

ENGINEERING
TOMORROW

Danfoss

Příručka projektanta Chemický průmysl

Odborná příprava a projektování elektrických pohonů

690 V

Danfoss VLT poskytuje komplexní řadu bezpečnostních funkcí a optimalizací pro všechny aplikace v chemickém průmyslu až do 690 V.

www.danfoss.cz/vlt

VLT[®]
THE REAL DRIVE

Obsah

Pomoc při plánování a projektování	5	Výhody a nevýhody řešení	19
Snižování nákladů a zvyšování komfortu	6	<i>Active Front End</i>	
Jsou identické úrovně účinnosti skutečně identické?	7	<i>a Low Harmonic Drive</i>	19
Pečlivé zkoumání šetří peníze.	7	<i>Výhody AFE / LHD</i>	19
Filtry z hlediska hodnocení účinnosti a efektivity	8	<i>Nevýhody AFE / LHD</i>	19
Regulace otáček: vysoký potenciál úspor – rychlá implementace	9	Rušení rozhlasového a televizního vysílání	21
<i>Úspora energie</i>	9	Radio frequency interference.	21
<i>Nastavení $\cos \varphi$</i>	9	<i>Normy a směrnice definující mezní hodnoty</i>	21
<i>Optimalizace provozu</i>	9	1. a 2. okolní prostředí	22
<i>Automatická optimalizace spotřeby</i>	9	Rozhodující je místo provozu	22
<i>Méně startů</i>	9	Opatření k ochraně sítě	23
Úspory nákladů během celého životního cyklu	10	<i>Kompenzace jalového proudu</i>	23
<i>Jednoduché ovládání systému</i>	10	<i>Přechodové jevy v síti</i>	23
Realizace potencionálních úspor v praxi	11	Praxe - Provoz z transformátoru nebo nouzového generátoru proudu	24
Sítové napájení	12	Maximální zatížení transformátorů	24
Stanovení charakteru dané sítě	12	<i>Zatížení transformátoru</i>	24
<i>Sítě TN</i>	12	<i>Kvalita napětí</i>	24
<i>TN-S</i>	12	Provoz s nouzovým generátorem	24
<i>TN-C</i>	12	Podmínky okolního a živomotního prostředí	25
<i>Sítě TT</i>	12	Správné místo pro instalaci	25
<i>Sítě IT</i>	12	Ochranné třídy IP	26
Elektromagnetická kompatibilita (EMV)	13	Rozdělení ochranných tříd IP podle IEC 60529	26
<i>Odpovědnost nese provozovatel</i>	13	Chytrá koncepce chlazení	27
<i>Dvě možnosti snížení rušení</i>	13	<i>Udržení konstantní okolní teploty</i>	27
Elektromagnetická kompatibilita (EMC)	14	<i>Chlazení</i>	27
<i>Rozlišení poruch spojených s kabeláží od vlivů vyzářování</i>	14	<i>Vlhkost vzduchu</i>	27
Praxe - kvalita sítě	15	Zvláštní požadavky	28
Nízkofrekvenční zpětné působení na síť	15	Agresivní ovzduší nebo plyny	28
<i>Napájecí sítě v ohrožení</i>	15	<i>Nepříznivý vliv prašnosti</i>	29
<i>Zákonná nařízení zajišťují kvalitu</i>	15	Prostředí s nebezpečím výbuchu	30
<i>Jak vznikají zpětné účinky na síť</i>	15	Prostředí s nebezpečím výbuchu	30
Snižování zpětných účinků sítě	16	Bezpečnostní funkce měničů	32
Důsledky zpětných účinků na síť	16	Vhodný motor pro provoz s měničem kmitočtu	34
<i>Nebezpečí podpětí</i>	16	Kritéria výběru	34
<i>Zvýšené ztráty</i>	16	<i>Nároky na izolaci</i>	34
<i>Existuje měnič kmitočtu, který je nezávislý na zpětném účinku sítě?</i>	16	Výstupní filtry	35
Výpočet zpětných účinků sítě	16	Sinusové nebo dU/dt filtry.	35
Praxe - snižování zpětných účinků sítě	17	<i>Funkce a úkoly sinusových filtrů</i>	35
Možnosti snižování zpětných účinků sítě	17	dU/dt filtry	36
<i>Tlumivky na vstupu nebo ve stejnosměrném obvodu</i>	17	dU/dt filtry – jednodušší a efektivní.	36
<i>Pulzní usměrňovače s vyšším počtem pulzů (12, 18 a 24)</i>	17	Motory a kabeláž	37
<i>Pasivní filtry</i>	17	Minimální třídy účinnosti motorů.	37
<i>Výhody pasivních filtrů</i>	17	<i>Závazné minimální účinnosti</i>	37
<i>Nevýhody pasivních filtrů</i>	17	<i>Dotčené střídavé motory</i>	37
Snižování zpětných účinků sítě	18	<i>Alternativy k požadovaným IE3 motorům</i>	37
<i>Nevýhody aktivních filtrů</i>	18	<i>Kompatibilita motorů</i>	37
		<i>Motorové převodovky</i>	37
		Klasifikace motorů IE	38
		<i>Výhoda motorů s permanentním magnetem – vyšší energetická účinnost</i>	38

Motorový kabel	39	Obsluha a nastavení parametrů	
<i>Třída jmenovitého napětí</i>	39	prostřednictvím PC	53
<i>Dimenzování kabelů</i>	39	<i>Rozšířené možnosti</i>	53
<i>Délka motorového kabelu</i>	39	Výměna dat	54
<i>Úspora elektrické energie</i>	39	<i>Sběrníkové systémy</i>	54
<i>Kabel s vhodným stíněním</i>	39	<i>Lepší řízení alarmu</i>	54
Uzemnění	40	Praxe - přidaná hodnota měničů kmitočtu	55
<i>Význam uzemnění</i>	40	<i>Procesní regulátor</i>	55
<i>Materiály s dobrou elektrickou vodivostí</i>	40	VLT® Automation Drive FC 300	56
<i>Hvězdicovitý uzemňovací systém</i>	40	<i>Bezpečné zastavení</i>	56
<i>Kontaktní místa</i>	40	VLT® High Power Drive pro průmyslové aplikace	57
<i>Vodivé povrchy</i>	40	<i>Vysoký výkon a funkce vhodné</i>	
Stínění	41	<i>pro průmyslové použití.</i>	57
<i>Význam stínění</i>	41	<i>VLT® Automation Drive</i>	
Praxe - Stínění	42	<i>- 90 až 1 400 kW</i>	57
<i>Spojení s kostrou</i>	42	<i>Napěťový rozsah</i>	58
<i>Přívod k motoru</i>	42	<i>Kryt</i>	58
<i>Signální vedení</i>	42	<i>Chlazení vzduchem</i>	58
<i>Stínění jako zemnicí konektor šasi?</i>	42	Směrnice týkající se měniče kmitočtu	59
Volba měniče kmitočtu	43	Index	60
<i>Základní dimenzování</i>	43		
<i>Konstantní nebo kvadratický průběh</i>			
<i>točivého momentu</i>	43		
Zatěžovací charakteristiky pro různé aplikace	44		
<i>Klasifikace aplikace dle momentové charakteristiky</i>	44		
<i>Provoz s konstantním točivým momentem</i>	44		
<i>Provoz s kvadratickým točivým momentem</i>	44		
Zvláštní případ: provoz s několika motory	45		
<i>Dimenzování</i>	45		
Realizace opatření z hlediska EMC	46		
<i>Od teorie k praxi</i>	46		
Rušení rozhlasového a televizního vysílání	46		
<i>Doporučení pro praxi</i>	46		
Nežádoucí zpětné účinky na síť	47		
<i>DC meziobvod působí na síť</i>	47		
<i>Síťové tlumivky</i>	47		
Realizace opatření z hlediska EMC	48		
<i>12, 18 a 24 -pulzní usměrňovače</i>	48		
<i>Pasivní filtry harmonických</i>	48		
<i>Aktivní filtry, Active Front End</i>			
<i>a Low Harmonic Drives</i>	48		
Proudový chránič	49		
<i>Ochranné zařízení reagující</i>			
<i>na střídavý i stejnosměrný proud.</i>	49		
Uzemnění a ochrana motoru	50		
<i>Provedení uzemnění v praxi</i>	50		
<i>Ochrana motoru a PTC rezistory</i>	50		
Obsluha a indikace dat	51		
<i>Koncepce snadného ovládání</i>	51		
Praxe - Obsluha a displej	52		
<i>Místní ovládání</i>	52		
<i>Přehledná indikace</i>	52		
<i>Jednotná koncepce</i>	52		

Pomoc při plánování a projektování

Příručka Danfoss pro přípravu a projektování je určena pro společnosti působící v oblasti chemického průmyslu, výroby a také pro energetiky. Představuje komplexní pomůcku pro odborné projektanty (MaR/elektro), do jejichž pracovní náplně patří projektování pohonů s regulací otáček pomocí měničů kmitočtu.

Naši specialisté konzultovali obsah této příručky s mnoha odborníky příslušného zaměření, aby tato pomůcka mohla zajistit odpovědi na všechny důležité otázky stavitelů a investorů v co možná největším rozsahu. Popisy dílčích kapitol jsou záměrně uvedeny ve stručné formě. Neslouží totiž jako podrobný technický výklad, ale odkazují jen na podstatu věci a specifické otázky projektu. Příručka tedy není zaměřena jen na běžně používané

pohony, ale i na posouzení technického vybavení s měniči kmitočtu od různých výrobců.

Při projektování pohonů s regulací otáček se často vyskytují problémy, které bezprostředně nesouvisí s vlastní funkcí měničů kmitočtu. Často se týkají zabudování těchto přístrojů do pohonných systémů a do celého zařízení. Přitom je nezbytně nutné vzít v úvahu nejen vlastní měnič kmitočtu, ale hnací systém jako celek. Tento systém se skládá z motoru, měniče kmitočtu, kabeláže. Přitom je třeba respektovat podmínky prostředí, mezi něž mimo jiné patří síťové napájení a ochrana životního prostředí. Projektování a dimenzování systémů s regulací otáček je třeba věnovat mimořádnou pozornost. V této fázi musí plánovač či projektant přesně stanovit požadavky na kvalitu

hnacího systému, výši nákladů na provoz a údržbu, stejně jako požadavky na bezpečný a bezporuchový provoz. Vyplatí se detailní promyšlení celého projektu předem, tím se vyloučí nežádoucí vedlejší jevy při následném provozu hnacího systému.

Ten, kdo bude projektovat měnič kmitočtu, by si měl předem promyslet rámcové technické podmínky jeho činnosti.

Tato projekční příručka a v ní obsažené informace a návody představují optimální nástroje, s jejichž pomocí lze zajistit odpovídající kvalitu projektu a tím přispět k provozní spolehlivosti celého zařízení. Projekční příručka pro chemický průmysl se dělí na dvě části. První část nabízí základní poznatky o využívání měničů kmitočtu obecně. K tomu patří i otázky energetické účinnosti, nízkých provozních nákladů a

delší životnosti. Ve druhé části příručky jsou uvedeny nezbytné kroky plánování a projektování zařízení včetně návrhů na dodatečné vybavení stávajících zařízení regulací otáček. Získáte zde všechny důležité informace, které potřebujete pro bezpečný provoz zařízení, a které musíte respektovat při výběru měničů kmitočtu napájených ze sítě a stanovení jejich parametrů. Na konci příručky najdete kontrolní

seznam, ve kterém si můžete odškrtnout jednotlivé kroky. Pokud budete všechny body respektovat, získáte optimální konfiguraci zařízení pro trvale bezpečný provoz.



Snižování nákladů a zvyšování komfortu

Zařízení s elektronickou regulací otáček je schopno ve srovnání s mechanickými systémy ušetřit značné množství energie a snížit opotřebení mechanických dílů. Tím dojde k významnému snížení provozních nákladů. Čím častěji musí pohonné systémy pracovat v režimu částečného zatížení, tím vyšší budou úspory na energii a údržbu. Na základě vyšší úspory energie se pořizovací náklady na elektronickou regulaci otáček umožní již za několik málo měsíců. Přitom tyto moderní způsoby řešení zároveň nanejvýš kladně ovlivní funkci celého systému.

- **Vysoký potenciál úspory energie**
Regulace průtoku, tlaku či rozdílového tlaku je v případě elektronické regulace otáček přizpůsobena skutečné potřebě. Zařízení běží v praktickém provozu převážně v režimu částečného zatížení, nikoliv na plný výkon. Rozdíl mezi maximálním a částečným zatížením určuje výši energetických úspor u průtočných strojů s kvadratickým průběhem točivého momentu. Čím více klesne energetická spotřeba, tím kratší je doba návratnosti investice, která zpravidla činí cca 12 měsíců.
- **Omezení rozběhového proudu**
V okamžiku zapojení síťového napájení dojde ke vzniku proudové špičky, která může činit šesti

až osminásobek jmenovitého proudu. Měníč kmitočtu omezuje rozběhový proud na hodnotu jmenovitého proudu motoru. Tím se eliminují proudové špičky při zapnutí a výpadky napětí v důsledku krátkodobého přetížení napájecí sítě. Eliminací těchto proudových špiček dojde ke snížení přípojné hodnoty čerpadla, tím pádem se sníží i počáteční investiční náklady a případně odpadnou i regulační omezení dodavatele elektrické energie v době maximálního odběru.

- **Snižování opotřebení zařízení**
Prostřednictvím měniče kmitočtu dochází k měkkému a plynulému rozběhu i zastavení motorů. Na rozdíl od motorů napájených přímo ze sítě, nedochází u motorů s měničem kmitočtu k zatěžovacím rázům způsobeným skokovou změnou hodnoty točivého momentu. Tím se snižuje mechanické namáhání pohonného systému jako celku, tj. motoru, převodovky, spojky, čerpadla / ventilátoru / kompresoru a potrubí včetně těsnění. Tímto způsobem snižuje regulace otáček výrazným způsobem opotřebení, s tím je spojena i delší životnost zařízení. Díky delšímu provoznímu intervalu a nepatrnému materiálovému opotřebení klesají rovněž náklady na opravy a údržbu.

- **Rozšíření regulačního rozsahu**
Měníče kmitočtu umožňují regulaci motorů v tzv. nadsynchronním rozsahu (výstupní kmitočet > 50 Hz). Tímto způsobem je možné dosáhnout krátkodobého zvýšení výkonu. Možnost nadsynchronního provozu závisí na maximálním výstupním proudu a odolnosti měniče kmitočtu vůči přetížení. V praxi se často vyskytují čerpadla, která pracují s kmitočtem 87 Hz. Provoz v nadsynchronním rozsahu je třeba dohodnout s výrobcem!

- **Nižší provozní hlučnost**
Zařízení při částečném zatížení vytváří menší hluk. Provoz s regulací otáček značně snižuje hlučnost zařízení.
- **Zvýšená životnost**
Zařízení pracující při částečném zatížení podléhá menšímu opotřebení, čehož důsledkem je delší životnost. Výhodou je rovněž snížený optimalizovaný tlak v potrubí systému.

Provoz v nadsynchronním rozsahu je vždy nutno konzultovat s výrobcem motoru!

- **Dodatečná vestavba**
Měníče kmitočtu lze dodatečně zabudovat do stávajících pohonných systémů, přičemž náklady na tuto úpravu nejsou vysoké.



Jsou identické úrovně účinnosti skutečně identické?

Pečlivé zkoumání šetří peníze.

Na první pohled jsou mezi různými zařízeními při porovnávání účinnosti velmi malé rozdíly. Ale je tomu tak opravdu? Mají skutečně dvě zařízení se stejnou účinností a stejným výkonem totožné ztráty?

Účinnost měniče kmitočtu se počítá jako poměr příkonu a výkonu. Normálně se vyjadřuje jako zaokrouhlené procento, tj. bez desetinných míst. To znamená, že – v nejhorším případě – se mohou dva měniče s identickým poměrem lišit téměř o 1 %.

Aby bylo možné porovnat účinnosti různých měničů, je potřeba znát podmínky, za kterých byly získány. Při používání měničů normálně rozlišujeme mezi „normálním“ přetížením (110%) a „vysokým“ přetížením (160%).

Z hlediska účinnosti se také berou v úvahu jmenovité proudy zařízení, stejně jako provoz při částečném zatížení a povolené tolerance měření.

Poněkud konkrétnějším parametrem je stanovená výkonová ztráta zařízení, která pochopitelně bere v úvahu rovněž režim provozu a jmenovitý proud. Je možné je brát jako relativně spolehlivé, protože je používají operátoři



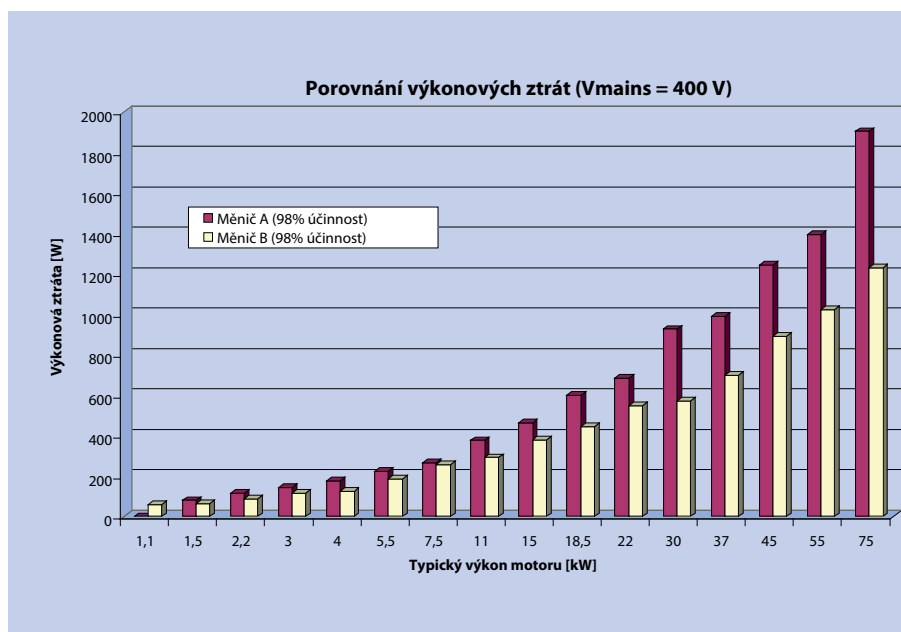
a inženýři jako základ pro klimatizaci rozvaděčů.

V následujícím diagramu je uvedeno porovnání výkonových ztrát dvou různých měničů.

Účinnosti uváděné pro většinu výkonů jsou totožné, ale co to znamená z hlediska celé životnosti zařízení? Jestliže předpokládáme životnost 60 000 hodin a provoz motoru 90 %, celková výkonová ztráta pro 75kW měniče uvedené v diagramu bude 124 740 kWh a 66 528 kWh.

Ačkoli je u obou zařízení uváděná totožná účinnost, jedno z nich spotřebuje téměř o 58 000 kWh více než druhé! Tento rozdíl bude menší při částečném zatížení, ale tendence je přesto zřejmá.

Přímé porovnání mezi dvěma značkami měniče kmitočtu je nesmírně obtížné z důvodu odlišných pomocných parametrů, např. jmenovitého proudu a přetížitelnosti. Lepší porovnání umožňují jejich výkonové ztráty.

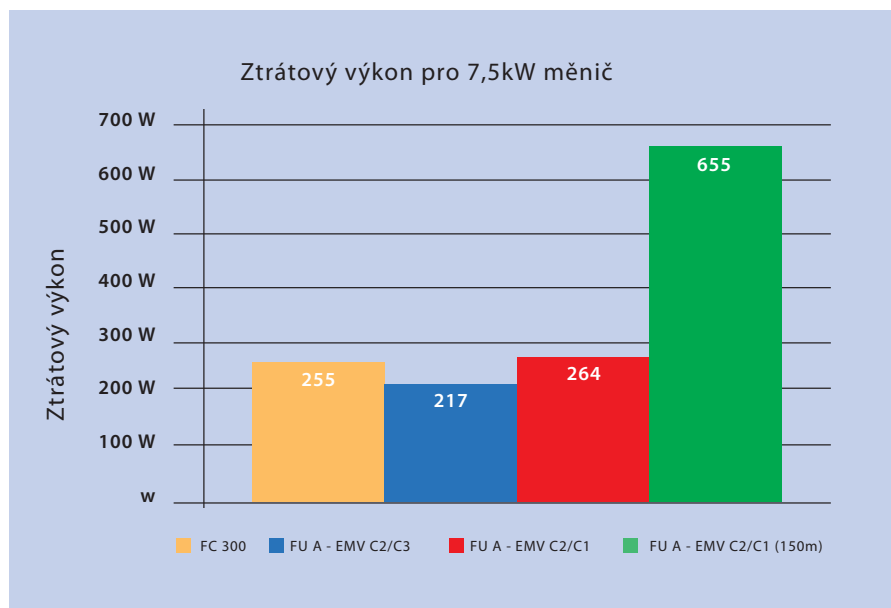


Filtry z hlediska hodnocení účinnosti a efektivity

Z principu funkce měniče kmitočtu vyplývá, že bude zvyšovat elektromagnetické rušení. Všechny měniče kmitočtu lze vybavit EMC filtry ke snížení tohoto rušení. Filtry je možné integrovat do zařízení nebo je připojit externě před zařízení. Také je možné kombinovat interní a externí filtry.

Rovněž je nutné vzít v úvahu sinusové filtry nebo dv/dt filtry na straně motoru. Měniče kmitočtu pracují s vysokým spínacím kmitočtem a generují příslušné napětí na kmitočtovém výstupu. Důsledkem je to, že výstupní napětí již nemá sinusový průběh. V závislosti na délce motorového kabelu a izolaci motoru může toto napětí poškodit izolaci. To je zvláště problémem u starších motorů. Filtry na straně motoru chrání vinutí před obloukovými zkraty omezením rychlosti nárůstu napětí v izolaci motoru a amplitudy napěťových špiček.

Hlavní výhodou měničů kmitočtu s externími filtry je cena; často jsou levnější a kompaktnější než měniče s integrovanými filtry. Nevýhodou však je, že je zapotřebí více místa k instalaci, a že externí filtry vždy způsobují



další ztráty. To platí pro EMC filtry i pro sinusové nebo dv/dt filtry na straně motoru. Tuto další rozptýlenou energii je nutné vzít v úvahu při konfiguraci chladicího systému pro rozvaděč. V případě měničů s integrovanými filtry bude ztráta normálně zahrnuta v uvedeném ztrátovém výkonu měniče. To znamená, že při porovnávání dvou měničů kmitočtu je potřeba vzít v úvahu, zda mají oba integrované filtry a zda EMC filtry odpovídají stejným normám. Pokud tomu tak není, měnič kmitočtu bez integrovaných filtrů

vykáže horší celkovou účinnost z hlediska zařízení, a navíc má filtry, vyšší ztráty a vyšší náklady na energii.

Úspory dosažené instalací nekvalitních EMC filtrů, nebo pokud nejsou použity žádné, nebo zahrnutí nezbytných motorových filtrů, mohou vést k vysokým nákladům na renovaci a k dalším ztrátám, které budou vyžadovat další chlazení.



Regulace otáček: vysoký potenciál úspor – rychlá implementace

Regulace otáček u základních strojů často přináší výhody z hlediska spotřeby, které se často zřetelně odráží na účtu za elektrickou energii. Mezi výhody otáčkové regulace patří:

Úspora energie

Potenciální úspory se budou lišit v závislosti na zatěžovacím momentu. Pokud je křivka momentu konstantní, maximální možné úspory budou přímo úměrné redukci momentu a otáček na hřídeli. U kvadratické křivky se úspory zvyšují se třetí mocninou redukce otáček.

Nastavení $\cos \varphi$

Mnoho měničů kmitočtu opravují $\cos \varphi$ na hodnotu blízkou 1, a tudíž redukují indukční spotřebu jalového výkonu. Také se snižují ztráty v kabelech.

Optimalizace provozu při částečném zatížení

Účinnosti střídavých motorů se normálně udávají pouze pro jmenovitý pracovní bod. Když motor napájený z el. sítě pracuje při částečném zatížení, konstantní mechanické a elektromagnetické ztráty podstatně snižují

účinnost. Provoz prostřednictvím měniče kmitočtu – v závislosti na kvalitě regulačního mechanismu – vždy zajistí motoru optimální magnetizaci, což znamená, že účinnost při částečném zatížení neklesne tak výrazně. Obvykle zaznamenáte patrné zlepšení pro motory s výkonem 11 kW nebo vyšším.

Automatická optimalizace spotřeby

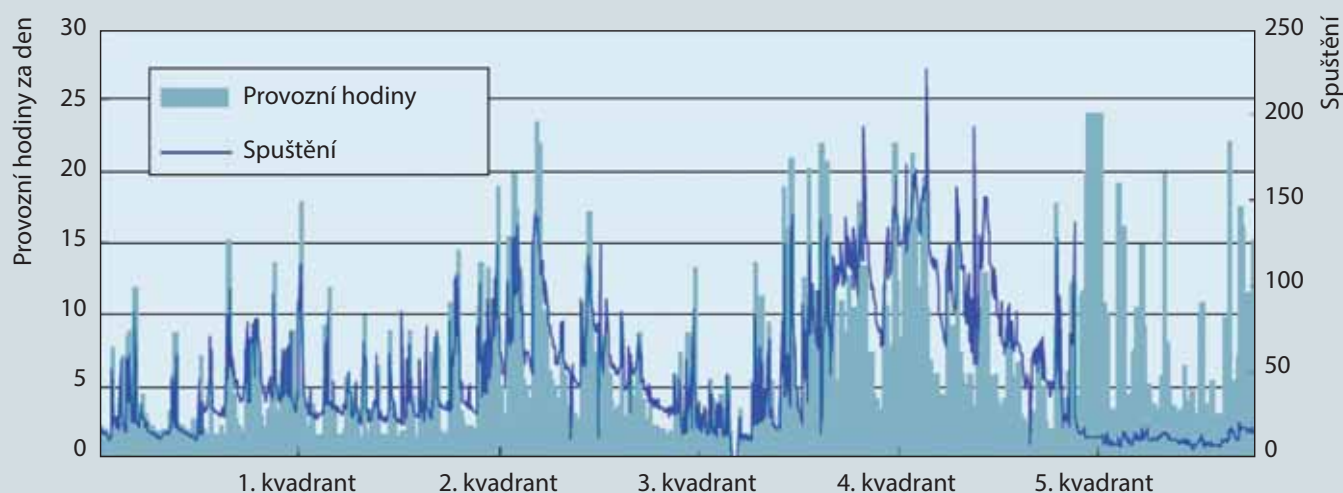
U aplikací, které nevykazují rychlé změny zatížení, může obsluha zvolit automatickou optimalizaci spotřeby. V tomto případě měnič snižuje magnetizaci motoru na minimální, a tím šetří energii. Tyto funkce se ukázaly jako velmi úspěšné u systémů s pomalou regulací, například se běžně používají pro čerpadla a ventilátory.

Méně startů

U mnoha aplikací může regulátor otáček snížit počet startů. Každé neřízené spuštění elektromotoru spotřebává další energii, aby se motor rozběhl, a zrychlil zatížení. V případě čerpadla mají starty obvykle na svědomí 5–10 % celkové spotřeby energie, ale existují případy, kdy toto číslo může dosáhnout až 40 %. Regulátor také snižuje špičkové proudy a mechanická zatížení vyvolaná zapínacími proudy při startu.

Další výhody zaregulování otáček zahrnují snížení mechanického namáhání systému a jeho komponent, a dále integrované funkce softwaru poskytované moderními měniči kmitočtu.

Praktický příklad: Zavedení pohonů s proměnnými otáčkami do čtvrtého kvadrantu výrazně snížil počet startů a tudíž mechanické namáhání systému v pátém kvadrantu.



Úspory nákladů během celého životního cyklu

Měníče kmitočtu se staly špičkovými zařízeními a používají se mnoha rozmanitými způsoby. Nicméně, abyste přešli neekonomickým a kontra-produktivním rozhodnutím, je životně důležité před rozhodnutím o investici kompletně uvážit všechny komerční a logistické aspekty. Nejnovější publikované analýzy naznačují, že pořizovací cena takového zařízení činí přibližně pouhých 10 % celkových nákladů za celou dobu životnosti, přičemž zbývajících 90 % jsou provozní náklady, např. na energii, údržbu a servis. Nezanedbatelné jsou také náklady na pořízení chladicích systémů, napájecích tlumivek a filtrů.

Mezi známé metody pro zjištění celkových nákladů patří LCC (lifecycle costs – celoživotní náklady) a TCO (total cost of ownership – celkové náklady na vlastnictví). Ty berou v úvahu nejen pořizovací cenu, ale také náklady na energii, údržbu a servis. Když se všechny tyto náklady po dobu životního cyklu zanesou do rovnice,

může se ukázat, že bude ekonomičtější zakoupit dražší zařízení.

Takové vyhodnocení může vzít v úvahu také dostupnost produktu. Porucha takového zařízení může přinést následné náklady, např. kvůli výrobním ztrátám.

