

Cablaggio Illimitato

Margreet Leeftink

Indice

1. Introduzione	1
1.1. Avvertenze di sicurezza	1
1.2. Dichiarazione di non responsabilità	1
1.3. Glossario dei termini	1
2. Teoria	2
2.1. Legge di Ohm	2
2.2. Potenza	3
2.3. Conduttività e resistenza	4
2.4. Isolamento elettrico	6
2.5. Resistenza di connessione	6
2.6. Coppia	7
2.7. Corrente, resistenza del cavo e caduta di tensione	8
2.8. Effetti negativi della caduta di tensione nel cavo	11
2.9. Tensione di ondulazione	13
3. Cablaggio del banco batterie	16
3.1. Banco batterie	16
3.2. Grandi banchi batterie	17
3.3. Cablaggio parallelo del banco batterie	18
3.4. Bilanciamento del banco batterie al piombo-acido	19
3.5. Punto medio del banco batterie	20
4. Cablaggio CC	22
4.1. Selezione dei cavi	22
4.2. Sistemi di sbarre	25
4.3. Connessioni dei cavi	27
4.4. Terminali crimpati	31
4.5. Percorsi dei cavi	32
4.6. Fusibili e interruttori	34
4.7. Interruttori di isolamento CC	38
4.8. Shunt	39
4.9. Cablaggio CC in sistemi paralleli e/o trifase	40
4.10. Sistemi di sbarre per grandi sistemi	41
4.11. Rilevamento e compensazione della tensione	42
4.12. Solare	44
5. Cablaggio per la comunicazione	48
5.1. Segnali dati	48
5.2. Interferenza	48
5.3. Tipi di cavi di comunicazione	49
5.4. Interfacce	51
6. Cablaggio CA	53
6.1. Generazione di energia	53
6.2. Reti di distribuzione	53
6.3. Corrente di sistema, VA e Watt	54
6.4. Cablaggio CA	56
6.5. Fusibili e interruttori CA	57
6.6. Interruttore di bypass CC	58
6.7. Considerazioni speciali sul cablaggio CA dei sistemi di inverter/caricabatterie in parallelo	59
6.8. Sistemi inverter/caricabatterie trifase con rotazione di fase	60
7. Massa, terra e sicurezze elettriche	61
7.1. Sicurezza elettrica	61
7.2. Cablaggio di terra	62
7.3. RCD, RCCB o GFCI	62
7.4. Collegamento neutro-terra negli inverter e negli inverter/caricabatterie	64
7.5. Impianti mobili	65
7.6. Isolamento e messa a terra di un'apparecchiatura Victron	67
7.7. Messa a terra del sistema	68

8. Corrosione galvanica	70
8.1. Prevenzione della corrente galvanica	70
8.2. L'isolatore galvanico	71
8.3. Il trasformatore di isolamento	71
9. Crediti	72

1. Introduzione

Benvenuti a “Cablaggio illimitato”, un libro sulla connessione elettrica di sistemi che comprendono batterie, inverter, caricabatterie e inverter/caricabatterie.

In questo libro vogliamo spiegare i concetti fondamentali del cablaggio dei sistemi elettrici. Spiegheremo l'importanza di “fare le cose per bene” e i problemi che potrebbero verificarsi se un sistema possiede un cablaggio erraneo. Servirà anche come riferimento per gli installatori o gli utenti di impianti elettrici nella risoluzione di problemi derivanti da cablaggi erranei, affinché possano trarre le corrette conclusioni per gli impianti elettrici di cui si occupano.

I problemi di cablaggio sono spesso causa di problemi nel sistema, o possono derivare in basse prestazioni dei sistemi.

Per un funzionamento senza problemi di qualsiasi sistema elettrico e, in particolare, dei sistemi comprendenti un inverter/caricabatterie e batterie, che sono dispositivi a “corrente elevata”, è fondamentale che il cablaggio dei sistemi sia eseguito correttamente.

Questo libro vi aiuterà a “fare le cose per bene”.

1.1. Avvertenze di sicurezza

L'elettricità può essere pericolosa. Può causare danni personali e materiali.

È sufficiente che una quantità sorprendentemente piccola di corrente passi attraverso il cuore umano per fermarlo. Grazie alla resistenza naturale della pelle e dei tessuti umani, è necessaria un'alta tensione per generare questa corrente in grado di fermare il cuore, ma sono morte persone in seguito a tensioni di soli 42 Volt.

Sia la CC che la CA possono provocare questo evento fatale. Gli interventi elettrici, pertanto, devono essere sempre eseguiti da elettricisti o tecnici qualificati e si devono rispettare le indicazioni e i requisiti di sicurezza locali.



IMPORTANTE:

- Le tensioni CA e CC che superano determinati livelli sono pericolose e nocive.
- Utilizzare sempre strumenti isolati per lavorare con elettricità e batterie.
- Non cortocircuitare le batterie. Ciò può causare incendi o esplosioni.
- Il processo di carica della batteria può produrre gas esplosivi.
- Un cavo di dimensioni insufficienti o un contatto elettrico difettoso possono causare incendi.
- Fare sempre riferimento alle avvertenze di sicurezza contenute nei manuali dei prodotti.

1.2. Dichiarazione di non responsabilità

L'unico proposito di questo documento è quello di aiutare a comprendere i principi fondamentali di alcuni concetti elettrici. Questo documento ha uno scopo esclusivamente orientativo.

Le normative sul cablaggio elettrico possono differire in base alla propria ubicazione nel mondo. Le normative elettriche locali possono differire dalle raccomandazioni di cablaggio raccolte in questo documento.

È vostra responsabilità consultare sempre un professionista e richiedere istruzioni alle autorità locali e/o a elettricisti autorizzati prima di eseguire qualsiasi tipo di intervento elettrico.

1.3. Glossario dei termini

Questo libro utilizza il sistema metrico decimale e tutte le unità e le notazioni stenografiche sono conformi al Sistema Internazionale di Unità di Misura (SI). Per ulteriori informazioni sul Sistema internazionale di Unità di Misura, consultare questo link: https://en.wikipedia.org/wiki/International_System_of_Units

2. Teoria

Potrete sfruttare al massimo i contenuti di questo libro se avete delle conoscenze teoriche di base riguardo all'elettricità. Tali conoscenze vi aiuteranno a capire i fattori soggiacenti che determinano lo spessore dei cavi e la portata dei fusibili. Anche se possedete già queste conoscenze di base e potreste saltare questo capitolo, vi consigliamo vivamente di leggerlo.

2.1. Legge di Ohm

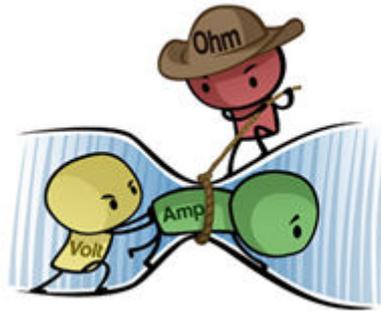
La legge di Ohm è la più importante per un circuito elettrico. È la base di praticamente tutti i calcoli elettrici. Consente di calcolare la corrente che passa attraverso un cavo (o un fusibile) a varie tensioni. È essenziale sapere quanta corrente passa attraverso un cavo, al fine di poter scegliere il cavo corretto per ogni sistema. Ma prima sono necessarie alcune conoscenze di base sull'elettricità.

Che cos'è l'elettricità:

L'elettricità è il movimento degli elettroni in un materiale, detto conduttore. Tale movimento crea una corrente elettrica. Questa corrente si misura in "Ampere", che si rappresentano con la lettera A (in inglese si abbreviano anche con "amp", ma tale abbreviazione non è ammessa dal Sistema Internazionale di Unità di Misura, N.d.T.).

La forza necessaria per far fluire gli elettroni si chiama tensione (o potenziale). Si misura in "Volt" e si rappresenta con la lettera V (in Europa si utilizza anche la lettera U).

Quando una corrente elettrica passa attraverso un materiale, trova una certa resistenza. Tale resistenza si misura in Ohm, che si rappresentano con il simbolo Ω .



Come si relazionano tra loro tensione, corrente e resistenza:

- Quando la resistenza è bassa, si muovono molti elettroni e la corrente è alta.
- Quando la resistenza è più alta, si muovono meno elettroni e la corrente è più bassa.
- Quando la resistenza è molto alta, non si muove alcun elettrone e la corrente si arresta.

Legge di Ohm:

Si può dire che la resistenza di un conduttore determina quanta corrente passa attraverso un materiale a una determinata tensione. Ciò si può esprimere in una formula, nota come Legge di Ohm:

$$\text{Current (A)} = \text{Voltage (V)} / \text{Resistance } (\Omega)$$

$$I = V/R$$

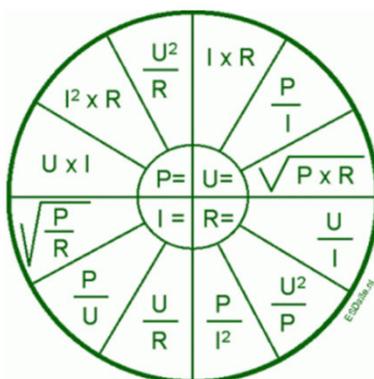
2.2. Potenza

La legge di Ohm descrive il rapporto tra resistenza, corrente e tensione. Ma dalla legge di Ohm si può derivare anche un'altra unità elettrica, ovvero la potenza.

La potenza è l'espressione della quantità di lavoro che una corrente elettrica può compiere. Si misura in Watt e il simbolo è P. Può essere calcolata mediante la seguente formula:

$$P = I \times V$$

Dalla legge di Ohm si possono derivare anche altre formule. Tutte le possibili formule sono riassunte nell'immagine a continuazione. Si prega di tenere presente che nel mondo si impiegano due simboli per rappresentare la tensione: U o V.



Alcune di queste formule sono molto utili per calcolare la corrente in un cavo. Una formula molto utilizzata è:

$$I = P/V$$

Questa formula consente di calcolare quanta corrente passa attraverso un cavo quando si conoscono tensione e potenza.

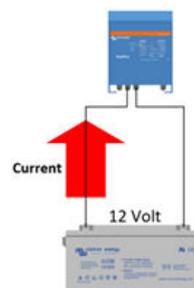
Esempio di utilizzo di tale formula:

Domanda:

- Se una batteria da 12 V è collegata a un carico di 2400 W, quanta corrente passa attraverso il cavo?

Risposta:

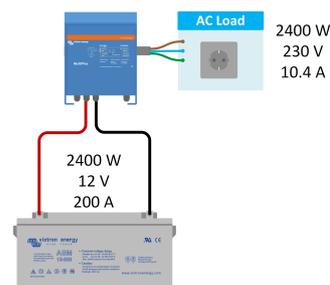
- $V = 12 \text{ V}$
- $P = 2400 \text{ W}$
- $I = P/V = 2400/12 = 200 \text{ A}$



I vantaggi dell'utilizzo della potenza anziché della corrente nei calcoli:

Un gran vantaggio di utilizzare la potenza nei calcoli o per le misurazioni, è che la potenza non dipende dalla tensione. Ciò è molto utile per i sistemi con diverse tensioni. Un esempio potrebbe essere un sistema che comprende una batteria CC, alimentazione CA e, magari, un pannello solare con una tensione CC diversa da quella della batteria.

La potenza rimane la stessa alle varie tensioni. Ad esempio, se si attiva un carico CA di 2400 W tramite un inverter da una batteria a 12 V, si estrarranno 2400 W dalla batteria (senza considerare le inefficienze dell'inverter).

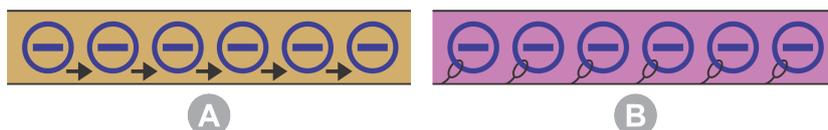


2.3. Conduttività e resistenza

Alcuni materiali conducono l'elettricità meglio di altri. I materiali con una bassa resistenza conducono bene l'elettricità, mentre i materiali con un'alta resistenza conducono male l'elettricità o non la conducono affatto.

I metalli possiedono una bassa resistenza, pertanto conducono bene l'elettricità. Tali materiali si chiamano conduttori. Ecco perché sono utilizzati come anima nei cavi elettrici.

La plastica o le ceramiche possiedono un'altissima resistenza e non conducono affatto l'elettricità. Tali materiali si chiamano isolanti. Ecco perché per ricoprire i cavi si utilizzano materiali non conduttori, come la plastica o la gomma. Non si soffriranno scosse elettriche se si tocca il cavo, giacché l'elettricità non può viaggiare attraverso questo materiale. Gli isolanti sono utilizzati anche per prevenire un cortocircuito se due cavi si toccano.



A: In un conduttore, gli elettroni possono muoversi.

B: In un isolante, gli elettroni non possono muoversi o si muovono molto lentamente.

Ogni materiale ha una propria resistenza specifica. Si misura in Ohmmetri ($\Omega \cdot m$) e il simbolo è ρ (rho).

La conduttività di un materiale è inversamente proporzionale alla sua resistenza. È rappresentata da questa formula: $\sigma = 1/\rho$. Si misura in Siemens per metro (S/m) e il suo simbolo è σ (sigma).

La tabella a continuazione elenca vari materiali conduttori, la loro conduttività elettrica e la loro resistenza specifica. Come si può vedere, il rame conduce bene l'elettricità e possiede una bassa resistenza. Come si è visto, il rame è un eccellente conduttore e possiede una bassa resistenza, motivo per cui viene comunemente utilizzato nei cavi elettrici. Il titanio, per contro, ha una scarsa conducibilità elettrica e una maggiore resistenza specifica, che lo rendono meno adatto come conduttore elettrico.

Materiale	Conduttività elettrica (10.E6 Siemens/m)	Resistività elettrica (10.E-8 Ohm.m)
Argento	62.1	1.6
Rame	58.5	1.7
Oro	44.2	2.3
Alluminio	36.9	2.7
Molibdeno	18.7	5.3
Zinco	16.6	6.0
Litio	10.8	9.3
Ottone	15.9	6.3
Nichel	14.3	7.0
Ferro	10.1	9.9
Palladio	9.5	10.5
Platino	9.3	10.8
Tungsteno	8.9	11.2
Stagno	8.7	11.5
Bronzo	7.4	13.5
Acciaio al carbonio	5.9	16.9
Piombo	4.7	21.3
Titanio	2.4	41.7

Altri due fattori determinano la resistenza del cavo, ovvero, la lunghezza e lo spessore del conduttore (cavo):

Questi fattori sono correlati come segue:

- Un cavo sottile possiede una resistenza maggiore di un grosso cavo della stessa lunghezza.
- Un cavo lungo possiede una maggiore resistenza di un cavo corto dello stesso spessore.

La resistenza di una certa lunghezza del cavo può essere calcolata utilizzando la seguente formula:

$$\text{Resistance} = \text{Rho} \times \text{length} / \text{Area}$$

$$R = \rho \times l / A$$

Come evidenzia questa formula, i fattori che determinano la resistenza di un cavo sono tre. Vale a dire:

- La resistenza elettrica del materiale utilizzato.
- La lunghezza del cavo: un cavo più lungo implica una maggiore resistenza.
- Il diametro del cavo: un cavo più sottile implica una maggiore resistenza.

È importante conoscere la resistenza di un cavo perché, quando una corrente passa attraverso tale cavo, la resistenza di quest'ultimo causa i due seguenti effetti:

- Si verificherà una caduta di tensione (perdita) in tutta la lunghezza del cavo.
- Il cavo si riscalda.

Se la corrente aumenta, questi effetti peggiorano. Una maggiore corrente aumenta la caduta di tensione e il cavo si riscalda ancor di più.

Esempio di calcolo della resistenza di un cavo:

Domanda:

- Qual è la resistenza di un cavo di 1,5 metri e 16 mm² di sezione?

Dove:

- $\rho \text{ rame} = 1,7 \times 10^{-8} \Omega/\text{m}$
- $l = 1,5 \text{ m}$
- $A = 16 \text{ mm}^2 = 16 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

Risposta:

- $R = \rho \times l / A$
- $R = 1,7 \times 10^{-8} \times 1,5 / (16 \times 10^{-6})$
- $R = 1,7 \times 10^{-2} \times 1,5 / 16$
- $R = 0,16 \times 10^{-2} = 1,6 \times 10^{-3}$
- $R = 1,6 \text{ m}\Omega$

L'effetto della lunghezza del cavo:

Basandoci sul precedente esempio, calcoliamo la resistenza di un cavo di 5 metri. Il risultato sarà una resistenza di 5,3 mΩ. Se si allunga il cavo, aumenta la resistenza.

L'effetto dello spessore del cavo:

Prendiamo in considerazione l'esempio originale e calcoliamo la resistenza di un cavo con sezione trasversale di 2,5 mm². Il risultato sarà una resistenza di 10,2 mΩ. Se il cavo è più sottile, aumenta la resistenza.

Conclusione:

Sia la lunghezza che lo spessore del cavo hanno una gran influenza sulla resistenza dello stesso.

2.4. Isolamento elettrico

Gli isolanti elettrici sono utilizzati per impedire il passaggio della corrente elettrica da una parte all'altra di un circuito elettrico e per proteggere le persone e le apparecchiature dalle scosse elettriche.

Come abbiamo visto nella tabella del capitolo precedente, se un materiale non conduce bene l'elettricità, viene chiamato isolante.

Esempi di isolanti elettrici sono la gomma, la plastica, il vetro, la ceramica e l'aria. Questi materiali sono utilizzati in diverse applicazioni elettriche, come l'isolamento dei cavi, gli isolanti per le apparecchiature elettriche e i rivestimenti per i componenti elettrici.

Gli isolanti elettrici svolgono un ruolo fondamentale nel garantire il funzionamento sicuro ed efficiente degli impianti elettrici e nel prevenire i rischi elettrici.

Come regola empirica, più alta è la tensione, più spesso o migliore deve essere l'isolamento. Per questo motivo, ad esempio, sono necessari cavi speciali da e verso un modulo solare ad alta tensione.

I cavi e gli strumenti elettrici isolati sono classificati per una tensione massima specifica. Assicurarsi che questa tensione nominale corrisponda a quella dell'applicazione.

2.5. Resistenza di connessione

La resistenza di un impianto elettrico non è determinata esclusivamente dalla resistenza del cavo, poiché anche quella dei collegamenti elettrici contribuisce alla resistenza totale.

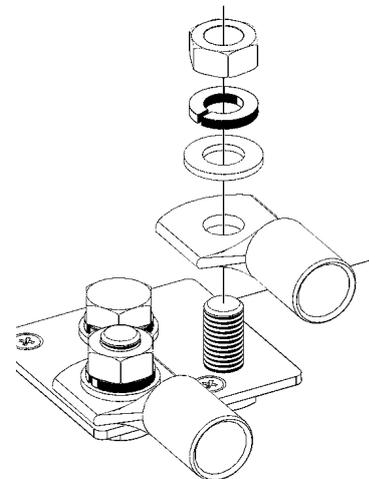
Come si crea la resistenza di connessione:

Ogni volta che si effettua un collegamento tra un cavo e un apparecchio o tra un cavo e un terminale, la resistenza del circuito aumenta. Il grado di resistenza è influenzato dalla qualità del collegamento e dalle dimensioni dell'area di collegamento.

- Un collegamento serrato avrà una resistenza minore rispetto a un collegamento allentato.
- Un'area di connessione ampia avrà una resistenza minore rispetto a un'area di connessione piccola.

Come limitare le resistenze di connessione:

- Eseguire collegamenti serrati e sicuri. Assicurarsi che i connettori siano fissati correttamente senza superare la coppia massima. Per ulteriori informazioni, vedere il capitolo [Coppia \[7\]](#).
- In caso di collegamento a dado o bullone, aggiungere sempre una rondella e una rondella a molla nell'ordine corretto, come indicato nell'immagine a destra.
- Crimpare correttamente i terminali per cavi a un cavo. Utilizzare uno strumento di crimpatura appropriato e un terminale per cavi di dimensioni corrette. Per ulteriori informazioni, vedere il capitolo [Terminali crimpati \[31\]](#):



Tenere presente che la resistenza crea anche calore:

Un collegamento scadente con una resistenza elevata genera un calore eccessivo. La relazione tra potenza, corrente e resistenza è descritta dalla formula $P = I^2R$. In CC a bassissima tensione, anche una piccola quantità di resistenza può generare un livello di calore pericoloso che può danneggiare le apparecchiature e i cavi o, in casi gravi, provocare un incendio.

2.6. Coppia

Come descritto nel capitolo precedente, è importante effettuare connessioni elettriche ben salde, poiché i collegamenti allentati causano resistenza, calore e potenziale corrosione a causa di archi elettrici. Ma bisogna anche fare attenzione a non stringere troppo questi collegamenti, perché si potrebbero danneggiare i dispositivi di fissaggio dei connettori.

I dispositivi di fissaggio dei collegamenti elettrici, viti o bulloni, sono spesso in ottone stagnato. È un luogo comune errato pensare che questi elementi di fissaggio siano in acciaio inossidabile e ciò porta a un serraggio eccessivo e al danneggiamento dell'elemento di fissaggio.

Utilizzare sempre una chiave dinamometrica (o un cacciavite dinamometrico), per tenere sotto controllo il corretto serraggio del bullone o della vite.

Si noti che i nostri prodotti sono dotati di bulloni di collegamento metrici. Le filettature comunemente utilizzate sono M4, M5, M6, M8 e M10 e i valori di coppia raccomandati nella nostra documentazione sono indicati in N.m (Newton metro).



Cacciavite dinamometrico isolato.



Chiave dinamometrica isolata.

Come utilizzare correttamente una chiave dinamometrica

Per utilizzare una chiave dinamometrica, procedere come segue:

1. Scegliere la coppia di serraggio corretta come da manuale. La chiave dinamometrica deve avere una scala o un quadrante che può essere regolato sul valore di coppia desiderato.
2. Posizionare la chiave dinamometrica sull'elemento di fissaggio (bullone, dado o vite).
3. Utilizzare la chiave dinamometrica per applicare la forza al dispositivo di fissaggio, ruotandolo fino a raggiungere la coppia desiderata.
4. La chiave dinamometrica di solito scatta o indica quando è stata raggiunta la coppia desiderata. Se è disponibile un dispositivo di controllo della coppia, verificare due volte il valore.



Per garantire la precisione e prevenire danni all'utensile o all'apparecchiatura su cui si lavora, è importante seguire le istruzioni e le linee guida del produttore quando si utilizza una chiave dinamometrica.

La coppia massima per i bulloni in ottone può variare in base a fattori quali il tipo di ottone, le dimensioni e la lunghezza del bullone, nonché l'uso previsto. In generale, la coppia massima per i bulloni in ottone è inferiore a quella dei bulloni in acciaio delle stesse dimensioni.

Il manuale del prodotto, in genere, riporta la coppia massima per i collegamenti elettrici. Ma se non fossero presenti tali informazioni, utilizzare la seguente tabella per i bulloni, i dadi o le viti in ottone.

Valori di coppia massima per gli elementi di fissaggio in ottone (H62):

Filettatura	Coppia massima in N.m	Equivalente in lbf.ft	Equivalente in lbf.in
M2.5	0.6	0.4	5
M3	1	0.7	49
M4	2.9	2.1	26
M5	5	3.7	44
M6	6	4.4	53
M8	12	8.9	106
M10	24	17	212
M12	40	30	354

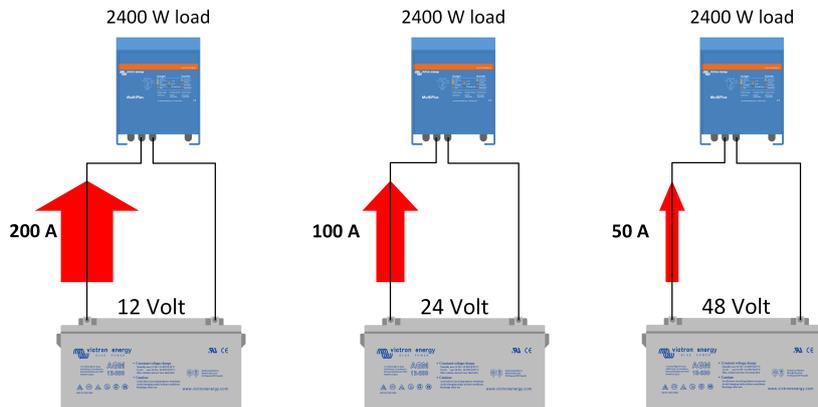
i Si noti che queste sono stime approssimative e possono variare in base all'applicazione specifica, pertanto è importante consultare il manuale del prodotto o le linee guida di progettazione per determinare il valore di coppia appropriato. Una coppia di serraggio eccessiva di un bullone può causare danni o guasti al bullone stesso o ai componenti da fissare.

2.7. Corrente, resistenza del cavo e caduta di tensione

Una bassa tensione si traduce in una corrente elevata:

Come già spiegato, la corrente che scorre attraverso un circuito elettrico per un carico fisso è diversa per le varie tensioni del circuito. Quanto più alta sia la tensione, più bassa sarà la corrente.

Qui sotto appare una panoramica della quantità di corrente che scorre in tre diversi circuiti, nei quali il carico è lo stesso, ma cambia la tensione della batteria:



La resistenza del cavo crea una caduta di tensione lungo il cavo stesso:

Come già spiegato, inoltre, un cavo possiede una certa quantità di resistenza. Il cavo è parte del circuito elettrico e può essere considerato come un resistore.

Quando la corrente scorre attraverso un resistore, questo si riscalda. La stessa cosa succede in un cavo: quando la corrente scorre attraverso il cavo, questo si riscalda e si perde potenza sotto forma di calore. Queste perdite si chiamano perdite del cavo. La perdita di potenza si può calcolare utilizzando la seguente formula:

$$\text{Power} = \text{Resistance} \times \text{Current}^2$$

$$P = R \times I^2$$

Un altro effetto della perdita lungo il cavo è che la caduta di tensione si creerà su tutta la lunghezza del cavo. La caduta di tensione si può calcolare utilizzando la seguente formula:

$$\text{Voltage} = \text{Resistance} \times \text{Current}$$

$$V = R \times I$$

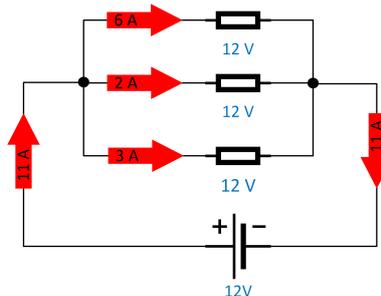
La 1ª e la 2ª legge di Kirchhoff:

Per poter calcolare l'effetto di una caduta di tensione nel cavo, è necessario conoscere altre due leggi elettriche, che sono la prima e la seconda legge di Kirchhoff:

Legge della corrente di Kirchhoff (1ª legge):

La corrente che scorre in una giunzione deve essere uguale alla corrente che scorre al suo esterno.

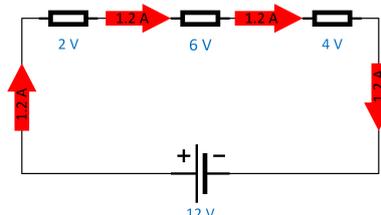
Un esempio di questa legge è un circuito parallelo. La tensione di ogni resistore è la stessa finché la somma della corrente che scorre attraverso ogni resistore è uguale alla corrente complessiva.



Legge della tensione di Kirchhoff (2ª legge):

La somma di tutte le tensioni attorno ad ogni ciclo chiuso di un circuito deve essere uguale a zero.

Qui ci troviamo di fronte all'esatto opposto. In un circuito in serie, la corrente che passa attraverso ogni resistore è la stessa finché la somma delle tensioni di ogni resistore è uguale alla tensione complessiva.

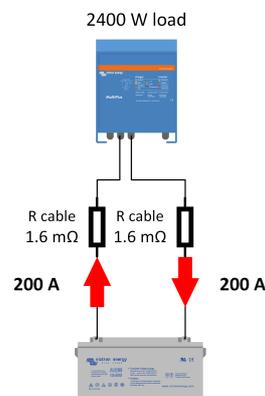


Esempio di calcolo della caduta di tensione:

Ebbene, vediamo l'esempio reale di un inverter collegato a una batteria da 12 V e calcoliamo le perdite del cavo. Nello schema del circuito sulla destra, si può vedere un inverter da 2400 W collegato a una batteria da 12 V tramite due cavi di 1,5 metri di lunghezza e con una sezione di 16 mm².

Come calcolato in precedenza, ogni cavo possiede una resistenza di 1,6 mΩ. Sapendo ciò, possiamo calcolare la caduta di tensione lungo un cavo:

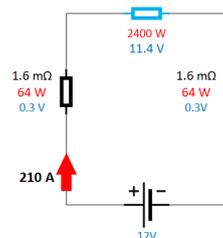
- Un carico da 2400 W a 12 V crea una corrente di 200 A.
- La caduta di tensione lungo il cavo è di: $V = I \times R = 200 \times 0,0016 = 0,32 \text{ V}$.
- Poiché ci sono due cavi, quello positivo e quello negativo, la perdita totale di tensione in questo sistema è di 0,64 V.
- A causa della caduta di tensione da 0,64 V, l'inverter non riceve più 12 V, ma $12 - 0,64 = 11,36 \text{ V}$.



In questo circuito, la potenza dell'inverter è costante. Pertanto, quando la tensione verso l'inverter cade, la corrente aumenta. Ricordare che $I = P/V$.

