

Voda kot hidravlična tekočina v pogonsko-krmilni hidravliki - 2. del

Franc MAJDIČ, Jože PEZDIRNIK, Mitjan KALIN

Izvleček: Zadnje čase se voda vedno pogosteje uporablja kot hidravlična tekočina. Zaradi specifičnosti vode v primerjavi z mineralnim oljem so sestavine vodne pogonsko-krmilne hidravlike (PKH) konstrukcijsko drugačne kot sestavine oljne PKH. Voda ima predvsem izrazito nižjo viskoznost, slabše dušenje in slabše mazalne lastnosti kot olje. Pri projektiranju vodne PKH je potrebno paziti na te razlike. Namen prispevka je prikazati možnost zamenjave tradicionalne oljne z vodno PKH. Prikazane so posebnosti vodne PKH pri dimenzioniranju. Na te posebnosti moramo biti pozorni pri gradnji novih vodnih hidravličnih naprav (HN). Predstavljenih je nekaj pomembnih sestavin vodne PKH, ki se razlikujejo od sestavin oljne PKH. Zaradi omenjenih razlik je tudi vzdrževanje vodne PKH drugačno. Kljub velikim tehničnim problemom je na tržišču precejšnje število uveljavljenih vodnih HN. Kot primer vam predstavljamo smetarsko vozilo, ki uporablja vodno PKH.

Ključne besede: voda, hidravlično olje, pogonsko-krmilna hidravlika, konstrukcijske izvedbe pogonsko-krmilne hidravlike,

■ 1 Uvod

V prvem prispevku smo prikazali lastnosti vode kot hidravlične tekočine [1]. V tem prispevku pa bomo predstavili stanje razvoja sestavin vodne pogonske in krmilne hidravlike – PKH. Prikazanih bo tudi nekaj ključnih sestavin vodne PKH, ki so na tržišču. Poudarek je predvsem na posebnostih sestavin vodne PKH v primerjavi s sestavinami oljne PKH. Prikazane so tri vrste hidravličnih črpalk, značilni hidravlični motorji in dve različni konstrukcijski izvedbi vodnega 4/3-potnega ventila. Ventili se močno razlikujejo od konstrukcije podobnih ventilov za oljno PKH. Za vodno PKH so bili razviti tudi različni tokovni in tlačni ventili. Tudi nekaj zvezno delujočih ventilov je bilo razvitih, ki so že bili uporabljeni v vodnohidravličnih napravah v prehrambeni industriji, rudarstvu, naftnih črpališčih, za komunalna vozila.

Franc Majdič, univ. dipl. inž., doc. dr. Jože Pezdirnik, univ. dipl. inž. izr. prof. dr. Mitjan Kalin, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

■ 2 Splošna pravila pri dimenzioniranju vodne PKH

Hidravlične naprave (HN) z vodno PKH je enostavno vzdrževati, če so pravilno dimenzionirane in izbrane ustrezne komponente [2]:

1. Hidravlične sestavine morajo biti izdelane iz preverjenih **nerjavnih materialov**: guma, plastika, nerjavno jeklo in keramika. Neustrezni materiali so: železo, čisti baker, čisti aluminij.
2. HN mora imeti ustrezen filter – z vsaj **10 µm absolutno filtracijo**. Priporočena je **uporaba tlačnega stikala** za signalizacijo zamašenosti filtra. Filter naj ne bi imel varnostnega obtoka!
3. **Povratni filter je najprimerneje namestiti tik pred rezervoarjem**. Namestitev povratnega filtra kjerkoli v HN lahko povzroči uničenje hidravlične črpalke.
4. **Črpalko je najprimerneje namestiti pod rezervoar**. Namestitev črpalke nad gladino vode lahko povzroči znatno krajšo uporabno dobo črpalke (kavitacija).
5. **Sesalni vod črpalke** mora biti dimenzioniran tako, da se v njem **ne pojavi večji podtlak od 0,1 bar** (naj-

bolje brez sesalnih filtrov in zoženih prehodov).

6. **Varnostni ventili** morajo biti **nameščeni vertikalno in povezani s povratnim vodom oz. rezervoarjem**. Iztok iz varnostnih ventilov nikakor ne sme biti povezan s sesalnim vodom.

7. **Voda** (hidravlična tekočina) **se sme dolivati v sistem le preko filtra** (pred povratnim filtrom oz. preko posebne filtrirne enote).

8. **Ostanki obdelave in ostale nečistoče** morajo biti pred zagonom popolnoma **odstranjeni** iz HN.

9. Vsi priključki in vijačni cevni elementi morajo biti **tesnjeni z O-tesnili**. Uporaba teflonskega traku in drugih podobnih tesnil se odsvetuje!

10. V primeru uporabe tesnilnih lepil (za tesnjenje navojev) je potrebno paziti, da se ta lepila ne uporabljajo v večjih količinah, ker lahko povzročajo nastanek biofilma (mikroorganizmi).

11. Sklopke črpalk je potrebno nameščati z občutkom – brez udarcev (poškodba črpalke).

12. Med delom parkljaste sklopke, pritrjenim na pogonski motor, in delom, pritrjenim na črpalko, mora biti minimalna reža 3 mm.

13. Pred zagonom HN je potrebno preveriti in po potrebi naliti vodo.

14. Rezervoar za vodo mora nujno vsebovati **termometer in nivojsko kazalo.**

15. Pri montaži črpalke je potrebno paziti na pravilno smer vrtenja (lahko pride do poškodbe)!

16. Izpust notranjega puščanja pri črpalci mora biti prosto povezan z rezervoarjem! Čep na tem mestu lahko povzroči mehanske poškodbe (poči ohišje) ali poslabša hlajenje in mazanje.

