

Ecartement des surcharges des éléments d'un système électroénergétique par les méthodes du dispatching

Autor(en): **Cârtin, Georges**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **81 (1990)**

Heft 23

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-903193>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ecartement des surcharges des éléments d'un système électroénergétique par les méthodes du dispatching

Georges Cărtină

En utilisant les particularités du modèle d'optimisation, l'article propose une nouvelle méthode de calcul de la solution optimale. La méthode respective est basée sur la détermination et l'utilisation d'un vecteur dont les éléments indiquent les priorités des corrections des puissances dans les nœuds du réseau.

Für die Beseitigung der Überlast in Elementen eines elektrischen Netzes wird eine neue Rechenmethode zur Bestimmung des optimalen Netzbetriebes vorgeschlagen. Die Methode basiert auf der Festlegung und Verwendung eines Vektors, dessen Komponenten die Prioritäten der Leistungskorrekturen in den Knoten des Netzes angeben.

Dans l'exploitation opérationnelle d'un système électroénergétique, SEE, on rencontre parfois des régimes, planifiés ou nonplanifiés, qui s'avèrent inacceptables en raison du fait qu'ils impliquent des surcharges dans certains éléments du schéma (lignes, transformateurs, générateurs etc). Dans ces situations il est nécessaire de trouver les corrections des variables de contrôle du SEE qui rendent les circulations des puissances dans le domaine admissible.

Une première méthode dans ce sens est la modification de la topologie du réseau, mais les possibilités de cette méthode sont assez limitées. Il en résulte donc, qu'il s'agit, d'habitude, de trouver le vecteur des corrections des puissances dans les nœuds du réseau, δP , qui écartent les surcharges des branches. Dans le processus de la conduite opérationnelle d'un SEE le temps disponible pour la solution d'un pareil problème, surtout dans les cas des régimes post-avarie, est très limité. Dans ces cas il n'est pas nécessaire de faire un calcul de grande précision, mais plutôt de trouver rapidement une solution optimale, soit elle même approximative. L'utilisation des méthodes exactes pour le calcul des circulations des puissances, dans cette étape, se révèle difficile et consommatrice de temps. C'est pourquoi sont préférées les méthodes de calcul approximatives (les méthodes «en courant continu»), en supposant que la solution optimale (approximative) soit vérifiée ensuite avec une méthode de calcul exacte (la méthode Newton, par exemple).

Pour la recherche proprement dite de la solution optimale, l'appareil de la programmation linéaire s'avère adéquat et c'est la raison pour laquelle l'écartement des surcharges des éléments d'un SEE est formulé dans [1] sous l'aspect d'un problème de programmation linéaire. Dans le travail

ci-contre il est montré qu'en utilisant les particularités du modèle respectif, on peut utiliser des algorithmes et des programmes plus simples et plus efficaces, dont le temps de calcul est substantiellement réduit par rapport au cas de l'utilisation des méthodes classiques de la programmation linéaire.

Le modèle mathématique de l'écartement des surcharges

Les variables de contrôle sur lesquelles on peut agir pour écarter les surcharges sont le plus souvent les puissances des générateurs et les puissances des consommateurs. Pour augmenter la vitesse de calcul des circulations des puissances on fait les hypothèses suivantes simplificatrices:

- les modules des tensions dans les nœuds du réseau restent constants et égaux aux tensions nominaux;
- les impédances complexes des branches sont remplacées par les scalaires des réactances respectives;
- les bobines de réactance et les sources de compensation sont ignorées.

Dans ces conditions, pour les circulations des puissances par les branches du réseau et les puissances aux nœuds du réseau on a les relations

$$P_L = B_L \cdot A_L \cdot B^{-1} \cdot P \quad (1)$$

$$P = B \cdot \Theta \quad (2)$$

avec

P, P_L les vecteurs des puissances actives dans les nœuds, respectivement, des circulations des puissances actives par les branches du réseau;

B, B_L les matrices des susceptances des nœuds, respectivement, des branches;

Adresse de l'auteur

Dr. Ing. Georges Cărtină, Facultatea Electrotehnică, Institutul Politehnic Iasi, Calea 23 August 22, RO-6600 Iasi

A_i la matrice d'incidence nœuds-branches, transposée;
 θ le vecteur des angles des tensions dans les nœuds du réseau.