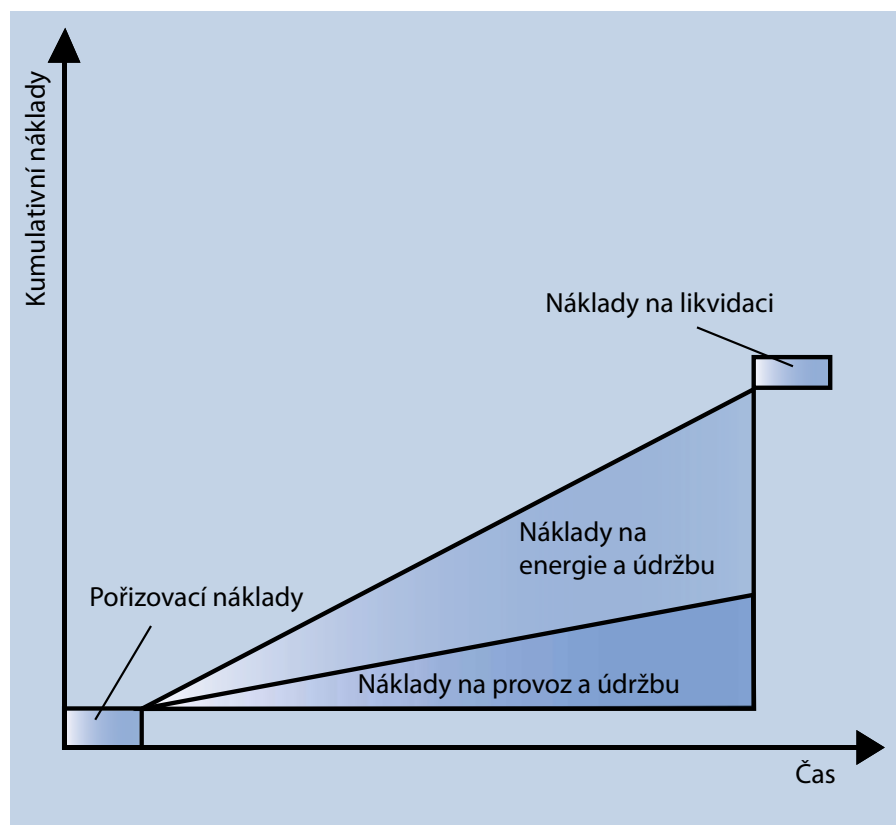
Aby k tomu nedošlo, musí mít operátor na skladě připravenou jednu nebo více náhradních jednotek. Velikost těchto skladových zásob bude záviset mimo jiné na tom, jak rychle může výrobce dodat náhradu v nouzové situaci.

Jednoduché ovládání systému

Moderní měniče kmitočtu také nabízejí četné funkce, které eliminují nutnost pořízení externích komponent a jejich složité kabeláže. Současně je vždy zahrnuta funkce měkkého startu, která chrání motory a komponenty, čímž se prodlužuje životnost a snižují se náklady na údržbu a servis.

Aktivní přístup k údržbě snižuje náklady a zvyšuje dostupnost

Četné ochranné funkce chránící motor a systém trvale zobrazují stav měniče kmitočtu a stav systému. Zvyšují dostupnost systému ochranou komponent a včasným upozorněním na opotřebení, takže je možné prodloužit intervaly údržby.



Obecně činí pořizovací náklady na systém pouze přibližně 10 % celkových nákladů během životního cyklu zařízení. Vyšší pořizovací náklady na úsporné zařízení se často vrátí během velice krátké doby.

Realizace potencionálních úspor v praxi

V první části této příručky jsou zdůrazněny základy možných úspor v chemickém průmyslu a daných zařízeních. Dozvíte se zde podrobnosti o nákladech životního cyklu, úspoře spotřebované energie, stejně jako o nákladech na údržbu a servis. Rovněž je třeba převést tato opatření formou rozumného a přesného projektu do praxe.

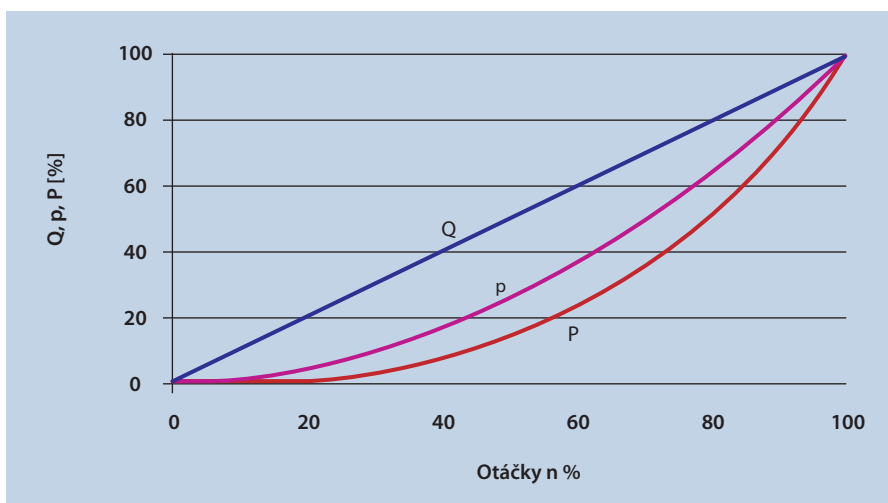
K tomu slouží následující 2. část, která vás provede ve čtyřech krocích zásadami správného projektování. V dalších bodech

- Síťové napájení
- Okolní podmínky a ochrana životního prostředí
- Motor a kabeláž
- Měnič kmitočtu

získáte veškeré nezbytné informace o parametrech a datech, které potřebujete pro bezpečný provoz

zařízení, stejně jako pro jeho výběr a konstrukci. Pokud potřebujete získat podrobnější informace, obdržíte vedle základních informací v této příručce také odkaz na další literaturu.

Systematické odpovědi na všechny otázky a aspekty obsažené v následujícím textu vytvoří ideální základ systému, který je současně úsporný a bezpečný.



Sítové napájení

Stanovení charakteru dané sítě

Pro napájení elektrických pohonů jsou k dispozici různé sítě. Všechny tyto sítě mají větší nebo menší vliv na elektromagnetickou kompatibilitu (EMC) zařízení. U sítě s 5 vodiči TN-S se dosahuje nejlepších výsledků, naproti tomu u izolované sítě IT nejhorsších.

Sítě TN

Existují dvě provedení těchto sítí: TN-S a TN-C.

TN-S

Tento systém představuje síť s 5 vodiči, u které jsou nulový vodič (N) a ochranný vodič (PE) odděleny. Toto provedení nabízí nejlepší vlastnosti z hlediska EMC a zabraňuje přenosu rušení.

TN-C

Tento systém představuje síť se 4 vodiči, přičemž nulový vodič a

ochranný vodič představují jeden společný vodič. Kvůli společnému nulovému a ochrannému vodiči nabízí tato síť špatné vlastnosti z hlediska EMC.

Sítě TT

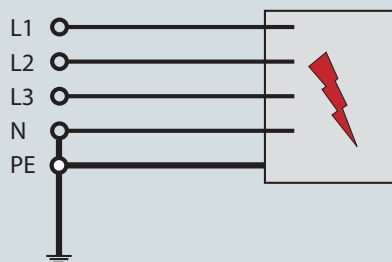
Tento systém představuje síť se 4 vodiči, a sice s jedním uzemněným nulovým vodičem a samostatným uzemněním pohonu. Tento systém nabízí dobré vlastnosti z hlediska EMC, pokud je uzemnění řádně provedeno.

Sítě IT

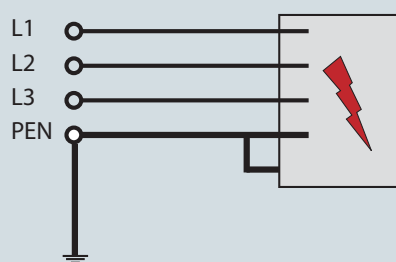
Tento systém představuje izolovanou síť se 4 vodiči, přičemž nulový vodič je buď neuzemněný, nebo je uzemněn přes impedanci obvodů pro zajištění EMC.

Upozornění: V systémech IT musí být odpojeny všechny obvody pro zajištění EMC (filtry, apod.).

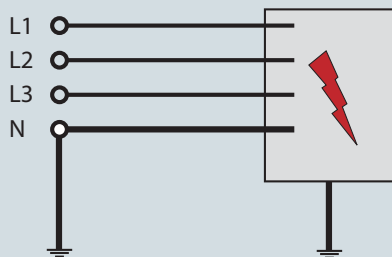
Systém TN-S Oddělený nulový a ochranný vodič



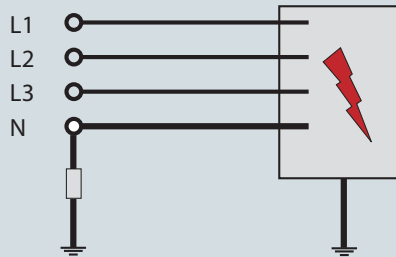
Systém TN-C V celém zařízení je nulový i ochranný vodič tvořen jedním společným vodičem



Systém TT Uzemněný nulový vodič a samostatné uzemnění zařízení



Systém IT Izolovaná síť, nulový vodič může být uzemněn přes impedanci obvodů pro zajištění EMC, nebo neuzemněn



Elektromagnetická kompatibilita (EMV)

Každý elektrický přístroj ovlivňuje více či méně své bezprostřední okolí v důsledku elektrických a magnetických polí. Velikost a účinek těchto vlivů závisí na výkonu a konstrukci přístroje. V elektrických strojích a zařízeních mohou vlivy střídavého proudu mezi elektrickými a elektronickými součástmi nepříznivě ovlivnit bezporuchovou funkci. Proto je pro provozovatele a konstruktéry těchto zařízení důležité pochopit mechanismus účinků střídavého proudu. Jen tak je možné již ve fázi projektu přijmout nápravná opatření bez vysokých finančních nákladů. Protože: *Čím později se reaguje, tím dražší budou příslušná opatření.*

Účinky elektromagnetického pole působí v obou směrech V zařízení se jednotlivé součásti vzájemně ovlivňují: Každý přístroj nejenom že ruší, ale je také rušen. Pro každou konstrukční skupinu je, kromě druhu a rozsahu rušení, charakteristická také její odolnost vůči rušení ostatními konstrukčními skupinami.

Odpovědnost nese provozovatel

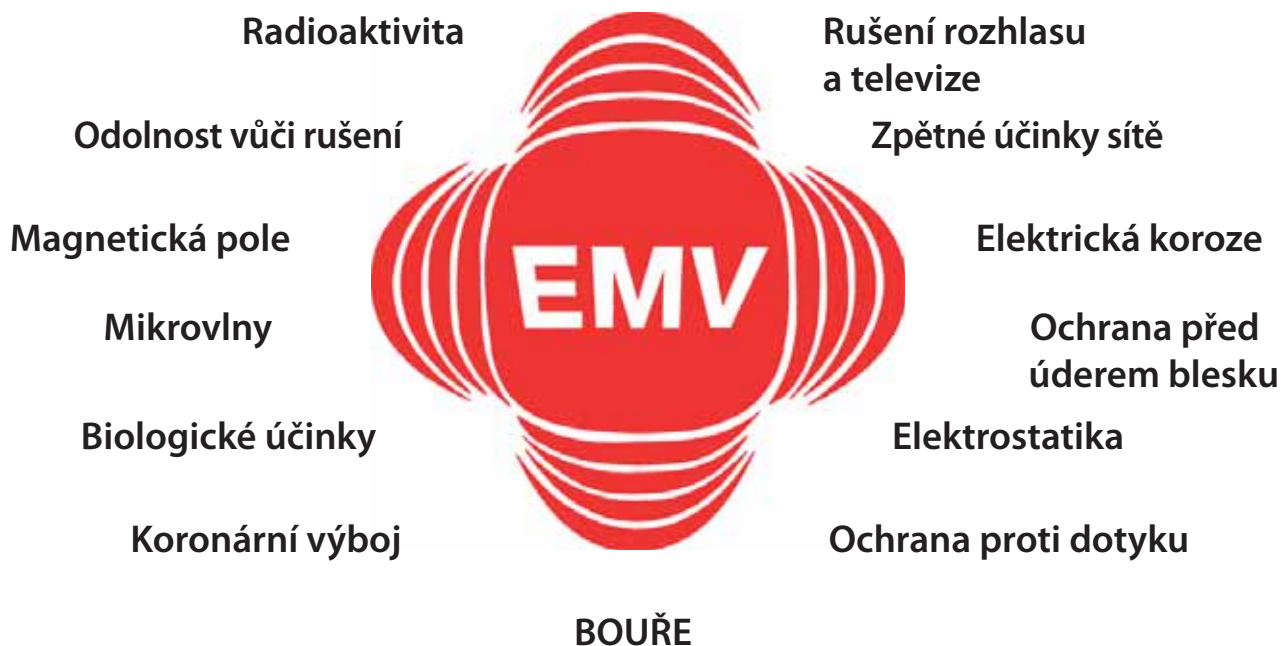
Doposud byl výrobce součástí nebo konstrukčních skupin pro elektrické pohony povinen učinit taková opatření, aby byly splněny zákonem stanovené hodnoty. Podle normy EN 61800-3 pro aplikaci pohonů s regulací otáček byla tato povinnost přenesena na finálního uživatele nebo provozovatele těchto zařízení.

Výrobce musí nyní pouze nabídnout řešení, které z hlediska normy vyhovuje. Odstranění případného rušení, čili využití příslušného řešení nebo řešení problému s rušením po instalaci - a z toho vyplývající vícenásobky, je na provozovateli.

Dvě možnosti snížení rušení

K zajištění požadavku elektromagnetické kompatibility mohou provozovatel nebo konstruktér zařízení využít dva způsoby. První spočívá v odrušení zdroje, tím se minimalizuje nebo zcela odstraní šíření poruch. K druhému způsobu patří možnost zvýšení odolnosti rušeného přístroje nebo systému vůči rušení, a to tím způsobem, že se zabrání nebo výrazně sníží příjem rušící veličiny.

Elektromagnetický impulz při jaderném výbuchu



Elektromagnetická kompatibilita (EMC) zahrnuje celou řadu jevů. U techniky pohonů mají význam především zpětné účinky na síť a odolnost vůči rušení.

Elektromagnetická kompatibilita (EMC)

Rozlišení poruch spojených s kabeláží od vlivů vyzařování

V zásadě vždy existuje vzájemné působení mezi několika systémy. Odborníci zde rozlišují zdroj rušení a přijímač rušení, což v praxi často představuje rušící a rušený přístroj. Jako rušivé veličiny je možno označit veškeré elektrické a magnetické veličiny vyvolávající nežádoucí účinky. Ty se například projevují jako harmonické kmitočty sítě, elektrostatické výboje, rychlé napěťové změny nebo formou vysokofrekvenčních rušivých napětí či rušivých polí. Síťové harmonické kmitočty se v praxi často označují jako nežádoucí zpětné účinky na síť, popř. harmonické kmitočty nebo jednoduše jen jako harmonické.

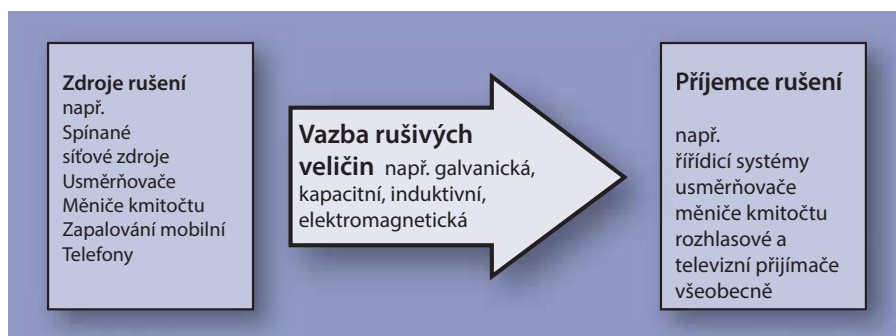
Vazební mechanizmy mezi proudovými obvody

Jak ale probíhá přenos rušivé energie? Jako elektromagnetické vysílání může přenos v zásadě probíhat po vedení, formou elektromagnetických polí nebo elektromagnetických vln. Odborníci v takových případech hovoří o kapacitní a/ nebo induktivní vazbě, nebo o vazbě vyzařováním, tedy o vzájemném působení mezi různými proudovými obvody, při kterém proniká elektromagnetická energie z jednoho obvodu do druhého.

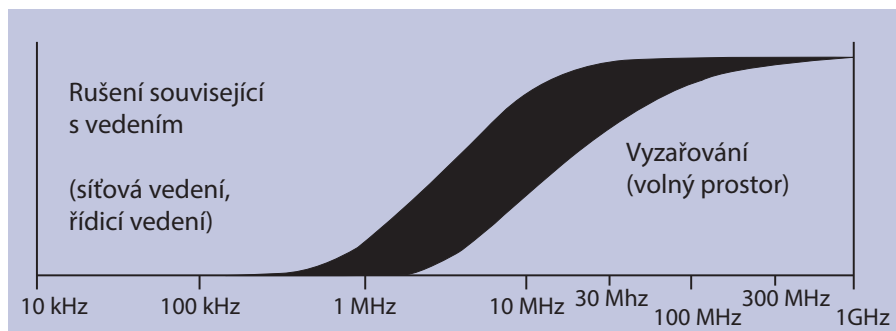
- Galvanická vazba vzniká v případě, kdy jsou dva nebo více proudových obvodů vzájemně propojeny společným vedením (Příklad: kabel pro vyrovnání potenciálů).
- Kapacitní vazba vzniká účinkem rozdílných napěťových potenciálů mezi obvody.
- Induktivní vazba se vyskytuje mezi dvěma vodiči, kterými protéká elektrický proud.
- K vazbě pomocí vyzařování dochází v případě, kdy se přijímač poruchy nachází ve vzdáleném poli (Fraunhoferova oblast) vytvořeném rušivým zdrojem.

Přechod mezi vzájemnou vazbou vodičů a vazbou vyzařováním (způsobenou v obou případech elektromagnetickým polem) závisí na typech vodičů dle normy vazba vedením a vyzařováním nastává dle normy na 30 MHz, což odpovídá vlnové délce 10 metrů. Kromě toho se elektromagnetická rušení šíří převážně vedením nebo vazbou elektrickými či magnetickými poli. Při kmitočtech nad 30 MHz působí vedení a kabely jako antény a tím pádem vyzařují elektromagnetické vlny.

Šíření poruchových veličin



Přehled vazebních tras elektromagnetických rušivých veličin a typické příklady



Elektromagnetické rušení se vyskytuje v celém kmitočtovém rozsahu. Samozřejmě se liší způsobem a cestami šíření.

EMC v souvislosti s měniči kmitočtu

Vliv nízkých kmitočtů (souvisejících s vedením)



Zpětné vlivy sítě / harmonické

Vliv vysokých kmitočtů (souvisejících s vyzařováním)



Rušení rozhlasu a televize (emise elektromagnetických polí)

Praxe – kvalita sítě

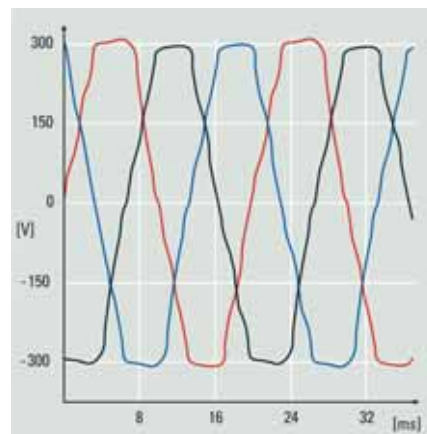
Nízkofrekvenční zpětné působení na síť

Napájecí sítě v ohrožení

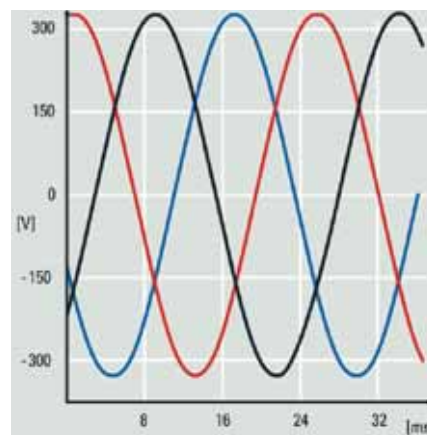
Síťové napětí dodávané energetickými podniky (EVU) pro domácnosti a průmysl by mělo představovat napětí pravidelného sinusového průběhu s konstantní amplitudou a kmitočtem. Toto je ideální případ, který se dnes ve veřejných sítích už nevyskytuje. Příčinou jsou částečně spotřebiče, které ze sítě odebírají proud nesinusového průběhu, popř. mají nelineární charakteristiku, jako např. PC, televizory, spínané síťové zdroje, úsporné světelné zdroje nebo také měniče kmitočtu. Vlivem společné evropské energetické sítě, vysokého zatížení a nedostatečných investic bude kvalita síťového napětí v budoucnu i nadále klesat. Odchyłky od ideálního sinusového průběhu jsou tedy nevyhnutelné a v určitých mezích přípustné. Pro projektanty a provozovatele vzniká povinnost udržovat toto zkreslení sítě co nejmenší. Kde jsou ale příslušné meze a kdo je stanoví?

Zákonná nařízení zajišťují kvalitu

V diskuzi o čistém a kvalitním síťovém napětí pomáhají normy, směrnice a předpisy. Základem pro objektivní posouzení kvality síťového napětí představuje zákon o elektromagnetické kompatibilitě zařízení (EMVG). Evropské normy EN 61000-2-2, EN 61000-2-4 a EN 50160 popisují mezní hodnoty síťového napětí ve veřejných a průmyslových sítích, které je třeba dodržet. Normy EN 61000-3-2 a EN 61000-3-12 obsahují předpisy týkající se účinku sítě na připojená zařízení. Z hlediska celkového pojetí jsou pro provozovatele zařízení důležitá i ustanovení EN 50178, stejně jako připojovací podmínky energetických podniků. Zásadně platí předpoklad, že při dodržení této úrovně budou všechny přístroje a systémy připojené k napájecí síti plnit svou příslušnou funkci bez poruch.



Měření ukazují zřetelné zkreslení síťového napětí vlivem zpětného působení nelineárních spotřebičů.



V našich sítích se s ideálním sinusovým průběhem napětí téměř nesečkáte.

Jak vznikají zpětné účinky na síť

Zkreslení sinusového průběhu napětí v napájecí elektrické síti v důsledku pulzujícího proudového odběru připojených spotřebičů nazývají odborníci nízkofrekvenčním zpětným působením sítě nebo také harmonickými.

Dle výsledků Fourierovy analýzy hovoříme také o obsahu harmonických v síti, který činí až 2,5 kHz jako násobek základního kmitočtu 50 Hz. Vstupní usměrňovače měničů kmitočtu vytvářejí takovéto typické zatížení sítě i harmonickými kmitočty. U kmitočtových měničů v sítích 50 Hz lze pozorovat 3.

(150 Hz), 5. (250 Hz) či 7. (350 Hz) harmonickou, jejichž účinky jsou zde nejsilnější. Celkový obsah harmonických představuje THD (Total Harmonic Distortin), tj. celkové zkreslení harmonickými neboli činitel harmonického zkreslení.

Snižování zpětných účinků sítě

Důsledky zpětných účinků na síť

Zpětné účinky na síť způsobené harmonickými a výkyvy napětí patří mezi nízkofrekvenční síťová rušení souvisejícími s vedením. Tyto mají rozdílný průběh v místě svého vzniku než v místě připojení spotřebiče k síti. Proto je třeba při hodnocení zpětných vlivů sítě vzít v úvahu konstelaci síťového napájení, konstrukci sítě a spotřebiče. Účinky zvýšené úrovně harmonických jsou následující:

Nebezpečí podpětí

- V důsledku deformace sinusového průběhu nelze napětí správně změřit.
- Nízký výkon napájecí sítě

Zvýšené ztráty

- Harmonické spotřebují část činného, zdánlivého a jalového výkonu

- Kratší životnost přístrojů a součástí způsobená např. vyšším ohřevem v důsledku rezonancí.
- Špatná funkce, poškození elektrických a elektronických spotřebičů, např. akustické vazby v jiných přístrojích. V nejhorším případě dokonce zničení.
- Chybné výsledky měření, protože měřicí přístroje jsou cejchovány na efektivní hodnotu sinusového průběhu, tento průběh je, ale zkreslen harmonickými.

svá zařízení nabízejí jako přístroje, které síť neovlivňují. O mezních frekvencích pro tento rozsah probíhají v současné době jednání.

Upozornění: Příliš vysoký podíl harmonických zatěžuje obvody pro kompenzaci jalového proudu a může vést k jejich zničení. Proto by se k tomuto účelu měly používat obvody s tlumivkami.

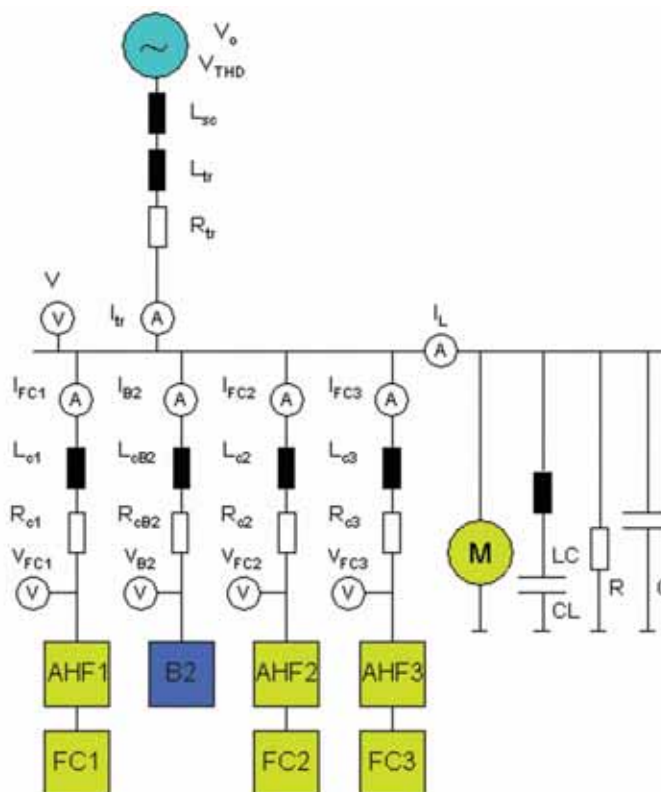
Existuje měnič kmitočtu, který je nezávislý na zpětném účinku sítě?

Každý měnič kmitočtu vytváří zpětné účinky na síť. Ovšem platná norma uvažuje frekvenční rozsah pouze do 2 kHz. Proto někteří výrobci posouvají zpětné účinky do rozsahu nad 2 kHz, který není v normě definován, a tato

Výpočet zpětných účinků sítě

Aby nedošlo ke značnému zhoršení kvality sítě, je třeba realizovat příslušná opatření k redukci, eliminaci či kompenzaci harmonických u zařízení, která tyto harmonické kmitočty vytvářejí. Výpočetní programy, např. MCT 31 (Harmonic Calculation Software) umožňují výpočet těchto zařízení již ve stádiu projekce. Provozovatel tak může v předstihu otestovat ochranná opatření a zabezpečit provoz svého zařízení.

Poznámka: Společnost Danfoss má rozsáhlé a dlouhodobé zkušenosti v oblasti EMC. Tyto zkušenosti předáváme svým zákazníkům formou školení, seminářů, workshopů či v každodenní praxi prováděním analýzy EMC s podrobným vyhodnocením a výpočtem.



Praxe – snižování zpětných účinků sítě

Možnosti snižování zpětných účinků sítě

Obecně lze snížit zpětné účinky elektronických systémů na síť omezením amplitudy odebíraných pulzních proudů. V důsledku toho dojde ke zlepšení účinnosti λ (Lambda). Aby nedošlo ke značnému zhoršení kvality sítě, je třeba realizovat příslušná opatření k redukci, eliminaci či kompenzaci harmonických u zařízení, která tyto harmonické kmitočty vytvářejí, a sice:

- Tlumivky na vstupu nebo ve stejnosměrném obvodu měniče kmitočtu
- Selektivní ss obvod
- Usměrňovač s 12, 18 nebo 24 impulzy
- Pasivní filtry
- Aktivní filtry
- Active Front End a Low Harmonic Drives

Tlumivky na vstupu nebo ve stejnosměrném obvodu

Již jednoduché tlumivky snižují efektivně harmonické, které dodává zapojení usměrňovače do sítě. Výrobce měničů kmitočtu je nabízí jako přídatné či dodatečné příslušenství. Tlumivky je možno zapojit před měnič kmitočtu na straně napájení nebo do ss obvodu za usměrňovač. Protože indukčnost vyvolá na každém místě stejný účinek, je možné potlačit působení na síť v místě zapojení. Obě varianty mají své výhody i nevýhody. Tlumivky na síťové straně jsou drahé, větších rozměrů a vykazují vyšší ztráty než tlumivky v usměrňovači. Výhoda tlumivek: chrání usměrňovač před přenosem rušivých vlivů ze sítě do měniče. Stejnosměrné tlumivky jsou zapojeny ve vloženém obvodu. Mají větší účinnost, ale obvykle je není možné dodatečně vestavět. Pomocí takových tlumivek lze snížit obsah harmonických 6-ti pulz. usměrňovače z hodnoty THD I = 80 % na cca 40 %. V praxi lze u měniče kmitočtu s tlumivkami dosáhnout poklesu napětí Uk 4 %. Další snížení harmonických

lze dosáhnout speciálně přizpůsobenými filtry.

Pulzní usměrňovače s vyšším počtem pulzů (12, 18 a 24)

Pulzní usměrňovače s vyšším počtem impulzů (12, 18 a 24) vytvářejí menší množství harmonických. V minulosti se často používaly u zařízení s vyššími

***Pozn.:** Měniče kmitočtu VLT Danfoss jsou standardně vybaveny tlumivkami, které snižuje zpětný vliv na síť na hodnotu THDi = 40 %.*

výkony. K napájení je ovšem potřeba zvláštní transformátor, který má několik sekundárních vinutí, ze kterých přivádí fázově posunutá napětí k jednotlivým skupinám usměrňovače. Nevýhodou tohoto způsobu je vedle nákladů a potřeby prostoru pro zvláštní transformátor také vyšší investice za transformátor a měnič kmitočtu.

Pasivní filtry

V případě mimořádně vysokých požadavků, popř. požadavku na provoz bez harmonických, jsou optimální pasivní síťové filtry. Tyto filtry se vyrábí z pasivních součástek, kterými jsou cívky a kondenzátory. Sériové rezonanční obvody zapojené paralelně k zátěži a naladěné na harmonické kmitočty snižují obsah harmonických THD na straně sítě na hodnoty 10 % či 5 %. Filtrační jednotka je vhodná jak pro jeden, tak pro skupinu měničů kmitočtu. Aby mohl filtr harmonických správně plnit svoji funkci, musí se správně přizpůsobit skutečnému vstupnímu proudu měniče. Pasivní filtry harmonických se zapojují buď před měnič, nebo před skupinu měničů kmitočtu.

Výhody pasivních filtrů

Tento typ filtrů poskytuje dobrý poměr cena/výkon. Za cenu poměrně nízkých nákladů dosáhne provozovatel snížení obsahu harmonických, jaké je možné jen u usměrňovačů s 12 či 18 impulzy. Dosažené snížení obsahu harmonických činí dle hodnoty THD 5 %. Pasivní filtry nevyrábějí žádné rušení v kmitočtovém rozsahu nad 2 kHz.

