

УДК 621.396.96

ОПЕРЕДЕЛЕНИЕ ФАЗОВОЙ ПОГРЕШНОСТИ СПЕКТРАЛЬНОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ ОБМОТОК АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Зеленко В.В.¹, Шейников А.А.²¹Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

²Военная академия Республики Беларусь

Минск, Республика Беларусь

Повышение точности при контроле обмоток асинхронных электродвигателей предусматривает применение методов, основанных на спектральном анализе тестовых сигналов. Основной недостаток этих методов – необходимость подавления в регистрируемом сигнале неинформативных спектральных составляющих и искажений, которые вызваны нестабильностью работы измерительной аппаратуры.

Развитие вычислительных возможностей средств измерений позволяет повысить точность методов обработки периодических измерительных сигналов за счет установление зависимости между локальными вариациями временных параметров сигнала и изменениями параметров его спектра. Вариации значений параметров сигналов приводят к искажению исходного распределения параметров гармонических составляющих, при котором одни из них подвергаются наибольшим изменениям, а другие – наименьшим. Обеспечение автоматизации контроля и увеличение точности основаны на замене малочувствительной регистрации изменений временных параметров сигналов регистрацией изменений временных параметров характерных гармонических составляющих спектра, обладающих максимальной чувствительностью к отклонениям информативного параметра (например, времени задержки между двумя периодическими последовательностями радиоимпульсов) и минимальной чувствительностью к отклонениям, обусловленным нестабильностью работы измерительной аппаратуры.

Для контроля обмоток асинхронных электродвигателей в качестве измерительных сигналов широко применяются периодические последовательности радиоимпульсов [1]. Наиболее приемлемым является диапазон частот радиоимпульсов 10-90 кГц.

Изменяя период следования, амплитуду и длительность радиоимпульсов, можно управлять параметрами спектра выходного напряжения, снимаемого с контролируемой обмотки, а также получить значительное увеличение межвиткового напряжения без превышения напряжения на корпус [2].

Знание номеров характерных гармонических составляющих позволит учесть искажения сигнала, обусловленные нестабильной работой измерительной аппаратуры.

Периодическая последовательность радиоимпульсов в литературе обычно представляется рядом Фурье [3, 4]

$$e(t) = E \frac{\tau_u}{T} \sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{\sin(\omega_0 - n\Omega) \frac{\tau_u}{2}}{2(\omega_0 - n\Omega) \frac{\tau_u}{2}} + \frac{\sin(\omega_0 + n\Omega) \frac{\tau_u}{2}}{2(\omega_0 + n\Omega) \frac{\tau_u}{2}} \right] \cos(n\Omega t)$$

где n – номер гармонической составляющей; ω_0 – несущая частота; Ω – частота следования радиоимпульсов; τ_u – длительность радиоимпульсов.

Для определения спектрального состава последовательности радиоимпульсов удобно воспользоваться принципом наложения и представления их в виде суммы из m задержанных во времени на T_c относительно друг друга полных периодов синусоиды.

При определении спектральных составляющих следует учитывать нестабильность параметров измерительного сигнала.

Основной причиной фазовой нестабильности параметров измерительных сигналов является запаздывание при работе генераторов испытательных сигналов.

Влияние фазовой нестабильности измерительного сигнала на его спектр предлагается учесть самым неблагоприятным случаем, при котором происходит смещение фаз крайних полувольт радиоимпульса на 90° .

Примем время включения и выключения при коммутации одинаковым. Тогда форма измерительного сигнала будет соответствовать изображенной на рисунке 1.

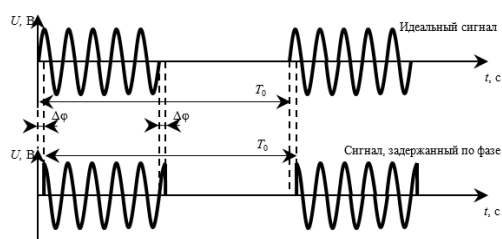


Рисунок 1 – Искажение фронтов радиоимпульсов, обусловленное фазовой нестабильностью

С целью анализа задержанный по фазе сигнал последовательности радиоимпульсов можно представить как сумму неискаженного радиоим-

пульса и сигнала, представляющего собой знакопеременную последовательность четвертей синусоиды, соответствующих по времени переднему и заднему фронтам каждого радиоимпульса (рисунок 2).