Comme critère d'optimisation on considère la minimisation de la somme pondérée des charges débranchées aux consommateurs et des modifications des puissances dans les centrales électriques:

$$\min (\beta_{ct} \cdot \delta P_c + \beta_{gt} \cdot \delta P_g) = \min (\beta_t \cdot \delta P) \quad (3)$$

où:
 $\delta P_c, \delta P_g$ le vecteur des charges débranchées aux consommateurs, respectivement, le vecteur des modifications des puissances dans les centrales électriques;
 β_c, β_g les vecteurs de poids correspondants aux éléments du vecteur δP_c , respectivement δP_g ;
 t indique la transposée de la matrice respective.

Le modèle d'optimisation contient outre la fonction objective (3), les restrictions imposées par le fonctionnement normal d'un réseau avec n_g noeuds générateurs et n_c noeuds consommateurs [1,4]:

$$\sum_{j=1}^{n_g} (P_{gj} + \delta P_{gj}) + \sum_{j=1}^{n_c} (P_{cj} + \delta P_{cj}) = 0 \quad (4)$$

$$P_L^{min} \leq P_L^{init} + \delta P_L \leq P_L^{max} \quad (5)$$

$$P_g^{min} \leq P_g^{init} + \delta P_g \leq P_g^{max} \quad (6)$$

$$P_c^{init} + \delta P_c \geq P_c^{garant} \quad (7)$$

Dans les relations ci-dessus l'inégalité vaut pour chaque composante séparément. Pour observer le bilan des puissances aux noeuds du réseau on a considéré le signe plus pour les générateurs et le signe moins pour les consommateurs. Les puissances P^{max} , P^{min} pour les générateurs, lignes etc. sont déterminées à partir des caractéristiques de ceux-ci. Dans ces relations le symbole *init* indique les puissances dans le régime initial, caractérisé par des surcharges pour certaines branches. L'indice *L* se rapporte aux circulations des puissances dans les branches du réseau. Dans la relation (7), P_c^{garant} est le vecteur des puissances garanties (non débranchées) pour les usagers. Les pertes de puissance dans le réseau sont incluses dans les charges

des nœuds, considérées ci-dessus avec le signe moins. En utilisant (1) et (5) on a

$$P_L^{init} + \delta P_L = K (P^{init} + \delta P) = P_L^{init} + K \cdot \delta P \quad (8)$$

Dans cette relation on a noté par K la matrice

$$K = [K_{ij}] = B_L \cdot A_i \cdot B^{-1} \quad (9)$$

avec $i = 1...m$ et $j = 2...n$

dont les éléments ont la signification des coefficients de répartition. Les indices $i = 1...m$ et $j = 2...n$ se rapportent aux branches, respectivement, aux nœuds du réseau. Le nœud $j = 1$ est le nœud d'équilibre.

Bien que l'analyse numérique des composantes de la fonction objectif a montré que la plus grande influence pour la valeur de cette fonction appartient aux dommages-intérêts produits aux consommateurs par le débranchement des charges [1], nous allons considérer dans la fonction objectif aussi les coûts des modifications des puissances dans les centrales électriques. Ainsi, le modèle d'optimisation peut être mis sous la forme finale

$$\beta_t \cdot \delta P \text{ soit minimum} \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^{n_g} \delta P_{gj} + \sum_{j=1}^{n_c} \delta P_{cj} = -(\sum_{j=1}^{n_g} P_{gj} + \sum_{j=1}^{n_c} P_{cj}) \quad (11)$$

$$\Delta P_L^{min} = P_L^{min} - P_L^{init} \leq K \cdot \delta P \leq P_L^{max} - P_L^{init} = \Delta P_L^{max} \quad (12)$$

$$\Delta P_g^{min} = P_g^{min} - P_g^{init} \leq \delta P_g \leq P_g^{max} - P_g^{init} = \Delta P_g^{max} \quad (13)$$

$$\delta P_c \leq P_c^{garant} - P_c^{init} = \Delta P_c^{max} \quad (14)$$

Le modèle (10)...(14), dont les variables d'optimisation sont δP_c et δP_g appartient à la programmation linéaire.

L'algorithme de la méthode de l'écartement des surcharges

Bien que les méthodes de programmation linéaire systématisent les efforts de la recherche de la solution optimale, dans ce cas il est possible de faciliter encore cette tâche. Admettons que la restriction (12) n'est pas observée pour un nombre de branches $i = 1...m_o$. D'abord on va modifier la matrice A , ainsi que pour toutes les

branches surchargées les sens conventionnels des circulations des puissances soient positifs. La recherche de la solution optimale sera faite d'une manière itérative, en commençant avec la branche i , pour laquelle la surcharge est la plus grande,

$$P_{L_i}^{max} - P_{L_i}^{init} = \Delta P_{L_i}^{max} < 0 \quad (15)$$

Les corrections des puissances aux nœuds, δP qui rendent la circulation de puissance par la branche i dans le domaine admissible, sont données par la relation

