



# Dôležité konštrukčné prvky akčných členov

## Základné charakteristiky

- Necitlivosť, rozlíšenie, rýchlosť a zníženie funkčioschopnosti akčných členov určuje výkon riadiaceho systému.
- To, či má lepšiu dynamickú reakciu ventil alebo pohon s frekvenčným meničom, závisí na type aplikácie a dodržiavaní najlepších skúseností v danej oblasti.
- S cieľom zabrániť ničeniu a rušeniu, ktoré spôsobuje elektrický šum, sa na pripájacie vodiče a inštaláciu pohonu s frekvenčným meničom kladú špeciálne požiadavky.

Akčné členy sú zariadenia ovládané riadiacou slučkou na ovplyvňovanie procesu vo všeobecnosti prostredníctvom prietoku. Sú neoddeliteľnou súčasťou takmer každého prevádzkového riadiaceho systému. Bez nich nemožno riadiť žiaden proces. Nedokázali by sme meniť pracovné body procesov alebo reagovať na poruchy v nich. V prevádzke môže existovať niekoľko úrovní riadiacich slučiek, avšak akčné členy v procesoch zvyčajne menia prietok. Najčastejšími ďalšími veličinami sú prúd v elektróde alebo ohrievacom telese a rýchlosť miešania.

Najbežnejšími akčnými členmi sú regulačné ventily s prídavným regulátorom polohy, ovládacím prvkom a ďalšími komponentmi. Peristaltické čerpadlá s reguláciou otáčok sa používajú pri mimoriadne malých prietokoch. Hydrostatické čerpadlá s reguláciou otáčok sa používajú pri malých prietokoch aditívnych látok a roztokov vo výrobe. Pri veľkých prietokoch v priemyselných podnikoch a elektrárňach sa na zníženie investičných a prevádzkových nákladov namiesto regulačných ventilov používajú pohony s frekvenčnými meničmi a klapkami.

Na zabezpečenie prietoku plynu a kvapalín v štandardnom priemyselnom podniku sa používajú axiálne a odstredivé kompresory, ventilátory a čerpadlá. Pohony s frekvenčnými meničmi môžu obzvlášť v aplikáciách regulácie prietoku vo veľkých elektrárenských podnikoch ušetriť energiu odstránením regulačného ventilu a úbytku tlaku, ktorý spôsobuje. Úspory energií z pohľadu celej prevádzky sa však často preceňujú, pretože neberú do úvahy čas potrebný na servis, účinnosť pri nízkych prietokoch, ako aj výpadky spôsobené pretlakom.

Klapky sa najčastejšie používajú v systémoch kúrenia, vetrania a klimatizácie, kotloch, peciach a čističoch na riadenie vzduchu a prietoku odvetrávaných plynov. Klapky majú menší úbytok tlaku ako regulačné ventily, ale z hľadiska celkovej funkčnosti (prestavitelnosť, citlivosť, rozlíšiteľnosť, rýchlosti a tesnenia) sú na tom v porovnaní s regulačnými ventilmi horšie. Vzhľadom na priesaky, obmedzenie dynamikkej reakcie, použité materiály a pevnosť konštrukcie sú klapky z mnohých aplikácií v sieťových odvetviach a ventilačných systémov vylúčené.

## Konštrukcia ventilov, dynamika

Hriadeľ polohovacieho člena a tyčka vnútorného uzatváracieho prvku (gule alebo disku) regulačného ventilu sú zvyčajne oddelené. Uzavrací prvok môže byť odliaty a vykovaný spolu s tyčkou alebo tyčka môže byť pripojená prostredníctvom príslušenstva ventilu. Množstvo vôľ (nepresností a medzier) v spojení medzi hriadeľom, tyčkou a uzatváracím komponentom vytvára hysterézu ventilu zapríčiniujúcu necitlivosť a z časti určuje, ako dobre bude ventil odpovedať na malé zmeny riadiaceho signálu. Nadbytočné trenie v tesnení uzatváracieho prvku, ktorý rotuje (napr. guľa alebo disk) môže vyústiť do kmitania hriadeľa. Umiestnenie a typ pripojenia mechanizmu na sledovanie spätnej väzby z regulátora polohy pri pohybe ventilu určuje, či regulátor polohy sleduje reakciu polohovacieho člena alebo skutočnú reakciu z uzatváracieho prvku.

Predchádzajúce metódy testovania reakcie ventilu sa spájali s oveľa väčšími zmenami v riadiacom signáli ventilu, ako by to bolo pri riadení

v uzavretej slučke. Väčšina ventilov vyzerá pri testovaní s veľkými zmenami žiadanej polohy v poriadku. V prevádzke sú zmeny výstupu regulátora s výnimkou nábehu prevádzky alebo procesu vo všeobecnosti malé (napr. < 0,2 %). Pri malých zmenách signálu sú badateľné dva javy: obmedzenie rozlíšenia z dôvodu zalepenia a hysteréza spôsobená vôľami, ktoré znemožňujú kvalitnú reakciu a generujú trvalé kmity (uzavreté cykly). Najnovšie metódy testovania uvedené v norme ISA-75.25.01-2000 (R2006) riešia už aj vplyv veľkosti kroku na reakciu.

