DOI:10.13878/j.cnki.jnuist.2018.02.010

韩旭[1]　谭乃瑚[1]　敖念[1]

基于 LabVIEW 的绿色农场能源管理系统设计

摘要

新能源利用效率低,控制策略复杂等不足制约着绿色农场的发展.引入储能部件可以提高新能源使用效率,将电网和分时电价政策引入系统,可以提升系统稳定性,降低用户用电花费.本文论证了最优控制策略在混合能源供电模式中的可行性,设计了一套基于 LabVIEW 的可视化太阳能-电网绿色农场能源监控管理系统.系统采用太阳能-电网混合供电模式,实现了输出功率与农场负载需求的匹配.仿真实验结果验证了系统的稳定性,使用 NPV 函数验证了系统经济性.

关键词

LabVIEW;太阳能;混合系统;能源管理;NPV 函数

中图分类号 TM76;TP333

文献标志码 A

收稿日期 2017-12-11

资助项目 重庆市基础科学与前沿技术研究(cstc2017jcyjAX0080)

作者简介

韩旭,男,硕士生,研究方向为能源管理.hanxu@cqu.edu.cn

1　重庆大学　自动化学院,重庆,400044

0　引言

绿色农业有别于有机农业、生态农业、持续农业、精确农业等传统概念,它能同时满足农业生产、生态安全和经济效益三者要求[1-2].

目前,机械化种植、收割,科学灌溉,太阳能种植大棚等高新技术在农村得到不断应用,技术上的不断革新,加快了现代化农村建设,但是大量的能源浪费普遍存在,如现代化的太阳能蔬菜大棚,由于缺乏高效的能源管理技术,存在大量“弃光”现象.这不仅浪费太阳能资源,而且不利于整个大棚的稳定运营.因此,高效的能源管理技术亟待走入现代化农村建设中[3-8].

引入储能环节可以有效地实现需求侧管理、消除昼夜间峰谷差、平滑负荷,可以更有效地利用电力设备、降低供电成本,还可以促进可再生能源的应用,也可作为提高系统运行稳定性、调整频率、补偿负荷波动的一种手段[9].

能源管理的研究可分为供应侧的管理和用户侧的管理两方面.供应侧的管理包括对发电、输电和配电过程中的设备运行效率的管理,如机组启停、机组负荷分配、辅助设备控制等[10-11].用户侧的管理包括新能源的开发和利用、用电设备的效率管理、节能改造、制定激励用户节能的政策以及对节能环保的教育与培训.近年来,越来越多的中小型新能源发电系统运用在生活中,如风-光-柴油机混合能源系统对偏远地区供电的优化管理[12-13]、混合能源系统对家庭热泵式热水器及其他用电器的高效优化配电控制等[14-19].将先进的可再生能源代替传统的化石能源,将传统的电网供电模式与可再生能源相结合,组成混合能源系统,并对目标用户进行供电,可以提高其能源效率,并带来一定的经济收益,减少传统发电模式下大量碳和污染物的排放[20-21].

本文通过对现代农场中太阳能系统的分析和研究,建立了农场太阳能系统的数学模型.模型包含了用户目标函数和实际物理限制条件.通过 Matalb 优化仿真,论证了系统的经济性和可靠性;使用 LabVIEW 软件,搭建上位机监控系统,确保了优化控制策略稳定运行.

1　系统描述

我国目前使用的绝大多数太阳能蔬菜大棚是孤立系统,当太阳能充足的时候,太阳能为大棚内的用电负载供电,太阳能不足时由电

网供电,所采用的方式为专家控制模式,导致了太阳能使用效率低下,而且没有考虑太阳能的特性及分时电价等外界因素.

本文针对上述不足,考虑到管理技术、环境因素、电价政策和人为控制的影响,建立太阳能-电网混合能源模型,采用实时优化控制,系统结构如图 1 所示.

