

ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЙНА ЕФЕКТИВНОСТ НА ФЛОТАЦИОННИ СЪОРЪЖЕНИЯ

Николай Лаков

Минно геоложки университет „Св. Ив. Рилски, София

e-mail: nlakov@mgu.bg

ELECTRICITY EFFICIENCY OF FLOTATION FACILITIES

Nikolay Lakov

University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, 1700 Sofia;

E-mail: nlakov@mgu.bg

Abstract

The specific features of the technological process flotation and the method of supplying electricity to flotation cells, pumps, compressors and blowers makes it virtually impossible to determine selectively specific energy consumption. A problem is also created by intermediate pulp circulations. The article provides research related to determination of the load on the electric drives involved in the flotation process is related to the produced products.

Keywords: electricity efficiency; specific energy consumption, flotation facilities.

ВЪВЕДЕНИЕ

Оценката на енергийната ефективност и специфичния разход на електроенергия често се извършва по частични показатели, или по отделни процеси. Не се отчитат периодите на неработни часове (между работните смени при едно или двусменен режим на работа, през почивните и празнични дни) [1].

Анализирането на потреблението на електрическа енергия в индустриалните обекти позволява да се преценят степента на ефективността на използваните технологии. Тази информация дава възможност за прогнозиране развитието на производството и планирането му така, че да се повишат качеството и конкурентоспособността на продукцията [2, 4].

Отделните агрегати и промишлени предприятия и цехове за потребители с практически постоянен товаров график имат сравнително устойчиви специфични разходи на електрическа енергия, тъй като обикновено произвежданата про-

дукция за единица време е почти постоянна [3, 5, 6].

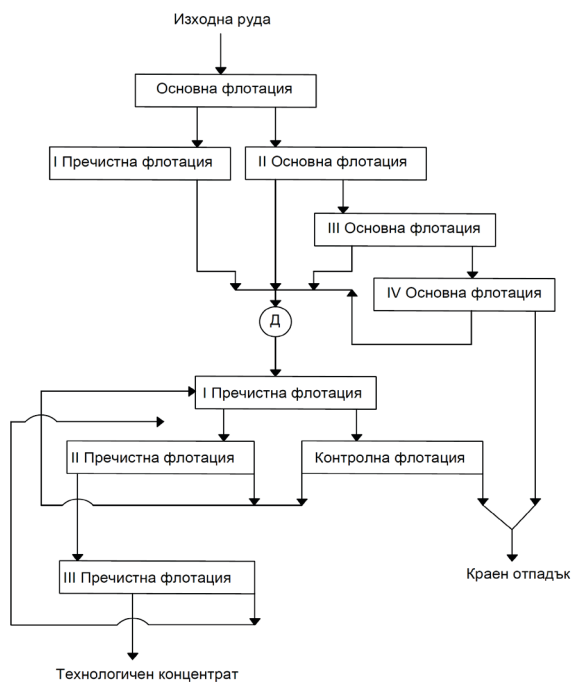
В практиката се използват различни методи за повишаване на енергийната ефективност на задвижванията. В [7] е представено векторно управление на електрозадвижване с оптимална стойност на тока на намагнитване на асинхронен двигател за постигане на максимална ефективност.

От правилния избор на натоварването по руда зависи производителността на процеса на флотация и следователно специфичния разход на електроенергия. При оптимално натоварване може да се допусне повишение на циркуляционния товар, снижавайки специфичния разход на електроенергия и подобрявайки технологичните показатели [8].

ИЗЛОЖЕНИЕ

Схемата на флотация е класическа за обогатяването на медни руди с ниско съдържание на ценния компонент.

Реализираната схема е открито циклова, с досмилане на грубия колективен концентрат от първа основна флотация и последователно пречистване в три или четири пречистни операции. Първа пречистна флотация има контролна функция, от която излиза краен отпадък. Линеината схема е показана на фигура 1.



