

柔性、可靠、智能型配电系统的综述

陈卓, 刘念

(四川大学电气信息学院, 四川 成都 610064)

摘要: 针对目前城域的复杂性电网结构以及用电设备对电能质量的不良影响, 提出了一种较为灵活、可靠、智能的新型配电系统——FRIENDS 柔性配电系统。该配电系统采用个性化多菜单服务体系, 通过电能控制中心自由选择电能质量的标准; 同时在用户端建立分布式能源存储系统, 能够加强用户端的信息管理与能源管理, 满足在故障时不间断供电的要求, 因此可以提高供电系统的安全稳定性, 保证电网优质、可靠地运行。这种与配电自动化、信息管理技术、电力电子技术相结合的配电系统将成为电力系统不可或缺的一部分。

关键词: 电能质量; 配电网; 电能控制中心; 电网优化

中图分类号: TM72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)20-0067-05

0 引言

随着供电系统非线性负荷的大量增加, 用电设备对电能质量的干扰现象也愈加严重和复杂; 电能质量的下降同时严重影响敏感用电设备的正常工作, 并对电网安全运行构成威胁。在城市供电方面, 提高电能质量, 加强对电能质量的综合监控, 满足不同用户对电能质量不同需求, 保证电网优质、可靠地运行显得尤为重要。我国城市电网电能质量的问题比较普遍, 质量水平不高, 迫切需要对电能质量问题展开全面研究, 通过理论研究与实践, 建立一个较为完整的有关电能质量电能技术, 管理体系以及较为完善的配电网成为电力市场进程中亟待解决的问题。

在我国, 现存的电能分配系统所产生的电能引起很多不安全和不便利的问题, 诸如, 在馈电线末端产生高电压, 及因不方便使得保护措施不当等。配电网发展滞后已经成为进一步发展电力工业, 提高电能质量的瓶颈。目前, 分布式发电机和分布式能源存储系统在国外一些配电系统中已经进入试验应用阶段, 这为重新构建配电网, 有效地解决电能质量问题提供了契机。本文根据国内外电力科技发展的最新动态和发展趋势, 以最大限度地保证供电可靠性和提高电能质量为目标, 提出了一种柔性的、可靠的、智能型的配电系统, 简称 FRIENDS^[1, 2]。

1 FRIENDS 的概念和特征^[3]

FRIENDS 是一种新型的有关电能分配的系统, 其实质是一种柔性的、智能的、可靠的配电网。它通过使用分布式发电机、储能系统及电力电子技术、通

讯技术和储能设备等实现一些功能。例如, 在正常及故障情况下系统能实现自动灵活地调节; 用户能自由选择电能质量的标准等。

拥有 FRIENDS 的电力系统可以在故障发生之后, 通过灵活地改变配电系统的结构, 实现在不断电的情况下安全运行, 同时每个用户可以通过 QCC 独立地选择电能质量指标。具体地说, 对每个用户而言这种系统提供个性化多菜单服务, 用户可以根据自己的需要自由选择电能质量的标准^[4]。除此以外, 由于用户端安装有储能系统, 可以通过对用户端的高效管理来存储能量, 从而在发电和用电之间建立了适应电力系统的稳定、可靠的运行方案。

在 FRIENDS 中, 为加强供电可靠性, 通过配有 多条电力线的多个变电站向 QCC 供电。QCC 为满足不同用户的不同需求产生各种电能质量指标, 而且为了保证电能质量的稳定性、可靠性, 在 QCC 配备分布式发电机和储能系统; 除此以外, 为了便于灵活控制, 在高压线和低压线之间装设许多静电开关。QCC 在控制某些设备和提供各种信息方面起着枢纽的作用, 成为数据通讯和传输信息的中心。

2 FRIENDS 电网结构的优化问题

从各种观点来看, 实现 FRIENDS 的首要问题是寻找到最好的电网结构, 电网结构合理与否对供电可靠性和投资影响很大。传统的配网结构采用闭环建设、开环运行的辐射型配电方式, 由变电所直接向用户配电(有时设置开关站), 这种网络结构需要线路较多, 尤其是电路电缆投资较高。FRIENDS 的供电网与 QCC 连接, 结合配电自动化技术选择和控制在电能质量。配电系统自动化可以优化电网结构和无

