

## Hlavní články

**Posuzování rizika při projektování elektrických zařízení strojů**

(Pokračování z minulého čísla)

*Jiří Hlinovský,  
projektant a revizní technik elektrických zařízení*

Samotná mechanická část posuvného bezpečnostního ochranného krytu chrání obsluhu před nebezpečími, která jsou způsobována rotačními nebo posuvnými pohyby částí stroje v pracovním prostoru jen tehdy, je-li kryt v poloze, kdy zcela uzavírá nebezpečný (pracovní) prostor. Doba, která je potřebná pro manipulaci s ochranným krytem (odsunutí/zasunutí), ovlivňuje produktivitu práce, zejména při krátkých pracovních cyklech, a pokud by kryt nebyl spojen s blokovacím zařízením, je značně pravděpodobné, že by obsluha využívala ochrany krytem jen podle svého uvážení a pouze v těch nejnutnějších případech (např. teprve při silném rozstříkávání chladicí kapaliny, popřípadě kapalinové mlhy).

Blokovací zařízení spojené s bezpečnostním ochranným krytem kontroluje polohu krytu a zabráňuje činnosti pohyblivých částí stroje za určitých podmínek, většinou po dobu, kdy ochranný kryt není uzavřen. Stroj tedy může vykonávat nebezpečné funkce, proti nimž ochranný kryt zajišťuje ochranu jen v případě, že je kryt uzavřen (ve stanovené poloze), přičemž samo uzavření ochranného krytu vykonávání těchto funkcí obvykle nespustí (je nutný další vědomý úkon obsluhy stroje). Takto fungující pohyblivé ochranné kryty s blokovacím zařízením jsou označovány jako ochranné kryty typu A. Pokud obsluha otevře ochranný kryt typu A v době, kdy stroj vykonává nebezpečné funkce, je řídicím systémem stroje vydán povel k zastavení nebezpečných pohybů (k zablokování pohonů nebezpečných pohyblivých částí).

Obráběcí stroj uvažovaný v příkladu má rozměrné upínací zařízení, které se může otáčet značnou rychlostí (řádově tisíce otáček za minutu) a do něhož lze upnout obrobky se značnou hmotností (řádově desítky kilogramů). Je tedy zřejmé, že by v nepříznivých případech kombinace vysokých otáček vřetena s velkou hmotností obrobku vznikalo v důsledku otevření ochranného krytu během obráběcího procesu a následujícího okamžitého neřízeného zastavení STOP kategorie 0 podle ČSN EN 60204-1:2000 velmi reálné nebezpečí roztržení a následného vymrštění částí upínacího zařízení nebo obrobku vlivem působení setrvačných sil. Pro zastavení rotačního pohybu vřetena proto musí být použito řízeného zastavení STOP kategorie 1 podle ČSN EN 60204-1:2000, při němž dojde k zablokování příslušných pohonů až po jejich zastavení.

Minimální bezpečná vzdálenost ochranného krytu typu A od nejbližšího nebezpečného místa by ovšem musela být tak velká, aby bylo eliminováno riziko, že při předčasném otevření krytu dosáhne obsluha na nebezpečné části stroje dříve, než ustanou jejich nebezpečné pohyby. Obvykle je splnění tohoto požadavku nereálné, a proto je nutné použít místo krytu typu A ochranný kryt typu B, který je spojen nejen s blokovacím zařízením, ale také se zařízením pro zajištění krytu v ochranné poloze až do doby, kdy zcela zaniknou nebezpečí vyplývající z doběhu nebezpečných částí stroje při řízeném zastavení. Stroj může vykonávat nebezpečné funkce jen v případě, že ochranný kryt je uzavřen a zajištěn v ochranné poloze, přičemž (stejně jako u krytu typu A) samo uzavření a zajištění ochranného krytu v ochranné poloze obvykle nezpůsobí spuštění nebezpečných pohybů stroje.

