INDICE CDIA:

1) Affidabilità dei sistemi aeronautici: 1

2) Impianto Elettrico: 18

3) Impianto Pneumatico, di Pressurizzazione e Condizionamento: 47

4) Impianto Combustibile: 58

5) Impianto Antighiaccio: 76

6) Strumenti di Bordo: 97

7) Sistemi di Emergenza: 121

8) Sistemi Aeroportuali: 131

9) Impianto di Illuminazione a Bordo: 146

10)Sistemi Aerei a Pilotaggio Remoto (SAPR): 153

Affidabilità dei sistemi aeronautici

1.1 Richiami

master COPY

Come viene garantita la sicurezza del volo? La sicurezza viene garantita attraverso:

Il Segmento di Terra, il Segmento di Volo e le Procedure di Volo. Il Segmento di Terra si occupa prevalentemente: della gestione del traffico aereo (air traffic management, ATM), separando gli aeromobili in volo e assegnando gli slot per il decollo e l'atterraggio, e della radioassistenza durante la navigazione. Il Segmento di Volo monitora il progetto dei sistemi di bordo per mantenere accettabili, entro i limiti definiti dalle normative, i rischi di avarie con conseguenze sull'incolumità delle persone. Infine, sono delineate una serie di Procedure di Volo che il pilota e tutto il personale che si trova sul velivolo devono saper adottare sia in condizioni normali sia in condizioni di emergenza.

Ricordiamo la definizione di **affidabilità** (reliability, R): è la probabilità che un sistema o componente funzioni correttamente in certe condizioni di impiego per un certo tempo. Per valutare l'affidabilità è necessario utilizzare un approccio statistico, dunque la tratteremo come una funzione del tempo, il cui valore è compreso tra 0 e 1. Come dice la definizione, la probabilità può essere calcolata di un **sistema** o di un **componente**. Il componente è definito come l'unità minima in cui può essere scomposto un sistema ed è caratterizzato da un numero limitato di modalità di avaria (anche una sola). Il sistema, invece, è definito come l' insieme di più componenti e ha un numero di modalità di avaria molto alto.

master COPY

Definiamo **la probabilità di avaria** (failure, F) come il complemento ad 1 dell'affidabilità:

$F(t) = 1-R(t)$.

conseguenze	probabilità

No effect	Frequente $prob \geq 10^{-3}$
minor	Probabile $10^{-3} \geq prob \geq 10^{-5}$
major	Remoto $10^{-5} \geq prob \geq 10^{-7}$
hazardous	Estremamente remoto $10^{-7} \geq prob \geq 10^{-9}$
catastrophic	Estremamente improbabile $10^{-9} \geq prob$

master COPY

È bene richiamare una serie di definizioni utili nel calcolo della probabilità: **eventi statisticamente indipendenti** ed **eventi mutuamente esclusivi**. I primi sono eventi dove il verificarsi di uno non influenza il verificarsi degli altri; mentre gli eventi mutuamente esclusivi non possono verificarsi contemporaneamente, perché il verificarsi di uno esclude il verificarsi dell'altro.

Per quanto riguarda la probabilità, pure lei può essere divisa in: **probabilità matematica** e **probabilità statistica**.

La **probabilità matematica** può essere calcolata a priori sulla base di date ipotesi, ed un buon esempio può essere il lancio di un dado, dove come ipotesi si possono fare: il numero di eventi possibili (M=6), eventi statisticamente indipendenti e mutamenti esclusivi ed infine che gli eventi siano equiprobabili. Dunque, la probabilità di uscita di uno dei 6 eventi risulterà: P(1) =P(2) =…=1/6.

La **probabilità statistica** viene utilizzata quando non è possibile formulare ipotesi sulle probabilità dei singoli eventi per il calcolo matematico ed è tipicamente basata su tecniche sperimentali (un esempio potrebbe essere un dado truccato).

master COPY

Ovviamente dobbiamo essere in grado di saper esprimere e calcolare i valori che assume l'affidabilità e per farlo si eseguono dei test statistici sui componenti (che tipicamente portano alla rottura del componente) o se si presume di utilizzare componenti standard, la loro affidabilità può essere reperibile su appositi data-base (MIL-Hdbk-217F). Questa sperimentazione però non può essere fatta sull'intero sistema per una serie di motivi: il sistema è caratterizzato da un numero molto alto di modalità di avaria, dunque il numero di test da eseguire per rilevare ogni avaria sarebbe molto grande; i costi sarebbero proibitivi; in

fase di progetto non si ha a disposizione l'intero sistema, dunque le normative impongono di essere in grado di saper stimare la sua affidabilità.

Per eseguire una corretta sperimentazione sui componenti quello che si deve fare è sottoporli alle sollecitazioni che incontreranno nella loro vita operativa. Vengono quindi utilizzati una serie di banchi di prova dove vengono emulate le condizioni di lavoro del componente, come: carichi strutturali, carichi elettrici e condizioni ambientali particolari. Eseguire una sperimentazione può richiedere tempi molto lunghi, quindi sono molto comuni dei test accelerati, che però possono essere eseguiti solo se l'accelerazione delle tempistiche non influenza il risultato ottenuto. Anche la scelta del gruppo di campioni su cui si esegue la sperimentazione deve essere fatta con criterio, perché il campione scelto deve essere rappresentativo della popolazione ed essere in numero sufficiente per coprire tutti i fatti che influenzano la vita operativa.

