

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTRONIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

KOVINIAI BEPILOČIAI ORLAIVIAI

Modernios elektronikos technologijos

Referatas

Atliko: EEI-6/1 gr. stud. Aurimas Girta

KAUNAS, 2017

TURINYS

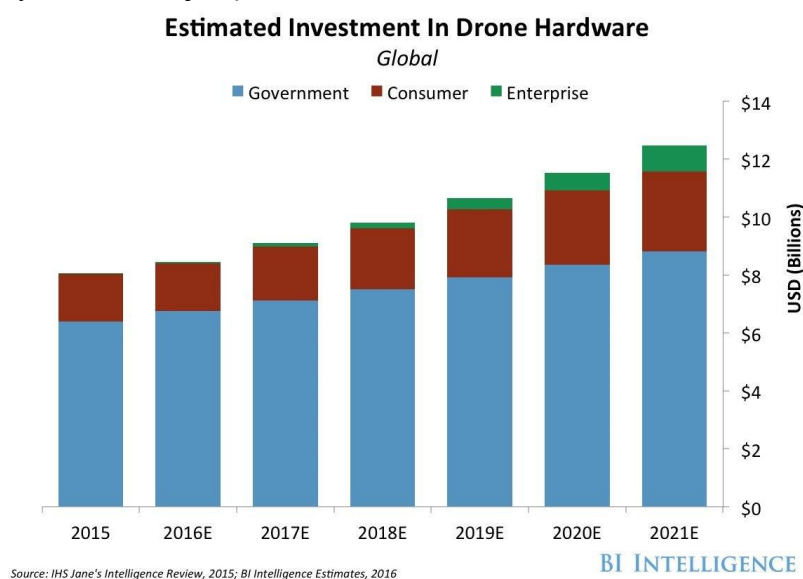
Sutrumpinimų sąrašas.....	3
1. Įvadas.....	4
2. Įranga sklandžiam bepiločių orlaivių darbui ore	5
2.1. Akselerometrai ir giroskopai	5
2.2. Magnetometras	7
2.3. Barometras.....	7
2.4. Oro greičio sensorius.....	8
2.5. GPS sistema.....	8
2.6. Varikliai.....	9
2.6.1. Elektriniai DC motorai UAV ir jų akumulatoriai.....	9
2.6.2. Vidaus degimo varikliai UAV.....	11
3. Bepiločių orlaivių taikymas ir įranga, skirta įvykdyti paskirtoms karinėms funkcijoms..	12
3.1. Žvalgybai.....	12
3.1.1. Kameros vaizdo stebėjimui.	12
3.1.2. SAR	14
3.1.3. Infraraudonųjų spindulių kameros.....	15
3.2. Taikinių naikinimui	16
3.2.1. Taikymosi sistemos:Multispektrinė taikymosi sistema.....	16
3.2.2. Ginklai: hellfire valdomos prieštankinės raketos	17
4. Bepiločių skraidančių aparatų valdymas. Jų komunikacija ir valdymo sistemos.....	17
Literatūros sąrašas	19

SUTRUMPINIMŲ SĄRAŠAS

UAV	Bepilotis orlaivis (<i>angl. Unmanned aerial vehicle</i>).
MEMS	Mikroelektromechaninė sistema (<i>angl. Microelectromechanical System</i>).
GPS	Globali padėties nustatymo sistema (<i>angl. Global Positioning System</i>).
DC	Nuolatinė srovė (<i>angl. Direct Current</i>).
SAR	Sintetinės antenos radaras (<i>angl. Synthetic-aperture radar</i>).
ARGUS-IS	Autonominė tiesioginio žemės paviršiaus atvaizdavimo sistema (<i>angl. Autonomous Real-Time Ground Ubiquitous surveillance Imaging System</i>).
MTS	Multispektrinė taikymosi sistema (<i>angl. Multi-spectral targeting system</i>).

1. ĮVADAS

Bepilotis orlaivis – tai skraidantis aparatas, kuris gali būti valdomas nuotoliniu būdu, arba iš anksto užprogramuotas tam tikrai skrydžio trajektorijai. UAV atlieka įvairias funkcijas plačiame sričių spektre. Svarbiausios panaudojimo sritys: komercinė, mokslinė, karinė. Su laiku didėjantis prieinamumas bei mažesnės kainos lemia vis gausesnį jų naudojimą. Tai parodo ir apytiksliai numatytos investicijos į UAV:



1.1 pav. Apytikslės investicijos į bepiločius orlaivius

Akcentuosime būtent kovinių bepiločių orlaivių sandarą, panaudojimą bei perspektyvas. UAV, naudojami karyboje skiriami į:

1. Taikiniams.
2. Žvalgybiniai.
3. Koviniai.
4. Tyrimams bei plėtrai.

Vieni pirmųjų bepiločių orlaivių buvo naudojami kaip taikiniai: 1940m. „Radioplane OQ2“ – pirmasis UAV, pradėtas masiškai gaminti. Šių orlaivių armijai pagaminta per 15000. Jo variklis – 2 pistonų, 4,5 kW. Naudotas II pasaulinio karo metu.



1.2 pav. bepilotis orlaivis „Radioplane OQ2A“

1973m. pagaminti pirmieji UAV skirti žvalgybai: „Tadiran Mastiff“. Šie orlaiviai turėjo ryšio sistemas bei didelės rezoliucijos kameras, maksimalus greitis: 185km/h.



1.3 bepilotis orlaivis „Tadiran mastiff“

1995m. pristatytas J.A.V įmonės „General atomics“ bepilotis orlaivis „Predator MQ-1“ kuris 2002m. buvo apginkluotas dvejomis „AGM-114 Hellfire“ raketomis. Taigi „Predator MQ-1“ – pirmasis kovinis bepilotis orlaivis, gebantis naikinti taikinius. Jo maksimalus greitis: 217 km/h.



1.4. Kovinis bepilotis orlaivis „Predator MQ-1“

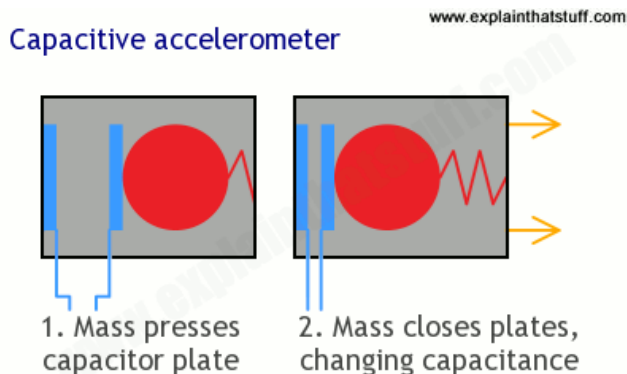
2. ĮRANGA SKLANDŽIAM BEPILOČIŲ ORLAIVIŲ DARBUI ORE

Kadangi UAV netgi ir iš pavadinimo aišku, kad yra bepiločiai, jiems reikalingi tam tikri įrenginiai: sensoriai, kad bepilotis orlaivis laikytųsi nustatytos trajektorijos, bei tai darytų kuo optimaliau. Taip pat savaime aišku, kad UAV skrydžiui reikalingas ir variklis, kuris parenkamas pagal UAV dydį bei funkciją.

