

文章编号:1007-2985(2011)03-0067-03

串联补偿在污水厂电力系统中的应用*

朱景刚¹, 李晓梅², 宋志杰³

(1. 中国市政工程华北设计研究总院, 天津 30074; 2. 中国市政工程华北设计研究总院西安分院, 陕西 西安 710018; 3. 信息产业电子第十一设计研究院西安分院, 陕西 西安 710065)

摘要: 针对污水厂电力系统的特点, 根据污水厂的实际运行经验, 提出了采用电抗器与电容器的串补方式治理谐波的方案, 从而有效地实现了无功补偿。

关键词: 谐波; 电容器; 电抗器; 无功功率; 串联补偿

中图分类号: TM761

文献标志码: A

污水处理厂用电设备主要有泵类、搅拌机、鼓风机类等负载。风机、泵类一般都要求变频, 而变频器是一个非常大的谐波源, 因此给系统带来很严重的谐波污染和谐波干扰, 造成系统不能正常工作, 经常性的烧坏电气元件。同时系统中也有很多电力电子类元器件, 如 UPS, 开关电源等, 都是谐波发生源。

由于电网对功率因数的要求, 污水厂电力系统在低压侧做无功补偿, 但谐波的存在对无功补偿的电容器会产生诸多的影响, 如使电容器过电流, 将其迅速烧毁, 使系统产生串并联谐振等, 要解决谐波与电容器之间的矛盾, 即不能单独使用电容器做无功补偿, 水厂的实际运行经验也对单独使用电容器做无功补偿提出了挑战, 依据污水厂电力系统的特点, 笔者多采用串联补偿的方式解决谐波对电容器的影响, 串补也是目前补偿里最高端的产品。

1 谐波治理与无功补偿

1.1 系统中无功的方向

系统由于感性负载的存在, 系统的功率因数往往达不到电网的要求, 所以要在低压负载侧做必要的无功补偿。无功的存在又是必要的, 系统有功需要以无功为载体把他带到负载, 如图 1 所示。但过多的无功电流流过变压器会对变压器造成不良的影响, 最理想的状态是无功完全由电容器提供, 如图 2 所示。

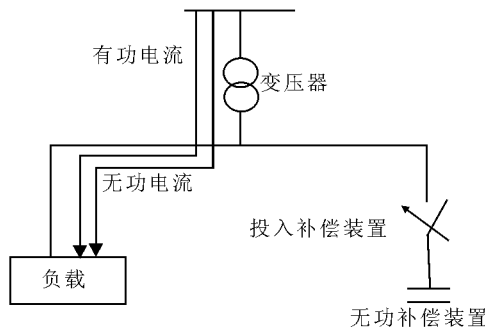


图 1 有功与无功的方向

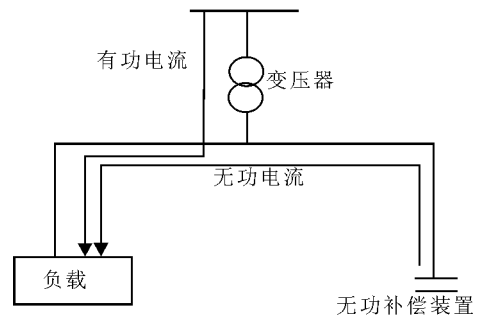


图 2 有功与无功理想状态

* 收稿日期: 2011-03-26

作者简介: 朱景刚(1978-), 男, 辽宁喀左人, 中国市政工程华北设计研究总院设计二院工程师, 主要从事市政电气设计工作。

无功补偿装置完全可以满足系统功率因数的要求,但负荷产生的谐波对电容器会产生影响.

1.2 谐波量

令谐波阶次 $n = k \times p \pm 1$, 其中: n 为谐波次数; p 为设备晶闸管脉冲数; k 为常数, $1, 2, 3, \dots$; 谐波的量 $I_n = I_1/n$, 其中: I_n 为谐波电流值; I_1 为基波电流值; n 为谐波次数. 如 6 脉冲整流器会产生 5, 7, 11, 13, ... 次谐波, 这些谐波会同时存在, 产生的谐波电流为各次谐波电流的叠加.

5 次谐波电流值 $I_5 = I_1/5 = 20\% I_1$; 7 次谐波电流值 $I_7 = I_1/7 = 14\% I_1$; 11 次谐波电流值 $I_{11} = I_1/11 = 9\% I_1$; ... 各次谐波电流值是同时存在的, 所以谐波电流的量是很大的.

1.3 谐波对电容器的影响

由于变压器的阻抗值与频率成正比, 电容器的阻抗值与频率成反比. 变压器阻抗 $X_{TR(n)} = 2 \times \pi \times f(n) \times L$; 电容器阻抗 $X_{C(n)} = \frac{1}{2 \times \pi \times f(n) \times C}$. 谐波电流的方向是流向阻抗值变小的方向, 如图 3 所示. 如果单纯使用电容器来做补偿, 电容器运行电流为 $I_{treated} = I_1 + I_h$. 其中: I_1 为电容器额定电流; I_h 为流入电容器的谐波电流. 电容器运行时为满载电流 $I_1 = 100\%$, 若 $I_{treated} > 1.3 I_1$ 时, 电容器将迅速故障.

由于变压器是感性负载, 电容器是容性负载, 在某一谐振频率下将会使系统产生串联与并联谐振, 从而产生无限大的谐波电压与谐波电流, 造成电容器故障, 增大谐波对电网的影响. 如图 4 所示, 所以单纯使用电容器做无功补偿是非常危险的.

