

Co s vodičem N?

Ing. Michal Kříž, IN-EL, spol. s r. o.

V poslední době se díky několika článkům, novým přístrojům přicházejícím na náš trh, novým technickým normám a různým osvětovým akcím zvedl zájem technické veřejnosti o otázky spojené s nulovým (dříve také středním) vodičem, tedy s vodičem N. Jak je to s ním – vypínat či nevypínat, chránit či nechránit před dotykem? V dalším textu jsou uvedeny některé nejčastější kladené otázky a odpovědi na ně, které by měly ilustrovat, jak to s těmito vodiči vlastně je.

1. Jednopolové, nebo dvoupolové jističe?

Otázka

V poslední době se rozvířila diskuse ohledně povinného používání jističů s odpínáním nulového vodiče (IP+N) v zásuvkových a světelných okruzích v bytech (např. viz článek <http://elektrika.cz/data/clanky/bonega-blizi-se-i-v-cr-konec-klasickych-modulovych-jisticu>).

Jističe IP+N se kvůli větší bezpečnosti povinně používají i v bytech, např. ve Francii a v dalších zemích EU. Nevíte, jestli se v tomto směru připravuje nějaká novela i v ČR? Mohl bych prosím dostat kontakt na někoho, kdo se touto oblastí zabývá?

(Michal Hudeček)

Otázka

Zaujal mne článek v časopisu *Elektro* 4/2008 na str. 58, 59 a ptám se, zda je v ČSN EN specifikováno povinné použití jističů s odpínáním vodiče N? Pokud ano, tak v jaké?

(Ing. Zdeněk Košek)

Odpověď

K obavě, přání nebo snad i rádoby nestrannému posouzení otázky, zda se bude u nás uplatňovat výhradně dvoupolové jištění, je možné podotknout, že někým očekávaný konec jednopolového jištění se blíží již alespoň 15 let. Na odborných seminářích, konferencích a setkáních elektrotechniků se o tomto konci, lépe snad řečeno o otázce dvoupolového vypínání jednofázových obvodů, vcelku nestranně hovoří. Výrobci a dodavatelé elektrických přístrojů informují o jističích se dvěma vypínacími póly a jejich různých typech (s oběma nebo jen s jedním jištěným pólem) i o možnostech jejich uplatnění jak na seminářích, tak v různých vlastních podkladech (katalogích i informačních letcích).

Je však třeba zvážit, do jaké míry by byl takovýto jednostranný krok – zavedení pouze dvoupolového jištění jednofázových obvodů – vhodný. V tom je příznačné, jak se k dané otázce staví mezinárodní a evropské normalizační organizace, ve kterých máme také své zastoupení. Přestože z kuloárů IEC se již více než deset let ozývá hlas, že by jednofázové obvody měly být vypínány dvoupolově

a že to bude stanoveno technickou normou, zatím ke schválení takového jednoznačného ustanovení nedošlo. Logicky k němu ani dojít nemůže. Nikdo se zdravým rozumem nemůže totiž schválit, aby se zároveň s fázovým vodičem vypínal (nebo odpojoval) i vodič PEN, a tím aby se neživé části v obvodech TN-C v podstatě zbavily své ochrany. Přitom prakticky veškeré elektrické instalace (až na instalace v nemocnicích, na pracovištích s citlivým elektronickým zařízením a v prostorech s nebezpečím výbuchu), které se v rámci ČR daly do provozu do roku 1996, byly provedeny jako síť TN-C, tzn. jako elektrické instalace s vodičem PEN – a vodič PEN se z důvodů bezpečnosti nesmí vypínat. Uvedené instalace, které ještě nejsou tak staré, se z důvodu, že by bylo technicky vhodnější vypínat oba póly jednofázových obvodů, nezačnou okamžitě přecházet na instalace TN-S (i když by to snad bylo technicky vhodnější a elektrikářům by to na nějaký čas zajistilo živobytí). Kromě toho vodiče PEN zůstanou nadále zachovány u větších průřezů vodičů. Takže i v těchto případech bude nutné i do budoucna zachovávat jednopolové odpojování jednofázových obvodů a třípolové odpojování třífázových obvodů.

