Mýtus o diodě a jalový výkon -

Napsal/a: bernard

Datum zveřejnění: : 11. 04. 2011 v 18:57

V nedávno uveřejněném článku Mýtus o diodě a následné diskusi bylo řečeno prakticky všechno, co stálo za zmínku. Ale co takhle teoreticky, nestálo by za to ještě to trochu probrat z této stránky? Teoreticky se toho dá vždy napovídat spoustu, tak já bych zkusil aspoň trošku. A předem upozorňuji, že se prakticky nedozvíte nic nového

Ve zkratce, měli jsme odporovou zátěž 144 Ω připojenou na zdroj harmonického napětí 230 V přes ideální diodu. I zdroj napětí považujme za ideální, bez zaváhání dávající napětí ve tvaru hezké sinusovky s amplitudou 230 * √2, tedy 325 V. Za odebíraný proud ovšem tento zdroj nemůže, je to jen věcí zátěže, o jakou velikost proudu má zájem. Ta naše zátěž byla nelineární, pro kladnou půlperiodu se tvářila jako odpor 144 Ω, odebírajíc půlvlnu proudu s vrcholovou hodnotou 2,25 A. V záporné půlperiodě předstírala rozpojený obvod, bez zájmu o jakýkoliv proud. Okamžitý výkon zdroje je v každém momentu dán součinem momentálních hodnot napětí a proudu. Obrázek to poví srozumitelněji:

Střední hodnota okamžitého výkonu za dobu celé periody je asi 182 W, což pěkně souhlasí s předtím vypočítaným činným výkonem. Po nějakém jalovém výkonu zatím není nejmenší stopy, tak co s tím? Příležitost teď má ta teorie.

Asi před 200 lety prohlásil francouzský matematik a fyzik pan Fourier, že každý periodický a neharmonický průběh je vlastně poskládán ze součtu mnoha harmonických průběhů, jejichž frekvence jsou celočíselným násobkem opakovacího kmitočtu toho neharmonického průběhu. A protože dal i návod, jak na to jít, není problém rozložit ten náš jednocestně usměrněný 50 Hz proud:

$i(t) = 2{,}25 * [0{,}318 + 0{,}5*\sin(2\pi*50*t) - 0{,}212*\cos(2\pi*100*t) - 0{,}042*\cos(2\pi*200*t) - 0{,}018*\cos(2\pi*300*t) - \ldots\ldots - 2/\pi(4k^2-1)*\cos(2\pi*2k*50*t) - \ldots\ldots]$; kde k je pořadí kosinusového členu v řadě.

Podle tohoto Fourierova rozvoje má tedy proud i(t) stejnosměrnou složku 2,25*0,318=0,716 A, a další harmonické složky s frekvencemi a amplitudami:

Frekvence	Proud
0 Hz	0,716 A
50 Hz	1,125 A
100 Hz	0,477 A
200 Hz	0,106 A
300 Hz	0,041 A
400 Hz	0,023 A

Nebude na škodu vykreslit si součet několika prvních složek ve vhodném grafickém programu:

Je zřetelně vidět, že už několik prvních harmonických složek (a ta stejnosměrná úroveň) formují ten pulzující průběh jednocestně usměrněného proudu celkem věrně.

Proud jsme si tedy rozložili, ale napětí o rozklad nestojí. Ono má stále jen jednu svou harmonickou

složku a ta vyjadřuje jeho průběh dokonale. Můžeme se zajímat o výkon, jaký ze zdroje odebírají jednotlivé složky proudu. Ovšem tím, že většina z nich má jinou frekvenci než to napětí, nějaké vzorce typu U*I*cos φ nebo U*I*sin φ jsou tu nepoužitelné, a tak nezbývá nic jiného, než bod po bodu násobit okamžité hodnoty složek napětí a proudu a nanejvýš zjistit střední hodnotu výkonu té které složky proudu za dobu periody 20 ms. Začněme třeba s tou stejnosměrnou složkou:

Tak jsme se přece jen dočkali! Stejnosměrná složka produkuje jalový výkon se střední hodnotou 148 VA. Je to celkem pochopitelné. Přece když v druhé půlperiodě napětí změní polaritu a proud má stále stejné znaménko, musí se změnit znaménko jejich součinu, tedy výkonu. A pokud v první půli stejnosměrná složka výkon ze zdroje odebírala, ve druhé ho vrací nazpět. Velikost dodaného je přitom stejná jako vráceného, což je pro jalový výkon typické.

Na řadě je teď složka proudu se stejnou frekvencí, a dokonce i stejnou fází, jakou má průběh napětí zdroje. Určitě tušíte, jak to dopadne tentokrát:

Je to tak, základní harmonická složka proudu odebírá ze zdroje čistě činný výkon, dokonce přesně v té velikosti, k jaké dospělo původní vlákno k této problematice. Z toho se dá předpovědět, že vyšší harmonické složky už žádný činný výkon nedodají, protože už ho máme přesně dost. Ale prověříme to aspoň na tom kmitočtu 100 Hz:

Je celkem zřejmé, že průběh proudu v první půlperiodě napětí je přesně stejný jako v té druhé, ale znaménko křivky napětí se mění na opačné. A tak obdobně jako u stejnosměrné složky součin průběhu proudu s napětím se bude v obou půlperiodách lišit pouze znaménkem a výkon bude putovat ze zdroje a nazpět do zdroje ve stejných kvantech. Půjde tedy opět o jalový výkon. A stejně tomu bude i u dalších vyšších harmonických, jen počet kopečků na grafu bude větší.

Co tedy říci na závěr, mělo toto povídání vůbec nějaký smysl? Nač tu teoreticky mudrovat o jalových výkonech, které v konečném součtu dají nulu, ne? Jenže ona ta praxe není zas tak ideální, aby nechala ty jalové složky beze zbytku vynulovat. Například distribuční transformátor v cestě od zdroje síťového napětí nepřenese tu stejnosměrnou složku, a tak na straně zdroje bude od našeho zapojení chybět těch 148 VA na vynulování celkového jalového výkonu. Nějaký jalový proud k nám tedy poputuje už z elektrárny, částečně se promění i na ztráty při přenose, ale náš elektroměr je nezaznamená. A toto je důvod na různé vylepšovací obvody PFC, které se už povětšinou nacházejí v nelineárních zátěžích, jakými jsou spínané zdroje třeba v PC. Takové zapojení často i zhorší celkovou účinnost zdroje, ale přetvoří odebíraný proud do průběhu, který náš elektroměr zaznamená. A o tom to je. A také o snížení elektromagnetického smogu, abychom byli i uznanliví.