

Optimalizácia spotreby elektriny pomocou solárnych panelov a batériového úložiska

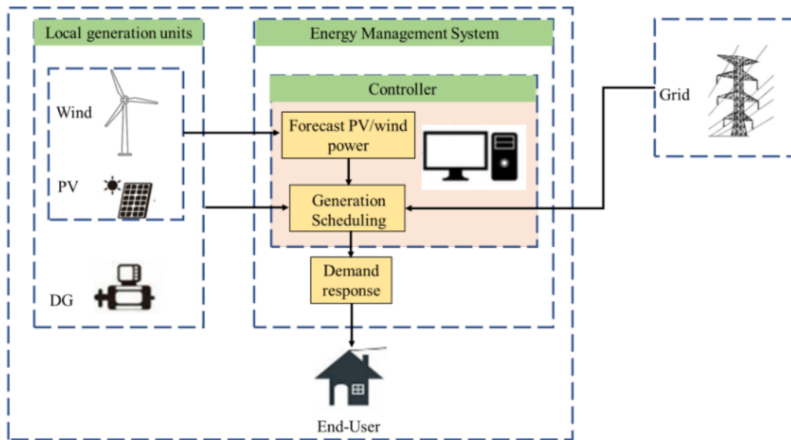
Diplomová práca

12. december 2025

Solárne panely a batériové úložisko

- Solárne panely premieňajú slnečné žiarenie na elektrickú energiu.
- Batériové úložisko akumuluje prebytočnú energiu.
- Normálny režim:
 - prebytočná energia sa ukladá,
 - neskôr sa vybíja, keď slnko nesvieti.

Architektúra systému



Obr.: Schéma energie a riadenia v systéme

- Spotová cena – cena elektriny na burze v reálnom čase.
- Fluktuuje podľa dopytu a ponuky.
- Vysoká cena v špičkách, nízka mimo špičku.

- Prebytočná energia počas vysokých cien sa dá prediť na burze.
- Zisk z predaja sa využíva na optimalizáciu spotreby elektriny.

Možnosť 1: Presun záťaže

- Plánovanie prania, nabíjania auta a podobných činností na off-peak obdobia.
- Zníženie nákladov presunutím spotreby do lacnejších intervalov.

Možnosť 2: Dom ako batéria

- Podchladenie domu klimatizáciou, keď je elektrina lacná.
- Udržanie vnútornej teploty bez vysokých nákladov, ak je dom prázdny.

Možnosť 3: Optimalizačný algoritmus

- Lineárne programovanie na optimalizáciu nabíjania a vybíjania.
- Vstupy:
 - spotové ceny,
 - výroba zo soláru,
 - stav batérie,
 - profil spotreby.
- Výstup: optimálny harmonogram operácií pre minimalizáciu nákladov.
- Implementovaný funkčný algoritmus (nie finálne API).

Fungovanie optimalizačného algoritmu

- 1 Zber vstupných dát: spotové ceny, profily výroby, stav batérie, spotreba.
- 2 Formulácia LP:

$$b_t^+ \quad (\text{nabíjanie}), \quad b_t^- \quad (\text{vybíjanie})$$

- 3 Cieľová funkcia:

$$\min \sum_{t=1}^T \left(P_t^{PV} \lambda_{PV} + P_t^{grid} \lambda_{grid,t} \right)$$

Fungovanie optimalizačného algoritmu

- Obmedzenia:
- Kapacita batérie:

$$0 \leq \sum_{\tau=0}^t (b_{\tau}^{+} - b_{\tau}^{-}) \leq C_{bat}$$

- Maximálny výkon nabíjania/vybíjania.
- Prebytočná solárna energia:

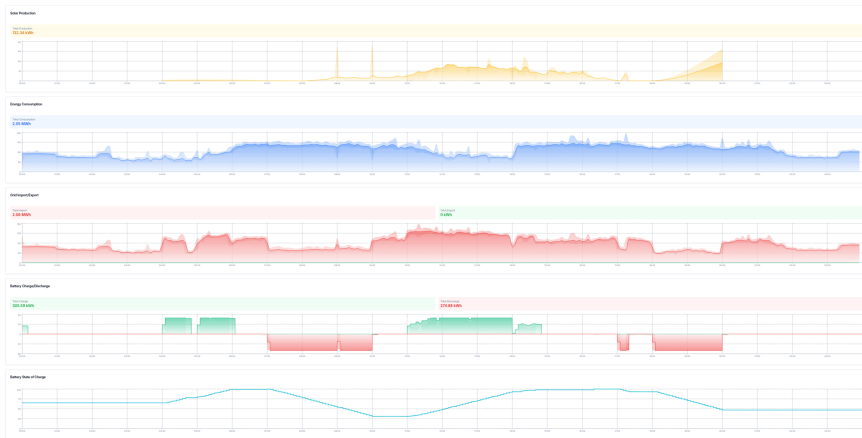
$$b_t^{+} \leq G_t$$

- 1 Riešenie pomocou knižnice cvxpy.
- 2 Výstup: optimálny harmonogram nabíjania a vybíjania.

- API poskytuje rozhranie pre komunikáciu s optimalizačným jadrom.
- Zabezpečuje odosielanie vstupných dát a prijímanie výsledkov.
- Implementácia REST endpointov a validácia požiadaviek.
- Finálna verzia API zatiaľ nie je dokončená.

- Algoritmus znižuje náklady na elektrinu v domácnostiach a firmách.
- Dynamické prispôsobenie spotreby cenám a výrobe.
- Overenie funkčnosti na reálnych dátach.

UI showcase 1: Prehľad (dashboard)



Obr.: Ukážka používateľského rozhrania – prehľad systému

UI showcase 2: Detail (optimalizačný výstup)

Prehľad úspor

Kombinované úspory
→ **535.35 €**

FV úspory
224.49 €

Úspory batérie
310.86 €

Rozpis FV úspor

Vlastná spotreba
2.02 MWh

Úspory vlastnej spotreby
224.49 €

Výnos z exportu
0.00 €

Rozpis úspor batérie

Skutočné náklady
6282.00 €

Náklady bez batérie
6592.71 €

Úspory batérie
310.86 €

Súhrn energie

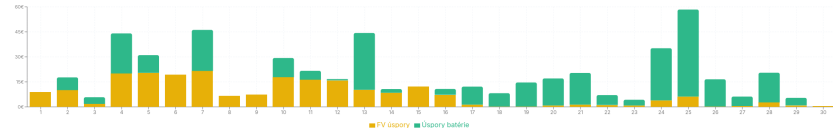
FV výroba
2.02 MWh

Stef
Import: 50.45 MWh
Export: 0.00 kWh

Batéria
Nabíjanie: 5.20 MWh
Vybíjanie: 4.60 MWh

Priem. spotovacia cena
119.81 €/MWh

Denné úspory



Obr.: Ukážka používateľského rozhrania – detail harmonogramu / výsledkov

- ① Ikram, A. et al. (2021). *Optimizing Energy Consumption in Smart Homes: Load Scheduling Approaches*. IET Power Electronics.
- ② Fiorini, F., Aiello, M. (2020). *Automatic Optimal Multi-Energy Management of Smart Homes*. Energy Informatics.