

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ УСТАНОВОК

С. А. Хохряков (ООО «САМАВИТ ПЛЮС»)

Несмотря на широкое использование ультразвука в различных процессах, до сих пор отсутствует комплексный подход к оптимальному решению данной задачи. Существующая теория и практика ультразвука до сих пор отражает лишь отдельные моменты, не обеспечивая полного комплекса объективных критериев к оценке ультразвуковых установок, а следовательно и возможности оптимального выбора. К этому следует добавить, что ультразвуковые установки настолько критичны к огромному ряду факторов, что их реализация требует строго индивидуального подхода, затрудняя серийное внедрение. Даже, например, две одинаково изготовленные ультразвуковые ванны не всегда можно подключить поочередно к одному ультразвуковому генератору без специального согласования, при этом, если в лучшем случае система будет работать, КПД неизбежно снизится. Имея дело с маломощными системами (около 100 Вт), снижением КПД можно иногда и пренебречь, но при повышении мощности до 1 кВт и выше потеря каждого процента оборачивается довольно неэкономично.

Критичность режимов работы ультразвуковых установок аддит в огромной мере и на их надежность, что более чем на порядок повышает опасность выхода из строя, например, по сравнению с импульсными высокочастотными источниками тока и т.п. На основании вышесказанного пришла пора объединить затронутую тему в комплексный подход к созданию ультразвуковых установок, который должен обогатить планирование, внедрение, сравнение как комплексных решений, так и частных. Например, сравнение двух ультразвуковых генераторов, имеющих одинаковые входные и выходные характеристики.

В указанной системе можно выделить четыре основных направления разработок:

1. Электромеханический источник ультразвуковых колебаний, которым может быть ванна для промывки или обработки жидких сред, инструмент для размерной обработки и пр.
2. Генератор ультразвуковых колебаний.
3. Узел согласования источника электромеханических ультразвуковых колебаний с генератором.
4. Технология применения ультразвуковых установок в конкретном технологическом процессе.

В данной работе рассматриваются только те вопросы, которые касаются применения электроники. Узел согласования впервые рассматривается отдельно от генератора для удобства изложения дальнейших материалов.

Все указанные направления тесно взаимосвязаны между собой. Можно привести пример. Используется ультразвуковая установка для промывки деталей. От качества ванны, ее геометрических и электромеханических характеристик зависит мощность полезной энергии, необходимой для задуманного технологического процесса и мощность потеря, которая выделяется в виде тепла, нагревает дополнительно пьезопластины и места крепления элементов преобразователей, что приводит к снижению надежности и полезной энергии. Генератор, который возбуждает ванну, вынужден вырабатывать лишнюю энергию. При этом дополнительно греется узел согласования. Если промываемые детали положить на дно ванны, а не подвесить на определенном расстоянии от него, эффективность снизится еще больше. С другой стороны, если узел согласования при плохой настройке пропустит на ванну лишние гармоники, то генератор будет вырабатывать лишнюю энергию, а ванна будет ее рассеивать в виде тепла, снижая свой ресурс работы. И так до бесконечности. Нет отдельно плохого оборудования, есть в первую очередь неудовлетворительное сочетание между собой указанных направлений; и только во вторую очередь недостаточный учет и реализация позиций, указанных ниже.

Каждое вышеуказанное направление комплексного подхода к созданию ультразвуковых установок можно рассмотреть с помощью следующих характеристик:

1. Универсальность - уровень спектра технологических задач, которые можно решить.
2. Технологичность - уровень возможности решить поставленную задачу.
3. Надежность - обеспечение рабочего режима при отрицательном воздействии опасных факторов.
4. Ремонтопригодность - уровень возможности обеспечения ремонта.
5. Стойкость и другие экономические факторы.

Рассмотрим кратко каждую характеристику применительно к ультразвуковым генераторам. Более подробное рассмотрение - результат будущих работ.

УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ

Широкие возможности применения ультразвуковой механической энергии практически в любой области деятельности человека приводят к созданию огромного количества моделей ультразвуковых генераторов. По техническим возможностям они могут быть универсальные и специализированные.

