

Principy jiskrově bezpečných zařízení

Příspěvek stručně uvádí do problematiky tzv. jiskrové bezpečnosti, jednoho ze základních způsobů ochrany před iniciací výbušných směsí působením elektrických zařízení. Zmíněny jsou principy a výhody ochrany s využitím jiskrově bezpečných obvodů, kategorizace jiskrově bezpečných zařízení a prostředky k oddělení jiskrově bezpečných obvodů od navazujících zařízení včetně řešení pro současné distribuované řídicí systémy využívající průmyslové komunikační sběrnice.

Úvod

Technika jiskrové bezpečnosti byla vyvinuta v Anglii pro účely důlní signalizace po vážném důlním neštěstí v roce 1913. První osvědčení pro povrchové aplikace bylo vydáno v roce 1936 a první závazná norma v roce 1945. Od 60. let se datuje, díky rozvoji polovodičové techniky, masivní rozmach používání jiskrově bezpečných zařízení při řízení technologických procesů. V mnoha provozech chemického, petrochemického a potravinářského průmyslu nebo plynárenství je v provozním prostředí přítomna výbušná směs hořlavých plynů a par se vzduchem (s obsahem kyslíku) nebo s jiným oksyličovadlem o takové koncentraci, že může být zažehnutá řetězová reakce hoření zvaná výbuch. Výroba v takovýchto provozech musí být uskutečňována za přísných bezpečnostních opatření, aby se předešlo zničení technologie nebo ztrátám na životě nebo zdraví obsluhy. Samozřejmě je v tomto prostředí nutné zabezpečit všechna použitá elektrická zařízení.

Způsoby iniciace výbušné směsi

Při spínání nebo rozepínání činných elektrických obvodů nastává jiskření na kontaktech, které může být příčinou iniciace okolní výbušné směsi. Jiskření vzniká jak při běžné činnosti zařízení (stisk tlačítka, sepnutí relé apod.), tak při poruchových stavech (zkratky na vedení, poruchy součástí atd.)

K iniciaci přítomné výbušné směsi je do jejího určitého objemu (nejméně 1 až 2 mm³) třeba v krátkém časovém úseku dodat dostatečné množství energie. Při hoření menšího než kritického množství je směs vydatně ochlazována okolními vrstvami plynu, takže tepelná reakce se nemůže rozšířit do okolí a spalování je omezeno pouze na oblast bodového zdroje energie. Při zapálení dostatečného objemu směsi se zároveň prohřeje okolní vrstvy plynů a rozšíří se proces výbuchu, doprovázený růstem teploty a tlaku. Za předpokladu vhodné koncentrace směsi jsou určujícím činitelem pro iniciaci jejího zapálení parametry elektrického obvodu. Podle těchto parametrů se elektrické obvody dělí na:

- obvody s převažující indukčností,
- obvody s převažující kapacitou,
- obvody ohmické se zanedbatelnou indukčností a kapacitou.

Jiskry indukčního charakteru se vyznačují relativně dlouhou dobou trvání. Hustota proudu je u tohoto druhu výboje velmi malá. Při poklesu napětí mezi elektrodami výboj zhasíná, avšak po vzrůstu napětí může být obnoven. V obvodech se střídavým proudem je navíc situace komplikována závislostí indukovaného napětí na okamžiku přerušení obvodu. Kvalitu výboje významným způsobem ovlivňují také kontakty

(ochlazování výboje, materiál, rychlost přerušení obvodu apod.) a charakter okolní atmosféry (vlhkost, agresivita směsi apod.).

Zcela odlišný je mechanismus zapálení výbušné směsi *jiskrou kapacitního charakteru*. U obvodů s nízkým napájecím napětím zůstává při uzavírání kontaktu mezi dvěma částmi obvodu plné napětí až do okamžiku, kdy je vzdálenost mezi nimi taková, že intenzita elektrického pole je přibližně 106 V/cm. Poté následuje průraz a vznik elektrického oblouku.

Někdy může dojít k zapálení výbušné směsi elektrickou jiskrou *v obvodech ryze ohmických* (tj. se zanedbatelnou kapacitou a indukčností). Základním kritériem pro posuzování tohoto typu obvodů jsou okamžité hodnoty procházejícího proudu a napětí zdroje.

