



ASSOCIAZIONE EX ALLIEVI

I - 10126 TORINO - CORSO DANTE, 102 - TEL. 83 60 36

GRUPPO AEROMODELLISTI

LA CARATTERIZZAZIONE DELLE BATTERIE Ni-Cd

SOMMARIO

L'impiego delle batterie Ni-Cd per la propulsione elettrica dei modelli volanti ne richiede, per l'evidente problema costituito dal loro peso, un dimensionamento appropriato. Per dimensionamento s'intende la definizione del tipo delle singole celle e il numero di celle collegate in serie, come pure il modo di utilizzo in termini di corrente erogabile e di autonomia attesa.

Con l'elaborazione dei risultati di una serie di misure effettuate su diversi tipi di celle si è individuata un'espressione rappresentativa della tensione disponibile in funzione della corrente erogata e, di conseguenza, le caratteristiche di prestazione delle batterie.

Viene sommariamente descritto il metodo di misura e riportati i coefficienti caratteristici relativi alle celle finora misurate.

IL COMPORTAMENTO DELLE CELLE Ni-Cd

Se si misura la tensione di una cella Ni-Cd caricata di recente, si rileva che essa varia attorno ad un valore di 1.4 Volts.

Ci si può chiedere perché, allora, le Case che fabbricano questo tipo di celle indicano un valore di 1.2 Volts.

La ragione consiste nel fatto che la tensione di una cella non è affatto costante ma dipende dall'entità della corrente elettrica erogata dalla stessa.

In altri termini il valore di 1.2 Volts fornito dalle Case è solo un valore indicativo della tensione sulla quale si può contare in un uso "normale".

L'impiego delle celle Ni-Cd per la propulsione elettrica dei modelli volanti non è "normale" in quanto, anche nei casi di motori che assorbono una corrente limitata per modelli che richiedono una autonomia discretamente elevata, la corrente è molto più grande di quella che le Case garantirebbero. Nel caso dei modelli da gara per i quali le batterie vengono scaricate in tempi brevissimi, fra 50 e 100 secondi, la corrente è così alta che la tensione disponibile risulta ben più bassa dal valore nominale.

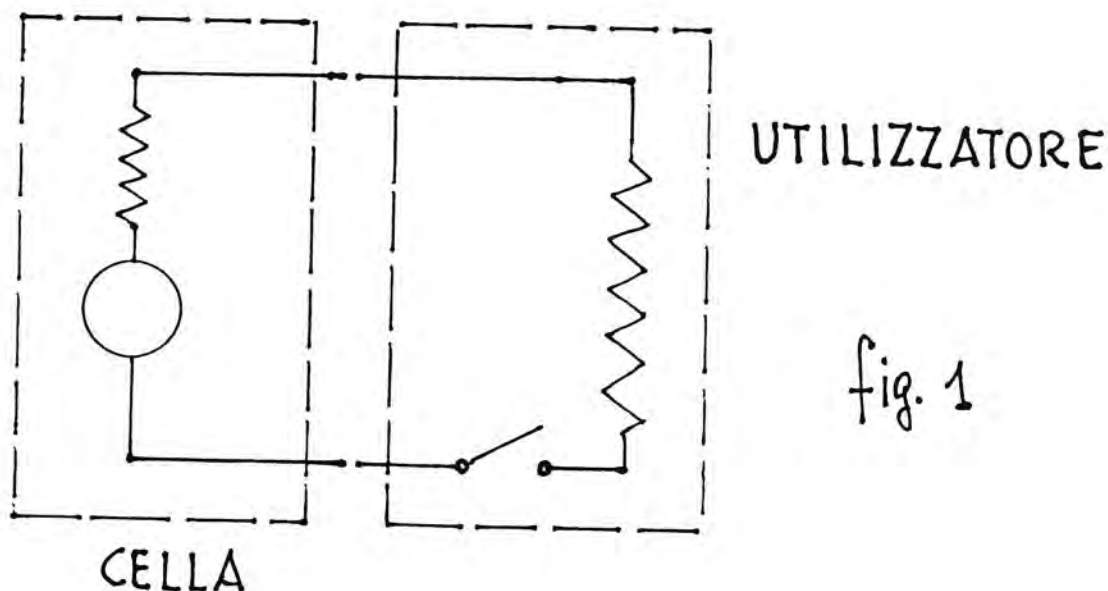
E' possibile, con alcune misure, prevedere quale sarà la tensione disponibile al variare della corrente.

