太阳能在建筑电气节能领域的应用研究

在论述太阳能技术在建筑电气节能领域应用的必要性和可行性的基础上，提出了优化太阳能系统的方案。采用管理电源接入原有电路和使用太阳能自动跟踪系统。并计算了采用改良方案后的节能效益。

刘　航　王蔚博　李　洋／吉林建筑大学电气与电子信息工程学院

刘　航／副教授

关键词／Keywords
太阳能技术·
电气节能·
管理电源·
自动跟踪系统·

我国的用电量随着经济社会发展一直迅速增长，其中建筑能耗也不断突破新高。在建筑物日常能耗中，电气系统能耗超过建筑能耗总量的50%，而建筑能耗占能源消耗总量的25%以上[1]，为了响应国家节能减排的号召，同时提升建筑物的科技水平，建筑节能势在必行。想要真正实现建筑电气节能降耗，就要在源头减少建筑物对电能的消耗。按照建筑电气节能设计原则进行建筑节能设计时应达到满足用电需求、提高经济效益、节约能量损耗和优化利用资源的目标。本文从优化利用资源方面进行了研究，在总结建筑电气节能技术引入太阳能技术的必要性与可行性，以及太阳能在建筑电气节能方面的应用情况的基础上，提出了改良的太阳能应用方案，并计算改良后的方案的经济效益。

利用太阳能的必要性与可行性

1. 能源节约和环境保护需要

从能源节约角度来看，自工业革命以来，人类对于能源的消耗与日剧增，能源形势问题日趋紧迫。太阳每年向地球辐射的能量是地球能量消耗的1 200倍，对太阳能资源的合理开发成为解决该问题的一个有效突破口。

从环境保护角度来看，当前资源消耗与日俱增，伴之而来的就是对环境的破坏越来越严重。据统计资料显示，我国每年的CO_2排放量就超过8亿t；SO_2排放了1 927万t，居世界首位，远超过自身净化能力。因而，从环境保护的角度看，开发新式的、更加清洁的能源对于解决所面临的环境问题具有重要意义。

2. 太阳能技术应用的可行性

太阳能技术主要是通过太阳能转换装置把太阳辐射能转换成热能或者电能的技术。应用太阳能有一定的地理条件限制，按照我国各地区能有效利用的太阳能资源数量，大致上可以划分为5类地区：全年日照时数达到3 200～3 300 h的地区；全年日照时数达到3 000～3 200 h的地区；全年日照时数达到2 200～3 000 h的地区；全年日照时数达到1 400～2 200 h的地区；全年日照时数达到1 000～1 400 h的地区。

在前3类地区中，全年日照时数可以大于2 000 h，是我国可以有效利用太阳能的太阳能资源富饶地区，总面积可占全国总面积的2/3以上。

太阳能在建筑电气中的应用及存在问题

1. 太阳能在建筑电气中的应用现状

当前，太阳能技术在建筑电气领域的应用主要有以下几个方面。

1）太阳能照明。太阳能可以提供的能源是有限的，不足以作为建筑中的主要能源。所以太阳能最常见的是应用于照明中。应用太阳能照明对于电力供应不畅的边远地区具有重要意义，其相关

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

技术也较为成熟。

2）太阳能空调。太阳能空调分为两种：一种是先利用光－电转换，将太阳能转为电能，然后再使用传统的电力驱动的模式来进行制冷；另一种是后来发展的光－热转换制冷，目前应用前景较为光明的是光－热转换制冷。

3）太阳能加热。作为最初利用太阳能的方式，太阳能加热的技术已非常成熟，市场上有着各个种类的太阳能热水器，后来又衍生出太阳能地板等产品。太阳能加热是商业化程度最高的技术，也是最为广泛的技术。

