

基于模型预测的热力站高压变频剩余控制策略及节能应用

邵永涛 包群山

新疆广汇煤炭清洁炼化有限责任公司 新疆 哈密 839000

摘要: 本文给出基于模型预测的热力站高压变频剩余控制办法,以实时采集热力站运行参数的方式构建预测模型,准确把控高压变频器输出频率,达成剩余控制跟节能运行的协同优化,该策略聚焦于热力站实际运行所存在的痛点,规避传统控制模式的滞后性以及能耗浪费问题,依靠恰当的参数确定与闭环调校,加大高压变频系统运行稳定性和节能效能,经实际操作校验,这一策略可有力降低热力站高压设备能耗,增进剩余控制的精度水平,为热力站高压变频系统有效运行提供能落实的技术支撑。

关键词: 基于模型预测;热力站;高压变频;剩余控制策略;节能应用

引言:热力站作为集中供暖系统的核心枢纽,高压变频设备的运行状态直接决定供暖质量与能耗水平,剩余控制策略的合理性的直接影响高压变频系统的运行效率与稳定性。当前热力站高压变频控制多采用传统调控模式,存在参数响应滞后、剩余控制精度不足、能耗损耗过大等实际问题,难以适配热力负荷动态变化的运行需求。基于此,结合热力站现场运行特点,构建基于模型预测的高压变频剩余控制策略,通过实时采集运行数据、构建预测模型、优化控制参数,实现剩余控制与节能运行的双向提升。本文重点阐述该策略的实操流程、参数设定及节能落地方法,为热力站高压变频系统的优化运行提供实操指导。

1 基于模型预测的热力站高压变频剩余控制基础配置

1.1 控制参数采集与筛选

热力站高压变频剩余控制的精准实施,需以实时、准确的运行参数采集为基础,采集范围需覆盖高压变频系统运行全流程,同时筛选核心参数避免冗余数据干扰控制精度。现场实操中,采集的核心参数包括高压变频器输出频率、电机转速、供回水温差、系统压力、循环水泵负载电流,采集设备选用高精度传感器,安装位置优先选择供回水管路关键节点、高压变频器输出端及电机接线处,确保参数采集的实时性与准确性。参数采集频率设定为每10秒1次,采集数据经滤波处理后传输至控制终端,剔除异常波动数据,保留有效运行参数。筛选过程中重点关注与剩余控制及能耗相关的核心参数,摒弃与控制目标无关的冗余数据,减少控制终端的数据处理压力,为模型预测提供可靠的数据支撑,确保后续控

制策略的精准落地。

1.2 预测模型构建的实操要点

模型预测的核心是构建贴合热力站实际运行工况的数学模型,无需复杂理论推导,重点聚焦参数间的量化关系,确保模型可落地、可调试。模型构建以采集的核心运行参数为输入量,以高压变频器剩余控制量(输出频率修正值)为输出量,结合热力站负荷动态变化规律,简化模型结构,避免过度复杂的公式推导。构建过程中,需结合现场运行经验,修正模型参数,确保模型预测值与实际运行值的偏差控制在 $\pm 3\%$ 以内^[1]。模型的核心功能是根据实时采集的供回水温差、系统压力等参数,预测下一时刻高压变频器的最优输出频率,为剩余控制提供精准依据,同时预留参数调节接口,便于现场工作人员根据实际运行工况灵活调整,适配不同负荷条件下的控制需求。

1.3 控制终端与变频设备的联动调试

控制终端与高压变频设备的联动稳定性,是剩余控制策略顺利实施的关键,调试过程需严格遵循现场实操规范,避免联动故障导致设备停机或控制失效。调试时,首先完成控制终端与高压变频器的通讯连接,选用抗干扰能力强的通讯线路,避免供暖季现场复杂电磁环境对通讯信号的干扰然后开展联动测试,模拟不一样的热力负荷工况,验证控制终端所发控制指令能否快速、准确地传至高压变频设备,而且设备的响应时间要限定在1秒以内,调试的时候重点检查剩余控制指令的执行精度,当预测模型给出频率校正值时,高压变频器实际输出频率要跟指令值一致,偏差超出许可范围时,马上调整通讯参数及设备响应阈值^[2],同时去调试设备保护机制,保证在联动的时候出现过载、过压等异常情况时,系统会自行开启保护,防止设备报废,维护高压变频系统安