SCHEMA RAPPRESENTATIVO DI UNA CELLA

La rappresentazione elettrica di una cella Ni-Cd, se si volesse e si sapesse farlo, è così complessa da risultare di nessuna utilità per il nostro tipo di utilizzo.

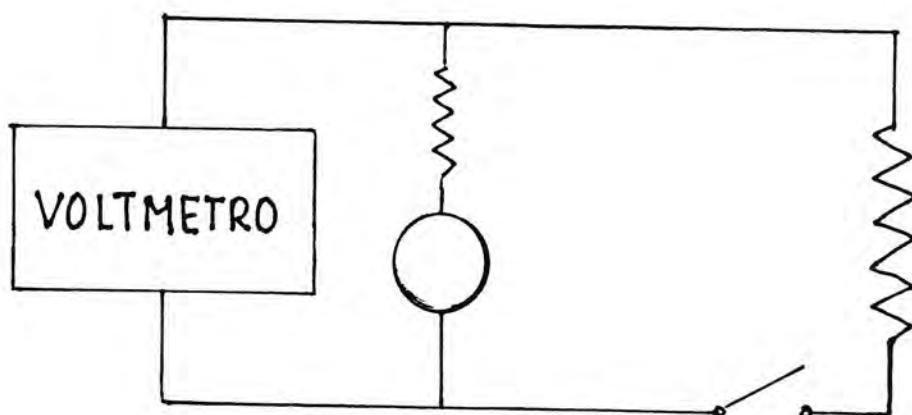
In bibliografia si possono trovare diversi modelli di rappresentazione che includono le diverse grandezze elettriche considerate nella modellizzazione.

Per il nostro uso, però, è sufficiente una rappresentazione semplificata come la seguente.



La cella è rappresentata da un generatore in serie con una resistenza. Nella figura alla cella è stato aggiunto il circuito rappresentante un'utenza (il nostro motore che semplificando si assume come una resistenza) ed un interruttore. Utilizziamo questo schema per una semplice prova. Colleghiamo un voltmetro così come indicato nella figura seguente. Osserviamo la lancetta che, con l'interruttore aperto segna, come detto sopra, circa 1.4 Volts. Chiudiamo il circuito per mezzo dell'interruttore e osserveremo che la tensione indicata dal voltmetro diminuisce immediatamente. Lo scopo delle nostre prove sarà quello di trovare di quanto diminuisce la tensione con diverse resistenze e, quindi, con diversi valori di corrente.

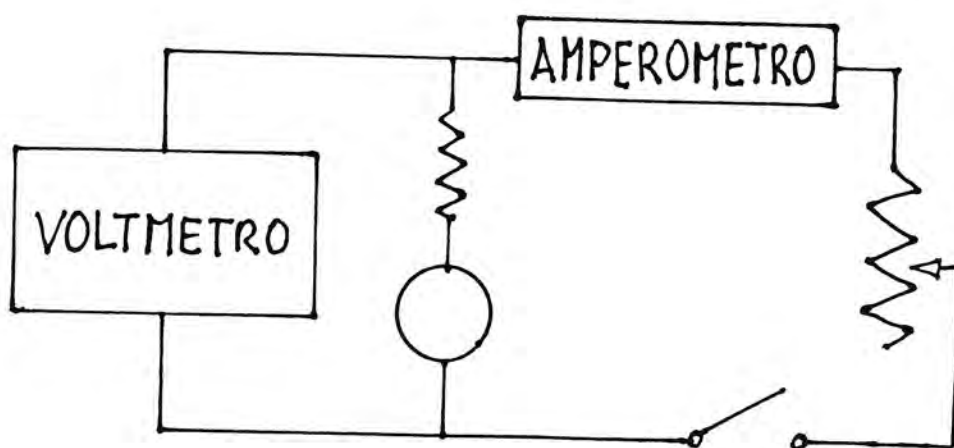
fig. 2



METODO DI PROVA

Lo schema della figura che segue ricalca quello della figura precedente con le seguenti varianti.

