

Elektronika dla juniora (i seniora), czyli elektroniczne przedszkole

Spotkanie 3: Przemiany energii i sprawność

W EdW 1/2016, w związku z jubileuszem 20-lecia czasopisma rozpoczęliśmy „zerowy” cykl – elementarny kurs podstaw elektroniki dla najmłodszych i nie tylko. Jak zawsze założeniem jest, by nie tylko czytać, ale też wykonywać praktyczne ćwiczenia. Ponieważ kurs adresowany jest do najmłodszych, nawet do kilkulatków,

założeniem jest, że młodziutki „uczeń” nie zostanie pozostawiony sam sobie, bo proponowane ćwiczenia ma wykonywać z kimś choć trochę starszym i doświadczonym. Oprócz rodziców może to być starsze rodzeństwo albo ktoś z rodziny lub przyjaciół. Cykl przewidziany jest także dla seniorów, dla których realizacja

przedstawionych prostych eksperymentów będzie źródłem ogromnej satysfakcji, a może też spełnieniem dawnych dziecięcych pragnień, przez lata zagluszanych obowiązkami dnia codziennego. Pierwsze dwa odcinki kursu przedstawiają fundamentalne zagadnienia dotyczące przemian energii.

Wcześniej zajmowaliśmy się różnymi sposobami zamiany różnych rodzajów energii. Mam nadzieję, że zrealizowałeś eksperymenty z ogniwami „owocowo-warzywnymi”, a być może też z piezoelektrykami. Teraz zajmiemy się czymś jeszcze innym:

Termopara to zwyczajne połączenie dwóch różnych metali. Termopara zasadniczo reaguje na różnicę temperatur jej dwóch końców, ale nie wchodząc w szczególności, można powiedzieć, że termopara po podgrzaniu wytwarza niewielkie napięcie (ale może popłynąć duży prąd). Wytwarzane napięcie zwykle jest rzędu drobnego ułamka wolta i niestety nie wystarczy do zaświecenia diody LED. Dołączane do niektórych multimetrów czujniki temperatury to właśnie termopary. **Fotografia 10**

pokazuje różne termopary i pomiar napięcia, wynoszącego niecałe 20mV.

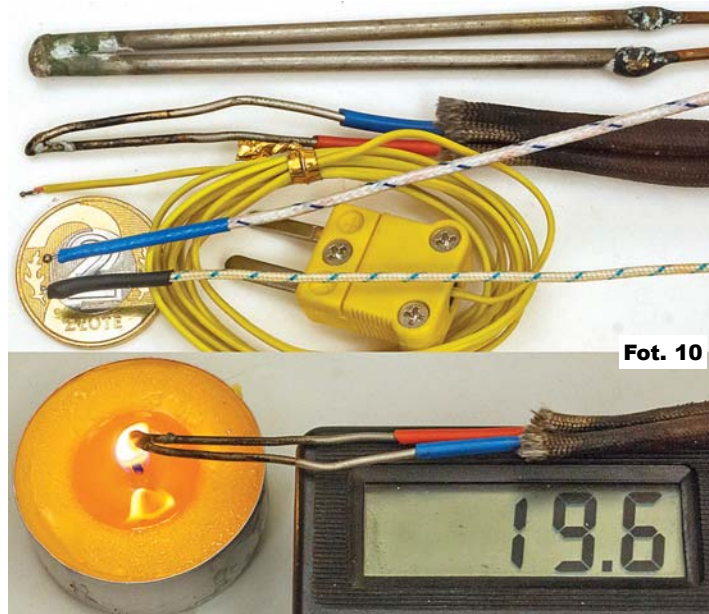
Mało znany element, zwany baterią lub **ogniwem Peltiera**, jest połączeniem kilkunastu, kilkudziesięciu, a nawet ponad stu termopar (**fotografia 11**) połączonych w szereg, które umieszczone są między ceramicznymi płytkami. Zasadniczo ogniwo Peltiera przy przepływie prądu transportują ciepło z jednej swej strony na drugą. Jeśli masz samochodową lodówkę turystyczną, to elementem czynnym jest tam właśnie ogniwo Peltiera, współpracujące z wentylatorem. Nas bardziej interesuje praca „w drugą stronę”: otóż gdy między dwiema płytkami (stronami) takiego ogniwa wystąpi różnica temperatur, wtedy termopary wytwarzają napięcie, ich napięcie się sumuje, co wystarczy do uruchomienia silnika, jak pokazuje **fotografia 12**. i filmik dostępny w Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego

numeru EdW. Podkreślam, że warunkiem działania nie jest wysoka temperatura, tylko *różnica temperatur*.

Na koniec rozważań o przemianach energii jeszcze jedna bardzo ważna sprawa.