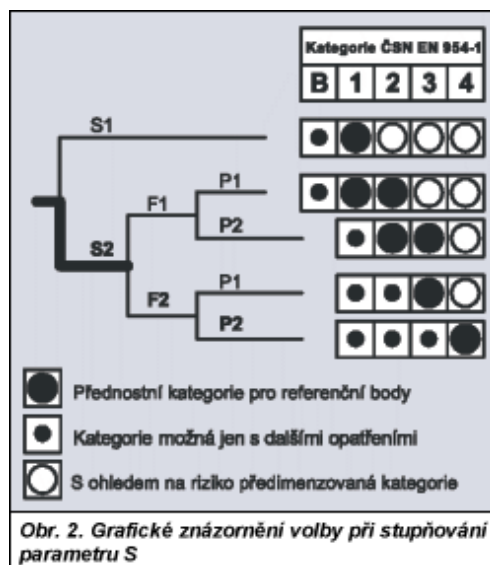
Řídicí obvody pro snímání polohy ochranného krytu, blokování nebezpečných pohonů v závislosti na signálech od těchto snímačů a pro ovládání a kontrolu zařízení pro zajištění krytu v ochranné poloze jsou (zcela jednoznačně) bezpečnostními částmi řídicího systému stroje, neboť zajišťují bezpečnostní funkce, a při jejich návrhu je tedy nutné řídit se pokyny a ustanoveními ČSN EN 954-1:1998. U většiny standardně dodávaných obráběcích strojů jsou uvedené funkce zajišťovány elektrickými řídicími obvody, a projektant elektrického zařízení stroje proto musí u těchto obvodů zajistit přiměřenou odolnost vůči závadám, které by mohly mít za následek selhání bezpečnostní funkce.

**Stanovení kategorie požadavků** je pro jednoduchost dále demonstrováno pouze na nebezpečí stlačení nebo rozdrčení částí těla, zejména prstů nebo ruky, mezi pohyblivými a pevnými částmi stroje (v upínacím zařízení při upínání obrobku, při pohybech v souřadných osách atd.). Toto nebezpečí je v tabulce A1 normy ČSN EN

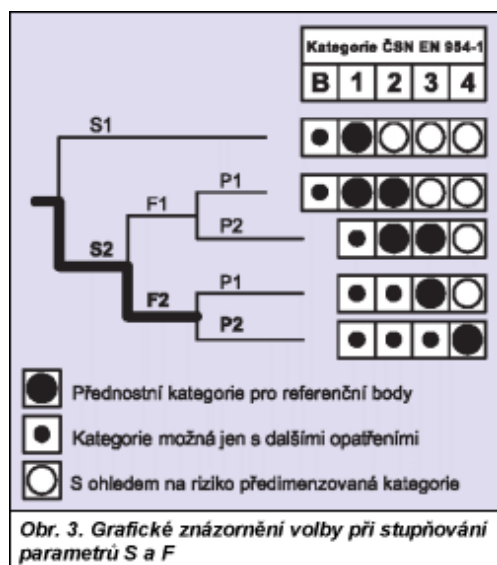
1050 : 2001 označeno číslem 1.1 a v soupisu nebezpečí v pracovním prostoru uvažovaného stroje je uvedeno na prvním místě (viz obr. 1 v ELEKTRO č. 4/2002, str. 9).

Bezpečnostní normy pro strojní zařízení sice vyžadují, aby posouzení rizika způsobovaného konkrétním nebezpečím v konkrétním nebezpečném prostoru a v konkrétní existenční etapě stroje bylo provedeno některým z postupů uvedených v normě ČSN EN 1050: 2001, většina projektantů elektrických zařízení strojů však nemá s uváděnými postupy žádnou zkušenost z praxe a pro některé postupy nejsou k dispozici ani potřebné statistiky úrazovosti. Domnívám se proto, že projektanti elektrických řídicích obvodů mohou bez uzardění používat pro stanovení kategorií požadavků na bezpečnostní části řídicích systémů zjednodušený postup pro odhad rizika grafickou metodou podle přílohy B normy ČSN EN 954-1: 1998 (je to lepší, než nezabývat se danou problematikou vůbec). Pro odhad rizika se používají tři pomocné parametry S, F a P a při volbě jejich stupňování se vždy uvažuje nejhorší možnost.

