

УДК 629.7

ПРИМЕНЕНИЕ ФАЗО-МАНИПУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ
ПРИ ТЕСТОВОМ ДИАГНОСТИРОВАНИИ ОБМОТОК АВИАЦИОННЫХ
ГЕНЕРАТОРОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

А. А. ШЕЙНИКОВ, Ю. В. СУХОДОЛОВ
УО «ВОЕННАЯ АКАДЕМИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ»
Минск, Беларусь

Авиационные коллекторные генераторы постоянного тока (ГПТ) всех типов (ГСР, ГСР-СТ, СТГ) аналогичны по конструкции. Для них является характерной высокая удельная мощность. Так, например, генератор ГСР-18000 (мощность генератора 18 кВт) весит примерно столько же, сколько генератор общепромышленного назначения мощностью 2,5 кВт. Высокая удельная мощность ГПТ достигается в результате применения большой частоты вращения, высококачественных электромагнитных материалов и эффективных способов охлаждения. Так, например, плотность токов в обмотках якоря достигает 20 А/мм^2 , а под щетками $25\text{--}30 \text{ А/см}^2$, в то время как у общепромышленных машин эти величины составляют, соответственно, не более 7 А/мм^2 и 15 А/см^2 . Повышенная температура обмотки (до $185 \text{ }^\circ\text{C}$) и высокие плотности тока, несмотря на применение специальных электротехнических материалов, сокращающих срок службы ГПТ до 3000 ч, в то время как срок службы генераторов общего назначения составляет десятки лет. Обмотка якоря ГПТ выполняется простой петлевой. Известно, что до 30 % преждевременных отказов ГПТ происходит из-за повреждений их обмоток [1], вызываемых механическими воздействиями, имеющими электромагнитную природу, а также тепловыми, климатическими и электрическими нагрузками [2]. Ситуация усложняется отсутствием эффективных методик автоматизированного контроля обмоток ГПТ, обладающих приемлемой для эксплуатации достоверностью.

Для определения дефектов изоляции используются такие методы, как измерение сопротивления изоляции, измерение интенсивности частичных разрядов, измерение емкости относительно корпуса, определение значения тангенса угла диэлектрических потерь, испытание повышенным напряжением, испытание импульсным напряжением. Анализ существующих способов контроля изоляции показал их невысокую достоверность, а также не учет индивидуальных и конструктивных особенностей ГПТ. Решение этой задачи возможно при диагностике обмоток с помощью анализа затухающих колебаний. Однако недостатком этого способа является необходимость подавления неинформативных спектральных составляющих и искажений, вызванных нестабильностью параметров испытательного сигнала. Повысить чувствительность контроля можно за счет использования специфических свойств радиосигналов. Здесь полезная информация заключена в одном из несколь-

ких параметров высокочастотного колебания. При этом не обязательно сохранять полностью структуру колебания, достаточно лишь сохранить закон изменения того параметра, в котором заключена информация. Значения определенных гармонических составляющих импульсного напряжения в контролируемой обмотке будут зависеть только от ее параметров. Условием выбора оптимальной формы испытательного напряжения является необходимость сосредоточения основной энергии его спектра в диапазоне резонансных частот контролируемой обмотки. В результате анализа форм спектров различных сигналов установлено, что наилучшим образом удовлетворяют предъявленным требованиям напряжения в виде отрезков синусоиды, имеющей n периодов $u(t) = \sin(\omega_0 t)$, где n определяется по значению $\Delta\omega$ (чем меньше n , тем больше значение $\Delta\omega$).

Такую форму напряжения можно трактовать как синусоидальное колебание, модулированное прямоугольной функцией. При этом начальная фаза несущего колебания совпадает с фронтом огибающей. Спектральная плотность подобного радиосигнала $\dot{G}_p(\omega)$ (рис. 1) получается путем сдвига спектральной плотности $\dot{G}(\omega)$ прямоугольной огибающей по оси частот на ω_0 вправо и влево с уменьшением ординат в два раза [3]:

$$\dot{G}_p(\omega) = \frac{U}{(\omega - \omega_0)} \sin\left[\frac{(\omega - \omega_0)\tau_u}{2}\right] + \frac{U}{(\omega + \omega_0)} \sin\left[\frac{(\omega + \omega_0)\tau_u}{2}\right] \quad (1)$$

а)

б)

