

KONTINUIRANA REGULACIJA TLAKA VODE U CJEVOVODU KORIŠTENJEM CENTRIFUGALNE CRPKE NAPAJANE IZ FREKVENCIJSKOG PRETVARAČA S UGRAĐENIM PID REGULATOROM

Horvatić M. ¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Potrošnja vode industrijskog postrojenja ili kućanstva značajno se mijenja tijekom dana. Promjena potrošnje izaziva promjenu tlaka vode u cjevovodu na koji su trošila priključena. Kako bi se osigurao konstantan tlak vode, unatoč promjeni potrošnje, pogodno je upotrijebiti regulaciju tlaka s kontinuiranom regulacijom brzine vrtnje centrifugalne crpke u crpnom postrojenju. Princip regulacije tlaka, te izvedba takve regulacije korištenjem frekvencijskog pretvarača opisani su u članku.

Ključne riječi: regulacija tlaka, centrifugalna crpka, frekvencijski pretvarač

Abstract: Water consumption in industrial plants or households changes significantly during the day. Consumption variation causes a change of water pressure in piping which the loads are attached to. In order to ensure constant water pressure despite the consumption variation, pressure regulation with constant regulation of centrifugal pump rotation speed should be used. This paper describes the pressure regulation principle and its implementation using the frequency converter.

Key words: pressure regulation, centrifugal pump, frequency converter

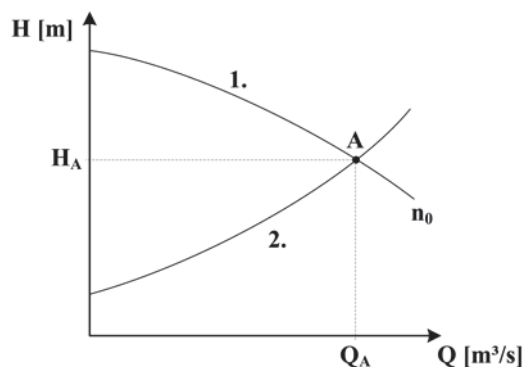
1. UVOD

U industrijskim postrojenjima i kućanstvima tijekom dana dolazi do promjena u potrošnji vode što uzrokuje promjene tlaka u cjevovodu. Ovaj problem se u prošlosti uspjelo djelomično riješiti korištenjem više centrifugalnih crpka u crpnim stanicama, koje su prema potrebi uključivane da bi nakon toga radile nazivnom snagom. Zbog nepostojanja kontinuirane regulacije brzine vrtnje takvih crpka, dolazi do povećanja tlaka iznad željene razine što nepovoljno djeluje na vremensku trajnost crpka i ventila. Dodatni nedostatak takvog načina rada su nepotrebni gubici električne energije koji se javljaju zbog crpka koje rade punom snagom. Danas se za osiguranje konstantnog tlaka vode u cjevovodima koristi kontinuirana regulaciju brzine vrtnje crpke koja omogućava efikasno prilagođavanje snage crpke trenutnim pogonskim uvjetima u postrojenju.

2. KARAKTERISTIKA CRPKE I CJEVOVODA

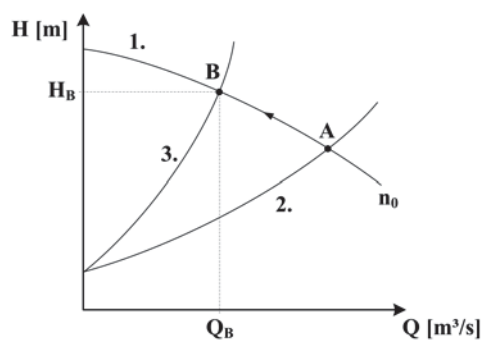
Centrifugalna crpka može raditi u širokom području protoka, a moguća radna točka crpke određuje se iz

prikladne Q-H karakteristike [1]. Q-H karakteristika crpke prikazuje međusobnu ovisnost visine dobave tekućine H o protočnoj količini Q. Radna točka crpke određena je karakteristikom crpke i karakteristikom cjevovoda na koji je crpka priključena. Karakteristika cjevovoda je krivulja koja prikazuje ovisnost pada tlaka u cjevovodu kao funkciju protoka [1]. Primjer prikaza Q-H karakteristike centrifugalne crpke i karakteristike cjevovoda na koji je ta crpka priključena, nalazi se na slici 1. Brzina vrtnje crpke označena je s n_0 . Karakteristika crpke označena je brojem 1, a karakteristika cjevovoda brojem 2.



Sl. 1. Q-H karakteristika crpke i cjevovoda

Radna točka centrifugalne crpke nalazi se u sjecištu ovih dviju karakteristika, a označena je slovom A. Promjena protoka tekućine u cjevovodu izaziva promjenu Q-H karakteristike cjevovoda. Tako npr. smanjenja protoka uzrokuje povećanje visine dobave tekućine, tj. porast tlaka i uspostavljanje nove radne točke označene slovom B na slici 2.