**Závažnost možného zranění (parametr S)**, k němuž může dojít při nebezpečné situaci, která vznikla v důsledku selhání blokovacího obvodu ochranného krytu nebo v důsledku selhání obvodu pro zajištění ochranného krytu v ochranné poloze, je možné odhadnout celkem snadno. Jak čelisti upínacího zařízení, tak části stroje posouvající se v souřadných osách jsou při závěracím pohybu proti pevným částem stroje schopny zcela rozdrtit prsty nebo ruku obsluhy (stlačení nebo rozdrčení hlavy, popřípadě jiných částí těla obsluhy se obvykle uvažuje jen u velkých strojů).



Obr. 2. Grafické znázornění volby při stupňování parametru S



Obr. 3. Grafické znázornění volby při stupňování parametrů S a F

Je nepochybné, že vzniklé zranění by mělo závažné a trvalé následky, v nejhorším případě by poškozená část těla musela být amputována, a podle návodu v normě je tedy možné s jistotou zvolit parametr S2 (obr. 2).

Parametr S1 by mohl být zvolen jen v případě, že by se jednalo o lehké poranění bez komplikací a trvalých následků.

**Četnost zásahů nebo vstupů do nebezpečného prostoru, popřípadě dobu, po kterou je obsluha vystavena nebezpečí (parametr F)**, je rovněž možné poměrně snadno specifikovat. V těch případech, kdy obsluha pravidelně zasahuje nebo vstupuje do nebezpečného prostoru (alespoň jedenkrát za směnu) za účelem vkládání nebo vyjímání obrobku, výměny nástroje apod., nebo v případech, kdy je po dlouhou dobu vystavena nebezpečí, se vždy volí parametr F2 – to je i případ stroje uvažovaného v příkladu (obr. 3).

Pokud obsluha zasahuje nebo vstupuje do nebezpečného prostoru jen málokdy (občas, zřídka), např. za účelem mazání, čištění apod., a její pobyt v nebezpečném prostoru je krátkodobý, je možné volit parametr F1.

**Možnost vyvarování se nebezpečí (parametr P)** je velmi obtížně stanovitelný parametr a volba stupňování vyžaduje značné zkušenosti z praxe. Při rozhodování, zda zvolit stupeň P1 nebo stupeň P2, je nutné zohlednit zejména následující okolnosti:

- způsob vzniku nebezpečné situace, tj. zda situace vzniká náhle a překvapivě nebo zda její vznik lze očekávat a je pravděpodobný,
- předpokládanou reakci ohrožené osoby, která je závislá hlavně na zkušenostech s obdobnými situacemi a odborné kvalifikaci, školení, záznamu a praxi ohrožené osoby,
- možnost identifikace nebezpečí na základě jeho fyzikálních vlastností buď přímo obsluhou nebo pomocí technických prostředků spojených s výstražným zařízením,

- možnost úniku před vznikajícím nebezpečím apod.

Pokud při vzniku nebezpečné situace existuje reálná možnost vyvarovat se úrazu nebo významně snížit jeho závažnost, je možné zvolit parametr P1. V ostatních případech, tedy i v případě stroje, který je uvažován v příkladu (obr. 3), musí být zvolen parametr P2 (obr. 4).

**Výsledek odhadu rizika** je zřejmý z obr. 4 – elektrické řídicí obvody blokovacího a jisticího zařízení posuvného bezpečnostního ochranného krytu pracovního prostoru stroje musí z hlediska odolnosti vůči závadám splňovat požadavky kategorie 4 podle ČSN EN 954-1: 1998. Odhad rizika sice musí být následně proveden a zdokumentován i pro všechna ostatní nebezpečí, identifikovaná v uvažovaném nebezpečném (pracovním) prostoru stroje, u žádného z těchto nebezpečí však už nemůže být stanovena vyšší kategorie požadavků (pouze stejná nebo nižší).

