

交流牵引供电系统电能质量治理综述

史明慧¹, 张志学²

(1. 南广铁路有限责任公司, 广西 南宁 530022; 2. 南车株洲电力机车研究所有限公司, 湖南 株洲 412001)

摘要: 交流牵引供电系统作为铁路交通的能源供给系统, 其供电品质受到高度重视。文章分析了交流牵引供电系统所面临的无功、谐波、负序和末端电压偏低等4类电能质量问题, 描述了针对这些问题所采用的一些具体治理措施, 指出了各种治理技术的发展趋势, 最后提出一种电能质量综合治理方案, 为交流牵引供电系统的电能质量治理技术的发展提供了新思路。

关键词: 交流牵引供电系统; 无功; 谐波; 负序; 末端电压; 综合治理

中图分类号: TM714.1

文献标识码: A

文章编号: 2095-3631(2013)02-0037-06

Overview of Power Quality Treatment Methods for AC Traction Power Supply System

SHI Ming-hui¹, ZHANG Zhi-xue²

(1. Nanning-Guangzhou Railway Co., Ltd., Nanning, Guangxi 530022, China;

2. CSR Zhuzhou Institute Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412001, China)

Abstract: More and more attention is paid on the power quality of AC Traction Power Supply System (AC TPSS). It analyzes four kinds of power quality problem in AC TPSS such as reactive power, harmonics, negative phase sequence and traction network terminal voltage. Some treatment methods are summarized, and the development trends are pointed out respectively. Finally a new comprehensive treatment method for AC TPSS is proposed, which provides new ideas for the development of power quality treatment technology of AC TPSS.

Key words: AC TPSS; reactive power; harmonics; negative phase sequence; traction network terminal voltage; comprehensive treatment

0 引言

由于速度快、运量大、综合效益突出等优势, 电气化铁路成为铁路发展的必然趋势。我国铁路规划曾对电气化铁路里程、铁路电化率等提出了明确指标^[1]。在此背景下, 电气化铁道的发展也给担负铁路供电重任的交流牵引供电系统提出了更高的要求。

交流牵引供电系统负载具有单相、移动性、冲击性、非线性等特点, 且相对于电力系统而言是三相不对称负荷, 由此会出现无功、谐波、负序、过分相、末端电压低等一系列的电能质量问题。电能质量下降将导致

保护误动、系统谐振甚至大面积停运等事故, 因此应予以广泛重视和深入研究。目前的研究主要集中在牵引网模型建立与仿真分析^[2-7]、电能质量影响与评估^[8-12]、电能质量标准^[13-14]以及电能质量治理等方面^[15-20]。

本文在分析交流牵引供电系统无功、谐波、负序、末端电压偏低等电能质量问题的基础上, 得出交流牵引网电能质量治理的发展趋势, 并给出了一个电能质量综合治理新方案, 为我国建设新的高速铁路供电系统和改造原铁路供电系统提供了新思路。

1 交流牵引供电系统简述

目前我国普遍采用50 Hz、25 kV的单相交流牵引供电系统作为电气化铁路的动力源, 其基本原理如图1所示。

收稿日期: 2012-12-12

作者简介: 史明慧(1983-), 男, 工程师, 从事交流牵引供电系统设计、监理工作。

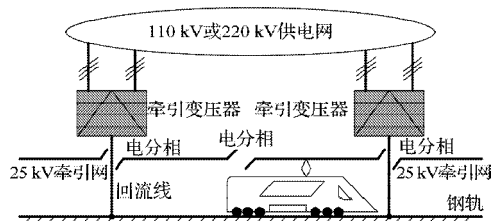


图1 交流牵引供电系统原理示意图

Fig. 1 Principle diagram of AC TPSS

由图1可知,电气化铁路交流牵引供电系统具有如下特点^[21]:

(1)单相独立不对称性。我国电气化铁道交流牵引供电系统采用单相交流供电,变电所两个供电臂的负荷通常被认为是相互独立的,因此无论采用何种牵引变压器,交流牵引供电系统相对于三相电力系统而言,总是三相不对称的负荷。