Protože se jedná o zapojení s pasivními součástkami, nedochází k žádnému mechanickému opotřebení, jedná se o zapojení odolné vůči elektrickým poruchám a mechanickému zatížení.

Nevýhody pasivních filtrů

Vzhledem ke své konstrukci jsou pasivní filtry poměrně rozměrné a těžké. Filtry této kategorie pracují nanejvýš efektivně při 80 - 100 % zatížení. S klesající zátěží ovšem stoupá spotřeba kapacitního jalového výkonu, a proto se doporučuje při provozu naprázdno odpojit kondenzátory filtru.



Napájecí tlumivky stejně jako tyto tlumivky v meziobvodu účinně snižují harmonické.

Snižování zpětných účinků sítě

Aktivní filtry

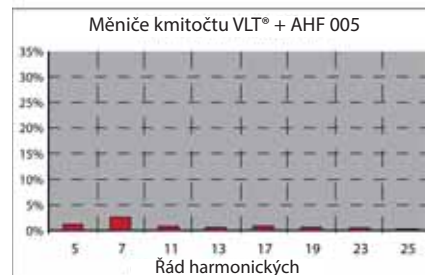
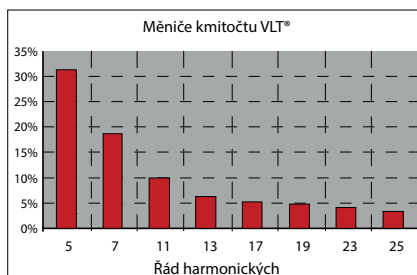
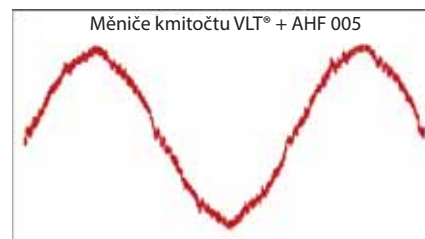
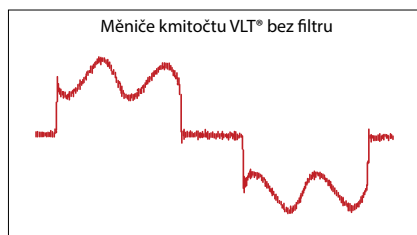
Pokud jsou požadavky, popř. zpětné účinky sítě, ještě větší, lze použít elektronické filtry. Aktivní filtry jsou reprezentovány elektronickými sacími obvody, které provozovatel zapojí paralelně ke zdroji harmonických kmitočtů. Tyto obvody provádějí analýzu nelineárních spotřebičů, které vytvářejí proud s obsahem harmonických, a generují kompenzační proud. Tím se zcela neutralizují příslušné harmonické proudy v přípojném bodě. Stupeň kompenzace je nastavitelný. Tím lze na přání harmonické téměř dokonale vykompenzovat, nebo např. z ekonomických důvodů alespoň do té míry, aby zařízení vykazovalo zákonem povolené hodnoty. Také zde je třeba dbát na to, aby tyto filtry pracovaly s taktovací frekvencí a síťovým napětím v rozsahu 4 - 10 kHz.

Výhody aktivních filtrů

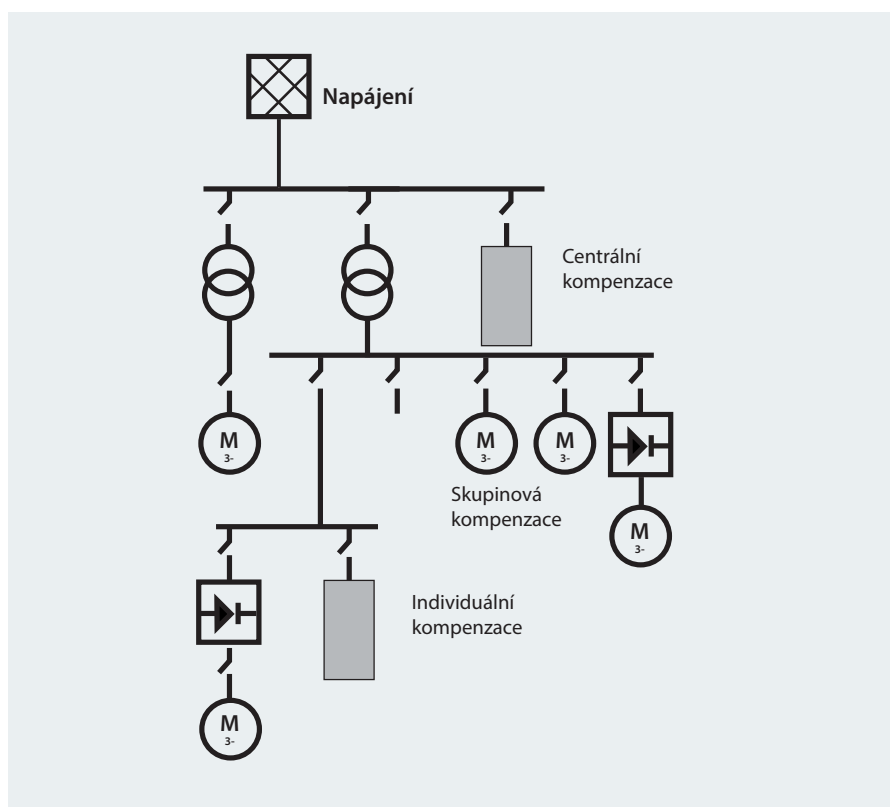
Provozovatelé mohou v rámci celkového nápravného opatření zařadit aktivní filtry do libovolného místa v síti v závislosti na tom, zda chtějí kompenzovat jednotlivé pohony, celé skupiny nebo dokonce celé sítě. Vlastní filtr ale není vhodný pro každý měnič kmitočtu. Obsah harmonických klesne na hodnotu $THD \leq 2\%$.

Nevýhody aktivních filtrů

Nevýhodou jsou poměrně značné investiční náklady. Kromě toho ztrácejí tyto filtry účinnost na kmitočtu 25. harmonické a vyšších. Kromě toho jsou třeba u aktivních filtrů harmonické kmitočty vyšší než 2 kHz, které tyto filtry sami vytvářejí. Aby se udržela čistá síť, je třeba provést další opatření.



Pasivní filtry snižují zkreslení proudu harmonickými na < 5 % či < 10 %



Aktivní filtry lze připojit na libovolná místa v síti v závislosti na tom, zda je nutno kompenzovat jednotlivé pohony, celé skupiny nebo dokonce celé sítě.

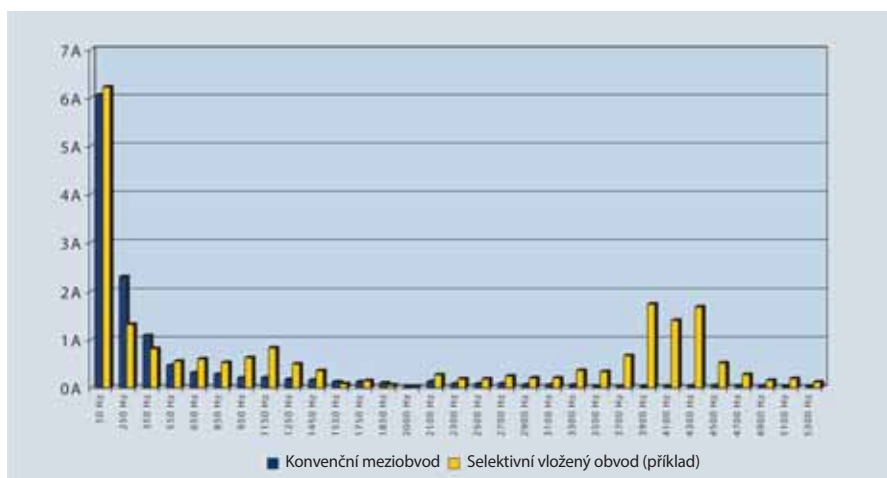
Výhody a nevýhody řešení

Selektivní vložený obvod

V posledních letech byl zaznamenán zvýšený počet měničů kmitočtu s takzvanými „selektivními meziobvodovody“. Výrobce v nich výrazně snížil kapacitanci kondenzátorů v meziobvodu. I bez tlumivky je tím omezená pátá složka harmonických proudů na hodnotu $THD_i < 40\%$, i když produkuje harmonické v horním kmitočtovém rozsahu, které by se jinak nevyskytovalo. Široký kmitočtový rozsah zařízení se selektivními meziobvodovody zvyšuje nebezpečí rezonance s jinými komponentami v síti, např. se zářivkami nebo transformátory. Návrh vhodných opatření je odpovídajícím způsobem časově náročný a obtížný.

Měniče kmitočtu se selektivními meziobvodovody také vykazují slabou odolnost na straně zátěže, a změny zatížení produkují výrazně větší změny napětí. Tím pádem jsou náchylnější k oscilacím, když se změně zatížení na hřídeli motoru. Problémem je také odlehčení zatížení, protože motor pak generuje energii s vysokými napěťovými špičkami. Měniče kmitočtu se selektivními meziobvodovody reagují na tuto situaci rychleji než konvenční zařízení a vypnou se, aby se chránily před poškozením přetížením nebo přepětím.

Protože mají menší nebo žádné kondenzátory, měniče kmitočtu se selektivními meziobvodovody jsou méně schopné přemostovat krátkodobé poklesy napětí. Selektivní meziobvod má zpravidla desetinou kapacitanci ve srovnání s konvenčním meziobvodem. Kromě zpětné vazby způsobené odběrem proudu také měniče kmitočtu se selektivním meziobvodem zkreslují el. energii ze sítě spínacím kmitočtem střídače na straně motoru, což je dobře patrné na straně sítě, z důvodu menších nebo vynechaných kondenzátorů.



Měniče kmitočtu se selektivními meziobvodovody produkují zvýšené úrovně harmonických v horních kmitočtových rozsazích.

Active Front End a Low Harmonic Drive

Active Front End (AFE) a Low Harmonic Drive (LHD) u měničů kmitočtu nebo Power Factor Correction (PFC) u síťových dílů jsou elektronické vstupní obvody, které nahrazují tradiční usměrňovače. Tato zapojení osazená spínacími polovodiči s vysokou spínací rychlostí vytvářejí přibližně sinusový proud a jsou rovněž velmi účinné při tlumení nízkých kmitočtů, které pronikají do sítě. Rovněž jako měniče kmitočtu se selektivním obvodem vytvářejí opačné proudy, které kompenzují proudy pronikající do sítě. Přístroj s obvody Active Front End představuje nejdražší řešení k redukci zpětného působení na síť, protože se jedná o dodatečný vysoce kvalitní měnič kmitočtu, který je schopen dodávat do sítě kompenzační energii. Obvod Low Harmonic Drive tuto možnost nenabízí a je z těchto důvodů poněkud výhodnější.

Výhody AFE / LHD

Velikost proudu harmonických je snížena na hodnotu THD_i téměř 0 % v rozsahu 3. až 50. harmonické: s přístroji s AFE (ne s LHD) je možný čtyřkvadrantový provoz, tzn. že je možné brzdnou energii motoru vrátit do napájecí sítě.

Nevýhody AFE / LHD

Technická náročnost přístrojů je velice značná a vede k velmi vysokým investičním nákladům. V principu se přístroje AFE skládají ze 2 měničů kmitočtu, přičemž jeden spolupracuje s motorem a druhý se sítí. Vlivem dodatečných spínacích nároků klesá v motorovém provozu účinnost měniče kmitočtu. Ztrátový výkon může být o 40 - 50 % vyšší než u měničů s neřízenými usměrňovači. Další nevýhodou je kmitočtet hodinových impulzů u zařízení provádějících korekci vstupního proudu. Tento kmitočtet leží v rozsahu 4 - 20 kHz. Dobré technicky náročné přístroje filtrují tento kmitočtet hodinových impulzů před napájením ze sítě. V současné době platné normy a zákony se tímto kmitočtovým rozsahem dosud nezabývají. Současné analyzátoři sítě obvykle tento kmitočtový rozsah nezachycují a tím pádem se tyto účinky nedají změřit. Lze je ale zjistit u všech přístrojů pracujících v této síti, například zvýšeným proudovým odběrem v síťových dílech. Účinky budou citelné teprve v následujících letech. Proto by se měl uživatel v

zájmu své vlastní provozní bezpečnosti zařízení cíleně ptát výrobce na emisní hodnoty a příslušná nápravná opatření.

Upozornění:

Nebylo konstatováno, zda musí sériově vyráběné přístroje dosahovat mezních hodnot podle EN 61000-3-12. Může platit, že měnič bude tyto hodnoty splňovat s přidavným filtrem.

Danfoss VLT® Low Harmonic Drive

V měničích typu low harmonic drive kombinuje společnost Danfoss měnič kmitočtu se samostatným, plně funkčním aktivním filtrem, který funguje jako AFE.

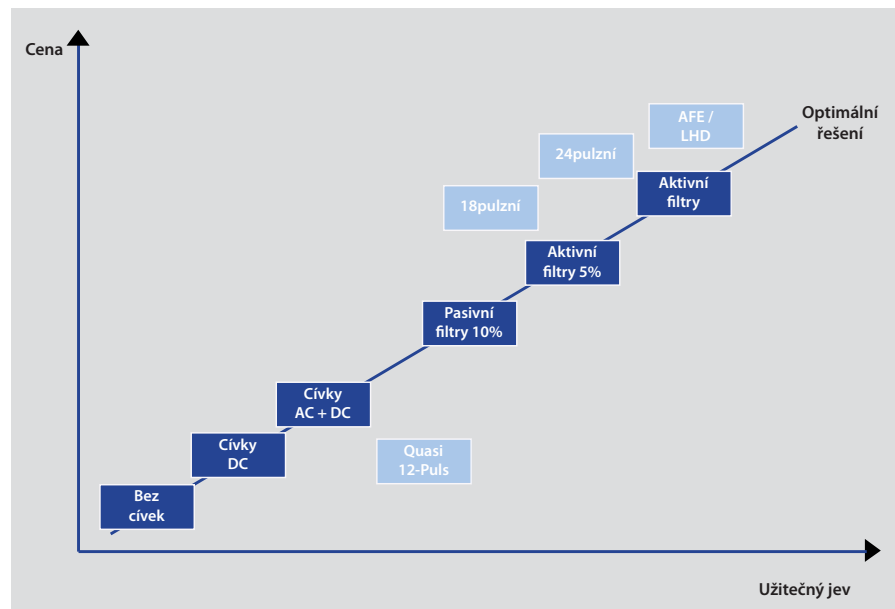
- Nižší ztráty, protože filtry jsou dimenzovány pouze pro proud, který bude kompenzován
- Modul měniče pokračuje v provozu i při poruše filtru
- Vysoká napětí z meziobvodu nejsou předávána do motoru.

Jedná se o optimální řešení pro:

- Shodu se všemi požadavky a standardy harmonických
- Sítě s generátory
- Měkké sítě
- Instalace měničů v sítích s omezenými poruchami napájení

Tyto jednotky jsou k dispozici pro následující rozsahy napětí

- 380 – 460 V AC 50 – 60 Hz a rozsahy napětí
- 132 – 630 kW vysoké přetížení /
- 160 – 710 kW normální přetížení, ochrana
- IP21 / NEMA 1, IP54 hybridní



Přehled opatření k omezení harmonických

Rušení rozhlasového a televizního vysílání

Radio frequency interference.

Měniče kmitočtu v důsledku přítomnosti točivého pole vytvářejí různé kmitočty při příslušném napětí motoru vlivem obdélníkových napěťových impulzů různé šířky. Ve strmých napěťových hranách jsou obsaženy vysokofrekvenční složky. Kable motorů a měniče kmitočtu je vyzařují a přivádějí je vedením do sítě. Ke snížení těchto rušivých veličin musí výrobce použít odrušovací filtry (nazývané rovněž RFI filtry, síťové nebo EMC filtry).

Slouží jednak k ochraně přístrojů před vysokofrekvenčními s vedením souvisejícími rušivými veličinami (odolnost vůči rušení), na druhé straně ke snížení vysokofrekvenčních rušivých veličin přístroje, které vzniknou přes síťový kabel nebo vyzařováním síťového kabelu. Filtry mají za úkol omezit toto rušivé vyzařování na zákonem předepsanou hranici, za tímto účelem by se měly pokud možno hned od počátku vestavět do zařízení. Jako u síťových tlumivek je také u odrušovacích filtrů třeba jednoznačně definovat jejich jakost. V normách, výrobní normě 61800-3 a kmenové normě EN 55011 jsou stanoveny konkrétní mezní hodnoty úrovně rušení.

Normy a směrnice definující mezní hodnoty

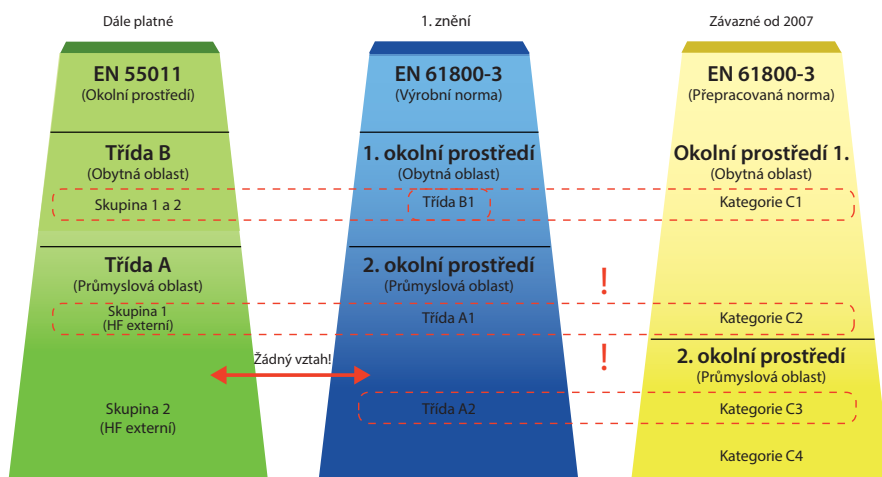
Pro komplexní posouzení vysokofrekvenčního rušení rozhlasu a televize je třeba respektovat dvě normy. Jedná se na jedné straně o normu o ochraně životního prostředí EN 55011, která definuje mezní hodnoty v závislosti na základním průmyslovém prostředí s třídami A1/A2 či obytném prostředí třídy B. Dále definuje výrobní norma EN 61800-3, která platí od června 2007, nové kategorie C1 až C4 pro systémy elektrických pohonů určených k použití ve výrobních zařízeních. Tyto jsou sice vzhledem k mezním hodnotám srovnatelné s dosavadními třídami, avšak připouštějí v rámci výrobní normy další rozšířené využití.

Výrobní norma EN 61800-3 (2005-07) pro systémy elektrických pohonů				
Přiřazení podle	C1	C2	C3	C4
Okolní prostředí	1. okolní prostředí	1. nebo 2. okolní prostředí (rozhodnutí provozovatele)	2. okolní prostředí	2. okolní prostředí
Napětí / proud	< 1000 V			> 1000 V V přípojkách > 400 A v síti IT
Stav EMC	žádný požadavek	Instalace a uvedení do provozu prováděné specialisty na EMC	Je vyžadován EMC projekt	
Mezní hodnoty podle EN 55011	Třída B	Třída A1 (+ výstražné upozornění)	Třída A2 (+ výstražné upozornění)	Hodnoty překračují třídu A2

Klasifikace nových kategorií C1 až C4 dle produktové normy EN 61800-3

Upozornění:
EN 55011: V případě problémů musí provozovatel zařízení dodržovat EN 61800-3: Výrobce měniče musí respektovat.

Konfrontace mezních hodnot*



* rušivé vyzařování

Konfrontace nových kategorií C1 až C4 podle výrobní normy EN 61800-3 a tříd A a B podle normy na ochranu životního prostředí EN 55011.

1. a 2. okolní prostředí

Rozhodující je místo provozu

Mezní hodnoty jsou pro příslušné prostředí uvedeny v odpovídajících normách. Ale jak se vlastně provádí zařazení do různých druhů prostředí? Také zde poskytují normy EN 55011 a EN 61800-3 informaci o systémech elektrických pohonů a jejich složkách:

1. prostředí (třída B):

Obytné oblasti

Jako obytné popř. komerční oblasti či malé provozy se označují všechna místa použití, která jsou napájena přímo z elektrické sítě. To znamená, že nejsou vybavena napájecími transformátory velmi vysokého či vysokého napětí pro oddělené napájení. Zařazení do příslušného prostředí platí jak vně, tak uvnitř budovy. Příklady: obchodní prostory, obytné budovy/plochy, gastronomické a zábavní provozy, parkoviště či sportovní zařízení.

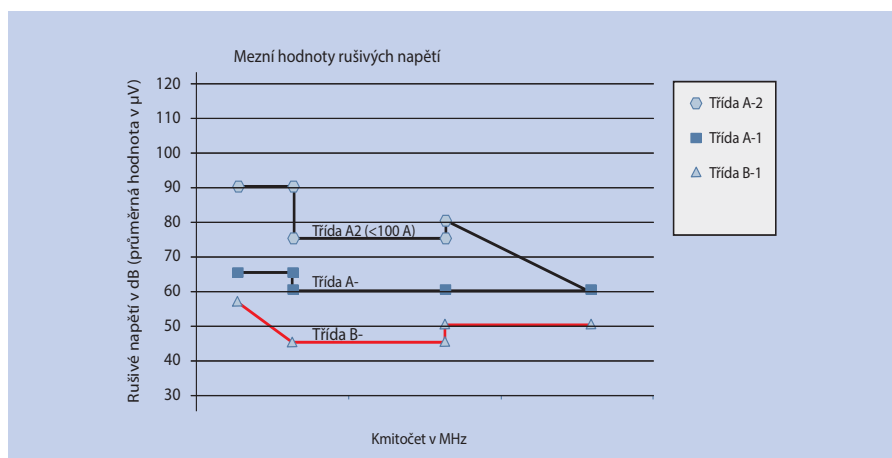
2. prostředí / třída A:

Průmyslové oblasti

Jako průmyslové oblasti se označují místa použití, která nejsou přímo napojena na veřejnou elektrickou síť, ale která jsou vybavena transformátory na vysoké napětí. Kromě toho jsou tyto oblasti definovány v katastru nemovitostí jako takové, které se vyznačují následujícími charakteristikami z hlediska elektromagnetické kompatibility:

- Přítomnost vědeckých, lékařských nebo průmyslových přístrojů
- Spínání větších indukčních nebo kapacitních zátěží
- Výskyt silných magnetických polí (např. v důsledku silných elektrických proudů)

Zařazení do příslušného prostředí platí jak vně, tak uvnitř budovy.



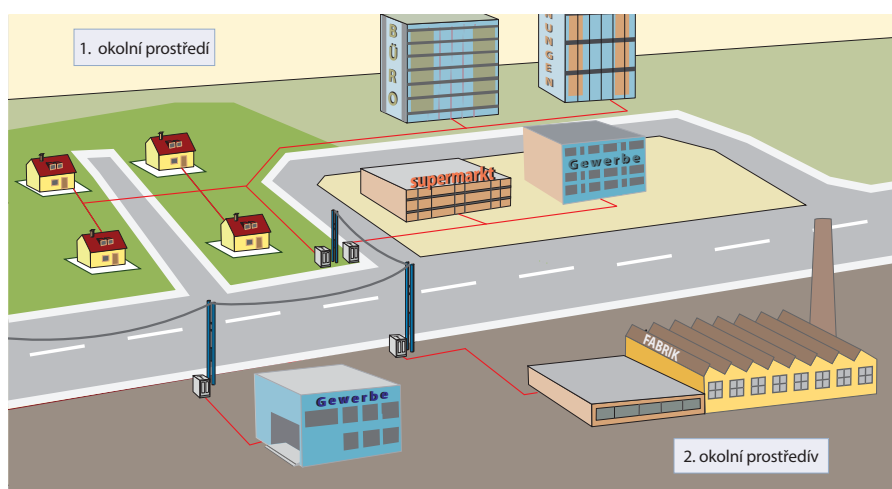
Mezní hodnoty pro rušivá napětí související s vedením dle EN 55011

Zvláštní prostředí

Zde musí uživatel rozhodnout, do kterého prostředí by chtěl zařadit své zařízení. Předpokladem pro toto zařazení je vlastní transformátor vysokého napětí a jednoznačné oddělení od ostatních oblastí. Uvnitř svého rozsahu musí provozovatel zajistit na svoji odpovědnost nezbytnou elektromagnetickou slučitelnost, která zajistí za stanovených podmínek bezchybnou funkci všech přístrojů. Příkladem jsou technické oblasti nákupních středisek, supermarketů, čerpacích stanic pohonných hmot, administrativních budov nebo skladů.

Bez kompromisů

Pokud se použijí měniče kmitočtu, které nesplňují kategorii C, potom se musí přístroje doplnit o výstražné upozornění. Tuto povinnost musí splnit uživatel / provozovatel. V případě rušení vycházejí specialisté v každém případě odstranění rušení z mezních hodnot A1/2 a B kmenové normy EN 55011 v souladu s prostředím, ve kterém je zařízení provozováno. Náklady na odstranění EMC rušení nese provozovatel. Za správné přiřazení do jednotlivých tříd odpovídá v konečném důsledku sám uživatel.



Rozdělení rozsahů použití do 1. a 2. prostředí, stejně jako speciálních oblastí, které má provozovatel na výběr.

Opatření k ochraně sítě

Kompenzace jalového proudu

Zařízení ke kompenzaci jalového proudu kompenzují úhel fázového posuvu φ mezi napětím a proudem, stejně jako posuv účinníku $\cos \varphi$ ve směru 1. To je žádoucí tehdy, když je k napájecí síti připojeno větší množství induktivních spotřebičů (motory, spínací obvody úsporných zářivek, apod.).

Podle provedení vloženého obvodu neodebírají měniče kmitočtu ze sítě žádný jalový proud a nevytvářejí fázový posuv. Účinník $\cos \varphi$ se přibližně

rovná 1. Z tohoto důvodu nemusí uživatelé motorů s regulovanými otáčkami provádět kompenzaci jalových proudů. Ale protože měniče generují harmonické, stoupá proud odebíraný zařízením na kompenzaci jalového výkonu. Zatížení kondenzátorů narůstá s počtem harmonických a má za následek větší ohřev kondenzátorů.

Z tohoto důvodu musí provozovatel opatřit své kompenzační zařízení tlumivkami. Tlumivky dále zabrání

tomu, aby došlo k rezonanci mezi indukčnostmi spotřebičů a kapacitami kompenzačního zařízení. Tlumivky v kompenzačním zařízení vyžadují i měniče s $\cos \varphi < 1$. Kromě toho musí vzít uživatel v úvahu vyšší jalový proud v důsledku rozložení kabelů.

Přechodové jevy v síti

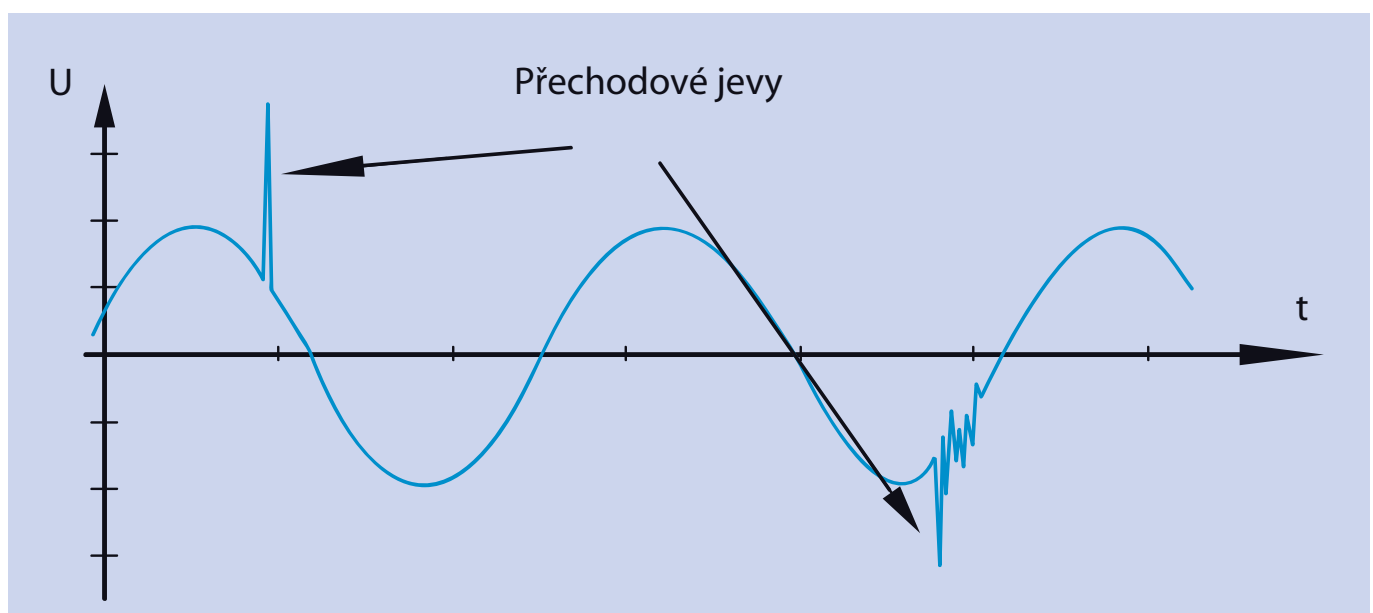
Jako přechodové jevy se označují krátkodobé přepětové špičky ve výši několika 1000 V. Mohou se vyskytovat ve všech napájecích sítích, jak v průmyslových, tak v obytných oblastech.

Jeden z častých případů výskytu přechodových jevů představují bouřky. Přechodové jevy ale mohou vzniknout při připojování nebo

odpojování velkých spotřebičů k síti nebo ze sítě nebo spínáním zařízení na kompenzaci jalových proudů. Právě tak mohou být příčinou přechodových jevů zkraty, které způsobí vypnutí pojistek v napájecí síti, a magnetické induktivní vazby mezi rovnoběžně uloženými kabely. Norma EN 61000-4-1 stanoví, jakou formu tyto přechodové jevy mají a kolik energie obsahují. Jejich škodlivé

účinky se dají omezit různými způsoby. Jako hrubá ochrana vůči přechodovým jevům slouží plynové bleskojistky nebo jiskřiště.