**Přehled požadavků** pro jednotlivé kategorie a popis chování bezpečnostní části s ohledem na výskyt závad je uveden v tabulce 2 ČSN EN 954-1:1998, přičemž kategorie 4 vyžaduje, aby:

- bezpečnostní části řídicího systému stroje byly navrženy, vyrobeny, voleny, namontovány a kombinovány v souladu s příslušnými normami tak, že mohou odolávat očekávaným vlivům,
- byly používány osvědčené bezpečnostní součásti a bezpečnostní zásady,
- bezpečnostní části byly navrženy tak, že jednotlivá závada nevede ke ztrátě bezpečnostní funkce,
- bezpečnostní části byly navrženy tak, že jednotlivá závada je detekována při nejbližší bezpečnostní funkci nebo před ní, a pokud detekce není možná, nesmí nahromadění závad vést ke ztrátě bezpečnostní funkce.

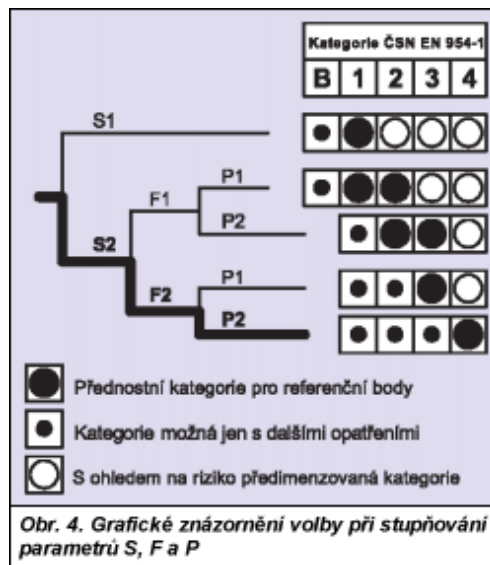
Kategorie 4 je charakterizována následujícím popisem:

- vyskytnou-li se závady, bezpečnostní funkce je vždy zachována,
- závady jsou detekovány dostatečně včas, aby bylo zamezeno ztrátě bezpečnostní funkce.

**Seznam některých významných závad a poruch**, které je nutné brát v úvahu při konstruování řídicích obvodů pro bezpečnostní funkce je možné najít v příloze C normy ČSN EN 954-1:1998, kde jsou pod bodem C.1 uvedeny závady a poruchy elektrických nebo elektronických součástí, např.:

- zkrat nebo přerušení obvodu, porucha uzemnění, přerušení kteréhokoliv vodiče,
- zkrat nebo přerušení obvodu u jednotlivých součástí, např. polohových spínačů, řídicích a regulačních přístrojů, ovládacích přístrojů, kontaktů relé a stykačů,
- neodpadnutí nebo nepřitažení elektromechanických spínacích prvků,
- nespustění nebo nezastavení motorů,
- mechanické zablokování pohyblivých prvků, uvolnění nebo přemístění pevných prvků, např. polohových spínačů,
- odchylky mimo toleranční hodnoty u analogových prvků, např. rezistorů, kondenzátorů, polovodičů,
- oscilace výstupních signálů u integrovaných součástí,
- úplná nebo částečná ztráta funkce složitých integrovaných součástí, například mikroprocesorů, programovatelných elektronických zařízení, přičemž se vždy uvažuje nejhorší případ chování.

**Splnění požadavků určené kategorie** musí při konstrukci elektrických řídicích obvodů pro blokovací a jisticí



zařízení krytu zajistit projektant elektrického zařízení stroje, tj. musí rozhodnout, jaké přístroje budou použity a jakým způsobem budou vzájemně propojeny. Vzhledem k tomu, že žádná norma neobsahuje návod, jak obecně formulované požadavky pro jednotlivé kategorie splnit, je nezbytně nutné, aby příslušný projektant disponoval vlastním know-how pro konstruování bezpečnostních obvodů.

