

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОПИЛОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ЗАМЫКАНИЙ КОНТУРА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

С. С. Суздалев, Е. В. Клименко

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. В. Брель

Предложено последовательное замыкание контура. Рассмотрены автопилот движения в боковом направлении, автопилот продольного движения и цифровая реализация контуров с пропорционально-интегрально-дифференцирующим регулятором.

Ключевые слова: автопилот, последовательные замыкания, контур обратной связи.

Автопилот является системой, используемой для управления полетом без помощи пилота. Для пилотируемого самолета автопилот может быть простым устройством одноосной системы выравнивания крыльев или сложной системой полного управления полетом, которая регулирует положение (высоту, широту, долготу) и ориентацию в пространстве (крен, тангаж, рыскание) во время различных фаз полета (например, при взлете, при наборе высоты, в горизонтальном полете, спуске, при заходе на посадку и при посадке). Для мобильного беспилотного летательного аппарата (МБПЛА) автопилот является системой полного управления летательного аппарата во время всех фаз полета. Тогда как некоторые функции управления полетом могут находиться на наземной станции управления, автопилотная часть системы управления МБПЛА находится на борту.

Основной целью проектирования автопилота является управление положением в инерциальной системе и ориентацией в пространстве МБПЛА.

Идея, лежащая в основе последовательного замыкания контура, состоит в последовательном замыкании нескольких простых контуров обратной связи вокруг динамического объекта с разомкнутым контуром, а не в проектировании одной (вероятней всего, более сложной) системы управления (рис. 1).

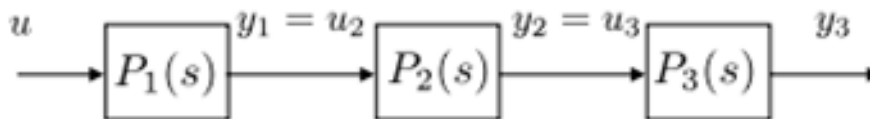


Рис. 1. Передаточная функция при разомкнутом контуре – три последовательно соединенные (каскадом) передаточные функции

Динамические характеристики разомкнутого контура задаются произведением трех передаточных функций последовательно установленных каскадов: $P(s) = P_1(s)P_2(s)P_3(s)$. Каждая из передаточных функций на выходе дает y_1 , y_2 , y_3 , что можно измерить и использовать для обратной связи. Обычно каждая из передаточных функций, $P_1(s)$, $P_2(s)$, $P_3(s)$, является функцией относительно низкого порядка (чаще всего, первого или второго). В этом случае есть необходимость в регулировании выходного сигнала y_3 .

Процесс проектирования последовательного замыкания контуров предполагает, что характеристики системы ограничены характеристикой внутреннего контура. На характеристики внутреннего контура часто накладываются ограничения, связанные с насыщением. При проектировании автопилота бокового движения тот факт, что элероны имеют физические ограничения на отклонение, предполагает, что скорость крена самолета будет ограничена.

Можно использовать данные о передаточных функциях объекта и контроллера, а также ограничения предельного значения привода для разработки функциональных характеристик внутренних контуров. Для иллюстрации этого процесса используется система второго порядка. Если задана система второго порядка, подобно представленной на рис. 2 с пропорциональной обратной связью по невязке на выходе и с обратной связью по производной на выходе, то передаточная функция замкнутого контура имеет следующий вид:

$$\frac{y}{y^c} = \frac{b_0 k_p}{s^2 + (a_1 + b_0 k_d) s + (a_0 + b_0 k_p)}$$

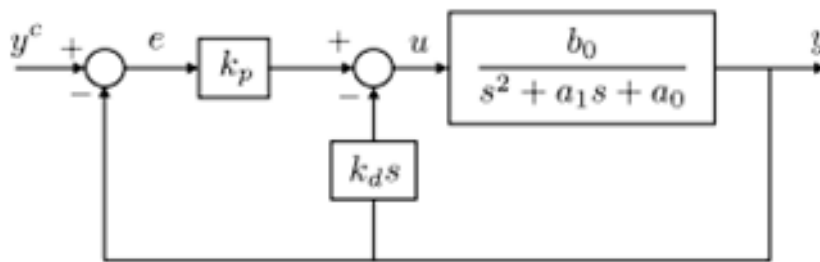


Рис. 2. Пример системы управления

На рис. 3 показана блок-схема для автопилота бокового движения, использующего последовательное замыкание контура. Имеется пять коэффициентов усиления, связанных с автопилотом бокового движения. Коэффициент усиления дифференциального регулятора k_d обеспечивает демпфирование скорости крена для внутреннего контура. Угол крена регулируется с помощью коэффициентов усиления пропорционального и интегрального звена k_p и k_i . Курсовой угол регулируется с помощью коэффициентов усиления пропорционального и интегрального звена k_p и k_i . Идея с последовательным замыканием контура состоит в том, что коэффициенты усиления выбираются последовательно, начиная с внутреннего контура и перемещаясь наружу. В частности k_d и k_p обычно выбираются первыми, k_i – вторым, k_p и k_i – последними.

