

Indice

1	SOMMARIO ESECUTIVO	3
2	DEFINIZIONI	3
3	PROCEDIMENTO DI CALCOLO	4
4	RISULTATI OTTENUTI.....	8
5	RIFERIMENTI	9

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	21/11/2007	A7031146	Prima Emissione

1 SOMMARIO ESECUTIVO

E' stata valutata la conformità dell'apparecchiatura RTU – UPDC della Società Energy Team S.p.A. al documento TERNA: “[C01] UNITA' PERIFERICA DISTACCO CARICHI - GUIDA ALLA REALIZZAZIONE”, Versione 02 del 10/09/2003 limitatamente ai seguenti parametri (si veda la Tabella PERFORMANCES) al paragrafo 13 del suddetto documento) [5-1]:

La metodologia seguita è stata quella consigliata dalla norma CEI 57-8 (collegata alla norma IEC 870-4), Prima Edizione, data di pubblicazione 1998-02 al paragrafo 3.1.1 e basata sull'elaborazione statistica dei valori di funzionamento ed avaria ricavati dall'esercizio., escludendo il periodo iniziale di morte infantile [5-2].

I risultati ottenuti, riportati nella seguente tabella, confermano che l'apparecchiatura è rispondente alle prescrizioni TERNA, anche utilizzando come valore atteso dei vari parametri affidabilistici il limite superiore dell'intervallo di confidenza del 90%.

PERFORMANCE (IEC 870 - 4 – CEI 57-8) – UPDC Energy Team S.p.A.				
		Limite Inferiore del Livello di Confidenza 90%	Valore Medio	Limite Superiore del Livello di Confidenza 90%
Reliability	MTBF \geq 8760 h	67995,7 h	55024,6 h	44967,9 h
Availability	A = 99,95 %	99,9914%	99,9870%	99,9803%
Maintainability	MTTR \leq 12 h	5,86 h	7,17 h	8,86 h
Mean Repair Time	MRT \leq 1 h	0,28 h	0,35 h	0,43 h

2 DEFINIZIONI

Si riportano di seguito le definizioni dei parametri affidabilistici oggetto dello studio come ricavate dalla norma CEI 56-50 [5-3]:

Affidabilità (Reliability) - 191-02-06:

L'attitudine di una entità a svolgere una funzione richiesta in condizioni date per un dato intervallo di tempo.

Manutenibilità (Maintainability) - 191-02-07

L'attitudine di un'entità in assegnate condizioni di utilizzazione a essere mantenuta o riportata in uno stato nel quale essa può svolgere la funzione richiesta, quando la manutenzione è eseguita nelle condizioni date, con procedure e mezzi prescritti.

Tempo operativo medio tra guasti – MTBF (Mean operating Time Between Failures) - 191-12-09

Il valore atteso del tempo operativo fra guasti¹.

Tempo medio di riparazione; MRT (mean repair time) - 191-13-05

Il valore atteso di quella parte del tempo attivo di manutenzione correttiva, durante il quale vengono eseguite azioni di riparazione su un'entità

Tempo medio al ripristino; MTTR (Mean Time To Restoration) - 191-13-08

Il valore atteso del tempo durante il quale l'apparecchiatura è in uno stato di indisponibilità a causa di un guasto

Tempo medio al guasto; MTTF (mean time to failure) - 191-12-07

Il valore atteso della durata di tempo complessiva del tempo di funzionamento di un'entità, dal momento in cui essa viene dapprima messa in uno stato di disponibilità fino al guasto, oppure dal momento in cui avviene il ripristino fino all'apparizione del guasto successivo.

Disponibilità (Availability) - 191-02-05

Attitudine di un'entità a essere in grado di svolgere una funzione richiesta in determinate condizioni a un dato istante, o durante un dato intervallo di tempo, supponendo che siano assicurati i mezzi esterni eventualmente necessari.

La norma CEI 57-8 dà la seguente definizione di disponibilità:

$$A = \frac{\text{tempo di funzionamento}}{(\text{tempo di funzionamento} + \text{tempo di fuori servizio})} \quad (1)$$

Per applicazioni in cui i fuori servizio per manutenzione degradano il funzionamento del sistema, il tempo di fuori servizio nell'equazione (1) deve essere la somma dei tempi della manutenzione correttiva e di quella preventiva.

