

ANALYSE DU NIVEAU D'INFLUENCE DU FOUR A ARC ELECTRIQUE SUR LE RESEAU ELECTRIQUE

Ion RUDEI, Tudor STANCIU

Université Technique de Moldova, irudei@gmail.com, Tstanciu@adm.utm.md

Abstract – L'article présente une analyse expérimentale de fonctionnement du four à arc électrique de petite puissance et une évaluation de l'influence sur le réseau électrique à chaque étape de travail de celui-ci.

Keywords: four à arc, fluctuations de tension, flicker, asymétrie de tension, non sinusoidalite .

1. INTRODUCTION

Les fours à arc électrique (FAE) représentent des récepteurs électriques spécifiques avec une charge continue cyclique, caractérisée par la succession des fusions, avec l'arrêt pour vidanger le métal liquide, pour enfourner et le chargement. Pendant le fonctionnement, le FAE provoque des chocs aléatoires de puissance réactive, en déterminant l'apparition sur les jeux de barres du centre d'alimentation des perturbations, qui affectent le fonctionnement normal des autres consommateurs, raccordés au même point avec le four.

2. CARACTERISRIQUE DE FONCTIONNEMENT DU FOUR

Dans la construction du FAE on distingue le circuit principal de courant et le circuit auxiliaire. Le circuit principal inclut (fig.1): le four avec les électrodes et la cuve 1, le réseau court 2, le transformateur du four 3, le réacteur 4 (dans ce cas il est incorporé) et les commutateurs 6, l'équipement de commutation de moyen tension 5. Au circuit auxiliaire on attribue les circuits de commande, de mesure, de protection, d'automatisation etc.

Le fonctionnement du FAE est caractérisé par les régimes suivants:

1. Le régime électrique, qui est définit par les valeurs du courant, de la tension, de l'impédance et de la puissance. La variation de la charge a lieu par suite de la modification de la longueur et de l'impédance de l'arc, fluctuant de zéro (le court-circuit et la puissance du transformateur et maximale) à l'infinie (la coupure de l'arc).

2. Le régime de chargement, qui est définit par les régimes de marche à vide, de charge nominale et de court-circuit d'exploitation.

3. Le régime de fonctionnement ou économique et rationnel, qui est définit par une série des indices

énergétiques comme la productivité, la consommation spécifique de l'énergie électrique, la qualité et le prix de revient de fabrication. La rationalité de fonctionnement du FAE est caractérisée par la brûlure continue des arcs électriques, l'absence de la non symétrie des puissances des arcs et le rapport correct entre l'impédance du circuit d'alimentation et les impédances des arcs.

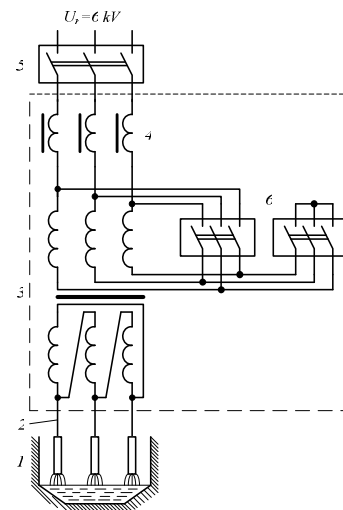


Figure 1: Schéma électrique du FAE.

L'objet d'étude de l'article est le FAE avec la capacité de 1,5 t. La période d'analyse de fonctionnement du four a inclut deux cas, caractérisées par les valeurs différentes de la puissance du transformateur abaisseur de type ETMK (tab.1). La tension nominale d'alimentation est 6kV.

Cas	Type	U_{2n} , V	Paramètres à $U_{2n}=225$ V				S_{nr} , kVA
			S_{nr} , kVA	I_2 , kA	u_{sc} , %	ΔP_{sc} , kW	
1	1600 /10	118-225	1000	2,57	32	20,3	250
2	2000 /10	103-225	1250	3,21	32,3	23	319

Tableau 1: Les paramètres des transformateurs.

