

УДК 621.316

С.Е.КЛИМЕНКОВА, студент гр. ЭПм-201 (КузГТУ),

Т.А. АБДУЛОВА, студент гр. ЭПм-201 (КузГТУ),

Научный руководитель Т.Л. ДОЛГОПОЛ, доцент (КузГТУ)

г. Кемерово

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛУБОКОГО ВВОДА В СЭС ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

С каждым годом рекорды по загрязнению экологии становятся всё более угрожающими. Так, в 2020 г. зафиксировано беспрецедентное количество случаев высокого загрязнения воздуха, а за девять месяцев с начала года число ядовитых газов, выброшенных в атмосферу, увеличилось в три раза (по сравнению с 2011-2015 гг.).

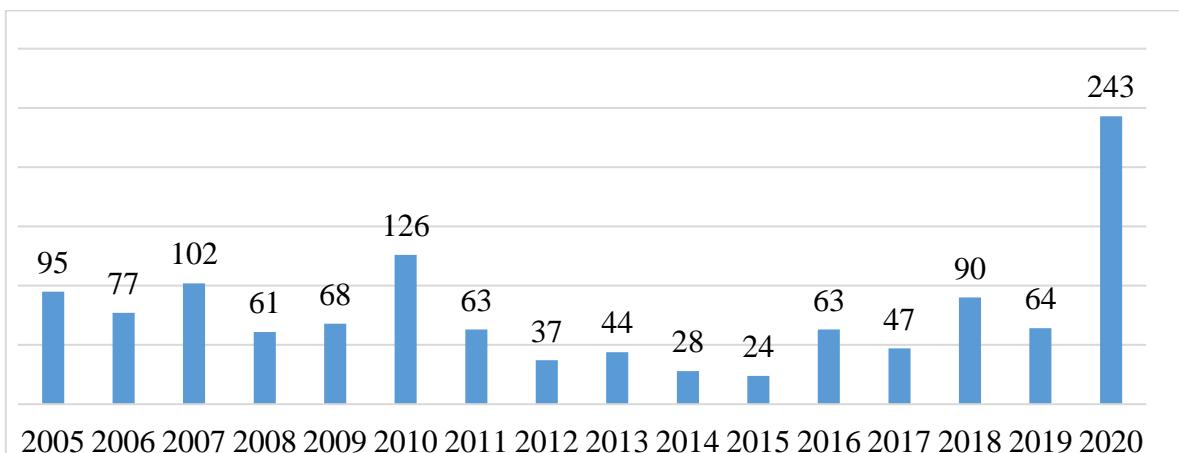


Рисунок 1. Гистограмм числа случаев высокого и экстремально высокого загрязнения воздуха

В современной России потребление электроэнергии значительно увеличивается [2], а ведь именно энергетика является одним из источников неблагоприятного воздействия на окружающую среду и человека. Её влияние на атмосферу (потребление кислорода, выбросы газов, влаги и твердых частиц), гидросферу (потребление воды, создание искусственных водохранилищ, сбросы загрязнённых и нагретых вод, жидких отходов) и на литосферу (потребление ископаемых топлив, изменение ландшафта, выбросы токсичных веществ) велико.

Загрязнителями окружающей среды являются:

- загрязнённые стоки — 27%;
- выбросы вредных веществ — 48%;
- парниковые газы — 70%;
- вредные отходы — 30%;

— выделения оксида азота — 72%.

Одной из основных причин выброса парниковых газов является производство электрической и тепловой энергии тепловыми электростанциями. Увеличивающийся спрос на электроэнергию требует своевременного ввода в действие новых генерирующих мощностей. В связи с этим есть два пути уменьшения выбросов парниковых газов и улучшения экологической ситуации в мире. Первый из них — переход на возобновляемые источники энергии, а второй — повышение энергоэффективности систем электроснабжения как промышленных, так и бытовых потребителей.

В мире наблюдается устойчивая тенденция к повышению доли электрической энергии, получаемой за счет ветряной и солнечной энергетики. В России, однако, этот процесс идет крайне медленно из-за достаточности запасов традиционных энергоресурсов — угля, газа и нефти. При этом более 53% потребляемой электроэнергии в нашей стране приходится на промышленную отрасль. В связи с вышесказанным заключаем, что для снижения выбросов CO₂ в атмосферу необходимо повышать энергоэффективность систем электроснабжения промышленных предприятий.

Существует комплекс энергосберегающих мероприятий, позволяющих снизить потери электроэнергии в элементах системы внутреннего электроснабжения предприятия. К ним относятся:

- использование энергоэффективного электрооборудования (например, современных силовых трансформаторов в цеховых КТП);
- уменьшение перетоков реактивной мощности в сетях предприятия за счет использования в СЭС компенсирующих устройств;
- применение глубокого ввода;
- уменьшение времени работы электроприемников на холостом ходу;
- замена малозагруженного электрооборудования на аппаратуру меньшей мощности;
- целый комплекс мероприятий по снижению затрат электроэнергии на освещение.

