

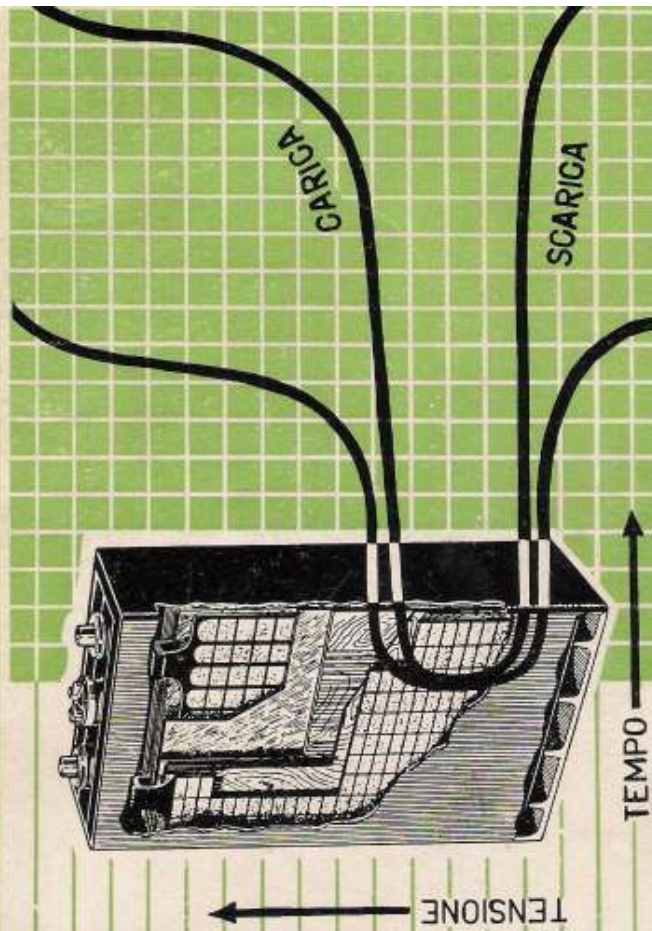
IMPIANTI ELETTRICI

- W. Forlani - Gli impianti elettrici e le norme di legge.
 F. Bottio - L. Sottani - La protezione contro i contatti elettrici accidentali.
 G. Paleari - Rifasamento degli impianti elettrici industriali.
 R. Costa - Il calcolo delle correnti di corto circuito negli impianti elettrici.
 C. Clerici - Illuminotecnica - Progetto e calcolo degli impianti di illuminazione.
 E. Coppi - Le cabine di trasformazione per impianti industriali e civili.
 E. Coppi - La costruzione delle cabine di trasformazione.
 C. Clerici - La messa a terra degli impianti elettrici.
 G. Pagani - Linee elettriche aeree di bassa e media tensione.
 E. Cometta - Magnet permanenti.
 L. Cibrario - I raddrizzatori a semiconduttori.
 E. Mazza - Il relè tipo telefonico nell'industria.
 P. L. Cerato - Manutenzione delle apparecchiature elettriche.
 G. Figini - Equipaggiamenti elettrici industriali.
 G. Colli Lanzi - Alberi elettrici.
 L. F. Bottio - La corrosione delle canalizzazioni interrato.
 R. Casagrande - C. Celrici - Parafulmini.
 G. Schönberg - Orologi elettrici.
 V. Re - Installazione delle macchine elettriche rotanti.
 V. Re - Manutenzione delle macchine elettriche rotanti.
 G. Paleari - Installazione e manutenzione dei trasformatori industriali.
 G. Perone - I contattori e le loro applicazioni.
 A. Bossi - E. Sesto - Gli scaricatori di sovratensione: criteri di scelta e di impiego.
 R. Roeper - Le correnti di corto circuito nelle reti elettriche trifasi.
 L. Salvati - Progettazione e calcolo degli elettromagnet.
 E. Sesto - I cavi per energia: criteri di scelta e di impiego.
 A. Bossi - E. Sesto - Interruttori per gli impianti di potenza.
 G. Abeta - L'ascensore elettrico.
 A. Bossi - E. Sesto - Impianti elettrici.
 A. Bandini Buti - M. Bertolini - Elettrotecnica pratica - Elementi fondamentali.
 E. Sesto - A. Bossi - Elettrotecnica pratica - Tecnica degli impianti.
 V. Re - A. Bandini Buti - Energia Elettrica.
 V. Re - L'installatore qualificato:
 Vol. I - Impianti elettrici nelle abitazioni.
 Vol. II - Impianti di messa a terra.
 Vol. III - Impianti di illuminazione civile e industriale.
 Vol. IV - Impianti di illuminazione esterna.

Lire 2000
(1986)

Gli accumulatori elettrici**Costituzione ed esercizio**

QUINTA EDIZIONE



EDITORIALE DELFINO - MILANO

CAPITOLO I

GLI ACCUMULATORI ELETTRICI

Generalità

Al fine di comprendere le basi del funzionamento degli accumulatori elettrici, è bene esaminare per sommi capi ciò che costituisce un « generatore elettrochimico », cioè una sorgente di energia elettrica che proviene da reazioni chimiche.

Un generatore elettrochimico consente di sfruttare come lavoro elettrico ai morsetti l'energia libera di particolari reazioni (di ossidazione o di riduzione) che avvengono agli elettrodi chiudendo il circuito elettrico.

Si indica con questo nome un generatore elettrochimico detto « elemento secondario » capace di assorbire energia elettrica durante un periodo di carica e di erogare energia elettrica durante un periodo di scarica.

I generatori elettrochimici vengono generalmente designati col nome di *elementi galvanici* (nome inteso a ricordare la priorità degli studi di Luigi GALVANI sui fenomeni elettrochimici, suscitatori della seconda discussione che portò Alessandro VOLTA a porre le basi della moderna elettrologia). Si distinguono tra essi:

a) elementi primari (detti comunemente pile) che generano elettricità direttamente dalle sostanze impiegate per la fabbricazione degli elettrodi.

b) elementi secondari (detti comunemente *accumulatori*) che generano elettricità da sostanze ottenibili mediante passaggio di corrente. La loro reversibilità deve essere completa e duratura.

Nelle pile, una volta sfruttata l'energia chimica delle reazioni, l'apparecchio non è più normalmente utilizzabile se non vengono materialmente rinnovate le sostanze attive.

Negli « accumulatori » possono invece essere ristabilite le condizioni di partenza, ricostituendo con un processo elettrolitico le sostanze inizialmente presenti agli elettrodi, ciò che avviene semplicemente invertendo il senso della corrente ai morsetti. Durante la fase di « ricarica » il generatore elettrochimico diventa un utilizzatore elettrochimico.

I generatori elettrochimici, constano delle seguenti parti essenziali:

- a) elettrodi: ai quali avvengono reazioni elettrochimiche e si scaricano gli ioni (particelle materiali recanti cariche elettriche) vettori della corrente;
- b) elettrolito: costituito da una soluzione acquosa nella quale passano gli ioni.

Problemi comuni ai generatori elettrochimici reversibili

a) Requisiti energetici.

Il contenuto energetico del sistema reagente dovrà essere quanto più possibile elevato. La differenza tra i potenziali dei due elettrodi (cioè la forza elettromotrice) sarà dunque la più elevata realizzabile.

Alte capacità specifiche sono ottenute da sostanze reagenti dotate di basso equivalente elettrochimico (secondo quanto espresso dalle leggi di FARADAY); tuttavia, le sostanze agli elettrodi partecipano solo in parte alle reazioni. Esiste, cioè, un coefficiente di utilizzazione, che può essere vicino all'unità per sostanze solubili nell'elettrolito; per sostanze insolubili, esso è in stretta dipendenza dall'effettiva superficie (cioè dalla conformazione e porosità degli elettrodi).

La possibilità di erogare elevate correnti è condizionata dalla minima pendenza della caratteristica esterna, che comprende, oltre alla caduta di tensione associata alla resistenza al moto dei ioni nell'elettrolito e degli elettroni nei reofori, la diminuzione della forza elettromotrice per fenomeni di polarizzazione associati alla densità di corrente.

L'elettrolito deve essere, quindi, altamente ionizzato e la polarizzazione ridotta al minimo.

b) Stabilità.

Le reazioni devono avvenire solo a circuito chiuso.

I fenomeni di *autoscarica* devono essere quindi di minima entità.

Oltre ai requisiti generali richiamati, l'accumulatore ne comporta altri particolari quali la reversibilità e la durata.

c) Reversibilità.

I prodotti delle reazioni avvenute durante la scarica devono essere completamente ritrasformati durante la carica. Il rendimento energetico deve essere il più elevato possibile. Tale rendimento, di definizione convenzionale (per ciò che riguarda le condizioni ed i regimi di carica e di scarica), risulta inferiore alla unità a causa di:

- perdite in calore associate alla resistenza alla conduzione ed alle sovratensioni agli elettrodi;
- reazioni elettrochimiche parassite.

d) Durata.

Tale requisito comporta il problema della conservazione degli elettrodi e dell'elettrolito in condizioni di efficienza lungo l'esercizio.

La durata dei supporti delle materie attive, destinati solitamente a fungere da collettori della corrente, presenta (specialmente per gli elettrodi positivi) problemi di corrosione e di resistenza meccanica agli sforzi interni derivanti dalle variazioni di volume delle materie attive. La durata di queste è condizionata dall'insolubilità degli elettrodi e dalla loro coesione.

Se l'elettrodo positivo è solubile, si verifica deposito elettrolitico al negativo, con effetti di autoscarica dovuti a *pile locali*. Se l'elettrodo negativo è solubile, si può avere, durante la ricarica, deposito elettrolitico irregolare che riduce la reversibilità e può mettere in cortocircuito gli elettrodi.

La coesione delle materie attive deve mantenersi lungo i cicli di trasformazione che comportano variazioni di volume; la porosità deve dunque risultare il miglior compromesso tra l'estensione della superficie attiva ed un durevole contatto meccanico ed elettrico delle particelle.

Durata e rendimento energetico fanno parte del problema generale del costo, preponderante per gli accumulatori a causa delle loro applicazioni alla tecnica delle correnti forti dove sono richieste costipue masse.

CAPITOLO II

TPI DI ACCUMULATORI

Generalità

Secondo la natura elettrochimica delle sostanze reagenti si hanno i seguenti tipi di accumulatori:

a) accumulatori al piombo (ad elettrolito acido);

b) accumulatori al nichel.

Sotto quest'ultima denominazione si distinguono diversi tipi aventi gli elettrodi positivi contenenti idrossido di nichel, ossia:

— accumulatori al cadmio-nichel;

— accumulatori al ferro-nichel;

c) accumulatori all'argento.

Sotto questa denominazione si distinguono due tipi diversi aventi gli elettrodi positivi contenenti ossido d'argento, ossia:

— accumulatori allo zinco-argento;

— accumulatori al cadmio-argento.

Le categorie *b* e *c* sono ad elettrolito alcalino.

In dipendenza delle funzioni a cui sono destinati, si distinguono per speciali caratteristiche i seguenti tipi:

— accumulatori per avviamento;

— accumulatori stazionari;

— accumulatori per trazione;

— accumulatori portatili.

Accumulatori al piombo

A causa di un favorevole complesso di proprietà, l'accumulatore al piombo continua a mantenere la sua posizione di preminenza tra gli altri sistemi.

Può sembrare che pochi cambiamenti siano avvenuti dal tempo della scoperta di PLANTÉ nel 1859, dopo gli sviluppi introdotti da FAURE nel 1881 con le piastre a masse attive riportate; in realtà, il progresso non è ridotto a soli dettagli costruttivi. È stato condotto un notevole lavoro sperimentale inteso ad una maggiore conoscenza del comportamento degli elettrodi durante le fasi di esercizio ⁽¹⁾ e gran parte dei risultati di tali studi è stata applicata alla tecnologia di produzione.

a) Supporti delle materie attive.

Per ragioni elettrochimiche e tecnologiche, le leghe di piombo sono le sole di pratico impiego per la fabbricazione di griglie destinate a sostenere le materie attive ed a fungere da collettori di corrente. Il problema della resistenza della griglia positiva, data la sua importanza per la durata dell'accumulatore, è stato ed è tuttora oggetto di ricerche.

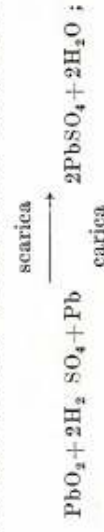
Tali leghe di piombo devono possedere doti di colabilità in getti sottili, oltre ad una sufficiente resistenza alla corrosione anodica ed allo scorrimento tra i cristalli della lega, provocato dall'ossidazione anodica e dall'aumento di volume delle materie attive.

Si è cercato di eliminare o ridurre al minimo il componente finora più usato per tali leghe: l'antimonio che, migrando agli elettrodi negativi, causa azioni locali di autoscarica.

Per accumulatori nei quali la conservazione della carica a circuito aperto è requisito fondamentale (ad es. impianti per telecomunicazioni e segnalazioni), sono state studiate leghe di piombo e metalli alcalino terrosi.

La maggior parte delle griglie è tuttora costituita da leghe antimoniali ipoeutectiche (2 ÷ 11 %); nei casi in cui siano richiesti maggiori requisiti di resistenza, vengono aggiunti a tali leghe, in quantitativi inferiori all'1 %, arsenico e stagno.

⁽¹⁾ La reazione proposta da GLADSTONE e TRIEBE nel 1883 è confermata anche dai recenti studi (BECK e WYNN-JONES, 1954) e si può indicare:



$$E_0 = 2,042 \text{ volt.}$$

Tale reazione è illustrata nelle figg. 1-2.

b) Materie attive.

Lo studio cristallografico del biossido di piombo negli elettrodi positivi, ha consentito l'interpretazione dei fenomeni di formazione in ausilio alla tecnologia di fabbricazione.

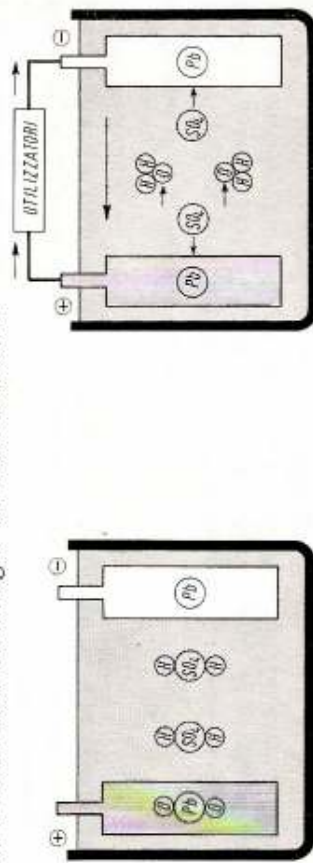


Fig. 1 - Schema delle reazioni chimiche in un accumulatore al piombo in fase di scarica.
a) al positivo: biossido di piombo; al negativo: piombo.
Elettrolito: acido solforico.
b) accumulatore in scarica: sia al positivo che al negativo si fissano ioni solforici.

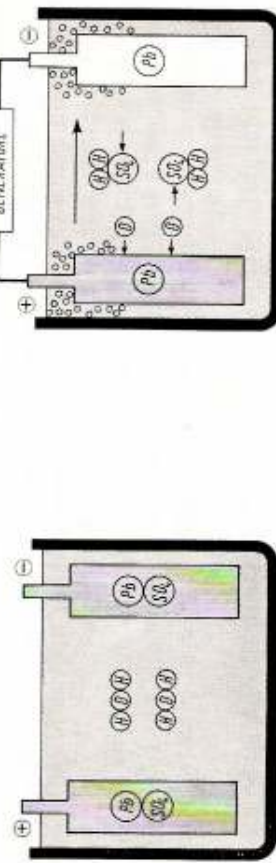


Fig. 2 - Schema delle reazioni chimiche in un accumulatore al piombo in fase di carica.
c) al positivo ed al negativo si ha solfato di piombo, l'elettrolito è acqua.
d) l'elettrolito ristabilisce al positivo il biossido di piombo per (ossidazione) ed al negativo: piombo (per riduzione).

Le ricerche sull'effetto degli additivi alla materia attiva negativa hanno portato ad una migliore utilizzazione, sia nelle scariche rapide a bassa temperatura, sia durante la vita dell'accumulatore. Con additivi organici (in genere composti derivanti da sostanze contenute nel legno), sono raggiunte prestazioni soddisfacenti, anche sotto scariche rapide, con elettrolito a -40°C .

c) Separatori.

Per diminuire l'ingombro e migliorare le caratteristiche di scarica rapida, occorre avvicinare gli elettrodi al massimo. Per impedire il contatto metallico ed il passaggio di particelle di materiale elettrodico, pur consentendo il flusso ionico e la circolazione di elettrolito, si interpongono diaframmi di adatto materiale poroso resistente all'ossidazione.

L'impiego di speciali qualità di legno è stato sostituito dall'uso di agglomerati microporosi dai requisiti voluti di durata, di minima resistenza elettrica e di costo.

I materiali più usati sono:

- fibre cellulosiche protette con resine fenoliche e viniliche;
- cloruro di polivinile;
- polietilene.

Accumulatori al nichel

Le complesse tecnologie di produzione mantengono i costi degli accumulatori al nichel, a parità di energia accumulata, da 3 a 10 volte superiori a quelli dei corrispondenti accumulatori al piombo.

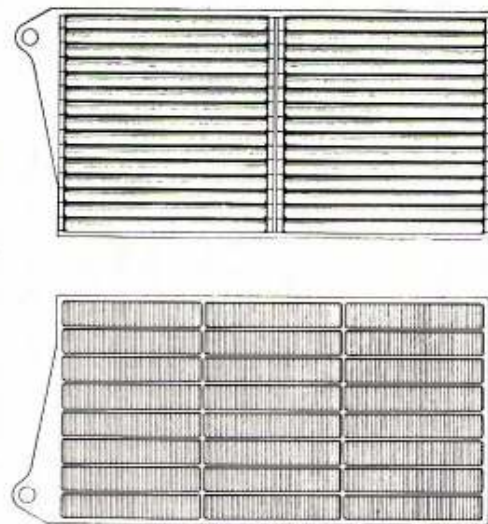


Fig. 3 - Piastre di elemento al nichel-cadmio.
A sinistra: piastra a fascio
A destra: piastra tubolare

Gli accumulatori utilizzando elettrodi positivi ad idrossidi di nichel in elettrolito alcalino sono quindi soltanto usati dove prevalgono considerazioni di robustezza, durata in condizioni di scarsa manutenzione o dove siano da proscrivere esalazioni acide. Prevalle, anche in tipi costruttivamente nuovi, il sistema che lo svedese JUNGNER ideò nel 1899 (e rese pratico intorno al 1909) ad elettrodi negativi costruiti da cadmio o miscele di ferro e cadmio.

Le ragioni principali della preminenza di tale sistema, rispetto a quello realizzato da Edison intorno al 1905, utilizzante ferro per gli elettrodi negativi, risiede nella stabilità della materia attiva e nella maggior energia specifica praticamente realizzabile.

Un raffronto fra gli accumulatori tipo Edison e tipo Jungner è esposto nella tabella I.

TABELLA I

Accumulatore	Materia attiva negativa	Materia attiva positiva
Edison Jungner	Ferro (in forma suddivisa) Ferro e cadmio (suddivisi)	Idrossido di Nichel Idrossido di Nichel

I tipi più comuni di accumulatori al nichel impiegano materie attive contenute in involucri di sottile lamiera di acciaio nichelato e finemente perforato. Tali involucri, per le piastre negative, assumono di solito la forma di tasche piane; per gli elettrodi positivi, la forma di tasche o, per maggior durata, di tubetti riuniti di un telaio (vedasi fig. 3). Si distinguono tipi per basse, medie, forti intensità di scarica differenziati dalla pendenza della caratteristica tensione/corrente.

