

DOI: 10.13512/j.hndz.2014.01.016

地震台站新型太阳能供电系统设计

郭德顺¹, 李敬², 赖细华², 邓金¹

(1. 广东省地震局, 广东 广州 510070; 2. 新丰江中心地震台, 广东 河源 517021)

摘要: 在虎门地震综合观测站的建设中, 设计了一套以太阳能为主、发电机为辅的新型供电系统, 解决了工作人员日常照明及地震仪器设备的交、直流用电问题。本文主要介绍该太阳能供电系统的设计过程。

关键词: 地震台站; 太阳能; 供电系统; 逆变器

中图分类号: P315.78 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-8662 (2014) 01-0103-05

Design of a New Type of Solar Power Supply System of Seismic Stations

GUO Deshun¹, LI Jing², LAI Xihua², DENG Jin¹

(1. *Earthquake Administration of Guangdong Province, Guangzhou 510070, China*; 2. *Xinfengjiang Center Seismic Station, Heyuan 517000, China*)

Abstract: During the construction of the Humen earthquake observation station, the author designs a new power supply system which is solar based, supplemented by generator, and solves the daily lighting for staff and the AC, DC electricity problem of seismic instrument and equipment. This paper mainly introduces the design process of the solar power system.

Keywords: Seismic stations; Solar energy; Power supply system; Inverter

0 前言

在地震监测台网的建设过程中, 为了台网的合理布局, 很多台站只能建在不具备交流电供电条件的荒山野岭地区, 日常及仪器用电需要结合实际情况综合考虑。虎门地震综合观测站位于东莞市虎门镇鲫鱼岗水库尾, 地处偏僻, 没有市电供应。台站有强震、测震和 GPS 等观测项目, 为有人值守台, 日常用电主要是仪器设备所需的直流电和工作人员

照明灯具、电视机等所需的交流电。

1 智能供电系统设计过程

1.1 总体设计要求及系统构成

按照虎门地震综合观测站的日常用电需求, 直流用电包括: 地震仪器设备, 全天 24 h 运行, 直流 12 V, 用电功率 50 W。交流用电包括: 照明灯具 50 W, 每日照明时间 6 h, 电视机 100 W, 每

收稿日期: 2013-12-08

作者简介: 郭德顺, 男, 1978 年生, 工程师, 主要从事地震监测管理、仪器维修维护工作。

E-mail: 81677264@qq.com.

日工作时间 10 h。每日总计用电量按 2 500 瓦时计算。

台站的供电系统以太阳能为主,汽油发电机为辅,两者相互补充。同时配备 48V 储能蓄电池组,其容量必须保证 4 d 阴雨天的连续供电。整个

系统的核心控制元件为控制逆变一体化电源,由它完成各种检测、控制指令和太阳能、发电机的切换工作,保证在正常情况下由太阳能对外供电,在蓄电池欠压情况下自动启动汽油发电机对外供电^[2,3]。系统构成如图1所示。

