

Confronto tra la disponibilità di diverse configurazioni di ridondanza con alimentazione in rack

White Paper 48

Revisione 1

by Victor Avelar

> Sintesi

I transfer switch e la distribuzione dell'alimentazione su doppi percorsi ai dispositivi IT vengono utilizzati per incrementare la disponibilità dei sistemi informatici. Le tecniche di analisi statistica della disponibilità prevedono grandi differenze tra i diversi metodi di comune applicazione. Il presente white paper esplora varie architetture elettriche della ridondanza utilizzate oggi negli ambienti critici, con l'esecuzione delle analisi di disponibilità dei diversi scenari e la presentazione dei risultati. L'analisi identifica l'approccio che garantisce le migliori prestazioni generali, confrontandolo in termini di prestazione e valore con le alternative esistenti.

Contenuti

fare clic su una sezione per accedervi

Introduzione	2
Approcci alla distribuzione dell'alimentazione ai rack	2
Un approccio all'analisi della disponibilità	8
Risultati	10
Conclusioni	12
Risorse	13
Appendice	14

Introduzione

I dispositivi con sorgenti di alimentazione ridondanti sono anche noti come dispositivi con doppi cavi, dotati di sorgenti di alimentazione ridondanti, ciascuna con il proprio cavo. L'utilizzo di dispositivi con doppi cavi è una "best practice" che contribuisce a mantenere la disponibilità ottimale dell'alimentazione per i dispositivi IT e fornisce la ridondanza necessaria a prevenire il rischio di inattività dovuto a un singolo guasto all'interno del sistema di distribuzione dell'alimentazione. Questa ridondanza aggiunta facilita inoltre la manutenzione del sistema di alimentazione. Sfortunatamente, oggi la maggior parte degli ambienti critici non trae completamente vantaggio da questa best practice. Il presente white paper illustra vari scenari di architettura elettrica che possono essere realizzati nei moderni data center, con relativa esecuzione delle analisi di disponibilità e la presentazione dei risultati.

Approcci alla distribuzione dell'alimentazione ai rack

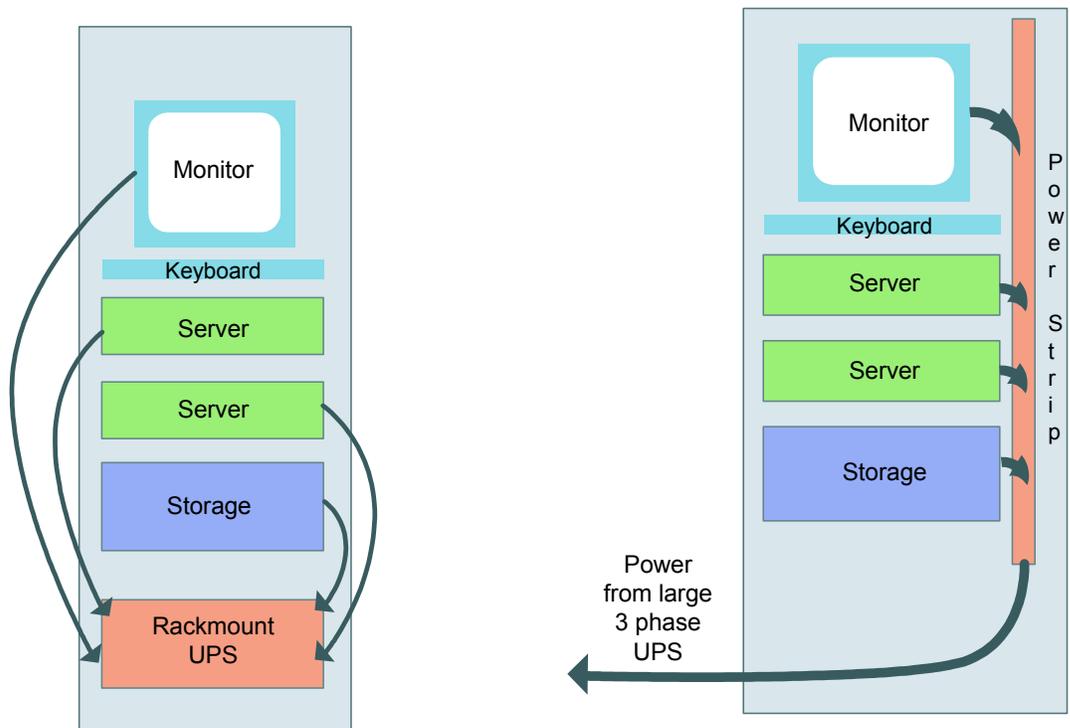
Le figure seguenti mostrano una panoramica dei diversi approcci utilizzabili per garantire una maggiore disponibilità alle apparecchiature montate su rack, ma possono anche essere applicati come dispositivi indipendenti. I differenti approcci sono propriamente selezionati con l'obiettivo di conseguire il livello di disponibilità desiderata, con il presupposto che quelli più onerosi assicurano una maggiore disponibilità. Le **figure 1** e **2** mostrano la tipica distribuzione dell'alimentazione all'interno di un rack in un moderno data center.

Figura 1 (left)

Tipica alimentazione montabile su rack

Figura 2 (right)

Tipica alimentazione centralizzata



La figura 1 mostra una tipica configurazione con distribuzione dell'alimentazione su rack, utilizzata nei data center di piccole e medie dimensioni e negli armadi cablaggi. Questa configurazione consente di utilizzare rack facilmente spostabili con batteria di backup interna all'UPS e protezione da sovracorrente. Nei data center dove si utilizzano decine o centinaia di rack, la configurazione più comune è quella illustrata nella figura 2 che prevede un grande UPS centralizzato. In nessuno dei casi è presente una ridondanza nella distribuzione dell'alimentazione al rack.

Risorse
APC White Paper 62

Come fornire alimentazione a dispositivi a cavo singolo in un ambiente a doppio percorso

Altre architetture elettriche utilizzano dei dispositivi per commutare da una sorgente di alimentazione primaria a una sorgente di alimentazione secondaria. Due di questi dispositivi sono lo Static Transfer Switch (STS) e l'Automatic Transfer Switch (ATS). Le dimensioni di entrambe queste unità variano da circa 1 kW a oltre 1 MW. Questi dispositivi sono discussi in dettaglio nel White Paper 62 di APC: *Come fornire alimentazione a dispositivi a cavo singolo in un ambiente a doppio percorso*. Di seguito è illustrato un esempio di entrambi i tipi di switch.



ATS 6kVA trifase montato su rack



STS 300kVA trifase

Le **figure 3** e **4** illustrano la modalità di distribuzione dell'alimentazione utilizzata talvolta in grandi impianti critici. In entrambi i casi sono presenti due percorsi ridondanti per l'STS. Tuttavia, le sorgenti di alimentazione dell'UPS possono o meno essere ridondanti, a seconda di fattori quali il costo e la disponibilità della stazione secondaria fornita dalla società di utilità. L'unica differenza tra le due configurazioni è la presenza, nella **figura 3**, di un unico trasformatore a monte dello switch statico, mentre nella **figura 4** sono presenti trasformatori ridondanti a valle dello switch statico. Tuttavia, in entrambi i casi, l'STS, il pannello secondario a valle e il cablaggio associato costituiscono singoli punti di guasto. Questi metodi assicurano un certo grado di ridondanza, ma gli altri componenti senza ridondanza comportano il rischio di guasto e una difficoltà potenziale di esecuzione della manutenzione.

