

## ОПТИМАЛНО РАЗПРЕДЕЛЯНЕ НА КОНДЕНЗАТОРНИ БАТЕРИИ В ПРОМИШЛЕНИ МРЕЖИ

**Велизар Багаров**

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

**РЕЗЮМЕ:** Предлага се метод за оптимално разпределяне на кондензаторни батерии в промишлени мрежи по критерий "максимална нетна настояща стойност". Прекъснатият характер на зависимостта на капиталовложенията от мощността на батериите се отразява чрез глобяващи функции. Методът е реализиран с помощта на MATLAB.

### OPTIMAL DELIVERY OF CAPACITOR BANKS IN INDUSTRIAL ELECTRICAL NETWORKS.

**Velizar Bagarov**

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski"

**ABSTRACT:** A method for optimal delivery of capacitor banks in industrial electrical networks on the criteria of 'maximum net present value' is proposed. The interrupted character of the capacity power investments is described by penalty functions. The method was realized by MATLAB.

Компенсацията на реактивните товари е един от съществените въпроси, които трябва да се решават, както и в процеса на проектиране, така и по време на експлоатацията на електроснабдителните системи на промишлените предприятия (ЕСПП). Известно е, че оптималният фактор на мощността за промишленото предприятие е равен на предписания от електроразпределителното предприятие в съответния район. Не е икономически оправдано да се влагат допълнителни капиталовложения за допълнителни компенсиращи мощности, след като това не се отразява в съответно намаляване на цената на потребената електрическа енергия (Наредба за образуване и ...).

След като се определи необходимата компенсираща мощност за едно промишлено предприятие, тя трябва да бъде разпределена в ЕСПП. Известни са различни критерии за оптимално разпределение на тази компенсираща мощност (Ковалев, 1990). При проектиране на ЕСПП, най-често се използва критерия за постигане на минимални загуби на електрическа енергия. При този критерий не се отчита влиянието на необходимите капиталовложения. Общоприет икономически критерий в енергетиката е постигането на максимална нетна настояща стойност. За да се приложи този критерий трябва да се изчислят очакваните парични потоци по години за разглеждания период, които да се дисконтират към нулевата година, в която се влагат капиталовложенията. Паричният поток за всяка година се формира от разходи за експлоатация и заплащане на загуби на електрическа енергия и амортизационни отчисления. Най-често не се отчита очакваната печалба, тъй като тя е отчетена при изчисляване на необходимата компенсираща мощност.

Обикновено формулата за изчисляване на показателя нетна настояща стойност се представя по следния начин:

$$HNC = -K_0 + \frac{C_1}{1+d} + \frac{C_2}{(1+d)^2} + \dots + \frac{C_N}{(1+d)^N} \quad (1)$$

където:

$K_0$  са първоначалните инвестиции, които се осъществяват

в нулевата година в лв.;

$C_1, \dots, C_N$  - парични потоци по години, лв.;

$d$  - коефициент на дисконтиране през годините;

$N$  - брой години за които се прави изследването.

Ако се приеме, че икономическите условия за разглеждания период не се променят и паричните потоци по години и коефициентът на дисконтиране не се променят, целевата функция за оптималното решение ще съдържа един паричен поток умножен по сумата на дисконтовите фактори за разглеждания период.

Управляемите променливи в тази целева функция ще бъдат компенсиращите мощности в отделните възли на разглеждана схема, а ограничителните условия:

$$\sum_{i=1}^n q_{ki} = Q_k \quad (2)$$

$$q_{ki} \geq 0 \quad (3)$$

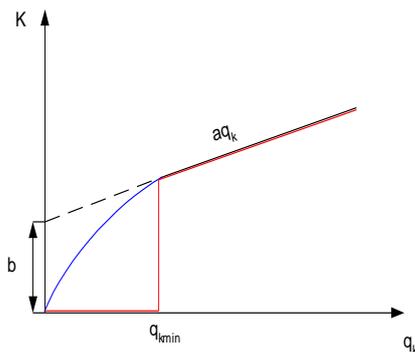
където  $q_{ki}$  са компенсиращите мощности във възел "i" в kVAr;

$Q_k$  - общата необходима компенсираща мощност за предприятието, kVAr.

