

POSTUPCI SPRJEČAVANJA HIDRAULIČKIH UDARA U SUSTAVU CJEVOVODA RASHLADNOG TORNJA

Ivan Vrsalović, Bernard Franković, Igor Bonefačić

Tehnički Fakultet Sveučilišta u Rijeci, Vukovarska 58, HR-51000 Rijeka,

Tel.: + 386 51 651 561, Fax: + 385 51 675 801,

E-mail: bernard.frankovic@riteh.hr,igor.bonefacic@riteh.hr

Sažetak: Zbog dotrajalosti rashladnog tornja izvršena je njegova zamjena. Ostali dio sustava kondenzatora rashladnih uređaja, kondenzatori, crpke, cjevovodi i armatura ostali su isti. Međutim u pogonu se kod prestanka rada crpke javljaju hidraulički udari. Prvi udar je vrlo jak, drugi nešto slabiji i treći još slabiji. Ako se promatra hidromanometar onda se još neko vrijeme vide scilacije tlaka. Ovi udari, pogotovo prva tri su jaki i neugodni te svakako štetni za instalacije. Kada je u sustavu bio stari toranj tih udara nije bilo. Ponuđeno je pet rješenja datog problema.

Ključne riječi: rashladni toranj, hidraulički udari

1. UVOD U POSTOJEĆE STANJE I HIDRODINAMIČKA PROBLEMATIKA

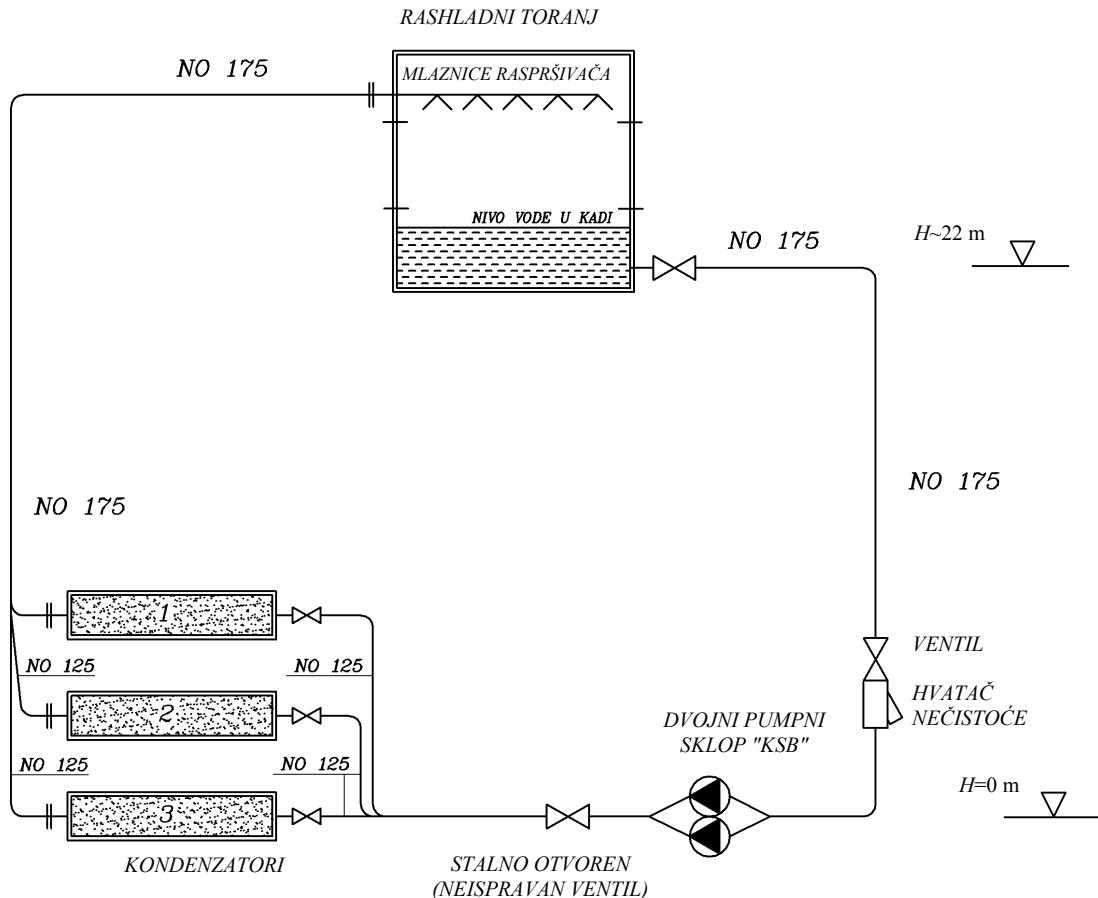
Novi rashladni toranj (slika 1) ima manji pad tlaka u odnosu na stari što je povoljno ali s obzirom na snagu crpke stvara probleme. Nedovoljno opterećena crpka ubrzava veću količinu vode koja stvara u sistemu veći dinamički otpor dok ne dođe do nove radne točke gdje su uravnoteženi napor crpke i pad tlaka. Kada rad crpke prestane, ubrzana masa vode povećane kinetičke energije kreće se uvis kroz tlačnu vertikalnu, nova količina vode više ne dolazi, te nastaje prekid u strujanju vode. Gornji otpor zaustavi dio vodene mase te se ona vraća tj. slobodno pada s visine prema dolje i ponovo se ubrzava te kad dođe do prepreke nastaje hidraulički udar. Kako su dvije cijevne vertikale kao spojene posude, voda se sada diže na drugu stranu i to se ponavlja. Da bi postrojenje radilo sigurno i normalno potrebno je otkriti uzroke hidrauličkih udara i uspješno ih otkloniti.

