



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

248172

(11)

(B1)

(22) Přihlášeno 21 05 84
(21) PV 3778-84

(51) Int. Cl.⁴

F 03 B 13/00

(40) Zveřejněno 17 07 86

(45) Vydáno 16 11 87

(75)

Autor vynálezu

HOLATA MIROSLAV doc. ing. CSc.,
POLLERT JAROSLAV ing. CSc., PRAHA

(54) Způsob provozování přečerpávací vodní elektrárny

Řešení se týká způsobu provozování přečerpávací vodní elektrárny s uzavřeným objemem provozního kapalného média. Do provozního kapalného média se přidává složka pro zvýšení jeho měrné hmotnosti, například chlorid sodný, chlorid vápenatý nebo kaolín, a také složky pro úpravu hydraulických vlastností média, zejména složky pro úpravu třecích vlastností a viskozity, například polyakrylamidy a polyetylénoxidy.

Vynález se týká způsobu provozování přečerpávacích vodních elektráren s uzavřeným obvodem pracovního média, například přečerpávacích vodních elektráren s dolní akumulací nádrží v podzemí. Vynález řeší možnost zefektivnění provozu těchto přečerpávacích vodních elektráren umělým řízením vlastností pracovního média přidáváním složek, které zvětšují měrnou hmotnost média a zmenšují hydraulické odpory a provozní ztráty.

Dosavadní způsoby provozování přečerpávacích vodních elektráren s uzavřeným obvodem pracovního média používají jako pracovního média surovou vodu bez záměrného ovlivňování jejích fyzikálních vlastností. Vzhledem k relativně malé měrné hmotnosti surové vody a relativně velkým hydraulickým ztrátám vznikajícím při protékání hydraulického obvodu elektrárny, vznikají na jedné straně značné investiční i technické nároky na akumulací prostory v podzemí a na druhé straně vznikají značné ztráty elektrické energie, jak při čerpadlovém provozu elektrárny, tak i turbínovém. Naznačené nevýhody vedou k tomu, že se tento typ přečerpávacích vodních elektráren prakticky nerealizuje.

Uvedené nedostatky odstraňuje způsob provozování přečerpávací vodní elektrárny s uzavřeným objemem provozního kapalného média podle vynálezu. Jeho podstata spočívá v tom, že se do provozního kapalného média přidává složka pro zvýšení jeho měrné hmotnosti, například chlorid sodný, chlorid vápenatý nebo kaolin. Do provozního kapalného média se s výhodou mohou přidávat také složky pro úpravu hydraulických vlastností média, zejména složky pro úpravu třecích vlastností a viskozity, například polyakrylamidy a polyethylenoxidy.

Způsob provozování přečerpávací vodní elektrárny podle vynálezu, tedy řízením fyzikálních vlastností pracovního média, lze bez nároků na investiční prostředky získat zvýšením výkonu výroby a celkové účinnosti přečerpávacích vodních elektráren s uzavřeným obvodem pracovního média. Při zachování požadovaného výkonu a výroby těchto elektráren lze zase získat úspory na rozměrech jednotlivých prvků hydraulického obvodu včetně úspor na podzemních akumulacích prostorech. Přitom pro získání složek k naznačenému řízení fyzikálních vlastností pracovního média lze ve značné míře použít i odpadních materiálů.

Způsob provozování přečerpávacích vodních elektráren podle vynálezu je založen na umělém řízení vlastností pracovního média. Úprava fyzikálních vlastností pracovního média spočívá v přidávání složek, které ve formě těžších roztoků nebo suspenzí vedou ke zvýšení měrné hmotnosti pracovního média, a vedou k zmenšování hydraulických odporů a ztrát, v obou případech v porovnání s používáním surové vody. Obou druhů ovlivňujících složek lze použít odděleně i společně, jednorázově i opakovaně.

Způsob provozování přečerpávacích vodních elektráren s uzavřeným objemem provozního kapalného média řízených vlastností podle vynálezu lze použít při takových koncepčních uspořádáních, kdy horní i dolní akumulací nádrž je možné provozně oddělit od systému povrchového i podzemního proudění vody. Přitom horní i dolní akumulací nádrže mohou být buď na povrchu anebo v podzemí, případně uspořádané v různých kombinacích naznačených možností.

