

CHP联合供能系统及其应用分析

贺玉婷¹,程浩忠¹,熊虎岗¹,奚增辉²,夏夷²,奚增辉²,沈晓岚²

(1. 上海交通大学电子信息与电气工程学院, 上海 200030; 2. 上海市电力公司市东供电公司, 上海 200122)

摘要: 为缓解目前供电紧张的局面,很多学者和专家提出采用分布式能源供电的方式。简单介绍了新型 CHP供能系统的概念和目前国内外 CHP供能系统的发展情况,并且详细阐述了此系统的设计原则以及相关设备的选型等。同时为了显示 CHP供能系统的优越性,以某大型医学园区为例,设计适合该园区的混合式供电系统,计算其主要经济性指标,分析其调峰能力和对某些可变经济因素的敏感性,并与常规电网进行比较。最后得出,CHP系统无论在经济性还是可靠性方面都具有很大优势,值得大力推广。

关键词: CHP联合供能系统; 投资回收期; 内部收益率; 供电方案

中图分类号: TM715 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)12-0046-06

0 引言

随着我国经济的快速发展和人民生活水平的日益提高,用电量也在持续增加。尤其是夏日高温时期,各建筑内空调日夜运转,使得城市高峰用电记录不断被刷新。2005年7月,上海气温在连续10天“高烧”不退之后,在7月4日创下了最高用电负荷、发电能力、市外来电、故障抢修四项指标的历史新高。全市发电机组全部满负荷或超负荷运行,电网最高发电能力创下1165万kW的极限纪录。同时,华东电网及周边省市支援的市外来电最高值达到483万kW。类似的情况在我国大中城市中正在愈演愈烈,高峰时期电力严重不足、企业停工停产的现象频繁发生。“迎峰度夏”已经成为电力部门面临的越来越严重的考验。另外从能源方面考虑,目前电力工业使用的一次能源主要是煤炭和石油。作为不可再生资源,煤炭和石油的可供开采量正在年复一年地迅速减少。同时由于燃煤和燃油造成的环境污染也日益严重。开发利用新型的清洁能源是大势所趋。

为了缓解电网面临的巨大压力,解决潜在的能源危机,当前的世界电力工业正在向依靠大电网和小型分布式供电相结合的混合式供电发展^[1]。

所谓分布式供电,主要是指利用各种以液体或气体作燃料的内燃机、微型燃气轮机或各种工程用的燃料电池来提供电能的方式。在发电的同时,如果把内燃机或燃气轮机所排出的废气经过回收,用来为用户供应热能或冷气,那么这种分布式系统就成为一种能源利用率相当高的联合供能系统,也就

是本文所讲的CHP系统。

CHP技术具有以下明显优势^[3,4]:

- 1) 综合效率可高达85%~90%,大大提高了能源利用率。
- 2) 可以把冬夏两季的空调用电从电力需求中扣除,从而起到非常好的调峰作用。
- 3) CHP可以利用天然气等清洁能源,污染排放低,与火力发电厂相比可大大减少向空气中排放的二氧化碳和硫化物等的含量,有利于环境保护。
- 4) CHP系统占地少,可减少兴建和改善输配电线路的投资。
- 5) 热电机组启停快捷,维修方便,可靠性高,设备运行可靠率可高达99.5%。

1 CHP技术的发展现状

目前世界上很多国家在供电领域都已经采用了CHP技术。在这方面,美国、日本和西欧各国走在世界的前列^[7]。美国学者早在20世纪40年代就正式提出了区域集中供冷的概念。至70年代末,随着双效吸收式制冷机的研制成功,CHP技术的经济性大大提高,从而实现了第一次质的飞跃。80年代以后,CHP技术开始进入民用领域,从而使此项技术得到第二次质的飞跃。至上世纪90年代初,美国全国应用CHP技术的项目已经有60多个,建筑面积达到1,400万m²。美国在1999年正式提出了本国CHP发展的纲领性文件,其中规划,到2020年50%的新建商用建筑采用CHP,15%的现有商用建筑采用CHP。

