

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАЗДЫВАНИЯ В СЕТЕВОЙ КОМПОНЕНТЕ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ САУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПСП

доц. Туманов М.П. (МИЭМ)

Влияние переменного запаздывания на динамику САУ с сетевой компонентой рассматривалось ранее [1]. Известно, что использование псевдослучайных последовательностей (ПСП) является эффективным способом расширения спектра сигналов. Сама ПСП (разумного порядка) является хорошей моделью эргодического случайного процесса, имеет практически δ -образную автокорреляционную функцию и соответственно равномерную (горизонтальную) спектральную плотность.

Основная идея рассматриваемого метода заключается в использовании особенностей спектра сигнала, получающегося наложением на относительно узкополосный сигнал в САУ ПСП путём суммирования операций XOR.

Нетрудно убедиться, что для двоичных сигналов эта операция эквивалентна балансной модуляции с соответственным преобразованием спектров. Повторное применение этой операции полностью восстанавливает исходный сигнал.

В силу корреляционных свойств ПСП сдвиг даже на один такт приводит к тому, что восстановленный сигнал спектром практически не отличается от ПСП. Иными словами, задача восстановления исходного сигнала является плохо обусловленной (некорректной). Прямое применение ПСП для определения временного сдвига этим существенно затруднено.

В статье предлагается использовать коррелированную ПСП. Это эквивалентно регуляризации некорректной задачи. Так как ПСП генерируется приёмником и передатчиком синхронно (или с заданным временным сдвигом), то получать коррелированную ПСП удобно с помощью фильтра нижних частот (инерционного звена), реализованного программно в самом алгоритме генерации ПСП. В этом случае мы получаем спектральную плотность, убывающую в рабочей области со скоростью -40 дб./дек. Время корреляции оценивается величиной (2-3) Тф.

Моделирование этого алгоритма показало, что спектральная плотность восстановленного сигнала (со сдвигом ПСП) не только имеет явные следы спектра исходного сигнала, но и заметное превышение их амплитуды над уровнем остаточного спектра ПСП. Это даёт возможность уверенно оценить запаздывание в такой системе даже в случае неточного задания шага запаздывания и/или искажений сигналов.

Ниже на графиках представлен этот эффект.



Рисунок 1 – Спектр некоррелированной ПСП

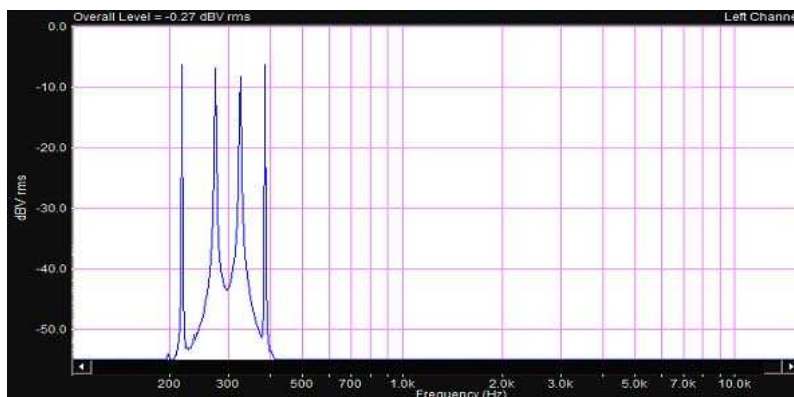


Рисунок 2 – Спектр полезного сигнала

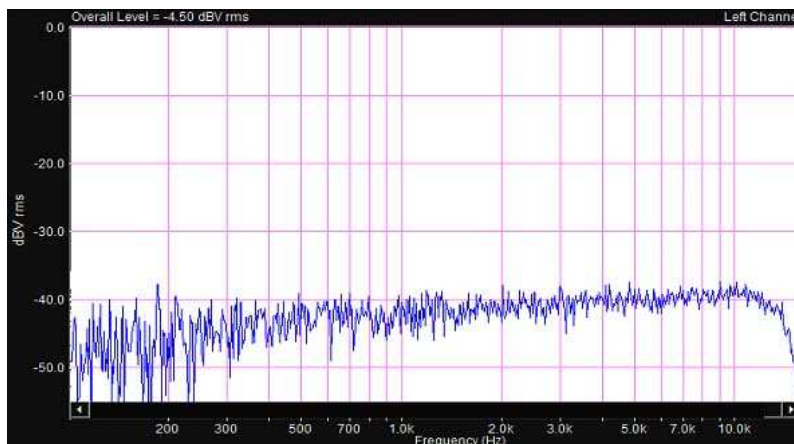


Рисунок 3 – Спектр восстановленного сигнала при сдвиге ПСП на 1 такт. Сигнал теряется в шуме

Заметим, что во всех рассматриваемых случаях сигнал восстанавливается точно, если сдвига между кодирующей и восстанавливающей ПСП нет. Поэтому график спектра восстановленного сигнала при 0 запаздывании (без сдвига) не приводится. При построении спектров всюду использовано БПФ в РВ, это обуславливает неравномерность графиков в НЧ области (малое время усреднения). Период ПСП: 2с. Такт.частота 30 кГц. Длина регистра ПСП-16.