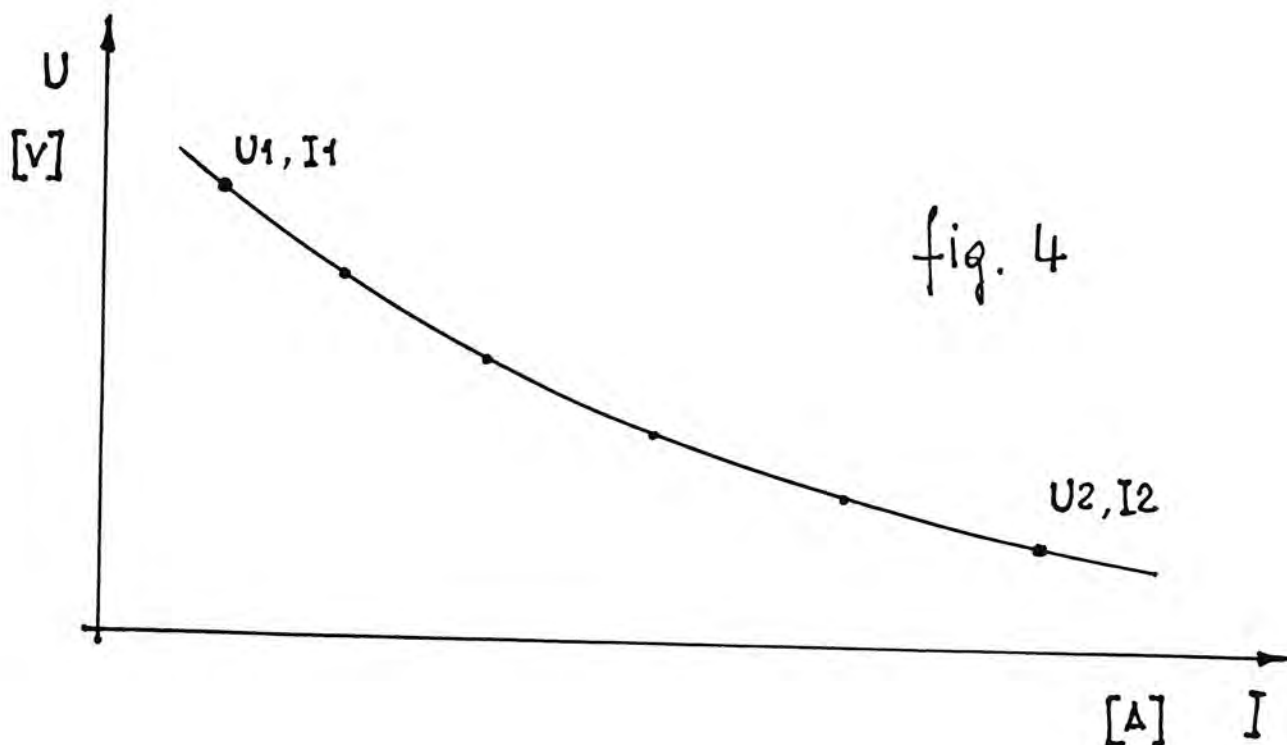
fig. 3



La resistenza è stata sostituita da un reostato. Si è aggiunto un amperometro per misurare, oltre che la tensione della cella, anche la corrente circolante. Caricata la cella si iniziò con il cursore del reostato in posizione corrispondente ad un alto valore della sua resistenza. Si chiude l'interruttore e si leggono contemporaneamente i valori della tensione e della corrente. Si sposta il cursore del reostato e si ripete la misura più volte fino a raggiungere il limite della corrente che riteniamo il valore massimo della nostra utilizzazione aeromodellistica.

