

## A1M13EZF

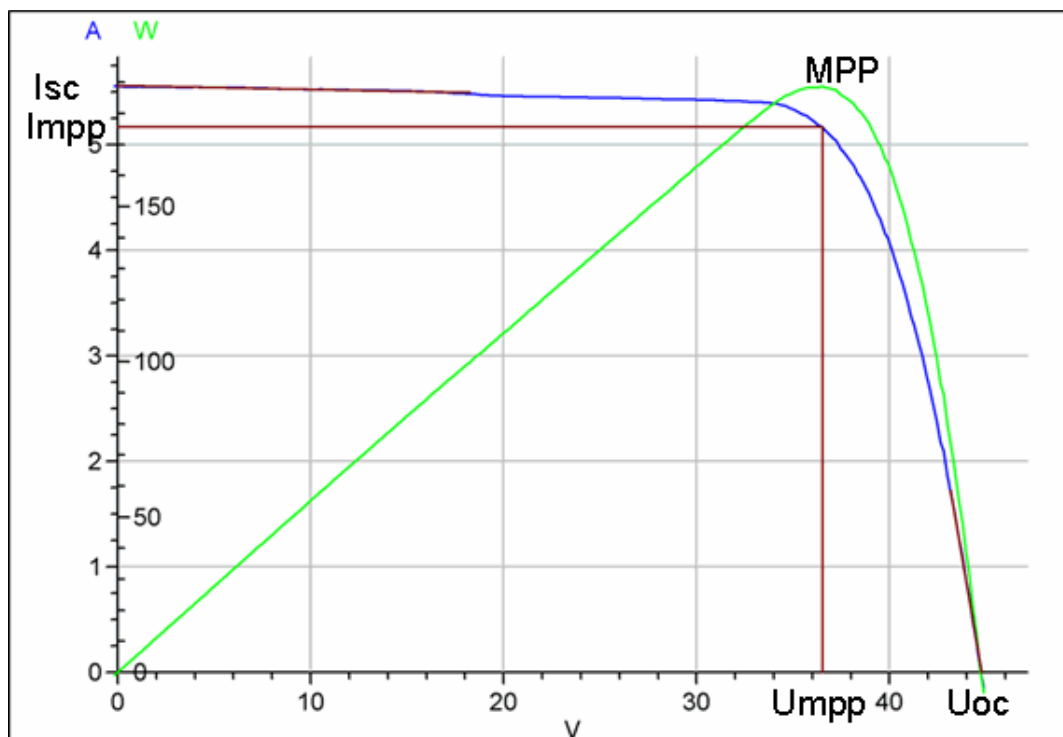
### MĚŘENÍ CHARAKTERISTIK FOTOVOLTAICKÉHO MODULU - VLIV ZASTÍNĚNÍ

#### Zadání:

1. Prozkoumejte vliv zastínění fotovoltaického modulu na změnu  $P_{max}$ ,  $U_{MPP}$ ,  $I_{MPP}$ ,  $U_{OC}$ ,  $I_{SC}$
2. Spolu s vlivem zastínění prozkoumejte i vliv BYPASS diod.

#### Teoretický rozbor

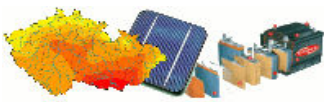
Voltampérová charakteristika modulů je lépe měřitelná než charakteristika článků. Napětí běžného FV modulu naprázdno se pohybuje v řádech desítek voltů, proudy pak v jednotkách ampér. Příklad takové charakteristiky vidíte na následujícím obrázku.



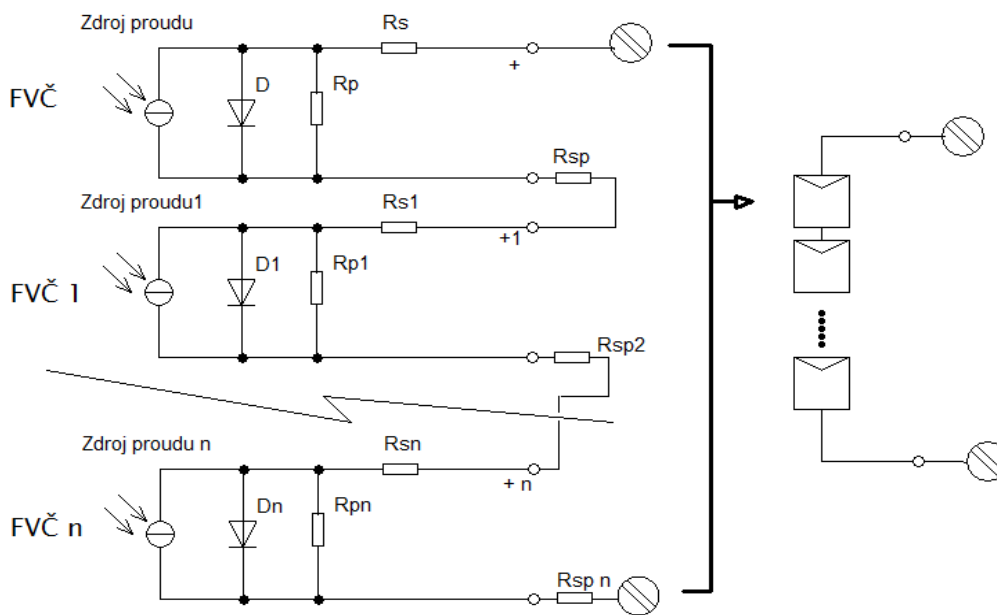
Obrázek 1: VA charakteristika fotovoltaického modulu SF125X125-72-M(L)185, pořízená flash testerem PASAN