功设备,从而降低电能损耗,同时可以实现数据共享,提高管理水平。图1给出了 FRIENDS 电网结构的一个例子。

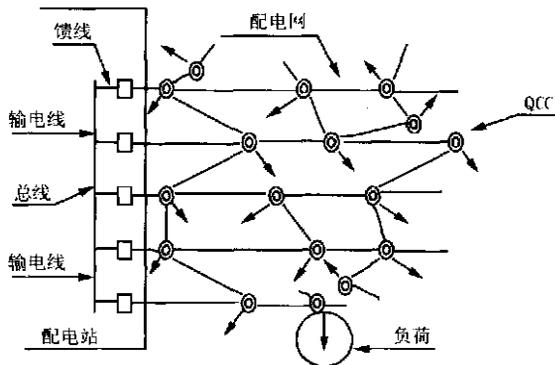


图1 FRIENDS 电网结构示例

Fig.1 Example of FRIENDS network structure

FRIENDS 是一种柔性配电系统,本文对该柔性配电网采用经济可靠性的评估指标,即针对供电可靠性、设备安装的费用及日常运行费用等方面,着重考虑城域 FRIENDS 电网结构的建设与优化,要求在保证储能系统最大限度的存贮容量和线流量,以及对所有用户无间断供电的条件下使电网线的铺设和储能系统的安装费用尽可能达到最少。

对应的目标函数:

$$[\sum_{n=1}^{ND} (aX_n + bYN_n) + \sum_{m=1}^{BR} c_m YL_m] + \sum_{t=1}^T Oloss^t \quad (1)$$

要求目标函数最小。其中 ND 表示第 n 个 QCC 电能存储系统的数量, BR 表示电位线的条数, X_n 表示第 n 个 QCC 储能电源的容量;如果当 $X_n = 0$ 时, $YN_n = 1$, 否则 $YN_n = 0$ 。 $Oloss^t$ 表示第 t 个用户配电网上的电能损耗。上式第 1 个因式表示线路及储能设备的安装费用,第 2 个因式表示配电网的运行损耗。

约束条件:电能存储系统的安装容量最大

$$X_n \quad (0, X_n^1, X_n^2, \dots, X_n^p) \quad (n=1, \dots, ND) \quad (2)$$

其中: $X_n^1, X_n^2, \dots, X_n^p$ 互不相关。

潮流最大

$$P_m \quad P_m^r \quad \bar{P}_m \quad (m=1, \dots, BR, r=1, \dots, FLT, t=1, \dots, T) \quad (3)$$

潮流方程

$$P_n(V, \theta) = 0 \quad (n=1, \dots, ND, r=1, \dots, FLT, t=1, \dots, T) \quad (4)$$

$$Q_n(V, \theta) = 0 \quad (n=1, \dots, ND, r=1, \dots, FLT, t=1, \dots, T) \quad (5)$$

本文只考虑城域网结构,所以因式中不包括电压降的约束,认为不产生电压降落。

上述是一个组合优化的问题,可以通过 Tabu 搜索技术^[7-9]有效地解决。

实际上, FRIENDS 供电网与 QCC 相连,配电系统为避免故障时停止供电,最初将 QCC 连接两条电力线,但故障发生在同一条线路时,这种结构必须减少一些负荷方可。虽然配电损失减少了,过负荷数量也减少,但是安装的费用提高了。所以为了解决这个问题,同时提高系统可靠性,考虑 QCC 与 3 条线相连或者 QCC 与两条线相连外加一个电能存储单元 DG,这样即使故障发生在两条线路上仍可以通过另一条线路给所有负荷供电,无需减少负荷的数量。通过实践表明,两条线配以一个 DG 的安装费用明显少于与 3 条线相连的费用。

3 有关 FRIENDS 的电能质量控制

3.1 电能质量控制中心(QCC)的机能

为实现个性化菜单服务,在 QCC 建立几种不同的电能质量标准(标准质量、高质量、顶级质量),QCC 通过以下机能实现控制电能质量的功能:

1) 配电网灵活多变的机构重组。文献[10]提出了有关配电网重构的几种解决方法,本文根据 FRIENDS 的概念,利用安装在 QCC 高压侧的混合型转接开关来实现电网重构,这样电网故障线路可以立即切除,从而使得断电频率明显减少。文献[11]中提出了利用晶闸管的导通和关断控制电能质量,实现电网重构的控制方案。

2) 电能储备的合理控制。由于电能是一种特殊能源,它不能蓄积,发电供电输电几乎同时完成,所以为提高供电的可靠性,QCC 安装有能源存储系统,从而保证在故障时不间断供电。

3) 电能质量改良设备的合理控制。电能质量不仅指供电可靠性问题,还包括波形失真、电压的骤升骤降、瞬间断电及电压不平衡等。QCC 利用一些电能质量改良设备合理控制电能质量,实现提高电能质量的功能。这些改良设备有:不间断供电电源 UPS,有源滤波器 AF,自动调压器 AVR,动态调压器 DVR,静电无功补偿器 SVC,故障限流器 FCL,静电补偿器 STATCOM 等。文献[13]中具体讲述了一些电力电子设备在配电网中的应用。

3.2 QCC 对电能质量的不同定义

QCC 为补偿所受到干扰的影响将电能质量分为电压稳定度、供电可持续性、电压波形 3 个方面。电

压稳定度包括过电压和欠电压、电压骤升和骤降、相移、闪变及频偏;供电可持续性包括瞬间断电、短时间断电及持续断电;电压波形包括过渡过程、三相电压不平衡、谐波电压及谐波电流、电压凹陷。一方面可以通过电力电子设备、变压器和小型储能设备补偿除频率偏移外的电压稳定度;另一方面,为满足持续供电的要求需要一个较大容量的储能设备或者一个分布式发电机;此外,为补偿电压波形则需要一个较小容量的储能设备。

本文根据上述的几个方面将个性化电能质量的电能指标分为:标准电能、高质电能、顶级电能。由于个性化电能质量服务体系中对电能质量不同方面的不同要求,提出了不同的定义。

1) 若要求电压骤升骤降的补偿比断电时的补偿重要时,采用图2的QCC所定义的电能质量。其中,标准质量的电能只对过电压和欠电压及过渡过程补偿较好,而对相移、电压闪变、三相电压不平衡、谐波电压电流的补偿较差;高质电能可以很好地满足电压的稳定度及过渡过程的要求,而且高质电能通过一个DVR,所以对电压闪变有补偿的作用,但是对三相电压不平衡、谐波电压电流的补偿依然不理想;经由一个储能设备的顶级电能对三相电压不平衡、谐波电压的补偿效果一般,对谐波电流的补偿及其他方面的补偿都很好。

这种定义产生的电能质量存在一些问题。就FRIENDS而言,为减少配电损耗,在QCC安装有转接开关,标准电能可以通过转接开关避免一些扰动,但是如果扰动发生在两条输电线上,转接开关就不能用来提高电能质量。在高质电网上,电压的骤升、骤降可以通过DVR校正,但当QCC的两条进线断开时,上述的情形就不能通过DVR校正。一般情况下,顶级电网断电时通过UPS来补偿,主要侧重于对三相电压不平衡和谐波电压的补偿作用。

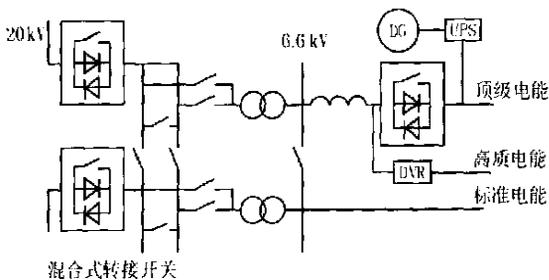


图2 QCC定义的电能质量

Fig.2 QCC for power quality

2) 若对断电的补偿要求高于电压骤升、骤降

时,电能质量的定义为:标准电能只对过电压和欠电压、过渡过程补偿较好,对电压骤升、骤降和断电的持续性的补偿一般,其他则较差;高质电能对过电压和欠电压、短暂断电、持续断电和过渡过程的补偿较好,对电压骤升、骤降及瞬间断电的补偿一般,其他则较差;顶级电能对电压稳定度、供电持续性及电压波形都有较好的补偿作用。这种QCC定义的电能质量如图3所示。