(2)负载电流具有随机波动性。由于运输组织以及路况的不同,电力机车负荷随机波动,使得负载电流随机变化,导致牵引供电系统的电压、谐波及负序电流也随机波动。

(3)负载电流谐波频谱分布广。无论交-直(直流传动)电力机车还是交-直-交(交流传动)电力机车/动车组,正常情况下均仅产生奇数次谐波电流。但交-直电力机车牵引电流谐波频谱一般集中在3、5、7、9次等低频段;而交-直-交电力机车/动车组由于采用多重化PWM整流技术,其低次谐波虽然含量较少,但在高频段的某些频率带上会有丰富谐波。

(4)牵引负载功率增加。近年来机车/动车组的牵引功率日益增大:例如SS₄型电力机车的牵引功率仅为6 400 kW;HXD₁型电力机车可达9 600 kW;而16节编组的CRH380AL高速动车组甚至达到20 440 kW。考虑到我国的电气化铁路分布广,电力牵引已经成为我国铁路干线运输的主要方式,这种单相负载在整个电力系统中所占的比重日益加大,换言之,谐波、负序的影响也日益严重。

2 交流牵引供电系统的无功补偿

由于历史原因,我国直流传动机车数量众多,这些机车目前还广泛运行在全国各个路局。而直流传动机车功率因数普遍偏低,使得牵引网需要进行无功补偿,或者说功率因数补偿。但近年来大功率交流传动机车也获得了广泛应用,交流传动机车的功率因数普遍达到0.96以上,所需无功补偿量较小。交、直流传动机车混用的格局对无功补偿提出了新的要求。

固定电容无功补偿(FC)是我国直流传动电力机车

时代的一种无功补偿措施(图2)。FC装置由于简单可靠、成本低而获得了广泛采用;其缺点是补偿容量固定,不能随着机车/动车的动态运行而自动调节无功补偿量,系统常有过补和欠补现象发生。

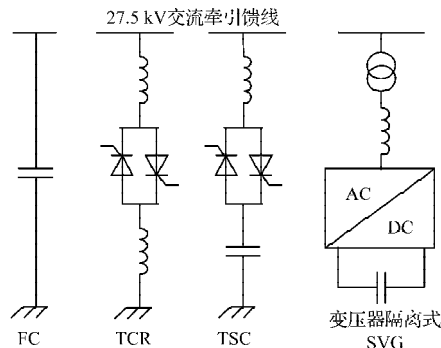


图2 单相FC/TCR/TSC原理示意图

Fig. 2 Schematic diagram of single-phase FC/TCR/TSC

交、直流传动机车混跑线路上的无功补偿装置面临新的挑战:直流传动机车运行时FC装置必须投用;而交流传动机车运行时FC装置必须切除,否则过补。但每天交、直流传动机车的运用仅取决于运输需要,这使得FC装置的投切变得频繁无序,实际运用中通常处于切除状态,系统在直流传动机车运行时功率因数较低。针对这种局面,目前我国逐步采用静止无功补偿(SVC)技术。根据原理不同,SVC技术包括自饱和电抗器(SSR)、晶闸管相控电抗器(TCR)、晶闸管投切电容器(TSC)、高阻抗变压器(TCT)、磁阀式可控电抗器(MCR)、励磁控制电抗器(AR)、有载调压自耦变压器等。随电力电子技术的发展和无功补偿动态特性的要求,TCR/TSC已逐步成为SVC的主流技术。其装置集成技术、控制方案和设备制造技术均已趋于成熟,近年来已有较多此类产品投入商业运行。

SVC装置采用晶闸管器件,结构简单,成本相对较低,响应速度为60 ms左右。交流牵引供电系统负荷总体呈连续变化,采用SVC就可获得良好的补偿效果。因此近年来SVC在国内交流牵引供电系统中得到广泛应用。

