

电力设计的节电应用

□尹晓光

摘要: 本文是作者结合自己多年的工作经验,简要从电力设计节电方面展开的论述,并详细介绍了其电能作为一种重要的能源在国民经济建设中的重要性和电力设计的几种节电途径。
关键词: 电力设计; 电能; 节约

1 前言

随着现代工业企业电气化自动化技术的飞速发展和各种办公及家用电器等用电设备的大量普及电能的需求量一直在急剧增长。目前我国还是一个电力资源缺乏的国家,可以说节约电能是一种能源开发,可以缓解用电的紧张程度。另一方面,电能是各种能源中最为昂贵的一种,有资料表明电能的费用大约是煤的8倍、煤气的6倍,所以节约电能还可以获取可观的节约资金。再者节约电能可间接地减少用于发电的其他能源的污染。因此,电力设计是其关键。

2 节约电能的条件与途径

通常我们在进行电力设计时所涉及到的主要内容包括变配电系统设计、电气设备选择及电气控制等方面,只要我们对这几方面加以注意就可以获得良好的节约电能的效果。但是节约电能是要有前提条件的,不能只注意节约电能而忽视其他方面的因素。

2.1 节约电能的条件

- (1)不能影响产品的质量、性能和产量。
 - (2)不能造成各种环境的恶化。例如:在照明方面减少灯具数量或减小灯泡瓦数都可使工作场所的照度降低而使工作环境变坏,降低排放废物的排放标准造成大气或生态环境污染等。
 - (3)能在短时期内收回为节约电能而花费的投资费用。一般投资的回收期应在2~5年内。
 - (4)不引起其他费用的提高和增加额外工作。
- 例如:增加维护维修费用和增加维护工作量等。

2.2 节约电能的途径

2.2.1 提高供配电系统的电压等级

供配电系统的设计首先是根据用电设备的用电容量、特性、供电距离、及当地公共电网的现状等因消耗及减少对环境的合理确定供电系统的电压等级;然后根据用电设备的电压要求、负荷的大小与负荷的分布情况及配电范围等确定配电系统的电压等级。原则上应采用高电压深入负荷中心供电,避免低电压、大容量、长距离送电,以减少输电线路损失,提高电能质量。

一般情况下,单台设备容量在8000~1000kVA时宜用35kV及以上的电压供电,单台设备容量在25000kVA以上时宜用110kV及以上的电压供电。6~110kV架空线路的输电能力见表1所示。

表1 6~110kV架空线路的输电能力

电压等级(kV)	送电容量(MW)	送电距离(km)
6	0.1~1.2	15~4
10	0.2~2	20~6
35	2~8	50~20
63	3.5~20	100~25
110	10~30	150~50

之所以要采用高电压深入负荷中心供电,是因为电力系统的输电电压越高,则电能输送的距离就越远,输送的电能功率也越大。输送同样功率的电能时,如果采用较高电压,则输电线路路上流过的电流就小,因此相同截面的输电线路上的电能损失就小,从而达到了节约电能的目的。在输电容量相同、输电距离相同及输电线路截面相同的前提下,采用6kV电压供电与采用10kV电压供电相比,输电线路的损失相差约2.8倍;同样采用35kV电压供电与采用110kV电压供电相比,输电线路损失相差约9.9倍,可见提高供配电电压等级是节约电能的有效措施。采用高电压深入负荷中心供电的另一目的是要缩短配电线路的长度,因为采用相同的电压等级来输送相同容量的电能,如果输电线路越长则输电线路的损耗也越大。还有如果采用较高的电压来输送同样功率的电能,因电流小,输电线路引起的电压降也小,更可保证用电设备得到质量良好的电能,可以说是一举两得。

