

Snížení zpětných vlivů na síť v zařízeních s měniči frekvence

Aktivní a pasivní filtry omezují vyšší harmonické

Ing. Viktor Hašpl, Danfoss, s. r. o.

V období omezených rozpočtů, očekávání vysoké návratnosti investic a vzrůstající pozornosti věnované provozním nákladům se stále vynořuje otázka návratnosti investic. Přitom hraje velkou úlohu maximální možné využití stávajících zařízení. Populárním řešením přispívajícím k úspoře spotřeby elektrické energie je použití měničů frekvence.

Měniče frekvence jsou ale ze své podstaty nelineární spotřebiče. Nelineární odběr proudu z elektrické sítě přispívá ke zhoršení kvality napájecí sítě. Důsledkem toho jsou vyšší náklady a nebezpečí častějších výpadků. Tyto problémy lze vyřešit aplikací vhodných filtrů.

Nelineární spotřebiče nepříznivě ovlivňují kvalitu sítě

Všechny nelineární spotřebiče, mezi které patří i měniče frekvence se svými šestipulzními můstkovými usměrňovači, zatěžují napájecí elektrickou síť zkreslujícím jalovým výkonem. V důsledku funkce vstupního usměrňovače zatíženého vyhlazovací kapacitou ve stejnosměrném meziobvodu dochází k tvorbě vstupního proudu s impulzním průběhem, který se v závislosti na konstrukci přístroje více či méně odlišuje od ideálního sinusového průběhu (obr. 1). Podrobnějším prozkoumáním tohoto proudu s nesinusovým průběhem zjistíme, že lze tento průběh proudu rozložit na více proudů sinusového průběhu s různými frekvencemi. Tyto frekvence představují tzv. vyšší harmonické zá-

kladní frekvence nebo zkráceně jen vyšší harmonické, přičemž nejsilněji se projevují 5., 7. a 11. harmonická, což jsou frekvence



250, 350 a 550 Hz u sítě 50 Hz. V současné době jsou předmětem sledování pouze frekvence do hodnoty 2 kHz, v budoucnu se předpokládá hranice 9 kHz. Na obr. 2 je rozklad periodického nesinusového signálu na jednotlivé vyšší harmonické.

Zatížení vyššími harmonickými a jeho důsledky

Příliš velký obsah vyšších harmonických může vést k tomu, že např. citlivé elektronické řídicí jednotky či regulátory nebudou bezchybně fungovat nebo dojde k předčasnému výpadku spotřebiče. Další možné účinky jsou tyto:

- zvýšené zatížení, které může vést až k poškození kompenzačních stanic jalového výkonu;
- nutnost předdimenzovat napájecí obvody, jako jsou transformátory či vedení;
- omezená funkční spolehlivost a životnost napájecích obvodů a připojených spotřebičů.

Zatížení sítě vyššími harmonickými je spojeno se značnými nevýhodami. V čem ale spočívají příčiny ovlivňování sítě?

Přenosová síť, transformátory či také kompenzační stanice v průmyslu musí být kalkulovány a dimenzovány na jmenovitou frekvenci sítě. Provozovatelé ale jenom

zřídka berou v úvahu zatížení sítě vyššími harmonickými při projektování svých zařízení (dochází k zanedbávání zpětného vlivu na síť zařízení s neharmonickým odběrem). Důsledkem je vyšší zatížení jalovým výkonem spojené se zkreslením průběhu síťového napětí, které se projevuje u kabelů a transformátorů; přetížení vyššími harmonickými může způsobit poškození připojených spotřebičů.

Možnosti redukce vyšších harmonických

Protože jedním z nejvýznamnějších zdrojů harmonických v moderních průmyslových instalacích jsou měniče frekvence, je vhodné již při pořizování těchto zařízení myslet na jejich vliv na síť a požadovat instalace měničů vybavené filtračními tlumivkami.

