

目 录

第一部分	THSTFD-2A 型 模拟光源跟踪控制系统简介	1
一、	结构与组成	1
二、	功能与特点	1
三、	技术指标	1
四、	基本配置	1
第二部分	系统安全操作说明	3
一、	实验前的准备	3
二、	实验中注意事项	3
三、	实验的进行步骤	3
四、	实验总结	3
第三部分	实验项目	5
实验一	太阳能电池板追日跟踪系统安装与调试	5
实验二	光伏组件伏安特性测试	9

第一部分 THSTFD-2A 型 模拟光源跟踪控制系统简介

一、结构与组成

系统主要由模拟光源跟踪系统和模拟能源控制系统组成。

1. 模拟光源跟踪系统由 4 块太阳能电池板、模拟太阳光源、太阳能模拟追日跟踪传感器、太阳能电池板二维运动机构和支架组成。
2. 模拟能源控制系统由可编程序控制器 (PLC)、按钮、继电器和端子排等低压电器组成。

二、功能与特点

1. 采用组合式控制柜结构，模块化设计理念，由电源控制盒、网孔板、工具抽屉等结构部件组成。
2. 模拟能源控制系统采用三菱 FX3U-32MT 可编程序控制器 (PLC) 作为主控制器。光源可以连续运动，模拟太阳从东至西的运行轨迹，倾角可调模拟不同季节的太阳光辐射角度。控制器根据模拟追日跟踪传感器输出的太阳光的位置信息，控制二维机构运动，使太阳能电池板始终跟随模拟太阳光源，实现两轴追日跟踪功能，提高太阳能电池板的发电效率。
3. 设备采用三相四线制交流电源供电，并设有漏电保护器、指示灯指示和保险丝等，具有过载保护、短路保护和漏电保护功能，在电压异常或出现短路情况时自动切断电源，保护使用者及设备的安全，符合相关国际标准。
4. 设备应具有跟后级并网逆变控制系统联接的接口与电缆，通过电缆与并网逆变控制系统 (THSTFD-2C) 的逆变器联接，采用断路器实现电缆联接与断开，并网逆变控制系统 (THSTFD-2C) 的逆变器可以实现靠光伏电源供电达到空载离网工作的目的，并做到交流正弦电压可观测。
5. 系统设有安全保护功能，以防学生触电。

三、技术指标

1. 输入电压：三相四线（或三相五线） $\sim 380V \pm 10\%$ 50Hz
2. 系统容量： $< 3kVA$
3. 太阳能电池板： $20W \times 4$ ，调节高度：300mm
4. 模拟光源功率：1000W
5. 跟踪方式：双轴
6. 光伏组件工作电压：17.5V

四、基本配置

序号	名称	主要部件、器件及规格	数量	备注
1	模拟光源跟踪系统	2000mm \times 1500mm \times 2000mm	1 台	
2	模拟能源控制系统	800mm \times 600mm \times 1880mm	1 台	

3	太阳能电池板	SYST-20C	4 块	
4	模拟太阳光源	QVF137	1 只	
5	步进电机	863J60	2 个	
6	步进电机	57BYGH500Q	1 个	
7	步进电机驱动器	3M660	2 个	
8	步进电机驱动器	M542	1 个	
9	涡轮丝杆升降机	SWL 1 1/6 1AII 300	1 个	
10	减速机	NRV040-AS 速比 50	1 个	
11	减速机	NRV040-AB 速比 50	1 个	
12	太阳能追踪传感器	RY-CGQ-1-S	1 个	
13	太阳能追踪控制器	RY-KZQ-D	1 个	
14	漏电保护器	DZ47LE-32 C10	1 个	
15	空气开关	DZ47-63-2P-10A	3 个	
16	开关电源	CL-B-120-N	1 个	
17	PLC 主机	FX3U-32MT	1 个	
18	输出端子与输出线			
19	PLC 下载线			
20	PLC 对应的上位机软件			

第二部分 系统安全操作说明

为了顺利完成实验项目，确保实验时设备的安全、可靠及长期的运行，实验人员要严格遵守如下安全规程：

一、 实验前的准备

- 1、实验前仔细阅读使用说明书熟悉系统的相关部分。
- 2、实验前仔细阅读系统操作说明及实验的注意事项。
- 4、实验前确保各系统控制柜电源处于断开状态。
- 5、实验前根据实验指导书中相关内容熟悉此次实验的操作步骤。

