

CONSIDERAȚII suplimentare săptămâna a 10 - a

1. Introducere

În cadrul cursului 9 online am testat câteva aspecte referitoare la noțiunile de bază privind:

- noțiunea de forță în sens generalizat și torsorul de reducere
- forța ca mărime măsurabilă
- caracterizarea mărimii măsurabile – forța – în două situații de acțiune asupra unui element elastic (EE)

În urma testului, am tras ceva concluzii asupra cărora doresc să revin și să corectăm o parte din informațiile referitoare la noțiunea de forță.

A. Pe parcursul anilor de studii ați fost informați de modalități de simplificare și echivalare a unui sistem cu o “realitate” mult mai simplă fără a se pierde din esența fenomenelor.

Vă reamintesc câteva dintre acestea:

- la Rezistența materialelor ați echivalat un arbore (cu forma geometrică pe care acum o știți) cu bară reprezentată printr-o dreaptă;
- la TSA am denumit această abordare construcția unui model și am vorbit despre “black box” prin care se echivalează un sistem cu un element echivalent cu o funcție de transfer;
- la Sisteme de acționare 2 am vorbit despre moment de inerție redus și masă redusă.

Considerăm un solid rigid asupra căruia acționează un sistem de forțe oarecare/arbitrar. Se dorește înlocuirea acestui sistem de forțe cu un sistem echivalent mai simplu. Acest sistem echivalent trebuie să producă în orice punct al rigidului același efect mecanic ca și sistemul de forțe inițial. Echivalarea (conform cursului de Mecanică teoretică) conduce la reprezentarea sistemului de forțe printr-o pereche de 2 vectori (o forță și un moment) care poartă numele de torsorul de reducere.

Exemplu – studiu de caz

Asupra efectorului final AL UNUI ROBOT acționează forțe diverse: greutatea, forțe de inerție, forțe tehnologice etc. Toate aceste forțe se înlocuiesc cu torsorul de reducere (F, M) într-un punct – punctul caracteristic al robotului.

B. În fizică, o forță este o mărime fizică ce exprimă cantitativ o acțiune care imprimă unui obiect cu o masă:

- o modificare de viteză
- o modificare de direcție sau o deplasare
- o modificare de formă (aspect) sau deformație

În abordările teoretice – din disciplinele anterioare - ați făcut cunoștință cu legile lui Newton, legea lui Hooke (referitoare la deformarea materialelor elastice) sau teoriile de rezistența materialelor etc.

Toate aceste acțiuni sunt EFECTUL unei forțe / moment care în abordarea sistemică este CAUZA.

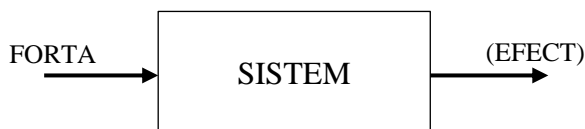




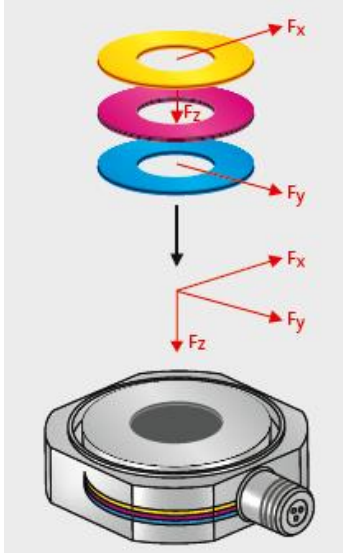

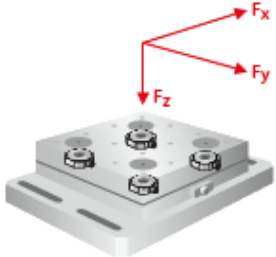
Fig.1

Toate aceste efecte sunt rezultatul unui SISTEM integrat într-un proces. Dacă vrem să punem în evidență exprimarea cantitativă a forței printr-o măsurare vom avea nevoie de un senzor de forță/moment.