Současně je nutné brát v úvahu možnost zapálení výbušných směsí tepelnými účinky proudů neboli nadměrným oteplením povrchů exponovaných součástí. K nim je třeba počítat vodiče malých průřezů, tavné pojistky, žárovky, rezistory, integrované obvody apod. Rozdělení obvodů do jednotlivých teplotních tříd ukazuje tab. 1.

Tab. 1. Teplotní třídy

Maximální teplota povrchu	Teplotní třída
450 °C	T1
300 °C	T2
200 °C	T3
135 °C	T4
100 °C	T5
85 °C	T6

Na základě množství experimentů v laboratořích bylo zjištěno, že existují dva hlavní mechanismy vznícení výbušné atmosféry, a to buď jiskrou nebo horkým povrchem zařízení. Na základě tohoto poznatku byl definován systém přiřazení plynů do skupin podle náročnosti jejich zapálení jiskrou nebo horkým povrchem. Každá skupina se pro zjednodušení označuje obecným reprezentativním plynem. Klasifikace plynů je v *tab. 2*.

Tab. 2. Klasifikace plynů z hlediska jejich nebezpečnosti

Oblast použití	Klasifikace plynů	Reprezentant skupiny	Měřítko nebezpečnosti
chemický průmysl (povrchové aplikace)	II C	vodík, acetylen	nebezpečnější
	II B	etylen	
	II A	propan	méně nebezpečné
důlní aplikace	I	metan	

Výše uvedené vlivy (jiskra, teplota) nelze exaktně definovat, a proto je nutné vlastnosti elektrických obvodů z hlediska jejich schopnosti zapálit směs plynů či par se vzduchem ověřovat na zkušebním zařízení. Pro předběžné posouzení zápalných hodnot lze použít tzv. zápalné křivky uvedené v ČSN EN 60079 - 11.

Klasifikace prostředí

Tab. 3. Klasifikace prostředí s nebezpečím výbuchu

Evropské země	USA a Kanada
<p>Zóna 0: Prostor, ve kterém je výbušná směs plynu se vzduchem přítomna stále nebo se vyskytuje v dlouhých periodách (dříve se v ČR označovala jako SNV 3).</p>	<p>Division 1: Nebezpečná koncentrace hořlavých plynů, par nebo výbušné směsi prachu je za běžného provozu přítomna trvale, přerušovaně nebo periodicky.</p> <p>Division 2: Hořlavé kapaliny nebo plyny jsou přítomny, ale za běžných podmínek jsou uzavřeny v zásobnících nebo systémech, ze kterých mohou uniknout pouze při výjimečných provozních situacích.</p>
<p>Zóna 1: Prostor, ve kterém může vzniknout výbušná směs plynu se vzduchem za běžného provozu (dříve se v ČR označovala jako SNV 2).</p>	
<p>Zóna 2: Prostor, ve kterém nemůže výbušná směs plynu se vzduchem za běžného provozu vzniknout nebo může vzniknout pouze na krátké období (dříve se v ČR označovala jako SNV 1).</p>	

Princip jiskrové bezpečnosti

Princip jiskrově bezpečných (dále JB) zařízení spočívá v omezení množství elektrické energie dodávané do elektrických obvodů z napájecích zdrojů a akumulované součástmi elektrických obvodů. Zajištění bezpečnosti tedy spočívá ve vhodném zapojení, v systematickém výběru součástí a v jejich vhodném konstrukčním uspořádání. Z tohoto hlediska lze za výstižné označení JB zařízení pokládat německé *eigensicherheit* anebo anglické *intrinsic safety*, jež jsou překládány také jako *vnitřní* anebo *vlastní* bezpečnost. Jiskrová bezpečnost je vlastně technika malého příkonu, kterou sice nelze použít pro výkonové zařízení, ale je vhodná pro průmyslovou a přístrojovou techniku.

Výhody ochrany s využitím JB obvodů

Oproti ostatním typům ochrany před iniciací výbušné směsi elektrickými zařízeními (pevný závěr, zajištěné provedení apod.) poskytují JB zařízení následující výhody, které podnítily jejich značné rozšíření:

- nejsou nutné žádné speciální mechanické konstrukce přístrojů určených pro použití v prozozech s hrozícím nebezpečím výbuchu (menší hmotnost, menší výrobní náklady);
- při zachování bezpečnostních a funkčních hodnot elektrických obvodů lze JB zařízení volně spojovat mezi sebou;

- jde o jediný způsob ochrany před nebezpečím výbuchu použitelný v Zóně 0 (pouze kategorie ia – viz dále);
- údržbu a servis JB zařízení lze vykonávat během jejich činnosti, aniž jsou nutná náhradní bezpečnostní opatření (nižší provozní náklady).

