



## PATENTNI SPIS ŠTEV. 2406.

**Dr. techn. Viktor Kaplan, Brno.**

Reguliranje lopad tekočega kolesa za hitrotekoče zvrčne stroje.

Dopolni patent k patentu štev. 1319.

Prijava z dne 30. marca 1291.

Velja od 1. novembra 1923.

Prvenstvena pravica z dne 18. maja 1914. (Avstrija).

Najdaljno trajanje do 31. decembra 1937.

V patentu št. 1319. je opisana naprava, katera omogoči, pri delnem nalopatanju kakega zvrčnega stroja (vodna, parna ali plinska turbina, zvrčna sesilka ali puhalo) doseči s tem dobre stopnje učinka, da so lopate tekočega kolesa na ta način vrtljivo uležene, da moremo izpremeniti tako vstopne kote in vstopne prereze kakor tudi izstopne kote in izstopne prereze tekočega kolesa primerno točasni potrebni sile in množini raspoložljivega delavnega sredstva. Izum se tiče izboljšav te naprave za reguliranje, ki se nanašajo na primerno izobličanje vrtljivih lopat tekočega kolesa, na regulacijsko drogovje in uleženje vrtljivih šekljev lopat, s čimer dosežemo ob primerni varnosti obratovanja naprave za reguliranje, zvišanje stopnje učinka, posebnom se razširi vporabljevalno področje naprave za reguliranje znatno čez mero dosedaj doseženih najvišjih specifičnih števil tur. Naslednja raziskavanja so omejena na vodne turbine, dajo se pa smislu primerno uporabiti na vse vrste zvrčnih strojev.

V risbah predstavlja slika I naris turbine, z v bistvu radialnim vstopom vode v vodilno napravo, ki je predočena prerezana z navpično ravnino, pri tem sta narisana pesto N in dve krili tekočega kolesa in je radi razločnosti izpuščeno regulacijsko drogovje. Slika la kaže tloris turbine pri snetem pokrovu Ld vodilnega kolesa; slika lb, v ravnino razvite zemljske robove bl, bl dveh sosednjih

lopatnih ploskev S, S (slika la), pri tem smo vzeli z zadostno natančnostjo, da ležijo ti robovi na tokovi ploskvi. Slika 2 je šematična skica naprave za reguliranje. Slike 3 in 4 posameznosti naprave za reguliranje. Slika 2 kaže navpičen prerez peste za reguliranje z, v njegovi notranjščini uleženo kljuko K. Slika 6 predočuje v pogledu krilo S tekočega kolesa, katero je izdelano s kljukastim nastavkom K in vrtljivim šekljem iz enega kosa. Slika 7 pojasnjuje primerno izbiro lege vrtljnega šeklja o krila z oziroma na krilovo ploskev. Slika 8 kaže v navpičnem prerezu turbine z, v bistvu aksijalnem pretokom vode skozi vodilno napravo, pri tem je radi razločnosti izpuščeno s kljuko zvezano drogovje. Slika 8a predstavlja tloris te turbine v prerezu z ravnino  $X_1-Y_1$ , v sliki 8. Slika 8b kaže stranski pogled na pesto, z regulacijskim drogovjem, ki je potrebno za zavrtitev kril tekočega kolesa.

Ker pri uleženju lopat tekočega kolesa v venec in peste tekočega kolesa iz tega vzroka naletimo na gradbene težkoče, in ker bi morali najprej skrbeti za togo zvezo tega venca s pestom in z zunaj ležečo uredbo kljuk naprave za reguliranje in ker bi nudila taka uredba tudi delavnemu sredstvu velike pretekalne upore, smo izdelali napravo tako, da se le lopate tekočega kolesa vrtljivo uležene v pestu tekočega kolesa. S takim notranjim uleženjem lahko segajo zunanji konci lopat, ne da bi potrebovali kake zveze z zunanjim

vencem tekočega kolesa, do neposredne bližine stene sesalne cevi, kakor je povzeto iz primerov izvedbe po slikah 1 in 8. S tem korakom se tudi učinkovito izognemo uporabi in zaprtju prerezov, kateri nastopijo pri vsaki uredbi venca.

