

# 浅谈电网无功补偿技术要求及安全运行注意事项

## Discussion on Requirements of Power Grid Reactive Power Compensation Technology and Its Safe Operation Precautions

颜正宇  
Zhengyu Yan

中航飞机股份有限公司 中国·陕西 西安 710089  
AVIC Aircraft Co.,Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710089, China

**摘要:**随着经济和社会的不断发展,配电网呈现出大规模、高负荷密度发展趋势,而高负荷密度会使配电网呈现无功功率消耗增大、电压波动频繁和三相负荷不平衡等众多问题。为了能够协调好高用电需求和低电能质量的矛盾,需要研究电网无功补偿技术,以及其安全运行注意事项。

**Abstract:** With the continuous development of economy and society, the distribution network presents a large-scale and high load density development trend, and the high load density will make the distribution network present many problems, such as increased reactive power consumption, frequent voltage fluctuations and unbalanced three-phase load. In order to coordinate the contradiction between high power demand and low power quality, need to study the grid reactive power compensation technology and its safe operation precautions.

**关键词:** 电网无功补偿技术;安全运行;注意事项

**Keywords:** power grid reactive power compensation technology; safe operation; precautions

**DOI:** 10.36012/etr.v2i6.2024

### 1 引言

近几年,随着电网规模的进一步扩大及各种用电器数量的不断增加,无功功率也不断增大,造成电网损耗增大、电压降增大,使配电网承受着巨大的压力,电力系统受到较大的冲击,并且谐波污染的情况也呈现出不断上升的趋势,这也就引起了较为严重的电能质量问题。为了解决这个问题,需要加强电网无功补偿技术的应用,以期能够减小无功功率对电力系统的不良影响,达到更好的节能减损、稳定电压的效果。

### 2 电网无功补偿技术

所谓有功功率,就是能够直接消耗电能,并将电能转化为人们日常生活需要的能量,如机械能、化学能等。而无功功率则没有这个效果,其只是将电能转化为另一种形式的电能,并且在配电网中循环往复,其转换过程具有周期性。无功功率是电流流过感性阻抗(如电动机、输电线路、变压器)产生的,在电网中是不可避免的存在。无功功率主要包括:用电设备主要是电动机、电磁线圈产生的无功功率,低压输电线

路产生的无功,配电变压器产生的无功,高压输电线路产生的无功,总降压变压器产生的无功。

所谓无功补偿,就是通过一定的能够产生容性无功功率的无功补偿装置,为电路提供一部分所需要的无功功率,抵消流向电源的感性无功功率,这样就能够降低在配电网线路中传输的无功功率,提高在传输过程中的有功功率,进而提高输送电能的能力。

目前,无功电源有六大种类,具体如下:第一类是在发电厂中的发电机,这是最原始、最不经济的方式。第二类是同步调相机,这类设备是最早使用的无功补偿装置,相当于没有原动机的同步发电机,其能够双向发出无功功率,因占地大、维修复杂而被淘汰了。第三类是同步发电机,这类发电机能够通过调节转子侧励磁的大小,从而改变定子端电压的大小,双向提供必要的无功功率,并达到在稳定状态下分配好无功功率。第四类是静止无功补偿器,简称 SVC,是用户电力技术的一种,其通过可控电容器或者电抗器来提供无功功率,一般都是通过固定的电容器和晶闸管控制电抗器来配合使

**【作者简介】**颜正宇(1971~),男,陕西合阳人,高级工程师,从事变电站运行维护研究。

用,可以实现无功功率补偿的连续平滑调节。第五类是静止无功发生器,简称 SVG,这是一种电子式无功发生装置,这种无功补偿装置要优秀于 SVC,其将相桥式电路直接并联在电网上,或者通过电抗器并联,并控制晶闸管来开通和断开,调整交流侧输出电压相位和幅值,使相桥式电路吸收或者发出无功功率。SVG 的缺点是修理较难,且价格贵、损耗高。第六类是低压电力电容器和高压电力电容器,结构简单,原理简单,易于维护。在工厂中,第六类是主力,第五类是新推广的技术。

