

УДК 621.31

## АНАЛИЗ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ С МЕХАНИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ И ПУТИ ЕГО СНИЖЕНИЯ

И.С. Гордеев, Д.Е. Рублев студенты группы МЭЭ-21, II курс магистратуры,  
Научный руководитель: Е.В. Иванова доктор технических наук, доцент  
Сибирский государственный университет водного транспорта  
г. Новосибирск

На сегодняшний день приборы учёта электроэнергии изменились конструктивно и позволяют измерять многие другие параметры сети, такие как напряжение, ток, активную и реактивную мощность в прямом и обратном направлении и прочие параметры энергосистемы. Вне зависимости от этого коммерческий расчёт с поставщиком электроэнергии проводится относительно двух параметров сети, таких как напряжение и ток.

Для мониторинга и контроля потребления электроэнергии необходимо контролировать параметры питающей сети.

При передаче электрической энергии на разных этапах и уровнях напряжений для получения нужного баланса мощности и уменьшения потерь используются разные методы и алгоритмы решений, вследствие чего к конечному потребителю электроэнергии приходят разные уровни напряжения сети в пределах существующего стандарта качества электроэнергии ГОСТ 32144-2013 [1].

Существующее оборудование трансформаторных подстанций не позволяет менять напряжение сети в режиме реального времени с периодичностью несколько раз за секунду, соответственно при снижении напряжения сети, так же как и при повышении напряжения сети, происходит дисбаланс режима работы некоторых технических устройств, вызывающий увеличение потребления данными приборами, электроэнергии в пределах режимов отличных от номинала.

Вследствие этого возникает необходимость устранения колебания напряжения электросети при работе электроприёмников разного класса и режимов работы, в непосредственной близости к потребителям, с помощью устройств, позволяющих производить регулировку напряжения неограниченное количество раз в короткие промежутки времени, что осуществляется нормализаторами напряжения.

На вводном устройстве механического цеха выявлено повышение рабочего напряжения в пределах 230 - 240 В, что негативно сказывается на работе электрооборудования. Рассмотрим применение нормализаторов напряжения «Normel» типа ESSV – I 3.1.200 – 080 – 02 (мощность 55 кВА, номинальный ток 80 А) (рис. 1) на разных участках предприятия производственного цикла. Осциллограммы фазных токов и напряжений на вводах механического цеха представлены на рисунке 2.