Lo schema complessivo delle reazioni che avvengono in un accumulatore al nichel-cadmio è il seguente:



$$E_0 = 1,29\text{V}$$

Accumulatori al cadmio-nichel a piastre sinterizzate

Un più efficiente supporto per le materie attive fu realizzato sinterizzando polveri di nichel. Si possono ottenere elettrodi sottili (0,5 ÷ 1 mm) e dotati di porosità superiori al 75 %, in cui vengono depositate le materie attive.

La possibilità di ridurre al minimo l'elettrolito consente di aumentare, a pari volume, il numero delle piastre. Si ottengono, in tal modo, elevati valori di energia specifica (cioè i wattora per chilogrammo) e si riduce la pendenza della caratteristica esterna (cioè la curva della tensione in funzione della corrente erogata).

Per scariche di durata superiore ai 30 minuti, i valori di energia specifica rimangono inferiori a quelli di accumulatori al piombo a piastre sottili. L'impiego di batterie a piastre sinterizzate sottili è limitato dal costo ad applicazioni particolari dove si richiedano, oltre alle condizioni più sopra richiamate per gli accumulatori alcalini, doti di energia specifica elevata alle scariche rapide; le applicazioni si trovano quindi in campo aeronautico e missilistico.

Lo studio degli accumulatori al Cd-Ni, ha reso possibile la costruzione di elementi completamente stagni, che non richiedono manutenzione. Il fondamento di questa tecnica consiste nell'evitare lo sviluppo dei gas di elettrolisi dell'acqua. Un adatto proporzionamento delle masse attive evita lo sviluppo di idrogeno; l'ossigeno, che si evolve all'elettrodo positivo, viene ricombinato, ossidando il cadmio, all'elettrodo negativo. Per creare tale equilibrio occorre, oltre ad una sostituzione degli elettrodi tale da consentire la diffusione dell'ossigeno, un adeguato eccesso di materia attiva negativa.

Gli accumulatori stagni al cadmio-nichel esigono particolari precauzioni di esercizio; né la carica, né la scarica, devono superare limiti ben determinati per ogni tipo costruttivo.

Accumulatori allo zinco-argento.

Il sistema che comprende ossido d'argento e zinco, in elettrolito alcalino, fu studiato fin dal 1922 ad opera del francese ANDRÉ, ma la sua realizzazione pratica conta poco più di un decennio.

Il basso equivalente elettrochimico dello zinco e l'elevato contenuto energetico del sistema reagente comportano un'elevata energia specifica teorica, a ciò si aggiunge che la solubilità delle materie attive e la conduttività dei prodotti di reazione consentono un elevato coefficiente di utilizzazione. Si possono ottenere energie specifiche superiori di 4 ÷ 5 volte a quelle ricavabili da elementi al piombo. Tuttavia, come si è accennato esaminando il problema generale dell'accumulatore, la solubilità degli elettrodi riduce la reversibilità; occorrono infatti particolari precauzioni nella separazione degli elettrodi e nella ricarica, per evitare trasporto di argento al negativo o cortocircuiti per arborescenze di zinco.

Lo schema complessivo delle reazioni che avvengono negli accumulatori all'argento è:



La scarica, che avviene su due livelli diversi di tensione (1,8 ed 1,6 V), può essere svantaggiosa per l'alimentazione di apparecchi che richiedono particolare costanza di tensione.

Le applicazioni sono limitate dal costo, oltre 25 volte superiore a quello di corrispondenti batterie al piombo, ai casi dove l'energia specifica elevata sia condizione essenziale (apparecchiature elettroniche portatili, missilistica).

Accumulatori al cadmio-argento

La scarsa durata degli accumulatori allo zinco-argento, a cui si è accennato, ha portato a realizzare un elemento secondario analogo, ma dotato di una reversibilità più completa. Allo zinco è stato sostituito un elettrodo meno solubile ed in generale più rispondente ai requisiti di un accumulatore, mediante l'uso del cadmio. La tensione disponibile, inferiore a quella degli elettrodi allo zinco-argento, è in pratica eguale a quella ottenibile dagli accumulatori al cadmio-nichel; infatti, sostituendo il cadmio allo zinco, i potenziali si riducono di circa 0,4 volt (anche per questa coppia si verificano scariche a due potenziali diversi).

Il costo del medesimo ordine di grandezza di quello di accumulatori allo zinco-argento, limita le applicazioni a casi particolari.

TERMINOLOGIA

Batterie di accumulatori

È l'insieme di due o più elementi, aventi uguali caratteristiche, connessi tra di loro in modo da presentare tra i poli esterni una tensione somma delle singole (raggruppamento in serie).

Piastre

È l'unità che, da sola o riunita con altre uguali, costituisce uno degli elettrodi. Ogni piastra positiva viene di solito compresa fra due negative e quindi le piastre estreme di ogni singolo elemento sono generalmente negative.

a) Tipi di piastre per accumulatori al piombo:

Piastre a griglia impastata. — Sono piastre ottenute applicando a griglie di lega di piombo e antimonio le materie attive sotto forma di pasta (vedasi fig. 16 a, pag. 60).

Dopo il processo di formazione elettrolitica sulle piastre positive la materia attiva è costituita da biossido di piombo, sulle negative da piombo finemente suddiviso (vedasi fig. 16 b, pag. 60).

Piastre tubolari (tipo Ironclad). — Sono piastre positive costituite da telai che riuniscono tubetti, ognuno dei quali è costituito da un'anima di piombo (spina) circondata dalla materia attiva (biossido di piombo) contenuta in guaine di tessuto o altro materiale adatto al passaggio dell'elettrolito e della corrente ionica.

Piastre a grande superficie. — Sono piastre di piombo puro provviste di numerose lamelle che aumentano la superficie di contatto con l'elettrolito. Vengono impiegate quali positive negli accumulatori stazionari. La materia attiva è in esse costituita da un sottile strato di biossido di piombo ottenuto per ossidazione elettrolitica del supporto di piombo. Sono dette anche piastre Planté.

Piastre a cassetta. — Sono piastre negative in cui la materia attiva è racchiusa tra due sottili lamiere di piombo, fittamente perforate allo scopo di permettere il passaggio dell'elettrolito. Sono impiegate negli accumulatori stazionari, insieme alle piastre Planté.

b) Piastre per accumulatori al nichel (vedasi fig. 3).

Piastre a tasche. — Sono involucri di lamierino di acciaio nichelato e finemente perforato contenente le materie attive: per le positive costituite da idrossido di nichel e per le negative da idrossidi di cadmio e/ o ferro. Sono le più usate.

Piastre tubolari. — Sono costituite da telai che riuniscono tubetti di lamierino d'acciaio nichelato e finemente perforato, che contengono idrossidi di nichel (piastre positive). Ormai obsolete.

Piastre sinterizzate. — Sono costituite da supporti di nichel sinterizzato ad alta porosità contenente le materie attive costi-

tuite, per le positive da idrossidi di nichel, e per le negative da idrossidi di cadmio.

c) Piastre per accumulatori all'argento.

Le piastre sono costituite da agglomerati di materie attive intorno a sottili reofori e contenute in involucri microporosi: le positive sono costituite da ossidi d'argento e le negative da zinco o cadmio in masse altamente porose.

Gruppi

Si indicano in tal modo gli elettrodi costituiti da più piastre eguali collegate in parallelo.

Ponticelli

Altrimenti detti regoli, connettono insieme le varie piastre corrispondenti un gruppo positivo o negativo.

Aletta o bandiera

È l'appendice di cui le piastre sono provviste e serve per la loro unione in gruppi mediante saldatura ai ponticelli.

Separatori

Sono diaframmi atti a impedire i contatti fra le piastre di polarità opposta di uno stesso elemento. Sono costituiti con fogli di materiali diversi (cloruro di polivinile, legno, ebanite, od altre composizioni plastiche). I separatori hanno talvolta anche la funzione di impedire la caduta delle materie attive; sono in tal caso usati feltri di fibre di vetro. In alcuni tipi di accumulatori stazionari, le piastre sono tenute separate da bacchette di adatti materiali isolanti.

Recipienti

Sono così indicati genericamente i vasi, le cassette o le celle in cui sono contenuti gli elettrodi e l'elettrolito. Essi sono generalmente in ebanite o polipropilene negli accumulatori per avviamento e trazione, in vetro o polistirolo trasparente negli accumulatori stazionari.

Col nome di monoblocco si indica un tipo di recipiente a più scomparti interni ognuno dei quali è destinato a contenere un elemento della batteria.

ELETTROLITI PER GLI ACCUMULATORI

Elettrolito per gli accumulatori al piombo

Negli accumulatori al piombo l'elettrolito è costituito da una soluzione di acido solforico in acqua.

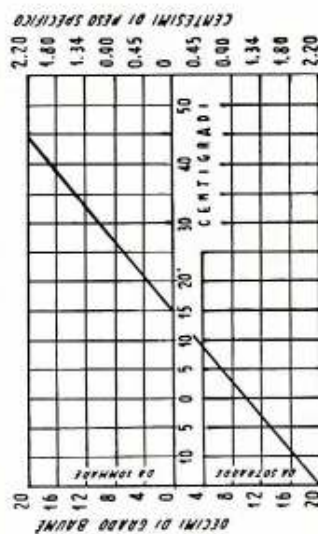


Fig. 4 - Correzioni da apportare alla misura della densità per raggiuagliarla alla temperatura di 15 °C.

Il peso specifico va misurato esprimendolo come rapporto:

$$\frac{\text{peso di } 1 \text{ dm}^3 \text{ di elettrolito}}{\text{peso di } 1 \text{ dm}^3 \text{ di acqua}} = \text{peso specifico (a } 15^\circ \text{C)}.$$

Si fissa la temperatura di 15 °C; infatti con la temperatura varia la densità della soluzione. Il diagramma riportato nella fig. 4 dà le correzioni da apportare alla densità per raggiuagliarla a quella a 15 °C, qui presa come riferimento.

Per un calcolo approssimato si adotta un coefficiente di correzione di + 6 millesimi per ogni + 10 °C di scostamento della temperatura da 15 °C (vale per densità intorno a 1270).

Esempio. — Il termometro immerso nell'elettrolito di uno degli elementi interni della batteria segna una temperatura di 35 °C. Lo scostamento da 15 °C è di 20 °C. Il densimetro segna una densità di 1 250.

Questa densità riportata a 15 °C sarà $1\ 250 + 2 \cdot 6 = 1\ 262$.

La densità viene spesso indicata in gradi Baumé. Tale misura è però meno razionale di quella del peso specifico e va abbandonata.

Il diagramma della fig. 5 dà il confronto tra il peso specifico ed i gradi Baumé di una stessa soluzione (quest'ultima misura è ormai in disuso).

I diversi tipi di batterie abbisognano di densità particolari.

Tenere sempre presente che la densità influisce in modo determinante sul funzionamento della batteria.

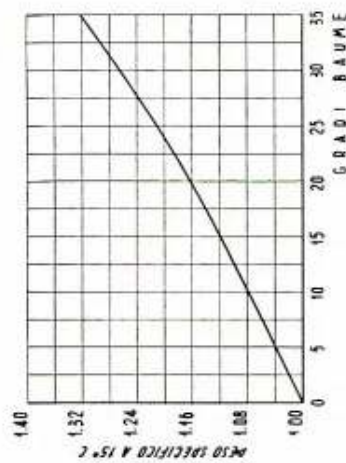


Fig. 5 - Confronto tra peso specifico e gradi Baumé.

Il diagramma della fig. 6 indica gli amperora teoricamente erogabili da un accumulatore per ogni litro di acido alla densità prescritta. In pratica, per limitazioni alla diffusione dell'acido, non si raggiungono questi valori, ma il 70% circa.

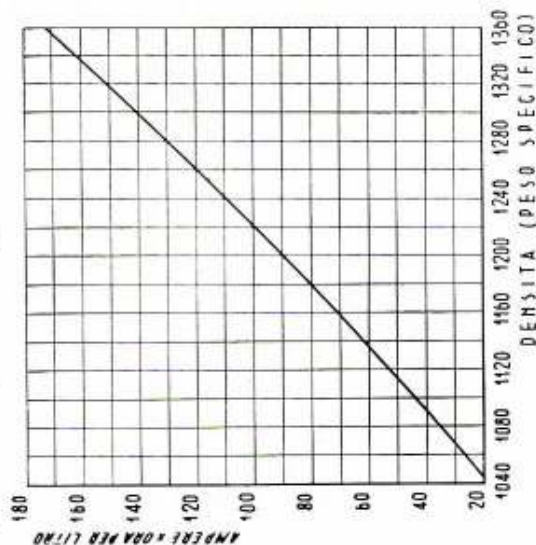


Fig. 6 - Amperora teoricamente erogabili da un accumulatore per ogni litro di acido.

Un aumento di densità danneggia le piastre (specie le negative) e i separatori, riducendo così la vita delle batterie.

Temperatura dell'elettrolito

La temperatura dell'elettrolito non deve mai superare i 55 °C.

L'azione distruttiva dell'acido troppo caldo si esplica in vari modi: favorisce una eccessiva solfatazione delle piastre negative, con danneggiamento del piombo spugnoso e perdita di capacità. L'evaporazione dell'acqua è più rapida e si richiedono più frequenti rabbocchi. Il diagramma di fig. 7 ci dà la temperatura di congelamento dell'acido delle batterie. Si vede che è tanto più facile che questo congeli quanto più la batteria è scarica, d'onde le precauzioni da prendere per batterie destinate a funzionare a basse temperature.

Preparazione dell'acido diluito

Generalmente si trova già in commercio acido solforico « per accumulatori » alla densità richiesta ed avente i requisiti di purezza necessari per il buon funzionamento degli accumulatori (requisiti di purezza specificati dalle norme C.E.I. Fasc. 21-1 e 21-3 (Accumulatori al piombo). La densità è riferita a 25°C.

Le impurità più probabili e dannose sono ferro, cloro, nitrati ed ammoniaca, acido acetico e sostanze organiche.

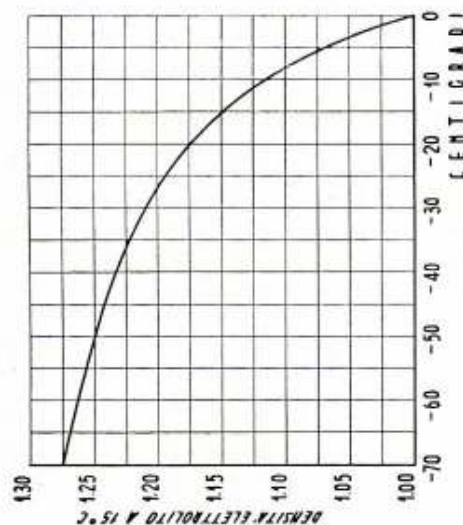


Fig. 7 - Temperatura di congelamento dell'acido nelle batterie.

Partendo invece dall'acido concentrato si procede come segue: versare lentamente, con attenzione, l'acido nell'acqua, mai l'acqua nell'acido. Infatti essendo la reazione fortemente esotermica, si avrebbero pericolosi spruzzi di acido.

Per la diluizione, la concentrazione ed il travaso si devono solo usare recipienti di vetro, materiali ceramici, piombo o materie plastiche resistenti all'acido.

Non usare mai metalli diversi dal piombo.

Avendo a disposizione acido concentrato (acido al 96 % = 66° Baumé) le proporzioni per fare la miscela (volumi) sono indicate nella tabella II.

TABELLA II

Acqua distillata	cm ³	820	800	780	760	740	720
Acido concentrato	cm ³	180	200	220	240	260	280
Densità risultante	g/l	1 200	1 220	1 240	1 270	1 285	1 305
Gradi Baumé	Bé	24	26	28	30	32	34

Misura della densità dell'elettrolito per accumulatori al piombo

La misura della densità dell'elettrolito è il più importante controllo dello stato di carica su una batteria di accumulatori al piombo. Ci indica pure lo stato di solfatazione irreversibile, se si riscontra una densità inferiore alla prescritta a fine carica.

La misura della densità va quindi eseguita convenientemente ed accuratamente, misura che si può effettuare mediante i densimetri (figg. 8-9).

Si introduce il densimetro a siringa e si preleva una quantità di elettrolito sufficiente a portare a galla il galleggiante. Fare attenzione che la sommità di questo non tocchi la pera di gomma, oppure non resti attaccato per capillarità alle pareti di vetro del galleggiante.

Se si deve fare una misura di densità dopo un'aggiunta di acqua distillata o di altro acido si deve attendere che la densità sia diventata omogenea in tutto il liquido contenuto nell'elemento. Il che avviene in mezz'ora circa con acido a riposo, e in qualche minuto se l'acido è in « ebollizione ».

L'acido delle batterie corrode irrimediabilmente tessuti che non siano di lana pura.

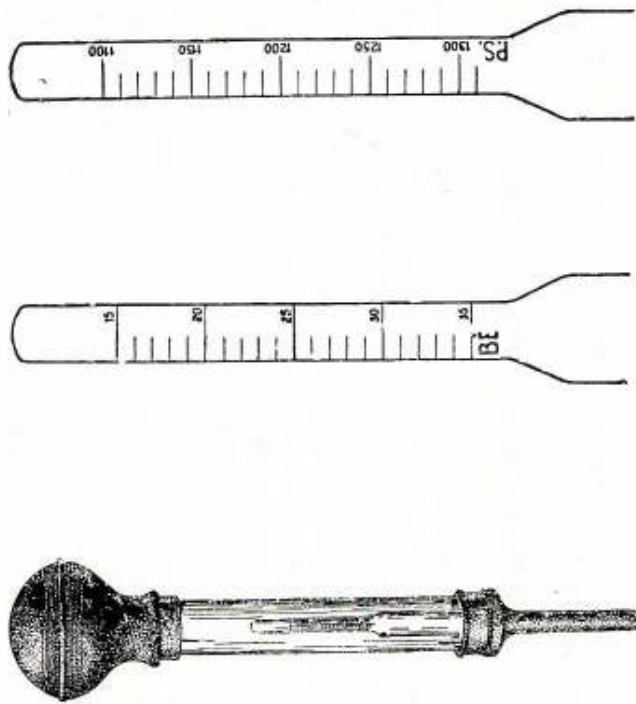


Fig. 8 - Densimetro a siringa.

Fig. 9 - Scale del densimetro tarate in gradi Baumé e in peso specifico.

Si stanno ora diffondendo per il personale addetto alle batterie, tute e vestaglie di fibre sintetiche (Movil, Dynel) che resistono molto bene agli acidi.

Elettrolito per accumulatori alcalini

L'elettrolito per accumulatori alcalini (piastre a tasche o tubolari) è costituito da soluzione di potassa caustica (idrossido di potassio — KOH) a densità $d = 1,2$ corrispondenti ad un contenuto del 20 % in peso. Tale densità non varia in modo sensibile nelle fasi di carica e scarica. La misura della densità non è quindi un indice dello stato di carica, come per gli accumulatori al piombo.

Le impurità ammesse in tale soluzione sono riportate nelle Norme CEI n. 21-4 (Accumulatori alcalini). Tra le più dannose e probabili citiamo solfati e cloruri.

L'elettrolito di primo riempimento contiene una percentuale di idrossido di litio (Li OH) (circa 50 g/l).

L'elettrolito indicato assorbe l'anidride carbonica presente nell'aria, quindi per evitare la carbonatazione, è indispensabile la chiusura ermetica dei recipienti per la conservazione.

Negli accumulatori dovrà essere previsto un ricambio completo dell'elettrolito ad intervalli regolari su indicazione del costruttore (di solito quando la concentrazione del carbonato di potassio supera 50 g/l).

Anche tracce di acido solforico danneggiano gli accumulatori al nichel. Occorre tenere quindi ben separati densimetri, recipienti, imbuto ecc. da quelli usati per accumulatori al piombo.

Gli elementi a piastre sinterizzate impiegano un elettrolita di densità 1,3 (30% KOH).

