电力系统谐波成因及改善措施的研究

匡玉麟,朱永平,周　三,赵习猛
(湖南邮电职业技术学院,湖南长沙 410015)

【摘要】随着电力电子装置在电力系统中的广泛运用,非线性型电力负荷与冲击性电力负荷在电网中的占比越来越大,而谐波污染在电力系统里的出现也越来越频繁,电网供给给用户的电能质量受到了影响。文章首先分析了电力系统谐波成因,然后总结了应对电力系统谐波危害的措施。

【关键词】谐波危害;无源滤波;有源滤波
【doi:10.3969/j.issn.2095-7661.2019.02.004】
【中图分类号】TM935　　【文献标识码】A　　【文章编号】2095-7661(2019)02-0010-02

Research on the cause of harmonic wave in power system and the improvement measures

KUANG Yu-lin, ZHU Yong-ping, ZHOU San, ZHAO Xi-meng
(Hunan Post and Telecommunication College, Changsha, Hunan, China 410015)

Abstract: With the wide application of power electronic devices in power system, the proportion of nonlinear power load and impact power load is increasing. Therefore, harmonic pollution appears more and more frequently in the power system, and the power quality provided by the power grid to the users is seriously affected. This paper first analyzes the harmonic generation of power system, and then summarizes the measures to deal with the harmonic hazard of power system.

Keywords: harmonic hazard; passive power filter; active power filter

1 概述

电力谐波(The electric power harmonic),即电力系统[1]电流中与工频频率不同的成分。谐波产生的根本原因为电压加在非线性负载两端,产生了跟电压不一致的电流波形,即电路产生了谐波。谐波频率一般为基波频率的整数倍。根据傅里叶定理,波形可以分为基波频率和整数倍基波频率的正弦波代数和。以产生的源头分类,谐波可分为发电装置质量不高产生的谐波、输配电过程产生的谐波以及电力用户设备产生的谐波。

当电网含有大量谐波的时候,电能的传输、利用的效率会降低,并且谐波会使得电力设备发热、绝缘老化加速,甚至使得断路器误操作引发安全问题。

2 谐波的产生

在配电网中,高次谐波一般产生于非线性输电设备与非线性负荷中,比较典型的如电弧炉。当正弦基波电压加在非线性负载两端时,负载吸收正弦电压产生非正弦电流,然后非正线电流流过线性负载,产生非正弦电压即含有谐波分量的电压,从而对供配电系统产生影响。

电网中,主要的谐波产生源包括两大类,首先是含半导体非线性元件的谐波源,包括调压器、晶闸管整流器和变频装置,如图 1 所示。然后是含电弧或者铁磁设备的谐波源[2],例如电弧炉、发电机或日光灯等电力设备。随着工业的迅速发展,电网中的非线性负载明显增加,包括电气化轨道机车、电焊设备、电力变压器与电解设备等。上述设备使得电力系统中的电压或者电流发生畸变,产生高次电力谐波。

[收稿日期] 2019-03-14
[作者简介] 匡玉麟(1991-),男,湖南益阳人,湖南邮电职业技术学院助教,研究方向:电力电子、虚拟同步机。
[基金项目] 湖南邮电职业技术学院 2018 年度院级课题“计及风光出力波动性的新能源供电在通信基站中的应用研究”(课题编号:2018CZ13)。

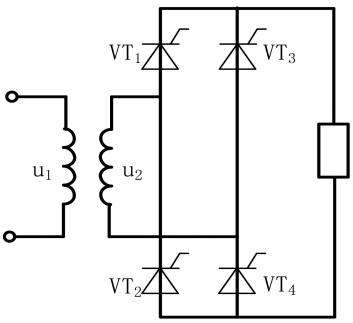

图 1　电力晶闸管示意图

3 谐波的危害

3.1 谐波对继电保护的影响

整流型距离保护装置在经常动作的工况下工作，其工作原理是利用负序滤波器将三相电流转变成单相电流，该滤波器由单相电流互感器和三相电抗互感器[3]组成。当系统中流过的电流含有高次谐波且高次谐波三相不对称时，负序滤波器将放大高次谐波。如果三相回路不对称，谐波就会进一步被放大，整流端直流脉冲随之被放大，使得继电器误动作。如果继电器连续误动作，有可能导致电网连锁性大面积停电。