Figura 3

Ridondanza al carico con l'STS

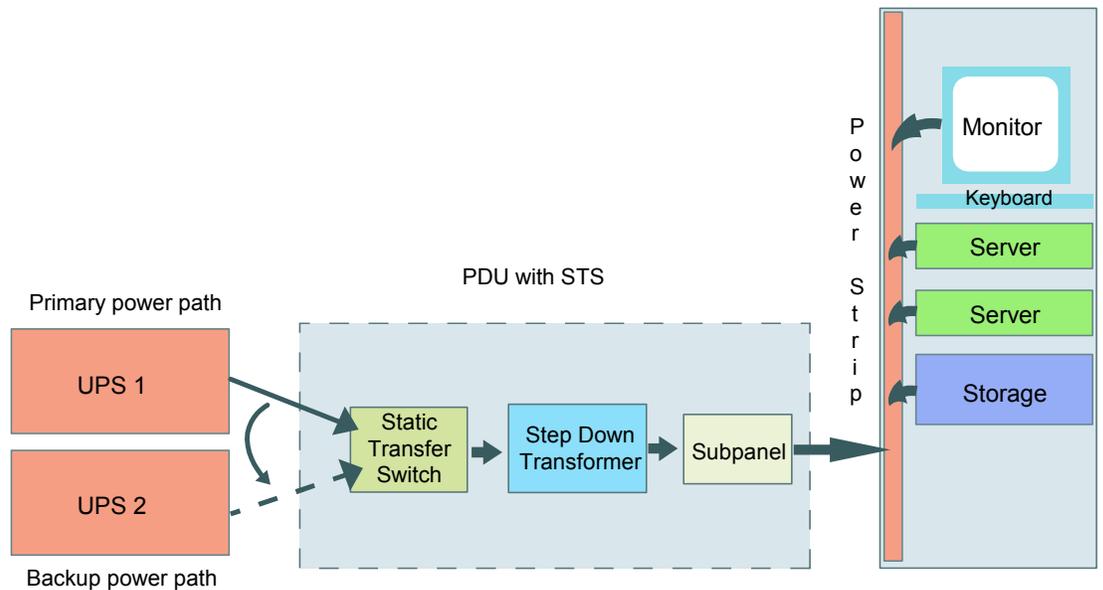
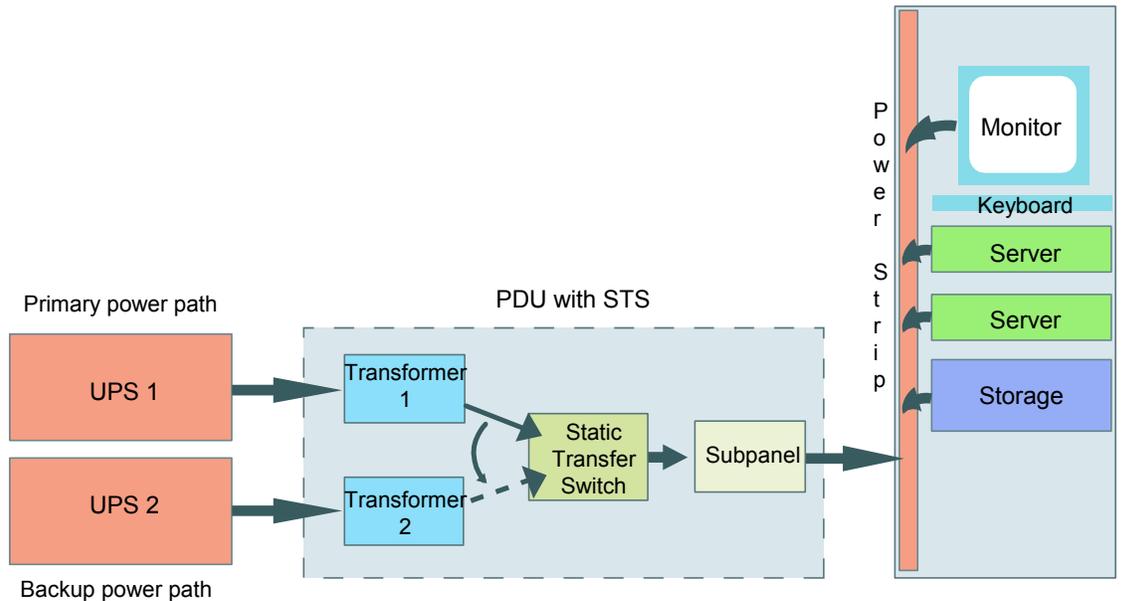


Figura 4

Ridondanza al carico con l'STS (trasformatori ridondanti)

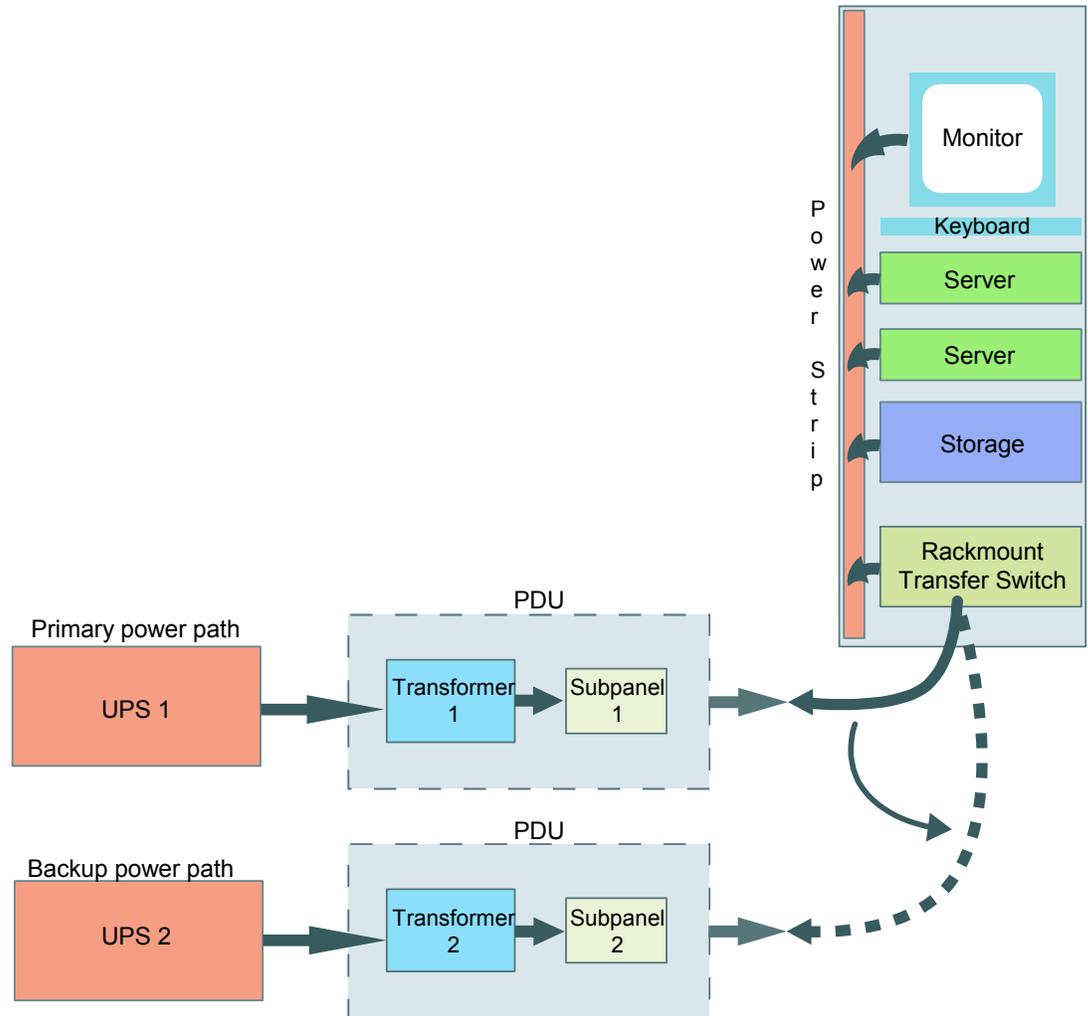


Le **figure 3 e 4** rappresentano un miglioramento rispetto alle configurazioni del data center mostrate nelle **figure 1 e 2**, ma non forniscono ancora una ridondanza completa al rack. Sebbene siano stati aggiunti un UPS ridondante e un trasformatore, lo switch statico, il pannello secondario e il cablaggio associato costituiscono singoli punti di guasto.

La **figura 5** cerca di risolvere questa limitazione (mostrata nelle **figure 3 e 4**) avvicinando la ridondanza al carico. Questa soluzione consente di rimuovere l'STS e aggiungere un pannello secondario supplementare avvicinando al carico gli effetti positivi della ridondanza mediante un Automatic Transfer Switch (ATS) per rack. In tal modo è possibile eseguire qualsiasi intervento di manutenzione a monte dell'ATS per rack senza ridurre il carico. Sebbene in questo scenario sia presente un numero inferiore di componenti non ridondanti rispetto alle **figure 3 e 4**, l'ATS per rack resta un singolo punto di guasto, analogamente alla sorgente di alimentazione del dispositivo stesso.

