



氢燃料备用电源应用于通信领域的分析

侯士彦¹, 李 然²

(1. 中国移动通信集团设计院有限公司 北京 100080; 2. 中国可再生能源学会氢能协会 北京 100081)

摘要

从介绍氢燃料备用电源的工作原理和特点出发, 从技术理论和节能减排的角度讨论了用氢燃料电源作为通信系统备用电源所带来技术上的改进和经济上的效益, 提出氢燃料备用电源应用于通信基站的设想, 并对通信行业引入氢燃料备用电源后的节能减排技术的研究建议了新方向。

关键词 氢燃料备用电源; 通信基站; 节能减排

1 前言

近年来, 氢燃料备用电源技术发展极为迅速, 取得多项突破, 并越来越多地应用到各种要求电源具备高稳定性、高可靠性、可智能监控、节能、环保的军事尖端和普通民用工业中, 例如: 航天、潜艇、通信、无人操纵设备、分布式电源、智能电网、交通车辆等行业。目前, 氢燃料备用电源作为通信设备的备用电源已是一项完全成熟的应用技术, 自 2008 年以来, 全球各地至少已经实地安装了 890 套氢燃料备用电源系统, 且这些系统连续运行 4 年来, 没有失败案例, 应用极为成功。

本文通过介绍氢燃料备用电源的原理、结构、工作方式、工作要求、能耗及使用成本, 对氢燃料电源作为通信基站的备用电源在技术、成本和节约能耗等方面做出了理论分析, 并在概念上提出了通信基站氢燃料备用电源系统的解决方案。

2 氢燃料电源的工作原理

氢燃料电源的工作原理可被理解为“电解水逆反应”

的发电装置, 原理见图 1。

如图 1 所示, 一个最基本的氢燃料发电单元由阳极(氢气极)、阴极(氧气极)和质子交换膜(proton exchange membrane)3 部分组成, 这 3 部分组合在一起的单一组件称为膜电极集合体(membrane electrode assembly, MEA)。

其中, 质子交换膜由高分子母体和离子交换基团构成, 是一种绝缘体。质子交换膜只允许在氢阳极催化剂作用下分解的氢质子穿过电解质到达阴极, 不允许氢分子分解产生的电子穿过电解质, 从而迫使电子经过外电路到达阴极, 形成外电流。

3 氢燃料备用电源的应用及系统构成

3.1 氢燃料备用电源系统的应用

图 2 为典型的氢燃料备用电源系统应用示意。市电正常时, 负载从市电交流电网取电, 此时并联在供电系统直流总线上的氢燃料电源处于静态的待机状态。在市电断电或市电不稳定的情况下, 氢燃料电源立即发电, 向直流总线输出功率直到电网恢复正常后自动退回原待机状态。

