

CHEMICKÝ PRŮMYSL

CHYBY PŘI NAVRHOVÁNÍ A INSTALACI POJISTNÝCH VENTILŮ V CHEMICKÉM PRŮMYSLU

MARTIN RŮŽIČKA a TOMÁŠ HERINK

Orlen Unipetrol RPA, Záluží 1, Litvínov-Záluží 436 70
Tomas.Herink@unipetrol.cz

Došlo 10.3.21, přijato 14.4.21.

Klíčová slova: pojistný ventil, tlaková ztráta, protitlak, chattering, vibrace, akustická rezonance

Obsah

1. Úvod
2. Typy pojistných ventilů
3. Návrh a instalace pojistných ventilů
4. Časté chyby v návrhu a instalaci pojistných ventilů
5. Závěr

1. Úvod

Pojistné ventily jsou klíčová a nezastupitelná zařízení pro zajištění bezpečného provozu chemických provozů a prevenci mimořádných událostí, navržena uvolnit přebytečný tlak ze systému, a tím ochránit tlakovou nádobu či tlakový systém proti přetlaku a následnému poškození. Jsou to autonomní zařízení otevírající a zavírající dle definovaných hodnot bez vlivu obsluhy či dalších systémů, např. řídicího systému či systému nouzového odstavení. Návrhu pojistných ventilů je proto nezbytné věnovat náležitou komplexní pozornost. V celé řadě mezinárodních norem je definován soubor pravidel, z nichž klíčová jsou především ta, ve kterých se nejčastěji chybuje, a zároveň mají velký dopad na správnou funkci pojistných ventilů. Je to limit tlakové ztráty vstupního potrubí na úrovni maximálně 3 % otevíracího tlaku pojistného ventilu, hodnota protitlaku na výstupu z pojistného ventilu, správné nastavení otevíracího tlaku pojistných ventilů u vícenásobné instalace, optimální uvolňovací kapacita pojistných ventilů a v neposlední řadě odolnost celého systému proti případným generovaným vibracím. Pouze v případě dodržení správného postupu je možné se vyvarovat systematickým chybám vedoucím k negativním jevům a závažným mimořádným situacím.

Cílem tohoto článku je popis základních typů pojistných ventilů a jejich předností, určení pravidel a doporuče-

ní pro jejich správný návrh a instalaci včetně eliminace nejčastějších chyb. Jsou popsány ale i možnosti řešení v již provozovaných chemických provozech a technologiích.

2. Typy pojistných ventilů

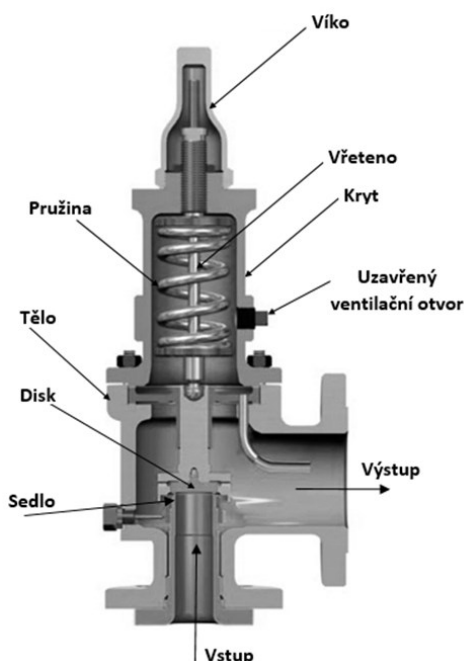
Pro standardní instalace v chemickém průmyslu existují čtyři typy pojistných ventilů: běžný pružinový pojistný ventil; pružinový pojistný ventil s vlnovcem, řízený (dodatečně zatěžovaný) pojistný ventil a pojistný ventil s řídicí pilotní jednotkou. Nejčastěji jsou v průmyslové praxi využívány běžný pružinový pojistný ventil a pružinový pojistný ventil s vlnovcem, které mají jednoduchou a spolehlivou konstrukci, poměrně nízké pořizovací náklady a jednoduchou údržbu. Další dva typy pojistných ventilů mají významně vyšší investiční náklady a pro jejich složitější konstrukci je nezbytná i náročnější instruktáž obslužného personálu, neboť může být nesprávnou obsluhou či nastavením ztracena základní funkce, tedy autonomního prvku ochrany provozních zařízení. Tyto ventily mají ovšem schopnost eliminovat negativní jevy a tím přispět ke stabilitě systému. Jejich užití je potřeba vždy pečlivě zvážit a zdůvodnit.

