

## КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ КООРДИНАТАМИ КВАДРОКОПТЕРА

**Мисак Д.Т., магистрант, Ковбаса С.М., к.т.н., доц.**

*НТУУ «КПИ», кафедра автоматизации электромеханических систем и электропривода*

**Вступление.** История разработки квадрокоптеров начинается с начала 20 столетия, и на первом этапе данную конструкцию пытались применить для поднятия человека в небо, но большого успеха достигнуто не было. На сегодняшний день с намного большим успехом квадрокоптеры нашли применение как легкие беспилотные летательные аппараты. Основными причинами популярности данной конструкции являются простое управление и высокая маневренность. Квадрокоптеры имеют большой спрос среди авиамodelистов, но также находят свое применение в армии или полиции, как средство разведки.

**Цель работы.** Исследование современных конструкций квадрокоптеров, а также принципов управления их координатами.

**Материалы исследования.** На данный момент разработано большое количество конструкций квадрокоптеров, которые тем не менее имеют некоторые общие черты. Один из наиболее популярных вариантов конструкции квадрокоптера изображен на рисунке 1.

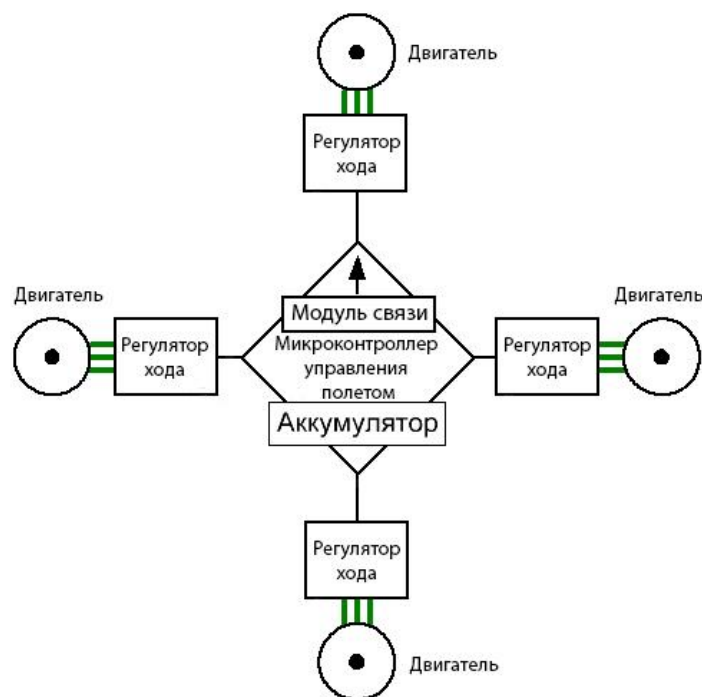


Рисунок 1 – Вариант конструкции квадрокоптера

Конструкция квадрокоптера подразумевает наличие четырех двигателей с пропеллерами. Так как обычно используются бесколлеторные двигатели, в зарубежной литературе BrushLes Direct Current Motor (BLDCM) или Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM), то для работы каждого такого двигателя

необходим так называемый регулятор хода, в зарубежной литературе он имеет название Speed Controller или Electronic speed control (ESC). Регулятор хода представляет собой управляемый инвертор, который в зависимости от управляющего сигнала, получаемого с микроконтроллера, выдает на три фазы двигателя необходимую последовательность импульсов. На серийно выпускаемых регуляторах хода при помощи программатора можно настроить направление вращения двигателя, а так же некоторые другие параметры, например порог отключения двигателей при разряде батареи. Бесколлекторные двигатели могут обладать дискретными датчиками положения ротора, но обычно используют двигатели без датчиков. В этом случае положение ротора определяется путем измерения ЭДС на незадействованной в данный момент обмотке. Бездатчиковые двигатели дешевле, но требуют более сложную и дорогую систему управления. Микроконтроллер управления полетом (Flight Controller), это микросхема, решающая все задачи управления перемещением квадрокоптера и его ориентированием. Для ориентирования в пространстве обычно используются гироскопы, которые измеряют угловое ускорение, и акселерометры, которые измеряют линейное ускорение. У более развитых моделей так же могут присутствовать высотомер, компас и GPS приемник, для позиционирования и более совершенного управления, а так же ультразвуковые датчики, которые могут предотвращать столкновения квадрокоптера с препятствиями. Модуль связи необходим для дистанционного управления квадрокоптером по радио или Bluetooth, а так же для отправки информации с квадрокоптера, например видеосигнала, при наличии камеры.

Принципы управления квадрокоптером проиллюстрированы на рисунке 2. Большие стрелки обозначают направление движения квадрокоптера, а маленькие – направление вращения двигателя. Длина стрелки обозначает скорость вращения, чем длиннее – тем быстрее.