2.1. AKSELEROMETRAI IR GIROSKOPAI

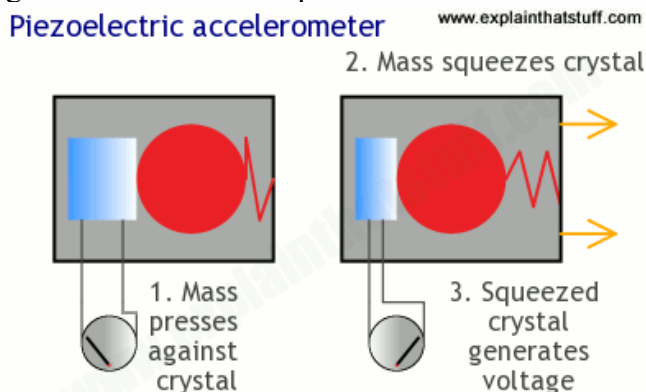
Akselerometras – elektromechaninis įtaisas, matuojantis pagreitį. Jėgos, suteikiančios minėtą pagreitį gali būti statinės (žemės traukos jėga) ir dinaminės (vibracijos, variklio traukos jėga ir pan.). Keletas akselerometro tipų:

Kondensatorinis akselerometras – įtaise esantis objektas dėl inercijos pastumia kondensatoriaus plokštelę. Dėl pakitusio atstumo tarp kondensatoriaus plokštelių pakinta ir kondensatoriaus talpumas. Pavaizduota 2.1.1 pav.



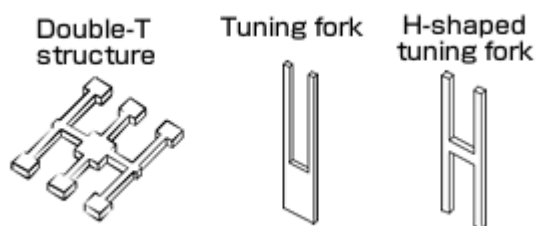
2.1.1 pav. Supaprastintas kondensatorinio akcelerometro veikimas

Pjezoelektrinis akcelerometras – panaudojama pjezo kristalo sąvybė poliarizuotis veikiant mechaniniams įtempiams. Taigi pjezoelektriniame akcelerometre, esant pagreičiui, taip pat esantis objektas dėl inercijos mechaniškai spaudžia pjezoelektriką ir dėl mechaninių įtempių, kristale susikuria potencialų skirtumas tarp dviejų elektrodų. Sukurta įtampa tiesiogiai proporcinga spaudimo jėgai. Pavaizduota 2.1.2 pav.



2.1.2 pav. Supaprastintas pjezoelektrinio akcelerometro veikimas

Elektromechaninis giroskopas – tai įtaisas, matuojantis kampinį greitį. Vieno iš jų tipo veikimui taip pat panaudojamos pjezoelektriko sąvybės. Priklausomai nuo struktūros yra virpančios dalys bei nejudanti dalis. MEMS pjezoelektrinio giroskopo struktūros pavaizduotos 2.1.3 pav.



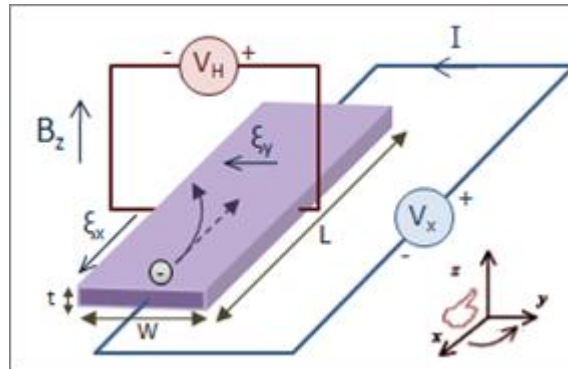
2.1.3. MEMS pjezoelektrinio giroskopo struktūros

Dvigubos T struktūros giroskopo veikimas: virpančios dalys – šoninės atšakos. Statorius – vidinė atšaka. Kai struktūra pasukama plokštumoje, jungiančioje visas tris atšakas, dėl Koriolio efekto virpančiose atšakose atsiranda vibracijos, kurių vektorius statmenas prieš tai buvusių vibracijų vektoriui. Taip pasukama įtvirtinta atšaka – pjezoelektrikas. Dėl mechaninių įtempių įtvirtintoje atšakoje atsiranda potencialų skirtumas. Pagal atsiradusią įtampa išskaičiuojamas kampinis greitis.

Akselerometras ir giroskopas UAV naudojami, kad nustatyti pačio orlaivio pozicijos pokyčius ore. Taip pat pagal akcelerometro duomenis nustatomas dinaminis pagreitis, suteiktas variklio traukos jėgos taip numatant laiko tarpą, per kurį bus pasiektas tam tikras greitis ir nustatant maršruto trukmę.

2.2 Magnetometras

UAV magnetometras – tai MEMS kompasas, kuris nustato UAV skrydimo bei orlaivio priekio kryptį. Tai ypač aktualu bepiločiams orlaiviams, kurie skrenda elektrinių motorų pagalba, kadangi jie gali skristi bet kokia kryptimi. T.y., pačiam orlaiviui nebūtina pasisukti, kad pakistų jo trajektorijos kryptis. Pagal veikimo principą yra daug MEMS magnetometrų: Holo efekto, magneto-diodo, magneto-tranzistoriniai, AMR (*angl. anisotropic magnetoresistance*), GMR (*ang. giant magnetoresistance*), magnetinės tunelinės sandaros, Lorencio jėgos. Šiuo metu rinkoje dominuoja Holo efekto ir MR (*ang. magneto-resistive*) magnetometrai. Holo efekto magnetometrai panaudoja elektros srovės, esančios magnetiniame lauke, efektą. 2.2.1 pav. pavaizduotas Holo efekto paaiškinimas.