Běžný pružinový pojistný ventil

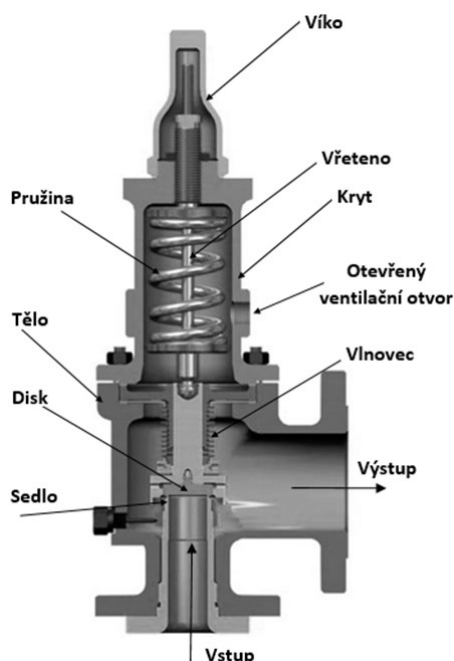
Samočinný pružinový pojistný ventil, který je navržen tak, aby se otevíral při předem stanoveném tlaku a chránil nádobu nebo celý systém před přetlakem odstraněním nebo uvolněním média z nádoby nebo systému. Základní prvky pojistného ventilu (obr. 1) tvoří tělo, kryt, víko, vstupní a výstupní hrdlo jako vnější části ventilu a dále pružina, vřeten, sedlo a disk jako klíčové vnitřní části ventilu. V krytu ventilu je ventilační otvor, který u běžného pružinového ventilu musí být při provozu uzavřen, aby nedocházelo k úniku média ze systému do atmosféry. Síla pružiny je nastavena tak, aby odpovídala požadovanému otevíracímu tlaku¹. Těsnost pojistného ventilu je zajištěna dokonalým přiléháním disku na sedlo. Tyto ventily jsou nejběžněji používané a mají široký rozsah uplatnění.

Pružinový pojistný ventil s vlnovcem

Princip konstrukce je shodný s běžným pružinovým ventilem, ale pružina ventilu je oddělena od výtokového systému přepážkou nazývanou vlnovec (obr. 2). Díky konstrukčnímu řešení a instalovanému vlnovci je tento typ pojistného ventilu méně závislý na podmínkách ve výtokovém potrubí a vodicí plocha a pružina jsou chráněny proti působení média. Jako materiál vlnovce se používají slitiny odolávající korozi např. inconel, slitina na bázi niklu a chromu. Vlnovec je méně mechanicky odolný než další části ventilu a je náchylný na poškození způsobené nestan-



Obr. 1. Běžný pružinový pojistný ventil



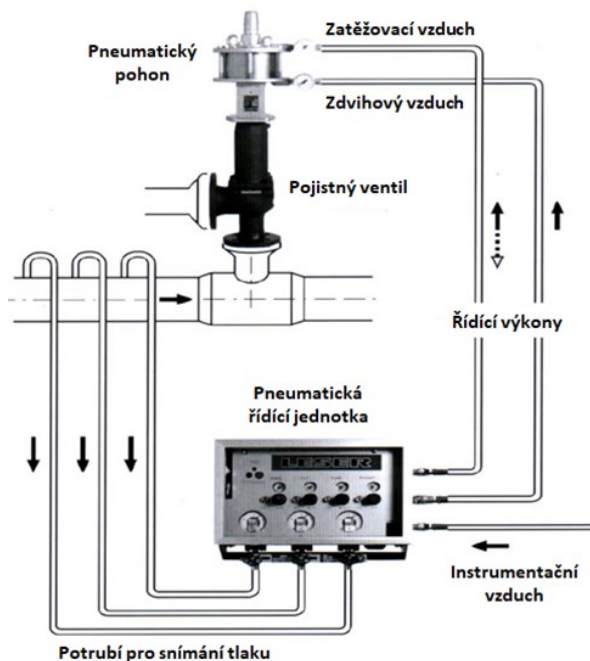
Obr. 2. Pružinový pojistný ventil s vlnovcem

dardními podmínkami provozu. Technickému stavu vlnovce je proto nezbytné věnovat zvýšenou pozornost při pravidelných revizních kontrolách. Pro správnou funkci pružinového pojistného ventilu s vlnovcem musí být zajištěn volný ventilační otvor pro vyrovnávání tlaku uvnitř ventilu, který ale při poškození vlnovce způsobuje únik média do atmosféry.

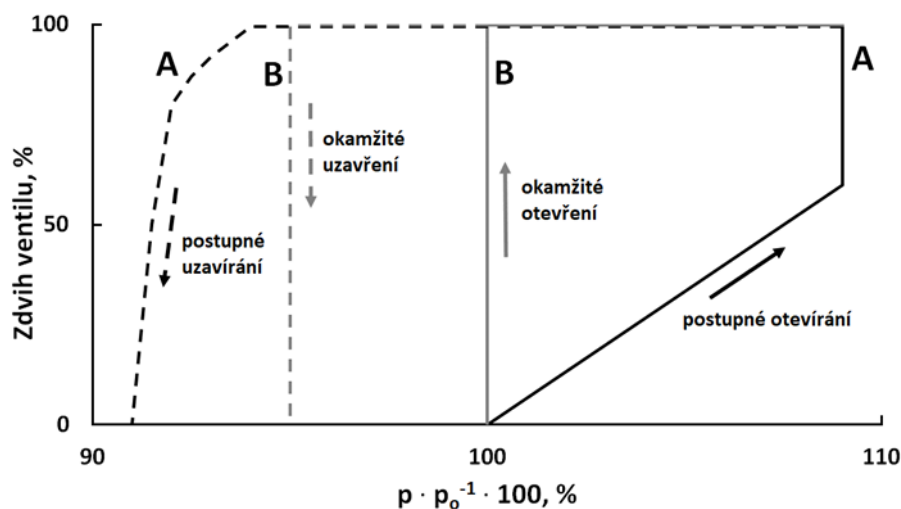
Řízený, dodatečně zatěžovaný pojistný ventil