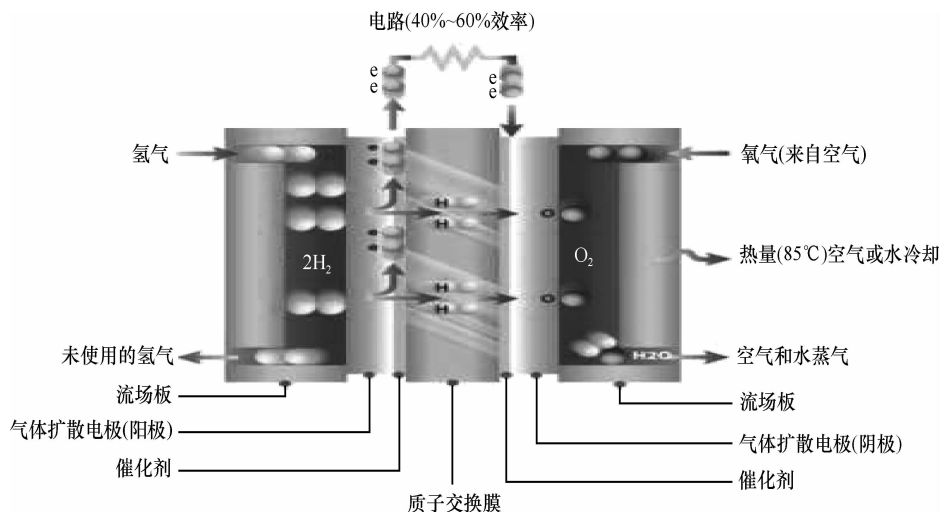


图1 PEMFC 燃料电池工作原理示意

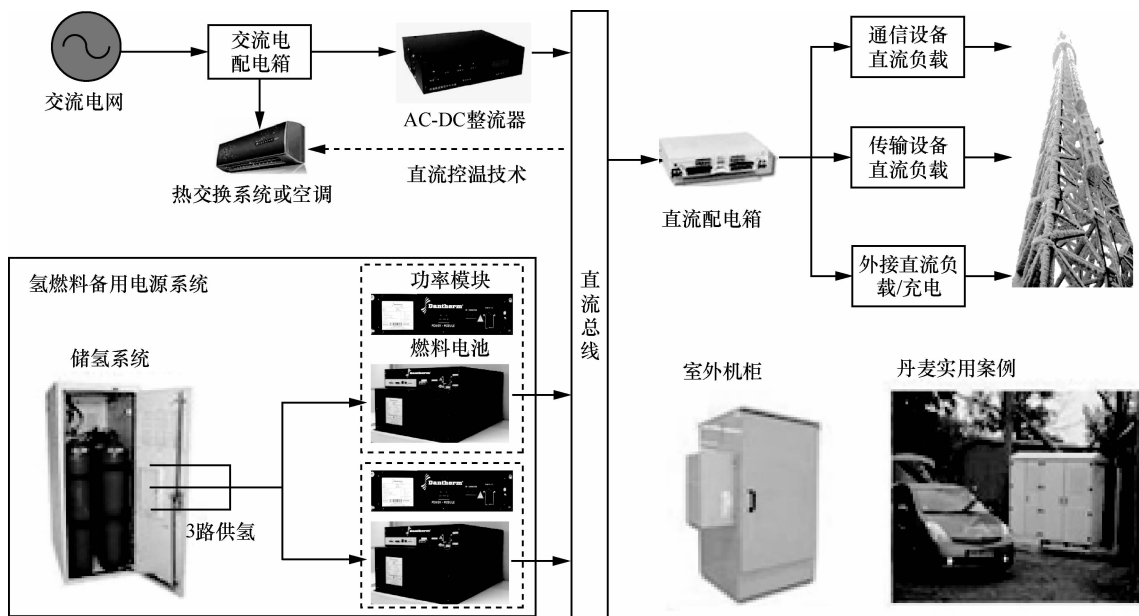


图2 氢燃料备用电源应用示意

3.2 氢燃料备用电源系统的技术层面与结构

氢燃料备用电源系统的构成可被抽象地划分为6个层面:电池电极材料、单体电池、电堆、电堆控制及电源模块、系统控制与集成、接口及应用设备,如图3所示。

3.3 各子系统的构造及其功能

3.3.1 电极材料

氢燃料电源的电极材料有质子交换膜(电解质)、催化剂、气体扩散层、膜电极组及双极板5部分组成。

3.3.2 单体电池与电堆

氢燃料电源的基本单元是单体电池(cell),单体电池由单片 MEA 和集电端板构成。一个单体电池的电压是由

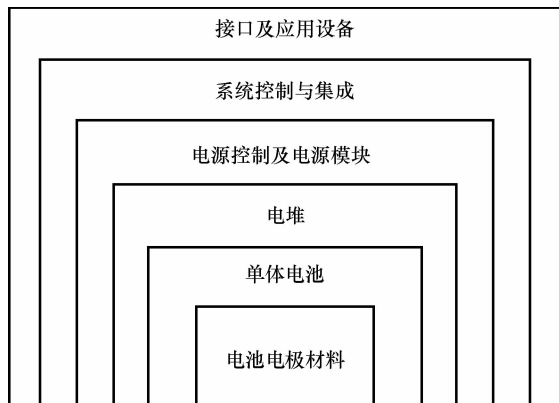


图3 燃料电源系统技术结构分层

它两个极板间的电位差来决定,标准状态下为 1.23 V,即: $0.4\text{ V}-(-0.83\text{ V})=1.23\text{ V}$,产生的电流(I)为电流密度(i)和电池活化面积(A_{cell})的乘积($I=i \times A_{\text{cell}}$)。由于电池内活化阻抗、扩散阻抗和内阻影响,质子交换膜燃料电池(proton exchange membrane fuel cell, PEMFC)的实际电压为 0.6~0.7 V,电池电势与电流密度的函数关系由电池的极化曲线描述,PEMFC 的典型数值在 0.65 Amp/cm^2 左右。通常一个单体电池所产生的电压和电流不足以满足实际应用对电压、电流或功率的要求,因此需要将多个单体电池串联起来组成层状电池组结构,构成电堆,电堆电压(V_{stack})为单体电池的数量(N_{cell})和单体电池的电压(V_{cell})之乘积:

$$V_{\text{stack}} = \sum_{i=1}^N (V_i) = V_{\text{cell}} \cdot N_{\text{cell}} \quad (1)$$

3.3.3 控制系统

在电化学技术、材料技术、工装工艺和加工技术确定后,氢燃料电池系统的核心技术为系统和环境条件的控制技术。为了使氢燃料电池内部的化学反应所输出的功率符合负载要求并确保氢燃料电池电源系统在各种变化条件下稳定运行,必须使用计算机对全部工作过程进行控制。从启动、动态保证各种变化条件下的最佳运转、管理、通信到停止,所有的操作全部由计算机控制,并可实现全部程序化的无人监控。控制系统将数学计算、温控、压力与传感、电子技术与器件、计算机软硬件等各种技术有机关联和集成后,实现了氢燃料电池电源系统智能化的工作。整体的控制系统由数个计算机处理器及数个不同的控制子系统组成,可以根据不同的系统和不同的应用需求,构成单一的控制单元或几个专用控制器将全部过程完全控制起来。燃料电池的控制系统是氢燃料电池电源设备的“大脑”和“神经网络”,决定了氢燃料电池内部的变化和对外的反应及动作。

