

电网无功补偿 实用新技术

高东学 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

电网无功补偿 实用新技术

高东学 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是为适应我国输电网和配电网的重大变革,满足新形势下电网无功补偿工作的迫切需要而编写的。全书共分十五章,主要内容有:电压质量及电力系统的无功补偿与无功平衡、无功补偿规划和无功补偿优化、确定无功功率补偿容量的方法、电力网串联补偿、静止无功补偿装置(SVC)功能特性、静止无功补偿装置(SVC)现场试验及交接原则、330kV~750kV电压等级变电站无功补偿装置、35kV~220kV电压等级变电站无功补偿装置、变电站10kV无功补偿与电压优化SVQC成套装置、并网分布式电源的无功电力补偿、高压静止无功补偿装置技术监督、电压无功管理与电压质量监测、网络调压与谐波分析、无功补偿优化方案、无功补偿容量的经典优化法等。

本书可供电力系统无功补偿管理人员和技术人员使用,也可供无功补偿装置研发、设计、施工、运行维护人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电网无功补偿实用新技术 / 高东学等编著. -- 北京:
中国水利水电出版社, 2014. 2
ISBN 978-7-5170-1752-3

I. ①电… II. ①高… III. ①电网—无功补偿 IV.
①TM714.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第029052号

书 名	电网无功补偿实用新技术
作 者	高东学 等 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 20.25印张 480千字
版 次	2014年2月第1版 2014年2月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	68.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

《电网无功补偿实用新技术》 编写人员名单

主 编：高东学

副 主 编：程凤鸣 智全中

参编人员：陈宏伟 刘 乐 马心良 郭 昊 袁正华
 程 郁 张润超 杨永恒 文 凯 宋 锐
 刘彦超 张 亮 史二飞 张晓博

前 言

我国电力系统正在向大电网、大电厂、超高压、特高压、高度自动化的方向发展，输电网和配电网正经历着一次重大变革，对无功补偿工作，无论是无功补偿装置还是无功补偿容量都提出了新的更高的要求。为适应新形势下电网企业开展无功补偿工作的急需，我们编写了《电网无功补偿实用新技术》一书。

全书共分十五章，主要内容有：电压质量及电力系统的无功补偿与无功平衡、无功补偿规划和无功补偿优化、确定无功功率补偿容量的方法、电力网串联补偿、静止无功补偿装置（SVC）功能特性、静止无功补偿装置（SVC）现场试验及交接原则、330kV~750kV 电压等级变电站无功补偿装置、35kV~220kV 电压等级变电站无功补偿装置、变电站 10kV 无功补偿与电压优化 SVQC 成套装置、并网分布式电源的无功电力补偿、高压静止无功补偿装置技术监督、电压无功管理与电压质量监测、网络调压与谐波分析、无功补偿优化方案、无功补偿容量的经典优化法等。

本书可供电力系统无功补偿管理人员和技术人员使用，也可供无功补偿装置研发、设计、施工、运行维护人员参考。

参加本书编写工作的还有：王晋生、倪兆瑞、李军华、吴会宝、张骏、尚志刚、李佳良等。

提供资料并参与部分编写和绘图工作的还有：张强、张方、高水、石峰、王卫东、石威杰、贺和平、任旭印、潘利杰、程宾、张倩、张娜、李俊华、石宝香、成冲、张明星、郭荣立、王峰、李新歌、尹建华、苏跃华、刘海龙、李小方、李爱丽、胡兰、王志玲、李自雄、陈海龙、李亮、韩国民、刘力侨、任翠兰、张洋、吕洋、任华、李翱翔、孙雅欣、李红、王岩、李景、赵振国、任芳、魏红、薛军、吴爽、李勇高、王慧、杜涛涛、李启明、郭会霞、霍胜木、邢烟、李青丽、谢成康、杨虎、马荣花、张贺丽、薛金梅、李荣芳、马良、孙洋洋、胡毫、余小冬、丁爱荣、王文举、冯娇、徐文

华、陈东、毛玲、李键、孙运生、尚丽、王敏州、杨国伟、李红、刘红军、白春东、林博、魏健良、周凤春、黄杰、董小玫、郭贞、吕会勤、王爱枝、孙金力、孙建华、孙志红、孙东生、王彬、王惊、李丽丽、吴孟月、闫冬梅、孙金梅、张丹丹、李东利等。

