

Ochrana před úrazem elektrickým proudem podle nové normy ČSN 33 2000-4-41 ed. 3 (2007)

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

Úvod

Již od září platí nová norma pro ochranu před úrazem elektrickým proudem. Je to již třetí emise normy ČSN 33 2000-4-41 **Elektrotechnické předpisy – Elektrická zařízení – Část 4: Bezpečnost – Kapitola 41: Ochrana před úrazem elektrickým proudem** (datum vydání srpen 2007, datum účinnosti září 2007).

Přestože to není již ta základní norma bezpečnosti ČSN 34 1010 platící v Čechách i na Slovensku více než třicet let, je velmi významná. Pro většinu elektrotechniků i pro orgány dozoru bude i nadále prvotním zdro-

uspořádána – podle mého názoru logičtěji a účelněji než předchozí dvě vydání.

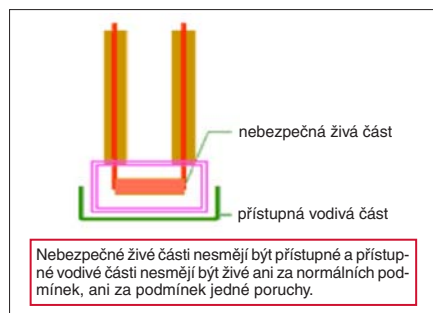
Zásadní věcí, které je třeba si v povšimnout, je to, že **nová norma předepisuje požadavky pro ochranu před úrazem elektrickým proudem, které se týkají výhradně elektrických instalací**, a to jejich správného provedení – tedy správného vyprojektování, následně montáže i revize před uvedením instalace do provozu. Znamená to, že norma se netýká přímo prvků používaných k instalaci. V zásadě počítá s jejich správným použitím a jenom v okrajových případech dovoluje přizpůsobit je (např. doplněním izolace) při montáži elektrické instalace.

Další požadavky, kterým z hlediska ochrany před úrazem elektrickým proudem musí vyhovovat jednotlivé prvky elektrické instalace (kabely, instalační trubky, krabice, zásuvky, jističe pojistky, chrániče atd.), a které plní výrobce elektrických předmětů (řádná izolace, krytí elektrických zařízení (EZ) a mnoho dalších souvisejících požadavků), jsou uvedeny ve výrobových normách. Takovému logickému uspořádání je předznamenáno základní normou bezpečnosti ČSN EN 61140 ed. 2

ni dokument HD 60364-4-41, který je zpracován právě do ČSN 33 2000-4-41:2007.

Pro úplnost je třeba uvést, že k prvnímu zavedení mezinárodní normy IEC 60364-4-41 bylo přistoupeno po poměrně dlouhotrvajících přípravných pracích a jednáních spojených s přechodem na mezinárodní systém elektrotechnických předpisů, jejichž výsledkem bylo zpracování a vydání ČSN 33 2000-4-41:1996. V té době ovšem byla situace v mezinárodní a evropské normalizaci jiná, než je tomu nyní. Přestože mezinárodní norma IEC 60364-4-41:1992 byla v době svého vzniku prohlášena za základní normu bezpečnosti pro oblast elektrotechniky, nebylo v ní řešeno mnoho otázek ohledně bezpečnosti elektrických předmětů a zařízení – tyto otázky nebyly řešeny ani jinými mezinárodními nebo evropskými normami, které by bylo možné v té době převzít jako ČSN. V rámci mezinárodní ani evropské normalizace tehdy nebyly řešeny ani otázky elektrické bezpečnosti zařízení nad 1 kV. Je třeba si uvědomit, že do té doby zmíněné otázky řešila tehdy ještě platná ČSN 34 1010:1965 (Elektrotechnické předpisy ČSN. Všeobecné předpisy pro ochranu před nebezpečným dotykovým napětím). Byla to norma průřezová, dnes by se řeklo základní norma bezpečnosti, protože platila pro všechny elektrotechnické obory. Proto bylo velmi obtížné na začátku devadesátých let dvacátého století zavádět (byla zavedena v roce 1996) mezinárodní normu IEC 60364-4-41:1992 spolu s tehdy platným (a poměrně stručným) evropským harmonizačním dokumentem HD 384.4.41

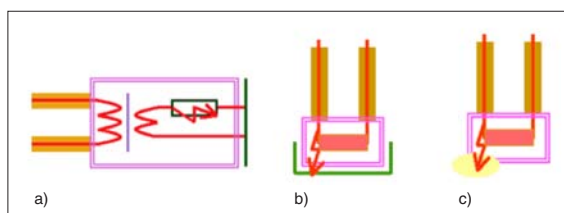
S1:1980 a přitom zachovat velkou šíři požadavků do té doby platné ČSN 34 1010:1965. Tato původní ČSN vlastně platila pro celou československou elektrotechnickou veřejnost v jednotlivých elektrotechnických oborech a byla jí respektována. Protože mnoho principiálních bezpečnostních požadavků nebylo tehdy na mezinárodní ani evropské úrovni komplexně zpracováno, bylo třeba tyto požadavky, které byly „navíc“ oproti IEC 60364-4-41:1992, zařadit do ČSN 33 2000-4-41:1996 a později je ještě ponechat i v ČSN 33 2000-4-41:2000.



Obr. 1. Základní pravidlo ochrany

jem informací z hlediska zajištění bezpečnosti v elektrotechnice. Ačkoliv je to do značné míry dáno tradicí této normy, je a bude tento přístup k ní i oprávněný. Norma totiž i nadále obsahuje základní požadavky na ochranu před úrazem elektrickým proudem v elektrických instalacích, což je oblast, která se týká většiny elektrotechniků a elektrotechnických montážních firem. Dokonce, v souvislosti s novým pojetím norem pro ochranu před úrazem elektrickým proudem, si dovoluji uvést, že je pro oblast instalací daleko komplexnější než u předchozích vydání této normy.