Otóż bardzo łatwo można zamieniać energię elektryczną na energię cieplną. Grzejnikiem elektrycznym może być każdy kawałek drutu – gdy popłynie przez niego duży prąd, będzie się on grzał. Obserwujemy to na przykład wtedy, gdy przez przedłużacz płynie duży prąd – przewód jest wyraźnie ciepły. W przypadku przewodów nagrzewanie jest niekorzystne, bo oznacza niepożądane straty energii elektrycznej „po drodze” – część energii elektrycznej zamienia się na ciepło. Natomiast do realizacji grzałek nie wykorzystuje się drutu miedzianego, tylko bardziej odporne na temperaturę stopy metali, zwane drutami oporowymi. **Fotografia 13** pokazuje fragment spirali grzejnej termowentylatora.

Grzejnikiem jest też każdy rezystor. Jeżeli masz pod ręką zasilacz 12V lub akumulator 12V oraz rezystor o oporności 360...470 omów, możesz zrealizować „grzałkę” według **rysunku 14** i **fotografii 15**. Z wcześniejszych wzorów ($P = U^2/R$) łatwo wyliczyć, że przy napięciu 12V w rezystorze



Fot. 10



Fot. 11



Fot. 12

o rezystancji 360Ω wydzieli się 0,4 wata mocy strat. Po chwili pracy rezystor stanie się wyraźnie ciepły, a z czasem stanie się gorący i można się nim poparzyć!

Tylko wyjątkowo rezystory wykorzystujemy w roli grzałek. W ogromnej większości przypadków grzanie się rezystorów (i innych elementów elektronicznych) jest złem koniecznym – niepożądaną zamianą energii elektrycznej na ciepłą.

Sprawność

We wszystkich dotychczasowych eksperymentach przekształcaliśmy jeden rodzaj energii w inny. Zapewne zauważyłeś we wcześniejszym eksperymencie z ogniwem słonecznym i diodą LED, że ilość światła uzyskanego z diody LED jest dramatycznie mniejsza niż ilość światła, padającego na ogniwo słoneczne. Nie ulega wątpliwości, że ilość energii uzyskanej, „wyjściowej” jest wielokrotnie mniejsza niż ilość energii włożonej, „wejściowej”. Podobny wniosek płynie z eksperymentu z dwoma silniczkami. Gdyby procesy przekształcania przebiegały w sposób idealny, cała dostarczona energia zamieniała-

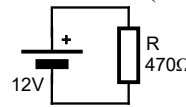
by się na inny rodzaj energii. W praktyce nigdy tak nie jest.

Jednak energia nie może „zniknąć”. Część dostarczonej energii zamienia się na inny rodzaj użytecznej energii, a część zamienia się na energię, można powiedzieć, „bezużyteczną”, a konkretnie na ciepło. Można powiedzieć opisowo, że ciepło to „najmniej szlachetna forma energii”, choć nie jest to do końca energia „bezwartościowa”, jak wskazują eksperymenty z termoparami. Generalnie chcielibyśmy, żeby wszelkie przemiany energii były idealne, bez występowania strat cieplnych. Niestety, zamiany energii nigdy nie potrafimy przeprowadzić w sposób doskonały i zawsze „produktem ubocznym” są straty w postaci ciepła. Dlatego wprowadzono pojęcie **sprawności**, co ilustruje **rysunek 16**.

Sprawność, oznaczana często małą grecką literką eta (η) i wyrażana w procentach, to stosunek użytecznej mocy wyjściowej i dostarczonej mocy wejściowej: $\eta = P_{wy}/P_{we}$ (dotyczy to oczywiście także energii: $\eta = E_{wy}/E_{we}$, ale operowanie mocami jest wygodniejsze).



Fot. 15



Rys. 14



Fot. 13

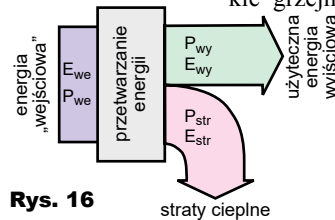
W układach elektrycznych i elektronicznych zawsze przynajmniej część (albo całość) energii elektrycznej dostarczonej ze źródła zasilania zamienia się na ciepło. Ale zwykle celem jest coś innego: na przykład w syrenie alarmowej chodzi o zamianę energii elektrycznej na energię dźwięku, czyli na energię drgań powietrza. W latarce LED chodzi o zamianę energii elektrycznej na energię świetlną (energii promieniowania elektromagnetycznego).

Przeciętna sprawność ogniw słonecznych jest rzędu 10%, co oznacza, że 90% mocy dostarczonej zamienia się na ciepło, co ilustruje **rysunek 17**. Dostępne w handlu baterie słoneczne mogą mieć sprawność w granicach 3...20%, a tylko prototypy laboratoryjne osiągają sprawność ponad 50%.

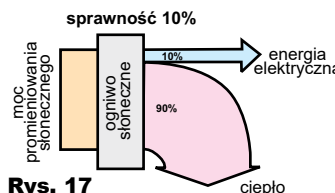
Sprawność przeciętnych, małych diod LED jest rzędu 1%, lepszych od kilku do kilkunastu procent, a nawet te najnowocześniejsze i najdroższe mają sprawność znacznie poniżej 50%. Wyższą sprawność mają silniki – przy niewielkim obciążeniu może ona osiągnąć ponad 90%. Dość dobrą sprawność mają akumulatory: 40% do 80%, zależnie od rodzaju/typu.