Systém se skládá z hlavního ventilu, který otvírá a zavírá použitím dodatečné/pracovní síly (elektrické, pneumatické nebo hydraulické), která je řízena modulem snímající tlak v systému a přenášející sílu na hlavní ventil. Řídicí jednotka (obr. 3) snímá tlak média v systému přívodního potrubí na třech místech. V případě dosažení nastaveného limitu otevíracího tlaku u minimálně dvou ze tří měření je aktivován zdvih pojistného ventilu pomocí instrumentačního vzduchu a ventil tímto za pomoci dodatečné síly zůstává plně otevřený, a to až do okamžiku dostatečného uvolnění tlaku ze systému. Dosažením spodního limitu nastaveného tlaku v systému přívodního potrubí je řídicí jednotkou přeměrován instrumentační vzduch a dochází k zatížení pojistného ventilu a jeho plnému uzavření. Činnost pojistného ventilu při uvolňování tlaku je stabilní, přesná a není ovlivněna uvolňovaným množstvím ani kolísáním tlaku. Ventil je těsně uzavřen až do spuštění i při menším rozdílu mezi provozním a otevíracím tlakem, což je výhodné v případě malého rozdílu mezi provozním tlakem a maximálním dovoleným pracovním tlakem. Ven-

til se v krátkém cyklu otvírá při nepatrném překročení otevíracího tlaku a zavírá při nepatrném poklesu pod otevírací tlak.



Obr. 3. Systém řízeného, dodatečně zatěžovaného pojistného ventilu od společnosti Leser



Obr. 4. Závislost zdvihu ventilu na tlaku systému pro jednotlivé typy pojistných ventilů; A – běžný pružinový ventil a pružinový ventil s vlnovcem, B – řízený, dodatečně zatěžovaný ventil a ventil s řídicí pilotní jednotkou, plná čára – fáze otevírání ventilu, přerušovaná čára – fáze uzavírání ventilu, p – tlak systému, p_0 – otevírací tlak

Závislost zdvihu na tlaku systému pro jednotlivé typy pojistných ventilů je znázorněna na obr. 4. Z obrázku je zřejmé, že oproti samočinným ventilům dochází k okamžitému a plnému otevření či uzavření ventilu, což negeneruje nebezpečí vzniku nežádoucích jevů způsobujících vibrace. V případě výpadku dodatečné síly ventil dále funguje jako samočinný pojistný ventil a neztrácí svou ochrannou autonomní funkci. Instrumentačním vzduchem řízené pojistné ventily byly například použity jako náhrada původních pružinových pojistných ventilů s vlnovcem na propylenové koloně Ethylenové jednotky v Chemparku² Záluží, kde nesprávná funkce pojistných ventilů způsobila v roce 2015 závažnou průmyslovou havárii^{3,4}. Použitím řízených dodatečně zatěžovaných pojistných ventilů je výrazně sníženo riziko pozorovaných negativních jevů v budoucnosti.

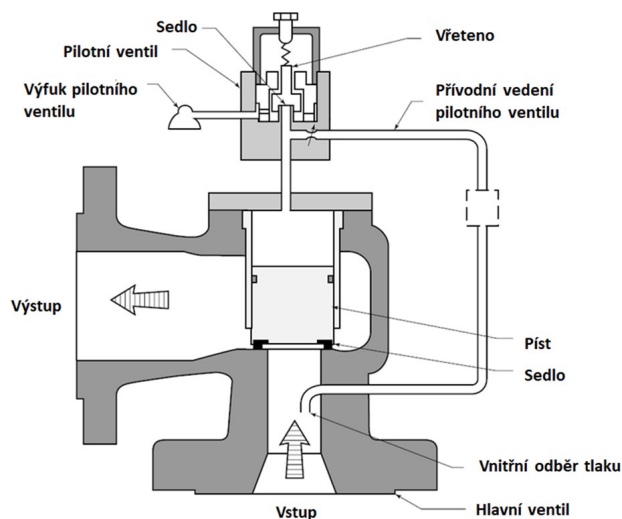
Pojistný ventil s řídicí pilotní jednotkou

Jedná se o samočinné zařízení sestávající se z hlavního ventilu a připojené řídicí jednotky, která reaguje na tlak média bez jakékoli jiné ovládací energie než energie samotného média a řídí funkci hlavního ventilu⁵ (obr. 5). Je možné použít menší a lehčí ventily ve vyšších tlakových a kapacitních třídách, neboť k úplnému otevření dochází již při hodnotě otevíracího tlaku. Hlavním rozdílem je právě absence dodatečné síly zajišťující otevření a zavírání ventilu. Pro správný provoz je nutné eliminovat rizika zanášení pilotního ventilu, které ovlivňuje funkčnost pojistného ventilu a zvyšuje riziko přetlakování. Tento typ pojistného ventilu byl v důsledku přijatých opatření po havárii v roce 2015 v Chemparku Záluží použit jako náhrada původních pružinových pojistných ventilů s vlnovcem na ethylenové koloně Ethylenové jednotky,

