

## ЕНЕРГИЕН ФОРУМ 2019

### ОПТИМАЛНО КОМПЕНСИРАНЕ НА РЕАКТИВНИТЕ ТОВАРИ ЧРЕЗ СИНХРОННИ ДВИГАТЕЛИ

Кирил Джустров

### OPTIMAL COMPENSATION OF THE REACTIVE LOADS BY SYNCHRONOUS MOTORS

Kiril Dzhustrov

**Abstract:** *On the basis of the measurement results, an analysis was carried out for optimal distribution of reactive loads in the electricity grids of an enterprise with a large installed synchronous power. The losses for generating capacitive power from synchronous motors have been calculated. Technical solutions are proposed to optimize the power factor values. In their implementation, annual electricity savings of about 333 MWh are expected.*

#### Въведение

Мощните синхронни електродвигатели намират широко приложение в нашата миннодобивна промишленост. Прилагат се за задвижване на мелнични агрегати, помпи, вентилаторни уредби, компресори. Синхронните електродвигатели работят в режим на генериране на реактивна мощност с капацитивен характер, което спомага за осъществяване на баланса на реактивната мощност за цялото предприятие. Това е от особена важност за предприятията, които не трябва да реализират среден фактор на мощността под неутралния ( $\cos\varphi=0,9$ ) за 15 минутен интервал.

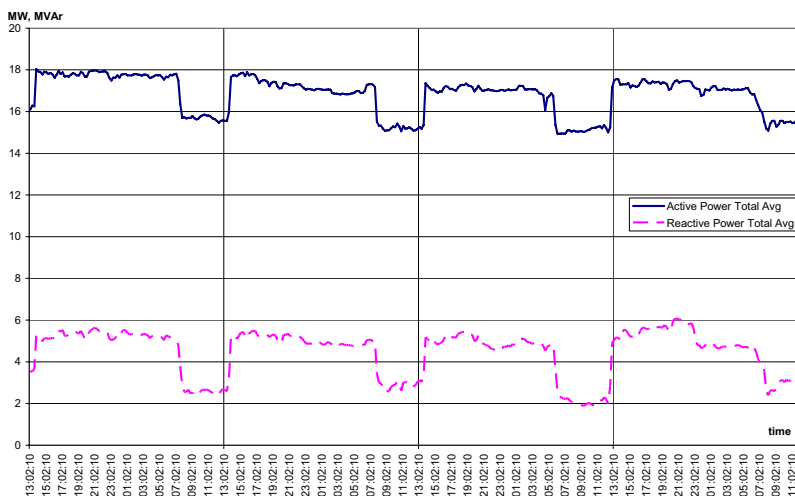
Условие за оптимална работа на компенсиращите устройства следва да се счита премахване на разходите за консумирана надлимитна или върната в системата реактивна енергия, в съответствие с действащата тарифа за заплащане на електроенергията и максимално разтоварване на електрическите мрежи от реактивна мощност. Решаването на сложната задача за оптимално комбинирано компенсиране на реактивните товари на голямо предприятие изисква оценка на загу-

бите на активна мощност за генериране на реактивна от компенсиращите устройства.

### Експериментални изследвания

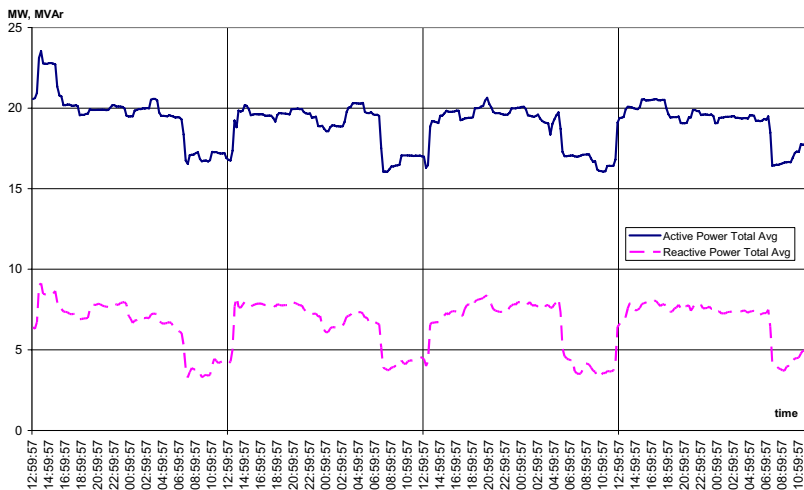
Изследването е направено за голямо минно предприятие с 13 броя синхронни двигатели, с обща инсталирана мощност 28,2 MW. В изследването не са взети под внимание два по-маломощни синхронни двигателя. Предприятието се захранва чрез два тринамотьчни трансформатора, всеки по 50MVA, работещи разделно.

На фиг. 1 е даден товаров график за четири денонощия, включващи работни и почивни дни на трансформатор №1. Активната мощност е в границите между 15 и 18 MW, а консумираната реактивна мощност -  $2\div 6$  MVAr.



