

LUCRAREA 7

SISTEM DE DIRECȚIE ASISTAT ELECTRIC VARIABIL

1. Scopul lucrării

Analizarea elementelor componente ale direcției asistate electric, descrierea standul pentru simularea asistenței la volan și realizarea măsurători pe standul de încercări pentru trasarea graficului de asistență al sistemului de direcție în funcție de viteza autovehiculului.

2. Elemente teoretice

Rolul sistemul de direcție este de a asigura o bună maniabilitate și stabilitate a autovehiculului, de calitățile sistemului de direcție depinzând, în mare măsură, deplasarea în siguranță a autovehiculului.

Maniabilitatea autovehiculului reprezintă capacitatea acestuia de a se deplasa în direcția comandată de șofer, manevrarea cât mai ușoară, cu eforturi cât mai mici, menținerea constantă a direcția de mișcare și efectuarea cu ușurință a schimbării ei, cu posibilitatea de a executa virajele dorite sau de a menține mersul rectiliniu stabil.

Stabilitatea autovehiculului este determinată de posibilitatea deplasării cu viteze ridicate, fără derapări și răsturnări și reprezintă capacitatea sistemului de direcție de a readuce roțile de direcție la poziția de mers în linie dreaptă, ca urmare a apariției unor momente de redresare pe timpul efectuării virajelor. Această stabilitate depinde de geometria punții (semipunților) din față și de mărimea unghiurilor de așezare a roților directoare.

Asmbele calități depind de forțele care acționează asupra autovehiculului la mersul rectiliniu și în curbă, sau la mersul pe pantă, și pe drumuri cu înclinare transversală, de elasticitatea pneurilor, de calitatea suspensiei și de construcția generală a autovehiculului.

Sistemul de direcție, ca ansamblu de organe care servesc la orientarea roților de direcție ale autovehiculului, permite efectuarea corectă a unui viraj prin deplasarea tuturor roților în jurul unui centru instantaneu de rotație (figura 1).

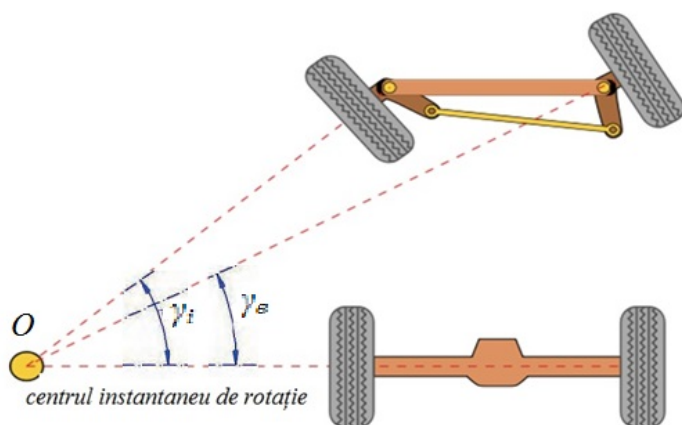


Fig. 1 – Schema virajului la autovehicule.

Operația de poziționare a roților directoare în vederea efectuării unui viraj se numește *bracare*. Virajul este executat corect dacă roțile rulează fără alunecare și descriu cercuri concenrice în centrul de viraj O, aflat la intersecția dintre prelungirea axei roților din spate și a axelor fuzetelor celor două roți de direcție. Aceasta înseamnă că roțile de direcție nu sunt paralele, ci înclinate (bracate) cu unghiuri diferite: unghiul de bracare γ_i al roții interioare este mai mare decât unghiul de bracare γ_e al roții exterioare.

Cerințele sistemului de direcție sunt următoarele:

- să asigure un viraj corect la toate razele de întoarcere – raza minimă să fie cât mai redusă,
- să aibă randamentul ridicat (pierderile prin frecare din mecanismul de direcție să fie mai mici)
- să fie ireversibil: șocurile primite de roți în timpul rulării să nu se transmită la volan,
- să asigure un număr egal de rotații pentru aceeași rază de întoarcere, la stânga sau la dreapta,
- să asigure o înclinare minimă a roților directoare pentru a evita alunecarea în timpul rotirii pe suprafața de rulare,
- să fie compatibil cu sistemul de suspensie, astfel încât oscilațiile roților în plan orizontal să fie cât mai reduse (*efectul giroscopic*),
- să asigure o conducere comodă, întreținere ușoară, durabilitate mare și preț de cost redus.

Construcția sistemului de direcție diferă după modul de producere a forței de virare; astfel există direcții manuale și servoasistate.

Sistemul de direcție servoasistat se împarte în trei mari categorii:

- 1) sisteme hidraulice,
- 2) sisteme electro–hidraulice,
- 3) sisteme electrice (D.A.E.V sau EPS).

Sistemul de direcție asistat electric variabil se compune dintr-un sistem mecanic de direcție (cremalieră și roata dintată) pe care este dispus concentric un motor electric (figura 2). Motorul transmite puterea roții dințate care antrenează cremaliera să se transleze în stânga sau în dreapta. Direcția cremalierei este stabilită în funcție de impulsul pe care îl primește motorul electric.