在日本能源供应领域中,CHP技术的研究和发

展是仅次于燃气、电力的第三大公益事业。根据日本最为著名的热电项目——东京新宿新都心地区 CHP系统在 1991 年的能量平衡计算,对该地区原有方式和 CHP新方式进行比较,CHP形式要比原有方式节能约 33.5%。

欧共体在 90 年代支持了 45 项 CHP 技术工程,2000 年 CHP 发电量已占总发电量的 9%,计划 2010 年达到 18%。1992 年,丹麦 CHP 供热已占区域供热的 60%;热电装机容量占总装机容量的 56%,计划 2005 年提高到 66% 以上。德国、荷兰、法国、西班牙等西欧国家热网发达,各国政府也将小型区域 CHP 技术作为国家建筑节能的重中之重。

在国内 CHP 技术也已经得到了广泛应用。到 2001 年底为止,我国 CHP 年供热量已达 128 743 万吉焦,6 000 kW 及以上供热机组共 1 583 台,总容量达 3 184.21 万 kW,占同容量火电装机总容量的 13.2%。到 2001 年底,全国 664 个城市中已有 286 个城市建集中供热设施。上海在 2004 年就建立了三个 CHP 技术示范基地,分别是交大闵行紫竹园、闵行区中心医院、上海天庭大酒店,这三个项目为上海市推广 CHP 技术打下了基础。其中,交大紫竹科学园的项目是相当成功的,已通过了市科委专家组的验收,并申请了三项专利。在该工程中,由近距离建设在软件大楼旁边的小机房来供给软件大楼 4000m² 面积的全部冷热需求和部分用电需求,天然气的利用率达到 80%。由于得到高效利用,天然气不再昂贵,比单独用燃气发电、燃气热水器、直燃式空调一年可节省 12.6 万元。使用这套系统还非常环保,不但氮氧化物、硫氧化物的排放大大减少,噪音也很小(关门后噪音小于 57 分贝)。由于可以安装在用户附近,近距离的供电减少了损耗,便于直接利用废气制冷和供热。在闵行区中心医院,CHP 工程也取得了 1:1.96 的投入产出比,以最小的资金、资源和环境代价,换取了最高的投资效益。天庭大酒店的 CHP 系统投入运行后,由于天然气能量转换高于燃煤,降低了发电成本,再加上发电产生的热能可零成本输出,用于酒店内供暖、洗涤、洗浴等,一年下来可为酒店带来近百万元的经济效益。这些 CHP 系统对于能源综合利用研究,缓解上海季节性电力短缺有极大作用。据了解,上海市今年年内将在 100 套居民住宅、超市、医院、机场等场所的楼宇中应用 CHP 系统。在其他地区,天然气 CHP 技术项目也在大力推广中。

我国政府对于发展 CHP 技术非常重视,国家计

委、国家经贸委、建设部、环保总局于 2000 年 8 月 22 日印发了《关于发展热电联产的规定》(计基础[2000]1268 号),其中明确提出对于符合条件的联合循环热电联供机组“免交上网配套费,电网管理部门应允许并网”。第十四条规定:“积极支持发展燃气—蒸汽联合循环热电联产”,“燃气—蒸汽联合循环热电联产污染小、效率高及靠近热、电负荷中心。国家鼓励以天然气、煤层气等气体为燃料的燃气—蒸汽联合循环热电联产”^[3]。我国工业界的评论人士对分布供电方式也很有信心。展望未来,随着集中供热需求的不断扩大和环保压力的不断增加,我国许多城市的 CHP 供能技术将有更大发展。

