



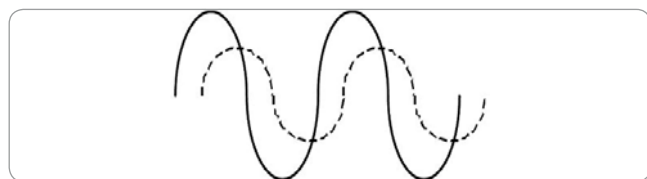
# Maximalizácia zisku energie z existujúcich a alternatívnych elektrární

Či už je naša striedavá rozvodná sieť napájaná z konvenčných zdrojov, ako sú hydroelektrárne, elektrárne spaľujúce petrolej, zemný plyn, uhlie a pod., alebo z nových alternatívnych energetických zdrojov, ako sú Slnko, vietor alebo energie prílivových vln, maximalizácia zisku energie je najdôležitejším kritériom. Svetlo sveta už uzrelo veľké množstvo zelených iniciatív, ktorých cieľom bolo dosiahnutie takéhoto stavu. Väčšina týchto iniciatív obsahovala požiadavky na zabezpečenie účinnejšieho využívania zariadení pripojených do striedavej rozvodnej siete, ako to bolo v minulosti, a využívanie kompenzácie účinníka (PFC – power factor corrector). Kompenzácia účinníka je veľmi dôležitá, najmä keď si predstavíme množstvo počítačov a údajových serverových centier, ktoré sa používajú v súčasnosti a ktoré budú stále vznikať.

Napríklad prepínateľné napájacie zdroje AC/DC v USA bez PFC môžu mať výkon okolo 950 W z typickej 115 VAC zásuvky v stene s 15 A ističom ešte pred tým, ako prekročia normou UL stanovenú hranicu 12 A. Na porovnanie môžeme uviesť, že jednoduchá záťaž, ako je napr. hriankovač, môže mať výkon takmer 1 400 W. Rozdiel medzi týmito dvomi zariadeniami je vyššia hodnota kompenzácie účinníka hriankovača, ktorý pre elektrické vedenie predstavuje odporovú záťaž. Ak upravíme účinník prepínateľného napájacieho zdroja, môže dosiahnuť a účinne využiť toľko energie ako hriankovač, čo mu umožní ponúknuť záťaž pripojenej na jeho výstup viac energie z tej istej 115 VAC/15 A nástennej zásuvky.

## Čo to je kompenzácia účinníka (PFC)?

Z technického hľadiska je účinník podiel medzi činným (skutočným) a zdanlivým výkonom, vyjadrený desiatinným číslom medzi 0 a 1. Účinník závisí od fázového posunu medzi napätovou sínusovkou a prúdovou krivkou a vypočíta sa ako kosínus tohto posunu a priamo tak sa aj zaznačí ( $\cos \phi$ ). Ak je striedavá záťaž sčasti kapacitná alebo induktívna, prúdová krivka je rozfázovaná s napätím (obr. 1).

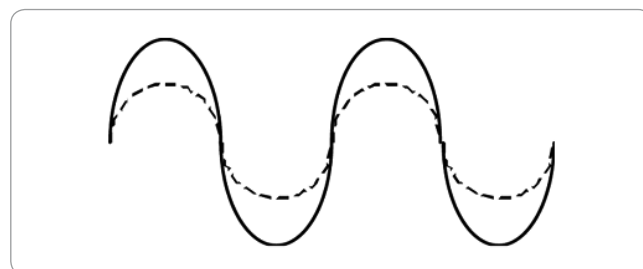


Obr. 1 Napätová a prúdová krivka sú sínusovky, ale rozfázované; účinník < 1.

To vyžaduje vygenerovanie dodatočného striedavého prúdu, ktorý nespotrebuje záťaž, čo však vytvorí na elektrickom vedení výkonové

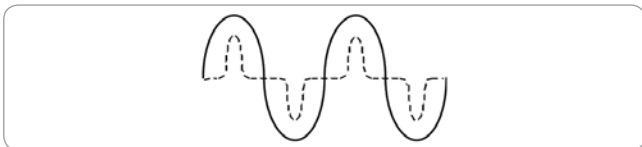
straty. Elektrický motor (používaný napr. v práčkach, umývačkách riadu či klimatizáciách) predstavuje obzvlášť pri rozbehu induktívnu záťaž. Prúdová krivka zaostáva za krivkou napätia, s čím účinník klesá výrazne pod hodnotu 1 (podobne ako na obr. 1). Práve z tohto dôvodu má veľa motorov rozbehové kondenzátory a iné obvody s cieľom pôsobiť proti induktancii (oneskorovaniu medzi napätovou a prúdovou krivkou), čím sa upravuje počas rozbehu motora aj účinník.

