

Tehnološke rešitve z napravami za čiščenje turbinskih rešetak v hidroelektrarnah

Avtor prispevka:

LUDVIK KRALJ, GORENJSKE ELEKTRARNE, D. O. O., ludvik.kralj@gorenjske-elektrarne.s

Izvleček

Ekonomike obratovanja in racionalizacije obratovalnega osebja narekujejo maksimalno avtomatizacijo hidroelektrarn. Eden od večjih problemov v tem procesu je izvedba avtomatskega mehanskega čiščenja finih rešetak pred turbinami. Rešetka na toku preprečuje, da voda nanese večje naplavine med lopatice turbine, kar lahko povzroči strojelom. Različne tehnične rešitve mehanskega odstranjevanja naplavin so obstajale že prej, vendar so se te naprave ravno v času največjega nanosa naplavin pogosto kvarile.

Nova konstrukcija verižnih čistilnih strojev, pri katerih so grablje za čiščenje rešetak vodene prek dveh stranskih verig, zagotavlja zanesljivo delovanje tudi ob težjih pogojih obratovanja, posamična izdelava pa omogoča prilagoditev konstrukcije na rešetke različnih dimenzij. Vklon čiščenja se izvaja avtomatsko glede na stopnjo zamašenosti rešetak.

S tehnično izboljšavo na tem področju smo zagotovili nemoteno proizvodnjo električne energije tudi v času večjega nanosa naplavin. Potreba po intervenciji posluževalcev se je bistveno zmanjšala, kar je omogočilo zmanjšanje obratovalnega osebja, obenem pa se je povečala proizvodnja električne energije. Poleg izboljšanja ekonomike obratovanja so te naprave prispevale tudi k humanizaciji dela, saj se je znatno zmanjšal obseg fizično napornega dela ob najbolj neugodnih vremenskih razmerah.

Čistilne naprave te vrste je možno koristno uporabiti tudi pri čiščenju komunalnih odplak in pripravi tehnološke vode v industriji.

Ključne besede: hidroelektrarna, čiščenje rešetak, obratovanje, avtomatizacija, naplavine, komunalne odplake

TECHNOLOGICAL SOLUTIONS INVOLVING CLEANING MACHINES FOR TURBINE TRASH RACKS AT HYDRO POWER STATIONS

Summary

Operating efficiency and operating staff efficiency call for maximum automation of hydro power stations. One of the main problems in this process is automatic mechanical cleaning of fine trash racks before turbines. These trash racks prevent large water-borne debris from coming in between turbine blades, as that could cause machinery breakdown. Various technical solutions for mechanical removal of debris existed earlier, but such machines often failed when there was most debris.

The new design of chain-driven cleaning machines with rakes guided through two side chains ensures reliable functioning even in demanding operating conditions and owing to customised production, these machines can be adjusted to racks of various dimensions. Cleaning is triggered automatically based on how clogged the trash racks are.

A technical improvement in this area ensured uninterrupted electricity generation also during heavy debris accumulation. The need for intervention by operators was much smaller, allowing for downsizing of operating staff and increasing electricity production. Besides greater operating efficiency these machines also contributed to humanisation of work as the volume of physically demanding work in the most unfavourable weather conditions decreased substantially.

Cleaning machines of this type can be put to good use also for cleaning municipal sewage and preparing industrial water.

Key words: hydro power station, trash rack cleaning, operation, automation, debris, municipal sewage

