

直流固态断路器现状及应用前景

胡杰, 王莉, 穆建国

(南京航空航天大学, 江苏 南京 210016)

摘要: 在介绍固态断路器发展的基础上,总结了目前直流固态断路器的分类、结构和特点,介绍了国内外有关直流固态断路器的研究和应用动态,指出了直流固态断路器大功率化、兼具限流功能的两大发展趋势,分析了其所使用功率器件存在的均压、均流、同步控制和故障检测等技术难点和目前限流技术的种类、特点及其适用范围,并对固态断路器在直流领域的应用前景做了展望。

关键词: 固态断路器; 功率器件; 故障限流; 直流输电

Present status of DC solid-state circuit breaker and its potential application

HU Jie, WANG Li, MU Jian-guo

(Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: Based on the development of solid state circuit breaker(SSCB),this paper summarizes the sort, configuration and characteristics of DC SSCB at the present and introduces the dynamic research and application at home and broad. It points out two trends in development,which are high power and current limiting and analyzes the technological difficulties about power devices, including voltage-sharing, current-sharing, synchronization control and fault detection, which exist in application,and the type,specialty and application range of current-limiting technology. The applying prospect in DC field for SSCB is indicated.

This work is supported by the Special Funds for Major State Basic Research Projects of China (No.2007GB210303).

Key words: solid state circuit breaker; power device; fault current limiting; transmission

中图分类号: TM561 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)19-0145-06

0 引言

随着国民经济的发展,当今社会对电力系统及输电技术提出了更高的要求,如何进一步提高电网的稳定性、向用户提供高质量电能成为电力行业的发展方向。断路器作为输电线路中一个重要的环节,它的性能直接影响着电网的正常运行。在目前的输电系统中大量采用机械式断路器,尽管它有导通稳定、带负载能力强等优点,但随着用户对电力质量要求的提高,它的缺点也越来越突出。因不能实时、灵活、连续和快速地动作,易使事故扩大,破坏系统稳定性;在断开负载时往往有电弧产生,触头易烧损,开断时间长,难以满足一些电力用户对故障电流开断的速动性要求,在运行过程中有噪声,机械、电气寿命受到限制^[1~3]。近年来,随着电力电子器件尤其是功率半导体器件的飞速发展,采用功率半导体器

件作为主开关的固态断路器 SSCB(Solide-state Circuit Breaker)因其动作的快速性而受到了市场和科研人员的广泛关注。

1 固态断路器发展

固态断路器是随着电力电子器件的发展而发展起来的。在 20 世纪 70 年代末,出现了以晶闸管(SCR)器件作开关元件的固态断路器,由于该类型的断路器中没有机械运动部件,在当时被称为静态断路器(Static Breaker)。80 年代后,随着门极关断晶闸管 GTO、绝缘栅双极晶体管 IGBT、控制晶闸管 MCT 等全控器件的诞生,固态断路器又有了新的发展。特别是在 90 年代,随着 ABB 和日本三菱的集成栅极换流可控硅 IGCT、美国硅功率公司的 MOS 关断可控硅及美国 CPES 黄勤教授提出的发射极关断可控硅 ETO 的问世,这三种具有硬关断能力的新型大功率器件为固态断路器提供了更多的选择余地,目前常用器件的容量如表 1 所示。

基金项目: 973 国家基础研究发展规划基金项目 (2007GB210303)

表1 常用功率器件容量

Tab.1 Capacitor of power device

器件	性能	器件	性能
SCR	8 kA/12 kV	IGCT	4.2 kA/6.5 kV
GTO	10 kA/8 kV	ETO	5 kA/4.5 kV
IGBT	1 kA/6.5 kV		

根据固态断路器的发展历程,又可分为混合型断路器和全固态断路器(也称静止型断路器),其结构如图1所示。其中混合型断路器是由电力电子器件作为无触点开关与机械式开关并联构成,虽然其工作时几乎没有损耗,但是其对故障电流的开断时间仍然受到机械式断路器动作时间的限制。固态断路器具有开断时间短、无弧、无光、无声响等优点,但其也存在造价昂贵、器件的通态损耗高、单管容量有限等缺点,适用于速动性要求高的场合。随着电力电子技术尤其是功率半导体器件技术的不断发展,功率器件的通态损耗不断降低,容量不断提高(如表1所示),这些都为固态断路器的发展提供了坚实的物质基础。

