

Elektrické instalace v prostředí s nebezpečím výbuchu, základní požadavky a provedení

Ing. Edmund PANTŮČEK, soudny znalec v oboru elektrotechnika,
člen Komory soudních znalců a EUROEXPERT, Brno ČR

Riziko je vyjádřením vztahu mezi velikostí ztráty a pravděpodobností vzniku události. Elektrická rizika znamenají ohrožení provozuschopnosti systému a také možnost následných škod po případném výpadku. Snížení rizika znamená zvýšení provozně-technické bezpečnosti objektu, instalace a personálu. Snižování rizik představuje cyklický proces vyhledávání možného rizika a tvorbu opatření k omezení nebo zamezení takového stavu.

ÚVOD

Riziko vyjadřuje zjištěný nebo odhadnutý poměr bezvýpadkového provozu a chybového stavu, vedoucího k poruše nebo výpadku činnosti zařízení nebo instalace. Riziko znamená ohrožení nebo ztrátu, snížení komfortu, dostupnosti zařízení, přístupu k datům a informacím, společně snížení předpokládané jakosti služby. Riziko snížení jakosti služby elektrického nebo elektronického zařízení / přístroje / instalace představuje souhrn nepříznivých vlivů – od nepředvídatelných (výpadek napájení) přes předvídatelné (např. vybavení pojistky po přetížení linky) až po říditelné (jako je sledování provozních vlastností a včasné opravy, preventivní výměny časově kritických prvků nebo redundantní řešení „horkou“ on-line nebo „studenou“ přepínatelnou offline zálohou). Elektrické zařízení, byť odolné ve smyslu Směrnice EU o elektromagnetické slučitelnosti, může být kombinací několika nepříznivých vlivů ohroženo natolik, že dojde k jeho poškození nebo destrukci. Každé zařízení může být ohroženo EMC vlivy, výpadky napájení, atmosférickými jevy, lidskou vědomou nebo náhodnou činností. Vyhodnocení takových rizik a jejich grafické znázornění vede k vrstevnicovému grafu a po vyhodnocení téhož pokračuje k optimalizaci ochranných opatření – účinné prevenci rizika.

RIZIKOVÝ MANAGEMENT

Historie řízení rizik začala počátkem 50. let dvacátého století. Stále zůstávají rizika a jejich kombinace, které nejsou systémy jakosti pokryty. Management rizik se stal moderní disciplínou v oblasti manažerských znalostí a dovedností. Praxe ukazuje, že podcenění této disciplíny může vést k vysokým finančním ztrátám a nevylučuje katastrofický stav – nevratné změny vedoucí k ukončení činnosti. Management rizik je tedy souhrn činností sloužících k poznání, ocenění a minimalizaci rizik.

Norma IEC 62198 stanoví, že riziko je přímo spojeno s každým projektem, s každým procesem a s každým rozhodnutím po celý život projektu. Riziko je nutné ovládat v každé etapě projektu. Základním krokem procesu managementu rizika je zjišťování rizik. Každé zjištěné riziko má být zaznamenáno, podrobno posuzování rizika, ošetření rizika a postupu jeho přezkoumání a monitorování. Souvislosti rizika, které mohou omezovat nebo přesměrovat projekt, mají být přesně vymezeny. Je nutno uvážit kritéria přijatelnosti a únosnosti rizika.

Management rizika je zásadně závislý na zjišťování rizik. Při zjišťování rizik se mají použít všechny prakticky použitelné zdroje, stejně jako dopad rizik na všechny cíle projektu. Je nutno zohlednit rizika, která se vztahují k souladu se zákony a nařízeními, k zabezpečení (security), spolehlivosti, odpovědnosti za škody, bezpečnosti (safety), zdraví a životnímu prostředí.

Jako určující jsou normy STN EN 60079, IEC 300 a STN EN 60300, STN EN 50174, STN EN 50495, STN EN 61010, EN 62198 v podobě ČSN EN 62198, STN EN 62305 s STN EN 60812, STN EN ISO 12100, STN EN ISO 13849, stejně jako STN IEC 31000. Z pohledu prevence rizika jsou stejně důležité normy STN 332000-4-482, STN 33200-5-54, STN 332000-5-534, STN 332000-5-56, ale i STN 332030, STN 332340 nebo STN 333060. Účinný management rizik v sobě musí vždy zahrnovat analýzu rizik, hodnocení rizik a řízení rizik.