二、 实验中注意事项

- 1、严格按照正确的操作步骤给系统上电和断电，以免误操作给系统带来损坏。
- 3、在实验过程中，实验照明灯、模拟光源、电池板及周围的金属固件在光源的（长时间）照射下温度会上升，操作者不要用手指直接去触摸它们，以免烫伤。
- 4、在实验过程中，有“危险”标志的地方为强电注意安全。

三、 实验的进行步骤

实验时要做到以下几点：

- (1) 预习报告详细完整，熟悉设备。

实验开始前，指导老师要对学生的预习报告做检查，要求学生了解本次实验的目的、内容和安全实验操作步骤，只有满足此要求后，方能允许开始实验。

指导老师要对实验装置作详细介绍，学生必须熟悉该次实验所用的各种设备，明确这些设备的功能与使用方法。

- (2) 建立小组，合理分工。

每次实验都以小组为单位进行，每组由 2~3 人组成。

- (3) 试运行。

在正式实验开始之前，先熟悉装置的操作，然后按一定安全操作规范接通电源，观察设备是否正常。如果设备出现异常，应立即切断电源，并排除故障；如果一切正常，即可正式开始实验。

- (4) 认真负责，实验有始有终。

实验完毕后，应请指导老师检查实验资料。经指导老师认可后，按照安全操作步骤关闭所有电源，并把实验中所用的物品整理好，放回原位。

四、 实验总结

这是实验的最后、最重要阶段，应分析实验现象并撰写实验报告。每位实验参与者要独立完成一份实验报告，实验报告的编写应持严肃认真、实事求是的态度。

实验报告是根据实验中观察发现的问题，经过自己分析研究或组员之间分析讨论后写出的实

验总结和心得体会，应简明扼要、字迹清楚、结论明确。

实验报告应包括以下内容：

- (1) 实验名称、专业、班级、学号、姓名、同组者姓名、实验日期、室温等。
- (2) 实验目的、实验内容、实验步骤。
- (3) 实验设备的型号、规格、铭牌数据及设备编号。
- (4) 实验资料的整理。
- (5) 用理论知识对实验结果进行分析总结，得出正确的结论。
- (6) 对实验中出现的现象、遇到的问题进行分析讨论，写出心得体会，并提出自己的建议和
改进措施。
- (7) 实验报告应写在一定规格的报告纸上，保持整洁。
- (8) 每次实验每人独立完成一份报告，按时送交指导老师批阅。

第三部分 实验项目

实验一 太阳能电池板追日跟踪系统安装与调试

一、 实验目的

- 1、 学习三菱 PLC 的编程方法。
- 2、 通过三菱 PLC 编程控制水平和俯仰运动机构，使太阳能电池板完成追日运动。

二、 实验原理

1、 光源模拟跟踪装置

该系统由光源模拟跟踪装置和光源模拟跟踪控制系统组成。该系统由太阳能电池组件、模拟太阳光灯、太阳能模拟追日跟踪传感器、太阳能板二维运动机构、步进电动机、步进电机驱动器、减速箱、三菱可编程序控制器、按钮和继电器等低压电器组成。

