

ОГЛЕДНИ СЕТ

ЗА ДЕМОНСТРАЦИЈУ РАДА
ФОТОНАПОНСКОГ СИСТЕМА НАПАЈАЊА

САДРЖАЈ

Опис система

Упутство за припрему и реализацију вежби

Упутство за одржавање и безбедно руковање

Преглед теоретског знања за потребе извођења вежби

Вежба бр. 1

Вежба бр. 2

Вежба бр. 3

Вежба бр. 4

Вежба бр. 5

Вежба бр. 6

ОПИС СИСТЕМА

Огледни сет је образовно демонстрациони комплет којим се на једноставан и практичан начин корисници могу упознати са радом изолованих (индивидуалних) фотонапонских система напајања са акумулацијом енергије. Прилагођен је за рад са ученицима средњошколског узраста, првенствено техничке струке, али га могу користити и студенти, као и основци који су стекли основна знања из области физике електрицитета и једносмерних струја.

Основни елементи система дати су у табели 1.

1. **Фотонапонски панел (FNP)** је монокристални фотонапонски извор напајања називне снаге 10Wp, напона празног хода 22V и струје кратког споја 0.61A. Служи за демонстрацију директног претварања енергије сунчевог зрачења у електричну енергију.

2. **Соларни пуњач (PUNJAČ)** служи за контролу пуњења оловне акумулаторске батерије називног напона 12V из фотонапонског панела. Максимално дозвољени напон FNP који се може прикључити је 25V, а максимална струја 2A. Контрола пуњења се обавља по I-U-U карактеристици, тако да је одржавани напон излаза у границама од 13.8V до 14.8V. PUNJAČ је конструисан да се напаја искључиво из FNP као извора енергије, (користи могућност кратког спајања улазних контаката у циљу регулације излазног напона), те из тог разлога **не сме бити напајан другим изворима енергије**, поготово не мрежним исправљачима, акумулаторским батеријама и другим "напонским изворима" електричне енергије.

3. **Разводна табла (TABLA)** је уређај који садржи развод ожичења и елементе неопходне за успешно извођење свих описаних огледа (вежби). На TABLI су монтирани волтметар једносмерне струје 25V, амперметар једносмерне струје 1A, отпорни потрошач 75Ω, 22W са ЛЕД сигнализацијом монтиран делом изнад, а делом испод предње плоче TABLE, осигурач напајања BATERIJE 20mmx5mm, 1AT монтиран на каблу за прикључење BATERIJE и пратећи прекидачи и прикључни контакти. Шема ожичења приказана је на предњој плочи TABLE, интегрисана са физичким распоредом елемената које садржи, тако да је врло практична за разумевање и реализацију експеримената за које је намењена.

4. **Акумулаторска батерија (BATERIJA)** је стандардни, оловни акумулатор номиналног напона 12V, капацитета 4.5Ah, са желатинским (гел) електролитом. Изабрана је тако да својим техничким карактеристикама максимално подржава потребе огледног сета и ефикасно демонстрира физичке принципе који се приложеним огледима обрађују.

5. **Упутство за руковање** садржи све елементе потребне за брзо упознавање са огледним сетом, лако и безбедно извођење 6 вежби и упутство за одржавање свих елемената система. Све вежбе су дате засебно на по два листа А4 формата и садрже: списак неопходних елемената из сета, шему ожичења вежбе, детаљна упутства наведена хронолошким редом и закључно поглавље "Шта треба разумети и запамтити".

УПУТСТВО ЗА ПРИПРЕМУ И РЕАЛИЗАЦИЈУ ВЕЖБИ

Пре употребе (извођења вежби) неопходно је добро се упознати са опремом, прочитати упутства и изучити теоретске принципе на којима се базирају експерименти описани у вежбама. У случају примене сета за потребе практичне наставе, наставник обавезно мора пажљиво проучити вежбе и сам извести описане експерименте како би могао да ђацима брзо пренесе потребна знања и увери се да сви елементи система функционишу исправно. Такође, пре извођења огледне наставе, пожељно је један час посветити упознавању ученика са вежбом и проверити њихова теоретска знања из области коју вежба обрађује. На реализацији једне вежбе може радити више ученика заједно, али је пожељно да сваки ученик има одштампан (ископиран) свој примерак вежбе из овог упутства, као и примерак "Прегледа теоретског знања за потребе извођења вежби". Пожељно је да ученици сами повежу приложене шеме за потребе извођења вежбе, као и да сами реализују целу вежбу. Наставник мора надгледати рад ђака и водити рачуна о правилном руковању опремом.

У свим вежбама где се употребљава акумулаторска батерија (батерија), наставник обавезно мора посебно упознати ђаке са начином руковања овим елементом и скренути им пажњу на опасности у вези неправилне употребе и хаваријских ситуација. Обавезно им предочити упутство за **"Безбедно руковање"** из "Упутства за одржавање и безбедно руковање"

Како би се смањио ризик од проблема са руковањем батеријом, у свим вежбама где се она користи, ученици могу сами повезати експериментално коло, али професор након тога доноси и прикључује батерију. Професор све време треба да надгледа реализацију вежбе и одмах по завршетку експеримента да склони батерију.

Веома важан део сваке вежбе је закључно поглавље сваке од њих, насловљено са "Шта треба разумети и запамтити". Свако то поглавље се састоји од пет тачака где су наведени закључци који се могу извести на основу изведених огледа, поткрепљени теоретским знањима која се користе у тој вежби. Пожељно је да наставник тражи од ђака да ова сазнања усвоје и да наредни час посвети њиховом утврђивању.

Вежбе су хронолошки поређане у логички низ и међусобно се надовезују, а знања која обрађују се постепено (из вежбе у вежбу) проширују. Из тог разлога треба да се раде управо тим редом, како су и наведене, без прескакања или неким другим редоследом.

УПУТСТВО ЗА ОДРЖАВАЊЕ И БЕЗБЕДНО РУКОВАЊЕ

Сви елементи су осетљиви на јаче ударце, релативно лако су ломљиви, осетљиви су на повишену температуру, високу влажност и прљавштину. Зато са опремом треба поступати пажљиво и у складу са овим упутством.

Складиштење

Опрему треба чувати на собној температури, на чистом и сувом месту. Акумулаторску батерију и фотонапонски панел треба држати даље од хемијски запаљивих супстанци и електропроводних предмета који могу изазвати кратко спајање електричних контаката. Приликом одлагања обавезно изоловати контакте акумулаторске батерије електроизолационим навлакама.

Употреба

Употребљавати опрему искључиво у складу са овим упутством.