■ 3 Sestavine vodne PKH

Ker je področje vodne PKH razmeroma novo, trenutno še ni na razpolago celotnega spektra sestavin, tako kot je to pri "tradicionalni" oljni PKH. V nadaljevanju bomo prikazali nekaj razpoložljivih sestavin vodne PKH in njihove lastnosti.

Zahteve tržišča v zadnjih dveh desetletjih so narekemale nov trend razvoja na področju črpalk in hidravličnih motorjev, ki uporabljajo vodo iz pipe kot hidravlično tekočino v pogonsko-krmilni hidravliki. Pri tem razvoju sta bili ubrani dve različni smeri:

a) **Modifikacija obstoječih hidravličnih sestavin**, ki v osnovi uporabljajo mineralno olje kot hidravlično tekočino. Na ta način verjetno ne bo nikoli dosežena popolna uporaba čiste pitne vode za večino hidravličnih naprav.

b) **Uporaba novih materialov, novi oblikovni in konstrukcijski pristopi** za zagotovitev optimalnih lastnosti pri uporabi čiste pitne vode kot hidravlične tekočine.

3.1 Hidravlične črpalke

Zaradi bistveno nižje viskoznosti vode v primerjavi z mineralnim oljem ob enakih geometrijskih razmerah – enake reže med elementi, imajo te črpalke in hidravlični motorji (HM) bistveno večje notranje puščanje pri višjih tlakih. Zaradi

tega je potrebno pri snovanju hidravličnih sestavin za vodno pogonsko-krmilno hidravliko paziti na čim manjše reže med gibajočimi se deli. Minimalno režo najlažje zagotovimo pri batnih črpalakah. Zato so se v praksi najbolj uveljavile naslednje vrste črpalk za vodno pogonsko-krmilno hidravliko [3]:

- vrstne batne črpalke (z ročičnim mehanizmom),
- radialne batne črpalke in
- aksialne batne črpalke.

Klasične **vrstne batne črpalke** z ročičnim mehanizmom (podobne, kot so bile razvite pred približno 150 leti) se z manjšimi spremembami še vedno uporabljajo. Mazanje je pri vrstnih batnih črpalakah ločeno od

vode (hidravlična tekočina). Vstopni (sesalni) in izstopni (tlačni) vodni kanal imata vgrajen vsak po en protipovratni ventil sedežnega tipa "metuljaste" izvedbe. Plastično prozorno okno služi za vizualno kontrolo tesnjenja

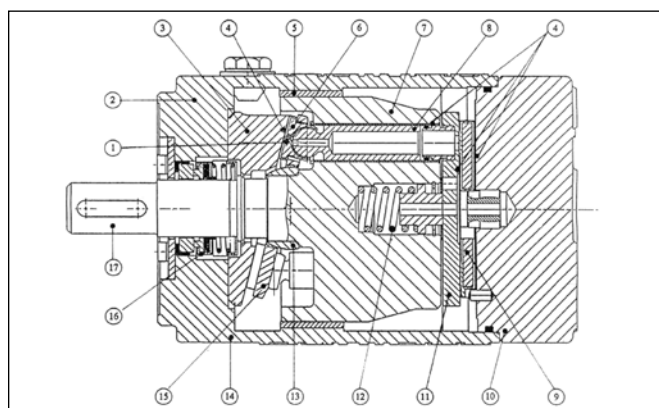
posameznega batnega sklopa črpalke in kontrolo stanja bata. Z oljem se pri tej črpalci popolnoma neodvisno od vode maže bat v vodilih. Vse vitalne sestavine so izdelane iz nerjavnih materialov. Vrstne batne črpalke delujejo z naslednjimi hidravličnimi tekočinami: HFA, pitna voda iz pipe in vse naravne hidravlične tekočine v območju viskoznosti od 0,5 do 4 mm²/s [4].

Tipična področja uporabe teh tipov črpalk: rudarstvo, železarska, avtomobilska, gumarska, lesna in tekstilna industrija.

Radialne batne črpalke imajo drugačno zasnovo kot podobne črpalke za mineralno olje. Pri njih so uporabljeni novi – nestandardni materiali, tako da ne potrebujejo dodatnega (sekundarnega) mazanja. Hidravlična tekočina – voda – je obenem tudi

mazalno sredstvo. Radialna batna črpalka ima od 5 do 7 enot (bat/valj) s protipovratnimi ventili [3]. Vsak valj ima natančno prilagojen bat – zelo majhna reža. Bat je na notranji strani sferično oblikovan.

Večina **aksialnih batnih črpalk** za vodno pogonsko-krmilno hidravliko je konstrukcijsko izvedena z nagibno ploščo. Take črpalke se lahko uporabljajo na enak način kot aksialne batne črpalke za mineralno olje. Uporabljen vodo se vrača v rezervoar in preko črpalke spet v obtok. Aksialna batna črpalka za vodo na *sliki 1* ima 9 batov (poz. 8). Vstopna gred črpalke (poz. 17) in boben (poz. 7) sta izdelana iz enega kosa, ki je vgrajen v ohišje iz nerjavečega jekla.