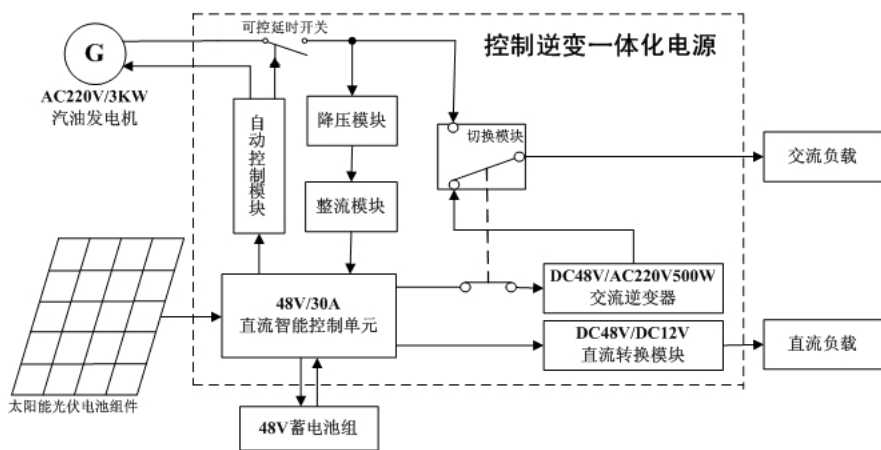


图 1 太阳能供电系统构成

Fig.1 The composition of solar power supply system

1.2 东莞市气候条件

东莞市濒临南海,地处北回归线以南,属亚热带季风气候。具有夏长无冬、阳光充足、雨量充沛、热量丰富、气候温和、温差振幅小及季风明显等特点。但也常受台风、暴雨、春秋干旱、寒露风及冻害的侵袭。按候(5 d 为一候)平均气温 $\leq 10^{\circ}\text{C}$ 为冬季, $>10^{\circ}\text{C}\sim <22^{\circ}\text{C}$ 为春秋季节, $\geq 22^{\circ}\text{C}$ 为夏季的气候特征划分季节,则东莞市没有气候意义上的冬季^[1]。年降雨量 1 788.6 mm,有 84% 集中出现在 4~9 月的雨季中,以 5 月为多(288.2 mm),5~9 月的降雨量都在 200 mm 以上;月最少降雨量,出现在 12 月(25.8 mm)。年降雨日数有 147 d,以 6 月为多,有 18.5 d;12 月最少,不足 5 d。年暴雨日数为 7.7 d,有 91% 的暴雨集中出现在雨季期间。平均相对湿度为 79%,以 5 和 6 月份最大(85%)。年平均风速为 1.9 m/s,6~7 月稍大(2.1 m/s),11~12 月较小(1.7 m/s)。年平均大风日数有 4 d,主要出现在 7~9 月。盛行东风,大约 10 月开始至次年 2 月转成东北偏北风。常受台风、

暴雨、春秋干旱、寒露风及冻害的侵袭。年雷暴日数为 83 天,5~9 月各月的雷暴日数均在 10 天以上,其中尤以 8 月为最多,达到 17 d。东莞市处于北纬 $22^{\circ}39'\sim 23^{\circ}09'$,东经 $113^{\circ}31'\sim 114^{\circ}15'$ 区域,太阳高度角较大,太阳总辐射量与日照时数充足,东莞地区阳光充足,太阳辐射每年平均为 $109\,884\text{ kWh/cm}^2$,每月平均为 $6240\sim 124\,88.4\text{ kWh/cm}^2$ 。年平均日照时数为 1 967.1 h,平均日照率达 45%。最多时 1963 年达 2 320.8 h,最少时 1961 年为 1 570 h。一年中日照以 7 月最盛,平均 232.1 h,2 月和 3 月最少,平均分别为 91.3 h 和 91 h。

从气候条件看,虎门地震综合观测站符合采用太阳能光伏电池供电的设计要求。

1.3 东莞地区峰值日照条件

通过中国各省市峰值日照时数表,可知东莞市各月水平面峰值日照时数,见表 1。

根据以下公式,选择不同的方阵倾角,峰值日照小时将有所变化,见表 2。计算方阵系统 β 倾角下的辐射量:

表 1 东莞市各月水平面峰值日照时数(KWh/m².d)

Table 1 Sunshine hours of horizontal peak in each month of Dongguan

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
水平面峰值日照时数	2.77	2.54	2.70	3.23	3.92	4.32	4.80	4.54	4.33	4.12	3.71	3.27

$$S_{\beta}=S*\sin(\alpha+\beta)/\sin\alpha \tag{1}$$

式中, S_{β} : β 倾角方阵太阳直接辐射分量; α : 中午时太阳高度角; S : 水平面太阳直接辐射量。

$$\alpha=90^{\circ}-\Phi\pm\delta \tag{2}$$

式中, Φ : 当地纬度; δ : 太阳直射点纬度,

北半球取+号。

$$\delta=23.45^{\circ}\sin[(284+n)360/365] \tag{3}$$

式中, n : 从一年开头算起第 n 天的太阳直射点纬度($^{\circ}$)