Одржавање и чишћење

Једино акумулаторска батерија, од свих елемената сета, захтева посебно одржавање. Пожељно је да стално буде напуњена. Због самопражњења и сулфатизације батерије, потребно је бар једном у два месеца допунити је одговарајућим контролисаним пуњачем (може и соларним пуњачем из овог сета у складу са вежбом 5). Акумулаторска батерија се не сме препуњавати, али ни превише празнити, јер то може изазвати њено трајно оштећење.

Сви елементи се чисте искључиво сувом, памучном крпом.

Безбедно руковање

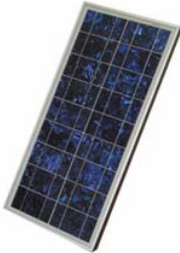
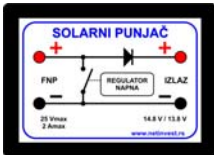
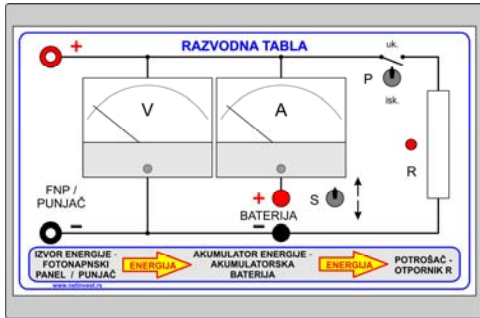

За безбедно руковање сву опрему треба користити пажљиво и у складу са овим упутством.

Посебну пажњу обратити на употребу акумулаторске батерије:

1. У случају кратког споја излазних контаката батерије или обрнуте поларизације (грешке у ожичењу) може доћи до ослобађања велике количине енергије у кратком времену што може изазвати експлозију, пожар или тешко оштећење опреме.
2. У случају препуњавања батерије (када напон пређе вредност од 15V) може доћи до "гасирања" и експлозије или трајног оштећења батерије.
3. Претераним пражњењем батерије (испод 11V) може доћи до њеног трајног оштећења.

Одмах по завршетку експерименталног дела сваке вежбе уклонити акумулаторску батерију.

Табела 1. Основни елементи система

пун назив	скраћени назив	опис елемента	слика
фотонапонски панел	FNP	P_{\max} 10W _p V_{ph} 22V I_{ks} 0.61A $V_{P\max}$ 17.5V $I_{P\max}$ 0.5A дим. 30cm x 36cm x 3cm	
соларни пуњач	PUNJAČ	$V_{ul\ max}$ 25V $V_{iz\ max}$ 14.8V $V_{iz\ odr}$ 13.8V I_{\max} 2A дим. 10cm x 7cm x 3cm	
разводна табла	TABLA	развод ожичења прилагођен приложеним вежбама, садржи: -волтметар 25V -ампермет. 1A -отпорни потрошач са ЛЕД 75Ω, 22W -осигурач напајања BATERIJE 20mmx5mm, 1AT -пратећи прекидачи и прикључци дим. 23cm x 15cm x 7cm	
акумулаторска батерија	BATERIJA	оловна, гел V_{bat} 12V Q_{bat} 4.5Ah дим. 10cm x 9cm x 7cm	
упутство за руковање		комплетно упутство са детаљним водичем за 6 вежби	

ПРЕГЛЕД ТЕОРЕТСКОГ ЗНАЊА ЗА ПОТРЕБЕ ИЗВОЂЕЊА ВЕЖБИ

Назив физичке величине	Ознака	Јединица	Дефиниција и начин мерења	Релација са другим величинама
време	t	s секунда --- h = 3600s час	Основна физичка величина СИ система. Мери се хронометром, сатом, штоперицом...	
интензитет електричне струје - струја	I	A ампер	Основна физичка величина СИ система. Изражава проток количине наелектрисања кроз неки проводник у јединици времена. Мери се амперметром.	
електрични напон - напон	U	V волт	Разлика електричног потенцијала између две тачке у простору. Мери се волтметром.	
електрична отпорност - отпор	R	Ω ом	Мера којом се изражава степен отпора неког објекта (отпорника) проласку електричне струје. Може се мерити омметром или се израчунава на основу измерених напона и струје.	$R = U / I$
електрична снага - снага	P	W ват --- kW = 1000W киловат	Величина којом изражавамо произведену или потрошену енергију у јединици времена. Може се мерити ватметром или израчунати на основу измерених напона и струје.	$P = U \cdot I$
електрична енергија - енергија	E	J џул --- kWh = 3.6MJ киловатчас	Енергијом се изражава способност вршења рада или извршени рад. Закон одржања енергије: Енергија се не може ни створити ни уништити, она само мења свој облик постојања. Може се мерити специјалним уређајима, или се израчунава као производ измереног напона, струје и времена деловања. Поред електричне енергије постоје кинетичка, потенцијална, хемијска, толотна, електромагнетна итд. (навести примере разних видова енергије)	$E = P \cdot t =$ $= U \cdot I \cdot t$
количина наелектрисања - капацитет батерије	Q	C = As кулон --- Ah = 3600C амперчас	Количином наелектрисања се, поред осталог, изражава капацитет акумулаторске батерије. Израчунава се као производ струје и времена протока те струје.	$Q = I \cdot t$

кило... 1k = 1 000

мега... 1M = 1 000 000

ВЕЖБА БР. 1

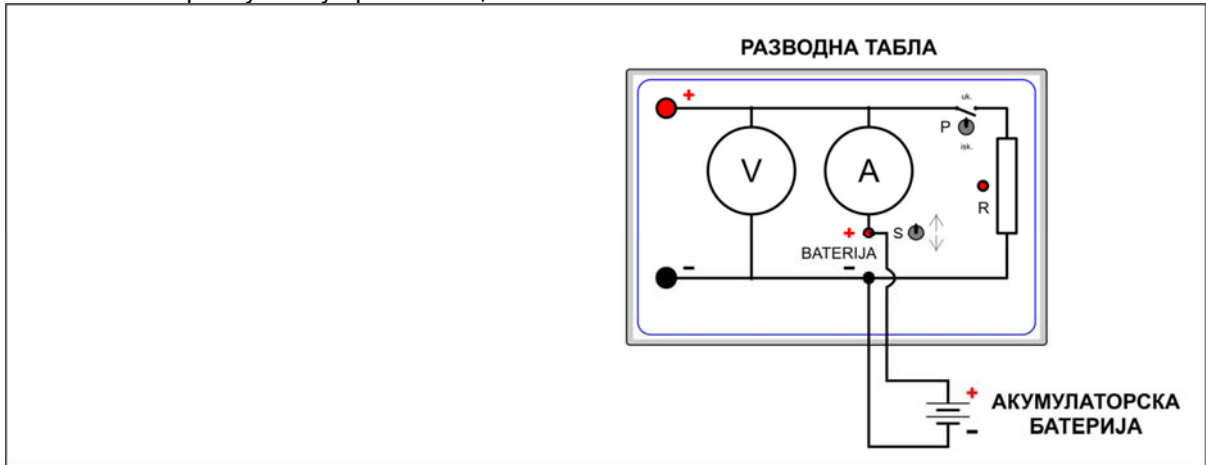
Потребна опрема:

- акумулаторска батерија 12V (батерија) - пожељно је да буде напуњена
- разводна табла (табла)

ПАЖЊА!

