



ИЗСЛЕДВАНЕ НА КОМПЕНСИРАЩАТА СПОСОБНОСТ НА СИНХРОННИ ЕЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ ВЪРХУ СПЕЦИФИЧНИЯ РАЗХОД НА МЕЛНИЧНИ АГРЕГАТИ

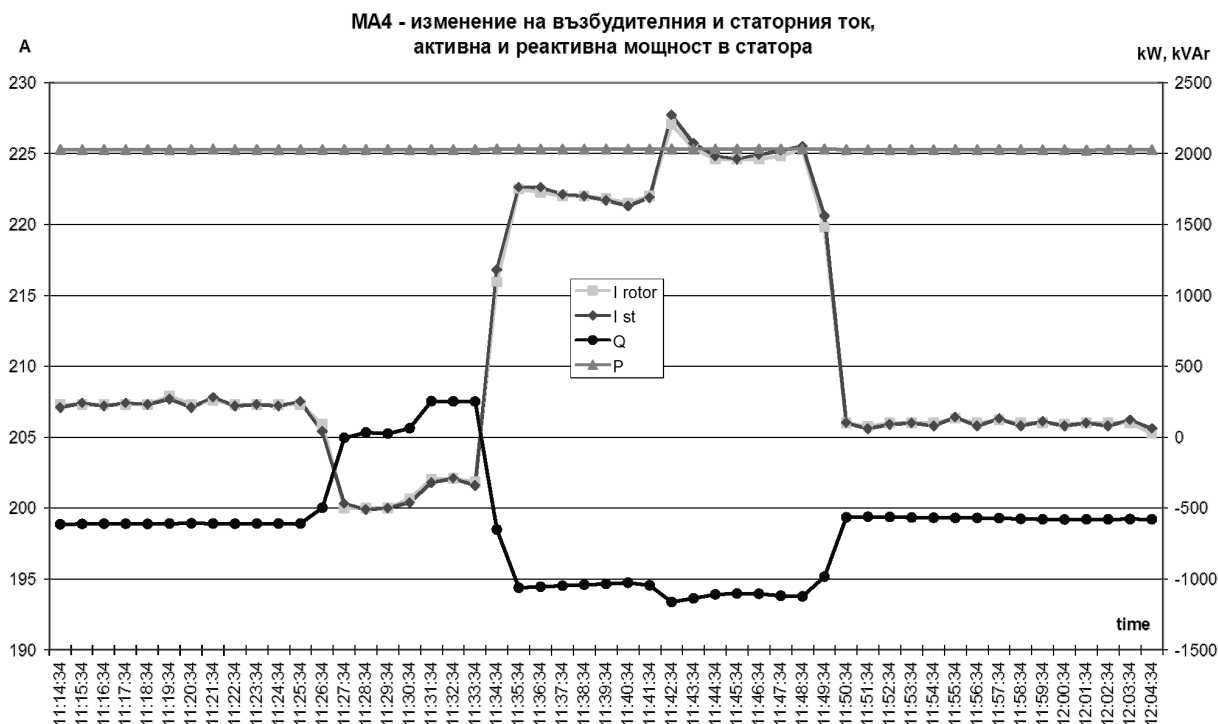
инж. Стоян Четьов, s.chetyov@ellatzite-med.com

ABSTRACT

The report is focused on the influence of the excitation current on synchronous electric motors in the consumption of their electricity. Have been made calculations for the exterminated economy if it's prevented the generating of reactive power from synchronous electric motors of the mills. It is reached to the conclusion that with a correctly chosen operation mode can be reached significant savings.

Експериментално изследване работата на синхронен електродвигател тип СДС 19-56-4ухл4 при промяна на възбудителния му ток

На фиг. 1 е показано изменението на активната и реактивната мощност, както и токът в статора и ротора, отчетени при провеждането на експериментални изследвания на един мелничен агрегат (МА) в голямо минно предприятие. Характерно за конкретният случай е, че използваният синхронен електродвигател задвижващ МА е с номинален възбудителен ток 53 А по-нисък от този на другият от двата типа използвани електродвигатели - СДС 19-56-4у4 [2]. От показаните зависимости се вижда, че при изменение на възбудителния ток (I_{rotor}) се изменят значително реактивната мощност (Q) и тока в статора (I_{st}), но активната мощност (P) остава почти постоянна.



Фиг.1

В таблица 1 са дадени резултатите от измерванията на мелничния агрегат.



