

电力节能技术的研究和应用

孙中权

(蚌埠供电公司, 安徽 蚌埠 233000)

摘要: 随着节能减排政策的不断实施, 节能已成为社会广泛讨论话题。作为国民经济发展的能源支柱, 电力节能技术的研究和应用是社会主要研究课题和方向。无功补偿作为清洁电力的一项技术, 在提高供电质量、降低损耗等方面应用广泛。针对此, 提出了几种无功补偿方案, 介绍了有源滤波器的原理和特性, 并对几种方案做了简要的比较和分析。

关键词: 无功补偿; 谐波; 功率因数

Research and application of power saving technology

SUN Zhong-quan

(SGCC of Bengbu, Bengbu 430074, China)

Abstract: With the implementation of energy saving and emission reduction policy, emission reduction has become a widely discussed topic. As a pillar of the national economic development, research and application of power energy-saving technology are the key issue and direction. As one of the clean power technologies, reactive power compensation applies widely in improving the quality of electricity and reducing wear and tear. For this, the paper puts forward a number of reactive power compensation programs, introduces the principle and characteristic of active filter and gives a brief comparison and analysis of several programs.

Key words: reactive power compensation; harmonic; power factor

中图分类号: TM60 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)24-0227-03

0 引言

供电可靠, 供电高质量、高安全, 是电力工程技术人员、工程管理人员的神圣职责, 随着城网不断扩大、电力不断增容, 工业自动化大量使用整流器、变频器……。无不在电力网络中产生大量谐波, 使系统的电压、电流波形产生畸变, 造成电网质量恶化, 谐波危害已成为电网主要公害。为了消除供电系统中的谐波, 清洁电力网络, 电力滤波器、电力无功补偿、变频器、软启动等技术的研究和应用已成为当今节能技术的主要研究课题。

1 无功补偿的意义

电力系统中的无功功率, 占用了供配电设备的规模容量, 又增大了线路的损耗, 造成电网电压下降, 严重影响电能质量和电网的经济运行。

从电力用户来说, 直观表现为功率因数偏低, 当功率因数小于 0.9 时, 供电部门将向用户收取一定比率罚款, 用户用电的成本增大, 经济效益下降。相反选用恰当的无功补偿设备, 实现无功就地平衡,

提高功率因数, 对企业节能减耗, 提高电能质量, 稳定系统电压, 提高企业的经济效益和社会效益都会取得明显的实际效果。

2 高次谐波对并联补偿电容器的影响及消除措施

由于电网中有愈来愈多的电力电子设备的应用, 非线性负荷增加, 由此产生大量谐波并使电网中正常运行在正弦波的电压和电流波形发生畸变, 造成电网质量恶化。正常补偿电容器柜中的电容器容量是依据在基波频率时, 系统所需补偿的无功功率值而确定的。当电容器的容抗和系统的感抗的绝对值接近或相等时就产生并联谐波, 谐波电流可能大几十倍, 谐波电压进一步畸变, 其后果使电容器产生严重过负荷, 发热。要解决这一问题, 可在补偿电容器回路中串入电抗器, 其绝对值选在可能产生高次谐波下, 使电容器回路总电抗为感抗而不是容抗, 即意味着不会放大包括 3 次、5 次、7 次等高次谐波, 此时的调谐滤波器还可以吸收电网中高次谐波。见图 1 所示。

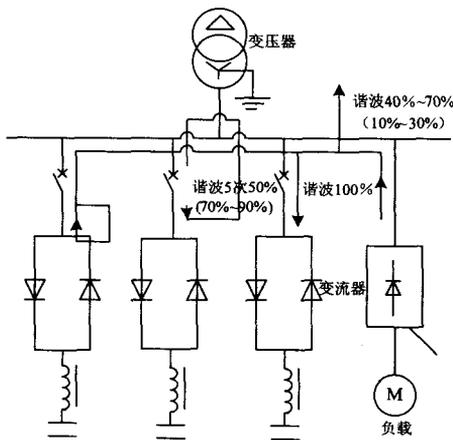


图1 调谐性谐波流向图 (滤波性谐波流向图)

