

Výpočet FV systému s akumulací elektrické energie

Zadání

Pro rodinný dům stanovte velikost FV pole a akumulační schopnost baterie, aby i v nejhorších podmínkách zimního období umožnil provoz dané domácnosti a zajistil soběstačnost.

Potřeba energie

Pro spotřebiče používané v domácnosti byly zjištěny následující provozní příkony a průměrné doby provozu, viz tab. 1.

	W	ks	h/den	Wh/den
zářivka úsporná	10	5	3	150
televize	90	2	3	540
lednice		1		700
ntb+PC	45	1	2	90
varná deska	3 l vody			480
varna konvice	2l			220
pračka	2 cyklus/tyden			650
myčka	1 cyklus/den			950
kotel, čerpadlo	50	2	8	800
vysavač	1 cyklus/tyden			94
			suma	4674
standby režim	10%			467
celková denní potřeba el. energie $E_{p,den}$				5142

Denní potřeba elektrické energie odpovídá zhruba běžné domácnosti **5.1 kWh/den**, roční potřeba elektrické energie je **1877 kWh**.

Stanovení velikosti FV pole

Denní produkce FV systému musí být pro zajištění energetické soběstačnosti rovna denní potřebě energie

$$\eta_{FV} \cdot H_{T,den} \cdot A_{FV} \cdot \eta_{sys} = E_{p,den}$$

Návrhovým měsícem bude měsíc s nejnižší produkcí elektrické energie z FV modulů, tedy prosinec s měsíčním úhrnem slunečního záření 24 kWh/měs, tedy **0.77 kWh/den**. Pro tento měsíc se stanoví účinnost FV modulu podle vztahu

$$\eta_{FV} = \eta_{ref} \cdot (1 + \gamma \cdot (t_{FV} - t_{ref})) \cdot \left(1 + k \cdot \ln \frac{G}{G_{ref}} \right) \quad (1)$$

kde je

η_{ref} referenční účinnost modulu, uvažujeme $\eta_{ref} = 0.15$

γ teplotní součinitel výkonu, uvažujeme $\gamma = -0.0045 \text{ 1/K}$

t_{ref}	referenční teplota modulu, uvažuje se 25 °C
G_{ref}	referenční ozáření modulu, uvažuje se 1000 W/m ²
k	konstanta vyjadřující snížení účinnosti modulu vlivem poklesu ozáření, uvažujeme 0.03
G_m	střední denní sluneční ozáření, ve W/m ² , pro prosinec uvažujeme 387 W/m ² pro jižní orientaci a sklon 45°
t_{FV}	teplota FV modulu, která se stanoví z rovnice

$$t_{FV} = t_{e,s} + \frac{\alpha \cdot G_m - \eta_{FV} \cdot G_m}{U} = t_{e,s} + \frac{G_m}{800} \left(1 - \frac{\eta_{FV}}{\alpha} \right) (NOCT - 20) \quad (2)$$

kde je

$t_{e,s}$ teplota venkovního vzduchu v době slunečního svitu, pro prosinec $t_{e,s} = 3,5$ °C

α pohltivost FV modulu, uvažujeme 0,95

$NOCT$ jmenovitá provozní teplota článku, ve °C, uvažujeme 45 °C

Aby nebylo nutné pracovat v iterační smyčce výpočtu teploty FV modulu a jeho účinnosti, ve vztahu (2) se η_{FV} nahradí referenční účinností η_{ref} . Teplota FV modulu je potom **13.7 °C**.

Denní účinnost modulu je

$$\eta_{FV} = 0,15 \cdot (1 - 0,0045 \cdot (13,7 - 25)) \cdot \left(1 + 0,03 \cdot \ln \frac{387}{1000} \right) \quad (3)$$

$\eta_{FV} = 0,153$

Kromě účinnosti FV modulu (a jeho provozních ztrát) je nezbytné znát také systémové ztráty pro stanovení celkové potřebné plochy FV modulů. Systémová účinnost je dána

účinností sledovače výkonového maxima	$\eta_{MPP} = 0.98$
účinností DC kabeláže (ztráty kabeláže 2 %)	$\eta_{DC} = 0.98$
účinností regulátoru nabíjení (charging control)	$\eta_{CC} = 0.98$
účinností baterie	$\eta_{BAT} = 0.90$
účinností měniče pro grid off systém	$\eta_{INV} = 0.90$
ztráty na distribuci el. energie do domu	$\eta_D = 0.98$

Celková účinnost systému η_{sys} zahrnující výše uvedené ztráty je potom dána vztahem

$$\eta_{sys} = \eta_{MPP} \cdot \eta_{DC} \cdot \eta_{CC} \cdot \eta_{BAT} \cdot \eta_{INV} \cdot \eta_D = 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,90 \cdot 0,90 \cdot 0,98 = 0,75 \quad (4)$$

Potom potřebná plocha FV modulů A_{FV} pro zajištění denní produkce odpovídající denní spotřebě je

$$A_{FV} = \frac{E_{p,den}}{\eta_{FV} \cdot H_{T,den} \cdot \eta_{sys}} = \frac{5,142}{0,153 \cdot 0,77 \cdot 0,75} \quad (5)$$

Potřebná plocha je cca **58 m²** (odpovídá celé střeše rodinného domu).

Stanovení velikosti akumulátoru

Kapacita baterie bude navržena na akumulaci **čtyřdenní** potřeby elektrické energie. V kombinaci se systémem, který i v nejhorším období vyprodukuje dostatek elektrické energie to znamená 100% krytí potřeby. V letním období bude velké množství energie buď nevyužito, nebo předáno do nadřazené sítě.

Kapacita baterie se stanoví ze vztahu

$$Q_{BAT} = \frac{E_{p,den} \cdot \tau}{U \cdot T_{DOD} \cdot \eta_{INV} \cdot \eta_D} \quad (6)$$

kde je

- τ počet dnů pro akumulaci [-]
- U systémové napětí, ve V, uvažujme 24 V
- T_{DOD} hloubka vybití baterií, uvažujme 0,3 (levné baterie)
- η_{INV} účinnost měniče na střídavý proud, viz výše
- η_D účinnost distribuce, viz výše

$$Q_{BAT} = \frac{5,1 \cdot 4}{24 \cdot 0,3 \cdot 0,9 \cdot 0,98}$$

Potřebná kapacita baterie je **3239 Ah**. Pro srovnání automobilová baterie má kapacitu **60 až 70 Ah**.