

有源电力滤波器控制方法综述

王伟,周林,徐明

(高电压与电工新技术教育部重点实验室(重庆大学),重庆 400044)

摘要: 谐波问题日益严重,有源电力滤波器(APF)是补偿电力系统谐波及无功功率的重要装置,其控制方法对其性能有很大的影响。因此,提出了许多有源电力滤波器的控制方法。简要介绍了单周控制、滞环电流控制、空间矢量调制、无差拍控制、滑模控制、重复控制、预测控制、模糊控制、自适应控制、迭代自学习控制、无源性控制、神经网络控制在APF中的应用,进行对比分析,指出它们各自的优缺点及一些改进的方案,并展望了未来控制方法的发展方向。

关键词: 单周控制; 无源性控制; 有源电力滤波器

中图分类号: TM477 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)20-0081-06

0 引言

近年来,配电网中整流器、变频调速装置、电弧炉以及各种电力电子设备的应用不断增加,这些负荷的非线性、冲击性和不平衡性的用电特征,对供电质量造成了严重的污染。因此消除谐波污染已成为当前电网建设的一个重要环节。APF可同时实现谐波和无功动态补偿,响应快;受电网阻抗影响小,不容易与电网阻抗发生谐振;跟踪电网频率变化,补偿性能不受电网频率变化的影响等优点,成为谐波治理的一个重要手段^[1]。而APF的补偿性能主要依赖优良的控制方法,因此各种先进控制方法成为APF的研究热点。

1 有源电力滤波器的控制方法

有源电力滤波器的控制方法已有大量的研究,可以概括为两大类:一是传统的控制方法,如滞环电流控制,空间矢量控制,单周控制等。二是新型智能控制方法,包括自适应控制,神经网络控制,预测控制等。下面分别介绍它们用于控制APF的基本原理,并指出其各自的优缺点,及一些改进的方案。

1.1 单周控制

单周控制 OCC (One - Cycle Control) 是一种非线性控制法,最早由美国学者 K M. Smedley 和 S Cuk 提出。其基本思想是:控制开关占空比,在每个

周期内使逆变器开关变量的平均值与控制参考值相等或成一定比例,从而消除稳态和瞬态误差。它具有反应快、控制精度高、控制电路简单、特别是具有控制性能对系统参数变化不敏感等优点。基于上述优点,单周控制在有源滤波器中得到了大量的应用。但由于传统的单周控制有源滤波器以峰值电流检测和比较的方法产生占空比信号,采用一个比较器,在整个正弦波周期内都是开关导通期间电流上升,开关关断期间电流下降,所以存在电流纹波。由于电流的峰值和输入电压波形一致,纹波的存在将使平均电流低于标准正弦,从而产生电流直流分量。文献[2]提出了基于单周控制的有源滤波器双环控制策略,它是在控制电路中加入一个电流积分环节,来实现电流直流分量的闭环调节。实验表明该方法能有效地消除电路中的直流分量。文献[3]提出一种基于互补策略的新型单周控制有源滤波器,具体地,是在正半周时,保持使电流峰顶达到参考正弦波的控制方法;而在负半周时,迫使电流峰底趋于参考正弦波。实验表明该方法能使电流波形对称,不但可以消除电流直流分量,而且可以使单周控制有源滤波器达到全局稳定,能够有效控制低频次谐波。

1.2 滞环电流控制

滞环电流控制 HCC (Hysteresis Current Control) 是目前应用最广泛的一种非线性闭环电流控制方法,它利用滞环比较器形成一个以给定电流为中心的死区或滞环,通过反馈电流与给定电流的滞环比较误差来控制逆变器的开关动作。滞环电流控制基于电流暂态的控制,具有动态响应速度快、鲁棒性好的特点,而且对负载的适应能力强,输出电压中不含

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60172009);重庆市科技计划项目(7952);教育部“春晖计划”科研项目(2003589-13)

