

在“能耗双控”目标下煤炭洗选耗能系统的节能研究

田涛

(兖矿能源集团股份有限公司济宁二号煤矿, 山东 济宁 272072)

【摘要】新时代十年, 选煤厂应积极响应国家号召, 主动革新新发展理念, 着力达成“能耗双控”目标。本文将基于“能耗双控”目标, 以内蒙古某选煤厂为研究对象, 依照电工学基本原理, 分析厂内电力系统现存的电压、频率等不稳定因素。引入节电技术, 调整磁通矢量, 优化厂内变压器三相电压的平衡度, 逐步抑制、消除谐波电压。进而将选煤厂及其变压器的有关负载精准控制在高效能区间, 维持电力系统运行的有序性, 突出电压稳定性, 实现电能资源的显著节约。

【关键词】“能耗双控”目标; 煤炭洗选; 耗能系统; 节能

新时代十年, 节能减排成为了我国社会发展主旋律, 各领域多措并举, 以期如期完成“双碳目标”。在此背景下, “能耗双控”概念应运而生。简单来讲, “能耗双控”就是对能源消耗总量及强度加以控制, 旨在规避能源浪费现象发生, 限制能源消费的增长。对此, 作为能源耗用总量及强度较大的选煤厂, 应紧跟国家发展步伐, 将“能源双控”理念合理渗透于日常工作中。为此, 选煤厂可以优化高能耗的供电系统为切入点, 科学操作系列节能技术, 促进电能资源使用量不断下降, 在减少选煤厂运行成本的前提下, 迎合国家“能耗双控”要求, 助推选煤厂健康发展。

一、在“能耗双控”目标下煤炭洗选耗能系统的节能必要性

煤炭作为我国重要性战略资源, 具有多种物质伴生, 且不可再生的特性, 对煤炭加以精选加工处理, 能够大幅提升煤炭资源的综合利用率, 压缩环境污染的发生几率。选煤厂作为煤炭资源开采至地面后, 完成洗选加工的主要载体, 具有较高的机械化、自动化水平。因煤炭资源的洗选工作流程较多, 具体包括原煤输入、煤炭破碎、煤炭筛分、煤炭重选、煤炭浮选、煤炭脱水等诸多步骤, 各工序的紧密连续性较强。所以, 作为大宗散粒物料的分选, 其流态化工作时间较长, 且当任一步骤环节发生停顿, 则可致使某些煤炭未通过分选, 直接流入精煤产品, 使得产品质量欠佳。此外, 由于选煤厂的用电设备分布较为集中, 即机械设备多集中安装于原煤准备、煤炭洗选、煤炭浓缩这三个车间。所以, 不论是控电, 或是供电, 均较为便利。现阶段, 受科技飞速发展的驱动, 我国选煤厂的煤炭洗选工作普遍实现了自动化管控, 选煤生产工作的各个工序呈现出了较突出的联动型, 各个设备运转之间的制约效应明显^[1]。因此, 选煤厂应着重强调供电系统的稳定运转, 避免突发断电、停电等用电问题, 阻碍设备运行, 妨碍选煤工作的稳步推进。同时, 新时代下, 为追求长远发展, 选煤厂应顺应我国发展趋势, 注重践行新发展理念, 将节能技术科学应用于厂内供电系统中, 支持“能耗双控”目标的早日达成。

二、在“能耗双控”目标下选煤厂的供电系统要求

(一) 供电可靠性

选煤厂供电可靠性需突出供电的连续性, 防止供电暂停间断。这是因为, 只有保证连续供电, 才可确保厂内各类机械设备的平稳运转, 维护选煤厂基本的运行秩序, 在预定工期内顺利完成选煤工作。而当选煤厂突发断电事件, 不仅不利于选煤生产, 还易导致机械设备运行故障的发生。且供电系统的“一开一关”, 将在短时间内消耗大量电能, 与“能耗双控”理念相违背。对此, 供电可靠性是选煤厂供电系统运转的核心性要求之一。

(二) 电能高质量

对于选煤厂来讲, 设定高标准的电能质量要求, 能够在不损害用电设备, 长时间维持其正常运转的前提下, 将电能耗用总量及强度固定在可控范围内。在电能质量不达标的情况下, 用电设备的损耗将不断增长, 易形成设备构件老化现象, 导致突发设备运行故障、能耗异常上升等不良问题, 制约生产。常规情况下, 我国选煤厂的电能指标包括以下几方面, 即电源电压 U 、电源频率 f , 以及电压波形稳定性。展开分析为:

一是电源电压。额定的三相对称正弦电压普遍为选煤厂供电电压幅值的最佳参数。但在选煤厂用电设备的实际工作中, 由于存在供电负荷动态变化、供电网络阻抗等因素, 可致使用电设备的真实电压值与预期额定电压具有一定偏差, 即电压波动、电压偏差。其中, 电压波动指的是在某一时间段内, 电压突发异常变化, 使得其偏离额定值的情况。表达式为:

$\Delta U_2 = U_{\max} - U_{\min}$ 。国家针对用电设备的电压波动统一进行了明确规定, 当发生剧烈的电压波动时, 将导致选煤厂中的部分选煤电气设备无法良性运转, 需待电压波动恢复正常后, 再推进作业。而电压偏差则是用电设备实际电压与额定电压值的差值。表达式为:

$\Delta U_1 = U - U_n$ 。在选煤厂中, 电源实际电压 U 的平方将与选煤传动设备异步电动机的转矩 M 呈现出正比关系^[2]。即 $M \propto U^2$ 。因二者联动性较高, 所以, 用电设备的电压波动, 将引发电动机转矩的异常变化, 随即造成设备老化、烧毁电动机, 以及能耗大幅增长等不良现象。

二是电源频率。我国设定的工业标准用电设备电流频率为 50Hz。常规条件下,可依托设备呈现出的频率偏差,对应评估当前设备电源频率的稳定性。表达式为: $\Delta f = f - f_n$ 。在选煤厂中,有关洗选的交流电动机,其电源频率可与其转速呈现出正比关系。另外,交流电动机电源频率的偏差,可对电动机产生一定危害。即偏差的大小、偏差持续的时长,将决定产电动机的受损程度。

三是电压波形稳定性。在选煤厂实际作业中,根据三相交流发电机的运行原理,其电源电压波形多为正弦波。然而,受厂内电力系统的发电、输电、配电、用电等因素的负面影响,可促使电压波形逐渐转变为呈不规则状态的正弦波,即正弦波畸变。造成电压波形稳定性有所下降,随之可能产生电能耗用量增加等问题。

三、在“能耗双控”目标下选煤厂供电系统的节能研究

我国幅员辽阔,具有电能供需不平衡、输电配电距离远等现况,使得电压偏差、电压波动等问题时有发生。且用户端使用的非线性负荷、非对称负荷,以及波动负荷等负荷形式,均可引发电力品质降低,致使功率因素、电力效能下降,催生用户用电安全隐患。同时,可促使用户用电量的增多,提高用户用电经济压力。

对此,本文围绕选煤厂用电系统展开实验研究,以 4S 电磁理论为支撑,即电磁的调压、平衡、移相、滤波,安装电磁平衡式节电器,运用以磁控电技术,对电压偏差、电压波动现象加以抑制。并消除谐波及瞬间高压,实现相位角的平衡,增加功率因数^[3]。由此一来,可立足实际,依托变压器主磁通的恰当调节,将其运行能效提升至高效范围区间,为负载输送传递有效电能,控制变压器与负载之间的无效能量交换,不断压缩其铁损、铜耗、绝缘介质损害、电流畸变能耗。从而明显提高选煤厂变压器的实时能耗比,推动其体积能量密度稳步增长。

