

Daljša življenjska doba hidravličnih sestavin

“Mehki” prelivni ventili ščitijo pred tlačnimi konicami

Bernd ZÄHE

Z novimi prelivnimi¹ vgradnimi ventili lahko omogočimo postopno naraščanje ali padanje tlaka oziroma t. i. »rampo«. Takšni ventili delujejo na mehansko-hidravličnem principu in ščitijo ostale hidravlične sestavine pred škodljivimi vplivi tlačnih konic. Na razpolago so v različnih velikostih kot prelivni ventili in kot prelivni ventili z razbremenitvijo. Kot vgradne oz. hidrološke ventile jih je mogoče vgraditi v različna standardna ohišja, kot so npr. veriženja, priključni bloki za cevno povezavo ali ohišja za neposredno pritrditev na druge hidravlične sestavine, ter v bloke posebne izvedbe.

Uvod

V hidravličnem sistemu za nakladanje hlodovine, ki je prikazan na *sliki 1*, se med običajnim delovanjem ob rotiranju hlodovine pojavljajo visoke tlačne konice. Ker je obremenitev hidravličnega sistema odvisna od dolžine in debeline hlodov, znatno variira tudi izrazitost hidravličnih konic, ki nastanejo ob delovanju. Z uporabo “mehkih” prelivnih ventilov, ki zmanjšujejo tlačne konice, se življenjska doba zasučnega mehanizma znatno podaljša.



Slika 1. Tlačnim konicam se pri delovanju hidravličnega sistema ob pospeševanju in zaviranju lahko izognemo z uporabo “mehkih” prelivnih ventilov.

Kot je znano, običajni in poznani prelivni ventili omogočijo tok fluida skozi ventil (oz. se odprejo), ko vrednost tlaka hidravličnega fluida prekorači prednastavljeno vrednost tlaka ventila. Pri tem pogosto zanemarimo dejstvo, da prelivni ventili potrebujejo določen čas za odziv, ki ni nujno dovolj hiter. Bat prelivnega ventila se mora najprej pospešiti, za kar je potreben določen

čas, ventil pa je zadosti odprt šele po določenem hodu delovnega bata. Med odzivnim časom ventila lahko tlak fluida naraste visoko nad nastavljeno vrednost za kratek čas (tlačne konice), kar je odvisno od hitrosti naraščanja tlaka in od reakcijskega časa ventila. Dejanske tlačne konice v prelivnih ventilih

so pogosto bistveno višje, kot domneva uporabnik, in tudi višje, kot jih lahko izmerimo z manometrom, ki je dušen in zato prepočasen, ali z elektronskimi merilniki tlaka, katerih hitrost vzorčenja je pogosto prenizka za točne meritve tlačnih konic.

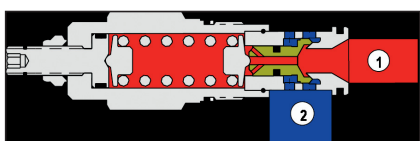
Obstajajo enostavni prelivni ventili s kratkim odzivnim časom, kot so

Bernd Zähe, Sun Hydraulik GmbH,
www.sunhydraulik.de

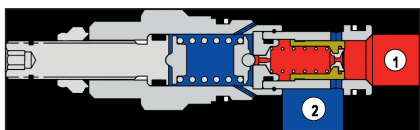
Prispevek je bil objavljen v reviji O+P, 11-12 2006. Prevod in predelava z dovoljenjem avtorja: Mag. Aleš Bizjak, univ. dipl. inž., Kladivar Žiri, d. d., Žiri

¹ Bolj znan izraz je “varnostni ventil” (opomba prevajalca).

na primer direktno delujoči prelivni ventili sedežne izvedbe, ki imajo odzivni čas približno med 2 in 5 ms. Posredno delujoči prelivni ventili batne izvedbe s pozitivnim prekritjem imajo daljši odzivni čas, med 10 in 30 ms. *Slika 2* prikazuje pre-rez direktno delujočega prelivnega ventila. Tlak ventila na priključku 1 pritiska na spodnjo stran bata in tudi na njegovo zgornjo stran, na katero pritiska tudi vzmet. Delovno površino predstavlja razlika med zgornjo in spodnjo površino bata. Ko je tlačna razlika, na katero je nastavljen prelivni ventil, prekoračena, se bat odpre in olje se pretoči iz priključka 1 proti izhodu na priključku 2. Ventil je zasnovan tako, da se olje, preden zapusti ventil, umiri, s tem pa dosežemo kompenzacijo tokovnih sil in zaščito pred kavitacijo.



