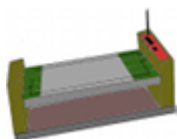


## Bezdrátové vysílací systémy- metody získávání elektrické energie

Opluštil Michal · Elektrotechnika

25.01.2013



V dnešní době jsou stále více populární bezdrátové systémy. Ne jinak je tomu i v systémech techniky prostředí. Jako každé elektronické zařízení, tak i bezdrátové vysílací prvky potřebují určitou energii ke svému provozu. Je více způsobů, jak tuto energii získávat. V následujícím článku si ukážeme několik technik získávání elektrické energie. Jako první zde uvedu elektromagnetický generátor, ve kterých dochází k přeměně pohybové energie na elektrickou. Další možností získání elektrické energie jsou zařízení pracující na principu přeměny tepelné energie na elektrickou a další.

### Úvod do problematiky

Tento článek se zabývá problematikou získávání elektrické energie pro autonomní bezdrátové vysílací systémy (AWT) z anglického Autonomous Wireless Transmitters. Pro vyhodnocování přijaté informace a pro vyslání zpracované zprávy do přijímače je zde potřeba navrhnout toto zařízení s požadavkem na co možná nejnižší spotřebu elektrické energie. Z tohoto důvodu je jeví jako vhodné použít pro vyhodnocování přijaté informace například ultra-nízko příkonového mikrokontroléru (Microchip PIC 16F688 s nanoWatt technologií nebo jemu podobné).

Dospělí člověk produkuje od cca 80W (v klidu) až po skoro 700W tepelné energie. Z této informace se jeví jako velmi lákavé získat určitou část této energie pro naši potřebu. Tato energie ovšem není zcela zdarma. Tato energie je tvořena lidskou činností a lidský organismus má tendenci zefektňovat svůj energetický výdej. Je třeba s tímto faktem počítat při návrhu těchto zařízení. Níže popsané generátory slouží k získávání elektrické energie z působení lidského organismu na jednotlivé materiály.

### Popis zařízení

Termoelektrické zařízení - u těchto zařízení se využívá převodu tepelné energie na elektrickou. Efektivita současných termoelektrických technologií je imitována dostupností termoelektrických materiálů a šířkou revolučních přístupů k návrhu lepších materiálů. Klíčové pro získávání této energie je nalézt materiál s co největším ZT.

Peltiérův článek - z fyzikálního hlediska je Peltiérův článek založen na Seebeckovu efektu - přenos tepla je způsoben změnou elektronových energetických hladin. Pás

vodivosti je pro každý materiál rozdílný. Když elektrony prochází na nižší vrstvu přes rozdílné materiály střídavě získají, nebo uvolní energii při každé změně vodivostního pásma. Požadovaný chladicí účinek nastane, když se elektrony přesunou do vyšší energetické hladiny při změně materiálu.

Článek se skládá ze dvou vrstev keramických destiček, mezi kterými se nacházejí sloupky tvořené polovodiči typu P a N. Po přivedení napětí na elektrody jedna strana článku vyzařuje teplo a druhá teplo absorbuje. Tento princip funguje i naopak tzn., že při rozdílu teplot na vnějších površích keramických destiček dochází ke generování elektrické energie na vývodech článku. Termoelektrické chování můžeme vyjádřit pomocí následujících vztahů:

$$\vec{i} = \sigma_T (\vec{E} - \alpha \nabla T) \quad (1)$$

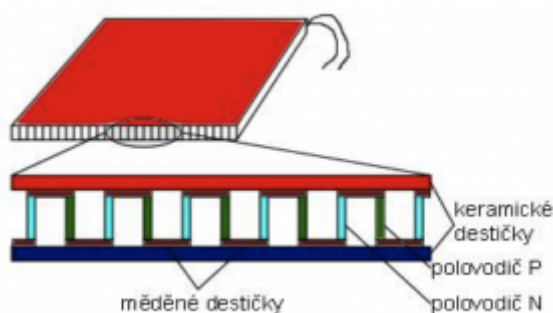
$$\vec{q} = -\nabla s \quad (2)$$

$$= \alpha \vec{i} - \lambda \nabla T \text{ nebo } \begin{pmatrix} \vec{i} \\ S \end{pmatrix} = L \begin{pmatrix} \vec{E} \\ -\nabla T \end{pmatrix} \quad (3)$$

s dosazenou přenosovou maticí dostaneme výraz:

$$L = \begin{pmatrix} \sigma_T & \sigma_T \alpha \\ \sigma_T \alpha & \lambda_S / T \end{pmatrix} \quad (4)$$

kde  $i$  = hustota elektrického proudu,  $E$  = elektrické pole,  $q$  = hustota tepelného proudu,  $s$  = entropie proudu,  $\nabla T$  = teplotní gradient,  $\sigma_T$  = elektrická vodivost,  $\alpha$  = Seebeckův koeficient,  $\lambda$  = tepelná vodivost měřená při nulovém elektrickém poli



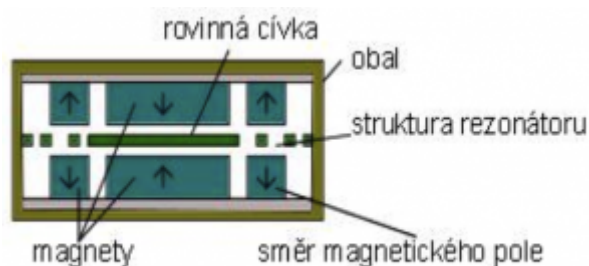
Obrázek 1: Řez Peltierovým článkem

Elektromagnetické zařízení - v těchto zařízeních se využívá k získávání elektrické energie magnetické pole.