本书在编写过程中参考了大量文献资料和最新标准规范，在此谨向文献资料的编著者表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏、不当之处，恳望广大读者批评指正。

作者

2014年1月

目 录

前言

第一章 电压质量及电力系统的无功补偿与无功平衡	1
第一节 电压质量标准和电压质量技术监督	1
第二节 无功电源建设与无功配置	2
第三节 无功电力调度与电压调整	3
第四节 无功补偿配置技术原则	3
第二章 无功补偿规划和无功补偿优化	7
第一节 无功补偿规划和无功补偿设备	7
第二节 非线性规划法在网络补偿中的应用	9
第三节 牛顿法在网络补偿中的应用	15
第四节 全网无功优化	19
第五节 无功补偿的动态优化	23
第六节 无功功率平衡	28
第七节 电力网供电区无功优化	36
第八节 低压就地补偿和跟踪补偿分析	43
第九节 功率因数的测算和补偿容量的确定	48
第三章 确定无功功率补偿容量的方法	52
第一节 确定无功功率补偿容量几种方法	52
第二节 按无功经济当量确定补偿容量	64
第三节 确定低压配电网无功补偿容量的实用方法	66
第四节 配电变压器无功补偿有关参数的计算	71
第四章 电力网串联补偿	76
第一节 串联补偿是解决输电系统的富有活力的方法	76
第二节 串联补偿的效益	78
第三节 串联补偿新技术应用	79
第四节 60kV 串联电容补偿装置设备选择	81
第五章 静止无功补偿装置 (SVC) 功能特性	87
第一节 静止无功补偿装置及其分类	87
第二节 静止无功补偿装置安装场所环境和连接点电气参数	88
第三节 静止无功补偿装置主系统特性要求	89

第四节	静止无功补偿装置损耗评估	94
第五节	SVC 主设备功能及其特性要求	98
第六节	静止无功补偿装置性能分析	104
第七节	试验和检验	105
第六章	静止无功补偿装置 (SVC) 现场试验及交接原则	107
第一节	现场试验程序的准备	107
第二节	现场试验程序的执行	110
第三节	设备试验	111
第四节	子系统试验	114
第五节	系统交接试验	117
第六节	验收试验	122
第七章	330kV~750kV 电压等级变电站无功补偿装置	126
第一节	系统要求	126
第二节	无功补偿装置接线	129
第三节	无功补偿装置的电器和导体选择	135
第四节	无功补偿装置的安装与布置	148
第五节	二次接线、继电保护和自动投切	154
第六节	无功补偿装置建筑布置	166
第八章	35kV~220kV 电压等级变电站无功补偿装置	170
第一节	系统要求	170
第二节	接线	176
第三节	电器和导体选择	183
第四节	安装与布置	197
第五节	二次接线、继电保护和自动投切	203
第六节	防火、通风与采暖	210
第九章	变电站 10kV 无功补偿与电压优化 SVQC 成套装置	213
第一节	无功补偿与电压优化成套装置产品型号、铭牌和主要参数	213
第二节	无功补偿与电压优化成套装置技术要求	215
第三节	无功补偿与电压优化成套装置性能与结构要求	216
第四节	无功补偿与电压优化成套装置试验方法	220
第五节	无功补偿与电压优化成套装置检验规则	223
第十章	并网分布式电源的无功电力补偿	225
第一节	风电场无功电力补偿	225
第二节	光伏电源无功电力补偿	227
第十一章	高压静止无功补偿装置技术监督	230
第一节	技术监督原则、内容 and 专业划分	230

