

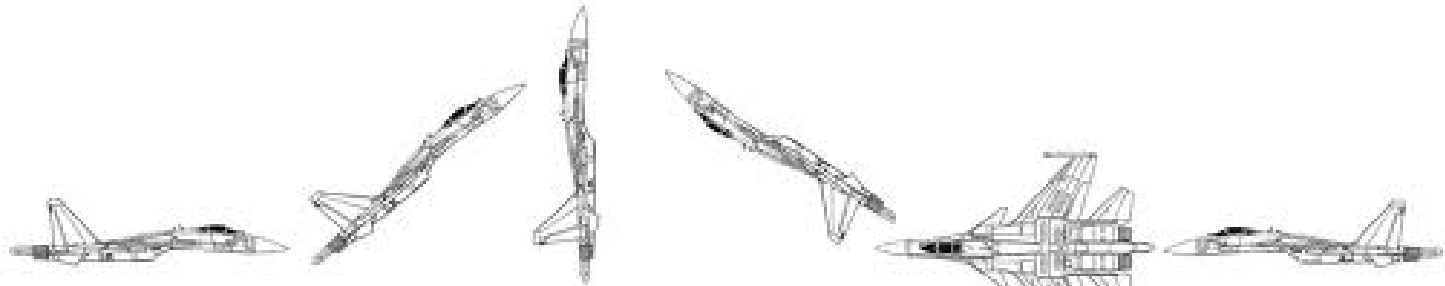
GORIVNI SISTEM

SISTEMI ZA GORIVO

Osnovni zadatak sistema za gorivo je da skladišti gorivo i snabdeva motore potrebnom količinom goriva, na potrebnom pritisku i temperaturi tako da se obezbedi neprekidno snabdevanje u svakom režimu leta.

Gorivni sistem treba da obezbedi pouzdano snabdevanje gorivom u svakoj fazi leta:

- Prilikom promene visine
- Naglih manevara
- Iznenadnih ubrzanja ili usporenja



GORIVO

Osnovne karakteristike goriva:

- “Flash point” – temperatura na kojoj se gorivo pali,
- “Freezing point” – temperatura na kojoj gorivo mrzne,
- “Specific gravity” – gustina.

Gorivo za klipne motore: klasa 80 (crveno), klasa 100 (zeleno), klasa 100LL (plavo), klasa 115/145 (ljubičasto).

Jet A – kerozin, Jet B – mešavina kerozina i benzina.

Fuel	AVTUR	AVTAG	AVCAT
Alternative Name	Jet A Jet A1 JP8	Jet B JP4	JP5
Flash point	42°C	18°C	64°C
Freezing point	-40°C for ‘A’ -47°C for ‘A1’	-60°C	-50°C
Specific gravity	0.78 – 0.82	0.76	0.86

OSNOVNI ELEMENTI SISTEMA ZA GORIVO

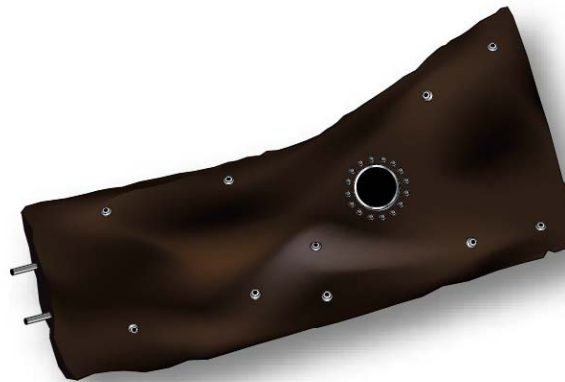
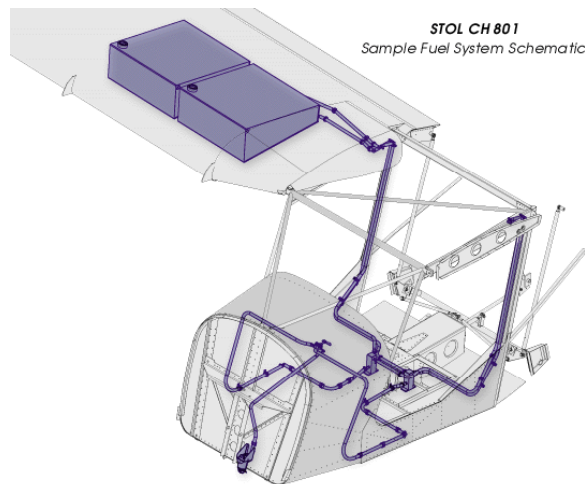
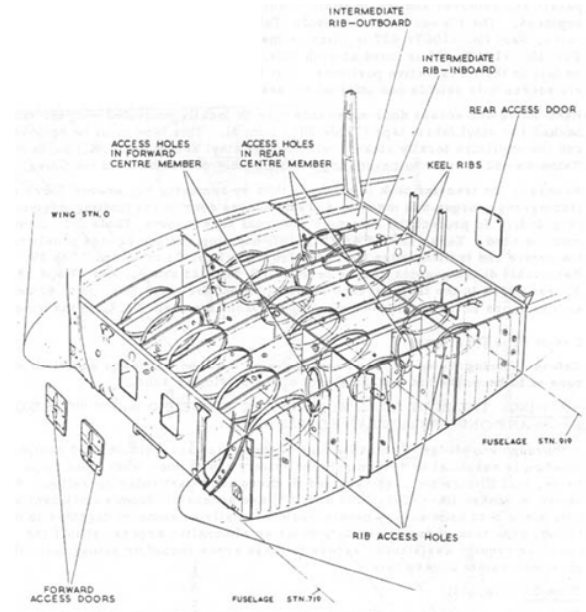
Osnovne elemente gorivnog sistema letelica čine:

- Rezervoari
- Odgovarajući cevovodi i okovi
- Različiti tipovi pumpi
- Različiti tipovi ventila
- Merni uređaji
- Sistemi automatskog upravljanja gorivnim sistemom

REZERVOARI

Rezervoari za gorivo na letelicama mogu biti:

- Uklonljivi kruti rezervoari
- Elastični rezervoari (Bladder tank)
- Integralni rezervoari (Wet wing)
- Eksterni rezervoari (Tip tank)



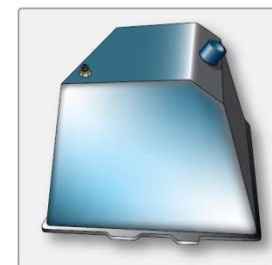
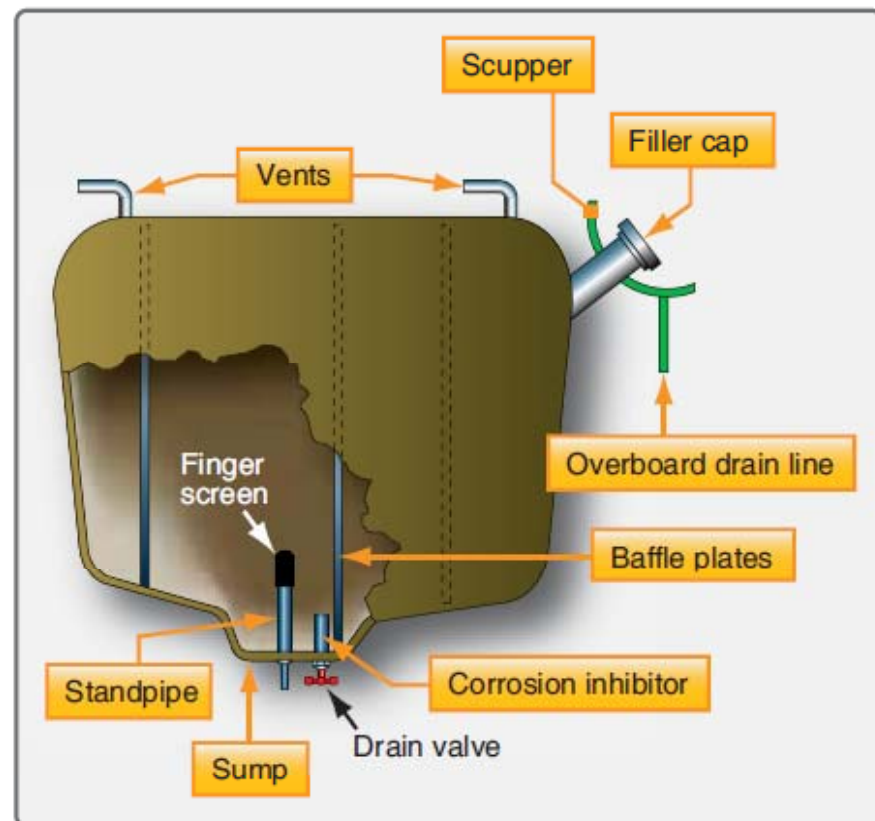
UKLONLJIVI KRUTI REZERVOARI

Kruti rezervoari na letelicama najčešće se izrađuju zavarivanjem aluminijuma ili nerđajućeg čelika, mada se u poslednje vreme koriste i kompozitni materijali najčešće u kombinaciji poliestar/staklo.

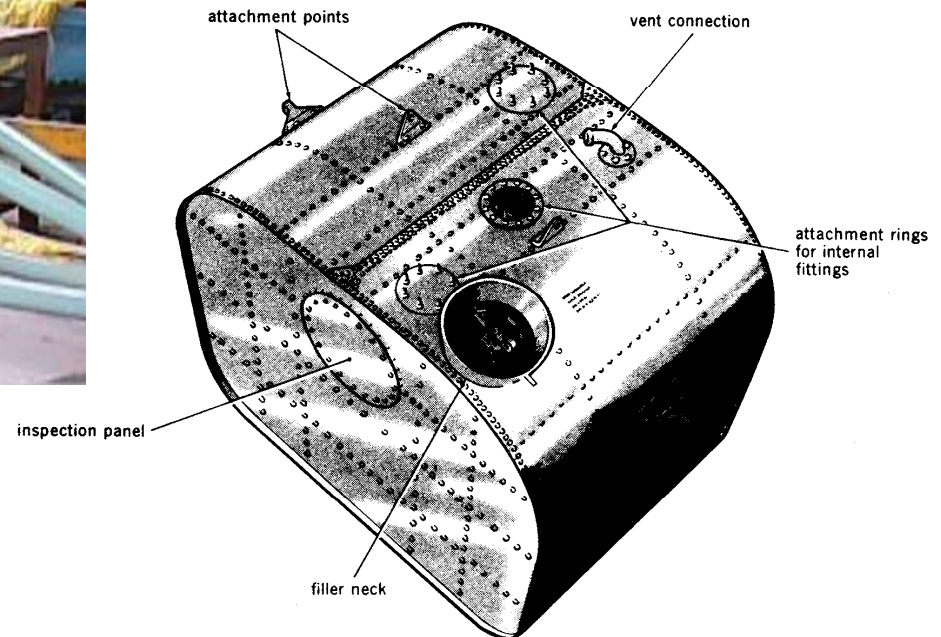
Uglavnom su smešteni u trupu, mada postoji veliki broj lakih letelica sa ovim tipom rezervoara montiranim u krilu.

Prednosti su im jeftina izrada i lako održavanje i popravka.

Mana je dodatna težina koju unosimo u letelicu.



UKLONLJIVI KRUTI REZERVOARI



Typical Rigid Internal Fuel Tank

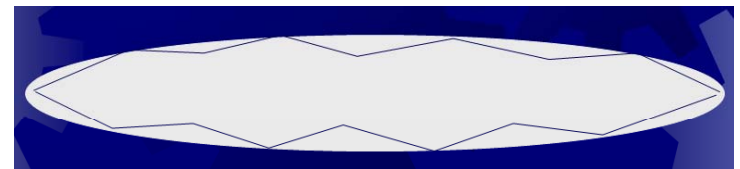
ELASTIČNI REZERVOARI

Elastični rezervoari prave se od ojačanih fleksibilnih materijala. Koriste se na letelicama svih veličina.

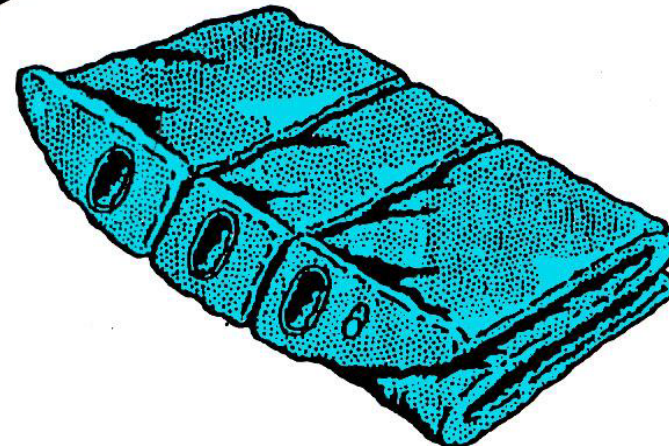
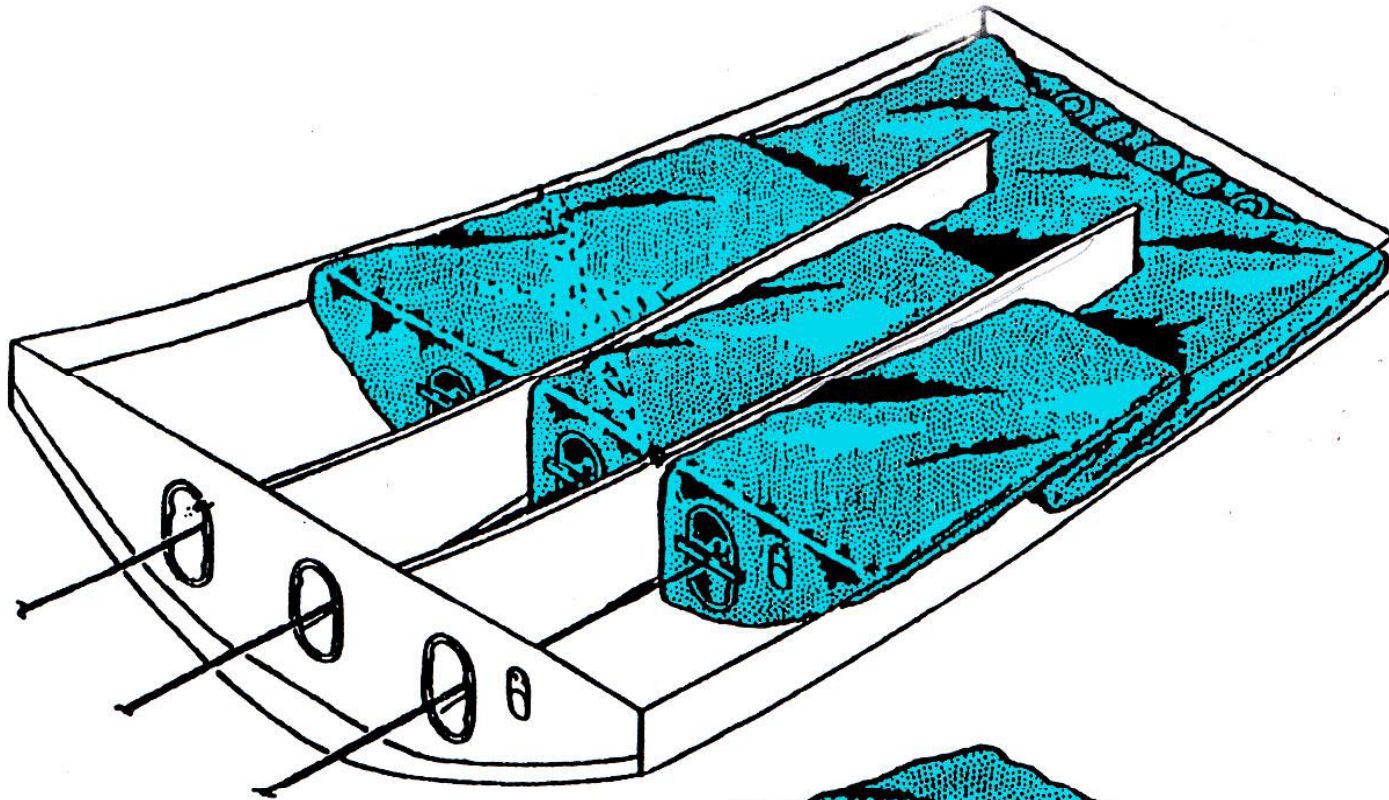
Sadrže iste elemente kao i kruti rezervoari ali zahtevaju manje otvore na oplati aviona za montažu.

Imaju manji radni vek ali se lakše menjaju u odnosu na krute rezervoare.

Tokom vremena se deformišu pa se mogu pojaviti mesta sa zarobljenim nečistoćama.



