

Проектирование и экспериментальное исследование параметров модуля приемопередатчика цифровой информации УКВ-диапазона

В последние годы все больший спектр применений требует беспроводной передачи цифровых данных. Автоматизация производства, системы сбора телеметрических данных, отслеживание и управление транспортом — это примеры приложений, где требуется обмен ограниченной по объему (сотни байт) и скорости передачи цифровой информацией (1200–19 200 бод). Например, для организации системы слежения за транспортом необходимо получать от каждого подвижного объекта навигационные параметры (координаты, скорость, состояние датчиков и т. д.) объемом 10–50 байт. Частота получения таких данных от каждого объекта (время опроса) зависит от назначения системы и может составлять величину от десятков миллисекунд (например, системы для управления объектами в аэропортах) до нескольких часов (системы отображения местоположения трейлеров транспортных компаний).

**Михаил Басюк,
д. т. н.,**

**С. А. Чубаров,
профессор**

rateos@rateos.ru

Наиболее распространены в настоящий момент две технологии, позволяющие решить данные задачи: использование сети сотовой связи GSM и применение радиомодемов. Оба варианта имеют как преимущества, так и недостатки. Так, GSM предлагает достаточно дешевые и быстрые решения, но время доставки сообщений, строго говоря, не специфицируется и может составить от нескольких секунд до нескольких часов, и вообще, сама доставка не гарантируется. Применение радиомодемов позволяет строить системы с четко известным временем доставки сообщений (а значит, и временем опроса), оптимизировать «пропускную способность» системы, не быть привязанным к оператору сотовой связи (если он вообще есть в данной местности).

Для передачи цифровых данных по узкополосным (12,5 или 25 кГц) радиоканалам применяются радиомодемы, использующие специальные типы частотной модуляции. Если достаточна скорость 1200–2400 бод, проще всего использовать MSK модуляцию (Minimum Shift Keying), когда логические «ноль» и «единица» представляются в виде отрезков синусоиды разных частот (1200 и 1800 Гц соответственно для скорости 1200 бод). Качество собственно радиоканалов для этого вида модуляции может быть относительно «плохим», достаточно использовать «обычную голосовую» радиостанцию. При этом для канала шириной 12,5 кГц доступна скорость 1200 бод, а для канала шириной 25 кГц — 2400 бод. Более эффективна GMSK модуляция (Gaussian Minimum Shift Keying), позволяющая при тех же каналах получить вдвое большую скорость, но требующая для этого и меньших искажений сигналов при передаче по радио. Здесь уже понадобится более качественный радиоканал, в частности, с «ровными»

модуляционными характеристиками передатчика и приемника, меньшими искажениями сигналов.

Данная статья посвящена вопросам проектирования приемопередатчика диапазона 430–470 МГц для использования в составе низкоскоростных (до 9600 бод) радиомодемов или другой аппаратуры для передачи данных по радио с использованием, в частности GMSK-модуляции.

Общие технические характеристики приемопередатчика:

- использование частот диапазона 430–470 МГц возможно на каналах с шириной полосы 25 кГц;
- приемопередатчик работает в одно- или двухчастотном полудуплексном режиме (прием и передача разнесены во времени, частота приема не зависит от частоты передачи);
- выходная мощность передатчика — 5 Вт;
- чувствительность приемника — 0,5 мкВ;
- с учетом необходимости обеспечения хорошей помехозащищенности приемопередатчика, его избирательность по всем каналам приема должна быть не хуже 70 дБ;
- относительная нестабильность частоты не должна превышать 3×10^{-6} .

Кроме этих, общих для радиосвязи параметров, должны обеспечиваться параметры, связанные с использованием приемопередатчика в составе радиомодемов, в частности, с GMSK-модуляцией. Это:

- ширина модуляционной характеристики передатчика должна быть не хуже, чем 100–7000 Гц;
- приемник должен иметь полосу пропускания не хуже 0–5 кГц;
- время переключения с приема на передачу должно быть не более 15 мс (чтобы не снижать время на доставку пакетов данных).

