



Roma, 8 APR. 1966 196

SERVIZIO IMPIANTI ELETTRICI

N. I.E. 833/24777

OGGETTO

Generatori termoelettrici

Al N. I.E. 211/CS-1542 del 28-1-66

"MINNESOTA,,

Allegati N. 1

981

14-66

DIVISIONE IMPIANTI ELETTRICI

= P A L E R M O =

p.c. DIVISIONI IMPIANTI ELETTRICI

= T U T T E =

Con la nota a riferimento codesta Divisione ha proposto l'effettuazione di un esperimento di alimentazione, in località lontane dalle reti ENEL, con generatori termoelettrici del tipo Minnesota.

I dispositivi di cui si tratta - come risulta dall'allegata monografia - sono apparecchiature statiche che convertono direttamente il calore, fornito dalla combustione di gas liquido, in energia elettrica.

La conversione viene effettuata creando una differenza di temperatura trasversalmente ad una termopila, costituita di una serie di termocoppie.

Pur riconoscendo al sistema un certo pregio riguardo, in special modo, alla staticità dei dispositivi impiegati, si devono tener presenti, di contro il basso rendimento (l'energia prodotta raggiunge, per il solo combustibile, il costo di 300 lire al KWh) e la necessità di impiego di un combustibile che raramente viene utilizzato negli impianti ferroviari.

Per le ragioni suesposte pertanto non si ritiene giustificato, in linea di principio, l'impiego di ta-

./.

2980 Tipo-Lato F.S. Roma - Ord. 827/12-8-1961 (800.000) C.70

Cam/

531

li apparecchiature.

Si condivide, però, il giudizio sull'opportunità dell'effettuazione di un'applicazione sperimentale di cui si incarica codesta Divisione.

In base alle caratteristiche indicate nell'allegato potrà essere scelto l'impianto in cui è più opportuna l'effettuazione dell'esperimento.

Si resta in attesa di conoscere l'impianto prescelto ed, a suo tempo, l'esito dell'esperimento.

Le altre Divisioni, cui la presente è inviata per conoscenza, sono pregate di far conoscere se hanno avuto occasione di effettuare esperimenti del genere ed in caso negativo, sono pregate - salvo esplicita autorizzazione di questa Sede - di astenersi dall'effettuare impianti del genere in attesa dell'esito dell'esperimento che verrà effettuato dalla Divisione di Palermo.

IL DIRETTORE DEL SERVIZIO

*maggs*

1799/111  
ISOLAMENTO

ELETTRICO

Codice: E-OEM-TEG (105)  
Sostituisce: E-OEM-TEG(55)

## I GENERATORI TERMOELETTRICI "3M"

### INTRODUZIONE

I Generatori Termoelettrici 3M sono apparecchiature statiche che convertono direttamente il calore in energia elettrica. Questi Generatori sono stati progettati per fornire energia, con il massimo grado di affidamento e senza necessità di alcuna sorveglianza, ad apparecchiature elettriche poste in località remote o di difficile accesso, non alimentabili economicamente con linee di distribuzione tradizionali.

### FUNZIONAMENTO

I Generatori Termoelettrici 3M (T.E.G. - Thermoelectric Generators), come già detto, sono dei dispositivi funzionanti a gas liquido che convertono direttamente il calore in energia elettrica. Tale conversione viene effettuata creando una differenza di temperatura trasversalmente ad una termopila, costituita da una serie di termocoppie. Ogni termocoppia consiste in un elemento termoelettrico positivo ed uno negativo, connessi in serie. Riscaldando un lato della termopila e raffreddando il lato opposto, parte dell'energia calorifica fluente attraverso la termopila viene convertita in energia elettrica. Si avrà produzione di energia elettrica fino a che si manterrà una differenza di temperatura fra i lati opposti della termopila e cioè, in pratica, finchè sarà assicurato il rifornimento di combustibile.

### GRADO DI AFFIDAMENTO

Un importante fattore nella selezione di una fonte di energia è l'ottenimento di un alto grado di affidamento.

./.

- 2 -

La 3M ha acquisito, a questa data, 14 anni di esperienza nello sviluppo dei materiali termoelettrici e delle apparecchiature connesse, esperienza ormai collaudata in centinaia di applicazioni. L'assenza di parti in movimento, caratteristica saliente di tali generatori, significa eliminazione di ogni possibilità di guasti e quindi di spese di manutenzione.

