

## 变电一次设计中无功补偿设计探讨

贵 鹏

宁夏先科电力设计咨询有限公司, 宁夏 银川 750001

**[摘要]**现阶段我国变电行业在整个电力行业中占据较大的经济比重,近年来行业内对于无功补偿技术的应用频率逐渐提高,为满足用户对变电安全与质量的需求,有必要对变电一次进行合理设计,同时应用无功补偿技术。无功补偿的目的在于提高电网功率因数,降低线路损耗,将感性功率和容性功率并联后作为转化器,实现能量的转化。根据无功补偿的运作原理,阐述无功补偿设计的重要性,加强对电容器、电抗器、调相机等装置的优化设计,从而使无功补偿技术在变电一次设计中发挥作用。

**[关键词]**变电一次设计;无功补偿;电容器;电抗器;调相机

DOI: 10.33142/hst.v5i5.7085

中图分类号: TN958.92

文献标识码: A

### Discussion on Reactive Power Compensation Design in Primary Design of Substation

BEN Peng

Ningxia Xianke Electric Power Design Consulting Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750001, China

**Abstract:** At present, Chinese power transformation industry occupies a large economic proportion in the whole power industry. In recent years, the application frequency of reactive power compensation technology in the industry has gradually increased. In order to meet the needs of users for the safety and quality of power transformation, it is necessary to reasonably design the primary power transformation and apply reactive power compensation technology at the same time. The purpose of reactive power compensation is to improve the power factor of the power grid, reduce the line loss, and use the inductive power and capacitive power in parallel as a converter to realize energy conversion. According to the operation principle of reactive power compensation, this paper expounds the importance of reactive power compensation design, and strengthens the optimization design of capacitors, reactors, dimmers and other devices, so that reactive power compensation technology can play a role in the primary design of power transformation.

**Keywords:** primary design of substation; reactive power compensation; capacitor; reactor; dimmer

#### 引言

电力系统运行过程中,变电站是其中最为重要的一部分,对整个行业的发展起到关键作用。变电站作为电能输送和传递的桥梁,电气主接线是变电站一次设计的首要环节,对后续系统运行时设备选择和配电装置分布产生影响。在安装继电保护装置时通常可采用无功补偿设计,将电能采用合理的方式输送到相应区域,从而满足用户对电能的需求。

#### 1 无功补偿的运作原理

无功补偿就是指无功功率补偿,即对无功功率做出有效补偿,提高电网功率因数,降低变压器和输电线路损耗,提高供电效率,为用户营造安全可靠的用电环境。合理选用无功补偿装置,最大程度上保证电力供应质量,一旦选用的装置不合理,将会造成电压失稳或者谐波增大等问题。电网输出功率通常涵盖无功与有功两部分,无功功率不需要直接完成电能消耗,能够将电能转为其他形式的能量,促使设备做功,无功功率可以让电网系统中相同电能互相转换,具有规律性特点;有功功率会直接完成电能消耗,再将电能转为机械能或热能等,实现设备做功。无功补偿一般以相同线路为前提,以并联的形式组合容性功率和感

性功率的负荷设备,依靠容性负荷输出无功功率,随后再补偿感性负荷。总的来说,无功补偿设计就是应用电力容器装置代替变压器装置,以此达到无功功率的供应<sup>[1]</sup>。

#### 2 变电一次设计中无功补偿设计的重要性分析

现阶段经济社会发展进程中,变电站自动化技术的应用受到广泛关注,推动电网功能日渐多元化。电力行业的发展不仅影响经济社会进步,也满足了人们的日常生活。在变电一次设计与无功补偿设计环境依然存在着电力系统漏洞,对此有必要制定改进方案。变电站是电力系统的重要组成部分,其安全运行将直接关系到供电系统的安全,变电站作为能源分配的主体,在电能输送与传递期间具有连接作用。变电站设计时应做好主接线设计,同时合理选择电气设备,完成系统配电配置,确定自动装置,完善系统继电保护功能,保证变电一次设计中无功补偿设计的可行性。异步电动机与变压器都是感性负荷装置,其运行需要提供无功功率,无功功率的生产不需要任何能量,但是会沿着输电网络产生耗损。对此,应采取“分级补偿”、“就地平衡”的设备配置手段,合理配置现有的无功补偿装置,实现电网无功潮流分布调整,减少电力输送期间的损耗,改善用电质量。一般情况下,无功补偿设计应从电

