

## **Razvoj in analiza delovanja novega krmiljenega protipovratnega ventila**

**Marko Meden**

Fakulteta za strojništvo Ljubljana

**Franc Majdič**

Fakulteta za strojništvo Ljubljana

**Jožef Pezdarnik**

Fakulteta za strojništvo Ljubljana

### ***Povzetek***

*Sistemi pogonsko-krmilne hidravlike imajo pogosto nalogo premikati bremena v vertikalni smeri, ob tem pa je čestokrat potrebno breme tudi držati na točno določeni poziciji dlje časa, brez da bi za to uporabljali neka mehanska zadržala oziroma blokade. Pri tem pa mora biti njihovo delovanje neodvisno od temperature okolice sistema. Pospoševanja in zaustavljanja delovnih gibov izvršilnih sestavin morajo pogosto biti nastavljiva.*

*Opisanim zahtevam načelno lahko zadostimo z vgradnjo proporcionalnih oz. servo potnih ventilov ali pa vgradimo zavorne oziroma krmiljene protipovratne ventile (KPPV) sedežnega tipa z dodatnimi ustreznimi dušilnimi ventili. Vendar je pri tem treba upoštevati, da je vgradnja proporcionalnih oziroma servo ventilov veliko dražja in zahteva krmiljenje oz. regulacijo preko ustreznih krmilnih kartic ter programske opreme, vgradnja zavornih oziroma krmiljenih protipovratnih ventilov pa je razmeroma cenena in ne potrebuje posebnega krmiljenja oziroma regulacije.*

*Pri pregledu tržišča smo ugotovili, da noben proizvajalec zavornih in/ali krmiljenih protipovratnih ventilov ne garantira popolnega tesnjenja vključno z »mehkim« speljevanjem in ustavljanjem bremena, kar je občasno zahteva investitorja oziroma uporabnika. Tako je bilo tudi v primeru projekta izvedenega v našem laboratoriju.*

*Pri pregledu na tržišču dostopnih ventilov nismo našli ustreznega zavornega oziroma KPPV, ki bi izpolnjeval prej omenjene zahteve. Zato smo se odločili razviti nov KPPV. V ta namen smo izdelali več konceptov ter na podlagi cenovne ugodnosti in zahtevnosti izdelave izbrali najprimernejšega.*

*V prispevku je predstavljen prototip novega KPPV. Rezultati meritev tesnosti, odzivnosti oziroma prehodne funkcije ter  $\Delta p - Q$  karakteristika bodo podani ob predstavitvi tega dela.*

## 1. Uvod

Pri sistemih pogonsko-krmilne hidravlike, ki imajo funkcijo dviganja in/ali spuščanja bremena v vertikalni smeri, je zelo pogosto potrebno zadostiti naslednjim zahtevam:

- mirovanje bremena oz. naprave na neki poziciji za dlje časa
- mirno oziroma nesunkovito speljevanje in ustavljanje bremena
- delovanje hidravličnega pogonskega sistema neodvisno od temperature
- enakomerno dviganje oz. spuščanje bremena

Naštetim zahtevam lahko zadostimo s pomočjo vgradnje proporcionalnih oz. servo potnih ventilov ali pa vgradimo krmiljene protipovratne ventile (KPPV) ali pa lahko tudi zavorne ventile sedežnega tipa. Pri tem pa je treba vzeti v obzir, da je vgradnja proporcionalnih oz. servo ventilov veliko dražja in zahteva krmiljenje oz. regulacijo preko ustreznih krmilnih kartic in programske opreme, vgradnja krmiljenih protipovratnih ali zavornih ventilov pa je znatno cenejša in ne potrebuje posebnega krmiljenja oz. regulacije. Glede na to, da so nekateri sistemi enostavni, brez posebnih zahtev glede krmiljenja, a je vseeno treba zadostiti prej navedenim zahtevam, se pogosto vgrajuje krmiljene protipovratne (KPPV) ali zavorne ventile.

Dandanes na tržišču dostopni KPPV in zavorni ventili skoraj nikoli ne zadoščajo vsem zahtevam, ampak le nekaterim. Zaradi tega smo se odločili za analizo primerov vgradnje letih v hidravlične pogonske sisteme in za temeljit pregled tržišča KPPV in zavornih ventilov ter analizo prednosti oz. dobrih rešitev, pa tudi slabosti odnosno pomanjkljivosti z vidika same konstrukcijske izvedbe ventilov. Rezultate opravljene analize, smo uporabili pri razvoju novega KPPV, ki bi zadostil vsem navedenim zahtevam.