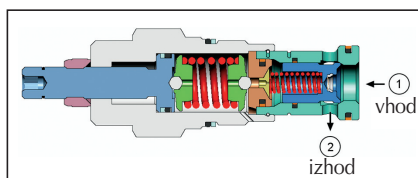
Slika 2. Prerez direktno delujočega prelivnega ventila sedežne izvedbe



Slika 3. Prerez posredno delujočega prelivnega ventila z batom

Slika 3 prikazuje prerez posredno delujočega prelivnega ventila. Delovni bat ventila se odpre, ko se hidravlični fluid pretoči skozi pilotni del ventila na priključek 2. Odzivni čas posredno delujočih prelivnih ventilov je daljši v primerjavi z direktno delujočimi in znaša pri izvedbah s pozitivnim prekritjem med 10 in 30 ms. Prednost teh ventilov je ta, da jih je pod tlakom lažje nastavljati, saj mora vijak, s katerim nastavljam ventila, premagovati le silo, ki povzroča nizek tlak na priključku 2. Poleg tega imajo ti ventili tudi zelo nizko histerezo, saj na njihov bat, za razliko od direktno delujočih prelivnih ventilov, ne vpliva trenje mehkega tesnila.

Na *sliki 4* je prikazan posredno delujoč sedežni ventil, ki združuje prednosti obeh predhodno predstavljenih ven-



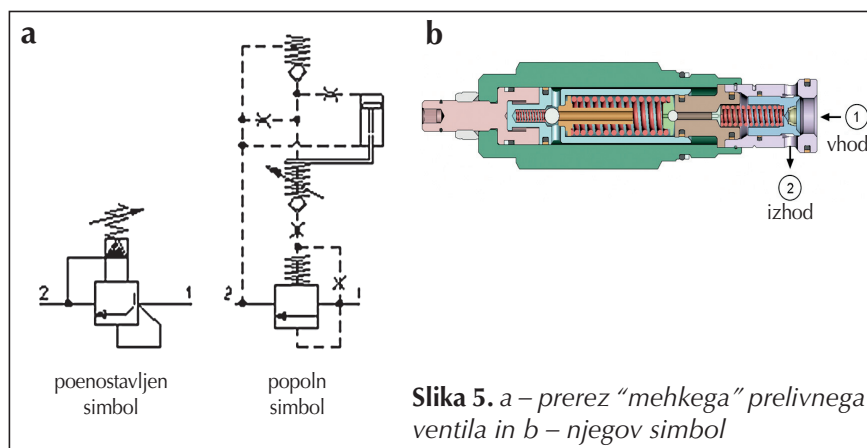
Slika 4. Prerez posredno delujočega prelivnega ventila sedežne izvedbe

tilov. Njegova izdelava je zato tudi nekoliko zahtevnejša in dražja. Ta prelivni ventil ima tlačno uravnotežen bat, tako da tlačna razlika iz smeri od nižjetlačnega priključka (priključek 2) proti višjetlačnemu (priključek 1) ventila ne more odpreti in ga lahko zato, v nasprotju z drugimi prelivnimi ventili takšne izvedbe, uporabljamo tudi kot dvojni »šok ventil«.

Vsi trije do sedaj opisani prelivni ventili se odprejo šele tedaj, ko tlak fluida preseže prednastavljeno vrednost tlaka ventila. Pri dejanskem delovanju pa lahko, kljub izbiri najustrežnejšega možnega ventila, še vedno pride do tlačnih konic in posledično do poškodb hidravličnih sestavin, predvsem v primerih, kjer se obremenitve hitro spreminjajo. Sunkovite pravokotno spreminjajoče se obremenitve so za sestavine bolj škodljive kot mehkejši sinusni spremembe. Sestavni deli iz aluminija, kot so na primer razni bloki, se tako lahko ob hitrih spremembah obremenitev poškodujejo tudi ob nižjem tlaku.

“Mehki” prelivni ventili

Z uporabo “mehkih” prelivnih ventilov se lahko izognemo prehitrim spremembam tlaka. *Slika 5* prikazuje način delovanja takšnih ventilov. V osnovi so to posredno delujoči prelivni ventili sedežne izvedbe.

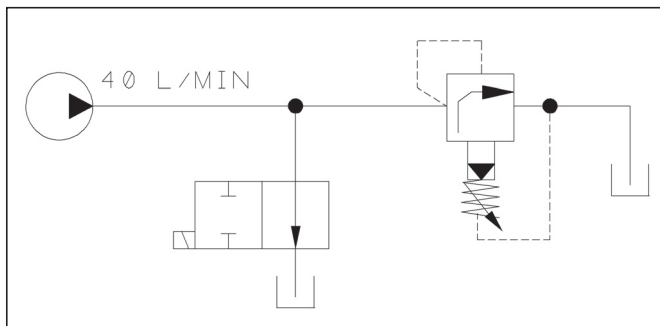
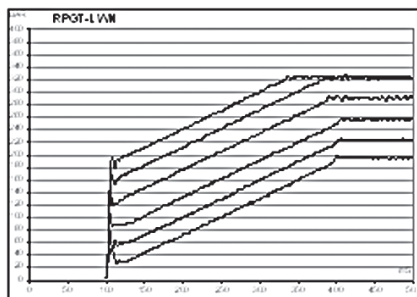