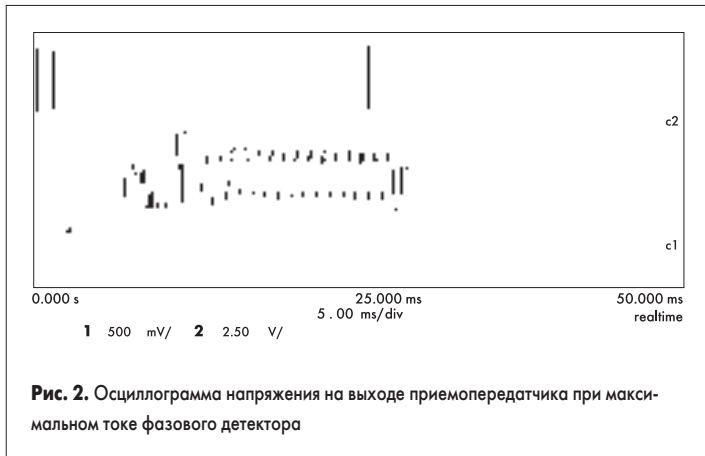


Рис. 2. Осциллограмма напряжения на выходе приемопередатчика при максимальном токе фазового детектора

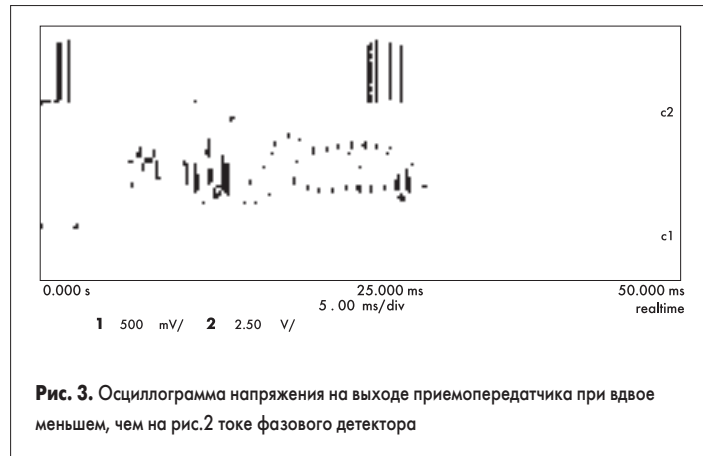


Рис. 3. Осциллограмма напряжения на выходе приемопередатчика при вдвое меньшем, чем на рис.2 токе фазового детектора

датчика. По этой причине он должен перекрывать диапазон частот передатчика (430–470 МГц) и диапазон частот гетеродина приемника (430+45...470+45 МГц), то есть 430–515 МГц.

Противоречивое требование обеспечить необходимое время переключения (15 мс) и достаточно низкую частоту модуляции (100 Гц) удовлетворяется благодаря возможности программно менять параметры фазового детектора (его выходной ток). Это означает, что при необходимости сменить частоту предварительно нужно установить максимальный ток фазового детектора, а по окончании процесса установки частоты уменьшить его до минимума.

Отдельное внимание хотелось бы уделить измерениям времени переключения приемопередатчика из режима «Передача» в режим «Прием». Благодаря тому, что выход приемопередатчика связан с выходом частотного детектора по постоянному току, есть возможность провести указанные измерения по переходному процессу на этом выходе.

На рис. 2 показана осциллограмма напряжения на выходе приемника изделия при переходе изделия из режима «Передача» в режим «Прием» при установленном в максимальное значение токе фазового детектора. Верхний (на рис. 2) канал осциллографа показывает тактовый сигнал шины управления приемопередатчиком. По последнему импульсу этого сигнала можно определить момент окончания подачи команды переключения режимов. Второй канал отображает процесс установления сигнала на выходе приемника (в рабочем канале приемника присутствует сигнал, модулированный частотой 1 кГц). Видно, что окончание команды переключения режимов происходит примерно в момент времени 2 мс, а демодулированный сигнал на выходе устанавливается в момент времени 15 мс, то есть время переключения в данном случае составляет 13 мс.

На рис. 3 показаны осциллограммы тех же сигналов, но ток фазового детектора здесь в два раза меньше, чем при измерениях на рис. 2. В этом случае время переключения увеличилось до 17 мс.

Другие результаты экспериментальных исследований параметров приемопередатчика приведены на рис. 4, 6. Следует отметить также, что в настройке нуждается лишь ФСС.