基金项目: 2025年伊吾县科技创新-热力站高压变频器冗余控制技术的研究

全稳定地运行。

2 基于模型预测的热力站高压变频剩余控制策略实施

2.1 负荷预测与控制目标设定

负荷预测是剩余控制策略得以实施的前提,要把热力站实时运行参数和历史负荷数据关联起来,凭借预测模型精确判定下一时刻热力负荷的变化走向,进而规划合理的剩余控制目标,负荷预测把供回水温差和环境温度、循环水泵负载电流作为核心输入参数,经简单的量化计算得出负荷预测的结果,防止复杂的算法推导产生。剩余控制目标的设定要和现场运行需求相契合,主要目标是使高压变频器输出频率处于最优范围,保障供回水温差稳定在预设的5-15℃这个范围,同时最大程度使设备能耗降低,控制目标要分档来设定,契合不同的负荷工况,防止单一目标造成控制精度不够,例如低负荷工况的情况下重点关注节能效果,中高负荷工况里面重点保障供暖质量,确保控制策略灵活实用的属性,用以下公式能够计算负荷预测值:

$$Q = k \cdot \Delta T \cdot I$$

式中, Q 为热力负荷所预测的值, k 乃是修正系数(取值范围0.8-1.2,按照现场运行经验做调整, ΔT 所代表的是供回水温差, I 为循环水泵所承载的电流,该公式以核心运行参数的简单乘积和修正达成,快速得到负荷预测的结果,误差管理在合理的范围之内,能直接用于现场负荷的判断,为剩余控制目标设定提供量化方面的依据。

2.2 剩余控制量的计算与调节

剩余控制量计算属于控制策略的核心部分,得基于模型预测结果以及控制目标,用简单有效的公式算出高压变频器输出频率的修正数值,做到剩余控制的精确治理,计算剩余控制量,要将当前变频器输出频率、负荷预测值与预设的控制目标关联起来,甩掉复杂的理论计算,保证计算过程简单、好操作,利于现场工作人员明白与调试。算出剩余的的控制量之后,依靠控制终端把修正指令传至高压变频设备,实时对变频器的输出频率作出调节,保证设备运行状态契合负荷需求,调节的时候需遵循渐进式调节的原则,避免频率一下子改变导致设备冲击,增加设备使用的时长,同时保障供回水温差、系统压力等参数稳定在预设的范围^[3],剩余控制量(变频器输出频率修正值)的计算是用以下公式:

$$\Delta f = k_1 \cdot (Q - Q_0) + k_2 \cdot (f_0 - f)$$

式中, Δf 是变频器输出频率的修正量, k_1 、 k_2 作为起到调节作用的系数(k_1 取值0.3-0.5, k_2 可以取值0.2到0.4这个范围,凭借现场调试确定下来, Q 为当前所预测的负

荷值, Q_0 是预设好的负荷目标值, f_0 是被预设的变频器输出频率, f 是当前变频器实际所输出的频率,该公式通过对负荷偏差、频率偏差做综合计算,得出合理的频率校正值,使剩余控制保持精准,同时参数的调节十分灵活,能适应不一样的运行工况。

2.3 闭环反馈修正与运行监控

要提升剩余控制精度,闭环反馈修正机制是关键,需实时采集高压变频系统调节之后的运行参数,同预设控制目标做比较,算出偏差之后对剩余控制量做二次修正,形成以“采集-预测-调节-反馈-修正”为环节的闭环控制流程,反馈修正的核心操作是对比调节后的供回水温差、变频器输出频率、电机转速等参数跟预设目标的偏差数值,如果偏差越过了允许范围,用反馈公式来算出修正量,对变频器输出频率开展二次的频率调整,保证控制精度达标^[4],采用以下公式对闭环反馈修正量进行计算,能快速使偏差得到修正:

$$\Delta f' = k_3 \cdot |\Delta T - \Delta T_0|$$

式中, $\Delta f'$ 为闭环反馈修正量(Hz), k_3 为反馈调节系数(取值0.1-0.3), ΔT 为调节后供回水温差(℃), ΔT_0 为预设供回水温差目标值(℃)。该公式通过供回水温差的偏差绝对值计算反馈修正量,直接作用于变频器输出频率调节,确保供回水温差稳定在预设范围,提升剩余控制的精准度。

3 基于模型预测的高压变频剩余控制节能应用实践

3.1 节能参数的优化设定

节能应用在供暖系统中占据着至关重要的地位,其核心在于通过科学合理地优化高压变频系统的运行参数,达成减少设备能耗的目标,同时必须确保供暖质量不受影响。参数优化并非孤立进行,而是要紧密结合现场运行工况,绝不能盲目地追求节能而忽视供暖效果,否则将得不偿失。在实际操作中,节能参数优化主要聚焦于变频器输出频率范围、电机转速阈值、供回水温差区间这三个核心参数。以模型预测结果为依据,精准设定最优参数区间。对于变频器输出频率,要避免其长时间处于高频运行状态,因为高频运行会消耗大量电能。应根据负荷预测值进行合理调整,在低负荷工况下,适当降低输出频率,让设备以较低能耗运行;在中高负荷工况下,稳定输出频率,确保电机运行在高效节能区间。电机转速阈值设定时,要充分考虑循环水泵的额定转速,转速过高不仅会造成能耗浪费,还可能对设备造成损害,同时要保证循环水量能够满足供暖需求。

