



晋 城 集 团

培
训
资
料

杭州银湖电气设备有限公司

目录

一、 无功补偿的基础知识

- 1、什么是功率、功率因数
- 2、为什么需要提高功率因数
- 3、无功补偿的基本原理
- 4、无功补偿的方法
- 5、无功补偿的意义

二、 补偿设备介绍

- 1、补偿设备的种类
- 2、主要元件及作用
- 3、接线形式

三、 高压无功补偿成套装置

- 1、概述
- 2、工作原理
- 3、型号
- 4、控制原则
- 5、出厂试验

四、 操作维护事项

- 1、安装、调试
- 2、通电步骤
- 3、成套产品故障处理
- 4、维护

第一篇、基本概念

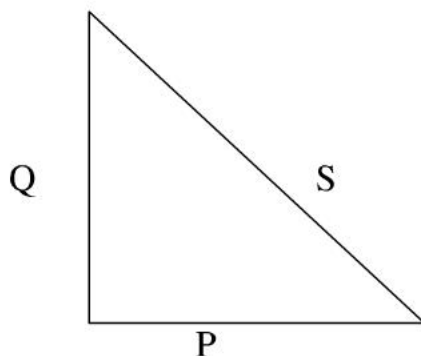
1、有功功率，无功功率，视在功率，功率因数

有功功率 (P): 实际为电器所吸收的电功率

无功功率 (Q): 交流电网中, 由于有阻抗和电抗 (感抗和容抗) 的同时存在, 电感和电容所储的电能仍能回输到电网, 这部分功率在电源与电抗之间进行交换, 交换而不消耗, 称为无功功率。

视在功率 (S): 在交流电网中, 如负载是纯电阻, 电压和电流是同相位, 那么电压和电流的乘积就是有功功率, 但在有电感或电容的电路中, 电压和电流有着相位差, 所以电压和电流的乘积并不是负载电路实际吸收的电功率, 而是表面上的数值, 叫做视在功率

功率因数 ($\cos \phi$) 有功功率与视在功率的比值就是功率因数



单相电路中: $S=UI$

$$P=U \cdot I \cdot \cos \phi$$

$$Q=U \cdot I \cdot \sin \phi$$

$$S= \sqrt{P^2+Q^2}$$

三相电路中： $S = \sqrt{3}UI$

$$P = \sqrt{3}UI \cos \phi$$

$$Q = \sqrt{3}UI \sin \phi$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

感性无功：感性负荷产生的无功（电机、变压器等）

容性无功：容性负荷产生的无功（电容器）

2、为什么要提高功率因数

在一定的有功功率下，当用户企业 $\cos \phi$ 越小，其视在功率也越大，为满足用电的需要，供电线路和变压器的容量也越大，这样不仅增加供电投资，降低设备利用率，也将增加线路网损。负载的功率因数过低，供电设备的容量不能充分利用，在一定的电压下向负载输送一定的有功功率时，负载的功率因数越低，通过输电线路的电流越大，导线电阻的能量损耗和导线阻抗会造成电压降，所以功率因数是电力经济中的一个重要指标。根据全国用电规则规定，在电网高峰负荷时，用户的功率因数应达到的标准：高压用电的工业用户和高压用电装有带负荷调整电压装置的电力用户，功率因数为 0.9 以上，其它 100KVA 及以上电力用户和大中型电力排灌站，功率因数为 0.85 以上；农业用电功率因数为 0.80 以上。凡功率因数达不到上述规定的用户，供电部门会在其用户使用电费的基础上按一定比例对其进行罚款。所以要提高用户的功率因数，必须进行无功补偿。

3、无功补偿的基本原理

把具有容性功率负荷的装置与感性功率负荷并联接在同一电路，

当容性负载释放能量时，感性负荷吸收能量；而感性负荷释放能量时，容性负荷却在吸收能量，能量在两种负荷之间交换。这样感性负荷所吸收的无功功率可从容性负荷输出的无功功率中得到补偿，这就是无功功率补偿的基本。

