

The Function and Installation Location of Power Capacitors

Hongsheng Hu

Kingeta Group Co., Ltd., Beijing, 100024, China

Abstract

Power capacitor is the most commonly used equipment for reactive power compensation, according to the national standard, the optimal compensation capacity and distribution mode shall be determined according to the principles of comprehensive planning, reasonable layout, layered and zoning compensation and local balance. This paper introduces the function of power capacitor in power supply and distribution system, discusses its layout in power supply and distribution system, and provides the calculation method and practical table of capacitor capacity, which can be used as a reference for power engineering designers in the future.

Keywords

power capacitor; function; location

电力电容器的作用和布置

胡红胜

任亿达集团股份有限公司, 中国·北京 100024

摘要

电力电容器是无功功率补偿最常用的设备, 国家标准规定, 并联电容器装置接入电网的设计, 应按全面规划、合理布局、分层分区补偿、就地平衡的原则确定最优补偿容量和分布方式。论文对电力电容器在供配电系统中的作用进行了介绍, 对其在供配电系统中的布置进行了探讨, 提供了电容器容量的计算方法和实用表格, 可以做为电力工程设计人员今后设计的参考依据。

关键词

电力电容器; 作用; 布置

1 引言

供电部门要求电力用户的月平均功率因数达到 90% 以上。而用户的自然总平均功率因数一般都比较低, 单靠提高用电设备的自然功率因数达不到要求, 这就需要装设无功功率补偿设备。

无功功率补偿对供配电系统的运行有哪些好处, 如何计算无功功率补偿容量, 在供配电系统中如何合理布置电力电容器等, 对供配电系统的设计起着非常重要的作用^[1]。

2 供配电系统在设计 and 布置电力电容器时应注意的问题

供配电系统设计时, 对电力电容器的补偿容量和安装位置应该全面规划、合理布局、条件允许时尽量做到就地平衡, 避免无功功率的长距离传输。

计算电力电容器容量应以负荷计算为基础, 准确收集

各用电设备的功率和运行工况下的功率因数。

供电部门是在高压侧考核用户的月平均功率因数的, 在完成低压侧负荷计算后, 应注意加上变压器所消耗的无功功率^[2]。

3 电力电容器的作用

①电力电容器能够提供无功功率, 就近补偿给用户使用, 实现无功功率的就地平衡, 从而减少了发电机通过变压器和输电线路远距离传输无功功率而造成的电能损失和电压降落。

在电网中, 电源供给负载的功率有两种, 一种是有功功率, 另一种是无功功率。

有功功率是能直接转化成其他能量形式的电能功率, 如电机将电能转化为机械能、白炽灯将电能转化为光能、加热器将电能转化为热能等, 有功功率需要由发电机产生, 通过变压器和输电线路传输, 然后再提供给用户。

在供配电系统中, 无功功率也是不可或缺的, 许多用电设备都是根据电磁感应原理工作的, 如电动机, 需要建立

【作者简介】胡红胜(1970-), 男, 中国山西洪洞人, 本科, 工程师, 从事发电研究。

和维持旋转磁场，使转子转动，从而带动机械设备运转，电动机的旋转磁场就是靠无功功率建立的。变压器同样也需要无功功率，变压器的一次线圈产生磁场，才能在二次线圈中感应出电压，实现电压变换和能量传输。用户需要的无功功率，可以由发电机提供，通过变压器和输电线路传输再提供给用户，也可以在电力系统或用户的变电站、所内安装电力电容器，电力电容器吸收容性无功，对供配电系统和用户来说就是发出感性无功功率，这就是我们通常所说的无功功率补偿^[1]。

视在功率是有功功率和无功功率平方和的开方，有功功率、无功功率和视在功率三者的关系如图1所示。

有功功率, $P = S \times \cos\Phi$
 无功功率, $Q = S \times \sin\Phi$
 视在功率, $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$
 功率因数, $\cos\Phi = P/S$
 电容器容量, Q_c
 下标符号1, 表示补偿前
 下标符号2, 表示补偿后

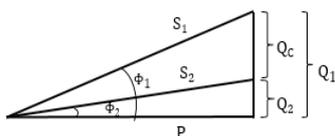


图1 功率、无功功率和视在功率三者的关系

同时，从图1还可以知道，传输同样多的有功功率P时，当投入电力电容器后，电容器投入补偿容量 Q_c ，无功功率就从 Q_1 减少为 Q_2 ，相应的视在功率从 S_1 减少为 S_2 ，这样，变压器和输电线路需要传输的电流($I=S/1.732/U$)就会比投入电容器前的要小，从而在变压器和线路上传输时的电能损耗($P_0=I^2 \cdot R$)就会减少，同时在变压器和线路上的电压降落也较投入电容器前减少，这就是电力电容器的作用。

补偿容量可以按如下公式计算：

$$Q_c = P(\text{tg}\Phi_1 - \text{tg}\Phi_2)$$

其中， Q_c ——并联电容器的投入容量，kVAR；

P——有功功率，kW；

$\text{tg}\Phi_1$ ——补偿前计算负荷功率因数角的正切值；

$\text{tg}\Phi_2$ ——补偿后计算负荷功率因数角的正切值。

或者：

$$Q_c = Pq_c$$

Q_c 值如表1所示。

②增加和减少电力电容器容量的投入可以改善线路的电压偏差。

根据图2所示，变压器和线路上的电压降落数值大小，除了其本身的电阻和电抗参数外，还跟传输的有功功率和无功功率有关，尤其是变压器和架空线路，由于其电抗数X比较大，无功功率Q流过时，会有比较大的电压降落。

