PRILOGA: Definicija formul za izračun korigiranih cen za odstopanja po metodi najmanjših kvadratov

Stroški, ki jih je imel sistemski operater v obračunskem mesecu z izravnavo odstopanj v elektroenergetskem sistemu, predstavljajo seštevek vseh prihodkov in odhodkov, ki jih je imel sistemski operater z izravnavo elektroenergetskega sistema, in sicer:

$$stroški\ izravnave = \sum_{i=1}^{n}\left(s_i^{poz} + s_i^{neg}\right) \qquad (1)$$

Saldo vseh bilančnih obračunov bilančnih skupin v obračunskem mesecu znaša:

$$saldo = \sum_{i=1}^{n}\sum_{bs}\left(-W_{bs,i}^{neg}c_i^{neg} - W_{bs,i}^{poz}c_i^{poz}\right) \qquad (2)$$

Da se v primeru primanjkljajev ali viškov salda v primerjavi s stroški izravnave saldo bilančnih obračunov čim bolj približa stroškom izravnave, se cene za odstopanja korigira. Označi se z x_i^{neg} korigirano vrednost c_i^{neg} in z x_i^{poz} korigirano vrednost c_i^{poz}, kar da korigirani saldo:

$$korigiran\ saldo = \sum_{i=1}^{n}\sum_{bs}\left(-W_{bs,i}^{neg}x_i^{neg} - W_{bs,i}^{poz}x_i^{poz}\right) \qquad (3)$$

Cilj optimizacije je:

$$korigiran\ saldo = stroški\ izravnave \qquad (4)$$

Razlika med stroški izravnave in saldom se imenuje razlika.

$$razlika = stroški\ izravnave - saldo \qquad (5)$$

Določi se vektor razlik med korigiranimi cenami in osnovnimi cenami:

$$y^{neg} = \left(x_1^{neg} - c_1^{neg}, \dots, x_n^{neg} - c_n^{neg}\right)$$
$$y^{poz} = \left(x_1^{poz} - c_1^{poz}, \dots, x_n^{poz} - c_n^{poz}\right)$$

ki je optimalna rešitev naslednjega optimizacijskega problema: izmed vseh vektorjev (y^{neg}, y^{poz}), ki zadoščajo pogoju (4) in pogojem:

1. za primer primanjkljaja

Pogoj 1. Če je neto odstopanje bilančnih skupin v posameznem intervalu negativno

$$W_{bs,i}^{neg} + W_{bs,i}^{poz} \leq 0,$$

mora za izbrani obračunski interval i veljati $y_i^{neg} \geq 0$ in $y_i^{poz} = 0$, kar pomeni, da se v izbranem intervalu cene negativnih odstopanj povečajo, cene pozitivnih odstopanj pa ostajajo nespremenjene.

Če je neto odstopanje bilančnih skupin v izbranem intervalu i pozitivno,

$$W_{bs,i}^{neg} + W_{bs,i}^{poz} > 0,$$

mora za izbrani obračunski interval i veljati $y_i^{neg} = 0$ in $y_i^{poz} \leq 0$, kar pomeni, da v izbranem intervalu ostajajo cene negativnih odstopanj nespremenjene, cene pozitivnih odstopanj pa se zmanjšajo.

Pogoj 2. Če je osnovna cena za pozitivna odstopanja nenegativna $c_i^{poz} \geq 0$, mora tudi korigirana cena ostati nenegativna in mora zato veljati $x_i^{poz} = c_i^{poz} + y_i^{poz} \geq 0$.

2. za primer presežka

Pogoj 1. Osnovne cene za negativna odstopanja se lahko le zmanjšajo, osnovne cene za pozitivna odstopanja pa se lahko le povečajo. Zato mora veljati:

$$y_i^{neg} \leq 0$$
$$y_i^{poz} \geq 0$$

Pogoj 2. Korigirane cene morajo ostati na isti strani referenčne cene d_i in mora veljati

$$x_i^{neg} = c_i^{neg} + y_i^{neg} \geq d_i$$
$$x_i^{poz} = c_i^{poz} + y_i^{poz} \leq d_i$$

