

RAZVOJ IN PREIZKUS DELOVANJA INTELIGENTNEGA DIFERENČNEGA TLAČNEGA POGONA S SISTEMOM ZA ODPRAVO NIHANJ ISET

Tomaž Kos, Janko Petrovčič, Zoran Šaponia, Bojan Musizza, Gregor Podržaj, Sašo Strajnar, Damir Vrančič

Izvleček:

Diferenčne regulatorje tlaka uporabljamo povsod tam, kjer je potrebno zagotoviti stabilen tlak v posameznih vejah hidravličnega sistema. Večinoma jih uporabljamo kot posredni člen med toplotno postajo in odjemalcem toplote v stavbi ali skupini stavb. Tako jih pogosto srečamo v toplovodnih omrežjih in sistemih HVAC. Konvencionalni diferenčni regulatorji prispevajo k stabilizaciji toplotnega sistema, vendar pa včasih niso kos velikim spremembam odjema toplote med zimsko in poletno sezono. V toplejših mesecih lahko zaradi manjših odprtosti regulacijskih ventilov prihaja do nihanj v sistemu. V prispevku sta opisana razvoj in delovanje novega tlačnega regulatorja Virtus proizvajalca Danfoss, ki s pomočjo vgrajenega sistema za odpravo nihanja iSET samodejno uravnava diferenčni tlak in tako zagotavlja stabilno delovanje hidravličnega sistema. Pogon Virtus smo preizkusili tudi neposredno na dveh toplotnih podpostajah daljinskega ogrevanja: na toplotni podpostaji v naselju Newbury v veliki Britaniji in na toplotni podpostaji v naselju privatnih hiš Giessen v Nemčiji. Iz rezultatov poizkusa sledi, da je sistem iSET učinkovito odpravil nihanja ter samodejno prilagodil tlak trenutnim potrebam uporabnikov.

Ključne besede:

diferenčni tlačni pogon, adaptivni sistem, odprava nihanj

1 Uvod

Diferenčni regulatorji tlaka se uporabljajo za uravnavanje tlaka dohodne vode ali pare v stanovanjskih, poslovnih in industrijskih aplikacijah oziroma povsod tam, kjer je potrebno zagotoviti stabilen tlak v posameznih vejah hidravličnega sistema. Večinoma jih uporabljamo kot posredni člen med toplotno postajo in odjemalcem toplote v stavbi ali skupini stavb. Tako jih pogosto srečamo v toplovodnih omrežjih in sistemih HVAC.

Tlak (in posledično pretok) v temperaturni povratni zanki močno vpliva na temperaturno stabilnost. Kot posledica različnih razmer, npr. neustrezno nastavljenih parametrov regulatorjev, histerez ventila, nelinearnosti procesa ter neenakomerne obtežitve

sistema (velike razlike v odjemu toplote med zimsko in poletno sezono), regulacijski ventili pogosto delujejo v področju minimalne odprtosti, kjer učinkovita regulacija ni mogoča. To vodi k nestabilnemu delovanju zanke, nihanju pretoka ter posledično nihanju temperatur. Tovrstna nihanja imajo več negativnih učinkov, kot so krajša življenjska doba gradnikov sistema in občasno višji pretoki, kar povzroči višjo povratno temperaturo in prekomerno segrevanje [1]–[3].

Za zmanjševanje nihanj v hidravličnih sistemih je bil v podjetju Danfoss Trata, d. o. o., razvit tlačni pogon Virtus[3] z inteligentnim električnim pogonom AMEi 6[4]. Značilnost tega izdelka je sistem iSET, katerega namen je zmanjševanje nihanj hidravličnega sistema, kar odpravi predhodno omenjene negativne učinke. Posledično je delovanje toplarn optimalnejše, dovodne temperature so lahko nižje, kar pripomore k nižjim toplotnim izgubam. Virtus hkrati omogoča tudi nadaljnjo stopnjo digitalizacije daljinskega ogrevanja in lažjo integracijo v okolje industrije 4.0.

Uvodu sledi poglavje, v katerem opisujemo tlačni pogon Virtus z inteligentnim električnim pogonom

Tomaž Kos, mag. inž., **dr. Janko Petrovčič**, univ. dipl. inž., oba Institut Jožef Stefan, Ljubljana; **Zoran Šaponia**, univ. dipl. inž., **dr. Bojan Musizza**, univ. dipl. inž., **Gregor Podržaj**, dipl. inž., **Sašo Strajnar**, dipl. inž., vsi Danfoss Trata, d. o. o., Ljubljana; **doc. dr. Damir Vrančič**, univ. dipl. inž., Institut Jožef Stefan, Ljubljana

AMEi 6. V tretjem poglavju bomo razložili delovanje sistema za odpravo nihanj iSET. Nato bomo v četrtem poglavju predstavili rezultate preizkusa delovanja sistema iSET in v petem podali sklepne ugotovitve.

