

Problematika nasadenia frekvenčných meničov v elektrických inštaláciách z hľadiska ich projektovania, montáže, prevádzky, kontroly a revízie

Ing. Ivan VONKOMER, VONSCH, s.r.o., Brezno

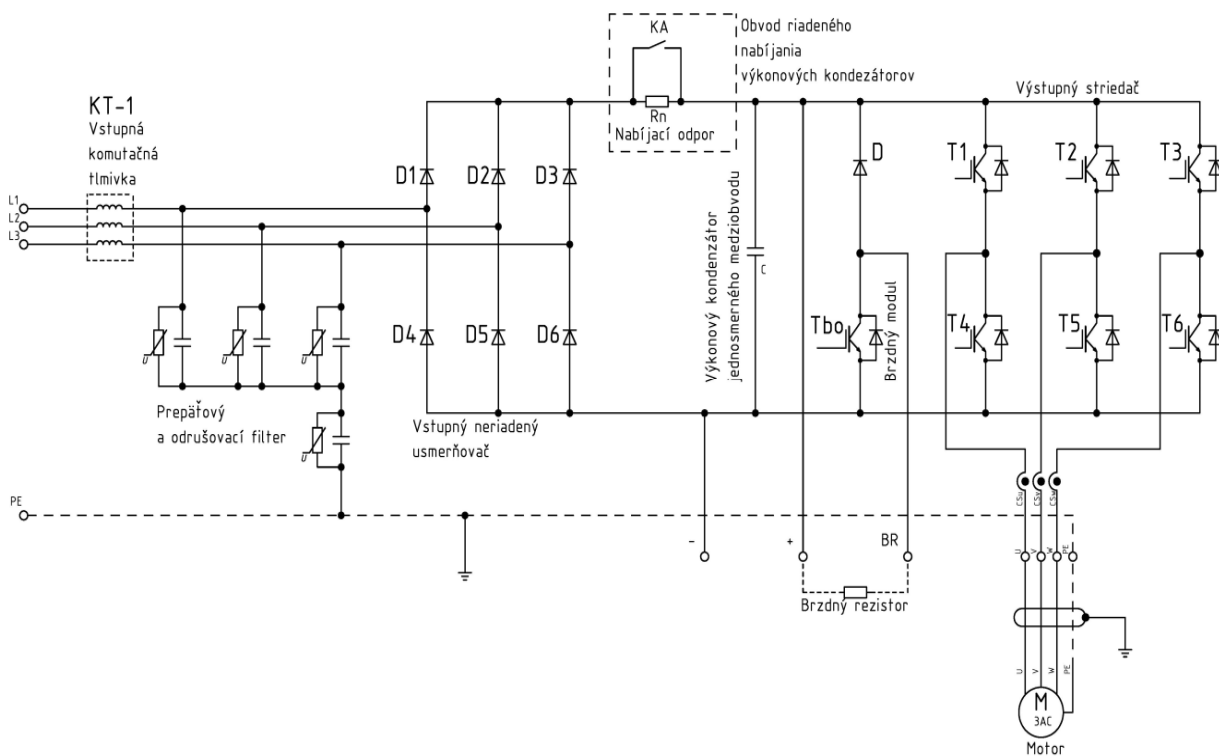
ABSTRAKT

Článok je zameraný na oblasť frekvenčných meničov. Oboznamuje čitateľa o spôsoboch projektovania, montáže a prevádzkovania frekvenčných meničov. Stručne popisuje hlavné obvody frekvenčných meničov a ich funkciu v zariadeniach. Na záver je vysvetlený spôsob preventívnej kontroly a postup pri revízii frekvenčných meničov.

PRINCÍP ČINNOSTI FREKVENČNÉHO MENIČA

Frekvenčný menič pri svojej činnosti usmerňuje striedavé trojfázové sieťové napätie a pomocou výkonových polovodičových spínacích prvkov generuje trojfázové výstupné napätie rôznej veľkosti a frekvencie a tým plynule riadi otáčky pripojeného motora.