ELABORAZIONE DELLE MISURE

Se riportiamo su un diagramma in ordinate i valori delle tensioni misurate e sulle ascisse i corrispondenti valori di corrente e colleghiamo i punti sperimentali otteniamo una curva con l'andamento della figura seguente.



Dopo qualche tentativo si è individuata l'espressione che rappresenta bene questo tipo di curve. Essa è del tipo

$$U = A * B^I$$

dove U è la tensione in Volts, I è la corrente in Amperes, A è qualcosa che si potrebbe chiamare "Tensione a vuoto convenzionale" e B è un numero sempre inferiore a 1.

Per ricavare i valori di A e di B si procede in questo modo. Si scelgono due punti sulla curva ottenuta, abbastanza distanti fra di loro, si leggono i corrispondenti valori della tensione (U1 e U2) e della corrente (I1 e I2). Si scrive il sistema di due equazioni

$$\begin{cases} U1 = A * B^{I1} \\ U2 = A * B^{I2} \end{cases}$$

La soluzione di questo sistema di due incognite, A e B, ci fornisce appunto questi valori.

Per aumentare la rappresentatività del risultato, il calcolo si ripete riscrivendo il sistema di due equazioni per altre diverse coppie di punti e risolvendolo.

Si medieranno quindi i diversi valori di A e di B per ottenere quelli che saranno più rappresentativi della cella provata.

VALORI DI A E B MISURATI SU CELLE DIVERSE

I risultati delle prove effettuate su celle Sanyo per carica e scarica rapida, che sono quelle quasi esclusivamente usate sui modelli volanti, hanno consentito di definire i seguenti valori dei coefficienti suddetti.

N500AR	A = 1.375	B = 0.98545
N650SC	1.345	0.99123
N1000SCR	1.402	0.99150
N1100SC	1.416	0.99276
N1400SCR	1.446	0.99313
N1700NSCR	1.438	0.99348
N4000DR	1.432	0.99617

USO DELL'ESPRESSIONE TROVATA

Utilizzando l'espressione su descritta si può calcolare quale sarà la tensione disponibile ai capi della batteria formata da n celle collegate in serie, per un certo valore della corrente erogata.

L'espressione diventa:

$$U = n * A * B^I$$

Facciamo un esempio.

Se la nostra batteria è composta da 10 celle in serie del tipo N-500SCR, di capacità 500 mAh, ed è collegata ad un motore che assorbe 25 Ampères, l'espressione diventa :

$$U = 10 * 1.375 * 0.98545^{25}$$

Il risultato del calcolo dà 9.53 Volts.

Nel caso la corrente fosse di 30 Ampères la tensione sarebbe di 8.86 Volts.

Abbiamo così ottenuto una delle informazioni essenziali, insieme alle caratteristiche del motore e dell'elica, per il dimensionamento del gruppo motopropulsore del nostro aeromodello.

APPENDICI

Procedura di misura

Per eseguire le misure su descritte la strumentazione minima è formata da due voltmetri digitali con la funzione di mantenimento della lettura (comunemente detta Hold). Un reostato di resistenza 5 Ohm 20 A. Lo si userà per correnti molto più alte della corrente nominale confidando sulla brevissima durata delle letture, non più di 4 secondi, e in grado quindi di assorbire, nella posizione di resistenza di circa .05 Ohm la corrente di almeno 100 Ampères.

Uno shunt da 100 Ampères tensione di shunt di 60 mV.

Un interruttore capace di sopportare la corrente suddetta.

Per aumentare la precisione della misura della tensione conviene eseguire le prove non su una singola cella ma almeno una decina, collegate naturalmente in serie.

Poiché le misure durano due o tre secondi per ogni punto, la batteria si può considerare carica anche dopo aver effettuato un certo numero di rilievi. Poi la scarica comincia a far sentire la sua influenza dando luogo a tensioni più basse. L'inconveniente si supera eseguendo più prove partendo da valori di corrente diversi.

Per caratterizzare una batteria possono essere necessarie anche una ventina di rilievi.

Poichè conviene evitare di effettuare più di una prova al giorno, la caratterizzazione di una batteria può richiedere anche un mese di lavoro.