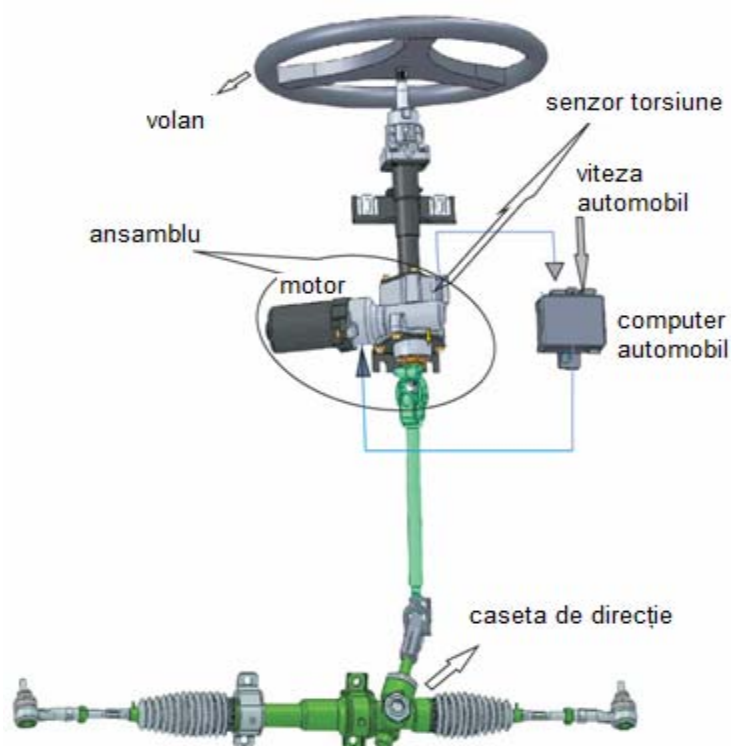


Fig. 2 – Sistem de direcție asistat electric.

În figura 3 este prezentată construcția unui sistem de direcție asistat hidraulic.

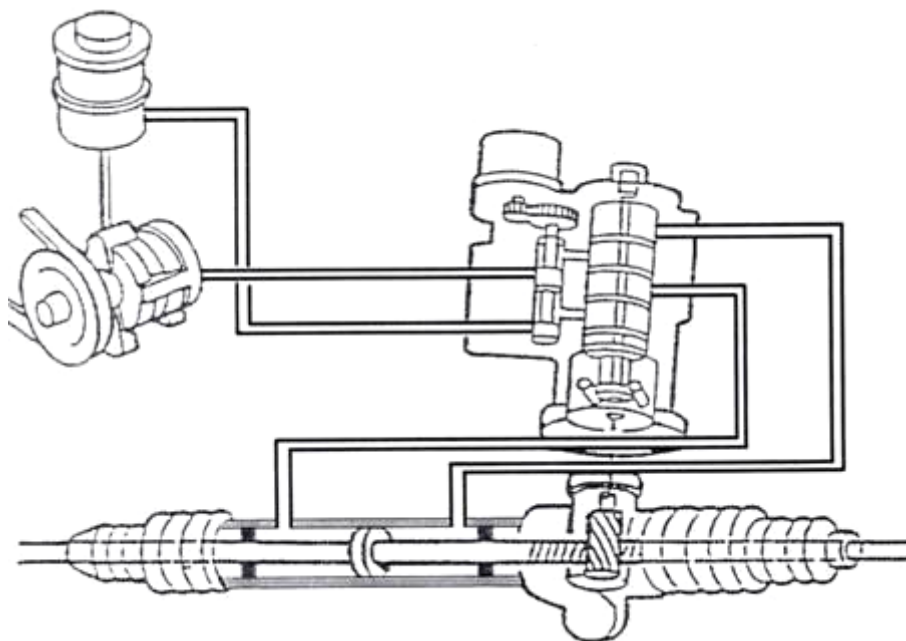


Fig. 3 – Direcție asistată hidraulică.

Unghiurile caracteristice pentru sistemul de direcție se împart în două *categorii*:

– *unghiurile față de axa frontală* (axa direcțională a autovehiculului) sunt după cum urmează:

- *unghiurile roților*:
 - a) unghiul de cădere a roților;
 - b) convergența roților;
 - c) convergența negativă a roților la viraje,
- *unghiuri ale pivotului de direcție*:
 - d) înclinație transversală a pivotului de direcție (înclinația pivotului de direcție),
 - e) unghi longitudinal de fugă a roților (unghiul de fugă a roților);

– *unghiurile față de puntea spate* pot fi:

- *unghiurile roților*:
 - f) unghi de cădere a roților;
 - g) convergența sau convergența negativă a roților.

Fiecare dintre unghiurile sistemului de direcție îndeplinește un anumit **rol în timpul deplasării** autovehiculului.

1. **Unghiul de convergență** are rolul de a asigura paralelismul planurilor de rulare a roților directoare. Deschiderea se măsoară în mm și este cuprinsă între 3 ... 12 mm la camioane și autobuze, respectiv 0,5 ... 5 mm la autoturisme și utilitare.

