

# 风光柴储 + 氢互补一体化通信电源供电系统的优化设计

赵习猛, 朱永平, 周 三

(湖南邮电职业技术学院, 湖南长沙 410015)

**【摘要】**文章通过优化风光柴储 + 氢互补的一体化通信电源系统,能充分利用风电和光伏等可再生能源供电,同时利用储氢模块能有效抑制风光出力波动性带来的影响,提高风电和光伏的利用率。市电和柴油发电作为备用保证供电可靠性,氢气和蓄电池的使用减少了市电和油机的使用,实现电源供电的节能。

**【关键词】**可再生能源;通信基站;节能减排

**【doi:10.3969/j.issn.2095-7661.2020.01.004】**

**【中图分类号】**TN86

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**2095-7661(2020)01-0011-03

## Optimal Design of Integrated Communication Power Supply System of Wind, Photovoltaic, Diesel, Storage and Hydrogen Power

ZHAO Xi-meng, ZHU Yong-ping, ZHOU San

(Hunan Post and Telecommunication College, Changsha, Hunan, China 410015)

**Abstract:**The optimized integrated communication power supply system of wind, photovoltaic, diesel, storage and hydrogen complementation can make full use of renewable energy such as wind power and photovoltaic power supply. The hydrogen storage module can effectively suppress the impact of wind power fluctuation and improve the utilization ratio of wind power and photovoltaic. Electric supply and diesel power generation are used as backup to ensure the reliability of power supply. The use of hydrogen and battery reduces the use of municipal power and oil engine, and realizes the energy saving of power supply.

**Keywords:** renewable energy; communication base station; energy saving and emission reduction

以 5G 为基础的通信技术与大数据、人工智能(AI)相结合,开启了物联网的新时代。通信电源是 5G 发展必不可少的重要组成部分,电源供电质量的好坏,直接影响到通信系统能否安全可靠工作。一直以来,通信基站的用电支出占运营商用电总支出的较大部分,由图 1 可以看出,基站的能耗又占到总能耗的 75%左右<sup>[1-2]</sup>。随着 5G 的普及应用,基站能耗大幅提升,因此基站节能的研究具有重要意义。

随着国家节能减排、绿色共享观念的深入,通信行业绿色节能的通信基站供电解决方案研究较多,其中,以风光柴储混合供电系统为核心的基站供电系统是较为理想的供电方案<sup>[3-5]</sup>。风电、太阳能等都属于可

再生能源,一方面可以减少市电的使用,节约基站的供电成本;另一方面,可以减少化石燃料的燃烧,有效解决空气污染等问题。

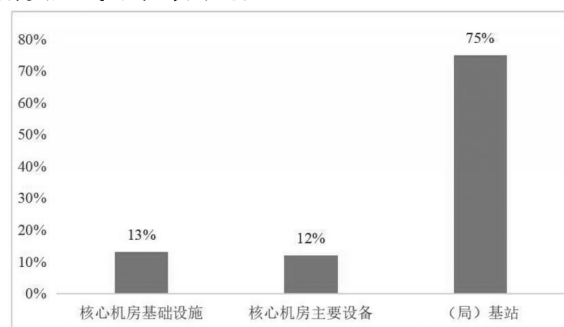


图 1 基站能耗大致分布示意图

**【收稿日期】**2019-12-11

**【作者简介】**赵习猛(1990-),男,湖南邮电职业技术学院助教,工学硕士,研究方向:通信电源、电力电子技术。

**【基金项目】**湖南邮电职业技术学院 2018 年度院级课题“计及风光出力波动性的新能源供电在通信基站中的应用研究”(课题编号:2018CZ13)。

## 1 风光柴储 + 氢供电系统

### 1.1 风光柴储 + 氢供电系统组成

本设计与传统的风光互补供电系统设计相比,针对基站负荷供电实际情况,加入储氢模块的同时采用油机和市电作为保障,进一步减小了可再生能源出力不稳定对供电的影响。考虑到基站负载电压调节范围较宽,将蓄电池组与系统母线电压直接并联,且采用 UPS 逆变器为基站中交流负载供电<sup>[6]</sup>。