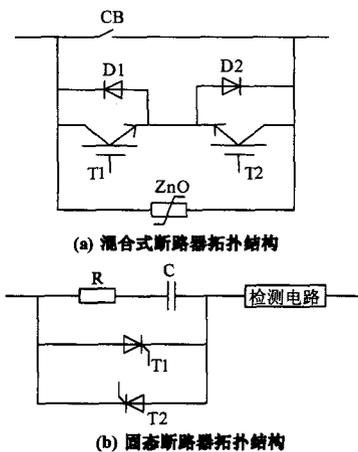


图1 断路器结构

Fig.1 Topology of circuit breaker

2 直流固态断路器的发展及现状

2.1 直流固态断路器的分类

根据使用电力电子器件的不同主要有以下两类:

2.1.1 半控型断路器

由于半控型器件(以SCR最具代表性)出现的比较早,容量大、通态压降小、损耗低、价格便宜等优点使其成为研发最早的固态断路器之一,其理论研究亦已比较成熟,工作原理比较简单,工业应用也较为广泛。但是与在交流领域的应用相比,当它被用于直流时仍然存在一些问题,比如当关断电路时,需要增加辅助回路产生电流过零点,以保证电

路快速稳定地关断。但是由于容量大、价格便宜,SCR仍然是工程化的首选。

2.1.2 全控型断路器

全控型断路器具有可关断性、可以减少关断时间、降低故障关断电流等优点,其中以GTO、IGBT以及IGCT(ETO)最具代表性,它们代表了全控器件发展的三个阶段。GTO型断路器通过给GTO管门极加正向或负向脉冲电流来实现器件的通、断,但由于通态压降较大、通态损耗和热量大、门极关断增益小等缺点限制了它在直流领域的应用。IGBT型断路器与GTO型相比,动作速度更快、硬关断较GTO容易,但是在通态压降和损耗方面与GTO大致相同,单管容量则比GTO小,适用于中功率场合。IGCT(ETO)型断路器则因IGCT的大容量、低导通损耗和强大的硬关断能力等优点,受到广大研究人员的青睐,但是IGCT(ETO)也是目前同等级的大功率器件中最贵的,离商业化和工程化还有一定的距离。

可以看出GTO、IGBT适用于中小功率场合,在大功率场合则因硬关断能力较小、通态损耗和硬关断损耗非常大等缺点受到限制,而IGCT、ETO等新型大功率器件则因造价过于昂贵而无法普及。

2.2 目前国内外的研究现状

无论是在国内还是国外,固态断路器凭借其卓越的性能得到了广泛的关注,并且在交流领域某些场合已经得到了商业化应用^[7,8]:1993年在美国新泽西州Mort Monmouth的Army Power Center的4.6 kV 6.6 MW的固态断路器;英国也研制出13 kV的配电网SSCB。在以往交流输电占据着主导地位的格局下,断路器在直流领域的应用就显得非常有限。近年来,随着直流输电技术尤其是轻型直流输电技术(HVDC Light)、大功率半导体器件和新能源发电技术的发展,固态断路器在直流电力系统中的应用开始受到更多研究人员和电力工程人员的关注,并且开始应用于特定场合。

国外对直流固态断路器的研究比较早,在1987年美国Texas大学的William Kernaghan就研制出一台采用GTO作为主开关的200 V/15 A的直流固态断路器。在1999年时Dr.Jeffrey A. Casey等人对直流固态开关在配电系统中的分布、应用和成本等多方面做了详细的阐述并列举了DTI的工程应用^[9]。随后Houston大学研制出一台500 V电压等级的直流固态断路器样机;2003年时美国CPES的研究人员就申请了采用硬关断器件ETO做直流固态断路器的发明专利^[10,11],并在2005年成功研制出了1.5 kA/2.5 kV和4 kA/4.5 kV的样机,并通过了测