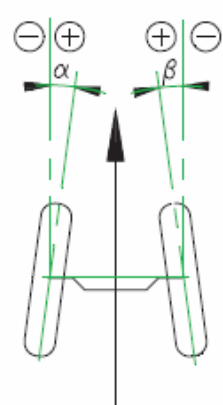
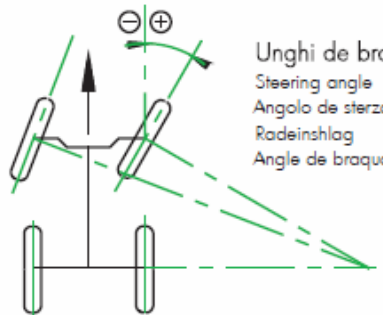
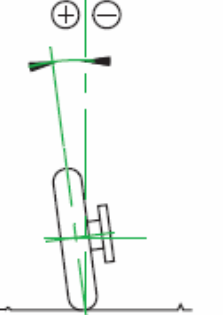
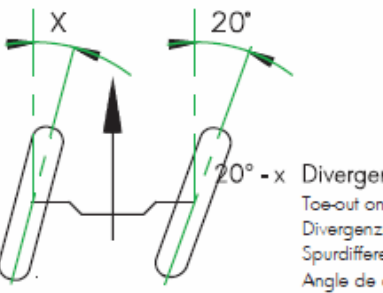
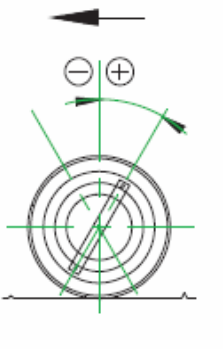
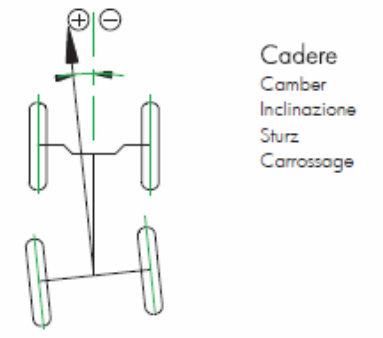
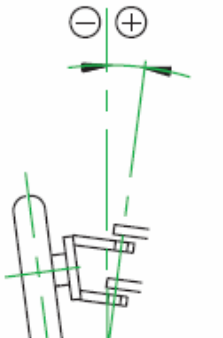
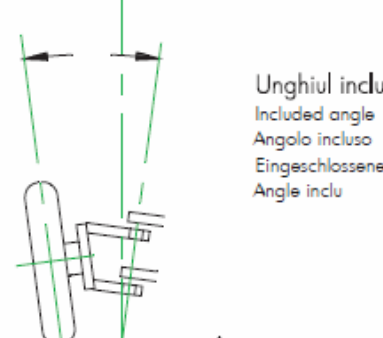
2. **Unghiul de fugă** (de înclinare longitudinală a pivotului) asigură menținerea direcției drepte, prin revenirea volanului în poziție neutră după viraj. Dacă este diferit stânga/dreapta, volanul trage lateral. Valoarea sa este între 0,3 ... 3 grade la autoturisme și 1 ... 5 grade la camioane și autobuze.

3. **Unghiul de pivot** (de înclinare transversală a pivotului) mărește tendința de revenire a roții directoare în poziție neutră, iar la frânare și la trecerea peste denivelări asigură reducerea eforturilor transmise la volan. Este cuprins între 6 ... 10 grade, uzual 8 grade. Dacă este diferit stânga/dreapta, volanul trage lateral.

4. *Unghiul de cădere* (carosaj) asigură menținerea direcției în viraje, împinge roata către interiorul vehiculului, încărcând rulmentul interior, scade tendința de încovoiere a punții față. Valoarea sa este între 0 ... 0,5 grade la autoturisme și 1 ... 2 grade la camioane și autobuze.

În tabelul 1 sunt prezentate tipurile caracteristice de unghiuri pentru sistemele de direcție ale autovehiculelor.

Tabelul 1 Unghiuri caracteristice ale sistemului de direcție

 <p> α - Convergența stanga Left Toe Convergenza sinistra Spur links Parallélisme gauche β - Convergența dreapta Right Toe Convergenza destra Spur rechts Parallélisme droite $\alpha+\beta$ Convergența totală Total Toe Convergenza totale Gesamtspur Parallélisme totale </p>	 <p> Unghi de bracăj Steering angle Angolo de sterzata Radeinschlag Angle de braquage </p>
 <p> Cadere Camber Inclinazione Sturz Carrossage </p>	 <p> Divergența la 20° Toe-out on turns at 20° Divergenza angolo de sterzata Spurdifferenzwinkel Angle de difference de parallélisme </p>
 <p> Fuga Caster Incidenza Nachlauf Avance </p>	 <p> Cadere Camber Inclinazione Sturz Carrossage </p>
 <p> Unghiul de inclinare a pivotului King Pin Incl. transv. montante Spreizung Incl. du pivot de fusée </p>	 <p> Unghiul inclus Included angle Angolo incluso Eingeschlossener Winkel Angle inclu </p>

Progresul în domeniul electric și electronic a permis înlocuirea sistemului de asistență hidraulică cu cel electric. *Avantajul* constă în diminuarea numărului de componente care ocupă un volum important în cadrul compartimentului motor (varianta hidraulică). Direcția asistată electric variabil utilizează curentul electric ca energie de lucru.

Elemente componente ale direcției electrice variabile (D.A.E.V.) reprezentate în figura 4 sunt: 1 – caseta de direcție, 2 – arbore cardanic, 3 – motor (ambreiaj), 4 – volan, 5 – senzor torsiune, 6 – senzor de unghi, 7 – cuplă de prindere, 8 – biele, 9 – capete de bară.

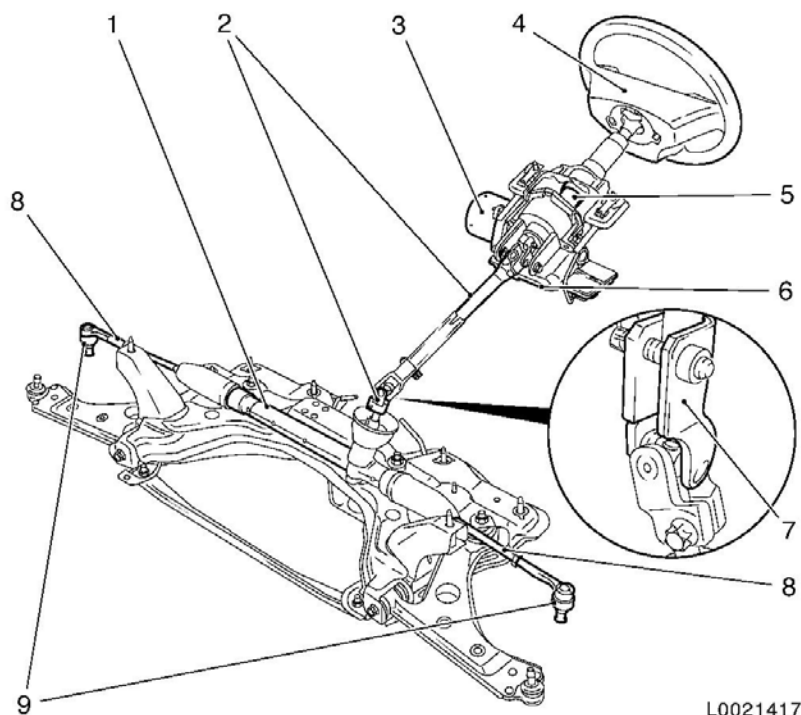


Fig. 1 – Construcția sistemului de direcție asistat electric variabil.

