

Черновик статьи

Оригинал будет находится здесь:

<http://www.380v.ru/reference/tech-articles>

Активные корректоры коэффициента мощности (АККМ).

Назначение АККМ. Развитие АККМ - 1995-2015гг.

Замечания по статьям на тему АККМ.

Вопрос владельца ИБП:

"Есть одно АБК с ИБП (не N-Power), данные с анализатора брались по этому зданию. За 4 года заменили уже 2 комплекта ИБП 3х40кВА (заключений от производителя пока нет), иногда выходят из строя БП серверов (в ремонт).

Еще одно АБК проектируется и для него рассматривается в качестве ИБП так же и Evo, поэтому обратился к документации Evo. Соответственно по этому АБК кроме мощности и характера нагрузки ни чего нет и измерить пока нельзя. Для этого АБК хотелось не повторить судьбу предыдущего. Как то так. Ни чего плохого за Н-Поуэр или Эво сказать не могу и в мыслях такого не возникало.

Добавлю еще цитату из "Практическое руководство по качеству электроэнергии" (Дэвид Чепмен) Для источников питания высокой мощности существует современная тенденция использования так называемых входов с корректировкой коэффициента мощности. Целью было сделать так, чтобы нагрузка источника питания выглядела как резистивная нагрузка, следовательно, входной ток имел синусоидальную форму и совпадал по фазе с приложенным напряжением. Это достигается за счет извлечения входного тока как высокочастотного сигнала треугольной формы, из которого с помощью входного фильтра выделяется синусоида. Такое дополнительное усложнение схемы еще не применяется в источниках питания низкого ценового диапазона, которые составляют абсолютное большинство нагрузки на коммерческих и промышленных объектах. **Пока трудно даже предположить, какие проблемы еще могут возникнуть после широкого внедрения этого технического решения.**

Пока, я не исключаю что причиной выхода из строя 2х комплектов ИБП могли стать гармоники. Возможно это и есть проявление проблем указанных Чепменом."

Для источников питания высокой

мощности существует современная тенденция использования так называемых входов с корректировкой коэффициента мощности. Целью было сделать так, чтобы нагрузка источника питания выглядела как резистивная нагрузка, следовательно, входной ток имел синусоидальную форму и совпадал по фазе с приложенным напряжением. Это достигается за счет извлечения входного тока как высокочастотного сигнала треугольной формы, из которого с помощью входного фильтра выделяется синусоида. Такое дополнительное усложнение схемы еще не применяется в источниках питания низкого ценового диапазона, которые составляют абсолютное большинство нагрузки на коммерческих и промышленных объектах. Пока трудно даже предположить, какие проблемы еще могут возникнуть после широкого внедрения этого технического решения.

Краткий ответ:

Действительно гармоники тока вредны и опасны для всего оборудования. Да они могут привести и к авариям. Но корректоры коэфф. мощности (ККМ) не виноваты в проблеме гармоник - ККМ наоборот с ними борются..

Получается из текста выше можно подумать что корректоры коэфф. мощности (ККМ) порождают проблемы - загрязняют сеть высшими гармониками тока. Но это не так. ККМ наоборот для того и ставятся на входе устройства чтобы сделать ток потребления синусоидальным, а значит устранить гармоники тока потребляемого устройством. Возможно это ошибка перевода.

1 Подробный ответ:

Это неправильный перевод выше. В английском языке не всегда читается как пишется, например слова «ice-box» и «man-of-war» это ледник в горах и военный корабль. «made circuit» = замкнутая цепь, «harmonic»=гармоника, гармонический, «have»=рождать, позволять, включать, добывать, побеждать, терпеть и др. в зависимости от контекста, и тд.

Вот перевод без путаницы:

For high power units there has been a recent trend towards so-called power factor corrected inputs. The aim is to make the power supply load look like a resistive load so that the input current appears sinusoidal and in phase with the applied voltage. It is achieved by drawing input current as a high frequency triangular waveform that is averaged by the input filter to a sinusoid. This extra level of sophistication is not yet readily applicable to the low-cost units that make up most of the load in commercial and industrial installations. It remains to be seen what problems the wide-scale application of this technology may involve!