该混合能源供电系统采用交直流混合微网结构设计,与交流微网相比较,直流微网省去部分交直流变换装置,且可再生能源(风电、光伏等)发电主要为直流电,从而能降低系统损耗,节约成本;另外直流微网不需要考虑频率稳定以及无功等问题,易于实现可再生能源之间的相互协调控制。

风光柴储 + 氢供电系统在传统开关电源组合(变压器、移动式柴油发电机、蓄电池组等)的基础上,加入太阳能模块、风电模块以及储氢模块、能量管理系统,其系统示意图如图 2 所示。

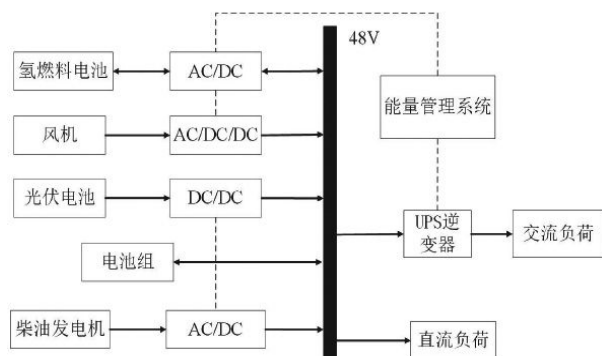


图 2 风光柴储 + 氢供电系统结构组成图

该设计中能量管理系统能有效实现各类电源的协调优化,是该电源系统的控制核心。为有效利用风电、光伏、氢能,将可再生能源变为直流电源输出。能量管理系统应具备以下功能:

- 1)能实时有效跟踪太阳能、风电最大输出功率,使其在较高效率状态下工作;
- 2)能对可再生能源的运行条件实时判断,精确执行运行控制策略;
- 3)能实时监测系统的运行状况(环境温度、风力大小、光照强度、各模块电压、电流等);
- 4)具有系统正常运行、过压、过流以及欠压等保护功能;
- 5)具有远程通讯的接口。

2020 年我国的动力锂电池报废量预计达到 32.2GWh,约 50 万吨,到 2023 年报废量将可能达到 101GWh,约 116 万吨<sup>[7-9]</sup>。目前在电池的可靠性、安全性以及使用寿命方面研究较多,但电池的回收状况不容乐观,难以实现动力电池的回收和梯级利用。考虑

到新能源电动汽车上退役的动力电池容量为初始容量的 70%左右,并具有一定的使用价值,且随着 5G 基站的建设,蓄电池的容量需求进一步提高。因此在该基站电源系统中采用电动汽车回收的废旧电池储能。一方面能实现电池的梯次利用,另一方面能节约基站供电成本。在本设计中蓄电池模块加入了蓄电池寿命检测以及报警系统,能提高系统供电的可靠性。

### 1.2 风光柴储 + 氢供电系统的控制策略

考虑到可再生能源出力的波动性和间歇性会影响供电的稳定性和可靠性,该设计中加入储能模块,以保证系统的正常运行。当可再生能源出力较大时,在满足基站负载正常供电的同时,将多余的电量用于制氢,以备在可再生能源出力不足时使用。同时考虑到市电和可再生能源都没电的极端情况,该设计加入柴油发电机作为最后的备用电源以保证供电的可靠性。该系统中电源种类较多,各能源系统的协调由统一的能量管理系统进行控制和管理。具体的控制顺序如下:

- 1)在风光比较充足的情况下,优先采用可再生能源(风电和光伏)为基站负载供电;
- 2)在风光出力较大的情况下,在给基站负载供电的同时将多余的电量用于制氢;
- 3)在风光出力不足时,由氢气和风光共同发电满足基站负载的供电,这样可以减少市电和油机的使用;
- 4)在风光出力不足,且氢能不足的情况下,采用风光和市电共同为基站负载供电;
- 5)考虑到可再生能源(风电、光伏、氢能)以及市电都没电的极端情况,由蓄电池和柴油发电机保证。