Figura 5

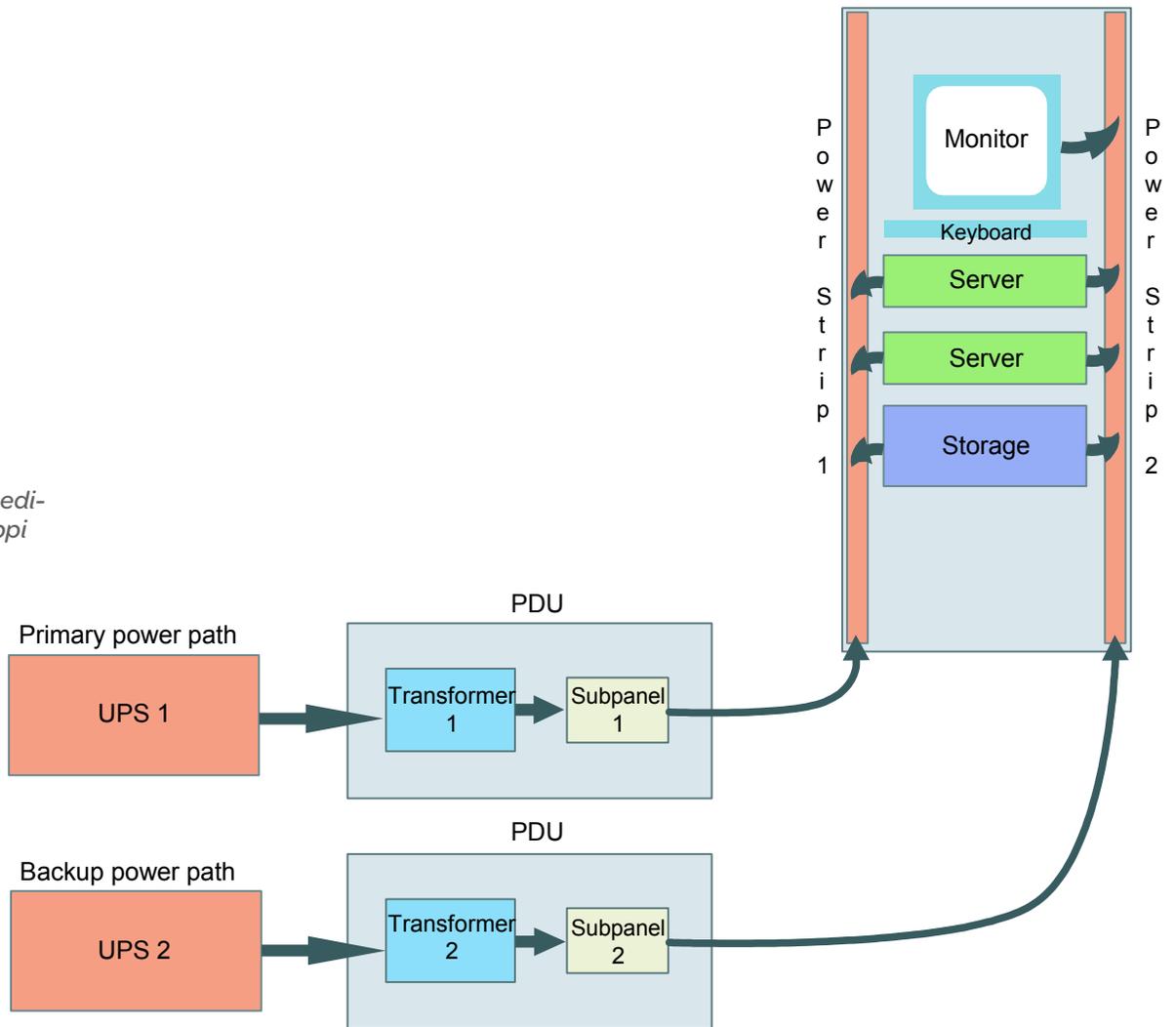
Ridondanza al carico con l'ATS per rack



La **figura 6** mostra come sia possibile ottenere la ridondanza completa per il carico usando dei dispositivi con doppi cavi e sorgenti di alimentazione ridondanti. Rispetto alla **figura 5** questo scenario presenta due differenze importanti: l'assenza dell'ATS per rack e l'utilizzo di dispositivi con doppi cavi. Ora la ridondanza completa attraversa direttamente il carico. Inoltre, per mantenere la ridondanza viene utilizzata una basetta aggiuntiva. Questa soluzione è caratterizzata da un'estrema disponibilità rispetto alle precedenti. Tuttavia, rappresenta anche quella più onerosa e può essere utilizzata solo con dispositivi con doppi cavi progettati espressamente per tale utilizzo.

Figura 6

Ridondanza al carico mediante dispositivi con doppi cavi

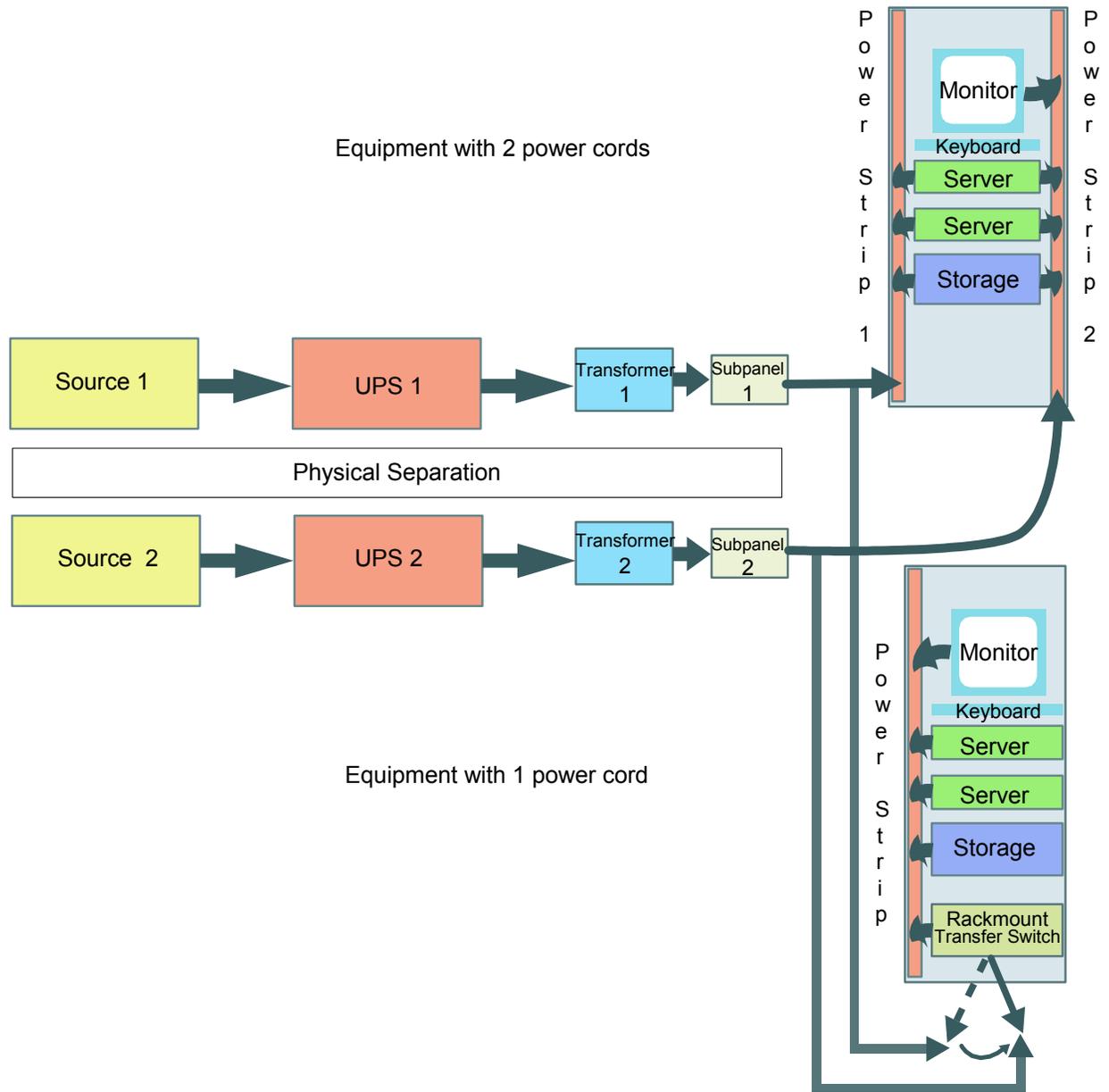


L'architettura illustrata nella **figura 7** combina le architetture delle **figure 5 e 6** e costituisce una soluzione alternativa adatta sia ai carichi a cavo singolo che con doppi cavi. Questa soluzione utilizza una combinazione ibrida di progetti esaminati in precedenza. L'alimentazione a ridondanza completa viene mantenuta per i dispositivi con doppi cavi. Per i dispositivi a cavo singolo, la ridondanza è mantenuta fino all'ATS per rack; tuttavia, lo switch e le sorgenti di alimentazione dei dispositivi rappresentano ora singoli punti di guasto.

