

[无功补偿]

企业园区配电系统无功补偿装置的应用及经济效益分析

文/西安重工装备集团 西安煤矿机械有限公司 刘 锋

在电力系统中，无功补偿装置的作用十分重要，主要担负对电网的无功功率进行补偿，提升电网的功率因数，以减少供电线路及变压器的无功输出，提高有功功率的最大化输出。

近年来，随着全国各地市经济开发区、工业园区以及能源矿产的大力建设和发展，用户自建变电站发展迅速。由于各类大型制造加工厂区及工矿企业电网的无功需求随着企业的发展扩大而不断增加，电网运行中的无功补偿及优化节能问题十分突出。以某大型企业的自建工业园区为例，园区为35 kV变电站供电系统，其功率因数长期偏低且未达到供电局的标准0.9，每月额外被罚缴调整电费，为了提高功率因数并节约园区的电费，计划技改园区电网10 kV SVG动态无功补偿装置及0.4 kV低压电容器组。由于该园区未投运补偿装置，造成局部生锈损伤。因此首先对装置的补偿容量配置重新进行系统无功量需求的计算，其次进行补偿设备的主绝缘试验及元器件检测，通过对一二次部分实施全面的试验检测，判断设备状态，最终启动调试10 kV SVG无功补偿装置及0.4 kV低压电容器组进行带电试运行。

园区电力系统状况

该企业园区内电气主接线为三级电压供电系统：第一级为35 kV系统，共设有两段35 kV进线，其中有两面出线柜各带一台35 kV/10 kV主变压器，1#主变压器额定容量为2万kV·A，2号主变额定容量为1.6万kV·A；第二级为主变压器低压侧的10 kV配

电系统，分为两段母线分列运行，共设有10 kV两段进线柜、两面电容器柜、六条常用出线及远期规划备用回路等，其中每面电容器柜下分别带有一组10 kV SVG动态无功补偿装置，按技改方案其额定补偿容量每组均配置为2 000 kvar，常用出线回路分别给园区内的两家大型子公司提供电源，其中为一公司供电设有四条出线，为二公司供电设有两条出线，分别对应供电给两家子公司内设置的10 kV中心配电室，中心配电室内设有10 kV进线、出线和计量柜等，每面出线柜通过电缆接至下级配电室的进线柜；第三级共建有20多个分配电室，分别给各个车间、办公楼、食堂及宿舍等负荷区域直接供电，每个分配电室内按其进线回路数分别对应配置有10 kV/0.4 kV变压器，其低压侧0.4 kV作为园区供电系统的末级，由电缆出线连接至各终端用电设备，本级分配电室内配备有0.4 kV低压电容器组柜。

园区无功补偿方案分析

由于企业不断有新上的机器设备，其电网无功量需求及总用电量逐年增加，各类设备包括普通机床、数控机床、加工中心、加热炉、渗碳渗氮炉、起吊装置、电焊及切割设备等，其中无功量以感性负载为主。经后台实时监测数据及统计分析，园区电

力系统的无功功率总需求在峰值时超过5 000 kvar, 一般情况下总需求在3 000kvar以上。系统功率因数很少能达到0.9, 基本在0.8左右, 由于功率因数不达标, 造成线路运行不经济, 每月供电局对企业进行调整电费的罚缴。园区内用电成本持续增高, 给企业增加了负担。所以, 企业需及时提高自身供电系统的功率因数, 由于低压0.4 kV等级的电容器组补偿容量配置有限且仅能将园区内第三级电压系统的无功补上去, 反馈到第一级补偿效果逐级衰减, 最终采用以第二级电压系统的无功补偿为主。第三级根据实际效果配合投入的方式, 即实施以10 kV SVG动态无功补偿为主, 加0.4 kV低压侧电容器补偿为辅的园区供配电系统无功补偿技改方案。根据补偿装置的参数核算配置, 园区内两条线路总的额定补偿容量达到4 000 kvar以上, 基本满足了园区电力系统的无功需求。但在启动无功补偿装置之前, 先进行试验检测。

补偿装置及回路试验检测

补偿回路一次及二次部分具体应有三个步骤的试验及检测。

1. SVG动态无功补偿装置的10 kV高压侧回路及各柜体配置检测

对动态无功补偿装置进行高压侧主回路的绝缘电阻、绝缘耐压试验以及10 kV电容器容值测试, 同时对柜内变压器10 kV/1 kV电压比及三相匹配度、断路器操作特性、隔离开关动作及回路电阻等实施检测, 各项数据均应达到国家相关电力标准且符合各元器件铭牌的额定参数。一次回路试验检测如图1所示。



图1 一次回路试验检测

2. SVG动态无功补偿装置低压侧回路及低压电容器检测

模拟加压测试控制回路及IGBT功率单元的输入输出波形, 检查散热风机、二次控制保护元件的带

电状态。对动态无功补偿装置低压侧1 kV接触器主回路模拟加压, 测试整体的绝缘、通断等特性。对0.4 kV电容器组的补偿参数进行检测, 各项数据均应达到国家相关标准且符合各元器件铭牌的额定参数。二次及低压回路试验检测如图2所示。