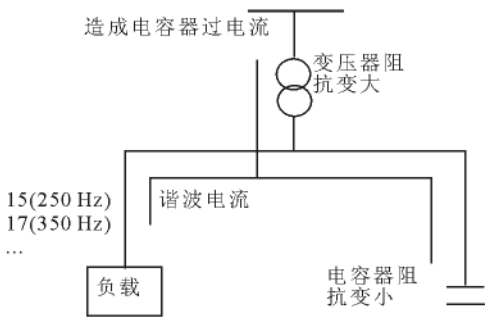


图 3 谐波电流流向



图 4 电容器烧毁图片

2 谐波治理方法

避免谐波, 可以改变电网、电容和设备, 在基波频率下, 希望保有电容器的特性; 在谐波频率下, 要避免电容器过电流, 避免与系统产生串并联谐振. 目前国内常用的谐波治理的方法主要有 3 种: 无源滤波、有源滤波、无功补偿. 无源滤波装置的成本较低, 经济, 简便, 获得广泛应用. 有源谐波滤除装置是在无源滤波装置的基础上发展起来的, 能做到适时补偿, 且不增加电网的容性元件, 滤波效果好, 在其额定的无功功率范围内, 滤波效果 100%. 但有源滤波装置由于受到电力电子元件耐压, 额定电流的发展限制, 成本极高. 对于污水厂很少采用有源滤波, 大部分采用串联补偿方式. 污水厂多采用电容器串联 6% 的电抗器 ($X_L = 6\% X_C$) 进行串联补偿, 如图 5 所示, 电容串联电抗器频率特性图如图 6 所示.

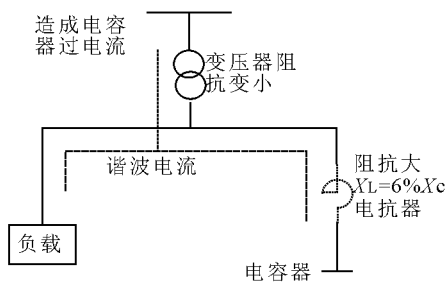


图 5 电容器串联电抗器

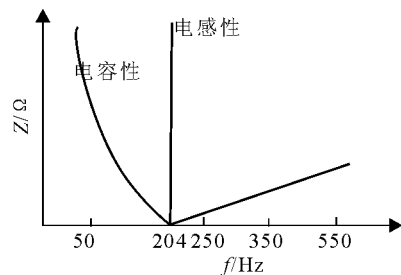


图 6 LC 阻抗特性

电容器与电抗器的串联阻抗为 $Z_{LC} = X_L + (-X_C)$, 当 $X_L = X_C$ 时, 系统会产生谐振其谐振频率 $f_0 = 50 \sqrt{\frac{X_C}{X_L}} = 50 \sqrt{\frac{X_C}{0.06X_C}} = 204 \text{ Hz}$. 因为 5 次谐波频率为 250 Hz, 所以 6% 电抗器可以避免大于 5 次谐波的谐振. 由图 6 可知: 在基波频率下, 电容电抗器保有电容特性; 在谐波频率下, 电容电抗器呈现感性, 大部分电流流回电网, 小部分流过电容器(如图 5 所示), 避免了电容器过电流及与系统产生串并联谐振.

3 结语

笔者论述了串联补偿在污水厂电力系统中的应用, 为满足电力系统对功率因数的要求, 系统必须要做无功补偿, 而用电负荷产生的谐波对无功补偿装置会产生很大的危害, 所以采用电抗器串联电容器的串补方式既实现对谐波的治理, 又保证系统对无功的补偿. 在实际的污水厂中已成功应用, 并取得了良好的运行效果, 同时大大延长了设备的使用寿命.

参考文献:

- [1] WAKILEH G J. Power System Harmonics [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [2] 国家技术监督局. GB/T14594—2005 电能质量公用电网 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [3] 王兆安. 谐波抑制和无功功率补偿 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.
- [4] 罗 安. 电网谐波治理和无功补偿技术及装备 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.

Application of Series Compensation in Sewage Plant Power System

ZHU Jing-gang¹, LI Xiao-mei², SONG Zhi-jie³

(1. North China Municipal Engineering Design & Research Institute, Tianjin 30074, China; 2. Xi'an Branch Institute of North China Municipal Engineering Design & Research Institute, Xi'an University, Xi'an 710018, China; 3. Xi'an Branch Institute of the IT Electronics Eleventh Design & Research Institute, Xi'an University, Xi'an 710065, China)

Abstract: Based on the characteristics of power system and the actual operating experience of sewage plant power system, this article detailedly discusses how to use the series compensation mode of reactor and condenser to realize harmonic governance and reactive power compensation.

Key words: harmonic wave; condenser; reactor; reactive power; series compensation

(责任编辑 陈炳权)

(上接第 62 页)

Overview of Energy Efficient Routing Protocols in Wireless Sensor Networks

DENG Xiao-fei, XU Qian, HUANG Guang-ya

(College of Physics Science and Information Engineering, Jishou University, Jishou 416000, Hunan China)

Abstract: Energy efficiency is a hot and key research point in wireless sensor networks routing protocols. The development of energy efficient routing protocols in wireless sensor networks is introduced. Then the fault tolerance and robustness of the protocols are studied. And the applications of the protocols are given. According to the current researches on the protocols, the prospective research of energy efficient routing is summarized. The commercialization and industrialization of the wireless sensor networks may be promoted.

Key words: wireless sensor networks; routing protocols; energy efficient

(责任编辑 陈炳权)