

30089

并联无功补偿装置 选型简明手册

周存和 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

ISBN 7-5083-3035-8



9 787508 330358 >

定价：10.00 元

TM

300

并联无功补偿装置 选型简明手册

周存和 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书主要介绍以并联电容器为主体, 10kV、35kV 等级常用无功补偿装置选型中的重要问题, 简单提及 0.4kV 设备。全书共分十二章, 主要包括并联无功补偿装置总论、并联电容器、断路器、串联电抗器、放电线圈、氧化锌避雷器、熔断器、电流互感器、继电保护设备、投切设备、新型并联电容器组、低压无功补偿装置。手册中介绍与选型有关的基本知识和信息, 并列出了各种重要部件的主要技术参数和应用参数, 包括外型尺寸、重量以及某些特殊要求。

本书可供从事无功补偿装置设计、运行的相关技术人员和管理人员学习和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

并联无功补偿装置选型简明手册/周存和编著. —北京: 中国电力出版社, 2005

ISBN 7-5083-3035-8

I. 并... II. 周... III. 无功补偿-补偿装置-选型-手册 IV. TM714.3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 009251 号

中国电力出版社出版

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 5 月第一版 2005 年 5 月北京第一次印刷

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 3.125 印张 79 千字

印数 0001—3000 册 定价 10.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

作者简介

周存和，1938年生，湖南安乡人，1961年毕业于西安交通大学电机工程系电气绝缘专业，教授级高级工程师。曾主持我国设计、制造、成套供货的首批高压并联补偿装置的全部工作，长期从事该装置的设计、配套和售后服务的组织领导工作，应邀在国内20多个城市举办过该装置的学术讲座。曾担任过某高校相关专业博士研究生论文的校外评委和答辩评委多年，在有关刊物上发表过多篇学术论文。

前言

为了确保电力系统的经济运行,在各个电压等级的变电站中,对其主要负荷侧(10kV或35kV)加装并联电容器成套装置进行无功补偿,以提高系统的功率因数,降低线路损耗,从而节约电能,这是电力系统(包括用户)最通常、最有效、也是最经济的做法。正处在电力建设大发展的我国,无功补偿度相对偏低,电力供应仍然紧张,节电任务任重道远,因而加大并补装置的安装力度,显得尤为重要。

我国进行城乡电网改造以来,这方面的工作有了长足的进展,无功补偿装置的总量每年以两位数百分率的速度在增长,这是事物的主流一面;与此同时,由于在设计、制造和运行管理等方面存在着这样或那样的原因,此类装置近年来出现的问题也不容忽视。据粗略估计,每年仅仅事故的直接损失至少达数百万元之多,甚至超过千万元。如果事先做好某些必要的工作,其中不少损失是可以避免的。正是基于这一考虑,作者将长期从事这方面工作的经验和教训,整理成了现在的小册子,结集出版。

本手册讨论的范围仅限于以并联电容器为主体,10kV、35kV等级常用无功补偿装置,即俗称的“并联电容器组”选型中的重要问题,力求将可以避免的问题,解决在设计 and 定货之前,尽可能做到防患于未然。简单提及0.4kV设备与前者不同的特别之处。但不

涉及并联电抗器、同步电动机、同步调相机、静止补偿装置、有源和无源滤波器等其他无功补偿设备。主要阅读对象是刚开始从事这方面工作的年青技术人员和运行管理者，也可供对此项技术有兴趣的其他工程技术人员参考。

手册中只介绍与选型有关的基本知识和相关信息，并列出各重要部件的主要技术和应用参数，包括外形尺寸、重量，以及某些特殊要求。不系统涉及并联无功补偿装置设计等其他方面的专门问题。

手册力求新颖、全面、准确、简洁、实用，在当前无功补偿装置中已淘汰的产品均不列入；快要淘汰的落后产品虽然也介绍，但从简。

手册中所有涉及的产品参数信息，都不与生产厂挂钩（不点出厂名、不做广告），如果某些参数和尺寸与其相同或基本相同，那是难免的。由于技术的不断进步，各产品的有关参数和尺寸都在随时发生变化，书中所列数据仅供选型参考，准确技术参数和尺寸等数据应以厂家最新样本为准。

作者曾主持我国首批由工厂设计、制造、并成套供货的高压并联补偿装置的全部工作，随后又长期从事该装置的设计、配套和售后服务的组织领导工作，本手册是作者这方面的经验总结，同时也对一些没有定论的问题，坦率地阐明了个人的观点，这正是本手册的特点之所在。