УЧЕНИЦИ МОГУ САМИ ДА ПОВЕЖУ СВЕ ЕЛЕМЕНТЕ ЕЛЕКТРИЧНОГ КОЛА ОСИМ БАТЕРИЈЕ. НАСТАВНИК ПРОВЕРАВА ДА ЛИ ЈЕ СВЕ ИСПРАВНО ПОВЕЗАНО И ОН ПРИКЉУЧУЈЕ КОНТАКТЕ БАТЕРИЈЕ! ТОКОМ РУКОВАЊА ОПРЕМОМ СТРОГО СЕ ПРИДРЖАВАТИ ОВОГ УПУТСТВА. У СЛУЧАЈУ НЕПРАВИЛНОГ РУКОВАЊА МОЖЕ ДОЋИ ДО ЕКСПЛОЗИЈЕ БАТЕРИЈЕ ИЛИ ПОЖАРА!

1. Повезати електричну шему према слици 1.1.



Слика 1.1. Шема вежбе бр. 1

2. Укључити прекидач **P** на табли. Треба да светли ЛЕД поред отпорника **R**.
3. Прекидач **S** за избор смера струје кроз амперметар **A** поставити у положај у коме амперметар показује позитивну вредност (казалка треба да има отклон у десну страну од вредности 0).
4. Уцртати смер струје кроз отпорник **R** на слици 1.1. Да ли се батерија пуни или празни?

Одговор: _____

5. Очитати вредности напона са волтметра **V** и амперметра **A**. Уписати резултате:

$$U = \text{_____} V \quad I = \text{_____} A$$

6. Дотаћи прстом средину отпорника **R**. Шта се запажа?

Одговор: _____

7. Искључити прекидач **P** на табли. ЛЕД поред отпорника **R** треба да се искључи.

8. Написати једначине за израчунавање и израчунати на основу измерених вредности, отпорност **R** и снагу дисипације **P** за отпорник **R**. Обавезно свуда уписивати јединице (V, A, Ω итд) током рачунања.

$$R = \text{_____}$$

$$P = \text{_____}$$

За $t_1 = 20s$, колика је дисипирана енергија E_1 ?

$$E_1 = \text{_____}$$

Ако је $t_2 = 2\text{h}$, колика је дисипирана енергија E_2 ?

$$E_2 = \underline{\hspace{10cm}} \text{ Wh} = \underline{\hspace{10cm}} \text{ J}$$

Колико времена (t_3) ће требати некој грејалици снаге $P_3 = 1\text{kW}$ да потроши количину енергије $E_3 = E_2$?

$$t_3 = \underline{\hspace{10cm}} \text{ h} = \underline{\hspace{10cm}} \text{ s}$$

Ако батерија садржи $E_4 = 48\text{Wh}$ енергије, колико времена ће требати отпорнику R да је испразни (у прорачуну користити претходно израчунату снагу дисипације $P = \text{const}$)?

$$t_4 = \underline{\hspace{10cm}} \text{ h}$$

Шта треба разумети и запамтити:

1. Батерија у себи садржи одређену количину енергије у хемијском облику - хемијску енергију.
2. Када се батерија прикључи у електрично коло са неким потрошачем, онда се батерија празни, односно хемијска енергија из батерије прелази у електричну енергију и предаје се потрошачу.

$$E_{\text{хемијска}} \rightarrow E_{\text{електрична}}$$

3. Пренета електрична енергија се на потрошачу претвара у неки други облик енергије. Ако је потрошач отпорник, онда електрична енергија прелази у топлотну енергију - дисипира се.

$$E_{\text{електрична}} \rightarrow E_{\text{топлотна}}$$

4. Снага која се дисипира може се израчунати ако се измери напон на потрошачу и струја кроз потрошач.

$$P = U \cdot I$$

5. Пренета електрична енергија зависи од времена трајања и снаге дисипације, односно може се израчунати ако се зна снага дисипације и време колико дуго је потрошач прикључен у електрично коло.

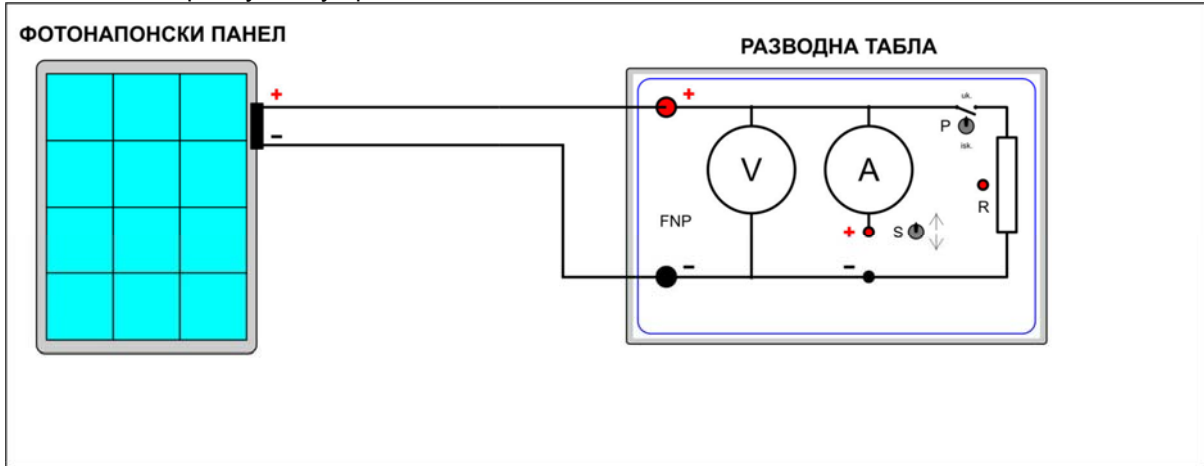
$$E = P \cdot t = U \cdot I \cdot t$$

ВЕЖБА БР. 2

Потребна опрема:

- фотонапонски панел 12V (ФНП)
- разводна табла (табла)

1. Повезати електричну шему према слици 2.1.



Слика 2.1. Шема вежбе бр. 2

- ФНП поставити на осунчано место. Поставити ФНП тако да одклон волтметра **V** буде што већи.
- Укључити прекидач **P** на табли. Треба да светли ЛЕД поред отпорника **R**.
- Дотаћи прстом средину отпорника **R**. Шта се запажа?