Фиг. 1 – Товаров график на трансформатор 1

На фиг. 2 е показан товаровия график на трансформатор №2 за същия период от време. Активната мощност е в границите между 16,5 и 23,5 MW, а консумираната реактивна мощност –  $3,5\div 9$  MVAr.



Фиг. 2 – Товаров график на трансформатор 2

Изследвана е генерираната мощност от 11 синхронни двигатели, която е 5700 kVA<sub>r</sub>. Средно на една машина се падат по 518kVA<sub>r</sub> 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 –  $\alpha_k$ . От проведени експериментални изследвания [1] при генериране средната капацитивна мощност е около 500 kVA<sub>r</sub> и може да бъде приета средна стойност на специфичните загуби за двигателите –  $\alpha_k=0,015$  kW/kVA<sub>r</sub>.

Отчетени са стойности за генерираната реактивна мощност от синхронните електродвигатели на мелниците в диапазона 5000÷6000 kVA<sub>r</sub>. При допускане, че средно на една машина се падат по 500 kVA<sub>r</sub> генерирана капацитивна мощност, годишните загуби на активна електроенергия за генериране на посочените стойности реактивна мощност при експериментално заснетите специфични загуби са:

$$W_M = \alpha_k \cdot Q_M \cdot T_M \cdot N_M = 0,015 \cdot 500 \cdot 8584 \cdot 11 = 708, 18 \text{ MWh.}$$

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.

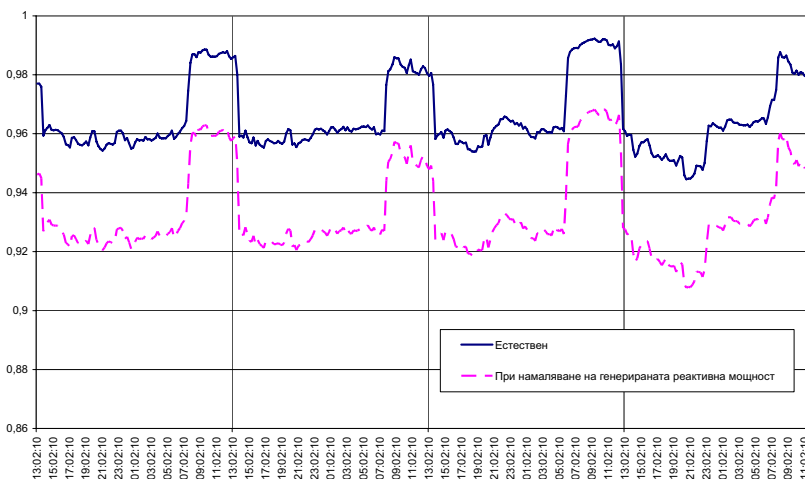
$N_M$  – брой на работещите синхронни електродвигатели.

Годишната икономия на електроенергия при преминаване на синхронните електродвигатели в режим на работа  $\cos\varphi = 1,0$  ще бъде 708 MWh.

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

Оптимизацията може да бъде постигната чрез намаляване на съществуващата прекомпенсация спрямо неутралния фактор на мощността. Необходимо е да се намали обема на генерираната капацитивна мощност от синхронните електродвигатели на мелниците.

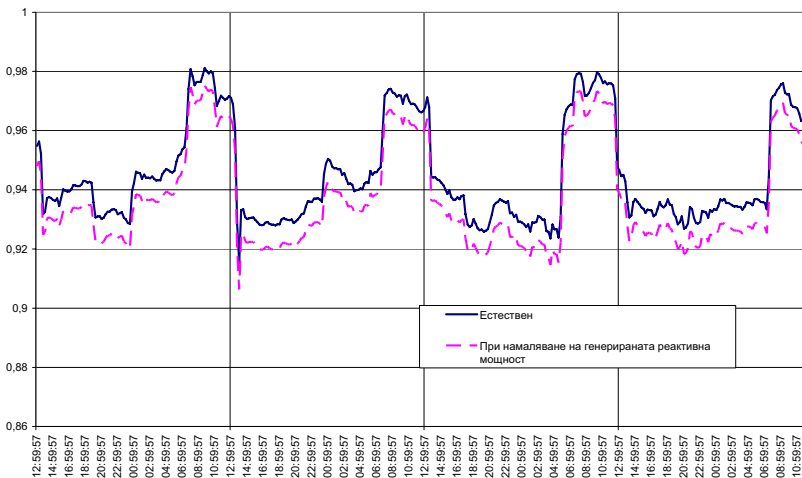
На фиг. 3 и фиг. 4 са представени за трансформатор 1 и трансформатор 2 естественият фактор на мощността и при намалено генериране на реактивна мощност – съответно с 2000 (за тр-р 1) и с 500 (за тр-р 2) kVAr.