Senzori si sisteme senzoriale

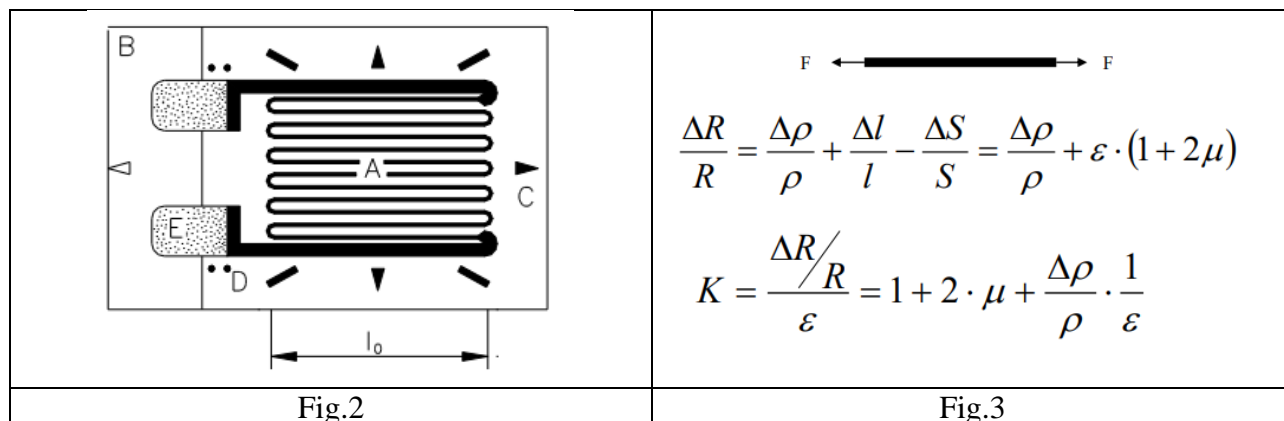
- C. La cursul de Rezistența materialelor ați abordat problema solicitării unei bare de o forță / moment. **ATI DESCOMPUS FORTA INTR-UN SISTEM CARTEZIAN SI ATI ANALIZAT EFECTUL PRODUS DE FIECARE COMPONENTA IN PARTE.** ACELASI LUCRU SE IMPUNE SI IN CAZUL MĂSURĂRII COMPONENTELOR UNUI TORSOR (FORTA / MOMENT). TREBUIE EVIDENTIATA CONTRIBUTIA FIECAREI COMPONENTE IN VALOAREA CAUTATA.
- D. Pe baza celor prezentate anterior REAMINTESC ca se realizeaza senzori de forta (în sens generalizat) pentru o componentă sau mai multe. În același timp, efectele fizice ale sistemului senzorial sunt diverse si au fost amintite in cursul SAIIV si respectiv acum in cursul 8, 9 si 10. In cursul 8 au fost mentionate utilizari directe ale senzorilor de forta în mecatronică. In tabelul 1 sunt prezentate imagini ale unor senzori de forță.

Tabelul 1

 <p>a)</p>	 <p>b)</p>
<p>Senzorul de forță / presiune este rezistiv pe o structură flexibilă, este ultra-subțire (grosime, de obicei, în jur de 0,3 mm). La aplicarea unei presiuni (forță / suprafață) pe zona sensibilă, are loc modificarea rezistenței senzorului. Cu cât presiunea este mai mare, cu atât rezistența este mai mică. La bornele de ieșire ale circuitului de măsurare se obține un semnal în tensiune echivalent forței aplicate</p>	
 <p>c)</p> <p>Senzorii de forță pentru 3 componente constau, în esență, din trei discuri de cristal (unul pentru fiecare componentă de forță ortogonală) care sunt integrate într-o carcasă cu accesoriile necesare.</p>	 <p>d)</p>  <p>e)</p> <p>In figurile c, d și e sunt prezentate variante ale senzorilor piezoelectrice pentru mai multe componente (firma Kistler)</p>

2. SENZORII DE FORTA TENSOMETRICI

Noțiunea de senzor tensometric (TER) nu este ceva nou pentru dumneavoastră. În figura 2 este prezentată o imagine de referință pentru un TER. Un rezistor electric de valoare R are lungimea de bază (sensibilă) l_0 și lățimea B. Acest traductor se va lipi pe un element elastic aflat sub acțiunea unei forțe. Solicitarea de întindere / compresiune a firului rezistiv implică variația rezistenței cu valoarea ΔR (fig.3). Factorul de tensosensibilitate al traductorului este K (vezi cursul 8). Incluziunea traductorului TER în circuitul de măsurare și detaliile suplimentare au fost analizate la disciplina SAIIV și sunt prezentate în cursul 8. Există două sensibilități pentru traductorul TER (fig.4).



sensibilitate transversala

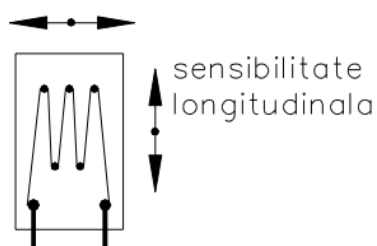


Fig.4

În figura 5 este prezentat un studiu de caz pentru clarificarea unor aspecte. În figură este prezentat un element elastic (EE) (bară dreaptă încastată la un capăt și liberă la cel de-al doilea - în limbajul Rezistenței materialelor). Utilizăm acest exemplu pentru a analiza posibilităților de construire un senzor de forță utilizând traductorul tensometric (TER). Putem afirma următoarele lucruri:

1. Elementul elastic este o componentă paralelipipedică cu o secțiune dreptunghiulară $b \times h$ și lungimea L. Suprafața plană va servi suport pentru lipirea (cu adeziv) a traductorului TER. Este o geometrie extrem de convenabilă. Există o serie de forme ale elementelor elastice (vezi cursul 9, slide-ul 6 – 13).
2. La capătul liber este prezentat torsorul τ (F, M) care poate solicita elementul elastic. Componentele acestui torsor (cauza) produc următoarele efecte:
 - forța F_x – solicitare de întindere / compresiune funcție de sensul forței. Fibra exterioară (indiferent de fețele laterale) va fi alungită (pentru întindere/tracțiune) sau va fi scurtată (pentru compresiune); Efortul σ depinde de parametrii geometrici b, h (lungimea L nu influențează) și este o valoare constantă pe toată lungimea elementului; alungirea relativă ε este dependentă de efortul generat de forță și de modulul de elasticitate longitudinal (cursul 9, slide-ul 6). Se consideră că, în condiții normale de funcționare, alungirea relativă a elementului elastic va fi identică cu alungirea relativă a traductorului TER. PE BAZA CELOR PRECIZATE REZULTA

Senzori si sisteme senzoriale

CA TRADUCTORUL TER SE POATE LIPI IN ORICE POZITIE PE CELE 4 FETE LATERALE. CA ORIENTARE UN TRADUCTOR TER POATE FI INTEGRAT LONGITUDINAL (TER₁) SAU TRANSVERSAL (TER₂). CELE DOUA SITUARI SUNT CORELATE PRIN ALUNGIREA RELATIVA CORESPUNZATOARE (VEZI SAIIV, EFECTE FIZICE)

