

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ
СОИЗМЕРИМОЙ МОЩНОСТИ С НЕЛИНЕЙНЫМИ НАГРУЗКАМИ**

АСИЕВ А.Т.

КГТУ им. И. Раззакова

E-mail: zenon1984@mail.ru

В статье предложен оригинальный метод активной фильтрации напряжения на шинах электропитания, позволяющий обеспечить совместную работу резко – переменных мощных нагрузок с чувствительными к искажению напряжения питания электроприемниками.

In article the original method of an active filtration of pressure on power supplies tyres is offered, allowing to provide teamwork sharply - variable powerful loadings with sensitive to distortion of pressure of a food by electroreceivers.

Однако, где генерируемые мощности сравнимы с мощностями, потребляемыми нагрузкой, и компенсация всех нелинейных нагрузок по каким-либо причинам невозможна, рассмотренных методов становится недостаточно.

Это объясняется специфическими особенностями работы нелинейных нагрузок в электроэнергетических системах ограниченной мощности, а именно тем, что нелинейные нагрузки, генерирующие гармонические составляющие тока, являются основным возмущающим фактором в таких системах. Кроме того, большое значение имеет решение вопросов совместной работы резко – переменных мощных нагрузок с чувствительными к искажению напряжения, как правило, мало-мощными специальными электроприемниками.

Ниже формируется новый оригинальный подход к активной, фильтрации напряжения на шинах электропитания, обеспечивающий совместную работу резко – переменных мощных нагрузок с чувствительными к искажению напряжения питания электроприемниками. Отметим, что специфические вопросы активной фильтрации напряжения на шинах электропитания, если не считать классические подходы в той или иной их модификации, практически не рассматривались в работах специалистов

Для уяснения электрических процессов, происходящих в электроэнергетических системах ограниченной мощности, работающих на нелинейную нагрузку, рассмотрим эквивалентную схему такой системы, показанную на рис. 1.

Генерируемые мощности системы (рис. 1) представлены неидеальным источником V_S с внутренним импедансом Z_S , а нелинейная нагрузка импедансом Z_L и источником тока гармоник I_h .

Такое представление характеризует одно из свойств нелинейной нагрузки, а именно то, что форма тока, протекающего через нелинейный элемент, не повторяет форму приложенного к нему синусоидального напряжения. Другими словами, нелинейная нагрузка генерирует гармонические токи, спектр которых отличен от спектра приложенного к нагрузке напряжения. В частности, если к нелинейной нагрузке будет приложено чисто синусоидальное напряжение, через нее будет протекать синусоидальный ток плюс набор гармонических составляющих тока. Заметим, что все выше сказанное в равной мере относится и к параметрическим нагрузкам.

Рассмотрим сначала, с этой точки зрения, нелинейную нагрузку, питаемую идеальным источником напряжения. Это соответствует случаю, когда мощность короткого замыкания источника напряжения намного выше мощности нагрузки, или внутренний импеданс источника напряжения намного ниже, чем у нагрузки.

В соответствии со вторым законом Кирхгофа для схемы замещения, приведенной на рис.1, справедливо следующее уравнение:

$$V_S - I_h Z_S - I_h Z_L = 0$$

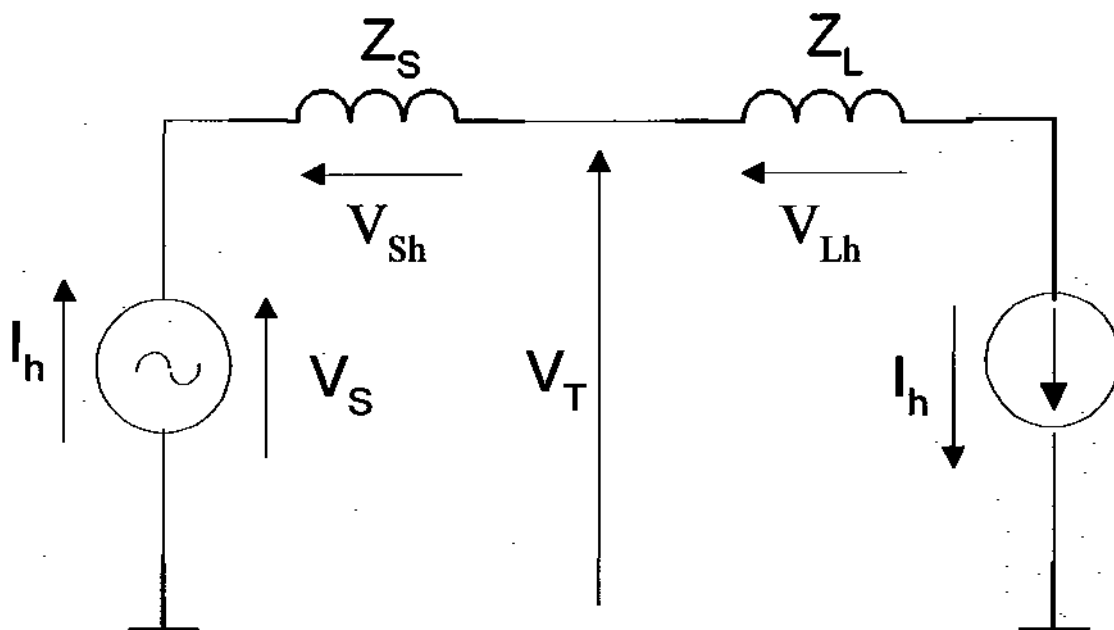


Рис.1 Схема замещения нелинейной нагрузки, питаемой неидеальным источником напряжения

или после преобразований

$$V_S = (Z_S + Z_L)I_h, \quad (1)$$

С другой стороны, напряжение V_T на шинах питающих нелинейную нагрузку может быть определено как:

$$V_T = Z_L I_h, \quad (2)$$

Разделив (2) на (1) и записав относительно V_T получим

$$V_T = \frac{Z_L}{(Z_S + Z_L)} V_S, \quad (3)$$

Анализ (3) показывает, что если импеданс источника так мал, что им можно пренебречь, то есть $|Z_S| \approx 0$ или значительно меньше импеданса

нагрузки, то есть $|Z_L| \gg |Z_S|$, то форма кривой напряжения, приложенная к нагрузке, не зависит от протекающего тока. Таким образом, циркулирование токов гармоник не приводит к сколько-нибудь заметному отклонению формы кривой напряжения V_T на шинах, питающих нагрузку, от синусоидальной.

Пусть теперь нагрузка питается неидеальным источником напряжения

(рис. 1), то есть $|Z_S| \geq |Z_L|$,

Токи гармоник, протекающие по нелинейной нагрузке, создают в этом случае падение напряжения гармоник на внутреннем импедансе источника, поэтому кривая напряжения, приложенного к нагрузке, будет искажена (даже если источник напряжения чисто синусоидален).

Уравнение (3) показывает также, что на специфических частотах, для которых $|Z_S + Z_L| \approx 0$ происходит параллельный резонанс между $|Z_S|$ и $|Z_L|$,

приводящий к значительному увеличению тока этих гармоник. Это, в свою очередь, приводит к значительному увеличению падения напряжения гармоник на внутреннем импедансе источника и, как следствие, значительному искажению кривой напряжения V_T на шинах, питающих нагрузку.

Значительное искажение кривой напряжения на питающих шинах требует проведения мероприятий, которые позволили бы осуществлять параллельную работу мощных нелинейных нагрузок с маломощными электроприемниками, чувствительными к искажению напряжения.

Как следует из приведенных выше рассуждений, для устранения искажения кривой напряжения на питающих шинах, необходимо предотвратить протекание тока гармоник нелинейной нагрузки через источник. Этого можно добиться, заставив протекать токи гармоник по параллельной цепи, подключенной к источнику.

На рис. 2 показана эквивалентная схема для такого случая. Параллельная цепь здесь представлена некоторым импедансом K . Ток гармоник, генерируемый нелинейной нагрузкой I_{Lh} , делится на две части. Одна часть I_{Sh} протекает по ветви источника, другая I_{Fh} по ветви с импедансом K .

