

光热发电太阳角度追踪系统研究

叶德生
(中电建成都铁塔有限公司 四川 成都 610213)

摘要: 目前, 光热发电作为一种清洁发电技术, 是未来电源来源的一个发展方向, 采用太阳追踪系统来提高发电效率将是其研究内容之一。本文研究一种应用太阳运行轨迹的天文经典计算公式来计算并追踪太阳的当前位置的光热发电太阳角度追踪系统。系统包含机械和控制部分, 整个追踪系统系统是以单片机和计时芯片为核心, 控制机械部分运转, 使光热放射镜面终垂直于太阳入射光线, 从而提高太阳能的热吸收效率。

关键词: 光热; 太阳照射角; 自动追踪; 单片机

0 引言

太阳最为银河系的一个巨大恒星, 全球在一年内所消耗的各种能量总和也仅仅只有太阳一年发光量照射到地球部分的数万分之一, 太阳能的发展潜力无可限量。

太阳能利用的重要方式之一就是光热发电。目前, 光热发电已逐渐成为了太阳能转化为电能的主要趋势, 因此如何提高光热发电效率、提高太阳光的反射效率是目前的一项关乎光热发电能得以快速发展和应用的重要课题。本文从太阳角度追踪方面对此进行了研究。

1 典型太阳能发电追踪系统概述

1.1 塔式太阳能发电系统

塔式太阳热发电系统主要由中心塔受光装置和塔周围反射镜组成。中心塔受光装置是固定的, 太阳是运动的, 因此反射镜需要跟随太阳位置的变化来改变角度, 才能使反射光线始终对准中心塔受光装置。在塔式太阳热发电系统中, 每个定日镜上都需要不同的控制方式。由于以上情况, 塔式太阳热发电系统的控制相当复杂。

1.2 聚光光热发电系统

聚光光热发电系统是通过聚集太阳光的方式来增大光能密度, 从而提高光转化的效率。在太阳追踪过程主要是保证太阳入射光线与菲涅尔透镜的轴线相互平行。其追踪结构复杂, 成本高。

1.3 碟式太阳能发电系统

碟式太阳能发电系统是利用凹面反射镜原理进行聚光发电的一套系统, 可以达到数百到数千倍的聚光比。碟式太阳能发电系统与塔式太阳能发电系统有着相同的追踪方式。

以上几种追踪系统的成本都较高, 本文着重研究一种追踪方便, 精度相对较高, 成本较低的追踪系统。

2 光热太阳追踪系统研究

2.1 地球对日运动轨迹和方位角研究

2.1.1 地球围绕太阳的运行规律

地球每天的运转规律是绕着地轴转一圈。每一昼夜即为地球自转一圈的结果, 一天又分为 24 个小时, 因此地球每个小时转过的角度为 15° 。地球绕太阳公转一圈就是一年, 由于地球的赤道面和地球绕太阳公转的轨道之间有夹角, 因此太阳每天同一时刻照到地球上的位置是不同的。

2.1.2 太阳高度角和方位角的确定

2.1.2.1 太阳运动轨迹投影地球纬度变化角

地球绕太阳公转的同时存在自转, 因此太阳与地球在一年内的相对运动轨迹是变化的, 一般是随着季节的变化而变化。现把太阳相对地球的运动轨迹截成一平面, 该平面与地球赤道平面形成一夹角, 用 δ 表示。根据天文学相关资料显示, 在一年当中该夹角的变化范围在 $-23^{\circ}27'$ 到 $+23^{\circ}27'$ 之间。于是有以下公式,

$$\delta = 23.45 \sin(360 \times \frac{284 + n}{365}) \quad (1)$$

2.1.2.2 太阳真实运动角

如图 1 所示, 天顶角指的是当前位置指向太阳的向量 $\vec{s}$ 与垂直向量 Z 之间的角度, 用 θ_z 表示; 如图太阳方位角用 γ 表示; 太阳高度角定义为向量 $\vec{s}$ 与地平面的夹角, 用 h 表示。太阳的时角一般用 ω 表示, 在中午的时候 $\omega = 0$ 。