BLOKOVÁ SCHÉMA TROJFÁZOVÉHO FREKVENČNÉHO MENIČA:



Hlavné časti frekvenčného meniča

Komponent	Popis funkcie
Vstupná komutačná tlmivka	Obmedzuje odber vyšších harmonických prúdov z trojfázovej napájacej sústavy.
Vstupný prepäťový a odrušovací filter	Obmedzuje špičky v napájacom napätí a eliminuje rušivé vf napätia generované výkonovými prvkami frekvenčného meniča.
Vstupný šesť-pulzný usmerňovač	Usmerňuje 3-fázové AC sieťové napätie na DC napätie.
Výkonové kondenzátory jednosmerného medziobvodu + riadené nabíjanie jednosmerného obvodu	Kondenzátory akumulujú energiu, ktorá stabilizuje napätie jednosmerného medziobvodu. Obvod riadeného nabíjania výkonových kondenzátorov obmedzuje prúd pri zapnutí.
Brzdny modul a odporník	Zabezpečuje marenie energie na teplo pri generátorickom chode motora.
Výstupný šesť-pulzný IGBT striedač	Prevádza jednosmerné napätie na striedavé napätie. Motor je riadený vhodným spínaním IGBT prvkov.

Montáž frekvenčného meniča a chladenie

Je potrebné zaistiť, aby menič frekvencie bol inštalovaný na suchom mieste, chránenom proti vlhkosti a priamemu slnečnému žiareniu, striekajúcej vode a kvapkajúcej vode. Frekvenčné meniče vytvárajú pri svojej prevádzke teplo a sú ochladzované prúdom vzduchu od ventilátorov. Menič sa musí inštalovať vo zvislej polohe s chladiacou časťou otočenou k montážnej stene. Nad, pod a na každej strane inštalovaného frekvenčného meniča musí byť pri montáži ponechaný doporučený voľný priestor, aby bola zaistená cirkulácia chladiaceho vzduchu. Po inštalácii meniča je potrebné sa uistiť, že teplota v okolí meniča neprekročí dovolenú hodnotu prostredia meniča. Pri prekročenej teplote chladiaceho vzduchu hrozí pri prevádzke meniča prehriatie výkonovej elektroniky. V tomto prípade je potrebné zabezpečiť vhodný spôsob chladenia frekvenčného meniča.

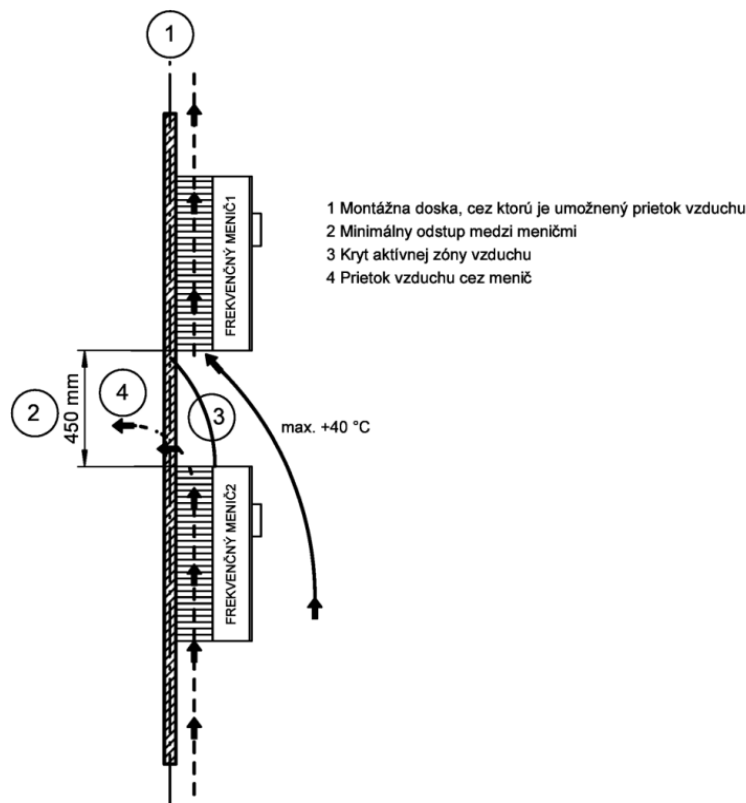
Chladenie meniča frekvencie musí byť pri jeho inštalácii zabezpečené tak, aby bolo dodržané:

- teplota chladiaceho média vid'. STN EN 50178 časť: 6.1.1.2. pre vzduchové a plynné chladenie: min +5°C, max + 35°C
- teplota prístupných častí vid'. STN EN 50178 časť: 7.1.7.5. kryty v dosahu ruky pre kov +70°C a pre izolačný materiál +80°C. Prostriedky ovládané rukou pre kov +55°C a pre izolačný materiál +65°C

Účinnosť meničov frekvencie je spravidla od 97,5 až do 98,5%. Z uvedeného vyplýva, že pri frekvenčných meničoch je nutné odvieť stratové teplo vo veľkosti 1,5% až 2,5% nominálneho výkonu meniča. Stratové teplo je nutné odvieť či už z rozvádzača, v ktorom je umiestnený menič frekvencie, alebo aj z celej miestnosti. Ideálne riešenie je pri meniči v rozvádzači využiť vlastný ventilátor meniča a v rozvádzači doplniť vzduchotechnický kanál na odvod stratového tepla mimo rozvádzač. Je nutné posúdiť aj tepelné podmienky v miestnosti rozvádzača a riešiť aj prípadné chladenie miestnosti doplnením o vzduchotechnické zariadenie odvádzajúce teplý vzduch z priestoru. Pri teplotách okolia nad +40°C je vo viacerých prípadoch nutné použiť klimatizačnú jednotku k rozvádzaču. Dimenzovanie jednotky je nutné podľa stratového tepla meniča.

Inštalácia frekvenčných meničov montovaných nad sebou

Výstup chladiaceho vzduchu z dolnej jednotky musí byť odvedený mimo vstupu chladiaceho vzduchu hornej jednotky:



Uzemnenie frekvenčného meniča

STN EN 50178 časť. 4.4. hovorí že zemnenie v elektronickom zariadení sa vyžaduje nielen na zníženie účinkov interferencie, ale predovšetkým pre bezpečnosť osôb. Keď vznikne konflikt medzi týmito dvomi požiadavkami, bezpečnosť osôb má vždy prednosť. Vzhľadom na povahu činnosti elektronických zariadení je uzemnenie meniča, motora a susedných zariadení nutné. Zaisťuje sa bezpečnosť osôb za všetkých okolností a zníži sa elektromagnetické vyžarovanie a citlivosť na rušenie.

Meniče frekvencie sú zariadenia s impulznou činnosťou výkonových prvkov, preto pri ich činnosti vznikajú rušivé prúdy. Keďže menič frekvencie obsahuje aj EMC filter, ktorý obmedzuje prístup vľ rušenia do napájacej sústavy meniča, sú tieto unikajúce prúdy vyššej hodnoty. Z tohto dôvodu sú unikajúce prúdy meniča frekvencie vyššie ako 3,5mA pri AC a frekvenčný menič musí byť kvalitne uzemnený!

Tieto unikajúce prúdy sú zvädzané do kovového obalu meniča a ďalej zvädzané do uzemnenia meniča. Z dôvodu kvalitného uzemnenia predpisuje STN EN 50178 časť 5.3.2.1. aj pre malé výkony minimálne prierez uzemnenia 10mm² (Cu).

ISTENIE FREKVENČNÉHO MENIČA A VSTUPNÁ KABELÁŽ

Istenie frekvenčného meniča

Vstupná hodnota prúdu je zvýšená o podiel vyšších harmonických, preto je nutné príslušne dimenzovať vstupné poistky. Prakticky každý výrobca v technickej dokumentácii odporúča príslušné typy a hodnoty poistiek.

