



Andrew Simpson

# Sistemi elettrici di bordo



---

## Sistemi elettrici di bordo

© 2011 Edizioni il Frangente  
Via Gaetano Trezza 12  
37129 Verona  
Tel. 045-8012631 Fax 045-593881  
E-mail [frangente@frangente.com](mailto:frangente@frangente.com)  
[www.frangente.com](http://www.frangente.com)

Prima edizione giugno 2011  
ISBN 978-88-87297-75-1

Traduzione dall'inglese di  
Stefano Malagoli e Stefano Tibaldi

Copertina: Pete Galvin  
Illustrazioni: Andrew Simpson

Stampato presso:  
Litotipografia Alcione srl - Lavis (TN)

Titolo originale:  
*Electrics Handbook*  
© Andrew Simpson 2009  
Published by  
The Royal Yachting Association  
RYA House, Ensign Way, Hamble  
Southampton SO31 4YA  
Tel. 0845 345 0400  
Fax 0845 345 0329  
E-mail [publications@rya.org.uk](mailto:publications@rya.org.uk)  
[www.rya.org.uk](http://www.rya.org.uk)

Tutti i diritti riservati. La riproduzione e uso, anche parziale e con qualsiasi mezzo, sia esso grafico, elettronico o meccanico, non è consentita senza l'autorizzazione scritta dell'Editore.

*Nota:* nonostante l'accuratezza prestata nella compilazione della presente pubblicazione, l'Editore non si assume alcuna responsabilità nell'uso dei metodi o dei prodotti descritti nel libro.

# CONTENUTO

## **1. TEORIA DI BASE**

Osserviamo gli atomi	6
Termini e definizioni	8
Resistenza	9
Elenco dei simboli	10
Potenza e resistenza	10
L'analogia idraulica	11
Circuiti base	12
Circuiti in serie	12
Circuiti in parallelo	13
L'uso del tester	14
Misurare amp, volt e resistenza	15

## **2. LE BATTERIE**

Accumulatori al piombo	17
Struttura della batteria	18
CCA (Cold Cranking Amps): lo spunto	18
Batterie per auto	19
Deep cycle: batterie a carica profonda	19
Batterie per il diporto	20
SLA (Sealed lead-acid batteries)	20
batterie al piombo senza manutenzione	
Batterie al gel	21
AGM (Absorbed Glass Mat) Batterie	21
a stuioia di fibra di vetro	
Capacità della batteria	22
Tenere sotto controllo la batteria	23
Densimetro	23
Monitoraggio costante	24

## **3. IL MOTORE E I SUOI CIRCUITI BASE**

Spegnere il motore	26
Sensori e trasmettitori	27

## **4. RICARICA E GESTIONE DELLE BATTERIE**

	<b>28</b>
Alternatori	28
Da CA a CC	29
Raddrizzatori	29
Il regolatore	30
Maltrattare i diodi	31
Coccolare i diodi	31
Migliorare il rendimento	31
Regolatori intelligenti	32
Regolazione a corrente costante	33
Regolatori multi-step	33
Sistemi di ricarica delle batterie	34
Interruttore manuale (commutatore)	34
Ricarica con separatore automatico	35
Ripartitori di carica	36
Più grande è meglio è	37
Misurare gli amp - in entrata e uscita	37

## **5. ENERGIA DAL PIANETA**

	<b>39</b>
Generatori eolici	39
Quale può essere il loro contributo?	40
Generatori a trascinamento	40
Pannelli solari	41