2.2.2 提高功率因数

由于电网中大量使用感应电动机及变压器等用电设备,其中感应电动机的用电量将占全部用电量的60%以上。一般情况下,感应电动机在额定负荷时的功率因数在0.8左右,在轻负荷时功率因数会急剧下降。往往传动装置所配的电动机功率偏大,所以感应电动机很少会在满负荷的状态下运转,因此,感应电动机运行时的功率因数一般都在0.8以下。功率因数低意味着电力系统除了向用电设备供给有功功率外,还需供给大量的无功功率,从而使发电和输配电设备的能力不能被充分利用。功率因数低还意味着输电线路的损耗大及输配电线路的电压降大。

提高功率因数的意义:

- (1)减少电网中的无功功率损耗,使发电和输配电设备的供电能力得以提高。
- (2)减少供配电系统的电压降。提高供配电系统的电能质量。
- (3)减小视在功率及负荷电流,导致变配电设备如变压器和电缆截面有了富裕,从而可以输送更多的电能,向更多的用电设备供电。
- (4)提高功率因数,可以减小输电线路的截面及降低变压器的容量等,减少工程的投资费用。

下面以一回路为例说明提高功率因数与节约电能的关系。假设该输电线路的电阻为R(Ω)、电流为I(A)、额定电压为U_e(V)、有功功率为P(W)、功率因数为cosΦ。则该输电线路的功率损耗为:

$$\Delta P=3I^2R\times10^{-3}=3P^2R\times10^{-3}/U_e^2\cos^2\Phi$$

由上式可见,当输电线路的额定电压U_e和输送的有功功率P一定时,输电线路的功率损耗与其功率因数的平方成反比。如果将功率因数由0.18提高到0.92,那么提高后输电线路的损耗将是提高前的0.76倍。

提高功率因数可使输电线路的损耗大为减少。所以说提高

供配电系统的功率因数是节约电能的另一有效措施。

通常供电系统的无功功率补偿应按用电设备的电压等级分级分区补偿,当单台用电设备容量较大,配电线路及运行时间较长且功率因数又较低时,应尽量做到就地补偿,补偿后的功率因数应保证在 0.9 以上。对于用电负荷波动大的配电系统应采用自动控制的无功功率补偿装置,来自动调整功率因数,以避免轻载时出现过补偿现象。

2.2.3 选择最佳导体截面

导体使电能输送成为可能,但是由于导体电阻的存在,使导体在传输电能过程中要消耗掉一些能量。通常设计中选择导体的截面是按满足允许温升、电压损失、机械强度等要求的最小截面来选择,而不是按最佳导体截面来选择。所谓最佳导体截面就之和达到最少时的截面。比如说如果采用规定的导体截面的最小者,那么初始投资是小了,但会造成较大的线路损耗和导体较热的运行;如果采用较大截面的导体,初始投资虽然要大一些,但线路的损耗减小了,使线路在整个寿命使用期中节约了电能和费用,且所节约的电能和费用要相当于因增加导体截面而增加的费用的许多倍。这样采用较大截面的导体,虽然初始投资加大了些,但获得的长期效益是显著的,是非常值得的。

导体的损耗是以热的形式消耗掉的,小截面的导体,损耗大,导体运行的温度高。导体的温度也影响导体的电阻,在温度升高时导体的电阻将增大。导体的电阻一增大,导体的损耗也跟着增大。从这一点看,选择较大截面的电缆,在降低导体运行温度的同时也间接地降低了导体的电阻及损耗。对电缆而言,导体的温度低还会降低绝缘材料的老化速度,使其使用寿命增长且更安全可靠。

下面以电缆为例说明一下导体截面与电能损耗及费用的关系:一根截面为 $3 \times 16\text{mm}^2$ 的铜芯电缆,当线芯允许长期工作温度为 90°C 、环境温度为 20°C 时,额定运行电流为 104A,线路阻抗约为 $1.1\text{m}\Omega/\text{m}$,线路长度为 100m,则线路损耗约为 3.6kW。如果按电费为 0.4 元/kWh、年运行小时为 330d 计算,那么每年线路损耗的费用约为 11400 元;如果其他条件不变,只将电缆截面换成 $3 \times 35\text{mm}^2$ 的,那么线路损耗及费用分别约为 1.65kW 和 5200 元。可见电缆增大一些,损耗和费用降低了一多半。电缆由 16mm^2 增至 35mm^2 所需的购买电缆的费用和安装电缆的费用不会有太大的差别。所以说按最佳导体截面选择电缆,节能效果是非常明显的。