Одговор: _____

5. Уцртати смер струје кроз отпорник на слици 2.1. Шта даје енергију потрошачу, отпорнику **R**?

Одговор: _____

6. Очитати вредности напона са волтметра **V**. Уписати резултат:

$$U_1 = \text{_____} \text{ V}$$

7. Написати једначине за израчунавање и користећи измерени напон и израчунату вредност отпорника

R = _____ Ω из вежбе бр. 1, тачка 8., израчунати струју **I**₁ кроз отпорник и снагу дисипације **P**₁. Обавезно свуда уписивати јединице (V, A, Ω итд) током рачунања.

$$I_1 = \text{_____}$$

$$P_1 = \text{_____}$$

За **t**₁ = 5h, колика се енергија **E**₁ испоручи потрошачу?

$$E_1 = \text{_____}$$

8. Закренути ФНП тако да светло пада искоса. Очитати вредности напона са волтметра **V**. Уписати резултат:

$$U_2 = \text{_____} \text{ V}$$

9. Искључити прекидач **P** на табли. ЛЕД поред отпорника **R** треба да се искључи.

10. Написати једначине за израчунавање и користећи измерени напон и израчунату вредност отпорника

$R = \underline{\hspace{2cm}}$ Ω из вежбе бр. 1, тачка 8., израчунати струју I_2 кроз отпорник и снагу дисипације P_2 .

$I_2 =$

$\underline{\hspace{10cm}}$

$P_2 = \underline{\hspace{10cm}}$

За $t_2 = 5h$, колика се енергија E_2 испоручи потрошачу?

$E_2 = \underline{\hspace{10cm}}$

Шта треба разумети и запамтити:

1. Од Сунца долази електромагнетно зрачење у широком спектру фреквенција. То је соларна енергија. Један део тог спектра садржи зрачење које се може видети оком - видљива светлост.

2. Фотонапонски панели соларну енергију (енергију електромагнетног зрачења) претварају у електричну енергију.

$E_{\text{solarna}} \rightarrow E_{\text{електрична}}$

3. Највише енергије се може преузети од соларног зрачења када зраци падају под правим углом на површину ФНП. Зато у пракси треба тежити да ФНП буду окренути ка југу. За географске ширине Србије најбоље је нагнути их под углом од 30° до 35° у односу на хоризонталну раван, да би годишња производња енергије била максимална.

4. Тренутна снага коју даје ФНП може се израчунати ако су познати напон и струја које даје ФНП.

$$P = U \cdot I$$

5. Произведена електрична енергија се може израчунати ако се зна снага коју даје ФНП и време колико дуго је радио том снагом.

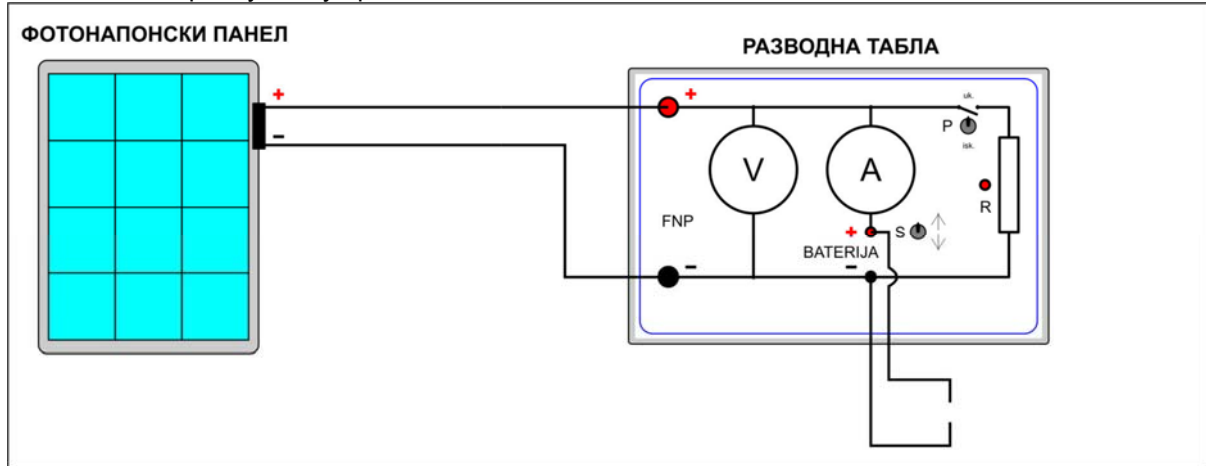
$$E = P \cdot t = U \cdot I \cdot t$$

ВЕЖБА БР. 3

Потребна опрема:

- фотонапонски панел 12V (ФНП)
- разводна табла (табла)

1. Повезати електричну шему према слици 3.1.



Слика 3.1. Шема вежбе бр. 3

- ФНП поставити на осунчано место. Поставити ФНП тако да отклон волтметра **V** буде што већи.
- Проверити да ли је искључен прекидач **P** на табли. ЛЕД поред отпорника **R** треба да се искључи.
- Очитати вредности напона са волтметра **V**. Уписати резултат:

$$U_1 = U_{ph} = \text{_____} V \quad \text{Напон празног хода ФНП}$$

5. Колика је вредност струје I_1 у повезаном колу? Колику снагу одаје ФНП P_1 ?

$$I_1 = \text{_____} \quad P_1 = \text{_____}$$

6. Изводе за батерију **+** и **-** (крокодиле) међусобно спојити (кратко спојити).

7. Прекидач **S** за избор смера струје кроз амперметар **A** поставити у положај у коме амперметар показује позитивну вредност (казалка треба да има отклон у десну страну од вредности 0).

8. Уцртати смер струје кроз отпорник **R** на слици 3.1.

9. Очитати вредности напона са волтметра **V** и амперметра **A**. Уписати резултате:

$$U_2 = \text{_____} V$$

$$I_2 = I_{ks} = \text{_____} A \quad \text{Струја кратког споја ФНП}$$

10. Написати једначину и израчунати колику снагу одаје ФНП P_2 ? Обавезно свуда уписивати јединице (V, A, Ω итд) током рачунања.

$$P_2 = \text{_____}$$

11. Међусобно спојене изводе за батерију **+** и **-** (крокодиле у кратком споју) раскинути. Струја кроз амперметар **A** треба да има вредност 0.

12. Укључити прекидач **P** на табли. Треба да светли ЛЕД поред отпорника **R**.

