

气体放电灯的供电研究

王连才 李小宁 秦克敬 曾庆山 王春菊

(郑州工业大学计自系) (新乡钢厂)

摘 要:本文分析了大量采用气体放电灯照明时,三相对称电路和多种典型的不对称电路。拍摄了这些电路的中线电流波形。分析这些波形可知:

- (1) 即使三相负载完全对称,中线电流仍是满载相电流的32.7%。
- (2) 典型的不对称情况下,中线电流大于满载相电流。
- (3) 若出现电路结构变化,中线电流可能大于相电流的两倍。
- (4) 大量采用气体放电灯的三相供电电路的中线电流不仅比相同情况的线性负载的中线电流大,而且高次谐波丰富,是一个新的谐波源。

这些分析及实验数据对照明供电设计及电缆制造厂家都有价值。

关键词:气体放电 中线电流 非线性电路

中图分类号:TM923

1 前言

气体放电灯由于光电效率高、寿命长、光线柔和、而为工业和民用照明普遍采用。随着气体放电灯的大量采用,也给照明供电带来一些值得重视的理论问题。

稳态工作的气体放电灯是一个非线性电路元件。它的电路模型不能用R、L、C及其组合所表述。气体放电的电路模型是R、L、C以外的第四类电路元件。因之,气体放电灯的大面积照明必然对三相照明供电,输变电及电缆制造带来一些新的问题。

在汽车制造行业、纺织行业、制衣、电子、制药等行业,由于大量采用气体放电灯,出现电缆发热,保护装置误动作,以及由于谐波引起的过电压等现象,都与气体放电灯的非线性有关,已引起这些行业的供电设计部门及电缆制造厂家的关注,从而寻求理论的分析 and 说明。

由于非线性电路理论的进展,气体放电灯的电路模型、频率特性、电路特性等有了坚实的理论基础,使上述问题,能够得到比较清晰的阐述。

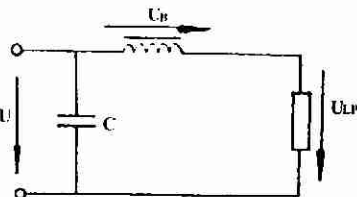


图1 气体放电灯实际电路

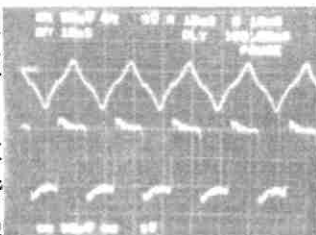


图2 气体放电灯电压
电流波形

收稿日期:1995-05-02

本文是化工部光化学光源课题的一部分,参加了1995年在日本召开的 The 7th International Symposium on the Science & Technology of Light Sources 并收入LS:7 论文课

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

2 气体放电灯电路分析

稳定工作着的气体放电灯是一个非线性电路元件。它的电压、电流关联是下降的伏—安特性，即通常所说的负阻特性。因之它必须与限流元件相配合，才能稳定工作。常用的限流元件是铁芯电感线圈（镇流器）。电路如图 1 所示，由于采用铁芯电感线圈配合，电路功率因数较低，一般 $\cos\Phi < 0.5$ 。所以采用并联电容器以提高功率因数使 $\cos\Phi > 0.9$ 。图 2 是气体放电灯在工频电压激励下的电流和电压波形。图 3 是按实测有效值换算成基波而作出的相量图。在实际的照明电路中，会发生很多不正常的情况，如补偿电容开路，电路的功率因数由 0.9 降至 0.5 以下，电路处于感性负载状态，如灯不导通，则电路处于容性状态。这些情况对于单相供电的一个灯来说影响不大，但在三相供电的特定情况下，由于电路结构的变化可能引起中线电流大于相电流的两倍。

