

## A1M13EZF

### VLIV TEPLoty NA PARAMETRY FOTOVOLTAICKÝCH ČLÁNKŮ

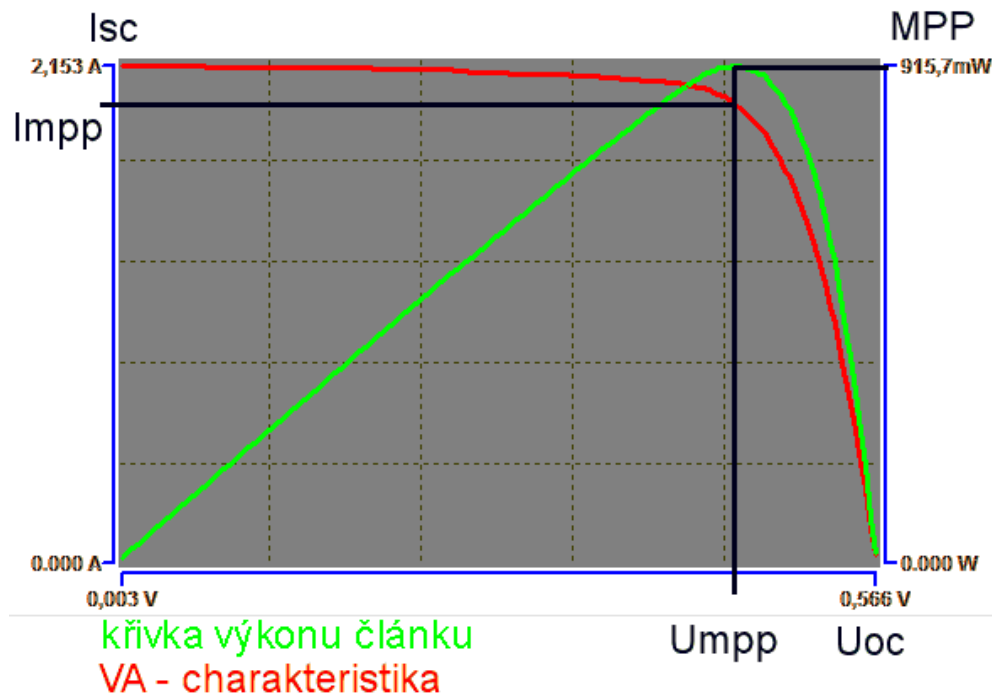
#### Zadání:

1. Změřte voltampérovou charakteristiku fotovoltaického článku v rozmezí teplot  $25^{\circ}\text{C} \div 115^{\circ}\text{C}$ .
2. Pro každou teplotu určete parametry  $I_{SC}$ ,  $U_{OC}$ ,  $MPP$ ,  $FF$ ,  $R_p$  a  $R_s$  a pokuste se zdůvodnit jejich chování.
3. Do společných grafů vynesete teplotní závislosti  $I = f(U)$  a  $P = f(U)$ .
4. Do grafů vynesete závislosti  $MPP = f(T)$ ,  $FF = f(T)$ ,  $R_p = f(T)$  a  $R_s = f(T)$ .

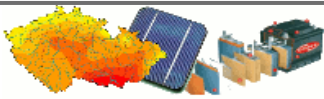
#### Teoretický rozbor

##### Volt - ampérová charakteristika fotovoltaického článku.

Při vyhodnocování parametrů fotovoltaických článků hraje poměrně značnou roli voltampérová charakteristika testovaného článku. Příklad charakteristiky sejmuté zařízením PROVA 210 je na následujícím obrázku. Křivka byla zaznamenána při ozařování článku halogenovou žárovkou ze vzdálenosti cca 15 cm. O vlivu intenzity a spektra dopadlého záření na VA charakteristiku bude pojednáno v jiné laboratorní úloze, případně v [2]



Obrázek 1: VA charakteristika fotovoltaického článku.

