**Описание на алгоритми, апаратна и програмна част**

* 1. **ПИД**

Пропорционално-интегрално-диференциалният (ПИД) регулатор е регулатор с три съставки, който се използва от дълго време в областта на автоматичното управление (от началото на 20-ти век). Заради интуитивността си и относителната си простота, той се е превърнал в стандартния регулатор за индустриалните приложения. Освен задоволителната си работа, ПИД регулаторът осигурява широк обхват от процеси. Регулаторът се е развивал заедно с развитието на технологиите и днешните му реализации много често са в цифрова форма вместо реализациите с пневматични или електрически компоненти. Той може да бъде открит на практика при всички типове управляващо оборудване или като самостоятелен регулатор или като функционален блок в ПЛК и в разпределените системи за управление. Успехът на ПИД регулаторите се дължи също и на факта, че те често са един фундаментален компонент от по-усъвършенстваните управляващи системи, който може да бъде приложен, когато основният закон за управление не е достатъчен за постигане на изискваните експлоатационни качества или трябва да бъде решена по-сложна задача за управление.

* 1. **Каскадни системи за управление**

Едноконтурните системи за управление са добре познати и изучени и са сравнително лесно реализируеми, но при наличие на интензивни смущаващи въздействия, не могат да задоволят изискванията към качеството на преходните процеси. Едно от възможните решения на проблема и чрез въвеждане на допълнителен контур за регулиране. Когато допълнителния контур се изгражда на базата на информация, получена от междинна точка на обекта, се реализират така наречените каскадни системи. Те са намерили широко разпространение при автоматизацията на технлогични процеси и се използват при около 20% от системите за автоматично регулиране.

* 1. **Принципна работа на АПМ 2.5**

Контролера изчислява грешката между измерената и желаната стойност на управляващият сигнал. Целта на контролерът е да минимизира възможно най-бързо тази грешка и да достигне установен режим или в нашият случай стабилизиран полет, фиксирана височина или зададена посока на движение. По специфично контролерът взима данните измерени от сензорите на АПМ 2.5(жироскоп, акселерометър, компас, барометър и т.н.) и ги сравнява с очакваните или желани стойности. Изходният сигнал се подава на ШИМ изходите на процесора. ШИМ сигналът се преобразува от контролерите на скоростта (ESC) в трифазен променлив сигнал и се изпраща към моторите(DT750).



*Схема 1:Принципна схема на трикоптер*

* 1. **Нива на управление на АПМ**

В Ардукотер вече е заложен такъв автопилот с каскаден ПИ-ПИД контролер за стабилизиране на полета. Управлението на трикоптера може да се раздели на следните нива. Ниво Автопилот изпълнява самостоятелни задачи и мисии, като използва стабилизацията по позиция, височина, скорост и посока. Нивото на Стабилизиращият контролер миксира входните данни подадени през радио управлението от пилота и стабилизиращи сигнали, като по този начин трикоптера зависва стабилизиран при липса на команди от пилота. Нивото на Rate Контролера представляват регулатори за отделните канали на управление на трикоптера. Има контролери за ъгълът на крен(roll) и тангаж(pitch) и рисканието(yaw). Блок схема 3 описва управлението на трите канала на Rate Контролера.

*Схема 2 : Нива на управление на трикоптер. Вътрешен и външен контур.*

Каскадното управлението на АПМ 2.5 може да се разгледа като един вътрешен и един външен контури - схема 3. Вътрешният контур е по-бърз и контролира ротационните скорости(η) възникващи в системата. Честотата му е 50Hz и е необходимо изчисленията на контролера да са в рамките на 20 ms. Външният контур е по-бавен и контролира позиция(P), скорост(V) и ротационните ъглови промени(η) на трикоптера. Вътрешният контрур представлява ПИД регулатор(Rate Controller) по трите канала на управление „roll”, „pitch” и „yaw” и ще бъде разглеждан основтно в тази работа. Блок схема на вътрешният контур може да се види на схема 4.

*Схема 3: Да бъде направена фигурата и да бъдат описани входно изходните данни!!!*

* 1. **АПМ Rate Контролер**

Rate Контролерът или вътрешният контур на управление се използва във всички режими на летене. Съществуват два основни режима. Единият е на стабилизиран полет, при който трикоптерът има стабилизиран установен режим. Пилотът може да подава управляващи сигнали по каналите на „roll”, „pitch” и „yaw”, като при липса на сигнал трикоптера се опитва да достигне установен режим. Тягата е в пълен контрол на пилота.

*Схема 4: Блок схема на ПИД регулаторите на Rate Контролера*

Акробатичният режим или Акро е директен контрол на скоростта на двигателите. Може да се пилотира в два варианта. При едният имаме стабилизация, като имаме паратаметри(Acro\_Bal\_Roll, Acro\_Bal\_Pitch), чрез който задаваме времето за възтановяваме към установен режим или зависване. При вторият вариант, който е същинският акробатичен режим, тези параметри са занулени и трикоптера не се връща в установен режим самостоятелно. При него е необходимо пилота да стабилизира трикоптера чрез радио управлението. Този режим е изключително труден за пилотиране и се препоръчва само на експерти.