La batteria ora invierà più corrente per compensare le perdite. Ciò significa che, nell'esempio precedente, la corrente aumenterà a 210 A.

Il che rende inefficiente il sistema, giacché ora abbiamo una perdita del 5% (0,64/12) dell'energia totale. Questa perdita di energia si trasforma in calore.



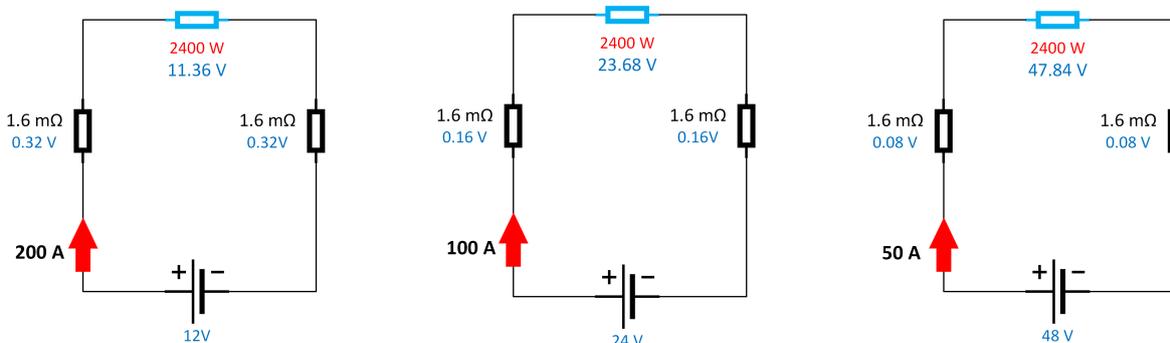
Come ridurre la caduta di tensione:

È importante fare in modo che la caduta di tensione sia il più bassa possibile. La maniera più ovvia di ottenere è ciò, è incrementare lo spessore del cavo o di accorciare il più possibile la lunghezza dello stesso. Ma si può fare anche un'altra cosa, ovvero incrementare la tensione del circuito elettrico. La caduta di tensione del cavo varia a seconda delle tensioni della batteria (sistema). In generale, quanto più alta sia la tensione del circuito, più bassa sarà la caduta di tensione.

Esempio:

Se prendiamo lo stesso carico di 2400 W, ma con una tensione del sistema di 24 o 48 V:

- Il carico da 2400 W a 24 V creerà una corrente di $2400/24 = 100$ A.
- La caduta totale di tensione sarà $2 \times 100 \times 0,0016 = 0,32$ V (= 1,3 %).
- E a 48 V la corrente sarà di 50 A. La caduta di tensione è di 0,16 V (= 0,3 %).



Qual è la quantità di caduta di tensione consentita?

Ciò porta alla seguente domanda: qual è la quantità di caduta di tensione consentita? Le opinioni sono discrepanti, ma consigliamo di puntare a una caduta di tensione non superiore al 2,5%. Questo è indicato nella seguente tabella per diverse tensioni:

Tensione del sistema	Percentuale	Caduta di tensione
12 V	2,5 %	0,3 V
24 V	2,5 %	0,6 V
48 V	2,5 %	1,2 V

Non solo la resistenza del cavo, ma anche altri fattori creano resistenza:

È importante comprendere che la resistenza non è un'esclusiva del cavo. Ogni elemento che si trova sul percorso della corrente crea una resistenza aggiuntiva.

Ecco un elenco degli elementi che possono aggiungere resistenza al totale:

- Lunghezza e spessore del cavo.
- Fusibili.
- Shunt.
- Interruttori o interruttori di circuito.
- La qualità e l'idoneità dei terminali del cavo e la loro corretta crimpatura al cavo.
- La qualità e la tenuta di tutti i collegamenti elettrici.

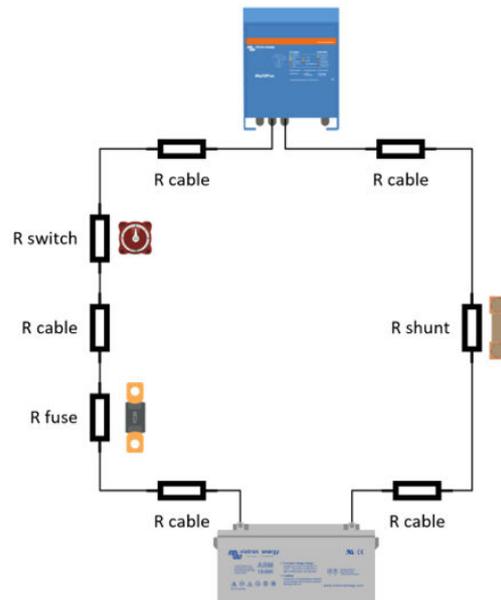
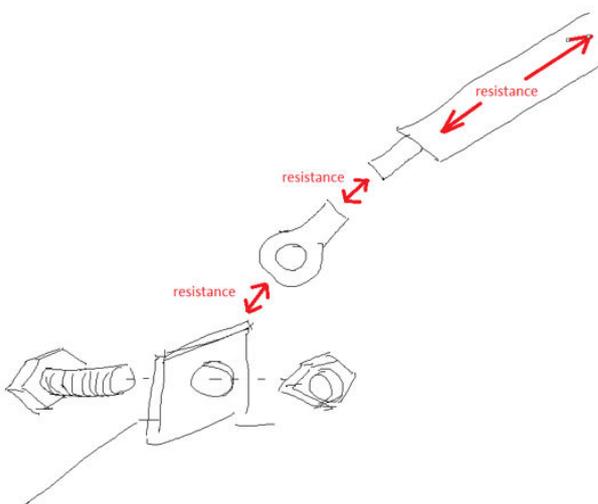
E fare particolare attenzione a:

- Perdite di connessione.
- Contatti sporchi o corrosi.
- Cattive crimpature del capocorda.

Si aggiungerà resistenza al circuito elettrico ogni volta che si realizza una connessione o si posiziona qualcosa lungo il percorso tra la batteria e l'inverter.

Ecco un elenco degli elementi che possono aggiungere resistenza al totale:

- Ogni connessione dei cavi: 0,06 mΩ.
- Uno shunt da 500 A: 0,10 mΩ.
- Un fusibile da 150 A: 0,35 mΩ.
- Un cavo di 2 metri da 35 mm²: 1,08 mΩ.



2.8. Effetti negativi della caduta di tensione nel cavo

Ora sappiamo cosa bisogna fare per conservare una bassa resistenza in un circuito, al fine di prevenire una caduta di tensione. Ma quali sono gli effetti negativi di una gran caduta di tensione in un sistema?

Questo è un elenco di tali effetti negativi:

- Perdita di energia e perdita di efficienza del sistema. Le batterie si scaricano più velocemente.
- Aumenta la corrente del sistema. Può provocare la bruciatura dei fusibili CC.
- Alte correnti del sistema possono provocare sovraccarichi prematuri dell'inverter.
- Una caduta di tensione durante la carica causa una carica insufficiente delle batterie.
- L'inverter riceve una tensione della batteria più bassa. Ciò potrebbe far saltare degli allarmi per bassa tensione.
- Il cavo della batteria si riscalda. Ciò può portare allo scioglimento dell'isolamento del cablaggio oppure causare danni ai condotti dei cavi o alle apparecchiature collegate. In casi estremi, il riscaldamento del cavo può provocare un incendio.
- Tutte le apparecchiature collegate al sistema avranno una durata ridotta.

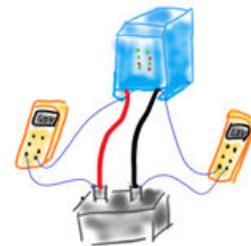
Ecco come prevenire le perdite di tensione:

- Fare in modo che i cavi siano il più corti possibile.
- Utilizzare cavi con uno spessore sufficiente.
- Eseguire collegamenti saldi, ma non troppo. Seguire le raccomandazioni relative alla coppia di serraggio riportate nel manuale.
- Controllare che tutti i contatti siano puliti e non corrosi.
- Utilizzare capicorda di qualità e serrarli con l'apposito strumento.
- Utilizzare un isolamento della batteria di qualità.
- Ridurre il numero di connessioni lungo il percorso del cavo.
- Utilizzare punti di distribuzione CC o sistemi di sbarre.
- Rispettare la legislazione sul cablaggio.

Una buona prassi è quella di misurare la caduta di tensione del sistema dopo aver completato un impianto elettrica che comprenda delle batterie. Bisogna ricordare che le cadute di tensione generalmente si verificano durante un evento di alta corrente. La caduta di tensione diventa maggiore quando aumenta la corrente. È il tipico caso in cui un inverter possiede il carico massimo o quando un caricabatterie sta caricando a piena corrente.

Come misurare la caduta di tensione, ad esempio, in un sistema con un inverter:

- Caricare l'inverter con la massima potenza.
- Misurare la tensione lungo il cavo del polo negativo, tra la connessione all'inverter e il polo della batteria.
- Ripetere l'operazione per il cavo del polo positivo.



Come misurare la caduta di tensione quando la batteria è troppo lontana o si trova in un'altra stanza o in un'altra struttura:

- Caricare l'inverter con la massima potenza.
- Misurare la tensione che passa nelle connessioni CC interne dell'inverter.
- Misurare la tensione che passa nei poli della batteria
- Confrontare queste letture. La differenza fra le due letture è la caduta di tensione.

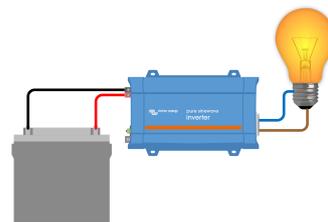


2.9. Tensione di ondulazione

Uno degli effetti negativi di una grande caduta di tensione in un sistema è l'ondulazione.

L'ondulazione si verifica nei sistemi che comprendono un inverter:

L'ondulazione appare in un sistema in cui la fonte di alimentazione è una batteria (CC) e il carico è un dispositivo CA. Questo è sempre il caso di un sistema con un inverter. L'inverter si collega alle batterie, ma alimenta un carico CA.

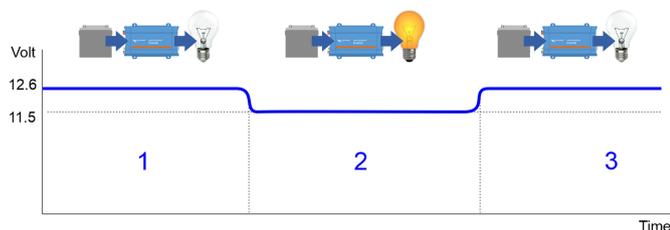


La caduta di tensione è il meccanismo che provoca l'ondulazione:

Il meccanismo che causa l'ondulazione è direttamente collegato alla caduta di tensione lungo i cavi CC quando un sistema si trova sotto carico e la corrente della batteria è alta. Un'alta corrente causa una grande caduta di tensione e ciò diventa particolarmente esagerato quando si utilizzano cavi sottili.

La caduta di tensione in un sistema, nel complesso, può essere anche maggiore, specialmente se si utilizzano batterie al piombo-acido troppo piccole, troppo vecchie o danneggiate. La caduta di tensione non occorrerà solamente lungo i cavi ma anche nella stessa batteria. L'ondulazione è relativa al fenomeno della caduta di tensione CC quando un inverter sta alimentando un grande carico. Ma la tensione del sistema si recupera quando si spegne il carico. Questo processo è illustrato nella seguente immagine.

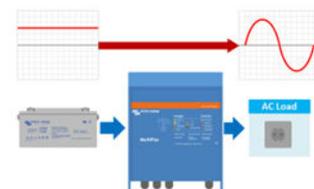
1. La tensione misurata nell'inverter è normale. In questo esempio è di 12,6 V.
2. Quando si accende un grande carico, la tensione della batteria cade a 11,5 V
3. Quando si spegne tale carico, la tensione della batteria generalmente si recupera e torna a 12,6 V



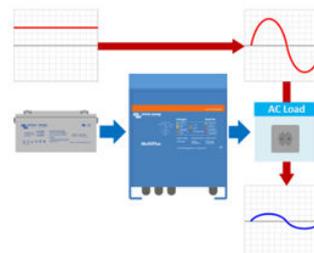
Come si crea l'ondulazione?

I seguenti passaggi descrivono la sequenza di creazione dell'ondulazione:

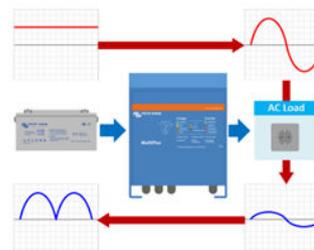
1. L'inverter trasforma la tensione CC in tensione CA.



2. Il carico collegato all'inverter crea una corrente CA nello stesso inverter.



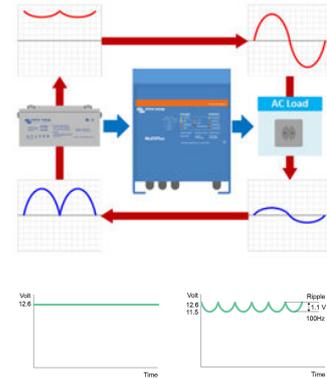
3. Tale corrente CA causa (tramite l'inverter) una corrente CC fluttuante nella batteria.



4. Il risultato di tale corrente CC fluttuante è quanto segue:

- Quando la corrente CC arriva al suo picco, la tensione della batteria cade.
- Quando la corrente CC cade, la tensione della batteria si recupera
- Quando la corrente CC arriva al suo picco, la tensione della batteria cade un'altra volta.
- E così via.

La tensione CC continuerà a salire e scendere, giacché non è più costante, ma ora è fluttuante. Salirà e scenderà 100 volte al secondo (100 Hz). La quantità di fluttuazione della tensione CC si chiama tensione di ondulazione.

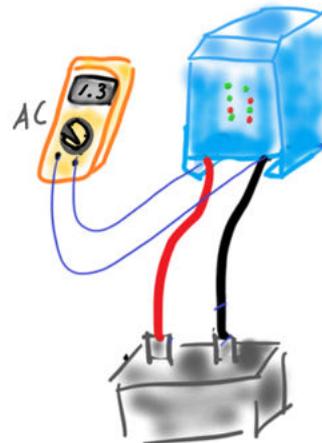
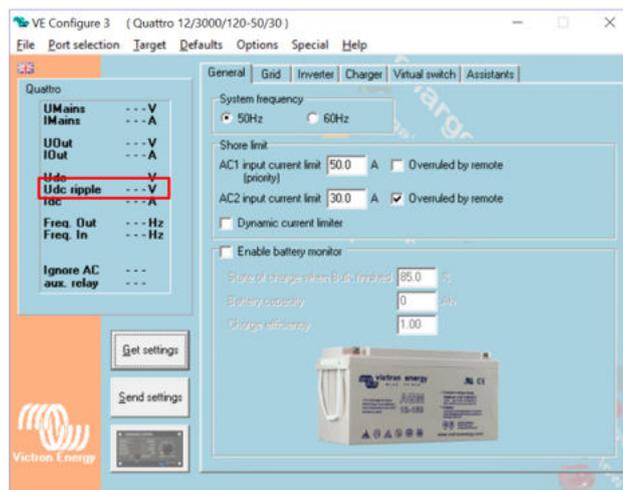


Come misurare l'ondulazione:

Quando si misura l'ondulazione, ricordarsi che si produce solamente quando il sistema è sotto pieno carico. L'ondulazione può essere rilevata solo quando l'inverter sta alimentando un carico pieno o quando un caricabatterie sta caricando ad alta corrente. La stessa cosa vale per misurare la caduta di tensione.

L'ondulazione può essere misurata in questi due modi:

- Utilizzare un multimetro. Selezionare la modalità CA per il multimetro. Eseguire una misurazione nelle connessioni CC dell'inverter. Si sta ora misurando il componente CA della tensione CC. Questa tensione CA è la tensione di ondulazione.
- Utilizzare il VEConfigure, giacché controllerà costantemente l'ondulazione.



Gli impatti negativi dell'ondulazione:

Si può verificare una piccola quantità di ondulazione con un impatto non misurabile. Tuttavia, un'ondulazione eccessiva può avere un impatto negativo.

Impatto negativo di un'ondulazione eccessiva:

- La vita utile dell'inverter si riduce. I condensatori dell'inverter cercheranno di appianare l'ondulazione il più possibile e, di conseguenza, si usureranno più in fretta.
- Si ridurrà anche la vita utile delle altre apparecchiature CC del sistema, giacché soffrono dell'ondulazione come gli inverter.
- Le batterie invecchiano prematuramente. Ogni ondulazione agisce come un miniciclo nella batteria, pertanto la vita utile si riduce a causa dell'aumento del numero di cicli della batteria.
- L'ondulazione durante la carica riduce la potenza di carica. La carica delle batterie richiederà più tempo.

Allarmi per ondulazione:

Gli inverter o gli inverter/caricabatterie possiedono un allarme integrato. Esistono due livelli di allarme ondulazione:

- **Preallarme ondulazione:** Sia il LED di sovraccarico che quello di bassa batteria lampeggiano e l'unità si spegne dopo 20 minuti.
- **Allarme ondulazione completo:** Sia il LED di sovraccarico che quello di bassa batteria sono accesi e l'unità si spegne.

Questi sono i livelli di allarme per ondulazione dei modelli di inverter/caricabatterie alle diverse tensioni CC e del MultiPlus Compact indipendentemente dalla tensione:

Tensione del sistema	Preallarme ondulazione (20 min) *	Allarme di ondulazione completa (3 sec) *	Regolazione della carica
12 V	1,50 V	2.50	1.4
24 V	2,25 V	3.75	2.1
48 V	3,00 V	5.00	2.8
Solo MultiPlus Compact (indipendentemente dalla tensione CC)	1,50 V	2,5 V	0,8 V

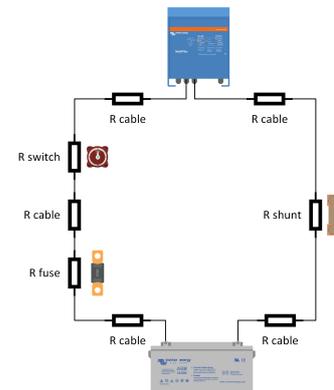
*) Tutte le tensioni sono tensioni RMS.

Come eliminare l'ondulazione:

L'ondulazione si produce solamente quando si verifica una caduta di tensione in un sistema. Per eliminare i problemi dovuti alla tensione di ondulazione, si deve ridurre la caduta di tensione. Ciò significa che si deve ridurre la resistenza lungo il percorso dalla batteria all'inverter e di ritorno alla batteria. Per ulteriori informazioni, vedere il capitolo [Corrente, resistenza del cavo e caduta di tensione \[8\]](#).

Per eliminare un'alta ondulazione in un sistema, agire come segue:

- Accorciare i cavi della batteria
- Utilizzare cavi più spessi.
- Controllare la connettività di fusibili, shunt e interruttori di isolamento della batteria.
- Controllare le specifiche di fusibili, shunt e interruttori di isolamento della batteria.
- Controllare che non ci siano morsetti o connessioni dei cavi allentati.
- Controllare che le connessioni non siano sporche o corrose.
- Controllare che le batterie non siano in cattive condizioni, vecchie o troppo piccole.
- Utilizzare sempre componenti del sistema di buona qualità.



3. Cablaggio del banco batterie

Nel cuore di ogni sistema Victron si trova la batteria. Questa può essere sia una sola batteria che un certo numero di batterie collegate fra loro.

 **ATTENZIONE:** I terminali della batteria non sono isolati. Per evitare cortocircuiti o scosse elettriche, utilizzare strumenti isolati e non indossare gioielli metallici.

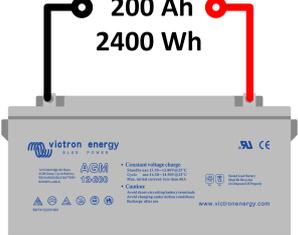
3.1. Banco batterie

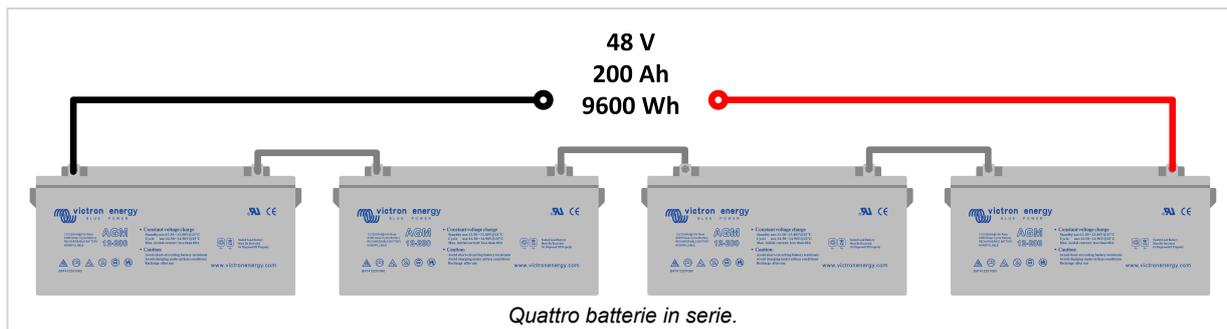
Le batterie si collegano fra loro per aumentare la tensione della batteria, per aumentare la capacità della batteria o per entrambi i motivi. Varie batterie collegate fra loro si definiscono un banco batterie.

Ai banchi batterie si applica quanto segue:

- Quando le batterie sono collegate in serie, la tensione aumenta.
- Quando le batterie sono collegate in parallelo, la capacità aumenta.
- Quando le batterie sono collegate in serie/parallelo, aumentano sia la tensione che la capacità.

Alcuni esempi:

<p>12 V 200 Ah 2400 Wh</p>  <p><i>Batteria singola.</i></p>	<p>24 V 200 Ah 4800 Wh</p>  <p><i>Due batterie in serie.</i></p>
<p>12 V 400 Ah 4800 Wh</p>  <p><i>Due batterie in parallelo.</i></p>	<p>24 V 400 Ah 9600 Wh</p>  <p><i>Quattro batterie in serie/parallelo.</i></p>



3.2. Grandi banchi batterie

Se è necessario un grande banco batterie, sconsigliamo di costruirlo con numerose batterie piombo-acido da 12 V collegate in serie/parallelo. Il massimo numero di stringhe in parallelo è di 3 (o 4). Il motivo è che, con un grande banco batterie come questo, diventa difficile creare un banco batterie bilanciato. In un grande banco batterie in serie/parallelo, lo sbilanciamento si crea in seguito alle variazioni di cablaggio e a leggere differenze di resistenza interna delle batterie.

Esempi di grandi banchi batterie che comprendono batterie piombo-acido o batterie al litio da 2 V:

Batterie piombo-acido da 2 V:

Le batterie OpzV o OpzS da 2 V sono disponibili in una vasta serie di grandi capacità. Si deve solo scegliere la capacità desiderata e collegarle in serie. Sono alimentate da appositi collegamenti dedicati.



Batterie al piombo OpzV da 2 V e collegamenti.



Lithium Battery Smart di Victron Energy:

Le batterie Lithium Battery Smart sono dotate di un bilanciamento interno delle celle e di un sistema di gestione della batteria (BMS) esterno.



Lithium Battery Smart da 12,8 V & Smart da 25,6 V



Lithium Batterie Smart:

Con bilanciamento delle celle e sistema di gestione della batteria interno o esterno (BMS). Ogni batteria possiede la capacità di comunicare con le altre, ma il banco può anche comunicare con un dispositivo di monitoraggio. Nel caso di Victron, questo è un dispositivo GX. Le batterie generano un valore di stato di carica totale per l'intero banco batterie e lo inviano al dispositivo GX. Per ulteriori informazioni riguardo a quali marche sono compatibili con Victron e come configurarle, seguire questo link: https://www.victronenergy.com/live/battery_compatibility:start.



Batterie con altre soluzioni chimiche:

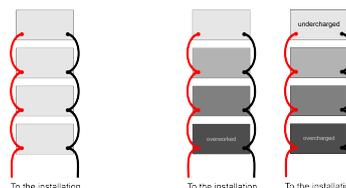
Batterie a flusso e altre soluzioni chimiche. Sono comunemente disponibili a 48 V. Più batterie possono essere collegate in parallelo senza problemi. Ogni batteria possiede il suo sistema di gestione della batteria. Assieme generano un valore di stato di carica totale per l'intero banco batterie. Nel sistema è necessario un dispositivo di monitoraggio GX. Per ulteriori Informazioni riguardo a quali marche sono compatibili con Victron e come configurarle, seguire questo link: https://www.victronenergy.com/live/battery_compatibility:start.



3.3. Cablaggio parallelo del banco batterie

Il cablaggio del banco batterie è importante

È importante sapere la modalità di cablaggio del banco batterie nel sistema. Al momento di cablare un banco batterie, è facile commettere errori. Uno dei più comuni è quello di collegare in parallelo tutte le batterie assieme e poi collegare un lato del banco batterie in parallelo all'impianto elettrico. Come indicato nell'immagine sulla destra.



Cosa succede quando si collega un carico?

La potenza proveniente dalla batteria inferiore passerà solamente attraverso i connettori del collegamento principale. Per contro, la potenza proveniente dalle batterie successive dovrà passare attraverso il collegamento principale e i connettori aggiuntivi per raggiungere la batteria. Quanto più aumenta il numero di batterie, aumenta anche il numero dei connettori di collegamento. Ciò comporta una diminuzione della corrente disponibile dalla batteria superiore rispetto a quella inferiore.

Cosa succede se il banco batterie è carico?

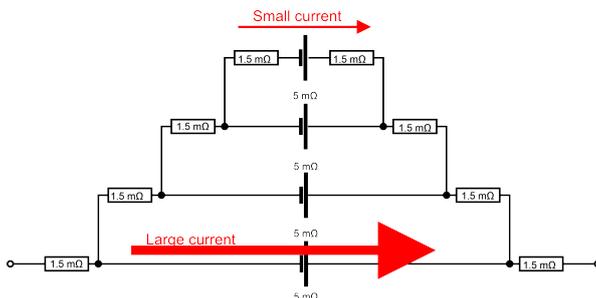
La batteria inferiore si carica a una corrente più alta della batteria superiore. La batteria superiore si carica a una tensione inferiore alla batteria inferiore. Di conseguenza, la batteria inferiore lavora di più, si scarica di più e si carica di più, pertanto soffrirà una avaria prematura.

Perché è importante la resistenza del cavo quando si cabla un banco batterie?

Ricordare sempre che il cavo è un resistore. Quanto più lungo sia, più alta sarà la resistenza. I capicorda e i collegamenti della batteria, inoltre, si aggiungeranno a tale resistenza.

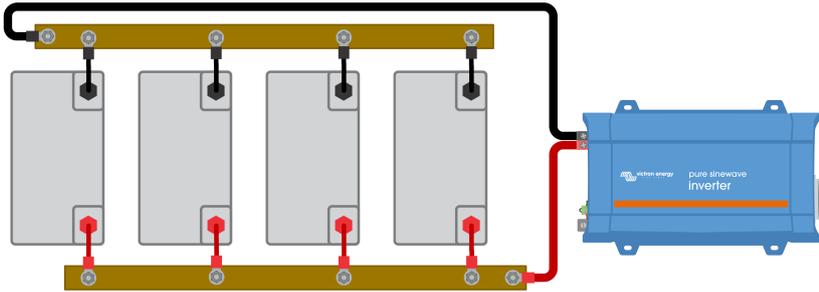
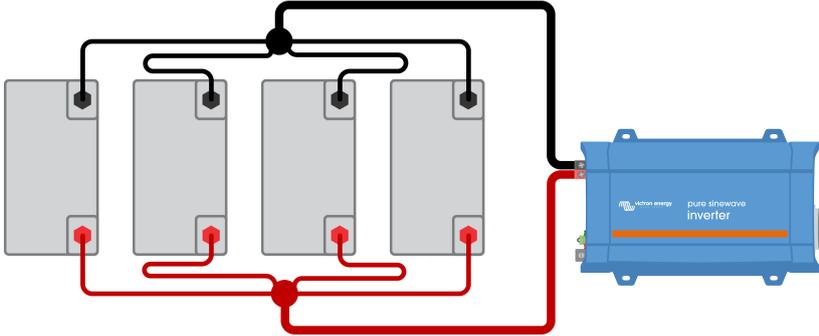
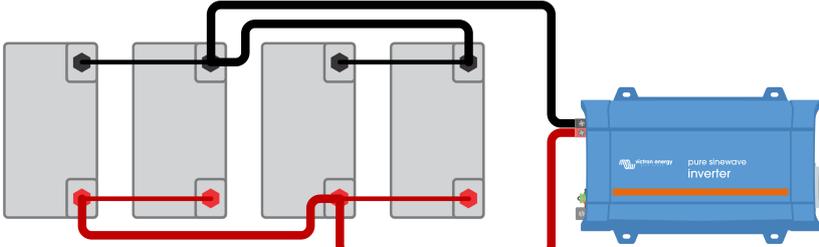
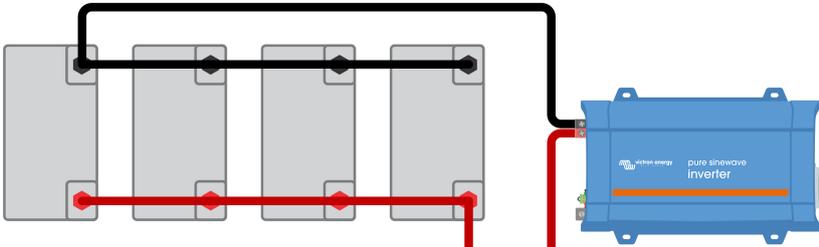
Per avere un'idea: la resistenza totale di un cavo da 20 cm e 35 m² compresi i capicorda, è di circa 1,5 mΩ. Si potrebbe obiettare che 1,5 mΩ. non è molto, ma bisogna ricordare che anche la resistenza interna di una batteria è bassa. Pertanto, è veramente importante! La resistenza interna di una batteria, generalmente, è compresa fra 10 e 3 mΩ.