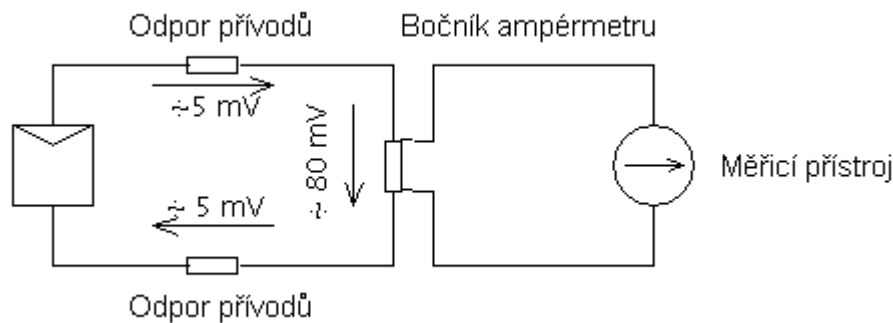


## A1M13EZF

Mezi základní parametry fotovoltaických článků patří:

- proud nakrátko  $I_{SC}$ ,
- napětí naprázdno  $U_{OC}$ ,
- paralelní odpor  $R_p$  reprezentující poruchy v článku,
- sériový odpor  $R_s$ , který představuje elektrické ztráty,
- bod maximálního výkonu  $MPP$  nebo také  $P_{MAX}$ ,
- činitel plnění (fill factor)  $FF$ , který je dán poměrem  $MPP$  a ideálního výkonu dodávaného článkem,
- účinnost  $\eta$  daná poměrem  $MPP$  a osvětlení článku  $P_{IN}$ .

**Proud nakrátko** určíme pomocí ampérmetru; vzhledem k metodě měření proudu pomocí úbytku napětí na bočníku je tato hodnota pro teoretickou podmínku nulového napětí na svorkách článku obtížně určitelná. V reálném obvodu se započtením všech vnitřních odporů lze za nulové považovat napětí o velikosti okolo 100 mV. Lépe je tato skutečnost patrna na schématu viz Obrázek 2. V případě určování dalších parametrů je s touto podmínkou nutno počítat.



Obrázek 2: Vliv odporu bočníku na měření  $I_{sc}$

**Napětí naprázdno** určíme změřením napětí na rozpojených svorkách osvětleného článku voltmetrem s dostatečným vnitřním odporem.

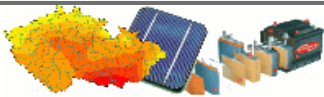
**Paralelní odpor** určíme z hodnot v blízkosti proudu nakrátko, tedy:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{dI}{dU} \quad (1)$$

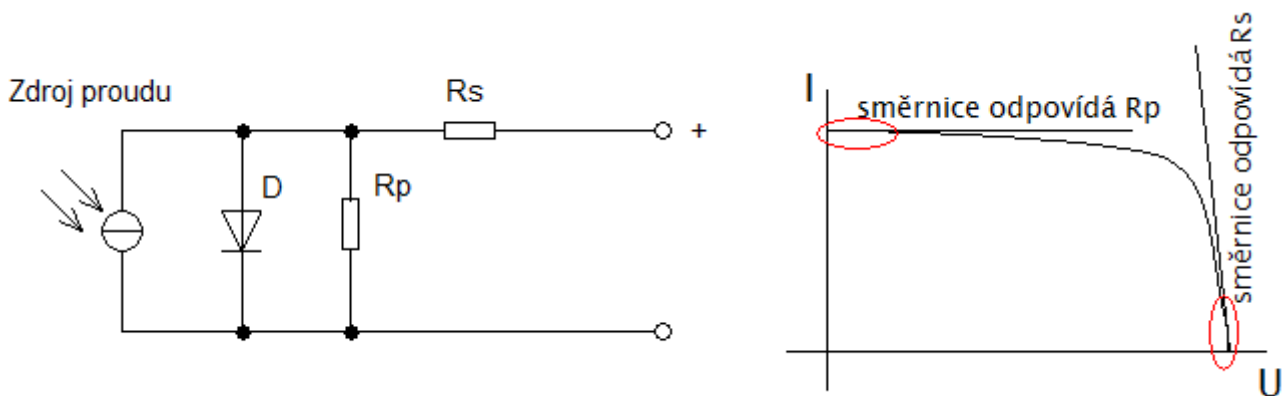
**Sériový odpor** pak určíme z hodnot naměřených v oblasti napětí naprázdno, tedy při malém zatížení testovaného článku. Postupujeme dle rovnice:

$$-R_s = \frac{dU}{dI} \quad (2)$$

Tato metoda určení parametrů náhradního obvodu článku, viz Obrázek 3, je metodou přibližnou, jejíž přesnost závisí na určení hodnot  $dU$  a  $dI$ . Tečnu se snažíme vždy umístit do bodu  $I_{SC}$  respektive  $U_{OC}$ .



## A1M13EZF



Obrázek 3: Náhradní schéma FVČ a vyznačení oblasti VA charakteristiky pro výpočet  $R_s$  a  $R_p$ .