В последнее время наметилась тенденция развития так-называемых входов (или выпрямителей) с функцией коррекции коэффициента мощности (ККМ), как составной части оборудования высокой мощности. В этом случае, нагрузкой для сети является сетевой блок питания оборудования с ККМ, к выходу которого уже подключена концевая нагрузка – электромотор, лампы и тд.. Цель использования ККМ – сделать так чтобы нагрузка выглядела резистивной с точки зрения питающей сети, то есть что бы ток потребляемый оборудованием от сети был синусоидальный и совпадал по фазе с сигналом напряжения сети.

Это достигается методом аппроксимации входного тока высокочастотным треугольным сигналом. Фильтр установленный перед ККМ, устраняет все высокочастные гармоники тока то есть сглаживает форму тока и приводит её к синусоидальному виду синфазному с сетевым напряжением. Что и требовалось.

Блок ККМ имеет значительный уровень сложности. Введение таких усложнений пока не каснулось оборудования с низкой ценой, которое составляет большинство коммерческих и промышленных нагрузок. При расширении сферы применения подобных устройств, пока ещё трудно предположить, какие ещё сложности и задачи понадобятся преодолеть на пути решения технологической задачи – задачи уничтожения паразитных гармоник тока в электросетях.

[1][По статье David Chapman, March 2001 (Version 0b November 2001), “Power quality application guide. Harmonics. Causes and effects.”// Copper Development Association, United Kingdom. 2]

Дополнительные доказательства что этот перевод правильный

1 Пусть вы правы – вот как вы видите смысл этого текста кратко:

«Целью(ККМ) было сделать так чтобы ...входной ток имел синусоидальную форму и совпадал по фазе с приложенным напряжением.....Пока трудно предположить насколько усилится загрязнение сети гармониками тока при широком внедрении ККМ.»

Это противоречие. Ток синусоидален –это значит нет гармоник (кроме одной единственной главной и фундаментальной 50Гц), а вы спрашиваете не портят ли корректоры КМ сеть гармониками?

Какие же гармоники у чистой токовой синусоиды 50Гц? Их нет.

А если немного гармоник осталось (например было $THDi=35\%$ а после коррекции стало 5%) то это всего лишь значит что ККМ не может быть «вечным двигателем» то есть не может обладать идеальными характеристиками. Хотя современные ККМ могут иметь почти идеальные характеристики $PF \geq 0,98$ - $0,99$, $THDi \leq 1-2\%$.

2 Далее по тексту автор пишет в разделе “Fluorescent lighting ballasts” про электронные балласты люминисцентных ламп которые как раз и начали широко развиваться прим. в 1990-2000гг.

<p>Their great disadvantage is that they generate harmonics in the supply current. So called power-factor corrected types are available at higher ratings that reduce the harmonic problems, but at a cost penalty. Smaller units are usually uncorrected.</p>	<p>Самый крупный их недостаток – это то что они генерируют гармоники тока по входу (в отличие от обычной лампы накаливания). Эти гармоники тока проникают во внешнюю сеть и «загрязняют её». Электронные балласты высокой мощности содержат так-называемые корректоры коэффициента мощности (ККМ) которые уменьшают гармоники тока, но цена таких устройств высока. Маленькие же балласты как правило не имеют ККМ.</p>
--	---

Здесь правильно сказано что активный ККМ снижает гармоники. Иначе и быть не может т.к. он делает форму тока потребления близкой к синусоидальной –то есть уничтожает гармоники вх. тока.

3 вот ещё пример обычной статьи 2009г. где говорится тоже самое то есть что ККМ –это оборудование борящееся с гармониками тока. см ссылку ниже - [2] :