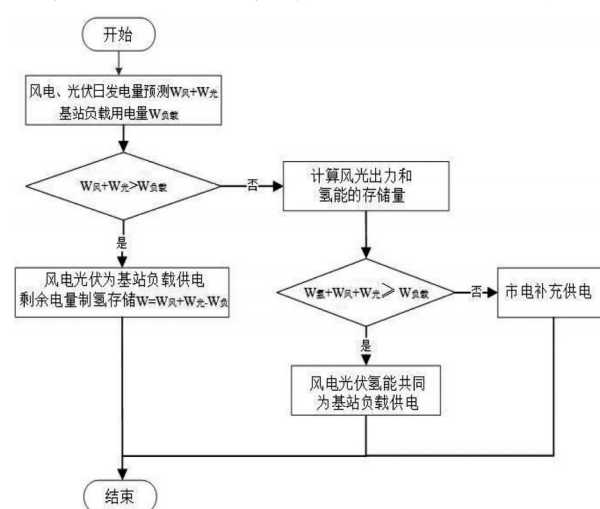


图 3 风光柴储 + 氢供电系统运行控制策略图

如图 3 所示,首先进行风电、光伏的日发电量预测,然后将预测结果反馈到能量管理系统,能量管理系统根据事先设定的控制策略对风电、光伏、市电、油

机、储氢单元等进行控制,最后该系统的运行状况统一反馈到监控单元。

该系统各类电源用电的优先级是:优先使用风光系统为负载供电,其次是氢能,当可再生能源不足时短暂采用市电为基站负载供电,当市电、可再生能源都停止供电的极端情况由蓄电池和油机作为备用来供电。

## 2 风光柴储+氢供电系统的应用分析

### 2.1 应用场景及配置说明

考虑到基站负载功率不同,本设计参考文献[10]给出了4种典型应用场景下的风光柴储+氢供电系统的配置,见表1所示。

表1 风光柴储+氢供电系统配置表

基站负载	应用场景	风电控制器	太阳能控制器	储氢瓶数
300W	无线天线	600W×1	48V/20A×1	5
600W	微型站	1kW×2	48V/50A×1	15
1500W	宏基站	2kW×2	48V/50A×2	20
3000W	多网基站	2kW×4	48V/50A×3	30

对于小型基站(300~600W)而言,优先使用风电和光伏供电,且配置较少的储氢单元;对于可靠性较高容量较大的基站(1500~3000W)而言,需要配置较多的储氢单元和较大功率的风电、太阳能控制器以满足供电的要求。

### 2.2 系统节能及成本经济性分析

本设计中假设基站设备平均用电功率为1kW,直流48V供电,每天用电量24kWh。太阳能电池板配置2kW(有效光照时间按5小时计算),配置3台1kW风机(有效风速5m/s),光伏每天发电量为9.9kWh,风电每天发电量为13.8kWh,基本能满足正常的负载用电。相当于日节约市电23.7kWh,年节约市电8650.5kWh。每年相当于减少标煤3201kg,减少碳粉尘2178kg,减排二氧化碳7973kg,二氧化硫241kg,氮氧化物121kg。

由表2可以看出,采用传统的市电+油机+蓄电池供电模式,由于油机以及人工成本较高则导致系统总运行维护成本最高;采用风光互补供电模式,虽然能减少市电和油机的使用,蓄电池更换折旧以及可再生能源出力不稳定等因素导致系统维护费用也较高,但比传统基站供电模式下的维护费用减少;采用风光柴储+氢供电模式系统维护成本较低,对油机和市电的依赖较低,且本供电系统中采用废旧动力电池进一步降低了系统运行和维护成本。

由图4可以看出,在前5年中,采用传统市电+油机供电时成本较低,但该供电模式下系统的供电成本增速较快,而另外两种加入新能源的供电系统成本

增速较慢。在第5年左右的时间风光柴储+氢的供电模式和风光互补供电模式的成本相当,随着时间推移到第8年左右,风光柴储+氢的供电模式系统供电成本相对较低,经济效益较好。且从长远角度和节能环保来看,加入储氢模块能提高供电可靠性以及减少油机使用。

