

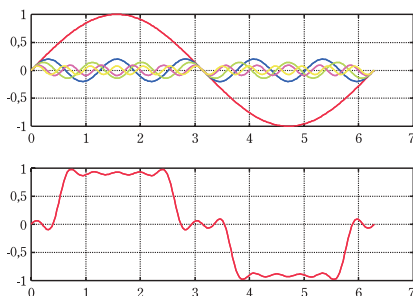
# Filtre vyšších harmonických Danfoss AHF 005 a AHF 010

Viktor Hašpl

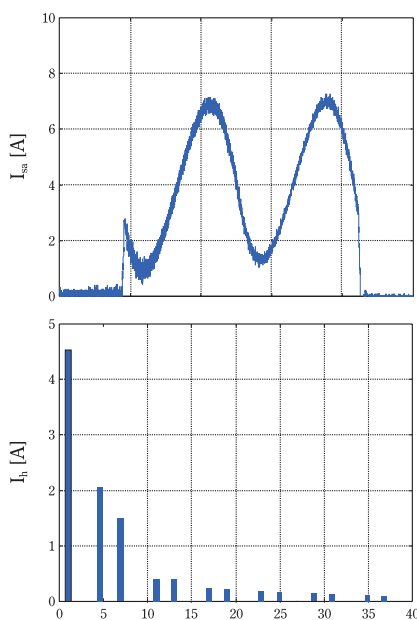
## Všeobecná informácia o „harmonických“

Termín „harmonické“ je často používaný v súvislosti s reguláciou otáčok. Ale čo sú vlastne harmonické? Akýkoľvek periodický signál si môžete predstaviť ako súčet sínusových funkcií s frekvenciami rovnajúcimi sa celočíselnému násobku základnej frekvencie, ako je to zobrazené na obr. 1, kde súčet signálu so základnou frekvenciou a signálmi s frekvenciami 5, 7, 11 a 13-násobne vyššími než základná frekvencia dáva vo výsledku takmer obdĺžnikový priebeh signálu. Signál s frekvenciou 5-krát vyššou ako základná frekvencia sa nazýva 5. harmonická.

Podobne aj pri nesínusovom prúde, akým je aj vstupný prúd frekvenčného meniča, sa harmonická analýza vzťahuje na rozloženie prúdu do základného prúdu (50 Hz alebo 60 Hz) a na prúdy s frekvenciami rovnajúcimi sa celočíselným násobkom základnej frekvencie. Toto rozloženie sa na-



Obr. 1



Obr. 2

zýva aj Fourierova analýza. Príkladom takejto Fourierovej analýzy je graf na obr. 2, kde prúd VFD (zobrazená len polovica periódy) je rozložený na harmonické prúdy.

## Účinky harmonických

Pri aplikáciách pohonov s frekvenčnými meničmi sú predmetom záujmu tak vyššie harmonické prúdy, ako aj vyššie harmonické napätia. Prúdové a napätové harmonické majú rôzne účinky na systém napájania, a preto keď hovoríme o účinkoch „harmonických“, dôležité je rozlišovať ich.

Prúdové harmonické skreslenie je spôsobené usmerňovačom vo frekvenčnom meniči, zvyčajne ide o 6-pulzový diódový usmerňovač. Prúdové harmonické skreslenie môže byť opísané aj ako prúdy pridané k pôvodnému prúdu, spôsobené nelineárnym členom. Dôsledkom harmonického prúdového skreslenia sa zvyšuje skutočná efektívna hodnota prúdu (RMS) a ak skreslenie nie je odstránené, môže dôjsť k prehriatiu súčiastok, a to buď inštalovaného transformátora alebo káblov. Veľkosť harmonického prúdového skreslenia je často uvádzaná v percentách zo základného prúdu, čo je známe pod názvom celkové harmonické prúdové skreslenie (THID).

$$THID = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1}$$

Vyššie harmonické prúdy zvyčajne prúdia z harmonického prúdového generátora (napr. diódového usmerňovača) do siete. Pokles napätia, ktorý je spôsobený vyššími harmonickými prúdu na vnútornej impedancii zdroja, potom spôsobí harmonické napätové skreslenie siete. To znamená, že harmonické napätové skreslenie je produktom harmonického prúdového skreslenia a impedancii zdroja, pričom zdroj s najväčšou impedanciou vyvoláva najväčšie napätové skreslenie.

Harmonické napätové skreslenie môže rušiť iné elektronické zariadenie spojené s tým istým napájaním, prípadne zapríčiniť poškodenie tohto zariadenia. Veľkosť harmonického napätového skreslenia je uvádzaná v percentách zo základného napätia, známeho pod názvom celkové harmonické napätové skreslenie (THVD).

$$THVD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} U_h^2}}{U_1}$$

## Metódy odstránenia harmonického skreslenia

Existuje niekoľko rôznych metód na odstránenie harmonického skreslenia pre regulované pohony, aby sa predišlo prípadným problémom alebo aby sa dodržali platné štandardy a odporúčania, ako je napr. norma IEEE 519-1992 alebo budúca norma EN 61000-3-12. Medzi najznámejšie riešenia patria:

- tlmivka na vstupe usmerňovača,
- vstavaná tlmivka na výstupe usmerňovača,
- viacpulzové usmerňovače (12- a 18-pulzové),
- aktívny filter,
- pasívny filter.