Data la compattezza delle costruzioni il cambio dell'elettrolita deve essere effettuato con processi generalmente eseguiti presso il costruttore o laboratori appositamente attrezzati.

SCARICA DI UN ACCUMULATORE

È l'operazione per effetto della quale l'accumulatore eroga corrente su di un circuito utilizzatore esterno.

Autoscarica

Si dà nome di autoscarica al fenomeno che dà luogo ad una perdita di carica a circuito aperto. Escludendo il caso di difetti di isolamento interni od esterni, l'autoscarica è dovuta a reazioni elettrochimiche parassite. Tali reazioni aumentano notevolmente con la temperatura.

In una batteria efficiente l'autoscarica non deve superare lo $0,5 \div 1\%$ al giorno. La batteria sarà quindi scarica dopo circa 3-6 mesi.

Esempio. — Una batteria da 100 Ah dopo un mese di riposo dovrà fornire almeno $(30 \times 1 = 30\%)$ 70 Ah.

Tensione finale della scarica

È la tensione alla quale, per ragioni tecniche ed economiche, conviene arrestare la scarica della batteria.

Tensione convenzionale o nominale di un elemento o di una batteria
Si assegna un valore come tensione convenzionale di un elemento di accumulatore. Si calcola la tensione totale di una batteria in proporzione al numero degli elementi (posti in serie) che la costi-

tuiscono. A titolo informativo riportiamo qui di seguito i valori delle tensioni nominali per elemento dei diversi tipi di accumulatori.

Accumulatori al piombo	2 V/elemento
Accumulatori al nichel	1,2 V/elemento
Accumulatori all'argento-zinco	1,5 V/elemento
Accumulatori all'argento-cadmio	1,2 V/elemento

Per esempio: batteria da 24 volt: corrisponde ad una batteria di accumulatori al piombo costituita da 12 elementi in serie.

Capacità

È la quantità di elettricità comunemente misurata in ampere-ora, che può essere ottenuta scaricando un accumulatore ad un determinato regime (corrente di scarica) fino ad una tensione prestabilita. Per ogni determinato tipo di accumulatore essa dipende dal regime di scarica nonché dalla temperatura dell'accumulatore e dalla densità dell'elettrolito.

Variazione della capacità con l'intensità di scarica.

La capacità di un accumulatore è sempre riferita ad un determinato tempo di scarica (o ad una determinata intensità di scarica). Per gli accumulatori per avviamento, si usa generalmente riferirsi alla capacità in 20 ore di scarica. Per le batterie di trazione si usa far riferimento alla capacità alla scarica in 5 ore.

Esempio. — Dicendo che una batteria per auto è « da 50 Ah » si intende che essa può fornire una corrente di 2,5 A per 20 ore, senza che la tensione scenda al di sotto del limite prefissato di 1,75 volt (vedi cap. III « Accumulatori per avviamento di autoveicoli »).

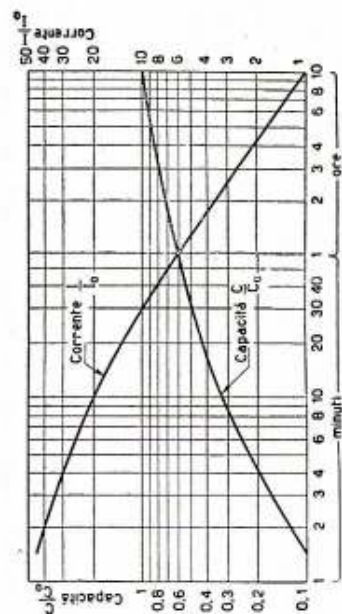


Fig. 10 - Variazione della corrente e della capacità in funzione del regime di scarica di un accumulatore al piombo (a piastre sottili).

Nel diagramma riportato nella figura 10 si ha un esempio di variazione della capacità in funzione del tempo di scarica.

Questo diagramma vale per batterie del tipo avviamento fino ad un centinaio di amperora circa.

Sulle ascisse son segnati i tempi di scarica, sulle ordinate ci sono i valori relativi delle capacità in amperora e delle intensità di scarica in ampere. I valori relativi sono riferiti alla capacità di scarica in 10 ore.

Esempio. — Una batteria ha una capacità di 50 Ah. Quale sarà la capacità alla scarica in 5 ore? Entrando sulle ascisse (base del diagramma) col tempo, troviamo sulla curva C/C_0 il valore 0,9. Cioè, essendo C_0 la capacità in 10 ore, la capacità in 5 ore sarà $50 \times 0,9 = 45$ Ah.

Avremo così la possibilità di far erogare alla batteria $45/5 = 9$ A per 5 ore.

Quale sarà la capacità alla scarica in 30 minuti?

Si trova $C/C_0 = 0,5$ $50 \cdot 0,5 = 25$ Ah.

Avremo la possibilità di far erogare $25/0,5 = 50$ A per mezz'ora.

Si poteva trovare subito la corrente di scarica usando la curva I/I_0 cioè: se la corrente di scarica in 10 ore è di 5 A, la corrente di scarica in 30 minuti è di 50 A. Infatti $I/I_0 = 10$.

Benchè questi valori siano stati rilevati su batterie per avviamento, possono essere orientativi anche per altri tipi di accumulatori a piastre sottili (2 mm circa).

Fondamentale è il concetto che quanto più è intensa la scarica, quanto minore la capacità utile della batteria.

Questo si intende per scariche continuative, perchè periodi di riposo intervallati permettono una diffusione dell'acido a contatto con le materie attive, che ristabilisce la tensione, prolungando la possibilità di scarica.

Durata

La durata degli accumulatori può essere assegnata solo in modo convenzionale per determinati regimi di carica e scarica e per determinati modi secondo i quali le cariche, le scariche ed i cicli relativi sono spaziali nel tempo, per determinate densità dell'elettrolito e per determinate temperature. Per le batterie destinate alla trazione o al servizio portatile, essa viene convenzionalmente espressa mediante il numero di cicli di carica e di scarica, ai quali gli accumu-

latori possono venir assoggettati nelle suddette condizioni, senza che la loro capacità (riferita ad un determinato valore della tensione a fine scarica) scenda sotto determinati limiti.

Gli accumulatori per avviamento di motori a scoppio vengono sottoposti a cicli di sovraccarica prolungata per periodi di 100 ore circa; viene quindi verificata l'attitudine all'avviamento mediante scarica rapida. La durata convenzionale è per questi tipi riferita a tali « cicli di sovraccarica » (circa $5 \div 10$ e cioè $500 \div 1000$ ore).

Rendimento:

a) in quantità di elettricità

È il rapporto fra la quantità di elettricità ottenibile alla scarica e quella assorbita durante la carica, effettuate con determinati regimi ed in determinate condizioni di temperatura e di densità dell'elettrolito.

b) in energia.

È il rapporto tra l'energia elettrica ottenibile, da un elemento durante la scarica e quella consumata nella carica, effettuato con determinati regimi ed in determinate condizioni di temperatura e di densità dell'elettrolito.

Ad esempio citiamo le seguenti cifre di rendimento:

	rendimento in quantità (Ah)	rendimento in energia (Wh)
Accumulatore al piombo	90 %	75 %
Accumulatore al nichel	75 %	55 %

CAPITOLO III

ACCUMULATORI PER AVVIAMENTO DI AUTOVEICOLI

Generalità

Batterie per avviamento vengono chiamate i tipi di accumulatori al piombo che trovano la loro principale applicazione sugli autoveicoli per i servizi combinati di avviamento e di accensione dei motori a combustione interna, nonché per l'illuminazione ed i servizi ausiliari.

Devono essere quindi costruiti in vista dei suddetti servizi che comportano robustezza meccanica, erogazione di forti intensità, attitudine al funzionamento in condizioni termicamente sfavorevoli.

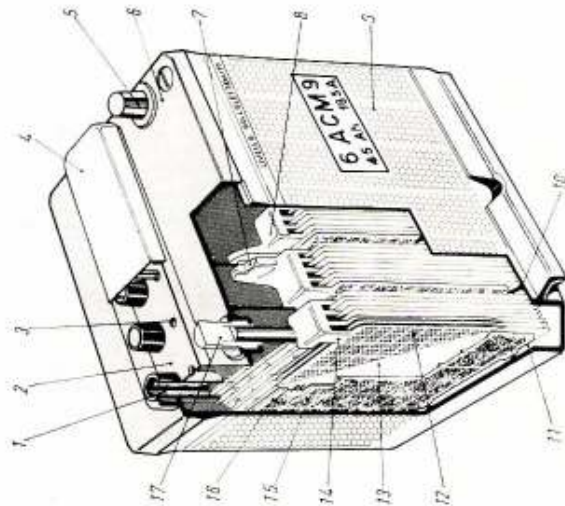


Fig. 11 - Batteria a 12 V per autoveicoli.

- 1 - Condotta di primo riempimento
- 2 - Vaschetta di rabbocco
- 3 - Fori di rabbocco
- 4 - Coperchietto
- 5 - Polo negativo
- 6 - Monocoperchio
- 7 - Connessione
- 8 - Ponticello collegamento piastre
- 9 - Monoblocco
- 10 - Setto divisorio
- 11 - Nervatura di sostegno
- 12 - Materia attiva, positiva
- 13 - Separatore
- 14 - Piatra positiva
- 15 - Materia attiva, negativa
- 16 - Piatra negativa
- 17 - Polo positivo

Le batterie per i servizi di avviamento, accensione e illuminazione degli autoveicoli, sono costituite da una serie di elementi riuniti in un recipiente, che generalmente è un « monoblocco » di ebanite, od altra materia plastica, con particolari doti di resistenza all'urto ed al calore.

Queste batterie sono costruite in modo da fornire scariche rapide ad alta intensità.

Ogni elemento è costituito da due elettrodi di polarità opposta, immersi nell'elettrolito.

Gli elettrodi constano di un gruppo di piastre, costituite da griglie di lega piombo-antimonio, sulle quali è pressata la materia attiva che, sulle piastre positive è biossido di piombo, su quelle negative è piombo spugnoso.

L'elettrolito è una soluzione acquosa di acido solforico (densità = 1,28).

Le piastre sono distanziate da separatori, di materiale sintetico microporoso, che consentono il passaggio della corrente nell'elettrolito, ma impediscono il contatto fra le piastre di polarità opposta.

Le batterie per servizio pesante, cioè per autoveicoli industriali e trattori, sono abbondantemente dimensionate per quanto riguarda le sezioni dei collegamenti e la robustezza meccanica. Ciò consente un servizio più efficiente in condizioni gravose di funzionamento.

Nel nuovo tipo di batterie monocoperchio a connessioni « intercell » il coperchio è costituito da un solo pezzo; ciò consente di disporre di una superficie superiore liscia, di facile pulizia, evitando dispersioni elettriche e corrosioni su connessioni e morsetti. In questi nuovi tipi di batterie i collegamenti fra le celle avvengono direttamente attraverso i setti di due elementi contigui, il che riduce sensibilmente le cadute di tensione durante la scarica, facilitando l'avviamento a freddo.

La capacità di una batteria è misurata in amperora (Ah), prodotto dell'intensità della corrente di scarica misurata in ampere (A), per il tempo, misura in ore (h).

Per le batterie d'avviamento, le norme italiane (CEI) ed internazionali valutano la capacità della scarica in 20 ore. Si considera terminata la scarica quando la tensione è scesa ad un valore prestabilito: 1,75 volt per ogni elemento della batteria.

Nelle tabelle illustrative dei tipi di batterie per avviamento, sono indicate le correnti di scarica che consentono di ottenere una durata di 3 minuti a -18°C con 8,4 V dopo 30 secondi e con una tensione finale di 6,0 V. Gli orientamenti internazionali di valutazione

dell'attitudine all'avviamento, sono verso scariche a -18°C più brevi, superiori ad 1 minuto (con una tensione di 8,4 V a 60 secondi). Le batterie vengono fornite cariche con elettrolito oppure allo stato carico secco.

Le batterie cariche con elettrolito sono, all'atto della fornitura, pronte per l'uso; se tenute immagazzinate sono, tuttavia, soggette ad una lenta degradazione delle loro caratteristiche ed è quindi indispensabile procedere a ricariche periodiche. Le batterie allo stato carico secco, riempite di elettrolito ed attivate secondo le istruzioni allegate ad ogni batteria, possono essere montate sul veicolo e fornire sufficienti prestazioni per l'avviamento. In tale stato carico secco hanno le piastre negative protette contro l'umidità e praticamente non invecchiano. Nelle batterie cariche secche la diminuzione dello stato di carica è lentissima, specie se le batterie sono immagazzinate in luogo asciutto e fresco, tanto che anche dopo 12 mesi di giacenza la batteria carica secca è in grado di effettuare, previa attivazione, l'avviamento.

Per ottenere la minima pendenza della caratteristica V/I, cioè la minima caduta di tensione in funzione della corrente di scarica, si deve usare la maggior superficie possibile degli elettrodi e cioè piastre sottili. Tale tipo costruttivo assai diffuso su autoveicoli, è visibile nella figura 11.

Le norme CEI che fissano i requisiti di costruzione e di collaudo sono raccolte nel fascicolo 21-3.

Attitudine all'avviamento

L'attitudine all'avviamento, che caratterizza le batterie impiegate per questo scopo, consiste nella possibilità di erogare forti intensità per tempi brevi senza che la tensione cada al di sotto dei limiti prescritti. Una autoveicolo assorbe corrente intorno a 200 A, un autoveicolo industriale può giungere ad un migliaio di ampere.

Questo è ottenuto con piastre sottili, grande superficie esposta all'acido ed opportuna porosità delle materie attive. Inoltre, la resistenza del circuito metallico e dei separatori deve essere assai bassa, ciò comporta un adatto dimensionamento delle griglie, dei connettori e dei poli di uscita, oltreché qualità opportuna dei separatori stessi.

Concentrazione dell'elettrolito

La concentrazione da usare a batteria carica è quella corrispondente al peso specifico di $1270 \div 1280$. Quando la batteria è destinata

a funzionare in climi tropicali, si deve ridurre la concentrazione al peso specifico circa 1 230 ⁽¹⁾.

Condotta della carica

La carica della batteria d'avviamento avviene a mezzo del generatore, automaticamente durante la corsa del veicolo (vedi pag. 78).

La carica fuori del veicolo deve essere eseguita con le intensità ed entro i limiti di tensione prescritti dal costruttore. È inutile caricare gli accumulatori più di quanto il servizio richiede. Durante la carica si deve evitare il troppo vivo sviluppo di gas che si verifica con elevate intensità di corrente; è bene quindi ridurre gradualmente, con il procedere della carica, la corrente in modo che nel periodo di ebollizione la intensità della corrente non sia superiore alla metà della massima indicata come corrente di carica per quel determinato tipo di accumulatore.

Le densità normali sono indicate nella tabella III.

Non si devono lasciare gli accumulatori allo stato scarico. Ultimata la scarica si dovrà procedere alla ricarica al più tardi entro 24 ore.

TABELLA III

Elettrolito	Batteria carica		Batteria $\frac{1}{2}$ carica		Batteria scarica	
	clima		clima		clima	
	Normale	Tropic.	Normale	Tropic.	Normale	Tropic.
Densità	1 280	1 230	~ 1 200	~ 1 140	~ 1 120	~ 1 080
Densità Bè	32	27	~ 24	~ 18	~ 16	~ 11
Punto di congelamento	- 65°	- 40°	- 27°	- 13°	- 11°	- 6°

Conservazione ed attivazione delle batterie per avviamento

a) *Batterie cariche con elettrolito.*

La batterie fornite cariche con elettrolito sono, all'atto della fornitura, pronte per l'uso.

⁽¹⁾ Va tenuto presente che concentrazioni dell'elettrolito superiori a quelle indicate, riducono la vita delle piastre e, se troppo elevate, possono rovinarle completamente.

NORME DI ESERCIZIO E DI INSTALLAZIONE DELLE BATTERIE PER AVVIAMENTO

Istruzioni per l'attivazione

- Tolti ed eliminati i sigilli, riempire le celle con acido solforico per accumulatori, alla densità prescritta, fino a circa 5 mm sopra il bordo dei separatori.
- E' necessario un riposo di almeno 15 minuti per consentire alle piastre di assorbire l'acido. Durante questo periodo il livello diminuirà, occorre quindi che esso venga ristabilito con aggiunta di altro elettrolito. Non usare per il travaso recipienti od imbuti metallici
- La batteria è pronta per essere installata.

Se il servizio sul veicolo fa prevedere prevalente marcia in città (frequenti avviamenti ecc.), sarà opportuno, appena possibile, procedere ad una carica al banco all'intensità prescritta. Tale pratica è particolarmente raccomandata nei periodi freddi.

Lo stato di carica diminuisce col tempo di immagazzinamento e con le condizioni dell'ambiente (umidità e temperatura).

Si può contare in generale su una diminuzione progressiva dello stato di carica dopo 12 mesi di giacenza, oltre i quali le batterie devono essere ricaricate all'intensità indicata sui cartellini o libretti di istruzione allegati ad ogni batteria.

Entro il termine citato, la batteria è comunque in grado di effettuare l'avviamento.

Dopo l'attivazione, la lettura della densità segnala l'eventuale necessità di una ricarica di alcune ore.

Tale ricarica è infatti consigliabile per batterie la cui densità dopo l'attivazione sia scesa di 50 g/l al di sotto del prescritto.

Esempio. — La densità dell'elettrolito prescritta è di 1 280. Dopo il tempo di attivazione (2 ore circa) la densità riscontrata è 1 210. È conveniente in tal caso ricaricare la batteria al banco, alla intensità consigliata, finché la densità sia risalita al valore prescritto.

Scaduto il periodo di un anno la batteria può essere comunque immagazzinata indefinitamente e quindi ricaricata alla intensità indicata sui cartellini o libretti allegati, finché la densità sia risalita al valore prescelto.

Collegamenti, contatti, morsetti

I collegamenti delle batterie con i circuiti elettrici dell'autoveicolo devono essere ben eseguiti. Se si hanno collegamenti saldati,

Tuttavia è inevitabile una lenta autoscarica, che è fortemente dipendente dalla temperatura assunta dalle batterie stesse.

In ambienti ove questa non superi i 25 °C, la perdita di carica non supera l'1 % (uno per cento) al giorno. È quindi indispensabile procedere a ricariche (all'intensità indicata negli appositi libretti o cartellini allegati ad ogni batteria). La necessità di tali ricariche sarà segnalata da periodiche letture della densità dell'elettrolito delle batterie in magazzino. Tali letture devono essere effettuate almeno una volta al mese.

Qualora la densità venga riscontrata inferiore di 30 g/l al prescritto, si procederà alla ricarica all'intensità consigliata finché la densità sia risalita al valore prescritto.

Esempio. — La batteria è fornita con acido di densità prescritta 1 280 (densità per climi temperati). La lettura effettuata riscontra $d = 1\ 235$. È necessario procedere alla ricarica.

Se la batteria giace in magazzino per un tempo tale da richiedere più di una ricarica, occorrerà ristabilire il livello di elettrolito mediante opportune aggiunte di acqua distillata.

È da tener presente che batterie così immagazzinate sono soggette ad una lenta degradazione delle loro caratteristiche.

È tuttavia buona norma caricare le batterie all'intensità prescritta prima dell'installazione sul veicolo. Tale pratica è specialmente raccomandata nei periodi freddi.

b) Batterie « cariche secche ».

Le batterie secche che, riempite di acido per accumulatori, possono essere montate sul veicolo e fornire sufficienti prestazioni d'avviamento, sono denominate « batterie cariche secche ».