Současná situace v normalizaci je takováto: V ČR platí pro odpojování a spínání ČSN 33 2000-4-46:2002 (*Elektrotechnické předpisy – Elektrická zařízení – Část 4: Bezpečnost – Kapitola 46: Odpojování a spínání*). Tato norma v čl. 461.2 uvádí: „V síti TN-C nesmí být vodič PEN ani odpojován, ani spínán. V síti TN-S nemusí být střední vodič ani odpojován, ani spínán.“ Tato norma obsahuje identické znění harmonizačního dokumentu HD 384.4.46 S2:2001, který je převzetím mezinárodní normy IEC 364-4-46:1981 s modifikacemi.

V Evropě CENELEC – předpokládám, že platí stále HD 384.4.46 S2:2001 obsahující výše uvedené znění (je třeba to ověřit).

Celosvětově IEC – bylo výše uvedené ustanovení z IEC 364-4-46:1981 (viz k ČSN 33 2000-4-46:2002) přesunuto do IEC 60364-5-53 Ed.3.0:2001. V současné době se k této normě zpracovává mnoho změn. Dokument 64/1594/CDV vydaný v roce 2007, který ob-

sahuje návrh změny 2 IEC 60364-5-53 ed. 3, uvádí v čl. 537.1.2: „There shall be no isolator or switching device in a PEN conductor. In TN-S and in TN-C-S systems, it is not necessary to isolate or switch the neutral conductor.“ (Ve vodiči PEN nesmí být zařazen odpojovací ani spínací přístroj. V sítích TN-S ani v sítích TN-C-S není třeba nulový vodič ani odpojovat, ani spínat.)

To znamená, že z hlediska normalizace – z hlediska ustanovení mezinárodních, evropských a českých technických norem, platí, že:

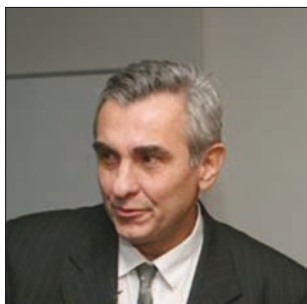
□ je dvou- a čtyřpolové odpojování (odpojování vodičů fázových i vodiče nulového) vyloučeno v sítích TN-C – spínat se budou nadále pouze fázové vodiče,

□ neexistuje důvod k zákazu jednopolového a třípolového jištění v sítích TN-S – jak uvádí i poslední návrh mezinárodní normy – nulový vodič není třeba ani odpojovat, ani spínat.

Jinak se o nevýhodách jednopolového jištění v jednofázových obvodech samozřejmě již roky ví. V sítích TN-S je možné jištění jednofázových obvodů spojené s odpojením jak fázového, tak nulového vodiče z mnoha důvodů doporučit. Nicméně není zase nutné kvůli tomu přecházet na instalace, které mohou ještě mnoho let sloužit.

A ještě malý doplněk:

V řadě zemí z těch, které jsou nám v článku zabývající se „odpínáním“ nulového vodiče kladeny z tohoto hlediska za vzor, byla a je používána síť TT (dříve se uvádělo ochrana zemněním). To samozřejmě je zcela v pořádku. Ovšem v těchto sítích TT je možné k odpojování nulového vodiče spolu s vodičem fázovým přistupovat zcela jinak než v sítích TN. V těchto sítích nebyl nikdy problém nulový (neboli neutrální či střední) vodič N odpojovat. Naopak v zemích, kde byla a je užívána síť TN (kde se uplatňovala tzv. ochrana nulováním), už odpojování nulového vodiče samozřejmě problém byl. Nulový vodič byl totiž takřka všeobecně v těchto zemích používán zároveň jako ochranný vodič pro zajištění této ochrany nulováním. V bývalé ČSR se tento vodič se spojenou funkcí nazýval nulovací vodič. Tento vodič, dnes označovaný a nazývaný vodič PEN, se nesměl a nadále se nesmí vypínat ani jinak přerušovat. Protože použitím vodiče PEN (dříve nulovacího vodiče) se značně snížila impedance smyčky poruchového proudu oproti sítím, v nichž se užívala ochrana zemněním (tedy v sítích TT), nebyly v zemích používajících ochrany nulováním (dnes bychom řekli ochranu automatickým odpojením v sítích TN) problémy s vypínáním poruchy (tj. obvodu, v němž došlo k průrazu izolace mezi živou a neživou částí). Tyto problémy však velmi záhy pocítily země, v nichž se uplatňovala



Obr. 1. Autor článku
Ing. Michal Kříž

ochrana zemněním (dnes bychom řekli ochrana automatickým odpojením v sítích TT). Při větších proudcích spotřebičů totiž nebylo již prakticky možné klasickými jističnými prvky dosáhnout v těchto sítích při poruše odpojení. Smyčka poruchového proudu se uzavírá zemí a zemní odpor je velmi velký, takže poruchový proud nemohl dosáhnout hodnot dostačujících k zapůsobení klasických prvků ochrany, tedy pojistek nebo jističů. Proto se také v těchto zemích donedávna jako zcela regulérní opatření na ochranu před úrazem elektrickým proudem v místnostech, které byly suché a nebyly do nich zavedeny uzemněné vodivé části, uplatňovala ochrana izolovaným okolím. To znamená, že zásuvky v těchto místnostech neměly ochranný kontakt a užívaly se v nich z toho důvodu spotřebiče třídy ochrany 0. Na rozdíl od těchto zemí bylo v bývalé ČSR povinné uplatnění ochranného vodiče v elektrických instalacích a ochranného kontaktu v zásuvkách zavedeno již ve třicátých letech minulého století a používání spotřebičů třídy ochrany 0 bylo v ČSR a samozřejmě je i v ČR (a předpokládáme i v SR) zakázáno.

Takže na pokrokovost jedné a nepokrokovost druhé je možné pohlížet z různých hledisek. Není třeba, a z historických zkušeností vyplývá, že to ani v některých případech není vhodné, ve všem slepě následovat všechny velké vzory, které jsou nám předkládány.

Doplňující otázka:

Zaujal mě článek v časopisu Elektro 4/2008 na str. 58, 59 a ptám se, zda je v ČSN EN specifikováno povinné použití jističů s odpojením vodiče N? Pokud ano, tak v jaké?

Doplňující odpověď:

I když je článek v časopisu Elektro 4/2008 napsán poměrně sugestivně (nadpis by stačilo doplnit snad jen otázkou: Kdy už přestanou jednopólové jističe ohrožovat naši bezpečnost?), v článku se nehovoří o všeobecné povinnosti používat všude výhradně tzv. dvoupólové jističe. Proč to není všude možné, je vysvětleno výše. K tomu postačuje doplnit, že platná ČSN EN 60898-1:2003 (Elektrická příslušenství – Jističe pro nadproudové jištění domovních a podobných instalací – Část 1: Jističe pro střídavý provoz (AC)) třídí mj. v čl. 4.1 jističe také podle počtu pólů na: jednopólové, dvoupólové s jedním jištěným pólem, dvoupólové se dvěma jištěnými póly, třípólové se třemi jištěnými póly, čtyřpólové se čtyřmi jištěnými póly. Přitom pól, který není jištěn, může být nejištěný (tj. bez nadproudové spouště) nebo spínaný (což je pól bez zkratové schopnosti určený pouze ke spínání nulového vodiče – předpokládá se, že zkratový proud bude přerušen jištěným pólem). Je třeba podotknout, že uvedená ČSN EN 60898-1:2003 je českou verzí evropské normy z téhož roku a že tato evropská norma je až na drobné detaily shodná s mezinárodní, to znamená celosvětovou normou IEC 60898-1:2002 (se zpracovanou změnou A1

– viz IEC 60898-1:2003). Z výše uvedeného výčtu je patrné, že se nadále uvažuje, a to nejen v ČR, s velkým rozsahem provedení jističů z hlediska počtu jejich pólů, ať už jde o póly jištěné, nejištěné nebo jenom spínané.

