

**Уменьшение потерь электроэнергии в элементах  
электрообеспечения цехов предприятий черной металлургии**

***Абдурахим Дехканович Таслимов***

*кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой  
Электрообеспечения Энергетического факультета Ташкентского  
государственного технического университета,  
100095, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Университетская, 2*

***Рахмонов Икромжон Усманович***

*ассистент кафедры Электрообеспечения Энергетического факультета  
Ташкентского государственного технического университета,  
100095, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Университетская, 2  
E-mail: [lider\\_1987@mail.ru](mailto:lider_1987@mail.ru)*

**Reduction of losses of the electric power in elements  
power supply of shops of the enterprises of ferrous metallurgy**

***TaslimovAbdurahim***

*Candidate of Engineering Sciences, Decent, Chief of Electric Supply  
Department of Energetic Faculty of Tashkent State Technical University,  
100095, Republic of Uzbekistan, Tashkent, University Str., 2*

***RakhmonovIkromdzhon***

*Assistant of Electric Supply Department of Energetic Faculty of Tashkent State  
Technical University,  
100095, Republic of Uzbekistan, Tashkent, University Str., 2*

**АННОТАЦИЯ**

В статье приводится анализ потерь энергии электрических сетях в системе электрообеспечения цехов предприятий черной металлургии, который складывается в основном из потерь на трансформацию и передачу энергии по проводам электросетей и их влияния в технологический процесс.

Установлено, что критерием правильного выбора числа параллельно при заданной нагрузке является возможный минимум потерь энергии и анализируется понижение значения потерь энергии с помощью графика кривых потерь в функции нагрузки для одного, двух и трех параллельно работающих трансформаторов. Предлагается формула целесообразности работы с однотипными параллельно работающими трансформаторами, при которой

экономически выгодно перейти с  $n$  на  $n+1$  включенный трансформатор. Приводятся значения относительных нагрузок, вычисленные по предлагаемой формуле для трансформаторов напряжением 6/0,4 кВ различных мощностей, при которых выгодно включать на параллельную работу два и три трансформатора. Определяется условия целесообразности замены недогруженного трансформатора, для чего необходимо из суточного графика нагрузки определить значения среднеквадратичного тока и рассчитать суммарные потери мощности, в противном случае замена трансформатора приводит к увеличению потерь энергии. Рекомендуется ответвление обеспечивающее возможность регулирования коэффициента трансформации.

### **ABSTRACT**

In article the analysis of losses of energy electric networks is provided in system of power supply of shops of the enterprises of ferrous metallurgy which their influence in technological process consist generally of losses on transformation and transmission of energy on wires of power supply networks also.

It is established that criterion of a right choice of number in parallel at the set loading is the possible minimum of losses of energy and decrease of value of losses of energy by means of the schedule of curve losses as loading for one, two and three in parallel the working transformers is analyzed. The formula of expediency of work with the working transformers same in parallel at which economically benefits to pass with to the switched-on transformer is offered. It is given the values of relative loadings calculated on the offered formula for transformers of 6/0,4 kV of various capacities at which it is favorable to include for parallel work two and three transformers. Is defined conditions of expediency of replacement of the underloaded transformer for what it is necessary to define values of mean square current from the daily production schedule and to calculate total losses of power, otherwise replacement of the transformer leads to increase in losses of energy. The branch providing possibility of regulation of coefficient of transformation is recommended.

**Ключевые слова.** Рациональный режим, экономический эффект, среднеквадратичный ток, коэффициент загрузки.

**Keywords.** Rational mode, economic effect, mean square current, loading coefficient.

Потери электроэнергии в элементах электроснабжения цеха складываются в основном из потерь на трансформацию и передачу энергии по проводам электросетей. Эти потери можно значительно снизить, эксплуатируя трансформаторы в наивыгоднейшем режиме, т. е. в режиме, при котором суммарные потери энергии в них и в сетях будут наименьшими.

Рациональный режим может быть обеспечен при фактической нагрузке трансформатора, вычисленной по формуле:

$$S_{\phi} = S_n \sqrt{\frac{\Delta p_{x.x} + k_3 S_n I_{x.x} / 100}{\Delta p_{к.з} + k_3 S_n^2 / 100}} \quad \text{кВа}, \quad (1)$$

где  $S_n$  - номинальная мощность трансформатора, кВа,  $I_{x.x}, u_k$  - соответственно токи холостого хода и напряжение короткого замыкания трансформатора, %;  $k_3$  - экономический эквивалент реактивной нагрузки, кВт/кВар.