Ker je, kot je razvidno iz slike 1, zaprta tako pesta kakor tudi naprava za reguliranje, v ohišju turbine ne sme biti premer pesta velik, zato da zapiramo prosti prehodni prerez vode skozi turbino, kolikor mogoče malo. Ravnotako je primerno, da skrbimo s koncentrično uredbo regulacijskega drogovja, kolikor mogoče blizu valja tekočega kolesa za premerno zmanjšanje uporov vsled trenja vode, ker so v bližini valja tekočega kolesa razpoložljive tudi pri visokem številu tur majhne izgube vsled trenja vode. Ravnotako se zmanjša, za uredbo naprave za reguliranje kolikor mogoče blizu valja tekočega kolesa, vpliv kiga ima sredobežna sila, na krožeče dele naprave za reguliranje.

V to svrhu je predvidena po izumu, v gonilu kljuka slična naprava, katera dovoljuje tudi istočasno zavrtitev vseh lopat, ne da bi prekinile obratovanje. V vsaki 2 je tako gonilo kljuka šematično naznačeno. S pomeni lopato tekočega kolesa v prerezu, K kljuko, katere ramenska dolžina je zaznamovana z a. Z je potegovalni drog, G je drsalni kos, kateri je s pestom na ta način zvezan, da se udeležuje vrtilnega gibanja tekočega kolesa istočasno pa je v smislu dvojne puščice 1 aksijalno premakljiv. Ta premaknitev se vrši v vodilnim drogom F in drsalnim obročem G. S strihliranimi prerezi lopat  $S_1$  in  $S_2$  so naznačene končne lege lopat in sicer pomeni  $S_1$  lego lopate pri večjem nalopatanju in  $S_2$  pri manjšem nalopatanju. Lopatnim koncem  $S_1$  in  $S_2$  odgovarjajo končne lege kljuk  $K_1$  in  $K_2$  in končne lege  $R_1$  in  $R_2$  drsalnega obroča. Lega S, K, O in R predstavljajo srednje lege gonila kljuk. Kako je iz slike 2 razvidno, lahko priredimo, radi enostavnosti, kljuko K na ta način, da pade šteljevo središče kljuka v srebnji legi skupaj s ploskvijo B, B s središči vrtilnih šteljev lopat, s čimer dosežemo simetrično zaobrnitev kljuka.

Ta rešitev je pa nepopolna, ako se gre za turbine z visokim specifičnim številom tur, ker je pri teh turbinah radi zahtevane visoke požiralne zmoglosti tudi le majhna dolžina a kljukinega ramena, radi česar so za predstavitev lopat potrebne velike sile, ki imajo za posledico močno obrado drsalnega obroča in radi uporov trenja v tem tudi zgube učinkovanja. Da odpomoremo temu nedostatku, se priporoča uporabljati po sliki 3 izoblikovano uredbo kljuk. Pri tem moli rama KO kljuka iz ravnine središča B, B vrtilnih šteljev, tako

da more biti dolžina a kljukinega ramena bistveno večja, kot preje (a v sliki 2), ker primerno podaljšanje ramena ni ovirano z uleženjem vrtilnih šteljev sosednih lopat. Samo posebnimvevno je da se da naklonski kot kljukinega ramena poljubno povečati napram ravnini središča vrtilnih šteljev lopat in v slučaju potrebe ga moremo postaviti tudi na  $90^\circ$ . Po sliki 4 znaša kot (S)  $90^\circ$ . Ker je pa pri taki legi središča kljuka za zavrtitev kljuka potreben učinek sile v smislu vrtilne smeri, je predvidena po izumu, pri močno nagnjenih kljukah uredba členka, kot je n. pr. predstavljeno v sliki 4. S kotnim vzvodom W, katerega vrtilni štelj je uležen v pestu tekočega kolesa in členkastega droga E, dobi štelj kljuka za njegovo vrtenje potrebno komponento sile, če pomaknemo potegovalni drog Z in drsalni kos G v aksijalni smeri.

V sliki 4 šematično predstavljeno regulacijsko drogovje je v primeru izvedba po sliki 8a in 8b narisano v pesto za reguliranje. V sliki 8 so naznačene, radi razločnosti le, s krili S tekočega kolesa iz enega kosa izdelane kljuka K. Zavrtitev kril tekočega kolesa se vrši z aksijalno premaknitvijo vodilnih drogov F.