表2 不同供电模式下系统维护成本比较分析表

维护成本比较(单位:万元)	风光柴储+氢供电模式	风光互补+市电+油机+蓄电池供电模式	市电+油机+蓄电池供电模式
油机耗油及加油人工费	0.5	2	5
蓄电池维护及更换折算	0.8	2.5	2.5
可再生能源发电(风光氢)维护	1.5	0.5	0
控制系统维护	0.5	0.5	0.5
总计	3.3	5.5	8

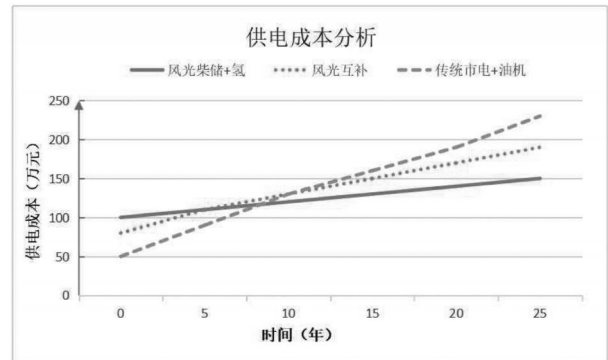


图4 供电成本趋势图

### 2.3 系统对蓄电池性能的影响

风光柴储+氢供电系统中,蓄电池的质量和维护问题是系统可靠运行需考虑的重要因素之一<sup>[2]</sup>,且蓄电池的可靠性很大程度上决定着供电系统的可靠性。与传统的铅酸蓄电池相比,本设计采用汽车的废旧动力电池,在价格和性能等方面也更具优势。且在本设计中加入蓄电池寿命检测和报警系统,能及时反馈给能量管理系统进行实时控制。

## 3 结论

风光柴储+氢供电系统在传统的风光互补供电的基础上加入储氢作为风电和光伏发电的备用,能更加充分利用可再生能源供电,进一步减少市电和油机的使用,同时储氢模块的加入能减少风电、光伏波动带来的影响,从短期来看,储氢模块的加入前期投入成本加大,但储氢模块维护成本较低,从长远角度考虑能减少市电和油机的使用以及维护成本。该基站供电系统符合国家绿色可持续发展的要求,在减少基站电费支出的同时,进一步保证基站供电的可靠性。且随着光伏、

(下转第18页)

表 4 线路末端不同故障识别方法的仿真结果表

2 <sup>3</sup> (6250Hz~12.5kHz) 细节系数能量比			
E <sub>1</sub> /E <sub>2</sub>	1.9167×10 <sup>4</sup>	0.4424	4.6668×10 <sup>8</sup>
E <sub>1</sub> /E <sub>3</sub>	8.6393×10 <sup>3</sup>	0.7323	1.0040×10 <sup>10</sup>
E <sub>1</sub> /E <sub>4</sub>	2.0421×10 <sup>4</sup>	0.3795	1.6503×10 <sup>11</sup>
判别结果	永久性故障	间歇性故障	永久性故障

表 5 线路中点不同故障识别方法的仿真结果表

2 <sup>3</sup> (6250Hz~12.5kHz) 细节系数能量比			
E <sub>1</sub> /E <sub>2</sub>	1.4531×10 <sup>4</sup>	1.6309	5.0360×10 <sup>8</sup>
E <sub>1</sub> /E <sub>3</sub>	2.8870×10 <sup>4</sup>	0.8015	1.1315×10 <sup>10</sup>
E <sub>1</sub> /E <sub>4</sub>	3.1319×10 <sup>4</sup>	1.2359	1.9185×10 <sup>11</sup>
判别结果	永久性故障	间歇性故障	永久性故障