2. 现有太阳能技术在建筑电气应用过程中的问题

太阳能在建筑电气中的应用也有着种种问题与弊端需要解决，除太阳能系统本身的问题外，还有以下的问题需要考虑。

1）缺乏稳定性。太阳能系统的输出受外界环境影响较大，例如碰上连续的阴雨天气，则获取的太阳能将微乎其微。

2）利用效率偏低。现在的太阳能电池板一般为固定在一个角度上，但太阳是运动的，所以转换装置难以获取更多的太阳能。

3）应用范围狭小。当前的太阳能技术在建筑电气中的应用范围较为狭小，有着诸多的限制。除了较为常见的照明与空调外，其他领域鲜有涉及。

改良的太阳能技术在建筑电气中的应用方法及收益

1. 改良的太阳能技术在建筑电气中的应用方法

（1）采用管理电源，将太阳能电池接入原有电路

当前，虽然许多的太阳能电池板都已具备稳压电路，可以较恒定的向外输出电能，但如何能够做到当太阳能电池电量不足时自动切换到家用电源是值得考虑的问题。借助现有的集成电子芯片可以解决这个问题。本文使用LTC4414芯片，其电源切换电路的一般应用电路如图1所示。

图1中，BT_0为太阳能电池，电池的电压即网络VINFO作为输出，接入单片机的A－D转换I/O口中，由单片机设定的阈值来判断是否在不同电

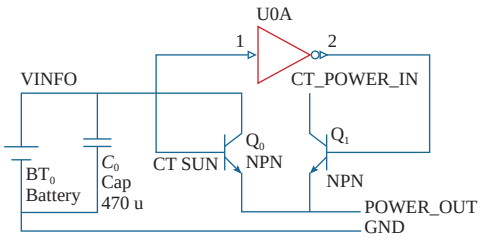

图1 太阳能电池板电源切换电路

源间进行切换。U_0为反相器，当CT_SUN给高电平时，NPN管Q_0导通，使用BT_0作为电源，同时截止Q_1，不再使用家用电源；当VINFO给出电压值低于阈值时，可由单片机控制拉低CT_SUN，同时Q_1导通，Q_0截止，不再使用太阳能电池，而使用家用电池。太阳能电池在充电中，电压会逐步上升，但是切换的阈值是不同的，接入电路的阈值高于移出电路的阈值，不会造成不断接入、移出的问题。

（2）太阳自动跟踪系统

随着机电技术的发展，机械控制领域得到了长足的进步。因为太阳是运动的，如果想获取更多的太阳能，就需要将太阳能电池板不断地校正方位，使之始终面向太阳，以实现太阳能利用最大化，而通过机电技术完全可以达到这个目的。

在太阳自动跟踪系统中，有着众多不同的设计方案，从探测角度上讲，有压差式太阳能跟踪系统、光电传感式太阳能跟踪系统、视日运动轨迹跟踪系统和高度角－方位角式跟踪系统等。出于成本与易用性考虑，采用光电传感式太阳能跟踪系统，工作方式如下：首先传感器探测周围的光信号，将光信号转化为电信号，送入处理器等待处理；然后处理器接受信号，根据经纬度、时间，通过从传感器接受到的光信号进行校正并确定当前太阳能电池板朝向，计算出太阳方位以及驱动路径；最后处理器通过驱动电路，驱动步进电动机准确调整方位。上诉过程不断重复，即可不断校正太阳能电池板朝向，为了节省电量，可以经过一定时间后校正一次。采用AT89S52为处理芯片，设计控制电路如图2所示。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