Nová norma vychází z posledního vydání mezinárodní normy IEC 60364-4-41:2005 pro ochranu před úrazem elektrickým proudem v elektrických instalacích. S drobnými úpravami a doplňky byla schválena i pro použití v rámci Evropy jako evropský harmonizační dokument stejného čísla, tj. HD 60364-4-41:2007. Tento dokument je nyní vydán v podobě národních norem v jednotlivých evropských zemích, tedy i v ČR. Nová norma je v návaznosti na mezinárodní normu nově



Obr. 2. Vysvětlení pojmu „jedna porucha“
a) při poruše omezení dotykového proudu,
b) v důsledku poruchy základní izolace,
c) v důsledku mechanického poškození krytu

Ochrana před úrazem elektrickým proudem – Společná hlediska pro instalaci a zařízení. Jde o identicky převzatou mezinárodní normu IEC, která je zároveň evropskou normou EN. Tato norma rámcově stanovuje (platí pro celou elektrotechniku) požadavky na ochranu před úrazem elektrickým proudem. Jsou to požadavky platné jak pro elektrické instalace, tak pro elektrotechnické výrobky. Podrobněji jsou tyto požadavky rozpracovány v příslušných speciálních normách. Normou, která tyto požadavky podrobněji stanovuje pro elektrické instalace, je evropský harmonizač-

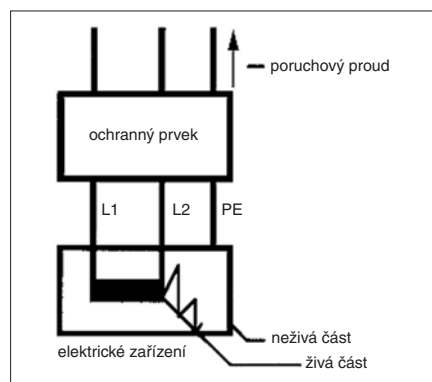
V současné době uvedené požadavky, které byly do předchozích vydání ČSN 33 2000-4-41 z ČSN 34 1010 doplněny, již mezinárodní a evropské normy pro většinu případů řeší (některá řešení již byla technickým vývojem překonána). Především je však jako základní bezpečnostní standard vydána ČSN EN 61140. Je to norma, která řeší základní, principiální a průřezové otázky z hlediska ochrany před úrazem elektrickým proudem elektrických předmětů a zařízení. Proto mohou být obecné požadavky, které se k elektrickým instalacím přímo nevztahují, ve většině z ČSN 33 2000-4-41 již vypuštěny. Z ČSN 33 2000-4-41 se tak stává norma zabývající se ochranou před úrazem elektrickým proudem pouze v elektrických instalacích. To je také původní určení kapitoly 41 celého souboru norem pro elektrické instalace, ať je tento soubor brán na úrovni mezinárodní (soubor norem IEC 60364), evropské (HD 384, popř. HD 60364), nebo české národní (ČSN 33 2000). Proto dnes již vydaná ČSN 33 2000-4-41:2007, tak jako její faktická předloha, tj. IEC 60364-4-41, navazuje více než předchozí vydání ČSN 33 2000-4-41 na znění ostatních mezinárodních a evropských norem.

Na základě zkušeností jsou z nové normy oproti jejím předchozím vydáním vypuštěna ustanovení, která se bezprostředně netýkají elektrických instalací. Norma tedy již neobsahuje ustanovení o ochranné impedanci, zdroji s omezeným proudem (jsou uvedena v ČSN EN 61140) ani vysvětlující informace a požadavky k ochraně základní (tj. před dotykem živých částí) v její normativní části, ani ustanovení, která se přímo elektrických instalací netýkají, jako jsou např. požadavky na ochranu polohou. Tato ustanovení byla pro úplnost přesunuta do příloh normy, stejně jako opatření na ochranu nevodivým okolím, místním neuzemněným pospojováním a na ochranu elektrickým oddělením napájejícím více než jeden spotřebič. Je to proto, že využití zařízení při uplatnění uvedených ochranných opatření již není ponecháno na libovolné osobě bez ohledu na její odbornou způsobilost nebo nezpůsobilost v zacházení s elektrickým zařízením, ale nově se při něm vyžaduje účast osoby znalé nebo alespoň poučené. Další opatření ohledně nebezpečí v elektrických instalacích vyplývající ze zavlečení nebezpečného napětí po ochranném vodiči při poruchách na jiných spotřebičích jsou předmětem jiných norem (ČSN 33 2000-442 a ČSN 33 3201).

Principy ochrany před úrazem elektrickým proudem

Způsoby, jak ochránit člověka i některá vybraná zvířata před účinky elektrického proudu, jsou za dobu používání elektřiny, tj. za posledních více než 150 let, poměrně důkladně propracovány. Proto také při běžném používání elektrických spotřebičů, elektric-

kého nářadí a dalších elektrických zařízení je úraz elektrickým proudem tak výjimečnou záležitostí, že se jí sdělovací prostředky ujmou často ochotněji než dopravních nehod. Přesto však není radno otázku bezpečnosti při používání elektrických zařízení bagatelizovat. Jakékoliv opomenutí nebo zanedbání příslušných ochranných opatření se může vymstít. Toho si jsou vědomi i výrobci nových elektrických a elektronických zařízení, zařízení informační techniky a sdělovacích zařízení. Proto se v oblasti ochrany před úrazem



Obr. 3. Princip ochrany automatickým odpojením (kde je to určeno, uplatní se ještě ochrana citlivým proudovým chráničem)

elektrickým proudem uskutečňují stále další výzkumy účinků proudu a napětí různých průběhů i trvání na člověka. Tak jak se rozvíjí využívání elektrické energie, tak se nutně musí vyvíjet i poznatky o účincích proudu na člověka, na jeho organismus. Zmíněné poznatky jsou platné v celé elektrotechnice, a proto i základní požadavky na ochranu před úrazem elektrickým proudem se uplatňují rovněž v rámci celého tohoto oboru. Požadavky platné jak pro spotřebiče, tak pro instalace, jejichž plnění je zajišťováno technickými prostředky, jsou obsaženy právě ve zmiňované ČSN EN 61140:2003 ed. 2.

Podrobněji jsou požadavky na ochranu před úrazem elektrickým proudem rozpracovány na jedné straně v normách výrobků, na druhé straně v normách pro elektrické instalace, tj. především v souboru norem ČSN 33 2000, a v rámci tohoto souboru především v ČSN 33 2000-4-41:2007. **Do této normy jsou již v současné době zapracovány zásadní požadavky ČSN EN 61140 ed. 2 a celá ČSN 33 2000-4-41:2007 svými požadavky navazuje na ČSN EN 61140.** Proto je vhodné uvést zásady, které ČSN EN 61140 stanovuje.

Principy ochrany před úrazem elektrickým proudem podle ČSN EN 61140 ed. 2

Předpokládá se, že provoz elektrických zařízení probíhá buď:

- za normálních podmínek (bezporuchový provoz), nebo:

- za podmínek jedné poruchy zařízení (např. porušení izolace, krytu apod.).

Zároveň je bráno v úvahu, že určité prostory mohou při použití elektrického zařízení zvyšovat nebezpečí úrazu elektrickým proudem (v podstatě jde o alternativu k prostorům zvláště nebezpečným, jak je již před desetiletími definovala ČSN 34 1010).