Il metodo di rappresentazione più efficace dei risultati della sperimentazione è la **PDF** (densità di probabilità di guasto), che rappresenta il numero percentuale di guasti per unità di tempo. È una funzione continua del tempo, ma se discretizzata può essere così definita:

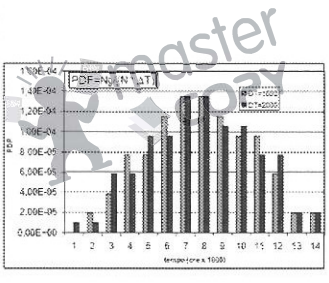
$$PDF(t) = \frac{Ng}{N \cdot \Delta t}$$

Dove Ng indica il numero di guasti, N il numero di componenti in prova e Δt l'intervallo di tempo.

ESEMPIO: TEST SU 52 COMPONENTI

ORE	ORE	Ng DT=1000	PDF 1000	ORE	ORE	Ng DT=2000	PDF 2000	PDF 2000 (*)
0	1000	0	0,00E+00	0	2000	1	9,62E-06	9,62E-06
1000	2000	1	1,92E-05	2000	4000	6	5,77E-05	9,62E-06
2000	3000	2	3,85E-05	4000	6000	10	9,62E-05	5,7692E-05
3000	4000	4	7,69E-05	6000	8000	14	1,35E-04	5,7692E-05
4000	5000	4	7,69E-05	8000	10000	11	1,06E-04	9,6154E-05
5000	6000	6	1,15E-04	10000	12000	8	7,69E-05	9,6154E-05
6000	7000	7	1,35E-04	12000	14000	2	1,92E-05	0,00013462
7000	8000	7	1,35E-04					0,00013462
8000	9000	6	1,15E-04					0,00010577
9000	10000	5	9,62E-05					0,00010577
10000	11000	5	9,62E-05					7,6923E-05
11000	12000	3	5,77E-05					7,6923E-05
12000	13000	1	1,92E-05					1,9231E-05
13000	14000	1	1,92E-05					1,9231E-05
	N =	52						

Ng =Numero Guasti
PDF = Probability Density Function
DT = intervallo temporale di raggruppamento dei guasti
(*) = dati duplicati per motivi di rappresentazione nello stesso istogramma



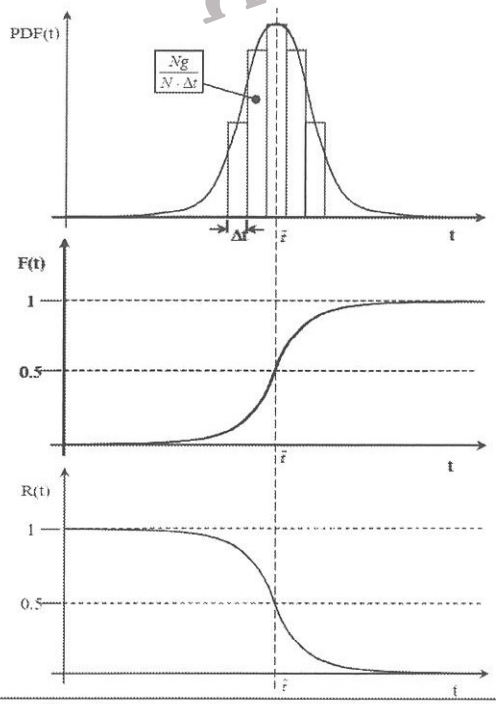
master copy

Come si può vedere nell'esempio la maggior parte dei guasti risulta essere concentrata intorno ad un tempo $\bar{t}$, che prende il nome di **vita media** ed è così definita:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^{N} t_{gi}}{N}$$

Dove con t_{gi} è la vita dell'i-esimo componente.

La particolare forma dell'istogramma (a campana) è tipica dei **guasti per usura** e può essere ben approssimata dalla **distribuzione di Gauss**:



$$PDF(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{(2\pi)}} \cdot e^{-\left[\frac{1}{2}\left(\frac{t-\bar{t}}{\sigma}\right)^2\right]}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left(t_{g_i} - \bar{t}\right)^2}{N}} \; ; \qquad \bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^{N} t_{g_i}}{N}$$

- Integrando la PDF si ottiene la probabilità di guasto F(t):

$$F(t) = \int_{-\infty}^{t} PDF(t) \cdot dt$$

- L'affidabilità è il complemento a 1 di F(t):

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_{-\infty}^{t} PDF(t) \cdot dt = \int_{t}^{\infty} PDF(t) \cdot dt$$

Non essendo integrabile in forma chiusa si devono utilizzare delle tabelle:

master COPY