试。

国内对直流固态断路器的研究则起步比较晚,对直流固态断路器的研究集中在一些特殊的领域而且电压等级都比较低,如在航天领域电压等级为120 V,在航空领域最高为270 V,舰船上为1500 V,国内的海军工程大学正在对固态断路器在舰艇上的应用进行研究,其研究的是低压、大电流,侧重于限流研究,采用IGBT为开关器件和自关断技术,应用场合受到限制。虽然国内中国工程物理研究所曾经研制出20 kV可控硅固态开关,但是其侧重于研究SCR的串联技术,未做过断路器方面的测试而且电流在1 A以下。

从目前的研究情况来看,国内主要集中于拓扑结构的研究,基本处于样机试制和验证阶段,样机的容量较小而且集中在一些特殊的领域;国外对功率器件自身和拓扑结构都有研究,军事、民用并举,而且应用到了具体的工程实践之中。与国外相比,国内还有一定的差距亟需追赶。

3 直流固态断路器发展方向和技术难点

从固态断路器的发展历程和功率器件的发展方向来看,固态断路器在直流领域的发展:一方面兼具机械式断路器所具有的功能,使其满足工业上实用化、商业化和大功率化的需求;另一方面,将研究工作放在检测、控制方法和限流功能的研究上,使其将多种功能集于一身。

3.1 大功率化

目前,固态断路器所使用的功率器件的额定电压和额定电流较低,而电力系统的容量却不断增加,为了得到大容量的断路器,往往需要采用多个功率器件进行串(并)联,为了得到静态和动态的平衡,除了尽量采用特性一致或同一批次的元器件进行串并联外,还有一些问题需待解决:

(1) 驱动脉冲信号的同步控制问题:因为驱动信号的不同步会造成器件的开通、关断时间不同步,从而导致器件不均压或不均流,使其中某个管子烧坏,最恶劣的情况可能会使整个模块烧坏。

(2) 均压和均流:由于器件开关特性的分散性、驱动电路的信号传递延迟所造成时间的不同步等因素,在各功率器件开通与关断时电压或电流分配不均匀,导致器件或装置的损坏。因此,设计合理的静态与动态平衡变得极其重要。静态平衡可通过简单地并联大电阻而获得,动态平衡则相对要复杂些。

3.2 限流功能

限流技术之所以受到关注,主要有以下两个原因:第一,电网容量不断增加,短路电流水平也随之增加,限制短路电流可以提高电力系统的安全稳

定性、电网供电质量以及电网的运行灵活性;第二,现有功率器件过载能力低,而且能承受的 di/dt 、 du/dt 有限,为防止故障时对功率器件造成击穿或损坏,需使用电流限制器。但是在目前的电网中故障电流限制器基本是配合断路器使用,只有少数的固态断路器具有限流功能,这类断路器也称之为固态限流断路器^[12],1995年安装于美国PSE&G变电站的即是短路限流器与固态断路器的组合装置。

目前的限流方法主要有PTC电阻限流、磁元件限流、超导限流和固态限流等,由于磁元件的容量比较小而未受到关注,研究的比较多的是超导限流和固态限流。

3.2.1 PTC电阻限流

PTC (positive temperature coefficient) 电阻限流器利用了PTC材料的正温度系数特性。正常运行时,PTC电阻值很低,流过限流器的是正常运行电流,温度较低,短路故障时,大短路电流引起PTC材料发热膨胀,热量来不及散发使电阻温度迅速增加,并在微秒时间内使PTC限流器的电阻值急剧增加,从而起到限制故障电流的作用。

这种PTC限流器在美国海军新型战略舰上有相关应用,在低压商业领域也有应用。但PTC电阻限流器在高压系统中的应用主要受制于以下几方面的因素:限制感性负载时会产生很大的过电压;受热膨胀严重,对连接设备的热效应和机械强度要求很高;恢复时间长达几分钟,并且多次使用后性能变坏,必须更换,自动化水平不高。此外,单个PTC电阻的固有电压和电流额定值只有几百伏和几百安。

