**基于XXXXXXX研究**

作者A1, 3，作者B2，作者C3

（1. 清华大学 电机工程与应用电子技术系，北京 100084；2. 中国矿业大学 信息与电气工程学院，江苏 徐州 221008；3. 国网湖北省电力有限公司营销服务中心，武汉 430018）

摘要：针对我国边远地区独立光伏电站缺少有效监测设备的实际情况，文中介绍了一种基于嵌入式平台的数据监测系统设计方案。系统采用模块化设计，包括信号采集、DSP信号处理和ARM处理平台三部分。信号采集部分采用16通道同步采样，对计算精度有一定提高。通过DSP和ARM的有效结合，系统能够独立完成光伏电站系统运行分析所需主要参数的采集、计算、显示和存储工作。该方案对提高监测系统的便携性，降低成本和能耗，有一定的参考价值。

关键词：独立光伏电站；数据监测；嵌入式系统；DSP；ARM

中图分类号：TM933 文献标识码：B 文章编号：1001-1390（2024）00-0000-00

**Data monitoring system of stand-alone power plant**

ZUO Zhe1, 3, YU Wenjuan2, MA Xiaojun3

(*1. Department of Electrical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China.*

*2. School of Information and Electrical Engineering*, *China University of Mining and Technology*, *Xuzhou 221008*, *Jiangsu*, *China. 3. Marketing Service Center of State Grid Hubei Electric Power Co., Ltd., Wuhan 430018, China*)

**Abstract**：According to the real situation of lack of monitoring device for stand-alone PV power plant in rural areas of China, this paper introduce a data monitoring system which based on embedded platform. This system adopts modularization design which includes signal collecting, DSP signal processing and ARM processing platform. The accuracy of data counting is apparently improved because the data collecting unit adopts 16 channels synchronous sampling; system can collects, counts, displays and stores plant operation data for system analysis effectively, since combination of DSP and ARM. This solution is useful to design monitoring system which will be more portable, lower cost and energy consumption.

**Keywords**：stand-alone PV power plant, data monitoring, embedded system, DSP, ARM

# 0　引 言

中国政府组织实施的“送电到乡”工程已在我国西部建成721座独立光伏和风光互补电站，总容量达15536.9 kWp，使中国全部乡所在地都通上了电。然而由于设计原因和资金问题，目前已经建成的光伏电站绝大部分没有装设数据监测系统。无法对电站运行情况进行实时监测和分析，以了解由于设计、管理及环境变化等原因对电站运行的影响。以工控机为主体的电站数据监测系统，由于不便携带和成本昂贵等原因，并不适用于边远地区独立光伏电站

的数据监测[1-2]。

**基金项目：**国家自然科学基金资助项目（5729264）；江苏省自然科学基金资助项目（sk277054）

……………………………………………………………………………………………（此处部分文字略）……………………………………………………

# 1　设计方案

 本数据监测系统主要由信号采集部分、DSP信号处理部分和ARM处理平台三部分组成（见图1）。

（图1略）

图1 系统结构框图

Fig.1 System structure diagram

## 1.1　信号采集部分

1.1.1信号采集概述

…………………………………………………

…………………………………………………

（此处部分文字略）………………………………

………………………………………………………………

1.1.2电流检测

（1）电流检测包括光伏阵列输出电流、蓄电如图2所示，当原边被测电流*I*p产生的磁通量与霍尔元件输出信号控制的副边电流*I*s通过副边线圈所产生的磁通量相平衡时，副边电流*I*s即能精确地反映原边电流。*I*s可通过采样电阻R将电流量转换成电压信号，供信号处理电路采集。

（图2略）

图2 霍尔电流变送器工作原理图

Fig.2 Fundamental diagram of Hall current transducer

（2）电压检测

 ………………………………………………………………（此处部分文字略）………………………

…………………………………………………………

（3）按照文中所提方法，计算电网N-K连锁故障每一级的综合指标，作为连锁故障路径评判依据。分别以10和8号支路退出运行为初始故障，引发后续故障序列及其指标如表1所示。

