

Měření vlastností solárního článku FP5B

Pracovní úkoly:

1. Naměřte voltampérovou charakteristiku solárního článku (pro dva identické články). Analyzujte vliv sklonu solárního článku vzhledem ke zdroji záření (kolmo, sklon 40°).
2. Určete optimální pracovní bod a účinnost solárního článku při dané intenzitě osvětlení, stanovte RSH, RSO, FF, MPP, η

Postup:

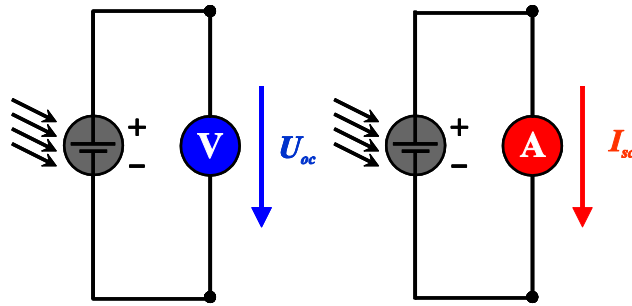
1. Měření voltampérové charakteristiky solárního článku

Seznamte se se sestavou pro měření voltampérové charakteristiky solárních článků (Obr. 1).



Obr. 1 Měření voltampérové charakteristiky solárního článku

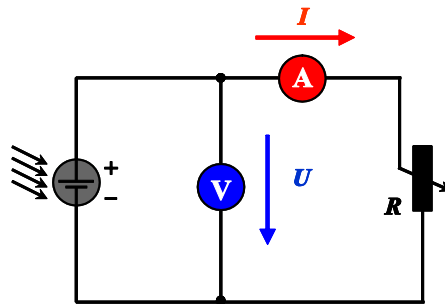
Sestava se skládá z optické desky s držákem pro upnutí solárních článků, zdroje světla, 2 multimetrů a proměnné zátěže (odporová dekáda). S pomocí multimetrů změřte nejprve tzv. *napětí naprázdno* U_{OC} (*Open Circuit Voltage*) a tzv. *proud nakrátko* I_{SC} (*Short Circuit Current*), dle schématu na obr. 2.



Obr. 2 Měření napětí naprázdno U_{oc} a proudu na krátko I_{sc}

V důsledku nenulového vnitřního odporu ampérmetru je hodnota I_{sc} zatížena chybou. Tuto chybu lze odstranit buď na základě odlišné metody měření, nebo početně pokud známe tzv. sériový odpor solárního článku. V případě, že vnitřní odpor ampérmetru je výrazně menší než sériový odpor fotovoltaického článku můžeme tuto chybu zanedbat.

Schéma zapojení pro měření voltampérové charakteristiky FV článku je zobrazeno na obrázku 3.



Obr. 3 Schéma zapojení pro měření VA charakteristiky solárního článku

Měření parametrů fotočlánku by mělo probíhat za standardizovaných podmínek tj. spektrální složení záření zdroje AM1.5 (*Air Mass*), které odpovídá slunečnímu záření na Zemském povrchu při zahrnutí vlivu atmosféry a hodnota intenzity ozařování fotočlánku je $E = 1000 \text{ W/m}^2$. Spektrální složení AM0 a AM1 v porovnání se zářením černého tělesa o teplotě $T = 5250 \text{ K}$ uveďte do protokolu.

Pro měření použijte lampu s bílým LED diodovým světlem, spektrum této lampy porovnejte se spektrem AM 1.5 opět do protokolu. Pomocí lux metru změřte hodnotu osvětlení solárního článku a do protokolu se pokuste odhadnout hodnotu v Watt/m^2 .

Změnou zátěže (regulovatelný odpor) postupně proměřte VA charakteristiku solárního článku při daném osvětlení. Měřené hodnoty napětí a proudu zaznamenávejte do tabulky. Měření provádějte tak, abyste získali 15 bodů rovnoměrně rozložených po VA křivce.

Změřte VA charakteristiku článku při sklonu 40° a porovnejte s kolmým dopadem.

Při standardním konstantním osvětlení proměřte druhý typově shodný solární článek, se stejným postupem jako u prvního článku.

Průběh voltampérové charakteristiky fotodiody (solárního článku) lze přibližně (při zanedbání vlivu vnitřních odporů článku) popsat následujícím vztahem

$$I = I_L - I_0 \left[\exp\left(\frac{eU}{nkT}\right) - 1 \right] \quad (1)$$

kde I je proud který článek dodává do zátěže, U je napětí na svorkách článku při dané zátěži, I_L je fotoproud úměrný zářivému toku, I_0 je nasycený svodový proud v závěrném směru, e je náboj elektronu, k je Boltzmanova konstanta, T je termodynamická teplota článku a n je koeficient, který respektuje kvalitu fotovoltaického prvku z hlediska materiálového složení a jeho hodnota se pohybuje řádově v oblasti jednotek. Jestliže chceme analyzovat VA charakteristiku, musíme tedy provést aproximaci naměřených dat funkcí typu (2), pokuste se tedy tuto aproximaci provést.

$$I = a - b[\exp(cU) - 1] \quad (2)$$

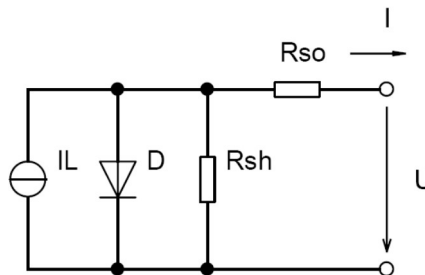
2. Stanovení základních parametrů fotovoltaických článků

Na základě analýzy naměřených VA charakteristik stanovte základní měřené parametry solárních článků.