可以预见,CHP 技术的普遍应用,必将在我国的建筑、能源、电力及相关领域引发一场深刻的革命。

2 CHP 系统简介

CHP 系统简图见图 1。

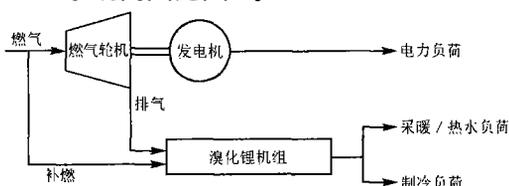


图 1 CHP 系统简图

Fig 1 Sketch of CHP system

图 1 可见,分布式供能系统主要由发动机(燃气轮机或内燃机)、发电机和热驱动制冷机(溴化锂机组)组成。

首先在热电厂的燃气轮机中燃烧天然气或者石油,然后利用刚从燃烧室出来的具有较高压力和温度的高品位的热能(蒸汽)推动涡轮,使发电机发电,从而可以向用户提供部分电能(主要供给照明,空调系统辅机和建筑物其它用电设备);从燃气轮机中抽出或排出的低品位蒸汽温度也还处在 480 °左右甚至更高,这些蒸汽经过余热利用设备回收后进入双效吸收式制冷机,在冬季可以用来供应生产用热或房屋采暖(若再利用被余热利用设备回收过的蒸汽去发电,则成为燃气-蒸汽联合循环),在夏季则可以将蒸汽转化成冷量,实现集中制冷。这样就做到了能量的梯级利用。另外,在热量需求较大的情况下,可以使用备用锅炉或直燃机来补充所需的热量,也可以用蓄热装置将废热量较多时所产生的热量或冷量储存起来,在电力不够时使用。

CHP 系统可以分为两种形式:区域热电联供

(DCHP, district combined heating and power)和楼宇热电联供(BCHP, building combined heating and power)^[12]。两者的区别在于,DCHP系统是通过一个规模相对较大的能源中心,向周边供应暖、冷、热水和电力。这类系统相对比较独立。BCHP系统是由多个楼宇的热电冷系统连接,在向本楼宇供应暖、冷、热水和电力的同时,实现临近系统的互相支援和补充,这是国际上的最新理念。BCHP系统虽然对外比较独立,但自身互联互通。

热电冷联供系统中的发电机输出的是三相可变频/可变电电压,输出电力通过逆变器将可变电电压/可变频率转换为固定电压/固定频率,向终端供电。目前市场上常见的涡轮发电机(如远大公司的设备)自备可选择电池包,当外部电网出现异常时能确保系统不间断供电,实现其独立和并网运行的稳定性和可靠性。

3 CHP系统设计原则及步骤

要设计出经济、安全、适用的CHP系统,首先要对建筑物进行全面细致的负荷预测。

为了更明显地看出建筑的负荷特性,把电、热、冷、新风四种不同的负荷区分开来是有必要的。根据建筑物的历史负荷数据和调研结果,将空调用电、照明及其他电器用电、春秋通风用电等区分开来。一般来说,目前电空调的制热cop为3,制冷cop为4,制造新风的cop为10。把冬夏两季的空调用电量和春秋通风用电量乘以相应的cop值,就可以得到热、冷、新风负荷值。

在得出负荷预测结果之后,要对CHP系统的发电能力做出界定。一般情况下,建议办公楼、商场等间歇用电、同时在用电时同步用冷用热的项目,自己发峰电,从电网购买基荷。酒店、医院这些用电用冷热比较持续的,自己发基荷,从电网买峰电。

然后选择吸收式机组的容量。一般来说,机组所供应的热量应满足建筑的基本采暖负荷。然后,系统中可以设计一定的辅助手段,以满足极端条件或热电系统停机后的热力供应,例如:采用直燃机补燃的方式来满足热量需求峰值。

虽然一般情况下建筑的冷负荷密度都超过热负荷密度,但对大多数建筑来说,制冷面积只有采暖面积的60%~70%。所以对于制冷机来说,冷热容量一般是匹配的。在选择机组型号的时候,可以只将电负荷和热负荷的预测值作为主要参数考虑。

在分布式能源和常规电网如何结合的问题上,

我们选择的做法是使分布式能源系统的发电量与电负荷的低谷预测值相等。一方面电负荷的低谷值在总容量的30%~40%之间,这是一个比较合理的比例;另一方面,鉴于我国分布式发电上网销售的相关规定还并不太成熟,这样可以做到“并网而不售电”,避免分布式系统发出的电能白白浪费。所以,“以基荷电力定容量。不足电力从电网补充;不足热量补燃解决”^[6]。