Il problema della conservazione a magazzino di batterie pronte per l'uso, ha sviluppato tecnologie di produzione di accumulatori *carichi secchi* che possono essere rapidamente attivati mediante riempimento con acido solforico di densità opportuna. Tali tecnologie comportano principalmente la stabilizzazione e disidratazione della materia attiva negativa, costituita da spugna di piombo, altamente ossidabile allo stato umido e consentono di eliminare i danni derivanti dalla autoscarica e dal progressivo deterioramento degli elettrodi, che si verifica in batterie conservate a lungo con elettrolito.

le saldature devono essere fatte a perfetta regola d'arte. Se si hanno morsetti, questi devono essere ben serrati, previa accurata pulizia di tutte le superfici di contatto. I morsetti vengono protetti contro le azioni corrosive mediante uno strato di grasso, di vasellina o sostanze analoghe, resistenti all'azione dell'acido solforico.

I morsetti ai poli terminali della batteria devono essere ben puliti, ingrassati e mantenuti ben serrati in considerazione delle intense correnti richieste per l'avviamento dei motori e della necessità che non abbiano a verificarsi eccessive cadute di tensione all'atto dell'avviamento.

Pulizia e isolamento

Una accurata pulizia delle parti esterne è indispensabile per conservare il buon isolamento delle batterie e per evitare l'inquinamento dell'elettrolito. Similmente debbono essere frequentemente pulite ed asciugate le condutture, le casse, i morsetti, ecc., rinnovando frequentemente le vernici che proteggono le parti metalliche e le strutture in legno. La resistenza di isolamento deve essere al minimo di 1 000 Ω , dove E rappresenta la tensione convenzionale della batteria.

Accumulatori non in servizio regolare

Se gli accumulatori devono rimanere per qualche tempo inattivi, debbono essere conservati carichi in località fresche, aeree ed asciutte. Periodicamente devono essere caricati in modo da compensare gli effetti dell'autoscarica per azioni interne e per dificiente isolamento. Si può dire che l'entità dell'autoscarica raddoppia per un aumento di 10 °C. Tali cariche devono essere eseguite con debole intensità fino a completa ebollizione.

Trattandosi di lunghi periodi di inattività, è consigliabile di richiedere al costruttore le istruzioni per la conservazione degli accumulatori.

PROVE DI CAPACITÀ DELLE BATTERIE PER AVVIAMENTO

Peso specifico dell'elettrolito

All'inizio di ogni scarica l'elettrolito contenuto in ogni elemento deve avere peso specifico di 1 280 riferito a 15 °C, con la tolleranza ± 5 g/l. Si deve procedere pertanto al relativo controllo ed eventuale regolazione prima di ogni prova.

Controllo della capacità alla scarica lenta

Il controllo della capacità alla scarica lenta deve essere eseguito mediante scarica ininterrotta al regime di 20 ore con l'intensità costante di $\frac{C_{20}}{20}$ ampere cioè ad una intensità pari ad un ventesimo delle capacità alla scarica in 20 ore (vedi le considerazioni sulla capacità).

La scarica deve essere iniziata non prima di 3 ore e non dopo 12 ore dalla fine della carica.

La temperatura dell'elettrolito all'inizio della scarica deve essere di 25 °C con tolleranza di ± 2 °C. Per tutta la durata della scarica l'ambiente deve essere mantenuto a temperatura non inferiore a 18 °C.

La scarica di ogni batteria deve essere interrotta allorché la tensione in volt ai morsetti diviene inferiore al valore corrispondente al prodotto di 1,75 per il numero degli elementi in serie che compongono la batteria. La scarica deve essere interrotta qualora la tensione di uno degli elementi scenda al disotto di 1,70 V.

Controllo della capacità alla scarica rapida continuativa (attitudine all'avviamento)

Il controllo dell'attitudine di avviamento deve essere eseguito mediante scarica ininterrotta con intensità costante (intensità di targa o, per vecchie batterie, con intensità espressa in ampere da 3 volte la capacità in 20 ore. Es. batteria da 50 Ah: scarica a 150 A).

Questa prova deve essere eseguita dopo quella di scarica lenta, previa ricarica, da eseguire secondo le istruzioni date dal costruttore.

La prova deve essere eseguita, con batterie alla temperatura di -18 °C.

La batteria viene posta, appena ultimata la carica, in un frigorifero precedentemente raffreddato a -18 °C. La scarica va iniziata non prima di aver constatato che la temperatura, letta su un termometro il cui bulbo risulti immerso nell'elettrolito di un elemento centrale della batteria, sia rimasta fissa per la durata di un'ora a -18 °C. All'uopo la temperatura del frigorifero va opportunamente regolata.

La tensione in volt ai morsetti di ogni batteria, durante il corso della prova, non deve risultare minore di 8,4 V dopo 30 s e di 6 V dopo 3 minuti. Si prevede per batterie a piastre una sola misura a 60 secondi, 8,4 V.

I valori delle tensioni delle batterie di avviamento possono essere di 6-12-24 V, a seconda del tipo di veicolo. Nella tabella IV abbiamo riportato, a titolo informativo, i campi di utilizzazione delle batterie alle diverse tensioni.

TABELLA IV

Tensione	Veicolo	Osservazioni
6 V	Vecchie autovetture straniere	Esige conduttori grossi e forti cadute di tensione ai contatti.
12 V	Moderne autovetture	Consente un buon compromesso tra le esigenze opposte.
24 V	Veicoli con motori a ciclo Diesel	Adottata perchè i motorini di avviamento esigono forti potenze (1 ÷ 12 kW).

Potenza assorbita dagli apparecchi elettrici installati sugli autoveicoli

Per il dimensionamento della batteria occorre conoscere la potenza assorbita dagli utilizzatori e nella tabella V sono stati riportati alcuni valori indicativi.

TABELLA V

Apparecchi	Potenza
Motorino d'avviamento per autovetture	0,8 ÷ 3 kW
Motorino d'avviamento per autocarri	2,2 ÷ 12 kW
Fari abbaglianti (2 luci)	70 W
Fari antiabbaglianti	50 W
Fari luci di città	20 W
Luce stop	15 W
Luci indicatori di direzione	10 W
Luci cruscotto, plafone, ecc.	5 W
Accensione e spinterogeno	15 W
Candele a incandescenza (Diesel)	60 ÷ 70 W
Tromba	25 ÷ 40 W
Tergicristallo	30 ÷ 70 W
Riscaldatore (motorino ventola)	20 W
Radiorecettore	30 W
Accendisigari	100 W

Fattori che riducono la vita delle batterie d'avviamento

a) Sovraccarica.

L'eccesso di carica (intensità eccessiva o prolungata nel tempo) provoca i seguenti effetti:

- decompone l'acqua dell'elettrolito, cioè oltre a provocare più frequenti rabbocchi per ristabilire il livello, contribuisce alla caduta della materia attiva, provocata dallo sviluppo di gas;
- corrode le griglie positive e danneggia i separatori provocando corti circuiti tra le piastre;
- provoca il riscaldamento della batteria con danno per i componenti interni e, superando un certo limite, provoca distorsioni ai recipienti e danni alla sigillatura.

b) Sottocarica.

Tale inconveniente è meno frequente del precedente ed i suoi effetti sono meno appariscenti. Tuttavia uno stato di carica insufficiente prolungato o l'abbandono senza ricarica adeguata, causa la formazione di solfati difficilmente eliminabili, entro le materie attive (solfatazione).

Abbiamo riunito in una serie di tavole gli inconvenienti che occorrono alle batterie per avviamento ed i rimedi possibili (vedasi tavole 1-2-3 a pagg. 36 ÷ 41).

Sarà bene esaminare, ai fini di una miglior comprensione di queste tavole, quanto detto in seguito a proposito della carica.

Dato che il principio di funzionamento non è diverso, con le modifiche del caso, queste tabelle servono anche per gli altri tipi di batterie che esamineremo.

TABELLA VI

	Causa		Osservazioni complementari
	Perdita elettrolito	Alloggiamento e parte superiore della batteria bagnati	
1			
2			
3			
4			

La batteria dev'essere tolta dall'autoveicolo per revisione completa qualora si verificano gli inconvenienti riportati nella tabella VI.

BATTERIE PER MOTOCICLI

Sono costruttivamente simili alle batterie di avviamento per autoveicoli, pertanto non ci diffonderemo ulteriormente nella descrizione dei tipi costruttivi. Anche la manutenzione e gli inconvenienti non differiscono sostanzialmente dalle predette batterie.

Caratteristica saliente di queste batterie sono, come già detto precedentemente, le ridotte dimensioni di ingombro e la robustezza di costruzione affinché resistano efficacemente agli urti ed alle vibrazioni ai quali inevitabilmente sono sottoposti.

Spesso questi tipi di batterie sono muniti di una custodia isolante (copribatteria) che copre la parte superiore della batteria. Nella fig. 12 è rappresentata una tipica batteria per motocicli.

Per quanto concerne il regime di scarica, riportiamo nella tabella VII alcuni valori caratteristici.

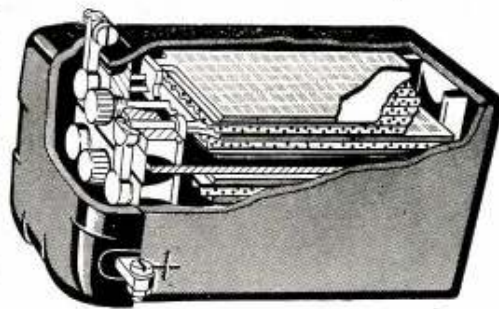


Fig. 12 - Batteria per motocicli.

TABELLA VII

Regime della scarica (ore)	10	10	5	1
Tensione media di scarica (volt)	1,92	1,88	1,86	1,76
Tensione finale di scarica (volt) .	1,80	1,75	1,70	1,65
Percentuale della capacità	110	100	85	50

Chiarimenti su alcuni termini usati nelle precedenti tavole: cause e rimedi del cattivo funzionamento di una batteria

Solfatazione anormale.

La formazione di solfato di Pb è fenomeno normale e che sta alla base del funzionamento dell'accumulatore al piombo. Questa formazione deve essere però completamente reversibile, cioè tutto il solfato deve trasformarsi durante la carica. Accade che per le cause citate si formi del solfato aggregato in modo da non ritrasformarsi più completamente. Si dice allora che è avvenuta una solfatazione anormale, benché nella pratica comune si dica semplicemente « solfatazione ».

Corrosione delle piastre positive.

È il termine che sta ad indicare la progressiva trasformazione in biossido di piombo, del piombo delle griglie positive. Si ha allora bassa conducibilità elettrica e bassa resistenza meccanica.

Misure elettriche sulle batterie d'avviamento

Voltmetro.

Prima di passare in rassegna le principali misure da effettuarsi sulle batterie al fine di constatarne l'efficienza (vedi tavola 4), descriviamo un tipo di voltmetro molto usato per un rapido esame orientativo dello stato di una batteria per avviamento.

Si tratta di un voltmetro posto in derivazione ad un resistore di scarica (grosso conduttore di nickel-cromo o altra lega il cui valore resistivo non varia col riscaldamento).

Per le vecchie batterie a connessioni scoperte il voltmetro (detto a forcilla) ha lo zero centrale (quadrante 2-0-2 diviso in decimi di V).

Sono segnate diverse curve di riferimento corrispondenti a differenti capacità (100 - 80 - 60 - 50 Ah).

Il funzionamento dello strumento è basato sulla maggior caduta di tensione che presenta un elemento scarico.

Per batterie a coperchio unico si usa lo stesso principio con apparecchi di tipo diverso che misurano la tensione della batteria sotto scarica.

Accumulatori elettrici	CAUSE E RIMEDI DEL CATTIVO FUNZIONAMENTO DI UNA BATTERIA DI ACCUMULATORI AL PIOMBO		Tavola 1a	
	Ellettrificazione	Diagnosi	Cause probabili	Osservazioni complementari
Piastrine negative	Consistenza tenera - Colore grigio metallico	Placche sane cariche	Nulla di anormale	Si possono rigare con l'unghia. All'aria si ossidano scaldandosi.
	Consistenza semidura - Colore grigio omogeneo	Placche sane scariche		
	Consistenza dura - Color grigio omogeneo	Inizio solfatiz. anormale		
	Consistenza dura - Grigio con macchie biancastre	Solfatiz. anormale	Carica insufficiente. Abbandono prolungato senza car. Perdita di carica a circuito aperto.	Il solfato di Pb ha assunto uno stato cristallino irreversibile. L'elemento belle ma non si carica.
	Consistenza assai dura. Grigio con macchie bianche e macchie brune; tracce di perossido - Curvatura pronunciata	Solfatizzazione eccessiva	Scarica eccessiva. Corto circuito. Polarità invertita.	Gli elementi più deboli di una batteria si invertono durante le scariche violente.
	Consistenza molle, colore: grigio pallido - Materia attiva caduta; griglie scoperte	Solfatiz. eccessiva o disgregazione nell'acido troppo concentrato	Aggiunta di acido invece di acqua per rifare il livello - Elevazione di temperatura per sovraccar.	La sovraccarica è dovuta spesso a disfunzione del regolatore di tensione. Segno di sovraccarica è l'annerimento dei separatori di legno.
	Linea biancastra, traccia di livello dell'elettrolito, - Materia attiva disgregata solo nella parte superiore	Ossidazione all'aria e disgregazione nell'acido concentrato	Mancato ristabilimento del livello - Sovraccarica.	
	Consistenza semidura: colore bruno nero	Placche sane cariche	Nulla di anormale	
	Consistenza dura: colore bruno	Placche sane scariche		
	Consistenza molto dura: velo biancastro superficiale	Inizio di solfatizzazione anormale		
Piastrine positive	Consistenza molto dura - Curvatura pronunciata	Solfatizzazione eccessiva	Carica insufficiente. Scarica troppo prolungata. Abbandono senza ricarica.	Macchie biancastre di solfato di Pb.
	Consistenza fragile: cade alla pressione del dito. Curvatura	* Formazione di griglie trasformate in perossido di Pb	Scariche eccessive. Inversione di polarità.	Gli elementi più deboli si invertono nelle scariche a forte intensità.
	Disgregazione materia attiva	Disgregazione nell'acido troppo concentrato	Sovraccarica. Invecchiamento. Densità eccessiva.	In generale anche i separatori sono in cattivo stato.
Rimedi				
			Ricaricare	Le placche negative intere o non troppo deformate possono essere rigenerate mediante carica prolungata in acido diluito da rinnovare quando la sua densità sale oltre i 1.100 g/l. Dopo tale trattamento si possono raddrizzare.
			Niente da fare	
			Caricare	
			Si rigenerano come le negative	
			Niente da fare	

Accumulatori elettrici	CAUSE E RIMEDI DEL DI UNA BATTERIA DI		CATTIVO FUNZIONAMENTO ACCUMULATORI AL PIOMBO		Tavola 1b
Eletrificazione	Constatationi	Diagnosi	Cause probabili	Osservazioni complementari	Rimedi
	Densità bassa (minore di 1.150 dopo aver ricaricato)	Solfatazione irreversibile	Cariche insufficienti Abbandono senza ricarica Errore iniziale di densità dell'elettrolito di prima carica		Ristabilire la densità prescritta
	Densità alta (maggiore di 1.280 a fine carica)		Agiunte d'acido per rifare il livello. Errore iniziale di densità	Assicurarsi che le placche siano ben cariche La densità deve rimanere costante in tre letture a distanza di due ore	
	Livello troppo basso		Mancato rabboccamento Contenitore inclinato Sovraccarica		
	Colore oppure odore anormale	Plastre danneggiate	Impurità Sostanze estranee Elettroliti « speciali »	Può darsi che c.e. diano luogo a formazioni di macchie color arancione (solfuro di antimonio)	Ristabilire la densità prescritta dopo aver effettuato ripetuti lavaggi
	Appiattiti	Plastre curve	Sovraccarica Scariche eccessive	Il calore rammollisce questi separatori	Sostituire i separatori ed eventualmente le plastre positive
	Appiattiti e macchiati di bruno	Corto circuito per plastre curve	Bava di piombo Sovraccarica	Bave di saldatura dei gruppi Bave di saldatura delle bussole Bave di tranciatura plastre	
	Carbonizzati	Densità troppo alta - Temperatura troppo alta	Agiunta di acido. Livello basso Sovraccarica		
	Forati	Corto circuito			
	Macchie biancastre	Solfatazione anormale	Mancata ricarica Scarica eccessiva		
	Batteria umida	Contenitore inclinato	Batteria usata male Difetto del contenitore	Se i due elem. continui sono: quello che ha il morsetto positivo ed il seguente, molto probabilmente si ha la scarica esterna per formazione di sali conduttori intorno al morsetto positivo	Esaminare il fissaggio
	Due elementi contigui non tengon la carica	Sotto inclinato			Rifare la saldatura.
	Perdite di elettrolito intorno ai poli	Saldatura difettosa del polo alla bussola			Tenere ben pulito il morsetto (+) ed ingrassare con vaselina

Accumulatori elettrici	BATTERIE PER AUTOVEICOLI	Tavola
—	ERRORI E CONTROLLI SISTEMATICI	2
Eletrificazione		

ERRORI PIÙ FREQUENTI COMMESSI NELL'USO DELLA BATTERIA D'AVVIAMENTO		
Errori commessi	Inconvenienti che ne derivano	
Negligenza nelle aggiunte d'acqua per ristabilire il livello	Disgregazione della materia attiva per opera dell'acido troppo concentrato	
Aggiunta d'acido invece di acqua per rifare il livello	Carbonizzazione dei separatori cellulari	
Sovraccarica prolungata	Curvatura e disgregazione piastre positive	
Carica insufficiente	Solfataz. irreversibile e perdita di capacità	
Insufficiente fissaggio della batteria nella sua sede	Rottura del contenitore o dei coperchi	
Morsetto fissato male e sporco	Avviamenti tardi (caduta di tensione per cattivo contatto)	
	Scarica 1° elemento (polo positivo) per formazione di grumi salini al morsetto positivo	

CONTROLLO SISTEMATICO DELLE BATTERIE PER AUTOVEICOLI		
	Controllo da eseguire	Osservazioni complementari
1	Verifica contatto morsetti	Verificare se eventuali formazioni saline al polo + hanno corrosi i contatti o cortocircuitato i primi due elementi
2	Verifica del livello dell'acido	Aggiungere solo acqua distillata prima di ricaricare
3	Verifica della tensione di ciascun elemento	Misura da eseguire col voltmetro a forella oppure col voltmetro ed i fari accesi
4	Verifica della densità	Si preleva col densimetro a siringa l'acido e si fa la lettura
5	Verifica di eventuali perdite di elettrolito	Perdite da incrinature nel noblocco, nei coperchi o nelle bussole dei poli
6	Verifica dell'impianto elettrico	Vedi tavola 3.