Data la loro semplicità costruttiva, i T.E.G. 3M possono essere messi in funzione da personale non specializzato.

La custodia protettiva, appositamente studiata, è durevole e garantisce il funzionamento del generatore all'aperto in qualsiasi condizione climatica, quale forti piogge, neve e venti fino a 115 Km/ora. L'adozione di un combustibile gassoso elimina la necessità di eseguire le periodiche operazioni di pulizia dell'ugello del bruciatore. Eventuali corti-circuiti non danneggiano, diversamente che con altri tipi di generatori, i Generatori Termoelettrici 3M.

I T.E.G. 3M presentano quindi un altissimo grado di affidamento, nettamente superiore a quello offerto dalle normali fonti di energia.

#### RIDUZIONE DEI COSTI

Questo è uno dei principali vantaggi offerti dall'impiego dei T.E.G. 3M.

Nella determinazione dei costi comparativi reali si debbono considerare attentamente molti fattori.

Nel caso nostro, sono:

- Minimi costi di manutenzione
- Funzionamento non presidiato: occorre raggiungere il T.E.G. unicamente per il rifornimento periodico di gas liquido
- Facilità di trasporto
- Semplicità di installazione (è già previsto per installazione all'aperto)
- Lunga durata di vita alla potenza nominale
- Facilissima messa in funzione.

La comparazione del costo dell'energia termoelettrica con alcune altre "convenzionali" fonti di energia, porta a quanto segue:

- Il costo per Kilowatt-ora per batterie primarie, è, a seconda del tipo impiegato, da 3 a 10 volte superiore.

./.

Questi valori sono basati su un periodo di ammortamento del generatore limitato a 5 anni e sull'optimum di durata di vita delle batterie primarie.

- Negli ultimi anni si è spesso ricorso alla costruzione di nuove linee di distribuzione per portare l'energia elettrica in località remote. Pur tuttavia, tali linee hanno un costo nel ns. Paese, che va da un minimo di 1 milione/Km (costo minimo in pianura) a 10 e più milioni L/Km (caso tipico di linee di alta montagna). Ne derivano facilmente le notevoli economie realizzabili con lo impiego dei termogeneratori.
- Un'altra fonte di energia è costituita dai generatori diesel. Il costo d'esercizio annuale di tali generatori è da 2 a 3 volte superiore a quello dei generatori termoelettrici, a causa dei frequenti interventi richiesti per la manutenzione.

Quale ultima considerazione, si deve tenere presente che i T.E.G. impiegano un combustibile di basso costo e facilmente reperibile. L'intervallo di tempo tra i successivi rifornimenti potrà essere ampiamente regolato in base alla capacità dei serbatoi impiegati.

#### APPLICAZIONI

I Generatori Termoelettrici 3M possono essere utilizzati per l'alimentazione in servizio continuo, direttamente o in tampone a banchi di batterie (per usi intermittenti con punte di carico elevate) delle seguenti apparecchiature:

- Ripetitori e trasmettitori per comunicazioni quali: ripetitori e trasmettitori radio e TV-ponti radio a microonde- ponti radio portatili - ripetitori telefonici ecc.
- Protezione catodica di strutture metalliche interrate quali: oleodotti - gasdotti - serbatoi ecc.
- Strumentazione, quali: stazioni sismiche e meteorologiche - apparecchiature di allarme e segnalazione - apparecchiature per la trasmissione di dati - ecc.
- Segnalazione, quali: segnalazioni luminose di emergenza per strade - boe segnaletiche - segnalazioni luminose per aeroporti non presidiati e per natanti - ecc.

./.