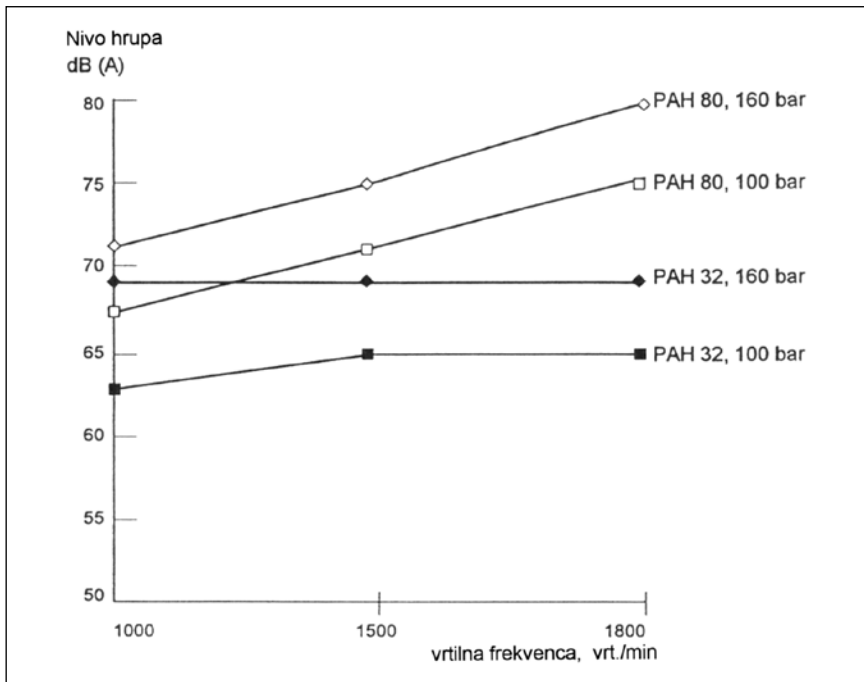
Slika 1. Aksialna batna črpalka za vodo v prerezu [3]

Nagibna plošča (poz. 3) je fiksna, vendar zamenljiva. Z različnimi nagibnimi ploščami lahko spremenjamo iztisinno črpalke, saj s tem spreminjamo gib batov. Čeveljci so v kontaktu z nagibno ploščo in delujejo kot hidrostatski ležaj. Vse drsne površine, kot so valji, potisna plošča (poz. 11) in drsni čeveljci (poz. 6), so prevlečene z obrabno odporno plastiko ali z izboljšanim nerjavnim jeklom [3]. Zunanje ohišje (poz. 14) in prirobnici (poz. 2 in 10) so izdelani iz vlite medenine, da so zaščiteni pred korozijo. Črpalka je zgrajena tako, da je mazanje vseh gibajočih se delov izvedeno kar z vodo, s katero se oskrbuje hidravlična naprava. Z izbiro pravih materialov je reža med gibajočimi se deli zelo majhna, saj se s tem izognemo povečanemu notranjemu puščanju zaradi nizke viskoznosti vode v primerjavi z mineralnim oljem.

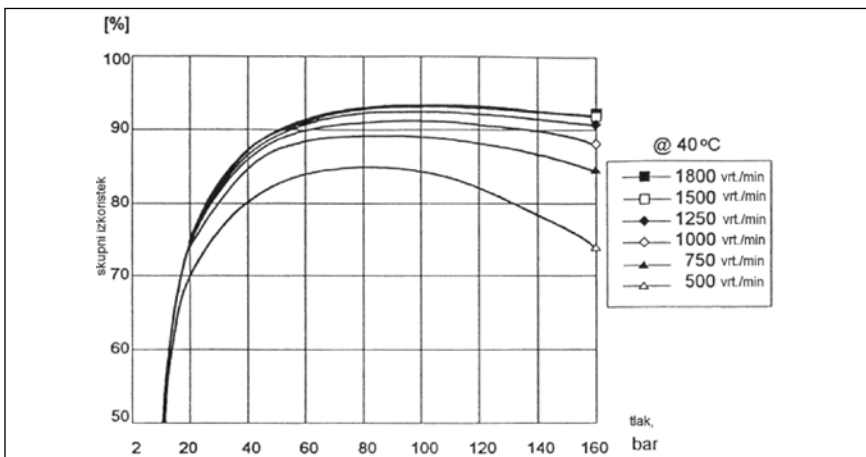


Slika 2. Prikaz različnih velikosti aksialnih batnih črpalk za vodno pogonsko-krmilno hidravliko [5]

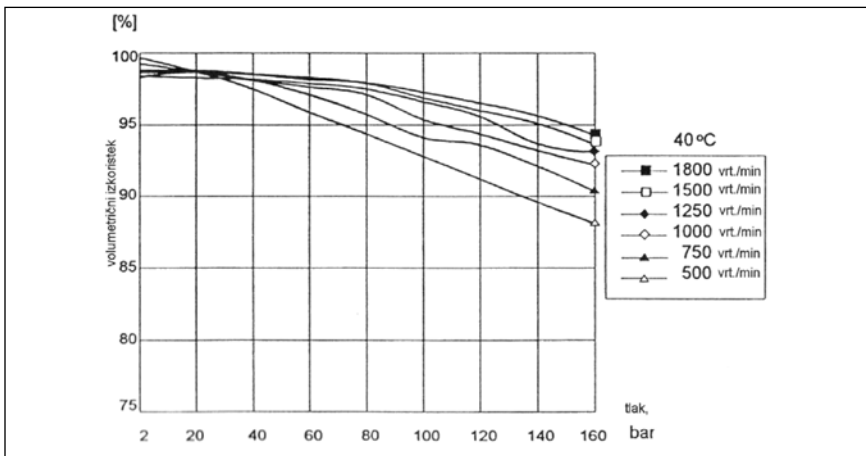
Za primerjavo izkoristkov aksialnih batnih črpalk za vodo (slika 2) v primerjavi z aksialnimi batnimi črpalkami za mineralno olje v nadaljevanju podajamo skupne izkoristke (slika 3), volumetrične izkoristke (slika 4) in



Slika 5. Hrupnost kot funkcija tlaka za dve različni aksialni batni črpalki za vodo tip 32 in 80 [3]



Slika 3. Skupni izkoristek kot funkcija tlaka in vrtilne frekvence za aksialno batno črpalko za vodo tip 32 [3]



Slika 4. Volumetrični izkoristek kot funkcija tlaka in vrtilne frekvence za aksialno batno črpalko za vodo tip 32 [3]

diagram hrupa (slika 5) za različne tlake in različne tipe črpalk.

