

NUOVO - NEW

Dispositivi Antisismici Elettroinduttivi
Electro-inductive Antiseismic Devices

DECS

ALGASISM



DECS

ALGASISM

L'Algasism DECS (Dispositivo basato su principi Elettro induttivi per il Controllo delle Strutture) è il primo risultato delle attività di ricerca compiute da Alga in cooperazione con l'Università di Pavia, il Politecnico di Milano e l'ENEA, sui dissipatori elettro induttivi.

Dissipare energia con l'elettricità è semplice ed innovativo: si converte quella meccanica in calore. Il moto causato dai rapidi movimenti esterni, dovuti ai terremoti, è trasferito al dispositivo ed utilizzato come fonte primaria d'energia che genera forza elettrica, per limitare e smorzare le sollecitazioni alla struttura. L'Algasism DECS, infatti, una volta applicato alla struttura e collegati due punti in movimento relativo durante l'azione del terremoto, produce corrente elettrica (come nei generatori). Questa corrente generata viene poi dissipata in un corto circuito e convertita in calore.

Vi sono diversi tipi di dispositivi elettro

The Algasism DECS (Devices based on Electro-inductive principle for the Control of Structures) is the first result of research activities performed by Alga in co-operation with University of Pavia, Polytechnic of Milano and ENEA on electro-inductive dissipators.

The innovative concept of dissipating energy by electricity is very simple: the idea is to dissipate energy converting the mechanical one into heat. The movement caused by the earthquake is transferred to the device and utilised as primary energy source to generate electric power. Its conversion into heat damps the motion reducing the action on the structure. The Algasism DECS, must be installed on the structures and connected between

induttivi.

DECS passivo è definito il dispositivo nel quale la conversione dell'energia elettrica in calore avviene in modo incontrollato, viceversa se la dissipazione di energia è controllata, il dispositivo è **semi attivo**.

Nei **DECS attivi**, vi è inoltre la possibilità di regolare segno e quantità di energia scambiata tra struttura e dispositivo, in modo da controllare in tempo reale le oscillazioni nella struttura da proteggere.

Lo schema dell'apparecchiatura di base di un dispositivo passivo (fig. 1) include una parte equipaggiata con magneti permanenti, in modo da creare un campo magnetico, ed un'altra parte, contenente il circuito elettrico indotto, collegato

eventualmente ad un circuito esterno.

La scelta delle parti, fisse o mobili, dipende da scelte progettuali, dal tipo di apparecchiatura e dalla quantità di potenza dissipata. L'uso di magneti permanenti, invece di un sistema di eccitazione elettrico, è preferibile per la sua semplicità, per la sicura e pronta disponibilità del campo magnetico con conseguenti caratteristiche d'affidabilità più alte.