Se si costruisse un diagramma elettrico di un banco batterie cablato erroneamente, il suo aspetto sarebbe il seguente:



La corrente sceglierà sempre il percorso con la minor resistenza. La maggior parte della corrente, pertanto, passerà attraverso la batteria inferiore. E solo una piccola quantità di corrente passerà attraverso la batteria superiore.

Il modo corretto di collegare varie batterie in parallelo è quello di assicurarsi che il percorso totale della corrente che entra ed esce da ogni batteria sia uguale.

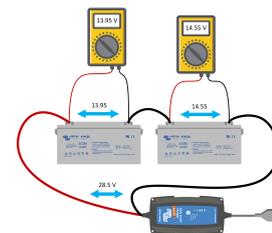
Esistono quattro modi per cablare correttamente un banco batterie in parallelo:	
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizzare un sistema di sbarre. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Collegare utilizzando il montante positivo e quello negativo. Assicurarsi che la lunghezza del cavo da ogni montante a ogni batteria sia sempre la stessa. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Collegare nel mezzo. Assicurarsi che tutti i cavi abbiano lo stesso spessore. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Collegare in diagonale. Si noti che, sebbene questo collegamento della batteria sia semplice ed efficace, non è perfetto. Le correnti delle singole batterie possono ancora presentare lievi differenze. 	

3.4. Bilanciamento del banco batterie al piombo-acido

Quando si crea un banco batterie al piombo-acido con una tensione più alta, come 24 o 48 V, è necessario collegare in serie varie batterie da 12 V. Ma esiste un problema con il collegamento in serie, ovvero che le batterie non sono tutte elettricamente identiche. Possiedono leggere differenze nella resistenza interna. Pertanto, quando una stringa di batterie in serie è in carica, tale differenza di resistenza provoca una variazione nella tensione dei morsetti di ogni batteria. Le loro tensioni diventano "sbilanciate". Tale "sbilanciamento" aumenterà nel tempo, facendo in modo che una delle batterie sia costantemente sovraccaricata mentre le altre hanno una carica costantemente insufficiente. Ciò provocherà un guasto prematuro di una delle batterie della stringa in serie.

Come verificare se un banco batterie è bilanciato:

- Caricare il banco batterie.
- Misurare verso il termine della fase di carica di massa, ovvero quando il caricabatterie carica a piena corrente.
- Misurare la tensione individuale di una delle batterie.
- Misurare la tensione individuale delle altre batterie-
- Confrontare le tensioni.
- Se si riscontra una notevole differenza fra tali tensioni, allora il banco è sbilanciato.



Come evitare lo sbilanciamento della batteria alla prima installazione:

Per evitare lo sbilanciamento iniziale delle batterie, assicurarsi di caricare ogni batteria prima di collegarla in serie (e/o in parallelo). Per evitare un futuro sbilanciamento, quando le batterie si stiano usurando, utilizzare un Battery Balancer. Il battery balancer è cablato al sistema come indicato nella figura sulla destra. Misura la tensione del banco batterie e anche le tensioni delle singole batterie.

Come funziona il Battery Balancer:

- Il Battery Balancer si attiva non appena il banco batterie viene caricato e la tensione di carica supera i 27,3 V.
- In quel momento, il Battery Balancer inizia a misurare e confrontare le tensioni di entrambe le batterie.
- Appena rileva una differenza di tensione superiore ai 0,1 V tra le due batterie, si illumina una spia di avvertimento e inizierà a bilanciare le batterie.
- Per fare ciò, scarica la batteria più alta assorbendo una corrente fino a 0,7 A finché le tensioni di entrambe le batterie non diventano uguali.



Se il battery balancer non ottiene l'effetto desiderato e la differenza di tensione diventa maggiore di 0,2 V, lo sbilanciamento della batteria supererà il limite entro il quale può essere corretto dal battery balancer. Questa è verosimilmente un'indicazione del fatto che una delle batterie ha sviluppato un guasto e il Battery Balancer farà saltare un allarme e attiverà il suo relè di allarme.

Per un sistema da 24 V è sufficiente un solo Battery Balancer. E per un sistema da 48 V sono necessari tre Battery Balancer, ovvero uno tra ogni batteria.

Per ulteriori informazioni, consultare la pagina delle informazioni sul prodotto del Battery Balancer in: <https://www.victronenergy.it/batteries/battery-balancer>

3.5. Punto medio del banco batterie

Lo sbilanciamento della batteria può essere rilevato osservando la tensione del punto medio di un banco batterie. Se la tensione del punto medio è monitorata, si può utilizzare per generare un allarme quando supera un certo valore di deviazione.

L'allarme del punto medio può essere generato sia da un Battery Balancer che da un monitor della batteria.

I monitor della batteria BMV 702, BMV 712 e SmartShunt possiedono una seconda entrata di tensione, che si può utilizzare per il monitoraggio del punto medio. Può essere cablata al punto medio del banco batterie. Il monitor della batteria mostrerà la differenza fra le due tensioni o una percentuale. Per ulteriori informazioni, vedere la pagina prodotto del monitor della batteria in: <https://www.victronenergy.it/battery-monitors>

Un allarme del punto medio può significare quanto segue:

- Si è guastata una sola batteria, ad esempio perché ha una cella aperta o una cella in cortocircuito.
- Una o più batterie hanno raggiunto la fine del loro ciclo di vita a causa della solfatazione o della riduzione del materiale attivo.
- È necessaria un'equalizzazione (solo per le celle umide).



In un banco batterie in serie/parallelo può essere utile per collegare i punti medi di ogni stringa parallela/serie. La ragione per cui farlo è quella di eliminare lo sbilanciamento interno del banco batterie.

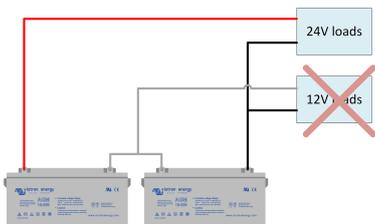
Come collegare i punti medi:	
<ul style="list-style-type: none"> Se si collegano delle batterie in serie/parallelo, come mostrato nell'immagine a destra, si vedrà che le singole tensioni variano secondo la stringa e che variano anche all'interno della stringa. 	
<ul style="list-style-type: none"> Per prima cosa, assicurarsi che ogni stringa abbia le stesse tensioni, utilizzando un punto di connessione positivo e negativo comune o un sistema di sbarre. 	
<ul style="list-style-type: none"> Quando le tensioni di ogni stringa sono uguali, si possono collegare i punti medi. Assicurarsi che il cablaggio del punto medio possa sopportare la piena corrente fra le batterie. 	
<ul style="list-style-type: none"> Dopo aver collegato il punto medio del banco batterie, si può usare un battery balancer, invece di utilizzarne 3 (uno per ogni stringa). Si può anche utilizzare un solo BMV per monitorare il punto medio dell'intero banco batterie. 	

Non collegare carichi al punto medio di una batteria:

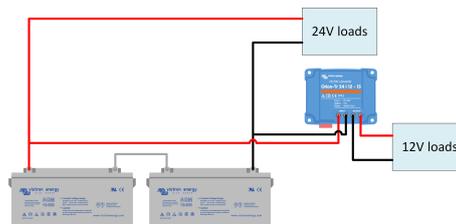
Non è consigliabile collegare carichi al punto medio di un banco batterie, per poter far funzionare carichi che richiedono una tensione minore. Tale azione può causare un grande sbilanciamento nel banco batterie. Tale sbilanciamento supera di gran lunga il limite che può bilanciare il battery balancer (superiore a 0,7 A) e la batteria utilizzata per fornire la tensione più bassa si guasterà prematuramente.

La sola ragione per usare i punti medi di un banco batterie è quella di bilanciare e/o monitorare.

Non fare quanto segue:



Piuttosto utilizzare un convertitore Orion CC-CC:

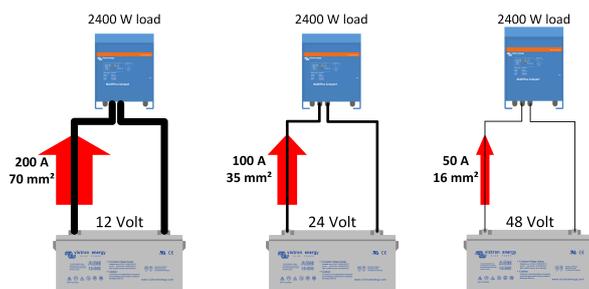


4. Cablaggio CC

In un sistema, è importante usare un cavo che abbia lo spessore corretto. Questo capitolo ne spiega il motivo e contiene altre informazioni utili su cosa tenere presente quando si progetta il cablaggio CC di un sistema.

4.1. Selezione dei cavi

Il cavo corretto può essere selezionato solamente quando si conoscono le correnti di un sistema. Per sapere come calcolare la corrente, consultare il capitolo [Corrente, resistenza del cavo e caduta di tensione \[8\]](#).



Il seguente elenco mostra un esempio di quali dimensioni dei cavi corrispondono a queste correnti, a condizione che la distanza del cavo sia inferiore a 5 metri.

I limiti superiori di potenza degli inverter consigliati per tensione del sistema sono:

- **12 V:** fino a 3000 VA.
- **24 V:** fino a 5000 VA.
- **48 V:** 5000 VA e oltre.

Per evitare cavi molto spessi, la prima cosa da fare è incrementare la tensione del sistema. Un sistema con un gran inverter genererà grandi correnti CC. Se la tensione del sistema CC aumenta, la corrente CC cade e il cavo può essere più sottile.

Se si desidera aumentare la tensione del sistema, ma sono presenti carichi CC o sorgenti di carica CC che supportano solo 12 V, si possono utilizzare dei convertitori CC-CC invece di scegliere una bassa tensione per tutto il sistema.



Come già spiegato, è molto importante utilizzare sempre il corretto spessore del cavo. Si possono trovare gli spessori corretti dei cavi nel manuale del prodotto. L'uso di un cavo troppo sottile produce un effetto negativo diretto sulle prestazioni del sistema. In genere, lo spessore dell'anima del cavo è indicato in mm². Ciò indica la superficie dell'area dell'anima del cavo. Ma si usano anche altre annotazioni, come AWG (American Wire gauge). Per una tabella di conversione da AWG a metrica, consultare la fine di questo capitolo.

- Per sapere il diametro dell'anima di un cavo con anima a trefoli, controllare l'isolamento dello stesso, sul quale saranno presenti delle indicazioni riguardanti lo spessore dell'anima.



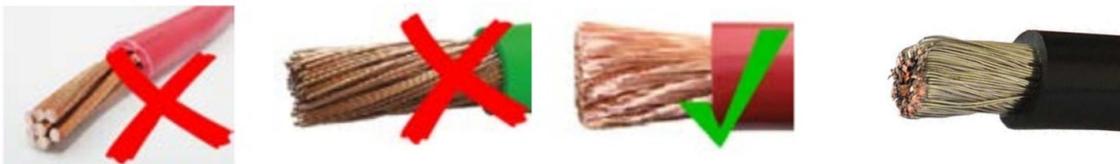
Tenere presente che alcuni cavi possono avere un isolamento molto spesso e possono apparire più grossi di quel che sono. Per scoprire il vero spessore dell'anima del cavo, vedere le indicazioni sul cavo, le sue specifiche oppure eseguire una verifica fisica. Scorticare una piccola sezione dell'isolamento del cavo e controllare l'anima in rame per stimare il diametro della stessa. In un cavo rigido si può calcolare la superficie dell'area misurando il diametro dell'anima del cavo stesso, ma in un cavo a trefoli questo metodo non è preciso. (Tenere presente che non raccomandiamo di utilizzare cavi ad anima rigida).



Se non si può trovare un cavo abbastanza grosso, raddoppiare quello in uso. Utilizzare due cavi per ogni connessione, piuttosto che uno molto spesso. Ma se si trova il cavo dello spessore necessario, assicurarsi sempre che le superfici dell'area di entrambi i cavi combinate corrispondano all'area raccomandata. Ad esempio, 2 cavi x 35 mm² devono corrispondere a un cavo da 70 mm². Gli inverter/caricabatterie Victron più grandi sono dotati di due connessioni positive e due connessioni negative della batteria, appositamente predisposte a questo fine.

Al momento di selezionare i cavi, evitare i seguenti errori:

- Non usare cavi con trefoli grezzi.
- Non usare cavi non flessibili.
- Non usare cavi CA.
- In zone marittime o umide, utilizzare "cavi marini", che sono cavi con trefoli in rame stagnati.



Da sinistra a destra: cavo non flessibile, cavo con trefoli grossi, cavo corretto con trefoli fini, cavo marino corretto con trefoli stagnati.

Calcolare lo spessore del cavo può essere difficile, ma ci sono alcuni modi per aiutarsi a selezionare quello corretto:

- Leggere il manuale del prodotto.
- La app toolkit di Victron.
- La regola empirica.
- Tabella dei cavi per batterie raccomandati.

Manuali del prodotto:

Tutti i nostri manuali raccomandano le dimensioni dei cavi CC della batteria (e quelle dei fusibili) necessari per utilizzare il prodotto.

L'app Toolkit di Victron:

L'app di Victron aiuta a calcolare le dimensioni del cavo e la caduta di tensione. L'app è gratuita e può essere scaricata qui: <https://www.victronenergy.it/support-and-downloads/software#victron-toolkit-app>

È possibile inserire i seguenti parametri:

- Tensione.
- Lunghezza cavo.
- Corrente.
- Sezione trasversale del cavo.

Una volta inseriti i parametri, l'applicazione calcolerà la caduta di tensione su entrambi i cavi. L'obiettivo è quello di ottenere una caduta di tensione inferiore al 2,5 %.



Tabella dei cavi per batterie raccomandati:

La tabella seguente mostra la corrente massima per una serie di cavi standard con una caduta di tensione di 0,259 Volt. Questa tabella utilizza la lunghezza totale del cavo, ovvero la lunghezza del cavo positivo più la lunghezza del cavo negativo. Non sono incluse le perdite sui contatti.

Diametro del cavo (mm)	Sezione trasversale del cavo (mm ²)	Corrente massima (A) per una lunghezza totale del cavo fino a 5 metri	Corrente massima (A) per una lunghezza totale del cavo fino a 10 metri	Corrente massima (A) per una lunghezza totale del cavo fino a 15 metri	Corrente massima (A) per una lunghezza totale del cavo fino a 20 metri
0.98	0.75	2.3	1.1	0.8	0.6
1.38	1.5	4.5	2.3	1.5	1.1
1.78	2.5	7.5	3.8	2.5	1.9
2.26	4	12	6	4	3
2.76	6	18	9	6	5
3.57	10	30	15	10	8
4.51	16	48	24	16	12
5.64	25	75	38	25	19
6.68	35	105	53	35	26
7.98	50	150	75	50	38
9.44	70	210	105	70	53
11.00	95	285	143	95	71
12.36	120	360	180	120	90

Regola empirica:

Per un calcolo rapido e generale rispetto a cavi fino a 5 metri, utilizzare questa formula:

$$\text{Current} / 3 = \text{cable size in mm}^2$$

Ad esempio: se la corrente è di 200 A, il cavo deve essere: 200/3 = 66 mm²

Tabella di conversione da AWG a metrica

Questa tabella mostra le conversioni e la resistenza per cavi fino a 10 AWG. Per vedere la tabella completa (fino a 40 AWG), consultare questo link: <https://www.victronenergy.it/upload/documents/AWG%20to%20Metric%20Conversion%20Chart.pdf>

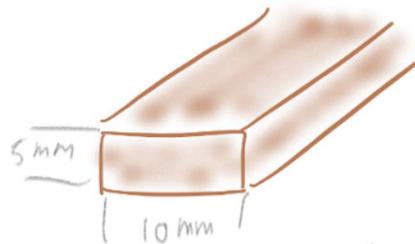
AWG	Diametro (in)	Diametro (mm)	Area superficie (mm ²)	Resistenza (ohm/m)
4/0 = 0000	0.460	11.7	107	0.000161
3/0 = 000	0.410	10.4	85.0	0.000203
2/0 = 00	0.365	9.26	67.4	0.000256
1/0 = 0	0.325	8.25	53.5	0.000323
1	0.289	7.35	42.4	0.000407
2	0.258	6.54	33.6	0.000513
3	0.229	5.83	26.7	0.000647
4	0.204	5.19	21.1	0.000815
5	0.182	4.62	16.8	0.00103
6	0.162	4.11	13.3	0.00130
7	0.144	3.66	10.5	0.00163
8	0.128	3.26	8.36	0.00206
9	0.114	2.91	6.63	0.00260
10	0.102	2.59	5.26	0.00328

4.2. Sistemi di sbarre

I sistemi di sbarre sono come cavi, ma costituiti da sbarre di metallo rigide. Sono fatti di rame o rame stagnato. Si utilizzano in grandi sistemi, nei quali scorrono grandi correnti. Forniscono un punto comune positivo e uno negativo tra le batterie e svariati inverter. I sistemi di sbarre sono utilizzati anche in sistemi più piccoli, soprattutto quando sono presenti moltissimi dispositivi CC. Un sistema di sbarre, in questo caso, fornisce una buona ubicazione per collegare tutti i vari cavi CC.

Per calcolare lo spessore dei sistemi di sbarre, utilizzare l'area della superficie del cavo raccomandata e applicarla all'area della sezione trasversale del sistema di sbarre.

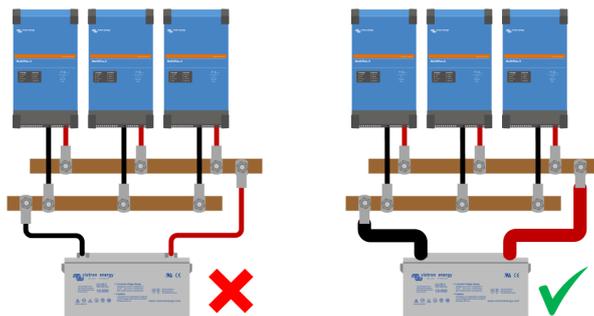
surface area = width x depth



Ad esempio:

- Un sistema di sbarre da 10 mm x 5 mm.
- L'area della superficie della sezione trasversale è $5 \times 10 = 50 \text{ mm}^2$.
- Tale area dovrebbe essere indicata per 150 A e distanze fino a 50 metri.

Al momento di cablare il sistema, assicurarsi che la sezione trasversale del collegamento tra le batterie e il punto di distribuzione CC equivalga a alla somma delle sezioni trasversali necessarie per i collegamenti tra il punto di distribuzione e l'apparecchiatura CC. L'immagine a continuazione riporta degli esempi di questo tipo.



 **ATTENZIONE:** I sistemi di sbarre non sono isolati. Per evitare cortocircuiti o scosse elettriche, utilizzare strumenti isolati e non indossare gioielli metallici.

Se si usano sistemi di sbarre, nella maggior parte dei casi è necessario proteggerli, soprattutto se si trovano all'aperto. Ciò serve a evitare che le persone tocchino il sistema di sbarre o per evitare un cortocircuito se un oggetto metallico cade per errore fra il sistema di sbarre positivo e quello negativo e li mette entrambi in cortocircuito. Un modo facile di fare ciò è quello di montare un foglio di Perspex davanti o sopra il sistema di sbarre. Vedere la figura sulla destra.



I sistemi di sbarre si possono costruire facilmente: è necessaria solo un sbarra di rame o di ottone, sulla quale si praticano dei fori, in modo da poter collegare i cavi elettrici alla sbarra stessa. Per applicazioni marine, utilizzare rame stagnato oppure ottone. I sistemi di sbarre si possono acquistare da grossisti di materiale elettrico o da fornitori di metallo.

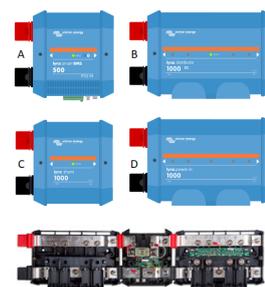


Victron offre una serie di prodotti che contengono sistemi di sbarre. Questi prodotti si trovano anche nella pagina dei sistemi di distribuzione CC e dei fusibili. Per le informazioni complete sui prodotti, seguire questo link: <https://www.victronenergy.it/dc-distribution-systems>.

Panoramica dei sistemi di sbarre Victron:	
I sistemi di sbarre da 150, 250 e 600 A, con diverse opzioni di connessione e con o senza rivestimento (il modello 250 A 6p è raffigurato a sinistra).	
Portafusibili a 6 vie per fusibili MEGA con sistema di sbarre da 250 A.	
Portafusibili MEGA modulari: <ul style="list-style-type: none"> • sistema di sbarre a 5 posizioni, portata 500 A. • sistema di sbarre a 6 posizioni. 1500 A (raffigurato a sinistra). 	

Il sistema di distribuzione Lynx è costituito da moduli separati che possono essere collegati tra loro per formare un sistema di sbarre continuo per sistemi a 12, 24 o 48 V:

- Lynx Smart BMS - Un BMS per le nostre batterie al litio Smart, con monitor della batteria e Bluetooth. Utilizza la comunicazione VE.Can per leggere le informazioni sul fusibile del distributore Lynx e per comunicare con un dispositivo GX. Portata di 500 A.
- Lynx Distributor - per collegare fino a quattro carichi CC o batterie e relativi fusibili, nonché le spie luminose di ogni fusibile. (Se ne possono collegare varie). Portata di 1000 A.
- Lynx Shunt - Un monitor della batteria e portafusibili principale. Utilizza VE.Can per comunicare con un dispositivo GX e leggere il monitor della batteria. Portata di 1000 A.
- Lynx Power In - per collegare le batterie (si può utilizzare anche un Lynx Distributor). Portata di 1000 A.



4.3. Connessioni dei cavi

Esistono diversi modi per collegare i cavi alle batterie, ai prodotti Victron e ad altri elementi di un sistema elettrico.

Bulloni, dadi, viti e terminali a occhiello

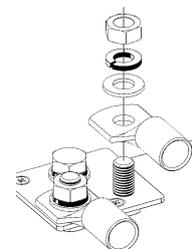
Le normali dimensioni dei bulloni e delle viti dei prodotti Victron sono metriche, come M5, M6, M8 e M10.

I bulloni per uso elettrico, in genere, sono di ottone cromato. Per evitare danni, durante il serraggio applicare sempre la coppia di serraggio specificata dal produttore. Un serraggio eccessivo può causare la rottura del bullone o del dado. Per la coppia di serraggio esatta, consultare la documentazione del prodotto.

I capicorda collegano i cavi ai bulloni e devono corrispondere allo spessore del cavo. Per fissare il capocorda al cavo, utilizzare uno speciale strumento di crimpatura. Se il capocorda non è isolato, assicurarsi che l'isolamento venga aggiunto successivamente.

Al momento di collegare un terminale a occhiello a un bullone, disporre i componenti in quest'ordine: rondella, anello a molla e poi il dado. Assicurarsi che il capocorda sia a filo con la superficie di montaggio. Evitare di interporre tra il capocorda e la superficie elementi quali rondelle o fusibili, in quanto potrebbero ridurre la capacità di trasporto della corrente del collegamento.

Utilizzare strumenti isolati per stringere il dado. Un cortocircuito accidentale della batteria può essere molto pericoloso e le correnti possono sciogliere la chiave non isolata oppure le scintille possono provocare l'esplosione della batteria.



Connettori a vite

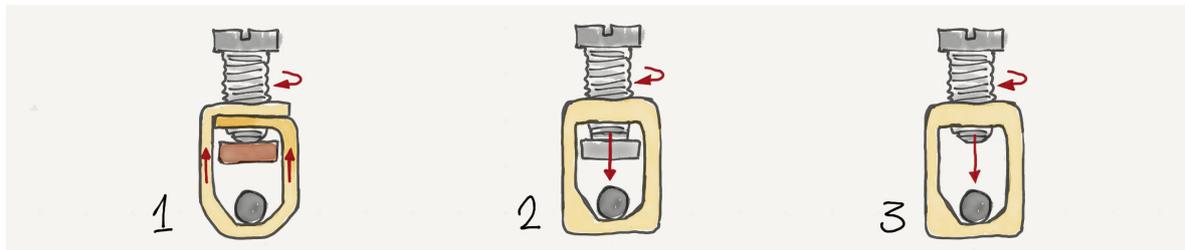
I terminali dei connettori a vite sono di vari tipi, forme e dimensioni, indicate per cavi grossi e sottili. Per un'indicazione delle dimensioni minime o massime dei cavi che possono essere utilizzati in un connettore a vite, consultare sempre il manuale del prodotto o la documentazione del produttore.



Alcuni esempi di terminali a vite

Tipi di terminali di base dei connettori a vite:

1. Terminale con morsetto a gabbia ascendente: La vite aziona un meccanismo a gabbia che si solleva per bloccare il cavo, garantendo un collegamento sicuro e uniforme.
2. Terminale a piastra di pressione o a morsetto: Una vite stringe una piastra metallica o un morsetto, che a sua volta comprime il cavo contro il terminale.
3. Terminale a vite standard: Utilizza una semplice vite che si stringe direttamente sul cavo, comprimendolo contro una piastra metallica.

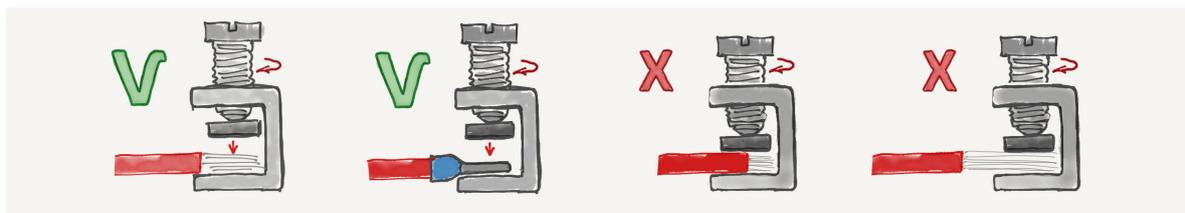


Da sinistra a destra: terminale a gabbia ascendente - terminale a piastra di pressione - terminale standard

Inserimento del cavo

Prima di inserire il cavo, pelare l'isolamento in modo da esporre il cavo nudo. Se necessario, utilizzare un puntalino per fissare i trefoli del cavo.

Assicurarsi che l'isolante non penetri nella cavità del connettore, in quanto può aumentare la resistenza, che causa il surriscaldamento e la potenziale fusione del connettore. Assicurarsi inoltre che all'esterno del connettore non siano visibili cavi nudi, poiché ciò comporta il rischio di elettrocuzione o di cortocircuito.



Le viti site nei connettori elettrici generalmente sono di ottone stagnato. Al momento di stringerle, usare sempre la coppia indicata per evitare di danneggiarle. Consultare il manuale del prodotto o la documentazione del produttore per sapere i corretti valori della coppia.

Tipi di cavi e terminazioni

In generale, non utilizzare cavi con anima solida, trefoli rigidi o spessi o con trefoli saldati tra loro (a meno che il terminale a vite non sia progettato a tale fine). Ciò può causare un cattivo contatto elettrico, con conseguente surriscaldamento o allentamento della connessione.

Si consiglia di utilizzare dei puntalini per allineare e fissare i trefoli, nonché garantire un contatto ottimale con il connettore a vite. Per maggiori dettagli, consultare la seguente sezione.

Puntalini

I puntalini (detti anche puntalini di estremità o puntalini boccola) sono piccoli manicotti che scorrono sulle estremità dei cavi spellati e che tengono insieme i trefoli per ottenere connessioni sicure.

Utilizzo dei puntalini:

- Prevenzione del divaricamento: I puntalini impediscono ai trefoli del cavo di divaricarsi quando vengono inseriti in un connettore a vite o a pressione, in particolare nei terminali a vite senza gabbia o morsetto.
- Prevenzione della separazione dei trefoli del cavo durante le installazioni in cui i trefoli allentati possono causare guasti intermittenti all'impianto elettrico.
- Trefoli di irrigidimento: I puntalini irrigidiscono i cavi, agevolando l'inserimento nei terminali a pressione.
- Aspetto ordinato: Contribuiscono a creare un sistema di cablaggio ordinato e organizzato.

I puntalini sono disponibili in varie dimensioni e tipi per adattarsi a diversi cavi e applicazioni. Devono essere crimpati sul cavo utilizzando un apposito strumento di crimpatura.

Tipi di puntalini:

- Puntalini non isolati, nudi.
- Puntalini isolati con collare in plastica. Il collare fornisce una protezione personale e garantisce che il puntalino non venga inserito troppo profondamente nel connettore.
- Puntalini a doppio cavo per due cavi con collare in plastica. Si utilizzano quando è necessario inserire due cavi in un unico connettore.



Utilizzo del puntalino con terminali a vite

È fondamentale utilizzare puntalini quando si collegano i cavi ai terminali a vite, soprattutto quelli senza gabbia o morsetto. Ecco quando usarli:

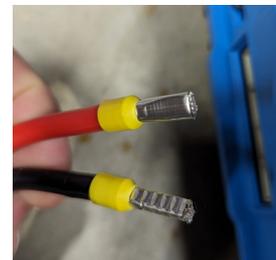
- Terminale a vite standard: Sono necessari i puntalini.
- Terminale a piastra di pressione: Opzionale, ma consigliato se il cavo è molto più piccolo della gabbia del terminale a vite.
- Terminale con morsetto a gabbia ascendente: Non è richiesto, ma la maggior parte dei produttori consente l'uso di puntalini.

