

化工厂供配电系统无功补偿装置的应用与研究

刘 滨

(国能包头煤化工有限责任公司, 内蒙古 包头 014060)

摘要:随着社会的发展,给广大化工企业带来了良好的发展与转型机遇,保障化工生产活动高效推进,离不开供配电系统的有效支持。对化工生产企业来说,功率因数的高低是关系到电能质量和电网安全、经济运行的一个重要问题,因此,设计供配电系统的时候,有必要考虑无功补偿装置的应用。本文针对化工厂供配电系统无功补偿装置的应用展开了相关探讨,对谐波的危害做了分析,总结了无功功率补偿及其作用,分析了化工厂供配电系统常用的无功补偿装置,最后提出了提升化工厂供配电系统无功补偿装置应用效率的举措。

关键词:化工厂 供配电系统 无功功率 功率因素 无功补偿

DOI: 10.12319/j.issn.2096-1200.2023.01.136

一、引言

现代化工生产离不开电力能源的支持,供电的可靠性及供电水平直接影响化工企业的生产安全及生产效率。电力系统中视在功率 S 是由有功功率 P 和无功功率 Q 组成的。有功功率 P 无功功率 Q 和视在功率 S 之间的关系为 $s=\sqrt{p^2+Q^2}$, $\frac{P}{S}=\cos\varphi$, $\cos\varphi$ 就是电力系统中所说的功率因数, $\cos\varphi$ 的大小决定着电能质量的好坏,在电力系统中 $\cos\varphi$ 的值是越大越好,如果小于国家规定的范围,就要进行无功补偿。功率因素高低加上电压稳定程度直接影响供电水平,所以对广大化工企业而言,应该想方设法提升供电效率因素,保障供电电压的稳定性。

二、无功功率补偿及其作用

(一) 无功功率补偿

随着现代科技力量的增强,广大化工企业也迎来了良好的发展机遇,各种新装备、新技术不断涌现出来。化工生产中使用的大功率传动设备,比如泵类设备、压缩机类和风机类设备的数量也是越来越多,而这些设备大部分都是非线性负载,在实际运行过程中,他们不仅需要从电网系统内获取大量的有功功率,同时滞后的无功功率也被其大量消耗,以达到能量转换的目的。消耗的这些滞后的无功功率本身就是从电力系统内获取的,所以补偿系统无功功率消耗,需要将无功功率补偿在消耗无功功率的地方,这样系统的功率因素才可以在既定范围内发挥稳定系统电压电平的作用,无功补偿装置结合系统要求提供负载需要的容性无功以及感性无功,将无功功率消耗补偿。

1. 无功补偿技术在化工厂供配电系统中的应用价值

考虑到社会日渐增长的需求,电力行业不断优化完善

自我。化工生产活动的高效推进离不开电力能源的助力,同时随着化工生产活动的推进,需要更加可靠的电能作为支持。在响应速度方面占据优势的可调节无功电源,能够有效调节电压,使系统处于平衡态,减少耗能,提升供电稳定程度,所以化工厂供配电系统中合理的应用无功补偿装置具有显著的现实价值。发挥无功补偿装置优势,使化工厂供配电系统的功率因素得以明显提高,使供配电系统的应用效率得以改善。在化工生产活动中,在无功补偿装置的增设工作高效推进时,无功电流将随之增加许多,整个供配电体系的利用率也会得到明显改善。化工厂供配电系统中合理地使用无功补偿技术方法,将会使电网电压处于相对稳定的水平。整个化工生产过程,伴随着无功功率的降低,电气设备运行状态也将会受到负载做功的直接影响,使得其运行稳定性与可靠性减弱,补偿无功之后供电系统的无功功率进一步提高,电网电压的稳定程度也随之提升。

三、化工厂供配电系统中无功补偿装置的应用

(一) 无功补偿电容器

化工厂供配电系统中,电动机是最常见的电气设备,大部分电气设备可看做电阻同电感串联起来的等效电路。由于化工厂负荷变化较大,一般选择并联电容器作为无功补偿装置,电容器分为几组使用,结合实际运行状况,适当调整无功补偿容量。并联电容器无功补偿也是现阶段化工企业供配电系统中应用相对广泛的方式,结构简单,经济方便,可以显著提升功率因素,降低功率损耗。但是并联电容器大部分使用的是机械开关,机械开关并不具备快速、实时补偿无功功率的特征^[1]。同时,并联电容器尽可能