太阳能电池板组件的主要参数：

- 标称功率：20W
- 工作电压：17.5V
- 工作电流：1.14A
- 开路电压：22.0V
- 短路电流：1.23A

2、 PLC 控制原理图

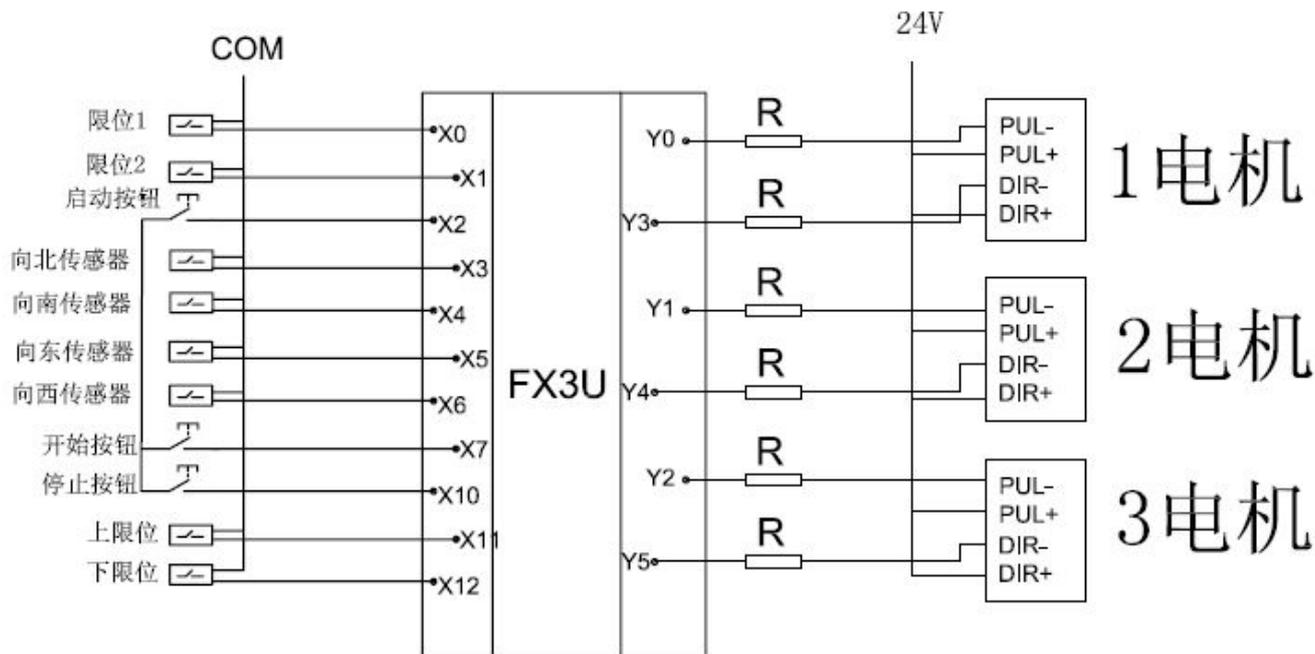


图 3-1-1 PLC 控制原理图

3、 控制柜接线图

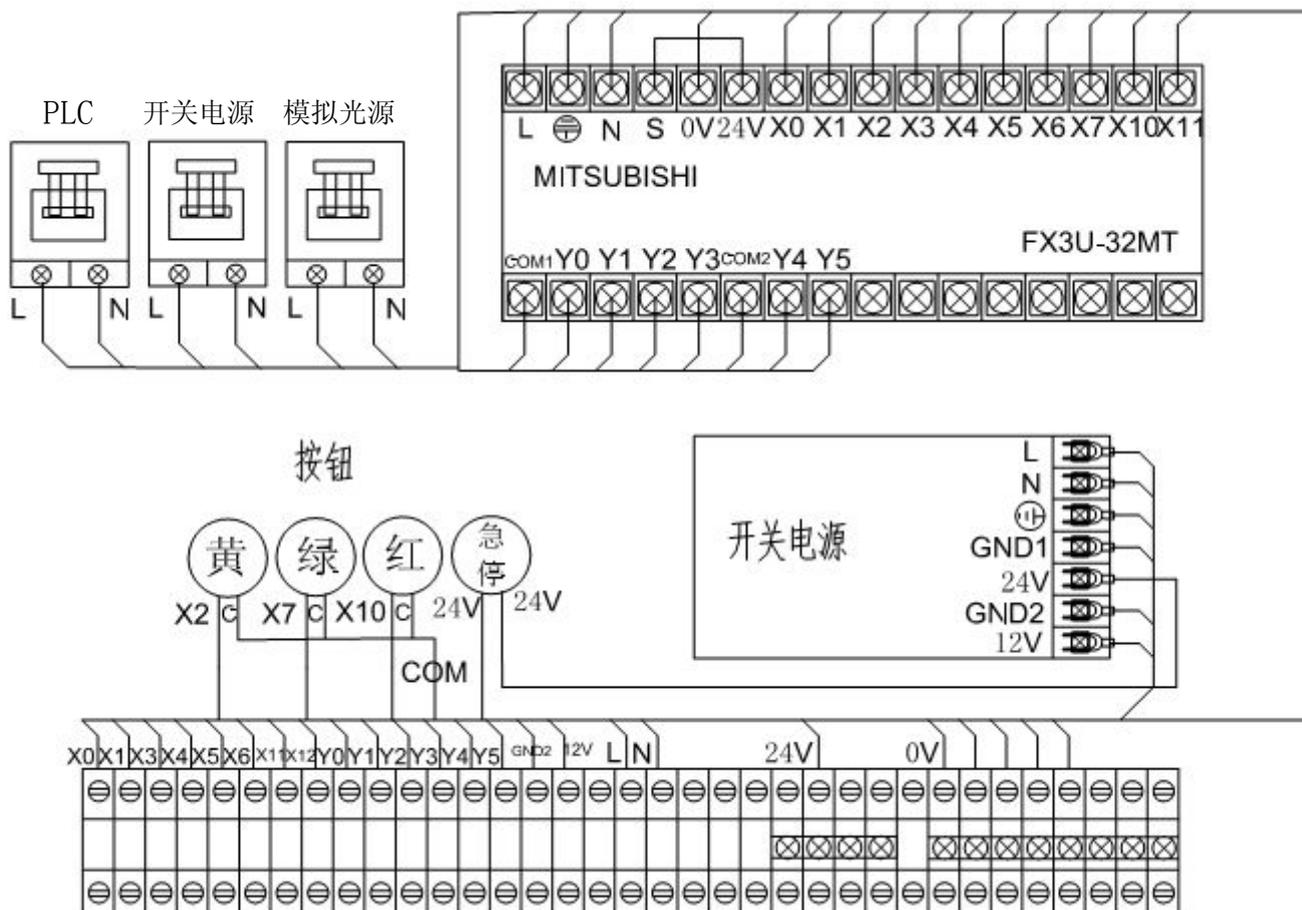


图 3-1-2 控制柜接线图

4、步进电机驱动器接线图

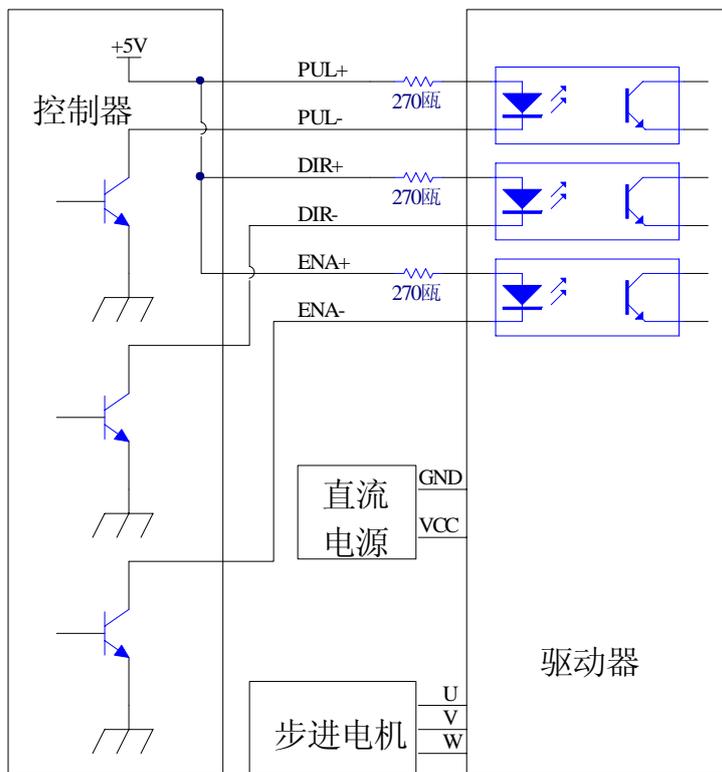


图 3-1-3 步进电机驱动器接线图

5、 工作流程图

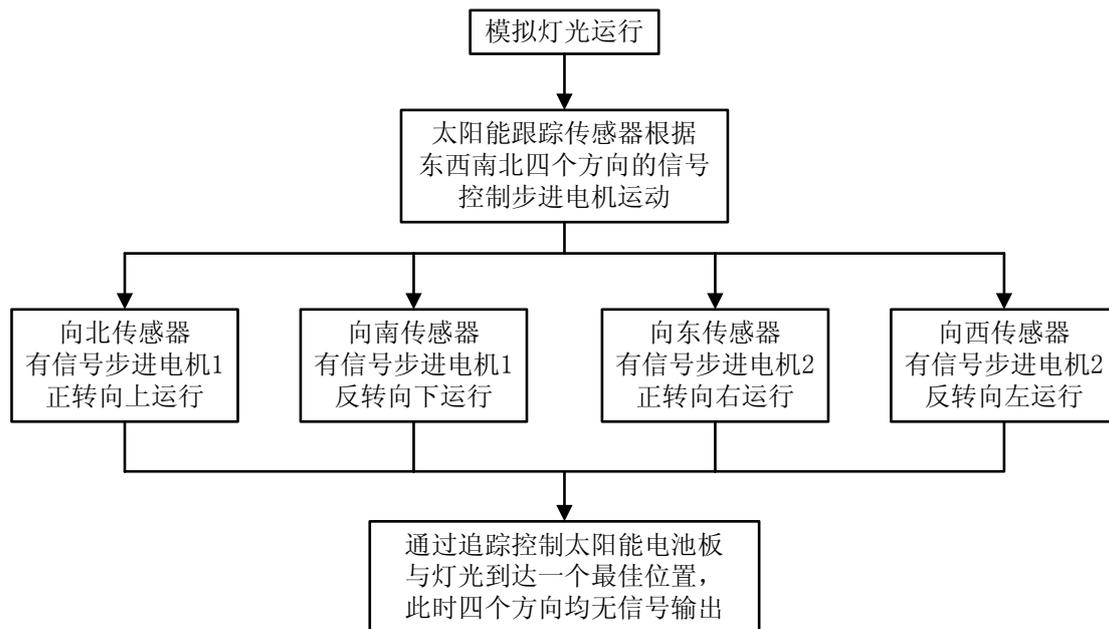


图 3-1-4 工作流程图

6、 信号定义

信号定义见下表