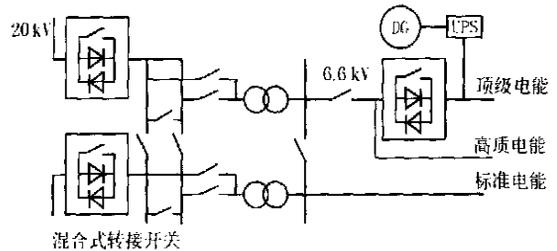


图3 QCC定义的电能质量

Fig.3 QCC for power quality

与图2不同的是高质电网不是通过DVR,而是直接与网络相连,同时通过UPS直接供电给顶级电能,而非再经过逆变器供电。如果在UPS的直流侧安装一个储能元件,则高质量和顶级质量电能的可持续性断电都可得到补偿,当没有必要对三相电压不平衡和谐波电压电流补偿时,可以用DVR和DG代替UPS和DG。

4 QCC的结构

4.1 三相四线制结构

通过利用一个三相四线制交流逆变器和两节电池向单相负荷输送3种不同的电能,电能的工作模式分为:通常的工作模式、电压骤降补偿工作模式、UPS的工作模式。

通常的工作模式下,系统对因负荷引起的三相不平衡电压和谐波电压以及由负荷引起的谐波电流进行校正,如果在负荷端有逆向能流从分布式发电机流出,则能量被两节电池吸收。在电压骤降补偿的工作模式下,顶级电能和高质电能的电压骤降可由逆相器输入的无功功率补偿,而标准电能的电压骤降无法得到补偿。UPS工作模式下电池供给单相负荷所有的能量。

4.2 UPS型结构

根据UPS的概念^[15,16]定义的QCC的结构如图4所示,这种结构可以提供直流和交流电能。

工作在正常情况时,通过电网经由变压器直接提供标准质量和高质量电能,顶级电能则通过了两

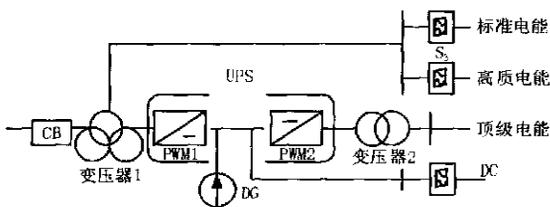


图4 UPS型的QCC结构

Fig. 4 Configuration of UPS-type QCC

个脉冲调制器提高了电能的质量。额定工作状态下可以调节直流部分的电压,从而在能源存储系统和两个脉宽调节器之间存在直流电能的交换,这一点与一般的UPS是不同的。故障状态时,通过安装在QCC的DG向负荷供电,提高了供电稳定性。

4.3 UPQC 综合电能质量补偿型结构

UPQC主要目的是用于控制电能质量,结构如图5所示,其中 $S_1 \sim S_4$ 是混合式开关。

正常状态下, S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 闭合,PWM1补偿电压的骤升骤降、瞬时断电以及电网产生的过电压和欠电压,PWM2吸收在负荷侧的谐波电流,同时补偿功率因数。故障时,断开 S_1 、 S_3 、 S_4 ,闭合 S_2 ,通过跨接PWM2及DG提供电能。

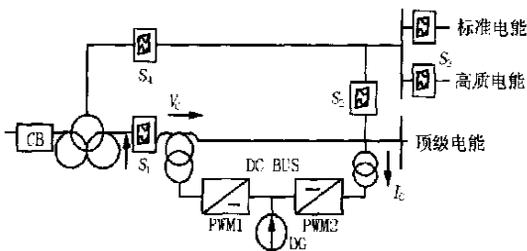


图5 UPQC的结构

Fig. 5 Configuration of UPQC-type QCC

除了以上3种QCC的结构外,文献[17]还提出了一种利用能量管理系统EMS作为能源存储系统的QCC的内部结构和控制方案。

5 未来的因素

5.1 集中式与分散式配电系统

由于电力系统非线性负荷的增加,同时又有许多独立的发电单位参与电力市场,供电的可靠性可能由于电力公司无法完全控制独立的发电单位发电而被破坏掉了,将来,要通过加强这个电力系统来维持现存的电力系统的供电可靠性。因此,如果继续这种单一的结构维系其可靠性,则必然会使得改进方面的费用非常贵。

