

Reactive power compensation method and optimization of power distribution network

Xiangbo Shao

Shangqiu Yudong Power Generation Co., Ltd., Shangqiu, Henan, 476600, China

Abstract

With the development of the times, more and more electrical appliances are appearing in people's daily work, production, and life, resulting in an increasing load on the distribution network. Reactive power compensation in the distribution network is one of the effective means to improve voltage quality, reduce losses, and save energy. The application of reactive power compensation equipment can effectively improve the power factor of the power grid, improve the voltage quality of the power grid, and avoid the long-distance transmission of a large amount of reactive power, thereby achieving the goal of reducing network losses and reducing network power generation costs.

Keywords

distribution network; Reactive power compensation; economic benefits

配电网无功补偿方法及优化

邵相博

商丘裕东发电有限公司, 中国 · 河南 商丘 476600

摘 要

随着时代的发展,使得越来越多的用电器设备出现在人们的日常工作生产生活之中,导致配电网的负荷越来越大,配电网的无功功率补偿是改善电压质量和降低损耗、节约能源的有效手段之一。应用无功补偿设备,能够有效提高电网的功率因数、改善电网的电压质量、避免大量的无功功率的远距离的传输,从而达到降低网络损耗、减少网络发电费用的目的。

关键词

配电网; 无功补偿; 经济效益

1 引言

配电网无功补偿是指通过在配电网中安装无功补偿设备,如并联电容器、静态并联补偿器等,来平衡电网中的无功功率,从而改善电压水平、降低线损、提高电力系统的稳定性和经济性,无功功率的合理配置和优化调度能够显著降低有功损耗,改善系统电压质量,保证系统电压的稳定性,从而提高电力系统的安全性和经济性。

2 无功补偿的目的与意义

随着时代的发展,使得越来越多的用电器设备出现在人们的日常工作生产生活之中,导致配电网的负荷越来越大。

配电网的无功功率补偿是改善电压质量和降低损耗、节约能源的有效手段之一。应用无功补偿设备,能够有效提高电网的功率因数、改善电网的电压质量、避免大量的无功功率的远距离的传输,从而达到降低网络损耗、减少网络发电费用的目的。

由于大量的感性负荷在配电系统中的广泛存在,消耗大量的无功功率,导致系统的功率因数降低,造成电网线路电压损失的加大和有功损耗的显著增加,最终使得电网的供电质量恶化。

解决上述问题的有效方法,就是进行无功功率补偿。对配电网进行的无功功率补偿,对于配电网的稳定以及电网的经济运行都具有极其重要的作用。目前,我国电网无功补偿主要集中在高、中压配电网,而低压配电网补偿较少,以致低压配电网的线损远大于高、中压配电网的线损。为取得最大的效益,低压配电网的最优无功功率补偿模式,就是使电网功率因数 $\cos$ 尽最大可能达到 1。所安装的补偿装置作为无功电源,研究以及各种计算数据表明,最接近无功负荷点的低压配电线路,为无功功率补偿设备的最佳安装地点。因此,能够实现低压配电网的无功功率补偿,其经济效益将远大于高、中压配电网的无功补偿。

3 低压配电网

3.1 配电网定义

配电网是由架空线路、电缆、杆塔、配电变压器、隔离开关、无功补偿电容以及一些附属设施等组成的,在电力

【作者简介】邵相博(1996-),男,中国河南夏邑人,本科,助理工程师,从事电气工程研究。

网中起重要分配电能作用的网络。

3.2 配电网分类

配电网按照不同的分类方法有不同的分类结果,一般如下。

3.2.1 配电网按电压等级来分类

可分为高压配电网(35—110KV),中压配电网(6—10KV,苏州有20KV的),低压配电网(220/380V);在负载率较大的特大型城市,220KV电网也有配电功能。

3.2.2 按供电区的功能来分类

可分为城市配电网,农村配电网和工厂配电网等。

在城市电网系统中,主网是指110kV及以上电压等级的电网,主要起连接区域高压(220kV及以上)电网的作用。配电网是指35KV及其以下电压等级的电网,作用是给城市里各个配电站和各类用电负荷供给电源。

配电网一般采用闭环设计、开环运行,其结构呈辐射状。配电线路的线径比输电线路的小,导致配电网的 R/X 较大。由于配电线路的 R/X 较大,使得在输电网中常用的这些算法在配电网的潮流计算中其收敛性难以保证。

3.2.3 配电网电压等级

配电网电压等级是指配电网(配网)的额定电压级别系列。配网指的是电力系统中输配电里面的配电,就是电能被分配到各个用户处的这一级。配网又有高压配网和低压配网之分。额定电压是电力系统及电力设备规定的正常电压,即与电力系统及电力设备某些运行特性有关的标称电压。电力系统各点的实际运行电压允许在一定程度上偏离其额定电压,在这一允许偏离范围内,各种电力设备及电力系统本身仍然能正常运行。