K realizaci přečerpávacích vodních elektráren tohoto typu lze konkrétně využít například i opuštěných hlubinných dolů. Těžní jámy některých opuštěných dolů dosahují hloubky i přes 1 000 m a v desítkách pater mají rozvětvené důlní chodby, které vytvářejí relativně značné volné podzemní prostory, vhodné po stavebních úpravách pro vytvoření nádržních prostorů, neboť prostory v podzemí lze vytvořit i uměle.

Vzhledem k tomu, že u těchto děl lze izolovat pracovní médium od okolního prostředí a jeho provoz má cirkulační charakter, lze umělou změnou vlastností tohoto pracovního média přispět ke zlepšení technickoekonomických parametrů díla. To lze dokumentovat pomocí vztahů pro výkon a příkon soustrojí, kterým lze vyjádřit výkon při turbínovém provozu rovnicí 1 ve tvaru:

$$P_T = \frac{1}{102} \cdot \rho \cdot Q_T \cdot H_T \cdot k_{HT} \cdot \eta_T$$

a příkon při čerpadlovém provozu rovnicí 2 ve tvaru:

$$P_{\text{č}} = \frac{1}{102} \cdot \rho \cdot Q_{\text{č}} \cdot H_{\text{č}} \cdot k_{\text{Hč}} \cdot \frac{1}{\eta_{\text{č}}}$$

kde P_{T} , $P_{\text{č}}$ značí turbínový výkon (kW), příkon čerpadel (kW), ρ značí měrná hmotnost pracovního média (kg m^{-3}), Q_{T} , $Q_{\text{č}}$ značí průtok turbínový ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$), průtok čerpadlový ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$), H_{T} , $H_{\text{č}}$ značí hrubý spád turbínový (m), hrubý spád čerpadlový (m), který je dán rozdílem horní a dolní hladiny vody, k_{HT} značí spádový koeficient pro turbínový provoz, daný poměrem užitého spádu turbíny ke spádu hrubému, přitom $k_{\text{HT}} < 1$, $k_{\text{Hč}}$ značí spádový koeficient pro čerpadlový provoz, daný poměrem užitého spádu čerpadla ke spádu hrubému, přitom $k_{\text{Hč}} > 1$, η_{T} ; $\eta_{\text{č}}$ značí účinnost při turbínovém provozu, účinnost při čerpadlovém provozu.

Z rovnice 1 je zřejmé, že při turbínovém provozu lze použitím média o větší měrné hmotnosti ρ v porovnání se surovou vodou přímo úměrně zvětšit výkon soustrojí. Obdobně je v daném případě možné zvětšit výkon i použitím média vykazujícího menší hydraulické ztráty, neboť se zvětší hodnota užitého spádu a tím i spádového koeficientu k_{HT} .

Z rovnice 2 je patrné, že při čerpadlovém provozu při použití téhož média o větší měrné hmotnosti rostou úměrně nároky na příkon elektromotoru soustrojí a tím i na celkovou spotřebu elektrické energie. Třeba však připomenout, že se zde jedná o levnější energii v porovnání se špičkovou elektrickou energií, která se získává z přečerpávací vodní elektrárny při turbínovém provozu.

Použije-li se při čerpadlovém provozu médium, vykazující menší hydraulické ztráty, ukazuje rovnice 2 na možné snížení nároků na velikost příkonu $P_{\text{č}}$, neboť klesá hodnota užitého spádu pro čerpání a tím i hodnota koeficientu $k_{\text{Hč}}$.

Pro zvýšení měrné hmotnosti pracovního média lze použít řadu látek, například chlorid sodný NaCl, který je ve vodě dokonale rozpustný a který se zcela přirozeně používá u vodních elektráren přílivových a dále například chlorid vápenatý CaCl_2 a další látky. Jejich použití závisí na konkrétních podmínkách v oblasti zásobních prostorů přečerpávacích vodních elektráren provozovaných způsobem podle vynálezu.