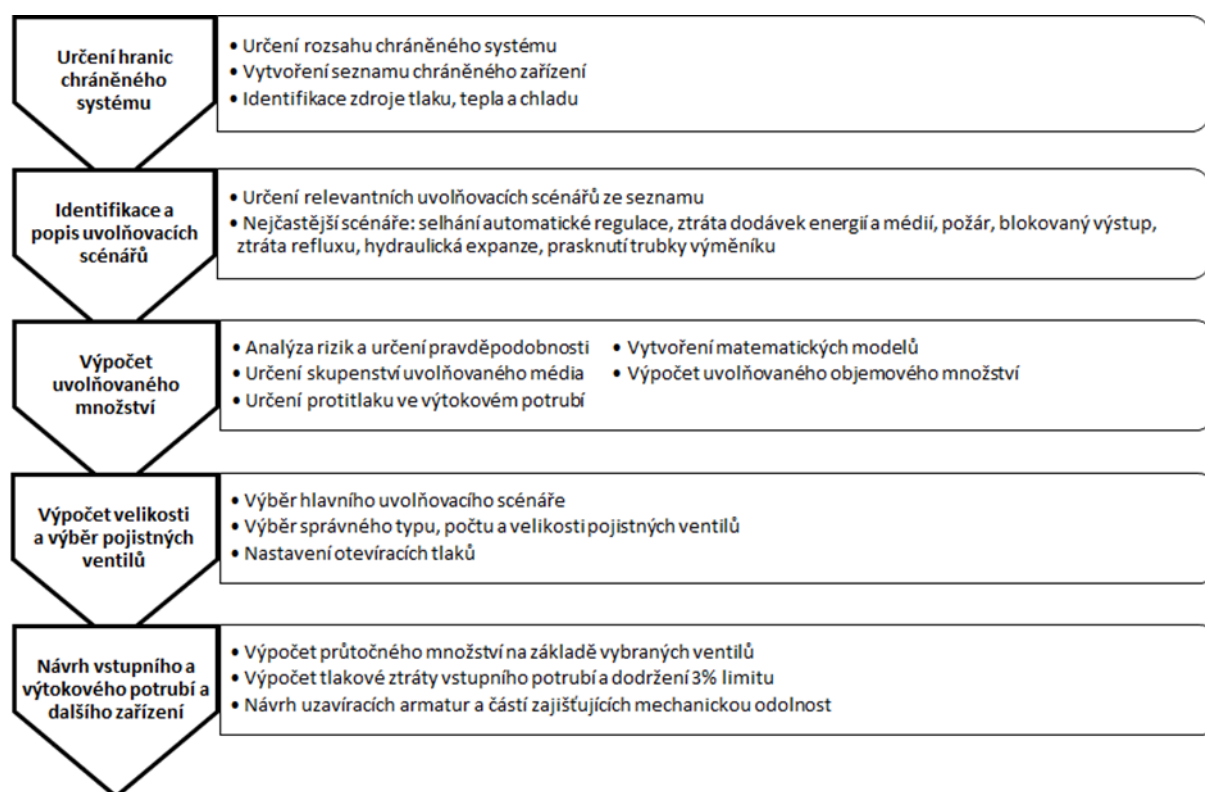
a to především s cílem snížit možná rizika negativních jevů vzhledem k malému rozdílu mezi provozním a otevíracím tlakem.

3. Návrh a instalace pojistných ventilů

Metodika návrhu pojistných ventilů je složitý postup, v rámci kterého je nezbytné dodržovat správnou posloupnost jednotlivých kroků⁶ (obr. 6). Úvodním krokem je určení hranic chráněného systému, což je část technologie



Obr. 5. Pojistný ventil s řídicí pilotní jednotkou



Obr. 6. Postup návrhu pojistných ventilů

jištěná jednou sadou pojistných ventilů. Pod pojmem sada je možné chápat jeden či více pojistných ventilů, dle konkrétní potřeby. Chráněný systém může zahrnovat jednu či více nádob a zařízení. Pro chráněný systém je nutné vždy identifikovat zdroje tlaku, tepla a chladu.

Druhým krokem je identifikace a popis uvolňovacích scénářů. Cílem je určení všech případů, kdy může dojít k odchýlení soustavy od normálního provozního stavu (k nerovnováze množství hmoty, tepla nebo složení). Pokud v systému s konstantním objemem dojde k nahromadění hmoty nebo energie, zvýší se tlak s možným přetlakováním. Hlavními příčinami přetlaku jsou porucha nebo nesprávná funkce zařízení, ztráta energií nebo médií, lidská chyba, požár a nekontrolovaná reakce. Po provedené analýze se jednotlivé uvolňovací scénáře přijímají nebo zamítají na základě stanovené pravděpodobnosti a analýzy rizik.

