

采用定制电力技术解决配电侧电能质量问题

吴 彤, 涂光瑜, 杨小卫

(华中科技大学电气与电子工程学院, 武汉 430074)

摘 要: 基于电能质量定义, 介绍了当前新的研究领域——定制电力技术, 着重分析了统一电能质量控制器(UP-QC)的产生背景。在此基础上通过对小型定制电力工业园区模型的介绍和分析, 表明采用定制电力技术将成为解决配电侧电能质量问题的关键。

关键词: 电能质量; 电力电子技术; 统一电能质量控制器; 定制电力工业园区

中图分类号: TM761; TM471 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-6520(2005)09-0072-03

Research of Custom Power Technology Applied for Improving the Power Quality

WU Tong, TU Guangyu, YANG Xiaowei

(College of Electrical & Electronic Engineering Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Power quality is becoming a research focus on the power system with the wide applications of the sensitive loads. Definitions of power quality are presented. The development of the custom power technology is introduced. The research background of the unified power quality controller (UPQC) and the application example of the custom power, custom power park model, are presented respectively, which will be the development direction of the power system.

Key words: power quality; power electronics; unified power quality controller; custom power park

0 引 言

随着人们对电能质量问题研究的不断深入, 各种新技术不断应用到电能质量领域。特别是电力电子技术的迅速发展, 人们设计制造了一系列的器件以减轻电能质量问题的影响。基于这些器件的发展水平和其可能的应用前景, 很多学者提出了对电能质量问题的不同解决方案。

本文较深入分析了电能质量, 介绍了解决电能质量问题的关键技术及其发展趋势。

1 电能质量评价指标和检测方法

评价电能质量^[1~3]的指标很多, 且由于各个国家对电能质量的要求不一, 其对相同电能质量指标的要求也各不相同。IEEE 第 22 标准协调委员会和其他国际委员会采用电压中断、频率偏差、电压下降、电压上升、瞬时脉冲、电压波动与闪变、电压切痕、谐波、间谐波、过电压、欠电压 11 种专用术语来说明电压质量的主要扰动^[4]。

2 定制电力技术

2.1 定制电力的概念

EPRI 学者 NG Hingorani 于 1988 年提出定制电力的概念, 它是应用现代电力电子和控制技术为

实现电能质量控制及为用户提供特定需要的电力供应技术。日本茨城大学和北海道大学 1996 年共同提出了 FRIENDS 供电新概念及新技术^[5~7]。

2.2 定制电力工业园区

定制电力园区^[8]或称优质电力工业园区^[9,10]或电能质量工业园^[11]。处在定制电力园区的所有用户都能从高质量的电力供给中受益。文[12]介绍了优质电力工业园区的集中和分布式类型。

2.3 小型定制电力工业园区模型

小型定制电力工业园区结构^[13]见图 1, 图中, CPPBus 为定制电力工业园区总线; PF、AF 分别为主要、可变馈线; STS 为静态转换开关; DG 为柴油发电机; U_{s1} 、 U_{s2} 分别为电源 1、2 电压; $B_1 \sim B_4$ 为断

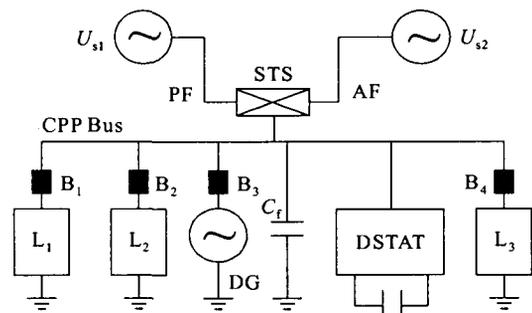


图 1 小型定制电力工业园区结构图

Fig. 1 Layout of the mini custom power park

路器; $L_1 \sim L_3$ 为负荷; C_f 为电容器组; DSTAT 为电力变换装置。

向园区供给的电能由不同变电所的 2 条馈线提供, 此 2 条馈线通过固态隔离开关连接并构成一初级馈线到备用馈线的次级开关。此外, 电力变换装置用来消除谐波电流或校正电压下沉/上涌。