Accumulatori elettrici	CONTROLLO DELL'IMPIANTO ELETTRICO DELL'AUTOVEICOLO	Tavola
—		3
Eletrificazione		

Inconvenienti	Cause	Rimedi
Batteria scarica	Impianto a massa in un punto	Cercare il punto e rifare l'isolamento
La batteria non si carica	Valvola bruciata	Sostituire o rimettere a posto se si trattava di falso contatto.
*	Interruzione circuito di carica	Terminali ossidati pulire e ingrassare
*	Spazzole fuori posto	Pulire le guide; eventualmente sostituire le spazzole
*	Assenza di magnetismo residuo	Riecitare la dinamo
*	Bobina di campo interrotta o a massa	Sostituire la bobina
*	Indotto interrotto o a massa	Sostituire l'indotto
*	Indotto in corto circ.	Pulire il collettore ed eventualmente sostituire l'indotto
*	Regolatore difettoso	Sostituire il regolatore
La batteria si scarica sulla dinamo ferma	Regolatore difettoso	Sostituire il regolatore

N.B. - I veicoli con alternatore richiedono un particolare controllo, indicato dal costruttore

Accumulatori elettrici	MISURE ELETTRICHE SULLE BATTERIE	Tavola 4
Elettrificazione		
Osservazioni complementari	<p>Questa tensione varia con la concentrazione dell'acido e con la temperatura, per uno stesso tipo di piastra.</p> <p>Vedi per orientamento le curve di carica e di scarica.</p> <p>Vedi tabella tensioni stabilite da norme C.E.I..</p> <p>Serve solo per un giudizio orientativo sullo stato dell'elemento.</p> <p>Si scarica a corrente costante su di una resistenza variabile sino a che la tensione è scesa al valore di tensione prescritto.</p> <p>Si fa poi il prodotto: ampere per ore di durata.</p> <p>Si scarica a corrente costante per il tempo previsto.</p>	
Apparecchio	<p>Volmetro 0.3 V: classe di precisione 1 %</p> <p>Resist. int.: almeno 1 000 ohm /V</p> <p>Volmetro 0.3 V - 0.15 V: classe di precisione 1 %</p> <p>Resist. int.: almeno 300 ohm/V</p> <p>Volmetro 0.2 V - 0.15 V: classe di precisione 1 %</p> <p>Resist. int.: almeno 300 ohm/V</p> <p>Volmetro inserito ai capi di una resistenza di basso valore sulla quale si scarica l'elemento della batteria</p> <p>Amperometro (diverse portate) precisione 1 %</p> <p>Resistenza variabile (atta a dissipare il calore)</p> <p>Orologio</p> <p>Amperometro (div. portate) precisione 1 %</p> <p>Resistenza variabile: raffreddamento mediante un fluido</p> <p>Contasecondi</p> <p>Frigorifero a -18 °C</p>	<p>1) Tensione a vuoto di un elemento</p> <p>2) Tensione in scarica lenta o in carica</p> <p>3) Tensione in scarica rapida</p> <p>4) Tensione in scarica (orientativo)</p> <p>5) Capacità</p> <p>6) Capacità alla scarica violenta</p>

CAPITOLO IV

ACCUMULATORI STAZIONARI

Generalità

Si indicano con questo nome installazioni fisse di batterie di accumulatori di lunga vita e facile sorveglianza.

Questi generatori, destinati all'alimentazione di emergenza di impianti elettrici, devono essere previsti per durate dell'ordine di lustri e devono presentare autoscarga assai ridotta.

L'uso del tipo a piastre positive in piombo puro, dette a grande superficie (o *Plante*), nelle quali lo strato poroso di biossido di piombo è formato anodicamente sopra una superficie finemente intagliata, va ormai scomparendo.

In tali tipi, durante l'esercizio, avviene una continua formazione di biossido di piombo a spese del supporto; tale riserva diminuisce l'energia specifica di tale tipo costruttivo. Tuttavia, i bassi valori di energia specifica ottenibili con questo tipo, riportati nella tabella X, orientano le attuali costruzioni verso tipi costruttivi utilizzando piastre positive tubolari (Fig. 13).

L'impiego per l'azionamento di apparecchiature di centrale ha approfondito le conoscenze sul comportamento alle scariche rapide. Questo, insieme ai moderni sistemi di carica, consente un dimensionamento più economico delle batterie destinate a tale servizio.

Le batterie stazionarie vengono infatti impiegate per assolvere a questi servizi:

- 1) Servizi ausiliari in centrali elettriche e cabine di trasformazione. La tensione di tali servizi è 110 V (la più diffusa) oppure 220 V.
- 2) Centrali telefoniche e telegrafiche: 24 e 48 V.

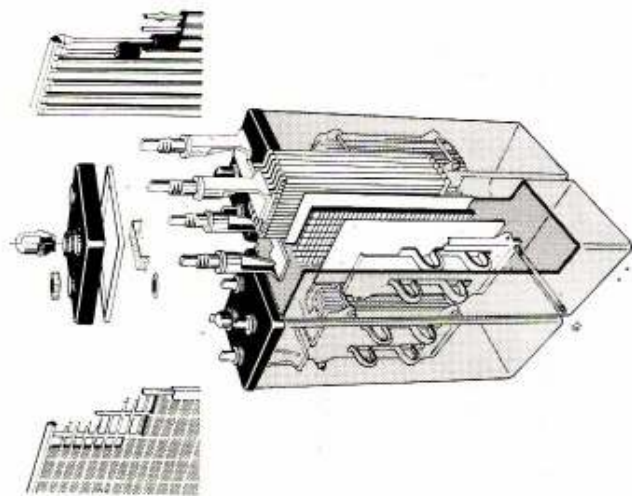


Fig. 13 - Sezione di un accumulatore utilizzando piastre positive tubolari.

- 3) Impianti per luce di emergenza in locali pubblici (banche, ospedali, teatri, ecc.), in generale 24 e 48 V.
- 4) Impianti di energia elettrica di emergenza in teleferiche, montacarichi, lavorazioni a ciclo continuo che non devono subire interruzioni. In genere a 220 V.
- 5) Impianti di segnalazione elettrica ferroviaria e ponti radio.
- 6) Illuminazione di abitazioni prive di allacciamento alla rete.
- 7) Emergenza per calcolatori elettronici - In complesso elettronico a continuità (entro 0,01 secondi).

COSTITUZIONE DELLE BATTERIE STAZIONARIE

Piastre positive

La piastra positiva Planté a grande superficie è costituita da piombo puro ed è ricavata per fusione in modo da ottenere sulle due facce una duplice serie di sottili alette o lamelle parallele di sezione leggermente romboidale con nervature di rinforzo su telaio principale.

Lo scopo di questa alettatura è quello di aumentare al massimo

la superficie di contatto delle piastre con l'elettrolito, aumentando di conseguenza le reazioni ed ottenendo così maggior capacità. La parte superiore della piastra termina con due robusti becchi o alette che servono a tenerla sospesa sui bordi del recipiente ed a collegarli al regolo di piombo collettore di corrente.

Le piastre tubolari sono costituite da tubetti di materiale permeabile all'elettrolito (guaine in tessuti speciali) riuniti in telai. I reofori sono spine di lega di piombo disposte sull'asse dei cilindretti di materia attiva. Tali piastre, dette anche « corazzate », consentono una più lunga durata di vita efficiente ed una migliore utilizzazione delle materie attive.

Dalla tabella VIII, indicante i valori specifici per gli accumulatori stazionari, è facile rilevare le differenti caratteristiche fra i due tipi di piastre citate, ossia quelle del tipo Planté e quelle del tipo tubolare.

TABELLA VIII

Accumulatori di	Ah/kg	Wh/kg	Ah/dm ³	Wh/dm ³
Planté: Dimensioni ridotte da 20 a 100 Ah in 10 h ...	3 ÷ 3,5	5,5 ÷ 6,5	6,5 ÷ 7,5	12 ÷ 15
Planté: Dimensioni medie e grandi da 100 a 2 000 Ah in 10 h .	4 ÷ 4,5	7,5 ÷ 9	7,5 ÷ 9	15 ÷ 25
Tubolari da 100 a 800 Ah ...	8 ÷ 12	16 ÷ 24	12 ÷ 17,5	24 ÷ 35

Piastre negative

Accoppiate alle piastre tubolari, sono usate piastre a griglia impastata; insieme alle piastre Planté sono invece usate piastre dette a cassette.

La piastra negativa del tipo a cassetta è costituita da un telaio in lega di piombo antimonio rinforzata mediante nervature longitudinali e trasversali. Essa è divisa in alveoli, in questi viene compresso un impasto di ossidi (ridotti a piombo spugnoso durante la formazione elettrolitica) tenuto in sede da due fogli di piombo sottili finemente perforati.

Tali fogli di piombo impediscono la caduta della pasta pur consentendo la circolazione dell'acido.

Le piastre estreme di ogni singolo elemento sono sempre negative e normalmente queste piastre di estremità sono di spessore minore delle negative intermedie.

Recipienti

Le piastre degli elementi stazionari sono contenute solitamente in recipienti di materiale plastico trasparente.

Per gli elementi di capacità fino a 1 000 amperora, si impiega un unico recipiente.

Per elementi di capacità oltre a 1 000 amperora, le piastre di ciascun accumulatore sono distribuite, talvolta, in due o più recipienti affiancati con disposizione in parallelo.

Nei tipi di capacità superiore, il recipiente è costituito da un cassone di legno rivestito internamente di lamiera di piombo e protetto con l'apposita vernice antiacido, oppure di ebanite speciale.

Per piccoli elementi fino a 100 Ah si possono usare contenitori in plastica con 3 o 6 elementi in serie.

Collegamento

Il collegamento degli elementi in serie può avere luogo in due modi:

1°) unendo i regoli di polarità opposta con appositi bulloni in ottone piombato;

2°) saldando insieme allo stesso regolo le piastre positive di un elemento e le negative di un elemento contiguo.

È utile applicare uno strato di vasellina sulle estremità, prima e dopo avere stretto i bulloni.

Il fondersi di questo strato di vasellina durante il funzionamento è indice di riscaldamento locale dovuto a cattivo contatto.

Si provvede allora ad ovviare l'inconveniente stringendo maggiormente i bulloni.

Carica delle batterie stazionarie

La carica di queste batterie avviene di solito « a tensione costante », carica in tampone o di compenso — a circa $2,18 \div 2,25$ volt per elemento in serie. La tensione è scelta secondo l'erogazione e la temperatura d'esercizio. Occorre che la corrente che passa (pochi milliampere per ogni amperora di capacità) non contenga più di

qualche per cento di componente alternata, pena la corrosione delle griglie positive. Cariche di manutenzione o di emergenza: secondo le istruzioni del fabbricante generalmente 20 A ogni 100 Ah per elemento in serie fino a ebollizione poi 10 A/100 Ah.

Prescrizioni generali di utilizzazione

Nelle batterie stazionarie si tiene normalmente una intensità di carica intorno a 0,5 A per decimetro quadrato di superficie apparente della piastra.

Questo può servire di norma nel caso non si conoscesse l'intensità di carica prescritta.

Occorre rabboccare periodicamente con acqua distillata e verificare periodicamente la densità.

Periodicamente va fatta una lettura di tensione per ogni elemento a fine carica e a fine scarica tenendo presente la tensione prescritta.

CALCOLO DI MASSIMA DI UNA INSTALLAZIONE

I dati di partenza sono: la tensione dell'impianto ed il diagramma di erogazione di corrente in funzione del tempo.

Dalla tensione si risale al numero di elementi.

Esempio. — Impianto 110 V. Scarica in 10 ore. Dalle tensioni medie per la scarica in 10 ore (vedi tab. IX) si ha una tensione media di 1,9 volt per elemento; $110 : 1,9 = 58$ elementi in serie. Dal diagramma di erogazione si risale alla quantità media di elettricità erogata (amperora medi) e cioè alla capacità da assegnarsi agli elementi.

Esempio. — Si devono erogare 200 A per 10 ore. Sarà perciò richiesta una capacità di 2 000 Ah.

Benchè non sia esatto, si può ritenere sufficientemente approssimato fare la somma dei consumi in amperora, se i prelievi vengono fatti a regimi di scarica differenti, riportati, mediante il coefficiente indicato nella tabella IX, alla capacità ad un determinato regime.

Esempio. — Si devono erogare 100 A per 10 ore, si ha poi una interruzione di 1 ora, si devono poi erogare 200 A per 5 ore:

$$100 \cdot 10 + 200 \cdot 5/0,83 = 2\,205 \text{ Ah.}$$

Si dovrà scegliere un tipo di elemento che consenta la prestazione di corrente più gravosa (200 A per 5 ore) senza che la tensione media cada al di sotto del valore prefissato.

Tale concetto di durata in cicli va perdendo importanza; infatti modernamente si diffonde sempre più il sistema di funzionamento in tampone (vedi Cap. VII: « La carica delle batterie ») cioè la batteria vien sempre tenuta in carica da un generatore.

TABELLA IX

Regimi di scarica; valori della tensione e della variazione della capacità per accumulatori stazionari.

Regime della scarica (ore) ...	10	5	3	2	1
Tensione media di scarica (volt)	1,90	1,87	1,85	1,80	1,77
Tensione finale di scarica (volt)	1,80	1,77	1,75	1,75	1,70
Percentuale della capacità (%)	100	83	72	63	50

NORME DI ESERCIZIO E INSTALLAZIONE DELLE BATTERIE STAZIONARIE

Prescrizioni generali

Ricordiamo che in Italia vige una legislazione antinfortunistica relativa agli accumulatori elettrici, con particolare riferimento alle batterie stazionarie: si tratta del D.P.R. del 27-4-1955 N. 547 il quale, in proposito, prescrive quanto segue:

« Art. 302 — Le batterie di accumulatori che comportano tensioni nominali superiori ai 220 volt devono essere:

a) disposte in modo che non sia possibile per lo stesso lavoratore il contatto accidentale con elementi aventi una differenza di potenziale superiore a tale limite;

b) contornate da una pedana isolante, se fisse ».

« Art. 303 — I locali contenenti accumulatori, i quali, in relazione alla loro cubatura ed alla capacità e tipo delle batterie in essi esistenti, possono presentare pericoli di esplosione delle miscele gassose, devono:

a) essere ben ventilati;

b) non contenere macchine di alcun genere né apparecchi elettrici o termici;

c) essere illuminati secondo le disposizioni dell'art. 332;

d) tenere esposto, sulla porta di ingresso, un avviso richiama il divieto di fumare e di introdurre lampade od altri oggetti a fiamma libera ».

Nella fig. 14 (1) abbiamo sintetizzato graficamente le principali norme contenute nei citati articoli di legge. È bene tuttavia sottolineare che queste disposizioni di legge si applicano anche per tutti quei locali che contengono accumulatori (quali, ad esempio, depositi, sale di ricarica di accumulatori ferroviari, ecc.).

Locali batterie

I locali delle batterie devono essere scelti in modo che gli accumulatori non siano soggetti a polvere, vibrazioni o scosse.

La loro altezza interna deve essere superiore ai 2 m.

Si consiglia per le pareti l'intonaco di cemento con verniciatura anti-acida. Per quanto si riferisce al soffitto, molta cura deve essere posta perché sia impedita la caduta di particelle di intonaco. I pavimenti devono essere previsti in relazione al peso degli accumulatori e devono essere rivestiti con materiale antiacido; molto adatto è il rivestimento in asfalto. Devono essere evitati possibilmente percorsi di tubi metallici nei locali per accumulatori. Le eventuali tubazioni metalliche debbono essere rivestite con vernici antiacide.

I locali dove si tengono accumulatori devono essere ben areati ed asciutti ed in essi non si devono verificare temperature superiori a 35 °C.

Se attraverso le finestre non vi è sufficiente aereazione vi si provvede con speciali condotti di scarico, che non devono però sboccare nelle canne fumarie. Quando necessario, il ricambio deve essere reso più rapido mediante adatti ventilatori.

Calcolo del ricambio d'aria. — La quantità di aria da ricambiare continuamente da un locale accumulatori durante la carica, onde evitare il pericolo della formazione di miscele tonanti di idrogeno ed ossigeno, si calcola con la seguente formula:

$$P = \frac{I \cdot n \cdot 8}{5000}$$

in cui:

P = portata in m³/min di aria;

(1) Desunta dall'opera: W. Forlani « Gli impianti elettrici e le norme di legge ». Editoriale Delfino - Milano

I = corrente di carica in ampere;
 n = numero di elementi;
 s = coefficiente di sicurezza che si pone
 = 5 in impianti normali;
 = 10 in impianti speciali (navali ecc.).

Illuminazione dei locali

L'illuminazione dei locali deve essere fatta con lampade elettriche protette. L'esecuzione dell'impianto deve essere tale da dare affidamento che non abbiano a verificarsi corti circuiti o comunque scintille che possano dar luogo a esplosioni della miscela gassosa (idrogeno ed ossigeno) che si sviluppa durante la carica degli accumulatori.

In genere durante la carica, nei locali degli accumulatori non devono avvenire aperture o chiusure di contatti elettrici non protetti.

Come è stato detto precedentemente nell'articolo 303 del D.P.R. 547, l'illuminazione dei locali contenenti accumulatori deve essere eseguita conformemente le disposizioni contenute nell'articolo 332 di citato decreto, e che qui riportiamo integralmente:

« Art. 332 — Nei luoghi indicati negli articoli 329 e 331 l'illuminazione elettrica può essere effettuata solo dall'esterno per mezzo di lampade collocate in nicchie munite, verso l'interno del luogo da illuminare, di robuste lastre di vetro a chiusura ermetica.

Nei casi in cui non sia tecnicamente possibile effettuare una conveniente illuminazione elettrica con lampade collocate in nicchie chiuse e nei luoghi indicati nell'art. 331 è ammesso l'impiego di lampade protette da un robusto involucro di vetro a chiusura ermetica, comprendente anche il portalampe e le relative connessioni con i conduttori di alimentazione. In questi impianti i conduttori elettrici devono essere adeguatamente isolati e protetti con guaine resistenti.

Gli interruttori per il comando delle lampade e le eventuali valvole fusibili devono essere di tipo antideflagrante per i luoghi indicati dal primo comma dell'art. 329 o anche di tipo stagno o chiuso per i luoghi indicati nell'art. 331 ».

Gli installatori dovranno fare attenzione a non installare nei luoghi pericolosi impianti di illuminazione diversi da quelli tassativamente prescritti dall'art. 332, che non ammette neppure sistemi di illuminazione di tipo antideflagrante. Comunque è possibile otte-

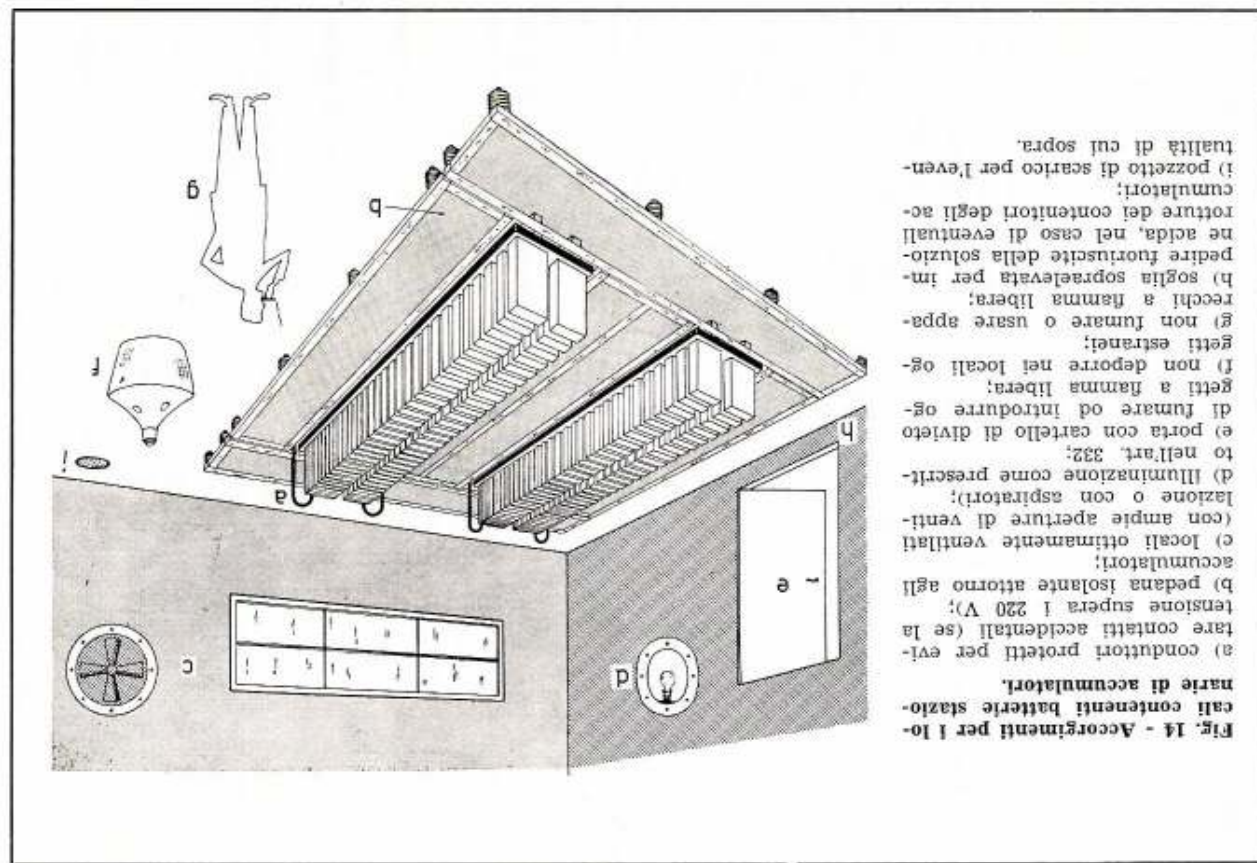


Fig. 14 - Accorgimenti per i locali contenenti batterie stazionarie di accumulatori.
 a) conduttori protetti per evitare contatti accidentali (se la tensione supera i 220 V);
 b) pedana isolante attorno agli accumulatori;
 c) locali ottimamente ventilati (con ampie aperture di ventilazione o con aspiratori);
 d) illuminazione come prescritta nell'art. 332;
 e) porta con cartello di divieto di fumare od introdurre oggetti a fiamma libera;
 f) non deporre nei locali oggetti estranei;
 g) non fumare o usare apparecchi a fiamma libera; recchi a fiamma libera;
 h) soglia sopraelevata per impedire fuoriuscite della soluzione acida, nel caso di eventuali rotture dei contenitori degli accumulatori;
 i) pozzetto di scarico per l'eventualità di cui sopra.

nere il riconoscimento dell'efficacia di nuovi mezzi inoltrando apposita domanda al Ministero del Lavoro, e ciò ai sensi del 3° comma dell'art. 395 del D.P.R. 27-4-1955, n. 547.

