

Fotovoltaické panely - orientace ke Slunci - teoretická analýza

Intenzita slunečního záření

Sluneční konstanta (taky solární konstanta či zřejmě správnější solární radiace nebo sluneční záření) je souhrn energetického toku fotonů všech vlnových délek (dle typu měření je v součtu i energie mnohem hmotnějších částic v samotném záření včetně záření kosmického), dopadající na plochu 1 m^2 kolmou na směr paprsků, měřený mimo zemskou atmosféru ve střední vzdálenosti Země od Slunce [1].

Konstanta tedy zahrnuje celé spektrum slunečního záření, nejen viditelné světlo. Veličinou je hustota zářivého toku ve Watech na metr čtvereční. Energie, kterou toto záření nese s sebou za jednotku času se pak udává obvykle ve $\text{W/m}^2/\text{s}$ a lze jí přepočítat až na MWh a nebo TWh .

Pokusy o měření sluneční konstanty byly možné až v době, kdy se podařilo vypouštět umělé družice s přístroji na měření intenzity slunečního záření zvané obvykle bolometry. Tyto přístroje měřily obvykle teplotu a rychlost nárůstu teploty izolovaného kovového terče.

Přesnější výsledky potom začaly dávat spektrometry, které měřily spektrum v oboru vlnových délek od ultrafialových až do infračervených i tepelných vlnových délek.

Vzhledem k tomu, že oběžná dráha Země je mírně excentrická, skutečný tok zářivé energie ze Slunce k Zemi během roku mírně kolísá a mírně se mění i sama sluneční aktivita. Odchyly proti hodnotě sluneční konstanty činí přibližně $\pm 1,7 \%$. a při výpočtech se proto bere pouze střední hodnota . [1]

Nejpřesněji změřená střední hodnota slunečního zářivého toku v době slunečního minima je aktuálně (na konci roku 2022) $1\,360,8 \pm 0,5 \text{ W/m}^2$. [1]

I tato střední hodnota se během družicových měření postupně, řekněme, zpřesňovala ale nelze ani vyloučit její další změny.

Jak naše planeta rotuje, je tato energie distribuována na celý zemský povrch ve tvaru koule ($4\pi r^2$). Z toho důvodu je průměrná hodnota množství slunečního záření (tzv. insolace – oslunění) rovna v průměru jen jedné čtvrtině sluneční konstanty – kolem 342 W/m^2 .

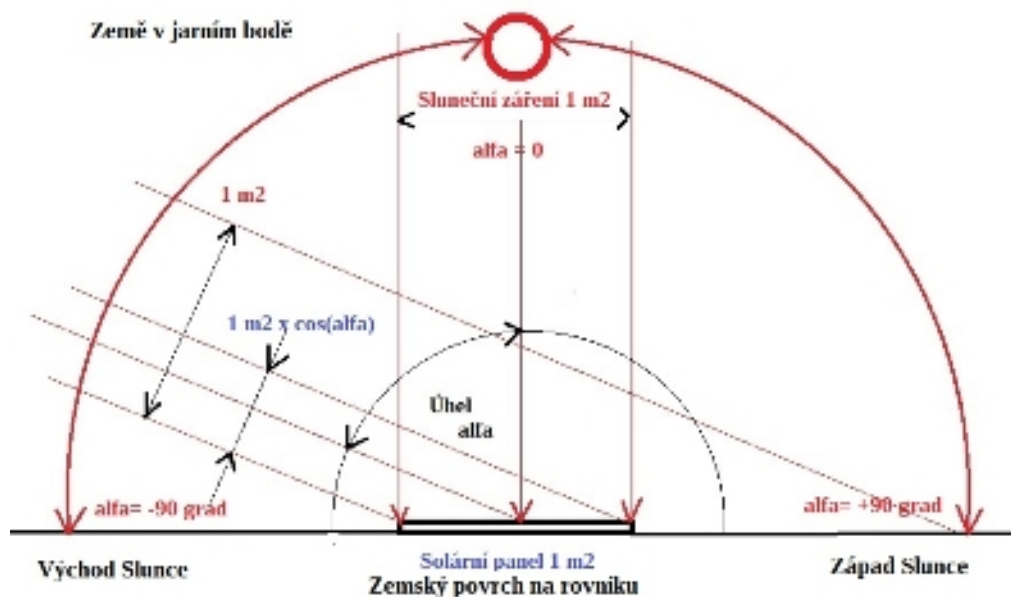
Konkrétní množství sluneční energie dopadající v daném místě a čase na povrch je ovlivněno stavem atmosféry, zeměpisnou šířkou a ročním obdobím. Roli hraje i znečištění ovzduší. [1]

Při výpočtech ozáření slunečních panelů lze proto buď počítat se součtem nachytané energie za den po hodinách a dnech a nebo se lze spolehnout na výpočty s průměrnou denní hodnotou.

