

Основные мощностные характеристики оборудования электропитания связи.

В данной статье предпринята попытка разъяснения смысла основных энергетических характеристик в цепях переменного тока на примере современных источников питания в инфокоммуникациях. Хотя основные понятия хорошо известны из классической электротехники, опыт многолетнего преподавания на факультете повышения квалификации показал, что даже специалисты энергетических служб на предприятиях связи часто путаются. Это характерно не только для нашей страны. В последнее время американская компания APC вложила 90 млн долларов в исследования решений потенциальных проблем эксплуатации серверов. По результатам были написан ряд статей, одна из которых посвящена рассматриваемой тематике /1/.

Перейдем к основным определениям. Когда мы имеем дело с источником постоянного напряжения U , то мощность определяется как произведение напряжения на ток.

$$P = UI \quad (1)$$

В случае переменного напряжения вводится понятие мгновенной мощности, как произведения мгновенных значений тока и напряжения. В электротехнике принято мгновенные величины обозначать строчными буквами.

$$p(t) = u(t)i(t) = \frac{dW}{dt} \quad (2)$$

Мгновенная мощность является производной от энергии W и содержит всю информацию об энергообмене. Величина показывает скорость изменения энергии, знак – направление. Положительное значение говорит о поступлении в данный момент времени энергии из источника в нагрузку. Отрицательное – о возврате ранее накопленной реактивными элементами энергии в источник. Однако при взаимных расчетах, создании нормативных документов и т.п. не принято пользоваться функциями времени. Нужны численные (интегральные) характеристики. Сложность заключается в том, что не существует одной такой характеристики, учитывающей все стороны энергетического процесса в случае переменного напряжения.

Важнейшей величиной является активная мощность P , численно равная среднему значению мгновенной за период. Единицей измерения активной мощности служит Вт. Активная мощность показывает однонаправленный усредненный поток энергии, которая в конечном счете преобразуется из электрической в другие виды – тепловую, световую, механическую, энергию радиоволн и т.д. Именно за эту энергию мы платим на производстве и в быту.

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u(t)i(t)dt \quad (3)$$

Хорошо известно, что при наличии реактивных элементов в составе линейного потребителя, ток и напряжение будут синусоидальными величинами, сдвинутыми некоторый угол φ . Мгновенная мощность будет содержать две составляющих: среднее значение (P), равное $UI \cos \varphi$, и реактивную мощность (Q), которой источник и приемник будут обмениваться между собой с удвоенной частотой. Среднее значение реактивной составляющей равно нулю, амплитуда - $UI \sin \varphi$. Реактивную мощность принято измерять единицах, имеющих название *вар* (вольт-ампер реактивный). Наличие реактивного процесса не сопровождается передачей активной энергии в нагрузку и загружает соединительные провода реактивными токами.

Для учета всех составляющих энергообмена вводят понятие полной мощности, как произведение действующих значений напряжения и тока. Единица ее измерения – *ва* (вольт-ампер).

$$S = UI \quad (4)$$

Здесь символами U и I обозначены действующие значения переменных напряжения и тока, численно равные квадратному корню из среднеквадратического значения мгновенной величины за период. Физически действующее значение переменного напряжения (тока) равно такому значению постоянного, которое в одинаковых активных сопротивлениях выделяет равную энергию.

Хорошо известную из электротехники формулу

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (5)$$

будем понимать как определение разности между полной и активной мощностями. В простейшем линейном случае эта разность является реактивной мощностью.

Все большее значение в последнее время приобретает коэффициент мощности

$$K_M = P/S \quad (6)$$

как важнейший показатель качества потребляемой электроэнергии. В идеальном случае $K_M = 1$ и тогда вся передаваемая мощность – активная. Если полная мощность больше активной, а это происходит в том случае, когда в линии электроснабжения присутствуют реактивные или нелинейные токи, предельное значение передаваемой активной мощности уменьшается в $1/K_M$ раз по сравнению с пропускной способностью линии.