Nella **figura 7** è illustrata inoltre la separazione fisica supplementare spesso definita con il termine "compartimentalizzazione", ovvero la separazione fisica di diversi sottosistemi all'interno del sistema di distribuzione dell'alimentazione e di backup. Se realizzata in modo appropriato, questa soluzione consente di evitare che un evento serio, come un cedimento meccanico in un percorso, influisca sul secondo percorso (guasto comune).

Figura 7

Architettura ridondante per carichi a cavo singolo e con doppi cavi



Le architetture discusse nelle **figure 3, 4, 5 e 7** sono dotate di transfer switch. Con un transfer switch di dimensioni più grandi, un guasto può provocare l'arresto di un numero estremamente elevato di dispositivi, mentre un guasto a uno switch più piccolo provocherà solamente l'arresto di un rack. Per alcuni utenti, un guasto a un rack ha conseguenze analoghe, in termini di attività aziendale, al guasto di 50 rack. All'opposto, per altri, la possibilità di isolare il guasto limitandolo a un unico rack rappresenta un vantaggio. A quest'ultima classe di utenti, l'ATS per rack offre il vantaggio aggiunto dell'isolamento dei guasti.

Un altro fattore da considerare è il tempo necessario per riparare questi switch. Un transfer switch piccolo non viene riparato ma sostituito, e può essere conservato come pezzo di ricambio per effettuare una sostituzione in tempi rapidissimi. Inoltre, se necessario, può essere bypassato velocemente. Uno switch più grande dovrà essere riparato e, a seconda dell'ubicazione, potrebbero occorrere alcune ore prima che un tecnico possa recarsi sul

posto. Sarà inoltre necessario altro tempo per la diagnosi e la riparazione del sistema e, se il tecnico non ha con sé il pezzo necessario, si perderà ancora altro tempo. Pertanto, per maturare una decisione ottimale, nella valutazione di alcuni di questi progetti più avanzati è necessario tenere in considerazione una serie di fattori. Il tempo necessario per la riparazione è considerato nel modello statistico di disponibilità descritto nella prossima sezione.

In linea generale, i dispositivi con un unico cavo di alimentazione possono essere una contingenza significativa quando si cerca di sviluppare un ambiente critico a elevata disponibilità. Ciò non è riferito unicamente ai dispositivi montati su rack, ma a qualsiasi dispositivo critico. Anche in presenza della migliore costruzione possibile, un singolo punto di guasto finirà per cedere causando così tempo di inattività. Se è necessario un ambiente a reale disponibilità elevata, occorre ridurre al minimo, se non eliminare completamente, i singoli punti di guasto nella distribuzione dell'alimentazione.

Un approccio all'analisi della disponibilità

Un'analisi della disponibilità serve a quantificare l'impatto dei dispositivi a cavo singolo rispetto ai dispositivi con doppi cavi. Si eseguono cinque analisi di disponibilità:

- Caso 1 - Carico a cavo singolo (figura 2)
- Caso 2 – Carico a cavo singolo con Static Transfer Switch (figura 3) (trasformatore singolo)
- Caso 3 – Carico a cavo singolo con Static Transfer Switch (figura 4) (trasformatori ridondanti)
- Caso 4 - Carico a cavo singolo con ATS per rack (figura 5)
- Caso 5 - Carico con doppi cavi (figura 6)

L'analisi di combinazione lineare, altresì nota come diagrammi a blocchi di affidabilità (Reliability Block Diagrams, RBD), viene utilizzata per illustrare la disponibilità di alimentazione all'uscita per queste cinque configurazioni. Questo metodo di definizione del modello di sistema è il più diretto e si presta ad essere utilizzato nei sistemi dove si effettuano alcune transizioni di stato. Nell'analisi di combinazione lineare si utilizzano i dati di affidabilità definiti e si sviluppa un modello di sistema che rappresenta la configurazione oggetto dell'analisi. Poiché questa analisi si concentra esclusivamente sulle differenze tra le configurazioni, si presume che qualsiasi dispositivo a monte del sistema UPS funzioni perfettamente, compresa l'alimentazione di servizio. Pertanto, le disponibilità qui presentate saranno superiori a quelle previste in un'installazione reale.

I dettagli dell'analisi sono riportati nell'**Appendice**.

Dati utilizzati nell'analisi

La maggior parte dei dati utilizzati per il modello dei componenti proviene da terzi. I dati per l'ATS per rack si basano sui dati di utilizzo effettivo del prodotto ATS per rack di APC, che è in commercio da circa 5 anni ed è molto diffuso. In questa analisi sono stati inclusi i seguenti componenti chiave:

1. Terminazioni
2. Interruttori
3. Sistemi UPS
4. PDU
5. STS (Static Transfer Switch)
6. ATS per rack

La PDU è ulteriormente suddivisa in tre sottocomponenti di base: interruttori, trasformatori riduttori e terminazioni. Il pannello secondario viene valutato in base a un interruttore principale, un interruttore secondario e terminazioni, tutti in serie. L'ATS per rack viene utilizzato solo nel quarto caso. L'Appendice include i valori e le origini dei dati relativi alla frequenza dei guasti $\left(\frac{1}{MTTF}\right)$ e alla frequenza di ripristino $\left(\frac{1}{MTTR}\right)$ per ciascun sottocomponente, dove l'MTTF indica il tempo medio al guasto (Mean Time To Failure) e l'MTTR indica il tempo medio di ripristino (Mean Time To Recover).

I tassi di frequenza dei guasti e di ripristino utilizzati nell'analisi sono riportati nell'**Appendice**.

Presupposti dell'analisi

Come in tutte le analisi della disponibilità, è necessario adottare alcuni presupposti di riferimento per creare un modello valido. Nella **tabella 1** sono elencati i presupposti fondamentali utilizzati in questa analisi.

Tabella 1

Presupposti dell'analisi

Presupposto	Descrizione
Frequenza di guasto dei componenti	Tutti i componenti dell'analisi hanno mostrato una frequenza di guasto costante. Si tratta del presupposto migliore, a condizione che le apparecchiature vengano utilizzate solo per la durata utile specificata. Se i prodotti venissero utilizzati oltre la durata utile, nella frequenza di guasto dovrebbe essere inclusa anche la non linearità.
Team di riparazione	Per "n" componenti della serie si presume che siano disponibili "n" tecnici.
Componenti del sistema che restano in funzione	Si presume che tutti i componenti del sistema restino in funzione durante le operazioni di riparazione dei componenti guasti.
Indipendenza dai guasti	In base a questi modelli si presume che le architetture descritte siano costruite in conformità alle best practice del settore per garantire una probabilità di guasti comuni e di propagazione estremamente bassa grazie all'isolamento fisico ed elettrico.
Frequenza di guasto dei cablaggi	Il cablaggio fra i componenti all'interno delle architetture non è stato incluso nei calcoli, in quanto la relativa frequenza di guasto è troppo bassa per poter essere predetta con sicurezza e avere rilevanza statistica. Inoltre, i lavori precedenti hanno dimostrato che tale bassa frequenza di guasto incide in misura minima sulla disponibilità generale. Sono state comunque prese in considerazione le terminazioni principali.
Errore umano	Il tempo di inattività dovuto all'errore umano non è incluso nell'analisi. Benché sia una causa significativa di inattività del data center, questi modelli si concentrano sul confronto fra le architetture delle infrastrutture di alimentazione e sull'identificazione dei punti di debolezza fisica di tali architetture. Inoltre, non vi sono dati relativi agli effetti dell'errore umano sulla disponibilità.
La disponibilità dell'alimentazione è la misura fondamentale	Questa analisi fornisce informazioni relative alla disponibilità dell'alimentazione. La disponibilità del processo aziendale sarà in genere inferiore poiché il ritorno dell'alimentazione non si traduce immediatamente in un ritorno di disponibilità aziendale. In genere, i sistemi IT hanno un tempo di riavvio che include i tempi di indisponibilità non presi in considerazione in questa analisi.
Nessun vantaggio dall'isolamento dei guasti	Il guasto di qualsiasi rack è considerato un guasto ed è equivalente al guasto contemporaneo di tutti i rack. Per alcune aziende, le conseguenze del guasto di un singolo rack sono inferiori a quelle risultanti dal guasto di tutti i rack. In questo caso, l'analisi sottostima il vantaggio associato ai casi 5 e 6.

Risultati

È importante comprendere che questa analisi ha come obiettivo il confronto delle disponibilità teoriche nei casi esaminati. Poiché in questi cinque casi tutti i componenti presentano gli stessi dati sulla frequenza di guasto, ciascun caso si differenzia dagli altri unicamente in termini di quantità, MTTR e posizione dei componenti. Questo metodo offre una dimostrazione puntuale dell'efficacia in termini di disponibilità di un'architettura rispetto a un'altra.

