

# ATTI E RASSEGNA TECNICA

DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

RIVISTA FONDATA A TORINO NEL 1867

(Aderente all'Associazione Italiana della Stampa tecnica, scientifica e periodica)

**FIAT**  
TORINO

**SOCIETÀ  
PER AZIONI  
UNIONE  
CEMENTI**

**MARCHINO  
& C.**

≡

**CASALE  
MONFERRATO**

NUOVA SERIE . ANNO XIV . N. 7 . LUGLIO 1960

## SOMMARIO

### RASSEGNA TECNICA

- A. OGLIETTI - *Applicazione di molle Elipress ad una flotta di centosessanta autobus interurbani* . . . . . pag. 239
- P. FISCHETTI - *Criteri per la scelta della sospensione pneumatica in base alle esigenze dei diversi veicoli* . . . . . » 248
- A. CHIESA - *Analisi del comportamento oscillatorio di veicoli con sospensioni pneumatiche* . . . . . » 251
- G. ALFIERI - *Il livellamento degli autoveicoli dotati di sospensione pneumatica* . . . . . » 259
- G. FRESIA - *Molle pneumatiche sui veicoli a tre assi* . . . . . » 263
- R. ALBINI - *Teoria generale e caratteristiche speciali degli Air Springs « Band Rolling Diaphragm »* . . . . . » 266

COMITATO DI REDAZIONE - *Direttore:* Cavallari-Murat Augusto - *Membri:* Brunetti Mario; Codegone Cesare; Cravero Roberto; Dardanelli Giorgio; De Pieri Roberto; Pozzo Ugo; Laguidara Rocco; Oglietti Giovanni; Riccio Giorgio; Zignoli Vittorio  
*Segretario di Redazione:* Carmagnola Piero.

COMITATO AMMINISTRATIVO - *Direttore:* Russo-Frattasi Alberto - *Membri:* Barbero Francesco; Catella Mario; Dezzutti Mario; Goffi Achille; Mosso Nicola; Richieri Luigi; Tournon Giovanni.

**Redazione, Amministrazione, Abbonamenti, Pubblicità  
TORINO - VIA GIOLITTI, 1 - TELEF. 527.412**

Publicazione mensile inviata gratuitamente ai Soci della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino. — Per i non Soci: abbonamento annuo L. 5000. — Prezzo del presente fascicolo L. 500.

La Rivista si trova in vendita: a Torino presso la Sede Sociale, via Giolitti 1 — a Roma Libr. Int. U. Hoepli, largo Chigi 15 — a Milano Bottega Int. G. Algani, piazza della Scala — a Genova Libr. Int. Di Stefano, via C. Roccatagliata 40 — a Bologna Librer. Parolini, via U. Bassi 14.

**SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE — GRUPPO III**

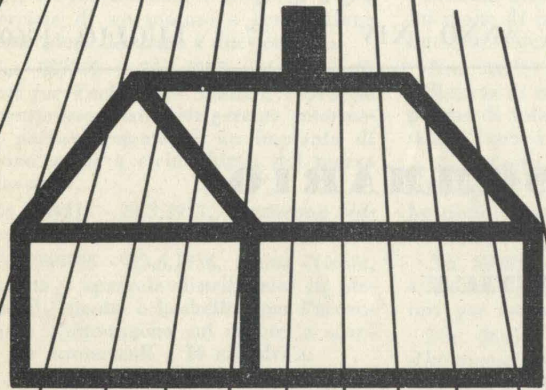
NELLO SCRIVERE AGLI INSERZIONISTI CITARE QUESTA RIVISTA **XV**



**STRA@MAX**

Radiazione diffusa a minima inerzia  
Riscaldamento - Raffrescamento  
Protezione acustica  
(sistema brevettato)

Organizzazione Internazionale,  
con propri Laboratori Scientifici  
per studi e ricerche a Zurigo  
e con Sedi in Austria,  
Francia, Germania,  
Italia, Inghilterra, Olanda,  
Spagna e Svizzera



LICENZIATARIO: PIEMONTE

Studio ed esecuzioni impianti:

**g. SARTORIO ef°**  
IMPIANTI TERMICI - RADIAZIONE - CONDIZIONAMENTO  
VENTILAZIONE - IDRAULICI SANITARI

**TORINO**  
SEDE C. RACCONIGI, 26  
TELEF. 70.149 - 753.649  
C. C. I. A. TORINO N. 51921

SERRAMENTI IN ALLUMINIO

**SERRAMENTI  
IN ALLUMINIO**



**STRADA**  
**MONGRENO 79**  
**Torino**  
**Tel. 89.02.32**

59.001

# RASSEGNA TECNICA

La "Rassegna tecnica", vuole essere una libera tribuna di idee e, se del caso, saranno graditi chiarimenti in contraddittorio; pertanto le opinioni ed i giudizi espressi negli articoli e nelle rubriche fisse non impegnano in alcun modo la Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino

## Applicazione di molle Elipress ad una flotta di centosessanta autobus interurbani

ANTONIO OGLIETTI della Fiat inizia parlando delle applicazioni delle sospensioni unite Elipress sugli autobus Fiat 306, descrive dettagliatamente la molla Elipress, il complesso delle sospensioni montate e i vantaggiosi risultati ottenuti concludendo con interessanti osservazioni sull'esercizio dei 160 autobus interurbani.

### Introduzione.

La produzione presso gli stabilimenti Fiat di autobus per trasporti interurbani equipaggiati di sospensione pneumatica è abbastanza recente; risale solo al maggio 1958 l'entrata in produzione del tipo 306 dotato di sospensione Elipress, quando già lo stesso tipo era costruito con sospensioni a balestra fin dal 1955. Alcune sue caratteristiche principali sono:

- Lunghezza totale: m. 11.
- Passo: m. 5,600.
- Peso a vuoto in assetto di marcia: circa 9.320 kg.
- Portata utile massima: 61 persone.
- Peso complessivo massimo a pieno carico: non > 14.000 kg., di cui 5.100 kg. sull'asse anteriore e 8.900 kg. sull'asse posteriore.
- Motore orizzontale: ciclo Diesel — 144 CV a 1.800 giri/min.
- Velocità massima: 80 km/h.

A tutt'oggi, maggio 1960, sono stati prodotti oltre 1.100 autotelai del tipo 306, di cui più di 400 dotati di sospensione pneumatica Elipress; di questi, la metà circa è stata carrozzata presso la Fiat e la maggior parte, cioè oltre 160, sono in esercizio presso le varie sedi della società di autotrasporti Sita di Firenze. E a questi che

noi faremo riferimento, trattandosi di una quantità notevole di esemplari di cui è stato possibile seguire in modo particolare il comportamento in esercizio, traendo insegnamenti utili per il miglioramento del tipo stesso e per i progetti futuri di altri tipi.

La rete di autolinee gestite dalla Sita è molto vasta; si sviluppa principalmente in Toscana, Emilia, Liguria, Campania, Puglia, Lucania, Sicilia, Sardegna; il parco di autobus per trasporti interurbani è costituito di oltre 1.200 mezzi, tra cui i 306 con sospensione pneumatica. Essi svolgono il loro servizio in zone che, eccezione fatta per poche, sono tra le meno favorite in Italia per quanto riguarda il tracciato e il fondo delle strade. Mediamente si tratta di un servizio piuttosto gravoso su strade con fondo accidentato e percorso vario. Se poi si aggiungono i sovraccarichi, che in determinati casi possono essere molto elevati, si ha l'idea di quelle che sono le condizioni di esercizio effettive e, quindi, le usure e le sollecitazioni cui sono sottoposti i veicoli. Questa premessa era necessaria per poter valutare le condizioni in cui le sospensioni pneumatiche sono costrette a lavorare.

*L'autobus 306 e il problema del comfort di marcia.*

Lo studio dell'autobus 306 è stato iniziato nel 1952. Nel progetto

delle sospensioni si è cercato di realizzare quanto di meglio in fatto di confortevolezza per il passeggero esse potessero dare, sfruttando l'esperienza che si stava compiendo su un autobus urbano. Questo era dotato di una sospensione a balestra in cui il collegamento con il telaio non era realizzato su articolazioni con perno e biscottino, bensì evitava la continuità metallica tra masse non sospese e masse sospese del veicolo mediante l'interposizione di tasselli elastici di gomma. In questo stesso modo è stata realizzata la prima versione del 306 in quanto si è passati alla sospensione pneumatica soltanto successivamente. In questo veicolo le estremità anteriori e posteriori delle 2 foglie superiori della balestra e i relativi tasselli di gomma sono compressi entro una scatola portata da un supporto di collegamento ai longheroni. Gli elementi elastici operano una energica riduzione delle vibrazioni e degli urti nella trasmissione dalle ruote alla cassa del veicolo; la confortevolezza della sospensione risulta notevolmente migliorata rispetto ai comuni tipi con balestra. Di ciò si rende conto anche il passeggero, il quale ricava dal viaggio un minor affaticamento, come è stato rilevato dalla Sita su alcune linee particolarmente disagiate in cui è stata riscontrata una certa preferenza verso gli autobus 306 rispetto ad altri tipi aventi le sospensioni a



balestra con collegamenti al telaio del tipo convenzionale. La forma e la sistemazione dei tasselli di gomma assicurano, naturalmente, il collegamento elastico anche trasversalmente e longitudinalmente.

sentano un ottimo comportamento elastico per tutte le condizioni di carico a differenza delle sospensioni meccaniche nelle quali, nonostante l'adozione di molle a balestra a flessibilità variabile, occor-

caratteristiche favorevoli delle sospensioni ad aria:

— livello costante del veicolo al variare del carico.

— buona flessibilità con frequenze poco diverse a veicolo carico e a vuoto.

— minori vibrazioni e quindi logorio nelle strutture delle masse sospese (telaio e carrozzeria) e conseguenti minori spese di manutenzione.

Lo studio dell'autobus con sospensione pneumatica, come accennato, è stato condotto come trasformazione di un tipo già in produzione dotato di balestre. In questa trasformazione, si è cercato di ridurre al minimo le modifiche da apportare al veicolo rispettando limitazioni e ingombri esistenti e conciliando esigenze tecniche ed economiche. Questo fatto ha creato ovviamente delle difficoltà che si sarebbero presentate diversamente in sede di progetto ex novo.

In campo nazionale nel periodo in cui è stato studiato il 306 mancava ancora un'adeguata esperienza nell'applicazione delle sospensioni pneumatiche su veicoli industriali; la Elipress è stata una delle prime realizzazioni. In fase di progetto è stata considerata anche la possibilità di avere una so-

sospensione, la quale, in caso di inconvenienti all'impianto pneumatico o di fughe di aria, non immobilizzi il veicolo ma ne consenta la marcia in condizioni ancora accettabili. Nelle molle Elipress infatti, il carico non è sopportato esclusivamente dalla pressione dell'aria, ma dei 3 elementi elastici che la compongono, gomma, molla metallica, aria, i primi 2 portano la quasi totalità del peso del veicolo a vuoto.

*La molla Elipress e il suo funzionamento.*

Gli elementi elastici delle sospensioni dell'autobus 306 sono rappresentati da due gruppi di due molle anteriormente e due gruppi di due molle posteriormente. Ogni molla è costituita essenzialmente da un cilindro di gomma (fig. 2) sagomato ad elica portante all'interno annessa una spirale metallica e racchiuso alle due estremità in modo da costituire un involucro a tenuta entro cui viene immessa l'aria in pressione. Nella molla senz'aria, considerata nelle condizioni di montaggio, cioè con una deformazione imposta di 120 mm. su una lunghezza libera pari a 470 mm., il 35 ÷ 40 % del carico è sopportato dalla spirale metallica, la parte restante dalla gomma. La molla in gomma e quella in acciaio, che sono intimamente collegate tra loro, lavorano in parallelo; la parte metallica assicura al complesso la stabilità trasversale, la parte in gomma smorza notevolmente le vibrazioni delle singole spire sotto gli impulsi dinamici.

L'immissione di aria nell'interno mette la molla in condizione di sopportare, a parità di cedimento, dei carichi ben maggiori variandone di poco la frequenza propria per un'ampia gamma di carichi. Nelle condizioni statiche di veicolo a pieno carico, l'aria sostiene circa un terzo del carico nella sospensione anteriore e metà nella sospensione posteriore con pressioni di esercizio di 3 ÷ 3,5 kg./cm<sup>2</sup>. L'aria necessaria al funzionamento delle sospensioni giunge dal serbatoio principale dell'impianto pneumatico di frenatura (fig. 1) a due serbatoi sistemati nella parte centrale dell'autotelaio tramite una valvola a pressione controlla-

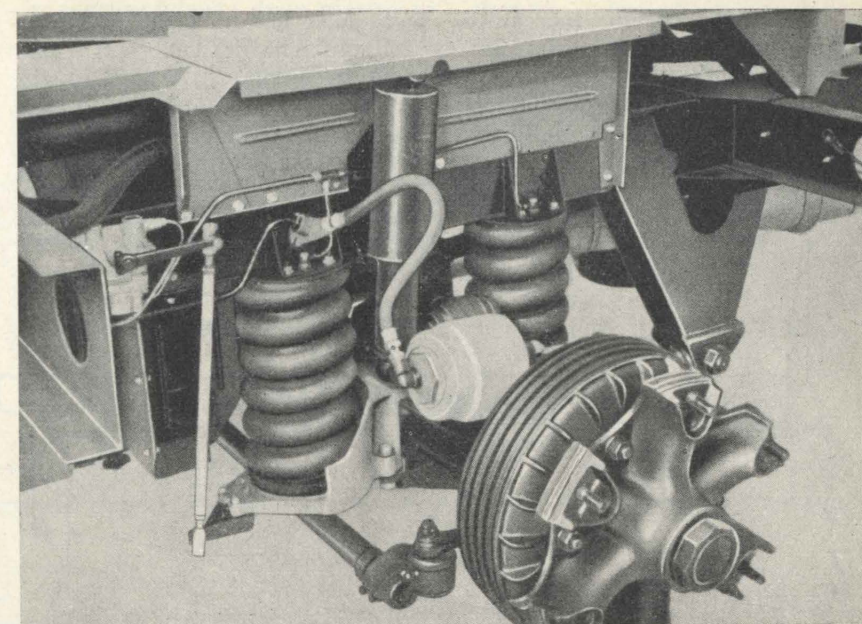


Fig. 4 - Sospensione anteriore.

ta. Questi due serbatoi non costituiscono capacità supplementare per l'aria delle molle con lo scopo di aumentarne la flessibilità, bensì hanno solo la funzione di costituire un polmone di riserva per le sospensioni, come il serbatoio principale lo è per l'impianto di frenatura. A valle dei due serbatoi è sistemato un distributore elettropneumatico, il quale, a comando, consente il passaggio dell'aria compressa alle 4 valvole livellatrici del veicolo, alle 4 coppie di molle.

Il comando del distributore è costituito da due interruttori elettrici indipendenti: uno azionato automaticamente dall'apertura della porta anteriore destra (durante la quale possono avvenire variazioni di carico, ad esempio entrata o uscita di passeggeri e quindi variazioni di livello) e l'altro, sistemato sul cruscotto, azionato a discrezione del guidatore.

I livellatori, di costruzione Mirelli, applicati sull'autobus 306 sono di tipo servoattivabile, cioè

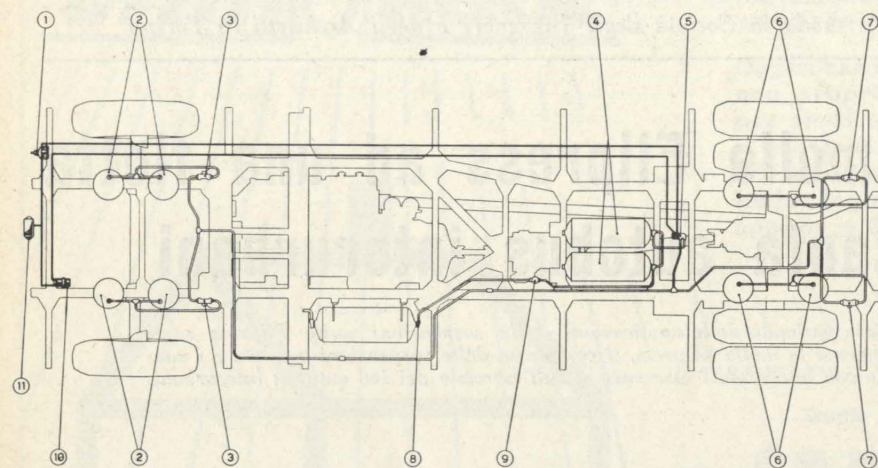


Fig. 1 - Schema della sospensione pneumatica.

1. Interruttore a pulsante sulla porta anteriore per livellamento veicolo.
2. Molle « Elipress » sospensione anteriore.
3. Valvole livellatrici sospensione anteriore.
4. Serbatoi di alimentazione sospensione pneumatica.
5. Distributore elettropneumatico aria compressa.
6. Molle « Elipress » sospensione posteriore.
7. Valvole livellatrici sospensione posteriore.
8. Raccordo, sul serbatoio principale impianto pneumatico di frenatura, per presa aria sospensione pneumatica.
9. Valvola a pressione controllata per serbatoi aria compressa.
10. Pulsante per comando livellamento veicolo durante la marcia.
11. Scatola valvole.

### La sospensione pneumatica Elipress.

Un ulteriore miglioramento nelle caratteristiche di confortevolezza

re pur sempre sacrificare il buon funzionamento a vuoto del veicolo per ottenere buone caratteristiche elastiche a pieno carico.

Segnaliamo soltanto rapidamente, perchè ben note, alcune delle

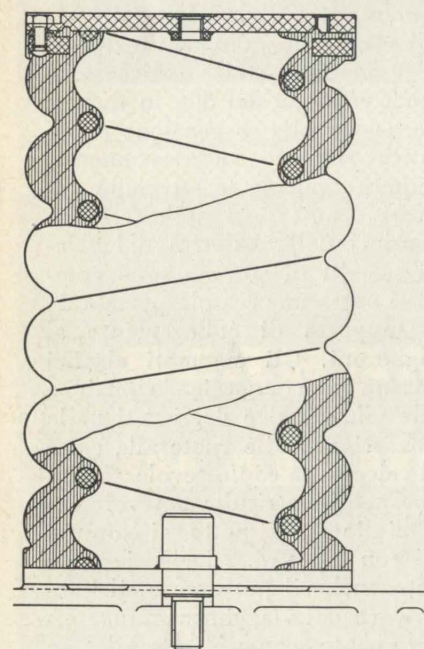


Fig. 2 - Sezione di una molla « Elipress ».

za delle sospensioni non poteva essere ottenuto che passando alle sospensioni ad aria, le quali pre-

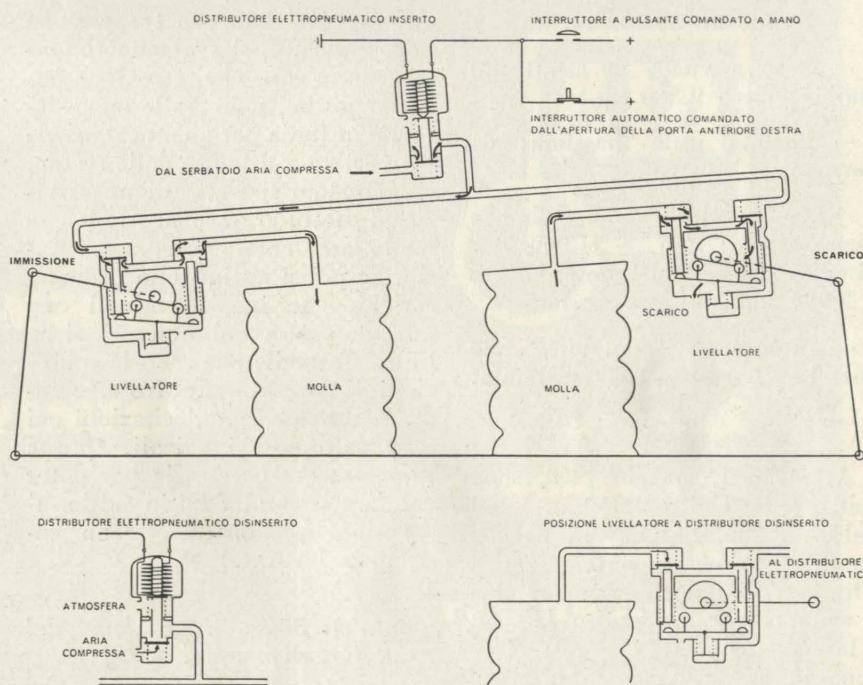


Fig. 3 - Schema del funzionamento del distributore elettropneumatico e dei livellatori della sospensione.

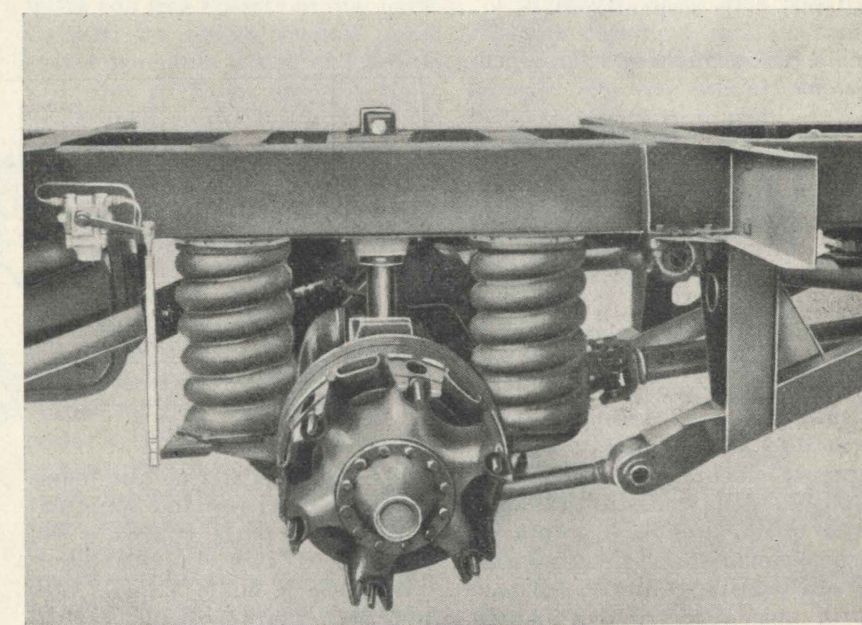


Fig. 5 - Sospensione posteriore.



il loro cinematismo meccanico esterno di comando può essere impegnato (livellatore attivato) oppure non con gli elementi interni di ammissione e scarico dell'aria. Il livellatore è attivato dalla pres-

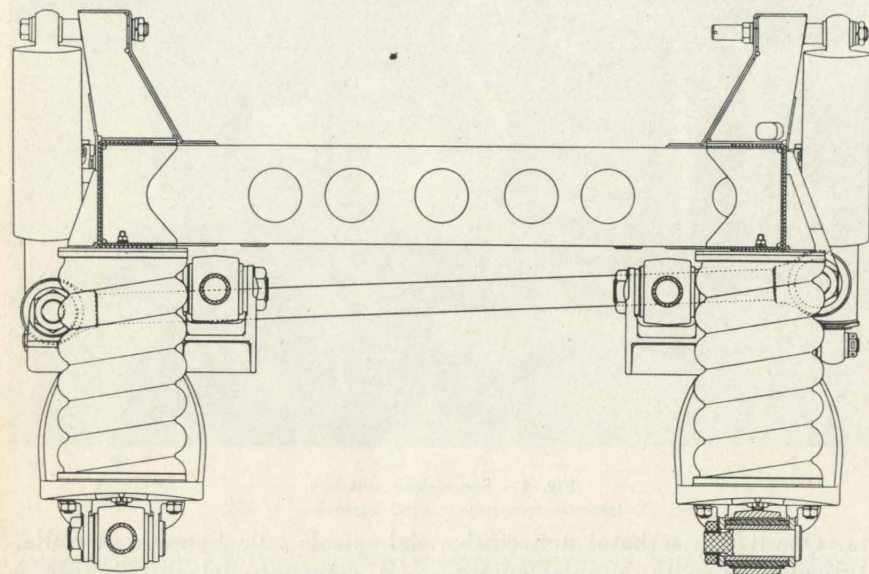


Fig. 6 - Complessivo sospensione anteriore (vista anteriore).

sione stessa dell'aria, ovviamente solo quando il distributore elettropneumatico è inserito. Nel livellatore disattivato il movimento della leva esterna di comando, collegata tramite un tirante alla parte non sospesa del veicolo, si esaurisce a vuoto, senza provocare alcun movimento delle valvole di ammissione e scarico dell'aria. In fig. 3 è rappresentato lo schema del funzionamento del distributore elettropneumatico e dei livellatori della sospensione.

*Come è stata realizzata la sospensione.*

1) Sospensione anteriore (figg. 4, 6, 7, 8).