Analýza rizik znamená systematické použití dostupných informací k identifikaci potenciálního nebezpečí, odhadu rizika s ohledem na ochranu života, zdraví, majetku a životního prostředí.

Hodnocení rizika je proces, při kterém se utváří úsudek o přijatelnosti rizika na základě analýzy rizika a při kterém se berou v úvahu sociálně-ekonomické a environmentální faktory.

Řízení rizika je proces rozhodování pro zvládnutí a/nebo snížení rizika, realizace rozhodnutí, jeho prosazení a opakované hodnocení s použitím výsledků posuzování rizika jako vstupních údajů. Analýza rizika spolu s hodnocením rizika se nazývá dohromady posuzování rizika. Analýza, hodnocení a řízení představují management rizika.

Proces managementu rizika porovnává výsledky analýzy rizika s kritérii přijatelnosti (sociální, ekonomická, politická, legislativní...). Posuzuje možná řešení, rozhoduje a realizuje opatření ke snížení rizika a sleduje jejich účinnost.

Analýza rizik je vždy týmová činnost. Členové týmu musí být kompetentní, musí znát metody využitelné pro analýzu rizik, musí mít příslušnou odbornou způsobilost a to vše musí být specifikováno a zaznamenáno. Vlastní práce pak probíhá v následujících krocích:

1. Stanovení rozsahu platnosti: důvody (cíle, kritéria úspěšnosti), definice systému (popis, rozhraní, prostředí, energie, materiály, informační toky, provozní podmínky...), zdroje informací (právní, normativní, organizační, lidské...), předpoklady a omezení, požadované výstupy a rozhodnutí (kompetence).

2. Identifikace nebezpečí a počáteční vyhodnocení následků. Na základě výsledků se volí z následujících postupů: zavedení nápravných opatření, ukončení analýzy, pokračování odhadem rizika.
3. Odhad rizika: analyzují se všechny možné příčiny - četnosti (odhad pravděpodobnosti výskytu na základě údajů z minulosti, simulací a analýz, znaleckých posudků), - následků (závažnost následků spojených s nebezpečím z pohledu možného dopadu vzhledem k podobným událostem z minulosti, popis následků, existující opatření ke zmírnění následků, možné pozdější a sekundární škody), – výpočet rizik (předpověď škod, vrstevnicový graf rozdělení pravděpodobnosti rizika), – odhad nejistot (analýza citlivosti na změny parametrů zvoleného modelu).
 - bezpečnostní prohlídka (Safety Review - SR),
 - analýza kontrolním seznamem (Checklist Analysis - CA),
 - relativní klasifikace (Relative ranking - RR),
 - předběžná analýza zdrojů rizika (Preliminary hazard analysis - PHA),
 - analýza „Co se stane, když ...“ („What if?“ – W-I),
 - studie nebezpečí a provozuschopnosti (HAZOP),
 - analýza způsobů a důsledků poruch (Failure Mode and Effects Analysis - FMEA),
 - analýza stromu poruch (poruchových stavů) (Fault Tree Analysis - FTA),
 - analýza stromu událostí (Event Tree Analysis - ETA),
 - analýza příčin a následků (Cause-Consequence Analysis - CCA),
 - analýza lidské spolehlivosti (Human Reliability Analysis - HRA).
4. Řízení rizika: Cílem je poznat počáteční rizika eliminovat, redukovat a následně minimalizovat nejlépe do úrovně tzv. zbytkového rizika. Také zbytková rizika by měla být stanovena a v maximální míře popsány jejich následky. Není možné a mnohdy ani vhodné vyloučit všechna rizika. Součástí přístupu bývá řešení LOPA (vrstev ochranného přístupu) a k tomu řešení SIL (úrovně bezpečnostní integrity).