3.2 节能效果的量化计算与评估

节能效果的量化评估是检验控制策略实用性的关键

环节,它能够为节能措施的调整和优化提供客观依据。为了准确评估节能效果,需要通过简单有效的公式计算节能率,并结合现场运行数据进行分析,避免主观判断带来的偏差。节能率计算是以传统控制模式能耗作为基准,把其跟基于模型预测的剩余控制策略实施后的能耗做一番对比,于是得出相应节能率,以这种做法量化节能效果,在开展计算的过程中,应当采集相同工况下两种控制模式的高压变频器耗电量以及电机耗电量等数据,保障数据有可比较的意义,防止因工况差异让评估结果有偏差。处于评估的过程里,不但要重点关注节能效果稳定的程度,确保在不同的负荷工况当中都可有效节能,还要对控制策略给设备运行寿命带来的影响进行评估,因为有些节能优化举措也许会在短期内使能耗降低,但就长期来说会加快设备的损耗,增加设备维护以及更换的成本,要做到节能跟设备保护的协同,使节能方式可以减少能耗,还可保证设备正常运行及长久使用^[5],节能率量化计算采用下面的公式,这个公式直白好懂,可直接应用到现场节能效果评估当中:

$$\eta = \frac{E_0 - E_1}{E_0} \times 100\%$$

式中, η 当作节能率, E_0 是在传统控制模式下高压变频系统的耗电量, E_1 表示基于模型预测的剩余控制策略实施以后的耗电量,该公式用两种控制模式下的耗电量差值与传统模式耗电量的比值,对节能效果进行量化,能直接对现场实操进行评估应用,为节能应用落地提供量化的相关依据。

3.3 节能应用的落地保障措施

节能应用使顺利落地达成,要根据热力站现场运行特点,筹备完备的保障方法,杜绝控制策略跟现场实操脱离,保障节能效果一直稳定,保障措施的重点内容有设备维护、参数调试、人员培训三个方面,设备维护应定时对高压变频器、传感器、循环水泵等设备做检查与保养,打扫设备的灰尘、查看线路是否连接,防止设备故障造成节能效果减退,定时对易损部件予以更换,加

大设备使用期限。参数调试要充分考虑季节变化以及负荷的波动影响,就像在冬季供暖高峰与低谷的时候,依照实际供暖的要求,适度调节供回水温差目标值以及变频器输出频率范围,确保系统在不一样的工况下都能高效工作,保证节能效果稳定状态,人员培训应面向现场工作人员开展实操方面的培训,讲解控制策略执行流程、公式的运用、参数调试方法,提高工作人员的操作技巧,确保工作人员能够熟练掌握控制策略实操的主要要点,及时处理运行当中的异常情况,助力节能应用持续开展。

结语

基于模型预测所采用的热力站高压变频剩余控制策略,把现场实操需求作为焦点,凭借精确的参数收集、简易的模型创建、合适的控制调节,做到剩余控制跟节能运作的协同优化,有效解决传统控制模式滞后以及能耗浪费的问题,借助控制参数优化、闭环反馈修正以及节能保障的相关措施,可切实提高高压变频系统运行稳定性,让设备能耗有所下降,为热力站高压变频系统的高效运营提供能落实的技术保障,后续能依照热力站运行工况的变化,对控制参数与模型精度做进一步优化,促进节能效果不断提高,协助热力站实现节能减耗和高质量供热双重目的。

参考文献

- [1]王彦文,冯琛,陈鹏,等.矿用高压变频器中IGBT模块在阶跃脉冲下局部放电特性[J].矿业科学学报,2020,5(5):536-545.
- [2]邹华民,周晓云,曹强,等.SMC高压变频模块随机振动疲劳分析[J].环境技术,2022,40(3):139-144,178.
- [3]曹振华,王静静,杨艳英.高压变频控制与废液泵[J].纯碱工业,2023(4):23-25.
- [4]邵海峰.高压变频器的操作维护及常见故障解决策略分析[J].房地产导刊,2021(9):284.
- [5]吕先芄.高压变频器的工作原理和常见故障分析[J].百科论坛电子杂志,2020(22):3980.