Elektronické přístroje využívají jako jemnou ochranu napětově závislé odpory (varistory). Rovněž měniče kmitočtu využívají tento způsob ochrany.



Údery blesku patří k nejčastějším příčinám přechodných jevů v síti u vodovodních a kanalizačních zařízení.

Praxe – Provoz z transformátoru nebo nouzového generátoru proudu

Maximální zatížení transformátorů

Provozovatelé mohou v sítích nízkého napětí (400 V, 500 V, 690 V) používat pohony s regulací otáček až do výkonu cca 1 MW. Potřebné napájecí napětí je odebíráno prostřednictvím transformátoru ze sítě vysokého napětí. Ve veřejných napájecích sítích (1. prostředí: obytná oblast) přebírá tuto úlohu distributor.

V průmyslových sítích (2. prostředí: průmyslová oblast; většinou 500 V, 690 V) je takový transformátor umístěn u koncového spotřebitele, který je rovněž sám odpovědný za napájení svého zařízení.

Provoz s nouzovým generátorem

Provozovatelé používají náhradní napájecí zařízení tehdy, pokud musí provozovat spotřebiče i v případě výpadku napájecí sítě. Kromě toho přicházejí tato zařízení ke slovu i v případech, kdy příslušný síťový přívod nemá dostatečný výkon. Je rovněž možný paralelní provoz s veřejnou sítí, aby se dosáhlo vyššího síťového výkonu. Toto řešení se s oblibou používá při současné potřebě tepelného výkonu ve skupinových elektrárnách. Přitom se využívá vysokého stupně účinnosti způsobené tímto předáváním energie.

U náhradních napájecích generátorů je impedance sítě většinou vyšší než při provozu na veřejnou síť. To vede k nárůstu harmonických. Při správném dimenzování mohou pracovat generátory v jedné síti se zdroji harmonických. To v praxi znamená:

- Při přepnutí ze sítě na generátor je obvykle třeba počítat s nárůstem zatížení způsobeného harmonickými
- Projektanti a provozovatelé by měli vypočítat nebo změřit nárůst zatížení v důsledku harmonických, aby vypočítali nebo změřili nárůst zatížení v důsledku harmonických, aby

Zatížení transformátoru

U transformátorů, které napájí měniče kmitočtu, je třeba věnovat pozornost vzniku harmonických jako důsledku zapojení frekvenčních měničů a usměrňovačů, které navíc zatěžují transformátor jalovým výkonem.

Následkem toho jsou zvýšené tepelné ztráty. V nejhorším případě může dojít i ke zničení transformátoru.

Inteligentní spínací skupiny (společná zapojení několika transformátorů) mohou případně potlačit harmonické.

mohli zaručit předepsané napětí a předejít výpadkům.

- Nesymetrické zatížení generátoru není přípustné, neboť je spojeno s vyššími ztrátami a možným nárůstem harmonických.
- 5/6 krok vinutí generátoru utlumí 5. a 7. harmonickou, způsobí ale nárůst 3. harmonické. 2/3 krok vinutí redukuje 3. harmonickou
- Zařízení ke kompenzaci jalového proudu by měl provozovatel dle možnosti odpojit, protože může dojít ke vzniku rezonance v síti
- Tlumivky nebo aktivní sací filtry mohou potlačit harmonické kmitočty. Paralelně připojené ohmické spotřebiče mají rovněž tlumivé účinky, zatímco paralelně připojené kondenzátory představují přídavné zatížení vlivem nepředvídaných rezonančních jevů.

Při provozu se zdroji harmonických platí následující omezení:

usměrňovače B2 a B6	➔	max. 20% zatížení generátoru
usměrňovače B6 s tlumivkami	➔	max. 20-35% zatížení generátoru v závislosti na vlastnostech
řízené usměrňovače B6	➔	max. 10% zatížení generátoru

Výše uvedené údaje maximálního zatížení představují doporučené hodnoty, při kterých dle zkušeností funguje zařízení bez poruch.

Kvalita napětí

V souvislosti s kvalitou napětí v napájecích sítích vyvstává otázka: *kolik měničů kmitočtu snese jeden transformátor?*

Programy pro výpočet sítí, jako např. MCT 31 (www.danfoss.de/software) software dávají přesnou informaci, kolik měničů v daném zařízení může jeden transformátor napájet.

Poznámka: Měníče kmitočtu řady VLT® AutomationDrive nebo VLT® HVAC/AQUA Drive mají všechny standardně zabudované tlumivky na potlačení zpětného působení na síť.

Při zvážení těchto poměrů lze použít při napájení z generátoru napájecí síť k pokrytí napájení části měničů a přitom lze dodržet předepsanou kvalitu sítě. Přesný výpočet je například možný pomocí softwaru MCT 31 (www.danfoss.cz/vlt)

Podmínky okolního a životního prostředí

Správné místo pro instalaci

Správná funkce a dlouhá životnost měničů kmitočtu je zajištěna pouze při správném chlazení a čistém ovzduší. Proto výběr místa provozu

a stavební poměry proto významnou měrou ovlivňují životnost těchto zařízení.

Umístění v rozváděči nebo montáž na stěnu?

Odpověď na otázku zda umístit měniče kmitočtu centrálně v rozváděči nebo samostatně na stěnu není jednoznačná. Obě varianty mají totiž své výhody i nevýhody. Varianta umístění v rozváděči poskytuje tu výhodu, že veškeré elektronické součásti se nacházejí blízko sebe a jsou chráněny pouzdrem, tj. rozváděčem. Rozváděč přitom představuje kompletně osazenou jednotku určenou k zabudování do zařízení. Nevýhodou je, že v důsledku stěsnané montáže uvnitř rozváděče se součásti mohou vzájemně ovlivňovat a proto je náročné dodržet požadavky EMC v rozváděči. Kromě toho je to spojeno s vyššími investičními náklady na stíněnou kabeláž motoru, protože

rozváděč a pohon jsou obvykle značně vzdáleny na rozdíl od decentralizovaného řešení. Montáž na stěnu je z hlediska zachování EMC díky prostorové blízkosti měniče a pohonu výhodnější a nevyžaduje zvýšené náklady na stíněné kabely. Nepatrné zvýšení ceny v důsledku ochranného krytí IP 54/55 měniče nehraje téměř žádnou roli. V praxi je ale v cca 70 % případů použita varianta s přístroji v rozváděči.

Poznámka:

Měniče kmitočtu Danfoss jsou k dispozici se třemi druhy ochranného krytí:

- Ochranné krytí IP/00/20 pro zabudování do rozváděčů
- Ochranné krytí IP54/55 pro decentralizovanou montáž
- Ochranné krytí IP66 pro náročné okolní podmínky jako je extrémně vysoká vlhkost (vzduchu) nebo silné znečištění prachem či agresivními plyny.

Měniče kmitočtu lze instalovat centrálně v rozváděčích nebo decentralizovaně v blízkosti pohonu. Obě varianty mají své výhody i nevýhody.



Ochranné třídy IP

Rozdělení ochranných tříd IP podle IEC 60529

		Proti vniknutí pevných cizích částic	Proti přístupu k nebezpečným dílům s
První číselný znak	0	(bez ochrany)	(bez ochrany)
	1	Průměr ≥ 50 mm	hřbet ruky
	2	Průměr 12,5 mm	prst
	3	Průměr 2,5 mm	nástroj
	4	Průměr $\geq 1,0$ mm	drát
	5	ochrana proti prachu	drát
	6	prachotěsný	drát

		Proti vniknutí vody se škodlivými účinky	
Druhý číselný znak	0	(bez ochrany)	
	1	kolmé kapky	
	2	kapky (sklon 15°)	
	3	proud vody	
	4	stříkající voda	
	5	tryskající voda	
	6	silně tryskající voda	
	7	občasné ponoření	
	8	trvalé ponoření	

		Doplňující informace zvláště pro	
První číselný znak	A		hřbet ruky
	B		prst
	C		nástroj
	D		drát

		Doplňující informace zvláště pro	
Doplňující písmeno	H	Zařízení vysokého napětí	
	M	Pohyb během testu zkoušky vodou	
	S	Klid během zkoušky vodou	
	W	Povětrnostní podmínky	

Chybějící číselné znaky se nahradí >X<.

Měníče s ochranou proti dotyku IP20 a 21 (obrázek vpravo) jsou určeny k montáži do rozváděčů. Měníče s ochranou proti stříkající vodě s ochranným krytím IP 54 a 55 (obrázek vlevo) jsou určeny k montáži na stěnu či do rámu.



Chytrá koncepce chlazení

Vnější klimatické podmínky a změny prostředí mají rozhodující vliv na chlazení všech elektronických součástí ať už v rozvodnách nebo rozváděčích.

Udržení konstantní okolní teploty

Pro všechny měniče kmitočtu jsou uvedeny minimální a maximální okolní teploty. Většinou je jejich rozhraní dáno použitými elektronickými díly. Například pro elektrolytické kondenzátory, které jsou použity ve stejnosměrném meziobvodu, nesmí teplota okolí překročit určité meze kvůli závislosti kapacity těchto kondenzátorů na teplotě. Třebaže měniče kmitočtu fungují ještě při $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, zaručují výrobci jejich jmenovitý výkon teprve od $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nepoužívejte proto měniče v mrazu (tj. v tepelně neizolovaných prostorách).

Avšak ani maximální teplota by se neměla překračovat. Elektronické součásti jsou citlivé na teplo. Podle Arrheniova zákona se zkracuje životnost elektronických součástí na polovinu na každých $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, o které se překročí jejich provozní teplota. To platí nejen pro přístroje, které jsou vestavěny v rozváděčích. Rovněž u zařízení ochranných tříd IP54, IP55 a IP66 nesmí okolní teplota přestoupit minimální a maximální meze uvedené v návodech k těmto zařízením. Splnění těchto požadavků někdy vede k použití klimatizovaných provozních prostor či rozváděčů. Vyloučení extrémních okolních teplot zvyšuje životnost měničů kmitočtu a tím i celkovou provozní schopnost zařízení.

Inteligentní koncepce chlazení měničů kmitočtu VLT® odvádí až 85 % ztrátového tepla z pouzdra přístroje chladicími kanály ven.

Chlazení

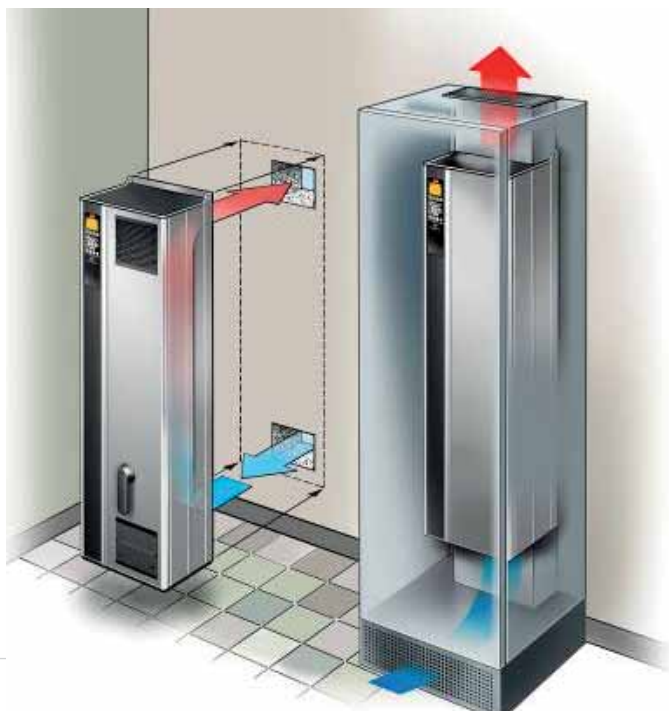
Chlazením měničů kmitočtu dochází k likvidaci tepla vzniklého v důsledku ztrátového výkonu. Velikost ztrátového výkonu ve wattech je uvedena v technických údajích měničů kmitočtu. Provozovatel by měl přijmout opatření k odvedení vytvářeného ztrátového tepla měničů z rozváděče, např. ventilátorem. Požadovaný průtočný objem vzduchu je uveden v podkladech výrobce. Měniče kmitočtu je třeba namontovat tak, aby proud chladicího vzduchu mohl bez překážek proudit chladicími žebry přístroje. Obzvláště u přístrojů IP20 v rozváděči existuje nebezpečí, že v důsledku stěsnané montáže dílů v rozváděči bude znemožněna volná cirkulace vzduchu a dojde ke vzniku tepelného centra. Správné montážní vzdálenosti, které je třeba bezpodmínečně dodržet, najdete v návodech k obsluze.

Vlhkost vzduchu

Ačkoliv měniče kmitočtu částečně fungují i při vysoké relativní vlhkosti vzduchu (Danfoss až do 95% vlhkosti vzduchu), je třeba zamezit jejich orosení. Toto riziko vzniká zejména v případech, kdy jsou frekvenční měnič či jeho díly chladnější než okolní prostředí s vysokou vlhkostí. Vlhkost

ze vzduchu pak může kondenzovat na elektronice. Při opětovném zapnutí přístroje mohou vodní kapky způsobit zkraty v elektronické části. Normálně toto nastává jen u měničů vypnutých od sítě. Proto se doporučuje tam, kde na základě okolních podmínek nelze vyloučit orosení, zajistit vytápění rozváděče. Alternativně může pomoci i pohotovostí (standby) režim měniče (tj. jeho stálé připojení k síti), čímž se snižuje riziko orosení. Je ale nutné ověřit, zda je ztrátový výkon projevující se ohřevem dostatečný k tomu, aby udržel elektroniku v měniči v suchém stavu.

Upozornění: Někteří výrobci měničů kmitočtu předepisují kromě minimálních vzdáleností nad a pod přístrojem také minimální boční vzdálenosti od sousedních zařízení, které je třeba také respektovat.



Zvláštní požadavky

Agresivní ovzduší nebo plyny

V průmyslu, a obzvláště v chemickém, se často vyskytují agresivní plyny, jako např. sirovodík, chlor nebo čpavek. Kontaminace chladicího vzduchu může způsobit pozvolnou degradaci elektronických součástek a vodivých spojů v měničích kmitočtu. Tím jsou postiženy veškeré elektronické přístroje v elektroinstalacích či rozváděcích. Dojde-li k takové kontaminaci okolního vzduchu, měl by projektant či provozovatel zajistit instalaci měniče na takovém místě, kde je kontaminace spolehlivě vyloučena (v jiné budově, zapouzdřeném rozváděči s výměníkem tepla, apod.), nebo by měl objednat takové přístroje, jehož desky jsou opatřeny ochranným lakem odolným vůči agresivním plynům. Zjevným příznakem agresivity okolního vzduchu je koroze mědi. Pokud se měď v krátkém čase zbarví černě, vytvoří puchýře nebo jinak degraduje, měly by se použít desky/přístroje s ochranným lakem. V mezinárodní normě IEC 60721-3-3 je uvedeno, vůči jakému médiu v určité koncentraci je tato ochrana účinná.

Upozornění: Uvažte již ve fázi plánování a projektování, odkud bude přicházet vzduch potřebný ke chlazení elektroinstalací. Zásadně nenasávejte vzduch z prostoru, kde hrozí nebezpečí kontaminace.

Poznámka: VLT® Automation Drive používá sériové povrchové ochrany třídy 3C2. Na přání je možné obdržet i ochrannou povrchovou úpravu třídy 3C3.

Parametry okolního prostředí	Jednotka	Třída				
		3C1	3C2		3C3	
			Průměrná hodnota	Max. hodnota	Průměrná hodnota	Max. hodnota
mořská sůl	mg/m ³	ne	solná mlha		solná mlha	
oxid siřičitý	mg/m ³	0.1	0.3	1.0	5.0	10
sirovodík	mg/m ³	0.01	0.1	0.5	3.0	10
chlor	mg/m ³	0.01	0.1	0.03	0.3	1.0
chlorovodík	mg/m ³	0.01	0.1	0.5	1.0	5.0
fluorovodík	mg/m ³	0.003	0.01	0.03	0.1	3.0
amoniak	mg/m ³	0.3	1.0	3.0	10	35
ozon	mg/m ³	0.01	0.05	0.1	0.1	0.3
dusík	mg/m ³	0.1	0.5	1.0	3.0	9.0

Klasifikace podle IEC 60721-3-3, "průměrné hodnoty" představují očekávané hodnoty z dlouhodobého časového hlediska.

Nepříznivý vliv prašnosti

V praxi často nelze zabránit tomu, aby měniče kmitočtu nebyly instalovány v prostředí s vysokou prašností. Tento prach se usazuje všude a pronikne i do malých mezer. Tím jsou postiženy nejenom decentralizované měniče instalované na stěnách a rámech, které jsou opatřeny ochranným krytím IP55 nebo IP56, ale i přístroje s ochranným krytím IP21, IP20 namontované v rozváděčích. Pokud jsou měniče zabudovány v prašném prostředí, je třeba věnovat pozornost třem faktorům:

Snížená účinnost chlazení

Prach se usazuje na povrchu přístroje a v jeho vnitřním prostoru na deskách a elektronických součástkách. Působí jako izolační vrstva, která způsobí zhoršené předávání tepla ze součástí do okolního vzduchu. Tím se snižuje výkon chlazení. Součásti se tím pádem intenzivněji zahřívají. Následkem je rychlejší stárnutí elektronických dílů a kratší životnost

příslušného měniče. Stejný jev nastane při usazení prachu na chladiči na zadní straně měniče.

Chladicí ventilátory

Proud vzduchu potřebný k chlazení měničů se vytváří chladicím ventilátorem umístěným většinou v zadní stěně přístroje. Rotory ventilátorů jsou uloženy v malých ložiskách, do kterých vniká prach a působí v nich jako brusný prostředek. Důsledkem jsou výpadky ventilátorů vlivem poškozených ložisek.

Filtrační rohože

Především výkonné měniče kmitočtu jsou vybaveny chladicími ventilátory, které odvádějí vzduch z vnitřního prostoru ven. Od určité velikosti jsou tyto ventilátory vybaveny filtračními rohožemi, které zabraňují vniknutí prachu do přístroje. Při provozu ve vysoce prašném prostředí se tyto rohože rychle zanášají prachem a ventilátory tím pádem nemohou správně ochlazovat frekvenční měniče.

Upozornění: Za výše uvedených okolností se doporučuje pravidelné čištění měničů: prach z tělesa chladiče je nutné odstranit tlakovým vzduchem a rohože vyčistit.



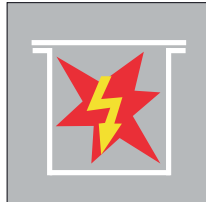
Prostředí s nebezpečím výbuchu

Prostředí s nebezpečím výbuchu

Pohonné systémy pracují často v prostředí s nebezpečím výbuchu. Pokud se měniče kmitočtu používají k regulaci otáček takových motorů a čerpadel, musí systém splňovat určité podmínky. Ty jsou založeny na Směrnici EU 94/9/EC, známé jako Směrnice ATEX. Zde je popsáno používání a provoz vybavení a ochranných zařízení v prostředí s nebezpečím výbuchu. Tato směrnice sjednocuje zásady a požadavky pro provoz elektrických a elektronických zařízení v prostředí s nebezpečím výbuchu, způsobeným např. prachem nebo plyny, pro celou EU. Kromě toho musí uživatelé instalující měniče kmitočtu dodržet rovněž Doporučení NAMUR NE 38.

Pokud měniče kmitočtu regulují otáčky motorů v těchto výbušných prostředích, musí být tyto motory vybaveny sledováním teploty pomocí teplotních snímačů s termistory. Je možné zvolit motory v nevýbušném provedení „d“ nebo „e“. Rozdíl v těchto provedeních spočívá ve způsobu, jakým se zabraňuje vznícení výbušného média. U nevýbušného provedení „e“ se zabraňuje vzniku takového množství energie, které by bylo schopno vytvořit jiskru. U nevýbušného provedení „d“ se zajistí, aby v případě vzniku jiskry ve chráněném prostředí (např. v pouzdru) nemohla tato jiskra opustit tento chráněný prostor. V praxi se motory s ochranou „e“ používají jen zřídka. Takovou kombinaci je možno zvolit jen na základě náročného a drahého prověření vzorkové konstrukce. Častěji se používají motory s ochranou „d“. Separátní provedení zde není nutné, ale úprava kabelů pro oblast „d“ je velmi nákladná.

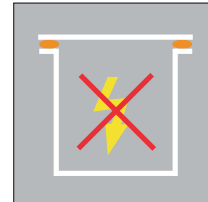
Pouzdro odolné vůči tlaku „d“, definované v normě EN 60079-1, ISA 60079-1, IEC 60079-1



Díly, které mohou potenciálně zapálit výbušné prostředí, jsou zakryty pouzdrům, které odolá tlaku výbuchu, ke kterému dojde uvnitř pouzdra, a zabrání přenosu výbuchu do okolního prostředí. (Zdroj: norma EN 60079-1)

Nejvíce se proto používají motory s kombinovanou ochranou „de“. Motor sám je přitom v nevýbušném provedení „d“, zatímco svorkovnice je v nevýbušném provedení „e“. Omezení svorkovnice „e“ spočívá v maximálním napětí, které do něho může být přivedeno. Zpravidla vytvářejí měniče kmitočtu maximálně síťové napětí, ale v důsledku modulace výstupního napětí dochází ke vzniku nepřipustně vysokých napěťových špiček. Tyto hodnoty obvykle překračují povolené meze svorkovnice nevýbušného provedení „e“. V praxi se osvědčilo zapojení sinusových fi ltrů na výstup frekvenčních měničů, které tlumí vysoké napěťové špičky.

Zvýšená bezpečnost „e“, definovaná v normě EN 60079-7, ISA 60079-7, IEC 60079-7



Aplikují se další opatření pro zvýšení úrovně bezpečnosti, takže se zabrání možnosti vzniku nadměrných teplot a vzniku jisker nebo oblouků uvnitř pouzdra nebo na obnažených částech elektrického zařízení, kde by se neměly za normálního provozu objevit.

Upozornění: Neinstalujte nikdy měniče kmitočtu přímo v prostředí s nebezpečím výbuchu. Instalace se musí provést mimo nebezpečnou zónu v rozváděči. Rovněž tak lze doporučit použití sinusových fi ltrů na výstupu měniče. Tyto fi ltry totiž potlačují rychlost vzestupu napětí du/dt a napěťové špičky U_{peak} . Délku kabelu k motoru je třeba volit co možná nejkratší kvůli napěťovým úbytkům na kabelu.

Poznámka: Měníče kmitočtu řady VLT® Automation Drive mají certifikaci MCB 112 týkající se PTB-chlazení motoru pro prostory s nebezpečím výbuchu. Pokud se použijí měniče VLT® se sinusovými fi ltry, nejsou nutné stíněné kabely k motoru.

Rozdělení na zóny

Plyn	Zóna 0	je oblast, která trvale, dlouhodobě nebo často obsahuje prostředí s nebezpečím výbuchu ve formě směsi vzduchu a hořlavých plynů, par nebo mlh.
	Zóna 1	je oblast, ve které se během normálního provozu může příležitostně vyskytnout prostředí s nebezpečím výbuchu ve formě směsi vzduchu a hořlavých plynů, par nebo mlh.
	Zóna 2	je oblast, ve které se během normálního provozu prostředí s nebezpečím výbuchu ve formě směsi vzduchu a hořlavých plynů, par nebo mlh nevyskytuje, nebo se vyskytne velmi krátce.
Prach	Zóna 20	je oblast, která trvale, dlouhodobě nebo často obsahuje prostředí s nebezpečím výbuchu ve formě mračna hořlavého prachu přenášeného vzduchem.
	Zóna 21	je oblast, ve které se během normálního provozu může příležitostně vyskytnout prostředí s nebezpečím výbuchu ve formě mračna hořlavého prachu přenášeného vzduchem.
	Zóna 22	je oblast, ve které se během normálního provozu prostředí s nebezpečím výbuchu ve formě mračna hořlavého prachu přenášeného vzduchem nevyskytuje, nebo se vyskytne velmi krátce.

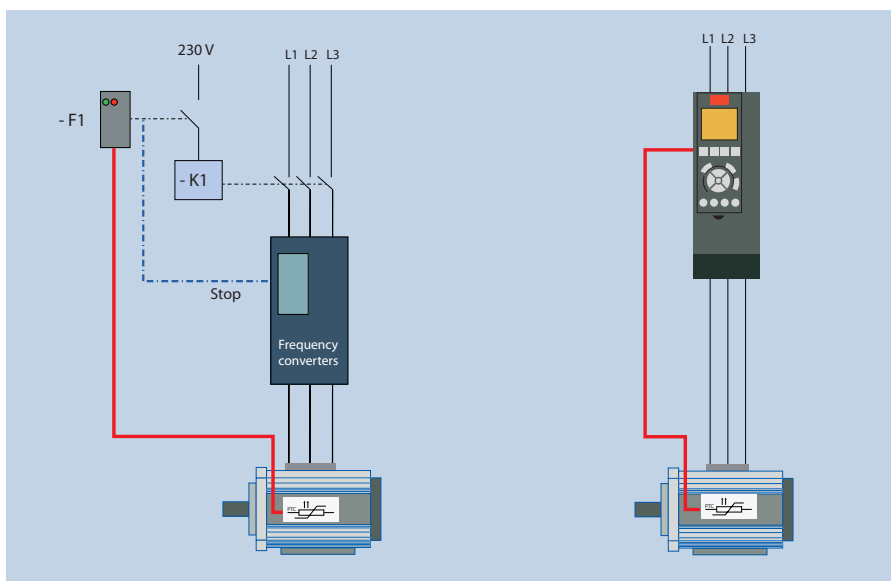
*Definice z německého předpisu týkajícího se ochrany zdraví a bezpečnosti práce (BetrSichV)

Výše uvedená tabulka poskytuje zjednodušený popis rozdělení na zóny. Tyto zóny označují, jak často a po jak dlouhou dobu lze očekávat výskyt prostředí s nebezpečím výbuchu. Když vybíráte komponenty pro použití v prostředí s nebezpečím výbuchu, musí být schváleny přinejmenším

pro převládající zónu. Třídy teploty a skupiny výbuchů jsou další kritéria, která je nutné vzít v úvahu. Platí, že obecně není možné používat elektromotory v zónách s označením nula. Je životně důležité, aby byla schválená zamýšlená funkce zařízení vhodná pro typ prostředí s nebezpečím výbu-

chu: prach (kód D) nebo plyn (kód G). Existuje řada dalších podmínek, např. ochrana proti výbuchům důlního plynu v důlních aplikacích.

Bezpečnostní funkce měničů



Koncepce ochrany proti výbuchu pro pohony s proměnnými otáčkami „zvýšená ochrana proti vznícení“

Předchozí postup schvalování pro motory napájené měniči kmitočtu se „zvýšenou ochranou proti vznícení“ (Ex e) byl mimořádně komplikovaný a nepružný, a často nutil uživatele pracující v prostředích s nebezpečím výbuchu, aby se uchýlili ke značně dražším motorům s pouzdry odolnými vůči tlaku (Ex d). Od té doby vyvinula PTB nový postup schvalování, která v budoucnu učiní využití regulátorů otáček u motorů Ex e mnohem atraktivnějším.

Tato nová koncepce slouží pouze ke schválení samotného motoru, ačkoli jeho homologační certifikát EU rovněž musí definovat speciální požadavky na monitorování teploty. Kromě obvyklého vyhodnocení certifikovaného PTC termistoru budou tyto motory potřebovat otáčkově závislý omezovač proudu, aby se určilo zredukované chlazení motorů s vlastním chlazením při použití regulace otáček.



Stejně jako všechny ostatní volitelné doplňky měniče VLT® Automation Drive FC 302 lze kartu s PTC termistorem MCB112 rychle a snadno vyměnit na místě během provozu.

Pohony s proměnnými otáčkami se v chemickém průmyslu objevují čím dál častěji. Zvýšení tlaku na náklady motivuje uživatele, aby hledali nová řešení, která jim ušetří peníze, zvýší dostupnost systému a zlepší bezpečnost. Jednou z cest je přenést bezpečnostní funkce, které byly dříve implementovány pomocí samostatných komponent, do pohonných systémů. Tím se nejen šetří prostor a náklady na instalaci a kabeláž, ale současně se redukuje počet požadavků na řešení problémů a údržbu, a moderní měniče kmitočtu nabízejí řadu způsobů, jak toho dosáhnout.

Jediná ochrana

Pohonný systém, který snižuje počet potřebných komponent, kabelů, rozhraní, plánování a zkracuje dobu instalace jediné ochrany motoru, nabízí značné potenciální úspory.

Kromě toho, že plní svou primární funkci regulace otáček motoru, mohou měniče kmitočtu také zahrnovat funkce ochrany proti výbuchu. Logika vyhodnocení PTC s certifikací ATEX kombinovaná se zabezpečením, a rovněž certifikovaným, způsobem vypínání napájení motoru, je základní monitorovací funkcí motoru pro použití v prostředí s nebezpečím

výbuchu. Když ji přidáme k připojení Profibus a učiníme vyhodnocení PTC dostupným jako interní analyzovatelný signál z měniče kmitočtu, můžeme výrazně snížit náklady na signálové kabely, montáž a plánování rozhraní. Jedním takovým řešením je měnič kmitočtu VLT® Automation Drive se sběrnici Profibus a modulem PTC od společnosti Danfoss.

Díky garantovanému přerušení napájení motoru zajišťovanému vypnutím interního redundantního napájení ve stádiu zapalování IGBT a současným blokováním zapalovacího impulsu není nutné instalovat síťovou pojistku, spojovací relé, které by jinak bylo zapotřebí, nebo poskytnout pojistku řídicího napětí v přívodu napájení.

Aplikace Profibus, která je v chemickém průmyslu široce používána, otevírá další potenciální možnosti úspor. Měnič VLT® Automation Drive se sběrnici Profibus a modulem PTC umožní využít a zredukovat nejen plánování a úsilí vynaložené na instalaci, ale také řadu modulů potřebných systémem pro řízení procesu. V problémových situacích to výrazně zjednodušuje odstraňování problémů a minimalizuje nejen prostoje, ale také čas potřebný k opravám.