特定频率的谐波分量。但开关频率、损耗以及控制的精度受滞环宽度的影响,滞环宽度越小,控制的精度就越高,同时开关频率和开关损耗也加大了。针对滞环电流控制的一些缺点,文献[4]提出了一种基于优化电压矢量的有源滤波器定频滞环电流控制。该方法的特点,一是能快速正确判定参考电压矢量的区域,从而选择优化电压矢量去控制电流,二是可选择逆变器中的两个适当的开关去独立控制相应的两个相间电流,不需估计阻抗值即可实现开关定频化。在达到较高的控制精度、保证较高的输出电压的同时,还实现了开关的定频化,从而使有源滤波器的综合性能有明显提高。

1.3 空间矢量控制

空间矢量控制 SVC (Space Vector Control) 是建立在交流异步电机磁场理论基础上的—种控制策略,开始时其使用范围仅仅局限于电机应用场合,但现在它已发展成一种能够普遍应用的 PWM 技术。它是将三相整流器件作为一个整体来考虑,通过控制与参考矢量最接近的三个开关矢量组合的作用时间,使一个控制周期内开关矢量输出的平均效果与参考矢量相等;其基本思想是在矢量空间中用有限的静止矢量去合成和跟踪调制波的空间旋转矢量,使合成的空间矢量含有调制波的信息。此方法在电压利用率、电流谐波和过调制等方面具有优势,而对零矢量的合理控制可以明显地降低逆变器的开关损耗。但是,传统空间电压矢量控制算法复杂,运算时间长,占用了大量的系统控制时间。文献[5]介绍了一种自适应空间矢量控制法,该方法结合了空间矢量和滞环控制实时跟踪的优点,根据系统跟踪误差的大小,分为环内、环间和环外三部分,当误差范围在环内时,则认为系统瞬时跟踪性能良好,保持前—刻的控制状态。当误差已控制在环间,应做快速调整。如果误差已控制在一定范围内时,开关管应尽量少切换,以减少开关次数,从而减少有源滤波器造成的谐波。当误差值很大时,说明还没有控制好,给最大控制信号,使得系统电流跟踪误差尽可能以最大程度减小,而不再考虑开关状态的切换多少。仿真和实验都证实了这种控制策略可有效地跟踪指令电流,抑制了负载谐波,显著减小了电源侧电流的电流总畸变率,是一种有效的电流跟踪控制方案。

1.4 无差拍控制

无差拍控制 DBC (Dead - Beat Control) 实际上是一种预前控制,其基本思想是根据在第 K 个采样时刻所检测的负载电流和补偿电流,计算第 $K + 1$

时刻的指令电流值及各种可能开关状态下补偿电流的预测值,然后计算某种特定的目标函数(一般为指令值和预测值的累计误差),选择目标函数最小的开关状态作为 $K + 1$ 时刻的开关依据。其优点是动态响应很快,易于计算机执行。但缺点是对系统参数依赖性较大、鲁棒性较差、瞬态响应的超调量大、计算的实时性强、对硬件要求高。为此文献[6]提出了一种带负载电流观测器的 DBC,假定负载电流变化率在采样间隔保持不变,用两个二阶观测器分别观测状态变量(通常为输出电压和滤波电感电流)和负载电流,提高了对不同负载性质的适应性。随着数字信号处理器(DSP)应用的不断发展,这种控制方法将会有广阔的应用前景。文献[7]将无差拍控制应用于串联有源滤波器,仿真表明:用 DBC 控制的 APF 变流器的输出可很好地跟踪参考谐波电压信号,使负载端的电压波形接近于正弦波,这种 APF 即使在开关频率较低时也有良好的动静态响应。