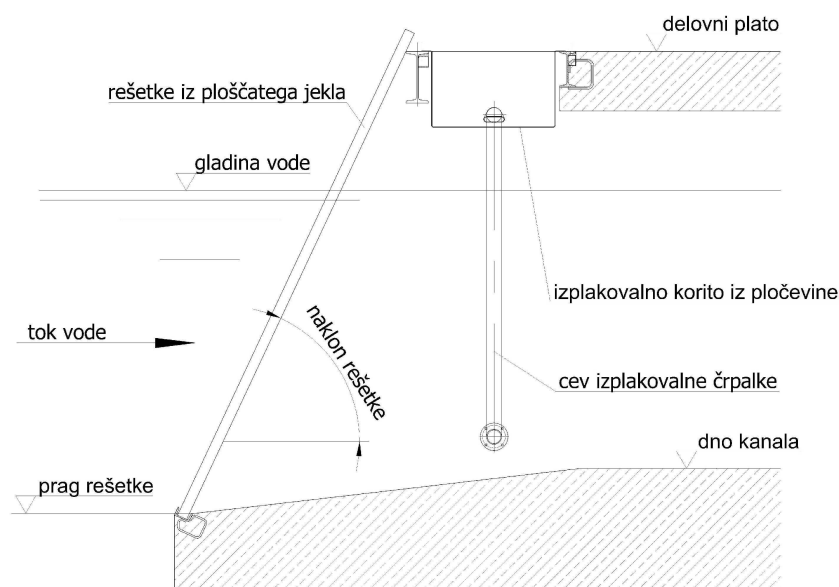
1. UVOD

Izkoriščanje vodnega padca vodotokov je ena od starejših tehnologij za pridobivanje energije. To je bil v vseh obdobjih tehničnega razvoja vedno zanimiv energetski vir, v času pomanjkanja ter iskanja obnovljivih in ekološko čistih virov energije pa hidroelektrarne še dodatno pridobivajo na pomenu.

V 70-tih in 80-tih letih prejšnjega stoletja se je enako kot na drugih področjih pospešeno uvajala avtomatizacija hidroelektrarn. Ekonomika obratovanja ni več prenesla tako velikih stroškov obratovalnega osebja, pa tudi naporno fizično delo so povsod zamenjevale učinkovitejše mehanizirane naprave.

Pri avtomatizaciji hidroelektrarn je enega večjih problemov predstavljala izvedba avtomatskega mehanskega čiščenja finih rešetk pred turbinami. Na vsakem vtoku v vodno turbino so namreč nameščene rešetke, ki preprečujejo, da voda nanese večje naplavine med lopatice turbine, kar bi lahko povzročilo strojelom. V jesenskem času in ob visokih vodah se zaradi odpadlega drevesnega listja in ostalih naplavin turbinske rešetke hitro zamašijo, kar povzroči zmanjšan padec vode in pretok skozi turbino, posledično pa to zmanjšuje moč turbine in proizvodnjo električne energije. Zato je v takih kritičnih obdobjih potrebno zagotoviti učinkovito, zanesljivo in redno čiščenje rešetk.

1.1. OPIS TURBINSKIH REŠETK



Slika 1: Namestitev rešetk pred vodno turbino

Slika 1 prikazuje vgradnjo rešetk pred vodno turbino. Rešetke so običajno izdelane iz palic v obliki ploščatega jekla, ki so postavljeno poševno, običajno približno pod kotom od 65° do 75° proti vodoravni podlagi. Svetli razmik med palicami rešetk je odvisen od najmanjšega razmika (rege) med lopaticami gonilnika turbine.

Celotne rešetke so sestavljene iz več delov, posamezni deli so zvijačeni s stojnimi vijaki skozi izvrtine v ploščatem jeklu. Pravilni razmik med palicami rešetk zagotovimo z

distančniki, ki so običajno izdelani iz okroglih cevi, narezanih na mero svetlega razmika med palicami.

Rešetke se čistijo tako, da zajemalec (grablje) od spodaj navzgor drsi po rešetki v smeri linije ploščatega jekla in na svoji poti posnema naplavine z rešetk. Na zgornjem koncu rešetk zajemalec iztrese naplavine v izplakovalno korito, na transportni trak ali transportni voziček.

Rešetke morajo biti v svojem pravilnem položaju ustrezno fiksirane, da med čiščenjem ne pride do nezaželenih premikov. Ker se nahajajo delno v vodi, delno pa nad njo, morajo biti tudi ustrezno antikorozijsko zaščitene, peskane in barvane oziroma vroče cinkane.

1.2. PROBLEMATIKA ČIŠČENJA

Ročno čiščenje rešetk z grabljami, je bilo fizično zelo naporno, delo se je izvajalo podnevi in ponoči, velikokrat ob deževju in mrazu, saj je bil nanos naplavin ob narasli vodi največji. V jesenskem času, ko je odpadalo drevesno listje, je bilo za čiščenje potrebno celo več delavcev.

Če je bil nanos naplavin vseeno prevelik, je bilo potrebno pretok skozi turbine pripreti ali turbino celo zaustaviti, in to ravno v času, ko je bilo v rečni strugi dovolj vode za polno obratovanje elektrarne.