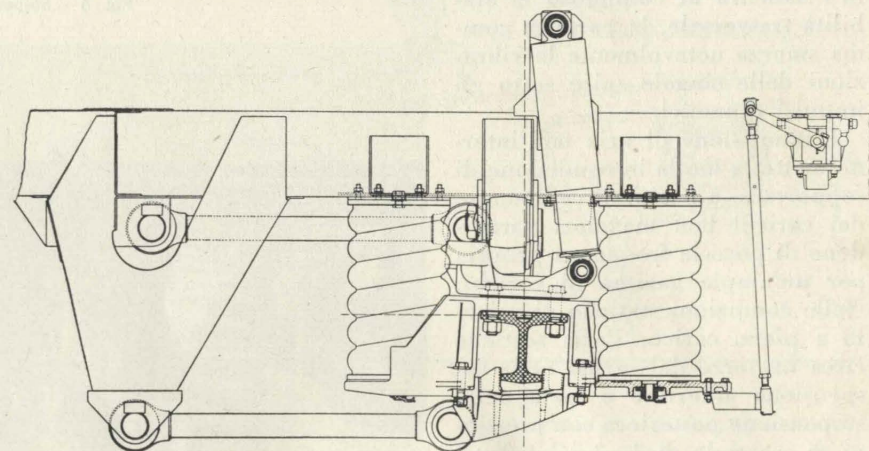
Nella trasformazione della sospensione è stato mantenuto per le molle Elipress lo stesso iterasse delle balestre, facendo appoggiare la piastra superiore di estremità delle molle su una piastra circolare saldata direttamente ai longheroni e centrata trasversalmente su di essi. L'altro appoggio delle molle è stato realizzato con un supporto ancorato al pattino di appoggio delle balestre sull'assale, il quale, quindi, è potuto rimanere invariato. Tale supporto, in lega leggera, consta di tre parti, di cui la centrale, a doppia

mensola, è la vera parte portante. Una soluzione del genere si è imposta in quanto lo scarso spazio disponibile non consentiva di realizzarlo in un unico pezzo avente le necessarie caratteristiche di re-

sistenza. Infatti la parte inferiore del supporto, inserita tra l'ala inferiore della sezione a doppio T dell'assale e le mensole di appoggio delle molle, lo irrigidisce notevolmente facendone una sezione resistente chiusa.

L'attacco degli ammortizzatori al telaio non è stato variato rispetto alla soluzione del veicolo a ba-

Fig. 7 - Complessivo sospensione anteriore (lato sinistro), con sezione sull'assale.



lestra, mentre l'attacco alle masse non sospese del veicolo è stato realizzato sulla parte superiore del supporto.

Dato che le molle Elipress possono sopportare soltanto carichi

assiali, all'ancoraggio trasversale e longitudinale della sospensione al telaio provvedono rispettivamente una barra trasversale e 4 bracci di reazione longitudinali; la barra è collegata da una parte ad una mensola fissata al longherone destro, dall'altra al supporto sinistro della sospensione.

In corrispondenza della sospensione anteriore, al telaio non sono state apportate modifiche sostanziali eccezion fatta, naturalmente, per la sistemazione degli ancoraggi delle aste di reazione. In condizione di veicolo livellato, cioè con cedimento delle molle di 120 mm., i 4 bracci longitudinali aventi la stessa lunghezza sono in posizione orizzontale e costituiscono, in vista laterale, due parallelogrammi articolati. L'ancoraggio al telaio è realizzato per le due barre inferiori tramite una robusta mensola, per quelle superiori, più interne rispetto ai longheroni, mediante due supporti fissati ad una traversa del telaio; l'ancoraggio alle sospensioni è, invece, realizzato rispettivamente sulla parte inferiore e superiore del supporto delle molle.

Tutti questi collegamenti alle masse sospese e non sospese del veicolo, sia per i bracci di reazione longitudinali che per quello trasversale, sono costituiti da articolazioni elastiche realizzate con estendbloc (silentbloc aventi una

certa capacità di carico assiale e miglior resistenza alla fatica — di fabbricazione Riv) i quali reagiscono elasticamente a deformazioni assiali, radiali e angolari, ammettendo un angolo conico mas-

simo di  $\pm 3^\circ$  e un angolo di torsione di  $\pm 15^\circ$ . Essi intervengono aggiungendo o sottraendo carichi alle molle a seconda che queste siano in fase di schiacciamento o di distensione rispetto alle condizioni di veicolo livellato; si tratta, però, di reazioni elastiche percentualmente piuttosto piccole rispet-

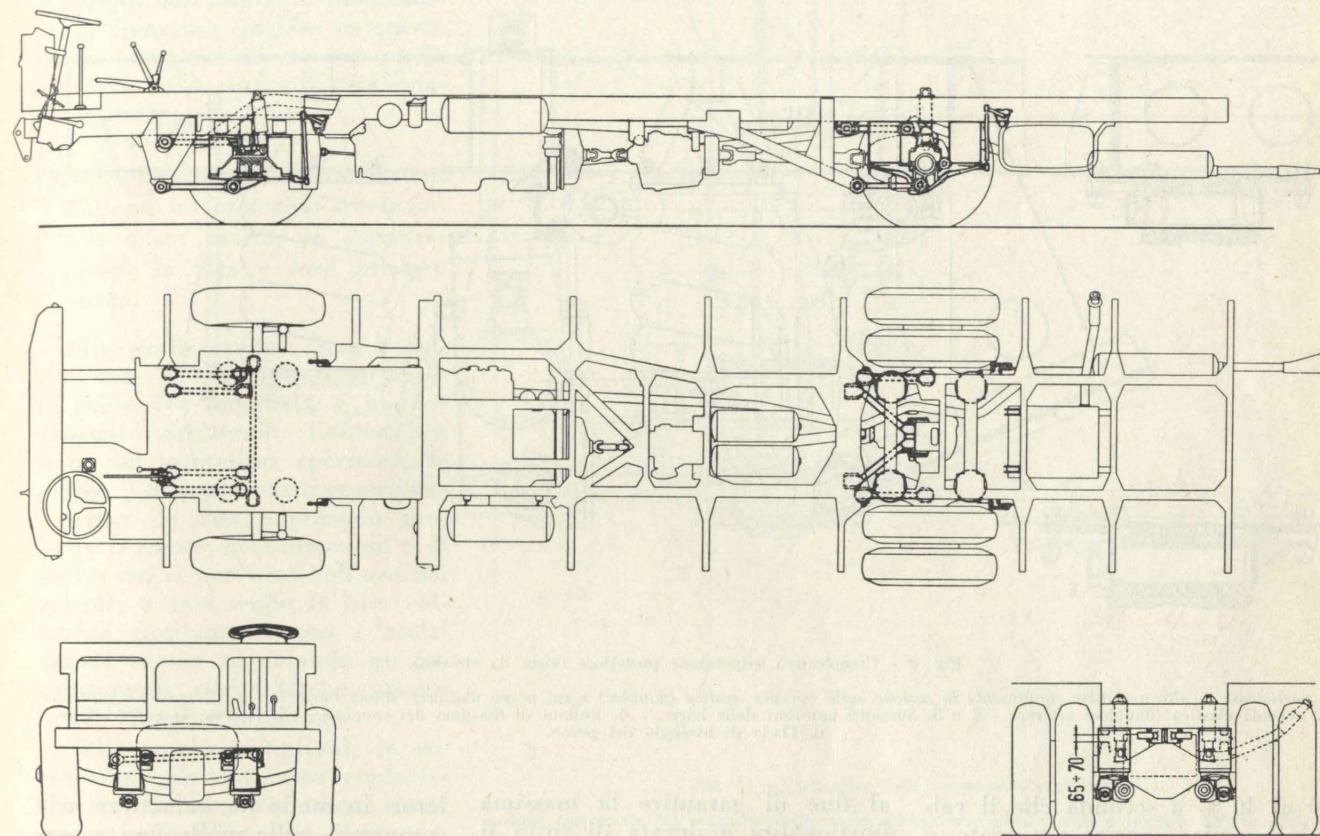


Fig. 8 - Schema autotelaio.

to alle forze peso in gioco. Infatti se si considera il caso in cui la sospensione anteriore abbia annullato tutta la luce di tamponamento di 65 mm., il maggior carico gravante su di essa per effetto delle reazioni elastiche degli estendbloc risulta di neppur 100 kg. di fronte ad un carico massimo statico di 4400 kg.

2) Sospensione posteriore (figure 5, 8, 9, 10, 11, 12).

Dato che l'ingombro trasversale delle molle pneumatiche aventi il diametro esterno pari a 260 mm. è notevolmente superiore a quello delle balestre, si è reso necessario ridurre il loro iterasse da 1000 mm. a 820 mm. In conseguenza di ciò si sono dovute aggiungere due traverse sul telaio

in corrispondenza delle piastre di attacco delle molle per evitare di sollecitare localmente a torsione i longheroni rispetto ai quali i carichi assiali delle molle sono sistemati di sbalzo. Sulla stessa scatola ponte usata per il tipo con sospensioni a balestra è stato sostituito il pattino per attacco ba-

gheroni, hanno gli snodi costituiti da estendbloc; gli snodi per le aste superiori, invece, sono flambloc, cioè silentbloc muniti di flange di gomma formate e compresse all'atto del montaggio da due rondelle esterne; essi offrono una maggior capacità di carico assiale rispetto agli estendbloc.

lestra con una bussola in due parti saldate. Su questa bussola sono chiuse mediante il tiro di 4 bulloni le due parti del supporto molle, le quali risultano così bloccate al ponte solo per attrito.

Il collegamento trasversale e longitudinale della sospensione al telaio è realizzata con 4 bracci di reazione circa orizzontali in condizioni di veicolo livellato: 2 inferiori longitudinali e 2 disposti a V inclinati di  $40^\circ$  rispetto all'asse longitudinale del veicolo con il vertice sulla scatola ruotismi del ponte e i due estremi anteriori ancorati con mensole ad una traversa del telaio. I 2 bracci inferiori, collegati da un lato alla parte inferiore del supporto, dall'altro ad una lunga e robusta mensola fissata direttamente ai lon-

L'adozione delle due aste di reazione superiori inclinate assicura una notevole rigidità trasversale alla sospensione con un benefico effetto sulla stabilità trasversale e sul rollio del veicolo.

La realizzazione, a nostro avviso, offre risultati non altrettanto facilmente raggiungibili con altre soluzioni.

Sul modo di reagire delle singole aste in diverse condizioni di carico statico, alcuni rilievi estensimetrici eseguiti presso i nostri laboratori hanno dato i risultati seguenti:

— Carico longitudinale: assorbito in parti circa uguali dai bracci di reazione inferiori e superiori.

— Carico trasversale orizzontale:



la quasi totalità del carico è assorbita dai bracci superiori con sforzi assiali di trazione e compressione.

— Momento torcente attorno all'asse longitudinale:

alla parte maggiore del momento torcente applicato reagiscono le molle; il resto, variabile dal

menti elastici della sospensione per cui occorre all'incirca lo stesso tempo per cambiare una balestra e una coppia di Elipress, come è stato rilevato nell'esercizio presso la Sita.

Rigorese condizioni di efficienza e di resistenza sono prescritte per i singoli organi della sospensione

ad un particolare controllo della funzionalità e della tenuta alla pressione di 7,5 kg/cm<sup>2</sup>. prima di essere montate in linea sul telaio.

La regolazione dell'assetto trasversale e longitudinale dell'autobus deve essere effettuata con veicolo a vuoto, agendo manualmente sulle leve di comando dei livel-

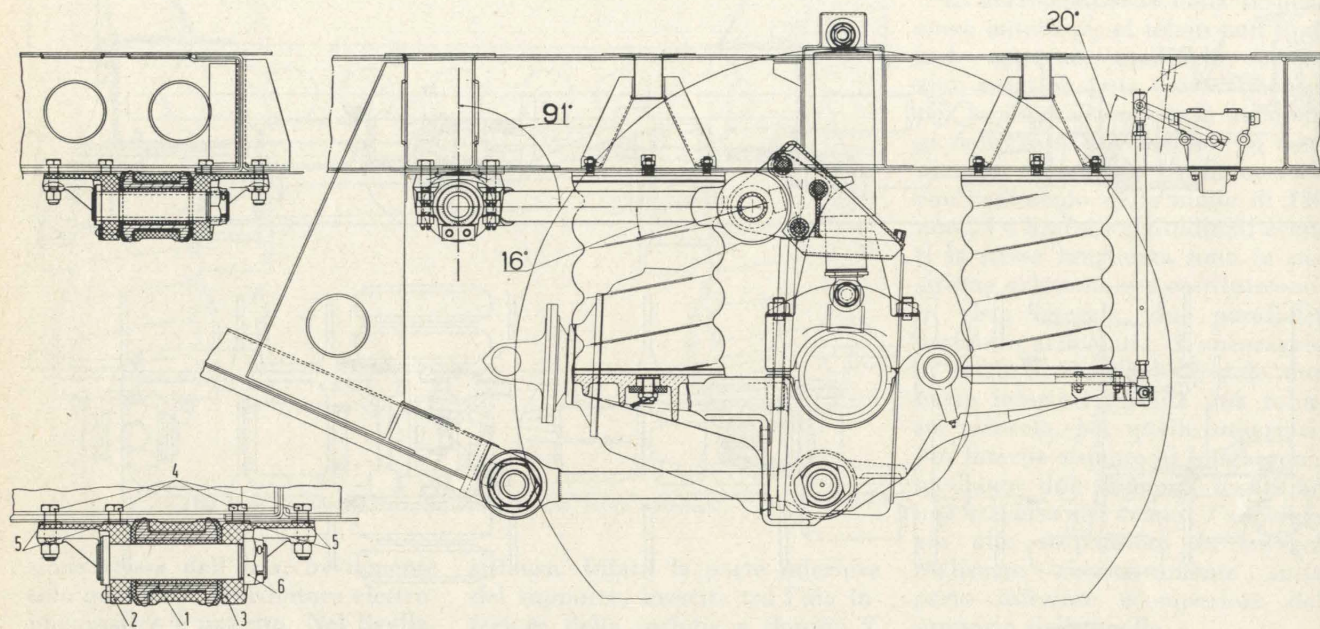


Fig. 9 - Complessivo sospensione posteriore (vista da sinistra).

Il particolare in alto a sinistra rappresenta la sezione sulla boccola elastica (flanbloc) e sul perno d'attacco d'una barra longit. di reazione superiore. 1. Boccola elastica (flanbloc) esterna. - 2 e 3. Sostegni anteriori delle barre. - 4. Bulloni di fissaggio dei sostegni. - 5. Rosette di registrazione. - 6. Dado di fissaggio del perno.

20 al 40 % a seconda che il veicolo è a pieno carico o a vuoto, è sopportato dalle aste di reazione in misura circa uguale tra loro.

Montaggio delle sospensioni e regolazione dell'assetto del veicolo.

La sospensione pneumatica Elipress richiede per il montaggio in linea di tutti i suoi organi e relativi comandi sul telaio del veicolo un tempo superiore a quello necessario per la sospensione a balestra; ma ciò, è facilmente spiegabile qualora si consideri tutto il montaggio del circuito supplementare dell'aria e soprattutto delle barre di reazione; per queste occorre precaricare la sospensione per portare, come detto, le molle alla lunghezza che assumono in condizioni di esercizio. Tale differenza, tuttavia, si riduce praticamente a zero quando si consideri solo la sostituzione degli ele-

al fine di garantire la massima funzionalità e durata di tutto il complesso. In sede di collaudo presso la casa costruttrice Saga-Pirelli ogni molla è sottoposta ad una prova di tenuta con pressione idraulica e alla misura del cedimento sotto un determinato carico; quest'ultimo rilievo consente di operare una selezione necessaria per il montaggio sul veicolo, come si vedrà. Inoltre una percentuale delle molle viene sottoposta a prova di fatica consistente nel far variare il carico e relativo cedimento entro limiti del 25 ÷ 30 % in più e in meno attorno ad un valore medio notevolmente superiore a quello corrispondente al pieno carico statico. La prova viene condotta alla frequenza di 110 cicli al minuto; il risultato è positivo quando la molla non presenta deterioramento dopo 10.000.000 di cicli.

Valvola elettropneumatica e valvole livellatrici sono sottoposte

latori in modo da immettere aria compressa nelle molle fino a realizzare da entrambi i lati delle sospensioni anteriore e posteriore le opportune distanze tra i tamponi di gomma ed i piani di tamponamento sull'assale o sul ponte.

Data la distribuzione dei carichi sul veicolo, il lato sinistro risulta più gravato del destro per cui è prescritto che in sede di montaggio le molle più rigide vengano sistemate sul lato sinistro.

Pressioni di esercizio nell'impianto pneumatico e nelle molle.

La sospensione Elipress realizzata sull'autobus 306 richiede pressioni di aria relativamente basse. In condizioni di pieno carico statico con veicolo perfettamente livellato la pressione nelle molle non dovrebbe superare i 3 ÷ 3,5 kg/cm<sup>2</sup>. Questo fatto consente di poter mantenere l'assetto del veicolo anche in condizioni di note-

voli sovraccarichi senza andare a valori eccessivi di pressione.

Il limitatore di pressione sul compressore è tarato a 6,5 kg/cm<sup>2</sup>, la valvola a pressione controllata, che alimenta il circuito pneumatico della sospensione, a 4 kg/cm<sup>2</sup>. Questa stessa valvola consente il ritorno dell'aria compressa nel serbatoio dell'impianto pneumatico di frenatura quando in questo la pressione sia inferiore a quella esistente nei serbatoi di alimentazione della sospensione.

Comportamento delle sospensioni Elipress sul prototipo sperimentale e sui veicoli in esercizio presso la Sita e loro messa a punto.

Alla realizzazione attuale dell'autobus si è pervenuti attraverso successive modifiche e miglioramenti sfruttando l'esperienza fatta sul prototipo sperimentale presso il nostro reparto esperienze e presso la Sita e tenendo presente la messe di osservazioni e di dati a cui si perviene nell'uso dei veicoli; a tale scopo la Sita collabora strettamente con i nostri organi tecnici segnalando gli inconvenienti riscontrati e proponendo rimedi e migliorie.

Nelle condizioni attuali la sospensione presenta una confortevolezza decisamente buona, una maggiore indifferenza alle varia-

zioni di carico e di sovraccarico rispetto a quanto si verifica sugli autobus a balestra e una notevole maggior silenziosità durante la marcia con assenza completa di vibrazioni. Inizialmente però, no-

nostante il notevole smorzamento dell'elemento elastico gomma del complesso della sospensione (elementi portanti e snodi), si era riscontrato un beccheggio piuttosto evidente alle elevate velocità su

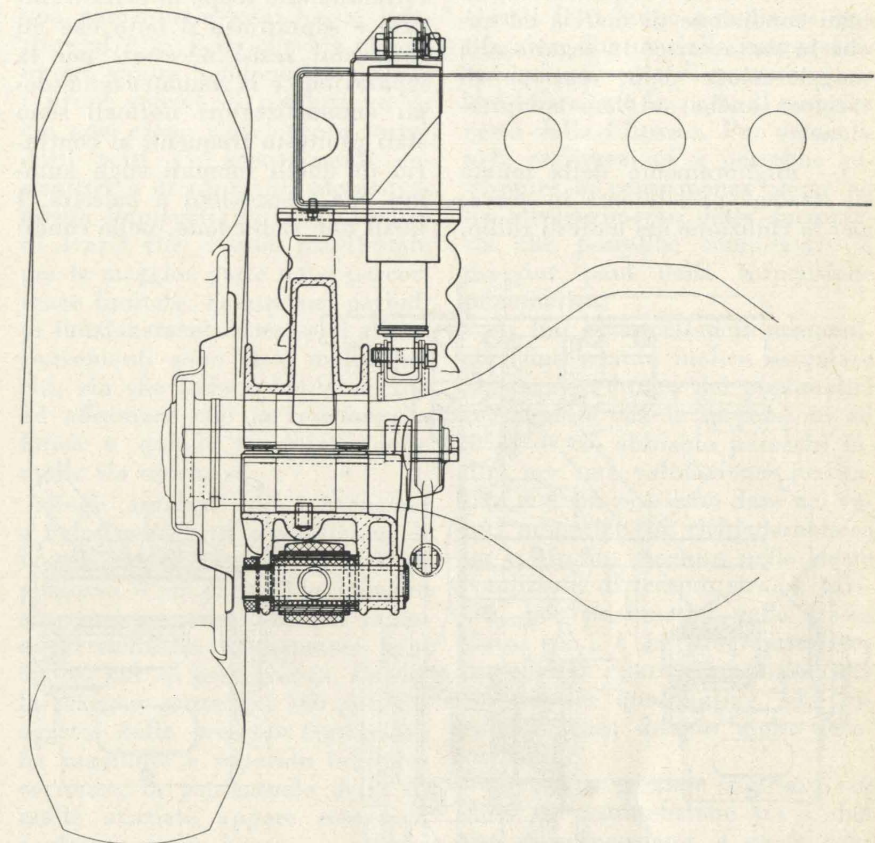


Fig. 11 - Particolare della sospensione posteriore.

Sezione trasversale sul supporto delle molle « Elipress » e sul perno e relativa boccola elastica (estendbloc) d'una barra di reazione longitudinale inferiore.

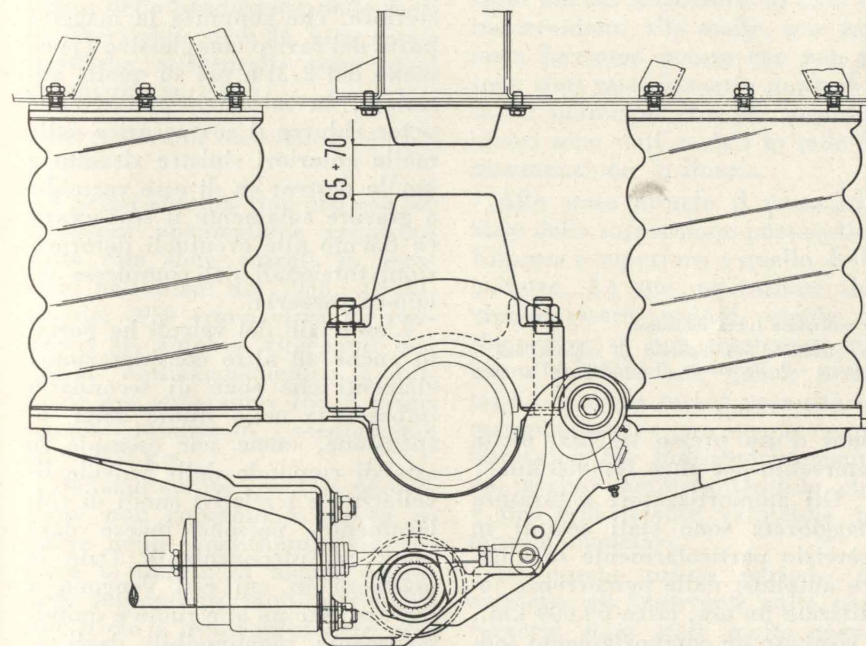


Fig. 10 - Particolare della sospensione posteriore vista da sinistra.

strade ondulate e crescente con l'aumentare del carico. Allo scopo di eliminarlo o almeno di ridurlo, sono state condotte delle prove su strada prevalentemente discreta, ma tormentata da molte curve e da molti dossi. È stata dapprima eseguita una prova con gli ammortizzatori di produzione, ma con gomme più rigide delle normali a carcassa tessile a parità di pressione di gonfiamento. Eseguiti i percorsi sopra indicati e successivamente anche altri brevi a fondo stradale vario, si è notato un sensibile miglioramento nel difetto di beccheggio, che però permaneva. Il miglioramento decisivo è venuto solo dopo la sostituzione degli ammortizzatori anteriori e posteriori con altri a taratura maggiorata aventi dal lato rimbalzo del diagramma di frenatura rilevato al banco le reazio-



ni massime aumentate di un terzo. I risultati ottenuti sono i seguenti:

— riduzione della frequenza e dell'ampiezza dei moti di beccheggio;

— assenza di tamponamenti in ogni condizione di marcia ed anche in sovraccarico in seguito alla maggiorazione della reazione di taratura anche sul lato compressione;

— miglioramento della tenuta di strada, specialmente in curva, per la riduzione dei moti di rollio,

amenti Elipress, per cui nella sospensione pneumatica gli ammortizzatori vengono ad essere sottoposti ad un maggior lavoro. Prove dirette di ciò sono state la necessità di rinforzarne gli attacchi delle estremità allo scopo di evitare rotture e soprattutto il fatto che gli interventi resisi necessari per la riparazione e la manutenzione degli ammortizzatori normali sono stati piuttosto frequenti al contrario di quelli montati sugli autobus con sospensioni a balestra, i quali non richiedono, nelle condi-

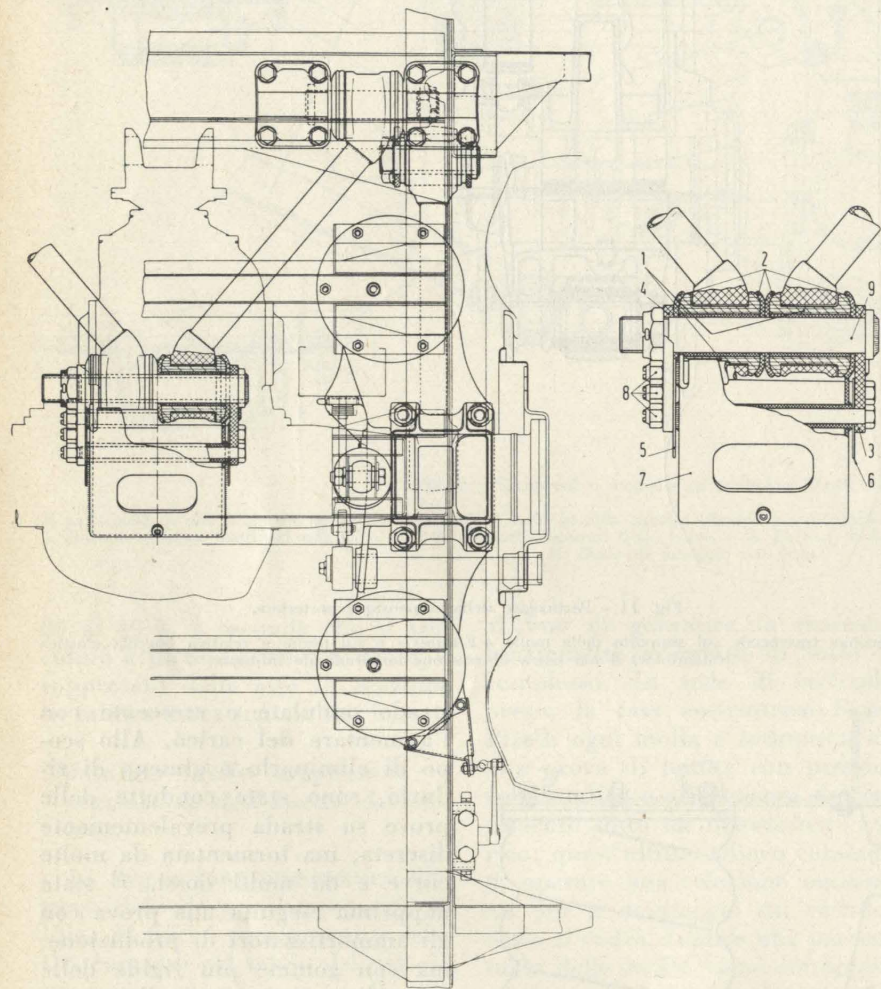


Fig. 12 - Complessivo sospensione posteriore (vista dall'alto).

