

Респ. Беларусь, МПК 7 В 01D 27/00/ В.М. Капчевич, Г.А. Азаров, Д.И. Кривальцевич, И.В. Закревский, С.В. Денисевич, Е.А. Маршина, А.Р. Кусин, И.Н. Черняк; заявитель УО БГАТУ; ГНУ «Институт порошковой металлургии». – № и 20050654; заявл. 26.10.05; опубл. 30.04.06 // Бюлл. «Изобретения. Полезные модели», № 2, 2006.– С. 153.
7. Композиционный фильтр: пат. 3059 Респ.

Беларусь, МПК 7 В 01D 27/00, 35/06 / В.М. Капчевич, Е.А. Маршина, Д.И. Кривальцевич, И.В. Закревский, Г.А. Азаров, В.К. Корнеева, Н.К. Лисай, В.А. Вольский, Л.С. Богинский, Р.А. Кусин, И.Н. Черняк; заявитель УО БГАТУ; ГНУ «Институт порошковой металлургии». – № и 20060180; заявл. 24.03.06; опубл. 30.10.06 // Бюлл. «Изобретения. Полезные модели», № 5, 2006.– С. 145.

УДК 621.311.6

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 3.01.2008

ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ СЕТЬ

Н.Е. Шевчик, канд. техн. наук, доцент (УО БГАТУ); А.А. Солдатенко, А.Н. Шевчик, ведущие инженеры (ГУ «Научно-исследовательский и проектно-технологический институт хлебопродуктов»)

Аннотация

Исследовано влияние импульсных источников тока на электрическую сеть. В сети с импульсными источниками значение тока в нулевом проводе может быть больше, чем ток в фазном проводе.

Введение

В недавнем прошлом значительная часть электрической энергии использовалась потребителями с линейной вольтамперной характеристикой – лампами накаливания, нагревательными элементами и т.д. В последнее время резко возросла доля нелинейных электропотребителей: частотные преобразователи, блоки бесперебойного питания, люминисцентные лампы, сварочные трансформаторы и другие. Особенно широко в наше время используются ПЭВМ. На предприятиях агропромышленного комплекса в настоящее время также широко внедряются автоматизированные системы управления технологическими процессами с нелинейными элементами.

тально сказываются на работе сети. Известно также, что для работы офисного электрооборудования в основном используются импульсные источники питания, которые, кроме нелинейных элементов, имеют пульсирующий характер потребления тока. Мощность импульсного источника питания сравнительно невелика, но в офисных зданиях в дневное время они составляют основную часть нагрузки, поэтому целью исследований являлся анализ воздействия импульсных источников на работу электрической сети. Для достижения этой цели были решены следующие задачи:

- проведен анализ работы импульсного источника питания с позиции воздействия его работы на сеть;
- исследовано влияние импульсных источников тока на кривую токов и напряжений сети.

Основная часть

Схема импульсного источника питания приведена на рис. 1. Пульсирующий характер тока объясняется тем, что энергия потребляется источником питания только в момент открытия ключа VT1. При этом сопротивление входного фильтра и диодного моста VD1 – VD4 резко меняются от бесконечности до определенного малого значения, что приводит к появлению коротких импульсов потребляемого тока. Таким образом, потребляемый источником ток представляет собой несинусоидальный периодический сигнал (рис. 2а). Разложение его в ряд Фурье дает сумму сину-