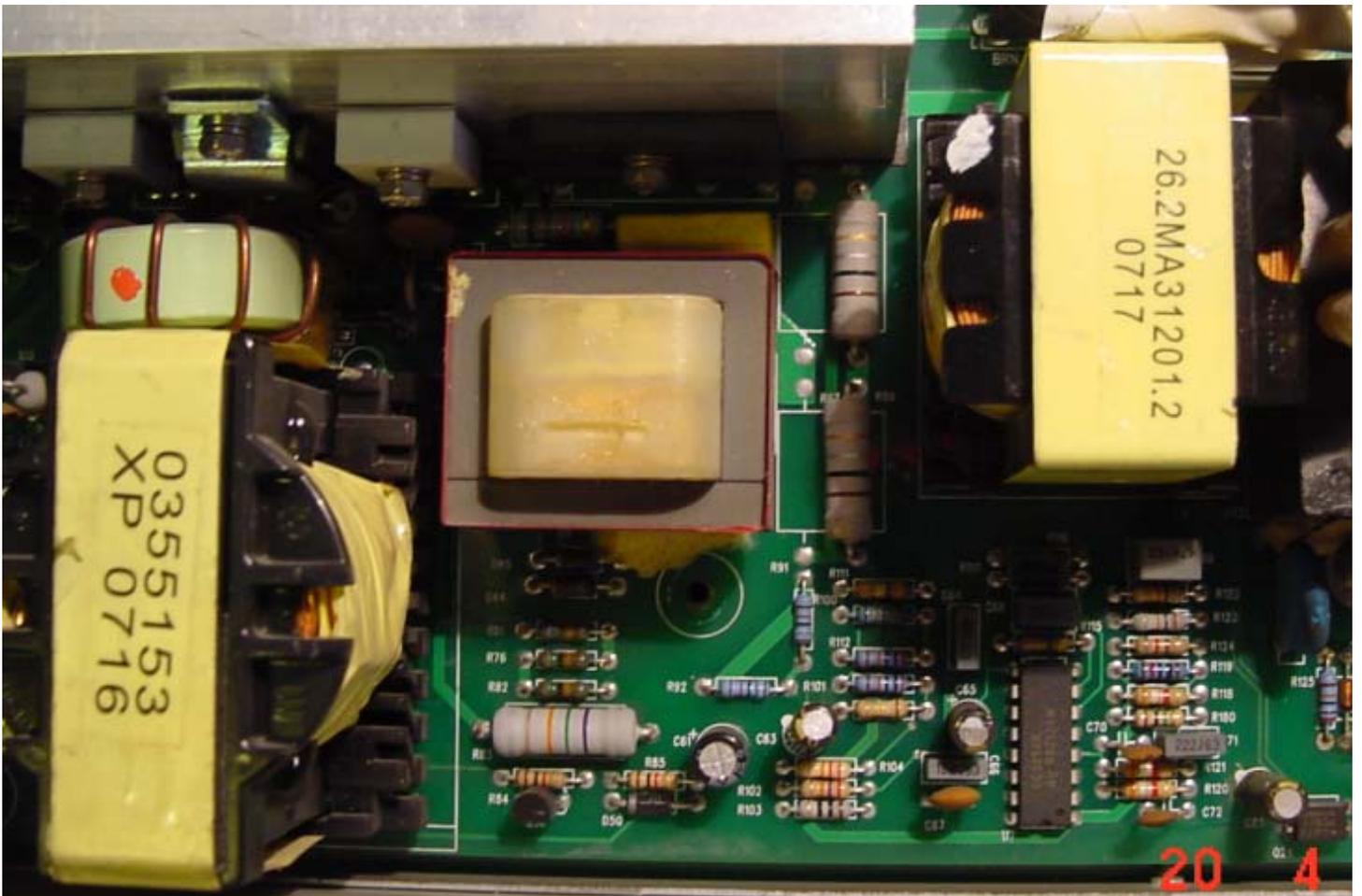
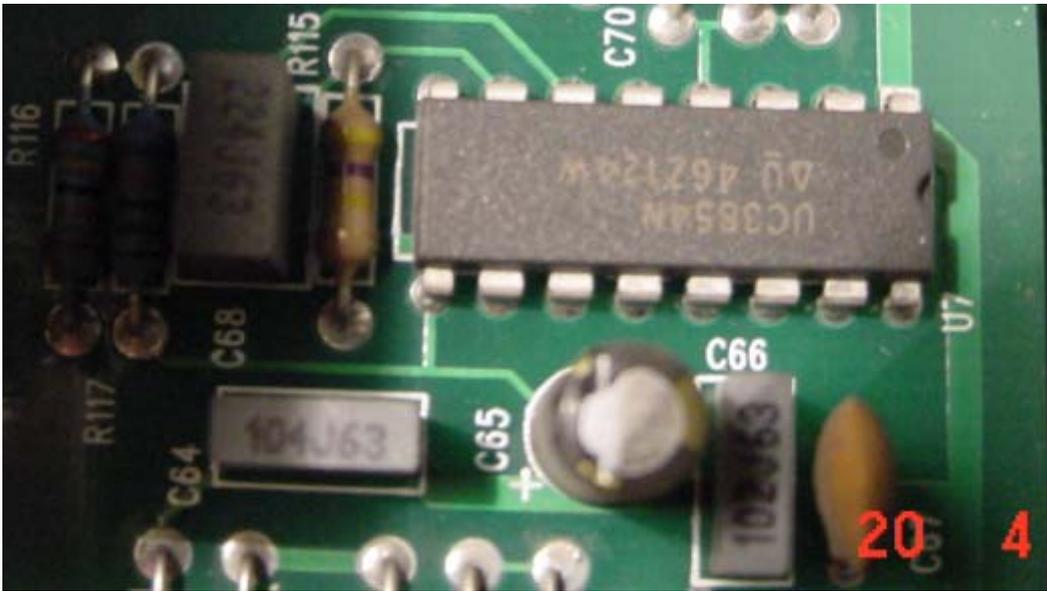
<p>Methods of preventing harmonic pollution</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Passive filters 2.Input chokes 3.Delta/star isolation transformers 4.Equipment with built-in power factor correction 5.Active conditioners 6.Avoidance of long cable runs to suspect equipment 	<p>Методы предотвращения загрязнения гармониками:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Пассивные фильтры 2. Вх. трансформаторы и дроссели. 3. Изолир. трансформаторы треуг/звезда 4. Оборудование с встроенным корректором коэффициента мощности 5. Активные сетевые кондиционеры 6. Уменьшение длин кабелей и их выбор для эффективной борьбы со Скин-Эффектом и Эфф. близости.
---	---

