



– при плавных пусках при увеличении U статора от 0 до U_n за 2 и 3 секунды количество теплоты увеличилось чем за 1 секунды (0,69 и 0,71 в о.е.).

Выбор точного и оптимального значения ограничения пускового тока оказался весьма трудной задачей, поскольку для каждого электродвигателя и механизма данное значение может быть разным. Для исследуемого нами объекта значение ограничения пускового тока равнялся примерно трехкратному значению номинального тока, так как при прямом пуске пусковой ток имел пяти, шестикратное значение.

Литература

1. Донской Н.В. Регулируемые электроприводы переменного тока. Чебоксары: Изд-во Чуваш. Ун-та, 2007. – 204с.
2. Калинин, А. Г. Исследование и разработка энергоэффективных режимов электроприводов в системах электроснабжения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Чебоксары 2011.
3. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в Matlab, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с., ил.

Д.В. Днепров

О МОДЕЛИРОВАНИИ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА РАДИОСИГНАЛОВ ГЛОНАСС С КОДОВЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ В УСЛОВИЯХ МАЛОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА

(Национальный исследовательский университет «Московский Энергетический
Институт»)

В настоящее время в спутниковых радионавигационных системах наряду с фазоманипулированными сигналами широко используются сигналы с кодовым разделением и с модуляцией на поднесущих частотах ВОС (англ. *binaryoffsetcarrier*).

Одной из основных задач при приеме и обработке ВОС-сигналов в навигационной аппаратуре является поиск. Развитие и исследование различных алгоритмов поиска в отечественной и зарубежной литературе предоставляет широкие возможности для выбора разумного соотношения между сложностью и качеством алгоритмов, реализуемых в аппаратуре.

В общем виде при постановке задачи поиска требуется принять решение о наличии определенного сигнала в принимаемой смеси сигналов и шумов, а также оценить его параметры – задержку и доплеровское смещение частоты. Задача решается методами оптимальной обработки сигналов [2].

Принимаемый сигнал имеет вид:

$$y(t) = Ah_{\text{ок}}(t - \tau)h_{\text{ис}}(t) \cos(\omega_0 t + 2\pi f_{\text{дон}} t + \varphi_0) + n(t) \quad (1)$$



где $h_{uc}(t)$ - функция модуляции цифровой синусоидой (меандром) вида $\text{sign}[\sin(\Omega(t - \tau))]$ для сигналов BOC, 1 – для сигналов BPSK.

Амплитуда сигнала полагается известной. Начальная фаза – случайная величина, равномерно распределенная на интервале $[-\pi, \pi]$. Задержка и частота априорно неизвестны, но известны границы интервалов неопределенности.

Согласно теории оптимального приема [2], применяется квадратурная схема приемника (рис.1). Интервалы неопределенности задержки и частоты разбиваются на конечное число значений, и для каждой пары осуществляется аналогичная операция расчета корреляционных интегралов.

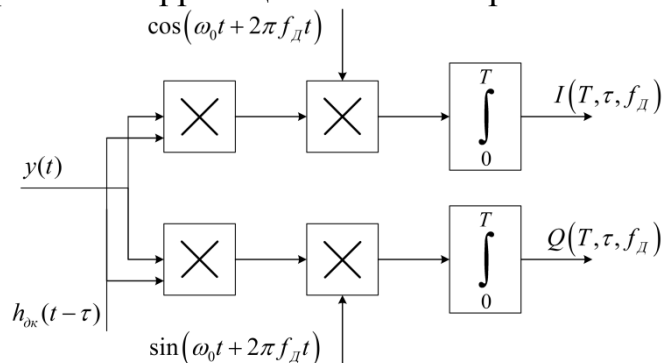


Рисунок 1. Квадратурный приемник

В результате в каждой «ячейке» поиска имеем величину

$$X^2 = I^2 + Q^2 \quad (2)$$

Решение о наличии сигнала в каждой ячейке принимается путем сравнения величины X^2 с порогом h .

Как правило, мощность навигационного сигнала у поверхности Земли составляет -160 дБВт. В требованиях, предъявляемых к аппаратуре, обычно указываются величины -140 дБВт и менее. Для обнаружения сигналов такого уровня требуется увеличение времени накопления в корреляторах. При этом важно учесть, что сигнал дополнительно модулируется символами навигационного сообщения длительностью 20мс. Также при увеличении времени накопления увеличивается число ячеек поиска по частоте, поскольку обычно шаг поиска по частоте выбирают как $1/T$. Увеличение времени когерентного накопления повлечет за собой усложнение алгоритма, увеличение времени на всю процедуру и повышение вычислительных затрат. Одним из подходов к решению задачи является применение дополнительного некогерентного накопления величин X^2 :

$$R = \sum_{i=1}^{NN} X^2(T) \quad (3)$$

Величины I и Q в разных ячейках некоррелированы за счет ортогональности опорных сигналов. При сложении квадратов огибающих пары каналов приемника величина X^2 оказывается распределенной по закону χ^2 с двумя степенями свободы.