Pro vytvoření seznamu scénářů je následně určeno uvolňované množství. Je nezbytný individuální přístup a velmi detailní analýza zahrnující analýzu nebezpečí a provozuschopnosti neboli HAZOP (Hazard and Operability Study). Při výpočtech uvolňovaného množství se s výhodou používají matematické modely, pro jejichž tvorbu jsou dostupné obecné simulátory nabízející tvorbu modelů v ustáleném stavu, ale také možnost modelování v dynamickém módu.

Velikost pojistného ventilu je stanovena na základě hlavního scénáře, který je určen podle největšího požadovaného uvolňovaného objemového toku. Pro další postup a správný výběr výpočtového vztahu je nutné správně určit skupenství média při uvolňování. Pod pojmem velikost pojistného ventilu je udávána plocha průtočného průřezu definující maximální průtok média, který může ventilem projít, tedy maximální kapacitu ventilu. Pro různé fáze je nutné vybrat správný výpočtový vztah pro určení plochy¹. Při výběru správné velikosti ventilu vždy musí platit, že vybraná velikost je větší než požadovaná velikost. Nezanedbatelnou roli pro správnou funkci celého systému hraje správná instalace všech dalších prvků⁷. Jedná se především o dimenzi, délku a uložení potrubí, dimenzi a ukotvení uzavíracích armatur, ukotvení vlastních pojistných ventilů, správnou volbu spojovacího materiálu a v neposlední řadě pevnost a robustnost ocelové konstrukce, na které je systém instalován.

4. Časté chyby v návrhu a instalaci pojistných ventilů

Nevhodně navržený pojistný ventil v případě mimořádné události nepracuje správně, což vede k negativním jevům způsobující nestabilitu systému s možnými vážnými

následky na integritu zařízení. Pro návrh pojistných ventilů je především nutné dodržovat tyto zásady:

- dodržení limitu tlakové ztráty vstupního potrubí ve výši maximálně 3 % otevíracího tlaku,
- maximální dovolené hodnoty protitlaku,
- správné nastavení otevíracího tlaku pojistných ventilů u vícenásobné instalace,
- optimální uvolňovací kapacita a odolnost systému proti vibracím a mechanickému namáhání.

Tlaková ztráta vstupního potrubí do pojistného ventilu

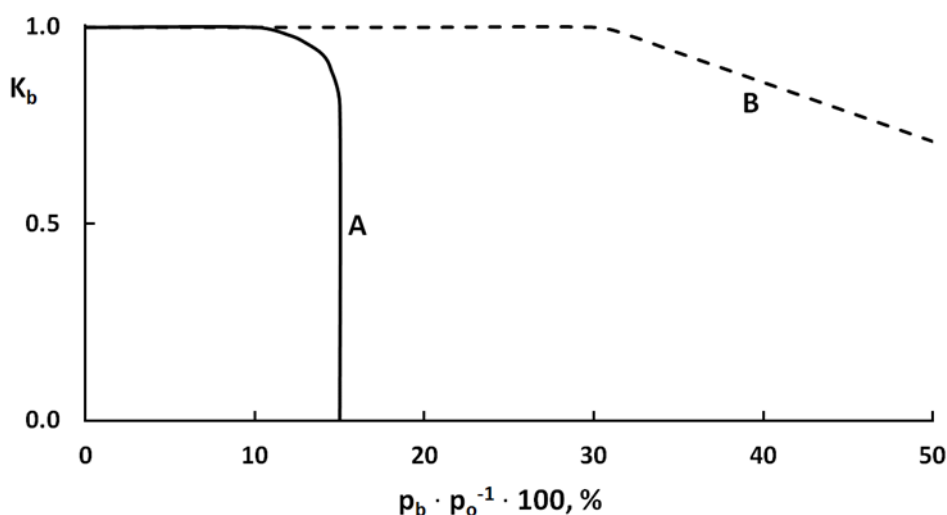
Pravděpodobně nejčastějším porušením pravidel při návrhu pojistného systému je nedodržení tlakové ztráty vstupního potrubí do pojistného ventilu, která musí být v limitu 3 % otevíracího tlaku. Nedodržení limitu je často způsobeno nesprávným určením průtočného množství systémem potrubí. Správný postup spočívá nejprve v určení skutečné velikosti pojistného ventilu. Z velikosti reálného pojistného ventilu je odvozeno průtočné množství, které je pak základním parametrem pro dimenzi vstupního potrubí. Určení průtočného množství jako poměr hlavního uvolňovacího scénáře k počtu ventilů není správný postup, proto se tlaková ztráta vždy počítá z maximálního průtoku každým z pojistných ventilů s tím, že pro společné části je použito množství až do výše průtoku hlavního uvolňovacího scénáře. Předpokládá se, že pojistné ventily otevírají postupně a přes jakýkoli z nich je možný maximální průtok odpovídající kapacitě ventilu. Nedodržení předepsaného limitu tlakové ztráty 3 % otevíracího tlaku může při uvolňování média vést k nežádoucím jevům, které vedou k masivním vibracím systému

s rizikem ztráty integrity zařízení. Mezi tyto jevy řadíme cyklování (cycling), třepotání (fluttering) a klepání (chattering). Cyklování je opakované otevírání a zavírání ventilu o relativně nízké frekvenci, nepoškozující ventil a výrazně neomezující kapacitu ventilu. Třepotání je mimořádný, rychle se opakující pohyb pohyblivých částí pojistného ventilu, během něhož disk není v kontaktu se sedlem a nedochází k poškození ventilu, ovšem s možností omezení kapacity. Klepání je otevírání a zavírání pojistného ventilu s velmi vysokou frekvencí, kde disk naráží do sedla a opakující se pohyb vede k poškození pojistného ventilu a dalších částí celého systému včetně významného snížení kapacity. Průběh otevírání pojistného ventilu při popsáných jevech je znázorněn na obr. 7 (cit.⁸). Důležité pro dodržení 3% limitu je co nejkratší možná délka vstupního potrubí, přičemž jmenovitá světlost potrubí by vždy měla být stejná či větší než vstupní část pojistného ventilu.