Per il calcolo della disponibilità degli assiemi e delle unità del sistema si deve impiegare l'equazione (1), utilizzando i valori di MTBF e MTTR:

$$A_p = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

3 PROCEDIMENTO DI CALCOLO

Si sono esaminati tutti i rapporti d'intervento su unità UPDC (Unità Periferica di Stacco Carichi Interrompibili) al presente installati dalla Energy Team S.p.A. e disponibili dalla data dell'11 Giugno 2004 al 31 Ottobre 2007. A questa data risultano installate 196 RTU e 529 ICC.

L'RTU (Unità remota telecontrollo) ha il compito di gestire il protocollo IEC 60870-5-104 verso il gestore, implementa un web server per la configurazione e un server ftp per lo scarico dei files con i

¹ MTBF misura l'intervallo di tempo medio tra due interruzioni successive della "pura" attitudine di un'apparecchiatura a svolgere il proprio servizio nel periodo in cui esso è richiesto.

parametri di configurazione. Gestisce sia le trame TCP che quelle UDP multicast verso routers e il protocollo IGMP. Mantiene il firmware su due flash separate consentendo l'aggiornamento firmware senza interrompere il normale funzionamento dell'apparato.

L'ICC (Unità di controllo carichi) comprende tutto l'IO digitale ed analogico necessario alla gestione completa di un carico interrompibile sia in 'istantaneo' che con 'preavviso'. L'unità è controllata da microprocessore ed è dotata di propria diagnostica con uscita a relè, collegabile in cascata alle altre unità per un maggior grado di diagnostica. ICC è dotata di segnalazioni visive di dettaglio mediante otto spie LED, in grado di emettere otto colori ciascuna, questo consente di avere sempre sotto controllo immediato sullo stato della macchina senza la necessità di consultare un display alfanumerico e di avere le informazioni divise su più pagine.

Ciascun ICC è in grado di monitorare l'attività della RTU e di segnalare autonomamente i malfunzionamenti riscontrati mediante segnalazione visiva e relais di allarme. Ciascun ICC dispone di un ingresso e di una uscita di TEST in modo da consentire il test della singola unità, può essere cablato in wired and su un unico relais di potenza o gestito singolarmente.

Il canale analogico è completamente flottante ed isolato fino a 3kVdc, il segnale 4-20mA viene acquisito con una risoluzione di 20 bit e scalato a 16, presenta di una reiezione del ripple a 50Hz e multipli non inferiore a 110dB. Ciascun ICC dispone di un proprio alimentatore e di un doppio isolamento fra ingressi/uscite e linea di comunicazione, fra un ingresso digitale o analogico o un'uscita e il processore principale intercorrono 3 barriere optoisolate per avere una bassa suscettibilità alle interferenze esterne.

Le unità installate presso gli utenti finali sono state considerate per il calcolo come singole apparecchiature, indipendentemente dal numero di schede RTU e/o ICC installate.

Gli interventi di manutenzione esaminati sono stati 68. Dai verbali di riconsegna dell'apparecchiatura all'utente finale dopo la manutenzione, firmati sia dal tecnico Energy Team S.p.A. sia da un responsabile dell'Utente finale, sono stati desunti i tempi di fuori servizio, calcolati come somma dei tempi di preparazione, di viaggio di sola andata², di manutenzione correttiva e di test e calibrazione finale (la cui somma è chiamata genericamente "lavoro" nel verbale) dell'apparecchiatura.

Sono stati esclusi i tempi di:

- ricerca guasto da parte di TERNA e/o dell'Utente finale,
- chiamata dall'assistenza Energy Team S.p.A. da parte dell'Utente finale e
- perfezionamento dell'ordine di manutenzione,

perché dipendenti dall'organizzazione dell'Utente finale ed indipendenti dall'organizzazione dell'assistenza tecnica di Energy Team S.p.A..

I modi di guasto principali considerati sono stati i seguenti:

1. Avaria con sostituzione/riparazione di uno o più RTU e/o una o più ICC;
2. avaria con sostituzione/riparazione di uno o più ICC;
3. avaria con sostituzione/riparazione di uno o più dei trasformatori;
4. avaria con sostituzione/riparazione di uno o più degli alimentatori;
5. avaria con sostituzione/riparazione della piastra di collegamento.