3.3.4 燃料供给及高压系统

氢燃料电池最常用的供气手段是高压气态储氢瓶,储氢瓶又分为钢氢气瓶和碳纤维缠绕铝内胆储氢瓶两种。钢瓶采用符合 GB 5099-1994 标准的氢气钢瓶。瓶口压力为 15 MPa,水容积 40 L,瓶重 50 kg,储氢气量 485 g,用于 1 500 W 输出功率的燃料电池大约可发电 4.2 h。碳纤维储氢瓶采用 DOT 标准,瓶口压力为 35 MPa,瓶重 64 kg,储氢气量 2 750 g,用于 1 500 W 输出功率的燃料电池大约可发电 24 h。氢气的供气、排气、压力全部由计算机程序控制,图 4 为氢气及高压系统结构。

3.3.5 自检和监控系统

氢燃料电池电源系统带有自检和监控系统,实现故障预测、自检、切换、报警、紧急停机操作等保证系统安全运行的全部功能。

3.3.6 机械与结构系统

氢燃料电池电源系统需要保证氢气(电磁阀组)进气、排气在专业设计的结构和通道中进行,保证空气(氧气)的进气要求,排放的气体、水(气)、热在专业设计的结构和通道中完成,保证系统在恶劣条件下的防护保证。故氢燃料电池对机械与结构系统要求很高,且按照应用场景分为室内型和户外型,要求不同的设计和制造,需要专门的标准、设计和生产。

3.3.7 通信和网络系统

氢燃料电池电源系统的全部工作性能和操作都是由计算机控制的,因此具有数字电子设备功能,能实现四遥(遥信、遥测、遥控、遥调)功能。氢燃料电池电源系统具有通信模块和 RS232、RS485、CAN-bus、TCP/IP 等通信接口。通过网管系统能实现多个氢燃料电池电源系统的网络监控,由监控中心

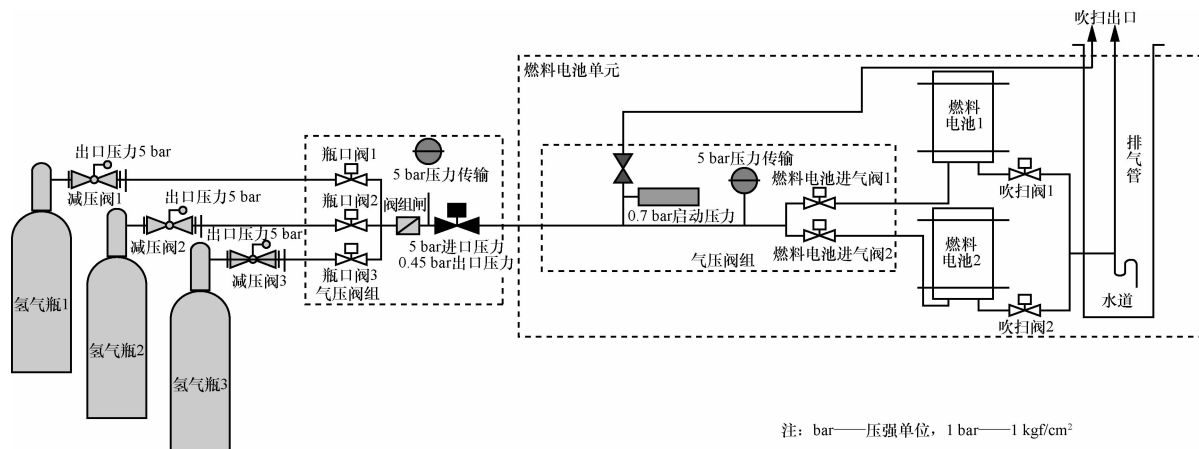


图 4 氢气及高压系统结构



对电源网任意节点上的局部或全部电源系统进行监控。图 5 为利用氢燃料电源通信模块实现的监控网络示意。

3.3.8 接口设备及外部设备

通常氢燃料电源的输出为直流,电压是一个定值。例如:用于通信设备的氢燃料备用电源系统输出电压为 48 V DC。但在工业应用中设计电源系统时,需要根据不同的负载要求加入接口系统或配置外部设备。

4 燃料电池(电源系统)的技术标准

国际上,氢燃料电源技术的相关标准已经趋于完善,主要以国际电工委员会(IEC)关于氢燃料电池产品、制造和测试技术的全套标准(IEC62282)为主。该套标准共有 7 部分,涵盖了术语、材料、技术、产品、测试的全部标准和内容。其他的标准,如 ANSI/CSA 的北美标准、ASTM 标准、UL 标准、SAE 标准、JIL 标准都是以 IEC62282 标准为基础,衍生制定的。

我国目前也是以国际标准 IEC62282 为主,直接引用 IEC62282 国际燃料电池标准中的 10 项,并根据我国行业情况自定义 15 项国家燃料电池标准(主要针对燃料电池车辆的标准)。针对通信行业氢燃料备用电源的生产和应用,尚未形成国家或行业标准。中国通信标准化协会于 2010 年,参照美国 RELION 公司的氢燃料备用电源的技术手册和参数,发布了《YDB 051-2010 通信用氢燃料电池供电系统》通信标准类技术报告。根据氢燃料备用电源在各地通信基站实际的试用和完成系统化的测试,进行适用