1. Boccole elastiche. - 2. Rosette. - 3 e 4. Piastre laterali. - 5-6. Spessori di registrazione. - 7. Supporto - 8. Dadi dei perni di ancoraggio delle piastre - 9. Perno-vite di fissaggio del gruppo.

La necessità, messa in evidenza da queste prove, di montare ammortizzatori più efficaci di quelli sufficienti per le balestre, si spiega quando si consideri che agli effetti del beccheggio lo smorzamento delle foglie della balestra nel loro moto relativo è molto forte, superiore a quello degli ele-

zioni d'uso presso la Sita, alcun intervento per oltre 100.000 km.

Gli ammortizzatori a taratura maggiorata sono stati seguiti in esercizio particolarmente su quattro autobus; dalle percorrenze totalizzate fin'ora, circa 60.000 km., è risultato un comportamento soddisfacente agli effetti funzionali

e senza alcuna necessità di manutenzione.

Un inconveniente manifestatosi sul prototipo e sui primi esemplari è stato lo sfarfallamento delle ruote anteriori; esso si presentava da principio con una piccola oscillazione del volante di guida quando la velocità del veicolo era compresa fra i 40 e 70 km/h. Anche mantenendosi costante la velocità, si notava che l'ampiezza delle oscillazioni aumentava gradatamente fino ad indurre ad entrare in leggera oscillazione trasversale anche la carrozzeria. L'inconveniente è stato eliminato dopo aver effettuato varie prove adottando i seguenti accorgimenti:

— riduzione dell'angolo di incidenza longitudinale del fuso a snodo delle ruote anteriori da  $2^\circ$  a  $0^\circ 30'$ ; attualmente tale angolo è stato portato a zero.

— equilibratura dinamica delle ruote anteriori.

I pochi casi verificatisi di avaria delle molle si sono manifestati di preferenza sulla sospensione anteriore sinistra, le cui molle sono costrette a lavorare con una pressione interna superiore a quella delle destre per poter mantenere l'assetto trasversale, data la distribuzione dei carichi leggermente spostata sulla sinistra. A questo riguardo è stato consigliato all'utente di procedere alla regolazione dell'assetto trasversale agendo prima sulla sospensione posteriore, che sopporta la maggior parte del carico complessivo (poco meno dei  $2/3$ ) e poi su quella anteriore. In tal modo si dovrebbe poter ridurre il sovraccarico sulle molle anteriori sinistre rispetto a quelle destre; su di esse verrebbe a gravare solamente il sovraccarico dovuto alle eventuali deformazioni torsionali del complesso telaio-carrozzeria.

L'esercizio dei veicoli ha portato anche ad altre considerazioni: elementi che sono di secondaria importanza nello studio della sospensione, come per esempio le aste di comando delle valvole livellatrici e i relativi snodi di collegamento, possono invece dare luogo ad inconvenienti. Date le posizioni in cui essi vengono a trovarsi, vicino alle ruote e quindi facilmente raggiungibili dagli agenti esterni, si possono verificare

intrusioni di impurità quali polvere, acqua, fango tra le parti in movimento particolarmente negli snodi; ciò, unitamente alle vibrazioni cui essi sono sottoposti, ha dato origine a casi di usura delle superfici di contatto con formazione di giochi e conseguente deterioramento delle varie parti; ne è seguita, oltre ad una rumorosità sul veicolo in marcia, la necessità di intervenire frequentemente per la registrazione del complesso aste-valvole livellatrici e la difficoltà di ottenere a lungo andare un livellamento soddisfacente del veicolo. Si è provveduto ad ovviare a questi possibili inconvenienti intervenendo nelle due seguenti direzioni:

— riduzione degli effetti delle vibrazioni ottenuta con l'alleggerimento del tirante di comando delle valvole livellatrici e con l'adozione di snodi aventi una parte elastica sistemata tra le superfici in moto relativo per smorzare le vibrazioni.

— opportuna protezione dei livellatori e degli snodi dalle infiltrazioni di impurità esterne.

Nella messa a punto della sospensione non si sono lamentati altri inconvenienti oltre a quelli segnalati; in particolare il sistema di ancoraggio delle masse non sospese alla cassa si è rivelato subito molto funzionale e privo di difetti degni di nota.

Le difficoltà iniziali di messa a punto della produzione delle molle, inevitabili date le loro caratteristiche strutturali, sono state facilmente superate.

*Osservazioni di esercizio e conclusione.*

I primi autobus tipo 306 con sospensioni pneumatiche acquistati dalla Sita sono entrati in esercizio nell'estate del 1958; all'inizio del 1959 erano circa un centinaio gli autobus viaggianti con questo equipaggiamento; a tutt'oggi essi superano i 160. I primi hanno totalizzato mediamente 80-90.000 km.

Diciamo subito che tali percorrenze non consentono ancora di trarre delle conclusioni definitive circa la durata di alcuni organi delle sospensioni, molle per esempio, a cui è lecito richiedere percorrenze maggiori; aggiungiamo

però che il comportamento in esercizio è stato finora più che buono, ciò che permette di essere ottimisti circa la durata. I casi di avaria di molle verificatisi finora per motivi vari sono in numero molto limitato e rappresentano una percentuale assai bassa, inferiore al 2%. È da rilevare che su questo valore incidono fortemente i primi veicoli di produzione su cui non erano stati ancora introdotti tutti gli accorgimenti costruttivi e di controllo successivamente impiegati. Si tratta inoltre di avarie che si sono manifestate per la maggior parte dopo percorrenze limitate, mentre nei periodi di funzionamento successivi gli inconvenienti sono stati molto pochi, ciò che induce fondatamente ad affermare che la resistenza a fatica e quindi la durata delle molle sia ottima.

Negli autobus con sospensioni a balestre soggetti a condizioni di lavoro medie come gravosità di percorso e di carico, le balestre anteriori sono sostituite per ragioni di sicurezza mediamente ogni 50.000 km. di percorrenza. Poiché la maggior parte dei 160 autobus oggetto della presente trattazione ha raggiunto e superato tali percorrenze, la percentuale detta di molle avariate appare essere al confronto molto bassa.

Abbiamo detto innanzi della possibilità che la sospensione offre di consentire la marcia in condizioni ancora accettabili in caso di inconvenienti alle molle, pur tuttavia facciamo notare che non vi sono stati casi di avarie improvvise in marcia e che gli inconvenienti sono stati evitati in sede di manutenzione ordinaria.

Allo stato attuale il costo iniziale della sospensione pneumatica Elipress è superiore a quello delle balestre. La sua aspirazione dovrebbe essere, quindi, quella di recuperare se non totalmente almeno parzialmente questo svantaggio con una minor necessità di manutenzione e con una maggior durata; e ciò indipendentemente dal miglior comfort ottenibile, che è più difficilmente valutabile in termini monetari.

In questo primo periodo di esercizio gli interventi sulla carrozzeria sono stati molto meno frequenti di quelli necessari per

autobus con sospensione a balestra convenzionale; ciò concorda con alcuni rilievi sperimentali dai quali risultano per la sospensione pneumatica dei valori di accelerazione sulla cassa e, quindi, di sollecitazione, sensibilmente inferiori. Questi fatti fanno presumere una maggior durata della carrozzeria con minori spese di manutenzione che bilanciano in parte il maggior costo delle Elipress. Per determinate realizzazioni si potrebbe addirittura divenire in conseguenza anche ad un alleggerimento della carrozzeria che potrebbe compensare il maggior peso della sospensione pneumatica.

Ai fini di un bilancio economico è importante inoltre segnalare la maggior durata dei pneumatici realizzabile con le sospensioni ad aria; di ciò abbiamo parecchi indizi per una valutazione qualitativa ma non possiamo dare dei valori numerici che richiederebbero un confronto eseguito nelle stesse condizioni di tempo, strade, carichi, per pneumatici della stessa Casa, ecc.; è in programma comunque la ricerca di dati per una valutazione quantitativa, che risulterà senza dubbio molto interessante.

Un primo parziale confronto sui costi di manutenzione tra i due tipi di sospensione, a parte ogni considerazione di carattere tecnico, comfort, ecc., è favorevole alle Elipress. I dati di costo, pur sommariamente rilevati, risultano oscillare per queste intorno a L. 0,40 per km/vettura e L. 1,20 per le balestre. Il confronto potrà risultare ancora più favorevole alla sospensione pneumatica quando si terrà conto delle modifiche apportate su di essa come conseguenza delle osservazioni e dei rilievi di esercizio accennati.

L'esperienza da noi acquisita sulle Elipress ci permette di guardare con occhio decisamente favorevole al futuro delle sospensioni pneumatiche; ciò concorda del resto con la tendenza attuale nel mondo di una loro sempre crescente diffusione nel campo dell'autotrazione. L'esperienza fatta ci consentirà di ridurre considerevolmente la fase sperimentale nelle nostre future realizzazioni con qualsiasi tipo di molla ad aria.

Antonio Oglietti



# Criteri per la scelta della sospensione pneumatica in base alle esigenze dei diversi veicoli

*PASQUALE FISCHETTI della Saga spiega perchè in America, dove da anni sono in serie autobus della General Motors con sospensione ad aria, i tentativi di applicare sospensioni pneumatiche su autovetture hanno avuto esito negativo. In Europa la sospensione pneumatica applicata alle utilitarie porterebbe ad un rilevante progresso tecnico se si trovasse una soluzione al problema economico. Fa un rapido esame delle molle ad aria disponibili, considera le varie categorie dei veicoli industriali e conclude stabilendo un criterio di massima per scegliere la sospensione pneumatica più adatta per un determinato tipo di veicolo.*

In epoca abbastanza recente le sospensioni pneumatiche sono state studiate e realizzate da numerose case costruttrici italiane ed estere e le applicazioni sinora fatte riguardano i veicoli industriali, soprattutto quelli destinati al trasporto delle persone.

Infatti sia in Germania che in Inghilterra i veicoli su cui è previsto l'equipaggiamento di sospensione pneumatica sono gli autobus, e in America dove già da anni sono in serie autobus della General Motors con sospensione ad aria, i tentativi delle Case costruttrici su autovetture si sono risolti in un insuccesso di mercato.

È opportuno esaminare le cause di questo insuccesso nel campo delle vetture, vedere se sono generali e comunque tali da impedirne o anche limitarne lo sviluppo in Europa.

Come è ormai noto le caratteristiche della sospensione pneumatica sono:

- il livello costante;
- la frequenza ridotta e praticamente uguale per tutte le condizioni di carico;
- la diminuzione dei valori delle accelerazioni sulla cassa, rispetto a quelli che si hanno con le sospensioni tradizionali: quindi minori sollecitazioni che portano ad una più lunga durata della carrozzeria con ridotte spese di manutenzione, consentendo strutture più leggere;
- la silenziosità durante la marcia;
- la riduzione del consumo dei pneumatici;
- la possibilità di sovraccarichi;
- la possibilità di correzione dell'assetto del veicolo durante la marcia.

Come mai allora, visti i vantaggi che derivano dalla sospen-

sione ad aria, i tentativi delle case costruttrici americane si sono risolti in quell'insuccesso di vendita che abbiamo accennato?

Il fatto è che la sospensione pneumatica comporta un maggior costo, e per alcuni veicoli, ad esempio la tipica autovettura americana, i vantaggi che ne derivano sono, in relazione alle sospensioni tradizionali, in un rapporto meno favorevole. E qui è opportuno fare alcune considerazioni sulle normali sospensioni metalliche.

La rigidità di queste molle è costante e per la ragione che vedremo non può essere sempre ridotta come si vuole, si avrà perciò una buona sospensione per un limitato intervallo di variazione del carico.

In tutte le altre condizioni la frequenza propria della sospensione sarà alta e varierà con il carico (a vuoto perchè le masse sospese sono ridotte, a carico massimo per l'intervento di molle ausiliarie che irrigidiscono la sospensione).

Pensare di realizzare una sospensione molto flessibile anche con molle tradizionali, trova subito delle limitazioni pratiche nel caso di veicoli in cui è grande la variazione del peso da vuoto alla condizione di massimo carico: si avrebbe infatti una variazione inammissibile del piano di calpestio. Per quei veicoli invece in cui la variazione del carico da tara a statico risulta piccola, è possibile progettare molle ad alta flessibilità.

È quest'ultimo il caso della vettura americana tipica, in cui il rapporto tra il carico trasportato e la tara è 0,2. E poichè il costo di una sospensione pneumatica è maggiore di quello di una sospensione con molle tradizionali, tenuto conto anche dell'impianto

dell'aria si capisce perchè per quel tipo di vettura la sospensione pneumatica non abbia incontrato il favore degli utenti. In questo caso con la loro alta flessibilità le molle metalliche assicurano un comfort che non è di molto inferiore a quello possibile con le sospensioni ad aria e con un costo senz'altro minore.

Esaminiamo per le varie categorie di veicoli i valori di questo rapporto:

— Autovettura tipo 1800:	
carico trasport./tara =	0,33
— Auto vettura tipo 500:	0,60
— Autobus interurbano:	0,8
— Autobus urbano:	0,9
— Autocarri:	1,45
— Autocisterne:	3
— Rimorchi	3 ÷ 3,5

Risulta chiaro da questo esame che le applicazioni delle sospensioni pneumatiche sugli autobus, autocisterne, autocarri, trattori, semirimorchi, rimorchi, sono tecnicamente ed anche economicamente giustificate.

Per questi veicoli infatti la variazione del carico è forte, perciò il problema della sospensione molto flessibile con i sistemi tradizionali è impossibile a causa delle forti variazioni di altezza del piano di calpestio che ne deriverebbero.

Per le autovetture europee tipo 1800 l'impiego della sospensione pneumatica è già più favorevole che per le autovetture tipiche americane, ma entro limiti che giustificano ancora la resistenza dei costruttori.

Dove la sospensione pneumatica porterebbe ad un notevole progresso tecnico è nel campo delle autovetture utilitarie; purtroppo il problema riveste in questo caso un carattere economico e non trova facilmente la soluzione. Il mag-

gior costo della sospensione (mole ed impianto d'aria) incide in misura notevole sul costo totale del veicolo.

Il problema è perciò ancora aperto allo studio di soluzioni che siano realizzabili economicamente.

Nel caso dei veicoli industriali la sospensione pneumatica porta a quel perfezionamento tecnico di cui si è fatto cenno più sopra, con una spesa che incide sul costo totale del veicolo in misura accettabile, anche perchè su questi veicoli è già installata la sorgente d'aria compressa.

Nella nostra analisi dei criteri per la scelta della sospensione pneumatica in base alle esigenze dei diversi veicoli, prenderemo in considerazione, per quanto esposto sopra, i soli veicoli industriali.

Facciamo prima un rapido esame delle molle ad aria oggi disponibili:

*Molle ad aria del tipo a soffiutto «TORPRESS», costituite da un involucro in gomma-tela con numero variabile di soffiutti (1, 2, 3) a seconda delle caratteristiche richieste. Sono necessari generalmente serbatoi ausiliari d'aria per ottenere flessibilità che assicurino frequenze proprie dell'ordine di 75 ÷ 80 cicli/1'. Non hanno portanza propria senza aria.*

*Molle ad aria del tipo a rotolamento «DIAPRESS», costituite da diaframmi in gomma-tela contenenti l'aria compressa; si deformano durante lo scuotimento arrotondandosi fra due parti metalliche di guida. Consentono di incorporare il serbatoio d'aria, anche perchè richiedono minori volumi ausiliari. Come le Torpress non hanno portanza propria.*

*Molle ad aria del tipo «ELIPRESS», costituite da un cilindro di gomma sagomato ad elica, portante all'interno, annegata, una molla metallica e riempito di aria compressa. Si hanno così tre elementi elastici lavoranti in parallelo: gomma, elica metallica ed aria. Normalmente il carico tara è sopportato senza l'intervento dell'aria mentre la differenza tra tara e carico statico è sopportata dall'aria in pressione. Generalmente non richiedono serbatoi ausiliari in quanto hanno una fles-*

sibilità elevata che consente una frequenza propria della sospensione di 75 ÷ 80 cicli/1'.

Vediamo ora pregi e difetti di ciascun tipo di molla.

Le «Torpress» data la piccola dimensione in altezza, consentono di realizzare i veicoli con il piano di calpestio molto basso, possono essere montate sotto i longheroni del telaio, hanno una grande leggerezza e permettono di ottenere grandi flessibilità con l'impiego di opportuni serbatoi ausiliari di aria. Accanto a questi pregi i seguenti difetti: necessità di ricorrere a pressioni piuttosto elevate se si vogliono contenere in limiti ragionevoli gli ingombri diametrali delle molle, quindi maggior richiesta d'aria. Tutto il carico del veicolo deve essere portato dall'aria, creando così in caso di avaria dell'impianto pneumatico serie difficoltà di marcia.

Molle di questo tipo sono di per sé prive di smorzamento: occorrono perciò ammortizzatori di potenza superiore ai normali e questi, particolarmente per vibrazioni di alta frequenza, circuitano il sistema lasciando passare sulla cassa le accelerazioni che si cerca invece di ridurre con la sospensione pneumatica.

Infine necessitano di serbatoi ausiliari creando così problemi di ingombro e di peso.

Le molle a rotolamento hanno pregi e difetti delle molle del tipo a soffiutto. Le dimensioni in altezza sono un po' maggiori, anche per via del serbatoio incorporato alla molla che d'altra parte elimina l'impiego di serbatoi staccati.

Dobbiamo ancora dire per le molle a rotolamento che occorre ridurre il raggio di avvolgimento della molla a valori molto piccoli, per le necessità dei progettisti dei veicoli di ridurre le dimensioni trasversali delle molle, cercando nello stesso tempo di non aumentare eccessivamente le pressioni dell'aria. Di qui la necessità di montaggi molto precisi per evitare che il pistone risulti non in asse con la molla, riducendo in talune sezioni assiali il raggio di avvolgimento del diaframma a valori tanto piccoli da compromettere la resistenza alla rottura.

Questa circostanza diventa ancora più pericolosa quando il pistone è montato su braccio oscillante. Si cerca di ovviare a questo inconveniente adottando contenitori flottanti metallici o comunque deformabili sospesi sulla molla.

Le molle Elipress richiedono pressioni minori rispetto alle molle integralmente pneumatiche, quindi minore risulta il consumo d'aria e più piccoli i serbatoi di alimentazione. Considerando che su di un veicolo industriale fra impianto di frenatura e servizi ausiliari la richiesta d'aria può essere notevole, la circostanza precedente è senz'altro favorevole.

Si avrà inoltre con queste molle una sicurezza di marcia anche in mancanza d'aria, senza o con il carico trasportato.

Il problema degli ammortizzatori è meno sentito in quanto la parte in gomma ha uno smorzamento proprio che se non consente di eliminare gli ammortizzatori ne permette in generale l'impiego di normali. Inoltre le molle Elipress eliminano le vibrazioni di alta frequenza che vengono filtrate dalla massa di gomma, con un netto miglioramento dell'abitabilità del veicolo e infine consentono una immediata partenza del veicolo anche dopo lunghe fermate, senza dover attendere di mettere in pressione le molle. Questa circostanza è molto importante soprattutto per autobus urbani.

Tutte le molle esaminate possono sopportare soltanto carichi assiali saranno perciò necessari bracci di reazione per l'ancoraggio trasversale e longitudinale della sospensione.

Si potrebbe anche realizzare il collegamento della sospensione ricorrendo a molle a balestra molto alleggerite, disposte in parallelo con molle ad aria.

Alle balestre verrebbe dunque affidato sia il compito di risolvere il problema dell'ancoraggio degli assi al telaio che quello di sopportare una parte del carico del veicolo, generalmente il carico tara. Il carico trasportato verrebbe affidato alle molle pneumatiche la cui funzione è anche quella di mantenere costante il livello del veicolo. Può essere migliorato il comportamento della balestra, in relazione alle vibrazioni



di alta frequenza trasmissibile alle masse sospese, prevedendo di interrompere la continuità metallica fra balestre e telaio. Si sostituisce in questo caso l'articolazione metallica con perno e biscottino mediante tasselli elastici di gomma, sistemati alle estremità delle foglie maestre della balestra, e compressi entro una scatola collegata al telaio.

Abbiamo considerato i vari tipi di molle ad aria, esaminiamo ora le varie categorie di veicoli industriali, in relazione alle loro caratteristiche e prestazioni: potremo poi stabilire un criterio di massima per la scelta del tipo di sospensione pneumatica che risulti più adatto.

Distinguiamo subito fra i veicoli quelli che hanno un carico tara piuttosto alto rispetto al carico trasportato (autobus urbani e interurbani) e quelli in cui il carico a vuoto è piccolo rispetto al carico statico (autocarri, trattori, cisterne e rimorchi). Veicoli che sono soggetti a forti sovraccarichi (autobus e filobus urbani). Quelli che richiedono una grande sicurezza di marcia perchè legati a particolari esigenze di servizio (autobus e filobus urbani). Quelli che richiedono una grande sicurezza di marcia perchè legati a particolari esigenze di servizio (autobus adibiti a servizi pubblici). Veicoli per i quali la possibilità di entrare immediatamente in linea è fondamentale per ragioni tecniche di servizio (veicoli adibiti a trasporti urbani).

La sospensione con Elipress o con molle a balestra molto flessibili in parallelo con le molle ad aria è particolarmente adatta a tutti quei veicoli in cui le masse sospese a veicolo vuoto sono dell'ordine di quelle trasportate, perchè permette di risolvere molti problemi cui abbiamo accennato.

Infatti la parte gomma-acciaio della molla Elipress, destinata a supportare il carico sospeso del veicolo a tara, è tale da assicurare anche tutti quei vantaggi di smorzamento e la possibilità di supportare il carico trasportato nell'eventualità di mancanza d'aria.

E così pure nella sospensione mista (balestre alleggerite-molle ad aria) dovendo le molle a balestra supportare il carico sospeso

a tara, sono anche idonee all'ancoraggio longitudinale e trasversale degli assali, senza richiedere bracci di reazione ausiliari. Naturalmente quest'ultima soluzione è più economica per la semplicità dei collegamenti, ma vengono a mancare il contributo allo smorzamento ed il taglio efficace delle vibrazioni di alta frequenza che si hanno con le Elipress, conservando però tutti gli altri requisiti delle sospensioni pneumatiche.

Per gli autobus urbani ed interurbani sono queste indicate le soluzioni più adatte del problema della sospensione ad aria, per il motivo sopra accennato e per gli altri di seguito esposti.