Výhody nové koncepce:

Nákladově úsporná a flexibilní alternativa

Nákladově efektivnější použití regulace otáček znamená, že nový postup otevře v budoucnu zajímavé možnosti potenciálních úspor, zvláště pro čerpadla a ventilátory, u kterých byla renovace cenově nedostupná.

Nekomplikované

Flexibilní využití regulace otáček pro motory s ochranou proti vznícení třídy „zvýšená bezpečnost“.

Kompaktní provedení

Výrazně zmenšená velikost rámečku, snížená hmotnost a náklady v porovnání s regulátory otáček pro motory s pouzdem odolným vůči tlaku.

Flexibilní

Snadné možnosti kombinování a tudíž menší potřeba držet na skladě motory a měniče kmitočtu.

Bezpečné

Provoz motorů Ex e v budoucnu (bude rovněž využitelný s následnými řadami).

Nákladově efektivní

Nižší investiční náklady umožní rychlejší amortizaci, když se regulátory otáček použijí ke snížení nákladů na energie.

Univerzální

Komplexní řešení pro výkonové rozsahy od 0,4 kW pro 400/500/690 V.

Speciální funkce pro použití v chemickém průmyslu

Volitelné bezpečnostní funkce pro měnič VLT® Automation Drive.

Ve spolupráci se společností Ziehl industrie-elektronik vyvinula společnost Danfoss samostatný ochranný modul s certifikací PTB pro motor chráněný proti výbuchu pro použití s měničem kmitočtu. Tím se ušetří externí komponenty a nákladný prostor pro rozvaděč, a také instalace kabeláže. Tento modul je vhodný pro připojení a monitorování PTC v souladu s normou DIN 44081 a DIN 44082. Pochopitelně zahrnuje monitorování obvodu čidla ohledně zkratu a přerušení vodiče.

Použití funkce Bezpečného zastavení (standardní) integrované do měniče kmitočtu FC 302 pro dosažení úrovně „d“, kompatibilní s normou EN ISO 13849-1, nebo Sil 2, kompatibilní s normou EN 61508, umožňuje obejít se bez síťové pojistky.

Certifikace ATEX pro motory Ex e.

Také je možné použít měniče kmitočtu typu VLT® Automation Drive k řízení FC motorů s certifikací ATEX libovolného výrobce v zónách 1 a 2 (plyn) nebo zónách 21 a 22 (prach). S doplňkem MCB 112 PTC mohou nyní uživatelé implementovat nezbytné moni-

torování teploty s certifikací ATEX přímo do měniče kmitočtu.

Funkce vyhodnocení u motorů Ex e.

Měnič VLT® Automation Drive také poskytuje speciální funkci vyhodnocení, která usnadňuje provoz motorů Ex e s certifikací ATEX vhodných pro měniče kmitočtu. Informace potřebné pro funkce vyhodnocení jsou uvedené na typovém štítku patřičně schválených motorů Ex e, a během procesu uvedení do provozu umožňuje funkce přímého zadání uživatelům zadávat tyto informace pomocí ovládacího panelu nebo pomocí programovacího softwaru MCT 10.

Označení svorek jako dle NAMUR NE 37

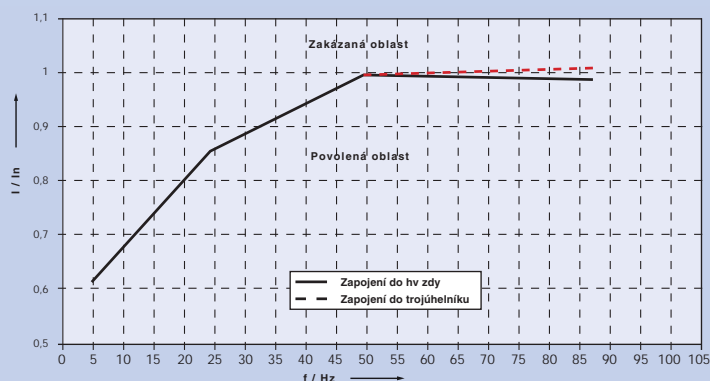
Ve spojení s rozšiřovacím modulem MCB 113 je měnič VLT® Automation Drive FC 302 schopen poskytovat všechny funkce řídicích svorek zmiňované v doporučení NAMUR NE37, aniž by byly zapotřebí další externí periferie. Tak je možné poskytnout systém s vysokou úrovní funkcí a bezpečnosti na velmi malém prostoru.



CE VEM motors GmbH D 38855 Wernigerode 0637 Made in Germany Ex e II II 2G T3 Th.Kl./Th.ol. 155 [F/B] IP 55 53 kg 3 ~ Mot. Nr./N° 161507/0001 K11R 132 S4 Exe II T3 TWS VIK HW

Y				Δ						
Hz	Nm	kW	min-1/r.p.m	V	A	Nm	kW	min-1/r.p.m	V	A
5	15	0,186	118	40	5,7	15	0,186	118	23	9,9
25	25	1,855	707	200	8,1	25	1,855	707	115	14
50	30	4,551	1444	400	9,4	30	4,551	1444	230	16,3
87	17	4,46	2493	400	9,3	30	8,016	2554	400	16,5

Prüf./Test 19.03.2008 Beschein./Certif. PTB08ATEX3001X/01 IM B3 DIN EN 60034-1
Fett/Grease
DE 6208 ZZ C3 DIN 625 cm³ h NAT 130 °C
NE 6207 ZZ C3 DIN 625 cm³



Údaje závislé na otáčkách pro funkci vyhodnocení jsou uvedeny na typovém štítku (nalevo) a lze je zadat během uvádění zařízení do provozu. Funkce vyhodnocení (obrázek napravo) potom monitoruje otáčkově řízený motor s vlastním větráním dle specifikace.

Vhodný motor pro provoz s měničem kmitočtu

Kritéria výběru:

Pro motory s měniči kmitočtu je třeba vzít v úvahu následující body:

- Nároky na izolaci
- Nároky na ložiska
- Teplotní zatížení

Nároky na izolaci

Při provozu s měničem kmitočtu je vinutí motoru zatěžováno více než při napájení pouze ze sítě. Je to způsobeno hlavně vysokou rychlostí vzrůstu napětí du/dt , stejně jako délkou, typem a uložením motorové kabeláže apod.

Rychlost vzrůstu napětí je dána rychlými spínacími polovodiči v invertoru měniče kmitočtu. Invertory pracují s vysokou modulační frekvencí v rozsahu 2-20 kHz a s velmi krátkými spínacími časy z důvodu napodobení sinusového průběhu proudu.

Rychlost nárůstu napětí motoru ve spojení s motorovým kabelem má za následek následující jevy:

- Vysoká impulzní napětí ULL na svorkách motoru více zatěžují izolaci mezi fázemi.
- Vysoká impulzní napětí mezi vinutím a svazky plechů ULE více zatěžují izolaci nulových vodičů
- Vysoká napěťová zatížení mezi vinutími U_{wdg} zatěžují izolaci drátů vinutí podstatně více.

Nároky na ložiska

Za nepříznivých okolností se může stát, že motory s frekvenční regulací s poškozenými ložisky se poškodí v důsledku ložiskových proudů.

Ložiskový proud vzniká tehdy, když se na mazací drážce ložiska vyskytne elektrické napětí, které je dostatečně vysoké na to, aby prorazilo izolaci mazacího prostředku. Pokud se takovýto případ vyskytne, upozorní na tuto situaci hluk, který se ozývá z poškozených ložisek. Mezi proudy ložisek patří vysokofrekvenční cirkulační proudy, zemní proudy a EMD proudy (jiskrová eroze).

Následující faktory určují, který z těchto proudů může způsobit poškození ložisek:

- Síťové napětí na vstupu měniče kmitočtu
- Rychlost nárůstu napětí du/dt
- Druh motorových kabelů
- Elektrické stínění
- Uzemnění zařízení
- Konstrukční rozměry motoru
- Uzemňovací systém pouzdra motoru a hřídele motoru

Ložiskové proudy je možné snížit realizací následujících opatření:

- Použití výstupních filtrů (tlumivky zapojené na výstupu; filtry du/dt ; sinusové filtry)
- Použití izolovaných ložisek
- Řádné propojení všech kovových dílů zařízení zemnicím vodičem s malou impedancí
- Stíněné kabely k motoru
- Použití filtrů potlačujících stejnosměrné napětí

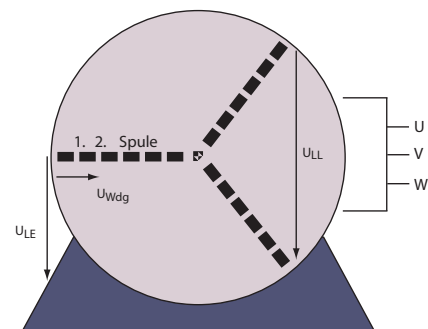
Upozornění: Nechte si výrobcem motoru potvrdit, že se jedná o motor určený pro provoz s měničem kmitočtu a v jakém rozmezí otáček se smí motor provozovat (min./max. otáčky).

Upozornění: Ložiskové proudy vznikají v systému složeném z měniče kmitočtu, motoru, kabelů a uzemnění. Norma IEC 60034-17 doporučuje realizaci nápravných opatření u motorů, u kterých výška hřídele přesahuje 315 mm (tj. od cca 132 kW).

Teplotní zatížení

Provoz s měničem kmitočtu způsobuje dodatečné ztráty. Vlivem zatížení harmonickými dochází ke vzniku ztrátového tepla projevujícího se ohřevem statoru i rotoru. Velikost těchto ztrát závisí na amplitudě a kmitočtu harmonických. Přídavné proudové a tepelné ztráty v rotoru závisí na jeho geometrickém tvaru. Ztráty v železe a proudové ztráty závisí na výkonu motoru. Přídavné ztráty v motoru vedou k vyššímu tepelnému zatížení izolace vinutí. U moderních motorů jsou tyto ztráty zanedbatelné, protože přídavný ohřev normalizovaných motorů (do konstrukční velikosti 315) leží v rozsahu přídavného ohřevu způsobeného tolerancemi sítě. U normalizovaných motorů napájených z transformátorů (od konstrukční velikosti 355) předepisují výrobci částečnou redukci výkonu.

Pokud měnič kmitočtu nedokáže vyrobit plné síťové napětí se síťovým kmitočtem, doporučuje se provedení izolace motoru v teplotní třídě F. Teplota motoru při nízkých napětích je v porovnání s provozem pouze ze sítě až o 10 K vyšší.



V motoru se vyskytují impulzní napětí na svorkách motoru ULL a mezi vinutím a svazkem plechů ULE. Kromě toho existuje i napěťové zatížení mezi vinutími U_{wdg} .

Výstupní filtry

Sinusové nebo dU/dt filtry.

Skupina výstupních filtrů zahrnuje sinusové a dU/dt filtry. Na rozdíl od sinusových filtrů mají dU/dt (dv/dt) filtry za úkol pouze snížení nárůstu rychlostí. Konstrukce dU/dt filtrů je jednodušší než u sinusových filtrů (menší hodnoty pro L a C), a jsou tudíž levnější.

Sinusové filtry, nazývané též motorové filtry nebo LC filtry, je možné volitelně používat na výstupní straně měničů kmitočtu. Vyhlažují obdélníkový napěťový impuls na výstupu a poskytují tak téměř sinusové výstupní napětí.

Funkce a úkoly sinusových filtrů

Sinusovým filtrem projdou jen nízké kmitočty, takže vysoké kmitočty jsou filtrovány tj. proud a napětí jsou prakticky sinusové. Z tohoto důvodu není potřeba používat speciální motory se zesílenou izolací při použití s měniči. Je také zredukován hluk motoru. Sinusový filtr snižuje namáhání izolace motoru a ložiskové proudy v motoru, čímž prodlužuje životnost motoru a prodlužuje intervaly údržby. Sinusové filtry umožňují použití delších motorových kabelů v aplikacích, kde je motor instalován daleko od měniče. Protože filtr nijak nepůsobí mezi fázemi motoru a šasi, neredukuje svodový proud v kabelech. Proto existuje omezení délky motorového kabelu.

- Snížená rychlost sledování dv/dt na svorkách motoru
- Snížená špičková napětí \hat{U}_{LL}
- Snížení hlučnosti motoru
- Snižuje ztráty v motoru
- Méně závad polovodičů v měniči kmitočtu s dlouhými motorovými kabely
- Snížené elmg. emise z motorových kabelů díky eliminování vysokofrekvenčních oscilací v kabelu
- Snížené elmg. rušení z nestíněných motorových kabelů umožňuje ovládat měniče kmitočtu Danfoss pomocí nestíněných kabelů s potlačením vysokofrekvenčního rušení úrovně C2, dle normy EN 61800-3.

Sinusové filtry se používají pro následující aplikace:

- Aplikace, ve kterých je nutné eliminovat hluk ze spínání motoru.
- Dodatečná instalace do systémů se staršími motory s vadnou izolací
- Existuje řada příčin ložiskových proudů, účinná preventivní opatření zahrnují sinusové filtry, které omezují nebo eliminují krátké rušivé impulsy.
- Aplikace, ve kterých je motor vystaven agresivnímu prostředí, nebo pracuje při vysoké teplotě.
- Aplikace s motorovými kabely dlouhými více než 150 m (stíněné kabely) nebo více než 300 m (stíněné kabely). Použití motorových kabelů delších než 300 m bude záviset na konkrétní aplikaci.
- Aplikace, u kterých je potřeba prodloužit interval údržby motoru.
- Kdykoli jsou použity nestandardní motory (zeptajte se výrobce motoru).

Následná instalace/ dodatečná instalace

Když provozovatel systému vylepší staré motory, které byly dříve připojeny přímo k el. síti tím, že je převede na otáčkově řízené - instalací měničů kmitočtu - vždy bude rozumné použít sinusové filtry, vyjma situace, kdy je v technickém listu motoru jasně uvedeno, že vinutí motoru je určeno pro provoz s měničem kmitočtu.

Při realizaci změn bude často výhodné vyměnit staré, neefektivní motory za nové, úsporné motory kompatibilní s měniči kmitočtu. V takových případech nebude samostatný sinusový filtr zapotřebí. Nový motor se obvykle velmi rychle zaplatí jen díky snížení nákladů na energie.

Snížení ložiskových proudů

Ložiskové proudy zkracují životnost ložisek motoru. V normě IEC 60034-17 je doporučováno pro jejich snížení použít výšku osy větší než 315 mm, což odpovídá výkonu motoru přibližně 132 kW nebo více. Sinusové filtry redukuje krátké rušivé impulsy (proudy mezi ložisky), soufázové filtry redukuje vysokofrekvenční rušení soufázového režimu se zemí. Krátké rušivé impulsy (proudy mezi ložisky) jsou mírně omezovány dv/dt filtry, vysokofrekvenční rušení soufázového režimu se zemí je možné eliminovat soufázovými filtry. Kromě toho budete při použití výše uvedených filtrů určitě potřebovat instalaci bezchybnou z hlediska EMC.



Výstupní filtry IP20 (nalevo) nebo IP00 (napravo) redukuje špičková napětí V_{peak} a rychlost sledování dv/dt moderních měničů kmitočtu, a chrání tím izolaci motoru.

dU/dt filtry

dU/dt filtry – jednodušší a nákladově efektivní.

Jak bylo zmíněno dříve, dU/dt (dv/dt) filtry mají nižší hodnoty L a C a jsou tudíž nákladově efektivnější a menší než sinusové filtry. Napětí z dv/dt filtru je stále impulzové, ale proud je sinusový. dv/dt filtry redukuje rychlost nárůstu impulzů na svorkách motoru, obvykle přibližně na 500 V/μs. Připojený kabel nesmí být delší než 150 m. Budete potřebovat stíněný motorový kabel, aby byla zajištěna shoda s třídou potlačení rušení C2 dle normy EN 61800-3.

Společnost Danfoss doporučuje používat dv/dt filtry pro následující aplikace:

- Aplikace, které často používají generátorické brzdění
- Motory, které nejsou konstruovány pro provoz s měničem kmitočtu a

neodpovídají normě IEC 60034-25

- Motory, které jsou vystaveny agresivnímu prostředí nebo pracují při vysoké teplotě.
- Aplikace, u kterých existuje riziko vzniku el. oblouku.
- Systém se starými motory (dodatečná instalace) nebo s univerzálními motory, které nevyhovují normě IEC 60034-17
- Aplikace s krátkými motorovými kabely (pod 15 m), protože náběžná hrana U je potom krátká, což vede k vysokým hodnotám pro dv/dt. To může způsobit vznik ničivě vysokých rozdílů potenciálů mezi vinutími motoru a může to vést k narušení izolace a vzniku el. oblouku.
- Aplikace na napájecí síti 690V



Soufázové filtry

	dv/dt filtry	Sinusové filtry	Soufázové filtry
Namáhání izolace motoru	Snížené – lze použít delší motorový kabel	Snížené – lze použít delší motorový kabel	Žádné snížení
Namáhání ložisek motoru	Mírně snižuje	Snížené krátké rušivé impulzy, ale nikoli soufázové proudy	Omezené soufázové proudy
Elektromagnetická kompatibilita	Odstraňuje harmonické kmitočty v motorových kabelech. Žádné změny třídy EMC	Odstraňuje harmonické kmitočty v motorových kabelech. Žádné změny třídy EMC	Omezení vysokofrekvenčních emisí (vyšších než 1 MHz). Žádné změny třídy EMC
Max. délka motorového kabelu odpovídá požadavkům EMC	Závisí na výrobci FC 302: max. 150m stíněný	Závisí na výrobci FC 302: max. 150m stíněný nebo max. 300m nestíněný	Závisí na výrobci FC 302: max. 150m stíněný
Max. délka motorového kabelu, nevyhovuje EMC	Závisí na výrobci FC 302: max. 150m stíněný	Závisí na výrobci FC 302: max. 500m stíněný	Závisí na výrobci FC 302: max. 300m stíněný
Hluk hodinového kmitočtu z motoru	Žádný vliv	Omezený	Žádný vliv
Relativní velikost (k měniči)	15–50% (závisí na výkonu)	100%	5–15%
Pokles napětí	0,5%	4–10%	Žádný

Motory a kabeláž

Minimální třídy účinnosti motorů.

Závazné minimální účinnosti

EU vyvinula řadu nových předpisů zaměřených na zvýšení energetické úspornosti průmyslových závodů, včetně účinnosti libovolné použité pohonné technologie.

Od léta 2011 platí v EU závazné minimální stupně účinnosti MEPS pro asynchronní třífázové motory. Tato pravidla EU předpokládají postupné zvyšování požadavků na účinnost motorů až do roku 2017. Minimální stupně účinnosti (MEPS) jsou založeny na mezinárodně uznávaných třídách účinnosti IE (IE = international efficiency) specifikovaných v normě IEC 60034-30. V některých případech jsou předepsané limity pro tyto třídy srovnatelné s běžně používanými třídami Eff.

Dotčené střídavé motory

Shoda s MEPS je závazná pro následující asynchronní střídavé motory:

- Provozní režim S1 (nepřetržitý provoz) a S3 (přerušovaný provoz) s dobou trvání (ED) > 80 %.
- Počet pólů: 2 až 6.
- Výkonový rozsah: 0,75 – 375 kW.
- Jmenovité napětí až 1 000 V.

Zavedení MEPS má za cíl přispět k úsporám energie, i když v ojedinělých případech může mít řešení nakonec vyšší spotřebu. Z tohoto důvodu je v Nařízení EU č. 640/2009 uvedena řada technicky smysluplných výjimek pro různé oblasti aplikací. Patří k nim mimo jiné:

- Motory používané v prostředí s nebezpečím výbuchu (dle definice ve Směrnici 94/9/EC) a brzdné motory.
- Speciální motory určené pro jednu z níže uvedených provozních podmínek:
 - Okolní teplota vyšší než 40 °C.
 - Okolní teplota nižší než 15 °C (pro vzduchem chlazené motory, 0 °C).
 - Provozní teplota vyšší než 400 °C.
 - Teplota chladiva nižší než 5 °C nebo vyšší než 25 °C.
 - Provoz v nadmořské výšce vyšší než 1 000 m nad mořem.
- Motory, které jsou kompletně integrované do produktu, např. převodové jednotky, čerpadla a ventilátory, nebo které jsou provozovány výhradně s pomocí kapalného média, např. ponorná čerpadla.

V Evropě nejsou motorové převodovky považovány za integrální součást produktu a jsou hodnoceny samostatně. Postup pro speciální motory je podobný: základní motor se ohodnotí a jeho třída efektivit se pak přenáší na jeho varianty.

Alternativy k požadovaným IE3 motorům

Jako alternativu k plánovaným třídám IE3 mohou uživatelé používat motory IE2 napájené měniči kmitočtu. Uživatelé musí zajistit shodu s třídou IE3 nebo alternativně IE2 s měničem kmitočtu „v místě uvedení do provozu“.

Kompatibilita motorů

Nové třídy vysoké účinnosti mohou vést k tomu, že motory tříd IE2 a IE3 zaberou větší plochu, což může přinést problémy při nahrazování starších motorů, protože bude při montáži na stejné místo nedostatek prostoru.

Motorové převodovky

K pohánění převodovek se dnes standardně používají úsporné elektromotory. Uživatelé mohou vybírat vhodné motorové převodovky z řady tříd účinnosti, v závislosti na výrobci, ale je nutné si uvědomit, že deklarovaná třída účinnosti motoru platí pouze pro samotný motor a nikoli pro kombinaci převodovky a motoru.

Ohledně volby převodovky je k dispozici široký výběr. Čelní převodovky a kuželové převodovky jsou obecně mnohem účinnější než šnekové převodovky. Uživatelé, kteří zvolí stejnou kompaktní kuželovou převodovku jako alternativu ke šnekové převodovce, budou muset vynaložit vyšší investici, ale větší účinnost a snížené opotřebení poskytnou výhodu, která obvykle ve velmi krátké době vrátí investici zpět.

Motorové převodovky jsou zvláště vhodné pro provoz s měniči kmitočtu. Měnič nejen optimalizuje provoz elektromotoru, ale také umožňuje uživateli obejít se bez mechanické převodovky s proměnnými otáčkami.

IEC 60034-30	Třídy účinnosti
IE1 (standard efficiency)	srovnatelná s Eff2
IE2 (high efficiency)	srovnatelná s Eff1
IE3 (premium efficiency)	cca o 15–20 % lepší než IE2

Třídy účinnosti IE1 až IE3 jsou definovány v mezinárodní normě IEC 60034-30. Třídy Eff jsou založeny na dobrovolné dohodě (1998) EU s CEMEP.

Klasifikace motorů IE

Výhoda motorů s permanentním magnetem – vyšší energetická účinnost

Protože dosahovat vyšších účinností u střídavých asynchronních motorů je stále obtížnější, začínají nabývat na významu synchronní motory s permanentním magnetem.

Motory s permanentním magnetem jsou synchronní motory vybavené permanentními magnety, obvykle na rotoru. Tyto motory se již nějakou dobu vyžívají ve strojním inženýrství, zvláště v podobě servopohonů pro vysoce dynamické aplikace. Motory s permanentním magnetem lze často vyrobit v kompaktnější podobě než asynchronní motory se stejnou třídou účinnosti (např. IE 3). Jelikož jsou nyní permanentní magnety mnohem levnější, motory s permanentním magnetem se stávají zajímavějšími i pro méně dynamické aplikace.

Ale nově se objevující motory s permanentním magnetem pro průmyslové aplikace mají další klíčovou vlastnost – úsporu energie. Jejich vyšší účinnost oproti asynchronním motorům zefektivňuje provoz závodu z hlediska spotřeby energie, a nabízejí také další výhody: často mají při stejném výkonu menší velikost rámečku, nižší výkonovou ztrátu, menší momenty

setrvačnosti a větší rozsah momentu a řízení otáček.

Aby bylo možné využít tyto vyšší úrovně účinnosti a energetickou úspornost v méně dynamických aplikacích, jako jsou ventilátory nebo čerpadla, motory s permanentním magnetem se stále častěji vyrábějí ve standardních velikostech rámečků IEC. Ty nejsou optimalizovány pro vysokou dynamiku, ale pro úsporu energie, a nejen že je lze snadno integrovat do nového závodu, často je lze použít k upgradu stávajících instalací bez rozsáhlé rekonstrukce.

To, zda bude ekonomické střídat asynchronní motory nahradit motory s permanentním magnetem, závisí na řadě faktorů. Do těchto úvah musí uživatelé pochopitelně zahrnout nejen stávající vybavení, nezbytné náklady na stavební práce a energii, ale rovněž údržbu a skutečné nahrazení.

Upozornění: Úplné znění EU č. 640/2009 je možné bezplatně stáhnout z webu www.eur-lex.europa.eu.

	Výkon	MEPS	Alternativa MEPS
Od 16. 06. 2011	0,75–375 kW	IE2	-
Od 01. 01. 2015	0,75–7,5 kW	IE2	-
	7,5–375 kW	IE3	IE2 + měnič
Od 01. 01. 2017	0,75–375 kW	IE3	IE2 + měnič

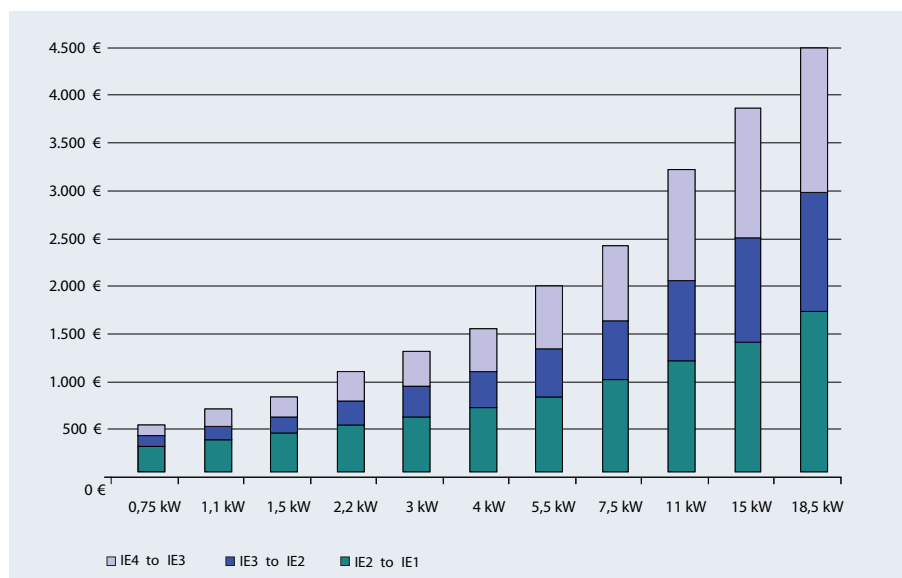
Po příslušných datech ukončení platnosti nebude možné umísťovat na evropském trhu žádné nové střídavé motory z EU bez příslušné klasifikace IE.

	Motor		
	IE1	IE2	IE3
Výška osy (EN 50347)	Ano	Ano	obvykle větší
Zabraná plocha (EN 50347)	Ano	Ano	obvykle větší
Délka motoru	Ano	může být delší	může být delší

Střídavé asynchronní motory třídy IE2 a IE3 pravděpodobně nebudou splňovat velikosti připojení specifikované v normě EN 50347.

VLT® Automation Drive: Optimální řízení motorů s permanentním magnetem

Danfoss nyní nabízí vylepšenou verzi osvědčené regulace VVC+, VVC+ PM. Ta zahrnuje řadu nových řídicích algoritmů, protože řízení motorů s permanentním magnetem volá po informacích o úhlu natočení rotoru. Danfoss například vyvinul řešení bez zpětné vazby, které stanovuje pozici rotoru při inicializaci jednotky. Celkově není proces uvedení do provozu pro motor s permanentním magnetem složitější než dobře známý postup pro asynchronní motory.



Výhoda z hlediska nákladů na energii motorů IE v porovnání s další nejlepší třídou IE

Motorový kabel

Třída jmenovitého napětí

V motorovém kabelu vznikají napěťové špičky které představují až trojnásobek stejnosměrného napětí na vloženém obvodu měniče kmitočtu. Tyto špičky silně zatěžují kabel motoru a izolaci motoru. Zatížení je vyšší tehdy, když na výstupu měniče není zapojen žádný du/dt nebo sinusový fi ltr. Z tohoto důvodu by měly motorové kabely vykazovat třídu jmenovitého napětí nejméně U0/U = 0,6/1 kV. Kabely této třídy vydrží zpravidla zkoušku vysokým napětím o hodnotě nejméně 3500 V AC, většinou ale 4000 V AC, a v praxi se osvědčily jako odolné vůči průrazu.

Dimenzování kabelů

Potřebný průřez motorového kabelu vychází z výstupního proudu frekvenčního měniče, okolní teploty a způsobu zatížení kabeláže. Předimenzování kabelu kvůli harmonickým není nutné. Kritéria pro volbu a dimenzování kabelů jsou obsažena v normě EN 60204-1 / VDE 0113-1 pro průřezy až do 120 mm². Pokud jsou nutné větší průřezy kabelů, jsou nezbytné informace pro tento případ obsaženy v normě VDE 0298-4.

Délka motorového kabelu

Dlouhé kabely k motoru se vyskytují velmi často ve vodovodních a kanalizačních zařízeních. Často činí vzdálenost mezi čerpadly a měniči kmitočtu více než 100 m. Při projektování je zde třeba vzít v úvahu napěťové úbytky na kabelech. Zařízení je třeba projektovat tak, aby i při dlouhých motorových kabelech bylo na motoru celé výstupní napětí. Průměrná délka kabelu mezi motorem a měničem je pro měniče běžné na trhu 50 až 100 m. A často se stává u některých výrobců, že ani při těchto délkách kabelů není už plné výstupní napětí k dispozici. Pokud uživatel potřebují delší kabely než 100 m, tak existuje jen málo výrobců, kteří tento požadavek běžně splní. Pokud tomu tak není, musí se použít dodatečné motorové tlumivky a výstupní fi ltry.

Úspora elektrické energie

Úbytek napětí a s ním spojený ohřev motorového kabelu vlivem ztrátového výkonu je přibližně úměrný délce kabelu a závisí rovněž na kmitočtu. Používejte proto co možná nejkratší kabely a nevolte průřez kabelu větší, než je z technického hlediska třeba.