La disponibilità è misurata in base all'uscita o alle uscite che forniscono alimentazione al carico critico. In tutti i casi vengono utilizzati gli stessi dati sull'affidabilità dei componenti. Nel caso 1, il guasto di un componente qualsiasi della catena provocherebbe la diminuzione del carico. Si tratta di una situazione di base.

In entrambi i casi 2 e 3, la riduzione del carico dovrebbe essere provocata dal guasto simultaneo di un componente qualsiasi per ciascun percorso ridondante. Tuttavia, anche il guasto di un componente qualsiasi a valle dell'STS, compreso lo stesso STS, provocherebbe una diminuzione del carico. In questo caso, il risultato significativo è rappresentato dall'incremento minimo della disponibilità del sistema ottenuto con l'installazione dell'STS. Questo risultato si spiega con il fatto che l'STS non è significativamente più affidabile dell'UPS a monte e che l'STS costituisce ancora un singolo punto di guasto. Inoltre, nel caso 2 il trasformatore MTTR riduce al minimo qualsiasi vantaggio prodotto dall'STS.

Nel caso 4 la riduzione del carico dovrebbe essere provocata dal guasto simultaneo di un componente qualsiasi per ciascun percorso ridondante. Nonostante sia un singolo punto di guasto, l'MTTR dell'ATS per rack è breve poiché la sostituzione può avvenire in tempi rapidi se il pezzo necessario è disponibile. In questo contesto il dato significativo è rappresentato dal fatto che, sebbene l'ATS per rack non sia necessariamente più affidabile dell'STS di grandi dimensioni, l'MTTR notevolmente più basso gli conferisce un vantaggio molto ampio in termini di disponibilità.

Nel caso 5 la riduzione del carico dovrebbe essere provocata dal guasto simultaneo di un componente qualsiasi per ciascun percorso ridondante. Nella **tabella 2** è presentata una panoramica dei risultati delle cinque analisi di disponibilità.

Tabella 2

Riepilogo dei risultati delle analisi di disponibilità

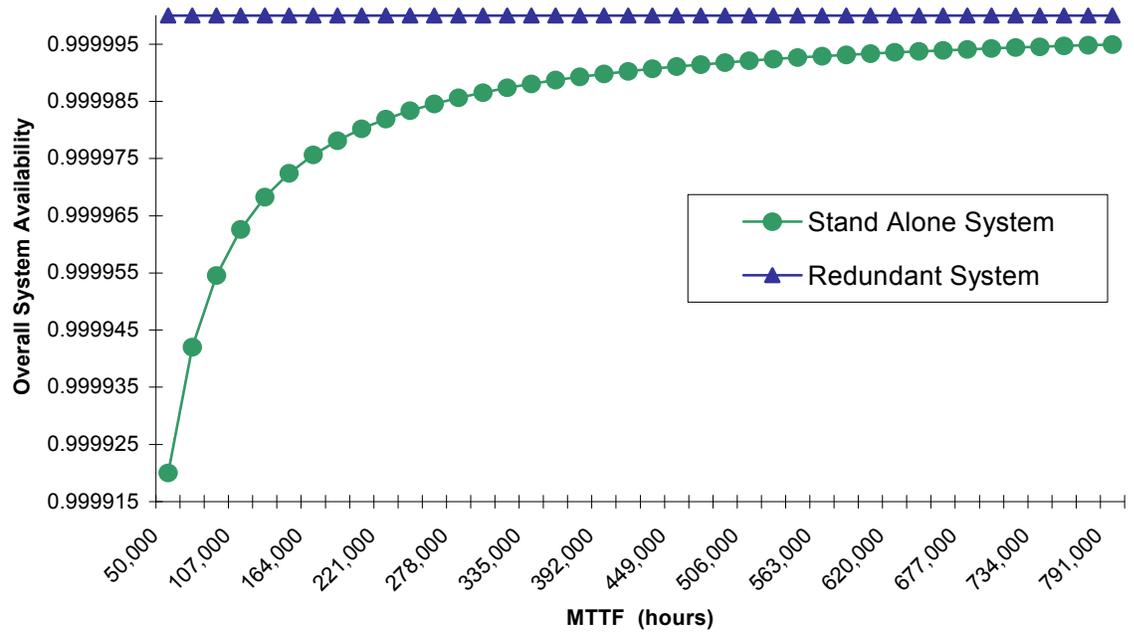
Caso	Configurazione	Disponibilità	Numero di "9"
Caso 1	Carico a cavo singolo	99,985%	3.8
Caso 2	Carico a cavo singolo con STS (trasformatore singolo)	99,98596%	3.85
Caso 3	Carico a cavo singolo con STS (trasformatori ridondanti)	99,99715%	4.5
Caso 4	Carico a cavo singolo con ATS per rack	99,999931%	6.2
Caso 5	Carico con doppi cavi	99,999977%	7.6

Questa analisi illustra l'efficacia dei dispositivi con doppi cavi nel garantire un'elevata disponibilità all'interno di un'architettura elettrica a doppia terminazione. Con i dispositivi a cavo singolo non si ottengono tutti i vantaggi associati a un progetto così elaborato ma è possibile realizzarli quasi completamente con l'implementazione di un ATS per rack.

Dai risultati presentati in precedenza, appare chiaro che portando la ridondanza al carico è possibile migliorare la disponibilità. La figura 8 dimostra come, seppur aumentando di dieci volte l'affidabilità (MTTF) di un prodotto, non si ottiene comunque la stessa disponibilità garantita dall'utilizzo di un gruppo di ridondanza a un livello di affidabilità inferiore. Il sistema ridondante fornisce una disponibilità prossima al 100% o un elevato numero di "9".

Figura 9

Disponibilità rispetto all'MTTF



Conclusioni

Nell'implementazione di un'architettura a elevata disponibilità, occorre considerare con attenzione la distribuzione dell'alimentazione al rack. I tipi comuni di distribuzione dell'alimentazione descritti nel presente white paper variano di un fattore di 10.000 per la quantità di tempo di inattività che generano.

Questa analisi dimostra molto chiaramente quanto sia importante utilizzare dispositivi con doppi cavi nei data center critici. L'analisi qui presentata indica che un'architettura completa a doppio percorso consente di ridurre il tempo di inattività fino a 10.000 volte rispetto a un progetto a singolo percorso.

La pratica comune di utilizzare transfer switch per aumentare la disponibilità dei carichi a cavo singolo produce risultati estremamente variabili, a seconda della modalità di implementazione attuata. In alcuni casi, l'analisi sembra indicare che l'utilizzo di un STS di grandi dimensioni non presenti quasi alcun vantaggio. All'opposto, quando il transfer switch viene spostato sul rack, il tempo di inattività del sistema causato dal sistema di distribuzione dell'alimentazione diminuisce di un fattore di 250.

Inoltre, il transfer switch su rack fornisce ulteriori indicazioni per la localizzazione dell'errore, poiché un eventuale guasto interessa solo un singolo rack. La soluzione del transfer switch su rack può anche essere adottata in un ambiente a doppio percorso, a seconda delle necessità.

Questi dati indicano che sarebbe necessario riesaminare la pratica comune di utilizzare grandi sistemi STS per alimentare carichi a cavo singolo e che i transfer switch su rack presentano dei vantaggi significativi a costi quasi identici.

In linea generale, l'analisi suggerisce un principio universale per cui è necessario avvicinare la ridondanza ai carichi per migliorare la disponibilità.

Un'analisi attenta dovrebbe essere sempre uno dei prerequisiti per investire in sistemi ad elevata disponibilità. La spesa in denaro che un cliente può giustificare per potenziare la propria infrastruttura elettrica è il fattore chiave alla base della soluzione da adottare. Il cliente deve conoscere in modo approfondito i processi della propria attività aziendale per calcolare il costo dei tempi di inattività. È questo costo che, in ultima analisi, dovrebbe guidare qualsiasi investimento in disponibilità.



About the author

Victor Avelar is a Senior Research Analyst at APC by Schneider Electric. He is responsible for data center design and operations research, and consults with clients on risk assessment and design practices to optimize the availability and efficiency of their data center environments. Victor holds a Bachelor's degree in Mechanical Engineering from Rensselaer Polytechnic Institute and an MBA from Babson College. He is a member of AFCOM and the American Society for Quality.