Přítom musí být vždy dodrženo základní pravidlo ochrany před úrazem elektrickým proudem spočívající v tom, že:

- nebezpečné živé části nesmějí být přístupné, a to ani za normálních podmínek, ani za podmínek jedné poruchy (v této části pravidla lze v podstatě rozpoznat požadavek na zajištění ochrany před dotykem živých částí),
- přístupné vodivé (většinou neživé) části nesmějí být nebezpečně živé, a to ani za normálních podmínek, ani za podmínek jedné poruchy (to je v podstatě ochrana před dotykem neživých částí).

Norma rozeznává jednak prostředky, kterými se ochrana zajišťuje, jednak ochranná opatření. **Ochranné opatření** je vlastně jinými slovy řečeno kompletní způsob zajištění ochrany před úrazem elektrickým proudem. Ochranná opatření jsou tvořena kombinací ochranných prostředků.

Norma rozeznává **prostředky základní ochrany** (dříve ochrany před dotykem živých částí) a prostředky ochrany při poruše (ochrany před dotykem neživých částí).

Prostředky základní ochrany (doposud ochrany před dotykem živých částí):

- základní izolace,
- přepážky a kryty, zábrany,
- ochrana polohou,
- omezení napětí,
- omezení ustáleného dotykového proudu a náboje,
- řízení potenciálu.

Prostředky ochrany při poruše (doposud ochrany před dotykem neživých částí):

- přidavná izolace,
- ochranné pospojování,
- ochranné stínění,
- automatické odpojení,
- jednoduché oddělení,
- nevodivé okolí,
- řízení potenciálu.

Prostředky zvýšené ochrany (zajišťují jak základní ochranu, tak ochranu při poruše):

- zesílená izolace,
- ochranné oddělení obvodů,
- zdroj omezeného proudu,
- ochranná impedance.

Ochranná opatření (jsou kombinací ochranných prostředků základní ochrany a ochrany při poruše, které zajišťují kompletní ochranu zařízení):

- ochrana automatickým odpojením od zdroje,
- ochrana dvojitou nebo zesílenou izolací,

Tab. 1. Zařazení elektrického zařízení do tříd ochrany před úrazem elektrickým proudem

Třída zařízení	Označení zařízení nebo závady	Podmínky pro připojení zařízení k instalaci
třída ochrany 0	- použití jen v nevodivém okolí	nevodivé okolí
	- s ochranou elektrickým oddělením	elektrické oddělení zajištěné samostatně pro každé zařízení
třída ochrany I	označení ochranné svorky značkou \oplus nebo písmeny PE nebo barevnou kombinací zelená-žlutá	připojení této svorky k ochrannému pospojování instalace
třída ochrany II	označení značkou \square	není spoléháno na žádné ochranné prostředky instalace
třída ochrany III	označení značkou \diamond	připojení jen k síti SELV nebo PELV

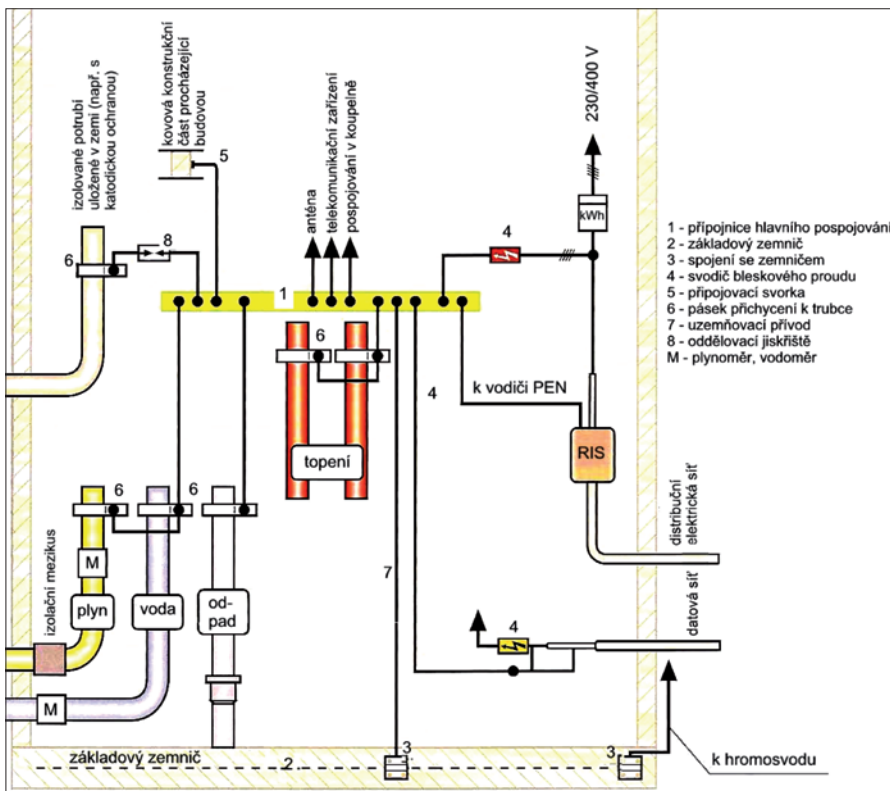
Tab. 2. Zásady stanovené normou ČSN EN 61140 ed. 2

Zásady pro výroby	Zásady pro instalace
technické normy výrobků	technické normy souboru ČSN 33 2000 Elektrické instalace nízkého napětí
skupinové normy bezpečnosti - např.: - pro strojní zařízení EN 60204-1 - pro výpočetní techniku soubor EN 60950 - pro spotřebiče EN 60335	především ČSN 33 2000-4-41 pro ochranu před úrazem elektrickým proudem ČSN 33 2000-5-54 pro uzemnění a ochranné vodiče další oddíly tohoto souboru

- ochrana pospojováním,
- ochrana elektrickým oddělením,
- ochrana nevodivým okolím,
- ochrana SELV (*Safety Extra Low Voltage*, bezpečné malé napětí – obvody zásadně neuzemněné),
- ochrana PELV (*Protective Extra Low Voltage*, ochranné malé napětí – obvody mohou být i uzemněné),
- ochrana omezením ustáleného proudu a náboje.

Způsob připojení elektrického zařízení v elektrické instalaci je dán jeho zařazením do příslušné třídy ochrany (tab. 1).

Zásady podle ČSN EN 61140 ed. 2, které platí pro EZ (tab. 2), jsou upřesněny technickými normami výrobků. Týká se to např. požadavků na provedení a zkoušení izolace, provedení krytů (IP, IK), propojení neživých částí s ochrannou svorkou, požadavků na ochrannou impedanci, požadavků na zdroje pro oddělené obvody nebo pro obvody SELV a PELV.



Obr. 4. Znárodnění hlavního pospojování s vyznačením ochrany před přepětím

Zásady podle ČSN EN 61140 ed. 2, které platí pro elektrické instalace (tab. 2), jsou upřesněny technickými normami pro elektrické instalace.