Sl. 2. Smanjenje protoka u cjevovodu

Nova Q-H karakteristike cjevovoda označena je brojem 3 na slici 2. Promjena radne točke iz A u B označena je strelicom. U navedenom primjeru smanjenje protoka uz konstantnu brzinu vrtnje crpke n_0 uzrokuje porast tlaka u cjevovodu, tj. veću visinu dobave tekućine. Jednako vrijedi i kod povećanja protoka u cjevovodu kada dolazi do smanjenja tlaka. Vidimo da uslijed promjene potrošnje u postrojenju dolazi do promjene tlaka tekućine u cjevovodu. Promjene tlaka u cjevovodu izazivaju vibracije na crpki i naprezanja na regulacijskim ventilima. Vibracije i naprezanja koja se javljaju, skraćuju vrijeme trajanja crpka i ventila. Osim toga, promjena tlaka u cjevovodu djeluje kao smetnja za ostale regulacijske krugove priključene na cjevovod.

3. PRINCIP REGULACIJE TLAKA

Odnosi između protoka Q , visine dobave H i snage P na vratilu centrifugalne crpke, pri broju okretaja n_1 , odnosno n_2 , opisani su izrazima (1) do (3):

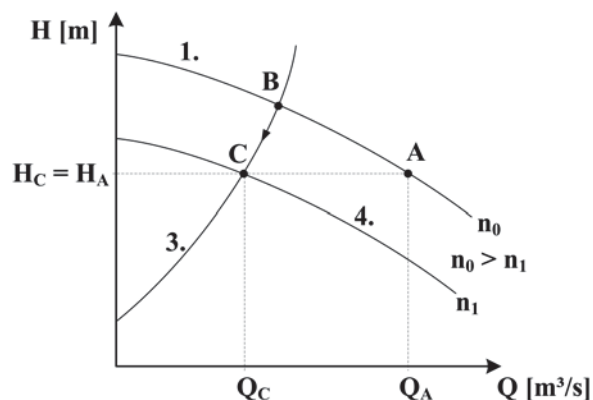
$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (1)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \quad (2)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \quad (3)$$

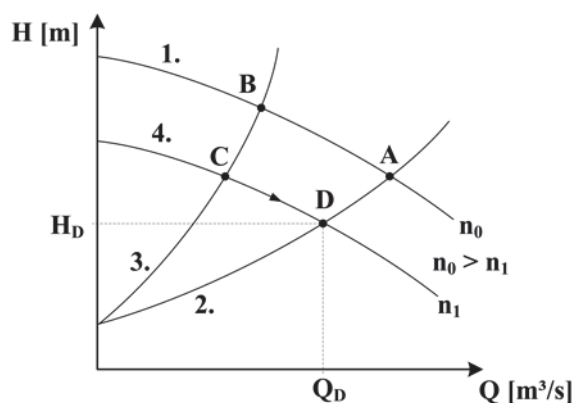
Izraz (1) definira da je protok centrifugalne crpke proporcionalan broju okretaja crpke, a izraz (2) da je visina dobave proporcionalna s kvadratom broja okretaja crpke. Izraz (3) definira da je snaga koja se uzima iz električne mreže tijekom rada crpke, proporcionalna s trećom potencijom broja okretaja. Na temelju izraza (3) može se zaključiti da je regulacijom brzine vrtnje moguće postići značajne uštede u potrošnji električne energije [1]. Kontinuirana regulacija brzine vrtnje crpke, uz mjerenje tlaka tekućine u cjevovodu, osigurava efikasno prilagođavanje snage crpke trenutnim pogonskim uvjetima u postrojenju. Princip kontinuirane regulacije brzine vrtnje crpke uz mjerenje tlaka objasniti će slike 1 do 5. Pretpostavimo da se u cjevovodu želi održati konstantan tlak koji odgovara visini dobave H_A u radnoj točki A označenoj na slici 1. Ako u cjevovodu dođe do smanjenja protoka, a uslijed toga do porasta tlaka i pomaka u radnu točku B na slici 2, potrebno je smanjiti brzinu vrtnje crpke na onaj iznos n_1 koji će ponovno smanjiti tlak u cjevovodu na željeni iznos.

Ovo smanjenje brzine vrtnje crpke na iznos n_1 prikazano je na slici 3, na kojoj je strelicom označen prijelaz iz točke B u novu radnu točku C u kojoj se dobiva željeni iznos tlaka tekućine u cjevovodu.



