

# Zpětné působení sítě

## Aktivní a pasivní filtry omezují harmonické

z německého originálu časopisu *de*, 19/2008,

vydavatelství Hüthig & Pflaum Verlag GmbH München, upravil Ing. Josef Košťál, redakce Elektro

Nelineární elektrické spotřebiče ovlivňují kvalitu sítě. K těmto spotřebičům patří také měniče frekvence se svými střídači. Ty na jedné straně optimalizují provozní chování třífázových motorů, na straně druhé vedou ke zpětnému působení na napájecí síť – nebyla-li učiněna příslušná preventivní opatření. Použitím filtrační techniky lze docílit přijatelného provozního chování.

Do popředí se stále více dostává otázka nutnosti vyhnout se zbytečným investicím, zvláště v období omezených rozpočtů, očekávání vyšších výnosů a rostoucího zájmu o snižování výrobních nákladů. Maximálně možné využití napájecích zařízení hraje přitom velmi důležitou roli.

Všechny nelineární spotřebiče, mezi které patří také měnič frekvence se svými usměrňovacími můstky (B6), zatěžují napájecí síť zkráceným jalovým výkonem. V závislosti na vstupním usměrňovači a vyhlazení stejnosměrného napětí vzniká pulzní vstupní proud, který se podle konstrukce přístroje odchyluje více či méně od sinusového tvaru.

Při podrobnějším zkoumání průběhu nejen základní vlny s využitím měřicí techniky, lze zjistit, že tvar průběhu proudu je možné rozložit Fourierovou transformací do řady sinusových proudů různé frekvence. Tyto proudové řady tvoří harmonické složky, tzv. harmonické, přičemž nejsilnější účinek na síť mají 3., 5. a 7. harmonická, tj. frekvence 150, 250 a 350 Hz (obr. 2).

**Nelineární elektrické spotřebiče zhoršují stále více kvalitu sítě. Důsledkem jsou zvýšené náklady a výpadky. Řešení může poskytnout použití vhodných filtrů.**

### Důsledky harmonických

Přenosová síť, transformátory a kompenzační zařízení nejsou dimenzovány na harmonické, ale na základní – jmenovitou frekvenci 50 Hz. Důsledky působení harmonických frekvencí jsou především vyšší náklady na elektrickou energii, další výlohy za větší jalovou zátěž, zvýšené investiční náklady na předimenzování systému a v neposlední řadě i výpadky přístrojů.

### Zvýšené zatížení ohrožuje kompenzační zařízení jalového proudu

U netlumených kompenzačních zařízení jalového proudu existuje riziko vytvoření kmitavých obvodů složených z kondenzáto-

rů a cívek s rezonančními frekvencemi v oblasti harmonických, což představuje dodatečné zatížení, se kterým je třeba počítat. Proto je tlumení kompenzačních zařízení jalového proudu běžnou praxí, i když jeho realizace představuje vícenásobky. Odměnou za to je však podstatně delší životnost těchto zaří-



Obr. 1. V ideálním případě má síťové napětí dodávané rozvodnými závody lineární sinusový průběh s konstantní amplitudou a frekvencí – v praxi se však v současné době ideální případ ve veřejné síti nevyskytuje

zení a vylepšení síťových poměrů, neboť se zde s ohledem na harmonické projevuje určitý „odsávací“ efekt.

### Nutnost předimenzování

Dalším negativním jevem je větší tepelné zatěžování transformátorů. Důvodem jsou větší hysterézní ztráty, jakož i celkově větší odběr proudu při dané zátěži, který je způsoben harmonickými. Aby nebyl transformátor přetěžován, měl by být předimenzován, čímž se však zvýší investiční náklady. Nemělo-li toto řešení možné např. u dosud provozovaného zařízení, je třeba snížit maximální zatížení pod dříve vypočtenou projektovanou hodnotu. Toto se týká také položených kabelů a vedení. I zde platí, že větší průřez nebo paralelní instalace více kabelů (zvláště větších délek) odpovídá podstatně vyšší finanční náročnosti.

Nelineární, jednofázové spotřebiče, jako jsou např. počítače, nabíječky, monitory, úsporné zářivky nebo fázová řízení, vytváří 3. harmonickou, která se na středním vodiči neanuluje, ale naopak je sčítána jednotlivými fázemi, a vyvolává tak proudy, které vedou k přetěžování středního vodiče. Řešením je zde zvětšení průřezu středního (nulového) vodiče kabelu.