Фиг. 1. Линейна схема на флотация

1. Задвижване на флотационните машини

Проведените измервания са свързани с определяне на натоварването на електрическите задвижвания, участващи във флотационния процес. Проведени са измервания на натоварването на консуматорите на електроенергия на флотационен цех на голямо минно предприятие. Обектът на изследването се характеризира с непрекъснат работен процес. Обогащването се извършва във флотационни клетки, чиито обеми са различни. Те показваха, че двигателите за флотационните клетки са добре (нормално) натоварени. Коефициентът на натоварване варира в границите на 0,76-0,92, като в някои начални клетки, натоварването достига до 97%, а в първата клетка 301 на основна флотация е отчетено дори претоварване ($K_n=1.07$). Данните от експе-

риментално определените коефициенти на натоварване са дадени на таблица 1, където са въведени и данните от изчисленията.

Таблица 1

Флотационен процес пред-назначение	№ на машините	Обем на клетката m^3	Мощност на двигателя kW	Коеф. на натовар-	Специфична мощност, kW / m^3	
					За R_n	За $R_{раб}$
Основна флотация	201	160	200	0,82	1,25	1,025
	202	160	200	0,78	1,25	0,975
	203	160	200	0,83	1,25	1,037
	204	160	200	0,78	1,25	0,975
	205	160	200	0,80	1,25	1,000
	206	160	200	0,76	1,25	0,950
Средни показатели	-	160	200	0,795	1,25	0,993
Колективна флотация	001	40	55	0,96	1,375	1,320
	002	40	55	0,84	1,375	1,155
	003	40	55	0,95	1,375	1,306
	004	40	55	0,76	1,375	1,045
	005	40	55	0,76	1,375	1,045
	006	40	55	0,69	1,375	0,949
	007	40	55	0,72	1,375	0,990
	008	40	55	0,79	1,375	1,086
	Средни показатели	-	40	55	0,809	1,375
Колективна контролна флотация	009	40	55	0,88	1,375	1,210
	010	40	55	0,86	1,375	1,182
	011	40	55	0,77	1,375	1,059
	012	40	55	0,80	1,375	1,100
	013	40	55	0,81	1,375	1,114
	014	40	55	0,83	1,375	1,141
	015	40	55	0,86	1,375	1,182
	016	40	55	0,84	1,375	1,155
	017	40	55	-	1,375	-
	018	40	55	-	1,375	-
Средни показатели	-	40	55	0,831	1,375	1,143
Основна медна флотация	301	40	55	1,07	1,375	1,471
	302	40	55	0,92	1,375	1,265
	401	40	55	0,91	1,375	1,251
	402	40	55	0,97	1,375	1,334
	403	40	55	0,84	1,375	1,155
	404	40	55	0,84	1,375	1,155
Средни показатели	-	40	55	0,925	1,375	1,272
Контролна медна флотация	501	40	55	0,89	1,375	1,224
	502	40	55	0,86	1,375	1,182
	503	40	55	0,89	1,375	1,224
	504	40	55	0,83	1,375	1,141
	601	40	55	0,80	1,375	1,100
	602	40	55	0,92	1,375	1,265
Средни показатели	-	40	55	0,865	1,375	1,189

Специфичните мощности на задвижването, отнесени към номиналните обе-

ми на флотационните клетки, са дадени в таблица 2.

Таблица 2

Зона, ред	Обем на клетката m ³	Мощност на двигателя kW	Специфична мощност, kW/m ³
Основна флотация	160	200	1.25
Колективна флотация, основна и контролна медна флотация	40	55	1.375
Първа и втора пречистна флотация	14	30	2.143
Трета пречистна флотация	14	22	1.571

От таблицата се вижда, че с повишаване на обема на флотационните клетки, се намалява енергийния показател kW/m³, т.е. обработката на пулпа се извършва по-ефективно, с по-малък специфичен разход на електроенергия kWh/t.

Това заключение се подкрепя и от обстоятелството, че във всички измерени клетки, коефициентите на натоварване на двигателите (таблица 1) са в диапазон почти еднакъв, независимо от техния обем – от 14 до 160m³.

Специфичният разход на енергия, характеризиращ работата на флотационните клетки, се оказва практически невъзможно да бъде определен поради сложния режим на работа от една страна, а от друга от невъзможността да се измери постъпващия пулп в основната и най-вече в колективните основна и контролна медна флотация.

