

## Elektromagnetická kompatibilita Grid-Off zariadení

Kočner Eduard · Elektrotechnika

19.11.2012

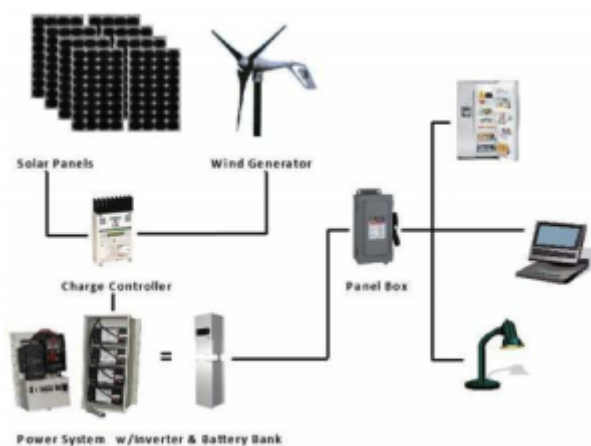


Článok pojednáva o využití Grid-Off systémov a o problémoch, ktoré môžu vzniknúť pri ich prevádzke z hľadiska elektromagnetickej kompatibility. V úvahu je zobrať Grid-Off systém umiestnený v kontajneri, v ktorom sa nachádzajú aj ďalšie elektronické zariadenia, ktoré Off-Grid napája.

### 1. Úvod

Využitie Grid-Off systémov sa uplatňuje hlavne tam kde nie je prístup k centrálnemu (miestnemu) rozvodu elektrickej energie. Použitie grid-off systémov sa aplikuje v odľahlých oblastiach alebo na napájanie rôznych zariadení pre humanitné, výskumné, meracie (dokumentačné) a iné účely. Zjednodušený model Grid-Off systému sa na Obr.1. Ako nekonvenčný zdroj energie sa najčastejšie používa slnko a vietor. Grid-Off systém pozostáva z niekoľkých základných komponentov:

- Fotovoltaický panel (FVP) - najčastejšie sa používajú monokryštalické (účinnosť 16 - 17%), polykryštalické (účinnosť 14 - 15%) a amorfné (účinnosť 6 - 9%) Veterná elektrárň (VE) - vertikálna a horizontálna os otáčania
- Menič napätia DC/AC
- Akumulátory
- Systémové riešenie riadenia vyrobenej elektrickej energie
- Záložný generátor elektrickej energie (benzín/diesel)
- Spotrebiče



Obr.1 Off-Gird systém [7]

## 2. Fotovoltaické články

Fotovoltaické články sú spojované do modulov a tie do panelov, v ktorých sú navzájom poprepávané a chránené sklenným krytom. Je dôležité, aby použitý krycí materiál dosahoval vysokú účinnosť

pohlčovania slnečného svitu a zároveň poskytoval ochranu pred nepriaznivými prírodnými javmi. Výkon panelov sa vyjadruje hodnotou tzv. špičkového výkonu (Wp), čo je výkon zariadenia pri definovaných podmienkach pri intenzite slnečného žiarenia 1 000 W/m<sup>2</sup> a pri teplote 25 °C.

Tieto podmienky sa dosahujú za dobrého počasia, keď sa Slnko nachádza v najvyššom bode na oblohe. Na dosiahnutie výkonu 1 Wp pri týchto podmienkach je potrebný článok s rozmermi približne 10 x 10 cm. . Slnečné žiarenie z pohľadu fotovoltaických panelov môžeme rozdeliť na [6]:

- priame žiarenie - najviac podobné laboratórnym podmienkam - najväčší výkon;
- žiarenie odrazom - je to slnečné žiarenie dopadajúce na fotovoltaický panel od iných telies;
- difúzne žiarenie - vedy, keď je na oblohe celková oblačnosť - fotovoltaický panel poskytuje približne desatinový výkon.