Tlak na vhodu 1 deluje preko zaslonke na glavno komoro ventila. Ko preseže nastavljeno vrednost tlaka ventila, se hidravlični fluid pretoči in odpre ventil. Istočasno se spremeni tudi nastavev ventila, hidravlični fluid pa se ne pretoči neposredno v povratni vod, ampak steče večji del tega fluida preko manjšega prelivnega ventila, ki je prednastavljen na približno 20 bar, v krmilno komoro. Olje pod tlakom 20 bar prodre preko dušilke na zadnjo stran z modro barvo prikazanega bata v krmilni komori, ki se zato pomakne s konstantno hitrostjo in dodatno stisne vzmet ter tako počasi poviša nastavljeno vrednost ventila. Nastavev se povišuje toliko časa, dokler bat ne zadane ob omejitvev na batu prelivnega ventila. Bat ima enako funkcijo kot pri ostalih tipih prelivnih ventilov.

Slika 6 prikazuje tlačne konice, ki nastanejo pri različnih nastavitvah “mehkega” prelivnega ventila. V vseh prikazanih primerih je na ventil hipno usmerjen tok fluida 40 l/min. Ventil odpre oz. reagira, ko tlak na vhodu 1 prekorači prednastavljeno vrednost tlaka ventila. Nato tlak na vodu 1 postopno narašča, dokler po približno 300 ms ne doseže maksimalne vrednosti.

Delovanje med začetno in najvišjo vrednostjo tlaka ventila

Ko je v hidravličnem sistemu vrednost tlaka fluida v območju med začetno in najvišjo vrednostjo tlaka prelivnega ventila, se v prelivnem ventilu pojavi krmilni tok fluida, ki vzdržuje nastavev tlaka ventila na določeni vrednosti, ki je nekaj barov višja od tlaka fluida



Slika 6. Potek tlaka v odvisnosti od časa in različnih nastavitvev ventila

zato zaprt. To pomeni, da ima ventil določeno lekažo tudi takrat, ko tlak zavzema najvišjo vrednost. Zato takšni ventili niso primerni v aplikacijah, kjer je potrebno držanje bremen. V območju med nastavljeno začetno in najvišjo vrednostjo tlaka se ventil odpre le takrat, ko tlak narašča hitreje, kot lahko sledi njegov mehanizem.