13. Очитати вредности напона са волтметра **V**. Уписати резултат:

$$U_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$$

14. Написати једначине за израчунавање и користећи измерени напон и израчунату вредност отпорника

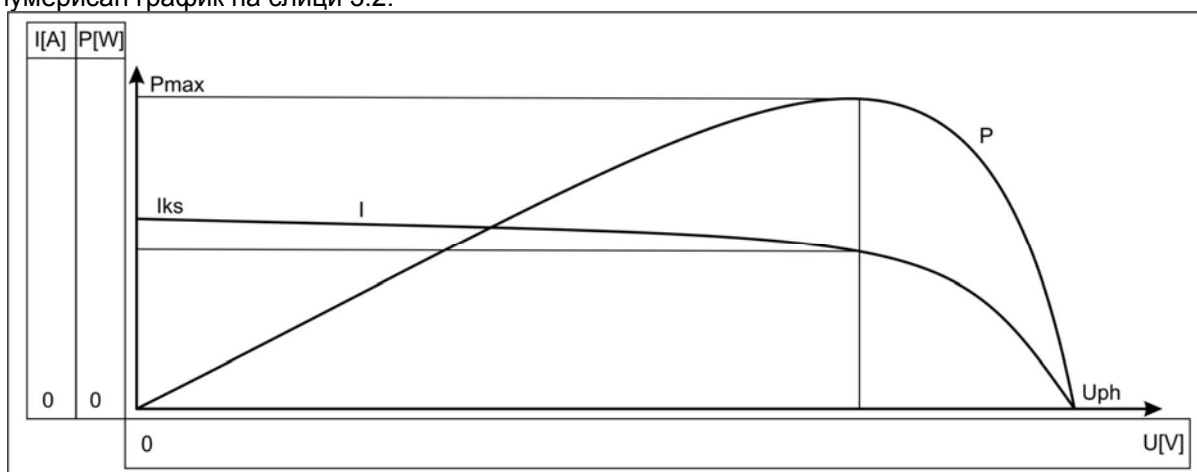
$R = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ из вежбе бр. 1, тачка 8., израчунати струју I_3 кроз отпорник и снагу дисипације P_3 . Обавезно свуда уписивати јединице (V, A, Ω итд) током рачунања.

$$I_3 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$P_3 = \underline{\hspace{2cm}}$$

15. Искључити прекидач **P** на табли. ЛЕД поред отпорника **R** треба да се искључи.

16. Измерене и израчунате вредности I_1 , I_2 , I_3 , U_1 , U_2 , U_3 , P_1 , P_2 , и P_3 , што прецизније унети на нумерисан график на слици 3.2.



Слика 3.2. Струјно-напонска (I-U) карактеристика и карактеристика снаге (P-U) ФНП

17. Проценити (очитати са слике 3.2.) вредности напона U_4 и струје I_4 за тачку максималне снаге ФНП и на основу њих израчунати максималну снагу ФНП P_4 коју ФНП може да генерише за дати осветљај.

$$U_4 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V} \qquad I_4 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$$

$$P_4 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ W} \qquad \text{максимална снага ФНП}$$

Шта треба разумети и запамтити:

1. Када су контакти ФНП отворени на његовим изводима се може измерити највиши могући напон који он може да генерише при одређеном осветљају. То је **напон празног хода** (U_{ph}) и вредност снаге коју тада емитује ФНП је 0.

2. Изводи ФНП се смеју кратко спојити, јер ФНП ради као струјни извор. Струја која се при томе може измерити је максимална струја коју он може да генерише при одређеном осветљају. То је **струја кратког споја** (I_{ks}) и вредност снаге коју тада емитује ФНП је 0.

3. **Максимална снага (P_{max})** коју ФНП може да генерише при неком осветљају је нешто мања од производа струје кратког споја и напона празног хода. При осветљају од 1000W максимална снага коју даје ФНП је његова називна снага или "пик снага" (reak - вршна (енгл.)) и изражава се у Wp.

4. Приликом пројектовања фотонапонског система, ФНП треба изабрати тако да му се тачка вршне снаге преклапа са радном тачком потрошње, односно да даје највише енергије.

5. Разумети и запамтити облик струјно-напонске карактеристике и карактеристике снаге ФНП (слика 3.2.).

ВЕЖБА БР. 4

Потребна опрема:

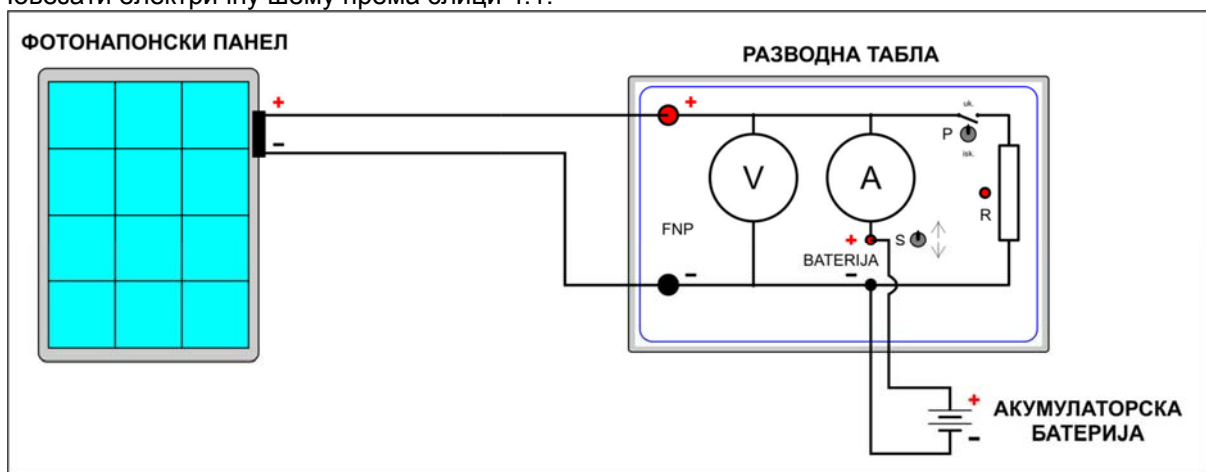
- акумулаторска батерија 12V (батерија) - пожељно је да буде напуњена
- фотонапонски панел 12V (ФНП)
- разводна табла (табла)

ПАЖЊА!

УЧЕНИЦИ МОГУ САМИ ДА ПОВЕЖУ СВЕ ЕЛЕМЕНТЕ ЕЛЕКТРИЧНОГ КОЛА ОСИМ БАТЕРИЈЕ. НАСТАВНИК ПРОВЕРАВА ДА ЛИ ЈЕ СВЕ ИСПРАВНО ПОВЕЗАНО И ОН ПРИКЉУЧУЈЕ КОНТАКТЕ БАТЕРИЈЕ! ТОКОМ РУКОВАЊА ОПРЕМОМ СТРОГО СЕ ПРИДРЖАВАТИ ОВОГ УПУТСТВА. У СЛУЧАЈУ НЕПРАВИЛНОГ РУКОВАЊА МОЖЕ ДОЋИ ДО ЕКСПЛОЗИЈЕ БАТЕРИЈЕ ИЛИ ПОЖАРА!