### Omezená funkční bezpečnost a životnost

Zkrácené napájecí napětí může při překročení přípustných mezních hodnot stanovených normami omezovat funkce citlivých spotřebičů nebo také v horším případě jejich fungování zcela znemožnit. K těmto spotřebičům patří např. systémy pro řízení procesu, řídicí komponenty nebo měřicí zařízení, která potřebují pro správné fungování napětové napájení odpovídající jednoznačně předepsaným implicitním hodnotám kvality síťového napětí. I když má napájecí zařízení odpovídající parametry a/nebo kvalita sítě se pohybuje v rozsahu, ve kterém je stále ještě možný řádný provoz, může docházet k předčasným výpadkům. Hlavními důvody jsou rychlejší stárnutí součástí, částečné přetěžování komponent a působení většího ztrátového tepla.

### Možnosti omezení vyšších harmonických

Pro snížení zpětného působení sítě má provozovatel zařízení k dispozici různé možnosti, které lze rozdělit na pasivní a aktivní opatření. Částečně je třeba v tomto smyslu navrhnout již při projektování zařízení nějaké specifické opatření, neboť pozdější modernizace může již tak nákladné opatření na zlepšení stavu dodatečně ještě více prodražit. V principu se postupuje tak, že uživatel před volbou konkrétního opatření provede nejprve analýzu sítě a pečlivě vypracuje přesný přehled o topologie sítě, o prostorových poměrech, jakož i o možnostech hlavního, popř. podružného rozvodu.

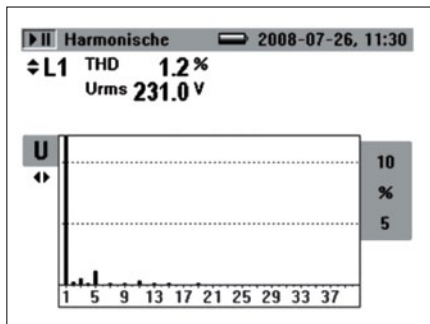
### Specificky působící odsávací obvody

Jsou-li v příslušné síti zjištěny vyšší harmonické frekvence, které je třeba omezit, navrhnou se pro ně filtrační obvody. Důležitou roli přitom hraje impedance dané sítě. Odsávací obvody jsou sériové kmitavé obvody, které musí ladit s okolními podmínkami. V praxi to znamená, že je třeba cíleně přizpůsobit každý tlumicí člen. Filtrační obvody tudíž reagují pouze omezeně na změny topologie sítě. Uživatel musí pak celou soustavu doladovat a nově uzpůsobovat. Proto je toto řešení vhodné pro případy, u kterých se nepředpokládají žádné, nebo jen nepatrné změny síťových struktur.

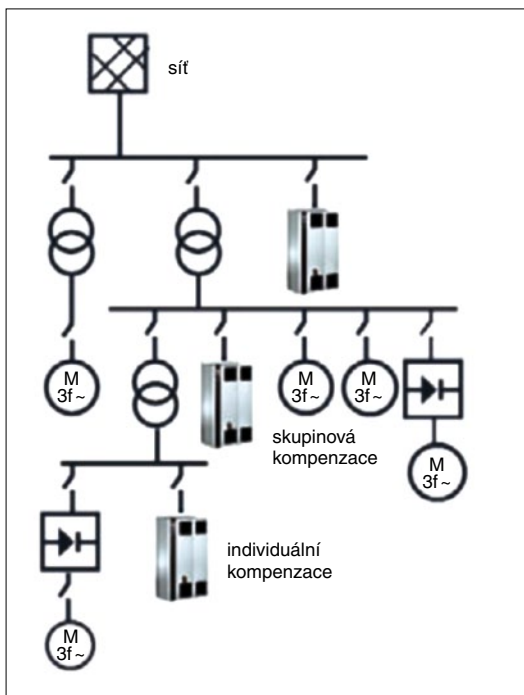
### Pasivní filtr vyšších harmonických

Pro univerzální použití se zdají být nejvhodnější pasivní filtry vyšších harmonic-

kých. Jsou složeny z obvodu L-C, který může působit na více harmonických frekvencí. Podle požadovaného výkonu je třeba dimenzovat filtr na plný zatěžovací proud spotřebiče, popř. příslušného úseku rozvodu, přičemž může být výkon filtru rozdělen do více modulů pro poz-



Obr. 2. Ani síťové napětí s frekvencí 50 Hz nemá vždy dokonalé sinusový průběh; při nelineární zátěži se zde mohou vyskytovat harmonické frekvence (v tomto případě hlavně 3. a 5. a další liché harmonické vyššího řádu)



Obr. 3. Aktivní filtry lze umístit v síti na libovolném místě podle toho, zda mají kompenzovány jednotlivé pohony, celé skupiny nebo dokonce síť

dější snadnější přizpůsobení. Robustní filtry se instalují v sérii s rušícím zařízením, resp. tlumenou skupinou rozvodu. Při značném zhoršení kvality napětí síť nebo zvýšení stupně zkraslení zatěžovacího proudu mohou být pasivní filtry harmonických frekvencí přetěžovány. Při definování hardwaru filtru jako čistě pasivní prvky v zařízení není nutná parametrizace přístrojů. Provozovatelé tak mohou podle výkonnosti filtrů docílit snížení harmonických proudů až na hodnoty okolo 5 % THDi (*Total Harmonic Distortion – current*, celkové harmonické zkraslení proudu).