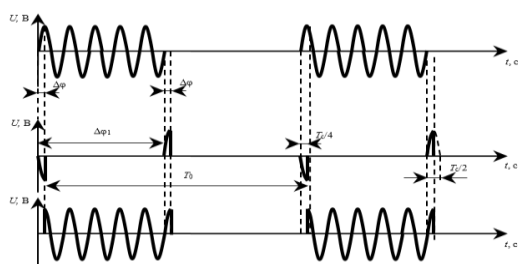


Рисунок 2 – Представление сигнала последовательности радиоимпульсов задержанных во времени

Использование принципа наложения позволяет учесть и сам добавочный сигнал как сумму двух более простых задержанных относительно друг друга разнополярных периодических сигналов, что облегчает спектральный анализ результирующего сигнала.

Таким образом, результирующий сигнал представляет собой сумму трех периодических сигналов: неискаженного радиоимпульса и двух разнополярных периодических последовательностей импульсов в виде четвертей синусоиды, сдвинутых относительно друг друга по фазе на $\Delta\varphi_1 = mT_c$.

При расчете спектра сигнала суммы двух периодических последовательностей радиоимпульсов, задержанных относительно друг друга на время t_c , необходимо умножить функцию спектральной плотности исходного одиночного однополярного сигнала на $2 \left| \sin \left(\frac{n\Omega t_c}{2} \right) \right|$, где $\Omega = \frac{2\pi}{T_0}$ –

УДК 621.371

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ГИБРИДНЫХ РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ ПАНЕЛЕЙ
Алешкевич Н.Н., Будай А.Г., Кныш В.П., Малый С.В.

Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н.Севченко» БГУ
Минск, Республика Беларусь
Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь

Одной из важнейших проблем в настоящее время является оценка и обеспечение безопасности электро и радиотехнических устройств. Это связано с решением задач электромагнитной совместимости различных систем, а также с защитой информации, содержащейся в побочном электромагнитном излучении технических средств обработки информации от технических средств раз-

частота периодизации, n – номер гармонической составляющей [2]. Причем $t_c = mT_c$.

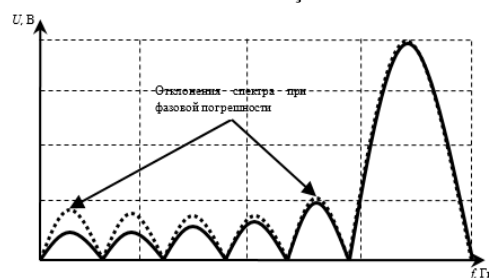


Рисунок 3 – Спектры сигналов периодической последовательности радиоимпульсов неискаженного и с фазовой погрешностью

Сравнение спектров неискаженного сигнала периодической последовательности радиоимпульсов и сигнала периодической последовательности радиоимпульсов с фазовой погрешностью (рисунок 3), позволяет определить области частотного спектра наименее чувствительные к фазовой погрешности генерируемых тестовых сигналов.

Анализ амплитудных спектров показывает, что фазовая погрешность стремится к нулю с приближением к несущей частоте и увеличивается при удалении от нее.

Литература

1. Ревин, В.Т. Преобразование и преобразователи измерительной информации: учеб. пособие: в 5 ч. Ч.1 / В.Т. Ревин. – Минск : БГУИР, 2002. – 70 с.
2. Суходолов, Ю.В. Спектрально-импульсные методы контроля обмоток асинхронных двигателей / Ю.В. Суходолов. – Минск, 1993. – 113 с.
3. Толстов, Г.П. Ряды Фурье: 3-е изд./ Г.П. Толстов. – М. : Наука, 1980. – 384 с.
4. Малашин, А.Н. Спектральный (частотный) метод анализа электрических цепей: учеб. пособие / А.Н. Малашин [и др.] – Минск : ВАРБ, 2015. – 95 с.

ведки, бесконтактной модификации и уничтожения информации. Для этого используются радиопоглощающие материалы и покрытия Поскольку в настоящее время значительно возросло количество разнообразных источников ЭМИ (информационные системы, системы связи, навигации и др.) и расширяется используемый частотный диапазон, то весьма актуальными являются