

## АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К АВТОНОМНЫМ СИСТЕМАМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С НЕЛИНЕЙНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

СУЕРКУЛОВ М.А., АСИЕВ А.Т.  
[izvestiya@ktu.aknet.kg](mailto:izvestiya@ktu.aknet.kg)

*В данной статье исследована взаимосвязь электромагнитных процессов в преобразователях и их влияние на технико-экономические показатели, а также сделан анализ автономных систем электроснабжения с нелинейными потребителями с учетом ЭМС в КР.*

*In given article the interrelation of electromagnetic processes in converters and their influence on technical and economic indicators and as the analysis to independent systems of an electrical supply with nonlinear consumers taking into account electromagnetic compatibility in the Kyrgyz republic is made is investigated.*

Малая гидроэнергетика сегодня – это жизненная необходимость. Удорожание природных носителей энергии ведёт к постоянному повышению тарифов на электроэнергию, что отрицательно сказывается на реализации упомянутых положений, на деятельности мелких и средних промышленных производств, фермерских хозяйств. Реальным выходом из создавшегося положения может стать восстановление и укрепление роли малой гидроэнергетики в развитии производительных сил общества как альтернативного источника энергии. Автономную систему электроснабжения в первую очередь следует использовать в отдалённых и труднодоступных районах, где поблизости нет линий электропередачи, что связано с техническими и финансовыми трудностями, особенно вблизи сел, поселков и предприятий, занятых переработкой сельскохозяйственной продукции. Это особенно важно, поскольку АСЭС, расположенные таким образом, могут питать отдельные энергетические сети, таким образом, облегчая для сообщества возможность отождествлять себя с электростанцией как средством, находящимся в собственности всех жителей этой местности, и таким образом значительно облегчить процесс сбора платы за энергию. С другой стороны, в отдаленных районах от центра часто отключают подачу электроэнергии, что создает много проблем для сельскохозяйственных потребителей.

Для условий Кыргызстана, с учётом обширности и географических особенностей его территории, наиболее целесообразным представляется проведение на государственном уровне разумной политики по максимальному использованию, там, где это возможно, естественного экологически чистого возобновляемого источника энергии – воды. Говоря о малой гидроэнергетике, речь прежде всего следует вести об агрегатах мощностью от 50 до 300 кВт для сельской хозяйственности. Это объясняется наличием серийно производимого оборудования (генераторы, турбины и т.д.) для комплектации гидроагрегатов, что во многом определяет их стоимость.

Следует отметить широкомасштабное использование АСЭС в местах, удаленных от источника электроэнергии, позволить снизить потери и повысить качество электроэнергии в электрических сетях энергосистемы КР и мобильность управления.

В настоящее время вопросы электромагнитной совместимости, определения и нормирования показателей качества электроэнергии, разработка технических средств их контроля и ограничения, а также повышения электрической эффективности АСЭС актуальны для всех стран мира. Особенно обеспечения ЭМС в АСЭС.

Таким образом, задача улучшения технико-экономических показателей АСЭС при организации эффективного использования электроэнергии при одновременном обеспечении ЭМС с АЭС является актуальной.

Для ее решения требуется совершенствование методов расчета нелинейных и резкопеременных потребителей в АСЭС. Это решение позволит реализовать существующие потенциальные возможности дополнительного повышения экономичности работы АСЭС.

Проблема ЭМС нелинейных потребителей особенно остро проявляется в АСЭС. С одной стороны, АСЭС жилых и общественных зданий широко распространены и непрерывно возрастают в количестве сравнительно маломощные нелинейные электроприемники. Несмотря на небольшую

мощность каждого из этих потребителей электроэнергии, их массовое применение является причиной значительных искажений синусоидальности кривых напряжений в сетях АСЭС. С другой стороны, именно в АСЭС получили распространение ответственные электропотребители, отличающиеся повышенной чувствительностью к воздействию высших гармоник, которые приводят к существенному технико-экономическому ущербу.

Проблемы электромагнитной совместимости устройств силовой электроники с техносферой связаны как с усилением обратного влияния полупроводниковых преобразователей на питающую сеть в связи с их непрерывно расширяющимся распространением, так и с ростом требований к качеству электроэнергии из-за роста числа ответственных потребителей, чувствительных к некачественности электрической энергии.