Analýza optimální orientace slunečních panelů

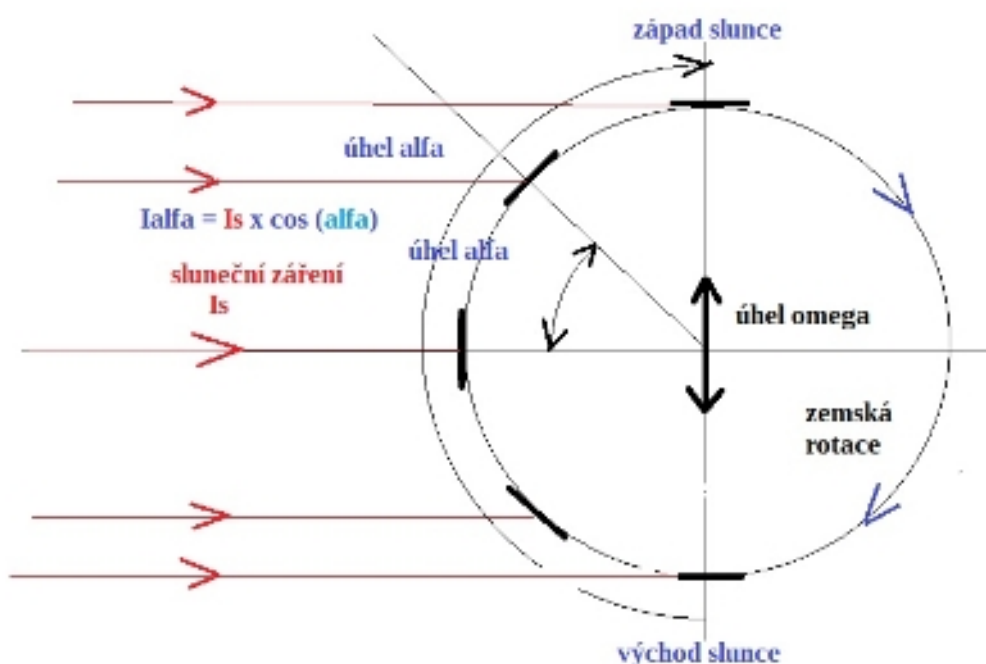
Slunce je od Země v natolik velké vzdálenosti a vzhledem k poměru velikosti Slunce a Země lze pokládat sluneční záření přibližně za rovnoběžný svazek. Slunce je tak vzhledem k Zemi všesměrovým zářičem, tj. opět relativně vzhledem k zemi je intenzita jeho záření ve všech směrech stejná.

Ale Země má díky svému kulatému tvaru charakter senzoru s nerovnoměrnou směrovou charakteristikou, která se jen minimálně liší od charakteristiky kosinově korigovaného senzoru, což je senzor používaný ve fotometrii a fotonometrii s úmyslně korigovanou charakteristikou, aby se blížila průběhu u teoretického kosinového senzoru.



