

УДК 621.3.02

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Медведев Ю.П., студент группы ЭПбз-172, III курс

Научный руководитель: Паскарь И.Н., старший преподаватель  
 Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
 г. Кемерово

Надежность системы электроснабжения характеризует ее свойство обеспечивать потребителей электрической энергией в требуемом количестве и соответствующего качества при различных условиях функционирования. Надежность как свойство определяется совокупностью показателей, комплексно характеризующих любую систему электроснабжения. При этом понятие надежности электроснабжении очень тесно связано с понятием качества электрической энергии, и в последнее время в связи со значительно увеличивающейся долей нелинейных потребителей эта связь становится все более очевидной [1].

Рассмотрим проблему повышения качества электроэнергии и надежности электроснабжения потребителей на примере крупного промышленного предприятия. Исследования проводились на питающей подстанции, к ячейкам которой подключены вводы подстанций производственных цехов. Проведены следующие измерения: спектра напряжения на стороне 6 кВ трансформатора в режиме холостого хода, уровня гармоник напряжения в компенсирующих устройствах и при подключении к 1 и 2 секциям шин батарей конденсаторов мощностью 900 кВАр (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Спектр напряжений трансформатора №1 в режиме холостого хода

Номер гармоники	Количество измерений				Среднее значение гармоники напряжения, %
	1	2	3	4	
	Гармоника напряжения $U_v$ , %				
3	0,15	0,12	0,1	0,12	0,1
5	0,17	0,18	0,18	0,19	0,18
7	0,13	0,12	0,11	0,12	0,12
9	0,19	0,21	0,2	0,2	0,2
11	1,1	1,1	1,2	1	1,1
13	0,72	0,68	0,7	0,68	0,7
15	0,1	0,12	0,11	0,12	0,11
17	0,17	0,2	0,2	0,18	0,19
19	0,25	0,22	0,24	0,21	0,23
$K_U$ , %	1,39	1,37	1,45	1,3	1,37

Таблица 2

Спектр напряжения при включении батарей конденсаторов

Номер гармоники	$U_{AB}$		$U_{BC}$		$U_{CA}$		Среднее значение, %
	Количество измерений						
	1	2	1	2	1	2	
3	0,12	0,11	0,14	0,16	0,17	0,2	0,15
5	0,1	0,12	0,1	0,1	0,1	0,15	0,12
7	0,22	0,24	0,27	0,23	0,22	0,2	0,23
11	4,5	4,4	4,4	4,6	4,5	4,7	4,5
13	2,6	0,5	2,3	2,6	2,6	2,5	2,5
19	0,11	0,12	0,12	0,17	0,15	0,18	0,14
$K_{нс}, \%$	5,2	5,1	5	5,3	5,2	5,3	5,15

Согласно ГОСТ 1282-88 батареи конденсаторов могут длительно работать при перегрузке по токам не более чем на 30 %. Проведенные экспериментальные исследования показывают, что перегрузка по току высшими гармониками превосходит нормируемую величину при подключении батарей конденсаторов к 1 секции шин. Суммарный коэффициент суммарных гармонических составляющих превосходит, нормируемый ГОСТ Р 32144-2013 [2], и составляет 5,2%. Недопустимая перегрузка по токам объясняется наличием резонанса токов на частоте с 9 по 13 гармоник.

После проведенных замеров, анализа и теоретических расчетов было принято решение о необходимости переключения схемы соединения конденсаторных установок с треугольника на звезду для снижения уровня перегрузки токами высших гармоник и введения их в постоянную работу.

Основными электроприемниками на промышленном предприятии являются асинхронные двигатели. Электроприводы потребляют до 70 % вырабатываемой электроэнергии. Наиболее существенная экономия электроэнергии может быть достигнута при использовании регулируемых электроприводов. Однако наличие регулируемых приводов с частотными преобразователями как раз вносит значительные искажения в качество электроэнергии а, следовательно снижает надежность электроснабжения потребителей.

С целью повышения надежности и качества электроснабжения, предлагаем провести ряд практических действий по уменьшению гармонических искажений (табл. 3) [3].

Нарушение нормального режима электроснабжения в следствие ухудшения качества электроэнергии отражается на работе технологической установки или предприятия, если  $t_n$  больше или равно некоторому критическому времени  $t_0$ , т.е.  $t_n \geq t_0$ .