Автопилот продольного движения сложнее, чем автопилот бокового движения, потому что в динамике продольного движения большую роль играет воздушная скорость. Целью при разработке автопилота продольного движения является регулирование воздушной скорости и высоты с использованием в качестве приводов дроссельной заслонки и руля высоты. Метод, используемый для регулирования высоты и воздушной скорости, зависит от невязки по высоте. Режимы полета показаны на рис. 4.

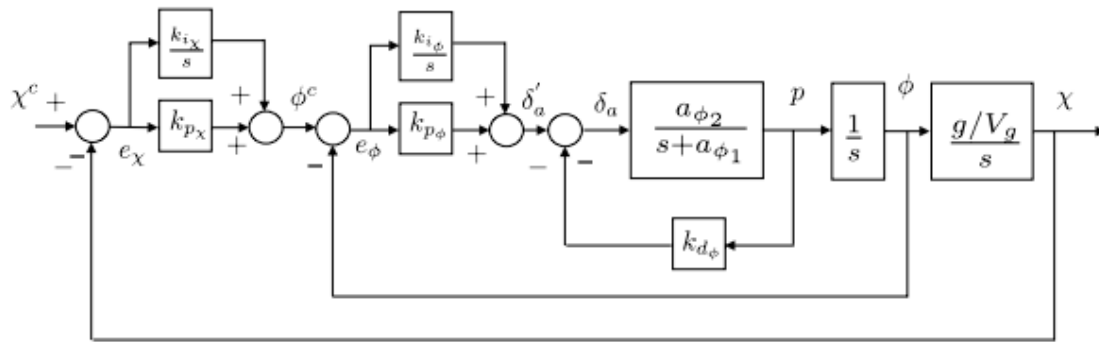


Рис. 3. Автопилот для управления боковым движением с помощью последовательного замыкания контура обратной связи

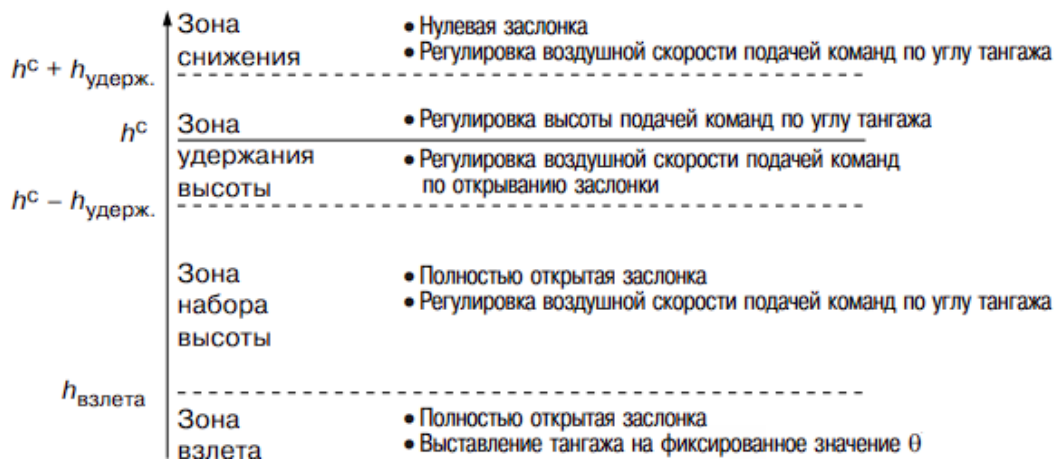


Рис. 4. Режимы полета для автопилота продольного движения

В случае с внутренними контурами обратной связи, можно выбрать собственную частоту и затухание внешнего контура и по этим величинам рассчитать коэффициенты усиления обратной связи k_p и k_i .

Литература

1. Распопов, В. Я. Микросистемная авионика / В. Я. Распопов. – Тула : Гриф и К, 2010. – 248 с.
2. Северцев, Н. А. Исследование операций: принципы принятия решений и обеспечение безопасности / Н. А. Северцев, А. Н. Катулев. – Тверь, 1999. – 310 с.

НАВИГАЦИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ПОМОЩЬЮ ВИДЕОСИСТЕМЫ

Д. Д. Лашкевич, В. В. Мельченко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. В. Брель

Предложен алгоритм навигации беспилотного летательного аппарат, оснащенного как традиционным оборудованием, включающим в себя автопилот и бесплатформенную инерциальную навигационную систему, так и бортовым вычислителем и видеокамерой,