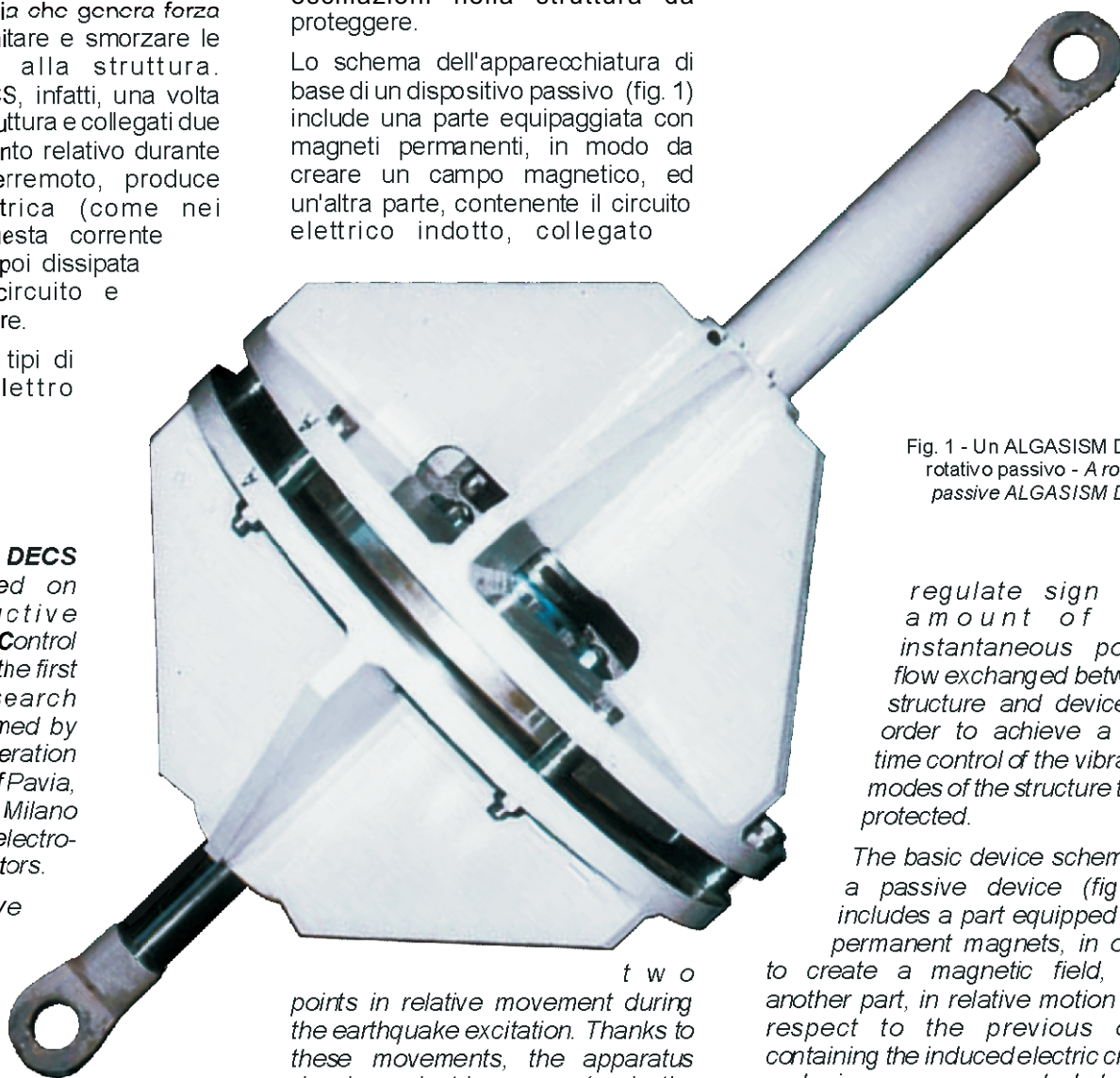


Fig. 1 - Un ALGASISM DECS rotativo passivo - A rotating passive ALGASISM DECS

regulate sign and amount of the instantaneous power flow exchanged between structure and device, in order to achieve a real time control of the vibration modes of the structure to be protected.

The basic device scheme of a passive device (fig. 1) includes a part equipped with permanent magnets, in order to create a magnetic field, and another part, in relative motion with respect to the previous one, containing the induced electric circuit and, in case, connected to an external circuit: the selection of which parts are fixed or moveable depends on design choices, nature on the device, level of power to be dissipated.

The use of permanent magnets, instead of a current excitation system, is preferable because of its simplicity, the secure and ready availability of the magnetic field and the consequent higher reliability.

two points in relative movement during the earthquake excitation. Thanks to these movements, the apparatus develops electric energy (as in the electrical generators). This current is then dissipated in a short circuit and converted into heat.

There are many types of electro-inductive devices. If the energy conversion is uncontrolled, this is a passive DECS if the energy dissipation is modulated, the apparatus is called semi-active dissipator.

In the active DECS it is possible to

Vantaggi

Se comparato con sistemi idraulici che possano dare prestazioni analoghe, i DECS presentano i seguenti enormi vantaggi:

- Assenza di manutenzione. I DECS non contengono liquidi in pressione, né guarnizioni. Durata illimitata
- Adattabilità a qualunque legge carico - spostamento richiesta dal progettista
- Risposta immediata, anche con spostamenti minimi. Infatti la risposta non dipende dalla compressibilità dei materiali come avviene per i ritegni idraulici.

Raccomandazioni per il progettista

Anche se i DECS possono essere dimensionati in pratica per qualsiasi legge carico spostamento, si raccomanda di utilizzare la legge:

$$F = C \times V$$

dove:

F è la forza

V è la velocità

C è la costante: deve essere scelta dal progettista.

