

УДК 621.3

ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ ОАО «ГРОДНО АЗОТ»

Атрашков Д.Г.

Научный руководитель – м.т.н., старший преподаватель Гапанюк С.Г.

ОАО «Гродно Азот» является крупнейшим потребителем электроэнергии в Гродненской области. С каждым годом в сети предприятия всё больше внимания уделяется вопросам в области энергосбережения. Так одна из целей, преследуемая политикой энергосбережения – это достижение минимального значения потерь электроэнергии в сети предприятия.

В качестве объекта исследования рассмотрены распределительные подстанции предприятия, а именно ремонтно механического производства, с двухсменным графиком работы.

На подстанциях установлено по два трансформатора. Потребители, питающиеся от подстанций, относятся ко второй категории по надежности электроснабжения, автоматический ввод резерва (АВР) между вводами отсутствует, и все переключения выполняются оперативным персоналом предприятия, что позволяет вывести из работы один из трансформаторов. Экономическая целесообразность данного мероприятия рассмотрена ниже.

Как известно, суммарные потери мощности в трансформаторах, состоят из потерь холостого хода и нагрузочных потерь. При параллельной работе двух и более трансформаторов на одной подстанции суммарные потери будут зависеть от суммарной нагрузки S подстанции и числа включённых трансформаторов.

При одном трансформаторе суммарные потери находятся по формуле:

$$\Delta P_1 = \Delta P_x + \Delta P_k \left(\frac{S}{S_{НОМ}} \right)^2, \text{ кВт}, \quad (1)$$

где ΔP_k – потери короткого замыкания, кВт, ΔP_x – активные потери холостого хода, кВт, S – полная мощность, протекающая через трансформатор, кВА, $S_{НОМ}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА.

а при двух одинаковых трансформаторах:

$$\Delta P_2 = 2 \cdot \Delta P_x + \frac{\Delta P_k}{2} \left(\frac{S}{S_{НОМ}} \right)^2, \text{ кВт} \quad (2)$$

Зависимости изменения потерь мощности показаны на рисунке 1.

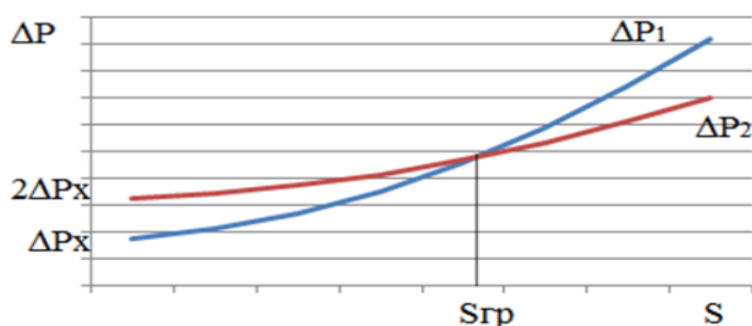


Рисунок 1–Зависимости потерь активной мощности от нагрузки и числа включенных трансформаторов (ΔP_1 , ΔP_2 – суммарные потери, возникающие при работе одного и двух трансформаторов, кВт, S – мощность, передаваемая через трансформатор, кВА.)

Из рисунка 1 мы видим, что при построении зависимостей потерь мощности, при работе одного и двух трансформаторов, имеется некоторая точка, соответствующая граничной мощности $S_{гр}$, которая позволяет сделать вывод, о целесообразности включения в работу одного или двух трансформаторов.

Из уравнений (1) и (2), получим величину граничной мощности:

$$S_{ГР} = S_{НОМ} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P_{\text{к}}}{\Delta P_{\text{к}}}}, \text{ кВА} \quad (4)$$

Величина граничной мощности позволяет говорить о оптимальности отдельно взятого режима работы подстанции, однако при расчёте эффективности проведения мероприятия мы должны перейти от потерь мощности к потерям электроэнергии.

Потери электроэнергии при работе двух трансформаторов и одного найдём по формулам (5) и (6).

$$\Delta W_2 = \frac{\Delta P_{\text{к}}}{2} \cdot \left(\frac{S}{S_{НОМ}}\right)^2 \cdot \tau + 2 \cdot \Delta P_{\text{к}} \cdot 8760, \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (5)$$

$$\Delta W_1 = \Delta P_{\text{к}} \cdot \left(\frac{S}{S_{НОМ}}\right)^2 \cdot \tau + \Delta P_{\text{к}} \cdot 8760, \text{ кВт} \cdot \text{ч}; \quad (6)$$

где τ – время максимальных потерь, ч.

$$\tau = (0,124 + T_{НБ} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760, \text{ ч}, \quad (7)$$

где $T_{НБ}$ – время использования наибольшей нагрузки.