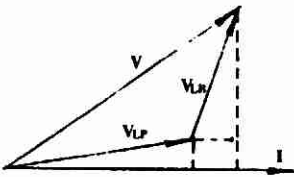


图 3 气体放电灯相量图

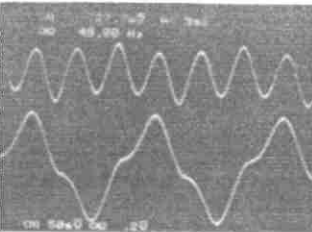


图 4 三相对称的中线电流和相电流

3 三相供电时气体放电灯电路的中线电流

由于在工频正弦电压激励下，稳态工作的气体放电灯的电压波形近于方波，电流波形近于三角波（图 2）。它们的谐波成分是奇次谐波，其中三次谐波占的比重最大。在三相四线制供电中，三个相位互差 120° 的三次谐波，正好叠架，如图 4 CH1 在图上方，是中线电流波形，CH2 在图下方是灯电路电流波形。（自图 4 至图 15 我们采用 7201-A 型记忆示波器拍摄的这些波形，其中 CH1 在图上方都表示中线电流，CH2 在图下方都表示对应满载相电流）由图 4 可见：在三相对称电路中，中线电流主要是三次谐波。（包含有五、七、九等高次谐波）其有效值是满载相电流有效值的 32.7%。若三相灯负载不对称，中线电流将增大。从图 5 至图 17

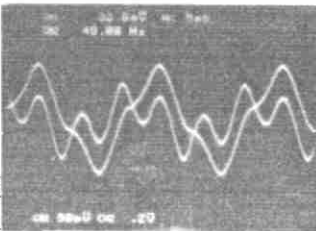


图 5 不对称 443

是各种典型不对称情况的中线电流与对应的满载相电流的波形图。由图可见：（1）中线电流幅值和有效值在典型不对称电路中接近满载相电流，有时甚至大于满载相电流。请参看三相组合的中线电流与满载相电流标么值实测表。（2）中线电流含有丰富的谐波成分，是一个新的谐波源。这些正是电缆发热，保护装置误动作的原因。若中线出现故障，比白炽灯供电系统将更要严重复杂。

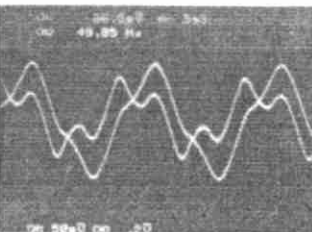


图 6 不对称 442

三相组合的中线电流与满载相电流标么值实测表

三相结合	444	443	442	421	431	411	441	420	410	430	400	440
I ₀ 标么值	0.34	0.40	0.57	0.68	0.70	0.76	0.78	0.87	0.90	0.91	1.00	1.03