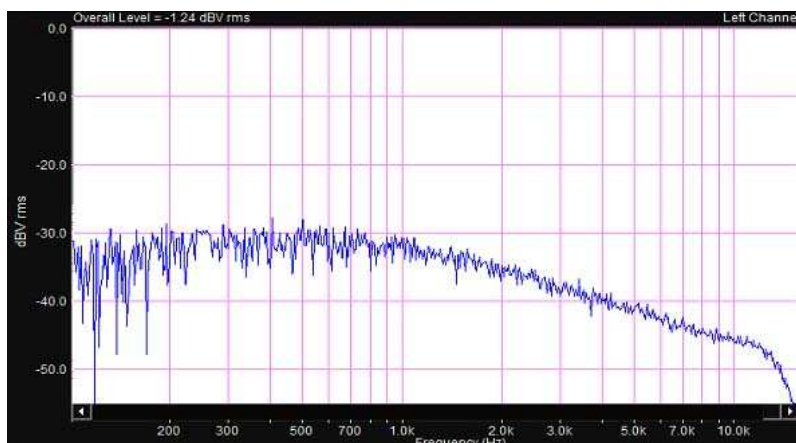


Рисунок 4 – Спектр коррелированной ПСП. $T_{\phi} = 3$ такта ПСП

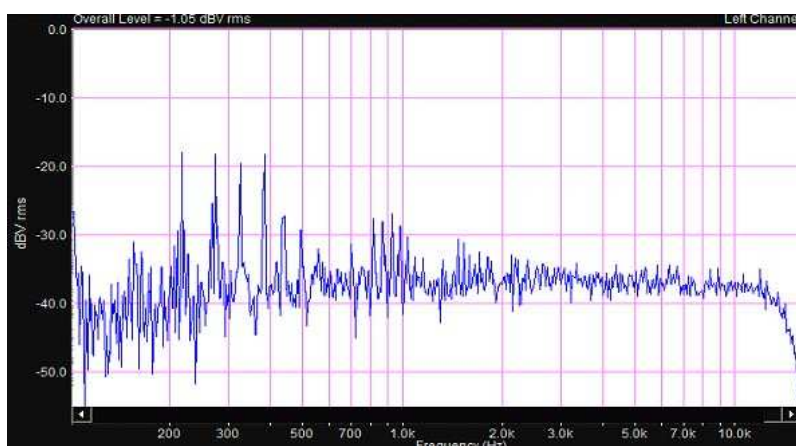


Рисунок 5 – Спектр восстановленного сигнала при сдвиге ПСП на 1 такт

Время корреляции ПСП = 6 такта ПСП. Ясно виден спектр сигнала, превышающий уровень спектра ПСП на 10 и более дБ.

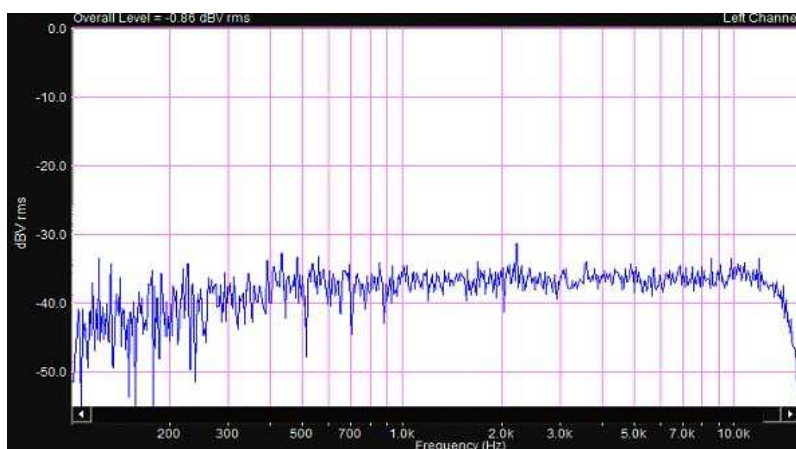


Рисунок 6 – Спектр восстановленного сигнала при сдвиге ПСП на 10 тактов

Время корреляции ПСП = 6 такта ПСП. Слишком большой сдвиг, спектр сигнала потерян.

Обращает на себя внимание эффект "разбеления" коррелированной ПСП, выражающийся в том, что спектр восстановленного сигнала при сдвиге ПСП оказывается имеющим меньшую скорость убывания, чем спектр исходной коррелированной ПСП, что соответствует меньшему времени корреляции.

На базе продемонстрированных эффектов созданы эффективные алгоритмы определения текущего запаздывания.

Литература

1. Туманов М.П. Результаты моделирования переменного запаздывания в распределённой системе автоматического управления с использованием модифицированных частотных методов. Программное и информационное обеспечение систем различного назначения на базе персональных ЭВМ: Межвузовский сборник научных трудов / Под редакцией д.т.н. проф. Михайлова Б.М. – М.: МГАПИ, 2003, выпуск 6. – с. 251-252.