SVC的主要制约在于系统使用L、C等无源器件,占用空间大,且当补偿接入点的电压发生变化时,装置的补偿效果会受到影响。因此,无功发生器(SVG,也称STATCOM)应运而生。按补偿系统的接入方式可分为带变压器隔离式SVG和直挂式SVG两种,前者采用变压器隔离降压,变流器接入电压低,故障容易隔离;后者节省了变压器安装空间和成本,但变流器模块成本增加,故障状态下隔离相对困难。

SVG的基本原理是,通过可控关断的电力电子器件

产生与系统电压有一定相角差的电流注入电力系统,从而实现无功注入。变流器(AC/DC)是装置的核心部件,有多重化/多电平拓扑和链式拓扑两种基本结构。

SVG动态响应时间小于20 ms,在较大范围内不受端电压变化的影响,占用空间也比SVC小,是一种性能优良的无功补偿技术。但它相对SVC控制复杂,所用核心器件为IGBT/IPM元件,成本比SVC高出很多,目前在我国还只是少量示范应用。但随着成本的逐步下降,SVG已成为交流牵引供电系统无功补偿的发展方向。

无功补偿可以在牵引变压器二次侧两个供电臂上就近进行,如图3所示的京沪铁路安定牵引变电所低压补偿方案^[22];也可在牵引变压器高压侧实现,如图4所示的澳大利亚Grantleigh高压补偿方案^[23-24]。前者电压等级低,但需两套补偿装置;后者只需一套设备,但装置电压等级高,容量大,且牵引变压器容量也偏大,二次侧电流谐波含量高。

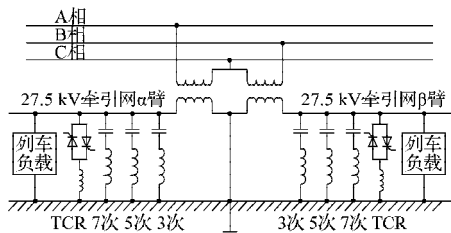


图3 安定牵引网低压SVC补偿方案示意图

Fig. 3 Schematic diagram for SVC compensation used in AnDing traction transformer substation

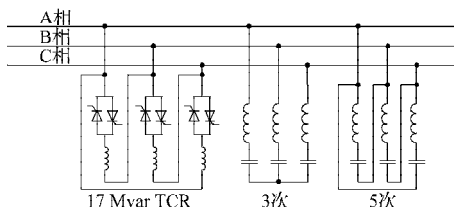


图4 Grantleigh牵引网高压SVC补偿示意图

Fig. 4 Schematic diagram for SVC compensation used in Grantleigh traction transformer substation

3 交流牵引供电系统的谐波治理

直流传动电力机车采用多段式晶闸管相控整流技术,谐波成分主要集中在3、5、7次等低频范围。这些谐波可由固定消谐LC滤波器予以治理,通常采用由电容器、电抗器和电阻器按单一功能要求组合成的无源滤波器。该装置对于谐波呈低阻通路,可有效滤除某次低频谐波(图3、图4)。无源滤波器结构简单、成本低、维护方便,还兼具无功补偿的功能。但也存在一些缺点:(1)只对特定次的谐波具有较好的抑制效果,对偏离调谐点的谐波没有明显的滤波作用;(2)当较大的谐波电流流过系统时,可能会给无源滤波器造成过载甚至损

坏;(3)易受系统运行工况影响,当系统阻抗变化和电源频率波动时,无源滤波器可能与系统发生并联谐振,导致谐波放大等严重后果。

交流传动机车/动车采用PWM整流器作为网侧变流器,牵引电流的低次谐波含量少,但高次谐波含量比直流传动机车要大。在1~2 kHz频段甚至会发生高频谐振,导致列车牵引封锁、车载或地面避雷器受损等,影响正常运行秩序。这种情况下仅靠无源LC滤波器很难取得较好的谐波滤除效果。