$$K \cdot \delta P = \Delta P_{L_i}^{max} \quad (16)$$

$$\text{avec } \Delta P_{L_i}^{max} < 0 \quad (16)$$

Si on considère uniquement la correction de puissance dans le nœud j , on a

$$\delta P_j = \Delta P_{L_i}^{max} / K_{ij} \quad (17)$$

où dans le cas général, quand les corrections touchent tous les nœuds,

$$\delta P_j = \Delta P_{L_{ij}} / K_{ij} \quad (18)$$

$$\text{avec } \sum_{j=1}^n \Delta P_{L_{ij}} = \Delta P_{L_i}^{max} < 0 \quad (19)$$

En utilisant (10) et (18), à partir des éléments des ensembles $\{\beta_j\}$ et $\{K_{ij}\}$, avec $j = 2...n$, on va former le vecteur auxiliaire, η ,

$$\eta = [\eta_1 \eta_2 \eta_3 \dots \eta_n]_t$$

$$\text{avec } \eta_j = \beta_j / K_{ij} \text{ et } j = 1...n'$$

dont les éléments sont rangées dans l'ordre décroissante des leurs valeurs:

$$\eta_1 > \eta_2 > \eta_3 \dots > \eta_n \quad (20)$$

Le vecteur η ne contient pas les éléments correspondants aux consommateurs pour lesquels $K_{ij} > 0$. Le vecteur, ainsi défini, indique les priorités des corrections des puissances dans les nœuds du réseau pour la diminution du transit de puissance par la branche i . Les valeurs de ces corrections sont déterminées à partir de la relation (18), en observant les restrictions (13), (14), et (12). Si la correction d'une puissance, calculée avec (18), viole une des limites (13), (14) ou (12), la correction est restreinte au niveau de la limite respective. En même temps avec le calcul de la correction de puissance dans le nœud, on calcule les nouvelles valeurs des limites ΔP_L^{min} , ΔP_L^{max} pour toutes les autres branches.

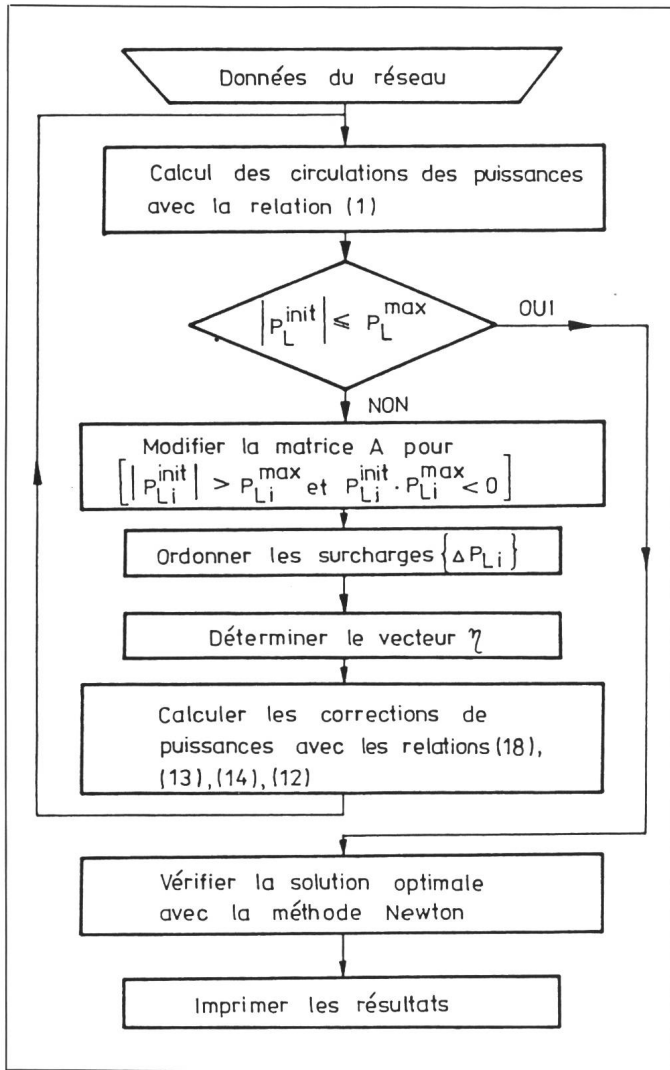


Figure 1
Schéma de calcul de la méthode de l'écartement des surcharges

Après l'écartement de la surcharge de la branche i , on calcule les nouvelles circulations par les branches du réseau et on entame de nouveau le processus de l'écartement de la surcharge la plus grande, etc. Le processus continue jusqu'à ce que toutes les circulations de puissances par les branches du réseau s'intègrent dans les limites admissibles (fig. 1). La vérification de l'exactitude de la solution optimale, ainsi obtenue, est faite avec la méthode Newton, en considérant