## 2. Novi krmiljeni protipovratni ventil (KPPV)

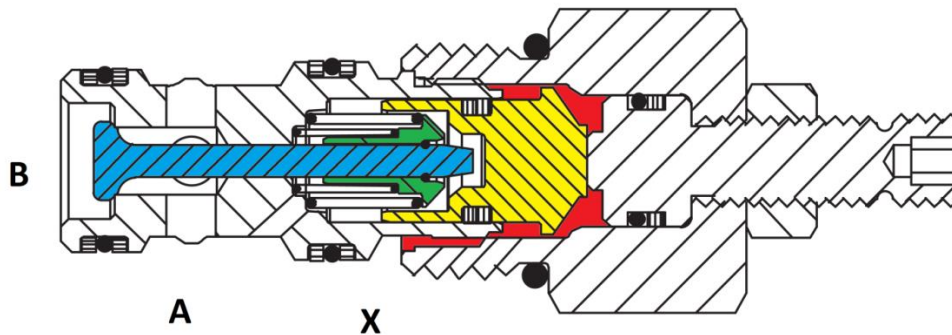
### 2.1 Pregled obstoječega stanja tržišča KPPV in zavornih ventilov

Na tržišču obstaja veliko tipov KPPV in zavornih ventilov številnih izdelovalcev. Pregledali smo številne izvedbe tovrstnih ventilov različnih izdelovalcev.

Glede prednosti in slabosti oz. pomanjkljivosti smo ventile ocenjevali glede na naslednje kriterije:

- možnost nastavljanja hitrosti odpiranja in zapiranja zapiral (konusov in kroglic)
- način vgradnje sestavnih delov posameznega ventila z ozirom na odzivnost celotnega ventila oz. sistema
- odvisnost ventila na temperaturne spremembe
- velikost notranjega puščanja ventila

V nadaljevanju so predstavljeni najbolj zanimivi primeri KPPV in zavornih ventilov.

**KPPV proizvajalca Vickers**

Slika 1: KPPV proizvajalca Vickers; kartušna izvedba [1]

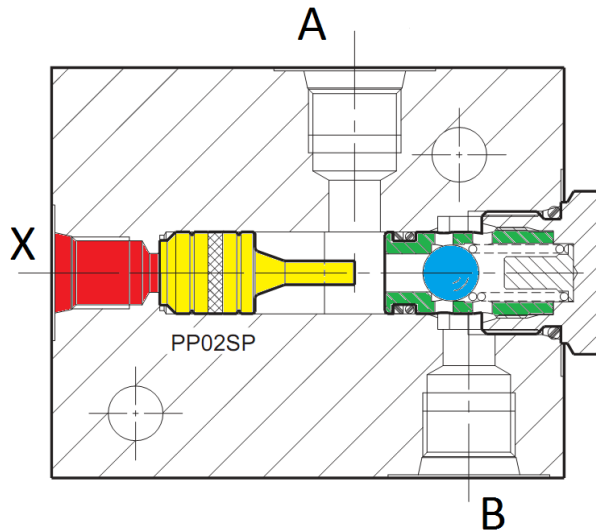
**Prednosti:**

- dušenje na X vodu za počasno odpiranje konusnega bata
- konusni bat (modro) brez O-ringov, dobra odzivnost ventila
- nastavljev gib krmilnega bata
- kompaktna izvedba ventila
- ugodno razmerje velikosti površin za zanesljivo prekrmljenje

**Slabosti oz. pomanjkljivosti:**

- ni možnosti izbiranja oz. nastavljanja hitrosti zapiranja in odpiranja konusnega bata
- odvisnost vkrmiljenja na X vodu (dušilka) glede na viskoznost, torej temperaturo kapljevine
- notranje puščanje od B voda proti A vodu je 5 kapljic/min (po katalogu proizvajalca)
- tesnenje krmilnega bata (rumena) z O-ringi, kar vpliva na odzivnost ventila