Pri navrhovaní konkrétneho Grid-Off systému nesmieme zabúdať použiť výkonnejší FVP o cca 20%. Toto navýšenie je potrebné z dôvodu klesajúcej výkonnosti FVP a to po prvých desiatich

rokoch na 90% výkonu a po dvadsiatich rokoch funkcie na úroveň 80% pôvodného výkonu. Okrem hodnôt poklesu výkonu je dobré sa zamerať na jednotlivé parametre FVP:

- prúd nakrátko  $I_{SC}$  (Short Circuit) - maximálna hodnota prúdu, akú môže dosiahnuť FVP. Je závislá od intenzity osvetlenia, spektrálnej citlivosti FVP, plochy a teploty FVP. Táto hodnota sa pohybuje v rozmedzí od desiatok mA až po niekoľko A;
- napätie naprázdno  $U_{OC}$  (Open Circuit) - je to hodnota napätia FVP bez záťaže.;
- maximálny výkon  $P_{PP}$  (Maximum Power Point) - je bod na VA - charakteristike s maximálnym výkonom.

## 3. Veterný generátor

Veterná elektrárň (VE) nám zabezpečuje výrobu el. energie aj počas noci, kedy FVP nie sú v prevádzke. Veľkosť VE závisí od našich výkonnostných potrieb. Od toho parametra sa odvíja veľkosť rotora VE. Nakoľko plocha zabraná rotorom narastá s druhou mocninou priemeru rotora, je dvakrát väčšia turbína schopná vyrobiť štyrikrát viac energie. Rýchlosť vetra je najdôležitejším parametrom ovplyvňujúcim množstvo energie, ktoré je turbína schopná vyrobiť.

Narastajúca intenzita vetra znamená vyššiu rýchlosť rotora a teda väčšiu produkciu energie. Množstvo vyrobenej energie závisí na tretej mocnine rýchlosti vetra. Z uvedeného vyplýva, že ak sa rýchlosť vetra zvýši dvojnásobne, tak sa výroba energie zvýši osemnásobne. Pri výbere najvhodnejšej veternej elektrárne pre naše potreby treba sledovať základné parametre:

- Výkon - závisí na tom ktorý údaj je pre naše potreby rozhodujúci, ročné vyrobené množstvo kWh, alebo dodávané množstvo elektriny pri určitej rýchlosti vetra.
- Rozbehová rýchlosť - pri tejto rýchlosti vetra sa začne točiť rotor elektrárne.
- Efektívna rýchlosť - pri tejto rýchlosti vetra začína elektráreň efektívne pracovať.
- Maximálna rýchlosť - maximálna prípustná rýchlosť vetra bez deštruktívnych následkov.
- Vypínacia rýchlosť - pri prekročení tejto rýchlosti sa automaticky (manuálne), musí zastaviť rotor elektrárne aby nedošlo k deštrukcii.

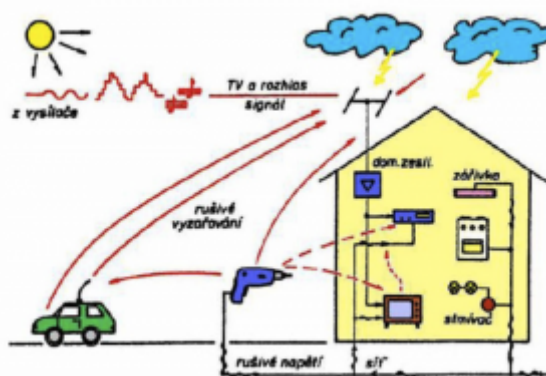
#### 4. EMC

Pod pojmom elektromagnetická kompatibilita (EMC) rozumieme schopnosť zariadenie nevyžarovať (nevysielať) nadlimitné množstvá elektromagnetických (EM) polí ale zároveň byť schopné odolávať EM poľu, ktoré je vyžarované (vysielané) inými elektrickými zariadeniami [5]. Elektromagnetická kompatibilita bola v počiatku aplikovaná najmä vo vojenskom a kozmickom sektore.

Ako začal narastať počet domácich spotrebičov a ich vzájomné ovplyvňovanie sa navzájom sa rušili, bolo nutné zapracovať problematiku EMC aj do domácich spotrebičov. EMC má viacero základných pojmov, ktoré sú uvedené nižšie:

- EMC biologických systémov - sa zaoberá najmä vplyvom na živé organizmy.
- EMC technických systémov - sa priamo zameriava na vzájomnú koexistenciu elektrotechnických a elektronických zariadení.