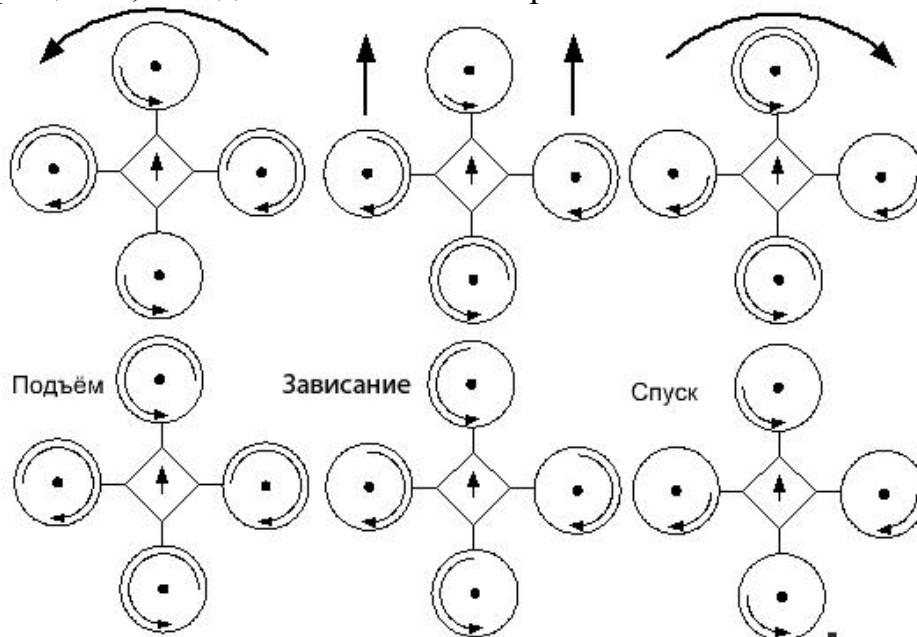


Рисунок 2 – Работа двигателей при разных перемещениях

Как видно на рисунке 2, половина двигателей вращается в одну сторону, половина – в другую, это нужно для взаимо-компенсации вращения двигателей, и, как следствие предотвращения неконтролируемого вращения квадрокоптера вокруг вертикальной оси. Для вращения квадрокоптера влево, уменьшается тяга двигателей, которые вращаются вправо, и усиливается тяга двигателей, вращающихся влево. Для вращения вправо – наоборот. Для движения вперед, ослабляется тяга переднего двигателя, и усиливается тяга заднего. Для спуска или подъема квадрокоптера тяга всех двигателей уменьшается, или усилится соответственно.

Для стабилизации квадрокоптера в горизонтальном положении, используется микроконтроллер управления полетом, на базе которого реализован специальный ПИД регулятор. ПИД регулятор получает сигнал с гироскопов и таким образом определяет отклонение от горизонтального положения по обеим осям. Получая сигнал отклонения, например, вправо – увеличивается тяга правого двигателя на величину, которая зависит от величины сигнала отклонения, и на такую же величину уменьшается тяга левого двигателя. Такая система стабилизации дает возможность квадрокоптеру оставаться в нужном положении даже при условии закрепления дополнительного груза, который смещает его центр тяжести. Так же, некоторые квадрокоптеры способны стабилизироваться по положению, фиксируя при помощи сигнала с акселерометров горизонтальное смещение относительно необходимой позиции, и соответственно перемещается обратно. Это позволяет квадрокоптеру оставаться в нужном месте, даже при ветреных погодных условиях.

Все выше указанные методы управления квадрокоптером, а так же его стабилизации реализуются при помощи микроконтроллера управления полетом.

**Выводы.** Рассмотрены и описаны основные элементы конструкции квадрокоптеров, а также некоторые особенности их работы и принципы управления координатами. Учитывая, что рассматриваемый квадрокоптер является многокоординатной электромеханической системой, то реализация управления таким объектом является наглядной учебной задачей, при решении которой студенты могут улучшить навыки применения методов теории автоматического управления, моделирования, а также проектирования микропроцессорной и преобразовательной техники.

#### Перечень ссылок

1. Quadrocopter - Gluonpilot. Quadrocopter. – Режим доступа: <http://gluonpilot.com/wiki/Quadrocopter>.
2. Pavel Chmelar, Перевод: В.В. Перебейнос, Создание и управление квадрокоптера, – Режим доступа : <http://masters.donntu.edu.ua/2013/fkita/perebeinos/library/article7.htm>.
3. Alex-exe , Квадрокоптер, – Режим доступа : <http://alex-exe.ru/avia/quadrocopter>.