- 4 -

MODELLI STANDARD DISPONIBILI

Come illustrato nella tabella delle caratteristiche generali, sono disponibili:

- Quattro tipi di termogeneratori standard - modelli 505, 510, 515 e 520. per potenze fino a ca. 50 watt; per le caratteristiche, vedere la tabella generale.
- Quattro speciali versioni dei termogeneratori standard - modelli 506, 511, 516 e 521, denominati "GENERATOR POWER PACKAGE" e consistenti in un contenitore (armadio) a chiusura ermetica alloggiante il termogeneratore corrispondente e con spazio predisposto per un banco di batterie in tampone e per l'apparecchiatura elettronica.  
Il GENERATOR POWER PACKAGE comprende quindi:
  - Contenitore coibentato termicamente
  - Generatore termoelettrico
  - Convertitore-limitatore della tensione in uscita del termogeneratore
  - Due riduttori-regolatori (1° e 2° stadio) della pressione del gas di alimentazione
  - Scambiatore di calore con controllo termostatico, utilizzando il gas di scarico del termogeneratore per tenere a temperatura costante in presenza di climi rigidi l'apparecchiatura elettronica e le batterie.
  - Cablaggio completo
  - Connettore per uscita di antenna
  - Staffa di montaggio su palo.

Le caratteristiche elettriche e di consumo sono dettagliate nella tabella generale nella quale sono anche indicate le specifiche ed i disegni fornibili a richiesta e contenente le caratteristiche operative, costruttive e dimensionali.

- Sistemi a 2 e 4 generatori, impieganti come unità base uno o più tipi di generatori standard, per potenze fino a ca. 200 watt. Come per i GENERATOR POWER PACKAGE, tutte le caratteristiche sono illustrate nella tabella generale e nelle relative specifiche e disegni fornibili a richiesta.

CAPACITA' OPERATIVE

Tutti i Generatori Termoelettrici 3M sono progettati e forniti per operare nelle seguenti condizioni ambientali:

- Temperature da -32 a + 52 °C (vedere il diagramma riportante le variazioni di potenza in funzione della temperatura ambiente)
- Alitudini fino a 2500 mt
- Precipitazioni piovose fino a 200 mm/ora
- Precipitazioni nevose di qualsiasi entità, se installato in posizione elevata rispetto terra (p. es. su palo)
- Venti con velocità fino a 115 Km/ora

I T.E.G. 3M possono essere installati ad altitudini superiori ai 2500 mt modificando la regolazione dell'aria al bruciatore. Dovendo far funzionare il generatore a temperature inferiori a quelle necessarie per la vaporizzazione del gas liquido, si dovrà ricorrere ad un vaporizzatore speciale fornibile come accessorio.

Il Servizio Assistenza Tecnica 3M è a disposizione per tutte le informazioni relative all'installazione, funzionamento, regolazione dell'alimentazione, ecc. e per risolvere problemi di installazioni particolari, quali quelli sopra accennati.

SELEZIONE DEL MODELLO ADATTO

Si possono distinguere due casi generali d'impiego:

- 1 - Il Termogeneratore 3M è destinato ad alimentare un carico continuo. Accertata la potenza richiesta, si selezionerà quel modello di generatore in grado di fornire tale potenza alla temperatura ambiente massima prevedibile.
- 2 - Il Termogeneratore 3M è destinato ad alimentare un carico discontinuo, attraverso batterie - tamponi. Accertata la potenza media richiesta, si selezionerà quel modello di generatore in grado di fornire tale potenza alla temperatura ambiente media prevedibile (ovviamente nel calcolo di tale potenza, si dovrà anche tener conto del rendimento delle batterie in relazione alle temperature di esercizio).

I valori delle potenze rese in funzione della temperatura ambiente dai Termogeneratori 3M modello 505, 510, 515, e 520, con e sen-

za convertitore-limitatore a 6, 12 e 24V, sono desumibili dal diagramma relativo seguente la tabella delle caratteristiche.

#### ACCESSORI DISPONIBILI

##### - CONVERTITORE-LIMITATORE cc/cc

Sono disponibili, per aumentare la tensione in uscita e per limitarla ai valori prescritti, dei convertitori-limitatori completamente transistorizzati. I convertitori possono fornire una tensione sotto carico di 6, 12 o 24 volt cc per l'alimentazione di qualsiasi tipo di apparecchiatura.

Il limitatore, regolabile, elimina la possibilità di sovratensioni legate ad eventuali riduzioni di carico.