La Tab. seguente riporta il dettaglio dei singoli modi di guasto principali.

² Si è diviso per due il tempo di viaggio a/r riportato sui verbali di riconsegna dell'apparecchiatura all'utente finale da parte del tecnico Energy Team S.p.A..

Modo di Guasto Principale	Numero d'Interventi di Manutenzione effettuati dal 11/06/2004 al 31/10/2007
Avaria con sostituzione/riparazione di uno o più RTU e/o una o più ICC	41
Avaria con sostituzione/riparazione di uno o più ICC	21
Avaria con sostituzione/riparazione di uno o più dei trasformatori	2
Avaria con sostituzione/riparazione di uno o più degli alimentatori	3
Avaria con sostituzione/riparazione della piastra di collegamento	1
Totale di tutti i modi di guasto (Numero totale interventi)	68

I tempi di funzionamento delle singole apparecchiature sono stati calcolati utilizzando come data di fine funzionamento il 31 Ottobre 2007 e con data virtuale di inizio funzionamento:

- la data di installazione se posteriore al 11 Giugno 2004 (data del primo intervento di manutenzione documentato) o
- l' 11 Giugno 2004 se la data d'installazione era anteriore a questa data.

Le date di installazione sono state ricavate dalla documentazione di installazione fornita da Energy Team S.p.A. (si veda il Riferimento [5-5]).

Il valore medio (atteso) del tempo operativo fra guasti MTBF della classe di apparecchiature considerata (livello di confidenza 50%) è stato calcolato come:

$$MTBF = \frac{\sum_{n=1}^M (T_F^n)}{N_i}$$

dove:

$MTBF$	Valore atteso del tempo operativo fra guasti
T_F^n	Tempo di funzionamento dell'ennesima apparecchiatura in ore
N_i	Numero totale di Interventi di Manutenzione
M	Numero totale di Apparecchiature

Si ricorda che:

1. Vale la relazione $MTBF = MTTR + MTTF$;
2. Nel caso come il presente in cui si suppone che la distribuzione dei guasti sia di tipo esponenziale, ossia sia caratterizzata da tasso di guasto costante nel tempo, l'inverso del MTTF è il valore medio atteso del tasso di guasto della classe di apparecchiature, espresso in ore⁻¹.

Il tempo totale di funzionamento, calcolato come somma dei tempi di funzionamento delle singole apparecchiature è risultato di 3.741.672,0 ore.

Il valore medio (atteso) del MTTR è stato calcolato come:

$$MTTR = \frac{\sum_{n=1}^{NI} T_{FS}^n}{NI}$$

dove:

$MTTR$	Valore atteso del tempo al ripristino
T_{FS}^n	Tempo totale di fuori servizio dell'ennesima apparecchiatura in ore
Ni	Numero Totale di Interventi di Manutenzione sulle M apparecchiature

Il tempo totale di fuori servizio, calcolato come la somma dei tempi di fuori servizio di tutti gli interventi di manutenzione effettuati del periodo considerato, $\sum_{n=1}^{NI} T_{FS}^n$, è risultato di 7,5 ore.

Sono stati poi calcolati gli intervalli di confidenza del 90% di $MTBF$, $MTTR$ e A_p come [5-6]:

- Intervallo Inferiore:

$$MBTF_L = \frac{2 * \sum_{n=1}^M (T_F^n)}{\chi_{\frac{\alpha}{2}, 2N}^2}$$

$$MTTR_L = \frac{2 * \sum_{n=1}^M (T_{FS}^n)}{\chi_{\frac{\alpha}{2}, 2N}^2}$$

- Intervallo Superiore:

$$MTBF_U = \frac{2 * \sum_{n=1}^M (T_F^n)}{\chi_{1-\frac{\alpha}{2}, 2(N+1)}^2}$$

$$MTTR_U = \frac{2 * \sum_{n=1}^M (T_{FS}^n)}{\chi_{1-\frac{\alpha}{2}, 2(N+1)}^2}$$

dove:

U	Valore superiore dell'intervallo di confidenza
L	Valore inferiore dell'intervallo di confidenza e
α	1-Livello di confidenza (0.1 per un livello di confidenza del 90%)
$\chi_{\frac{\alpha}{2}, 2N}^2$	Funzione Chi-Quadro con $2 \cdot N$ gradi di liberta
$\chi_{1-\frac{\alpha}{2}, 2(N+1)}^2$	Funzione Chi-Quadro con $2 \cdot (N+1)$ gradi di liberta

L'intervallo di confidenza della disponibilità è stato calcolato utilizzando i corrispondenti valori di $MTBF$ e $MTTR$.

