

## **CAP.1 Conditii specifice de lucru ale echipamentelor de navigatie maritima**

### **1.1. Generalitati**

#### **1.1.1. Mijloace de navigatie**

Inca din cele mai vechi timpuri, omul a fost tentat sa exploreze intinderile nemarginite ale marilor si oceanelor, in cautarea unor noi spatii vitale, a resurselor naturale etc.

Cu vremea, aceasta tendinta s-a transformat in nevoia de a transporta marfuri diverse sau oameni intre continente, diverse tari etc., materii prime, de la locul producerii la locul de prelucrare a acestora, sau pur si simplu in nevoia de comert si dezvoltare. Intinderile nemarginite ale apelor au fost insa la inceput un obstacol serios in deplasarea cu ajutorul vaselor, in lipsa unor mijloace de navigatie adecvate. Omul nu se departa din raza vizuala a tarmului, navele erau usoare, la cheremul valurilor si vanturilor. Odata cu aparitia primelor mijloace de navigatie (compas, sextant, loch, cronometru, alidada etc.), cu perfectionarea vaselor, a tehniciilor de navigatie, a hartilor maritime, aria de circulatie a comertului pe mare s-a largit considerabil. Au luat finta primele companii de navigatie, de asigurari, de navlositori (proprietari de nave care inchiriază vasele), primele linii maritime regulate de pasageri sau marfuri. Legatura dintre oamenii de pe continentalele diferite s-a strans. Secolul 19 a fost decisiv in acest domeniu. In perioadele belice si interbelice, marina militara a fost dezvoltata si a constituit un cap de pod nu numai in domeniul armamentului, cat si in cel al echipamentelor electronice de navigatie sau de asistare a acestieia. Radarul este un exemplu semnificativ in acest sens, alaturi de sistemele de navigatie hiperbolica sau conexe (LORAN, SHORAN, TORAN, DECCA, DECTRA etc.). In ultimele decenii se pun la punct noi tehnici si echipamente de navigatie, astfel incat, odata cu dezvoltarea pe scara larga la preturi de cost din ce in ce mai mici a microelectronicii si tehnicii de calcul, noi echipamente de inalta tehnologie echipeaza cele mai modeste vase: echipamente de navigatie cu ajutorul satelitilor, piloti automati, sisteme anticoliziune, radioalarme automate prin satelit etc. Continua dezvoltare a navigatiei maritime, ca cel mai ieftin mijloc de transport la scara planetara, a condus si la evaluarea mijloacelor de protejare a vietii omului pe mare, a faunei si florei maritime, a mijloacelor de interventie in cazul dezastrelor ecologice produse de accidente navale in care este implicata nava ce transporta marfuri poluante (titei usor sau greu, produse chimice, radioactive etc.). In acest sens, sistemul transponder de identificare prin satelit a pozitiei si caracteristicilor unei nave in orice punct pe oceanul planetar, aflat inca in stadiu experimental in Marea Britanie este un exemplu sugestiv. Informatizarea este o caracteristica ce se resimte puternic si in domeniul echipamentelor electronice destinate navigatiei. Totusi, si in acest domeniu, ca si in multe

altele, există în continuare și o serie de echipamente cu condiții de fiabilitate riguroasă impuse, ce necesită o atenție instruire și verificare a personalului de întreținere sau navigant, având în vedere că totuși, o navă, în largul oceanului, oricără de perfectată ar fi, este totuși izolată și la curenții vitregiilor naturii, iar viața oamenilor de la bordul ei depinde în primul rând de pregătirea acestora.

#### 1.1.2. Metode de navigație

Informatia de navigatie reprezintă cantitatea minima de informație necesară pentru determinarea cu o precizie dorita a poziției navei în orice punct pe suprafața oceanului planetar, prin raportare la sisteme referentiale considerate fixe.

Punctul navei este poziția în raport cu axele de coordonate obținut cu ajutorul mijloacelor de navigație și marcate pe harti speciale în mod automat sau de către navigator.