2 Tlačni pogon Virtus z inteligentnim električnim pogonom AMEi 6

Tlačni pogon Virtus je samodejni regulator diferenčnega tlaka, namenjen predvsem uporabi v sistemih daljinskega ogrevanja. Tlačni pogon (*slika 1*) je sestavljen iz krmilnega dela, aktuatorja z eno kontrolno membrano, vzmeti za nastavitev diferenčnega tlaka in inteligentnega električnega pogona AMEi 6 [5].

Konstanten diferenčni tlak se vzdržuje s krmilnim ventilom, ki ga krmilimo neposredno preko povezave s tlačno membrano, ki ob spremembah diferenčnega tlaka odpira/zapira stožec za nadzor tlaka. Nastavitev želenega nivoja diferenčnega tlaka se izvede z nastavitvijo sile vzmeti z namensko matico. V primeru uporabe inteligentnega električnega pogona AMEi 6 operacijo nastavljanja sile izvede motor preko zobniškega prenosa. Tlačna aktuarska membrana vsebuje tudi varnostni ventil nadtlaka [5].

Inteligentni električni pogon AMEi 6 ima dva analoga vhoda, analogni izhod in možnost oddaljenega nadzora preko vodila MODBUS [4]. Ponuja naslednje optimizacijske funkcije: samodejno optimi-

zacija učinkovitosti inteligentnih podpostaj (iSET) in inteligentno uravnoteženje omrežja (iNET) [5]. Sistem iSET odpravlja temperaturna nihanja s samodejnim prilagajanjem diferenčnega tlaka, medtem ko iNET omogoča oddaljeno nastavitev diferenčnega tlaka preko analognega vhoda ali omrežja MODBUS [2].

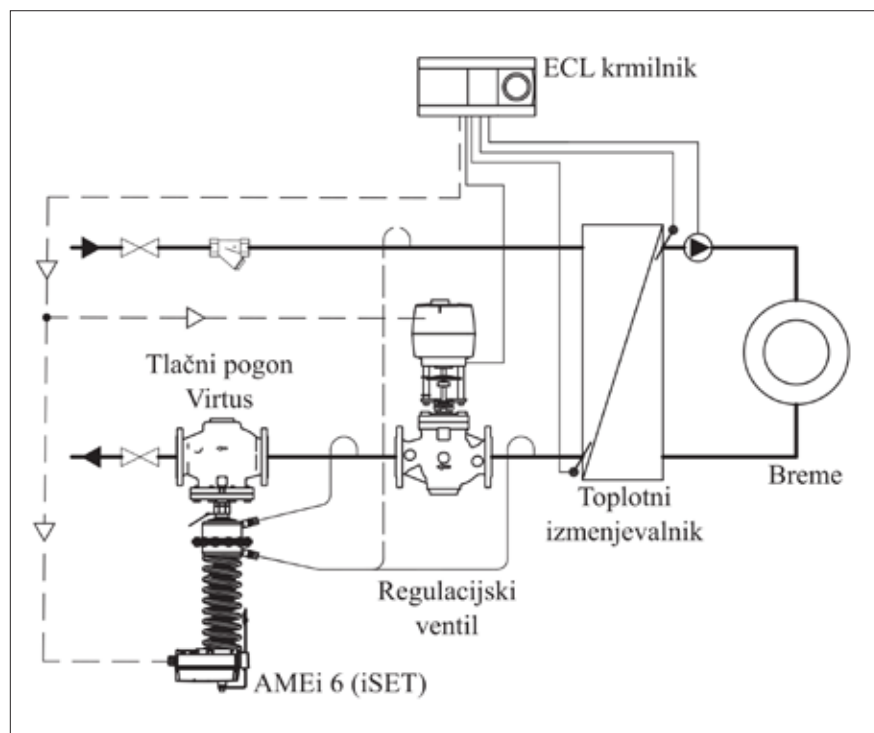
Primer uporabe diferenčnega tlačnega pogona Virtus z inteligentnim električnim pogonom AMEi 6 v načinu iSET prikazuje *slika 2*. Temperaturni krmilnik ECL s spreminjanjem odprtosti regulacijskega ventila uravnava sekundarno temperaturo toplotnega izmenjevalnika in s tem temperaturo na bremenu. Ker je krmilni signal regulacijskega ventila dodatno povezan tudi s pogonom AMEi 6, v primeru zaznanih nihanj sistem iSET samodejno prilagodi (zmanjša) diferenčni tlak hidravličnega sistema in tako odpravi nihanja.