##### - RIDUTTORE - REGOLATORE PRESSIONE GAS

La pressione del gas vaporizzato nei serbatoi di gas liquido varia in relazione alla temperatura ambiente. Dato che la pressione del gas determina la potenza in uscita del Termogeneratore, essa dovrà essere regolata e mantenuta ai valori nominali prescritti per il funzionamento (normalmente compresi tra le 0,35 e 0,70 atm). Una diminuzione della pressione del gas di alimentazione provocherà una diminuzione della potenza erogata; un aumento della pressione surriscalderebbe il generatore, abbreviando in tal modo la sua durata.

Il regolatore di gas 3M Nr. 5903B è stato specificamente progettato per ridurre al minimo le variazioni di pressione in uscita in condizioni di forti escursioni della pressione di alimentazione. Ad esempio, usando propano, una variazione della temperatura ambiente da -32 a + 32 °C, comporterebbe una variazione della pressione di alimentazione pari a 0,7 atm, differenza ridotta all'uscita del regolatore 3M a sole 0,014 atm.

Con un regolatore di questo tipo, è sufficiente, nelle normali installazioni, un singolo stadio di regolazione.

Con altri tipi di regolatori, in installazioni non presidiate, non è possibile affidarsi ad un singolo stadio di regolazione; occorre impiegare almeno due stadi.

NR.	TIPO	CARATTERISTICHE ELETTRICHE 1)							CONSUMI		DATI DIMENSIONALI			
		Tensione a vuoto	Tensione nominale	Campo di regolazione del generatore	Corrente nominale	Potenza nominale	Efficienza	Propano o Butano	Velocità	Dimensioni	Peso			
	Descrizione	volt	volt	volt	amp.	watt	watt - ora / Kg propano	Kg/ora	lit/ora	mc/ora	mm	mm	kg	
505	GENERATORE TERMOELETRICO con convertitore - Infilatore Nr. 605 - 6	2,1	1	6,2 - 7,8	9,0	8,5 - 10,5	264	0,034	0,0675	10,035	a	305	12,7	
			6	13 - 15	0,74	4,2 - 5,2	132				b	457		
			12	26,5 - 29,5	0,36	4,3 - 5,3	135				c	305		
			24		0,19	4,4 - 5,4	137				d			
510	GENERATORE TERMOELETRICO con convertitore - Infilatore Nr. 610 - 6	3,9	1,92	6,2 - 7,8	8,0	14 - 18	260	0,059	0,11	10,052	a	305	14,1	
			6	13 - 15	1,65	9 - 11,6	168				b	457		
			12	26,5 - 29,5	0,66	9,5 - 12,2	176				c	305		
			24		0,46	10 - 13	187				d			
515	GENERATORE TERMOELETRICO con convertitore - Infilatore Nr. 615 - 6	7,3	3,68	6,2 - 7,8	8,0	27 - 33	358	0,082	0,159	13,332	a	305	22,2	
			6	13 - 15	3,0	16,7 - 20,4	272				b	457		
			12	26,5 - 29,5	1,6	17,5 - 21,5	236				c	305		
			24		0,83	18,5 - 22,5	245				d	737		
520	GENERATORE TERMOELETRICO con Infilatore con convertitore - Infilatore Nr. 620 - 12	13,5	6,4	6,2 - 7,8	8,0	46 - 60	374	0,136	0,277	10,153	a	356	51,3	
			6	13 - 15	8,0	46 - 60	374				b	508		
			12	24 - 30	3,4	31 - 48	302				c	405		
			24		1,75	38 - 49,2	309				d	514		