Mijloacele de obținere a informației de navigație pot fi:

-OPTICE- prin raportarea uneia sau a mai multor direcții către repere fixe se determină punctul navei. Ele se subîmpart în:

- terestre - repere pe termă, balize etc.;
- maritime - repere la suprafața apelor, nave far, balize;
- astronomice - tipuri și configurații de astre și relevmet sau azimut la anumite ore fata de linia orizontului;

-TEMPORALE- măsurarea combinată a vitezei și timpului pot da informația de distanță parcursă într-o anumită direcție fata de un punct cunoscut (utilizate în navigația estimată);

#### -INSTRUMENTALE-

- instrumente clasice de navigație;
- instrumente electronice de navigație.

În funcție de metodele de obținere a informației de navigație se disting:

#### -NAVIGATIA ESTIMATA-

- estimă grafică;
- estimă prin calcul;

#### -NAVIGATIA COSTIERA-

- prin observații;
- prin relevmete;
- prin unghiuri orizontale;
- procedee combinate;

#### -NAVIGATIA ASTRONOMICA-

#### -NAVIGATIA INSTRUMENTALA-

- cu instrumente clasice (compas, sextant, loch, cronometru, alidade etc.);
- cu instrumente electronice de navigație

(radiogoniometr, sisteme hiperbolice, circulare, sateliti de navigatie, sisteme inertiale, radiolocatie etc.).

#### 1.1.3. Notiuni de baza asupra termenilor si marimilor care constituie informatia de navigatie

##### Forma si dimensiunile Pamantului

Pentru assimilarea formei Pamantului cu o forma geometrica s-a facut presupunerea ca linia uscatului se prelungeste cu nivelul mediu al marilor si oceanelor (figurile 1.a, 1.b). Suprafata regulata care rezulta poarta denumirea de geoid. Prin urmare, geoidul este suprafata terestra determinata la altitudinea zero (nivelul mediu al oceanului planetar). S-a constatat, insa, cu ocazia efectuarii unor masuratori topometrice si geodezice de precizie, ca verticala locului (dreapta perpendiculara pe sol in punctul de statie al observatorului), ca si intensitatea campului gravitational nu variaza regulat cu suprafata Pamantului. Aceast fenomen s-a pus pe seama existentei in mantaua solului a unor mase neregulate de roci, avand densitati variabile. Pentru aproximari, cu diferite grade de precizie, ordinea in care este considerata suprafata solului ca fiind mai apropiata de realitate o clasifica pe aceasta in:

- sferica (nu se tine cont de curvatura Pamantului la poli datorata miscarii de revolutie in jurul propriei axe);
- elipsoid de rotatie (nu se tine cont de neregularitatile reliefului);
- geoid cu neregularitati (forma geometrica cea mai apropiata de realitate).

##### Marimi specifice utilizate in navigatie si date prelucrate de aparatura electronica de navigatie

Intersectia elipsoidului terestru cu un plan care determina axa polilor se numeste elipsa meridiana (PQP' - figura 2).

Jumatatile de elipse poarta denumirea de meridiane. Meridianul de origine, sau meridianul zero, cum mai este denumit, este meridianul ce trece prin dreptul localitatii britanice Greenwich, unde se afla si un observator astronomic. Aceast meridian este originea orei pe suprafata terestra, in functie de el calculandu-se orele pe celelalte fusuri (denumirea consacrată este GMT - Greenwich Meridian Time), la care se adauga denumirile pentru fusuri orare ale diferitelor regiuni, ca de exemplu CET Central European Time (OEC - Ora Europei Centrale etc.).

Semiaxa mare "a" a elipsei determina prin rotatie un cerc: Cercul mare ecuatorial, sau ecuatorul, cum mai este denumit.

Intersectia elipsoidului terestru cu un plan perpendicular pe axa polilor determina un cerc paralel sau un paralel.

<sup>1</sup>Aceste marimi sunt explicate sumar intrucat ele intervin ca marimi afisabile de catre o serie de instrumente electronice de navigatie si autorul a considerat utila cunosterea lor.