于本地基站备用电源要求的系统可靠性、耐久性的技术研究,进一步制定和完善我国通信用氢燃料备用电源系统的工业标准势在必行。

5 燃料电池技术的应用领域

理论上讲,凡是用到电力能源的地方,都能使用氢燃料电池,但氢燃料电池在目前的发展阶段并非一种取代其他能源的手段,而是与其他的发电、放电(储能)技术共存的一种使用清洁能源(氢气)的技术。例如:从使用成本角度评估,把氢燃料电源作为常用动力电源时,它的发电成本高于目前主要使用的火力发电成本数倍。尽管火力或核电发电有污染排放和安全的问题,但其发电成本仅为几角/kWh,用电成本约 1.00 元人民币,为主流用电成本。而氢燃料电源发电的成本约 5.00 元/kWh,高于电网的电价,因此,现在将氢燃料电源当作一般用途的常发电的动力电源使用尚不成熟,成本上尚不合算。但是,如果根据燃料电池发电技术的特性和品质,将其使用在适合于发挥其技术特点的应用方面,就可以看到在这些应用方面燃料电池有着诸多的比传统供电方式(发电和储能放电)优越得多的优势。例如以下几个方面。

军事应用:利用燃料电池低温静默式无红外呈像、悄声发电的特点,燃料电池可以取代柴油发电机作为动力电源;利用燃料电池能量密度极高、重量轻、体积小特点,燃料电池可以作为便携及单兵电源;利用燃料电源系统的全部数字电子控制、可车载移动,可以组

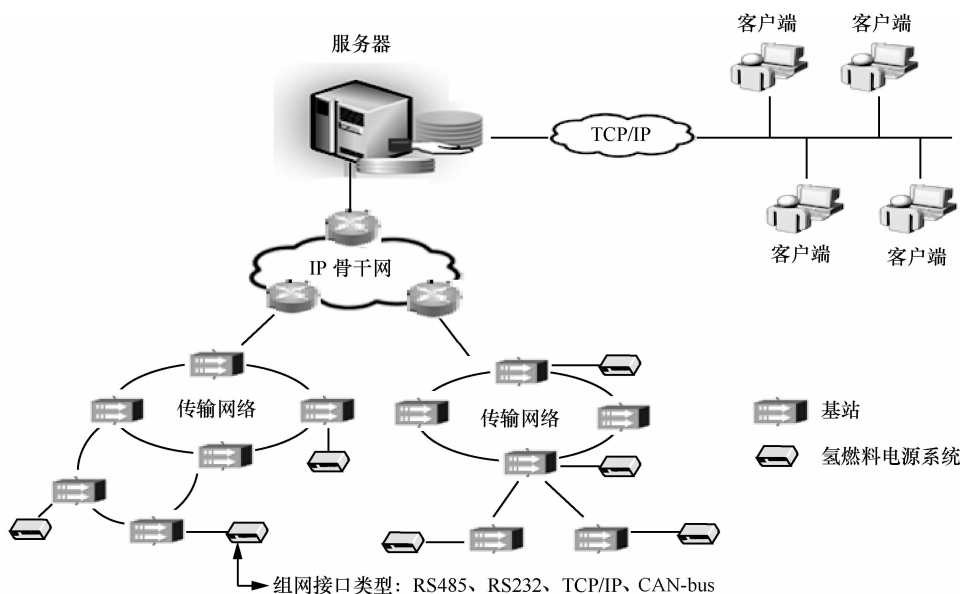


图 5 氢燃料电源系统监控网络示意

成能够由中央服务器全面遥控的可不断变换位置的分布式动力电源群组;利用燃料电池可连续发电的特点,燃料电池可以用于多种无人监控的器件和设备。将燃料电池技术应用于诸多的军事用途中,其中有些是比现有的柴油发电机、各种储能电池有技术上和使用上的优势,还有一些是使用现有技术无法实现的新的发明和应用。

物流仓库中的叉车应用:由于封闭空间的排放问题,不能使用有污染排放的柴油动力叉车;使用电瓶动力叉车,由于电瓶的放电时间限制,造成了电瓶及电瓶叉车数量的增加;使用氢燃料电池叉车不但无污染且成本效率有所提高,一台燃料电池叉车相当于 3 台电瓶叉车的工作负荷。

氢燃料电池车应用:在交通和运输上的应用,尚未到达工业化和市场化阶段。如果加氢站的基础建设和工业化生产成本降低的问题能够解决,“烧”氢的燃料电池汽车全部取代“烧”汽油、柴油的汽车,全国的石油的消耗将减少 50%,大城市的空气污染将减少 50%(2011 年的统计数据)。

电力、铁路、通信、IT 等行业的应用:将广泛使用的铅酸蓄电池备用电源的一部分用氢燃料来取代(我国铅酸蓄电池年产总量大于 1×10^8 kWh,产值超过 1 200 亿元)可带来备用电源技术的提高,有效减少碳排放,达到节能减排,同时降低成本的双赢效果。

6 通信行业中氢燃料电池电源的应用与节能减排

6.1 通信行业能耗及节能减排的要求

根据国家统计局的数据,2011 年我国电力和天然气的消耗量分别比 2010 年增长 11.7% 和 12%,由此可见国家节能减排的压力和任务难度。对于通信行业,自 2009 年三大运营商的年耗电量达到 290 亿千瓦时的水平后,2010 年,三大运营商均被国务院国有资产监督管理委员会从节能减排的“一般企业”调整为“关注企业”,节能目标明确具体,“十二五”的节能指标 17% 具有法律约束力。通信行业的节能减排不仅仅关系到企业持续性发展的根本利益,更兼有国家经济、社会和环境责任。