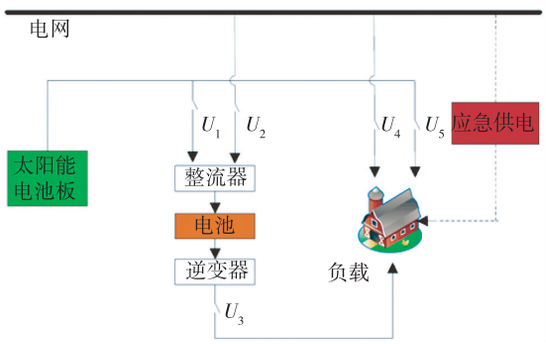


图 1　系统结构

Fig. 1　Structure of the system

系统主要由太阳能电池板、电网、蓄电池、用户负载和应急供电部件组合而成.太阳能电池板发电后,经过稳压电路,可直接供应用户负载和为蓄电池充电.考虑到太阳能电池板发电随时间变化,系统中加入蓄电池,当太阳能电池板能发出足够电能时,除满足用户负载的部分,多余部分可存储在蓄电池中,当蓄电池电量充足时,可直接为用户负载供电;考虑到我国电网分时电价和阶梯电价的政策,当电价处于谷底电价,且电池电量不足时,电网可为蓄电池充电,当电价处于峰值电价时,蓄电池可放电供应用户负载需求.当整个混合供电系统无法工作时,应急供电端可以通过其他稳定电源对用户负载进行供电,保障用户的应急用电.各个供电设备和用电设备之间通过开关连接,通过对开关 $u_1 \sim u_5$ 的控制,保障用户的用电效率最高且用电花费最低.

2　算法设计

2.1　控制系统建模方法

本实验主要被控对象为蓄电池实时的电荷状态(State of Charge,SOC).蓄电池被太阳能电池板和电网充电或自身对用户负载进行放电,由此可以得出每个时段的蓄电池电荷状态表达式为

$$S(t) = S(0) - \sum_{\tau=0}^{t-1} \frac{P_L(\tau)}{\eta_D} u_3(\tau) + \eta_c \sum_{\tau=0}^{t-1} [P_{pv}(\tau) u_1(\tau) + P_G(\tau) u_2(\tau)], \quad (1)$$

$P_{pv}(\tau), P_G(\tau), P_L(\tau)$ 分别为在时刻 t 太阳能端产生的电能、电网端产生的电能和用户侧负载消耗的电能;η_c, η_D 分别表示电池部件的充电效率和放电效率;$u_1 \sim u_5$ 为各个时段系统的开关状态.

从控制系统的角度来说,控制措施作为人为干预(输入变量),可以保证新能源混合发电系统在家庭管理技术中的各项性能指标(输出变量).在不考虑系统中电池部件衰减的情况下,此控制系统的状态空间表达式为

$$\begin{cases} x(t+1) = x(t) + B(t)u(t), \\ y(t) = D(t)u(t), \end{cases} \quad (2)$$

其中,$u(t)$ 为 t 时刻的开关控制策略;$x(t)$ 为 t 时刻电池中所存储的电量;

$$B(t) = \left[\eta_c P_{pv}(t), \eta_c P_G(t), -\frac{1}{\eta_D} P_L(t), 0, 0\right],$$

$$D(t) = [0, \rho(t) P_G(t), 0, \rho(t) P_L(t), 0].$$

2.2　基于最优控制的优化策略设计方法

首先,采用最优控制,在一定的实际限制条件下,求解出家庭每个月最小的用电量,为用户节约最多的电费.最优控制的目标函数为

$$\min J = \sum_{\tau=0}^{t-1} \rho(\tau) [P_G(\tau) u_2(\tau) + P_L(\tau) u_4(\tau)]. \quad (3)$$

其次,建立实际情况下限制条件的表达式:

1)太阳能输出供电限制:太阳能端不能同时将电能用于电池充电和用户供电,可表达为

$$u_1(t) + u_5(t) \leqslant 1. \quad (4)$$

2)供需平衡限制:由于存在多个供电端,各个时段必须有一个供电端向用户供电,且供电量要满足用户的需求,可表达为

$$\begin{cases} u_3(t) + u_4(t) + u_5(t) = 1, \\ P_L(t)[u_3(t) + u_4(t)] + P_{pv}(t) u_5(t) \geqslant P_L(t). \end{cases} \quad (5)$$

3)充放电限制:考虑到一些安全因素,在 t 时刻,电池只能处于充电或放电两种状态之一,可表达为

$$u_1(t) + u_2(t) + u_3(t) \leqslant 1. \quad (6)$$

4)电池容量界限限制:在各个时段,电池中存储的电能不能低于电池的最小容量,不能高于电池的最大容量,可表示为

$$S^{\min} \leqslant S(t) \leqslant S^{\max}. \quad (7)$$

5)电池容量终端限制:为了方便接下来的能量调度,电池最终的电量不能低于电池的初始电量,可

表达为

$$S(0) \leqslant S(T). \tag{8}$$

最后,求解目标函数最优解.通过 Matlab 优化工具箱等计算工具,在限制条件下,解得目标函数的最优解和控制策略.