**Bod maximálního výkonu** je nejnáze určitelný z podmínky  $\frac{dP}{dU} = 0$ . Je tady nutné nejprve vypočítat průběh křivky výkonu panelu, jako součin naměřeného napětí a proudu. Poté nalezneme nejvyšší dosaženou hodnotu, kterou můžeme považovat za hodnotu MPP. Při ručním měření je třeba zaznamenat dostatečné množství dat v oblasti předpokládaného bodu MPP (viz Obrázek 1).

**Činitel plnění** je definován dle vztahu

$$FF = \frac{U_{MPP} I_{MPP}}{U_{OC} I_{SC}} \quad (3)$$

Pro určení **účinnosti** fotovoltaického článku je potřebné znát energii dopadající na článek. Měření této energie je v případě neznámého spektra světelného zdroje velmi nepřesné. Pro měření pod přirozeným sluncem je možno využít fotovoltaického expozimetru, který pracuje na principu měření proudu nakrátko referenčního FVČ.

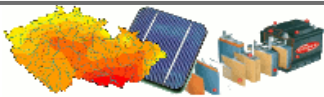
### Rozbor vlivu teploty na fotovoltaický článek.

Teplota výrazně ovlivňuje chování článku. Posouvá se bod maximálního výkonu, mění se parametry článku. Relativně málo je ovlivňována hodnota proudu nakrátko, která mírně roste, naproti tomu v případě napětí naprázdno je situace opačná. Při zanedbání sériového odporu lze psát:

$$U_{OC} \approx \frac{kT}{e} \ln \frac{I_{FV}}{I_{01}} \quad (4)$$

$$I_{01} \sim n_i^2 = BT^3 e^{\left(-\frac{W_G}{kT}\right)} \quad (5)$$

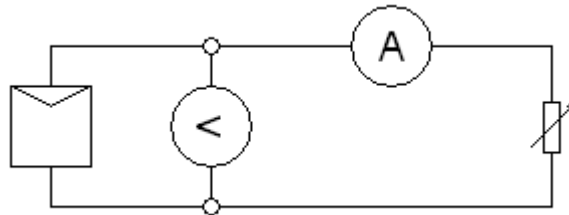
Z toho je patrné, že napětí s rostoucí teplotou klesá. Pokles napětí je u krystalických článků okolo 0,4 % na 1 K. Kromě poklesu napětí dochází také k výraznému poklesu paralelního odporu, bodu maximálního výkonu i k poklesu energie, kterou lze z článku získat. Opačný trend můžeme pozorovat u sériového odporu, který mírně stoupá.



## A1M13EZF

### Postup měření

Zapojte obvod dle schématu na následujícím obrázku



Obrázek 4: Schéma zapojení úlohy.

Pokud požadujeme srovnatelné výsledky měření fotovoltaických článků, je nutné dodržet mimo jiné i podmínku konstantní teploty článku. V tomto laboratorním cvičení začínáte na teplotě 25°C. Pokud vystavíte fotovoltaický článek záření halogenové lampy, dojde k jeho poměrně rychlému zahřátí a k udržení počáteční teploty by bylo nutno článek intenzivně chladit. Je proto nutno postupovat rychle a dobu měření zbytečně neprodlužovat. Po odměření na této základní teplotě započnete ohřev článku pomocí topné desky. Na regulátoru desky postupně nastavte 40°C, 60°C, 80°C, 100°C a 115°C. Poslední nastavenou teplotu nepřekračujte a po skončení měření desku ihned vypněte. Předjedete tak poškození článku teplotní degradací.

Pro každou teplotu proměřte VA charakteristiku. Jako zátěž pro měření VA charakteristiky použijte zatěžovací odporovou dekádu. Pro zjištění hodnot napětí naprázdno svorky této dekády rozpojte, pro zjištění proudu nakrátko zkratujte.

Během měření zachovávejte opatrnost, hrozí nebezpečí popálení od topné desky.

### Vyhodnocení měření

Do společného grafu vynesete naměřené VA charakteristiky pro všechny teploty. Obdobně zpracujte i teplotní závislost  $P = f(U)$ . Dále do samostatných grafů vynesete závislosti  $MPP = f(T)$ ,  $FF = f(T)$ ,  $R_p = f(T)$  a  $R_s = f(T)$ . V závěru měření se zamyslete nad vlivem větru na výkon fotovoltaických elektráren.

### Literatura:

- [1] Gray, Jeffery L. 2003. The Physics of the Solar Cell. [autor knihy] A. Luque a S. Hegedus. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. Chichester : John Wiley & Sons, Ltd., 2003, 3
- [2] *Pveducation.org*. [Online] <http://www.pveducation.org/pvcdrom>.