Protitlak na výstupu pojistného ventilu

Protitlak udává hodnotu tlaku, který je na výstupní straně pojistného ventilu. Hodnota protitlaku je tvořena součtem hodnot protitlaku vlastního a cizího. Vlastní neboli vnitřní protitlak je způsobený tokem uvolňovaného média přes ventil a výstupní potrubí. Cizí neboli vnější protitlak je skutečný tlak na výstupní straně ventilu v době bezprostředně před jeho otevřením. Při návrhu pojistného ventilu je vždy nezbytné hodnotu protitlaku správně napočítat nebo stanovit přímým provozním měřením.

Hodnota cizího protitlaku významně ovlivňuje otevírací tlak. Pokud je z nějakého důvodu nezbytné akceptovat vyšší hodnotu protitlaku, je nutné použít korekci v nastavení pružiny, případně může být použit korekční



Obr. 7. Vliv protitlaku na běžný pružinový pojistný ventil (A) a pružinový pojistný ventil s vlnovcem (B); K_b – kapacitní korekční faktor pro protitlak, p_b – protitlak a p_o – otevírací tlak

faktor K_b přímo v návrhové rovnici pro výpočet velikosti ventilu, jak je patrné na příkladu výpočtového vztahu pro plyn a páru při kritickém toku:

$$A = \frac{W}{C \cdot K_d \cdot P_1 \cdot K_b \cdot K_c} \sqrt{\frac{T \cdot Z}{M}}$$

kde A je požadovaná výtoková plocha pojistného ventilu, W požadovaný tok, C koeficient určený z poměru tepelných kapacit ve stavu ideálního plynu, K_d koeficient výtoku, P_1 tlak před pojistným ventilem, K_c korekční faktor při kombinaci pojistného ventilu a průtržné membrány, T uvolňovací teplota, Z kompresibilitní faktor při podmínkách uvolnění na vstupu do pojistného ventilu a M je molekulová hmotnost uvolňovaného média. Nesprávné určení vlastního protitlaku může vést k nestabilitě a nedostatečné kapacitě pojistného ventilu a následnému přetlakování chráněného systému. Vlivem zvýšeného protitlaku často dochází k rychlému zpětnému zavírání a otevírání pojistného ventilu, tedy třepotání až klepání^{9,10}.

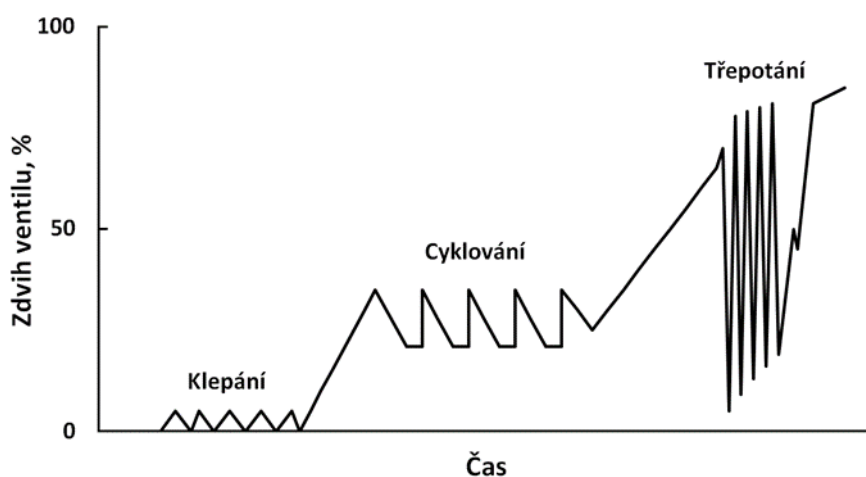
Nejvíce je na hodnotu protitlaku citlivý běžný pružinový pojistný ventil s dovoleným limitem maximálně 10 % z otevíracího tlaku. Běžný pojistný ventil je proto nejčastěji používán u systému, který je uvolněn přímo do atmosféry. Naproti tomu větší odolnost mají další typy pojistných ventilů, které umožňují akceptovat větší hodnotu protitlaku. Pružinový pojistný ventil s vlnovcem je díky své konstrukci zcela odolný vzhledem k protitlaku až do hodnoty 30 % z otevíracího tlaku (je však schopen pracovat až do hodnoty 50 %), neboť vlnovec odděluje výtokový systém od pružiny a ventil otevírá proti tlaku atmosférickému. Pružinový pojistný ventil s vlnovcem musí mít však v provozu otevřený ventilační otvor, jelikož při jeho neprůchodnosti klesá odolnost vzhledem k protitlaku. U běžného pružinového pojistného ventilu naopak musí být ventilační otvor pevně uzavřen z důvodu dokonalé těsnosti a prevence úniku média do atmosféry. Na obr. 8 je

znázorněno porovnání vlivu protitlaku na běžný pružinový pojistný ventil a na pružinový pojistný ventil s vlnovcem. Pojistné ventily s řídicí pilotní jednotkou či řízené, dodatečně zatěžované pojistné ventily jsou dokonce zcela nezávislé na hodnotě protitlaku.