3 基于 LabVIEW 的系统搭建

本文使用 LabVIEW 搭建上位机系统,调用控制算法,进行实物仿真.

上位机前面板有 5 个标签,主要有 3 种界面组成,如图 2—4 所示.

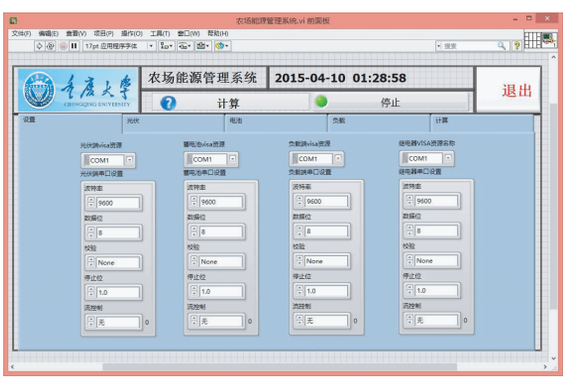


图 2 串口通信调试界面

Fig. 2 Interface of serial communication debugging

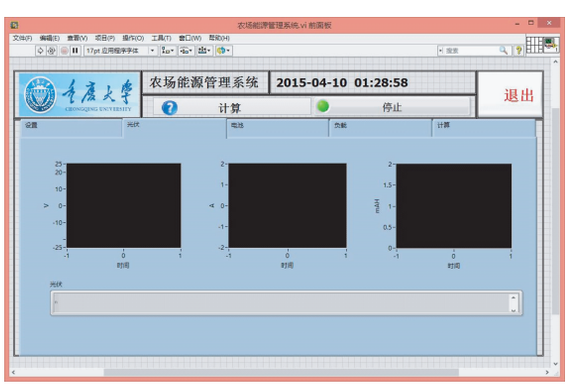


图 3 智能电表监控界面

Fig. 3 Interface of smart meter monitoring

如图 2 所示,第 1 个标签是串口通信调试界面.3 块智能电表和继电器通过 USB 通信方式与上位机进行数据通信.此界面主要实现对智能电表和继电器 USB 串口号的分配、波特率的调整等功能.第 2~4 个标签分别是太阳能、负载和蓄电池、电压、电流和功率的监控界面,如图 3 所示.智能电表分别采集各端数据,通过 USB 串口通信将数据传送给上位机,并在前面板显示.

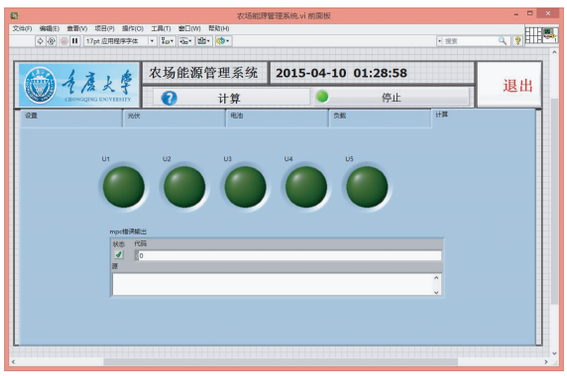


图 4 控制模式监控界面

Fig. 4 Interface of control mode monitoring

第 5 个标签是 8 路继电开关监控界面.实物仿真中使用 8 路继电开关来实现图 1 中 $u_1 \sim u_5$ 的功能.继电器通过 USB 串口通信将数据传递给上位机,此界面主要显示各条回路的通断状态.绿色农场能源管理系统采用 LabVIEW 和 Matlab 混合编程实现,关键技术如下:

1) 利用 LabVIEW 设计用户图形界面,实现“虚拟仪器”的面板;

2) 利用 Matlab 在后台提供大型算法供 LabVIEW 调用;

3) 利用 LabVIEW 多线程技术进行数据采集、通信、算法运算,制定控制策略并执行.