Si raccomanda di utilizzare un valore: $C = (0.1 \pm 0.02) \times W$ in $[kN/(m/s)^{0.1}]$

dove:

W è il peso della struttura da isolare in kN.

L'impiego di DECS per la protezione sismica delle strutture richiede sempre l'esecuzione di un'analisi dinamica non lineare.

Se usati come accoppiatori idraulici i DECS presentano l'enorme vantaggio, rispetto ai sistemi idraulici, di conseguire un bloccaggio praticamente istantaneo della struttura, con movimento inferiore a ± 2 mm.

Advantages

If compared with hydraulic devices giving similar performances, DECS assure the following great advantages

- Maintenance free. DECS don't utilize fluids in pressure nor seals. Practically unlimited service life
- Possibility to fit any force displacement law required by the designer
- Immediate response, even with very small displacements. The response is not depending from material compressibility as in hydraulic devices.

Recommendations for the designer

Although DECS may be practically designed for any constitutive law it is recommended to adopt the following one:

$$F = C \times V$$

where:

F is the force

V is the velocity

C is a constant to be chosen by the designer.

It is recommended to utilize

$$C = (0.1 \pm 0.02) \times W \quad \text{in } [kN/(m/s)^{0.1}]$$

Where:

W is the weight of the structure in kN.

The use of DECS for the seismic protection of structures always require the execution on a non linear time history analysis.

If used as lock-up devices DECS have the great advantage, in respect of hydraulic devices, to provide an instantaneous locking of the structure.

The required movement to reach locking will be less than ± 2 mm.

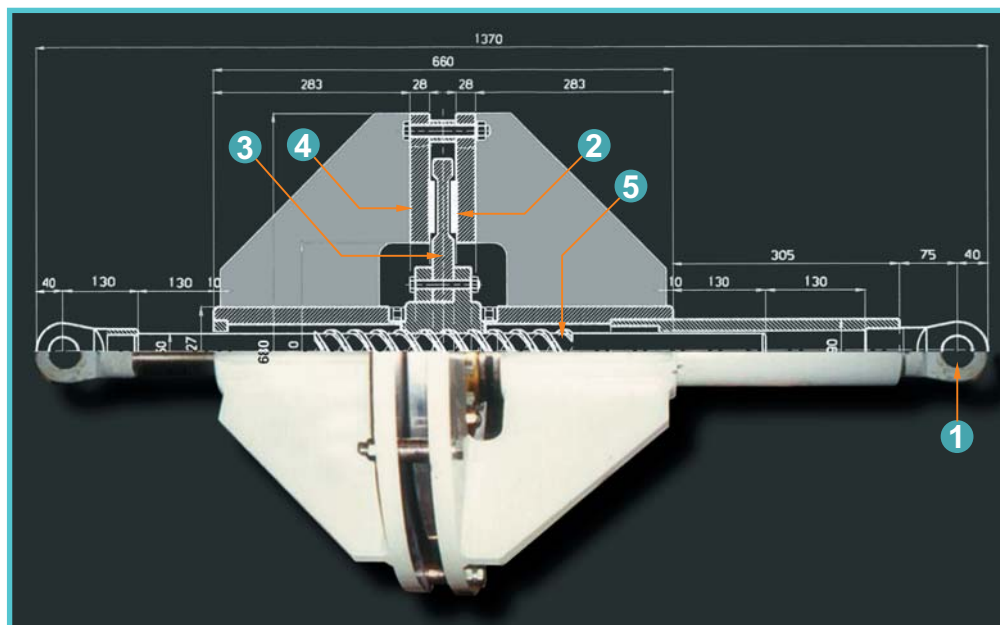
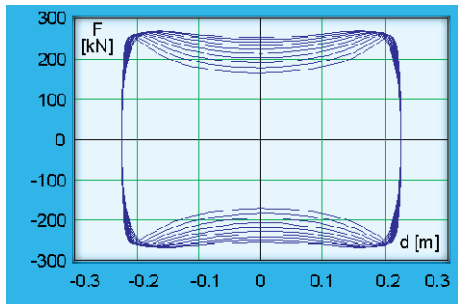
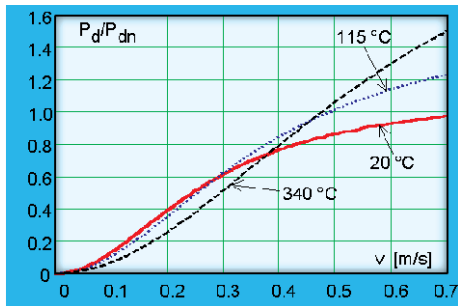