Powering Single Corded Equipment in a Dual Path Environment

APC White Paper 62



Ricerca tutti i White Paper APC

whitepapers.apc.com



Ricerca tutte le applicazioni APC TradeOff Tools

tools.apc.com



Contattateci

Per feedback e commenti relativi a questo White Paper

Data Center Science Center, APC by Schneider Electric
DCSC@Schneider-Electric.com

Se siete clienti e avete domande specifiche sul progetto del vostro Datacenter

Contattate il rappresentante APC by Schneider Electric

Appendice

Tabella A1

Componenti e valori

Componente	Frequenza di guasto	Frequenza di ripristino	Origine dei dati	Commenti
UPS 675kW / 750kVA	4,1600E-06	0,125	La frequenza di guasto è tratta da Power Quality Magazine, la frequenza di ripristino si basa sul presupposto che occorrono 4 ore per l'arrivo dei tecnici dell'assistenza e 4 ore per la riparazione del sistema	Utilizzato per fornire alimentazione continua a 480 V c.a. al PDU.
STS (Static Transfer Switch)	4,1600E-06	0,1667	Gordon Associates, Raleigh, NC	Include i comandi
Trasformatore riduttore	7,0776E-07	0,00641	L'MTBF è tratto dall'IEEE Gold Book Std 493-1997, pagina 40, l'MTTR è la media fornita da Marcus Transformer Data	Utilizzato per ridurre l'ingresso a 480 V c.a. alle uscite a 208 V c.a., come necessario per i carichi da 120 V c.a.
Interruttore	3,9954E-07	0,45455	IEEE Gold Book Std 493-1997, pagina 40	Utilizzato per isolare i componenti dall'alimentazione elettrica per la manutenzione o il contenimento degli errori.
6 terminazioni	8,6988E-08	0,26316	6 x il valore IEEE Calcolato in base al valore indicato nell'IEEE Gold Book Std 493-1997, pagina 41	A monte del trasformatore è disponibile una terminazione per ciascun conduttore. Poiché vi sono due serie di terminazioni fra i componenti, in totale vengono utilizzate sei terminazioni.
8 terminazioni	1,1598E-07	0,26316	8 x il valore IEEE Calcolato in base al valore indicato nell'IEEE Gold Book Std 493-1997, pagina 41	A valle del trasformatore, è disponibile una terminazione per ciascun conduttore, oltre al neutro. Poiché vi sono due serie di terminazioni fra i componenti, in totale vengono utilizzate otto terminazioni.
ATS per rack	2,0E-06	3	Campo dati commutatore ridondante APC	L'MTTF dell'ATS per rack di APC è stimato in 1 milione di ore. Viene utilizzato un valore conservativo pari a 500.000 ore.

Disponibilità del carico a cavo singolo [Caso 1]

La disponibilità del carico a cavo singolo (**figura 2**) viene calcolata in base all'RBD seguente. La **figura 9** rappresenta lo strato superiore dell'RBD, che calcola la disponibilità costante in base ai componenti della serie. Questo RBD comprende dei blocchi "espandibili" per le "parti del trasformatore" e per le "parti del pannello secondario". Un blocco espandibile indica l'esistenza di un RBD di livello inferiore che definisce i suoi sottocomponenti. La disposizione dell'RBD in base a questa modalità facilita i calcoli relativi alla disponibilità. Il pannello secondario viene utilizzato per distribuire l'alimentazione direttamente ai dispositivi critici. I contenuti di questi blocchi sono illustrati nelle **figure 10 e 11**.

Figura 9

Carico a cavo singolo

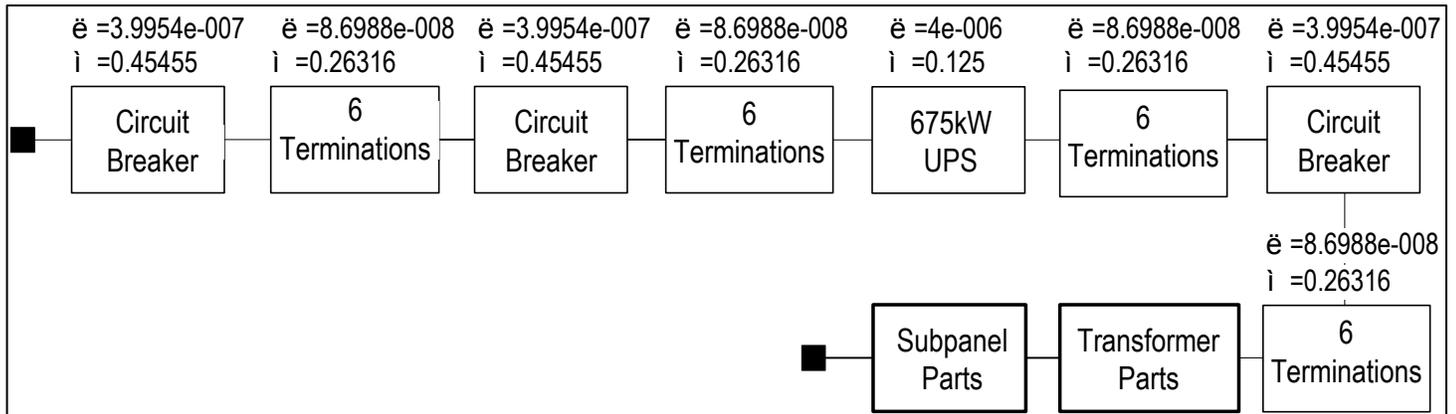


Figura 10

Parti del trasformatore

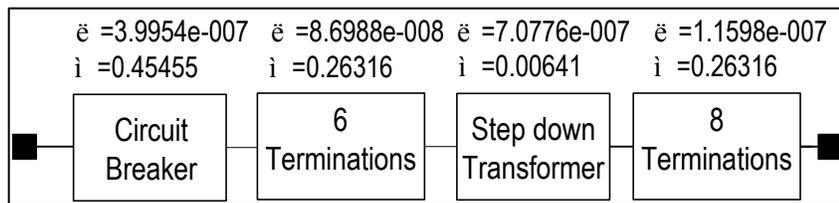
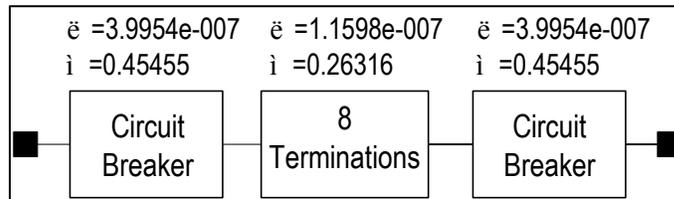


Figura 11

Parti del pannello



Di seguito è indicata la disponibilità del sistema a cavo singolo calcolata secondo lo schema RBD presentato in precedenza.

Tabella A2

Disponibilità del carico a cavo singolo [Caso 1]

Nome del modello	Disponibilità	Assenza di disponibilità	MTTR (ore)	MTTF (ore)	Tempo di inattività annuale [ore]
Carico a cavo singolo	99,98498%	1,5021E-04	19,3	128.665	1,3158
Sistema UPS	99,99640%	3,5958E-05	6,5	180291	0,31499
Parti del trasformatore	99,98879%	1,1205E-04	85,5	763.201	0,98158
Parti del pannello secondario	99,99978%	2,1987E-06	2,4	1.092825	0,01926

Poiché l'analisi utilizza dati a cinque cifre significative, l'assenza di disponibilità è un altro modo per esprimere i risultati. L'assenza di disponibilità è calcolata semplicemente come (1 – disponibilità).

Disponibilità di un carico a cavo singolo con Static Transfer Switch (trasformatore singolo) [Caso 2]

Il metodo di distribuzione illustrato nella **figura 3** utilizza un STS e aggiunge ridondanza a tutti i dispositivi a monte dell'STS, ad eccezione del trasformatore posizionato a valle. Per questo scenario, il calcolo della disponibilità si basa su 7 stringhe RBD distinte per maggiore chiarezza. La **figura 12** rappresenta lo strato superiore dell'RBD. Il "sistema UPS" è 1 di 2 blocchi, ovvero tutti i componenti all'interno di quel blocco sono ridondanti. La figura 13 mostra i contenuti del blocco "sistema UPS".