Fizični napor in stroški dela pri čiščenju, kakor tudi izguba na proizvodnji električne energije zaradi zamašenih rešetk, je nujno vodila do različnih rešitev za mehanizirano čiščenje.

2. TEHNOLOŠKE REŠITVE NAPRAV ZA ČIŠČENJE REŠETK

Slika 2 prikazuje starejšo izvedbo čistilne naprave, kjer je gibanje grabilca pred rešetko navzgor in navzdol zagotovljeno s krožnim gibanjem dveh brezkončnih stranskih verig preko dveh parov verižnikov nad vodno gladino. Grabilec je vpet na dveh stranskih drogovih, ki sta



Slika 2: Starejša izvedba čistilne naprave

na zgornjem koncu pritrjena na obeh v liniji rešetke potujočih krožnih verigah. Vodila grabilca so pred rešetko fiksno vbetonirana v levo in desno steno, na zgornjem koncu rešetke pa imajo vgrajeno zaklopko, katera preusmeri grabilec pri poti navzdol v vodilo odmaknjeno od rešetke, se nato na dnu pritiska na rešetko in na poti navzgor pritisnjen na rešetko posnema naplavine. V primeru zagozdenja večje naplavine med rešetko in grabilcem, je pogonskemu delu pri motornem gonilu vgrajena varnostna sklopka, ki izklopi pogonski del.

Te vrste naprava je primerna samo za manjše rešetke, zaradi fiksnih vodil pa se pogosto pojavljajo motnje pri delovanju v primeru zagozdenja večje naplavine. Zato je pri taki napravi gorvodno obvezno vgraditi tudi gobe rešetke, ki imajo večjo svetli razmik med palicami, da se ne zamašijo tako hitro.

Prevozna čistilna naprava na tračnicah in z grabilcem na vrveh, ki je prikazana na sliki 3, zahteva komplicirano upravljanje, ker čisti samo en del od celotne širine rešetk in jih je treba premikati po širini rešetk. To zahteva več obhodov grabilca in daljši čas za očiščenje celotne