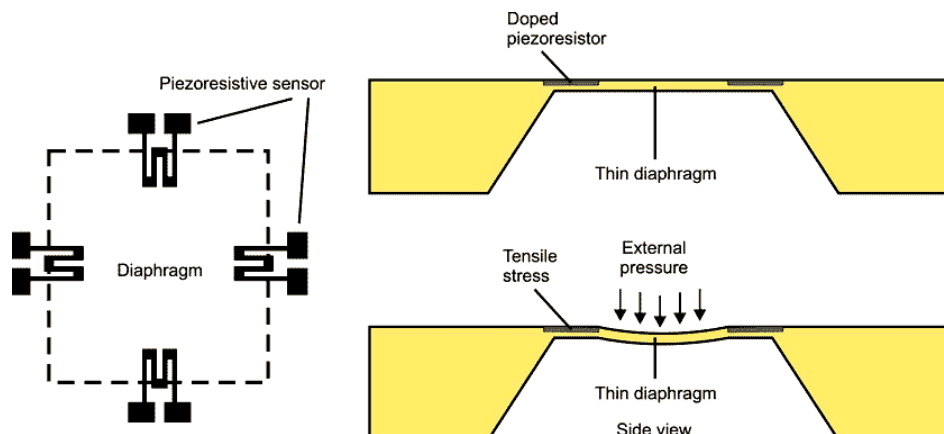


2.2.1. Holo efekto modelis.

Iš 2.2.1 pav. Matome, kad esant magnetiniam laukui, kurio vektorius B nėra lygiagretus tekančios srovės kryptčiai, laidžioje medžiagoje kryptimi, statmenai tekančios srovės kryptčiai susidaro potencialų skirtumas, kurį išmatavę galima išskaičiuoti magnetinio lauko kryptį.

2.3 Barometras

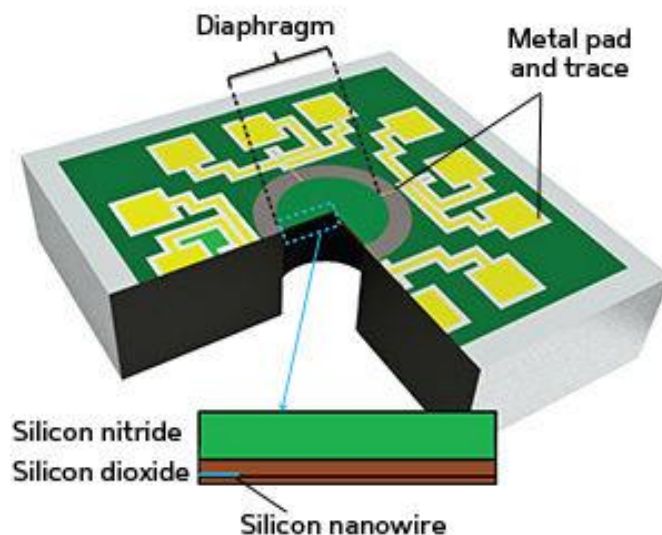
Barometras – įtaisas, gebantis matuoti atmosferinį slėgį. Bepiločiuose orlaiviuose naudojami MEMS barometrai – jie skirti nustatyti orlaivio skridimo aukštį. Šis aukštis nustatomas turint omenyje faktą, kad nuo žemės paviršiaus kylant aukštyn – oro slėgis mažėja. MEMS barometro veikimo principas parodytas 2.3.1 pav.



2.3.1 MEMS barometro veikimo principas

<http://www.radiolocman.com/review/article.html?di=148185>

MEMS barometras, kurio veikimo principas pavaizduotas 2.3.1 pav. turi diafragmą, ant kurios uždėta laidžios medžiagos juostelės (gali būti ir laidininko ir puslaidininkės medžiagos). Tarp įtaiso korpuso ir membranos gamybos metu būna sukurtas tam tikras spaudimas – vadinamas atskaitos spaudimu. Esant gradientui tarp išorinio atskaitos spaudimų, tarp jų esanti plėvelė išsitempia ir pasireiškia pjezorezistyvnis efektas – pasikeičia laidininko ar puslaidininkio varža.



2.3.2 Įmonės „A*star“ MEMS barometro sandara

2.3.2 pav. pavaizduotame barometre matomos aptartos struktūrinės dalys: membrana, membranoje esanti laidži medžiaga, kurioje pasireiškia pjezorezistyvus efektas. MEMS barometrai yra ypatingai jautrūs: jie gali nustatyti slėgio pokytį, kai UAV pajuda bent kelis centimetrus.

2.4 Oro greičio sensorius

Oro greičio sensorius – prietaisas, matuojantis dinaminį spaudimą, susidarantį lygiagrečia orlaivio skridimo trajektorijai, kryptimi. Iš esmės, šis jutiklis sandara panašus į prieš tai aptartą barometrą. Skirtumas tas, kad šis jutiklis įtaisytas taip, kad matuotų spaudimą ne vertikalia kryptimi, o horizontalia. Išskaičiuotas oro greitis proporcingas statinio atskaitos spaudimo ir išmatuoto dinaminio spaudimo skirtumui. Oro greičio sensorius labai svarbus bepiločiams orlaiviams, kurie į orą kyla nejudančių sparnų pagalba. Pagal orlaivio greitį aplink jo supančio oro atžvilgiu išskaičiuojami tokie parametrai kaip keliamoji jėga, trinties su oru jėga. 2.4.1 pav. pavaizduotas oro greičio sensorius, paprastai naudojamas komerciniuose bepiločiuose orlaiviuose.

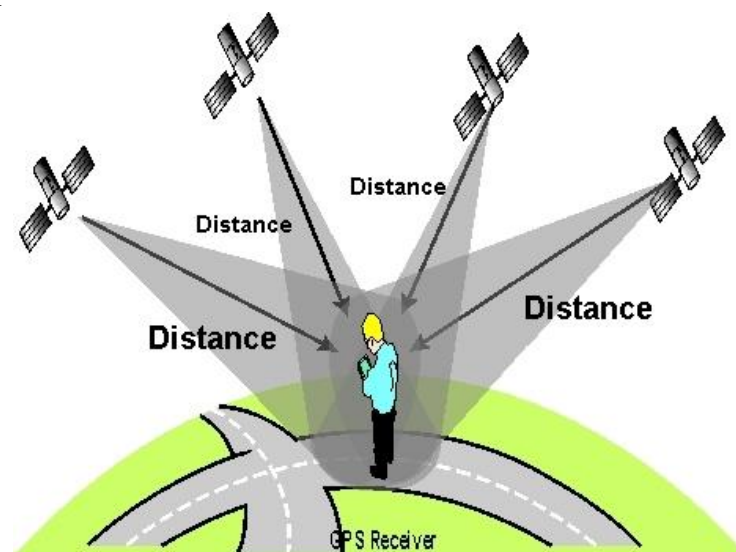


2.4.1 Oro greičio jutiklio modulis

2.5 GPS sistema

GPS sistema – Tai sistema, sugebanti nustatyti savo padėties koordinates. Koordinatės gali būti nustatomos trimatėje erdvėje, t.y, nustatoma ne tik pozicija, bet ir UAV aukštis. Koordinatės naudojant GPS sistemą nustatomos trilateracijos principu. Iš esmės, ir GPS imtuvas, ir palydovas susijęs su GPS sistema kuria pseudo-atsitiktinių skaičių seką, kurios yra vienodos. Palydovas šią seką pastoviai transliuoja, o GPS imtuvas priėmęs palydovo signalus išmatuoja uždelimą. Taip galima sužinoti, kokių spinduliu nuo dirbtinio žemės palydovo yra GPS įtaisas. Toks pat procesas atliekamas ir su kitais palydovais. Turint GPS imtuvo spindulį nuo trijų skirtingų palydovų, turime du sferos sankirtos taškus erdvėje. Ketvirtas palydovas nurodo vieną iš tų dviejų taškų. Taip pat įvedami gautos pozicijos pataisymai, turint omenyje kad imtuvas gali būti tik ant žemės paviršiaus. Taigi, kad tiksliai būtų išmatuotos koordinatės,

naudojami bent 4 palydovai. Aplink žemę šiuo metu skrieja 31 dirbtinis žemės palydovas, skirtas GPS sistemai