Essendo affidato all'aria compressa il ruolo di supportare solo il carico trasportato, mantenendo costante l'altezza del piano di calpestio, saranno necessarie pressioni modeste che lasciano un margine sufficientemente grande rispetto alla pressione disponibile, per i sovraccarichi eccezionali.

Nel caso degli autobus urbani questi sovraccarichi sono notevoli, ed il poterli supportare senza arrivare a pressioni molto grandi costituisce un vantaggio non indifferente, sia in relazione al problema del compressore che a quello della tenuta d'aria.

Fondamentale per tutti i veicoli è la sicurezza di marcia: è necessario che sia ridotta al minimo la possibilità di un arresto per avaria dell'impianto pneumatico. E questo problema della sicurezza di funzionamento della sospensione riveste particolare importanza nel caso di veicoli urbani per le particolari esigenze del servizio cui sono adibiti.

Ora, mentre la sospensione integralmente ad aria, in cui le molle non hanno alcuna capacità di supportare il carico senza aria compressa, mette in crisi il veicolo in caso di guasto all'impianto pneumatico, la sospensione con molle Elipress o con balestre ad alta flessibilità in parallelo con molle ad aria, permette la marcia del veicolo in ogni caso.

Gli autobus, in particolare quelli adibiti a trasporti urbani, debbono poter entrare in servizio con rapidità, anche dopo lunghe fermate, e questo riteniamo sia possibile solo con una sospensione

che non richiede la messa in pressione delle molle a veicolo vuoto.

Ai veicoli come le autocisterne, i trattori, gli autocarri e i rimorchi, che hanno un carico sospeso a veicolo vuoto molto piccolo, la sospensione con Elipress o mista non porta tutti quei vantaggi che abbiamo visto per gli autobus. Infatti, sia la molla Elipress che la balestra ad alta flessibilità dovrebbero essere dimensionate per carichi modesti.

Vengono così a mancare o ad essere notevolmente ridotte alcune delle caratteristiche di questo tipo di sospensione, essendo ricondotta la funzione dell'Elipress a quella molto prossima di contenitore dell'aria in un caso, e diminuita la capacità di collegamento della balestra nell'altro, dato il piccolo carico a tara che debbono supportare in relazione al carico trasportato.

Per questi veicoli allora la soluzione del problema della sospensione è affidata alle molle del tipo « Torpress » o « Diapress », ancorando gli assali mediante aste di reazione.

D'altra parte, specialmente per veicoli che come i rimorchi hanno un piano di carico che è opportuno tenere basso, l'impiego di molle tutt'aria è vantaggioso, consentendo la possibilità di realizzare questa condizione. Durante l'operazione di carico e scarico del veicolo, le molle potrebbero inoltre essere sgonfiate completamente, facendo intervenire i tamponi, in modo da abbassare il pianale di circa 100 mm.

Facciamo un cenno alla sospensione pneumatica di veicoli con ruote indipendenti.

Il problema degli ingombri, è in questo caso di capitale importanza, perchè gli ancoraggi delle ruote lo limitano fortemente. Occorrono molle di minimo ingombro sia in altezza che diametrale. Le molle tutt'aria a rotolamento possono risolvere questo problema.

Da quanto esposto si vede che numerosi sono i fattori che influenzano e condizionano il problema della sospensione pneumatica, il peso di ciascuno assumerà diversa importanza a seconda delle esigenze del veicolo e del criterio dei progettisti.

Pasquale Fischetti

## Analisi del comportamento oscillatorio di veicoli con sospensioni pneumatiche

ARTURO CHIESA della Pirelli dopo avere considerato gli scopi che l'hanno indotto a trattare l'argomento descrive i metodi di registrazione delle oscillazioni dei veicoli, accenna alle prove in corso presso la Pirelli, fa una relazione sui risultati ottenuti e sulle ricerche che vengono effettuate a mezzo della calcolatrice analogica presso i laboratori centrali della Pirelli.

### 1) Scopo del lavoro.

La letteratura tecnica sulle sospensioni pneumatiche apparsa finora riguarda soprattutto la descrizione dei vari tipi che via via vengono introdotti. Un numero ristretto di lavori (1, 2, 3, 4) ne studia il comportamento da un punto di vista teorico, giungendo

ne e della forma in funzione dell'elongazione della molla. Scarsissime sono invece le informazioni riguardo alla dinamica reale delle molle pneumatiche in esercizio, ossia più specificamente riguardo al comportamento oscillatorio verticale del veicolo equipaggiato con sospensioni ad aria. Beaujean (5)

lisi di ampiezza per confrontare due veicoli con e senza sospensioni pneumatiche. Pur trattandosi di un'analisi globale, cioè senza separazione dei vari tipi di fenomeni oscillatori presenti, i risultati ottenuti da Van der Burgt sono interessanti perchè mettono in luce differenze quantitative sensibili. Trattasi però di due veicoli di struttura molto diversa.

Poichè presso i Laboratori Gomma della Pirelli sono in corso in collaborazione con la S.A.G.A. ampie ricerche sperimentali e teoriche sul comportamento oscillatorio di veicoli equipaggiati con molle pneumatiche SAGA TORPRESS, si è accolto molto volentieri l'invito di riferire in proposito qualche notizia alla Giornata di studio sulle sospensioni organizzata dal Politecnico di Torino.

### 2) Cenno sui metodi di analisi oscillografica.

Prima di discutere i risultati è opportuno fare qualche considerazione sui metodi di analisi oscillografica, data la loro decisiva importanza sul successo della ricerca.

Le ragioni per cui le informazioni bibliografiche su ricerche oscillografiche sono assai scarse, non solo riguardo alle sospensioni pneumatiche ma più in generale a qualsiasi tipo di veicolo, vanno probabilmente ricercate nelle difficoltà che tali ricerche comportano. Infatti è esperienza comune che la semplice registrazione grafica delle oscillazioni del veicolo, anche se effettuata con mezzi idonei, ossia con rivelatori e registratori di risposta lineare in tutto il campo di frequenze interessato, che va praticamente da meno di 1 Hz a varie centinaia di Hz, è di utilità molto scarsa, per-

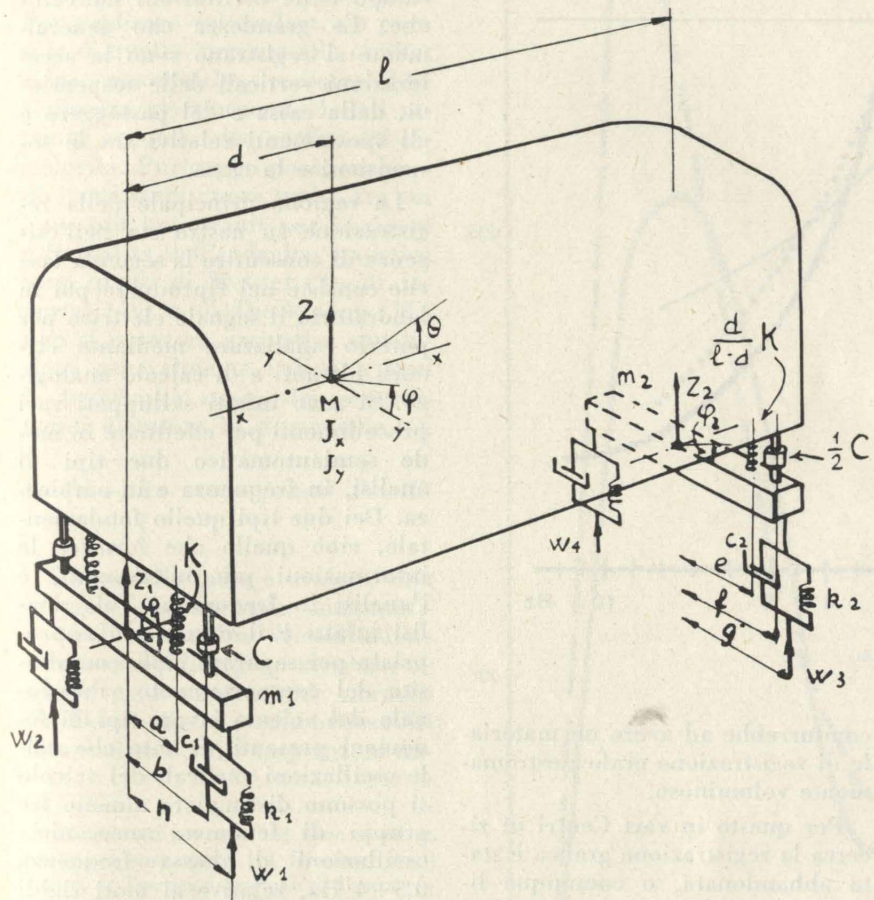


Fig. 1.

a delle formule differenziali che definiscono la dipendenza della rigidità e della viscosità equivalenti della molla dai suoi elementi fondamentali, ossia la pressione di lavoro e le variazioni della pressio-

e Russo Frattasi (6) si limitano a presentare alcune strisce di registrazione grafica di bassa frequenza, senza sviluppare alcuna analisi quantitativa. Van der Burgt (7) invece applica il metodo dell'ana-



chè gli andamenti degli oscillogrammi appaiono così irregolari e complessi, data la sovrapposizione di un gran numero di oscillazioni transitorie di frequenze molto diverse, che non è assolutamente

percorsi, per far sì che tutti i modi di oscillare potenzialmente presenti abbiano la possibilità di effettuarsi un numero di volte sufficientemente grande per essere statisticamente significativo. Ciò

pi del presente lavoro una descrizione dettagliata dei metodi introdotti e ormai di uso corrente, rimandando chi volesse informazioni in proposito a un lavoro pubblicato tre anni fa (8), che pur essendo di carattere preliminare può dare una idea abbastanza chiara. Basterà qui accennare al fatto che il procedimento si effettua in due fasi. A bordo del veicolo in esame le varie grandezze che interessano, rivelate con idonei trasduttori, vengono registrate su nastro magnetico. Per ragioni di simultaneità e di risparmio di tempo si impiegano registratori a più canali. L'insieme dei rivelatori e del registratore impiegati presso i Laboratori Pirelli ha una risposta lineare da zero a 250 ÷ 300 Hz, come è richiesto per coprire il vasto campo delle oscillazioni meccaniche. Le grandezze che generalmente si registrano sono le accelerazioni verticali delle sospensioni, della cassa e del passeggero e gli spostamenti relativi tra le sospensioni e la cassa.

La ragione principale della registrazione su nastro sta nell'esigenza di consentire la seconda fase che consiste nel riprodurre poi in laboratorio il segnale elettrico per poterlo analizzare mediante circuiti filtranti e di calcolo analogico. Si sono infatti sviluppati vari procedimenti per effettuare in modo semiautomatico due tipi di analisi, in frequenza e in ampiezza. Dei due tipi quello fondamentale, cioè quello che fornisce le informazioni più interessanti, è l'analisi in frequenza. Tale analisi infatti è il mezzo più appropriato per separare nella complessità del comportamento vibrazionale del veicolo i vari tipi di fenomeni presenti. È noto che nelle oscillazioni verticali del veicolo si possono distinguere almeno tre gruppi di fenomeni meccanici: oscillazioni di bassa frequenza 0,5 ÷ 4 Hz, relative ai moti rigidi principali della cassa, oscillazioni di media frequenza, 5 ÷ 20 Hz, relative alle oscillazioni rigide delle sospensioni e oscillazioni di alta frequenza, oltre 20 Hz, relative alle vibrazioni distribuite lungo le varie parti del veicolo. I comportamenti in ciascuno di questi gruppi sono tra loro sensibilmente indipendenti e pertanto è oppor-

tuno per ciascuno un esame separato.

L'analisi di ampiezza è di minore importanza e interessa soprattutto in quei problemi nei quali oltre al valore medio della grandezza in esame, globale o relativo alle varie bande di frequenza, importa conoscere i valori massimi raggiunti e la relativa probabilità a posteriori. Questo è il caso ad esempio di indagini sull'affaticamento del materiale. Anche questo tipo di analisi viene effettuato nei Laboratori Pirelli in modo automatico valendosi della calcolatrice elettronica analogica.

Va detto per concludere che i metodi ora descritti riguardano l'indagine puramente fisica della situazione vibrazionale del veicolo e in particolare del passeggero. Per giudicare del confort, sia pure solo di quello inerente alle oscillazioni meccaniche, occorrerebbe elaborare ulteriormente i dati ottenuti secondo dei coefficienti fisiologici. Purtroppo però, malgrado i vari studi finora svolti, tra cui i tre più importanti per il rigore e la vastità dell'indagine statistica sono quelli di Meister (9), di Janeway (10) e di Dieckmann (11), non si è ancora arrivati a conclusioni generalmente valide e anzi la legittimità stessa dei procedimenti è tuttora in discussione (1).

### 3) Prove in corso presso Pirelli-S.A.G.A.

Da qualche mese è in corso una indagine sperimentale comparativa su di un autobus di costruzione straniera equipaggiato alternativamente con sospensioni normali (molle a balestra e ammortizzatori idraulici solo sulle sospensioni an-

teriori) o con sospensioni miste (*Torpress Saga* e molle a balestra sensibilmente alleggerite e ammortizzatori idraulici su entrambe le sospensioni).

Si sono scelti vari percorsi di prova e varie velocità in modo da riprodurre nell'insieme le diverse situazioni stradali presenti nel percorso normale di linea dell'autobus in esame. Le prove sono state effettuate in entrambe le condizioni di veicolo vuoto (10.000 chilogrammi) e veicolo a pieno carico (14.000 kg.).

Si sono registrate le accelerazioni verticali in sei punti e pre-

cisamente: sospensione, cassa e sedile con passeggero, sia in corrispondenza dell'assale anteriore che in quello posteriore; quindi tre posizioni allineate verticalmente davanti e altrettante dietro.

Le lunghezze dei vari percorsi di prova si aggiravano su 300 ÷ 400 m. Ai fini di una buona ripetibilità statistica sarebbero state desiderabili lunghezze maggiori, come del resto la strumentazione impiegata sia di registrazione che di analisi avrebbe largamente permesso. Purtroppo difficoltà contingenti nella scelta dei percorsi di prova non hanno permesso di adottare percorsi più lunghi.

### 4) Qualche risultato.

Trattandosi di una ricerca tuttora in corso ci si limita qui a presentare qualche aspetto parziale dei risultati che si stanno raccogliendo. Si riportano i dati relativi a un solo tipo di strada, con fondo a pavè alquanto irregolare.

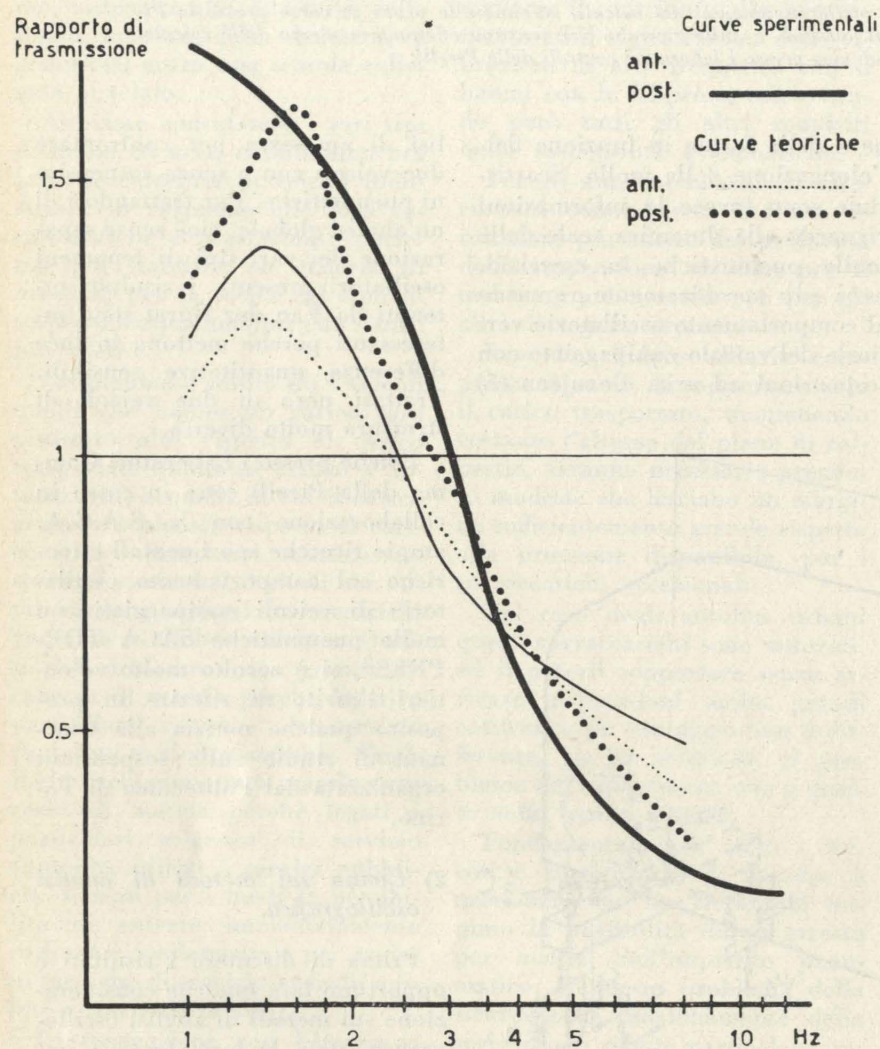


Fig. 2.

possibile effettuare dalle registrazioni tal quali alcuna valutazione quantitativa. Nè può essere accettabile il ripiego di usare rivelatori e registratori che facciano passare solo le basse frequenze, sia perchè si verrebbe ad avere una visione parziale della situazione, sia perchè resterebbe sempre aperto il problema di valutare quantitativamente gli oscillogrammi ottenuti.

Tutto ciò è poi aggravato dal fatto che il comportamento vibrazionale del veicolo può essere studiato solo osservandolo su lunghi

condurrebbe ad avere un materiale di registrazione graficamente estremamente voluminoso.

Per questo in vari Centri di ricerca la registrazione grafica è stata abbandonata, o comunque limitata a specifici casi particolari e si sono invece creati dei metodi intesi a ottenere direttamente dei parametri fisici sintetici e quantitativi.

Nei Laboratori Pirelli il problema è stato affrontato già da più di un lustro, data la sua importanza sia nei riguardi dei pneumatici che delle sospensioni. Esula dagli sco-

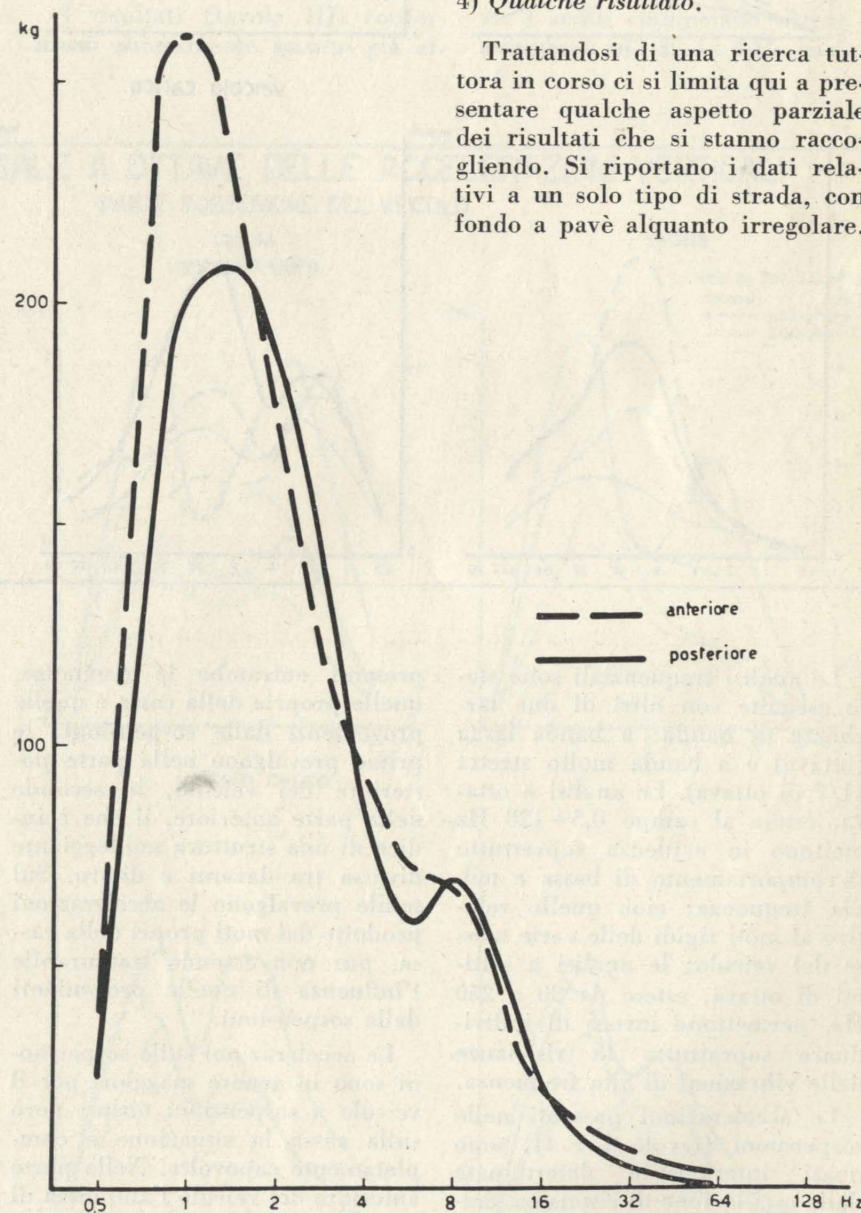


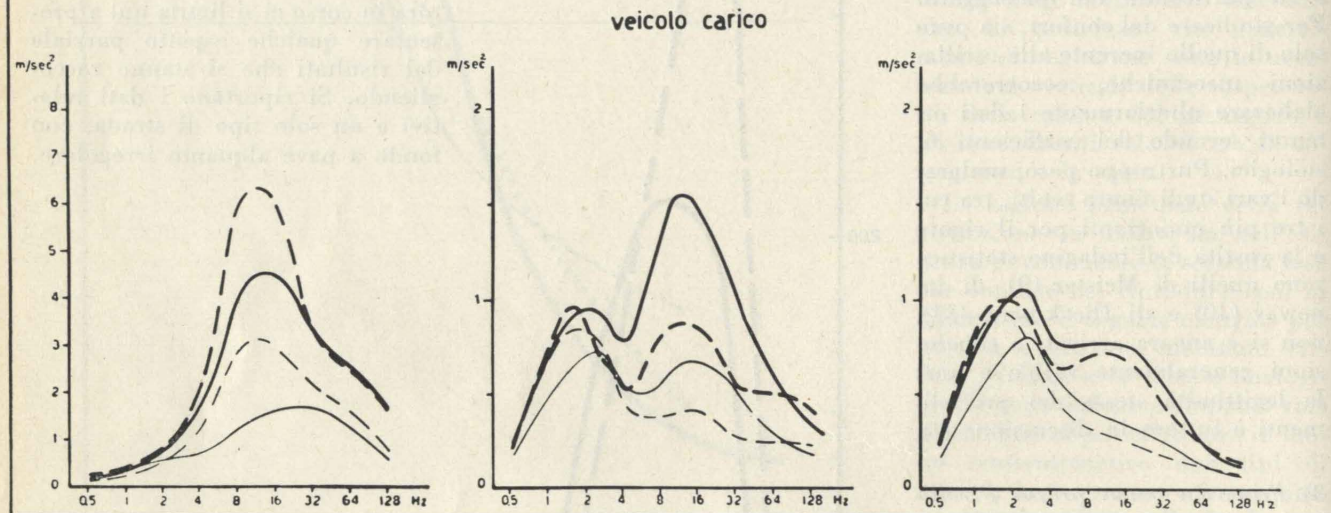
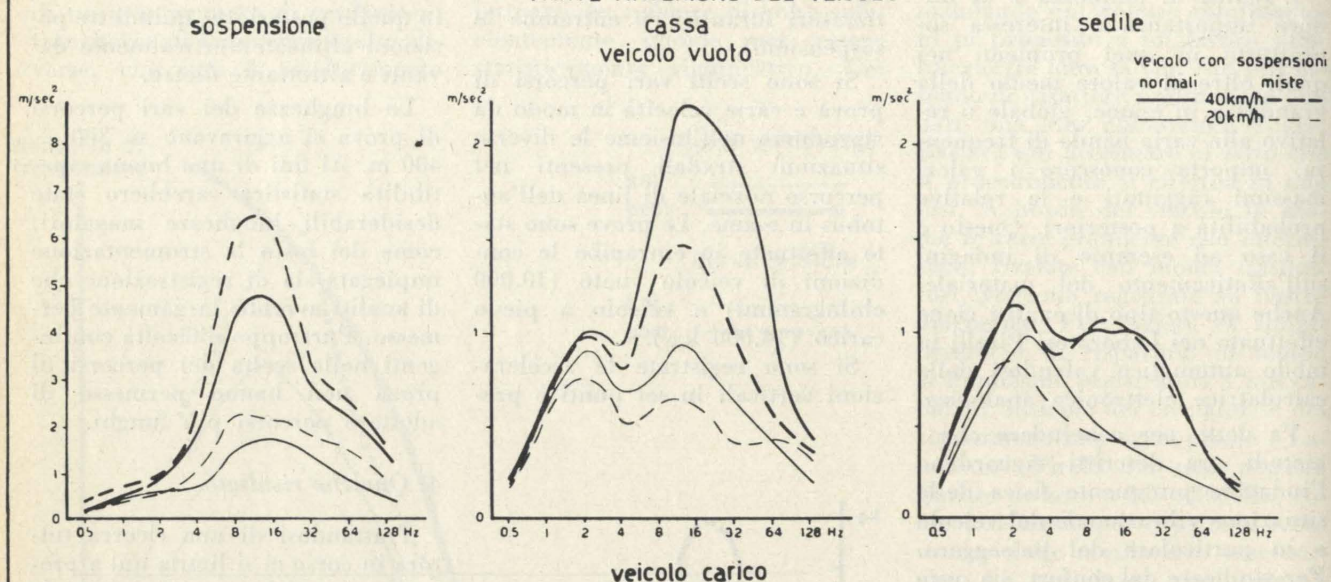
Fig. 3.