由于水平有限，加以有些论述仅是作者个人的一孔之见，旨在抛砖引玉，疏漏和错误之处在所难免，敬请各位不吝指正，谨致谢忱。

作者

2004年12月于桂林

目 录

前 言

第一章 并联无功补偿装置总论 1

第一节 装置概述 1

第二节 装置的一次接线方式 4

第三节 装置的保护方式 6

第四节 装置的结构与特点 9

第五节 装置主要部件及其功能 10

第二章 并联电容器 12

第一节 产品种类及其特点 12

第二节 选型注意事项 15

第三节 应用参考数据 21

第三章 断路器 35

第一节 产品种类及选型 35

第二节 应用参考数据 40

第四章 串联电抗器 43

第一节 产品种类及选型 43

第二节 应用参考数据 47

第五章 放电线圈 62

第一节 产品种类及选型 62

第二节 应用参考数据 63

第六章 氧化锌避雷器 66

第一节 产品种类及选型 66

第二节 应用参考数据 70

第七章 熔断器 71

第一节 产品种类及选型 71

第二节 应用参考数据 73

第八章 电流互感器 75

第一节 产品种类及选型 75

第二节 应用参考数据	75
第九章 继电保护设备	79
第一节 产品种类及选型	79
第二节 应用参考数据	80
第十章 投切设备	83
第一节 产品种类及选型	83
第二节 应用参考技术要求	85
第十一章 新型并联电容器组	86
第十二章 低压无功补偿装置	88

第一章

并联无功补偿装置总论

第一节 装置概述

一、装置的功能

并联无功补偿装置是与电网并联的电气设备，就地提供系统中感性负荷所需要的无功，以改善电网功率因数、降低线路损耗、提高输电线路的送电能力、释放变压器的剩余容量。此外，也能在一定程度上起到辅助调压作用。它的补偿原理可由图1-1加以说明。

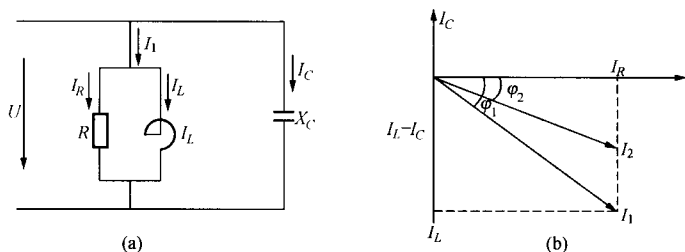


图 1-1 并联补偿原理图

(a) 原理图；(b) 矢量图

X_C —无功补偿装置； R 、 X_L —负荷

(1) 由图1-1可见，有了无功补偿设备后，功率因数角由 φ_1 减小为 φ_2 ，负荷电流由 I_1 下降为 I_2 ，起到了改善电网功率因数、降低线路损耗作用。

(2) 图1-2中因为变压器的视在功率 S 是不变的，当功率因数改善后，便有有功功率 P 的增加，即 ΔP ，即释放变压器的剩余容量。

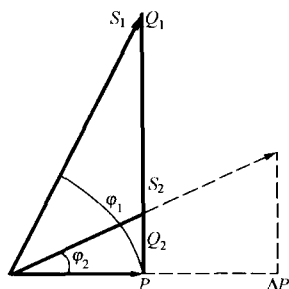


图 1-2 功率三角形图

(3) 指母线电压偏低, 但基本合格或接近合格时电容器具有辅助调压作用。电压过低时电容器的出力和电压的二次方成比例下降, 就很难再起这种作用了。如图 1-3 所示: 假设送电线路是理想线路, 即不计分布电容, 线路阻抗为 $R + jX$, 负荷 $(I_r + jI_L)$ 集中在末端, 忽略电容器的有功电阻, 这时有 jI_C , 则线路首端电压 U_1 和末端电压 U_2 之间存在式 (1-1)、式 (1-2) 的关系。

补偿前

$$U_1 \approx U_2 + I_r R + I_L X \quad (1-1)$$

补偿后

$$U_1 \approx U_2 + I_r R + I_L X - I_C X \quad (1-2)$$

通常在实施并联补偿的情况下, $I_L X - I_C X$ 大于零, 即补偿后 U_1 压降减小, 要维持等式不变, U_2 必然升高, 这就达到了调压目的。

至于这个电压升高值 ΔU 可

以按照有关国家标准 (GB 50227—1995 或 GB/T 11024.1—2001) 所列公式计算, 即

$$\Delta U / U = Q_C / S_d \quad (1-3)$$

式中 U ——补偿前的母线电压, kV;