Senza i puntalini, i cavi a trefoli possono distanziarsi o essere schiacciati dalla vite e ciò causa un contatto incompleto o il danneggiamento dei trefoli. L'immagine a destra illustra questo aspetto: il cavo superiore presenta trefoli danneggiati con un contatto insufficiente, mentre il cavo inferiore, protetto da un puntalino, mantiene un contatto completo.



Crimpatura del puntalino

Utilizzare sempre uno strumento di crimpatura dedicato per comprimere saldamente il puntalino intorno ai cavi e garantire un collegamento duraturo, sicuro e a tenuta di gas. Il semplice serraggio di un puntalino su un cavo senza crimpatura porta a connessioni scadenti, come dimostra l'immagine a destra: il puntalino superiore, non crimpato, causa una connessione debole, mentre il puntalino inferiore correttamente crimpato fornisce un collegamento sicuro.



Orientamento del puntalino

Assicurarsi che le dimensioni del cavo e del puntalino siano adatte alla gabbia del connettore. La forma della crimpatura deve corrispondere alla forma della gabbia. Al momento di inserirlo, allineare il puntalino correttamente rispetto all'orientamento della gabbia del terminale.

Connettori a pressione

I connettori a pressione sono connettori di serraggio a molla. Alcuni sono a scatto, mentre altri sono a leva e si bloccano per evitare che il cavo venga estratto di nuovo.



Ecco un esempio di come utilizzarli:

- Spellare una sezione sufficiente di isolamento del cavo.
- Premere verso il basso la parte arancione con un cacciavite a testa piana.
- Inserire il cavo spellato.
- Evitare che l'isolamento del cavo entri nel connettore, giacché potrebbe causare una resistenza eccessiva, che farebbe surriscaldare e, eventualmente, sciogliere il connettore.
- Evitare che la parte non isolata del cavo (cavo nudo) fuoriesca dal connettore. Ciò è pericoloso, giacché può causare elettrocuzione e cortocircuito.
- Rilasciare la parte arancione.
- Ora il cavo è bloccato nel suo alloggiamento. Tirarlo leggermente per assicurarsi che sia serrato correttamente.

Terminali a vanga

Un terminale a vanga deve essere crimpato al cavo con uno speciale strumento di crimpatura. Tra questi connettori, alcuni sono con e senza isolamento e alcuni possiedono caratteristiche speciali, come i connettori piggyback.



Connettori MC

Questi connettori sono utilizzati esclusivamente per collegare i pannelli solari ad altri pannelli solari e/o ai caricabatterie solari.

Il più comune è l'MC4. Altri tipi, come MC1, MC2 e MC3, esistono ma non sono più utilizzati. Le lettere "MC" significano MultiContact, che è il nome di uno dei più famosi produttori originali. I numeri dall'1 al 4 indicano la sezione trasversale del pin di contatto, espressa in mm².



Alcune specifiche:

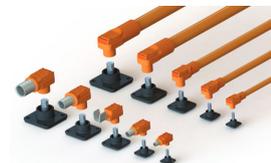
- Sono impermeabili (IP67) e si possono usare in esterni.
- Sono connettori maschi o femmine.
- Approvati per 20 A, 600 V (le versioni più recenti per 1500 V).
- È necessario uno speciale strumento di crimpatura.
- Si possono acquistare come cavi preassemblati.
- I pezzi MC4 Y (o cavi a Y) si usano per collegare in parallelo i pannelli solari

Per ulteriori informazioni, vedere il capitolo [Solare \[44\]](#).

Connettori RADLOK™

Amphenol offre connettori CC a pressione. Sono dotati di un esclusivo meccanismo di bloccaggio positivo che fissa il connettore in posizione e ne impedisce lo scollegamento accidentale. Il connettore è progettato per essere altamente affidabile e avere un alto livello di resistenza alle condizioni ambientali, come vibrazioni, temperatura, umidità ed esposizione ad agenti corrosivi.

Disponibili nei modelli da 70 a 400 A con tensione fino a 1000 V, sono spesso utilizzati con le batterie gestite.



Spine Anderson

Connettori a molla in rame stagnato o nichelato per resistere alla corrosione. Sono disponibili in varie dimensioni per adattarsi a diversi spessori di cavi e requisiti di corrente. Spesso usati nel settore automobilistico o in applicazioni mobili, per le quali sono comuni connessioni e disconnessioni rapide.

Assicurarsi che la corrente nominale corrisponda alla corrente del sistema a pieno carico. Se posizionati tra la batteria e l'inverter apporteranno una maggiore resistenza al cavo. In questo caso, limitarne o evitarne l'uso.



Spine per auto

Generalmente utilizzate in applicazioni del settore automobilistico di bassa gamma. Non sono in grado di trasportare correnti superiori a 10 A. Di conseguenza, non sono indicate per collegare un inverter. Tenere presente, inoltre, che il circuito dell'automobile può avere dei fusibili con portata persino inferiore a 10 A.

Se si utilizza questo tipo connettore, fare attenzione a inserire la spina correttamente e in profondità. Se non viene inserita correttamente, il connettore può riscaldarsi e fondersi. Limitarne o evitarne l'uso.



Morsetti batteria

Sono indicati solamente per connessioni temporanee. Spesso non hanno una corrente nominale sufficientemente elevata e non dovrebbero mai essere utilizzati in modo permanente in un sistema elettrico. Limitarne o evitarne l'uso.



4.4. Terminali crimpati

Alcune note speciali sui terminali crimpati isolati. Questi tipi di terminali crimpati sono facilmente reperibili e semplici da usare.

Sono disponibili in 3 colori: rosso, blu e giallo. Questi colori indicano le dimensioni dei cavi che possono essere utilizzati con il terminale crimpato:

- Rosso - per cavi compresi tra 0,5 e 1,5 mm².
- Blu - per cavi compresi tra 1,5 e 2,5 mm².
- Giallo - per cavi compresi tra 2,5 e 6 mm².

La seguente tabella indica la corrente massima per colore del terminale crimpato quando si utilizzano cavi di diverse lunghezze.

	Colour	wire size mm ²	wire size AWG	5 m cable max A	10 m cable max A	15 m cable max A	20 m cable max A
	Red	0.5 - 1.5	22-16	4.5	2.3	1.5	1.1
	Blue	1.5 - 2.5	16-14	7.5	3.8	2.5	1.9
	Yellow	2.5 - 6	10-12	18	9	6	5

I terminali crimpati sono disponibili in diverse forme, come indicato nella tabella a continuazione.

Spade female	Spade female Isolated	Spade male	Fork	Bullet female	Bullet male	Pin	Butt splice	Eye	Blade
									

Da sinistra a destra:

- Terminale a vanga femmina, non isolato.
- Terminale a vanga femmina, isolato.
- Terminale a vanga maschio.
- Terminale a forcella.
- Terminale a proiettile femmina - si sconsiglia l'uso di questo terminale, che spesso crea un contatto difettoso e può essere fonte di problemi al sistema.
- Terminale a proiettile maschio - si sconsiglia l'uso di questo terminale, che spesso crea un contatto difettoso e può essere fonte di problemi al sistema.
- Terminale a pin.
- Giunto testa-testa - si sconsiglia l'uso di questo terminale, che spesso crea un contatto difettoso e può essere fonte di problemi al sistema. Un'alternativa migliore è il Compact Splicing Connector 221-482 di WAGO, indicato per cavi fino a 4 mm²; per ulteriori informazioni, consultare questo link: <https://www.wago.com/global/installation-terminal-blocks-and-connectors/compact-splicing-connector/p/221-482>
- Terminale a lama.

Utilizzare un utensile a cricchetto professionale per crimpare correttamente il terminale sul cavo. L'azione del cricchetto garantisce l'applicazione della pressione corretta alla crimpatura. L'utensile presenta 3 aree di crimpatura, indicate con punti rossi, blu e gialli. Tali punti corrispondono al colore del terminale da crimpare. Vedere l'immagine a continuazione per avere un esempio di utensile di crimpatura professionale.

Prima di crimpare, inoltre, assicurarsi che l'isolamento del cavo non sia spinto troppo in profondità nel terminale crimpato. Il terminale crimpato presenta due diverse sezioni di crimpatura, una per l'anima del cavo e una per l'isolamento dello stesso. L'utensile di crimpatura professionale crimperà le due sezioni a una pressione diversa.

Dopo la crimpatura, è buona norma testare la stessa dando un piccolo strattone al cavo, per assicurarsi che il terminale sia saldamente crimpato.



4.5. Percorsi dei cavi

Quando si fanno passare e si collegano i cavi tra tutti i componenti di un sistema, occorre prestare attenzione a una serie di aspetti pratici. Sebbene siano stati seguiti i corretti consigli sui cavi, ci sono altri fattori legati ai cavi che possono causare un problema in un sistema.

Utilizzare il corretto spessore del cavo e, se necessario, raddoppiarlo:

Il capitolo [Teoria \[2\]](#) di questo libro ha spiegato perché i cavi devono avere un certo spessore e quali sono gli effetti negativi se sono troppo sottili. Tuttavia, quando si cabla un sistema, il necessario spessore del cavo potrebbe non essere disponibile o essere difficile da ottenere. Cavi molto spessi, inoltre, sono difficili da gestire o non riescono a fare curve strette. In tali casi, è possibile utilizzare due cavi invece di uno unico. Molti inverter e inverter/caricabatterie hanno terminali positivi e negativi doppi proprio a questo scopo.

Se si utilizzano cavi doppi, è possibile che ognuno di essi debba essere collegato a un fusibile. I requisiti possono variare a seconda del Paese e dell'applicazione, pertanto si consiglia di verificare le normative locali in materia.

Un altro requisito locale potrebbe stabilire che ogni singolo conduttore debba essere in grado di sopportare l'intero carico e in questo caso non sarebbe possibile raddoppiare i cavi; per questo raccomandiamo di controllare i regolamenti locali e di verificare se tale eventualità possa riguardare il proprio sistema.

Fare in modo che i cavi siano il più corti possibile:

Cercare di mantenere il più ravvicinata possibile la distanza tra i cavi ad alta corrente, come quelli della batteria e dell'inverter o dell'inverter/caricabatterie. Attenzione, però, a non collocare apparecchiature elettroniche direttamente sopra le batterie al piombo-acido, anche se sono sigillate.

In questo modo non è necessario utilizzare cavi molto spessi. Più vicine sono le batterie, più corta è la lunghezza cavo e più sottile può essere il suo spessore.

Tenere presente che i cavi generano calore:

A causa della resistenza dei cavi, questi generano calore quando la corrente li attraversa. Maggiore è la caduta di tensione sul cavo, maggiore è il calore generato. Ad esempio, se la caduta di tensione è del 2,5 %, significa che se 1000 W di potenza attraversano il cavo, il 2,5 % di tale potenza sarà dissipato come calore. Quindi, per un carico di 1000 W, ciò significa 25 W di calore.

È importante che il calore generato possa essere dissipato.

Se i cavi vengono racchiusi, ad esempio, in una canalina, il calore potrebbe non essere in grado di dissiparsi e arriverebbero a riscaldarsi troppo. L'unica soluzione, in questo caso, è quella di aumentare lo spessore del cavo e, magari, raddoppiarlo.

Utilizzare una canalina per cavi aperta nella parte superiore. In alternativa, utilizzare cavi più spessi, in modo da ridurre la caduta di tensione e quindi il calore generato. Per ulteriori informazioni a questo proposito, vedere il capitolo [Corrente, resistenza del cavo e caduta di tensione \[8\]](#) e il capitolo [Effetti negativi della caduta di tensione nel cavo \[11\]](#).

Un suggerimento potrebbe essere quello di far funzionare un sistema a pieno carico e controllare i cavi con una termocamera. Questo è anche un buon modo per individuare i collegamenti dei cavi allentati o i terminali mal crimpati.

Mantenere l'allentamento dei cavi

Cavi stretti uniti alle vibrazioni del veicolo non sono una cosa positiva. I terminali crimpati e i poli della batteria sono sottoposti a uno stress eccessivo e con il tempo si allentano. Un buon esempio è il cablaggio tra le batterie per formare un grande banco batterie. Se i cavi di interconnessione non sono leggermente allentati e le batterie non sono del tutto immobili, i terminali della batteria o i terminali dei cavi vengono sollecitati eccessivamente e alla fine si allentano o si danneggiano.

Usare dei serracavi

I cavi spessi sono pesanti: non lasciare che tutto il peso di un cavo spesso penda da un inverter, da un inverter/caricabatterie o da un collegamento della batteria. Ciò è particolarmente importante se l'impianto è esposto a vibrazioni. I serracavi o le staffe di fissaggio dei cavi sosterranno il peso del cavo.

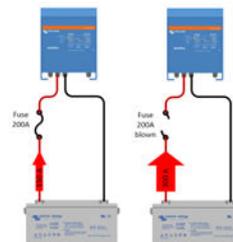
4.6. Fusibili e interruttori

Il fusibile è un dispositivo di sicurezza elettrica che protegge i cavi di un circuito da correnti troppo elevate, che possono causare surriscaldamento o incendio.

Il fusibile è posizionato nel cavo di alimentazione di un dispositivo elettrico. Quando una corrente più alta della corrente nominale del fusibile vi passa attraverso per un certo periodo di tempo, il fusibile si brucia. Una volta bruciato il fusibile, nel circuito non passa più corrente. Situazioni nelle quali la corrente è più alta del previsto possono succedere quando un dispositivo elettrico si guasta o quando si verifica un cortocircuito nel circuito elettrico.

Il fusibile protegge i cavi e le apparecchiature da eventuali danni:

- Sovracorrente: quando nel cavo passa più corrente di quella prevista dalle sue dimensioni.
- Cortocircuito: quando un conduttore entra accidentalmente in contatto con un altro conduttore.



Come funziona un fusibile?

Esistono tre tipi di meccanismi per fusibili, che sono:

- Fusibile a filo (una sola volta).
- Fusibile termico (ripristinabile).
- Fusibile magnetico (ripristinabile).

Il fusibile “una sola volta”:

Tradizionalmente, un fusibile contiene un cavo o un filo di metallo che si scioglie appena un'alta corrente non supportata passa attraverso il fusibile stesso. Quando il cavo del fusibile si scioglie, il circuito elettrico si rompe e non vi passa più corrente. Se il fusibile si brucia deve essere sostituito con un nuovo fusibile per rendere nuovamente operativo il circuito. I fusibili sono monouso. Quando si bruciano, non possono essere riparati. Devono essere sostituiti da un fusibile nuovo.

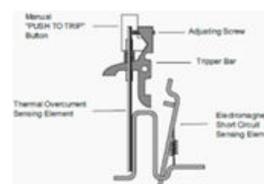


Il fusibile ripristinabile (o automatico):

Un altro tipo di fusibile è quello automatico, spesso chiamato interruttore o mini interruttore (CB o MCB). Questi dispositivi interrompono il flusso di corrente quando rilevano un'alta corrente. A volte si ricollegano quando svanisce l'alta corrente, altre devono essere ripristinati manualmente. Non devono essere sostituiti come i fusibili tradizionali.

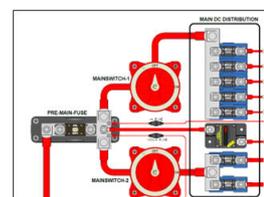
Questi fusibili funzionano in 2 modi, termico o magnetico oppure una combinazione dei due:

- L'interruttore termico contiene una banda bimetallica che si riscalda quando passa una sovracorrente. Quando riscaldata, si piega e, in questo modo, interrompe il percorso della corrente.
- L'interruttore magnetico contiene un elettromagnete sensibile alle forti correnti. Quando scorre una forte corrente, l'elettromagnete crea una forza magnetica che interrompe il percorso di tale corrente.



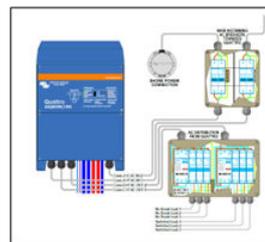
Ubicazione dei fusibili CC:

Per ogni utenza collegata a una batteria è necessario un fusibile. Il fusibile è posizionato nel cavo positivo. Ogni singola utenza deve avere un fusibile individuale. Non importa se la potenza nominale del dispositivo è grande o piccola. Le batterie possono potenzialmente produrre delle correnti molto alte, che possono provocare un incendio. Se l'utenza si guasta e si produce un cortocircuito interno, si svilupperà una fortissima corrente che potrebbe generare un pericolo di incendio. Un circuito CC generalmente contiene un fusibile della batteria principale, dalla quale si dirama verso le singole utenze. Ogni utenza possiede un fusibile individuale.

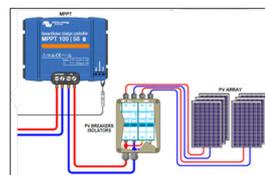


Ubicazione degli interruttori CA:

Gli interruttori si trovano vicino al punto di entrata della rete pubblica di alimentazione e/o al generatore e sono siti nel quadro elettrico. L'interruttore CA si trova nel conduttore in tensione oppure sia in quello in tensione che in quello neutro. Si utilizzano sia interruttori a un polo che bipolari. Generalmente è presente un interruttore principale per ogni alimentazione CA, dal quale l'alimentazione si dirama in svariati gruppi. Ogni gruppo contiene un interruttore, che protegge un gruppo di utenze CA.

**Ubicazione degli interruttori dei moduli FV:**

Si deve inserire un fusibile tra il modulo fotovoltaico e il caricabatterie solare. Controllare le disposizioni delle autorità locali, giacché i regolamenti possono variare in base all'applicazione e al Paese.

**Portafusibili**

I fusibili devono essere inseriti in portafusibili. Il portafusibile mantiene saldamente il fusibile nel suo alloggiamento e, a volte, fornisce anche un isolamento elettrico. Gli interruttori sono generalmente montati su guide DIN. I fusibili e gli interruttori di solito si trovano nei quadri elettrici, preferibilmente dentro un involucro.

Potenza dei fusibili e come selezionare il fusibile corretto:

Esistono 4 criteri per scegliere un fusibile: -

- Corrente nominale
- Tensione nominale
- Velocità
- Tipo

È importante scegliere il fusibile corretto, che corrisponda al circuito e al consumo di potenza del dispositivo sito in tale circuito. Le caratteristiche del fusibile appaiono sul fusibile stesso o si possono trovare nelle sue schede tecniche o nelle sue specifiche.

Corrente nominale

Se in un circuito è presente una sola utenza, il fusibile deve corrispondere alla corrente nominale di tale utenza o a quella del cavo, in base a quale sia la più bassa. Se in un circuito sono presenti varie utenze, il fusibile deve corrispondere alla corrente nominale del cablaggio del circuito.

Tensione nominale

La tensione nominale del fusibile deve essere uguale o maggiore rispetto alla tensione massima prevista nel sistema. Il fusibile deve essere appositamente classificato per il tipo richiesto: CC o CA. La maggior parte dei fusibili CC sono indicati per 12 e 24 V, ma non sono necessariamente indicati per 48 V e più. Tenere presente che non tutti i fusibili o gli interruttori possono essere utilizzati sia nei circuiti CA che in quelli CC. Se un fusibile può essere utilizzato sia per CA che per CC, la tensione nominale per la CA è spesso più alta della tensione nominale CC. Prestare attenzione anche al fatto che gli interruttori potrebbero non essere unidirezionali, pertanto per la CC è importante sapere in che direzione sono stati cablati nel circuito.

Velocità

La velocità di un fusibile corrisponde al tempo che impiega ad aprirsi quando si verifica un guasto. È dettata dal materiale di cui è fatto il fusibile, dal suo meccanismo, dalla corrente e dalla temperatura.

Esistono fusibili lenti e fusibili rapidi:

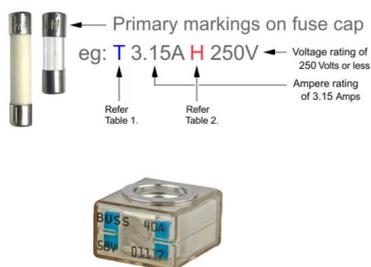
- I fusibili lenti generalmente si impiegano nelle applicazioni CC che si possono trovare nel settore automobilistico e nei circuiti marini. Tali circuiti contengono utenze con un'alta corrente di avvio, come motori o dispositivi con condensatori, come un inverter. I fusibili lenti possono sopportare un'alta corrente iniziale per un breve periodo, consentendo al motore di avviarsi.
- I fusibili rapidi si utilizzano nelle applicazioni CA. Le utenze CA spesso sono sensibili ai cambi di flusso dell'elettricità, pertanto necessitano un fusibile che possa reagire velocemente per proteggerle. Ma in alcuni casi un'utenza CA può avere un'alta corrente di avvio, per esempio i dispositivi con motori elettrici, quali frigoriferi, condizionatori e compressori. In questi casi sarà necessario un fusibile più lento.

Gamma di velocità per i fusibili:

- FF Azione Molto Rapida (Flink Flink).
- F Azione Rapida (Flink).
- M Azione Media (Mitteltrage).
- T Azione Lenta (Trage).
- TT Azione Molto Lenta (Trage Trage).

Marcature dei fusibili

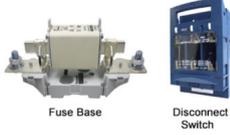
Il fusibile possiede delle marcature che riportano le sue caratteristiche. Ma alcune informazioni potrebbero non essere presenti. In tali casi, una buona fonte per trovare ulteriori informazioni sono le specifiche del fusibile, che si possono trovare facilmente in linea o si possono richiedere al fornitore.



Catalog Number	Marine Rated Battery Fuses
Application	Full range circuit protection for automotive and marine applications. Break in capacity meets the requirements of conventional vehicle batteries and 42V electrical networks
Voltage Rating	58Vdc Maximum
Amperage Rating	30A - 300A
Ingress Protection	IP66
Ignition Protected	Per SAEJ1117
Interrupt Rating	10000 AMP @ 14Vdc 5000 AMP @ 32Vdc 2000 AMP @ 58Vdc
Torque Rating	Maximum 12 N·m (106 in-lbs)
Material	Body - Ceramic Housing & Cover; UL-rated 94V0 Thermoplastic Ring Terminals - Tin Plated

Panoramica dei tipi di fusibili:

Tipo fusibile	Fusibile	Portafusibile
<p>Fusibili in ceramica o vetro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fusibile a filo • Fino a circa 60 A • Fino a 250 VCA o VCC • Veloce o lento 		
<p>Fusibile a lama (settore automobilistico)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fusibile a filo • Fino a 120 A • 32 VCC • Lento 		

Tipo fusibile	Fusibile	Portafusibile
<p>Fusibili Midi</p> <ul style="list-style-type: none"> Fusibile a filo 23 – 200 A 32 VCC Lento 		
<p>Fusibili Cooper Bussmann MRBF</p> <ul style="list-style-type: none"> Fusibile a filo 30 – 300 A 58 Vcc Indicato per usi marini Per spazi ristretti. Può essere montato direttamente su un terminale CC, ad esempio su un sistema di sbarre. Riduce anche la quantità totale di cavi e terminali crimpati necessari. 		
<p>Fusibili CNN</p> <ul style="list-style-type: none"> Fusibile a filo 10 – 800 A 48 VCC, 125 VCA Veloce 		
<p>Fusibili Mega</p> <ul style="list-style-type: none"> Fusibile a filo 40 - 500 A 32 VCC Lento 		
<p>Fusibili ANL</p> <ul style="list-style-type: none"> Fusibile a filo 35 – 750 A 32 VCC Veloce 		
<p>Fusibili NH</p> <ul style="list-style-type: none"> Fusibile a filo Fino a 1000 A 500 - 690 VCA 440 - 550 VCC Disponibili in varie velocità 		
<p>Interruttori (CB o MCB)</p> <ul style="list-style-type: none"> Termici e magnetici Svariate correnti nominali Svariate tensioni CA o CC Svariate velocità Montato su guide DNI 		

4.7. Interruttori di isolamento CC

Si può utilizzare un sezionatore della batteria per isolare la batteria (o il banco batterie) dal resto del circuito elettrico. Oppure può servire per isolare una sorgente CC o un'utenza CC dal circuito elettrico.

La possibilità di isolare la batteria o le utenze CC dal circuito elettrico è utile nei casi in cui si prevede che il sistema non sarà utilizzato per un certo periodo di tempo o per effettuare la manutenzione dello stesso. Quando si sceglie un sezionatore, assicurarsi che sia compatibile con la corrente prevista nel sistema a pieno carico.

Le regole e le indicazioni per l'isolamento della batteria cambiano secondo il Paese, ma, se è necessario un isolamento della batteria, è raccomandabile isolare solamente i cavi positivi della stessa.

Potrebbe persino non essere necessario aggiungere un sezionatore. Un sistema CC dovrebbe contenere sempre un fusibile principale. Se si rimuove tale fusibile, si interrompe il circuito. Pertanto, quando si deve effettuare la manutenzione del sistema o quando la batteria deve essere sostituita, sarà sufficiente rimuovere il fusibile principale per isolare la batteria dal resto del sistema.

Utilizzare sempre sezionatori di qualità. Il sezionatore aggiungerà resistenza al circuito. Un interruttore di bassa qualità avrà una resistenza maggiore e ciò può incrementare la caduta di tensione e causare problemi al sistema.

I sezionatori sono classificati per una determinata tensione e una corrente continua (assicurarsi che si tratti di corrente CC) e spesso sono anche classificati per una corrente di 5 minuti e una corrente di picco di pochi secondi.

Alcuni sezionatori non sono progettati per interrompere la corrente (soprattutto quella continua) e alcuni interruttori di batteria non possono commutare sotto carico. Consultare le specifiche tecniche del sezionatore.

Tipi di sezionatori:

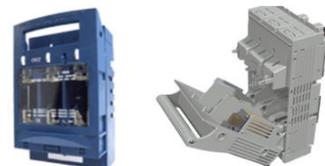
- Sezionatore della batteria per sistemi mobili (generalmente 12 e 24 V). Tenere presente che il [Battery Switch ON/OFF 275A](#) di Victron Energy è in grado di commutare 12, 24 e 48 V ed è anche in grado di commutare sotto carico.
- Interruttori montati su DIN, per sistemi stazionari a terra con batteria e FV (generalmente 48 V e oltre).
- Portafusibili NH per sistemi stazionari a terra ad alta corrente con batteria e FV (generalmente 48 V e oltre).



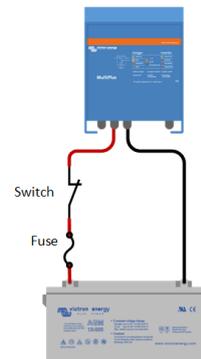
Interruttore batteria ON/OFF 275 A di Victron Energy.



MCB CC ad alta corrente.



I portafusibili NH possono essere utilizzati come interruttori.



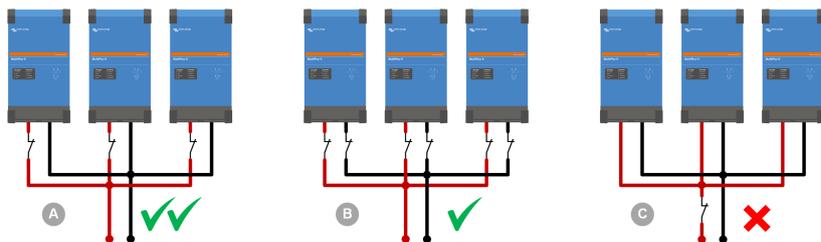
Sistemi con più inverter o inverter/caricabatterie

Ogni unità deve avere un suo fusibile, il quale deve essere dello stesso tipo per tutte le unità, al fine di garantire che ogni percorso CC abbia la stessa resistenza.

Evitare di utilizzare un unico interruttore o fusibile di grandi dimensioni per l'intero sistema. Un cortocircuito o un altro guasto in un solo inverter/caricabatterie raramente avrà una resistenza abbastanza bassa da far scattare il fusibile di grandi dimensioni. Se il fusibile non scatta, la corrente continua a scorrere a un livello pericolosamente alto, danneggiando potenzialmente il cablaggio interno o esterno dell'inverter/caricabatterie.

È preferibile, anche se non obbligatorio, mantenere una connessione CC continua negativa nel sistema e commutare, proteggere o dotare di fusibile solo la connessione CC positiva di ogni inverter/caricabatterie. Questa preferenza è dovuta alla difficoltà di risolvere un problema di connessione allentata nel percorso negativo CC, in particolare nei sistemi con più unità (parallelo, fase divisa o trifase).

Tuttavia, non è necessario un collegamento negativo continuo, giacché alcuni impianti richiedono che il negativo CC sia protetto da un fusibile o da un interruttore.



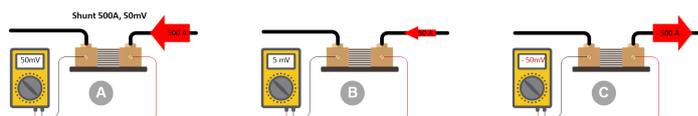
- A. *L'alimentazione positiva CC di ciascuna unità viene commutata individualmente.*
- B. *L'alimentazione positiva e negativa CC di ciascuna unità viene commutata individualmente.*
- C. *L'alimentazione di rete di tutte le unità viene commutata congiuntamente. Tale situazione non è consigliabile!*

4.8. Shunt

Per misurare il flusso di corrente, al sistema si aggiunge uno shunt, che viene utilizzato per il monitoraggio del sistema e per calcolare lo stato di carica della batteria.