Stejně jako u jednotlivého fotovoltaického článku i v případě modulu určujeme následující parametry.

- proud nakrátko  $I_{SC}$ ,
- napětí naprázdno  $U_{OC}$ ,
- paralelní odpor  $R_{pekv}$  reprezentující poruchy článků modulu,
- sériový odpor  $R_{sekv}$ , 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 modulem,
- účinnost  $\eta$  daná poměrem  $MPP$  a osvětlení modulu  $P_{IN}$  (plochu pro výpočet  $P_{IN}$  počítáme z rozměrů modulu včetně rámu).



Pro určování parametrů FVP na místě instalace se často používá analyzátor fotovoltaických panelů. Jedná se o zařízení schopné měřit automaticky VA charakteristiky FVP. V naší laboratoři budete mít k dispozici analyzátor PROVA 210. Tento analyzátor je vybaven plně automatickým režimem měření, a tak pro zobrazení VA charakteristiky postačuje stisk jediného tlačítka. **Jedná se o tlačítko „auto scan“.** S dalšími možnostmi ovládání měřicího přístroje PROVA 210 se máte možnost seznámit v manuálu umístěném v laboratoři.



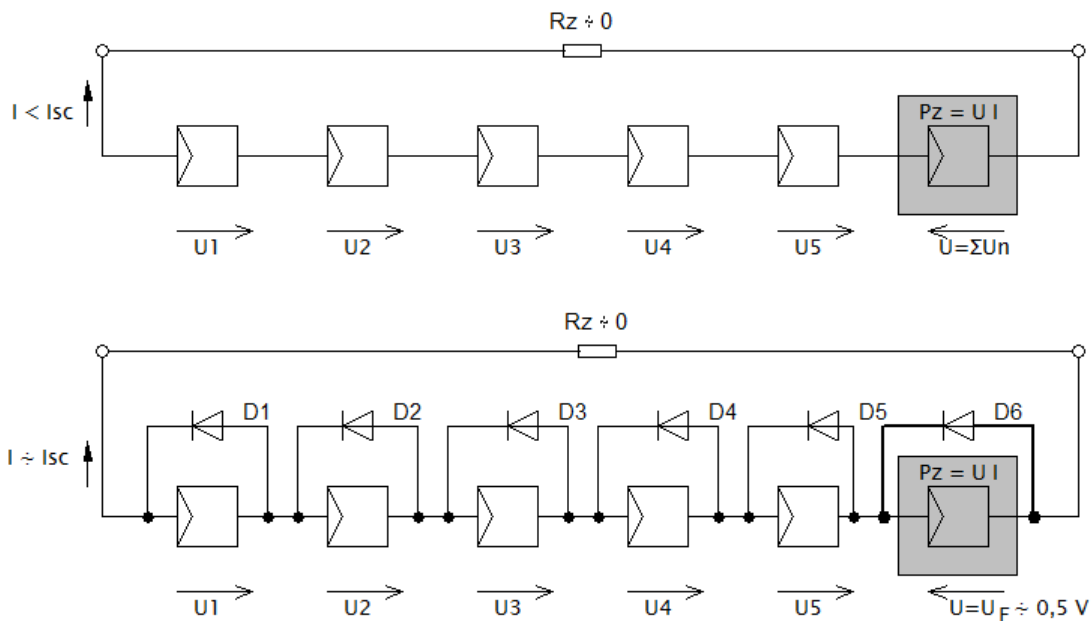
Obrázek 2: Náhradní schéma FVP

### Vliv zastínění na výkon fotovoltaického modulu

Většina komerčně vyráběných křemíkových (ať monokrystalických nebo multikrystalických) fotovoltaických modulů se skládá z přibližně 60 článků. Tyto články bývají rozděleny do třech sériově spojených řetězců článků, tzv. stringů.

Pokud přijmeme náhradní schéma (viz Obrázek 2) jako schéma části stringu FVP, pak je jasné, že celkový proud stringu bude odpovídat proudu nejslabšího „zdroje proudu“ v tomto náhradním schématu. Protože hodnota generovaného proudu je přímo závislá na intenzitě dopadlého záření, bude tímto nejslabším zdrojem zastíněný článek. Jako další efekt dojde u tohoto zastíněného článku k opačné polarizaci a veškerý výkon panelu bude zmařen na tomto článku, což způsobí jeho přehřátí a případně i destrukci celého modulu. Horní schéma na obrázku na další stránce zobrazuje právě tento stav.