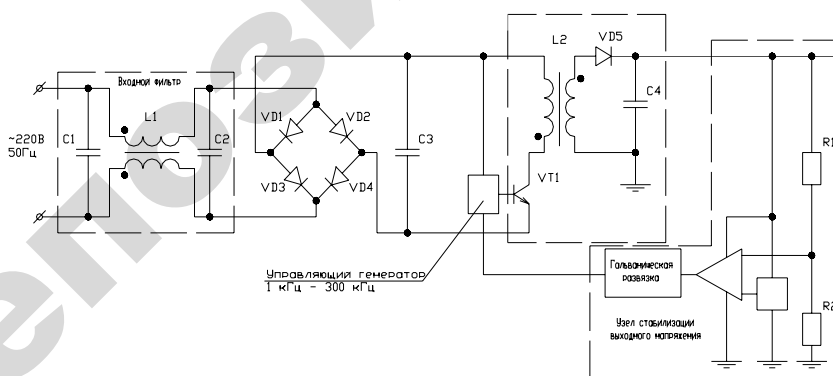
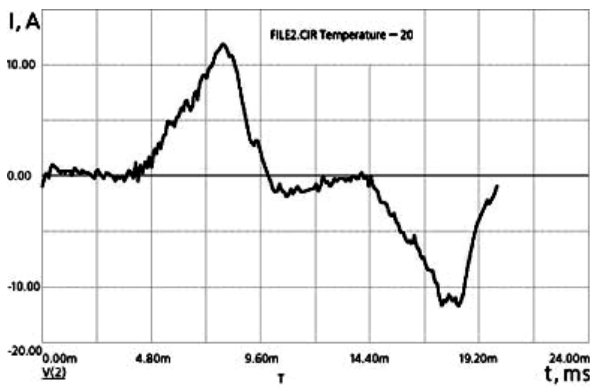


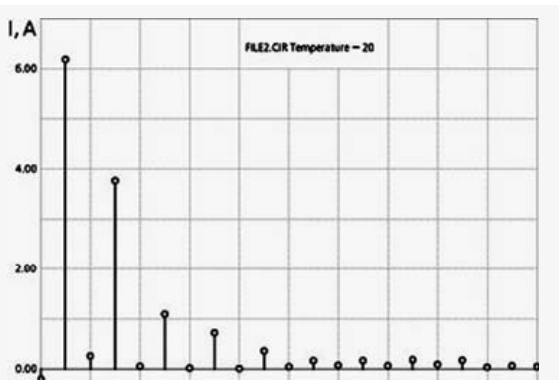
Рисунок 1. Схема импульсного источника питания.

Известно, что потребители с нелинейной вольт-амперной характеристикой генерируют в сеть высшие гармонические составляющие тока, которые отрица-

тельно сказываются на работе сети. Известно также, что для работы офисного электрооборудования в основном используются импульсные источники питания, которые, кроме нелинейных элементов, имеют пульсирующий характер потребления тока. Мощность импульсного источника питания сравнительно невелика, но в офисных зданиях в дневное время они составляют основную часть нагрузки, поэтому целью исследований являлся анализ воздействия импульсных источников на работу электрической сети. Для достижения этой цели были решены следующие задачи:



а



б

Рисунок 2. Ток, потребляемый импульсным источником питания:
а – осциллограмма; б – гармонический состав.

соидальных сигналов высших гармонических составляющих нечетного порядка (рис. 2б). Следует отметить, что амплитуда третьей гармоники – около 60% амплитуды первой гармоники.

Исследования влияния импульсных источников на токи и напряжения сети проведены в здании по ул. Скрыганова, б, г. Минска. Здание девятиэтажное с пристройками, приблизительное количество компьютеров – около 600.

Исследования проводились в дневное время, когда нагрузка на освещение была незначительная, на компьютеры приходилось около 75% всей нагрузки.

Измерения токов осуществлялись в распределительном щите. Их осциллограммы приведены на рис. 3. Из их анализа можно сделать следующие выводы:

В фидере, питающем компьютерную нагрузку, имеет место небольшая несимметрия токов;

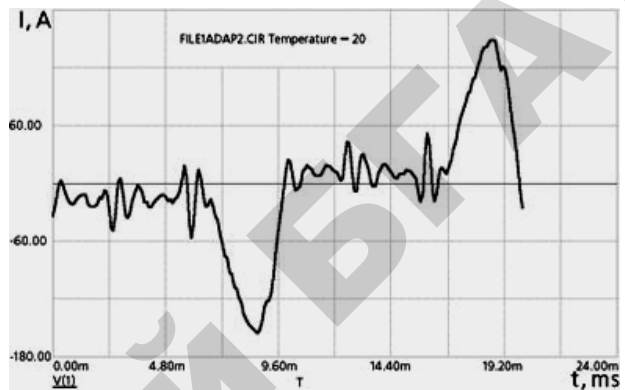
Кривые токов несинусоидальные, близкие к кривой тока импульсного источника питания ПЭВМ.