При построении графиков зависимости потерь электроэнергии при работе двух или одного трансформатора от передаваемой мощности, мы будем видеть несколько другую картину. Точка граничной мощности на таком графике будет лежать выше точки, полученной при расчётах потерь мощности.

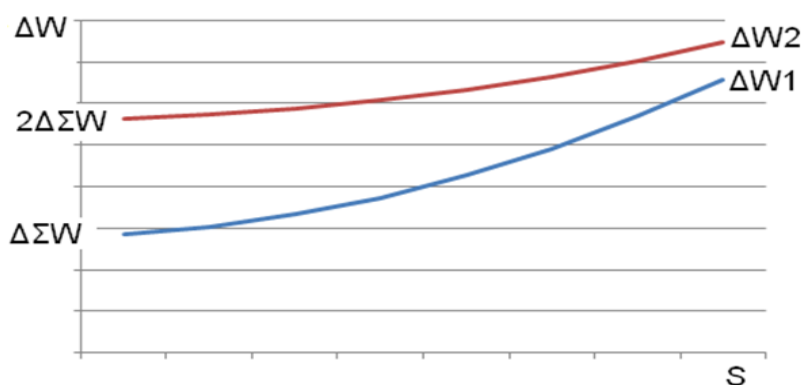


Рисунок 2 – Зависимости потерь электроэнергии от нагрузки и числа включенных трансформаторов при $T_{НБ}=2000$ ч. ($\Delta W_1, \Delta W_2$ – суммарные потери электроэнергии, возникающие при работе одного и двух трансформаторов, кВт·ч, S – мощность, передаваемая через трансформатор, кВА.)

Величина граничной мощности на графиках зависимости потерь электроэнергии от передаваемой мощности будет зависеть от времени максимальных потерь, а соответственно от времени использования наибольшей нагрузки. С уменьшением времени использования наибольшей нагрузки точка граничной мощности будет смещаться вправо и в итоге станет больше номинальной мощности одного трансформатора. Пример потерь электроэнергии в трансформаторах при времени использования наибольшей нагрузки 7000 часов изображён на рисунке 3.

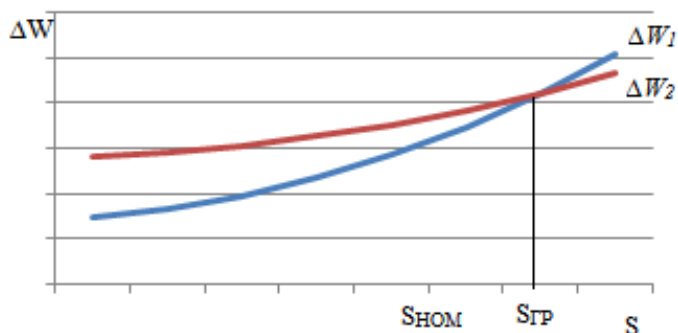


Рисунок 3 – Зависимости потерь электроэнергии от нагрузки и числа включенных трансформаторов при $T_{НБ}=7000$ ч.

Приведём пример расчёта потерь мощности и потерь электроэнергии для подстанции №41. Исходная информация по подстанциям содержится в таблице 1.

Таблица 1 – Исходная информация по подстанциям

Номер подстанции	Тип трансформатора	cosφ	Полная мощность, кВА	Активная мощность, кВт	Реактивная мощность, квар	Время использования наибольшей нагрузки, ч
№ 41	ТСЗЛ-1000/10	0,62	509,2	315,7	399,5	4000
№ 67	ТМЗ-1000/10	0,65	697,5	453,4	530,1	4400
№ 5	ТМЗ-1000/10	0,65	487,1	381,6	446,2	4400

Таблица 2 – Каталожные данные по трансформаторам

№ п/п	Тип трансформатора	SHOM, кВА	UBH, кВ	UHH, кВ	ΔPxx, кВт	ΔPкз, кВт	Uкз, %
1	ТСЗЛ-1000/10	10	10,5	0,4	2,0	8,8	6
2	ТМЗ-1000/10	10	10,5	0,4	2,45	11	5,5