Fig. 2

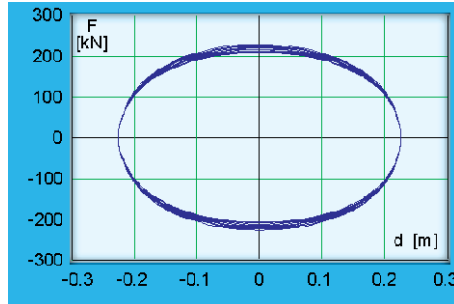
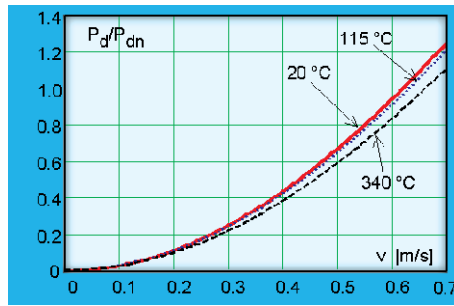
Struttura di un ALGASISM DECS rotativo passivo

Structure of a rotating passive ALGASISM DECS

- 1 Cerniere sferiche per collegare il dispositivo alla struttura
Spherical hinges to connect the device to the structure
- 2 Magneti permanenti
Permanent magnets
- 3 Rotore
Rotating disk
- 4 Statore
Fixed support plates
- 5 Vite senza fine
Endless screw



 Disco d'alluminio
Aluminium disk



 Disco in lega di rame - nichel
Copper - Nickel alloy disk

Fig. 3

Confronto tra dischi di materiale diverso

Different disk materials comparison

Tutte le curve si riferiscono ad un DECS passivo con le seguenti caratteristiche:

- Dischi di diametro 550 mm
- Perdita di potenza $P_{dn} = 125 \text{ kW}$
- Velocità lineare alle cerniere: 0.5 m/s
- Temperatura zona attiva = 115 °C

F, d = Forza e spostamento alle cerniere sferiche

All the plots refer to passive DECS with the following characteristics:

- Disks diameter 550 mm
- Power loss $P_{dn} = 125 \text{ kW}$
- Linear speed at the hinges: 0.5 m/s
- Active belt disk temperature = 115 °C

F, d = Force and displacement at the spherical hinges

Funzionamento

Il livello di dissipazione dipende dalla velocità relativa del circuito elettrico rispetto al campo magnetico. Essendo la risposta del dispositivo relativa alla velocità lineare di funzionamento, i DECS possono essere comparati ai dissipatori fluido dinamici.

Quando la velocità è piccola, la forza di reazione del dispositivo è trascurabile. Ciò è fondamentale per permettere i movimenti lenti delle strutture (ad esempio espansione o contrazione termica), al contrario quando il moto è veloce la risposta aumenta e così pure la dissipazione.

La definizione della velocità di funzionamento è basilare per la progettazione dei DECS. Per applicazioni sismiche, un ragionevole valore medio di riferimento per la velocità del terremoto è di circa 0,5 m/s.

L'**Algasism DECS** di seguito descritto, è un dispositivo rotante dove il movimento lineare del sisma è convertito in uno rotativo, attraverso una speciale vite (fig. 2).

Il vantaggio di questa soluzione è la possibilità di amplificare la velocità relativa, scegliendo un rapporto appropriato tra moto lineare e rotativo.

Un progetto ottimale della vite deve tendere ad aumentare il più possibile il rapporto della velocità ed allo stesso tempo limitare l'attrito tra vite e componenti rotanti. A tale scopo, devono essere adottati materiali speciali con attrito molto basso.