Poistky typu:

gG istia iba skrat (je potrebné overiť, že vypínacia doba poistky je kratšia ako 400 ms)

aR, gR istia skrat + preťaženie. Hlavná výhoda rýchlych poistiek je hlavne minimalizácia ďalších škôd pri poruche na výkonových komponentoch meniča.

Špecifické istenie medzi oddelenými časťami meniča (napr. menič – brzdny odporník – motorová tlmivka – sínusový filter) sa podľa STN EN 50178 časť: 8.3.3.2. nevyžaduje. Výstup meniča frekvencie nie je nutné zvlášť istiť, istenie zabezpečuje menič frekvencie.

Činnosť frekvenčného meniča s prúdovým chráničom

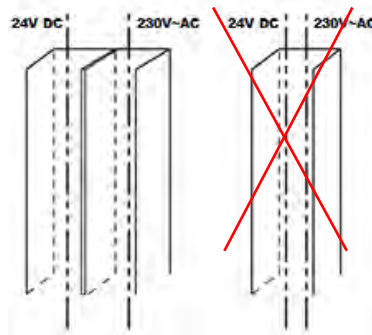
Použitie prúdových chráničov v obvode s frekvenčnými meničmi je potrebné zvažovať, pretože prevádzku prúdových chráničov môže ovplyvňovať striedavý a jednosmerný pulzujúci prúd. Menič frekvencie často obsahuje integrovaný odrušovací filter, ktorý má vyššie unikajúce prúdy, preto nie je možné použiť na jeho vstupe klasický prúdový chránič.

Prúdový chránič je možné použiť len typu „**B**“ (zvýšená odolnosť voči vypnutiu pri striedavých a jednosmerných prúdoch s pulzujúcou zložkou a rušením elektromagnetickými poľami), vybavovací prúd chrániča 100 až 300mA. Jedným chráničom by mal byť chránený iba jeden frekvenčný menič (a žiadny iný spotrebič).

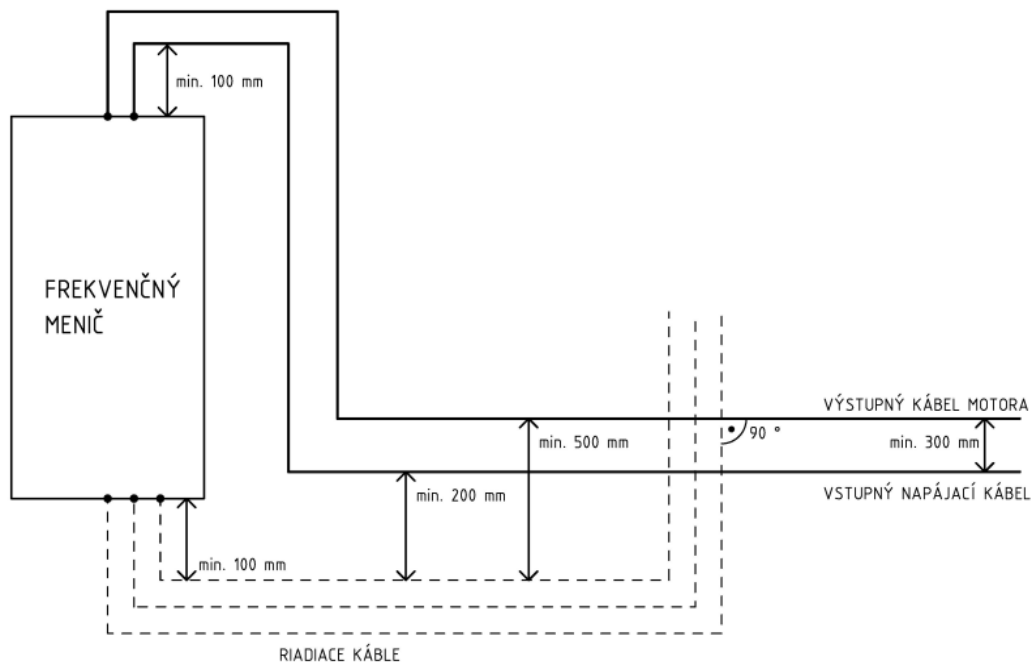
STN EN 50178 časť 5.2.11.2. pojednáva o tom, že pred pripojením elektronického zariadenia na napájanie chránené prúdovým chráničom sa musí preveriť kompatibilita elektronického zariadenia s prúdovým chráničom.