Inerciální reakční generátory- u těchto zařízení se využívá pohybová energie lidského částí lidského těla při chůzi a pohybu končetin. Příkladem využití tohoto principu jsou například hodinky, které získávají energii k provozu prostřednictvím pohybu ruky. Tyto systémy produkují výkon menší než 10  $\mu$ W při normálním pohybu ruky. Při třesení rukou je možné získat výkon až 1mW.

Elektromagnetický generátor se skládá ze čtyř permanentních magnetů uložených nad a pod rezonátorem, každé patro sestává z prstencového magnetu, uvnitř kterého je umístěn válcový magnet, tak jak je naznačeno v obrázku 2. Mezi jednotlivými magnety

je umístěn rezonátor opatřený cívkou. Generátor využívá jako zdroj permanentního magnetického pole Neodym NdFeB-N35 rozměry jednotlivých kroužkových a válcových magnetů se odvíjejí podle celkové velikosti generátoru.



Obrázek 2: Řez elektromagnetickým generátorem

K výrobě rezonátoru se využívají hyperplastické materiály, které jsou elastické a izotropní. Těmito materiály jsou guma a také polymery jako například PTFE, Lulkollan, Siliko, Latex, Para. V následující tabulce je uveden modul pružnosti jednotlivých materiálů rezonátoru pro příslušnou výšku materiálu.

<b>Materiál</b>	<b>Výška h(mm)</b>	<b>Modul pružnosti v tahu E(MPa)</b>
Silikon	1	14-30
Vulkollan	1	14-30
Latex	0,5	10-70
Para	0,5	10-100
PTFE	0,3	500
FR4	0,3	1-25*10E3

Na rezonátoru je nalepena rovinná cívka. Počet závitů této cívky je závislý na použitém materiálu cívky a na velikosti celého elektromagnetického generátoru. Např. Emilio Sardini a Mauro Serpelloni navrhli elektromagnetický generátor válcového tvaru o průměru 28mm a výšce 14mm. Jako rezonátor využili materiály ve výše uvedené tabulce. Na rezonátor o průměru 28mm byla nalepena rovinná cívka sestávající z 280 závitů průřezu 0,1 $\mu$ m navinutá na vnitřním průměru 5 mm, průměr této cívky byl 19 mm.

Cívka těchto rozměrů měla indukčnost 242 $\mu$ H, odpor 22,51 $\Omega$  a kapacitu 9,5 pF. Generátor obsahoval neodymové magnety vysoké 2,5 mm, kruhový magnet měl vnitřní průměr 12 mm a vnější průměr 20 mm, v ose tohoto magnetu byl umístěn druhý neohmový magnet o průměru 5 mm.

Maximální získaný skutečný výkon při použití Latexového rezonátoru byl 290  $\mu$ W napětí 183 mV při frekvenci 102 Hz; při frekvenci 41Hz byl výkon 153  $\mu$ W a výstupní napětí 378 mV.

Piezelektrické zařízení - k výrobě elektrické energie u tohoto typu zařízení se využívá převodu mechanické energie. Piezelektrický element se vlivem stlačení prohne a mezi jednotlivými vrstvami materiálu dochází ke generování elektrické energie. Technologie SSH (Synchronized Switch Harvesting) spočívá ve zpracování napětí piezoelementu vázaného na povrch vibrační struktury, tak aby docházelo k umělému

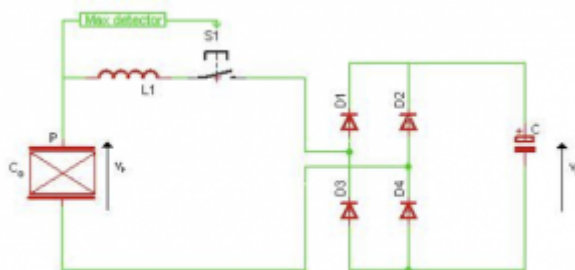
zvýšení přeměny elektromechanické energie. Naopak standardní metody získávání energie využívají permanentně připojeného piezoelementu připojeného ke kondenzátoru přes usměrňovací můstek.

