

Advel Application Note – AAN2009.1

Sistemi su barra DIN in ridondanza: diodi di parallelo e current sharing

Ing. Alessio Spinosi

1. Introduzione

L'utilizzo di sistemi di alimentazione ridondanti è necessario per sistemi in cui sia richiesta la massima affidabilità, e quindi tipicamente per l'alimentazione elettrica di DCS, sistemi SCADA, PLC, ESD, F&G, BMD, sistemi di sicurezza, rivelazione incendio, telecomunicazioni, ...

Cosa accade quando si mettono in parallelo più alimentatori? Quali caratteristiche è bene considerare nella scelta degli alimentatori da utilizzare in sistemi ridondanti?

2. Esempio pratico

Si consideri di mettere due alimentatori in parallelo: entrambi hanno una uscita stabilizzata al valore nominale di 24V.

Supponiamo ora che per qualche motivo le due tensioni d'uscita non siano perfettamente identiche: la prima per esempio si trova a **24,1V** e la seconda si trova a **23,9V** (peraltro è una eventualità molto comune: è molto difficile che due alimentatori siano tarati esattamente allo stesso valore di tensione d'uscita, anche perché questa può variare nel tempo a causa delle tolleranze dei componenti interni, che invecchiandosi o scaldandosi possono mutare i loro parametri). Per semplicità consideriamo che i cavi di cablaggio siano ideali (in realtà non è così, ma per il momento non interessa).

La situazione è quella rappresentata in Figura 1.

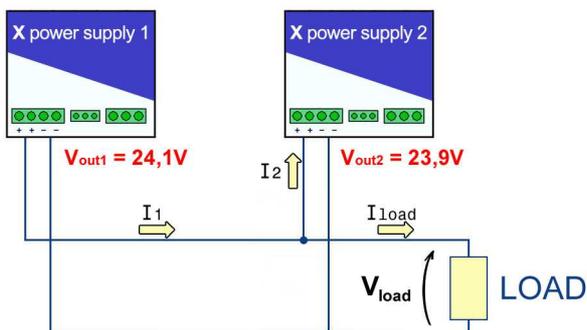


Figura1 – Due alimentatori in parallelo, con tensioni d'uscita non perfettamente identiche

Che cosa accade in questo caso? Lo si deduce da un semplice considerazione fisica: "la corrente scorre sempre da un punto a tensione elevata, verso un punto a tensione più bassa". Quindi, nell'esempio di Figura 1, in cui $V_{out1} > V_{out2}$, capita che una certa corrente tende a scorrere verso l'alimentatore2, che ha tensione d'uscita più

bassa, e quindi l'alimentatore1 alimenta interamente il carico.

Ricordandoci di aver supposto i cavi di collegamento ideali (ovvero hanno impedenza nulla, e quindi la caduta di tensione sugli stessi è pari a 0V), si ha che:

$$V_{load} = 24.1V$$

$$I_1 = I_{load} + I_2$$

In questo caso si corre un certo rischio quando uno dei due alimentatori va in fault. Supponiamo il caso peggiore di guasto con corto circuito sull'uscita dell'alimentatore2: in questo caso l'alimentatore1 si trova un corto circuito sull'uscita, quindi la V_{out1} va a zero e il carico si trova disalimentato.

Per impedire che ciò avvenga è opportuno utilizzare dei diodi di disaccoppiamento (Figura 2).

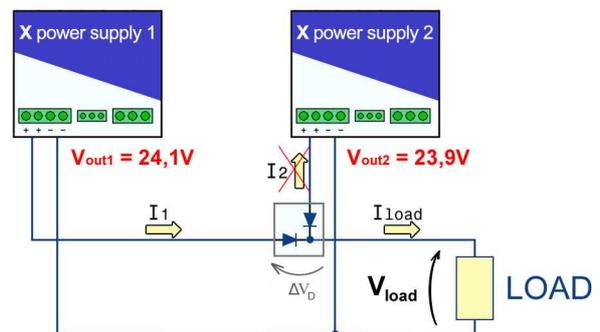


Figura2 – Due alimentatori in parallelo, con tensioni d'uscita non perfettamente identiche, con le uscite disaccoppiate

I diodi di disaccoppiamento permettono di realizzare un sistema **Ridondante**, ovvero: in caso di disservizio di uno degli n alimentatori in parallelo, anche supponendo il caso peggiore di corto circuito sull'uscita di un alimentatore, i rimanenti alimentatori continuano a fornire il servizio. Grazie ai diodi di disaccoppiamento il sistema ridondante si può quindi definire fault tolerant.

In questo caso, sempre assumendo cavi di cablaggio ideali, si ha che:

$$V_{load} = 24.1V - \Delta V_D$$

$$I_1 = I_{load}$$

$$I_2 = 0$$

La presenza dei diodi di disaccoppiamento, rende i due alimentatori parallelabili.