Fig.1 Harmonic tuning of the flow chart (filtering of harmonic flow chart)

从图1可知：滤波型补偿电容器成套装置效果好。

3 常用无功补偿方案比较

A) LVCA 型静态无功功率补偿装置

优点：造价低；缺点：不适合负荷急剧变化工况对谐波电流产生放大，增加电网负担，电容器易损耗（图2）。

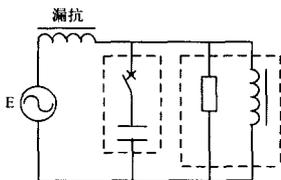


图2 LVCA 型静态无功补偿装置

Fig.2 LVCA static var compensator

B) TLFP-1.2 型智能动态无功补偿滤波装置

优点：快速投切，无电流冲击不产生谐波，减少供电系统损耗；缺点：有级投切（图3）。

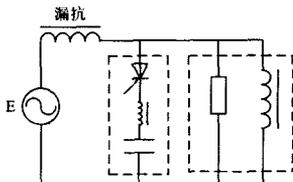


图3 TLFP-1.2 型无功补偿滤波装置

Fig.3 TLFP-1.2 reactive power compensation filter device

C) TLFP-3 型有源滤波器（见图4）

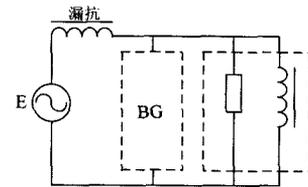


图4 TLFP-3 型有源滤波器

Fig.4 TLFP-3 active filter

优点：高速动态响应，不会与系统发生谐振滤波效果不受电流方向、系统阻抗、电压等影响；缺点：造价昂贵。

4 对无功补偿设备的要求

1) 补偿用电容器容量的确定是根据配电电压的容量、负荷性质、三相电压平衡度、自然功率因数、目标功率因数等技术参数，经过计量确定。当补偿处产生谐波时，还要串联一定量电抗器，已构成谐调支路，滤除线路上的谐波。

为使电力系统安全、优质、经济地运行，需从“无功就地平衡”的原则出发，选择无功补偿最近点，产生无功损耗最小点的位置装设配置无功功率补偿设备，采用集中或分散（就地）设置，经技术、经济方案比较后确定。

2) 电容器投切的物理量中有功率因数、无功电流、无功功率。其中以无功功率物理量作为投切参数物理量方式较好。可以有效地防止轻载时投切振荡，防止过补偿和无功倒送。

3) 电容器分担方式和投切开关普遍在过去补偿电容器组中常以等容量分组、循环投切；再之电容器容量分组按比例配置（例：1:2, 1:2:3 等）；分组按编码配置按级投切；均难以达到最理想的补偿效果。采用无功功率需要量进行无功需要量投切（或称模糊投切）适应面广，调节平滑，跟踪准确，效果最好。投切开关选择，在低压补偿中投切开关应选投切复合开关（HWFK 型等），高压补偿柜中选真空接触器（如JCZ5 等）。

低压时选择多分开关是因为它具有过零投切功能。能将投入的涌流限制在5% I_c 以下，电容切除时无过压，设备运行可靠，寿命长。高压真空接触器在电源试点时，同步切除电容器，可防止线路重合闸恢复供电时电容器仍与电网相连，引起冲击和无功潮流的改变。

5 有源滤波器

电网中接入非线性电压—电流特性的电气设备数量不断增加，而这些设备产生的谐波电流在电网阻

抗上产生电压并与基波电压叠加引起电压畸变；这就造成与电网联结的电气设备，如：电动机、变压器、电容器、开关、电缆过热、噪音；电子设备、控制系统误动作。要消除谐波最为有效的方法是采用有源滤波器。如图 5 所示。

