

「工业节能」

## 工厂电力系统的节能降耗

文/安徽省宿州污水处理厂 吴伟

节能降耗是一项全面的、复杂的工作，只从某一方面改造是不能起到很好的效果的。若要全面开展节能降耗工作，只有从系统方面全面分析，找出各种消耗源，利用新技术、新材料和新措施来节能降耗。

随着科技的飞速发展，工厂节能降耗有许多方法。材料技术的发展以及智能补偿器的广泛采用能降低输电线路损耗；新工艺新材料的应用能降低变压器的损耗，优选最佳运行方式和调整负载，能提高变压器的效率；新材料新工艺新技术的应用能够提高用电设备的效率；电力电子技术飞速发展与计算机技术在电力系统的应用，在电力传输，提高电的质量，对电力系统的监控，对电能的监控，所有这些都起到节能降耗的作用。

我厂从事污水处理，其主要工艺是利用生物降解的办法来处理污水，生物的活性的控制主要靠对活性污泥充氧，充氧靠电动机带动曝气转碟来完成，我厂共有20台45 kW的曝气转碟，同时还有许多辅助设备，例如4台100 kW的进水泵，4台45 kW的回流泵，以及脱水设备等，所以需要大量的电能。我厂生产成本的60%是电费，节能降耗是我们提高经济效益的主要手段。

### 变压器的经济运行及调负避峰对节能降耗的作用

通过优选最佳运行方式和调整负载，使变压器电能损失最低。充分发挥变压器效能，合理地选择运行方式，从而降低用电单耗和基本电贴费。同时进行科学管理，即可达到节能降耗的目的，从而提高企业的经济效益。

#### 1. 变压器的技术参数

1) 空载电流。空载电流的作用是建立工作磁场，又称励磁电流。当变压器二次侧开路，在一次侧加电压时，一次侧要产生电流即空载电流。

2) 空载损耗。由于励磁电流在变压器铁心产

生的交变磁通要引起涡流损失和磁滞损失。涡流损失是铁心中的感应电流引起的热损失。

3) 短路电压。短路电压是指在进行短路试验时，当绕组中的电流达到额定值，加在一次侧的电压。从运行性能考虑，要求变压器的阻抗电压降小一些，使二次电压波动受负载变化影响小些。但从限制变压器短路电流的角度，阻抗电压应大一些。

4) 短路损耗。短路损耗是变压器在额定负载条件下其一次侧产生的功率损失。变压器绕组中的功率损失和绕组的温度有关，变压器铭牌规定的 $P_k$ 值，指绕组温度为75℃时额定负载产生的功率损失。

#### 2. 变压器的经济运行改造

变压器的负载系数如低于0.60左右，就明显地属于“大马拉小车”，是极不经济的运行方式。变压器其经济运行区的临界负载系数在0.70~0.78之间，一般为0.75。若综合考虑变压器最佳负载系数约为0.90。比较经济的运行区间的负载系数约为0.75~1.0。很显然，不论从电贴费还是从变压器本身的因素考虑，我厂用两台1 000 kV·A的变压器都是不经济的。

改造后我厂用的是ABB的干式变压器SCR9—1000/10一台，SCR9—500/10一台并列运行，其参数如下表所示。

表

	空载损耗/kW	负载损耗/kW	短路阻抗(%)	连接组别
1 000 kV·A	1.86	9.15	6	Dyn11
500 kV·A	1.05	5.83	6	Dyn11

两台变压器并列运行(设两台变压器运行负荷随容量的大小正比分配):调负避峰一年能节省30万元左右,变压器的经济运行及调负避峰共可以为我厂每年节省45万元。当然换掉的变压器可以作为正在建设的二期工程用,如果换下来的变压器没有用处可以卖掉,通过计算可知换掉这种“大马拉小车”的变压器不仅可以减少损耗,还可以节省大量的电贴费。这种投入最多一年就可以收回成本。

## 无功补偿对节能降耗的作用

在工业和生活负载中,阻感性负载占有很大的比例。异步电动机、变压器和荧光灯都是典型的阻感性负载。阻感性负载必须吸收无功才能正常工作。异步电动机、变压器对无功的消耗占有相当的比例,这些无功若都由输电线路来传送,线路损耗很大,电压质量很差。