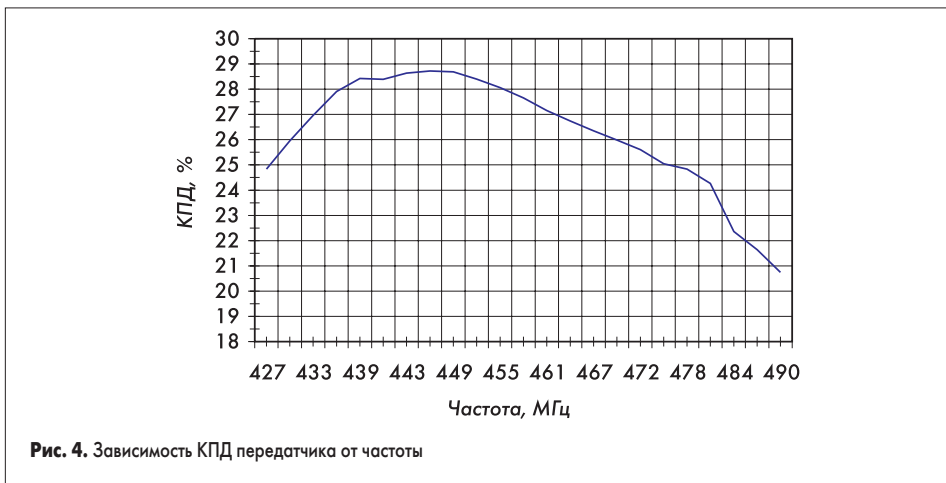


Рис. 4. Зависимость КПД передатчика от частоты

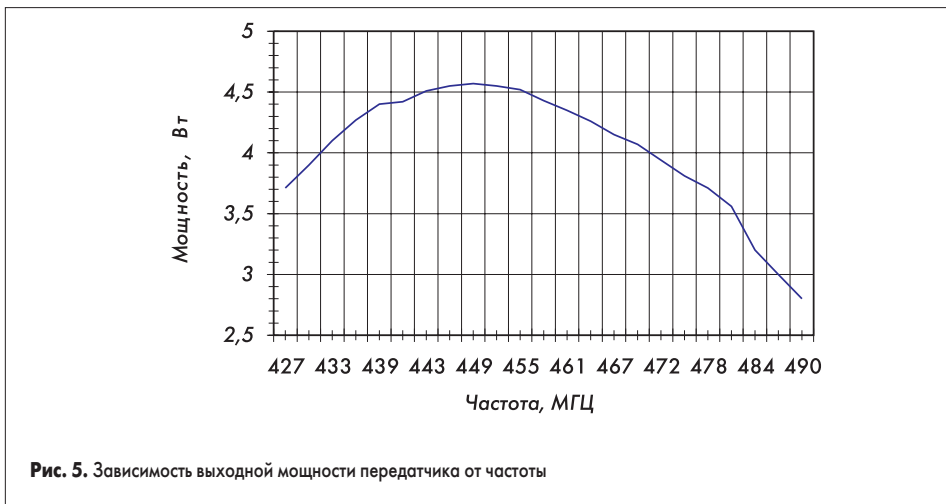


Рис. 5. Зависимость выходной мощности передатчика от частоты

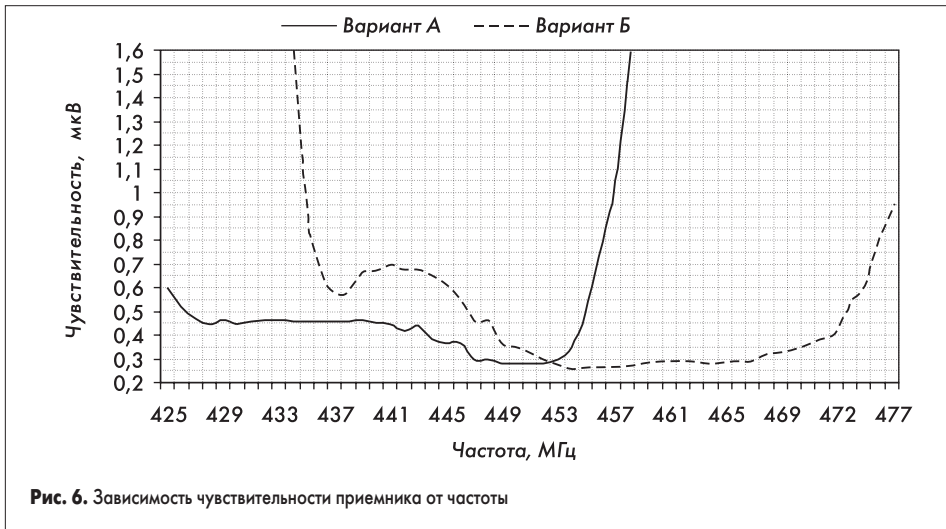


Рис. 6. Зависимость чувствительности приемника от частоты