



**SARDIGNA CHIRCAS
SARDEGNA RICERCHE**

Work Package N°3 – Studio affidabilistico dei sistemi aziendali di partenza e del sistema di monitoraggio

Relazione: Documento riportante le stime dei tempi medi al guasto e le valutazioni sulla disponibilità dei sistemi.

Numero documento: P_3_3.5



UNIONE EUROPEA
Fondo europeo di sviluppo regionale



REPUBBLICA ITALIANA



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA





**SARDIGNA CHIRCAS
SARDEGNA RICERCHE**

Work Package N°3 – Studio affidabilistico dei sistemi aziendali di partenza e del sistema di monitoraggio

RA_3_3.4 Individuazione della migliore configurazione per il sistema di monitoraggio proposto, ottenuta commisurando disponibilità, funzionalità, semplicità e costi alle funzioni richieste.

M_3_3.4 Sistema di misura affidabile e documentazione riportante le linee guida di progettazione con stime e specifiche.

R_3_3.5 Ottenimento della stima della disponibilità dei sistemi.

P_3_3.5 Documento riportante le stime dei tempi medi al guasto e le valutazioni sulla disponibilità dei sistemi.

Il concetto di affidabilità ha un ruolo di primaria importanza nella progettazione e realizzazione di un prodotto elettrico ed elettronico, sia esso un semplice componente o un sistema complesso.

L'affidabilità è definita come “*l’attitudine dell’elemento a svolgere la funzione richiesta in condizioni date per un dato intervallo di tempo*” [CEI 56-50]. Quantitativamente l'affidabilità “*la probabilità dell’elemento a svolgere la funzione richiesta in condizioni date per un dato intervallo di tempo*”.

L’Affidabilità di un prodotto deve essere costruita sia durante la progettazione che lo sviluppo. Il *Design for Reliability* fornisce:

- Linee guida in progettazione
- Previsioni di affidabilità
- Miglioramento dell'affidabilità

Partendo dai *requirements* di progetto, un prodotto intrinsecamente affidabile è il risultato di una serie di attività tra loro correlate ed interagenti, normalmente sviluppate all’interno del processo di progettazione e del processo produttivo con il fine di garantire le performance e l'affidabilità desiderate. Per una corretta e moderna progettazione orientata alla competitività, è necessario porre l’attenzione sulle caratteristiche di prodotto al trascorrere del tempo di utilizzo.

In termini generali, possiamo pensare ad un prodotto come il risultato di una serie di attività tra loro correlate ed interagenti, normalmente sviluppate all’interno di un processo di progettazione e del processo produttivo, le quali, trasformando elementi singoli, tecnologie e risorse, consentono di ottenere, in uscita al processo, un sistema con il livello di qualità, affidabilità/disponibilità desiderato.

Una volta che, all’interno delle attività del wp2, è stata individuata la migliore configurazione possibile commisurando semplicità, rapidità di sviluppo e costi, è stata condotta una analisi affidabilistica sulla base delle informazioni fornite direttamente dai produttori o disponibili in datasheet e database. Lo scopo è stato quello di quantificare l'affidabilità dei sistemi in esame e suggerire, ove possibile, azioni correttive/ ridondanze in grado di migliorarla.

La valutazione affidabilistica dei sistemi di monitoraggio per le **stazioni a media e bassa tensione** viene di seguito proposta nei suoi aspetti più interessanti per le finalità del progetto SEMI. Per le due tipologie di sistemi sono stati costruiti i Reliability Block Diagram (RBD), si sono conseguentemente reperite tutte le informazioni necessarie ad una preliminare individuazione dei Mean Time To Failure, è stato calcolato tasso di guasto e l'affidabilità, sono stati individuati elementi critici e proposta una ottimizzazione mediante introduzione di ridondanze.