<b>6. CIRCUITI DI DISTRIBUZIONE</b>	<b>43</b>	Corrente indotta	65
I fusibili	43	Dezincatura	65
Interruttori automatici	43	Ritorni dalla "messa a terra"	66
Allacciare un circuito	44		
Cavi di ritorno (negativi)	46		
Ripartire l'alimentazione	46		
Sempre inserito	46		
Diversificare le protezioni	46		
Circuiti ad alto assorbimento	47		
In testa d'albero	48		
Guarnizioni di coperta e prese	49		
Cavi e connettori	49		
Crimpatrici e crimpature	50		
Saldatura	50		
<b>7. CORRENTE ALTERNATA</b>	<b>51</b>		
Carichi resistivi e induttivi	52		
Energia in banchina	52		
Prolunghe	53		
Interruttori differenziali (salvavita)	54		
Interruttori differenziali portatili	54		
Messa a terra – gioie e dolori	55		
Inversione di polarità	56		
Allarme di polarità inversa	56		
Corrente alternata in navigazione	57		
Inverter	58		
Gruppi elettrogeni	60		
Gruppi elettrogeni a controllo automatico	61		
Lavoro in tandem	61		
Caricabatterie	61		
<b>8. PROTEZIONE DALLA CORROSIONE</b>	<b>62</b>		
Combinazione di metalli	63		
Anodi sacrificiali	64		
<b>9. CONSUMARE CON LA TESTA</b>	<b>67</b>		
LED ( Light Emitting Diodes)	67		
<b>10. MANUTENZIONE E SOLUZIONE DEI PROBLEMI</b>	<b>69</b>		
Prendersi cura delle proprie batterie	69		
Controllare gli assorbimenti	70		
Circuiti – soluzione dei problemi	71		
Accensione di emergenza	73		
Individuare il problema	74		
Un'utenza elettrica non funziona?	76		
Avarie fuori portata?	77		
Attrezzi da elettricista	77		
A caccia di dispersioni di corrente CC	78		
<b>11. APPENDICE</b>	<b>79</b>		
<b>GLOSSARIO</b>	<b>82</b>		
<b>INDICE</b>	<b>84</b>		



Un esempio comune usato per descrivere le caratteristiche dell'elettricità è quello di paragonarla al fluire dell'acqua in un impianto idraulico – una “analogia idraulica”, come talvolta la si definisce.

Fortunatamente, anche parte della terminologia è uguale: “flusso” e “corrente” significano grosso modo la stessa cosa, come “vortice”, in un contesto astratto, o “valvole” e “condensatori” che si ritrovano in entrambe le discipline. L'analogia, è molto efficace - talmente efficace da accompagnarci per buona parte delle prossime pagine.

Ma a livelli elementari il paragone non sempre regge. L'acqua è una sostanza tangibile e visibile - all'interno di un tubo trasparente la si può veder scorrere - mentre l'elettricità agisce non vista, esprimendo alcune proprietà straordinarie. Attraversa i materiali ad alta conduttività quasi senza impedimenti e solitamente non interviene sulla natura della materia o ne modifica l'aspetto. Allora di cosa si tratta, e come si determinano queste magie?

Il dizionario descrive l'elettricità come “la manifestazione di energia, associata al movimento di particelle cariche”. Si tratta di una definizione accurata, ma di difficile interpretazione. Per giungere alla completa comprensione dell'argomento è necessario approfondire alcuni dettagli.

## Osserviamo gli atomi

L'espressione “particelle cariche” si riferisce a ciò che compone gli atomi (*Figura 1:1*). Al centro di ogni atomo ha sede un denso nucleo costituito da neutroni (carica elettrica neutra) e da protoni (carica elettrica positiva). Con l'esclusione di una piccolissima porzione, la massa dell'atomo risiede quasi completamente nel nucleo. Attorno all'atomo si trova in orbita un certo numero di minuscoli elettroni, quasi senza peso, portatori di una carica negativa che bilancia la carica del nucleo, rendendo neutro l'atomo. Perdendo o guadagnando un elettrone, la neutralità dell'atomo viene meno, trasformandolo in un “ione” (questione che verrà affrontata più avanti).

La *Figura 1:2* è la rappresentazione piana di un atomo. In realtà sarebbe tridimensionale, mentre le orbite concentriche degli elettroni fanno pensare a valve di conchiglie impilate una dentro l'altra come bucce di cipolla, e non necessariamente sferiche. L'atomo raffigurato ha un “numero atomico” pari a 29, il che significa che possiede 29 protoni e 29 elettroni (e occasionalmente 34 neutroni, eventualità che per gli intenti del manuale può essere ignorata). Notare che l'involucro esterno è occupato da un solo elettrone. Questo vulnerabile orfano del mondo atomico prende il nome di “valenza” e occorre solo una piccola quantità di energia perché sfugga dall'attrazione del nucleo.