По тази причина, специфичният разход на електроенергия се отнася, както и в другите процеси, към постъпилата за обогатяване руда, като разходът на електроенергия само за флотационните клетки е определен на базата на данните от таблица 1, резултат от измервания с про-

дължителност един месец. Постъпилата за преработка руда в ОФ за същия месец е 963 000t. Резултатите от изчисленията за специфичния разход на електроенергия за флотационните клетки са дадени на таблица 3, като е прието 24 часова непрекъсната работа на флотационните машини.

Таблица 3

Стадии на флотация	Измерена мощност, kW	Консумирана енергия за месеца, kWh	Спец. разход на ел. енергия за флот. клетки
Основна флотация	954	641 088	0,685
Колективна флотация	356	239 131	0,259
Колективна контролна флотация	366	245 952	0,263
Основна медна флотация	305	205 128	0,219
Контролна медна флотация	285	191 822	0,205
Общо	2 266	1522 752	1,627

Измерено е натоварването на помпите към флотацията, което заедно с мощността им, са посочени на таблица 4.

Таблица 4

Помпи	Ном. мощност kW	Изм. мощност kW	Работни часове в ден-ето	Коеф. на н-не
Помпа мет. зумпф	315	140	24	0,44
Помпа отпадък	250	170	24	0,68
Помпа отпадък	250	130	24	0,62

Общата мощност на помпите е 440kW, а месечния разход на енергия е 295680kWh. Специфичният разход само за помпите, отнесен към продукта за обогатяване (963000t) е 0,316 kWh/t.

2. Задвижвания на въздуходувки и турбокомпресори

Измерените натоварвания същия месец са систематизирани в таблица 5, на базата на което е изчислен и специфичният разход на електрическа енергия за въздух.

Таблица 5

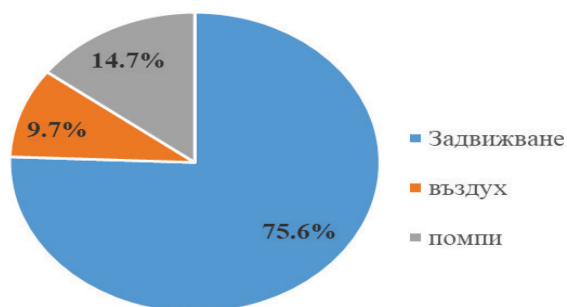
Помпи	Ном. мощност kW	Изм. мощност kW	Коеф. на н-не
Въздуходувки	500	195	0,39
Турбокомпресори	200	95	0,48

В процеса флотация, отнесен към постъпилата за обогатяване руда (963000t). той е 0,208 kWh/t.

Така общия специфичен разход на електроенергия за флотационния процес е:

$$W_{\text{фл.}} = W_{\text{фм}} + W_{\text{н.}} + W_{\text{с.}} = 1,627 + 0,316 + 0,308 = 2,151 \text{ kWh / t} \quad (1)$$

Относителното участие на трите компоненти е показано на фигура 2 е съответно: 75,6%; 14,7%; 9,7% за флотационните машини, помпи и въздуха.



Фиг. 2. Относително разпределение на електрическите товари при флотация

3. Задвижвания на сгъстители и филтри.

Основните потребители на електроенергия са: вакуум-помпите (6кV, 315kW), въздуходувките (380V, 18,5 kW), филтрите задвижвани от двигатели (380V - 15 kW), помпите за сгъстители (380V, 37 kW) и дренажните помпи (380V, 37 kW). Двигателите са сравнително добре нато-

варени – от 60% до 78% (таблица 6) по данни от проведените измервания.

Таблица 6

Машина	Мощност, kW	Изм. мощност, kW	К _п
Вакуум помпа	315	189	0,60
Въздуходувка	18,5	14,5	0,78
Въздуходувка	18,5	14,2	0,77
Помпа сгъстители	37,0	22,5	0,61
Помпа сгъстители	37,0	28,5	0,77
Филтри	15,0	-	-
Помпа сливни води	800	760	0,95

Нормално в работа са: вакуум помпа – 1бр.; филтър 1 бр.; въздуходувки – 2бр.; помпи на сгъстителите и 1 дренажна помпа. Работният цикъл е 24 часа. В режим 12 часа работи помпата за сливни води.

