



TAŞKÖPRÜ
MESLEK
YÜKSEKOKULU

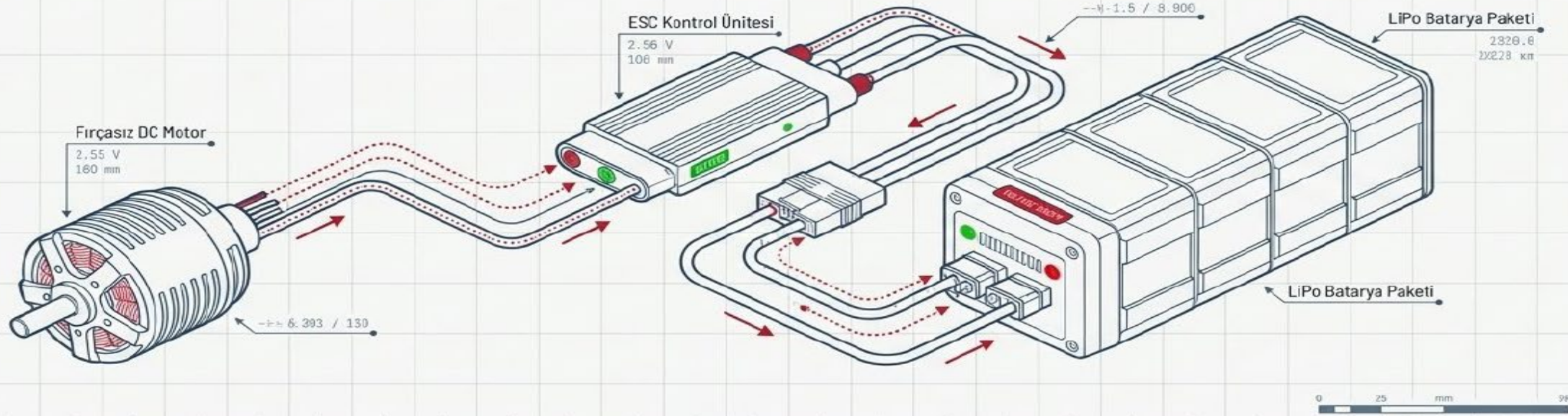
ELEKTRONİK VE OTOMASYON BÖLÜMÜ İNSANSIZ ARAÇ TEKNİKERLİĞİ

İAT102 İNSANSIZ ARAÇ SİSTEMLERİ TASARIMI

5. HAFTA İNSANSIZ HAVA ARACI TASARIMI

İHA İtki Sistemleri: Bileşenler ve Tasarım Prensipleri

Fırçasız Motorlar, ESC'ler, LiPo Bataryalar ve Sistem Entegrasyonu.



FIRÇASIZ MOTOR PERFORMANS DEĞERLENDİRME MATRİSİ

GERİLİM-İTKİ-VERİM DENGESİ

SENARYO 1 (8V)

PERVANE 6x3

AKIM 6.4A

30%

İTKİ 240g

46%

GÜÇ 51.2W

38%

4.7g/W VERİM

DEVİR 11910 RPM

70%

DÜŞÜK GERİLİM: Yüksek verim (4.7g/W)
= Uzun uçuş süresi, ancak düşük
itki (240g).

SENARYO 2 (12V)

PERVANE 6x3

AKIM 11.5A

70%

İTKİ 440g

80%

GÜÇ 138.0W

88%

3.2g/W VERİM

DEVİR 16300 RPM

90%

YÜKSEK GERİLİM: Yüksek itki (440g),
ancak düşük verim (3.2g/W). Yükselen
gerilim daha ağır batarya gerektirir,
bu da toplam kalkış ağırlığını artırır.



İHA görev amacına göre 'Maksimum İtki' ile 'Maksimum Verim' arasında stratejik bir tercih yapılmalıdır.

MOTOR KV DEĞERİ DENGESİ: HIZ VE TORK İLİŞKİSİ

YÜKSEK KV MOTOR



Yüksek KV Motor

Yüksek Devir / Düşük Tork.

Küçük pervane seçimi zorunludur.

