



Zber energie na vytvorenie skutočne autonómnych zariadení pre priemyselné procesy

Cieľom každého operátora v prevádzke je skracovať prestoje a maximalizovať spoľahlivosť. Preto musí vedieť čo najviac o stave a kondícii technických podnikových prostriedkov. Väčšinu týchto informácií poskytujú snímače. Pridávanie ďalších snímačov znamená viac káblovania na ich napájanie, čím sa nabalujú ďalšie inštalačné náklady. Nakoľko spotreba energie mnohých, v priemysle využívaných snímačov je vcelku nízka, javí sa použitie batérií ako vhodné riešenie. Avšak výmena batérií v pravidelných intervaloch môže nabúrať úspory, ktoré v prvom momente od bezdrôtových snímačov očakávame. Zber energie je proces, pri ktorom sa energia (okolia, pohybu, vetra, svetla) získaná z externých zdrojov zachytí a uloží do napájacích článkov, ktoré takto zásobujú elektronické obvody s nízkou spotrebou. Energia z okolia je v priemyselných podnikoch prebytok a jej zber na napájanie elektronických prvkov začína naberať na význame.

Bezdrôtové technológie za posledných najmenej 15 rokov výrazne ovplyvnili celú spoločnosť, pričom sa vďaka technologickému pokroku, ktorý sa odvtedy zrealizoval, stali akceptovateľnými aj pre výrobný priemysel. Obzvlášť na monitorovanie technických podnikových prostriedkov.

Automatizované výrobné prevádzky majú zvyčajne životnosť okolo 20 rokov. Aby sa podarilo dosiahnuť návratnosť investícií do nich vložených, je potrebné, aby boli prevádzkované na maximálnom možnom výkone. Keďže prevádzka môže fungovať len vtedy, ak všetky jej technické prostriedky pracujú korektne, vyžaduje sa ich maximálna spoľahlivosť. To možno dosiahnuť pomocou monitorovania technických prostriedkov – metódou na detegovanie možných chýb zariadení skôr, ako spôsobia neplánovanú odstávku. Splnenie tohto cieľa však vyžaduje získanie dodatočných informácií zo snímačov. Tieto informácie môžu prichádzať či už z aktuálne nainštalovaných snímačov vykonávajúcich meranie (napr. z vysielača diferenčného tlaku ABB inštalovaného v impulznom potrubí) alebo z dodatočne pridaných snímačov umiestnených v iných častiach procesu. Ak sa vyžaduje doplnenie ďalších snímačov, náklady na ich inštaláciu by mali byť minimálne, aby sa dosiahli maximálne prínosy z ich využívania. Nakoľko káblovanie môže predstavovať až 90 % celkových nákladov na zariadenie, z finančného aj technologického hľadiska je vhodné zvážiť inštaláciu bezdrôtových zariadení.

Bezdrôtové technológie

Bezdrôtové riešenia v skutočnosti nie sú v priemysle ničím novým. Ich prvé nasadenie bolo v 60. rokoch minulého storočia. Avšak tieto riešenia sa prevažne nasadzovali v špecializovaných produktoch a pre konkrétne trhy, napr. AquaMaster od ABB, elektronický fakturačný prietokomer vody a snímač celkového prietoku pre ropný a plynárenský priemysel. Ďalším príkladom je aj iný produkt ABB s názvom Totalflow-sym na automatizáciu a vzdialené meranie.

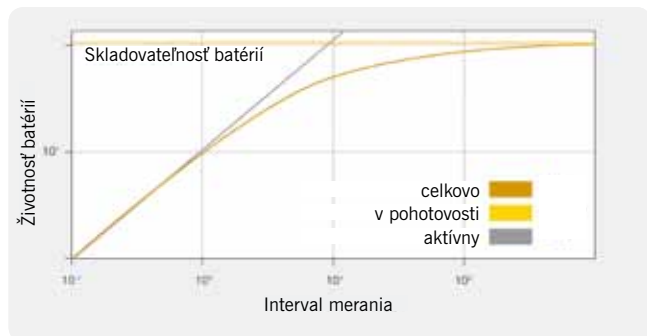
Podobne ako v oblasti priemyselných zberníc, aj každý protokol na bezdrôtovú komunikáciu, ktorého cieľom je široké prijatie, vyžaduje celosvetovú normu podporovanú všetkými výrobcami prevádzkových prístrojov. Takáto norma už existuje a volá sa WirelessHART. Ide o prvý medzinárodný bezdrôtový štandard, špeciálne vyvinutý pre potreby sieťového prepojenia prevádzkových meracích prístrojov.