ELASTIČNI REZERVOARI



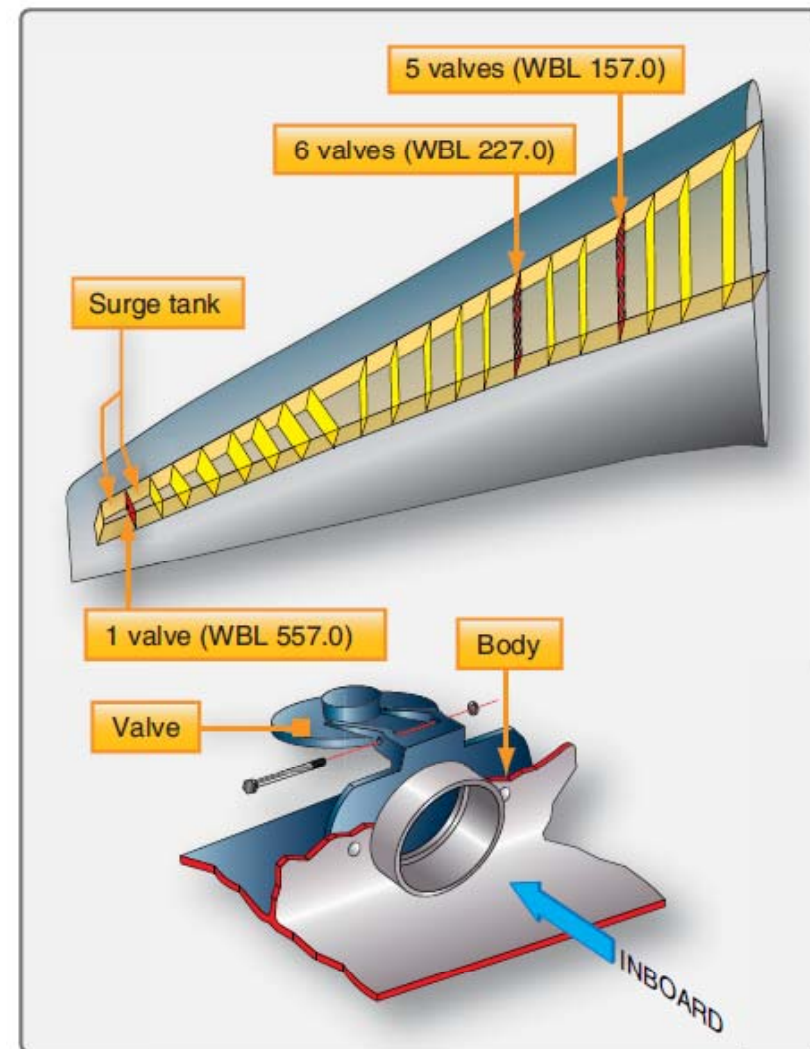
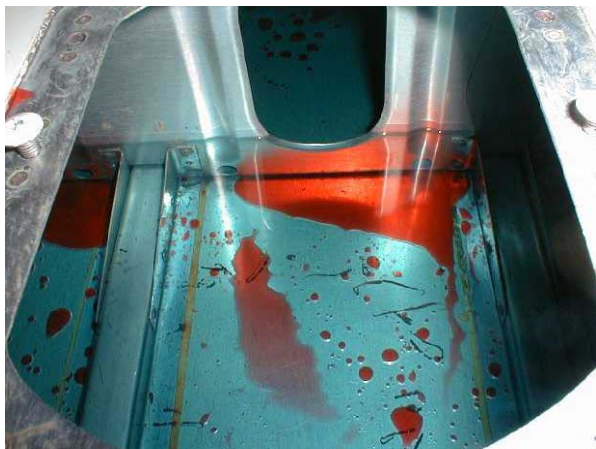
FLEXIBLE FUEL TANK

INTEGRALNI REZERVOARI

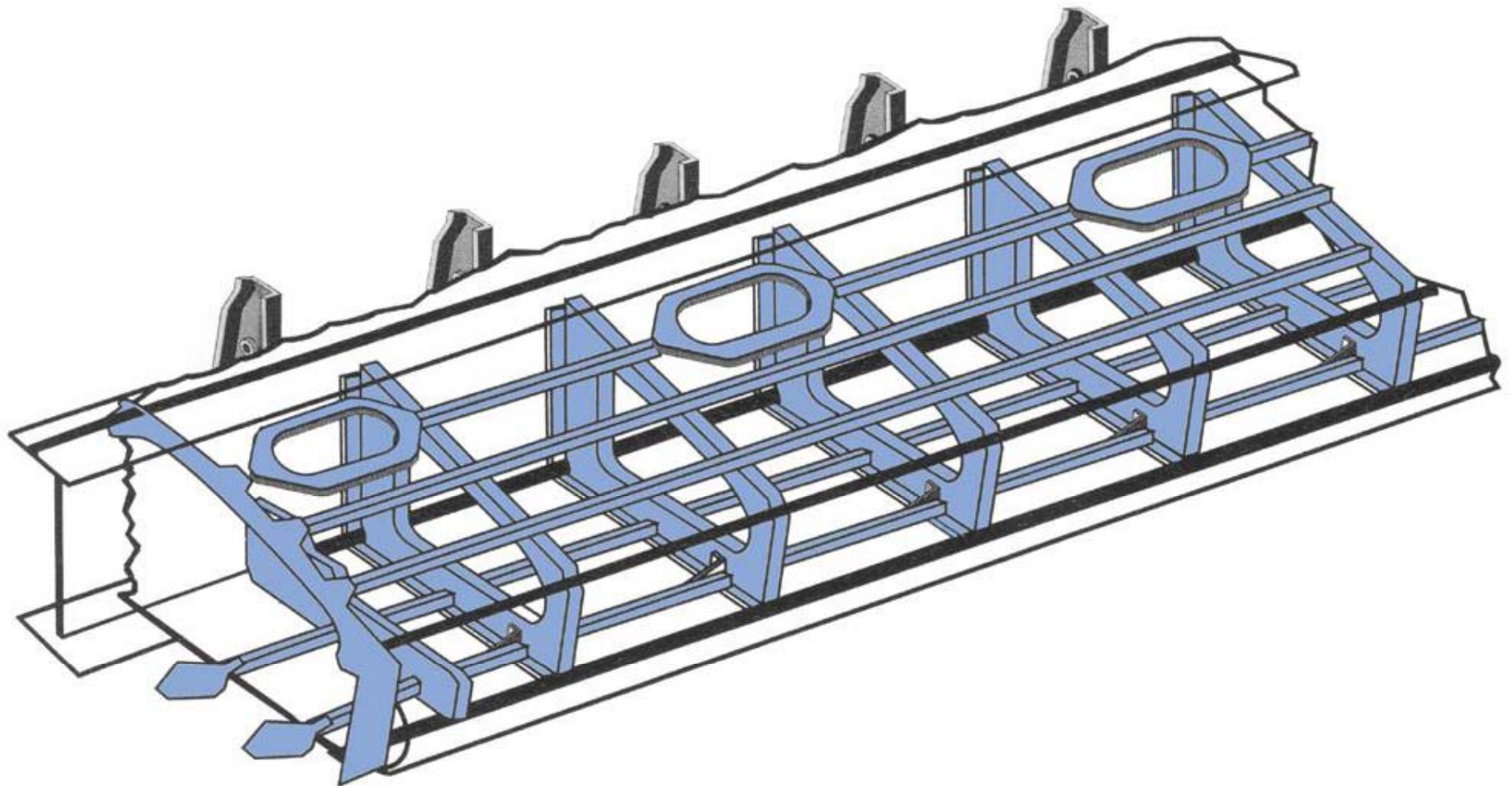
Izrađuju se zaptivanjem odgovarajućeg prostora unutar krila.

Prednost je ušteda na masi, budući da se koristi postojeći strukturalni elementi kao zidovi rezervoara.

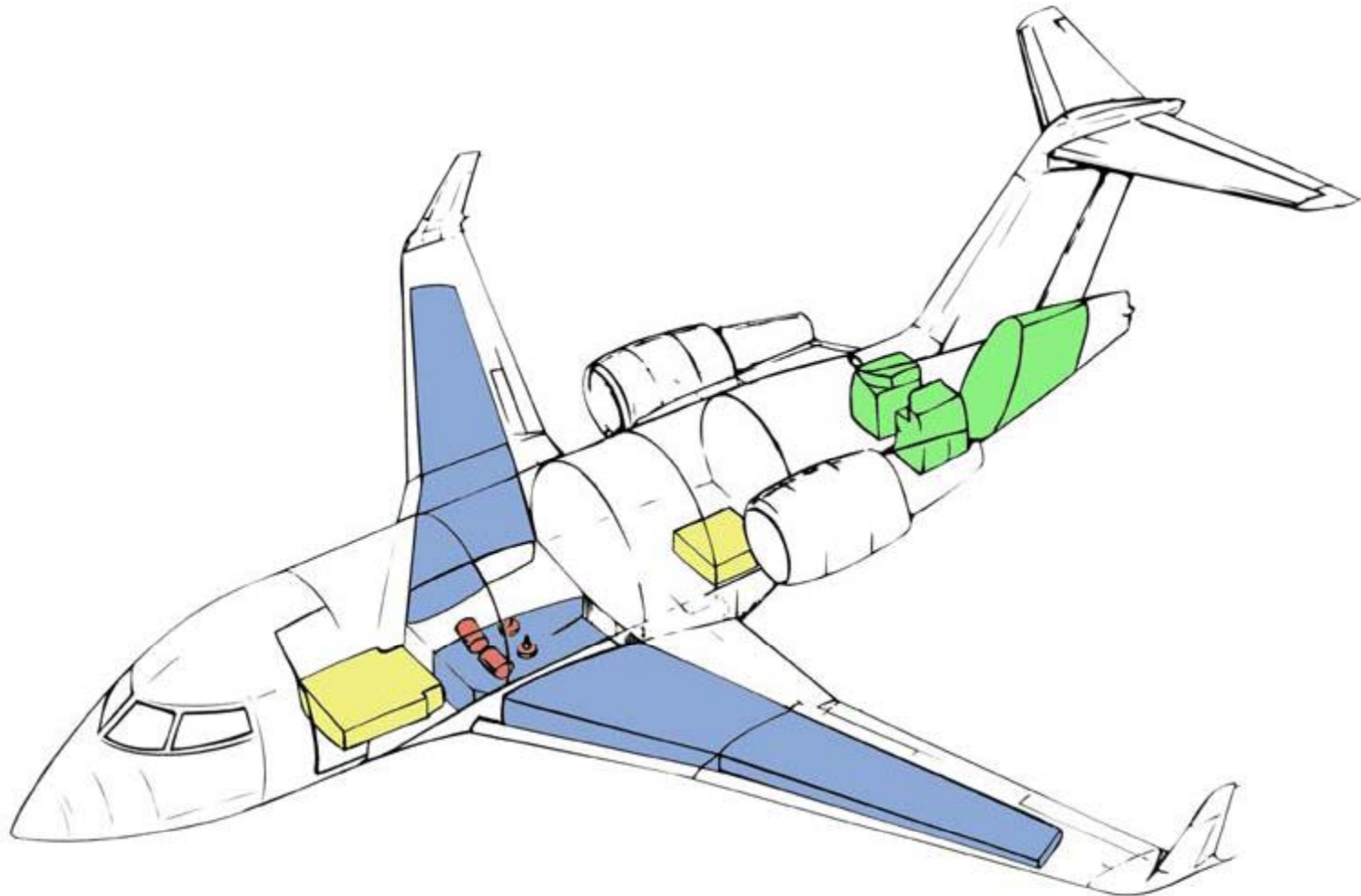
Najčešće se koriste kod velikih putničkih i transportnih aviona.



INTEGRALNI REZERVOARI



ILUSTRACIJA 3 TIPA REZERVOARA



EKSTERNI REZERVOARI

Ovi rezervoari montiraju se eksterno na konstrukciju letelice, mogu biti:

- Rezervoari na vrhu krila (Tip Tanks)
- Podvesni rezervoari

Tip tankovi mogu da poboljšaju aerodinamičke karakteristike letelice budući da služe kao vingleti



EKSTERNI REZERVOARI



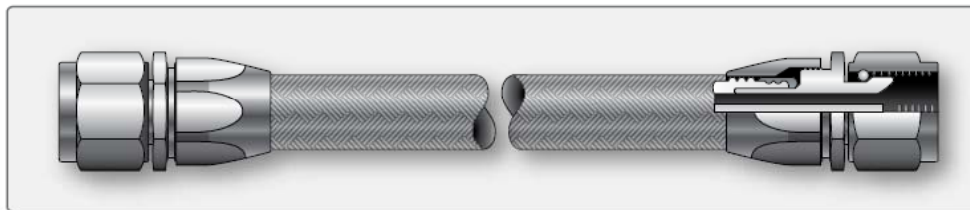
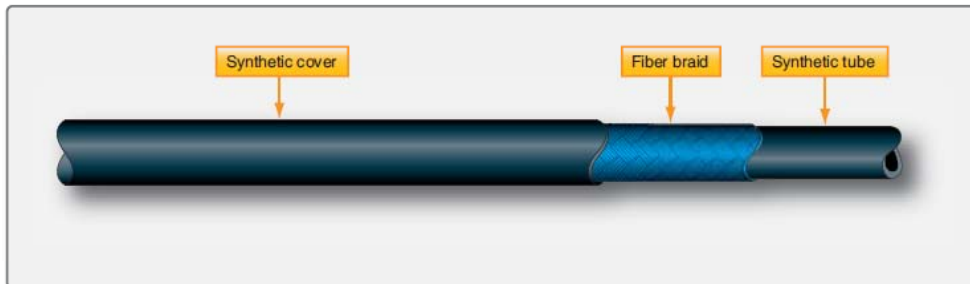
CEVOVODI I OKOVI

Cevovodi mogu biti kruti i fleksibilni zavisno od lokacije i primene.

Kruti vodovi najčešće se izrađuju od aluminijuma, ali na mestima gde postoji povećan rizik od oštećenja koristi se i nerđajući čelik.

Fleksibilni cevovodi izrađuju se od sintetičke gume.

Metalni cevovodi moraju biti uzemljeni, jer protok goriva stvara statički elektricitet!



GORIVNE PUMPE

Ukoliko se ne može ostvariti zadovoljavajuće gravitaciono snabdevanje motora gorivom, što je uobičajeno kod niskokrilaca, moraju se koristiti gorivne pumpe.

Gorivne pumpe koriste se za:

- Snabdevanje motora gorivom na potrebnom pritisku
- Transport goriva između rezervoara
- “Booster” pumpe – “pomoćne” pumpe

Gorivne pumpe pogoni motor letelice.

Buster pumpe pogoni elektromotor.

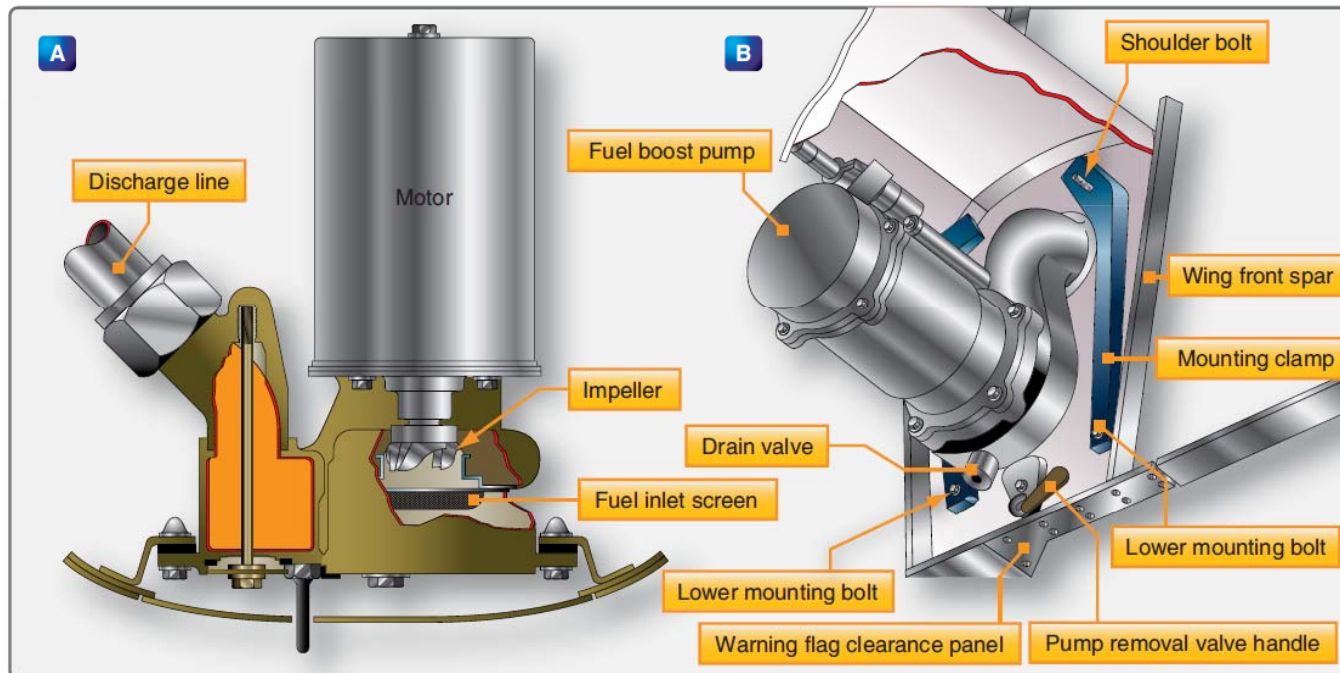
Gorivo se doprema u motor brže nego što se troši tako da pumpe moraju biti snabdevene povratnim vodovima.

Opasnost – kavitacija, pojava gasnih mehura. Gorivo brže isparava na niskom pritisku koji se javlja na usisu pumpe!

POMOĆNE PUMPE

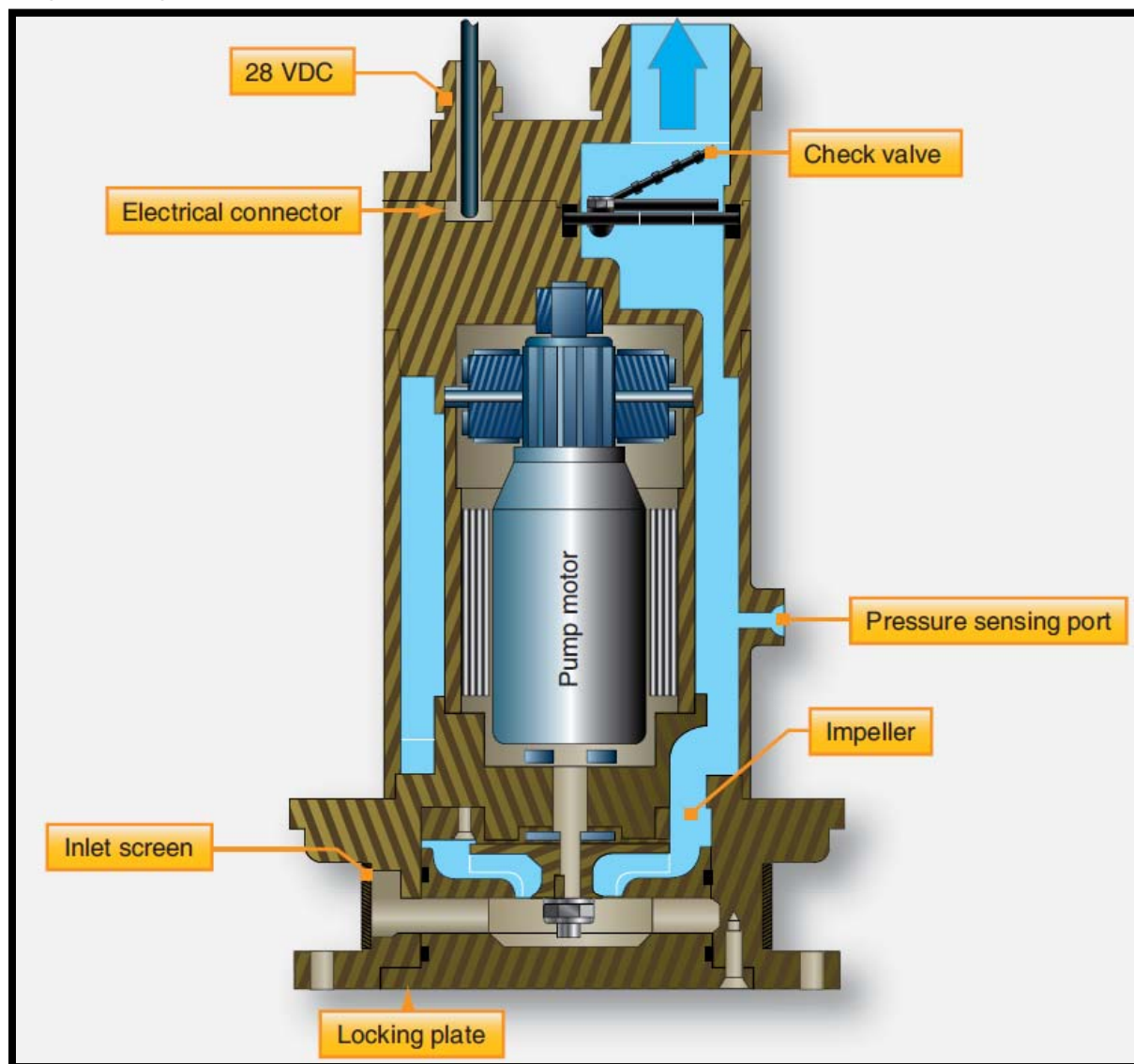
Koriste se za:

- Startovanje motora
- Rezervna pumpa u slučaju otkaza glavne pumpe
- Transport goriva
- Povećanje pritiska ispred glavne pumpe kako bi se izbegla kavitacija



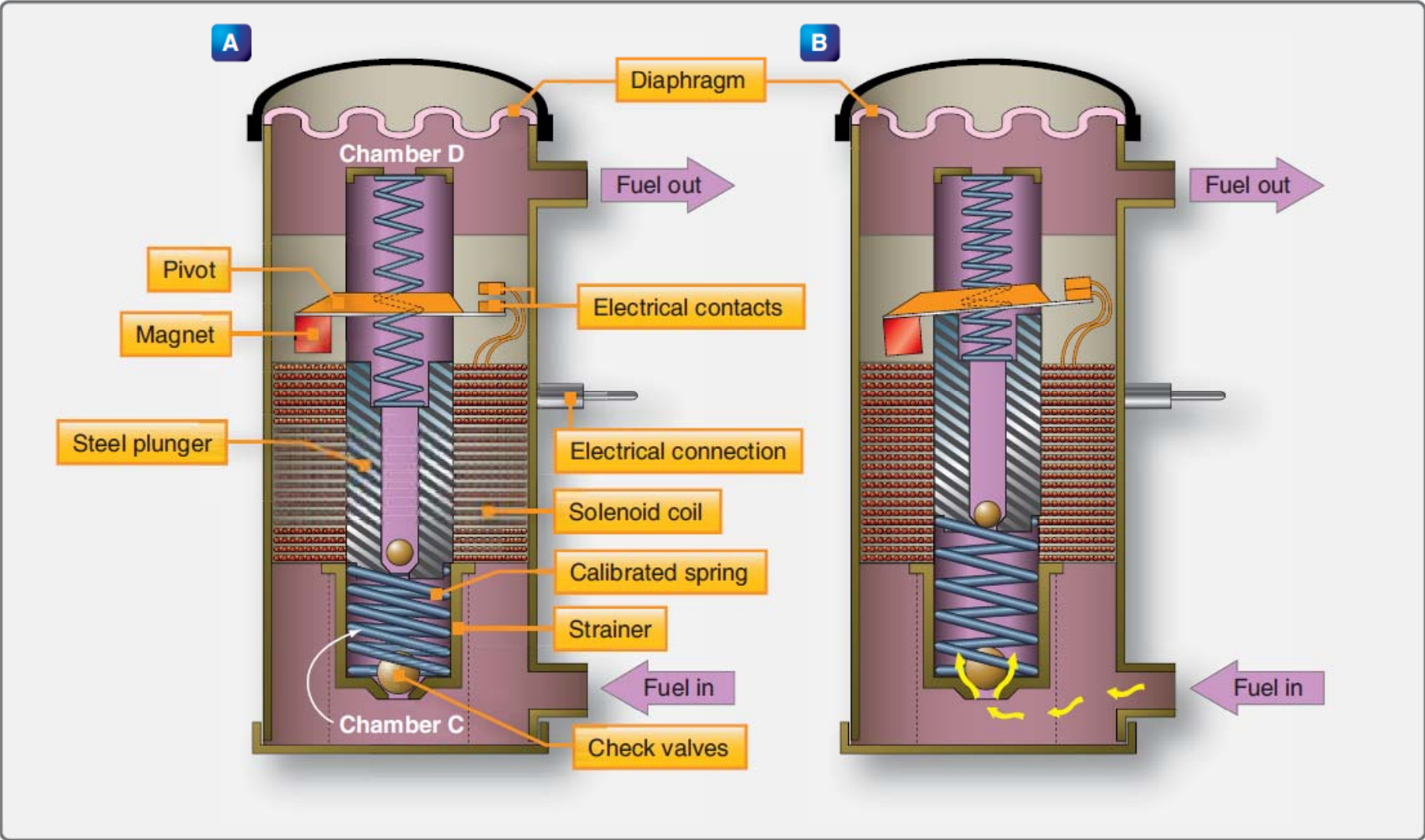
POMOĆNE PUMPE

Centrifugalna pumpa



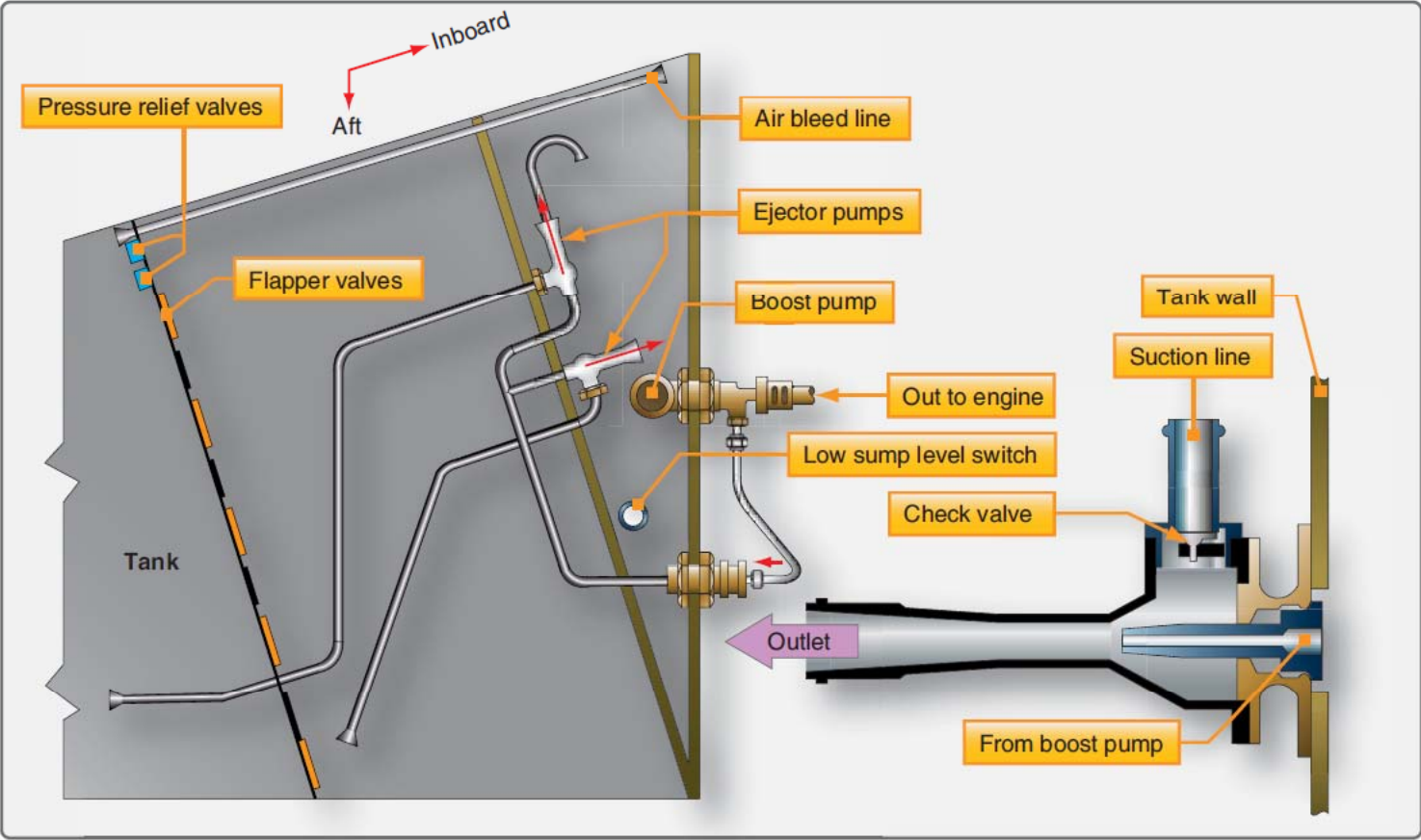
POMOĆNE PUMPE

Pulzirajuća električna pumpa



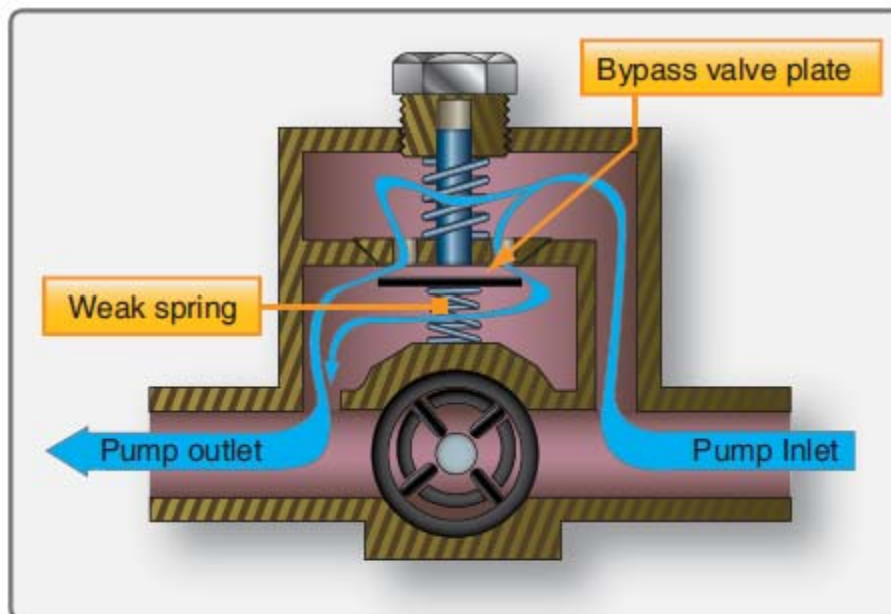
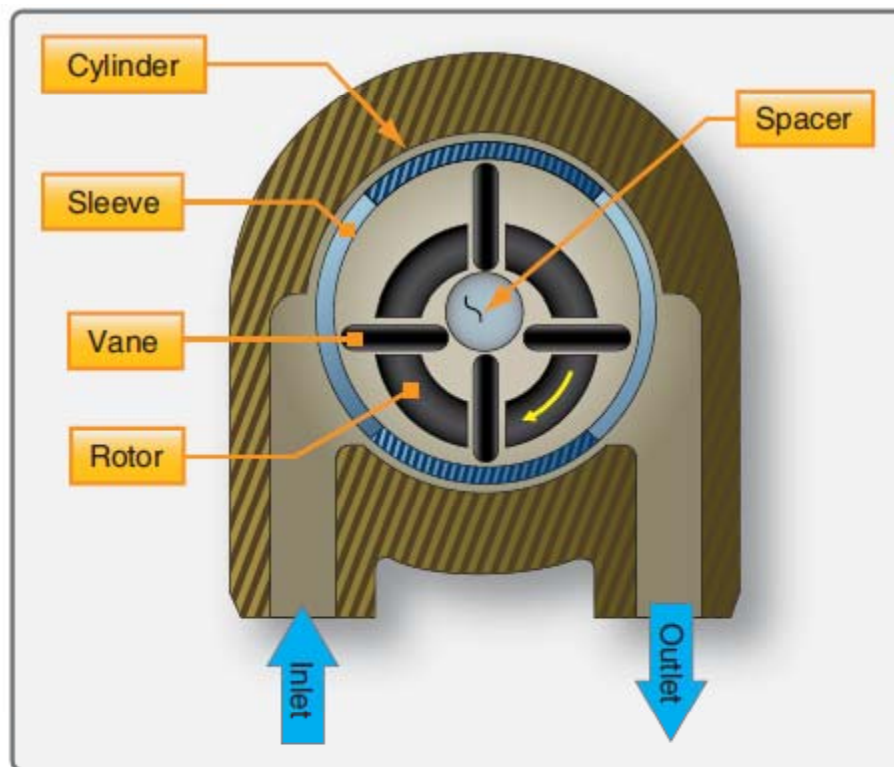
POMOĆNE PUMPE

Ejektorske pumpe – koriste se za transport goriva



GLAVNE GORIVNE PUMPE

Pumpa sa krilcima– najčešća pumpa na klipnim motorima



Pumpa doprema više goriva nego što je potrebno za rad motora, pa je neophodno da se omogući povrat goriva.

Potreban je i by-pass vod za startovanje motora

Ventili sistema za gorivo

Koriste se za upravljanje tokom goriva kroz sistem.

Mogu biti ručno, električno i magnetno pogonjeni.

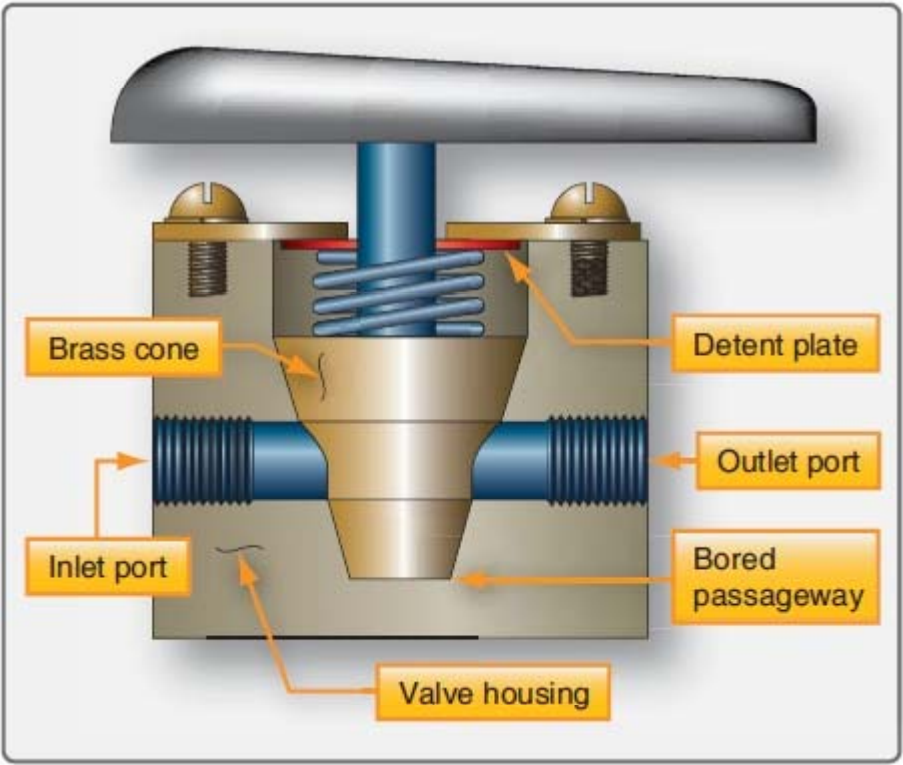
Koriste se najrazličitije konstrukcije ventila.

Letelice imaju svega nekoliko ventila dok se kod mlaznih letelica broj ventila drastično povećava.

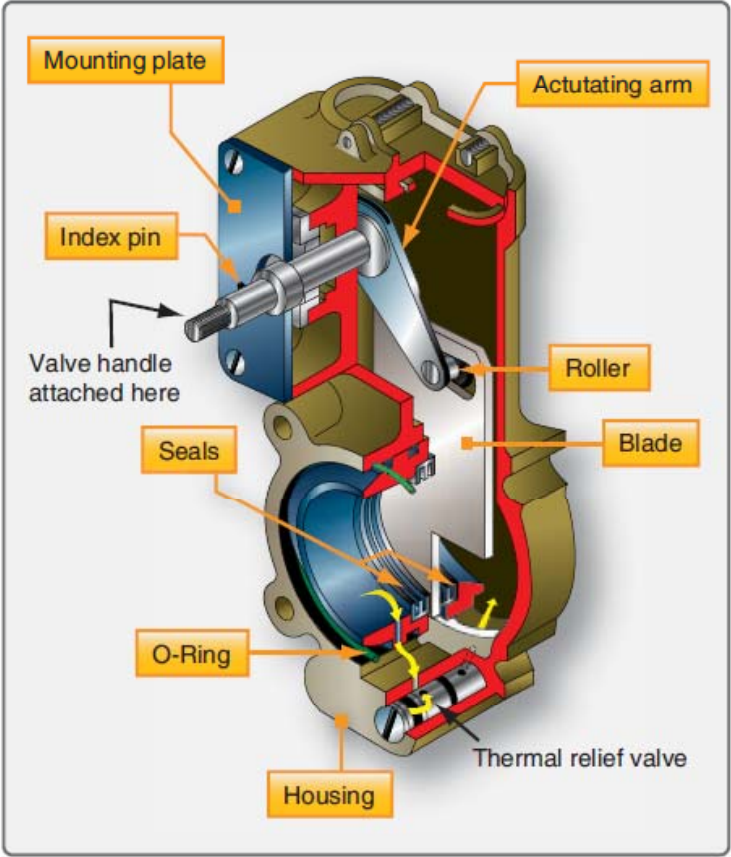
Ventili koji se koriste na letelicama moraju uvek da jasno ukazuju na položaj ventila.

Najčešći ventili koji se nalaze na letelicama su nepovratni ventili, zasuni, sigurnosni (prelivni) ventili, regulacioni ventili, biračke slavine (selector valves)....