Pri zdroji EM rušenia sa zaujímame najmä o oblasti, ktoré súvisia so vznikom, veľkosťou a charakteristikou vyžarovaného poľa. Ďalej musíme vziať do úvahy fakt, či sa jedná o prírodné zdroje alebo umelé zdroje EM rušenia. EM prostredie sa priamo zaoberá prostredím v akom bude potenciálny vysielač umiestnený a akými väzbami bude pôsobiť na potenciálny prijímač (vzduch, vodiče ...). EM interferencie, alebo by sa dalo povedať elektromagnetické rušenie sa šíri so zdroja prostredníctvom elektromagnetických väzieb do rušivého systému [4].



Obr.2 vzájomné ovplyvňovanie elektrických a elektrotechnických zariadení

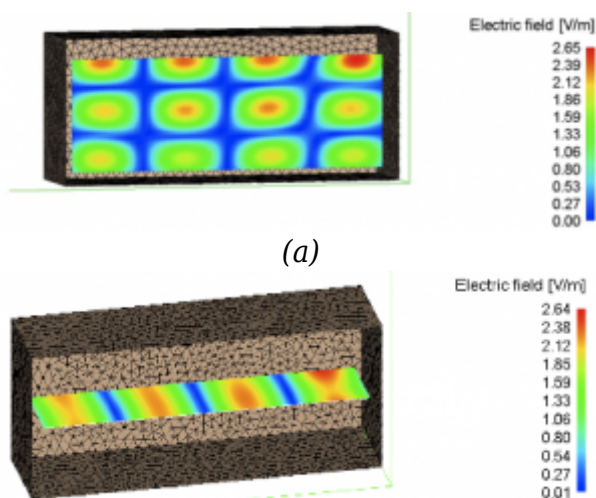
EMI najprv zameria na vyhľadanie zdroja rušenia a následne sa zaoberá minimalizovaním cez technické alebo technologické úpravy. EM susceptibilita sa zaoberá odolnosťou prijímača voči elektromagnetickému poľu prostredníctvom zvýšenia odolnosti voči rušivým vplyvom. EMS sa teda zaoberá odstraňovaním dôsledkov žiarenia, bez odstraňovania príčin.

## 5. EMC Grid-Off zariadení

Predpokladajme, že Grid-Off systém umiestnime do lodného kontajnera. Grid-Off systém, svojou činnosťou bude vytvárať elektromagnetické pole, ktoré v kontajneri vytvorí stojaté vlnenie s omnoho väčšou intenzitou než je veľkosť incidenčného poľa – na niektorých signáloch s frekvenciami, ktorých vlnová dĺžka je rovnaká s rozmermi kontajnera (alebo celočíselné podiely vlnovej dĺžky) vznikne v kontajneri rezonancia, ktorá má za následok zvýšenie intenzity v kontajneri.

Ak je kontajner nedokonale vyrobený, hrozí šírenie sa EM energie do prostredia a teda aj ovplyvňovanie okolitého prostredia a zariadení, ktoré sa v tomto prostredí nachádzajú. Výrobné nedokonalosti kontajnera, môžu napríklad byť, rôzne otvory, štrbiny, nedokonalosti pri spájaní jednotlivých stien kontajnera atd. Preto, z hľadiska funkcie Grid-Off systému je potrebné zmienené situácie vyšetriť. Na vyšetrenie sme použili numerický simulátor FEKO o ktorom je viac popísané v [1].

Nakoľko model Grid-Off zariadenia, umiestneného v lodnom kontajneri, je pomerne zložitý, použili sme teorému reciprocity [2] vytvorili kontajner so štrbinou, ktorý je ožarovaný EM poľom z vonkajšej strany a numericky vyjadrujeme rozloženie sa elektromagnetického poľa vo vnútri kontajnera. EM model šírenia sa poľa je na obr. 3. Obrázok ukazuje ako vonkajší zdroj EM poľa preniká do vnútra kontajneru malou štrbinou so šírkou 2cm a dĺžkou 100cm. Zdrojom elektromagnetického poľa je planárna vlna s frekvenciou 200MHz a s intenzitou elektrického poľa 1V/m.



