

IMPIANTO ANTINCENDIO

Missione dell'impianto

L'impianto antincendio degli aeromobili ha la missione di attuare la protezione del velivolo da:

- *Fuoco*
- *Fumo*
- *Surriscaldamento*

*In questi casi l'impianto ha la possibilità di **informare l'equipaggio** del verificarsi dell'evento, di **segnalare la zona** ove il fenomeno è in atto, ed in alcuni casi si può **intervenire con appositi fluidi** per bloccare il fenomeno.*

Considerazioni generali

*Il **fuoco** si verifica quando si ha una reazione chimica esotermica che prevede la presenza di un combustibile, di un comburente e di una temperatura minima perché si attivi il processo.*

*Il **fumo** è ugualmente pericoloso nei velivoli perché inquina l'ambiente e perché è anche indicazione di eventi a rischio in atto.*

*Il **surriscaldamento** è ugualmente segno di eventi a rischio in atto, e come tale deve essere rilevato e localizzato con rapidità.*

La normativa di progettazione e certificazione dei velivoli riguarda i materiali, le loro specifiche chimico/fisiche, le soluzioni costruttive, i sistemi di rilevamento/intervento e le procedure operative.

Nella fase di progettazione e costruzione si ricorre a particolari accorgimenti al fine di proteggere il velivolo dagli effetti di fuoco, fumo e surriscaldamenti.

Ne richiamiamo alcuni a titolo di esempio:

- *Le tubazioni carburante debbono essere realizzate in materiale resistente al fuoco.*
- *Le tubazioni carburante sono schermate con condotti coassiali dotati di drenaggio che scarica fuori della fusoliera, soprattutto nei passaggi in zona pressurizzata.*
- *Le zone a rischio fuoco (ad esempio area APU, ...) sono protette con paratie di titanio.*
- *Le linee alimentazione carburante/olio idraulico sono protette con valvole d'isolamento.*
- *Il prelievamento pneumatico isolabile in caso avaria motore, per evitare che - in caso di perdita interna di olio o incendio motore - i fumi vadano nel pneumatico o nel condizionamento.*
- *Le linee di potenza elettriche isolabili dalla barra del generatore in caso di corto circuito a valle.*
- *Cavetti di continuità elettrica per controllare i fenomeni elettrostatici in particolare nella zona di raccordo di tubazioni carburante.*
- *Severe specifiche per le tipologie di isolamento elettrico dei cavi in base anche alle zone di transito, serbatoi in particolare.*
- *Punti prestabiliti di collegamento a massa del velivolo durante manutenzione o rifornimento.*
- *Prodotti di plastica, stoffa, sottoposti a test per infiammabilità e tossicità.*
- *Ecc.*

*Numerose precauzioni e norme riguardano non solo la **progettazione e la costruzione**, ma anche le attività operative quali il **rifornimento**, le norme su **imballaggio merce** con rischi di contaminazione o la **proibizione** di trasportare alcuni prodotti, le caratteristiche chimico fisiche di*

carburanti/olii idraulici vincolate da limiti standard su temperature d'infiammabilità o altre correlabili alla sicurezza, ecc.

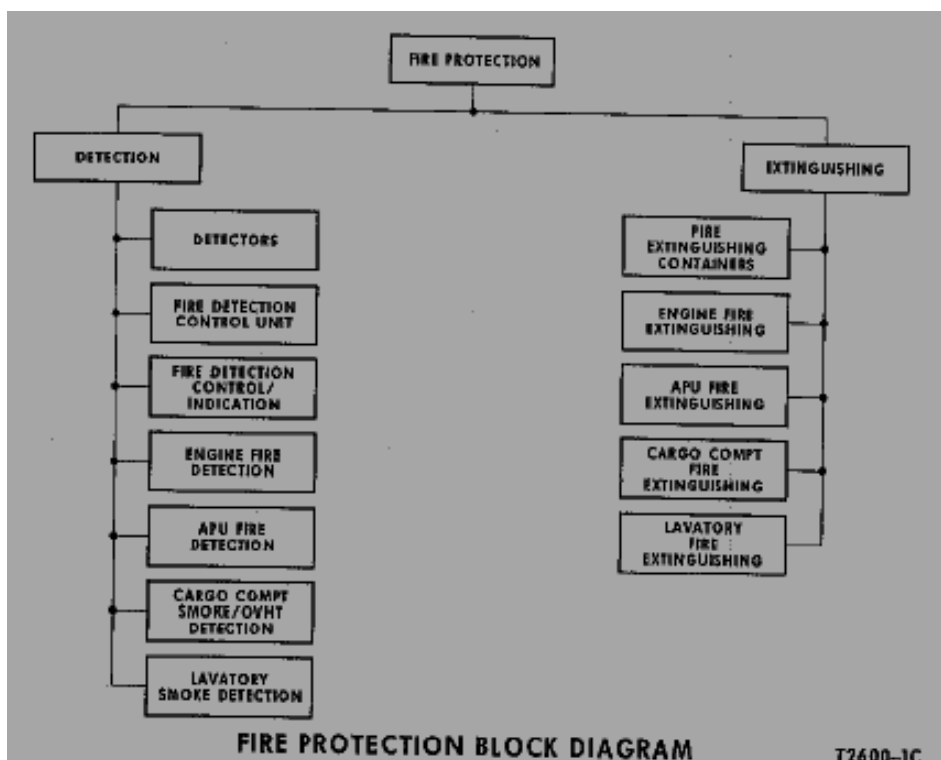
Tutte le forme di prevenzione, sia in fase di progetto sia in quella operativa, non possono escludere il verificarsi di eventi negativi, e per questo motivo i velivoli sono dotati di uno specifico impianto che ha due finalità:

- **Il rilevamento:** localizzare con tempestività e senza dubbi il fenomeno è la premessa fondamentale per attuare procedure ed interventi a favore della sicurezza.
- **L'intervento:** permette di rimuovere l'evento ed i suoi effetti, ed a volte comporta sia l'esclusione di un impianto sia un intervento con agenti specifici (ad esempio non basta disattivare un impianto che genera una perdita d'olio, ma anche necessario spegnere la fiamma che si è attivata).

Le zone protette e rischi

In termini generali le zone protette dall'impianto antincendio sono:

- **Motopropulsori:** dotati di sistema rilevamento segnalazione ed estinzione
- **APU:** idem
- **Compartimenti cargo:** idem
- **Vani carrello e bordo entrata alare:** avviso surriscaldamento.
- **Vani toilette:** sistemi avviso e su alcuni aeromobili sistema automatico d'estinzione
- **Cabina passeggeri:** estintori portatili di vario tipo



Osservazioni sulle classi d'incendio e gli agenti estintori

*Il verificarsi delle condizioni per cui si abbia l'insorgere del **Fuoco** prevedono tre fattori concomitanti:*

- *La presenza di **combustibile** allo stato liquido, solido o gassoso.*
- *La presenza di **ossigeno**.*
- *La presenza di calore per portare il combustibile alla **temperatura di accensione**.*

*Le Classificazioni di **tipologie d'incendio** sono state fatte per classi, e ad ognuna corrisponde una tipologia di combustibile e di modalità d'intervento.*

- ***Classe "A"**: il combustibile è costituito da solidi tipo legno, gomma, carta, tessuti.*
- ***Classe "B"**: il combustibile è costituito di prodotti tipo grasso, kerosene, olio, alcool ecc.*
- ***Classe "C"**: sono incendi dovuti ad apparati elettrici.*
- ***Classe "D"**: l'incendio è causato da metalli combustibili tipo magnesio, sodio, potassio, ecc*

Principi base per spegnere gli incendi

I concetti alla base dell'intervento sono elementari e riconducibili a i seguenti:

- *Raffreddare il combustibile per mantenere la sua temperatura al di sotto della temperatura di accensione.*
- *Rimuovere o impedire l'alimentazione dell'ossigeno.*
- *Ottenere la separazione tra combustibile ed ossigeno.*

Agenti estinguenti

Le tipologie di agenti estinguenti, in funzione della classe di incendio, sono:

- ***CLASSE A:** in genere si usa **acqua** per mantenere la temperatura al di sotto di quella di accensione e (mai in quelli di classe "c" !!!).*
- ***CLASSE B:** in genere si usa **Anidride Carbonica o Halons o polveri chimiche** in quanto mantengono separato l'ossigeno.*
- ***CLASSE C:** in genere si usa **Anidride Carbonica** per mantenere l'ossigeno separato; si possono usare anche Polveri Chimiche che hanno però lo svantaggio di arrecare danno ai componenti elettrici.*
- ***CLASSE D:** si usano in genere **Polveri Chimiche***

Principi generali per i sistemi di protezione dal fuoco

Ai fini didattici possiamo riassumere nel seguente modo i principi base ai quali i sistemi di Protezione(Fire Warning System) debbono rispondere:

- *Il Fire Warning System deve essere capace di allarmare immediato in caso di fuoco o alta temperatura, mediante avvisi luminosi (luce rossa) o segnali acustici (sirena).*
- *Il sistema deve accuratamente indicare che il fuoco è stato spento o sia riattivato.*

- *Il dispositivo deve avere affidabilità e deve resistere all'ambiente ove viene collocato.*
- *Il dispositivo deve disporre di sistemi di Test per verificarne l'integrità.*
- *Il dispositivo deve essere facile da ispezionare, rimuovere ed installare.*
- *Il sistema ed i suoi componenti devono essere stati progettati in modo da ridurre al minimo il rischio delle false segnalazioni.*
- *Il sistema per funzionare deve richiedere un assorbimento minimo di energia elettrica e deve essere indipendente da Inverter o altri dispositivi speciali.*

Sistemi di rilevamento del fuoco

L'insieme dei Sistemi di Rilevamento può essere ricondotta alle seguenti tipologie che si riconducono al sensore utilizzato:

- **Sistemi Thermo-Switch:** *un circuito dotato di uno o più interruttori termici che attiva il sistema di allarme in cabina piloti.
Quando si usano più thermoswitch questi sono collegati in parallelo al fine di avere l'avviso anche se soltanto uno si attiva.
Il loro principio di funzionamento si basa sulla espansione causata dalla temperatura: quando sono esposti al calore l'involucro si espande e due contatti interni si chiudono dando continuità al circuito che attiva i segnali in cabina piloti.*
- **Sistemi Thermocouple:** *i sistemi a termocoppia sono realizzati mediante una serie di sensori collegati in serie ciascuno dei quali contribuisce a generare una tensione.
Il singolo elemento è realizzato mediante due fili di materiali metallici collegati tra loro e disposti in modo che un'estremità sia immersa nel flusso caldo e l'altra (fredda) protetta con un materiale isolante.*
- **Sensori tubolari:** *questa tipologia di impianti ha la caratteristica di controllare con lo stesso sensore non tanto dei punti, bensì delle zone (il motore, l'APU, le pareti delle cappotte dei motori ecc.) ed è in grado di attivarsi quando nella zona controllata si verifica un caso di alta temperatura, per disattivarsi quando l'evento termina.
Le tipologie di impianto spesso sono denominate in base al nome della ditta che brevettò il sensore (Fenwal, Kidde, Pneumatici Syston/Donner) e si basano su diversi fenomeni fisici dai quali si ricavano segnali elettrici e di conseguenza avvisi di allerta.*
- **Sistema Fenwal:** *consiste in un piccolo, sottile e flessibile tubo di Inconel al centro del quale è stato collocato un conduttore di Nickel.
Lo spazio tra il conduttore ed il tubo è riempito da **materiale poroso ed isolante**. Ogni spazio di tale riempimento poroso è riempito con una **miscela di sale eutettico** con punto di fusione basso.
Tutta la tubazione viene chiusa ermeticamente alle estremità e costituisce nel suo insieme l'elemento sensibile.
Il filo di nickel è sotto tensione, mentre il tubo esterno è a massa, e grazie al sistema di isolamento in condizioni normali non si ha passaggio di corrente.
Quando la temperatura cresce causa la fusione del materiale eutettico, la resistenza diminuisce e la corrente che circola tra il filo interno ed il tubo esterno viene rilevata dal un apposito apparato e da questo parte il segnale di allarme.
Quando la temperatura - dopo gli interventi del personale di condotta - torna ai valori normali il circuito torna allo stato iniziale ed il segnale di avviso finisce.*

- **Sistema Kidde:** anche questo è costituito da un loop ed è realizzato mediante una tubazione di Inconel nella quale è stato posto un materiale a conducibilità variabile con la temperatura, nel quale sono stati immersi due fili conduttori dei quali uno risulta sotto tensione e l'altro è stato collegato a massa alla estremità del tubo esterno.

Quando la temperatura varia si modifica la conducibilità tra i due fili ed un dispositivo elettronico rilevando questo fenomeno attiva i segnali di allarme.

Al cessare del fenomeno di riscaldamento il sistema torna nelle condizioni iniziali.

- **Sistema Syston Donner:** questo dispositivo si basa sulla variazione della pressione dei gas in funzione della temperatura.

L'elemento sensibile consiste in una tubazione continua e stagna di acciaio inossidabile all'interno della quale sono immessi due tipi di gas in pressione: **elio ed idrogeno**.

All'interno della tubazione viene collocato un filamento di una particolare lega di titanio che si comporta rispetto all'idrogeno come una "spugna" in funzione della temperatura.

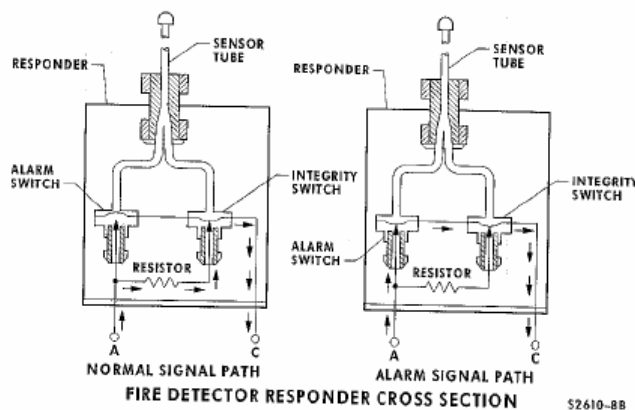
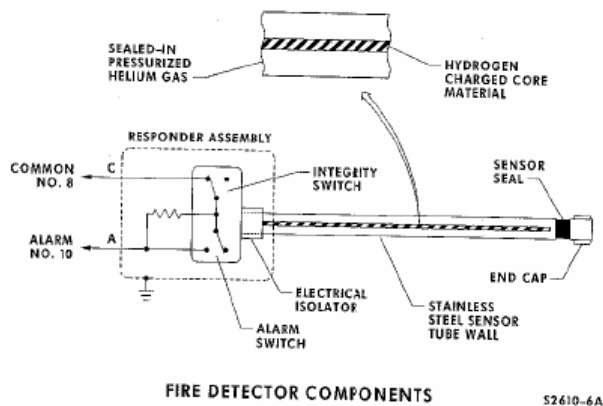
Quando il tubo - nel suo insieme - viene riscaldato l'aumento della pressione viene rilevato da un interruttore a pressione e questo attiva il circuito di allarme.

Quando l'aumento di temperatura è localizzato si verifica, da parte del filamento di titanio, un **forte e rapido rilascio di idrogeno**; questo fenomeno - facendo aumentare la pressione media nel tubo - permette di attivare l'interruttore a pressione.

In questo modo si rilevano non solo le temperature medie, ma anche gli innalzamenti locali.

Tutto il dispositivo si basa sulla legge dei gas e sulla loro variazione di pressione, a volume costante, in funzione della temperatura.

Alcune volte questi dispositivi dispongono anche di interruttore di bassa pressione per rilevare casi di perdita della tenuta.