### KPPV proizvajalca Stearling Hydraulics



Slika 2: KPPV proizvajalca Stearling Hydraulics; blokovna izvedba [2]

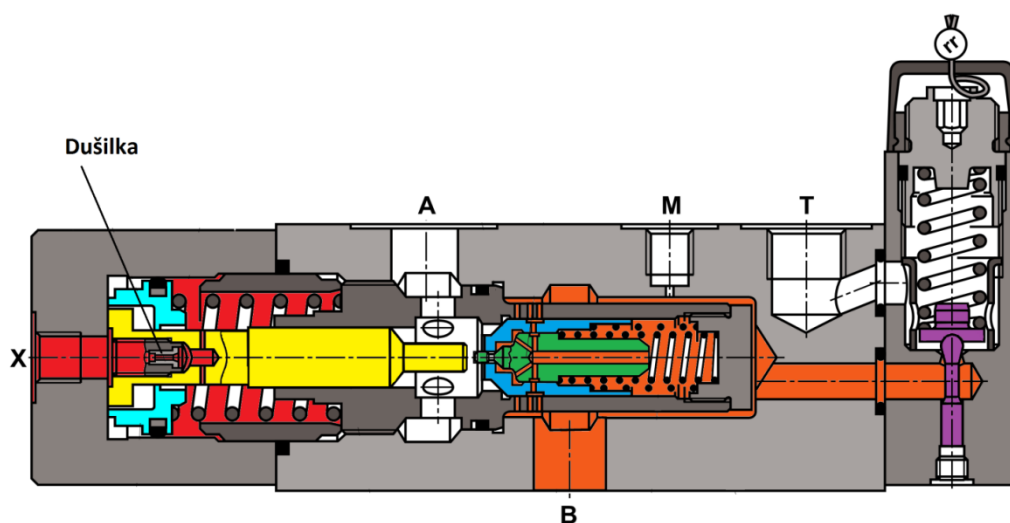
Prednosti:

- vgrajena je kroglica za boljše prileganje ob sedež in s tem boljše tesnenje
- tesnjenje krmilnega bata (rumeno) brez O-ringov, kar pomeni boljšo odzivnost ventila
- enostavna izvedba KPPV z nadgradnjo PPV z dodatnim krmilnim X vodom in krmilnim batom

Slabosti oz. pomankljivosti:

- ni možnosti kontroliranja hitrosti zapiranja in odpiranja, torej premikanja kroglice
- dolg gib krmilnega bata (rumeno) vpliva na odzivnost ventila
- sunkovito ustavljanje bremena zaradi hitrega zapiranja kroglice (vpliv vzmeti)

### Zavorni ventil proizvajalca Bosch Rexroth



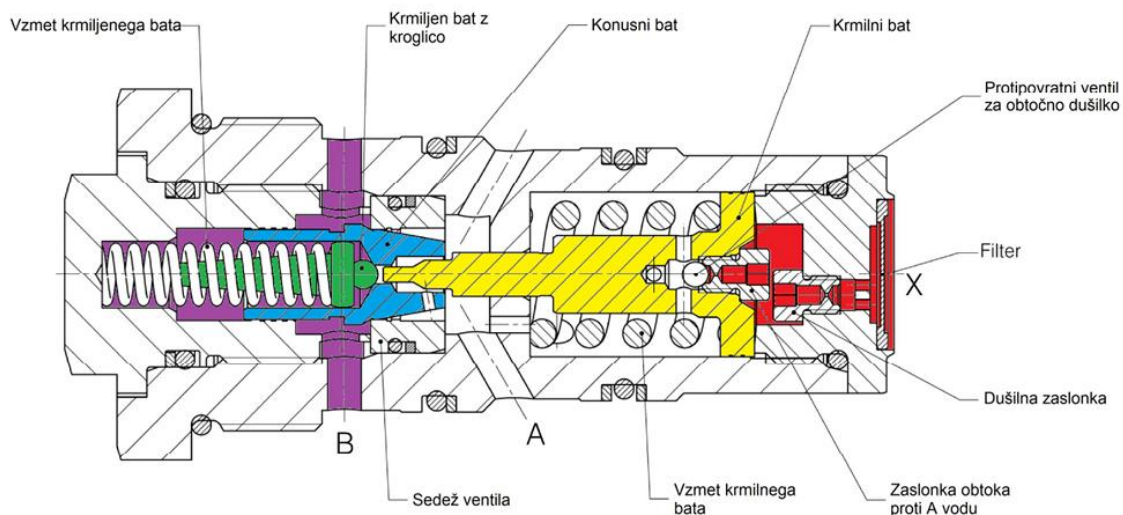
Slika 3: Zavorni ventil proizvajalca Bosch Rexroth; blokovna izvedba [3]