Так как на подстанциях прокатных цехов металлургического комбината обычно устанавливают для параллельной работы трансформаторы одинаковой мощности, практически невозможно создать условия для их оптимального режима работы. Критерием правильного выбора числа параллельно работающих трансформаторов при заданной нагрузке является возможный минимум потерь энергии [3].

Критическую величину суммарной нагрузки подстанций, при которой потери энергии будут наименьшими, можно определить построив кривые потерь в функции нагрузки для одного, двух или трех параллельно работающих трансформаторов.

Определим нагрузку подстанции с однотипными параллельно работающими трансформаторами, при которой экономически выгодно перейти с  $n$  на  $n+1$  включенный трансформатор, исходя из того, что при этой нагрузке

значение потерь при  $n$  и  $n+1$  трансформаторах должны быть одинаковыми. Так как потери холостого хода трансформаторов, работающих параллельно, увеличиваются в  $n$  раз, а потери короткого замыкания уменьшаются в  $n$  раз, уравнение, удовлетворяющее поставленному условию, будет иметь вид:

$$n \left( \Delta p_{x.x} + k_y S_i \frac{I_{x.x}}{100} \right) + \frac{1}{n} \left( \Delta p_{\dot{e}.c} + k_y S_i \frac{u_{\dot{e}}}{100} \right) \left( \frac{S}{S_i} \right)^2 = (n+1) \left( \Delta p_{x.x} + k_y S_i \frac{I_{x.x}}{100} \right) + \frac{1}{n+1} \left( \Delta p_{\dot{e}.c} + k_y S_i \frac{u_{\dot{e}}}{100} \right) \left( \frac{S}{S_i} \right)^2 \quad (2)$$

где  $S$  - полная нагрузка подстанции,  $кВа$ ;  $S_n$  - номинальная мощность каждого из трансформаторов,  $кВа$ .

Решая это уравнение относительно  $S$ , получим:

$$S = S_n \sqrt{n(n+1)} \sqrt{\frac{\Delta P_{x.x} + k_y S_n I_{x.x} / 100}{\Delta p_{к.з} + k_y S_n u_{к} / 100}}, \quad (3)$$

В табл. 1 приведены значения относительных нагрузок, вычисленные по формуле (3) для трансформаторов напряжением 6/0,4  $кВ$  мощностью 320, 560 и 1000  $кВА$ , при которых выгодно включать на параллельную работу два и три трансформатора.

Из табл. 1 следует, что увеличение экономического эквивалента  $k$ , приводит к повышению экономически целесообразной нагрузки трансформатора.

Таблица 1

Значения относительных нагрузок для трансформаторов напряжением 6/0,4  $кВ$  мощностью 320, 560 и 1000  $кВА$

Мощность трансформатора $кВА$	Число включенных трансформаторов, шт.	Относительная нагрузка каждого из трансформаторов				
		без учета потерь от реактивной мощности	с учетом потерь реактивной мощности и экономического эквивалента			
			0,02	0,05	0,07	0,1

400	1	0,725 0,600	0,785	0,855	0,895	0,945	1,010
	2	0,592	0,650	0,710	0,806	0,785	0,840
	3		0,640	0,696	0,795	0,770	0,825
630	1	0,725 0,600	0,785	0,867	0,915	0,966	0,980
	2	0,592	0,650	0,725	0,760	0,802	0,812
	3		0,640	0,713	0,747	0,788	0,800
1000	1	0,805	0,852	0,925	0,940	0,990	1,020
	2	0,670	0,708	0,768	0,780	0,860	0,848
	3	0,657	0,695	0,755	0,768	0,795	0,834

Дежурный персонал подстанции, руководствуясь данными табл.1, должен в зависимости от нагрузки подстанции включить или выключить один из трансформаторов. Во время минимальных нагрузок, продолжительностью 1-2 часа, отключать трансформаторы нецелесообразно [1,2].