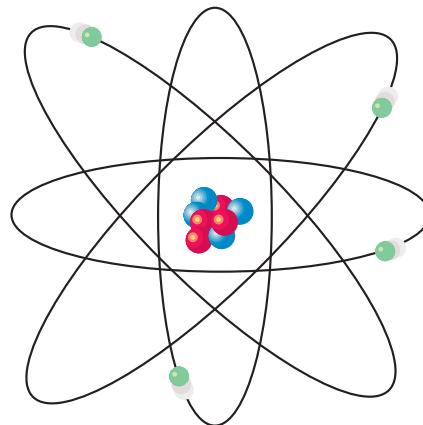


Figura 1:1

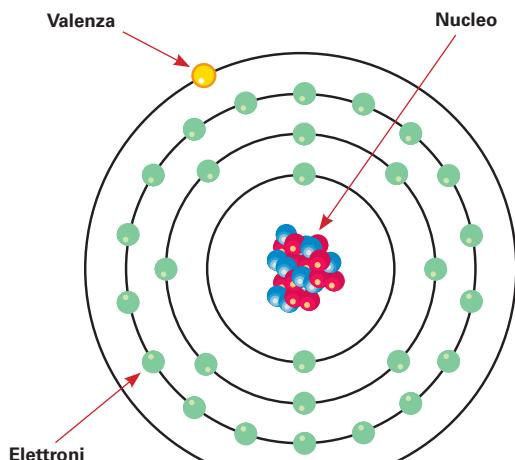


Figura 1:2

piena di piselli, introducendone uno in più, noteremo che all'estremità opposta un altro verrà spinto fuori, nonostante il fatto che il pisello introdotto abbia iniziato lì il suo viaggio (Figura 1:4). Per inciso, la corrente elettrica non si comporta in questo modo logico, perché gli elettroni hanno una carica negativa e si muovono in senso contrario al flusso di scorrimento. Va considerato che la

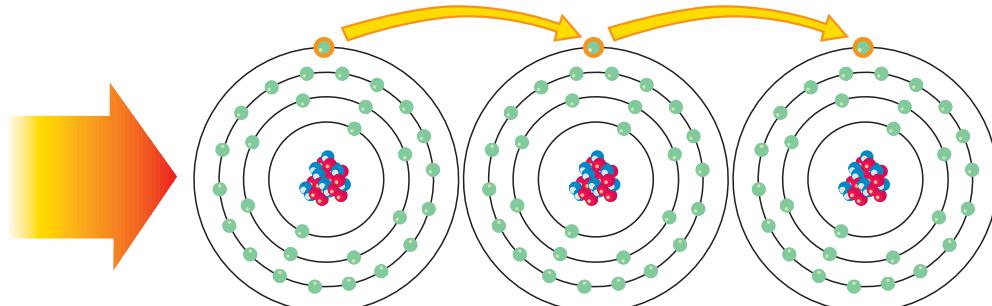


Figura 1:3

corrente elettrica era conosciuta ancor prima che venissero identificati gli elettroni e – cosa più importante – ai fini pratici la loro scoperta non ne ha modificato gli effetti.

Se malauguratamente ci si dovesse trovare in prima persona a far parte di un circuito elettrico, ci si renderebbe conto che la corrente non si arresterebbe solamente perché uscita da un conduttore convenzionale. Non ci si accorgerebbe della differenza. Gli elettroni del corpo umano sono intercambiabili con quelli che fuoriescono da un cavo elettrico e permetterebbero alla corrente di attraversarlo, con probabili effetti negativi per la salute (vedi p. 53).