Altre tipologie di sensori

Rispetto alla tipologia di rischio si hanno diverse **tipologie di sensori** di rilevamento che sfruttano diversi fenomeni fisici per evidenziare il fenomeno da controllare.

Le variazioni di temperatura vengono rilevate con i dispositivi sinteticamente descritti in precedenza, nei quali a volte oltre alle variazioni di resistenza si possono misurare anche le variazioni di capacità.

La presenza di fumi nell'aria può essere rilevata da variazioni di luminosità o da deviazioni di un fascio di luce: questo fenomeno viene a sua volta raccolto da un sensore fotoelettrico che attiva un circuito di avviso.

Impianto antincendio zona Motori ed APU

Il sistema antincendio motore/APU si compone di due sottosistemi:

- **Sistema di rilevazione**
Una linea sensitiva costituita da un cavo coassiale (dei tipi già descritti) il cui elemento d'isolamento è dotato di caratteristiche sensibili alle variazioni di temperatura. Tale cavo viene installato nelle zone del Motore/APU da tenere controllate ed è realizzato tramite un filo continuo chiuso a loop, da cui il termine "**Loop avviso incendio**".
- **Unità di controllo**
Si tratta di un dispositivo (**Fire Control Box**) che rileva le variazioni elettriche del sensore ed attiva gli avvisi e permette anche la esecuzione dei test a terra.
- **Sistema avvisi**
Si tratta di un sistema destinato ad informare l'equipaggio della situazione ed è costituito da avvisi luminosi (targhette) oppure acustici (sirena).

**

Le caratteristiche costruttive di questi sensori potrebbero generare falsi avvisi ed innescare gravi disservizi ed alti costi; per questo motivo gli impianti di rilevamento dispongono di due linee di elementi sensibili (Loop) che attuano un **doppio controllo di zona**.

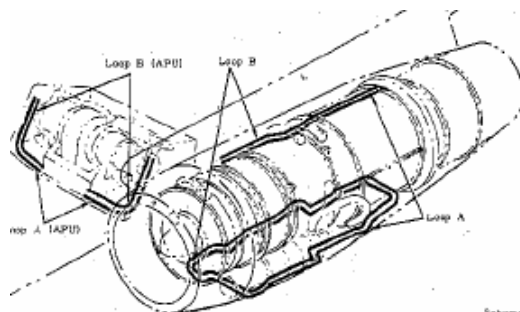
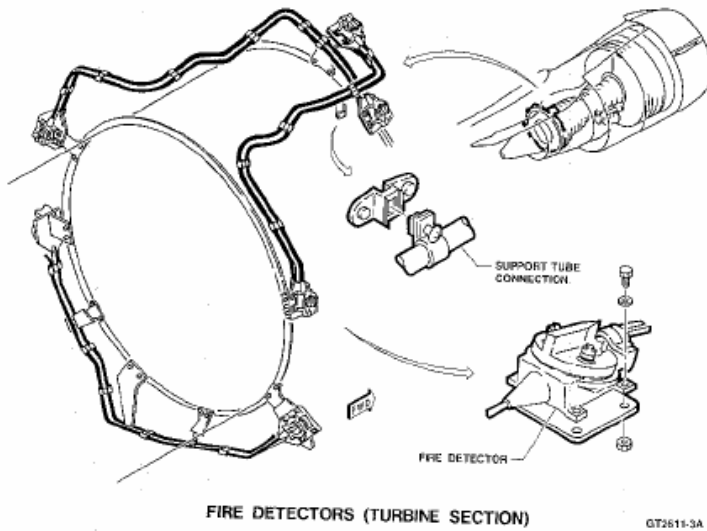
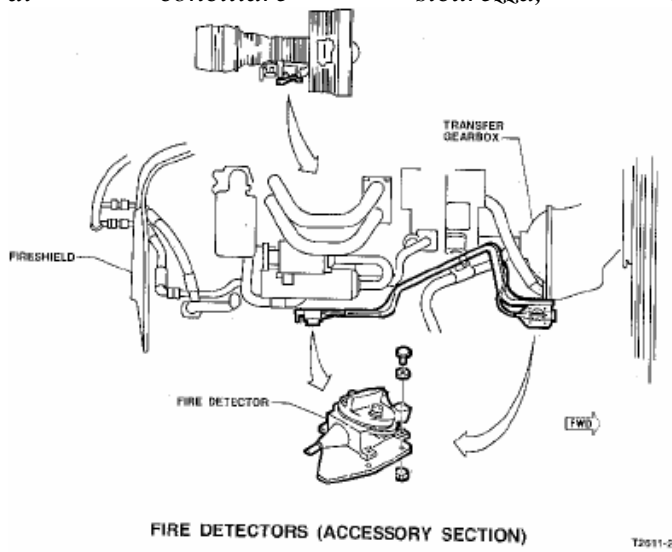
Questa duplicazione comporta che- prima di ogni decollo - i singoli loop vengano testati per corretto funzionamento ed inoltre - in caso d'avviso in volo- il segnale debba essere confermato da tutti e due: altrimenti si è in **condizione di falso avviso**.

Un falso avviso potrebbe attivare inutilmente una chiusura motore, lo scarico del prodotto estinguente, ed anche l'interruzione del volo.