3 电力电子控制器

目前应用于电能质量控制的电力电子控制器有: ①SSCB/SSB(固态断路器); ②STATCOM(静止同步补偿器); ③DVR(动态电压恢复器); ④APF(有源滤波器); ⑤UPQC(统一电能质量控制器); ⑥FCL(故障限流器); ⑦SMES(超导储能系统)。这些装置对稳定性起到补偿作用, 如提供快速的无功支撑、稳定电压波形、消除谐波, 抑制波动和闪变; 又能补偿动态, 平滑短时的供电电压中断和跌落, 为敏感性负载提供优质的电能。

3.1 各种电力电子控制器的主要作用和特点

固态断路器: 是基于 GTO 的一种能快速动作以切除电力系统故障的设备^[14]。同时也能配合其它电力电子器件以提高用户的电能质量, 如消除故障过电流的发展。

静止同步补偿器: 是快速响应的固态电力控制器, 能向 4.16~69 kV 配电线在连接处提供灵活的电压控制以改进电能质量; 是一个交流同步电压源, 通过一联络电抗和配电系统交换无功电力, 其结果可通过 STATCOM 和配电线间的联络电抗来控制电流, 以在变压器和用户处瞬时控制端电压和校正功率因数。

动态电压恢复器: 是用来补偿电压跌落、提高下游敏感负荷供电质量的有效串联补偿装置^[15]。

有源滤波器: 与无源滤波器相比, APF 具有高度可控性和快速响应性, 能补偿各次谐波, 抑制闪变、补偿无功, 有一机多能的特点, 性价比较合理; 滤波特性不受系统阻抗的影响, 可消除与系统阻抗发生谐振的危险; 具有自适应功能, 可自动跟踪补偿变化的谐波。

故障限流器: 利用电力电子技术, 动作速度快、允许动作次数多、控制简便, 能限制控制短路电流值, 利用固态开关特性可在约一工频周期时间内快速无弧切断短路电流; 同时电流过零时自然关断可避免或极大地减少断开短路而引起的暂态过电压。

超导储能系统: 储能损耗低、储能密度大、适应于电力负荷峰谷调节, 能迅速注入/吸收有功/无功或动态控制交流系统的潮流。

3.2 统一电能质量控制器

UPQC 是集串、并联型补偿装置的多重功能于一体的调节器, 它是当前定制电力技术中新的研究热点, UPQC 与统一潮流控制器 (UPFC) 具有相似的拓扑电路结构, 其并联单元具有 STATCOM、APF 等功能, 其串联单元具有 DVR、动态不间断电源 (UPS) 等功能, 其直流储能单元具有蓄电池能量存储系统 (BESS) 等功能, 通过多目标协调控制实现电压调节 (电压跌落、电压突升、电压畸变补偿等)、有功、无功动态调节、有源滤波、平衡化补偿、动态不间断电源、储能、直流电源等综合功能^[16]。

3.3 电力电子器件

文^[17]综述了动态电压恢复器、超导储能系统和固态断路器; 文^[18, 19]综述了有源滤波技术; 文^[20, 21]综述了固态限流器。各种电力电子控制器都采用并跟随当前电力电子器件的快速发展而发展, 前面所提控制器一般是针对某一或几个指标调节或补偿, 达到控制和提高电能质量的目的。而 UPQC 是一种集合多项控制器基本功能的综合控制器。本文对其详细介绍。

4 统一电能质量控制器

日本学者 Akagi 在 1996 年分析有源滤波器新趋势时, 提出了 UPQC 的概念。目前国内外一些实验室和高校开始研究此课题^[22, 23]。

4.1 统一电能质量控制器典型结构

图 2 中的点划线框部分给出了 UPQC 主回路一种典型拓扑电路结构。根据配电网的实际情况, 若母线处 A 点电压不能满足下游 B 点处重要用户 (设此用户为非线性、非对称、敏感负荷) 的电压要求, 则通过 UPQC 的串联补偿单元换流桥 1 使 B 处电压补偿为标准电压, 此处电压达到了敏感负荷的要求; 同时对此非线性、非对称负荷通过 UPQC 的并联补偿单元换流桥 2 补偿无功、谐波、负序分量等, 避免了此用户对上游电网产生电能质量的干扰、污染等问题, 这样电网对用户是一个高可靠、高质量的绿色电源, 同时用户又是电网的合格用户; 另外利