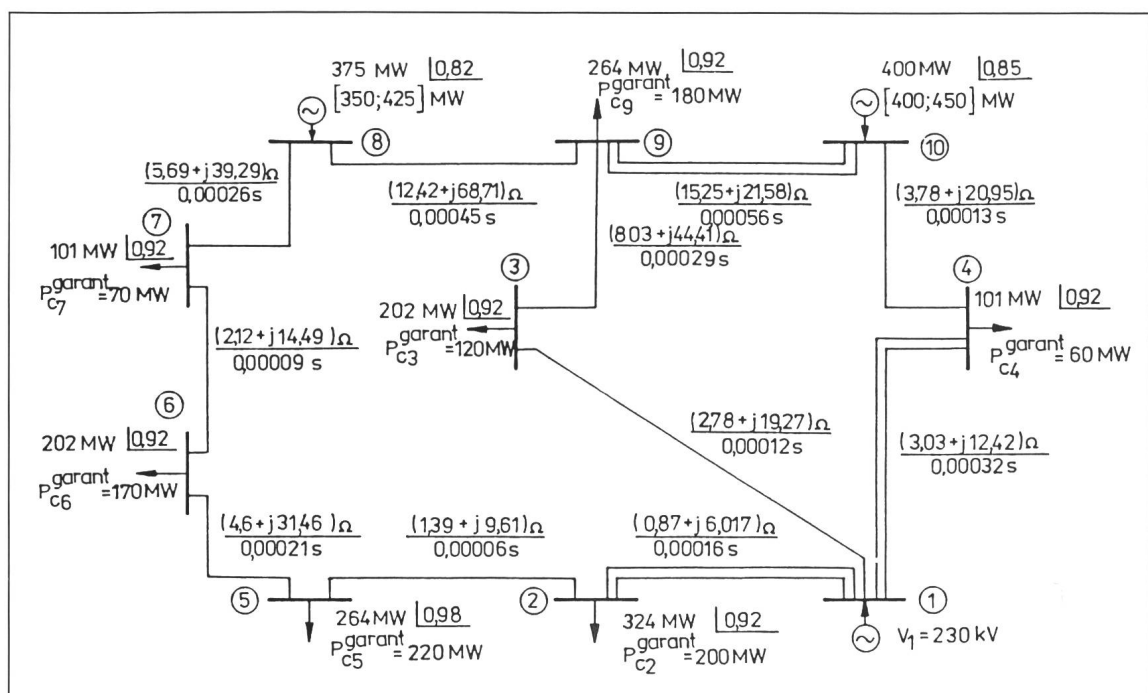
$$\cos \varphi_j = \cos \varphi_{\text{moyen du réseau}} \quad (21)$$

Donc en partant du régime des puissances initiaux, P^{init} , la méthode modifie successivement les puissances injectées dans les nœuds jusqu'à ce que les circulations des puissances dans les branches du réseau soient plus petites que celles admissibles.

Le test de la méthode

La méthode proposée a été testée pour différents réseaux, avec un ou plusieurs plans de tensions, avec un nombre de nœuds allant de 10...100. A titre d'exemple, les résultats pour un réseau simple à 220 kV selon figure 2 sont donnés. Les calculs ont été faits avec l'ordinateur Felix C-256 et avec l'ordinateur professionnel Sinclair QL.

Figure 2
Exemple: Réseau
220 kV avec 10 nœuds



i \ j	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(1,2)	-0,9712	-0,0442	-0,0326	-0,9237	-0,7532	-0,6816	-0,4869	-0,1459	-0,0886
(2,5)	0,0297	-0,0441	-0,0329	-0,9227	-0,7524	-0,6808	-0,4864	-0,1458	-0,0885
(5,6)	0,0297	-0,0441	-0,0329	0,0772	-0,7524	-0,6808	-0,4864	-0,1458	-0,0885
(7,6)	-0,0297	0,0441	0,0329	-0,0772	-0,2475	0,6808	0,4864	0,1458	0,0885
(8,7)	-0,0297	0,0441	0,0329	-0,0772	-0,2475	-0,3191	0,4864	0,1458	0,0885
(8,9)	0,0297	-0,0415	-0,0329	0,0772	0,2475	0,3191	0,5135	-0,1458	-0,0885
(10,9)	-0,0159	-0,1388	0,1222	-0,0414	-0,1329	-0,1713	-0,2755	-0,4586	-0,3288
(10,4)	0,0159	0,1389	-0,1223	-0,0415	0,1330	0,1714	0,2759	0,4589	0,6717
(4,1)	0,0159	0,1388	0,8774	0,0414	0,1328	0,1712	0,2756	0,4584	0,6710
(9,3)	0,0137	-0,1830	0,0894	0,0357	0,1146	0,1477	0,2378	0,3955	0,2401
(1,3)	-0,0137	-0,1813	-0,0893	-0,0357	-0,1146	-0,1477	-0,2378	-0,3955	-0,2401