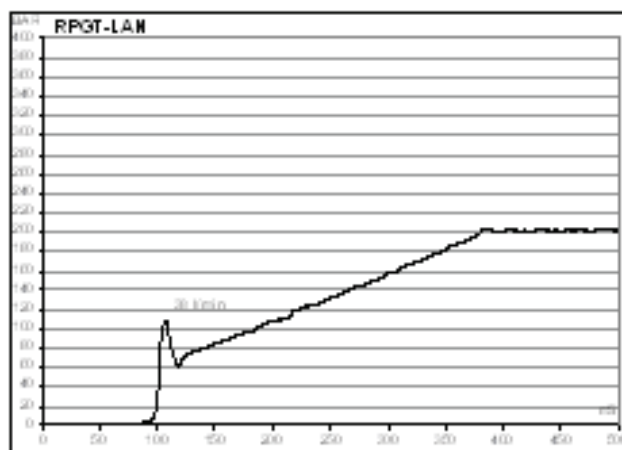
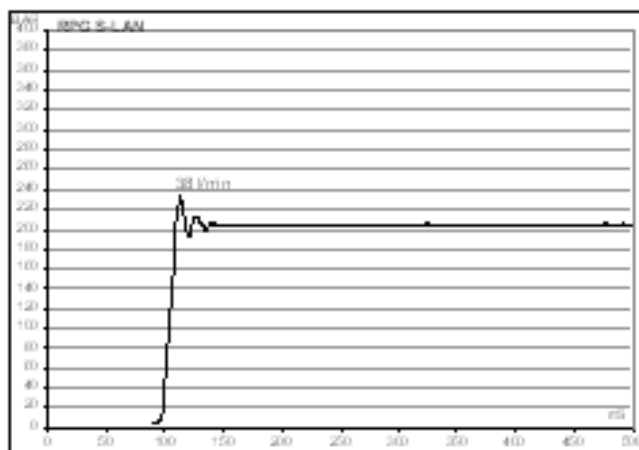
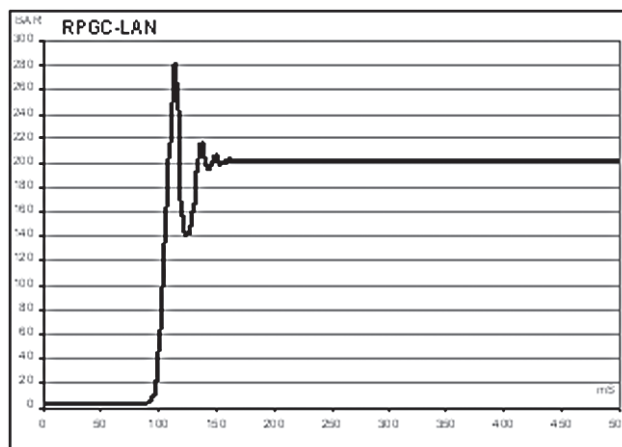
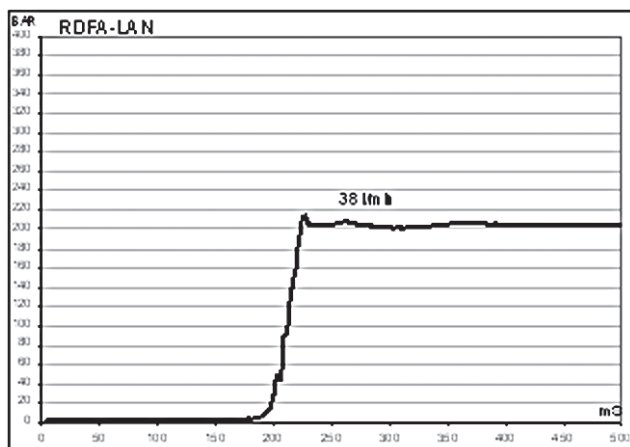
V tem območju zato ventil deluje kot blažilec in preprečuje tlačne konice. Fluid se ne vrača nazaj v tlačni vod, zato tu izgublamo koristno energijo, vendar pa takšen način delovanja zagotavlja stabilnost dušenja tlačnih sunkov.

ventila hkrati spreminja tudi njegova začetna vrednost. V marsikateri aplikaciji leži začetna vrednost tlaka "mehkega" prelivnega ventila previsoko in je zato čas porasta tlaka prekratek. Za zaščito črpalk, pri katerih se tlačne konice pojavijo ob blokadi pretoka fluida, bi bilo smiselno uporabiti ventil s čim nižjim začetnim tlakom in čim daljšim časom naraščanja tlaka. Za takšne primere obstaja mehki prelivni ventil z razbremenitvijo, ki je v izhodiščni legi odprt.

Na sliki 7 je prikazan porast tlaka pri štirih predhodno opisanih ventilih ob istih pogojih delovanja, ko tok vrednosti približno 38 l/min hipno usmerimo na ventil. Pri posredno delujočem ventilu batne izvedbe RPGC (graf levo zgoraj) skoči tlak daleč nad nastavljeno vrednost. Tlačna konica je lahko še višja pri višjih hitrostih porasta tlaka ali pa pri višjih vrednostih toka. Primerjava s posredno delujočim

v sistemu oz. v napajalnem vodu ventila. Delovni bat prelivnega ventila je

Slika 6 predstavlja primer, ko se z nastavitvijo najvišje vrednosti tlaka



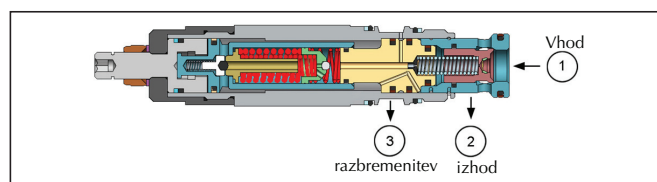
Slika 7. Potek tlaka v odvisnosti od časa pri štirih različnih prelivnih ventilih. Hidravlična shema preizkusa in pogoji delovanja so enaki, kot so prikazani na prejšnji sliki 6.