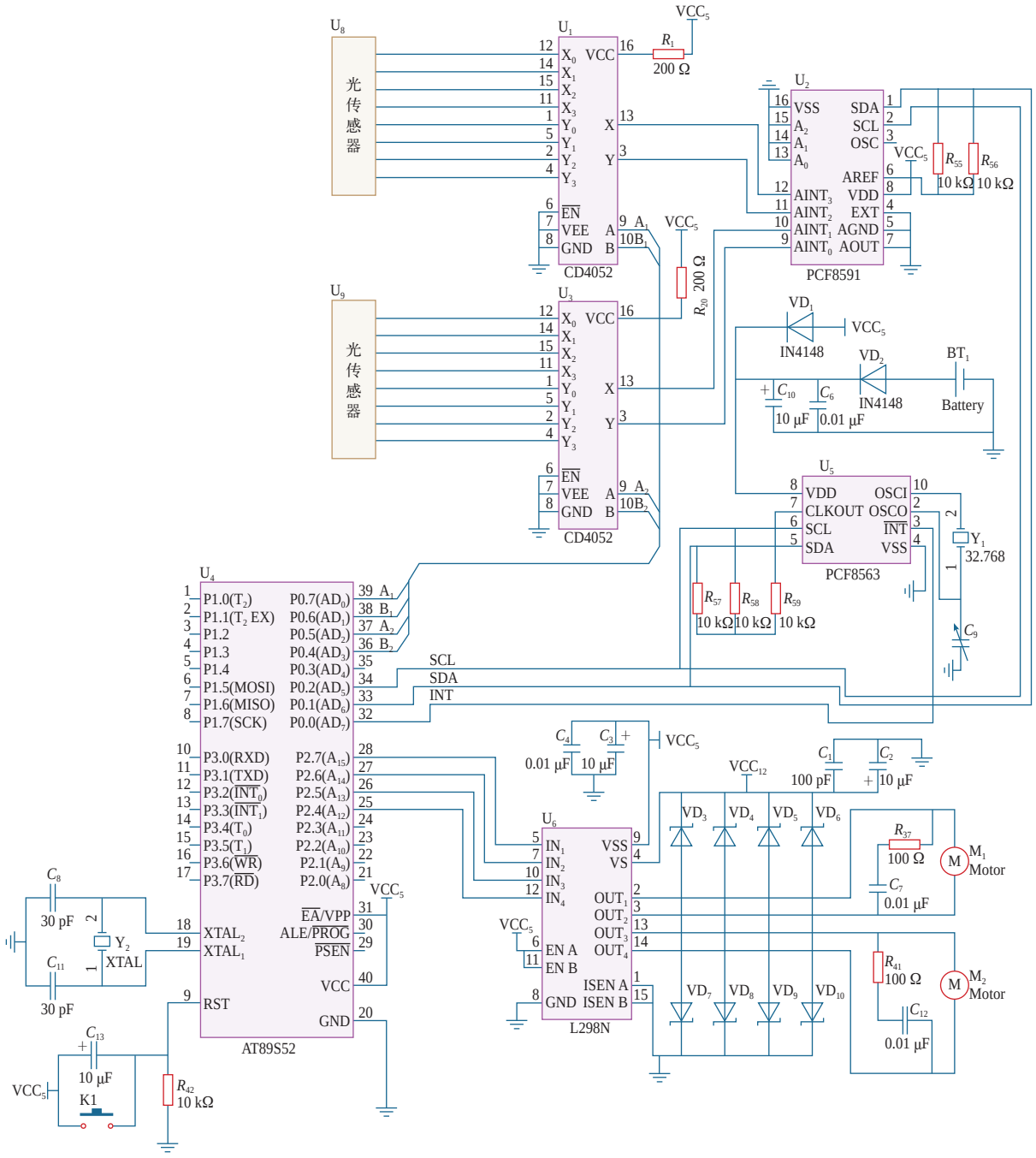

图2 光电传感式太阳能跟踪系统控制电路

2. 采用改良的太阳能技术应用在建筑电气中的效益分析

我国地域辽阔，不同的地区可利用的太阳能资源不同，所获得的效益也不同，且不同太阳能应用产品其性能参数也不同，各地可以根据自己的情况分析应用太阳能所得的收益。

以地处二类地区的北京为例，北京全年日照时数为3 000～3 200 h，算是太阳能较为丰富的地区，具备利用太阳能的硬件基础。

如果使用太阳能产品发电，可选用不同的太阳能电池。现在主流的电池为硅结晶型，其中又分为单晶与多晶两种[2]。采用以硅CW2系列100 W单晶太阳能电池板，其性能参数为：实验室效率为23%，符合一般的转换效率；商用效率为