Najpoužívanejšou a najľahšou metódou odstránenia harmonického skreslenia je použitie tlmiviek na vstupe usmerňovača pred frekvenčným meničom. V porovnaní s meničom bez tlmiviek sa použitím vstupnej tlmivky dosiahne výrazné zníženie harmonického skreslenia. Podobné účinky ako pri použití vstupnej tlmivky sa dajú dosiahnuť aj pomocou tlmiviek vstavaných na výstupe usmerňovača. Aj keď výstupné tlmivky sú v porovnaní s tlmivkami na vstupe menšie, majú vyššiu účinnosť a nevykazujú žiadny úbytok napätia na vstupe usmerňovača.

12- a 18-pulzové usmerňovače boli dlhý čas používané ako štandardné riešenie na zníženie harmonického skreslenia vo frekvenčných meničoch. 5. a 7. harmonická napätia (pri 18-pulzovej, ako aj 11. a 13. harmonická) je rušená pomocou transformátorov s fázovým posunom a s použitím dvoch (alebo troch) 6-pulzových diódových usmerňovačov. Výraznou nevýhodou viacpulzovej metódy odstraňovania harmonického skreslenia je vznik neideálneho napájacieho napätia. Aj keď vždy existuje určitá nerovnováha napätia alebo určité skreslenie harmonického pozadia, v skutočnosti sa zriedkavo podarí úplne odstrániť 5. a 7. (11. a 13.) harmonickú.

Aktívny filter predstavuje novú metódu s potenciálom na obmedzenie harmonického skreslenia takmer na nulu. Aby sa aktívny filter stal v blízkej budúcnosti úspešnou metódou odstránenia harmonického skreslenia, je nutné vyriešiť niekoľko závažných problémov. Napríklad aktívny filter pripína vysoké napätie priamo na napájanie, čoho výsledkom je vznik vysokofrekvenčného šumu (2 – 150 kHz). V sú-

časnosti nie sú žiadne normy, ktoré by upravovali úroveň vysokofrekvenčného šumu emitovaného do siete. Preto hlavnou úlohou do budúcnosti bude určiť náležitú úroveň vysokofrekvenčného šumu, aby sa zabezpečilo, že nebude dochádzať k poškodeniu iného zariadenia.

### Riešenie Danfoss

Danfoss ponúka tri úrovne metód na odstránenie harmonického skreslenia.

Štandardne všetky frekvenčné meniče Danfoss sú vybavené vstavanými tlmivkami na výstupe usmerňovača, pričom znižujú harmonické skreslenie. Tlmivky vstavané na výstupe usmerňovača zaisťujú nielen splnenie harmonických limitov, ale aj dlhú životnosť kondenzátora v jednosmernom medziobvode.

Doplňkovo Danfoss ponúka aj **harmonické filtre Danfoss AHF 010 a AHF 005**, pričom AHF 010 znižuje vyššie harmonické prúdy na menej než 10 % a AHF 005 znižuje vyššie harmonické prúdy na menej ako 5 %. Danfoss AHF 005 a AHF 010 sú pokročilejšie harmonické filtre, ktoré sa nedajú porovnávať s tradičnými harmonickými filtermi. Harmonické filtre spoločnosti Danfoss boli špeciálne navrhnuté pre frekvenčné meniče Danfoss.

### Technické údaje

- Napätie v sieti: 380...415 V AC (50 Hz) alebo 440...480 V AC (60 Hz).
- Prúd filtra: 10...325 A (pri výkonnejších meničoch môžu byť zapojené paralelne).

### Charakteristiky filtrov AHF 010 a AHF 005

- malé a kompaktné pre umiestnenie do rozvádzača,
- ľahko prispôsobiteľné pre už existujúce aplikácie,
- AHF 010 znižuje celkové harmonické napäťové skreslenie na 10 %,
- AHF 005 znižuje celkové harmonické napäťové skreslenie na 5 %,
- jeden filter môže byť použitý pre niekoľko frekvenčných meničov,
- vysoká účinnosť (> 0,98),
- jednoduché nastavenie podľa požiadavky používateľa – nie sú potrebné žiadne úpravy,
- nevyžaduje pravidelnú údržbu.

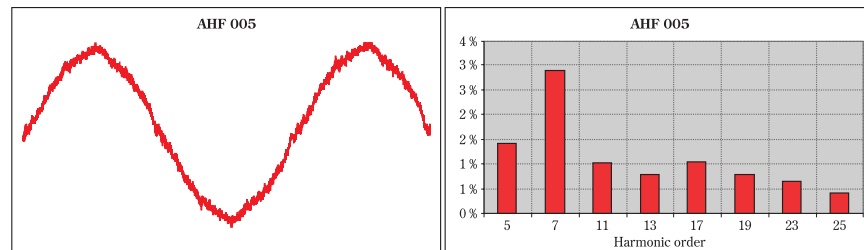
Pri porovnaní s inými známymi riešeniami harmonické filtre Danfoss ponúkajú vynikajúce potlačenie harmonického skreslenia.