V sériové technologii SSHI se připíná RLC rezonační obvod ve velmi krátkých intervalech jak je znázorněno na obrázku 3. (VC je napětí na kondenzátoru,  $C_0$  upínací kapacita a  $L_1$  inverzní indukčnost). Hodnoty napěťové inverze piezoprvek synchronizuje přepínací proces potenciální nashromádanou energií piezoelementu. Princip celé technologie je podrobně vysvětlen ve článku [2]. Získaný výkon pomocí SSHI technologie můžeme vyjádřit vztahem:

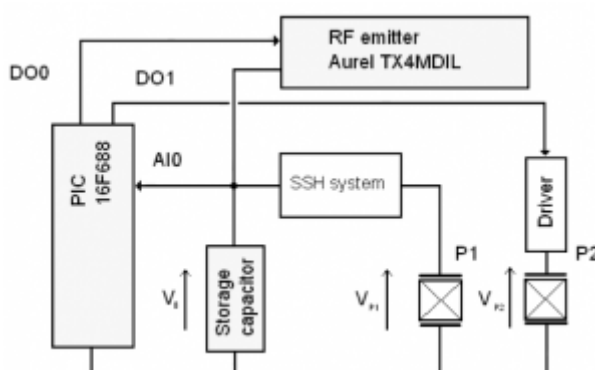
$$P_{SSH I} = \frac{2\omega}{\pi} \frac{1+e^{-\frac{\pi}{2Q_i}}}{1-e^{-\frac{\pi}{2Q_i}}} = V_c(\alpha U_m - C_0 V_c) =$$

$$= \frac{1+e^{-\frac{\pi}{2Q_i}}}{1-e^{-\frac{\pi}{2Q_i}}} P_{STD} = G(Q_i) \times P_{STD} \quad (5)$$

Kde  $Q_i$  je faktor kvality inverzního obvodu vycházející ze vztahu  $Q_i = \frac{\sqrt{L}}{R\sqrt{C_0}}$  kde  $R$  je celkový odpor obvodu. Veličina  $U_m$  velikost posunu,  $\alpha$  je silový faktor piezoelementu a  $\omega$  vyjadřuje úhlovou frekvenci vibrací. Průměrná hodnota získané energie  $P_{SSH I}$  byla zvýšena ziskovým faktorem  $G(Q_i)$  a srovnávána s  $P_{STD}$ .

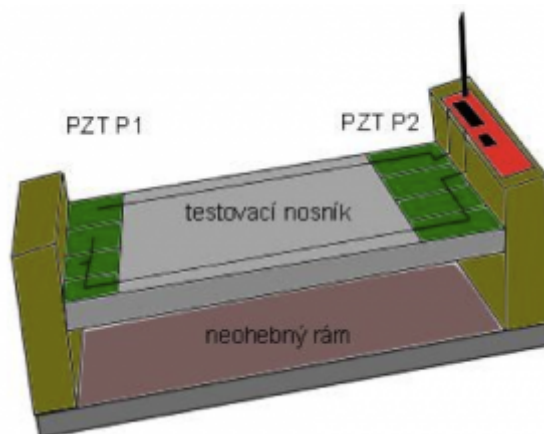


Obrázek 3: Schéma SSHI systému



Obrázek 4: Blokový diagram AWT

Například mikro-generátor navržený S.Armsem [1] je složen z kónicky se zužujícího elementu s PZT umístěným nahoře a dole na samostatných ramenech. 50mm dlouhé zužující se rameno je vytvořeno ke skoro stejnému napínání piezoelementu. Rezonanční kmitočet navrženého systému byl 60Hz a výstupní výkon tohoto generátoru se pohyboval v rozmezí 2,2-2,6 mW.



Obrázek 5: Experimentální přípravek

Dalším příkladem tohoto řešení z praxe je sebe-napájecí piezoelektrické tlačítko, které vyrábí Německá firma EnOcean, toto zařízení využívá bistabilní piezoelektrický pružinový systém, který vyrábí elektrickou energii při stisku a povolení tlačítka. Toto zařízení produkuje 100 $\mu$ J, 3,3V při 8N stisku.

## Shrnutí

Článek byl zaměřen na shrnutí různých principů získávání elektrické energie z prostředí. Na vhodnosti využití těchto systémů pro potřeby napájení autonomních vysílacích systému v technice prostředí. Vzhledem k faktu, že telegramy vysílané ve sběrníkových systémech mají relativně malou délku slova. Jeví se jako vhodné výše popsané principy získávání elektrické energie pro autonomní vysílací systémy.

## Poděkování

Tento článek je podporován Interní grantovou agenturou Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky číslo IGA/FAI/2012/005.

## Literatura:

1. D. Guyomar, Y. Jayet, L.Petit, E. Lefeuvre, T Monnier, C. Richard, M Lallard, Synchronized switch harvesting applied to self-powered smart systems: piezoactive microgenerators for autonomous wireless transmitters, *Sens.Actuators A: Phys.* 138 (1) (2007) 151-160, doi:10,1016/j.sna.2007004.009
2. E. Lefeuvre, A.Badel, C. Richard, D. Guyomar, A comparison between several vibration powered piezoelectric generators for stand alone sytems, *Sens. Actutators A* 126 (2) (2006) 406-416
3. E.Sardini, Mauro Serpolloni, An efficient elelctromagnetic power harvesting device for low-frequency applications, *Sensors and Actuators A* 172 (2001) 475-482
4. PARADISO, Joseph A. Systems for Human-Powered Mobile Computing. [online]. [cit. 2012-12-11]. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=01688876>

Spoluautorom článku je Martin Zálešák