Специфичният разход на електроенергия, изчислен на базата преработена руда средно за 1 час, за процесите сгъстяване и филтрация е и представлява 1,75% от специфичният разход за обогатителната фабрика.

$$W_{\text{с.ф.}} = \frac{\sum P_{\text{ср}i}}{Q_{\text{ср}i}} = \frac{667.8}{14805} = 0.314 \text{ kWh / t} \quad (2)$$

където:

$P_{\text{ср}}$ – средната активна мощност за сгъстяване и флотация;

$Q_{\text{ср}}$ – средната реактивна мощност за сгъстяване и флотация.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Всяко минодобивно предприятие има свои специфични особености. Те започват от характеристиките на рудата и вместващите скали, технологичните особености и използваната техника, достъпност на източниците за промишлено водоснабдяване, включително за оборотна вода и т.н.

Специфичният разход на електрическа енергия за основните обогатителни процеси смилане, флотация, сгъстяване

и филтрация са почти еднакви с тези на друго минодобивно предприятие [9].

Има основание да се приеме възможността за по-нататъшно намаляване на специфичния разход на електрическа енергия чрез:

- По-добро натоварване на машините и съоръженията, при което относителния дял на постоянните загуби намаляват;
- Ограничаване времето на работа на празен ход;
- Промяна в технологичните условия довели до изключване или намаляване на електрически мощности, както и с преразпределението им.

Тези обстоятелства може да възникнат както поотделно, така и едновременно.

Това са и посоките, в които трябва да се действа и в организационно и в технологично отношение. Това би довело до намаляване на средно-месечните и средногодишните специфични разходи на електроенергия и приближаването към минималните им стойности.

Средномесечните минимални стойности на специфичния разход на електроенергия са показател, който трябва да се постави в основата при нормиране на разхода на електрическа енергия. Това е предпоставка за създаване на научно обосновани прогресивни норми за специфичен разход на електрическа енергия, изпълнението на които да обедини усилията на специалисти и изпълнителски кадри.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Martev Kr., M. Novakov, Izledvane na spetsifichniya razkhod na elektroenergiyata na proizvodstveno predpriyatie, Nauchni trudove na Rusenskiya Universitet - 2014, tom 53, seriya 3.1, str. 47-52.

- [2] Koev K., A. Krasteva, M. Dacheva, I. Grigorov, Izsledvane energopotreblieniето v industrialni obekti, Nauchni trudove na Rusenskiya Universitet - 2008, tom 47, seriya 9
- [3] Tsankov Pl., Elektrosnabdyavane, UI „Vasil Aprilov“, Gabrovo, 2014
- [4] Prodanov I., Trichkov K., Zabchev A., Aleksandrov R., “Praktiki za vnedryavane na energospetyavashti tekhnologii v minnodobivnata promishlenost”. Spisanie “Minno delo i geologiya” br.1-2/2014, str. 53 - 56.
- [5] Zabchev A. Aleksandrov R., Prodanov I., “Analiz na energiinata effektivnost pri preustroistvo na elektrozadvizhvaneto na podemna mashina”. Sbornik s dokladi Natsionalna nauchno-tekhnicheska konferentsiya s mezhdunarodno uchastie “Avtomatizatsiya v minnata industriya i metallurgiyata”, BULKAMK’14, Sofiya, 2014, str. 122 - 127.
- [6] Tsvetkov K., Zh. Iliev, Y. Dimitrov, N. Perenovski "Moshtnost na dvigatelya i sili na troshene pri chelyustni troshachki s direktno zadvizhvane na podvizhnata chelyust" str. III-78 - III-81 Unitech 2013 - International Scientific Conference 22-23 November 2013 Gabrovo.
- [7] Rachev S, G Ivanova, Achievement of maximum energy efficiency through vector control of induction motor electric drive, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1032, International Scientific Conference of Communications, Information, Electronic and Energy Systems (CIEES 2020) 26th-29th November 2020, Borovets, Bulgaria
- [8] Chetyov St., K. Dzhustrov, Ore load influence on ball mills specific electricity consumption, Journal of mining and geological sciences, volume 63, 2020, p. 138-141
- [9] Dzhustrov, K. Influence of the ball load on the specific power consumption of ball mills, Journal of mining and geological sciences, Vol. 62, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2019, p. 77-81.