

# 浅谈柔性输电技术

李炳锋

(兰州城市学院, 兰州 730070)

**摘要:** 灵活交流输电系统(FACTS)是近年来出现的一项新技术,本文对 FACTS 控制器的分类进行了简单扼要的介绍,对 FACTS 的工作原理进行了分析,指出 FACTS 技术使用也可进一步提高我国电力系统运行的经济性。

**关键词:** 柔性输电技术 控制器 高压输电 补偿器

## 1 FACTS 输电技术简介

灵活交流输电系统(FACTS)是近年来出现的一项新技术。它“应用电力电子技术的最新发展成就以及现代控制技术实现对交流输电系统参数以至网络结构的灵活快速控制,以期实现输送功率的合理分配,降低功率损耗和发电成本,大幅度提高系统稳定性、可靠性”。此项技术已进入“成形期”,被专家预测为“现代电力系统中三项具有变革性的前沿课题之一”,也是实现电力系统安全、经济、综合控制的重要手段。

FACTS 的理论是由美国电力科学研究院的著名电力专家 Hingorani 于 1986 年创建。日新月异的电力电子技术与电力系统传统的控制元件相结合,从而使电力系统中影响潮流分布的 3 个主要电气参数:电压、线路阻抗及功率角可按系统的需要迅速调整。在不改变网络结构的情况下,使网络的功率传输能力以及潮流和电压的可控性大为提高。

在电力系统中,FACTS 的主要功能可归纳为:

- (1) 较大范围地控制潮流使之按指定路径流动;
- (2) 保证输电线的负荷可以接近热稳定极限又不过负荷;
- (3) 在控制的区域内可以传输更多的功率,减少发电机的热备用;
- (4) 依靠限制短路和设备故障的影响来防止线路串级跳闸;
- (5) 阻尼那些会损坏设备或限制输电容量的各种电力系统振荡。

目前,FACTS 已在多方面取得应用成果。国外从 60 年代早期就开始应用 SVC,而用于输电电压控制则始于 70 年代末期。国内对 FACTS 控制器及其技术也给予了足够的重视,在各有关方面的支持和资助下已开展了多方面的工作。

## 2 FACTS 控制器的分类及工作原理

### 2.1 FACTS 控制器的分类:

按安装地点不同,FACTS 控制器可分为发电型,输电型,供电型三类。分类情况如图 1:

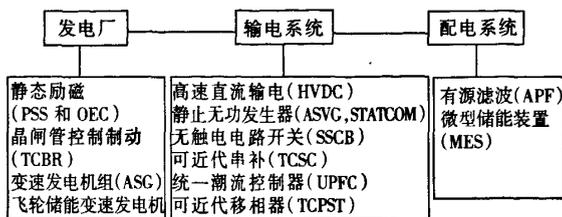


图 1

### 2.2 FACTS 控制器的工作原理

按控制器原理可分为阻抗控制型控制器(如 SVC, TCSC),相角控制型控制器(如 TCPST, TCSC),电压控制型控制器(如 ASVG)三类。

各控制器工作原理:

- (1) 静止无功补偿器 SVC(Static Var Compensatory)。通过在输电线中间并联 SVC 减小线路两端转移阻抗以增大线路输送功率极限,增加稳定性。靠 SVC 可变输出导纳调节系统转移阻抗以增加系统阻尼。
- (2) 晶闸管控制的串联电容补偿器 TCSC(Thyristor Controlled Series Compensatory)。通过在输电线中间串联可变阻抗大范围平滑调节输电线路补偿阻抗。主要用于:网络潮流控制,改善电网潮流分布,消除环流;电力系统暂态稳定控制,提高系统暂态稳定性;电力系统阻尼控制,抑制低频和次同步振荡。
- (3) 静止调相机 STATCOM (Static Condenser),即 ASVG (Advanced Static Var Generator, 先进静止无功发生器)。

