

Kontrola ochrany pracovních strojů ve vazbě na ČSN 33 2000-4-41 ed. 2

Ing. Jiří Sluka, inspektor elektrických zařízení, ITI Praha

V červnu minulého roku vyšla v novém vydání ČSN EN 60204-1 ed. 2 (Bezpečnost strojních zařízení – Elektrická zařízení strojů – Část 1: Všeobecné požadavky). Tak jako téměř u všech nově vydaných norem, tak i v této je možné nalézt několik důležitých změn oproti předchozímu vydání. Předmětem tohoto článku je kontrola ochrany elektrických zařízení pracovních strojů ve vazbě na ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 (Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-41 Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem), která vyšla v srpnu minulého roku a přinesla poměrně velké množství změn z hlediska ochrany před úrazem elektrickým proudem. Tyto změny se zákonitě musí projevit i v normách, které se touto problematikou ve svých kapitolách rovněž zabývají, což je i případ ČSN EN 60204-1 ed. 2. V této normě je ochrana před úrazem elektrickým proudem řešena v kapitolách č. 6 a č. 18.

V úvodu kapitoly 6 normy ČSN EN 60204-1 ed. 2 (dále jen **Normy**) se uvádí, že elektrická zařízení (EZ) musí zajišťovat ochranu před úrazem elektrickým proudem při:

- dotyku živých částí (ŽČ),
- dotyku neživých částí (NČ).

Z pohledu terminologie a výkladu ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 jde o uplatnění opatření pro zajištění základní ochrany (dříve specifikované jako ochrana před dotykem živých částí) a pro zajištění ochrany při poruše (dříve specifikované jako ochrana před dotykem neživých částí).

Ochrana před nebezpečným dotykem živých částí

V novém vydání **Normy** zůstaly požadavky na ochranu před dotykem ŽČ (základní ochrana) téměř stejné jako v prvním vydání této normy.

Ochrana kryty

Podle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 jde o jeden z prostředků základní ochrany (příloha A, čl. A.2 Přepážky nebo kryty). Při kontrole této ochrany je nutné zejména zjistit, zda ochrana plní svou základní funkci, tj. zda je zcela zabezpečeno, že při běžné činnosti nedojde k dotyku s ŽČ elektrické instalace pracovního stroje pod napětím. Podle ustanovení **Normy** je možné otevřít kryt pouze za pomoci nástroje nebo klíče, což vlastně zajišťuje, že se k ŽČ mohou dostat pouze osoby s elektrotechnickou kvalifikací nebo osoby poučené. Při prohlídce zařízení, která je součástí kontroly stroje, je nutné zkontrolovat, zda se tyto kryty dají opravdu odstranit pouze pomocí speciálních nástrojů a nářadí (např. speciálními klíčky, nástrčkovými nebo imbusovými klíčky apod.). Dalším bodem při kontrole ochrany krytem je nezbytné posouzení, zda

předepsané krytí (kód IP) odpovídá zjištěnému stavu. V praxi to znamená, že je třeba důsledně zkontrolovat, zda např. těsnění na dvířkách rozváděče, který je součástí pracovního stroje, není porušené, rozpraskané nebo zda nechybí jeho některá část. Z poznatků z praxe je toto poměrně častý nedostatek, který zjišťují při kontrole, resp. revizi EZ stroje. Možná si někdo může pomyslet, že zde zdůrazňuji něco, co je zcela jasné a není nutné se o tom vůbec zmiňovat. Naopak si myslím, že je důležité na toto upozornit, a to z jednoho prostého důvodu. Při kontrole, resp. revizi EZ rozsáhlé pracovní linky musí kontrolující odborník (např. revizní technik) vykonat tolik kontrolních úkonů podle požadavků ČSN EN 60439-1 ed. 2, že např. kontrola těsnění může být snadno opomínuta, a to jistě ne proto, že by to byl záměr, ale prostě proto, že v danou chvíli je důležitější vykonat mnoho jiných úkonů. Tímto se dostávám k druhému důležitému požadavku při ochraně krytem, a tím je hodnota krytí IP.