Q_C ——补偿电容器的容量, Mvar;

S_d ——电容器安装处母线对地短路容量, MVA。

二、装置的型号

例 1: TBBH10—3000/3000—AK

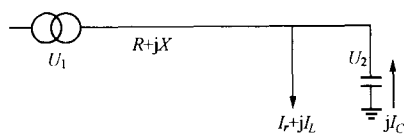
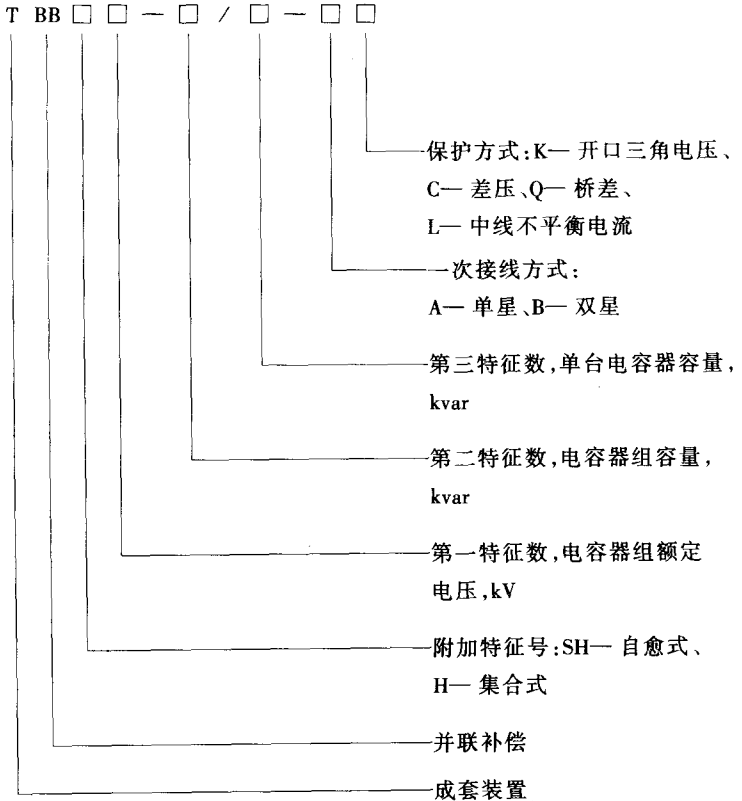


图 1-3 电容器调压原理图

即 10kV、3000kvar、单星形接线、开口三角电压保护、三相
共体集合式并补装置。



例 2: TBBH35—10002/3334—AC

即 35kV、10002kvar、三相分体、每相 3334kvar、单星形接
线、电压差动保护、集合式并补装置。

例 3: TBB35—36072/334—AQ

即 35kV、36072kvar、单台 334kvar、单星形接线、桥式电流
差动保护、框架围栏式并补装置。

例 4: TBB10—18000/300—BL

即 10kV、18000kvar、单台 300kvar、双星形接线、中线不平

衡电流保护并补装置。

第二节 装置的一次接线方式

并补装置常用的一次接线方式有图 1-4 ~ 图 1-7 所示的几种。

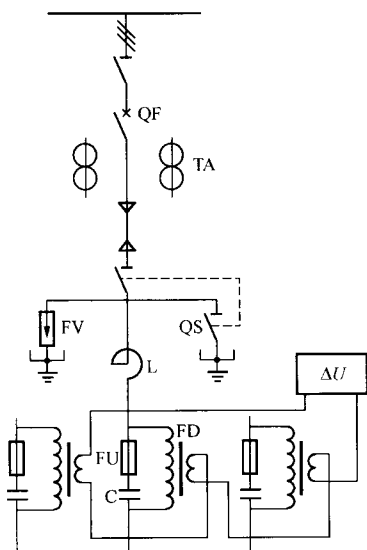


图 1-4 开口三角电压保护一次接线图
QF—断路器；QS—隔离开关；FV—氧化锌避雷器；FD—放电线圈；FU—喷逐式熔断器；L—串联电抗器；C—并联电容器；
TA—电流互感器

