

## Применение измерений качества электроэнергии в ходе профилактического технического обслуживания

## Указания по применению

Возможно, вы уже проводите профилактическое техническое обслуживание для электродвигателей и приводов. Однако как часто вы проверяете качество электроэнергии, питающей ваше оборудование? Добавив операции по измерению качества электроэнергии в процедуры технического обслуживания производственного оборудования, вы сможете предотвратить нежелательные неполадки оборудования и системы электропитания.

### Экономия расходов

Из информации о страховых выплатах, приведенной в стандарте NFPA 70B на техническое обслуживание, видно, что практически половины расходов, связанных с неисправностями электрического оборудования, можно было избежать за счет регулярного технического обслуживания. Исследования, опубликованные в IEEE 493-1997, показывают, что при недостаточном техническом обслуживании системы 49% всех возможных неисправностей связано с недостатком обслуживания.

Для расчета расходов, связанных с неисправностью, необходимо учитывать три категории расходов:

- Потеря прибыли (валовой прибыли) в связи с простоями оборудования
- Стоимость работ по диагностике неисправностей, их устранению, очистке, ремонту и повторному запуску.
- Стоимость поврежденного оборудования и материалов, включая ресурсы для ремонта и замены, а также утилизированные материалы.

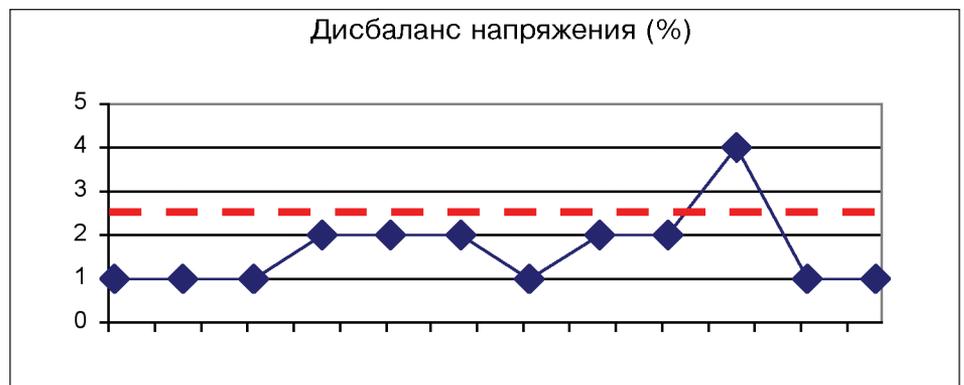


Рис. 1. На данной диаграмме контроля дисбаланса напряжения отчетливо видно, что 3 ноября дисбаланс был выше предельного значения (2,5%), а затем уменьшился в связи с выполненными корректирующими мероприятиями.

## Выполнение проверки качества электропитания в ходе профилактического технического обслуживания

В отличие от комплексной проверки электрической системы в ходе профилактического обслуживания выполняется небольшое количество измерений, которые позволяют проверить распределение электроэнергии и предсказать неисправности потребителей, которые имеют критическую важность. Во время проверки качества электроэнергии на потребителях, имеющих критическую важность, можно определить состояние электрической системы, расположенной до потребителя. Вероятно, что вы уже включили в план профилактического обслуживания все электродвигатели, генераторы, насосы, кондиционеры, вентиляторы, редукторы и холодильные машины предприятия.

Стабильность напряжения, гармонические искажения и дисбаланс являются прекрасными показателями состояния потребителя и системы распределения питания. Измерение и запись значений данных параметров выполняются быстро и без особых усилий. Измерения тока помогают выявить изменения в потреблении электроэнергии оборудованием. Все измерения можно выполнять без остановки оборудования, а полученные значения можно легко передать в программное обеспечение по техническому обслуживанию и построить на их основе временные графики.

Для каждой точки измерений или единицы оборудования необходимо определить предельные значения, при превышении которых требуются корректирующие действия. Предельные значения должны быть ниже критической точки, после которой возникает неис-

правность. С течением времени данные предельные значения могут ужесточаться или наоборот становиться менее жесткими в зависимости от результатов анализа регистрируемых данных. Предельные значения зависят от чувствительности потребителей к отклонениям параметров электропитания. Однако для большей части оборудования бригада технического обслуживания может установить внутризаводские предельные значения, основанные на промышленных стандартах и практическом опыте.

Стоимость трехфазных анализаторов электроснабжения, на данный момент, является очень низкой. Выполнение измерений, описанных в данной статье, займет всего 15 минут. (Сохранение данных о провалах напряжения займет больше времени, так как требуется регистрация данных в течение суток или более).