V současné době jsou to především technické normy souboru ČSN 33 2000 Elektrické instalace nízkého napětí. Z tohoto souboru je to hlavně ČSN 33 2000-4-41, tedy část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem. Dále je to ČSN 33 2000-5-54 Elektrická zařízení. Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení. Kapitola 54: Uzemnění a ochranné vodiče, a kromě toho jsou to i další oddíly tohoto souboru.

Požadavky na ochranu před úrazem elektrickým proudem v elektrických instalacích podle ČSN 33 2000-4-41

Část 4-41 normy ČSN 33 2000 specifikuje základní požadavky na ochranu před úrazem elektrickým proudem. Ta je zajišťována:

- základní ochranou (tj. ochranou před přímým dotykem neboli před dotykem živých částí),
 - ochranou při poruše (tj. ochranou před nepřímým dotykem neboli ochranou před dotykem neživých částí).
- Všeobecně jsou v elektrických instalacích dovolena tato ochranná opatření:**
- automatické odpojení od zdroje,
 - dvojitá nebo zesílená izolace,
 - elektrické oddělení pro napájení jednoho spotřebiče,
 - malé napětí (SELV a PELV).

Přitom se v elektrických instalacích jako nejběžnější ochranné opatření uplatňuje ochrana automatickým odpojením od zdroje. Proto se požadavky normy zaměřují především na ochranu automatickým odpojením.

Princip ochrany automatickým odpojením:

- základní ochrana je zajištěna základní izolací živých částí nebo přepážkami nebo kryty,
- ochrana při poruše je zajištěna ochranným pospojováním a automatickým odpojením v případě poruchy během předepsané krátké doby.

Princip ochrany je znázorněn na obr. 3. Ochranné pospojování je zajištěno ochranným vodičem, automatické odpojení ochranným prvkem, který vyhodnocuje poruchový stav. (To, že ochranný vodič zajišťující ochranné pospojování, prochází ochranným prvkem, neznamená, že tímto prvkem může být přerušeno. Ochranný prvek však může mj. vyhodnocovat i proud nebo napětí na ochranném vodiči.)

Časové intervaly, během kterých musí být případná porucha odpojena, jsou určeny v jedné přehledné tabulce pro sítě TN, TT, IT. Po delší diskusi a na základě prověřených účinků proudů na lidský organismus byly pro automatické odpojení v sítích TT přijaty kratší doby odpojení než pro sítě TN (zmínka

o těchto dobách pro nejběžnější případy sítě 230 V je uvedena v dalším textu).

Požadavky na ochranu při poruše jsou při ochraně automatickým odpojením zajišťovány:

- ochranným uzemněním (neživé části současně přístupné dotyku musí být prostřednictvím ochranného vodiče spojeny se stejným uzemněním);
- ochranným pospojováním (obr. 4), kterým se vzájemně spojí ochranný vodič, uzemňovací přívod a kovová potrubí, kovové konstrukční části, kovová konstrukční výztuž – je-li přístupná;
- automatickým odpojením v případě poruchy
 - v sítích 230 V AC musí v koncových obvodech dojít k vypnutí do 0,4 s v sítích TN a do 0,2 s v sítích TT;
 - v distribučních obvodech v sítích TN do 5 s, v sítích TT do 1 s.

Doplňková ochrana

V síti AC musí být doplňková ochrana provedena citlivými proudovými chrániči (princip viz obr. 5) s diferenciálním proudem $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$, a to u:

- zásuvek, jejichž jmenovitý proud nepřekračuje 20 A, které jsou používány laicky a
- mobilních zařízení určených pro venkovní použití, jejichž jmenovitý proud nepřesahuje 32 A.

(Z tohoto pravidla jsou vyňaty zvláštní zásuvky určené pro připojení speciálního druhu zařízení. Sem mohou patřit zásuvky pro zařízení kancelářské a výpočetní techniky nebo pro chladničky, tj. zásuvky pro napájení zařízení, jehož nežádoucí vypnutí by mohlo být příčinou značných škod.)

Síť TN – charakteristiky ochrany

Celistvost uzemnění instalace závisí na spolehlivosti a účinnosti spojení vodičů PEN nebo PE se zemí:

- vodič PEN je uzemněn v řadě bodů,
- odpor uzemnění sítě není větší než 2Ω , popř. $\rho/100$,
- nulový nebo střední bod silové napájecí sítě musí být uzemněn.

V pevných instalacích může jediný vodič zároveň fungovat jako ochranný i jako nulový vodič (PEN), a to za předpokladu, že jsou splněny požadavky na jeho průřez ($10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$, $16 \text{ mm}^2 \text{ Al}$); přitom do vodiče PEN nesmějí být zařazována žádná spínací ani odpojovací zařízení.

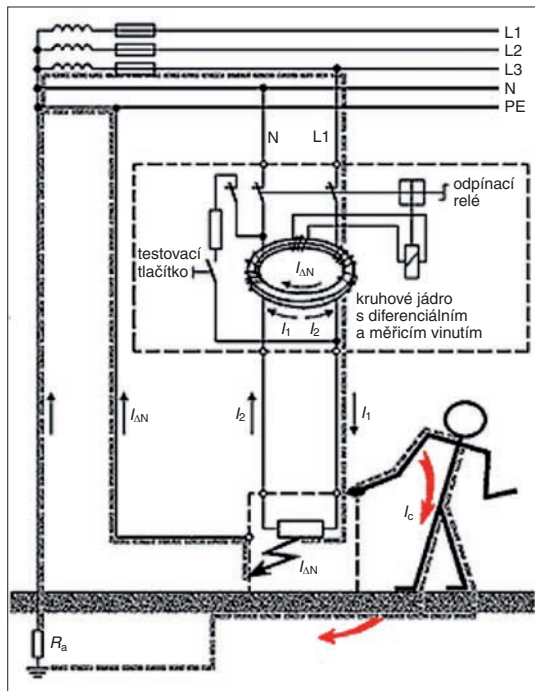
Musí být splněna podmínka na impedanci poruchové smyčky $Z_s \times I_a \leq U_0$ (obr. 6) – podmínky s ohledem na oteplení vodičů apod.

jsou stručně popsány v národní poznámce.

Jako ochranné přístroje zajišťující odpojení mohou být použity:

- nadproudové ochranné přístroje,
- proudové chrániče.

Při poruše, tj. průrazu napětí ze živé na neživou část, vlastně nastane zkrat. Zkratový proud prochází ze zdroje fázovým vodičem až do místa poruchy a odtud ochranným vo-



Obr. 5. Princip proudového chrániče

dičem ke zdroji. Aby bylo zajištěno odpojení zařízení s poruchou, musí být ve vedení před tímto zařízením zařazen prvek, který na zkratový proud zareaguje a zařízení odpojí.