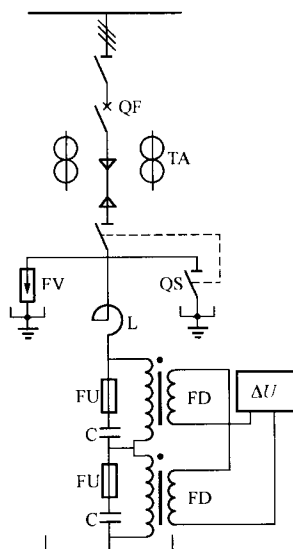


图 1-5 差压保护
一次接线图
(图注同图 1-4)

以上四种接线方式应用范围各有不同：图 1-4、图 1-5 多用于单组容量不太大的地方，图 1-6、图 1-7 则用于单组容量较大的地方，特别是图 1-7，单组容量很大时，只能用这种接线方式，用其他接线方式会危及整个装置的安全运行。当然，图 1-7 也可将每相接成桥式，如图 1-8 所示，用于更大容量的电容器组。

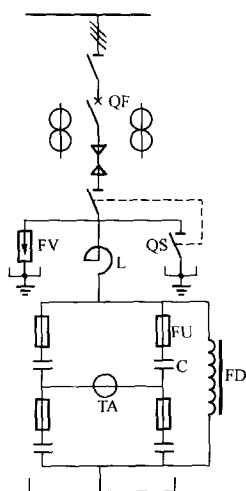


图 1-6 桥差保护一次接线图

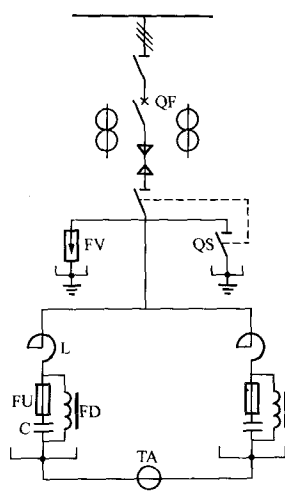


图 1-7 中线不平衡电流保护一次接线图

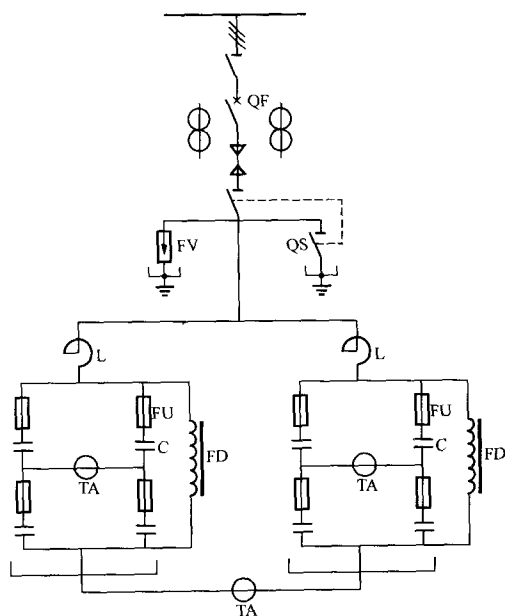


图 1-8 双星中线不平衡电流保护和桥差保护混合一次接线图

|| 第三节 装置的保护方式

一、内部故障的主保护

1. 内熔丝保护

内熔丝保护指在电容器内部每个元件（即小电容器）上串联一根特制的小熔丝，某个元件一旦击穿，与之串联的小熔丝就动作，以隔离故障元件。

2. 外熔断器保护

采用保护电容器专用喷逐式熔断器，整台电容器内元件串联段的击穿率达到规定值时熔断器动作，并显示明显的动作信息，它的安秒特性要与电容器箱壳的爆裂特性相匹配。

二、内部故障的后备保护

1. 后备保护接线的种类与选用原则

内部故障的后备保护即继电保护，因其动作时限较内熔丝长，不足以杜绝电容器恶性事故的发生，仅能防止其扩大。当电容器组中某只电容器出现内部损坏，即元件击穿或对地绝缘失效后，引发整个电容器组出现不平衡电压或电流，为了防止故障扩大，因而需要加以保护，所以此类保护又统称不平衡保护，包括：