Время  $t_0$  зависит от тесноты технологических связей между отдельным электрооборудованием или предприятия в целом.

Таблица 3

Действия, рекомендуемые для снижения гармонических искажений

Коэффициент гармоник ненагруженной сети $K_{u0}$	Рекомендуемые действия для снижения коэффициента гармоник в нагруженной сети (при измеренном значении)		
	$K_u = 8,5-10\%$	$K_u = 11-25\%$	$K_u \geq 30-25\%$
2-3%	Установить линейные дроссели и/или дроссели постоянного тока	Установить пассивные (резонансные) фильтры	Установить пассивные (резонансные) фильтры или активные фильтры гармоник
4-5%	Установить пассивные (резонансные) фильтры	Установить пассивные (резонансные) фильтры или активные фильтры гармоник	Установить активные фильтры гармоник
6-8%	Определить причину такого повышенного значения коэффициента искажения синусоидальности ненагруженной сети. Возможно, проблема заключается в ослабленных соединениях силовых проводов или плохом качестве электроэнергии, поставляемой от энергоснабжающей организации.		

В результате нарушения нормального режима электроснабжения предприятию будет нанесен экономический ущерб  $C$ , который можно представить в виде суммы двух составляющих:

$$C = C_{\Pi} + C_{\text{д}}, \quad (1)$$

где  $C_{\Pi}$  – прямой ущерб, вызванный расстройством технологического процесса, порчей и выходом из строя электрооборудования, увеличенным расходом электроэнергии;  $C_{\text{д}}$  – дополнительный ущерб от невыпуска продукции.

Прямой ущерб имеет несколько составляющих и определяется по формуле:

$$C_{\Pi} = C_0 + C_{\Pi}(t_{\text{н}}) + C_{\Pi}(t_{\text{тех}}), \quad (2)$$

где  $C_0$  ущерб, определяемый фактом нарушения нормального режима электроснабжения;  $C_{\Pi}(t_{\text{н}})$  ущерб, зависящий от длительности нарушения нор-

мального режима электроснабжения;  $C_{п}(t_{тех})$  затраты на восстановление технологического процесса до нормального режима.

Дополнительный ущерб от недовыпуска продукции  $C_{д}$  при нарушении нормального режима электроснабжения в существенной мере определяется повышением себестоимости продукции после нормализации технологического процесса. Если недовыпуск продукции восполняется организацией сверхурочных работ, то  $C_{д}$  зависит от дополнительных затрат на заработную плату, материалы и электроэнергию:

$$C_{д} = [(\beta - 1)C_{з.п} + \beta C_{о}] \frac{\Delta L}{L_{п}} + C_{д.м}, \quad (3)$$

где  $C_{з.п}$  – заработная плата за сверхурочные работы;  $\beta$  – коэффициент увеличения оплаты сверхурочного труда;  $C_{о}$  заработная плата персонала, обслуживающего оборудование при сверхурочных работах;  $C_{д.м}$  дополнительные затраты на материалы, электроэнергию и т.п.;  $\Delta L$  изменение производительности вследствие нарушения нормального режима электроснабжения;  $L_{п}$  плановый объем выпуска продукции [4].

Таким образом, к проблеме повышения надежности электроснабжения и качества электроэнергии необходимо подходить комплексно, рассматривая два этих аспекта в тесной взаимосвязи. Использование предложенного подхода позволит получить оптимальные технические решения, с точки зрения нормализации уровней напряжения и гармонических составляющих в узлах сети. Кроме того, будет обеспечена безопасность эксплуатации системы электроснабжения. Также это приведет к значительному снижению экономического ущерба от нарушения или перерывов электроснабжения, вызванных несоответствием качества поставляемой электрической энергии.

### Список литературы:

1. Железко, Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов / Ю.С. Железко. М.: ЭНАС, 2009. – 456 с.
2. ГОСТ Р 32144-2013. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М. : Изд-во стандартов, 2013. – 20 с.
3. Жежеленко, И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий / И.В. Жежеленко. - 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 331 с.
4. Разгильдеев, Г. И. Надежность электромеханических систем и электрооборудования / Г. И. Разгильдеев. – Кемерово : КузГТУ, 2005. – 156 с.