I componenti che in fase di progettazione sono stati selezionati per costituire la stazione che acquisisce i dati in **media tensione** sono di seguito riportati:

- 1) Altea CVS-24-I-WB
- 2) DC-DC CUI-INC PYB10-Q24-D5
- 3) cRIO-9065
- 4) NI PS-15
- 5) NI 9238
- 6) NI 9239

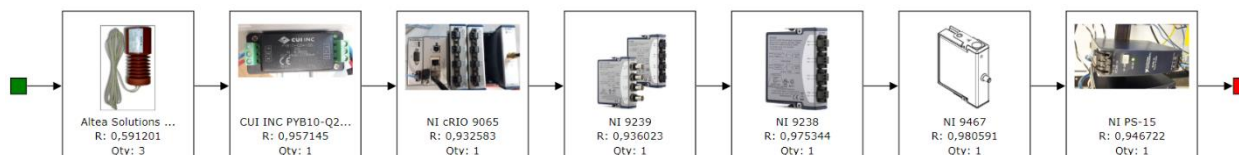


**SARDIGNA CHIRCAS
SARDEGNA RICERCHE**

7) NI 9467

L'attività del wp3 è partita dallo studio dei singoli elementi costituenti il sistema e dalla loro interconnessione funzionale in termini di RBD che è riportata nella figura seguente:

Il sistema è una connessione di sette elementi in serie quindi l'elemento meno affidabile determina l'affidabilità



dell'intero sistema. I blocchi sono stati caratterizzati in termini di tempo medio al guasto per poter ottenere una valutazione affidabilistica del sistema complessivo.

L'affidabilità, e quindi la disponibilità, di tale sistema dipende dalle prestazioni di affidabilità e di disponibilità degli elementi che lo costituiscono e da come questi sono tra loro interconnessi. Gli elementi più critici in questa configurazione sono risultati essere i sensori Altea. Le principali azioni correttive tese ad aumentare l'affidabilità del sistema complessivo devono quindi riguardare questi sensori. Nella tabella seguente vengono riportati i Mean Time to Failure (MTTF), i tassi di guasto (λ) e l'affidabilità dei singoli blocchi nell'ipotesi di cinque anni di funzionamento ottenuta imponendo una distribuzione esponenziale dei guasti. È stato calcolato il valore dell'affidabilità dell'intero sistema e il sensibile miglioramento che deriva dall'introduzione della ridondanza sui sensori Altea. L'affidabilità del sistema complessivo con l'introduzione di tale azione correttiva passa infatti da 45% al 75% sui 5 anni di funzionamento. È noto infatti che configurazione ridondante (o ridondanza attiva), assume un ruolo determinante ogniqualvolta occorra incrementare l'affidabilità dell'intero sistema.

Stazione a media tensione						
Produttore	Componente	Quantità	MTBF (h)	Metodologia	λ	R(t)
Altea Solutions	CVS-24-I-WB	3	250000		0,000004	0,839289146
CUI INC	PYB10-Q24-D5	1	1000000	MIL-HDBK-217F @ 25°C	0,000001	0,957145367
National Instruments	cRIO 9065	1	627534	Bellcore Issue 6 Method 1 Case 3	1,59354E-06	0,932583101
National Instruments	NI 9239	1	662484	Bellcore Issue 6, Method 1, Case 3	1,50947E-06	0,936023399
National Instruments	NI 9238	1	1754456	Bellcore Issue 6, Method 1, Case 3	5,69977E-07	0,975344045
National Instruments	NI 9467	1	2234702	Bellcore Issue 2, Method 1, Case 3	4,47487E-07	0,980590901
National Instruments	NI PS-15	1	800000	MIL-HDBK-217F @ 25°C	0,00000125	0,946721799
	Affidabilità componenti a valle dei sensori	Affidabilità attuale	Sensori Altea in Serie	Sensori Altea in parallelo	Affidabilità migliorata	
	0,756519665	0,447254833	0,591200538	0,999982771	0,756506631	

Analoga valutazione affidabilistica è stata condotta sul sistema della stazione a **bassa tensione** a valle della fase di progettazione condotta nel wp2.

Anche in questo caso è stata condotta una analisi sulla base delle informazioni ottenute direttamente dai produttori, disponibili in datasheet, database o, in assenza della disponibilità di queste informazioni, per similitudine con analoghi prodotti commerciali. Gli elementi che sono stati selezionati in fase di progettazione per questo sistema di misura vengono di seguito elencati.