Vedenie káblov

Pri inštalácii sa výkonové káble ukladajú oddelene od vodičov s nízkoúrovňovým signálom (vodiče snímačov, PLC, meracích prístrojov). Riadiace obvody musia byť oddelené od výkonových obvodov. Pri použití káblových kanálov sa neukladajú motorové, sieťové alebo riadiace káble do rovnakého kanálu, aby sa znížilo elektromagnetické rušenie spôsobené rýchlymi zmenami napätia na výstupe meniča.



Ak je potrebné, aby sa sieťové a riadiace káble krížili, treba sa uistiť, aby sa križovali pod pravým uhlom. Káble motora sa umiestňujú dostatočne ďaleko od ostatných káblov. Ak sú káble motora umiestnené paralelne s ostatnými káblami na dlhú vzdialenosť, dôležité je dodržať minimálne vzdialenosti medzi káblami:



Vstupná kabeláž

STN EN 50178 časť: 8.3.3.1.: Vodiče na strane napájania elektronického zariadenia sa musia navrhnuť na menovitý vstupný prúd.

Pri dimenzovaní vstupných káblov do meniča frekvencie je nutné brať do úvahy vyššie harmonické prúdy, ktoré spôsobujú dodatočné ohrievanie vstupných vodičov kábla. Z toho dôvodu je nutné predimenzovať prierez kábla približne o 25%.

Pri vstupných káblach nedochádza k výraznejšiemu zvýšeniu vyžarovania z kábla do okolia, preto nie je žiadny dôvod na používanie tienených káblov pre napájanie meniča. Dimenzovanie kábla je založené na kritériách medzinárodnej normy IEC60364-5-52: Káble musia byť izolované pomocou PVC, max. okolitá teplota $+30^{\circ}\text{C}$, max. teplota povrchu kábla $+70^{\circ}\text{C}$.

Pri dimenzovaní káblov je nutné brať do úvahy STN EN 50178 časť: 8.3.3.1. až 8.3.3.4.

Pri dimenzovaní je potrebné brať do úvahy aj teplotu okolia, dĺžku a typ uloženia káblov, vzdialenosť od transformátora, skratový výkon transformátora. Dĺžku káblov dimenzovať nielen na prúd, ale aj vzhľadom na úbytok napätia na káblach, ktorý by nemal presiahnuť 1,5 až 3%.

EMC na vstupe frekvenčného meniča

Frekvenčný menič by mal mať inštalovaný EMC odrušovací filter, ktorý zamedzuje prenikaniu VF rušenia do siete. V prípade, že zariadenia výkonovej elektroniky - napr. meniče frekvencie - sú prevádzkované v blízkosti spínacích prvkov (stýkače, relé a pod.), alebo sú prevádzkované na rovnakej sieti ako spínacie prvky, je odporúčané previesť opatrenia slúžiace k odrušeniu spínacích prvkov za účelom minimalizácie EMC (elektromagnetická kompatibilita). EMC vyjadruje schopnosť elektronického zariadenia fungovať bez problémov v elektromagnetickom prostredí. Tak isto zariadenie nesmie rušiť ani interferovať s akýmkoľvek iným výrobkom alebo systémom na danom mieste. Pojednáva o tom norma STN EN 61800-3.