第二节	设计选型审查和工厂监造验收	232
第三节	安装、调试及投产验收	239
第四节	静止无功补偿装置的运行、检修与试验技术监督	243
第五节	SVC 接入电网管理	247
第六节	技术监督体系与职责	247
第七节	技术监督管理	249
第八节	技术监督分析评估和技术监督告警制度	250
第十二章	电压无功管理与电压质量监测	253
第一节	电压无功管理的一般原则	253
第二节	电压无功管理	254
第三节	电压质量监测与统计	255
第十三章	网络调压与谐波分析	258
第一节	无功补偿及电压调整原则	258
第二节	调压式高压动态无功补偿系统	260
第三节	电压的波动与闪变	263
第四节	配电网谐波	265
第五节	合理调整运行电压	270
第六节	谐波分析	273
第十四章	无功补偿优化方案	280
第一节	高压无功补偿装置的优化方案	280
第二节	分散无功补偿装置的优化方案	285
第三节	低压无功补偿装置的优化方案	288
第十五章	无功补偿容量的经典优化法	292
第一节	概述	292
第二节	黄金分割法优化无功补偿容量和安装位置	292
第三节	计算机监控配电网的补偿方案	293
第四节	按最小原则确定无功补偿容量	294
第五节	按等网损微增率确定补偿容量	298
第六节	无功容量的合理分配	300
第七节	考虑负荷分布时补偿容量和补偿位置的优化	303
第八节	用相对分析法确定均匀分布无功负荷的补偿容量	310
参考文献		314

第一章 电压质量及电力系统的 无功补偿与无功平衡

第一节 电压质量标准和电压质量技术监督

一、电压质量标准

1. 电压质量的含义

电压质量是指缓慢变化（电压变化率小于每秒1%时的实际电压值与系统标称电压值之差）的电压偏差值指标。

2. 用户受电端供电电压允许偏差值

(1) 35kV 及以上用户供电电压正、负偏差绝对值之和不超过额定电压的10%。

(2) 10kV 及以下三相供电电压允许偏差为额定电压的 $\pm 7\%$ 。

(3) 220V 单相供电电压允许偏差为额定电压的 $+7\%$ 、 -10% 。

3. 电力网电压质量控制标准

(1) 发电厂和变电站的母线电压允许偏差值：

1) 500 (330) kV 及以上母线正常运行方式时，最高运行电压不得超过系统额定电压的 $+10\%$ ；最低运行电压不应影响电力系统同步稳定、电压稳定、厂用电的正常使用及下一级电压的调节。

2) 发电厂 220kV 母线和 500(330)kV 及以上变电站的中压侧母线正常运行方式时，电压允许偏差为系统额定电压的 $0\sim+10\%$ ；事故运行方式时为系统额定电压的 $-5\%\sim+10\%$ 。

3) 发电厂和 220kV 变电站的 110kV、35kV 母线正常运行方式时，电压允许偏差为系统额定电压的 $-3\%\sim+7\%$ ；事故运行方式时为系统额定电压的 $+10\%$ 。

4) 带地区供电负荷的变电站和发电厂（直属）的 10(6)kV 母线正常运行方式下的电压允许偏差为系统额定电压的 $0\sim+7\%$ 。

(2) 特殊运行方式下的电压允许偏差值由调度部门确定。

二、电压质量的技术监督

(1) 电压质量技术监督工作是生产管理工作的主要内容之一，对规划、设计、基建、运行等环节实行全过程监督管理。

(2) 各级电网企业要建立完善电压质量技术监督工作制度体系、组织体系和技术标准体系并贯彻实施。

(3) 各级电网企业应对所有并网的发、供电设备进行电压质量技术监督的归口管理。并网运行的发电企业与当地电网企业签订并网协议时，应包括电压质量技术监督方面的

内容。

(4) 电压质量技术监督要依靠科技进步,采用和推广成熟、行之有效的新技术、新方法,不断提高电压质量技术监督的专业水平。

第二节 无功电源建设与无功配置

一、一般要求

电网的无功补偿配置应能保证在系统有功负荷高峰和低谷运行方式下,分(电压)层和分(供电)区无功平衡。分层无功平衡的重点是 220kV 及以上电压等级层面的无功平衡,分区就地无功平衡主要是 110kV 及以下配电系统的无功平衡。无功补偿配置应按照分散就地补偿与变电站集中补偿相结合,以分散补偿为主;高压补偿与低压补偿相结合,以低压补偿为主;降损与调压相结合,以降损为主的原则。