Síť TT – podmínky ochrany

Všechny neživé části chráněné společně stejným ochranným přístrojem musí být spojeny ochrannými vodiči se zemnicem, který je pro všechny tyto neživé části společný.

Nulový nebo střední bod silové napájecí sítě musí být uzemněn. Není-li takový bod k dispozici, musí se uzemnit vodič vedení.

Je-li pro ochranu při poruše použit proudový chránič, musí být splněny tyto podmínky:

- doba odpojení (viz v předchozím bodě),
- $R_a \times I_{\Delta N} \leq 50 \text{ V}$, je-li odpojení zajištěno chráničem,
- $Z_s \times I_a \leq U_0$, je-li odpojení zajištěno nadproudovým ochranným přístrojem (tedy impedancí smyčky, ve které je namísto ochranného vodiče použita ke zpětnému vedení země – namísto R_{PE} se počítá s odpory uzemnění chráněného zařízení a sítě).

Při poruše, tj. průrazu napětí ze živé na neživou část, vlastně dojde k zemnímu spojení. Protože je uzel zdroje uzemněn, prochází poruchový proud ze zdroje fázovým vodičem až

do místa poruchy, odtud ochranným vodičem a uzemněním chráněného zařízení do země a zemí přes uzemnění uzlu zdroje ke zdroji. Vzniká tedy obdoba smyčka poruchového proudu jako při poruše v síti TN.

Síť IT

Živé části musí být izolovány od země nebo spojeny se zemí přes dostatečně vysokou impedanci. V případě jedné poruchy mezi živou a neživou částí se automatické odpojení nevyžaduje.

Neživé části musí být uzemněny individuálně, po skupinách nebo společně. Musí být splněna podmínka (ve střídavých sítích) $R_a \times I_d \leq 50 \text{ V}$.

V síti IT mohou být pro monitorování, hlídání a ochranu použity tyto přístroje:

- hlídače izolačního stavu,
- přístroje pro monitorování reziduálního proudu,
- systémy pro vyhledávání izolačních poruch,
- nadproudové ochranné přístroje,
- proudové chrániče.

Neživé části musí být uzemněny individuálně, po skupinách nebo společně. Musí být splněna podmínka (ve střídavých sítích) $R_a \times I_d \leq 50 \text{ V}$.

V případech, kdy je síť IT použita k zajištění kontinuity napájení, musí být použit hlídač izolačního stavu. Ten musí při první poruše spustit zvukový a/nebo vizuální signál. Doporučuje se, aby první porucha byla co nejdříve odstraněna.

Poté, co se objeví první porucha, musí být splněny podmínky pro automatické odpojení při výskytu druhé poruchy na jiném živém vodiči, a to jednak tam, kde jsou neživé části propojeny ochranným vodičem:

- v případě, že nulový bod není vyveden:

$$2I_a \times Z_s \leq U,$$

- v případě, že nulový bod je vyveden:

$$2I_a \times Z_s \leq U_0,$$

jednak tam, kde jsou neživé části uzemněny po skupinách nebo jednotlivě: $R_a \times I_s \leq 50 \text{ V}$.

Ochrana automatickým odpojením – měření (podle ČSN 33 2000-6-61)

K výše uvedeným podmínkám se vztahují:

- měření impedance smyčky,
- měření odporu zemniče.

Impedance smyčky Z_s v síti TN musí (jak vyplývá ze základního vzorce v ČSN 33 20004-41) během poruchy vyhovovat této nerovnosti

$$Z_s \leq \frac{U_0}{I_a} \quad (\Omega)$$

Splnění uvedené podmínky je zaručeno, jestliže se naměří:

$$Z_s \leq \frac{2 U_0}{3 I_a}$$

Další podmínky se vztahují k otázce větších hodnot této impedance a odporu pospojování.

Funkční malé napětí

Toto ustanovení se vrací po sedmi letech zpět do normy. Používá-li se z funkčních důvodů napětí, které není ≤ 50 V AC nebo 120 V DC, a nejsou splněny požadavky článku 414 týkající se SELV a PELV a tato napětí (SELV a PELV) nejsou zapotřebí, pro zajištění základní ochrany i ochrany při poruše je nutné přijmout dále uvedené opatření.

Pro zajištění základní ochrany se používá základní izolace nebo přepážky a kryty.

Pro zajištění ochrany při poruše musí být neživé části spojeny s ochranným vodičem vstupního (primárního) obvodu zdroje. Přitom se předpokládá, že vstupní obvod je chráněn automatickým odpojením od zdroje (podle předchozích podmínek).

Zdrojem sítě FELV (*Functional Extra Low Voltage*, funkční malé napětí) musí být např. transformátor alespoň s jednoduchým oddělením vinutí.

Zásuvky a vidlice pro FELV musí být nezáměnné se zásuvkami a vidlicemi pro jiná napětí.

Dvojitá nebo zesílená izolace

Základní ochrana je zajištěna **základní izolací**, ochrana při poruše **přídavnou izolací** nebo základní ochrana i ochrana při poruše jsou zajištěny **zesílenou izolací** mezi nebezpečnými živými částmi a přístupnými částmi.

Zařízení je označováno značkou □.

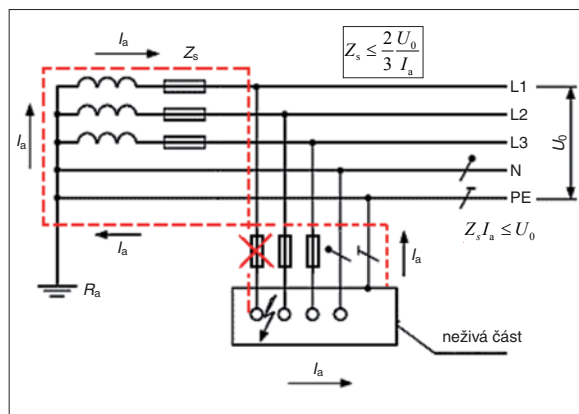
Elektrické zařízení, které má pouze základní izolaci, musí být doplněno přídavnou izolací v průběhu výstavby (montáže) elektrické instalace. Na viditelném místě povrchu a vnitřku krytu musí být umístěna značka ☒.

Elektrické zařízení připravené k provozu, jehož vodivé části jsou od živých částí odděleny pouze základní izolací, musí být uzavřena v izolačním krytu zajišťujícím stupeň ochrany alespoň IPXXB nebo IP2X. Pro tento kryt platí další požadavky.

