



第八章 电力电容器



电力电容器是电力系统中经常使用的元件，它的主要作用是并联在线路上以提高线路的功率因数。安装电容器能改善电能质量、降低线路上的电能损耗，还能提高供电设备的利用率。

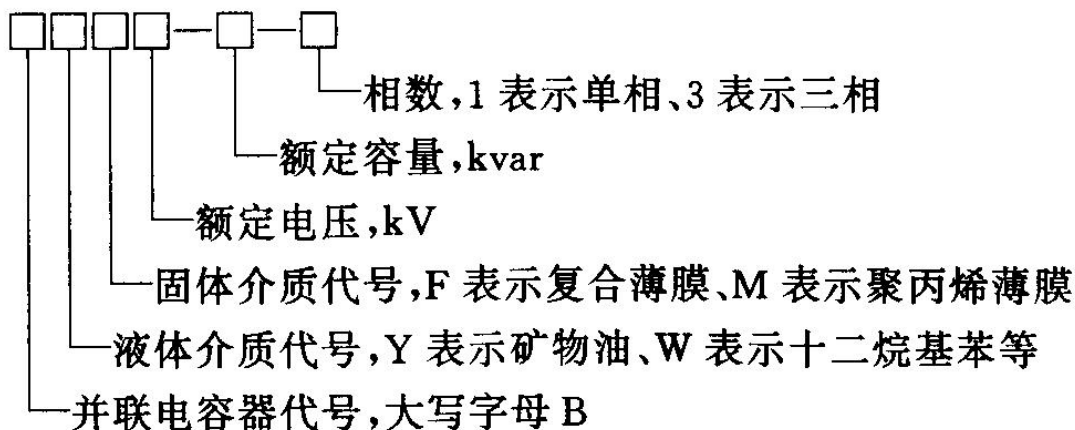
电力电容器分为高压和低压两大类，高压电力电容器以6.3KV和10.5KV的产品使用最多。低压电力电容器主要是0.4KV产品。

第一节 电力电容器补偿原理与计算

一、结构和型号

电容器由外壳和内芯组成。外壳用密封钢板焊接而成。外壳上装有出线绝缘套管、吊攀和接地螺钉。内芯由一些电容元件串、并联组成。电容元件用铝箔制作电极、用电容器纸或复合绝缘膜作为绝缘介质。

电力电容器的型号多按以下方式标志：



电容器的额定电压多为0.4kV和10.5kV，也有0.23kV、0.525kV、6.3kV等额定电压的产品。

二、补偿原理

电力系统中，电动机及其他有线圈的设备用得很多。这类设备除从线路中取得一部分电流做功外，还要从线路上消耗一部分不作功的电感电流。这就使得线路上的电流要额外地加大一些。

当电感电流为零时，功率因数等于1；当电感电流所占比例逐渐增大时，功率因数逐渐下降。显然，功率因数越低，线路额外负担越大，发电机、电力变压器及配电装置的额外负担也较大。这除了降低线路及电力设备的利用率外，还会增加线路上的功率损耗、增大电压损失、降低供电质量。为此，应当提高功率因数。提高功率因数最方便的方法是并联电容器，产生电容电流抵消电感电流，将不作功的所谓无功电流减小到一定的范围以内。

三、补偿容量计算

利用公式进行计算，按右侧公式直接求出补偿容量。

$$Q = P (tg\varphi_1 - tg\varphi_2)$$

式中 P —有功功率（千瓦）

$tg\varphi_1$ —补偿前功率因数角的正切值；

$tg\varphi_2$ —补偿后功率因数角的正切值。

$$tg\varphi_1 = \frac{\sqrt{1 - \cos^2\varphi_1}}{\cos\varphi_1}$$

$$tg\varphi_2 = \frac{\sqrt{1 - \cos^2\varphi_2}}{\cos\varphi_2}$$

第二节 电力电容器的安装与接线

一、电容器安装

电容器所在环境温度不应超过 40°C 、周围空气相对湿度不应大于80%、海拔高度不应超过1000m；周围不应有腐蚀性气体或蒸气、不应有大量灰尘或纤维；所安装环境应无易燃、易爆危险或强烈震动。