二、并入电网的发电机组

并入电网的发电机组应具备满负荷时功率因数在 0.85(滞相)~0.97(进相)运行的能力,以保证系统具有足够的事故备用无功容量和调压能力。为了平衡 330kV 及以上线路的充电功率时,在电厂侧可以适当考虑安装一定容量的并联电抗器。

三、输电线路

应避免通过远距离线路输送无功电力,330kV 及以上系统与下一级系统间不应有大量的无功电力交换。对 330kV 及以上超高压线路充电功率应按照就地补偿的原则采用高、低压并联电抗器基本予以补偿。

四、变电站

1. 基本要求

变电站应合理配置适当容量的无功补偿装置,并根据设计计算确定无功补偿装置的容量。35kV~220kV 变电站在主变压器最大负荷时,其一次侧功率因数应不低于 0.95;在低谷负荷时功率因数应不高于 0.95。

2. 特殊要求

(1) 220kV 及以上电网存在电压稳定问题时,宜在系统枢纽变电站配置可提供电压支撑的快速无功补偿装置。

(2) 在大量采用 10kV~220kV 电缆线路的城市电网中新建 110kV 及以上电压等级变电站时,应根据电缆出线情况配置适当容量的感性无功补偿装置。

五、电力用户的无功补偿

1. 基本要求

电力用户应根据其负荷的无功需求,设计和安装无功补偿装置,并应具备防止向电网反送无功电力的措施。

2. 功率因数要求

(1) 35kV 及以上供电的电力用户,在主变压器最大负荷时,其一次侧功率因数不应

低于 0.95；在低谷负荷时功率因数应不高于 0.95。

(2) 100kVA 及以上 10kV 供电的电力用户，其功率因数宜达到 0.95 以上。

(3) 其他电力用户，其功率因数宜达到 0.90 以上。

六、无功补偿装置投切方式要求

并联电容器组和并联电抗器组宜采用自动投切的方式。

七、功率测量要求

35kV~220kV 变电站主变压器高压侧应装设双向有功功率表和无功功率表（或功率因数表）。对于无人值班变电站，应在其集控站自动监控系统实现上述功能。

第三节 无功电力调度与电压调整

一、无功电力调度

(1) 各级调度部门应依照并网运行的发电企业、电网企业提供的无功电源容量以及可调节能力，编制重大设备检修等特殊方式下的无功电力调度方案，并按此实施调度。

(2) 无功电力调度实行按调度权限划分下的分级管理，调度部门应对大区间、网省间联络线及各级调度分界点处的无功电力送出（或受入）量进行监督和控制，其数值由相关双方调度部门商定。高峰和低谷时的功率因数宜基本一致。

(3) 各级调度应根据负荷变化情况和电压运行状况，及时调整调压装置及无功补偿装置。

二、电压调整

(1) 在满足电压合格的条件下，电压调整应遵循无功电力分层分区平衡原则。

(2) 按调度权限划分，进行无功调压计算，定期编制调整各级网络主变压器运行变比的方案，定期下达发电厂和枢纽变电站的运行电压或无功电力曲线。

(3) 电网电压超出规定值时，应采取调整发电机、调相机无功出力、增减并联电容器（或并联电抗器）容量等措施解决。

(4) 局部（地区、站）网络电压的下降或升高，可采取改变有功与无功电力潮流的重新分配、改变运行方式、调整主变压器变比或改变网络参数等措施加以解决。

(5) 在电压水平影响到电网安全时，调度部门有权采取限制负荷和解列机组、线路等措施。

第四节 无功补偿配置技术原则

一、无功补偿配置的基本原则

1. 保证无功平衡原则

电力系统配置的无功补偿装置应能保证在系统有功负荷高峰和负荷低谷运行方式下，分（电压）层和分（供电）区的无功平衡。

(1) 分(电压)层无功平衡的重点是 220kV 及以上电压等级层面的无功平衡。

(2) 分(供电)区就地平衡的重点是 110kV 及以下配电系统的无功平衡。

2. 三个相结合原则

无功补偿配置应根据电网情况,实施分散就地补偿与变电站集中补偿相结合,电网补偿与用户补偿相结合,高压补偿与低压补偿相结合,满足降损和调压的需要。

3. 避免输电线路输送无功电力原则

各级电网应避免通过输电线路远距离输送无功电力。500(330)kV 电压等级系统与下一级系统之间不应有大量的无功电力交换。500(300)kV 电压等级超高压输电线路的充电功率应按照就地补偿的原则采用高、低压并联电抗器基本予以补偿。