3 Sistem za odpravo nihanj - iSET

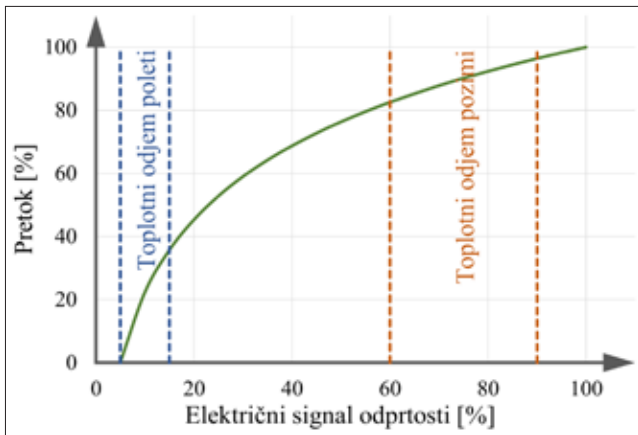
Kot je bilo že omenjeno, regulacijski ventili pogosto delujejo v področju minimalne odprtosti, kjer učinkovita regulacija ni mogoča (*slika 3*), kar povzroči nihanje pretoka in posledično nihanje sekundarne temperature. Sistem iSET nadzoruje in zazna nihanja v hidravličnem sistemu in samodejno prilagodi diferenčni tlak Δp na motoriziranem diferenčnem tlačnem ventilu na takšno raven, da se bo regulacijski ventil začel odpirati. To posledično odpravi nihanja hidravličnega sistema.



Slika 1: Tlačni pogon Virtus: krmilni del, aktuator s kontrolno membrano in inteligentni električni pogon AMEi 6 (spodaj) [1].



Slika 2: Primer uporabe diferenčnega tlačnega pogona Virtus z inteligentnim električnim pogonom AMEi 6 v načinu iSET [4].

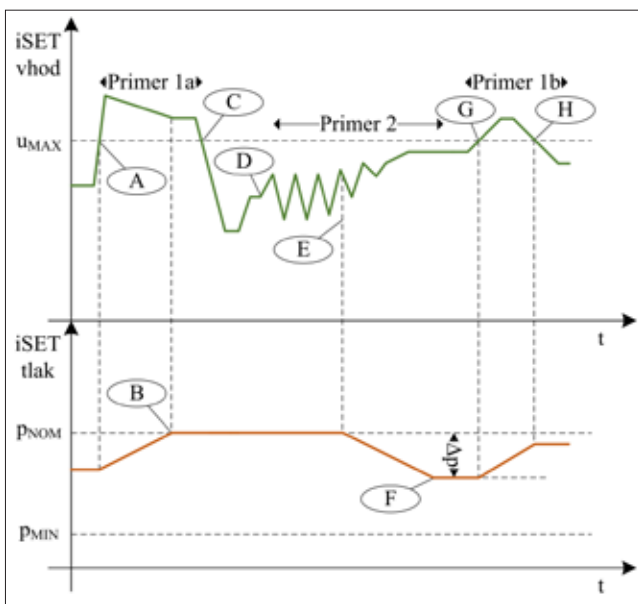


Slika 3 : Primer oteženega vodenja pretoka: zaradi nizke porabe tople vode v poletnih mesecih je ventil skoraj zaprt.

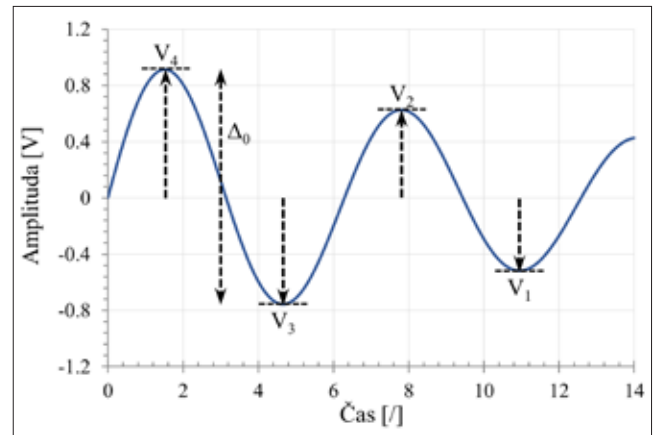
Na podlagi časovnega poteka krmilnega signala regulacijskega ventila sistem iSET ustrezno prilagodi diferencialni tlak hidravličnega sistema. V nadaljevanju bomo podrobneje predstavili sistem iSET. Možni so naslednji scenariji (slika 4):

1. krmilni signal regulacijskega ventila oziroma vhodni signal sistema iSET preseže vnaprej določeno mejo proženja u_{MAX} (npr. 50 %) in
2. sistem iSET zazna nihanja hidravličnega sistema, ko je krmilni signal pod mejo proženja u_{MAX} .

Primer 1: krmilni signal regulacijskega ventila preseže mejo proženja. Ko krmilni signal regulacijskega ventila preseže vnaprej določeno mejo proženja



Slika 4 : Krmilni signal regulacijskega ventila oziroma vhodni signal sistema iSET in diferencialni tlak Δp hidravličnega sistema, ko (1) krmilni signal regulacijskega ventila preseže mejo proženja u_{MAX} in (2) sistem iSET zazna nihanja hidravličnega sistema.