Le plus propagé processus d'obtention de l'acier dans les FAE est la fusion sur la charge solide avec l'oxydation. Ce processus se réalise en trois périodes

succédant: la fusion, l'oxydation et le raffinage. Ces périodes peuvent être distinguées aussi par la valeur de la puissance consommée et la température dans le four. Prenant en considération les caractéristiques électriques particulières du FAE (le caractère variable de la charge), les fluctuations de la puissance réactive dépasse considérable les fluctuations de la puissance active.

La consommation de la puissance réactive est nécessaire pour assurer un angle de déphasage assez grand entre le courant et la tension dans le circuit d'alimentation. Cela assure le processus de fusion, en maintenant la brûlure continue des arcs électriques et pour compenser les pertes de puissance réactive dans les éléments de l'installation du four.

L'étude des problèmes liés au fonctionnement des FAE dépend des suivants facteurs:

1. La caractéristique du FAE, c'est-à-dire la destination, le type, le matériel fusionné, la capacité nominale, les paramètres du transformateur et l'équipement électrique, le système automatique de réglage, le processus technologique, le caractère de la charge et la consommation de puissance active et réactive.

2. La caractéristique d'alimentation en énergie électrique, le rapport de puissances du transformateur du four et de court-circuit du système dans le point commun de raccordement du four et du réseau, la présence des installations de compensation [1].

3. Les perturbations créées par le FAE, le type de consommateurs sensibles, l'évaluation quantitative de ces perturbations sur les jeux de barres du centre d'alimentation et leur présence dans le réseau électrique de distribution.

3. ANALYSE DE L'INFLUENCE DU FAE SUR LE RÉSEAU ÉLECTRIQUE

Dans les réseaux électriques alimentant les FAE on peut souligner les suivants types de perturbations:

- les déviations et fluctuations de tension;
- l'asymétrie des courants de phase et des tensions de ligne;
- la non sinusoïdalité de la forme d'onde de tension;
- les surtensions dans les éléments du système d'alimentation en énergie électrique à cause des opérations de commutation dans l'installation du four.

Les plus importantes perturbations sont les fluctuations de tension, qui ont une influence négative en particulier sur l'éclairage électrique et aussi directement sur le four. La nature de ces fluctuations est déterminée par la fluctuation des courants des arcs, qui sont provoquées par:

- les croulements de matériel produisant des court-circuits fréquents monophasés, biphasés ou triphasés, alternant avec des interruptions totales, en

ayant comme conséquence des variations aléatoires du courant d'ordre $(0...2)I_n$;

- les variations continues de la longueur de l'arc, s'amorçant sur les différents sommets du chargement; la disparition par la fusion de ces points de repère de l'arc, dans les intervalles de 0,1...0,4 s, conduise au déplacement de la longueur de l'arc et par conséquent les fluctuations de courant constituent $(0,4...0,5)I_n$;

- les interruptions technologiques du four, soit pour ajouter la charge, soit pour modifier la tension de l'arc, que se réalise par le relèvement des électrodes; comme résultat le courant diminue à zéro en 1-2 s, mais l'abaissement des électrodes en cuve conduise à une augmentation brusque du courant.

Les plus grandes et les plus fréquentes fluctuations des courants ont lieu durant la période de fusion de la charge solide, de tel façon que pour les différentes phases elles apparaissent non simultanément, en provoquant l'asymétrie des courants et démontre la prépondérance des chocs monophasés de courant.

La diminution des fluctuations a lieu lors de la formation du bain liquide. La valeur des fluctuations de tension est plus inférieure dans le régime de fonctionnement avec l'arc court et une faible valeur du facteur de puissance en comparaison avec le régime de l'arc long et de la valeur du facteur de puissance plus élevée. À l'étape finale de fusion il n'y a pas des fluctuations inadmissibles de tension.

Pour analyser le niveau de perturbations créées par le FAE, dans le point de connexion du four au réseau électrique de distribution des mesures à l'aide de l'analyseur de la qualité de l'énergie électrique (QEE) type ERIS-KE.02 ont été effectuées. Cet appareil est prévu à mesurer et enregistrer tous les indicateurs de la QEE établis dans [3] et il est destiné à contrôler et analyser la QEE dans les réseaux électriques mono- et triphasés avec la fréquence nominale de 50 Hz. D'après [3], les valeurs admissibles des fluctuations de tension sont évaluées en utilisant l'un des indicateurs de QEE, caractérisant les fluctuations: l'amplitude de variation de tension et la dose de flicker.