图2 二次及低压回路试验检测

3. 调试及带电试运行的监测

分别针对10 kV两段补偿装置进行两条线路系统无功补偿的目标功率因数、控制保护参数及其自动投切的设置, 并根据运行环境及设备发热对风机自动起停情况进行调校设置, 调试正常后正式通电试运行, 进入后台监测及现场巡视阶段。



图3 调试运行

无功补偿效果及经济效果

该企业供配电系统无功补偿技改于实施当年的年底带电试运行成功, 通过后台监测在用电高峰时, 35 kV I段进线侧功率因数已提升至0.92~0.93, II段进线侧功率因数提升至0.98~0.99, 园区两段进线整体上在用电高峰时的功率因数平均达0.95, 用电负荷过峰后一般情况时两段进线的功率因数平均达0.97, 电网运行参数得到了极大优化。功率因数提高后在园区供配电系统运行上大幅提升变压器的有功输出利用率, 减小线路整体损耗。同时减少了电压损失, 提高了末端电压水平, 保障了生产设备的稳定运行。在经济上避免了供电公司罚款并获得调整电费的奖励, 基本电

费有所降低。可增加投入更多线路末端各分公司的生产用电设备,整体上实现了节省园区电费,产生的直接经济效益统计如下。

1. 调整电费罚缴节省

以该企业技改未实施的前一年园区实际电费为例,由于功率因数未达标,全年共计罚缴16.8万元,技改实施后的第二年,由于企业生产总值年度计划上调20%,新设备及用电量均有所增加,如果按照未技改功率因数仍未达标而全年用电量又有所增加,则调整电费的罚缴将同比增加20%左右,估算全年罚缴约20.16万元,技改功率因数达标后每月罚缴全部节省。

2. 调整电费奖励

以技改实施后的第二年园区调整电费部分的实际奖励为例进行统计,由于全年园区电网功率因数均达标,每月用电量受企业的任务产量及夏冬季高峰用电的影响均有所不同,因此调整电费部分的奖励每月有高有低,按照供电公司平均每月调整电费奖励约1.2万元计算,全年供电公司调整电费奖励共计约14.4万元。

3. 基本电费

由于企业园区基本电费与供电公司的结算方式是按照园区内两条线路的实际最大需量计费,因此线路无功补偿技改后每月对于基本电费的节约可以忽略不计。

4. 线损电费节约

园区无功补偿装置技改投运后通过变电站后台监测,Ⅰ、Ⅱ段10 kV进线柜合计总运行电流降低约40 A,线路及设备损耗占2%~3%,经统计实际用电量,园区每月平值、峰值和谷值的用电量比例分别对应为44%、41%和15%。考虑到热处理、机加工等车间生产办公存在连续24 h用电以及该企业周末节假日经常加班的情况,其中线损部分的全年节约损耗电量经统计为174 187 kW·h,技改后园区

全年用电线损部分的节约计算为:节约损耗电量×比例×电价,单位电价按企业当地供电公司统一的大工业用电电价计,线损部份电费的节约为平值节约电费 $174\ 187 \times 44\% \times 0.530\ 2 = 4.063\ 6$ 万元;峰值节约电费 $174\ 187 \times 41\% \times 0.833\ 5 = 5.952\ 6$ 万元;谷值节约电费 $174\ 187 \times 15\% \times 0.226\ 9 = 0.592\ 8$ 万元;小计10.609万元。

5. 多带负荷增加效益

由于园区内部分分公司车间原来因为供配电系统的功率因数偏低,造成了变压器有功输出部分受限。经过电网无功补偿技改后功率因数大大提高,各级变压器可有效输出的有功功率增大。原来不能新增或起动的加工设备,现在可以在计算确认其容量后新增或起用,极大地提高了分公司加工设备的投入使用率及生产产值。技改后的第二年该企业计划扩大年度生产总值,企业内的结构加工车间新增投入一台大功率台式加热炉,按照该车间零部件加工所提高的实际产值进行年底统计,全年新增生产效益约18.5万元。

以上各项统计全年共计产生经济效益63.669万元。

结束语

该大型企业在园区变电站通过技改投入了10 kV SVG动态无功补偿装置和0.4 kV低压电容器补偿后,增加了新起动设备的巡检维护次数并加强了后台运行的实时监测,保障了无功补偿装置的长期安全稳定运行,通过实施技改后每年的持续监测,园区供配电系统每月功率因数均达标,园区电网运行参数得到了很好的优化,目前园区35 kV各级系统整体运行良好,达到了持续降低企业园区电费成本、节能降耗及提高用电能效的目的。EA

(收稿日期:2021.03.26)