Souhrn praktických postupů k zajištění správného projektu a odtud k účinným opatřením má obsahovat následující klíčové body:

- Uzemnění, vyrovnání potenciálu a volbu vhodné soustavy napájení
- Uplatnění konceptu ochranných zón
- Dimenzování kabelů a vodičů včetně stanovení vhodných rozvodných tras
- Výběr konceptu stínění a vyrovnání potenciálu pro datové a informační systémy.
- Vytvoření soustavy vyrovnání potenciálu pro datové linky a linky měření a regulace
- Vyhledání cest případných rušivých proudů v linkách a jejich přerušení
- Vyhledání možných míst rozdílu potenciálů a jejich vzájemná izolace
- Volba EMC opatření – izolace a stínění rušivých polí

- Volba EMC opatření – odrušení a filtrace harmonických u zdrojů rušení
- Volba EMC opatření – ochrany proti impulznímu rušení a vf filtrace rušivých vlivů na straně přístrojů

LEGISLATIVA V OBLASTI OCHRANY PŘED VÝBUchem

V oblasti ochrany před výbuchem platí jednotná evropská legislativa, která má dvě základní úrovně. Vrcholovou úrovní, která je platná pro všechny členské státy Evropské unie, je tzv. direktiva ATEX (z francouzského Atmosphère Explosif - výbušná atmosféra). Obdobně pro tlakové nádoby platí direktiva PED, pro elektromagnetickou kompatibilitu direktiva EMC...

Direktiva ATEX obsahuje dvě evropské směrnice, označené 94/9/EC - ATEX 100 (nebo ATEX 100a) a 99/92/EC (ATEX 137). Každý členský stát přijal tyto direktivy do svého právního řádu na úrovni zákona a mohl jejich dopady zpřísnit (nesměl je však zmírnit).

NAŘÍZENÍ ATEX 100

Cílem tohoto nařízení je zajistit shodnou minimální úroveň bezpečnosti výrobků určených do prostředí s nebezpečím výbuchu. Definuje povinnosti pro výrobce a dodavatele zařízení, ti musí zajistit odpovídající procedury pro uvedení výrobku na trh a vydání ES Prohlášení o shodě, musí zajistit odpovídající značení výrobku a zajištění všech jeho náležitostí.

NAŘÍZENÍ ATEX 137

Cílem nařízení je zajistit shodnou minimální úroveň bezpečnosti práce ve všech členských státech EU. Za tímto účelem definuje povinnosti pro zaměstnavatele, ti musí zajistit danou úroveň bezpečnosti pro zaměstnance. Výstupem je vypracování dokumentace o ochraně před výbuchem (DOPV), její udržování v aktuální podobě a zejména realizace opatření z této dokumentace plynoucí (realizace zabezpečení proti výbuchu tam, kde je to nutné).

Požadavek spolehlivé instalace stanoví také podmínku dobrého vyrovnání potenciálu a vzájemné součinnosti vnějšího a vnitřního hromosvodu, soustavy pro vyrovnání potenciálu a ochranné soustavy před nebezpečným dotykovým napětím, zamezení přeskoků a jiskření, zamezení nežádoucích ohřevů, plus návaznost určených svodičů přepětí ve sdělovacích, informačních a řídicích obvodech na vnitřní hromosvod a ochranu před přepětím v instalaci napájení objektu. Jako určující jsou zákonem a prováděcí vyhláškou dány normy STN 33 2130 (plus TNI 33 2140), STN EN 62305, STN EN 61508, dále pak STN EN 50310, STN

EN 50173 a STN EN 50174. Výběr ochranných opatření proti bleskem indukovanému přepětí a požadavků na instalaci zařízení pro ochranu před přepětím musí být proveden v souladu s řadou STN 332000 a souborem EN 61643 / IEC 61643.

Otázku odvodu bleskových proudů, jejich rozdílení do jednotlivých svodů, otázku přeskoků a bezpečných vzdáleností by projektant měl řešit v souladu s normou STN EN 62305, která se těmito otázkám věnuje v podstatně větším rozsahu. Předkládá návod, jak postupovat v případě ohrožení objektu, jeho vybavení, osob a živočichů v objektu a jeho blízkosti, stejně jako kulturních, historických, ekonomických hodnot. Normy stanoví požadavky na soustavy uzemnění a pospojování u budov, v rámci kterých se připouští, že uzemňovací soustavou se nevyhnutelně šíří bludné proudy, na stavbě není možné odstranit všechny zdroje rušení, jsou nevyhnutelné uzemňovací smyčky. Normy doporučují zavedení síťové uzemňovací soustavy typu D, tedy pospojování ve všech kříženích sítě a mezi sítí a zařízením.