### Napájanie pri nie ideálnom napájacom napätí

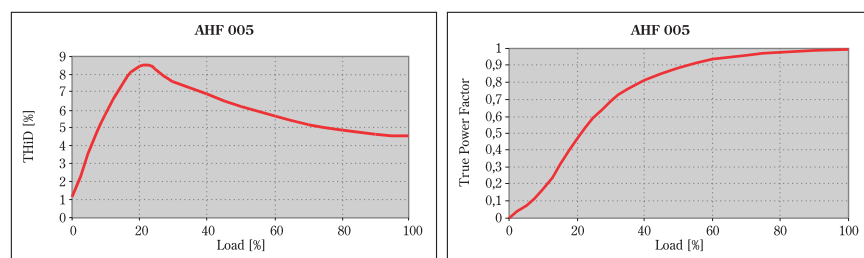
Je známe, že ideálne trojfázové napájacie napätie takmer neexistuje, ale harmonické filtre Danfoss AHF 005 a AHF 010 sú vyvinuté spôsobom, aby zabezpečovali hodno-

	THID
základný trojfázový 6-pulzový usmerňovač	60 – 80 %
trojfázový usmerňovač so vstupnou tlmivkou	35 – 45 %
frekvenčný menič Danfoss so vstavanými tlmivkami na výstupe usmerňovača	< 40 %
12-pulzový usmerňovač	10 – 15 %
frekvenčný menič Danfoss s harmonickým filtrom AHF 010	< 10 %
18-pulzový usmerňovač	4 – 7 %
aktívne filtre	3 – 8 %
frekvenčný menič Danfoss s harmonickým filtrom AHF 005	< 5 %

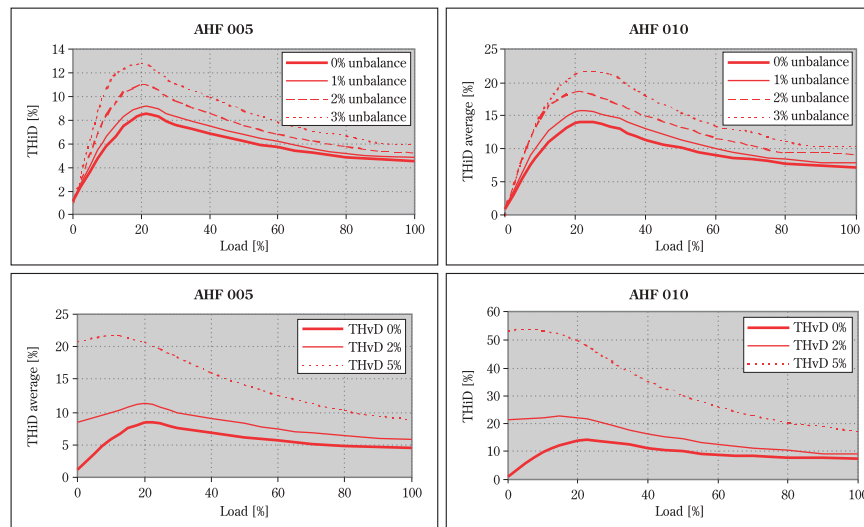
Tab.1



Obr.3 Spektrálna závislosť prúdu a skreslenia pri plnej záťaži



Obr.4 Celkové harmonické prúdové skreslenie (THID) v závislosti od zaťaženia



Obr.5

ty blízke alebo lepšie ako 10 % THID, resp. 5 % THID aj vtedy, ak predtým existujúce celkové harmonické napäťové skreslenie napájacieho napätia bolo 2 % alebo ak napäťová nesymetria tvorí 2 %.

Ako ukazujú grafy na obr. 5, dokonca pri silnej nerovnováhe 3 % alebo silnom skreslení pozadia 5 %, je možné získať výrazné zníženie emitovaného vyššieho harmonického prúdu.

Všimnite si, že akýkoľvek iný harmonický filter, 12-pulzový alebo 18-pulzový usmerňovač je ovplyvnený nie ideálnym napájacím napätím podobne ako nesymetria napätia alebo skreslenie napäťového pozadia. Vyššie uvedené spôsoby realizácie pri ne-

ideálnom napájacom napätí by nemali byť chápané ako limitujúci faktor, ale skôr ako demonštrácia našej vysokej technickej úrovne pri diskusií o dôležitých témach ako sú harmonické skreslenia.



Danfoss, s. r. o.

Ing. Viktor Hašpl  
Továrenská 49  
953 36 Zlaté Moravce  
Tel.: 037/640 62 86  
Fax: 037/640 62 90  
e-mail: danfoss.sk@danfoss.com  
http://www.danfoss.sk