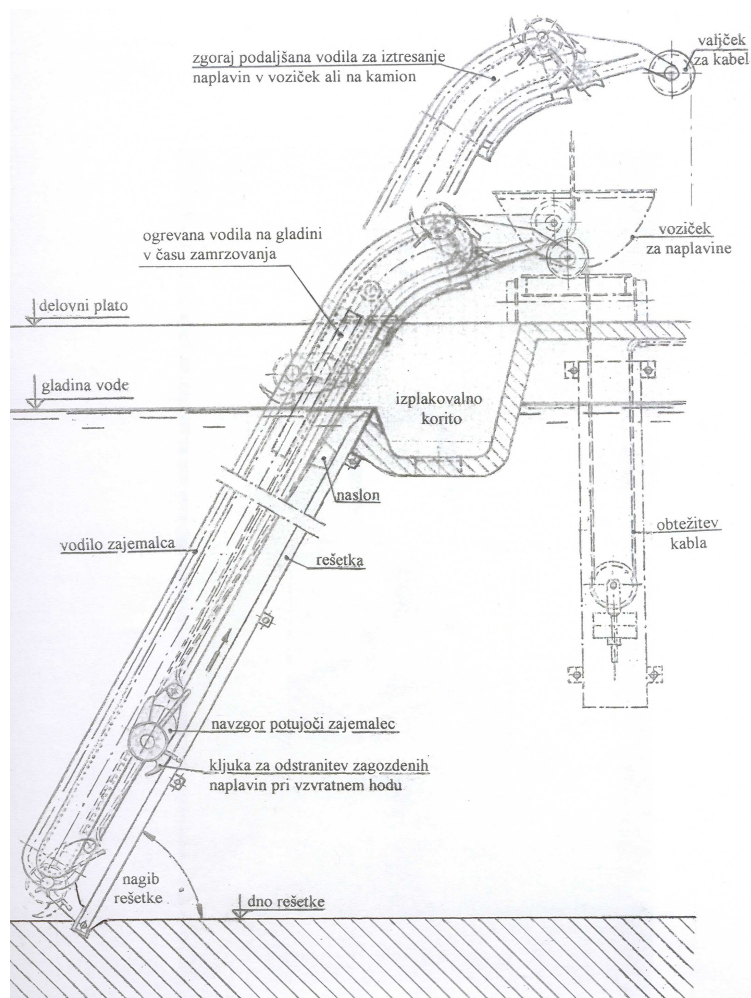


Slika 3: Čistilna naprava z grabilcem na vrveh

širine. Poleg tega težki grabilec na poti po rešetki navzdol vozi s svojimi kolesi po naplavinah na rešetki in jih potiska med rege rešetk, kar sčasoma lahko pripelje do zamašitve, ki jo je težko odstraniti. Pri večjih naplavinah lahko pride zatikanja grabilca na poti navzdol in do zapletanja vrvi.

Celotna naprava je velika, težka in draga, zahteva veliko prostora za namestitev in je primerna samo za zelo velike in globoke rešetke pri hidroelektrarnah z velikim pretokom vode.

Slika 4 prikazuje izvedbo čistilne naprave, kjer zajemalca z lastnim elektromotornim pogonom samodejno kroži voden v kovinskih vodilih pred rešetskami. Zajemalca navzdol potuje odmaknjen od rešetke, se na dnu krožno obrne in pritisne na rešetke, na poti navzgor pa posnema naplavine z rešetke. Elektromotor, ki je vgrajen na zajemalcu, je napajan s kablom, ki se ob vsakem hodu zajemalca dol oziroma gor odvija oziroma navija na boben, ali pa je napet z utežjo. Naprava je komplicirana in zelo občutljiva za poškodbe, zato se ni uveljavila.



Slika 4: Čistilna naprava z zajemalcem z lastnim elektromotornim pogonom

V novejšem času, pa se pojavljajo tudi izvedbe čistilne naprave s hidravlično roko. Zajemalec na tej roki je omejen s širino, obstaja tudi nevarnost izlitja hidravličnega olja. Pri nas so take čistilne naprave zelo redke. Naprava je prikazana na sliki 5.



Slika 5: Hidravlični čistilni stroj

Pri obratovanju imamo najboljše izkušnje s konstrukcijo verižnih čistilnih strojev z ogrođjem, ki je zgoraj vrtljivo obešeno, spodaj pa podprto na rešetke. Taka izvedba ogrođja omogoča, da se pri nanosu večje naplavine na rešetke ogrođje odmakne od rešetke in se s tem izognemo strojelomu.