4 Почему автор статьи 2001г говорит о редкости и непонятности перспектив использования АККМ/APFC мне неизвестно.

Примерно в 2000г, (когда им написана эта статья) уже были широко распространены и книги по активным корректорам коэфф. мощности (АККМ) и оборудование с АККМ:

Ниже - Это отдельные примеры из 2000г относящиеся к нашей стране. За рубежом их было гораздо больше.

4.1 Пример оборудования с APFC: ИБП ProVision 1-3kVA – продавались в Москве в это время. Они находятся в эксплуатации до настоящего времени. Все они имеют в составе АККМ на мсх. UC3854. Её данные можно посмотреть в интернете. Ниже показан PFC Online UPS Pro-Vision1000 LT:



4.2 В 2001 году вышла книга (1е издание) Б.Ю.Семёнов Силовая электроника М., Солон-Р 2001г.: – акцента на гармониках тока (КНИтока THDi) нет, но в целом описан принцип работы АККМ, сказано что его цель делать ток близким к току резистивной нагрузки то есть синусоидальным (а чистый синус – значит нет гармоник). Даны примеры АККМ/APFC микросхем MC34261/34262 и др. и ссылки на их данные. В том числе сказано об отечественной мсх. АККМ – K1033EУ6. В конце книги даны примеры пром. блоков питания – для них указаны в т.ч вх. коэфф. мощности – например – ESMP/PF-750, EUSBC-24xx – вх. коэфф. мощности 0,98. Описаны балласты люминисцентных ламп с корректором коэфф. мощности и микросхемы для них.

Вот цитата оттуда - >Выпуск данных устройств [АККМ] сегодня осваивает всё большее количество зарубежных фирм, и они стремительно завоёвывают рынок электронной продукции.

4.3 В 1995 г. вышла книга «Силовые полупроводниковые приборы International Rectifier» перевод с английского под редакцией В.В.Токарева Первое издание, Воронеж изд.ТОО МП «Элист», АО «Транэлектрик» 1995г.