prelivnim ventilom sedežne izvedbe RPGS (krivulja desno zgoraj) kaže, da je tlačna konica pri slednjem bistveno manjša in da je velik delež te konice odvisen od konstrukcije delovne stopnje ventila. Delovna stopnja ventila RPGS je bat s pozitivnim prekritjem. Kadar v delovni stopnji uporabimo sedežni ventil, kot kaže primer pri ventilu RPGS, se že pri majhnem gibu bata odpre prelivna odprtina po vsem obsegu bata, kar zagotavlja boljše odzivnost ventila in onemogoča nastanek večjih tlačnih konic. Če nadalje primerjamo posredno in neposredno delujoče prelivne ventile sedežne izvedbe, pa je očitno, da se tlačne konice pri neposredno delujočih ventilih še bolj znižajo. Neposredno delujoč sedežni ventil RDFA (graf levo spodaj) omogoča še nekoliko manjšo tlačno konico, ki presega nastavljeno vrednost prelivnega ventila. Dinamična obremenitev hidravličnih sestavin pa je najmanjša ob uporabi "mehkega" prelivnega ventila RPGT (krivulja desno spodaj). Tlak sicer naraste in opazno zaniha nad začetno vrednost, vendar je ta konica še vedno precej pod nastavljeno oziroma najvišjo vrednostjo tlaka takšnega ventila. Zgornjo nastavljeno mejno vrednost tlaka prelivnega ventila doseže naraščajoči tlak v linearnem porastu po približno 300 ms. V nekaterih primerih je začetna vrednost "mehkega" prelivnega ventila še vedno previsoka, zato bi si želeli še nižjo začetno vrednost in še bolj počasen porast tlaka. To nam omogočajo "mehki" prelivni ventili z razbremenitvijo.

Nastavljiv "mehki" prelivni ventili z razbremenitvijo

Slika 8 prikazuje prerez "mehkega" prelivnega ventila z razbremenitvijo. Delovno stopnjo ventila lahko razbremenimo z uporabo dodatnega (tretjega) voda na povratni strani prelivnega ventila, kar lahko uporabimo npr. za zagon črpalke v razbremenjenem stanju. Tlak se prične zviševati, ko tretji vod ventila zapremo. Posebnost takšnih ventilov je, da je njihova krmilna stopnja normalno odprta in šele ko ustrezen tok olja prodre v krmilni del ventila, pritisk bat krmilnega dela ventila sedež na njegovo mesto in prične se zviševati

nastavitev tlaka ventila. Slika 9 kaže porast tlaka v določenem času v odvisnosti od nastavitve ventila. Vod 3 takšnega prelivnega ventila je lahko tudi stalno zaprt in tako dobimo



Slika 8. Prerez "mehkega" prelivnega ventila z razbremenitvijo

"mehek" prelivni ventil z zelo nizko začetno vrednostjo in še daljšim časom rasti tlaka. "Mehki" prelivni ventil z razbremenitvijo je v praksi zamenljiv z drugimi standardnimi ventili. To pomeni, da lahko v isto izvrtino vgradimo tako standardno kot "mehko" izvedbo ventilov istega velikostnega razreda.

Slika 10 kaže krmilni blok s prelivnim ventilom z razbremenitvijo in 2/2 elektromagnetnim ventilom. Z vklapljanjem in izklapljanjem ventila lahko v neugodnih razmerah nastanejo tlačne konice. To se zgodi na primer takrat, ko so tlačni vodi zelo togi in tlak hitro naraste, ali pa v primeru, ko razbremenimo velik tok fluida pod visokim tlakom v povratni vod v kratkem času. Izkušnje kažejo, da se v slednjem primeru pojavijo tlačne

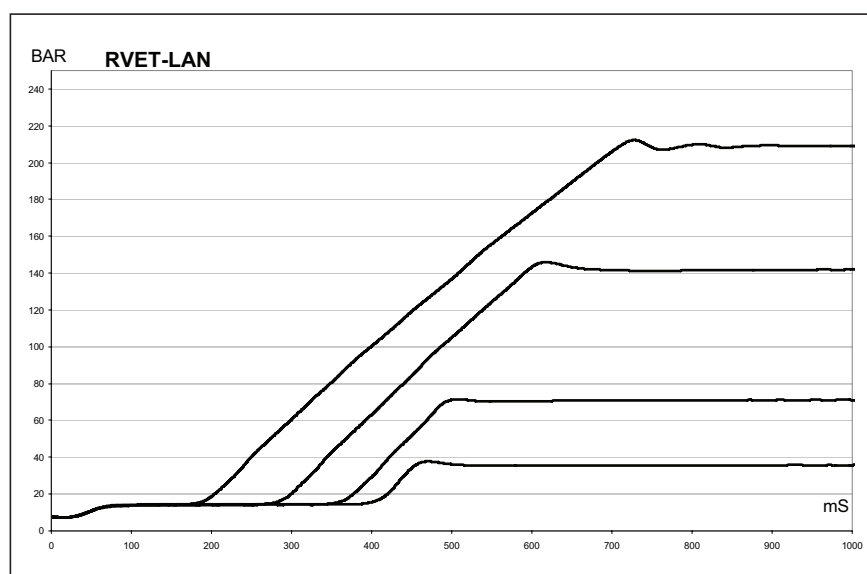
konice tudi v povratnem vodu, posebej pa so lahko izrazite v primeru, ko povratni vod deluje kot resonančno telo in se lahko poškoduje tudi filter.