La figura seguente illustra come possono apparire i risultati e quale è la curva inviluppo superiore che viene considerata come rappresentativa del comportamento della batteria carica.

L'influenza della temperatura è considerevole. Occorre iniziare le misure ad una temperatura uguale per tutte le prove. Normalmente io inizio a 34°C. Per questo uso una termocoppia posizionata sulla superficie di una cella, sempre la stessa e sempre nella stessa posizione, ed interrompo la prova quando la temperatura cresce verso i 37°C.

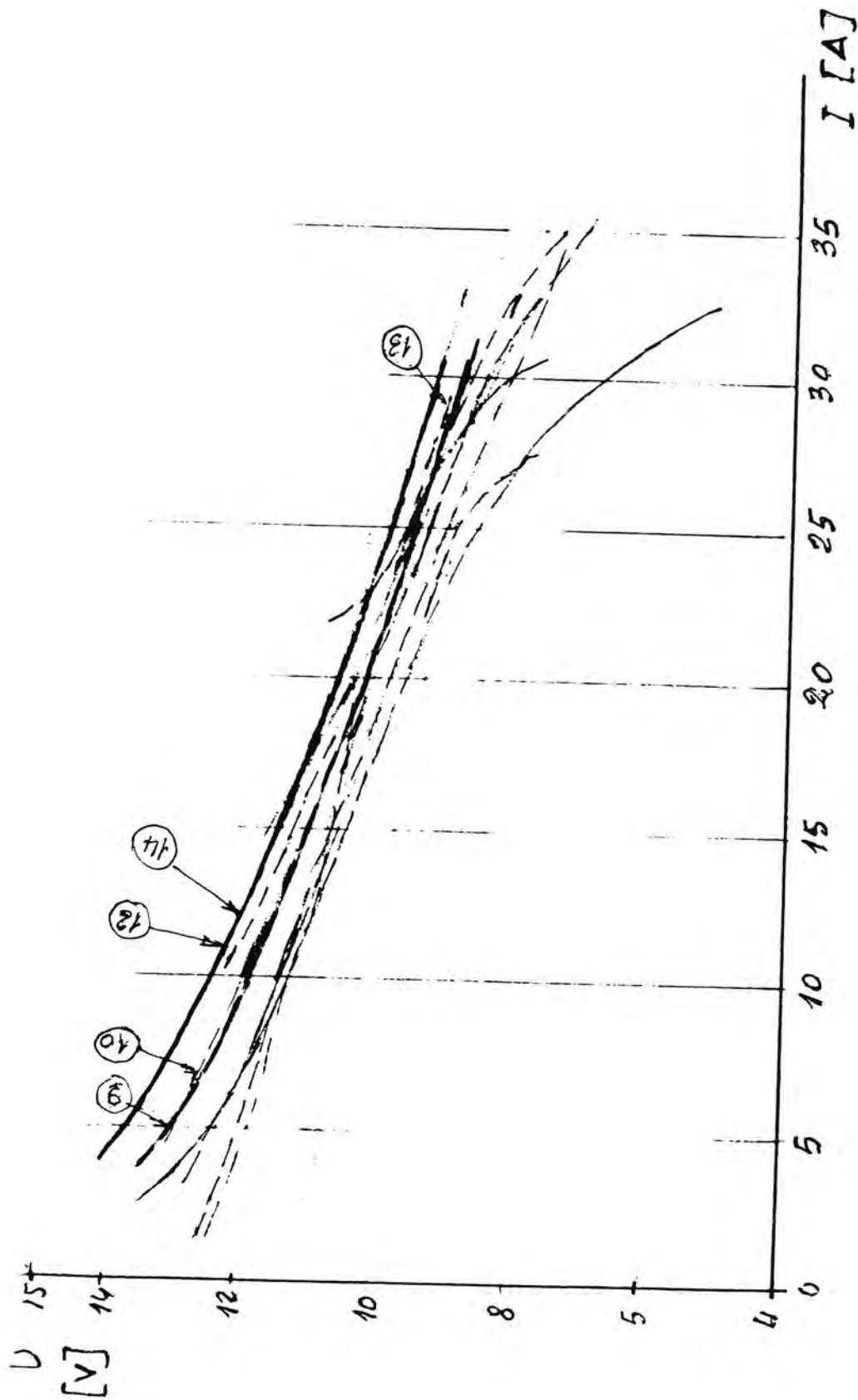
I valori di A e di B variano al variare dello stato di carica della batteria. Per dare un'idea del fenomeno ecco i valori ricavati per una cella Sanyo N1400SCR, riportati in diagramma.