Nejmenší předepsaná hodnota je IP2X nebo IPXXB u ŽČ, u nichž je pravděpodobnost dotyku při seřizování nebo nastavování přístrojů určených pro takovéto operace, zatímco je zařízení stále pod napětím (jiné ŽČ na vnitřní straně musí být chráněny před nebezpečným dotykem stupněm ochrany nejméně IP1X nebo IPXXA). V kapitole 11.3 (Řídicí systémy – stupně ochrany krytem) se v poznámce uvádějí některé příklady použití spolu se stupněm ochrany krytem na typických případech.

Ochrana izolací živých částí

V nové ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 již není uvedeno rozdělení druhů izolací, tak jak jsme tomu byli zvyklí v předcházejícím vydání (izolace základní, přídatná, dvojitá, zesílená, mezi obvody, vzdušné vzdálenosti a povrchové cesty). V **Normě** (čl. 6.3.2) se hovoří, že

ŽČ chráněné izolací musí být úplně zakryty izolací, která může být odstraněna pouze poškozením. Tato definice je zcela totožná s definicí uvedenou v ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 (příloha A, čl. A.1 Základní izolace živých částí). Při kontrole elektrické instalace pracovních strojů však narazíme i na jiné druhy izolace, než je izolace základní. Např. na izolaci dvojitou nebo zesílenou, což je z hlediska ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 jedno ze základních ochranných opatření. Při kontrole dvojitě izolace je opravdu bezpodmínečně nutné zkontrolovat, zda izolace není někde porušena a zda splňuje svou funkci při ochraně před dotykem.

Ochrana před zbytkovým napětím

Živé části, které mají po odpojení elektrického napájení zbytkové napětí větší než 60 V, musí být vybity na hodnotu 60 V nebo menší během 5 s po odpojení napájecího napětí za předpokladu, že tato rychlost vybíjení nenarušuje správnou funkci zařízení. Tato ochrana úzce souvisí s opatřeními základní ochrany, konkrétně s ochranou kryty nebo přepážkami (ČSN 33 2000-4-41 ed. 2, příloha A, čl. A.2). Zde se uvádí, že jsou-li za přepážkami nebo uvnitř krytů instalována zařízení, na kterých mohou, poté, co byla odpojována, zůstat nebezpečné elektrické náboje (kondenzátory apod.), požadují se výstražné tabulky. Je-li nutné na pracovním stroji zabezpečit ochranu před zbytkovým napětím, je důležité, aby byly osoby vykonávající obsluhu a údržbu EZ na tuto skutečnost upozorněny právě výstražnou tabulkou, která musí být připevněna na vnější straně dvířek nebo krytů chránících dané EZ.

Ochrana umístěním mimo dosah nebo ochrana zábrany

V **Normě** (čl. 6.2.6) je u této ochrany odvolávka na ustanovení ČSN 33 2000-4-41 ed. 2. V **Normě** (příloha B, čl. B.1) se uvádí, že ochranná opatření představovaná zábrany a polohou jsou určena pro uplatnění v instalacích, kde je i kde není zajištěna ochrana při poruše a které jsou ovládané osobami znalými nebo poučenými nebo které jsou pod dozorem těchto osob. Z definice tedy vyplývá, že ochrana zábrany a polohou se mohou nově používat pouze v případě, kdy jsou přítomny osoby s elektrotechnickou kvalifikací (poučené a znalé).