Captorul de cuplu pentru sistemele din prima și a doua generație reprezentat în figura 5 are următoarele elemente componente:

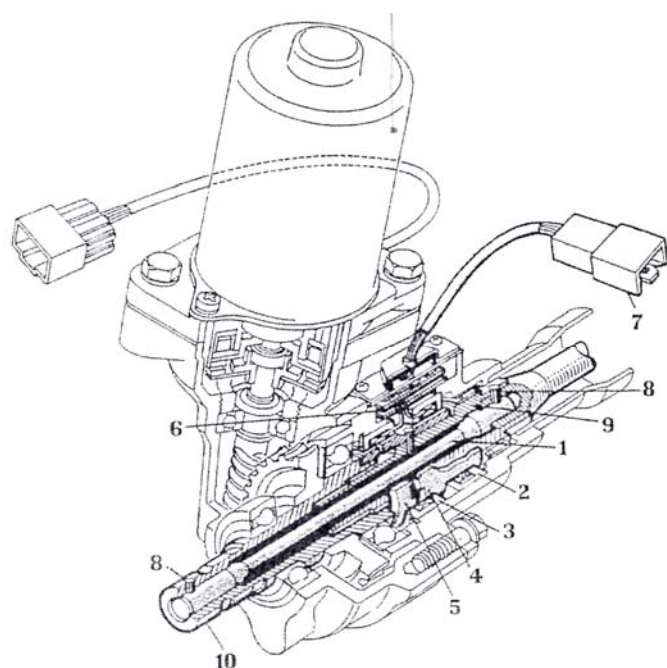


Fig. 5 – Captor de cuplu.

Captorul este constituit din două părți reprezentate schematic în figura 6:

– *partea electromagnetică* a captorului dă o informație cu privire la poziția unghiulară dintre cele două coroane din fier moale;

– *partea electronică* transformă această informație în informație de cuplu conform următorului principiu:

1. deformarea barei de torsiune este proporțională cu efortul la volan,
2. o coroană este solidară cu rotorul iar cealaltă cu pinionul,
3. extremitățile celor două coroane sunt prevăzute cu danturi,
4. datorită deformării unghiulare a băii de torsiune forma miezului bobinei de măsură se schimbă și astfel forma semnalului electric se modifică,
5. în paralel o a doua bobină de referință ce are caracteristicile costante în raport cu deformările unghiulare transmite informații electrice de referință,
6. informația (de tip intensitate) transmisă la calculator circulă prin două legături electrice redondante,
7. alimentările captorului sunt dublate din motive de securitate.

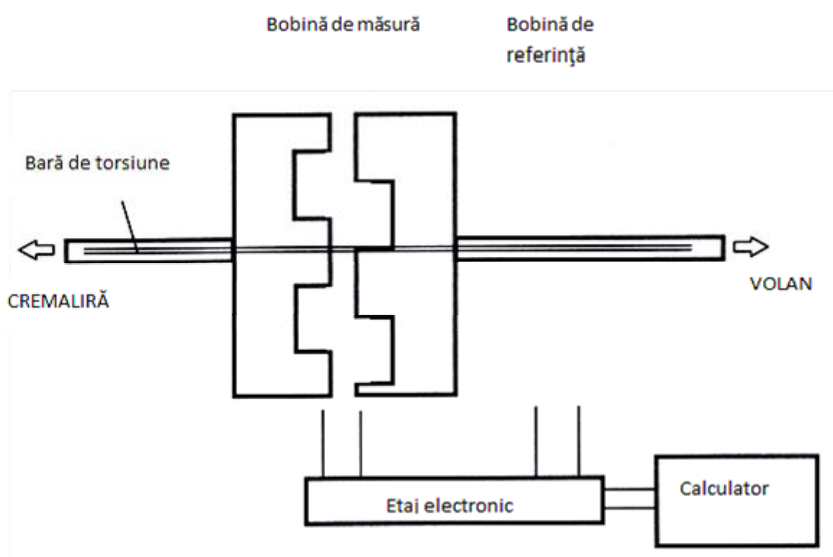


Fig. 6 – Structura electromagnetică și electronică a captorului de cuplu.

Captorul de viteză/unghi volan pentru sistemele din a doua generație este prezentat în figura 7.# Sistemele D.A.E.V. din a doua generație oferă o prestație numită „retur activ al volanului”.

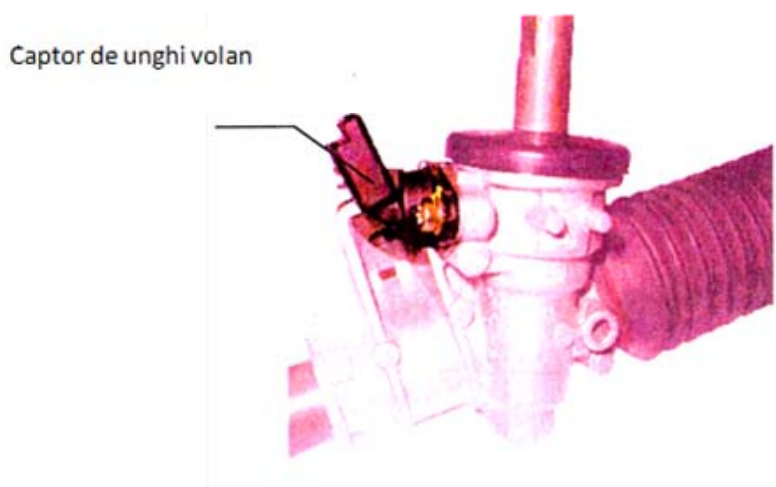


Fig. 7 – Captor de unghi volan.