Velmi vhodnou suspenzní látkou pro zvětšení měrné hmotnosti může být kaolin, respektive odpady při zpracování kaolinu, které obsahují nečistoty zabráňující dalšímu použití, ale které jsou pro dané účely velmi vhodné malou zrnitostí, řádově $1 \mu\text{m}$.

K zamezení usazování částic a současně ke zmenšení hydraulických ztrát v celém hydraulickém systému přečerpávací vodní elektrárny lze použít polyelektrolytických aditiv se stejným elektrickým nábojem jako tuhé částičky suspenze, například polyakrylamidy, polyethylen-oxidy. Tato makromolekulární aditiva lze použít i samostatně bez kombinace s tuhými částicemi.

P ř í k l a d 1

Pro lokalitu hlubinné přečerpávací vodní elektrárny Březová Hora u Příbrami bylo pro zvýšení měrné hmotnosti pracovního média použito kaolinu s $\rho = 2\,620 \text{ kgm}^{-3}$. Jeho pořizovací cena je 1 000 až 1 100 Kčs/t. Je to látka, která se používá při výrobě porcelánu. Kaolin obsahoval 80 % částic menších než $2 \mu\text{m}$. Je to měkký, neabrazivní materiál. Pro 2 % v roztoku byla měrná tíha $\gamma = 1,013 \text{ Mpm}^{-3}$, množství látky pro danou koncentraci $A = 20 \text{ kgm}^{-3}$, cena potřebného množství látky byla $B = 14,184 \text{ mil. Kčs}$, výkon navíc, získaný vyšší měrnou tíhou $\Delta P = 3,87 \text{ MW}$, objem výlomových prací získaný vyšší měrnou tíhou $\Delta V = 9,101 \text{ tis. m}^3$, cena za ΔP za rok $C\Delta P = 4,741 \text{ mil. Kčs}$, cena za ΔV za rok $C\Delta V = 9,101 \text{ mil. Kčs}$, návratnost investic za médium v rocích $D = 2,99$ roku a procento ušetřených investic za výlom vztažený k objemu výlomových prací pro $\gamma = 1$ bylo $E = 1,3 \%$.

Další příklady jsou pro jednotlivé hodnoty % v roztoku uvedeny v příložené tabulce č. 1.

P ř í k l a d 2

Pro lokalitu hlubinné přečerpávací vodní elektrárny Březová Hora u Příbrami bylo pro zvýšení měrné hmotnosti pracovního média použito chloridu sodného NaCl, jehož $\rho = 2\,163\text{ kgm}^{-3}$. U nás se NaCl těží u Prešova a Zbudzy na východním Slovensku. Jeho pořizovací cena je 161 Kčs/t. Pro 1 % v roztoku byla měrná tíha $\gamma = 1,0053\text{ Mpm}^{-3}$, množství látky pro danou koncentraci $A = 10,05\text{ kgm}^{-3}$, cena potřebného množství látky $B = 1,148\text{ mil. Kčs}$, výkon navíc, získaný měrnou tíhou $\Delta P = 1,58\text{ MW}$, objem výlomových prací, získaný vyšší měrnou tíhou $\Delta V = 3,739\text{ tis.m}^3$, cena za ΔP za rok $C\Delta P = 1,933\text{ mil. Kčs}$, cena za ΔV za rok $C\Delta V = 3,739\text{ mil. Kčs}$, návratnost investic za médium v rocích $D = 0,59$ roku, procento ušetřených investic za výlom, vztažený k objemu výlomových prací pro $\gamma = 1$ bylo $E = 0,5\%$ a ušetřené investice, tedy rozdíl mezi investicemi ušetřenými za ΔV a cenu za NaCl je $F = 2,591\text{ mil. Kčs}$.

Další příklady jsou pro jednotlivé hodnoty % v roztoku uvedeny v příložené tabulce č. 2.

Návratnost investic u kaolinu je 3 roky, u chloridu sodného 0,5 roku. Při použití chloridu sodného jsou ušetřeny celkové investice. V uvedených případech nebylo zjištěno jakékoliv korozivní působení přidávaných chemikálií na provozní zařízení.