3.2.2 超导限流^[13~18]

随着超导技术和新材料的发展,研究超导限流的越来越多,它主要是利用超导体的超导/正常态的转变来限流。一旦电网发生短路,短路电流大于临界电流时,超导体“失超”由零阻抗表现为非线性高电阻,从而限制了短路电流。超导型故障限流器有多种结构,以下主要介绍目前研究的较多的四种:

(1) 电阻型:该型故障限流器由超导线圈和电阻并联组成,其中并联电阻在超导体限流过程中起到分流、限制超导体两端瞬时过电压的作用。它的优点是结构简单,反应速度快;缺点是系统正常运行时,超导体损耗较大,故障时超导体承受的短路功率大。国内外对此类型限流器的研究主要集中在超导材料上,目前研究的比较多的是采用YCBO做超导材料的电阻型限流器。

(2) 电抗器型:其类型主要有电感型、桥路型等,工作原理大致都相同,其缺点是低温时通过大电流,损耗较大。图2是LANL和西屋电力公司1983

年提出的桥路型超导限流器，可交、直流两用，日本Seikei大学在1990年就开发出可用于直流输电故障保护的超导限流器样机。中国中科院电工研究所于2005年研制出一台10.5 kV/1.5 kA的桥路型样机。

(3) 磁通型：主要有磁屏蔽型、饱和铁心型等，其构成如文献[5]所示。日本在1997年已研制出6.6 kV/400 A的磁屏蔽型超导限流器。但磁通型也有其缺点，磁屏蔽型体积较大，在限流期间会产生过电压；饱和型在非故障运行时电压损耗较大，原副边线圈要求有很好的一致性和对称性，在技术和工艺实现上有较大难度。

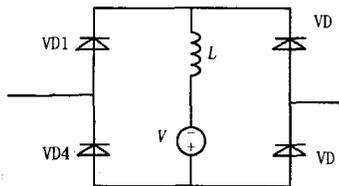


图2 桥路型超导限流器

Fig.2 Bridge type superconductor current limiter

(4) 变压器型：原边接常规绕组，副边接高温超导线圈。故障时，变压器副边因感应电流很快超过临界值而失超，从而副边电阻瞬间变大，导致变压器原边的等效阻抗很快增大，从而限制短路电流的增加，目前此类还处于初期研究阶段。

目前，虽然已经研究出了多种类型的超导限流器样机，但是由于超导技术的研究存在以下问题：超导产生条件苛刻、超导磁体不稳定、故障后超导体恢复时间长以及限流后热量不易散出，另外价格昂贵使其很难广泛应用于工程中。

3.2.3 固态限流

随着电力电子器件水平的提高以及性价比的提高，固态限流器便应运而生。它主要是利用电力电子器件构成转换开关的导通和关断，将故障电流切换到限制回路，实现限流功能。由于采用电子元件，具有动作速度快，允许动作次数多，可以有效限制短路电流，动作时间短等优点。美国EPRI曾组织专家对配电网的各种限流技术进行调研，认为固态限流是目前比较现实的技术途径^[19,20]。目前，固态限流的实现方案主要有：电抗器限流、可变阻抗式限流、串补限流、固态开关限流。其中前三种方法只适合于交流场合的应用，固态开关式则对于交、直流场合都适用。

固态限流器以功率半导体器件作为主开关管，文献[3]给出了一种混合式限流器，发生短路故障时将预先充好电的电容的能量通过谐振支路给释放出来，使流过主开关的电流反向，达到限流和切断短路故障的目的。ABB公司等提出了采用具有硬关断能力IGCT器件作为开关器件兼具限流、断路器的功