Regulačné ventily s neúmerným zalepením, vôľami a nekorektným spojením hriadeľa akčného mechanizmu s tyčkou s guľovým alebo diskovým uzáverom (windup efekt) môžu v prípade, že regulačná slučka je v automatickom režime, zvýšiť nestabilitu procesu, a to vytváraním oscilácií spôsobených trvalým kmitaním integračného zásahu, ktorý sa snaží dostať ventil do požadovanej pozície.

Inteligentné digitálne regulátory polohy s dobrým meraním polohy uzatváracích prvkov majú možnosť voľby citlivosti a ladenia, čo im umožňuje eliminovať dôsledky zalepenia a hysterézy prostredníctvom rýchleho spätnoväzobného riadenia. Vďaka zabudovanej diagnostike možno presne označiť problémy, ako je zvýšenie trenia, a navyše monitorovať dynamickú reakciu ventilu.

Guľové ventily majú minimálny rozsah hysterézy, a to vďaka priamemu spojeniu medzi hriadeľom akčného člena a tyčkou regulačného prvku (gule) a nízkej úrovni trenia tejto tyčky. Pri rotačných ventiloch môže byť pripojenie problematické, keďže je potrebné transformovať lineárny pohyb piestu alebo hriadeľa na rotačný pohyb a zmenu užitočnej dĺžky ramena páky. Regulačné ventily dodávané výrobcami ventilov na potrübne systémy na prevádzku v režime otvorený/zatvorený alebo ručnom režime majú často netypické meranie polohy a taký stupeň neúmernej vôle a nekorektného spojenia hriadeľa akčného mechanizmu s tyčkou s guľovým alebo diskovým uzáverom, ktorý nemožno korigovať ani regulátorom polohy.

## Najlepšie skúsenosti v oblasti ventilov

Pri výbere regulačných ventilov by sa používatelia na dosiahnutie maximálneho výkonu mali riadiť týmito radami:

- objednať akčný mechanizmus, ventil a regulátor polohy od výrobcu regulačného ventilu,
- vyladiť číslcový regulátor polohy na túto ventilovú zostavu a celú aplikáciu,
- ak to aplikácia dovoľuje, použiť ako akčné členy clony (veľké ventily a veľké úbytky tlaku si možno budú vyžadovať piestové akčné členy),
- tam, kde to umožňuje veľkosť potrübna a typ média, použiť guľové ventily (veľké prietoky a kašovitě zmesi si možno budú vyžadovať rotačné ventily),
- vyžadovať nízku úroveň trenia tyčky regulačného prvku,
- vyžadovať nízku úroveň trenia v tesneniach a dosadacej ploche uzatváracích prvkov,
- použiť zosilňovač(e) na výstup(y) z regulátora polohy pri veľkých ventiloch zaradených do rýchlych regulačných slučiek (napr. riadení pretáčania kompresora),
- uprednostniť online diagnostiku a krokové testovanie reakcie na malé zmeny riadiaceho signálu,
- obmedziť dynamické znovuprestavovanie spätnou väzbou do číslcového regulátora polohy.

## Problémy káblov pri pohonoch s frekvenčnými meničmi

Spoločnosť Belden Inc. skúmala šum vyžarovaný z káblov medzi pohonom s frekvenčným meničom (VFD – variable frequency drive) a mo-



torom. Netienené káble VFD môžu do netienených komunikačných káblov vyžarovať 80 V šum a do tienených káblov prevádzkových prístrojov 10 V šum. Neúmerne veľký je aj šum vyžarovaný z fóliovo tienených káblov VFD. Fóliou opletené a tienené vodiče sa už správajú oveľa lepšie. Napriek tomu sa medzi tienenými káblami VFD a tienenými káblami prevádzkových prístrojov odporúča zachovať odstup minimálne 30 cm, pričom káble by sa nemali nikde križovať. Z praktického hľadiska je najvhodnejšie použiť oddelené kábové trasy s cieľom odizolovať káble z VFD a prevádzkových prístrojov, čím sa predídzie aj chybám pri ďalšom rozširovaní prevádzky a inovácii prevádzkových prístrojov.

### Prestavitelnosť VFD (deadband)

Kedže krivka z meniča nie je čistá sínusoida, je dôležité vybrať motor, ktorý danému frekvenčnému meniču vyhovuje. Tieto „pre menič vhodné“ motory majú vinutie navrhnuté na vyššie teplotné rozsahy (trieda F). Ďalším kritériom, ktoré v prevádzke vplyva na dosiahnutie maximálneho pracovného rozsahu ventilu pri malých rýchlostiach a ktorý ponúka frekvenčný menič so šírko-impulznou moduláciou (PWM), je vyšší záťažový koeficient motora (napr. 1,15).