Таблица 1. Специфични загуби на активна мощност за генериране на реактивна мощност в синхронен двигател тип СДС 19-56-4ухл4

I rotor, A	I st, A	P rotor, kW	P ~380, kW	P st, kW	Q st, kVAr	Загуби за възбуждане, kW/kVAr	Загуби в ротора, kW/kVAr	Загуби в статора, kW/kVAr	Пълни загуби, kW/kVAr
159,5	202,1	16,8	18,7	2046	252				
169,4	200,0	19,0	21,0	2039	33				
199,6	207,3	26,3	28,7	2040	-610	0,0120	0,0114	0,0019	0,0138
221,9	222,0	32,1	34,8	2034	-1040	0,0128	0,0122	0,0035	0,0163
225,9	224,6	33,9	36,0	2036	-1103	0,0132	0,0131	0,0037	0,0169

Специфичните загуби на активна мощност за генериране на капацитивна такава при електродвигателите тип СДС 19-56-4ухл4 са по-малки от тези на електродвигателите тип СДС 19-56-4у4. Например при генериране на капацитивна мощност около 1000 kVAr специфичните загуби при СДС 19-56-4ухл4 са 0,0163 kW/kVAr, докато при СДС 19-56-4у4 са 0,0193 kW/kVAr.

По данните за големината на тока в статора и ротора (табл. 1) са построени U – образните характеристики на синхронния електродвигател задвижващ мелничния агрегат. Чрез стъпково изменение на стойностите на възбудителния ток е снета U-образната характеристика на синхронния двигател, задвижващ мелничния агрегат, при коефициент на натоварване по активна мощност $K_n = 0,80$. На фиг.2 е показана построената по данните от експеримента U- образна характеристика на синхронен двигател СДС 19-56-40ухл4, задвижващ изследваната топкова мелница.

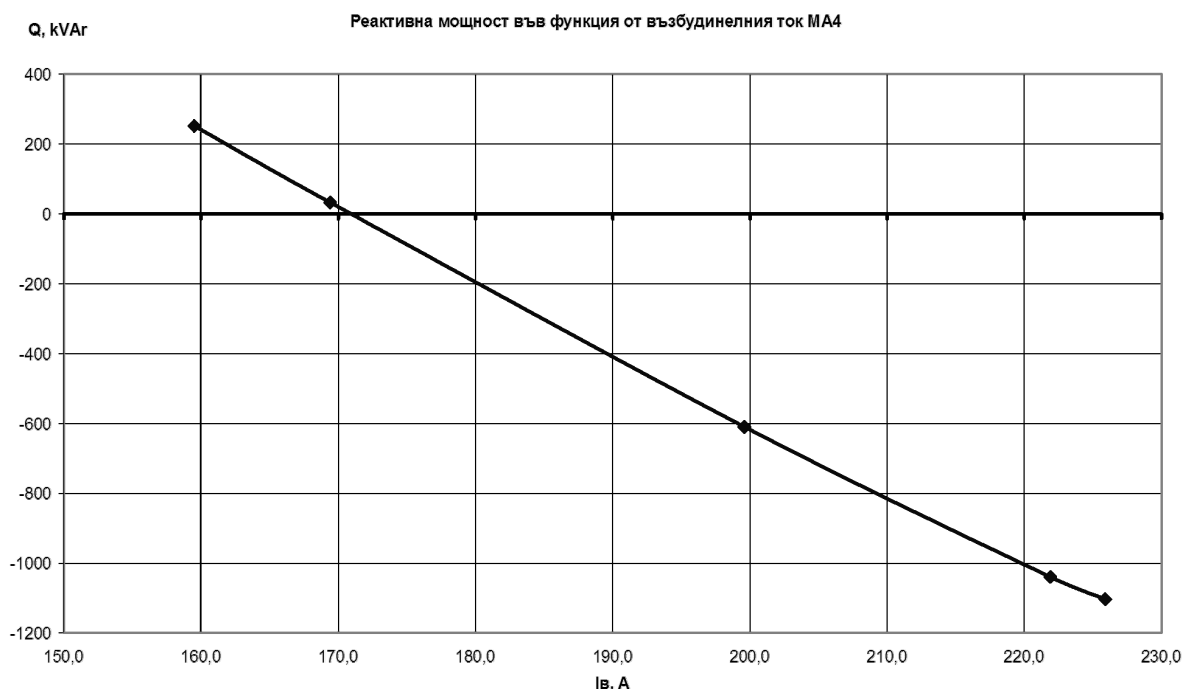
При коефициент на натоварване по активна мощност $K_n = 0,80$, режим на работа на синхронния електродвигател с $\cos \varphi = 1,0$ се постига при възбудителен ток $I_v = 170$ A. Както е известно това е най-икономичния режим на работа на синхронния електродвигател. Режимът на работа при $\cos \varphi = 1,0$ е устойчив и напълно допустим от технологична и експлоатационна гледна точка.



Фиг.2



На база на проведените експериментални изследвания е построена показаната на фиг. 3 крива, даваща зависимостта на реактивната мощност от тока на възбуждане на синхронния електродвигател СДС-19-56-40ухл4 при коефициент на натоварване по активна мощност $K=0,80$. Приложената зависимост може да служи за ориентир при определяне на необходимата реактивна мощност генерирана от електродвигателите тип СДС -19-56-40ухл4 за реализиране на предписания за обогатителната фабрика фактор на мощността.



