

光伏发电太阳自动跟踪控制系统的实验教学案例的创新与实践

Innovation and Practice of Experimental Teaching Case of Solar Automatic Tracking Control System in Photovoltaic Power Generation

李占凯

Zhankai Li

河北工业大学电气工程学院 中国·天津 300130

School of Electrical Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin, 300130, China

摘要: 为提高大学生的创新实践能力, 论文提出一种新型模拟工业现场的光伏发电太阳自动跟踪控制系统的实验教学案例。该方案以可程序控制器(PLC)为控制核心, 通过开发相应的硬件电路, 编写软件程序, 设计了阳光充足时的传感器自动跟踪、阳光不足时的视日运动轨迹算法、暴风雪天气的直立控制相结合的综合控制策略, 实现了光伏发电工业应用现场缩小模型的平台展示。所设计的实验案例可加深同学对光伏发电知识的理解, 增强学生的工程实践创新能力。

Abstract: In order to improve the innovation and practice ability of college students, a new experimental teaching scheme of photovoltaic power generation solar automatic tracking control system simulating industrial field is proposed. The scheme takes programmable logic controller (PLC) as the control core, develops corresponding hardware circuits and software programs, designs the integrated control strategy, the sensor automatic tracking when the sun is full, solar motion trajectory algorithm in case of insufficient sunlight, and the vertical control mode in snowstorm weather, realizes the platform display of the reduced model in the application field of photovoltaic power generation industry. The designed experimental cases can deepen students' understanding of photovoltaic power generation knowledge and enhance students' engineering practice and innovation ability.

关键词: 光伏发电; 自动跟踪; 电池板

Keywords: photovoltaic power; automatic tracking; photovoltaic panel

基金项目: 河北省专业学位教学案例(库)建设项目《基于风光互补发电技术的教学案例库开发》(项目编号: KCJSZ2019013); 河北工业大学本科教育教学改革研究项目《电力系统分析课程教学过程中的工程案例创新与实践》(项目编号: 201902031)。

DOI: 10.12346/sde.v3i10.4581

1 引言

由于地球自转和公转的影响, 地球上任一地点太阳的日照角度都在不断变化。在阳光充足情况时, 应考虑电池板的自动追日控制策略, 大幅提高光伏组件发电量, 最大限度地利用太阳能; 在天气异常尤其暴风雪时, 应考虑电池板的表面保护, 提高其使用寿命^[1,2]。在实际工程应用中, 需要考虑以下三个方面因素:

第一, 阳光充足时: 自动跟踪系统可大幅提高光伏电池组件的发电效率, 同等规模的光伏电站, 年均发电量最大可以提高 35%~40% 以上。另外可以使得日发电峰值持续时间段更长, 减少了对电网的冲击, 同时使得汇流箱和逆变器的最大功率得到更充分利用, 设备利用率得到提高, 降低了光伏发电系统的投资成本^[3]。

第二, 阳光不足时: 当出现连续阴雨、日食、霜雪、多

【作者简介】李占凯(1979-), 男, 中国河北邢台人, 博士, 副教授, 从事电力系统自动化研究。

沙尘或多云天气, 太阳被云层遮住等阳光不足现象, 此时传感器无法检测太阳准确位置, 利用 PLC 控制单元相应的公式和算法, 计算出太阳的实时位置太阳方位角和太阳高度角, 然后发出指令给执行机构及时控制电机转动带动电池板转动, 控制光伏阵列朝向, 以达到对太阳的主动式实时跟踪^[4]。

第三, 暴雪天气: 当遭遇暴风雪天气时跟踪支架处于直立状态, 防止表面电池组件表面积雪, 晴天后可及时跟踪发电, 避免了电池组件被积雪压损, 减少了清除积雪的人工投入, 有效减少组件表面沙尘积累, 减少清洁频率, 间接提高电池组件发电效率^[5]。

基于上述原因, 进行太阳能自动跟踪控制时将传感器跟踪和视日运动轨迹跟踪相结合, 解决了传感器失效或阳光不足时太阳能跟踪系统的误动, 同时需要考虑恶劣天气对电池板的寿命影响, 在暴风雪或扬沙天气时采用直立控制模式。现有光伏发电的教学方案相对单一, 没有充分考虑上述三种情况, 论文将此工业实际场景通过教学实验方式展示出来, 即可锻炼学生的动手实践能力, 也可提高学生对光伏发电的工程认识。