Spoľahlivosť siete je jednou z hlavných priorít v automatizácii procesov. Jedným z aspektov, ktorý má vplyv na spoľahlivosť bezdrôtovej siete, je priestor, v ktorom je sieť rozmiestnená. Samoorganizujúce sa siete poskytujú priestorovo zálohované kanály medzi dvoma uzlami v sieti, a to presmerovaním správy na iné trasy. To zvyšuje odolnosť komunikácie proti poruchám a umožňuje dobre navrhnutú sieť byť odolnou proti chybám komunikačných liniek a smerových zariadení. Priestorové zálohovanie samoorganizujúcej sa siete zaručuje spoľahlivú komunikáciu aj v pásme ISM (industrial, scientific and medical). Obnova správ (ako dôsledok samoorganizujúcej sa siete) spolu s požiadavkou na trvalú bezpečnosť ovplyvňuje, samozrejme, nároky na energiu, ktoré možno kompenzovať prostredníctvom zariadení s nízkou spotrebou.

Optimalizácia na nižšiu spotrebu

V prípade optimalizácie na nižšiu spotrebu existuje niekoľko hlavných rozdielov medzi drôtovými a bezdrôtovými zariadeniami. Na ilustráciu v článku ďalej opíšeme káblový priemyselný vysielač teploty TTH300 od ABB. TTH300 je napájaný po prúdovej slučke 4 – 20 mA a meria napr. odpor štvorvodičového snímača Pt100 (a tým teplotu na špičke snímača) vo veľmi krátkych intervaloch, ktoré v závislosti od typu snímača a konfigurácie môžu byť každých 100 ms. Nakoľko prúdová slučka 4 – 20 mA trvalo poskytuje príkon do 40 mW, je tým vysielač z hľadiska svojho výstupného výkonu obmedzený. Avšak veľkosť energie, ktorú prístroj sám spotrebuje, je nepodstatná. Na druhej strane bezdrôtový snímač nemusí merať teplotu niekoľkokrát za sekundu, pretože väčšina priemyselných bezdrôtových sietí pre výrobný priemysel nepodporuje taký krátky

interval aktualizácie. Medzi jednotlivými meraniami si vysielateľ musí splniť svoju povinnosť voči sieti, a to preposlaním správ iným uzlom. Zvyšok času môže byť elektronika v tzv. nízkoenergetickom režime, počas ktorého sa nevykonáva žiadne meranie ani výpočty a spotrebúva sa len zlomok energie. Spotrebu energie zariadenia v nízkoenergetickom režime možno odhadnúť ako energiu spotrebovanú v aktívnom a nízkoenergetickom režime a pracovnom cykle zariadenia. Pri opísanom bezdrôtovom zariadení sa pracovný cyklus zhruba vzťahuje na čas potrebný na aktualizáciu snímača. Ak sa neuvažuje so samovybíjaním batérií, možno stanoviť približný odhad životnosti batérií pri batériovo napájanom vysielateľi. Odhad pre ideálne zariadenie je na obr. 1.



Obr. 1 Životnosť batérií ideálneho vysielateľa teploty počas intervalu merania

Zber energie

Výmena batérií v pravidelných intervaloch je vždy správnu voľbou, pretože to môže – v závislosti od nastavenia prevádzky – vykompenzovať úspory, ktoré malo nasadenie bezdrôtových snímačov priniesť. Namiesto toho sa zber energie javí ako možné riešenie, ktoré prekonáva tento problém tvorby skutočne autonómnych zariadení. Pri zbere energie sa premieňa energia dostupná z procesov (obr. 2) na využiteľnú elektrickú energiu, ktorá sa používa na napájanie bezdrôtových zariadení.



Obr. 2 Zber energie umožňuje premenu energie vytvorenej priemyselnými procesmi na elektrickú energiu

Typickými zdrojmi energie sú horúce a studené procesy, slnečné žiarenie, vibrácie a kinetická energia vznikajúca pri prúde média alebo pohybe nejakých dielov. Najbežnejšie používanými mechanizmami sú meniče slnečného žiarenia, termoelektrické a kinetické meniče.