В ячейке, в которой присутствует сигнал, плотность вероятности определяется выражением



$$P_1(x) = \frac{1}{2\sigma^2} \left(\frac{x}{s^2} \right)^{\frac{(NN-1)}{2}} e^{-(x+s^2)/(2\sigma^2)} I_{NN-1} \left(\frac{s\sqrt{x}}{\sigma^2} \right), \quad (4)$$

где $s^2 = \sum_{i=0}^{2NN-1} m^2 = NNA^2T^2 / 2$. В ячейках, где сигнал отсутствует, математическое ожидание в I и Q каналах равно нулю, и плотность вероятности описывается центральным χ^2 распределением:

$$P_0(x) = \frac{1}{2^{NN} \sigma^{2NN} \Gamma(NN)} x^{NN-1} e^{-x/(2\sigma^2)}, \quad (5)$$

где $\Gamma(NN) = \int_0^{+\infty} y^{NN-1} e^{-y} dy = (NN-1)!$

Для каждой ячейки определена вероятность ложной тревоги $P_{лм} = \int_h^{+\infty} P_0(x) dx$ и вероятность правильного обнаружения $P_{обн} = \int_h^{+\infty} P_1(x) dx$. При общем числе ячеек поиска по задержке и частоте $N_f \times N_\tau = N_{общ}$ суммарная вероятность ложной тревоги определяется как

$$P'_{лм} = 1 - (1 - P_{лм})^{N_{общ}} \quad (6)$$

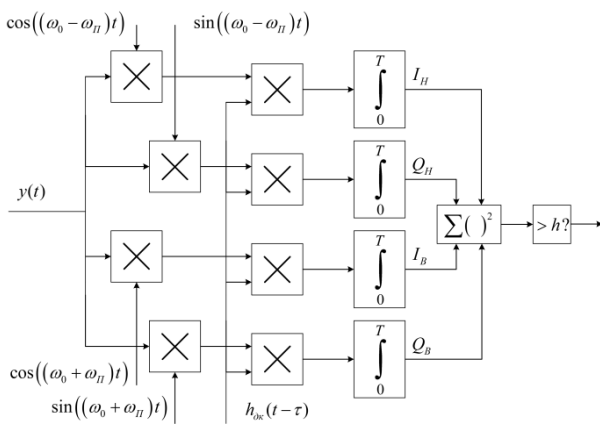


Рисунок 2. Метод поиска BPSK-like

При поиске сигналов с ВОС-модуляцией применяются известные методы поиска, основанные на схеме квадратурного приемника (рис.1). В их основе лежит принцип отдельной обработки верхних и нижних компонент спектра сигнала. Схема метода поиска ВОС-сигналов по принципу разделения на 2 BPSK-сигнала приведена на рисунке 2. Характеристика

обнаружения сигнала ВОС(5, 2.5) для

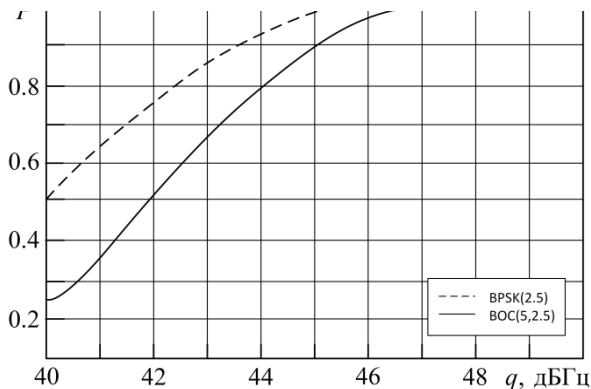


Рисунок 3. Характеристики обнаружения

данного алгоритма в сравнении с поиском сигнала BPSK(2.5) при одинаковых временах накопления, полученная путем математического моделирования, приведена на рисунке 3. Отличие в 1.3 дБГц по уровню 0.9 соответствует представлениям об ухудшении характеристик вследствие введения некогерентного сложения пар каналов. При поиске слабых сигналов данными методами повышение чувствительности достигается за счет увеличения



времени некогерентного накопления ввиду ограничения, вводимого модуляцией сигнала навигационным сообщением.

Литература

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования. Изд. 4-е. Под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. М.: Радиотехника. 2010. 800 с.
2. Статистическая теория радиотехнических систем. М. Радиотехника. 2003. 400 с.
3. Martin N .Leblond V, Guilloeyel G., Heiries V. VOC(x,y) signal acquisition techniques and performances. ION 2003.
4. Heiries V R oviras D., Ries L., Calmettes V. Analysis of Non Ambiguous VOC Signal Acquisition Performance. ION 2004.

Ч. Дон¹, Ю.М. Заболотнов¹, Ч. Ван²

МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ РАЗВЕРТЫВАЕМОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ТРОСОВОЙ СИСТЕМЫ С АТМОСФЕРНЫМ ЗОНДОМ

(¹Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва,

²Северо-западный политехнический университет, г. Сиань, КНР)

Рассматривается построение математической модели и анализ управляемого движения при разворачивании космической тросовой системой (КТС) с атмосферным зондом (АЗ). КТС состоит из базового космического аппарата (КА), АЗ (тела с большим аэродинамическим сопротивлением) и соединяющего их троса. Учитываются аэродинамические силы, действующие на все элементы системы, включая трос достаточно большой длины (порядка 30 и более километров). Показано, что построение номинальной программы разворачивания тросовой системы с учетом аэродинамических сил позволяет в несколько раз уменьшить ошибки приведения системы в заданное конечное вертикальное состояние при разворачивании КТС. Приводятся численные расчеты, подтверждающие проведенные исследования и сформулированные выводы.

Атмосферный зонд это тело надувной или складной конструкции, имеющее увеличенный баллистический коэффициент. Атмосферные зонды могут использоваться, например, для мониторинга верхних слоев атмосферы.

Задача управления разворачиванием КТС разбивается на две части: 1) построение номинальной программы разворачивания КТС; 2) стабилизация движения КТС относительно номинального движения с помощью некоторого алгоритма регулирования.

Для построения номинальной программы разворачивания КТС в положение, близкое к вертикальному, разработана модель движения системы в подвижной орбитальной системе координат с учетом массы троса и действующих