

## STUDIUL TRANSFORMATORULUI DIFERENŢIAL LINIAR VARIABIL (LVDT)

### Scopul lucrării

- studiul caracteristicilor unui LVDT
- studiul traductoarelor de deplasare cu LVDT

### Considerații teoretice

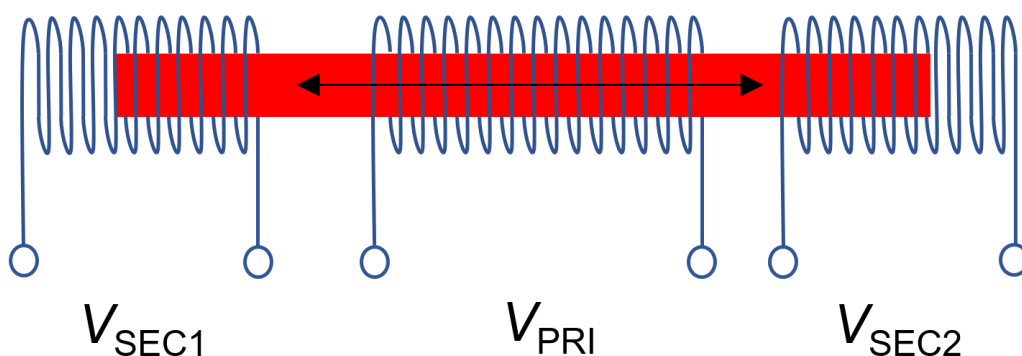
Transformatorul diferențial liniar variabil (LVDT) este un instrument de precizie folosit pentru măsurarea deplasărilor. Dispozitivul este denumit astfel datorită principiilor sale de funcționare:

- acesta este, în primul rând, un **transformator** format dintr-o înfășurare primară, două înfășurări secundare și un miez mobil din material magnetic moale (Fe, Ni, permalloy etc).
- înfășurările secundare sunt conectate astfel încât să furnizeze la ieșire **diferența** dintre tensiunile generate la bornele lor.
- transformatorul este **variabil** deoarece cuplajul magnetic dintre primar și cei doi secundari poate fi variat astfel încât acesta să varieze amplitudinea curenților induși.
- transformatorul este construit astfel încât variația cuplajului dintre primar și cei doi secundari să fie **liniară**.

Principiul de funcționare al LVDT se bazează pe variația inductanței mutuale,  $M$ , între primar și secundar atunci când poziția miezului variază:

$$M = k\sqrt{L_P L_S}$$

unde  $k$  este coeficientul de cuplaj, iar  $L_P$  și  $L_S$  reprezintă inductanțele primarului, respectiv secundarului. Variația poziției miezului va duce la variația coeficientului de cuplaj,  $k$ , ceea ce va duce la o variație a raportului de transformare. Putem privi acest lucru din punct de vedere fenomenologic. O variație a poziției miezului va duce la o variație a fluxului magnetic prin secundar, sau la o variație a densității liniilor de câmp magnetic ce trec prin acesta. O creștere sau scădere a densității de linii de câmp magnetic din secundar va duce la o creștere sau scădere a curentului indus. Altfel spus, O variație a cuplajului între primar și secundar va duce la o variație a raportului de transformare.



### Materiale necesare

- computer
- programul Micro-cap 12
- programul Scidavis

## Metodologia efectuării lucrării

### a) Caracteristicile unui LVDT

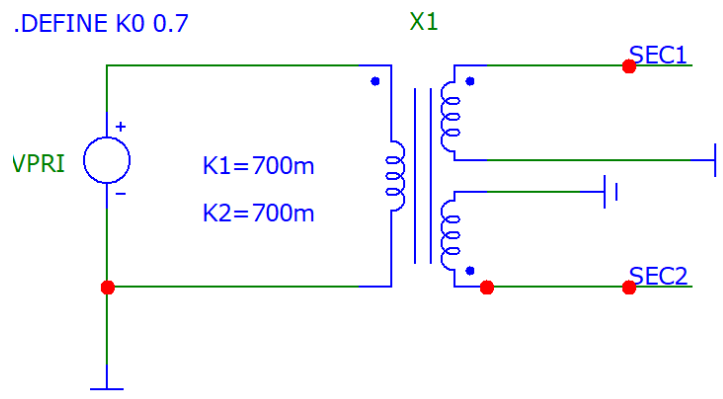
Fiecare grupă va folosi un LVDT diferit. Parametrul  $K_0$  se va alege astfel:

- $K_0 = 0.5$  (grupa 1).
- $K_0 = 0.6$  (grupa 2).
- $K_0 = 0.7$  (grupa 3).
- $K_0 = 0.9$  (grupa 4).

Pentru modelarea unui LVDT în Micro-Cap vom folosi un transformator cu un primar și doi secundari, XFMR2, pentru care vom configura parametrii  $RATIO1 = K_1$ , respectiv  $RATIO2 = K_2$ . Parametrii  $RATIO1$  și  $RATIO2$  reprezintă rapoartele de transformare între primar și primul secundar, respectiv între primar și cel de-al doilea secundar. Notați faptul că în cazul transformatorului folosit în Micro-Cap, cele două înfășurări secundare sunt bobinate în opoziție. Cele trei puncte de pe primar, respectiv secundari reprezintă polaritatea tensiunii de la bornele înfășurării la un moment de timp dat. Va trebui să introducem niște comenzi .DEFINE care determină variația cuplajului între primar și secundar. Astfel, vom avea 4 comenzi .DEFINE care definesc 4 parametri: deplasarea,  $DISPL$ , valoarea  $K_0$ , respectiv rapoartele de transformare între primar și cei doi secundari,  $K_1$  și  $K_2$ . Observăm că rapoartele de transformare depind de poziția miezului. Atunci când poziția acestuia se schimbă, cuplajul (și implicit raportul de transformare) dintre primar și unul din secundari crește, pe când cuplajul dintre primar și celălalt secundar scade. Sensul de variație al raportului de transformare depinde de direcția în care se realizează deplasarea față de poziția de zero.

- se realizează montajul de mai jos în Micro-cap 12.
- sursa VPRI este o sursă de tensiune sinusoidală, având o frecvență de 10 KHz și o amplitudine de 5 V.
- se realizează analiza în timp a circuitului (transient analysis: 1ms, step 0.1μs), variind parametrul  $DISPL$  între -5 și 5 mm cu un pas de 1 mm, reprezentând pe grafice distincte  $V(SEC1)$ ,  $V(SEC2)$ , respectiv  $V(VPRI)$  în funcție de timp.

```
.DEFINE K1 K0+DISPL*0.02
.DEFINE K2 K0-DISPL*0.02
.DEFINE DISPL 0
.DEFINE K0 0.7
```



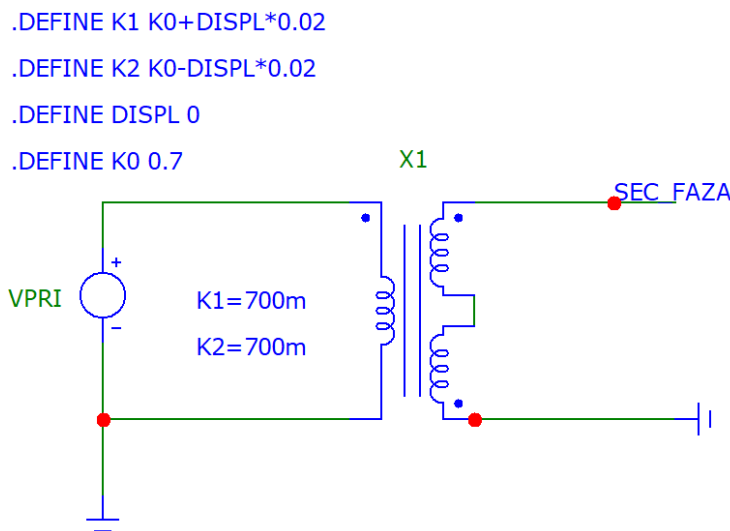
- comentați asupra defazajului dintre primar și cei doi secundari și încercați să explicați rezultatele obținute.
- se măsoară amplitudinile vârf-la-vârf ale tensiunilor de pe primul, respectiv al doilea secundar pentru fiecare valoare a deplasării, iar valorile se notează în tabelul de mai jos.

