

Васильев Г.С., Суржик Д.И., Курилов И.А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»*  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: vasilievgleb@mivlgu.ru

### **Способ прецизионного формирования зондирующих сигналов на основе ЦВС для систем электромагнитного геодинамического контроля**

В настоящее время представляет существенный интерес обеспечение безопасности жизнедеятельности людей и их защиты от техногенных, биогенных и антропогенных опасных факторов. Современные системы геодинамического контроля, построенные на базе геоэлектрических методов зондирования, обеспечивают оперативное высокоточное слежение за геодинамикой среды и позволяют предотвратить возможные критические ситуации. Надежность и чувствительность таких систем непосредственно определяется качеством формирования зондирующих сигналов и алгоритмов их обработки.

Для прецизионного управления амплитудами, частотами и фазами зондирующих сигналов многополюсных электроустановок, позволяющих увеличить геодинамическую чувствительность систем мониторинга в условиях действия природных и техногенных помех, предлагается разработать и использовать новые технические решения на основе цифровых вычислительных синтезаторов (ЦВС) с автоматической компенсацией искажений. Авторами предложены структурные схемы таких синтезаторов, выполнено их математическое моделирование и обоснована эффективность применения для формирования сигналов различных радиосистем [1]. Однако вопросы применения таких синтезаторов для систем геомониторинга и их влияния на точность оценки геодинамики ранее не рассматривались. Согласно предварительным исследованиям, ЦВС способны устранить наиболее значимые недостатки известных способов формирования зондирующих сигналов электролокационных установок [2]:

нежелательное изменение фазы при перестройке частоты зондирования и сложность обеспечения фазовой синхронизации;

большое число нелинейных преобразований, вносящих дополнительные искажения и усложняющих устройство формирования.

Среди многочисленных преимуществ ЦВС перед другими методами синтеза [3], актуальными для систем электромагнитного контроля являются:

- очень высокое разрешение по частоте и фазе, управление которыми осуществляется в цифровом виде, дает возможность прецизионной установки параметров зондирующих сигналов;
- перестройка по частоте без разрыва фазы, без выбросов и других аномалий, связанных со временем установления;
- архитектура, основанная на ЦВС, ввиду очень малого шага перестройки по частоте, исключает необходимость применения точной подстройки опорной частоты, а также обеспечивает возможность параметрической температурной компенсации;
- цифровой интерфейс позволяет легко реализовать микроконтроллерное управление;
- для квадратурных синтезаторов имеются ЦВС с I и Q выходами, которые работают согласованно.

Основные требования к ЦВС формирователей зондирующих сигналов электролокационных установок систем геомониторинга:

- многоканальность и независимость отдельных каналов;
- наличие регистра амплитуды (кроме регистров частоты и фазы);
- удобство формирования сигналов с различными законами модуляции. Сложные сигналы актуальны для систем геомониторинга благодаря возможности повышения помехоустойчивости. Проще всего модулированные сигналы формируются в ЦВС посредством подачи на них соответствующих кодов управления частотой, фазой, амплитудой, длительностью сигнала и периодом его повторения. При необходимости формирования сигналов с линейной частотной

модуляцией в ЦВС обычно добавляется накопитель кода скорости, обеспечивающий линейное изменение кода частоты [4].

Диапазон рабочих частот и скорость перехода на другую частоту (или фазу) в спектральном диапазоне зондирующих сигналов систем электромагнитного геомониторинга (обычно десятки-тысячи Гц) для выбора ЦВС не критичен. Целесообразно выбирать сравнительно низко-частотные модели синтезаторов без умножителей частоты, обладающие наименьшим уровнем фазовых шумов.

Выполнено моделирование спектральных характеристик конкретной модели ЦВС для системы электромагнитного геодинамического контроля. Исследована зависимость шумовых свойств синтезатора от параметров устройства автоматической компенсации искажений: коэффициентов регулирования по возмущению и отклонению, порядков и частот среза фильтров нижних частот в управляющих трактах автокомпенсатора. Проведенные исследования подтвердили эффективность применения цифровых вычислительных синтезаторов для формирования зондирующих сигналов в системах электромагнитного геодинамического контроля.

### Литература

1. Васильев, Г.С. Курилов И.А., Харчук С.М. Моделирование нелинейного автокомпенсатора фазовых помех ЦАП прямого цифрового синтезатора частот // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. № 2, 2014. – С. 30-38.
2. Цаплев А.В., Кузичкин О.Р. Фазовое управление многополюсной электролокационной установкой в геомониторинговых и измерительных системах // Методы и устройства передачи и обработки информации. Вып. 9, 2009. – С. 122-127.
3. Ридико Леонид. DDS: прямой цифровой синтез частоты // Компоненты и технологии. № 7, 2001. – С. 50-56.
4. Кочемасов В., Голубков А., Егоров Н., Черкашин А., Чугуй А. Цифровые вычислительные синтезаторы – применение в системах синтеза частот и сигналов // Электроника: наука, технология, бизнес. № 8, 2014. – С. 171-179.