Vyššie harmonické na vstupe frekvenčného meniča

Vyššie harmonické prúdy vznikajú principiálne u neriadených usmerňovačov frekvenčných meničov a súvisia s dobou otvorenia usmerňovacích diód, nelinearitou VA charakteristík týchto prvkov a s nabíjaním kondenzátorov DC medziobvodu. Jedná sa o nepárne harmonické (5., 7., 11., 13. a ďalšie), ktoré sa v spektre napájacieho prúdu vyskytujú najčastejšie. Deformácia napätia, ktorá je spôsobená vyššími harmonickými prúdmi na vnútornej impedancii zdroja potom spôsobí harmonické skreslenie napätia siete. Harmonické skreslenie napätia môže spôsobiť aj rušenie iných elektronických zariadení napájaných z toho istého zdroja, prípadne spôsobiť poškodenie tohto zariadenia. Vyššie harmonické elektrického prúdu zase spôsobujú dodatočné otepľovanie vinutí transformátorov, vedení a rozvodov ako celku, chybnú činnosť regulačných zariadení a ochrán. Najpoužívanejšou metódou odstránenia harmonického skreslenia je použitie komutačnej tlmivky na vstupe usmerňovača. Dosiahne sa výrazné zníženie harmonického skreslenia.

EMC na výstupe a výstupná kabeláž

STN EN 50 178 časť: 8.3.3.3. hovorí, že pri dimenzovaní výstupných káblov z meniča do motora nie je nutné predimenzovať prierez kábla – výstupný prúd z meniča obsahuje len prvú harmonickú.

Výstup meniča, bez ohľadu na výstupný kmitočet, obsahuje pulzy (vysokofrekvenčné zložky) s napätím vyšším ako je napätie sieťového rozvodu a s veľkou strmou nábehu (to platí pre všetky meniče, ktoré používajú spínacie prvky IGBT). Napätie pulzov na svorkách motora môže byť takmer dvojnásobné, čo môže zvýšiť namáhanie izolácie motora. Pohony so strmými napäťovými pulzmi môžu spôsobiť prechod pulzov prúdu cez ložiská motora, čo môže viesť k postupnému erodovaniu drážok ložísk motora.

Vzhľadom na splnenie noriem EMC je nutné použitie tienených káblov k motoru, alebo na výstup meniča zapojiť špeciálny EMC sínusový filter, ktorý výstupné impulzné napätia meniča vyfiltruje na napätia sínusového tvaru premenlivej frekvencie a amplitúdy a eliminuje vŕ rušenie oproti PE vodiču.

Kapacita kábla spôsobuje, že pri každej komutácii musí menič frekvencie dodať navyše prúd potrebný na nabitie kapacity kábla medzi motorom a meničom. Tento prúd sčítaný s prúdom motora môže byť tak veľký, že prekročí maximálne prípustný prúd meniča. Nasleduje vypnutie meniča spôsobené poruchovým stavom. Čím je kábel dlhší, tak sumárna hodnota tejto rozloženej kapacity je väčšia. Pri tienenom kábli je kapacita väčšia ako pri bežnom kábli. Pri väčších vzdialenostiach už môže dochádzať k vypnutiu meniča v dôsledku „kapacitných prúdov“. Pri vzdialenostiach nad uvedené hodnoty výrobcovia meničov frekvencie na výstup meniča odporúčajú zapájať motorové tlmivky, alebo sínusové filtre, ktoré zásahom do výstupného napätia meniča obmedzia špičky kapacitného prúdu a namáhanie izolácie motora

KONTROLA KOMPONENTOV FREKVENČNÝCH MENIČOV, ÚDRŽBA

Frekvenčný menič nainštalovaný vo vhodnom prostredí vyžaduje minimálnu údržbu. Odporúča sa pravidelná údržba pre zaistenie bezporuchovej prevádzky a predĺženie životnosti meniča.

Údržba	Interval
Kontrola ťahovacích momentov svoriek, kontrola spojov	Pravidelný interval podľa obecných pravidiel údržby
Formovanie výkonových kondenzátorov Elektrolytické výkonové kondenzátory, ktoré boli viac ako rok bez napätia je potrebné pred použitím naformovať. Na tento účel je nutné použiť špeciálne formovacie zariadenie.	Každý rok (ak je menič mimo prevádzky)
Výmena chladiacich ventilátorov – životnosť závisí od používania meniča, čistoty okolia a okolitej teploty.	Každých 5 rokov
Kontrola teploty a čistenie chladiča a ventilátorov – na rebrách chladiča a ventilátoroch sa zachytáva prach z chladiaceho vzduchu.	Každých 6 až 12 mesiacov v normálnom prostredí, v prašnom prostredí častejšie
Výmena výkonových kondenzátorov – životnosť závisí od zaťaženia meniča a okolitej teploty.	Každých 8 rokov