Pentru a optimiza returul volanului spre punctul mediu al direcției la viteză redusă de deplasare un curent electric alimentează motorul electric ce creează un cuplu de revenire ce se adaugă celui mecanic datorat unghiurilor de fugă. Pentru a realiza această prestație calculatorul trebuie să cunoască poziția unghiulară a volanului, sensul său de rotație și viteza sa. Sistemul are traductorul de unghi volan fixat pe caseta de direcție.

Captorul conține două plăcuțe cu efect Hall care permit determinarea sensului și vitezei de rotație, iar pinionul cremalierii este magnetizat (figura 8).

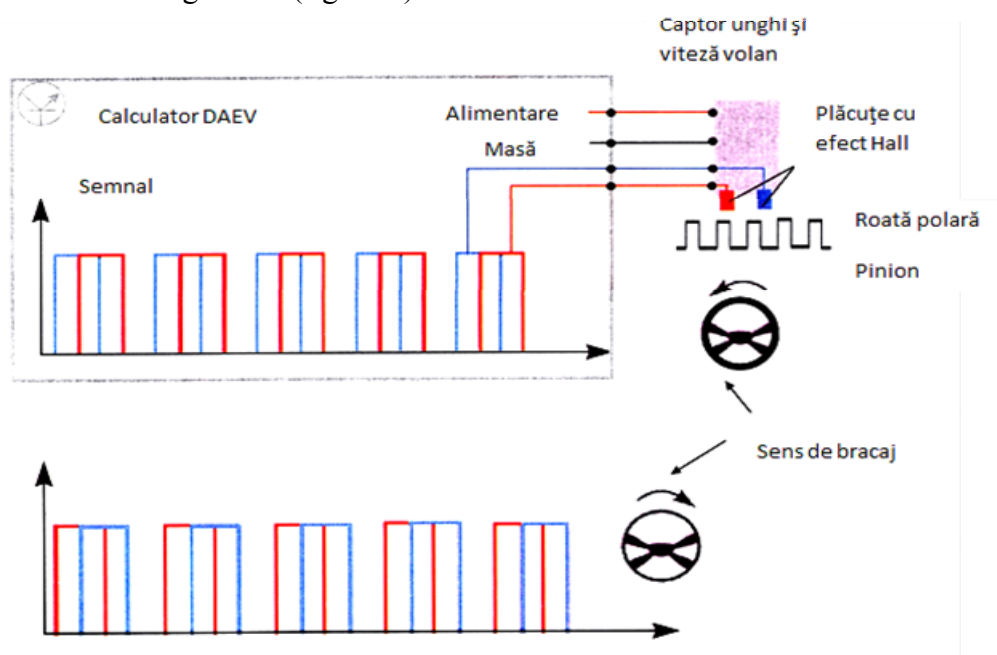


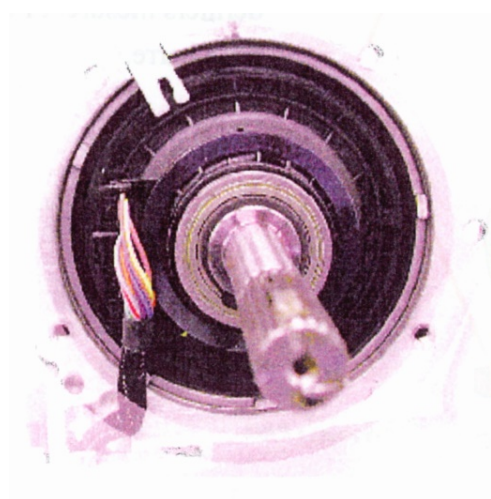
Fig. 8 – Schema de funcționare a captorului de unghi și viteză la volan.

Pentru *determinarea sensului de rotație al volanului* captorul emite două semnale defazate unul în raport cu celălalt. Dacă volanul este rotit către stînga semnalul roșu este în avans față de cel albastru, și invers.

Determinarea vitezei de rotație: calculatorul utilizează această informație pentru a pilota asistența de retur a volanului. Această asistență este diminuată pe măsură ce volanul se apropie de punctul mediu.

Determinarea poziția de punct mediu: această poziție este determinată și reactualizată de calculator la un rulaj în linie dreaptă funcție de viteza vehiculului și de cuplul volan.

Captor cuplu/viteză/unghi volan pentru sisteme din a treia generație este prezentat în figura 9.



Acest captor are patru funcții:

- măsoară cuplul exersat de conducător asupra volanului pentru a determina nivelul de asistență,
- măsoară viteza de retur a volanului pentru strategia retur activ,
- determină sensul de rotație al volanului pentru strategia de retur activ și pentru sistemul ESP,
- măsoară unghiul volanului pentru returul activ și pentru sistemul ESP.

Fig. 9 – Captor de cuplu volan.

Captorul este compus din două discuri montate la cele două capete ale barei de torsiune. Discurile prezintă ferestre traversate de fascicule emise de două celule optice emițătoare care împreună cu două celule optice receptoare formează doi captori optici ce determină unghiul de torsiune al barei. Efortul exercitat de conducător asupra volanului provoacă diminuarea ferestrelor (se suprapun cele două discuri). Această diminuare este proporțională cu nivelul de asistență (figura 10).