Kabel s vhodným stíněním

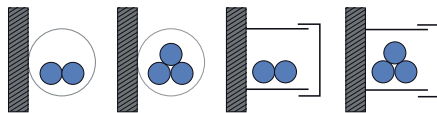
Stíněné kabely by měly být pokryty stíněním alespoň z 80 %. Příklady vhodných druhů kabelů:

- Lapp Ölflex 100-CY
- Helu Y-CY-JB
- Helu Topflex-EMV-UV-2YSLCYK-J

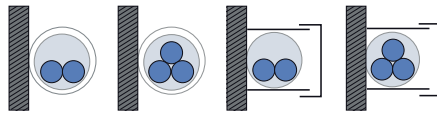
Upozornění: Úbytek napětí a ohřev kabelu v důsledku ztrátového výkonu jsou přibližně úměrné jeho délce a kromě toho závisí na kmitočtu. Zeptejte se výrobce na délku kabelu k měniči a očekávaný úbytek napětí.

Poznámka: U kmitočtových měničů řady VLT® AutomationDrive FC-302 lze běžně používat stíněné kabely do délky 150 m a nestíněné kabely do délky 300 m, přičemž bude zachováno plné napětí na motoru!

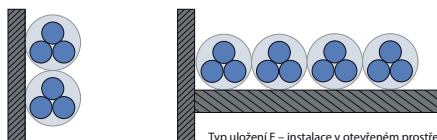
Typ uložení B1 – jednožilové kabely v elektrických kabelovodech nebo instalačních elektrických lištách



Typ uložení B2 – vícežilové kabely nebo opláštěné kabely s více jádry v elektrických kabelovodech nebo instalačních elektrických lištách



Typ uložení C – instalace na stěnách nebo ve stěnách, nebo na/ve stropech, nebo v kabelových lávkách



Typ uložení E – instalace v otevřeném prostředí, zavěšená, nebo na kabelových stojanech nebo plošinách

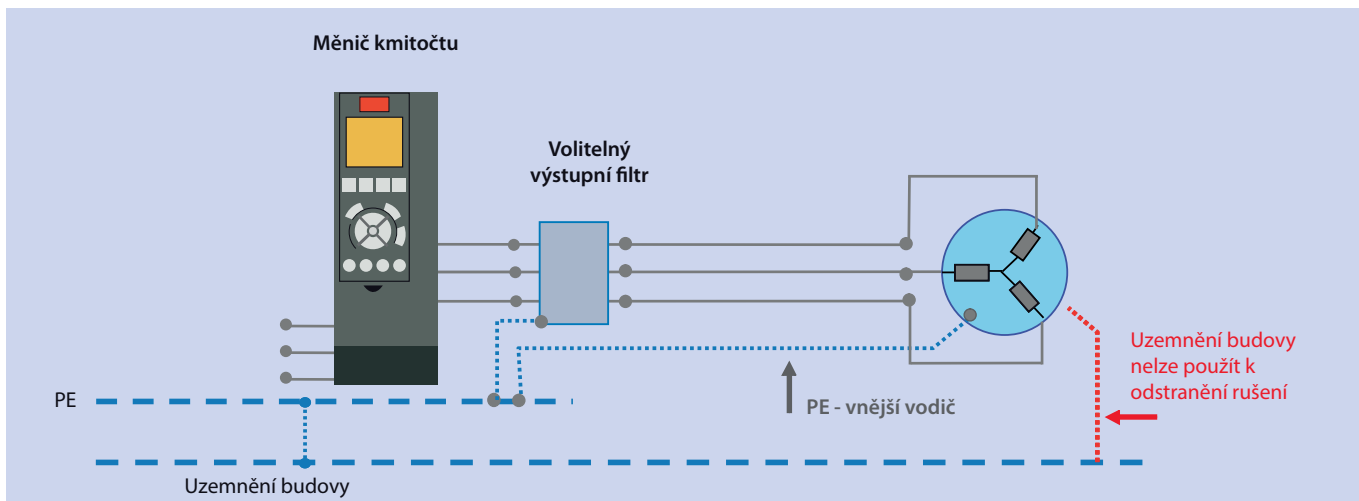
Proudová kapacita [A] pro T_{amb} 40 °C

Způsob uspořádání	B1	B2	C	E
1	10,3	10,1	11,7	12,4
1,5	13,5	13,1	15,2	16,1
2	18,3	17,4	21,0	22,0
4	24,0	23,0	28,0	30,0
6	31	30,0	36,0	37,0
10	44,0	40,0	50,0	52,0
16	59,0	54,0	66,0	70,0
25	77,0	70,0	84,0	88,0

Výtah z normy EN 60204-1 týkající se proudové kapacity různých průřezů kabelů.

Uzemnění

Význam uzemnění



Zásadně je třeba pro každé zařízení vypracovat plán uzemnění.

Uzemnění je všeobecně naprosto nezbytné, aby se dodržely zákonné předpisy EMC a směrnice pro zařízení s nízkým napětím. Uzemnění je předpokladem účinného využití dalších opatření, jako stínění nebo filtry. Bez dobrého uzemnění se další kroky nevyplatí. Proto je při doplňování stínění a filtrů, stejně jako při vyhledávání závad, nutné nejdříve zkontrolovat a zajistit řádné uzemnění.

Materiály s dobrou elektrickou vodivostí

Provozovatel musí dbát na to, aby kovové plochy byly spojeny s kostrou pomocí vodiče s nízkou impedancí. Pro zachování EMC není rozhodující průřez vodičů, ale plocha jejich povrchu, po které se šíří vysokofrekvenční proud (tzv. skin-effekt). Je to tím, že místo s nejmenší povrchovou plochou vodiče omezuje průtok vysokofrekvenčních proudů. Uzemněné plochy mají stínící účinek a snižují působení elektromagnetických polí na okolní prostředí.

Hvězdicovitý uzemňovací systém

Všechny uzemněné body a součásti je třeba spojit co nejkratší cestou s

centrálním zemnicím bodem, např. lištou pro vyrovnání potenciálů. Tím vzniká uzemňovací systém, který spojuje hvězdicovým způsobem všechna přípojná místa se zemnicím bodem. Tento centrální zemnicí bod je třeba jednoznačně definovat.

Kontaktní místa

Kontaktní místa slouží k zajištění elektrického vodivého spojení prostřednictvím velkoplošné stykové plochy, která nesmí být zkorodovaná ani ošetřená barvou. Ozubené podložky jsou pro tento účel vhodnější než rovné podložky. Je třeba přednostně používat pocínované, pozinkované nebo kadmiované prvky, nikoliv lakované díly. Konektory musí obsahovat větší počet kontaktů pro připojení stínění.

Vodivé povrchy

Velké vodivé plochy k odvádění vysokofrekvenčních proudů je možné propojit pomocí lanek z tenkých drátů, např. ohebnými měřicími přívody nebo speciálními uzemňovacími páskami nebo kabely. V praxi se nyní často používají pletené zemnicí pásky, které nahrazují dřívější tuhé vodiče. Tyto pásky vykazují při stejném průřezu podstatně větší povrchovou plochu.

Upozornění: Na bezporuchový provoz zařízení má významný vliv uzemňovací systém. Je třeba zabránit vzniku plíživých proudů. Nezbytným předpokladem je vyrovnání potenciálních rozdílů. Vhodný zemnicí plán je třeba vypracovat ve fázi projektu.

Poznámka: Další informace najdete v brožuře *Instalace s ohledem na EMC s měniči kmitočtu*.

Implementace

Aby bylo v praxi zajištěno adekvátní uzemnění, je nutné si poznamenat údaje ze str. 50.

Stínění

Význam stínění

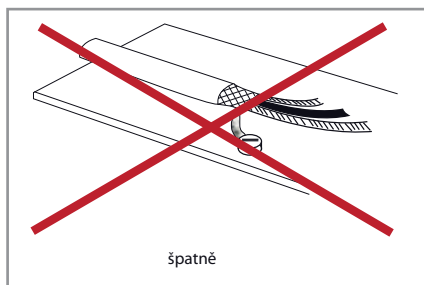
Stínění slouží ke snížení vyzařované vysokofrekvenční energie (účinky na sousední zařízení a díly) a ke zlepšení odolnosti vůči rušení přístroje samotného (odolnost vůči vnějšímu rušení). Dodatečně je lze realizovat pouze za cenu zvýšených nákladů (např. výměnou kabelů, dodatečným zapouzdřením). K dodržení zákonem stanovených mezních hodnot dodává zpravidla výrobce měničů odpovídající informace k nezbytným opatřením (např. stíněná vedení).

Stíněné kabely a vedení

Ani dobré stínění, které zaručí dodržení předepsaných mezních hodnot, nevyloučí škodlivé vyzařování úplně. V blízké oblasti je třeba počítat s elektromagnetickými poli, která ovlivňují součásti v okolí a díly zařízení nesmí být nepříznivě ovlivněny tímto vyzařováním.

Norma zde vyžaduje dodržení mezních hodnot v dané vzdálenosti (např. třída B znamená úroveň rušení

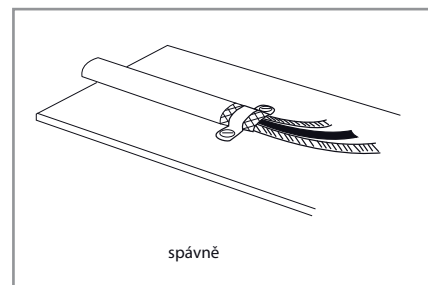
30 dB ve vzdálenosti 10 m). Z hlediska povolených mezních hodnot rozlišuje norma mezi použitím v 1. (obytná oblast) a 2. prostředí (průmyslová oblast). Podrobnosti najdete v oddíle Mezní hodnoty v závislosti na místě použití na str. 21 této příručky. Měniče kmitočtu vyrábějí na výstupu impulzy se strmými hranami. Tyto hrany obsahují vysokofrekvenční složky (až



zpět do zdroje rušení, v tomto případě měniče kmitočtu.

Připojení stínění

Účinného odstínění kabelu se dosáhne propojením stínění po celém kruhovém obvodu kabelu. K tomu slouží EMC šroubení či zemnicí šroubení, stejně jako zemnicí třmeny, které obejmou celé stínění a propojí

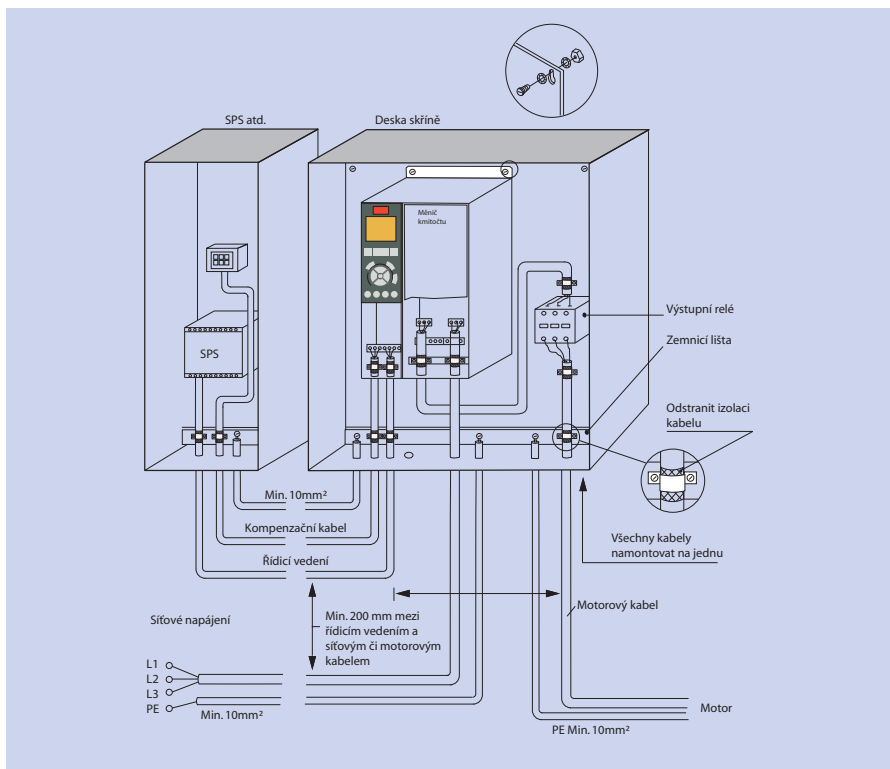


do rozsahu GHz), které jsou vyzařovány motorovým vedením. Proto je třeba provádět veškeré příklady k motoru stíněnými kabely. Úkolem stínění je „zachytit“ vysokofrekvenční složky a vrátit je

ho s kostrou. Samotné stínění se musí přivést do uzemňovacího bodu, spojení musí být provedeno pomocí velké kontaktní plochy a konce vedení musí být co možná nejkratší. Veškeré ostatní způsoby propojení vedou ke zhoršené účinnosti stínění. Uživatelé často stínění na konci kabelu stočí do svazku (pigtailes) a spojí ho přes svorku s kostrou. Tento způsob propojení představuje velký přechodový odpor pro vysokofrekvenční proudy a zhoršuje nejenom jejich přivedení zpět ke zdroji rušení, ale způsobuje jejich vyzařování ze stínění. Účinnost stínění tím klesne až o 90 %!

Přerušení stínění

Přerušení stínění, např. u svorek, spínačů nebo jističů, je třeba přemostit vodičem s nízkou impedancí a velkou plochou.



Pro zajištění odpovídající EMC musí mít uzemňovací kabely a kabely pro spojení s kostrou maximální možný průřez. Měly by se vyrábět jako lanka nebo kabely s žilami z tenkých drátků.

Praxe – Stínění

Spojení s kostrou

Spojení stínění s kostrou má významný vliv na jeho účinnost. Proto je třeba při montáži skříňů používat pod šrouby ozubené podložky nebo pérové kruhové podložky a odstranit lak z lakované plochy, aby byl zaručen přechod s nízkou impedancí. Např. pro eloxované hliníkové skříňe se použitím rovných podložek pod upevňovací šrouby dosáhne jen nedostatečného propojení s kostrou. Uzemňovací kabely a kabely pro spojení s kostrou musí mít velký průřez a měly by se vyrábět jako lanka nebo kabely z žilami z tenkých drátků. Pokud se u motorů s nízkým výkonem použijí kabely o průřezu $< 10 \text{ mm}^2$, je třeba propojit motor s měničem samostatným PE vodičem o průřezu nejméně 10 mm^2 . führen.

Přívod k motoru

Aby se dodržely přípustné hodnoty rušivého vyzařování, je třeba propojit motor s měničem dle údajů výrobce stíněným vedením a stínění spojit na obou koncích s kostrou.

Signální vedení

Vzdálenost mezi přívody k motoru a signálním vedením by měla být větší než 20 cm a síťové a motorové vedení by pokud možno nemělo být rovnoběžné. S větší vzdáleností se zmenšuje vzájemné rušivé působení výrazným způsobem. V případě malých vzdáleností je třeba nezbytně přijmout nápravná opatření (např. oddělovací můstky). Jinak může dojít k vazbě a přenosu rušivých signálů.

Řídicí kabely by podobně jako motorové kabely měly mít stínění spojená s kostrou na obou koncích. Ve výjimečných případech je možné v praxi použít jednostranné propojení. To se ale nedoporučuje.

Druhy stínění

Pro stínění vedení mezi motorem a frekvenčním měničem doporučují výrobci měničů stíněný kabel. Pro jeho volbu jsou důležitá dvě kritéria: pokrytí stíněním a druh stínění.

Pokrytí stíněním, tj. stíněním obložená plocha kabelu, by mělo činit nejméně 80 % celkové povrchové plochy kabelu.

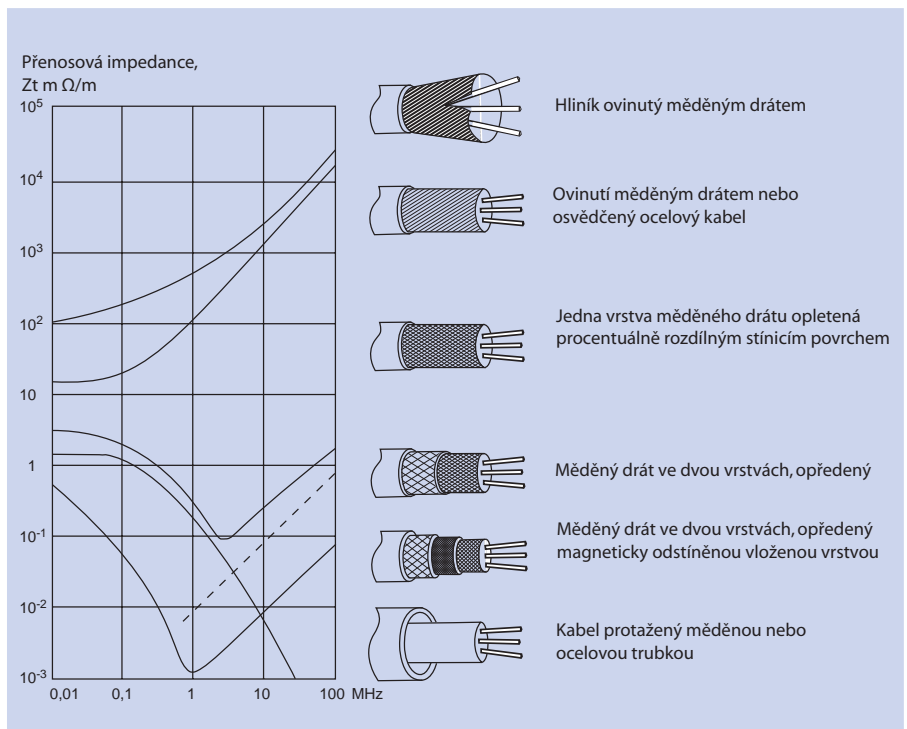
Nejvhodnějším druhem stínění je jedna vrstva měděného opletení, které se prokázalo jako nanejvýš účinné. Důležité je, aby bylo stínění v pleťném provedení. Stínění provedené omotáním měděného drátu (např. typu NYCWY) se vyznačuje naproti tomu tím, že značné délky lanka zůstávají nepokryté a tím pádem zde může unikat vysokofrekvenční záření. Kromě toho je povrchová plocha pro odvod proudu znatelně menší. Pro dodatečné doplnění stíněním je k dispozici stínící opletení, které se dodává jako metrové zboží, takže ho stačí pouze natáhnout přes kabel. Pro krátké spoje lze jako alternativu použít kovovou hadici nebo trubku. Kabelové kanály mohou nahradit stínění pouze za určitých podmínek (kanál nesmí propouštět

vysokofrekvenční záření, musí být zajištěno dobré vodivé spojení krytu a bočnic kanálu s kostrou). Kabel s dvojitým stíněním dále zlepšuje tlumení rušivého vyzařování.

Propojení stínění s kostrou se provádí u vnitřního stínění na jedné straně a u vnějšího stínění na obou stranách. Vzájemně zkroucené vodiče snižují magnetická pole. Signální vedení se používají s dvojitým stíněním a zkroucená. Útlum magnetických polí se při jednoduchém stínění zvýší asi o 30 dB, při dvojitým stíněním asi o 60 dB a při dodatečném zkroucení vodičů o cca 75 dB.

Stínění jako zemnicí konektor šasi?

Stínění kabelů, které slouží jako zemnicí konektory, nemá žádný stínící účinek. Pokud narazíte na potíže ohledně EMC, výrobce vašeho měniče kmitočtu může proto patrně ukázat na vadné stínění.



Existuje mnoho druhů stíněných kabelů. Ne všechny jsou ale vhodné pro provoz s měniči kmitočtu.

Volba měniče kmitočtu

Základní dimenzování

V praxi se často stává, že projektant a provozovatel vybírají měnič kmitočtu výhradně dle výkonu v kW. Výběr se ale musí zásadně provádět podle příslušného jmenovitého proudu motoru I_n při maximálním zatížení zařízení. Toto výběrové kritérium je spolehlivější, protože výkon motoru nezávisí jen na výkonu elektrického vedení, ale na mechanickém výkonu na hřídeli. K účinnosti motoru se přitom rovněž nepřihlíží. Údaj v kW uvedený na měniči kmitočtu se týká jmenovitého výkonu motoru P_n čtyřpólových motorů. Kromě toho mají motory podle výrobce a třídy účinnosti rozdílné jmenovité proudy pro stejnou výkonovou třídu. Takže např. pro motor 11 kW bude proud v rozmezí 19,8 až 22,5 A. Jmenovitý proud sám o sobě nestačí pro stanovení příslušného instalovaného příkonu. Kmitočtový měnič musí dodat rovněž dostatečně vysoké napětí pro motor.

Poznámka: Měnič kmitočtu 11 kW řady VLT® Automation Drive má jmenovitý proud 24 A. Tím je k dispozici dostatečná proudová rezerva, takže tento měnič může napájet motor o výkonu 11 kW.

Při síťovém napětí 400 V musí být na svorkovnici motoru při kmitočtu 50 Hz plné napětí 400 V. Ještě dnes je na trhu mnoho měničů, které tuto podmínku nesplňují. Výstupní napětí se totiž snižuje v důsledku napěťových úbytků na fi ltech, tlumivkách a motorovém kabelu. Pokud se např. výstupní napětí zmenší na 390 V, potřebuje motor k dosažení požadovaného výkonu vyšší proud. Protože tepelné ztráty kvadraticky narůstají s proudem, dochází k silnějšímu zahřívání motoru, což snižuje jeho životnost. Při dimenzování zařízení musí tedy uživatelé vzít do úvahy větší proudovou potřebu.

Poznámka: U řady VLT® Automation Drive zajišťuje speciální modulační proces plné napětí na svorkách motoru. Jmenovité napětí a točivý moment motoru lze v tomto případě udržet i při poklesu síťového napětí o 10 %.

Konstantní nebo kvadratický průběh točivého momentu

Pro volbu správného měniče kmitočtu je rozhodující zatížení motoru. Je třeba rozlišovat mezi zatížením s kvadratickou závislostí na otáčkách (rotační čerpadla a ventilátory) a takovým zatížením, které vyžaduje v celém pracovním rozsahu, tedy i při nízkých počátečních otáčkách, vysoký točivý moment (šnekové dopravníky, extrudéry atp.).

Aplikace s **konstantním momentem** jsou aplikace, při nichž se zátěž s měnicí se otáčkami příliš nemění, tj. například dopravníky, zvedáky a míchačky. Energie vyžadovaná takovým systémem je přímo úměrná požadovanému momentu a rychlosti motoru. Pokud je možné snížit otáčky na konstantní zatížení, vede to k úspoře energie. A dokonce i tehdy, když není možné, nebo není žádoucí, upravit otáčky, většina měničů kmitočtu stále ušetří určitou energii regulací výstupního napětí motoru podle zatížení. Výhody plynoucí z takové regulace budou záviset na kvalitě měniče kmitočtu.

Mezi mnohé aplikace s **kvadratickým momentem** patří čerpadla a ventilátory, tj. stroje s turbokompresory. U takových strojů klesá spotřeba energie se třetí mocninou snížené rychlosti. Aby nedošlo u otáčkově řízených čerpadel a ventilátorů k nemilým překvapením, uživatelé by měli ve fázi konfigurace pamatovat na to, že měnicí se otáčky také mění pracovní bod, a tudíž účinnost stroje.

Při interakci stroje s turbokompresorem a měniče kmitočtu bude existovat řada otáček, kdy bude systém spojit energii.

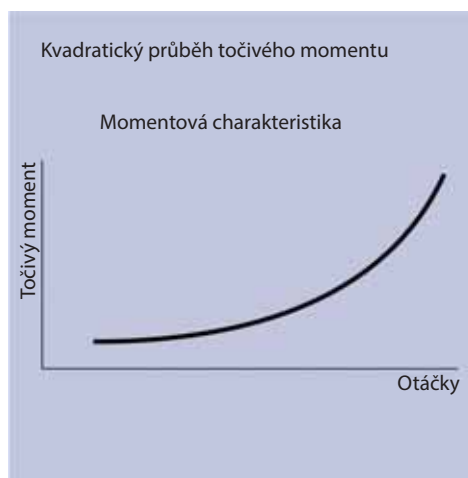
Stroj by měl pracovat po většinu doby v tomto rozsahu. Pokud bude rozdíl mezi maximální možnou zátěží a průměrnou částečnou zátěží příliš velký, bude výhodné použít kaskádu. V ní pokrývá jedno otáčkově řízené čerpadlo základní zatížení a měnič kmitočtu zapíná další čerpadla po jednom, jak stoupá spotřeba. Tímto způsobem pracují všechna čerpadla s maximálně možnou optimální účinností. Regulací jednoho čerpadla se vždy dosáhne optimálního využití spotřeby systému. Podobný systém lze použít také pro ventilátory.

Při renovaci stávajícího závodu se taková investice brzy velmi rychle vrátí.

Upozornění: Objemová čerpadla, dmychadla s rotačními písty a kompresory nepatří k průtočným strojům. Na základě funkčního principu jsou zde uvedené měniče kmitočtu konstruovány na použití při konstantním točivém momentu.

Zatěžovací charakteristiky pro různé aplikace

Klasifikace aplikace dle momentové charakteristiky



Provoz s konstantním točivým momentem

- Kompresory s axiálními písty
- Kompresory s rotačními písty
- Čerpadla s excentrickým šnekem (pozor na rozběhový moment!)
- Pístová čerpadla
- Míchače
- Lisy pro odvodnění kalů
- Kompresory (kromě turbokompresorů)
- Objemová čerpadla
- Zdymadla s ozubenými koly
- Kompresory
- Dopravníky
- Centrifugy

Provoz s kvadratickým točivým momentem

- Odstředivá čerpadla
- Studnová čerpadla
- Pomocná čerpadla
- Filtrační podávací čerpadla
- Čerpadla podzemních vod
- Čerpadla na horkou vodu
- Čerpadla topení (primární a sekundární okruh)
- Kanálová čerpadla (pevné částice)
- Čerpadla chladicí vody (primární a sekundární okruh)
- Čerpadla dešťové vody
- Vratná kalová čerpadla
- Ponorná čerpadla
- Turbokompresory
- Ponorná čerpadla
- Kalová čerpadla
- Radiální ventilátory

Upozornění: Informujte se u výrobce zařízení na průběh točivého momentu motoru.

Zvláštní případ: provoz s několika motory

Dimenzování

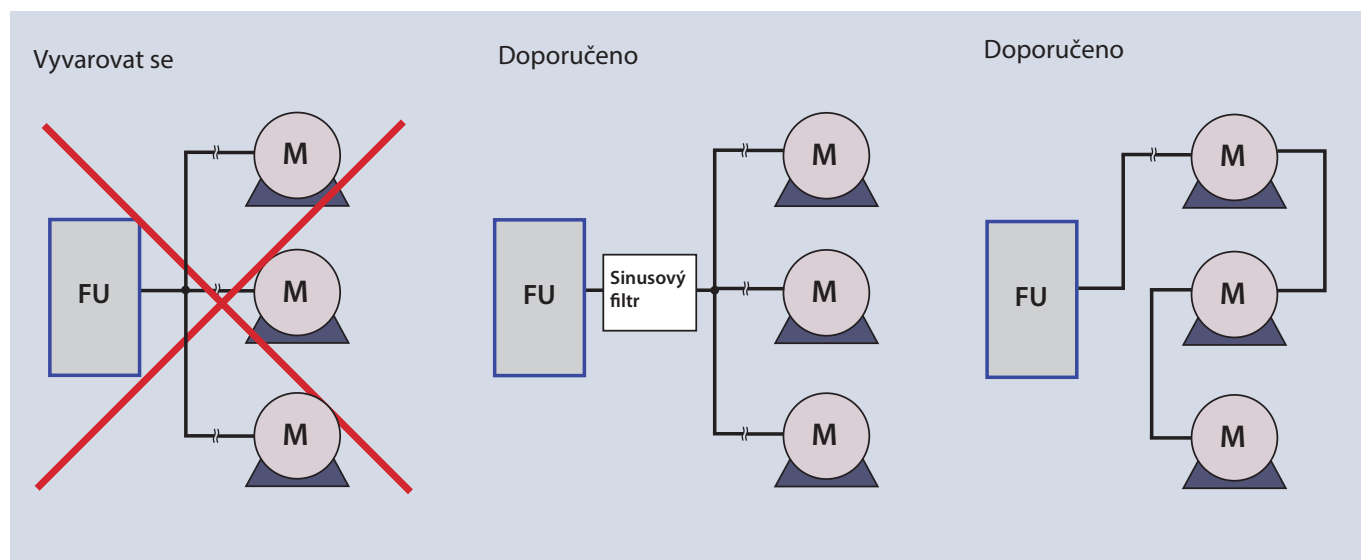
Pokud chce provozovatel současně provozovat několik motorů s jedním měničem kmitočtu, platí následující zásady:

- Je třeba provést součet jmenovitých proudů a výkonů všech motorů.
- Volba vhodného měniče kmitočtu se provede na základě výsledného proudu a výkonu.

- Kvůli ochraně motoru je třeba zapojit tepelná čidla motoru s PTC termistory do smyčky a měnič bude tento signál ve smyčce vyhodnocovat.
- Připojené motory pracují všechny se stejnými otáčkami. To znamená, že měnič kmitočtu pracuje se stejným kmitočtem i napětím

Upozornění: Protože se odpory tepelných čidel vinutí (PTC termistorů) sčítají, neboť jsou zapojeny v sérii, nemá smysl používat vyhodnocení měničem jako funkci pro ochranu motoru u více než dvou paralelně připojených motorů! (viz. str. 50)

Provedení kabeláže



Při provozu více motorů je třeba vyloučit následující případy: rovnoběžná vedení vytvářejí přídavné kapacity. Proto by uživatel neměl v žádném případě takový způsob vedení používat.

Na základě frekvence hodinových impulzů odřízované LC fi Itrem klesne pracovní proud. To umožňuje paralelní zapojení motorů. V nouzovém případě je možné použít rovnoběžné vedené motorové kabely.

V případě provozu více motorů doporučujeme: zapojte vedení od motoru k motoru do smyčky.

Realizace opatření z hlediska EMC

Od teorie k praxi

Všechny měniče kmitočtu představují takzvané širokopásmové zdroje, tzn. že vysílají rušivé signály v širokém kmitočtovém pásmu. Provozovatelé zařízení mohou toto rušivé vyzařování vhodnými prostředky snížit. A to zapojením odrušovacích filtrů a síťových tlumivek. U některých

výrobků jsou tyto odrušovací prvky zabudovány přímo v měniči. U jiných výrobků pro ně musí projektant zajistit v rozváděči prostor. Všeobecné informace k problematice EMC a vysokofrekvenčnímu rušení rozhlasu a televize najdete v této příručce na str. 12.