Jednoduchá odporová záťaž má najvyššiu hodnotu účinníka 1. Striedavé napätie na odpore vytvára striedavý prúd, ktorý je rovnaký a navyše vo fáze s napätovou krivkou (obr. 2).



Obr. 2 Napätová a prúdová krivka sú sínusovky a sú v jednej fáze; účinník = 1.

Ak sa na prepínateľný napájací zdroj pozrieme ako na striedavú záťaž, tak je viac kapacitná ako induktívna, ale nelineárna. Prepínateľný zdroj dáva prúd v krátkych impulzoch alebo špičkách, ktoré sú sfázované s priebehom napätia (obr. 3). Výsledok súčinu „efektívna hodnota napätia x efektívna hodnota prúdu“ je podstatne vyšší ako spotrebovaný skutočný (efektívny) výkon, a teda účinník je oveľa menší ako 1, zvyčajne okolo 0,65 alebo ešte menej.



Obr. 3 Napätová krivka je sínusovka, prúdová krivka nie je sínusovka, ale je vo fáze; účinník < 1.

## Zlepšenie účinníka

Nízky účinník možno vylepšiť obvody na jeho kompenzáciu (PFC). Tieto obvody sa používajú na „vyhladenie“ pulzujúceho striedavého prúdu prepínateľných napájacích zdrojov, zníženie ich efektívnej hodnoty (RMS), zlepšenie účinníka a zníženie pravdepodobnosti vypnutia prerušovacieho obvodu.

### Existujú dva základné typy PFC:

- aktívne,
- pasívne.

Aktívny PFC je účinnejší, mierne drahší, vo všeobecnosti zabudovaný priamo do prepínateľného napájacieho zdroja a môže dosahovať hodnoty účinníka okolo 0,98 a lepšie. Pasívny PFC je lacnejší, najčastejšie koriguje účinník na hodnotu okolo 0,85.

## Získanie vyššieho výkonu na výstupe

Aby sme dokázali určiť, o koľko viac energie je dostupnej zo striedavého elektrického rozvodu a napájacieho zdroja s PFC, treba pochopiť nasledujúcu rovnicu, ktorá definuje veľkosť výkonu na výstupe ( $P_{out}$ ) z prepínateľného napájacieho zdroja:

$$P_{out} = UZ-RMS \times IZ-RMS \times \text{účinník} \times \text{Eff}$$

kde  $UZ-RMS$  – je efektívna hodnota napätia na záťaži,

$IZ-RMS$  – efektívna hodnota prúdu na záťaži,

$\text{Eff}$  – účinnosť.

Uvedme si konkrétny príklad. Norma UL ohraničuje veľkosť prúdu vo vedení na 80 % hodnoty ističa. Pre klasický 15 A istič je povolených maximálne 12 A, v najlepšom prípade potom možno získať veľkosť energie  $120 \text{ VAC} \times 12 \text{ A} = 1\,440 \text{ W}$ . Podľa rovnice uvedenej vyššie máme dva príklady napájacích zdrojov s rôznymi účinníkmi:

- Prepínateľný napájací zdroj s účinníkom 0,65 a 85 % účinnosťou dokáže dodať výkon na výstupe  $P_{out} = 120 \times 12 \times 0,65 \times 0,85 = 796 \text{ W}$ .
- Avšak ak by sa kompenzáciou dosiahla hodnota účinníka 0,98, ten istý napájací zdroj by dokázal dodať výkon na výstupe  $P_{out} = 120 \times 12 \times 0,98 \times 0,85 = 1\,200 \text{ W}$ , čo je nárast o 51 %.

Z týchto príkladov je zjavné, že vybavením napájacích zdrojov kompenzátorom účinníka možno do spotrebičov dodávať viac energie bez potreby zvyšovať veľkosť striedavého výkonu v rozvodoch a rozsah ističa či získavať viac prúdu z elektrární. Čiže kompenzácia účinníka má výrazný vplyv na životné prostredie, a to vďaka zníženiu škodlivých emisií pochádzajúcich z elektrární.

