

# MISURE E FIDATEZZA

M. Catelani<sup>1</sup>, L. Cristaldi<sup>2</sup>, M. Lazzaroni<sup>3</sup>

## Tecniche di analisi della fidezza

<sup>1</sup> Università degli Studi di Firenze  
marcantonio.catelani@unifi.it

<sup>2</sup> Politecnico di Milano  
loredana.cristaldi@polimi.it

<sup>3</sup> Università degli Studi di Milano  
e INFN - Sezione di Milano  
massimo.lazzaroni@unimi.it

Dopo aver illustrato nelle precedenti memorie le basi dell'analisi dell'affidabilità [1-8] e gli elementi teorici dell'albero delle avarie (**FTA = Fault Tree Analysis**) può essere interessante illustrare qualche semplice esempio d'applicazione di questa tecnica d'analisi [9]. Gli esempi nel seguito presentati sono assai semplici, ma ben si prestano a delineare le modalità di costruzione e d'analisi dell'albero delle avarie.

Per condurre un'analisi sia qualitativa sia quantitativa di FTA, è necessario associare a ogni evento la relativa probabilità d'accadimento. Questo dato, ovviamente, dev'essere disponibile o dev'essere possibile risalire al suo valore attraverso informazioni sul tasso di guasto, oltre che su MTTF, MTBF, ecc.

La probabilità con cui una causa di guasto si manifesta è valutata solitamente mediante un'approfondita analisi ingegneristica del sistema allo studio. Una tale analisi si rivela anche assai utile per determinare l'indisponibilità del sistema. Per tale motivo i valori di probabilità prima accennati sono spesso calcolati e/o già stimati anche per altri motivi.

non rigorosa ma efficace, nel modo seguente:

### ESEMPIO 1

Si studi, per esempio, il sistema illustrato in Fig. 1.

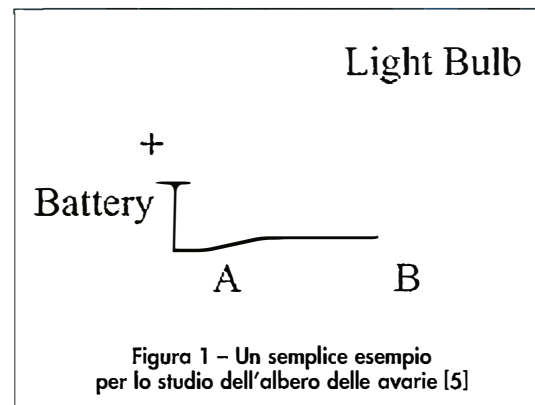


Figura 1 – Un semplice esempio per lo studio dell'albero delle avarie [5]

Il **Top Event**, come si può semplicemente intuire, è rappresentato dall'evento sfavorevole: "la luce non s'accende" (considerando ovviamente come evento desiderato il fatto che la luce si possa accendere). L'albero che ne discende è illustrato in Fig. 2.

Ovviamente la costruzione e l'analisi dell'albero può rivelarsi assai complicata. Nel caso in esame, per esempio, non si tiene in nessun conto il fat-

to che alcuni eventi potrebbero avere occorrenze multiple e/o che alcuni guasti potrebbero avvenire contemporaneamente in punti differenti dell'albero.

Nel caso in cui ogni evento base raffigurato nell'albero di Fig. 2 si manifesti con le probabilità indicate nella Tab. 1 è possibile calcolare la probabilità con cui si manifesta il **Top Event**.

Tale probabilità può essere calcolata tenendo presente che l'albero illustrato in Fig. 2 mostra che il **Top Event** si verifica quand'anche una sola delle cause si dovesse manifestare. Ciò può essere riassunto, anche se in maniera

La lampadina non s'accende se il deviatore A non funziona o se il deviatore B non funziona o se la batteria è scarica (guasta) o, ancora, se i cavi sono interrotti (circuito interrotto).

Ne discende che il **Top Event** è la funzione logica OR degli eventi base: in pratica è sufficiente che anche uno solo degli eventi che stanno alla base dell'albero si manifesti affinché il **Top Event** si verifichi.

Da ciò è immediato comprendere che la probabilità **P** che si manifesti il **Top Event** è esattamente la somma delle probabilità che si manifestino

i singoli eventi base. Risulta pertanto:

$$P = P_A + P_B + P_C + P_D + P_E = 1,0 \times 10^{-6} + 1,0 \times 10^{-7} + 1,0 \times 10^{-7} + 1,0 \times 10^{-6} + 1,0 \times 10^{-9} = 2,201 \times 10^{-6}$$

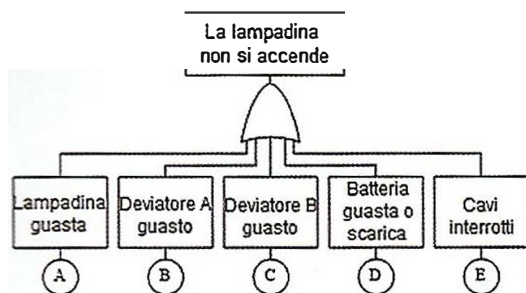


Figura 2 – Albero delle avarie per il caso in esame [5]

Tabella 1 – Probabilità degli eventi base [5]

| Evento | Descrizione        | Probabilità, P [ $\times 10^{-6}$ ] |
|--------|--------------------|-------------------------------------|
| A      | Lampadina guasta   | 1,0                                 |
| B      | Guasto Deviatore A | 0,1                                 |
| C      | Guasto Deviatore B | 0,1                                 |
| D      | Batteria guasta    | 1,0                                 |
| E      | Cavi interrotti    | 0,001                               |

Ciò detto risulta chiaro che per condurre con un minimo di perizia un'analisi delle avarie è necessario avere conoscenze nel campo del calcolo delle probabilità e della logica booleana.

