Введение

Имеется целый ряд задач при проведении операций измерения, испытаний и контроля, в которых вид сигналов характеризуется физическими законами исследуемых процессов, а погрешности результатов измерений очень малы. К таким сигналам, в частности, относятся периодические сигналы.

Среди периодических сигналов, которые очень часто используются как в теории, так и в практических целях, выделяются гармонические сигналы. Это связано с тем, что такие сигналы независимы к преобразованиям, которые производятся линейными системами. При подаче на вход подобной системы гармонического сигнала, выходной сигнал останется гармоническим и будет иметь такую же частоту, а будет отличаться от входного только амплитудным значением и фазой.

Выполненные в работе исследования состава высших гармоник сигналов в цепях ряда энергообъектов и электрического оборудования показали, что: в электрических сетях с номинальным напряжением 110 кВ и более высокими номинальными напряжениями действующие сигналы имеют форму, которая близка к синусоидальной; коэффициенты искажения синусоидальности, которые являются комплексной величиной и характеризуют в целом соотношение между высшими гармониками и первой гармоникой сигналов, меньше 2 %. Кроме того, коэффициенты отдельных гармоник в сигналах, имеют наибольшую амплитуду, меньше 1,5 %. Достаточно близки к гармоническим моделям сигналы, которые имеют место в силовых цепях разных электромеханических систем.

Для того, чтобы проводить измерение параметров данных сигналов можно эффективно использовать аппроксимационный подход (АП).

АП - это соединение принципов, а также методов, и реализующих их систем, которые направлены на разработку таких аналитических моделей, параметры которых находятся на основе заранее известной информации и определенного экспериментального материала. Всё это должно быть в непосредственной связи с целями исследований.

Применение такого АП к определению параметров гармонических сигналов обеспечивает возможность значительного сокращения времени измерения, а также использования арифметических операций с мгновенными значениями сигналов вместо достаточно сложных интегральных преобразований.

Основными параметрами периодических сигналов служат следующие: среднеквадратические значения напряжения (СЗН) и тока (СЗТ), активная (АКМ) и реактивная (РЕМ) мощности. Данные параметры обычно называют интегральными характеристиками периодических сигналов (ИПС).

Кроме необходимости обеспечения высокой точности измерения ИПС, другой проблемой является достижение высокого быстродействия процедур измерения, которое определяется требованиями к оперативности выполнению операций контроля и испытаний.

В магистерской диссертации решается задача уменьшения времени определения ИПС при обеспечении высокой точности измерения, что является важной и актуальной задачей.

Разработка и исследование аналоговых методов определения ИПС и, реализующих их приборов и систем, проводились научными коллективами, возглавляемыми Алиевым Т.М., Волгиным В.Л., Зыкиным Ф.А., Кизиловым В.У., Поповым В.С. и многими другими учеными. Важнейшими недостатками, которые присуще таким аналоговым методам и средствам измерения являются невысокое быстродействие и низкая универсальность.

В середине двадцатого века начали распространяться цифровые методы измерения ИПС. При этом вначале многие цифровые приборы и системы представляли собой некоторое сочетание какого-либо аналогового измерительного преобразователя отдельной интегральной характеристики и аналого-цифрового преобразователя аналоговой выходной величины. Этим вопросам посвящены труды Лаппе Р., Фишера Ф., Безиковича А.Я., Шапиро Е.З. и ряда других ученых.

В более позднее время начали создаваться, так называемые, комбинированные средства измерения ИПС. Они характеризовались неполным аналоговым преобразованием измеряемых сигналов, добавленным определенными преобразованиями входных сигналов, производимыми в цифровой форме. Подобные исследования проводились Наконечным А.И., Чайковским О.И., Тузом Ю.М., Шаховым Э.К., Шляндиным В.М., Мазеттой Л.A., Гермером Г. и рядом других ученых.

С конца прошлого века широкое распространение для измерения ИПС получили цифровые методы, в основе которых лежит аналого-цифровое преобразование мгновенных значений входных сигналов (МЗС) при их равномерном распределении на периоде, с дальнейшим выполнением обработки кодов. Такие вопросы затрагивались в трудах Клисторина И.Ф., Коршевера И.И., Кларка Ф.Дж.Дж., Стоктона Дж.Р., Янга A.Г., Стейденто П.M. и многих других специалистов.

В этих методах первоначально считается, что мгновенные значения сигналов взяты по периоду равномерным образом. В практических случаях данное предположение не исполняется, что вызывает дополнительную погрешность. Данная разновидность погрешности вызвана изменением частоты входного сигнала и, кроме того, неточным разделением длительности периода на требуемое число временных интервалов дискретизации. Для уменьшения влияния этих факторов и, следовательно, для повышения точности измерения ИПС используются, в основном, только увеличение числа разрядов аналого-цифровых преобразователей и количества точек дискретизации, а также введение процесса автоподстройки частоты дискретизации. Всё это приводит к увеличению времени измерения.