**Prednosti:**

- enakomerno oziroma nesunkovito speljevanje in ustavljanje bremena
- ločeno vgrajen varnostni ventil (lažje vzdrževanje oz. odkrivanje napak)
- brez notranjega puščanja od B proti A vodu (po katalogu proizvajalca)
- tesnjenje krmilnega bata in dvostopenjskega konusnega bata brez O-ringov (dobra odzivnost ventila)

**Slabosti oz. pomankljivosti:**

- ni možnosti kontroliranja oz. nastavljanja hitrosti zapiranja in odpiranja konusnega bata
- dušenje v ventilu po principu dušilke (velika temperaturna odvisnost)

**Zavorni ventil proizvajalca Bucher Hydraulics**

Slika 4: Zavrtni ventil proizvajalca Bucher Hydraulics; kartušna izvedba [4]

**Prednosti:**

- enakomerno speljevanje in ustavljanje bremena
- brez notranjega puščanja od B proti A vodu (po katalogu proizvajalca)
- tesnjenje krmilnega bata in dvostopenjskega konusnega bata brez O-ringov
- vgrajen filter na krmilnem X vodu (varuje zaslonke pred nečistočami v olju)
- zamenljiv sedež dvostopenjskega konusnega bata
- ustrezno oblikovan konus velikega konusnega bata za postopno povečevanje pretoka olja

**Slabosti oz. pomankljivosti:**

- ni možnosti kontroliranja hitrosti zapiranja in odpiranja konusnega bata
- dušenje v ventilu po principu dušilke (velika temperaturna odvisnost)
- ni možnosti nastavljanja prednapetja vzmeti

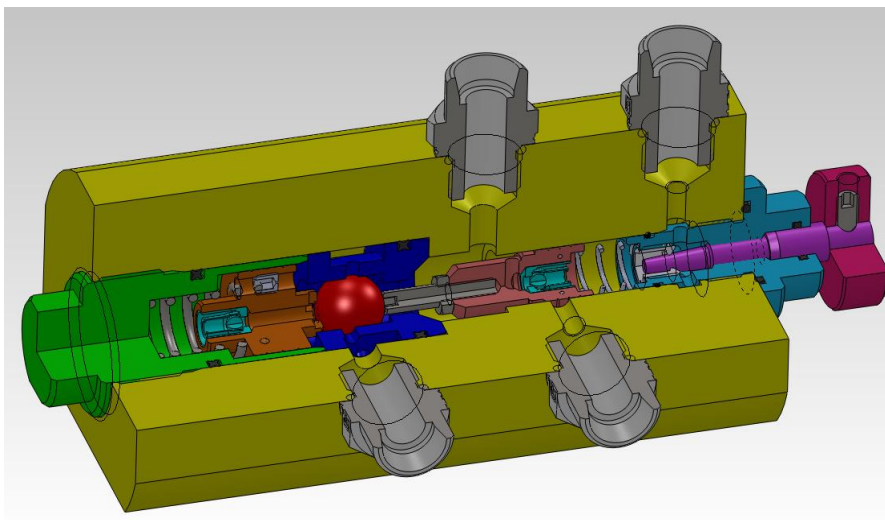
## 2.2 Razvoj novega KPPV

Po pregledu tržišča obstoječih KPPV in zavornih ventilov smo na podlagi zahtev in želja izdelali več konceptualnih rešitev in izbrali najboljšo. Na Slika 5 je prikazan izdelani prototip novega krmiljenega protipovratnega ventila, ki je bil zasnovan po predhodni konceptualni rešitvi. Vsi sestavni deli so izdelani iz jekla za poboljšanje C45.



Slika 5: Prototip novega KPPV

Slika 6 prikazuje prototip novega KPPV v prerezu. Na novo razviti KPPV je enostaven za izdelavo ter zagotavlja popolno tesnenje med kroglico in sedežem. Hkrati pa s pomočjo vgrajenih zaslonk in malih protipovratnih ventilov (PPV) zagotavlja »mehko« speljevanje in ustavljanje bremena.

