

智能稳压电源在路灯照明中的应用

引言

现今工业厂区普遍有较大的工作区域，其间路灯众多，一般采用的是高压钠灯，而该灯功耗非常大，导致厂内供电电压不稳定，波动幅度大。尤其在下半夜，电压通常高达 250V 以上，致使灯泡损耗率极高（达 60% 以上）。为节省能耗，减少浪费，降低成本，有必要进行节能改造。

1、节能改造分析

1.1 供电状况

供电部门为了避免输电过程中的各种损耗以及用电高峰期造成线路末端电压过低对用电设备产生的不良影响，而以比标称电压高 10% 的电压向用户（以单相 220V 标称电压为例，实际供电电压为 $220+220 \times 10\% = 242V$ ）供电，以确保供电线路远端的电压不会低于 $220-220 \times 10\% = 198V$ 。因此供电线路上的绝大部分区域的电压都会等于或高于标称电压（220V）。我国用户变压器的标准变比为 10kV/0.4kV，但 10kV 高压线路的实际供电电压为 11kV（ $10+10 \times 10\% = 11kV$ ），因而低压端的单相实际输出电压最高可达 254V（ $0.4V/10V \times 11kV/1.732 = 254V$ ）。

1.2 用电状况

照明用电设备（灯具）的正常工作电压范围（单相，即相电压）是 220（110%）V（即 198V~242V）。通常，城市或地区的供电电压会随该地区的用电负荷减少而升高，这种现象在工业区尤为突出。

特别是深夜，供电电压会比正常值 220V 高出 10%~15%。

照明线路多为未经无功补偿即向灯具供电，功率因数极低，电路的无功损耗和无功电流在电路中造成的有功、无功损耗都比较大，造成了电能的极大浪费。

1.3 可行性节电分析

灯具在运行中消耗功率的计算公式为：

$$P = (U^2 / R) \cos\theta \quad (1)$$

式中 P——灯泡消耗的电功率；U——供给灯泡的电压；R——灯泡的阻抗。

灯泡一经出厂其阻抗 R 则已确定，因此改变供给灯具的供电电压，灯具所消耗的电功率将会随供电电压下降的平方关系迅速下降。

1.3.1 照明节电改造主要由以下三方面工程构成

(1) 稳压控压，实现节能

安装高精度多时段可控慢斜坡线性实时稳压节电设备，分时段实时稳压控压，根据灯具和用电场所状况将毫无稳定可言的市电电压实时精确稳定地控制在灯具所需的电压值上，在确保正常照明的前提下可极大地实现节能。并有效保护灯泡，延长灯具寿命。

(2) 提高功率因数，实现节能

本文设计的智能稳压照明节电器，可在电路功率因数较低时，对电路实施无功补偿，提高功率因数，减少无功损耗和无功电流在电路中有功损耗，实现节能。

(3) 平衡三相输出，减少零序电流，实现节能

智能稳压照明节电器具有自动平衡三相输出电压的功能，辅以工程技术人员的安装处理，可极大地平衡三相供电电流，有效地减少在零线电流和环相电流，极大地降低线路损耗，实现节能。

1.3.2 照明光源状况

道路、车间等场所的大功率照明，通常使用的光源为气体放电灯，如金卤灯、高压钠灯等。下面以高压钠灯为例，说明光源状况。

(1) 启动电压低

高压钠灯的技术参数明确规定：高压钠灯应能在低于 198V 的电压下启动；高压钠灯在启动时要求其触发器输出的脉冲峰值电压应 2kV（2~3kV），而一盏合格的高压钠灯在启动时只要给该灯触发器输入（17510）V 的 50Hz 市电电压即可产生峰值为 2~3kV 的高压脉冲。为确保触发器能顺利产生 2kV 以上的高压脉冲，要求电源电压应大于 175V 才能触发灯泡启辉并使泡体内的气体充分游离正常发光。

(2) 灯泡使用电压范围宽

高压钠灯在启动后灯的工作电压为（10020）V，即高压钠灯启动后将工作在 80~120V 之间，则不能低于 80V，为确保这一工作电压则要求电源电压不能低于 176V（ $220-220 \times 20\% = 176V$ ）。

(3) 高压钠灯对电源电压波动的要求

高压钠灯在使用过程中对电源电压的波动有较为严格的要求。高压钠灯电源电压不能波动过大，电压突然下降超过 5% 可能自行熄灭，而且电源电压波动时对发光参数的影响较大。我们认为：由于高压钠灯属气体放电灯类，过高的电压和经常波动的电源电压还会极大地缩短高压钠灯的使用寿命。