1.5 滑模控制

滑模控制 SMC (Sliding Mode Control) 是一种设计与分析紧密结合、具有对模型不确定和对外界扰动不变化及鲁棒性强等特点的控制方法,其原理是利用控制的不连续性,依靠其高频转换强制闭环系统到达并保持在所设计的滑动面上。在一定条件下滑动模对干扰与系统参数的变化具有不变性。然而滑模控制的不连续开关特性容易引起系统的颤动,这种颤动可能将系统中存在的高频成分激励起来,甚至使系统不稳定。文献[8]将滑模控制应用于单相有源电力滤波器中,试验结果表明控制系统对参数的变化具有不敏感性和较强的鲁棒性,且控制系统的实现只需要低成本的模拟电路。文献[9]以空间矢量分析为基础,推出了一种混合型电力滤波器的滑模变结构控制算法,并分析了相关参数的设计。算法避免了较复杂的谐波电流计算,仿真实验研究结果表明,本文提出的控制算法实现了对电源电流和电容电压的闭环控制,具有良好的控制性能,是一种简单有效且易于实现的方法。

1.6 重复控制

重复控制 RC (Repetitive Control) 是基于内模原理的一种控制思想。内模原理的本质是把系统外部信号的动力学模型植入控制器以构成高精度的反馈控制系统。该原理指出:若要求一个反馈控制系统具有良好的跟踪指令以及抵消扰动影响的能力(即稳态时误差趋于零),并且这种对误差的调节过程

是结构稳定的,则在反馈控制环路内部必须包含一个描述外部输入信号(含指令信号和扰动信号)动力学特性的数学模型。重复控制要求扰动信号是时间的周期函数,但系统的实际运行是周期波动的,直接应用重复控制的效果并不理想。文献[10]把状态反馈和重复控制器用于LC串联谐振型混合APF中的输出电流波形控制,状态反馈环节保证了系统的稳定性,依靠重复控制器提高了输出电流波形的跟踪精度,不仅可以取消逆变器输出滤波器中的电阻元件,大大降低运行损耗,而且能够显著改善滤波效果,这种方案有利于工程应用。

1.7 预测控制

预测控制(Predicted Control)作为一种新型的计算机控制算法,它的算法种类多,表现形式多种多样,但都具有三大本质特征:预测模型、滚动优化和反馈校正。其基本原理是:在当前时刻,基于过程的动态模型预测未来一定时域每个采样周期的过程输出,这些输出作为当前时刻和未来一定时域内控制量的函数。按照基于反馈校正的某个优化目标函数计算当前及未来一定时域的控制量大小。为了防止控制量剧烈变化及超调,一般在优化目标函数中都考虑使未来输出以一定轨迹最优地去跟踪期望设定值。计算出当前控制量后输出给过程实施控制,至下一时刻,根据新测量数据重新按上述步骤计算控制量。所以预测控制是不断滚动地局部优化,而非全局优化。文献[11]利用灰色系统理论建立灰色预测模型,提出了一种两步预测的无时延预测控制,并将其用于APF谐波补偿控制装置。该控制方法具有自学习功能,不需要大样本,4、5个数据就可建模,不必知道系统准确的动态模型的优点。仿真结果表明该方法具有简单、有效的特点。

1.8 模糊控制

模糊控制(Fuzzy Control)是以模糊数学、模糊语言形式的知识表示和模糊逻辑的规则推理作为理论基础,主要包括模糊化、模糊推理与模糊判决三部分。其最大的特点是将专家经验和知识表示成语言控制规则。然后用这些规则去控制系统。模糊控制只需要获得丰富的人工控制经验,应用模糊理论和计算机技术就可以对没有准确数学模型或者数学模型极其复杂,一般控制理论不能进行有效控制的系统加以控制。且系统具有较强的鲁棒性,尤其适合于非线性、时变、滞后系统的控制。文献[12]将模糊控制用于滞环电流控制的有源电力滤波器,提出模糊变环宽的控制,滞环的宽度随电流误差和电流

误差的变化率而变化,使得开关频率得到有效地控制。文献[13]提出一种模糊预测模型,该模型用来预测需要补偿的谐波电流。并在变化的负载下仿真,结果表明系统具有良好的稳定性和动态性能。