Iz diagrama na sliki 3 je razvidno, da so skupni izkoristki opazovane vodne aksialne batne črpalke primerljivi s skupnim izkoristkom aksialnih batnih črpalk za mineralno olje. Podobno je z volumetričnim izkoristkom (slika 4).

V zadnjem času je v strojništvu pomemben nivo hrupa posameznih naprav. Dopustni nivo se nenehno znižuje. Pri hidravliki s prehodom z oljne na vodno hidravliko nivo hrupa zaradi ekstremno nizke viskoznosti vode naraste [3]. To dejstvo je potrebno upoštevati pri snovanju hidravličnih črpalk (zagotoviti ustrezno dušenje hrupa na samem izvoru). Maksimalna hrupnost je bila zabeležena v primeru večje aksialne batne črpalke (slika 5, PAH 80), in sicer 79 dB.

Povprečna uporabna doba takih aksialnih batnih črpalk za vodno pogonsko-krmilno hidravliko je daljša od 8000 delovnih ur (pri 160 bar tlaka in 1500 do 1800 vrt./min).

V preglednici 1 so primerjalno prikazane karakteristične lastnosti predstavljenih vrst hidravličnih črpalk.

Preglednica 1. Primerjava karakterističnih lastnosti nekaterih črpalk za vodno PKH

Lastnost	Izvedba črpalke za vodno PKH		
	vrstne batne [4]	radialne batne [3]	aksialne batne [3]
Največji pretok, Q [l/min]	725	242	150
Najvišji delovni tlak, p [bar]	800	320	160
Največja moč – P [kW]	400	110	40

3.2 Hidravlični motorji

Čeprav je bilo v preteklosti izvedenih več razvojnih raziskav hidravličnih motorjev – HM, jih je le nekaj takih, ki so se začeli prodajati na tržišču. Konstruktivsko je **aksialni batni HM** za vodo podoben vodni aksialni batni črpalki. Karakteristične lastnosti aksialnih batnih hidravličnih motorjev s konstantno iztisnino za vodo kot hidravlično tekočino so podobne kot pri aksialnih batnih črpalkah [3].

Lamelni HM (počasi tekoči HM z visokim vrtilnim momentom) je nova vrsta HM za vodno pogonsko-krmilno hidravliko [5]. Ta tip lamelnega motorja je uravnotežen, tako da ima visok vrtilni moment pri majhni vrtilni frekvenci. Motor obratuje z vodo – brez dodatkov. HM je izdelan iz nerjavnih materialov. Primeren je za prehrabeno, papirno, kemično in farmacevtsko industrijo, ladjedelništvo in rudarstvo.

3.3 Hidravlični valji

Pri uporabi čiste vode kot hidravlične tekočine je med najprimernejšimi materiali za batnice, cevi hidravličnih valjev, bate in končne pokrove **nerjavno jeklo** [3]. Zelo pomembna je tudi ustrezna izbira materialov za tesnila [3]. Za statična tesnila (kot so npr. O-obroči) je najprimernejši material trd »**perbunan**«. Za dinamična tesnila (kot npr. posnemalni obroči) je najbolj primeren trd, obrabno odporen **poliuretan**. Za dinamične obremenitve preko 250 bar je za batnično tesnilo zopet najbolj primeren material »**perbunan**«, in sicer U-oblika tesnila. Za batna tesnila in batna obroče je najbolj primeren material **PTFE (teflon)**.

3.4 Hidravlični ventili

Danes je na voljo že veliko število ventilov (predvsem osnovnih izvedb) za vodno pogonsko-krmilno hidravliko. Zaradi omejenih parametrov (preglednica 2) je vodna pogonsko-krmilna hidravlika še vedno v ra-

Preglednica 2. Primerjava nekaterih ključnih fizikalnih lastnosti med oljem in vodo [1]

	Olje	Voda
Viskoznost (in mazalnost) pri 20 °C	~ 30 mm ² /s	~ 1 mm ² /s
Uparjalni tlak pri 50 °C	1,0 • 10 ⁻⁸ bar	0,12 bar
Modul stisljivosti pri 20 °C	(1,0–,6) • 10 ⁹ bar	2,4 • 10 ⁹ bar
Protikorozijska zaščita	dobra	slaba
Mazalne lastnosti	dobra	slaba

zvoju. Veliko sestavin ima namreč zaradi slabših triboloških razmer še močno omejene karakteristike v primerjavi s sestavinami za oljno pogonsko-krmilno hidravliko.

Višja energijska gostota toka hidravlične tekočine pri vodni PKH in višji uparjalni tlak vode v primerjavi z oljem kot hidravlično tekočino lahko povzročata resne probleme **erozije** (pri kavitaciji) in **abrazije** pri toku notranjega puščanja med delovanjem posameznih ventilov. Višja energijska gostota lahko povzroči **hidravlične udare** z višjimi **tlačnimi amplitudami**, **hrupnostjo** in **resonanco** posameznih hidravličnih naprav.