LabVIEW 提供了 Matlab SCRIPT 节点,可以从“功能”选项面板上访问“Matlab SCRIPT”节点,调用方法为:“功能”—“所有功能”—“分析”—“数学”—“公式”— “Matlab SCRIPT”,可以将该节点添加到面板中. LabVIEW 使用 ACTIVEX 技术执行该节点,启动一个 Matlab 进程,这样用户可以方便地在自己的 LabVIEW 应用程序中使用 Matlab,执行 Matlab 算法.

本系统程序使用多线程技术.多线程技术更高效地使用 CPU,加强系统可靠性,优化处理器性能,在 LabVIEW 程序中充分发挥作用.本系统程序中有 5 个线程.线程 1~3 智能电表分别执行对太阳能、蓄电池和负载的电压、电流和功率采集,建立全局变量,可以使各个“虚拟仪器”之间共享采集的数据,并回传给主线程;主线程状态机主要实现界面切换和调用 Matlab SCRIPT 节点,执行优化算法;线程 4 对控制模块执行优化控制策略,控制各路继电器的开关状态. LabVIEW 上位机设计思路如图 5 所示.

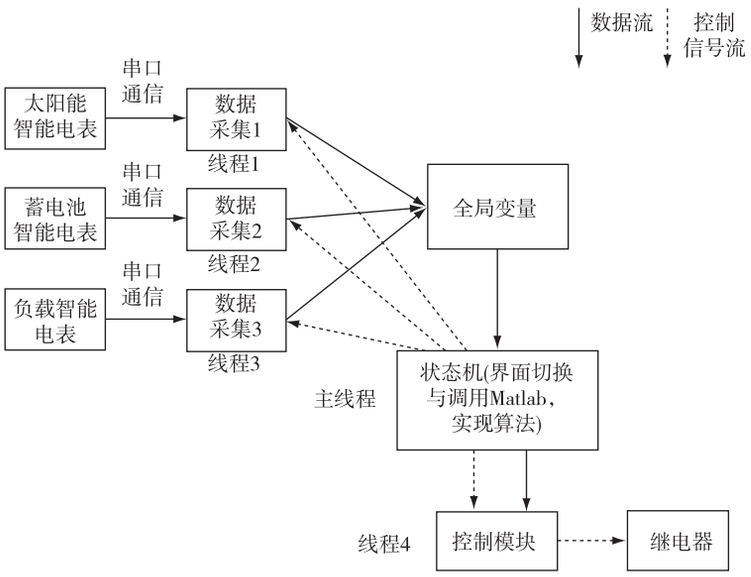


图 5　LabVIEW 设计流程

Fig. 5　Flow chart of the LabVIEW design

4　实验仿真及性能分析

根据上述的最优控制算法,通过 Matlab 优化工具箱进行编程仿真.考虑到太阳能的季节性变化,仿真分为夏日和冬日两部分.

我国现行的分时电价政策,电价随用电时段的变化而变化,通常分为谷底电价、标准电价和峰值电价.本实验中具体电价如下:

$$\rho(t)=\begin{cases}\rho_k, t\in T_k, T_k=[7,10)\cup[18,20),\\ \rho_o, t\in T_o, T_o=[0,6)\cup[22,24),\\ \rho_s, t\in T_s, T_s=[6,7)\cup[10,18)\cup[20,22),\end{cases}\tag{9}$$

其中 ρ_k 表示峰值电价,为 0.808 8 元/(kW·h);ρ_o 表示谷底电价,为 0.308 8 元/(kW·h);ρ_s 表示标准电价,为 0.588 8 元/(kW·h).

电价的变化是本实验目标优化函数的重要部分,优化算法将根据不同时段的电价,优化配置供电端对用户的供电方式,决定开关控制策略.

系统根据家庭用电量和太阳能发电量,通过优化算法计算,得出最优的开关控制策略.本实验中的家庭用电量、太阳能发电量及其他相关数据来源于文献[20].