3.2 谐波对电网本身的损害

谐波注入电网，将会使得传输线电流附加谐波损耗提高，进而会降低电能的传输效率；当大量的三次以上谐波流过中性线的时候，电路将会过热，严重者甚至会发生火灾。同时，谐波也将影响各种电气设备的正常工作，比如谐波电流流过电机，除了产生附加谐波损耗以外，还可能会引起转子振动、线路噪音和过热，进而加速电气设备的绝缘老化，加剧设备使用寿命的减短。谐波注入电力系统以后，会对附近的通信信号[4]产生扰动，继而进一步威胁到通信设备与工作人员的安全。

4 谐波抑制的措施

为了减少非线性负载与冲击型负载所产生的谐波给电力系统带来的危害，主要用到的有两种方法：

1）主动性综合抑制谐波法，即从改造负载、尽量避免使用谐波源负载这一方式减少谐波；

2）被动谐波抑制法，即在电力系统输配电传输线路上加装无功补偿与谐波抑制装置，而加装的电力滤波器又可以分为有源滤波器和无源滤波器。

4.1 无源滤波器抑制谐波

无源电力滤波器（Passive Power Filter，PPF）如图 2 所示，是谐波抑制中较为常用的装置。无源电力滤波器一般是由频率固定的电感与电容串联而成，它既可以补偿无功功率，又可以抑制特定频率的谐波。无源滤波器较简单，方便，可靠，它具有结构较简单、成本较低、技术相对成熟的特点。但是无源滤波器存在如下缺点：

1）滤波器一般是针对特定的电能或信号传输情形进行设计的，它只能滤除特定频率的谐波。此类滤波器不具有普适性，一旦系统参数改变滤波器就不再适用。

2）滤波器所在的电网存在的阻抗可能与滤波器形成并联谐振，以致于这一频率谐波被放大，从而降低电网电能质量。

3）滤波器所在的电网存在的阻抗同样可能与滤波器形成串联谐振，以致于这一频率谐波被放大，从而降低电网电能质量。

4）无源滤波器由于本身的工作原理的原因，体积可能比较大，耗费的能量也相对较大。

5）无源滤波器对高频谐波的滤除不具有优势，并且在长时间的投入使用下，无源滤波器容易发生滤波频率的偏移。

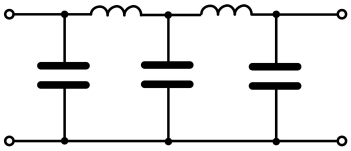

图 2　无源电力滤波器示意图

4.2 有源滤波器抑制谐波

为了补偿无源滤波器的不足之处，有相关学者提出了有源滤波器，并在部分国家率先投入使用[5]。有源滤波器图如图 3 所示。

有源滤波本质上使用的是反馈控制，在谐波源的附近加一个带有受控电流源的负反馈控制电路。首先测得实际注入负载侧的谐波电流波形，然后将谐波电流与理想负载电流作差，得出差值。最后，受控电流源根据差值发出频率相同、相角一致但电流幅值相反的电流，从而尽可能准确地抵消电力谐波，以期降低电网中的电流谐波总畸变率，提高负载的功率因数，减小因电力谐波给通信系统及设备带来的发热及绝缘老化等众多危害。

近些年，随着现代控制理论和电力电子技术的迅猛发展，有源滤波技术也进一步成熟并广泛使用于电力输配中。经过发展，有源滤波技术已取得了长足的进步。跟无源滤波器相比，有源滤波器有以下优势：