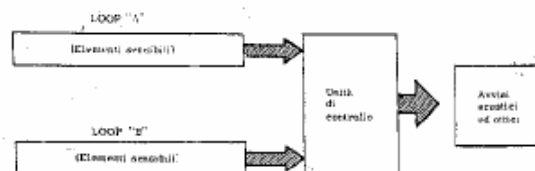
La **logica costruttiva** del doppio circuito di rilevamento ci consente varie riflessioni sulle funzionalità e le logiche costruttive di questi sistemi:

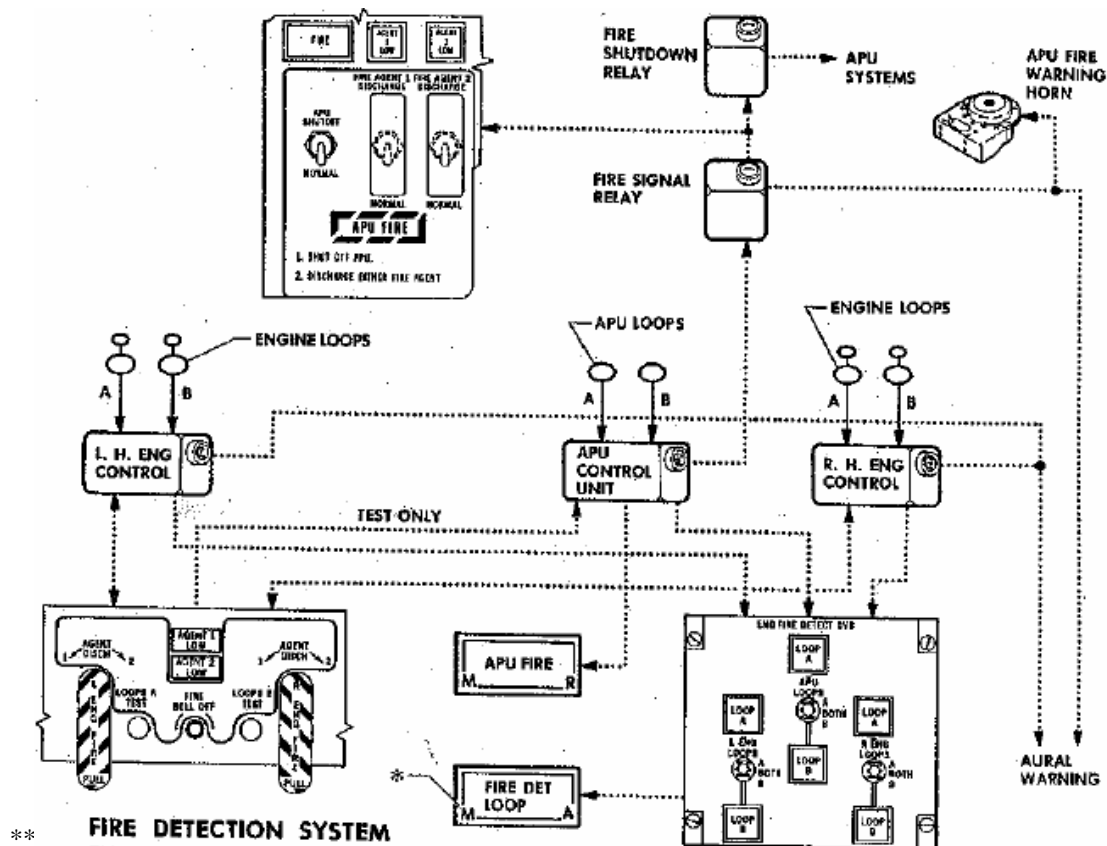
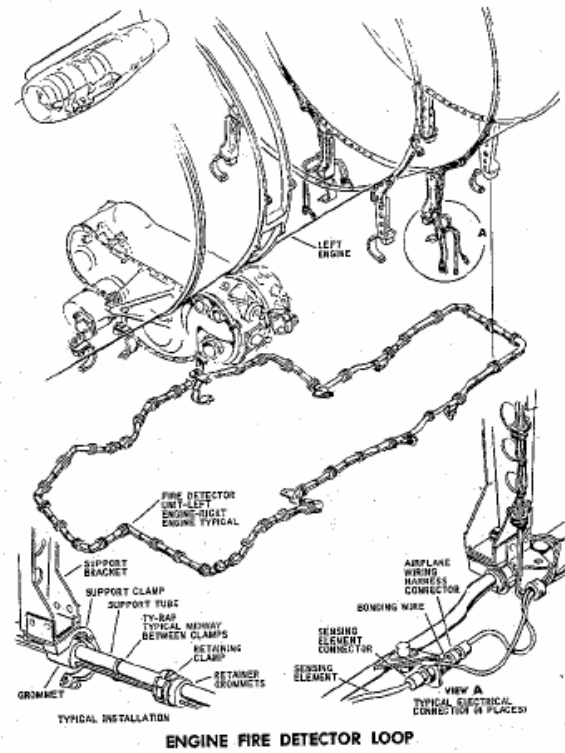
- Il doppio sistema riduce il rischio di **falsi avvisi** per avaria.
- Il doppio sistema permette ugualmente di eseguire il volo escludendo (già in partenza) il sistema inoperativo, potendo garantire in sicurezza l'attività commerciale.

- L'impossibilità di eseguire in tempi contenuti la riparazione trova nella ridondanza un modo di conciliare sicurezza, operatività e procedure.