1)仿真 1:夏日消耗

图 6 给出了夏日工作日中,优化控制的最优开关策略,图 7 为夏日传统供电模式和优化供电模式一天内各个时段电网向用户负载供电的情况.当光照强度足够时,若负载需求不高,如上午 8—12 时,太阳能电板将发出的电能直接供给负载,其他光照时段,太阳能电板将发出的电能存储于电池组中,电网将对负载供电,满足用户的用电需求;由于控制算法中考虑电网的分时电价政策,在 18—20 时,夜间用电高峰时期,将存储在电池组中的电能用于负载供电,节省用户电费开支.在传统用电模式下,一天要消耗电网电能 41.12 kW·h,而优化配置只需要消耗 21.94 kW·h,降低了 46.6% 的能耗.

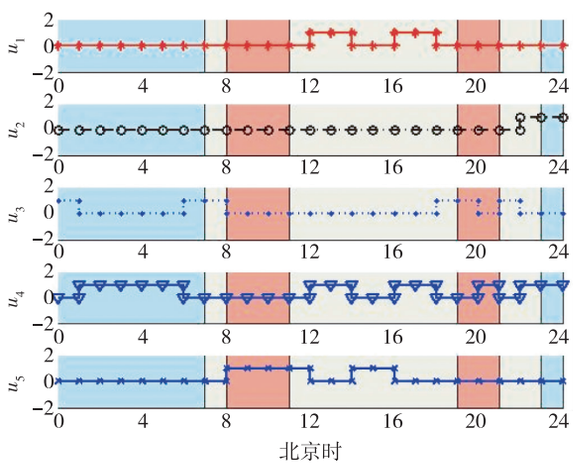


图 6　夏日工作开关示意

Fig. 6　Summer work switch

2)仿真 2:冬日消耗

图 8 中给出了冬日工作日中,优化控制的最优开关策略,图 9 为冬日传统供电模式和优化供电模

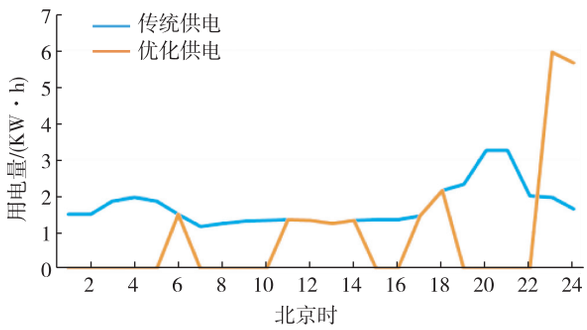


图 7　夏日工作供电方式对比

Fig. 7　Comparison of power consumption in summer

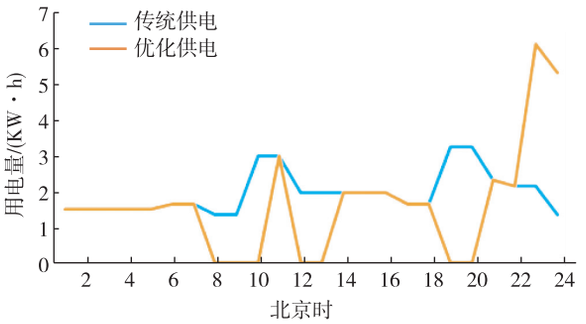


图 9　冬日工作供电方式对比

Fig. 9　Comparison of power consumption in winter

式一天内各个时段电网向用户负载供电的情况.与夏日相比,冬日的光照强度不及夏日,只有在中午 11—13 时光照强度最强时,太阳能直接对负载进行供电,午后 13—18 时,太阳能电板将发出的电能存储在电池组中,在 9—10 时和 19—20 时,用电高峰时段,将存储的电能向负载供电.由于冬日负载需求高于夏日,且日照时长低于夏日,更多的电能将从电网向负载供电.在传统用电模式下,一天要消耗电网电能 47.01 kW·h,而优化配置只需要消耗 38.91 kW·h,降低了 17.2%的能耗.