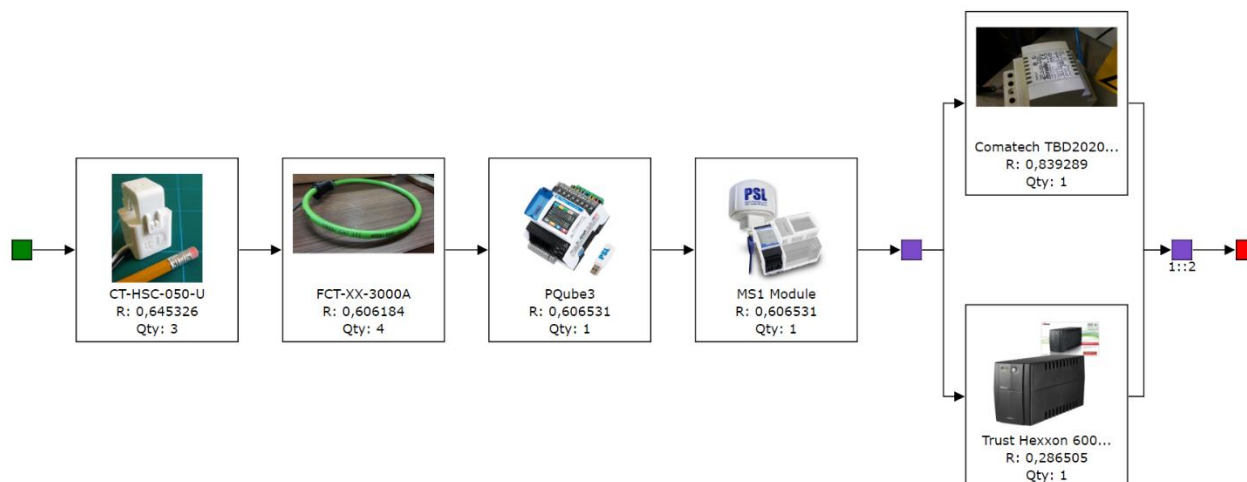
- 1) DI CT-HSC-050-U
- 2) FCT-XX-3000A



**SARDIGNA CHIRCAS
SARDEGNA RICERCHE**

- 3) PQube® 3
- 4) Comatech TBD20204P3
- 5) Mod. MS1
- 6) Trust Hexxon 600 VA UPS

In maniera analoga è stato costruito il RBD dell'intero sistema che viene riportato nella figura successiva.



Il sistema è una connessione serie- parallelo. Presenta 4 elementi in serie e una ridondanza sull'alimentazione. Anche in questo caso, una volta appurato il buon valore di affidabilità del gruppo parallelo, l'elemento serie meno affidabile determina l'affidabilità dell'intero sistema. Nella tabella vengono riportati i MTTF, i tassi di guasto e l'affidabilità dei singoli blocchi su cinque anni di funzionamento ottenuta imponendo una distribuzione esponenziale. Gli elementi più critici in questa configurazione sono risultati essere i sensori. L'affidabilità totale può essere migliorata ponendo in parallelo i sensori e avendo due sensori in parallelo per ogni fase. È stato calcolato il valore dell'affidabilità dell'intero sistema e il miglioramento del 19% che deriva dall'introduzione della ridondanza sui sensori. L'affidabilità del sistema complessivo potrebbe essere ulteriormente migliorata agendo sui blocchi di elaborazione.

È doveroso evidenziare che la valutazione condotta risente anche dell'impossibilità di ottenere alcuni dei dati affidabilistici necessari. In sostituzione di questi, si è dovuto far ricorso, per alcuni elementi del sistema, al valore di MTTF di configurazioni commerciali simili. Questa approssimazione introduce una maggiore incertezza sull'attendibilità del risultato finale.