4、无功补偿的方法

无功功率补偿的方法很多，采用电力电容器或采用具容性负荷的装置进行补偿。我们这里重点介绍电力电容器的补偿方法，电力电容器的补偿有两种方法：并联补偿和串联补偿两种。

① 串联补偿：是把电容器直接串联到高压输电线路，以改善输电线路参数，降低电压损失，提高其输送能力，降低线路损耗。这种补偿方法的电容器称做串联电容器，应用于高压远距离输电线路，用电单位很少应用。

② 并联补偿：是把电容器直接与补偿设备并接到同一电路上，以提高功率因数。这种补偿方法所用的电容器称作并联电容器，用电企业都是采用这种补偿方法。

无功补偿的基本原则：无功就地平衡

5、无功补偿对电网的补偿效益

1)、无功补偿改善电能质量

电网中无功补偿设备的合理配置，与电网的供电电压质量关系十分密切。合理安装补偿设备可以改善电压质量。

负荷(P+Q)电压损失 ΔU 简化计算如下：

$$\Delta U = (PR + QX) / U$$

式中:U-线路额定电压, kV

P-输送的有功功率, kW

Q-输送的无功功率, kvar

R-线路电阻, Ω

X-线路电抗, Ω

安装补偿设备容量 Q_c 后, 线路电压降为 ΔU_1 , 计算如下:

$$\Delta U_1 = [PR + (Q - Q_c)X] / U$$

很明显, $\Delta U_1 < \Delta U$, 即安装补偿电容后电压损失减小了。由式(1)、(2)可得出接入无功补偿容量 Q_c 后电压升高计算如下:

$$\Delta U - \Delta U_1 = Q_c X / U$$

由于越靠近线路末端, 线路的电抗 X 越大, 因此从(3)式可以看出, 越靠近线路末端装设无功补偿装置效果越好。

2)、 无功补偿降低电能损耗

安装无功补偿主要是为了降损节能, 如输送的有功 P 为定值, 加装无功补偿设备后功率因数由 $\cos \phi$ 提高到 $\cos \phi_1$, 因为 $P = UI \cos \phi$, 负荷电流 I 与 $\cos \phi$ 成反比, 又由于 $P = I^2 R$, 线路的有功损失与电流 I 的平方成正比。当 $\cos \phi$ 升高, 负荷电流 I 降低, 即电流 I 降低, 线路有功损耗就成倍降低。反之当负荷的功率因数从 1 降低到 $\cos \phi$ 时, 电网元件中功率损耗将增加的百分数为 $\Delta PL\%$, 计算如下:

$$\Delta PL\% = (1/\cos^2 \phi - 1) \cdot 100\%$$

功率因数降低与功率损耗增加的百分数之间的关系如表 1。

表 1

功率因数从 1 降低到左列数值	0.95	0.9	0.85	0.8	0.75	0.7	0.65
电网元件中有功损耗增加百分数 $\Delta\%$	11	23	38	56	78	104	136

功率因数提高对降低有功功率损耗的影响见表 2。

表 2

功率因数由右列数值提高到 0.95	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9
可变有功功率损耗降低的百 分数	60	53	46	38	29	20	10

3)、 无功补偿挖掘发供电设备潜力

(1) 在设备容量不变的条件下，由于提高了功率因数可以少送无功功率，因此可以多送有功功率。可多送的有功功率 ΔP 计算如下：

$$\Delta P = P_1 - P = S(\cos \phi_1 - \cos \phi)$$

(2) 如需要的有功不变，则由于需要的无功减少，因此所需要的配变容量也相应地减少 ΔS 计算如下：

$$\Delta S = S - S_1 = P(1/\cos \phi - 1/\cos \phi_1)$$

可以减少供电设备容量占原容量的百分比为 $\Delta S/S$ 计算如下：

$$\Delta S/S = (\cos \phi_1 - \cos \phi) / \cos \phi_1 = (1 - \cos \phi / \cos \phi_1)$$