(1) Contatti personali si sono avuti in proposito soprattutto coi Direttori degli Istituti di Tecnica dei veicoli di Braunschweig (Professor Kössler) e di Delft (Professor Thiene). A Delft è in costruzione un filtro selettivo compensato secondo i coefficienti di Dieckmann allo scopo di effettuare un procedimento di sintesi analogo a quelli adottati in acustica fisiologica. Data la complessità e la diversità delle reazioni fisiologiche alle oscillazioni meccaniche sussistono però molti dubbi sulla legittimità del procedimento, anche se apparentemente i vantaggi potrebbero essere assai rilevanti.



# TAV I - ANALISI FREQUENZIALE A OTTAVE DELLE ACCELERAZIONI VERTICALI

## PARTE ANTERIORE DEL VEICOLO



Le analisi frequenziali sono state eseguite con filtri di due larghezze di banda: a banda larga (ottava) e a banda molto stretta (1/7 di ottava). Le analisi a ottava, estese al campo 0,5 ÷ 128 Hz mettono in evidenza soprattutto il comportamento di bassa e media frequenza; cioè quello relativo ai moti rigidi delle varie masse del veicolo; le analisi a settimi di ottava, estese da 20 a 250 Hz, permettono invece di individuare soprattutto le risonanze delle vibrazioni di alta frequenza.

Le accelerazioni presenti nelle sospensioni (tavole I e II) sono quasi interamente determinate dalla oscillazione di risonanza delle sospensioni stesse. Nelle accelerazioni verticali della cassa sono

presenti entrambe le risonanze, quella propria della cassa e quelle provenienti dalle sospensioni; le prime prevalgono nella parte posteriore del veicolo, le seconde nella parte anteriore, il che è indice di una struttura molleggiante diversa tra davanti e dietro. Sul sedile prevalgono le accelerazioni prodotte dai moti propri della cassa, pur non essendo trascurabile l'influenza di quelle provenienti dalle sospensioni.

Le accelerazioni sulle sospensioni sono in genere maggiori per il veicolo a sospensioni miste; però sulla cassa la situazione è completamente capovolta. Nella parte anteriore del veicolo l'ampiezza di oscillazione del moto fondamentale della cassa è press'a poco ugua-

le per i due tipi di sospensione, mentre l'oscillazione proveniente dalla sospensione è ridotta nel veicolo a sospensioni miste. Nella parte posteriore della cassa la sospensione mista appare vantaggiosa non solo nella frequenza di sospensione ma anche in quella di cassa. Analoghi vantaggi sono riscontrabili sul sedile, sebbene in misura ridotta, dato che il sedile ha già di per se stesso la tendenza a tagliare la frequenza di sospensione. I valori medi globali, malgrado la loro scarsa significatività ai fini di un'indagine del comportamento meccanico dei vari fenomeni oscillatori del veicolo, confermano i vantaggi della sospensione mista, come si rileva dalla tabella seguente.

## VALORI MEDI GLOBALI (m/s<sup>2</sup>)

	CASSA		SEDILO	
	Sospensione normale	Sospensione mista	Sospensione normale	Sospensione mista
<i>Parte anteriore del veicolo</i>				
veicolo vuoto				
20 km/h	1,2	1	1	0,9
40 km/h	2,6	1,8	1,6	1,5
veicolo carico				
20 km/h	1	0,9	0,8	0,8
40 km/h	1,8	1,1	1,3	1,3
<i>Parte posteriore del veicolo</i>				
veicolo vuoto				
20 km/h	1,6	1,1	1,3	1,1
40 km/h	2,9	2	2,6	1,9
veicolo carico				
20 km/h	1,3	0,9	1,1	0,8
40 km/h	2,2	1,5	1,7	1,5

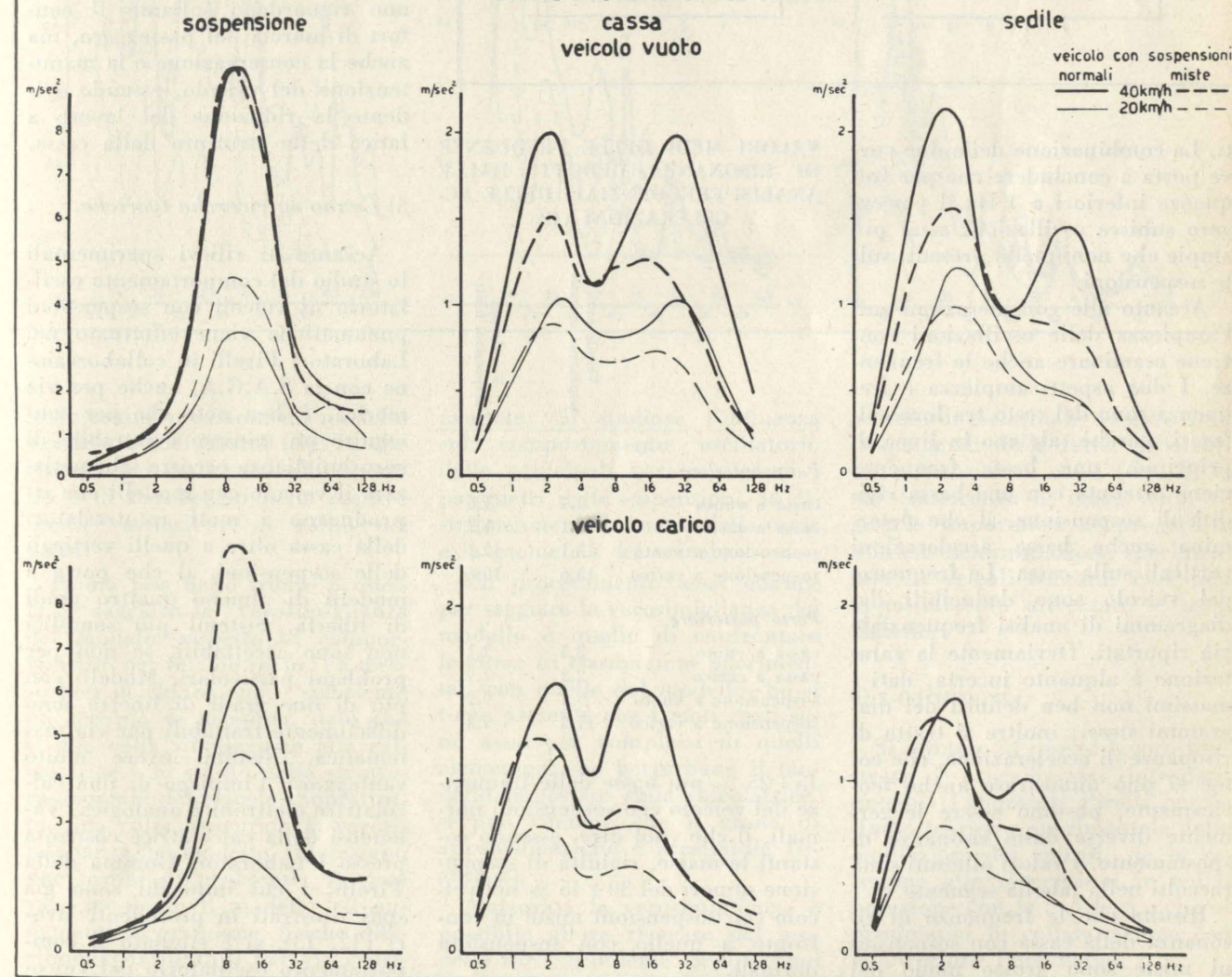
È possibile approfondire l'indagine del comportamento oscillatorio del veicolo ricavando le curve sperimentali di trasmissione. Per gli scopi presenti si è constatato che esse possono essere ricavate con sufficiente approssimazione facendo i rapporti ottava per ottava tra le ampiezze di oscillazione della cassa e quelle delle sospensioni prelevate in punti del veicolo verticalmente corrispondenti. Analogamente si può operare sulla trasmissione cassa-sedile. Tale procedimento, anche se teoricamente discutibile, presenta il vantaggio di basarsi sul comportamento reale del veicolo su strada.

I risultati (tavola III) confermano chiaramente quanto già af-

fermato prima, ossia che la sospensione anteriore del veicolo misto è svantaggiosa alle bassissime frequenze e vantaggiosa da 3 Hz in avanti, mentre la sospensione posteriore mista è nettamente vantaggiosa sempre; la ripidezza delle curve può trarre in inganno: in realtà a pari frequenza i rapporti tra le due curve sono di una certa entità. La trasmissione cassa-sedile non è ovviamente influenzata dal tipo di sospensione. Le curve tendono a sovrapporsi, le discrepanze essendo accidentali. Si rileva dalle curve che le sospensioni lavorano in genere efficacemente da 2 ÷ 3 Hz in avanti, esaltando invece le frequenze inferiori. I sedili cominciano invece ad attenuare solo da 4 ÷ 5 Hz in avan-

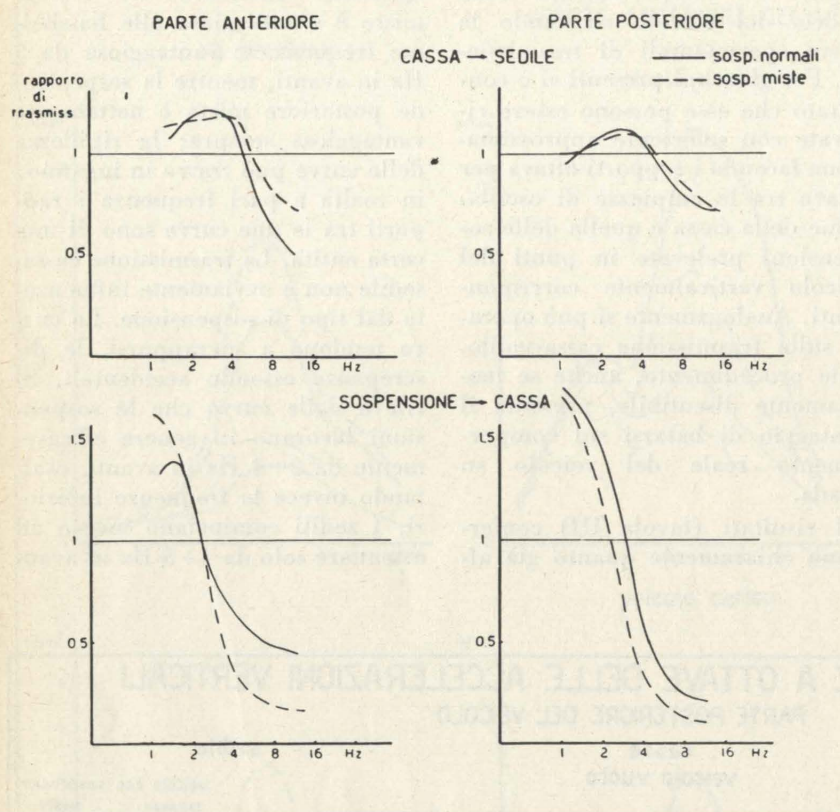
# TAV II - ANALISI FREQUENZIALE A OTTAVE DELLE ACCELERAZIONI VERTICALI

## PARTE POSTERIORE DEL VEICOLO





TAV. III - CURVE SPERIMENTALI DI TRASMISSIONE



ti. La combinazione delle due curve porta a concludere che per frequenze inferiori a 4 Hz il passeggero subisce oscillazioni assai più ampie che non quelle presenti sulle sospensioni.

Accanto alle considerazioni sull'ampiezza delle oscillazioni conviene esaminare anche le frequenze. I due aspetti ampiezza e frequenza sono del resto tra loro collegati, perchè, almeno in linea di principio, una bassa frequenza viene ottenuta con una bassa rigidità di sospensione, il che determina anche basse accelerazioni verticali sulla cassa. Le frequenze del veicolo sono deducibili dai diagrammi di analisi frequenziale già riportati. Ovviamente la valutazione è alquanto incerta, dati i massimi non ben definiti dei diagrammi stessi; inoltre si tratta di risonanze di accelerazione, che come si può dimostrare anche teoricamente, possono essere leggermente diverse dalle risonanze di spostamento. I valori ottenuti sono raccolti nella tabella seguente.

Risulta che le frequenze di risonanza della cassa con sospensioni miste sono grosso modo del

VALORI MEDI DELLE FREQUENZE DI RISONANZA DEDOTTI DALLE ANALISI FREQUENZIALI DELLE ACCELERAZIONI (Hz)

	Veicolo con sospensioni normali	Veicolo con sospensioni miste
<b>Parte anteriore</b>		
cassa a vuoto	2,4	1,8
cassa a carico	2,1	1,7
sospensione a vuoto	13,1	12,1
sospensione a carico	12,6	10,6
<b>Parte posteriore</b>		
cassa a vuoto	2,3	2,1
cassa a carico	2,2	1,9
sospensione a vuoto	9,7	9,2
sospensione a carico	11,2	9,2

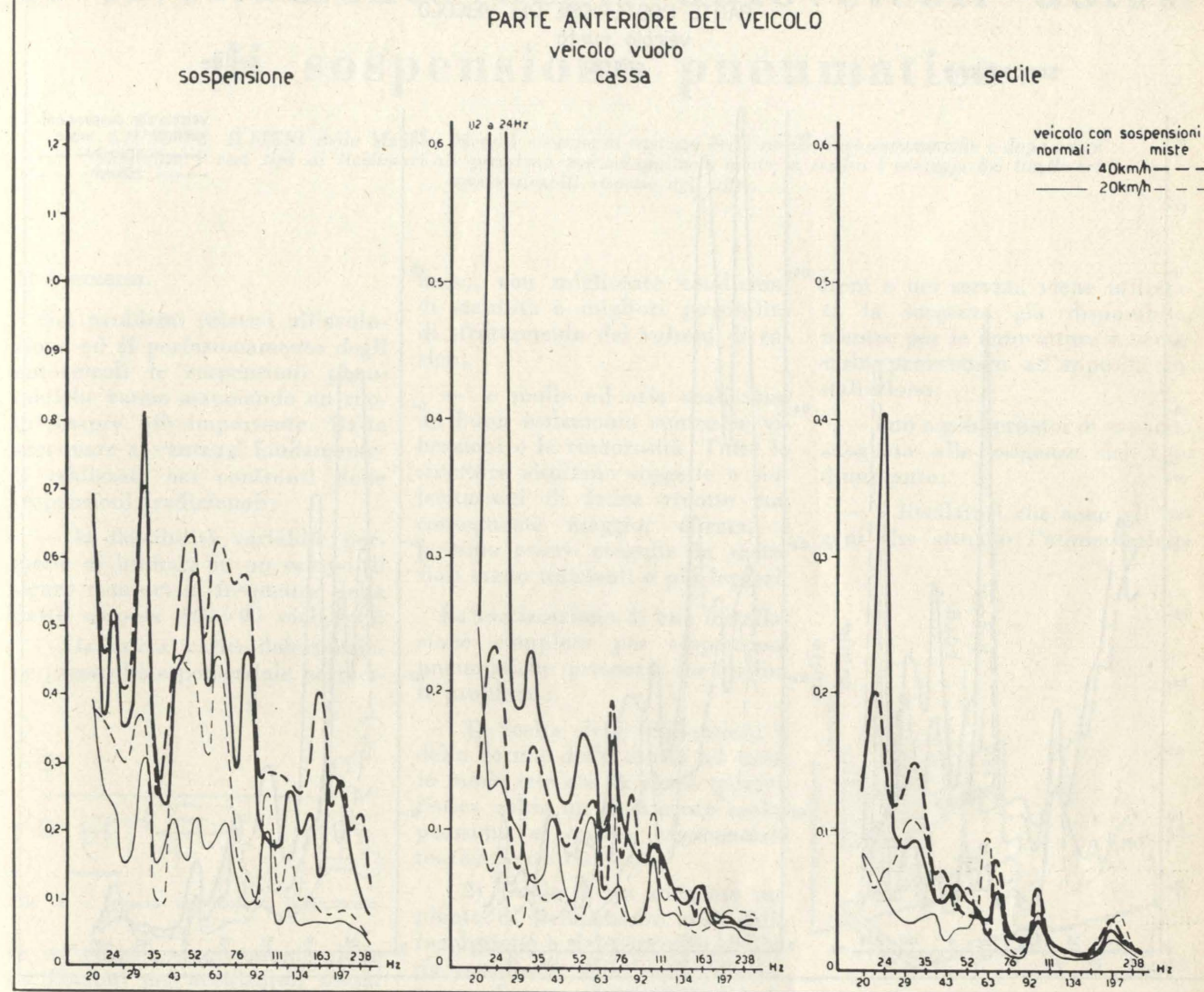
15 ÷ 25 % più basse delle frequenze del veicolo con sospensioni normali, il che vuol dire, essendo costanti le masse, rigidità di sospensione minori del 30 ÷ 45 % nel veicolo con sospensioni miste in confronto a quello con sospensioni normali.

Esaurito l'esame dei moti principali rigidi del veicolo rimangono da considerare i risultati delle analisi frequenziali a banda molto stretta, di cui per semplicità si riporta solo il caso del veicolo vuoto, che è da questo punto di vista il più interessante. I risultati (tavole IV e V) mostrano che le vibrazioni distribuite presenti sulle sospensioni sono praticamente corrispondenti per i due tipi di veicoli. Se si eccettua il caso della sospensione anteriore a bassa velocità, la concordanza tra i due tipi di sospensione è notevole. Sulla cassa invece l'azione smorzante delle sospensioni miste appare altamente efficace nei confronti della sospensione normale. La banda 20 ÷ 30 Hz, che nel veicolo normale è assai intensa, risulta quasi completamente assorbita nel veicolo con sospensioni miste. I vantaggi rimangono poi ancora evidenti sul sedile. Si tenga presente che questi vantaggi non riguardano soltanto il comfort di marcia del passeggero, ma anche la conservazione e la manutenzione del veicolo, essendo evidente la riduzione del lavoro a fatica delle strutture della cassa.

5) Cenni su ricerche teoriche.

Accanto ai rilievi sperimentali lo studio del comportamento oscillatorio di veicoli con sospensioni pneumatiche viene effettuato nei Laboratori Pirelli in collaborazione con la S.A.G.A. anche per via teorica. È ben noto che per conseguire un minimo accettabile di verosimiglianza occorre schematizzare il veicolo con modelli che producano i moti rototraslatori della cassa oltre a quelli verticali delle sospensioni, il che porta a modelli di almeno quattro gradi di libertà. Sistemi più semplici non sono accettabili, se non per problemi particolari. Modelli con più di due gradi di libertà sono difficilmente trattabili per via matematica. Risulta invece molto vantaggioso l'impiego di una calcolatrice elettronica analogica. Valendosi della calcolatrice costruita presso i Laboratori Gomma della Pirelli, i cui impieghi sono già stati illustrati in precedenti lavori (12, 13), si è studiato il comportamento oscillatorio del veico-

TAV. IV - ANALISI FREQUENZIALE A 1/7 DI OTTAVA DELLE ACCELERAZIONI VERTICALI



lo in esame mediante un modello a sette gradi di libertà (fig. 1), che riproduce i moti verticali, di rollio e di beccheggio della cassa e quelli verticali e di rollio dei ponti.

Prima fase dello studio è quella di saggiare la verosimiglianza del modello rispetto al comportamento del veicolo reale. Va messo ben in chiaro che è sufficiente un accordo di massima, dato che il fine della simulazione alla calcolatrice è lo studio della struttura generale del veicolo. Soprattutto, una volta assicurata la verosimiglianza del modello, interessano due ordini di problemi: 1) ricavare mediante il modello gli andamenti di grandezze fisiche difficilmente misurabili per via speri-

mentale: 2) studiare l'influenza sul comportamento oscillatorio delle principali varianti, come i parametri delle sospensioni, la distribuzione delle masse della cassa e la geometria del veicolo.

Un procedimento assai efficace per saggiare la verosimiglianza del modello è quello di confrontare le curve di trasmissione sperimentali con quelle del modello. Se si tiene presente che i moti reali sono assai più complessi di quelli elementari che perturbano il modello impostato sulla calcolatrice, si può ritenere che il grado di approssimazione è accettabile (figura 2).

Assicurata la verosimiglianza è possibile allora ricavare dal modello varie grandezze. Si riportano

a titolo di esempio le distribuzioni frequenziali delle forze circolanti tra sospensioni e cassa (fig. 3), la cui conoscenza è, come noto, di grande importanza al progettista e la cui determinazione sperimentale su veicoli comuni, cioè non appositamente attrezzati, è assai difficile.

6) Conclusioni.

Si è inteso in questo lavoro illustrare i procedimenti introdotti presso i Laboratori Pirelli per lo studio teorico e sperimentale delle oscillazioni dei veicoli, sia in relazione alle sospensioni in collaborazione con la S.A.G.A., che ai pneumatici in collaborazione con la Direzione Pneumatici.



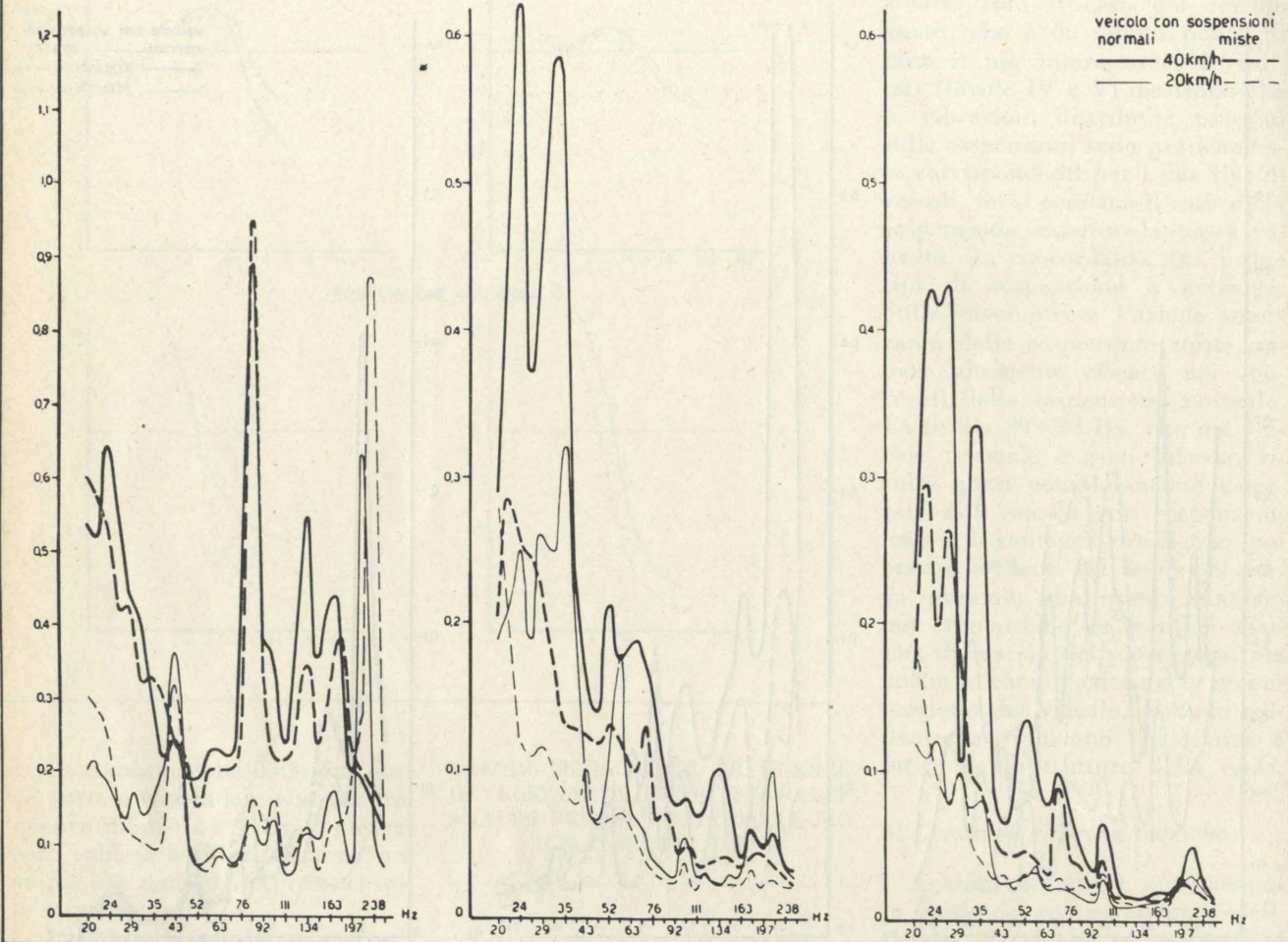
# TAV.V-ANALISI FREQUENZIALE A 1/7 DI OTTAVA DELLE ACCELERAZIONI VERTICALI

PARTE POSTERIORE DEL VEICOLO

veicolo vuoto  
cassa

sedile

veicolo con sospensioni  
normali miste  
— 40km/h —  
— 20km/h —



Anche se i mezzi possono sembrare complessi e costosi, essi sono condizione necessaria per un reale progresso tecnico, cioè per sostituire all'apprezzamento empirico e alla intuizione qualitativa, la documentazione fisica dell'evoluzione della ricerca. Infatti solo l'esposizione obiettiva dei risultati può fornire al progettista i dati essenziali della situazione e la scelta delle direzioni in cui sviluppare e perfezionare la realizzazione tecnica.