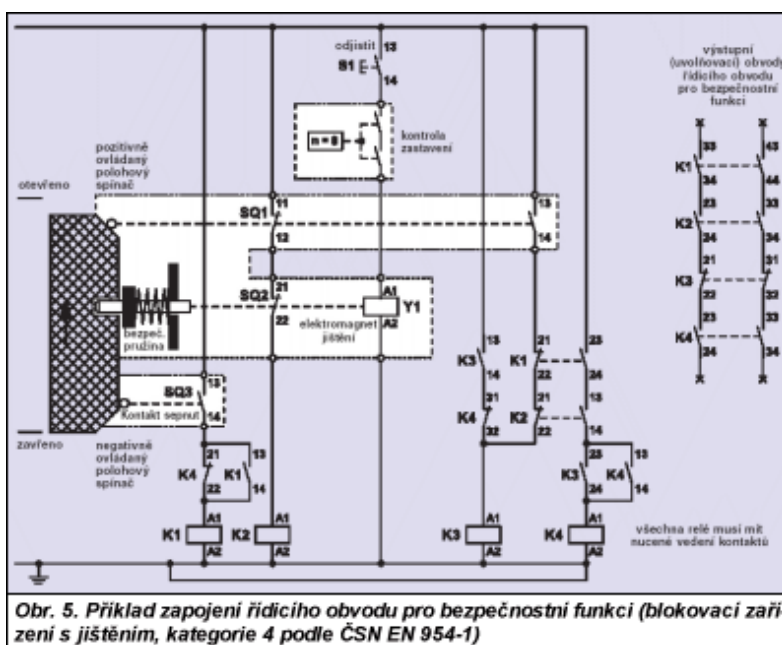
Informace o možných způsobech řešení lze získat např. studiem cizích projektů nebo příkladů zapojení v odborných příručkách firem, které dodávají komponenty pro bezpečnostní obvody (pozor na chyby). Teorie sama o sobě však nestačí a musí být doplněna zkušenostmi z praxe. Konstrukční řešení elektrických řídicích obvodů pro bezpečnostní funkce musí totiž vždy koncepčně odpovídat specifickým vlastnostem daného stroje nebo strojního zařízení, a příklady proto nelze bez podrobné úvahy o funkci jednoduše opisovat.

Během své činnosti musí projektant elektrického zařízení velmi úzce spolupracovat s konstruktéry mechanické části stroje, popřípadě i s tvůrci programového vybavení, pokud je jádrem řídicího systému programovatelné elektronické zařízení.

V opačném případě mohou vznikat zbytečné (někdy však dost závažné a velmi nepříjemné) problémy např. s umístěním a upevněním zvoleného typu polohových spínačů, se zajištěním vhodného způsobu jejich ovládání, zpracováním potřebných vstupních a výstupních signálů apod.

**Příklad zapojení** bezpečnostního řídicího obvodu blokovacího zařízení s jistištěm ochranného krytu pracovního prostoru stroje na obr. 5 je jedním z možných řešení umožňujících splnění požadavků kategorie 4 podle ČSN EN 954-1:1998.

Důležitá poznámka v článku 11.3.4 ČSN EN 60204-1:2000 upozorňuje na skutečnost, že v současné době se zdá být obtížné, ne-li vůbec nemožné, s určitostí stanovit, zda může být zajištěna spolehlivá funkce jedinou větví programovatelného elektronického zařízení v případech, kdy může jako důsledek závady v řídicím systému vznikat značné nebezpečí. Do doby, než bude tato situace vyřešena, není vhodné spoléhat výhradně na správnou funkci programovatelného elektronického zařízení o jedné větvi a při konstrukci řídicích obvodů pro zastavovací funkce musí být dána přednost použití pevně propojených elektromechanických součástí. Pokud se použije programovatelného elektronického zařízení, musí být učiněna přiměřená opatření podle čl. 9.4.