Ventili sistema za gorivo

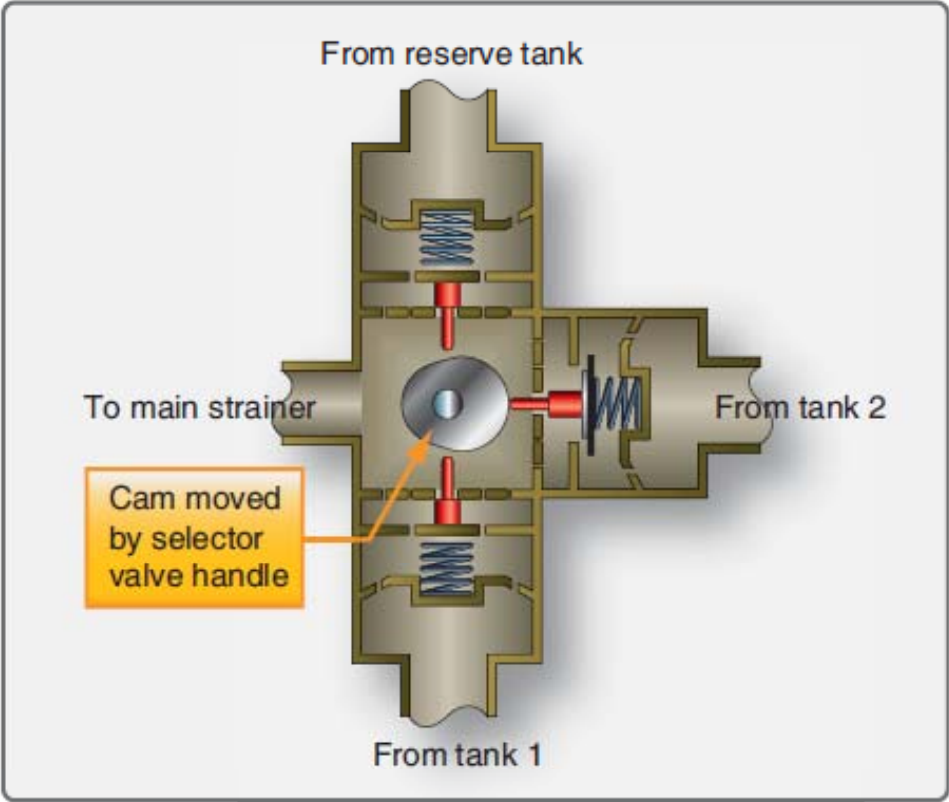


Konusni ventil



Zasun

Ventili sistema za gorivo

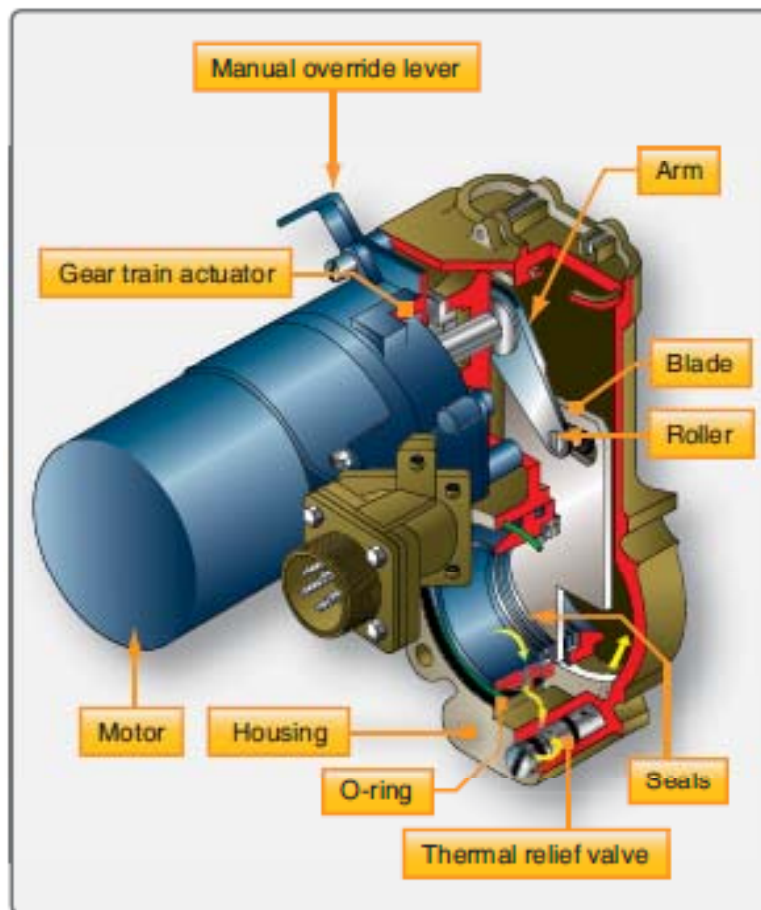


Tanjirasti (poppet) ventil
Biračka slavina

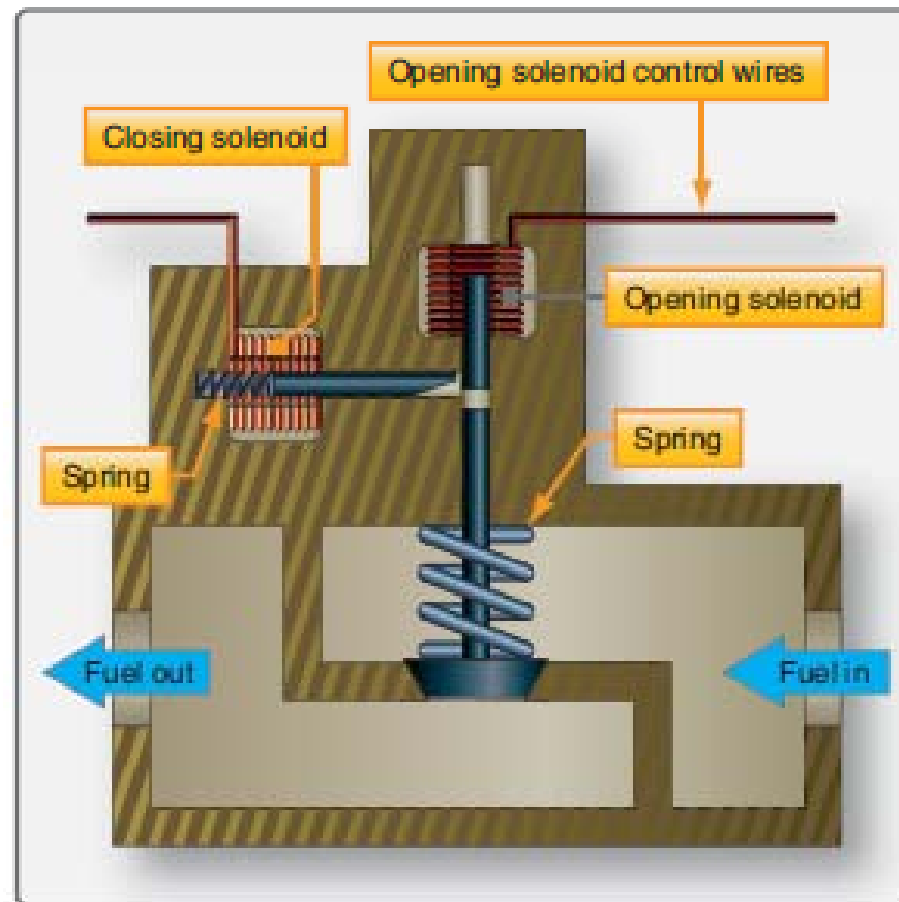


Označavanje položaja ventila

Ventili sistema za gorivo

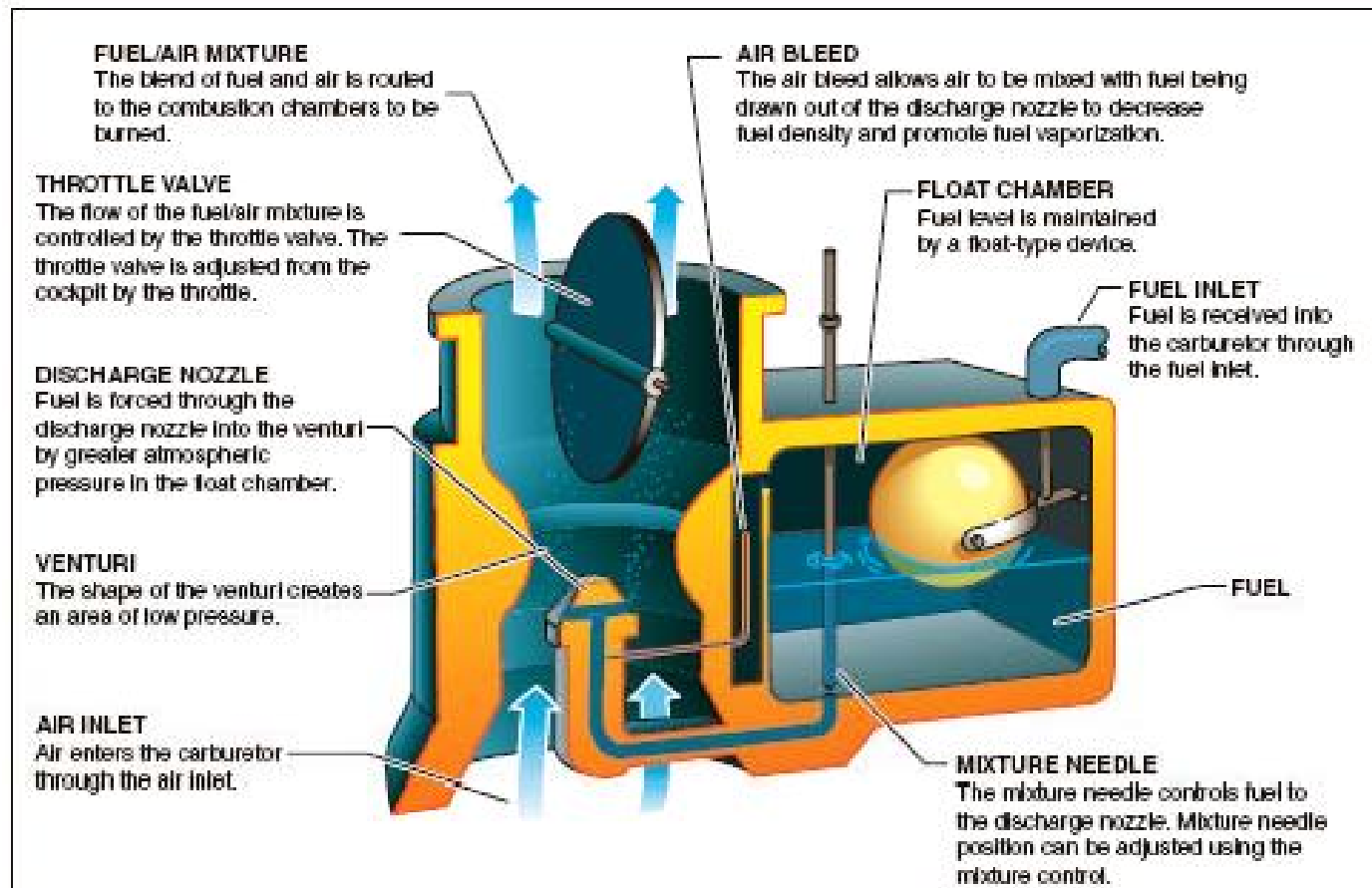


Električno pogonjen ventil



Magnetno pogonjen ventil

KARBURATOR

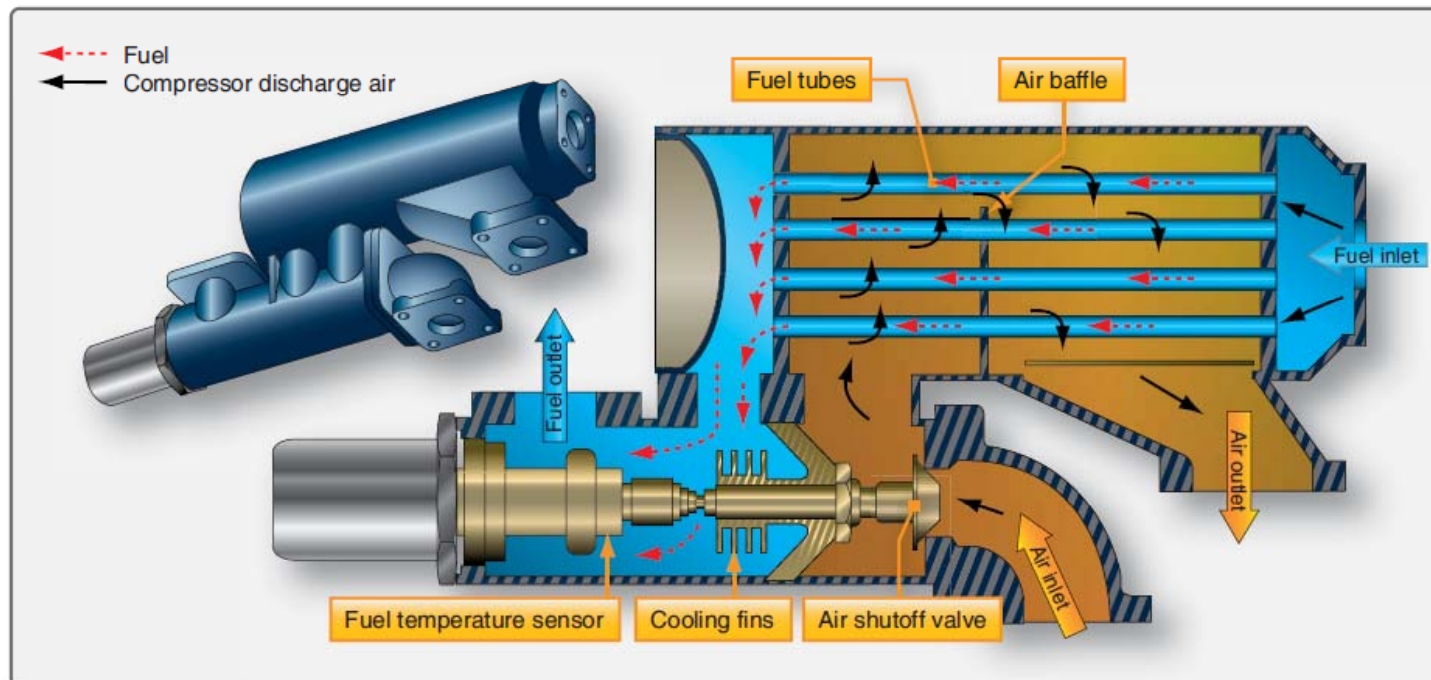


GREJANJE GORIVA

Mlazno gorivo (aviokerozini) podložni su smrzavanju i formiranju ledenih kristala.

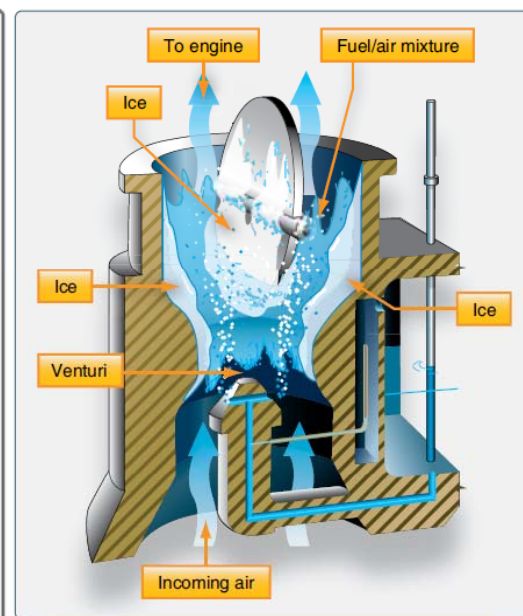
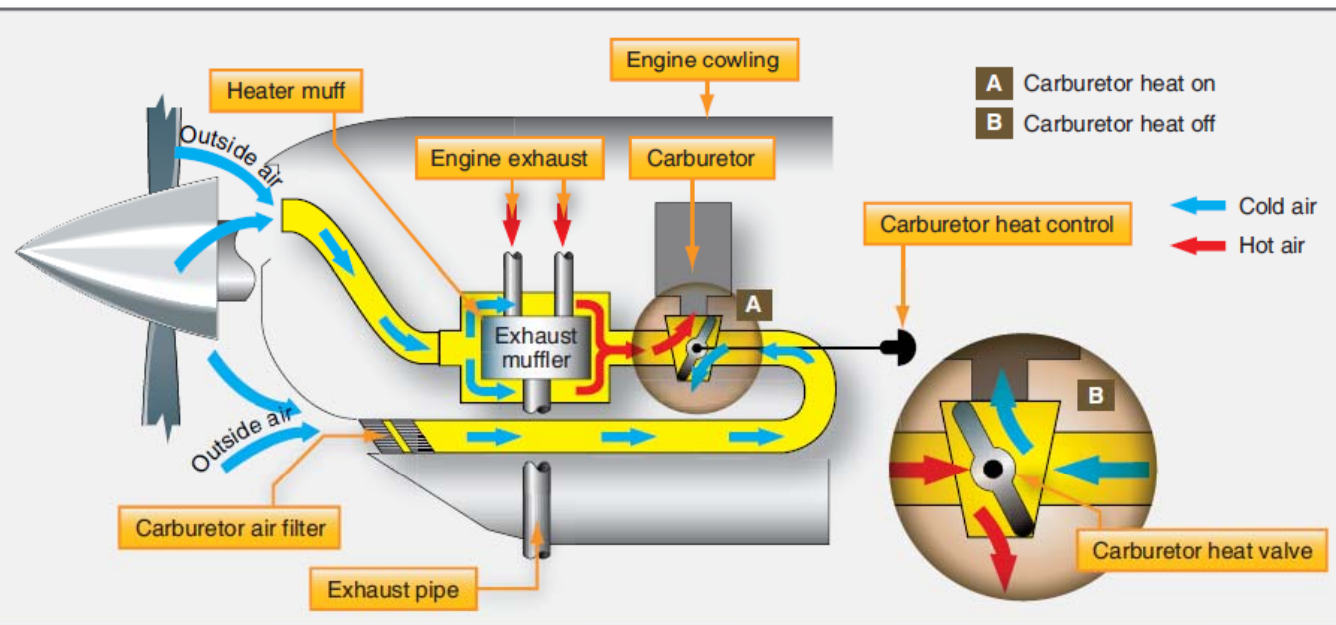
Grejači goriva zagrevaju gorivo na optimalnu temperaturu pre nego što se dopremi u motor.

Najčešće se koriste izmenjivači toplote, odnosno gorivo se greje pomoću izduvnih gasova ili zagrejanog motorskog ulja.



GREJANJE GORIVA

Do zaleđivanja može doći i u karburatoru. Kada gorivo isparava, ono hladi okruženje pa se uz prisustvo vode mogu stvoriti ledene naslage koje sprečavaju dotok goriva i smanjuju snagu motora.



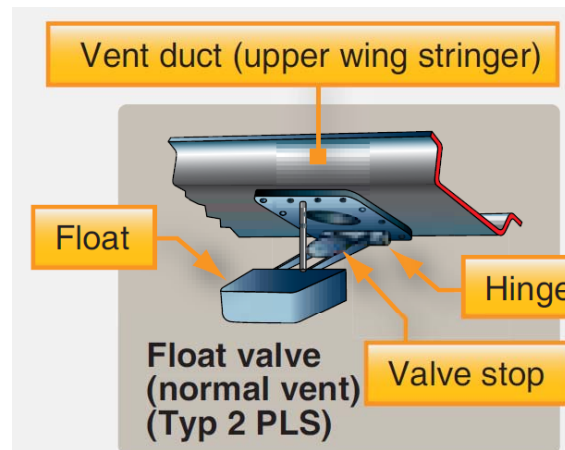
Odzračivanje sistema za gorivo

Pražnjenjem rezervoara stvara se vakuum koji bi zauustavio protok goriva, pa se mora obezbediti ventiliranje rezervoara.