Slika 5 : Prikaz merjenja vršnih vrednosti signala.

u_{MAX} (točka A in G na sliki 4), iSET vedno poveča diferencialni tlak Δp na nazivno (nominalno) vrednost p_{NOM} (točka B). Če se med povečanjem diferencialnega tlaka krmilni signal regulacijskega ventila zmanjša pod mejo proženja (točka H), se povečevanje tlaka prekine, s čimer tlak ostane na trenutni vrednosti. Dodatno ima programska funkcija vgrajeno majhno histerezo, s katero se lahko izognemo nepotrebnim preklpom pri šumnih signalih.

V primeru, ko je krmilni signal regulacijskega ventila nad mejo proženja u_{MAX} , detekcija oscilacij ne deluje, tj. čas med točkama A in C (slika 4).

Primer 2: nihanja hidravličnega sistema. Zaznavanje nihanj hidravličnega sistema se izvaja takrat, ko je krmilni signal regulacijskega ventila manjši od vnaprej določenega signala u_{MAX} (točka C na sliki 4). Procedura iskanja oscilacij se začne vsakič na novo, ko krmilni signal regulacijskega ventila pade pod vrednost u_{MAX} . Oscilacije zaznamo z merjenjem vršnih vrednosti signala (slika 5). Najnovejša zaznana vršna vrednost ima oznako 1, starejša oznako 2 itd.

Po zaznavi prvih dveh vršnih vrednosti se preveri razlika njunih amplitud. Če je razlika manjša od neke določene vrednosti, se starejši vrh zavrže. Ravno tako se najstarejši vrh zavrže, če so časovne razlike med posameznimi vrhovi prevelike. Na primer: če je čas med vršnima vrednostma 3 in 2 enak 60 s in čas med vršnima vrednostma 2 in 1 enak 96 s, se najstarejša vršna vrednost (3) zavrže.

Če sistem iSET zazna 4 zaporedne vršne vrednosti, se izračuna koeficient dušenja U_D po enačbi

$$U_D = \frac{V_1 - V_2}{V_3 - V_4} \quad (1)$$

v kateri V_x predstavlja zaporedne vršne vrednosti. Če je izračunan koeficient dušenja večji od 0,78, je sistem slabo dušen. V nekaterih primerih pa je visok koeficient dušenja posledica spremembe reference

sistema. Zato v tem primeru koeficient dušenja potrdimo z dodatno (peto) meritvijo vršne vrednosti (najstarejšo izmerjeno vršno vrednost pa zavržemo).

Sprememba pozicije tlačnega pogona (smer in korak) oziroma sprememba diferenčnega tlaka Δp je odvisna od:

1. koeficienta dušenja (razmerja upadanja) zaznanih oscilacij U_D ,
2. amplitude oscilacij Δ_o (amplitudne razlike med prvima dvema vršnima vrednostma) in
3. števila zaznanih vršnih vrednosti n_v .

Podrobnejše pojasnilo sledi v nadaljevanju.

Slika 6 prikazuje delitev sistemov glede na stopnjo dušenja. Delimo jih na premalo dušene (slika 6a), optimalno dušene (slika 6b) in preveč dušene (slika 6c). Delitev v posamezne skupine je izvedena glede na izračunan koeficient dušenja U_D .

Če je $U_D > 0,25$, je hidravlični sistem premalo dušen in iSET zmanjša diferenčni tlak Δp , vendar ne manj kot na minimalno vrednost p_{MIN} . Če je $U_D < 0,15$, je hidravlični sistem preveč dušen. Takrat iSET zviša diferenčni tlak Δp , vendar ne več od nominalne vrednosti p_{NOM} . Če pa je izračunan faktor dušenja U_D znotraj obeh vrednosti, je hidravlični sistem optimalno dušen in sistem iSET diferencialnega tlaka Δp ne spreminja. Na kratko lahko povzamemo, da sistem iSET spreminja diferenčni tlak Δp , dokler ni doseženo optimalno dušenje hidravličnega sistema (slika 6b).

Večja nihanja so za hidravlični sistem bolj problematična od manjših. Hkrati pa je detekcija vršnih vrednosti (meritev) pri večjih oscilacijah bolj zane-

sljiva. Posledično se pri izračunu spremembe diferenčnega tlaka upošteva tudi amplituda oscilacij

$$\Delta_o = |V_3 - V_4| \quad (2)$$

tj. večja, kot je amplituda oscilacij, večja je sprememba diferenčnega tlaka Δp . V nasprotnem primeru, ko je amplituda oscilacij zelo majhna (na nivoju šuma), se izmerjene vrednosti ne upoštevajo in diferenčni tlak se ne spreminja. Tako je sistem iSET bolj robusten na manjša nihanja, vendar še vedno dovolj hiter v primeru večjih nihanj v hidravličnem sistemu.

Sprememba tlaka je odvisna tudi od števila zaznanih vršnih vrednosti n_v . Razlog je v zanesljivosti meritev. Meritve z več zaznanimi vrhovi so zanesljivejše, zato je sprememba pozicije in s tem posledično tudi sprememba diferenčnega tlaka večja.