Schema di rilevazione in serie per ognuno dei tre rilevatori installati (loop A, B, C) nei motori, APUs





Schema rilevamento loop motori/APU e sistema avvisi luminosi e sonori
 Selettore di comando scarica bombola

Struttura & procedure del sistema di estinzione

Le zone di propulsori e dell'APU dispongono del monitoraggio dei Loop avviso incendio, e nel caso che si abbia tale avviso si attuano una serie di procedure e se l'incendio permane si interviene con il **dispositivo di estinzione**.

Questo dispositivo di estinzione comprende di una serie componenti:

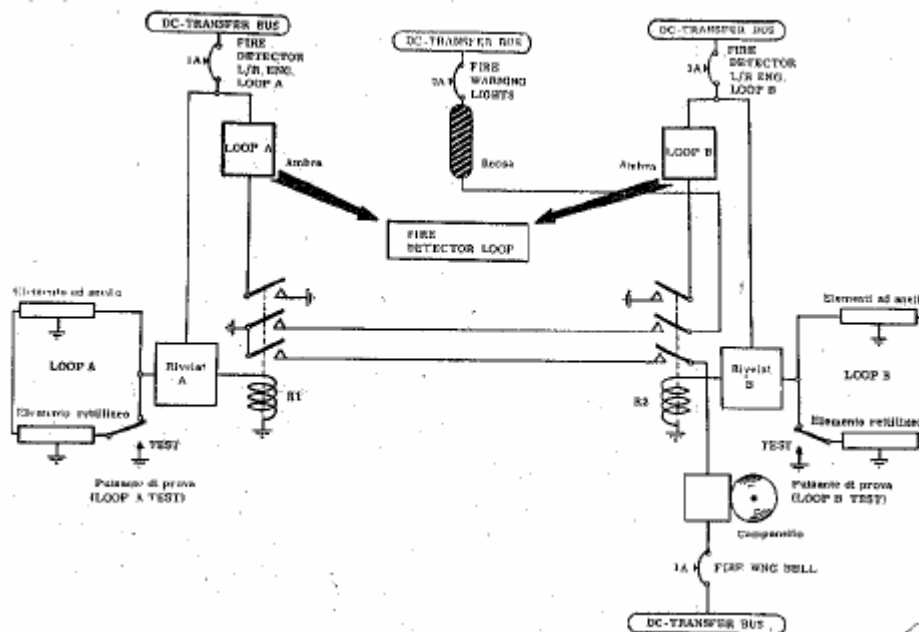
- Sistema di bombole contenenti il prodotto estinguente.
- Rete di tubazioni di distribuzione alle varie zone dei vari motori o dell'APU.
- Valvole elettriche per indirizzare il fluido.
- Circuito di sovra-pressione per ogni bombola che scarica all'esterno il fluido, quando la pressione interna (per qualche motivo anomalo) supera il limite massimo.
- La singola bombola viene messa in collegamento alla tubazione quando una cartuccia esplosiva viene attivata dal comando del pilota.
- La cartuccia esplosiva è ad attivazione termica e causa la rottura di un diaframma di separazione tra bombola e linea di collegamento.
- Ogni bombola dispone di due vie di scarica selezionabili.
- La singola bombola dispone di un circuito di **test di continuità** per il controllo del dispositivo d'attivazione termica.
- Le bombole contengono **freon** pressurizzato con azoto (circa 600/800 psi).
- Le bombole dispongono di interruttori di bassa pressione d'avviso avvenuta scarica.

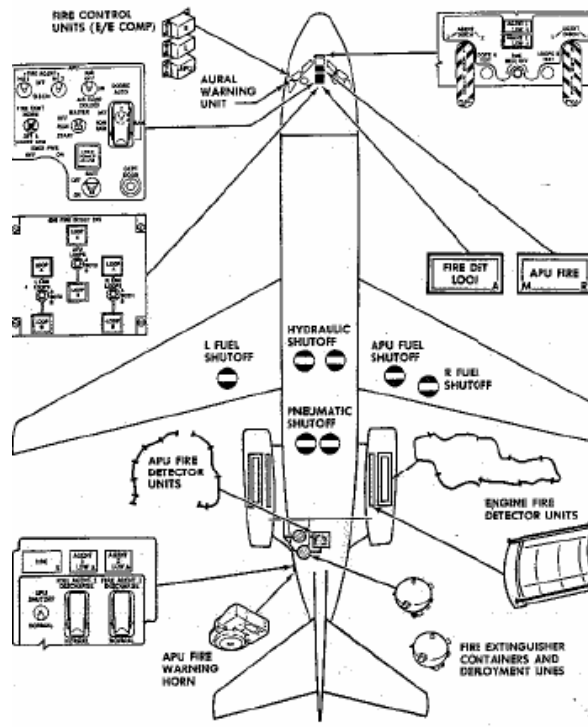
Nel caso di **avviso incendio motore** prima si esegue la verifica per falso avviso, e poi il pilota agisce sulla maniglia antincendio del motore.