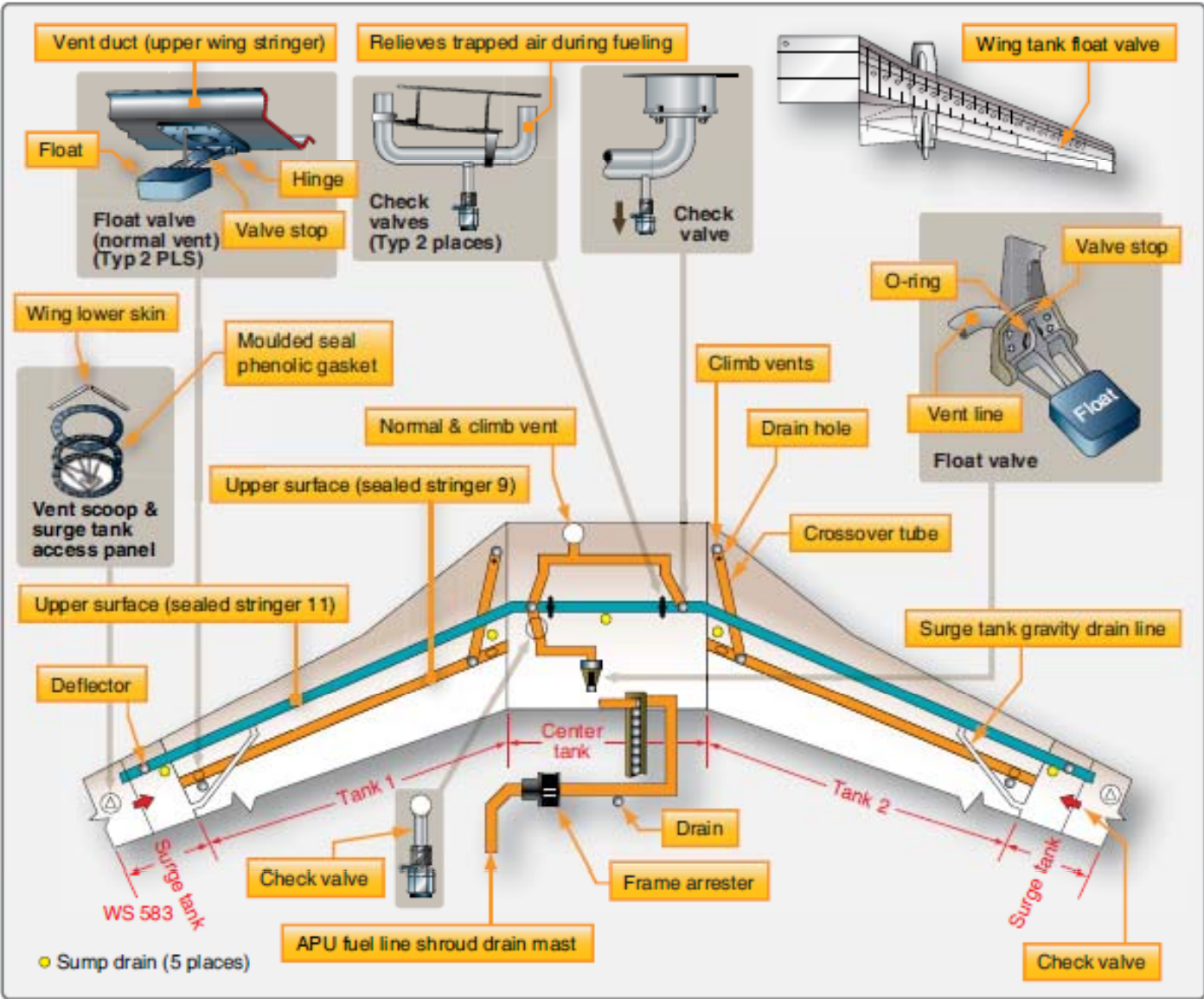
Pojava vakuuma može da izazove nedozvoljena opterećenja rezervoara i njegov lom.

Sa porastom temperature dolazi do povećanja pritiska u rezervoaru ukoliko se ne omogući odzračivanje.

Ventilirajući ventili moraju se osigurati od zamrzavanja.



Sistem za odzračivanje na avionu Boing 777



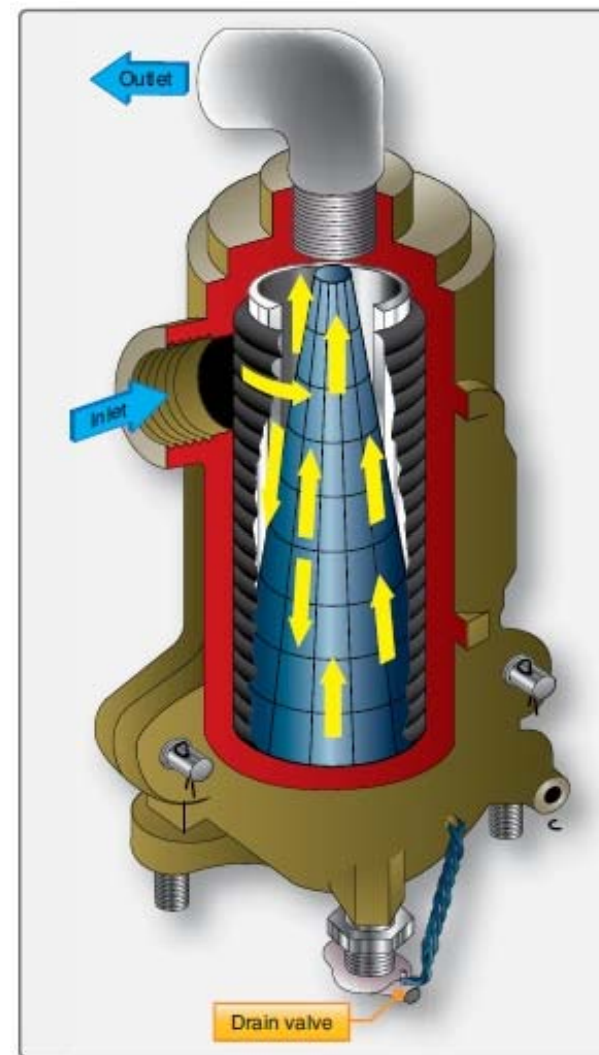
OTKLANJANJE NEČISTOĆA U GORIVU

Na najnižoj tački rezervoara neophodno je obezbediti način za ispuštanje (drenažu) vode koja se nakuplja unutar rezervoara, kao i za ispust goriva prilikom održavanja.

Mrežasti prečistači i filteri skupljaju nečistoće kako bi se sprečili da dospeju u motor.



Mrežasti prečistač

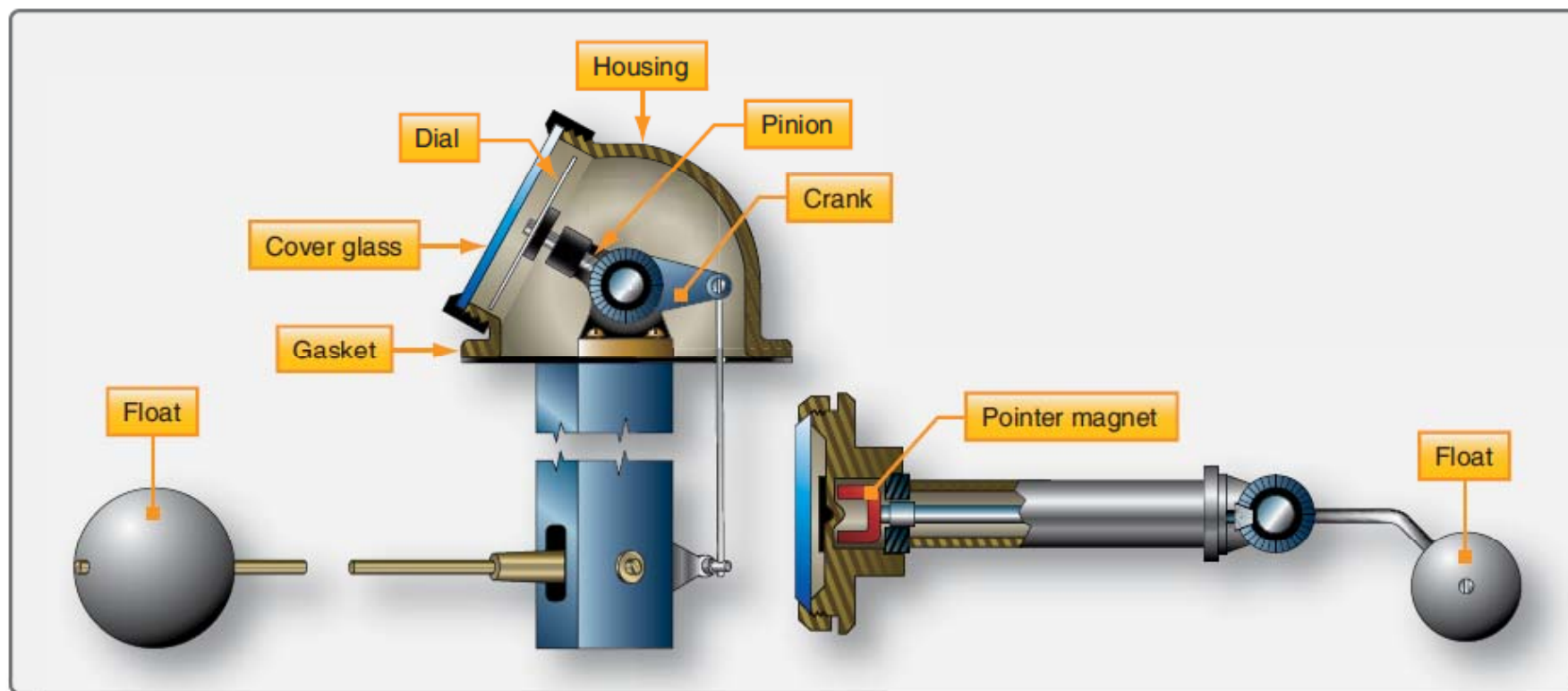


Filter

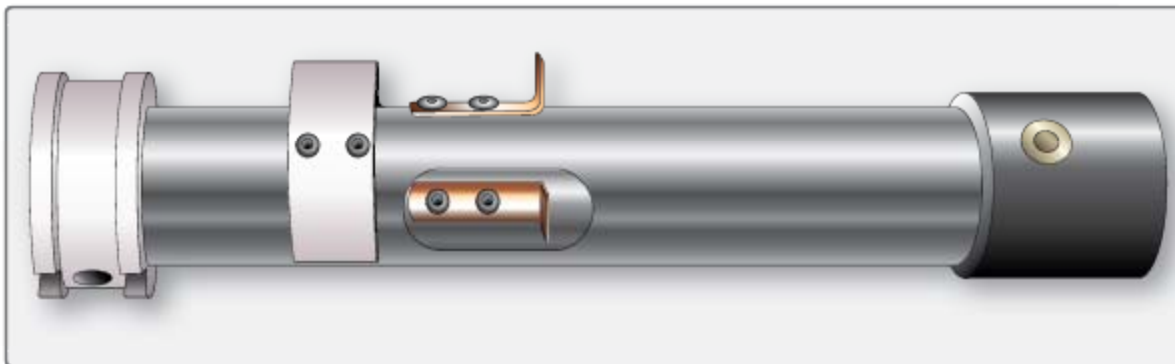
MERENJE KOLIČINE GORIVA U REZERVOARIMA

Na lakim letelicama najčešće se koriste plovci, dok se kod složenijih letelica koriste kapacitativni indikatori.

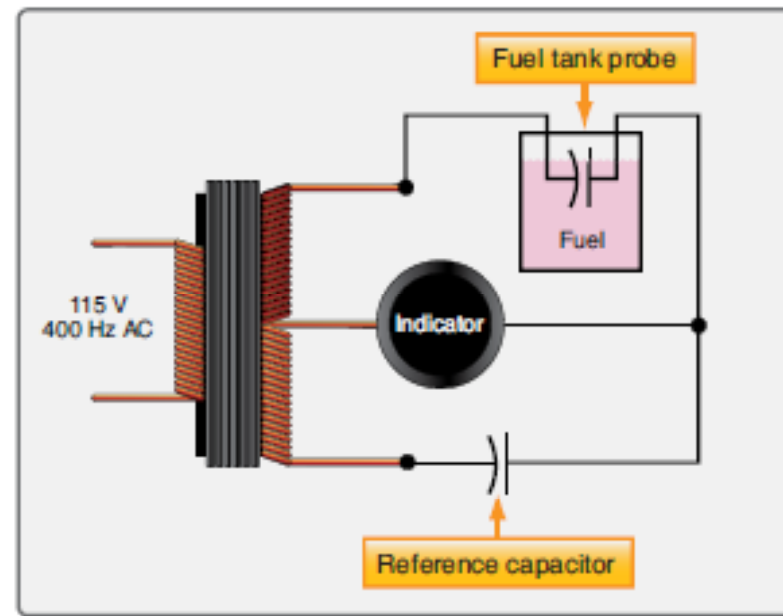
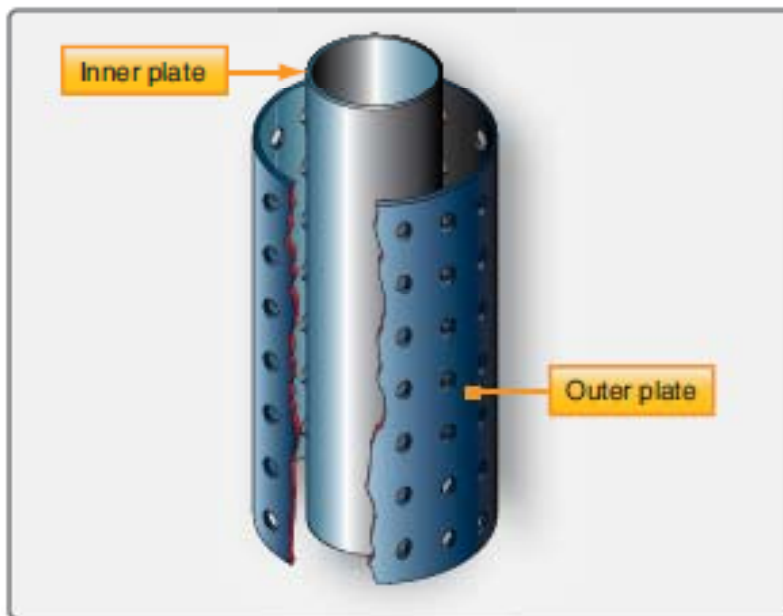
Zapremina mlaznog goriva menja se sa temperaturom ali masa ostaje ista. Merni instrumenti najčešće prikazuju masu goriva.



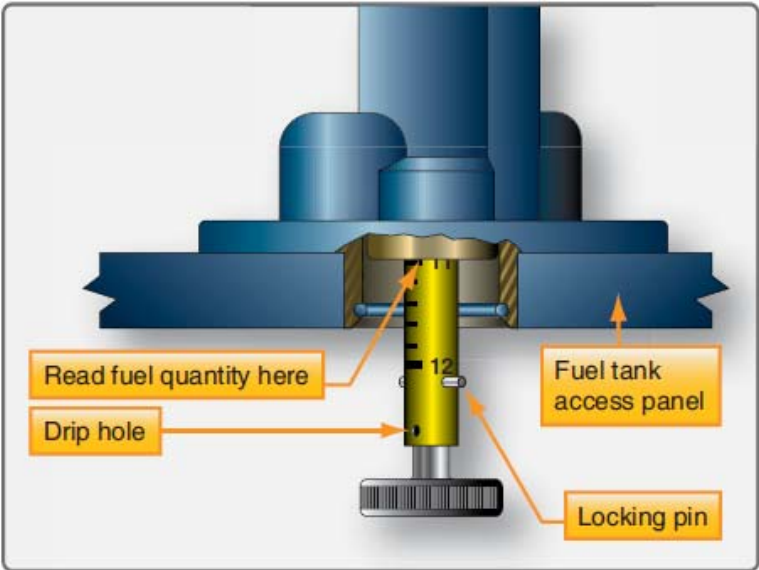
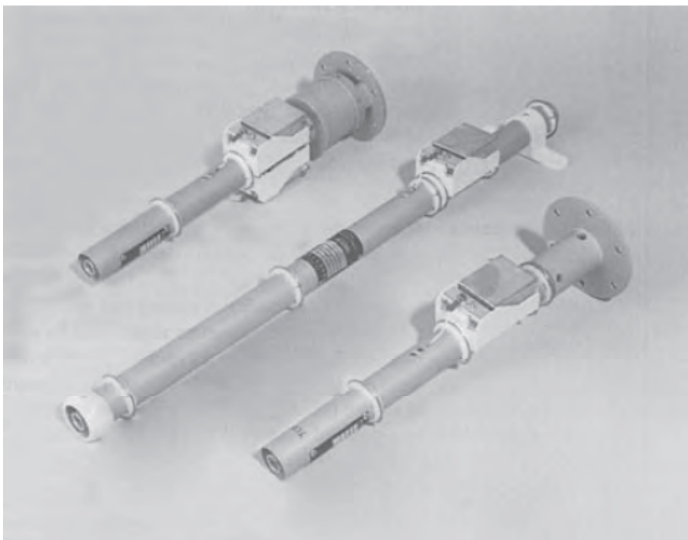
MERENJE KOLIČINE GORIVA U REZERVOARIMA