Для подстанции №41 (работает 1 трансформатор):

$$\Delta P_1 = 2,0 + 8,8 \left(\frac{509,2}{1000} \right)^2 = 2,0 + 2,28 = 4,28 \text{ кВт};$$

Работает 2 трансформатора:

$$\Delta P_2 = 2,0 \cdot 2 + \frac{8,8}{2} \left(\frac{509,2}{1000} \right)^2 = 4 + 1,14 = 5,14 \text{ кВт}.$$

При работе двух трансформаторов на заданной мощности суммарные потери мощности возрастут 0,86 кВт. Граничная мощность составит:

$$S_{гр} = 1000 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 2,0}{8,8}} = 674,2 \text{ кВА}$$

Таблица 3 – Результаты расчётов потерь мощностей по подстанциям

Номер подстанции	1 трансформатор			2 трансформатора			Граничная мощность, кВА	Разница, кВт
	Нагрузочные потери, кВт	Потери холостого хода, кВт	Суммарные, кВт	Нагрузочные потери, кВт	Потери холостого хода, кВт	Суммарные, кВт		
41	2,28	2,00	4,28	1,14	4,00	5,1	674,2	0,86
67	5,35	2,45	7,80	2,68	4,90	7,6	667,4	-0,2
5	2,61	2,45	5,06	1,30	4,90	6,2	667,4	1,14

Построим зависимость потерь в трансформаторах подстанции от передаваемой мощности для режимов с одним и двумя включёнными трансформаторами.

Потери мощности ТСЗЛ-1000/10

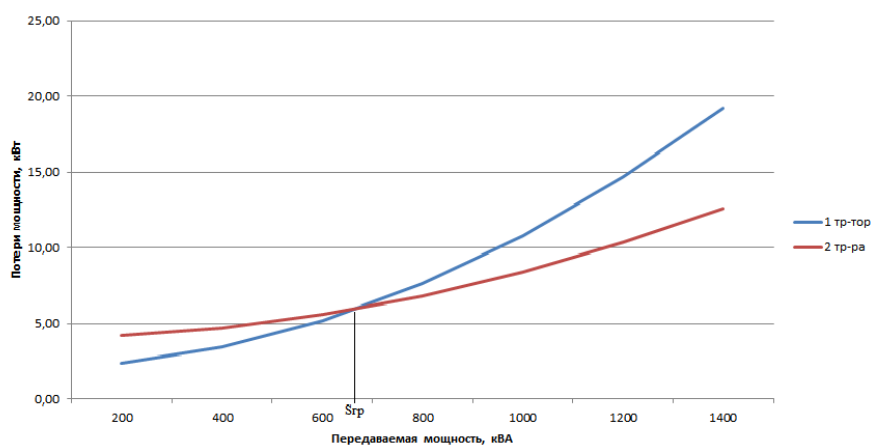


Рисунок 4 – Зависимость суммарных потерь мощности от передаваемой мощности через один и два работающих трансформатора

Для подстанции №41 потери электроэнергии:
 $\tau = (0,124 + 4000 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 2405 \text{ ч};$

$$\Delta W_1 = 2,28 \cdot 2405 + 2 \cdot 8760 = 23003, \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

$$\Delta W_2 = 1,14 \cdot 2405 + 2 \cdot 2 \cdot 8760 = 37784, \text{ кВт}\cdot\text{ч};$$

Потери электроэнергии по всем подстанциям сведём таблицу 5.

Таблица 5 – Потери электроэнергии по всем подстанциям

Номер подстанции	1 трансформатор	2 трансформатора	Время максимальных потерь, ч
	Суммарные потери электроэнергии, кВт·ч	Суммарные потери электроэнергии, кВт·ч	
41	23008	37784	2405
67	36377	50381	2787
5	28736	46561	2787

Построим зависимость потерь в трансформаторах подстанции от передаваемой мощности для режимов с одним и двумя включёнными трансформаторами.