本文算例——上海某医学园区是有外部电力接入的,所以不需要花很大的物力财力去保障分布式能源的百分百可靠,也不需要让分布式能源独自承担全部的能量需求。

综上所述,总结出CHP系统设计的基本原则和步骤如下:

1) 由用户的电负荷低谷预测值 E_1 确定合适的燃气轮机,使燃气轮机发电量 E 与该值基本相等。

2) 由所确定燃气轮机的余热排放量 S_1 确定适当的双效吸收式制冷机与之匹配,使其进气量 S_2 基本等于 S_1 。

3) 分别计算双效制冷机的制热量 H_1 与热负荷平峰预测值 H_a 和高峰预测值 H_h 的差值。

4) 若 H_1 可以满足热负荷平峰预测值 H_a ,则添加一台直燃机,使其制热量 H_2 满足。

$H_2 = H_h - H_1$,即该直燃机在热负荷达到高峰时运行。

5) 若 H_1 低于 H_a ,则需添加两台直燃机,其中一台的制热量 H_2 满足 $H_2 = H_a - H_1$,即热负荷达到平峰时运行;另一台的制热量 H_3 满足 $H_3 = H_h - H_a$,即热负荷达到高峰时运行。

6) 由负荷特性确定每台设备的工作时间,为以后计算其所需燃气量和配电量做好准备。

4 CHP系统在大型供电区域的运用实例

上海某医学园区占地1139公顷,电力总负荷为175MW。园内按建筑功能分为医院区、生活区、商务区、产业区等七个小块,每个小块又细分为若干功能不同的单个用户。目前在国内,CHP技术在此类大型区域中的应用还不多见。

要最大程度地发挥CHP的优势,首先要科学合理地针对用户确定CHP系统类型。在建筑物分布比较集中、地形比较规则、远离外部电源的区域可以考虑使用DCHP;在建筑比较分散、方便外部电源接入的区域可以使用BCHP。划分时尽量将少量用电量小的单位与大型用户合并考虑,这样可以增加

CHP的应用范围。最终根据地貌、建筑功能、负荷大小及特性等因素,将整个园区划分为 31 个小块。

表 1 是其中一个小块——某国际医院的负荷数据预测表。以该国际医院为例,说明机组的具体的选择过程。

表 1 某国际医院的负荷数据预测表

Tab 1 Load forecast for an international hospital

负荷 类别	电负荷			冬季热负荷		
	高峰	平峰	低谷	高峰	平峰	低谷
数值 MW	4.36	2.62	1.91	5.45	3.49	1.99

机组选择方案为: 2 台 Solar 公司生产的 Satum20 型燃气轮机 + 远大公司生产的 BE400 型双效吸收式制冷机 + 远大公司生产的 BE200 型直燃机。

选择依据为: 考虑到两台 Satum20 的总烟气流量为 45.4 t/h, 满足 BE400 + BE200 的最大烟气需求量 (29.537 t/h + 14.74 t/h); BE400 的制热量为 3582 kW, 满足医院的冬季采暖均荷 3488 kW; BE200 的制热量为 1791 kW, 和 BE400 同时开则可以满足冬季采暖最大负荷 5450 kW。所以 BE200 是作为调峰之用。两台 Satum20 的发电出力为 2362 kW, 略小于电力均荷且略高于基荷, 在容量浮动允许范围之内。

用类似的方法设计出 31 套机组, 组成整个园区的 CHP 系统。

对园区中总负荷低于 250kW 的用户不考虑热联供方案, 因为负荷太小, 很难匹配机组。这类用户直接从大电网购电; 每个用户所装的机组都只能满足电力基荷, 因此园区会有电力不足的情况, 不足电力也要由大电网供应; 吸收式机组和直燃机的运行都需要电力驱动, 这部分辅助电力要由大电网解决; 除此之外, 为了保证整套热电系统的可靠运行, 还要考虑到一定的备用容量。在此选择整个园区中容量最大的一组热电机组的总容量作为备用, 计入大电网容量。