(一) 电磁平衡技术原理

基于标准条件,选煤厂三相电压需呈现出幅值、频率,以及相位差完全相同,且各项电压的向量相差 120 度的作业状态。详见图 1 所示。

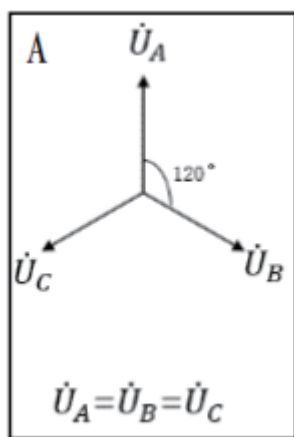


图 1. 选煤厂三相电压平衡向量示意图。

然而,受诸多外界因素的客观影响,选煤厂难以长时间保持三相电压的绝对平衡,而这就将催生负序电压、零序电压分量。详见图 2 所示。

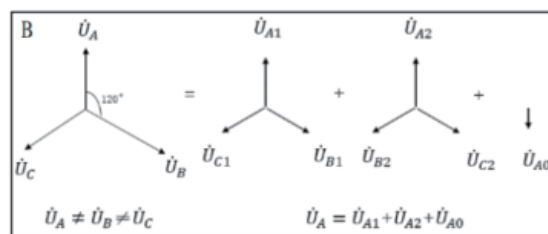


图 2. 选煤厂三相电压不平衡向量示意图

通过图 1、图 2 的对比分析可知,图 2 呈现出的电压幅值各不相同。采用向量图解法,可获得负序分量电压 U_{B2} 、 U_{C2} ,以及 U_{A0} 的向量,即其均呈现出了反方向序量的状态。而这就可导致选煤厂电动机在运行中衍生出反向旋转制动力矩。若要改变这一现象,确保电动机能够维持原速度,按照正方向运转,则需根据负序分量,额外增设一个一倍负序分量的正序能量^[4]。即若 $U_{\text{负序}} = 1.5U_{\text{正序}}$,则需对应增加功率 $\Delta P = U^2/R = (1.5)^2 P_{\text{正序}}$ 。另外,选煤厂发生电压不平衡现象后,则可随之出现电流、电压负序分量问题,促使选煤厂电动机形成振动力矩,并造成线圈漏磁铜损耗。对此,可操作低漏感铁心变压器这一先进性技术,灵活控制、调整选煤厂变压器主磁通。同时,可额外加设一组调节绕组,实现对电动势的动态把控,以及对电压施以对称补偿,以此加强选煤厂电源变压器的性能水平,优化其电能输变表现。且通过增设电压,可有效调节变压器磁通矢量,提升三相电压平衡性。

(二) 选煤厂电能控制研究

在选煤厂中,由于存在煤炭质量变化、设备突发状况、洗选负荷改变、车间管理调整等诸多情况,使得选煤厂运转所消耗的电能总量及强度居高不。如今,在国家大力推行“双碳”战略、追求“能耗双控”目标的时代背景下,各地选煤厂均在摸索更为科学、高效、合规的电力资源节能途径。

为选煤厂主变压器合理安装节电器,采用附加电压的手段,调控其磁通矢量,可实现其三相电压不平衡度的及时改善。并以谐振技术的正确操作,对附加电压进行灵活调节,能够抑制、清除现有输出侧、输入侧衍生出的谐波电压。

节电器的应用,能够将变压器极其复杂等效电路,创新构建为物理模型,运用离散化处理方法,梳理模型中的多样物理关系。并结合有关数值的计算,得出输出调制电压,有助于变压器主磁通的动态把控、调节。一旦负载侧电量出现异常变化后,所安装的节电器则可根据实况,针对性运用不同的调制电压,对主磁通进行自动操控,提升其运行效能。

在内蒙古某选煤厂开展电力节能实验后,实现了对变压器主磁通的优化把控,驱使变压器明显降低。详见图 3 所示。

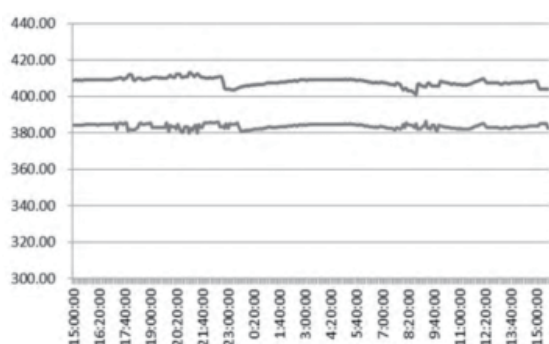


图3. 选煤厂实验后变压器输出电压情况示意图

在选煤厂变压器完成节电改造后,谐波电压得到了明显抑制,且电压不平衡度同样实现了显著消减,可将输出电压准确控制在额定电压值的范围区间,电压稳定性良好。

通过对图3的分析可知,选煤厂用电设备由以往运行电压 U_1 调节为 U_2 时,可根据公式 $P = U^2/R$,确定选煤厂纯电阻的电热负荷节电率。即

$$n = \frac{\Delta P}{P_1} = \frac{P_1 - P_2}{P_1} = 1 - \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{U_2}{U_1}\right)^2$$

取15:00的对应数值,即 U_1 为409V, U_2 为384V,带入计算得到节电率为: $n = 1 - \left(\frac{U_2}{U_1}\right)^2 = 1 - \left(\frac{384}{409}\right)^2 = 1.9\%$

取7:00对应数值,即 U_1 为410V, U_2 为381V,带入计算得到节电率为: $n = 1 - \left(\frac{U_2}{U_1}\right)^2 = 1 - \left(\frac{381}{410}\right)^2 = 13.6\%$