Най-често компенсиращите мощности в предприятията са кондензаторни батерии. Капиталовложенията за кондензаторни батерии за всеки възел се изразяват със следната зависимост:

$$\begin{aligned} K_i &= b + a \cdot q_{ki} & \text{ако } q_{ki} &\geq q_{k \min} \\ K_i &= 0 & \text{ако } q_{ki} &< q_{k \min} \end{aligned} \quad (4)$$

където  $b$  и  $a$  са постоянната и променлива част на капиталовложенията в лв. и лв/kVAr;  $q_{k \min}$  - минималната произвеждана мощност на кондензаторна уредба от избран тип, kVAr.



фиг. 1 Зависимост на капиталовложенията от мощността на к.б.

Прекъснатият характер на зависимостта (4) води до значителни усложнения в процеса на търсене на оптималното решение. Предлага се замяната на (4) с непрекъсната функция имаща следния вид:

$$K_i = (b + a \cdot q_{k \min}) \cdot (1 - e^{-\frac{3 \cdot q_{ki}}{q_{k \min}}}) + a \cdot q_{ki} \quad (5)$$

Първата част на формула (5) има роля на глобяваща функция.

Загубите на електрическа енергия в kWh за всеки клон се изчисляват по известната формула:

$$\Delta W_i = \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_{Hi}^2} \cdot r_i \cdot \tau \cdot 10^{-3} \quad (6)$$

където  $P_i$  и  $Q_i$  са преминаващите през съответния клон активни и реактивни мощности (като са отчетени и кондензаторните батерии) в kW и kVAR;

$U_H$  - номиналното напрежение, kV;

$R$  – съпротивлението на съответния клон приведено към номиналното напрежение на по-далечния възел спрямо захранващия възел,  $\Omega$ ;

$\tau$  - времетраени на максималните загуби, h.

Тъй като при конкретно промишлено предприятие потребявана активна електрическа енергия, необходима за реализирането на производствената програма е постоянна, тя може да бъде изключено при техникo – икономическите сравнения, тъй като не влияе върху оптималното решение. Целевата функция, чийто максимум се търси добива следния вид:

Препоръчана за публикуване от

Катедра "Електрификация на минното производство", МЕМФ

$$f = -K_0 \cdot \left( 1 - (p_e - p_a) \cdot \sum_{g=1}^N \frac{1}{(1+d)^g} \right) - \Delta W \cdot \beta \cdot \sum_{g=1}^N \frac{1}{(1+d)^g} \quad (7)$$

където  $p_e$  и  $p_a$  са съответно коефициентите на експлоатационните разходи и на амортизационните отчисления;

$\downarrow$  - цена на електрическата енергия, лв/ kWh.

Капиталовложенията и загубите на електрическа енергия зависят от разпределението на кондензаторните батерии.

Поставената задача е решена с помощта на програмния пакет MATLAB като се използва функцията за нелинейна оптимизация **fmincon**. Тъй като тази функция търси минимум на оптимизационната задача, целевата функция (7) е умножена с минус 1. Особеното в алгоритъма е че на всяка итерация се намира потокоразпределението на реактивните мощности като се отчитат текущите стойности на разпределените к.б.

Създадената програма решава отворени мрежи, като се използва рационален метод за описание на мрежата. При този метод се изисква по-малко количество входна информация в сравнение със случая на задаване на матрицата на съединенията на мрежата.

Решени са значителен брой задачи с цел изследване на чувствителността на оптималното решение към различните фактори участващи в оптимизационната задача. Установени са следните по-съществени зависимости:

1. При високи стойности на постоянните  $b$  и променливите  $a$  стойности на началните капиталовложения за к.б. на страна средно напрежение, на страна ниско напрежение се получава прекомпенсиране на реактивните товари.

2. При определена стойност на  $b$  и  $a$ , но при различна цена на електрическата енергия  $\downarrow$  и коефициент на дисконтиране  $d$ , разликата в получените резултати е в границите от (10 ÷ 30) %.

3. Основно влияние върху резултатите оказва изменението на товарите.

4. От направените изчисления следва, че с увеличаване на коефициента на дисконтиране, стойностите на  $q_k$  за средно напрежение намаляват. Противоположно е изменението им за страна ниско напрежение.

5. Изчисленията показват, че с увеличаване цената на електрическата енергия, стойностите на  $q_k$  за средно напрежение също се увеличават.

Целевата функция не е строго изпъкнала. Търсена е начална точка при която се получава най-добро решение. Като правило това са стойности близки до реактивните мощности на товарите.

## Литература

1. Наредба за образуване и предлагане на цените и тарифите на електрическата енергия.
2. Ковалев И.Н. 1990. Выбор компенсирующих устройств при проектировании электрических сетей. М., Энергоатомиздат, 197 с.