Первые рассчитаны на работу с различными технологическими установками, допускают широкую вариацию выходных параметров, условий согласования с нагрузками. Они предназначены для использования в исследовательских лабораториях, на опытных производствах, где нужна широкая регулировка параметров технологического воздействия.

Вторые - рассчитаны на питание одной определенной нагрузки. Они более простые, чем первые, а следовательно более надежные и дешевые. Характеристики ультразвуковой нагрузки настолько индивидуальны и критичны, что и в одной серии часто не всегда допускается полная взаимозаменяемость оборудования без индивидуальной настройки и согласования. Даже наличие универсального генератора не всегда позволяет произвести полное согласование без дополнительного оборудования, например осциллографа. Сложность согласования и наладки ультразвукового генератора более чем на порядок выше, чем у похожего оборудования, например, закалки металла токами высокой частоты. Все это говорит о том, что использование универсального генератора в ультразвуке очень проблематично и накладно. Специализированное оборудование наиболее выгодно, но при требовании обеспечения большого числа технологических процессов приходится выпускать соответствующий ряд модификаций, что усложняет выпуск и обслуживание при работе, а значит ведет к удорожанию.

Компромиссным решением данной проблемы можно привести пример широкого внедрения ультразвуковой очистки деталей подшипников на АП «Минский подшипниковый завод» по системе, предложенной автором.

При большом количестве разнообразных процессов ультразвуковой очистки деталей подшипников требуется соответствующее количество генераторов, что значительно усложняет организацию обеспечения и обслуживания. Кроме того, изъятие генератора из производства для его обслуживания проблематично, так как специализированный запасной генератор мощностью около 1 кВт и выше иметь накладно, а согласовать другой сложно без специалиста с определенной квалификацией. Внедряемая система позволяет обеспечить производство генераторами, которые для конкретной технологической нагрузки по оптимальности соответствуют специализированным, а для обеспечения всего спектра технологических процессов - универсальным. Такая система позволяет обеспечить почти полную взаимозаменяемость генераторов независимо от специфики технологического процесса, а это значит, что относительно небольшой комплект ЗИП (единицы штук) может помочь обслужить десятки установок, что в условиях большого производства имеет соответствующий экономический эффект. Кроме того, легче подготовить обслуживающий персонал.

Для решения указанной задачи система делится на три части:

1. Специализированный корпус, оснащенный элементами управления, индикации и источником питания.
2. Модуль возбуждения, генерирующий напряжение с характеристиками, едиными для всей серии модулей.
3. Модуль согласования генератора с нагрузкой, который может размещаться вне корпуса генератора. Обеспечение полной взаимозаменяемости модуля возбуждения, как наиболее подверженного выходу из строя узла генератора вполне решает поставленную задачу.

Не следует путать указанную систему с модульной системой питания мощных нагрузок, когда общая нагрузка делится на отдельные секции и каждая из них получает питание от отдельного малоомощного генератора.

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ

Выше было указано, что режимы ультразвуковой обработки являются очень критичными к определенным факторам, а малейшие изменения параметров работы вызывают ухудшение эффективности обработки. Поэтому требуется визуальный контроль выходной мощности с помощью индикаторного устройства, имеющего возможность отражать весь диапазон, например, по стрелочному индикатору. Причем, индикаторы компараторного типа, показывающие какое-то одно значение и не отражающие промежуточных (выполнены, как правило, с индикацией среднего значения), малоэффективны. Определение мощности по звуку кавитации в ванне или по шуму тоже весьма относительно. Генератор должен иметь возможность удобной коррекции частоты, если он не работает в режиме АПЧ, а также по необходимости и других параметров.

НАДЕЖНОСТЬ

С самого начала работает, как правило, все. Но с течением времени по ряду факторов работа может нарушаться. Их учет позволяет выработать требования, выполнение которых позволяет увеличить ресурс работы генератора. Это контроль и максимальное уменьшение воздействия таких факторов, как

1. Сквазные токи
2. Одностороннее насыщение сердечника
3. Амплитудно значение коммутируемого максимального тока
4. Среднее значение коммутируемого максимального тока
5. Понижение напряжения питания сети переменного тока
6. Повышение напряжения питания сети переменного тока
7. Кратковременные перемены напряжения питания сети переменного тока
8. Изменение угла сдвига фаз между коммутируемым током и напряжением
9. Гармонический состав выходного напряжения
10. Перегрев элементов.