网电压、调相电压以及有功分配等角度入手,做好接线形式的有效设计,突出无功补偿技术的应用优势<sup>[2]</sup>。

### 3 变电一次设计中无功补偿设计研究

#### 3.1 合理选用无功补偿方法

在变电站内安装无功补偿装置,不仅可以提高电力系统运行效率,还能增大电网功率因数,降低损耗。一般情况下,将无功补偿技术用于变电站一次设计的方法有很多,比如分组补偿、集中补偿或者就地补偿等。其中就地补偿方式是针对变电站内流动较大的无功功率位置,在该处装设无功补偿装置,操作简单,但是由于无功补偿装置的安装位置过于分散,无形中加大了管控难度。分组补偿方式是根据配电变压器进行的无功补偿设计,在变压器上安装无功补偿电容器组。集中补偿方式一般针对变电站高压端安装电容器组,以降低线路无功功率为主要目的。现阶段变电站中的自动化系统会采用技术,发电厂将电能输送到变电站,再通过变电站将电能输送到低压线路处,这一过程中会出现无功功率的远距离传送,因此变电站周围可以作为安装无功补偿装置的位置。正常情况下 110kV 变电站可以对无功功率进行自动化调控,再根据各地区电力系统的运行情况,改进电容器投切容量。即使是在供电高峰期间,配电线路也能保持 0.96 左右的功率因数。由此可见,在变电站的一次设计中应用无功补偿技术,有必要关注线路实际运行情况,做好补偿处理,同时调节变压器,保证无功补偿的实际效果。

#### 3.2 科学设定电容器装置

变电无功补偿设计中使用电容器就是将其并联在系统内,从而提高电力系统容性负载,再向系统输出与吸收容性功率,以此满足感性负荷需求,最终达到变电一次设计的无功补偿效果。采用电容器进行无功补偿,不仅可以降低变电一次设计的投资费用,且设备安装调试方便,运行效率较高,可以选择集中使用和分散装设两种方式。当前我国电力系统中大多数无功补偿容量都是采用并联电容器,但并联电容器对电力系统提供的无功功率,与相应节点的电压数值平方之间存在着正相关关系,这就说明节点电压较低时,想要提高无功功率是十分困难的。从补偿效果入手,改变电力系统电压时,同时也会影响补偿效果。

加强对电容器的合理设置,扩大无功补偿容量,在降低线路无功功率传递的同时,以减少线损的方式保证电网供电质量,彰显电容器在无功补偿容量配置方面的有效作用。低于 220kV 电压等级的变压器无功补偿设计环节,如果负荷比较小,配电倒送无功时会增大功率损耗量,所以在经济效应不明显的环境下应避免出现这一情况。当功率因数偏大时,单位补偿容量下的降损效果不显著,此时可以将功率因数设置为 0.96,以此达到最佳节能效果。配置无功补偿装置容量时,要求其容量达到变压器的 0.132 倍,并将无功补偿装置看作是电力系统的节能装置,此时

会耗费较多资金,所以在进行变电一次无功补偿设计时应参考各方影响因素,避免无功倒流。各组电容器补偿量必须参考主变压器的容量情况,禁止使用平均分配的方式<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 做好电抗器装置的优化设计