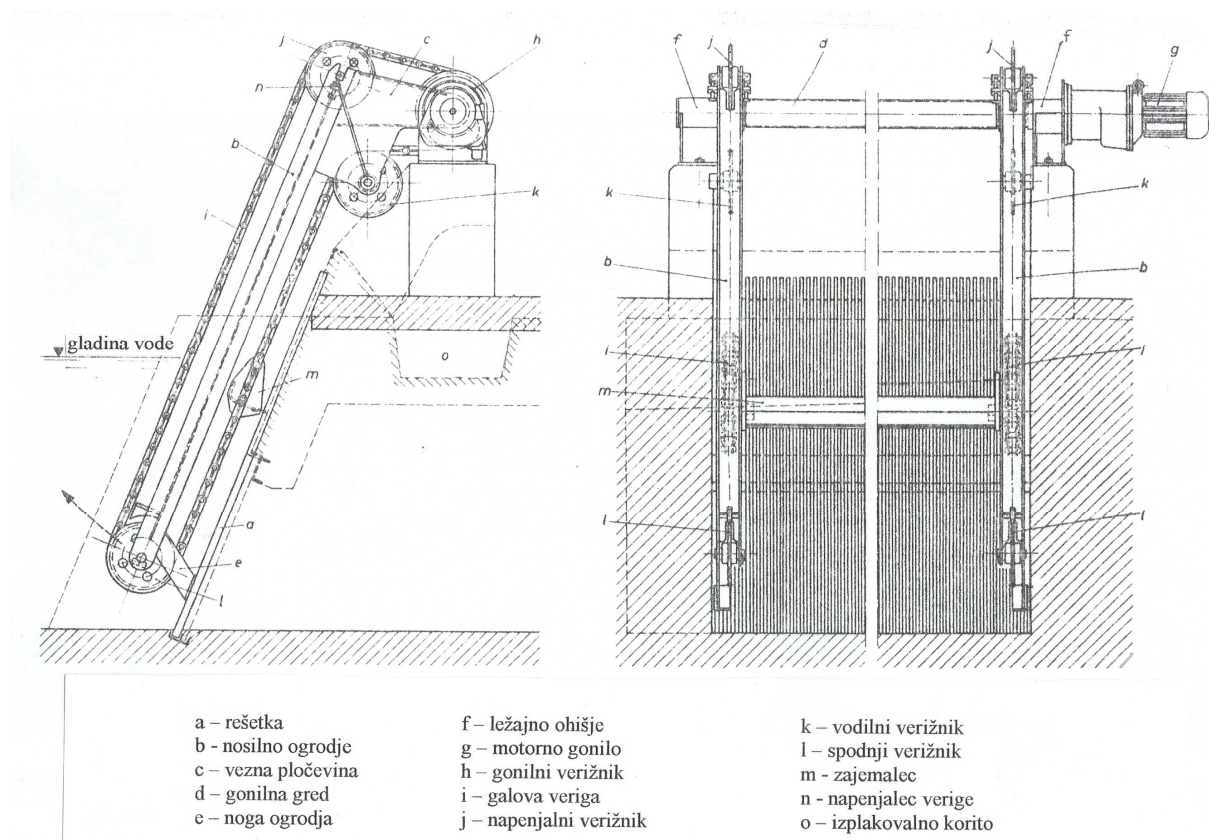
Ta konstrukcija je najprimernejša za čiščenje rešetak manjše ter srednje velikosti in se tudi največ uporablja pri gradnji malih hidroelektrarn. Zaradi funkcionalne učinkovito izvedene konstrukcije sledi podrobnejši opis te naprave pod točko 2.1.

2.1. VERIŽNI ČISTILNI STROJ S PREMAKLJIVIM OGROĐJEM

Verižni čistilni stroj je sestavljen iz zajemalca za naplavine, ki s svojo dolžino pokriva celotno širino rešetak. Na obeh straneh rešetak je ta zajemalec pritrjen na dve galovi verigi, ki sta preko verižnikov vodeni tako, da zajemalec potuje navzdol odmaknjen od rešetke, v spodnjem položaju se pritisne na rešetko in nato potuje navzgor pritisnjen na rešetko, pri tem pa posnema naplavine z rešetke in jih na gornjem koncu stresa v izplakovalno korito. Naplavine iz korita nato izplakujemo s pomočjo črpalke.

Namesto izplakovanja naplavin lahko vgradimo transportni trak.

Sinhrono gibanje verig na obeh straneh rešetak je zagotovljeno preko zgornjih dveh gonilnih verižnikov, ki sta nasajena na isti gonilni gredi, gnani z elektromotornim gonilom. Konstrukcija naprave je izvedena tako, da se v primeru nanosa večje naplavine, celotno ogrođje naprave odmakne od rešetke in tako prepreči strojelom. Naprava je varovana tudi z varnostno sklopko na motornem gonilu, ki ima vgrajen strižni čep. Ta se v primeru preobremenitve prestriže.



Slika 6: Verižni čistilni stroj

V osnovi ločimo dva tipa teh strojev:

- Na sliki 6 vidimo čistilni stroj s štirimi pari verižnih koles, pri katerem imamo na spodnjem delu ogrodja en par vodilnih verižnikov, na zgornjem delu ogrodja nad vodno gladino pa tri pare verižnih koles. Pri spodnjem verižniku se zajemalec obrne in pritiska na rešetko, nato na poti navzgor posnema naplavine z rešetk, se pri drugem paru verižnikov na koncu rešetk obrne za 90° in iztrese naplavine, potuje naprej preko tretjega para gonilnih verižnikov in se tam obrne za 180°. Zajemalec nato z vodeno verigo potuje naprej preko četrtega para verižnih koles, ki služita za napenjanje verig, se tam obrne za 90° in nato potuje navzdol proti spodnjemu paru verižnikov, kjer se celotni hod zopet ponovi. Pri močni in robustni izvedbi stroja se je ta konstrukcija odlično izkazala pri čiščenju rešetk srednje velikosti, kjer je veliko nanosa naplavin.
- Enostavnejša izvedba tega stroja ima samo dva para verižnih koles, zgornji in spodnji par. Pri spodnjem vodilnem paru se zajemalec pritiska na rešetko, potuje navzgor in na zgornjem koncu rešetk iztrese naplavine, nato se pa pri zgornjem gonilnem paru verižnikov obrne za 180° in potuje navzdol, nakar se celotni postopek ponovi. Napenjanje verige se vrši tako, da se s pomočjo bočnih napenjalcev ustrezno podaljša ogrodje.