(1) 单星形接线时的开口三角电压保护，又称零序电压保护，主接线见图 1-4；

(2) 单星形接线时的纵向电压差动保护，简称差压保护，主接线见图 1-5；

(3) 单星形或双星形接线时的横向电流桥式差动保护，简称桥差保护，主接线见图 1-6；

(4) 双星形接线时的中线不平衡电流保护，简称中线差流保护，主接线见图 1-7；

(5) 双星形接线时的中线不平衡电流保护和桥式差流保护混合一次接线，见图 1-8。

这 5 种接线方式的选择原则是：能用单星形接线的，就不要用双星形接线，布线越简单越好；当电容器组容量足够大，并联台数超过电容器爆破能量限度时，必须采用双星形接线，以便将电容器的并联台数减少 $1/2$ ，使之符合安全运行要求。

2. 后备保护整定值的计算原则

以上四种保护整定值（此值涉及后续设备的选用）计算的基本原则如下：

(1) 无内熔丝电容器：一般按击穿（即短路）串联段数达到 $1/3 \sim 1/2$ 时断路器应动作来整定；

(2) 带内熔丝电容器：一般按允许击穿（即开路）的元件数来计算整定值，该值与故障元件并联的完好元件上的电压升高倍数有个限定值。这个限值一般取 $1.15 \sim 1.50$ （也有取更低倍数的，似乎太保守，影响电容器组的投运率），详见图 1-9 与相关计算。

图 1-9 是电容器内部结构示意图，设串联段数为 S ，每个串联段内的并联元件数为 P ，则当某串联段内有一个元件击穿时，与之串联的内熔丝熔断 [如图 1-9 (b)] 与它并联的 $(P-1)$ 个完好元件上的电压就会升高。在星形接线中，忽略中性点的漂移，则不难得出 x 根熔丝动作后，完好元件上的过电压倍

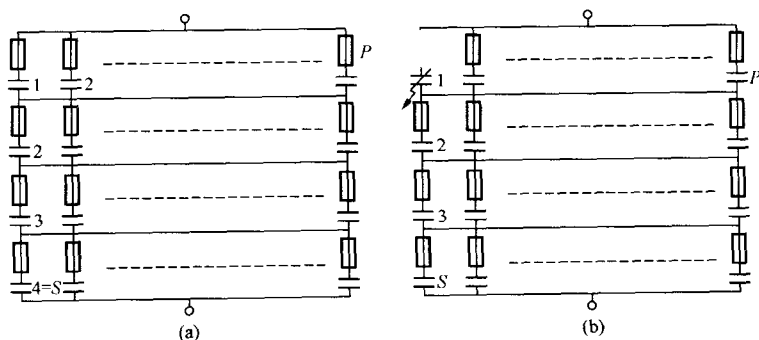


图 1-9 整定值计算示意图

(a) 正常情况；(b) 熔丝熔断

数 λ 可用式 (1-4) 描述。

$$\lambda = PS / [S(P - x) + x] \quad (1-4)$$

下面取 λ 值为 1.15 ~ 1.50 作为整定值的计算依据, 以确定元件击穿个数 (即熔丝熔断根数), 它是各种继电保护整定值的计算基础。然后再根据设计规程中相关的公式, 便很容易得出各种保护下所需要的不平衡电压或电流值, 考虑一个大于 1 的可靠系数后就是整定值。此外, 也可由式 (1-4) 得出

$$x = PS(\lambda - 1) / \lambda(S - 1) \quad (1-5)$$

假设 $P = 12$, $S = 4$, 则有表 1-1、表 1-2 所列之值。

表 1-1 x 与 λ 的关系

x	1	2	3	4	5	6
λ	1.067	1.143	1.231	1.333	1.455	1.600

表 1-2 λ 与 x 的关系

λ	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50
x	2.087	2.667	3.200	3.692	4.148	4.571	4.966	5.333

注意: x 只能以收尾法取整数, 因而 λ 不可能以 5 的倍数结尾的小数。如果电容器的内部接线不是简单的先并后串, 那么上面的计算公式就不适用了, 必须按实际接线另行推导相应的公式。

三、系统异常的保护

(1) 过流保护: 电容器组电流超过整定值时, 能向断路器发出分闸信号的保护。

(2) 过流速断保护: 当电容器组出现短路时, 能向断路器发出速断信号的保护。

(3) 过压保护: 母线电压超过规定值时, 能向断路器发出分闸信号的保护。

(4) 失压保护: 母线电压降低到规定值时, 能向断路器发出