Fatalną sprawność mają przetworniki „dźwiękowe”, w szczególności głośniki i słuchawki – poniżej 1%. Nominalna moc głośnika czy kolumny to moc dostarczana (elektryczna), a moc wytwarzanych drgań akustycznych jest ponad stokrotnie mniejsza! Lepszą sprawność mają tzw. głośniki tubowe oraz przetworniki ceramiczne, powszechnie stosowane w syrenach alarmowych.

Idealną sprawność mają tylko wszelkie grzejniki elektryczne: 100% energii zamienia się w nich na ciepło. Niestety, energię ciepłą trzeba uznać za „najmniej szlachetną” formę energii, więc w tym przypadku „doskonała” sprawność zwykle wcale nie cieszy. Inne rodzaje energii „chętnie” zamieniają się na ciepło, natomiast z zamianą tej „nieszlachetnej” formy na „szlachetniejsze” postacie energii jest kłopot. Wprowadzimy w silnikach cieplnych (np. spalinowych, parowych,



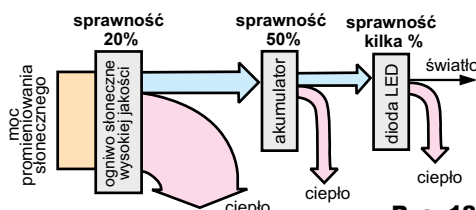
Rys. 16



Rys. 17

Stirlinga) oraz w termoparach pierwotną postacią jest właśnie energia cieplna, jednak przemiana na inny rodzaj energii jest daleka od ideału, bowiem wymaga różnicy temperatur i przepływu ciepła. To są jednak dość skomplikowane zagadnienia związane z ważną nie tylko dla fizyków II zasadą termodynamiki. W każdym razie powinniśmy wiedzieć, że istnieje tu silna niesymetria: łatwo zamienić inne rodzaje energii na ciepło ze sprawnością dokładnie 100-procentową, natomiast nie można zamienić ciepła na inne rodzaje energii z dobrą sprawnością.

Wróćmy do naszych elektronicznych eksperymentów. W lampce ogrodowej (solarnej) w ciągu dnia energię świetlną zamieniamy na elektryczną i uzyskanym prądem ładujemy akumulator, a tym samym zamieniamy energię elektryczną na chemiczną. W nocy tę energię chemiczną zamieniamy na elektryczną, a następnie w białej diodzie LED na energię świetlną. Sprawność wszystkich etapów procesu jest niewielka, dlatego uzyskana moc świetlna diody LED jest wielokrotnie mniejsza od mocy świetlnej, która w ciągu dnia docierała do ognia słonecznego, co ilustruje **rysunek 18**. W sumie prawie cała dostarczona moc zamienia się na ciepło. Postęp technolo-



Rys. 18

giczny polega głównie na zwiększaniu sprawności wszystkich przetworników energii, czyli na redukcji strat ciepłych.

W elektronice ciepło traktujemy jako „produkt uboczny”, jako „odpad”, jako zło konieczne. Chcielibyśmy przekształcać jeden rodzaj energii w drugi bez strat ciepłych, ale zwykle sprawność takiej zamiany jest kiepska. Na przykład w telefonie komórkowym energia baterii zamieniana jest między innymi na światło (ekranu), na dźwięk oraz na energię (nadajnika) fal radiowych zapewniających komunikację. Ponadto część energii zużywana jest w obwodach odbiornika, a znaczna część w obwodach procesora do przetwarzania informacji. Doświadczasz tego na co dzień: podczas intensywnego użytkowania Twój smartfon staje się ciepły.

Tu trzeba też mocno podkreślić, że problem zamiany energii elektrycznej na niepożądane ciepło dotyczy nie tylko przemian różnych rodzajów energii. Prze-

tworzenie informacji, zarówno tzw. analogowe, jak i cyfrowe we wszelkich procesorach i komputerach to w zasadzie proces niematerialny, ale nie da się (nie umiemy) tego zrobić bez zużywania i zamiany energii elektrycznej na ciepło. Postęp polega między innymi na tym, żeby omówione przemiany energii i przetwarzanie informacji realizować przy jak najmniejszym zużyciu energii, czyli przy najmniejszej ilości strat ciepłych.

Do ideału jeszcze daleko, ale dotychczasowy postęp jest imponujący. Osoby starsze pamiętają energożerne radioodbiorniki i telewizory lampowe, w tym niechlubnej pamięci radziecki Rubin o poborze mocy około 600W. Także pierwsze telewizory plazmowe pobierały nawet do 600 watów mocy. Dziś duży telewizor LCD (LED) pobiera poniżej 100W mocy. Jest to ogromny postęp, ale nadal jest o co walczyć, bowiem moc światła i dźwięku, wytwarzanych przez telewizor, to w sumie około 1 wata lub mniej...

Zapamiętaj więc, że celem postępu jest jak najmniejsze wydzielanie ciepła przy przetwarzaniu informacji oraz przy zamianie energii elektrycznej na inne rodzaje energii.

Piotr Górecki