Tuto ochranu tedy nemohou samostatně používat osoby bez kvalifikace (laici a osoby seznámené). Při kontrole, resp. revizi elektrické instalace pracovního stroje je nutné se tedy ujistit, zda je tato ochrana použita a zda všechny osoby vykonávající obsluhu a údržbu elektrické instalace pracovního stroje jsou podle požadavků vyhlášky č. 50/1978 Sb. alespoň osobami poučenými (§ 4). Samozřejmě, že u této ochrany je nutné si důsledně zkontrolovat vzdálenosti umístění zařízení mimo dosah nebo za zábrany, tedy 2,5 m ve směru nahoru, 1,25 m ve směru vodorovném nebo jiném a 0,75 m pod úroveň terénu. V nové **Normě** ještě přibyl jeden nový článek, a to B.3.3., kde se uvádí, že na místech, kde se běžně manipuluje s objemnými nebo dlouhými vodivými předměty, se musí výše uvedené vzdálenosti zvětšit s ohledem na rozhodující rozměry těchto předmětů (např. při přemísťování vodivých předmětů, jako jsou trubky, dráty apod., pomocí mostových jeřábů nebo jiných zařízení).

Ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí

Obecným principem ochrany před nebezpečným dotykem NČ je zabránit vzniku nebezpečných stavů v případě poruchy izolace mezi ŽČ a NČ – tedy při poruše. Každý obvod nebo část EZ musí mít buď opatření, které zabráňuje výskytu dotykových napětí (ochrana ŽČ použitím zařízení třídy II nebo s rovnocennou izolací nebo ochrana elektrickým oddělením), nebo automatické (samočinné) odpojení vadné části od elektrického napájení předtím, než se kontakt s dotykovým napětím může stát nebezpečným (ochrana automatickým/samočinným odpojením od zdroje).

Zabránění výskytu dotykového napětí

O použití zařízení třídy II nebo s rovnocennou izolací jsem se již zmiňoval v předcházející kapitole (Ochrana před nebezpečným dotykem živých částí). Pouze upozorňuji, že i rozváděče s celkovou izolací, které jsou vyrobeny podle požadavků ČSN EN 60439-1 ed. 2 (Typové a částečně typové zkoušky rozváděčů nízkého napětí) musí být označeny výrobním štítkem od výrobce a jejich průvodní dokumentace musí mj. obsahovat i protokol o kusové zkoušce, kdy jedním z bodů zkoušek je i zkouška přiloženým napětím (viz **Normu** čl. 18.4 – Zkoušky napětím).

Ochrana elektrickým oddělením má zabránit dotykovému napětí způsobenému dotykem s NČ, která může být pod napětím v důsledku poruchy základní izolace ŽČ tohoto obvodu. U rozlehlejších strojních linek může být touto ochranou chráněna pouze malá část kontrolovaného zařízení. Při kontrole je nutné vykonat prohlídky a měření, která odpovídají požadavkům ČSN 33 2000-4-41

ed. 2 čl. 413. V článku se uvádí, že elektrické oddělení je ochranné opatření, u něhož základní ochrana ŽČ je zajištěna izolací nebo přepážkami a kryty (příloha A) a ochrana při poruše (ochrana NČ) je zajištěna jednoduchým oddělením odděleného obvodu od ostatních obvodů a od země. Toto jsou základní opatření, která je třeba v rámci kontroly, resp. revize elektrické instalace pracovních strojů důsledně kontrolovat. Zvláště upozorňuji na kontrolu oddělením odděleného obvodu od ostatních obvodů a od země. V případě pospojování zařízení, která jsou instalována na sekundární straně oddělovacího zdroje, jde o ochranu neuzemněným místním pospojováním. Tato ochrana je podle edice 2 normy ČSN 33 2000-4-41



zařazena do ochranných opatření, která se uplatňují pouze v případě, že je provoz instalace řízen osobou znalou nebo pod jejím dozorem. Stejně jako v případě ochrany polohou a zábranou musí opravu a údržbu elektrické instalace pracovního stroje, kde je použita ochrana místním neuzemněným pospojováním, vykonávat pouze osoby s elektrotechnickou kvalifikací nebo osoby poučené. Je-li třeba ověřit oddělení ŽČ od ŽČ ostatních obvodů a od země, je nutné změřit izolační odpor.

