

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ГЛАВНИ ВОДООТЛИВНИ УРЕДБИ НА ПОДЗЕМНИ РУДНИЦИ

Евтим Руйчов Кърцелин¹, Румен Исталиянов¹, Петър Петров², Илия Йочев³, Тодор Каврошилов³, Иван Костадинов⁴

¹Минно-геоложки университет, "Св. Иван Рилски", 1700, гр. София

²Мини "Бобов дол" – ЕАД, гр. Бобов дол

³"Рудметал" – ЕАД, гр. Рудозем

⁴Мина "Черно море"

РЕЗЮМЕ. В доклада е обоснована и предложена методика за експериментално изследване и оценка за ефективното използване на електроенергията за водоотлив на подземни рудници. Този метод ще се използва за изследване на главни водоотливни уредби на подземните рудници в експлоатация.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF MAIN WATERTIDE INSTALLATION OF UNDERGROUND MINES

Evtim Karcelin¹, Rumen Istilianov¹, Petar Petrov², Iliia Iochev³, Todor Kavroshilov³, Ivan Kostadinov⁴

¹University of Mining and Geology, 1700 Sofia, Bulgaria

²"Bobov Dol" Mines – Bobov Dol City

³"Rudmetal" – Rudozem

⁴"Cherno more" Mine

ABSTRACT. Methods of experimental research and evaluation of effective usage of electricity for watertide in underground mines are substantiated and proposed. This method will be used for research of main watertide installations in underground mines that are in operation.

Въведение

Главните водоотливни уредби са един от най-мощните консуматори на електрическа енергия при подземния добив на полезни изкопаеми. Ето защо обосноваването и внедряването на всяко решение, водещо до намаляването на разхода на електроенергия за водоотлив има значителен икономически ефект.

Статистиката показва [6], че електроенергийната система на страната "традиционно" поддържа две явно изразени зони за върхово натоварване. Покриването на електрическите товари през върховите зони на електроенергийната система (ЕЕС) имат изключително висока стойност, която съществено влияе и върху окончателната стойност на електрическата енергия, която се предлага от производителите.

Едно от решенията за изравняване на електрическите товари на ЕЕС е стимулиране чрез цената на електроенергията на електропотребителите за работа извън зоните на върхово натоварване.

Главните водоотливни уредби на подземни рудници, работещи в свободен, цикличен режим се явяват електропотребители, които е възможно да се приведат в

режим на работа, при който да участват при изравняването на електрическите товари на електроенергийната система. За работа в режим на "потребител-регулатор на мощност" [9] е необходимо да бъдат решени редица въпроси, при задължително спазване на нормативните документи [3,4].

Проведеното предварително проучване за състоянието и режима на работа на главни водоотливни уредби на подземни рудници в експлоатация показва, че те работят в режим "до отказ" с технически показатели, сравнително много по-ниски от паспортни и проектни [2].

Следва да се отчете и обстоятелството, че цената на електроенергията в страната и на международния пазар непрекъснато нараства.

Разработването на методика за изследване на главни водоотливни уредби при експлоатационни условия, определяне на техническото им състояние и режима на работа въз основа на получените резултати, определяне на условията, разработване и внедряване на апаратура за управление на главни водоотливни уредби в режим на работа "потребител-регулатор на мощност" определят актуалността на задачата за провеждане на експериментално изследване на ГВУ в експлоатация.

В доклада е обоснована методика за експериментално изследване и оценка за ефективното използване на електроенергията за водоотлив на подземни рудници. Приведени са техническите характеристики на представителни ГВУ, които ще бъдат обект на експериментални изследвания.

Основни характеристики на главни водоотливни уредби

Като основни средства за главен рудничен водоотлив на подземни рудници се използват центробежни многостепенни секционни помпи. На практика са намерили приложение нискооборотни помпи с честота на въртене 25 с⁻¹ (1500 об/мин) и високооборотни помпи с честота на въртене 50 с⁻¹ (3000 об/мин).

Основни експлоатационни параметри на рудничните центробежни помпи са:

- H - напор, (m)
- Q - производителност, (m³/h, m³/s)
- η - коефициент на полезно действие,
- N - консумирана мощност, (kW)
- H_{всм} - вакуумметрична височина на всмукване, (m)

Функционалните зависимости, получени по експериментален път изразяващи зависимостта между напора, к.п.д., мощността на вала, допустимата вакуумметрична височина на всмукване (допустим кавитационен запас) от производителността H=f(Q), η=f(Q), N=f(Q), H_{всм}=f(Q), K_{доп}=f(Q) се се представят графически или аналитично и е прието да се наричат характеристики на помпите. Съществуват типови (паспортни) и действителни характеристики. Типовата характеристика - това е усреднена характеристика получена в резултат на стендови заводски изпитания на няколко помпи. Действителна характеристика на дадена помпа – това е индивидуална характеристика на дадена помпа, получена в резултат на изпитването на конкретна помпена уредба.