## ESEMPIO 2

Un ulteriore esempio, per altro solo accennato, è riportato in Fig. 3. In questo caso il **Top Event** si concretizza con una situazione di "avaria del sistema d'azionamento". Ipotizzando per semplicità che tale sistema sia influenzato dagli eventi "alimentazione" e "operatore", una semplice rappresentazione FTA è riportata in figura come combinazione degli operatori OR e AND. Analogamente a quanto fatto nell'esempio 1, si otterrà:

Relazione booleana:  $E_1 \cdot E_2 + E_3$

$$TE = (E_1 \cap E_2) \cup E_3$$

## CONCLUSIONI

Lo scopo di questa breve memoria è quello di presentare alcuni semplici esempi d'applicazione della tecnica FTA la cui trattazione di base è stata affrontata in [9]. Preme sottolineare che la valutazione della probabilità d'accadimento del **Top Event** dipende comunque dalla conoscenza della probabilità d'accadimento dei singoli eventi. Come per altre tecniche d'analisi della disponibilità trattate in altri lavori citati in bibliografia, occorre anche per FTA venire a conoscenza dei valori di tasso di guasto, tempo al guasto, MTTF e MTBF.

## BIBLIOGRAFIA

1. M. Catelani, L. Cristaldi, M. Lazzaroni, "Tecniche di Analisi della affidabilità: FMEA – Analisi dei modi ed effetto dei guasti", Tutto\_Misure n. 4 Anno 15, Dicembre 2013, pp. 281-286, ISSN 2038-6974.
2. M. Catelani, L. Cristaldi, M. Laz-

- zaroni, "Tecniche di Analisi della affidabilità: FMEA – Casi di studio", Tutto\_Misure n. 1 Anno 16, Marzo 2014, pp. 67-70, ISSN 2038-6974.
3. M. Catelani, L. Cristaldi, M. Lazzaroni, "Tecniche di Analisi della affidabilità: FMEA – FMECA – Failure Mode, Effects and Criticality Analysis – Parte 1". Tutto\_Misure n. 2 Anno 16, Giugno 2014, ISSN: 2038-6974, pp. 137-140.
4. M. Catelani, L. Cristaldi, M. Lazzaroni, TECNICHE DI ANALISI DELLA FIDATEZZA: FMEA – FMECA – Failure Mode, Effects and Criticality Analysis – Parte 2. Tutto\_Misure n. 3 Anno 16 Ottobre 2014, ISSN: 2038-6974 pp. 205-207.
5. M. Lazzaroni, L. Cristaldi, L. Peretto, P. Rinaldi and M. Catelani, Reliability Engineering: Basic Concepts and Applications in ICT, Springer ISBN 978-3-642-20982-6, e-ISBN 978-3-642-20983-3, DOI 10.1007/978-3-642-20983-3, 2011 Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
6. M. Catelani, L. Cristaldi, M. Lazzaroni, L. Peretto, P. Rinaldi, "L'affidabilità nella moderna progettazione un elemento competitivo che collega sicurezza e certificazione", Collana quaderni del GMEE, Vol. 1 Editore. A&T, Torino, 2008, ISBN 88-90314907, ISBN-13: 9788890314902.
7. A. Birolini: Reliability Engineering – Theory and Practice. Springer, Heidelberg, 6 Ed. 2010, ISBN: 978-3-642-14951-1.
8. M. Catelani, L. Cristaldi M. Lazzaroni, L'approccio previsionale all'affidabilità: Modelli e banche dati. In: Tutto\_Misure n. 4 Anno 14, Dicembre 2012, ISSN 2038-6974.
9. M. Catelani, L. Cristaldi M. Lazzaroni, Tecniche d'analisi della affidabilità: FTA – L'albero delle Avarie – Parte I. In: Tutto\_Misure n. 4 Anno 16, Dicembre 2014, pp. 297-300, ISSN 2038.

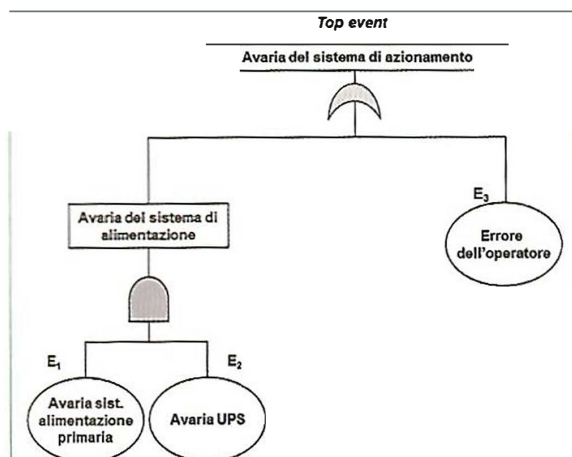


Figura 3 – Figura per l'esempio 2