Programska oprema za projektiranje v fluidni tehniki

fluidPLAN



Kreiranje shem:

- avtomatska povezava in oštevilčevanje komponent
- knjižnice simbolov za pnevmatiko, hidravliko....
- knjižnice vodilnih svetovnih proizvajalcev: FESTO, REXROTH,...
- medpovezave za strani in komponente
- medpovezave med fluidnim in električnim delom projekta

Samodejna evaluacija in generiranje dokumentacije

- seznami povezav, kosovnice, vsebina, lista revizij...

Vmesnik za FESTO katalog

- direktna povezava s FESTO katalogom
- detaljni opis in izbira komponent s pripadajočimi simboli
- skupna baza simbolov v skladu s standardom ISO 1219
- fluidPLAN CPX makroji



Integrirano delo z projekti

- administracija projektov,
- inteligentno arhiviranje
- samodejno prevajanje v tuje jezike
- implementacija zunanjih dokumentov



Vmesniki:

- grafični uvoz in izvoz: DXF/DWG, BMP, JPG, XLS, TXT, PDF...
- FESTO in EPLAN 5 vmesnik
- certificiran SAP in Navision vmesnik



inženiring za energetiko, transport in industrijo d.o.o.

FESTO in **EPLAN**

licence, vzdrževanje, tehnična podpora, šolanje, svetovanje

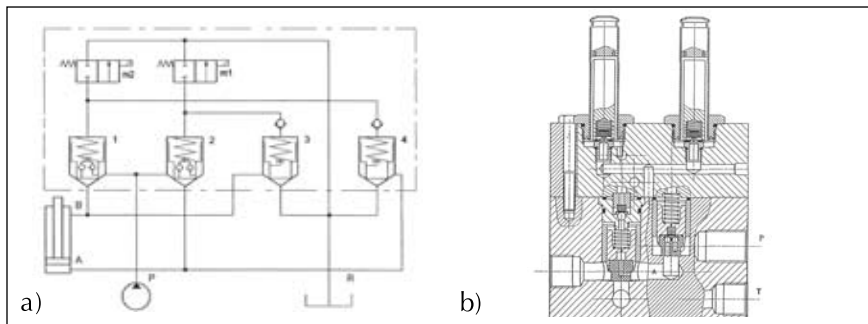
Stegne 7, SI-1000 Ljubljana • tel./fax: 01/511 10 95

GSM: 031/368 783 • info@exor-eti.si

www.exor-eti.si

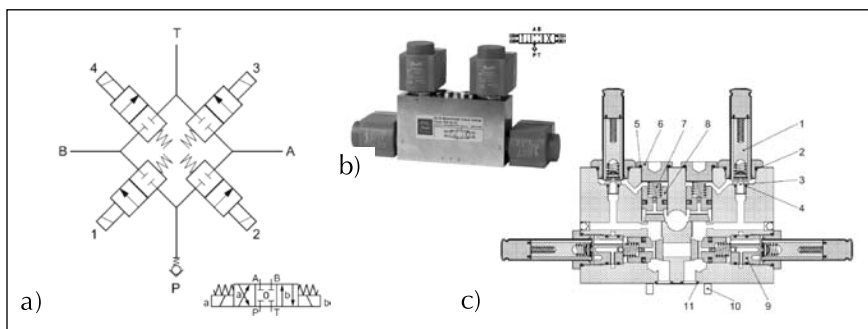
v sodelovanju

4/3-potni ventil (slika 6) za vodno PKH lahko dobimo, če primerno medsebojno povežemo dva sedežna elektromagnetna 2/2-potna ventila, štiri hidrologične ventile in dva prtipovratna ventila.



Slika 6. 4/3-potni ventil, sestavljen iz dveh 2/2-potnih ventilov za uporabo v vodni PKH [3]: a) shema za razviti simbol, b) prerez ventila

Če pa primerno medsebojno povežemo štiri sedežne 2/2-potne ventile, prav tako dobimo 4/3-potni ventil (slika 7).



Slika 7. 4/3-potni ventil, sestavljen iz štirih 2/2-potnih ventilov, za uporabo v vodni PKH [5]: a) shema za razviti simbol, b) slika ventila in c) prerez ventila

Preglednica 3. Tehnični podatki za 4/3-potni ventil za vodno PKH v primerjavi s podobnim ventilom za oljno PKH [5, 10]

Tip ventila	Vodna PKH VDH 60 EC 4/3 [5]	Oljna PKH KV-4/3-5KO-6 [10]
Najvišji delovni tlak, konstantni P, A, B, T (pogoj $p_T < p_{A,B}$) bar	140	360
Najnižji vstopni tlak (p_p) bar	5	-
Največji pretok l/min	60	75
Najmanjši pretok l/min	1	-
Največji padec tlaka pri pretoku 5/15/30 l/min ($P \rightarrow A + B \rightarrow T$) bar	5/8/25	2/4/8
Hitrost preklopa ventila (odprtje) ms	110	50 do 80
Hitrost preklopa ventila (zaprtje) ms	130	30 do 55
Notr. puščanje pri pretoku $P \rightarrow A, B, T$ ml/min	0	-
Notr. puščanje pri pretoku $A, B \rightarrow T$ ml/min	0	-
Notr. puščanje pri pretoku $A, B \rightarrow P$ ($p_p = 0$ bar) ml/min	5 (največ)	-
Notr. puščanje pri pretoku $A, B \rightarrow P$ ($p_p = p_{A,B}$) ml/min	0	-
Življenjska doba ventila – št. vklopov	min. 7 milj.	-
Zaščitni razred	IP 67	IP 65
Priključitev	NV 10, Cetop 5	NV 6
Najvišja dop. temperatura vode °C	50	+70
Najnižja dop. temperatura vode °C	5	-20
Teža N	38	27
Priporočena kvaliteta filtriranja	10 μm ($\beta_{10} > 5000$)	SAE AS 4059: 9

Tokovni ventili so v splošnem namenjeni nastavitvi (omejitvi) velikosti toka hidravlične tekočine in s tem posredno nastavitvi hitrosti gibanja hidravličnih porabnikov (predvsem hidravlični valji in hidravlični motorji).