Postojeća crpka nema nikakve mogućnosti regulacije i svi zahvati na sustavu trebaju biti na drugim elementima. Karakteristike crpke su poznate dok je za novi rashladni toranj poznat samo protok vode što nije dovoljno za točnije proračune i analize. Od isporučioca rashladnog tornja trebalo bi dobiti više podataka i to o količini protoka vode, padu pritiska na mlaznicama raspršivača i visini vode u kadi donjem dijelu tornja.

Rješenje ovih problema može se izvesti na nekoliko načina:

1. Ugradnjom posude sa stlačenim zrakom ili plinom (vjetrovnik) gdje se prigušuju hidraulički udari.
2. Ugradnjom "by-pass" cjevovoda koji propušta dio vode u suprotnu vertikalnu ali bez mogućnosti povratka.
3. Ugradnjom novog standardnog DIN-ventila, koji ima mogućnost jačeg prigušenja tj. povećanja pada tlaka u sistemu, zbog ravnoteže.

4. Ugradnjom novog standardnog DIN-ventila i prigušnica kako bi se što bolje uravnotežili količina vode, otpor cjevovoda i napor crpke.
5. Ugradnjom nove crpke i nepovratnog ventila da se spriječi "šetnja" vode i zaštite instalacije od eventualnih slabih prvih udara.



Slika 1. Postojeće stanje cijevnog sustava rashladnog tornja

Tehničke karakteristike ugrađene opreme u sustav rashladnog tornja su:

RASHLADNI TORANJ: model LRT8-96

Protok vode $Q = 206 \text{ m}^3/\text{h}$

Moguće je korigirati visinu vode u bazenu i otpor mlaznica za raspršivanje vode.

Brzine strujanja u cjevovodu za protoke u točkama 1, 2 i 3 (slika 2) uz odgovarajući h i otpor za cijev nazivnog otvora NO 175:

$$Q_1 = 100 \text{ m}^3/\text{h}, \text{ slijedi } v_1 = 1,2 \text{ m/s}$$

$$Q_2 = 320 \text{ m}^3/\text{h}, \text{ slijedi } v_2 = 3,6 \text{ m/s}$$

$$Q_3 = 206 \text{ m}^3/\text{h}, \text{ slijedi } v_3 = 2,4 \text{ m/s},$$

Iz čega slijedi kvadrat brzine

$$v_1^2 = 1,44 \approx 1,5$$

$$v_2^2 = 12,96 \approx 13,0$$

$$v_3^2 = 5,76 \approx 6,0.$$

Kinetička energija tekućine računa se prema izrazu: $E_k = mv^2/2$.