4. 受端系统应有足够的无功备用容量

(1) 当受端系统存在电压稳定问题时,应通过技术经济比较,考虑在受端系统的枢纽变电站配置动态无功补偿装置。

(2) 各电压等级的变电站应结合电网规划和电源建设,合理配置适当规模、类型的无功补偿装置。所装设的无功补偿装置不应引起系统谐波明显放大,并应避免大量的无功电力穿越变压器。35kV~220kV 变电站,在主变压器最大负荷时,其高压侧功率因数应不低于 0.95,在低谷负荷时功率因数应不高于 0.95。

5. 具备双向有功功率和无功功率采集、测量功能

35kV 及以上电压等级的变电站,主变压器高压侧应具备双向有功功率和无功功率(或功率因数)等运行参数的采集、测量功能。

6. 对并网发电机组功率因数要求

为了保证系统具有足够的事故备用无功容量和调压能力,并入电网的发电机组应具备满负荷时功率因数在 0.85(滞相)~0.97(进相)运行的能力,新建机组应满足进相 0.95 运行的能力。为了平衡 500(330)kV 电压等级输电线路的充电功率,在电厂侧可以考虑安装一定容量的并联电抗器。

7. 城市电缆线路电网配置感性无功补偿装置

对于大量采用 10kV~220kV 电缆线路的城市电网,在新建 110kV 及以上电压等级的变电站时,应根据电缆进、出线情况在相关变电站分散配置适当容量的感性无功补偿装置。

8. 电力用户不向电网反送无功电力,也不从电网吸收无功电力

电力用户应根据其负荷性质采用适当的无功补偿方式和容量,在任何情况下,不应向电网反送无功电力,并保证在电网负荷高峰时不从电网吸收无功电力。

9. 自动投切

并联电容器组和并联电抗器组宜采用自动投切方式。

二、500(330)kV 电压等级变电站的无功补偿

1. 500(330)kV 电压等级变电站容性无功补偿配置

500(330)kV 电压等级变电站容性无功补偿的主要作用是补偿主变压器无功损耗以及输电线路输送容量较大时电网的无功缺额。容性无功补偿容量应按照主变压器容量的 10%~20%配置,或经过计算后确定。

2. 500(330)kV 电压等级变电站感性无功补偿配置

500(330)kV 电压等级高压并联电抗器（包括中性点小电抗）的主要作用是限制工频过电压和降低潜供电流、恢复电压以及平衡超高压输电线路的充电功率，高压并联电抗器的容量应根据上述要求确定。主变压器低压侧并联电抗器组的作用主要是补偿超高压输电线路的剩余充电功率，其容量应根据电网结构和运行的需要而确定。

3. 以无功补偿为主的高压并联电抗器应装设断路器

当局部地区 500(330)kV 电压等级短线路较多时，应根据电网结构，在适当地点装设高压并联电抗器，进行无功补偿。以无功补偿为主的高压并联电抗器应装设断路器。

4. 每台变压器配置的无功补偿容量宜基本一致

500(330)kV 电压等级变电站安装有两台及以上变压器时，每台变压器配置的无功补偿容量宜基本一致。

三、220kV 电压等级变电站的无功补偿

1. 感性无功补偿配置

对进、出线以电缆为主的 220kV 变电站，可根据电缆长度配置相应的感性无功补偿装置。每一台变压器的感性无功补偿装置容量不宜大于主变压器容量的 20%，或经过技术经济比较后确定。

2. 容性无功补偿配置

(1) 220kV 变电站的容性无功补偿以补偿主变压器无功损耗为主，并适当补偿部分线路的无功损耗。补偿容量按照主变压器容量的 10%~25% 配置，并满足 220kV 主变压器最大负荷时，其高压侧功率因数不低于 0.95。

(2) 当 220kV 变电站无功补偿装置所接入母线有直配负荷时，容性无功补偿容量可按上限配置；当无功补偿装置所接入母线无直配负荷或变压器各侧出线以电缆为主时，容性无功补偿容量可按下限配置。