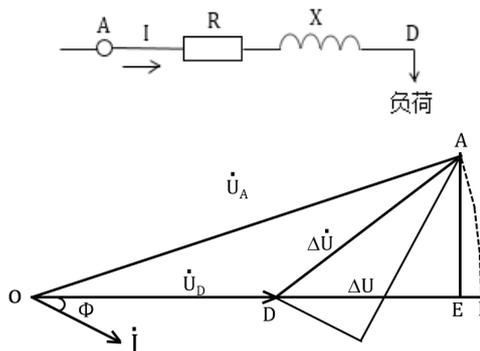


图2 增加和减少电力电容器容量的投入可以改善线路的电压偏差

下式：

$$\Delta U = DE = \frac{I(R\cos\Phi + X\sin\Phi)}{1000} \text{ kV}$$

$$\Delta u = \frac{\sqrt{3}I(R\cos\Phi + X\sin\Phi)}{1000 U_n} 100\% = \frac{PR + QX}{10 U_n^2}$$

其中， Δu ——电压损失百分数，%；

表1 Q_c 值

单位：kvar/kW

补偿前 $\cos\varphi_1$	补偿后 $\cos\varphi_2$							
	0.85	0.88	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97
0.50	1.112	1.192	1.248	1.306	1.369	1.404	1.442	1.481
0.55	0.899	0.979	1.035	1.093	1.156	1.191	1.228	1.268
0.60	0.714	0.794	0.850	0.908	0.971	1.006	1.043	1.083
0.65	0.549	0.629	0.685	0.743	0.806	0.841	0.878	0.918
0.68	0.458	0.538	0.594	0.652	0.715	0.750	0.788	0.828
0.70	0.401	0.481	0.537	0.595	0.658	0.693	0.729	0.769
0.72	0.344	0.424	0.480	0.538	0.601	0.636	0.672	0.712
0.75	0.262	0.342	0.398	0.456	0.519	0.554	0.591	0.631
0.78	0.182	0.262	0.318	0.376	0.439	0.474	0.512	0.552
0.80	0.130	0.210	0.266	0.324	0.387	0.422	0.459	0.499
0.81	0.104	0.184	0.240	0.298	0.361	0.396	0.433	0.483
0.82	0.078	0.158	0.214	0.272	0.335	0.370	0.407	0.447
0.85	—	0.080	0.136	0.194	0.257	0.292	0.329	0.369

- P——有功功率, kW;
- Q——无功功率, kVAR;
- I——负荷电流, A;
- R——线路或变压器的电阻, Ω;
- X——线路或变压器的电抗, Ω;
- cosΦ——负载功率因数。

投入电容器后,在变压器或线路上的电压损失百分数为:

$$\Delta u = \frac{PR + (Q - Q_c)X}{10 U^2_n}$$

Q_c就是并联电容器的投入容量(kVAR),Q_c越大Δu就越小。

电容器投入运行后,在变压器和线路上电压损失减少的数据也可以通过表2得到。见表2。

表2 电容器投入运行后,在变压器和线路上电压损失减少的数据

供电元件	配电变压器						每千米架空线路			每千米电缆线路		
	容量(kVA)						电压(kV)			电压(kV)		
	315	500	630	800	1000	1250	0.38	6	10	0.38	6	10
投入100kvar电容器后电压提高值(%)	1.27	0.8	0.71	0.56	0.45	0.36	28	0.11	0.04	5.5	0.022	0.08
电压提高1%须投入电容器容量(kvar)	79	125	140	178	222	278	3.6	900	2500	18	4500	1280

当供配电系统中某点电压过低时,如果功率因数也比较低,适当增加电容器投入的容量,系统电压将得到提高,而当电压过高时,往往也是电力负荷较低,功率因数偏高的时候,适当减少电容器投入的容量,电压会相应降低,从而起到调整系统电压的作用。

4 电力电容器在供配电系统中的布置

根据电力电容器在供配电系统中的布置,电容器的补

偿方式分为三种:就地补偿、分散补偿和集中补偿。

就地补偿:对于大型电机或者大功率用电设备宜采用就地补偿。就地补偿是最经济、最简单以及最见效的补偿方式。在就地补偿方式中,把电容器直接在用电设备上,中间只加串熔断器保护,用电设备投入时电容器跟着一起投入,切除时一块切除,实现了最方便的无功自动补偿,切除时用电设备的线圈就是电容器的放电线圈。

分散补偿:当各用户终端距主变较远时,宜在供电线路末端装设电容器,采用分散补偿方式,不仅可以使线路的电能损失大大降低,同时可以兼顾提升末端电压的作用。

集中补偿:作为补偿基本无功功率的电容器组,安装在变电站、所内的电容器属于集中补偿方式。集中补偿方式具有安装环境优越、电容器容量大、单位造价低等优点,同时可以通过自动调节和投切电容器组,从而满足供电部门对用户变电站、所功率因数的要求^[4]。

5 结语

综上所述,无功功率不是无用功率,而是电能传输和转换中不可或缺的。计算和选择合适的电容器容量,优化其在供配电系统中的布置,能够降低功率传输过程中在变压器和输电线路上的电能损失和电压降落,提高变压器、输电线路的功率传输能力和改善电能质量,因此具有很重要的研究意义。

参考文献

- [1] GB 50227—2008 并联电容器装置设计规范[S].
- [2] GB 50052—2009 供配电系统设计规范[S].
- [3] GB/T 12325—2008 电能质量 供电电压偏差[S].
- [4] 朱正芳.无功功率补偿容量计算方法[J].江苏电器,2006(6):35-37.