(3) 安装无功补偿设备，可使发电机多发有功功率。系统采取无功补偿后，使无功负荷降低，发电机就可少发无功，多发有功，充分达到铭牌出力。

4)、 无功补偿减少用户电费支出

- (1) 可以避免因功率因数低于规定值而受罚。
- (2) 可以减少用户内部因传输和分配无功功率造成的有功功率损耗，因而相应可以减少电费的支出。

综上所述，采用无功补偿可以提高功率因数，是一项投资少，收效快的节能措施。并联补偿电容器原理简单、使用方便、运行经济、投资省、可以分组投切保证电压合格率和合理的功率因数。

第二篇、高压补偿设备介绍

1、 补偿种类

并联电容器补偿形式

- 1) 就地补偿 TBB-J
- 2) 固定补偿 TBB-C
- 3) 自动补偿 TBB-Z

动态补偿装置 MSVC

2、 补偿装置主要元件及作用

主要设备：

- 1) 就地补偿 TBB-J

隔离开关、电容、电抗、喷逐式熔断器、放电装置

- 2) 固定补偿 TBB-C

隔离开关、电容、电抗、喷逐式熔断器、放电装置、真空接触器（选配）

3) 自动补偿 GWK-Z

隔离开关（选配）、电容、电抗、喷逐式熔断器、放电装置、真空接触器、控制器、限流熔断器

4) 动态无功补偿装置 MSVC

MSVC 装置由补偿（滤波）支路和可调电抗器（简称 MCR）并联支路组成。

补偿（滤波）支路：隔离开关、电容、电抗、喷逐式熔断器、放电装置

可调电抗器支路：磁控电抗器、晶闸管阀、微机控制器

各元件的作用：

a) DWK/BR 型电压无功综合调节控制器。它可在成套装置的操作面板上也可单独组屏，接受变压器二次母线电压互感器的二次电压信号和电流互感器二次电流信号，计算所需补偿的无功量，控制电容器组的投切。

b) 高压并联电容器：电容器是无功补偿装置的主体，由它产生容性无功功率补偿负载的感性无功功率。

c) 抑制涌流或谐波的电抗器：用干式空心电抗器或是铁心电

抗器，后者的优点是体积小，周围产生的磁通小，适合安装在柜内。它的作用是抑制电容器合闸时的涌流或谐波，减少合闸时（后）对电网的干扰或谐波放大和对电容器的冲击、损坏。

d) 放电线圈：它的作用是电容器分闸后作为电容器的放电回路，放电完毕允许电容器再投入。否则，在再投入时将在电容器二端产生过电压，可能损坏电容器。放电线圈的付边接成开口三角形作为电容器零序保护，放电线圈可以用电压互感器替代。