Zkouška izolačního odporu elektrické instalace pracovních strojů je obecně uvedena v kapitole 18.3 **Normy**. Podle požadavků tohoto článku nesmí být izolační odpor naměřený při 500 V DC mezi vodiči silového obvodu a ochranným obvodem menší než 1 MΩ, což je mimořádně také požadavek ČSN 33 2000-6 (Elektrické instalace nízkého napětí – Část 6: Revize). Zkouška izolace se může vykonávat na jednotlivých částech kompletní elektrické instalace. Tato norma ale také u naměřených hodnot připouští určitou výjimku, a to v případě, že jde o měření izolačního odporu na některých speciálních (citlivých) zařízeních, jako jsou sběrnice, sbě-

rací kroužky s kartáči, kdy je hodnota izolačních odporů vodičů a přípojnic snížena minimálně na hodnotu 50 kΩ. Upozorňuji na další ustanovení výše uvedeného článku **Normy**, kde se uvádí, že zahrnuje-li EZ stroje svodiče přepětí, které budou během zkoušky pravděpodobně v činnosti, je dovoleno buď zařízení odpojit (je-li to za provozu možné), nebo snížit zkušební napětí na hodnotu menší, než je úroveň napětové ochrany svodičů přepětí, ne však menší, než je špičková hodnota hranice napájecího (fázového) napětí. Většina multifunkčních revizních přístrojů již umožňuje nastavit hodnotu měřicího napětí na 250 nebo 100 V. Vykonávali se měření menším napětím než 500 V, musí i v tomto případě odpovídat naměřená hodnota minimálně 1 MΩ. Měření izolačních odporů nemusí být možné i z důvodů možnosti poškození citlivých EZ a pracovník vykonávající kontrolu, resp. revizi elektrické instalace pracovních strojů se musí sám rozhodnout, zda izolační odpor měřit. Osobně se domnívám, že nejedná-li se o měření elektrického obvodu, který je např. ukončen pouze elektrickou zásuvkou, tak je měření izolačního odporu na pracovních strojích nemožné. Z tohoto důvodu je nutné přijmout některou z náhradních metod (měření unikajících, rozdílových nebo dotykových proudů podle ČSN 33 1610), kterými se kvalita izolace dá také prokázat.

Ochrana automatickým odpojením od zdroje

Základním principem této ochrany je v případě poruchového stavu přerušit proudový obvod v jednom nebo více pracovních vodičích automatickým (dříve samočinným) zapůsobením ochranného zařízení (přístrojem jistícím proti nadproudům). Základním požadavkem této ochrany (ochranného opatření) je, že k přerušení musí dojít v dostatečně krátké době, aby byla doba trvání dotykového napětí omezena na takový časový úsek, v němž dotykové napětí není nebezpečné. V **Normě** jsou doby přerušení uvedeny v příloze A (tab. A.1), hodnoty uvedené v této tabulce plně korespondují s požadavky ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 (tab. 41.1). V původní normě ČSN EN 60204-1 v čl. 19 (zkoušky a ověřování) nebyla zkušební metoda v sítích TN samostatně prezentována. Pouze v souvislosti s ověřováním spojitosti ochranného obvodu se uvádělo, že je-li stroj nainstalován a elektrické propojení včetně připojení k napájení jsou dokončena, může být spojitost ochranného obvodu ověřena změřením impedance smyčky. V novém vydání normy (edice č. 2) je již v čl. 18.2.2 popsána zkušební metoda v sítích TN. Tato zkušební metoda obsahuje dva druhy zkoušek:

- **zkouška 1 – ověření spojitosti ochranného obvodu,**
- **zkouška 2 – ověření impedance poruchové smyčky a vhodnost přístroje jistícího proti nadproudům.**