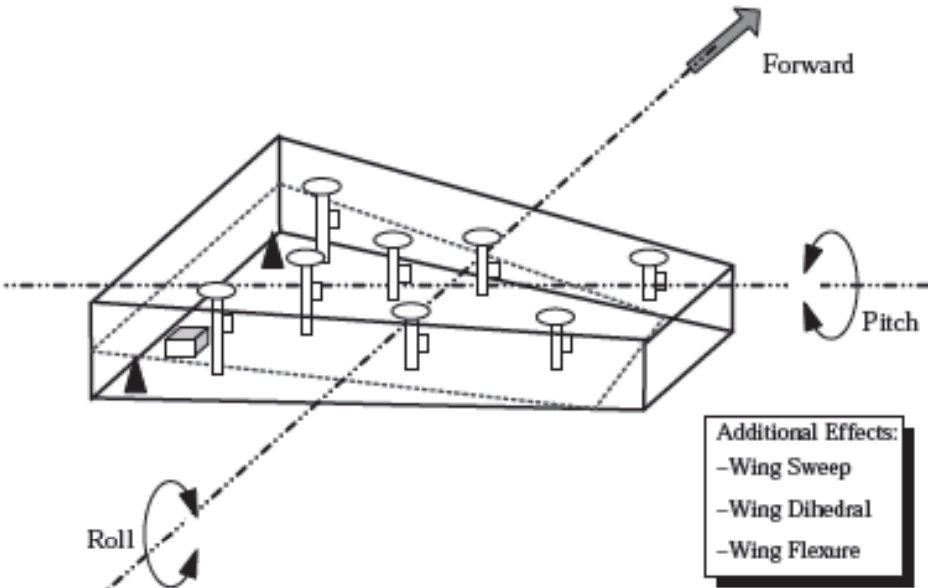
Kapacitativni indikator



MERENJE KOLIČINE GORIVA U REZERVOARIMA



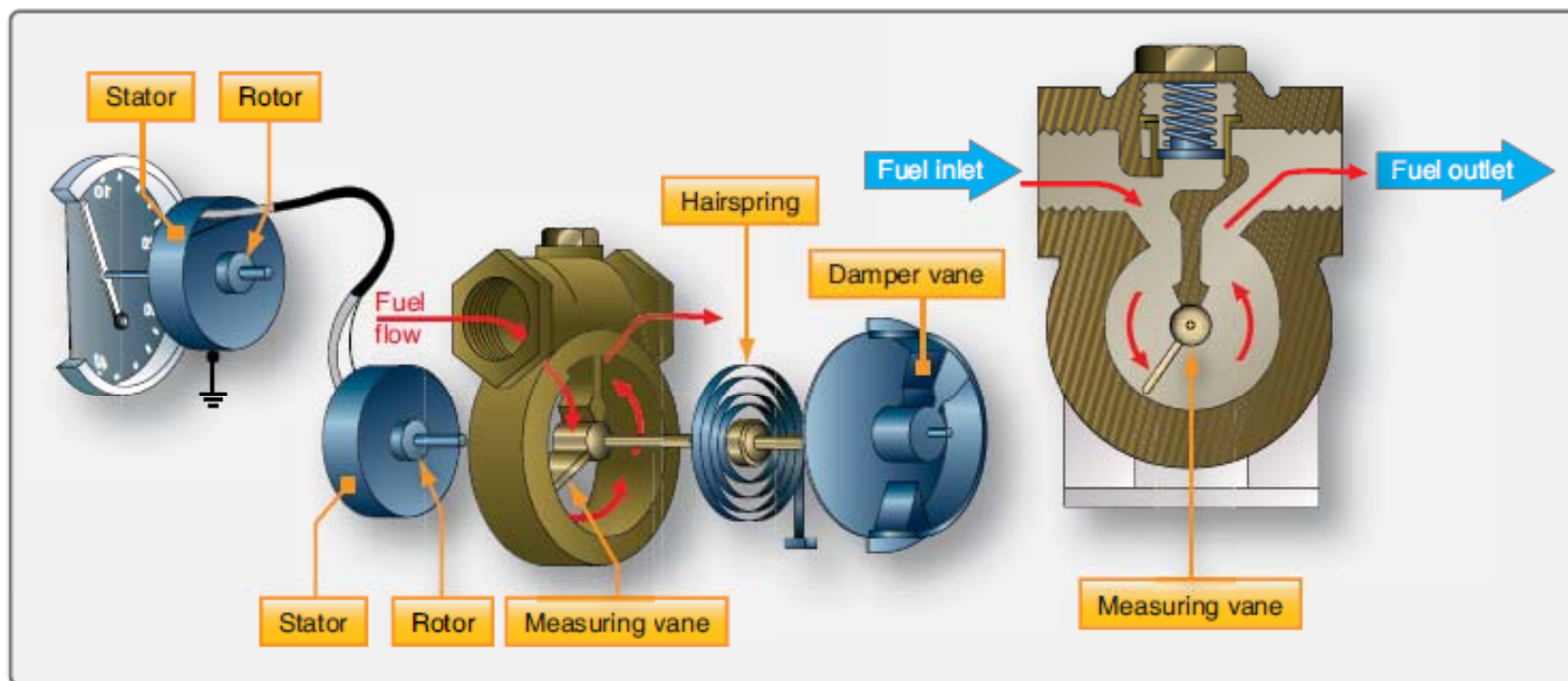
Merni štap



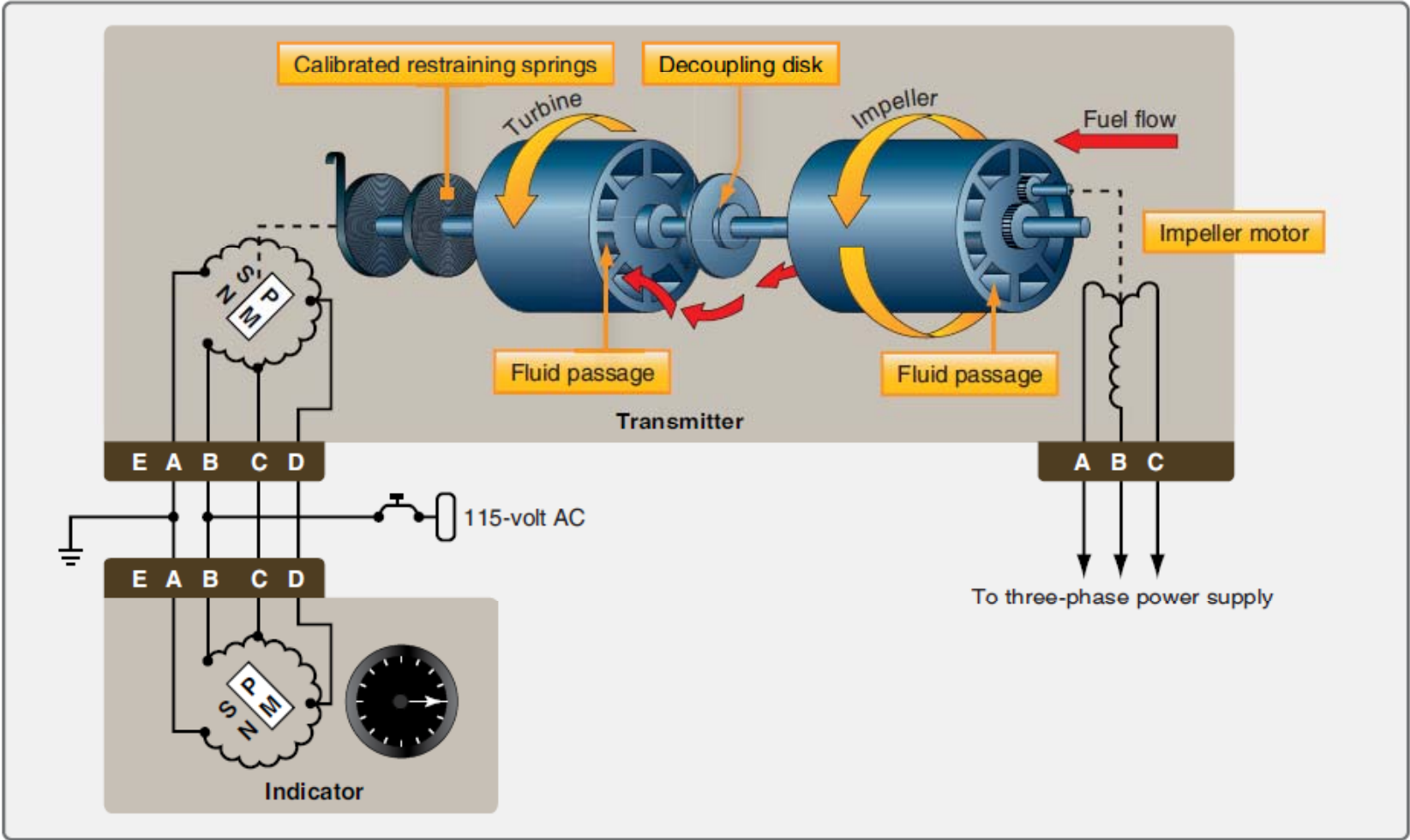
MERENJE PROTOKA

Potrošnja goriva u realnom vremenu bitna je za praćenje rada motora i planiranje ruta.

Različiti načini merenja, preko pada pritiska, viskoznosti, opruga...



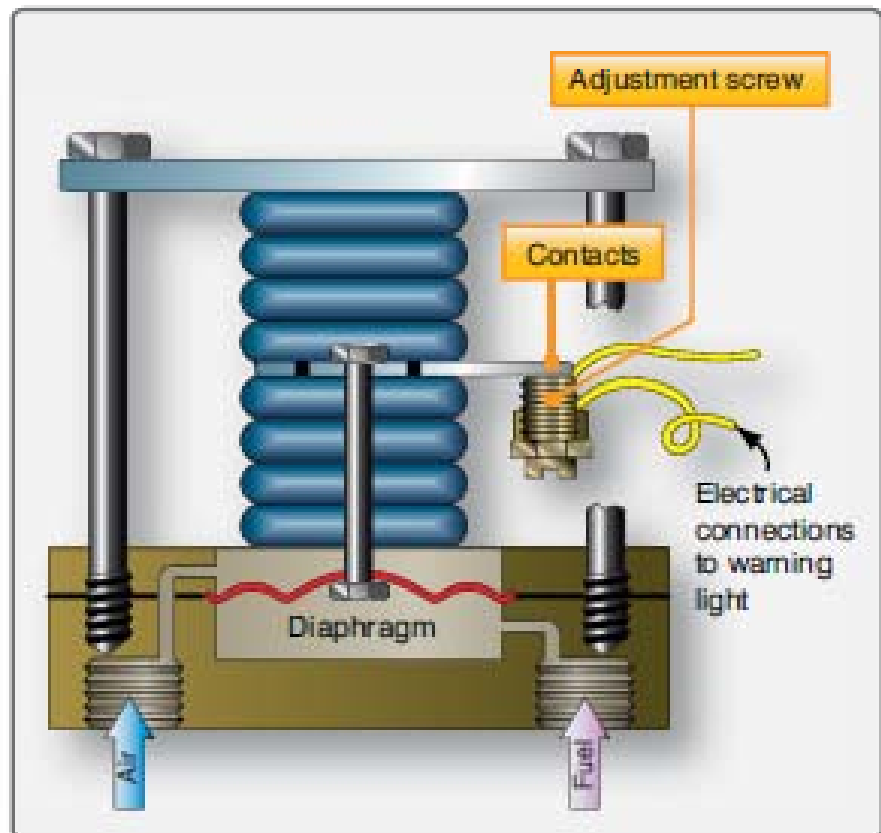
MERENJE PROTOKA



MERENJE TEMPERATURE I PRITISKA



Temperaturne sonde



Sistem za indikaciju pritiska

SISTEMI ZA DISTRIBUCIJU GORIVA

Rezervoari u letelici mogu zauzimati najrazličitije konfiguracije.

Gorivo se može koristiti simultano iz različitih rezervoara ili iz pojedinačnih rezervoara.

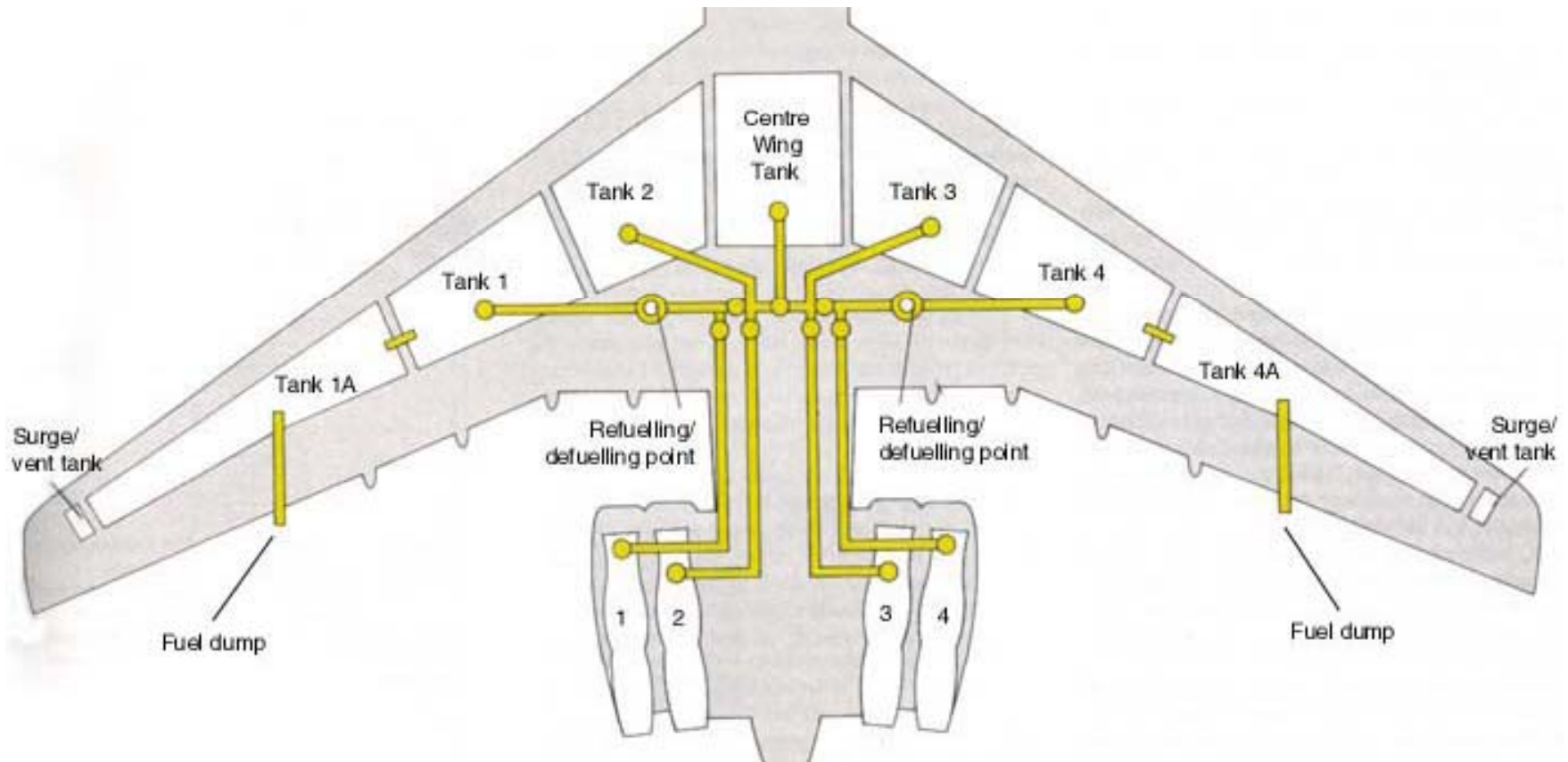
Na velikim avionima redosled pražnjenja rezervoara veoma je važan zbog uticaja na težinu i položaj težišta letelice.

U slučaju integralnih rezervoara, rezervoari na vrhu krila se pune prvi i prazne poslednji kako bi se osigurao strukturalni integritet letelice.

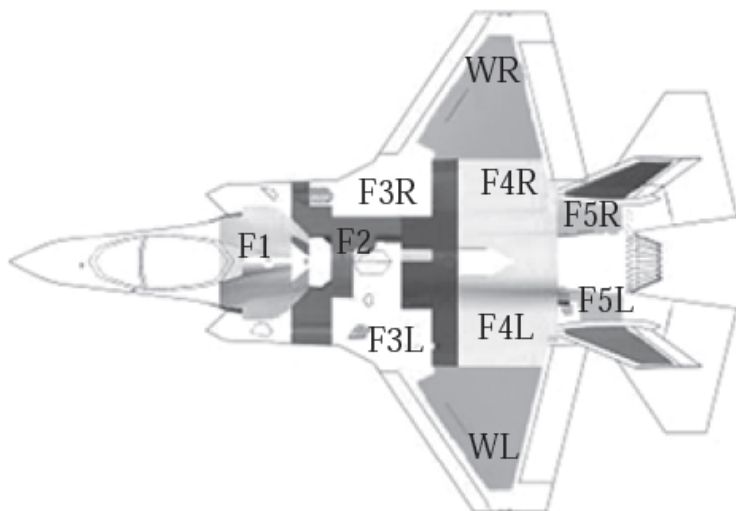
Takođe naprednije letelice moraju biti opremljene kolektorskim rezervoarima kako bi se osiguralo sigurno napajanje u slučaju “zapluskivanja”.

SISTEMI ZA DISTRIBUCIJU GORIVA

Redosled pražnjenja rezervoara naročito je važan kod strelastih krila zbog uticaja na težinu i položaj težišta letelice.



SISTEMI ZA DISTRIBUCIJU GORIVA



Seven Tanks: Nominal 18,000 lb of fuel:

F1 Centre Fuselage

F2 Centre Fuselage

F3 Engine Feed Tank (F3L & F3R)

F4 Wing Carry-Through (F4L & F4R)

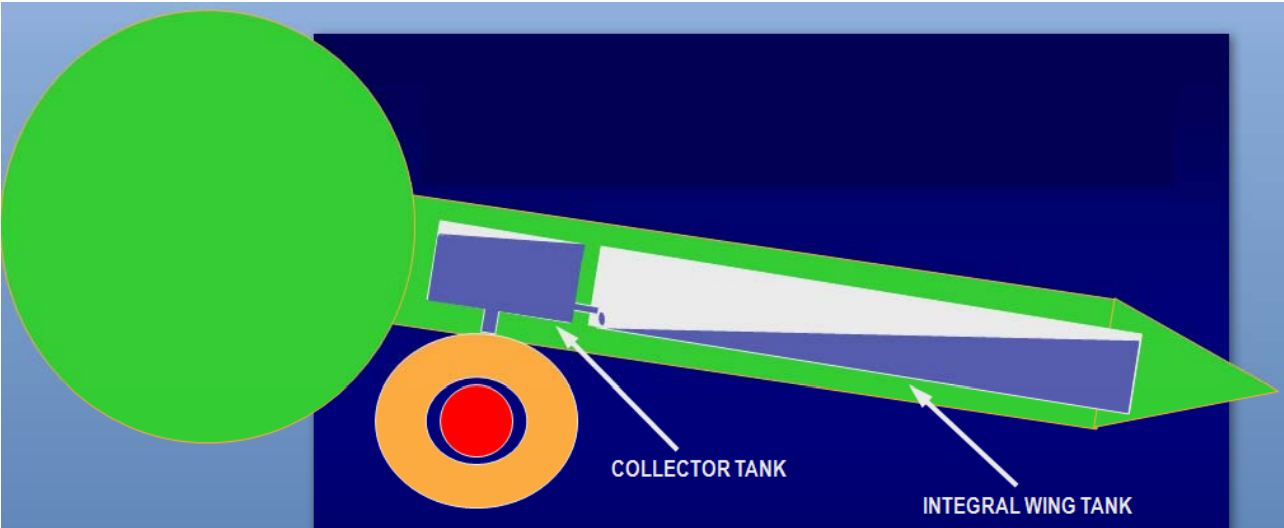
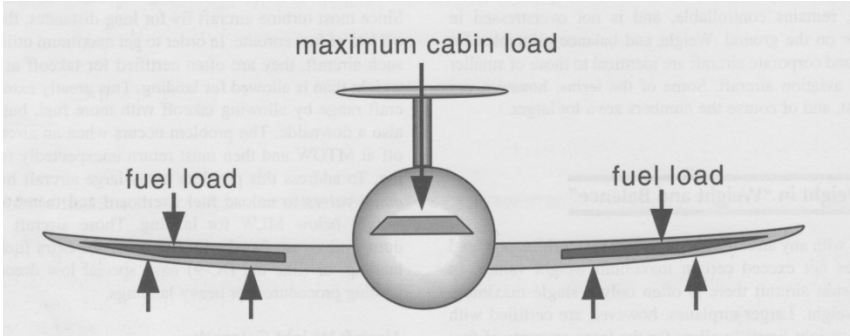
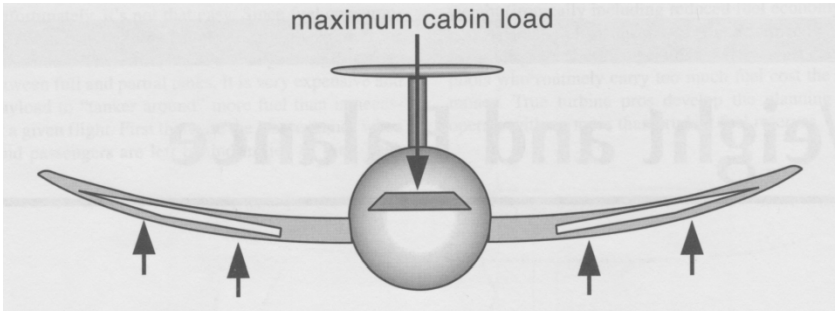
F5 Aft Fuselage (F5L & F5R)