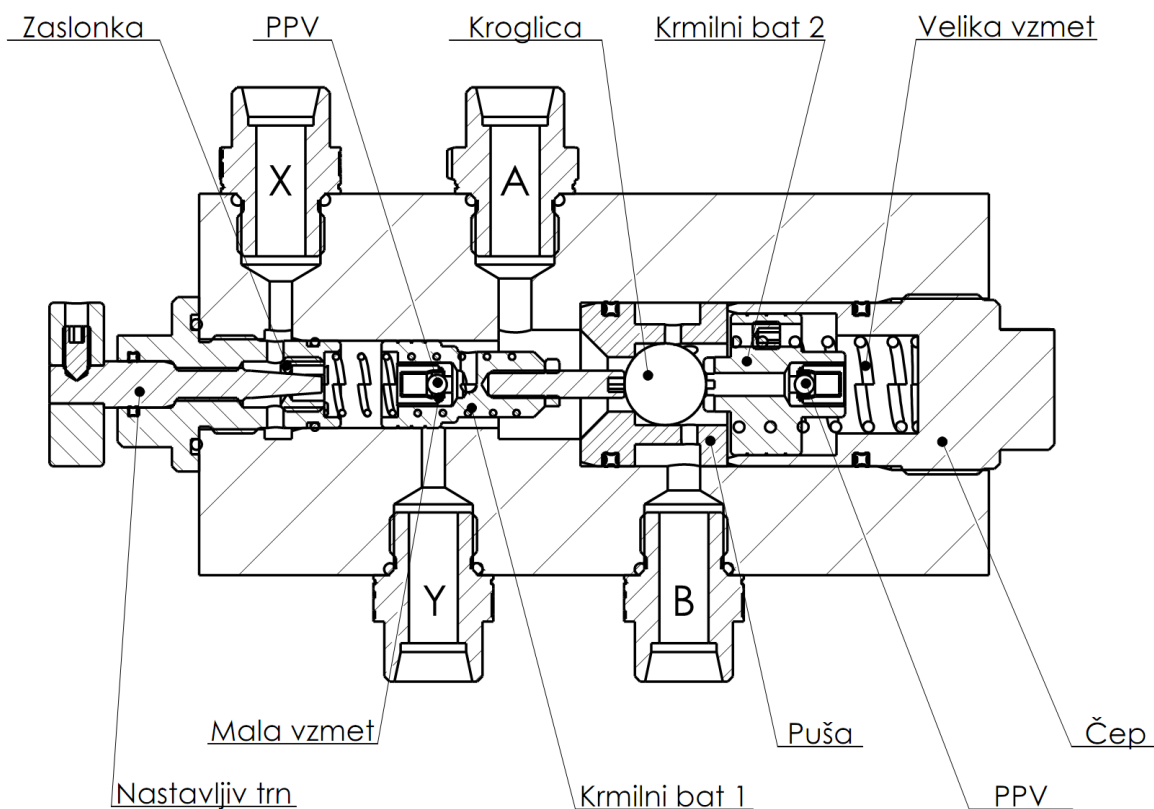


Slika 6: Prototip novega KPPV v prerezu

## 2.3 Delovanje novega KPPV

Delovanje novega KPPV lahko razdelimo v več faz in sicer: dviganje bremena, mirovanje bremena ter spuščanje. Za lažje sledenje opisa delovanja novega KPPV so na Slika 7 označeni vsi pomembnejši sestavni deli.

Prototip novega KPPV je blokovne izvedbe z nastavljivim dušenjem na krmilnem vodu. Glavni element, ki preprečuje nezaželeno spuščanje (»popuščenje«) bremena, je kroglica. Kroglica mora biti ustrezno obdelana (polirana) in mora imeti ustrezno trdoto (ustrezna toplotna obdelava). Standardna kroglica, ki ustreza našim zahtevam, je kar kroglica, ki se uporablja za izdelavo krogličnih ležajev. Kroglica nalega na sedež, ki je obenem tudi nosilna puša kroglice. Sedež kroglice ima po obodu izdelane luknje, ki omogočajo pretok olja iz A voda v B vod in obratno. Sedež kroglice mora biti izdelan iz »mehkejšega« materiala kot kroglica zato, da kroglica rob sedeža minimalno deformira ter tako zagotovi tesnenje od B proti A vodu brez notranjega puščanja. Kontroliranje odpiranja in zapiranja kroglice je izvedeno preko nastavljive zaslonke, malih protipovratnih ventilov in fiksne zaslonke vgrajene v krmilni bat 2.