表1 连锁故障预测线路及其指标

Tab.1 Forecasting lines and indexes of cascading failures

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 故障序列 | 综合指标 | 故障序列 | 综合指标 |
| L8L6L14L2L1 | 4.44623×10-3 | L10L36L35 | 4.25695×10-3 |
| 7.26125×10-3 | 1.34223×10-3 |
| 2.45145×10-3 | — |
| 3.93767×10-5— |  |

……………………………………………………

………………………………………………………………………（此处部分文字略）……

（4）辐射度检测

 选用LI200X硅辐射仪检测辐射度，LI200X通过安装在其顶部的硅光电探测器来测量太阳辐射。探测器输出电流值，通过内部的分流电阻将电流信号转换为电压信号供信号处理电路采集。

…………………………………………………………

…………………………………………………………

 …………………………………………………………………………………………（此处部分文字略）……

## 1.2　DSP信号处理部分

文中采用TMS320F2812数字信号处理器。它的时钟频率最高可达1 500.102 2 Hz，能在一个指令周期内完成32×32位的乘法累加运算，保证数据的实时性。灵活的可编程性为不同结构电站的信号采集提供便利，16通道12 bits的A/D转换模块大大简化了A/D转化电路，同时最大4 G的寻址范围为长时间在无人监管状态下海量数据存储提供便利。

如图3所示，DSP信号处理板由TMS320F2812处理芯片，IS61LV25616SRAM存储芯片，16路信号调整电路，RS485通讯电路，+3.3V、+1.8V、+5V、+/-12V系统电源，系统时钟及外围扩展接口组成。



图3 DSP信号处理板结构

Fig.3 DSP signal processing structure sheet

 ………………………………………………………………（此处部分文字略）…………………………

……如图4所示……………………………………（此处部分文字略）……………………………



图4 三相桥式逆变器主电路拓扑

Fig.4 Main circuit topology of the three-phase inverter

 针对不同信号的测量，硬件设计上也充分考虑了电路的通用性，信号调整电路的主要功能是把输入信号*S*1转换成0~3 V的电压信号*S*2输出，供DSP2812AD转换使用。如果输入*S*1是电压信号，则*V*1通过R1和R4比值分压得到电压*V*2，如果*S*1是电流信号，则开路电阻R4，*S*1流过R2和R3转换成电压信号*V*1。

 （1）

式中R1为分压电阻1；R4为开路电阻；主要考虑初始故障后潮流大量转移在其上，引起其功率波动，关联系数较大，因此结构重要度较大；再考虑其瞬时状态概率的影响，得出综合指标为所有支路指标中最大值。预测三级故障时，如图5所示。



图5 DSP通用信号调整电路

Fig.5 General DSP signal adjustment circuit

## 1.3　ARM处理平台

以ARM（Advanced RISC Machines）为核心的

……（此处部分文字略）……………………………

………………………………（此处部分文字略）……………………………

如公式（2）所示，软件可对所监测电站的系统配置、容量。

 （2）

# 2　电源及接口

……能在一个指令周期内完成32×32位的乘法累加运算，保证数据的实时性。灵活的可编程性为不同结构电站的信号采集提供便利，16通道12 bits的A/D转换模块大大简化了A/D转化电路，同时最大4 G的寻址…..