1.9 自适应控制

自适应控制系统(Adaptive Control System)可以分为模型参考自适应控制系统和自校正控制系统。模型参考自适应控制系统中的参考模型的输出反映了设计者对被控对象的输出的要求,调节机构根据某种设计准则来调节可调节控制器的参数,使参考模型的输出和对象的输出之误差趋于零。

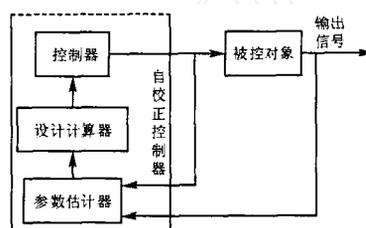


图1 自校正控制系统原理图

Fig 1 Working procedure of auto-adaptive system to control

自校正控制系统的典型结构如图1所示。参数估计器利用对象的输入输出量的测量值所提供的信息,迭代地估计对象参数,设计计算器根据选定的设计准则和获得的参数估计值,来计算控制器参数,从而获得有效的控制作用。文献[14]提出了一种基于自适应智能控制的混合有源电力滤波器复合控制方案。其中对谐波电流比例系数采用神经元自适应PD控制算法,根据电网参数的变化自动调节PD控制器的参数;对谐波电压比例系数则采用基于自适应神经网络的解耦控制,仿真和工程应用都表明采用这种复合控制混合有源电力滤波器能达到较好的滤波效果。

1.10 迭代自学习控制

迭代自学习控制(Iterative Learning Control)的基本思想是,基于多次重复训练(运行),只要能保证训练过程的系统不变性,控制作用的确定可以在模型不确定的情况下获得有规律的原则,使系统的实际输出逼近期望输出。在迭代学习控制系统中,控制作用的学习是通过对以往控制经验(控制作用与误差的加权和)的记忆实现的。算法的收敛性依赖于加权因子的确定。这种学习系统的核心是系统不变性的假设以及基于记忆单元的间断的重复训练过程。它的学习控制规律极为简单,可实现训练间隙的离线计算,因而不但有较好的实时性,而且对干扰和系统模型的变化具有一定的鲁棒性。文献

[15] 将迭代自学习控制应用于并联有源电力滤波器 APF 的补偿控制策略中,建立了计算机仿真模型并进行了实验研究。结果表明,对于同时检测负荷侧和系统侧谐波电流的并联 APF,采用该控制策略可减少实际装置的测量信号数目,大大简化控制系统的复杂性,与传统的 PD 控制相比,迭代自学习控制原理简单,实现方便,具有更好的跟踪谐波和抗干扰能力。

1.11 无源性控制

无源性控制 (Passivity Based Control) 是基于能量这个桥梁,将控制理论与先验知识和物理描述结合在一起。从以高阶微分方程和一些代数方程描述的数学模型出发,控制的设计被简化为定义一系列表示所需动态的内部状态方程。主要包括两个步骤:一是“能量成形”,通过改变系统的能量函数,使新的能量函数在设计的平衡点上具有全局最小解。二是非线性阻尼注入,改变系统的耗散函数,保证系统的全局渐进稳定。这样系统能在满足“无源性”的条件下达到要求的性能。这种方法从系统能量角度出发,使控制器的设计得到一定程度的简化,并且提高了系统鲁棒性。文献 [16] 将无源性理论应用于有源电力滤波器中,能够利用有源滤波器系统本身的物理结构特点,为构造 Lyapunov 函数提供信息,通过无源性理论分析,获得了比较简单易实现的控制规律。通过改变负载的性质和负载的大小,对控制系统进行了仿真分析,无源性控制能够很好地保证系统的稳定性和鲁棒性,并且具有明确的物理意义,对有源电力滤波器的控制提出了一种全新的出发点。