(4) 影响高压钠灯使用寿命的因素

a. 电压幅值对高压钠灯寿命的影响

为使触发器能顺利产生 2kV 以上的高压触发脉冲，触发灯泡启辉和使泡体内的气体放电且充分游离并正常发光，要求电源电压应大于 175V。当泡体内的气体放电且充分游离并正常发光后，灯泡的使用寿命与泡体内气体分子运动的速度成正比，速度越高灯泡寿命越短，而泡体内气体分子运动的速度与灯泡的端电压成正比。可见为延长高压钠灯的使用寿命应尽量适当降低输给高压钠灯的端电压。实践证明高压钠灯在启辉后长期工作在 180V~200V 电压内要比工作在高于 200V 的寿命要长得多。

b. 电压波动对高压钠灯寿命的影响

高压钠灯属气体放电灯类，输给灯泡的电压越稳定灯泡的寿命就越长；经常突然跳变的电压会使灯泡产生冲击电流和影响泡体内气体的游离状态，以至缩短灯泡的使用寿命。

2、智能照明节电器工作原理、特性、效果

2.1 智能照明节电器的简单工作原理

智能照明节电器的设计源于电磁补偿和闭环跟踪实时稳压原理，是一款高精度多时段可控慢斜坡线性实时稳压节电设备，彻底克服了斩波节电器固定式自耦变压器降压节电器、分档调节式自耦变压器降压节电器等存在的波型畸变、谐波污染、电压不稳定、闪断冲击（10~20ms）等弊端。智能照明节电器在道路照明节电应用中一般分三时段处理：第一时段为启动期，第二时段为上半夜，第三时段为下半夜。

各时段的工作电压和节能效果见图 1。

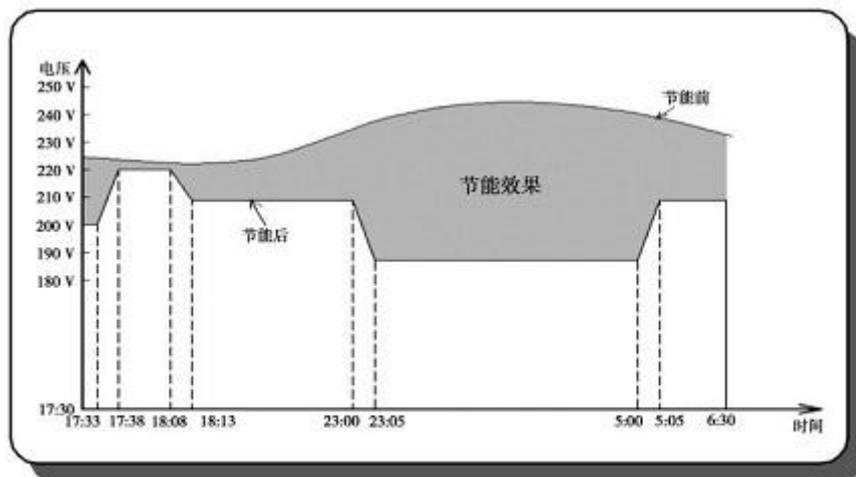


图 1 节能效果图

2.1.1 节电器的组成

智控照明节电器主要由主变压器、补偿供给器、数据采集与编程处理、输出和操作控制等四大部分组成（见图 2）。

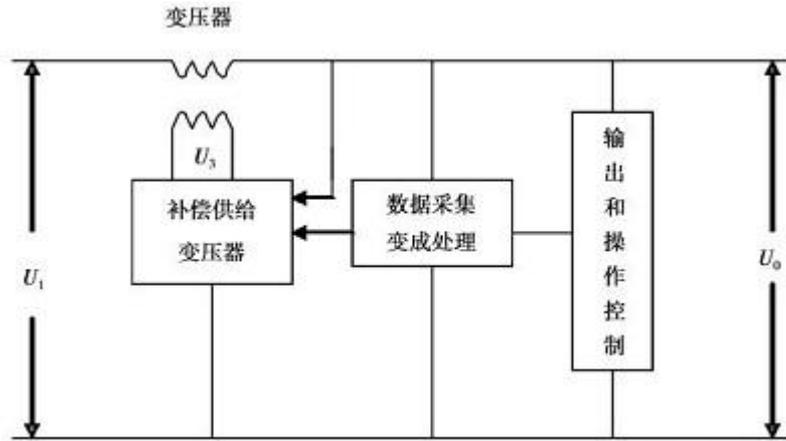


图 2 智控照明节电器组成框图

智控照明节电器组成框图中的 U_1 为市电输入电压， U_2 为主变压器副边电压， U_3 为补偿供给变压器的输出电压（也是主变压器的输入电压，或叫主变压器的原边电压）， U_0 为节电器的输出电压。