随着电力电子技术的进步,近年来有源滤波器(APF)得到迅速发展。其基本原理是,产生与谐波电流波形一致、相位相反的电流来抵消非线性负荷产生的谐波电流,以使谐波不能流入公共电网。有源滤波器具有如下突出优点:(1)实现动态补偿,可对频率和大小都变化的谐波进行补偿,有极快的响应速度;(2)受电力系统阻抗的影响不大,不易与系统阻抗发生谐振;(3)跟踪电网频率变化,补偿特性不受电网频率变化的影响;(4)可对一个谐波源单独补偿,也可对多个谐波源集中补偿。

鉴于牵引网中谐波频率越低,幅值越大,为充分利用有源滤波器和无源滤波器各自的优点,可采用混合电力滤波器,低频谐波和高频谐波分别由APF和无源滤波器滤除,从而降低APF装置的容量和成本。

SVG和APF两者的电路拓扑完全相同,只是最初提出这些概念时,SVG的控制目标是无功补偿,而APF则是谐波补偿。但近年来的技术发展使得同一装置兼顾无功补偿和谐波治理成为可能,在交流牵引网中逐步使用SVG来兼顾低次谐波的治理。

需指出,由于电力电子器件自身开关频率的限制,APF装置不可能对非常高频率的谐波进行治理。高次谐波的滤除只能由高通无源滤波器来实现,但它必将导致某些低次谐波放大,因此有源和无源、低频和高通的配合才能取得彻底治理谐波的效果。

4 交流牵引供电系统的负序治理

牵引供电网采用的单相电源由电力系统三相电源经牵引变压器转换而来。单相负载使得三相系统各相电流不平衡,进而使得三相电压也存在非对称性。国标GB/T15543-1995《电能质量 三相电压允许不平衡度》中规定:电力系统公共连接点正常电压不平衡度允许值为2%,短时不超过4%;接于公共接点的每个用户,引起该点正常电压不平衡度允许值不超过1.3%。

为了缓解由于单相牵引带来的负序电流,目前世

界上普遍采用的方法是：(1)将交流牵引供电网直接接入大容量高压电力网络，例如我国的220 kV电网，这时系统侧短路容量大大超过牵引变电所的短路容量；(2)牵引变压器一次侧三相按相序轮换原则连接到高压电网^[25](图5)。如果全线列车均匀分布，则高压网中的负序电流将相互抵消；此外采用一些特殊接线的牵引变压器，如三相V/V接线牵引变压器、Scott牵引变压器和平衡变压器等，在一定程度上可改善系统三相不平衡问题。

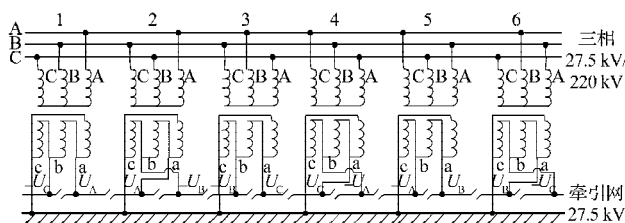


图5 交流牵引供电系统轮相接入示意图

Fig. 5 Diagram of phase-alternate in AC TPSS

上述方法均只能减少负序电流，要想彻底消除须在高压三相系统进行补偿。一种思路是采用分相控制SVC装置，利用Steinmetz电路使系统三相平衡^[26-27](图6)；或采用 Δ 接法SVG装置补偿(图7)。该类型装置的容量普遍设计得非常大^[28-29]：澳大利亚昆士兰铁路安装9套SVC，总容量达600 Mvar；英法海底隧道在每个自耦变压器所设置一台SVC，用于动态无功补偿和电压控制，每台SVC分为两组，分别接于牵引网与钢轨之间、以及馈线与钢轨之间，每组容量为 $-4 \sim 40$ Mvar。

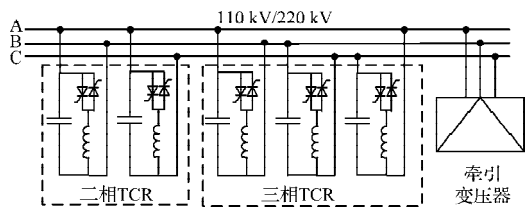


图6 高压系统SVC装置负序治理示意图

Fig. 6 Schematic diagram of SVC treating for negative-phase sequence in high-voltage TPSS