根据以上数据, 综合考虑系统的可靠性和效

表 2 东莞地区不同方阵倾斜角峰值日照时数 (KWh/m².d)

Table 2 Sunshine hours of bevel peak in different array tilt angle of Dongguan

月份	系统倾角($^{\circ}$)						
	0	15	20	22	25	28	30
1	2.77	3.29	3.41	3.46	3.51	3.56	3.58
2	2.54	2.86	2.92	2.94	2.96	2.97	2.98
3	2.70	2.85	2.86	2.85	2.84	2.82	2.81
4	3.23	3.24	3.19	3.17	3.12	3.07	3.03
5	3.92	3.80	3.70	3.66	3.58	3.49	3.42
6	4.32	4.16	4.05	3.99	3.90	3.80	3.72
7	4.80	4.74	4.64	4.59	4.51	4.42	4.35
8	4.54	4.69	4.67	4.65	4.62	4.57	4.52
9	4.33	4.74	4.81	4.83	4.84	4.84	4.83
10	4.12	4.81	4.96	5.02	5.08	5.14	5.17
11	3.71	4.53	4.74	4.82	4.92	5.00	5.05
12	3.27	4.03	4.22	4.29	4.39	4.47	4.52
最大	4.80	4.81	4.96	5.02	5.08	5.14	5.17
最小	2.54	2.85	2.86	2.85	2.84	2.82	2.81
平均	3.69	3.98	4.02	4.02	4.02	4.01	4.00

率, 我们选择 25°的系统倾角。一般情况下, 独立系统的峰值日照时数考虑最小值, 在日照最少的季节恰好能够供电, 而在日照好的季节会有盈余, 因不能完全利用会有很小的浪费。而本系统有汽油发电机作为补充, 在计算装机容量时, 考虑大部分季节光伏系统供电正常, 而在很少的月份会亏电, 亏电部分由汽油发电机发电补充, 这样负载既能正常用电, 也节省了成本。本系统峰值日照时数我们选 3.5 h, 在 2~4 月份出现亏电时由汽油发电机发电补充。

1.4 供电系统设计过程

1.4.1 负载消耗电能估算

根据台站的用电要求, 交直流总负载每日消耗电能为: 50 W×24 h+50 W×6 h+100 W×10 h=2 500 Wh, 见表 3。

1.4.2 蓄电池容量计算

如表 2 每日所需总安时数, 连续阴雨天工作天数按 4 d 计算, 同时考虑必须容量余量, 本系统需配备 12 个规格为 12 V 100 Ah 的蓄电池, 见表 4。

表 3 系统负载能力估算

Table 3 The load capacity estimation of system

项目	数值计算	单位
负载每日消耗电能	2 500	Wh
每日负载功率	50+50+100=200	W
平均每日工作时间	2 500÷200=12.5	h
系统电压	48	V
每日所需总安时	2 500÷48=52.08	Ah

1.4.3 太阳能光伏电池功率计算

按负载每日消耗电能计算, 本系统所需规格为 85W/24V 的太阳能光伏电池板 12 块, 太阳能电池方阵功率为 1 020 W_p, 见表 5。

1.4.4 控制器组件选择

按本系统太阳能光伏电池功率要求, 同时考虑成本控制, 采用 PWM(Pulse Width Modulation 脉冲宽度调制)控制方式的太阳能控制器, 技术指标如表 6 所示。

1.4.5 交流逆变器组件选择

按本系统交流负载的设计要求, 同时考虑功

表 4 蓄电池容量计算

Table 4 The capacity calculation of battery

项目	数值计算	单位
设计连续阴雨工作天数	4	d
所需的蓄电池容量	$52.08 \times 4 = 208.5$	Ah
余量参数取值	1.3	
蓄电池组的有效容量	$208.5 \times 1.3 = 270.82$ (取 300)	Ah
选用的单个蓄电池容量	100	Ah
选用的单个蓄电池电压	12	V
系统电压	48	V
蓄电池串联数	$48 \div 12 = 4$	个
蓄电池并联数	$300 \div 100 = 3$	个
蓄电池总数	$4 \times 3 = 12$	个