根据FRIENDS的概念而言,在传输系统方面,

某种程度上的不可靠是允许的,因为电能质量控制中心可以提高并且提供用户所需要的电能可靠性指标。通常,由发电和传输系统组成的上级电网和由配电系统组成的下级电网上的局部电力传输系统可以管理其稳定性以及各自的电价,分布式电力传输系统是FRIENDS柔性配电系统的概念的拓展,与现存的集中式电力传输系统相比有以下特点:

1) 混合型电力系统,即由核电厂、火电厂这样大型的发电厂发的电用于满足基本负荷容量,柴油发电机这种小型机组发出的电用于满足高峰负荷用电。因此,发电费用变得较为便宜,同时也减少对全球环境的影响。

2) 电力系统的用户端局部投资。与之相比,集中式电力系统需要电力公司对这个系统投资。

3) 分布式能源广泛应用于城市。同当地的配电系统相联系,使当地的配电网更加复杂,故而要加强能量及信息方面的管理。

5.2 FRIENDS 柔性配电网先进的能量转换

为减少环境的影响,对用户端的管理实施直接或者间接的控制。直接控制是指选择一个具体的设备,但直接控制其设备的数量是有限的;间接控制却可以投入所有的设备。在FRIENDS柔性配电网中使用多菜单服务,可以直接且独立地控制每个电能质量的设备。例如,当高质量电能设备在不间断供电时,标准质量的设备可以直接控制其关断,这样直接控制的影响就减少了。

传统的电力系统稳定性是通过电力系统共同提高的。若提高用户端的稳定性,用户的所有设备都必须有很高的稳定性。FRIENDS稳定性是区域式提高,用户用有限的高质量设备实现高质量供电。倘若电力系统在紧急情况时,可以减少标准质量的电能,这样使发电、输电、配电系统可以有效地工作。分布式发电机的使用会使得当地的电力系统稳定性下降,从而提高了整个电力系统稳定性的费用,如果通过FRIENDS有效地并且区域式地控制稳定度,供电费用和用电费用都会有所减少。

6 结论

这篇文章主要阐述了FRIENDS新型的柔性、可靠、智能型配电系统。根据FRIENDS的概念,这种提供个性化多菜单服务的柔性配电系统利用QCC对用户端实施直接或间接控制,从而实现小型分布式能源与大型集中式电能的有机统一。将来,结合配电自动化以及配电信息管理系统,配电系统会变

得愈来愈个性化、实用化,并逐渐成为电力系统中必不可少的一部分。

参考文献:

- [1] Nara K, Hasegawa J. An Advanced Flexible and Reliable Distribution System[A]. Proceedings of the International Conference on Energy Management and Power Delivery. 1995. 1: 55-60.
- [2] Nara K, Hasegawa J. A New Flexible, Reliable and Intelligent Electrical Energy Delivery System[J]. Electrical Engineering in Japan, 1997, 121(1): 26-34.
- [3] Kichiro T, Koichi N, Jun H, et al. Flexible, Reliable, and Intelligent Electric Energy Delivery System: Concepts and perspective[J]. Electrical Engineering in Japan (English Translation of Denki Gakkai Ronbunshi), 2003, 143, (3): 20-28.
- [4] Tsutomu O. Demand Side Prospects of Multiple Menu Service in Power System with the Quality Control Center[A]. IEEE Engineering Society, Winter Meeting. 1999. 1: 422-426.
- [5] 厉吉文,李红梅,张连宏,等(LI Ji-wen, LI Hong-mei, ZHANG Lian-hong, et al). 配电系统自动化实施过程中的几点建议(Some Suggestions on Implementation of Distribution System Automation) [J]. 电网技术(Power System Technology), 1999, 23(10): 68-70.
- [6] 张新勇,黄群古,任震(ZHANG Xin-yong, HUANG Qun-gu, REN Zhen). 一项对配电网进行可靠性评估的新指标(A New Index of Reliability Evaluation for Distribution Networks) [J]. 继电器(Relay), 2004, 32(2): 19-22.
- [7] 陈根军,李继光,王磊,等(CHEN Gen-jun, LI Ji-guang, WANG Lei, et al). 基于 Tabu 搜索的配电网规划(Distribution System Planning by Tabu Search Approach) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2001, 25(7): 40-44.
- [8] 杨期余,潘力强(YANG Qi-yu, PAN Li-qiang). 应用于城网规划中的新算法——Tabu 搜索(Application of Tabu Search to Urban Power Network Planning) [J]. 电力自动化设备(Electric Power Automation Equipment), 2001, 21(12): 9-12.
- [9] Gallego R A, Romero R, Monticelli A J. Tabu Search Algorithm for Network Synthesis[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2000, 15(2): 490-495.
- [10] 沈晓东,刘俊勇,孙毅(SHEN Xiao-dong, LIU Jun-yong, SUN Yi). 配电网重构的研究和发展(Study and Development on Reconfiguration of Electric Network) [J]. 四川电力技术(Sichuan Electric Power Technology), 2003, 26(2): 1-4.
- [11] Ryoichi H, Hiroyuki K, Eiichi T, et al. Turnoff Scheme of Thyristor Switches for Network Reconfiguration in FRIENDS [J]. Electrical Engineering in Japan (English Translation of Denki Gakkai Ronbunshi), 2003, 142(1): 32-41.
- [12] 原立涛,李凤玲(YUAN Li-tao, LI Feng-ling). UPS 电源简介(Introduction to UPS Power) [J]. 煤炭技术(Coal Technology), 2001, 20(7): 17-19.
- [13] 陈建业(CHEN Jian-ye). 电力电子技术在配电网中的应用(Application of Power Electronic Technology to Distribution Network) [J]. 国际电力(International Electric Power), 2001, 5(1): 28-32.
- [14] Toshifumi I, Kichiro T. Flexible, Reliable and Intelligent Electric Energy Delivery System: Configuration of Quality Control Center [J]. Proceedings of the American Power Conference, 1999, 61(1): 512-517.
- [15] 陈家松,徐济仁(CHEN Jia-song, XU Ji-ren). 选择和使用维护 UPS 电源(Selection, Operation and Maintenance of UPS) [J]. 通信电源技术(Telecom Power Technologies), 2001, (3): 31-33.
- [16] 陈静,何湘宁(CHEN Jing, HE Xiang-ning). 智能 UPS 的研究和发展(Research and Development on Intelligent UPS) [J]. 中国电力(Electric Power), 2002, 35(3): 77-80.
- [17] Takashi S, Kiyoyuki K, Ryoichi H, et al. Interior Structure of a Quality Control Center at the Low-voltage Side Considering Power Conditioning by SMES [J]. Electrical Engineering in Japan (English Translation of Denki Gakkai Ronbunshi), 2003, 143(3): 20-28.

收稿日期: 2003-02-11; 修回日期: 2004-03-10

作者简介:

陈卓(1980-),女,硕士研究生,研究方向为电力设备局部放电在线监测; E-mail: chenzhuo1011@sohu.com

刘念(1956-),男,教授,博士,从事电气设备运行监测和故障诊断新技术研究。

Survey of the flexible, reliable and intelligent power delivery system

CHEN Zhuo, LIU Nian

(School of Electrical Information, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

(下转第 77 页 continued on page 77)