Figure 3: Les éléments de la matrice K pour le réseau considéré

Ligne	Valeurs limites		Régime initial		Régime modifié	
	P_L^{max} [MW]	S_L^{max} [MVA]	Calcul approximatif	Calcul exact (méth. Newton)	Calcul approximatif	Calcul exact (méth. Newton)
			P_L [MW]	S_L [MVA]	P_L [MW]	S_L [MVA]
(1,2)	662	756	659	732	606,621	676
(2,5)	282	328	334,3	365	281,964	317
(5,6)	324	378	70,3	110	48,324	96
(7,6)	324	378	193,7	185	215,675	204
(8,7)	324	378	294,7	298	316,675	315
(8,9)	282	328	80,3	75	108,324	106
(10,9)	472	547	233,378	232	218,331	238
(10,4)	282	328	166,726	169	181,782	186
(4,1)	472	547	65,596	58	80,630	80
(9,3)	282	328	49,684	47	62,656	61
(1,3)	324	378	152,321	171	139,341	157

Figure 4: Les régimes du réseau considéré

P_L puissance active circulant par les lignes
 S_L puissance apparente circulant par les lignes

Dans le réseau considéré, par la ligne (2,5) en fonction la circulation de puissance est plus grande que celle admissible:

$$P_{L(2,5)}^{init} = 334,3 \text{ MW} > P_{L(2,5)}^{max} = 282 \text{ MW}$$

Si on prend pour le réseau considéré $\gamma = \beta_c / \beta_g = 10$ en utilisant la deuxième ligne de la matrice K (figure 3), il en résulte le vecteur η

$$\eta = [\eta_8 \ \eta_5 \ \eta_{10} \ \eta_6 \ \eta_7 \ \eta_9 \ \eta_3 \ \eta_4]$$

$$= \left[\begin{array}{ccc} \frac{1}{0,148} & -\frac{1}{0,09227} & -\frac{1}{0,0885} \\ -\frac{1}{0,07532} & -\frac{1}{0,06816} & -\frac{1}{0,01458} \\ -\frac{1}{0,00441} & -\frac{1}{0,0033} & \end{array} \right]$$

En utilisant le schéma de calcul selon figure 1, on obtient

$$P_{c5} = P_{c5}^{init} + \delta P_{c5} = (-264 + 30,36) \text{ MW} = -233,64 \text{ MW}$$

$$P_{g8} = P_{g8}^{init} + \delta P_{g8} = (375 + 50) \text{ MW} = 425 \text{ MW}$$

Les calculs des circulations des puissances pour les nouvelles puissances aux nœuds selon figure 4 ont confirmé l'intégration dans le domaine admissible. En même temps on obtient le minimum de la somme des puissances débranchées.

Conclusions

La méthode proposée donne rapidement une solution optimale, acceptable du point de vue pratique, en assurant le minimum de la somme des charges débranchées. La méthode peut être utilisée pour n'importe quel ré-

seau, dans la conduite opérationnelle comme dans les travaux de mis en projet, et permet une réduction substantielle du temps de calcul.

Bibliographie

- [1] M. S. Liseev und Ch. Ch. Šarofidinow: Betriebskorrektur des Energieverteilungssystems zur Eliminierung der Überlast von Übertragungselementen. Energetika i Transport - (1988) 2, S. 71...79, (in russischer Sprache).
- [2] M. S. Liseev und Ch. Ch. Šarofidinow: Einschätzungsmethode der Betriebszuverlässigkeit der Schaltung des Elektrizitäts-Verteilungs-Systems. Energetika i Transport - (1985) 6, S. 68...73, (in russischer Sprache)
- [3] M. Eremia et. al.: Analiza asistată de calculator a regimurilor sistemelor electroenergetice. București, Ed. Tehnică, 1985.
- [4] G. Cârniță: Minimisation des pertes de puissance active dans les réseaux à haute tension. Bull. ASE/UCS 76 (1985) 13, p. 746...749.