Figura 12

Carico a cavo singolo con

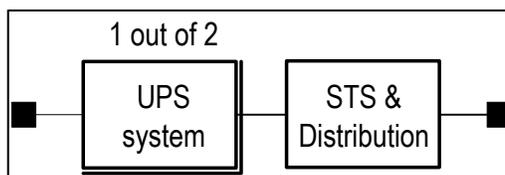
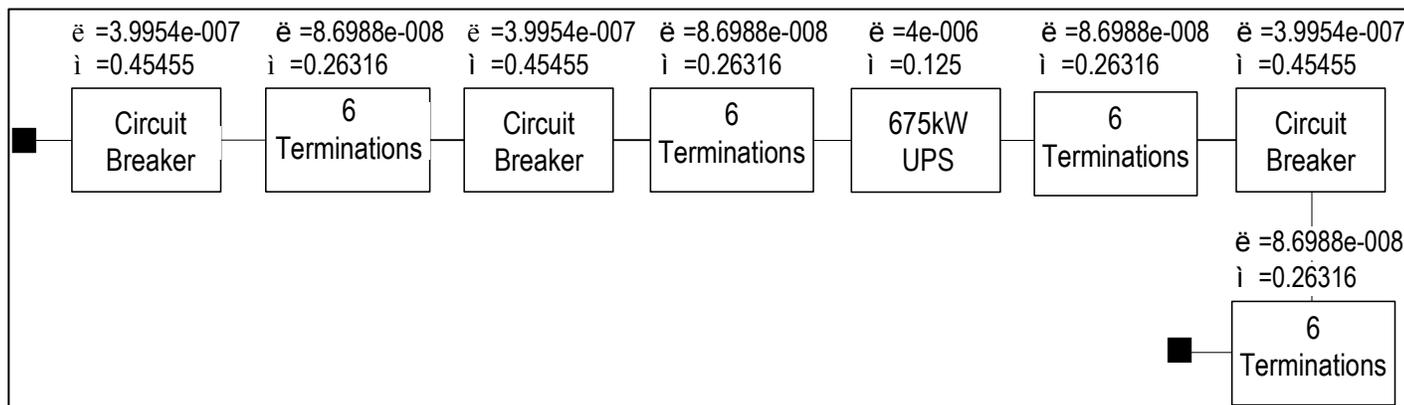


Figura 13

Sistema UPS



Tutti i componenti a monte dell'STS sono ridondanti. Tuttavia, tutti i componenti all'interno del blocco "STS e distribuzione" (**figura 12**) costituiscono un singolo punto di guasto. Come illustrato nella **figura 14**, il blocco "STS e distribuzione" contiene il sistema STS, le parti del trasformatore e del pannello secondario ed è ciò che consente l'utilizzo dei componenti ridondanti a monte. Questo sistema comprende gli interruttori, le terminazioni e, elemento ancor più importante, lo Static Transfer Switch. L'RBD per il sistema STS è mostrato nella **figura 15**.

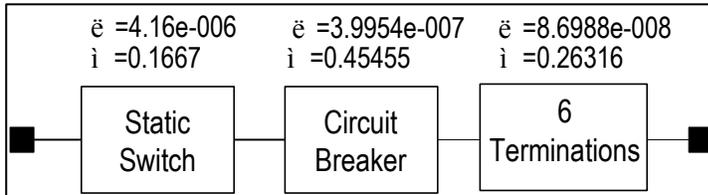
Figura 14

STS e distribuzione



Figura 15

Sistema STS



I contenuti del blocco "parti del trasformatore" e del blocco "parti del pannello secondario" (figura 14) sono ulteriormente suddivisi nelle figure 16 e 17.

Figura 16

Parti del trasformatore

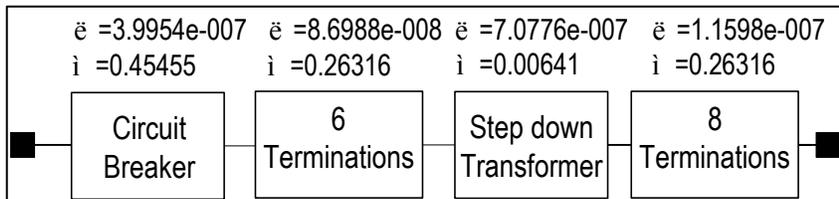
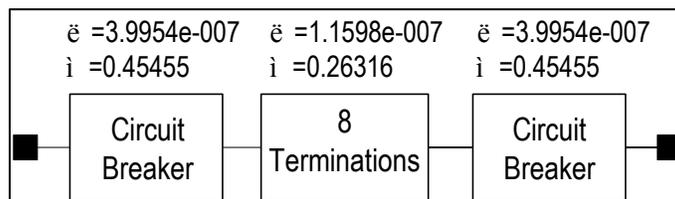


Figura 17

Parti del pannello secondario



Di seguito è indicata la disponibilità del sistema a cavo singolo con STS e trasformatore singolo calcolata secondo gli schemi RBD presentati in precedenza.

Tabella A3

Carico a cavo singolo con disponibilità dell'STS (trasformatore singolo) [Caso 2]

Nome del modello	Disponibilità	Assenza di disponibilità	MTTR (ore)	MTTF (ore)	Tempo di inattività annuale [ore]
Carico a cavo singolo con STS (1 trasformatore)	99,98596%	1,4041E-04	20,4	145.513	1,23002
Sistema UPS	99,99999987%	1,2930E-09	6,5	5.025.125.628	0,00001
UPS singolo	99,99640%	3,5958E-05	6,5	180.291	0,31499
STS e distribuzione	99,98596%	1,4041E-04	20,4	145.518	1,23001
Sistema STS	99,99738%	2,6164E-05	5,6	215.214	0,22920
Parti del trasformatore	99,98879%	1,1205E-04	85,53	763.201	0,98158
Parti del pannello secondario	99,99978%	2,1987E-06	2,4	1.092825	0,01926

Disponibilità di un carico a cavo singolo con Static Transfer Switch (trasformatori ridondanti) [Caso 3]

Il metodo di distribuzione illustrato nella **figura 4** utilizza un STS e aggiunge ridondanza a tutti i dispositivi a monte dell'STS, compreso il trasformatore. Per questo scenario, il calcolo della disponibilità si basa su 7 stringhe RBD simili a quelle utilizzate nell'analisi precedente. La **figura 18** rappresenta lo strato superiore dell'RBD. Il "sistema UPS e trasformatore" è 1 di 2 blocchi, ovvero tutti i componenti all'interno di quel blocco sono ridondanti. La **figura 19** mostra i contenuti del blocco "sistema UPS e trasformatore". Il blocco "parti del trasformatore" si compone delle stesse parti mostrate nella figura 16. Fino a questo punto, tutti i componenti sono stati ridondanti. Tuttavia, tutti i componenti all'interno del blocco "STS e distribuzione" (**figura 18**) costituiscono un singolo punto di guasto.

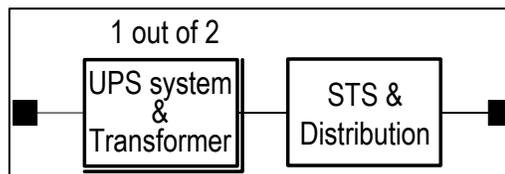
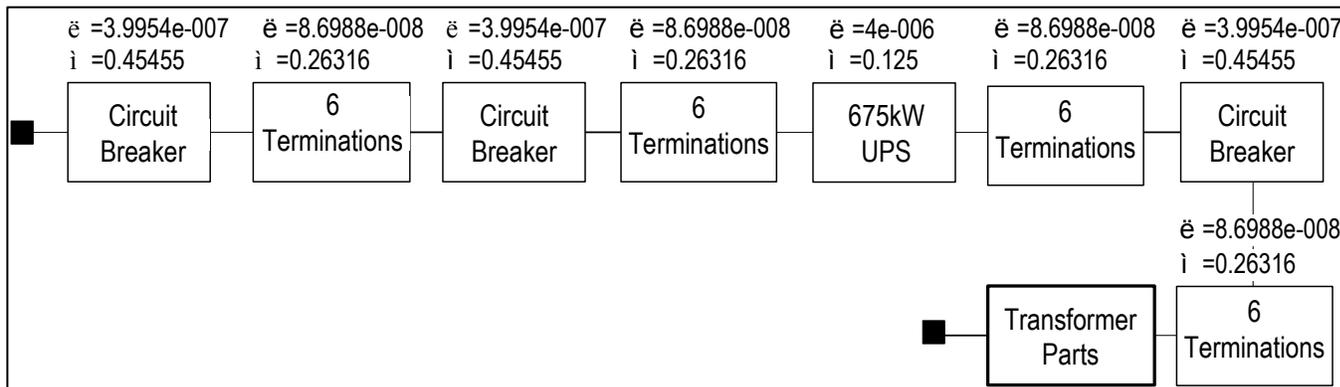


Figura 18

Carico a cavo singolo con STS

Figura 19

Sistema UPS e trasformatore



In questo caso, il blocco "STS e distribuzione" (figura 20) contiene solo il sistema STS e le parti del pannello secondario perché il trasformatore viene spostato a monte come componente ridondante. In questo scenario, il "sistema STS" è identico a quello della **figura 16** con l'unica eccezione di 8 terminazioni anziché 6, come mostrato nella **figura 21**. I componenti del blocco "parti del pannello secondario" sono identici a quelli della **figura 17**.

