

浅谈基建矿山提高功率因数的方法

郑怀喜

鞍山五矿陈台沟矿业有限公司

[摘要]功率因数是电力系统特别是电力用户的一项重要电气指标,也是衡量电气设备效率高低的一个关键因素^[1]。提高负荷的功率因数可以使变电设备和输电线路的供电能力得到充分发挥,更好降低各级线路和供电变压器的功率损失和电压损失,因而具有重要意义^[2]。

[关键词]功率因数;基建矿山;无功补偿

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.12.1885

对于投产或达产矿山企业而言,功率因数控制要比基建阶段容易得多^[3]。由于投产或达产矿山总用电负荷较稳定,不存在较大偏差,加之矿区高压集中补偿、低压成组补偿、分散就地补偿以及选矿车间(厂)同步电机的共同作用,功率因数达标轻而易举^[4]。但基建矿山却大相径庭,因为该阶段感性负载在总用电负荷中占比较大,且总用电负荷又变化不定,特别是施工前后用电负荷相差较大,给无功补偿^[5]配置和使用带来一定难度。另外,有些施工单位无功补偿装置落后,又不愿投资更新,一定程度上也会造成矿山基建阶段功率因数很难达标。以上是多数基建矿山功率因数不易达标的主要原因。

结合相关理论知识和本人实践经验,下面就基建矿山如何提高功率因数谈几点看法:

一、功率因数概念及相关知识

功率因数概念:在交流电路中,电压与电流之间的相位差(Φ)的余弦叫做功率因数,用符号 $\cos\Phi$ 表示,在数值上,功率因数是有效功率和视在功率的比值,即 $\cos\Phi=P/S$,其关系可通过功率三角形表达^[6]。

在交流电路中存在电感和电容,建立电感的磁场和电容的电场都需要电源多供给一部分电流,这部分电流叫做无功电流,无功电流不做有用的功。由于在电力系统中存在有功电流、无功电流,故对应有功功率、无功功率和视在功率三种功率。由于电力系统的主要负荷为电动机,相当于阻感性负载,电流滞后于电压的角度 ϕ 在 $0^\circ-90^\circ$ 之间变化,对应 $\cos\phi$ 的数值在 $1-0$ 之间变化。当 $\cos\phi=1$ 时,表示电源发出的视在功率全为有功功率,即 $S=P, Q=0$;当 $\cos\phi=0$ 时,则 $P=0$,表示电源发出的功率全为无功功率,即 $S=Q$ 。负荷的功率因数越接近1越好,因为功率因数过低对电力部门和用户都有如下不利影响:

(一) 功率因数过低使电气设备的容量不能充分利用

电气设备都有一定的额定电压和额定电流,在正常情况下是不允许超过的,如果功率因数低了,则有功输出也将随之降低,反之,要想维持一定的有功输出,必然会导致容量增加,电流增大。例如,一台容量8000KV.A的主变压器,如果负荷功率因数为0.9,则其输出的有功功率为 $8000 \times 0.9=7200KW$,如果功率因数为0.8,则输出的有功功率为 $8000 \times 0.8=6400KW$,二者相差800KW,造成实际带载能力降低。

(二) 功率因数过低将增加传输线路上的功率损失

当线路电压和负荷处于不变时,有功电流分量 I_a 就是一个

常数,通过导线的电流由公式 $I=I_a/\cos\phi$ 决定,所以当 $\cos\phi$ 减小时,线路电流必然增加,从而使功率损失($\Delta P=3I^2R, \Delta Q=3I^2X$)大大增加。

(三) 功率因数过低还会增加线路上的电压损失,电压质量下降

线路的电压损失由公式 $\Delta U=(PR+QX)/UN$ 决定。当功率因数减小时,通过线路的无功功率 Q 增加,导致 ΔU 增加,结果用电设备的端电压下降,有时甚至低于允许值,影响设备的正常运行。

二、基建矿山提高功率因数的方法

提高功率因数的关键在于尽量减少电力系统中各个部分所需的无功功率,特别是减少负荷从电网中取用的无功功率,使电网在输送一定的有功功率时,尽量少输送无功功率。基建矿山提高功率因数的方法可分为下面两大类:

(一) 提高用电设备本身功率因数

该方法又称提高自然功率因数法,适合基建矿山的方法措施一般有几项:

1. 避免电动机与变压器轻载运行。该方法主要适用于基建矿山初期(或生产暂停)阶段。因为这一阶段施工总用电负荷最小,电动机和变压器在此阶段基本处于轻载运行状态,用电设备(或设施)有功功率小而激磁所用的无功功率不变,故功率因数较低。所以,在确保安全生产的前提下,该阶段尽量减少电动机和变压器的装机使用量,力求电动机在接近额定负荷的条件下运行,变压器的负荷率也不宜低于50%。

在鞍山五矿陈台沟矿业有限公司副井、措施井探矿井施工前期,我们发现开工后前四个月功率因数逐渐下降(从0.92将至0.91再到0.87)。当分析出是变压器安装台数较多,且电机和变压器都处于轻载运行的原因时,我们采取在不影响提升任务的前提下暂停措施井施工单位主提绞车(6kV1600kW)和相应2500kVA主变运行,只保留副提运行;同时也暂停了副井施工单位主提(10kV高压电机 $2 \times 1000kW$),仅运行副提绞车;另外,又将两施工项目部非一级负荷的同一电压等级的用电设备组接同一电压等级的变压器上(待生产负荷上升至一定量后再进行适当拆分重组),功率因数显著改善并达标。