Произведем оценку экономической целесообразности использования в СЭС промышленных предприятий глубокого ввода. Глубоким вводом называют систему электроснабжения с максимально возможным приближением высшего напряжения к электроустановкам потребителей с минимальным количеством ступеней промежуточной трансформации и аппаратов [3]. Если на предприятии есть отдельные энергоемкие цеха, то в этом случае рационально запитывать их от индивидуальных подстанций глубокого ввода, максимально приближенных территориально к этим цехам. Другим вариантом использования глубокого ввода является применение для распределения электроэнергии между объектами предприятия напряжения 35 кВ (вместо 6 или 10 кВ, которые преимущественно используются в настоящее время).

В этом случае в цеховых КТП устанавливаются силовые трансформаторы 35/0,4 кВ вместо трансформаторов 10/0,4. Оценка эффективности использования глубокого ввода в СЭС промышленных предприятий произведена на примере завода трансформаторостроения.

Нами была определена нагрузка цехов, выбрана мощность цеховых трансформаторов типа ТМГ на уровнях высшего напряжения 35 и 10 кВ; рассчитаны токовые нагрузки линий, питающие цеховые КТП, а также выбраны сечения линий для двух классов напряжения.

С учетом технических характеристик цеховых трансформаторов и их коэффициентов загрузки, а также нагрузки линий электропередач рассчитаны годовые потери электроэнергии в последних (табл. 1).

Таблица 1

Годовые потери электроэнергии в трансформаторах (ΔW_m) и линиях электропередач (ΔW_L)

| № п/п | Наименование цеха | 35 кВ | | | 10 кВ | | |
|--------------|--|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| | | ΔW_m , МВт·ч | ΔW_L , МВт·ч | ΔW_{Σ} , МВт·ч | ΔW_m , МВт·ч | ΔW_L , МВт·ч | ΔW_{Σ} , МВт·ч |
| 1 | Главный корпус | 12,60 | 33,74 | 46,34 | 10,69 | 189,68 | 233,91 |
| 2 | Сварочный корпус | 10,34 | 44,55 | 54,89 | 8,54 | 545,90 | 554,44 |
| 3 | Аппаратный корпус | 8,44 | 25,17 | 33,60 | 6,73 | 308,42 | 315,15 |
| 6 | Лаборатории, заводоуправления, конструкторское бюро, конторы | 11,26 | 26,90 | 38,15 | 9,41 | 151,21 | 160,62 |
| 9 | Термическая нагрузка (нагревательные печи) | 15,72 | 39,30 | 55,03 | 15,00 | 345,69 | 360,69 |
| 10 | Механосборочные, столярные, модельные | 7,98 | 25,19 | 33,17 | 6,03 | 193,18 | 199,21 |
| Итого | | 66,3 | 194,8 | 261,2 | 56,4 | 1 734,1 | 1 824,0 |

Составляющие потерь электроэнергии в трансформаторах и ЛЭП на напряжение 35 кВ

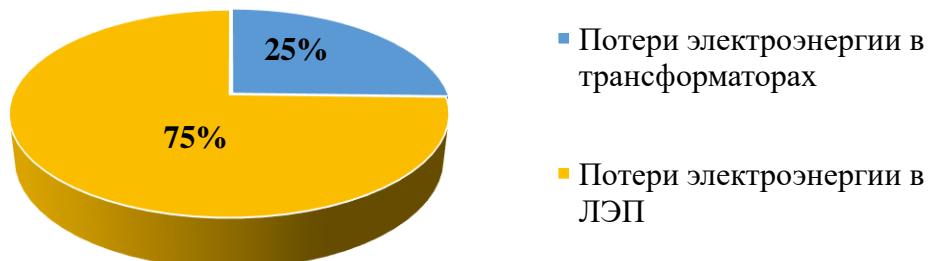


Рисунок 2. Составляющие потерь электроэнергии в трансформаторах 35/0,4 кВ и ЛЭП-35