## Рекомендации по выполнению измерений

Измерения напряжения	Напряжение "фаза - нейтраль"
	Напряжение "нейтраль - земля"
Провалы напряжения	Количество случаев провалы напряжения "фаза-нейтраль"
Гармоники напряжения	Суммарные гармонические искажения фазного напряжения
Измерения токов	Фазные токи
Дисбаланс напряжений	Отрицательная последовательность, нулевая последовательность

Таблица 1. Основные измерения параметров электропитания для трехфазного оборудования с соединением по схеме "звезда".

### Напряжение

Хороший уровень и стабильность напряжения являются основными требованиями для обеспечения надежной работы оборудования.

- Эксплуатация потребителей при чрезмерно высоком или низком напряжении приводит к проблемам с надежностью работы и к неисправностям. Убедитесь, что напряжение в линии не отличается от значения, указанного на паспортной табличке, более чем на 10%.
- По мере старения соединений в вашей системе будет происходить увеличение полного сопротивления. Это будет приводить к провалам напряжения в связи со снижением сопротивления изоляции.

Дополнительные потребители, особенно, те которым необходим высокий пусковой ток, также со временем становятся причиной снижения напряжения. Наименьшее напряжение будет наблюдаться на потребителях, наиболее удаленных от ввода в электрическую систему или от трансформатора.

- Значение напряжения между нейтралью и землей позволит определить нагрузку на систему и отслеживать гармонические токи. Если напряжение "нейтраль - земля" выше нормального значения более чем на 3%, то требуется дальнейший поиск причин данного явления.

Volt/Amps/Hertz				
	0:01:24			
	A	B	C	N
V <sub>rms</sub>	116.7	112.9	112.6	1.5
V <sub>pk</sub>	167	163	158	4
CF	1.4	1.4	1.4	2.4
Hz	60.16			
	A	B	C	N
A <sub>rms</sub>	288	277	285	1
A <sub>pk</sub>	420	410	430	0
CF	1.5	1.5	1.5	1.9
09/16/04 04:35:06 120V 60Hz 3Ø WYE EN50160				
TREND				HOLD RUN

Рис. 2. Регистрация всех фазных напряжений и напряжения "нейтраль-земля" является первым этапом в анализе качества электроэнергии, питающей оборудование, которое является критическим, а так же общего состояния системы распределения электроэнергии.

### Подсчет случаев провалов напряжения

Единичное измерение напряжения не позволит получить полную картину. Каким образом изменяется напряжение в течение часа? Или в течение суток? Провалы, всплески и переходные процессы являются кратковременными изменениями напряжения. Провал напряжения (или снижение) является наиболее распространенным и опасным изменением напряжения.

Провалы напряжения являются признаком того, что из-за потребления ресурсов потребителями в системе присутствуют проблемы. Значительные провалы напряжения могут привести к остановке производства. Провалы напряжения могут вызывать неожиданный перезапуск электронного оборудования, например, компьютеров и контроллеров. Провал напряжения на одной из фаз приведет к компенсационному повышению тока на других фазах, что станет причиной защитных отключений цепи.

Провалы напряжения имеют несколько характеристик: величина, продолжительность и время суток. Энергоснабжающие организации используют специальный коэффициент для контроля количества провалов напряжения в течение конкретного периода времени. Для измерения величины провалов энергоснабжающие организации подсчитывают, как часто напряжение уменьшается ниже различных пороговых значений.

Чем длительнее и сильнее изменения напряжения, тем выше риск возникновения неисправностей оборудования. Например, в соответствии с графиком Промышленного совета по информационным технологиям (ITIC) компьютерное оборудование, использующее 120 В, должно выдерживать падение напряжения ниже 96 В в течение 10 с и ниже 84 В в течение 0,5 с.

### Ток

Обнаружение повышения параметров тока является главным признаком наличия неисправности или ухудшения эксплуатационных характеристик потребителя. По время работы оборудования проверьте фазный ток, ток нейтрали и ток на землю на протяжении некоторого времени. Убедитесь, что не наблюдается значительного увеличения ни одного из этих значений. Данные должны быть ниже значений, указанных на заводской табличке оборудования. Также отслеживайте увеличение тока нейтрали, так как оно является признаком наличия гармоник и дисбаланса.

### Дисбаланс напряжений

В трехфазной системе значительная разница напряжений между фазами является признаком неисправности системы или потребителя.