Il disco del rotore fatto di un materiale conduttivo, non magnetico e caratterizzato da bassa inerzia, è guidato da una speciale vite senza fine. Questo disco, è attraversato dal campo magnetico e rappresenta il circuito elettrico indotto, nel quale si sviluppa tutta la perdita di potenza.

Sono stati considerati per il disco diversi materiali in modo da ottimizzare la risposta del dispositivo, tenendo in considerazione anche l'innalzamento termico che avviene durante e dopo l'evento sismico (fig. 3).

La temperatura interna nell'area attiva (disco - magneti) è un aspetto critico del progetto: temperature troppo alte potrebbero danneggiare il disco stesso.

Il progetto del DECS illustrato è stato studiato in modo da ottenere un livello di dissipazione comparabile ad un dissipatore fluido dinamico standard.

Device Behaviour

The dissipation level depends on the relative velocity of the electric circuit as regards to the magnetic field. Being the response of the devices related to the operating linear velocity, the electro-inductive dissipators can be compared with the viscous dampers.

When the velocity is small, the reaction force of the devices is negligible: this is fundamental to allow the slow movements of the structures (for example thermal expansion or contraction), by the contrary when the motion is fast the response increases and the dissipation effect is achieved.

The operating velocity range definition is the basic requirement for the electro-inductive devices design; for seismic applications, a reasonable average reference value for the earthquake velocity is about 0,5 m/s.

*The **Algasism DECS** here described, is a rotating system where the linear earthquake motion is converted into a rotational one through a screw (fig. 2).*

The advantage of this solution is the possibility of amplifying the relative velocity by a suitable selection of the ratio between linear and rotational motion. An optimal design of the screw must tend to increase as much as possible the velocity ratio, at the same time limiting the friction between screw and rotating component; to this aim, special low friction materials must be adopted for the screw and the rotating part.

The rotating disk (made of a conductive, not magnetic material and characterised by a low inertia) is driven by the endless screw: this disk, crossed by the magnetic field, represents the induced electric circuit, in which all the power loss is developed.

Different materials have been considered for the disk in order to optimise the device response taking into account also the thermal phenomena occurring during and after the seismic event (fig. 3).

The device internal temperature in the active area (disk active belt and magnets belt) is a critical design aspect: too high disk temperatures could damage the disk itself.

The design of the illustrated DECS has been performed in order to obtain a dissipation level comparable with standard viscous dampers.

Prove di laboratorio

Tutti i prototipi sono stati esaminati con la macchina per le prove dinamiche MTS, del laboratorio ALGA (fig. 4).

Il dispositivo rotativo entra in funzione istantaneamente, quando viene applicato un moto lineare alle cerniere sferiche collegate alla macchina di prova.

Numerose prove sono state effettuate per verificare la reazione dell'apparecchio. La prima prova, a velocità molto bassa (meno di 0,01 mm/s), permette di calcolare l'attrito dell'apparecchiatura che è molto inferiore al 10% della forza di progetto. Le prove ad alta velocità sono state compiute usando onde sinusoidali e triangolari con una frequenza che varia tra 1/200 Hz e 2 Hz ed ampiezza da ± 10 mm fino a ± 80 mm.

Il diagramma di fig. 5 rappresenta una prova di 10 cicli nel quale non si nota alcun cambio significativo nella risposta del dispositivo e si evidenzia che la risposta misurata è molto vicina a quella di progetto.

La rotazione del disco, (di conseguenza la dissipazione elettro-induttiva) comincia quando il vuoto (circa 2 mm) nel sistema di trasmissione è stato compensato e ciò spiega il piccolo spostamento nella risposta misurata.

Particolare riguardo nel progetto del dispositivo è stato posto all'influenza della temperatura nell'apparecchio funzionante.

La temperatura della superficie esterna del rotore, misurata al termine della prova era di circa 70°C, mentre è ragionevole supporre che la superficie, direttamente vicino all'area attiva dei magneti permanenti, è stata sottoposta ad una temperatura molto più alta, senza subire alcun danno ai magneti.

Al termine di tutte le prove, l'apparecchio è stato sottoposto a sollecitazioni estreme e ha sempre reagito, senza alcuno danno o degradazione nel funzionamento.