2.5.1 GPS veikimas

2.6 UAV varikliai

Prieš tai buvusiuose poskyriuose aprašytų sistemų ir įtaisų pagrindinė paskirtis buvo suteikti informaciją apie išorinius poveikius, skrydžio parametrus bei kitokią informaciją, kuri padeda sudaryti optimalų skrydžio maršrutą. Nepaisant to, matyt, svarbiausia UAV dalis – tai varikliai, kadangi be jų bepiločiai orlaiviai į ora nepakiltų išvis. Aptarsime dviejų tipų variklius: elektrinius (paprastai UAV naudojami bešepetėliniai DC varikliai) ir vidaus degimo.

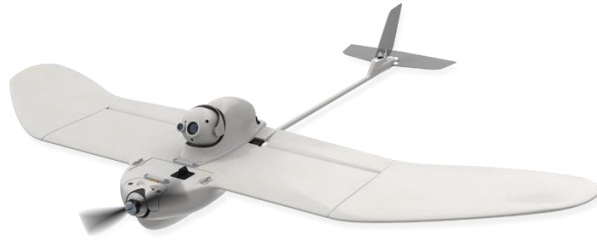
2.6.1 Elektriniai DC motorai UAV ir jų akumulatoriai

Kalbant apie UAV, kuriuose traukos jėgą sukuria DC motorai, turima omenyje tokius orlaivius, kurie yra santykinai maži, kadangi turi būti atsižvelgta į motoro bei jam energiją suteikiančio akumulatoriaus svorį. Didelę masę kelti su elektriniais motorais neefektyvu. Bepiločių orlaivių, naudojamų karinėje pramonėje, kurie yra varomi DC motorų, paskirtis būna žvalgybinė bei taikinių nustatymo. Tokie UAV patenka į 0 arba 1 kategoriją ir jie vadinami žemo skridimo aukščio bei didelės ištvermės kariniai bepiločiai orlaiviai. Šių kategorijų populiariausi UAV: „RQ-11 Raven“ (2.6.1.1 pav.) ir „AeroVironment Wasp“ (2.6.1.2 pav.)



Courtesy of AeroVironment Inc

2.6.1.1 pav. „RQ-11 Raven“



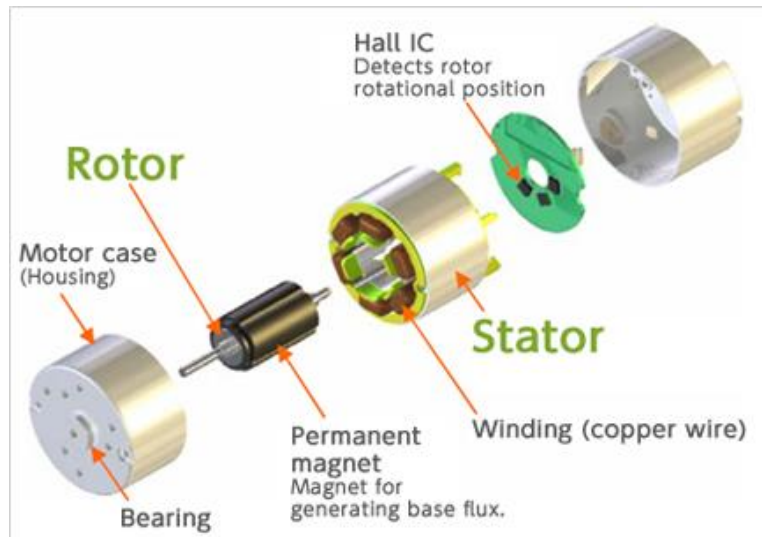
2.6.1.2 pav. „Wasp III“

„RQ-11 Raven“ naudojami Aveox „27/26/7-AV“ elektriniai motorai. Dažnai DC motorai parenkami tokie, kad visų jų suminė traukos jėga būtų tokia, kad motorai gebėtų pakelti dvigubai didesnę masę, negu pats UAV.



2.6.1.3 pav. AXI Bešepetėliniai DC motorai

Kaip ir matoma 2.6.1.3 pav. DC bešepetėlinių motorų pasirinkimas yra gan didelis. Bešepetėliniai motorai nuo įprastų šepetėlinių motorų skiriasi tuo, kad bešepetėliniuose motoruose statorius būna vidinė dalis, o išorinė, kurioje įtvirtinti nuolatiniai magnetai – rotorius. Sukimasis iš esmės valdomas elektroniškai: skirtingais momentais per skirtingas apvijas statoriuje tiekama srovė.



2.6.1.4 Bešepetėlinių DC motorų sandara

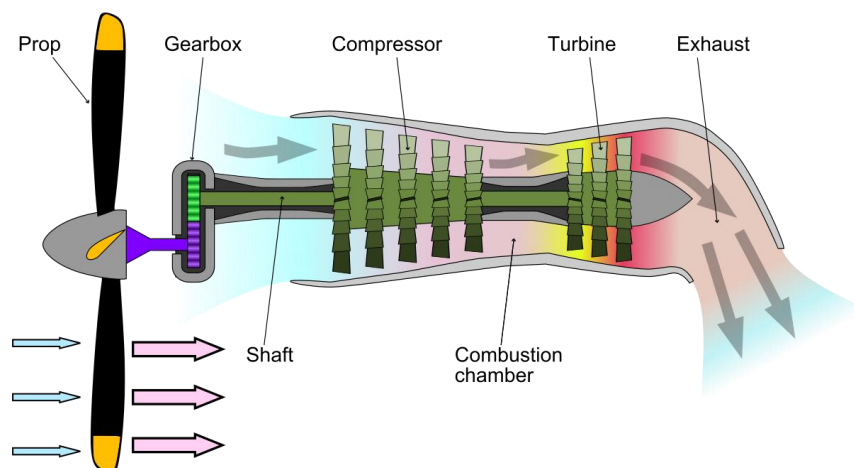
Bepiločiuose orlaiviuose, kuriuose traukos jėgą sukuria DC motorai, dažniausiai naudojami ličio jonų akumulatoriai, kadangi tokio tipo akumulatoriai turi daug privalumų: didelis energijos tankis, santykinai labai mažas savarankiško išsikrovimo greitis, nereikia intensyvios priežiūros. Turint omenyje UAV, kurių paskirtis – karinė, tai minėtų ličio jonų akumuliatorių trūkumai nėra ženklūs: reikalinga apsauga nuo persikrovimo ir užtrumpinimo, jų kaina didesnė, negu kitų tipų akumuliatorių.