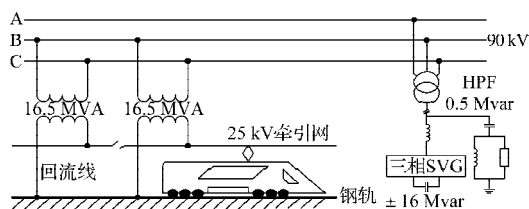


图7 高压系统SVG装置负序治理示意图

Fig. 7 Schematic diagram of SVG treating for negative-phase sequence in high-voltage TPSS

另一种改善负序的方案是，在牵引变压器的两个供电臂之间交换有功功率，使两个供电臂上的牵引电流完全相等，功率因数也完全一致，从而减少负序，某

些接线的变压器甚至由此可完全消除负序^[16-17]。该装置被称之为铁路功率调节器(RPC)(图8)。为减轻RPC变流器容量负担，可进一步在供电臂上各自设置SVC装置消除无功功率，甚至添加滤波器滤除谐波^[30](图9)。

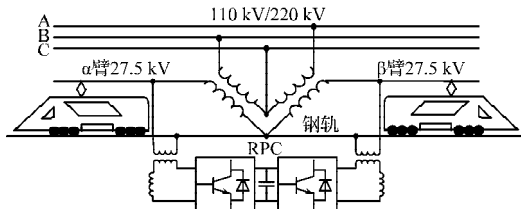


图8 基于有功交换的负序补偿原理示意图

Fig. 8 Schematic diagram of negative-phase sequence treatment based on power-alternation theory

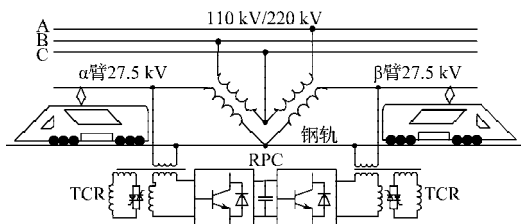


图9 改进型有功交换负序补偿原理示意图

Fig. 9 Schematic diagram of negative-phase sequence treatment based on improved power-alternation theory

上述方案均可有效治理交流牵引供电系统负序，但同一牵引变压器下两个供电臂的牵引网电压总是异相的。然而，在RPC方案中，实际上可轻松实现两个供电臂电压相位和幅值完全一致，亦即同相供电。目前我国已对同相供电进行了深入的研究^[31-33](图10)，并于2011年在成昆线眉山变电所成功示范应用。

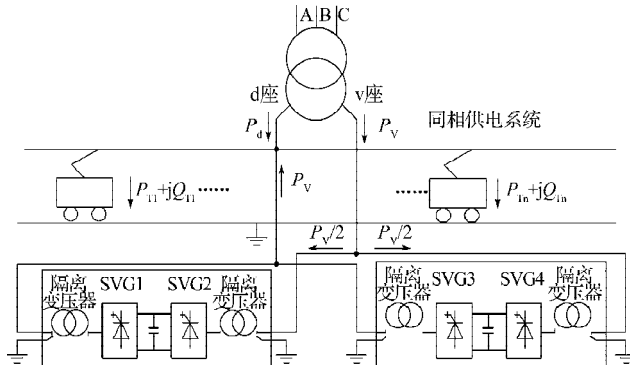


图10 同相供电原理示意图

Fig. 10 Schematic diagram of cophase power supply

5 交流牵引供电系统末端电压的提升

近年来，随着我国国民经济的快速增长和铁路事业的飞速发展，车流密度和载重量显著增加。当牵引供电系统承担的负荷超过设计的远期容量时，线路的供电系统供电能力已经不能满足运输需求，牵引网末端电压水平偏低就是该问题的表现之一。

