

电气化铁路谐波对南京电网影响分析

王立峰，岳浩永

(南京供电公司，江苏 南京 210019)

摘 要：随着高速电气化铁路快速发展，越来越多的牵引变电站接入电网，本文介绍了南京地区现有电气化铁路牵引变电站接入电网的情况，通过仿真分析了电气化铁路谐波对电网的影响，并提出了相应的治理措施和对策。

关键词：电气化铁路；谐波；南京电网

0 引言

铁路电气化的飞速发展，拓展了运输能力，为社会带来了巨大的经济效益和社会效益，同时也带来了一些电能质量问题，如谐波、无功等，对电网的安全运行和电网中其他用户的用电产生了一些影响。特别是随着城市规模扩大和地方经济的发展，城市电网将面临规模迅速拓展、负荷密度不断增大，对供电可靠性和供电质量的要求越来越高。本文结合南京地区电气化铁路供电工程接入电网的情况，通过软件仿真分析研究了电气化铁路负荷在用电过程中产生的谐波对南京电网的影响，并从确保地区电网安全稳定运行的角度提出相应的治理措施。

1 南京地区电气化铁路供电基本情况

目前，南京地区高速电气化铁路 220kV 牵引变电站主要有京沪高速铁路宁南牵引变电站、宁杭高铁湖熟牵引变电站和沪宁城际铁路栖霞牵引变电站。

客运专线铁路的电力牵引负荷为一级负荷，为保证牵引变电所的供电可靠性，每座牵引变电站应由两路独立可靠的 220kV 电源供电，并互为热备用，牵引变电所的外部电源是高速电气化铁路的基础设施之一。南京地区三座 220kV 牵引变电站接入电网电源情况如表 1 所示。

表 1 南京地区 220kV 牵引变电站外接电源情况	
牵引变电站名称	两路外接电源
宁南牵引变电站	东善桥变电站和南站变电站
湖熟牵引变电站	苏庄变电站和华科变电站
栖霞牵引变电站	东阳变电站和容东变电站（镇江）

2 电气化铁路结构

电气化铁路是指地区与地区或者城市与城市之间采用电力牵引的铁路，其中客运专线电气化铁路属于高速电气化铁路。电气化铁路由供电系统和电力机车这两部分组成，结构如图 1 所示。新建的客运专线和高速铁路均使用 220kV 电源供电。其中，供电系统包括供电电源和牵引供电系统两部分，供电电源归属地区电网电力部门管理。

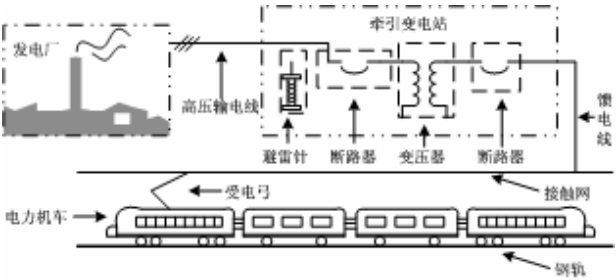


图 1 电气化铁路结构示意图

电力机车为电气化铁路运输提供牵引动力，为电气化铁路主要负荷。南京地区电网 220kV 牵引变电站均采用交直交传动的动车组 CRH3，见图 2。CRH3 动车组单列机车 8 辆编组功率为 8800kW，双机重联 16 辆编组为 17600kW。具体特性如表 2 所示。

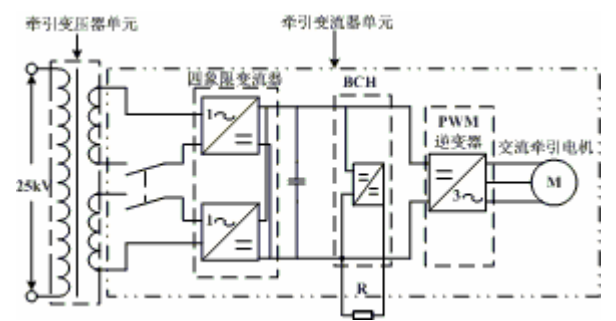


图 2 CRH3 主牵引系统结构示意图

表 2 CRH3 动车组主要电气参数

机车 类型	用电特性	机车 功率	功率 因数
CRH3	电流制：单相工频交流制	单机： 8800kW 重联： 17600kW	0.98
	工作电压：AC 25kV		
	额定值：25kV		
	最高值：31kV，网压从 29~31kV 间，动车组轮轴功率从额定功率线性下降至 0；		
	最低值：17.5~19kV，网压从 22.5~17.5kV 间，动车组轮轴功率从 90%额定功率线性下降至 0。		

3 电气化铁路谐波对电网的影响

电气化铁路牵引负荷谐波由电力机车整流电路产生，此外，在电力机车启动和过分区空载投入时会产生励磁涌流，励磁涌流中不仅含有奇次谐波，还含有偶次谐波，其中二次谐波含量最大，谐波对电网影响如下：