2.1.2 简单工作原理

智控照明节电器在设计 and 制作中严格规定了主变压器输入输出绕组与补偿供给变压器绕组的同名端。如图 2 及电工原理可知该节电器的输出电压 U_0 是由 U_1 , U_2 , U_3 联合确定的。即 $U_0 = U_1 - U_2 + nU_3$ (n 为主变压器的变比，即 $n = U_2 : U_3 = 1 : 5$) U_3 为受闭环数据采集处理和编程处理后由补偿供给变压器根据输出电压的需要线性变化电压， U_3 的最小连续变化量为 $0.5V$ ，即 U_2 的最小连续变化量为 $0.1V$ 。

节电器安装到用户电路后，需根据用户的现场用电需要设定时间段、时间常数以及输出电压参数等。

接通电源后，节电器数据采集与编程处理电路将采集到的输出电压数据与设定的时段电压参数作实时处理，并根据 $U_0 = U_1 - U_2$ 与 $U_2 = nU_3$ 的需要，即时控制和指令补偿供给变压器输出精确的 U_3 ，以确保输出精确稳定的输出电压 U_0 。

由于采用了线性慢斜坡补偿原理，三相的主变压器可分相独立制作，且三相输出电压共用一组设定参数，故不管输入电压如何变化或是负载如何变化，节电器的三相输出电压都是基本相等的，可以承受三相 100% 的不平衡负载。

2.2 智能照明节电器的特性

2.2.1 稳定最佳工作电压

针对电网电压偏高和波动等现象，调控装置可根据用户现场实际需求，实时在线调控输出最佳照明工作电压，并能将其稳定在 2% 以内，有效提高电力质量，从而达到节电 10%~40% 的效果。

2.2.2 多时段节能运行

根据用户实际的照明需求，调控装置还可通程序进行多时段节能电压设置，从而满足用户不同光源、不同时间的需求，实现最佳照明状态和最大节电率。

2.2.3 有效保护电光源，延长其使用寿命

影响电光源寿命的一个重要因素是，启动和运行时电流和电压对光源的冲击。为了有效地降低电流冲击和延长灯具的使用寿命，在国外高档灯具产品中，要求灯具具有软启动功能。

智能调控装置能够实现灯具的软启动和慢斜坡控制过程。灯具在启动时，采用低压软启动，充分预热。该过程可减少 40% 的启动电流冲击，有效提高光源寿命。在调压、稳压的过程中，智能调控装置采用慢斜坡线性调节的方式处理电压，让电压在设定时间内缓慢过渡，保证光源不受电压、电流波动的冲击，从而降低电光源损坏，延长使用寿命。

2.2.4 实时稳压、控压

在电压波动较大的地方，如电气设备比较多的场所，有些时段 1min 内的电压波动甚至高达 15% 以上；路灯后半夜的供电电压有些道路会达到 240V 以上。智能调控装置高稳定的最佳输出电压，能够延长电光源寿命 2~4 倍，能极大地降低运行、维护成本 30%~50%。

2.2.5 适用性强、可靠性高

调控装置每相可独立调节，可操作性强，可以承受三相 100% 的不平衡负载，且保证单相的故障不影响其他两相的正常运行。同一个装置可以带不同类型光源负载，还可以独立调节每相的输出电压。

调控装置采用手动和自动双旁路系统，以保证照明设备不断电，正常安全运行；调控装置控制部分不含交流接触器，无触点和移动元件，保证高可靠性和低功耗。

可选配 GSM/GPRS 全球实时（手机）监控系统，通过显示、声音等信号监测设备运行，故障报警，及时采取保护措施。

这一照明节电产品可实现智能照明调控、有效保护电光源、降低电能消耗的功能。

2.3 智能照明节电器的使用效果

2.3.1 直接效果

经安装使用智能照明节电器后，路灯照明用电电费开支下降 33% 以上，降低了公司的运营成本。

2.3.2 间接效果

从安装使用智能照明节电器后，大大降低了灯泡的损坏和更换率，间接地降低了运营成本。

3、结语

通过加装智能稳压照明节电器，照明的平均节电率达到 33%以上，大大减少了灯泡的损耗。经过一段时间的实践，已取得了明显的节能效果。然而一些大型企业，更为耗电，需要加大节能投入，全面、稳妥开展节能降耗工作，这对企业提高经济效益具有重大现实意义。