2.6.1.5 „Denchi“ ličio jonų akumuliatorius, skirtas kariniams UAV

2.6.2 Vidaus degimo varikliai UAV

Naudojamas variklio tipas iš esmės priklauso nuo į orą keliamo orlaivio masės. Karinėje pramonėje dažniau naudojami stambūs UAV, kurie turi sudėtingas ir sunkias jutiklių sistemas bei apginkluoti raketomis. Bepiločiams orlaiviams kelti į orą naudojami „turboprop“ varikliai. Tokio tipo variklio schema pavaizduota 2.6.2.1 pav.



2.6.2.1 pav. Turboprop variklio schema

Skirtingai, negu reaktyviniuose, turboprop varikliuose išmetamos dujos nesukuria traukos jėgos, kadangi visą jų energiją sunaudojama propeleriui sukuti. Populiariame UAV „MQ-1 Predator“ UAV naudojamas „Rotax 914“ keturių cilindrų maksimalios 84 kilovatų galios variklis.

3. Bepiločių orlaivių taikymas ir įranga, skirta įvykdyti paskirtoms karinėms funkcijoms. Nesuklystume teigdami, kad paprastą bepilotį orlaivį ir karinį bepilotį orlaivį iš esmės skiria jų įranga, kuri vienaip ar kitaip eksploatuojama karinėse misijose.

3.1. Įranga žvalgybai

3.1.1. Kameros vaizdo stebėjimui

Vienas, iš paminėtų UAV – „PD-100 Black Hornet 2“. Jis įpatingas dėl savo labai mažos masės (18 gramų) ir žvalgybinių funkcijų.



3.1.1.1 pav. „PD-100 Black hornet 2“

Šiame UAV naudojamos trys kameros: nukreipta tiesiai horizontaliai, nukreipta 45 laipsniu kampu į žemę ir trečioji nukreipta tiesiai žemyn. Pavaizduota 3.1.1.2 pav.



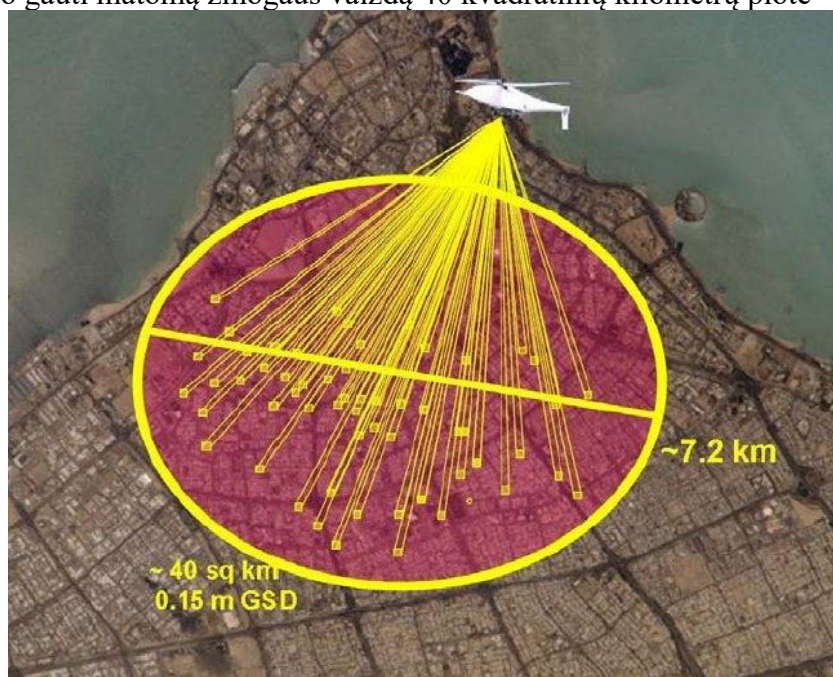
3.1.1.2 „PD-100 Black Hornet 2“ iš arčiau

Naudojant tris taip nukreiptas kameras gaunamas platesnis vaizdas bei sumažėja reikalingų manevrų kiekis prireikus tam tikram vaizdui gauti. Vaizdas, gaunamas valdymo pulte parodytas 3.1.1.3 pav.



3.1.1.3 pav. „PD-100 Black Hornet“ valdymo pulte gaunamas vaizdas

Šie UAV puikiai tinka apžiūrėti netoliese esančią nežinomą teritoriją. Svarbu paminėti tik keletos metų senumo „DARPA“ įmonės sukurtą „ARGUS-IS“ (Autonomous Real-Time Ground Ubiquitous Surveillance Imaging System) sistemą. Ji ypatinga dėl savo labai didelės 1,8 gigapikselių raiškos. Tokia didelė raiška pasiekama iš stambaus vaizdo jutiklių masyvo, kurių vienas jutiklių – panašus į naudojamą išmaniųjų mobiliųjų telefonų kameroje. „ARGUS-IS“ jų nemažiau, negu 368. Šitokia sistema gali iš 5300m aukščio gauti matomą žmogaus vaizdą 40 kvadratinį kilometrų plote