Arturo Chiesa

## BIBLIOGRAFIA

- (1) M. A. JULIEN, *État actuel des problèmes de suspension d'amortissement et de tenue de route*, VIII Congresso FISITA, l'Aja, maggio 1960.
- (2) H. C. A. VAN ELDIK THIEME, *Experimental and Theoretical Research on*

*Mass-spring Systems by The Vehicle Research Laboratory of the Technological University of Delft*, VIII Congresso FISITA, l'Aja, maggio 1960.

(3) CH. BOURCIER DE CARBON, *La suspension pneumatique. Difficulté du problème et perspectives nouvelles*, Journal S.I.A., XXX, n. 11, 1957.

(4) P. JOHANNSEN, *Der Luftfederbalg ein lastregelbares Federelement*, A.T.Z. 59-9, 1957, 246÷250.

(5) M. A. BEAUJEAN, *Situation et développement de la suspension pneumatique pour autocars, camions et voitures particulières*, VII Congresso FISITA, Parigi, maggio 1958.

(6) A. RUSSO FRATTASI, *Prove comparative per la determinazione delle accelerazioni meccaniche e pneumatiche*, Riunione A.T.A. di Milano, ottobre 1959.

(7) G. J. VAN DER BURCT, *Die Luftfederung und der Fahrkomfort*, A.T.Z., 62-5, 1960, 113÷117.

(8) A. CHIESA, *Verfahren zur Bewertung des Fahrkomforts mit besonderer*

*Berücksichtigung des Einflusses des Reifendruckes*, A.T.Z. 3, 1958, 68÷75; riprodotto in francese su « Revue Générale du Caoutchouc », 35-11, 1958, 1379÷1386.

(9) F. I. MEISTER, *Die physiologische Wertung von Erschütterungsmessungen*, W.A.B.P.H.T.R.A., 21, 1937, 73÷82.

(10) R. N. JANEWAY, *Vehicle Vibrations Limits to Fit the Passenger*, S.A.E., Special Publication, 1948.

(11) D. DIECKMANN, *Die Einwirkung mechanischer Schwingungen bis 100 Hertz auf den Menschen*, Ultraschall in Medizin und Grenzgebieten, 9, 2, 1956.

(12) A. CHIESA, *Impieghi del calcolo analogico elettronico in ricerche automobilistiche*, A.T.A., Ricerche 1, 1957, 75÷85; riprodotto in tedesco su A.T.Z. 5, 1960, 126÷133.

(13) A. CHIESA - G. TANGORRA, *Einfluss der mechanischen Eigenschaften der Reifen auf die senkrechten Schwingungen des Wagens*, V.D.I. Berichte, 35, 1958; riprodotto in francese su « Revue Générale du Caoutchouc », 2, 1960, 205÷210.

# Il livellamento degli autoveicoli dotati di sospensione pneumatica

GIUSEPPE ALFIERI della Magneti Marelli accenna ai vantaggi delle sospensioni pneumatiche e dopo avere descritto i vari tipi di livellatori di pressione per autopullman mette in risalto i vantaggi dei livellatori servoattivabili rispetto agli altri.

## 1) Premessa.

Nei problemi relativi all'evoluzione ed al perfezionamento degli autoveicoli le sospensioni pneumatiche vanno assumendo un ruolo sempre più importante. Basta accennare ai vantaggi fondamentali realizzati nei confronti delle sospensioni tradizionali:

- la flessibilità variabile permette di limitare in un campo di sicuro comfort la frequenza della parte sospesa (60÷90 cicli/sec);
- la curva carico-deformazione pressochè esponenziale permet-

basso, con migliorate condizioni di stabilità e migliori possibilità di sfruttamento dei volumi di carico;

— le molle ad aria realizzano un buon isolamento contro le vibrazioni e le rumorosità. Tutte le strutture risultano soggette a sollecitazioni di fatica ridotte con conseguente maggior durata, e possono essere eseguite in materiali meno resistenti e più leggeri.

La realizzazione di una installazione completa per sospensioni pneumatiche presenta due distinti problemi:

1) Scelta delle dimensioni e della forma delle molle ad aria, in modo tale che la curva caratteristica abbia un andamento molto prossimo a quello esponenziale teoricamente richiesto.

2) Studio di un adeguato impianto di livellamento cioè della regolazione e del controllo dell'aria compressa nelle molle d'aria, per uniformare la rigidità del sistema al carico gravante su un piano pratico di applicazione accettabile.

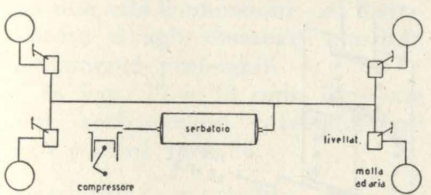


Fig. 1 - Schema installazione livellamento.

te un efficace smorzamento delle oscillazioni per accidentali sovraccarichi dinamici;

— il telaio dell'autoveicolo viene mantenuto ad altezza costante e parallelo al suolo, con qualunque percentuale di carico, comunque distribuito, eliminando le escursioni statiche e consentendo l'adozione di un piano telaio più

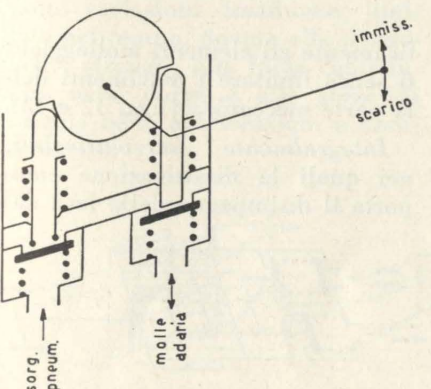


Fig. 2 - Livellatore semplice (Magneti Marelli).

In questa sede ci occuperemo esclusivamente di questo secondo problema, cercando di individuare la soluzione più idonea, ma al tempo stesso più semplice ed economica fra quante finora sono state studiate ed applicate ai vari tipi di autoveicoli.

## 2) Caratteristiche e funzioni dei livellatori.

Una installazione per il livellamento degli autoveicoli, schematizzata in fig. 1, comprende:

— una sorgente pneumatica — compressore — per la quale, sugli autoveicoli industriali, avendosi normalmente un impianto ad aria compressa per il comando dei

freni e dei servizi, viene utilizzata la sorgente già disponibile, mentre per le autovetture è necessario provvedere all'apposita installazione;

— uno o più serbatoi di capacità adeguata alle esigenze del tipo d'impianto;

— i livellatori che sono gli organi che attuano l'alimentazione

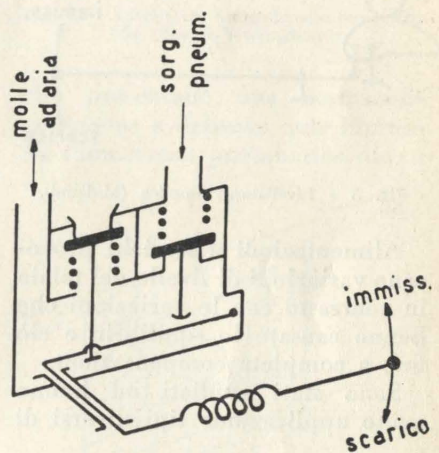


Fig. 3 - Livellatore semplice (Delco Products).

o lo scarico dell'aria compressa degli elementi elastici della sospensione.

I livellatori sono solidali alla parte sospesa del veicolo (telaio) e sono dotati di una leva di comando la cui estremità è connessa alla parte non sospesa (assi o semiassi delle ruote) in modo che

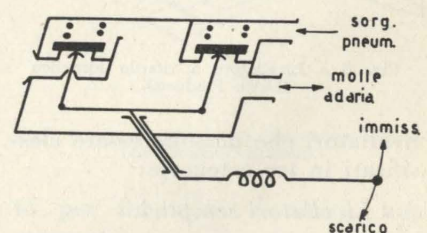


Fig. 4 - Livellatore semplice (Chevrolet).



ad ogni variazione di livello del telaio corrispondono rotazioni della leva di comando che determinano, in caso di abbassamento, l'apertura dell'alimentazione delle molle ad aria in caso di innalzamento, lo scarico.

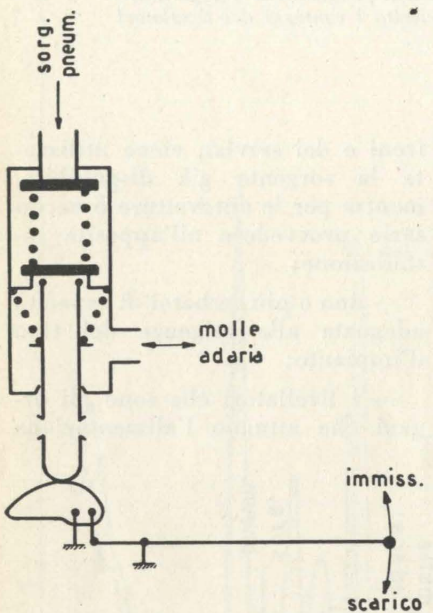


Fig. 5 - Livellatore semplice (Midland).

Alimentazioni e scarichi provocano variazioni di livello del telaio in contrasto con le variazioni che hanno causato lo squilibrio e ciò fino a completa compensazione.

Sono stati studiati ed hanno avuto applicazione tipi diversi di

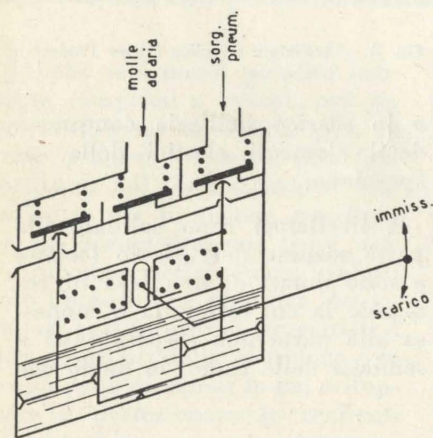


Fig. 6 - Livellatore a ritardo idraulico (Delco Products).

livellatori che possono essere classificati in tre categorie:

#### A - Livellatori semplici.

Ogni movimento angolare della leva di comando determina diret-

tamente l'azionamento delle valvole di immissione e scarico.

Allo scopo di limitare l'intervento delle rapide oscillazioni di marcia, in questi livellatori vengono frequentemente calibrate le sezioni di passaggio dell'aria.

In figure 2, 3, 4 e 5 sono schematizzati alcuni apparecchi di questo tipo.

#### B - Livellatori a ritardo idraulico.

La leva di comando aziona le valvole tramite elementi elastici, la parte condotta del dispositivo essendo rallentata dallo spostamento di uno o più stantuffi idraulici ad azione ritardata. Il ritardo così ottenuto limita le immissioni e gli scarichi degli elementi molleggianti alle oscillazioni di una certa durata, riducendo il consumo d'aria. Nelle figure 6, 7, 8, 9 e 10 sono schematicamente illustrate varie soluzioni e precisamente:

— figure 6 e 7: livellatori con dispositivo elastico a camma agente su uno o due stantuffi ritardatori;

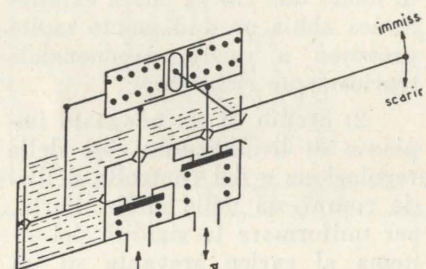


Fig. 7 - Livellatore a ritardo idraulico (Knorr).

— figure 8 e 9: livellatori con leva di comando elastica;

— figura 10: livellatore con elemento elastico spiriforme agente, tramite elemento ritardatore, direttamente sulla valvola di scarico e tramite leva oscillante sulla valvola di immissione.

#### C - Livellatori servoattivabili.

Le rotazioni della leva di comando determinano l'immissione o lo scarico delle molle ad aria della sospensione solo quando l'apparecchio è attivato, mentre non provocano alcuna variazione pneumatica quando è disattivato.

L'installazione — fig. 11 — è completata da un distributore, pneumatico od elettrico, che controlla l'attivazione o per azione diretta del conducente o per azio-

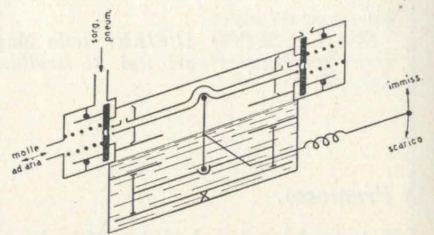


Fig. 8 - Livellatore a ritardo idraulico (Westinghouse).

ne automatica (porte, regime di minimo, ecc.).

Questi livellatori a seconda del loro funzionamento possono distinguersi in:

*Parzialmente servoattivabili*, che — disattivati — isolano pneuma-

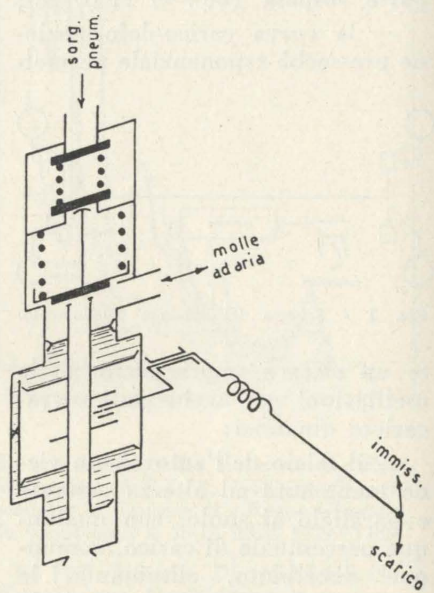


Fig. 9 - Livellatore a ritardo idraulico (Bendix-Westinghouse).

ticamente gli elementi molleggianti senza limitare i movimenti della parte meccanica (figg. 12 e 13).

*Integralmente servoattivabili*, nei quali la disattivazione comporta il disimpegno della leva dal

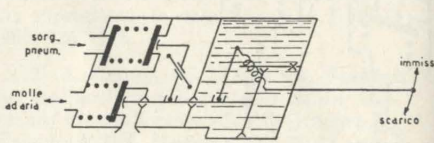


Fig. 10 - Livellatore a ritardo idraulico (Dunlop).

cinematismo meccanico che viene lasciato a riposo.

In figg. 14, 15 e 16 sono illu-

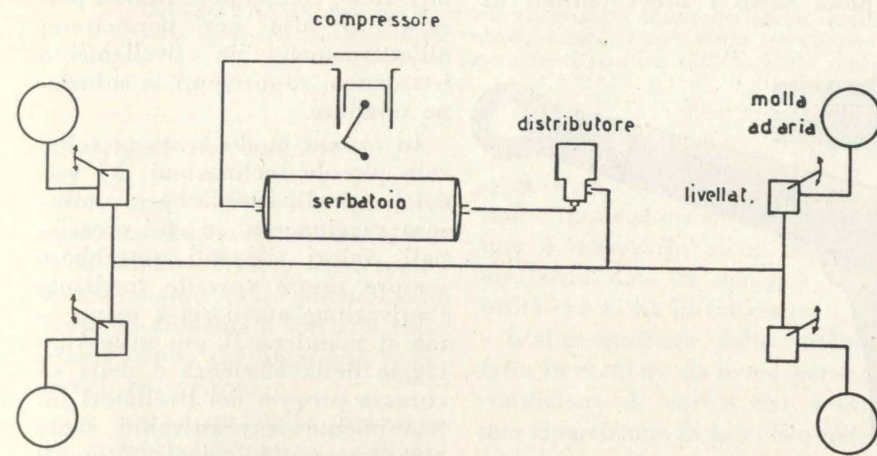


Fig. 11 - Schema installazione livellamento con livellatori servoattivabili.

strati gli schemi di livellatori di questo tipo. Riteniamo gli schemi di figg. 15 e 16 per la loro concezione particolarmente semplice, con conseguenti razionalità e sicurezza funzionale, e per la loro semplicità di installazione (bastano due sole connessioni - al distributore e agli elementi elastici), nettamente preferibili.

In figg. 17 e 18 sono illustrate due realizzazioni corrispondenti agli schemi 15 e 16.

#### 3) Problema del livellamento.

Il tipo di livellatore determina le caratteristiche funzionali della sospensione e la sua scelta va fatta tenendo conto delle prestazioni dei vari autoveicoli in modo da avere delle soluzioni che concilino le esigenze tecniche ed economiche.

Le variazioni effettive di carico si attuano a veicolo fermo, mentre durante la marcia, nella generalità dei casi, si verificano soltanto variazioni dinamiche, limitate nel tempo, dovute alle irregolarità stradali, alle forze centrifughe nelle curve e alle forze di inerzia nelle accelerazioni e decelerazioni.

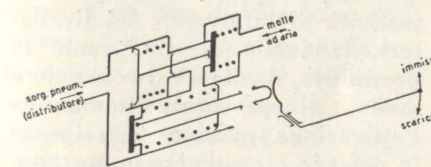


Fig. 12 - Livellatore parzialmente servoattivabile (Midland).

Mentre è necessario l'adeguamento pneumatico della sospensione alle variazioni di carico ef-

fettive, riteniamo ingiustificato e talvolta dannoso l'adeguamento alle variazioni dinamiche, che comporta inutili sprechi di aria,

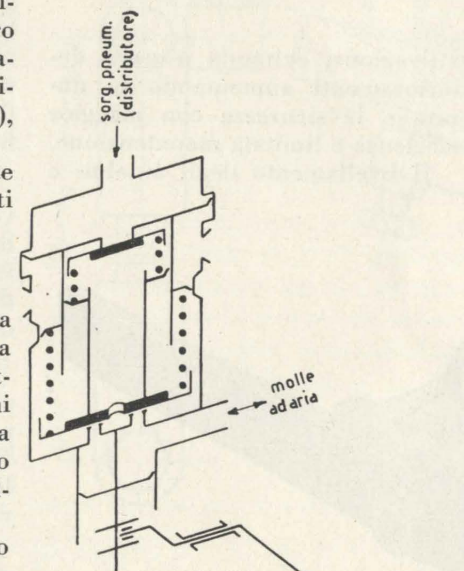


Fig. 13 - Livellatore parzialmente servoattivabile (Bendix-Westinghouse).

e, date le inerzie e gli inevitabili ritardi, può esaltare le escursioni che si vorrebbero eliminare.

È perciò sconsigliabile l'adozione dei livellatori semplici anche se ad azione parzializzata mediante sezioni di passaggio calibrate.

I livellatori a ritardo idraulico,

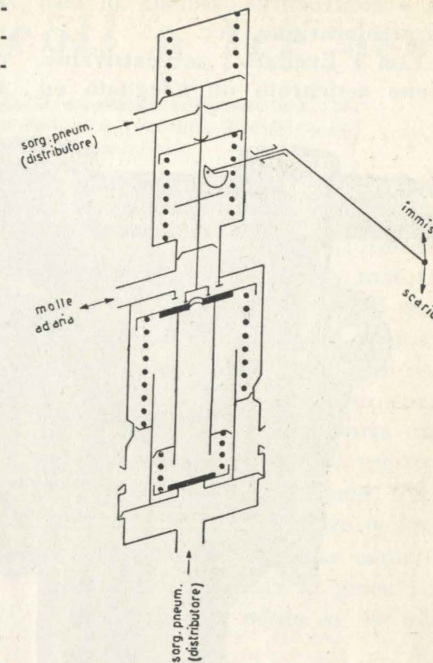


Fig. 14 - Livellatore integralmente servoattivabile (Bendix-Westinghouse).

che presentano una costruzione complessa e delicata, pur limitando l'intervento pneumatico duran-

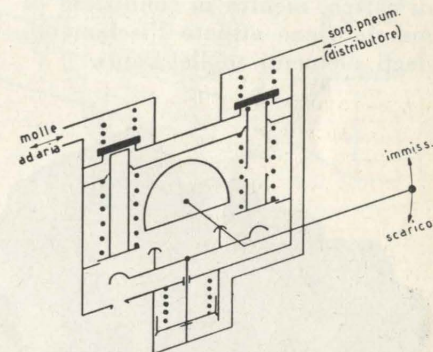


Fig. 15 - Livellatore integralmente servoattivabile (Magnet Marelli).

te la marcia non lo eliminano e possono essere causa di rilevanti e pericolosi squilibri di livellamen-

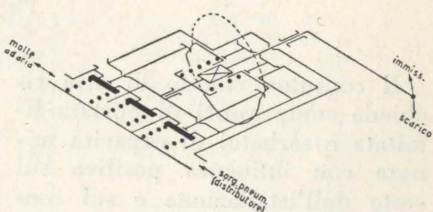


Fig. 16 - Livellatore integralmente servoattivabile (Magnet Marelli).

to per fenomeni dinamici, non momentanei e di azione contrastante, quali si verificano con cur-



va e controcurva, frenata in fase di accelerazione, ecc.

Con i livellatori servoattivabili viene assicurato un adeguato ed

mento delle valvole e gli elementi di tenuta del complesso pneumatico, di rimanere in condizioni di riposo, salvo i brevi periodi di

dei passeggeri avviene lentamente, riteniamo che anche in questo caso il livellatore integralmente servoattivabile, con ampi e studiati passaggi di aria per permettere, all'attivazione, un livellamento istantaneo, rappresenti la soluzione migliore.

In questo modo vengono tollerate piccole inclinazioni del veicolo — inclinazioni che se dovessero raggiungere, in casi eccezionali, valori rilevanti potrebbero sempre essere corrette mediante l'attivazione ausiliaria a mano — ma si mantiene il più utile vantaggio della efficienza e della sicurezza proprie dei livellatori integralmente servoattivabili tanto più necessarie in veicoli sottoposti a prestazioni così gravose.

#### Conclusione.

Da quanto sopra esposto possiamo dedurre che i livellatori integralmente servoattivabili consentono di realizzare gli impianti che meglio rispondono alle esigenze delle sospensioni pneumatiche e danno maggior affidamento per efficienza e sicurezza poichè:

- assicurano il livellamento del veicolo, cioè l'adeguamento pneumatico alle nuove condizioni, ogni volta che si ha effettiva variazione di carico, con la necessaria rapidità d'intervento;

- non provocano alcuna variazione della quantità d'aria degli elementi molleggianti durante la marcia per oscillazioni dovute alle irregolarità stradali o per variazioni dinamiche di carico;

- permangono costantemente in condizioni di riposo — ad eccezione dei periodi di attivazione — le parti più delicate dell'apparecchio;

- il dispositivo di comando dell'attivazione, che può venir collegato a qualsiasi condizione o posizione di manovra, consente qualunque applicazione di automaticità di intervento dei livellatori, lasciando al conducente la possibilità, mediante il comando a mano, di provocare comunque l'attivazione quando le esigenze lo possano far ritenere opportuno.