Slika 11 kaže enak krmilni blok, vendar z vgrajenim "mehkim" prelivnim ventilom, ki skrbi za "mehkejši" dvig tlaka. Tlačne konice ob razbremenitvi lahko zmanjšamo, če na krmilnem

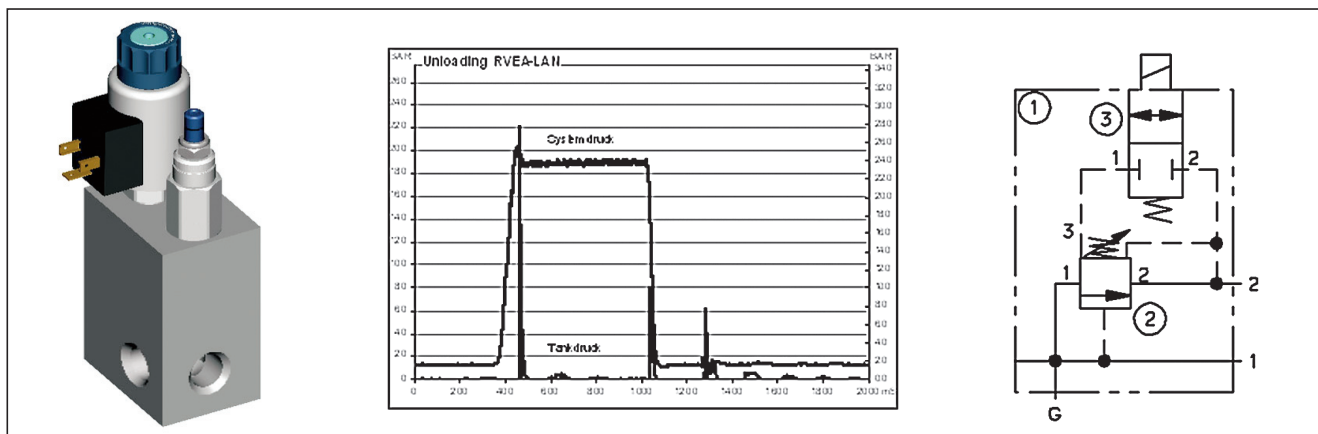
vodu uporabimo elektromagnetni ventil s počasnejšim preklonpnim časom.

3-potni prelivni ventili

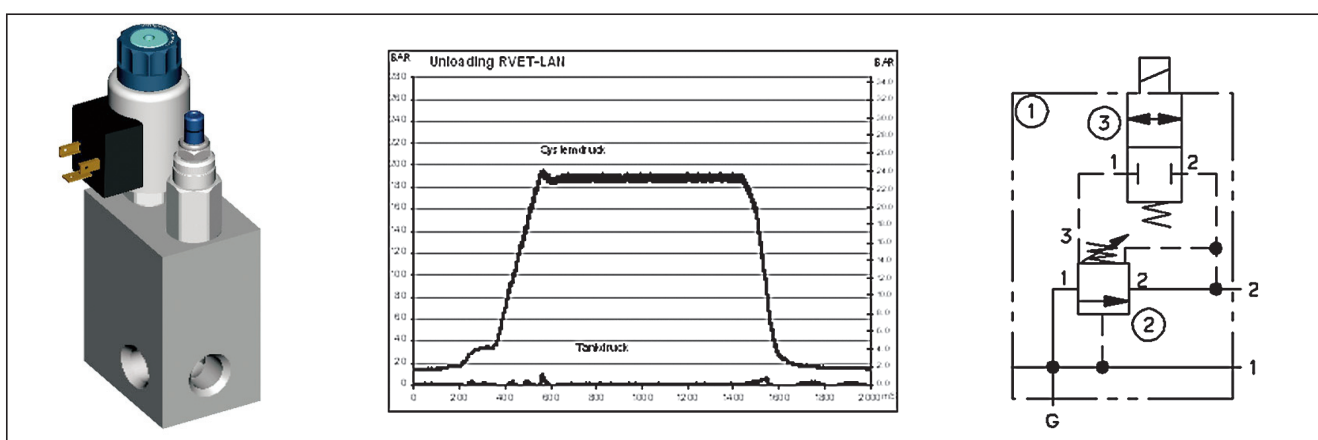
Prelivni ventil z razbremenitvijo lahko uporabimo tudi kot tripotno tlačno tehniko. Tako lahko vod 1 povežemo z dotokom na zunanjo dušilko in vod 3 z odtokom iz dušilke. Ko je tlačna razlika na zunanji dušilki, ki jo lahko ustvarimo tudi s proporcionalnim potnim ventilom, prekoračena za približno 10 barov, se ventil odpre in prekomerni tok usmeri na povratni vod. Na ta način je fluid krmiljen tako, da lahko napajalni tlak preseže tlak na odtoku iz zunanje dušilke le za določeno vrednost, približno 10 barov. Delovna stopnja ventilov RV*T deluje v tu opisani 3-potni funkciji, prednapetje vzmeti na