### 3 无功补偿技术的具体应用要点

#### 3.1 无功补偿技术的配置原则

##### 3.1.1 要以就地补偿的局部补偿为优先

目前,从电力网无功功率消耗的基本情况可以看出,输配电设备和配电网需要消耗一定的无功功率,特别是在低压配电网中尤为明显,所以要想减小因为无功功率导致的电能传输损耗,就必须控制无功功率产生的源头,为此要在用电设备处实施就地补偿。

##### 3.1.2 要根据负荷特点以分散补偿为优先

集中补偿,就是说在变电站中设置一些容量较大的补偿电容器,而分散补偿就是指对分散在配电网各个细分的负荷区中设置无功补偿装置进行无功补偿。集中补偿无法降低配电网以下各线路的无功损耗,故还需要做好分散补偿工作,对变电站以下的配电线路进行无功补偿,使其需要的无功功率能够输送负荷端,最终达到减小损耗的目的,这也是在低压端的配电网中必须要使用分散补偿的原因。

##### 3.1.3 要与就地、分散补偿结合,以配电变压器的低压集中补偿和 10kV 配电站的高压集中补偿为主

在实际的配电系统中,用户所消耗的无功功率占据半数以上,而其他的无功功率则是在配电网中被消耗,要减小无功功率的输送,就必须实现就地补偿,这样才能够达到就地平衡的效果。一方面,就地补偿只能补偿大功率设备,尚有大量无功流向变压器和高压电网;另一方面,无功功率逐级产生,即使就地完全补偿,其上级电网还会产生无功功率,所以必须做好配电变压器的低压集中补偿和 10kV 配电站的高压集中补偿。

#### 3.2 无功补偿的方式

变电站补偿是一种集中补偿,主要用处就是针对电网的无功功率进行平衡,并改善其功率因数,达到对变电站主变

压器和高压输电线路无功损耗的补偿目的,但是对于低压配电网并没有多大的减损作用。

输电线路补偿是在线路杆安装无功补偿装置来实现无功补偿,该方式比较简单,补偿量也并不大,维护和管理都比较简单,但是因为适应能力较低,存在有在负载过重条件下达不到预期效果的问题。

随机补偿是将低压电容器与电动机并联,是一项与电动机同步进行的无功补偿装置。因为该方式占位比较小,装置的配置也比较灵活,是专门针对于电动机的无功补偿技术。

随器补偿方式是指将低压电容器通过低压熔断器接在配电变压器的低压侧,补偿配电变压器空载无功的补偿方式。该方式一般与变电站补偿合并,在变电站集中补偿装置中单设一组固定投入的电容器。

跟踪补偿方式是指以无功补偿投切装置作为控制保护装置,从而在用户配电变压器低压侧进行低压电容器组补偿,该方式运行方式较为灵活,并且能够更好地跟踪无功负荷,但是使用费用相对高,一旦有一个元件出现损坏则会导致全部电容器的损坏。

### 4 电网无功补偿技术安全运行注意事项

#### 4.1 异步电动机

对于异步电动机来说,其定子和转子之间的气隙与异步电动机无功需求有很大的联系,其消耗的无功功率是与其空载时无功功率与负载下无功功率增加值两个部分组成的。所以,要尽可能地提高其负载率,防止电动机的空载,从而改善异步电动机运行工况,其就地补偿的电容器容量不宜超过其空载无功功率,负载产生的无功功率由变压器集中补偿解决。

#### 4.2 供电电压问题

根据实际的应用情况来分析可以得到,供电电压不能够超过额定值的 10%,一旦超出该额定值则会导致其无功功率增加近 35%,从而造成非常大的电力损失。但是,当供电电压低于额定值后,虽然其无功功率也会相应地减少,却会对电器设备的运行造成较大的影响。所以,在应用电网无功补偿技术时,需要保证在电力系统中的供电电压尽量稳定。当系统电压异常时,应切除无功补偿装置。

#### 4.3 电网频率波动问题

在实际的电力系统运行的过程中,频率和有功功率是统一的,并且当有功负荷与有功电源出力相平衡时,其频率就

正常,达到额定值。但是当有功负荷大于有功出力时,频率就会相应地下降,而反之频率就会上升。对于无功功率来说,电压和无功功率也是一对对立的统一体,当无功负荷与无功出力相平衡时,电压就会正常,并达到额定值。但是当无功负荷大于无功出力时,其电压会下降;反之,电压就会上升。