综合上述四部分电力需要, 得出整个园区中每个用户的电力需求量, 以此为依据建立一个辅助电网。经计算, 该辅助电网所供负荷总量为 79.09 MW。运用传统的电网规划方法设计出辅助电网, 该辅助电网包括容量为 3 * 40 MW 的 110 kV 变电站一座, 10 kV 开关站 10 座, 总投资匡算为 3.25 亿元。

CHP 系统和辅助电网互相支持互相依靠, 一起承担起整个园区的全部能量需求。

5 混合式系统的经济分析

在整个能源网供能系统中, 经计算可得, CHP 部分的总造价为 3.116 亿元, 辅助电网造价为 3.25 亿元, 每年用户需支出燃气及运行费用 0.835 亿元, 但同时由于 CHP 系统自身提供的热电冷负荷, 用户每年可节约电费支出 1.406 亿元。

因此, 对用户来说, 需要一次性增加投资 3.116 亿元, 每年净收益为 0.571 亿元。若假设建设期为一年, 取折现率 10%, 则由下述净现值 (NPV) 计算公式:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CFAT_t}{(1+k)^t}$$

其中: $CFAT_t$ 为第 t 年的现金流量; k 为贴现率。

令 NPV 为 0, 可计算出混合式系统的动态投资回收期为 8.28 年。一般热电联供系统和常规电网的寿命是 20 年, 若用户投资可在 8 至 9 年中回收, 很明显可以看出这套系统的经济性是很好的。

分析经济性的另一个重要指标是内部收益率 (IRR)。内部收益率即使能使投资方案的净现值等于 0 的贴现率。计算公式如下:

$$\sum_{t=0}^n \frac{NCF_t}{(1+IRR)^t} - C = 0$$

其中: NCF_t 表示每年的净现金流量, C 表示项目的初投资。计算得内部收益率为 17.6%。

项目的千瓦造价也是一个有说服力的指标。整个园区的总设计负荷约为 175 MW, 所以混合式系统的千瓦造价为 3638 元, 远远低于常规电网的千瓦造价。很明显混合式系统具有更好的经济性。

在总负荷的 175 MW 中, 有 69.1 MW 是空调用电, 电力低谷负荷预测值是总用电量的 17.1%。也就是说, 占总用电量 56.59% 的电力负荷可以完全从电网负荷中切除, 这无疑对用电紧张地区的迎峰度夏带来了福音。

为了更好地了解一个项目的经济性, 应考虑其对风险的抵抗能力, 即其经济价值随着某些可变因素变化的幅度有多大。这就是经济敏感性分析。一般来说, 如果在经济性可行的条件下, 得出的敏感因素的允许变化范围大于环境因素的可能变化范围的 90%, 就可以认为该项目具有良好的风险抵抗能力^[2]。本文中, 就与 CHP 系统的经济性关系最为密切的两个因素进行分析: 总投资和天然气价格。在实际建设项目中, 由于各种外部条件的变化, 可能会使工程总投资不同于预算。天然气价格更有可能随

着市场的变化而变化。而这两个因素对于我们的经济评价指标:投资回收期 and 内部收益率是影响很大的,所以有必要对它们进行敏感性分析。

在本算例中,当基准内部收益率降到 13%时,总投资可增加到 7.266 亿元,此时的投资回收期将近 10 年,仍然在国家基建工程允许的投资回收期范围之内。也就是说,该项目可承受的最高千瓦造价约为 4152 元,相当于在现在的基础上再增加 14.1%。

目前算例中所使用的气价是上海西气东输的价格,1.28 元/m³。当天然气价格变化 7.8%时,即由 1.28 元/m³变为 1.38 元/m³,若贴现率仍按 10%计算,则项目投资回收期延长为 10 年。此时在 20 年的寿命期内,项目内部收益率变为 15.3%,也就是在原来的基础上下降了 13%。