DÜŞÜK KV MOTOR



Düşük KV Motor

Düşük Devir / Yüksek Tork.

Büyük pervane seçimi zorunludur.

Hız Sabiti Çarpanı

Yüksüz Devir = KV × Maksimum Gerilim

$$900KV \times 12.6V (3S \text{ Pi1}) = 11.340 \text{ Devir/Dakika (RPM)}$$

i KV değeri bir motorun 1 voltta 1 dakikada atacağı tur (RPM) sayısıdır. Hesaplanan 11.340 devir yüksüz devirdir; pervane takıldığında sürtünme ile bu değer düşecektir.

ELEKTRONİK HIZ KONTROL CİHAZI (ESC) ANATOMİSİ

Sinyal İşleme

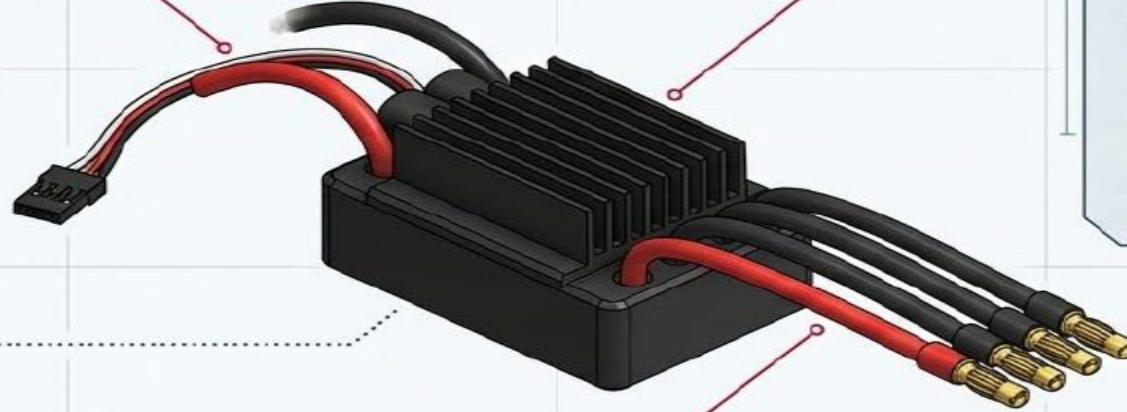
İHA kontrol bilgisayarından gelen komutları okur.

Hız, 1ms ile 2ms arasındaki darbe genişliği (PWM) değiştirilerek ayarlanır.



Termal Yönetim & Soğutucu

Yüksek akım transferi aşırı ısı üretir. ESC, araç üzerinde hava akımının yüksek olduğu bölgelere yerleştirilmelidir.



Akım Sıçraması Grafiği

Başlangıç Pik Akımı: Fırçasız motorlar ilk hareket anında nominal çalışma akımlarının 3 veya 4 katı akım çekerler. ESC seçimi sadece sürekli akıma göre değil, bu pik akıma göre yapılmalıdır; aksi takdirde transistörler yanar.



ESC PROGRAMLAMA VE AYARLAR (SETTINGS)



YUMUŞAK BAŞLATMA (SOFT START)

Gaz açıldığında düşük tork ile başlama sağlayarak mekanik stresi azaltır.



VOLTAJ KORUMASI (LOW-VOLTAGE CUTOFF)

Batarya voltajı kritik seviyeye düştüğünde akımı keserek LiPo pili yanmaktan/ölmekten korur. ⚠