Nejrozšířenějším a nejjednodušším řešením jsou vstupní (AC) tlumivky, které vyhlazují proud odebraný měničem ze sítě, a tím významně redukuje nepříznivé zpětné vlivy na síť. Stejný efekt poskytují i (DC) tlumivky ve stejnosměrném meziobvodu, které navíc mají nezanedbatelné výhody: nevzniká zde úbytek napětí před vyhlazovacím kondenzátorem, a tudíž neredukují úroveň výstupního napětí měniče. Dále mohou tyto tlumivky být daleko menší a účinnější.

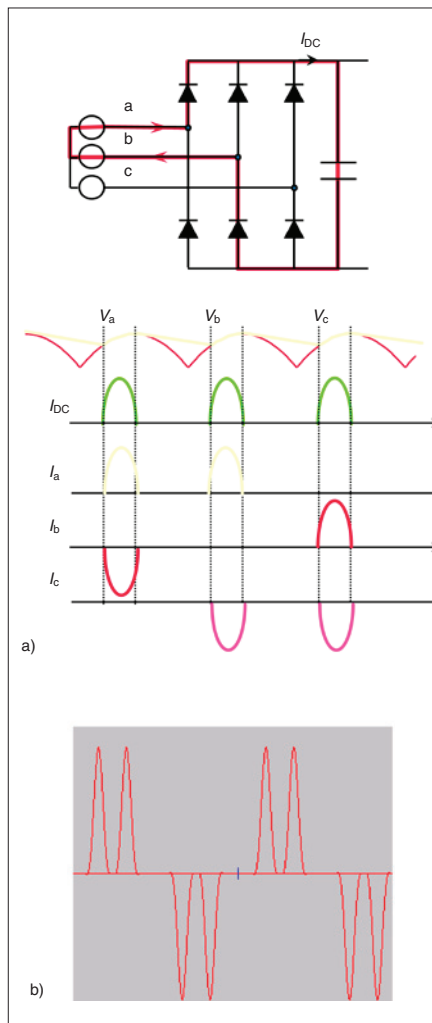


Řeší-li provozovatel komplexní situaci v síti, má k dispozici různé možnosti, jak redukovat zmíněné zpětné vlivy. V zásadě se řešení dělí na opatření s použitím pasivních nebo aktivních prvků/filtrů. Předpokládá se realizace specifického opatření již v projektové fázi zařízení, protože dodatečné vybavení je finančně náročnější.

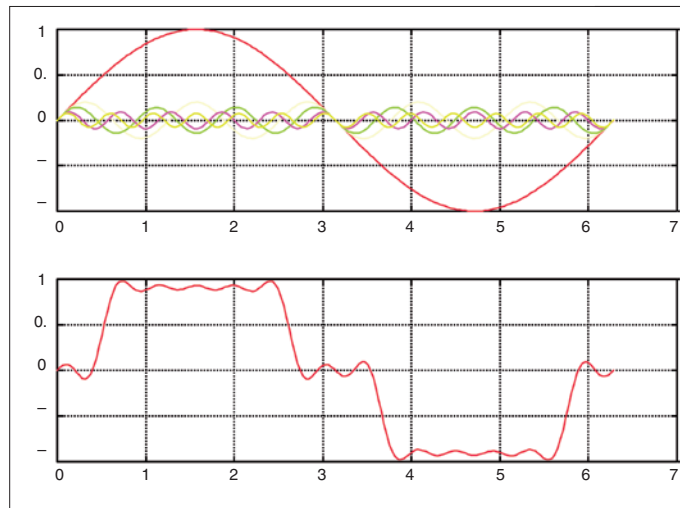
V principu platí, že před realizací příslušného opatření musí uživatel provést analýzu napájecí sítě a získat podrobný přehled o její topologii, prostorovém uspořádání a dělení.