2. Automatické odpojení a nulový vodič

Otázka

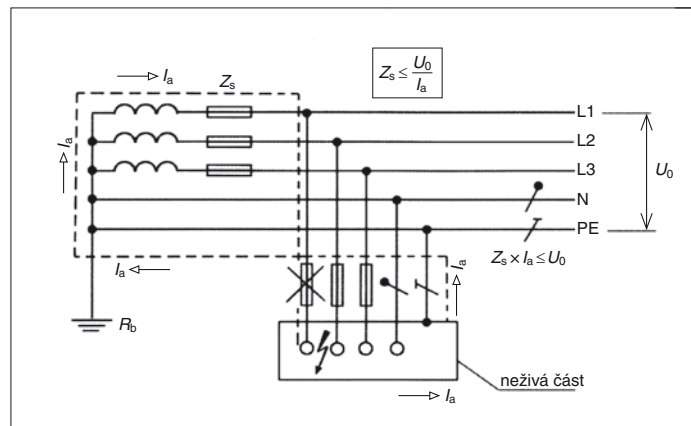
Odpojuje se, nebo se v rámci automatického odpojení neodpojuje nulový vodič? V čl. 411.3.2.1 ČSN 33 2000-4-41:2007 je uvedeno, že v rámci automatického odpojení v případě poruchy musí ochranný přístroj, jestliže dojde k poruše o zanedbatelné impedanci, automaticky přerušit napájení vodičů vedení (pracov-

dávání poruch apod.), uvedené ustanovení instalaci dvoupólových, popř. čtyřpólových jističů nebrání. Z hlediska ochrany automatickým odpojením je však vyžadováno pouze přerušení fázových vodičů. Není ale bráněno současnému přerušení nulového (středního) vodiče – samozřejmě přístrojem (jističem) splňujícím příslušné požadavky na dvoupólové, popř. čtyřpólové spínání.

3. Krytí přípojnice N v rozváděči

Otázka

Můj dotaz se týká ochrany krytem u rozváděče při otevřených dveřích. U skříňového rozváděče ve výrobní hale v provede-



Obr. 2. Ochrana automatickým odpojením v síti TN

ních vodičů) obvodu nebo zařízení. Z uvedeného ustanovení někteří projektanti usuzují, že se při poruše musí odpojit jak fázový, tak i nulový (střední) vodič. Z toho důvodu by se pak podle nich v síti TN-S vyžadovalo dvoupólové odpojování jednofázových a čtyřpólové odpojování třífázových obvodů. Co je na tom pravdy?

Odpověď

Z uvedeného ustanovení ČSN 33 2000-4-41 požadavek na dvoupólové odpojování jednofázových a čtyřpólové odpojování třífázových obvodů v rámci ochrany automatickým odpojením od zdroje neplyne. Platí totiž tato ustanovení: V ČSN IEC 60050-826:2006 je vodič vedení definován jako vodič, který je v normálním provozu pod napětím a je schopen podílet se na přenosu nebo rozvodu elektrické energie, ale který není středním (nulovým) vodičem nebo vodičem středního bodu (ve stejnosměrné síti). Vodičem vedení je fázový vodič ve střídavé síti, nebo krajní vodič ve stejnosměrné síti.