Les valeurs limites admissibles de l'amplitude de variation de tension (δU_i) sous la forme de méandre sont établies en fonction de la fréquence de répétition des variations de la tension par minute ($F_{\delta U_i}$) ou de l'intervalle entre les variations de la tension ($\Delta t_{i,i+1}$), conformément la fig.2.

Dans le tableau 2 on présente les résultats des mesures de l'amplitude de variation de tension dans le point de raccordement du four au réseau électrique 6kV [1]. On mentionne que l'analyseur ERIS-KE.02 mesure les amplitudes de variation de la tension en fonction de l'intervalle entre les variations de la tension et enregistre dans la mémoire interne seulement celles qui dépassent les valeurs admissibles selon la fig.2.

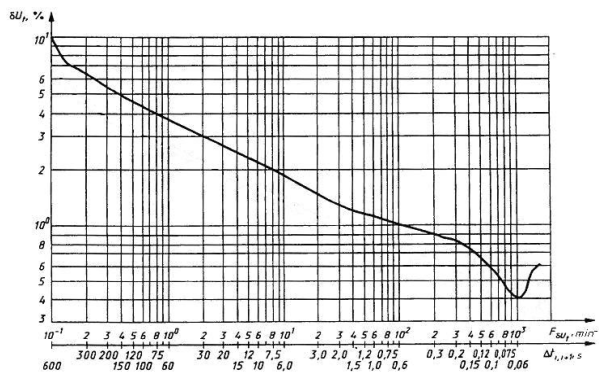


Figure 2: Valeurs limites admissibles des amplitudes de variation de la tension.

Indicateur	Cas	Phase	Période de fonctionnement		
			Fusion 1h 5 min	Oxydation 20 min	Raffinage 55 min
δU_t [%]	1	A	1,93-4,44	3,7	3,01-4,1
		B	2,02-5,67	3,02-4,55	2,7-6,52
		C	1,82-4,04	2,7	2,73-8,73
	2	A	1,92	-	2,73-3,93
		B	3,57	-	2,14-4,44
		C	3,64-3,88	-	2,17-4,2

Tableau 2: Les valeurs mesurées de l'amplitude de variation de tension dans le point de raccordement du four au réseau électrique 6kV.

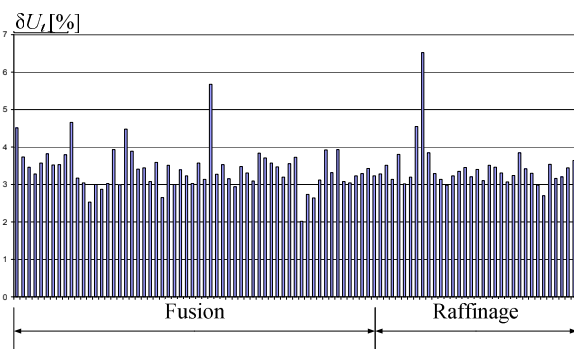


Figure 3: Variation du δU_t en temps (la phase B).

Les résultats des mesures et celles présentés dans le tableau 2 montrent, que l'amplitude de variation de tension pendant les périodes de fonctionnement du four a eu une valeur moyenne de 3,8 %. Il faut souligner, que les valeurs augmentées durant la période de raffinage sont déterminées par la pratique technologique d'ajoutage répété du matériel primaire dans la cuve du four pour obtenir la quantité nécessaire du métal fondu. Aussi, il faut aussi remarquer, qu'après le remplacement du transformateur, l'amplitude de variation de tension a diminué.

Dans le tableau 3 sont présentés les résultats des mesures du facteur d'asymétrie de succession négative de la tension (K_{2U}) aux jeux de barres 6 kV de la sous-station électrique d'alimentation.

Indicateur	Cas	Période de fonctionnement			
		Fusion	Oxydation	Raffinage	
K_{2U} [%]	moy	1	0,795	0,773	0,74
		2	0,549	0,609	0,578
	max	1	2,137	2,02	5,508
		2	1,707	2,1	2,41

Tableau 3: Le niveau d'asymétrie aux jeux de barres d'alimentation.