На основании первого закона Кирхгофа ток I_{Fh} в ветви с импедансом K определяется как:

$$I_{Fh} = I_{Lh} - I_{Sh} \quad (4)$$

С другой стороны, на основании второго закона Кирхгофа для цепи на рис. 2 справедливо следующее выражение:

$$KI_{Fh} = Z_L I_{Lh} \quad (5)$$

Подстановка I_{Fh} из (4) в (5) приводит к следующему результату:

$$KI_{Lh} - KI_{Sh} = Z_L I_{Lh}$$

откуда для тока гармоник I_{Sh} протекающего через источник, можно записать:

$$I_{Sh} = \frac{(K - Z_L)}{K} I_{Lh} \quad (6)$$

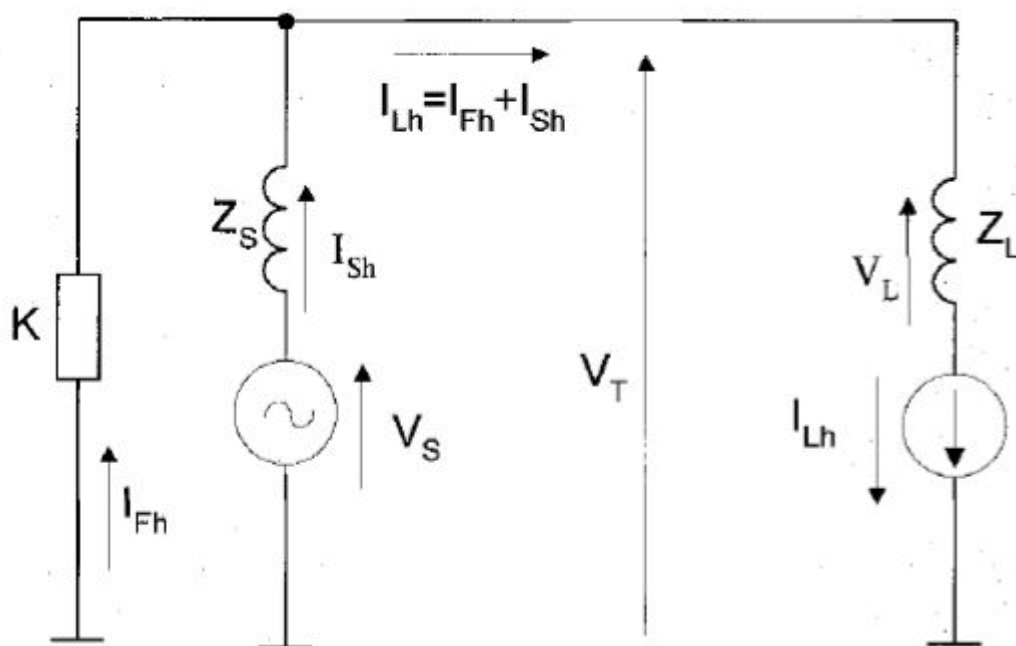


Рис. 2 Эквивалентная схема компенсации пассивных составляющих тока нагрузки у шин генератора

Напряжение V_T на шинах, питающих нелинейную нагрузку, может быть определено как:

$$V_T = V_S - Z_S I_{Sh} \quad (7)$$

Анализ (6) показывает, что при $|K - Z_L| \approx 0$ ток I_{Sh} также приблизительно равен нулю. Другими словами, ток гармоник перестает течь по ветви источника и полностью протекает по ветви с импедансом K , то есть импеданс K шунтирует источник для гармонических составляющих тока нелинейной нагрузки. Поскольку гармонические составляющие

тока нелинейной нагрузки, в этом случае, более не протекают через источник, то и не создается падение напряжения гармоник на внутреннем импедансе источника, а следовательно, не искажается форма кривой напряжения V_T на питающих шинах. Действительно из (7) следует, что при выше указанных условиях $V_T \approx V_S$

Литература

1. **Аввакумов В.Г.** Уравновешивание электрической нагрузки в трехфазной четырехпроводной системе// Изв. вузов. Энергетика, 1970, № 5, С.94-99.
2. **Агунов А.В.** Энергетические характеристики вентильных преобразователей// Изв. АН РМ: Физ. и техн., 1995, № 2, С.75-77.
3. **Бедфорт Б., Хофт Р.** Теория автономных инверторов. М.: Энергия, 1969, 280 с.