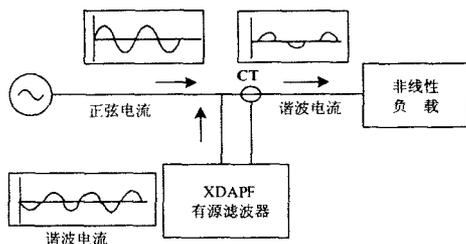


图 5 XDAFF 工作原理图
Fig.5 XDAFF function diagram

5.1 有源滤波器的特性

- A) 优异的动态性能，响应时间小于 10 ms；
- B) 在既消除滤波又进行无功补偿的操作模式下，功率因数则强制到近 1；
- C) 三相补偿的谐波电流可同时滤除 2~60 次谐波。
- D) 多元有源滤波器的并联运行对宽大的功率范围，经济性更优。

5.2 有源滤波器的工作原理

如图 6 所示，开关合闸后，XDAFF 首先通过有限流电阻对电容充电，以限制上电时的瞬间冲击电流。当电容电压达到额定值后，接触器自动闭合，此时装置开始工作。电容作为储能元件，为通过 IGBT 逆变器和内部电抗器向外输出补偿电流提供能量。同时，电容器通过电源板向控制与监测系统提供工作电源。XADPF 通过外部 CT 测量负载电流或电网电流送到信号板进行处理，控制板完成负荷谐波电流的计算和谐波电流补偿的闭环控制，并产生 PWM 驱动信号到驱动板，驱动板驱动逆变器的 IGBT 从而将所需的补偿送到电网，完成滤波的功能。

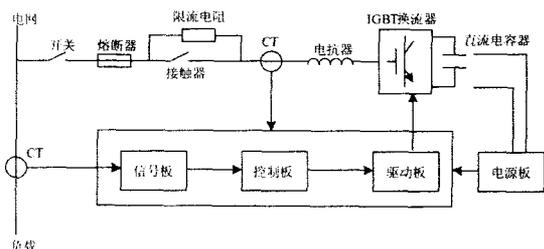


图 6 XDAFF 构成原理图
Fig. 6 XDAFF composition diagram

产品特点和功能：
XDAPF3L 系列：

- A: 可同时滤除 2~60 次的谐波电流；
- B: IGBT 高速开关 (20 kHz)，可迅速滤除谐波；
- C: 输出电流响应时间小于 10 ms；
- D: 自动限流于额定电流；
- E: 可以同时滤波和补偿基波无功；
- F: 设计选型简单，只需测量负载电流大小；
- G: 可以多机 (不大于 10 台) 并联运行，便于扩展容量；
- H: 汉字液晶显示界面，操作简单；
- I: 可实现远程监控。

表1 脉冲可控整流设备使用XDAPF3L前后效果比较
Tab.1 Comparative study on effects of XDAPF3L in pulse controllable rectification device

电网电流	使用 XDAPF 前	使用 XDAPF 后
波形		
谐波含量 (THD)	45%	3.5%
5次谐波	41%	2.9%
7次谐波	19%	1.7%
11次谐波	7%	1.7%
13次谐波	5%	1.3%

表2 三相四线办公设备使用XDAPF4L前后效果比较
Tab.2 Comparative study on effects of XDAPF4L in 3-phase 4-line office equipment

电网电流	使用XDAPF前	使用XDAPF后
波形		
谐波含量 (THD)	75%	3.9%
3次谐波	65%	3.4%
5次谐波	23%	2.9%
7次谐波	17%	1.8%
9次谐波	25%	1.3%
11次谐波	6%	2.7%
13次谐波	5%	1.0%

XDAPF4L 系列：

- A: 可同时滤除 2~25 次范围内的全部和选型次数谐波电流；

(下转第 231 页 continued on page 231)

电弧光保护装置动作逻辑如下:通过光带传感器对母线室进行弧光探测并传输到主控单元。为保证不出现误动作造成母线电源失电,在母线室采用双光带探测技术,双光带传感器“与”门输出弧光信号后和过电流信号再“与”门输出跳闸信号,电流信号取自进线电源 101 或 102 电流。只有当两个电弧光信号和一个电流信号同时出现时,输出跳闸信号。其他情况下不能误动作。

110 kV 华藏变电弧保护能够有效地保护母线室和断路器室上侧母排短路,其配置原则是一段母线配置一套,进行电源开关柜作为该系统的一个监测点。事故状态下,直接切断该段母线的电源。