Při výběru systému pro vedení kabelů se bere v úvahu intenzita elektromagnetických polí podél trasy, dovolené úrovně vedených a vyzařovaných emisí, typ kabeláže, kategorie symetrických kabelů, kvalita pospojování k vyrovnání potenciálů v budově, odolnost zařízení připojených k systémům kabeláže informačních technologií a ostatní omezení prostředím (vlivy chemické, mechanické, klimatické, požární atd.). Směšování stíněných a stíněných součástí v kanálu může způsobit, že přenosové vlastnosti budou nepříznivě ovlivněny a budou realizovány pouze v souladu s pokyny výrobců a dodavatelů. Při návrhu instalace se musí zvážit, že stínění kabeláže má vliv na elektromagnetické vlastnosti stíněné kabeláže. Připojení zařízení na instalovanou stíněnou kabeláž, která byla uzemněna pouze na jednom konci, může mít za následek patřičné uzemnění na obou koncích. Elektromagnetické stínění u kovových nebo kompozitních systémů pro vedení kabelů, které jsou uplatňovány zvláště pro poskytnutí stínění kabelů informačních technologií, v nich uložených.

Doporučuje se, aby vodiče pospojování byly připojeny mezi vodivými systémy pro správu kabeláže a vodiči pro kruhové pospojování. Místní síťovou uzemňovací soustavu užijeme instalovanou jak v rámci hvězdicové, tak i kruhové uzemňovací soustavy. Tyto uzemňovací soustavy vytvářejí místní síťové izolované soustavy pospojování (MESH-IBN). Mezi místní síťovou uzemňovací sítí a hlavní soustavou vyrovnání potenciálu zahrnující hlavní ochrannou svorku musí být spojení. U sítě vyrovnání potenciálu se ve velkých nebo veškerých prostorách budov vyžaduje síťová uzemňovací soustava (MESH-BN), která poskytuje elektricky spojitou uzemňovací soustavu s nízkou impedancí. Podrobné příklady zásad provedení MESH-BN uvádí třeba ETSI EN 300 253.

Elektromagnetické rušení v nechráněném místě nebo požadavek bezpečnosti provozu si může navíc vyžádat zajištění stíněných místností, jako další požadavek k soustavě vyrovnání potenciálu. Aby bylo dosaženo vyhovujících vlastností, může být požadována plocha s referenčním potenciálem soustavy (SRPP). Uzemnění a pospojování instalovaných částí elektricky vodivého nosného systému musí být v souladu s STN EN 50174. Umístění tras

by se mělo maximální měrou vyhnout místním zdrojům tepla, vlhkosti nebo vibrací, které zvyšují riziko poškození konstrukce kabelu nebo změnu jeho provozně-technických vlastností. Trasy by neměly být ukládány v prostorách pro hromosvod a ve výtahových šachtách. Kde jsou nezbytné skryté trasy, je upřednostněna jejich horizontální nebo vertikální orientace. Kabely, které se instalují jako záložní, by měly být uloženy v oddělených trasách.

Požadavky na odstup jsou zadány s ohledem na elektromagnetické rušení (EMI). Místní předpisy pro bezpečnost mohou obsahovat rozdílné požadavky na odstup. Za těchto okolností má bezpečnost nejvyšší prioritu, ale více naléhavé požadavky musí mít přednost.

Kabely rozvodů napájení a kabely informačních technologií nesmějí být ve stejném svazku. Rozdílné svazky musí respektovat požadavky na odstup. Kde procházejí kabely rozvodů napájení požární přepážkou je možné snížit požadavky na odstup za předpokladu, že celková vzdálenost, na které se vyskytne snížení odstupu, není vyšší než je tloušťka požární přepážky plus oboustranně 0,5 m a že kabely informačních technologií a kabely napájení jsou uloženy v oddělených nosných systémech.