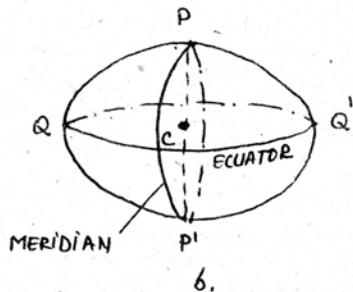
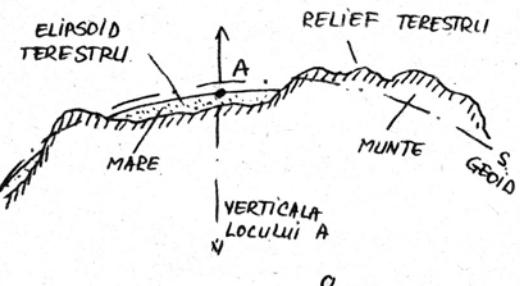


Fig. 1.

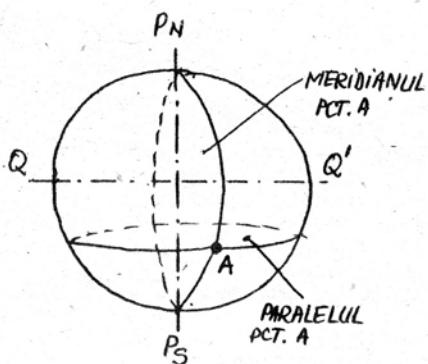


Fig. 2.

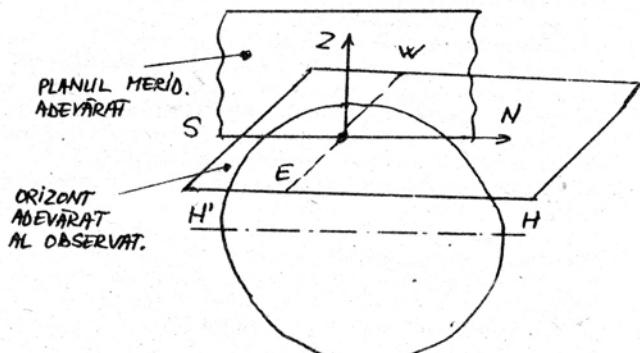


Fig. 3.

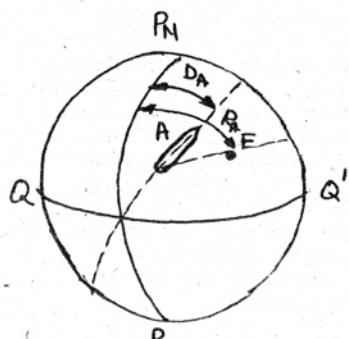


Fig. 4.

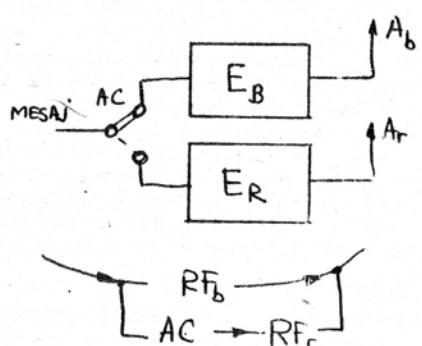


Fig. 5.

Cateva date relative la marimile acestor axe sunt prezentate mai jos:

- semiaxa mare "a": 6378.245 km;
- semiaxa mica "b": 6356.863 km.

$$\text{Se defineste } \text{turtirea} \quad \alpha = \frac{a^2 - b^2}{a^2} = 1 - \frac{b^2}{a^2}.$$

Aceste date se gasesc in carti speciale destinate navigatiei maritime, cum ar fi de exemplu Tablele nautice MT - 53.

Raza terestra este  $R = \sqrt[3]{a^2 * b} = 6371 \text{ km sau}$

$$R = \frac{a + b}{2} = 6368 \text{ km. .}$$

Coordonatele geografice reprezinta pozitia unui punct pe suprafata terestra si se determina in raport cu doua cercuri mari ale caror plane sunt reciproc perpendiculare: ecuatorul terestru si meridianul Greenwich.