Na koncu je potrebno omeniti, da je detekcija vršnih vrednosti ustavljena v času spreminjanja diferenčnega tlaka, tj. v času odpiranja ali zapiranja diferenčnega tlačnega pogona (npr. med točkama E in F na sliki 4).

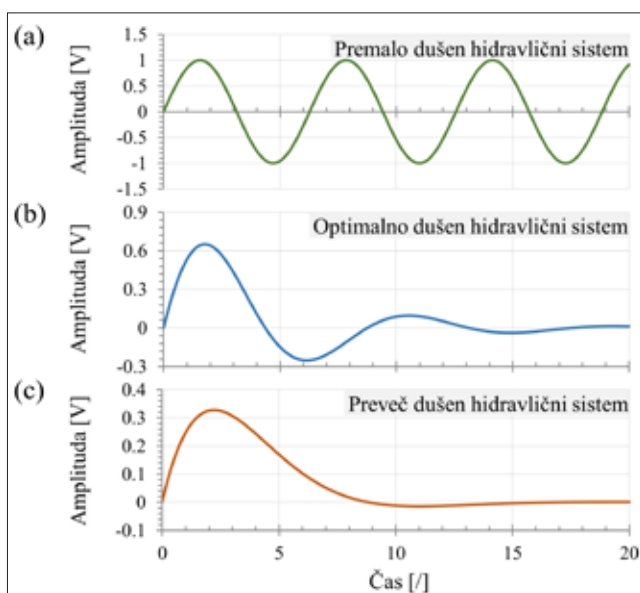
4 Preizkus delovanja sistema za odpravo nihanj hidravličnega sistema

Delovanja sistema za odpravo nihanj iSET smo preizkusili v praksi na dveh realnih aplikacijah, tj. toplotni podpostaji Newbury v Veliki Britaniji in toplotni podpostaji Giessen v Nemčiji. Sistem iSET smo preizkusili v treh primerih:

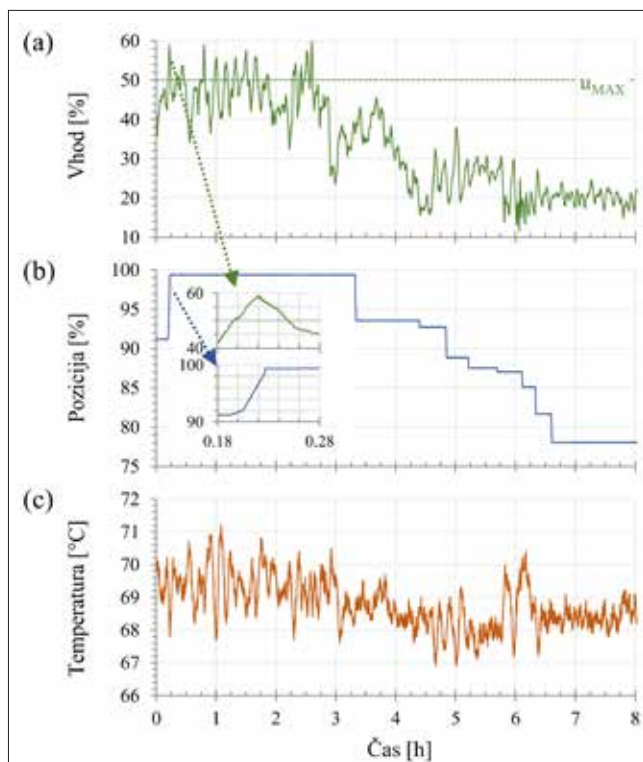
1. pri nihanju hidravličnega sistema,
2. pri višjih vrednostih krmilnega signala regulacijskega ventila in
3. pri zelo dušenem hidravličnem sistemu.

Testni primer 1: Diferenčni tlačni pogon Virtus AFP PN16 z ventilom VFQM DN80 in z inteligentnim električnim pogonom AMEi 6 je bil priključen na toplotno podpostajo Newbury v Veliki Britaniji, ki dobavlja toplotno energijo večjemu večstanovanjskemu naselju (stanovanjski bloki). Primer vezalne sheme toplotne podpostaje prikazuje slika 2. Za regulacijo je bil uporabljen obstoječi regulator temperature. Temperatura na primarni strani je bila 70/50 °C (dovodna temperatura/odvodna temperatura). Tlačni razpon diferenčnega tlačnega ventila je bil od 0,05 do 0,35 bara, nominalni tlak pa 0,2 bara. Testiranje je potekalo v hladnejšem obdobju, in sicer na sistemu za pripravo sanitarne tople vode in na daljinskemu ogrevanju.