根据 2010 年《第一届通信行业节能减排大会》的数据,通信运营商的能耗以电能为主,占全部能耗的 85% 以上,燃油占 10% 以上,还有少量天然气和煤的消耗。2009 年

290 亿千瓦时耗电中(中国移动通信集团公司(以下简称中国移动)耗电量为 111.4 亿千瓦时,中国电信集团公司耗电量为 98 亿千瓦时,中国联合网络通信有限公司耗电量为 80.6 亿千瓦时)以生产电为主。通信机房、数据中心机房、基站、接入局点、户外一体化基站和户外机柜为主要的生产用电核心,占耗电总量的 85% 以上。而在各类机房(站)的总能耗构成中,空调的平均能耗占总能耗的 40% 以上,约 100 亿千瓦时。很明显,在可能节约能源的各个环节中,空调节能降耗是重点和最大的控制点,加大对机房(通信机房、数据中心机房、基站、接入局点、户外一体化基站和户外机柜)温控节能技术的进一步研究,会取得不可忽视的节约效果。如果空调用电可以被节约 35%,就意味着电信运营减少了 30 亿千克的 CO_2 排放量(按照我国火力发电平均煤耗 350 g/kWh 计算),同时节约了 30 亿元人民币(按照 1.00 元/kWh 计算)的运营成本。

节能的概念与评估需从节能技术及节能成本这两个角度切入,节能减排所引入的技术、设备或维护成本不该比节约下来的成本更多,应避免节能不节支的情况产生。如何做到既省电、省能耗(资源),同时又节约成本是接下来主要探讨的问题,旨在从原理和技术上分析采用氢燃料电池备用电源系统带来的节能效果及成本优势。

6.2 通信行业采用氢燃料电池电源带来的优势及解决的问题

氢燃料电池电源系统在通信行业中有很多可带来明显效益的应用。

- 氢燃料电池电源系统具有静默式发电、重量轻、体积小、功率高的优势,可作为应急发电手段,采用更灵活的方式(如车载、空投、人力背携)发往断电的灾区或紧急地点就地组装使用,解决由于电网瘫痪导致的通信中断问题,提升应急通信保障能力。
- 氢燃料电池电源系统能够按照应用场景,灵活开发不同类型的产品,且具有能量密度高、便携的优势,可作为微型发电机、充电器,为手机、微型电脑、微型电台等便携电子产品提供电源,解决没有交流电的野外环境(沙漠、森林、海岛等)通信问题。
- 氢燃料电池电源系统具有备电时间长、动态响应快、远程监控的优势,可作为微型无人监控器或分布通信网络的可靠电源,且远程网络监控不但实现了设备运行无人值守的功能,还能及时反馈系统运行情况,实时上报告警信息,解决长时间无市电地区的备用电源及监控问题。



- 氢燃料电源系统对环境适应性强,具有对工作环境温度不敏感、无污染排放、总体拥有成本(total cost of ownership, TCO)低的优势,可作为全新的备用电源技术,解决通信机房、基站关于节约能耗和降低设备成本及减少污染排放的问题。

以下将重点分析氢燃料备用电源在通信基站节能方面带来的成效。

6.3 氢燃料备用电源带来的节约(成本、能耗)定性分析

6.3.1 典型通信基站的能耗和节能措施的分类

传统的通信基站一般设立在封闭的机房内(数据中心机房、基站、接入局点)。由于机房内各类通信设备运行时不断产生热量,使室内环境温度升高,尤其在高温的夏天,机房内温度可升至很高,甚至会因温度过高导致通信设备不能继续正常工作。为确保设备连续正常地工作在最佳环境温度,必须把机房或基站内设备工作时所产生的热量排到室外去,因此机房或基站均使用温控空调来调节机房温度。一般基站内的用电设备有无线主设备、传输设备、电源设备(开关电源和蓄电池)、监控设备和空调。典型配置的数据为:无线主设备功耗 2 kW,传输设备功耗 100 W,开关电源功耗 50 W,监控设备 10 W,2台 3P 空调功耗 2.5 kW,总功率<5 kW,空调耗电约占基站总功耗的 50%,几乎等于甚至大于基站内无线设备功耗。使用空调控温的初衷是保证无线设备能正常工作,但其能耗却大于主设备的能耗,这种传统的控温方案导致了运营成本不合理。

因此通信行业的科技和管理人员积极地寻求各种节能的措施和方案,力求提高能源使用效率、降低支撑条件的能耗。包括通过不断缩小机房体积空间而减少空调制冷量、户外一体化基站、户外微型机柜、机房改造、空调自适应技术、空调添加剂技术改进、空调远程监控、水冷空调、智能通风、智能换热、地板下送风、定向送风、新风一体化空调、分离式热管技术、蓄电池恒温技术、保温及热反射建筑材料、室外机雾化喷淋、通信机柜点对点冷却等至少几十种方案,其根本均是针对基站空调系统用电的节能。根据中国移动基站空调系统节能总体指导意见(简称指导意见),这些节能措施被划分为 3 类:管理措施类、节能改造类和应用节能设备类。而笔者更愿意用另外一种思路将这些措施划分为两类:节能技术开源类和节能节约挖潜类,在逻辑上对每一种节能方案可能带来的绩效做了一个定性的预测。技术开源类的节能空间可以说是无限的,是主动性的节能措施,仍有很大的空间可开拓,应该予以特殊