# 3　实验结果与分析

该系统对户外千瓦独立光伏电站进行了实验运行监测，数据如表1所示。*I*p为光伏输出电流；*V*p为光伏输出电压；*V*b为蓄电池电压；*I*bin为蓄电池池充电电流；*I*bout为蓄电池放电电流；*I*c为逆变器输入电流；*I*o为逆变器输出电流；*P*c为负载功率；***V***AC为逆变器输出电压。

………………………………………………………………（此处部分文字略）……………………………

…………………………………………………………

………………………………………

表2 实验结果

Tab.2 The experiment results

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 时间 | *I*p/A | *V*p/V | *V*b/V | *I*bin/A | *I*bout/A | *I*c/A | *I*o/A | *P*c/W | *V*AC/V |
| 15:47:16 | 12.894  | 28.86  | 28.33  | 3.700  | 0.000  | 9.194  | 1.014  | 207.25  | 204.40  |
| 15:47:21 | 11.440  | 28.57  | 29.08  | 2.772  | 0.000  | 8.669  | 0.980  | 200.62  | 204.69  |
| 15:47:26 | 10.685  | 28.33  | 28.36  | 1.465  | 0.000  | 9.220  | 1.014  | 208.10  | 205.28  |
| 15:47:31 | 0.000  | 29.15  | 26.50  | 0.000  | 9.750  | 9.748  | 1.004  | 205.57  | 204.76  |
| 15:47:36 | 0.000  | 29.39  | 26.64  | 0.000  | 9.467  | 9.463  | 0.980  | 200.62  | 204.62  |
| 15:47:41 | 0.000  | 29.52  | 26.56  | 0.000  | 9.694  | 9.687  | 0.998  | 204.73  | 205.13  |

监测电站设备参数：光伏组件：1000W；蓄电池：2000Ah/24V；逆变器：2000W/220V



图6 分段函数拟合对比

Fig.6 contrast of Piecewise function fitting

# 4　结束语

文中提出了一种基于改进贝叶斯分类器的基本信任分配函数的构造方法，该方法根据不同的属性值来确定满足条件的取值区间，从而更准确的提供了属性值本身所包含的故障信息，克服了贝叶斯分类器同一区域内基本信任分配函数无法变化的弊端。

实验结果表明改进后所得结果更能合理的反应区间内故障的信度分配，取得了更精确的分配结果，实现了基本信任分配的客观化。

参 考 文 献

 [1] 张辉, 李志军, 张旭, 等. 基于光伏电站的…..研究[J]. 电测与仪表, 2018, 21(3): 31-34, 58.

ZHANG Hui, LI Zhijun，ZHANG Xu, et al. The photovoltaic power plant data ……. system[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2018, 21(3): 31-34, 58.

[2] 龙平. 独立运行风/光互补……研究[D]. 北京: 清华大学博士学位论文, 2019.

LONG Ping. The research of supervision system for stand-alone wind/photovoltaic generating station [D]. Beijing: Tsinghua University of Sciences Master's …..., 2019.

[3] 张雄伟. DSP芯片原理.....应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2017.

[4] 徐晓飞, 曹实在. 一种目标单站.....快速分析方法[J/OL]. 北京邮电大学学报: 1-6[2022-11-29]. http://www.cnki.net/kcms/detail/11.3570. TN.20220929.1127.002.html.

……………………………………………………

[20]N. FORERO, J. HEMA, G. GORDILLO, et al. Development of a monitoring system for a pv solar plant [EB/OL]. ELSEVIER, Energy Conversion and Management, 2006.

作者简介**：**

 作者1（1970—），男，通信作者，博士，教授，博士生导师，研究方向为光伏发电野外检测技术。Email：liuli@163.com

作者2（1975—），男，博士，副教授，硕士生导师，研究方向为光伏发电技术。Email：\*\*\*\*\*@126.com

作者3（1982—），女，硕士，高级工程师，研究方向为可再生能源相关政策、规划。

收稿日期：2024-01-01；修回日期：2024-02-01

（ 编发）

《电测与仪表》稿件编排规范

我刊为黑白印刷，请作者不要用彩色来区分曲线。

一．文章编排规范

1. 题名：论文文题通栏居中，字数一般不超过25字。

**中文**：**二号黑体**，副标题前加破折号后位于正标题下方缩进，题目中应避免使用非公知公用的缩略语。

 **英文：小三号粗体**，题名中首字母大写，其余小写，缩写或除外。

例：**City planning under the circumstances of social economy SVM in China**

1. 作者及工作单位：论文作者姓名按照作者承诺签署顺序置于题名下方通栏居中。中国作者姓名的汉语拼音按GB采用如下写法：姓前名后，中间为空格。姓氏大写，复姓连写；“双姓”(包括 “夫姓＋父姓”、“父姓＋母姓”)中加连字符。名字的首字母大写；名字不缩写。如：