NR.	TIPO	Descrizione	CARATTERISTICHE (ELETTICHE 1)							COMBUSTIBILE			SPECIFICA NR.	DISEGNO NR.
			Tensione volt	Tensione nominale volt	Capo di fascia del fasciatore	Corrente nominale amp.	Potenza nominale watt	Efficienza $\frac{\text{watt-ora}}{\text{kg propano}}$	Propano e Butano		liters per/hrs			
									kg/ ora	lit/hrs				
506 <sup>2)</sup>		GENERATOR POWER PACKAGE	2,1	14	13 - 18	0,38	4,3 - 5,3	136	0,034	0,0675	0,065	SK 10 - 032	SK 10 - 053	
511 <sup>2)</sup>		GENERATOR POWER PACKAGE	3,9	14	13 - 18	0,86	9,5 - 12,2	176	0,059	0,11	0,052	SK 10 - 031	SK 10 - 052	
516 <sup>2)</sup>		GENERATOR POWER PACKAGE	7,3	14	13 - 18	1,6	17,5 - 21,5	238	0,082	0,159	0,102	SK 10 - 030	SK 10 - 051	
521 <sup>2)</sup>		GENERATOR POWER PACKAGE	13,5	14	13 - 18	3,4	37 - 41	302	0,136	0,27	0,193	SK 10	SK 10	
530		SISTEMA A 2 GENERATORI con fasciatore Nr. 531-12 con convertitore - fasciatore Nr. 630-78		12	24	13 - 18	6,0	80 - 120	0,272	0,54	0,365	SK 10 - 047	SK 10 - 054	
				24	24	24 - 30		75 - 100						0,272
540		SISTEMA A 4 GENERATORI con fasciatore Nr. 641 - 24 con convertitore - fasciatore Nr. 640-48		24	48	24 - 30		180 - 240	0,54	1,08	0,76	SK 10 - 027	SK 10 - 029	
				48	48	48 - 52		150 - 200						0,54
542 <sup>3)</sup>		SISTEMA A 4 GENERATORI con 2 convertitori - fasciatore Nr. 630-26		24	24 - 30		150 - 200		0,54	1,08	0,76	SK 10 - 046	SK 10 - 051	

1) - I valori di tensione, corrente ed efficienza sono tipici per condizioni normalizzate di esercizio (carico nominale non variabile, temperatura ambiente di 24 °C e pressione costante di alimentazione del gas). Le potenze minime e massime indicate sono quelle tipiche ottenibili in condizioni estreme di temperatura ambiente, da + 52 a - 32 °C, come indicato nel diagramma relativo.

2) - Con convertitore - fasciatore.

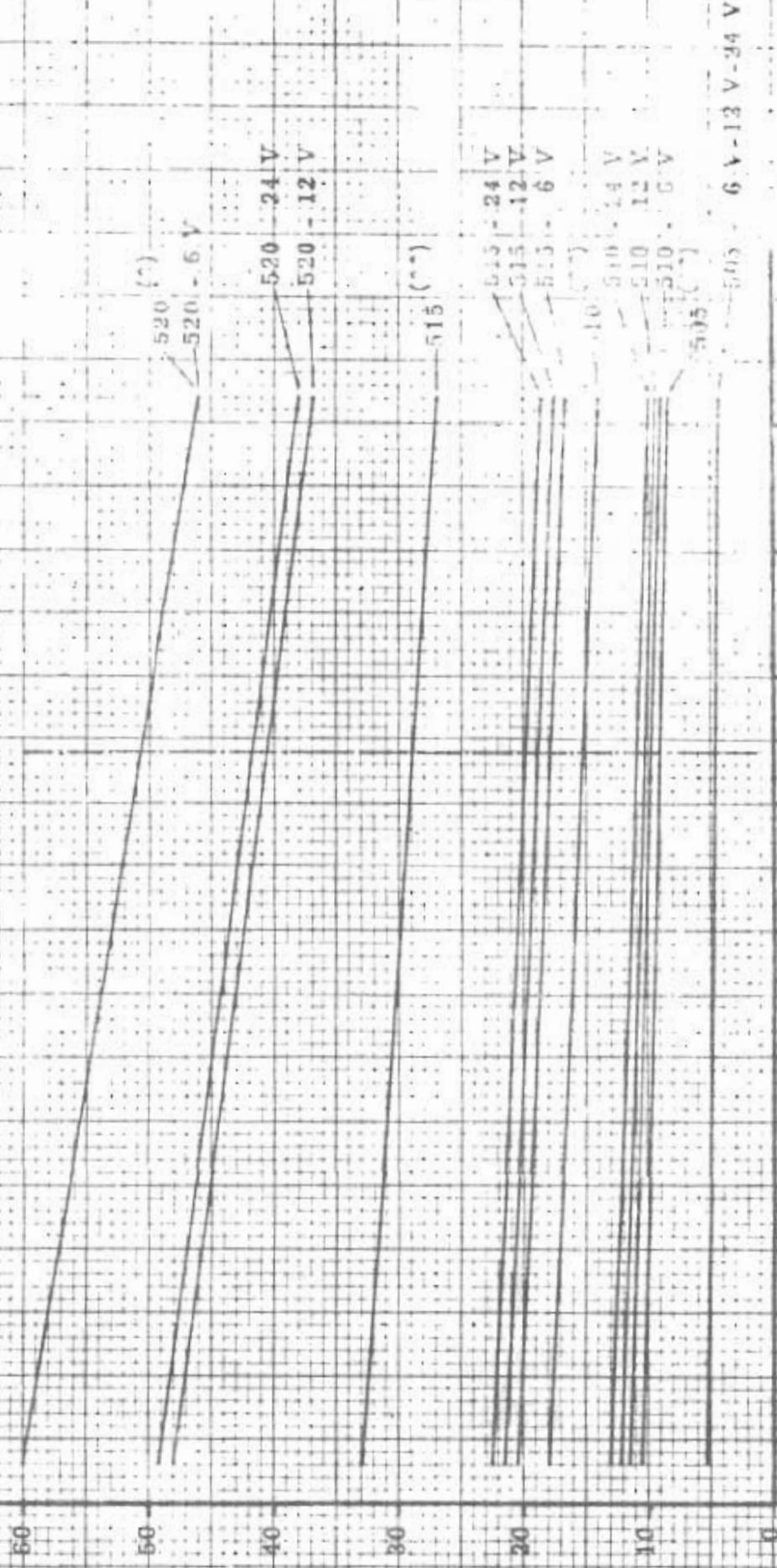
3) - Sistema per alimentazioni separate.