Pri velikem številu tur, se da doseči ne nebitvena razbremenitev lopat in obtežbe vrtilnih šteljev s primerno uredbo vrtilnega štelja lopat z ozirom na ležišče p krila tekočega kolesa, kot izhaja to iz primera izvedbe v sliki 1. Je li s P naznačena smer, v težišču p lopat prijemajoče sredobežne sile, potem učinkuje na vrtilni štelj lopate, vrtilni moment velikosti  $P \times s$ . Temu nasproti pa učinkuje, vsled vodnega pritiska x na lopate, nastali ukrivilni moment, velikosti  $x \times l$ . Iz slike 8 je razvidno, da moremo položiti skozi težišča p kril tekočega kolesa, ravnino Bl, Bl, v kateri ležijo tudi sredobežne sile. Ako se vrši torej, kot kaže slika 8, uleženje vrtilnih šteljev f tako, da ležijo njih središča m, nad ravnino Bl, Bl, torej v smeri proti vodilni napravi, potem nastopi pod vsemi okolščinami zaželjena razbremenitev naprave za reguliranje. Moramo pa upoštevati, da moremo doseči to razbremenitev le med obratovanjem, vendar se da, z uporabo krilastih lopat tekočega kolesa (slika 1 b) doseči tudi pri mirno stoječi turbini, zmanjšanje pritiska vode. Tovrstne krilaste lopate imajo še nadaljno prednost, da omogočijo dosego posebno visokega specifičnega števila tur in postane uleženje vrtilnih šteljev lopat znatno enostavnejše.

Kot bistveni pogoj za dober način učinkovanja cele naprave za reguliranje je smatrati obratovno varnostno predstavitev regulacijskega drogovja. V to svrhu je po izumu pesto

reguliranja opremljeno na svojem koncu z nastavkom, ki je z njim trdno zvezan, kateri ima drsalno ploskev T (slika 5 in 8), vzdolž katere moremo prestavljati, za zavrtitev lopat služeči drsalni kos G. Taka uredba stori napravo za reguliranje neodvisno od zaklinjenja na valju turbine. Tudi je s tem mogoče predložiti preizkustvo in nastavljanje naprave za reguliranje, ne da bi morali podvzeti njeno zaklinjenje na valju turbine. Končno nudi tak način gradnje prednost, da je ista naprava za reguliranje uporabljiva za različne premere valja ker je potrebna samo ena prilagoditev izvrtnja pesta na premer valja.

Oblika pestovega telesa se ravna po uredbi kljuka. Ako je napravljena kljuka v notranjosti pestovega telesa, kot je to naznačeno v sliki 5, potem moramo podvzeti delitev pestovega telesa, katera ali ravnine navpično k osi tekočega kolesa ali pa se zgodi vzdolž takih ploskev, ki stojijo na te ravnine navpično (Y, Y v sliki 5). S tovrstno delitvijo pesta zvezani nedostatki se jih moremo ogniti primerno z zunanjim uleženjem kljuka K, kot je to navedeno v primeru izvedbe po slikah 8a in 8b. Tako zunanje uleženje ima še prednost, da je izdelana tako ploskev S lopate kakor tudi kljuka K z vrtilnim štekljem  $f$  iz enega kosa, pri tem zasigura kljukina rama istočasno trdno zvezo s ploskvijo lopate in vrtilnim štekljem (slika 6 in 8). Opisana zunanja uredba kljuka in njene združitve z lopato in vrtilnim štekljem v en kos, doprinese bistveno k zvišanju varnosti obratovanja cele naprave za reguliranje, ker zahteva, iz hidrauličnih vzrokov potreben majhen premer pesta, posebno skrb v izobličanju in uleženju vrtilnih štekljev lopat.