CRPKA (bez mogućnosti regulacije):

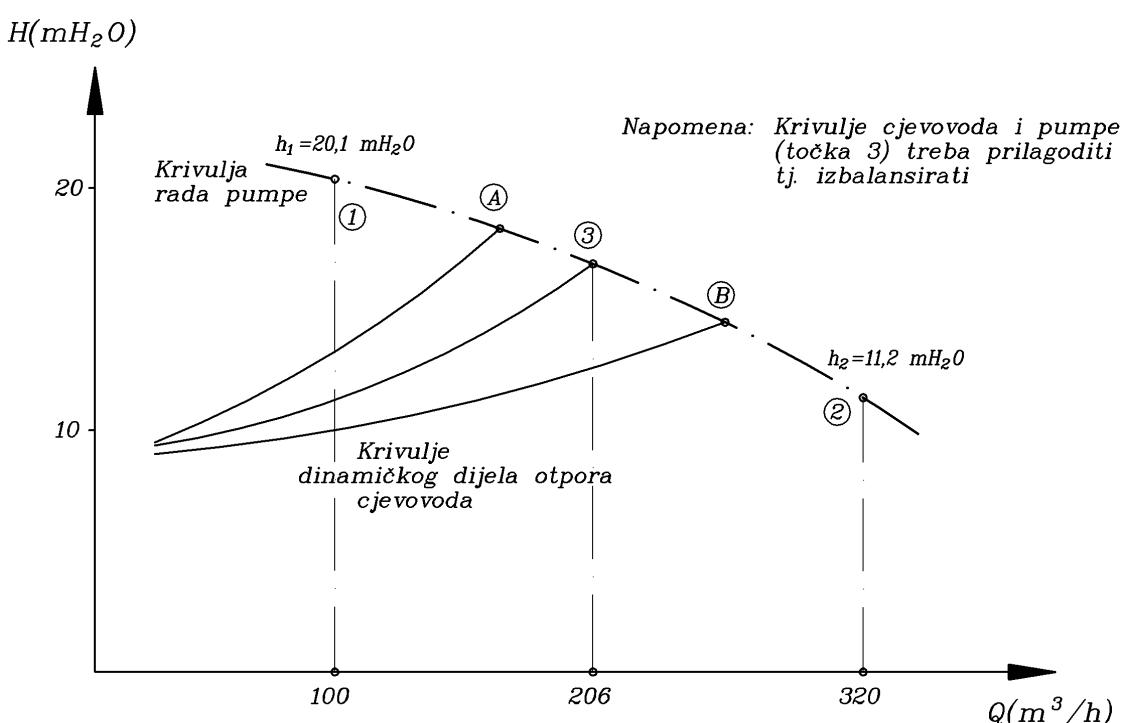
KSB ETA ZET 150-24/1504

Protok: $Q = 100$ do $320 \text{ m}^3/\text{h}$

Napor: $H = 20,1$ do $11,2 \text{ mH}_2\text{O}$

Broj okretaja: $N = 1450 \text{ okr/min}$

Učin električne struje: $P = 15 \text{ kW}$.