1.12 人工神经网络控制

人工神经网络 ANN (Artificial Neural Network) 是一种新型的信息处理技术,实际上是以一种简单计算的处理单元(即神经元)为节点,采用某种网络拓扑结构构成的活性网络,可以用来描述几乎任意的非线性系统。神经网络具有学习能力、记忆能力、计算能力以及各种智能处理能力,可以在不同程度和层次上,模仿人脑神经系统的信息处理存储和检索的功能。

基于神经网络控制的有源电力滤波器^[17]如图 2 所示,其基本工作原理:采用进化算法来完成神经网络的训练数据,神经网络控制电路产生合适的开关控制信号,从而产生需要补偿的谐波电流。计算机仿真表明可达到理想的补偿效果。该控制方法避免了对于给定补偿电流的复杂计算,且具有广泛的

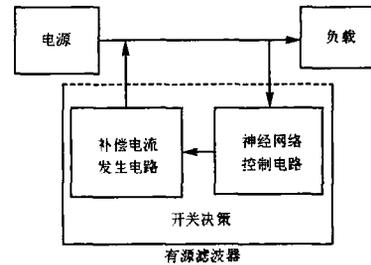


图 2 神经网络控制的有源电力滤波器原理图

Fig 2 Working procedure of APF with a neural network controller

适用性,可用于补偿单相,三相三线制和三相四线制非线性负载的 APF 系统。但大量神经网络用于控制 APF 的研究都还仅限于仿真,没有真正出现应用的实例。

2 有源滤波器控制方法的发展方向

有源滤波器控制方法虽然已有大量的研究,但还存在一些尚未解决的问题,下面对未来的控制方法的发展提出几点建议。

2.1 传统控制方法的改进

传统的控制方法尚存在一些固有的缺点,通过一些改进来弥补其不足,且不会削弱其优点,是一个发展方向。

2.2 智能控制方法的完善

智能控制方法尽管已经大量地用于有源电力滤波器的研究,如自适应控制,预测控制等,但其一般需要建立合适的模型才能发挥控制的优势。所以,现阶段还没有真正用于实际的例子。因此,建立统一的,能用于实际工程的有源电力滤波器的模型是智能控制需要解决的问题。

2.3 传统控制方法和新型智能控制方法的结合

将智能控制引入传统控制方法中,利用智能控制的优点来改善传统控制方法的不足,从而提高控制性能,是一个重要的发展方向。

2.4 控制方法的数字化实现

随着数字信号处理器 DSP 的不断发展,其运算速度的加快和成本的降低,用于控制有源电力滤波器,将很大程度上简化控制电路,降低成本,利于工业化的实现。所以,数字信号处理器 DSP 在有源电力滤波器中的应用将会越来越广泛。而现阶段大多数的控制方法都是依赖硬件电路来实现,如何将些控制方法数字化,是一个值得研究的问题。

3 结论

本文介绍了现阶段国内外关于有源电力滤波器的各种控制方法,指出了各自的优缺点,及一些改进的方案,最后展望了该领域今后的发展方向。可以看出,目前对 APF 控制方法的研究大多还处于仿真和实验阶段,如何将已有的研究成果进一步完善并用于实际中,以提高我国的电能质量,值得广大的科技工作者认真思考。

参考文献:

- [1] 王兆安,杨君,刘进军. 谐波抑制和无功功率补偿 [M]. 北京:机械工业出版社,1998
WANG Zhao-an, YANG Jun, LIU Jin-jun Harmonics Elimination and Reactive Power Compensation [M]. Beijing: China Machine Press, 1998
- [2] 钱挺,吕征宇,胡进,等. 基于单周控制的有源滤波器双环控制策略 [J]. 中国电机工程学报, 2003, 23 (3): 34-37.
QIAN Ting, LÜ Zheng-yu, HU Jin, et al Dual-Loop Scheme for Unified Constant-Frequency Integration Control of Active Power Filter [J]. Proceedings of the CSEE, 2003, 23 (3): 34-37.
- [3] 费万民,吕征宇,钱挺. 基于互补策略的新型单周控制有源滤波器 [J]. 电力系统自动化, 2003, 27 (3): 50-62
FEI Wan-min, LÜ Zheng-yu, QIAN Ting A Novel One-Cycle Control Active Filter Based on Complementary Control Strategies [J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27 (3): 50-62
- [4] 曾江,焦连伟,倪以信,等. 有源滤波器定频滞环电流控制新方法 [J]. 电网技术, 2000, 24 (6): 1-8
ZENG Jiang, JIAO Lian-wei, NI Yi-xin, et al A New Current Control Method for Active Power Filters with Constant Switch Frequency [J]. Power System Technology, 2000, 24 (6): 1-8
- [5] 田大强,蒋平,唐国庆. 空间矢量控制在有源滤波器中的应用研究 [J]. 电力电子技术, 2003, 37 (4): 1-3
TIAN Da-qiang, JIANG Ping, TANG Guo-qing Adaptive SVPWM Control Strategy in Active Filter [J]. Power Electronics, 2003, 37 (4): 1-3
- [6] Yokoyama T, Kawamura A. Disturbance Observer Based Fully Digital Controlled PWM Inverter for CVCF Operation [J]. IEEE Trans on Pow Electr, 1994, 9 (5): 473-480
- [7] 李玉梅,马伟明. 无差拍控制在串联电力有源滤波器中的应用 [J]. 电力系统自动化, 2001, 25 (8): 28-31.
LI Yu-mei, MA Wei-ming Application of Dead-Beat Control in Series Active Power Filter [J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25 (8): 28-31.
- [8] Miret J, de Vicuxia L G, Castilla M. A Simple Sliding Mode Control of an Active Power Filter[A]. Power Electronics Specialists Conference 2004. 1052-1056
- [9] 童梅,项基. 一种混合型电力滤波器的变结构控制 [J]. 电工技术学报, 2002, 17 (1): 59-63.
TONG Mei, XIANG Ji Variable Structure Control for a Hybrid Power Filter [J]. Electrician Technology, 2002, 17 (1): 59-63.
- [10] 刘飞,邹云屏,李辉. 基于重复控制的电压源型逆变器输出电流波形控制方法 [J]. 中国电机工程学报, 2005, 25 (19): 58-63.
LIU Fei, ZOU Yu-ping The Repetitive Control Algorithm Based Waveform Correction for Voltage Source Inverters [J]. Proceedings of the CSEE, 2005, 25 (19): 58-63
- [11] 李江,孙海顺,程时杰,等. 基于灰色系统理论的有源滤波器的预测控制 [J]. 中国电机工程学报, 2002, 22 (2): 6-10
LI Jiang, SUN Hai-shun, CHENG Shi-jie, et al Prediction Control of Active Power Filter Based on the Grey Theory [J]. Proceedings of the CSEE, 2002, 22 (2): 6-10.
- [12] YU Dong-mei, GUO Qing-ding, HU Qing, et al A Novel DSP Based Current Controller with Fuzzy Variable-Band Hysteresis for Active Power Filters [A]. Transmission and Distribution Conference 2005. 1-5.
- [13] FAN Shao-sheng, WANG Yao-nan Fuzzy Model Predictive Control for Active Power Filter [A]. IEEE International Conference on Electric Utility Deregulation 2004. 296-300.
- [14] 付青,罗安,王莉娜. 基于自适应智能控制的混合有源电力滤波器复合控制 [J]. 中国电机工程报, 2005, 25 (14): 46-51.
FU Qing, LUO An, WANG Li-na A Novel Hybrid Control Based the Adaptive Intelligent Theorems for the Shunt Hybrid Active Power Filter [J]. Proceedings of the CSEE, 2005, 25 (14): 46-51.
- [15] 张霞,陈允平. 并联有源电力滤波器的自学习控制 [J]. 电力系统自动化, 2003, 27 (7): 58-62
ZHANG Xia, CHEN Yu-ping Using Iterative Learning Control in Shunt Active Power Filter [J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27 (7): 58-62
- [16] 钟庆,吴捷,杨金明. 并联型有源电力滤波器的无源性控制 [J]. 控制与决策, 2004, 19 (1): 77-80
ZHONG Qing, WU Jie, YANG Jin-ming Passivity Based Control of the Shunt Active Power Filters [J]. Control and Decision, 2004, 19 (1): 77-80
- [17] 童梅,童杰,蒋静坪. 有源滤波器的神经网络控制 [J]. 电工技术学报, 2000, 15 (1): 57-60.
TONG Mei, TONG Jie, JIANG Jing-ping Active Filter