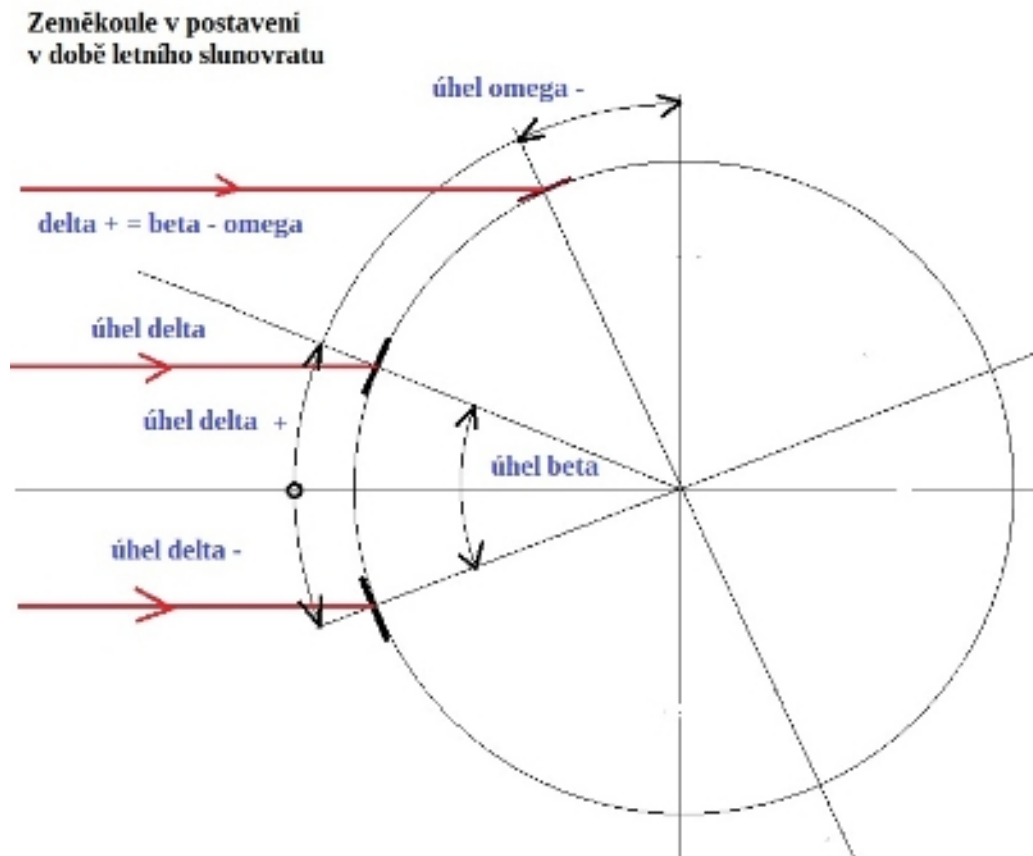
Země jako kosinový senzor slunečního záření - obr (1) .

Na obr.(1) je úhel alfa dán otáčením Země kolem zemské osy a tím dochází ke změně ozařované plochy solárního panelu přibližně právě podle kosinového zákona.



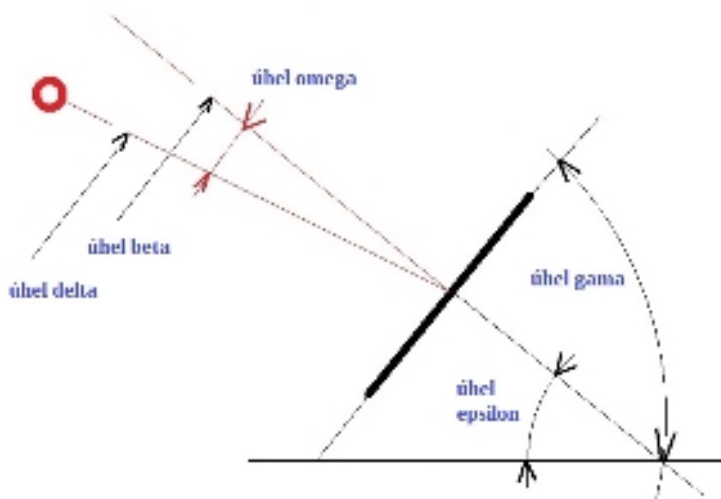
Země jako kosinový senzor slunečního záření - obr (2) .

Ještě názorněji je přibližně kosinová závislost zřejmá z obr. (2).