表 5 太阳能光伏电池发电功率计算

Table 5 The power generation calculation of solar photovoltaic battery

项目	数值计算	单位
设计倾斜角度	25	°
设计月份	一月	
峰值日照时数	3.5	h
选用单块光伏电池组件功率	85	W
选用单块光伏电池组电压	24	V
系统电压	48	V
串联的组件数	$48 \div 24 = 2$	块
每串组件的日均额定发电量	$2 \times 85 \times 3.5 = 595$	Wh
转换效率取值	0.7	
每串组件的日均有效发电量	$595 \times 0.7 = 416.5$	Wh
组件串的并联数	$2500 \div 416.5 = 6$	组
所需光伏电池组件总数	$6 \times 2 = 12$	块
太阳能电池方阵功率	$85 \times 12 = 1020$	W _p

表 6 太阳能控制器组件选择

Table 6 Component selection of solar controller

项目	数值计算	单位
系统电压	48	V
系统允许峰值电流	$1020 \div 48 = 21.25$	A
控制器额定电流	30	A
控制器接入蓄电池组额定电压	48	V
控制器承受光伏组件最大开路电压(VOC)	≤96	V
蓄电池组过充保护电压	60(可调)	V
蓄电池组过充恢复电压	54(可调)	V
显示方式	LCD	
静态损耗电流(白天)	≤140(LCD 关闭)	mA
静态损耗电流(夜晚)	≤40(LCD 关闭)	mA
使用环境湿度	-25~+50	℃
防护等级	IP20	
设备型号	GH-0221-48V30A	

率余量, 交流逆变器组件选型的技术指标如表 7 所示。

1.5 控制逆变一体化电源设计

虎门地震综合观测站既有 12V 直流负载, 又

表 7 交流逆变器组件选择

Table 7 Component selection of AC inverte

项目	数值计算	单位	
系统电压	48	V	
交流负载功率	200	W	
逆变器 输入指标	额定直流电压	48	V
	直流电压范围	42~60	V
	空载电流	<0.6	A
	效率	>85%	
逆变器 输出指标	交流电压	220	V
	额定功率	500	W
	瞬间功率	1 000	W
	输出波形	正弦波	
	输出频率	50(可选 60)	Hz
	波形失真	≤3%	
逆变器 保护指标	低压报警(DC)	44±1	V
	低压关断(DC)	42±1	V
	过载	输出关闭	
	过压(DC)	61	V
	过热	输出自动关闭	
	保险丝	短路	
逆变器 环境指标	工作温度	-10~+50	℃
	湿度(无冷凝)	20%~90%	
设备型号		GH-48V500WT0227	

有 220V 交流负载, 优先由太阳能光伏电池供电, 在蓄电池组欠压时节又要启动汽油发电机发电作为补充, 整个系统较复杂。我们将直流智能控制单元、交流逆变器、直流转换模块、降压模块、整流模块、自动控制模块、切换模块和可控延时开关等整合为一台设备, 称之为控制逆变一体化电源, 核心部件是直流智能控制单元, 其不但设计有太阳能控制器的功能, 同时通过对内部的单片机编程, 使各相关模块高效、有序的工作, 逻辑控制流程如图 2 所示。

一体化电源系统设计说明:

(1) 白天正常情况下, 太阳能电池组件通过智能控制单元、交流逆变器和直流转换模块输出 220 V 交流电和 12 V 直流电, 分别为交流负载和直流负载供电, 同时对蓄电池组充电。