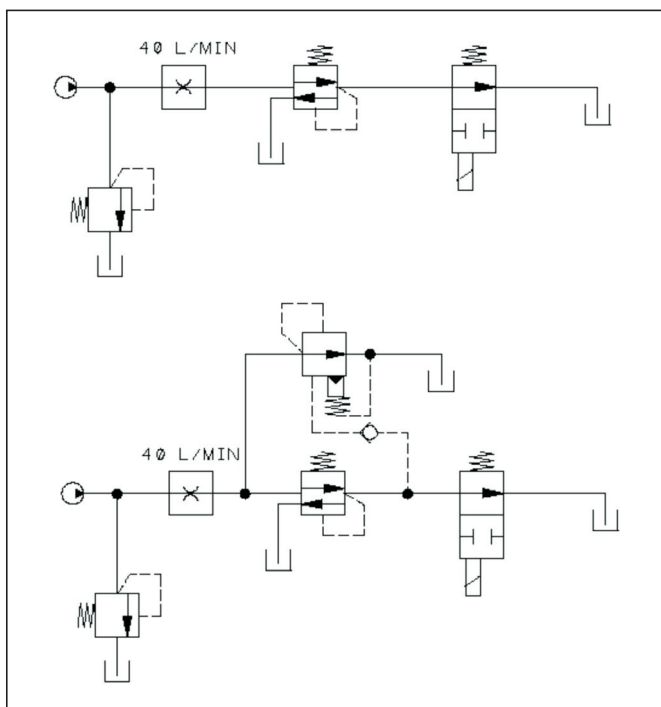
Slika 9. Porast tlaka pri "mehkem" prelivnem ventilu z razbremenitvijo ob različnih nastavitvah tlaka. Elektromagnetni ventil na vodu 3 je bil zaprt vsakokrat do istega trenutka. Med preizkusom je bil tok fluida 38 l/min.



Slika 10. Prelivni ventil z razbremenitvijo in 2/2-potnim ventilom. Potek tlaka na črpalki in na povratnem vodu v odvisnosti od časa.



Slika 11. Mehki prelivni ventil z razbremenitvijo in 2/2 potnim ventilom s počasnejšim preklpom. Potek tlaka na črpalki in na povratnem vodu v odvisnosti od časa.



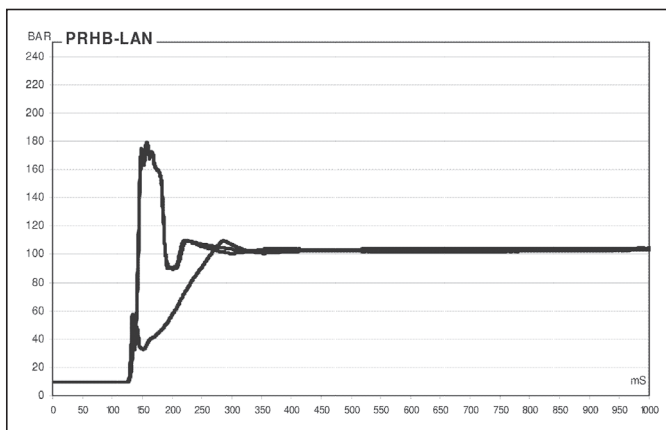
Slika 12. Shemi s tlačnim ventilom. Zgoraj: napajanje tlačnega ventila s konstantnim tlakom. Spodaj: dodan "mehki" prelivni ventil z razbremenitvijo, ki deluje kot tripotna tlačna tehnica.

delovnem batu pa določa tlačni padec na zunanji dušilki. Sočasno pa tak ventil deluje tudi kot prelivni ventil. Če ga nastavimo na primer na 150 barov, potem ventil omogoči tok fluida iz napajalnega v povratni vod takrat, ko sistemski tlak prekorači nastavljeno vrednost. Ventili RV*T so tako lahko tlačne tehnice in prelivni ventili obenem.

Običajno se tlačne tehnice uporabljajo v kombinaciji s tokovnimi

ventili. Ventili RV*T pa lahko kontrolirajo tudi tlak na reducirnem ventilu, ki se uporablja za regulacijo tlaka. Shema na *sliki 12* kaže reducirni ventil pri toku fluida 40 l/min. Tlak na izhodu ventila je najprej zelo nizek, medtem ko je potni ventil odprt v povratni vod (*slika 13*).