Giuseppe Alfieri

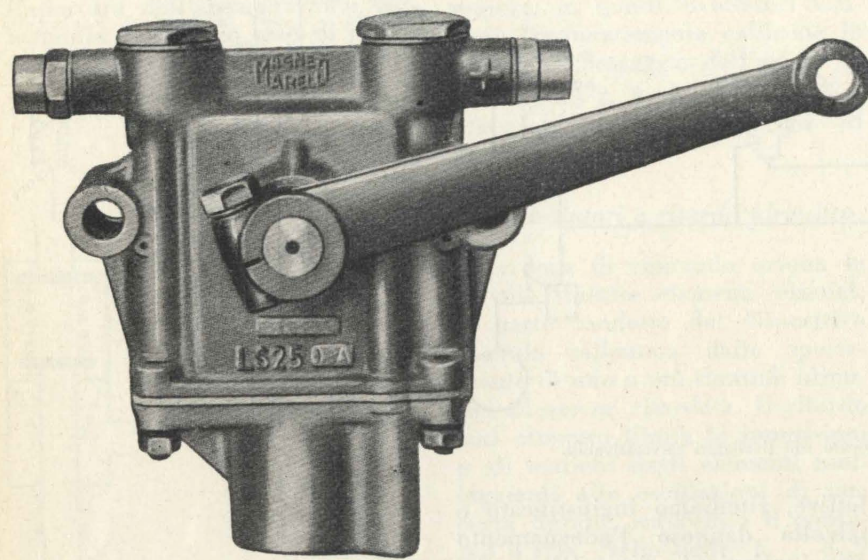


Fig. 17.

istantaneo adattamento della sospensione alle variazioni statiche di carico, mentre in condizioni di marcia viene attuato l'isolamento degli elementi molleggianti.

attivazione, evitando usure e deterioramenti aumentando la durata e la sicurezza con maggior efficienza e limitata manutenzione.

Il livellamento degli autobus e

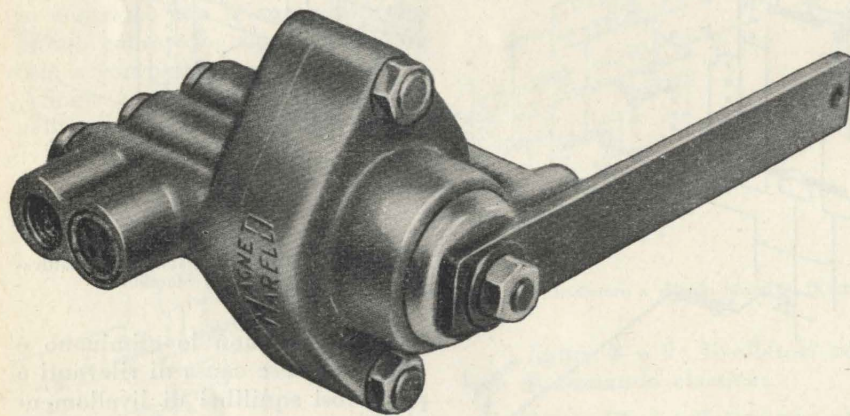


Fig. 18.

Il consumo ridotto di aria richiede compressori di portata limitata e serbatoi di capacità minore con influenza positiva sul costo dell'istallazione e sul rendimento del mezzo.

Per di più, i livellatori integralmente servo-attivabili, mediante il disimpegno meccanico, consentono agli organi più delicati, come il cinematismo per l'azionamento

filobus urbano rappresenta un problema del tutto particolare per la brevità (20 ÷ 25 sec) delle fermate e per la continua variazione di carico dovuta allo spostamento dei passeggeri dalla piattaforma di entrata a quella di uscita.

Tenuto conto che le fermate sono frequenti (tragitti medi 200 ÷ 300 m. percorsi in intervalli di 60 ÷ 70 sec), e che lo spostamento

## Molle pneumatiche sui veicoli a tre assi

GIULIO FRESIA descrive il veicolo rilevandone le caratteristiche, parla della sospensione pneumatica del terzo asse, dei vantaggi della valvola autoregolatrice della sospensione pneumatica (brevetto Fresia) concludendo con osservazioni positive sull'uso delle sospensioni pneumatiche.

#### Descrizione del veicolo.

La caratteristica del veicolo è costituita dal collegamento elastico al telaio del terzo asse, realizzato mediante molle pneumatiche Torpress alimentate con aria compressa fornita dall'impianto pneumatico del veicolo.

La variazione della pressione nei soffietti è ottenuta mediante una valvola di alimentazione che agisce a seguito delle variazioni di assetto del veicolo al variare del carico.

Poichè le molle ad aria sono atte a sopportare solo i carichi verticali, non è possibile contenere mediante tali elementi le forze trasversali sul veicolo; tale funzione è stata affidata ad una barra trasversale (tipo Panhard) un estremo della quale è fissato al telaio e l'altra al terzo asse.

Il collegamento longitudinale è realizzato mediante un triangolo di reazione che sopporta anche le coppie di frenatura.

La sospensione del veicolo sugli altri due assi è a balestra.

#### La sospensione pneumatica del terzo asse.

L'asse con sospensione pneumatica può essere quello intermedio o quello posteriore. In vista dei diversi scuotimenti necessari nei due casi saranno impiegate molle Torpress a due soffietti per la sospensione dell'asse intermedio, e a tre soffietti per quella dell'asse posteriore.

Per la descrizione della sospensione di un tipo di veicolo ci riferiamo ad un trattore in cui la sospensione pneumatica è realizzata sull'asse di mezzo. Sono state impiegate due molle ad aria Saga-Pirelli del tipo Torpress 22.

Ogni soffietto è collegato con un volume ausiliario della capacità

di 15 dm<sup>3</sup> che assicura una frequenza di circa 85 cicli/l'. Se le molle impiegate sono a tre soffietti non è necessario alcun serbatoio ausiliario data la maggior flessibilità che si ha in tal caso.

L'alimentazione delle molle è fatta in maniera da avere per ogni condizione di carico del veicolo una ripartizione di peso ben determinata tra il secondo e il terzo asse. È stato tenuto presente che, a carico statico massimo, il peso

L'asta è fissata inferiormente alla scatola ponte dell'asse motore, e a seguito dei movimenti di questa relativi al telaio, fa ruotare una leva folle su di un perno con il quale è invece collegato coassialmente un disco, che porta due blocchetti con due viti di registro per la regolazione dei giochi. Contro queste viti va ad agire la leva dopo aver percorso una corsa a vuoto corrispondente al gioco voluto. In questo modo si esclude

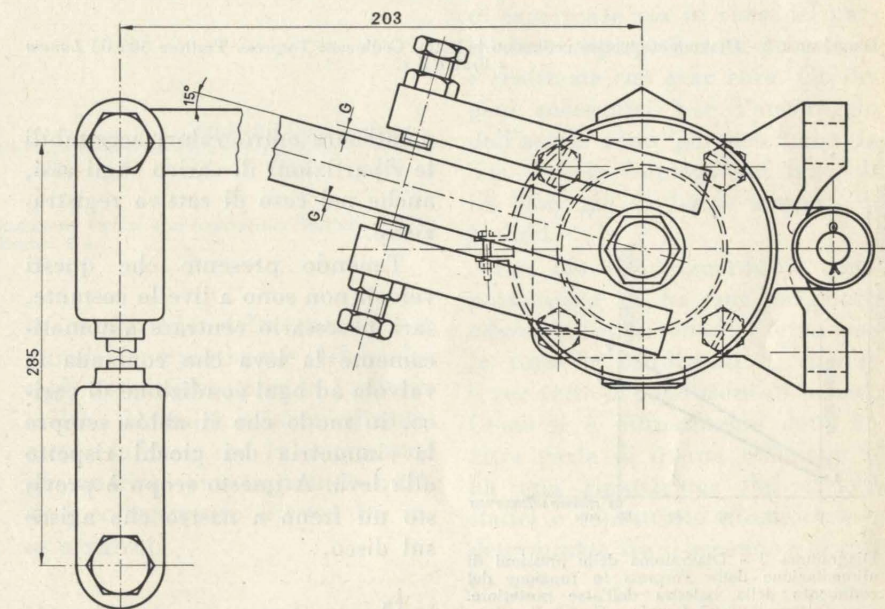


Fig. 1.

aderente sulle ruote motrici non superi i 10.000 kg, e a vuoto vi sia un sufficiente peso a terra dei due assi. A questo scopo i due assi sono stati collegati in modo che il rapporto tra i loro pesi a terra segua una legge stabilita.

Ciò è stato realizzato regolando l'immissione e lo scarico dell'aria compressa nei soffietti, mediante gli scuotimenti dell'asse posteriore, che comanda la valvola pneumatica per mezzo di un sistema di aste articolate.

Lo schema del comando della valvola è illustrato nella fig. 1.

l'intervento della valvola per piccoli scuotimenti; cioè in marcia normale la valvola è in condizione

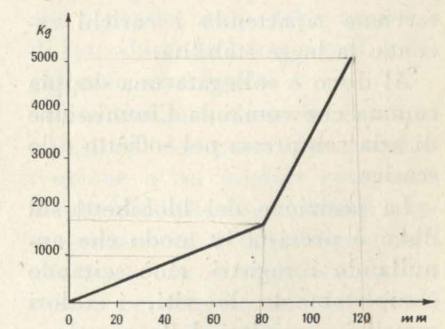


Diagramma 1 - Diagramma della molla a balestra dell'asse posteriore del veicolo. Trattore « Esatau B » 503-03 Lancia.



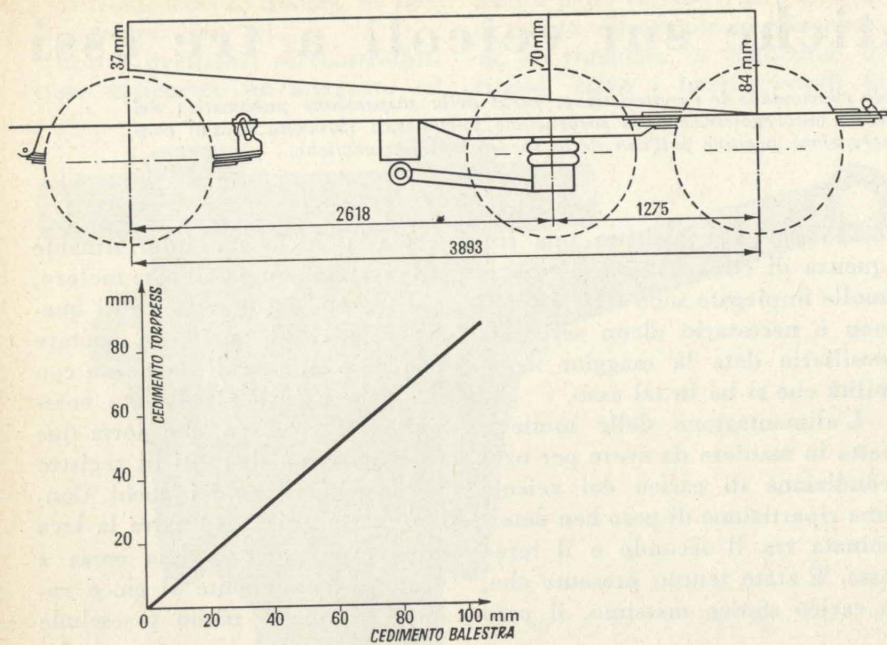


Diagramma 2 - Diagramma teorico cedimenti balestra. Cedimenti Torpress. Trattore 503-03 Lancia « Esatau B ».

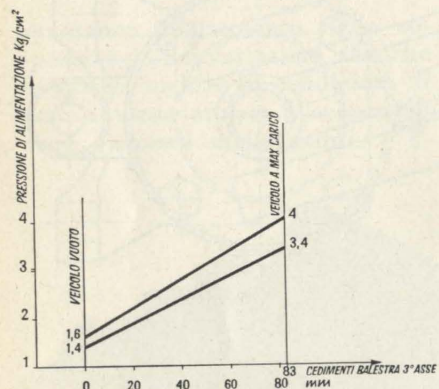


Diagramma 3 - Diagramma delle pressioni di alimentazione delle Torpress in funzione del cedimento della balestra dell'asse posteriore. Trattore 503-03 Lancia « Esatau B ».

di riposo per cui non si ha consumo d'aria.

Solo per scuotimenti maggiori la valvola, recuperato il gioco, interviene ripartendo i carichi secondo la legge stabilita.

Al disco è collegata una doppia camma che comanda l'immissione di aria compressa nel soffierto o lo scarico.

La posizione dei blocchetti sul disco è prevista in modo che annullando i registri, cioè svitando completamente le viti, i valori massimi e minimi della pressione d'aria siano contenuti entro limiti determinati, e ciò allo scopo di

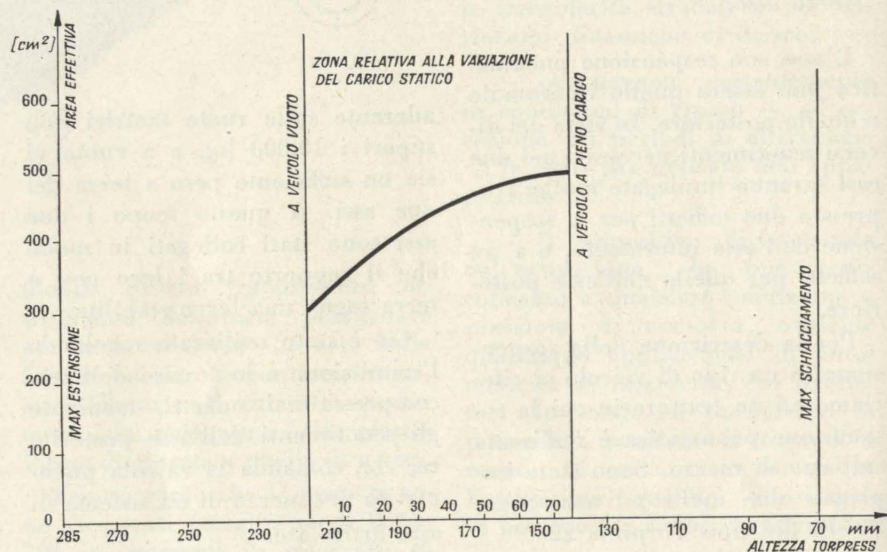


Diagramma 4 - Diagramma aree effettive della Torpress tipo 22 in funzione dell'altezza della molla e delle pressioni.

mantenere entro valori accettabili le ripartizioni di carico sugli assi, anche nel caso di cattiva registrazione.

Tenendo presente che questi veicoli non sono a livello costante, sarà necessario centrare automaticamente la leva che comanda la valvola ad ogni condizione di carico, in modo che si abbia sempre la simmetria dei giochi rispetto alla leva. A questo scopo è previsto un freno a nastro che agisce sul disco.

Il sistema descritto consente di ripartire i carichi fra il secondo ed il terzo asse sia in condizioni statiche che dinamiche.

I diagrammi allegati a questa relazione chiariscono la legge di ripartizione dei carichi fra gli assi.

La molla a balestra dell'asse posteriore, la cui caratteristica carichi-cedimenti è riportata a diagramma 1, determina con la sua flessione al variare del carico l'azione della valvola collegata al telaio. La variazione della pressione di alimentazione delle molle ad aria sul secondo asse è perciò legata alla freccia della balestra che varia con il carico (ved. diagramma 3).

Il campo di utilizzazione delle pressioni è compreso fra dei valori massimi e minimi in relazione alle posizioni estreme delle viti di regolazione.

Al variare del carico varia l'assetto del veicolo e, in relazione anche alla flessibilità della molla a balestra dell'asse anteriore, tenuto conto della rigidità del telaio, il cedimento della molla ad aria sull'asse intermedio varia con legge quasi lineare in funzione della flessione della balestra posteriore (ved. diagramma 2).

Questa relazione permette di determinare l'andamento delle aree effettive della molla ad aria Torpress, in relazione all'altezza

della molla stessa ed alle pressioni (diagramma 4).

Ora essendo note pressioni e aree efficaci, per ogni valore del carico sull'asse posteriore, è determinato il carico sul terzo asse (diagramma 5).

pleta efficienza del regolatore e da non richiederne frequenti registrazioni. Si ha una lunga durata, anche perchè le parti striscianti lavorano in bagno d'olio.

La particolarità di questa valvola risiede nel fatto che consente

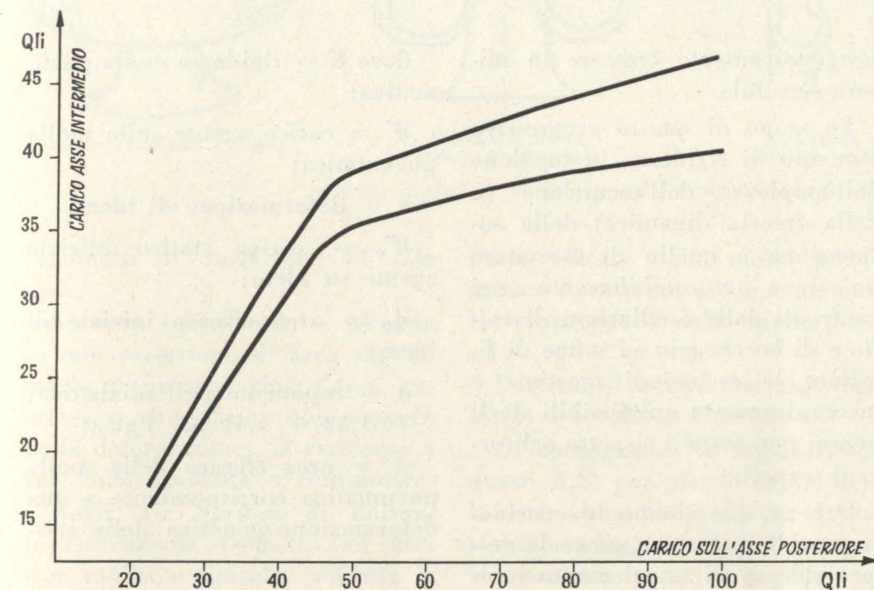


Diagramma 5 - Diagramma teorico carico asse posteriore. Carico asse intermedio. Trattore 503-03 Lancia « Esatau B ».

Sul diagramma sono indicate due curve, una relativa alla variazione limite inferiore della pressione di alimentazione, l'altra relativa alla variazione limite superiore.

In condizione di normale registrazione delle viti, la curva della ripartizione dei carichi è intermedia alle due curve limiti.

*Descrizione della valvola autoregolatrice della sospensione pneumatica.*

La valvola autoregolatrice della sospensione pneumatica è un brevetto Fresia.

La pressione di utilizzazione varia da 1,5 kg/cm<sup>2</sup> a 4,5 kg/cm<sup>2</sup>.

L'immissione e lo scarico dell'aria nelle molle sono regolati da una doppia camma di comando, al fine di ridurre le pressioni specifiche sulle parti in movimento: le superfici di contatto delle camme di comando sono dimensionate infatti in modo da garantire la com-

la regolazione della pressione e quindi la ripartizione del carico sugli assi, anche quando i sovracarichi dinamici agiscono direttamente sull'asse con la sospensione pneumatica, pur mancando qualsiasi collegamento diretto fra asse e valvola.

*Osservazioni sui veicoli a tre assi con sospensione pneumatica del terzo asse.*

I primi veicoli a tre assi con sospensione pneumatica del terzo asse sono entrati in esercizio dal 1° ottobre 1959. Attualmente sono circa una ventina e svolgono il loro servizio in zone più diverse per il tracciato ed il fondo delle strade. Un prototipo è in esercizio in Etiopia, ad Addis Abeba. In genere il servizio si svolge anche su strade molto accidentate con percorso vario e in condizioni di carico gravose, così da costituire un serio collaudo per i veicoli. Le percorrenze maggiori si aggirano

sui 60.000 ÷ 70.000 km. e se non permettono di trarre conclusioni definitive consentono di fare un bilancio positivo di questo primo periodo di esercizio. Il comportamento del veicolo è ottimo, e per ciò che riguarda la durata dei vari organi della sospensione osserviamo che le molle ad aria impiegate sono del tipo Torpress costruite dalla Saga-Pirelli su licenza Firestone e già da anni entrate in serie in America su veicoli della General Motors. Sappiamo che la loro durata pur variando con la condizione d'impiego e lo stato delle strade, va da 300.000 ÷ 400.000 km. per raggiungere nei casi più favorevoli anche percorsi maggiori. Per la valvola di recente realizzazione non si hanno dati di esperienze ma in vista del particolare impiego è stata progettata e realizzata con gran cura. Gli organi meccanici per l'ancoraggio dell'assale sono gli stessi che la Soc. Fresia impiega sui normali tre assi; già da lungo tempo collaudati.

Per ciò che riguarda il comportamento si ha una maggiore aderenza sul terreno del terzo asse in tutte le condizioni di marcia e per tutte le condizioni di carico. Come si è diffusamente detto in altra parte di questa relazione si ha una ripartizione dei carichi statici e soprattutto dinamici ben determinata fra il secondo e il terzo asse.

Questa circostanza porta ad una minore sollecitazione sul telaio, consentendo strutture più leggere. Con la sospensione pneumatica infine, si è ottenuto un notevole risparmio sul peso del veicolo, anche tenendo conto della necessità di introdurre la barra per il collegamento trasversale.

Concludiamo dicendo che una riduzione del peso, della manutenzione e un miglior comportamento del veicolo su strada rappresentano i risultati raggiunti adottando la sospensione pneumatica per il terzo asse dei veicoli a tre assi.

Giulio Fresia



# Teoria generale e caratteristiche speciali degli Air Springs "Band Rolling Diaphragm"

ROMOLO ALBINI della Ceat-Gomma accenna alla teoria delle molle pneumatiche ove si sofferma sulla loro rigidità in funzione delle deformazioni e descrive i vantaggi delle molle pneumatiche a diaframma rotolante rispetto a quelle normali.

## 1) Teoria Generale.

Per la teoria generale completa sul funzionamento degli elementi molleggianti pneumatici (*Air Springs*) e in modo particolare sul funzionamento degli *Air Springs* a diaframma rullante o a rotocamera «rolling diaphragm» o «band rolling diaphragm» rimando alla mia più diffusa memoria «Teoria Generale, Descrizione e Applicazione degli elementi molleggianti pneumatici (*Air Springs*) con particolare riguardo al tipo "Band Rolling Diaphragm"» presentato alla XII Riunione Annuale A.T.A. (Associazione Tecnica dell'Automobile) in Milano il 14-17 ottobre 1959.

Dò pertanto per acquisito quanto contenuto in detta memoria e mi limiterò soltanto in questa sede a riassumere e a mettere in evidenza ai Sigg. partecipanti al Convegno i particolari e favorevoli requisiti degli *Air Springs*, a diaframma rullante (o rotolante) detti anche a rotocamera (rolling diaphragm).

È noto che il requisito più importante di una sospensione ideale è quello di possedere una bassa frequenza di oscillazione propria in qualsiasi condizione di carico e quindi una bassa rigidità nei riguardi delle escursioni di limitata ampiezza a cavallo della freccia a carico statico (Vedasi in proposito l'altra mia memoria: «Requisiti Generali dei sistemi di sospensione degli autoveicoli e Teoria Generale di un elemento di sospensione» presentata alla medesima XII Riunione Annuale A.T.A.).

Tuttavia detta rigidità non deve rimanere costante all'aumentare dell'ampiezza dell'escursione della sospensione ma, a partire da una determinata ampiezza, deve

progressivamente crescere in misura sensibile.

Lo scopo di questo progressivo aumento di rigidità in funzione dell'ampiezza dell'escursione (o della freccia dinamica) della sospensione è quello di esercitare un'azione *autostabilizzante* nei confronti delle oscillazioni di *rollio* e di *beccheggio* ed infine di *limitare* le escursioni massime e meccanicamente ammissibili degli organi non sospesi rispetto agli organi sospesi.

Orbene, prendiamo in considerazione l'espressione generale della rigidità di un elemento molleggiante pneumatico in funzione della deformazione:

$$K = \frac{dW}{dx} = \left( \frac{W_0}{A_0} + 1 \right) \frac{nA^2}{V_0 \left( 1 - \frac{1}{V_0} \int A dx \right)^{n+1}} + \left[ \frac{\frac{W_0}{A_0} + 1}{\left( 1 - \frac{1}{V_0} \int A dx \right)} - 1 \right] \frac{dA}{dx} \quad (1)$$

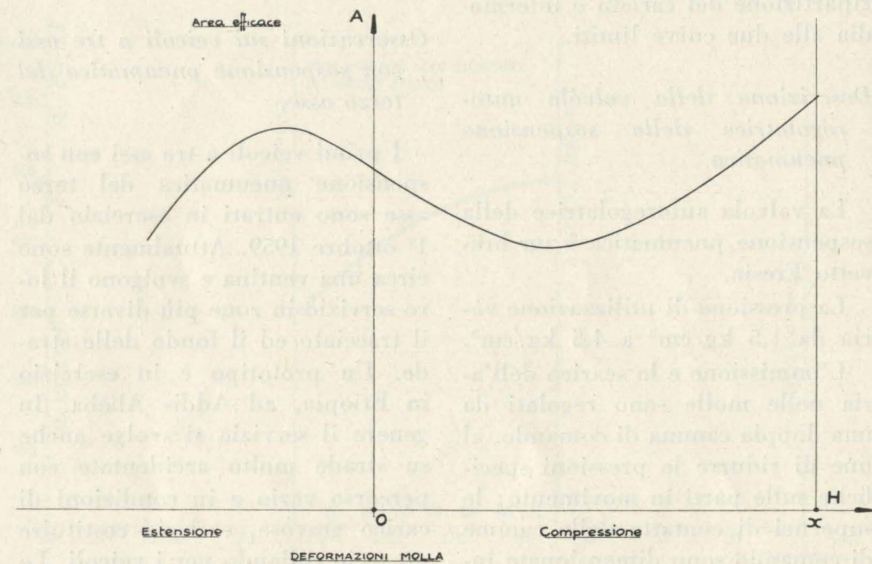


Fig. 1 - Diagramma dell'area efficace di una molla pneumatica a diaframma rotolante.

dove  $K$  = rigidità molla pneumatica;

$W$  = carico agente sulla molla pneumatica;

$x$  = deformazione di idem;

$W_0$  = carico statico iniziale agente su idem;

$A_0$  = area efficace iniziale di idem;

$n$  = esponente dell'adiabatica; = 1,38 ÷ 1,41 per l'aria;

$A$  = area efficace della molla pneumatica corrispondente a una deformazione generica della stessa;

$V_0$  = volume iniziale statico della molla pneumatica.