В настоящее время происходит интенсивный рост числа нелинейных потребителей, функционирование которых сопровождается потреблением из сети импульсного тока и, как следствие, генерацией в сеть высших гармонических составляющих, способных вызвать повреждение электрооборудования или его неправильное функционирование. В связи с этим должны быть решены задачи:

- определение требований к качеству электроэнергии, используемой при работе различного рода потребителей;
- обеспечение этих требований при создании и эксплуатации устройств, систем и комплексов.

Определение требований к качеству электроэнергии осуществляется разработчиками аппаратуры и обуславливается точностью устройств. По мере усложнения задач, решаемых нелинейной нагрузкой, происходит повышение требований к ее точности и, следовательно, к качеству электроэнергии.

Взаимосвязь электромагнитных процессов в преобразователях и их влияние на технико-экономические показатели аппаратуры показаны на рис. 1.

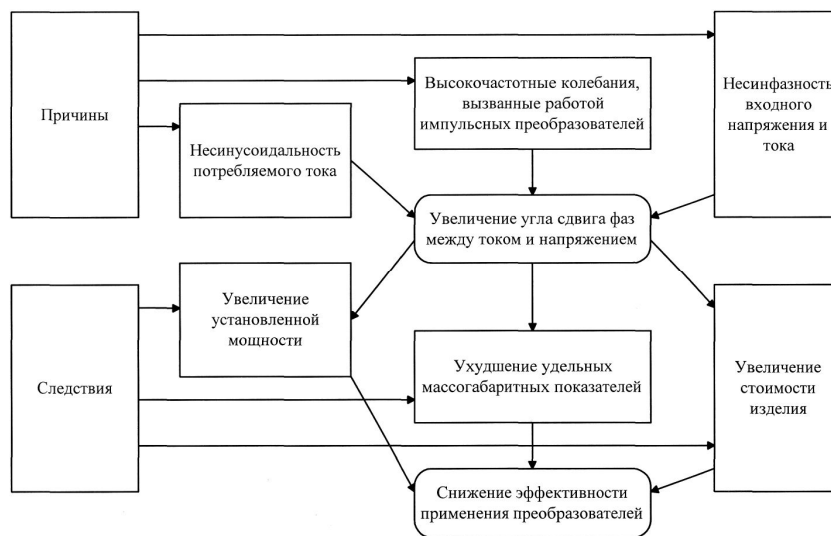


Рис. 1. Взаимосвязь электромагнитных процессов в преобразователях и их влияние на технико-экономические показатели.

Для устройств автоматики и вычислительной техники эти требования сводятся в основном к стабильности напряжения питания в статических и динамических режимах.

Особо сложной и трудноразрешимой задачей является задача обеспечения стабильности напряжения в АСЭС.

Развитие современных технологий характеризуется широким распространением автономных объектов, способных решать различные производственные задачи при разнообразных условиях эксплуатации. Как правило, подобные объекты оснащаются автономными системами электропитания.

Известно, что повышение мощности генератора при прочих равных условиях практически всегда ведет к увеличению габаритов и массы соответствующего оборудования, повышению непроизводительных затрат энергии и, следовательно, к ухудшению общего к.п.д. энергооборудования. В силу указанных причин излишнее увеличение мощности генератора на автономных объек-

тах и особенно на подвижных крайне нежелательно, поэтому мощность генератор-автономных объектов на практике всегда ограничена и часто бывает соизмерима с мощностью приемников. Следствием ограниченности мощности генератора является зависимость значений их выходных координат от режима и характера работы нагрузки, которая, например, для источников электрической энергии определяется внутренним сопротивлением источника питания. В свою очередь, характер и режимы работы приемников определяются режимами работы соответствующих динамических систем, в состав которых они входят.

Таким образом, при соизмеримости мощности генератора с мощностью приемников, с одной стороны, происходит влияние режимов работы динамических систем на характер изменений и значения ПКЭ генератора, с другой стороны – следствием отклонений ПКЭ генератора от их номинальных значений является изменение качества функционирования динамических систем, получающих энергию от данного генератора.