Při použití způsobu podle vynálezu se není třeba obávat ani ekologického poškození ani případného úniku chemikálií do spodních povrchových vod. Nemusí jít o agresivní chemikálie, ale o jílovité suspenze. To záleží případ od případu a od charakteru lokality.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Způsob provozování přečerpávací vodní elektrárny s uzavřeným objemem provozního kapalného média, vyznačující se tím, že se do provozního kapalného média přidává složka pro zvýšení jeho měrné hmotnosti, například chlorid sodný, chlorid vápenatý nebo kaolin.

2. Způsob podle bodu 1 vyznačující se tím, že se do provozního kapalného média přidávají složky pro úpravu hydraulických vlastností média, zejména složky pro úpravu třecích vlastností a viskozity, například polyakrylamidy a polyetylenoxidy.

2 výkresy

TABULKA 1 - KAOLIN

% ○	γ [Mpm ⁻³]	A [kgm ⁻³]	B [ml.Kcs]	ΔP [MPa]	C_{AP} [ml.Kcs]	ΔV [tis.m ³]	C_{AV} [ml.Kcs]	D [roky]	E [%]
2	1,013	20	14,184	3,87	4,741	9,101	9,101	2,99	1,3
4	25	40	28,368	7,45	9,116	17,298	17,298	3,11	2,4
6	39	60	42,552	11,62	14,222	26,621	26,621	2,99	3,8
8	52	80	56,736	17,58	24,481	39,512	39,512	2,64	5,6
10	66	100	70,920	19,66	27,068	43,904	43,904	2,95	6,2
12	80	120	85,104	23,83	29,174	52,533	52,533	2,92	7,4
14	95	140	99,288	28,30	34,644	61,529	61,529	2,87	8,7
16	1,120	160	113,472	35,75	43,761	75,986	75,986	2,59	10,7
18	25	180	127,656	37,24	45,584	78,800	78,800	2,80	11,1
20	41	200	141,840	42,01	51,419	87,640	87,640	2,76	12,4
22	57	220	156,024	46,77	57,254	96,235	96,235	2,68	13,6
24	74	240	170,208	51,84	63,453	105,111	105,111	2,63	14,8
26	92	260	184,391	57,20	70,017	114,234	114,234	2,61	16,1
28	1,209	280	198,576	62,27	76,217	122,599	122,599	2,56	17,3
30	28	300	212,760	67,93	83,145	131,676	131,676	2,52	18,6
32	47	320	226,944	73,59	90,074	140,475	140,475	2,49	19,8
34	66	340	241,128	79,25	97,003	149,010	149,010	2,44	21,00
36	86	360	255,312	85,21	104,430	157,723	157,723	2,43	22,2
38	1,307	380	269,495	91,47	111,955	166,533	166,533	2,41	23,5
40	29	400	283,680	98,02	119,978	175,565	175,565	2,36	24,8

TABULKA 2 - NaCl

% _o	γ [Hpm ³]	A [kgm ⁻³]	B [mil Kcs]	ΔP [MW]	C _{AP} [mil Kcs]	ΔV [lis.m ³]	C _{AV} [mil Kcs]	D [roky]	E [%]	F [mil Kcs]
1	1,0053	10,05	1,148	1,58	1,933	3,739	3,739	0,59	0,5	2,591
2	125	20,25	2,312	3,72	4,558	8,755	8,755	0,51	1,2	6,443
4	268	41,07	4,689	7,99	9,773	18,510	18,510	0,48	2,6	13,821
6	413	62,48	7,134	12,31	15,061	28,128	28,128	0,47	4,0	20,994
8	559	84,47	9,645	16,65	20,385	37,545	37,545	0,47	5,3	27,900
10	707	107,1	12,229	21,06	25,782	46,830	46,830	0,47	6,6	34,601
12	857	130,3	14,878	25,53	31,252	55,981	55,981	0,48	7,9	41,103
14	1,1009	154,1	17,595	30,06	36,795	65,000	65,000	0,48	9,2	47,405
16	162	178,6	20,393	34,62	42,375	73,830	73,830	0,48	10,4	53,437
18	319	203,7	23,259	39,30	48,100	82,643	82,643	0,48	11,6	59,384
20	478	229,6	26,216	44,03	53,899	91,322	91,322	0,49	12,9	65,106