Осциллограмма тока в нулевом проводе приведена на рис. 4. Действующее значение тока в нулевом проводе в полтора раза больше, чем в фазном.

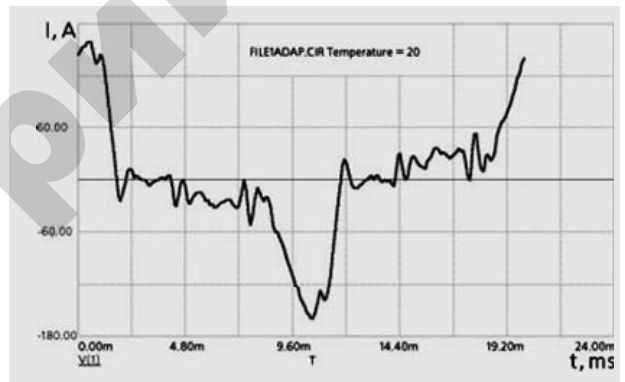
В нулевом проводе геометрически суммируются фазные токи. Если бы они были синусоидальны, расчетное значение нагрузки в нулевом проводе было бы

равно 9,8 А. Но, как указано выше, ток в нулевом проводе больше фазного. Причина такого явления – несинусоидальность токов, а именно, третья и кратные трем гармонические составляющие.

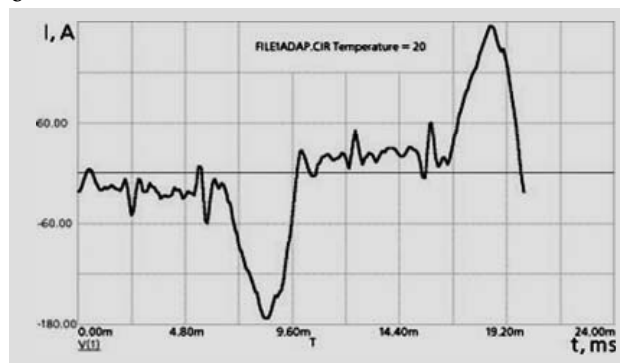
При проектировании систем электроснабжения высшие гармонические составляющие в расчет не принимаются, ток в нулевом проводе суммируется геометрически, и, естественно, считается, что ток в нулевом проводе будет не больше максимального тока в фазных проводах. Кроме того, в процессе эксплуатации неравномерность токов по фазам должна быть не более 10% (п. 6.6, табл. 6. Приложение 1



а



б



в

Рисунок 3. Осциллограммы токов:
а - фаза А ($I_A = 59,7$ А);
б - фаза В ($I_B = 65,0$ А);
в - фаза С ($I_C = 69,5$ А);

ПЭЭП) [4]. Поэтому расчет по условиям нагрева нулевого рабочего, а также заземляющего проводников четырехпроводной системы трехфазного тока не проводится (п. 3.1.10 ПУЭ) [3], потому что ток в этих проводниках при линейных электроприемниках существенно меньше токов в фазных проводниках.

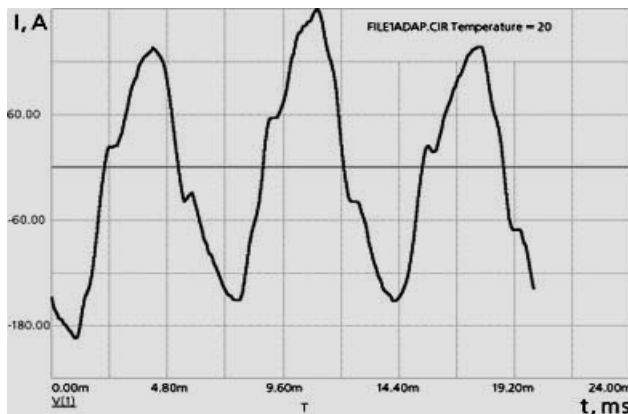


Рисунок 4. Осциллограмма тока в нулевом проводе (действующее значение тока — 105,7 А).