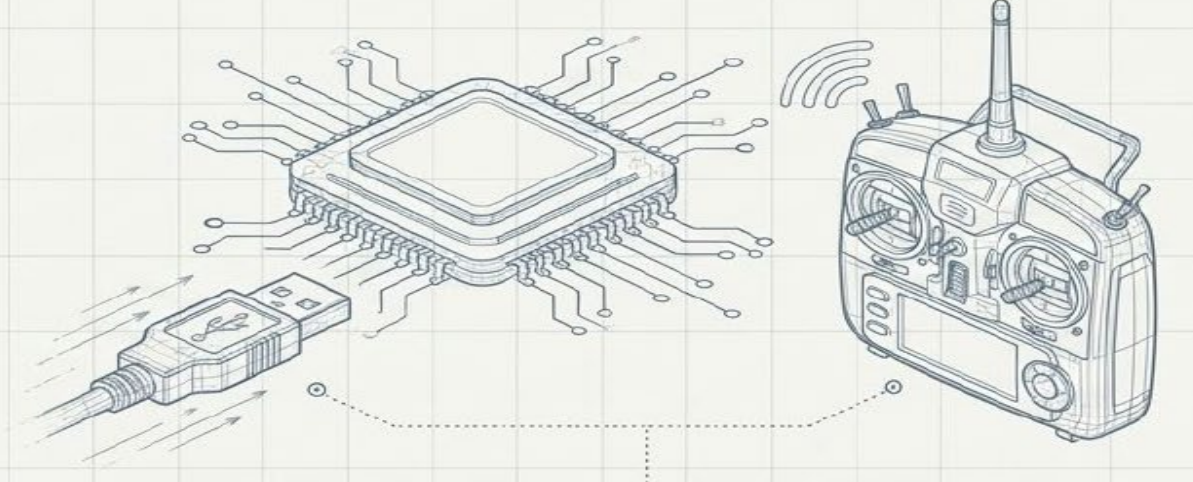
AŞIRI ISINMA KORUMASI

Termal limitler aşıldığında sistemi durdurur.



DİNAMİK MOTOR FRENİ

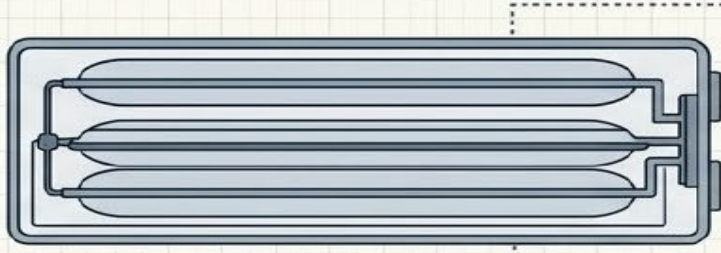
İstenilen ayarlarla motorun serbest dönüşünü engelleyerek anında durmasını sağlar.



BAĞLANTI NOTU:

Programlama, kumanda üzerinden belirli komut hareketleriyle veya USB bağlantısı ile doğrudan bilgisayar üzerinden yapılabilir. ⚠ Motor ters dönüyorsa, bağlantı kabloları kontrol edilmelidir.

LiPo BATTERY ANATOMY & VOLTAGE STRUCTURE



$$[3.7V] + [3.7V] + [3.7V] = 11.1V \text{ (3S)}$$

S = Seri Bağlı Hücre. 6S (22.2V) sistemler de yaygın bir endüstri standardıdır.

TEK HÜCRE ANALİZİ

Tehlike - Hasar

Nominal

Tam Dolu

< 3.0V
(Hiçbir hücre bu değer
altına düşmemelidir)

3.7V
(Etiket değeri)

4.2V
(Maksimum şarj kapasitesi)



Sistem Uyumu: Seçilen 'S' değeri (Gerilim), doğrudan ESC ve Motorun desteklediği maksimum limitlerle eşleşmek zorundadır.

16:9

LIPO BATARYA KAPASİTE VE DEŞARJ DEĞERİ (CAPACITY & DISCHARGE RATINGS)

KAPASİTE (mAh) - "YAKIT TANKI"



Tanım: Bataryanın 1 saatte sağlayabildiği miliamper akım (Uçuş Süresi).

HESAPLAMA:

$$\frac{(5000\text{mAh} \times 60)}{20\text{A}} = 15 \text{ Dakika}$$

İHA ortalama 20A çekiyorsa



GÜVENLİK UYARISI: LiPo bataryalar **asla** %100 deşarj edilmez. Güvenli uçuş süresi hesaplanandan **daima 2-3 dakika eksik** planlanmalıdır.

C DEĞERİ - "BORU ÇAPI"



Tanım: Bataryanın ne kadar hızlı deşarj olabildiği (Anlık Güç).