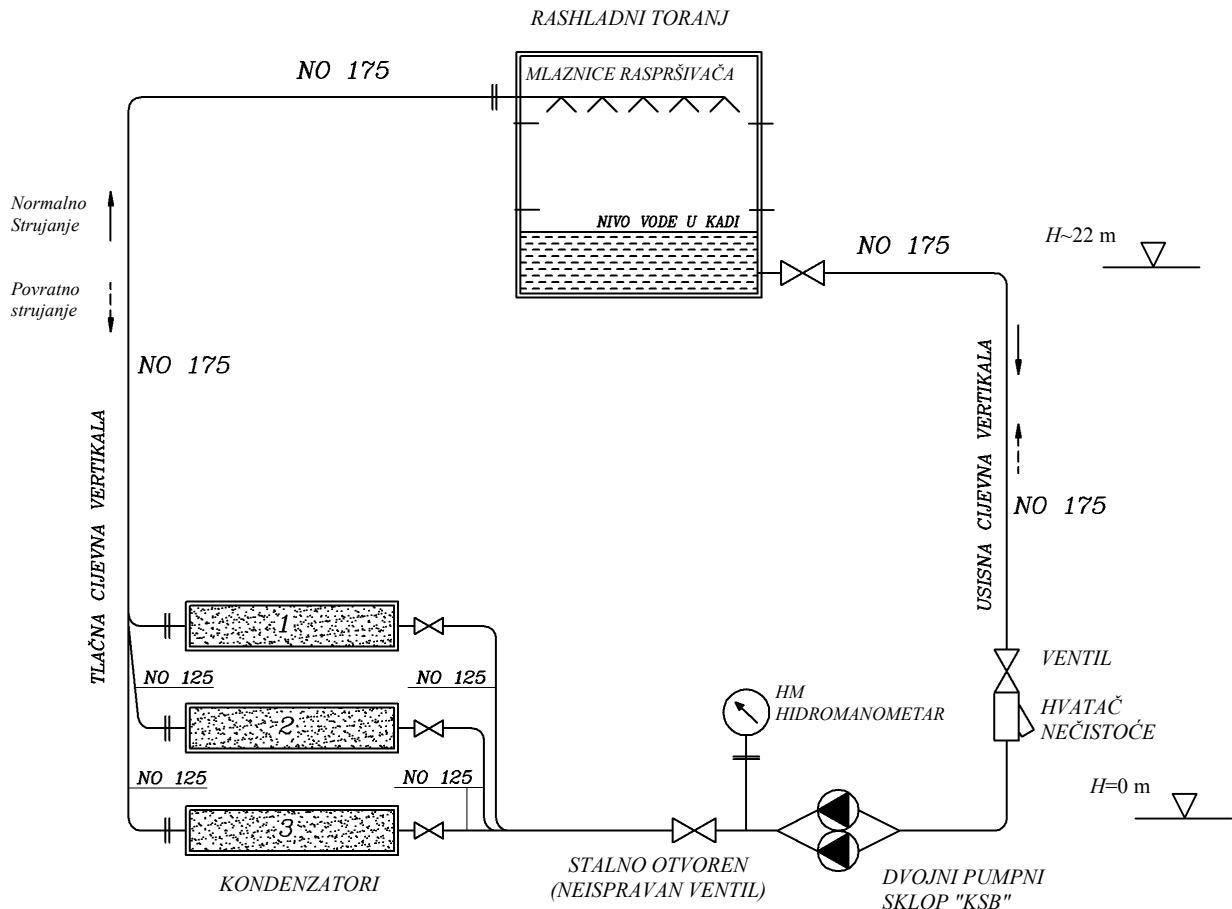


Slika 2. Krivulja cjevovoda i crpke

Dinamički dio otpora (parabolička karakteristika) cjevovoda je $h_w = k Q^2$, kojega je korisno smanjiti da bi se sistem uravnotežio.

2. POJAVA HIDRODINAMIČKOG UDARA

U momentu prestanka rada crpke vodena masa zbog velike sile inercije, velike visinske razlike i zakona spojenih posuda, jer sustav nema ugrađen nepovratni ventil, oscilira i izaziva hidrauličke udare koji se od prvog najjačeg postupno, gibanjem vodene mase gore-dolje, smanjuju. Posljedice hidrauličkog udara su vibracije uz zvučne udare (praskove).



Slika 3. Pojava hidrauličkog udara

Stanje prije izmjene rashladnog tornja

Pad pritiska u cjevovodu i tornju nadjačan je naporom crpke, Količina protoka vode i brzina njenog strujanja su bili uravnoteženi. Kod prestanka rada crpke nije bilo hidrauličkih udara.

