 DOI: https://doi.org/10.12345/gcjsygl.v7i24.15380

Research on Reactive Power Compensation Technology and Application of Electrical System of Municipal Street Lighting

Gaolai Rao

Shenzhen Golden Lighting Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518133, China

Abstract

With the accelerating process of urban modernization, there is increasing attention to municipal lighting engineering. Although the application of street lighting electrical systems can greatly meet the needs of maintaining the brightness of municipal roads and improving road traffic conditions. However, during operation, it is also easy for the system to have a low power factor. After introducing reactive power compensation technology, this problem can be properly solved and the system can be maintained for effective operation. The paper provides a basic overview of reactive power compensation technology, elaborating in detail on the types of compensation for municipal street lighting electrical systems. Starting from the scientific layout of compensation boxes, reasonable selection of compensation devices, and reactive power compensation for distribution lines, the paper explores in detail the practical application of reactive power compensation technology in municipal street lighting electrical systems for reference.

Keywords

municipal road; street lighting; electrical system; reactive power compensation technology; practical application

市政路灯照明电气系统无功补偿技术及应用研究

饶高来

深圳市金照明科技股份有限公司，中国·广东 深圳 518133

摘 要

随着城市现代化进程不断加快，对市政照明工程也愈发关注。虽然路灯照明电气系统的运用，可以极大满足维持市政道路亮度和改善道路交通路况的需求。但是运行期间也容易出现系统功率因数较低的情况，在引入无功补偿技术以后，这一问题可以得到妥善的解决，并维持系统有效运行。论文联系无功补偿技术的基本概述，对市政路灯照明电气系统的补偿类型进行细致阐述，并从科学布置补偿箱、补偿装置合理选型、配电线路无功补偿等方面入手，详尽探讨无功补偿技术在市政路灯照明电气系统中的实践应用情况，以供参考。

关键词

市政道路；路灯照明；电气系统；无功补偿技术；实践应用

1 引言

在城市道路两侧修建照明路灯，不仅可以有效改善交通路况，还有助于营造优美的城市夜景。然而受到照明光源、灯具型号等众多因素影响，市政路灯照明电气系统在运行期间出现功率因素较低、产生过高照明成本等的问题。在有效应用无功补偿技术以后，就可以从根源上改善能耗水平高、运行工况不稳等情况，使市政路灯照明电气系统得到更加稳定可靠的运行[1]。

2 无功补偿技术的基本概述

2.1 内涵

无功补偿技术又可称为无功功率补偿，是一种可以降低供电损耗、改善供电环境和提高供电效率的技术。在电气系统中应用无功补偿技术，可以提高发光效率和降低电能损耗。实际操作要保证无功补偿技术的应用质量，除了要保证相关设备选择科学合理以外，还要尽可能地减少电量损耗，使电气系统运行质量得到明显的提高。

2.2 原理

无功补偿原理如图 1 所示。

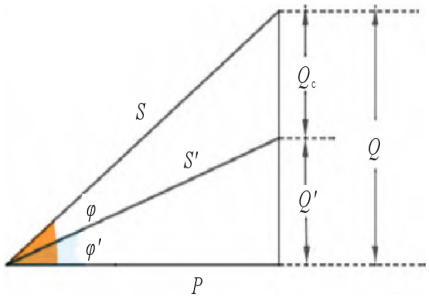

图 1 无功补偿原理

【作者简介】饶高来（1981–），男，中国江西抚州人，本科，工程师，从事测试照明电气技术研究。

市政路灯照明电气系统在城市现代化建设发展中发挥着至关重要的作用。不过对路灯照明电气系统进行应用也面临着能源消耗过大、运行工况不稳等的问题，究其原因与系统实际功率因数偏低密切相关。当功率因数处于较低水平时，电气系统输送电能量就会产生较高的线损量，最终电气系统运行能耗明显低于实际电能耗用量，所产生的额外用电成本也会给市政带来极大的财政压力。而无功补偿主要是以减少或消除线路中感性无功功率为主要目的，并借助串联、并联电容器等方式对功率因数进行有效调节的一种技术。其补偿原理可以通过上图 1 加以阐述。图中的 P、Q、Q’ S、S’、Q_c 分别代表有功功率、补偿前无功功率、补偿后无功功率、补偿前视在功率、补偿后视在功率和无功补偿量。在对补偿技术进行应用以后，可以将功率因数（$\cos\phi$）始终维持在 0.9 以上范围内，使系统运行存在的能耗较高、工况不稳等问题得以解决 [2]。比如在控制能耗和改善工况方面，前者可以在无法调节供电半径的情况下，通过使用无功补偿装置，对有功功率比例常数进行改变，以此实现对线损量的有效控制，最终系统运行能耗也会明显降低。后者则是通过安装补偿装置或控制器的方式，防止电气系统运行时发生谐波、振荡的情况，以此保证系统运行稳定可靠。