Kapacita pojistného ventilu

Další častou chybou při návrhu pojistných systémů pro uvolňování tlaku je nesprávně stanovená kapacita pojistného ventilu. Kapacitní rezerva by měla být minimálně 5 % požadované velikosti, ale ne více než 30 %. Předimenzované pojistné ventily způsobují nestabilitu systému při uvolňování tlaku. Nejčastěji vedou ke klepání, v lepším případě jen cyklování nebo třepotání. Nestabilita je způsobená rychlým uvolněním požadovaného množství po otevření ventilu následované poklesem tlaku a opětovným uzavřením ventilu. Neplatí tedy, že pro zajištění rezervy v uvolňovací kapacitě je možné použít princip „čím větší, tím lepší“. Je nutné zmínit, že z mnoha analýz provozovaných systémů je tento přístup často patrný. Nesprávně stanovená kapacita pojistného ventilu bývá také způsobena chybným určením skupenství uvolňovaného média v chráněném zařízení vedoucí k chybnému určení objemového toku. V případě chybného určení kapaliny namísto plynné fáze je pojistný ventil poddimenzován a má tedy nedostatečnou kapacitu, což může vést při nedostatečném uvolnění média až k překročení maximálního dovoleného pracovního tlaku chráněné nádoby či systému a následné ztrátě integrity zařízení. V případě chybného určení plynné fáze namísto kapaliny či dvoufázového toku bývá pojistný ventil naopak předimenzován.

Jako řešení pro snížení kapacity pojistného ventilu je možné omezit zdvih pojistného ventilu^{11,12}, což snižuje maximální průtočné množství. Je možné provést až 30% omezení zdvihu, vždy však tento zásah musí být pod kontrolou výrobce či jiné oprávněné osoby. Kapacita ventilu



Obr. 8. Záznam zdvihu pojistného ventilu při klepání (chattering), cyklování (cycling) a třepotání (fluttering), přepracováno dle cit.⁷

musí stále být dostatečná, aby ochránila nádobu a celý systém proti přetlakování. Tento zásah pomůže řešit jak přílišnou kapacitu, tak potenciální vysokou tlakovou ztrátu vstupního potrubí.

Při vícenásobné instalaci je vhodné aplikovat postupné nastavení otevíracích tlaků umožňující kaskádovité otevírání pojistných ventilů a postupné dávkování uvolňovací kapacity. Toto opatření zvyšuje flexibilitu systému pojistných ventilů a snižuje riziko nadměrné kapacity pro menší uvolňovací scénáře, jelikož rozdíl jednotlivých scénářů bývá v některých případech značný. Pro pružinový pojistný ventil by měl být optimálně rozdíl alespoň 5 % z nejnižšího otevíracího tlaku, aby odstupňování otevíracích tlaků bylo dostatečně účinné¹.

Ukotvení, umístění a mechanická odolnost pojistného ventilu

Pojistný ventil a celý systém musí být dostatečně mechanicky odolný, aby byl schopen odolat vlivu reaktivní síly při otevření ventilu. Ukotvení potrubí a dalších prvků k zajištění dostatečné odolnosti musí být dobře navrženo, robustní a v dobrém technickém stavu, bez chybějících částí a spojovacího materiálu. Jen takový systém je schopen eliminovat případný vliv vibrací, kterým se není možné vždy v plném rozsahu vyhnout. Při vibracích systému může dojít k samovolnému uvolňování přírubových spojů, tedy jevu, který v roce 1969 poprvé popsal G. Junker¹³. Příčné nebo smykové zatížení (kolmo k ose upevňovacího prvku) je nejnebezpečnější formou zatížení způsobující samovolné uvolnění šroubových spojů.

Dalším rizikem pro integritu zařízení jsou prouděním vyvolané akusticko-mechanické vibrace v rozvětvených potrubích, tedy jev způsobující jak silné vibrace, tak i klepání pojistného ventilu^{14,15}. Otevření pojistného ventilu vytváří změnu tlaku a průtoku na vstupu a výstupu pojistného ventilu a tato změna se do dalších míst v systému šíří jako vlna, která může být od některých částí odražena zpět. Odrazové body mohou být některé části systému, jako otevřená nádrž, potrubní T-kusy, další uzavřené či otevřené pojistné ventily. Odražená vlna se vrací k pojistnému ventilu a cykluje při rychlosti zvuku tekutiny jako stojatá vlna mezi body v potrubí. Pokud se akustická přirozená frekvence stojaté vlny (čtvrtvlna nebo půlvlna) shoduje s přirozenou frekvencí pojistného ventilu, dochází k rezonanci, která může vést k velkým amplitudám s možností vážných škodlivých účinků pro zařízení a ztrátě integrity. Při návrhu potrubí na vstupu i výstupu pojistného ventilu je proto třeba provést analýzu dílčích potrubních celků vymezených právě T-kusy, uzavřenými ventily apod. a zajistit, aby tyto celky neměly tendenci rezonovat při případném uvolnění tlaku s přirozenou frekvencí pojistného ventilu. Toto lze ovlivnit vhodnou délkou potrubí, umístěním T-kusů nebo instalací dodatečných potrubních podpěr či fixací.