ASVG 由一并联于线路上的电压源型逆变器构成。

ASVG 工作原理:对理想 ASVG( $\Delta p=0$ ),可通过改变输出电压幅值来实现与交流系统交

换无功功率。当 ASVG 输出电压幅值  $V_1$  小于系统电压幅值  $V_s$  时,ASVG 发出领先的无功,起电抗器作用;当  $V_1$  等于  $V_s$  时,ASVG 与系统无无功交换。实际中,ASVG 有一定损耗,需同时调节  $V_1$  与  $V_s$  相角差来控制 ASVG 与系统交换的有功,从而保持直流电容电压大小。

- (4) 晶闸管控制的移相器 TCPST (下转第 21 页)

内燃机曲柄连杆机构在回程、止点与行程固定、定时及协调工作、容易实现启动、便于驱动附属系统等方面的优点,形成了一种新的能量转换系统。建立了单缸轴向电力约束活塞发动机负载时的动力学模型,并对其进行了受力分析,明确了其负载时产生的电磁力。利用解析法求解出在负载情况下电力约束活塞发动机的电磁力,并得到了电磁力的仿真曲线图,为后面进行更深入的仿真分析打下了基础。

#### 参考文献

- [1] 周志宏. 直线发电机的方案设计—自由活塞式内燃直线发电机研究进展(一)[J]. 石油机械, 2003, 31(11): 62-64.
- [2] 张铁柱, 张洪信, 张继忠等. 约束活塞型内燃式柔性动力系统. 内燃机科技(中国内燃机学会 2005 年学术年会会议论文集, 特邀报告). 武汉: 华中科技大学出版社, 2005: 92-95.
- [3] 张铁柱, 张继忠, 张洪信, 戴作强. 直线上燃式发电装置, 实用新型 ZL200420097646.8, 2005-12-28.
- [4] 张心, 张铁柱, 霍炜等. 单缸电力约束活塞发动机空载特性

(上接第 17 页)(Thyristor Controlled Phase Shifting Transformer)

PST 原理是在输电线每相电压中串入一个与线路相电压垂直的可变电压分量, 采用晶闸管控制的抽头. 连续平滑地调节其幅值. 从而调节线路两端电压向量间的角度. 以达到控制线路负荷, 调节网内功率分配和增进线路稳定极限以及阻尼振荡等目的。

#### (5) 相间功率控制器 IPC (Interphase Power Controller)

在每相输电线中串入两个 J 并联的容抗和感抗分支, 使其分别从属于相互无关的移相电压. 它是基于每个分支的高阻抗或等值的阻抗, 以限制电流和解耦电压的装置. 利用机械型或电子型开关调节相位 / 分支阻抗, 还可独立调节有功和无功功率. 提高输送能力, 并可改善系统的动态特性。

(6) 静止同步串联补偿器 SSSC (Static Synchronous Series Compensatory). SSSC 具有基于 GT O 同步电压源逆变器的结构, 它串联接入线路。

SSSC 原理: 向线路注入一与其电压相差 90° 的可控电压. 以快速控制线路的有效阻抗. 从而进行有效的系统控制。

(7) 统一潮流控制器 UPFC (Unified Power Flow Controller). UPFC 是 FACTS 控制器中最具代表性的控制器. 又称综合潮流控制器, 通过选择不同的运行方式. 能同时或有选择的控制输电线路的电压、阻抗和相角. 它的最大特点是能快速精确地控制潮流变化、功率流向、输送能力和阻尼振荡等。

#### 3 结束语

FACTS 技术是将大功率电力电子器件、微电子技术等集中应用于电力系统的技术, 可以对发电、交流输电、供电系统进行控制, 提高电力系统稳定性、安全性、可靠性

研究[J]. 青岛大学学报, 2007, 22(1): 1-5.

- [5] 杨波. 稀土永磁往复式直线发电机的研究[D]哈尔滨理工大学, 2006.

#### Research on the Load Electromagnetic Force of Single-cylinder Electric Power Confined Piston Engine

GOU Yanan

(Zaozhuang College, Shandong, Zaozhuang 277000)

**Abstract:** The prominent shortcomings of traditional engine-electric generator system is low conversional efficiency. To improve it, a new kind of invention of Hot-Electricity Conversion systems—the Single-cylinder Electric Power Confined Piston Engine is designed. This paper introduces the working principle and structure of Single-cylinder Electric Power Confined Piston Engine and researches the load electromagnetic force of it, solves the electromagnetic force of the Electric Power Confined Piston Engine in the condition of load characteristic by analytical method.