4) - Le dimensioni sono indicate nella fotografia in allegato.

GENERATORI TERMOELETTRICI "1M" 505-510-515-520

VARIAZIONI DELLA POTENZA RESA IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA AMBIENTE

E DELLA TENSIONE.



(-) senza limitatore  
 (---) senza convertitore-limitatore

TEMPERATURA AMBIENTE °C

COMBUSTIBILI E LORO ALIMENTAZIONE

I Termogeneratori 3M sono forniti normalmente con ugello del bruciatore per gas liquido, sia esso propano puro o miscele di propano/butano.

A richiesta, possono essere forniti con ugello per metano o altri tipi di gas combustibile.

Quando si prevede l'impiego di gas liquido, si consiglia, nel caso di basse temperature ambiente (inferiori a + 10 °C) di alimentare il termogeneratore con propano puro, in quanto con miscele di propano/butano si potrebbe avere un'insufficiente evaporazione di gas nel serbatoio.

Il propano puro per uso industriale è normalmente disponibile presso tutti i fornitori di gas liquido in bombole da 25 e 100 Kg o sfuso.

La linea di alimentazione del gas liquido al termogeneratore normalmente comprende i seguenti elementi-base:

- Serbatoio

La capacità del serbatoio sarà prescelta in funzione degli intervalli di ricarica previsti (ad esempio, possono essere previste autonomie di 2,4,6 o 12 mesi). Il serbatoio potrà consistere semplicemente in una bombola, oppure essere costituito da una batteria di bombole, o da un unico serbatoio di media o grande capacità da ricaricare con gas sfuso mediante auto-cisterna (analogamente ai serbatoi di gas liquido per impianti centralizzati o di auto-trazione).

- Valvola di intercettazione manuale

Già presente nelle bombole.

- Regolatore-riduttore di pressione

- Valvola automatica di eccesso di flusso

Nel caso di rotture o perdite accidentali della linea di alimentazione questa valvola, opportunamente tarata, chiude automaticamente l'efflusso dal serbatoio.

531

Scotch

PRODOTTI PER LISOLAMENTO ELETTRICO

- 8 -

- Regolatore-riduttore di pressione (eventuale 2° stadio di regolazione)

Per quanto riguarda la linea di alimentazione del combustibile, la 3M fornisce come accessori, a richiesta, il riduttore-regolatore di pressione già descritto e i vaporizzatori per impieghi a bassissime temperature ambiente e presta tutta la necessaria assistenza tecnica.

Sul mercato esistono ditte specializzate nella fornitura ed installazione di impianti completi di alimentazione a gas liquido alle quali si rimanda per ogni ulteriore precisazione.