K prevenci tohoto stavu se používají tzv. bypass diody. V dolním schématu (viz Obrázek 3) je patrný vliv diody D6, která přemostí zastíněnou část stringu. Napětí na zastíněné části je tak rovno pouze hodnotě napětí na diodě v propustném stavu. Celkový proud řetězce je tak omezen jen nepatrně a FVP pracuje dále pouze s malou výkonovou ztrátou.



Obrázek 3: Princip ochrany modulů pomocí bypass diody.

V případě paralelního řazení článků (stringů) tento efekt nenastává, protože paralelně spojené proudové zdroje dodávají výsledný proud rovný součtu proudu jednotlivých zdrojů. Problém nastává pouze při rozdílném  $U_{OC}$  použitých článků/stringů. Zde je možno určit předpokládané  $U_{OC}$  pomocí „metody zrcadlení“ jak uvádí příklad (viz Obrázek 4).

### Postup měření:

Před započítím měření vyčkáme na stabilizaci provozních podmínek FVP. Protože hlavním problémem tohoto typu měření je změna teploty, vyčkáme do jejího ustálení. Ustálení teploty indikuje zpomalení poklesu  $U_{OC}$ .

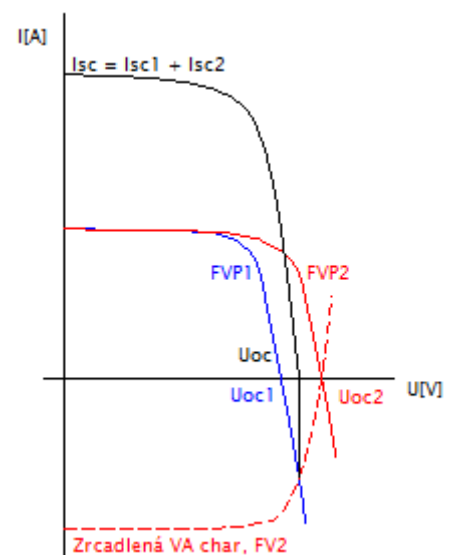
Fotovoltaický panel používaný v této úloze má schéma zapojení uvedeno v příloze tohoto zadání. Mezi jednotlivými zapojeními se volí pomocí výměnných karet (konektorů). Každá karta má označení konfigurace a také má označený + pól. Při připojování karty je nutno dodržet souhlasné zapojení + pólu karty a + pólu konektoru.

Pomocí solárního analyzátoru PROVA 210 odměřte veličiny požadované v zadání pro každou konfiguraci zapojení panelu a různá zastínění.

Zvolte si 6 různých zastínění. Zvolená zastínění si zakreslete do schématu panelu, který je součástí tohoto zadání, a který si před cvičením vytiskněte!

### Vyhodnocení měření:

V závěru porovnejte naměřené hodnoty  $P_{max}$ ,  $U_{MPP}$ ,  $I_{MPP}$ ,  $U_{OC}$ ,  $I_{SC}$  a diskutujte vliv BYPASS diod na dosažené výsledky.

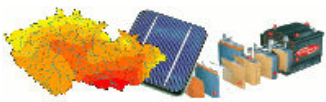


Obrázek 4: Určení  $U_{OC}$



# A1M13EZF

<p>72 článků sériově. (72S)</p>	<p>72 článků, 4 sériové řetězce každý řetězec 2 paralelní větve po 9 článcích. (36S,2P)</p>	<p>72 článků, 2 sériové řetězce, každý řetězec 4 paralelní větve po 9 článcích. (18S,4P)</p>
<p>72 článků sériově. Rozděleno do 8 řetězců po 9 článcích, každý řetězec vybaven BYPASS diodou. (72S8D)</p>	<p>72 článků, 4 sériové řetězce, každý vybaven BYPASS diodou, každý řetězec 2 paralelní větve po 9 článcích. (36S,2P,4D)</p>	<p>72 článků, 2 sériové řetězce, oba vybaveny BYPASS diodou, každý řetězec 4 paralelní větve po 9 článcích. (18S,4P,2D)</p>



# A1M13EZF

	1	B	C	D	E	F	G	H	1	B	C	D	E	F	G	H							
	2								2														
	3								3														
	4								4														
	5								5														
	6								6														
	7								7														
	8								8														
	9								9														
72 článků, 8 paralelních větví po 9 člancích v každé větvi. (9S,8P)	Zastínění 1								Zastínění 2														
1	B	C	D	E	F	G	H	1	B	C	D	E	F	G	H	1	B	C	D	E	F	G	H
2								2								2							
3								3								3							
4								4								4							
5								5								5							
6								6								6							
7								7								7							
8								8								8							
9								9								9							
Zastínění 3	Zastínění 4								Zastínění 5														