能，不仅充分利用了IGCT高效的门极关断技术而且无需缓冲电路，同时美国CPES也对基于ETO的固态限流断路器做了研究和测试。

国内浙江大学在 EPRI 提出的交流固态限流拓扑的基础上提出了一种在直流场合应用的限流拓扑，如图3所示。图中 i_c 为一电流源，其电流值可按需要设定，它可由电力电子电路实现，其有一个运行前提就是保证 i_c 的瞬时值始终大于或等于负载电流的瞬时值。但是该方案在直流电路中有一个难点就是大电流场合恒流源的获得，多应用于整流输出场合如发电机的整流输出端。

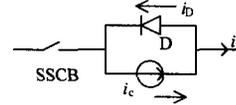


图3 直流限流电路

Fig.3 DC current limiting circuit

3.3 控制和检测方法

固态断路器在直流领域的应用与交流相比较，有其自身的特点和难点，主要表现在：交流电流有自然过零点，固态开关可选择在过零点开通、关断；而直流电流是恒定的，在高压大电流场合，固态开关开通过程中的通态电流上升率 di/dt 和关断过程中的断态电压上升率 du/dt 非常大，可能会对功率器件造成损坏或击穿。因此，直流固态断路器不论采取何种功率器件作为主开关，不论在任何时刻通/断，都面临着 di/dt 、 du/dt 过大的问题，这是直流领域所特有的，也是目前研究大功率固态断路器必须面对和解决的问题。

为了减小线路通/断对主回路的影响，软开关技术开始应用于固态断路器的设计，利用外部回路的谐振作用强制主回路在电压或电流过零时进行切换，从而最大程度减小器件的通断损耗。其理想的通断转换波形应如文献[22]所示，此时可保证器件的安全工作。该文献给出了具体的依靠谐振实现换流的拓扑结构，其虽给出了关断的方法，但是对于开通过程则未加以研究。所以有必要对直流固态断路器的主电路结构和开关的控制策略进行研究，使直流固态断路器在开通、关断过程中承受的 di/dt 、 du/dt 尽量小或接近于零，提高装置的可靠性。

对于固态断路器而言，实时有效地检测故障电压、电流是保证设备安全可靠运行的重要保证，也是其另一难点。在实际应用中，只检测幅值或有效值将会造成较大的动作延时，因此电压、电流的故障情况往往需要将有效值和变化率综合进行分析判断，同时新的检测方法也不断出现^[22]。因此，检测方法越准确，检测时间越短，就越有利于故障保护和设备

的安全。

4 应用前景

现在发达国家如日本、德国等已越来越多地采用直流输电线路,另外舰船、地铁、海上独立钻井平台等均采用直流输电系统,对直流电源的保护和系统的控制要求越来越高。特别是近十几年来,轻型直流输电技术(HVDC Light)的提出和发展^[23,24],固态断路器在直流领域的应用受到了广泛的关注。据预测,轻型直流输电在电压低于 ± 150 kV、容量不超过 200 MW 时具有经济上的优越性,它在向偏远地区供电、海上供电、城市配电网增容改造、清洁能源发电、提高电网供电质量等领域将可能发挥极大的作用。目前应用的比较多的是对海上独立钻井平台的供电和清洁能源的发电(主要是风力发电和太阳能发电),这些场合大多采用的是轻型直流输电而且电压等级基本属于中、低等级。由于轻型直流输电网络中的电力电子设备应用的较多,机械式断路器已无法满足电力系统实时、灵活、快速的要求,从保护的实时性和安全性等多方面的对比和衡量,固态断路器比机械式更具有优势。随着社会经济的发展,对煤和石油等一次性不可再生能源的需求量日益增加,在欧美等发达国家都掀起了一股新能源发电开发的热潮。近几年来,国内风力发电(含海上风力发电)、太阳能发电等呈现的跳跃式的发展都为直流固态断路器的应用提供了广阔的前景。

