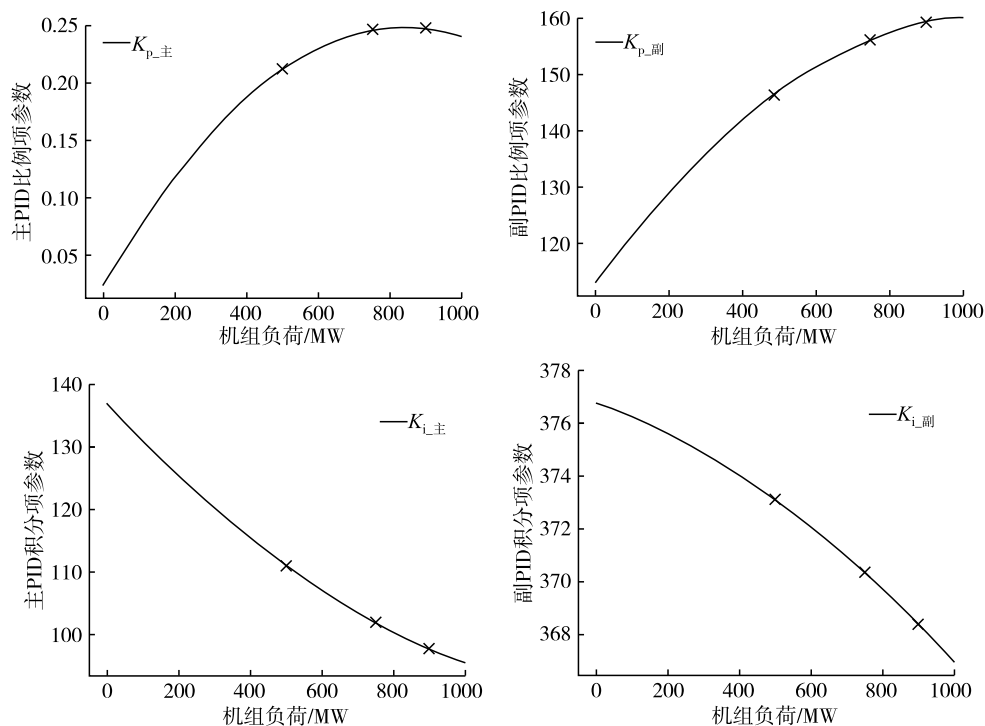


图6 经拟合得到的主副 PID 参数控制律

采用上述 PID 控制律,以 15 MW/min 的变负荷速率进行 500 ~ 1000 MW 的升负荷摆动试验。在整个升负荷试验过程中,除氧器水位的控制效果如图 7 所示。从图 7 中可以看出,在整个升负荷过程中,除氧器水位动态调节平稳,水位最大调节偏差 51.77 mm,平均调节偏差 2.15 mm。证明了该文所提出的自适应 PID 控制律可以提高除氧器水位的控制精度,实现水位的全工况稳定控制。

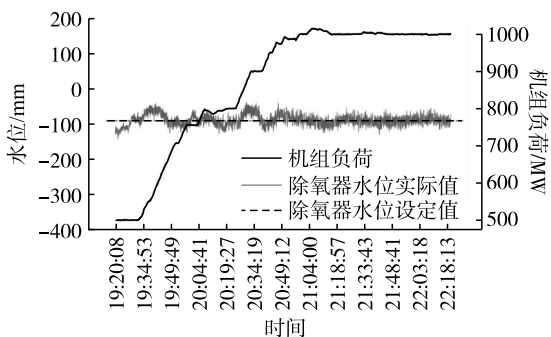


图7 15 MW/min 升负荷过程中除氧器水位调节曲线图

为量化深度变频策略的节能效益,选取改造前后负荷率相同的 2 个典型时段进行对比。从图 8 中可以看出,在 30% ~ 100% 负荷区间的典型稳态工况下,优化前凝结水泵平均运行电流约为 85 A,优化后约为 49 A,平均降幅约 35 A;在 30% ~ 40% 深度调峰工况段,电流降幅超过 70%,节能效果尤为显著。在深度变频控制策略下,基本消除了阀门的

节流损失,凝结水泵出口压力按需供给,在满足机组用水安全裕量的前提下显著降低了电机电流与运行电耗。

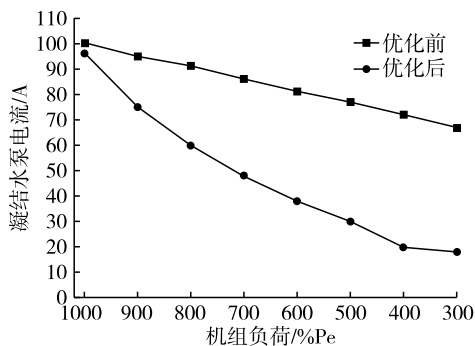


图8 优化前后凝结水泵电流对比曲线

4 结论

针对百万千瓦级火电机组凝结水系统在深度调峰工况下存在的节流损失大、水位控制非线性强及模型参数时变等问题,该文提出了一种面向深度调峰的凝泵自适应协同控制策略,并完成了工程应用验证。