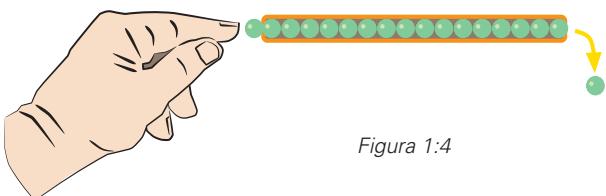


Figura 1:4

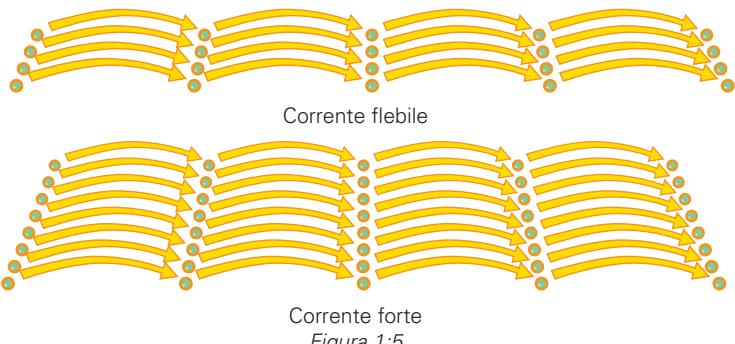
## TERMINI E DEFINIZIONI

È il caso di puntualizzare la terminologia essenziale, altrimenti sarebbe difficile affrontare l'argomento.

Dalle pagine precedenti si evince che gli elettroni non passano da un atomo all'altro spontaneamente, ma perché spinti da una forza esterna. Questa attitudine è conosciuta come "forza elettromotrice" (o FEM) che viene misurata in "volt" (unità che prende nome da Alessandro Volta, inventore della prima batteria). Il simbolo adottato è "V". Più è alto il suo numero più elevata è la forza.

**Perciò il VOLT può essere assunto come unità di misura dell'energia elettrica.**

Ora, se fosse possibile contare gli elettroni mentre passano, si avrebbe un'idea di quanta corrente stia fluendo. Il disegno li mostra in una fila singola – senza dubbio debole. Ma cosa accadrebbe se a fianco ne passassero centinaia? O migliaia fino a diventare diversi milioni?



È evidente che più elettroni passano, maggiore è la corrente. La misura di questa corrente si esprime in "ampere" (che prende nome dal fisico francese André-Marie Ampère) comunemente abbreviato con "amp". Il suo simbolo è "A" ma per ragioni che si chiariranno più avanti nelle equazioni è rappresentata dalla lettera "I".

**L' AMPERE è l'unità di misura della corrente.**

Il nostro interesse pratico in questo campo ci induce a considerare come ogni corrente possa essere utilizzata, ossia quanto lavoro possa produrre e quale possa essere la sua potenza. Questa capacità viene espressa in "watt" (tributo a James Watt, famoso per il motore a vapore), utilizza come simbolo "W" ed è una combinazione tra volt e ampere – facilmente calcolabile moltiplicandoli tra loro. I watt nelle equazioni sono rappresentati dalla lettera P (potenza).

Per cui:

**$I \times V = P$  (in altre parole ampere x volt = watt)**

**Il WATT è l'unità di misura della potenza e del lavoro.**

Le apparecchiature elettriche, dalle più semplici alle più sofisticate, sono caratterizzate dal loro voltaggio e dal loro consumo espresso in watt, che indica il livello di potenza necessario per utilizzare ogni strumento a un determinato voltaggio. Si tratta di un'informazione fondamentale, indispensabile.

sabile per stabilire quanta corrente attraverserà il circuito e definire di conseguenza la sezione del relativo cavo elettrico. Per ottenere gli ampere si utilizza una formula, che indica la quantità di corrente che attraversa il circuito:

$$\frac{P}{V} = I \quad (\text{in altre parole: i watt divisi per i volt danno come risultato gli amp})$$

Ecco ad esempio il calcolo che riguarda un vorace verricello elettrico:

$$\frac{800W}{12V} = 66.7A \quad (\text{Perbacco! È necessario un cavo davvero grosso})$$

**CONSIGLIO** Nel tempo, numerosi elettricisti si sono affidati al "triangolo magico" per ricordare le formule. In maniera semplice: si copre con un dito il dato incognito, evidenziando così i dati conosciuti e la loro posizione nell'operazione che andrà effettuata. Ecco un esempio per ottenere i watt. Nascondendo la P nella parte alta del triangolo rimarranno visibili V e I che - essendo affiancati - li si dovrà moltiplicare tra loro. Dovendo trovare I, P andrebbe diviso per V e così via.