3. Alimentatori parallelabili

Esistono tre tipologie di alimentatori parallelabili:

- alimentatori semplicemente parallelabili,
- alimentatori parallelabili con controllo passivo della corrente,
- alimentatori parallelabili con controllo attivo della corrente.

In buona sostanza: se lo scopo del parallelo è la semplice ridondanza, l'impiego di due alimentatori **semplicemente parallelabili** potrebbe essere una soluzione sufficiente, in questo caso entrambi gli alimentatori devono essere in grado di sopportare, in sicurezza, l'intero carico.

Tuttavia, in riferimento all'esempio di Figura 2, soltanto uno dei due alimentatori lavora e quindi si scalda, e ciò ne abbassa la vita media.

Senza fare calcoli inutili, si può affermare che la vita media di un alimentatore è inversamente proporzionale al quadrato della temperatura di lavoro interna dello stesso. Quindi dato un sistema di 2 alimentatori in parallelo, è più affidabile un sistema in cui i due alimentatori si suddividono equamente il carico, piuttosto che un sistema in cui uno solo dei due alimentatori lavora (il concetto si estende per più di 2 alimentatori in parallelo).

Ne consegue l'importanza della suddivisione del carico tra alimentatori in parallelo.

4. Alimentatori parallelabili con current sharing passivo

In questo tipo di alimentatori i circuiti di controllo sono progettati in modo che la tensione di uscita si riduca leggermente con l'aumentare della corrente. Si avrà come risultato una curva morbida della tensione di uscita, che scende in funzione del carico e che naturalmente diventa molto pendente quando la corrente supera la soglia massima.

Questo tipo di alimentatori, semplice da realizzare dal punto di vista prettamente progettuale, e quindi prediletto dalla grande maggioranza di produttori di alimentatori, presenta delle controindicazioni:

- la V_{load} non risulta più stabilizzata, infatti dipende dal carico e in un sistema a 24V può scendere fino a 1V a causa del current sharing passivo degli alimentatori, a cui bisogna aggiungere la caduta sui cavi (non sempre trascurabile) e la caduta di tensione sui diodi di disaccoppiamento esterni (tipicamente 0.4÷0.7V a seconda del carico).
- Lo sharing di corrente non è affatto preciso tra gli alimentatori in parallelo.

5. Alimentatori parallelabili con current sharing attivo

In questo tipo di alimentatori i circuiti di controllo sono progettati in modo da assicurare che ogni alimentatore fornisca la stessa corrente in ogni

condizione. Il risultato sarà una equa suddivisione di corrente tra gli alimentatori in parallelo, immune da eventuali differenze di taratura degli alimentatori o da un cablaggio non a regola d'arte (Figura 5, più avanti). Naturalmente questo tipo di regolazione può comportare un extracosto dell'alimentatore rispetto a quelli semplicemente parallelabili o con sharing passivo.

6. Alimentatori Advel

Gli alimentatori Advel presentano numerosi vantaggi rispetto a molti altri alimentatori presenti sul mercato.

In Figura 3 si riporta lo stesso sistema ridondante definito inizialmente, ma realizzato con alimentatori della serie **DZ1** prodotti da Advel, che presentano diodo di disaccoppiamento interno, e current sharing attivo.

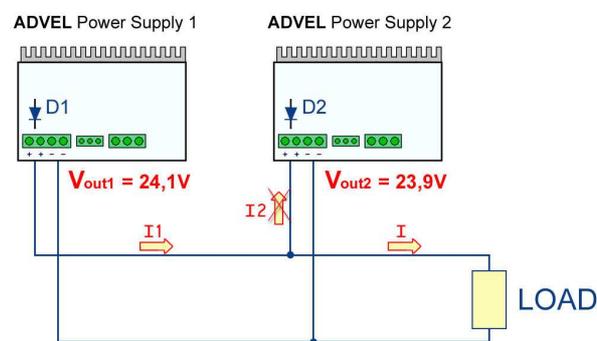


Figura3 – Due alimentatori Advel in parallelo, con tensioni d'uscita non perfettamente identiche, con le uscite disaccoppiate grazie ai diodi interni

La scelta Advel di porre il diodo di disaccoppiamento internamente all'alimentatore, presenta diversi vantaggi:

- facilità di cablaggio;
- compensazione della caduta di tensione dei diodi di disaccoppiamento ΔV_D , compensata grazie al feedback di regolazione interno dell'alimentatore;
- è più facile tarare gli alimentatori in parallelo alla medesima V_{out} , così da ottenere una equiripartizione del carico. Al contrario, se i diodi fossero esterni, sarebbe molto problematico tarare gli alimentatori alla medesima V_{out} proprio a causa della grande variabilità della caduta di tensione sui diodi (dipendente dalla temperatura e soprattutto dalla corrente di carico).

Gli alimentatori **DZ1** prodotti da Advel, devono essere interconnessi tramite un cavo, detto CS (Current Sharing) per poter abilitare la ripartizione attiva del carico tra gli alimentatori in parallelo, tuttavia la mancanza di questa interconnessione non ne pregiudica il funzionamento: semplicemente gli alimentatori funzioneranno in current sharing passivo.