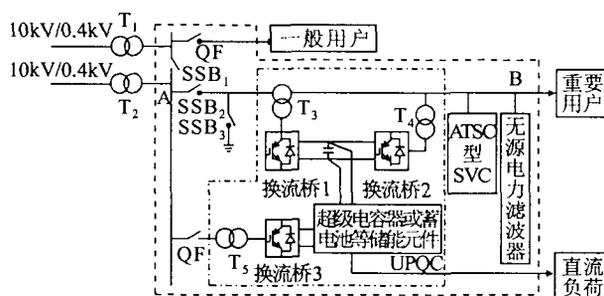


图 2 UPQC 主回路典型拓扑电路结构

Fig. 2 Structure of UPQC

用换流桥 3 对由超级电容器或蓄电池组等组成的直流储能系统进行储能。

采用功率因数校正技术使换流桥 3 从电网获取的交流电流为电网电压同相位的正弦波,即功率因数为 1。在负荷高峰时直流储能系统又可通过换流桥 2 对负荷提供有功支持;系统电源断电时直流储能系统通过换流桥 1 对负荷提供 UPS 功能,换流桥 2 提供补偿无功、谐波等功能,使各换流桥的容量分配合理。因此,要根据实际情况合理确定 UPQC 不同的主回路拓扑结构和不同的补偿控制策略,使 UPQC 中的各换流桥功能和容量分配合理,降低其整体造价,充分发挥其功率,提高换流桥的利用率。

UPQC 还可与新型晶闸管快速投切电容器组 ATSC 型 SVC 无源电力滤波器配合使用,ATSC 可动态补偿大量的基波无功,LC 无源电力滤波器可补偿基本不变的基波无功和若干次谐波,这样可大大减小 UPQC 的容量,降低整体造价,这种组合又称为经济实用型统一电能质量调节器,具有更高的性价比,适合实际工程应用。

UPQC 的直流储能单元可作为直流电源向直流负荷供电,也可作为将来电动汽车的充电站等。

4.2 控制策略

无功和谐波检测控制技术是关系到 UPQC 性能好坏的关键技术之一。只有准确无误地检测出电网中的畸变量,才有可能得到理想的补偿效果。文[24]介绍了一种不平衡三相系统的同步检测法。

5 结 语

通过对统一电能控制器的讨论和对优质电力工业园区的介绍,明确了电能质量解决的发展方向,对电能质量及其意义的认识较深刻。

参 考 文 献

- [1] Dugan R C, Megranghan M F, Benty H W. Electrical power systems quality[M]. New York: McGraw-Hill, 1996.
- [2] IEEE Power Engineering society, 96TP110-0. Glossary of terms and definitions concerning electric power transmission system access and wheeling[S].
- [3] 韩英铎,严干贵,姜齐荣. 信息电力与 FACTS&DFACTS 技术[J]. 电力系统自动化,2000,24(19):1-7.