## Resistenza

La quarta e ultima indispensabile proprietà elettrica con cui si avrà a che fare è la resistenza – termine che descrive ogni ostacolo al flusso della corrente all'interno di un circuito. Il primo a definire il suo effetto fu Georg Simon Ohm, il quale nel 1826 stabilì che:

**la corrente elettrica è proporzionale al voltaggio e inversamente proporzionale alla resistenza.**

In parole povere significa che aumentando il voltaggio aumenterà anche la corrente, mentre aumentando la resistenza si otterrà l'effetto contrario. Ohm diede il suo nome all'unità di misura – l'ohm – il cui simbolo è la lettera greca omega ( $\Omega$ ). Nelle formule si rappresenta con lettera "R" quindi:

$$I = V/R \text{ oppure } R = V/I \text{ oppure } V = I \times R$$

Queste tre formule rappresentano la regola di Ohm e risolvono di volta in volta i quesiti relativi agli amp, agli ohm e ai volt.

**Una forza elettromagnetica di intensità pari a un volt produce una corrente elettrica di un amp e vince una resistenza pari a un ohm.**

**CONSIGLIO** Questo è il secondo dei triangoli magici utili. Di nuovo, coprendo semplicemente il dato che si vuole ottenere, la posizione degli altri due indicherà cosa si deve fare. Volendo ottenere i volt, si nasconde la V nella parte superiore del triangolo e rimarranno visibili la I e la R che andranno moltiplicate per ottenere il risultato. Cercando I, V deve essere divisa per R e così via.



## Elenco dei simboli

È utile conoscere la distinzione tra le unità di misura delle proprietà elettriche e le loro dimensioni:

- **Il simbolo "A" definisce l'unità di corrente e "I" la sua quantità. Ugualmente:**
- **"W" è l'unità di misura della potenza e "P" la sua quantità.**
- **"Ω" è l'unità di misura della resistenza e "R" la sua quantità.**
- **Poi, proprio quando si pensa di aver compreso come vadano le cose, si scopre che "V" è sia l'unità di misura che la dimensione di una forza elettrica.**

## Potenza e resistenza - una pausa di riflessione

Molti considerano sicuri gli impianti a 12V. Afferrando il capo di un cavo sotto tensione non si avverte in nessun modo il flusso di corrente che attraversa il nostro corpo. Ma se si fosse tanto avventati da fare lo stesso con un impianto domestico a 240V, ci si renderebbe conto immediatamente di essere nei guai, tanto da rischiare la vita.

Ma vi sono altri pericoli oltre a quello dell'elettrocuzione, e da quanto si è appreso in queste prime pagine si dovrebbe essere in grado di individuare dove essi risiedano.

Facciamo un semplice esempio. La lampadina a incandescenza (comunemente detta "a bulbo") che si usa in testa d'albero per segnalare l'ancoraggio notturno, normalmente ha una potenza di 25W. In un circuito a 12V consumerebbe più di 2A (vedi la formula a p. 9). Ma se la stessa lampadina fosse installata sul comodino di casa, collegata a un portalamppada a 240V, consumerebbe solo 0,104A. Questo significa che la corrente che serve all'insignificante lampadina di testa d'albero dovrà essere circa venti volte maggiore rispetto a quanto necessario in un contesto domestico. Ora, si è detto che la corrente è un flusso di elettroni, più ne passano più è alto l'amperaggio. Sfortunatamente questi non rimangono a lungo senza ostacoli. Anche il migliore dei conduttori produce una resistenza – ostacolo all'avanzamento degli elettroni, simile a un attrito.