Zkouška ověření spojitosti ochranného obvodu byla v původním vydání ČSN EN 60204-1 (čl. 19.2) popsána poměrně důkladně a důraz byl kladen zejména na měření spojitosti ochranného obvodu (u ochranných vodičů nepřesahujících délku 30 m). Zde se uvádělo, že spojitost ochranného obvodu se ověřuje zavedením zkušebního proudu minimálně 10 A. V tab. 9 byly uvedeny hodnoty maximálního úbytku napětí pro zkušební proud 10 A, podle průřezů ochranných vodičů. Ve druhém vydání **Normy** se již při ověřování spojitosti ochranného obvodu nevyžaduje striktně zkušební proud 10 A, ale uvádí se, že měřicí proud musí být v rozmezí od nejméně 0,2 do přibližně 10 A. V nové **Normě** také již není uvedena tabulka pro úbytek napětí při měřicím proudu 10 A. Pro praktické vykonávání kontroly, resp. revize elektrické instalace pracovního stroje, však podle vlastních zkušeností při vykonávání revizí mohou doporučit ověřovat spojitost ochranného obvodu proudem 10 A a i nadále porovnávat při měření úbytky napětí tak, jak bylo uváděno v prvním vydání této normy. Samozřejmě za předpokladu, že je osoba vykonávající kontrolu elektrické instalace pracovního stroje (revizní technik) vybavena měřicím přístrojem, který tato měření umožňuje. Zkoušku ověření spojitosti ochranného obvodu je nutné vykonat i v případě, že se bude měřit impedan- ce smyčky, a to zejména z důvodů, aby před zahájením měření pod napětím byla osoba vykonávající měření chráněna před nebezpečným dotykem doplňkovou ochranou pospojováním.

Zkouška ověření impedance poruchové smyčky a vhodnost přístroje jisticího proti nadproudům. Ověření impedance poruchové smyčky je možné výpočtem nebo měřením tak, jak je uvedeno v **Normě** v příloze A, čl. A.4 (v prvním vydání normy postup při ověřování podmínek pro ochranu automatickým/samočinným odpojením od zdroje popsán nebyl). Měření impedance poruchové smyčky je nutné vykonat, je-li stroj připojen k elektrickému napájení o stejné frekvenci, jako je jmenovitá frekvence napájení u předpokládané instalace. To, že hodnota vypočítané nebo změřené impedance poruchové smyčky musí odpovídat vztahu $Z_s \times I_a \leq U_0$, je již všeobecně vžitě. Ve druhém vydání ČSN 33 2000-4-41 (2/2000) byl zaveden přepočet vypočítané nebo naměřené hodnoty impedance poruchové smyčky tzv. bezpečnostním součinitelem (k_m nebo k_v). Tento součinitel je i nadále nutné používat. Oproti původnímu vydání ČSN 33 2000-4-41 (2/2000) již nové vydání uvádí pouze obecný součinitel 1,5, který zahrnuje jak součinitel oteplení vedení 1,2, tak také tzv. bezpečnostní součinitel 1,25 (dříve k_v), který zahrnuje velmi malé hodnoty impedancí ve spojích, ale i napěťový součinitel zatížení sítě. Při měření impedance smyčky v praxi je důležité, aby měření bylo vykonáno jak

na začátku obvodu (za jisticím přístrojem), tak i na jeho konci (např. na vstupních svorkách motoru apod.) Tím, že se změří impedance na začátku a na konci měřeného obvodu a porovnájí se obě hodnoty, lze i snadno zjistit, zda např. nemůže dojít k úbytku napětí u rozlehlejších obvodů. Mohlo by se zdát, že měřit impedanci smyčky na začátku a i na konci měřeného obvodu je zbytečné, ale podle mých poznatků z praxe je tento systém funkční a díky němu lze odhalit i některé skryté závady. Postup při měření impedance smyčky je dostatečně popsán v ČSN 33 2000-6 (čl. 61.3.6.3).

Ochrana použitím PELV

Použití PELV (*Protective Extra Low Voltage*, ochranné malé napětí) musí odpovídat ustanovením ČSN 33 2000-4-41 ed. 2. Základním požadavkem pro tuto ochranu je, aby jedna strana obvodu nebo jeden bod zdroje elektrického napájení obvodu PELV byly spojeny s ochranným obvodem a ŽČ odděleného obvodu byla elektricky oddělena od ostatních ŽČ. Tím, že je jedna strana obvodu spojena s ochranným obvodem (nejistěná část), lze předejít samočinnému spuštění stroje před ovládacím přístrojem z důvodu porušené izolace mezi vodiči nebo z důvodu krátkého zemního spojení. Při vykonávání kontroly, resp. revize, je tedy v praxi velmi důležité vždy vyzkoušet, zda je oddělená část obvodu malého napětí spojena se zemí živou či neživou částí. Zejména u provozovaného zařízení se občas stává, že při opravě poruchy je oddělená strana obvodu odpojena od ochranného obvodu a po opravě již k jejímu připojení k ochrannému obvodu nedojde.