Slnečné žiarenie

Aj keď je fotovoltaika v súčasnosti už odskúšanou a zavedenou technológiou, jej aplikácia vnútri uzavretých priestorov je vcelku obmedzená. Zatiaľ čo intenzita vo vonkajšom prostredí môže dosiahnuť približne 1 000 W/m², hodnota vnútri uzavretých priestorov sa pohybuje okolo 1 W/m² [1]. Inými slovami povedané, množstvo energie, ktorú možno zozbierať, je obmedzené.

Termoelektrický princíp

Termoelektrické generátory (TEG) získavajú elektrickú energiu z tepelnej energie (napr. teplotný spád medzi horúcimi a studenými procesmi a okolím) pomocou Seebeckovho efektu, ktorý v roku 1821 objavil Thomas Johhan Seebeck [2]. V princípe ide o to, že teplotný rozdiel medzi dvomi rozdielnymi elektrickými vodičmi alebo polovodičmi generuje napätový rozdiel medzi dvomi látkami. Aj keď je účinnosť TEG v celku nízka – typicky okolo 1 %, technológia je sama o sebe odolná a stabilná. Obzvlášť vo výrobných procesoch sa často nachádzajú veľké zásobníky tepla. Z tohto dôvodu je dostupného veľa tepla a energie, ktorú môžu vygenerovať komerčne dostupné TEG a ktorá stačí na napájanie rôznych bezdrôtových snímačov v rôznych konfiguráciách zapojenia.

Kinetické prevodníky

Priamu premenu mechanického pohybu, ako sú vibrácie, na elektrickú energiu možno dosiahnuť pomocou rôznych mechanizmov:

- elektromagnetický mechanizmus používa flexibilne namontovanú cievku, ktorá sa pohybuje vnútri statického magnetického poľa vytváraného malým permanentným magnetom; tým sa podľa Faradayovho zákona indukuje napätie;
- piezoelektrický vysielateľ je umiestnený na piezoelektrickom materiáli; kinetický pohyb spôsobuje posun hmoty uloženú na snímači, čo indukuje mechanickú deformáciu piezoelektrického materiálu;
- elektrostatické vysielateľe sú založené na nabití premenlivého kondenzátora; pri pôsobení mechanickej sily sa generuje účinok smerom k opačne nabitým doskám kondenzátora; výsledkom je, že zmena kapacity kondenzátora indukuje v uzavretom obvode tok prúdu.



Obr. 3 Úplne autonómny vysielateľ teploty

Všetky princípy kinetických meničov sú teda postavené na mechanickom rezonátore, pričom tieto rezonátory dokážu dodávať primeraný výstup len v prípade, že sa rezonančná frekvencia zbieracieho zariadenia zhoduje s externou budiacou frekvenciou. Nasadenie a používanie frekvenčných meničov v prevádzke môže obmedziť nasadenie systémov na zber energie využívajúcich vibrácie.

Komponenty systému a architektúra

Zber energie môže byť nespojitý proces. Napríklad pri fotovoltaických systémoch umiestnených v exteriéri spôsobuje striedanie dňa a noci nestabilitu v dodávkach energie, odstavka prevádzky môže viesť k zmenám veľkosti vyžarovaného tepla, čo môže ovplyvniť veľkosť energie dodávanej z TEG a frekvenčné meniče môžu meniť zisk energie vibračných zberačov. Naopak sa môžu vyskytovať situácie, keď zberače energie dodávajú viac energie, ako je momentálne potrebné. Pribeh spotreby energie typického bezdrôtového snímacieho uzla je takisto nespojitý: v závislosti od pracovného cyklu a rýchlosti aktualizácie snímača sa môžu objaviť záťažové špičky, pred ktorými sa treba chrániť, pretože zberné zariadenia nie sú schopné spracovať tieto vysoké krátkodobé prúdy.

Bežné ochrany využívajú:

- špeciálne super- alebo viacvrstvové kondenzátory odolné proti prúdovým špičkám,
- nabíjateľné dodatočné batérie,
- bežné hlavné batérie, ktoré nedokážu uložiť veľké množstvo energie prichádzajúcej zo zbieracieho zariadenia, ale možno ich použiť na dodávku energie v čase, keď to samotné zberné zariadenie nedokáže,
- typické priemyselné hlavné batérie, ktoré majú veľmi dlhú životnosť uskladnenia energie s pomalým samovybíjaním a ako zásobník sú veľmi spoľahlivou alternatívou.