**SARDIGNA CHIRCAS
SARDEGNA RICERCHE**

Stazione a bassa tensione						
Produttore	Componente	Quantità	MTBF (h)	Metodologia	λ	R(t)
Dent Instruments	CT-HSC-050-U	3	300000		3,33333E-06	0,864157703
Power Standards Lab	Flex FCT24-3000A	4	350000		2,85714E-06	0,882370841
Power Standards Lab	PQube3	1	87600	Calcolo sul componente più debole	1,14155E-05	0,60653066
Power Standards Lab	MS1	1	87600		1,14155E-05	0,60653066
Comatech	TBD202024P3	1	250000	Calcolo basato sulla stima della vita dei condensatori elettrolitici	0,000004	0,839289146
Trust	Hexxon 600 VA	1	35040		2,85388E-05	0,286504797
Affidabilità blocchi a monte dell'alimentatore	Affidabilità alimentatore e UPS	Affidabilità blocchi	Affidabilità totale			
0,143909388	0,885333577	0,367879441	0,127407813			
Affidabilità sensori in parallelo	Affidabilità totale con sensori in parallelo	Miglioramento [%]				
0,99999368	0,325693963	0,19828615				

L'introduzione di ridondanze (calde, tiepide o in stand-by) su elementi critici ha lo scopo di aumentare la affidabilità e la disponibilità di un sistema. Tale tipologia di azione correttiva non è però esente da costi. Dovrà quindi sempre essere considerata a valle di una attenta valutazione costi-benefici.

In merito all'introduzione di possibili ridondanze nei sistemi in esame, viene proposto in sintesi e a titolo esemplificativo anche l'attività condotta sul caso studio Ulivi e Palme S.r.l.

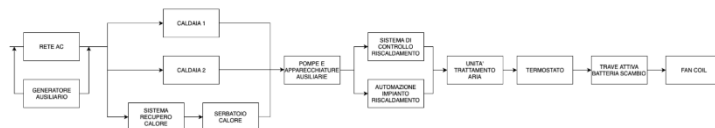
Il sistema di riscaldamento illustrato nei suoi blocchi funzionali è proposto nella figura successiva:



È possibile calcolarne l'affidabilità che sarà data dalla formula

$$R_{\text{riscaldamento}} = R_{ac} R_{caldaie} R_{aux} R_{control} R_{other}$$

Lo studio condotto per valutare l'introduzione di possibili ridondanze ha considerato le modifiche proposte in figura:



Si è considerata l'introduzione di un generatore ausiliari e di un blocco per il recupero di calore inserito in parallelo alle due caldaie. La corrispondente espressione della affidabilità risulta così modificata:

$$R_{\text{riscaldamento ridondante}} = R_{standby} (1 - (1 - R_{caldaie}) (1 - R_{recupero calore} R_{serbatoio})) R_{aux} R_{control} R_{other}$$



**SARDIGNA CHIRCAS
SARDEGNA RICERCHE**

È sufficiente riportare le relazioni precedenti per arrivare a dimostrare che il rapporto tra l'affidabilità del sistema di riscaldamento ridondato e l'affidabilità del sistema di riscaldamento è certamente maggiore di 1 ma dipendente dai valori delle singole affidabilità contenute nelle singole relazioni che, per i fini di questa analisi, non sono disponibili. La ridondanza quindi, aumenta l'affidabilità, di quanto questa venga aumentata dipende dal valore dei singoli fattori non noti. Sono state condotte valutazioni analoghe sul sistema di raffrescamento ottenendo l'espressione analitica del rapporto tra l'affidabilità del sistema di raffrescamento ridondato e quello del sistema di raffrescamento attuale. Tale rapporto è, ancora una volta, maggiore di 1 ma dipendente dai valori delle singole affidabilità contenute nelle singole relazioni che, per i fini di questa analisi, non sono disponibili.

Il sistema di riscaldamento e di raffrescamento attuali non necessitano in maniera prioritaria dell'introduzione di queste ridondanze visto anche la opportuna strategia di manutenzione adottata dalla struttura. In un'ottica di miglioramento continuo potrebbero però venir considerate le modifiche proposte.

L'introduzione della ridondanza è chiaramente significativa su elementi critici perché in grado di determinare un aumento della affidabilità e disponibilità complessiva del sistema riducendo il fermo/disservizio per manutenzione. L'introduzione di una ridondanza ha però un costo, andrebbe quindi considerata solo a seguito di una mirata valutazione costi- benefici e in comparazione con la diretta sostituzione di elementi obsoleti/degradati.

Il responsabile WP

Giovanna Mura
Giovanna Mura