Pogonsko stanje nakon izmjene rashladnog tornja

Novi toranj ima manji pad tlaka na mlaznicama a postojeća crpka, s obzirom na njenu snagu, tjera kroz sustav veću količinu vode, većom brzinom a time i s većom kinetičkom energijom vodene mase. Kad crpka prestane sa radom dio vode u tlačnoj vertikali (slika 3), uslijed inercije nastavlja kretanje. Kako je dotok vode zatvoren, dolazi do prekida vodene struje te se iz gornjeg dijela vertikale voda ruši prema dole te stvara hidraulički udar.

Oscilacije tlaka:

$$h_{max} = 50 \text{ mH}_2\text{O} - \text{hidraulički udar}$$

$$h_{sr} = 40 \text{ mH}_2\text{O} - \text{tlak normalan, crpka radi}$$

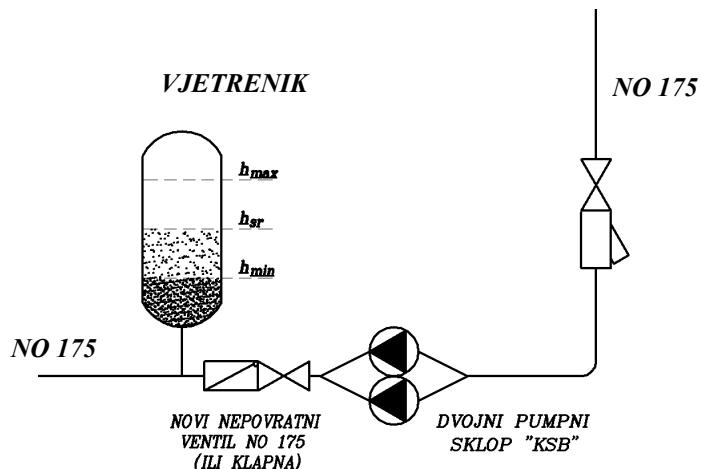
$$h_{min} = 28 \text{ mH}_2\text{O} - \text{prestanak rada crpke}$$

Dani podaci su očitani na licu mjesta s postojećeg instrumenta.

3. ANALIZA RJEŠENJA

Pravilnim odabirom opreme za sustav rashladnog tornja te pravilnim dimenzioniranjem cjevovoda moguće je izbjegći pojavu hidrauličkih udara. U nastavku se daje nekoliko mogućih rješenja kojima će se pojava hidrauličkih udara izbjegći.

3.1. Ugradnja posude sa stlačenim zrakom ili plinom (vjetrenik)

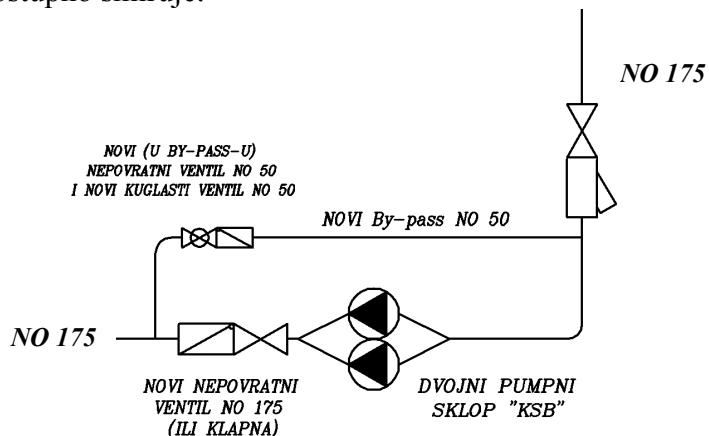


Slika 4. Ugradnja posude sa stlačenim zrakom ili plinom (vjetrenik)

Prijedlog je standardno rješenje za spriječavanje hidrauličkih udara kod crpknih postrojenja, međutim u ovom slučaju nije pogodno iz više razloga. Cijena posude i uređaja koji se ugrađuju je visoka, a sama izrada dugo traje. Veličina posude je, također, ograničavajući faktor, pošto je za njenu ugradnju potrebno puno prostora koji u ovom slučaju nije na raspolaganju. Novi nepovratni ventil NO 175 služi za zaštitu cirkulacijskih crpki od prvih, nedovoljno smirenih oscilacija a ne od udara vodene mase.