电容器室应为耐火建筑，耐火等级不应低于二级；应有良好的通风。

总油量300kg以上的高压电容器应安装在单独的防爆室内；上述油量以下的高压电容器和低压电容器应视其油量的多少安装在有防爆墙的间隔内或有隔板的间隔内。

电容器应避免阳光直射，受阳光直射的窗玻璃应涂以白色。

电容器分层安装时一般不超过三层；层与层之间不得有隔板；相邻电容器之间的距离不得小于50mm；上、下层之间的净距不应小于20cm；下层电容器底面对地高度不宜小于30cm。电容器铭牌应面向通道。

电容器外壳和钢架均应采取接PE线措施。

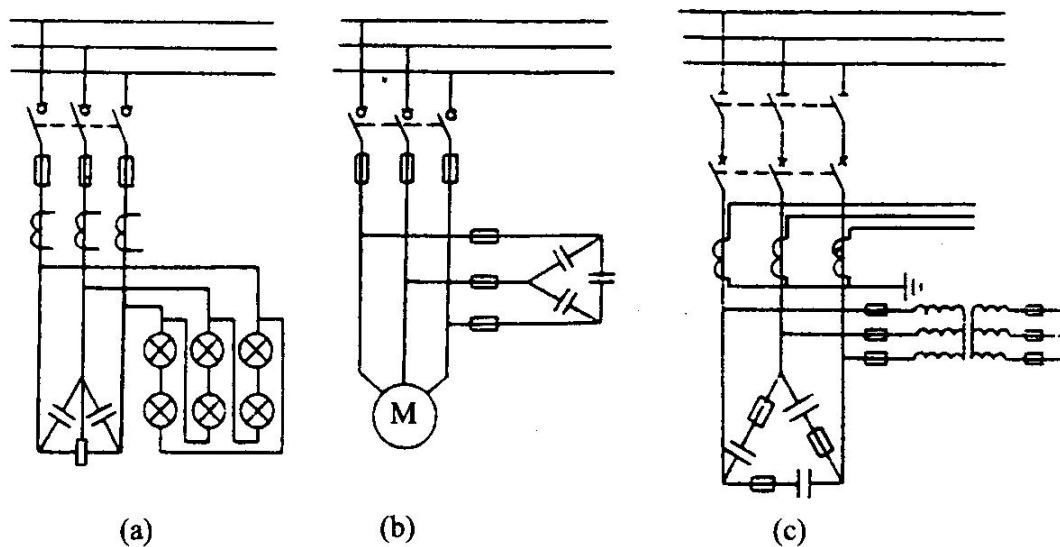
电容器应有合格的放电装置。

高压电容器组和总容量30kvar及以上的低压电容器组，每相应装电流表；总容量60kvar及以上的低压电容器组应装电压表。

二、电容器接线

三相电容器内部为三角形接线；单相电容器应根据其额定电压和线路的额定电压确定接线方式；电容器额定电压与线路线电压相符时采用三角形接线；电容器额定电压与线路相电压相符时采用星形接线。

为了取得良好的补偿效果，应将电容器分成若干组分别接向电容器母线，每组电容器应能分别控制、保护和放电。电容器的几种基本接线方式见下图。



(a) 低压集中补偿 (b) 低压分散补偿 (c) 高压补偿
电容器接线方式

第三节 电容器安全运行

一、电容器运行参数

电容器运行中电流不应长时间超过电容器额定电流的1.3倍。电压不应长时间超过电容器额定电压的1.1倍。电容器使用环境温度不得超出下表提供的限值。电容器外壳温度不得超过生产厂家的规定值（一般为60℃或65℃）。

电容器使用环境温度

温度类别	环境温度 / °C				
	上限	下限	时平均最高	日平均最高	年平均最高
I	+40	—40	+40	+30	+20
II	+45	—40	+45	+35	+25
III	+50	—40	+50	+40	+30

电容器各接点应保持良好的，不得有松动或过热迹象；套管应清洁，并不得有放电痕迹；外壳不应有明显变形、不应有漏油痕迹。电容器的开关设备、保护电器和放电装置应保持完好。

二、电容器投入或退出

正常情况下，应根据线路上功率因数的高低和电压的高低投入或退出并联电容器。当功率因数低于0.9、电压偏低时应投入电容器组；当功率因数趋近于1且有超前趋势、电压偏高时应退出电容器组。

