

УДК 621.37

А.А.Зобенко (асп., СПГУАП), В.Ф.Худяков, д.т.н., проф.

МЕТОД ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ИМПУЛЬСНОГО УСИЛИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ПО ОЦЕНКЕ ЕГО КПД

Одним из методов контроля состояния силового модуля является оценка его коэффициента полезного действия. Рассматривая ИУПУ как своего рода «черный ящик», можно, не проникая в особенности его внутренней структуры, оценить его состояние по параметрам мощностей в первичной и вторичной цепях. Как правило, предельно допустимая мощность, которую способно рассеивать ИУПУ, известна, либо ее можно оценить, зная размеры радиаторов и предельно допустимую температуру окружающей среды, в которой планируется эксплуатация устройства.

Мощность, рассеиваемая устройством, определяется по простейшей формуле:

$$P_{\text{Расс}} = P_{\text{Перв.}} - P_{\text{вторичн.}}$$

Коэффициент полезного действия импульсных преобразовательных устройств зависит от параметров первичного источника напряжения и нагрузки. Как правило, при максимальных входных напряжениях и минимальной нагрузке КПД минимален. Ведущие мировые производители импульсных источников питания уделяют немалое внимание оценке КПД своих устройств при различных режимах работы. График, отображающий зависимость КПД импульсного преобразователя напряжения фирмы VICOR от величин входного напряжения и нагрузки, приведен на рис. 1.

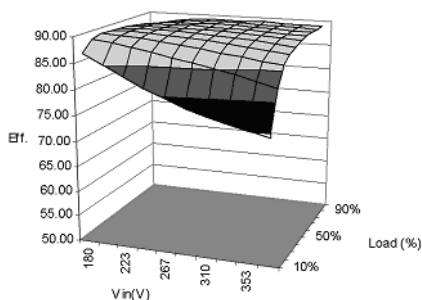


Рис. 1. Зависимость КПД источника питания, выполненного на модулях фирмы VICOR, от параметров его работы

В процессе эксплуатации устройства из-за старения элементов коэффициент полезного действия ухудшается, осложняя температурные условия работы модуля. Имея возможность отслеживать снижение КПД, мы можем судить о степени износа модуля и о вероятности возникновения катастрофического отказа. При достижении КПД некоторого уровня, при котором вероятность отказа

достигнет недопустимо высокого значения, устройству контроля необходимо будет принять решение о нецелесообразности использования модуля и необходимости его замены.

По схеме, приведенной на рис.2 был создан макет устройства диагностики импульсного повышающего преобразователя напряжения мощностью до 500 Вт. Устройство индицирует информацию о мощностях, потребляемой от первичного источника и отдаваемой в нагрузку, а также индицирует отношение амплитуды пульсаций выходного напряжения к его постоянной составляющей.

Макет функционирует во всем диапазоне мощностей преобразователя. Внедрение в схему однотактного импульсного преобразователя устройства диагностики по такому принципу со светодиодной индикацией неисправности и интерфейсом RS232 приведет к удорожанию схемы на 15-20 %. Для более сложных схем преобразователей удорожание схемы будет меньше.