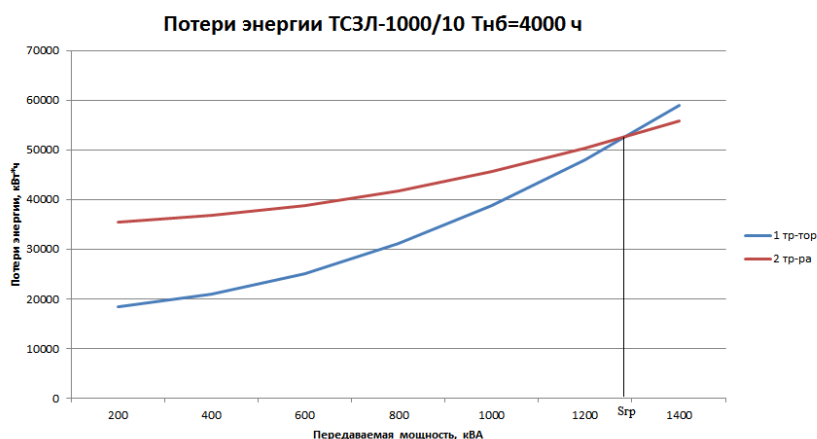


Рисунок 5 – Зависимость суммарных потерь электроэнергии от передаваемой мощности через один и два работающих трансформатора

Анализируя полученные графики зависимостей на рисунках 5 и 4, мы видим, что граничная мощность на рисунке 4 равна приблизительно 670 кВА, т.е. исходя из этого, можно сделать, что при протекании мощности, больше 670 кВА, целесообразно использовать два трансформатора. Так как мощность подстанции №41 равна 509,2 кВА, то целесообразно использовать один трансформатор.

Если же мы посмотрим на рисунок 5, то увидим, что граничная мощность по полученному графику составляет 1290 кВА, что даже больше номинальной мощности трансформатора. То исходя из величины потерь электроэнергии, целесообразно, при заданном значении времени использования максимальной нагрузки, использовать всегда один трансформатор, вплоть до полной загрузки его до номинальной мощности.

После проведения расчётов оказалось, что в год экономия электроэнергии от уменьшения потерь составит 46606 кВт·ч. Графически это отразим на рисунке 7.

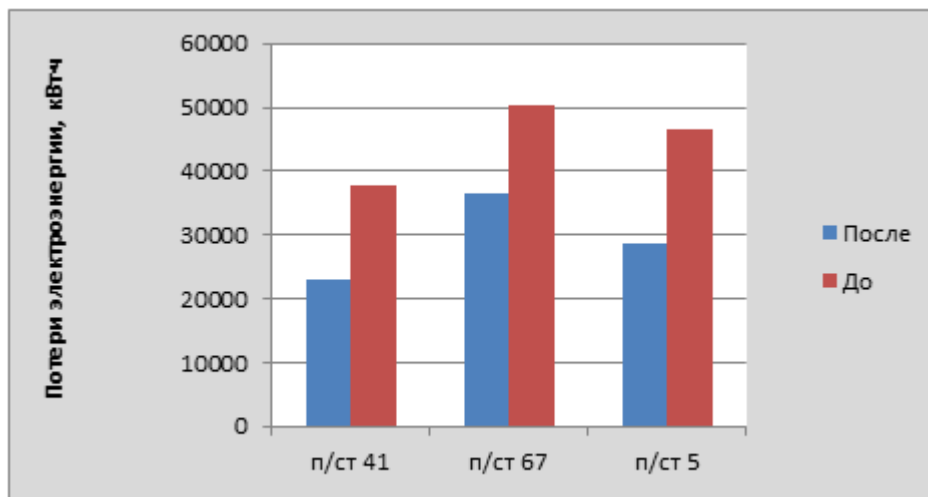


Рисунок 7 – Потери электроэнергии до и после внедрения мероприятия

Литература

1. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: Учебное пособие/ А.А.Герасименко, В.Т.Федин. – Ростов-н/Д.: Феникс. 2006г. – 720 с.
2. Поспелов Г.Е., Федин В.Т. Электрические системы и сети. Проектирование Учебное пособие для втузов – 2-е изд., испр. и доп. – Мн.: Высшэйшая школа, 1988г. – 308 с.
3. Официальный интернет-сайт ОАО «Гродно Азот». Режим доступа: <http://www.azot.by>.
4. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем. В.Э. Воротницкий и др. Минск: Энергоатомиздат 1983г.-368с..