Obr.3. Príklad EM poľa v modely lodného kontajnera horizontálna rovina a) vertikálna rovina b)

Je zaujímavé, že pole vo vnútri kontajnera je väčšie než incidenčné pole. Tento jav je spôsobený (ako už bolo spomenuté skôr) rezonanciou kontajnera na určitých vlnových dĺžkach. Na základe vykonanej numerickej simulácie môžeme predpokladať, že umiestnenie Grid-Off systému do lodného kontajnera, spôsobí jeho rezonanciu, pričom pole šíriace sa do okolia bude podstatne väčšie, než by tomu bolo pri Grid-Off systéme umiestnenom na voľnom priestranstve. Ak chceme používať tento systém spoločne s citlivými elektronickými zariadeniami, bude potrebné elektronické zariadenia dostatočne tieniť tak, aby nevznikali vzájomne väzby medzi nimi a Grid-Off systémom. Teda, musíme zabezpečiť minimalizáciu počtu a veľkosti otvorov na tienení a tak tiež minimalizáciu rozmerov štrbín v tienení [3].

## 6. Záver

Článok poukázal na vlastnosti Grid-Off systému a problémy s jeho prevádzkou s pohľadu elektromagnetickej kompatibility. Napriek tomu, že existuje všeobecne prijatý názor, ohľadom tienenia a jeho dobrého vplyvu na zamedzenie šírenia sa elektromagnetickej energie do prostredia, článok ukázal problémy, ktoré sa môžu vyskytnúť, použitím tohto tienenia v prípade Grid-Off systémov, ktoré sú umiestnené v nedokonalom tienení. Pri projektovaní takéhoto systému, musíme už vopred poznať rozmery systému a umiestnenie ďalších elektronických častí aby sme mohli vytvoriť bezproblémovo fungujúci celok (obmedzenie rezonancie tienenia, minimalizácia nedokonalostí tienenia).

## PodĎakovanie

Táto práca vznikla vďaka podpore agentúry ERDF číslo projektu 26220220083.

## Literatúra

1. FEKO User's manual, Verzia 5.1, 2005, 446 s., [15.3. 2011]  
<http://www2.ifh.ee.ethz.ch/~fieldcom/pps-antenna/doc/UserManual.pdf>
2. Raida, Z. et al.: Multimedia Textbook of Electromagnetic Waves and Microwave Techniques, Brno 2001, [4.7. 2011]  
<http://www.feec.vutbr.cz/~raida/multimedia>
3. KOVÁČ, K. - HALLON, J. - BITTERA, M.: Influence of Non-Destructive Shortening of Long Cables upon Repetability of EMC Immunity Tests. In Electromagnetic Compatibility 2008 : 19th International Wroclaw Symposium and Exhibition. Wroclaw, Poland, 11.-13.6.2008. Wroclaw: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wroclawskiej, 2008, s. 338-341. ISBN 978-83-7493-392-6
4. KOVÁČ, K. - BITTERA, M. - HALLON, J. - HARTĀNSKÝ, R.: Prednášky z predmetu Elektromagnetická kompatibilita
5. KOVÁČ, K.: Elektromagnetická kompatibilita: pre konštruktérov elektronických zariadení. Bratislava: STU Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2004
6. Wikipedia [15.8.2012]  
[http://sk.wikipedia.org/wiki/Fotovoltick%C3%BD\\_%C4%8Dl%C3%A1nok](http://sk.wikipedia.org/wiki/Fotovoltick%C3%BD_%C4%8Dl%C3%A1nok)
7. Energia.sk [18.8.2012]  
<http://www.energia.sk/rozhovor/energeticka-efektivnost/ostrovny-system-poskytuje-sebestacnost-vo-vyrobe-elekriny-2/7021>

---

Eduard Kočner, RMC s.r.o. Nová Dubnica, René Hartánský, Ústav elektrotechniky FEI STU, Bratislava