1）有源滤波器可有效抑制电力系统功率器件，比如电力电子换流器，变压器，滤波电容，阻抗等器件的工作频率范围内的各次谐波，不受特定次谐波约束。

2）当电力系统的参数发生变化，比如电容或者电抗的改变，也不会影响有源滤波器的滤波效果。

3）不存在跟电网电阻抗发生并联谐振或者串联谐振的问题，并能有效抑制系统与无源滤波器之间的并联谐振或者串联谐振的问题。

4）不会发生过载现象，　（下转第 23 页）

难度,容易形成“数据孤岛”。S 学院自主研发的个性化学习空间容易收集学生学习数据,这些数据作为学院重要的“无形资产”对教师的教学工作、行政部门的教学管理工作提供依据。但是研发才处于起步阶段,存在一些漏洞,需要在使用过程中不断改进。

大数据时代来临,教师需要进一步提高大数据意识,学习分析技术,挖掘数据价值,整合共享数据,并将其应用在教学中,这样才能充分调动学生学习积极性,实现因材施教的教学目标。

【参考文献】

[1] 国务院关于印发促进大数据发展行动纲要的通知[EB/OL].http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-09/05/content_10137.htm,2015-09-05.

[2]教育部办公厅关于征求对《关于“十三五”期间全面深入推进教育信息化工作的指导意见(征求意见稿)》意见的通知 [EB/OL].http://www.moe.edu.cn/srcsite/A16/s3342/201509/t20150907_206045.html,2015-09-02.

[3]彭亚雄.高职教学资源信息化建设的研究[J].湖南邮电职业技术学院学报,2019(1):38-40.

[4]李健美.高职思想政治理论课学情分析思考[J].职教论坛,2016(17):27-31.

[5]石峰,王昊.电路教学改革的探索与实践[J].中国电力教育,2017(1):70-73.

[6]周宗斌.基于 Multism 虚拟仿真技术的高职高专电路基础课程教学的探索与实践[J].现代职业教育,2017(24):92-94.

[7]牛绿原,刘小军,袁飞.应用型本科“电路”课程的教学改革与实践[J].轻工科技,2018(3):151-152.

[8]仝玉琴,席尚君,王博.高职学生学情调查分析与对策研究[J].陕西教育:高教版,2015(6):56-58.

[9]汪源,王良成.电路基础课程中以学生为中心教育理念的探索与实践[J].实验室研究与探索,2018(10):217-221,256.

(上接第 11 页)

当电力系统中出现较大的谐波电流的时候,系统能继续运行。

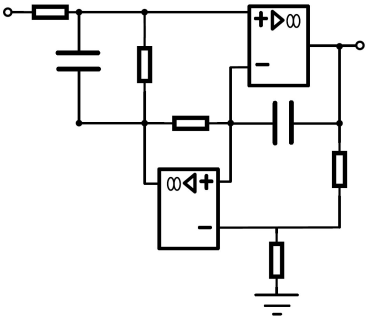

图 3　有源电力滤波器示意图

5 小结

本文描述了电力系统及通信系统内谐波概念及系统产生谐波的方式和实际工程[6]中的谐波源。然后分析了谐波对电力系统及通信系统的危害,并同时阐述了治理谐波的重要性及意义。最后,概述了谐波治理的方法,对比了有源滤波器[7]与无源滤波器的优缺点。进一步研究有源滤波对电力系统具有重要意义。

【参考文献】

[1]秦鸣峰.蓄电池的使用与维护[M].北京:化学工业出版社,2009.

[2]朱品才,张华,薛观东.阀控式密封铅酸蓄电池的运行与维护[M].北京:人民邮电出版社,2006.

[3]蒋建斌.阀控密封铅酸蓄电池的使用和维护[J].广播与电视技术,2004(4):65-67.

[4]张雷霆.通信电源(第 2 版)[M].北京:人民邮电出版社,2009.

[5]刘希禹.VRLA 蓄电池运行维护和试验数据分析[J].邮电设计技术,2007(1):54-60.

[6]唐琪琪,汪英,周小莉.技能竞赛引领下的高职物联网工程技术专业课程体系建设研究[J].湖南邮电职业技术学院学报,2018(4):110-113.

[7]吴泳,刘宇航.滤波器在物联网中的应用与仿真研究[J].湖南邮电职业技术学院学报,2018(4):9,17.