with Neural Network Controller [J]. Electrician Technology, 2000, 15(1): 57-60.

力滤波器; E-mail: wangwei6219382@sohu.com

周林(1961-),男,博士,教授,硕士生导师,从事FACTS装置及电网谐波治理研究;

徐明(1983-),男,硕士研究生,研究方向为有源电力滤波器。

收稿日期: 2006-03-13; 修回日期: 2006-04-25

作者简介:

王伟(1981-),男,硕士研究生,研究方向为有源电

Control methods of active power filter

WANG Wei, ZHOU Lin, XU Ming

(The Key Laboratory of High Voltage Engineering and Electrical New Technology Education Ministry, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: Harmonic pollution becomes more and more serious. Active power filter (APF) is an important equipment to compensate harmonic and reactive currents in power systems and its control method has a great influence on its performance. So many control methods of APF were presented. This paper introduces briefly about several control methods used by APF, covering the one-cycle control, hysteresis current control, space vector control, dead-beat control, sliding mode control, repetitive control, predicted control, fuzzy control, adaptive control, iterative learning control, passivity based control, artificial neural network control and so on. The comparison and analysis indicate their individual advantages and disadvantages. The improved ways and control methods are proposed.

This project is supported by National Natural Science Foundation of China (No. 60172009), Scientific Research Project of Chongqing (No. 7952), and the "Chunhui Project" of State Education Ministry of China (No. 20033589-13).

Key words: one-cycle control; passivity based control; active power filter

(上接第 69 页 continued from page 69)

张海峰(1977-),男,硕士,讲师,研究方向为电能质量分析及电力电子在电力系统中的应用。E-mail: zhifzhang@163.com

收稿日期: 2006-04-12; 修回日期: 2006-05-22

作者简介:

Feasibility study of 110 kV urban network on increasing conductor allowable temperature in alpine-cold region

ZHANG Hai-feng¹, LI Zhao-nian¹, SHEN Quan-hai²

(1. Hydroelectric Department, Qinghai University, Xining 810016, China;

2. Qinghai Elect Power Company, Xining 810000, China)

Abstract: With the density increasing of urban networks, transmission line corridor is decreasing rapidly, increasing conductor allowable temperature could tap the transmission capacity potential of many existing lines sufficiently and reduce the number of new lines or reduce the cost of new lines. In particular alpine-cold meteorologic condition, feasibility of increasing conductor allowable temperature in 110kV urban networks is studied. The test running results show that networks could operate safely except that a few hardware fittings could not meet the demand when conductor allowable temperature is increased from 70 degree Celsius to 80 degree Celsius.

Key words: alpine-cold region; conductor allowable temperature; transmission capacity

(上接第 75 页 continued from page 75)

Preliminary study on the mode of electricity e-commerce

LU Zhen-wei

(Xi'an Electricity Power Supply Bureau, Xi'an 710041, China)

Abstract: The paper puts forward a kind of electricity electronic commerce mode frame in order to realize the electronic service providing, the automatic measurement of electric meter, the automatic transmission of electricity information, the automatic calculation of electric charge and the automatic collection of electric charge, the automatic calculation of electric power fee and the automatic collection of electric power fee and to realize the whole electrification of electric service trade, using the present electricity network and communication network. It is a complete, feasible electricity e-commerce mode.

Key words: electric charge; electric power fee; e-commerce