Come si può vedere, B risulta pressoché costante mentre A mostra un andamento decrescente che ha qualche analogia con le curve della tensione in funzione del tempo, quando si scarichi una batteria a corrente costante.

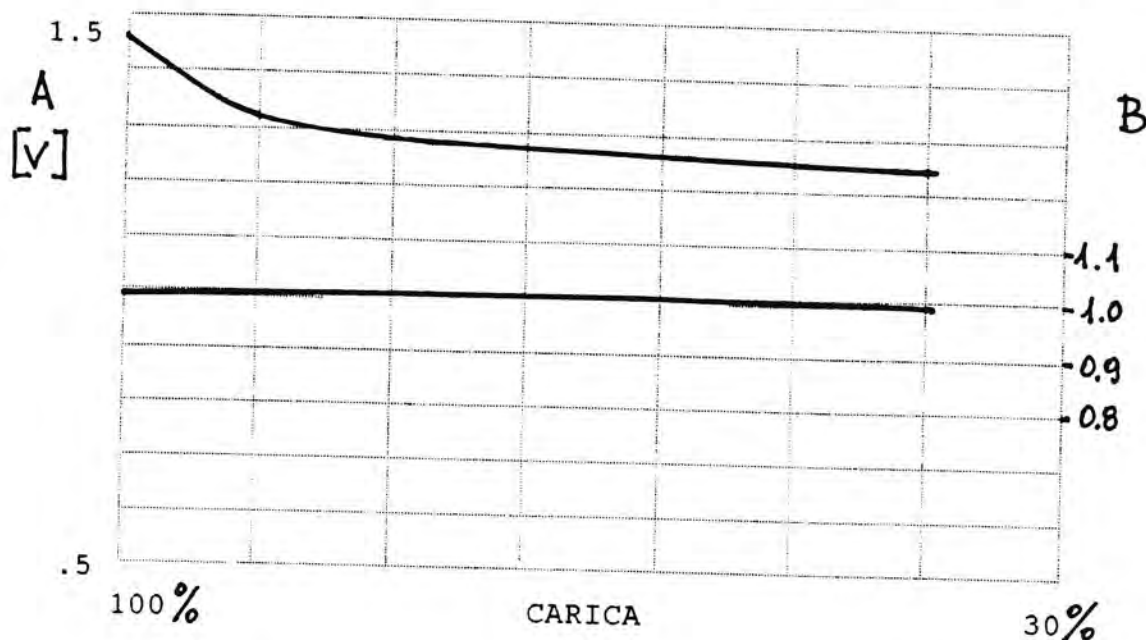
fig. 5

4.96

10 N500AR



Variazione di A e di B in funzione dello stato di carica
SANYO N1400SCR



Carica
completa

fig. 6

Carica
residua

Trasduttore di corrente

Come trasduttore di corrente si può usare il classico shunt di classe 0.5 (errore di linearità più isteresi più ripetibilità $\leq 0.5\%$).

Uno shunt da 100 A fondo scala ha comunemente 60 mV di tensione misurabile.

Io preferisco usare i trasduttori ad effetto Hall che hanno costi paragonabili, un output leggermente più alto ed il vantaggio di essere completamente isolati dalla batteria e dal circuito di prova. Ciò consente, qualche volta, di evitare le conseguenze di errati collegamenti durante le prove.

Inoltre questo tipo di trasduttore non introduce alcuna resistenza sul circuito e può quindi essere usato anche per le prove sui motori senza timore di falsare, anche se di poco, i risultati.