上述计算结果都是比较乐观的。由此可见,该系统具有相当的风险承受能力。

6 与常规电网的比较

如果用常规电网为该园区供电的话,需要投建 35 kV 变电站 5 座,10 kV 开关站 23 座,总投资匡算为 7.131 8 亿元。电网每年的电费收入按上海两部制电价计算为 12 327.36 万元。由此可得常规电网的各项指标,并与混合式系统比较。比较结果见表 2。

由表 2 可见,与常规电网相比,混合式系统造价低,回收期短,内部收益率高,有很好的调峰能力和环境保护能力。

表 2 常规大电网和混合式系统的比较

Tab 2 Comparison of conventional large power grid and hybrid system

项目	常规大电网	混合式系统
投资	71 318 万元	31 160 万元
收益	12 327.36 万元	5 710 万元
回收期	9~10 年	8~9 年
内部收益率	7.86%	17.6%
千瓦造价	4 692 元	3 638 元
调峰能力	无	56.59%
环境保护	无	减少污染和占地面积,不消耗煤炭

7 结论与展望

利用燃气轮机、余热回收装置、吸收式制冷机、直燃机组成的分布式 CHP 系统和辅助电网共同构成的混合供电模式是一种经济、高效、可靠的供电方式。在经济方面可以为国家节省投资,保障用户收

益,动态回收期在 8~9 年之间;有很高的能源利用率和机械效率,占地少产出高;辅助电网可以很好地解决电力备用问题,从而使该系统可靠运转。此外,混合式系统还可以增加电网调峰能力,独立承担冬夏用电高峰的空调负荷和相当一部分电力负荷,为电网的安全运行减轻压力。经计算,混合供电模式还具有很好的风险承受能力。大力推广分布式能源,还有利于环境保护和能源的可持续发展。

目前分布式发电在我国还没有得到普遍发展和应用,迄今为止我国建成的分布式系统都是小型、零星的。分布式发电在我国的发展还会遇到一些困难,例如由于我国天然气多分布在新疆等内陆地区,到达沿海发达城市需要长距离输送,这就导致我国目前的燃气价格较高。我国到现在还没有分布式能源上网售电的实际运行经验,因此在制度、电价、税收、技术、监控等方面都还有待完善。但分布式发电的优势已经得到了业内的普遍承认,发展清洁能源、鼓励分布式系统的兴建是大势所趋。只要合理设计,科学规划,就可以使其在我国现代化建设中发挥巨大作用。

参考文献:

- [1] 张颖颖,曹广益,朱新坚. 小规模热电联供(CHP)技术的特点及发展前景[J]. 华东电力, 2005, 33(4): 9-11. ZHANG Ying-ying, CAO Guang-yi, ZHU Xin-jian Features of Small-scale Combined Heat and Power (CHP) Technology and Its Development Prospects[J]. East China Electric Power, 2005, 33(4): 9-11.
- [2] 康家. 燃气-蒸汽联合循环自备热电联供经济敏感性分析[J]. 上海电力学院学报, 2005, (2): 84-88. KANG Jia-su Economic Sensitivity Analysis of Internal Co-supply of Combined Gas-heat Cycling[J]. Journal of Shanghai University of Electric Power, 2005, (2): 84-88.
- [3] 王刚,徐非,石奇光. 燃气-蒸汽联合循环热电联供的应用及发展前景[J]. 华东电力, 2004, 32(12): 26-29. WANG Gang, XU Fei, SHI Qi-guang Application and Development Prospect of Gas Steam Combined Cycle Cogeneration[J]. East China Electric Power, 2004, 32(12): 26-29.
- [4] 高鹗,汪经义,虞正发. 上海浦东新区燃气轮机热电联供研究[J]. 上海交通大学学报, 1994, 28(5): 140-144. GAO E, WANG Jing-yi, YU Zheng-fa Research of Gas Turbine-combined Heat and Power of Shanghai Pudong New Area[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 1994, 28(5): 140-144.
- [5] 闻宝仑. 城市电网供电模式的研究(硕士学位论文)