WANG Xilian (王锡联)

ZHUGE Hua (诸葛华)

来自多个单位的作者通过姓名右上角数字在篇首作者署名下方分别列出各自所属单位；

作者单位中文部分地址为省会城市的可只写省会，若不是省会城市，要写省和城市。

**英文：**英文姓名位于英文文题下方，作者英文姓大写，名首字母大写；如“WANG Hanqing”。作者单位英文部分用斜体。

1. 摘要：论文中英文摘要通栏排于作者姓名下方，按照目的、方法、结果、结论四要素组织摘要。论文摘要中文字数一般在300字左右。一般使用第三人称和被动式。摘要中不要出现插图、表格、数学公式及参考文献序号，不分段。

**中文：**“摘要”黑体居左，冒号后直接为摘要文字。

 **英文：“Abstract”**粗体居左，冒号后接英文摘要文字。中文文章英文摘要内容与中文摘要内容必须一致，必须符合英文表述习惯，语法通顺。

1. 关键词：一篇文章的中英文关键词为3至8个，置于摘要段之后，论文关键词排通栏。

中英文关键词必须对应一致。

**中文：**“关键词”三字黑体居左，冒号后接关键词。中文关键词之间以分号分隔。

**英文：“Key words”**一词粗体居左，冒号后接英文关键词。英文关键词除了个别缩写词外，采用小写，英文关键词之间用逗号分隔。

1. 中图分类号和文献标识码：

中图分类号采用《**中国图书馆分类法**》(第四版)进行分类。文章一般标注一个分类号，多个主题的文章可标注两个或三个分类号；主分类号排在第一位，多个分类号之间应以分号分隔。例：中图分类号：TM933

 **文献标识码规范共设置以下五种**：

A——基础性理论与应用研究

B——应用性技术成果报告(科技)、理论学习与社会实践扎记(社科);

C——业务指导与技术管理性文章(包括领导讲话、政策性评论、标准技术规范等);

D——一般动态性信息(通讯、报道、会议活动、专访等);

E——文件、资料(包括历史资料、统计资料，机构、人物、书刊、知识介绍等)。

中文文章的文献标识码以**“文献标识码：”**作为标志，如：**文献标识码：** A或者B

1. 基金项目：文章受基金项目资助，请在单位介绍信中填写相关信息，基金项目全称及其编号排于篇首页左下方，与正文用细横线分隔。多个基金项目之间用“；”分隔，项目名称后必须有项目编号，编号置于圆括号内。

例：**基金项目：**国家自然科学基金资助项目（59637050）；“十五”国家科技攻关项目（2004BA523B）

1. 正文：文中章节编号以0（引言）开始。标题格式如：0 引言 1×××××一级标题 1.1×××××二级标题 1.1.1×××××三级标题。

排版：正文采用**双栏**格式排版。

公式：正文中公式编号用形式：（1），（2），（3），……。公式中变量及其下标的正斜体标注参见下面“正斜体”说明。

图表：正文中对每个图或表的出现前面要有文字说明引出，并尽量随文排在一页。图表中要求中文为6号（8磅）宋体，字母和数字为6号（8磅）Times New Roman。图表中术语、符号和计量单位等与正文一致，正、斜、黑体也与正文一致。