**Key words:** Electric Power Confined Piston Engine, working principle, load electromagnetic force

的保障, 同时也是节能和环保的有效措施. 针对我国电网稳定性较弱的问题, 必须在加强网络架构建设和改造的同时, 应用最新的 FACTS 技术来加强对电力系统的调节和控制. 因此, FACTS 技术使用也可进一步提高我国电力系统运行的经济性. 2) 通过对 FACTS 控制器结构、功能、运行性能等深入的了解, 更有利于工程人员正确应用 FACTS 控制器。

#### 参考文献

- [1] 衣斌. 浅谈柔性交流输电 (FACTS) 技术[J]. 中国科技信息, 2007(10): 34-36
- [2] 赵林平. 柔性直流输电技术及其应用研究. 现代企业文化·理论版, 2009(14): 67-69
- [3] 何大愚. 电力电子技术的进步与柔性交流输电技术的换代发展. 电网技术, 1999(10): 23
- [4] 叶彬. 柔性交流输电系统控制器的多目标协调设计. 浙江大学学报(工学版), 2007(2): 41

#### Study on the FACTS

Lǐ Bingfeng

(City College of Lanzhou, Lanzhou 730070)

**Abstract:** Flexible AC Transmission Systems (FACTS) is a new technology emerged in recent years, this paper carried out the brief introduction to the classification of FACTS controllers, analyzed the FACTS work principle, pointed out that the use of FACTS technology can further enhance the China electric power system operation of the economy.

**Key words:** FACTS, controller, high-voltage transmission, compensator

# 浅谈柔性输电技术

作者: [李炳锋, LI Bingfeng](#)  
作者单位: [兰州城市学院, 兰州, 730070](#)  
刊名: [现代制造技术与装备](#)  
英文刊名: [MODERN MANUFACTURING TECHNOLOGY AND EQUIPMENT](#)  
年, 卷(期): 2010, ""(2)  
被引用次数: 0次

## 参考文献(4条)

1. [衣斌](#) [浅谈柔性交流输电\(FACTS\)技术](#) 2007(10)
2. [赵林平](#) [柔性直流输电技术及其应用研究](#) 2009(14)
3. [何大愚](#) [电力电子技术的进步与柔性交流输电技术的换代发展](#) 1999(10)
4. [叶彬](#) [柔性交流输电系统控制器的多目标协调设计](#) 2007(2)

## 相似文献(1条)

1. 学位论文 [古国晨](#) [智能控制在UPFC中的应用研究](#) 1999

随首电力系统规模的不断扩大, 暂态稳定和动态稳定对系统的安全运行变得越来越重要. 同时, 随着电力电子器件的飞速发展, 柔性输电技术(FACTS)应运而生. FACTS技术是利用现有的电力设备, 通过提高它们的输送能力达到它们的热稳定极限来解决输电能量的问题. 而且FACTS技术可以使电能按指定的线路流动, 这使得输电具有很强的灵活性. 统一潮流控制器(UPFC)是柔性输电技术的最新发展. 该文首先介绍FACTS技术产生的背景, UPFC的工作原理, 分析了它对潮流控制的影响和提高系统的暂态稳定性的能力. 然后针对UPFC的控制变量多, 控制规律复杂的特点, 提出了一种自组织模糊神经控制器, 这种控制器主要包含输入, 输出层和两层隐含层, 这个神经网络通过学习能够使模糊逻辑控制的功能. 通过定义目标函数, 网络可以从控制系统中自动得到训练样本, 按照BP算法在线优化网络权值. 最后, 在一个单机对无穷大系统中, 动态仿真自组织模糊神经网络控制器对UPFC控制作用. 实际结果证实了自组织模糊神经网络控制器对UPFC的良好控制作用.

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_xdzzjsyzb201002007.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_xdzzjsyzb201002007.aspx)

授权使用: 兰州交通大学(lzjd), 授权号: df31383e-ca99-4b54-8e92-9dfc01209aa6

下载时间: 2010年9月25日