Specificky dimenzované filtrační obvody

Jsou-li v příslušné síti zjištěny konkrétní vyšší harmonické, které je třeba utlumit, použijí se k tomuto účelu specifický filtrační obvod (filtr). Přitom rozhodující roli hraje impedance příslušné sítě. Jde o pasivní rezonační obvody naladěné na konkrétní harmonické, jež jsou dimenzovány na konkrétní velikost nelinearity v síti v daném místě. V praxi to znamená, že každý tlumicí člen se musí při-



Obr. 1. Šestipulzní usměrňovač zatížený vyhlazovací kapacitou
a) harmonický proud (typický vstupní obvod současného měniče frekvence)
b) průběh vstupního proudu jedné fáze



Obr. 2. Jakýkoliv periodický neharmonický signál může být reprezentován součtem sinusových signálů, jejichž perioda je celým násobkem základní síťové frekvence – Fourierova transformace signálu na jednotlivé harmonické složky
 $f(t) = \sum a_n \sin(h\omega t)$ (1)

způsobit zvlášť. Na změny topologie sítě ale reagují filtrační obvody jen omezeně. Uživatel je pak musí vylepšit nebo znovu přizpůsobit. Proto se toto řešení hodí pouze pro případy, kdy lze strukturu sítě jen velmi nepatrně změnit.

Pasivní filtry vyšších harmonických

Jako nejvíce univerzální se jeví pasivní filtry vyšších harmonických. Skládají se ze zapojení LC, které působí při několika vyšších harmonických frekvencích. Podle požadovaného výkonu je třeba filtr konstruovat na plný proud spotřebiče, popř. rozvodného úseku, přičemž celý filtr se může skládat z několika jednotek, takže ho bude možné i později snadno přizpůsobit. Robustní filtry je třeba zapojit do série se zdrojem rušení, který se má utlumit, popř. do série se skupinou rozvodů, která se má utlumit. Díky použití čistě pasivních prvků není nutná parametrizace přístrojů. Provozovatelé tak mohou dosáhnout redukce vyšších harmonických proudů až na hodnotu asi 5% THDi (*Total Harmonic Distortion – current*, celkové harmonické zkreslení proudu) v závislosti na výkonnosti filtru.

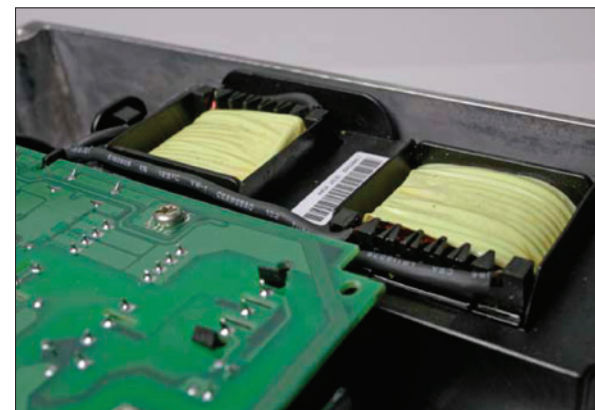
Elektronické filtry

Díky zlepšené polovodičové technologii se ve spojení s moderní mikroprocesorovou technikou nabízejí nová řešení. Jednou z cest je použití aktivních elektronických filtrů.

Na základě permanentního měření kvality sítě probíhá výpočet doplňkových proudů, které se pak prostřednictvím aktivního proudového zdroje přičítají ke stávajícímu proudu. Výsledkem součtu je opět proud sinusového průběhu. Ve srovnání s pasivními systémy je konstrukce této nové generace filtrů poměrně náročná. Je vyžadováno podrobné a rychlé sledování údajů spolu s velkým výpočetním výkonem v regulační části, stejně jako rychle spínající IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*, bipolární tranzistory s izolova-

ným hradlem). Struktura takovýchto filtrů se skládá z obvodu pro snímání měřených veličin, regulační části, zásobníku energie (kondenzátorů) a výkonových polovodičů IGBT. Vazba filtrů k síti se vykonává pomocí vazebních indukčností.