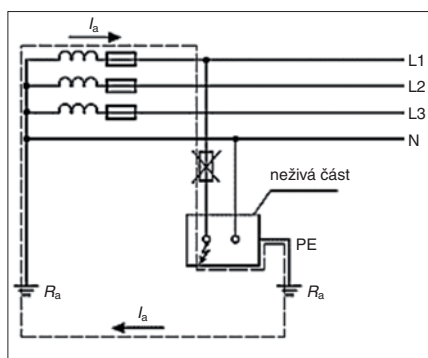
Kromě případu, kdy tento způsob ochrany je jako jediný uplatněn v celé instalaci, musí mít obvod napájející jednotlivá zařízení třídy ochrany II ochranný vodič vedený ke každému bodu instalace a každému bodu připojení.

U vedení instalovaných v souladu s ČSN 33 2000-5-52 se předpokládá, že splňují požadavky na tento způsob ochrany, jestliže:

- jejich jmenovité napětí není menší než jmenovité napětí sítě a přitom není menší než 300/500 V,
- mají odpovídající mechanickou ochranu základní izolace zajištěnou některým nebo některými z těchto způsobů: nekovovým pláštěm kabelu nebo nekovovými lištami nebo kanály nebo nekovovými instalačními trubkami, které vyhovují příslušným normám.



Obr. 6. Síť TN – znázornění poruchové smyčky



Obr. 7. Síť TT – princip

Elektrické oddělení

Elektrickým oddělením je ochranné opatření, u něhož je:

- základní ochrana zajištěna základní izolací živých částí nebo přepážkami a kryty,
- ochrana při poruše zajištěna jednoduchým oddělením odděleného obvodu od ostatních obvodů a od země.

Kromě případu, kdy je instalace pod dohledem, musí být toto opatření omezeno na jeden spotřebič napájený z jednoho neuzemněného zdroje s jednoduchým oddělením.

Princip elektrického oddělení je na obr. 9, ze kterého je zřejmé, že ani zdroj (kterým může být transformátor, generátor nebo primární elektrický člunek), ani celý napájený obvod nejsou nikde, kromě místa, ve kterém došlo k poruše, spojeny se zemí. Při poruše se tedy obvod poruchového proudu nemůže nikde uzavřít. Poruchový proud neprochází, ani když se místa s poruchou dotýká člověk.

Ochrana malým napětím SELV a PELV

Toto ochranné opatření vyžaduje:

- omezení napětí v síti SELV nebo PELV horní mezí napětového pásma I, tj. 50 V AC a 120 V DC – viz IEC 60449 Napětová pásma pro elektrické instalace v budovách (pokud určité prostory nevyžadují menší napětí),
- ochranné oddělení sítě SELV nebo PELV od všech ostatních sítí jiných než SELV a PELV a základní izolaci mezi sítí SELV a zemí.

Dále jsou definovány požadavky na zdroje a obvody pro SELV a PELV. Zdrojem mohou být i určité elektronické přístroje, u nichž napětí na výstupních svorkách ani v případě vnitřní poruchy nepřekročí výše uvedené hodnoty.

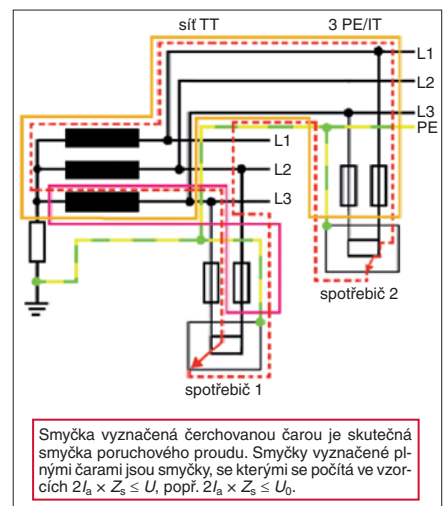
Obvody PELV a/nebo neživé části zařízení napájených z obvodů PELV mohou být uzemněny.

Doplňková ochrana

Jako doplňková ochrana mohou být použity:

- citlivé proudové chrániče s $I_{\Delta N} \leq 30$ mA; doplňková ochrana citlivými proudovými chrániči musí být zajištěna u zásuvek do 20 A používaných laicky,
- doplňující ochranné pospojování.

Doplňující ochranné pospojování musí zahrnovat všechny neživé části upevněných zařízení současně přístupné dotyku a cizí vodivé části, včetně (je-li to proveditelné) hlavních kovových armatur železobetonu. **Systém ochranného pospojování** musí být spojen s ochrannými vodiči všech zařízení, včetně zásuvek. Existují-li pochybnosti o účinnosti



Obr. 8. Síť IT – princip a vyznačení smyček poruchového proudu

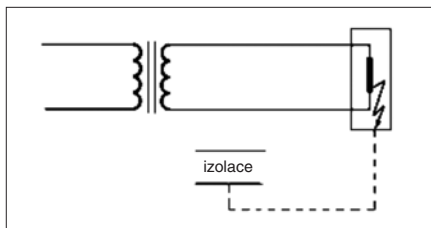
nosti doplňujícího ochranného pospojování, musí se ověřit, zda odpor R mezi současně dotyky přístupnými neživými a cizími vodivými částmi splňuje podmínku $R \leq 50$ V/ I_a (obr. 10).

Tab. 3. Stupně ochrany podle způsobu uchopení rukou a členění prostorů

Prostory (410.3.N10)	Stupeň ochrany	
	části zařízení se nemusí uchopit rukou	části zařízení se musí uchopit rukou
normální i nebezpečné	normální	požaduje se zhotovení z izolantu, pokud NK.2.2 neumožňuje jinak
zvlášť nebezpečné	doplňná	

Tab. 4. Stupně ochrany zařízení a instalací do 1 000 V AC a 1 500 V DC

Stupeň ochrany	Druh ochrany a doplňková ochrana, kterými se dosáhne požadovaného stupně ochrany
normální	1. automatické odpojení od zdroje 2. dvojitá nebo zesílená izolace 3. elektrické oddělení 4. ochrana malým napětím SELV a PELV
doplňná	1. automatické odpojení od zdroje a: a) doplňující pospojování b) chránič c) doplňková izolace 2. dvojitá nebo zesílená izolace a: a) elektrické oddělení b) chránič c) doplňková izolace 3. elektrické oddělení pro napájení pouze jediného spotřebiče a: a) izolace vstupních míst a pohyblivých přívodů b) chránič c) doplňková izolace 4. ochrana malým napětím SELV a PELV a: a) omezení napětí živých částí na 12 V AC, popř. 25 V DC b) krytí živých částí i při omezení jejich napětí c) doplňková izolace