表 6 线路首端不同故障识别方法的仿真结果表

2 <sup>3</sup> (6250Hz~12.5kHz) 细节系数能量比			
E <sub>1</sub> /E <sub>2</sub>	3.9915×10 <sup>5</sup>	1.8185	2.2916×10 <sup>7</sup>
E <sub>1</sub> /E <sub>3</sub>	1.5692×10 <sup>5</sup>	0.2204	2.2783×10 <sup>9</sup>
E <sub>1</sub> /E <sub>4</sub>	7.4339×10 <sup>4</sup>	1.7953	3.5748×10 <sup>10</sup>
判别结果	永久性故障	间歇性故障	永久性故障

### 3 结论

本文提出了中性点经 ZnO 非线性电阻接地系统的故障识别方法。通过大量仿真测试分析接地系统下永久性故障和瞬时性故障的不同物理特性,利用小波多尺度变换发现不同故障时高频分量的衰减性差异,提出基于幅值比的故障识别判据。最后,根据 ZnO 非线性电阻作用的有效性提出基于 ZnO 非线性电阻接

地系统的故障识别方法,提高了电网运行可靠性。

### 【参考文献】

- [1]李瑞先.中压电网系统接地实用技术[M].北京:水利电力出版社,2002.
- [2]张辉.关于配电网中性点经消弧线圈接地方式的探讨[J].电瓷避雷器,2019(3):87-91.
- [3]徐丙垠,李天友,薛永端.配电网触电保护与中性点接地方式[J].供用电,2017(5):21-26.
- [4]Fu Z,Wang N,Huang L, et al.Study on neutral point grounding modes in medium-voltage distribution network[C]//2014 International Symposium on Computer, Consumer and Control.IEEE,2014:154-157.
- [5]王敦波,王大忠.中性点经非线性电阻接地方式构想的初探[J].高电压技术,1994(2):88-93.
- [6]王帅.基于非线性阻抗的中性点接地方式研究[D].宜昌:三峡大学,2011.
- [7]Tan W,Wang Q,Duan J,et al.Arc grounding overvoltage suppression strategy by using ZnO nonlinear resistance grounding mode [C]//2015 5th International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (DRPT).IEEE,2015:231-235.
- [8]郑建云.基于混沌加密和离散小波变换的数字图像水印算法[J].湖南邮电职业技术学院学报,2019(3):29-31.
- [9]贺兴,艾芊,章健.小电阻接地系统间歇性接地故障的动态增量判据及保护方案[J].电力系统保护与控制,2014(11):67-72.
- [10]要焕年,曹梅月.电力系统谐振接地[M].北京:中国电力出版社,2009.

(上接第 13 页)

风电供电技术的不断成熟和制氢成本的降低,可再生能源供电将成为供电的发展趋势,在通信基站中得到更加广泛的应用。

### 【参考文献】

- [1]蔡卫红,李聪.多频段 LTE 宏基站能耗优化方案研究[J].湖南邮电职业技术学院学报,2019(3):1-6.
- [2]朱永平,赵习猛.新技术驱动下通信网络动环监控系统的研究[J].湖南邮电职业技术学院学报,2018(4):6-8.
- [3]沈雪红.光电互补供电系统在通信基站中的应用与研究[J].通信电源技术,2017(6):14-16.
- [4]柴富起.太阳能光伏通信电源的研究和设计[J].通讯世界,2014(1):13-14.

- [5]王童.风光互补发电系统控制策略的研究[D].淮南:安徽理工大学,2019.
- [6]刘威.高可靠性风光柴储通信基站电源设计与实现[D].武汉:武汉理工大学,2018.
- [7]蒋超.基于 IGBT 的软启动器研究[J].湖南邮电职业技术学院学报,2019(2):12-15.
- [8]朱国才,何向明.废旧锂离子动力电池的拆解及梯次利用[J].新材料产业,2017(9):43-46.
- [9]朱永平,匡玉麟.VRLA 蓄电池端电压均匀性与离散度分析及控制策略[J].河北农机,2018(12):46-47.
- [10]杨军,王文强.风光电油互补一体化通信电源供电系统的应用[J].通信电源技术,2010(6):70-71.