7. L'importanza del cablaggio

Il cablaggio tra alimentatori in parallelo, se non effettuato a regola d'arte, può compromettere lo sharing di corrente tra i 2 (o più) alimentatori in parallelo, a causa della caduta di tensione non sempre trascurabile sui cavi di alimentazione.

Ciò si comprende molto bene dallo schema di Figura 4.

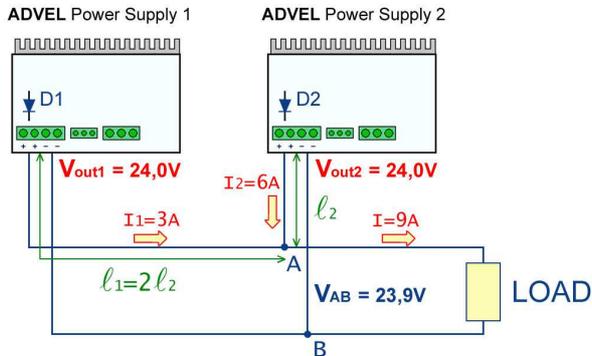


Figura4 – Due alimentatori (Advel) in parallelo, con tensioni d'uscita perfettamente identiche, ma cablaggio non effettuato a regola d'arte

Nell'esempio di Figura 4 i due alimentatori sono tarati entrambi a $V_{out} = 24.0V$, tuttavia sono stati messi in parallelo utilizzando cavi di lunghezza

diversa. La caduta di tensione su ogni cavo è inversamente proporzionale alla lunghezza del cavo, e conseguentemente le correnti sono diverse.

Nell'esempio di Figura 4 il cavo l_1 è lungo il doppio del cavo l_2 e quindi si ha:

$$I_2 = 2 \cdot I_1$$

Si noti inoltre che la tensione di alimentazione del carico è più bassa di 24V, proprio a causa della caduta di tensione sui cavi (supposta 0.1V in questo esempio).

Risulta ovvio che per avere una buona ripartizione della corrente, gli alimentatori devono essere messi in parallelo utilizzando cavi di uguale lunghezza (cablaggio "a stella"), oltre che essere tarati perfettamente.

Naturalmente il current sharing attivo permette una equa ripartizione della corrente di carico tra gli alimentatori in parallelo, indipendentemente dal cablaggio, come mostrato in Figura 5: i tre alimentatori si dividono equamente la corrente di carico.

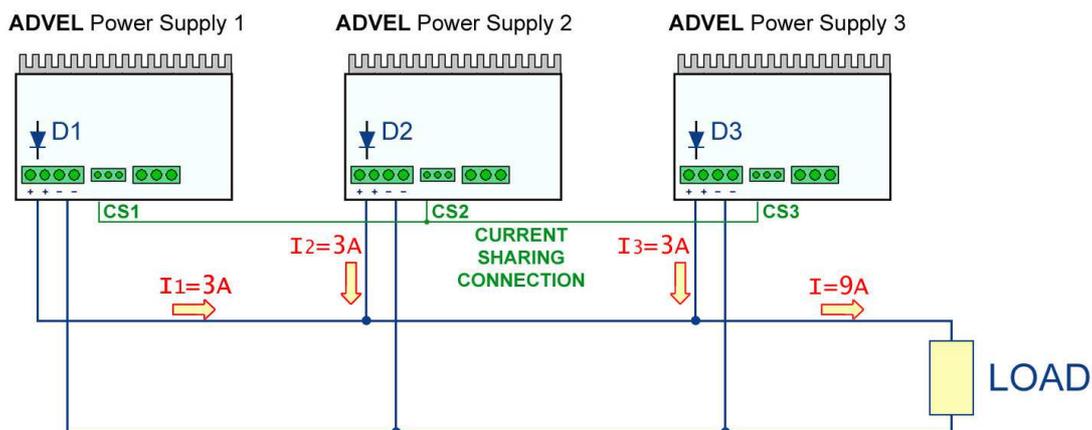


Figura5 – Tre alimentatori (Advel) in parallelo, con interconnessione CS, per l'abilitazione dello sharing attivo della corrente.

8. Conclusioni

Sono stati evidenziati i vantaggi, in un sistema di alimentatori in parallelo o ridondanti, della taratura delle tensioni d'uscita degli alimentatori, dei diodi di disaccoppiamento, del cablaggio.

Gli alimentatori **DZ1** prodotti da Advel sono stati pensati per ottenere i massimi vantaggi in termini di:

- precisione e semplicità di cablaggio (grazie ai diodi di disaccoppiamento interni),
- affidabilità del sistema (grazie al current sharing attivo).

»ADVEL«
ELETTRONICA INDUSTRIALE

HEADQUARTER: Via Miglioli 13, Segrate 20090 MI (Italy)
Technical DPT: Ing. A.Spinosi, tec@advel.it