Avvertimenti al personale

Devono essere affissi in posizioni ben visibili, avvisi che vietino al personale di mangiare, bere, fumare, entrare con lampade a fiamma libera nei locali degli accumulatori. In occasione di lavori che richiedano l'uso di fiamma devono essere presi i necessari provvedimenti perchè i lavori stessi vengano eseguiti con le adatte cautele. Gli addetti agli accumulatori devono essere avvertiti dei pericoli derivanti dall'acido solforico e dal piombo: deve essere prescritta la massima pulizia ed a questo scopo devono essere messi a disposizione del personale mezzi sufficienti.

Montaggio degli elementi

Gli elementi delle batterie stazionarie sono in generale installati su appositi scaffali in legno protetti con vernice antiacida oppure in profilati metallici protetti da rivestimento plastico. Le vernici antiacide più efficaci sono quelle al polivinilcloruro oppure quella al clorocaucciù. Per installazioni di minore importanza si possono usare anche comuni vernici bituminose.

Negli scaffali di sostegno, le giunzioni fra i vari pezzi debbono essere fatte ad incastro, senza viti o chiodi metallici.

Gli elementi possono venire disposti su uno o due piani. Non è conveniente montare le batterie su scaffali a due piani quando il numero complessivo degli elementi sia superiore a 100 o la capacità superi i 300 Ah (vedasi fig. 15). In ogni caso fra i punti più vicini di due elementi contigui di una batteria, ci deve essere una distanza non minore di 10 mm. I singoli accumulatori devono essere accessibili almeno da un lato mediante corridoi di larghezza non minore di 70 cm.

Isolamenti

L'isolamento delle batterie deve essere ben studiato e deve essere tanto più accurato quanto maggiore è la tensione della batteria.

Gli elementi non devono appoggiare direttamente sugli scaffali, ma tra questi e il fondo dei recipienti si devono disporre isolatori di sostegno. La sezione ed il numero degli isolatori deve essere sufficiente a sopportare il peso degli elementi. A loro volta gli scaffali

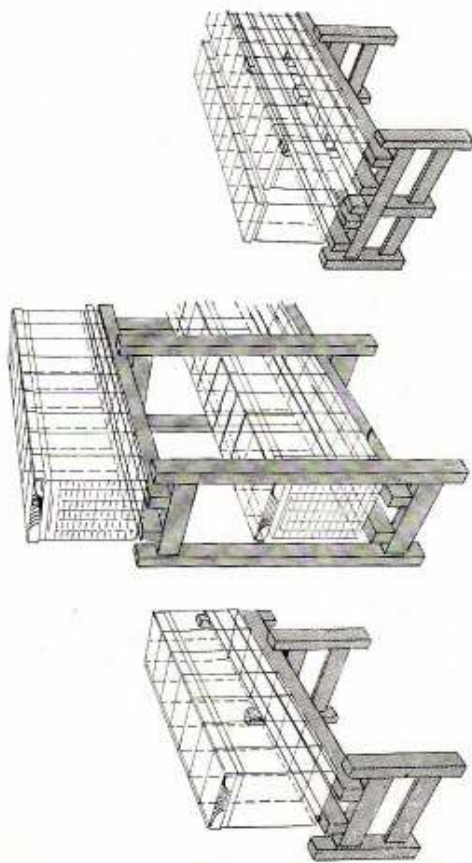


Fig. 15 - Vari tipi di scaffali per batterie stazionarie, ad uno o due piani.

devono essere distanziati dal pavimento mediante zoccoli di legno catramato e isolatori. La forma degli isolatori deve essere la più adatta per facilitare lo sgocciolamento del liquido eventualmente caduto dagli accumulatori.

Grande cura si deve porre anche per l'isolamento fra conduttori e pareti. Per le batterie costituite da più di 125 elementi in serie si devono munire i corridoi fra le file di pedane costituite da griglie di legno appoggiate al suolo mediante isolatori. Per batterie con più di 250 elementi in serie si devono inoltre sistemare, lungo le file prossime alle pareti del locale, protezioni costituite da griglie di legno alte non meno di 1,75 m sostenute da isolatori.

Valgono l'isolamento e le prescrizioni contenute nelle norme CEI per l'esecuzione e l'esercizio degli impianti elettrici e cioè l'isolamento deve essere almeno di 1 000 E ohm, dove E rappresenta la tensione convenzionale della batteria.

Condutture elettriche

Le condutture elettriche delle batterie nell'interno dei locali, in rame preferibilmente piombato, o in alluminio devono essere verniciate con durevole vernice antiacida per contraddistinguere rapidamente le due polarità.

Norme generali di installazione per accumulatori al nichel

L'installazione di batterie stazionarie di accumulatori al nichel non differisce sostanzialmente da quanto detto precedentemente. Sono quindi valide anche per questi tipi di accumulatori le prescrizioni date in merito ai locali, all'illuminazione, al montaggio sugli scaffali e via dicendo. Riassumeremo pertanto brevemente le norme di installazione per batterie di accumulatori al nichel ed il lettore potrà facilmente rendersi conto della identità con quanto esposto nelle pagine precedenti.

Sistemazione batterie. — La sistemazione delle batterie deve essere eseguita in modo che i singoli elementi risultino facilmente accessibili per le operazioni di esercizio e di manutenzione.

Nell'installazione degli accumulatori deve essere particolarmente curato l'isolamento dei recipienti degli elementi fra loro e verso l'esterno. Tutti gli elementi, se a recipiente metallico, devono essere distanziati fra loro, se ciò non è possibile per ragioni di ingombro, possono essere messi a contatto non più di due elementi direttamente consecutivi.

Il contatto diretto degli elementi con i telai che li contengono o con gli scaffali di sostegno deve essere evitato, impiegando appoggi di materiale isolante e non impregnabile dall'elettrolito (ebanite dura, porcellana, vetro, resine sintetiche).

Isolamento. — Anche per gli accumulatori al nichel, la resistenza di isolamento deve essere di almeno 1 000 Ω , dove E rappresenta la tensione nominale della batteria.

La misura deve essere fatta con batteria disinserita dal circuito, impiegando un apparecchio di adatta resistenza interna e che dia una tensione di almeno 500 V.

Scaffali. — Gli scaffali di sostegno degli elementi devono essere di larice o legno analogo, paraffinati o verniciati con vernice resistente agli alcali.

Disposizione elementi. — Gli elementi devono di regola venir disposti su di un solo piano. Per economia di spazio si può tuttavia ricorrere, quando speciali circostanze lo richiedano, alla sistemazione su due piani ed anche tre piani sovrapposti sufficientemente distanziati. In ogni caso i singoli accumulatori devono essere accessibili almeno da un lato, mediante corridoi di larghezza non minore di 70 cm.

Per le batterie costituite da più di 120 elementi in serie si devono munire i corridoi fra gli scaffali di adatti marciapiedi costituiti da griglie di legno appoggiate al suolo mediante isolatori.

Per le batterie con più di 300 elementi in serie devono inoltre sistemare, lungo gli scaffali prossimi alle pareti dei locali, protezioni costituite da griglie di legno alte non meno di 1,75 m, sostenute mediante isolatori. Se la batteria ha un polo a terra le protezioni lungo le pareti possono essere limitate alle file di elementi la cui differenza di tensione verso terra supera 250 V.

Inoltre devono essere adottate le disposizioni idonee ad evitare il contatto contemporaneo accidentale della stessa persona con elementi la cui differenza di tensione sia maggiore di 220 V.

Armadi per gli accumulatori. — Quando risulti necessario collocare gli accumulatori dentro armadi, questi devono essere costruiti in modo che sia possibile verificare le condizioni di ogni singolo elemento. Deve essere assicurata l'aerazione dell'interno degli armadi mediante un sufficiente numero di fori o mediante condotti di aria che sbocchino all'esterno del locale.

Condutture elettriche. — Le condutture elettriche delle batterie nell'interno dei locali devono essere di rame verniciate con vernice inattaccabile dagli alcali.

Batterie installate a bordo di natanti

Le batterie di accumulatori installate a bordo di natanti rientrano, per molti aspetti, nella categoria delle batterie stazionarie. Infatti, anche in questi casi, le batterie sono collocate in locali e devono quindi adattarsi le prescrizioni basilari per l'installazione delle batterie stazionarie. Dobbiamo comunque distinguere le batterie di piccola potenza installate a bordo di piccole e medie imbarcazioni da quelle di grande potenza installate a bordo delle navi.

Le norme CEI (Fasc. 111 - Impianti elettrici di bordo) prescrivono quanto segue:

Le batterie di piccola potenza, quali quelle che servono per la illuminazione di riserva di certi locali o per segnalazioni o simili usi, possono essere sistemate in locali non appositamente destinati a contenerle, in armadi o scaffali convenientemente protetti e ventilati, fissati al pavimento o alle pareti, dove la temperatura non oltrepassi mai 45 °C.

Invece le batterie di maggior potenza, quali quelle che servono per la riserva o in porto per tutta la nave, o per trasmissioni radio, o per un esteso impianto telefonico, ecc., devono essere sistemate in locali appositi, fuori da quelli dell'apparato motore, ben ventilati per modo che la temperatura non oltrepassi mai i 45 °C.

Si deve anche prevedere un locale per il trattamento delle batterie e per la loro carica, a meno che non si provveda con circuiti speciali per la carica sul posto.

I gas esplosivi o corrosivi prodotti devono poter essere sistematicamente eliminati in modo sicuro.

Si deve impedire che liquidi e vapori corrosivi vengano in contatto con lo scafo. Per gli accumulatori al piombo, il ponte sotto le batterie deve essere foderato di piombo o di altro materiale resistente alle corrosioni; tutte le parti metalliche, compresi i conduttori, devono essere protette con vernice resistente ai gas che si formano e agli spruzzi di soluzione.

Gli accumulatori devono essere disposti in recipienti adeguati opportunamente assicurati, onde non abbiano a muoversi durante l'oscillazione della nave.

Gli accumulatori devono essere disposti in modo che ogni elemento sia accessibile almeno da una parte, che non esistano elementi adiacenti con differenza di potenziale superiore a 25 V e che non sia facile che una persona possa venire in contatto con due punti a differenza di potenziale superiore a 150 V.

Le batterie stazionarie devono essere convenientemente isolate, impiegandosi all'uopo blocchetti e diaframmi isolanti disposti sotto il fondo e contro le pareti dei recipienti in modo che risulti sempre evitato il loro diretto contatto con le strutture metalliche della nave; quando la tensione di scarica è maggiore di 150 V devono essere munite di piano isolante fisso.

Particolare cura deve avervi per l'isolamento negli impianti unipolari.

Negli impianti unipolari la connessione a massa deve essere fatta alla struttura metallica dello scafo immediatamente all'esterno del locale.

L'illuminazione dei locali degli accumulatori deve essere fatta solo a mezzo di lampade del tipo a incandescenza protette da involucri a tenuta ermetica o antideflagranti. Le lampade devono essere almeno due, alimentate da circuiti separati. Sulle porte deve esservi un avviso che proibisca l'introduzione di lampade a fiamma libera.

Gli interruttori dei circuiti di illuminazione devono essere esterni ai locali; le prese a spina non sono ammesse, salvo che si tratti di attacchi speciali, nei quali sia resa impossibile la produzione di scintille all'esterno per qualsiasi manovra o manomissione.

I locali per la carica degli accumulatori non devono contenere né apparecchi, né macchine, salvo che si tratti di tipi protetti contro le esplosioni, come già detto precedentemente a pag. 49.

INCONVENIENTI PIÙ COMUNI SULLE BATTERIE STAZIONARIE

Corti circuiti

Il sintomo più evidente di corto circuito, è che la tensione di un elemento a fine carica non sale al valore prescritto.

Il corto circuito può essere causato da un pezzo di materia attiva o di piombo interposto fra le due piastre. Un separatore spostato o una piastra deformata possono altresì provocare il corto circuito.

Eliminata la causa che ha provocato il corto circuito, la ricarica della batteria deve essere fatta a lungo e con bassa intensità.

Solfatazione irreversibile

Quando la formazione di solfato di piombo assume caratteristiche tali da essere irreversibile, la densità dell'elettrolito non sale anche prolungando la carica.

Le piastre positive si presentano di color bruno chiaro invece del normale bruno-scuro.

Le piastre negative si presentano ricoperte di una patina biancastra e sono indurite.

Le cause possono essere:

troppo tempo trascorso senza ricarica;
scarica troppo prolungata o a intensità troppo elevata;
carica insufficiente ripetuta in elettrolito di densità bassa.

Come rimedio si può tentare di disciogliere il solfato formatosi mediante carica prolungata a bassa densità di corrente e di elettrolito.

Perdita delle capacità

Le piastre positive si spogliano della materia attiva la quale si deposita sulla superficie delle piastre con il normale funzionamento della batteria.

Le cause possono essere:

intensità di carica troppo elevata;
ricariche troppo abbondanti;
carica in tampone esuberante.

Occorre naturalmente eliminare le cause che hanno provocato l'inconveniente e sostituire le piastre positive.

Norme di conservazione per batterie stazionarie inopere

Se la batteria deve rimanere inoperosa per periodi di tempo non superiori a tre o quattro mesi, è sufficiente caricare una volta al mese con l'intensità di carica normale e per la durata di 3/4 ore. Questo si ottiene con opportune ricariche mensili.

Se le condizioni dell'impianto lo permettono e l'esercizio lo consiglia, si può effettuare una debole carica conservativa continua per compensare l'autoscarica.

Nel caso che la batteria debba restare inattiva per un anno o più, occorre consultare il fabbricante.

CAPITOLO V

ACCUMULATORI PER TRAZIONE

Generalità

Queste batterie di accumulatori forniscono energia per la propulsione di veicoli a motore elettrico su strada ordinaria oppure nell'interno degli stabilimenti, cantieri, magazzini, parchi ferroviari, ecc.

Queste batterie uniscono una notevole durata di funzionamento ad una buona resistenza nei riguardi delle sollecitazioni meccaniche.

Richiamiamo i tipi di elettrodi attualmente più in uso per tali batterie:

a) piastre a materia attiva sostenuta da adatti feltri in fibre di vetro (tale tipo è illustrato nella fig. 16a);

b) piastre positive nelle quali la materia attiva è contenuta in tubetti di materiale permeabile all'elettrolito, riuniti in telaio. I reofori sono spine in lega di piombo disposte sull'asse dei cilindretti di materia attiva (tale tipo è illustrato nella fig. 16b).

Più di una soluzione costruttiva è attualmente sottoposta al vaglio dell'esperienza d'esercizio.

La realizzazione di elementi di accumulatori dalla elevata energia specifica, unitamente a rettificatori di rendimento prossimo all'unità ed ai citati metodi di carica, ha riproposto la convenienza della trazione elettrica ad accumulatori anche per il trasporto su strada.

TABELLA X

Regime della scarica (ore)	10	5	3	1	1/2
Tensione media di scarica (volt)	1,88	1,86	1,84	1,78	1,70
Tensione finale di scarica (volt)	1,75	1,70	1,68	1,65	1,60
Percentuale della capacità	112	100	89	67	53

In relazione al regime di scarica, variano la tensione media e finale di scarica e la percentuale della capacità, come è indicato nella tabella X.

È importante per ogni tipo costruttivo conoscere i valori di energia specifica riferita al peso od al volume. Tali valori, unitamente alla durata di vita, espressa convenzionalmente in cicli di carica e scarica, sono riportati nella tabella XI.

TABELLA XI

T i p o	Vita approssimativa in cicli	Wh/kg	Wh/dm ³
Piastra piana	400	25 ÷ 40	70 ÷ 90
Piastra protette con			
Lana vetro	1 000	22 ÷ 35	65 ÷ 85
Tubolare	1 200	25 ÷ 40	55 ÷ 90

CONSIDERAZIONI SUL CALCOLO DELLE BATTERIE PER TRAZIONE

Per avere una sia pur sommaria idea di calcolo di una batteria per trazione consideriamo il caso di un veicolo medio per trazione elettrica su strada.

Veicolo medio per trazione elettrica su strada

Poichè l'uso di tali veicoli è quasi totalmente destinato al servizio su strade di città, si può prendere come cifra orientativa per il consumo di energia:

1.50 watt-ora/tonnellata-chilometro.