参考文献

- [1] 张超,夏立.独立电力系统中固态断路器的开发与应用[J].电工技术,2003,10(12):66-67.
ZHANG Chao,XIA Li.Development&Application of Solid State Circuit Breaker in Independent Power System[J].Electrotechnics,2003,10(12):66-67.
- [2] 冯源,郭忠文.固态断路器技术的应用[J].电力自动化设备2007,27(10):96-99.
FENG Yuan,GUO Zhong-wen.Application of Solid State Circuit Breaker Technology[J].Electric Power Automation Equipment,2007,27(10):96-99.
- [3] 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,2003,27(10):89-94.
CHEN Gang,JIANG Dao-zhuo,WU Zhao-lin.Research&Develo-pment of Solid State Fault Current Limiter[J].Automation of Electric Power Systems,2003,27(10):89-94.
- [4] 周雪松,向龙瑞,马幼捷,等.故障限流装置的发展和应用[J].电工技术学报,2004,19(11):89-94.
ZHOU Xue-song,XIANG Long-rui,MA You-jie, et al.The Development and Application of Fault Current Limiting Device[J].Transactions of China Electrotechnical Society,2004,19(11):89-94.
- [5] 潘艳霞.新型磁控开关型故障限流器研究[D].上海:上海交通大学,2008.
PAN Yan-xia.Research on a Novel Magnetic-Controlled Switcher Type of Fault Current Limiter[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University,2008.
- [6] 庄劲武,张晓锋,杨锋,等.船舶直流电网短路限流装置设计与分析[J].中国电机工程学报,2005,25(20):26-30.
ZHANG Jin-wu,ZHANG Xiao-feng,YANG Feng,et al.Analysis and Design of Fault Current Limiter for Ship DC Power System[J].Proceedings of the CSEE,2005,25(20):26-30.
- [7] Kishida Y, Koyama K, Sasao H, et al. Development of the High Speed Switch and Its Application[A]. in:Industry Applications Conference,1998,Thirty-third IAS Annual Meeting[C]. St.Louis(USA):1998.2321-2328.
- [8] Netal W.Solid-state 13 kv Distribution Class Circuit Breaker[A]. in:planning, Development and Demonstration Fourth International Conference on Trends in Distribution Switch-gear[C]. 1994. 163-167.
- [9] BAEK Ju-won, YOO Dong-wook, KIM Heung-geun. High-voltage Switch using Series-connected IGBTs with Simple Auxiliary Circuit[J].IEEE Trans on Industry Applications,2001,37(6):1832-1839.
- [10] Palav L,Gole A M. On Using the Solid State Breaker in Distribution Systems[A]. in: IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering[C].Waterloo (Canada):1998.693-696.
- [11] XU Zhen-xue, ZHANG Bin,Sirisukprasert S,et al. The Emitter Turn-off Thyristor-Based DC Circuit Breaker[J].Power Engineering Society Winter Meeting,2002,8(1):288-293.
- [12] Smith R K, Slade P G, Sarkozi M, et al. Solid-state Distribution Current Limiter and Circuit Breaker Application Requirement and Control Strategies [J].IEEE Trans PWRD,1993,8(3):1155-1164.
- [13] Power A J. An Overview of Transmission Fault Current Limiters[A].in: IEE Power Division Colloquium on Fault Current Limiters: a Look at Tomorrow[C]. 1995.
- [14] Leung E M W, Albert G W, Dew M, et al. High Temperature Superconducting Fault Current Limiter for Utility Applications[J]. Proceedings of International Workshop on Fault Current Limiters,1995.
- [15] Takamu Genji, Osamu Nakamura. 400 V Class High-speed Current Limiting Circuit Breaker for Electric Power System[J].IEEE Trans on Power Delivery,1994,9(3):1428-1435.
- [16] Paul W.Superconducting Fault Current Limiter Applica-

tions, Technical and Economical Benefits, Simulations and Test Results[A]. in: CIGRE[C]. Paris:2000.

[17] Ueda Kiyotaka. Super-GM and Other Superconductivity Projects in Japanese Electric Power Sector[J]. IEEE Trans on Applied Superconductivity, 1997,7(2).

[18] Paul W, Chen M, Lakner M, et al. Fault Current Limiter base -d on High Temperature Superconductors - different Concepts Test Results, Simulations, Applications[J]. Physica C, 2001,354: 27-34.