Slika 7: Novi KPPV v prerezu

Pri dviganju bremena ima od A voda proti B vodu kapljevina prost pretok, premagati mora le silo vzmeti na desni strani, da odrine kroglico. Hitrost premikanja kroglice uravnava zaslonka

vgrajena v krmilni bat 2. Zaslونka preprečuje prehitro umikanje olja iz komore za krmilnim batom 2. Ustavitev dviganja bremena je kontrolirana preko krmilnega bata 1, ki potiska hidravlično olje skozi nastavljivo zaslونko. Nastavljiva zaslونka kontrolira umikanje olja iz komore za krmilnim batom 1. Da pri ustavljanju zagotovimo da krmilni bat 2 ustrezno sledi kroglici, smo vanj (v krmilni bat 2) vgradili mali protipovratni ventil (PPV). Ko se breme ustavi in miruje, tlak, ki ga ustvarja breme, pritiska kroglico ob sedež in tako preprečuje spuščanje bremena. Za zaželeno spuščanje bremena pa potrebujemo tlak olja v krmilnem X vodu. Ta krmilni tlak premakne krmilni bat. Le-ta pomakne kroglico in odpre prost pretok olja od B voda proti A vodu. Hitrost odpiranja kroglice je odvisna od nastavitve nastavljive zaslونke, ki omejuje pretok olja po krmilnem X vodu do krmilnega bata 1. Dodatno omejuje hitrost še zaslونka na desni strani. Ta zaslونka preprečuje prehitro umikanje olja iz komore za krmilnim batom 2.

### 3. Diskusija in zaključek

Razvili in zasnovali smo nov krmiljeni protipovratni ventil, ki je brez notranjega puščanja od B proti A vodu, zagotavlja »mehko« speljevanje in ustavljanje bremena in deluje neodvisno od temperaturnih razmer, torej neodvisno od sprememb viskoznosti kapljevine.

Tesnjenje brez notranjega puščanja smo zagotovili s pušo in kroglico. Za kroglico smo uporabili standardno ležajno kroglico, ki je cenovno ugodna, ustrezno toplotno obdelana in ima ustrezno obdelavo površine. Poleg tega je tesnjenje zagotovljeno ne glede na položaj kroglice v puši. Puša je izdelana iz mehkejšega materiala zaradi česar pride do njene mikro deformacije, s tem pa do popolnega tesnenja.

Mehko speljevanje in ustavljanje je zagotovljeno z vgradnjo zaslonk in malih protipovratnih ventilov, ki zagotavljajo kontrolirano premikanje kroglice in s tem zanesljivost in ustreznost delovanja.

Ker imamo v ventilu vgrajene zaslونke, na njegovo delovanje ne vpliva spreminjanje temperature oziroma viskoznosti kapljevine.

Rezultati meritev in preizkusov delovanja, ki so bili izvedeni in pridobljeni na prototipu novega krmiljenega protipovratnega ventila, bodo podani na predstavitvi.

### 4. Literatura

[1] [http://hydraulics.eaton.com/products/pdfs/V-VLOV-MC001-E4\\_parts/Section-G/V-VLOV-MC001-E4\\_G\\_POC1-10.pdf](http://hydraulics.eaton.com/products/pdfs/V-VLOV-MC001-E4_parts/Section-G/V-VLOV-MC001-E4_G_POC1-10.pdf) (30. 6. 2011)

[2] <http://www.sterling-hydraulics.com/productsearch.cfm?cfid=54461&cftoken=83588451> (30. 6. 2011)

[3] <http://www.boschrexroth.com/mobile-hydraulics-catalog/Vornavigation/Vornavi.cfm?Language=EN&PageID=m4263> (30. 6. 2011)

[4] <http://www.bucherhydraulics.com/docs/index.aspx?id=31355&adminprt=1> (30. 6. 2011)