Obr. 9. Princip ochrany elektrickým oddělením

normě, je doplněno národní ustanovení a národní příloha, které vycházejí z tradičního řešení, obdobně jako tomu bylo v předchozích vydáních ČSN 33 2000-4-41 a předtím ještě v ČSN 34 1010:1965. Přitom však vzhledem ke změnám terminologie ochrany bylo třeba najít a použít jiné než dříve používané termíny. Dřívější termíny ochrany základní a zvýšené nelze použít, protože jsou vyhrazeny normou 61140 ed. 2 pro jiný terminologický

Další ochranná opatření

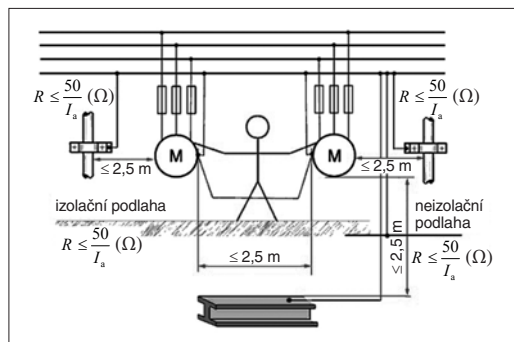
V příloze normy ČSN 33 2000-4-41 ed. 3 jsou dále řešena tato ochranná opatření:

- nevodivé okolí,
- neuzemněné místní pospojování,
- elektrické oddělení pro napájení více než jednoho spotřebiče (neživé části jsou spojeny neuzemněným pospojováním).

Ta se uplatňují, pouze je-li provoz instalace řízen osobou znalou nebo pod jejím dozorem.

Uplatnění prostředků ochrany podle prostoru a podle způsobu provozu zařízení

V normě je otázka návaznosti ochrany prostorů s nebezpečím úrazu zvýšeného působením vnějších vlivů řešena odkazem na část 7 souboru IEC 60364 (zavedené v části 7 souboru ČSN 33 2000). Pouze pro případy zvláštních instalací, ve kterých je nebezpečí úrazu zvýšeno působením vnějších vlivů nebo jiných okolností ještě nespecifikovaných v některém oddílu části 7 IEC 60364 ani v jině



Obr. 10. Princip ochranného pospojování

systém ochranných opatření. Termín *ochrana základní* se používá ve smyslu doposud používaného termínu *ochrana před dotykem živých částí* a termín *ochrana zvýšená* ve významu ochrany určené k zajištění jak ochrany základní, tak i ochrany při poruše (je to např. zesílená izolace, ochranné oddělení obvodů, omezení proudu, ochranné impedance). Proto byl pro normální a nebezpečné prostory zvolen jako odpovídající stupeň ochrany termín *ochrana normální* a pro prostory zvlášť nebezpečné termín *ochrana doplňná* (protože ve smyslu čl. 4.3 ČSN EN 61140 ed. 2 se

této ochrany v prostorech, ve kterých je nebezpečí různými vlivy zvýšeno, dosáhne doplněním doplňkovou ochranu).

Prostředky doplňkové ochrany uplatňované jako součást ochranných opatření, jako jsou automatické odpojení od zdroje, dvojitá nebo zesílená izolace a elektrické oddělení, zajišťují ochranu před úrazem elektrickým proudem v případech, kdy je nebezpečí úrazu elektrickým proudem zvýšeno charakterem prostoru, v němž zařízení pracuje, nebo způsobem jeho obsluhy. Příloha NK normy, kam je nyní stupňování ochrany ještě ve smyslu ČSN 34 1010 zařazeno, se uplatňuje, nejsou-li požadavky na doplňkovou ochranu pro určité zařízení, jeho uplatnění nebo jeho instalaci přesněji specifikovány některou technickou normou (viz např. příslušné oddíly normy IEC 60364 Elektrická instalace v budovách – Část 7: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech). Podle této přílohy se ochrana před úrazem elektrickým proudem volí podle prostoru, ve kterém zařízení pracuje, a podle toho, zda zařízení nebo jeho část je, nebo není při jeho obsluze nebo při jeho provozování drženo v ruce (tab. 3).

Příklady zařazení jednotlivých druhů ochrany neživých částí, popř. opatření k dosažení správného působení ochrany nebo zvýšení jejího účinku, jsou uvedeny v tab. 4.

Podmínky uzemnění v síti TN

V další národní příloze jsou zařazeny podmínky pro uzemňování v sítích TN. Z nich jsou dále uvedeny jen ty klasické, všeobecně známé podmínky:

- odpor uzemnění nulového bodu nemá být větší než 5 Ω, dovoluje se však i 15 Ω,
- hodnota celkového odporu uzemnění sítě nemá přesáhnout 2 Ω (max. však $\rho/100$),
- není třeba klást zemnicí pásy o celkové délce větší než 20 m, popř. 50 m (pro uzemnění uzlu a na konci vedení),
- rozmístění zemniců v síti – zůstává beze změny.

Co již v nové normě nelze nalézt a kde to hledat

V návaznosti na ostatní normy se oproti předchozím vydáním ČSN 33 2000-4-41 z roku 1996 a 2000 z normy vypouští ustanovení týkající se:

- požadavků na elektrotechnické výrobky z hlediska ochrany před úrazem (požadavky na omezení proudu a náboje, na ochrannou impedanci, zdroj s omezeným proudem) – jsou obsaženy v EN 61140,
- ochrany před úrazem elektrickým proudem v instalacích vn – jsou obsaženy v ČSN 33 3201:2002 (idt HD 637 S1:1999),
- přepětí, která se mohou dostat do nulového vodiče sítě nn, a tím do ochranného vodiče ze společného uzemnění vn a nn v transformovně vn/nn (řeší se v 33 2000-4-442:1998).

K mezím dovolených dotykových napětí a proudů

Elektrotechnici, kteří léta používali ČSN 34 1010 (platila od roku 1965 do roku 1995, tj. třicet let), byli zvyklí na pevné meze napětí a proudů, při jejichž překročení mohlo v případě dotyku živých částí dojít k ohrožení osob. Byla to střídavá napětí větší než 50 V a elektrický proud větší než 10 mA. Při dotyku neživých částí, na které se nedopatřením dostalo napětí, mohly být ohroženy osoby až od hodnoty napětí větší než 65 V.

S postupem doby jako by se člověk stával na proudy a napětí citlivějším. Dovolené dotykové napětí se snížilo na 50 V v obou případech, tj. jak při dotyku živých částí, tak i při dotyku neživých částí, které se staly živými při poruše. Tím to však nekončí. Až do konce roku 1995, a vezmeme-li přechodné období, až do roku 1997, se člověk nemusel za normálních podmínek (pokud nestál po kotníky ve vodě nebo pokud po něm nestékal pot při práci s elektrickým nářadím uvnitř potrubí) bát dotýkat napětí o hodnotě 50 V AC. S normou ČSN 33 2000-4-41:1996, kterou se zavedla především mezinárodní norma IEC 364-4-41:1992, v té době platná a poměrně nová (a s ní také – to ale až v druhé řadě – této normě alespoň trochu odpovídá-

jící, avšak mírně zastaralý evropský harmonizační dokument HD 384.4.41:1980), se situace změnila.