Необходимо отметить ученых, которые в настоящее время занимаются вопросами разработки новых методов и средств определения ИПС, имеющих улучшенные метрологические характеристики, это: Сo Г.К., Хосеини Г., Mусеик A.К., Дуган Р.К., Агалиалов Ю.Р., Желбаков И.Н. и другие.

Однако проводимые ими исследования посвящены, в основном, попыткам увеличить точность определения отдельных ИПС с помощью соответствующей обработки полученных результатов измерений. В работах этих ученых нет системного подхода к измерению комплекса интегральных характеристик. Задача уменьшения времени измерения ими не ставится.

В.С. Мелентьев предложил применять аппроксимационный подход для оперативного измерения ИПС, основанный на определении интегральных характеристик по функциональной связи с параметрами гармонической модели, обоснованный выбор которой возможен только на основе априорной информации о реальном сигнале. При этом он предлагает производить оценку методической погрешности, которая обусловлена отклонением реального сигнала от гармонического.

Но вопросы создания аппроксимационных методов и систем определения ИПС, основанных на формировании одного или нескольких дополнительных сигналов, которые сдвинуты по фазе относительно входных, решены не в полной мере.

Задачей магистерской диссертации является разработка и исследование новых аппроксимационных методов и систем измерения параметров гармонических сигналов, отличающихся высокой точностью и малым временем определения параметров.

Для того, чтобы достичь поставленной цели, в работе были определены и решены следующие задачи:

классификация известных аппроксимационных методов и систем измерения интегральных параметров гармонических сигналов (ИПГРС), которые основаны на формировании ортогональных составляющих (ОС) сигналов;

анализ известных аппроксимационных методов и систем измерения ИПГРС, основанных на формировании ОС сигналов;

разработка новых аппроксимационных методов и систем определения ИПГРС с улучшенными метрологическими характеристиками;

анализ новых аппроксимационных методов и систем измерения ИПГРС.

Объектом исследования служат сами аппроксимационные методы измерения ИПГРС.

Предметом исследования является метрологический анализ известных методов и систем определения ИПГРС, которые основаны на создании ОС сигналов, а также новых методов.

Научная новизна состоит в следующем:

. Разработан новый метод измерения ИПГРС с коррекцией погрешности, обусловленных формированием дополнительного сигнала, который позволяет избавиться от частотной, угловой погрешности, возникающей при создании дополнительного сигнала, и погрешности по модулю фазосдвигающего блока (ФСДВБ).

. Разработан новый метод измерения ИПГРС на основе сравнения мгновенных значений гармонических сигналов, которые имеют пространственное разделение, который не осуществляет выявление точек перехода сигналов через ноль, что позволяет сократить время определения ИПГРС особенно при больших значениях угла сдвига фаз между напряжением и током

. Проведено исследование метрологических характеристик новых методов и систем определения ИПГРС, основанных на применении дополнительных сигналов, сдвинутых по сравнению с входными на произвольный угол, которое позволило определить их возможности с точки зрения метрологических характеристик.

. Проведено исследование метрологических характеристик известных методов и систем определения ИПГРС, основанных на применении ОС сигналов, которое позволило определить возможные области применения методов.

Научная и практическая ценность работы.

. Разработаны новые методы и системы, которые позволяют повысить точность и сократить время определения ИПГРС.

. Результаты анализа метрологических характеристик известных методов и систем, основанных на применении ОС сигналов, а также вновь разработанных методов и средств определения ИПГРС позволили определить области их возможного применения при известных спектрах реальных сигналов и предъявляемых требованиях к точности и времени измерения.

При написании магистерской диссертации были использованы отдельные разделы теории измерений и численного анализа, положения теории электрических цепей и сигналов, а также методы цифровой обработки сигналов. Для подтверждения основных теоретических выводов использовались методы аналитического и имитационного моделирования.

На защиту магистерской диссертации выносятся следующие основные положения и результаты:

. Методы и системы определения ИПГРС, использующие формирование дополнительных сигналов и нахождение информативных параметров по МЗС с коррекцией и при отсутствии коррекции.

. Полученные результаты анализа погрешностей известных и новых методов и систем определения ИПГРС.

Достоверность результатов проведенного исследования обеспечивается за счет правомерного и корректного использования в магистерской диссертации известных теоретических положений, а также методов аналитического и компьютерного моделирования.

По результатам выполненных в магистерской диссертации исследований опубликовано 4 научных работы. Полученные в работе результаты были опробированы на 3 международных конференциях.