- [4] Chow Dhury H B. Power Quality[J]. IEEE Potentials, 2001, 20(2):5-11.
- [5] Nara K, Hasegawa J. An advanced flexible and reliable distribution system[C]. Proc of EMPD'95. [s. l.], 1995: 55-60.
- [6] Nara K, Hasegawa J. A new flexible, reliable and intelligent electrical energy delivery system[J]. Electrical Engineering in Japan, 1997, 121(1): 47-53.
- [7] Nara K, Hasegawa J. Configuration of new power delivery system for reliable power supply[C]. Proc of IEEE PES SM'99. [s. l.], 1999, 248-253.
- [8] Hingorani N G. Overview of custom power applications[C]. IEEE-PES Summer Meeting Panel Session on Application of Custom Power Devices for Enhanced Power Quality. San Diego, CA, 1998, 1 147-1 150.
- [9] Arnold R. Solutions to the power quality problem[J]. Power Engineering, 2001, 15(2): 65-73.
- [10] Alvarez C, Alamar J, Domijan A Jr, et al. An investigation toward new technologies and issues in power quality[C]. Proceedings of Harmonics and Quality of Power. [s. l.], 2000: 444-449.
- [11] Banerjee B B, Joglekar S, Moncrief W A. Power quality park prospects [C]. Power Quality mumbai, india, 1998: 13-18.
- [12] 奚 珣. 电能质量的更高要求及对策[J]. 供用电,2002,19(1):40-41.
- [13] Ghosh A, Joshi A. The concept and operating principles of a mini custom power park[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2004, 9(9): 1-9
- [14] Alvarez C, alamar J, domijan A Jr, et al. An investigation toward new technologies and issues in power quality[C]. Proceedings, Ninth International Conference on Harmonics and Quality of Power. [s. l.], 2000, 2: 444-449.
- [15] Kevin Chan, A lexander Kara. 动态电压恢复器装置及其特性[J]. 国际电力,1998(2):49-51.
- [16] 李 鹏,陈志业,尹华丽,等. 统一电能质量控制器及其控制信号检测方法探讨[J]. 华北电力大学学报,2002,29(2):1-5.
- [17] 严干贵,姜齐荣,黄民聪. 未来用户的电力技术[J]. 电力系统自动化, 2002,26(1):62-69.
- [18] 朱东柏,刘 骥,崔 勇,等. 电力有源技术及无功补偿技术[J]. 哈尔滨理工大学学报,2002,7(2):1-4.
- [19] 胡 铭,陈 珩. 有源滤波技术及其应用[J]. 电力系统自动化,2000,24(3):66-70.
- [20] 陈金祥,董恩源,邹积岩. 固态故障电流限制器(FCL)的应用与发展[J]. 继电器,2000,28(12):35-37.
- [21] 陈 刚,江道灼,吴兆麟. 固态短路限流器的研究与发展[J]. 电力系统自动化,2003,25(10):89-94.
- [22] Fujita H, Akagi H. The unified power quality conditioner: The intergration of series and shunt active filters[J]. IEEE Trans on Power Electronics, 1998, 13(2): 315-322.
- [23] Aredes M, Heumann K, Walandble E H. An universal active power line conditioner[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1998, 13(2): 545-551.
- [24] 李庚银,陈志业,丁巧林. 用于有源补偿器的广义瞬时无功电流实时检测算法[J]. 电力系统自动化,1997,21(2):28-31.

(收稿日期 2004-09-18)

- 吴 彤 1971 年生,博士,研究方向为电力系统及其自动化技术。电话:(027)87544274;E-mail: atong@mail. hust. edu. cn
- 涂光瑜 1941 年生,教授,博导,研究方向为电力系统及其自动化技术。电话:(027)87544274;E-mail: gytu@public. wh. hb. cn

• 新产品信息 •

上海雷格仪器公司最新研制出:

- 1) DPS8000 型数字核相系统,该系统具有无线传输特点,因其独有的数字显示相角差和相序的功能使核相更为安全、可靠。
- 2) HSC 系列充气回收装置,包括 HSC300 型 SF₆ 充气回收车、HSC100 型 SF₆ 气体充气和抽真空装置。所有产品均采用原装进口部件,并采用数字真空表和紫铜管联接,保证了回收质量和整机的密封性能。

上海雷格仪器公司代理的 973-SF₆ 露点仪由世界上著名专业露点仪制造厂家瑞士的 MBW 公司制造,是目前世界上非常先进的 SF₆ 水分测量仪器,相对于上一代在国内广泛使用的露点仪而言,又添加了纯度测量功能,自动判定露点和液晶触摸屏显示,避免了人为判定的误差,进一步提高了测量的准确度。