通过比较可知,对选煤厂变压器进行电力节能改造,能够达到负载节能的作业目标。

除此之外,为对负载节能加以深入研究,在开展选煤厂变压器实验改造前后的24h之内,进行了连续性、动态化的观察记录,得到了真实性、可参考新的测量数据。并依托这些数据资源,绘制出了变压器复杂设备有功功率消耗曲线图。详见图4、图5所示。

通过图4与图5的比较可发现,在选煤厂创新应用节电技术后,电力系统的功率因素得到了明显改善。且谐波回路阻抗、负载介质损耗,以及有功功率,均发生了减少,电能节约量约10%。

根据选煤厂变压器实验改造的结果,可分析出变压器有功功率的具体降低情况。即实验改造前,选煤厂变压器在常规情况下,其平均有功功率约为98kW。实验改造后,选煤厂变压器的时下平均有功功率约为88kW。此外,按照改造后的状态,在一年之中,选煤厂变压器负载可节约的电能总量约为:

$(98-88) \text{ kW} \times 6600 \text{ h} = 66000 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。其中,“6600h”为变压器年度运行时间。结合当地企业用电电费标准,电费平均可按0.42元/kW·h计算。在选煤厂完成变压器节电改造后,可收获的年度经济效益约为: $66000 \text{ kW} \cdot \text{h} \times 0.42 \text{ 元} = 27720 \text{ 元}$ 。同时,该选煤厂的年度生产规模约为880万t,在正常条件下,厂内用电设备的总有效功率约为6500kW。若在厂内普及节能降耗技术,年度经济效益可高达约183万元^[5]。

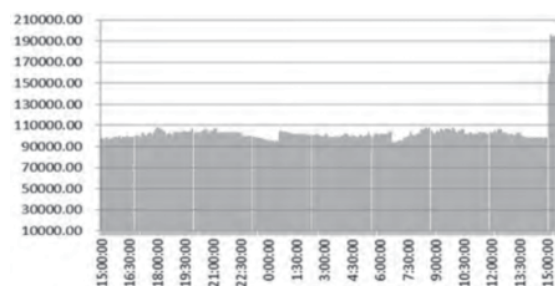


图4. 选煤厂变压器改造实验前的有功功率消耗情况示意图

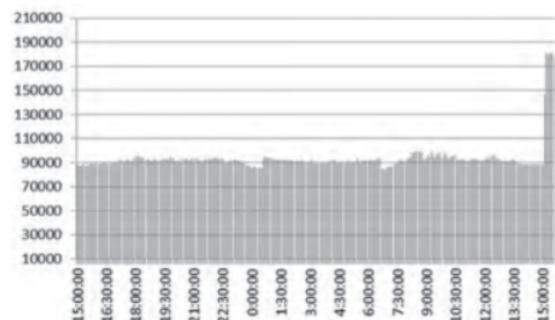


图5. 选煤厂变压器改造实验后的有功功率消耗情况示意图

结语

综上所述,新时代下,为极力达成“双碳目标”“能耗双控”目标,为国家发展贡献力量,我国各个领域主动承担起了新时代新使命,结合实际,创新规划了“碳中和”“碳达峰”的路线图。煤炭洗选领域也不例外,各地选煤厂因地制宜,积极探索各种节能措施、降耗手段,现已取得诸多新成就。本文以内蒙古某选煤厂为研究对象,通过实验研究,为厂内主变压器科学安装节电器,能够以其三相电压不平衡度的合理优化,保证供给洗选负载稳定电压,获得约10%的节电效果。从而可降低选煤厂运行成本的投入量,增长经济效益。并实现环保、节能、增效,可促进选煤厂健康、绿色的可持续发展。

参考文献:

- [1] 罗鹏飞,姜钰卿,兰志轩等.双循环视角下中国省区隐含能贸易及其对能耗双控的影响研究[J].石油科学通报,2023,8(02):234-246.
- [2] 王盼.“十四五”以来我国能耗“双控”制度调整与影响分析[J].石油石化绿色低碳,2023,8(04):1-6.
- [3] 李瑾,常征,吴越等.能耗“双控”向碳排放“双控”转变推动全国碳市场长期稳步发展[J].环境经济,2022(08):32-37.
- [4] 尹伟华.2021年能源行业形势分析与2022年展望[J].中国物价,2022(02):16-18.
- [5] 宋琪.能耗双控背景下陕西省能化产业发展面临的主要问题与对策建议[J].产业科技创新,2022,4(01):20-22.