2 方案设计

为充分展示工业现场的真实情况, 采用专用轨道的模拟光源来模拟太阳的运动轨迹, 轨道两个极限位置配有限位开关, 四块伏电池板的控制采用步进马达精确控制, 利用双轴自动跟踪实现两个维度的自由切换, PLC 作为控制的核心装置, 同时配置有接触器、继电器等其他硬件, 学生需要自行连接线路和编写程序, 以达到工程训练目的。

2.1 系统设计

模拟光源在总长度为 2.5m 的圆弧轨道上以 0.3m/min 的

速度连续匀速往返运动, 往复运动期间可以短暂停止在轨道的某处不动, 光源强度可随机变化。该控制策略与天气状况主动适应, 在基于 PLC 控制环境下将传感器跟踪和视日运动轨迹算法有效结合, 在光线传感器正常工作时, 光伏阵列电池板自动跟踪模拟光源往返运动, 在跟踪运行过程中始终正向对准模拟光源。当光线传感器全部被遮挡时(模拟风雨阴天情况), 根据遮挡前运行数据和当前运行位置, 可保持太阳自动跟踪状态。当暴雪天气时, 将太阳能电池板处于垂直状态, 避免被压坏。

通过触摸屏实现直观友好的太阳轨迹及电池追踪过程的模拟界面, 触摸屏与 PLC 之间通讯连接, 将数据采集至触摸屏, 使太阳运动轨迹和光伏电池板的动作过程虚拟在上位机界面上显示, 可监视 PLC 过程数据、输入使能、输出动作命令、缓冲运算数据, 既可完成装置的实时数据观测, 又可实现对装置的远程控制。系统设计方案如图 1 所示。

在教学实验案例中, 模拟光源采用步进电机驱动, 可在圆形的轨道上左右运行, 模拟太阳运行轨迹, 轨道的倾角可以调节, 模拟太阳光辐射角度。太阳光的强度可通过灯具亮度的旋钮调节来模拟。太阳能电池组件固定安装在二维运动平台的支架上, 二维运动机构由两台步进电机及相应控制器组成, 东西方向轴用来跟踪太阳方位角, 南北方向轴用来跟踪太阳高度角, 双轴相互独立互不影响。模拟光源和电池板中间装有太阳能跟踪传感器, 检测电池板与模拟光源的位置偏差, 并将位置信号转变成东西南北四个方向的开关量信号, 底部采用涡轮丝杆升降机可手动调节太阳能电池组件与模拟光源之间的距离。共分以下三种工作状态。

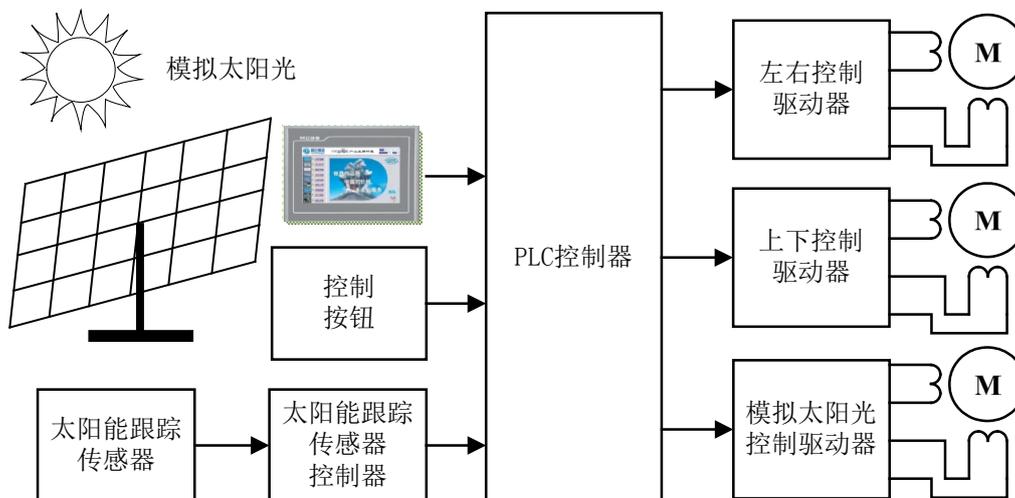


图 1 太阳自动跟踪系统结构图

第一,阳光充足时:光电传感器实时采集太阳的方位信息,将输出信号传送至PLC中,经过分析计算,输出命令至步进电机控制器,再通过减速机构转动使其精确地对准太阳,从而实现了太阳方位角和太阳高度角的二维自动跟踪。