Installazione

I promettenti risultati ottenuti dai prototipi esaminati hanno permesso ad ALGA di avviare un progetto preliminare di ALGASISM DECS rotativo, dimensionato per forze e capacità di movimento, appropriato per essere installato su strutture vere, in modo da offrire una valida alternativa ai dispositivi fluido dinamici. Il layout per l'installazione di questi apparecchi è quello mostrato in fig. 6.

I dispositivi ALGASISM DECS rotativi sono già stati dimensionati per forze da 1000 kN a 3000 kN e movimenti fino a 1 metro. Un esempio di questi dispositivi è mostrato in fig. 7.

Laboratory tests

All the prototypes have been tested using an MTS test machine, available at ALGA laboratory (fig. 4).

The manufactured rotating device is suited to operate when a relative linear motion occurs between the two spherical hinges that are connected to the test machine.

Different tests have been performed to verify the device response cycle. The first test at very low velocity (lower than 0.01 mm/sec) allows to calculate the device friction that is less than 10% of the design load.

The high speed tests have been performed using sinusoidal and triangular excitations with a frequency range between 1/200 and 2 Hz and amplitude from 10mm up to 80 mm.

The cycles shown in the fig. 5 represent a test with 10 cycles and no significant changes in the device response has been noted.

The measured device response is very close to the one calculated.

The disk rotation (consequently electro-inductive dissipation) starts when all the transmission system gap (about 2 mm) has been compensated and this fact explains the little shift of the measured response cycles.

The influence of the temperature in the device functioning has been deeply investigated.

The temperature of the rotating disk external surface, measured, at the end of the test is approximately of 70°C degree, while it is reasonable to suppose that the surface directly close to the device active area (permanent magnets surface) has been subjected to an higher temperature without any damage to the permanent magnets.

At the end of all the tests the device has been subjected to many excitations without any damage or response degradation.

Installation

The promising results obtained by the tested prototype suggested ALGA to start a preliminary design of rotating ALGASISM DECS with force and displacement capacity suitable for installation on real structures in order to offer an alternative to the viscous dampers. The general layout of these devices is the same of the one shown in the fig. 6.

The rotating ALGASISM DECS devices has been designed for force level from 1000 kN to 3000 kN and displacement up to 1 meter. An example of the studied device is shown in the fig. 7.



Fig. 4 - 5
Prove dinamiche con la macchina MTS
Dynamic test with MTS machine

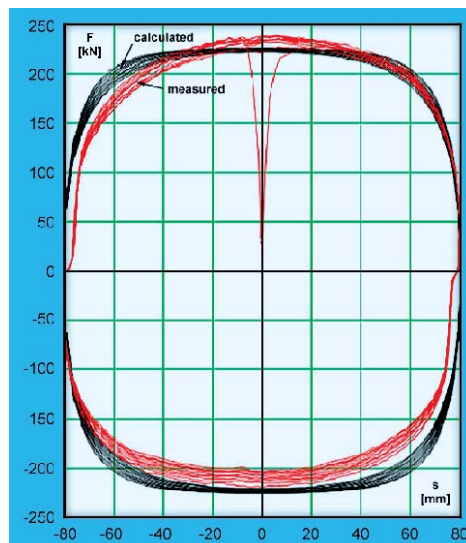
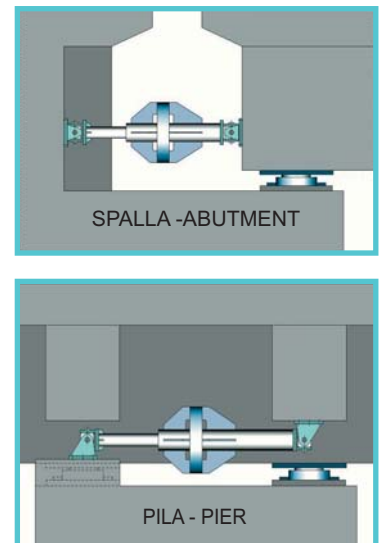
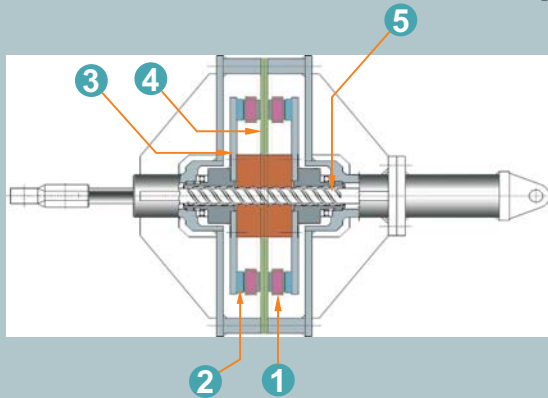