Il tempo attivo di riparazione correttiva non era invece direttamente disponibile sui rapporti d'intervento, sui cui è solo disponibile la voce "lavoro", che comprende anche tutte la fasi di calibrazione, test,

coordinamento con TERNA per la prova dell'apparecchiatura riparata, ecc. Si è quindi calcolato, per ogni intervento di manutenzione esaminato, il numero di "azioni elementari di manutenzione" riportati, corrispondenti, ad esempio, al numero di schede o componenti controllate/i, riparate/i o sostituite/i. Ad ogni azione elementare di manutenzione si è attribuito un tempo di riparazione correttiva di 10 minuti, indipendente dal tipo d'intervento correttivo, come da comunicazione di Energy Team S.p.A. [5-7].

L'MRT è stato poi calcolato come segue:

$$MRT = \frac{\sum_{n=1}^{NI} RT_n}{NI}$$

dove:

- | | |
|------------------------|---|
| MRT | Tempio Medio di Riparazione Correttiva in ore |
| $\sum_{n=1}^{NI} RT_n$ | Somma dei tempi di riparazione correttiva per ciascun intervento in ore |
| NI | Numero totale degli Interventi |

Analogamente a MTBF e MTTR, anche per MRT si sono calcolati i valori superiore MRT_U ed inferiore MRT_L , sempre corrispondenti ad un livello di confidenza del 90%.

4 RISULTATI OTTENUTI

La Tab. 4.1 riporta i risultati ottenuti dal calcolo confrontati con gli omologhi di riferimenti tratti dal Riferimento [5-1].

Tab. 4.1 - Risultati del Calcolo dei Parametri Affidabilistici di Riferimento.

PERFORMANCE (IEC 870 - 4 – CEI 57-8) – UPDC Energy Team S.p.A.				
		Limite Inferiore del Livello di Confidenza 90%	Valore Medio (Atteso)	Limite Superiore del Livello di Confidenza 90%
Reliability	MTBF ≥ 8760 h	67995,7 h	55024,6 h	44967,9 h
Availability	A = 99,95 %	99,9914%	99,9870%	99,9803%
Maintainability	MTTR ≤ 12 h	5,86 h	7,17 h	8,86 h
Mean Repair Time	MRT ≤ 1 h	0,28 h	0,35 h	0,43 h

Si noti come le prescrizioni TERNA sono soddisfatte anche considerando come valore atteso il limite superiore del livello di confidenza di 90%.

5 RIFERIMENTI

- [5-1] **TERNA: “[C01] UNITA’ PERIFERICA DISTACCO CARICHI - GUIDA ALLA REALIZZAZIONE”, Versione 02 del 10/09/2003.**
- [5-2] **Norma Italiana CEI 57-8: “Sistemi ed apparecchiature di telecontrollo - Parte 4: Prescrizioni di funzionamento”, Prima Edizione, Data di Pubblicazione 1998-02.**
- [5-3] **Norma Italiana CEI 56-50: “Terminologia sulla fidatezza e sulla qualità del servizio”, Prima Edizione, Data di Pubblicazione 1997-05.**
- [5-4] **Interventi Manutentivi su UPDC-RTU, Energy Team S.p.A. 2004 ÷ 2007, Protocollo CESI A7031156.**
- [5-5] **Moduli di Installazione UPDC LITE, Team S.p.A. 2003 ÷ 2007, Protocollo CESI A7031157.**
- [5-6] **Iain Buchan: “Calculating Poisson confidence Intervals in Excel”, Public Health Informatics at the University of Manchester, 27th January 2004.**
- [5-7] **Daniele Bertani: “Dichiarazione dei Tempi di Riparazione Attiva dell’apparato UPDC-RTU”, 12/11/2007, Energy Team S.p.A. Protocollo CESI A7031146.**