Таким образом, защита, установленная на фазных проводниках, одновременно должна защищать от перегрева и нулевой рабочий проводник, который от перегрузки не защищен (п. 3.1.17 ПУЭ) [3].

Но, как показывает эксперимент, ток в нулевом рабочем проводнике может превышать фазный. При большом удельном весе нелинейной нагрузки это может привести к перегреву и разрушению нулевых рабочих (PEN) проводников линий.

На рисунке 5 приведена осциллограмма напряжения. Из рисунка видно, что форма кривой напряжения искажена. Это является следствием характера тока, потребляемого импульсной нагрузкой. Синусоида напряжения становится «плоской» по форме,

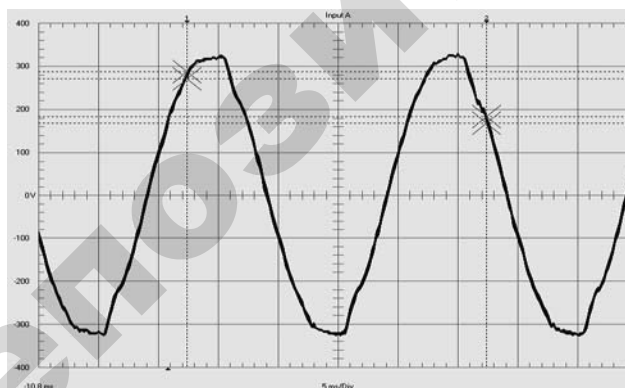


Рисунок 5. Осциллограмма напряжения в электрической сети.

так как в момент импульса тока увеличивается падение напряжения на внутреннем сопротивлении сети: если предположить, что сопротивление сети относительно зажимов каждого отдельного электропотребителя

равно нулю, то проблемы искажения синусоидальности напряжения не существовало бы. Но в реальности сеть для любого электропотребителя представляет собой некое сопротивление. Несинусоидальные токи, протекая по этому сопротивлению, вызывают падение напряжения на нем. В результате на зажимах всех остальных электропотребителей, включенных параллельно ему, появляется несинусоидальное напряжение, обычно имеющее форму искаженной («плоской») синусоиды.

Искажение синусоиды тока приводит к снижению уровня выпрямленного импульсным источником питания напряжения. За первый полупериод сглаживающий конденсатор заряжается до амплитудного значения. В течение следующего промежутка времени он разряжается, поддерживая напряжение стабильным на шинах цепей постоянного тока. Если на зажимы импульсного источника питания подано напряжение с идеальной синусоидальной формой, то конденсатор за время разряда поддерживает напряжение на достаточном уровне, так как предварительно был заряжен до необходимого амплитудного значения.

Искажение формы питающего напряжения приводит к снижению значения его амплитуды. Как следствие, снижается напряжение на конденсаторе (рис. 6).

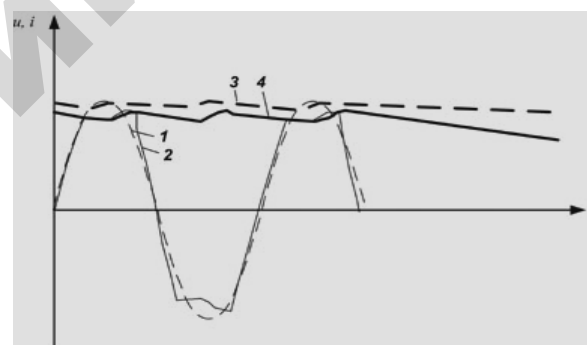


Рисунок 6. Снижение напряжения на сглаживающем конденсаторе импульсного источника питания вследствие воздействия искаженной синусоиды напряжения: 1 — синусоидальное напряжение; 2 — искаженная синусоида напряжения; 3 — напряжение на конденсаторе при синусоидальном напряжении; 4 — напряжение на конденсаторе при искаженной синусоиде напряжения.