Fig. 6
ALGASISM DECS - Installazione tipo
ALGASISM DECS typical layout

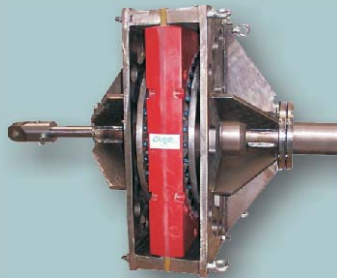


RICERCA - RESEARCH

DECS semiattivo - Semi-active dissipator



- 1 Bobine di controllo
Control coils
- 2 Magneti permanenti
Permanent magnets
- 3 Rotore
Rotating disk
- 4 Statore
Fixed support plates
- 5 Vite senza fine
Endless screw



DIMENSIONI - DIMENSIONS

ALGASISM DECS rotativo passivo - Rotating Passive dissipator

SEZIONE TIPO TYPICAL SECTION

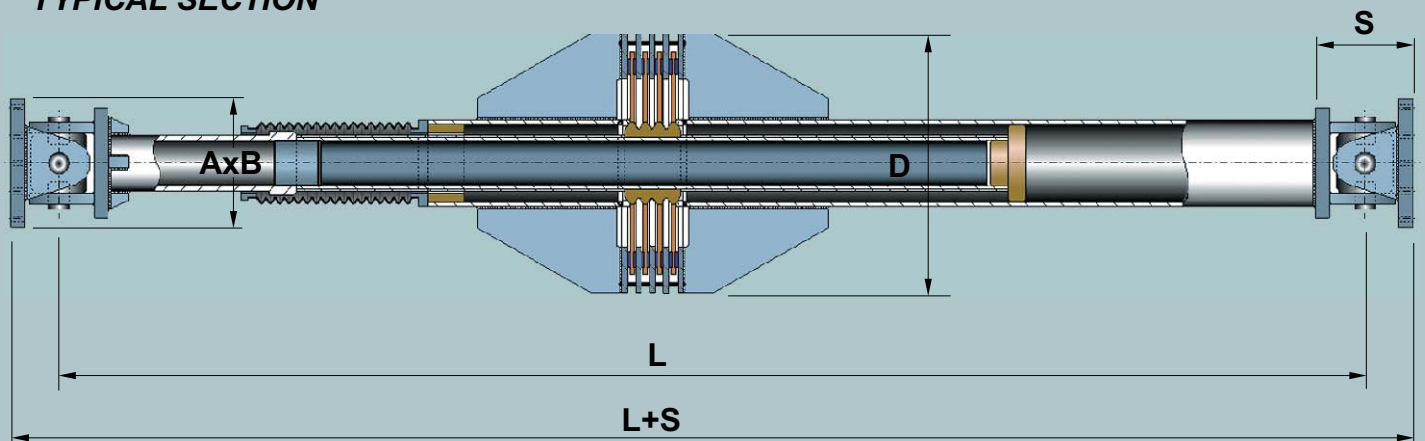


Fig. 7: ALGASISM DECS rotativo passivo - Rotating passive ALGASISM DECS

Tipo Type	C ₀₁ [kN/(m/s)]	Dimens. [mm]		Ancoraggi - Anchors			
		L	D	A x B	S	n° / Ø	
DE 250 / e	250	1000 + 3 e	800	250	250	150	4 / Ø20
DE 500 / e	500	1200 + 3 e	800	300	300	250	4 / Ø24
DE 1000 / e	1000	1400 + 3 e	800	500	500	400	6 / Ø30
DE 2000 / e	2000	1600 + 3 e	1200	600	600	500	8 / Ø33
DE 3000 / e	3000	2000 + 3 e	1400	700	700	550	8 / Ø36

Note: "e" = corsa / stroke in mm - Misure indicative - All measures are indicative

TECHNOLOGICAL THINKING