Jiskrově bezpečná zařízení se s úspěchem používají pro obvody s relativně nízkým příkonem, což směřuje jejich použití zejména do oblasti automatizační a řídicí techniky.

Zařazování, kategorie a certifikace JB zařízení

Jiskrově bezpečná zařízení musí splňovat požadavky harmonizovaných norem ČSN EN 60079 - 14 *Všeobecné požadavky na nevýbušná zařízení* a ČSN EN 60079 - 11 *Jiskrově bezpečná zařízení*.

Podle ČSN EN 60079.. lze JB zařízení obecně rozdělit takto:

kategorie i_a (možnost umístění do Zóny 0, 1 nebo 2 podle ČSN EN 60079-14): elektrická zařízení kategorie ia nesmí iniciovat výbušnou směs při normální činnosti, při jedné poruše a při jakékoliv kombinaci dvou na sobě nezávislých poruch; *kategorie i_b* (možnost umístění do Zóny 1 nebo 2 podle ČSN EN 60079-14): elektrická zařízení kategorie ib nesmí iniciovat výbušnou směs v normálním provozu a při jedné poruše.

Zkouškami a certifikací JB zařízení je zákonem 23/2003 Sb. pověřena Autorizovaná osoba č. 210, reprezentovaná Fyzikálně technickým zkušebním ústavem (FTZÚ) v Ostravě-Radvanicích.

Oddělení JB obvodů od navazujících zařízení

Bezpečné oddělení JB obvodů od navazujících elektrických zařízení se realizuje oddělovacími členy, jež zajišťují omezení výkonu směrem k JB zařízení a současně převádějí signál k vyhodnocovacímu zařízení, umístěnému mimo nebezpečný prostor.

Na *obr. 1* je ukázán příklad zapojení JB obvodu s použitím oddělovacího členu s aktivním vstupem/výstupem (používá se např. pro oddělení analogových snímačů s dvou vodičovým připojením, solenoidových ventilů apod.). Pro správnou funkci JB obvodu je nezbytné zajistit, aby maximální bezpečné hodnoty elektrických parametrů oddělovacího členu U_o , I_o a P_o byly menší než bezpečné hodnoty elektrických parametrů JB zařízení U_i , I_i a P_i . Současně musí být hodnoty C_o a L_o větší, než jsou maximální přípustné hodnoty C_i a L_i . Význam jednotlivých symbolů je takovýto (ČSN EN 60079 - 11):

- U_i, I_i – maximální hodnoty napětí (proudu), které mohou být přivedeny na svorky JB zařízení bez porušení jiskrové bezpečnosti;
- P_i – maximální vstupní výkon do JB obvodu, který může být spotřebován v elektrickém zařízení při jeho připojení k vnějšímu zdroji bez porušení jiskrové bezpečnosti;
- C_i, L_i – celková ekvivalentní vnitřní elektrická kapacita (indukčnost), která se může objevit na svorkách zařízení;
- U_o – maximální výstupní napětí naprázdno v JB obvodu, které může vzniknout na svorkách zařízení při napájení napětím v rozsahu až do maximálního napětí;
- I_o – maximální proud v JB obvodu, který může být odebírán ze svorek zařízení;
- P_o – maximální elektrický výkon v JB obvodu, který může být odebírán ze zařízení;

Hodnoty U_i, I_i, P_i, C_i a L_i jsou zpravidla uvedeny v technickém popisu JB zařízení nebo v příslušném certifikátu vydaném k tomuto zařízení zkušebnou a hodnoty U_o, I_o a P_o v technickém popisu oddělovacího členu nebo také v příslušném certifikátu vydaném zkušebnou.

Prostředky k oddělení JB obvodů od navazujících zařízení

Jiskrově bezpečné obvody se od navazujících elektrických zařízení oddělují tzv. Zenerovými bariérami (často označovanými pouze „bariéry“) a galvanickými oddělovači.