Upozornění: Kvalitní měniče kmitočtu jsou standardně vybaveny ochrannými opatřeními k zamezení rušení a snížení zpětných účinků na napájecí síť. Tyto úpravy činí cca 15 - 20 % ceny měniče.

Rušení rozhlasového a televizního vysílání

Doporučení pro praxi

V praxi se jedná o stabilně pracující zařízení, u kterých se použité komponenty vzájemně neruší. Stále se ovšem stává, že po přestavbě a použití nových dílů není možné citlivá měření bezchybně provést a měřicí signály jsou zkreslené. Přesně těmto případům je nutné zabránit.

Aby se dosáhlo vysoké odolnosti vůči rušení, doporučuje se osadit frekvenční měniče kvalitními odrušovacími filtry. Ty by měly odpovídat kategorii C1 dle výrobní normy EN 61800-3 a tím splňovat mezní hodnoty třídy B kmenové normy EN 55011. Pokud se použijí odrušovací filtry, které nesplňují kategorii C1, ale jen kategorii C2 a nižší, je nutné měniče dodatečně opatřit výstražnými nápisy. Odpovědnost za to nese v konečném důsledku provozovatel. Pokud dojde k zarušení, telekomunikační úřad vždy provádí měření ve vztahu ke třídě odrušení A1/2 nebo B na základě normy EN55011 v souladu s použitím v daném prostředí.

Náklady na odstranění EMC rušení nese provozovatel. Za správné přiřazení do jednotlivých tříd odpovídá v konečném důsledku sám uživatel. V praxi existují dvě řešení odrušovacích filtrů. Existují výrobci, kteří mají odrušovací filtry už vestavěné ve svých přístrojích z výroby. Naproti tomu jsou výrobci, kteří nabízejí tyto filtry jako příslušenství. Vestavěné filtry nejenom že ušetří dostatek místa v rozváděči, ale zároveň šetří i náklady na dodatečnou montáž, zapojení a materiál. Nejdůležitější výhodou je ale dokonalé splnění podmínek EMC a vždy správné zapojení v systému odrušení. Externí filtry, které se zapojí před měnič jako příslušenství, vykazují přídatnou napěťovou ztrátu. V praxi to znamená, že na frekvenčním kmitočtu nebude plné síťové napětí a tím pádem ho možná bude třeba předimenzovat. Tím vzniknou další náklady na montáž, zapojení a materiál. Soulad s požadavky EMC není testován. Důležitá je rovněž maximální délka motorových kabelů, při kterých frekvenční měnič ještě splňuje mezní

hodnoty EMC. V praxi najdete rozdíl při délce kabelu 1 m nebo naopak 50 m. Při použití dlouhých motor. kabelů je třeba použít lepší odrušovací filtry, nebo použít speciální typy motorových kabelů se sníženou svodovou kapacitou.

Upozornění: Pro spolehlivé odrušení systémů s měniči se důrazně doporučuje používat měnič s odrušovacím filtrem podle kategorie C1.

Poznámka: Řada VLT® Automation Drive se vždy dodává s vestavěným odrušovacím filtrem, který při napájecí síti 400 V a výkonu motoru do 90 kW splňuje požadavky kategorie C1 (EN 61800-3) a od 110 do 630 kW kategorii C2. VLT® Automation Drive splní C1 se stíněným kabelem do max. 50 m a kat. C2 do max. 150 m.

Nežádoucí zpětné účinky na síť

DC meziobvod působí na síť

Vzrůstající používání nelineárních odběrů ze sítě zhoršuje sinusový průběh sítě. Usměrňovače odebírají ze sítě nesinusový proud. Zpětné působení měničů kmitočtu na síť je způsobeno proudovým nabíjením kondenzátoru v DC meziobvodu. Při tom protéká nabíjecí proud vždy po krátkou dobu během trvání vrcholu síťového napětí. Kvůli vysokému proudovému zatížení krátkodobě poklesne síťové napětí a dojde k deformaci sinusového průběhu. Aby se zachoval čistý sinusový průběh síťového napětí, je v dnešní době žádoucí omezit 5. harmonickou proudů na hodnotu cca 40 % THD. Tyto požadavky jsou uvedeny v normě EN 61000-3-12. V případech aplikace, kdy musí provozovatel snížit nežádoucí působení na síť na hodnoty THD $i < 10$ % nebo 5 %, nabízí filtry a aktivní opatření pro téměř úplné potlačení zpětného vlivu na síť.

Opatření k potlačení nežádoucího působení na síť

To je možné provést mnoha způsoby. Tyto lze rozdělit na pasivní a aktivní opatření. Jejich použití je třeba zvážit již ve fázi projektu, případně je eliminovat z analýzy sítě v již dané instalaci.

Síťové tlumivky

Obvyklý a cenově výhodný způsob redukce nežádoucích zpětných účinků na síť představuje dodatečná vestavba tlumivek, které se zapojí buď do stejnosměrného meziobvodu, nebo na vstup měniče kmitočtu. Použití síťové tlumivky v měniči kmitočtu prodlužuje průtok nabíjecího proudu kondenzátorů v DC meziobvodu, snižuje velikost proudu (amplitudu) a značně omezuje zkreslení síťového napětí (tj. nežádoucí zpětné účinky na síť). Intenzita zkreslení síťového napětí závisí na kvalitě sítě (imped. transformátoru, výkonová impedance). Jako základní vodítko pro připojené měniče kmitočtu (popř. další 3f usměrňovače) v poměru k výkonu napájecího transformátoru platí hodnoty v níže uvedené tabulce. Při překročení maximálních hodnot je třeba kontaktovat výrobce měniče. Kromě snížení zpětného působení na síť zvyšují síťové tlumivky životnost kondenzátorů v DC meziobvodu, protože omezením napěťových špiček dochází k jejich šetrnějšímu nabíjení. Dále zlepšují síťové tlumivky napěťovou pevnost měničů při přechodových jevech v síti. Díky menšímu vstupnímu proudu vychází menší průřezy kabelů a síťových pojistek. Tlumivka představuje zvýšené finanční náklady a vyžaduje prostor.

Poznámka: U měničů kmitočtu řady VLT® AutomationDrive je tlumivka provedena jako DC a vždy je integrována v meziobvodu v FM. Tím poklesne THDi z 80 % na 40 %, čímž je splněna EN 61000-3-12. Účinek je přitom srovnatelný s externí 3-fáz. síťovou tlumivkou (zde ale pokles napětí UK=4%). U DC se nevyskytuje žádný úbytek napětí, jež by měnič kmitočtu musel kompenzovat. Motor tím má k dispozici plné napětí 400 V (viz. str. 34).

Maximálně 20 % zátěže transformátoru kterou představuje frekvenční měnič bez opatření k omezení zpětného vlivu na síť, představují měniče bez tlumivek nebo s nedostatečnými tlumivkami (např. s UK 2 %).

Maximálně 40 % zátěže transformátoru kterou představuje frekvenční měnič s opatřením k omezení zpětného vlivu na síť, představují měniče s tlumivkami (min. UK 4 %).

Výše uvedené údaje maximálního zatížení představují doporučené hodnoty, při kterých dle zkušeností funguje zařízení bez poruch.

Realizace opatření z hlediska EMC

12, 18 a 24 -pulzní usměrňovače

Měniče kmitočtu, vybavené usměrňovači s vysokým počtem pulzů se v praxi vyskytují spíše v oblasti vyšších výkonů. Vyžadují totiž speciální transformátory.

Pasivní filtry harmonických

Univerzální použití mají pasivní filtry, jež se skládají z LC obvodů. Jejich účinnost je vysoká, typicky okolo ~ 98,5 % a více. Jedná se o robustní technická provedení, která jsou, až na výjimky - např. chladičí ventilátor, bezúdržbová. U pasivních filtrů je třeba dbát na následující případy: pokud běží naprázdno, působí v důsledku filtračních proudů jako kapacitní zdroje jalového výkonu. Podle způsobu použití je možné filtry slučovat do skupin, popř. provádět jejich selektivní připojování a odpojování

Aktivní filtry, Active Front End a Low Harmonic Drives

Nový směr založený na nové polovodičové technologii a moderní mikroprocesorové technice představuje využití aktivních elektronických filtračních systémů. Tyto systémy trvale monitorují kvalitu sítě a prostřednictvím aktivních proudových zdrojů dodávají do sítě cílené kompenzační proudy. Výsledkem součtu je opět proud sinusového průběhu. Konstrukce této nové generace filtrů je ve srovnání s dosud uvedenými filtry poměrně náročná a drahá, protože je třeba provádět rychlé sledování dat s vysokým rozlišením a vysokým výpočetním výkonem.

Ideální doporučení pro opatření k redukci nežádoucích zpětných účinků na síť nelze učinit. Již ve fázi plánování a projekce je třeba správně stanovit

požadavky na systém pohonu s ohledem na vysokou účinnost a nízký stupeň nežádoucího ovlivňování napájecí sítě. V zásadě platí: před rozhodnutím, které z uvedených redukčních opatření se použije, je nutné pečlivě analyzovat následující faktory:

- Analýza sítě
- Přesný přehled o topologii sítě
- Nároky na prostor v elektrických provozních prostorách, které jsou k dispozici
- Možnosti hlavního, popř. podružných rozvodů



Měniče kmitočtu Low Harmonic Drive představují kombinaci s vestavěným aktivním filtrem, který potlačuje negativní účinky měniče na napájecí síť.

Proudový chránič

Ochranné zařízení reagující na střídavý i stejnosměrný proud.

Napětově nezávislá ochranná zařízení proti rozdílovým proudům jsou mezinárodně známá jako chrániče proti rozdílu proudu. Obecnější termín je „proudové chrániče“, používaný v normě EN 61008-1.

Pokud bude libovolné z chráněných zařízení schopné selhat takovým způsobem, že bude na výstupu pouze stejnosměrný proud, budete potřebovat univerzální proudové chrániče. To platí pro všechna elektrická zařízení, která používají (např.) můstkový usměrňovač B6 (např. měnič kmitočtu) ve střídavé síti.

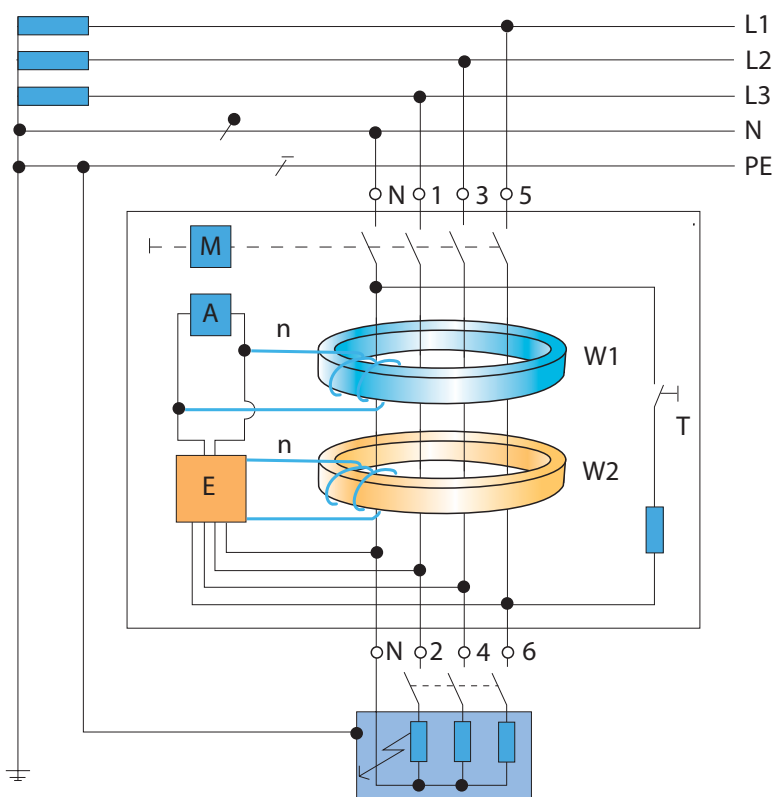
Tyto univerzální proudové chrániče jsou v normě IEC 60755 označovány jako Typ B. Měniče kmitočtu produkují svodové proudy a konstruktéři nebo operátoři si toho musí být vědomi, když vybírají správnou variantu z hle-

diska svodového proudu. Požádejte výrobce měniče kmitočtu o vhodný proudový chránič pro vaši aplikaci. Proudový chránič musí být instalován přímo mezi síťové napájení a měnič. Je zakázáno vytvořit hierarchii proudových chráničů.

Velikost svodového proudu

Velikost svodového proudu ovlivňuje řada faktorů. Obecně platí, že čím vyšší výkon, tím větší svodové proudy budou v měniči kmitočtu a motoru generovány. Měnič kmitočtu o výkonu 1,5 kVA bez potlačení rušení a s krátkým motorovým kabelem (cca 2 m) bude generovat svodový proud přibližně 4 mA. Pokud je vyžadováno potlačení rušení třídy B, svodový proud vzroste u stejné konfigurace přibližně na 22 mA. 20kVA

měnič kmitočtu s potlačením rušení třídy B a krátkým, stíněným motorovým kabelem bude generovat svodový proud přibližně 70 mA. Uživatelé mohou počítat se svodovými proudy generovanými motorovým kabelem o velikosti cca 0,5 až 2 mA na metr, přičemž u vyvážených kabelů bude dosaženo nižších hodnot než u instalací s jedním jádrem.



Univerzální proudové chrániče jsou vybaveny dvěma samostatnými monitorovacími obvody, jedním pro stejnosměrný proud a jedním pro svodové proudy ve střídavé složce.

Uzemnění a ochrana motoru

Provedení uzemnění v praxi

Provedení uzemnění byla již podrobně popsána v kroku 3 "Motor a kabeláž" na str. 35 a dále. Pokud zařízení vyžaduje externí fi ltry, tak je tyto fi ltry třeba namontovat co nejlíže měniče, pokud možno přímo na něj. Mezi fi ltr a zařízením by se mělo použít stíněné vedení a fi ltr by se měl na straně sítě a přístroje spojit s uzemňovacím vodičem. Kromě toho lze doporučit plošnou montáž fi ltru spolu s kvalitním vodivým propojením pouzdra fi ltru s kostrou. Filtry vytvářejí svodové proudy, které mohou v případě poruchy (výpadek fáze, nesouměrné zatížení) značně převýšit jmenovitou hodnotu. Aby se zabránilo vzniku nebezpečných

napětí, je třeba fi ltry před zapojením uzemnit. V případě svodových proudů $\geq 3,5$ mA je třeba podle EN 50178, popř. EN 60335, buď:

- použít ochranný vodič s průřezem ≥ 10 mm²
- nebo monitorovat přerušení ochranného vodiče
- nebo použít přídatný druhý ochranný vodič

U svodových proudů se přitom jedná a vysokofrekvenční rušivé veličiny. To vyžaduje uzemnění, které musí vykazovat nízký činný odpor, připojené ve velké styčné ploše a spojené co nejkratší cestou se zemním potenciálem.

Upozornění: Nejlepší opatření z hlediska nežádoucího zpětného účinku na síť a rušení rozhlasu a televizi nepomohou, pokud se při realizaci instalace nepřihlíží k požadavkům EMC. Rušení se potom nelze vyhnout.

Poznámka: V normě EN 50178 jsou předepsána speciální opatření z hlediska uzemnění týkající se generovaných svodových proudů ($> 3,5$ mA).

Ochrana motoru a PTC rezistory

Měniče kmitočtu chrání motor proti nadproudu. Nejlepší možná tepelná ochrana motoru používá čidla nebo kontakty termistoru ve vinutí motoru. Termistory kompatibilní s normou DIN 44081 a DIN 44082 jsou konstruovány takovým způsobem, že při jejich normální aktivační teplotě (NAT) bude jejich odpor ve specifikovaném rozsahu ($\text{NAT } -5^\circ\text{C} < 550 \Omega / \text{NAT } +5^\circ\text{C} > 1\,330 \Omega$). Většina měničů kmitočtu je vybavena vhodnými funkcemi pro vyhodnocení prvků měřících teplotu. U motorů pracujících v prostředí s nebezpečím výbuchu je vyhodnocení

údajů termistoru možné pouze pomocí certifikovaných vyhodnocovacích zařízení. Funkce ochrany zařízení poskytnutá vypnutím motoru je omezena na provoz při připojení přímo na síť. V instalacích se spínacím zařízením s měniči kmitočtu budou tyto funkce fungovat jako ochrana motoru pouze s nouzovým přemostovacím obvodem v měniči kmitočtu. Skutečná funkce ochrany vypnutím motoru je při provozu s měniči kmitočtu ztracena, ale v případě správné dimenzace ji lze pro motory řízené měniči kmitočtu úspěšně jednoduše implementovat v podobě třífázového jističe.

Poznámka: Mnoho měničů kmitočtu je vybaveno přídatnou funkcí spočívající v teplotním sledování motoru. Teplota motoru se přitom vypočítává z výkonu přenášeného motorem. Tato funkce je většinou nastavena konzervativním způsobem a uplatňuje se raději dříve než příliš pozdě. Skutečná okolní teplota při spouštění motoru se ve výpočtu zpravidla neuplatní. Pokud není k dispozici žádná jiná ochrana motoru, představuje tato funkce jedinou možnost, jak zajistit základní ochranu motoru.

Pozn.: Svorky 50 a 54 měniče VLT® Automation Drive jsou standardně vyhrazeny pro připojení termistorů. Toto připojení je vhodné pro monitorování teploty motoru pomocí 3 až 6 PTC termistorů.

Obsluha a indikace dat

Koncepce snadného ovládání

Základní technika všech měničů kmitočtu je stejná, proto hraje snadné ovládání stěžejní roli. Mnoho funkcí, stejně jako začlenění strojů a zařízení, vyžaduje jednoduchou koncepci obsluhy. Musí splňovat veškeré požadavky na jednoduchou a spolehlivou konfiguraci a instalaci. Je zde možnost výběru od jednoduchých a cenově výhodných numerických displejů až po komfortní ovládací jednotky zobrazující stručné informace. Pouze pro sledování provozních veličin jako je proud a napětí stačí jednoduché ovládací jednotky. Komfortní ovládací jednotky naproti tomu nabízejí zobrazení dalších veličin, či je přímo znázorňují.



Jednoduché numerické ovládací jednotky jsou cenově příznivé. Grafické ovládací jednotky nabízejí lepší komfort obsluhy a zobrazení stručných informací.



design award winner

Tato ovládací jednotka získala v roce 2004 cenu iF Design za vynikající provedení. Jednotka LCP 102 obdržela ocenění v kategorii "Komunikační rozhraní člověk/stroj" za účasti více než 1000 účastníků z 34 zemí.

K tomu patří přehledné seskupení funkcí a jednoduché ruční ovládání spolu s dalšími možnostmi přístupu přes software, sběrnice nebo dokonce dálkové sledování přes modem nebo internet. Moderní frekvenční měnič by měl mít sjednoceny všechny dále uvedené koncepce ovládání v jednom zařízení a v každém případě umožnit přepnutí mezi ručním a dálkovým ovládáním.



Snadné uvedení do provozu

Funkce jako Smart Application Setup od společnosti Danfoss značně zjednodušují proces uvedení zařízení do provozu, neboť uživatele provedou základním nastavením měniče.

Praxe – Obsluha a displej

Místní ovládání

Základním požadavkem je místní ovládání pomocí jedné ovládací jednotky. I v období komunikace po síti existuje velké množství úloh, které vyžadují možnost přímého zásahu u zařízení - například uvádění do provozu, testování, optimalizace procesů nebo údržba v místě zařízení. U každého z těchto případů musí mít technik nebo pracovník obsluhy možnost změnit místní hodnoty, aby se tato změna okamžitě projevila v zařízení a bylo možné diagnostikovat případnou chybu. K tomuto účelu by měla být jednotka vybavena jednoduchým a intuitivním rozhraním člověk/stroj.

Přehledná indikace

Pro tento případ je ideálním řešením grafický displej, který umožní obsluhu v příslušném jazyce země instalace a znázorní relevantní parametry příslušné aplikace v rámci své základní funkce. Tyto stavové informace se musí z důvodu dobré přehlednosti omezit na absolutně nezbytné parametry a musí existovat možnost je kdykoliv přizpůsobit či změnit. Užitečná je i možnost zablokování určitých funkcí či zaslepení parametrů a povolení změny pouze u těch parametrů, které jsou z hlediska přizpůsobení a řízení procesu konkrétně třeba. V případě většího počtu funkcí u moderních měničů kmitočtu, které často obsahují několik stovek parametrů pro optimální přizpůsobení, minimalizuje toto blokování chybu obsluhy a z toho plynoucí drahou odstávkou zařízení. Rovněž tak by měl display disponovat integrovanou pomocnou funkcí pro jednotlivé funkce, která by umožnila servisním technikům snadný přístup k málokdy využívaným parametrům například při uvádění do provozu. Pro optimální využití integrovaných diagnostických funkcí je vedle alfanumerické indikace rovněž užitečná možnost grafického znázornění průběhů (tzv. funkce



Nastavování a odečítání parametrů frekvenčního měniče lze provádět i při uzavřených dveřích rozváděče.

scope). Velmi často usnadňuje takováto vizualizace vyhledávání závady (např. zobrazením průběhů otáček nebo točivého momentu).

Jednotná koncepce

Ve vodovodních a kanalizačních zařízeních se používá velké množství měničů kmitočtu pro různé účely. Měniče, zpravidla od jednoho výrobce, se liší hlavně elektrickým výkonem a tím pádem i rozměry a vzhledem. Společná obsluha frekvenčních měničů vždy se stejnou ovládací jednotkou pro celý výkonostní rozsah představuje výhodu pro konstruktéry a provozovatele zařízení. V zásadě platí: čím je obsluha jednodušší, tím rychleji a efektivněji lze uvést zařízení do provozu či vyhledat případnou závadu. Z tohoto důvodu se osvědčila koncepce s ovládacími jednotkami, které jsou připojeny konektory, takže je možná jejich výměna i během provozu.

Integrace do dveří rozváděčové skříně

V mnoha zařízeních, kde je měnič kmitočtu umístěn v rozváděči, by se mělo zařízení pro vizualizaci a



obsluhu procesu umístit do dveří rozváděče. To je možné jen u takových měničů, které mají odnímatelnou ovládací jednotku. Pomocí konstrukčního rámu lze instalovat ovládání do dveří rozváděče, takže měnič kmitočtu lze potom ovládat i při uzavřeném rozváděči, přičemž lze pozorovat stav procesu a odečítat procesní data.

Upozornění: Dbejte na správnou koncepci ovládání již při projektování zařízení s měniči kmitočtu. Výhodný je takový návrh, který umožňuje co nejvíce uživatelsky přívětivé ovládání při změně parametrů a programování. Protože dnes není důležitá jen funkčnost zařízení, ale také rychlá a jedno-duchá obsluha, která by měla probíhat intuitivně. Jen tak lze redukovat náklady - a tedy i peníze na zapracování pracovníků pro obsluhu a pozdější údržbu frekvenčních měničů.

Obsluha a nastavení parametrů prostřednictvím PC

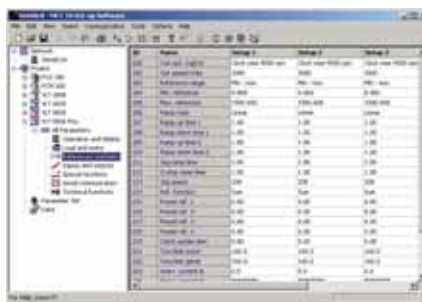
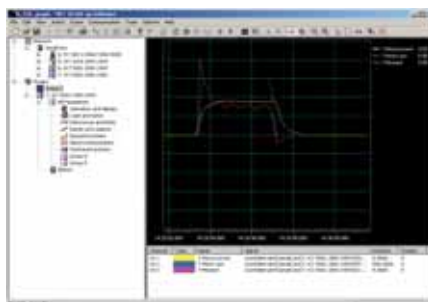
Rozšířené možnosti

Kromě obsluhy prostřednictvím ovládací jednotky nabízejí moderní měniče kmitočtu rovněž nastavení parametrů a odečítání dat pomocí PC softwaru. Tento software je většinou založen na operačním systému Windows a podporuje většinu komunikačních rozhraní. Umožňuje přenos dat přes klasické rozhraní RS-485, přes polní sběrnici (PROFIBUS DPV1, Ethernet, atd.) nebo přes rozhraní USB. Přehledná ovládací plocha umožňuje rychlý přehled o všech pohonech uvnitř zařízení.

Dobrý software kromě toho umožňuje řízení velkých projektů s mnoha pohony. Projektování je

možné provádět online i offline. Software nabízí i možnost přiřadit dokumenty do projektu. Tím je mimo jiné možné doplnit, pomocí softwaru, nastavení měničů přímo do schémat zařízení nebo doplnit návody k obsluze.

Poznámka: Software MCT 10 představuje nástroj založený na operačním systému Windows, který umožňuje snadné projektování, nastavení parametrů a programování měničů řady VLT®. Viz. www.danfoss.cz/vlt



PC software pro měniče kmitočtu nabízí vedle nastavení parametrů také možnost zapisování procesních dat nebo řízení projektů.



Výměna dat

Sběrníkové systémy

Moderní měniče kmitočtu jsou inteligentní a tudíž schopné vykonávat řadu funkcí pohonného systému. Proto lze snadno využít úplný potenciál měniče kmitočtu pomocí připojení ke komunikační sběrnici Fieldbus a jeho integraci do systému. Z jednoho hardwarového místa tak máte zajištěn úplný přístup ke všem objektům připojeného měniče kmitočtu. Uvedení do provozu a kabeláž jsou zjednodušené, což se promítne do snížení nákladů již od okamžiku instalace. Máte po ruce řadu dat pro zajištění účinné správy systému, aniž byste potřebovali další komponenty. Příjem kolektivních zpráv o potížích umožňuje dálkově stanovit jejich příčinu a iniciovat koky nezbytné k odstranění problému.

Lepší řízení alarmu

Podrobná hlášení poruch zjednodušují lokalizaci možných příčin závady a tím účinně podporují monitoring zařízení. Dálkovým sledováním prostřednictvím modemu nebo internetu umožňuje rychle zobrazit stavová a chybová hlášení vzdálených zařízení a dílů.

Zlepšená správa zařízení

Velín umožňuje dálkové sledování a přizpůsobení všech nastavení frekvenčního měniče. Stavová data, jako např. výstupní kmitočty nebo příkon, je možné kdykoliv načíst a vyhodnotit. Dodatečná data pro řízení při špičkovém zatížení jsou k dispozici i bez externích dílů.

Úspora při instalaci

- Ne každý měnič kmitočtu potřebuje vlastní displej. Uživatel/provozovatel má již prostřednictvím nadřazeného systému přístup ke všem podstatným datům měniče kmitočtu.
- Zjednodušené propojení dvěma vodiči.
- Nepoužité vstupy a výstupy měniče mohou sloužit jako vstupy/výstupy jiných dílů, např. měřicích čidel, fi ltrů a koncových spínačů v nadřazeném systému.
- Vynechání vstupních a výstupních konstrukčních dílů, protože k řízení měniče stačí datový bod hardwaru.
- K dispozici jsou i bez přídatných dílů monitorovací funkce, jako sledování přívodu k motoru, ochrana proti běhu nasucho apod., stejně jako měření výkonu a čítač provozních hodin.

Zjednodušené uvádění do provozu

Podrobná hlášení poruch zjednodušují lokalizaci možných příčin závady a tím účinně podporují monitoring zařízení. Dálkovým sledováním prostřednictvím modemu nebo internetu umožňuje rychle zobrazit stavová a chybová hlášení vzdálených zařízení a dílů.

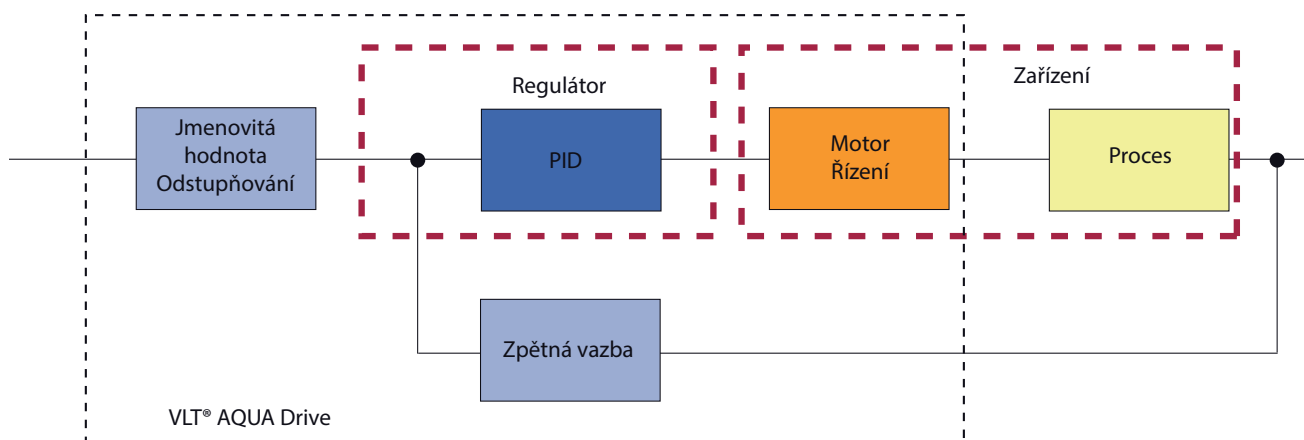
Pro měnič VLT® Automation Drive FC 302 jsou k dispozici všechny důležité typy sběrnice Fieldbus:

MCA 101	PROFIBUS DP V1
MCA 104	Device Net
MCA 105	CANopen
MCA 113	PROFIBUS converter VLT 3000
MCA 114	PROFIBUS converter VLT 5000
MCA 120	PROFINET
MCA 121	EtherNet/IP
MCA 122	Modbus TCP
MCA 124	EtherCat



Praxe – přidaná hodnota měničů kmitočtu

Procesní regulátor



Procesní regulátory PID, princip činnosti



Údržba

Většina měničů kmitočtu je téměř bezúdržbová. U měničů vyšších výkonů jsou použity filtrační rohože, které musí provozovatel v závislosti na prašnosti prostředí čas od času vyčistit. Ovšem je třeba dát pozor na to, že výrobci některých měničů udávají intervaly údržby pro chladicí ventilátory (cca 3 roky) a kondenzátory (cca 5 let).