3.2.4 高压配网及其电压等级

高压配网是指电压等级在1kV电压以上的配电网,常见电压等级有10kV,35kV,66kV,110kV等,还有部分不常用的电压等级比如:6kV,20kV等。

3.2.5 低压配网及其电压等级

低压配电网就是我们日常所说的电能,居民生活用电和工业用电,它的电压等级为0.4kV,即三相交流380V和单相220V,三相交流380V也称为动力电,220V也称为市电。

4 配电网无功补偿遇到的问题

4.1 优化的问题

无功功率的优化配置的目标,主要是在保证配电网电压水平的同时尽最大可能地降低线路网损。由于要使补偿后的电网运行费用,以及相应的设备安装成本同时达到最小化,计算过程相当繁琐复杂。目前无功功率补偿的出发点大多放在用户侧,只注意到补偿用户的功率因数。然而要想实现有效的降损,必须从电力系统整体的角度出发,通过计算全网的无功潮流,确定配电网的最优补偿方式、最优补偿容量和最优补偿地点,才能使有限的供电资金发挥出最大的经济效益。

4.2 量测的问题

目前一般配电网的线路上负荷点一般无表计,而且运行管理人员的技术水平以及管理水平参差不齐,同时表计记录的准确性和同时性尚无法保证。这给配电网的潮流计算和无功功率的优化计算带来很大的困难。要尽量要求有专用变压器的电力用户按一定的要求进行详细记录,但是380V终端用户处通常只装设有有功电度表,无功功率电表或者其他测量装置,因此要实现功率因数的测量几乎是不可能的。这也是低压无功功率补偿非常难于广泛开展的原因。

4.3 谐波的问题

电容器具备一定抗谐波能力,但也有很强的放大谐波的副作用。谐波含量过大将会影响电容器的使用寿命,甚至过早损坏电容器;同时,由于电容器对谐波的放大作用,会使系统的谐波干扰更为严重。因而在做无功功率补偿时,必须同时考虑到谐波的治理问题,提出一定的解决方案,在有较大谐波干扰,又需要补偿无功功率的地点,应该考虑适当增加合理的滤波装置。

4.4 无功倒送的问题

无功的倒送会增加系统配电网的损耗,配电线路的负担会加重,这是运行电力系统不允许的。尤其是对于采用固定电容器补偿方式的,则可能会在负荷低谷时,造成无功倒送问题,这应引起充分的重视。

5 配电网中常用的无功补偿方式

5.1 配电网中常用的无功补偿方式

在系统的部分变、配电所中,在各个用户中安装无功补偿装置;在高低压配电线路中分散安装并联电容机组;在配电变压器低压侧和车间配电屏间安装并联电容器以及在单台电动机附近安装并联电容器,进行集中或分散的就地补偿。

在进行无功补偿配置时,实际上包含两方面的内容。

5.2 补偿地点和补偿方式

补偿装置的安装地点及方式可分为就地补偿、集中补偿、分散补偿、随机补偿、随器补偿、跟踪补偿等各种方式。

5.2.1 就地补偿

对于大型电机或者大功率用电设备宜装设就地补偿装置。就地补偿是最经济、最安全以及最见效的补偿方式。在就地补偿方式中,把电容器直接接在用电设备上,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,切除时一起切除,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。

5.2.2 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。是变电站内的无功补偿,主要是补偿主变对无功容量的需求,结合考虑供电压区内的无功潮流及配电线路和用户的无功补偿水平来确定无功补偿容量。35KV变电站一般按主变容量的10%~15%来确定;110KV变电站可按15%~20%来确定。

其优点是易于自动投切,利用率高,维护方便,事故少,能减少配电网、用户变压器及专供线路上的无功负荷和电能损耗。这种补偿方式已经被大量使用。

5.2.3 分散补偿

当各用户终端距变较远时,宜在供电末端装设分散补偿装置,结合用户端的低压补偿,可使线损大大降低,同时可以兼顾提升末端电压的作用。一般装设在 10kV 配电线路上,可以根据各种传统优化补偿方法确定补偿位置和容量。

5.2.4 随器补偿

是指将低压电容器通过低压保险接在配电变压器二次侧,以补偿配电变压器空载无功的补偿方式。配变在轻载或空载时的无功负荷主要是变压器的空载励磁无功,配变空载无功是用电单位无功负荷的主要部分,对于轻负载的配变而言,这部分损耗占供电量的比例很大,从而导致电费单价的增加。随器补偿的优点:接线简单、维护管理方便、能有效地补偿配变空载无功,限制农网无功基荷,使该部分无功就地平衡,从而提高配变利用率,降低无功网损,具有较高的经济性,是目前补偿无功最有效的手段之一。