У ВЕЖБИ СЕ ОБАВЉА ПУЊЕЊЕ АКУМУЛАТОРА БЕЗ АУТОМАТСКЕ КОНТРОЛЕ. МОРА СЕ СТРОГО ВОДИТИ РАЧУНА ДА СЕ ПУЊЕЊЕ ПРЕКИНЕ КАДА НАПОН ПУЊЕЊА ПРЕЂЕ ВРЕДНОСТ ОД 15V, ДА НЕ БИ ДОШЛО ДО ОШТЕЋЕЊА ИЛИ ЕКСПЛОЗИЈЕ БАТЕРИЈЕ.

1. Повезати електричну шему према слици 4.1.



Слика 4.1. Шема вежбе бр. 4

2. Проверити да ли је искључен прекидач **P** на табли. ЛЕД поред отпорника **R** треба да се искључи.
3. Скинути + контакт за батерију (крокодил са црвеном изолацијом) са клеме батерије.
4. ФНП поставити на осунчано место тако да одклон амперметра **V** буде што већи. Не померати више ФНП.
5. Очитати вредности напона са волтметра **V**. Уписати резултат:
 $U_1 = \text{_____} V$ $I_1 = 0A$
6. Прикључити + контакт за батерију (крокодил са црвеном изолацијом) на + клему батерије.
7. Прекидач **S** за избор смера струје кроз амперметар **A** поставити у положај у коме амперметар показује позитивну вредност (казаљка треба да има одклон у десну страну од вредности 0).
8. Очитати вредности напона са волтметра **V** и амперметра **A**. Уписати резултате:
 $U_2 = \text{_____} V$ $I_2 = \text{_____} A$
9. Уцртати смер струје кроз ФНП и батерију на слици 4.1. Да ли се батерија пунити или празнити?

Одговор: _____

10. Оставити систем да пуни батерију максимално 5 минута или док напон батерије не достигне вредност од 15V.

11. Очитати вредности напона са волтметра **V** и амперметра **A**. Уписати резултате:

$U_3 =$ _____ V $I_3 =$ _____ A

12. Скинути контакте за батерију (крокодиле) са клема батерије.

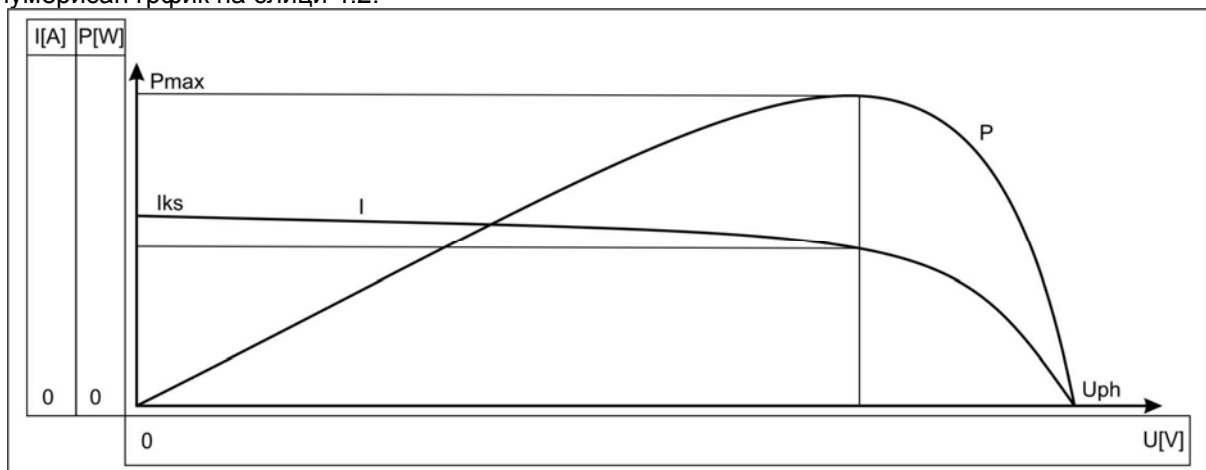
13. Написати једначину и израчунати колика је вредност снаге P_1 , P_2 и P_3 коју је ФНП предавао батерији? Обавезно свуда уписивати јединице (V, A, Ω итд) током рачунања.

$P_1 =$ _____

$P_2 =$ _____

$P_3 =$ _____

14. Измерене и израчунате вредности I_1 , I_2 , I_3 , U_1 , U_2 , U_3 , P_1 , P_2 и P_3 , што прецизније унети на ненумерисан грфик на слици 4.2.



Слика 4.2. Струјно-напонска (I-U) карактеристика и карактеристика снаге (P-U) ФНП

Шта треба разумети и запамтити:

1. ФНП може директно пуњити батерију.
2. Приликом пуњења, напон батерије постепено расте, а вредност струје опада, сходно струјно-напонској карактеристици ФНП који се користи.
3. **Оловни акумулатор се не сме препуњавати.** Вредност напона до кога треба пуњити зависи од технологије производње, али генерално за оловне акумулаторе то је око **2.4V по ћелији**. Та вредност се назива **напон електролизе оловног акумулатора**. Батерија од 12V има 6 редно везаних ћелија, па је оптималан напон пуњења око 14.4V.
4. Приликом препуњавања, оловни акумулатор почиње да "гасира", односно долази до интензивне електролизе. Из електролита се издваја праскави гас (смеша водоника и кисеоника) који може изазвати експлозију.
5. Свако препуњавање акумулатора смањује његов животни век, тако да пуњење увек треба да буде контролисано.

ВЕЖБА БР. 5

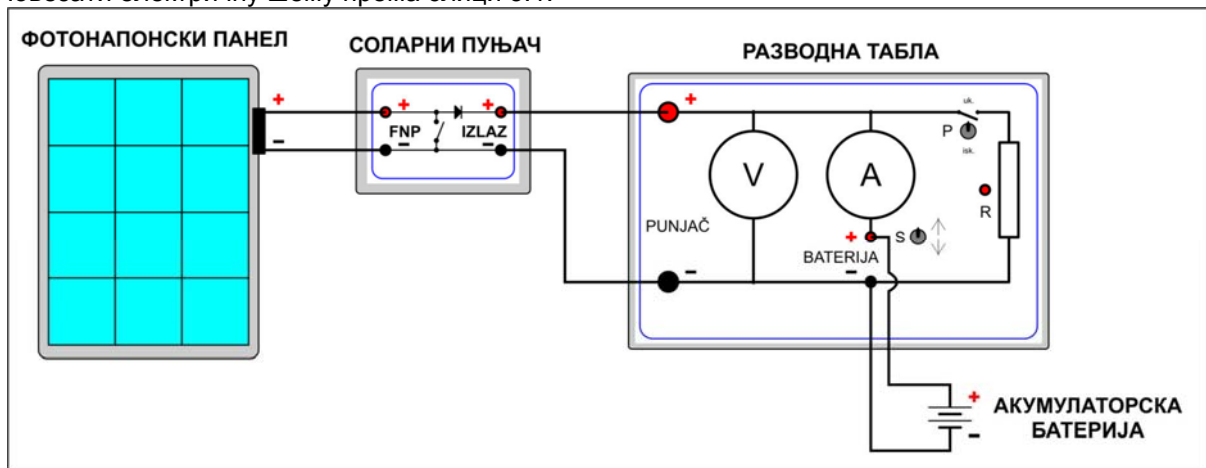
Потребна опрема:

- акумулаторска батерија 12V (батерија) - пожељно је да буде напуњена
- фотонапонски панел 12V (ФНП)
- соларни пуњач 12V (пуњач)
- разводна табла (табла)

ПАЖЊА!

УЧЕНИЦИ МОГУ САМИ ДА ПОВЕЖУ СВЕ ЕЛЕМЕНТЕ ЕЛЕКТРИЧНОГ КОЛА ОСИМ БАТЕРИЈЕ. НАСТАВНИК ПРОВЕРАВА ДА ЛИ ЈЕ СВЕ ИСПРАВНО ПОВЕЗАНО И ОН ПРИКЉУЧУЈЕ КОНТАКТЕ БАТЕРИЈЕ! ТОКОМ РУКОВАЊА ОПРЕМОМ СТРОГО СЕ ПРИДРЖАВАТИ ОВОГ УПУТСТВА. У СЛУЧАЈУ НЕПРАВИЛНОГ РУКОВАЊА МОЖЕ ДОЋИ ДО ЕКСПЛОЗИЈЕ БАТЕРИЈЕ ИЛИ ПОЖАРА!

1. Повезати електричну шему према слици 5.1.



Слика 5.1. Шема вежбе бр. 5

2. Проверити да ли је искључен прекидач **P** на табли. ЛЕД поред отпорника **R** треба да се искључи.
3. ФНП поставити на осунчано место. Прекидач **S** за избор смера струје кроз амперметар **A** поставити у положај у коме амперметар показује позитивну вредност (казалка треба да има отклон у десну страну од вредности 0).
4. Поставити ФНП тако да отклон амперметра **A** буде што већи.
5. Не померати више ФНП. Очитати вредности напона са волтметра **V** и амперметра **A**. Уписати резултате:

$$U_1 = \text{_____} V \quad I_1 = \text{_____} A$$

6. Оставити систем да пуни батерију око 15 минута или док струја пуњења не опадне испод 0.3A.

7. Очитати вредности напона са волтметра **V** и амперметра **A**. Уписати резултате:

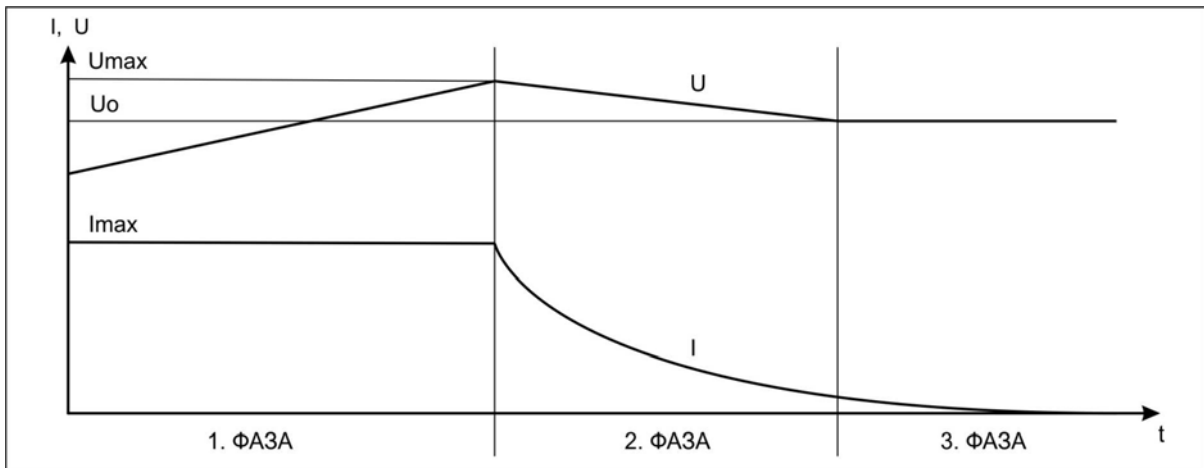
$$U_2 = \text{_____} V \quad I_2 = \text{_____} A$$

8. Написати једначину и израчунати колика је вредност снаге **P₁** и **P₂** коју је ФНП предавао батерији? Обавезно свуда уписивати јединице (V, A, Ω итд) током рачунања.

$$P_1 = \text{_____}$$

$$P_2 = \text{_____}$$

9. Измерене и израчунате вредности **I₁**, **I₂**, **U₁** и **U₂** што прецизније унети на ненумерисан график на слици 5.2.



Слика 5.2. Временски дијаграм струје и напона пуњења са соларним пуњачем

Шта треба разумети и запамтити:

1. Батерију је најбоље пунити аутоматским пуњачем. Пуњач контролише процес пуњења и спречава препуњавање батерије.

2. Уочавају се три фазе процеса пуњења:

1. фаза - константне струје
2. фаза - константног максималног напона
3. фаза - константног напона одржавања

Овакав режим пуњења се назива "**пуњење по I-U-U карактеристици**" и спада у најквалитетније начине пуњења оловних акумулатора.

3. У првој фази напон батерије постепено расте до вредности максимално дозвољеног напона (U_{max}), док је струја константна (I_{max}). У овом случају, за овај тип акумулатора, то је напон од **14.8V**.

4. У другој фази напон на излазним контактима пуњача је приближно константан док струја почиње постепено да опада. **Пуњач само одржава константну вредност напона, а опадање струје не диктира пуњач већ ниво напуњености акумулатора.** Дакле, при одржавању истог напона, акумулатор који је празан вуче већу струју пуњења од пуног акумулатора.