Pri tem velja, da je referenčna cena d_i enaka indeksu *SIPXobr$_i$*, razen v intervalih, ko je osnovna cena za negativna odstopanja c^{neg} nižja od *SIPXobr$_i$* in je enaka c^{neg}, ali tam, kjer je osnovna cena za pozitivna odstopanja c^{poz} višja od *SIPXobr$_i$* in je enaka c^{poz}.

izbere se tisti, ki ima najmanjšo vsoto kvadratov koordinat:

$$\sum_{i=1}^{n}\left(y_i^{neg}\right)^2 + \sum_{i=1}^{n}\left(y_i^{poz}\right)^2 \qquad (6)$$

pri tem pomenijo:

bs .... bilančne skupine,

c_i^{neg} .... osnovna cena za negativna odstopanja v intervalu *i*.

c_i^{poz} .... osnovna cena za pozitivna odstopanja v intervalu *i*.

d_i .... referenčna cena v intervalu *i*.

x_i^{neg} .... korigirana cena za negativna odstopanja v intervalu *i*.

x_i^{poz} .... korigirana cena za pozitivna odstopanja v intervalu *i*.

s_i^{poz} .... skupni seštevek prihodkov in odhodkov pozitivne regulacije elektroenergetskega sistema v intervalu *i*.

s_i^{neg} .... skupni seštevek prihodkov in odhodkov negativne regulacije elektroenergetskega sistema v intervalu *i*.

$W_{bs,i}^{neg}$ .... negativna odstopanja bilančne skupine *bs* v obračunskem intervalu *i.*

$W_{bs,i}^{poz}$ .... pozitivna odstopanja bilančne skupine *bs* v obračunskem intervalu *i*.

W_i^{neg} .... seštevek vseh negativnih odstopanj vseh bilančnih skupin v obračunskem intervalu *i*.

W_i^{poz} .... seštevek vseh pozitivnih odstopanj vseh bilančnih skupin v obračunskem intervalu *i*.

Najbolj optimalno vrednost korigiranih cen (x^{neg}, x^{poz}) se izračuna z naslednjim iterativnim algoritmom:

1. za primer primanjkljaja
   I. S *P* in *M* se označi množici intervalov, kjer se glede na pravila korekcije obdrži nespremenjene cene za negativna odstopanja in nespremenjene cene za pozitivna odstopanja:
   $$P = \{i : ceno\ c_i^{neg}\ ohranimo\ nespremenjeno\}$$
   $$M = \{i : ceno\ c_i^{poz}\ ohranimo\ nespremenjeno\}$$

   V množico P se vstavi vse indekse i, kjer je $W_i^{neg} + W_i^{poz} > 0$, v množico M pa se vstavi vse indekse i, kjer je $W_i^{neg} + W_i^{poz} < 0$,

   II. Izračuna se projekcijo gradienta *W* na dopustne smeri, ki so določene z množicama *P* in *M*
   $$p_i^{neg} = -W_i^{neg} \cdot 1_{\{i \notin \mathrm{P}\}} \qquad (7)$$
   $$p_i^{poz} = -W_i^{poz} \cdot 1_{i \notin \mathrm{M}} \qquad (8)$$

   III. Po naslednji formuli se izračuna nov vektor cen $x = (x^{neg}, x^{poz})$
   $$x_i^{neg} = c_i^{neg} + \frac{p_i^{neg} \cdot razlika}{\left(p_i^{neg}\right)^2 + \cdots + \left(p_n^{neg}\right)^2 + \left(p_i^{poz}\right)^2 + \cdots + \left(p_n^{poz}\right)^2} \qquad (9)$$
   $$x_i^{poz} = c_i^{poz} + \frac{p_i^{poz} \cdot razlika}{\left(p_i^{neg}\right)^2 + \cdots + \left(p_n^{neg}\right)^2 + \left(p_i^{poz}\right)^2 + \cdots + \left(p_n^{poz}\right)^2} \qquad (10)$$

   Ta vektor ni nujno končni rezultat cen.