В этой книге приведена статья: “International Rectifier Application Notes AN-995A Electronic Ballasts Using the Cost-Saving IR215x Drivers” -её можно найти в интернете вот перевод оттуда:

Also shown on the schematic is a power factor correction circuit following the AC input rectifier. These circuits use a boost topology to achieve in-phase AC sinusoidal current waveforms with low harmonic content, and are becoming nearly universally required, particularly at higher power levels. Many papers have been presented on the subject and a few semiconductor manufacturers provide control chips and application information on their use.

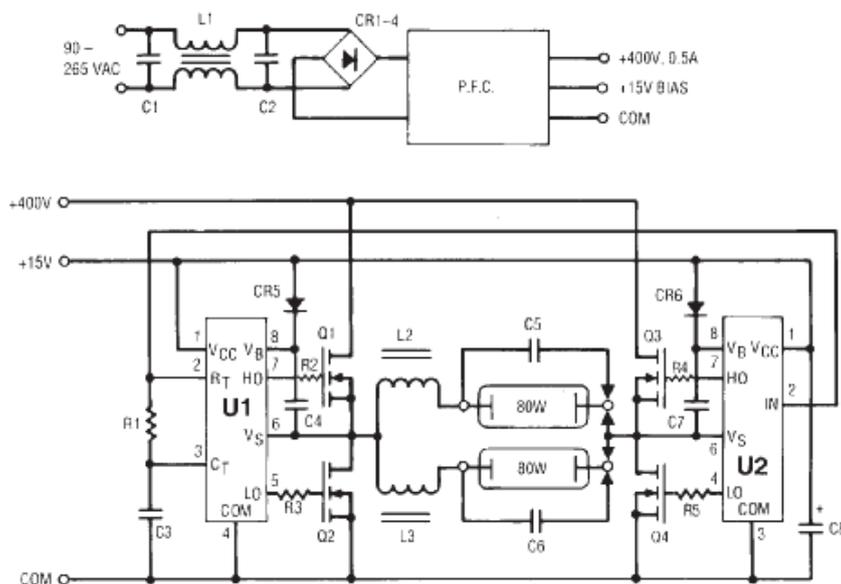


Figure 12. Full bridge 160 watt fluorescent ballast

На схеме ниже показана цепь коррекции коэффициента мощности (PFC). Эта цепь следует сразу за входным выпрямителем. Такие цепи обычно используют топологию BOOST(повышающий преобразователь напряжения) для достижения главной цели – что бы ток был синусоидальный, с низким содержанием гармоник, и был синфазен с входным напряжением. Требование установки цепи PFC -становится почти универсальным требованием, особенно для высокоих уровней мощности. К настоящему времени появилось множество статей на эту тему. Несколько производителей полупроводников выпускают контроллеры управления PFC и соответствующую информацию (Application Notes) по применению этих изделий.

P.F.C.	Motorola MC34262 Data Sheet Figure 20 Schematic or equivalent from Unitrode, Micro Linear, SGS Thompson, Cherry, etc.
--------	--

Здесь так же правильно сказано что активный ККМ снижает гармоники тока.

Дополнение 1

Цель использования ККМ – сделать так чтобы нагрузка выглядела резистивной с точки зрения питающей сети, то есть что бы ток потребляемый оборудованием от сети был синусоидальный и совпадал по фазе с сигналом напряжения сети.

Таким образом достижение этой цели автоматически решает 2 проблемы:

- 1 улучшение вх. коэфф. мощности оборудования
- 2 улучшение КНИтока(THDi) оборудования

Поэтому часто АККМ выполняет обе функции, поэтому часто термины «THDi фильтр», «APFC», “корректор THDi” означают одно и тоже.

Дополнение 2

* С 2000 по 2015 г число книг, статей о PFC, оборудования с PFC увеличилось значительно. Но и в 1995-2000гг информации о PFC, его принципах работы, и техники с PFC было достаточно.

* К настоящему времени (2015г) введены стандарты нормирующих вх. коэфф. мощности и вх. КНИтока оборудования.

- тем не менее часто пользователь выбирает бескорректорный вариант оборудования по причине большей надёжности, меньшей цене, нерентабельности, по причине локальных стандартов и др. причинам.

* К настоящему времени (2015г) многое оборудование комплектуется ККМ.