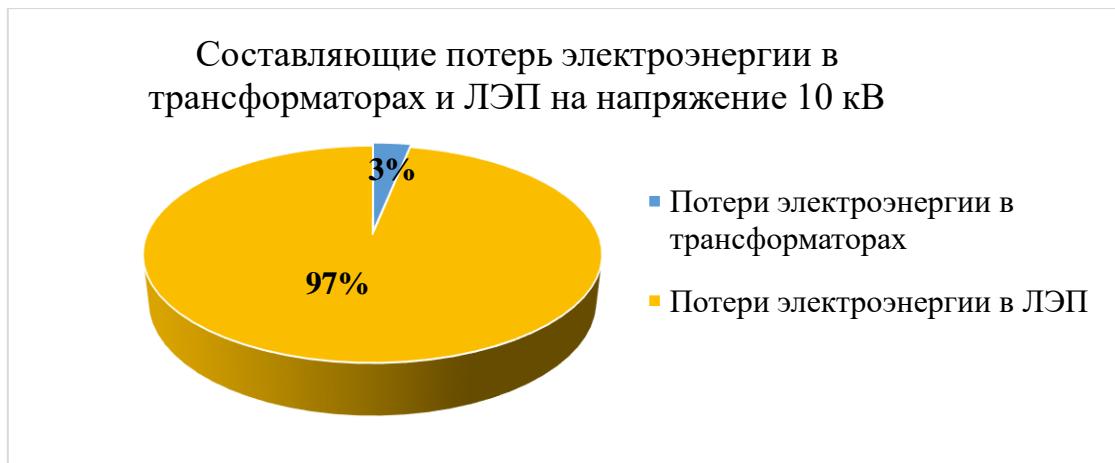


Рисунок 3. Составляющие потерь электроэнергии в трансформаторах 10/0,4 кВ и ЛЭП-10

Как следует из круговых диаграмм (рис. 2 и рис. 3), годовые потери электроэнергии в трансформаторах 35/0,4 кВ почти на 18% больше, нежели потери в трансформаторах 10/0,4. Годовые потери электроэнергии в ЛЭП-35 меньше потерь в линиях напряжением 10 кВ в 8,9 раза (это происходит за счет снижения токовых нагрузок). Суммарные потери электроэнергии при использовании глубокого ввода уменьшаются почти в 7 раз по сравнению с потерями в элементах СЭС для традиционно используемых классов напряжения.

В случае, если на данном предприятии используется напряжение присоединения к сетям территориальной сетевой компании (35 кВ), применение глубокого ввода в системе внутреннего электроснабжения исключает необходимость трансформации напряжения питающих предприятия линий. В связи с этим в качестве центра питания предприятия используется центральный распределительный пункт (РУ-35) вместо ГПП (затраты на него меньше стоимости главной понизительной подстанции на 20%) (см. табл. 2). Стоимость трансформаторов 35/0,4 на 15% превышает капитальные затраты на трансформаторы 10/0,4. Суммарные инвестиционные вложения в СЭС предприятия с использованием глубокого ввода лишь на 17% превышают капитальные затраты на электрооборудование и линии электропередач (на напряжение 10 кВ).

Эффективность энергосберегающих мероприятий оценивается по сроку их окупаемости:

$$T = \frac{K2 - K1}{\mathcal{E}1 - \mathcal{E}2} = \frac{5092,4 - 4995,0}{1824,0 - 261,2} = 0,06$$

Для рассматриваемого промышленного предприятия инвестиции в реализацию энергосберегающего мероприятия окупаются менее чем за один месяц. Таким образом, использование глубокого ввода в системах электроснабжения промышленных предприятий существенно повышает их энер-

гоэффективность, приводит к уменьшению доли затрат на электроэнергию в себестоимости продукции, а также делает последнюю более конкурентноспособной на рынке товаров и услуг.

Таблица 2
Стоимость электрооборудования

| № п/п | Наименование цеха | S_H , кВА | Стоимость, тыс.руб | S_H , кВА | Стоимость, тыс.руб |
|--------------|--|----------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| | | 35 кВ | | 10 кВ | |
| 1 | Главный корпус | 250/35 | 175 | 250/10 | 150 |
| 2 | Сварочный корпус | 250/35 | 175 | 250/10 | 150 |
| 3 | Аппаратный корпус | 250/35 | 175 | 250/10 | 150 |
| 4 | Лаборатории, заводоуправления, конструкторское бюро, конторы | 250/35 | 175 | 250/10 | 150 |
| 5 | Термическая нагрузка (нагревательные печи) | 400/35 | 200 | 400/10 | 175 |
| 6 | Механосборочные, столярные, модельные | 160/35 | 150 | 160/10 | 135 |
| | Стоимость тран-ров | | 1050 | Стоимость тран-ров | 910 |
| | Стоимость ЛЭП | | 1522,8 | Стоимость ЛЭП | 900 |
| | Стоимость РУ-35 | | 2644,5 | Стоимость РУ-35 | 785 |
| | — | — | — | Стоимость ТМГ-630/35/10 | 2400 |
| Итого | | | 5092,4 | | 4995,0 |

Кроме этого, снижение потерь электроэнергии в системах электроснабжения промышленных предприятий снизит потребности в электрической энергии, что приведет к уменьшению объемов вновь вводимых генерирующих мощностей, а также их снижению их отрицательного влияния на экологию.

Список литературы:

1. Энергоэффективная Россия// Пути снижения энергоемкости и выбросов парниковых газов. Режим доступа: <https://www.so-ups.ru/>
2. Основные характеристики Российской электроэнергетики. Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/532>
3. Экологические проблемы энергетического обеспечения человечества. Режим доступа: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/ecology/ecol/ecol05.htm>