进行供电系统的扩容改造是解决这一问题的根本

出路,但线路扩容周期长、投入大,无法满足近期运输需求。然而可通过一些改善措施提升牵引网末端电压水平来满足近期激增的运输需求:

(1)牵引网改造。部分线路可能由于长期运行导致接触网接触电阻增大,因此通过采用自阻抗小的接触网可有效减少电压降,或者进一步采用末端并联供电等连接方式减少牵引网电阻的影响。

(2)线路区间串联补偿^[34]。线路阻抗通常表现为感性特征,因此在区间串入电容器来抵消线路电抗压降,抬升末端电压水平,这就是串联补偿的基本思路(图11),这一技术在南昆铁路等线路应用较多。

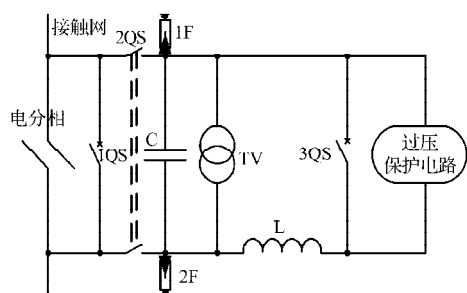


图 11 牵引供电网串联补偿原理示意图

Fig. 11 Schematic diagram of serial compensation for AC TPSS

(3)变电所无功补偿。串联补偿可一定程度提升牵引网末端电压水平,但它存在增加电分相、补偿容量受限等缺点。考虑到串联补偿的实质就是无功补偿,完全可在变电所利用SVC、SVG等装置提升系统功率因数来缓解线路阻抗压降,从而抬升牵引网电压水平。

6 电能质量综合治理

从上述分析可知,牵引网的无功、负序问题既可在牵引变电所的高压侧进行治理,也可在低压侧进行治理;而牵引网谐波和末端电压抬升问题最好在低压侧进行治理。因此,综合解决牵引供电系统负序、无功、谐波、末端电压水平4类电能质量问题的最优方案是,在牵引变电所低压侧治理。根据这一推断,本文提出一种交流牵引供电系统电能质量综合治理新方案(图12)。

新方案中每个供电臂安装一台APF装置和一套高通滤波器(HPF),两台APF装置的直流侧直接并联构成一套RPC装置。针对上述4类电能质量问题,新方案的应对策略有:(1)牵引网无功补偿及末端电压提升问题由APF解决;(2)牵引网2~11次低次谐波由APF进行补偿,更高频次的谐波则由HPF装置滤除;(3)两供电臂通过APF装置的直流侧实现有功功率交换,使两个供电臂的牵引电流在任意时刻都大小相等、功率因数相同,从而补偿负序。

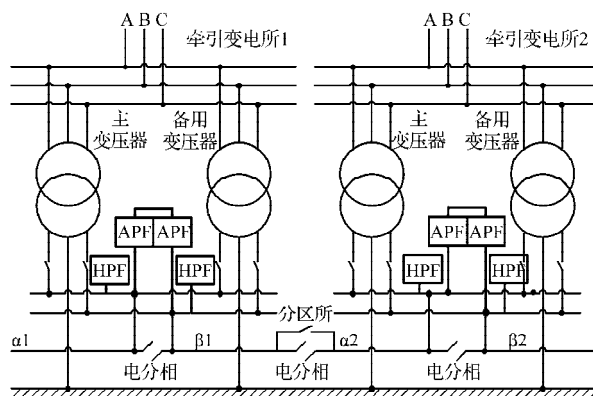


图 12 牵引供电网电能质量综合治理原理示意图

Fig. 12 Schematic diagram of power quality treatment for AC TPSS

综合治理新方案可全面解决交流牵引网电能质量问题。此外任一供电臂上交流传动机车/动车制动产生的回馈能量均可转移到另一供电臂,提升电能利用率。若能进一步在APF变流器控制策略上保证两台变流器交流侧的电压幅值和相位完全一致,就可实现同相供电。这时可取消牵引变电所出口处的电分相(图13),实现部分线路的完全同相,克服电分相带来的速度损失和电能损失,从而可更完美地解决牵引供电网的所有电能质量问题,并提升电能利用率。