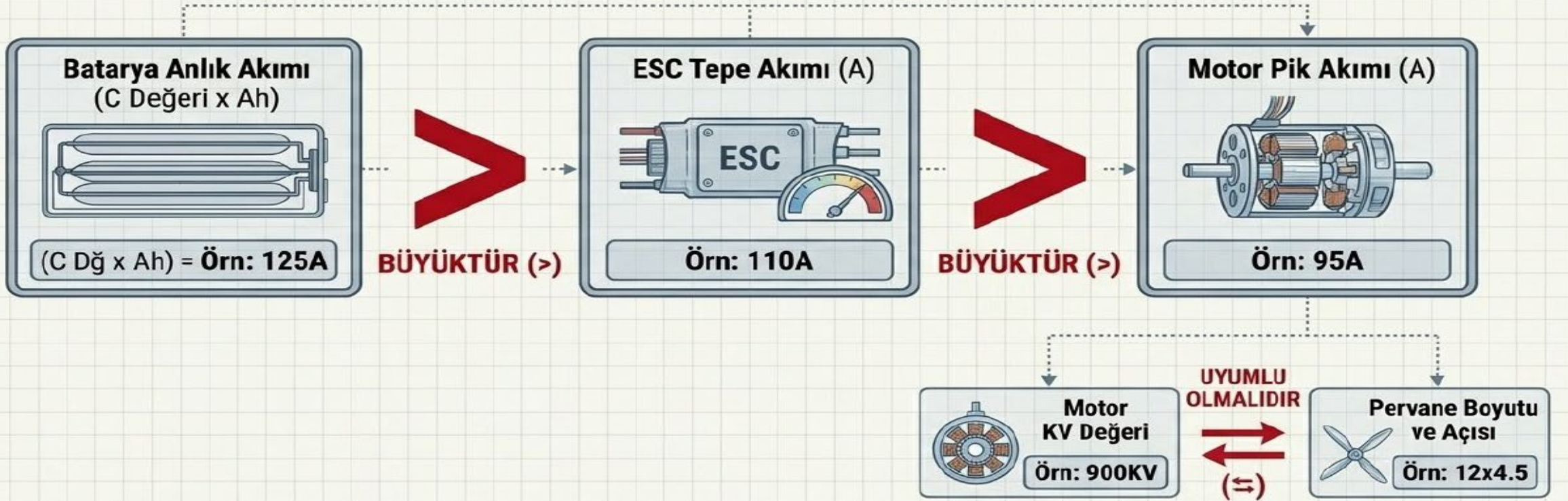
HESAPLAMA:

$$5000\text{mAh} (5\text{A}) \times 25\text{C} = 125\text{A Anlık Akım Sağlama Kapasitesi}$$

KRİTİK KURAL: C değeri, motor pik akımı düşünülerek ESC'nin tepe akımından **en az %10 daha yüksek** seçilmelidir. Düşük C değeri bataryanın **şişmesine, aşırı ısınmasına ve yanmasına** yol açar.