Figura 20

STS e distribuzione

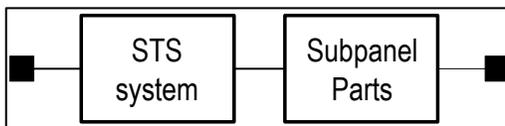
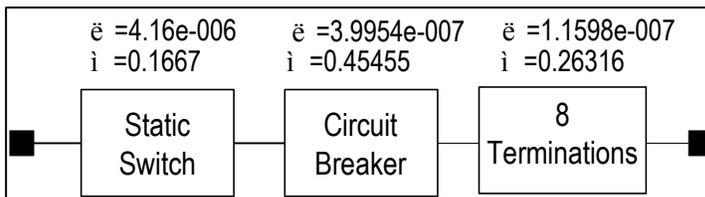


Figura 21

Sistema STS



Di seguito è indicata la disponibilità del sistema a cavo singolo con STS e trasformatori ridondanti calcolata secondo gli schemi RBD presentati in precedenza.

Tabella A4

Carico a cavo singolo con disponibilità dell'STS
(trasformatori ridondanti) [Caso 3]

Nome del modello	Disponibilità	Assenza di disponibilità	MTTR (ore)	MTTF (ore)	Tempo di inattività annuale [ore]
Carico a cavo singolo con STS (2 trasformatori)	99,99715%	2,8495E-05	5,1	178.839	0,24961
Sistema UPS e trasformatore	99,9999978%	2,1906E-08	21,6	985.221.675	0,00019
Sistema UPS	99,99640%	3,5958E-05	6,5	180.291	0,31499
Parti del trasformatore	99,98879%	1,1205E-04	85,5	763.201	0,98158
STS e distribuzione	99,99715%	2,8473E-05	5,1	178.872	0,24942
Sistema STS	99,99737%	2,6274E-05	5,6	213.880	0,23016
Parti del pannello secondario	99,99978%	2,19867E-06	2,4	1.092825	0,01926

Disponibilità del carico a cavo singolo con ATS per rack [Caso 4]

L'analisi per un carico a cavo singolo con ATS per rack (**figura 5**) è effettuata in base allo schema RBD mostrato nella **figura 22**, che rappresenta lo strato superiore dell'RBD. Ora questo modello fornisce ridondanza al rack; tuttavia, l'ATS per rack diventa un singolo punto di guasto. La **figura 23** mostra i componenti del blocco "sistema UPS e distribuzione". I contenuti dei blocchi "parti del trasformatore" e "parti del pannello secondario" sono rispettivamente identici a quelli delle **figure 16 e 17**.

Figura 22

Carico a cavo singolo con ATS per rack

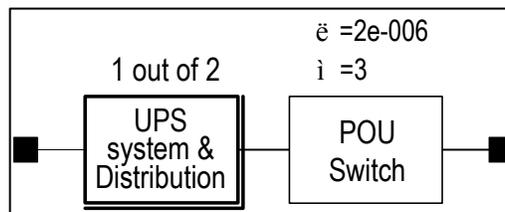
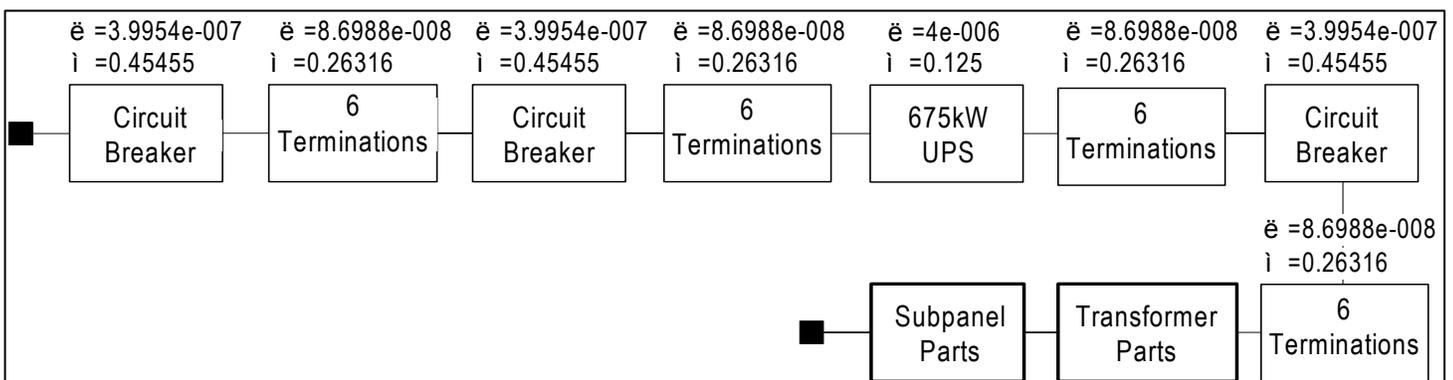


Figura 23

Sistema UPS e distribuzione



Di seguito è indicata la disponibilità del sistema a cavo singolo con ATS per rack calcolata secondo questi schemi RBD.

Tabella A5

Disponibilità del carico a cavo singolo con ATS per rack [Caso 4]

Nome del modello	Disponibilità	Assenza di disponibilità	MTTR (ore)	MTTF (ore)	Tempo di inattività annuale [ore]
Carico a cavo singolo con ATS per rack	99,999931%	3,558950E-07	0,4	499.705	0,00604
Sistema UPS e distribuzione	99,999998%	2,2562E-08	19,3	856.898.029	0,00018
Parti del trasformatore	99,98879%	1,1205E-04	85,5	763.201	0,98158
Parti del pannello secondario	99,99978%	2,1987E-06	2,4	1.092.825	0,01926
ATS per rack	99,999933%	3,3333E-07	0,3	500.000	0,00584

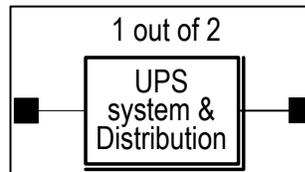
In questo caso, la semplice aggiunta di un'altra PDU ha migliorato sensibilmente la disponibilità. Tuttavia, in questo sistema l'ATS per rack rappresenta il singolo punto di guasto e limita la disponibilità totale a sei numeri "9". Per questo motivo, è l'affidabilità che dovrebbe sempre guidare la scelta di un ATS per rack, ed è opportuno tenere sul posto dei componenti sostitutivi per ridurre al minimo l'MTTR.

Disponibilità del carico con doppi cavi [Caso 5]

L'analisi di un carico con doppi cavi (figura 6) si basa sullo schema RBD della figura 24 che, anche in questo caso, rappresenta lo strato superiore. Analogamente al sistema con ATS per rack, questo RBD consente di calcolare la disponibilità costante sulla base delle frequenze totali di guasto e ripristino dell'UPS e della PDU. Tuttavia, non include l'ATS per rack poiché il carico è con doppi cavi e può sfruttare completamente i percorsi ridondanti. Per mantenere i carichi critici, è necessario che sia operativo solo 1 percorso su 2. Questo sistema non presenta singoli punti di guasto. Infatti, sono ridondanti anche le sorgenti di alimentazione per i carichi critici.

Figura 24

Carico con doppi cavi



Gli schemi RBD di livello inferiore di cui consta il blocco "sistema UPS e distribuzione" sono identici a quelli delle figure 9-11. Di seguito è indicata la disponibilità del sistema con doppi cavi calcolata in base a questi blocchi.

Tabella A6*Disponibilità del carico con doppi cavi [Caso 5]*

Nome del modello	Disponibilità	Assenza di disponibilità	MTTR (ore)	MTTF (ore)	Tempo di inattività annuale [ore]
Carico con doppi cavi	99,9999977%	2,2562E-08	19,3	856.898.029	0,0001976
Sistema UPS e distribuzione	99,9999977%	2,2562E-08	19,3	856.898.029	0,0001976
Parti del trasformatore	99,98879%	1,1205E-04	85,5	763.201	0,98158
Parti del pannello secondario	99,99978%	2,1987E-06	2,4	1.092.825	0,01926

In quest'ultimo caso, la disponibilità del blocco "sistema UPS e distribuzione" è identica a quella del caso precedente con l'eccezione, tuttavia, che è aumentata fino a raggiungere sette numeri "9". La differenza principale risiede nel fatto che, se si utilizzano dispositivi con doppi cavi, l'ATS per rack non è più necessario. Come mostrato nell'ultimo sistema, l'ATS per rack rappresenta un singolo punto di guasto e limita la disponibilità a sei numeri "9".