### 1. 无功补偿的方法

1) 集中补偿与分散补偿相结合。除了在配电室进行集中补偿外,还要在离配电室远的大型设备进行就地补偿。

2) 降损与调压相结合。满足电压质量的情况下尽量减少损耗。

3) 采用智能无功补偿控制器,使补偿更细化,更到位,更灵活。智能无功补偿控制器能够根据负荷的变化而增减电容器,补偿更可靠,更科学。

### 2. 无功补偿的效益

1) 节省企业电费开支。提高功率因数对企业的直接经济效益是明显的,因为国家电价制度中,从合理利用有限电能出发,对不同企业的功率因数规定了要求达到的不同数值,低于规定的数值,需要多收电费,高于规定数值,可相应地减少电费。可见,提高功率因数对企业有着重要的经济意义。

2) 提高设备的利用率。对于原有供电设备来讲,在同样有功功率下,因功率因数的提高,传输电流减少,因此向负荷传送功率所经过的变压器、开关和导线等供电设备都增加了功率储备,从而满足了负荷增长的需要;如果原网络已趋于过载,由于功率因数的提高,输送无功电流的减少,使系统不至于过载运行,从而发挥原有设备的潜力。

3) 降低系统的能耗。补偿前后线路传送的有功

功率不变,  $P=IU\cos\phi$ , 由于  $\cos\phi$  提高, 补偿后的电压  $U_2$  稍大于补偿前电压  $U_1$ , 为分析问题方便, 可认为  $U_2 \approx U_1$  从而导出  $I_1 \cos\phi_1 = I_2 \cos\phi_2$ 。即  $I_1/I_2 = \cos\phi_2 / \cos\phi_1$ , 这样线损  $P$  减少的百分数为:  $\Delta P\% = (1 - \cos\phi_1 / \cos\phi_2) \times 100\%$  当功率因数从 0.70~0.85 提高到 0.95 时, 可求得有功损耗将降低 20%~45%。

4) 改善电压质量。以线路末端只有一个集中负荷为例, 假设线路电阻和电抗为  $R$ 、 $X$ , 有功和无功为  $P$ 、 $Q$ , 则电压损失  $\Delta U$  为:  $\Delta U = (PR + QX) / U$ 。若减少无功功率  $Q$ , 则有利于线路末端电压的稳定, 有利于大电动机的起动。因此, 无功补偿能改善电压质量(一般电压稳定不宜超过 3%)。但是如果只追求改善电压质量来装设电容器是很不经济的, 对于无功补偿应用的主要目的是改善功率因数, 减少线损, 调压只是一个辅助作用。

5) 三相异步电动机通过就地补偿后, 由于功率因数的提高, 从而增加了变压器的容量。

以前我们厂采用的低压补偿, 补偿不到位, 不细化。有时过补, 有时不够, 电压有时过高, 功率因数总是在 0.91 以下, 经过计算发现现场设备的功率因数不合格。投切用交流接触器响应速度较慢, 在投切过程中会对电网产生冲击涌流, 使用寿命短。后来更换为低压智能无功补偿设备, 它根据三相电压和电流信号, 跟踪系统中无功的变化, 以无功功率为控制物理量, 以用户设定的功率因数为投切参考限量, 依据模糊控制理论智能选择电容器组合, 电容投切控制采用智能控制理论, 自动及时地投切电容补偿, 补偿无功功率容量。根据配电系统三相中每一相无功功率的大小, 智能选择电容器组合, 依据“取平补齐”的原则投入电网, 实现电容器投切的智能控制, 使补偿精度高。

## AB的Powermonitor3000配电监控能源管理系统对节能降耗的作用

AB的Powermonitor3000配电监控能源管理系统具有安全、高效、经济、可扩展性的 10/0.4 kV 变配电计算机监控管理系统。系统基于分层分布式结构, 采用现场总线技术实现变配电系统信息的交换和管理以及采集能源消耗及应用数据。系统集保护、控制、测量、信号采集、故障录波、谐波分析、电能质量管理、负荷控制和运行管理为一体, 实现了变配电系统高、低压电气设