我刊为黑白印刷，请作者不要用彩色来区分曲线。并在Visio软件显示比例100%状态下制作，要求图和字的比例协调；其他不可编辑的图片，建议放到Visio软件中先取消组合，在显示比例100%状态下调整图片的合适大小，用6号字替换原图中的字，然后复制到WORD文档。

表格要求做成三线表形式，表头中，要尽量使用“量符号/单位符号”。 如：时间的标注方式应为*t*/s 或 *t*/min 或 *t*/h ，电压的标注方式应为*U*/V 或*U*/mV 或*U*/μV 等。

正斜体：一般变量应为斜体，矢量、张量及矩阵应为黑斜体，常量e、π、三角函数、运算函数如INT()、虚数单位（i,j）等等应为正体。上下脚标符号若为标识性的，应为正体，如：输入电流*i*in，输出电压：*u*out；上下脚标符号若为参变量或者坐标轴的符号，则为斜体，如：*Ri*(*i*=1,2,3), *Rx*, *Ry*。由于排版软件的限制，非独立行公式和参变量请在WORD文档下直接录入。

图名、表名：中文图名表名为5号楷体\_gb2312，英文图名表名为5号Times New Roman，如果图中有子图，则子图中文标题为6号宋体（子图可以不要英文标题）。图名放在相应图的下方，表名放在相应表的上方，同时要求有相应的英文图名和表名。英文图名形式：“Fig.1”、“Fig.2”、“Fig.3”等，英文表名形式：“Tab.1”、“Tab.2”、“Tab.3”等。英文图题、表题首字母大写，其余小写。

1. 参考文献：

参考文献列出公开发表的文献。

所引文献在文中必须按顺序标注，未被引用的文献不能列于参考文献列表中。

所引中文科技参考文献，也要求有相应的英文标识，请直接从原文中复制而来，请不要自行翻译。

参考文献中，汉字为6号宋体，字母和数字为6号Times New Roman。

参考文献中的标点符号统一使用英文符号加空格；括号采用英文符号不加空格。

参考文献标题的英文部分只有第一个词的首字母要大写，其他都小写；

参考文献采用顺序编码制。参考文献的格式如下：

（1）专著：

[序号] 主要责任者. 文献题名[M]. 出版地: 出版社, 出版年, 起止页码.

（2）论文集：

[序号] 主要责任者. 文献题名[C]. 出版地: 出版者, 出版年. 起止页码.

（3）论文集中的析出文献：

[序号] 析出文献主要责任者. 析出文献题名[C]//原文献主要责任者. 原文献题名. 出版地: 出版者，出版年. 析出文献起止页码.

（4）学位论文：

[序号] 主要责任者. 文献题名[D]. 存放地: 存放单位, 存放年.

（5）报告：

[序号] 主要责任者. 文献题名[R].报告地: 报告单位, 报告年.

（6）期刊：

[序号] 主要责任者. 文献题名[J]. 刊名, 年, 卷(期): **起止页码.**

（7）标准：

[序号] 标准编号, 标准名称[S].

（8）专利：

[序号] 专利所有者. 专利题名[P]. 专利国别: 专刊号，出版年月日.

（9）电子文献：

[序号] 主要责任者. 电子文献题名[电子文献及载体类型标识]. 电子文献的出处或可获得地址，发表或更新日期/引用日期.

（10）电子文献及载体类型标识：联机网上数据库[DB/OL]；磁带数据库[DB/MT]；光盘图书[M/CD]；磁盘软件[CP/DK]；网上期刊[J/OL]；网上电子公告[EB/OL].

9. 作者简介

完整的作者简介包括作者的基本信息(姓名、出生年、性别)、简历信息(学位、职称、研究方向等)和联系信息(电子信箱)三部分。对文章的主要作者可按以下顺序刊出其简介：

姓名(出生年—)，性别，学位，职称，研究方向及电子信箱等信息。

作者简介**：**姓名(1968—)，男，博士，教授，博士生导师，研究方向为……。Email:12345678@163.com