Uno shunt è un elemento resistivo utilizzato per misurare la corrente. Quando la corrente attraversa lo shunt, si crea una piccola caduta di tensione proporzionale alla corrente. Questa caduta di tensione aumenta con correnti maggiori e diminuisce con correnti minori. Se il flusso di corrente si inverte, la caduta di tensione cambia di polarità. Misurando la caduta di tensione attraverso lo shunt è possibile determinare la quantità e la direzione della corrente. Queste informazioni possono essere utilizzate per determinare la quantità di corrente che entra o esce da una batteria e calcolare lo stato di carica della stessa.

Lo shunt possiede una corrente e una tensione nominali, ad esempio, 500 A, 50 mV. Ciò significa che, se attraverso lo shunt passa una corrente di 500 A, si verificherà una caduta di tensione di 50 mV (= 0,05 V) lungo lo shunt stesso.



- A. *Shunt attraverso il quale passa una grande corrente.*
- B. *Shunt attraverso il quale passa una corrente minore.*
- C. *Shunt attraverso il quale passa una corrente inversa.*

Lo shunt deve essere classificato per sopportare la massima corrente CC che scorrerà nelle utenze combinate del sistema.

Esempio: Un inverter collegato a una batteria avrà una corrente massima pari alla sua potenza di picco. Un inverter da 3000 VA con una potenza di picco di 6000 W a 12 V assorbirà una corrente di 500 A.



- A. *Shunt BMV 500 A.*
- B. *SmartShunt 2000 A.*
- C. *Shunt 6000 A*

Lo SmartShunt di Victron è disponibile nelle versioni da 500 A, 1000 A o 2000 A, 50 mV. Il monitor della batteria BMV di Victron è dotato di uno shunt da 500 A, 50 mV. Se non fosse sufficiente, se ne dovrà aggiungere uno più grande. Gli shunt di Victron da 50 mA sono disponibili nelle versioni da 500 A, 1000 A, 2000 A e 6000 A. Quando si utilizza uno shunt con una tensione o corrente nominale diversa, assicurarsi di aver cambiato i parametri dello stesso nelle impostazioni del monitor della batteria BMV.

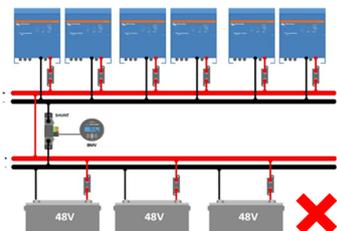
Per motivi di sicurezza, lo shunt viene solitamente posizionato nel cavo negativo. Deve essere l'ultimo componente prima del banco batterie o del sistema di sbarre del banco batterie. Tutte le utenze e le alimentazioni CC devono essere collegate dopo lo shunt. Per il corretto cablaggio in un sistema, fare riferimento allo schema sulla destra.

Gli shunt possono essere posizionati anche in altre parti del sistema, ad esempio, per misurare una specifica utenza o alimentazione CC. Generalmente tali shunt sono collegati a un correntometro.

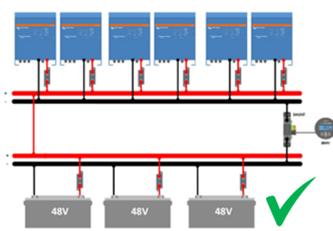


L'errata collocazione dello shunt può causare problemi, soprattutto nei sistemi di grandi dimensioni che prevedono un lungo percorso tra la batteria e gli inverter/caricabatterie. Durante l'inversione, l'inverter/caricabatterie vicino allo shunt "vedrà" una tensione di ingresso CC più bassa rispetto a quelli più lontani. Viceversa, durante la carica, le batterie vicine allo shunt "vedranno" una tensione di ingresso CC più bassa rispetto a quelle più lontane. Vedere le immagini sottostanti.

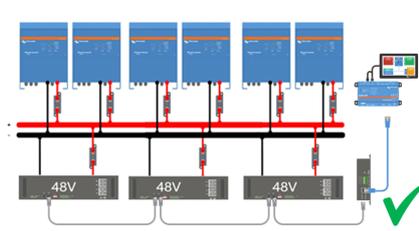
Per risolvere questo problema, è possibile allontanare lo shunt dal cavo positivo (anche se non è l'ideale) oppure utilizzare batterie intelligenti che generano il proprio stato di carica, eliminando la necessità di uno shunt.



Lo shunt è posizionato in modo errato.



Lo shunt è posizionato correttamente.



Si utilizzano batterie intelligenti e non sono necessari shunt.

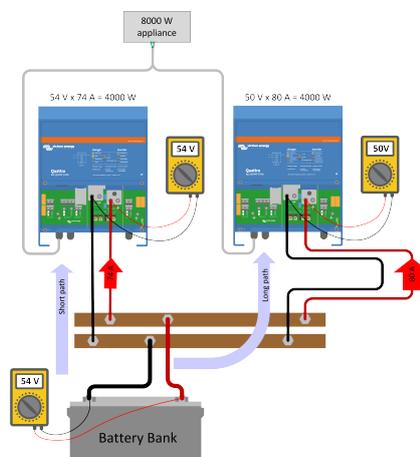
4.9. Cablaggio CC in sistemi paralleli e/o trifase

È possibile creare un inverter/caricabatterie di grandi dimensioni o un inverter/caricabatterie trifase collegando tra loro più inverter/caricabatterie. Tali unità comunicano tra loro e, assieme, diventano un unico grande inverter/caricabatterie. Devono essere tutte collegate allo stesso banco batterie. Al momento di cablare un impianto simile, si deve tener conto di alcune importanti considerazioni riguardanti i cavi della batteria.

Per un corretto funzionamento, è essenziale che ogni unità riceva esattamente le stesse tensioni. Per garantire ciò, il percorso CC dal banco batterie a ogni singola unità, o dal sistema di sbarre a ogni singola unità, deve essere esattamente lo stesso.

Se esiste una differenza tra lo spessore o la lunghezza del cavo tra le singole unità, esiste una differenza anche tra le tensioni di queste unità.

Diverse tensioni implicano correnti diverse. Nell'elettronica di potenza dell'unità con una tensione più bassa scorrerà una corrente più alta. Il sovraccarico dell'inverter/caricabatterie è provocato dalla quantità di tale corrente. Pertanto, sebbene la potenza fornita da ogni inverter sia la stessa, l'unità con la tensione più bassa avrà una corrente maggiore che la attraversa e soffrirà un sovraccarico prima delle altre unità. La potenza di inversione totale del sistema non sarà minore, giacché, quando una unità entra in sovraccarico, l'intero sistema smette di funzionare. L'unità con un cablaggio scadente determina le prestazioni dell'intero sistema.

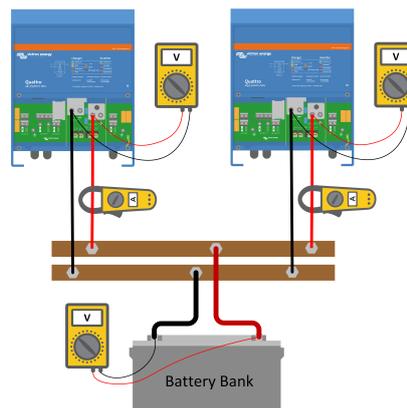


Per ottenere un sistema bilanciato, è necessario utilizzare lo stesso tipo di cavo, con la stessa sezione e la stessa lunghezza per ogni unità del banco batterie o del sistema di sbarre. Assicurarsi altresì che tutti i capicorda siano identici e che tutti i collegamenti siano serrati con gli stessi valori di coppia. Prendere in considerazione l'utilizzo di sistemi di sbarre staccabatteria tra il banco batterie e l'inverter/caricabatterie.

Quando si installano fusibili nell'impianto, si dovrà utilizzare un solo fusibile CC per fase. Se non è disponibile un unico fusibile abbastanza potente, utilizzare un fusibile per unità, ma assicurarsi che siano tutti esattamente uguali.

Per verificare se un sistema è cablato correttamente o per risolvere i problemi di cablaggio, procedere come segue:

- Caricare il sistema a massimo carico.
- Serrare i cavi CC di ogni unità.
- Confrontare le letture della corrente: ogni unità deve avere delle correnti CC simili.



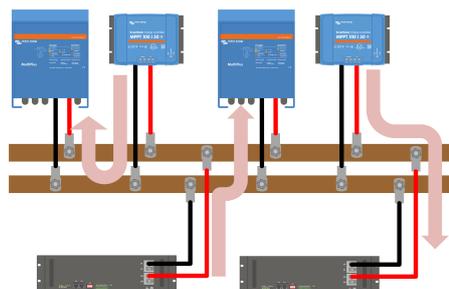
In alternativa, si può misurare la tensione nel sistema di sbarre o nel banco batterie e confrontare tale lettura con le tensioni misurate sui morsetti batteria di ogni unità. Tutte queste letture della tensione devono essere identiche.

Per maggiori informazioni sui sistemi in parallelo e trifase, consultare questo link: https://www.victronenergy.com/live/ve.bus:manual_parallel_and_three_phase_systems.

4.10. Sistemi di sbarre per grandi sistemi

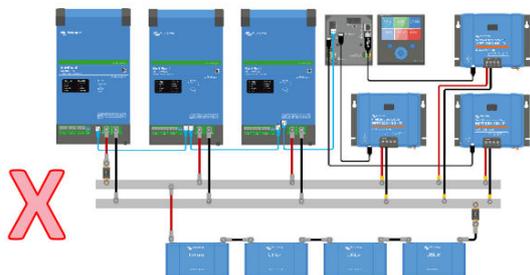
I grandi impianti in genere sono costituiti da più utenze e sorgenti CC. Come batterie multiple, inverter/caricabatterie multipli e caricabatterie solari multipli. Si collegano tutti a un sistema di sbarre centrale. Quando si cablano questi impianti, si devono fare delle considerazioni speciali.

In questi sistemi è necessario utilizzare i sistemi di sbarre, ma, anche in questo caso, sono importanti la modalità e l'ordine di collegamento di tutte le apparecchiature al sistema di sbarre. È importante collegare alternativamente gli inverter/caricabatterie e i caricabatterie solari al sistema di sbarre, al fine di ridurre la corrente che attraversa il sistema di sbarre. In parole povere, la corrente che entra nel sistema di sbarre da un caricabatterie solare può viaggiare attraverso un breve percorso fino all'inverter o a una batteria. Non è necessario che tale corrente viaggi attraverso l'intero sistema di sbarre. Mantiene basso il "traffico" locale.

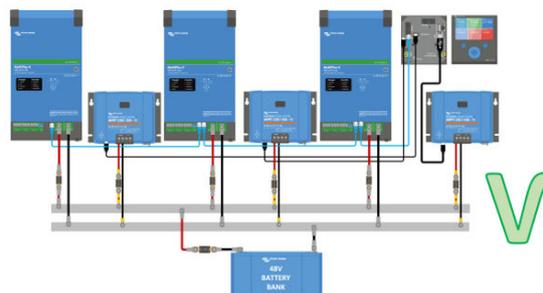


Flusso di corrente che attraversa il sistema di sbarre.

Quando si esegue il cablaggio, assicurarsi che tutti gli inverter/caricabatterie possiedano la stessa lunghezza dei cavi. I caricabatterie solari, inoltre, devono avere un cavo della stessa lunghezza. E ciò vale anche per le batterie.

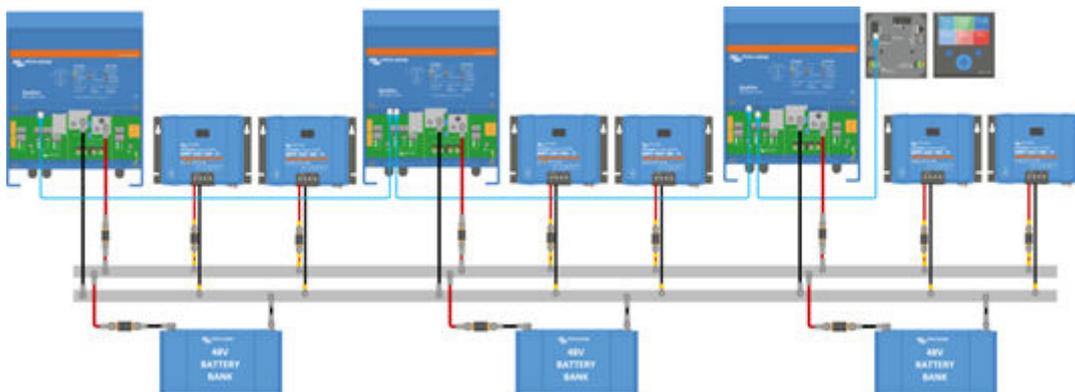


Non disporre tutti gli inverter/caricabatterie su un lato e i caricabatterie solari sull'altro.



Alternare gli inverter/caricabatterie e i caricabatterie solari.

Se il sistema ha un solo banco batterie, è necessario collegare quest'ultimo al centro del sistema di sbarre. Tuttavia, se sono presenti più banchi batterie o batterie intelligenti in parallelo, devono essere distribuiti uniformemente lungo il sistema di sbarre.



Se il sistema è dotato di batterie singole, è bene alternare anche queste agli inverter/caricabatterie e ai caricabatterie solari.

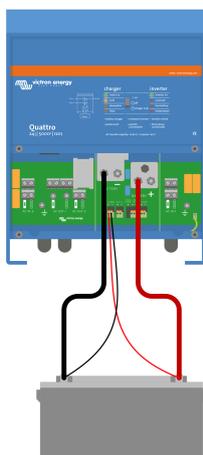
4.11. Rilevamento e compensazione della tensione

Il rilevamento della tensione è una caratteristica del caricabatterie. Misura la differenza tra la tensione nell'unità e la tensione sui morsetti della batteria. Appena rileva una differenza, aumenta la tensione di carica per compensare le perdite lungo il cavo durante la carica. Ciò assicurerà che le batterie siano sempre caricate alla tensione corretta. Questa funzione generalmente compensa solo le perdite di tensione fino a 1 V. Se le perdite nel sistema sono maggiori di 1 V (cioè 1 V sul collegamento positivo e 1 V sul collegamento negativo), il caricabatterie, il caricabatterie solare o l'inverter/caricabatterie ridurrà la tensione di carica in modo che la caduta di tensione rimanga limitata a 1 V. Il motivo di questo comportamento è che, se le perdite sono superiori a 1 V, significa che i cavi della batteria sono troppo sottili e non sono in grado di trasportare una corrente elevata, quindi la corrente di carica deve essere ridotta.

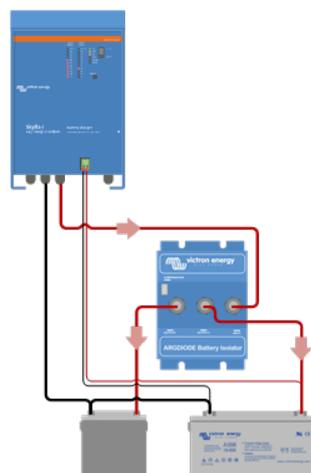
Il rilevamento della tensione si può utilizzare anche per compensare le perdite di tensione quando si utilizzano degli sdoppiatori a diodo. Uno sdoppiatore a diodo possiede una caduta di tensione di 0,3 V lungo il diodo.

Alcuni prodotti Victron, come gli inverter/caricabatterie o i caricabatterie di grandi dimensioni, sono dotati di un sensore di tensione integrato. Per altri prodotti, come i caricabatterie solari e i caricabatterie intelligenti, è necessario aggiungere uno Smart Battery Sense.

Se il prodotto è dotato di morsetto di rilevamento della tensione (V-sense), si possono collegare direttamente due cavi dal morsetto V-sense ai morsetti positivo e negativo della batteria. Utilizzare un cavo con sezione trasversale di 0,75 mm².



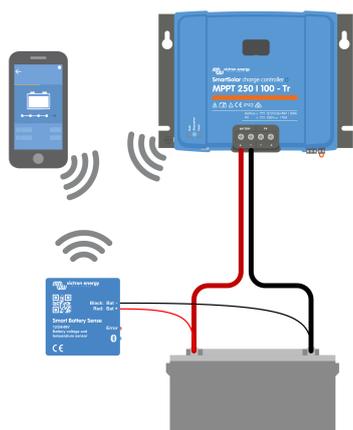
Inverter/caricabatterie con rilevamento della tensione



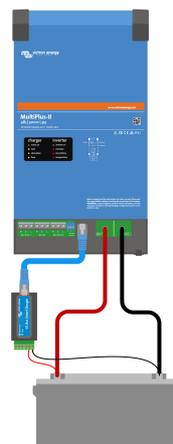
Caricabatterie di grandi dimensioni con rilevamento della tensione e sdoppiatore a diodo

Se un inverter/caricabatterie è dotato di un dongle VE.Bus Smart, non sono necessari cavi di rilevamento della tensione, poiché il dongle si occupa del rilevamento stesso. Per ulteriori informazioni sul Dongle VE.Bus Smart, consultare questo link: <https://www.victronenergy.it/accessories/ve-bus-smart-dongle>.

Nel caso di un caricabatterie solare o di un caricabatterie intelligente, collegare uno Smart Battery Sense alla batteria e configurare lo Smart Networking utilizzando l'app VictronConnect. Per ulteriori informazioni sullo Smart Battery Sense, consultare questo link: <https://www.victronenergy.it/accessories/smart-battery-sense>.



Smart Battery Sense



Dongle VE.Bus Smart

Rilevamento della tensione in un Sistema di Accumulo di Energia (ESS) dotato di caricabatterie solare CC

In un sistema ESS (Sistema di Accumulo di Energia) che contiene solo caricabatterie solari CC (senza inverter per l'immissione in rete), il caricabatterie dell'inverter/caricabatterie è disattivato, giacché il caricabatterie solare carica la batteria e l'eccesso di energia fotovoltaica viene reimpresso nella rete. Questo processo è controllato dal dispositivo GX. Per far sì che ciò funzioni, il dispositivo GX imporrà il caricabatterie solare a una tensione CC più alta rispetto alla tensione CC dell'inverter/caricabatterie.

Quando la batteria è quasi piena, la tensione della stessa sarà leggermente più alta della tensione CC dell'inverter/caricabatterie. Questo è il "segnale" affinché l'inverter/caricabatterie riduca la sua "sovratensione", immettendo l'energia nella rete. In un sistema da 48 V, tale sovratensione è impostata su 0,4 V, mentre in un sistema da 24 V è impostata su 0,2 V.

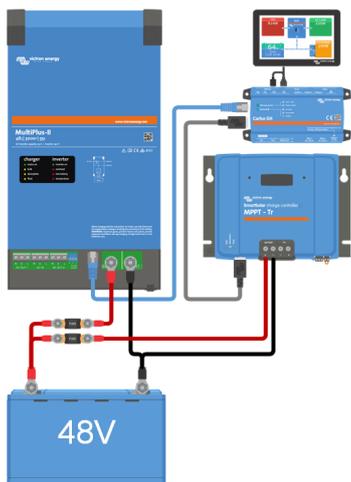
Affinché questo processo funzioni correttamente, è essenziale che la batteria riceva la tensione corretta dal caricabatterie solare. È necessaria una cura particolare nella progettazione e nell'installazione del cablaggio CC, dei fusibili e delle connessioni, giacché potrebbero causare una caduta di tensione nel sistema.

Una caduta di tensione può ridurre la "sovratensione" necessaria all'inverter/caricabatterie prima di immettere energia nella rete.

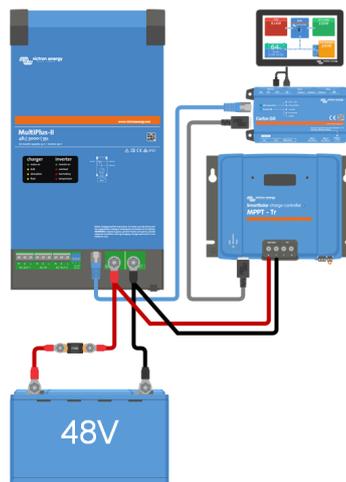
Esempio di sistema ESS con un caricabatterie solare da 100 A, due cavi con sezione di 35 mm² lunghi 1 metro e un fusibile da 150 A:

- La resistenza dei collegamenti è di 0,35 mΩ.
- La resistenza di un fusibile da 150 A è di 0,35 mΩ.
- La resistenza di un cavo di 2 m è di 1,08 mΩ.
- La resistenza totale è di 1,78 mΩ.
- La caduta di tensione a 100 A è di 178 mV

La soluzione è utilizzare un caricabatterie solare con compensazione automatica della caduta di tensione (rilevamento della tensione). Il risultato sarà che la tensione di uscita del caricabatterie solare aumenterà leggermente con l'aumentare della corrente. Tuttavia, se il caricabatterie solare non è dotato di rilevamento della tensione, è meglio collegarlo direttamente all'inverter/caricabatterie.



Sistema ESS con caricabatterie solare collegato alla batteria.



Sistema ESS con caricabatterie solare collegato alla batteria.

4.12. Solare

I pannelli solari non possono essere collegati direttamente alla batteria. Si deve posizionare un caricabatterie solare tra i pannelli solari e le batterie. Il caricabatterie solare converte la tensione più alta del pannello solare in una tensione adeguata al caricamento della batteria. Se un pannello solare viene collegato direttamente a una batteria, quest'ultima si danneggia.

Sicurezza:

In base alle normative locali, potrebbe essere necessario installare un fusibile, un interruttore, un RCD o un GFCI tra il modulo fotovoltaico e il caricabatterie solare.

Connettori MC4:

Per collegare i pannelli solari a un caricabatterie solare, il pannello solare, nella maggior parte dei casi, sarà dotato di connettori impermeabili, generalmente dei connettori MC4. Tali connettori sono disponibili in 2 varietà: un connettore maschio e uno femmina.

Il connettore maschio collega il cavo positivo proveniente dal pannello solare e il connettore femmina collega il cavo negativo.

Se i cavi solari non fossero sufficientemente lunghi, si dovrà utilizzare un cavo di estensione. Tale cavo di estensione è spesso pre-assemblato con connettori MC4. Un cavo solare è dotato di un connettore maschio a una estremità e di un connettore femmina all'altra estremità. Come segue:

I connettori MC4 possono essere collegati a cavi solari da 4 mm² o 6 mm².



Cavo solare. A sinistra si trova il connettore MC4 maschio e a destra il connettore MC4 femmina.

Tipi di cavi solari:

Un cavo solare è un cavo speciale. È un cavo molto resistente ed è stato progettato per usi in esterni, negli impianti di pannelli solari. È resistente a polvere, invecchiamento e raggi UV e possiede trefoli in rame stagnato.

Un cavo solare per piccoli moduli FV, come per il settore automobilistico o marino, spesso possiede un'anima doppia. Anche in questi impianti il cavo deve essere resistente ai raggi UV e deve avere trefoli in rame stagnato.



Un cavo solare per piccoli moduli FV, come per il settore automobilistico o marino, spesso possiede un'anima doppia. Anche in questi impianti il cavo deve essere resistente ai raggi UV e deve avere trefoli in rame stagnato.

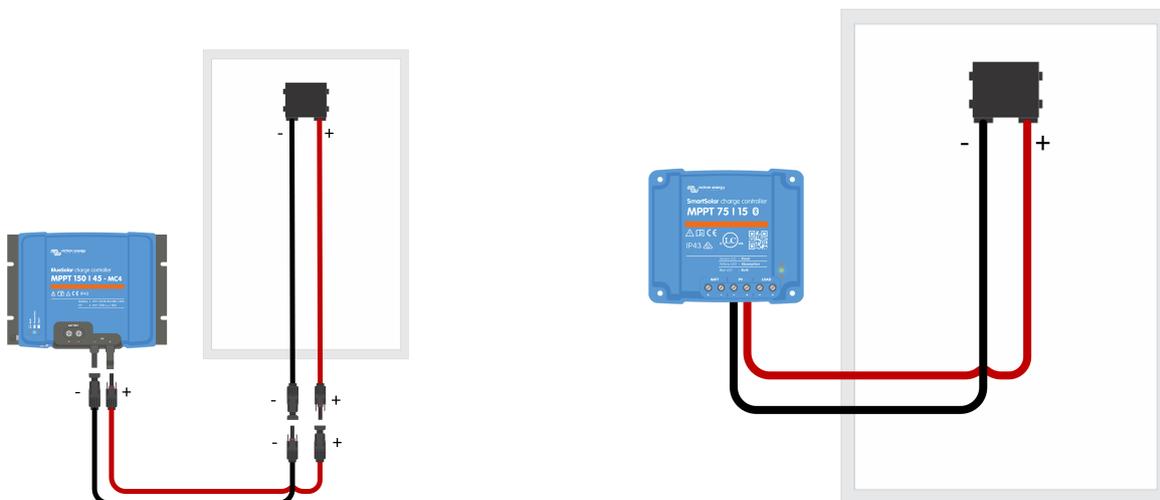


Spessore del cavo:

Lo spessore del cavo solare dipende dalle dimensioni del modulo fotovoltaico e dalla sua tensione. Ciò determina la corrente e lo spessore del cavo. Si prega di vedere il capitolo [Selezione dei cavi \[22\]](#) per ulteriori informazioni a questo proposito.

Collegamento a un pannello solare:

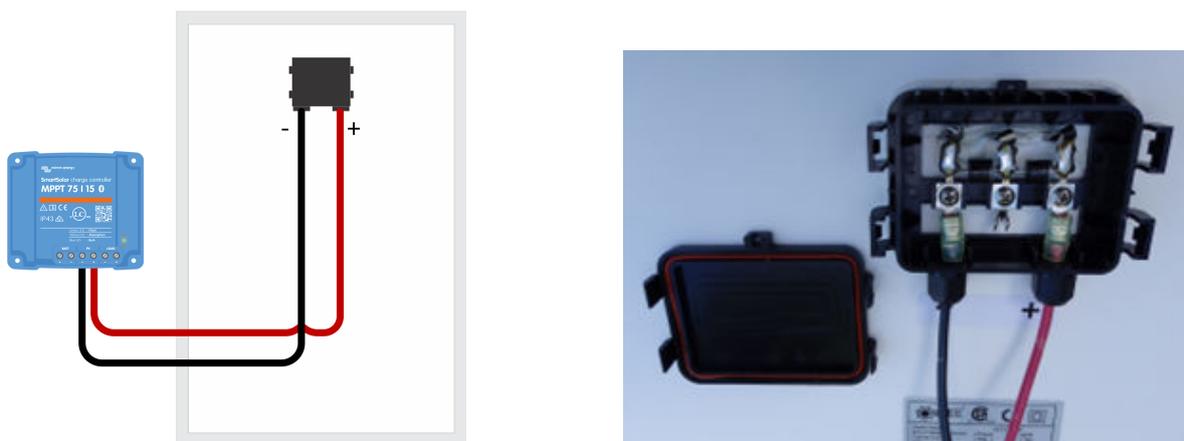
I caricabatterie solari sono venduti in due modelli, con connettori MC4 o con connettori a vite sul lato FV. Ecco come collegarli a un pannello solare; esempio visto dal retro del pannello stesso:



Caricabatterie solare con connettori MC4.

Caricabatterie solare con connettori a vite.

In alcuni casi, il pannello solare non è dotato di cavi. In tale situazione, è necessario che l'utente attacchi detti cavi. A tale fine, aprire la scatola di derivazione sul retro del pannello e collegare i cavi. Si possono utilizzare cavi solari con o senza connettori MC 4. Se il pannello solare viene collegato direttamente al caricabatterie solare, l'impianto si presenta come segue:



Collegamento di un caricabatterie solare a un pannello solare senza utilizzare i connettori MC4.

Scatola di derivazione per pannelli solari.

Moduli solari:

In molti impianti solari, un pannello solare non è sufficiente. In tale caso, è necessario creare un modulo solare o fotovoltaico (FV). Un Modulo solare è costituito da più pannelli solari collegati tra loro.

Se si collegano i pannelli solari in serie, la tensione aumenta e se si collegano in parallelo aumenta la corrente. Lo stesso caso si verifica quando si costruisce un banco batterie con singole batterie.

Sdoppiatore MC4:

Per facilitare i collegamenti in parallelo, utilizzare gli sdoppiatori solari MC4. Ce ne sono di due tipi:



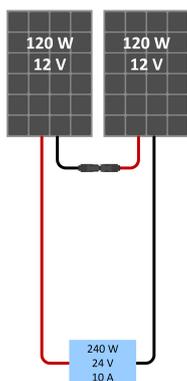
MC4-Y - 1 maschio e due femmine.



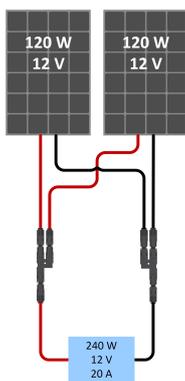
MC4-Y - 1 femmina e 2 maschi.

Esempi di cablaggio di moduli solari

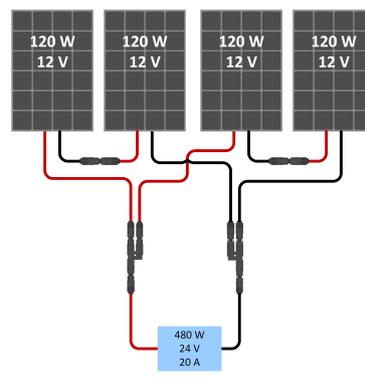
Alcuni esempi di cablaggio di moduli solari che mostrano i moduli cablati in serie, in parallelo e in serie/parallelo utilizzando gli sdoppiatori MC4.