Požadavky na odstup musí být uplatněny tam, kde je kabeláž informačních technologií instalována v blízkosti vyjmenovaných zdrojů EMI. Odstup metalické kabeláže informačních technologií a kabeláže rozvodů napájení za předpokladu smíšeného ložení stíněných a nestíněných kabelů stanoví s požadavky a doporučeními na nestíněné a stíněné kabely v souladu se souborem STN EN 50288 společně s ostatními symetrickými a nesymetrickými kabely (včetně koaxiálních). Tam, kde je to vhodné, jsou požadavky a doporučení konkrétní ke specifikacím zvláštních kabelů. Požadavky na minimální odstup se uplatňují ve třech dimenzích. Při křížení kabelů informačních technologií s kabely rozvodů napájení musí být dodržen úhel jejich křížení na 90° na jedné straně křížení a na vzdálenost, která není menší než je příslušný požadavek na minimální odstup.

STAVBA ZEMNĚNÍ A VOLBA SOUSTAVY NAPÁJENÍ

Zemnicí soustava je důležitá při procesech vypínání, při ochraně proti úrazu elektrickým proudem, ohrožení požárem nebo vzplanutím stejně jako při situacích po výboji blesku nebo výskytu impulsního přepětí. Schopnost odvedení chybového proudu, nízká impedance systému, odstranění vícenásobných náhodných spojů neutrálního vodiče na uzemnění stejně jako instalace dostupných přípojných bodů jsou základní požadavky na udržitelný systém zemnění.

Parametry dané normami STN EN 332000-4-41 a 332000-4-45 jsou zaměřeny na ochranu osob, nevyhovují ale obecně pro zajištění elektromagnetické kompatibility objektu. Soustava vyrovnaní potenciálu má jiné parametry a je budována odděleně, i když je s ochrannou soustavou vícebodově propojena, Ekvipotenciální soustava je vytvářena jako mřížová – pouze výjimečně jako hvězdicová. Pokud je soustava hvězdicová, je nutno dbát na vzájemné nepropojování jednotlivých hvězdic na jejich vývodech – zde by mohlo docházet k vyrovnávání potenciálu mezi větvemi základní hvězdice a k EMC problému.

Prostor vyrovnání potenciálu (PAS area) je vytvářen jako především kruhový (nouzově hvězdicový) systém, ke kterému jsou připojeny všechny neživé části - kostry a skříně zde umístěných elektrických přístrojů a zařízení. Tak vzniklé prostory jsou pak připojeny v jediném bodě na centrální soustavu. Řešení hvězdicí vyhovuje pouze při vzájemně elektricky oddělených provozních celcích – jinak je důrazně doporučeno vytvářet soustavu mřížovou. V mřížové soustavě jsou jednotlivé prostory PAS připojeny nejen k centrálnímu bodu HPAS, ale také propojeny navzájem, s využitím kovových částí budovy a ostatních instalací. Tak vzniká mnohonásobné propojení mezi kostrami a neživými částmi a vytváří se další ekvipotenciální soustava. Obecně platí, že čím častější je vzájemné pospojení, tím stabilnější (a účinnější) je i stínění prostoru vůči nežádoucím elektromagnetickým vlivům. Systém zemnění by proto měl mít samostatný připojovací bod na každých 100 čtverečních metrů podlahové plochy.

Podstatnou výhodou je, že případné unikající, vyrovnávací a bludné proudy jsou rozprostřeny přes celý ekvipotenciální systém a jejich vliv na elektrickou instalaci je tím značně potlačen. Minimální průřezy vodičů v soustavě vyrovnání potenciálu jsou dány standardem STN EN 332000-5-54 a pro hromosvodnou soustavu v normě STN EN 62305.

Další podstatný prvek tvorby ochranného systému je použitá soustava sítě. Kromě soustav TT a (v odůvodněných případech) IT je nejvíce využívána soustava TN v „úsporné“ konfiguraci TN-C-S. Společný ochranný vodič je využit k rozvodu potenciálu středního bodu – PEN. Pokud ale chceme vytvořit soustavu s trvale účinnou EMC – slučitelnosti provozu a malého vzájemného ovlivňování elektrických přístrojů a zařízení – musíme zaručit, že všechny rušivé proudy budou účinně odděleny a odvedeny ke zdroji napájení nebo do zemnění.