5. Závěr

V případě nevhodně navrženého systému pojistných ventilů či jejich nesprávného fungování po jejich aktivaci se významně zvyšuje riziko přetlakování a nebo ztráty integrity systému s následky úniku nebezpečných či výbušných látek do okolí a vzniku závažných mimořádných událostí.

Příkladem takové události byla exploze propylenu a následný požár pyrolýzních pecí na Ethylenové jednotce v Litvínově v roce 2015, kde došlo ke ztrátě integrity systému pojistných ventilů propylenové kolony v důsledku nadměrných a ničivých vibrací primárně vyvolaných klepáním pojistného ventilu. Průmyslové havárie obdobného charakteru nebývají zpravidla způsobeny jednou událostí, ale jejich příčina spočívá v řetězci navazujících dějů a okolností. Pojistné ventily jsou prvky, které mají velmi často v takovýchto řetězcích mimořádných událostí rozhodující roli spočívající hlavně v eliminaci a vyřešení nebezpečné situace. Je proto nutné důsledně dodržovat předepsané postupy, jež umožňují navrhnout robustní systém včetně vyvarování se závažným chybám způsobujícím při aktivaci a uvolňování tlaku jejich nestabilitu a nežádoucí vibrace. Při návrzích systémů pojistných ventilů proto musí být zvažována všechna možná rizika a na základě důkladně provedené analýzy uvolňovacích scénářů definováno zařízení, které je jako celek schopné zvládat tato rizika na přípustné úrovni.

LITERATURA

1. API 520: Sizing, selection and installation of pressure-relieving devices, American Petroleum Institute, Part I – Sizing and Selection (October 2020).
2. Doskočil J., Bělohav Z., Herink T., Záměstný P.: Chem. Listy 97, 1176 (2003).
3. Herink T., Doskočil J.: Chem. Listy 115, 115 (2021).
4. Root cause analysis of Explosion and Fire at Unipetrol in 2015, originated by Unipetrol (2017), <https://youtu.be/FssYuQCZtEs>, staženo 9. 3. 2021.
5. ČSN EN ISO 4126-4: *Bezpečnostní pojistná zařízení proti nadměrnému tlaku - Část 4: Pojistné ventily s řídicí jednotkou* (listopad 2014).
6. API 521: Pressure-relieving and Depressuring Systems. American Petroleum Institute (June 2020).
7. API 520: Sizing, selection and installation of pressure-relieving devices, American Petroleum Institute, Part II – Installation (October 2020).
8. Wei M., Fei M, Rong G.: Adv. Mech. Eng. 11, 1 (2019).
9. Chabane S., Plumejault S., Pierrat D., Couzinet A.: *3rd IAHR International Meeting of the Workgroup on Cavitation and Dynamic Problems in Hydraulic Machinery and Systems*, October 14.–16., Brno, Czech Republic (2009).
10. Safety Valve Chattering, Originated by LESER (2010), www.youtube.com/watch?v=QSNgyUNK3_g, staženo 9. 3. 2021.

11. API Standard 526: Flanged Steel Pressure Relief Valves (September 2017).
12. ASME Section VIII Boiler and Pressure Vessel code - Pressure Vessels, The American Society of Mechanical Engineers (2021).
13. Junker G.: Trans. Soc. Automot. Eng. 78, 314 (1969).
14. Broerman E. L., Gatewood J. T., O'grady J. T., Troy R. F., Rand C. L., Stroud G. T.: *Proc. of the 8th International Pipeline Conference vol. 3*, str. 311. The American Society of Mechanical Engineers, New York 2010.
15. Tonon D., Willems J. F. H., Hirschberg A.: J. Sound Vib. 330, 5894 (2011).

M. Růžička and T. Herink (Orlen Unipetrol RPA, Litvínov-Záluží): Mistakes in Designing and Installing Relief Valves in Chemical Industry

The relief valve is an autonomous device protecting technological devices against overpressure and serious accidents. The paper describes both common and less common types of relief valves and individual steps for the correct procedure of their design. Common shortcomings that occur in industrial practice are discussed, i.e. exceeded 3% pressure loss limit of inlet pipeline, high backpressure, excessive or insufficient valve capacity, improper set point and low mechanical resilience. The incorrect design is subsequently associated with instability when operating the relief valve or acoustic resonance with subsequent vibrations which can lead to the loss of integrity. Basic recommendations for the elimination of design shortcomings are defined, as well as possible solutions to modify the operating technologies

Keywords: relief valve, pressure loss, back pressure, chattering, vibration, acoustic resonance