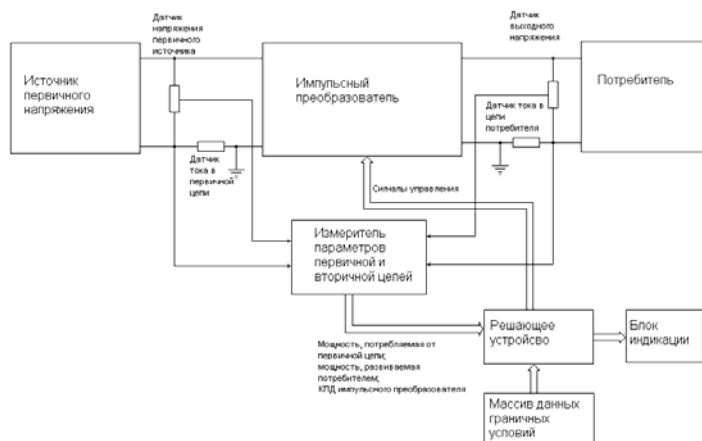


Рис. 2. Схема оценки состояния импульсного преобразователя по КПД

Современные средства микроэлектроники позволяют реализовать подобные системы без особых затрат. Однако, помимо оценки состояния самого силового модуля, интересно было бы реализовать функцию слежения за первичным источником и потребителем энергии. Многие электронные устройства, питаемые от индивидуальных вторичных источников, имеет ограниченное число режимов работы. Например, выходной каскад передатчика радиостанции с частотной модуляцией сигнала имеет всего два режима работы: передача и прием (выключен). Учитывая, что источник питания радиостанции работает в режиме ограничения по напряжению, мощность, потребляемая выходным каскадом, будет определяться его током потребления. Исправный передатчик ЧМ радиостанции потребляет или ток передачи или ток молчания, который близок к нулю. Мощность, потребляемая передатчиком в рабочем режиме, зависит от частоты передачи, температуры окружающей среды и ряда других параметров. Таким образом, мощность, потребляемая передатчиком в активном режиме, можно рассматривать как случайный процесс с параметрами, определяемыми условиями эксплуатации. Напрашивается решение определить параметры этого случайного процесса: среднее, дисперсию, спектральное распределение, и, в случае перехода устройства на режим потребления, не соответствующий устоявшимся, принять решение об отказе, произошедшем в потребителе.

Однако встает ряд вопросов: каким образом выбрать порог принятия решения о неудовлетворительном состоянии устройства, какой длительности выбрать время обучения системы диагностики, насколько точно надо оценить плотность вероятности процесса потребления во времени. Для ответа на эти вопросы необходимо изучить механизмы наиболее вероятных отказов для конкретных видов нагрузки (например передающего тракта радиостанции) и построить модели их развития. При внезапном отказе какого либо блока системы резко изменится рабочая точка импульсного преобразователя. Это может привести к аварийной ситуации – переходу в режим стабилизации по току и падению выходного напряжения, либо просто сместить рабочую точку.

С точки зрения цифровой обработки сигналов, диагностика системы по энергетическим параметрам представляет собой задачу проверки гипотезы о нормальной работе аппаратуры. При изменении параметров процесса потребления во времени следует принять решение об изменении режима работы, возможно, вызванного отказом какого либо устройства. Проверку гипотезы об отказе можно осуществить по величине корреляции между наблюдаемым процессом изменения энергетических параметров и набором моделей процесса выхода его составных элементов из строя.

Наибольший интерес представляют ситуации постепенного выхода какого либо элемента из строя, например постепенное «сгорание» транзистора, вызванное его перегревом. При этом рабочая точка плавно перемещается в сторону режима холостого хода,

короткого замыкания или просто режима, не характерного для данной системы по результатам статического анализа. Определяя величины первой и, если надо, второй производной или оценивая параметры случайного процесса, можно отсеleccionировать ухудшение состояния элемента и предупредить выход его из строя.

К сожалению, из-за большого разнообразия электронных устройств и сильной специфики их работы, выделить единый алгоритм оценки состояния системы для всех электронных устройств практически невозможно. Остается вариант применения описанного метода для конкретных видов систем с введением в алгоритм диагностики априорных данных о режимах работы системы и механизмах возможных отказов.

Модели отказов различных элементов аппаратуры потребителя, первичного источника и импульсного преобразователя еще предстоит исследовать.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Обнаружение изменения свойств сигналов и динамических систем / М. Бассавиль, А. Банвениста. Пер. с англ. И.Б. Вильховченко, Г.А. Сидорова. Под ред. к.т.н. И.В. Никифорова. М.: Мир, 1989.
2. М. Пешель. Моделирование сигналов и систем / Перевод с немецкого под ред. д-ра физ-мат. Наук Я. И. Хургина. М.: Мир, 1981.
3. Справочник Источники электропитания РЭА / Под ред. Г. С. Найвельта. М.: Радио и связь, 1985.