但在实际运行中,由于电缆头的爆炸或电缆沟起火引起的开关柜事故很多。因此,如何能在电缆头爆炸后在最短时间内将该台开关柜的断路器切断成为了弧光综合保护装置应该而且必须做到的功能,我们通过设计更改,在 110 kV 裴家营变进行了有益的探索实践。

2 应用实践

电弧光保护作为 10 kV 馈线柜及电源柜、母线室主保护,在 110 kV 裴家营变的应用实践:

在每一台馈线开关柜(包括该段母线的电源进线柜)上安装一台弧光综合保护装置,将该馈线柜的电缆室和开关室作为独立的弧光监测点。每台装置独立运行和联合运行相结合,实现独立跳开事故馈线柜的功能。而母线不用停电。弧光保护的另一个判据,电流信号则取自该台馈线柜自带的电流互感器。跳闸信号的输出则直接作用于该台馈线柜的控制回路。

第一对跳闸接口 T1、第二对跳闸接口 T2,是弧光+过电流跳闸输出,小于 7 ms 动作出口,切断馈出线电源并闭锁出线重合闸。第三对跳闸接口 T3、第四对跳闸接口 T4,是过电流延时跳闸输出,延时

600 ms,在开关柜侧还没有出现弧光的情况下,通过延时发出跳闸信号,作为馈线柜的二级过流保护。

弧光综合保护装置同时具有母线保护功能的设计,通过光带传感器对母线室进行弧光探测并传输到主控单元。为保证不出现误动作造成母线电源失电,弧光探测采用双光带传感器“与”门输出弧光信号后和过电流信号再“与”门输出跳闸信号。此时,跳闸出口 1、2 小于 7 ms 作用于跳开进线柜和母联开关柜,跳闸出口 3、4 延时 600 ms,在进线柜或母线室没有出现弧光的情况下,通过延时发出跳闸信号,作为进线电源的二级过流保护。

弧光综合保护系统配置简单,每个馈线柜和电源进线柜配置一台即可。采用可编程的逻辑跳闸保护功能,实现馈线柜保护和母线柜保护的不同需要。实现独立跳开事故馈线柜的功能,大大降低了电缆头的爆炸或电缆沟起火引起的开关柜事故对主变压器的冲击损伤和开关柜室的电弧损伤。

3 结语

现代电力系统的发展,配电网容量的逐渐增大,中低压母线故障对电力系统安全运行的影响越来越严重。它不仅使中压开关设备严重烧毁,造成“火烧连营”事故;而且可能损坏昂贵的变压器,造成十分严重的经济损失,因此非常有必要安装电弧光保护。此外,电弧光保护的应用不能按照国外最初设计模式,仅仅保护母线桥自身弧光短路,应用中要积极改进,既作为中低压母线保护又成为馈线侧弧光短路的快速保护神。

收稿日期:2008-12-19; 修回日期:2009-08-09

作者简介:

王德志(1974-),男,本科,中级职称,研究方向为继电保护;E-mail:wz8605800@sina.com

张爱萍(1975-),女,专科,初级职称,研究方向为变电运行。

(上接第 229 页 continued from page 229)

- B: IGBT 高速开关(10kHz),可迅速滤除谐波;
- C: 有效消除因三次谐波产生的中性电流;
- D: 中线滤波能力为相线的三倍;
- E: 输出电流响应时间小于 10ms;
- F: 自动限流于额定电流;
- G: 可以同时滤波和补偿基波无功;
- H: 设计选型简单,只需测量负载谐波电流大小;
- I: 可以多机(不大于 3 台)并联运行,便于扩展容量;
- J: 汉字液晶显示界面,操作简单;
- K: 可实现远程监控

6 结论

本文是通过目前电网中常见的谐波危害造成的电网电压、电流波形畸变,功率因数降低等现象的分析,提出几种目前常见的无功补偿方法进行解决,并对市场上常用的几种有源滤波器使用效果进行比较,使用户在使用之前可以有一个较好的参考。

收稿日期:2008-12-15

作者简介:

孙中权(1968-),男,长期从事电力生产经营管理领域的工作。E-mail:szhq@yahoo.com