Obvod na obr. 5 je proto sestaven z pevně propojených elektromechanických spínacích přístrojů, přičemž použitá relé nebo stykače musí mít nucené vedení kontaktů (jinak zapojení ztrácí smysl). Propojovací vedení vztažného potenciálu, který je spojen s ochrannou soustavou stroje, má charakter uzavřené smyčky podle doporučení v některých odborných publikacích.

Blokovací zařízení bezpečnostního ochranného krytu je sestaveno ze dvou mechanicky ovládaných polohových spínačů, přičemž v souladu s článkem 6.2.2 normy ČSN EN 1088:1997 pracují oba snímače polohy ochranného krytu opačným způsobem. Přívodní vedení ke spínačům musí být uložena odděleně.

Jako základní přístroj pro kontrolu polohy ochranného krytu a zároveň pro jeho zajištění v ochranné poloze je použit bezpečnostní polohový spínač s odděleným ovládacím prvkem. Přístroj sdružuje v jednom pouzdru jak bezpečnostní polohový spínač s nuceně rozpínaným kontaktem (SQ1 11-12) a pomocným kontaktem (SQ1 13-14), tak elektromagnet s jisticím zařízením (zajištění bezpečnostní pružinou), jehož poloha je kontrolována nuceně rozpínaným kontaktem (SQ2 21-22). Konstrukcí přístroje je vyloučeno tzv. chybné zajištění, to znamená, že při otevřeném ochranném krytu není možné vysunout zajišťovací prvek do jisticí polohy. Polohový spínač základního přístroje je ovládán pozitivním způsobem.



Na místě doplňujícího prvku je použit negativně ovládaný polohový spínač SQ3 s kontaktem SQ3 13-14.

Odjištění krytu se děje pomocí tlačítka S1, tuto funkci však může stejně dobře vykonávat výstup programovatelného elektronického zařízení. Podmínkou pro odjištění krytu je detekování nulových otáček speciálním, k tomu určeným bezpečnostním přístrojem s redundantními výstupními kontakty, které sepnou jen při skutečném zastavení kontrolovaného pohonu. Přístrojů pro kontrolu zastavení (otáčení) je několik druhů a jejich podrobný popis přesahuje rámec tohoto příspěvku.

Norma ČSN EN 1088:1997 připouští i variantu, kdy je podmínkou pro odjištění ochranného krytu uplynutí času, nastaveného na speciálním bezpečnostním časovači – tento způsob podmínění odjištění však není vhodný pro stroj, který je uvažován v příkladu.

Prostřednictvím spínacího kontaktu SQ1 13-14 je bezpečnostní obvod (nikoliv blokový pohon) automaticky aktivován po otevření a zavření a zajištění ochranného krytu, přičemž zároveň proběhne automatická (samočinná) kontrola celého obvodu a jednotlivých součástí. Pokud nejsou zjištěny žádné závady jsou kontakty ve výstupních uvolňovacích obvodech spojeny a jsou tak vytvořeny podmínky pro spuštění příslušného pohonu buď ručně nebo automaticky, např. výstupy programovatelného elektronického zařízení.

Bezpečnostní funkce obvodu je zachována i při selhání některé součásti a závady jsou detekovány buď před, nebo při nejbližší bezpečnostní funkci, takže stroj je buď uveden do bezpečného stavu nebo je zabráněno jeho dalšímu provozu (opětnému spuštění).