Работен режим на помпата – това са експлоатационните параметри на помпата (Q, H, H_{всм}, N, η_н) в момента на експерименталната проверка на помпата, включен за работа в напорен тръбопровод.

Оптимален режим на работа на помпата - това е режима на работа с максимален к.п.д.

Специфични електрически загуби на помпата – това е разхода на електроенергия за препомпване на 1 m³ вода, зависещи от работния режим и к.п.д. на помпата.

Специфичен разход на енергия на водоотливна уредба – това е разхода на електроенергия, изразходвана за подем на 1 m³ вода на височина 1 m.

Специфични загуби на електроенергия в помпата:

$$e_{\text{спец}} = 2,7233 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{H}{\eta_{\text{ном}}} \text{, (kWh/m}^3\text{)} \quad (1)$$

Специфичен разход на електроенергия на водоотливната уредба:

$$E_{\text{спец}} = \frac{2,7233 \cdot 10^{-3} \cdot H}{\eta_{\text{уп}}} \text{, (kWh/m}^3\text{)} \quad (2)$$

Методика на изследване

Един от методите за оценка ефективното използване на електроенергията в главните водоотливни уредби е свързан с определянето на средната стойност на к.п.д. на уредбата за едно денонощие. Този к.п.д. се определя като отношение на полезната енергия, необходима за изпомпване на денонощния водоприток към фактически изразходваната електроенергия за едно денонощие и се определя от израза:

$$\eta_{\text{с}} = \frac{\rho_{\text{д}} H_{\text{г}} Q_{\text{ден}}}{1000 \cdot 3600 \cdot E_{\text{ден}}} \quad (3)$$

където:

- ρ – плътност на рудничната вода, kg/ m³;
- H_г - геометрична височина на изпомпване на водата, m
- Q_{ден} - денонощен приток на руднична вода, m³;
- E_{ден} - фактически разход на електроенергия за денонощие, kWh.

Коефициент на полезно действие на помпа при работен режим се определя по следният израз:

$$\eta_{\text{ном}} = 2,725 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{Q \cdot H}{\eta_{\text{дв}} \cdot N} \quad (4)$$

където:

- η_{дв} - к.п.д. на електродвигателя задвижващ помпата;
- Q - производителност на помпата в работен режим, (m³/h);
- H - напор на помпата в работен режим, (m);
- N - мощност на електродвигателя, (kW);
- 2,727.10⁻³ - коефициент зависещ от размерността на влизащите в използваната формула величини, ().

За определяне стойностите на Q_{ден} и E_{ден} е необходимо да се изпълнят специални измервания. От известните методи за измерване на денонощния водоприток най-надежден се явява метода основан на измерване на количеството вода, което се изпомпва с помпите. При това е необходимо след изпомпване на водата от водосборника до определено ниво да се спрат помпите и да се засече времето за запълване t_з на водосборника с вода до зададено ниво. След това се включват помпите, които работят до този момент, докато водата във водосборника не спадне до първоначално зададеното ниво. Такива замери се изпълняват най-малко от 3 до 5 пъти и

получените резултати за $Q_{\text{ден}}$ и $E_{\text{ден}}$ се усредняват. Знаейки производителността на помпите $Q_{\text{пом}}$ и времето за тяхната работа $t_{\text{пом}}$ се определя количеството на изпомпаната вода. Производителността на помпите при тези опити трябва да се проверява по един от възможните методи, представени в Димов Д., 84-85.

Денонощният водоприток се определя с израза:

$$Q_{\text{ден}} = 24Q_{\text{час}} = \frac{24t_{\text{пом}}Q_{\text{пом}}}{t_{\text{пом}} + t_3} \quad (5)$$

Фактичската консумация на електроенергия се определя по показанията на електромерите, или чрез изчисляване по формулата

$$E_{\text{ден}} = \frac{N_{\text{дв}i}t_i}{\eta_{\text{мреж}}} \quad (6)$$

По изчислителният метод денонощният разход на електроенергия се определя по формулата

$$E_{\text{ден}} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{\text{дв}i}t_i}{\eta_{\text{мп}}} \quad (7)$$

където:

n – брой на помпените агрегати, които са участвали в изпомпването на денонощния водоприток;

$N_{\text{дв}i}$ – мощност, която е подавана към отделните електродвигатели (измервана с ватметри или изчислена по показанията на амперметър и волтметър с отчитане на фактора на мощност на електрозадвижването), kW.

Мощността $N_{\text{дв}i}$ се определя по израза:

$$N_{\text{дв}i} = \frac{1.73U_i I_i \cos\phi_i}{1000} \quad (8)$$

където:

U_i – линейно напрежение на захранващата мрежа, V;

I_i – ток на захранващата мрежа, A;

$\cos\phi_i$ – фактор на мощността на i -тия електродвигател;

t_i – време за работа на i -тия електродвигател, час;

$\eta_{\text{ден}}$ – средноденонощен к.п.д. на електрическата мрежа;

к.п.д. $\eta_{\text{мп}}$ се определя по следния израз

$$\eta_{\text{ден}} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{\text{дв}i}t_i}{\sum_{i=1}^n N_{\text{дв}i}t_i + \Delta E_n} \quad (9)$$

където:

$\Delta E_{\text{мп}}$ – загуба на електроенергия в захранващата електромережа, kWh.