Preizkus delovanja sistema za odpravo nihanj prikazuje slika 7. Nastavljena zgornja meja krmilnega signala regulacijskega ventila $u_{MAX} = 50\%$. Kot je razvidno s slike 7b, se pozicija ventila povečuje v času, ko je vhodni signal sistema iSET (slika 7a)



Slika 6 : Delitev hidravličnih sistemov: (a) premalo dušen hidravlični sistem, (b) optimalno dušen hidravlični sistem, (c) preveč dušen hidravlični sistem.



Slika 7 : Preizkus delovanja na toplotni podpostaji Newbury: (a) krmilni signal regulacijskega ventila oziroma vhodni signal sistema iSET, (b) pozicija tlačnega pogona, (c) izhodna temperatura toplotnega izmenjevalnika.

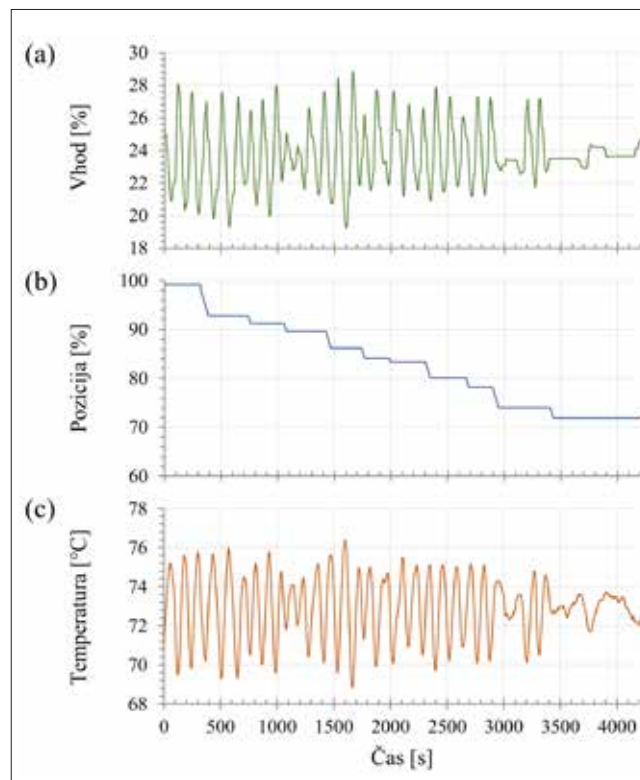
nad mejo proženja u_{MAX} . Ko pozicija ventila doseže končno pozicijo, se povečevanje ustavi. V nadaljevanju sistem iSET spet zazna nihanja hidravličnega sistema in ustrezno zmanjšuje pozicijo tlačnega pogona, dokler nihanja niso odpravljena. S slike 7c, ki prikazuje izhodno temperaturo toplotnega izmenjevalnika, je razvidno, da je sistem iSET zmanjšal nihanja v hidravličnem sistemu. Iz tega lahko zaključimo, da je sistem iSET prispeval k stabilizaciji zaprtozančnega sistema.

Učinkovitost sistema za odpravo nihanj iSET je najvišja v prehodnih obdobjih, ko se toplotni odjem zmanjša, kar izredno vpliva na stabilnost zaprtozančnega sistema. Meritve na toplotni podpostaji Newbury pa so bile izvedene pozimi, ko je toplotni odjem največji. Posledično delovanje sistema iSET nismo mogli preizkusiti v vseh delovnih pogojih.

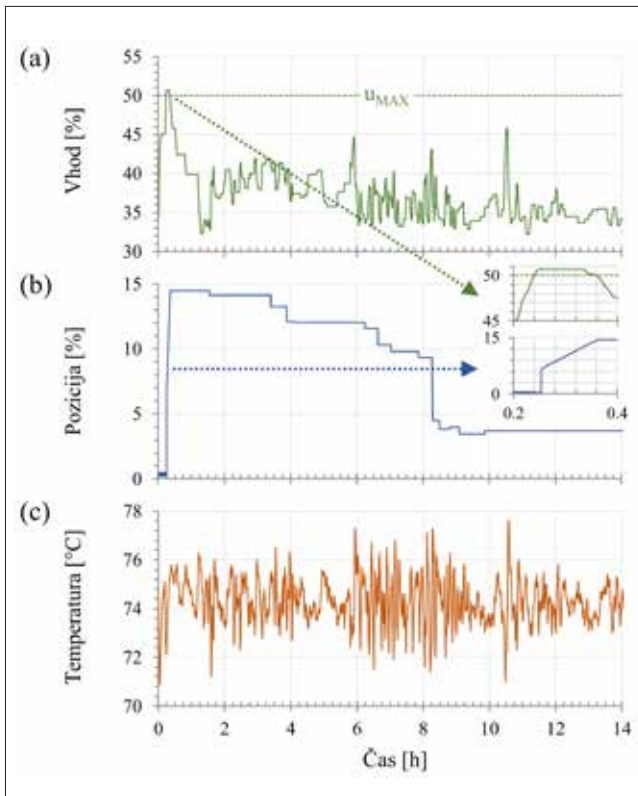
Testni primer 2: Diferenčni tlačni pogon Virtus AFP640 z ventilom AFQM DN80 in z inteligentnim električnim pogonom AMEi 6 je bil priključen na toplotno podpostajo v naselju privatnih hiš Giesen v Nemčiji, ki dobavlja energijo približno 300 stanovanjskim objektom (hišam). Primer vezalne sheme toplotne podpostaje prikazuje slika 2. Moč toplotnega izmenjevalnika je 4 MW, razpoložljivi tlak na primarni strani je 1,6 bara, temperatura pa je 90/50 °C (dovodna temperatura/odvodna temperatura). Referenčna temperatura na sekundarni