备分散监控及集中管理功能，使配电系统“透明化”，可真正实现配电室的无人值守，全面提高变配电运行现代化管理水平。

1) 动态显示电气测量参数、运行参数和状态量参数。

2) 连续记录显示负荷曲线、电压棒图和饼图等。

3) 电能管理功能：通过对系统数据的分析和进行成本核算，得到电能消耗模式和识别主要的耗电源，帮助用户有效地管理负荷最终实现高效节能。

通过AB的Powermonitor3000配电监控能源管理系统监控设备的能源消耗，能够判断设备的运行状况。例如有一台100 kW进水泵正常时功率曲线比较平稳，通过配电源监控系统发现功率曲线变化不平滑，发现单位能耗比以前大，最后通过维修人员的检查发现电动机轴承缺油磨损比较大，导致电动机运行不稳定，及时发现不仅节能而且避免设备重大事故的发生。通过AB的Powermonitor3000配电监控能源管理系统能够监控设备的功率因数，对功率因数低的设备提高其功率因数。

通过AB的Powermonitor3000配电监控能源管理系统对设备能源消耗的跟踪与分析，能够发现其设备的设置是否合理。例如发现有一台鼓风机的月电耗比其他的鼓风机高一倍，最后检查发现这台鼓风机的运转速度设置高于其他鼓风机。调整此速度后，每年能为厂节省5万元。

通过仪表测出的氧化沟的污泥浓度从而计算需氧量，氧气由曝气转碟提供，曝气转碟由电动机带动，所以氧化沟需氧量就转化了电能需求量。通过AB的Powermonitor3000配电源监控系统，每年能为厂节省10万人民币。

### 交流变频调速控制系统对节能降耗的作用

#### 1. 利用变频器的益处

在工厂里有许多地方的负荷是不断变化的，利用变频器就可以调节电动机转速，从而即能满足工艺要求，又能降低功率。这样就大大降低了损耗，节省了能源。同时利用变频器启动，既减小了对设备的冲击又减小了对变压器的冲击，还提高了变压器的容量。利用变频器还可提高设备

的功率因数。用变频器改造工艺供水，根据氧化沟的污泥浓度利用变频器的闭环调节来对氧化沟进行回流等等，这些都大大降低了能耗。

#### 2. 变频器节能的实例

在没有用变频器的时候，都是全速运转电动机，大大浪费了能源。若采用PLC控制，由于没有变频器不能对电动机调速，控制的精度不够，从而引起频繁启动电动机，对电动机和减速机损坏很快，造成很大的经济损失。

用变频器改造以后如图 所示，溶解氧、PLC、变频器形成闭环控制。氧化沟的溶氧仪所测的数据转换成4~20 mA的电信号送到PLC，通过PLC编程，用PID调节电动机的速度以及所需要启动电动机的台数，从而调节转碟对氧化沟的充氧，达到氧化沟污泥的需氧量。电动机的转速及状况通过信号线反馈到PLC。

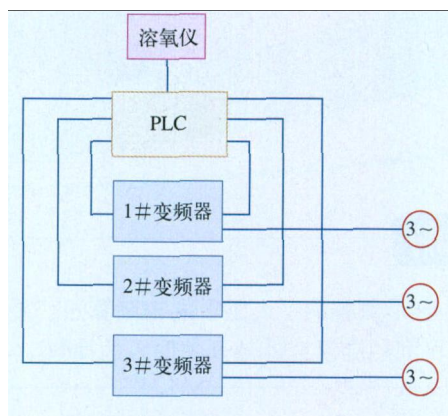


图 利用变频器、PLC的闭环控制

我厂有两组氧化沟，一组氧化沟10台电动机，两组共20台电动机，每台电动机40 kW。因为有10台电动机是每天必须开的最低负荷，然后通过运行经验算出需要改造6台变频器控制的电动机作为调节用，从而达到调节工艺的需要。若不改造变频器控制，就不能细化工艺的调节，而且还要浪费电能。通过AB的Powermonitor3 000 配电源监控系统可以看到氧化沟的平均负荷为667.5 kW，而改造后的平均负荷为550 kW，可以节约117.5 kW。每年可以节约资金： $117.5 \times 24 \times 365 \times 0.72 = 741\ 096$ 元。而投入改造的费用为：采购艾默生的变频器6台共15万元，可以看出节约的费用比较可观。EA

(收稿日期：2009.04.09)