3. 无功补偿装置的分组容量选择

220kV 变电站无功补偿装置的分组容量选择，应根据计算确定，最大单组无功补偿装置投切引起所在母线电压变化不宜超过电压额定值的 2.5%。一般情况下无功补偿装置的单组容量，接于 66kV 电压等级时不宜大于 20Mvar，接于 35kV 电压等级时不宜大于 2Mvar，接于 10kV 电压等级时不宜大于 8Mvar。

4. 每台变压器配置的无功补偿容量宜基本一致

220kV 变电站安装有两台及以上变压器时，每台变压器配置的无功补偿容量宜基本一致。

四、35kV~110kV 电压等级的变电站的无功补偿

1. 容性无功补偿配置

(1) 35kV~110kV 变电站的容性无功补偿装置以补偿变压器无功损耗为主，并适当兼顾负荷侧的无功补偿。容性无功补偿装置的容量按主变压器容量的 10%~30% 配置，并满足 35kV~110kV 主变压器最大负荷时，其高压侧功率因数不低于 0.95。

(2) 110kV 变电站的单台主变压器容量为 40MVA 及以上时，每台主变压器应配置不少于两组的容性无功补偿装置。

(3) 110kV 变电站无功补偿装置的单组容量不宜大于 6Mvar, 35kV 变电站无功补偿装置的单组容量不宜大于 3Mvar, 单组容量的选择还应考虑变电站负荷较小时无功补偿的需要。

2. 感性无功补偿配置

新建 110kV 变电站时, 应根据电缆进、出线情况配置适当容量的感性无功补偿装置。

五、10kV 及其他电压等级配电网的无功补偿

1. 配置方式和补偿容量

配电网的无功补偿以配电变压器低压侧集中补偿为主, 以高压补偿为辅。配电变压器的无功补偿装置容量可按变压器最大负载率为 75%、负荷自然功率因数为 0.85 考虑, 补偿到变电器最大负荷时其高压侧功率因数不低于 0.95, 或按照变压器容量的 20%~40% 进行配置。

2. 控制装置

配电变压器的电容器组应装设以电压为约束条件, 根据无功功率 (或无功电流) 进行分组自动投切的控制装置。

六、电力用户的无功补偿

电力用户应根据其负荷特点, 合理配置无功补偿装置, 并达到以下要求:

100kVA 及以上高压供电的电力用户, 在用户高峰负荷时变压器高压侧功率因数不宜低于 0.95; 其他电力用户, 功率因数不能低于 0.90。

第二章 无功补偿规划和无功补偿优化

第一节 无功补偿规划和无功补偿设备

一、无功补偿规划

1. 规划的目的和要求

在电力系统中先天性地存在着大量的无功负荷，这些无功负荷来自电力线路、电力变压器及用户的用电设备。系统运行中大量的无功功率，将降低系统的功率因数，增大线路电压损失和电能损失，严重地影响着电力企业的经济效益。解决这些问题的一个有效方法就是进行无功补偿，同时，在现代电力企业中，功率因数是考核配电网运行的重要指标，为达到考核指标，必须结合本地区的具体情况，进行无功补偿的规划，其规划的目的如下：

- (1) 保证规划地区的无功平衡，维持电力系统的无功稳定。
- (2) 提高地区电网电压的质量，使地区电网无功、电压优化运行。
- (3) 提高功率因数，改善地区电网的电能质量和提高电力企业的经济效益。
- (4) 合理地确定无功补偿方式、无功补偿容量、无功补偿的安装地点，使补偿效果达最佳。
- (5) 防止过补偿引起发电机自励磁。

2. 无功补偿设备规划配置要求

(1) 无功补偿应按照分层分区和就地平衡的原则，采用分散和集中相结合的方式，并能随负荷或电压进行调整，保证配电网枢纽点电压符合现行国家标准《电能质量 供电电压偏差》(GB/T 12325) 和《并联电容器装置设计规范》(GB 50227) 的有关规定。