Предполага се, че летателният апарат е симетричен и няма допълнителни товари извън центърът си на тежест. Поради тази причина параметрите на настройка за ъгълът на крен и тангаж са еднакви. При наличие на допълнителен товар, който измества центъра на тежестта от идеалният център на летателния апарат(допълнителна батерия например) е възможно да се компесира тази инертност чрез разминаване на параметрите на „pitch” и „roll” на системата. Трите ПИД регулатора в Rate Контролера са идентични и затова ще разгледаме само този на канала за управление на ъгълът на крен или „roll”.

*Схема 4: Принципна схема на вътрешният контур на ъгълът на крен*

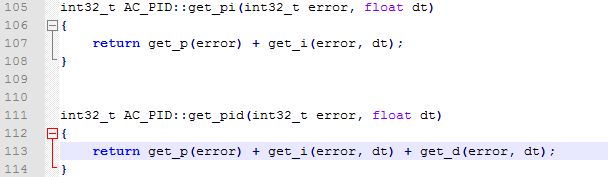
* 1. **Програмно осигуряване на Rate контролера**

Изчисляване на П-съставката се вижда от код 1.

Изчисляване на интеграланата съставка се вижда от код 2.

Задаване на честото на филтърът на диференциалната съставка от код 3.



Извикващите фукции на ПИ и ПИД законите за управление се виждат от код 5.

* 1. Основни параметри на системата и тяхното значение за полета

STABILIZE\_P: The rotation rate at which you want to correct any errors. The higher this is faster the copter will attempt to achieve the desired attitude.

STABILIZE\_I: Used to account for CG variations, weak motors or persistent external forces.

STABILIZE\_Imax: Maximum amount the copter can compensate for these imbalanced forces.

RATE\_P: The most important value! This gain controls how much thrust you need to output to achieve the desired rate of rotation. High thrust/weight copters will require a lower value, lower thrust/weight will require a higher value. A too-high value will oscillate around 5-10hz. You want this value to be slightly lower than the value that causes the oscillation. Aggressive tuning may result in exactly 1 overshoot and return, which is considered acceptable. Use CH6 tuning to adjust in the air for best performance.

RATE\_I: Used to help a copter achieve a desired roll rate. Not used by default as this can be very difficult to tune properly and can be confusing. If you are just starting out, set this term to 0.

RATE\_IMAX: The maximum amount of Rate\_I that can build up. This is also not used in a basic setup. Having a 0 iMax will make Rate\_I completely ineffective, no matter how high the Rate\_I is.

Yaw is used to hold a particular Yaw angle. If your copter wants to spin naturally, you won't be able to hold an exact heading. You will instead drift a few degrees until P gets significantly high to stop rotation.

STABILIZE\_YAW\_P: The desired rate at which the copter will return to the target heading. If this is too high, it could cause an oscillation.

STABILIZE\_YAW\_I: Acts like a trim to overcome poor copter balance. Defines time it takes to achieve max value. Higher = faster.

RATE\_YAW\_P: Used to the amount of control authority the AC2 can use to achieve zero yaw rate. If this is too low, you will never be able to stop a rotation. If this is too high, it will yaw-oscillate.

RATE\_YAW\_I: Not used

**Rate Roll**

* **P** - Too much rate P will oscillate quickly, and cause to copter to sound angry under stick input, bouncing rather than smoothly following your inputs. It will also shake more at full throttle and under hard turning. Not enough you will not feel like you have full control,  it will feel lazy and be very easy to over correct with your inputs, inputs will feel delayed.
* **I** -  Too much rate\_I will oscillate if you get high enough (a much slower oscillation than a rate\_P shake).  But quite a long while before it oscillates it will have other detrimental effects on flight performance, like a sluggish feeling or a tendency to flip over on take-off. Not enough will cause the copter to get pushed by a constant wind, then it will fight back using just P.  It will not hold a very firm angle during forward flight and will need more correction. This will not be as smooth as it could be in either case.
* **D** - Too much rate\_D will cause fast oscillations, you will see a twitch forming then a fast buzzing oscillations. Not enough rate\_D will result in you not being able to dial enough rate\_P in, you will then suffer the effects of having rate\_P too low
* **IMAX** - The maximum possible build up of Roll

**Rate Pitch**

* **P** - Too much rate P will oscillate quickly, and cause to copter to sound angry under stick input, bouncing rather than smoothly following your inputs. It will also shake more at full throttle and under hard turning. Not enough you will not feel like you have full control,  it will feel lazy and be very easy to over correct with your inputs, inputs will feel delayed.
* **I**- Too much rate\_I will oscillate if you get high enough (a much slower oscillation than a rate\_P shake).  But quite a long while before it oscillates it will have other detrimental effects on flight performance, like a sluggish feeling or a tendency to flip over on take-off. Not enough will cause the copter to get pushed by a constant wind, then it will fight back using just P.  It will not hold a very firm angle during forward flight and will need more correction. This will not be as smooth as it could be in either case.
* **D** - Too much rate\_D will cause fast oscillations, you will see a twitch forming then a fast buzzing oscillations. Not enough rate\_D will result in you not being able to dial enough rate\_P in, you will then suffer the effects of having rate\_P too low
* **IMAX** - The maximum possible build up of Pitch

**Rate Yaw**

* **P** - Should be set higher get more aggressive control and lower to slow reaction time.
* **I** -
* **D** -
* **IMAX** - The maximum possible build up of Yaw