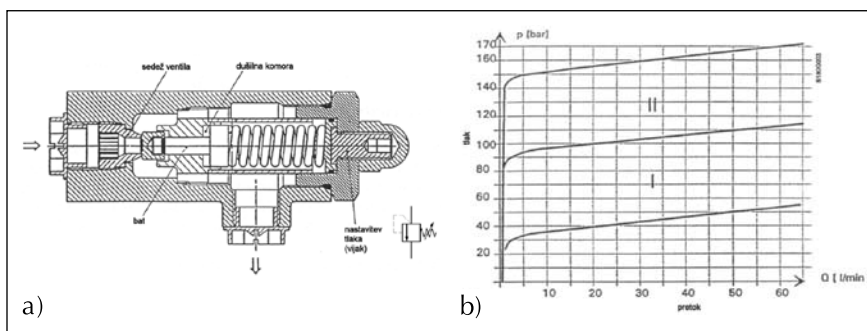
Ročno nastavljivi tokovni ventili s tlačno izravnavo so enostavne oblike, zunanje površine so gladke in enostavne za čiščenje, predvsem zaradi higienskih razlogov – prehrabena industrija. Ohišje ventila je iz nerjavnega jekla ISO 316L, ki je odporen na kisline. Material bloka je v skladu z direktivami FDA/3A (prehrabena industrija). Ta ventil se lahko uporablja za čisto vodo oz. za vodo s 33-odstotnim dodatkom glikola [3].

Sile na batu tlačnega ventila in vrtilni momenti na HM so funkcija delovnega tlaka v hidravlični napravi. Natančna kontrola in krmiljenje delovnih tlakov omogočata izdelavo strojev in naprav s točno določenimi delovnimi območji sil oz. momentov. Tlačni ventili krmilijo delovni tlak v HN neodvisno od spremenljivega pretoka.

Omejevalnik tlaka je namenjen zaščitni pred preobremenitvijo posameznih sestavin, celotne HN ali celo stroja. Takrat, ko se ta odpre, hidravlična tekočina (voda v tem primeru) izteče v rezervoar.

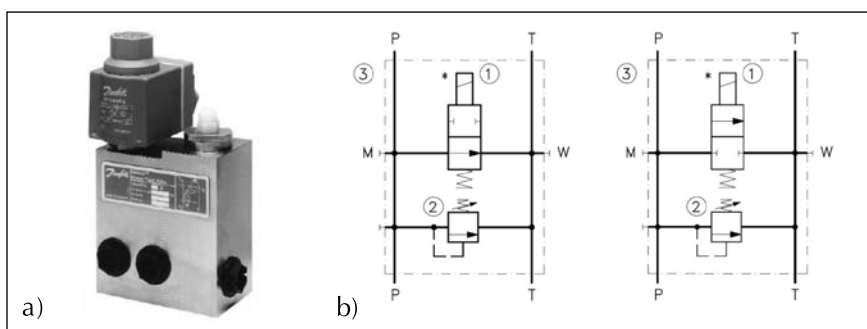
Enostopenjski omejevalnik tlaka za vodo je prikazan v prerezu na sliki 8a. Posebnost tega sedežnega ventila je, da leži bat v dušilni komori. Ta komora pripomore k zveznemu premikanju bata predvsem zaradi manj stisljive vode (v primerjavi z mineralnim oljem). Omejevalnik tlaka je izdelan iz nerjavnih materialov, kot so: nerjavno jeklo, polimeri in medenina. Na sliki 8b so prikazane tri različne nastavitve tlačnega ventila in njihove odvisnosti od spreminjajočega se pretoka.





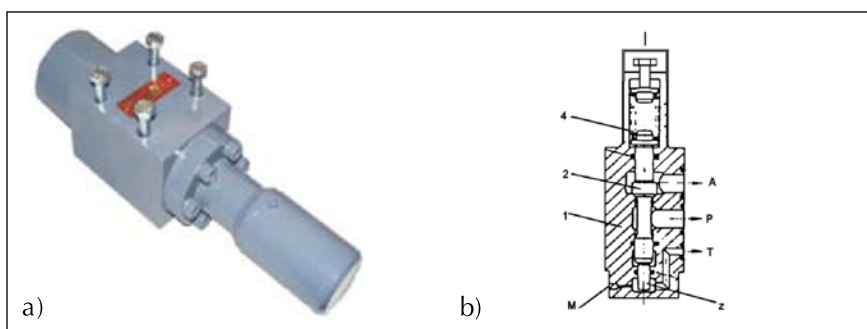
Slika 8. Tlačni omejitni ventil za vodno pogonsko-krmilno hidravliko [3]: a) v prerezu, b) njegova Δp - Q -karakteristika za tri različne nastavitve

Na slika 9 sta prikazana **varnostno-razbremenilni ventil** in njegov simbol.



Slika 9. Elektromagnetni vodni tlačnorazbremenilni varnostni ventil: a) fotografija, b) shematski prikaz dveh različnih izvedb [5]

Zaporednostni tlačni ventil, prikazan na sliki 10, je namenjen za zagotovitev zaporednostnih operacij v HN. Ko je dosežen krmilni tlak, se ventil prekmili in napajati se prične drugi del tokokroga (drugi porabniki).