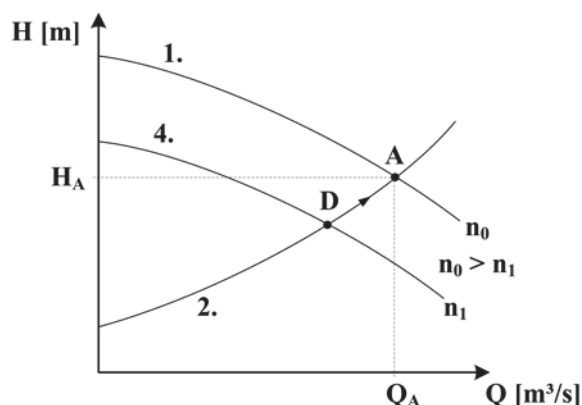
Sl. 3. Smanjenje brzine vrtnje crpke

Ako se protok u cjevovodu sada poveća na iznos Q_D , doći će do smanjenja tlaka i pomaka radne točke iz točke C u novu radnu točku D, kao što je označeno na slici 4.



Sl. 4. Povećanje protoka u cjevovodu

Kako bi se osigurao zadani iznos tlaka u cjevovodu, potrebno je povećati brzinu vrtnje crpke s brzine n_1 na veću brzinu n_0 . Uslijed povećanja brzine vrtnje crpke doći će do pomaka radne točke iz točke D u točku A, označenu na slici 5.

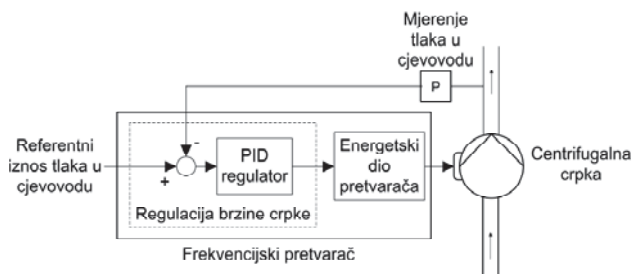


Sl. 5. Povećanje brzine vrtnje crpke

Ovakva kontinuirana regulacija brzine vrtnje crpke osigurava držanje konstantnog tlaka u cjevovodu za relativno široki raspon protoka [1].

4. IZVEDBA REGULACIJE TLAKA

U nastavku će biti opisana izvedba regulacije tlaka korištenjem kontinuirane regulacije brzine vrtnje centrifugalne crpke. Izvedba prikazana na slici 6. sadrži mjerni član tlaka tekućine u cjevovodu i frekvencijski pretvarač [2].



Sl. 6. Kontinuirana regulacija brzine vrtnje crpke

Prikazana struktura koristi PID regulatora koji na temelju signala razlike između referentnog i izmjerenog tlaka u cjevovodu upravlja energetskim dijelom frekvencijskog pretvarača. Energetski dio frekvencijskog pretvarača napaja elektromotor centrifugalne crpke, te time određuje broj okretaja crpke. U slučaju smanjenja protoka i premještanja iz radne točke A u radnu točku B sa slike 2, signal razlike između referentnog i izmjerenog tlaka će biti negativan. Negativan signal razlike uzrokuje da energetski dio frekvencijskog pretvarača počne smanjivati brzinu vrtnje crpke, pa će se tlak početi smanjivati prema referentnom iznosu tlaka. Korištenjem frekvencijskog pretvarača s ugrađenim PID regulatorom dobivena su dobra regulacijska svojstva i jednostavnost usklađivanja parametara regulacijskog sustava. Spajanje mjernog člana tlaka i frekvencijskog pretvarača je također jednostavno jer se vrši korištenjem standardnih 4 - 20 mA strujnih, ili 0 - 10 V naponskih ulaza koji se nalaze na frekvencijskom pretvaraču. Zbog male potrošnje struje, mjerač tlaka se obično napaja iz naponskog izvora koji postoji na upravljačkim stezaljkama frekvencijskog pretvarača. Referentni iznos tlaka i parametri PID regulatora mogu se zadati kao parametri frekvencijskog pretvarača, što se lako može učiniti i nakon montaže u postrojenju ako pretvarač na sebi sadrži tipkovnicu i displej.

5. ZAKLJUČAK

U članku je opisan problem promjene tlaka tekućine u cjevovodu koji se javlja zbog promjene protoka kroz priključena trošila. Posljedice takvih promjena tlaka su vibracije na crpki, te naprezanja na regulacijskim ventilima, što skraćuje vremensko trajanje tih komponenata.

Opisan je princip kontinuirane regulacije brzine vrtnje crpke kojim se održava konstantan tlak vode u cjevovodu. Prikazana je izvedba regulacije tlaka u cjevovodu korištenjem frekvencijskog pretvarača s ugrađenim PID regulatorom. Ovakva regulacija omogućuje efikasno prilagođavanje snage crpke trenutnim pogonskim uvjetima uz smanjenje potrošnje električne energije.

6. LITERATURA

- [1] P. Donjerković, " Osnove i regulacija sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije I dio", Alfa, Zagreb, 1996.
- [2] Danfoss, "Operating instructions VLT 6000 HVAC ", 2005.

Kontakt:

miroslav.horvatic@velv.hr