的重视和支持;节约挖潜类是有限的,是被动性的措施,其作用是把原来富余和不应消耗的能量节约下来,受原来富余量多少的制约。

6.3.2 关于通信基站空调能耗的分析

从空调能源被使用或消耗的源头进行详细分析,便可清楚看到空调能源被消耗的效率,即:检查空调系统每份能源付出的作用是什么,该部分能源的支出是否合理,其支出依据是什么。一个空调系统所付出的能耗是它消耗电能、转换热量所做的功。目前通信基站空调制冷的设置温度为 28℃(指导意见),空调要转换的热量,是基站内部空间由于电信设备工作发热和室内/外的温度差由外部传进来的热量而导致的高温(例如:45℃)降低到所设定的室温 28℃所做的热交换总量。这个热交换过程是一个二次换能过程,首先要由空调机的室内机把室内的多余热量传递给制冷剂,然后再由空调机的室外机将制冷剂所携带的热量转移给外界空气,才能将内部空间高出设置温度的全部热量挪到室外,其代价就是转移由这个温差所决定的热量而付出的能耗。

以下分析两个方向:首先要检查空调(热交换)设备的本身和其被使用的合理性,其次要检查室内设置温度的前因后果。作为独立的环节,这两个方向是独立的,但作为同一个热场分析系统之下的子环节,这两个方向又是函数关联的,下面就两个方向的关联性单独分析。

单独考虑基站室内设置温度及其所需要热交换总量这个环节,空调的功耗由所需要的热交换总量来决定,即由各热源在室内能产生的高温(上限温度)减去室内要设定温度(下限温度)的温度差所决定。对于上限温度笔者暂时不予讨论,而先关注那个下限温度,即基站的设定温度,且认为空调对温度差所做的功(能耗)由下限温度的变化所决定,便可得知温度下限的设定与能耗的关系。表 2 是基站机房内所有设备的温度适应性的总结,可知,所有设备中蓄电池对温度的要求最严格,是室内温度设置的瓶颈。如果在给定的空间内没有蓄电池,而只有电信和电源设备,在该空间温度设置不高于 40℃时,其中的电信设备可以正常工作。取一个空调功耗为 2 kW,基站温度按照 28℃的标定设置为例,空调的年耗电能为 17 520 kWh。根据《中国移动基站空调系统节能总体指导意见》附件一的数据,工作温度下限每提高 1℃,可减少空调能耗 3%。如果把基站内部温度设为 38℃,则空调单项能耗减少 30%,约 5 000 kWh/年的省电量。原设定的 28℃的下限温度主

表 2 基站机房内设备的温度适应性

	BTS 无线	传输设备	电源设备	蓄电池	空调
工作温度范围标称(℃)	-5 ~ +45	0 ~ +45	-5 ~ +40	+15 ~ +30	+14 ~ +45
工作湿度(RH)范围标称	10%~90%	10%~90%	10%~90%	10%~90%	10%~90%
温度对设备的影响	温度>45℃时,端口误码,设备中断			标准使用温度 25℃; 温度低于 25℃, 寿命较长; 温度升高, 极板腐蚀加剧, 寿命缩短, 温度升高 10℃, 使用寿命降低一半	

要是由蓄电池的工作寿命和成本来考虑和综合决定的。对于电信负载为 2 400 W, 要求有 6~8 h 备电要求的基站, 一般要配 2 组 24 块 2 V/500 Ah, 环境温度为 25℃的铅酸蓄电池。这样参数的蓄电池, 其单价约为 800~1 000 元, 2 组电池组的总价约为 4 万元。在应用中, 这样 2 组蓄电池的一般使用寿命为 4 年, 如果温度提高 10℃, 其使用寿命减少一半, 则这 4 万元的电池只能使用 2 年, 就造成了每年 1 万元的损失。因此, 有理由这样推论, 把基站内部温度设定在 28℃是一种成本权衡的妥协, 即: 每年/基站多付出 5 000 kWh 的能耗而换来每年 1 万元的成本损失。按每度电成本 1.00 元计算, 净效果是多付出 5 000 kWh 能耗而换来净成本减少 5 000 元/年。

6.3.3 氢燃料备用电源带来的成本降低

在 IT (information technology) 和 ICT (information & communication technology) 行业中, 核算总体拥有成本(TCO) 能更贴切地反映一个进行中的项目或器件或设备的投资成本。总体拥有成本是一个设备在有价值周期内所有的投入成本之和, 包括最初的购置成本(acquisition cost) 和使用周期内不断投入的成本(operation cost)。