-из АККМ на полупроводниках (ПП) часто используются АККМ на MOSFET и IGBT транзисторах.

-это может быть не обязательно активная ВЧ ПП технология, так для промышленного оборудования по прежнему распространены 12 и 24 полупериодные выпрямители (именно эти решения по прежнему предпочитают для ответственных/мощных объектов из-за надёжности) которые также являются высокоэффективными корректорами коэфф. мощности и КНИтока. Они более надёжны так как не содержат высокочастотных переключаемых ПП ключей.

-тем не менее выпуск бескорректорной техники продолжается – пример – некоторые ПК блоки питания.

* Следует признать что добавление нового блока в оборудование обычно снижает надёжность (MTBF, наработку на отказ) за счёт добавления сотен и тысяч электронных компонентов вероятность неисправности которых всегда не равна нулю. То же относится и к АККМ – выигрыш по входным параметрам оплачивается ухудшением цены и надёжности. Так например для мощного (более 100-500кВА) оборудования построение АККМ на ПП затруднительно так как требования (и цена) только по вх фильтру устраняющему гармоники тока и по экранировке вырастают значительно. Конечно совершенствование систем защиты и постоянное совершенствование схмотехники и расчётов, рост производства и следовательно рост возможностей(качества) по серийному тестированию(отладке) изделий, и тд. - призваны устранить эти проблемы но полностью это вряд ли возможно.

* Не всегда проблема гармоник тока вызвана устарелостью оборудования. Для ламп накаливания всё оказалось наоборот – обычные известные 100 лет лампы накаливания не имели проблем гармоник тока и коэфф. мощности. Наоборот новейшие флуоресцентные и светодиодные лампы имеющие более высокие КПД и светоотдачу имеют врождённую проблему гармоник тока и коэффицента мощности. (то же касается сравнения обычной резистивной бытовой электроплиты и новых видов печей-СВЧ и индукционной) Это требует затрат на корректор коэффицента мощности. Таким образом продекларированный КПД лампы является фиктивным так как для его достижения затрачена значительная энергия при изготовлении на заводе ЭПРА и ККМ, чего нет в лампе накаливания. Ситуация похожа на водородный транспорт – он очень эффективен, технологии разработаны давно (так ещё в блокадном Ленинграде на водороде работали двигатели внутреннего сгорания лебёдок аэростатов, на водороде работало около 600 автомобилей, в начале 1980-х годов в конструкторском бюро Н. Кузнецова (Самара) были разработаны авиационные двигатели работающие на водороде, предназначенные для пассажирских самолётов Туполева., Исследования и испытания водородных топливных элементов произведены США СССР 1960-1980гг) Но производство водорода и систем водородного цикла неэффективно (большая энергоёмкость и затраты).

* В дешевых флуоресцентных лампах с ЭПРА отсутствуют схемы коррекции коэффицента мощности (PF не более 0,6). Эта проблема наряду с другими (более узкий температурный рабочий диапазон, опасность отравление ртутью) и др. несмотря на высокий КПД ставит будущее этих ламп под сомнение. ((24 сентября 2014 г, Россия подписала Минаматскую конвенцию по ртути. Согласно данной конвенции, с 2020 г. будет запрещено производство, импорт или экспорт продукта, содержащего ртуть. Под запрещение Минаматской конвенции попадают лампы люминесцентные малогабаритные общего освещения мощностью 30 ватт или менее, и содержанием ртути свыше 5 мг в колбе лампы. Это не относится к компактным люминесцентным лампам, в которых содержание ртути составляет 3-5 мг. Обычные компактные люминесцентные лампы содержат 3-5 мг ртути, ядовитого вещества 1-го класса опасности («чрезвычайно опасные»). Разрушенная или повреждённая колба лампы высвобождает пары ртути, что может вызвать отравление ртутью.))