在无功补偿设计中应用电抗器,使其并联后发挥作用。并联电抗器能够提高电力系统感性功率,使其与容性无功功率相互平衡,最大程度上减轻线路负载。电力系统在负载与功率传输两方面有着严格的要求,将电抗器并联处理后可以减小感性功率,促使电压逐渐平衡,在无功补偿技术的应用下提高感性功率。无功补偿设计需要注重电压的损耗情况,加强电抗器设计,当负载容量随着线路容量的增加而降低电抗性时,此时可以维持电抗器内电压趋于平衡,从而避免系统内电压升高。

#### 3.4 注重调相机的有效应用

同步调相机是最早将无功补偿用于电力设备中的,在工作原理方面与空载运作的同步电动机类似,都是基于励磁运行原理使系统接收无功功率,促使无功电源产生作用。欠励磁的状态下,系统会传输感性功率,发挥无功负荷的作用。对于励磁运行设备安装自动调节装置,确保调相机可以根据自动调节装置的电压对无功功率做出改变,在调节电压的同时保证系统稳定。同步调相机属于旋转机械,运行期间会产生较大的有功损耗,调相机如果使用了小容量,单位容量成本就会增加。所以目前无功补偿装置只能用于生产中,未来控制技术的发展将会优化同步调相机的使用效果<sup>[4]</sup>。

#### 3.5 强化静止无功发生器设计

伴随着电网的发展,在引入无功补偿装置后需要对静止无功发生器进行检测分析,以此增加线路上的转换电流,从而强化无功补偿设计效果。在使用静止无功发生器时,该装置能够有效控制交流电压,同时不会对循环电压幅度产生任何影响。通过相位交流得到无功功率,虽然这一期间会消耗电量,但静止无功发生器可以弥补该缺点,由于静止无功发生器不能与电源直接相连,所以在应用高压系统时需要将设备连接在电源变压器处<sup>[5]</sup>。

#### 3.6 确定变电站位置,对主接线运行原理科学设计

根据无功补偿的实际情况选择变电站位置,由于我国资源与能源的分布存在不均匀的情况,各地区经济发展不平衡,人口众多,电能输送环节必须针对各地实际情况,采取针对性的措施保证输电系统稳定运行。建议将变电站选在辐射范围较大的区域,降低输电成本,减少电能输送期间的损耗,综合考虑变电站周围环境情况,以不影响生态环境为前提建设变电站。

合理设计变电站主接线,这是电能运输的重要部分,其质量好坏将会直接关系到电能使用质量,甚至会影响电网运行的经济效益。所以电气主接线设计期间,应根据电网配置的变动情况,保证变电站功能多元化,提高电力分

配系统的灵活性,提高用电操作安全性。主接线设计时,及时调整运营系统,采集相应数据,对变电站进行合理设计,避免后续出现资源浪费的问题。定期检查主接线,及时维修,尽可能的延长线路使用寿命,谨防安全问题发生。

### 3.7 无功补偿技术的流程设计

随着社会经济的不断发展,电力优化分配与电网覆盖范围日渐广泛,电力供应不足与供应不均匀的问题始终是我国电网建设与变电站一次设计面临的主要问题。为减少电力传输中的损耗,保证居民电量的正常使用,有必要加强对无功补偿装置的优化设计,彰显无功补偿技术的优越性,优化技术应用流程。关于变电一次设计中的无功补偿技术应用,相应流程设计大致包含以下几部分:

(1) 合理设置无功补偿目标。变电站采用无功补偿技术之前需要设置相应目标,经过实地调查后发现多数变电站的功率因数较低,负载变化幅度与速度较高,且很多设备采用了变频的方式完成电力供应,此时会出现高次谐波问题,并对驱动仪器的运行造成安全性威胁。SVG 是动态无功补偿和谐波治理环节的新兴技术,SVG 动态无功补偿中,主电路主要涵盖电抗器、IGBT 功率变换器等装置,SCG 可以控制功率变换器,在调节功率变换器的过程中输出电压,从而达到调节电抗器电流和发出无功电流的目的。与此同时,应用 SVG 产生的谐波能够迎来补偿电流谐波。除此之外,还应对无功补偿因数范围加以控制,对于传输系统来说,高水平补偿至关重要,将功率因数调整到 0.7,但是 0.8 的功率因数与 1.0 的功率因数之间,无功补偿效果没有区别,所以有必要做好功率因数的合理控制,从而降低投资成本,避免过分补偿,防止谐振问题发生,增加有线设备数量,提高无功补偿设计水平。