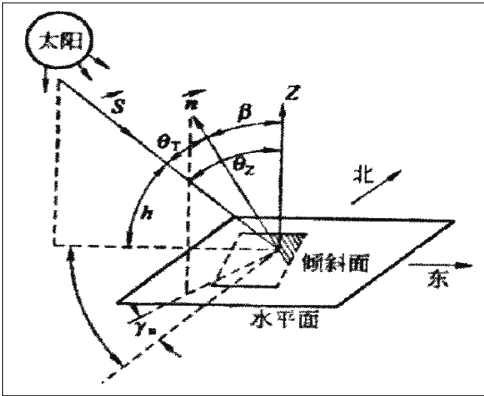


图 1 太阳角

高度方向角的计算根据下面公式:

$$\sin h = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \omega \quad (2)$$

方位移动角计算根据下面公式,

$$\cos r = \frac{\sin h \sin \delta - \sin \phi}{\cos h \cos \delta} \quad (3)$$

运用式(2)或者式(3)中的其中之一可以得出任何地区, 任何季节的任何一个时刻的太阳方位角。

利用这个规律, 可以通过机械及控制系统使光热发电系统在任意时刻对准太阳当前所在位置。

2.2 追踪方式研究

高度角 - 方位角式太阳追踪过程示意如图 2 所示。光热追踪系统的一个转轴沿南北方向布置,使光热系统能沿东西方向转动;同时为了使光热系统反射镜所在平面的主光轴始终与太阳光线平行,还要同时布置一东西方向的轴改变整个系统的倾斜角。本研究采用高度角 - 方位角追踪方式。

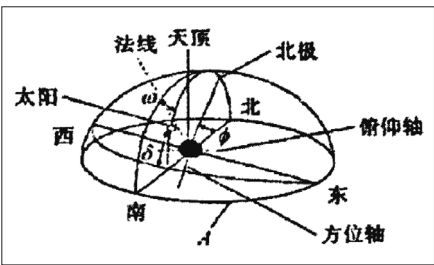


图 2 高度 - 方位角式全追踪

2.3 追踪系统设计研究

2.3.1 机械系统部分设计研究

追踪系统设计要考虑整个系统的经济性和可靠性,且便于安装和维护。考虑到系统的全天候性要求,选用耐用和抗干扰性强的执行元件,避免频繁发生系统故障。本系统为了避免大的传动比,采用了液压驱动系统以保证其稳定性。

2.3.2 控制及程序部分设计研究

本系统控制硬件采用高速单片机 C8051F340 和计时芯片 DS1302。

本系统在程序架构上,通过时间读取程序获取当前时间,然后与存储的季节时间内容对比,进入与存储季节时间相对应的子程序,然后判断当前时间是否为光热系统应当运转的时间点,驱动光热系统作相应转动,一天运转完毕后归位。