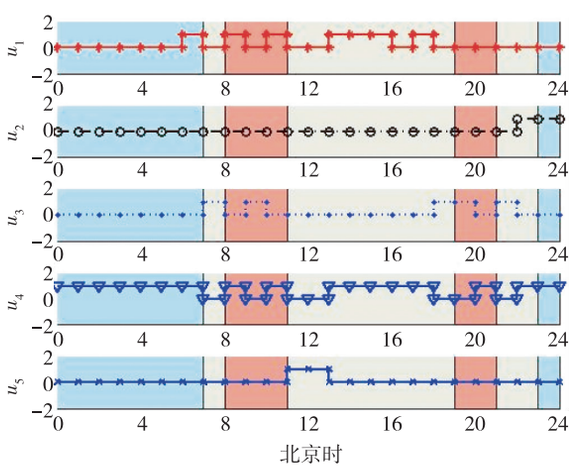


图 8　冬日工作开关示意

Fig. 8　Winter work switch

传统供电模式与优化供电模式单日节电如表 1 所示.

表 1　传统供电模式与优化供电模式对比

Table 1　Comparison of power consumption between the optimized and traditional power supply modes

kW·h/d

	传统供电	优化供电
夏日消耗	41.12	21.94
冬日消耗	47.01	38.91

将 1 年简略分为 6 个月的夏日和 6 个月的冬日,在传统供电下将从电网消耗电能 16 184.52 kW·h,而在优化供电模式下电网电能消耗降低为 11 455.08 kW·h.

将上述优化控制算法带入实物模型中,通过上位机的监控可观察到如表 2 所示供电模式.

实物工作状态与模拟仿真一致,由此论证了优化控制算法的可行性和稳定性.

5　经济性分析

太阳能绿色农场改造策略需要考虑到最小化项目成本、最大化农场的节能量以及最大化项目经济效益.农场的光伏节能量与装机容量相关,而项目经济效益,可以通过使用 NPV 函数进行分析.

表 2　供电模式开关情况及说明

Table 2　Power supply mode switches and description

供电模式	开关闭合状况	供电说明
蓄电池对负载供电	u_3 闭合	此模式下电池电量充足,可直接供给负载用电
电网对负载供电	u_4 闭合	此模式下太阳能发电功率不足,蓄电池电量不能满足负载,电网对负载进行供电
太阳能对蓄电池充电,电网对负载供电	u_1, u_4 闭合	此模式下太阳能发电功率充足,蓄电池电量不足,电网对负载进行供电
电网对蓄电池充电,电网对负载供电	u_2, u_4 闭合	此模式下太阳能发电功率不足,蓄电池电量不足,电网处于谷底电价,电网对蓄电池充电,电网对负载供电
电网对蓄电池充电,太阳能对负载供电	u_2, u_5 闭合	此模式下太阳能发电功率充足,蓄电池电量不足,电网对蓄电池充电,太阳能供给负载

NPV 函数是一个通过使用贴现值以及一系列未来支出(负值)和收入(正值),返回一项投资的净现值函数:

$$V_{\mathrm{NP}}=\sum_{t=0}^{T}\frac{F_{\mathrm{C}}(t)}{(1+d)^{t}},\tag{10}$$

其中 T 为项目周期,$F_{\mathrm{C}}(t)$ 为第 t 年的资金流(收益和支出的差),d 为 NPV 计算中的折现率.

1)NPV 值大于 0 表示项目实施后,除保证可实现预定的收益率外,尚可获得更高的收益;

2)NPV 值小于 0 表示项目实施后,未能达到预定的收益率水平,而不能确定项目已亏损;

3)NPV 值为 0 表示项目实施后的投资收益率正好达到预期,而不是投资项目盈亏平衡.

在我国,用户光伏电价计算有"自发自用,余电上网"和"全额上网"2 种模式,本文中系统采用的是第 1 种模式.

$$\rho_{\text{自发自用部分电价}}=\rho_{\text{用户电价}}+\rho_{\text{国家补贴}}+\rho_{\text{地方补贴}},\tag{11}$$

$$\rho_{\text{余电上网部分电价}}=\rho_{\text{脱硫煤电价}}+\rho_{\text{国家补贴}}+\rho_{\text{地方补贴}},\tag{12}$$

其中 $\rho_{\text{用户电价}}=\rho_{k}\omega_1+\rho_{o}\omega_2+\rho_{s}\omega_3$,$\omega_1,\omega_2,\omega_3$ 分别是一天中峰值、谷底和标准时间所占的权重,$\omega_1+\omega_2+\omega_3=1$,削峰平谷,计算为 0.533 8 元/(kW·h);$\rho_{\text{国家补贴}}$ 为国家对太阳能用户的电价补贴,为 0.42 元/(kW·h);$\rho_{\text{地方补贴}}$ 为当地对太阳能用户的电价补贴,为 0.3 元/(kW·h);$\rho_{\text{脱硫煤电价}}$ 为电量折算成脱硫煤的标杆电价,为 0.351 5 元/(kW·h).