Bežné sekundárne batérie s lithium-ion trpia na obmedzený počet cyklov nabíjania/vybíjania. Aby sa dalo zabezpečiť skutočne autonómne napájanie, vyžadujú si zbieracie zariadenia a zásobníky energie vhodný systém riadenia energie. Ten má dve hlavné funkcie:

- nastavovanie charakteristiky výstupného napätia a prúdu zbieracieho systému podľa požiadaviek vstupu elektronického obvodu – spotrebiča;
- hladké prepínanie medzi zásobníkmi energie a rôznymi zdrojmi zberu energie.

Autonómny vysielateľ teploty od ABB

Výskum v ABB stál za vývojom kompletne autonómneho vysielateľa teploty (obr. 3), ktorý má zabudovaný systém na zber energie. Do zariadenia boli zabudované termoelektrické generátory tak, že manipulácia, stabilita ani tvar vysielateľa sa nezmenili, zatiaľ čo jeho životnosť a funkčnosť sa výrazne zlepšili. Vysielateľ obsahuje aj riešenie inteligentného ukladania energie do zásobníka pre prípad, že teplota okolitých procesov nie je dostatočná na generovanie potrebného množstva elektrickej energie na napájanie vysielateľa.

Celková veľkosť vybraného vysielateľa teploty nedovolila zabudovanie tradičných TEG, ktoré majú bežne makroskopické rozmery v rozsahu 10 až 20 cm². Namiesto toho boli použité nové mikrotermoelektrické generátory vyrobené spôsobom plátkovania (obr. 4).



Obr. 4 S plochou len 8 mm² umožňujú micro-TEC dodávať na výstupe vysoké úrovne napätia.

Hlavnou výzvou spojenia týchto dvoch systémov bolo zabezpečiť, že sa udrží stabilita a odolnosť vysielateľa. V mnohých prípadoch je teplota procesov vyššia ako teplota okolitého vzduchu, takže

teplá strana TEG musí byť prepojená s procesom, aby sa dosiahla optimálna tepelná vodivosť. Aby sa maximalizoval teplotný tok cez TEG, vykonali sa rozsiahle počítačové simulácie (obr. 5).



Obr. 5 Počítačové simulácie teploty

Pri rozdielke okolo 30 °C medzi procesom a okolitou tep-

lotou je systém schopný generovať dostatok energie na napájanie elektroniky merania aj elektroniky na bezdrôtovú komunikáciu. Pri rozdielke teplôt viac ako o 30 °C sa generuje viac energie, ako je potrebné, a tú možno použiť napr. na meranie v kratších intervaloch.



Obr. 6 Úplne autonómne zariadenia pomôžu operátorom a technikom lepšie riadiť priemyselné procesy

Vízie

Vysielateľ teploty so zabudovaným zberačom energie je riešením hlavného problému uzlov s bezdrôtovými snímačmi: nie je viac potrebná pravidelná výmena hlavných batérií, čo spätne znamená zníženie celkových nákladov na vlastníctvo vysielateľa. Aj keď zber energie nie je vhodným riešením pre všetky snímače za každých okolností, je to životaschopný zdroj energie pre široké spektrum zariadení. Plne autonómne zariadenia dokážu pomôcť pri lepšom sledovaní a riadení priemyselných procesov a tým ich robí ziskovejšími.

Literatúra

- [1] Müller, M. – Wienold, J. – Reindl, L. M. (2009): Characterization of indoor photovoltaic devices and light. Conference Record of the IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 000738-000743.
- [2] Vining, C. B. (2001): Semiconductors are cool. Nature, 413 (6856), pp. 577 – 578.
- [3] Nenninger, P. – Ulrich, M. – Kaul, H. (2010): On the energy problem of wireless applications in industrial automation. In: Proceedings of the IFAC Symposium on Telematics Applications, pp. 218 – 224.
- [4] Nurnus, J. (2009): Thermoelectric thin-film power generators self-sustaining power supply for smart systems. In: Proceedings of smart sensors, actuators and MEMS IV: Vol. 7362-05. Dresden.

Článok je publikovaný s povolením spoločnosti ABB. Prvýkrát bol uverejnený v ABB Review, č. 1/2011, s. 47 – 51.

Philipp Nenninger

Marco Ulrich
ABB Corporate Research
Ladenburg, Germany
philipp.nenninger@de.abb.com, marco.ulrich@de.abb.com