V nasledujúcich prípadoch sa môže objaviť pomer prestavitelnosti VFD až 4 : 1:

- staršie, 6-pólové technológie frekvenčných meničov (neúmerne preklzovanie pri malých rýchlostiach),
- systémy s veľkou tlakovou výškou (nulový prietok pri nízkych otáčkach),
- prevádzka v málo zakrivenej časti krivky hlavného hnacieho zariadenia (napr. motora),
- spaliny (prehriatie motora pri nízkych otáčkach).

### Riadenie pohonu s frekvenčným meničom

Prestavitelnosť VFD možno zvýšiť tým, že sa tlakový spád čerpadla pri použití PWM meniča nadimenzuje minimálne na daný tlakový spád na ventile, a tiež vyriešením problému prehrievania pri nízkych otáčkach. Prestavitelnosť tiež závisí od riadiaceho algoritmu uloženého vnútri VFD.

### Čo je rýchlejšie: ventil alebo VFD?

Výnimočne rýchle riadiace slučky dokážu nabiehať rádo vo milisekundách. Tieto slučky majú v zásade nulovú hysterézu a vzhľadom na úzky regulačný rozsah môžu mať vysoké zosilnenie. Vyžadujú si periódu vzorkovania v DCS na úrovni od 0,05 do 0,1 sekundy, pričom je potrebné použiť špeciálne číslicové alebo analógové regulátory s veľkou rýchlosťou skenovania. Požiadavky na periódu vzorkovania v DCS na úrovni 0,2 sekundy alebo menej znamenajú príležitosť pre VFD. Vhodne navrhnutý VFD nemá merateľnú hysterézu, zatiaľ čo regulačné ventily alebo klapky sa pohnú v rozmedzí 0,2 až 2 sekundy. Napr. slučka na riadenie tlaku v spaľovacej peci, ktorá by sa už pri perióde vzorkovania menšej ako 0,1 sekundy mohla dostať do problému, si vyžaduje na zotrvanie v požadovanom regulačnom pásme VFD a analógový regulátor.

VFD má zanedbateľné oneskorenia reakcie okrem prípadu, keď sa do elektroniky pohonu vnesie hysteréza, ktorá spomalí reakciu, alebo ak sa použije karta vstupov s nízkym rozlíšením. Regulačný ventil alebo klapka majú čas necitlivosti úmerný rozlíšeniu (od zalepenia alebo windup efektu) a pásmo necitlivosti (od vóli a windup efektu) delené rýchlosťou zmien na výstupe prevádzkového regulátora. Pri veľkých alebo rýchlych zmenách signálu sa tento čas necitlivosti stratí.

### Najlepšie skúsenosti s VFD

Signál z otáčkomeru alebo nepriamo získaný spätnoväzbový signál o rýchlosti z VFD sa môže poslať do procesného regulátora v rámci DCS, ktorý následne pošle riadiaci signál do pohonu. Rýchlostnú spätnú väzbu možno na zabránenie rýchlejších zmenám výstupu z procesného regulátora, než na aké dokáže VFD vygenerovať reakciu, použiť podobným spôsobom ako polohovú spätnú väzbu z číslicového regulátora polohy. Využitie možnosti dynamického obmedzenia zнову-

nastavovania slučiek v DCS môže automaticky zabrániť procesnému regulátoru predbiehať reakcie každého typu koncového člena. Na dosiahnutie najlepšieho výkonu by mali používatelia skôr, ako začnú s výberom a implementáciou pohonov s frekvenčnými meničmi, zvážiť:

- vstupné karty s vysokým rozlíšením,
- dostatočne dimenzované čerpadlá podľa tlakového spádu na ventiloch typu otvor/zatvor,
- použitie kompletne uzavretých ventilátorom chladených (B TEFC) motorov triedy F s koeficientom preťaženia 1,15,
- väčší rozmer kostry motora,
- použitie tienených káblov (XPLE, zosieťovanej polyetylénovej izolácie),
- oddelené kábové trasy pre káble z VFD a prevádzkových prístrojov,
- použitie tlmiviek a izolačných transformátorov v meniči,
- meniče s šírko-impulznou moduláciou (PWM),
- adekvátne nastavenú hysterézu a obmedzenie rýchlosti v elektronicke meniča,
- stratégiu riadenia pohonu s cieľom dosiahnuť požiadavky na prestavitelnosť/reguláciu rýchlosti,
- možnosti dynamického obmedzenia znovunastavovania vďaka informácii z otáčkomeru alebo nepriamo získanému spätnoväzbovému signálu o rýchlosti.

Zdroj: Gregory K. McMillan: *Essentials of Modern Measurements and Final Elements in the Process Industry: A Guide to Design, Configuration, Installation, and Maintenance*, (ISBN: 978-1-936007-23-3)

Článok bol prvýkrát publikovaný v časopise *InTech*, marec/apríl 2010, strana 44 – 45.

Publikované so súhlasom organizácie ISA.

Published with permission of ISA. Copyright 2010. All rights reserved.



[www.isa.org/finalements](http://www.isa.org/finalements)