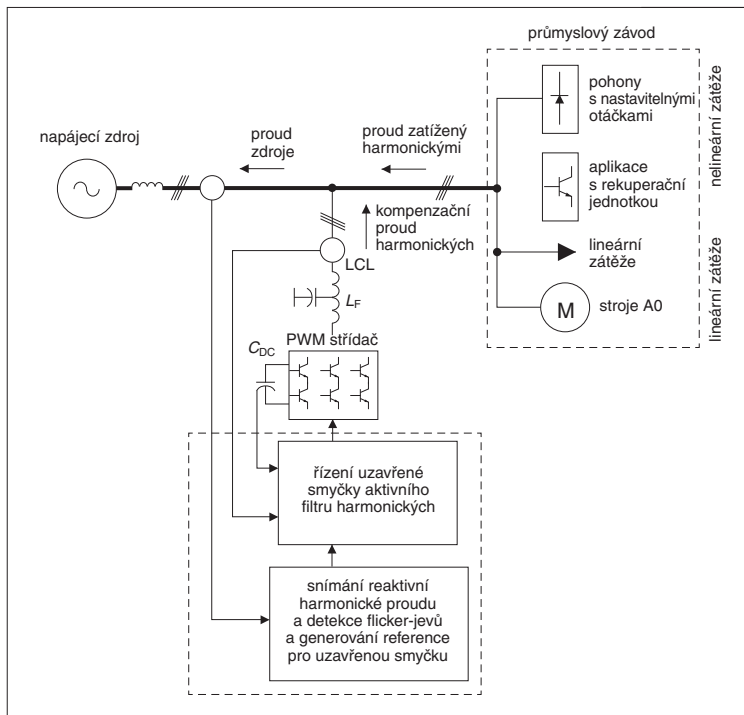
Elektronické filtry se vyznačují daleko většími možnostmi než pasivní obvody. Aktivní filtry mohou napodobit funkci popsaných specifických filtračních obvodů pro konkrétní harmonické v daném místě, aniž by byla jejich funkce závislá na topologii sítě. V praxi je proto možné výběrem vhod-



Obr. 3: Standardní tlumivky v DC meziobvodu měniče frekvence Danfoss VLT Automation Drive pro potlačení vyšších harmonických

ných parametrů filtru cíleně potlačit určité vyšší harmonické frekvence, jiné naproti tomu mohou zůstat v případě potřeby nedotčeny. Tímto způsobem toto řešení umožňuje zachovat normované úrovně vyšších harmonických v zařízení při nepatrném příkonu aktivního filtru. Maximální proud aktivního filtru lze tedy cíleně využít k potlačení harmonických podle zadání provozovatele. Samozřejmostí je i možnost potlačení všech harmonických.

Díky použití vazebních indukčností není třeba tyto filtry zapojovat do série se sítí nebo



Obr. 4. Schéma aktivního harmonického filtru Danfoss VLT AAF

Dosažitelný obsah vyšších harmonických proudů činí asi 5 % THDi. Tím lze dosavadní energetické systémy výrazně lépe využít. Z finančního hlediska je nanejvýš výhodné nainstalovat elektronické filtry vyšších harmonických s cílem snížení zatížení kabelů a transformátorů proudy vyšších harmonických.

Kromě toho je možné elektronické filtry použít nad rámec jejich funkce ke kompenzaci jalového výkonu a vyšších harmonických, které pronikly do zařízení napájecí sítě.

Shrnutí

Každá z popsaných možností má svůj vlastní specifický účel použití a v souladu s okrajovými podmínkami představuje účinnou ochranu před zvýšeným výskytem vyšších harmonických v napájecí síti. Tyto pasivní technické prostředky se osvědčily jako robustní, ale nelze je vždy aplikovat bez vynaložení větších nákladů. Právě v těchto případech je výhodné použít elektronické aktivní filtry. Ve smyslu efektivního využití existujících zařízení a vzhledem ke stále narůstajícímu množství nelineárních spotřebičů a s tím spojeným zatížením napájecí sítě je třeba akceptovat zde uvedená řešení.



se spotřebiči, které je třeba utlumit. Stačí pouze připojit filtr k napájecímu napětí nebo rozvodu paralelně. Příslušné přístroje jsou kompaktního provedení a lze je umístit tam, kde

je k dispozici vhodné místo. Ztrátový výkon způsobený menším zatížením při obdobně vysoké účinnosti je ve srovnání s pasivními filtry významně potlačen.

FOR

ELECTRON®

VELETRH ELEKTROTECHNIKY, ELEKTRONIKY A ENERGETIKY

www.electroncz.cz

12.–15. 4. 2011
PRAŽSKÝ VELETRŽNÍ AREÁL LETŇANY