strani je nastavljena na 75/50 °C. Za regulacijo je bil uporabljen krmilnik PID ECL310 ter razširitveni modul ECA32 s proporcionalnim območjem $E_p = 130 K$ in integralnim časovnim koeficientom $T_n = 70 s$. Parametri PID so bili enaki tistim, ki so pogosto uporabljeni na podobnih podpostajah. Tlačni razpon diferenčnega tlačnega ventila je bil od 0,05 do 0,35 bara, nominalni tlak pa 0,25 bara. Ker je testiranje potekalo v toplejšem obdobju (poleti), je preizkus potekal le na sistemu za pripravo sanitarne tople vode.

Preizkus detekcije nihanj prikazuje slika 8. Pred začetkom preizkusa je bila pozicija tlačnega pogona ročno premaknjena na 100 % (nominalni tlak 0,25 bara). S slike 8a, ki prikazuje krmilni signal regulacijskega ventila oziroma vhodni signal sistema iSET, so razvidna nihanja hidravličnega sistema. Posledično je nihala tudi izhodna temperatura toplotnega izmenjevalnika, ki jo prikazuje slika 8c. Na sliki 8b, ki prikazuje dejansko pozicijo tlačnega pogona, je razvidno postopno zmanjševanje pozicije tlačnega ventila in posledično tudi diferenčnega tlaka Δp , dokler nihanja hidravličnega sistema (po približno 3500 s) niso odpravljena. Opazimo, da je sistem iSET znatno prispeval k stabilizaciji zaprtozančnega sistema. Na isti sliki je tudi razvidno, da se korak spremembe tlaka prilagaja trenutnim razmeram, tj. dušenju in amplitudi oscilacij.



Slika 8 : Preizkus detekcije oscilacij: (a) krmilni signal regulacijskega ventila oziroma vhodni signal sistema iSET, (b) pozicija tlačnega pogona, (c) izhodna temperatura toplotnega izmenjevalnika.

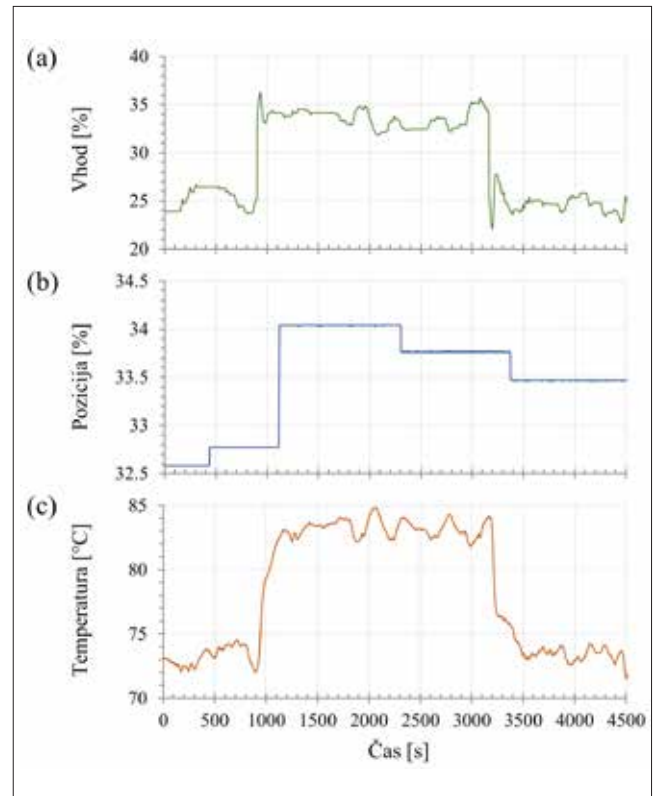


Slika 9 : Preizkus presega vnaprej določene meje $u_{MAX} = 50\%$: (a) krmilni signal regulacijskega ventila oziroma vhodni signal sistema iSET, (b) pozicija tlačnega pogona, (c) izhodna temperatura toplotnega izmenjevalnika.

Naslednji preizkus, ko krmilni signal regulacijskega ventila preseže zgornjo mejo $u_{MAX} = 50\%$, prikazuje *slika 9*. Kot je razvidno s *slike 9b*, se ventil odpira v času, ko je vhodni signal sistema iSET (*slika 9a*) nad mejo proženja u_{MAX} . V nadaljevanju sistem iSET spet zazna nihanja hidravličnega sistema in ustrezno zapira tlačni pogon, dokler ne odpravi nihanj.