Ko se potni ventil zapre, se tlak fluida poviša do vrednosti, nastavljene na reducirnem ventilu. Z vidika reducirnega ventila deluje potni ventil, ki se odpre in potem zapre, kot hidravlični valj, ki se z lahkoto pomika proti togi oviri. Kadar reducirni ventil deluje v kombinaciji s standardno 3-potno tlačno tehniko ali ko je napajan s fluidom s konstantnim tlakom, takrat regulirani tlak pogosto naraste visoko nad zelenega (krivulja na *sliki 13*). V kombinaciji z "mehkim" ventilom RV*T pa narašča napajalni tlak počasneje in enkomerno, zato tudi regulirani tlak na izhodu iz reducirnega ventila ne narašča hitreje. Ko hidravlični valj naleti na togo oviro,



Slika 13. Porast reguliranega tlaka (med reducirnim ventilom in potnim ventilom na shemi s slike 12) v odvisnosti od časa pri zapiranj potnega ventila. Tlačna konica nastane pri napajanju s konstantnim tlakom ali pri uporabi nedušene tlačne tehnice. Počasni porast tlaka nastane ob uporabi "mehkega" prelivnega ventila in tlačne tehnice.

se na reducirnem ventilu tlačna konica ne pojavi (druga krivulja na sliki 13). Preklop pa lahko še podaljšamo s protipovratnim ventilom v krmilnem vodu, ki omeji signal bremena, vendar pa vseeno omogoča, da ta prodre v ventil RV*T. Signal poteka proti pilotnemu toku. Paziti je treba, da je nastavitev mehkega prelivnega ventila (na primer 150 bar) dovolj visoko

tlačne konice in hitre spremembe vrednosti tlaka. Na voljo so tudi v izvedbi z razbremenitvijo. V tem primeru omogočajo še počasnejše naraščanje tlaka ob nižji začetni vrednosti in se lahko uporabljajo tudi za zaščito črpalke. Drugi primeri uporabe "mehkih" prelivnih ventilov so:

- zasučni pogoni za večje mase – pri zobniških pogonih omogoča poča-

nad nastavitvijo reducirnega ventila (na primer 100 bar). Nastavitev samega prelivnega ventila ne vpliva na regulirani tlak.

Zaključek

"Mehki" prelivni ventili omogočajo počasnejše naraščanje tlaka (približno 150 do 400 ms) kot pri konvencionalnih prelivnih ventilih, s tem pa preprečujejo

snejše naraščanje tlaka ob premiku bremena enakomernjši tek zobnikov, brez sunkov na stranice zob;

- hidrostatični pogoni – "mehki" prelivni ventili se tu uporabljajo za preprečevanje tlačnih konic v povratem vodu, na primer pri vzvratnem delovanju;
- splošni primeri, kjer se pojavljajo tlačne konice – "mehki" prelivni ventili so zamenljivi z ostalimi standardnimi prelivnimi ventili, zato je preverjanje njihovega učinkovitosti enostavno;
- "mehki" prelivni ventili z rabrenitvijo se lahko sočasno uporabljajo kot 3-potna tlačna tehnica in prelivni ventil – v tem primeru omogočajo mehke prehode pri regulaciji tlaka in zmanjšujejo tlačne konice, na primer ko hidravlični valj zadene ob oviro. V kombinaciji s tokovnimi ventili jih lahko uporabljamo za mehke zagoni.

Nadaljnje informacije: Kladivar Žiri, d. d., tel.: 04 5159 209, e-mail: ales.bizjak@kladivar.si, www.kladivar.si; Sun Hydraulik GmbH, www.sunhydraulik.de

nadaljevanje s strani 152

International Fluid Power Society Fall Meeting (Jesensko srečanje Mednarodnega združenja za fluidno tehniko)

19.–22. 09. 2007
Strongville, Ohio, USA

Informacije:

- The International Fluid Power Society
- tel.: + 01 800 303 8520
- faks: + 01 856 424 9248
- e-pošta: Askus@ifps.org
- internet: <http://www.ifps.org/organisation/Meetings/index.htm>

K 2007 - Kunststoff und Kautschukwelt 2007 (Mednarodni sejem gume in umetnih mas 2007)

24.–27. 10. 2007
Düsseldorf, BRD

Informacije:

- internet: www.k_online.de

2007 SAE Power Train Fluid Systems Conference (SAE konferenca o pogonskih kolektivih in fluidni tehniki 2007)

29. 10.–01. 11. 2007
Chicago, Illinois, USA

Informacije:

- SAE
- tel.: + 01 724 776 4841
- faks: +01 724 776 0790
- e-pošta: mjena@sae.org
- internet: <http://www.sae.org/events/pfs/cfp.htm>

nadaljevanje na strani 192