Ta tip stroja je cenejši, uporablja se za manjše rešetke, kjer je manj nanosa naplavin in manj prostora za vgradnjo ter krajih, kje je problem s transportom opreme.

Gonilna gred pri obeh izvedbah je uležajena na kotalnih ležajih, ki so tesnjeni z oljnimi tesnili in mazani z mastjo. Spodnja dva para verižnikov imata drsne ležaje, ki so proti vdoru blata prav tako tesnjeni z oljnimi tesnili, mazani pa z mastjo preko cevni vodov, ki segajo nad gladino vode.

Za čiščenje zelo širokih rešetk, se lahko vgradita dva stroja, eden poleg drugega, kot je razvidno iz slike 7.



Slika 7: Vgradnja dveh verižnih čistilnih strojev širine 2 x 8 m

Krmiljenje čistilne naprave je avtomatsko, brez navzočnosti posluževalca. Vklon deluje na principu meritve razlike vodnih gladin. Če se rešetke zamašijo, vodna gladina za rešetkami pade in stroj se samodejno vklopi. Ko naprava turbinske rešetke očisti, se gladina vode pred in za rešetko izravna in delovanje naprave se zaustavi.

Prednosti vgradnje v verižnega čistilnega stroja pred ostalimi tipi čistilnih naprav:

- tri vrste varovanja proti preobremenitvi (odmik ogrodja od rešetke, varnostna sklopka, bimetal za zaščito elektromotorja),
- napravo je možno enostavno avtomatizirati in lahko deluje brez prisotnosti posluževalca,

- naprava očisti celotno širino rešetak naenkrat, z namestitvijo dveh zajemalcev na stranskih vlečnih verigah pa pri enem obhodu verige rešetke očistimo dvakrat,
- konstrukcija omogoča vgradnjo na rešetke zelo različnih širin in višin,
- ob vgradnji nekaterih standardnih sestavnih delov je napravo mogoče izdelati v vsaki boljši delavnici,
- pri ustrezni konstrukciji, robustni izvedbi in rednem vzdrževanju je mogoče zagotoviti zelo dolgo in zanesljivo obratovanje naprave.

Slabosti konstrukcije:

- problematično mazanje delov, ki so v vodi in posledično obraba teh gibljivih delov.

3. ZAKLJUČEK

Poleg prihrankov pri delu in fizičnih naporih obratovalnega osebja, smo z vgradnjo naprav za čiščenje dosegli tudi finančne rezultate, ker se je z učinkovitim čiščenjem rešetak povečala proizvodnja električne energije. Pri neučinkovitem čiščenju rešetak v kritičnih vremenskih obdobjih prihaja do zmanjšanje proizvodnje električne energije ravno v času največjih pretokov v rečni strugi. S tehnično izboljšavo konstrukcije smo prispevali tudi k humanizaciji dela obratovalnega osebja, saj je pri čiščenju rešetak največ dela ravno v času slabih vremenskih razmer.

Čistilne naprave te vrste je možno koristno uporabiti tudi pri čiščenju komunalnih odplak in pripravi tehnološke vode v industriji.

LITERATURA IN VIRI:

- Monografija Metalna Maribor 1920 - 1960
- Prospektni material J. M. Voith, Heidenheim, Nemčija, 1969
- Prospektni material A. Kössler, St. Georgen, Avstrija, 1969
- Kralj, Ludvik: Razvoj in izdelava strojev za čiščenje turbinskih rešetak v Gorenjskih elektrarnah, d.o.o., članek v Elgo, 29. junij 2007, letnik V, št. 2, str. 25
- <http://www.wasserkraft.biz/index.php?id=13>
- Tehnični in foto arhiv Gorenjskih elektrarn, d.o.o., Kranj