当运行参数异常，超出电容器的工作条件时，应退出电容器组。如果电容器三相电流明显不平衡，也应退出运行，进行检查。

发生下列故障情况之一时，电容器组应紧急退出运行：

1. 连接点严重过热甚至熔化；
2. 瓷套管严重闪络放电；
3. 电容器外壳严重膨胀变形；
4. 电容器或其放电装置发出严重异常声响；
5. 电容器爆破；
6. 电容器起火、冒烟。

三、电容器操作

进行电容器操作应注意以下几点：

1. 正常情况下全站停电操作时，就先拉开电容器的开关，后拉开各路出线的开关；正常情况下全站恢复送电时，就先合上各路出线的开关，后合上电容器线的开关。
2. 全站事故停电后，应拉开电容器的开关。
3. 电容器断路器跳闸后不得强送电；熔丝熔断后，查明原因之前，不得更换熔丝送电。
4. 不论是高压电容器还是低压电容器，都不允许在其带有残留电荷的情况下合闸。否则，可能产生很大的电流冲击。电容器重新合闸前，至少应放电**3min**。
5. 为了检查、修理的需要，电容器断开电源后，工作人员接近之前，不论该电容器是否装有放电装置，都必须用可携带的专门放电负荷进行人工放电。

四、电容器保护

1. 高压电容器组总容量不超过100kvar时，可用跌开式熔断器保护和控制；总容量100~300kvar时，应采用负荷开关保护和控制；总容量300kvar以上时，应采用真空断路器或其他断路器保护和控制。

2. 低压电容器组总容量不超过100kvar时，可用交流接触器、刀开关、熔断器或刀熔开关保护和控制；总容量100kvar以上时，应采用低压断路器保护和控制。

3. 内部未装熔丝的10kV电力电容器应按台装熔丝保护，其熔断电流应按电容器额定电流的1.5~2倍选择。高压电容器宜采用平衡电流保护或瞬动的过电流保护。

4. 低压电容器用熔断器保护时，单台电容器可按电容器额定电流的1.5~2.5倍选用熔体的额定电流；多台电容器可按电容器额定电流之和的1.3~1.8倍选用熔体的额定电流。

五、电容器故障判断与处理

1. 渗漏油 渗漏油主要由产品质量不高或运行维护不周造成。外壳轻度渗油时，应将渗油处除锈、补焊、涂漆，予以修复；严重渗漏油时应予更换。

2. 外壳膨胀 主要由电容器内部分解出气体或内部部分元件击穿造成。外壳明显膨胀应更换电容器。

3. 温度过高 主要由过电流（电压过高或电源有谐波）或散热条件差造成，也可能由介质损耗增大造成。应严密监视，查明原因，作针对性的处理。如不能有效地控制过高的温度，则应退出运行；如是电容器本身的问题，应予更换。

4. 套管闪络放电 主要由套管脏污或套管缺陷造成。如套管无损坏，放电仅由脏污造成，应停电清扫，擦净套管；如套管有损坏，应更换电容器。处理工作应停电进行。

5. 异常声响 异常声响由内部故障造成。异常声响严重时，应立即退出运行，并停电更换电容器。

6. 电容器爆破 由内部严重故障造成。应立即切断电源，处理完现场后更换电容器。

7. 熔丝熔断 如电容器熔丝熔断，不论是高压电容器还是低压电容器，均应查明原因，并作适当处理后再投入运行。否则，可能产生很大的冲击电流。

五、电容器故障判断与处理

故障现象	产生原因	处理方法
渗漏油	产品质量不高或运行维护不周	轻度渗油时，应将渗油处除锈、补焊、涂漆，予以修复；严重渗漏油时应予更换。
外壳膨胀	电容器内部分解出气体或内部部分元件击穿	外壳明显膨胀应更换电容器
温度过高	过电流（电压过高或电源有谐波）或散热条件差	严密监视，查明原因，作针对性的处理。如不能有效地控制过高的温度，则应退出运行；如是电容器本身的问题，应予更换。
套管闪络放电	套管脏污或套管缺陷	如套管无损坏，放电仅由脏污造成，应停电清扫，擦净套管；如套管有损坏，应更换电容器。处理工作应停电进行。
异常声响	内部故障	异常声响严重时，应立即退出运行，并停电更换电容器。
电容器爆破	内部严重故障	立即切断电源，处理完现场后更换电容器。
熔丝熔断		无论是高压电容器还是低压电容器，均应查明原因，并作适当处理后再投入运行