

AP = Autopilot (Pixhawk) , **GS** = Ground Station (Mission Planner) , **FBW** = Fly by wire,
HUD = Head-up Display (Including Artificial Horizon), **CS** = Control Surfaces,
TECS = Total Energy Control System

المرحلة الأولى : Sensors Calibration

الـ Pixhawk يستخدم 6 سينسورز؛ هما :

Gyroscope, Accelerometer, Barometer, Compass, GPS, Airspeed

1. الـ Gyroscope بيتعمله Automatic Calibration أول مالـ Pixhawk يشتغل عشان كده لازم تشغله والطيارة level والكلام ده بيتعمل كل تشغيلة
2. الـ Barometer = Altimeter نفس الكلام وبيأخذ درجة الحرارة المحيطة بيه ساعتها والكلام ده بيتعمل كل تشغيلة برضو
3. الـ Airspeed نفس الكلام عشان كده بنكون مغطيين فتحاته أول ما نشغل، بس بيحتاج يتعمله Advanced Calibration هنتكلم عنه لاحقاً، وده مش محتاج يتعمل غير مرة واحدة
4. الـ Compass والـ Accelerometer بيتعملهم Calibration من الـ GS باتباع تعليمات سهلة من صفحة Initial Setup
5. الـ GPS مش محتاج Calibration بس بياخذ وقت عشان الـ Fix ، طبعاً لو هتستخدم الـ compass اللي عليه هتعملها calibration

بالنسبة للـ Airspeed Advanced Calibration

1. شغل الـ AP وسببه دقيقة لحد ما الـ electronics تسخن بعدين غطي فتحات الـ airspeed (متخنفهمش) ومن الـ GS :
Under the HUD Choose “Quick Actions” > Preflight Calibration > Do Action
2. كده انت عملت Calibration ثاني للـ Airspeed والـ Barometer انفخ بقى في الـ Airspeed وشوف السرعة هتتغير في الـ HUD ولا لا

: Automatic Calibration

3. خلي ARSPD_ENABLE=1 وبعد ما تـ Calibrate رجع ARSPD_USE=1
4. خلي ARSPD_AUTOCL=1
5. طير في دايرة على أي Mood لمدة 5 دقائق وهو هيب update لوحده، دوس refresh parameters عشان تشوف التغير
6. اللي بيتغير هو ARSPD_RATIO والمفروض تكون بين 1.5 و 3
7. خلي ARSPD_AUTOCL=0 عشان ما تتغيرش ثاني

:Manual Calibration

3. اطلع على ارتفاع 100 متر وخلي الطيارة FBWA واعمل Steady Turn ولف لفتتين ثلاثة
4. انزل، افتح الـ logs ، ارسم الـ airspeed vs ground speed
5. مكتوبلك المتوسط بتاع كل جراف ، اطرحهم من بعض = Davg
6.
$$NewRatio = OldRatio * \frac{AvgArspd + Davg}{2 * AvgArspd}$$

المرحلة الثانية : التشغيل والـ Checks

1. اتأكد من الـ gains الأساسية على الـ GS انها كالتالي (مش هتظهر غير لو الـ AP شغال و connected):

Gain	Name	Min value	Max value	Recommended for Our Configuration	Tuned Value
Kp for $\frac{\theta}{\delta e}$	PTCH2SRV_P	0.1	3	1.3	
Kp for $\frac{\phi}{\delta a}$	RLL2SRV_P	0.1	4	1.4	
KI for $\frac{\theta}{\delta e}$	PTCH2SRV_I	0	0.5	0.05	
KI for $\frac{\phi}{\delta a}$	RLL2SRV_I	0	1	0.05	
	NAVL1_PERIOD	1	60	16	

2. حط الطائرة على أرض مستوية وغطي الـ Pitot Tube بس متخفهاش، بعدين شغل الـ AP واستنى 30 ثانية
3. والطيارة مستوية ع الأرض اتأكد ان الـ CS مش متحركين من الـ neutral بتاعهم
4. خلي الريموت على Manual وحرك الـ sticks واتأكد ان السيرفو هات بتتحرك كإن مفيش AP
5. خلي الريموت على FBWA وحرك الـ sticks واتأكد ان السيرفو هات هتتحرك في نفس الاتجاه زي لما كانت Manual (مش شرط بنفس السرعة ولا المقدار)
6. وانت على FBWA ميل الطائرة بـ Roll واتأكد ان الـ Aileron هيحاول يعدلها، واتأكد ان الـ HUD هيبين ان في roll و كرر بالنسبة لـ Pitch (الـ rudder غالبا مش هتتحرك وانت في المود ده بس اتأكد ان الـ yaw بتظهر ع الـ HUD)
7. انفخ في الـ Pitot Tube واتأكد ان السرعة هتتغير ع الـ GS