Pokud je posuvný ochranný kryt pracovního prostoru stroje v ochranné poloze a byly detekovány nulové otáčky příslušného pohonu, jsou výstupní kontakty přístroje pro kontrolu zastavení sepnuty. Stisknutím ovládacího tlačítka S1 je možné přivést napětí na cívku elektromagnetu Y1 a odjistit ochranný kryt. Po přitažení elektromagnetu Y1 rozeprne kontakt SQ2 21-22 a následně odpadne relé K2, které pracovními kontakty K2 13-14 odpojí relé K4 (při uvolnění tlačítka S1 relé K2 opět sepne, relé K4 však zůstane odpadlé, neboť kontakty K4 13-14 a K3 23-24 jsou rozeprnuté a nové podmínky pro spuštění blokováného pohonu jsou vytvořeny až po odsunutí a opětném zasunutí a zajištění ochranného krytu). Při stisknutí tlačítka S1 je možné odsunout kryt z ochranné polohy, přičemž rozeprnou kontakty SQ1 11-12, SQ3 13-14 (odpadne relé K1) a sepnou kontakty SQ1 13-14 (přes kontakty K1 21-22 a K2 21--22 sepne relé K3 a vytvoří si samopřidrž přes kontakty K3 13-14 a K4 21-22).

Za tohoto stavu jsou výstupní uvolňovací obvody několikanásobně přerušeny a spuštění příslušného pohonu je blokováno.

Po zasunutí krytu do ochranné polohy a jeho zajištění pružinou je přes kontakty spínačů SQ1 11-12 a SQ2 21-22 přivedeno napětí na cívku relé K2, které přitáhne a přes kontakt spínače SQ3 13-14 a kontakt K4 21-22 je přivedeno napětí na cívku relé K1, které rovněž přitáhne, a vytvoří si samopřidrž kontaktem K1 13-14. Přes kontakty K1 23-24, K2 13-14 a K3 23-24 je přivedeno napětí na cívku relé K4, které sepne, vytvoří si samopřidrž kontaktem K4 13-14 a zároveň kontaktem K4 31-32 shodí relé K3.

Za tohoto stavu jsou kontakty výstupních uvolňovacích obvodů bezpečnostního obvodu sepnuty a jsou vytvořeny podmínky pro start příslušného pohonu. Jakmile se pohon začne otáčet, rozeprnou kontakty přístroje pro kontrolu zastavení a ochranný kryt je možné odjistit až po vypnutí a zastavení kontrolovaného pohonu.

**Porovnání výsledku odhadu rizika s požadavky normy typu C,** například normy ČSN EN 12415:2001 „Bezpečnost obráběcích a tvářecích strojů – malé číslicově řízené stroje a soustružnická centra“, ukazuje, že požadavky normy jsou poněkud mírnější, neboť v článku 5.1.1 požaduje pro blokování ochranných krytů s jistěním splnění požadavků „pouze“ kategorie 3. Vyšší úroveň požadavků, stanovená na základě postupu podle obecně platné skupinové normy typu B1, je dána jednoduchostí a s tím související nepřesností odhadu rizika. Zkušenosti z praxe (nejenom moje) ukazují, že u obvodů pro blokovací zařízení ochranných krytů s jistěním většiny obráběcích strojů je za dostatečnou úroveň odolnosti vůči závadám považováno splnění požadavků kategorie 3 podle ČSN EN 954-1:1998.

Schéma elektrického bezpečnostního obvodu blokovacího a jisticího zařízení ochranného krytu pro splnění požadavků kategorie 3 neuvádím z prostorových důvodů – příklady řešení pro kategorii 3 je možné najít v řadě firemních příruček.

**Vyřazení ochranných zařízení** je nutné k umožnění seřízení stroje pro následný proces automatického

obrábění (v obráběcím režimu), popřípadě pro vyhledávání závad apod., přičemž tato existenční fáze strojního zařízení bývá obvykle označována jako seřizovací režim činnosti. V seřizovacím režimu může obsluha ručně spouštět nenavazující činnosti stroje i při otevřeném (vyřazeném) bezpečnostním ochranném krytu pracovního prostoru a vzhledem k tomu, že úroveň rizika zůstává pro všechna nebezpečí v tomto nebezpečném prostoru stejná jako v automatickém obráběcím režimu, musí být použita pro jejich minimalizaci další bezpečnostní opatření (jiná než ochranný kryt).