Tento požadavek není splněn, pokud je použita soustava TN-C-S s dělicími body v podružných a/nebo místních rozvaděčích. Společný PEN vodič je zatěžován jak zpětnými, tak i vyrovnávacími a rušivými proudy. Pak dochází k chybovým stavům, vzniklým dodatečnými vyrovnávacími proudy mezi přístroji – proudy ale procházejí jinudy než napájecí soustavou.

Pětivodičová nebo šestivodičová soustava napájení umožňuje oddělit zpětné a interferenční proudy a vrátit vodiči PE ochrannou funkci. Tento stav platí s jistotou – pokud je v celé stavbě vytvořen pouze jediný propoj mezi neutrálním a ochranným vodičem. Vznikají tři soustavy zemnění: PE – protective earth, PG – protective ground a PM – protective mass.

Seznam předpisů s vazbou k ochraně před výbuchem - není zcela kompletní vzhledem k tomu, že celá řada norem se výbuchu věnuje pouze okrajově. Rovněž zde nejsou vyjmenovány všechny jednotlivé normy pro elektrické instalace, pouze jejich hlavní řada.

Nařízení vlády pokrývají:

- Technické požadavky na zařízení nízkého napětí
- Technické požadavky na zařízení a ochranné systémy určené pro použití v prostředí s nebezpečím výbuchu
- Technické požadavky na strojní zařízení
- Technické požadavky na tlaková zařízení
- Požadavky na zajištění BOZP v prostředí s nebezpečím výbuchu
- Technické požadavky na výrobky z hlediska elektromagnetické kompatibility (EMC)

VYBRANÉ NORMY

STN 07 0703 - Kotelny se zařízeními na plynná paliva

STN EN 12215 - Lakovne. Striekacie kabíny na nanášanie kvapalných organických náterových materiálov

STN 13 6651 - Nepriebojné poistné armatúry : požiadavky na účinnosť, skúšobné metódy a obmedzenia pri ich použití

STN 33 2000-3 - Elektrotechnické předpisy

STN 33 2032 - Bezpečnosť práce. Zabezpečenie pred výbojmi statickej elektriny.

STN 38 9683 - Stanovenie spontánneho správania pri iniciácii nahromadeného prachu.

ČSN EN 60 896 - Staniční olověné baterie

STN EN ISO 12100-1 - Bezpečnosť strojových zariadení

STN EN 1127-1 - Výbušné atmosféry. Prevencia a ochrana pred výbuchom

STN EN ISO 16852 - Poistné armatúry proti prenosu plameňa. Požiadavky

STN EN ISO/IEC 80079-34 - Výbušné atmosféry. Používanie systémov kvality pri výrobe

STN EN 14 373 - Systémy na potlačení výbuchu

STN EN 14 460 - Zariadenie odolné proti výbuchu

STN EN 14 491 - Ochranné systémy na uvoľňovanie tlaku pri výbuchu prachu

STN EN 14 494 - Ochranné systémy pro odlehčení výbuchu plynů

STN EN 14 756 - Stanovení mezní koncentrace kyslíku (LOC) pro hořlavé plyny a páry

STN EN 14 797 - Zariadenia na uvoľňovanie tlaku pri výbuchu

STN EN 15233 - Metodika posudzovania funkčnej bezpečnosti ochranných systémov

STN EN 15089 – Systémy na izolovanie výbuchu

STN EN 50177 - Zariadenia na elektrostatické nanášanie práškových náterových látok

STN EN 50272-2 - Bezpečnostné požiadavky na akumulátorové batérie a inštalácie batérií.

STN EN 60079 - Výbušné atmosféry. Návrh, výber a montáž elektrických inštalácií

STN EN 61241 - Elektrické zariadenia do priestorov s horľavým prachom

STN EN 61508 - Funkčná bezpečnosť elektrických/elektronických/programovateľných elektronických bezpečnostných systémov

NFPA 69:2014 - Explosion Prevention Systems Pertains to the design, installation, operation, maintenance, and testing of systems for the prevention of explosions

Předpis VDI 3673 - Druckentlastung von Staubexplosionen. Pressure venting of dust explosion

*Kontaktné údaje: Ing. Edmund PANTŮČEK, súdny znalec v oboru elektrotechnika,
člen Komory soudních znalců a EUROEXPERT, Brno ČR
e-mail: ed_pantucek@volny.cz
mobil: +420 720 500 707*