2.3.2.1 主程序设计

主程序用于控制跟踪系统主体运转。主程序运行,跟踪装置自动回到初始状态。然后设置初始状态,即判断此时所在的季节,根据季节调用不同的初始位置角度和适时转动

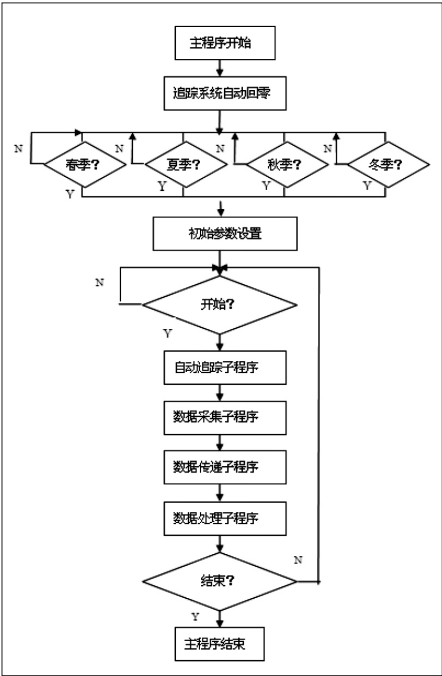


图 3 太阳追踪主程序流程图

角度子程序。子程序选择好后,进行可否运行的判断,即时间初始点是否已到。若时间初始点已到,则进入自动追踪子程序,按照相应的季节、角度变化规律进行时间采集和处理,并进行相应的控制动作。主程序流程如图 3。

2.3.2.2 子程序设计

子程序用于追踪太阳目前位置。在主程序运行后,根据目前采集的时间和四季太阳照射规律,判断该时间点太阳所处角度。时间点和角度计算好后,判断目前追踪装置是否在初始位置。若在初始位置,则根据时间点和计算好的角度,调整装置角度使其对准太阳。若不在初始位置,则首先使装置回到初始位置,再根据度,调整装置角度使其对准太阳。为形成闭环,需再计算一次时间和角度,与实际装置转动角度对比,核定装置是否已按计算角度运作对准太阳。核定完毕,程序结束。子程序流程图如图 4 所示。

本系统是根据视日运动轨迹规律存储和计算太阳在不同时间不同纬度的高度角和方位角,通过提取数据,按时间点来触发程序控制聚光系统达到系统存储的预定角度,整个系统属于主动追踪,精度主要靠视日运动轨迹高度角和方位角的计算准确性和机械传动的可靠性保证。

3 结语

光热发电作为太阳能发电里更为清洁的一种方式,已在近年建成了部分示范项目,如德令哈 50MW 光热电站、共和 50MW 光热电站、乌拉特中旗 100MW 光热电站等。通过太阳追踪系统来更有效地提高光热发电的发电效率仍是目前的一个研究课题。本系统的研究是对更好更方便更可靠地实现太阳能发电效率提高的一个探索,随着光热项目的不断建设,太阳追踪系统在与之配套的过程当中得到不断改进和完善。

参考文献:

[1] 张耀明, 邹宁宇. 太阳能热发电技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2016.

[2] Thomas E. Kissell, 基赛尔, 朱永强, 等. 太阳能利用技术及工程应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.

[3] Camacho E. 太阳能系统控制 [M]. 北京: 科学出版社, 2013.

[4] 海涛, 何江. 太阳能建筑一体化技术应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2015.

[5] 姜志海, 黄玉清, 刘连鑫. 单片机原理及应用: 第 3 版 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2013.

作者简介: 叶德生 (1982-), 男, 汉族, 四川成都人, 硕士, 高级工程师, 研究方向: 输电线路铁塔生产技术研发及管理。

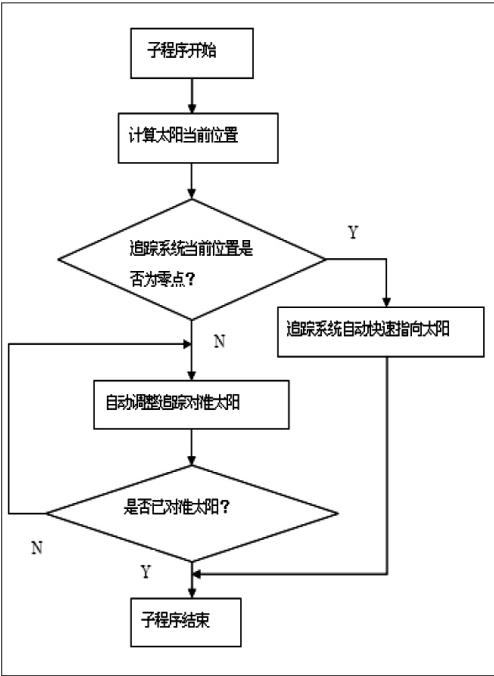


图 4 太阳追踪子程序流程图