Podle čl. 461.2 ČSN 33 2000-4-46:2002 (platí pro odpojování a spínání) nemusí být v sítích TN-C-S a TN-S střední (nulový) vodič izolován nebo spínán, jestliže provozovatel napájecí sítě deklaruje, že je buď vodič PEN nebo vodič N napájení spolehlivě spojen s uzemněním přes vhodně malou rezistenci.

Naproti tomu však, pokud je to z provozních důvodů vhodné (odpojení a celkové izolování chráněného obvodu, snadnější vyhle-

ní IP54/20 nás stavební dozor najatý investorem nutí dodržet IP20 i u holé přípojnice N. Je nutné u přípojnice N opravdu dodržet IP20? V případě, že ano, o které ustanovení normy se jeho tvrzení opírá.

(L. Vaníček)

Odpověď

Pro rozváděče platí soubor ČSN EN 60439 (Rozváděče nn). V části 1 tohoto souboru, tj. v ČSN EN 60439-1 v čl. 7.4.2.2.3, jsou uvedeny tři možnosti ochrany pro případy, ve kterých je nutné učinit opatření pro odstranění mezistěn, otevření krytů nebo vysunutí částí krytů (dveře, skříně, víka, kryty a podobné prvky). Vám se jedná zřejmě o ten třetí případ, kdy se předpokládá, že kryt budou moci otevřít i pracovníci bez elektrotechnické kvalifikace (např. aby natáhli páčku jističe či učinili jiný jednoduchý úkon, ke kterému není třeba volat odborníka). Pro takový případ norma předepisuje, že rozváděč musí obsahovat vnitřní zábranu nebo clonu chránící všechny živé části, takže není možné se jich neúmyslně dotknout, jsou-li dveře otevřeny. Tato zábrana nebo clona musí vyhovovat požadavku, že všechny vnější povrchy musí být zajištěny ochranou před nebezpečným dotykem živých částí krytem, a to alespoň stupně ochrany IP2X nebo IPXXB. Takže živé části musí být uvedeným způsobem zakryty. Jako živá část je v ČSN IEC 60050-826 ed. 2:2006 (Mezinárodní elektrotechnický slovník – Část 826: Elektrické insta-

lace) pod číslem 826-12-08 definován vodič nebo vodič část určené k tomu, aby při normálním provozu byly pod napětím, včetně nulového vodiče, ale podle úmluvy nezahrnuje vodič PEN, vodič PEM ani vodič PEL. Takže vodič, který má vedle své funkce pracovního vodiče (a to nejen vodiče N, ale ve stejnosměrných sítích i vodiče M nebo L) současně i funkci vodiče ochranného (PE), zakryt být nemusí. (Obdobné definice živých částí, mezi které je zařazen i vodič N, jsou i v dalších normách, jako např. v ČSN IEC 60050-195 a v ČSN EN 61140.)

Váš názor, že by nemělo být nutné zakrývat i vodič N, vyplývá zřejmě ze zkušeností s použitím dříve uplatňovaného „nulovacího“ vodiče, což je vodič, který v současné době nazýváme vodičem PEN, tedy vodič se sdruženou funkcí vodiče nulového N a ochranného PE. Kromě toho Vaše praktická zkušenost Vás zřejmě přesvědčuje o určité výlučnosti vodiče N v běžných podmínkách našich instalací a rozvodů, kdy obvykle nepoužíváme síť IT, ale uzemněné síť, tj. síť TN, popř. TT. V těchto sítích je vodič N uzemněný a nevyskytuje se na něm za běžných okolností napětí. Nicméně i přesto se mezinárodní a evropská normalizace dohodla považovat vodič N za živou část. Je to z toho důvodu, že vodič N není nijak chráněn proti poruchám – např. při jeho přerušení se na jeho části za místem přerušení bude vyskytovat napětí. Proti jeho výskytu není nulový vodič N nijak chráněn, což je rozdíl proti vodiči PE a vodičům PEN, PEM nebo PEL, které jsou přizemňovány a spojovány s ochranným pospojováním objektu, takže přerušení těchto vodičů nemá za následek výskyt tvrdého napětí na nich. Jejich přizemněním nebo pospojováním je potenciál na nich vyrovnán s potenciálem okolí. Kromě toho na „čisté“ ochranné vodiče PE, které nemají jinou než ochrannou funkci, se při jejich přerušení nemůže na nich objevit napětí z obvodu napájených spotřebičů jinak než zase při poruše izolace ve spotřebiči. A to je již kombinace dvou poruch, jejichž výskytu by se mělo předcházet pravidelnými revizemi instalací.