Legenda:

1 ... okrov ventila, 2 ... glavni krmilni bat, 3 ... pomožni krmilni bat, 4 ... vzmet, P ... tlačni (napajalni) priključek, A ... odvodni priključek za drugi (zaporednostni) sistem, z ... krmilni kanal, M ... prostor za merilni priključek

Slika 10. Zaporednostni vodni tlačni ventil: a) fotografija, b) ventil v prerezu [7]

Zaporednostni ventil (sl. 10) je izdelan tako, da se obrabljeni elementi enostavno zamenjajo [7]. Zaporednostni tlačni ventili so dostopni na tržišču za delovne tlake do 360 bar in pretoke do 400 l/min. Ventil je mogoče naročiti s šestimi različnimi vzmetmi (šest različnih območij za krmilne tlake (od 12 do 360 bar).

3.5 Zvezno delujoči hidravlični ventili

Proportionalni ventili za vodno pogonsko-krmilno hidravliko so še vedno redkost, saj je to področje še v razvoju. Zato konkretnjših informacij (podrobni katalogi kot za oljno hidravliko) o izdelkih še ni. Proportionalni ventili za vodo, ki so na razpolago na tržišču, so:

- direktno vkrmiljeni 2/2- in 3/2-potni ventili (NV 3–V 10) [7],
- predkrmiljeni 2/2-potni ventili (NV 12–125) [7],
- proporcionalni tlačni ventili (NV 10–NV 100) [7].

S povečanjem uporabe vodne PKH se povečuje tudi interes za zvezno delujoče ventile [3]. Razvoj zvezno delujočih ventilov za vodno pogonsko-krmilno hidravliko je začelo nemško podjetje Hauhinco [4].

FBS Elektronik
Cesta Františka Forta 10
3320 Velenje

NOVO V FBS ELEKTRONIK!
Reed in Hall senzori za pneumatske cilindre.

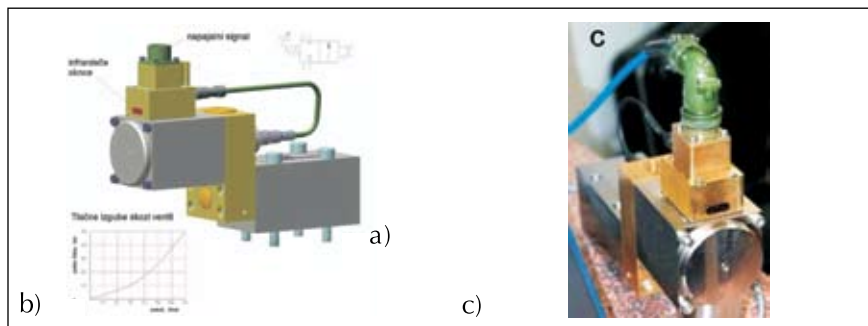
Prednosti:

- zelo dobro vidna LED indikacija (tudi s strani)
- univerzalni vijak, namenjen za vijačenje s križnim ali ravnim izvijačem
- ugodna cena

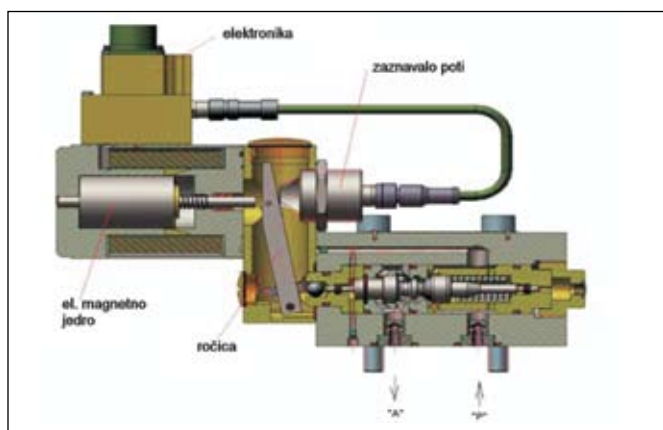
POKLIČITE ZA PONUDBO!

Tel: 03/89 83 712
Tel: 03/89 83 713
Fax: 03/89 83 718
fbselektronik@siol.net
www.fbselektronik.com

Na *sliki 11* sta prikazana 2/2-proporcionalni potni ventil za vodno pogonsko-krmilno hidravliko z diagramom tlačnih izgub in njegov zunanji videz. Njegov prerez je prikazan na *sliki 12*.



Slika 11. 2/2-proporcionalni vodni potni ventil [8]: a) 3D-model, b) tlačne izgube, c) fotografija ventila



Slika 12. Prerez prop. ventila 2/2 za vodno pogonsko-krmilno hidravliko [8]

4 Vzdrževanje vodne PKH

Uporabna doba glavnih vodnih hidravličnih sestavin je v splošnem določena [3]:

- črpalke in hidravlični motorji
- tesnila hidravličnih valjev
- potni krmilni ventili
- AC-magneti
- DC-magneti
- rezervoar (čiščenje in menjava hidravlične tekočine)

Za zagotovitev dolge uporabne dobe **vodne pogonsko-krmilne hidravlične naprave** se priporoča upoštevanje sledečih napotkov [2]:

1. Potrebno je odstraniti olje iz cevi, priključkov in vseh ostalih sestavin (ostanek od obdelave). Vedeti je potrebno, da komprimiran zrak lahko vsebuje oljne kapljice (od pnevmatičnega naoljevalnika za mazanje pnevmatičnih orodij).
2. Pri montaži in vzdrževanju se

(odstranjevanje ostankov glikola).