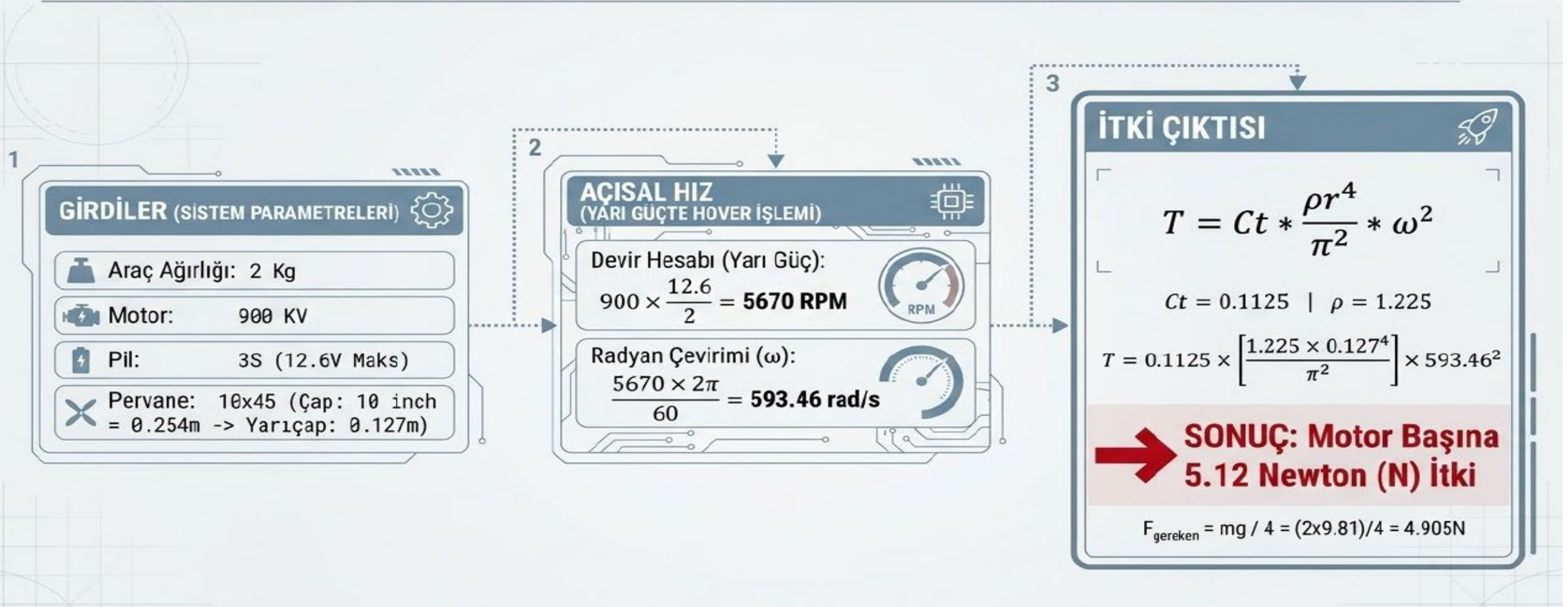
16:0

SYNTHESIS : SYSTEM ARCHITECTURE FLOWCHART



Özet İzlem: Enerji darboğazını önlemek için güç hattı yukarıdan aşağıya (Bataryadan Motora) daralarak değil, genişleyerek (Tolerans payı bırakılarak) tasarlanmalıdır.

İtki Hesabı Örnek: Sistem Analiz Gösterge Paneli



FINAL DIAGNOSTIC CHECK: GO/NO-GO RESOLUTION



DIAGNOSTIC READOUT BOX

5.12 N (Üretilen) > 4.905 N (Gereken)
Sonuç: Sistem %50 (yarı) güçte havada asılı kalma (Hover) durumunu başarıyla gerçekleştirebilir.

“Başarılı bir itki tasarımı; uçuş süresini (batarya ağırlığı), güç talebini (akım) ve kaldırma kuvvetini (motor/pervane verimi) kusursuz bir dengeye oturtma sanatıdır.”

- Sartori, D., & Yu, W. (2019). Experimental characterization of a propulsion system for multi-rotor UAVs. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 96(3), 529–540.
- Khan, W., & Nahon, M. (2013). Toward an accurate physics-based UAV thruster model. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 18(4), 1269–1279.
- Leishman, R. C., Macdonald, J. C., Beard, R. W., & McLain, T. W. (2014). Quadrotors and accelerometers: State estimation with an improved dynamic model. *IEEE Control Systems*
- Pounds, P., Mahony, R., & Corke, P. (2010). Modelling and control of a large quadrotor robot. *Control Engineering Practice*, 18(7), 691–699.
- Cui, D., Wang, J., Sun, A., Song, H., & Wei, W. (2018). Anomalously faster deterioration of LiNi_{0.8}Co_{0.15}Al_{0.05}O₂/graphite high-energy 18650 cells at 1.5 C than 2.0 C. *Scanning*, 2018, Article 2593780.
- uavturkey.tubitak.gov.tr/egitim2019.html



TEŞEKKÜRLER