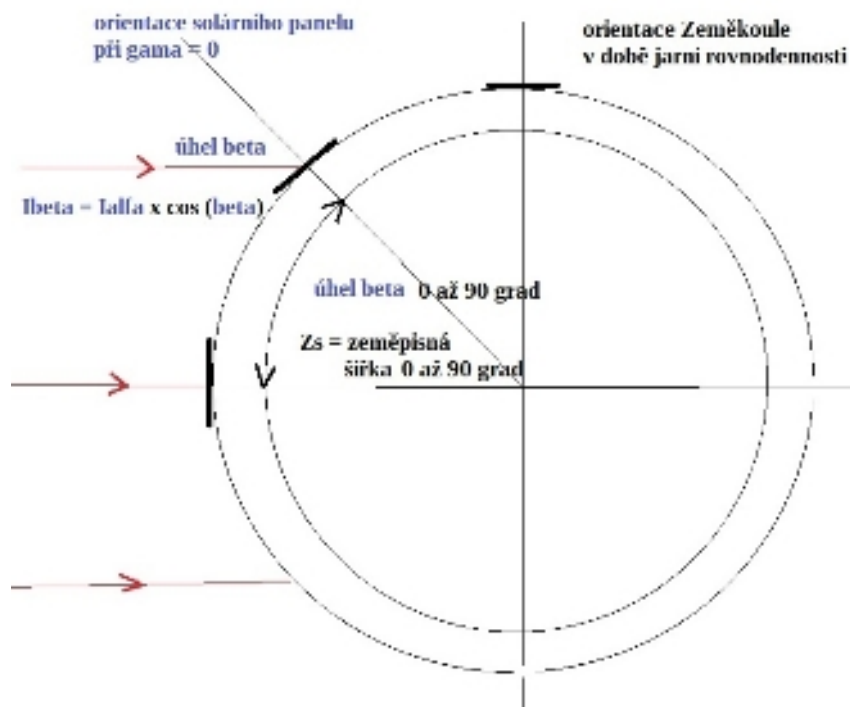
Vliv zeměpisné šířky a precese zemské osy na intenzitu ozáření solárního panelu - obr. (3)

Na obr. (3) jsou popsány další úhly, na nich závisí směrová charakteristika solárních panelů jakožto senzorů slunečního záření a tím i jejich efektivita. Úhel beta je totožný se zeměpisnou šířkou, ta je pro daný bod na povrchu Země konstantní, úhel omega je projekce úhlu směru zemské osy do směru slunečního záření a mění se během roku, úhel delta je potom aritmetickým součtem úhlu beta a omega a udává nám aktuální výšku Slunce nad obzorem. Slunce bude vždy v poledne v největší výšce nad obzorem a bude nejvíce ozařovat solární panel. Ten však může být ještě natočen proti povrchu Země o úhel gama.



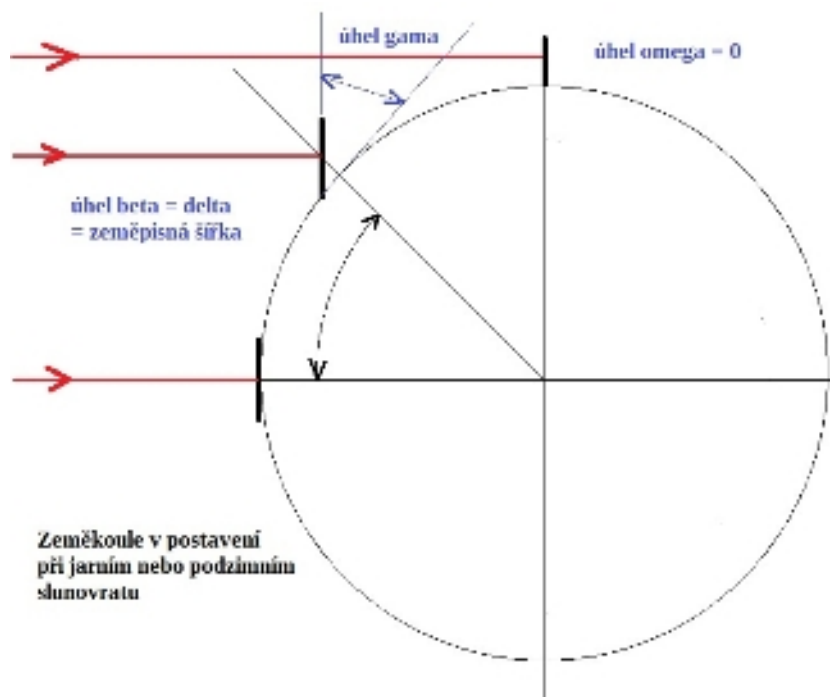
Orientace solárního panelu vůči slunečnímu záření - obr. (4)

Na obr. (4) je úhel náklonu solárního panelu vzhledem k zemskému povrchu označen úhlem gama a je zde doplněna i jeho souvislost s úhly beta, delta a omega.