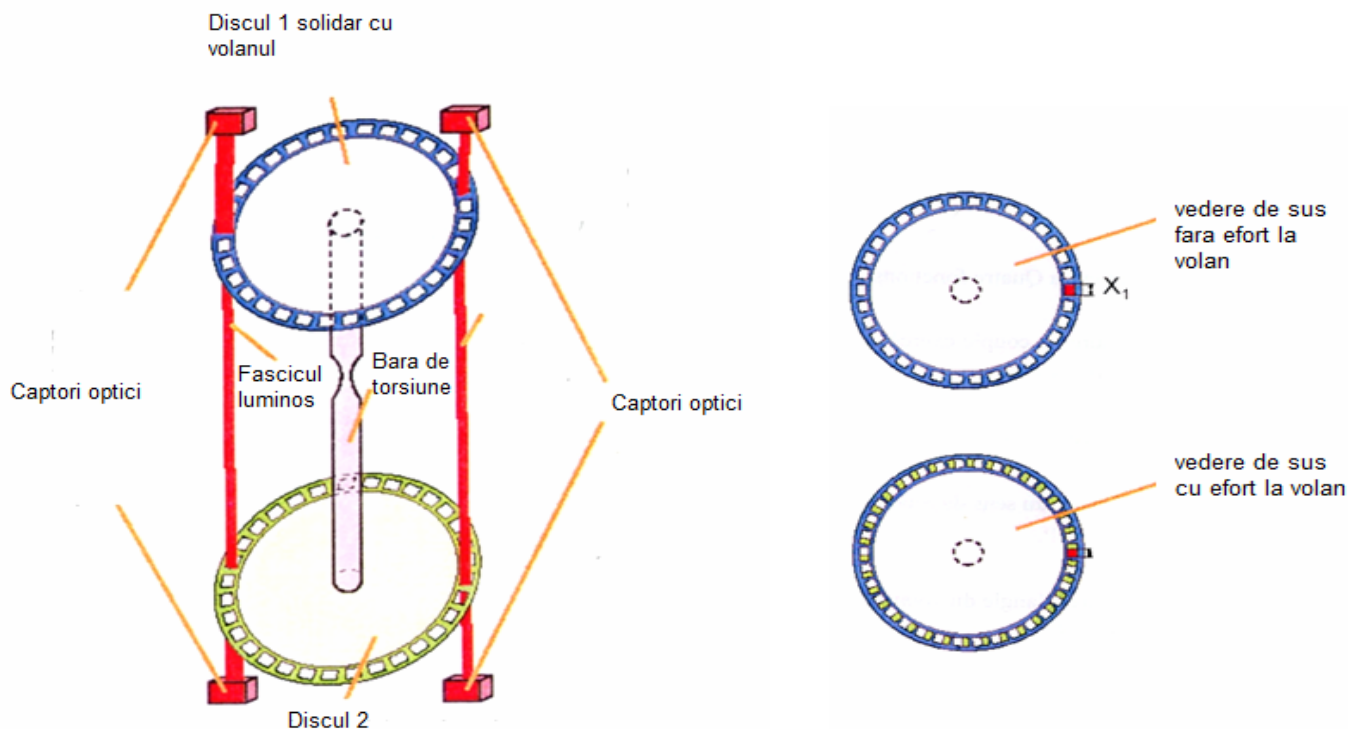


Fig. 10 – Principiul de funcționare al captorului pentru cuplul volan.

Principiul de funcționare al captorului pentru unghi volan

Măsurarea unghiului volan se face prin determinarea deplasării ferestrelor. Rezoluția este de $0,1^\circ$. Pentru determinarea numărului de rotații ale volanului sistemul folosește trei captori cu efect Hall dispuși pe rotorul motorului. Acești captori dau o rezoluție de $1,2^\circ$. Combinarea celor două informații permite calculatorului a cunoaște unghiul și numărul de ture al volanului.

Configurarea captorului

În cazul înlocuirii captorului este necesar a se efectua următoarele operații: indexarea, calibrarea și inițializarea.

Pe discurile captorului există un index, adică un reper fix. El permite captorului de a memora poziția de zero a volanului. În plus indexul permite a controla buna funcționare a captorului. Pentru a realiza indexarea este suficient a roti volanul 30° stânga și apoi 30° dreapta (pentru a se depista indexul) după care se readuce volanul pe punctul mediu.

În continuare se lansează comanda de calibrare prin tester pentru a cere captorului să memoreze poziția de zero. Pentru a finaliza inițializarea se rotește volanul cel puțin $1,2^\circ$ pentru a se activa captorii cu efect Hall.

Ambreiajul este de tip electromagnetic monodisc uscat a cărui comandă se face în R.C.O. (1 kHz) la începutul procesului de cuplare (pentru progresivitate) și apoi în curent continuu pentru menținere.

Motorul electric este:

- pentru sisteme din prima și a doua generație: comanda se face în semnal R.C.O. pentru a varia intensitatea curentului electric; statorul conține doi magneți permanenți; tensiunea 8 ... 16V, curentul maxim nominal: 25A, 45A, 60A funcție de tipul D.A.E.V., frecvența de comandă: $18,5 \pm 1,5$ kHz;
- pentru sisteme din a treia generație: motor cu magneți permanenți trifazic. Nu avem perii colectoare și se pot obține puteri nominale de cca. 100 W fără uzura motorului.

3. Descrierea standului

Standul pentru simularea asistenței la volan este prezentat în figura 11.