$d$ (mm)	$V_{pk-pk}^{SEC1}$ (V)	$V_{pk-pk}^{SEC2}$ (V)
...	...	...

- se reprezintă pe acelaşi grafic dependenţele  $V_{pk-pk}^{SEC1} = f(d)$  şi  $V_{pk-pk}^{SEC1} = f(d)$
- comentaţi asupra liniarităţii celor două dependenţe şi încercaţi să explicaţi rezultatele obţinute folosindu-vă de noţiunile de la curs/seminar.

În cele ce urmează vom conecta cei doi secundari astfel încât tensiunile de la bornele acestora să se însumeze în fază.

- se realizează montajul de mai jos în Micro-cap 12.
- sursa VPRI este o sursă de tensiune sinusoidală, având o frecvenţă de 10 KHz şi o amplitudine de 5 V.
- se realizează analiza în timp a circuitului (transient analysis: 1ms, step 0.1µs), variind parametrul *DISPL* între -5 şi 5 mm cu un pas de 1 mm, reprezentând pe grafice distincte *V(SEC\_FAZA)*, respectiv *V(VPRI)* în funcţie de timp. Ce observaţi? Încercaţi să explicaţi rezultatele obţinute folosindu-vă de rezultatele obţinute până în acest punct şi de noţiunile de la curs/seminar.

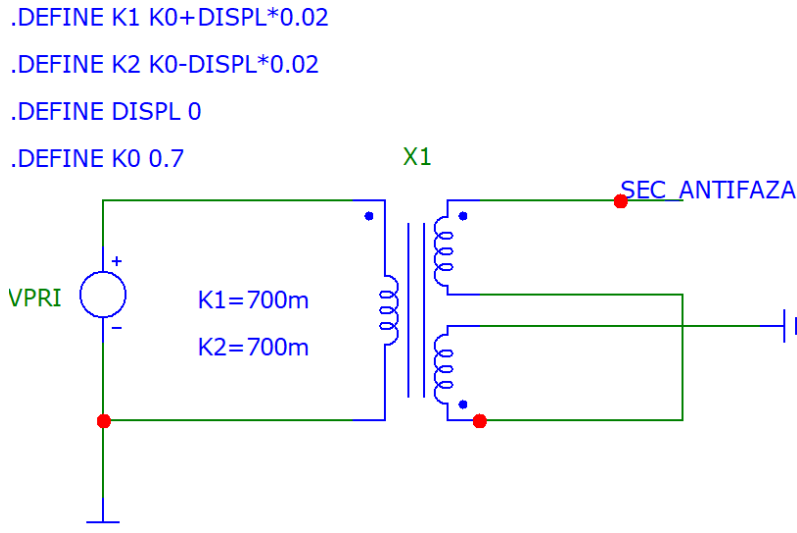


### b) Caracteristicile diferenţiale ale unui LVDT

În această parte a lucrării se va pune în evidenţă modul de lucru în montaj diferenţial al LVDT pentru măsurarea deplasărilor. Cei doi secundari se vor conecta astfel încât tensiunile de la bornele acestora să se însumeze în antifază.