Ecco come si imposta il calcolo:

sia M la massa del veicolo;

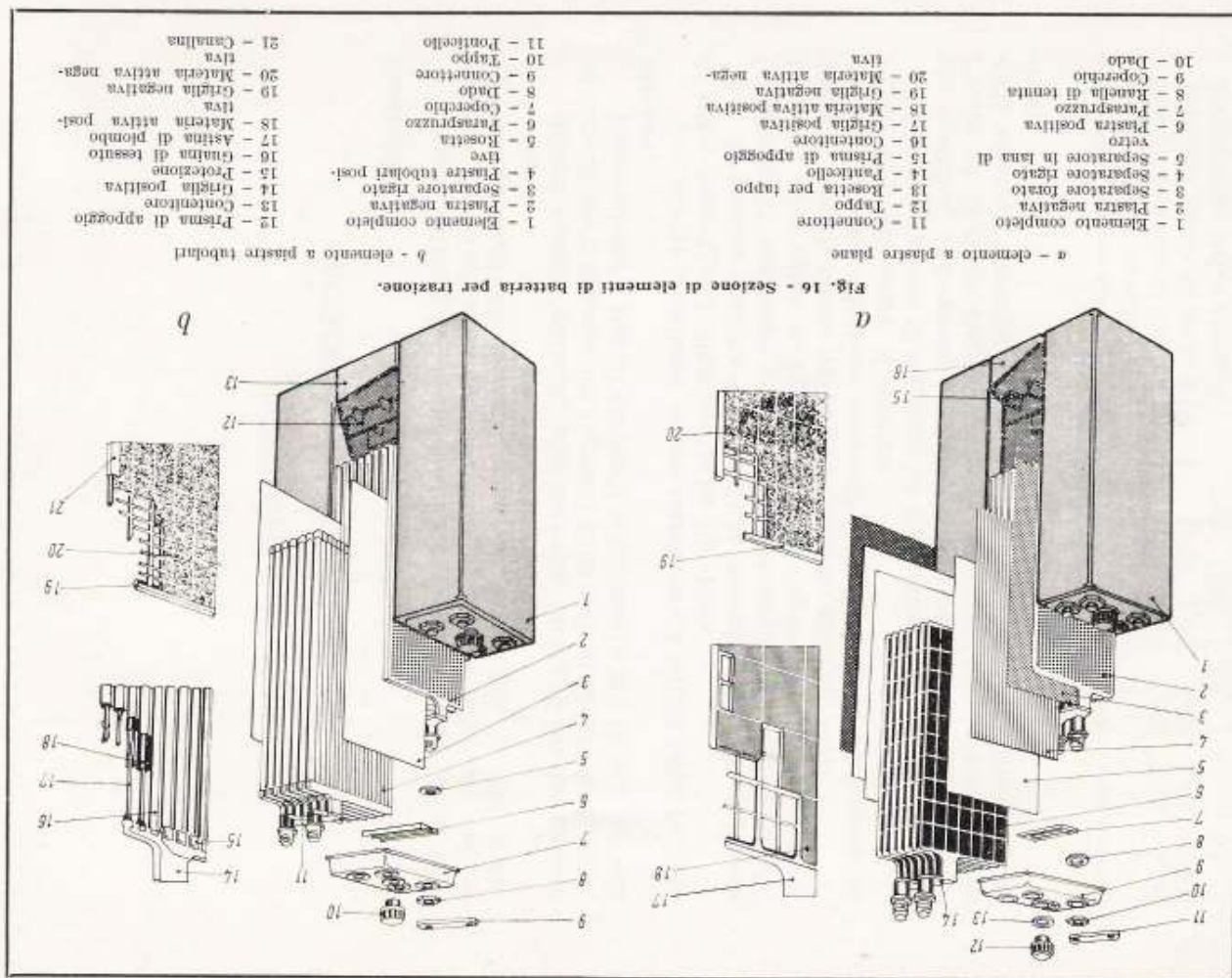
m la massa della batteria;

e l'energia specifica di massa della batteria (watt-ora/kg);

L il percorso in chilometri.

Si avrà allora la seguente equazione, da cui introdotti i dati, si può ricavare l'incognita che interessa:

$$65 (M + m) L = 1\,000 \cdot m \cdot e$$



NORME DI ESERCIZIO E DI INSTALLAZIONE DELLE BATTERIE PER TRAZIONE

Concentrazione dell'elettrolito

La concentrazione da usare è quella corrispondente al peso specifico di 1,27 (a 15 °C). La batteria non deve essere scaricata al disotto dell'80 % (la densità deve essere ancora di 1 100 ÷ 1 120).

Sistemazione degli accumulatori

Nell'installazione occorre assicurarsi che gli accumulatori siano solidamente fissati. Gli elementi costituenti le batterie, ripartiti in appositi cassoni devono essere incuneati in essi ed i cassoni devono essere opportunamente ancorati negli appositi cofani dei veicoli. Le dimensioni dei cofani devono essere previste in modo che al di sopra degli elementi vi sia sufficiente spazio perché eventuali spruzzi dell'elettrolito ricadano senza bagnare le lamiere di copertura dei cofani.

Accessibilità degli accumulatori

L'ubicazione degli accumulatori sui veicoli deve essere tale che ne risulti facile la sorveglianza: i cofani devono potersi aprire in modo da scoprire gli elementi durante la carica della batteria.

Il coperchio del vano batteria deve essere posto almeno a 50 mm al di sopra dei collegamenti della batteria ed esser protetto con opportuni rivestimenti antiacidi.

Molleggio dei veicoli

I veicoli devono essere molleggiati in modo da evitare scosse e vibrazioni che abbreviano la vita degli accumulatori.

Isolamento

Allo scopo di mantenere in misura sufficiente l'isolamento delle batterie è consigliabile:

- per automotrici e per locomotori non usare batterie con tensioni superiori a 500 V;
- per veicoli stradali: non usare batterie con tensioni superiori a 120 V;
- per carrelli e trattori: non usare tensioni superiori a 80 V.

Esempio. — Calcolare il percorso massimo, senza ricarica, di un veicolo elettrico destinato al trasporto su strade di città e del peso di 0,5 tonn. (esclusa la batteria).

Come dato orientativo il peso della batteria si aggira intorno allo 0,5 del peso della vettura — per piccoli veicoli.

L'energia specifica della batteria sia di 25 watt-ora/kg:

$$65 (0,5 + 0,5 \cdot 0,5) \cdot L = 1\,000 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 25$$

Da cui si ricava $L = 128$ km circa.

Supposta la scarica in 2 ore, avremo una velocità media di 64 chilometri all'ora.

Attualmente si può contare sui seguenti valori massimi di energia specifica per accumulatori al piombo idonei al servizio per trazione (per una scarica della durata di 5 ore).

Energia di massa 30 Wh/kg

Energia di volume 80 Wh/dm³

Semplici considerazioni meccaniche rendono possibile la valutazione dell'energia occorrente per la trazione.

Per vincere le resistenze di attrito di rotolamento, occorre per ogni tonnellata di veicolo un lavoro Lr .

$$Lr = \frac{9,81 \cdot l}{3\,600} f \text{ (kilowattora)}.$$

Dove l è il percorso in chilometri ed f un coefficiente che dipende dalla superficie stradale e dalla superficie delle ruote e che può assumere valori compresi tra 10 e 60 kg/tonn.

Per superare i dislivelli occorre inoltre per ogni tonnellata di veicolo, un lavoro Ld :

$$Ld = \frac{9,81 \cdot l}{3\,600 \cdot 1\,000} p \text{ (kilowattora)}.$$

Dove p esprime la pendenza per mille.

Inoltre ad ogni avviamento il raggiungimento, da fermo, della velocità v (in metri al secondo) comporta il lavoro La :

$$La = \frac{9,81 \cdot v^2}{2 \cdot 3\,600} \text{ (kilowattora)}.$$

Si deve inoltre evitare che risultino a contatto elementi fra cui vi sia differenza di tensione superiore a 25 V (in carica).

È anche necessario:

- a) eseguire il rabboccamento degli accumulatori con grande cura in modo da non avere spandimenti di liquido;
- b) lavare frequentemente le pareti dei cassoni e gli isolatori con debole soluzione di soda e lasciarli asciugare perfettamente.

Valgono per l'isolamento le prescrizioni contenute nelle norme CEI per l'esecuzione e l'esercizio degli impianti elettrici. E cioè l'isolamento deve essere almeno di 1 000 E ohm, dove E rappresenta la tensione convenzionale della batteria.

Eliminazione dei gas

I gas che si svolgono dagli accumulatori specie durante la carica, devono avere libero sfogo, perchè siano evitati pericoli di esplosioni. L'accesso di vapori acidi nell'interno delle carrozzerie dei veicoli deve essere rigorosamente impedito.

Durata

Le batterie per trazione, riguardo la durata si distinguono in diverse classi.

lunga durata: circa 1000 cicli di carica e scarica ($3 \div 4$ anni)
altri tipi: da 300 a 500 cicli di carica e scarica ($1 \div 2$ anni).

Tali cicli di carica e scarica sono convenzionali. Se viene fissata una garanzia di durata di tempo in esercizio efficiente, si intende che le scariche non siano protratte oltre l'80 % di prelievo della capacità nominale.

Carica di batterie per trazione

La durata delle batterie per trazione è strettamente legata alle operazioni di ricarica. Questa non deve tardare ad essere effettuata — la batteria non deve essere scaricata oltre l'80 % della sua capacità. Si devono sempre evitare temperature superiori a 60 °C (negli elementi interni che meno dissipano il calore). La vera ebollizione (sviluppo di gas) deve essere raggiunta ma non protratta. Le intensità di ricarica sono indicate a pagina 79.

CAPITOLO VI

ACCUMULATORI TRASPORTABILI PER APPARATI ELETTRICI ED ELETTRONICI

Generalità

Questi tipi di accumulatori, classificabili genericamente con la dizione di « accumulatori trasportabili » sono caratterizzati da ridotte dimensioni di ingombro. Inoltre, per gli impieghi ai quali sono destinati, devono resistere ad urti e vibrazioni; quindi la loro costruzione deve essere particolarmente curata dal punto di vista della compattezza e robustezza. Altro requisito fondamentale è l'ermeticità al fine di impedire la fuoriuscita di elettrolito in quanto questo potrebbe corrodere i vari componenti dell'apparecchiatura nel quale l'accumulatore è incorporato (apparecchi radiorecipienti, registratori, ecc.).

Adottando particolari accorgimenti costruttivi è possibile per taluni tipi di modesta capacità (fino a qualche ampere) giungere alla totale ermeticità, ciò che elimina ogni operazione di manutenzione per rabbocco di elettrolito.

Applicazioni tipiche di questi accumulatori sono quelle relative all'alimentazione di apparati elettronici portatili, ma si sta diffondendo l'uso anche per piccoli elettrodomestici « senza cordone » (come per esempio spazzole, rasoi, ventilatori, ecc.).

ACCUMULATORI ERMETICI AL PIOMBO

La possibilità di realizzare accumulatori al piombo completamente ermetici è stata oggetto di numerosi tentativi che risalgono a molti anni or sono.

Soltanto recentemente si sono presentati sul mercato (provenienti dalla Germania e dagli Stati Uniti) batterie di accumulatori al piombo

completamente stagni, che non abbisognano cioè di manutenzione alcuna, adatte per essere installate entro apparati elettronici e dimenticate fino al momento della loro sostituzione per fine vita.

Questi risultati sono ottenuti, sotto la spinta di analoghe realizzazioni con accumulatori al cadmio-nichel con elettrodi sinterizzati, per ottenere batterie stagne ad un costo inferiore (caratteristica peculiare dell'accumulatore al piombo) con energia specifica riferita al peso, più elevata. Le capacità massime ottenibili sono di 30 Ah circa, esuberanti le normali necessità di alimentazione di apparati elettronici per i quali bastano alcuni amperora.

I mezzi coi quali è stata raggiunta l'ermeticità sono principalmente:

a) Conoscenza approfondita del funzionamento degli elettrodi dell'accumulatore al piombo, specie per quanto riguarda le sovratensioni dell'ossigeno sul biossido di piombo (elettrodi positivi) e dell'idrogeno sul piombo spugnoso (elettrodi negativi).

Non deve essere raggiunta la condizione di sviluppo gassoso (elettrolisi dell'acqua) e le perdite di acqua per evaporazione devono essere evitate per mezzo di una chiusura ermetica, con valvole di sicurezza efficienti e poco costose, a protezione contro casi di errata ricarica.

b) Messa a punto di leghe per griglie, esenti da antimonio, che, come è noto, contamina le materie attive provocando l'autoscarica della batteria a circuito aperto.

c) Facilità di ottenere semplici e poco costosi apparati di carica ad intensità e tensione limitate con buona precisione di valori.

Tali tipi comportano serie di due o tre elementi (4 V e 6 V nominali) con capacità da 1 ad 8 amperora in una ventina di tipi diversi. I valori di energia specifica vanno da 24 a 32 Wh/kg e da 50 a 60 Wh/dm³. Tali accumulatori possono subire cicli di carica e scarica (fino a 1,8 V/elemento in serie) in numero di 150 circa.

A pari capacità, il costo è circa metà di quello relativo a batterie ermetiche al cadmio nichel.

L'esercizio di tali accumulatori richiede cariche a limitazione di tensione. Quando cioè la tensione di un elemento di accumulatore in carica raggiunge 2,4 V, la intensità deve essere ridotta a valori inferiori ad 1/7 dei massimi consentiti. La tensione massima di carica è di 2,5 V per elemento in serie. Questo scopo viene raggiunto con particolari dispositivi utilizzando un diodo Zener ed un transistor.

Sono reperibili sul mercato batterie fino a 10 Ah da 6 V e da 12 V idonee a cicli di carica e scarica (circa 200). I valori di energia specifica vanno da 18 a 22 Wh/kg e da 50 a 60 Wh/dm³.

Per servizio in tampone in apparati fissi connessi alla rete, sono disponibili altri tipi di accumulatori al piombo completamente ermetici fino a 30 Ah (energia specifica 16 Wh/kg e 37 Wh/dm³).

Tutte queste realizzazioni comportano un'autoscarica limitatissima nel tempo. Ad esempio la capacità di una batteria immagazzinata a circuito aperto a 20 °C si riduce all'80 % dopo 3 mesi ed al 30 % dopo un'anno.

ACCUMULATORI AL CADMIO-NICHEL ERMETICI

Lo studio degli accumulatori al Cd-Ni, ha reso possibile la costruzione di elementi completamente stagni, che non richiedono manutenzione. Il fondamento di questa tecnica consiste nell'evitare lo sviluppo dei gas di elettrolisi dell'acqua. Un adatto proporzionamento delle masse attive evita lo sviluppo di idrogeno; l'ossigeno, che si evolve all'elettrodo positivo, viene ricombinato, ossidando il cadmio, all'elettrodo negativo. Per creare tale equilibrio occorre, oltre ad una sostituzione degli elettrodi tale da consentire la diffusione dell'ossigeno, un adeguato eccesso di materia attiva negativa.

Sono disponibili elementi fino ad un centinaio di amperora, ma l'impiego più diffuso è di elementi di capacità inferiore a 5 amperora per l'alimentazione di apparati elettronici e lampade portatili.

Gli accumulatori stagni al cadmio-nichel esigono particolari precauzioni di esercizio: né la carica, né la scarica, devono superare limiti ben determinati per ogni tipo costruttivo.

La suddivisione, in base alla loro forma esterna, può essere così esposta: elementi a bottone; elementi cilindrici; elementi rettangolari. Riportiamo qui di seguito le principali applicazioni alle quali si prestano:

Elementi a bottone:

Protesi auditive	Lampeggiatori (Flash)
Lampade tascabili	Registratori magnetici
Rasoi elettrici	Orologi elettrici
Strumenti di misura	Piccoli motori elettrici

Elementi cilindrici:

Radio portatili
Lampeggiatori (Flash)
Strumenti di misura

Apparati elettrici ed elettronici
Piccoli motori elettrici

Elementi rettangolari:

Radio e televisori portatili
Magnetofoni
Ricevatrici

Luci d'emergenza
Emergenza per relè interruttori
Piccoli motori elettrici

Elementi a bottone

Consistono (vedasi fig. 17) in un guscio di lamierino nichelato al quale è collegato il polo positivo. Gli elettrodi sono costituiti da masse attive di ossidi ed idrossidi di cadmio e di nichel compressi e trattenuti da reticelle di filo di nichel.

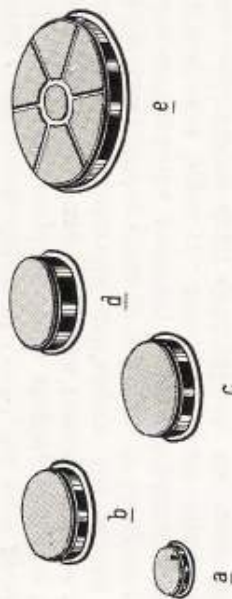


Fig. 17 - Elementi a "bottone", in esecuzione ermetica.

Un separatore microporoso consente il passaggio della corrente ionica impedendo il contatto elettrico tra gli elettrodi.

Un coperchio, pure in lamierino, isolato da una guarnizione a tenuta di gas, è collegato al polo negativo.

Un elenco di tipi disponibili è riportato nella tabella XII.

Particolarità elettriche.

Per carichi di breve durata la resistenza elettrica al passaggio della corrente continua, si può valutare nel seguente modo:

$$R_1 = \frac{0,1}{C_{10}} \text{ (ohm)}.$$

Ad esempio un elemento da 0,45 amperora avrà una resistenza interna all'incirca di $0,1/0,45 = 0,22 \text{ ohm}$.

TABELLA XII

Capacità in 10 ore ...	mAh	20	50	100	150	225	450	1000	2000	3000
Corrente di scarica in 10 ore	mA	2	5	10	15	22	45	100	200	300
Tens. media di scarica in 10 ore	V	1,22								
Tens. finale di scarica in 10 ore	V	1,10								
Intensità di carica in 14 ore	mA	2	5	10	15	22	45	100	200	300
Tensione di carica ...	V	da 1,35 a 1,50								
Peso	g	1,1	3,5	9	11	12,5	33	57	95	135
Dimensioni in mm ...	∅	11,4	15,5	25		43		50,3		
	h	5,1	5,85	6,1	6,6	8,6	7,6	10	18	25

Un carico di 1 ampere applicato per qualche secondo (circa 22 volte la corrente di scarica al regime di 10 ore) provocherà una caduta di tensione di circa 0,22 volt.

Considerando la tensione a circuito aperto eguale a 1,35 volt, per questo tipo di elemento, il carico indicato produrrà una tensione ai morsetti di 1,13 volt circa.

Le impedenze sono inferiori alle resistenze in corrente continua. Ad esempio l'elemento prima indicato presenta una impedenza di circa 0,065 ohm a 50 Hz, che si riduce a 0,040 ohm a 10 000 Hz. Tali valori di impedenza crescono fino a 4 volte per elementi scaricati.

La perdita di carica a circuito aperto è valutabile a circa il 25 % nel primo mese di giacenza (a 20 °C); al terzo mese la scarica ha raggiunto il 30 % ed il 40 % al sesto mese.

La capacità alla scarica in 10 ore, indicata al 100 % a 20 °C, si riduce al 60 % a - 20 °C.

Elementi cilindrici

Consistono (vedasi fig. 21) in un cilindro di acciaio nichelato collegato al polo negativo che racchiude gli elettrodi; il negativo è costituito da segmenti di massa attiva trattenuti da rete di nichel. L'elettrodo positivo centrale, di forma cilindrica, è costituito da una massa attiva pure trattenuta da una rete di nichel.

I due elettrodi sono separati da un diaframma microporoso.

Anche in questo caso l'elettrolito è trattenuto nei pori delle materie attive.

La tenuta di gas è assicurata da rondelle di materia plastica sul fondo e sul coperchio.

I tipi disponibili sono riportati nella tabella XIII.

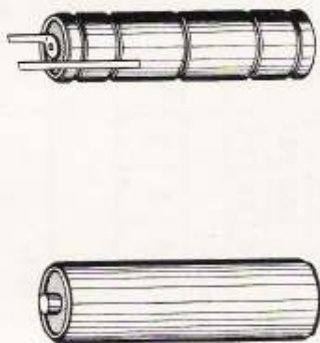


Fig. 18 - Elementi cilindrici con corpo in acciaio nichelato.

Particolarità elettriche.

Per carichi di breve durata, la resistenza elettrica al passaggio della corrente continua, si può valutare nel seguente modo:

$$R_1 = \frac{0,15}{C_{10}} \text{ (ohm)}.$$

Ad esempio un elemento da 0,45 ampere avrà una resistenza interna all'incirca di 0,33 ohm.

Un carico di 1 ampere applicato per qualche secondo (circa 22 volte la corrente di scarica al regime di 10 ore) provocherà una caduta di tensione di circa 0,33 V.

Considerando la tensione a circuito aperto eguale a 1,35 volt, per questo tipo di elemento il carico indicato produrrà una tensione ai morsetti di 1 volt circa.

Le impedenze sono inferiori alle resistenze in corrente continua. Ad esempio l'elemento prima indicato presenta impedenze da 70 milliohm a 50 Hz che si riducono a 46 milliohm a 10 000 Hz.

Per celle scariche la impedenza sale a circa 4 volte i valori indicati.

La capacità alla scarica di 10 ore, indicata al 100 % a 20 °C, si riduce al 50 % a - 20 °C.

La perdita di carica a circuito aperto risulta dello stesso ordine di grandezza di quella indicata per gli elementi a bottone.

