

# 电气自动化控制中无功补偿技术的运用

谢 飞

天津赛象科技股份有限公司 天津 300384

**摘 要:** 随着国家工业的迅速发展以及电力需求种类的增多,在电力系统中,存在着有功功率和无功功率,伴随着电动机等无功电气设备的增多,电网中的无功功率也在逐渐增大,结合配电网覆盖范围更广、负荷增长更快、电压等级更高、负荷特性更复杂等特点,电气设备运行中面对更为复杂的环境及本体非线性因素增多,直接增加了电气控制难度,电气设备自动化发展情况得到全社会的关注。无功补偿技术作为基于无功功率理论发展起来的一种全新补偿办法,主要是运用容性及感性功率负荷变化情况及有关控制装置并联在电路内,通过能量转换的过程调整运行条件,实现对被控对象的有关管控。电气设备运行中合理运用无功补偿技术,能有效控制无功损耗、谐波等问题给输电效率带来的影响,为电气自动化发展提供可靠的技术支持。本文主要对电气自动化控制中无功补偿技术的运用做论述,详情如下。

**关键词:** 电气自动化控制;无功补偿;技术运用

## 引言

近年来,随着中国电气技术水平的提高,供电能力与供电质量显著提升。与此同时,随着电力系统规模的扩大以及设备接入数量的增多,系统运行状态受到电压波动、谐波增大等因素的影响,稳定性较差。在这一背景下,无功补偿是改善供电环境与提高供电效率的重要技术举措,也为谐波治理等问题提供了可行的解决途径。

### 1 电气自动化控制中无功补偿技术应用的意义

#### 1.1 减少成本投入

电气自动化控制中无功补偿技术应用的意义之一是减少成本投入。现代电力企业在日常运营管理时,电气自动化处于重要地位,加大资金投入力度是实现电气自动化的基础。在无功补偿技术的协助下,企业在发展电气自动化时能减少成本投入,主要得力于该项技术能降低电路内的无功功率,这不仅能显著增加电路功率的转化率,还能增加功率因数。当功率因数提高时,变压器的实际运转效率也会有很大提升。在这样的工况下,电气设备不会对变压器提出过高的要求,提升设备运转效率。设备在这种情况下进行运输变电装置方面的支出。

#### 1.2 保证电力系统运行效率

电气自动化控制中无功补偿技术应用的意义之二是保证电力系统运行效率。电气自动化运行期间,主客观多种因素会影响设备的运行功率,例如电力系统可能出现能源损耗、电压与负荷增加等情况,若不能及时处理,则易导致电气使用寿命明显缩短。运用无功补偿技术,一方面使电力系统整体运行效率得到保障,另一方面也能科学部署电网内的无功功率,提升系统运行有效

性,减少或规避不必要的损耗现象。另外,既往供电时电网功率因数被调低,此时输电线路与变压器损耗的风险会增加,而运用无功补偿技术能有效规避以上情况,确保输电过程的稳定性,提升电力输送效率。

#### 1.3 保证供电系统的安全性

电气自动化控制中无功补偿技术应用的意义之三是保证供电系统的安全性。当供电系统的功率因数较低时,系统会消耗大量的无功功率,这使得输电线路的损耗增加,很容易超负荷运行。若供电线路长时间处于这种状态,很容易出现短路、漏电的问题。由于煤矿电气使用的大多是高压电源,在发生短路、漏电时危害极大。此外,在功率因数较低时,供电系统中会产生较大的谐波,这会导致一些电气设备发热严重,出现异常震动,增大了电气设备出现故障的可能性。若大功率电机设备长时间处于较低功率因数状态下运行,很容易出现电机轴承断裂的情况,进而引发严重的机电安全事故。此外,输电线路中电压的持续上升,致使煤矿开采作业时电机不能正常运行。进行无功补偿可以有效地避免这些不良现象。

## 2 无功补偿实现方式

在电气自动化系统中,常用的无功补偿方式分为集中补偿、分组补偿、单台电动机就地补偿3种,具体如下。集中补偿。把并联电容器组在高压或是低压配电网路中进行布置,根据配电网路实时无功负荷来提供无功补偿。这一方式有着装置布置集中、易于维护、成本低廉的优势,但大功率电气设备的实际补偿效果有限,还有可能在设备断开时出现无功倒送现象,当前多用于小