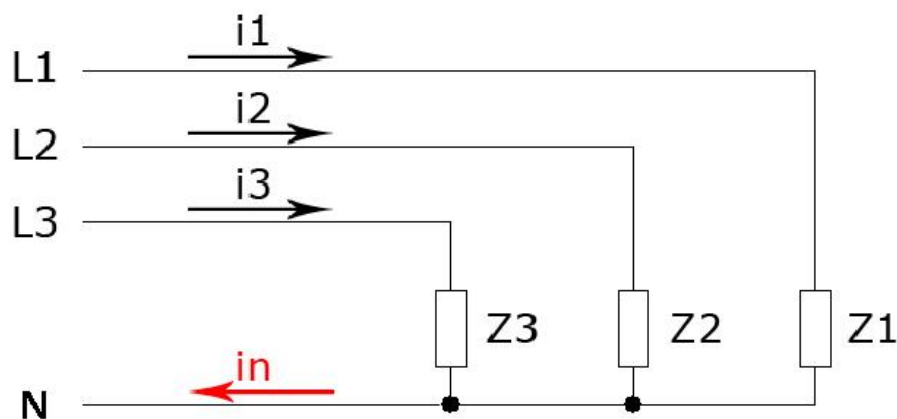


Рис.1

Для линейных активно-индуктивных потребителей, а это двигатели станков, транспортеров, лифтов ($K_M = 0,8$), лампы дневного света ($K_M = 0,3$) и симметрии нагрузки, когда потребление по фазам одинаковое, реактивные токи перегружают только фазные провода. Ток нейтрального провода, равный сумме трех фазных токов, равен нулю. Конечно, в разветвленной системе потребления невозможно добиться полной симметрии и в нейтрали протекает ток не баланса фаз. Он обычно существенно меньше фазного тока, поэтому в мощных 3-х фазных линиях сечение нейтрального провода в 2 раза меньше сечения фазных проводов. Для увеличения K_M применяют емкостные компенсаторы.

Иначе обстоит дело при подключении современной инфокоммуникационной техники. Блоки питания офисной и бытовой техники, электропитающие установки телекоммуникационного оборудования, источники бесперебойного питания (UPS) в диапазоне мощностей от сотен Вт до десятков кВт строятся на основе мостовых однофазных выпрямителей с безтрансформаторным входом и емкостным фильтром. Являясь нелинейными, они искажают форму потребляемого тока, как показано на рис.2 где синим цветом изображены фазные напряжение и ток. Коэффициент мощности таких потребителей равен примерно 0,6, что соответствует превышению в полтора раза полной мощности над активной. Но это не самое худшее. Если импульсы фазного тока имеют ширину не более 60 градусов (треть полупериода), то ток нейтрали будет линейной суммой трех фазных токов.