将低压电容器接在配电变压器二次侧,以补偿变压器的无功损耗。现在将自动无功投切装置作为无功控制保护装置,可以根据变压器无功负荷的大小自动投切。这种方式已经成为近两年来随器补偿的主要方式。

5.2.5 跟踪补偿

是指以无功补偿投切装置作为控制保护装置,将低压电容器组补偿在大用户 0.4KV 母线上的补偿方式。适用于 100KVA 以上的专用配变用户,可以替代随机、随器两种补偿方式,补偿效果好。跟踪补偿的优点是运行方式灵活,运行维护工作量小,比前两种补偿方式寿命相对延长、运行更可靠。但缺点是控制保护装置复杂、首期投资相对较大。

5.2.6 随机补偿

就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。随机补偿适用于补偿电动机的无功消耗,以补励磁无功为主,此种方式可较好地限制用电单位无功负荷。随机补偿的优点是:用电设备运行时,无功补偿投入,用电设备停运时,补偿设备也退出,而且不需频繁调整补偿容量。具有投资少、占位小、安装容易、配置方便灵活,维护简单、事故率低等。常用于用户端补偿。随机补偿常用于大型电动机和电焊机功率因数很低的设备,通过控制、保护装置与电动机同时投切。对于大型电动机等设备有很好的经济效益。

6 低压配电网无功补偿方式

6.1 低压集中补偿方式

在配电变压器 380V 侧进行集中补偿,它是目前普遍采用的一种方式。在这种方式下,补偿装置通常采用微机控制的低压并联电容器柜,根据用户负荷水平的波动,投入相应数量的电容器进行跟踪补偿。主要目的是提高专用变压器用户的功率因数,实现无功功率就地平衡,对配电网和配电变

压器的降损有一定作用,也保证该用户的电压水平。

6.2 用户终端分散补偿方式

在用户负荷所在的位置就地补偿,与低压集中补偿方式相比,优点是能减少线损,减小电压损失,改善电压质量,提高线路供电能力。缺点是低压无功补偿通常按配电变压器低压侧最大无功功率需求来确定安装容量,而各配电变压器负荷波动的不同时间性造成了大量电容器在轻载时的闲置,设备利用率不高。

6.3 低压配电线路无功补偿方式

当 380V 低压配电线路较长且负荷较重,而且以上只对大容量负荷就地补偿时,线路中仍有大量的无功功率在流动,使低压配电网线损及电压损失较大。为了减小线损及电压损失,可采取在低压线路上进行无功补偿。但由于低压配电网的线路布线较混乱,节点多,支路多,所以必须采用一定的优化模式来配置补偿电容器,以达到最优的补偿效果。

6.4 低压配电网无功补偿方式的选择

低压无功补偿方式的选择,从理论上而言,无功补偿最好的方式是在哪里产生无功,就在哪里进行补偿,整个系统将没有无功电流的流动。但在实际电网中这是不可能做到的,因为无论是变压器、输电线路还是各种负载,均会产生无功。所以实际电网中就补偿装置的安装位置而言有以下几种补偿方式:低压母线集中补偿;低压配电线路分散补偿;负荷侧的集中补偿及负荷的就地补偿。

对于公共低压配电网,一般采取以分散补偿方式为主,对于较难实现分散补偿的,采用负荷侧集中补偿方式,即考虑负荷侧所有的无功功率,在低压系统(即配电变压器低压侧)利用自动功率因数调整装置,随着负荷的变化,自动地投入或切除电容器。而对于 380V 线路较长、负荷较重,且只对大容量负荷就地补偿时,可采用低压配电线路分散补偿方式。下面着重研究低配电网无功功率补偿的分散补偿方式主要参考资料及文献

7 结语

配电网的无功补偿是一种在电力供电系统中起提高电网的功率因数的作用,降低供电变压器及输送线路的损耗,提高供电效率,改善供电环境的技术。所以无功功率补偿装置在电力供电系统中处在一个不可缺少的非常重要的位置。合理地选择补偿装置,可以做到最大限度地减少电网的损耗,使电网质量提高。

参考文献

- [1] 罗安. 电网谐波治理和无功补偿技术及装备[M].北京:中国电力出版社,2006.
- [2] 王凌谊,等. 电力系统无功优化与无功补偿[J]. 电气应用, 2006(10): 4548. [
- [3] 王乙伊. 低压配电网无功补偿方式的研究[J]. 广东电力, 2007(2): 33-36.
- [4] 李达坚, 低压配电线路无功优化的应用模式与效果[J]. 广东电力, 2005(2)