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

16%～20%，使用寿命约为25年，在采用自动跟踪的手段提升太阳能转换效率的前提下，会比倾斜角固定的光伏发电效率提高37.7%[3]，在实际条件下，会有所降低。对于所选用的单晶电池来说，刨除因此而需要的额外的太阳能损耗外，转换效率可以提升约30%。

以成本算，该款硅系列单晶太阳能电池板价格均价为700元，跟踪系统等约为100元，设跟踪系统使用寿命为5年，按照太阳能电池板的寿命为25年计算，成本总计为1 200元，单年成本约为48元，月成本为4元。以收益算，北京年日照时数为3 000～3 200 h，但是不是所有时间都能达到最高转换效率，参考现有数据，即使按照每天6 h有效发电时间计算，功率为100 W的电池板日发电量约为0.6 kW·h，按每月30天算，月发电量约为18 kW·h。现在北京民用电价实行阶梯电价，1～240 kW·h为0.488 3元，241～400 kW·h为0.538 3元，即如果用户每月用8.19 kW·h电即可保证节省电费。而实际上，以现在的电量消耗水平远远超出这个数字，太阳能发电功率同样超过这个数字一倍多，所以应用太阳能于建筑电气上完全具有经济效益。如果仅安装上述中的一个太阳能电池板，经济效益如下表所示。

表　单片太阳能电池板的节能计算

月用电量/度	实际成本/元	月节省资金/元
$0 \leqslant x \leqslant 8.19$	4	$-(4-0.483x)$
$8.19 \leqslant x \leqslant 18$	4	$0.483x-4$
$18 \leqslant x \leqslant 240$	$4+(x-18)\times 0.488\ 3$	4.789 4
$240 \leqslant x$	$112.402+(x-240)\times 0.538\ 3$	4.789 4

在太阳能热水器上，以某热水器厂家提供的数据为例，太阳能产品每天加热5 t水需要系统集热面积为80.27 m^2；实际安装49组平板集热器（1.65 m^2/块），总集热面积为80.85 m^2，基础水温按照当地的地表水温度12 ℃进行设计，环境温度为10.5 ℃。按照水的比热容计算公式，将5 t水从12 ℃加热到70 ℃需要338.33 kW·h的电能，按照上述的电价计算，需要电费170.12元。由此可见，太阳能热水比传统的热水方式更加的节能，且非常环保。具体的可节省电量可按照下式计算，即

$$CM(\text{目标水温}-\text{基础水温})/3.6\times 10^6$$

式中，C为水的比热容；M为加热的水的质量。该公式可以计算出等量的所需电量，且不计算电能转热能的损耗。

太阳能热水器的成本主要由硬件本身的支出以及安装费用组成。以平铺式为例，北京4 377.5 m^2需要约400万[4]，在本例中，造价约为7万元，即使用太阳能热水超过1年，即可收回成本，体现了经济效益。

结束语

本研究表明，采用管理电源，将太阳能电池接入原有电路，可以调高太阳能电源的稳定性；采用太阳能自动跟踪系统能够提高太阳能的利用效率。将这种改进的太阳能技术应用于建筑电气中，一方面能够提高建筑物的节能环保，另一方面还有着巨大的收益。

参考文献

[1] 廖述龙．高层楼宇建筑电气节能技术研究 [D]．上海：上海交通大学，2012．

[2] 罗承先．太阳能发电的普及与前景 [J]．中外能源，2010 (11)：33-39．

[3] 韩辉．太阳能光伏系统最大功率跟踪控制策略研究 [D]．沈阳：沈阳工业大学，2013．

[4] 刘铭．民用建筑太阳能热利用系统节能效益分析 [D]．北京：清华大学，2012．

[5] 关继文，孔令成，张志华．高准确度太阳能跟踪控制器设计与实现 [J]．自动化与仪器仪表，2010 (5)：23-25．

（收稿日期：2014－09－10）EA

欢迎订阅　欢迎投稿　欢迎刊登广告

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net