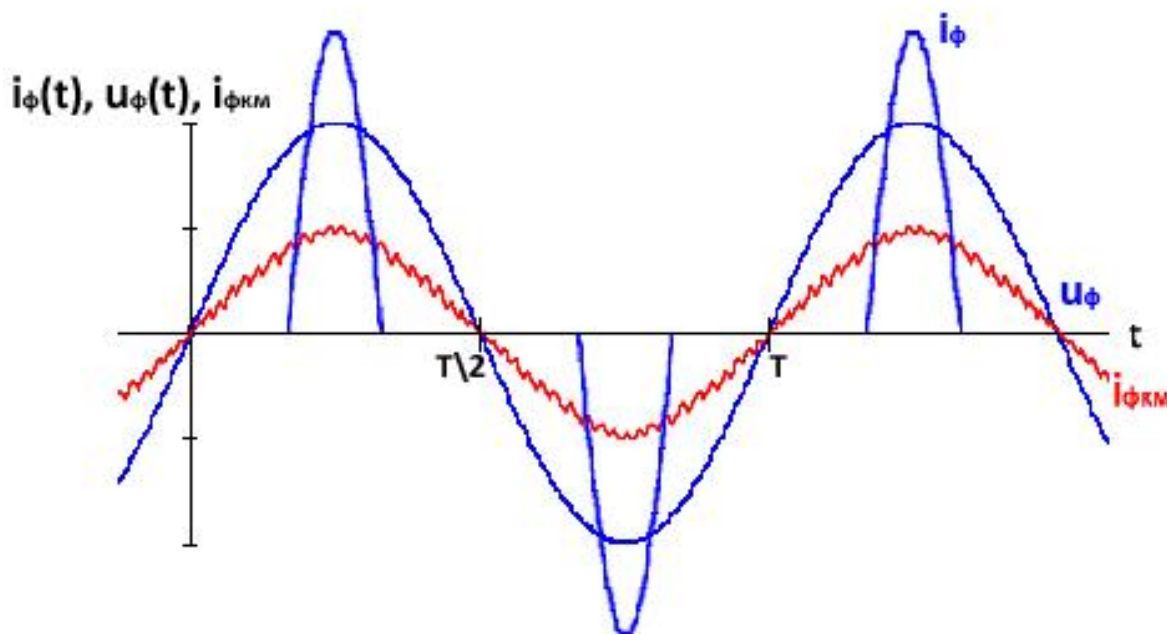


Рис.2

Ни какой компенсации в нейтрали не происходит. Это изображено на рис.3, где синим цветом показаны напряжение и ток в первой фазе, черным – во второй, коричневым – в третьей. Действующее значение тока нейтрали даже при полной симметрии нагрузки будет в $\sqrt{3} \approx 1,7$ раз больше фазного. У реальных систем питания инфокоммуникационного оборудования импульсы фазного тока шире 60° , поэтому в нейтрали происходит частичная компенсация фазных токов. Практика показывает, что ток нейтрали примерно в 1,5 раза больше фазного. Сечение нейтрального провода в 2 раза меньше фазного. Налицо тройная перегрузка нейтрали. Начались проблемы, которые на языке эксплуатации называются «отгорание нуля». Решить их симметрированием нагрузки не возможно. Единственным способом улучшения ситуации является применение корректоров коэффициента мощности, которые делают потребляемый из сети ток близким к синусоидальному без фазового сдвига относительно напряжения. Форма такого тока показана на рис.2 красным цветом.

С проблемой перегрузки энергосетей нелинейными токами столкнулись во всем мире. Органы стандартизации ужесточили нормы по допустимому значению K_M для маломощных потребителей (см. международный стандарт: IEC 61000-3-2:2000, европейский стандарт: EN 61000-3-2:2000, национальный стандарт: СТБ ГОСТ Р 51317.3.2-2001). Теперь оборудование потребляющее до 16 А на фазу должно иметь $K_M \geq 0,95$. Другие нормы требуют увеличения сечения нейтрального провода во вновь вводимых инфокоммуникационных объектах. Последнее наверное правильно, но переделать существующие сети невозможно, поэтому единственный разумный путь – повышать K_M . Современное оборудование

электропитания, обеспеченное корректорами коэффициента мощности, позволяет получить значения K_M около 0,99 при загрузке в диапазоне от 40 до 90 % максимальной мощности. Наличие корректоров несколько удорожает оборудование при этом существенно повышается надежность электроснабжения.

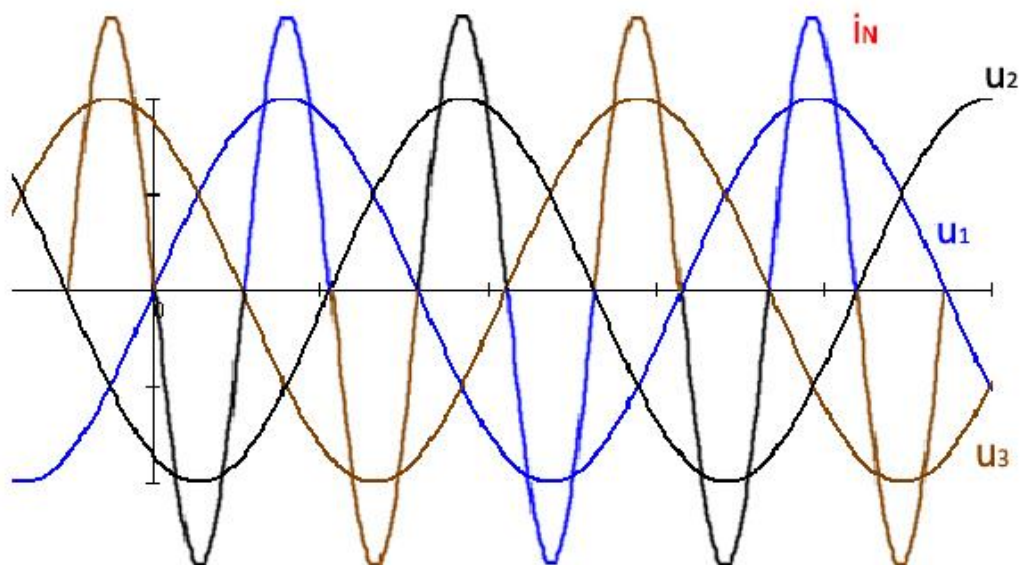


Рис.3

Литература.

1. Нил Расмунсен. Ватты и вольт-амперы - извечная путаница. Информационная статья №15, APC.