

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АМПЛИТУДНО-ФАЗОЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОКОВЫХ ШУНТОВ

Рыжова А.О., Заревич А.И.

Томский политехнический университет, Институт кибернетики
antonzarevich@ngs.ru

Ключевые слова: Динамические характеристики, токовый шунт, преобразование Фурье.

Введение

Для измерения больших токов в условиях значительных электромагнитных помех традиционно используются токовые шунты [1, 2]. При этом амплитуда измеряемых токов может достигать десятков кА, а сами токи могут иметь сложную форму огибающей и сложный спектральный состав. Необходимо принять во внимание и то, что частотный спектр больших токов может включать компоненты с частотами до нескольких десятков кГц.

Определение динамических характеристик шунтов осложнено из-за их конструктивных свойств, очень низкого сопротивления и широкого динамического и частотного рабочего диапазонов, что определяет высокие требования к измерительному оборудованию.

Текущее состояние проблемы

В настоящее время существуют такие устройства для определения амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) и фазочастотных характеристик (ФЧХ) токовых шунтов, как [3-5]. Они имеют ряд недостатков, например: низкая точность определения АЧХ, невозможность определения ФЧХ; ограниченный частотный диапазон измерения; влияние на определяемые АЧХ и ФЧХ шунта погрешности квантования аналого-цифровых преобразователей (АЦП).

Целью статьи является описание разработанного на кафедре КИСМ ИК ТПУ устройства для определения АЧХ и ФЧХ токовых шунтов, созданного на основе прототипа [5], принципиальная схема которого представлена на рис. 1.

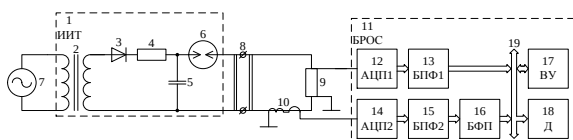


Рис. 1 – Схема устройства-прототипа.

Устройство содержит источник импульсного тока 1, в котором к первому выводу вторичной обмотки повышающего сетевого трансформатора 2 подключен однополупериодный выпрямитель 3, к которому через резисторный ограничитель тока заряда 4 подключен емкостной накопитель энергии 5, соединенный со вторым выводом вторичной

обмотки повышающего сетевого трансформатора 2. Между резисторным ограничителем тока заряда и контактными клеммами 8 коммутатор 6. Первичная обмотка повышающего сетевого трансформатора 2 подключена к промышленному источнику напряжения переменного тока 7 с действующим значением выходного напряжения 220 В. Тестируемый шунт 9 подключен к выходным клеммам 8 через эталонный трансформатор тока 10.

Блок регистрации и обработки сигнала (БРОС) 11 содержит два АЦП 12, 14, к которым подключены блоки быстрого преобразования Фурье (БПФ): 13, 15. 15 соединен с блоком функционального преобразования (БФП) 16.

Вычислительное устройство 17, БПФ 13, БФП 16 и дисплей 18 связаны через общую шину данных 19.

Описание устройства

Устройство предназначено для контроля и определения динамических метрологических характеристик при производстве и эксплуатации токовых шунтов. Его принципиальная схема представлена на рис. 2.

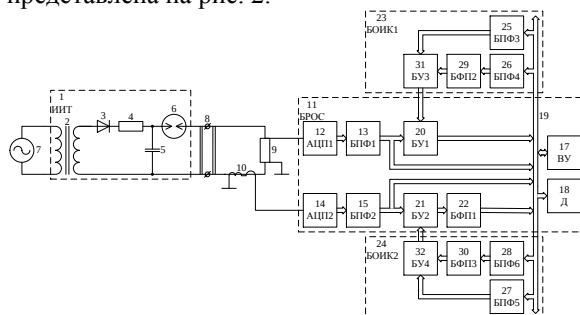


Рис. 2 – Схема устройства для определения АЧХ и ФЧХ токовых шунтов.

Устройство содержит элементы прототипа, описанные выше. Кроме того, в БРОС к (БПФ) 13, 15 подключены блоки умножения (БУ) 20, 21. Последний соединен с первым блоком функционального преобразования (БФП) 22.

Также предлагаемое устройство содержит два блока определения идеализированных коэффициентов обратной передачи АЦП 23 и 24.

Эти блоки идентичны и каждый из них содержит по два БПФ 25, 26 и 27, 28, по одному БПФ 29 и 30 и по БУ 31 и 32.

Все цифровые устройства связаны через общую шину данных 19.

Блоки АЦП реализованы с помощью АЦП AD6649, блоки преобразования Фурье – с

помощью цифровых сигнальных процессоров ADSP-21467 и ADSP-21991, блоки умножения – с помощью микроконтроллеров ADSP-TS201S, а вычислительное устройство 17 – помощью микропроцессора ADSP-BF523.