(2) 配电网中无功补偿应以容性补偿为主，在变、配电站装设集中补偿电容器；在用电端装设分散补偿电容器；在接地电容电流较大的电缆网中，经计算可装设并联电抗器。

(3) 并联电容补偿应优化配置，宜自动投切。变电站内电容器的投切应与变压器分接头调整协调配合，使母线电压水平控制在规定范围之内。高压变电站和中压配电站内电容器应保证高峰负荷时变压器高压侧功率因数达到 0.95 及以上。

(4) 在配置电容补偿装置时，应采取措施合理配置串联电抗器的容量。由电容器投切引起的过电压和谐波电流不应超过规定限值。

二、无功补偿设备

(1) 同步发电机。同步发电机是电力系统中唯一的有功电源，同时也是无功的基本源。

(2) 同步电动机。同步电动机功率因数可以超前运行，在工、农业生产中，凡是不要求调速的生产机械，诸如鼓风机、水泵等，在经济条件合适的情况下，应该尽量选用同步电动机拖动。

(3) 异步电动机同步化。异步电动机同步化是指线绕式异步电动机,在启动至额定转速后,将转子用直流励磁,使其作为同步电动机使用,在这种运行方式下,异步电动机如同电容器一样,从电网吸收容性无功功率。

(4) 电力电容器。在配电网中电力电容器是应用最为广泛的无功补偿设备,其原因是电力电容器是静止的无功补偿设备,因此其安装、运行、维护都比上述设备简单。

(5) 电抗器补偿。其是高压长距离输电线常用的补偿设备,用以补偿输电线路对地电容所产生的充电功率以抑制工频过电压。电抗器的容量根据线路的长度和过电压限制水平选择,其补偿度(电抗器容量与线路充电功率之比)国外统计大多为70%~85%,个别的为65%,一般不低于60%。电抗器一般设置在线路两端,且不设断路器。

(6) 串联电容补偿。串联电容用来补偿输电线路的感抗,起到缩短电气距离、提高稳定性水平和线路的输电容量的作用。串联电容器组多为串、并联组合而成,并联支数由线路输送容量而定,串联个数则由所需的串联电容补偿度(串联电容的容抗与所补偿的线路感抗之比)而定。串联电容补偿一般在50%以下,不宜过高,以免引起系统的次同步谐振。输电网中因阻抗不均而造成环流时,也可用串联电容来补偿。日本在110kV环网中就使用了串联电容补偿。

(7) 晶闸管动态补偿器。晶闸管动态补偿器是近年来才发展起来的无功补偿装置,它以晶闸管为主要工作部件,由于其具有开关速度快、连续调节无功功率等优点,在配电网中,尤其是在低压配电网中应用得比较广泛。

三、无功补偿的容量、地点及补偿方式

在应用电容器进行无功补偿时,在电网中要安装并联电容器。这些设备可抵偿感性负荷所消耗的部分无功功率,从而降低线路的电损并提高系统的功率因数,改善电网的运行条件和电能质量。

在进行无功补偿配置时,实际上包含两个方面的内容:补偿安装地点及补偿方式的确定;补偿容量的配置。

(1) 集中补偿通常指装设于地区变电所或高压供电用户降压变电所母线上的高压电容器组,也包括集中装设于电力用户总配电室低压母线上的电容器组。其优点是易于实现自动投切,利用率高,维护方便且事故少;减少配电网、用户变压器及专供线路的无功负荷和电能损耗。

(2) 分组补偿一般装设于线路上的配变低压侧。

(3) 随机补偿是将低压电容器组与电动机并接,通过控制、保护装置与电机同时投切。

(4) 随器补偿是将电容器接在变压器二次侧,以补偿配电变压器空载无功。

(5) 跟踪补偿是指将低压电容器组补偿在大用户0.4kV母线上的补偿方式。补偿电容器的固定连接组可起到相当于随器补偿的作用,补偿用户自身的无功基荷;可投切连接组,用于补偿无功峰荷部分。投切方式分为自动和手动两种。一般地,用户负荷有一定的波动性,故推荐选用自动投切方式,采用无功补偿自动投切装置。此种装置可较好地跟踪无功负荷变化,运行方式灵活,运行维护工作量小。

考虑到电机投运的不同时率和单台电机补偿容量的限制等因素,对于较大的工业企业