型电气自动化系统。分组补偿。在变压器低压侧端配置并联补偿电容器,按照负荷变化情况进行分组,在电气自动化系统运行期间,根据负荷实际变化情况来调整电容器投切组数,投入适当的电容容量,以此来维持无功平衡状态。此项补偿方法有着电容器自动跟踪负载变化、无人工干预条件下自投切补偿电容器的优势,但对分组数量有着较高要求,在分组数量过少时会形成过大容量变化梯度,进而影响到无功补偿效果,需要在条件允许的前提下,通过增加分组数量来减小容量变化梯度。单台电动机就地补偿。把并联电容器布置在单台电动机部位,保持电容器、电动机二者相互连接状态,负责吸收感性设备无功量并转化至有功能量后提供给电感性设备。此项方式有着可随时启停补偿装置、装置易于安装、明显降低线损量的优势,但对控制器响应能力有着严格要求,补偿电容容量精度较低。

### 3 电气自动化控制中无功补偿技术的运用

#### 3.1 并联混合有源滤波器

根据使用情况来看,早期型号的有源滤波器存在容量小、难以抑制大功率非线性负载所形成谐波的局限性,实际补偿效果并不理想,应用场景有限。对此,可选择在电气自动化系统中配置新型的并联混合有源滤波器,由DSP电路模块、信号采样电路、无源滤波电路等部分组成,把有源电力滤波器视为受控电流源,在附加电感流入基波无功电流中时,仅在无源滤波器中通过谐波电流,确保有源滤波器不承受谐波电压,使并联混合有源滤波器可以被应用于大容量场景中提供无功补偿。同时,为维持稳定运行工况,也可选择在并联混合有源滤波器中加装熔断器,在检测到过电流等故障问题时,在短时间内脱离有源滤波器,由剩余的附加电感、无源滤波器继续执行补偿动作,避免在有源滤波器在脱离时对电网或电气自动化系统运行造成剧烈冲击。

#### 3.2 电网参数采集位置确定

目前常用的位置监测方法包括以用电负载作为检测位置以及将电源侧作为检测位置两种方案。以用电负载作为检测位置。该系统具有检测速度快、控制简单的优点,但其采用的为开环的控制方案,系统控制精度稍显不足。以电源侧(补偿设备侧)作为检测位置。该系统的优点在于实现了对控制信息的闭环控制,能够在工作中进行实时动态补偿,从而能够有效地提升系统的补偿精度,同时该系统由于是以保证电源一侧的电压相位跟踪,使其和系统的电源参数保持一致。该控制系统的核心在于满足对供电网络无功补偿快速性和准确性的需求,单独采用用电负载作为检测位置及电源侧检测位置

均无法达到控制需求。因此在经过多次实际验证后,研究将SVG的检测位置设置到用电负载侧,将TSC的检测位置设置到补偿设备侧。一方面利用TSC控制反应速度慢的特点,将检测位置设置到用电负载侧能够进行快速补偿,而且该控制系统的控制逻辑相对简单,可靠性好。另一方面利用SVG反应速度快的优势,将其设置在补偿设备侧,能精确地跟踪监测位置的电网运行参数。通过两种控制模式相结合的方案能够实现对供电系统快速、精确的功率补偿控制,改善系统的三相不平衡性。采用TSC(晶闸管投切电容器)及SVG(静止无功发生器)相结合的控制方案,通过混合控制模式按顺序控制两种发生器的工作状态,实现对供电系统三相不平衡和功率因数补偿。静止无功发生器及晶闸管投切电容器联合控制系统整体包括了协调控制层、执行层及无功控制层三个部分,结构紧凑,控制稳定性好。

#### 3.3 配电网无功补偿装置功率控制技术

通过对相关数据的分析,发现配电网的无功功率约为有功功率的1.3倍。不同于无功功率的输送,在输送过程中会产生较大的功率损耗,降低功率的同时,还会产生较大的电压降,使配电网无法正常运行。增加无功功率可以提高系统的视在功率,增加系统的电流。考虑到配电网中无功功率的负面影响,增加配电网的无功功率会产生一系列的负面影响,如降低系统的功率因数,造成较大的功率损耗,使原动机的效率相对较低等,针对无功补偿提出了方案。配电网中无功补偿装置包括固定饱和电容器、同步调和机、饱和电抗器、机械投切电容器、静态无功补偿器、静态无功补偿器等,其中静态无功补偿器可分为晶闸管投切电容器、静态电容-晶闸管控制电抗器、混合静态无功补偿器三种。动态无功补偿装置由主电路和控制系统组成。主电路包括多个机械开关和TCR电路控制电容,电容器组向系统发送感应无功功率,TCR吸收无功功率。以TMS320FDSP和STM32FARM微机系统为核心,采用采样电路采集负载电流、电容器组侧电流和电网侧电压,结合需要的补偿量计算无功补偿容量,并根据所提出的控制方案计算,对制动器管片和电容器组进行等效电纳,根据电容器组的数量控制开关和制动器管片的触发角,达到控制目的。利用无功补偿装置对正常工况和非正常工况下的变工况运行特性进行匹配,根据挖掘出的不同功率因数的历史数据进行分析,并对不同运行工况下的高斯混合模型进行聚类分析,配电网作业特征包括连续增加、相位降低、变化规律等,设备运行特征识别设备运行状态,包括正常、故障或未切除、局部故障、工作不稳定、不适当、补偿过