(2) 优化无功补偿手段。以往集合式电容器对于无功补偿设计与谐波抑制作用不明显,这是因为集合式电容器的容量在各等级间的跳跃较大,无法满足变电站一次设计的精细化要求。无功补偿设计中可以应用 SVG 装置,及时调节电容器的容量。依靠 SVG 装置对电容器进行容量调节,采用 SVG 动态无功补偿的方式,对电网功率因数展开动态补偿,彰显无功补偿技术的节能降耗优势。不管是整流设备或异步电动机,都会产生大量负荷,并消耗无功,无形中加大线路损耗,使电费支出成本增加。采用 SVG 动态无功补偿方式,SVG 通常可以跟随负荷无功的变化进行补偿,同时完成谐波动态补偿,依靠 IGBT 有源滤波技术,优化谐波治理效果。

(3) 明确无功补偿设计要点。无功补偿设计时应考虑控制点的选择,随后在较短时间内识别功率因数变化情况,再掌控无功补偿装置的灵敏度,降低高次谐波给系统造成的威胁。对此,可以安装有源滤波器,有源滤波器会形成谐波电流、负序电流相位完全相反的电流,从而消除线路内的电流,减少无功电流。对于混合式并联有源滤波器的应用,可通过该装置完成变电一次设计的无功补偿处理,弥补过补偿情况,感应电气设备谐振情况,参考变电站运行情况,及时调整无功补偿设计方案,在混合 APF 和 LC 之后实现谐波无功补偿。SVG 控制系统使用 FPGA 可编程逻辑阵列完成集中控制,其时钟频率能够按照需要达到 200MHz 左右,装置内包含 DSP 数字信号处理单元,可实现对数字信号的有效处理。与其他无功补偿方式相比,SVG 动态无功补偿控制系统响应速度较快,能够以更有效的控制算法提高 SVG 使用性能。在采用变电一次设计的无功补偿运行策略时,应加强对控制点的选择,辨识功率因数当前变化情况,保证装置灵敏度,因无功电源与负荷通常会集中于 10kV 侧,因此控制电压可以取 10kV,这是提高电力系统电压稳定性与可靠性的有效方式,此外还需要预留动态无功备用。

## 5 总结

总而言之,探究变电一次设计中的无功补偿技术,根据电力系统运行的实际情况进行无功补偿优化设计,发挥电容器、电抗器等装置的应用优势,做好有源滤波器的合理安装,采用静止无功发生器装置,全方位实现对变电一次设计的无功补偿,从而降低线路损耗,突出无功补偿在容量配置方面的效果。

### [参考文献]

- [1] 邵阿红. 变电一次设计中无功补偿设计研究[J]. 通信电源技术, 2019, 36(8): 87-88.
- [2] 王继军. 变电一次设计及无功补偿设计探析[J]. 通讯世界, 2019, 26(6): 165-166.
- [3] 侯富江. 变电一次设计无功补偿设计分析[J]. 山东工业技术, 2018(22): 162.
- [4] 薛鹏. 变电一次设计中无功补偿设计探讨[J]. 科技创新, 2018(28): 164-165.
- [5] 张秋莉. 变电一次设计及无功补偿设计分析[J]. 中国新技术新产品, 2016(1): 76.

作者简介: 贲鹏, 男, 汉族, 宁夏, 本科, 初级, 职务: 设计员, 研究方向主要是变电一次设计方向。