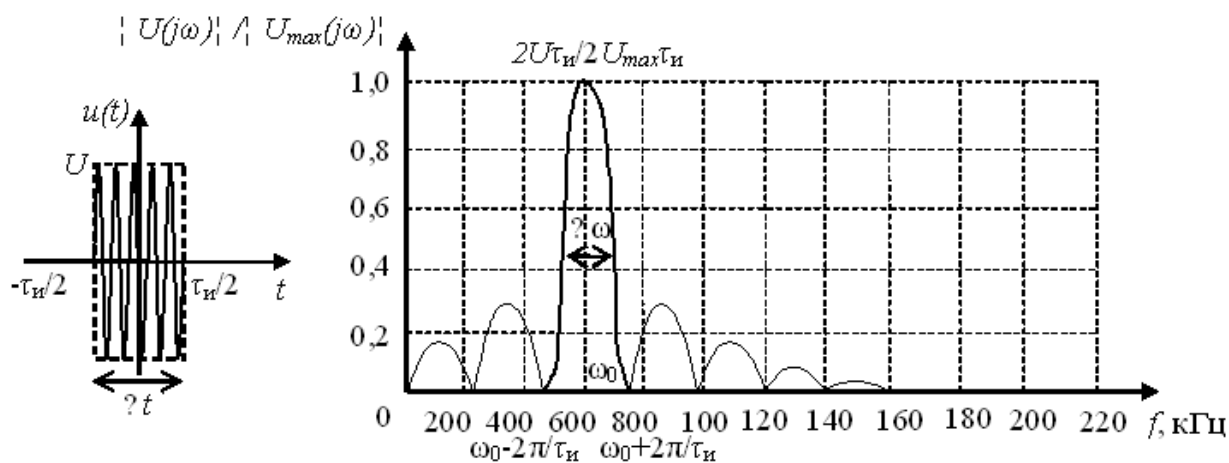


Рис. 1. Форма и амплитудный спектр напряжения в виде отрезка синусоиды соответствующего резонансной частоте обмотки якоря авиационного генератора ГСР-СТ-12/40Д: а – форма; б – амплитудный спектр

Активную ширину спектра прямоугольного импульса длительностью τ_u можно представить как полосу частот $\Delta\omega$ между значениями частот, при которых спектральная плотность первый раз обращается в ноль.

В [3] показано, что доля k полной энергии рассматриваемого сигнала, заключенная в полосе рассматриваемых частот $k > 90\%$. Огибающая при периодизации анализируемых радиоимпульсов образует последовательность прямоугольных импульсов. Сигнал при таком режиме работы представляет собой манипулированное колебание [4].

Сравнительные исследования видов манипуляции высокочастотных сигналов показали, что максимальная достоверность контроля обеспечивается при фазовой манипуляции с $\Delta\varphi = \pi$. При этом вся энергия сигнала содержится только в боковых полосах, а составляющая на несущей частоте отсутствует (рис. 2).

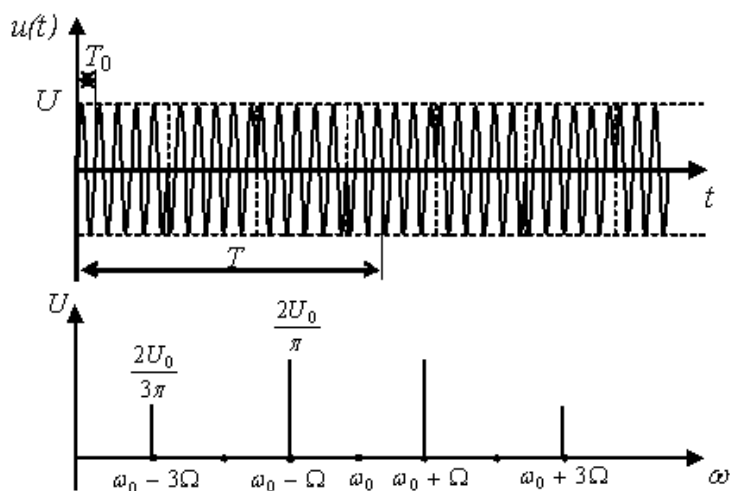


Рис. 2. Временная и спектральная характеристики фазоманипулированного сигнала ($\Delta\varphi = \pi$)

На интервале, где колебания синфазны, суммарная амплитуда удваивается, а где фазы противоположны, компенсируется. Двукратное превышение амплитуд спектральных составляющих фазоманипулированного сигнала над составляющими спектра амплитудно-манипулированного сигнала и возможность минимизации составляющей на несущей частоте позволяет увеличить достоверность контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зонтов, А. В. Системы электроснабжения летательных аппаратов / А. В. Зонтов. – М. : ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 1986. – 420 с.
2. Гемке, Р. Г. Неисправности электрических машин / Р. Г. Гемке. – Л. : Энергия, 1969. – 272 с.
3. Самойло, К. А. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. пособие для вузов / К. А. Самойло, Д. В. Васильев [и др.]. – М. : Радио и связь, 1982. – 528 с.
4. Гоноровский, И. С. Радиотехнические цепи и сигналы / И. С. Гоноровский. – М. : Дрофа, 2006. – 719 с.