地实现对固定容量无功功率的补偿,无法结合负载的变化情况,不能对无功输出做到灵活调节,当负载比较轻的时候表现出过补偿,从而引发系统并联谐振,情况严重的会干扰化工企业电网的稳定运行。

(二) 静止无功补偿装置SVC

SVC为静止无功补偿装置,采用该装置可以有效控制系统电容器、电抗器等的容量,从而达到有效补偿容性无功功率的目的。TCR作为该装置的核心元件,一般情况下,并联电容器要配合TCR使用,当晶闸管作为电容器投切开关时,则成为TCR+TSC型SVC。值得注意的是TSC同TCR之间的差别相当明显,TSC内的晶闸管直接在电网中并入电容器,但是容性无功连续调节目的却无法实现。而借助TCR+TSC型SVC静止无功补偿装置,对于补偿系统中的容性及感性无功的调解工作可以动态化展开^[2]。当装置设定电压高于真实运行电压的时候,那么TSC工作运行补偿容性无功,选定恰当的电容器组,但是有时候会使得TSC过补偿,只有在TCR的有效配合下,才能连续调节的无功输出。

(三) 静止无功发生器SVG

SVG作为早期静止无功补偿产品SVC的替代品,应用最广泛的是电压型桥式电路。电压型桥式电路SVG直流侧选择的储能元件为直流电容器。SVG优势突出,主要体现在设备的先进性、可靠性、快速性、节能性、占地面积小、免维护性等方面。同时,SVG也作为当前无功功率控制领域的最理想方案存在,凭借自身优势,备受广大化工企业青睐,能有效改善化工企业供配电电能质量,提升功率因素,使化工厂电网电压处于稳定状态,但是SVG使用到的大容量全控型器件较多,所以其价格相对较高。

四、谐波的危害分析

根据国家标准,注入系统谐波电流超标,而谐波对电力系统或并联的负载产生种种危害,危害的程度决定于谐波量的大小和现场条件。它们将导致电网中的电力品质下降,使各种设备出现故障,造成的影响主要有以下几个方面。

(一) 变压器

对于工厂变压器来说,谐波电流可加大变压器内部的铜损和其他损耗,谐波电压可引起铁损的增加。与正常的电流和电压相较,谐波不仅可以引起能耗的增加、引起变压器温度的升高,而且也会加大变压器的噪声。

(二) 电力电子设备

高次谐波污染对厂用电力电子设备影响很大,首先它会影响正常供电电压的稳定性,导致电压的波形发生畸

变,电压谐波畸变可导致电压过零点漂移或改变一个相间电压高于另一个相间电压的位置点,这种问题对于电力电子电路的控制方面非常重要。控制系统对电压过零点与电压位置点的判断不准确有可能导致控制系统失控^[3]。而电力与通信线路之间的感性或容性耦合亦可能造成对通信设备的干扰。某些电子设备,如变频器、PLC等电子设备通常要求总的谐波电压畸变率在5%以内,较高的谐波电压畸变量可导致控制系统错误动作,进而造成生产中断,引发不必要的生产经济损失。

(三) 电机

高次谐波对运行中的电动机所造成的影响主要有铁损增加和铜损的增加以及所引起的额外温升,这些问题不仅增加能耗、降低电动机的工作效率,而且会影响电机转矩、机械能的输出,影响生产效率或者产品的质量。同时,也会造成电动机异常噪声或电机振动,严重时可引起机械共振,导致机械设备损坏的风险。

(四) 开关和继电保护

对于高低压断路器和继电保护装置,谐波引起的温升可引起设备绝缘的加速老化,降低电气设备使用寿命;高次谐波电流可引起继电保护装置的误动作,引起不必要的跳闸事件,扩大停电事故。

(五) 功率因数补偿电容器

在电力系统设计中,为补偿无功损失,一般使用高压或者低压无功补偿电容器组进行无功补偿。电容器与其他设备相较有很大的区别,因其容性特点在系统共振情况下可显著地改变系统阻抗。电容器组之容抗随频率升高而降低^[4]。因此,电容器组起到吸收高次谐波电流的作用,此作用提高温升并增加绝缘材料的介质应力。频繁地切换非线性电磁组件会产生谐波电流,这些谐波电流将增加电容器的负担。由谐波引起的发热和电压增加意味着电容器使用寿命的缩短。高次谐波会引起电容器组过热和老化,引起电容器鼓包甚至爆炸的事故,甚至出现电工巡检过程遭遇电容器爆炸引发工伤的事故。