4. Na nespojenih hitrih spojkih morajo biti nameščeni zaščitni pokrovi (zaradi higijene).

5.000–10.000 delovnih ur,
1–5 milijonov gibov,
5.000–10.000 delovnih ur,
1–2 milijona preklopov,
2–4 milijone preklopov,
1.000–4.000 delovnih ur.

5. Ventili za odvzem vzorca (kontrola vsebnosti bakterij in mikroorganizmov) vode morajo biti na ustreznem mestu v HN.

6. Uporabiti je potrebno ustrezne materiale za cevne priključke, bloke, cevi, ...: nerjavno jeklo, medenina, odporna na razkužilo, plastika, ...

7. Delovna temperatura vode naj se po nalitju čiste vode v HN več ur vzdržuje pri 40 °C. V nadaljevanju se priporoča, da se

voda redno menjuje. Menjava je pogojena s stanjem vode (glede na kontrolo vsebnosti bakterij in mikroorganizmov).

8. Nivo vode v rezervoarju je potrebno redno kontrolirati. Čase ponovnega polnjenja, rezultate meritev pH-vrednosti in trdote vode je potrebno zapisovati zaradi nadaljnjih referenc.
9. Tudi mikrobiološko higieno je potrebno spremljati in zapisovati rezultate za nadaljnje delo. Možni sta dve metodi merjenja števila vsebovanih mikroorganizmov:

a) »potopno-posnemalna« metoda; resolucija je $> 10^3$ bakterij/ml,

b) metoda »Petrijeve skled« (precizna metoda); resolucija je 1 bakterija/ml.

Te meritve morajo biti izvedene čim prej po odvzetju vzorca pri temperaturi med 21 in 37 °C.

5 Zaključki

Na tržišču je že veliko različnih hidravličnih sestavin za vodno PKH. S temi sestavinami se da nadomestiti veliko obstoječih hidravličnih naprav, ki uporabljajo mineralno olje. Trenutno je na izbiri še vedno premalo predvsem proporcionalnih potnih ventilih, tisti pa, ki so že na tržišču, nimajo dostopnih ustreznih tehničnih podatkov – predvsem dinamične karakteristike. Resen razvoj vodne pogonsko-krmilne hidravlike zavira tudi dejstvo, da na tržišču še ni temu prilagojenih črpalk s spremenljivo iztisnino in servoventilov.

Čeprav je cena sestavin vodne pogonsko-krmilne hidravlike trenutno še visoka v primerjavi s podobnimi sestavinami za oljno pogonsko-krmilno hidravliko, se bo ta pri bolj razširjeni in večji uporabi znižala, kot je običajno za vse nove sisteme. Sprejetje strožjih naravovarstvenih predpisov znotraj EU in izven, ki so v zadnjih letih še posebej pogosti in tudi v prihodnje pričakovani, pa lahko še dodatno pripomore k povečani uporabi sestavin vodne PKH.

Z nadaljnjim razvojem novih tehnologij obdelave, novih materialov in novih konstrukcijskih rešitev v vodni pogonsko-krmilni hidravliki se bo voda lahko množično ali vsaj veliko širše uporabljala kot hidravlična tekočina. To je eden od pozitivnih korakov k boljši, življenja vredni zaupščini našim znanjem.

Literatura

- [1] F. Majdič, J. Pezdinik, M. Kalin: *Voda kot hidravlična tekočina v pogonsko-krmilni hidravliki – 1. del*, Ventil, junij, 12/2006/3.
- [2] E. Trostmann, B. Frolund, B. H. Elesen, B. Hilbrecht: *Tap water as a hydraulic pressure medium*, Marcel Dekker, New York, 2001.
- [3] E. Trostmann: *Water hydraulics control technology*; Lyngby 1996, Technical University of Denmark; ISBN: 0-8247-9680-2.
- [4] Hauhinc Maschinenfabrik G. Hausherr, Jochums GmbH & Co. KG: www.hauhinc.de.
- [5] Nisse – Sauer Danfos: www.danfoss.com/germany.
- [6] Parker Hannifin: www.parker.com.
- [7] Fertigungstechnik Tiefenbach GmbH: www.FT-Tiefenbach.de.
- [8] Fluid Technik 2005, *Bei Ölleckage Umstieg auf Wasser möglich*, Moderne Industrie Verlag, Nemčija.
- [9] Norba AB: www.norba.com.
- [10] Klavivar Žiri, d. d.: www.klavivar.si.

Water as hydraulics fluid in power-control hydraulics – Part 2

Abstract: Due to specific properties of water in comparison to mineral oil the components of water power-control hydraulics (PCH) differ from those of oil power-control hydraulics from the design point of view. This difference is based especially on significantly lower viscosity of water compared to this of oil, furthermore water's worse damping and lubricating. Designing water PCH special care must be paid to peculiarities on the field of design and maintenance of such hydraulics.

Keywords: tap water as hydraulics fluid, hydraulics oil, power-control hydraulics, water power-control hydraulics components,

The advertisement displays a collection of SMC hydraulic components against a blue background. The components include several hydraulic cylinders of various sizes, a multi-port valve manifold, a pressure sensor with a digital display showing '5.00', and various fittings and connectors. The SMC logo, consisting of a stylized 'S' and 'M' followed by 'SMC', is prominently displayed in the center. To the right, the website address 'www.smc.si' is written vertically in large blue letters. At the bottom right, contact information for SMC Industrijska avtomatika d.o.o. is provided.

SMC Industrijska avtomatika d.o.o.
Grajski trg 15, 8360 ŽUŽEMBERK
Tel.: 07 3885 240, Fax: 07 3885 249
E-mail: office@smc.si