[19] Oswald B R, Noe M. Technical and Economical Benefits of Superconducting Fault Current Limiters[J]. IEEE Trans on Appl Superconductivity, 1999,9(2):1347-1350.

[20] Ueda T, Morita M, Arita H, et al. Solid-state Current Limiter for Power Distribution System [J]. IEEE Trans on PWRD, 1993, 8: 1796-1801.

[21] Hanspeter K R, Wolfgang S, Bernd U. et al. Test of a 1 kA Superconducting Fault Current Limiter for DC Applications[J]. IEEE Trans on Appl Superconductor,

2005,15(2):1986-1989.

[22] Yasukitada H, Hiroshi O, Atsushi K. Analytical Methods for Determining a System Configuration Acceptable from Viewpoints of Both Short Circuit Current and Voltage Stability[J]. Electrical Eng in Japan, 1998, 124(3):30.

[23] Solide-state High Voltage DC Power Distribution & Control[A]. in: Proceedings of the 1999 Particle Accelerator Conference[C]. New York:1999.568-570.

[24] Asplund G. Application of HVDC Light to Power System Enhancement[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2000,8(2):2498-2503.

收稿日期: 2008-10-15; 修回日期: 2008-11-25
 作者简介:

胡杰(1983-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力电子技术
 在电力系统中的应用; E-mail: jieandbin@hotmail.com
 王莉(1969-), 女, 副教授, 主要从事智能电器、航空
 航天电源系统、电力系统自动化等方面的研究。

(上接第 121 页 continued from page 121)

AT89C51 的主程序大部分是通过调用相应的子程序来实现电能脉冲的采集、分时段显示、通信等功能。系统在上电复位后进入主程序, 除了初始化程序和上电电量数据清零程序外, 其他部分是一个循环的过程, 系统的功能都在这个大的循环里面实现, 其流程如图 3 所示^[4]。

4 抄表系统管理软件设计

电表远程抄表系统管理软件是运行在物业管理中心计算机上, 它实现对整个系统进行管理。主站是远程抄表系统的数据处理中心, 处于系统的最高层, 在集中器、采集器的协助下通过网络接口负责完成设备管理、用户管理、电量的抄收以及报表打印等工作。

5 结论

智能抄表系统是利用当代计算机技术, 数字通讯技术与计量技术的完美结合, 集能耗计量、数据采集、数据处理于一体。该系统的运用是办公自动化的发展趋势, 它可以减轻人工上门抄表的劳动量, 提高工作效率。本系统充分利用了居民住宅现有的电表资源和通讯资源, 借助 RS-485 串口通信, 建立了智能远程抄表系统, 具有一定的参考价值。

参考文献

[1] 宋荣, 周巍. 电能计量自动抄表系统现状及发展趋势[J]. 山西科技, 2007, (4): 120-121.

SONG Rong, ZHOU Wei. Current Situation and Development Trend of the Auto-recording System of Electrical Power Calculation[J]. Shanxi Science and Technology, 2007(4):120-121.

[2] 赵新民. 智能仪器设计基础[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1999. 101-108.

ZHAO Xin-min. Intelligent Instrument's Basic Design[M]. Harbin: Harbin Institute of Technology Press, 1999. 101-108.

[3] 东伟. 电子电能表和红外抄表[J]. 仪表技术, 2001, (2): 21-23.

DONG Wei. Electronic Watt-hour Meter and Infrared Measurement[J]. Instrumentation Technology, 2001, (2): 21-23.

[4] 姜轶宁. 远程智能电表抄表系统设计[D]. 大连: 大连海事大学, 2008.

JIANG Yi-ning. Research and Development of Automatic Ammeter Reading[D]. Dalian: Dalian Maritime University, 2008.

收稿日期: 2008-10-27

作者简介:

李沙(1983-), 女, 硕士, 研究方向为仪表与控制、图像处理; E-mail: liqiuyilisha@163.com

支长义(1964-), 男, 硕士, 副教授, 研究方向为电测仪表与控制方面的研究与开发;

朱榭良(1982-), 男, 硕士, 从事数字信号与图像处理方面的研究。