3.1.1.4 pav. „DARPA“ „ARGUS-IS“ galimybės

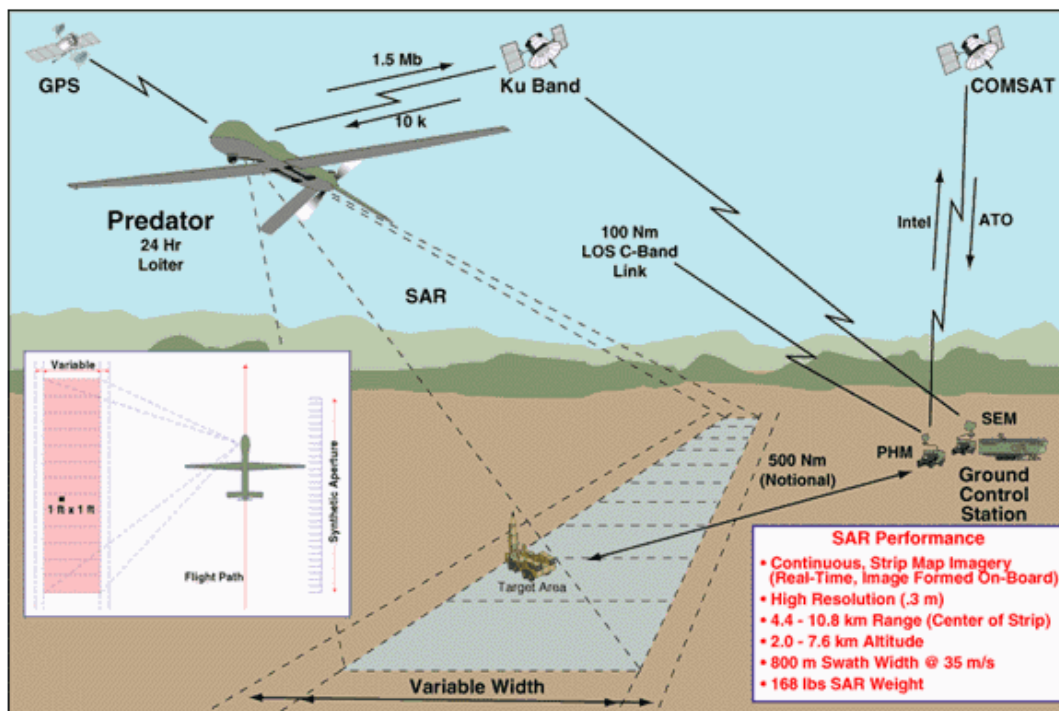


3.1.1.5. „DARPA“ „ARGUS-IS“ Jūrų pėstininkų karinės bazės nuotrauka

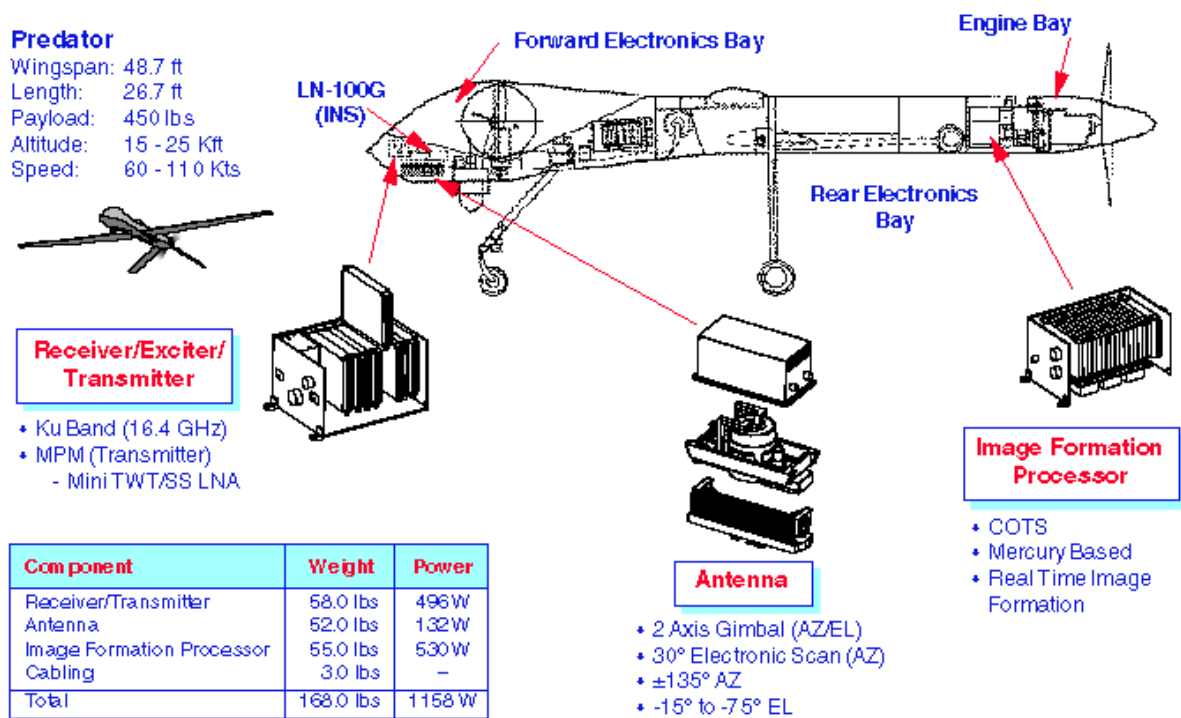
Ši kamera tvirtinama ant „Boeing A160A Hummingbird“ UAV.

3.1.2. SAR

Viena svarbesnių technologijų, naudojamų žvalgybiniuose UAV – tai SAR (*angl. Synthetic-aperture radar*). Iš esmės, tai tam tikras radaras, kuris naudojamas paviršiaus reljefo skanavimui, iš kurio galima išgauti ir dvidimensį ir tridimensį vaizdą. Kaip ir visi radarai, SAR veikia radijo bangų principu. Iš šių radarų vaizdas gaunamas didelės rezoliucijos: paprastai UAV naudojami tokio tipo radarai išgauna mažiausiai 10 cm tikslumą, naudojami taip pat ir ypač plačiajuosčiai SAR radarai, kurių gauto vaizdo tikslumas yra iki kelių milimetrų. Toks tikslumas gaunamas dėl sudaromos didelės sintetinės antenos. Kadangi UAV pozicija realyviai taikiniui kinta, tai radijo bangos, atsispindėjusios nuo taikinio, gali būti nuskaitomos vis kitoje UAV pozicijoje. SAR, naudojami kariniuose UAV, vadinami – TESAR (*angl. Tactical Endurance Synthetic Aperture Radar*). Vienu metu šie radarai gali skanuoti 0,09 m² plotą. UAV skrendant 25-35 m/s greičiu iš šių mažų plotų sudaromas didesnis, 800m pločio vaizdas.



3.1.2.1 pav. TESAR veikimas ir specifikacijos



3.1.2.2 pav. TESAR sistemą sudarančios dalys

Iš 3.1.2.2 pav. matome, kad TESAR naudojamos gigahercinės bangos, bei signalai apdorojami pačiame UAV, taigi į karinę stotį siunčiamas jau sudarytas vaizdas.

Tesar įranga įrengta „General Atomics MQ-1 Predator“ koviniame bepiločiame orlaivyje.

3.1.3 Infraraudonųjų spindulių kameros.

Aptartos sistemos puikiai veikia vaizdui gauti dienos metu, tačiau būtina sistema, kuri galėtų gauti, pavyzdžiui, taikinio vaizdą ir nakties metu, ar tada, kai gyvas stebimas objektas slepiasi už plonų objektų. Toks vaizdas gaunamas naudojant termografinę kamerą. Ji veikia panašiai kaip ir paprasta kamera, tiesiog vaizdą formuoja iš gautų infraraudonųjų spindulių (bangos ilgis iki 14 μm).



3.1.3.1 pav. UAV Termografinės kameros vaizdas.