Modulo solare in serie.



Modulo solare in parallelo.



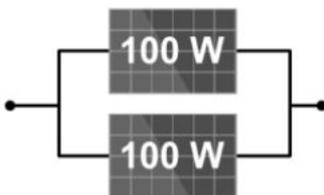
Modulo solare in serie/parallelo.

Potenza totale del modulo solare

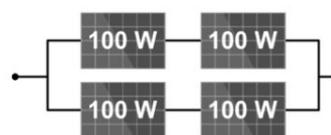
Per determinare la potenza totale di un modulo solare, si deve sommare la potenza di ogni modulo, indipendentemente dal fatto che siano collegati in parallelo o in serie:



Modulo solare da 200 W.



Modulo solare da 200 W.



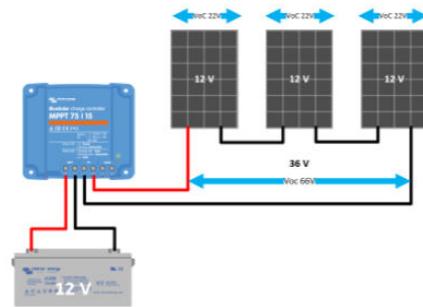
Modulo solare da 400 W.

Tensione totale del modulo solare:

Quando si progetta un modulo solare, è necessario assicurarsi che la tensione a circuito aperto (Voc) del campo non superi la tensione nominale dell'MPPT. Per ulteriori informazioni sulla progettazione di un modulo solare:

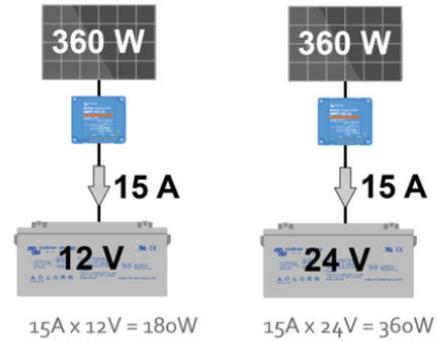
Esempio di tensione di un modulo con pannelli collegati in serie:

Se si leggono le specifiche di un pannello solare da 12 V, si vedrà che la Voc è di circa 22 V. Per un caricabatterie solare MPPT 75/15, la tensione fotovoltaica può raggiungere i 75 V. Ciò consentirà di collegare fino a 3 x 12 V pannelli in serie.



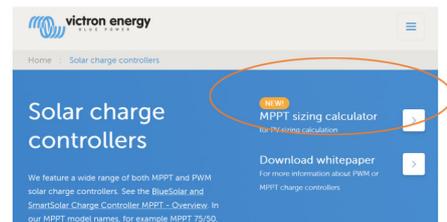
Nota sulla corrente di carica dell'MPPT a diverse tensioni della batteria:

Esempio: Per un caricabatterie solare MPPT 75/15, la corrente nominale è di 15 A. Questa è la corrente che entra nella batteria. Ciò significa che, con una batteria da 12 V, si otterrà meno potenza nella batteria che con una batteria da 24 V.



Come aiuto per progettare un campo solare e ad abbinarlo al caricabatterie solare corretto:

Utilizzare il calcolatore delle dimensioni dell'MPPT di Victron, disponibile qui: <https://www.victronenergy.it/solar-charge-controllers>.



5. Cablaggio per la comunicazione

Le apparecchiature dei sistemi moderni devono essere in grado di comunicare tra loro o con un dispositivo di controllo o monitoraggio. A tale fine, sono necessari i cavi di comunicazione. Questi inviano informazioni da un elemento del dispositivo all'altro. Spesso si tratta di comunicazioni essenziali per il funzionamento. Se il cavo si guasta, la comunicazione si interrompe e il sistema potrebbe smettere di funzionare.

Alcuni esempi di cavi di comunicazione utilizzati nei sistemi inverter/caricabatterie:

- Cavi di comunicazione tra più inverter o unità inverter/caricabatterie per creare un sistema parallelo e/o trifase.
- Cavi di comunicazione con le apparecchiature di controllo, ad esempio tra un caricabatterie solare e il Color Control GX o un altro dispositivo GX.
- Comunicazione tra un dispositivo di misura e un dispositivo di monitoraggio, come lo shunt BMV e l'unità di testa BMV, o tra un sensore di temperatura e un inverter/caricabatterie.
- Cavi internet o di rete.
- Cavi di segnale o di controllo a due cavi, ad esempio tra un relè di allarme e l'avvio automatico di un generatore, un interruttore di accensione dell'auto e un convertitore CC/CC, o tra un BMS della batteria e un BatteryProtect.

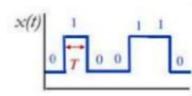
5.1. Segnali dati

Un segnale dati è un segnale che cambia costantemente, in linea con le informazioni che invia. Può essere analogico o digitale.

I segnali nei cavi di comunicazione possono essere di uno qualsiasi di questi tipi. Tali segnali possiedono una tensione e una corrente basse. Spesso non più di 5 V.

I diversi tipi di segnale:

- Segnale analogico: La tensione può avere qualsiasi valore ed esiste una correlazione diretta tra tensione e valore.
- Segnale digitale: La tensione del segnale è limitata a una serie finita di tensioni.
- Segnale binario: Esistono solo due valori di tensione. Il segnale rappresenta una condizione di accensione/spegnimento o viene utilizzato per trasmettere dati mediante l'invio di stringhe di uno e zero.



5.2. Interferenza

Come per tutti i cablaggi, è importante che i cavi di comunicazione siano di buona qualità. Anche i loro connettori devono essere di buona qualità e si devono crimpare correttamente al cavo. È importante anche la qualità della connessione alla presa di ricezione.

I cavi di comunicazione portano segnali a bassa tensione di bassa corrente. Se tali segnali viaggiano oltre una certa distanza, ovviamente, si può produrre una caduta di tensione, ma ciò non è molto comune, giacché tali segnali portano solamente una bassissima corrente. Una caduta di tensione non sarà normalmente un problema, a meno che i cavi non siano molto lunghi.

Tuttavia, esiste un altro aspetto critico per i cavi di comunicazione quando i segnali a bassa tensione sono inviati oltre una lunga distanza: l'interferenza.

Vari tipi di interferenze e da cosa sono provocati:

- Interferenza elettromagnetica - da generatori, trasformatori, elettromotori e interruttori a coltello.
- Interferenza per radio frequenza - da trasmettitori radio, radar e dispositivi mal schermati.
- Interferenza elettrostatica - dall'elettricità statica.
- Interferenza da diafonia - da cavi vicini.
- Interferenza comune - causata da correnti che scorrono tra varie messe a terra potenziali di un sistema.

Nei primi 4 casi, il cavo funge da antenna e riceve l'interferenza. L'interferenza induce un'elettricità aggiuntiva nei cavi di comunicazione. In questo modo, la tensione del segnale viene modificata e i dati inviati vengono alterati, causando confusione o interruzione della comunicazione.

Nei casi più gravi, in cui si verificano molte interferenze o un problema di messa a terra, le tensioni nel cavo possono diventare così elevate da danneggiare i circuiti di comunicazione delle apparecchiature collegate al cavo di comunicazione.

Sono disponibili alcuni modi per limitare o prevenire l'interferenza, quali:

- Utilizzare cavi corti.
- Utilizzare cavi a doppino ritorto.
- Utilizzare cavi schermati.

Cavi non schermati e non ritorti:

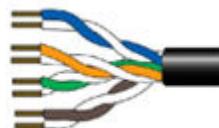
Questi cavi sono molto sensibili alle interferenze. Per questo motivo, hanno un limite di lunghezza, che è di circa 10 metri. Ecco perché non vendiamo cavi VE.Direct più lunghi di 10 metri. I cavi VE.Direct non sono schermati né ritorti.



Non schermato non ritorto.

Cavi a doppino ritorto:

Due conduttori di un solo circuito sono ritorti tra loro. Ciò migliorerà la reiezione delle interferenze elettromagnetiche e renderà il cavo meno suscettibile alle interferenze da diafonia dei cavi vicini.



Doppino ritorno non schermato.

Schermatura del cavo:

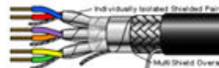
Un foglio o una treccia di metallo ricopre un gruppo di cavi o può anche ricoprire doppi ritorti.



Schermatura a foglio



Schermatura a treccia



Schermatura multipla

5.3. Tipi di cavi di comunicazione

Questo paragrafo contiene una breve selezione dei più comuni tipi di cavi di comunicazione utilizzati nei sistemi di inverter/ caricabatterie.

Tipi di cavi di comunicazione:

Cavo RJ45 UTP lineare.

Questo cavo viene utilizzato per le reti di computer, internet ed ethernet, ma anche per consentire agli inverter/caricabatterie di comunicare tra loro e con un prodotto di controllo, come il pannello Multi Control o un dispositivo GX.

Questo cavo ha 8 conduttori. In un cavo lineare il pin 1 di un lato si collega al pin 1 dell'altro lato, il pin 2 si collega al pin 2 e così via.

Per verificare se il cavo è cablato correttamente, utilizzare un tester per cavi. Victron utilizza questo cavo per i prodotti VE.Bus e VE.Can. È stato utilizzato anche per i prodotti VE.Net, ormai obsoleti.

In passato, questi cavi erano solitamente di colore blu, ma di recente sono comparsi cavi di colori diversi. Victron ed altri produttori fabbricano tali cavi in varie lunghezze. Per ulteriori informazioni, vedere: <https://www.victronenergy.it/cables/rj45-utp-cable>.

Non è raccomandabile costruire da soli questi cavi. Un connettore mal crimpato può essere la causa di guasti del sistema difficili da diagnosticare.

Per testare un cavo RJ45, innanzitutto sostituire il cavo e verificare se il problema è scomparso. Un'altra fonte di guasti appare quando il connettore RJ45 maschio non è inserito correttamente nella presa RJ45 femmina o quando i contatti delle prese RJ45 hanno perso la loro elasticità e non fanno più contatto.



Fare attenzione ai cavi RJ45 incrociati. Sembrano dei normali cavi UTP RJ45 "lineari". Erano utilizzati nelle vecchie reti informatiche o da altri produttori di inverter. Può essere un gran inconveniente se uno di questi cavi viene utilizzato al posto di un cavo lineare. Questi cavi non si possono utilizzare con le apparecchiature di Victron.

Alcuni prodotti Victron dispongono di un solo connettore RJ45, in tal caso utilizzare uno sdoppiatore RJ45. Per ulteriori informazioni, vedere: <https://www.victronenergy.it/cables/rj45-splitter>.



Terminatore RJ45:

Utilizzato per terminare una rete CAN-bus a in cascata. Si installa un terminatore sul primo elemento della cascata e uno sull'ultimo elemento. Vengono spediti in coppia, poiché in un sistema VE.Can sono sempre necessari due terminatori. Per ulteriori informazioni, vedere: <https://www.victronenergy.it/accessories/ve-can-rj45-terminator>.



Cavo RJ45 con piedinatura speciale:

Sembrano dei normali cavi RJ45 "lineari", ma sono stati ricablati per soddisfare una specifica necessità. Questi tipi di cavi sono destinati ad applicazioni speciali. Spesso possiedono un'applicazione unica. Nel caso di Victron, vengono utilizzati tra una batteria intelligente e un Color Control GX o un altro dispositivo GX. L'etichettatura dei cavi è molto importante. L'etichetta deve indicare come è cablato internamente il cavo. Ciò significa che, in un secondo tempo, questi cavi non verranno utilizzati in un sistema normale, nel quale potrebbero provocare degli errori di comunicazione. Per ulteriori informazioni, vedere: <https://www.victronenergy.it/cables/ve-can-to-can-bus-bms>.



Cavo RJ12 UTP:

Vengono utilizzati tra lo shunt BMV e l'unità di testa BMV. È un cavo a 6 conduttori. Questi cavi generalmente si usano per inviare dati digitali ma il MBV li utilizza per inviare dati analogici. Il BMV è alimentato mediante uno di questi cavi. Victron produce cavi di varie lunghezze: scegliere uno di questi se è necessario un cavo su misura. Come per i cavi RJ45, utilizzare solamente cavi prefabbricati. Sconsigliamo vivamente di costruire i propri cavi da soli. Troppo spesso un connettore mal crimpato rende difficoltosa la diagnosi di strani comportamenti del sistema. I cavi con connettori RJ12 spesso sono utilizzati anche per i telefoni. Ma nel caso dei cavi per telefoni, non sono presenti tutti e 6 i cavi. Il cavo per telefono, inoltre, non è a doppino ritorto. Non possono essere impiegati per un BMV. Per ulteriori informazioni, vedere: <https://www.victronenergy.it/cables/rj12-utp-cable>.



<p>Cavo VE.Direct:</p> <p>È un cavo dati a 4 anime. È un cavo speciale per il monitoraggio o il controllo di certi prodotti Victron, come il BMV o l'MPPT. Per ulteriori informazioni, vedere: https://www.victronenergy.it/cables/ve.direct.cable.</p>	
<p>Segnale o cavetto di cablaggio:</p> <p>Si tratta per lo più di un cavo sottile, di solito non più spesso di 1,5 mm². I cavi sono disponibili in diversi colori e con conduttori singoli, doppi o multipli. Questi cavi trasportano tipicamente segnali analogici a bassa corrente o segnali on/off.</p> <p>Per le applicazioni marine, utilizzare cavetti di collegamento con trefoli di rame stagnato.</p>	
<p>Cavi e connettori NMEA 2000:</p> <p>Utilizzati nelle reti dati marine CAN-bus. Questo cablaggio è costituito da uno speciale cavo dati marinizzato e da connettori, pezzi a T e terminazioni impermeabili. Per ulteriori informazioni consultare la Wikipedia.</p>	
<p>Cavi RS485:</p> <p>Utilizzati per comunicazioni seriali. Nel caso di Victron, viene utilizzato per la comunicazione tra i contatori di energia e un dispositivo GX. Per ulteriori informazioni sui cavi RS485 consultare la Wikipedia.</p>	
<p>Cavi USB:</p> <p>Disponibili in vari tipi. Victron utilizza soprattutto quelli con connettore di tipo A. Per ulteriori informazioni sui cavi USB consultare la Wikipedia.</p>	

5.4. Interfacce

Le interfacce sono piccoli dispositivi che traducono un protocollo di dati in un altro protocollo di dati. Spesso sono cablate in un cavo o sono ubicate a una estremità del cavo.

Alcuni esempi di interfaccia specifici di Victron:

<p>Interfaccia MK3 a USB:</p> <p>Utilizzata per collegare un computer a un prodotto VE.Bus. La MK3 ha sostituito l'interfaccia MK2. Si può ancora utilizzare la MK2, ma il suo uso è sconsigliato. Considerare seriamente la possibilità di passare a una MK3.</p> <p>Per ulteriori informazioni, vedere: https://www.victronenergy.it/accessories/interface-mk3-usb</p>	
<p>Interfaccia VE.Direct a USB:</p> <p>Utilizzata per collegare un computer a un prodotto VE.Direct o per collegare un prodotto VE.Direct alla porta USB di un dispositivo GX.</p> <p>Per ulteriori informazioni, vedere: https://www.victronenergy.it/accessories/ve-direct-to-usb-interface</p>	
<p>Interfaccia RS485 a USB:</p> <p>Utilizzata per collegare un contatore di energia a un dispositivo GX.</p> <p>Per ulteriori informazioni, vedere: https://www.victronenergy.it/accessories/ve-direct-to-usb-interface</p>	
<p>Cavo VE.Can a NMEA 2000 micro-C maschio:</p> <p>Utilizzato per collegare un prodotto VE.Can a una rete NMEA 2000.</p> <p>https://www.victronenergy.it/accessories/ve-can-to-nmea2000-micro-c-male</p>	

Per la gamma completa di interfacce Victron, consultare la pagina dei prodotti accessori Victron all'indirizzo: <https://www.victronenergy.it/accessories>.

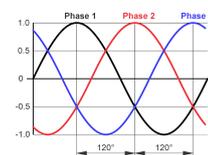
6. Cablaggio CA

Questo capitolo tratta la generazione di elettricità CA, la distribuzione, il dimensionamento dei cavi e il cablaggio CA dei sistemi inverter/caricabatterie.

6.1. Generazione di energia

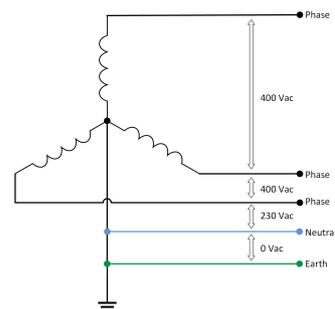
Il generatore di una centrale elettrica genera elettricità trifase.

Ognuna di queste 3 fasi ha una tensione alternata di 230 Volt (o una tensione diversa, a seconda del Paese). La tensione si alterna a una frequenza di 50 (o 60) Hz. E siccome la bobina del generatore ruota, si produce una commutazione di fase a 120° tra ogni fase.



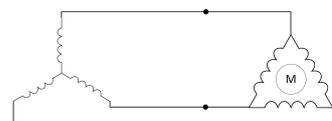
Le 3 bobine sono collegate tra loro e creano un circuito triplo, una cosiddetta configurazione a stella. Una singola bobina (fase) ha un potenziale di 230 VCA. E fra le due bobine si crea un secondo livello di potenziale. A causa dello sfasamento di 120° , il potenziale è di 400 VCA.

Per poter utilizzare le fasi separatamente, il punto comune (punto stella) è collegato a un conduttore detto "neutro". Tra il neutro e una delle fasi esiste una tensione di 230 VCA. Il conduttore Neutro può essere utilizzato da tutte e 3 le fasi e in 3 circuiti separati.



In un impianto elettrico domestico, il punto stella funge da neutro. La funzione del conduttore neutro è quella di consentire l'uso separato di ciascuna fase e ogni fase può essere utilizzata come alimentazione individuale a 230 VCA. Il neutro è anche collegato al picchetto metallico conficcato nel terreno, il cosiddetto picchetto di terra. In questo modo, il potenziale della terra è pari a 0 Volt. Questa connessione è detta terra.

Un carico trifase, come un motore elettrico trifase, utilizza l'elettricità di tutte e 3 le fasi. Il neutro non possiede alcuna funzione, giacché i 3 circuiti elettrici si terranno bilanciati tra loro. Solo se una delle fasi consuma più carico delle altre, il neutro inizierà a condurre corrente. Tale corrente è detta "corrente di compensazione o equalizzazione".



Quando si installano inverter/caricabatterie trifase, questi devono essere configurati a stella. Devono possedere un neutro comune. Il delta non è consentito. Ma l'inverter/caricabatterie trifase può alimentare un carico configurato a "delta".

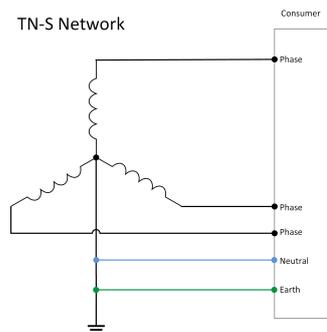
Un carico disuguale non è un problema quando gli inverter/caricabatterie funzionano in modalità di inversione, ma potrebbe diventarlo se questi funzionano in modalità passante e sono collegati a un generatore che non possa gestire un carico sbilanciato.

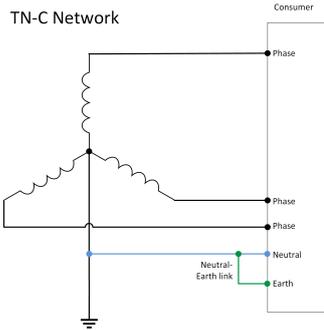
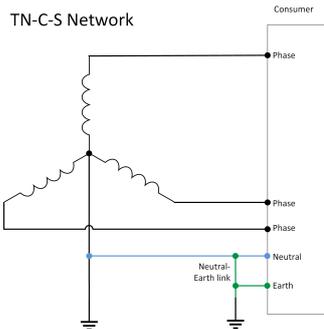
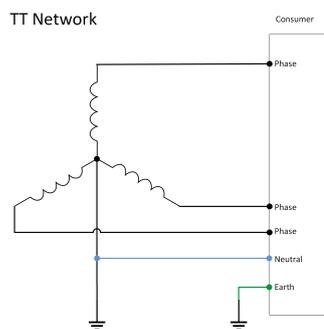
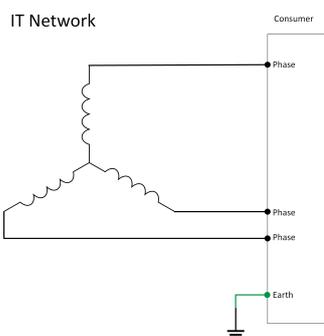
6.2. Reti di distribuzione

Esistono vari modi per distribuire l'energia all'utenza, e diverse modalità di collegamento del sistema dell'utenza. Tutte le reti alimentano le 3 fasi, ma il modo in cui sono vincolati il neutro e la terra cambia in base al tipo di rete.

Rete TN-S

- Il punto stella del generatore è collegato al neutro e alla terra.
- Le fasi, il neutro e la terra sono distribuiti.
- L'utenza utilizza le fasi, il neutro e la terra forniti.
- Il neutro e la terra non sono collegati tra loro.



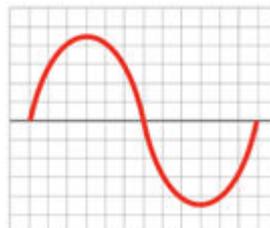
<p>Rete TN-C</p> <ul style="list-style-type: none"> • Il punto stella del generatore è collegato al neutro e alla terra. • Le fasi e una combinazione di neutro-terra sono distribuite. • L'utenza separa il neutro e la terra entranti (vincolo MEN). • L'utenza usa le fasi fornite e i nuovi neutro e terra creati. 	 <p>TN-C Network</p>
<p>Rete TN-C-S</p> <ul style="list-style-type: none"> • Il punto stella del generatore è collegato al neutro e alla terra. • Le fasi e una combinazione di neutro-terra sono distribuite. • L'utenza separa il neutro e la terra entranti (vincolo MEN). • L'utenza collega la terra a un picchetto di terra. • L'utenza usa le fasi fornite e i nuovi neutro e terra creati. 	 <p>TN-C-S Network</p>
<p>Rete TT</p> <ul style="list-style-type: none"> • Il punto stella del generatore è collegato al neutro e alla terra. • Le fasi e il neutro sono distribuiti. • L'utenza usa le fasi e il neutro forniti. • L'utenza crea una connessione di terra locale tramite un picchetto di terra. 	 <p>TT Network</p>
<p>Rete IT</p> <ul style="list-style-type: none"> • Il punto stella del generatore non è collegato al neutro né alla terra. • Le fasi sono distribuite. • L'utenza usa le fasi fornite. • L'utenza crea una connessione di terra locale. 	 <p>IT Network</p>

6.3. Corrente di sistema, VA e Watt

Per poter calcolare correttamente i fusibili e le dimensioni del cablaggio o dell'inverter, è necessario conoscere l'entità della corrente nel circuito CA. Per poter calcolare correttamente la corrente, è necessario spiegare un aspetto della potenza CA, ossia Watt e VA. Come indicato in precedenza, la potenza CA è alternata. La tensione e la corrente non possiedono un valore costante come per la CC, ma alternano da positive a negative, a positive e così via. Questo avviene 50 volte al secondo in un sistema a 50 Hz e 60 volte al secondo in un sistema a 60 Hz. La forma dell'onda è sinusoidale.



Tensione CC

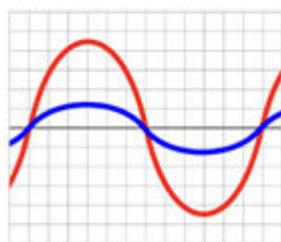


Tensione CA

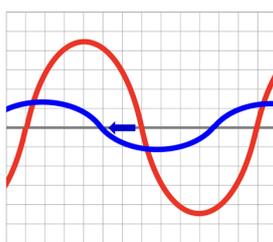
In un circuito CA non alterna solo la tensione, ma anche la corrente. In un sistema resistivo, alternano allo stesso tempo. Tuttavia, se il circuito contiene carichi non resistivi, l'onda sinusoidale della corrente può rimanere indietro rispetto all'onda sinusoidale della tensione oppure precederla. I tre diversi tipi di carico sono:

1. I carichi resistivi possiedono degli elementi resistivi, come: radiatori, lampadine a incandescenza, tostapane, fon e così via.
2. I carichi induttivi possiedono delle bobine, come negli elettromotori o nei trasformatori. Alcuni esempi sono: frigoriferi, compressori, condizionatori, lampadine fluorescenti.
3. I carichi capacitivi contengono condensatori; un esempio sono i banchi di condensatori, i caricabatterie, i dispositivi UPS.

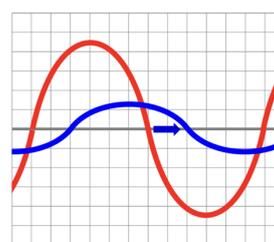
Le immagini a continuazione illustrano il comportamento della tensione (rosso) e della corrente (blu) in un circuito CA con diversi tipi di carico:



1: Carico resistivo, attivo, la corrente e la tensione sono in fase.



2: Carico induttivo - reattivo passivo, la corrente è in ritardo rispetto alla tensione



3: Carico capacitivo - passivo reattivo, la tensione è in ritardo rispetto alla corrente

Il Watt è la potenza reale consumata dal dispositivo. La potenza nominale in Watt determina la vera potenza acquistata dalla società dei servizi, il diesel consumato da un generatore o il carico termico generato da un dispositivo.

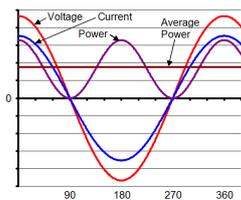
La VA è la "potenza apparente" ed è il prodotto risultante dalla moltiplicazione della tensione per la corrente assorbita dall'apparecchiatura. La VA nominale si usa per dimensionare il cablaggio, gli interruttori, gli inverter o i generatori.

In un circuito CA puramente resistivo, le onde di tensione e corrente sono in passo (o in fase) tra loro. Per calcolare la corrente, si può usare questa formula:

Current = Power/Voltage
 $I = P/V$

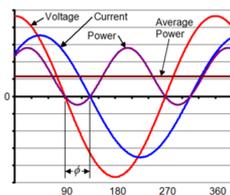
In un sistema puramente resistivo, il fattore di potenza è 1. Quando un circuito CA contiene dei carichi, come induttori e condensatori, si verificherà una commutazione di fase tra le onde di corrente e di tensione. Tali onde non sono più in passo (in fase).

Rispetto alle onde, se si calcola la potenza, si vedrà che la Vera potenza (W) è minore rispetto alla potenza apparente (VA).



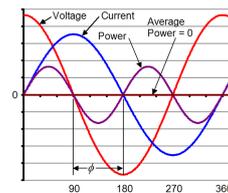
Power factor = 1 $\Phi = 0^\circ$ $\text{Cos}\phi = 1$

Fattore di potenza = 1



Power factor = 0.7 $\Phi = 45^\circ$ $\text{Cos}\phi = 0.71$

Fattore di potenza = 0,7



Power factor = 0 $\phi = 90^\circ$ $\text{Cos}\phi = 0$

Fattore di potenza = 0

Quando il fattore di potenza è noto, si può calcolare la potenza apparente.

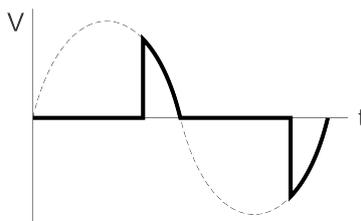
$W = V \times A \times \text{Power factor}$

True power = Apparent power x Power factor

In media, un circuito CA residenziale possiede un fattore di potenza medio di 0,8. Quindi, per i calcoli generali, si può utilizzare 0,8 come fattore di potenza.

Carichi non lineari:

Esiste anche un altro tipo di carico, quello non lineare. In parole povere, si tratta di carichi che non caricano in modo uguale l'intera onda sinusoidale, oppure che utilizzano solo una parte dell'onda. La corrente assorbita dal carico non lineare non avrà una forma sinusoidale, sebbene il carico sia collegato a una tensione sinusoidale.



Esempio di carico non lineare. Solo una parte della tensione viene applicata al carico.

Spesso si tratta di carichi che contengono semiconduttori, come diodi, tiristori o LED. Ne sono un esempio l'illuminazione a LED CA, i variatori di luce, le pistole termiche, i raddrizzatori e alcuni dispositivi ad avviamento progressivo.

Quando un inverter alimenta un carico non lineare, può verificarsi una situazione di sovraccarico prima del previsto in base alla potenza nominale del carico e dell'inverter.

6.4. Cablaggio CA

In un impianto domestico o industriale, l'elettricità in entrata viene suddivisa in gruppi, di solito in un quadro di distribuzione. Il diametro del cablaggio elettrico per ogni circuito (gruppo) CA deve corrispondere alle dimensioni della corrente massima prevista in quel circuito. Ciò serve a proteggere i carichi collegati e il cablaggio elettrico.

La caduta di tensione e il riscaldamento dei cavi possono verificarsi anche nei circuiti CA. Le cadute di tensione possono danneggiare gli apparecchi collegati, causare il riscaldamento dei cavi e, in casi estremi, possono provocare incendi.

È inoltre essenziale effettuare buoni collegamenti dei cavi, giacché anche le cattive connessioni possono provocare cadute di tensione e surriscaldamento. Utilizzare le indicazioni descritte in precedenza.

Non utilizzare cavi CA rigidi:

Evitare di collegare l'inverter/caricabatterie a cavi con trefoli rigidi (come mostrato nell'immagine a destra).