Za praktično obratovanje je želeti, za zavrtitev lopat potrebna vpotreba dela kolikor mogoče zmanjšati. V to svrhu je po izumu naprava tako narejena, da postane lega vrtilne osi lopate odvisna od lege celokupne sile iz vseh, na ploskev lopate učinkujočih zunanjih sil. Je li  $R_s$  v sliki 7 ta celokupna sila in pomeni  $e$  k risalni ravnini navpično namerjeno vrtilno os, potem nastane vrtilni moment, velikosti  $R_s \times m$ , katerega se mora pri zavrtitvi lopat v smislu puščice 2 premagati. To ima za izbrani primer pomen, da se more izvršiti pri pojemajočem nalopatanju potrebna zavrtitev lopat tekočega kolesa le na stroške dela. Ravnotako kaže slika 7, da se more ta potrošek dela ravnotako zmanjšati, ako zmanjšamo vzvodovo ramo  $m$ . Pod okoliščinami je pa želeti, da vrši tako samodelno odpiranje kakor tudi samodelno zapiranje lopate tekočega kolesa, kar je, kot sledi iz slike 7, odvisno le od izbrane lege vrtilne osi z ozirom na učinek celokupne sile. Zato je tudi

potrebna prestavljivost vodilnih drogov F (slika 1, 2 in 8) odvisna od velikosti tega vrtilnega momenta. Velike prestavljalne sile imajo poleg težke in drage izvedbe naprave za reguliranje še nedostatek, da povzročajo v šiškastem ležaju drsalnega droga G velike upore trenja, ki dajejo povod za predčasno obrabo šiškastega ležaja in zgubam učinka zvrčnega stroja. Zato se priporoča, da odredimo razdaljo  $m$  vrtilne osi lopat od celokupne sile iz vseh, vrtenje lopate povzročujočih sil manjše, kot pa na najskrajnejšem obodu lopate merjeno polovično dolžino lopate  $t$  2 (slika 7). Legi in smer celokupne sile  $R_s$  ci movemo misliti, za praktične svrhe a zadostno natančnostjo, v težišču lopate in navpično prijemajoč k ploskvi lopate.

Da ima vsaka lopata tekočega kolesa z ozirom na os tekočega kolesa isti naklon, je po izumu naprava tako narejena, da z izpremembo dolžine ali lege enega ali več delov gonila kljuka, moremo izpremeniti obojestransko lego lopat tekočega kolesa in zato tudi naklonske kote ene ali večih lopat napram osi tekočega kolesa. V slikah 4 in 8b je ta premestljivost lopat tekočega kolesa na ta način izdelana, da moremo izpremeniti dolžino  $r$  potegovalnega droga Z z zavrtitvijo mule M. V tem slučaju ima mufa kakor tudi potegovalni drog vijačne navoje. Vendar pa moremo doseči zaželjeno vzdolžno izpremenitev tudi z učinkom klinov ali sličnim. Premestljivost potegovalnega droga Z ima nasproti premestljivosti kakoga drugega dela naprave za reguliranje, prednost, da je premestljiva naprava lahko dostopna, radi tega lahko podvzamemo zaželjeno izpremenitev kotov brez znatnega prekinjenja obrata.

Za premestitev lopat tekočega kolesa potrebna aksijalna premaknitev drsalnega obroča R vzdolž valja tekočega kolesa je uveraz mesta, ki je lahko dostopno. Ta naprava pa naj vpliva kolikor mogoče malo na postopek pretakanje vode. V to svrhu je po izumu naprava tako narejena, da se vrši aksijalna premaknitev drsalnih obročev z aksijalnimi vodilnimi drogovi F, ki so vpeljani skozi pokrov vodilnega kolesa Ld (slika 1) ali skozi, z ohišjem vodilnega kolesa zvezane ležajevo telo L1 (slika 8) valja tekočega kolesa. Aksijalna premaknitev vodilnih drogov F se more vršiti z vsemi zato pripravnimi strojnimi elementi, kot vzvodi, zobčastimi kolesi, kljukami. V primeru izvedbe po sliki 1 je predviden vzvod s členom.