Фиг.3.

Определяне на генерираната капацитивна мощност от синхронните електродвигатели в мелнично отделение.

В таблица 2 са дадени, регистрираните моментни стойности на генерираната капацитивна мощност в kVAr за единадесет синхронни електродвигателя.

Таблица 2

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
kVAr кап.	300	400	800	500	550	650	300	350	700	800	350

Общо генерираната реактивна мощност е 5700 kVAr. Средно на една машина се падат по 518kVAr генерирана капацитивна мощност.

При провеждане на технико-икономически изчисления за оптимизиране на работата на синхронните машини трябва да се отчитат и специфичните загуби на активна мощност на компенсиращите устройства – α_K . От проведени експериментални изследвания в [1] при генериране средно около 500 kVAr капацитивна мощност може да бъде приета една средна стойност на



специфичните загуби и за двата вида двигатели – $\alpha_k = 0,016 \text{ kW/kVAr}$. Отчетено е, че електродвигателите с по-ниски специфични загуби са 3 броя.

От проведени наблюдения са отчетени стойности за генерираната реактивна мощност от синхронните електродвигатели на мелниците в диапазона 5000-6000 kVAr. При допускане, че средно на една машина се падат по 500 kVAr генерирана капацитивна мощност, годишните загуби на активна електроенергия за генериране на посочените стойности реактивна мощност при експериментално заснетите специфични загуби са:

$$W_m = \alpha_{k,m} \cdot Q_m \cdot T_m \cdot N_m = 0,016 \times 500 \times 8584 \times 11 = 775\,392 \text{ kWh.}$$

Където: W_m – годишни загуби на активна електроенергия в мелниците за генериране на реактивна енергия, kWh;

Q_m – ориентировъчни стойности за генериране на реактивна мощност от синхронните електродвигатели на мелниците, kVAr;

T_m – време на работа в годината на мелниците, h (стойностите и T_m са определени по предоставени от специалистите към фабриката данни за коефициентите на движение за мелниците – 98%).

N_m – брой на работещите синхронни електродвигатели .

Работата на синхронните електродвигатели в режим $\cos \varphi = 1,0$ е напълно допустима от технологична и експлоатационна гледна точка.

Необходим е анализ по проблемите за компенсирание на реактивните товари в подстанцията на обогатителната фабрика 110/20/6kV. Ако синхронните електродвигатели на мелниците преминават в режим на работа $\cos \varphi = 1,0$, главната подстанция се нуждае от допълнително компенсирание на реактивните товари за реализиране на среден $\cos \varphi = 0,9$ за 15 минутен интервал. Подходящо решение е да се инсталират кондензаторни батерии към двете секции 6 kV в подстанцията към един от основните цехове с обща мощност 5000 kVAr.

В този случай загубите за генериране на необходимата реактивна мощност ще бъдат:

$$W_k = \alpha_{k,k} \cdot Q_c \cdot T = 0,003 \times 5000 \times 8760 = 131\,400 \text{ kWh.}$$

Където: W_k – годишни загуби на активна електроенергия в кондензаторните уредби за генериране на реактивна енергия, kWh;

- $\alpha_{k,k}$ – специфични загуби на активна мощност за генериране на капацитивна мощност, kW/kVAr;

- Q_c – мощност на кондензаторната уредба, kVAr;

- T – време на работа на кондензаторната уредба в годината, h.

При подобно решение годишно ще бъдат спестени:

$$775\,392 - 131\,400 = 623\,992 \text{ kWh.}$$

Заклучение

Най-мощните консуматори в минно добивната промишленост са барабанните мелници (3). В световен мащаб около 3% от произвежданата енергия се изразходва за смилане с такива машини. В случаите когато оборотите на барабана не са регулират, те обикновено се задвижват от синхронни електродвигатели.

От проведените експериментални изследвания, можем да заключим, че икономически най-ефективен е режимът на работа при който фактора на мощността е равен на единица. Съвременните цифрови регулатори на възбудането за синхронни машини позволяват този режим, използвайки подходящите алгоритми. Те могат да осигурят управление на възбудителния ток по комплексен алгоритъм, включително управление по напрежението на статора, тока на ротора, пълния (сумарния) и реактивния ток на статора, с избор на оптимална комбинация във всеки един момент. Именно затова е



необходимо съвременните промишлени предприятия постоянно да търсят възможните технически решения за оптимизиране разходите направени за получаване на единица продукция.

Литература

1. Dzhustrov K., I. Stoilov, Defining the specific losses of active power in synchronous electric motors for the generation of reactive power, *JOURNAL OF MINING AND GEOLOGICAL SCIENCES*, Vol. 60, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2017, pp: 55-58
2. 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, pp: 77-81
3. Минин И., Монтаж, експлоатация и ремонт на барабанни мелници, Авангард Прима, ISBN978-619-160-001-4, София, 2012г.