В менее благоприятных условиях находятся подстанции с одним трансформатором. В этом случае можно рассматривать, вопрос о его замене и подборе трансформатора соответствующей мощности. Для выяснения целесообразности замены недогруженного трансформатора необходимо из суточного графика нагрузки определить среднеквадратичный ток и рассчитать суммарные потери мощности. Незагруженный трансформатор рекомендуется заменить трансформатором меньшей мощности только в том случае, если суммарные потери установленного трансформатора меньше суммарных потерь устанавливаемого трансформатора, а среднеквадратичный ток не превосходит его номинальное значение. В противном случае замена трансформатора приводит к увеличению потерь энергии.

Экономический эффект от изменения числа параллельно работающих трансформаторов или от замены недогруженного трансформатора подсчитывают исходя из различного коэффициента загрузки  $\beta$  при различном числе работающих трансформаторов и разности потерь энергии трансформатора большей и малой мощности за учетный период времени [4].

В условиях эксплуатации цехового электрооборудования напряжение сети можно увеличить вследствие переключения ответвлений трансформатора. Как известно, в распределительных трансформаторах со стороны высокого напряжения, кроме основного ответвления, предусмотрены два ответвления, обеспечивающие возможность регулирования коэффициента трансформации на +5% от номинального.

Таким образом, при ненагруженном трансформаторе и номинальном первичном напряжении 6 кВ (в зависимости от включения ответвления) на вторичной стороне его можно получить следующие напряжения; ответвление: +5% дает снижение вторичного напряжения до 380В, основное ответвление обеспечивает надбавку 5% к 380 В ответвление – 5% дает надбавку 10% к 380 В. А при холостом ходе на вторичной стороне трансформатора напряжением 6/0,4 кВ в можно получить напряжение 420 В, что примерно на 10% выше 380 В.

#### **Список литературы:**

1. Рахмонов И.У. Энергетика: Энергетические системы и комплексы. Мероприятия по экономии электроэнергии на компрессорных станциях. «Аспирант и соискатель» №6 (84). Журнал актуальной научной информации. Москва-2014. 84-87 стр.

2. ХошимовФ.А., РасуловА.Н., РахмоновИ.У. Прогнозирование электропотребления за счет улучшения эффективности работы компрессорных станций. “INNOVATION-2014” международная научная конференция. Ташкент-2014, 23-24 октябрь. Сборник научных статей 144 стр.

3. ХошимовФ.А., РахмоновИ.У., АкбаровФ.А. Оценка и методы расчета энергетических показателей на предприятиях. «Актуальные проблемы современной науки» №2, Ежемесячный научно-технический журнал. №2 (81) Москва-2015

4. Hoshimov F.A., Rahmonov I.U. Rationing of electricity production in the rolling of ferrous metallurgy. European Science review Scientific journal №11-12 2014 (November-December). Austria, Vienna.

5. Hoshimov F.A., Rahmonov I.U. Analysis of the optimal energy indicators of electric arc furnace. «Austrian Journal of Technical and Natural Sciences», №3-4 (март-апрель) 2015. Austria, Vienna.

### **References:**

1. Rakhmonov I.U. Energetik: Power systems and complexes. Actions for economy of the electric power at compressor stations. "Graduate student and competitor" No. 6 (84) Magazine of Actual Scientific Information. Moscow-2014. 84-87 p. (In Russian)

2. Hoshimov F.A., Rasulov A. N., Rakhmonov I. U. Forecasting of a power consumption due to improvement of overall performance of compressor stations. "INNOVATION-2014" international scientific conference. Tashkent-2014, 23-24 October. Collection of scientific articles of 144 p. (In Russian)

3. Hoshimov F.A., Rakhmonov I. U., Akbarov F.A.. An assessment and methods of calculation of power indicators at the enterprises. "Actual problems of modern science" No. 2, Monthly scientific and technical magazine. No. 2 (81) Moscow-2015 (In Russian)

4. Hoshimov F.A., Rahmonov I.U.. Rationing of electricity production in the rolling of ferrous metallurgy. European Science review Scientific journal No. 11-12 2014 (November-December). Austria, Vienna. (In English)

5. Hoshimov F.A., Rahmonov I.U.. Analysis of the optimal energy indicators of electric arc furnace. "Austrian Journal of Technical and Natural Sciences", No. 3-4 (March-April), 2015. Austria, Vienna. (In English)