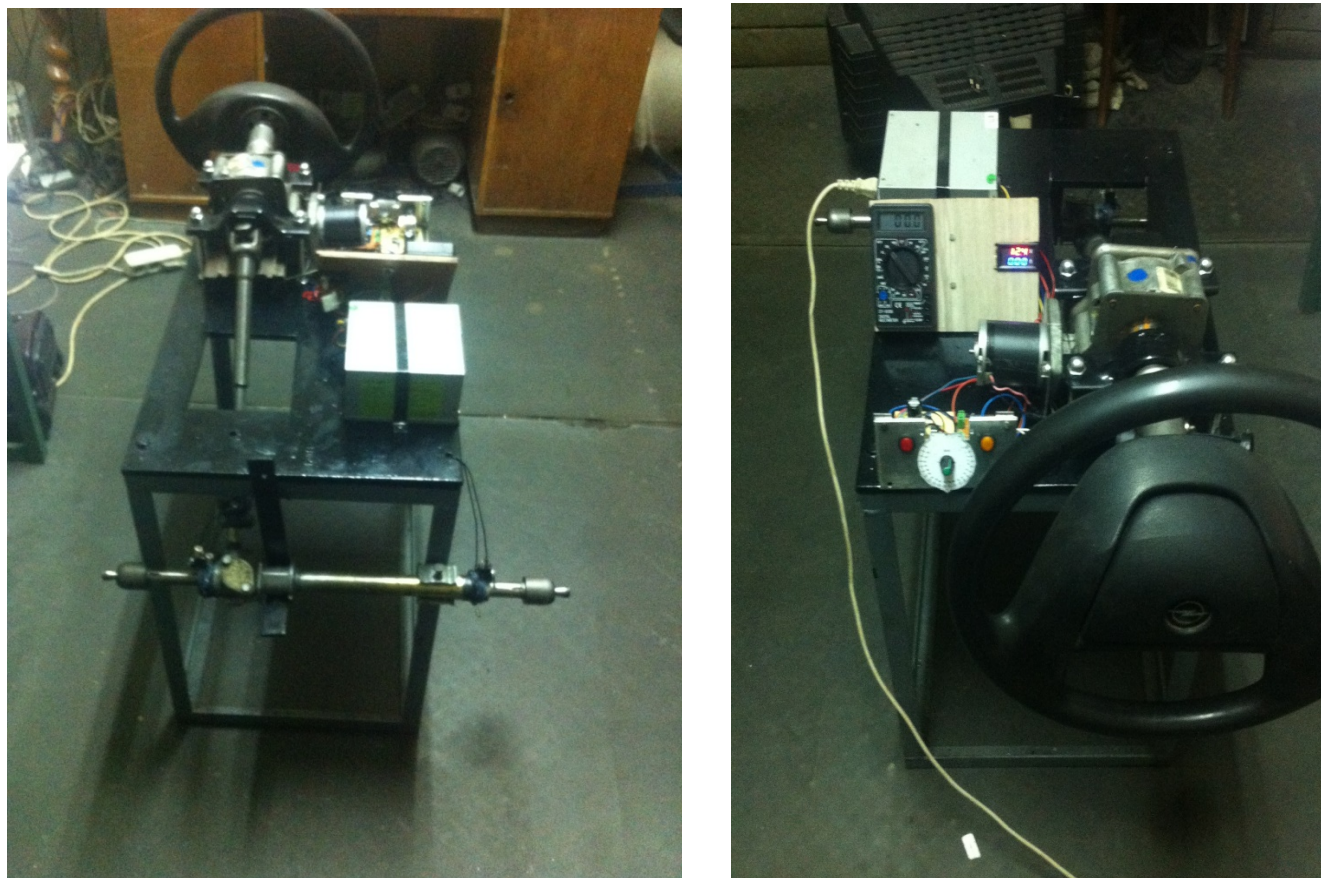


Fig. 11 – Construcția standului de asistență electrică a sistemului de direcție a unui autovehicul.

Acest stand este alcătuit din următoarele elemente componente:

1. volan: ajută la manevrarea sistemului de direcție al autovehiculului;
2. coloană de direcție: formată din arbore cotit, angrenajul roata melcată-melc, bară de torsiune, senzor de unghi (figura 12);
3. casetă de direcție (figura 13) cu mecanism pinion-cremalieră, transformă mișcarea rotație provenită de la etajul de multiplicare a puterii (coloana de direcție) în mișcare de translație;
4. motor electric de curent continuu (figura 14): ajută la asistența volanului stânga sau dreapta; puterea motorului este de 38 W, tensiunea electrică: 0 ... 12 V, intensitatea curentului electric 3 A;
5. sursă alimentare: alimentează standul cu un curent continuu de 12 V;
6. limitatori de cursă (figura 15): limitează capatele de cursă a casetei de direcție, stânga dreapta; evită supraîncălzirea motorului și distrugerea sa;
7. ampermetru și voltmetru (figura 16): măsoară intensitatea curentului, în A, respectiv tensiunea curentului, în V;
8. multimetru (figura 17): măsoară sensul (indicat prin + dreapta sau – stânga) și tensiunea electrică, primită de motor, în funcție de viteza automobilului reglată de potențiomtru;
9. butoane (figura 18): prin apăsarea cărora avem activarea gradului de asistență (2 butoane unul pentru fiecare sens, respectiv stânga și dreapta);
10. potențiomtru (figura 19): divizează tensiunea electrică;
11. placa PWM (figura 20): împreună cu potențiomtrul reglează tensiunea trimisă la motorul electric în funcție de viteza autovehiculului (se reglează gradul de asistență în funcție de viteză); are incorporată o siguranță de 3 A pentru a preveni supraîncărcări de tensiune și arderea circuitelor;

12. placa schimbare de sens (figura 21): schimbă sensul motorului prin schimbarea polarității cu ajutorul butoanelor;
13. banc de susținere a ansamblului;
14. cablaje;
15. prezoane de fixare;
16. piulițe de fixare.



Fig. 12 – Colana de direcție.



Fig. 13 – Caseta de direcție.