Рисунок 1. Нормализаторов напряжения «Normel» типа ESSV – I  
3.1.200 – 080 – 02

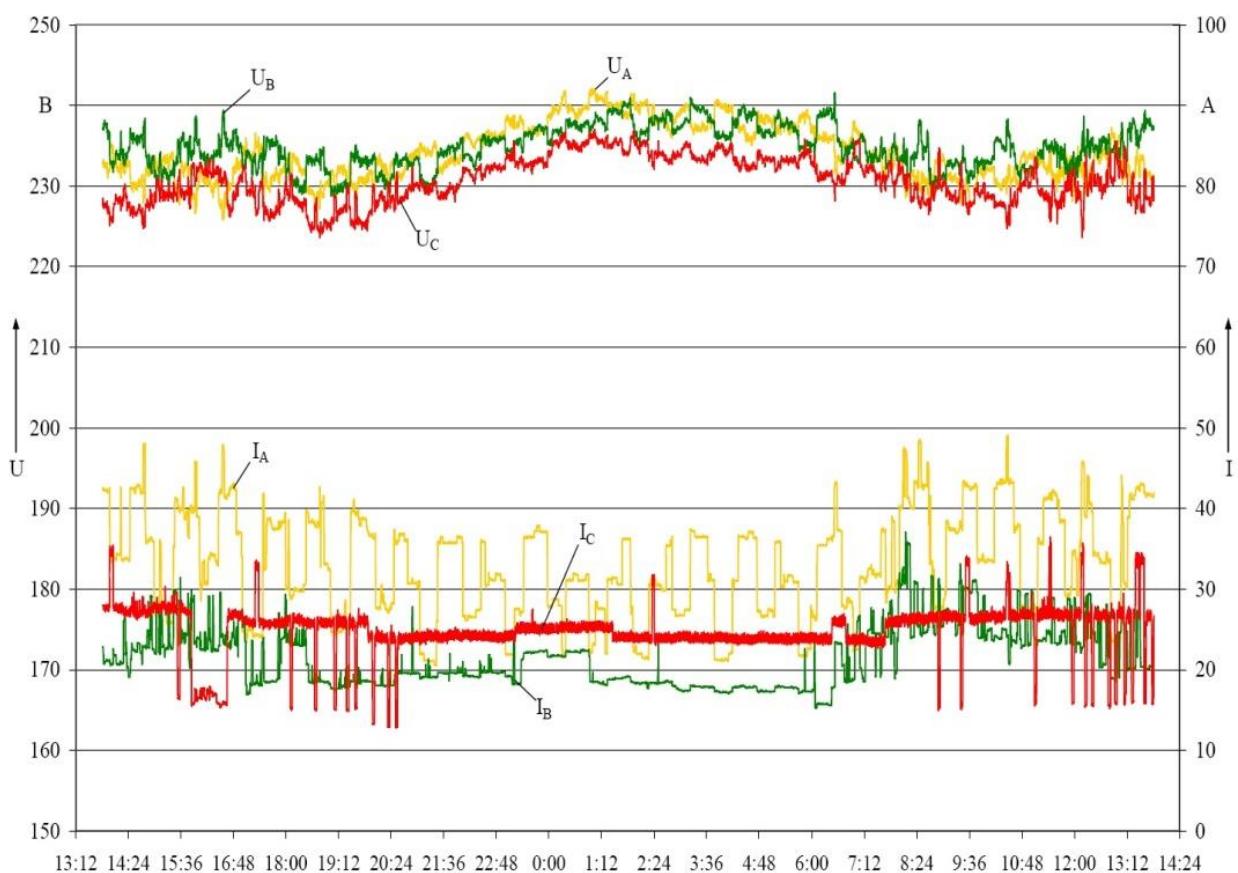


Рисунок 2 Кривые фазных токов и напряжений до установки  
нормализатора

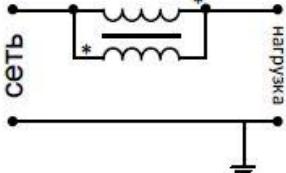
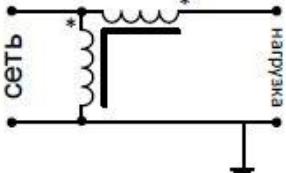
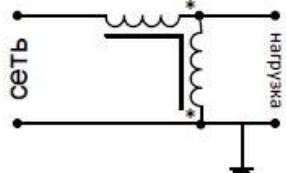
Согласно спецификации нормализатор предназначен для питания различного электрооборудования, устройств и приборов нормализованным трёхфазным напряжением синусоидальной формы в условиях несоответствия напряжения питающей сети требованиям ГОСТ 32144-2013. Нормализатор подключается к питающей сети переменного напряжения 380В частотой

50Гц[2]. Технические характеристики нормализатора ESSV – I представлены в таблице 1.

Таблица 1. Технические характеристики нормализатора ESSV – I

Характеристика	Значение/наличие
диапазон температур окружающей среды, С	от -40 до +50
относительная влажность воздуха при температуре 25 °C, %, не более	90
атмосферное давление, кПа	100±4
Напряжение в питающей сети, В	380/220
Частота, Гц	50
Ток нагрузки на фазу, А	от 30 до 400
КПД, %, не менее	99,7
Вид нагрузки	любой
Система фильтров бескоммутационная, непрерывно действующая при любых входных параметрах сети	есть
коммутационное быстродействие, мс	не более 20
Защита от токов перегрузки и коротких замыканий	есть
Вид климатического исполнения изделия	по ГОСТ 15150-69 УХЛ4
Степень защиты оболочкой по ГОСТ 14254-96	категория от IP-20 до IP-66

Нормализаторы были установлены на два участка линии, питающих нагрузку механического цеха. В результате на этих участках были проведены замеры питающего напряжения сети, затем нормализаторы протестированы в разных режимах работы.

«Транзит» – напряжение на нагрузке равно напряжению сети;	
«Понижение» сетевого напряжения или «вольтоограничение» – напряжение на нагрузке ниже напряжения сети на заданную величину;	
«Повышение» сетевого напряжения или «вольтодобавка» – напряжение на нагрузке выше напряжения сети на заданную величину.	

После монтажа и ввода в эксплуатацию нормализаторы включены в режим «Вольтоограничение». Показания электросчётов фиксировались ежедневно в течение недели, затем нормализаторы работали в режимах «Транзит» и «Вольтоограничение». В режиме «Вольтоограничение» величина напряжения составила  $U_{\text{норм.}} = 220$  В. Все измерения представлены в таблице 2. Осциллограммы токов и напряжений при работе нормализатора представлены на рисунке 3.