WL Left Wing Box

WR Right Wing Box

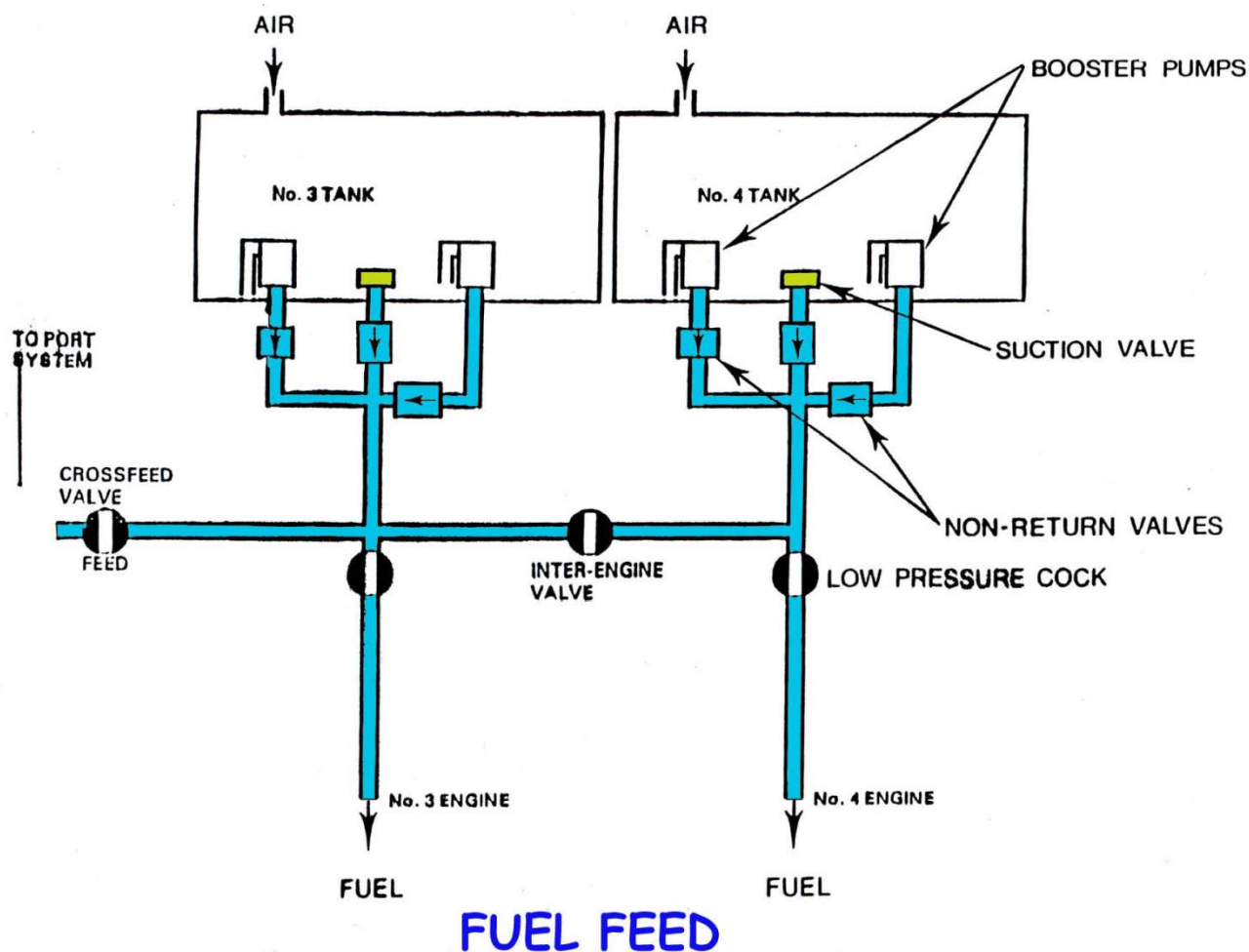


SISTEMI ZA DISTRIBUCIJU GORIVA



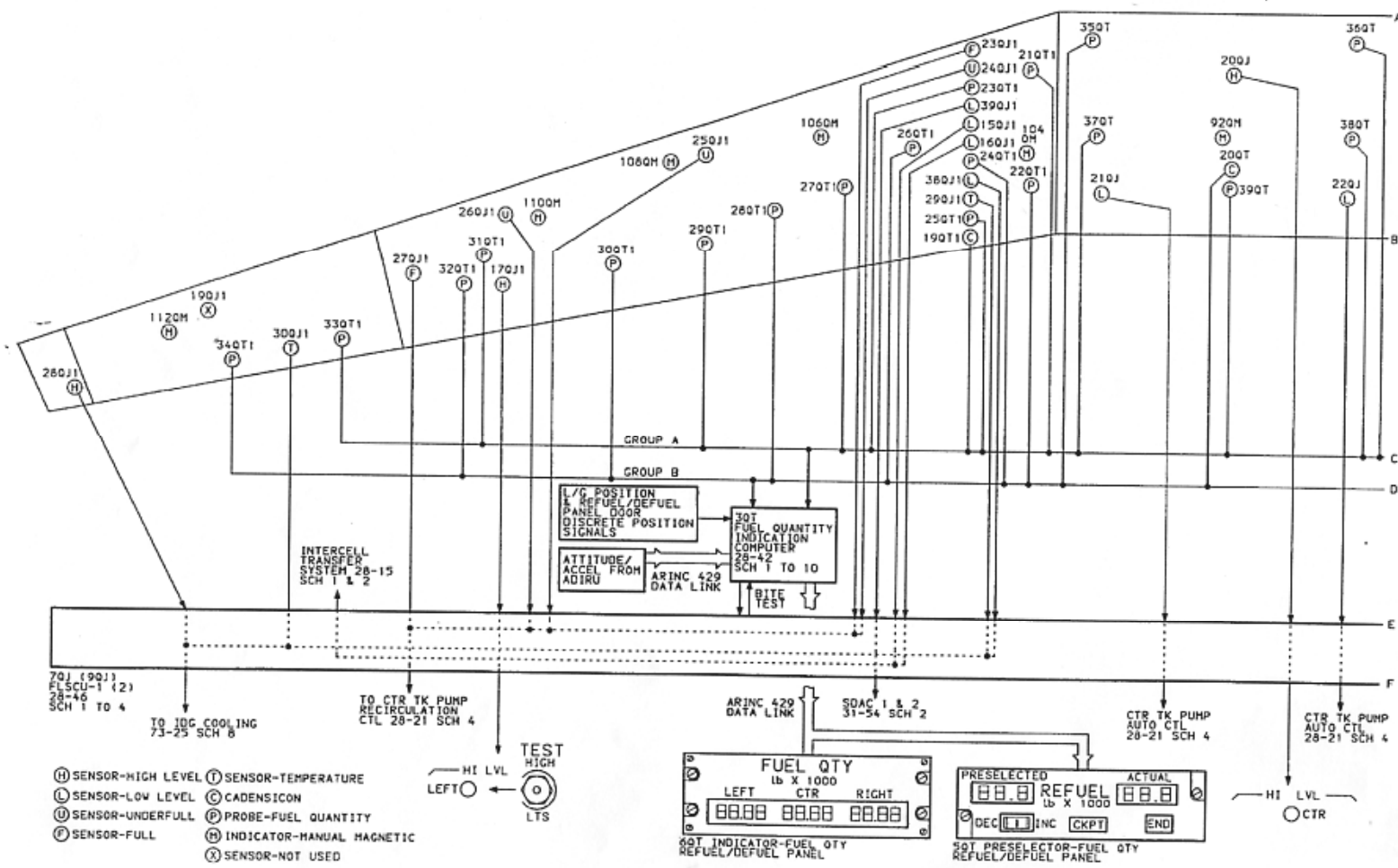
SISTEMI ZA DISTRIBUCIJU GORIVA

U slučaju otkaza jednog motora moguće je da drugi motor koristi gorivo iz rezervoara prvog.

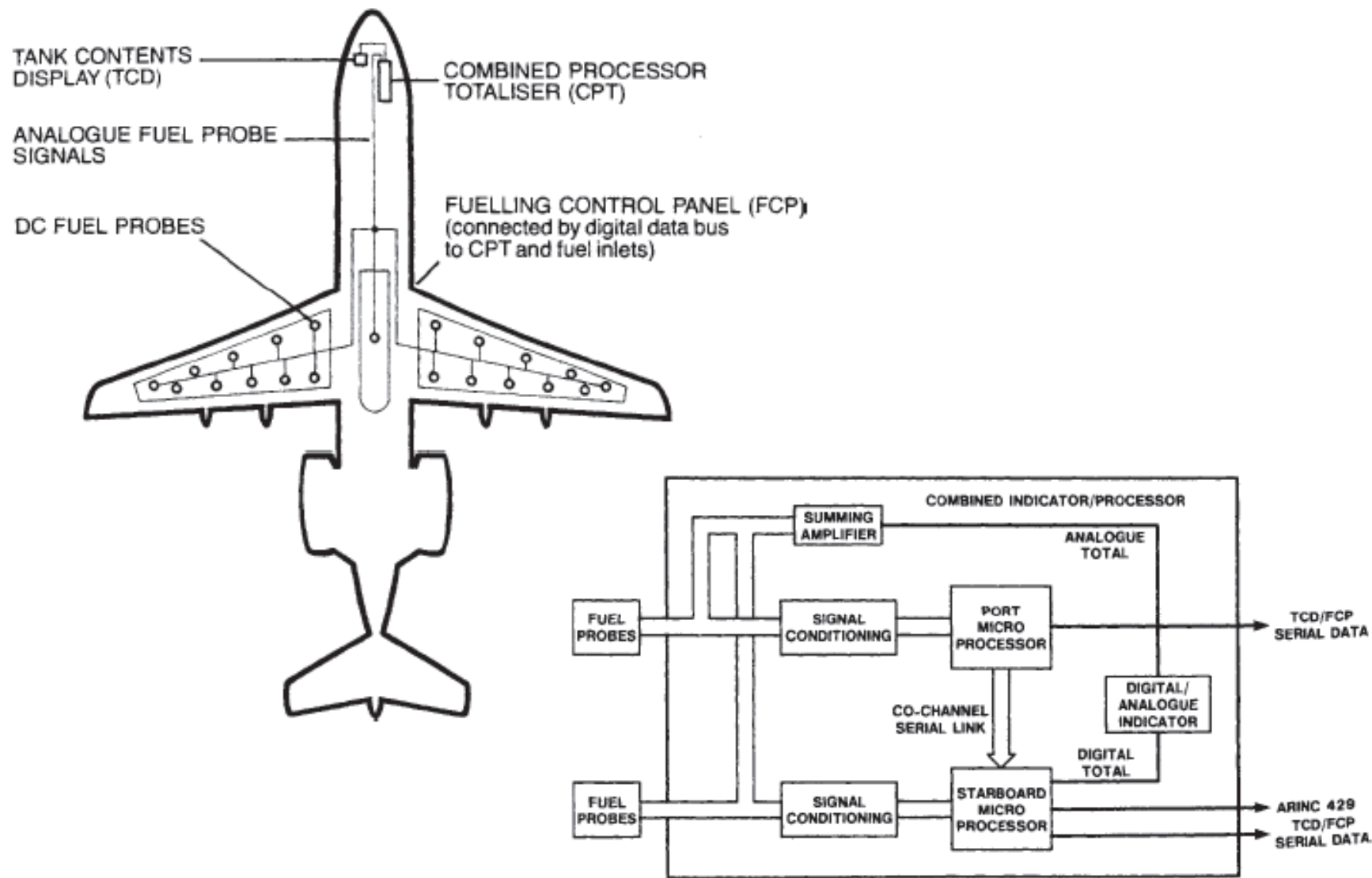


SISTEMI ZA DISTRIBUCIJU GORIVA

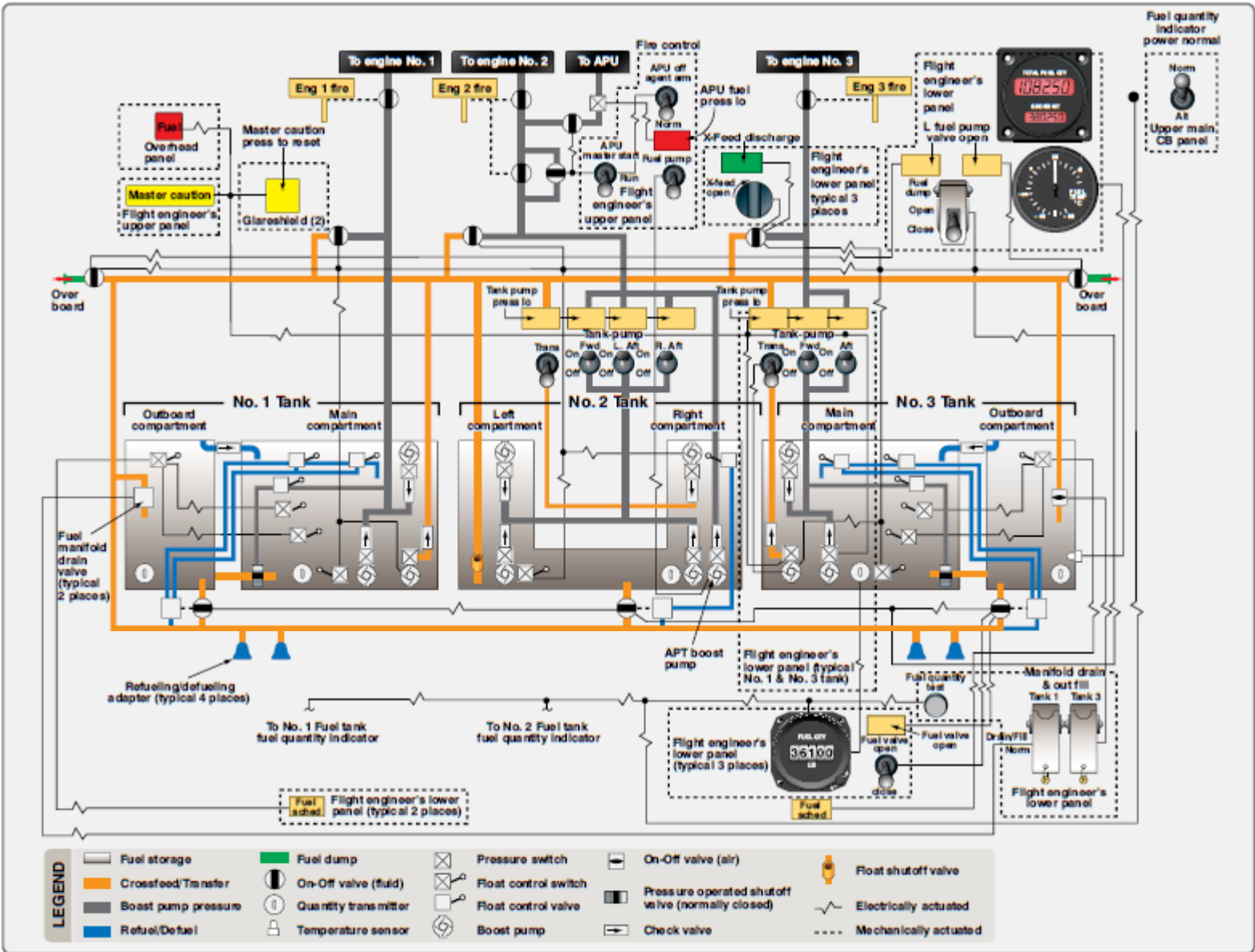
Senzori na rezervoaru savremenog putničkog aviona



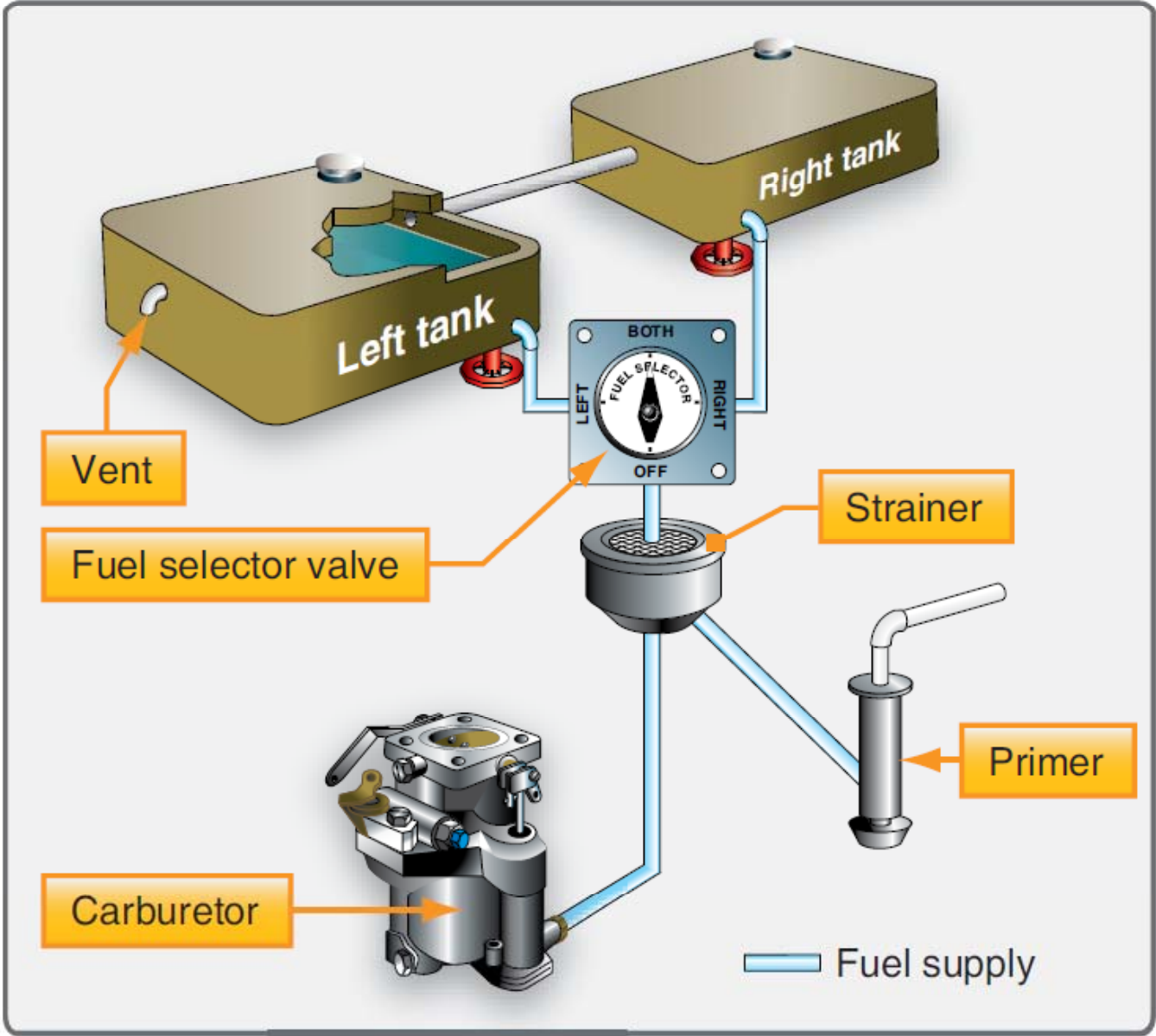
Sistem za distribuciju goriva na avionu Fokker 100