(2) 系统为光、油互补控制系统, 光伏逆变部分优先工作, 油机作为互补, 在蓄电池组欠压

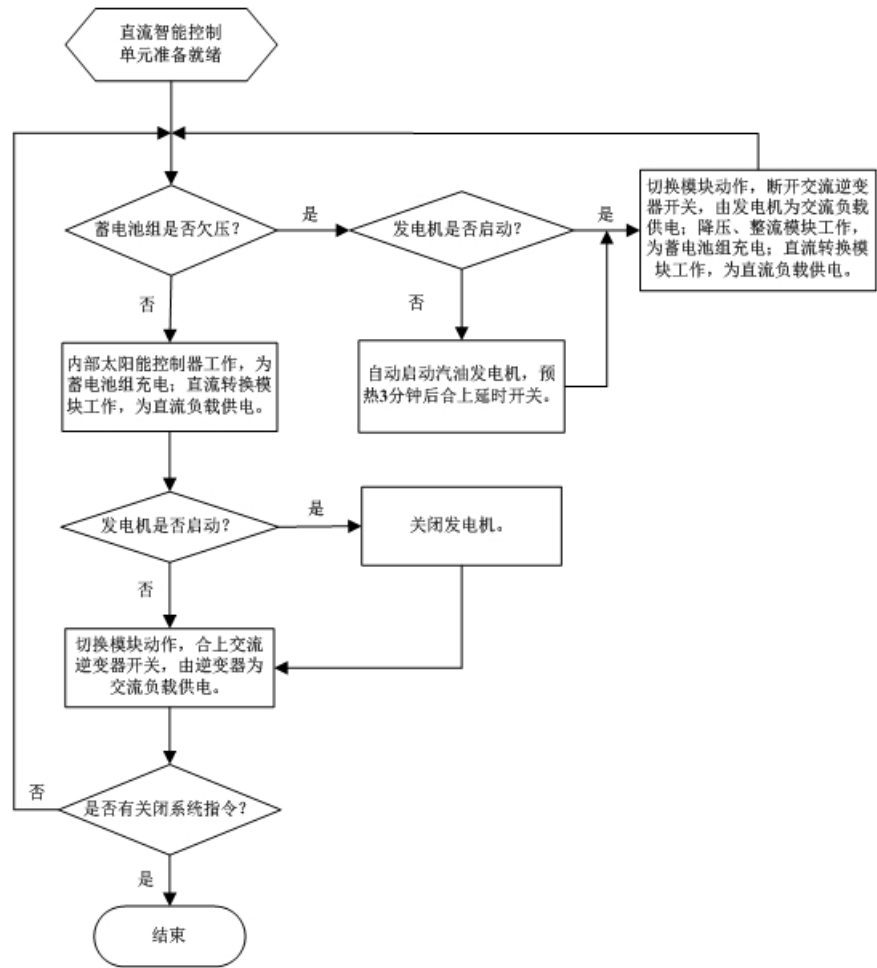


图 2 一体化电源系统逻辑控制流程

Fig.2 The logical control process of integrated power system

的情况下, 自动切换到油机给负载供电, 并且同时通过降压和整流模块为蓄电池组进行充电。

(3) 采用一组具有联动功能的切换模块在光、油系统之间进行切换。当发电机启动发电时, 切换模块交流线圈通电吸合切换开关, 为交直流负载供电, 同时断开逆变器开关, 减少不必要的功耗。当发电机停止工作时, 自动合上逆变器开关。

(4) 发电机启动后通过可控延时开关预热 3 分钟, 待电压稳压后再向负载供电, 避免开始时电压过高烧坏设备。

2 结语

在偏僻山区建设地震台站, 由于通常没有市电到达, 首要解决的就是设备的用电问题。太阳能是一种可持续利用的清洁能源, 通过对控制系统进行良好的设计, 既能满足设备的用电需求, 对于有人值守台站, 还能满足工作人员的日常生

活用电需要。虎门地震综合观测站的太阳能供电系统设计具有参考价值。

参考文献:

[1] 黄进. 雅砻江中下游地震监测系统台站机房布设技术设计[J]. 华南地震, 2012, 32 (S1): 110-118.

[2] 陈智群, 刘吉平, 李敬. 河源台地电专用电源和外线路故障查修方法[J]. 华南地震, 2013, 33 (2): 117-123.

[3] 东莞市地方志编纂委员会. 东莞市志 (上)[M]. 广州: 广东人民出版社, 1995.