Ale zdá se, že naše tělesné schránky ještě více zchoulostivěly, neboť pro bezpečná malá napětí SELV a PELV (pro jejich přímé dotýkání v suchém prostředí) nestačí omezení jejich velikosti v souladu s jejich definicí napětí do 50 V AC a 120 V DC, ale požaduje se ještě omezení do 25 V AC a 60 V DC. Pro větší napětí se jak pro SELV, tak pro PELV vyžaduje ještě základní ochrana. (Ještě větší omezení napětí z hlediska dotyku živých částí vyžaduje norma v prostředích jiných než suchých.)

Samotná norma však neobsahuje pevně stanovené meze dovolených napětí a proudů, jak jsme byli zvyklí ve starších normách a předpisech, zejména tedy v ČSN 34 1010:1965. Některé meze jsou stanoveny přímo v evropských předpisech (jako např. 50 V AC ve směrnici pro zařízení nízkého napětí), jiné jsou uváděny přímo v normách pro jednotlivé prostory nebo objekty. Bohužel však nelze říci, že by ve všech případech tyto meze byly jednotné. Zřejmě se volí případ od případu, podle zařízení a prostoru, kde je elektrické zařízení provozováno, a jejich volba vychází ze souboru dokumentů (zpráv) mezinárodní elektrotechnické komise

IEC/TR 60479 (viz účinky proudu na člověka a domácí zvířectvo v ČSN IEC 479-1a 2). Protože elektrotechnická veřejnost určitý přehled vyžaduje, je do ČSN 33 2000-4-41:2007 zařazena příloha NC, která uvádí základní definice z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem, dále nejpodstatnější poznatky o účincích proudů na lidský organismus i přehled konvenčních mezních hodnot dovolených proudů procházejících lidským tělem a dotykových napětí.

Závěr

Účelem této informace bylo uvést přehled současně platných a připravovaných základních požadavků, a to především z normy pro ochranu před úrazem elektrickým proudem v elektrických instalacích nn (ČSN 33 2000-4-41) v návaznosti na obecnější normu pro tuto ochranu (ČSN EN 61140 ed. 2), a dále ozřejmit souvislosti jak s ostatními technickými normami pro výrobky, tak s normami, které stanovují základní pravidla pro elektrotechniku. Věřím, že nejen tato informace, ale i nová norma přispějí ke snadnější a jednodušší práci elektrotechniků na elektrických instalacích a zařízeních.

☒

■ **Speciální aplikace si žádají speciální řešení.** Firma IGUS, přední světový výrobce v oblasti plastů, přichází se zcela novým typem plastových kuličkových ložisek, která svým tvarem i rozměry odpovídají kovovým standardům, jejich použití se však výrazně liší. Tato ložiska jsou určena pro aplikace



vyznačující se velmi agresivním prostředím a extrémními podmínkami provozu. Dobré vlastnosti ložisek zaručují použité materiály. Oba kroužky jsou vyrobeny z vysokoteplotního a chemicky odolného plastu Iglidur A500, kuličky z nerezové oceli nebo tvrzeného skla a klec z materiálu PEEK. Nejsou určena pro běžné rotační aplikace, nýbrž aplikace s malým zatížením ve velmi agresivním prostředí. Jedná se tedy zejména o potravinářský a farmaceutický průmysl nebo chemické a vakuové procesy.

■ **Vodní elektrárny Skupiny ČEZ,** které provozuje firma ČEZ Obnovitelné zdroje, vyrobily za první tři čtvrtletí roku 2007 přes 150 GWh elektřiny, tedy o téměř 83 % víc, než ve stejném období předcházejícího roku. Vyrobena elektřina by stačila téměř 43 tisícům domácností po celý rok. V porovnání s loňským rokem se na nárůstu projeví zejména příznivé klimatické podmínky z počátku roku, technická vylepšení a získání vodní elektrárny Střekov. Největšími producenty elektřiny v prvních devíti měsících roku byly elektrárny Střekov (jediná vodní elektrárna ČEZ Obnovitelné zdroje nad 10 MW instalovaného výkonu), Vydra, Obříství a Prácheň.

ČEZ Obnovitelné zdroje v současnosti provozuje dvacet malých a jednu velkou vodní elektrárnu. V průběhu let 2007 až 2010 chce investovat do rekonstrukcí a technologických úprav svých vodních elektráren více než 540 milionů korun s cílem zvýšit jejich provozní efektivitu. „Hned po velkých vodních dílech jsou vodní elektrárny do 10 MW výkonu nejdůležitějším zdrojem energie z obnovitelných zdrojů v ČR. Proto je pozitivní, že se nám díky technologickým úpravám daří jejich výrobu ještě zvyšovat,“ řekl Josef Sedlák, generální ředitel ČEZ Obnovitelné zdroje.

■ **Nový programovací přístroj Simatic Field PG M2** společnosti Siemens se vyznačuje bezdrátovou technologií, výkonným procesorem Intel-Core-2-Duo, velkým

displejem o velikosti 15 palců v rozlišení XGA nebo SXGA+ a integrovaným zálohováním dat. Přístroj je navíc vybaven baterií s dlouhou výdrží v pohotovostním stavu, výkonnou operační paměť a všemi standardními průmyslovými rozhraními. Simatic Field PG M2 v podobě notebooku je určen zejména pro projektování, servis a instalaci veškeré automatizační techniky. Robustní kryt z hořčíkových slitin vyrobený technologií tlakového lítí odolá i náročným podmínkám průmyslových provozů.

Bezdrátová komunikace je založena na standardech WLAN 802.11 a, b, resp. g. Čipová sada Mobile-Intel-GM-965-Express, procesor Intel-Core-2-Duo, harddisk o velikosti 160 GB s rozhraním Serial ATA a DDR2 paměť s výkonem 667 MHz jsou vhodné i pro náročné aplikace. Displej o velikosti 15 palců je největším displejem v produktové řadě průmyslových notebooků Simatic. Integrované zálohování dat automaticky provádí zálohu v definovaných časových intervalech. Nové hardwarové komponenty jsou nenáročné na spotřebu energie. Díky tomu je provozní doba notebooku s baterií typu Li-Ion delší než 3,5 hodiny.

Nový Simatic Field PG M2 je jediný notebook řady Simatic, ve kterém jsou integrována všechna rozhraní potřebná pro automatizaci. Kromě robustního krytu z hořčíkových slitin chrání notebook před elektromagnetickými účinky metalizované umělohmotné části na vnitřní straně krytu.

☒