Снижение напряжения на конденсаторе, с которого осуществляется питание высокочастотного преобразователя, а далее и цепей постоянного тока, должно было бы привести к снижению уровня выпрямленного напряжения. Но в большинстве импульсных источников питания предусмотрена система стабилизации выходного напряжения, например, методом широтно-импульсного регулирования. Снижение уровня входного напряжения в допустимых пределах не вызовет снижения выходного постоянного напряжения, но вызовет увеличение длительности импульсов тока высокочастотного преобразователя

по отношению к длительности пауз. Это приведет к увеличению тока, потребляемого высокочастотным преобразователем в среднем за период и увеличению скорости разряда конденсатора. Большой ток, потребляемый высокочастотным преобразователем, означает увеличение тепловых потерь в элементах импульсного источника питания. Так, снижение входного напряжения на 10% вызовет увеличение тока на 11%, а тепловых потерь – на 23% [5].

Кроме того, искаженная синусоида влечет снижение устойчивости к кратковременным провалам напряжения. Устойчивостью работы импульсных источников питания при кратковременных провалах напряжения объясняется, например, возможность продолжения нормальной работы компьютеров при мерцании ламп накаливания. В случае провала или даже полного исчезновения напряжения на зажимах импульсного источника питания цепи постоянного тока могут продолжать нормальную работу в течение некоторого очень короткого промежутка времени. Энергия, необходимая для работы в течение этого промежутка времени, – это энергия сглаживающего конденсатора. Несмотря на то, что этот конденсатор обладает весьма большой емкостью, запасаемая им энергия зависит еще и от напряжения, до которого он был первоначально заряжен.

При синусоидальной форме кривой питающего напряжения конденсатор может зарядиться до напряжения большего, чем он может зарядиться при искаженной форме питающего напряжения. Таким образом, запасаемая в конденсаторе энергия, при синусоидальном напряжении будет больше, чем при искаженном. Для поддержания нормальной работы цепей постоянного тока до момента восстановления питающего напряжения, в случае его кратковремен-

ного провала или исчезновения, запасенной в конденсаторе энергии может не хватить. Очевидно, что вероятность такого события повышается при искаженной синусоиде питающего напряжения.

Выводы

Из изложенного выше можно сделать следующие выводы:

1. В сети, где импульсные источники тока составляют значительную часть нагрузки (офисная нагрузка), ток в нулевом проводе может превысить ток в фазном проводе.

2. Генерируемые импульсными источниками высшие гармонические составляющие токов искажают форму кривой напряжения, которая, в свою очередь, снижает устойчивость работы самого импульсного источника, увеличивает его теплотери и отрицательно сказываются на работе других электроприемников.

ЛИТЕРАТУРА

1. IEEE STD 399-1997, IEEE Recommended Practice for Industrial and Commercial Power Systems Analysis (IEEE Brown book) (ANSI).

2. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: ГОСТ 13109-97.

3. Правила устройства электроустановок. – 6-е изд. – М.: Главгосэнергонадзор России, 1998.

4. Правила эксплуатации электроустановок потребителей. – М.: Энергоатомиздат, 1999.

5. Суднова, В.В. Качество электрической энергии/ В.В. Суднова. – М.: Энергосервис, 2000.

УДК 631.354.2

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 29.01.2008

О ДОУКОМПЛЕКТОВАНИИ ПАРКА ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

А.А. Гончарко, ассистент (УО БГАТУ)

Аннотация

В статье рассматривается вопрос доукомплектования парка зерноуборочных комбайнов. Проведен анализ эффективного применения отечественных и импортных комбайнов различной пропускной способности. Даны рекомендации по приоритетности приобретения зерноуборочной техники для хозяйств с различным уровнем обеспеченности техникой и варьированием урожайности зерновых.

Введение

В Республике Беларусь сельское хозяйство является приоритетной отраслью развития страны. Это обусловлено необходимостью обеспечения продовольственной безопасности республики, а также наращивания экспортного потенциала на мировом рынке продовольствия.

Главным условием экономической эффективности современного сельскохозяйственного производ-

ства является снижение материальных, энергетических, трудовых и финансовых затрат, составляющих основу себестоимости продукции.

Особенностью уборки является то, что она в значительной мере определяет эффективность затрат ресурсов на всех предыдущих этапах возделывания культуры. Действительно, потеря одного процента урожая автоматически увеличивает уровень удельных затрат ресурсов.