Notiamo che l'espressione della rigidità in funzione della deformazione è composta di due termini dei quali il primo è costituito da un'iperbole di ordine  $n + 1 = 2,4$  ed il secondo è essenzialmente condizionato dalla derivata dell'area efficace rispetto alla deformazione la quale esprime il

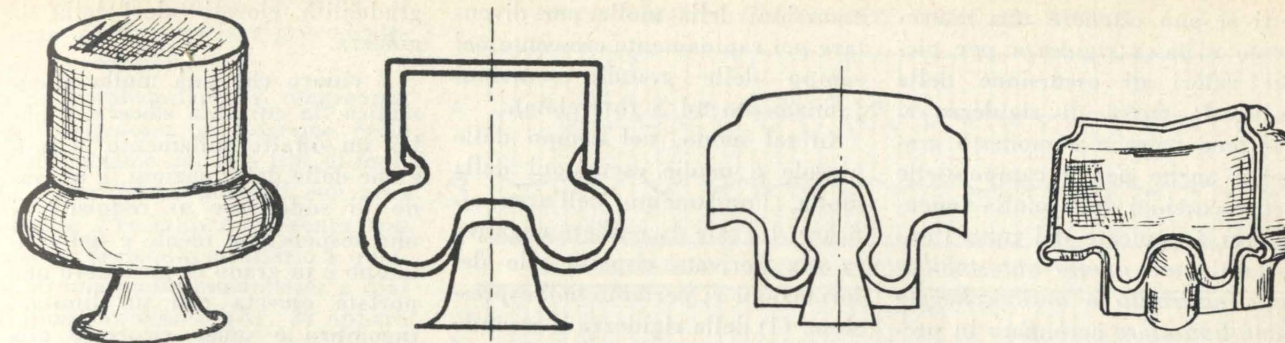


Fig. 2 - Esempi di Air Springs a diaframma rotolante («rolling diaphragm»).

gradiente di variazione di tale area.

Si vede subito che, a seconda se tale variazione di area sia negativa o positiva cioè l'area aumenti o diminuisca col crescere della deformazione, la rigidità a sua volta aumenta o diminuisce.

Negli *Air Springs* di normale costruzione (soffietto ad aria con molla e spirale, soffietto a doppia cella toroidale [double convolution bellows] o allungata),

l'area efficace della molla pneumatica è costante o aumenta con la compressione della molla stessa.

Pertanto il secondo termine della (1) o è nullo o è positivo.

Di conseguenza la rigidità di questi A.S. per piccoli valori della  $x$  è abbastanza elevata e aumenta con legge iperbolica graduale e costante tanto più rapidamente quanto più elevato è  $\frac{dA}{dx}$ .

Poiché il valore  $A_0$  non è modificabile, giacché determina, per la  $W_0 = p A_0$ , la portata della molla, si può ridurre la rigidità per piccoli valori della  $x$ , aumentando il valore  $V_0$ .

Questa possibilità tuttavia ha un limite negli spazi disponibili all'ingombro della molla ed oltre costringe a ricorrere alla complicazione di serbatoi ausiliari.

D'altra parte, se aumentando il valore  $V_0$  con gli artifici sud-

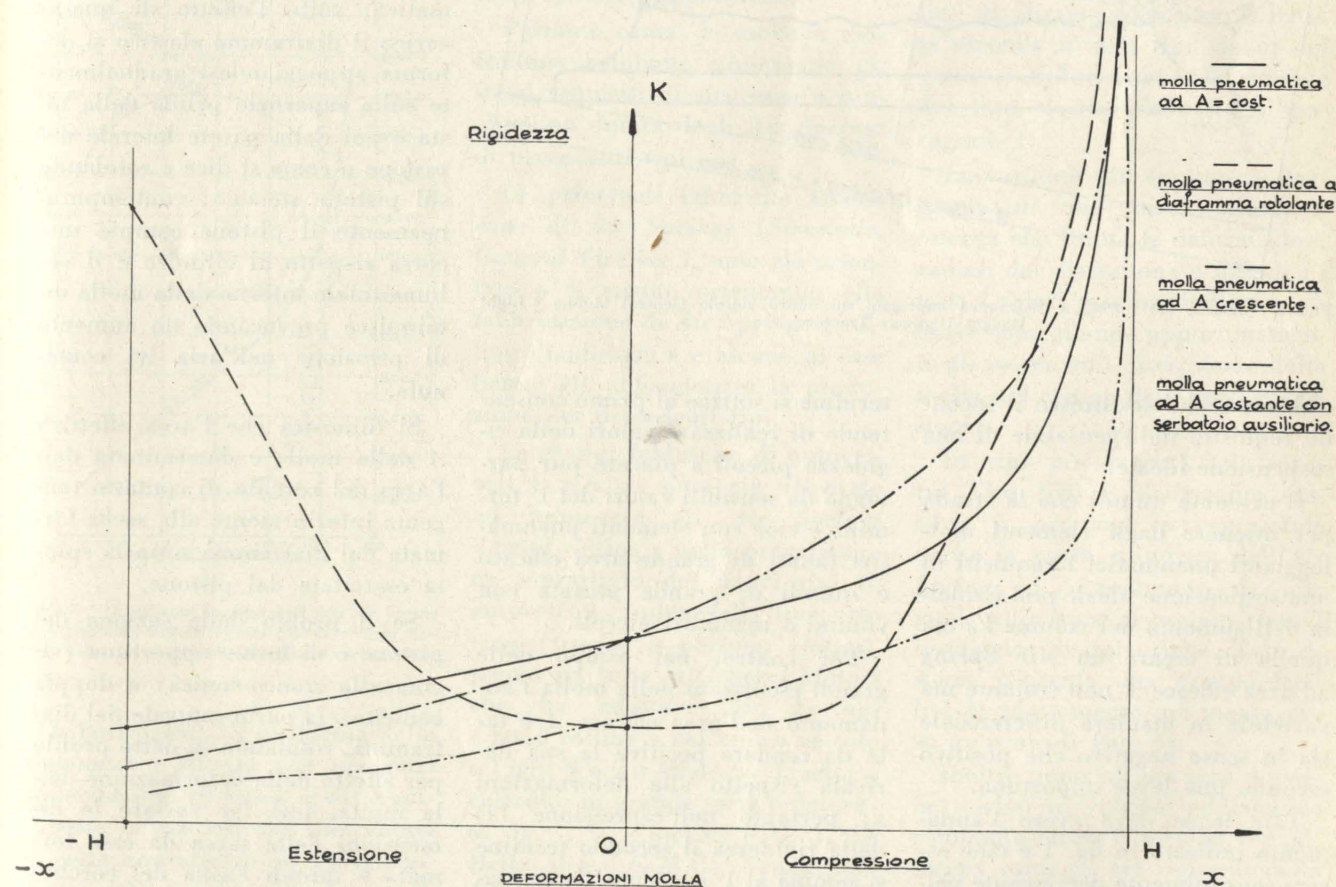


Fig. 3 - Diagrammi di rigidità in funzione della deformazione dei principali tipi di molle pneumatiche.



detti si può ottenere una conveniente e bassa rigidità per piccoli valori di escursione della molla, la curva di rigidità si mantiene bassa e a modesto gradiente anche per il campo delle forti escursioni della molla venendo così a mancare del tutto l'importantissimo effetto autostabilizzante antirollio e antibeccheggio e autolimitatore accennato in pre-

escursioni della molla per diventare poi rapidamente crescente nel campo delle grandi escursioni (andamento ad S rovesciata).

In tal modo, nel campo delle piccole e medie escursioni della molla, l'andamento dell'area efficace  $A$  è tale da rendere negativa la sua derivata rispetto alle deformazioni  $x$ ; pertanto nell'espressione (1) della rigidità il secondo

gradualità, elevati valori della rigidità.

È chiaro che una molla pneumatica, la cui area efficace  $A$  abbia un siffatto andamento in funzione delle deformazioni, è in grado di soddisfare ai requisiti di una sospensione ideale e nel contempo è in grado di possedere una portata elevata con un limitato ingombro e senza ricorrere alla complicazione di serbatoi ausiliari.

La forma più semplice per la realizzazione di una consimile molla pneumatica è quella costituita da un cilindro a pareti rigide chiuso inferiormente da un diaframma a membrana elastica concava formato da una carcassa in tele gommata e da foglie di gomma vulcanizzata (fig. 2).

Il cilindro con diaframma viene riempito d'aria ad una conveniente pressione.

Al centro del diaframma appoggia un pistone su cui agisce il carico applicato alla molla pneumatica; sotto l'effetto di questo carico il diaframma elastico si deforma appoggiandosi gradualmente sulla superficie prima della testa e poi della parete laterale del pistone o come si dice « rotolando sul pistone stesso »; contemporaneamente il pistone compie una corsa rispetto al cilindro e il volume totale interno della molla diminuisce provocando un aumento di pressione nell'aria ivi contenuta.

Si dimostra che l'area effettiva  $A$  della molla è determinata dall'area del cerchio di contatto tangente inferiormente alla sacca formata dal diaframma sotto la spinta esercitata dal pistone.

Se il profilo della sezione del pistone è di forma opportuna (vicina alla tronco-conica: a doppia conicità), la parte centrale del diaframma, rotolando su detto profilo per effetto della deformazione della molla, può far variare le dimensioni della sacca da esso formata e quindi l'area del cerchio tangente costituente l'area efficace

termine si sottrae al primo consentendo di realizzare valori della rigidità piccoli a piacere pur partendo da sensibili valori del 1° termine e cioè con elementi pneumatici dotati di grande area efficace e quindi di grande portata con volumi e ingombri piccoli.

Per contro, nel campo delle grandi escursioni della molla l'andamento dell'area efficace  $A$  è tale da rendere positiva la sua derivata rispetto alle deformazioni  $x$ ; pertanto nell'espressione (1) della rigidità il secondo termine si somma al 1° consentendo di raggiungere, rapidamente ma con

SEZIONE MOLLA A DIAFRAMMA

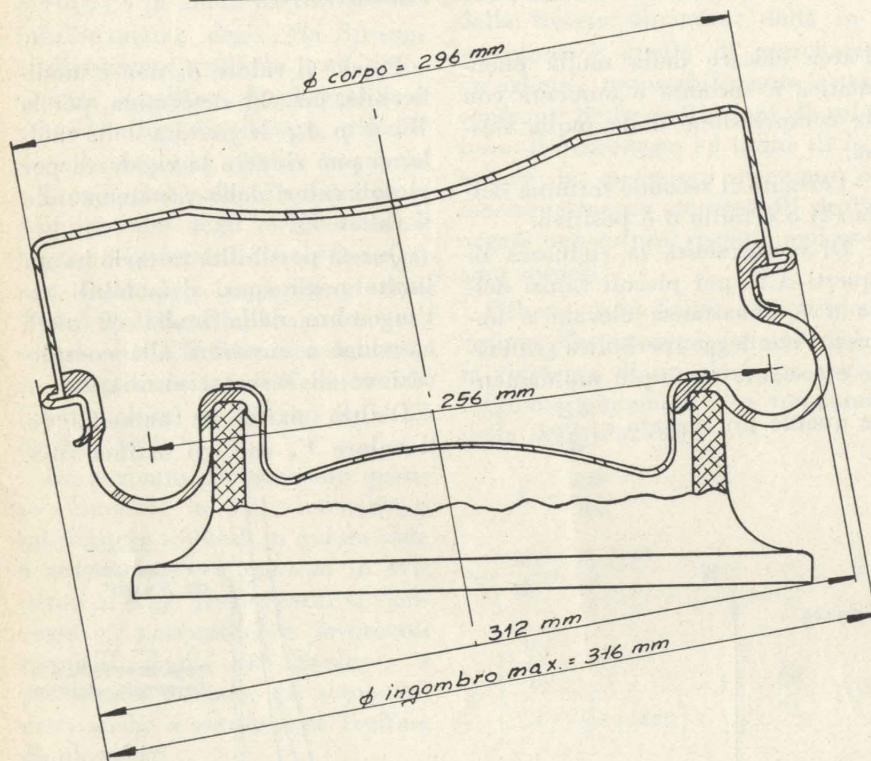


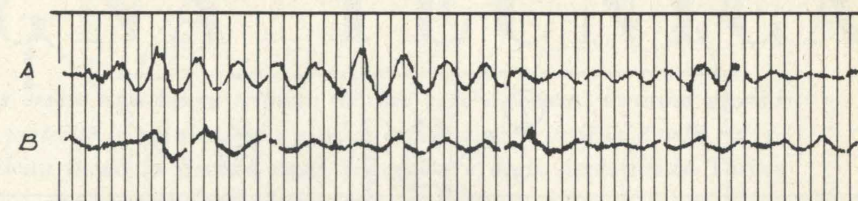
Fig. 4 - Sezione Air Spring a diaframma impiegata sul nuovo veicolo General Motors « Light Weight Highway Tractor ».

cedenza e che costituisce il secondo requisito indispensabile di una sospensione ideale.

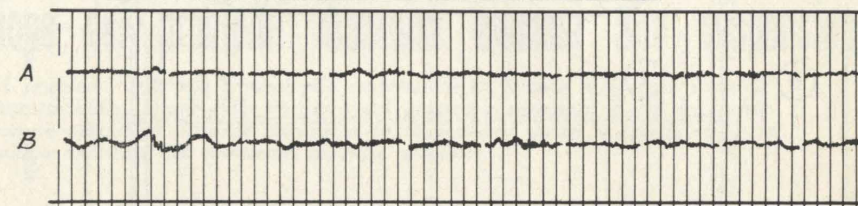
È evidente quindi che la strada per ottenere dagli elementi molleggianti pneumatici i requisiti di una sospensione ideale non è quella dell'aumento del volume  $V_0$  ma quella di creare un Air Spring ad area efficace  $A$  non costante ma variabile in maniera differenziale sia in senso negativo che positivo secondo una legge opportuna.

Tale legge deve avere l'andamento indicato in fig. 1 e cioè essere sensibilmente decrescente nell'intorno delle piccole e medie

ACCELERAZIONI SOSPENSIONI MOLLE IN ACCIAIO



ACCELERAZIONI SOSPENSIONE AIR SPRING



A - Sull'asse anteriore  
B - Sull'asse posteriore

Fig. 5a - Diagrammi vibrografici comparativi fra gli Air Springs montati sul veicolo General Motors « Light Weight Highway Tractor » e la corrispondente sospensione a balestre.

A dell'Air Spring secondo la legge ad S rovesciata precedentemente menzionata.

Se, confrontiamo i diagrammi della rigidità in funzione della deformazione dei vari tipi di molle pneumatiche normali con area efficace  $A$  costante o crescente, con e senza serbatoio ausiliario e quello di una molla pneumatica a diaframma rotolante (fig. 3) appare evidente la superiorità funzionale di quest'ultima nell'impiego come elemento di sospensione per gli autoveicoli poichè essa maggiormente si avvicina nelle sue caratteristiche a quelle di una sospensione ideale.

## 2) Impiego.

Le molle « rolling diaphragm » per quanto detto sopra si stanno imponendo attualmente nell'impiego sugli autoveicoli della più recente produzione U.S.A.

CARATTERISTICHE DELLE MOLLE

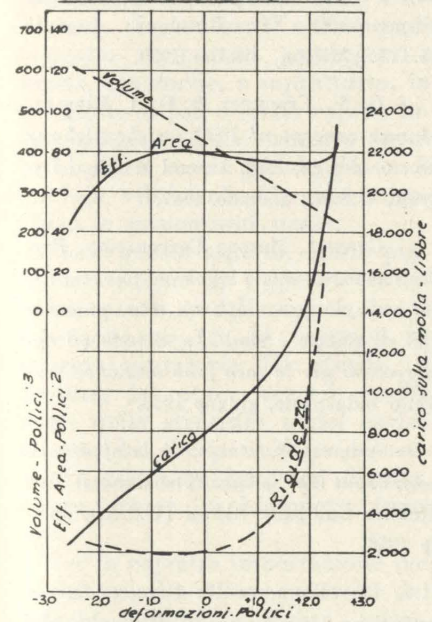


Fig. 5 - Diagrammi caratteristici dell'Air Spring a diaframma impiegata sul nuovo veicolo General Motors « Light Weight Highway Tractor ».

Infatti oramai il problema della resistenza e durata alle maggiori sollecitazioni di fatica a cui è sottoposta la carcassa del diaframma o cella soprattutto in corrispondenza della sacca o « loop » a cau-

sa dei milioni di deformazioni dinamiche alternative radiali nelle zone a forte curvatura è stato risolto con l'impiego del resistentissimo filato di nylon e di mescole speciali neopreniche.

Pertanto ormai le molle a diaframma rotolante presentano gli stessi requisiti di sicurezza e lunghissima durata degli Air Springs di precedenti tipi.

Le principali fabbriche americane di Air Springs (Firestone, General Tire ecc.), sono già orientate o si stanno orientando alla fabbricazione di Air Springs « rolling diaphragm » e alcune di esse hanno già abbandonato la produzione dei precedenti tipi.

Le grandi fabbriche di autoveicoli U.S.A. si sono già orientate ad impiegare gli Air Springs « band rolling » nella progettazione soprattutto dei nuovi tipi di autoveicoli industriali trasporto cose (trucks) e persone (buses), prima fra tutte la General Motors che ha adottato Air Springs « band rolling » nel nuovo veicolo « Light Weight Highway Tractor » costruito in grande serie e descritto da C. V. Crockett e D. J. La Belle della G.M.G. Truck and Coach Division della G.M.C. al

SAE — Annual Meeting del gennaio 1959 (figg. 4 e 5).

## 3) Varianti costruttive.

Le molle Air Springs « rolling diaphragm » vengono costruite secondo diversi tipi alcuni dei quali si differenziano lievemente dal tipo classico descritto al paragrafo 1).

La variante più comune è l'aggiunta di una guida cilindrica esterna che limita le deformazioni radiali del diaframma e quindi limita i valori massimi dell'area efficace controllando opportunamente gli incrementi di rigidità della molla nel campo delle forti escursioni.

In tipi più recenti (il General Tire BD) il diaframma elastico si prolunga e comprende anche la parte cilindrica dell'Air Spring ed è contenuto da una guida cilindrica in acciaio (bend) limitatrice di espansione. Tale sistema consente una grande facilità di adattamento nel montaggio su autoveicoli (fig. 6).

Inoltre quest'ultimo tipo possiede anche un volume addizionale contenuto entro il pistone con ulteriori vantaggi nei riguardi della rigidità della molla.



#### 4) Conclusioni.

Per quanto precedentemente esposto si ritiene che non solo negli U.S.A. ma anche in Europa, insieme con un prevedibile sempre più largo impiego di *Air Springs* nel settore degli autoveicoli industriali per i loro indiscutibili vantaggi, si verificherà una prevedibile affermazione dei nuovi tipi « rolling diaphragm ».

Romolo Albini

#### BIBLIOGRAFIA

— ROMOLO ALBINI, *Teoria Generale, descrizione e applicazioni degli elementi molleggianti pneumatici (Air Springs) con particolare riguardo al tipo « Band Rolling Diaphragm »*, XII Riunione Annuale A.T.A., Milano, ottobre 1959.

— ROMOLO ALBINI, *Requisiti Generali dei sistemi di sospensione degli autoveicoli e teoria generale di un elemento di sospensione*, XII Riunione Annuale A.T.A., Milano, ottobre 1959.

— C. V. CROCKETT & D. J. LABELLE, *A new concept of light weight highway tractor design*, SAE Annual Meeting, Detroit, U.S.A., gennaio 1959.

— GENERAL MOTORS CORPORATION, *Perfezionamento negli involucri pneumatici, ad esempio per molle ad aria, pneumatici di veicoli e simili, e metodo ed apparecchio per la loro fabbricazione*, Brevetto industriale, giugno 1958.

— AMPELIO ALBERTIN, *A brief discussion about Air Springs*, The General Tire Rubber Company Akron (U.S.A.), aprile 1958.

— CH. BOURCIER DE CARBON, *La sospensione pneumatica - Difficoltà del problema e nuove prospettive*, Journal de la SIA, novembre 1957.

— C. A. SLEMMONS, *Compressed Air Springs On Head Shrinkers Outdone*, S.A.E. Meeting, dicembre 1957.

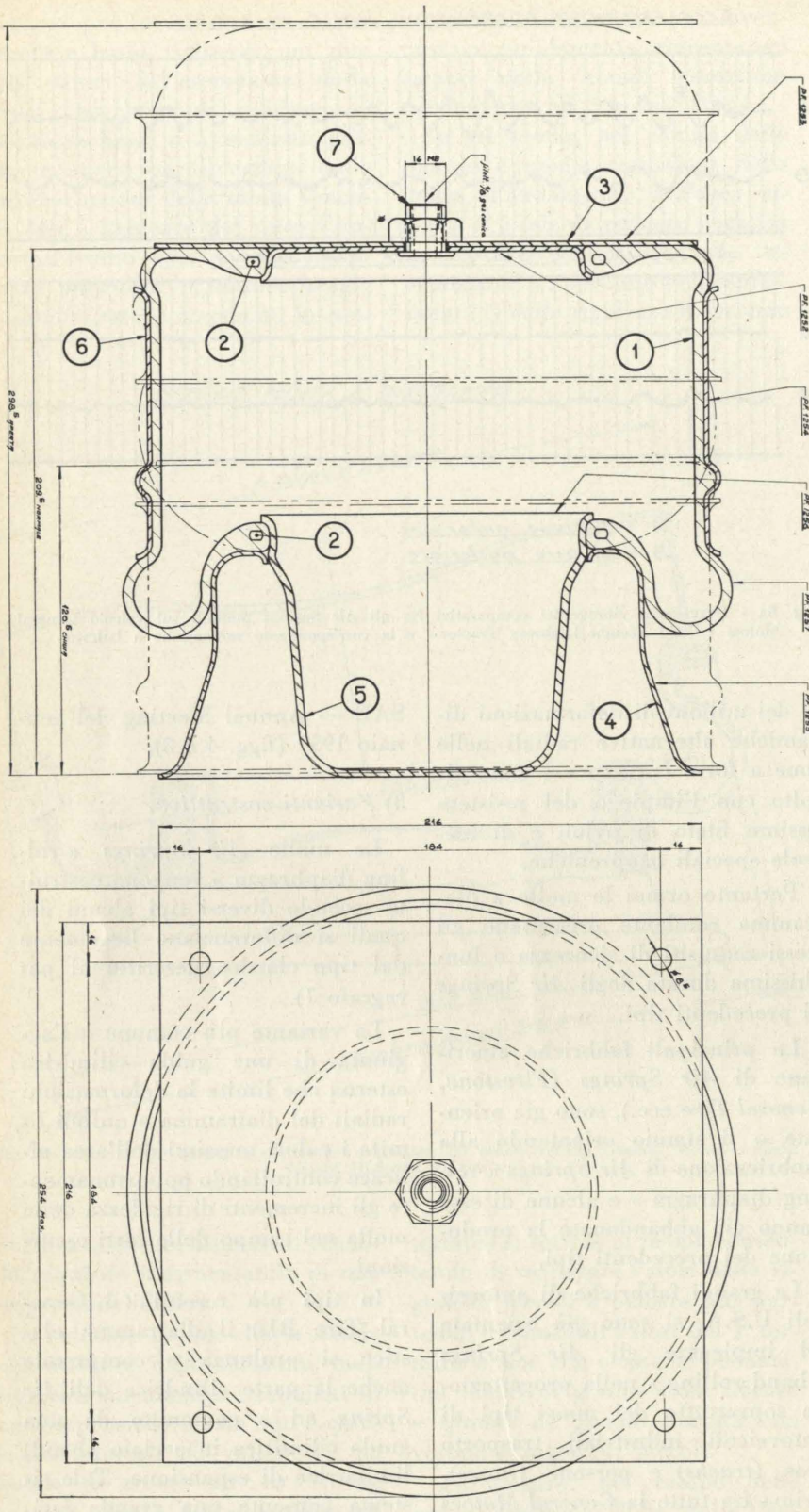


Fig. 6 - Sospensione pneumatica Air-Spring General Tire - Rubber, costruzione CEAT.

Direttore responsabile: **AUGUSTO CAVALLARI-MURAT**

Autorizzazione Tribunale di Torino, n. 41 del 19 Giugno 1948

STAMPERIA ARTISTICA NAZIONALE - TORINO