第二,阳光不足时:采用太阳轨迹跟踪算法,根据现有太阳运动轨迹及电池板追踪的记录数据,利用相关公式计算出太阳的方位角和高度角参数,然后运行控制程序使跟踪装置对准太阳完成跟踪。

第三,暴风雪天气:首先PLC根据当前风向驱使水平轴步进电机,使得电池板正面避免风力直吹,然后驱动垂直轴步进电机,使得太阳能电池板位于垂直状态。

2.2 硬件设计方案

系统硬件配置由太阳能电池组件、模拟光源、太阳能跟踪传感器、太阳能二维跟踪系统、模拟光源运行系统、涡轮减速箱、涡轮丝杆升降机、支架、可编程控制器、MCGS触摸屏、辅助控制按钮继电器等组成。

PLC和模拟光源的供电均为AC220V,数字量输入信号的公共电源为DC24V,追日跟踪控制器的供电为DC12V。数字量输入包含黄色的模拟光源控制按钮、绿色的开始按钮、红色的停止按钮、模拟光源左右限位开关信号。PLC输出固定脉冲和方向信号至模拟光源控制驱动器,然后驱动步进电机运动,进而模拟太阳光的运动轨迹。太阳能模拟追日跟踪控制器的输出信号为东西南北四路,输出至PLC数字量采集,根据相应控制策略输出脉冲至电池板的上下控制、左右控制电机驱动器,来保证电池板的运动。触摸屏直观显示太阳能运动轨迹、太阳能电池板的追踪过程、PLC中间运算过程、模拟风雪天气等。

2.3 逻辑控制流程

天气正常运行时,此时传感器未被遮挡且触摸屏未下发风雪天气,模拟光源按照固定轨迹运动,太阳能跟踪传感器的东西南北四个信号会有输出至PLC,根据方向信号PLC下发对应步进电机的驱动脉冲命令,保证太阳能电池的实时追踪。模拟光源在固定轨迹运动过程中,根据左限位开关闭合时记为起始位置,右限位开关闭合时记为终止位置,二者

之间的脉冲数即为运动轨迹的总行程,对应 180° 。按照日运动轨迹算法,可以准确计算出脉冲数与角度之间的关系。在天气正常追踪过程中,当模拟光源从 0° 运行至 180° , 180° 至 0° 期间同时记录太阳能电池板东西南北四个步进电机的脉冲数,进而得出太阳能电池板的运动轨迹,二者之间的运动轨迹存在相应耦合关系。当传感器固定一段时间无信号输出且模拟光源未接收到停止命令,则此时传感器已经被遮挡,根据二者之间的耦合算法驱动太阳能电池的四个步进电机继续前进,进而到达太阳能追踪效果。当触摸屏下发风雪天气时,首先将太阳能电池板向下步进电机转动至限位,以保证太阳能电池板在尽可能垂直状态,其次根据风向驱动左右电机转动,避免风力对电池板的直吹。

3 结语

该教学实验方案的创新特色之处在于,与天气实时适应的太阳能电池板动作逻辑实现了在异常天气情况下对太阳能电池板的保护;直观友好的风光发电系统触摸屏界面实现了在集控中心可浏览每个太阳能电池的朝向及运动轨迹;暴风雪天气的光伏电池板直立控制策略避免了电池组件被积雪压损、延长了电池板发电寿命。该实验方案可以帮助学生更好理解光伏发电系统,学生通过连接硬件电路和编写程序,充分理解了太阳能自动跟踪控制系统的原理,取得了较好的教学效果。

参考文献

- [1] 刘洋,杜玉晓,蔡梦婷,等.基于PSIM的独立光伏发电系统仿真与实验教学设计[J].实验室研究与探索,2021,40(7):80-84.
- [2] 张敬南,姚绪梁,张强.光伏发电系统实验教学平台研发[J].实验技术与管理,2021,38(5):192-195.
- [3] 马婷婷,孟鲤,李森,等.新工科背景下“太阳能利用技术”课程教学探讨[J].教育教学论坛,2021(32):144-147.
- [4] 陈勇,李法社,王霜,等.太阳能光伏发电板实时参数测量教学实验平台教学研究[J].中国现代教育装备,2021(5):63-66.
- [5] 杨景发,南梦婷,张玮,等.太阳能光电综合应用实验装置设计[J].2021,19(4):44-50.