## Splnenie medzinárodne platných požiadaviek

Nakoľko prepínateľné napájacie zdroje bez kompenzácie účinníka vnášajú do striedavých prúdových rozvodov nelinearitu, generuje sa množstvo nežiaducich harmonických prúdov, ktoré sa vracajú späť do striedavej rozvodnej siete. Tieto spätné harmonické prúdy „znečisťujú“ rozvodnú sieť a majú negatívny vplyv na ostatné zariadenia pripojené na to iste rozvodné vedenie. Nežiaduce harmonické prúdy sa môžu pohybovať v rozsahu frekvencií 100 až do 2 000 Hz a sú v priamom vzťahu s účinníkom prepínateľných napájacích zdrojov.

Jedným z dôležitých dôvodov, prečo mať kompenzátor účinníka v prepínateľnom napájacom zdroji, je splnenie medzinárodne platných požiadaviek, obzvlášť ak chcete predávať svoje výrobky na európskom trhu. Európska únia (EÚ) zaviedla od roku 2001 limity harmonických prúdov, ktoré sa môžu objaviť v prírodných

(napájacích) vodičoch prepínateľného napájacieho zdroja. Tieto nariadenia boli vydané s cieľom maximalizovať možný výkon, ktorý každý deň generujú elektrárne na celom svete. Cieľom bolo získať čo najviac energie z existujúcich elektrární bez zvyšovania negatívneho dosahu na životné prostredie. V súčasnosti je jednou z najdôležitejších norma EN61000-3-2. Tá sa týka napájacích zdrojov so vstupným výkonom 75 W a viac. Norma definuje niekoľko obmedzení harmonických prúdov až do ich 39. zložky, ktoré sa merajú na vstupe prepínateľného napájacieho zdroja. Napájacie zdroje s kompenzáciou účinníka spĺňajúce normu EN61000-3-2 majú vyšší účinník, a to až okolo 0,97.

## Zhrnutie

Ako sme už uviedli, harmonické zložky sa vo vedení vytvárajú vždy vtedy, keď krivka priebehu prúdu nie je čistá sínusovka, čo je aj prípad na vstupe do prepínateľného napájacieho zdroja, a spôsobuje pulzovanie prúdu (obr. 3). Meraním harmonických zložiek napájacieho vedenia možno matematicky popísať celý tvar krivky účinníka a rozdeliť ju na základnú frekvenciu a jej harmonické zložky. Harmonické prúdy neprispievajú k výkonu na záťaži, ale spôsobujú vznik nežiaduceho tepla v zásuvke, vo vodičoch, v ističi a rozvodných transformátoroch, čoho výsledkom je strata energie. Keď sa na trhu začali objavovať prvé osobné počítače, ich napájacie zdroje nemali kompenzátor účinníka. Výsledkom bolo, že ističe, ktoré boli podľa vtedajších znalostí navrhované pre takýto typ záťaže správne, sa z neznámych dôvodov vypínali. Až po prešetrení sa zistilo, že dôvodom bol nízky účinník napájacích zdrojov počítačov.



Obr. 4 Prepínateľné napájacie zdroje spoločnosti TDK Lambda s označením EFE majú výstupný výkon v rozsahu 300 až 400 W. Všetky jednotky disponujú kompenzátorom účinníka s typickou hodnotou účinníka 0,97 (splňa normu EN61000-3-2). Bežná účinnosť je 90 %.

Dnešné zelené iniciatívy dokázali presadiť to, že napájacie zdroje počítačov musia obsahovať kompenzátory účinníka a musia mať vyššiu účinnosť. Výrazne znižujú vyššie harmonické zložky, čoho výsledkom je, že sa pracuje takmer s čistou „základnou“ frekvenciou, ktorá je vo fáze s napätovou krivkou (obr. 2). Medzinárodne platné nariadenia určujú rozsah potlačenia harmonických prúdov. Väčšina AC-DC napájacích zdrojov od výrobcu TDK-Lambda Americas obsahuje aktívne kompenzátory účinníka, spĺňa normu EN61000-3-2 a pracuje s hodnotou účinníka v rozsahu 0,97 – 0,99.

Článok vytvorila spoločnosť Farnell element 14 v spolupráci so spoločnosťou TDK.



Farnell

Bezplatná linka: 0800 001332  
 Info-sk@farnell.com  
 http://sk.farnell.com  
 www.element14.com