3 市政路灯照明电气系统的补偿类型分析

不同类型无功补偿方式及其应用优势见表 1。

表 1 不同类型无功补偿方式及其应用优势

无功补偿类型	主要应用优势
就地补偿	建造成本低、回收率高
集中补偿	操作简单、成本低廉、节能效果好
随机补偿	装置选择性强、具备集中补偿与控制能力、容易安装和运行稳定

无功补偿技术在市政路灯照明电气系统中应用，涉及的类型主要有以下 3 种：

①就地补偿类型。就地补偿又被叫作电容器补偿。在市政路灯照明电气系统中运用，主要是采用加装一定数量电容器的方式，使电气系统在运行期间可以持续性地获得电容器提供的无功功率补偿，进而达到稳定功率因数和降低系统能耗的目的。同时，根据电容器的安装方式不同，可以将这种补偿方式划分为单灯就地补偿和分组补偿两种类型。前者运用需要保证照明的灯具与电容器有效地连接在一起，这样系统运行期间就能对无功能量进行有效吸收，在将这种能量转化为有功能量以后，系统运行质量也就能得到保障。后者运用则是采用并联的方式，将电容器安装在系统变压器低压侧端位置，然后根据系统实际运行情况及负荷变化，对分组方案进行科学的制定。当系统运行发生负荷变化情况以后，电容器的投切组数就会通过系统进行自动化的调节，在减少人工投入的同时，系统稳定可靠运行也能得到极大保障 [3]。

②集中补偿类型。集中补偿在市政路灯照明电气系统中运用，需要将注意力放在电气系统的配电线路上。通过采用并联的方式在配电线路中布置电容器组，就可以根据系统运行状况和检测到的无功负荷实际值，有针对性地进行无功补偿。由于这种补偿方式具备节能效果明显、实际操作难度低等的优势特点，因此在路灯照明电气系统无功补偿中应用较多。实践应用也只需要在系统中提前预留空间和完成电容器装置安装即可，就能取得较好地降低能耗和提高供电效率的效果。

③随机补偿类型。这种无功补偿类型在路灯照明电气系统中运用，需要保证电动机和电容器处于并接的状态，这样才更方便后续电动机和电容器组同时进行投切，以此发挥出减少实际线损量和提高系统供电效率的积极作用。实际操作要结合市政路灯照明电气系统实际情况，对电容器进行科学合理的选型，通常会在电气系统中安装电压电容器，以取得更为理想的补偿效果。

4 市政路灯照明电气系统无功补偿技术的实践应用

4.1 科学布置补偿箱

市政路灯照明电气系统与其他照明电气系统相比较，通常会表现出现场环境更为复杂、周边构筑物设施密布等的特点。这时候对路灯照明电气系统采用布置大型补偿装置的方式，实现对无功补偿技术的有效应用，就容易出现安装空间不足、维护保养难度大等的问题。并且大型补偿装置的运用往往会超出系统实际电能补偿需求，最终也会造成电能量大量浪费情况。为防止这些问题发生，就要在路灯照明电气系统有效运用无功补偿技术时，优先考虑对小型补偿箱进行应用。主要是因为小型补偿箱相对于大型补偿装置来说，不需要沿途预留多处大型空间，供后续电容补偿箱安装进行使用。并且小型补偿箱除了具备无功补偿功能以外，还具有谐波保护、自动投切等的功能。通过其充分发挥自身优势作用，路灯照明电气系统运行也能取得更好的节能效果，后续开展维护保养工作也十分简单。实践中，可以在电气系统中的各盏路灯内装设配套规格的单灯补偿器，涉及的型号要注意根据灯具规格及无功补偿要求进行合理确定，比如对于使用的 400W 高压钠灯灯具，选择补偿电容器时可以考虑 CBB80 系列型号产品，实际运用可以发挥调节功率因数和降低运行能耗的作用。

4.2 补偿装置合理选型

虽然可以在市政路灯照明电气系统中运用不同类型的补偿装置，但是对于不同类型的补偿装置，实际运用时的适用条件、补偿效果等也存在一定的差异。这时候若出现在没有了解电气系统实际情况及无功补偿需求的条件下，盲目性地选择补偿装置进行应用，就无法保证电气系统运行取得预期的节能效果。甚至还会受到一些不可控因素影响，导致装置出现损坏、炸裂等问题。为防止这些情况发生，就要对补