Zenerovy bariéry

Nejrozšířenějším prostředkem k oddělení JB obvodů od navazujících elektrických zařízení jsou Zenerovy bariéry, jejichž funkce je patrná ze základního zapojení na *obr. 2*.

V nejjednodušším zapojení je Zenerova bariéra složena z rezistoru, Zenerovy diody a pojistky. Rezistor s odporem R je určen k omezení výstupního proudu, Zenerova dioda vymezuje maximální výstupní napětí a současně slouží jako ochrana omezujícího rezistoru a pojistka plní úlohu ochrany Zenerovy diody před přetížením. Odpor rezistoru a hodnoty Zenerovy diody a pojistky jsou proměnné v závislosti na bezpečnostních parametrech navazujícího JB zařízení. JB obvod je tedy chráněn omezením výstupního napětí U_{out} a proudu I_{out} .

Pro správnou bezpečnostní funkci Zenerovy bariéry je nutné:

- zkontrolovat bezpečnostní hodnoty bariéry v porovnání s chráněným JB zařízením;
- zkontrolovat funkční parametry bariéry a chráněného zařízení;
- umístit bariéru do prostoru bez nebezpečí výbuchu;
- bariéru správně uzemnit (hodnota zemního odporu včetně zemního vedení nesmí být větší než 1Ω).

Vzhledem ke své ceně, malým rozměrům a široké řadě různých typů vyhovujících většině požadavků na elektrické parametry patří Zenerovy bariéry k nejčastěji

používanému způsobu oddělení JB obvodů od navazujících elektrických zařízení. Jednoduchý způsob montáže (většinou na lištu DIN se společným uzemněním – obr. 3, obr. 4) a možnost sdružit do jedné bariéry několik kanálů šetří čas potřebný k instalaci bariéry a náklady na kabelové rozvody. Bariéry jsou dodávány s výměnnými nebo pevně zabudovanými pojistkami (zpravidla od 50 do 160 mA). Při návrhu bariéry je nutné brát ohled na úbytek napětí na omezovacím odporu bariéry a také na její řádné uzemnění.

Galvanické oddělovače

Většina galvanických oddělovačů je aktivních a využívá k oddělení JB a ostatních obvodů transformátory, optoelektronické členy, relé apod. Příklad struktury galvanického oddělovače je na obr. 5. Oddělovače jsou dnes nepatrně větších rozměrů Zenerovy bariéry. Většina oddělovačů dovoluje, na rozdíl od bariér, převádět oddělovaný signál na normalizovaný (nebo speciální) výstup. Oddělovače rovněž umožňují napájení JB zařízení stejnosměrným proudem (průtokoměry, plovákové hladinoměry, snímače tlaku, snímače teploty apod.). Hlavní výhodou je galvanické oddělení napájecího zdroje od vstupních i výstupních obvodů, nepotřebnost zemnění, nepotřebnost dalšího napájecího zdroje a odolnost proti rušení signálu.

Galvanické oddělovače se nejčastěji dodávají ve verzi pro montáž na lištu DIN, kde mohou být umístěny společně se Zenerovými bariérami. Oddělovače nevyžadují zemnění. V některých případech se však jejich uzemnění doporučuje jako ochrana proti průniku nízkého napětí na kostru zařízení nebo pro zvýšení odolnosti vůči elektromagnetickému rušení. Zemnění se smí provádět pouze na jedné straně JB obvodu a nejsou na něj kladena kritéria jako u Zenerových bariér (1Ω včetně zemního přívodu), což může někdy být nerealizovatelný nebo drahý požadavek.

Způsobů provedení a konstrukce galvanických oddělovačů je mnoho a nabízejí množství zajímavých funkcí (sledování integrity JB obvodu, několikanásobný výstupní signál, zabudování optických indikátorů stavu oddělovače apod

Použití galvanických oddělovačů může být přímo nevyhnutelné zvláště v prostředích bez možnosti uzemnění nebo v prostředích se silným elektromagnetickým (popř. rádiovým) rušením, proti kterým jsou oddělovače vesměs imunní. Tyto vlastnosti předem určují galvanické oddělovače k použití v náročných a exponovaných provozech.

Ing. Tomáš Wurzel
MM GROUP, s.r.o.

Čerpáno z veřejně dostupných zdrojů