Если от одного генератора получает энергию ряд динамических систем, то вследствие указанных факторов может возникнуть взаимное влияние между процессами в разных системах через общий источник. Для устранения этого явления можно производить раздельное энергоснабжение различных систем от нескольких автономных генераторов. Однако подобное решение проблемы в общем случае не всегда удовлетворительное, поскольку применение целого ряда автономных генераторов одной и той же физической природы приводит к ухудшению массогабаритных и энергетических показателей качества электрооборудования.

Поскольку число приемников электроэнергии обычно велико и они расположены некомпактно, то между генератором и нагрузкой необходимо организовать распределительную сеть, включающую в себя устройства передачи энергии, устройства коммутации каналов ее передачи и ряд вспомогательных устройств.

Таким образом, коммутационной регулирующей аппаратурой и всеми преобразователями энергии образуют систему электроснабжения, от которой получают энергию все потребители.

Следствием характера тока, потребляемого нелинейной нагрузкой, является деформация синусоиды напряжения, действующей на зажимах нагрузки. Синусоида напряжения становится “плоской”, так как в момент импульса тока увеличивается падение напряжения на внутреннем сопротивлении сети:

$$U_{нагрузка}(t) = U_{сетью}(t) - i(t) \cdot Z_{сетью},$$

где  $U_{нагрузка}(t)$  – деформированная синусоида напряжения на зажимах нагрузки;

$U_{сетью}(t)$  – синусоидальное напряжение питающей сети;  $i(t)$  – импульсный ток нагрузки;  $Z_{сетью}$  – полное сопротивление сети со стороны зажимов нагрузки.

Если предположить, что сопротивление сети относительно зажимов каждого отдельного электропотребителя равно нулю, то искажения синусоидальности напряжения не существовало бы. В реальности сеть для любого электропотребителя представляет собой какое-то сопротивление. Несинусоидальные токи, протекая по этому сопротивлению, вызывают падение напряжения на нем. В результате на зажимах нелинейного электропотребителя, а также на зажимах всех остальных электропотребителей, включенных параллельно ему, появляется несинусоидальное напряжение, обычно “плоская” синусоида.

“Плоская” синусоида, воздействуя на импульсный источник питания, снижает уровень выпрямленного напряжения, увеличивает тепловыделение на элементах импульсного источника питания, снижает устойчивость к кратковременным провалам напряжения. Деформация синусоиды питающего напряжения приводит к снижению значения амплитуды входного напряжения, вследствие этого снижается напряжение на конденсаторе, с которого осуществляется питание высокочастотного преобразователя, а далее – и цепей постоянного тока, что 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 выходного напряжения в допустимых пределах не вызывает снижения уровня выходного постоянного напряжения. При методе широтно-импульсного регулирования снижение выходного напряжения вызовет увеличение длительности импульсов тока высокочастотного преобразователя по отношению к длительности пауз. Это означает увеличение тока, потребляемого высокочастотным преобразователем, в среднем за период и увеличении скорости разряда конденсатора. Большой ток, потребляемый высокочастотным преобразователем, увеличивает тепловые потери в элементах импульсного источника питания. Так,

снижение выходного напряжения на 10% вызовет увеличение тока на 11%, а тепловых потерь на 23%. В случае провала или даже полного исчезновения напряжения на зажимах импульсного источника питания цепи постоянного тока могут продолжать свою 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:

$$W = \frac{CU^2}{2}$$

При синусоидальной форме кривой питающего напряжения конденсатор может зарядиться до напряжения большего, чем он может зарядиться при “плоской” форме питающего напряжения. В таком случае запасенной в конденсаторе энергии может не хватить для поддержания нормальной работы цепей постоянного тока до момента восстановления питающего напряжения при его кратковременном провале или исчезновении.

#### Литература

**Жаркин А.Ф.** Анализ несимметрии нелинейных электроприемников низковольтных электрических сетей // Техн. электродинаміка.– 2004.– №5.– С.45-49.

**Шидловский А.К., Жаркин А.Ф.** Развитие теории электромагнитной совместимости и построение математических моделей низковольтных электрических сетей с нелинейными потребителями//Техн. электродинаміка.– 2004.– №6.– С. 35-41.

**И. В. Жежеленко.** Электромагнитная совместимость в системах электроснабжения промышленных предприятий. 2008. – № 10.– С. 3–11.