4. Proudové zatěžování nulového vodiče třífázové sítě

V současné době se jako velký problém projevuje to, že proudy, kterými jsou kabely zatěžovány, nemají již zdaleka sinusový průběh, jako tomu bylo v dobách používání klasických elektrických pohonů. V současnosti je elektrická energie využívána tak, že se sinusovka „rozseká“ a složí se z ní nový průběh proudu i napětí. Tyto nové průběhy samozřejmě ovlivňují kabely, kterými jsou přenášeny. V současné době již „neobtěžuje“ jenom tradiční třetí harmonická vznikající v transformátorech, ale velmi široký rozsah proudů vyšších frekvencí, jejichž možný výskyt nikdo dříve vůbec nepředpokládal.

V čem jsou tyto vyšší harmonické nebezpečné? Jednak je to v tom, že zvyšují tepelné

účinky elektrického proudu v kabelech (vychází-li se z efektivní hodnoty proudu udané podle základní harmonické). Ale především v tom, že proudy násobků třetí harmonické se v nulovém (středním vodiči) sčítají, takže velmi často již neplatí, že proud protékající nulovým (středním) vodičem je mnohem menší než proud ve vodičích fázových, ale naopak proud v tomto vodiči je mnohdy i podstatně větší než proud ve fázových vodičích.

Tuto skutečnost již vzala v úvahu i norma ČSN 33 2000-5-523. Oproti dříve uplatňované (asi od 90. let 20. století) a také normalizované zvyklosti jít v průřezech nulového (středního) vodiče na polovinu průřezu vodiče fázového se již uplatňuje trend opačný. Zde je vidět, že větší opatrnost, která byla v naší praxi zohledňována při volbě vodiče PEN (dříve nulovacího vodiče) na základě ČSN 34 1010, byla na místě, což nové zavedené požadavky mezinárodní a evropské normy potvrzují.

5. Jak dimenzovat nulový vodič

Postup zohledňování vyšších harmonických (zejména třetí harmonické) při dimenzování nulového (středního) vodiče při uplatnění informativní přílohy C ČSN 33 2000-5-523:2003 je popsán v dalším textu.

Do obsahu 15 % třetí harmonické ve fázovém proudu se nemusí nic přepočítávat (při 15 % třetí harmonické protéká nulovým vodičem proud $3 \times 15 \% = 45 \%$ proudu protékajícího fázovým vodičem – postačuje průřez nulového vodiče, který je poloviční oproti průřezu fázového vodiče). Uvažujeme-li třífázový obvod s návrhový zatížením 140 A s tím, že pro něj bude použit čtyřžilový kabel upevněný na stěně (způsob uložení C), může být zvolen kabel o průřezu fázových žil 50 mm² (jehož zatížitelnost je 144 A). Nulový vodič v tomto kabelu může mít průřez rovný polovině průřezu fázových vodičů.