e) 氧化锌避雷器：它作为过电压保护。

f) 喷逐式熔断器：每台电容器配一支熔断器，作为单台电容器的过流保护。

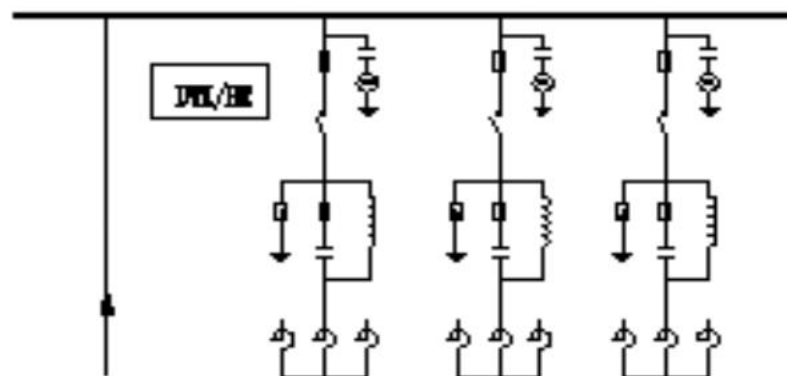
g) 限流熔断器：它是整套装置的过流保护。

h) 真空接触器：电容器组的投切开关，它的投切由 DWK/BR 型电压无功综合调节控制器来控制。

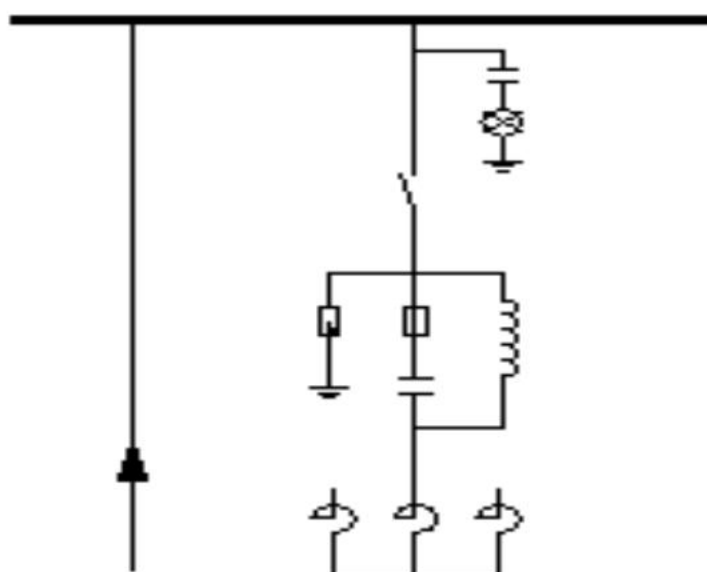
i) 隔离开关：有明显的开断点，做为检修时隔离高压电源。

j) 磁控电抗器：通过控制晶闸管的导通角，调节电抗器的输出容量，提供合适的感性无功。

3、 接线形式



GWK-Z 一次系统图



TBB-C、TBB-J 一次系统图

第三篇、高压无功成套补偿装置

1、概述

GWK-Z型高压无功自动补偿成套装置由若干组 TBB-Z 型自动补偿柜组成。每组自动补偿柜内含真空接触器（断路器）、电压互感器、电流互感器、抗涌流或谐波的干式空芯（或干式铁芯）电抗器、电容器及相应控制、保护器件，一般为组装在一个柜体内的一体化装置。专门为冶金、煤炭、机械、水泥、交通、化工等行业 6kV、10kV 系统负荷变化较大场所设计制造的。

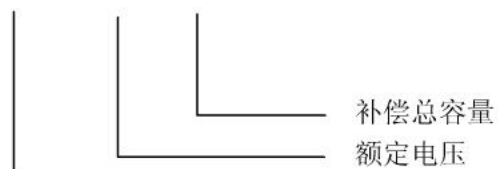
本成套装置可以是一组自动补偿柜和一个控制器，单独成套，也可以是二至四组共用一个控制器，由内部母排连接后组成一套。以下仅说明其中的一套。

2、工作原理

成套装置由有高可靠性的控制器按照模糊控制策略进行电压无功综合控制。电容器组由高压真空开关来投切。当控制器检测到的无功功率值超过整定值时，控制器根据需投电容器组的级数，给出控制信号，自动合闸高压真空开关，将电容器组投入运行；当负载无功功率值低于整定值时，控制器给出控制信号将高压真空开关断开，电容器组退出工作。以上工作状态完全自动进行。

2、 规格型号

GWK-Z-□-□



TBB-Z-□-□



4、成套装置的控制原则

1) 电压优先调控原则

电压超高定值时，切除电容器组；

电压超低定值时，在保证不过补条件下投电容器组。

2) 无功补偿控制原则（即电压合格范围时的原则）

无功欠补投电容器组；

无功过补切电容器组；

投电容器之前先探询是否投后电压超高限，再决定是否投电容（由软件模糊理论分析决定）。

选择最佳电容器组投切，减少投切次数，避免频繁投切。

5、 出厂检查项目

- 1) 外形检查
- 2) 一次元件检查
- 3) 二次回路检查
- 4) 耐压试验
- 5) 操作试验

第四篇、操作维护事项

1、 安装、调试

(1) 安装人员应根据本公司提供的基础设施图将装置安装就位，检查柜体是否平整，并检查柜体次序是否正确，在确定柜体外观整齐就位、次序正确、接地良好后待本公司人员进行内部装配和调试。