I cavi con trefoli rigidi non sono adatti ai connettori CA dell'inverter/caricabatterie, in quanto possono causare un contatto insufficiente e il rischio di disconnessione. Piuttosto utilizzare cavi con trefoli sottili e flessibili.



Cavi CA rigidi che si sono allentati.

Dimensionamento del cablaggio:

L'app [Victron Energy Toolkit](#) dispone anche di una funzione di calcolo del cablaggio CA per i sistemi a 120, 240 e 400 VCA. Quando si utilizza l'app, l'obiettivo è quello di selezionare le dimensioni del cavo in modo che la caduta di tensione rimanga al di sotto del 2,5 %.

Per il calcolo del cablaggio, si possono utilizzare calcoli simili a quelli del cablaggio CC, come già spiegato. Tenere presente, tuttavia, che non si può utilizzare la regola empirica summenzionata. Per il cablaggio di tensioni comprese tra 200 e 400 VCA, utilizzare questa regola empirica:

- La superficie del nucleo necessaria, espressa in mm², si ottiene dividendo la corrente nominale per 8.
- Aggiungere 1 mm² per ogni 5 metri di lunghezza del cavo.



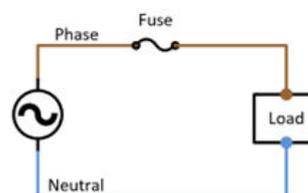
Tenere presente che la "regola empirica" potrebbe non essere conforme alle normative locali per il cablaggio CA. Deve essere utilizzata solo come guida.

6.5. Fusibili e interruttori CA

I fusibili si trovano generalmente nel quadro di distribuzione. I fusibili si installano in ogni circuito (gruppo) CA separatamente. Il fusibile corrisponde alle dimensioni del carico previsto e allo spessore del cablaggio.

Il fusibile protegge da:

- Sovraccarico: quando nel sistema passa più corrente di quella prevista normalmente.
- Cortocircuito: quando il conduttore della fase entra accidentalmente in contatto con il Neutro o con la Terra.



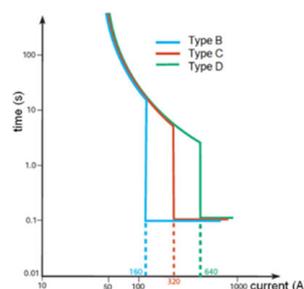
Tradizionalmente, un fusibile contiene un filo che si scioglie quando viene attraversato da una corrente inaccettabile. Quando il filo del fusibile si scioglie, il circuito elettrico si rompe e non passa altra corrente.

Più comunemente si utilizzano interruttori automatici per proteggere dalle sovracorrenti. Questi sono detti Interruttori di Circuito Miniaturizzati (MCB). Tali dispositivi possiedono due trigger per attivare il loro meccanismo di spegnimento. Un trigger termico per le piccole correnti di sovraccarico a lungo termine e un trigger magnetico per le grandi correnti di breve durata, come quelle di cortocircuito.

Esistono tre tipi di MCB: B, C e D. Possiedono tutti le stesse caratteristiche termiche, ma hanno differenti livelli di cortocircuito.

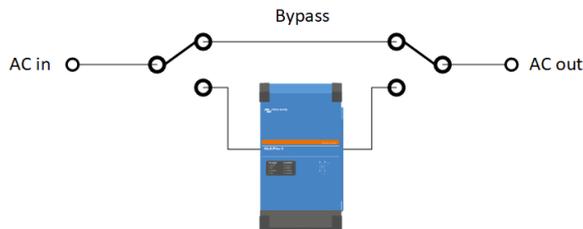
- Il tipo B si scollega a 5 In (5 correnti nominali) ed è comunemente usato come MCB domestico
- Il tipo C si scollega a 10 In e si usa per trasformatori e lampade fluorescenti.
- Il tipo D si scollega a 20 In e si usa per grandi motori, trasformatori e lampade al mercurio.

Quando si verifica un cortocircuito, con una corrente sufficiente, l'MCB (B, C o D) si spegne entro 100 ms.



6.6. Interruttore di bypass CC

È raccomandabile aggiungere un bypass manuale al sistema inverter/caricabatterie. È particolarmente utile nei sistemi a importanza critica. Consente di bypassare l'inverter/caricabatterie e collegare l'ingresso CA (rete o generatore) direttamente ai carichi. Si rivelerà prezioso nel caso in cui l'inverter/caricabatterie richieda una modifica della configurazione o se qualcosa dovesse andare storto con l'inverter/caricabatterie e collegherà direttamente l'ingresso CA (rete o generatore), se deve essere rimosso per la manutenzione.

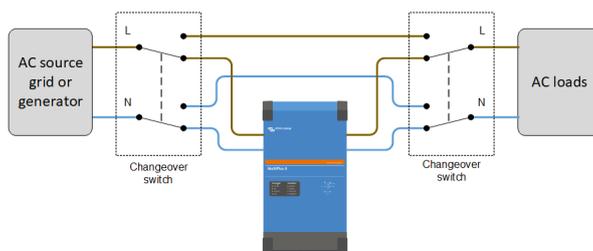


La funzionalità di un interruttore di bypass.

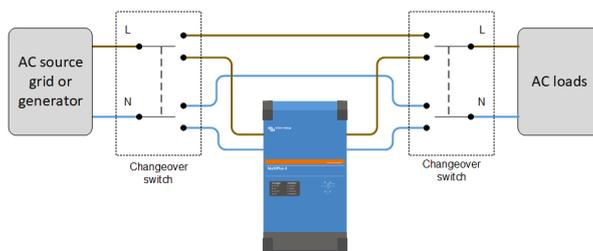
Per creare il bypass, è necessario interrompere i percorsi CA da e verso l'inverter/caricabatterie e creare un circuito di bypass separato. Il bypass deve essere dimensionato per l'intero carico CA del sistema.

Il bypass manuale può essere effettuato utilizzando due interruttori di commutazione. Un esempio di interruttore di commutazione adatto è l'Hager SF263 bipolare con posizione centrale di spegnimento.

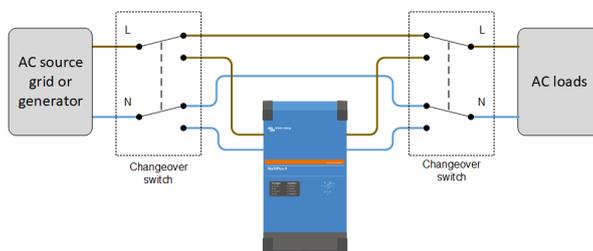
Gli schemi a continuazione mostrano il cablaggio degli interruttori di commutazione nel sistema e le 3 possibilità di commutazione.



L'inverter/caricabatterie è collegato e il bypass è scollegato.



L'inverter/caricabatterie e il bypass sono entrambi scollegati.



L'inverter/caricabatterie è scollegato e il bypass è collegato.

Se si utilizza un inverter/caricabatterie a bassa potenza, come il MultiPlus Compact o il Multiplus 500-2000 VA, è facile bypassare manualmente l'inverter/caricabatterie. È sufficiente estrarre le spine nere di ingresso e uscita CA dall'inverter/caricabatterie e inserirle l'una nell'altra.

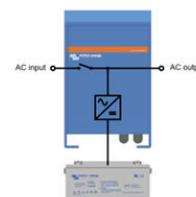


Spine CA del MultiPlus Compact

6.7. Considerazioni speciali sul cablaggio CA dei sistemi di inverter/caricabatterie in parallelo

È possibile collegare in parallelo vari inverter/caricabatterie per creare un inverter/caricabatterie più grande. Quando si collega un sistema in parallelo a un'alimentazione CA, è fondamentale considerare la lunghezza e lo spessore dei cavi CA. Diversamente dal cablaggio CC, nel cablaggio CA è importante non avere dei cavi troppo corti o troppo grossi. Non sovradimensionare il cablaggio CA. L'uso di cavi CA eccessivamente grossi produce effetti secondari negativi.

In un sistema in parallelo, ogni inverter/caricabatterie deve essere identico. Tuttavia, non è sempre così. Ogni inverter/caricabatterie contiene un contattore interno di ingresso CA. Questi contattori non sono sempre completamente identici, ma possono presentare una piccola differenza nella resistenza interna rispetto agli altri contattori. Questa piccola differenza di resistenza potrebbe far deviare la corrente CA da un'unità all'altra.



Esempio di cablaggio interno di un inverter/caricabatterie.

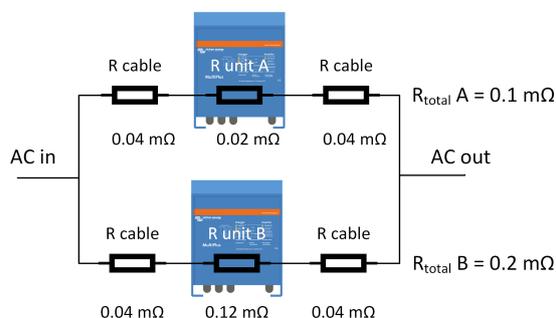
In un sistema in parallelo, la corrente CA deve essere equamente distribuita in tutte le unità di inverter/caricabatterie in parallelo. Quando la resistenza del cablaggio è molto bassa, la leggera differenza di resistenza del contattore deriverà in una grande differenza relativa. E ciò provoca una distribuzione disuguale della corrente.

Un esempio esagerato:

L'unità A e l'unità B sono collegate in parallelo. Sono stati utilizzati cavi molto corti e molto grossi per creare una resistenza molto bassa nel cablaggio. Ma le due unità possiedono una leggera resistenza interna (contattore CA). Vedere la figura sulla destra.

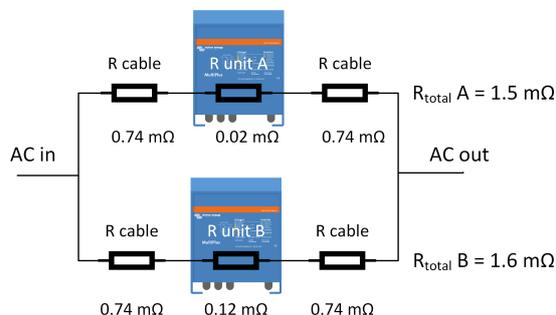
In questo scenario, la resistenza totale dell'unità A è di 0,1 mΩ e la resistenza totale dell'unità B è di 0,2 mΩ.

Tale differenza implica che l'unità A trasporta una quantità di corrente doppia rispetto all'unità B.



Ora utilizziamo le stesse 2 unità in parallelo, ma con cavi più sottili e più lunghi. Vedere la figura sulla destra. La resistenza totale dell'unità A è di 1,5 mΩ e la resistenza totale dell'unità B è di 1,6 mΩ. Di conseguenza la corrente è distribuita molto meglio.

L'Unità A trasporterà una quantità di corrente di sole 1,066 volte superiore a quella trasportata dall'Unità B.



Prevenzione della distribuzione non uniforme delle correnti CA:

Per evitare questo problema, si consiglia di utilizzare cavi CA lunghi, ma di lunghezza simile. Rispettare sempre le lunghezze e gli spessori dei cavi raccomandati, che appaiono nel manuale del prodotto. Non aumentare la sezione trasversale dei cavi CA più di quanto raccomandato nel manuale!

Ad esempio:

La tolleranza di caduta di tensione di un contattore di retroalimentazione da 100 A è di circa 20 mV a 100 A. La resistenza totale del cavo (ingresso + uscita), pertanto, deve essere maggiore di $R = 60 \text{ mV}/100 \text{ A} = 0,6 \text{ m}\Omega$.

Controllo della distribuzione uniforme delle correnti CA:

Il modo migliore per verificare se questo tipo di problema di cablaggio influisce sul sistema in parallelo, è il seguente:

- Caricare a pieno il sistema.
- Misurare (pinza amperometrica) la corrente CA di ogni singola corrente.
- Confrontare le correnti.

Le letture di queste correnti devono essere molto simili. Se ci sono grandi differenze, esiste un problema di cablaggio (o di connessione).

Come inserire fusibili AC in stringhe parallele:

Ogni unità deve avere un suo fusibile Assicurarsi di usare lo stesso tipo di fusibili in ogni unità per avere la stessa resistenza. Consigliamo l'uso di fusibili collegati meccanicamente

Ulteriori informazioni:

Per maggiori informazioni sui sistemi in parallelo e trifase, si prega di leggere il manuale Parallelo e trifase; consultare il seguente link: https://www.victronenergy.com/live/ve.bus:manual_parallel_and_three_phase_systems.

6.8. Sistemi inverter/caricabatterie trifase con rotazione di fase

Rotazione di fase:

Le 3 fasi L1, L2 e L3 di un'alimentazione trifase devono essere collegate in ordine numerico. Prestare particolare attenzione alla rotazione di fase dell'alimentazione CA proveniente dalla rete o da un generatore. Se cablato secondo la rotazione erranea, il sistema non accetterà l'alimentazione in entrata e funzionerà solamente in modalità inverter. In tale caso, scambiare due fasi per correggerlo. Un modo rapido per correggere la rotazione di fase è quello di scambiare 2 fasi a caso e verificare se l'inverter accetta CA in ingresso.

Se il sistema è mobile, è probabile che, in qualche momento, si verifichi una connessione al generatore o alla rete con una rotazione di fase erranea, che l'inverter/caricabatterie rifiuti l'entrata e rimanga in modalità inverter, drenando le batterie. Il montaggio di un semplice interruttore di commutazione in grado di scambiare due delle fasi è una buona soluzione, che risolve immediatamente il problema della rotazione delle fasi senza bloccare l'evento. Oltre alla commutazione manuale, sono disponibili anche dei dispositivi automatici.

Per maggiori informazioni sui sistemi in parallelo e trifase, si prega di leggere il manuale Parallelo e trifase; consultare il seguente link: https://www.victronenergy.com/live/ve.bus:manual_parallel_and_three_phase_systems.

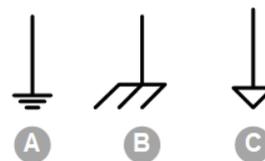
7. Massa, terra e sicurezze elettriche

In un circuito elettrico, la massa o la terra forniscono un percorso comune di ritorno della corrente. Tale percorso si crea collegando il punto neutro di un impianto alla massa generale della terra o a un telaio. La messa a terra è necessaria per questioni di sicurezza elettrica e crea anche un punto di riferimento in un circuito nel quale si misurano le tensioni.

In generale, esistono 3 tipi di messa a terra, ovvero:

- A. Terra
- B. Terra del telaio
- C. Massa

- La **Terra** è un collegamento fisico diretto alla Terra. Generalmente si esegue piantando una sbarra di rame (picchetto di terra) nel terreno. Ma, in base all'età e all'ubicazione del sistema, può anche essere costituita da una piastra di rame o da un filo di rame interrato oppure dall'alimentazione o dalle tubature domestiche dell'acqua.
- La **Terra del telaio** è un collegamento a una struttura metallica, come quella dei veicoli o dello scafo di un natante. Può anche essere la custodia metallica di un dispositivo elettrico.
- La **Massa** è un normale punto di riferimento di un circuito in cui si misurano le tensioni. Di conseguenza, la tensione può essere di superficie (positiva) o interrata (negativa).

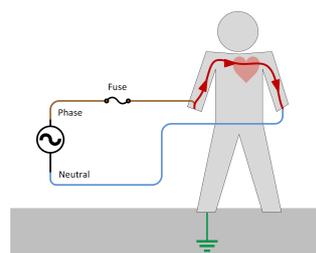
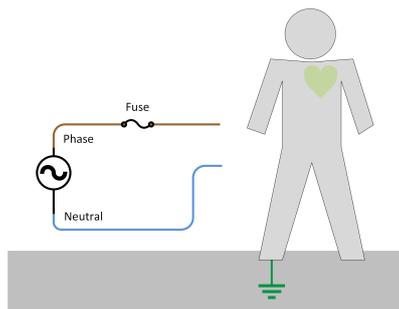


7.1. Sicurezza elettrica

L'elettricità è pericolosa: può uccidere, ferire o bruciare una persona. La corrente è la parte più pericolosa dell'elettricità. Una piccola corrente che passa attraverso una persona può già essere molto pericolosa. Vedere la tabella a continuazione.

Corrente elettrica (contatto di 1 secondo)	Effetti fisiologici
1 mA	Soglia di percezione di una sensazione di formicolio.
5 mA	Corrente massima accettata come innocua.
10 - 20 mA	Inizio di una contrazione muscolare sostenuta (corrente che "non può lasciare la presa").
100 - 30 mA	Fibrillazione ventricolare che, se protratta, è fatale. La funzione respiratoria continua.
6 A	Contrazione ventricolare sostenuta seguita da un ritmo cardiaco normale (defibrillazione). Paralisi respiratoria temporanea ed eventuali ustioni.

La corrente inizia a scorrere non appena si chiude un circuito elettrico. Ad esempio, prendiamo due cavi CA staccati, un filo linea e un neutro. Quando i cavi sono appesi, non passa corrente perché il circuito non è chiuso. Ma non appena si tocca un filo linea con una mano e il neutro con l'altra mano, si chiude il circuito e l'elettricità inizia a scorrere dal filo linea, passa per il corpo, per il cuore e termina nel filo neutro. La corrente continuerà a scorrere finché il fusibile non si brucia, ma a quel punto probabilmente sarete già morti.



Cavi elettrici esposti.

Il circuito elettrico non è chiuso e l'elettricità non può fluire.

Il circuito elettrico è chiuso e l'elettricità fluisce.

Oltre a toccare contemporaneamente con una mano il filo linea e con l'altra il neutro, esiste un altro modo in cui si può verificare una situazione pericolosa: quando l'elettricità passa per il cuore. Si tratta di una situazione più comune di quella in cui qualcuno tocca contemporaneamente un conduttore di fase e uno neutro. Il conduttore neutro, prima o poi, si collega con il cuore. Ciò può succedere nell'impianto domestico, nella rete di distribuzione o in un generatore di energia (il punto stella).

Se si verifica un guasto in un'apparecchiatura elettrica, le parti metalliche esterne della stessa possono diventare sotto tensione. Ciò può essere dovuto alla presenza di una scorciatoia interna fra l'elettricità in tensione e l'involucro metallico del dispositivo. Prendiamo, ad esempio, una lavatrice difettosa. Un guasto può essere causato da un guasto elettrico, da un danno meccanico o da cavi elettrici danneggiati che toccano l'involucro metallico dell'apparecchiatura elettrica.

Nel momento in cui si tocca la lavatrice difettosa, l'elettricità passa dalla fase all'involucro metallico, passando per l'utente, fino alla terra. Dalla terra, l'elettricità fluirà poi nel neutro dell'alimentazione di rete. Il circuito è completo. L'elettricità continuerà a passare finché il fusibile dell'alimentazione di rete non si brucia. Ma, come nella situazione precedente, probabilmente siete già morti.

Per rendere più sicuro un impianto elettrico, è stato introdotto il conduttore di terra. Il cavo di terra collega l'involucro metallico alla terra.

Se si tocca ora il dispositivo difettoso, l'elettricità scorrerà verso la terra e non attraverso il corpo. Ciò è dovuto al fatto che l'elettricità viaggia attraverso il percorso di minor resistenza. Il percorso attraverso l'utente e la terra è un percorso più resistivo rispetto a quello attraverso il cavo di terra. Ma fare attenzione, giacché una piccola quantità di corrente può ancora passare attraverso il corpo. Una corrente superiore a 30 mA può già essere pericolosa.

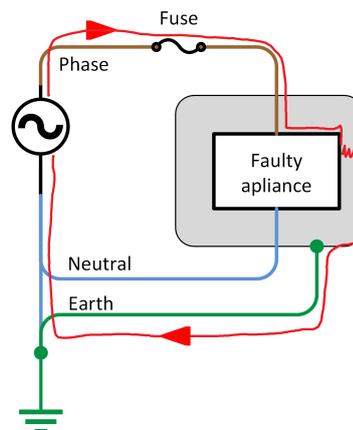
Si noti che un semplice cavo di terra non è sufficiente. In un impianto è necessario anche un dispositivo di corrente residua (RCD). Per ulteriori informazioni, si veda il capitolo [RCD, RCCB o GFCI](#) [62].

7.2. Cablaggio di terra

Un buon cablaggio di terra è essenziale per la sicurezza elettrica. Il cavo e le connessioni di terra devono possedere una bassa resistenza elettrica. Ricordare che l'elettricità viaggerà attraverso il percorso con la minor resistenza. Pertanto, ci si deve assicurare che il cavo di terra sia sufficientemente grosso e che tutte le connessioni siano ben serrate.

Il cavo di terra può essere attraversato da correnti potenzialmente elevate in caso di guasto dell'apparecchiatura. Il cavo di terra deve poter supportare tali correnti finché non si brucia il fusibile del sistema. Pertanto è importante che il cavo di terra sia sufficientemente grosso.

I cavi di terra o di massa sono gialli/verdi. Negli impianti meno recenti o in Paesi diversi potrebbe essere presente anche un filo verde.



ATTENZIONE: Seguire sempre le norme locali di cablaggio per sapere il corretto dimensionamento dei cavi di terra.

7.3. RCD, RCCB o GFCI

L'elettricità può essere molto pericolosa. Aggiungere un conduttore di terra a un sistema aumenta la sicurezza, ma un impianto può essere ancor più sicuro se si incorpora un RCD (dispositivo di corrente residua).

È obbligatorio utilizzare un RCD in tutti gli impianti CA.

Funzione dell'RCD:

L'RCD scollega non appena rileva che l'elettricità scorre verso terra. L'elettricità scorrerà verso terra quando si verifica un guasto nel sistema o, ancor più importante, quando la corrente scorre attraverso una persona. Gli RCD sono progettati per scollegare non appena rilevano un flusso di corrente verso terra.

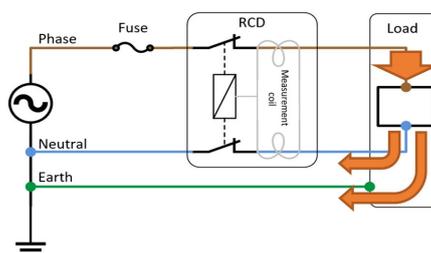
Un dispositivo di corrente residua (RCD) può avere diversi nomi:

- Interruttore di corrente residua (RCCB).
- Interruttore automatico differenziale (GFCI).
- Interruttore salvavita (GFI).
- Interruttore delle perdite di terra degli elettrodomestici (ALCI).
- Interruttore di sicurezza.
- Dispositivo di dispersione a terra.

Funzionamento dell'RCD:

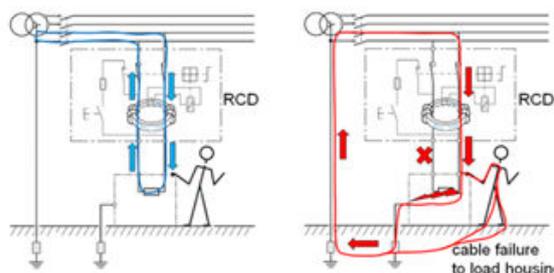
Un RCD misura il bilanciamento della corrente tra il conduttore di fase e il neutro. Il dispositivo apre i suoi contatti quando rileva una differenza di corrente tra la fase e il neutro.

In un sistema sicuro, la somma delle correnti di alimentazione e di ritorno deve essere zero. Se ciò non avviene, si è verificato un guasto nel sistema e la corrente si sta disperdendo verso terra o verso un altro circuito.



Gli RCD sono progettati per prevenire l'elettrocuzione, giacché rilevano questa corrente di dispersione, che può essere molto più piccola (in genere 5-30 mA) rispetto alle correnti necessarie per far scattare gli interruttori o i fusibili tradizionali (diversi Ampere). Gli RCD sono predisposti per funzionare nell'intervallo di 25 - 40 millisecondi. Tale intervallo è più rapido del tempo necessario a una scossa elettrica per mandare il cuore in fibrillazione ventricolare, che è la più comune causa di morte per scossa elettrica.

Un sistema sicuro protegge contro cortocircuito, sovraccarico e dispersione di corrente a terra.



Il rilevamento di dispersioni di correnti a terra si può verificare solamente nei sistemi in cui il conduttore neutro è collegato al conduttore di terra, come in un sistema TN o TT. Il rilevamento di dispersioni a terra non è possibile in una rete IT.

Dove montare un RCD

In un impianto elettrico, l'RCD deve essere montato prima dei carichi. In realtà, ciò significa che gli RCD devono essere montati prima che l'impianto sia suddiviso in diversi gruppi. Se si utilizza un inverter o un inverter/caricabatterie, l'RCD deve essere posizionato dopo di esso, altrimenti non vi sarà alcuna protezione di terra mentre l'inverter è in funzione. Le utenze operative solo quando collegate alla potenza banchina, necessitano il loro RCD.

Falsi scatti degli RCD

In alcuni impianti gli RCD possono scattare prematuramente. Ciò può essere dovuto a quanto segue:

- Il sistema possiede un doppio collegamento MEN (neutro o terra), che provoca lo scatto dell'RCD in seguito a una differenza potenziale nella terra.
- Il sistema contiene dei dispositivi che introducono una piccola quantità "inferiore alla soglia" di dispersione a terra del neutro e l'effetto cumulativo causa un falso scatto improvviso dell'RCD. Alcuni elettrodomestici problematici da verificare e scollegare per risolvere i problemi sono: pannelli di alimentazione protetti da sovratensione, compressori di vecchi frigoriferi e scaldabagni elettrici (in seguito alla loro terra, diversa dal picchetto di terra principale).

7.4. Collegamento neutro-terra negli inverter e negli inverter/caricabatterie

Una sorgente di alimentazione CA deve avere un collegamento neutro-terra (collegamento MEN) affinché un RCD possa funzionare. È il caso della rete, ma anche se la sorgente CA è un generatore o un inverter.

- Se la sorgente di alimentazione CA è la rete, il collegamento MEN dovrà essere cablato nel quadro elettrico attraverso il quale la rete entra nell'impianto.
- Se la sorgente di alimentazione CA è un generatore, il collegamento MEN dovrà essere cablato nei terminali di connessione CA del generatore.
- Se la sorgente di alimentazione CA è un inverter, il collegamento MEN dovrà essere cablato sul collegamento CA dell'inverter o nel quadro elettrico dell'impianto.

Ma quando si utilizzano unità combinate inverter/caricabatterie, il collegamento MEN è meno semplice. L'unità inverter/caricabatterie funziona in due modalità:

- In modalità inverter, funziona come un inverter autonomo e costituisce l'alimentatore principale del sistema.
- In modalità caricabatterie, alimenta il sistema attraverso la rete o il generatore.

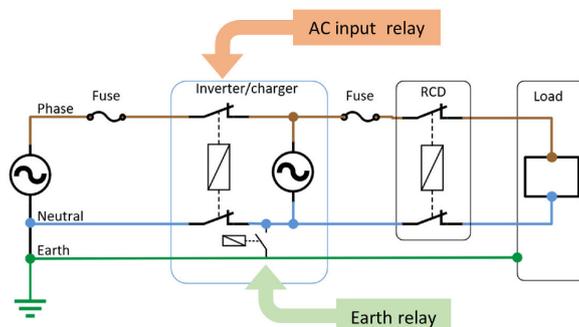
Quando un inverter/caricabatterie sta commutando e funge da sorgente di alimentazione, si dovrà eseguire un vincolo MEN indipendente. Ma quando alimenta tramite generatore o rete, l'energia in entrata deve avere un vincolo MEN invece di un inverter/caricabatterie.

Gli inverter/caricabatterie di Victron possiedono un relè di terra interno. Questo relè stabilisce o interrompe automaticamente la connessione tra la terra e il neutro. Se non lo si desidera, questo relè può essere disattivato nelle impostazioni dell'inverter/caricabatterie. Tenere presente che, se il relè è spento, è necessario collegare il neutro alla terra nel sistema.

Parimenti, in alcuni impianti potrebbe non essere consentito interrompere il conduttore di neutro; in tal caso, se si utilizza un inverter/caricabatterie-II, scegliere un tipo di impostazione del codice di rete che preveda un percorso del neutro CA unito esternamente.

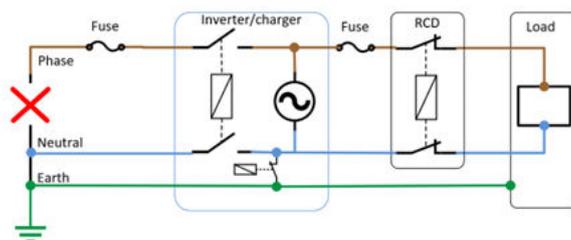
L'inverter/caricabatterie è in modalità caricabatterie e/o in modalità passante:

Quando l'inverter è collegato all'alimentazione CA, il relè di ingresso CA è chiuso mentre il relè di terra è aperto. Il sistema di uscita CA si basa sull'alimentazione CA per fornire il collegamento neutro-terra. Tale collegamento è necessario affinché l'RCD sul circuito di uscita CA sia operativo. Relè di terra Relè di ingresso CA



L'inverter/caricabatterie è in modalità inverter:

Quando l'alimentazione CA è scollegata, spenta o guasta, il relè di ingresso CA si apre. Quando il relè di ingresso CA è aperto, l'impianto non dispone più di un collegamento neutro-terra. Ecco perché allo stesso tempo il relè di terra è chiuso. Nel momento in cui il relè di terra si chiude, significa che l'inverter/caricabatterie ha creato un collegamento interno neutro-terra. Tale collegamento è necessario affinché l'RCD sul circuito di uscita CA sia operativo.