如在气体放电灯电路中所述，正常工作的气体放电灯电路是功率因数 $\cos\Phi > 0.9$ 的感

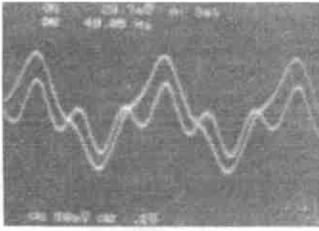


图 7 不对称 433

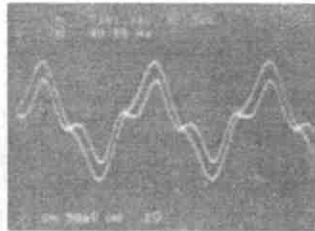


图 8 不对称 422

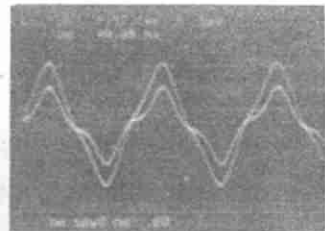


图 9 不对称 411

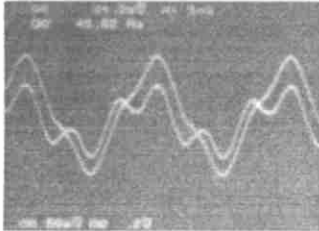


图 10 不对称 432

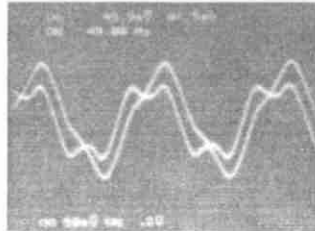


图 11 不对称 431

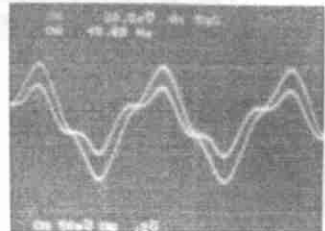


图 12 不对称 421

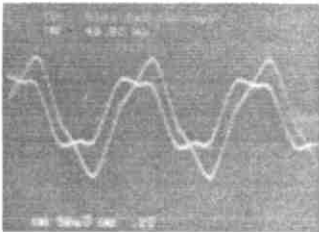


图 13 不对称 430

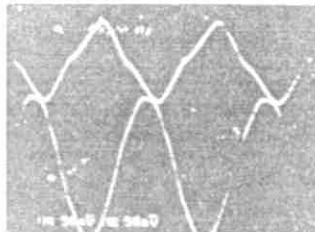


图 14 不对称 420

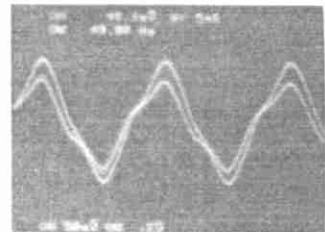


图 15 不对称 410

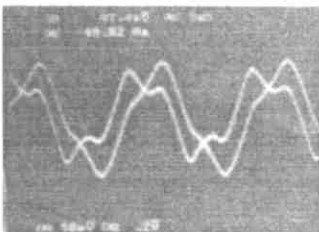


图 16 不对称 441

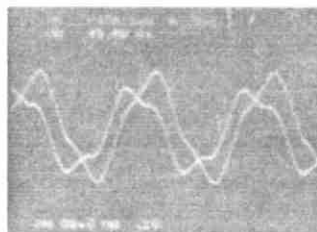


图 17 不对称 440

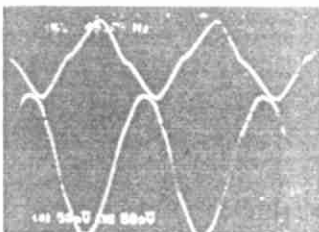


图 19 三相负载三角形联接

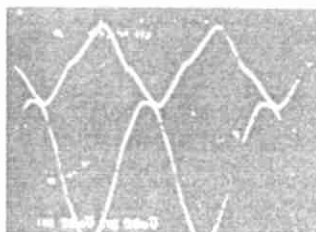


图 20 三相负载三角形
联接一相开路

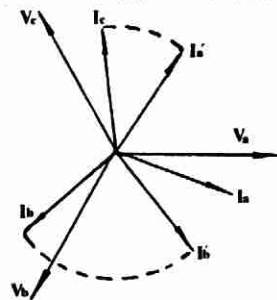


图 18 三相四线制中线电流相量图

性电路。但在特殊情况下,可表现为大的电感性电路 $[\cos < 0.5]$,或表现为电容性状态。这样中线电流]有可能比满载相电流大更多,参看对其基波的相量分析,图 18。若 B 相变为容性负载,C 相变为感性负载,则中线电流 $i_o = i'_A + i'_B + i_c$ 就有可能大于满载相电流。甚至大于满载相电流的二倍。

4 改接负载接线的探讨

由于稳态工作的气体放电灯是非线性电路器件,它稳定工作的电压、电流关系是下降的伏安特性,它的主要谐波成份是三次谐波,若改变三相供电接线方式,即改负载的三相四线为三角形接线,则三个相位互差 120° 的三次谐波正好叠加,互为补偿,形成环流。既不影响供电电源系统,也不影响负载的工作状态。如图19所示,CH1为负载三角形联接时的各相灯电流波形,虽有畸变,但各个线电流仍是正弦波CH2。若三角形接法一相开路,构成V形接线如图20,其线电流仍有一线是正弦波。因此,若采用气体放电灯大面积照明,将灯负载按三角形联接,可以补偿由于气体放电灯的非线性带来的高次谐波,

5 结论

通过上述理论分析和实验测试,可知气体放电灯电路的问题实质是气体放电灯的非线性特性所致。由于气体放电灯的非线性引起三相供电出现了下列新的不同于线性电路的物理现象:

(1)三个相同的气体放电灯负载由三相四线制供电,中线电流主要由三次谐波组成,其中线电流有效值是满载相电流的32.7%。

(2)三个不相等的气体放电灯负载,由三相四线供电,中线电流比对应的线性负载时大,一定条件下可能大于满载相电流,而且这些电流含有丰富的谐波成份,构成一个新的谐波源。

(3)对于大量采用气体放电灯的供电系统,若负载采用三角形联接,负载造成的高次谐波可以得到补偿,而使供电系统波形得到改善。

由于气体放电灯具有光电效率高、寿命长、光线柔和等优点,作为第二代电光源必然被工业和民用大量采用,由此给照明供电,保护装置和电缆制造带来一些新的问题,应该引起有关方面的关注。

参 考 文 献

- 1 狄苏尔 CA. 葛守仁. 电路基本原理. 林争辉译. 人民教育出版社. 1982
- 2 王连才等. 气体放电灯的电路模型. LS: 5. 论文集. (英国). 1989.
- 3 王连才等. 气体放电灯的频率特性. CIE: 22 论文集(澳大利亚). 1991.
- 4 蔡祖泉等. 光源电路原理及其应用. 河南科技出版社. 1988.
- 5 J. F. 威谋斯. 放电灯. 陈林堂等译. 轻工业出版社. 1983.

Wnalysis About the Supply Current by Using Gas Discharge Lamps

Wang LianCai Li Xiaoning Qin Kejing Ceng Qingshan Wang Chunju
(Zhengzhou University of Technology) (Steel Plant in XinXiang)

Abstrat: Mass—using discharge lamps in the triphase illumination will be cause some problem for the

electric source, therefore some triphase symmetrical circuit and varied unsymmetrical circuit have been studied. According to the analysis of experimental data and the neutral current waves, some results as follows:

1. The ratios of the neutral current to the full-load phase current is 32.7% even if the triphase load is totally symmetrical.

2. The neutral current is still larger than the full-load current on the condition of typical dissymmetrical circuit.

3. If we change the circuit construction, the neutral current will be larger than twice as the phase current.

4. There are many high-frequency harmonics in the neutral current, it is a harmonic source.

These analyses and the experimental data of great value to the illuminative power-supply design and the cable manufacture.

Key words: discharge lamp neutral current nonlinear circuit

我校两项“八五”国家重点科技攻关 项目通过鉴定

由王复明教授主持的“高等级公路无损检测与 CAE 技术的研究”于一九九六年十二月八日在北京由河南省计委组织进行了鉴定。

本课题将国际上路面检测与评价技术的发展方向同我国公路建设实际需要紧密结合,研究工作起点高、难度大,所取得的成果富特色和创新,特别在路面结构反分析方面的成果具有突破性意义和价值,在路面评价 CAE 技术方面在国内属于开创性的工作。本课题成果总体上达到国际先进水平。

我国高等级公路建设正处于迅速发展阶段,本课题成果对于加快提高我国路面检测与评价技术水平将起有力的推动作用,具有广阔的推广应用前景和显著的经济社会效益。

由李欣生教授主持的“智能化采成加工中心控制系统”于一九九六年十二月二十一日在浙江绍兴由河南省计委组织进行了鉴定:

本项目为独立版权软硬件体系的多功能新型数控系统及相关技术研制。其主体部分为基于 DOS 平台的总线式、模块化、开放式的 3~5 坐标中高档数控系统。其发展部分为具有 9 种工作方式的仿形加工功能和可实现阴阳模和不同比例缩放的数字化加工功能。其高级与创新部分包括独立版权的 CAD/CAM 一体化模块、可自动补偿的三维曲面磨削加工功能及抛光等功能与装置等。

系统的高配置可为高级型,甚至可成为智能化加工单元的主体向下则可裁减成仿形加工中心、数控仿形铣或普及型数控铣床及其它用途。

系统的主要技术指标均达到或超过国际典型牌号同类产品,总体达国际先进水平。