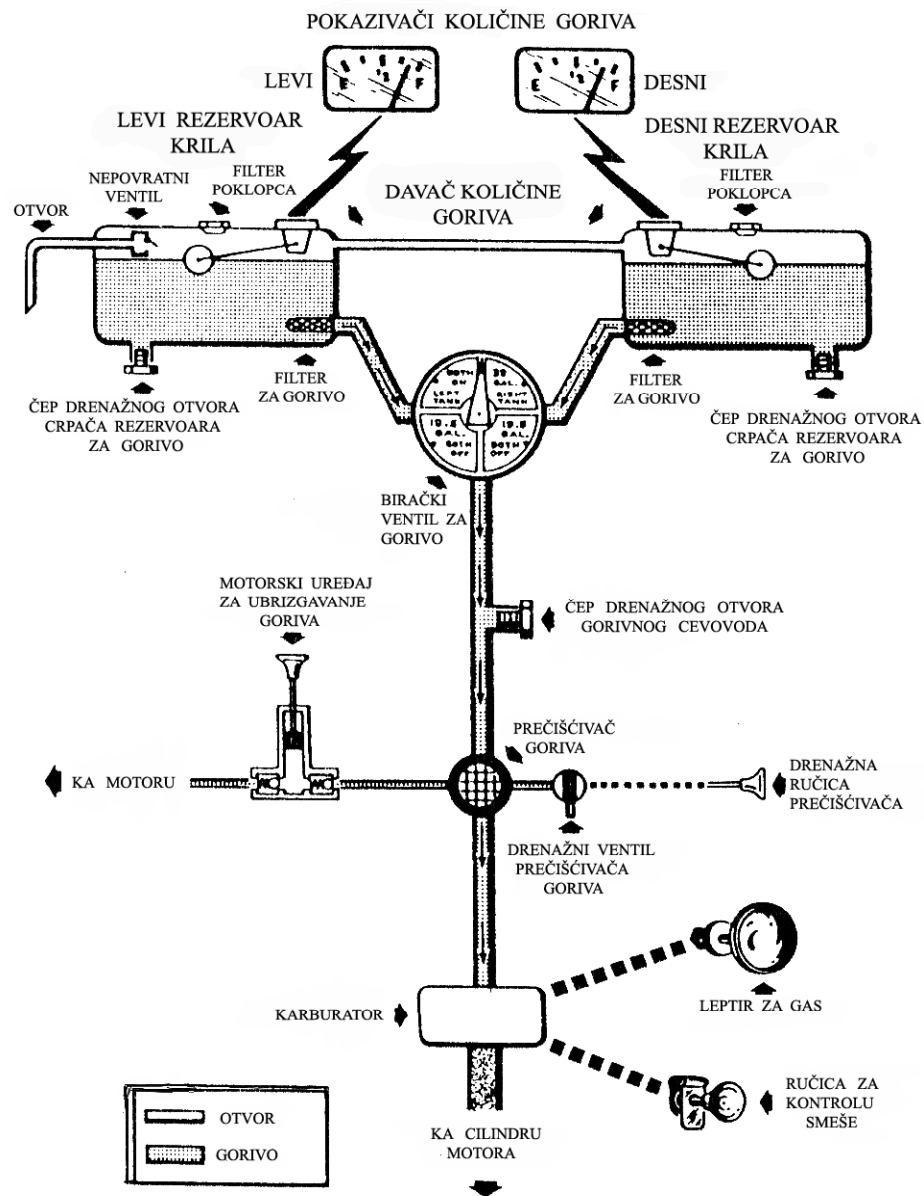
Sistem za distribuciju goriva na avionu DC-10



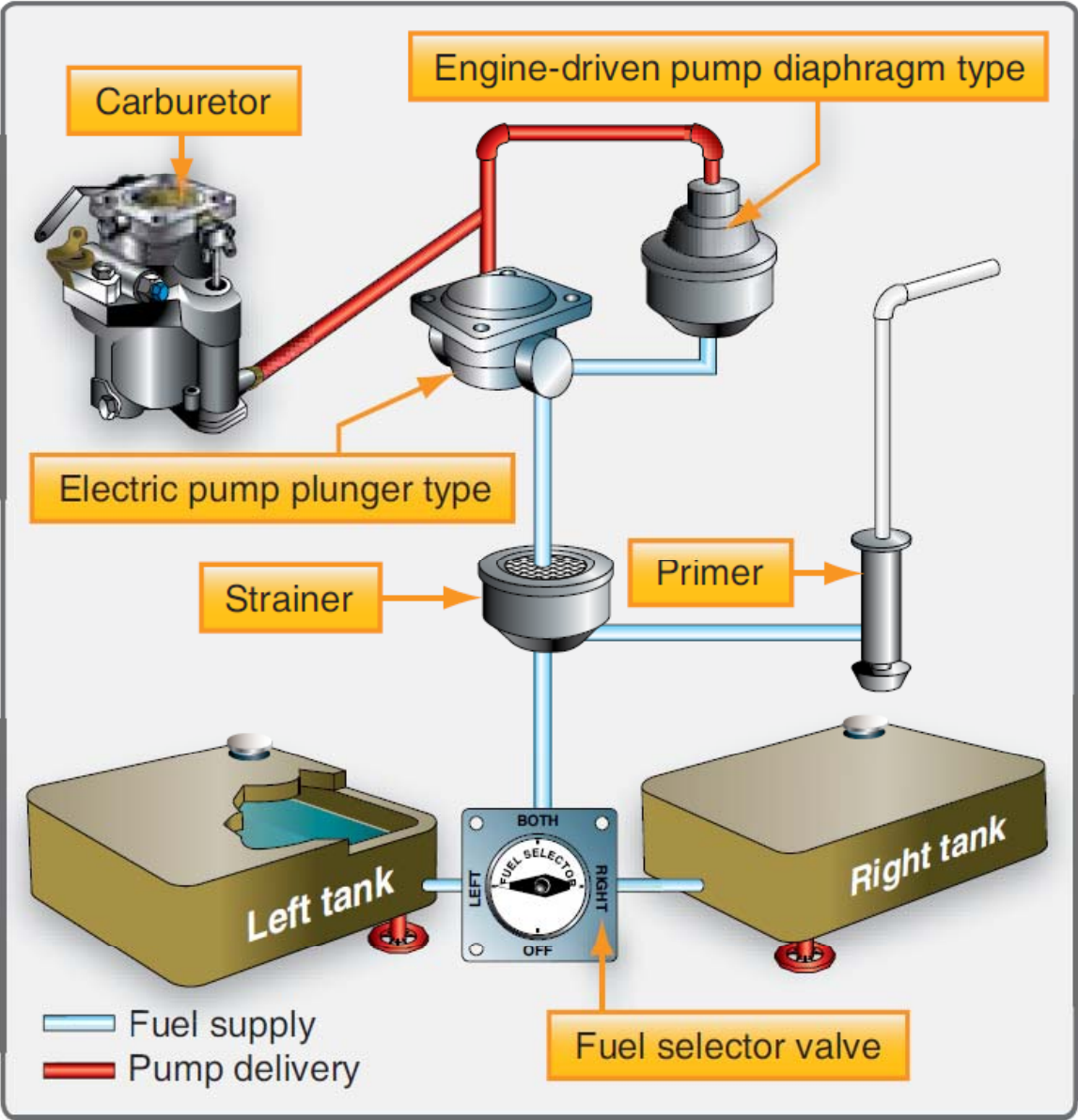
Gorivni sistem gravitaciono napajane jednomotorne lake letelice



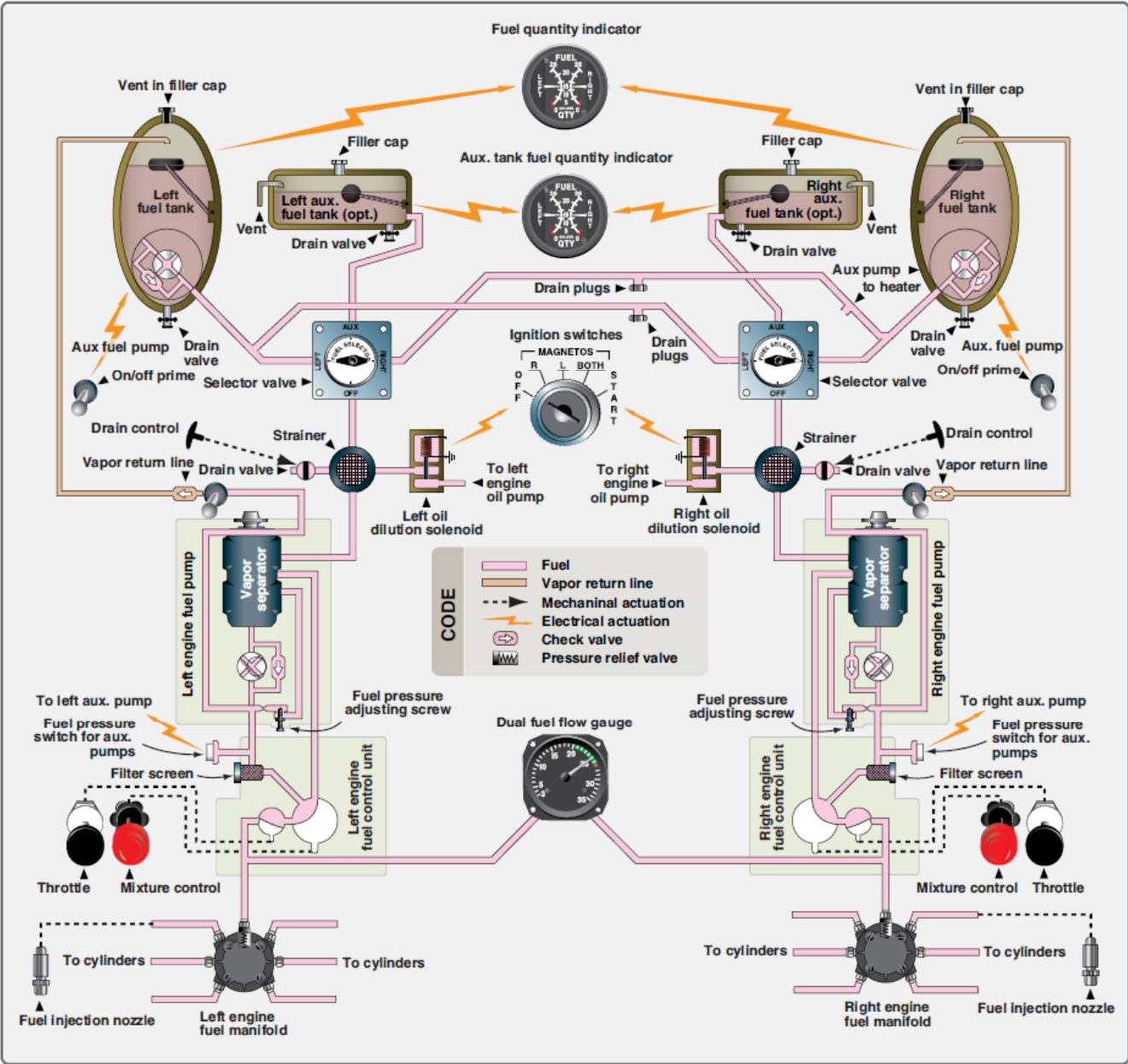
Gorivni sistem gravitaciono napajane jednomotorne lake letelice



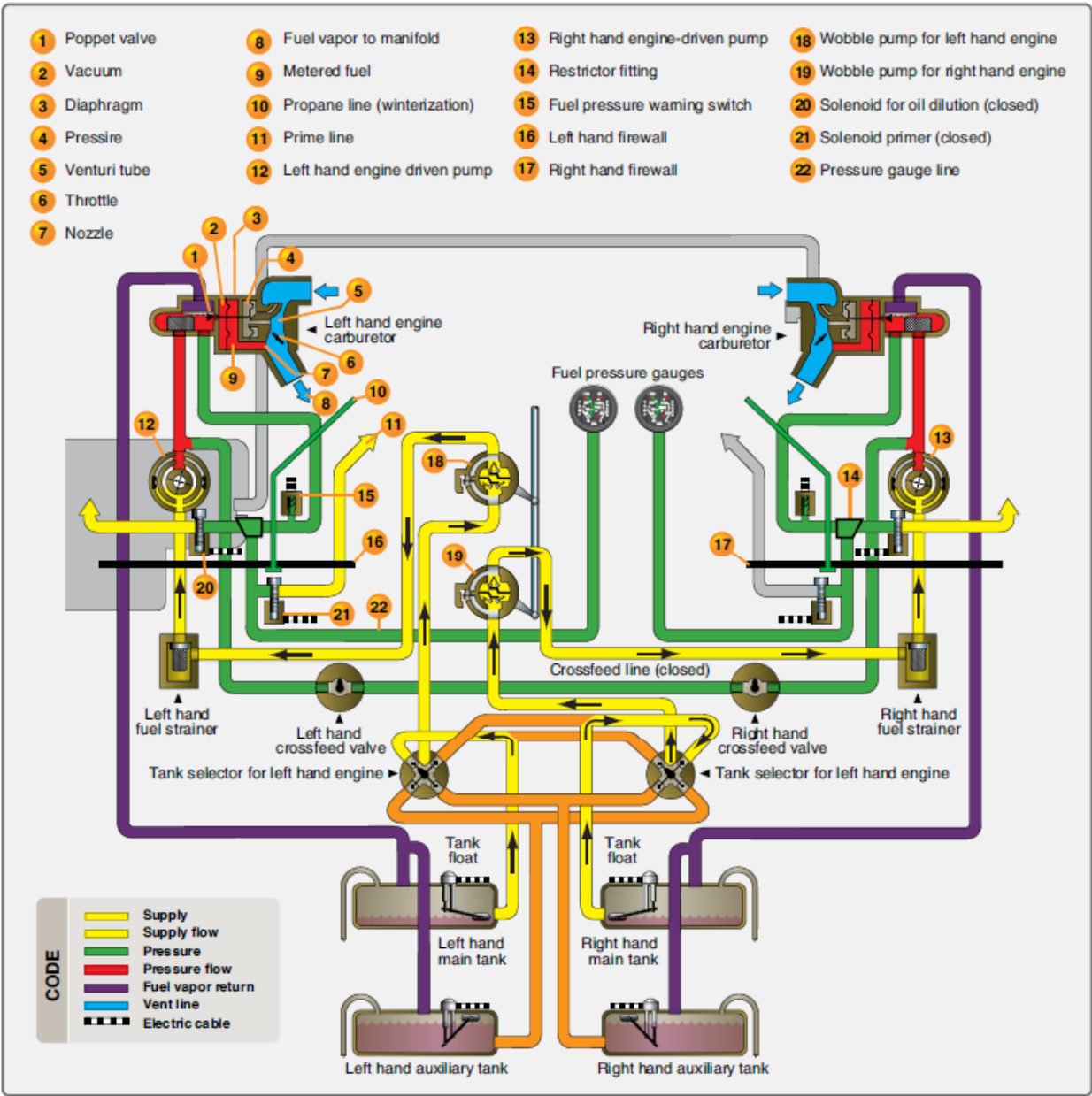
Gorivni sistem pumpno napajane jednomotorne lake letelice



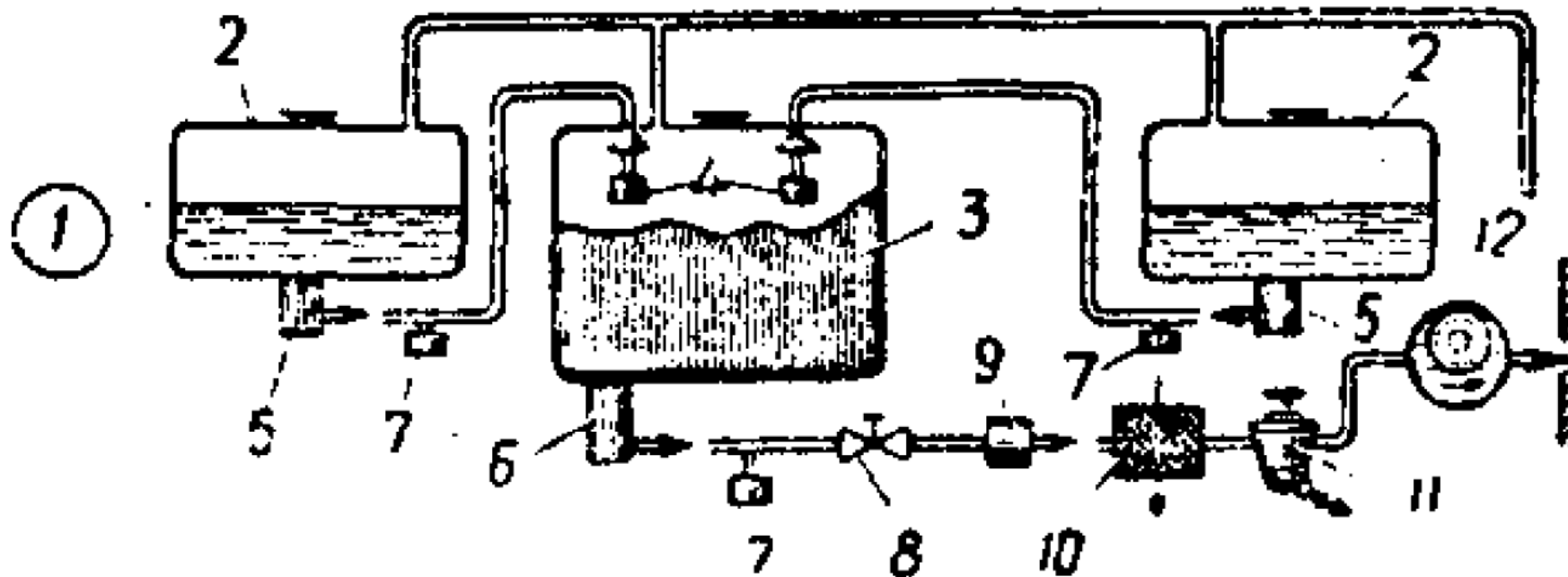
Gorivni sistem dvomotorne lake letelice



Gorivni sistem DC-3



727 FUEL SYSTEM



1.SISTEM GORIVA SA PUMPAMA ZA PRETAKANJE

- 2.Rezervoar
- 3.Rezervoar goriva za potrošnju
- 4. Ventil sa plovkom
- 5. Pumpa za pretakanje
- 6. Pomoćna pumpa
- 7. Davač pritiska
- 8. Ventil za zatvaranje protoka
- 9. Pumpa za gorivo na motoru
- 10. Izmenjivač toplote ulje-gorivo
- 11. Filter, mrežasti prečistač
- 12. Pumpa visokog pritiska

1.TRANSFER PUMP-FED FUEL SYSTEM

- 2. Tank
- 3. Service tank
- 4. Float valve
- 5. Transfer pump
- 6. Booster pump
- 7. Pressure transmitter
- 8. Shut-off valve
- 9. Engine (-mounted) booster pump
- 10. Fuel-oil heat exchanger
- 11. Filter, stainer
- 12. High-pressure pump

Izbacivanje goriva u slučaju vanrednog stanja