TABELLA XIII

Capacità in 10 ore	mAh	450	900	450	2000
Corrente di scarica in 10 ore.	mA	45	90	45	
Tensione media di scar. in 10 ore	V		1,20		1,22
Tensione finale di scar. in 10 ore	V			1,10	
Intensità di carica in 14 ore.	mA	45	90	45	200
Tensione di carica	V		da 1,35 a 1,50		
Peso	g	23	40	23	150
Dimensioni in mm	Ø		13,5		34
	h	50	90	50	62

Elementi rettangolari

Sono di costruzione assai simile (vedasi fig. 19) a quella dei normali accumulatori al cadmio-nichel.



Fig. 19 - Elementi rettangolari, con contenitore in acciaio nichelato.

Un contenitore di lamierino nichelato racchiude un gruppo di piastre (di polarità opposta alternata) nelle quali le materie attive sono trattenute da un lamierino assai sottile nichelato e finemente perforato.

Le piastre sono distanziate da appositi separatori.

Gli elementi di capacità superiore ai 4,5 ampere sono provvisti di due terminali, mentre gli elementi di capacità inferiore sono muniti di un solo terminale, l'altro polo è collegato al contenitore metallico.

Le caratteristiche dei tipi disponibili sono riportati nella tabella XIV.

TABELLA XIV

Capacità in 10 ore ...	Ah	2	3,5	4,5	6	7,5	11	15	19	23
Corrente di scarica in 10 ore	A	0,20	0,35	0,45	0,60	0,75	1,10	1,50	1,90	2,30
Tens. media di scarica in 10 ore	V	1,22								
Tens. finale di scarica in 10 ore	V	1,10								
Intensità di carica in 14 ore	A	0,20	0,35	0,45	0,60	0,75	1,10	1,50	1,90	2,30
Tensione di carica ...	V	da 1,35 a 1,50								
Peso	g	170	260	350	430	500	790	990	1190	1390
Dimensioni in mm ...		34,5		43,5		27	35	43	51	
				50,5						
		61	86	80	94	108	125			

Particolarità elettriche.

Per carichi di breve durata la resistenza elettrica al passaggio della corrente continua, si può valutare nel seguente modo:

$$R_1 = \frac{0,2}{C_{10}} \text{ (ohm)}.$$

Ad esempio un elemento da 2 Ah, avrà una resistenza interna di 0,1 ohm circa.

Un carico di 4 ampere applicato per qualche secondo (circa 20 volte la corrente di scarica al regime di 10 ore) provocherà una caduta di tensione di 0,4 volt circa.

Le impedenze in corrente alternata di questi elementi sono di alcune decine di ohm per celle cariche, e crescono fino a 4 volte per celle scariche.

La capacità alla scarica di 10 ore (100% a 20 °C) si riduce al 65% a - 20 °C.

La perdita di carica a circuito aperto risulta dello stesso ordine di grandezza di quella indicata per gli elementi a bottone.

Norme di esercizio degli accumulatori al cadmio-nichel ermetici

Tensione limite di scarica.

Per la buona durata di questi elementi è opportuno che la tensione per ogni elemento non scenda al di sotto di 1 volt.

Si prende questa precauzione per impedire che, data la rapidità di caduta della tensione, accada che un elemento si inverta.

Sono altresì raccomandate le seguenti intensità massime per la scarica:

- scariche continue $10 \cdot I_{10} \text{ (max)}$ (cioè 10 volte l'intensità alla scarica di 10 ore);
- scariche di alcuni secondi: $20 \cdot I_{10} \text{ (max)}$.

Ricarica.

All'inizio della carica di un elemento completamente scaricato, l'intensità massima ammissibile può essere $5 I_{10}$ (cioè 5 volte l'intensità di scarica in 10 ore). Alla fine della carica l'intensità non deve essere superiore a I_{10} .

Il fattore di ricarica è 1,4, cioè occorre ricaricare una quantità di elettricità 1,4 volte maggiore di quella scaricata. Se la ricarica avviene all'intensità I_{10} la ricarica durerà quindi 14 ore.

Sono tollerati prolungamenti occasionali della carica oltre al limite indicato per alcune decine di ore ad intensità inferiori ad I_{10} .

La tensione di carica non presenta un massimo ben determinato e pertanto non può essere presa come inizio del completamento della carica.

La tensione di carica deve essere regolata in modo che le scariche, anche se intermittenti, vengano compensate secondo il predetto coefficiente 1,4.

Per compensare le perdite di autoscarica è sufficiente una carica ad intensità pari ad $1/300$ di I_{10} .

METODI DI CARICA

Ci sono vari metodi di carica, distinti per le modalità di passaggio di corrente e per lo schema di inserzione delle batterie.

Riguardo lo schema di inserzione dobbiamo distinguere due sistemi di carica di diverse batterie:

a) in serie;

b) in parallelo.

Riguardo le modalità di somministrazione della corrente di carica, possiamo distinguere, principalmente:

a) carica a corrente decrescente;

b) carica a tensione costante;

c) precauzioni generali per la vita della batteria: non superare i 55 °C ed evitare lo sviluppo eccessivo e prolungato di gas.

Carica in serie

Per questo tipo di carica le batterie sono poste in serie. Naturalmente occorre che le batterie poste in serie siano di capacità pressoché eguali.

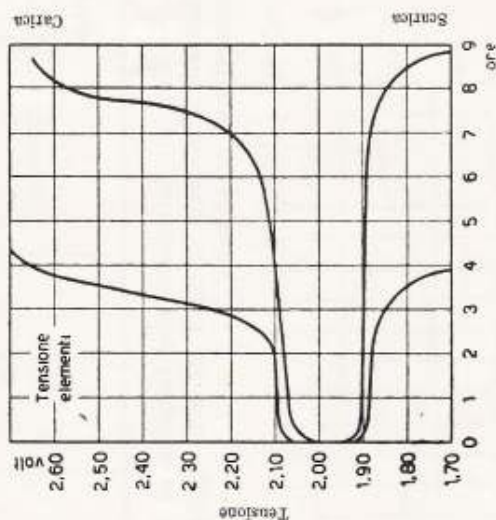


Fig. 20 - Confronto tra le cariche e scariche a regimi differenti di un accumulatore al piombo.

Bisogna tener presente che le tensioni indicate negli schemi sono le tensioni nominali ottenute considerando convenzionalmente 2 volt per elemento di accumulatore al piombo e 1,2 V per elemento di accumulatore al nichel. Ma l'effettiva tensione che dovrà avere il cari-

CAPITOLO VII

LA CARICA DELLE BATTERIE

Generalità

Oltre alle norme generali date nelle pagine precedenti osserviamo, in particolare, i metodi, gli schemi e gli apparati di carica.

L'intensità di carica per ogni batteria è generalmente indicata dal costruttore. Deve essere tale da non provocare aumento di temperatura sopra i 55 °C o troppo vivo sviluppo di gas.

Per stabilire quando una batteria debba ritenersi carica, si devono rilevare gli elementi indicati nella tabella XV.

TABELLA XV

Elementi di giudizio	Osservazioni
Tempo di carica	Il numero di ampereora passati deve essere adeguato (ampereora scaricati/rendimento di carica $0,8 \div 0,9$ circa per accumulatori al piombo; $0,7$ circa per accumulatori al nichel).
Densità dell'elettrolito (negli accumulatori al piombo)	La densità deve essere salita al valore prescritto e rimanervi costante per due letture successive distanziate di un'ora.
Tensione di ciascun elemento	La tensione deve essere salita al valore prescritto e rimanervi costante per due o tre letture successive distanziate di un'ora.

Occorre controllare gli elementi, la cui tensione non sale, per accertarne le cause ed ovviarle.

Controllare sempre la temperatura dell'elettrolito per evitare che salga oltre il limite prescritto. Questa temperatura va sempre misurata negli elementi centrali, che meno disperdono il calore.

catore (tensione indicata dal voltmetro all'uscita) sarà maggiore; infatti a fine carica si avranno $2,7 \div 2,8$ V per elemento di accumulatore al piombo e $1,7 \div 1,8$ V per elemento di accumulatore al nichel. Gli accumulatori all'argento non devono superare 2 V in carica. Nella figura 20 è indicato come variano le tensioni di carica di un accumulatore al piombo, al variare del regime di carica (carica in 10 ore, oppure carica in 5 ore). Nella figura 21 sono indicate le curve comparative di carica e scarica di accumulatori al piombo ed al nichel e nella tabella XVI sono comparati i valori di tensione di sviluppo gas e la tensione finale di carica per i vari tipi di accumulatori.

TABELLA XVI

Tipo di accumulatore	Tensione di sviluppo gas (25 °C)	Tensione finale di carica (25 °C)
al piombo	volt	volt
al nichel-cadmio	2,4	2,8
al nichel-ferro	1,4	1,7
al nichel-cadmio (tipo ermetico) ..	1,3	1,8
all'argento-zinco	—	1,5
all'argento-cadmio	—	2,1
	—	1,7

Esempio. — Con un caricatore che fornisca al massimo 90 V si potranno caricare 5 batterie da 12 V in serie oppure 10 batterie da 6 V di accumulatori al piombo.

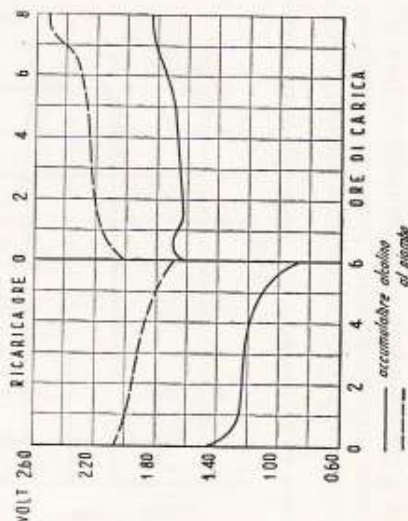


Fig. 21 - Curve di confronto tra accumulatori alcalino ed al piombo.

Carica in parallelo

Occorre che le batterie abbiano egual numero di elementi.

La carica in parallelo non è consigliabile, se non si dispone di linee separate di regolazione e misura di corrente.

Altrimenti non si sa mai come si ripartisce la corrente, se gli elementi delle batterie non sono tutti alla stessa tensione.

Carica a corrente decrescente

La caratteristica V/I del generatore è predisposta in modo da provocare una carica a corrente decrescente col tempo.

Si stabilisce una determinata intensità iniziale di corrente e quindi, col procedere della carica, si regola la tensione del generatore di carica in modo tale da far decrescere il valore della corrente non appena raggiunta la tensione di sviluppo gassoso.

Carica a tensione costante

La carica a tensione costante richiede un generatore la cui tensione non vari al crescere del carico (entro il 3 % circa).

Tale sistema, diffuso col progredire della tecnica dei regolatori di tensione, consente una autoregolazione in funzione dello stato di carica della batteria.

Col progredire dello stato di carica, la forza elettromotrice E dell'accumulatore sale e diminuisce la intensità di carica I :

$$I = \frac{V - E}{R}$$

(Dove R è la resistenza totale del circuito, batteria compresa).

Tale sistema consente di somministrare rapidamente la quantità di corrente per la ricarica e di ottenere basse intensità verso la fine della carica, ma richiede forti potenze installate.

Carica rapida

Si va diffondendo nelle stazioni di servizio per autoveicoli il sistema di carica rapida (carica a tensione costante modificata).

Con robusti caricatori si erogano forti intensità di corrente che consentono la carica fino all'80 % della capacità in 60 minuti e fino al 40 % della capacità in 20 minuti.

Questo si può fare senza danno per la batteria se:

- 1) la batteria è solo scarica ma perfettamente efficiente;
- 2) l'intensità di corrente non è tale da provocare eccessivo riscaldamento;
- 3) l'intensità viene progressivamente diminuita quando l'elettrolito bolle.

Nei caricatori rapidi razionalmente costruiti, esiste la possibilità di un controllo preliminare della tensione di ogni elemento: la cosiddetta « analisi della batteria ».

In alcuni tipi c'è anche un controllo termostatico della temperatura con un elemento sensibile immerso nell'elettrolito, che interrompe la carica se la temperatura sorpassa un limite prefissato.

In ogni caso la carica rapida va fatta solo in casi eccezionali, perchè compromette la buona durata della batteria.

Carica sugli autoveicoli

Poichè il numero di giri del motore a scoppio è assai variabile, occorre che la dinamo di carica sia dotata di un dispositivo regolatore di tensione per evitare la sovraccarica delle batterie e l'eccessiva oscillazione della tensione agli apparecchi utilizzatori.

Si usa ora per tutti i generatori installati su autoveicoli il « regolatore di tensione ». Mediante un sistema di relè si regola l'eccitazione in modo da tener costante la tensione. Oltre una certa intensità interviene un relè di massima corrente che impedisce la sovraccarica ad alta intensità (nelle dinamo).

Il regolatore di tensione è realizzato con diversi sistemi di relè che danno curve di regolazione diverse.

Diffuso sui veicoli moderni è il tipo a caratteristica costante che effettua la regolazione di tensione in modo indipendente dal carico fino al punto nel quale interviene il relè di massima corrente (curva 1, fig. 22).

Sono ora in fase di progressiva applicazione su veicoli industriali e su autovetture di grossa cilindrata, generatori a corrente alternata con raddrizzatori al silicio incorporato nella carcassa. La caratteristica tensione/corrente è autolimitatrice del carico.

Apparecchi per la carica

Per la carica delle batterie occorre disporre di corrente continua alla tensione ed intensità richieste. Nel caso più comune di allaccia-

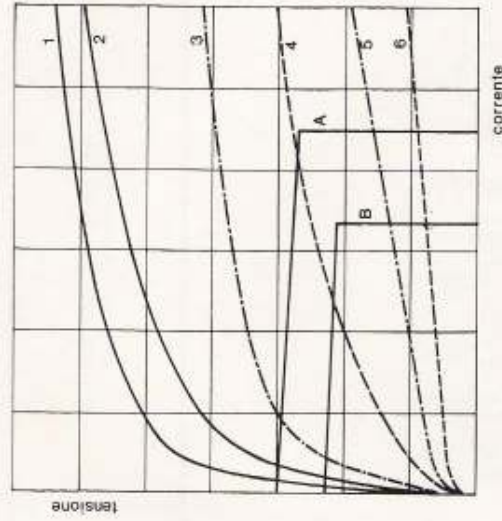


Fig. 22 - Caratteristiche V/I di carica del generatore e della batteria:

- 1 - batteria a piena carica, a freddo
- 2 - batteria a mezza carica, a freddo
- 3 - batteria a piena carica a temp. normale
- 4 - batteria a mezza carica a temp. normale
- 5 - batteria a piena carica a caldo
- 6 - batteria a mezza carica a caldo
- A - regolatore a freddo
- B - regolatore a caldo

menti alla rete di distribuzione a corrente alternata si ricorre a raddrizzatori statici o a gruppi convertitori (motore-dinamo).

Nelle installazioni autonome si usa un motore primo (generalmente termico) accoppiato ad una dinamo.

La tendenza moderna è quella di sfruttare sempre più i raddrizzatori statici, perchè la tecnica di questi è assai progredita e consente di avere elevati rendimenti con un costo di impianto minore di quello del gruppo motore dinamo, che essendo dotato di organi in movimento richiede sorveglianza e manutenzione.

Nelle tavole 5 - 6 - 7 sono indicati schemi di ricarica e particolarità di impiego dei principali apparati di carica.

Carica di batterie per trazione e stazionarie (vedi pag. 64)

Gli accumulatori al piombo per trazione sono di solito caricati ad intensità iniziali intorno a $0,15 \div 0,20 C_5$ ampere (cioè una batteria da 100 Ah in 5 ore riceverà 15 - 20 ampere) e finali di $0,05 - 0,07 C_5$ ampere.

Per la carica delle batterie stazionarie vedere pag. 46.

INDICE DEGLI ARGOMENTI

CAPITOLO I — Gli accumulatori elettrici	pag. 3
Generalità	3
Problemi comuni ai generatori elettrochimici reversibili	4
CAPITOLO II — Tipi di accumulatori	6
Generalità	6
Accumulatori al piombo	6
Accumulatori al nichel	9
Accumulatori al cadmio-nichel a piastre sinterizzate	10
Accumulatori allo zinco-argento	11
Accumulatori al cadmio-argento	12
<i>Terminologia</i>	12
Batteria di accumulatori	12
Piastre	13
Gruppi	14
Ponticelli	14
Aletta o bandiera	14
Separatori	14
Recipienti	14
<i>Elettroliti per gli accumulatori</i>	15
Elettrolito per gli accumulatori al piombo	15
Temperatura dell'elettrolito	17
Preparazione dell'acido diluito	17
Misura della densità dell'elettrolito per accumulatori al piombo ..	18
Elettrolito per accumulatori alcalini	19
<i>Scarica di un accumulatore</i>	20
Autoscarica	20
Tensione finale della scarica	20
Tensione convenzionale o nominale di un elemento o di una batteria	20
Capacità	21
Durata	22
Rendimento	23
CAPITOLO III — Accumulatori per avviamento di autoveicoli .	24
Generalità	24
Attitudine all'avviamento	26
Concentrazione dell'elettrolito	26

Condotta della carica	pag. 27	Norme di esercizio e di installazione delle batterie per trazione	pag. 63
Conservazione ed attivazione delle batterie per avviamento	27	Concentrazione dell'elettrolito	63
Norme di esercizio e di installazione delle batterie per avviamento	29	Sistemazione degli accumulatori	63
Istruzioni per l'attivazione	29	Accessibilità degli accumulatori	63
Collegamenti, contatti, morsetti	29	Molleggio dei veicoli	63
Pulizia e isolamento	30	Isolamento	63
Accumulatori non in servizio regolare	30	Eliminazione dei gas	64
Prove di capacità delle batterie per avviamento	30	Durata	64
Peso specifico dell'elettrolito	30	Carica di batterie per trazione	64
Controllo della capacità alla scarica lenta	31		
Controllo delle capacità alla scarica rapida continuativa (attitudine all'avviamento)	31	CAPITOLO VI — Accumulatori trasportabili per apparati elettrici ed elettronici	65
Attitudine all'avviamento	31	Generalità	65
Fattori che riducono la vita delle batterie d'avviamento	33	Accumulatori ermetici al piombo	65
Batterie per motocicli	34	Accumulatori al cadmio-nichel ermetici	67
Misure elettriche sulle batterie d'avviamento	35	Elementi a bottone	68
		Elementi cilindrici	69
		Elementi rettangolari	71
		Norme di esercizio degli accumulatori al cadmio-nichel ermetici	73
CAPITOLO IV — Accumulatori stazionari	43		
Generalità	43	CAPITOLO VII — La carica delle batterie	74
Costituzione delle batterie stazionarie	44	Generalità	74
Piastre positive	44	Metodi di carica	75
Piastre negative	45	Carica in serie	75
Recipienti	46	Carica in parallelo	77
Collegamento	46	Carica a corrente decrescente	77
Prescrizioni generali di utilizzazione	47	Carica a tensione costante	77
Calcolo di massima di una installazione	47	Carica rapida	77
Norme di esercizio e installazione delle batterie stazionarie	48	Carica sugli autoveicoli	78
Prescrizioni generali	48	Apparecchi per la carica	78
Locali batterie	49	Carica di batterie per trazione e stazionarie	79
Illuminazione dei locali	51		
Avvertimenti al personale	52		
Montaggio degli elementi	52		
Isolamenti	53		
Condutture elettriche	54		
Norme generali di installazione per accumulatori al nichel	54		
Batterie installate a bordo di natanti	55		
Inconvenienti più comuni sulle batterie stazionarie	57		
Corti circuiti	57		
Solfatazione irreversibile	57		
Perdita delle capacità	58		
Norme di conservazione per batterie stazionarie inopere	58		
CAPITOLO V — Accumulatori per trazione	59		
Generalità	59		
Considerazioni sul calcolo delle batterie per trazione	61		
Veicolo medio per trazione elettrica su strada	61		