Работа устройства

Тестируемый шунт подключают к источнику импульсного тока; источник импульсного тока подключают к источнику напряжения переменного тока, напряжение которого повышают сетевым трансформатором до напряжения, на 50 % превышающего напряжение срабатывания коммутатора (газоразрядного устройства). Выходное напряжение сетевого трансформатора выпрямляют однополупериодным выпрямителем и через резисторный ограничитель тока заряда заряжают им накопитель энергии. При достижении напряжением на накопителе энергии значения пробоя газоразрядного устройства, оно срабатывает, при этом на выходных клеммах источника импульсного тока развивается напряжение, и накопитель энергии разряжается через тестируемый шунт.

Сигналы с выходов тестируемого шунта и эталонного трансформатора тока поступают на входы блока регистрации и обработки сигнала, где с помощью АЦП и БПФ получают два массива чисел, соответственно $\{S_{ш,i}\}$ и $\{S_{т,i}\}$, где i – номер числа в массиве.

Преобразованные сигналы подают на входы блоков БУ, получая на выходе массивы чисел $\{S2_{ш,i}\}$ и $\{S2_{т,i}\}$. Последний дополнительно, подают на вход блока БФП1, который выполняет поэлементное обратное пропорциональное преобразование поступившего на его вход массива чисел: $\{S3_{т,i}\} = \{1 / S2_{т,i}\}$. Далее, массивы чисел $\{S_{ш,i}\}$, $\{S_{т,i}\}$ и $\{S3_{т,i}\}$ подают в вычислительное устройство, которое для каждого из массивов по известному критерию [6] определяет ширину спектров сигналов с выходов тестируемого шунта $\Delta f_{ш}$ и эталонного трансформатора тока $\Delta f_{т}$. Далее вычислительное устройство формирует два тестовых сигнала в форме дельта-функции, которые сохраняют в памяти данного устройства с максимальной для него разрядностью, выполняет понижение разрядности до разрядности соответствующего АЦП и результаты этих операций также сохраняют в памяти устройства в виде массивов данных.

Далее соответствующие массивы данных с пониженной разрядностью подают на входы блоков БПФ3 и БПФ5, с максимальной разрядностью – на входы блоков БПФ4 и БПФ6, которые дополнительно подают на входы блоков БФП2 и БФП3. Сигналы с выходов блоков БПФ3, БПФ5 и БФП2 и БФП3 поступают на входы БУ3 и БУ4.

Массивы чисел, сформированные с использованием блоков определения

идеализированных коэффициентов обратной передачи АЦП подают на входы БУ1 и БУ2.

После этого вычислительное устройство определяет массив данных, соответствующий комплексному коэффициенту передачи шунта, реализуя поэлементное умножение массивов, определение значений частот быстрого преобразования Фурье и разделение комплексного коэффициента передачи шунта на модуль и аргумент. При этом модуль комплексного коэффициента передачи шунта является его АЧХ, а аргумент – ФЧХ. Визуализацию АЧХ и ФЧХ шунта производят посредством дисплея.

Заключение

Предложенная конструкция позволяет определить идеализированные коэффициенты обратной передачи первого и второго АЦП. Поэлементное умножение массивов данных этих коэффициентов и спектров сигналов с выходов тестируемого шунта и эталонного трансформатора тока повышает эквивалентную разрядность этих сигналов и, таким образом, осуществляется снижение влияние погрешности квантования первого и второго АЦП на определяемые АЧХ и ФЧХ тестируемого шунта.

Список литературы

1. Векслер М.С., Теплинский А.М. Шунты переменного тока. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 120 с.
2. Muravyov S.V., Borikov V.N., Natalinova N.M. A computer system: measurement of welding surge currents // Measurement and Control. – 2009. – V. 42. – № 3. – P. 44–47.
3. Измеритель относительных амплитудно-частотных характеристик: пат. RU 2291452 C2, МПК G01R27/28 (2006.01), опубл. 01.11.2001.
4. Cherbaucich C., Crotti G., Kuljaca N., Novo M. Evaluation of the dynamic behaviour of heavy current shunts // Metrology in the 3rd Millennium: Proc. XVII IMEKO World Congress. – 22–27 June, 2003. – Dubrovnik, Croatia, 2003. – P. 586–589.
5. Заревич А.И., Муравьев С.В., Бедарева Е.В., Карпенко С.Р. Импульсный метод определения частотных характеристик сильноточных шунтов // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – № 4. – С. 137–140.
6. Гутников В.С. Фильтрация измерительных сигналов. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 192 с.