3.2 Įranga taikinių naikinimui

3.2.1 Taikymosi sistemos

MTS (*angl. Multi-spectral targeting system*) – kariniuose UAV naudojama taikymosi sistema, turinti elektro-optinius, infraraudonuosius sensorius. Šios taikymosi sistemos geba atvaizduoti vaizdą iš didelio atstumo, aptikti judančius taikinius, juos sekti bei nustatyti atstumą iki jų. Taip pat tokia sistema į taikinį gali nukreipti lazerį, taip nukreipiant paleistas raketas.



3.2.1.1 pav. įmonės „Raytheon“ daugiaspektrinė taikymosi sistema

Daugiaspektriniai sensoriai aptinka vaizdą ir iš jo išskiria tam tikrus šviesos dažnius, kad išgautų vaizdą, kurio žmogaus akis negali aptikti. Šios taikymosi sistemos gali aptikti netgi išmindžiotą žemę ar taikinius, kurie slepiasi po kamufliažu. Šios sistemos įmontuotos į naujausius „MQ-1B Predator“ karinius UAV.



3.2.1.2 pav. „MQ-1B Predator“ su matoma multispektrine taikymosi sistema

3.2.2 Karinių UAV ginkluotė

Viena svarbiausių UAV paskirčių karo pramonėje – tai taikinių naikinimas. Tam naudojamos valdomos prieštankinės raketos, kurias gali nukreipti jau anksčiau aptarta daugiaspektrinė taikymosi sistema. Paprastai šie bepiločiai orlaiviai apginkluojami „AGM-114 Hellfire“ valdomomis prieštankinėmis raketomis.



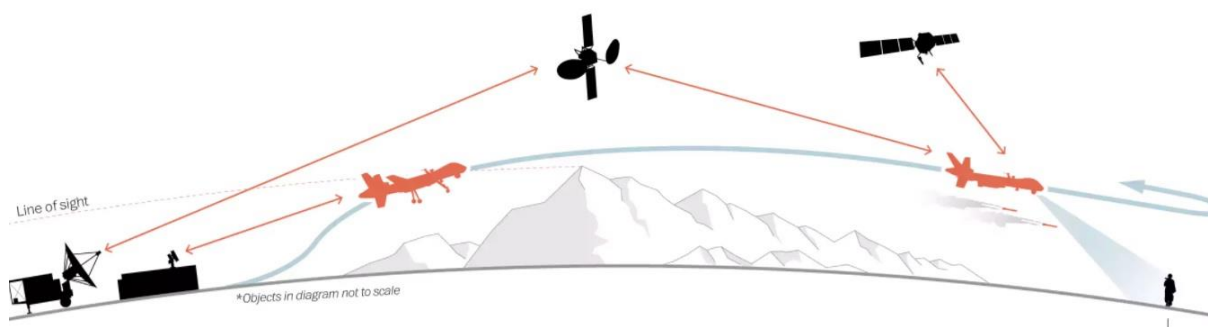
3.2.2.1 pav. „AGM-114 Hellfire“ raketa

Valdomos raketos, kaip ir prieš tai minėta, svarbios dėl savo trajektorijos korekcijos galimybių. Tai atliekama pašvitinant taikinį lazerine rodykle. Pataikęs į taikinį, minėtas lazeris atsispindi visomis kryptimis. Šviesos sensoriai, esantys raketos priekyje aptinka programiškai nurodytą šviesos bangos ilgį, kuriuo taip pat pasižymi ir nurodyto lazerio šviesa. Taip tie sensoriai gali nustatyti, iš kur šviesa sklinda ir raketa pakreipia savo trajektoriją. Raketos valdymo dalys:

1. Detekcijos sistema – priekyje esanti sistema, aptinkanti tam tikros bangos ilgio šviesą
2. Kontrolės sistema – raketos valdymo dalis, apskaičiuojanti kaip reikia pakreipti ant raketos esančias mentes, kad raketa kuo tiksliau pasiektų taikinį.
3. Mentės – nukreipia jau skriejančią raketą tam tikra linkme.

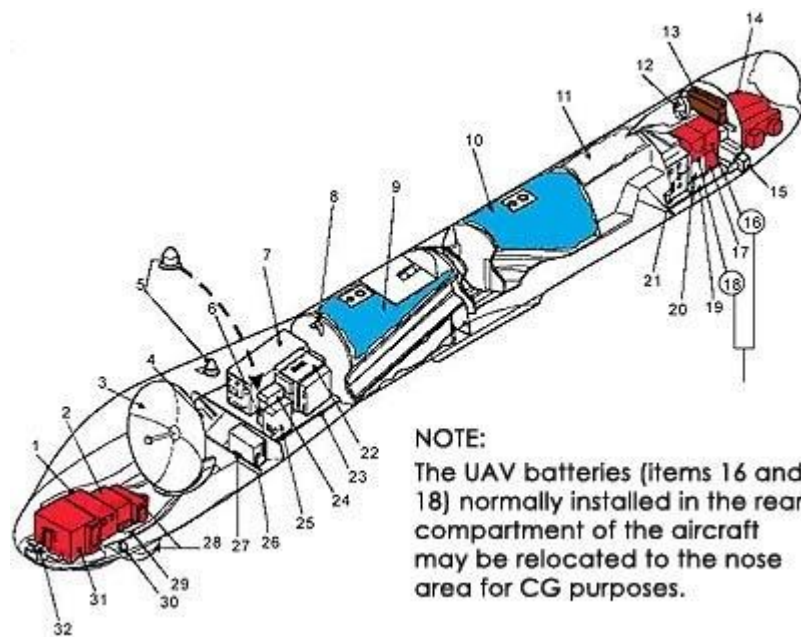
4. Bepiločių skraidančių aparatų valdymas. Jų komunikacija ir valdymo sistemos

Kalbant apie UAV, skirtus komerciniam ar asmeniniam naudojimui, jų komunikacija paremta radijo ryšiu su tam tikru valdymo pultu, taip pat komunikacija gali būti paremta bevieliais duomenų perdavimo tinklais (3G, 4G ir pan.). Stambesniems UAV, skirtiems kariniams tikslams, komunikacijai reikalinga ant žemės esanti valdymo sistema ir palydovas, kuris palydoviniu ryšiu siunčia bei priimta duomenis į minėtus UAV ir valdymo sistemas. Antžemine valdymo sistema tiesiogiai valdomas UAV pakilimo metu iki kol nutolsta nuo valdymo sistemos, tuomet kovinis bepilotis orlaivis valdomas per palydovinį ryšį.



4.1 pav. karinio bepiločio orlaivio komunikacija

Žinant, kad duomenys kariniuose UAV perduodami radijo ryšiu, instinktyviai kyla klausimas: kaip apsaugoti perduodamus duomenis? Vis dėlto betkokius duomenis, perduodamus radijo ryšiu įmanoma sutrikdyti, ar netgi juos nuskaityti. Šią problemą išsprendžia kariniuos UAV naudojama palydovinė lėkštė.