- tion of Electric Power Systems) ,2003 ,26(1) :62-69.
- [24] 钱杞,张培铭(QIAN Qi, ZHANG Pei-ming). 低压交流断路器的限流技术(Current Limiting Technologies for AC Low Voltage Circuit Breakers) [J]. 低压电器(Low Voltage Apparatus) ,2000 ,3 :3-8.
- [25] 钱杞,张培铭(QIAN Qi, ZHANG Pei-ming). 低压直流断路器的限流技术(Current Limiting Technologies for DC Low Voltage Circuit Breakers) [J]. 电气开关(Electric Switcher) ,2000 ,1 :14-17.
- [26] 杨纪明,马志瀛,金立军(YANG Ji-ming, MA Zhi-ying, JIN Li-jun). 基于小波变换的短路电流各分量的计算(The Numerical Calculation for Components of Short-circuit Current Based on Wavelet Transform) [J]. 电工技术杂志(Transactions of China Electrotechnical Society) ,1999 ,6 :13-15.
- [27] 王久和,滕国仁,朱小龙,等(WANG Jiu-he, TENG Guo-ren, ZHU Xiao-long, et al). 井下短路电流快速检测的研究(Study on Fast Detection of Short Circuit Current in Underground Mine Pit) [J]. 电工技术杂志(Transactions of China Electrotechnical Society) ,2002 ,6 :22-23.
- [28] 王久和,田忠友,孙廷海(WANG Jiu-he, TIAN Zhong-you, SUN Ting-hai). 试论煤矿井下快速断电安全技术(Probe into Safety Technique of Speedy Interruption in Underground Coal Mine Pit) [J]. 中国安全科学学报(Journal of China Safety Science) ,1998 ,8 :42-46.
- [29] 郑清水,马志瀛,钱华(ZHENG Qing-shui, MA Zhi-ying, QIAN Hua). 短路电流快速检测电路及其 Pspice 仿真研究(Fast Detection Circuit of Short-circuit Current and Its Pspice Simulation Research) [J]. 现代电力(Modern Electric Power) ,2003 ,20(5) :35-39.
- [30] 王启章,姚月娥(WANG Qi-zhang, YAO Yue-e). 从 FCL 看开关技术发展的新增长点——混合式开关设备(Hybrid Switchgear——The New Growing Point of Switchgear as viewed from FCL) [J]. 高压电器(High Voltage Apparatus) ,2003 ,39(2) :23-25.

收稿日期: 2004-01-13; 修回日期: 2004-03-30

作者简介:

梅 军(1971 -) ,男,博士研究生,主要研究方向为电力电子技术在电力系统中的应用; E-mail: mei-jun@sina.com

郑建勇(1966 -) ,男,教授,硕士生导师,主要研究方向为电力电子技术在电力系统中的应用;

胡敏强(1961 -) ,男,教授,博士生导师,主要研究方向为电机与电器。

Research and development of the hybrid current limiting circuit breaker

MEI Jun¹, ZHENG Jian-yong¹, HU Min-qiang¹, CHAI Ji-tao², WU Heng-rong²

(1. Electrical Engineering Department, Southeast University, Nanjing 210096, China;

2. Jiangsu Huasha Electrical Group Corporation, Yangzhong 212200, China)

Abstract: The progress of the power electronics technology and electronic components provides a new opportunity to the development of power systems, and brings the hybrid current limiting circuit breaker (HCLCB). This paper discusses the theory of the HCLCB and its development at home and abroad, then introduces the topologies of the HCLCB based on the different parts like natural and forced current commutations with their technical characteristics. Finally, the paper demonstrates the key points in the design of HCLCB with the mechanical structure and the fault current fast detecting method. All these are supposed to be useful to the HCLCB design.

This project is supported by Jiangsu Province Technologies R & D Programme(BE2003043).

Key words: hybrid circuit breaker; hybrid current limiting device; fast current detecting

(上接第 71 页 continued from page 71)

Abstract: According to the present complicated network configuration and the bad influence of electric facilities on power quality, a flexible, reliable and intelligent power delivery system——FRIENDS is proposed in this paper. Customized multi-menu services are produced for this flexible delivery system. In the quality control center, this delivery system can select various levels of quality freely. Meanwhile energy storage systems are installed in demand side, which is able to enhance the information services and energy managements to customers and supply electrical power without interruption. So the stabilization of power system is improved and network operation with high quality and reliability is ensured. The delivery system combined with distribution automation, information management techniques and electronic techniques will become one necessary part of power system.

Key words: power quality; power delivery system; quality control center; network optimization