المرحلة الثالثة : الإقلاع

1. خلي الطائرة Manual واقلع، اضبط الـ trims واطلع على ارتفاع كويس وخلي الـ throttle stick على cruise مناسب
2. حول لـ FBWA واتأكد ان الطائرة بتحافظ على ارتفاعها نسبيا ومش بتحاول تـ roll أو تـ pitch بشدة ، لو حاجة من دول مش متحققة، عيد الـ Leveling – RC Calibration - Trimming
3. لو الطائرة بدأت تـ wag (بتتمرجح يمين وشمال) بيقى RLL2SRV_P عالي
4. لو الطائرة بدأت تـ porpoise (بتطلع وتنزل) بيقى PTCH2SRV_P عالي

المرحلة الرابعة : Roll Tuning

1. وانت على FBWA حرك الـ roll stick لأقصى اليمين وسيبها شوية بعدين سيبها ، بعدين كرر للناحية الثانية، المطلوب انها تنفذ بأقصى سرعة بدون overshoot .. لاحظ ان مش عايزها تلف بسرعة ، انا عايزها تـ bank بسرعة، لو السرعة قليلة زود RLL2SRV_P بمقدار 0.1 لحد ما تنطبق
2. إذا بدأ يظهر overshoot (مرجحة في الـ bank) قل الـ RLL2SRV_P ، لو في overshoot ومع ذلك السرعة غير كافية أو بطيئة بيقى هنزود RLL2SRV_D بمقدار 0.01 وبنفس الأسلوب لحد ما يبدأ ظهور oscillations وساعتها هنخليه النص (بس لو خليت في D لازم تتأكد ان السيرفو هات مسخننش لما تـ land عشان ده بيخليها تتحرك بسرعة)
3. بعد ما تنطبق الـ P ادي قيمة بسيطة لـ I (بمقدار 0.05) عشان لما يكون في رياح ، بس لو بدأ يـ oscillate خليه النص

نصائح وملاحظات:

1. ممكن تـ plot الـ demand vs actual عشان تشوف الـ response من خلال:
في الـ GS في صفحة الـ Flight Data تحت tuning box لو دوست عليه هيطلعلك نافذة سودة دوس عليها دبل كليك هيطلعلك قائمة بالـ parameters اللي ممكن تتـ plot اختار nav_roll دي الـ demand و roll دي الـ response
لو في offset بينهم زود الـ RLL2SRV_
2. RLL2SRV_IMAX بيحدد أقصى زاوية ممكن الـ integrator يتحكم فيها
3. RLL2SRV_RMAX يحط سقف للـ roll rate ولو سبته بصفر يبقى مفيش سقف
4. RLL2SRV_TCONST لو قلته يخلي الـ bank أسرع
5. ممكن تـ plot الـ roll_speed بالـ rad/s ولو كانت أكبر من 1.1 قلل الـ RLL2SRV_P سنة ولو أقل من 1 زود سنة (ده في حالة انك مخلي RLL2SRV_RMAX بـ 60)

المرحلة الخامسة : Pitch Tuning

1. نفس الخطوات بتاعت الـ roll tuning بس في الـ pitch
2. اعمل max bank في كل اتجاه على حدة، دلوقتي الـ nose المفروض تفضل level وميكوش في زيادة ولا نقصان كبير في الارتفاع، طبعاً لو فضلت عامل turn على نفس الـ throttle هيكوش في بعض الانخفاض في الارتفاع
3. اذا كان في زيادة في الارتفاع وانت بـ turn يبقى قلل PTCH2SRV_RLL بمقدار 0.05 لحد ما يبطل
4. اذا كان في نقص في الارتفاع اول ما تـ bank يبقى زود PTCH2SRV_RLL بمقدار 0.01 لحد ما يبطل
5. اذا احتاجت تخرج PTCH2SRV_RLL برا 0.7 لـ 1.4 يبقى في خطأ في : – pitch tuning – airspeed calibration
bank angle estimate

نصائح وملاحظات

1. نفس الـ roll ويزيد عليها
2. ممكن تتحكم في الـ pitch acceleration (g force) من خلال PTCH2SRV_RMAX_UP و PTCH2SRV_RMAX_DN
ودول لو خليت قيمتهم 560/airspeed تديك 1 g

المرحلة السادسة : Yaw Tuning

1. Yaw Damper

1. اتأكد ان YAW2SRV_DAMP, YAW2SRV_INT, YAW2SRV_SLIP, كلهم بأصفار وان YAW2SRV_RLL بواحد
2. اقلب من max bank في اتجاه لـ max عكسه ولاحظ حركة الـ nose في اللحظة اللي الجناح بيمر بالـ level فيها، هتلاقىها عامله yaw عكس الـ roll ، يعني لما تـ roll من left bank to right الـ nose هتـ yaw للشمال
3. زود KFF_RDDRMIX لحد ما الملاحظة دي تختفي بس متعليهوش عن 1
4. زود YAW2SRV_DAMP بمقدار 0.05 لحد ما الدبل بـ wag وبعدها خلي قيمته النص
5. اعمل دواير بالطيارة، لو لقيتها عايزة تـ yaw لبرا الدائرة زود YAW2SRV_RLL بمقدار 0.05 ولو الـ nose عايزة تـ yaw لداخل الدائرة في بداية الـ turn قلله بمقدار 0.01
6. اذا احتاجت تخرجه من 0.7 لـ 1.4 يبقى في خطأ في خطوة 2 أو الـ airspeed calibration