- Высокий дисбаланс напряжений приводит к повышенному потреблению тока трехфазными потребителями и к снижению выходного крутящего момента электродвигателей.
- Дисбаланс напряжений отображается в процентах (см. рис. 3). Напряжение отрицательной последовательности (Vneg) и напряжение нулевой последовательности (Vzero) отображают асимметрию напряжений между фазами.
- Расчет дисбаланса напряжений выполняется с помощью анализатора качества электроэнергии. Высокие значения в процентах означают высокий дисбаланс напряжений. В соответствии со стандартом EN 50160 значение Vneg не должно превышать 2%.

### Гармонические искажения напряжения

Гармонические искажения являются нормальным явлением в электрической системе, которая работает с электронными потребителями, такими как компьютеры, офисная техника, электронные дроссели освещения и системы управления. Добавление или удаление потребителей из системы изменяет степень искажения. В связи с этим необходимо регулярно проверять наличие гармоник.

Гармоники вызывают нагрев и снижение срока службы обмоток электродвигателей и трансформаторов, повышение тока нейтрали, а также повышают риск возникновения просадок напряжения и снижают КПД трансформаторов.

При взаимодействии гармонических токов с полным сопротивлением они преобразуются в гармоники напряжения. Суммарные гармонические искажения являются суммой влияния всех гармоник. Отслеживая суммарные гармонические искажения на протяжении некоторого времени, можно определить, изменяется ли величина искажений. В соответствии со стандартом IEEE 519 величина гармоник напряжения не должна превышать 5% от суммарных гармонических искажений.

Unbalance				
DEMO 0:00:58				
	Vneg.	Vzero	Vneg.	Vzero
Unbal.(%)	1.6	0.9	8.7	6.5
	A	B	C	N
Vfund	116.6	112.6	112.5	0.4
Hz	60.16			
∑U(°)	-360	-121	-240	-95
∑A-U(°)	-8	-15	-1	0
	A	B	C	N
Afund	286	274	283	0
09/16/04 04:44:38 120V 60Hz 3Ø WYE EN50160				
TREND HOLD RUN				

Рис. 3. На экране дисбаланса отображаются параметры дисбаланса напряжений (Vneg и Vzero), а также дисбаланс токов.

### Международные стандарты безопасности для измерительного оборудования

Категория напряжения	Краткое описание
CAT IV*	Три фазы в точке подключения к коммунальным сетям электропитания, все провода наружной установки (ниже 1000 В)
CAT III	Распределение трехфазного тока (ниже 1000 В), включая однофазные системы освещения и распределительные щиты
CAT II	Нагрузки, подключаемые к однофазным электрическим розеткам
CAT I	Электроника

\*Характеристики устройств категории CAT IV еще не определены в стандарте.

HARMONICS TABLE				
0:04:00				
Volt	A	B	C	N
THD%r	2.5	7.1	3.1	94.8
H3%r	0.5	1.1	1.1	30.7
H5%r	0.8	0.2	1.4	38.7
H7%r	1.9	0.6	1.5	39.7
Amp	A	B	C	N
H3%r	7.7	11.4	2.0	20.1
H5%r	5.2	1.9	4.5	40.7
H7%r	2.8	2.5	3.5	21.0
01/02/03 23:58:06 120V 60Hz 3Ø WYE EN50160				
U&A BACK TREND HOLD RUN				

Рис. 4. В таблице "Гармоники" показано значение суммарных гармонических искажений напряжения для каждой фазы. Помните, что значение коэффициента суммарных гармонических искажений, близкое к 100%, является нормальным явлением для нейтрали.

### Fluke. Ваш мир в движении

Fluke Corporation  
P.O. Box 9090  
Everett, WA USA 98206  
Web: www.fluke.com

Fluke Europe B.V.  
P.O. Box 1186  
5602 BD Eindhoven  
The Netherlands  
Web: www.fluke.eu

За дополнительной информацией обращайтесь  
В США (800) 443-5853  
или по факсу (425) 446-5116  
В Европе/на Бл. Востоке/  
в Африке +31 (0)40 2 675 200  
или по факсу +31 (0)40 2 675 222  
В Канаде (905) 890-7600  
или по факсу (905) 890-6866  
Из других стран +1 (425) 446-5500  
или по факсу +1 (425) 446-5116  
Посетите нашу web-страницу по адресу:  
http://www.fluke.ru

© Авторское право 2005 Fluke Corporation. Авторские права защищены. Отпечатано в Нидерландах 3/2005. Данные могут быть изменены без уведомления.  
Pub\_ID: Ид. номер публикации: 11602-rus