Dovětek

Závěrem tohoto příspěvku bych chtěl podotknout, že i když podle **Normy** se na elektrické instalaci pracovního stroje nevykonává revize, ale kontrola, je nutné v rámci této kontroly vykonat ověření instalovaných ochranných ochranných, a to přesně podle požadavků ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 a také i v rozsahu požadavků podle ČSN 33 2000-6. Také jsem se již setkal s názorem, že na nových inteligentních strojích, které jsou tzv. nabyty elektronikou, nelze žádná měření vykonávat. Protože jsem osobně revidoval poměrně velké množství pracovních strojů, a to jak nových, tak i starých, nemohu se s tímto názorem ztotožnit.

Tento příspěvek měl mj. za cíl přiblížit některá měření při kontrole účinnosti ochrany před úrazem elektrickým proudem, která lze všeobecně na pracovních strojích vykonat, samozřejmě za předpokladu, že má elektrotechnik k dispozici odpovídající měřicí techniku a dostatek znalostí i zkušeností.

☒



Ing. Jiří Sluka

inspektor ITI, přednášející,
autor článků v Elektro

Prisuzoval jste někdy význam znamení, ve kterém jste narozen?

Nepřikládám význam velký význam. Jsem narozen ve znamení Vah a musím přiznat, že jako „Váha“ se rozhodně necítím. Myslím, že ani mé okolí by mě k tomuto znamení nepřirážovalo.

Umíte dobře anglicky...

Znalost angličtiny je dnes nutnost, a proto jsem se ji ve třiceti letech naučil. Nemluvíím sice denně, ale jakmile se během několika minut dostanu do dané problematiky, i zapomenutá slovíčka se najednou někde objeví a konverzace z mé strany až tak moc nevázne.

Je vedle elektrotechniky nějaký jiný obor, kterému se věnujete?

Od malička byl pro mě velkým hobby sport. Velmi aktivně jsem se věnoval judu, později pak i bojovému umění musadu. A jinak fandím našemu chomutovskému hokeji, kterému přeju, aby se po letech konečně dostal do nejvyšší soutěže.

Kdo vás profesně nejvíce ovlivnil?

Určitě to byl pan inženýr Honys svými články a lidským přístupem při přednášení, dále pak pan Josef Micka, který je stále aktivním inspektorem vojenského technického dozoru a v neposlední řadě můj již zesnulý kolega Oldřich Zubatý, který mi svým skvělým odborným a lidským přístupem pomáhal před pěti lety při nástupu k ITI.

Jakou hudbu máte rád?

Snad od svých 10 let poslouchám hard-rock a heavymetal. Proto občas rád jedu na nějaký megakonzert slavných zahraničních kapel a v letních obdobích rád navštívím některý rockfest.

Co právě čtete? Jakou literaturu máte rád?

Pokud mi chvilka času vybude, volím spíše literaturu s kriminální či detektivní tematikou. Mým oblíbeným autorem je americký spisovatel Jeffery Deaver.

Řídíte se nějakým životním krédem?

Být zodpovědný a upřímný. Řekněme: Co můžeš udělat dnes, neodkládej na zítřek.

Co bylo Vaše dosavadní nejtěžší rozhodnutí?

Před pěti lety odejít z vlastní vůle z resortu MO a zásadním způsobem změnit svůj život.

Co považujete za svůj největší profesionální úspěch?

Jestliže mi po úspěšné přednášce nebo článku někdo zavolá a sdělí mi, že jsem pomohl při řešení problémů nebo zkvalitnil jeho práci.

(jk)