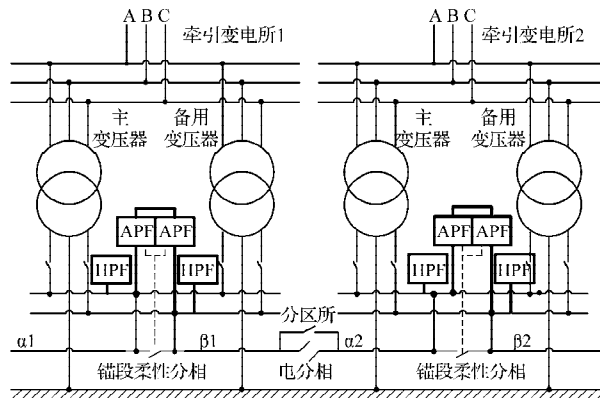


图 13 牵引供电网电能质量综合治理改进方案

Fig. 13 Schematic diagram of improved power quality treatment for AC TPSS

7 结语

本文从无功补偿、谐波治理、负序补偿、末端电压提升以及综合治理等方面对交流牵引供电系统电能质量治理进行了分析,得到如下结论:

(1)交流牵引供电系统的无功补偿已逐步由FC、SVC技术发展到SVG技术,在牵引变电所的低压侧和高压侧均可对电能质量进行治理。

(2)交流牵引供电系统的谐波可通过APF和HPF的综合方案予以治理,基于靠近谐波源就近治理效果更佳考虑,在牵引变电所低压侧进行谐波治理是更好

的选择。

(3) 交流牵引供电系统的负序问题可在牵引网高压侧通过SVC、SVG技术解决,也可在低压侧通过RPC技术补偿,但从电能利用率角度考虑,低压侧解决方案更佳。

(4) 交流牵引供电系统的末端电压的提升可通过串联补偿技术来实现,但基于综合治理的考虑,在变电所采用SVC、SVG技术实现治理更为妥当。

(5) 交流牵引供电系统的4类电能质量问题均可通过牵引变电所APF+HPF的新方案综合治理,并可进一步优化为同相供电系统,这是未来牵引供电系统发展的新思路。

参考文献:

- [1] 铁道部. 铁路“十二五”发展规划 铁计[2011]80号铁道部文件[S]. 2011-07-01.
- [2] 郎兵, 吴命利. 牵引网谐波模型及其仿真计算[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(7): 76-80.
- [3] 方重秋. 电气化铁道牵引负荷谐波电流统计建模、分析[D]. 成都: 西南交通大学, 2008.
- [4] 张杨, 刘志刚. 基于电磁暂态分析的高速铁路牵引网谐波模型及谐波特性分析[J]. 电网技术, 2011, 35(5): 70-75.
- [5] 解绍锋, 李群湛, 赵丽平. 电气化铁道牵引负载谐波分布特征与概率模型研究[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(16): 79-83.
- [6] 吴命利, 李群湛. 电力系统与牵引供电系统三相谐波模型[J]. 铁道学报, 1999, 21(1): 44-47.
- [7] 李建华, 夏道止. 铁道电气化在电力系统中引起的谐波计算方法[J]. 电力系统及其自动化学报, 1993, 5(1): 12-19.
- [8] 董祥. 电气化铁路对电网电能质量影响的预测研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2009.
- [9] 王瑞明, 邵文昌, 秦世耀, 等. 电气化铁路对风电场的影响[J]. 电气技术, 2009(8): 43-46.
- [10] 那广宇, 王珺. 电气化铁路供电系统及其对电力系统的影响[J]. 东北电力技术, 2011(11): 13-17.
- [11] 曾方明. 地铁牵引负荷对电网运行造成的影响及其解决措施[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(10): 63-65.
- [12] 刘育权, 吴国沛, 华煌圣, 等. 高速铁路牵引负荷对电力系统的影响研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 39(18): 150-154.
- [13] 王祖峰, 刘永红, 李文豪. 高速铁路牵引供电系统技术标准体系[J]. 中国铁路, 2011(1): 34-39.
- [14] 李小飞. 电气化铁道电能质量综合控制研究[J]. 电气开关, 2009(4): 40-42.
- [15] 方璐, 罗安, 徐先勇, 等. 高速电气化铁路新型电能质量补偿系统[J]. 电工技术学报, 2010, 25(12): 167-176.
- [16] Mochinaga Y, Hisamizu Y, Takeda M. Static power conditioner using GTO converters for AC electric railway[C]//Power Conversion Conference, 1993: 641-646.
- [17] Uzuka T, Ikeda S, Ueda K. A static voltage fluctuation compensator for AC electric railway[C]//35th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference, 2004(3): 1869-1873.
- [18] 张定华, 桂卫华, 王卫安, 等. 新型电气化铁路电能质量综合补偿系统的研究及工程应用[J]. 电工技术学报, 2009, 24(3): 189-194.
- [19] 王跃, 杨君, 王兆安, 等. 电气化铁路用混合电力滤波器的研究[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(7): 23-27.
- [20] 李群湛, 连级三, 高仕斌. 高速铁路电气化工程[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2006.
- [21] Xu Xiangzheng. Study on Power Quality Control for Electrified Railway[C]//2010 International Conference on Management Science, 2010: 546-549.
- [22] 黄足平, 姜齐荣. 京沪线南翔牵引变电所有源无源混合补偿方案[J]. 电气化铁道, 2009(5): 1-5.
- [23] ABB Power Transmission. Multiple SVC installations for traction load balancing in central Queensland[R]. Sweden: ABB Power Systems AB, 2011.
- [24] Zhu Yongqiang, Liu Wenhua. Balancing compensation of unbalanced load based on single phase STATCOM[C]//The 4th International Power Electronics and Motion Control Conference (IPEMC 2004), 2004: 425-429.
- [25] 国家电网公司. 电气化铁路接入电网电压等级及电能质量治理的研究[R]. 北京: 中国电力科学研究院, 2006.
- [26] 米勒TJE. 电力系统无功功率控制[M]. 胡国根, 译. 北京: 水利电力出版社, 1990.
- [27] 林海雪. 电力系统的三相不平衡[M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.
- [28] Ledwich G, George T A. Using phasors to analyze power system negative phase sequence voltages caused by unbalanced loads[J]. IEEE Transactions on Power systems, 1994, 9(3): 1226-1232.
- [29] Ledwich G, George T A. Negative-phase-sequence reduction with adjacent static reactive-power compensators[J]. IEEE Proceedings Electric Power Applications, 1994, 4(5): 259-263.
- [30] 曾灿林, 罗安, 马伏军, 等. 新型高速铁路电能质量补偿系统及参数设计[J]. 电网技术, 2011, 35(10): 64-69.
- [31] 魏光, 李群湛, 黄军, 等. 新型同相供电牵引供电系统方案[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(10): 80-83.
- [32] 李群湛, 贺建闽. 电气化铁路的同相供电系统与对称性补偿技术[J]. 电力系统自动化, 1996, 20(4): 10-14.
- [33] 周娟, 陈小川, 何顺江. 同相AT牵引网供电方式及其保护方案研究[J]. 电气化铁道, 2007(5): 1-4.
- [34] 杨建华, 向伟. 牵引供电系统区间串联补偿装置分析[J]. 电气化铁道, 2010(1): 19-21.

声 明

为顺应网络环境下期刊出版的新要求,促进期刊网络出版进程,凡被本刊录用的论文,在《中华人民共和国著作权法》的框架内,其复制权、发行权、信息网络传播权、翻译权、汇编权等权利在全球范围内一并转让给《大功率变流技术》编辑部及其授权的第三方使用,本刊一次性支付作者著作权使用报酬(即稿费,包括印刷版、光盘版和网络版等各种版本的稿酬)。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意我刊上述声明。

《大功率变流技术》编辑部