目前国家正在投入大量资金对我国各地的城市及农村电网进行改造,因为过去的电网由于各种原因造成农村电网的线路损失达 20%~30%,城市主电网的线路损失在 10% 以上,假如全国电网的装机总容量为 $3 \times 10^6\text{kW}$,就意味着有数千万 kW 的电能被损耗在输电线路上了,这是极大的浪费,现在进行的电网改造的主要任务之一就是大面积的更换输电线路,增大导线截面,以减少线路损耗,达到节约电能的目的。

2.2.4 采用变频调速技术

在工业企业中需要大量使用风机和水泵,其中大部分的风机和水泵需要根据不同的工艺情况调节风和水的压力或流量,以往压力或流量的调节是通是指初始投资和整个导体经济寿命中的损耗费用过调节管道上的阀门开度来实现,结果是造成电能的大量浪费。即使是不需要调节压力或流量的风机与水泵,由于与之配套的电动机功率都比实际需要的大,所以电动机也不是在额定功率下运行,如果不采取措施同样存在电能浪费的问题。

根据流体力学原理,流量与转速成正比,压力与转速的平

方成正比,轴功率与转速的 3 次方成正比。当风机或水泵的运行速度为 0.9 倍的额定转速时,其所消耗的电能只有额定转速时的 73%。可见采用转速控制来调节压力或流量其节约电能的效果是非常明显的。

变频调速技术是一种高效率、高性能的技术。变频调速器用于交流异步电动机特别是鼠笼型异步电动机的调速,因其体积小、技术性能高、保护功能完善、工作安全可靠、能实现电动机软启动、软停止及可平滑无级调速等特点,已在各行各业中得到了广泛的应用。一台 30kW 的风机采用变频调速器前后的能耗情况见表 2 所示。

表 2 30kW 的风机采用变频调速器前后的能耗对比

风量 (%)	小时 (%)	运行小时 (h)	电能 (kW)		电机能耗 (kWh)	
			风挡	变频	风挡	变频
30	20	1752	28	1	49056	1752
40	8	701	28	2	19622	1402
50	8	701	28	4	19622	2803
60	19	1664	28	7	46603	11651
70	21	1480	28	11	51509	20236
80	13	1139	28	15	31886	17082
90	9	788	28	22	22075	17345
100	2	175	28	29	4906	5081
合计	100%	8760			245280	77351

比较表中数据可见,采用变频调速器的节能效果是非常可观的。

2.2.5 采取先进的控制装置

工业生产系统中,有些生产设备要求按工艺顺序实现联锁控制。比如大型连续生产的皮带等运输系统,一般是要求逆流启动顺流程停车。对线路较长、设备较多且用电容量较大的系统,如果按过去的老方式控制,会使较多的设备处于空运转状态一段时间,这样就浪费了大量的电能。例如有这样的一条系统,从头到尾用电设备的总功率为 9800kW 共 200 多台电动机,最长的皮带线路长达 200m。

采用传统的继电器控制方式按逆流顺序启动,启动时间需要 5.5min。设备全启动完毕后,才能按顺流程顺序给料,从给料开始到全流程正常运转,又需要 5.7min。经过统计每次启动过程中的电能损耗约为 370kWh,假设每天启动 2 次,每年生产 330d,则每年要损耗电能约为 240000kWh。但是如果利用现代的计算机技术,采用可编程序控制器等,可以实现优化的启动控制顺序,原则是计算好时间,当前 1 台设备物料到来时,后 1 台设备空载启动刚好完毕,这样可以大大减少每台设备的空运转时间,从而使电能损耗大大降低。

3 结束语

由上可见节约电能的意义所在,作为一名电力专业的设计人员在进行工程设计时,应时时注意抓住节约电能的机会,优化设计,使电能得到合理的利用。■

(作者单位:广州市电力工程设计有限公司)