2. 尽量采用鼠笼式异步电机。鼠笼式电机结构紧密、气隙小、漏磁少,其功率因数比绕线式异步电机高。矿山基建期间,大多数提升绞车为绕线式异步电机,因为绕线式相比鼠笼

式输出转矩大。目前,也有许多矿山用的是ASCS系统矿井提升机(高压笼型异步电机),该系统提升功率范围和电压范围非常广,完全能够满足矿井提升机电力拖动与控制要求,但该系统提升机投资较大、维修不便、环境要求较高,故用于永久安装使用,对拆装频繁及环境较差的基建矿山不太适用。

3.对不需要调速的大型设备,尽量采用同步电动机。同步电动机的功率因数可达1,且在过激磁的条件下还可向电网输送无功功率,减轻电网输送无功功率的负担,因而提高了功率因数。矿井可使用同步电动机的设备有扇风机、空气压缩机等。

4.尽量采用高压6(10)kV电动机。这样可以省掉降压变压器,从而消除了该变压器产生的无功损耗。一般变压器的无功损耗约为有功损耗的5倍以上。矿井可用高压电动机的设备有提升机、主排水泵、空压机和通风机。这些设备,承建矿山基建的施工单位都具有。如目前承建副井的施工单位提升机为两组 $2 \times 1000\text{kW}$ (10kV)高压电机,排水泵电机电压为1140kV;措施井施工单位提升机为1250kW(6kV)和1600kW(6kV);排水泵电机电压为6kV。

(二)适时做好人工补偿

当生产用电量增加到一定程度后,在采用提高用电设备本身的功率因数措施后仍达不到规定的要求时,应考虑使用或增设人工补偿提高功率因数的装置。基建矿山人工补偿提高功率因数的方法一般有以下几种类型:

1.并联移相电容器组。目前多在6(10)kV母线上并联电容器组进行集中补偿。具有投资省、有功功率损耗小、运行维护方便、故障范围小、无振动和噪声、安装地点较灵活等优点。缺点是只能有级调节而不能随负荷无功功率需要量的变化进行连续平滑的自动调节。

并联移相电容器组矿山基建施工单位基本都配有,但这种方法不见得都能使功率因数达标。一方面与电力电容器的设置方式(高压集中补偿、低压成组补偿、分散就地补偿)的补偿区有关;另一方面与人为投切和所需补偿量能否匹配有关。人为投切并联移相电容器组时,注意考虑和计算好所需投(切)补偿量,使其值尽量与投切的电容器组数值接近,这样方能精准有效。

2.采用静止无功补偿器。该补偿器简称SVC,是一种性能较优越的动态无功补偿装置。这种补偿方式的优点是动态补偿反应迅速、调节平滑、损耗小,特别适合对功率因数变化剧烈的大型负荷进行单独补偿。

值得注意的是,该装置主要针对较大的用电负荷量,对停产期间以生活用电为主或生产用电量较小时效果不佳,这是由它的无功补偿区间值决定的。只有在用电负荷达到一定程度后自动补偿才有效,否则会出现欠补或过补结果。

例如:陈台沟矿业措施井、副井施工后期,施工单位已有的无功补偿装置已不能满足功率因数达标要求。在建设单位的建议下,施工单位分别在10kV侧增加(副井施工单位)、6kV

侧更换(措施井施工单位)了静态无功补偿器。2020年,受疫情、探矿证延期办理因素影响,项目施工暂停几个月。生产暂停期间,施工现场除井下排水、上下井提升绞车开动生产用电外,其余全部为生活用电。此时,静态无功补偿器不能有效发挥其作用,要么无自动补偿,要么自动补偿后出现过补现象,导致功率因数下滑较重(甚至降至0.69)。为此,通过分析电表显示参数,及时暂停了动态无功补偿装置。此后,通过1次/3天抄表所掌握的有功、无功相关参数计算出这3天的功率因数是否达标和判断是欠补还是过补。欠补时,我们适量手动启动该装置的低压补偿或低压配电柜的低压成组补偿装置;过补时,就及时手动切除,功率因数最大程度得到有效控制(0.85~0.9之间)。复工复产后,生产用电负荷逐步增大,再将静态无功补偿装置由手动调整至自动状态,其作用稳定良好。据统计,每月功率因数均在0.91~0.98之间,年达标奖励金额6万余元。

3.采用进相机改善功率因数。进相机适用于对绕线式异步电动机进行单独补偿,电动机容量一般为75~3000kW。进相机又分为自激(旋转)式进相机和静止式进相机两种,两种进相机都是串接绕线式异步电动机转子回路。前者特别怕尘埃,使用寿命短、维修频繁、费用高、规格少、难以与电动机达到最佳匹配等缺点,现很少采用。后者克服了前者的缺点,可使异步电动机的功率因数提高到接近于1,电机定子电流减少15%~20%左右,其性能优于传统的电容补偿和旋转式进相机。

三、结论

总之,各基建矿山因作业条件不同,承建作业的各施工单位设备设施也不一样,要想提高矿山基建阶段的功率因数,需从实际出发,善分析、勤查找并及时采取相应有效措施,功率因数达标才能得到保障。

参考文献:

- [1]郭栋.提高功率因数的方法[J].科技资讯,2008年06期.
- [2]田仲凯.浅析如何提高配电网功率因数[J].价值工程,2010年21期.
- [3]秦延贵,李进.配电网功率因数对矿井供电的影响[J].煤矿现代化,2008年06期.
- [4]齐向阳.工厂供电功率因数的分析及补偿[J].新疆有色金属,2005年S2期.
- [5]李艳芸.Research on Methods of Improving Power Factor of Power System in Coal Mine Enterprises [J].电力系统装备,2019,000(004):24-25.
- [6]Sebastian J, Villegas P J, FNuno, et al. Improving dynamic response of power-factor preregulators by using two-input high-efficient post regulators[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 1997, 2(6):1007-1016.