REVÍZIE FREKVENČNÝCH MENIČOV

Pri revíziách rozvádzačov s meničmi frekvencie sa postupuje rovnako ako pri revíziách iných rozvádzačov podľa platných noriem STN EN 33 1500, STN EN 33 2000-4, -6. Pre meniče frekvencie platia STN EN 61800-3, STN EN 50178.

Pri meraniach meničov frekvencie musí byť zabezpečené:

- pri meraní izolačných stavov alebo prechodových odporov kvalifikovanou osobou musia byť zo svoriek frekvenčného meniča (vstupné svorky L1, L2, L3 ako aj výstupné svorky U, V, W) odpojené vodiče. Obdobne musia byť odpojené vodiče aj so všetkých ovládacích svoriek frekvenčného meniča.
- ak sa v rozvádzači prevádzajú merania izolačných stavov alebo prechodových odporov a je možnosť, že sa môže dostať cudzie napätie (napätie meracieho prístroja) na menič frekvencie, musia byť jeho svorky zoskratované a pripojené na PE svorku.
- na vedeniach pripojených na FM sa nikdy nesmie skúšať izolácia vysokým napätím!!!

Kontrola izolačného stavu motorových káblov

1. Skontrolovať, či je kábel motora odpojený od výstupných svoriek meniča U,V,W a zo svoriek motora.
2. Zmerať izolačný odpor kábla motora medzi každou fázou vodiča ako aj medzi každou fázou a ochranným vodičom PE pomocou meracieho napätia 1 kV DC. Izolačný odpor musí byť väčší ako $1M\Omega$ pri teplote okolia $20^{\circ}C$.
3. Pri opätovnom pripojovaní káblov motora vždy kontrolovať správne poradie fáz!

Kontrola izolačného stavu sieťových káblov

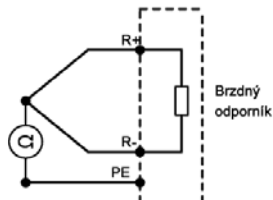
1. Skontrolovať, či je sieťový kábel odpojený od vstupných svoriek meniča L1, L2, L3 a z napájacej siete.
2. Zmerať izolačný odpor sieťového kábla medzi každou fázou vodiča, ako aj medzi každou fázou a ochranným vodičom PE pomocou meracieho napätia 1kV DC. Izolačný odpor musí byť väčší ako $1M\Omega$ pri teplote okolia $20^{\circ}C$.

Kontrola izolačného stavu motora

1. Odpojiť kábel motora zo svorkovnice motora a odstrániť mostíkové spojenia.
2. Zmerať izolačný odpor každého motorového vinutia. Meracie napätie musí byť aspoň také, ako je nominálne napätie motora, ale nesmie presiahnuť 1000V DC. Izolačný odpor musí byť väčší ako $10M\Omega$ (izolačný odpor závisí od typu motora) pri teplote okolia $20^{\circ}C$. Vlhkosť vnútri krytu motora znižuje izolačný odpor. Ak je vlhkosť motora predpokladaná, je nutné motor vysušiť a opakovať meranie.

Kontrola izolačného stavu brzdného odporníka

1. Brzdný odporník musí byť odpojený zo svoriek frekvenčného meniča + a BR.
2. Prepojiť vodiče brzdného odporníka (R+ a R-). Zmerať izolačný odpor medzi prepojenými vodičmi a PE ochranným vodičom pomocou napätia 1 kV DC.



Izolačný odpor musí byť väčší ako $1\text{M}\Omega$ pri teplote okolia 20°C .

Kontaktné údaje:

VONSCH s.r.o.

Budovateľská 13 Brezno,

www.vonsch.sk