Таблица 2. Результаты измерений электроэнергии

№ участка		1		2	
Номер записи	Режим работы нормализатора	Текущие показания счетчика	Расход электроэнергии, кВт·ч	Текущие показания счетчика	Расход электроэнергии, кВт·ч
1	Включено	562		217	
2		789	227	338	121
3		1069	280	408	70
4		1324	255	490	82
5		1641	317	577	87
6		1854	213	668	91
7		2114	260	756	88
8		2400	286	868	112
9	Выключено	2730	330	996	128
10		2972	242	1085	89
11		3311	339	1156	71
12		3640	329	1261	105
13		3971	331	1343	82
14		4286	315	1403	60
15		4659	373	1597	194
16		4956	297	1773	176
17		5131	175	1835	62
18	Включено	5416	285	1942	107
19		5697	281	2029	87
20		5943	246	2099	70
21		6178	235	2176	77
22		6498	320	2244	68
23		6775	277	2337	93
24		7053	278	2426	89
25		7278	225	2522	96

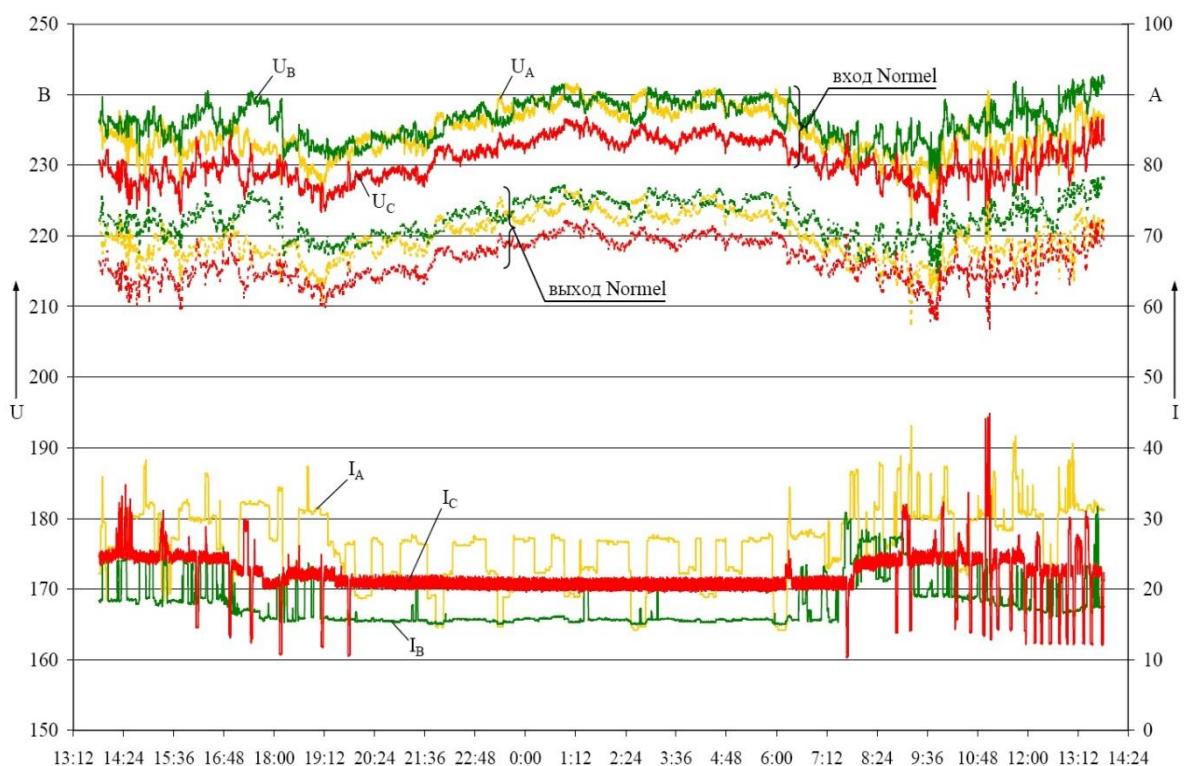


Рисунок 3 Кривые фазных токов и напряжений при работающем нормализаторе

Использование подобных устройств позволяет выровнять характеристики питающего напряжения потребителей, тем самым исключить нестабильный режим работы нагрузок, что в конечном итоге приводит к экономии электроэнергии. Анализ результатов исследования позволяет сделать вывод:

1. Экономия электроэнергии по участку №1 при первом включении нормализаторов составила в процентном отношении  $\Delta P_{\text{эф}1\%} = 18.6\%$ , при втором  $\Delta P_{\text{эф}2\%} = 14.9\%$ .
2. Экономия электроэнергии по участку №2 при первом включении нормализаторов составила в процентном отношении  $\Delta P_{\text{эф}1\%} = 10.7\%$ , при втором  $\Delta P_{\text{эф}2\%} = 18.9\%$ .

### Список литературы

1. ГОСТ 32-144-2013. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 01.07.2014. – М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.
2. Технический паспорт трехфазного энергосберегающего нормализатора переменного напряжения ESSV-1