以下笔者以电源系统的支撑能力均为 2 400~3 000 W 的电信负载、年累计断电 100 h, 取氢燃料电源使用寿命 16 年为周期, 用图表的形式对氢燃料电源和柴油机+蓄电池这两种备用电源系统的 TCO 成本做详细的比较。各设备的使用寿命如表 3 所列, 蓄电池组的购置成本如表 4 所列。

表 5 为“蓄电池+柴油发电机”和氢燃料备用电源的初

表 3 各设备的使用寿命

设备	寿命(年)
铅酸蓄电池	4
10 kW 柴油发电机	8
空调	8
氢燃料备用电源	16

表 4 蓄电池组的购置成本

数量及种类	成本(元)
1 块 2 V/500 Ah	900.00
24 块 2 V/500 Ah(一组 48 V/500 Ah)	21 600.00
48 块 2 V/500 Ah(二组 48 V/500 Ah)	43 200.00

表 5 两种备电方式的初次购置成本对比

	铅酸蓄电池+柴油发电机 初次购置成本(元)	燃料电源系统 初次购置成本(元)
铅酸蓄电池	43 200.00	120 000.00
10 kW 柴油发电机	20 000.00	
空调	9 000.00	
合计	72 200.00	120 000.00

次购置成本对比, 其中空调购置成本是按照目前基站 5P 空调配置的购置成本计算的。

结论: 备用燃料电源系统初次购置成本比“蓄电池+柴油发电机”初次购置成本高, 其比例约为 12/7。

表 6 是两种备用电源系统每年使用/维护的附加成本对比, 其中氢气发电成本 5 元/kWh(15 MPa、40 L 的氢气瓶, 储氢 485 g, 成本 30 元), 燃料电池耗氢量约 80 g/kWh, 则 3 kW、年累发电 100 h 的附加成本为:

$$3\text{ kW}\times 100\text{ h}\times 5\text{ 元/kWh} = 1\,500\text{ 元} \tag{1}$$

蓄电池发电成本: 蓄电池的充放电效率为 1.5 h, 则放电成本约: 1.5 元/kWh (因蓄电池浮充所消耗的电能暂忽略), 则年累发电 100 h 的附加成本为:

$$3\text{ kW}\times 100\text{ h}\times 1.5\text{ 元/kWh} = 450\text{ 元} \tag{2}$$

柴油发电机的发电成本约: 2.5 元/kWh。若其中柴油发电机发电 50 h, 则年累断电 100 h 的附加成本为:

$$3\text{ kW}\times 50\text{ h}\times 2.5\text{ 元/kWh} = 375\text{ 元} \tag{3}$$

可见, 备用燃料电源系统每年的附加成本为铅酸电池组备电系统附加成本的 1/3。

结论: 备用燃料电源系统的整体拥有成本(TCO) 不足铅酸电池组备电系统整体拥有成本的 1/2, 比例约为



表 6 两种备电方式每年附加成本对比

铅酸电池组				氢燃料备用电源			
市电	工作状态	附加成本(元/年)		市电	工作状态	附加成本(元/年)	
正常	蓄电池“浮充”状态	因保护电池的空调能耗分量成本	5 000	正常	氢燃料电池“待机”状态	维护成本	1 000
		维护成本	5 000				
		应急车平摊成本	5 000				
停电	蓄电池放电+柴油发电机发电	电池充电	450	停电	燃料电池消耗氢气发电	耗氢气	1 500
		柴油发电机燃料	375			更换备件平摊成本	3 000
合计			15 825	合计			5 500

0.43%,平均每个系统每年节约设备资金成本 17 250.00元。若全国 10 万个这样的通信基站采用氢燃料备用电源取代备电的铅酸蓄电池,每年可节约国家设备投入资金 17.25 亿元。

6.3.4 氢燃料备用电源带来的能耗节约

使用氢燃料备用电源方案代替传统铅酸蓄电池的备电方案,除了带来成本的降低之外,还会在减少能耗(耗电)的同时带来另外一份节约,即:对应于减少用电而带来的电费的节省。本文第 7.3.2 节所分析的情况是属于没有采取节能措施的情况,每个基站每年至少要浪费 5 000 kWh 以上的电能。目前各个电信运营商已经采取了很多种措施,例如:按照“分区控温、针对冷却”的原则,将电池装入恒温柜,并配装一台小功率电池柜专用空调。这台专门用于电池柜的小空调功率为 200~400 W,故它的年电耗为 1 752~3 504 kWh/年,取中间值 2 628 kWh/年。也就是说,如果引入氢燃料备用电源,没有蓄电池对温高的瓶颈问题,就至少可以去掉这个电池柜的功耗,将至少可以在每个系统上节电 2 628 kWh/基站,若全国 10 万个这样的通信基站采用氢燃料备用,每年至少可以减少 2.628 亿千瓦时的使用,减少的 CO₂ 排放量为 22.31 万吨,另外节约能耗成本 2.628 亿元。

事实上,如果引入氢燃料备用电源技术代替现在广泛使用的铅酸蓄电池,现有机房、基站、户外基站的节能技术和方案及节能潜力的计算都会有改变,也都需要重新计算,以下会进一步讨论这一问题。