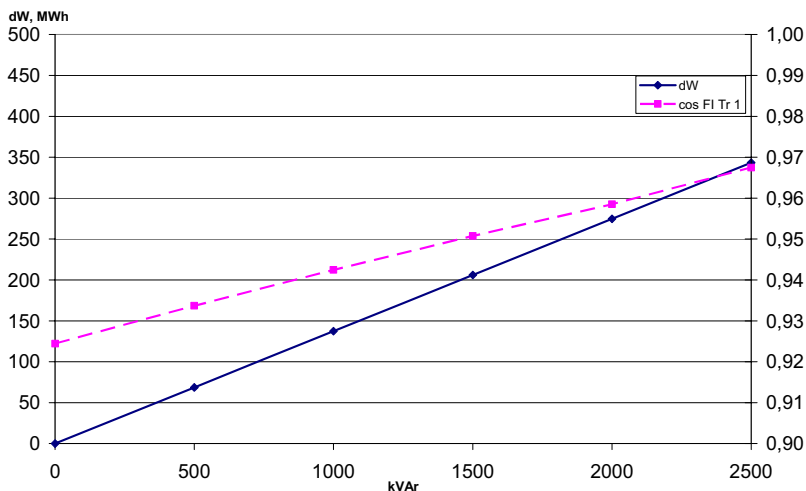
Фиг. 3. Естествен и оптимален фактор на мощността на трансформатор №1.

За преценка на оптималното количество капацитивна мощност към отделните трансформатори са построени зависимостите на годишните загуби на активна електроенергия за генериране на капацитивна от синхронните двигатели и съответните средни стойности на фактора на

мощността в точките на търговско мерене. На фиг.5 е дадена зависимостта, построена за трансформатор №1.



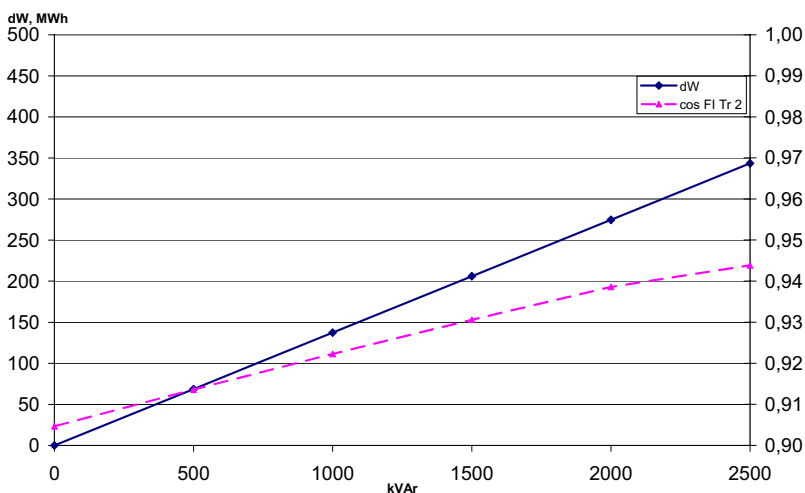
Фиг. 3. Естествен и оптимален фактор на мощността на трансформатор №2.



Фиг. 5. Годишни загуби на електроенергия и среден фактор на мощността в зависимост от генерираната реактивна мощност от синхронните двигатели, захранвани от трансформатор №1.

Данните от измерванията показват, че за трансформатор №1 при генерация на 500 kVA<sub>r</sub> (по 100 kVA<sub>r</sub> на двигател) и отпадане на един синхронен двигател няма опасност от спадане на фактора на мощността под 0,9 (фиг. 3). Следователно възможна е работа синхронните електродвигатели към трансформатор №1, при което да работят с намалена генерация на капацитивна мощност. От фиг.5 може да се отчете, че намаляването на капацитивната мощност от 2500 на 500 kVA<sub>r</sub> ще доведе до годишна икономия от 265,7 MWh.

На фиг. 6 е дадена зависимостта на годишните загуби на електроенергия в синхронните електродвигатели и средния фактор на мощността за трансформатор №2. Факторът на мощността за трансформатор №2 е с по-ниски стойности, което определя необходимостта от генериране на по-висока капацитивна мощност от синхронните електродвигатели към него – около 2000 kVA<sub>r</sub>.



Фиг. 6. Годишни загуби на електроенергия и среден фактор на мощността в зависимост от генерираната реактивна мощност от синхронните двигатели, захранвани от трансформатор №2.

При работа с генерирана общо 2000 kVA<sub>r</sub> и отпадане на един синхронен двигател няма опасност факторът на мощността да спадне под 0,9. В този случай годишната икономия на електроенергия ще бъде 68,7 MWh.

## **Заклучение**

При възприемане на този вариант, общата за двата трансформатора годишна икономия на електроенергия възлиза на 334,4 MWh. Единствения начин за контролиране фактора на мощността на двата трансформатора е въвеждане на непрекъснато контролиране на капацитивната мощност на всеки синхронен електродвигател.

## **Литература**

[1] Dzhustrov Kiril, Iv. 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, p. 55-58

## **Автор:**

доц. д-р Кирил Джустров, МГУ "Св. Ив. Рилски, София, email: justrov@mgu.bg