(1) 谐波对同步发电机的影响主要是引起附加损耗和发热，其次就是附加振动、噪声和谐波过电压；

(2) 谐波使变压器的铜损和铁耗增大，减少变压器的实际使用容量，还导致变压器噪声增大；

(3) 谐波对电网运行的影响很大，国家公用电网谐波规定了公共连接点的全部用户向改点注入谐波量的限制值；

(4) 谐波使输电线路的损耗增大，缩短电缆的使用寿命，增加事故次数和修理费用；

(5) 谐波对继电保护会产生干扰和造成误动或者拒动。

4 电气化铁路谐波对南京电网影响仿真分析

通过上述分析，本节以南京地区电网牵引变电站及 CRH3 动车组为研究对象，利用 Matlab 仿真软件，在仿真条件下搭建模型分析研究了电气化铁路谐波对南京电网影响。仿真中参数是依据 CRH3 技术参数进行设置，以此保证仿真与实际系统一致。仿真中主要研究牵引变电站注入系统 PCC 点谐波电流中 2 次、3 次、5 次和 7 次这四种含量较高谐波。

图 3 是牵引工况下馈线电流（最大值为 380A）中 2 次、3 次、5 次和 7 次这四种谐波成分与基波含量比值的曲线图。由图中曲线可知，2 次谐波含量几乎为零；3 次谐波含量最高接近为 2%；5 次谐波约为 0.75%；7 次谐波约为 0.6%。图 4 为牵引工况下馈线电流总谐波畸变率分布图，从图中可知，馈

线电流总谐波畸变率为 2.65%。通过与注入 PCC 点谐波电流允许值比较，仿真中牵引变电站注入 PCC 点谐波电流均超过国家允许值，但超过值不大，为了电网的安全稳定运行，应采取相应的谐波治理措施。

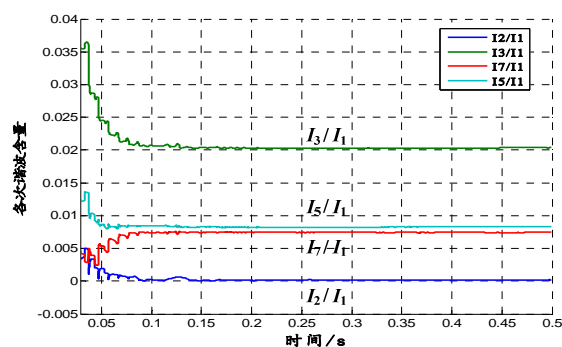


图 3 CRH3 动车组牵引工况谐波电流各次谐波含量图

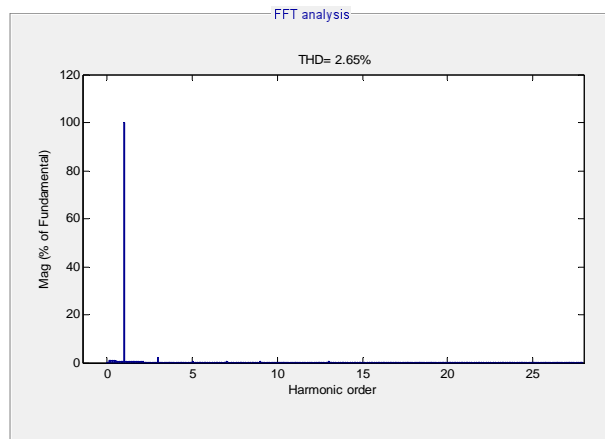


图 4 CRH3 动车组牵引工况总谐波畸变率分布图

5 电气化铁路谐波治理措施

电气化铁路产生的谐波电流注入电网后，会对 PCC 点的电能质量产生影响，同事还会影响 PCC 点附近的发电机组和其他用户，为了能够对用户安全稳定并高质量的供电，必须制定切实可行的措施治理电气化铁路谐波，改善电气化铁路对电网的影响。谐波治理措施有：

(1) 在电力机车上安装无功补偿装置，在无功补偿的基础上兼顾滤除部分 3、5、7 次谐波，从源头上减少谐波对电网的影响；

(2) 利用整流变压器移向绕组，抑制高次谐波，从而达到降低谐波的目的；

(3) 在牵引变电站安装一定容量的静止无功补偿器 (SVC)；

(4) 电气化铁路接入系统应在 PCC 点安装电能质量监测装置, 监测谐波。

6 结论

电气化铁路电力机车负荷产生的谐波不仅对电能质量、继电保护装置及自动装置产生严重干扰, 直接影响电网的安全运行, 降低供电可靠性; 而且影响到电动机、变压器及输电线路的使用寿命, 增加了系统投资和运营管理费用。本文介绍了南京地区电网接入 220kV 牵引变电站的情况和高速电气化铁路结构, 以南京电网接入的牵引变电站为研究对象, 通过仿真分析了电气化铁路谐波对电网的影响, 并提出了治理谐波的相应措施, 将电气化铁路谐波对电网的影响控制在合理的范围内, 保障电网安全稳定的运行。

参考文献:

- [1] 候卫良, 孙徐龙, 何欢. 现代电气化铁路对电网电能质量影响极其治理[J]. 供用电, 2011(6): 4-7.
- [2] 张绍宾, 井伟. 电气化铁路对电网的影响[J]. 电力系统装备, 2007(8): 62-65.
- [3] 王立峰. 电气化铁路电能质量治理的关键技术研究[D]. 南京: 东南大学, 2012.

作者简介:

王立峰 (1982-), 男, 江苏南京人, 东南大学电气工程学院博士毕业, 从事地区调度班实习调度员工作;
岳浩永 (1978-), 男, 江苏南京人, 高级企业信息师, 电力调度员技师, 工程师, 从事地调班班长工作。