U_{oc} - napětí naprázdno

I_{sc} - proud na krátko

Reálnému FV článku odpovídá schéma na obrázku 4.



Obr. 4 Náhradní schéma fotodiody (solárního článku)

R_{so} - sériový odpor solárního článku, je dán sklonem VA křivky v okolí bodu U_{oc}

$$R_{so} = -\frac{dU}{dI} \text{ v okolí bodu } U_{oc}$$

R_{sh} - paralelní odpor solárního článku, je dán sklonem VA křivky v okolí bodu I_{sc}

$$R_{sh} = -\frac{dU}{dI} \text{ v okolí bodu } I_{sc}$$

Znalost sériového a paralelního odporu fotočlánku nám dává informaci o jeho kvalitě. Vysoká hodnota sériového odporu způsobuje, že svorkové napětí fotočlánku bude tím menší, čím bude větší úbytek napětí na sériovém odporu. Nízká hodnota paralelního odporu ukazuje na vadný článek; FV článek se chová, jako by byl vnitřně zkratován. V případě, že sériový odpor je malý a paralelní odpor je velký (kvalitní článek) potom můžeme jejich vliv zanedbat

a lze použít zjednodušený model daný vztahem (1). V opačném případě je potřeba využít model zahrnující tyto jevy.

V závěru protokolu zhodnoťte, zda můžeme zanedbat vlivy R_{sh} a R_{so} . Jak pro počáteční měření nakrátko tak pro model VA charakteristiky.

MPP – Maximal power point (Bod maximálního výkonu)

Optimální pracovní bod fotočlánku, pro který dodává maximální výkon do zátěže.

P_m - maximální výkon solárního článku, $P_m = U_m I_m$

U_m - napětí při maximálním výkonu solárního článku

I_m - proud při maximálním výkonu solárního článku

R_m - odpor při maximálním výkonu solárního článku $R_m = U_m / I_m$

FF - fill factor $FF = \frac{P_m}{U_{oc} \cdot I_{sc}}$

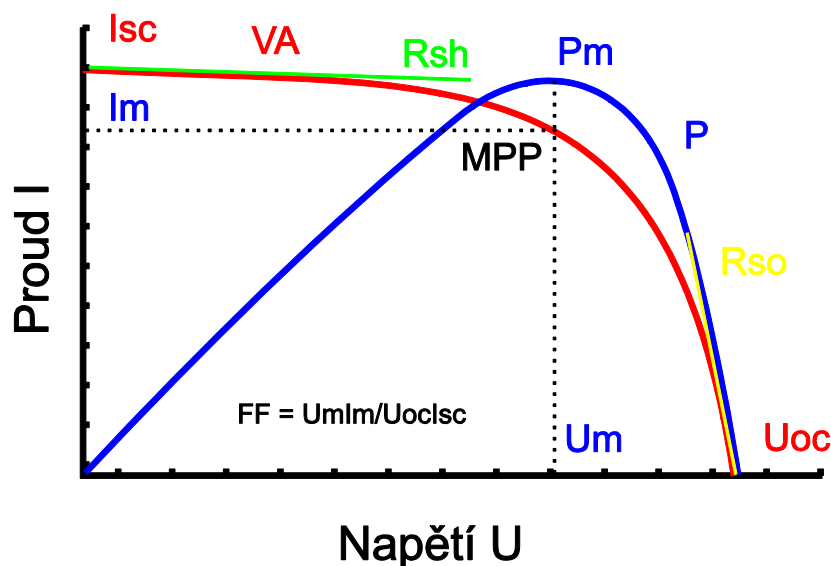
Účinnost přeměny zářivé energie na elektrickou

Účinnost přeměny zářivé energie na elektrickou vypočteme ze vztahu

$$\eta = \frac{P_m}{P_{rad}} = \frac{P_m}{E \cdot A_c}$$

kde P_{rad} je výkon dopadajícího záření (udávaný v Watt/m², zde je potřeba přepočítat z lux, lum), A_c je plocha fotočlánku, E je intenzita ozařování.

Hledané parametry jsou znázorněny na ukázce VA charakteristiky



Obr. 5 Typický průběh VA charakteristiky solárního článku

Na charakteristice je možno vidět optimální pracovní bod fotočlánku při daném osvětlení (MPP). Modrá křivka zobrazená na obr. 5 je výkonová křivka. Jak je patrné křivka má své maximum P_m tj. maximální možný výkon dodávaný do zátěže při daném osvětlení. Napětí U_m a proud I_m při maximálním výkonu potom udávají polohu bodu MPP na voltampérové charakteristice.