D'après le tableau 3 on voit que le facteur d'asymétrie de succession négative de la tension dans le deuxième cas est plus grand et dépasse les valeurs normatives.

L'analyse spectrale des harmoniques supérieures dans le point de mesure pour le deuxième cas, est présentée dans la figure 4: a – pour la période de fusion et b – pour la période de raffinage

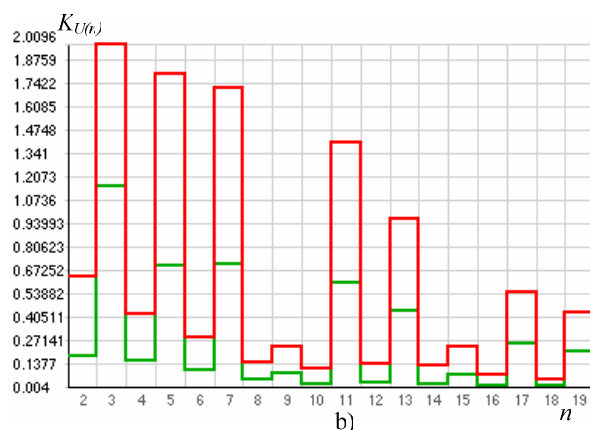
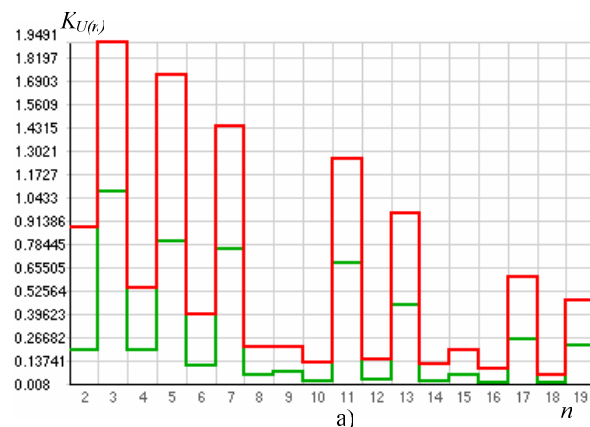


Figure 4: Le niveau d'harmoniques supérieures dans le point de mesure (la phase A).

Le niveau d'harmoniques supérieures est resté pratiquement le même, cependant les normes pour les harmoniques 2, 3, 4, 6, 8, 11, 12, 14 sont dépassées.

4. CONCLUSIONS

A la suite de l'analyse effectuée, on peut constater que le fonctionnement du FAE a un effet négatif relatif à la qualité de l'énergie électrique livrée de la sous-station électrique d'alimentation. Il faut remarquer, que le remplacement du transformateur du four a déterminé la diminution des fluctuations de tension, toutefois le niveau de ces fluctuations, de l'asymétrie et de la sinusoïdalité reste plus grand que les valeurs admissibles.

Ayant ces résultats il nécessite de prévoir des mesures respectives: l'utilisation des installations statiques de compensation de la puissance réactive et des filtres anti-harmoniques; élaboration des mesures d'optimisation du processus technologique (le four analysé est surchargé de 1,5...2 fois plus que la capacité nominale).

References

- [1] I. Rudei, *Analyse expérimentale des variations rapides de la tension dans les réseaux électriques de distribution*, SIELMEN, vol.1, 2005, pp. 399-401.
- [2] Vliianie dugovâh electropceci na sistemî electrosnabjenia. Pod red. M.Ia. Smeleanskogo i R.V. Mineeva.-M. : Energhia, 1975.
- [3] GOST 13109-97. *Elektricskaia energhia. Sovmestimosti tehniceskikh sredstv electromagnitnaia. Normî cacestva electriceskoi energhii v sistemah electrosnabjenia obşego naznachenia.*- Minsk: Izdatelstvo standartov, 1997.
- [4] Power Quality in European Electricity Supply Networks - 1st edition. Network of Experts for Standardisation. EURELECTRIC, February 2002.
- [5] Roger C. Dugan, Mark F. McGranaghan *Electrical Power Systems Quality. Second edition.* The McGraw-Hili Companies, 2004.