类型	端子功能	三菱主机端口
输入	限位开关 1	X0
	限位开关 2	X1
	模拟光源运动控制按钮	X2
	向北传感器信号	X3
	向南传感器信号	X4
	向东传感器信号	X5
	向西传感器信号	X6
	开始按钮	X7
	停止按钮	X10
	下限位开关	X11

类型	端子功能	三菱主机端口
输出	模拟太阳光控制驱动器 PUL-	Y0
	上下控制驱动器 PUL-	Y1
	左右控制驱动器 PUL-	Y2

	模拟太阳光控制驱动器 DIR-	Y3
	上下控制驱动器 DIR-	Y4
	左右控制驱动器 DIR-	Y5

三、 实验步骤

- 1、 依次打开“模拟能源控制系统”的 PLC 开关、开关电源开关、模拟光源开关。
- 2、 将 PLC 与电脑用 PLC 下载线连接，然后下载“太阳能电池板追日跟踪”示例程序。
- 3、 将 PLC 的“RUN/STOP”开关拨至“RUN”状态，系统将运行示例程序。
- 4、 按下追日系统控制开关的“开始”按钮（绿色按钮）各步进电机准备工作。
- 5、 按下“控制”按钮（黄色按钮）模拟光源开始运动；太阳能电池板上的传感器根据感光信号控制步进电机，使太阳能电池板跟随着模拟光源同步运动，模拟光源运动到左限位挡板后按原路返回到右侧限位挡板后一个周期完成，在不按下停止按钮前模拟光源将重复周期性运动。（“控制”按钮带自锁功能，按下后模拟光源才能运动。）
- 6、 按下“停止”按钮（红色按钮）所有步进电机停止运行。按下“开始”按钮后又继续运行。
- 7、 按下“急停”按钮切断步进电机驱动器 24V 电源，松开后系统继续运行。
- 8、 实验结束后，按下“停止”按钮（红色按钮）所有步进电机停止运行。再依次关闭模拟能源控制系统的 PLC 开关、开关电源开关、模拟光源开关和总电源开关，如需进行后续实验可不关闭总电源。