Ker se nahaja naprava za reguliranje v peroči vodi, jo moramo varovati, da se ne vrinejo tuja telesa (les, pesek, led ali slično). V to svrhu je pesta opremljena z varnostnim plaščem U (slika 5), kateri oklepa najvažnejše

obratovalne dele naprave za reguliranje. Naprava pa je lahko tudi tako narejena, da je pritrjen ta varnostni plašč ali na stenah turbine (vodilno kolo ali pokrov tekočega kolesa), ali na drsalnem obroču. V primeru izvedbe po sliki 8 je oblikovan notranji venee L2 vodilnega kolesa istočasno kot varnostni plašč za napravo za reguliranje. Z oplasčenjem naprave za reguliranje se povzroči tudi zmanjšanje onih uporov, ki nastanejo z gibljivimi obratovalnimi deli v delavnem sredstvu.

Kot je povzeti iz dosedanjih razlaganj, ne ostane uporabljeno področje reguliranja tekočih lopat, po izumu, v nikakem slučaju, omejeno na določeno skupino turbin, ako se le vrši urejeno pretakanje vode skozi tekoče kolo, kar se stori kot znano, z uporabo vodilne naprave. Če vrtopa delavno sredstvo v tej vodilni napravi v bistveno radialni smeri (slika 1) ali v bistveno aksijalni smeri (slika 8), ali pa če damo prednost, k valju turbine nagnjeno vstopno smer, zavisi od zaželjenega specifičnega števila tur in od krajevnih vzdolžnih razmer. Ravnotako se more vršiti nalopatanje tekočega kolesa ali z gibljivimi ali s trdnimi lopatami.

#### PATENTNI ZAHTEVI:

1.) Reguliranje lopat tekočega kolesa za hitrotekoče zvršene stroje z vodilno napravo po patentu števil. 1319, označeno s tem, da ima za uleženje vrtljivih lopat tekočega kolesa določeno pesto (N) na svojem koncu z drsalno ploščvijo (T) opremljen in s pesto trdno zvezan nastavek, vzdolž katerega moremo predstavljati za zavrtitev lopat služeči drsalni kos (G). (slika 5 in 8).

2.) Reguliranje lopat tekočega kolesa po zahtevu 1.), s tem označeno, da ležijo središča vrtljivih štekcljev ( $m^1$ ) lopat z ozirom na skozi težišča (p) kril tekočega kolesa po-

loženo ravnino (B1, B1) bliže vodilni napravi, zato da dosežemo razbremenitev obtežbe naprave za reguliranje z onim momentom, katerega povzr če pri vrtenju kolesa nastala sredožežna sila (slika 8).

3.) Reguliranje lopat tekočega kolesa po zahtevu 1.), s tem označeno, da je razdalja (m) vrtljne osi (o) lopat od celokupne sile iz vseh, vrtenje lopat povzročujočih sil, manjša kot pa na najskrajnejšem obodu merjena polovična dolžina lopate ( $t/2$ ), zato, da dosežemo vrtenje lopat tekočega kolesa brez znatnih izgub vsled trenja v ležajih in z malim trošenjem dela (slika 7).

4.) Reguliranje lopat tekočega kolesa po zahtevu 1.), s tem označeno, da je izdelana lopata (S) s kljuko (K) in vrtljivim štekcljem (f) iz enega kosa (slika 6).

5.) Reguliranje lopat tekočega kolesa po zahtevu 1.), s tem označeno, da se pretvarja vrtljno gibanje kljuke v premočrtno gibanje drsalnega kosa H s posredovanjem članka (kotnega vzvoda W), ki je uležajen v pesti in kateri je po eni strani členkasto zvezan s štekcljem kljuke potom droga s članki (E), po drugi strani je z drsalnim kosom (G) potom potegovalnega droga (Z). (slika 8 in 8b).

6.) Reguliranje lopat tekočega kolesa po zahtevu 1.), s tem označeno, da je središče kljukinega ramena napram ravnini vrtljivih štekcljev lopat (B, B) vsaj tako močno nagnjeno, da primerno dolga kljukina rama ni ovirana z uleženjem vrtljivega štekclja sosednik lopat (slika 3 in 8).

7.) Reguliranje lopat tekočega kolesa po zahtevu 1.), s tem označeno, da za izpremenitvijo dolžine ali lege z drsalnim kosom (G) zvezanega droga (Z), moremo izpremeniti tudi naklonski kot lopate napram osi tekočega kolesa (slika 4 in 8).