本系统初期拟装机容量为 10 kW,综合估算初期成本约为 8 万元,每年系统的折旧维护费用约为成本的 4%,5 年为一个回报周期,平均每年日照时长 2 000 h,贴现率为 10%,具体收入支出细节如表 3 所示.

表 3 系统投资收入明细

Table 3 Details of system input and output 元

	收入	支出
初期	0	-80 000
第 1 年	23 518	3 200
第 2 年	23 518	3 328
第 3 年	23 518	3 461
第 4 年	23 518	3 600
第 5 年	23 518	3 743

经计算,NPV 值为 7 964.97 元,即在保证系统初期投资成本回收以外,项目尚可获得更高的收益报酬.目前,我国国家和地区光伏项目补贴周期为 20 年,除去最初 5 年的成本回收,仍有 15 年的项目回报周期,用户长期的回报收益可观.

6 结束语

本文论证并设计了太阳能-电网绿色农场能源管理系统.该系统主要包括太阳能电池板、太阳能控制器、蓄电池、电网连接、用户负载、多路开关和应急供电设备.本系统考虑在分时电价政策下,采用太阳能-电网的混合供电系统,满足农场用电需求.通过实时采集太阳能发电量、蓄电池电量和用户负载等数据,制定优化控制策略,保证输出电能与用户需求的匹配,以及其他实际的限制条件.优化目标为最小化用户电费,通过整数规划算法,求解出各开关的最优控制策略,使用 NPV 函数论证了系统的经济性,系统建立后的 5 年将收回成本且带来额外的经济效益.本系统广泛适用于现代化农村建设,节能效率高,易收回投资成本,且大量减少碳排放,有良好的发展前景.

参考文献

References

[1] 杨浩.探析现代化农村生态环境建设问题[J].节约资源与环保,2016(5):178-178
YANG Hao. Analysis of modern rural ecological environment construction[J]. Resources Economization & Environmental Protection,2016(5):178-178

[2] 海拉提别克·孜亚旦.农业机械对农村经济建设的作用[J].乡村科技,2016(9):94-94
HAI Laibiekeziyadan. The role of agricultural machinery in the construction of rural economy [J]. Rural Tchnology,2016(9):94-94

[3] 袁晓,赵敏荣,胡希杰,等.太阳能光伏发电并网技术的应用[J].上海电力,2006(4):342-347
YUAN Xiao,ZHAO Minrong,HU Xijie,et al. Application of solar PV power grid technology [J]. Shanghai Power,2006(4):342-347

[4] 闫云飞,张智恩,张力,等.太阳能利用技术及其应用[J].太阳能学报,2012,33(增刊 1):47-56
YAN Yunfei, ZHANG Zhien, ZHANG Li, et al. Application and utilization technology of solar energy[J]. Acta Energiae Solaris Sinica,2012,33(sup 1):47-56

[5] 李柯,何凡能.中国陆地太阳能资源开发潜力区域分析[J].地理科学进展,2010,29(9):1049-1054
LI Ke, HE Fanneng. Analysis on mainland China's solar energy distribution and potential to utilize solar energy as an alternative energy source[J]. Progress in Geography,2010,29(9):1049-1054

[6] 王峥,任毅.我国太阳能资源的利用现状与产业反展[J].资源与产业,2010,12(2):89-92
WANG Zheng, REN Yi. Utilization and development of solar energy industry in China [J]. Resources & Industries,2010,12(2):89-92