Z naslednjim testom, ki ga prikazuje *slika 10*, smo preizkusili odzivnost sistema iSET na preveč dušen hidravlični sistem. V ta namen smo izvedli skočno spremembo temperaturne reference toplotnega izmenjevalnika s 75 °C na 85 °C . Sprememba temperaturne reference je razvidna na *slikah 10a* in *10c*, ki prikazujeta krmilni signal regulacijskega ventila in izhodno temperaturo toplotnega izmenjevalnika. S *slike 10b*, ki prikazuje pozicijo inteligentnega pogona, je razvidno, da sistem iSET ustrezno zazna preveč dušen sistem in posledično zviša tlak v sistemu. V nadaljevanju sistem iSET spet zazna nihanja hidravličnega sistema in nato diferenčni tlak Δp še dvakrat malenkost zniža na optimalno vrednost.

Rezultati vseh testov na toplotni podpostaji Giesen so pokazali, da sistem iSET deluje v skladu z načrtovanimi specifikacijami, odpravi nihanja in s tem stabilizira hidravlični sistem.



Slika 10 : Preizkus zaznave prevelikega dušenja sistema: (a) krmilni signal regulacijskega ventila oziroma vhodni signal sistema iSET, (b) pozicija tlačnega pogona, (c) izhodna temperatura toplotnega izmenjevalnika.

5 Zaključek

Razvit je bil nov diferenčni tlačni pogon Virtus z inteligentnim električnim pogonom AMEi 6. Električni pogon vsebuje sistem za odpravo nihanj hidravličnih sistemov, imenovan iSET, ki ob zaznavi nihanj samodejno prilagodi diferenčni tlak.

Sistem iSET smo preizkusili v praksi na dveh toplotnih podpostajah daljinskega ogrevanja. Na toplotni podpostaji v naselju Newbury v Veliki Britaniji, ki dobavlja toplotno energijo večstanovanjskemu naselju, in na toplotni podpostaji Giesen v Nemčiji, na katero je priključenih približno 300 stanovanjskih objektov. Vsi rezultati so pokazali, da razviti sistem iSET uspešno odpravi nihanja hidravličnega sistema in pomaga stabilizirati regulacijsko zanko.

Implementirani sistem za odpravo nihanj iSET optimizira delovanje podpostaj za daljinsko ogrevanje ali hlajenje, zmanjša obrabo regulacijskega ventila, izboljša kakovost zaprtozankne regulacije in podaljša življenjsko dobo komponent hidravličnega sistema. Končni rezultat so tako zmanjšani stroški obratovanja in izboljšana učinkovitost hidravličnega sistema.

Viri

- [1] M. Bobič, M. Jungić, S. Kojić in D. Bochkalov, »Effects of digitalization of self-acting flow and pressure controllers«, v Mednarodna konferenca daljinske energetike, 2018.
- [2] Danfoss, »Virtus Shaped for the future«. Danfoss, 2018.
- [3] Danfoss, »Virtus. Shaped for future«. [Na spletu]. Dostopno: <http://virtus.danfoss.com/>. [Dostopano: 23-jan-2019].
- [4] Danfoss, »Operating Guide: Intelligent electrical actuator AMEi 6 iSET«. Danfoss, Ljubljana, 2018.
- [5] Danfoss, »Differential pressure controller (PN 16, 25, 40) AFP 2/VFG 22(221)«. Danfoss, 2018.

Development and testing of the intelligent differential pressure drive with anti-oscillation system iSET.

Abstract:

Differential pressure controllers are used for stabilising the pressure in various branches of a hydraulic system. The controllers serve mainly as the link between the district heating pipelines and the local heat exchanger. Therefore, they are usually used in hot water preparation systems and in HVAC systems. Conventional differential controllers help in stabilising the hydraulic systems, but, due to large differences in consumption between winter and summer seasons, they cannot prevent occasional oscillations in the system. Those oscillations usually occur in the periods of smaller heat demand due to larger system gain at lower control valve openings. The paper describes the development, operation and testing of the new Danfoss Virtus pressure controller with integrated anti-oscillation system iSET. Virtus controller automatically sets the optimal differential pressure in the system, thus providing stable functioning of the hydraulic system. Virtus controller was tested on two district heating substations, in Newbury in Great Britain and in Giessen in Germany. From the results of the experiment it follows that the iSET function effectively eliminates system oscillations and automatically adjusts the pressure according to the system load.

Keywords:

differential pressure controller, adaptive system, anti-oscillation system



Upoštevanje človeka
je prvo pravilo robotike.

Man and Machine

www.staubli.si

Kaj če robot in človek (resnično) delata skupaj?

Kontakt: Brane Čenčič, Tel.: 00386 41 747 536, brane.cencic@domel.com

DOMEL[®]
Ustvarjamo gibanje

STÄUBLI