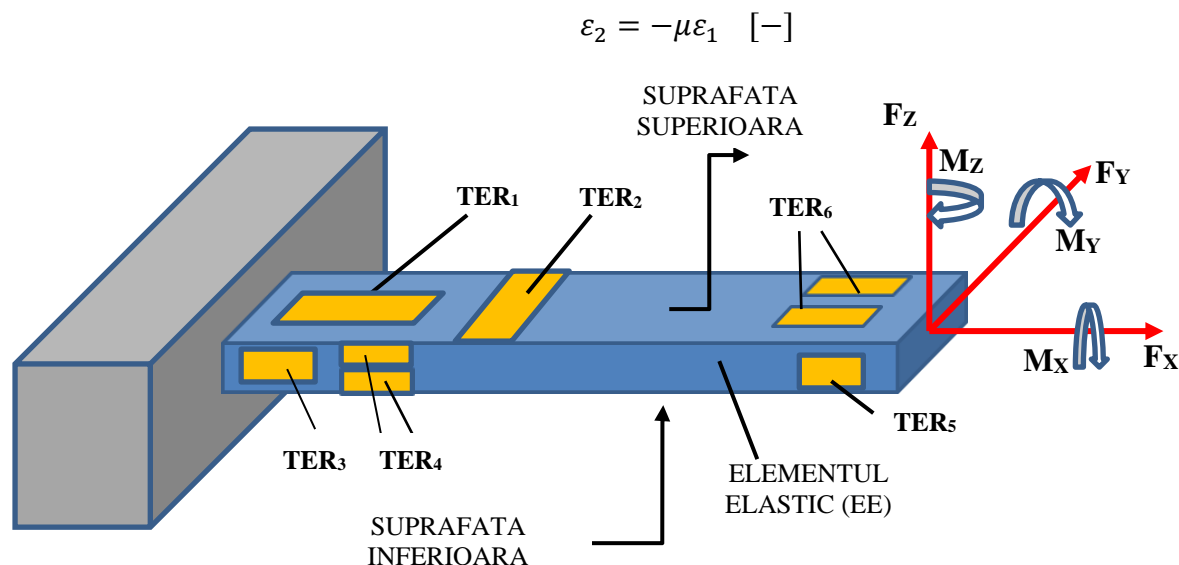


Fig.5

- forțele F_y și F_z – solicitări de încovoiere dependente de sensul forțelor. **Efortul maxim este în zona de încastrare (vezi modelul matematic, cursul 9).** Modulul de rezistență axial ESTE DIFERIT PENTRU CELE DOUA CAZURI: $bh^2/6$ sau $hb^2/6$. Fibra externă va fi deformată diferit funcție de sensul de deformare a elementului elastic: pe o suprafață fibra va fi alungită iar pe suprafața paralelă va fi scurtată. Modul de situare a traductoarelor TER poate fi asemănător cu traductoarele (TER₁) sau (TER₂); (TER₃) sau (TER₄). Alungirea relativă pentru situarea longitudinală și respectiv transversală a traductoarelor TER este cea anterioară.
 - Momentele M_y și M_z – solicitări de încovoire. Considerațiile sunt asemănătoare cu cele din cazul forțelor F_y și F_z . Diferența constă din legea de distribuție a efortului. In cazul prezent (al momentelor) efortul este constant pe toată lungimea barei. TRADUCTOARELE TER SE POT POSITIONA IN ORICE PUNCT AL SUPRAFELEOR LATERALE DEFORMATE.
 - MOMENTUL M_x – SOLICITARE DE TORSIUNE. IN ACEST CAZ, FORMA ELEMENTULUI ELASTIC ESTE CEA A UNEI BARE CILINDRICE (VEZI FIG.). LA DIRECTII SUPORT ORIENTATE LA 45° FATA DE DIRECTIA LONGITUDINALA A BAREI, EFORTUL DE INTINDERE SI CEL DE TORSIUNE SUNT EGALE
3. Traductoarele TER integrate în structura construită se conectează într-un circuit de măsurare (punte Wheatstone de c.c. în variantele sfert, semi și punte completă) (vezi cursul 8, vezi cursul SAIIV). TREBUIE RETINUT PENTRU CONSTRUCTIA CIRCUITULUI: SEMNALELE DIN BRATE ADIACENTE SE SCAD IAR DIN BRATELE OPUSE SE ADUNA !!!! (fig.6)
 4. PENTRU ESTIMAREA VALORII FORTEI APLICATE SE UTILIZEAZA MODELUL MATEMATIC (CURSUL 9). FACTORUL DE PUNTE N TINE CONT DE ORIENTAREA TRADUCTORULUI TER (LONGITUDINAL SAU TRANSVERSAL) (CURSUL 8 – SLIDE-UL 17).

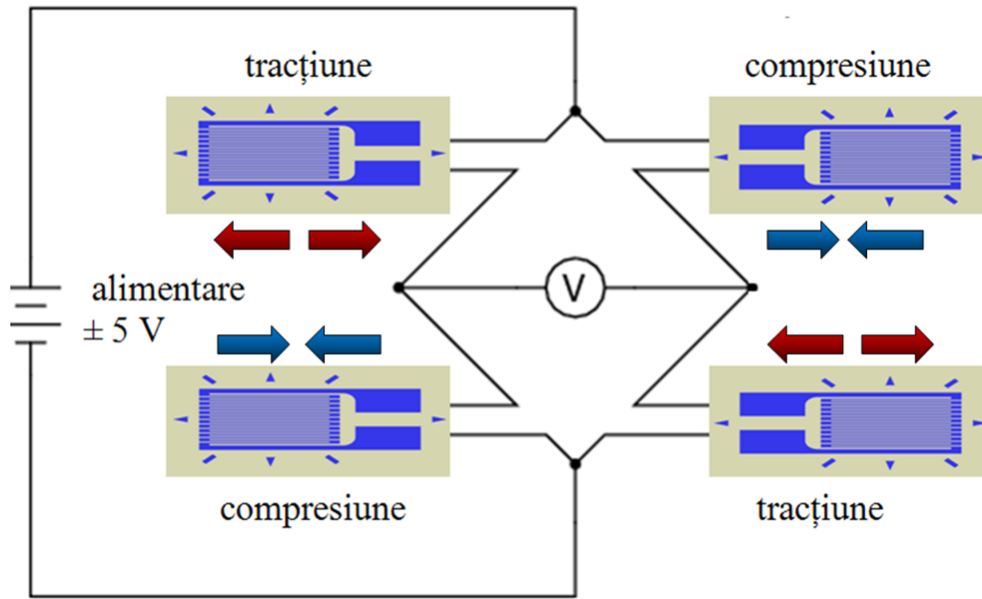


Fig.6

3. SENZORI DE FORȚA PE BAZA UNEI DEPLASARI

Una din posibilitățile de măsurare a unei forțe este cea oferită de un sistem senzorial care include un element elastic cu o rigiditate K și un traductor de deplasare (de ex. traductor inductiv) cu o anumită caracteristică și sensibilitate S_{TI} .

Analizați reprezentarea sistemică a ansamblului realizat și sensibilitatea acestuia