Výpočet ozáření solárního panelu pro případ úhlů delta=beta a gama=omega=0 obr. (5)

Na obr. (5) je znázorněno, jak ozáření solárního panelu souvisí s úhly delta až gama pro případy jarní resp. podzimní rovnodennosti, pokud by solární panel ležel na vodorovně na zemském povrchu.



Kompensace úhlu delta natočením panelu o úhel gama - obr. (6)

Na obr. (6) je naznačeno, jak se dá vliv zeměpisné šířky a pozice Slunce nad obzorem reprezentovaná úhlem delta kompenzovat natočením solárního panelu o úhel gama.

Následuje shrnutí doporučeného značení veličin a úhlů.

Přehled použitých názvů a symbolů proměnných

Úhel alfa – reprezentuje otáčení Země jedenkrát za 24 hodin

- jeho celý rozsah je 360°

- pro výpočty ve dne stačí rozsah -90 až 90°

Zeměpisná šířka – Z_s - je v rozsahu -90 až 90°

- pro severní polokouli stačí u výpočtů rozsah 0 až 90°

Úhel beta – reprezentuje zeměpisnou šířku na severní i jižní polokouli

- pro výpočty na severu stačí použít rozsah 0 až 90°

Úhel omega – reprezentuje precesi zemské osy

- během roku se mění od -23.44 do 23.44°

Úhel delta – reprezentuje výšku Slunce nad obzorem pro danou Z_s

a roční období a je součtem úhlů beta a omega

Úhel gama – reprezentuje úhel natočení solárního panelu vůči

zemskému povrchu a logicky je v rozsahu 0 až 90°

Jednotky a vzorce použitelné pro orientační výpočty

I_s – sluneční konstanta – cca 1360 (2022) – 1366 W/m^2 (v roce 2010) [1]

I_{sp} – sluneční konstanta na povrchu Země

- pro účely solárních panelů se její hodnota bere jako 1000 W/m^2 [2]

I_{α} = $I_{sp} \times \cos(\alpha)$ – je změna intenzity záření I_{sp} daná otáčením Země kolem osy

I_{β} ($\beta = cca Z_s$) – je změna intenzity záření I_{α} daná zeměpisnou šířkou, na kterou sluneční záření dopadá v době jarní a podzimní rovnodennosti

$I_{\beta} = I_{\alpha} \times \cos(\beta)$

I_{δ} = $I_{\alpha} \times \cos(\beta \pm \omega)$ – je intenzita slunečního záření, která dopadá na solární panel o rozměru 1 m^2 v dané Z_s v roční době určené úhlem omega

I_{γ} (= I_{sp} pro $\gamma=0$) – intenzita záření dopadající na solární panel o ploše 1 m^2

$I_{\gamma} = I_{\alpha} \times \cos(\delta - \gamma)$ ($\delta = \beta \pm \omega$)

Závěr :

Efektivita - I bez výpočtů je jasné, že solární panel bude nejefektivnější, pokud na něj sluneční záření bude dopadat kolmo.

Orientace - Je rovněž jasné, že efektivita solárního panelu by byla největší, pokud by se během dne a roku mohla jeho poloha měnit tak, aby se sám stále natáčel co nejkolměji za Sluncem.

Jelikož jsou z různých důvodů solární panely umístěny fixně, je dobré, je-li to možné, zvolit jejich náklon (úhel gama) tak, aby během všech ročních období poskytoval optimálně možný elektrický výkon.

V praxi je proto nejvýhodnějším úhlem natočení solárního panelu vůči Slunci volba úhlu gama rovná velikosti úhlu delta v době zimního slunovratu.

Použitá literatura :

[1] Sluneční konstanta

https://cs.wikipedia.org/wiki/Slune%C4%8Dn%C3%AD_konstanta

[2] Země

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Zem%C4%9B>

[3] Pavel Oupický, emerický pracovník Vývojové optické dílny v Turnově (VOD)

Články ve sborníku Hvězdárny v Úpici

„Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí“

Datum zveřejnění : 1.11.2022

This work is marked with CC0 1.0. To view a copy of this license, visit

<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0>

Autor: PavelOupický48

e-mail : pavel.oupicky@iol.cz