3.2. Ugradnja "by-pass" cjevovoda

Ovo rješenje je jeftinije, jednostavnije i brže za spriječavanje hidrauličkih udara u sistemu rashladnog tornja. Da se spriječe udari, povratna vodena masa se usmjerava u drugu cjevnu vertikalnu gdje se postupno smiruje.



Slika 5. Ugradnja "by-pass" cjevovoda

Novi kuglasti ventil NO50 je otvoren samo kratkotrajno kod zaustavljanja crpke. Novi mali nepovratni ventil NO50 u "by-pass"-u služi za zaustavljanje povrata vode te smirivanje oscilacija u suprotnom smjeru. Novi veliki nepovratni ventil NO175 (na mjestu pored postojećeg ventila) služi za zaštitu crpke od eventualnog prvog udara, ublaženog pomoću "by-pass"-a. Ovakvo rješenje pomoću "by-pass" cjevovoda traži mali prostor.

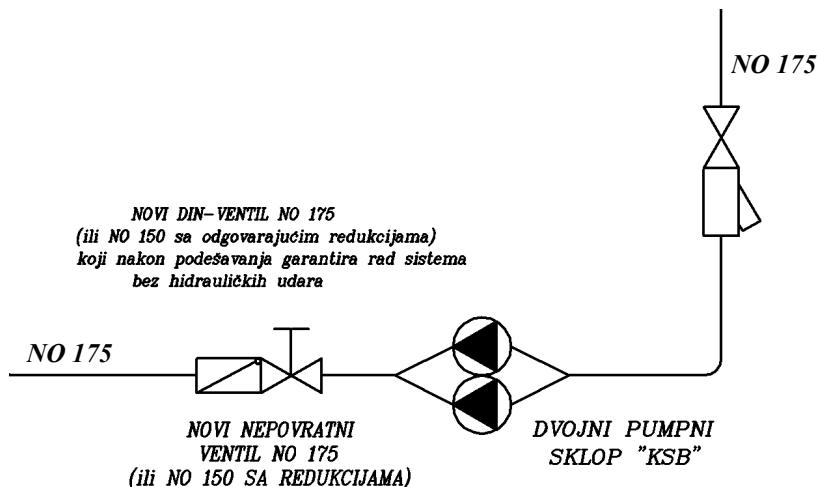
3.3. Ugradnja novog DIN-ventila

Potrebno je izbalansirati količinu protoka vode kroz rashladni tornj u suradnji s proizvođačem opreme. Serviser isporučioca opreme trebao bi obaviti:

- kontrolu pada tlaka u raspršivačima vode - mlaznicama i
- kontrolu razine vode u kadi tornja, te protok vode.

Ovaj način otklanjanja hidrauličkih udara u sistemu je još jeftiniji, jednostavniji i brži od prethodnog a ne traži dodatni prostor. Princip otklanjanja udara ne ostvaruje se njihovim prigušenjem, već se otklanja uzrok njihova nastajanja.

Novi DIN-ventil ima svrhu da svojim djelomičnim zatvaranjem poveća otpor (trajno) u cjevovodu, smanji protok i brzinu na optimalnu veličinu i time eliminira stvaranje hidrauličkih udara. Novi nepovratni ventil NO175 (ili NO150 sa odgovarajućim redukcijama) služi kao zaštita crpki od eventualnog ublaženog tj. slabog prvog udara.