In questo caso si ha:

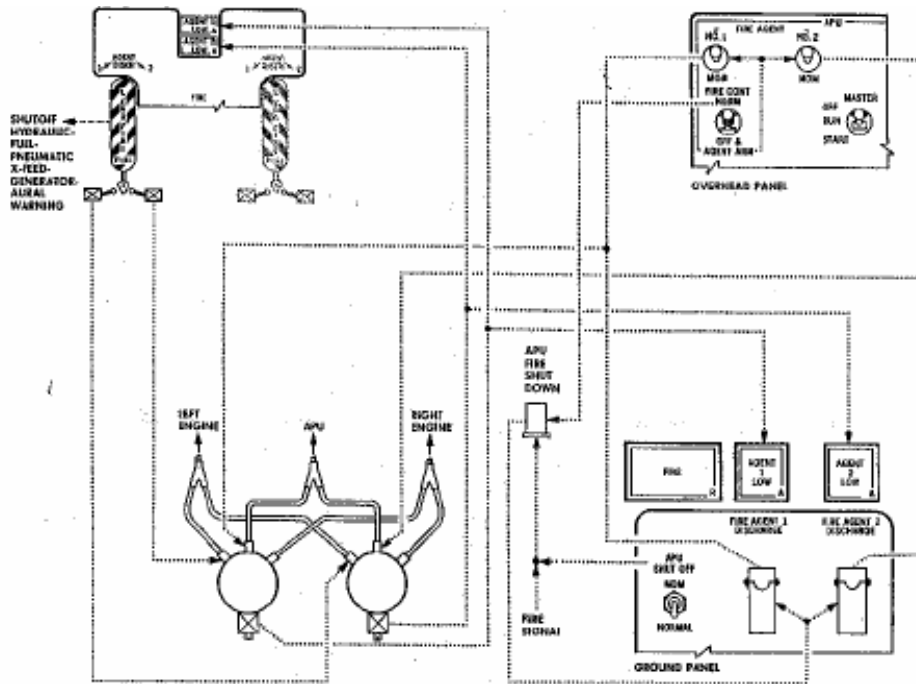
- Chiusura shutt off carburante
- Chiusura shutt off idraulico
- Distacco del generatore elettrico
- Isolamento dell'impianto pneumatico
- Scarico del fluido estinguente.

Il sistema di protezione zona APU è del tutto simile, e gli avvisi sono ripetuti all'esterno del velivolo in un apposito pannello di controllo per gli interventi a terra.





FIRE PROTECTION AND DETECTION SYSTEMS COMPONENTS

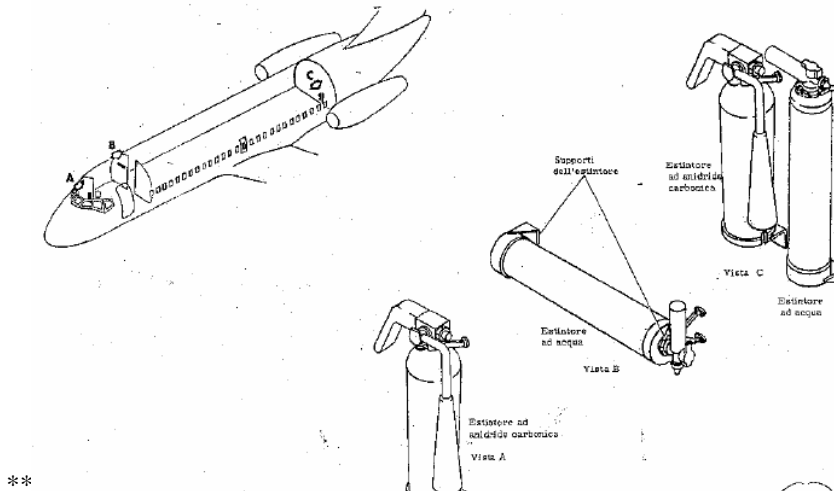


FIRE EXTINGUISHING SYSTEM CONTROL FUNCTIONAL DIAGRAM

Nello schema sono rappresentate le Bombe con fluido estinguente e le maniglie di selezione della direzione del flusso tramite cartuccia esplosiva.

Cabina passeggeri/toilette

Per queste zone si dispone in genere di **estintori portatili** di vario tipo ed il personale di cabina è addestrato alle varie evenienze.



**

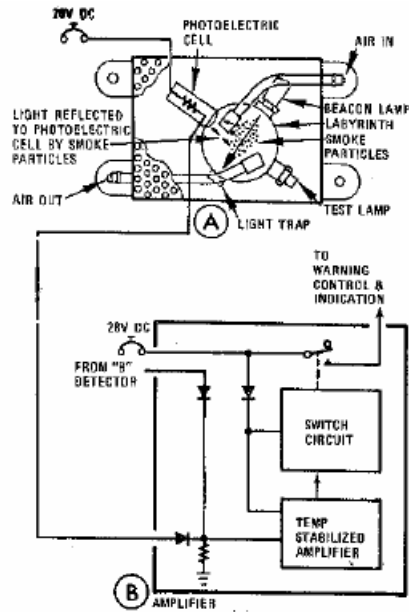
Impianto antincendio zona cargo

Nei velivoli passeggeri le zone cargo sono in genere sotto il pavimento della cabina, mentre per gli aeromobili Combi (passeggeri e merci) e Cargo occupano anche la zona superiore della fusoliera. L'impianto dispone di un circuito per il **rilevamento del fumo** nelle singole zone e comprende:

- Sistema di test
- Sensori e Control box di elaborazione per l'attivazione di luci e sirena di avviso.
- Avvisi luminosi e sonori in varie zone velivolo

I rilevatori di fumo sono basati sul concetto di individuare la presenza di particelle anomale nell'aria che deflettono il percorso della luce emessa da una **sorgente direzionale**.