(2) 装置出厂前已安装好，考虑元器件安全及重量等多方面因素，发货时已将电抗器和电容器拆下单独包装，货到厂家本公司派人现场指导安装就位并检查整柜完好，请厂家验收合格签字。

(3) 成套装置出厂前已全部调试好，并已作过各种调试试验，附有检验报告单随同发货。如部件有明显损坏，属运输责任的由本司调换。

(4) 调试人员将送电前调试记录及送电后运行记录一并交往厂方。免费为厂方培训使用维护人员。送电运行 24 小时正常后将盖有甲方公章的服务反馈单一并带回。严禁非本公司调试人员对该装置进行调试，违者后果自负。

3、 通电步骤

- (1)先接通成套装置的控制电源(交流 220V)。
- (2)把成套柜的 KK 转换开关置手动位置，自动将退出；
置自动位置，手动已退出。
- (3)此时成套装置面板上指示灯和控制器要显示正常。
- (4)(合上有关的隔离刀闸)。
- (5)接通高压电源。

3、 成套故障处理

成套装置保护功能齐全，继电保护动作后同时发出音响信号，故障排除如下：

- (1)过流信号动作，停电检查喷逐式熔断器有无断落，电容器、电抗器有无渗油、鼓肚、烧焦等现象，并测量好坏并作必要调换，确认无误再送电。
- (2)零序信号动作，这是由于三相电压不平衡造成，检查有无断相或某相熔断器熔断脱落，作必要调换,恢复后送电。
- (3)过电压信号动作，检查系统电压是否偏高，此时控制器拒绝工作，待系统电压恢复正常时再送电。
- (4)低电压信号动作，系统电压偏低或不正常时，补偿柜投不上，低电压信号在总降压变柜上取。

4、 维护

1) 装置运行时应经常进行巡视检查，每天不得少于一次，值班人员应做好运行情况的详细记录

2) 观察装置各部件的运行情况，建议每天进行。至少每三个月清扫一次各套管表面和各电器外壳、构架，以防引意外事故。经常检查各部件是否联接良好，发现问题及时处理。

3) 通过电容表和电流表，检查电容器容量，通过继电器和指示灯观察保护的動作情况，在保护动作跳闸未找出原因，并正确处理前，不得重新合闸。

4) 保护装置动作后，不允许强行试送，应根据保护动作情况进行分析，仔细检查电容器有无熔丝熔断、鼓肚、过热、爆裂或套管放电痕迹，电容器无明显故障，还应对配套设备进行检查，查明原因并排除故障后，方可再投入，原因不明时，电容器应经试验后才能投入。

5) 若电容器损坏，以新电容器更换，必须保证型号、参数相同。

6) 处理故障时，电容器组虽经放电线圈放电，但为了人身安全仍要对电容器端子短路接地进行人工放电后，才允许接触电容器。

7) 电容器的保护熔断器应进行定期检查、更换，以确保动作可靠。

8) 对装置各主要部件进行预防性检查和试验：如电容器的容值、串联电抗器的绝缘电阻，等。要定期按其使用说明书进行。

9) 在温度高的季节特别是在夏天，应每天对装置主要部件如：电容器外壳、隔离开关静触头、串联电抗器线圈等。进行温度测试，并记录，及时发现温度异常，及时处理。

10) 电容器组投入时环境温度不能低于 -40°C ，运行时环境温度平均不超过 $+40^{\circ}\text{C}$ ，24 小时平均不得超过 $+30^{\circ}\text{C}$ 。如超过时，应采用人工冷却（安装风扇）或将电容器组与网路断开。

11) 电容器应直立（套管向上），严禁拿电容器套管进行搬运