4.2 Karinio UAV pagrindinės dalies sandara. 3 pažymėta palydovinė lėkštė.

Kadangi naudojama lėkštė, kuri paprastai nukreipiama į palydovą, siunčiamos radijo bangos būna koncentruotos ir nukreiptos aukšty.



4.3 „Shadow 200 RQ-7“ UAV ir jo valdymo sistema

Verta ir paminėti mažų karinių bepiločių orlaivių komunikaciją, kuri yra gerokai paprastesnė negu stambiųjų: naudojamos daug mažesnės sistemos, nenaudojami palydovai, kadangi smulkūs UAV naudojami žvalgybai vietovių, kurios yra netoli nuo UAV operatoriaus. Taip pat šiuose UAV yra daug mažiau sensorių, iš esmės perduodama informacija: tik filmuojamas vaizdas. 4.4 pav. Pavaizduota jau aptarto UAV „Black Hornet PD-100“ valdymo sistema ir pats UAV.



4.4 pav. „Black Hornet PD-100“ UAV ir jo valdymo sistema.

Literatūra

1. Unmanned aerial vehicle. Vikipedija.
https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle
2. UAV skirstymas, panaudojimas.
<http://www.theuav.com/>
3. How drones will change the world in the next 5 years. BussinesInsider.
<http://www.businessinsider.com/the-drones-report-research-use-cases-regulations-and-problems-2017-9>
4. Tadiran Mastiff. Vikipedija.
https://en.wikipedia.org/wiki/Tadiran_Mastiff
5. Radioplane OQ-2. Vikipedija.
https://en.wikipedia.org/wiki/Radioplane_OQ-2
6. MQ-1B Predator. U.S Air Force.
<http://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/%20104469/mq-1b-predator/>
7. Beginners guide to drone autopilots (flight controllers) and how they work.
<http://www.dronetrest.com/t/beginners-guide-to-drone-autopilots-flight-controllers-and-how-they-work/1380>
8. Accelerometers. ExplainThatStuff.
<http://www.explainthatstuff.com/accelerometers.html>
9. Accelerometers: What They Are & How They Work. LiveScience
<https://www.livescience.com/40102-accelerometers.html>
10. Gyro sensors - How they work and what's ahead. EponDevice.
http://www5.epsondevice.com/en/information/technical_info/gyro/
11. The How and Why of Drone Calibration. Agribotix.
<https://agribotix.com/blog/2015/12/02/all-about-drone-calibration/>
12. Hall effect. Vikipedija.
https://en.wikipedia.org/wiki/Hall_effect
13. How Does a Magnetometer Work? Sciencing.
<https://sciencing.com/a-magnetometer-work-4913575.html>
14. Measure Laser Power With A Modified MEMS Pressure Sensor. Radiolocman.
<http://www.radiolocman.com/review/article.html?di=148185>
15. A*STAR develops robust MEMS pressure sensor. Eetasia.
http://archive.eetasia.com/www.eetasia.com/ART_8800680148_480500_NT_36fd8ae6.HTM
16. Unmanned Airspeed Sensor Kit. UnmannedTechShop.
<https://www.unmannedtechshop.co.uk/unmanned-airspeed-sensor-kit-mpxv7002dp-for-apm/>
17. How Do Global Positioning Systems, or GPS, Work? NASA.
https://www.nasa.gov/audience/foreducators/topnav/materials/listbytype/How_Do_Global_Positioning_Systems.html
18. UAV onboard GPS in positioning determination. K.N. Tahar, S.S. Kamarudin.
<https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLI-B1/1037/2016/isprs-archives-XLI-B1-1037-2016.pdf>
19. How GPS Receivers Work. HowStuffWorks.
<https://electronics.howstuffworks.com/gadgets/travel/gps3.htm>
20. How does GPS work? Physics.org
<http://www.physics.org/article-questions.asp?id=55>
21. RQ-11 Raven Unmanned Aerial Vehicle. Army-technology.
<http://www.army-technology.com/projects/rq11-raven/>
22. AeroVironment Wasp III. Vikipedija.
https://en.wikipedia.org/wiki/AeroVironment_Wasp_III

23. How to choose the right motor for your multicopter drone. Dronetrest.
<http://www.dronetrest.com/t/how-to-choose-the-right-motor-for-your-multicopter-drone/568>
24. Denchi power. Army-technology.
<http://www.army-technology.com/contractors/electrical/denchi-power/>
25. Turboprop. Vikipedija.
<https://en.wikipedia.org/wiki/Turboprop>
26. The \$40,000 'Bug' Camera Drone Being Tested by the US Military. Michael Zhang
<https://petapixel.com/2015/12/07/the-40000-bug-camera-drone-being-tested-by-the-us-military/>
27. PD-100 PRS. Proxdynamics.
<http://www.proxdynamics.com/products/pd-100-black-hornet-prs>
28. Marines get a closer look at Black Hornet micro drone. Marinecorpstimes.
<https://www.marinecorpstimes.com/news/your-marine-corps/2015/09/22/marines-get-a-closer-look-at-black-hornet-micro-drone/>
29. ARGUS-IS. Vikipedija.
<https://en.wikipedia.org/wiki/ARGUS-IS>
30. Autonomous Real-Time Ground Ubiquitous Surveillance Imaging System (ARGUS-IS). Baesystems.
<http://www.baesystems.com/en-us/product/autonomous-realtime-ground-ubiquitous-surveillance-imaging-system-argusis>
31. DARPA's new 1.8-gigapixel camera is a super high-resolution eye in the sky. Newatlas.
<https://newatlas.com/argus-is-darpa-gigapixel-camers/26078/>
32. Synthetic-aperture radar. Vikipedija.
https://en.wikipedia.org/wiki/Synthetic-aperture_radar
33. Synthetic Aperture Radar. Radartutorial.
<http://www.radartutorial.eu/20.airborne/ab07.en.html>
34. TESAR(Tactical Endurance Synthetic Aperture Radar). Federation of American Scientists.
<https://fas.org/irp/program/collect/tesar.htm>
35. Multi-Spectral Targeting System(MTS). Raytheon.
<https://www.raytheon.com/capabilities/products/mts/>
36. AGM-114 Hellfire. Vikipedija.
https://en.wikipedia.org/wiki/AGM-114_Hellfire
37. How Smart Bombs Work. HowStuffWorks.
<https://science.howstuffworks.com/smart-bomb.htm>
38. Guided bomb. Vikipedija.
https://en.wikipedia.org/wiki/Guided_bomb
39. Investigation Finds That More Than 400 U.S Drones Have Crashed Since 2001. Matthewaid.
<http://www.matthewaid.com/post/89379571021/investigation-finds-that-more-than-400-us-drones>
40. UAV command, control & communications. MilitaryAeroSpace.
<http://www.militaryaerospace.com/articles/print/volume-24/issue-7/special-report/uav-command-control-communications.html>
41. Ground Control Station. Vikipedija.
https://en.wikipedia.org/wiki/Ground_control_station