In condizioni normali il percorso del fascio di luce direzionale non viene visto dalla fotocellula in quanto disposta a 90° rispetto al fascio luminoso, ma in presenza di particelle nell'aria causa delle riflessioni della luce che a loro volta attivano una fotocellula ed in cascata il circuito logica di rilevamento ed allarme.



Surriscaldamento bordo entrata alare

Il bordo entrata alare, in molti velivoli, è percorso dai condotti di prelevamento pneumatico dai motori e dai condotti antighiaccio alare.

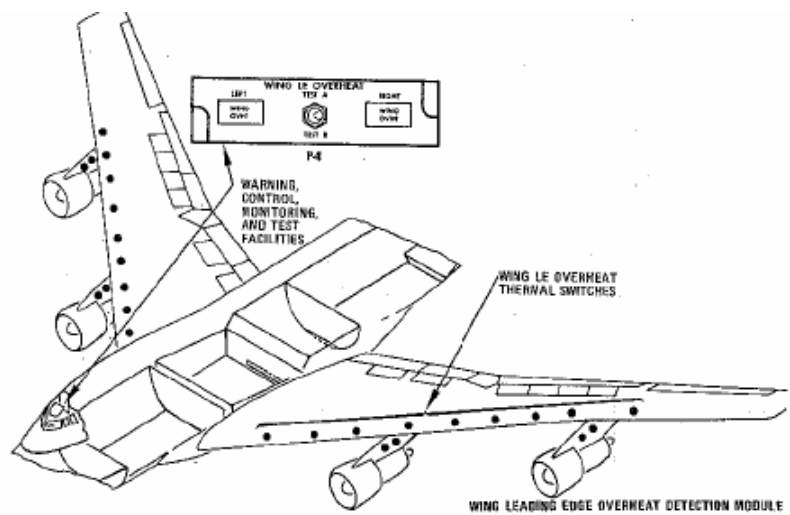
Il pneumatico/antighiaccio dispongono un impianto di regolazione e controllo di temperatura dell'aria prelevata dai motori, ma in caso di rottura dei condotti si possono avere danni alle strutture o sistemi: le temperature d'esercizio del pneumatico sono sempre alte ed in caso di rottura si avrebbero danni poiché il percorso riguarda anche zone con strutture di composito o cablaggi elettrici, ecc.

A questo riguardo si deve tenere presente che nelle strutture aeronautiche è sempre più ampio l'uso di materiali compositi che devono essere protetti dalle alte temperature.

Una serie di sensori viene distribuita lungo il suo percorso per rilevare temperature locali anomale.

I sensori sono in genere **interruttori termici** ed il loro intervento viene rilevato da una control box che in cascata attiva gli avvisi in cabina piloti.

La procedura operativa conseguente agli avvisi è l'esclusione del prelievo d'aria dai motori di zona, e quindi tutte le utenze del pneumatico dovranno essere alimentate in altro modo.

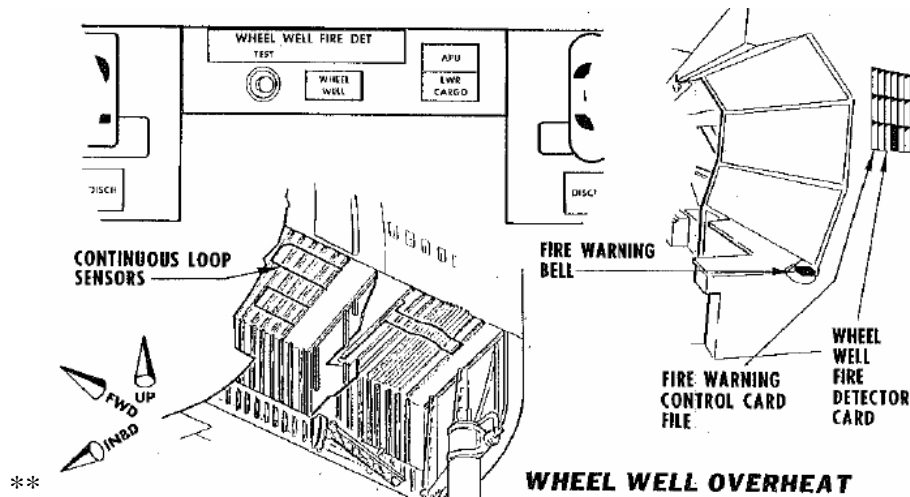


Rilevazione alta temperatura vano carrelli

Le alte temperature sono in genere causate dal carrello stesso che rientrando nel vano dopo il decollo abbia :

- **Pneumatico surriscaldato** durante il decollo (pressione non corretta)
- **Ceppo freno surriscaldato** per bloccaggio parziale nel rullaggio o decollo.

In questo caso non si dispone di sistemi d'estinzione e la procedura è di estrarre il carrello e generare il raffreddamento necessario per effetto aerodinamico.



Schema tipo di esclusione di vari impianti

Quando si comanda la scarica delle bombole antincendio dei motori la stessa maniglia di comando esclude tutta una serie di impianti (carburante, generatori, idraulico pneumatico ecc)