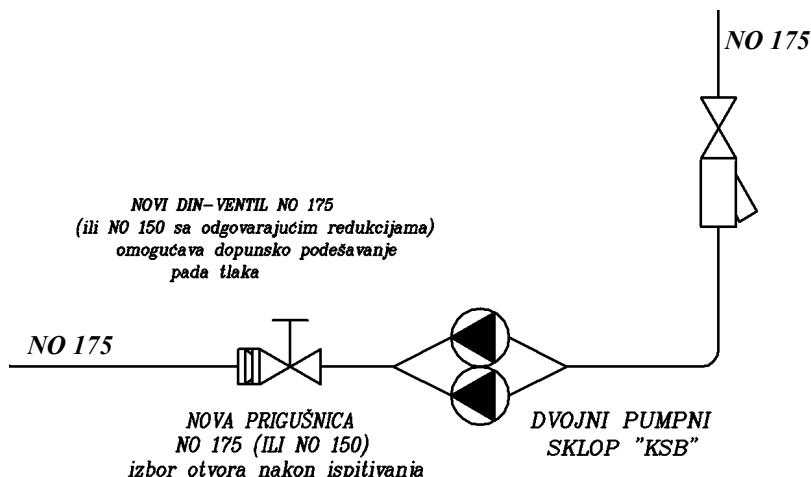
Slika 6. Ugradnja novog DIN-ventila

3.4. Ugradnja novog DIN-ventila i prigušnice

Rješenje postojećih hidrauličkih udara u sistemu rashladnog tornja na ovaj način vrlo je jeftino, jednostavno i brzo, ne traži novi prostor te je pogonski vrlo operativno. Potrebno je izbalansirati optimalnu količinu rashladne vode kroz tornj u suradnji s isporučiocem opreme. Serviser isporučioca tornja bi trebao obaviti merenja kao i u prethodnom slučaju. Eliminiranje neugodnih hidrauličkih udara ostvaruje se otklanjanjem njihovih uzroka.

Novi DIN-ventil NO175 (ili NO150 sa odgovarajućim redukcijama) te nova prigušnica NO175 (ili NO150) imaju zadaću da trajno prilagode otpor cjevovoda i tornja optimalnom naporu crpke koj nema nikakve mogućnosti regulacije.

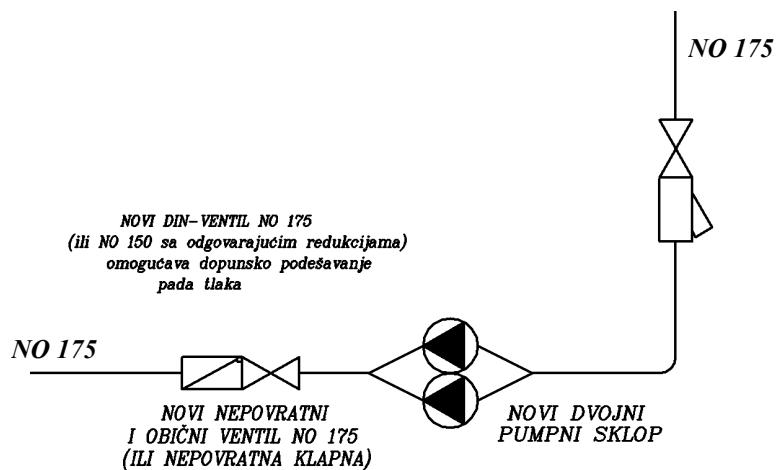
Nakon ugradnje i prilagodbe novog ventila i prigušnice količina rashladne vode tornja i njena brzina bit će takve da neće stvarati hidrauličke udare već će raditi mirno kao i prije.



Slika 7. Ugradnja novog DIN-ventila i prigušnice

3.5. Ugradnja nove crpke i nepovratnog ventila

Ugradnja novog dvojnog sklopa moguće je rješenje za izbjegavanje hidrauličkog udara. Proračuni utroška prigušene energije kod predloženih rješenja su veliki, pa je ugradnja novog dvojnog sklopa crpki najbolje rješenje.



Slika 8. Ugradnja nove crpke i nepovratnog ventila

4. ZAKLJUČAK

Kod svih rješenja a naročito 3.3. i 3.4. potrebna je suradnja sa proizvođačem tornja.