提出了基于机组负荷率的“低负荷稳压、高负荷控水位”分层控制策略,结合除氧器给水调节阀的双折线前馈补偿,成功解决了宽负荷范围内的流量/压力耦合控制难题,在保证机组安全运行的前提下最大化了系统节能潜力。

针对凝结水对象的大迟延与非线性特征,建立了包含量程归一化因子的精确物理模型。采用“PSO 离线全局寻优 + 多项式在线拟合”的方法,设计了多工况的变增益 PID 控制律,有效克服了单一参数控制器在变工况下性能退化的问题。

现场运行结果表明,该策略具有极佳的鲁棒性与经济性。在 15 MW/min 的快速变负荷工况下,除氧器水位最大动态偏差控制在 51.77 mm 以内;相比传统工频节流方式,凝结水泵平均运行电流降幅约 35 A,综合节电率约为 40%,其中 30%~40% 深度调峰工况段电流降幅超过 70%,年节电效益十分可观。

该文提出的控制策略兼顾了调节的高精度与运行的高效能,为大型火电机组辅机系统的智能化节能改造提供了行之有效的控制技术方案。

参考文献:

- [1] 曹源平,胡洋. 基于火电厂灵活性改造的经济性研究[J]. 现代工业经济和信息化,2023,13(12):217-219+222.
- [2] 梅海龙,曾海波,段旺权,等. 1000 MW 超超临界机组冷端系统运行优化[J]. 湖南电力,2024,44(01):140-144.
- [3] 陈翠琴,田亮. 深度调峰工况下锅炉汽包虚假水位分析[J]. 电力科学与工程,2019,35(05):48-53.
- [4] 杨帆,张洛凌,李倩. 核电厂除氧器水位、压力控制系统调试[J]. 仪器仪表用户,2017,24(03):71-76.
- [5] 李洪辉. 600 MW 机组凝泵变频控制策略优化[J]. 自动化应用,2020(04):41-43.
- [6] 王东旭,张军峰,胡佳佳,等. 300 MW 机组凝结水泵变频经济性方式运行研究与优化[J]. 现代工业经济和信息化,2023,13(08):298-300.
- [7] 许龙虎,侯新建,胡金伟,等. 泰州电厂二期除氧器水位控制方案分析[J]. 电力勘测设计,2019(02):25-28.
- [8] 王宏纲,王念龙,花道君. 燃煤火电机组凝结水系统节能安全控制优化实施[J]. 仪器仪表用户,2022,29(07):88-91+77.
- [9] 张硕. 330 MW 级火电机组凝结水泵的深度节能[J]. 电机技术,2019(06):23-27.
- [10] 吴万功. 预整定自适应 PID 控制在 350 MW 超临界机组给水控制系统中的应用[D]. 北京:华北电力大学,2018.
- [11] 韩栾,王灵,陈凯,等. 基于 IFRTAH 的核电站稳压器水位优化控制[J]. 流体测量与控制,2020,1(01):18-21+24.
- [12] 陶静,李来春,关笑,等. 基于改进单神经元的凝给水系统控制[J]. 热能动力工程,2023,38(02):41-47.
- [13] 曾碧凡. 核电站蒸汽发生器水位鲁棒控制研究[D]. 广东:华南理工大学,2018.
- [14] 吴恒运,沈乾坤,张维贤. 基于神经网络自适应 PID 控制算法的原水预处理系统[J]. 热力发电,2018,47(04):41-47.
- [15] 陈红,嵇阳,唐立模,等. 基于 PID 参数自整定的河工模型尾门控制[J]. 水利水电工程学报,2018(01):27-31.
- [16] 卫龙飞,陈伟威,郭志鹏,等. 660 MW 火电机组全工况下凝结水节流动态模型的研究[J]. 现代电子技术,2026,49(02):87-94.
- [17] 张伟,张润雨. 基于精英知识引导的多种群协作粒子群优化算法[J]. 河南理工大学学报(自然科学版),2024,43(06):116-128.

欢迎投稿! 欢迎订阅! 欢迎刊登广告!

国内邮发代号:52-49 国际发行代号:BM529 定价:18.00 元/期 108.00 元/年
地址:西安市高新区沣惠南路 8 号 邮编:710075 电话:029-81871277
网址:<http://yb-zdh.shaangu-group.com> 电子邮箱:gyybbjb@126.com