- se realizează montajul de mai jos în Micro-cap 12.
- sursa VPRI este o sursă de tensiune sinusoidală, având o frecvenţă de 10 KHz şi o amplitudine de 5 V.
- se realizează analiza în timp a circuitului (transient analysis: 1ms, step 0.1µs), variind parametrul *DISPL* între -5 şi 5 mm cu un pas de 1 mm, reprezentând pe grafice distincte *V(SEC\_ANTIFAZA)*, respectiv *V(VPRI)* în funcţie de timp.
- se măsoară amplitudinea vârf la vârf a tensiunii *V(SEC\_ANTIFAZA)* şi defazajul dintre tensiunea la bornele primarului şi cea de la ieşirea transformatorului,  $\Delta\phi = \phi(VPRI) - \phi(SEC\_ANTIFAZA)$ , pentru fiecare valoare a deplasării, iar valorile se trec în tabelul de mai jos.
- reprezentaţi grafic dependenţa  $V_{pk-pk}^{SEC\_ANTIFAZA} = f(d)$  şi comentaţi asupra formei şi liniarităţii acesteia.
- încercaţi să explicaţi rezultatele obţinute folosindu-vă de noţiunile de la curs/seminar.

$d$ (mm)	$V_{pk-pk}^{SEC\_ANTIFAZA}$ (V)	$\Delta\phi$ (°)
...	...	...



### c) Măsurarea deplasării cu LVDT

În cele ce urmează vom realiza un traductor de deplasare folosind un LVDT cu cei doi secundari în conexiune diferențială. Ieșirea transformatorului este conectată la intrarea unui detector sensibil la fază care ne va furniza la ieșire o tensiune continuă de forma:

$$V_{OUT} = \frac{1}{2} V_{REF} V_{SIG} \cos(\varphi_{SIG} - \varphi_{REF})$$

unde  $V_{OUT}$  este tensiunea de ieșire a detectorului sensibil la fază,  $V_{REF}$  este amplitudinea semnalului de referință,  $V_{SIG}$  este amplitudinea semnalului de intrare, iar  $\varphi_{SIG}$  și  $\varphi_{REF}$  reprezintă faza semnalului de intrare, respectiv de referință. Semnalul de referință are forma:

$$V(T) = V_{REF} \sin(2\pi f_{REF} T + \varphi_{REF})$$

unde  $f_{REF}$  este frecvența semnalului de referință. Observăm că detectorul sensibil la fază este compus dintr-un multiplicator și un filtru trece-jos. Semnalul provenit de la LVDT este înmulțit cu semnalul de referință, după care este filtrat, extrăgându-se numai componenta sa continuă. Multiplicatorul conține o sursă de tensiune variabilă a cărei tensiuni de ieșire este reprezentată de parametrul MIXED\_SIN, adică semnalul de intrare înmulțit cu semnalul sinusoidal de referință.

- se realizează montajul de mai jos în Micro-cap 12.
- sursa VPRI este o sursă de tensiune sinusoidală, având o frecvență de 10 KHz și o amplitudine de 5 V.
- se reglează faza semnalului de referință,  $\varphi_{REF}$ , la  $0^\circ$ .
- se realizează analiza în timp a circuitului (transient analysis: 1s, step 10ms), variind parametrul *DISPL* între -5 și 5 mm cu un pas de 1 mm, reprezentând  $V(OUT)$  în funcție de timp.
- se reglează faza semnalului de referință,  $\varphi_{REF}$ , la  $180^\circ$  și se repetă analiza în timp a circuitului.
- valorile maxime ale lui  $V(OUT)$  în funcție de deplasare și faza semnalului de referință se notează în tabelul de mai jos.

$d$ (mm)	$V_{out, \varphi_{REF} = 0^\circ}$ (V)	$V_{out, \varphi_{REF} = 180^\circ}$ (V)
...	...	...

- încercați să explicați rezultatele obținute pe baza noțiunilor de la curs/seminar

- determinaţi sensibilitatea traductorului în V/mm şi rezoluţia acestuia ţinând cont că tensiunea de ieşire este măsurată cu un voltmetru a cărui precizie este de 0.01 V.