След заместване на получените данни в равенство (1) при необходимост се анализира числената стойност на средноденонощния к.п.д. на водоотливната уредба, което е възможно да се представи като произведение на средноденонощния к.п.д. на мрежата $\eta_{\text{мп}}$, на задвижващите електродвигатели $\eta_{\text{дв}}$, на помпените агрегати $\eta_{\text{помп}}$. И на тръбопровода $\eta_{\text{тр}}$ за водоотливната уредба, т.е.

$$\eta_{\text{су}} = \eta_{\text{мп}} \eta_{\text{дв}} \eta_{\text{помп}} \eta_{\text{тр}} \quad (10)$$

За асинхронните електродвигатели, използвани за задвижване на помпи във водоотливни уредби при правилното им избиране, по товар средноденонощния к.п.д. на електрозадвижването с достатъчна точност е възможно да се приеме равен на номиналната му стойност.

Отчитайки, че к.п.д. на тръбопровода при работа на i -та помпа с напор H_i се определя по зависимостта $\eta_{\text{тр}i} = H_2/H_i$, средноденонощния к.п.д. ще се определя по формулата:

$$\eta_{\text{мп}} = \frac{H_2}{\sum_{i=1}^n \frac{t_i}{H_i}} \quad (11)$$

Използвайки к.п.д., получен по формула (7), средноденонощния к.п.д. на агрегата ще се определя по следния израз:

$$\eta_{\text{пом}} = \frac{\eta_{\text{су}}}{\eta_{\text{мп}} \eta_{\text{дв}} \eta_{\text{тр}}} \quad (12)$$

На основата на получените стойности за к.п.д. на всички помпени агрегати и елементи на водоотливната уредба е възможно да се разработи конкретна програма с технически решения за повишаване на ефективното използване на консумираната електроенергия от водоотливната уредба посредством ремонт или замяна на агрегати и елементи, имащи най-нисък к.п.д.

Технически характеристики на представителни главни водоотливни уредби на подземни рудници за изследване

В таблица 1 са дадени основните технически характеристики на представителни главни водоотливни уредби на подземни рудници за изследване. Технологичните схеми на уредбите са дадени в Исталиянов Р. и др., 2003.

Таблица 1

№	Обект, технически параметри	мярка	обект		
			Р-к "Бобов дол"	Р-к "Черно море"	Р-к "Метлишко"
1.	Напор	m	400	320/250	600
2.	Производителност на една помпа	m ³ /h			490
3.	Мощност на електродвигателя задвижващ помпата	kW	315	630/315	800
Заб.: за рудник "Черно море" в числителя са показани данните за второто стъпало, а в знаменателя данните на първото стъпало.					

При изпълнение на експерименталното изследване посочените в таблица 1 водоотливни уредби ще се използват и методическите указания, дадени в (Димов Д., 84-85; Попов, 1972; Руководство по... 1988).

Изводи

В практиката се е наложила традицията, при която водоотливните комплекси на подземните рудници се експлоатират без контролиращи и диагностиращи прибори, в резултат, на което настъпва недопустимо износване на скъпо струващо обзавеждане.

Предложената методика за експериментално изследване и оценка на ефективното използване на електроенергията

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Електрификация на минното производство", МЕМФ

за водоотлив на подземни рудници в експлоатация е възможно да бъде използвана за провеждане на техническа диагностика и рационална организация за работа на главните водоотливни уредби. Това ще позволява да се контролира и своевременно да се отстраняват неизправностите, възникващи при експлоатацията на водоотливните уредби, съхранявайки скъпо струващо обзавеждане и изключване на недопустим преразход на електроенергия.

Литература

- Димов Д., Учебна уредба за изпитване на центробежна помпа., год. на ВМГИ, София, т.ХХХI, св. I, 1984-1985.
- Исталиянов Р. и др., Енергиен контрол за ефективна работа на главни водоотливни уредби за подземни рудници, год. На МГУ "Св.Иван Рилски", т. 46, св. III, 2003.
- Правилник по безопасност на труда при разработване на рудни и нерудни находища по подземен начин (В-01-01-01), т. 1 и 2, София, 1992.
- Правилник по безопасност на труда в подземни въглищни рудници (В-01-01-01), т. 1 и 2, София, 1992.
- Попов В.М., Рудничные водоотливные установки, М., Недра, 1972.
- Георгиев А., Статистически данни за електропотреблението в България през 2003 година, Энергетика, 4/2004.
- Руководство по ревизии и наладке главных водоотливных установок шахт, ВНИИГМ, Донецк, 1988.
- Решение № Ц-002 от 29.03.2002 г. на Държавната комисия за енергийно регулиране (за върховите зони за потребителите с цени на електрическа енергия)
- Праховник А.В. и др., Энергосберегающие режимы электроснабжения горнодобывающих предприятий, М., Недра, 1985.