## Elektronické filtry

Další možnosti poskytují v současné době ještě více vylepšené a pro větší výkonový rozsah uzpůsobitelné polovodiče ve spojení s moderní mikroprocesorovou technikou. Novou cestu představuje použití aktivních elektronických filtračních systémů.

Základní myšlenka vychází z výpočtu a cíleného napájení komplementárních (doplňkových) proudů použitím aktivního proudového zdroje a stálým měřením kvality sítě, jež v součtu opět dávají sinusový tvar proudu. Konstrukce této nové generace filtrů je v porovnání s pasivními systémy náročná. Je třeba mít k dispozici velmi rychlé a diferencované získávání údajů, stejně jako značný výkon počítače v regulační části zařízení či rychle spínaný výkonový prvek IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*, bipolární tranzistor s izolovaným hradlem). Architektura takového filtru sestává ze získávání měřených veličin, regulační části, akumulátoru energie (kondenzátory) a výkonového polovodiče IGBT. Připojení filtru k síti je realizováno přes vazební indukčnost (obr. 2).

Elektronický filtr (obr. 4) poskytuje, v závislosti na integrované mikroprocesorové technice a schopnosti aktivního ovlivňování, mnohem více možností než pasivní řešení. Umožňuje také kopírovat funkce zmíněných odsávacích obvodů, a to bez ohledu na změny v topologii sítě. V praxi to znamená, že lze výběrem v parametrizaci filtru zcela cíleně tlumit určité harmonické, zatímco jiné podle konkrétní potřeby ignorovat. Toto umožňuje docílit normovaných hodnot úrovně harmonických frekvencí zařízení s malým výkonem aktivního filtru. Maximální disponibilní proud aktivního filtru lze cíleně použít ke tlumení podle hodnot zadaných provozovatelem. Existuje samozřejmě také možnost nechat tento filtr pracovat univerzálně. Důsledkem bude tlumení harmonických až do úplného využití celkového proudu filtru. Disponibilní výkon filtru nelze pak již uzpůsobit na plný výkon spotřebiče.

Použitím vazební indukčnosti nemusí být tento filtr zapojován pouze do série s filtrovanou sítí nebo spotřebičem. Spíše postačí přístup k příslušnému napájení, popř. rozvodu. Z principu konstrukce jsou tyto přístroje kompaktní a filtry lze umístit tam, kde je k tomu dostatek místa. Ztrátový výkon, např. v porovnání s pasivními filtry harmonických, je do značné míry snížen malým konstrukčním výkonem a vysokou účinností.

Dosažitelný obsah harmonických frekvencí je asi 5 % THDi. Díky tomu je možné mnohem lépe využít daný energetický systém. Může být významně finančně výhodně

instalovat elektronické filtry harmonických frekvencí, neboť se tím sníží zatížení kabelů a transformátorů harmonickými frekvencemi. Tímto způsobem lze docílit většího využití konstrukčního výkonu. Kromě toho může elektronický filtr podporovat v rámci rozsahu své působnosti kompenzaci jalového výkonu a možná je i kompenzace zavlečených harmonických napájecí sítí.

## Shrnutí

Každá ze zmíněných možností má své specifické oblasti použití a představuje podle okrajových podmínek účinnou ochranu před nadměrným znečištěním napájecí sítě



Obr. 4. Pro zjednodušení lze uvažovat, že asi 35 % tlumeného zatěžovací proudu je třeba pro výkon aktivního filtru – tím jsou přístroje velmi kompaktní a ztrátový výkon je ve srovnání s pasivními filtry harmonických frekvencí při srovnatelných účinnostech značně redukován

harmonickými frekvencemi. Tyto techniky jsou osvědčené a robustní, i když je nelze vždy instalovat bez větších dodatečných nákladů. Ještě to asi bude nějakou dobu trvat, než se aktivní elektronické filtry stanou standardem, protože je třeba vždy nejprve zvážit výhody a nevýhody jednotlivých řešení. K bezpečnému a technicky správnému zacházení patří také školení pracovníků, projektantů a technického personálu. Ve smyslu účinnějšího využívání dosavadních zařízení i stále více používaných nelineárních spotřebičů a z tohoto plynoucího zatěžování síťového napětí je toto řešení přijímáno ve stále větším měřítku.

☒