Rješenje 3.1. i 3.2. će uspješno rješiti problem hidrauličkih udara ali neće otkloniti uzroke koji dovode do njih. Rješenje 3.1. je nezgodno jer je posuda velika i skupa. Prijedlog je stavljen na prvo mjesto jer je to standardno rješenje datog problema. Drugo rješenje je jeftinije, jednostavnije i brže od prethodnog a rijetko se koristi jer ima pogonski nedostatak. Kod svakog zaustavljanja crpke poslužitelj mora otvoriti ventil na "by-pass"-u te ga kasnije zatvoriti.

Rješenje 3.3. je najjednostavnije, najbrže i najjeftinije a može biti vrlo uspješno ako se u čitavu problematiku uključi i proizvođač rashladnog tornja. Najprije je potrebno izmjeriti protok vode kroz toranj, pa ako je količina vode prevelika tada će i brzine strujanja biti prevelike te proporcionalno kvadratima brzina i kinetička energija vodene mase. Povećanjem otpora strujanja na mlaznicama tornja i novougrađenom DIN-ventilu prema dijagramu crpke, može se smanjiti protok (brzina) vode. Ukoliko analiza pokaže da se ne može naći odgovarajuća radna točka dijagrama koja bi zadovoljila količinu vode rashladnog tornja te padove pritiska rashladnog tornja, cjevovoda i ventila tada bi trebalo izabrati kao moguće rješenje 3.4. ili prijedloge pod 3.1. i 3.2.

Rješenje 3.4. je složenije i skuplje ali ima više mogućnosti da se uravnoteže strujne karakteristike novog tornja i starog cijevnog sustava s postojećom jakom crpkom bez mogućnosti regulacije. Također je potrebna čvrsta suradnja sa proizvođačem rashladnog tornja.

Kada mjerena i proračuni pokažu da je s postojećim crpkama nemoguće naći rješenje onda se mora preći na rješenje 3.5., tj. zamjenu cirkulacijskih crpki. Nova cirkulacijska crpka trebala bi imati takvu krivulju da zadovolji strujanje u rashladnom tornju i sistemu na nižim brzinama strujanja bez hidrauličkih udara. Cijene cirkulacijskih crpki danas nisu visoke pa bi se nova crpka brzo otplatila uštedom "prigušene" energije. Naime, stari sustav je imao veći utrošak energije koju bi kod novog tornja trebalo prigušiti na DIN-ventilima. Ugradnja nove crpke bi energetski i ekonomski bilo najpovoljnije rješenje.

LITERATURA

- [1] Recknagel – Sprenger: *Priručnik za grejanje i klimatizaciju*, IRO Građevinska knjiga, Beograd, 1982.
- [2] Pećornik, M., *Tehnička mehanika fluida*, Školska knjiga , Zagreb, 1989.
- [3] Chaudhry, M. H.: *Applied hydraulic transients*, Van Nostrand Reinhold Co. 2ed., 1987.
- [4] Fox, J. A.: *Transient flow in pipes, open channels and sewers*, John Wiley and Sons, 1989.
- [5] Hwang, N. H .C., Houghtalen, R. J., *Fundamentals of hydraulic engineering systems*, Prentice Hall, 1996.
- [6] Wylie, E. B., Victor L. S., *Fluid transients*, McGraw-Hill International Book Co., 1978.

METHODS FOR PREVENTING HYDRAULIC SHOCKS IN PIPING SYSTEM OF A COOLING TOWER

Abstract: Because of deterioration the old cooling tower had to be replaced. Other parts of the system, condensers, pumps, pipes and armature are the same. The problem arises when pumps are turned off and as result hydraulic shocks occur. First shock wave is very strong, second one is little weaker, third one weaker and so on. At the same moment water pressure gauge shows significant pressure oscillations. This shock waves especially first three can be very unpleasant and certainly harmful for the installations. It has to be emphasized that there were no shocks in the system when there was the old cooling tower at the same place.

Key words: cooling tower, hydraulic shocks