Skladování

Jako všechny elektronické přístroje, musí být i měniče kmitočtu uloženy v suchu. Přitom je třeba respektovat údaje výrobce. Někteří výrobci předepisují pravidelné formování přístrojů. Za tímto účelem musí uživatel připojit přístroj na určitou dobu na definiované napětí. Důvodem pro toto formování je stárnutí kondenzátorů ve vloženém obvodu přístroje. Podle kvality použitých kondenzátorů stárnou tyto rychleji či pomaleji. Formování působí proti procesu stárnutí.

Dnešní měniče kmitočtu představují inteligentní regulátory pohonu. Mohou převzít úkoly či funkce programovatelných automatů. Prostřednictvím implementovaného regulátoru procesu se dají vytvořit nezávislé regulační obvody s vysokou přesností. Tento aspekt je zajímavý hlavně při dodatečné vestavbě, kdy nemá zařízení dostatek programovatelné kapacity nebo vůbec žádný programovatelný automat.

Napájení aktivních měničů procesních veličin (generace skutečných hodnot průtoku, tlaku nebo hladiny) se provádí stejnosměrným napětím 24 V z řídicích obvodů měniče kmitočtu, pokud tento zdroj vykazuje dostatečný výkon.

Poznámka: Měniče kmitočtu

Danfoss VLT® jsou bezúdržbové do výkonu 90 kW. Od výkonu 110 kW jsou chladicí ventilátory opatřeny filtračními rohožemi, které je třeba v pravidelných intervalech kontrolovat a v případě potřeby vyčistit.

Poznámka: Na základě užité kvality kondenzátorů a flexibilitního výrobního procesu orientovaného na provozní zatížení není tento proces pro frekvenční měniče VLT® Automation Drive vyžadován.

VLT® Automation Drive FC 300

Modulární měnič VLT® Automation Drive splňuje všechny požadavky kladené na měniče v chemických a farmaceutických závodech. Pro optimální a bezporuchové pokrytí celého rozsahu použití – od standardních měničů, až po vysoce výkonné – začíná modularita vaší volbou výkonové platformy. Zde zvolíte jednu ze základních variant FC 301 a FC 302.

Verze FC 301 měniče VLT® Automation Drive je již vybavená četnými vynikajícími funkcemi, jako je vektorové řízení VVC+, automatickým nastavením rotoru, PID regulátorem nebo rozhraním RS485/USB.

Verze FC 302 má další funkce týkající se dob odezvy, kvality regulace (servopohonu) pomocí řízení vektoru magnetického toku a další řídicí V/V svorky. Obě verze se dodávají se standardizovanými uživatelskými rozhraními, svorkovnicemi a konstrukcemi pouzdra. S oběma variantami je možné použít téměř všechny doplňky.

Všechna síťová napětí

Řada měničů kmitočtu VLT® Automation Drive pokrývá výkony od 0,37 po 1 400 kW pro síťová napětí 200, 380–480/500 V, 525–600 V a 690 V. Je také možné je použít speciálních typech sítě, například sítích IT.

Bezpečné zastavení

Měniče kmitočtu VLT® Automation Drive mohou výrazně přispět ke snížení nákladů na funkční bezpečnost systému nebo závodu. Verze FC 302 (FC 301/A1 volitelný kryt) se standardně dodává se zabezpečeným digitálním vstupem a funkcí Bezpečného vypnutí momentu specifikovanou v normě EN 61800-5-2. Dosažená bezpečnostní kategorie potom odpovídá obvyklé úrovni výkonu „d“, definované v normě EN ISO 13849-1, nebo SIL 2, definované v normě EN 61508.

- Úplné síťové napětí na výstupu
- Připojení dlouhých motorových kabelů (150 m stíněný nebo 300 m nestíněný)
- Dlouhá životnost
- Instalovaný RFI filtr kompatibilní s EN 61800-3; kategorie C1
- Instalovaná tlumivka meziobvodu (pokles napětí $U_K = 4\%$)
- Vyhodnocení PTC termistoru
- Funkce AEO pro další vysoké úspory energie
- Tepelný obraz motoru integrovaný do měniče kmitočtu pro zajištění softwarové ochrany motoru. Bere v úvahu dokonce i snížení vlastního větrání, když motor běží při nízkých otáčkách (což nelze s ochranným vypnutím).
- Technologie chladicí desky
- Komunikační rozhraní
- RS485
- USB
- RS232
- Logické V/V odkazy
- Funkce řízeného doběhu (kinetické zálohování)
- Funkce digitálního potenciometru motoru
- Rozhraní inkrementálního čidla
- Fieldbus
- Letmý start
- Synchronizace sítě
- Modulární koncepce
- Doplňky pro řízení pohybu:
- PID regulátor
- Doplňek ProfiSafe
- Vstup bezpečného zastavení
- Funkce Scope
- Regulátor momentu
- Inteligentní regulátor provozu
- Zapnutí/vypnutí přemodulování
- Volitelně s integrovaným připojením ke komunikační sběrnici Fieldbus (a externímu zdroji 24 V DC)
- Volitelně aktivní a pasivní síťové filtry pro další snížení harmonického zkreslení
- Volitelně sinusové a dv/dt filtry pro všechny jmenovité výkony
- Verze Low harmonic měniče VLT® Automation Drive

Další podrobné informace získáte pomocí kontaktu na společnost Danfoss nebo na našich webových stránkách, kde najdete také řadu užitečných informací ke stažení.

www.danfoss.com/vlt



Celá řada VLT® Automation Drive je vytvořena s jednotnou koncepcí, používá totožné rozšiřovací moduly a je standardně vybavená integrovanými EMC filtry a tlumivkami.

VLT® High Power Drive pro průmyslové aplikace

Vysoký výkon a funkce vhodné pro průmyslové použití.

VLT® Automation Drive – 90 až 1 400 kW

Výkonné měniče Danfoss VLT® pokrývají řadu výkonů od 90 kW do 1 400 kW s obvyklými rozsahy napětí od 380 V do 690 V, a pokrývají hlavní požadavky na průmyslové aplikace. Všechny jsou vybavené integrovanými tlumivkami, které výrazně redukuje harmonické zkruslení. Pro jmenovité výkony 250 kW a vyšší jsou k dispozici také 12pulzní zařízení. Ty dále snižují zpětnou vazbu ze sítě od aplikace a zajišťují ještě lepší kvalitu sítě. V kombinaci s moderními aktivními filtry VLT® jde o měnič s potlačením harmonických složek, který umožňuje zlepšit využití infrastruktury za špatných podmínek v síti. Alternativně můžete instalovat aktivní síťový filtr VLT® a dosáhnete celkového zlepšení napájení.

Do modulární platformy VLT® jsou plně integrována všechna zařízení s vysokým výkonem. Danfoss klade u měničů s vysokým výkonem zvláště vysoký důraz na využití prověřených komponent. Tato zařízení také využívají všechny možnosti vylepšení a jsou vybavená totožnou grafickou ovládací jednotkou a intuitivním programováním a konfigurací. Poskytují rovněž funkci Bezpečného vypnutí momentu specifikovanou v normě EN 61800-5-2.

V reakci na požadavky uživatelů byly nové měniče VLT® s rámečkem D s výkony 90 kW až 250 kW (400 V) a 90 kW až 315 kW (690V) zmenšeny přibližně až o 68 %, aniž by to bylo provedeno na úkor jakékoli známé funkce a vlastnosti zařízení VLT® s vysokým výkonem. Nová generace modelů v nových D skříních opravdu nabízí další možnosti zvýšení výkonu, které

nebyly dříve v této třídě kompaktních zařízení dostupné. Přejít na novou generaci zařízení v nových skříních D je plně k dispozici.

Vlastnosti	Výhody
Jednotná koncepce, jako jsou modulární platformy VLT®	Snadná obsluha: Když znáte jeden, znáte všechny!
Prověřená výkonová elektronika	Spolehlivý provoz
Modulární konstrukce systému	Všechny komponenty přístupné zepředu po otevření dveří. Rychlá a snadná výměna v případě chyby.
Chlazení pomocí zadního kanálu	Snížení nároků na údržbu a zvýšení dostupnosti a životnosti měniče.
Standardní skříň Rittal TS8 s krytím IP 21 nebo IP 54 (pro jmenovité výkony 450 kW a 630 kW)	Možnost snadného rozšíření
EMC filtr třídy C2 definovaný v EN61800-3, odpovídající třídě A1 definované v EN 55011	Snížení zpětné vazby ze sítě a EMC rušení pomocí dalších externích filtrů
Integrované tlumivky v ss obvodu	Snížení zpětné vazby ze sítě v celé síti Žádné další ztráty vyšší energetické účinnosti celého systému
Pojistky v meziobvodu	Lepší ochrana jednotlivých měničů pomocí spojky s meziobvodem
Vysoce kvalitní lakované desky plošných spojů	Zvýšená ochrana proti nepříznivým okolním podmínkám, např. agresivním plynům
Snížení zpětné vazby ze sítě	Menší riziko rezonancí v systému Spolehlivý provoz jiných elektronických zařízení Méně chyb zařízení
Menší rozměry	Nová generace zařízení v D skříních má výrazně menší rozměry (až na 68 % původ. skříně) a nabízí maximální výkon a spolehlivost na minimálním prostoru.

Napěťový rozsah

380–690 V

Kryt

IP 20 (nová generace skříní D)

IP 21/NEMA typ 1

IP 54/NEMA typ 12

Platformy VLT®

VLT® HVAC Drive FC 102

VLT® AQUA Drive FC 202

VLT® Automation Drive FC 302

Chlazení vzduchem

pomocí zadního kanálu

Všechna zařízení VLT® s vysokým výkonem používají pro odvod tepla zadní vzduchový kanál. Chladicí vzduch proudí zadním chladicím kanálem a snižuje cirkulaci vzduchu kolem elektroniky. Tato koncepce odvádí z pouzdra dle konkrétního zařízení až 90 % zbytkového tepla. Snižením nárůstu teploty a kontaminace elektronických součástí se tak zvýší dostupnost a životnost zařízení. Zadní chladicí kanál je oddělen od elektronických komponent ochranným faktorem IP54.

Další doplňky, v některých případech jako externí komponenty

Rozšiřovací modul pro napájecí zdroj a svorky	24V DC externí napájecí zdroj; pomocný výstup s pojistkou 30 A; Přepínání spuštění motoru lokální/dálkové; Volitelné svorky NAMUR
dv/dt filtr	Chrání vinutí motoru proti el. oblouku a tím prodlužuje životnost.
Sinusový filtr	Snižuje hluk motoru, chrání vinutí motoru před el. obloukem a motor před ložiskovými proudy.
Doplňky do skříně	Vypínač do dveří; Osvětlení skříně a napájecí výstupy; Termostatická regulace Vyhřívání skříně
Modulární doplňky aplikací	Přídavné karty plug-and-play usnadňují rychlý upgrade a umožňují snadné uvedení do provozu a servis.
Monitorování systému	Proudové chrániče; Monitorování izolace motoru; Monitorování teploty motoru;
Síťové doplňky	EMC filtr třídy C3, definovaný v EN61800-3, odpovídající třídě A2, definované v EN 55011; Přepínače výkonu; Polovodičové pojistky; Ochrana; Vypínače zátěže;



Měnič VLT® Automation Drive se dodává se jmenovitým výkonem až 1,4 MW a jmenovitým napětím 380 V a 690 V. Také je k dispozici jako měnič typu low harmonic drive pro snížení zpětné vazby ze sítě.

Směrnice týkající se měniče kmitočtu

Symbol CE

Symbol CE (Communauté Européene) slouží k odstranění technických bariér při výměně zboží mezi státy EG a EFTA (Evropského hospodářského prostoru). Symbol CE dokumentuje, že výrobce produktu dodržuje veškeré rozhodující směrnice EG obsažené v zákonech země původu. Symbol CE ale nevypovídá o kvalitě produktu. Ze symbolu CE nelze odvodit technické údaje. V prostoru, ve kterém jsou frekvenční měniče instalovány a provozovány, je třeba mj. dodržovat směrnice o strojírenství, o EMC a směrnice pro zařízení nízkého napětí.

Směrnice o strojírenství

Aplikace směrnice o strojírenství 2006/42/EG je závazná od 29.12.2009. Tím vstupuje v platnost i směrnice o strojírenství 98/37/EG. Základní zásada zní takto: „Stroj jako celek tvořený vzájemně spojenými díly nebo zařízeními, z nichž je nejméně jedno pohyblivé, musí být uzpůsoben tak, aby nebyla ohrožena bezpečnost a zdraví osob a domácích zvířat a zboží při správné instalaci a přiměřené údržbě a provozu ke stanovenému účelu.“ Měniče kmitočtu jsou elektronické komponenty a z tohoto důvodu nepodléhají směrnici pro strojírenství. Pokud konstruktér zařízení zabuduje měniče do stroje, potom musí dokumentovat formou prohlášení výrobce, že byly splněny veškeré relevantní zákony a bezpečnostní opatření.

Směrnice EMC

Směrnice EMC 2004/108/EG je ode dne 20.07.2007 závazně platná.

Základní zásada zní takto: „Přístroje, které mohou způsobovat elektromagnetické rušení, nebo jejichž provoz může být tímto rušením nepříznivě ovlivněn, musí být uzpůsobeny tak, aby tvorba elektromagnetického rušení byla omezena do té míry, aby k danému účelu stanovený provoz radiových a telekomunikačních zařízení, stejně jako ostatních přístrojů, vykazoval přiměřenou odolnost vůči elektromagnetickému rušení tak, aby byl možný jejich provoz ke stanovenému účelu použití“. Protože měniče kmitočtu nejsou zařízení určená k samostatnému provozu a nejsou všeobecně dostupná, nelze dodržení směrnice EMC prokázat ani symbolem CE, ani prohlášením o shodě EG. Bez ohledu na toto znění jsou měniče kmitočtu Danfoss opatřeny symbolem CE, který prokazuje splnění požadavků směrnice EMC, a dále je možné obdržet i prohlášení o shodě.

Směrnice o zařízeních nízkého napětí

Směrnice o zařízeních nízkého napětí 73/23/EWG vstoupila v platnost dne 11.06.1979. Přejícné období skončilo dne 31.12.1996. Základní zásada zní takto: „Elektrické provozní prostředky pro použití na jmenovité napětí v rozmezí 50 - 1000 V AC a v rozmezí 75 - 1500 V DC musí být uzpůsobeny tak, aby při řádné instalaci a údržbě, stejně jako při využívání ke stanovenému účelu, neohrožovaly bezpečnost lidí a užitkových zvířat a zachovávali věcné hodnoty“. Protože měniče kmitočtu představují elektrické provozní prostředky pracující v daném rozsahu napětí, podléhají směrnici o

zařízeních nízkého napětí a musí být od 01.01.1997 opatřeny symbolem CE.

Upozornění: Výrobce strojů/zařízení by měl dbát na to, aby používal takové měniče kmitočtu, které jsou opatřeny symbolem CE. Na požádání musí předložit prohlášení o shodě EG.

Index

- 12pulzní usměrňovače 17
18pulzní usměrňovače 17
24pulzní usměrňovače 17
4kvadrantový provoz 20
- A**
Active front end 17, 19, 48
AEO 9
AFE 19, 20
Agresivní okolní vzduch 28
Agresivní plyny 28
Aktivní filtr 18
Aktivní filtry 17, 18, 48
Alfanumerický displej 52
Analýza zdroje napájení 48
Aplikace 44
Asynchronní AC motory 38
ATEX 33
Automatická optimalizace spotřeby 9
- B**
Bezpečné zastavení 56
Bezpečnostní funkce 32
- C**
Celkové náklady 10
Čerpadla 43
Charakteristiky zatížení 44
Chladicí vzduch 28
Chlazení 25, 27, 28
Čidla 55
Činný výkon 16
Cívky 17, 47
Cívky tlumivky 23
- D**
Délka motorového kabelu 39
Délka motorového kabelu 8
Dielektrická intenzita 47
Dimenzování 11
Dimenzování kabelů 39
DIN 44081 33, 50
DIN 44082 33, 50
Displej 54
Dodatečná montáž 35
Doporučení NAMUR NE 38 30
dv/dt filtry 8, 34
Dvířka skříně 52
- E**
Elektromagnetická kompatibilita (EMV) 13, 14, 16, 25
Emise rušení 13, 21
- EN 50160 15
EN 50178 15, 50
EN 55011 21, 22, 46
EN 60204-1 39
EN 60335 50
EN 61000-2-2 15
EN 61000-2-4 15
EN 61000-3-12 15, 20
EN 61000-3-2 15
EN 61000-4-1 23
EN 61008-1 49
EN 61800 13
EN 61800-3 21, 22, 35, 46, 56
EN 61800-5-2 56
EN ISO 13849-1 56
Energetický výkon motoru 37
Ex 50
Ex d 32
- F**
Faktor zkreslení 15
Fázový posun 23
FC 302 33
Filtr zdroje napájení 21
Filtr zpětné vazby ze zdroje napájení 17
Filtrační rohože 29
Filtry 8
Filtry harmonických kmitočtů 17, 48
Filtry vysokých kmitočtů 21, 46
Fourierova analýza 15
Funkce bezpečného zastavení 33
Funkce diagnostiky 52
Funkce Scope 52
- G**
Generátor 20
Generátory 24
- H**
Harmonická složka 15, 17, 24
Harmonická složka proudu 16, 18
Harmonická složka zdroje napájení 14
Harmonické 14
Harmonické 15, 17, 18, 23, 24
Harmonické oscilace 14, 16
Harmonické zatížení 15
Hlučnost 6
Homologační certifikát EU 32
- I**
IEC 60034-17 34, 35
IEC 60034-30 37
- IEC 60529 26
IEC 60721-3-3 28
IEC 60755 49
IGBT 32
Instalace 6
IP20 29
IP55 29
IP66 29
Izolace 8
Izolace motoru 8, 34
Izolovaná ložiska 34
- J**
Jalový výkon 16
Jediná ochrana motoru 32
Jmenovitý poruchový proud 49
Jmenovitý proud motoru Irated 43
- K**
Kabel pro vyrovnání potenciálů 14
Kabel s vhodným stíněním 39
Kabeláž 37
Kabely k uzemnění a kostře 42
Kapacita chlazení 29
Kladkostroje 43
Klasifikace IE 38
Kompatibilita motorů 37
Kompenzace 16
Kompenzace jalového proudu ... 23, 24
Kompenzace jalového proudu ... 16, 23
Koncepce chlazení 27
Kondenzace 27
Kondenzátor meziobvodu 19, 47
Kondenzátory 55
Konektor motoru 42
Konstantní nebo kvadratický průběh točivého momentu 43
Kontrolka 52
Koroze 28
Kritéria výběru: 34
Kvalita síťového napětí 15, 16, 17
Kvalita zdroje napájení 15
- L**
LC filtry 35
Low harmonic drive (LHD) 17, 19, 20, 48
Ložiskové proudy 34
- M**
Magnetická pole 14
Magnetizace 9
Magnetizace motoru 9

MCB 112.....	30, 33	Odolnost vůči rušení.....	13, 41	PTC termistor.....	33
MCB 113.....	33	Okolní vzduch.....	28	PTC termistor motoru.....	50
MCT 10.....	33	Omezení.....	41	Působení prachu.....	29
Měděné opletení.....	42	Omezení RFI.....	46	R	
Měkké síť.....	20	Omezení rozběhového proudu.....	6	Redukce ložiskových proudů.....	35
Měníče kmitočtu.....	11	Omezení vysokofrekvenčního rušení.....	42	Regulace otáček.....	9
Meziobvod.....	47	Opatření týkající se EMC.....	40, 46	Regulační rozsah.....	6
Míchadlo.....	43	Opatření týkající se uzemnění....	40, 50	Regulátor procesu.....	55
Minimální energetický výkon.....	37	Opatření týkající se uzemnění....	40, 50	RFI filtr.....	8, 21
Minimum energy performance standards (MEPS).....	37	Oprava.....	10	Řídicí kabel.....	42
Moment setrvačnosti.....	38	P		Řízení klimatu.....	8, 10, 27
Momentové charakteristiky.....	43	Paralelně zapojené motory.....	45	Rozhraní RS-485.....	53
Momentový rozsah.....	38	Pasivní filtry.....	17, 48	Rozhraní USB.....	53
Monitorování teploty.....	32	PFC.....	19	Rozsah úpravy otáček.....	38
Montáž na stěnu.....	25	Plyny.....	28, 30	Rozvodná síť.....	15, 47
Motorové převodovky.....	37	Počítačový software.....	53	Rušení rozhlasového a televizního vysílání.....	46
Motorové převodovky.....	17	Podmínky okolního a životního prostředí.....	11, 25	Rušení rozhlasového a televizního vysílání.....	21, 22, 46
Motory a kabeláž.....	11	Pokles napětí.....	39	Rušení rozhlasového a televizního vysílání.....	8
Motory Ex e.....	30, 33	Poplachová hlášení.....	54	Rušení související s vedením.....	46
Motory s permanentním magnetem.....	38	Poškození ložisek.....	29, 34	Rušivá napětí.....	14
Motory v oblastech s nebezpečím výbuchu.....	37	Potenciální úspora elektrické energie.....	6, 33	Rychlost nárůstu napětí dv/dt.....	8, 30, 34
N		Prach.....	29, 30	S	
Nadproud.....	50	Přechodové jevy.....	23	Šasi.....	41
Náklady na kabely.....	33	Přechodové jevy v síti.....	17, 23, 47	Sběrnice pro vyrovnání potenciálů.....	40
Náklady na servis.....	10	Předpis pro strojní zařízení.....	59	Sběrnice pro vyrovnání potenciálů.....	40
Náklady na údržbu.....	10	Přemodulování.....	34	Sběrnice pro vyrovnání potenciálů.....	54
NAMUR NE 37.....	33	Přemostovací obvod.....	50	Selektivní vložený obvod.....	16, 17, 19
Napájecí napětí.....	15	Přepětové ochrany.....	50	Servopohony.....	38
Napětí stejnosměrného meziobvodu.....	39	Přerušování vodiče.....	33	Signálový kabel.....	42
Nároky na izolaci.....	34	Přerušování zdroje napájení.....	19	SIL 2 dle EN 61508.....	56
Nároky na ložiska.....	34	Při částečném zatížení.....	7, 9	Sinusový.....	8
Následné vyzářování.....	41	Příjemce rušení.....	14	Sinusový.....	15
Nastavení cos φ.....	9	Připojená napětí.....	56	Sinusový filtr.....	30, 34, 35
Nastavení parametru.....	53, 54	Připojení stínění.....	41	Sinusový nebo dv/dt filtr.....	35
Nízkofrekvenční zpětné působení na zdroj.....	46	Připojení uzemnění.....	34, 42	Sítě IT.....	12
Normy.....	15, 21, 22	Připojený výkon.....	43	Sítě TN.....	12
Nouzový generátor výkonu.....	24	Programy pro výpočet zdroje napájení.....	24	Sítě TT.....	12
O		Prostředí s nebezpečím výbuchu.....	32	Síťové napájení.....	11, 12
Oblast s nebezpečím výbuchu.....	30	Proudové chrániče.....	49	Síťové pojistky.....	32
Obsah harmonické složky proudu...	20	Proudové omezení.....	32	Síťové tlumivky.....	4
Ochrana motoru.....	45, 50	Proudový chránič.....	49	Skladování.....	55
Ochrana proti výbuchu.....	32	Proudový chránič.....	49	Skříň.....	25
Ochranné vypnutí motoru.....	50	Proudový chránič.....	49	Skutečné měření účinnosti.....	16
ochranné zařízení.....	49	Provedení kabeláže.....	39	Sledování teploty.....	30
Ochranný lak.....	28	Provoz.....	34, 51	Slot skříňe.....	33
Oddělení fází.....	34	Provoz s několika motory.....	45	Směrnice.....	59
Odolnost vůči rušení.....	46	Provozní náklady.....	10	Směrnice ATEX.....	30
		Provozní režim S1.....	37	Směrnice EMC.....	59
		Průřez.....	39		
		PTB.....	30		

Směrnice EU	30
Směrnice EU 94/9/EC	30
Směrnice o zařízeních nízkého napětí.....	59
Snížení nákladů.....	10
Software HCS	16, 24
Software MCT-10	53
Software pro výpočet harmonických.....	16
Soufázový filtr.....	34
Špičkové napětí.....	8, 19, 30, 35
Špičkové proudy.....	9, 47
Spojovací relé.....	32
Spuštění a uvedení do provozu	54
Stíněné kabely	39, 41
Stínění.....	41, 42
Stínění.....	41
Stínění kabelu.....	41
Stíněný kabel motoru	34
Střídavé motory reagující na střídavý i stejnosměrný proud.....	37
Stykač	33
Svodový proud.....	49, 50
Symbol CE.....	59

T

Tepelná ochrana motoru	50
Teplota okolí.....	27, 39
Teplotní čidla PTC termistoru.....	30
Teplotní zatížení.....	34
Termistory	50
THD.....	15, 19
THDi.....	17
Tlumivka meziobvodu.....	17
TN-C.....	12
TN-S.....	12
Topologie sítě	48
Transformátor	17, 24
Třída 3C2.....	28
Třída 3C3.....	28
Třída A.....	22
Třída B.....	22
Třída jmenovitého napětí.....	39
Třídy IP	26
Třídy ochrany	29
Typ ochrany	30
Typ zdroje napájení	12
Typy stínění	42

U

Účet za elektřinu.....	9
Účinník.....	17
Účinnost....	7, 8, 9, 20, 24, 35, 37, 38, 43
Údržba	10, 55
Úspora energie.....	9
Úspory	11
Uzemnění a ochrana motoru	50
Uzemnění systému	34
Uzemňovací systém pouzdra motoru a hřídele.....	34

V

VDE 0113-1	39
Velikost rušení	14
Ventilátory.....	29, 43
Vhodnost pro životnost měniče kmitočtu ...	6, 10, 25, 27, 29, 43
Vlhkost.....	27
Vpeak	30
Vyhodnocení PTC termistoru	32
Vyhodnocení PTC termistoru motoru s certifikací PTB	30
Vyhřívání skříně.....	27
Výkon na hřídeli	43
Výkonová ztráta	7, 27
Výměna dat	54
Vysokofrekvenční komponenty	42
Výstupní cívka.....	34
Výstupní filtr.....	35, 39
Výstupní napětí.....	39

Z

Základní konfigurace	43
Zatížení měniče kmitočtu	24
Zatížení zdroje napájení	15
Zdánlivý výkon	16
Zdroje rušení	14, 46
Zemní spojení.....	49
Zemnicí vodič	50
Životní cyklus.....	10
Zjištění typu.....	30
Změny napětí.....	14
Změny zátěže.....	9
Zobrazení dat.....	51
Zpětná vazba napájecího zdroje	14, 15, 16, 17, 18, 19, 47, 48
Ztráty	8, 16, 17
Zvýšení bezpečnosti.....	32

Co znamená značka VLT®

Společnost Danfoss Drives je předním dodavatelem měničů kmitočtu se stále narůstajícím podílem na trhu.

Odpovědnost k životnímu prostředí

Měniče kmitočtu VLT® jsou vyráběny s důrazem na bezpečnost a na příznivé působení vůči lidem a životnímu prostředí.

Všechny továrny na měniče kmitočtu jsou certifikované podle normy ISO 14001 a ISO 9001.

Všechny činnosti jsou plánovány a prováděny ohleduplně k jednotlivým zaměstnancům, k jejich pracovnímu prostředí a k vnějšímu prostředí. Ve výrobě je na minimum omezen hluk, kouř a ostatní znečištění, odpad nesmí mít nepříznivý vliv na životní prostředí.

UN Global Compact

Společnost Danfoss podepsala globální dohodu OSN „UN Global Compact“ o společenské a environmentální odpovědnosti a naše závody odpovídají za dodržování místních předpisů.

Důraz na úsporu energie

Energetické úspory měničů kmitočtu VLT® vyrobených u nás během jednoho roku jsou srovnatelné s energií vyrobenou jednou velkou elektrárnou. Dokonalejší řízení procesu současně zlepšuje kvalitu výrobků a zmenšuje ztráty a opotřebení zařízení.



Oddání měničům

Nadšení pro měniče trvá již od roku 1968, kdy společnost Danfoss zavedla celosvětově první hromadnou výrobu měničů kmitočtu pro řízení rychlosti střídavých motorů a tyto měniče pojmenovala VLT®.

2500 zaměstnanců společnosti vyvíjí, vyrábí, prodává a zajišťuje servis měničů kmitočtu a soft-startérů ve více než stovce zemí, přičemž se zaměřuje výhradně na měniče kmitočtu a soft-startéry.

Inteligentní a inovační

Vývojáři společnosti Danfoss při vývoji, konstrukci, výrobě a v konfiguracích důsledně uplatňují principy modularity.

Nové vlastnosti zařízení jsou vyvíjeny na cílené technologické platformě. To je předpokladem pro souběžný vývoj všech prvků, přičemž se zkracuje doba, během které se dostanou na trh. Současně je tím zaručeno, že zákazníci budou mít vždy k dispozici zařízení s nejnovějšími vlastnostmi.

Spolehnutí na odborníky

Zodpovídáme za všechny díly svých výrobků. Skutečnost, že vyvíjíme a vyrábíme celý náš výrobní program, hardware, software, výkonové moduly, desky plošných spojů a příslušenství, je zárukou spolehlivosti výrobků.

Celosvětová podpora

Měniče kmitočtu VLT® pro řízení motorů pracují v nejrůznějších aplikacích po celém světě.

Odborníci ze společnosti Danfoss Drives, které najdete ve více než 100 zemích, jsou připraveni pomoci svým zákazníkům při řešení aplikací a se servisem bez ohledu na to, kde se zákazníci nacházejí.

Odborníci ze společnosti Danfoss Drives neukončí své úsilí, dokud nebudou požadavky zákazníků v aplikacích s měniči kmitočtu úspěšně vyřešeny.