大、装置容量不足等，由此形成相应设备状态库的不同运行特性。

### 3.4 集中补偿

该方式通常是在用户侧配电室或变电站的母线上安装电容器组，以此对无功功率实现补偿效果。集中补偿有如下三方面优点：第一，可以更好的跟其他电气设备相配套，从而更好的对无功功率进行动态追踪，以此避免欠补偿等现象发生。第二，可以对无功潮流进行良好的控制，避免由于负荷的改变导致电压波动。第三，可以根据用户实际需求进行容量的选择，具有较高的工作效率与时限，在一定程度上减少了事故发生的概率。但是，集中补偿的方式无法降低用户侧的无功功率，相应也制约了经济效益。

### 3.5 遵循无功补偿技术应用原则

在进行无功补偿时，应该采用合适的补偿方式，保证整个系统的科学性、安全性和经济性。这就要求在进行煤矿供电时严格遵守国家电网的有关技术规范，保证整个供电系统设计的合理性。与此同时，在进行供配电时，要合理地选择井下变电站的位置，以保证无功补偿的便利性和有效性。目前，无功补偿的主要原理是利用一些电容元件对供电系统的无功功率进行调整，从而保证供电系统运行的均衡性。无功补偿是供电系统优化的重要内容之一，其关键在于选择合适的补偿方式，例如配电站、变电站的最佳无功补偿电路的设计等。无功补偿的主要目的是在最大程度上提高供电系统的稳定性，延长主要设备和供电线路的使用寿命，进而降低煤矿用电成本。此外，在进行无功补偿时，还要在最大程度上避免电容器被高压击穿的问题。一般地，补偿电容被击穿后，会在供电系统中增加一个串联电流，不利于供电系统的安全运行。为此，需要在补偿线路上增加一个断

路器，以避免在电容击穿时产生较大的电流。在进行电路设计时，还要做好滤波电抗器和电容器的选择。通常情况下，进行无功补偿时应该首选空心电抗器，这种电抗器具有稳定的电感值和磁导率。对于煤矿高压供电系统而言，可以将空心电抗器和电容器配合使用，使得补偿电路设计变得更加简单。

### 结语

综上所述，无功补偿是保证电气自动化系统安全、稳定运行的关键，也是有效治理谐波污染问题的重要举措。电力企业与用电用户都需要认识到无功补偿技术的应用价值，根据项目实际情况来选择恰当的无功补偿方式，采纳制定合理无功补偿方案、应用新型潮流控制器2项策略，推动中国电气事业的健康发展。

### 参考文献

- [1]王玲.电气自动化中无功补偿技术的应用研究[J].新技术新工艺, 2015(5): 93-95.
- [2]潘孝坤,郝浩磊.浅析电气自动化中无功补偿技术的应用[J].科技和企业, 2014(11): 155-156.
- [3]谷祥桢.电气自动化中无功补偿技术的应用[J].四川建材, 2018, 44(11): 149-150.
- [4]于军,腾立国.电气自动化中的无功补偿技术研究[J].河南科技, 2013(17): 115.
- [5]张建平.浅谈无功补偿技术在电气自动化中的应用[J].机电信息, 2012(6): 10-11.
- [6]李雪如,刘燕,阚盼盼,等.电气自动化中无功补偿技术及其应用[J].电子世界, 2020(24): 140-141.
- [7]陈丰,陈迎宾,魏钰柠.SVG的工程实践与风电场无功补偿装置的选型[J].云南水力发电,2020,36(8):52-56.
- [8]贾荣荣,刘冰,夏斌.基于石油钻机驱动系统的动态无功补偿探究[J].中国设备工程,2020,17(11):122-124.