(六) 无功补偿退出状态下系统谐波测量分析

根据表1和表2所示的对比,切除无功补偿装置时的谐波量大大高于国标正常要求。

表1 公用电网谐波电压限值

电网标称电压 (KV)	电压总谐波畸 变率(%)	各次谐波含有率(%)	
		奇次	偶次
0.38	5.0	4.0	2.0
6/10	4.0	3.2	1.6
35/66	3.0	2.4	1.2
110	2.0	1.6	0.8

表2 无功补偿切除后检测的谐波数据表

序号	电容柜切除			
	V	V%	I	I%
1	226.67	100.00	1861.00	100.00
2	0.94	0.41	14.00	0.75
3	1.11	0.49	57.00	3.06
4	0.25	0.11	6.00	0.32
5	5.02	2.21	126.00	6.77
6	0.22	0.10	2.00	0.11
7	5.33	2.35	72.00	3.87
8	2.46	1.09	4.00	0.21
9	0.88	0.39	15.00	0.81
10	0.16	0.07	3.00	0.16
11	2.46	1.09	50.00	2.69
12	0.09	0.04	1.00	0.05
13	1.13	0.50	20.00	1.07
THD	3.69%		8.34%	
Cos	0.79			

五、提升化工厂供配电系统无功补偿装置应用效率

(一) 建立安全高效的供配电系统，保持电网电压稳定

提升化工厂供配电系统无功补偿装置的应用效率是保障供配电高效性、可靠性、安全性的关键，广大化工企业需要结合自身实际情况，建立起安全高效的供配电系统，使得电网电压保持相对稳定的状态。无功补偿设备在化工厂供配电系统中的应用，可抑制谐波发挥对系统电网及设备的保护作用，对供配电系统电压稳定性有明显帮助。因此，化工企业需要合理、科学、安全、高效地供配电系统，使得电网电压保持稳定状态，严格遵照国家电网相关规定及要求，优化供配线路，完善供电系统^[5]。此外，供电系统实施环节，合理明确变电站位置，确保线路正常运行。

(二) 强化化工厂供配电系统无功优化补偿

一般来讲，供配电系统无功优化目标往往借助无功潮流分布的调节，达到降低有功功率损耗的目的。相关研究

表明，无功优化补偿涉及的基本内容为变电所、配电线路、配电变压器低压侧最优补偿等，这也作为化工企业供配电系统配电网无功补偿的关键所在。因此，在化工厂供配电系统无功优化补偿中，应该注重配电网无功优化补偿，促进供电系统的可靠性，保障化工生产安全高效的展开。

(三) 运用电容自动补偿装置

一般来讲，当出现无功倒送情况的时候，往往会增加化工企业配电网损耗，加剧输电线路的负担。为了合理解决这些问题，有效方法就是使用电容自动补偿装置。此外，高效把握好无功补偿装置的使用，全方位掌握化工厂供配电系统的负荷状况，真正做到具体问题具体分析，结合实际情况优化对比，以此为基础借助同步发电机、静止无功发生器等设备，广泛普及无功补偿技术，使得化工企业供配电系统不断优化。

六、结语

综上所述，随着现代社会的发展，化工企业也在不断发展，供配电系统作为维持化工企业正常生产的重要系统，合理运用无功补偿装置能够达到减少配电网线路损耗以及变压器无功损耗，达到供配电质量提升的目的。此外，无功补偿装置的应用还可以达到节能降耗的目的，因此广大化工企业一定要高度重视无功补偿装置的应用，结合企业生产实际灵活选择相应的无功补偿装置，以保障供电质量，促进化工生产活动高效展开。

参考文献

[1]魏立明,赵珊.供配电系统中无功补偿装置对谐波作用分析与探讨[J].吉林电力,2010,38(04):14-16.
 [2]李保华.SVG无功自动补偿装置在港口供配电系统中的应用[J].珠江水运,2016(09):60-61.
 [3]徐亮.无功补偿及消谐装置在工厂供电系统中的应用分析[J].科技资讯,2018,16(16):34-35.
 [4]罗啟瑞.无功补偿技术在煤矿井下供电系统中的应用探讨[J].当代化工研究,2020(22):59-60.
 [5]何伟民.无功补偿技术在供配电系统中的应用[J].通信电源技术,2018,35(06):87-89.