#### 4.4 选择合适的补偿方式、无功补偿装置

从补偿方式上,大功率设备应就地补偿或分散补偿,再设置集中补偿补偿其他设备产生的无功功率、就地补偿缺口的无功功率,以及线路上、配电变压器上产生的无功功率。从无功补偿装置上,无功负荷变化快、谐波含量较大的电网处优先选择 SVG,运行工况平稳、谐波含量低的电网处优先选择带跟踪补偿的低压电力电容组合装置、10kV 高压电力电容器组<sup>[1]</sup>。

#### 4.5 电力电容器使用注意事项

电力电容器的特点是一旦投运就是满载或过载状态、谐波环境中易于电网产生谐振,所以一定要采取相应措施保证其安全:电力电容器必须配置配套的专用电抗器,以消除谐

波放大及谐振;电力电容器及其配套的电抗器应有同一厂家供货,由其负责电抗率的匹配;电力电容器应每年测试电容值,偏差出标准就立即更换,防止产生谐振;因电抗器发热较大,柜式的电容器组必须安装风机进行通风降温;因为电容器可以在 1.3 倍额定电流下长期工作,所以其配套电线、接触器、保险应按 1.3 倍额定电流配套,减少元器件烧损;应配置跟踪补偿控制器,并经精心调试方可投入运行。

## 5 结语

做好无功补偿工作,可以降低电网的损耗、节约电费、稳定电网电压、减少配电网的投资,百利无一害,是电网运行人员的核心工作之一。随着电力电子技术的不断发展,中国的无功补偿技术也日渐完善,技术也更加具备可行性,是中国电力事业发展的重要组成部分。

### 参考文献

- [1] 岳海燕,王婷.浅谈无功补偿技术对低压电网功率因数的影响[J].电子制作,2019(4):90-91.

(上接第 98 页)

块一般在煤炭传输集中控制室中,在遇到紧急事故的情况下,能够利用远程操作,及时发现并解决各项问题。

#### 4.4 在混合料生产中的应用

在工业电气自动化生产过程中,混合料生产可以将不同原料合成用于生产,这就对混合料生产提出了更加严格的要求,相关部门应严格控制混合料材质,提高工业电气自动化生产的整体质量。在传统的混合料调配过程中,技术人员往往会使用手工作业方式,极易出现时效差的工作状态,而 PLC 技术的应用可以确保生产工作的准确性,有效地提升工业生产的整体效率,减少污染源的出现,创造更多的经济效益、社会效益。

## 5 PLC 技术应用中应注意的问题

第一,温度。PLC 工作环境温度一般控制在 0~55℃,技术人员在安装过程中,应避免在发热量大的元件中,为此就必须做好散热工作,且基本单元和扩展单元的间隔必须在 30mm 以上,在开关柜上下部设置百叶窗,避免阳光直射。第二,湿度。一般空气湿度应控制在 85%范围内,确保 PLC 始终处于稳定工作状态。第三,避免震动。PLC 工作性能极易受

强烈震动的影 响,一般震动频率为 10~55Hz,必要情况下应采取使用减震胶等相关措施。第四,空气。PLC 技术一般应远离易腐蚀、易燃空气环境中,必要条件下应设置相关的空气净化 器。第五,电源<sup>[2]</sup>。一般供电源使用 220V、50Hz 交流电,有效地抵抗电源线的干扰,在遇到可靠性要求高的情况,需要设置屏蔽层,针对输入端使用电源为外接直流电源,确保电源的稳定性。

## 6 结语

综上所述,在现代化社会的发展中,PLC 技术具有很多优势,为工业电气自动化控制的有效性提供了支持。在工业电气化控制过程中,技术人员需要明确 PLC 技术的优势,有效地应用这项技术,为工业行业的持续、稳定发展提供保障。

### 参考文献

- [1] 李长伟.PLC 在工业电气自动化中的应用研究[J].电子测试,2020(10):127-128.  
 [2] 李安业.PLC 在工业电气自动化中的应用探析[J].通讯世界,2019,26(11):192-193.  
 [3] 刘屹.PLC 技术在电气工程及其自动化控制中的应用分析[J].工程建设与设计,2018,396(22):81-82.