- [D]. 天津:天津大学, 2001.
WEN Bao-lun Research of the Models of Urban Power Supply, Thesis[D]. Tianjin: Tianjin University, 2001.
- [6] 王振铭,等. 全国热电学术会议论文选编 [Z]. 中国电机工程学会热电专业委员会, 1990.
WANG Zhen-ming, et al Collection of Thesis at the National CHP Technology Conference [Z]. The CHP Commission of Chinese Society of Electrical Engineering, 1990.
- [7] 孙延海. 世界热电联产发展趋势 [EB/OL]. www. icxo. com. 2004. 4. 17.
SUN Yan-hai The Development Trend of International CHP Industry [EB/OL]. www. icxo. com. 2004. 4. 17.
- [8] 萧国权,徐绳均. 电力规划 [M]. 北京:水利电力出版社, 1993.
XIAO Guo-quan, XU Sheng-jun Power System Planning [M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 1993.
- [9] Regional Application Center Cooling, Heating and Power (CHP) Guidebook [Z]. 2001.
- [10] Tozer R, James R W. Heat Powered Refrigeration Cycles Applied Thermal Engineering [Z]. 1998
- [11] 北京中关村软件园热电冷联产技术方案 [EB/OL]. www. Chinese. com. 2001. 3. 15.
The Technical Proposal of CHP of Zhong-guan Village in Beijing [EB/OL]. www. Chinese. com. 2001. 3. 15.

收稿日期: 2005-10-13; 修回日期: 2005-12-18

作者简介:

贺玉婷 (1980 -),女,硕士研究生,从事电力系统规划方面的研究; E-mail: Heyt@enfi. com. cn

程浩忠 (1962 -),男,博导,主要从事电压稳定、电网规划、电能质量、电力市场等方面的科研工作;

熊虎岗 (1974 -),男,博士,研究方向为无功控制和电力系统电压稳定分析。

Design and analysis of CHP system applying for the large scale electro-area

HE Yu-ting¹, CHENG Hao-zhong¹, X DNG Hu-gang¹, XI Xun², XIA Yi², XI Zeng-hui², SHEN Xiao-lan²

(1. Institute of Electronic Information and Electrical Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China;

2. East Shanghai Power Supply Branch, Shanghai Municipal Electric Power Company, Shanghai 200122, China)

Abstract: Distributed heating and power fashion are brought forward by many scholars and experts to relieve the tension of electric power supply. The concept of the new pattern CHP system is introduced in the paper, then the situation of the development of this technology in China and abroad is described. The planning principles and the selection method of devices are elaborated. To show the superiority of CHP, the most suitable CHP system of an international medical zone is designed. Its necessary economic targets are calculated and its capability to decrease the gap between the electricity peak and valley is analyzed. Its sensibility to some variable economic factors is discussed. After the comparison with the normal electrical grid, the conclusion is that CHP system is preponderant in the respects of both reliability and economical efficiency, and is worth being popularized.

Key words: CHP system; payback period of investment; RR; program of power supply

(上接第 41 页 continued from page 41)

Application of the Dijkstra algorithm in the best repairing path

YE Pin-yong¹, DU Hong-ji¹, SHEN Xi²

(1. Power Engineering College, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China;

2. Nanjing Steel Allied Co., Ltd, Nanjing 210035, China)

Abstract: In order to quickly restore the normal power supply after the distribution network breakdown, this paper applies the Dijkstra algorithm for the best repairing path computation in distribution network based on GIS. This method aids the electrical GIS system network, based on the method of trading the time by the space, improves the way to store network and makes the Dijkstra algorithm calculate out the best repairing path in the shortest time. Three arrays are employed to store the distribution network graph. One is used for storing the datum correlated with path (ArcList). The other is used for storing the datum correlated with node (NodeList). And the array ArcAttrib is used for recording each side value. Finally, the storing method is proved feasibility and rapidity through the algorithm realization.

Key words: distribution network; GIS; breakdown; Dijkstra algorithm; repairing path