   IV. Preveri se, pri katerih intervalih *i* je kršen *Pogoj 2*, in se v obračunskih intervalih, kjer je ta kršen, vstavi indekse v množico *A:*
   $$A = \{i : x_i^{poz} < 0\ in\ c_i^{poz} \geq 0\}$$
   Če je množica *A* prazna množica, se nadaljuje s korakom V.
   Za tiste intervale, kjer je kršen *Pogoj 2*, se cena nastavi na $c_i^{poz} = 0$, saj se predznak cene c_i^{poz} ne sme spremeniti kljub korekciji v tem intervalu. Hkrati se vstavi indekse v množico M.
   Izračuna se nova vrednost razlike po formuli (5) in postopek vrne na korak II.

   V. Končno ceno se izračuna po formulah (7) do (10), kar predstavlja najbolj optimalno rešitev glede na dane pogoje.

2. za primer presežka
   I. S *P* in *M* se označi množici intervalov, kjer se glede na pravila korekcije obdrži nespremenjene cene za negativa odstopanja in nespremenjene cene za pozitivna odstopanja (v primeru, da je cena enaka indeksu $\mathrm{SIPXobr}_i$):
   $$P = \{i : ceno\ c_i^{neg}\ ohranimo\ nespremenjeno\}$$
   $$M = \{i : ceno\ c_i^{poz}\ ohranimo\ nespremenjeno\}$$

Določi se referenčne cene d_i in sicer:

$$d_i = c_i^{neg} \cdot 1_{\{c_i^{neg} \leq sipx_i\}} + c_i^{poz} \cdot 1_{\{c_i^{poz} \geq sipx_i\}} + sipx_i \cdot 1_{\{c_i^{neg} > sipx_i \ in \ c_i^{poz} < sipx_i\}}$$

Množici *P* in *M* se pusti prazni.

II. Izračuna se projekcijo gradienta *W* na dopustne smeri, ki so določene z množicama *P* in *M*

$$p_i^{neg} = W_i^{neg} \cdot 1_{\{i \notin \mathrm{P}\}} \quad (7)$$

$$p_i^{poz} = W_i^{poz} \cdot 1_{i \notin \mathrm{M}} \quad (8)$$

III. Izračuna se nov vektor cen $x = (x^{neg}, x^{poz})$ po naslednjih formulah:

$$x_i^{neg} = c_i^{neg} + \frac{p_i^{neg} \cdot razlika}{\left(p_i^{neg}\right)^2 + \cdots + \left(p_n^{neg}\right)^2 + \left(p_i^{poz}\right)^2 + \cdots + \left(p_n^{poz}\right)^2} \quad (9)$$

$$x_i^{poz} = c_i^{poz} + \frac{p_i^{poz} \cdot razlika}{\left(p_i^{neg}\right)^2 + \cdots + \left(p_n^{neg}\right)^2 + \left(p_i^{poz}\right)^2 + \cdots + \left(p_n^{poz}\right)^2} \quad (10)$$

Ta vektor ni nujno končni rezultat cen.

IV. Preveri se, pri katerih intervalih *i* je kršen *Pogoj 2*, in se v obračunskih intervalih, kjer je kršen, vstavi indekse v množici *A in B:*

$$A = \{i : x_i^{neg} < d_i\}$$

$$B = \{i : x_i^{poz} > d_i\}$$

Če sta množici *A* in *B* prazna množica, se nadaljuje s korakom V.

Množico A se vključi v množico P, množico B pa v množico M. Hkrati se za indekse $i \in A$ nastavi $c_i^{neg} = d_i \ in \ za \ indekse \ i \in B$ nastavi $c_i^{poz} = d_i$.

Izračuna se novo vrednost razlike po formuli (5) in postopek vrne na korak II.

VI. Končno ceno se izračuna po formulah (7) do (10), kar predstavlja najbolj optimalno rešitev glede na dane pogoje.

Tudi pri najbolj optimalni rešitvi se lahko zgodi, da presežek ostane kljub korekciji, če je presežek previsok.

Pri tem pomenijo:

W_i^{neg} .... seštevek vseh negativnih odstopanj vseh bilančnih skupin v obračunskem intervalu *i*.

W_i^{poz} .... seštevek vseh pozitivnih odstopanj vseh bilančnih skupin v obračunskem intervalu *i*.