Учет и выполнение указанных требований позволяет оценить надежность любого генератора, позволяя производить его оценку при сравнении между собой различных моделей.

Решающее значение обеспечения надежности имеет идеология организации системы защиты. Многим известна трудность работы с оборудованием, которое часто отключается при возникновении опасных режимов, и нужно тратить время на повторное включение. Именно в ультразвуке таких режимов предостаточно. Для того, чтобы можно было работать более менее устойчиво, защиту заглубляют, увеличивают инерционность ее срабатывания и пр., снижая ее до минимума. Следует учесть, что основное число опасных режимов характеризуется относительно кратким воздействием и только небольшое число может воздействовать длительное время. Поэтому оптимальной является

мгновенная защита с самовосстановлением настолько быстро, чтобы ее работа не мешала техпроцессу. В этом случае при единичных опасных режимах техпроцесс нарушаться не будет, а при повторяющихся более длительное время срабатывает дополнительно инерционная защита с длительным отключением.

Такой защитой обеспечены все генераторы серии «ВНТ», внедренные автором.

РЕМОНТОПРИГОДНОСТЬ

Организация ремонта ультразвуковых генераторов на любом производстве очень сложна в первую очередь за счет трудности пуско-наладочных работ после ремонта. Внедряемая конструкция позволяет значительно упростить эту задачу за счет использования универсального комплекта ЗИП и подготовки специалистов завода для ремонта в основном единого, упрощенного модуля, максимально подверженного выходу из строя, а не всего генератора в целом.

СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ПОЛУЧЕНИЯ РАВНОМЕРНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОЧИСТКЕ

С. А. Хохряков (ООО «САМАВИТ ПЛЮС»)

Использование ультразвуковых колебаний для равномерной очистки деталей и узлов от технологических загрязнений приводит к созданию значительного числа способов и средств для обеспечения этой задачи. Это достигается в первую очередь получением равномерных колебаний на плоскости, снабженной определенным количеством ультразвуковых преобразователей (мозаичная система) и помещенной в жидкий раствор. Примерами практического использования таких систем могут быть также диспергаторы, аэраторы, стерилизаторы и пр.

Получение равномерных колебаний в мозаичной системе представляло всегда определенные трудности за счет неоднородности излучения ультразвуковых преобразователей.

Первый, наиболее простой способ, осуществляет принцип питания преобразователей в параллель от одного генератора. Он, по утверждению автора работы [1], не обеспечивает достаточной равномерности излучения, так как подбор преобразователей очень труден и практически невозможен в условиях серийного производства. Это было справедливо в свое время, когда еще не было достаточно хороших пьезоматериалов, технологии подготовки акустических излучающих поверхностей и крепления преобразователей.

В литературе, указанной выше, утверждается, что равномерность загрузки по мощности преобразователей в мозаичной системе ввиду различных резонансных частот и сопротивлений отдельных преобразователей может быть достигнута только в модульных системах, когда каждый преобразователь питается от отдельного модульного генератора. На основе этого была разработана целая теория и под нее создано специальное оборудование. Назовем это вторым способом реализации рассматриваемого процесса. Этот способ относительно неплох, однако он довольно громоздок при монтаже мощных систем, когда каждый преобразователь мозаичной системы должен иметь отдельную линию для питания, часто на значительные расстояния и отдельный генератор. Здесь добавляется громоздкость настройки системы, разные частоты излучения каждого преобразователя, что приводит к интерференции и наличию значительного числа гармоник, что снижает кавитационный эффект, надежность и пр.

Третий способ, предлагаемый в литературе [2], указывает на применение широкополосного генератора, который создает возможность работы мозаичной системы в многочастотном режиме, соответствующем максимуму выходной мощности каждого