[7] 罗承先.太阳能发电的普及与前景[J].中外能源,2010,15(11):33-39
LUO Chengxian. The deployment and prospect of solar power facilities[J]. Sino-Global Energy,2010,15(11):33-39
[8] 杨敏林,杨晓西,林汝谋,等.太阳能热发电技术与系统[J].热能动力工程,2008,23(3):221-228
YANG Minlin,YANG Xiaoxi,LIN Rumou,et al.Solar energy-based thermal power generation technologies and their systems[J].Journal of Engineering for Thermal Energy and Power,2008,23(3):221-228
[9] 张文亮,丘明,来小康.储能技术在电力系统中的应用[J].电网技术,2008,32(7):1-9
ZHANG Wenliang,QIU Ming,LAI Xiaokang. Application of energy storage technologies in power grids[J]. Power System Technology,2008,32(7):1-9
[10] 方彦军,伍洲,王琛.集散遗传算法在厂级 AGC 负荷分配中的应用[J].电网技术,2010,34(7):190-194
FANG Yanjun, WU Zhou, WANG Chen. Application of gathering-scattering genetic algorithm to load distribution of AGC in plant level[J]. Power System Technology, 2010,34(7):190-194
[11] Wu Z,Chow T W S.Binary neighbourhood field optimization for unit commitment problems[J]. IET Generation Transmission and Distribution,2013,7(3):299-308
[12] 梁有伟,胡志坚,陈允平.分布式发电及其在电力系统中的应用研究综述[J].电网技术,2003,27(12):71-88
LIANG Youwei,HU Zhijian,CHEN Yunping.A survey of distributed generation and its application in power system [J].Power System Technology,2003,27(12):71-88
[12] Wu Z,Tazvinga H,Xia X H.Demand side management of photovoltaic-battery hybrid system[J]. Applied Energy, 2015,148:294-304
[14] 殷桂梁,张雪,操丹丹,等.考虑风电和光伏发电影响的电力系统最优旋转备用容量确定[J].电网技术,2015,39(12):3497-3504
YIN Guiliang,ZHANG Xue,CAO Dandan,et al.Determination of optimal spinning reserve capacity of power system considering wind and photovoltaic power affects [J]. Power System Technology, 2015, 39 (12): 3497-3504
[15] Xia X H,Zhang J,Elaiw A.An application of model predictive control to the dynamic economic dispatch of power generation[J]. Control Engineering Practice, 2011, 19 (6):638-648
[16] Tazvinga H,Zhu B,Xia X H.Optimal power flow management for distributed energy resources with batteries[J]. Energy Conversion and Management,2015,102:104-110
[17] Tazvinga H,Zhu B,Xia X H.Energy dispatch strategy for a photovoltaic-wind-diesel-battery hybrid power system [J].Solar Energy,2014,108:412-420
[18] Wanjiru E M,Sichilalu S M,Xia X H.Optimal integrated diesel grid-renewable energy system for hot water devices [J].Energy Procedia,2016,103:117-122
[19] Zhuan X T,Xia X H.Development of efficient model predictive control strategy for cost-optimal operation of a water pumping station[J].IEEE Transactions on Control Systems Technology,2013,21(4):1449-1454
[20] Wu Z, Xia X H. Optimal switching renewable energy system for demand side management[J]. Solar Energy, 2015,145:278-288
[21] 刘东冉,陈树勇,马敏,等.光伏发电系统模型综述[J].电网技术,2011,35(8):47-52
LIU Dongran,CHEN Shuyong,MA Min,et al.A review on models for photovoltaic generation system[J].Power System Technology,2011,35(8):47-52

A LabVIEW-based system for green farm energy management

HAN Xu[1] TAN Naihu[1] Ao Nian[1]
1 College of Automation,Chongqing University,Chongqing 400044

Abstract Renewable energy is playing an increasingly important role in modern agriculture.But some constraints like low efficiency of renewable energy and complex control strategies restrict the development of green farm.The introduction of energy storage components can significantly increase the energy efficiency,and the full use of power grid and time-of-use (TOU) electricity price policy can improve the system's stability and reduce the electricity charge.This paper demonstrates the feasibility of an optimal control strategy in a hybrid power system,designs a set of visual photovoltaic-grid green farm energy monitoring management system based on LabVIEW. The system matches the output power with farm loads by using mixed solar and power grid energy.Simulations and experiments are carried out to prove the system's stability,and the NPV function is used to testify the system's efficiency.

Key words LabVIEW;solar energy;hybrid system;energy management;NPV