7.5. Impianti mobili

Un impianto mobile funziona indipendentemente dalla rete. Quando si collega all'alimentazione CA, di solito si collega alla rete in diversi punti e/o generatori. Ad esempio, imbarcazioni, veicoli o sistemi di alimentazione mobile di riserva. In questo capitolo si prende in esame l'impianto di un'imbarcazione. Tuttavia, queste informazioni possono essere utilizzate per qualsiasi impianto mobile.

Un impianto mobile non possiede un picchetto di terra. Di conseguenza, si deve utilizzare qualcos'altro per creare un potenziale di terra centrale. Tutte le parti metalliche della barca o del veicolo che si possono toccare devono essere collegate tra loro per creare una terra locale. Esempi di parti metalliche in un'imbarcazione o in un veicolo sono: il telaio, lo scafo, i tubi metallici del fluido, la ringhiera, il motore, i contatti di terra della presa di corrente, i parafulmini e la piastra di terra (se presente).

Un sistema mobile in genere si collega a diverse sorgenti di alimentazione. In tali situazioni a volte non è chiaro quale connettore dell'alimentazione da banchina sia collegato a terra o persino se la terra sia collegata. Fase e neutro, inoltre, potrebbero non essere stati cablati correttamente. Collegare un'alimentazione come questa a un sistema mobile può creare un cortocircuito di terra. Oppure la terra è completamente assente.

È anche importante sapere se il sistema mobile si collega all'alimentazione o se è scollegato dalla stessa e funziona autonomamente.

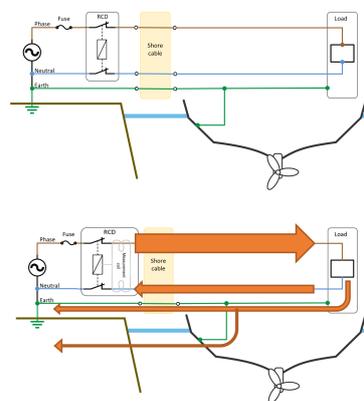
Alcuni esempi di diverse situazioni riguardanti un sistema mobile sono:

Una barca è collegata all'alimentazione da banchina

Quando una barca è ormeggiata e collegata all'alimentazione banchina, tale impianto è simile a quello domestico. Esiste una sola differenza: la barca non possiede una sua connessione a terra, come il picchetto di terra degli impianti domestici.

L'impianto della barca si basa su una terra fornita dalla connessione banchina. Sfortunatamente, tale terra non è sempre affidabile, giacché i cavi marini sono spesso lunghi e possono avere uno spessore dell'anima insufficiente. Per creare una situazione sicura, le parti metalliche della barca, come lo scafo, devono essere collegate alla terra in entrata dal cavo di alimentazione da banchina. La terra dell'alimentazione da banchina è collegata al neutro.

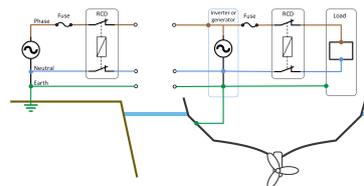
Se si verifica una dispersione di terra, la corrente scorrerà attraverso il conduttore di terra del cavo di rete, ma anche attraverso lo scafo tramite l'acqua e di ritorno alla terra della banchina. Entrambi i circuiti di dispersione a terra possiedono lo stesso potenziale e si può dire che siano collegati in parallelo. Ma ancor più corrente scorrerà attraverso il conduttore di terra del cavo banchina. Il percorso attraverso lo scafo e l'acqua possiede una resistenza maggiore. L'RCD attiverà comunque un guasto di terra perché confronterà la corrente di fase in entrata con quella in uscita attraverso il neutro.



Una barca è scollegata dall'alimentazione da banchina

Non appena l'imbarcazione si scollega dall'alimentazione da banchina, l'intero impianto cambia perché non fa più parte della rete e il collegamento con il neutro e la terra viene meno.

L'impianto è ora l'alimentazione di rete e, assieme al carico, forma un suo circuito elettrico autonomo. La corrente non scorrerà attraverso lo scafo e l'acqua.



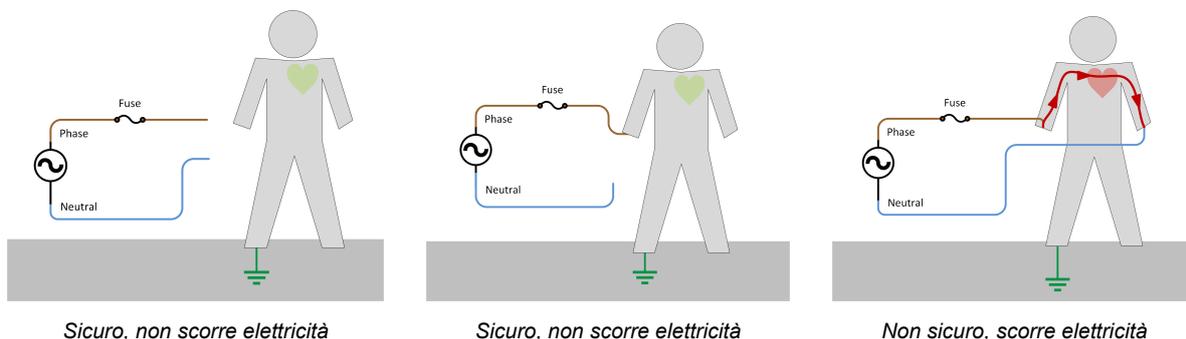
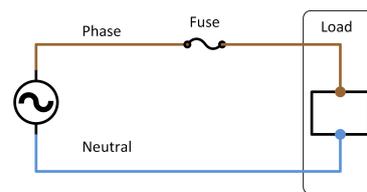
Rete fluttuante in una barca o in un veicolo (Rete IT)

In un sistema mobile in cui l'inverter (o il generatore) è l'unica sorgente di alimentazione, si può scegliere di non utilizzare una rete TT ma una rete IT. In una rete IT, la fase e il neutro non sono accoppiati a un altro potenziale come la terra. Le tensioni create dalla sorgente di alimentazione indipendente sono fluttuanti. Un sistema come questo è molto sicuro e semplice da installare.

Se una persona tocca un conduttore o un involucro di questo sistema, non scorrerà corrente verso terra. Ricordare che, affinché scorra corrente, è necessario un circuito completo. In questo sistema il conduttore di terra è assente e il circuito elettrico verso terra non è completo. Si tratta di una situazione simile a quella del trasformatore di sicurezza di un bagno.

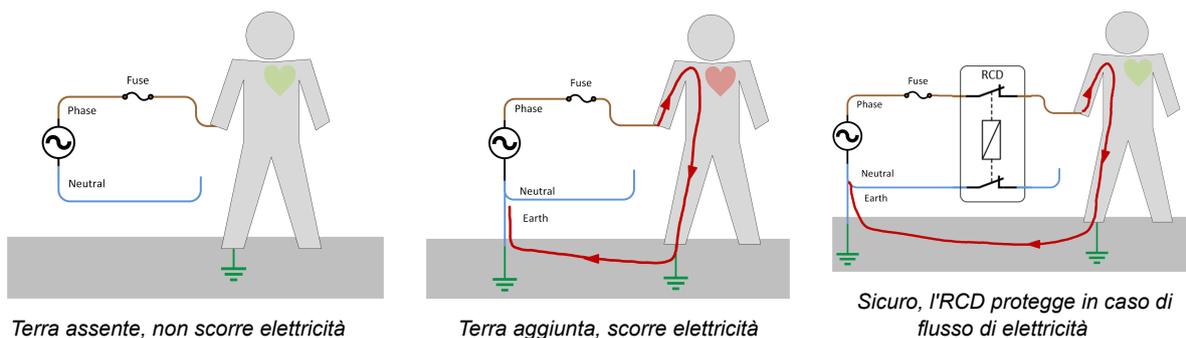
In linea di principio, inverter e generatori non sono altro che la sorgente di due differenze di potenziale con una differenza di 230 Volt (o 120 V). Se vengono toccati non scorrerà corrente, giacché il percorso è incompleto. È un caso identico a quello di un uccello appoggiato su un cavo elettrico.

Tenere presente che toccare contemporaneamente il filo di fase e il filo neutro è sempre pericoloso perché il percorso è completo.



Rete mobile con terra e collegamento neutro-terra (rete TT)

Se il sistema mobile si collega alla rete tramite un commutatore di trasferimento o tramite un inverter/caricabatterie, nel sistema si stabilisce una terra e un collegamento neutro-terra. Diventa una rete TT. Questo è il caso in cui i regolamenti locali richiedono che in un sistema mobile formato da un inverter o da un generatore siano cablati terra, un collegamento neutro-terra e un RCD. Nel momento in cui ciò accade, il sistema diventa più pericoloso, quindi non appena si aggiunge la terra e un collegamento neutro-terra a un sistema, è necessario installare un RCD, per soddisfare i requisiti della rete TT o TN alla quale è ora collegata la rete mobile.



Dalla rete IT alla rete TT

In un sistema mobile è possibile creare una rete TT quando è collegato alla rete elettrica e, allo stesso tempo, diventa una rete IT fluttuante quando la rete è scollegata e si utilizza un generatore o un inverter. Ciò non è desiderabile e deve essere evitato.

Quando un impianto si scollega dalla rete, si scollega anche dalla terra della rete. Se l'impianto mobile non è dotato di terra e nemmeno di collegamento terra-neutro, diventerà un sistema fluttuante nel momento in cui la rete viene scollegata.

Sebbene il sistema sia dotato di un RCD, quest'ultimo non è più in grado di rilevare una corrente di dispersione a terra perché il neutro non è collegato a terra.

È inutile premere il pulsante di prova dell'RCD se manca il collegamento neutro-terra. Quando si preme il pulsante di prova, si ha la falsa impressione che l'RCD sia operativo, mentre in realtà l'RCD non funziona in caso di guasto a terra perché manca il collegamento neutro-terra. Quando si preme il pulsante di test di un RCD, si attiva un bypass interno che simula una dispersione a terra, in modo che l'RCD possa essere testato elettricamente e meccanicamente. In nessun caso il pulsante di test può essere considerato un test di tutto l'impianto, giacché verifica solamente il proprio RCD. Ciò può creare confusione e/o situazioni pericolose. Per questi motivi si raccomanda di seguire sempre i principi della rete TT, anche nelle situazioni in cui l'impianto non è collegato alla rete elettrica.

Il passaggio dalla rete IT alla rete TT deve prevedere un collegamento tra il neutro e la terra del sistema mobile non appena la rete viene scollegata. Ciò può essere effettuato automaticamente da un inverter/caricabatterie con un relè di terra oppure deve essere cablato in un interruttore di trasferimento. Non tutti gli inverter e i generatori possiedono un neutro collegato alla terra. Ciò deve essere sempre verificato prima di eseguire l'installazione. Se necessario, il collegamento neutro-terra deve essere cablato.

7.6. Isolamento e messa a terra di un'apparecchiatura Victron

Questo capitolo spiega l'isolamento di una gamma di prodotti Victron tra CA e CC, o tra CC e CC. Queste informazioni sono necessarie affinché un sistema che contiene un prodotto Victron possa essere correttamente messo a terra.

Isolamento di tutti gli inverter e inverter/caricabatterie di Victron:

- Tra la circuiteria CA e il telaio: isolamento di base. Pertanto si deve mettere a terra il telaio.
- Tra CA e CC: isolamento rafforzato. Quando il telaio sia stato messo a terra, si potrà toccare in sicurezza la CC se la tensione nominale è di 28 V o inferiore.
- Tra la circuiteria CC e il telaio: isolamento di base. Di conseguenza, è consentita la messa a terra del negativo o del positivo CC.

In caso di messa a terra del positivo, i collegamenti di interfaccia non isolati si riferiranno al negativo CC e non alla terra. Mettere a terra tale connessione causerà danni al prodotto. Il morsetto di terra CA di tutti gli inverter e inverter/caricabatterie è collegato al telaio.

Messa a terra del neutro CC negli inverter di Victron

Il neutro di tutti gli inverter da 1600 VA e oltre e dell'inverter Compact 1200 VA è collegato al telaio. Mettendo a terra il telaio, pertanto, si mette a terra anche il neutro CA. Per il corretto funzionamento di un RCD (o di un RCCB, RCBO o GFCl) è necessario un neutro collegato a terra.

Se non è disponibile una massa affidabile e/o se non è installato un RCD (o RCCB, RCBO o GFCl), la connessione del neutro CA al telaio deve essere rimossa per aumentare la sicurezza. Attenzione: un impianto come questo è molto probabile che non rispetti i regolamenti locali.

Il neutro CA di inverter a potenza più bassa, generalmente, non è collegato al telaio. È tuttavia possibile stabilire un collegamento neutro-terra: consultare il manuale del prodotto.

Messa a terra del neutro CC negli inverter/caricabatterie di Victron

Il neutro CA in uscita di tutti gli inverter/caricabatterie è collegato al neutro CA in entrata quando i relè di ritorno di energia sono chiusi (CA disponibile in entrata). Quando i relè di reimmissione sono aperti, un relè di terra collega il neutro in uscita al telaio. Per il corretto funzionamento di un RCD è necessario un neutro collegato a terra. Nella maggior parte dei modelli è possibile disattivare il relè di terra. Vedere il manuale del prodotto.

Isolamento dei caricabatterie solari MPPT

Non è presente un isolamento tra l'ingresso FV e l'uscita CC. Esiste un isolamento di base tra l'ingresso/uscita e il telaio.

Isolamento di altri prodotti

Caricabatterie: isolamento rafforzato tra CA e CC. Isolamento di base tra CA e telaio, tranne per i caricabatterie Smart IP65, che possiedono un isolamento rafforzato tra CA e l'involucro in plastica. Convertitori CC-CC, diodi, sdoppiatori FET e altri prodotti CC: l'involucro è sempre isolato dalla CC (isolamento di base).

7.7. Messa a terra del sistema

Sinora abbiamo parlato della terra CA o della massa degli impianti CA, ma la messa a terra è necessaria anche per i componenti CC di un impianto. Questo capitolo descrive alcuni impianti comuni che contengono non solo un inverter/caricabatterie, ma anche un banco batterie, un caricabatterie solare e un modulo FV.

Messa a terra di un sistema off-grid

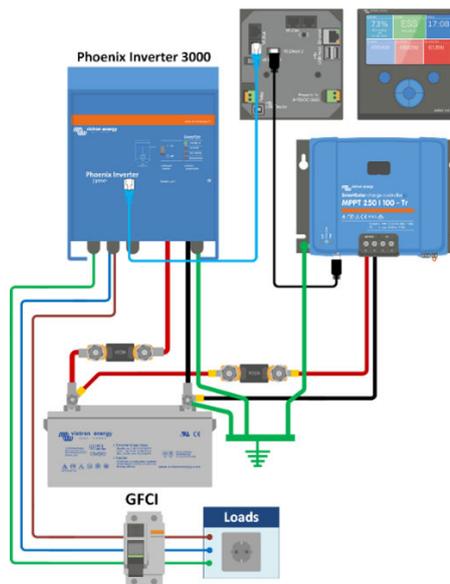
Non mettere a terra il positivo o il negativo del sistema del modulo FV. L'entrata del negativo FV dell'MPPT non è isolata dall'uscita negativa. Se si mette a terra il FV, pertanto, si generano correnti di terra. Il telaio FV, tuttavia, può essere messo a terra, sia vicino al modulo FV che (preferibilmente) sulla massa centrale. Ciò fornirà qualche protezione contro i fulmini.

Massa vicina alla batteria. I poli della batteria teoricamente si possono toccare in sicurezza. La massa della batteria, pertanto, deve essere la connessione di terra più affidabile e visibile possibile.

I cavi della massa CC devono avere uno spessore sufficiente per poter sopportare un guasto di corrente corrispondente per lo meno alla potenza del fusibile CC.

Il telaio dell'inverter o del Multi/Quattro deve essere messo a terra. È presente un isolamento di base tra la CA e il telaio. Il telaio del caricabatterie solare MPPT deve essere messo a terra. È presente un isolamento di base tra la CA e il telaio.

Si noti che la distribuzione CA con fusibili o MCB e la messa a terra del modulo e del telaio FV non sono mostrate.



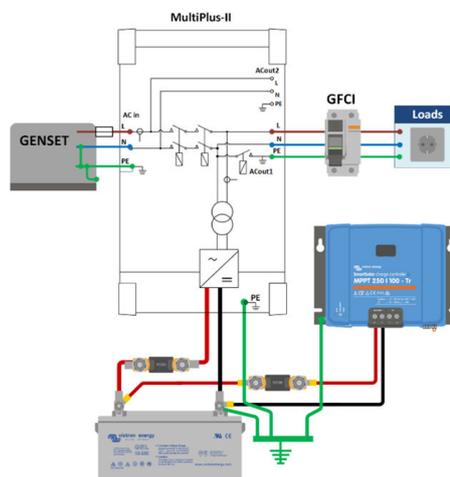
Off-grid con generatore

Usare una sola massa, vicino alla batteria. I poli della batteria teoricamente si possono toccare in sicurezza. La massa della batteria, pertanto, deve essere la connessione di terra più affidabile e visibile possibile.

I cavi della massa CC devono avere uno spessore sufficiente per poter sopportare un guasto di corrente corrispondente per lo meno alla potenza del fusibile CC.

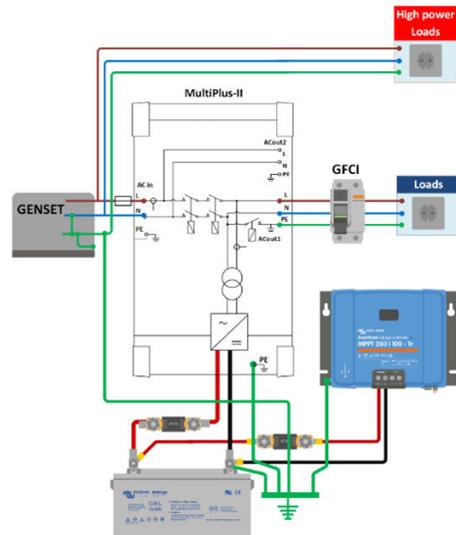
Parimenti, i cavi della massa CA devono poter sopportare un guasto di corrente corrispondente per lo meno alla potenza del fusibile CA.

Un GFCI deve funzionare solamente se il telaio del Multi/Quattro è messo a terra.



Sistema isolato con generatore ad alta potenza

Mettere a terra il generatore direttamente sulla massa centrale.

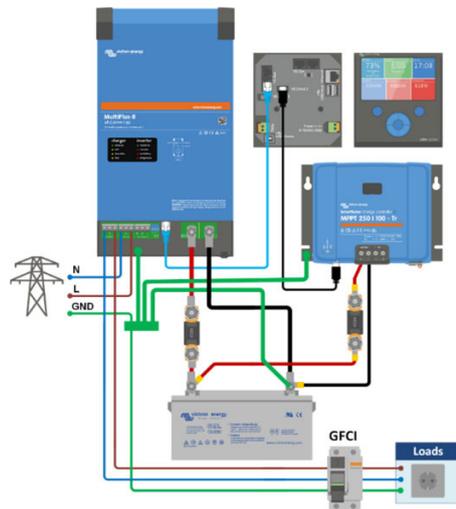


Sistema di Accumulo di Energia (ESS) collegato alla rete

I cavi della massa CC devono avere uno spessore sufficiente per poter sopportare un guasto di corrente corrispondente per lo meno alla potenza del fusibile CC.

Collegare il telaio dell'inverter/caricabatterie alla massa del sistema di sbarre

La massa AC-out deve essere presa dal sistema di sbarre centrale o dal morsetto AC-out.

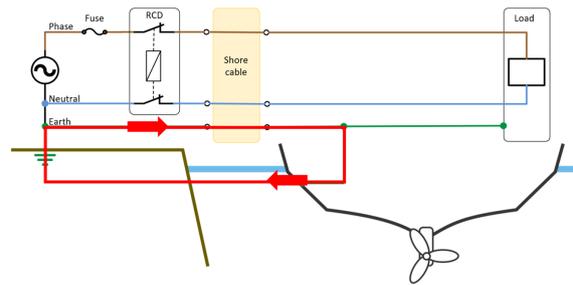


8. Corrosione galvanica

La corrosione galvanica è causata da una corrente elettrica che entra in una barca attraverso il cavo di terra dell'alimentazione da banchina e ritorna alla banchina attraverso l'acqua. Tali correnti possono causare la corrosione delle parti metalliche immerse della barca, come scafo, elica, albero, eccetera. Questa corrente è detta corrente galvanica.

La corrente galvanica è una corrente CC. È causata dalla normale differenza di tensione tra i metalli. Una corrente galvanica può esistere solo in un circuito elettrico chiuso. Un conduttore appartenente a un altro circuito elettrico può essere parte del circuito di corrosione galvanica. Se una barca con scafo metallico si trova vicino alla banchina, esiste una normale differenza di tensione di 0,1 - 1 Vcc tra lo scafo e l'acqua.

Questa differenza potenziale non implica problemi finché non si completa il circuito elettrico. Tuttavia, non appena l'alimentazione da banchina viene collegata alla barca, la terra della banchina viene automaticamente collegata allo scafo dell'imbarcazione e il circuito elettrico è completo. Tale circuito è composto da: scafo - acqua - banchina - picchetto di terra - cavo di terra - scafo. Attraverso questo circuito scorrerà una corrente galvanica. La corrente galvanica scorre in parte attraverso il circuito CA ma non è legata a tale circuito. La corrente continuerà a scorrere finché non si elimina la differenza potenziale. L'altezza della corrente dipende dalla resistenza del circuito elettrico. La resistenza è determinata da fattori come la lunghezza del cavo dell'alimentazione da banchina e dallo sviluppo della resistenza della terra locale.



Dal punto di vista chimico, il metallo più "debole" del circuito galvanico sarà il più veloce a sottomettere le sue molecole per mantenere la corrente. Se lo scafo della nave è parte del circuito galvanico e contiene il metallo più debole, inizierà a corrodersi nel tempo. La situazione può diventare spiacevole e, se non viene controllata, può diventare molto costosa e pericolosa. Si conoscono casi di navi affondate a causa della corrosione galvanica. Gli scafi in alluminio sono notoriamente propensi a questo tipo di corrosione. La corrosione galvanica può verificarsi anche tra i vari metalli presenti sulla barca, come l'elica, il motore, lo scafo e così via. Tutte queste parti sono collegate alla terra, pertanto vi scorrono piccole correnti aggiuntive. Per questa ragione si montano anodi anticorrosione. Un anodo anticorrosione è un pezzo di metallo più debole del metallo che lo circonda. Di conseguenza, questi anodi si sacrificano per proteggere gli altri metalli. Possono evitare la corrosione solamente ritardandola. Il tipo di anodo da utilizzare dipende dal tipo di metallo che deve proteggere e dal tipo di acqua in cui naviga la barca. È raccomandabile verificare regolarmente tali anodi.

8.1. Prevenzione della corrente galvanica

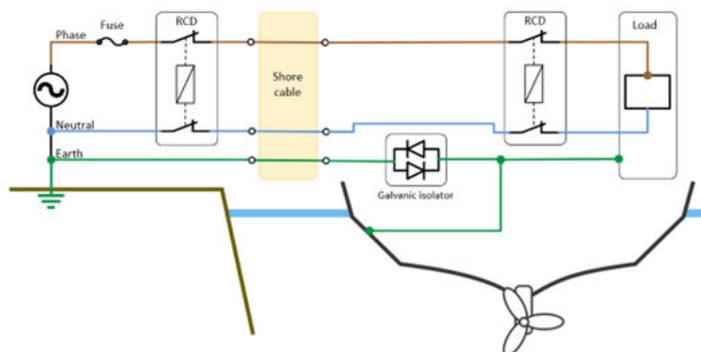
La risposta alla prevenzione è abbastanza semplice. Per prevenire la corrosione, il circuito elettrico deve essere interrotto. Sebbene sia quasi impossibile da realizzare con il piccolo circuito tra i vari metalli della barca, si può ottenere grazie alla connessione dell'alimentazione da banchina.

Il modo più semplice per interrompere questo circuito è quello di collegare la terra della banchina allo scafo. Tuttavia, questa soluzione non è sicura e non è raccomandabile, poiché lo scafo non è sufficientemente collegato a terra e quindi non è più possibile garantire un funzionamento soddisfacente dell'RCD, con conseguenti situazioni di pericolo a bordo. Esistono modi efficaci per prevenire la corrosione galvanica senza compromettere la sicurezza. Si può ottenere tale prevenzione utilizzando un isolatore galvanico o un trasformatore di isolamento.

8.2. L'isolatore galvanico

L'isolatore galvanico evita la corrosione galvanica. Blocca le correnti CC a bassa tensione che entrano nella barca tramite i cavi di terra dell'alimentazione da banchina. Tali correnti possono causare la corrosione delle parti metalliche immerse della barca, come scafo, elica, albero, eccetera.

L'isolatore galvanico è costituito da due diodi collegati in antiparallelo. L'isolatore galvanico è collegato tra la connessione della terra della banchina e il punto centrale della terra sulla barca.

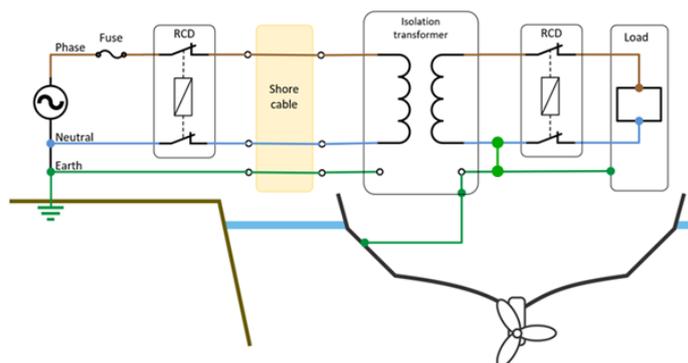


I diodi di questa configurazione conducono elettricità in entrambe le direzioni solamente quando si raggiunge una determinata soglia di tensione. Tale soglia di tensione è di circa 1,4 VCC ed è più alta della differenza potenziale galvanica tra i vari metalli. In questo modo, non è possibile che si verifichi una corrente galvanica. D'altra parte, potrà passare una tensione di guasto di terra più alta nel circuito CA, che consentirà il pieno funzionamento dell'RCD collegato.

I vantaggi dell'isolatore galvanico sono il suo basso peso e le sue ridotte dimensioni, lo svantaggio è che questa unità si basa su un buon conduttore di terra. Un'altra considerazione è che la corrosione galvanica può anche verificarsi attraverso il conduttore neutro, nel caso in cui tale conduttore sia collegato alla terra tramite uno degli elettrodomestici di bordo, come un filtro di soppressione o altri dispositivi.

8.3. Il trasformatore di isolamento

Una soluzione migliore per frenare la corrosione galvanica è quella di utilizzare un trasformatore di isolamento. In un trasformatore di isolamento, l'elettricità in ingresso viene trasformata in elettromagnetismo e poi nuovamente in elettricità.



Le entrate e le uscite sono completamente isolate e interrompono il circuito elettrico tra punto stella - conduttore di terra - scafo - acqua - punto stella, bloccando così efficacemente la corrente galvanica. Un'altra caratteristica dei trasformatori di isolamento è che, in termini elettrici, sono delle fonti di elettricità, alimentati da un'altra fonte. Sul lato di uscita del trasformatore, una delle fasi in uscita è collegata allo scafo, creando così una fase, un neutro e una terra, che garantiscono il corretto funzionamento dell'RCD.

Un trasformatore di isolamento fornisce la stessa sicurezza presente in un impianto domestico ed anche maggiore. L'impianto è anche completamente isolato dai problemi elettrici delle barche vicine. Un ulteriore vantaggio del trasformatore di isolamento è che spesso è in grado di alzare o abbassare la tensione banchina in entrata. Ciò può essere utile quando un'imbarcazione a 230 Vca deve essere collegata a un'alimentazione a 120 VCA o viceversa.

9. Crediti

Autore:

Margreet Leeftink

Ringraziamenti:

Reinout Vader, la comunità Victron e il World Wide Web.

Crediti contenuti:

Informazioni sulla velocità del fusibile: https://www.swe-check.com.au/pages/learn_fuse_markings.php

Fusibili marittimi Eaton Bussmann: <https://www.eaton.com/au/en-gb/catalog/fuses-and-fuse-holders/marine-fuses-and-mounting-bars.html#tab-1>

Pericoli dell'energia elettrica: https://www.hsa.ie/eng/Topics/Electricity/Dangers_of_Electricity/

Interferenze e schermatura dei cavi: <https://www.multicable.com/resources/reference-data/signal-interference-and-cable-shielding/>

Immagine Vignetta sulla legge di Ohm: <https://www.clipart.email/download/4165420.html>

Diagramma circolare della legge di Ohm: <https://www.esdsite.nl/elektronica/wetvanohm.html>

Immagine dell'interruttore magnetotermico: <https://electrical-engineering-portal.com/how-circuit-breaker-trip-unit-works>

Immagine di un sistema di sbarre in rame stagnato: <https://au.rs-online.com/web/p/din-rail-terminal-accessories/4895420/>

Fusibili a lama: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electrical_fuses,_blade_type.svg

Utensile per crimpare RS pro: [Strumenti per la crimpatura di cavi e fili | RS \(rs-online.com\)](#)

Immagine del cavo NMEA 2000: <https://www.powerandmotoryacht.com/electronics/down-wire>

Pagina di Wikipedia sui fulmini: <https://en.wikipedia.org/wiki/Lightning>