Při 15 až 33 % třetí harmonické ve fázovém proudu se počítá s proudem, který je podílem fázového (návrhového) proudu a součinitele 0,86. Takže se počítá s fázovým proudem, který je $1/0,86 = 1,16$ krát větší než návrhový proud. (Proud nulovým vodičem je pak třikrát větší, než je procentní podíl proudu třetí harmonické vypočítaný z fázového proudu získaného s použitím uvedeného součinitele $1/0,86 = 1,16$. Takže např. při 33 % obsahu třetí harmonické je proud v nulovém vodiči rovný 99 % proudu protékajícího fázovým vodičem, který je vlastně ještě o 16 % větší než návrhový proud. V uvedeném příkladu musí být průřez nulového vodiče v podstatě rovný průřezu vodiče fázového.) Je-li toto použito na návrhové zatížení 144 A z předchozího příkladu při 20 % obsahu třetí harmonické ve fázovém proudu, bude muset průřez fázového vodiče odpovídat proudu $144/0,86 = 167,4$ A (a ten z tabulky v normě je již 70 mm²). Přitom průřez nulového (středního) vodiče musí odpovídat souč-

tu odpovídajícího proudu třetí harmonické, což je $167,4 \times 0,2 \times 3 = 100,5$ A. To znamená, že jeho průřez by měl být podle tabulky alespoň 35 mm² (odpovídající tedy stále ještě polovině průřezu fázového vodiče).

Při 33 až 45 % třetí harmonické ve fázovém proudu je volba průřezu založena na proudu procházejícím nulovým (středním) vodičem s uplatněním součinitele 0,86. Postup si lze objasnit na tomto příkladu: Vypočítaný návrhový (fázový) proud je opět 140 A, obsah třetí harmonické ve fázovém proudu je 40 %. Na návrhový proud se uplatní součinitel 0,86, takže fázový proud, pro nějž se volí průřez, je $140/0,86 = 162,8$ A. Z toho obsah třetí harmonické je 40 %, takže je to proud $162,8 \times 0,4 = 65,11$ A. Třetí harmonické ve fázových vodičích se v nulovém (středním) vodiči sčítají, tzn. že střední vodič se dimenzuje na proud $65,11 \times 3 = 195,34$ A. Fázové vodiče se dimenzují stejně jako nulový (střední) vodič (na stejný proud), i když jsou zatěžovány méně. Z tabulky pak vychází, že průřez všech vodičů – nulového i fázových, musí být alespoň 95 mm².

Je-li obsah třetí harmonické ve fázovém proudu větší než 45 %, volí se velikost kabelu opět na základě proudu nulovým (středním) vodičem, ovšem bez uplatnění dalšího součinitele. Uvažuje-li se např. opět vypočítaný návrhový (fázový) proud 140 A, avšak oproti předchozímu příkladu s obsahem třetí harmonické ve fázovém proudu 50 %, volí se velikost kabelu na základě proudu nulovým (středním) vodičem, který je $140 \times 0,5 \times 3 = 210$ A. Na tento proud se volí nejen průřez nulového (středního) vodiče, ale i vodičů fázových. I pro tento případ postačuje průřez všech vodičů (nulového i fázových) alespoň 95 mm².

Jestliže se třífázovým vedením napájí zařízení měnící tvar křivky elektrického proudu (frekvence, napětí apod.) pomocí polovodičových prvků, je třeba se držet zásady a dimenzovat nulový (střední) vodič třífázové sítě stejně jako vodiče fázové proudů. Při značném zkreslení napěťové a proudové křivky je třeba zvýšit i průřezy fázových vodičů nad hodnoty, které odpovídají efektivní hodnotě návrhového proudu zařízení. Přesný postup uvedeného dimenzování vedení je možný na základě údajů síťového analyzátoru nebo údajů výrobce, popř. dodavatele napájeného zařízení.

6. Závěrem

Co si z uvedených odpovědí odnést? Asi to, že nulový vodič N není vodič vedení (není fázovým vodičem), ale i přesto je živou částí (na rozdíl od vodiče PEN, který živou částí není). Tím se také požadavky na vypínání i na ochranu nulového vodiče N (které jsou rozdílné od požadavků na vodiče PEN) řídí.

<http://www.in-el.cz>
<http://www.iisel.com>

☒