7 氢燃料备用电源带来节能技术研究的新课题

7.1 通信基站热能场分析和各单向节能技术的函数关系

基站现行的单项节能技术多达百余项,但这些单项技

术之间不完全是线性无关的变量,它们存在着各种复杂函数关系的关联,机房(基站、机柜)的热场中各个热源的发 热、散热性质也不尽相同。在没有引入氢燃料电源的情况下,其热场的温度设定由铅酸电池所能承受的温度为主要考虑,其热场中的各单项降温技术以线性函数关系为主,基本上是用简化的线性关系的近似估算。氢燃料电源引入温度场概念后,各个热源之间的函数关系不再是简单的线性关系。例如:移出蓄电池以后,空调的功率可以比原设计的功率降低,原来空调控制工作的函数关系和程序也会相应地改变。准确地计算热场中传热的变化将可以带来最大限度的能源利用效果。根据传热学(导热学、对流换热学、辐射换热学)的理论,使用有限元法,用计算机仿真整个有源热场系统中导热特征和热场中各个源点之间函数相关的微分方程: $\lambda \nabla^2 t + \Phi = 0$,将可以作为温度场中各个设备设计的理论依据。

7.2 通信基站中温度点的分布与测试方法

如果对移动基站的户外机柜进行实际的测试或热成像监测,就可看到机房(基站、机柜)的热场中的温度分布非常不均匀,在最重要的设备点温度最高,柜内高低温温差的梯度达 20℃左右,此时空调的自动温控标准会有相当大的误差。尽管基站内或机柜内的平均温度可能只有 38℃,但在电信设备附近某个高温点达到 55℃时,设备也有损坏和出现故障的危险,所以通信机柜要引入点对点冷却概念和技术。开发点对点冷却技术的前提就是要求标准化的温度场测试,这就需要标准化的硬件(温度传感器、测温仪)和标准化的软件。

7.3 氢燃料备用电源设备的标准化的研究

像蓄电池生产标准化一样,燃料电池备用电源设备也要标准化。不同的应用参数会使用不同的通信设备,可能要求不同的备用电源设备参数,而燃料电源工作环境的要

求又会反过来对机房、基站、机柜的参数和设置提出要求。因此,以最稳定工作和最大节能减排效果为前提,用户在制定氢燃料备用电源设备标准时可能对现有的产品做出相应的调整。

8 结束语

氢燃料电源技术是处于科技前沿的先进能源技术,

在各种能源需求领域中迅速发展。各类燃料电源系统的应用不仅能够带来节能减排的不菲成效,更能大幅度地减少投资成本。因此,氢燃料电源和氢能源的应用是社会和能源技术发展的必然和希望。我国具有氢燃料电源应用的最佳契机和最好条件,是全球发展燃料电池的前途所在,发展氢燃料电池技术是社会和工业界的契机、责任和义务。

A Study of Fuel Cell Backup Power in Telecommunication Application

Hou Shiyan¹, Li Ran²

(1. China Mobile Group Design Institute Co., Ltd., Beijing 100080, China;

2. China Association for Hydrogen Energy, Beijing 100081, China)

Abstract Based on the fundamentals and advantages of fuel cell backup powers, the innovation and enhance of the fuel cell backup power over general backup power is technically and economically discussed and analyzed. An outdoor telecommunication cabinet solution with fuel cell backup power is illustrated and further research direction on energy saving and emission reduction from fuel cell power in telecom application is suggested.

Key words fuel cell backup power, telecom base station, energy saving and emission reduction

(收稿日期:2012-08-14)

·简讯·

FLIR 借助 MATLAB 的 HDL 代码自动生成技术加速热成像 FPGA 的开发

2012 年 9 月 6 日,MathWorks 宣布,FLIR Systems 通过使用 MATLAB 和 HDL Coder,将热成像 FPGA 开发过程中从概念的形成到构建可在现场测试的原型的时间缩短了 60%。通过使用 MATLAB 来设计、仿真和评估算法,并使用 HDL Coder 在 FPGA 上快速实现最佳算法,FLIR 成功加快了开发进程,仅用数小时便强化原有功能并将代码重新用于原型设计和生产,而不必耗费数周的时间。

借助 MATLAB 和 HDL Coder,FLIR 的算法工程师可以自行生成 FPGA 原型,无需为可能并不完全了解相应算法的硬件工程师提供书面说明文档。这种新的热成像算法开发工作流程还可消除将算法手动转换成 HDL 的过程中容易出错的步骤,使开发人员有更多的时间来更多

地尝试设计迭代。这样,FLIR 算法工程师就能够探索各种不同的设计方案,从而对最终原型充满信心,并将代码重新用于生产。

FLIR Systems 的图像处理技术经理 Nicholas Hogasten 表示:“借助 MATLAB 和 HDL Coder,我们能够更快地对市场需求做出响应。现在我们之所以能够坦然应对各种变局,原因在于我们可在数周内将新的创意引入具有实时性能的硬件原型上。工程设计过程有了更多乐趣,工作满意度和客户满意度也因此得到提升。”

MathWorks 的 HDL 技术市场经理 Sudhir Sharma 指出:“为了快速准确地开发 FPGA,算法工程师们需要一个有利的环境来促成从理念到实现的迭代设计过程。现在,借助 HDL Coder,算法工程师们只需遵循由按钮构成的工作流程,即可在 FPGA 上对其 MATLAB 和 Simulink 算法进行原型设计和验证。”