Talvolta è una sfortuna, ma non sempre una brutta notizia. Spesso si sfrutta la resistenza per ottenere il risultato voluto. Il filamento di una lampadina, ad esempio, è reso incandescente per brillare di più. Il che dimostra che il calore è l'inevitabile prodotto tra corrente e resistenza.

Se a un alto amperaggio viene chiesto di attraversare un cavo sottile, il cavo può surriscaldarsi seriamente, e di conseguenza, sciogliendo la guaina di isolamento, provocherebbe un corto circuito che potrebbe causare un incendio. L'intero argomento riguardante le sezioni dei cavi verrà approfondito in un capitolo successivo (vedi p. 44) - per ora il messaggio è comunque esplicito:

**con impianti a basso voltaggio vi è un significativo aumento del pericolo di incendio!**

## L'ANALOGIA IDRAULICA

Come già menzionato all'inizio di questo capitolo, molte delle caratteristiche di un circuito elettrico possono essere paragonate alla circolazione dell'acqua in un impianto idraulico (*Figura 1:6*). Sono similitudini utili:

- **i volt comparabili alla pressione dell'acqua.** L'elettricità fluisce da un voltaggio più alto a uno più basso – questa differenza prende il nome di “differenziale di potenza”. Ugualmente l'acqua fluisce verso il basso.
- **Gli ampere (corrente elettrica) confrontabili con la quantità d'acqua che passa in un dato punto in una determinata unità di tempo.** Entrambi si riferiscono alla portata.
- **Il watt – unità di misura della forza – si può paragonare alla combinazione di pressione dell'acqua e di portata, quasi rispecchiando la relazione tra volt e ampere.** In termini idraulici, una piccola portata sottoposta a grande pressione può produrre la stessa potenza di una grossa portata sottoposta a una bassa pressione. Funziona così anche con l'elettricità.
- **Una grande portata d'acqua richiede un tubo di sezione adeguata.** Similmente, una grande corrente richiede cavi di grossa sezione.
- **Sia la corrente sia l'acqua vengono rallentate da una resistenza interna al circuito, producendo una riduzione di pressione (o voltaggio) dovuta alla resistenza stessa.** Comunque, la quantità di flusso sarà la medesima semplicemente perché ciò che entra da un lato di un impianto isolato deve uscire dall'altro lato.

Si potrebbero fare altre comparazioni, ma ci si spingerebbe abbastanza lontano. Meglio tornare a concentrarsi sui circuiti elettrici. Se necessario, è sempre possibile fare qualche passo indietro.

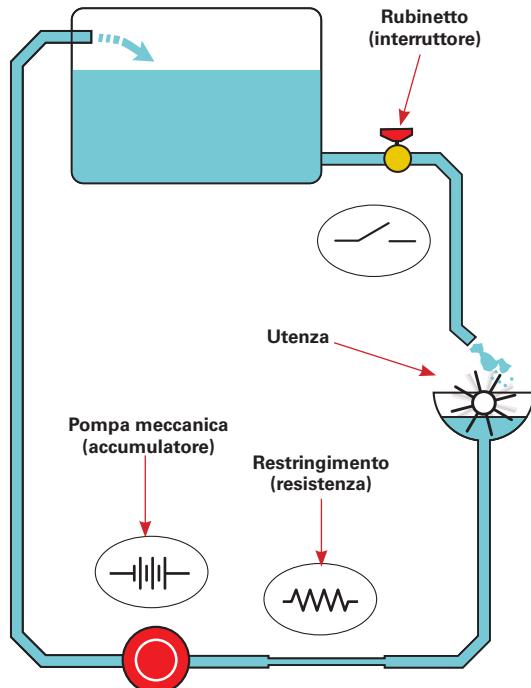


Figura 1:6 Molti componenti di un impianto idraulico hanno un equivalente elettrico – mostrato qui sopra con la relativa simbologia.