偿装置合理选型引起高度重视，通过遵循从实际出发原则，对路灯照明电气系统的无功补偿需求进行了解，然后综合考虑装置安装位置、整体造价成本等因素，选择最为合适的补偿装置进行应用。同时，在对补偿装置类型进行选择时，也可能会遇到对功率因数调节速度提出严格要求的情况。这时可以考虑将有源滤波器作为补偿装置加以运用，主要是考虑到这类装置采取的是获取线路电流信号方式，并依托控制单相桥实现对谐波电流的抵消，进而实现对电能量的有效补偿。在遭遇有动态响应和无极调节功能的要求时，可采用并联方式在电气系统中安装静止无功发生器，这样后续系统进行运行就能对控制电路交流侧端的电压幅度进行调节与控制。在遇到对补偿装置投切稳定性有严格要求的情况时，可采用在电气系统中安装无涌流电容投切器的方法，以满足实际运行要求。另外，要切实解决补偿装置应用存在局限性的问题，尤其是在装置可靠性差和信号能量损耗大方面，实际作业可通过安装潮流控制器的方式，使之作为补偿装置发挥作用。执行时需要有两组变换器以串联或并联的方式，有效接入电气系统当中，这样就能保证无功功率向另一台变换器提供有功功率，同时发挥调节电压、控制功率等的功能。

4.3 配电线路无功补偿

目前，市政路灯照明电气系统的配电线路，通常会对分支线无功补偿方式进行应用。通过在配电线路中科学合理地加装电容器，并通过其发挥作用，使配电线路出现的功率损耗值可以降低，并维护配电线路功率处于平衡稳定的状态，进而达到补偿的目的。同时，在配电线路中使用无功补偿技术，还要对补偿点位设置工作引起高度重视，执行时可以优先考虑单点补偿方式。通过在配电线路末端的 1/3 长度位置，对电容器进行有效安装，若现场无法满足这一安装条件，就可以选择在配电线路末端的 1/5 或 3/5 位置，对电容器进行设置安装，整个过程要保证实际补偿容量要高于无功补偿负荷的 2/3。同时，在遇到配电线路长度超过一定标准情况时，就可以考虑采用多点或分段补偿方式进行电容器设置安装，比如在采用多点补偿方式安装电容器时，就要在充分了解配电线路的情况下，最少设置 3 个固定补偿点，补偿点的位置通常为配电线路的 1/7、3/7 等处，待确定好以后在这些位置上设置电容器。

4.4 跟踪补偿技术运用

早期的市政路灯照明电气系统在实际运行过程中，可能会出现响应速度较为缓慢、采用补偿方式僵化等问题。后续对市政路灯照明电气系统的补偿方案进行优化调整，实际操作起来难度比较大，并且调整后的电气系统运行依然会产生部分电能损耗。为切实解决这一问题，可以考虑对路灯照明电气系统使用跟踪补偿技术。通过在电气系统中安装低压电容器和低压熔断器，就能促使安装的电容器直接经过熔断器有效接入到变压器二次侧，以此实现对系统运行期间变压器运行负荷及功率变化情况的有效掌握，在结合所得信息数据加强研究分析以后，及时对系统采用的补偿方式进行优化调整，待持续性地补偿电力变压器空载或轻载状态下的无功功率以后，也能实现对电气系统运行稳定性的有效维护，涉及的电能损耗也能明显降低。

5 结语

论文是对市政路灯照明电气系统无功补偿技术及其应用的研究与分析。伴随着社会经济不断发展，城市现代化水平也日渐提升，并高度重视市政道路建设工作，使人们便捷出行、建设美丽城市需求得到有效的满足。路灯照明电气系统是市政道路中的重要一环，确保系统稳定可靠运行和提高系统节能属性，才能减少许多不必要的电力资源损耗。这时积极引入无功补偿技术，就可以使电气系统运行存在的线损量高、功率因数过小等问题得到有效的解决。执行时要根据市政路灯照明电气系统实际情况及无功补偿需求，选择合适的无功补偿类型加以运用，通过做好科学布置小型补偿箱、对早期系统采用跟踪补偿技术等工作，可以促使无功补偿技术优势得到充分发挥。

参考文献

[1] 胡艳平.市政路灯照明电气系统补偿技术[J].灯与照明,2022,46(4):22-25.

[2] 卢勇健.市政路灯照明电气系统补偿技术分析[J].智能建筑与智慧城市,2020(12):40-41.

[3] 程猛.市政路灯照明电气系统无功补偿技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2019(21):30.