Side Slip Controller .II

1. Plot lateral acceleration a_y وانقل من full bank لعكسه، لو لقيت a_y مش بتزيد عن صفر وانت بتعمل turn يبقى مش محتاج تتحكم في الـ side slip
2. خلي YAW2SRV_INT بـ 1 ولو في oscillations شوف اقل رقم يخليه يـ oscillate وحط نصه
3. لو a_y فيها offset او بتزيد في الـ turn زود YAW2SRV_SLIP بمقدار نص لحد ما الـ error ده يروح او الـ oscillations تظهر وساعتها خد نص القيمة

المرحلة السابعة : Navigation Tuning

1. NAVL1_PERIOD كل ما تقلله يكون في sharper corners وتزويده يؤدي إلى gentler navigation
2. اتأكد انك عملت tuning للـ pitch والـ roll وانك مختار حدود كويسة للـ bank angle من LIM_ROLL_CD
3. حدد rectangular mission للطيارة وخليها تتكرر (loop) وتكون صغيرة بحيث انك تبقى شايف الطيارة
4. خلي NAVL1_PERIOD=20 و NAVL1_DAMPING=0.75 و WP_RADIUS بـ $2 * \text{Cruise Speed}$
5. اقلع واقلب Auto من الريموت ولاحظ الطيارة بتاخذ الملفات ازاوي، لو بطينة قلل NAVL1_PERIOD بـ 5 ولو بدأت تترنج بعد الـ turn زوده بـ 1
6. للتحسين، بعد ما تخلص tuning لـ NAVL1_PERIOD زوده بـ 1 بعدين غير NAVL1_DAMPING بخطوات 0.05 بس ما تقللهوش عن 0.6
7. لو عايز الطيارة تمر في الـ waypoint بعدين تلف خلي WP_RADIUS رقم قليل (حوالين 10)، ولما تكبره الطيارة هتلف قبل ما توصل للـ wp ممكن تبدأ بإنه يكون مساوي لـ WP_LOITER وده turn radius الطيارة تقدر تعمله بسهولة

المرحلة الثامنة : TECS Tuning

1. Calibrate Airspeed & Tune Pitch to Servo loop
2. حدد الـ TRM_ARSPD_CM و دي السرعة اللي انت غالبا هتطير عليها وممكن تكون المنتصف بتاع ARSPD_FBW_MIN & ARSPD_FBW_MAX
3. حافظ على الـ TRM_ARSPD_CM واعمل Climb على أكبر Pitch Angle (غالبا 20 درجة)، الـ Throttle Percentage اللي تحقق ده هي THR_MAX والـ default بتاعها 75% وتزيد لـ 100% لو الطيارة low powered وتقل لو high powered
4. شوف نسبة الـ Throttle اللي تخلي الطيارة level على الـ TRIM_ARSPD_CM في الـ FBWA ودي هتبقى TRIM_THROTTLE
5. ARSPD_FBW_MIN هي الـ V stall
6. ARSPD_FBW_MAX هي السرعة عند THR_MAX من غير theta
7. خلي الطيارة على FBWA واعمل Max Pitch & Max Throttle وبص ع السرعة، لو زادت عن الـ trim علي LIM_PITCH_MAX أو قلل THR_MAX ولو السرعة قلت عن الـ stall اعمل العكس، احنا هنا بنحاول نجيب أكبر pitch angle الطيارة تقدر تعملها وهي دي LIM_PITCH_MAX ووحدها Centi Degree يعني واحد من مية من الدرجة
8. THR_MIN دي أقل نسبة Throttle تسمح للـ AP يطلعها، المفروض تكون بصفر بس ممكن تخليها صغيرة عشان تحسن الـ descent أو الـ props متتقعدش تنطبق وتتفرد لو كانت foldable
9. LIM_PITCH_MIN هي أقل pitch angle ممكن تطير عليها الطيارة على THR_MIN من غير ما يحصل over speeding
10. TECS_CLIMB_MAX هو اللي يحصل عند TRIM_ARSPD_CM و THR_MAX ويقاس في FBWA أو انك تزود الارتفاع المطلوب في الـ loiter بـ 100 متر فجأة

11. TECS_SINK_MIN ده عند TRIM_ARSPD_CM و THR_MIN وتجييه بإنك تطلع ارتفاع كبير وتقلب FBWA وتقفل ال throttle وتسبب الطائرة تـ glide
12. TECS_SINK_MIN ده اللي ميخليكش نقل عن LIM_PITCH_MIN وما تزيديش عن ARSPD_FBW_MAX يعني ما يحصلش over speeding
13. خلي الطائرة تـ loiter واتأكد ان الارتفاع مش بيتغير بأكثر من 10 متر وان مفيش pitch ملحوظ، لو في oscillations زود الـ TECS_TIME_CONST بمقدار 1 بس ما يزيديش عن 10 ، لو وصلت 10 ولسه في oscillations ظبط الـ pitch loop والـ climb rate limits