四、 实验报告

- 1、 画出太阳能电池板追日跟踪系统的硬件控制框图、连线图和 PLC 程序流程图。
- 2、 根据 PLC 程序流程图编写太阳能电池板追日跟踪控制程序。

实验二 光伏组件伏安特性测试

一、实验目的

- 1、理解太阳能电池板伏安特性。
- 2、掌握太阳能电池板最大功率的基本概念及测试方法。

二、实验原理

太阳能光伏发电的能量转换器是太阳能电池，又称为光伏电池。太阳能电池发电的原理是光生伏打效应。当太阳光(或其他光)照射到太阳能电池上时，电池吸收光能，产生光生电子-空穴对。在电池内建电场的作用下，光生电子和空穴被分离，电池两端出现异号电荷的积累，即产生“光生电压”，这就是“光生伏打效应”。

在光照条件下，只有具有足够能量的光子进入 p—n 结区附近才能产生电子-空穴对。对于晶体硅太阳能电池来说，太阳光谱中波长小于 $1.1\mu\text{m}$ 的光都可产生光伏效应。对不同材料的太阳能电池来说，尽管光谱响应的范围是不同的，但光电转换的原理是一致的。如图 3-2-1 所示，在 p—n 结的内建电场作用下，n 区的空穴向 p 区运动，而 p 区的电子向 n 区运动，最后造成在太阳能电池受光面（上表面）有大量负电荷（电子）积累，而在电池背光面（下表面）有大量正电荷（空穴）积累。如在电池上、下表面做上金属电极，并用导线接上负载，在负载上就有电流通过。只要太阳光照不断，负载上就一直有电流通过。

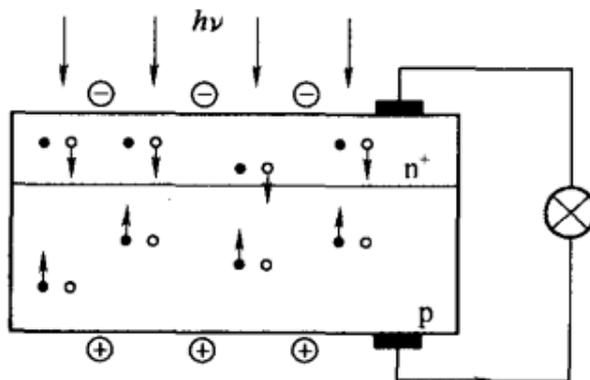


图 3-2-1 晶体硅太阳电池原理示意图

(●代表电子；○代表空穴；光子能量 $h\nu$)

光伏电池在工作时，随着光照强度、环境温度和负载的不同，其端电压将发生变化，使输出功率也发生很大变化，光伏电池输出具有非线性特征，是一种不稳定的电源。因此需要在不同光照、温度的条件下输出尽可能多的电能，提高光伏电池的输出效率。本次实验就是通过光伏电池在固定的光照强度下，测出当前环境的光伏电池的伏安特性，找出当前环境下光伏电池的最大输出功率点。

三、实验步骤

1、将 4 块光伏电池板输出的 4 组电压 ($V1+$, $V1-$, $V2+$, $V2-$, $V3+$, $V3-$, $V4+$, $V4-$) 通过连接线与 THSTFD-2B 型 最大功率跟踪系统或 THSTFD-2C 型 并网逆变控制系统相连接，通

过端子排可将光伏电池板配置成 4 并、4 串或 2 串 2 并。

2、 在光伏串并连端子排输出端连接可调负载，并用电压、电流表监测可调负载两端的电压和电流。

3、 合上“模拟能源控制系统”上的“总电源”开关，系统得电，三相电源指示灯亮。

4、 合上“开关电源”、“PLC”空气开关，将 PLC 的“RUN/STOP”开关拨至“RUN”状态。

5、 合上“模拟光源”空气开关，使模拟太阳光灯打开，通过控制按钮使“模拟光源”正对光伏电池板。

6、 调节可调负载，按照阻值从大到小顺序，测量光伏输出电流、光伏输出电压，记录下表。断开可调负载，记录光伏输出电压，此值即为光伏开路电压。

序号	电压(v)	电流(A)	功率(W)	备注
1				短路电流
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				开路电压

- 7、 通过记录的电压电流数据，计算每个电压、电流对应的功率。
- 8、 依次关闭模拟能源控制系统的模拟光源、开关电源、PLC 空气开关和总电源开关。

四、 实验报告

- 1、 根据测量的数据，绘制 V-I 曲线、功率曲线，并找出最大功率点。
- 2、 计算那个点是最大功率输出点，为什么？