Problematikou ovládacího režimu pro seřizování, programování, změnu procesu, vyhledávání chyb a čištění nebo údržbu se obecně zabývá článek 3. 7. 10 normy typu A, ČSN EN 292-2:1994. Již zmíněná norma typu C pro obráběcí stroje ČSN EN 12415: 2000 zdůrazňuje především nutnost zabránění neočekávanému spuštění nebezpečných pohybů v době, kdy je ochranný kryt odsunutý (otevřený) a v článku 5.1.7.2 vyžaduje použití následujících bezpečnostních opatření k minimalizaci úrovně nebezpečí, která jsou způsobována částmi pohybujícími se v pracovním prostoru stroje:

- rychlost pohybů v souřadných osách musí být omezena na stanovenou hodnotu a musí být ovládána pomocí tipovacího zařízení (vyžadujícího nepřetržité působení na ovládač) nebo musí být umožněn pouze pohyb po krocích se stanovenou délkou kroku,
- otáčky obrobkového vřetena musí být omezeny na stanovenou hodnotu a musí být ovládány pomocí tipovacího zařízení,
- k ovládání otáčení/indexování revolverové nástrojové hlavy musí být použito dvouručního ovládacího zařízení (obsluha musí mít obě ruce mimo nebezpečný prostor) nebo tipovacího zařízení společně se souhlasným povelovým ovládacím zařízením,
- ovládání činnosti pinole (části s hrotem) koníku smí být možné jen pomocí tipovacího zařízení.

**Tipovací ovládací zařízení** pro spouštění jednotlivých nebezpečných pohybů, vyžadující nepřetržité působení na ovládač, je bezpečnostní částí řídicího systému a jeho odolnost vůči závadám musí být na stejné úrovni jako u obvodů blokovacího a jisticího zařízení ochranného krytu, tj. na úrovni kategorie 3.

**Řízení otáček a rychlosti** a s nimi související obvody pro kontrolu otáček nástrojového vřetena, popřípadě pro kontrolu rychlosti pohybů v souřadných osách, jsou opět bezpečnostními částmi řídicího systému a podle článku 5.1.8 normy musí splňovat požadavky kategorie 3, popřípadě požadavky kategorie 2.

Je evidentní, že u strojů s elektrickým řídicím systémem a s elektrickými pohony vřetena a os je zajištění dostatečné úrovně bezpečnosti v seřizovacím režimu (při vyřazeném blokování a jistění ochranného krytu) výhradně záležitostí projektanta elektrického zařízení stroje. Vlastní know-how na řešení problémů je v tomto případě doslova strategickou záležitostí, neboť požadavky normy jsou velmi tvrdé, zejména je-li použito (ve většině případů je) elektronické řízení pohonů:

- pro otáčky vřeten, rychlosti posuvů a systémy ovládání vyžadující nepřetržité působení na ovládač jsou akceptovatelné alespoň dva oddělené elektronické kanály, které se liší součástkami, kde pomocí externí smyčky jeden kontroluje druhý, a které jsou zkoušeny při každém spuštění cyklu (v tomto případě může být pro oba systémy použit společný snímač),
- odchylka od omezené nebo zadané hodnoty, která může způsobit nebezpečí, musí mít za následek nouzové zastavení.

Většina standardně dodávaných elektronických přístrojů pro řízení pohonů tedy musí být doplněna dalším kanálem (přípustné je např. řešení řízení NC + řízení PLC apod.) a stanovené mezní rychlosti (frekvence otáčení), popřípadě určené délky kroků musí být monitorovány. Jsou-li mezní hodnoty překročeny; musí být odpojen přívod energie od pohonů většinou tzv. řízeným zastavením STOP kategorie 1 podle normy ČSN EN 60204:2000. Některé normy typu C přitom připouštějí monitorování „jinými vhodnými prostředky“, např. prostřednictvím proudové, rychlostní nebo polohové zpětné vazby v servopohonech.

*(dokončení v příštím čísle)*