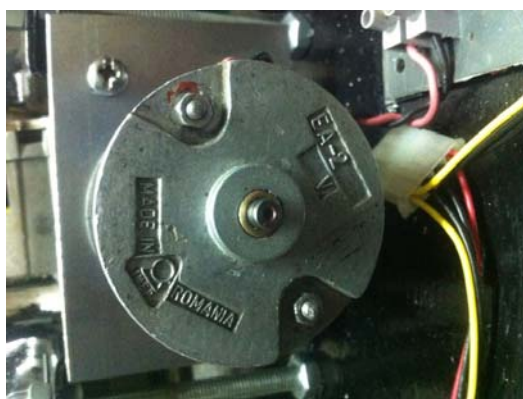


Fig. 14 – Motor electric de curent continuu.



Limitator cursa dreapta



Limitator cursa stânga

Fig. 15 – Limitatori de cursă.



Fig. 16 – Ampermetru și voltmetru.



Fig. 17 – Multimetru.



Fig. 18 – Butoane.



Fig. 19 – Potențiometru.



Fig. 20 – Placa PWM.

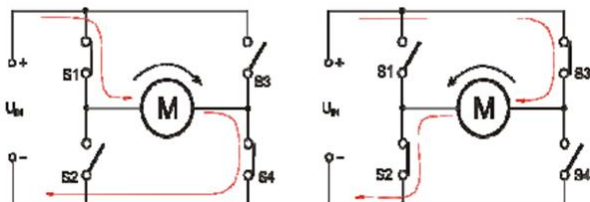


Fig. 21 – Placă schimbare de sens.

4. Modul de lucru

Funcționarea standului

Standul se compune dintr-un sistem mecanic de direcție de tip pinion și cremalieră pe care este dispus concentric un motor electric. Motorul transmite puterea roții dințate antrenând cremaliera în stânga sau în dreapta. Direcția cremalierii este stabilită în funcție de impulsul pe care îl primește motorul electric.

Se manevrează volanul stânga sau dreapta apăsând butonul corespunzător sensului de rotație a acestuia pentru asistența motorului electric.

Cu ajutorul potențiometrului se simulează viteza de rulare a autovehiculului astfel:

- dacă potențiometrul este setat pe valoarea 0 km/h atunci gradul de asistență este maxim,
- dacă potențiometrul este setat pe 60 de km/h atunci gradul de asistență lipsește, iar motorul nu mai este alimentat cu curent electric.

Pentru protecția motorului s-au montat doi limitatori de cursă legați în serie înaintea butoanelor.

Multimetru este montat pentru a măsura sensul motorului și voltajul primit de acesta în funcție de viteză.

5. Rezultate experimentale

Ușurința conducerii este caracterizată și de forța F_V necesară la volan. În urma cercetărilor privind ergonomia postului de conducere, s-a propus să se admită o forță de 120 ... 160 N.

Normele internaționale recomandă ca pentru forță mai mare de 200 N să se utilizeze servomecanisme (electrice sau hidraulice) în sisteme de direcție.



Foarte maxime recomandate la volanul automobilelor de 15 daN



Se efectuează mai multe măsurători pe standul de încercări pentru trasarea graficului de asistență al sistemului de direcție în funcție de viteza autovehiculului.

În figura 22 sunt exemplificate graficele tensiunii și intensității curentului consumat de motor.

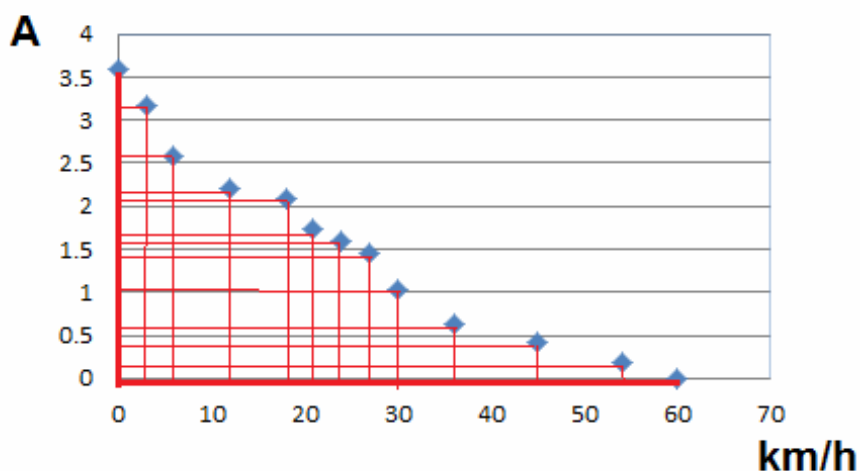
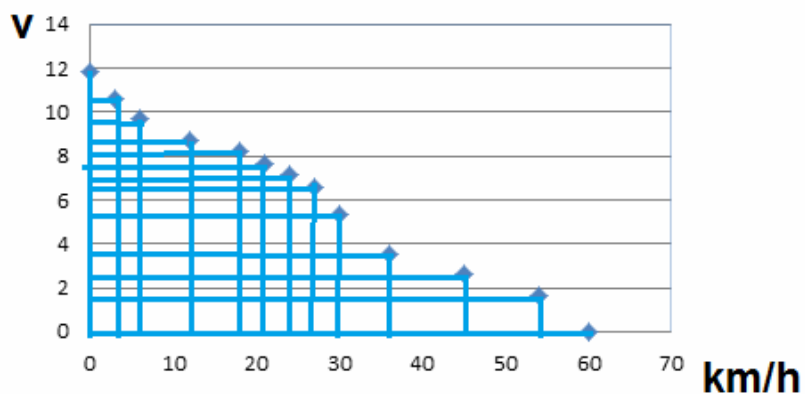


Fig. 22 – Variațiile tensiunii și curentului consumat de motor.