5. У трећој фази акумулатор је напуњен и нема потребе одржавати напон пуњења на вредности напона електролизе. Зато, како струја пуњења опада, пуњач аутоматски смањује и вредност напона пуњења, до вредности напона одржавања (U_o). Вредност напона одржавања је изабрана тако да максимално смањи могућност гасирања електролита, али и да спречи самопражњење акумулатора због неупотребе. У овом случају, то је напон од око **13.8V**. **Најбољи начин чувања оловног акумулатора до наредне употребе је на напону одржавања.**

ВЕЖБА БР. 6

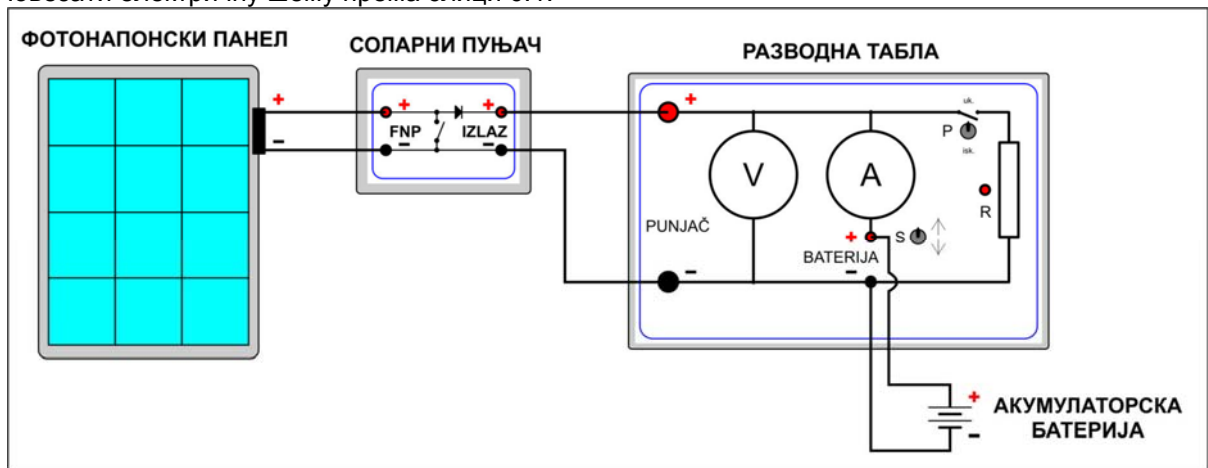
Потребна опрема:

- акумулаторска батерија 12V (батерија)
- фотонапонски панел 12V (ФНП)
- соларни пуњач 12V (пуњач)
- разводна табла (табла)

ПАЖЊА!

УЧЕНИЦИ МОГУ САМИ ДА ПОВЕЖУ СВЕ ЕЛЕМЕНТЕ ЕЛЕКТРИЧНОГ КОЛА ОСИМ БАТЕРИЈЕ. НАСТАВНИК ПРОВЕРАВА ДА ЛИ ЈЕ СВЕ ИСПРАВНО ПОВЕЗАНО И ОН ПРИКЉУЧУЈЕ КОНТАКТЕ БАТЕРИЈЕ! ТОКОМ РУКОВАЊА ОПРЕМОМ СТРОГО СЕ ПРИДРЖАВАТИ ОВОГ УПУТСТВА. У СЛУЧАЈУ НЕПРАВИЛНОГ РУКОВАЊА МОЖЕ ДОЋИ ДО ЕКСПЛОЗИЈЕ БАТЕРИЈЕ ИЛИ ПОЖАРА!

1. Повезати електричну шему према слици 6.1.



Слика 6.1. Шема вежбе бр. 6

2. Проверити да ли је искључен прекидач **P** на табли. ЛЕД поред отпорника **R** треба да се искључи.
3. ФНП поставити на осунчано место. Прекидач **S** за избор смера струје кроз амперметар **A** поставити у положај у коме амперметар показује позитивну вредност (казаљка треба да има отклон у десну страну од вредности 0).
4. Поставити ФНП тако да отклон амперметра **A** буде што већи.
5. Очитати вредности напона са волтметра **V** и амперметра **A**. Уписати резултате:
 $U_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$ $I_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$
6. Укључити прекидач **P** на табли. Треба да светли ЛЕД поред отпорника **R**.
7. Очитати вредности напона са волтметра **V** и амперметра **A**. Уписати резултате:
 $U_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$ $I_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$
8. На основу измерених вредности уцртати смерове струја кроз пуњач, акумулатор и отпорник **R**.
9. Покрити фотонапонски панел непрозирним предметом (тканином или тамним папиром).
10. Уочити смер струје који показује амперметар **A**. Да ли се батерија сада пуни или празни?

Одговор: _____

11. Прекидач **S** за избор смера струје кроз амперметар **A** поставити у положај у коме амперметар показује позитивну вредност (казаљка треба да има отклон у десну страну од вредности 0).

12. Очитати вредности напона са волтметра **V** и амперметра **A**. Уписати резултате:

$$U_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V} \qquad I_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$$

13. Искључити прекидач **P** на табли. ЛЕД поред отпорника **R** треба да се искључи.

14. Израчунати колика је разлика напона на контактима батерије у случају пуњења (U_1) у односу на случај пражњења (U_3).

$$U_1 - U_3 = \underline{\hspace{4cm}}$$

15. Ако претпоставимо да је напон батерије исти при пуњењу и пражњењу, ако занемаримо губитке у систему и претпоставимо да батерија има довољан капацитет да прими сву енергију коју произведе ФНП, израчунати колико сати дневно t_3 ће систем моћи да напаја отпорник **R** струјом I_3 , ако ФНП кроз пуњач сваког дана даје струју I_1 у трајању од по $t_1 = 3\text{h}$ (дневно).

16. Ако претпоставимо да је напон батерије исти при пуњењу и пражњењу, ако занемаримо губитке у систему и ако потрошач ради t_3 сати дневно струјом I_3 , колики најмање треба да буде капацитет батерије **Q** [Ah] да би потрошачи били редовно напајани 20 дана без прилива енергије из извора (ФНП).

Шта треба разумети и запамтити:

1. Када се акумулаторска батерија пуни напон на њеним контактима је виши него када се празни.
2. У систему са извором енергије (у овом случају ФНП и пуњачем), батеријом и потрошачем (у овом случају отпорником **R**), потрошач се може напајати енергијом из батерије независно од тога да ли у том тренутку извор даје енергију систему или не.
3. У зависности од тога да ли је већи прилив енергије из извора или одлив енергије ка потрошачу, смер струје кроз батерију се мења, односно она се наизменично пуни или празни.
4. У једном систему као што је овај, производња и потрошња енергије, у неком временском периоду (овде је под тачком 15 узет за пример 1 дан), морају бити изједначени, или производња мора бити већа од потрошње. У противном, батерија ће се постепено празнити (у овом случају из дана у дан) и на крају више неће моћи да напаја потрошаче.
5. Капацитет акумулатора се одређује тако да обезбеди напајање потрошача у најдужем очекиваном периоду без прилива енергије из извора.