* Хотя есть области где трудно найти бескорректорный вариант – например –почти все ИБП Online 1-3кВА оборудуются АККМ (и наоборот есть области где до сих пор ККМ не используются, например моторы и моторосодержащая техника например холодильная продолжают часто использоваться как есть), тем не менее следует признать что в настоящий момент, в широком диапазоне мощностей, в широком диапазоне оборудования, заводы представляют свою продукцию с разными возможностями (опциями, вариантами исполнения) по входным параметрам THDi и PF. Например есть частотные приводы как с коррекцией КМ так и без. Пользователь сам подбирает оборудование по своим задачам. Иногда например выгоднее на заводе содержать много бескорректорной техники, а на главных фидерах завода поставить мощные корректоры PF/THDi. Это может быть выгодным также потому что гармоники от разного «нескорректированного» оборудования могут взаимоуничтожаться, реактивные мощности (т.е. низкие +-PF) разных нагрузок могут взаимоуничтожаться. В этом случае, возможно, общая коррекция или не нужна или дешевле чем частная (локальная).

Дополнение 3

В переводе статьи [1] ещё ошибки есть, вот например

This section of the Guide covers the origin of harmonic currents and the effect that they have in electrical systems.

перевод с ошибкой: ((!у гармоник нет токов! тогда уж лучше так: «токовых гармоник»))

Данный раздел Руководства посвящен природе происхождения токов гармоник и влиянию, которое они оказывают на электрические системы.

перевод без потери смысла:

Этот раздел ГИДа включает следующие темы:

1_ происхождение гармонических токов

2_ эффекты которые порождают гармонические токи в электрических цепях

Дополнение 4

Примеры требований по параметрам корректоров мощности современных светодиодных ламп (solid state lighting (SSL)). [4] 2013г.

		US			Europe	China	Korea	Japan
		DoE	EnergyStar	California				
Residential	Efficiency	50lm/W	50lm/W	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	PF	>0.7	>0.7	N/A	>0.7	N/A	>0.85	N/A
	THD	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Commercial	Efficiency	55lm/W	55lm/W	55lm/W	N/A	N/A	N/A	N/A
	PF	>0.9	>0.9	>0.9	>0.9	>0.9	>0.9	>0.9
	THD	<20%	<20%	<20%	<20%	<30%	<30%	<30%

[1] David Chapman, March 2001 (Version 0b November 2001), “Power quality application guide. Harmonics. Causes and effects.”// Copper Development Association, United Kingdom. 2

перевод из интернета:

[http://i.cpecstroy-service.ru/u/e8/7174f6b7f311e29efa465f826c674f/-](http://i.cpecstroy-service.ru/u/e8/7174f6b7f311e29efa465f826c674f/-/3_1_Гармоники_причины_и_последствия.pdf)

[/3_1_Гармоники_причины_и_последствия.pdf](http://i.cpecstroy-service.ru/u/e8/7174f6b7f311e29efa465f826c674f/-/3_1_Гармоники_причины_и_последствия.pdf)

i.cpecstroy-service.ru/u/e8/7174f6b7f311e29efa465f826c674f/-/3_1_Гармоники_причины_и_последствия.pdf

[2] EFFECTS OF VOLTAGE SAGS, SWELL AND OTHER DISTURBANCES ON ELECTRICAL EQUIPMENT AND THEIR ECONOMIC IMPLICATIONS

Norbert EDOMAH Industrial Co-ordinator, Institute for Industrial Technology (ИТ), Lagos, Nigeria E-mail: ncedomah@yahoo.co.uk.

International Conference on Electricity Distribution Prague, 8-11 June 2009 Paper 0018

[3] [https://ru.wikipedia.org/wiki/Компактная люминесцентная лампа \(КЛЛ\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Компактная_люминесцентная_лампа_(КЛЛ)) // Водородный транспорт

[4] LED Drivers // Power Factor and Solid State Lighting – Implications, Complications and Resolutions

April 04, 2013 | Hubie Notohamiprodjo, iWatt Inc. | 222908451

http://www.ledlighting-eetimes.com/en/power-factor-and-solid-state-lighting-implications-complications-and-resolutions.html?cmp_id=71&news_id=222908451

[5] Б.Ю.Семёнов Силовая электроника М., Солон-Р 2001г.:

[6] «Силовые полупроводниковые приборы International Rectifier» перевод с английского под редакцией В.В.Токарева Первое издание, Воронеж изд.ТОО МП «Элист», АО «Транэлектрик» 1995г.