Paralelul locului se determina prin latitudinea sa exprimate in grade (degrees). Ea este zero grade la ecuator si 90 grade la poli si poate fi nordica sau pozitiva, respectiv sudica sau negativa.

Meridianul locului se determina prin longitudinea sa in grade. Greenwich este meridianul zero grade (stabilit in anul 1884 prin Conferinta de la Washington). Longitudinea poate fi estica sau pozitiva ( $0 \dots +180$ ), respectiv vestica sau negativa ( $0 \dots -180$ ).

Aceste marimi se noteaza sau se afiseaza, de exemplu:

$$\lambda_A = 33^\circ 23' 7'' E \text{ sau } \lambda_A = +33^\circ 23' 7'';$$

$$\lambda_B = 29^\circ 47' 5'' N \text{ sau } \lambda_B = -29^\circ 47' 5''.$$

Punctul navei este complet determinat daca se cunosc meridianul si paralelul punctului in care se gaseste verticala navei (verticala locului).

#### Termeni specifici\*

Planele care contin verticala locului se numesc plane verticale sau verticale (figura 3).

Verticalul care contine axa polilor terestri se numeste planul meridianului adevarat al locului sau meridianul locului. Orice plan perpendicular pe verticala locului se numeste orizont. Planul orizontal care trece prin ochiul observatorului din punctul A (figura 3) se numeste orizon adevarat al.

\*Definitiile care urmeaza intervin frecvent in limbajul navigatorilor si in o serie de parametri masurati de aparatura electronica de navigatie.

#### observatorului.

Planul orizontal care trece prin centrul sferei terestre se numeste orizont astronomic ( $H$  și  $H'$ ). Liniile N - S și E - W se numesc linii cardinale. Directia de deplasare a navei se exprima prin unghiul sferic cu varful in A (figura 4), format intre meridianul adevarat al locului si arcul de cerc mare AB determinat prin intersectia sferei terestre cu planul longitudinal al navei, si este denumita drum adevarat al navei ( $D_a$ ). Directia la farul F se determina prin unghiul sferic cu varful in A, format intre meridianul adevarat al locului si arcul de cerc mare AF, si este denumit relevment adevarat ( $R_a$ ).

Un cart reprezinta a 32 - a parte din orizont, deci un cart =  $360/32 = 11^\circ 15'$ .

Azimutul este unghiul dintre directia la un obiect situat deasupra orizontului si planul orizontului adevarat.

#### 1.1.4. Clasificarea mijloacelor electronice de navigatie

##### I. Mijloace de navigatie electronica de larg

- distanta fata de cel mai apropiat pericol  $\geq 50$  Mm (mile marine);
- precizia ceruta :  $+/- 1\%$  din distanta la cel mai apropiat pericol;
- timpul necesar pentru determinarea punctului navei  $\leq 15$  min.

Exemple: LORAN, DECCA, OMEGA, SATNAV, MARSAT etc.

##### II. Mijloace de aterizare la coasta si de navigatie costiera

- distanta fata de cel mai apropiat pericol 3 - 50 Mm;
- precizia ceruta:  $+/- (0.1 - 0.5)$  Mm;
- timpul necesar pentru determinarea punctului navei 0.5...5 min.

Exemple: radiogoniometrul, radarul, LORAN, DECCA etc.

##### III. Mijloace de navigatie in ape inuste si de pilotaj

- distanta fata de cel mai apropiat pericol  $\leq 3$  Mm;
- precizia ceruta  $+/- 45$  m;

- timpul necesar pentru determinarea punctului navei: 0 min.

Exemple Radar, DECCA, Sonar, DSDS (Doppler Sonar Docking System) etc.

### 1.1.5. Principii de baza ale diferitelor tipuri de navigatie; erori si cauze

In navigatia estimata, pozitia navei se determina pe baza directiei de deplasare, denumita drumul navei, precum si a distantei parcuse in intervalul de timp considerat. Drumul navei si in general, directiile in orizont ale observatorului se determina ca marimi unghiulare in raport cu directia nord, indicata la bord de compas (busola magnetica); distanta parcursa si viteza navei se determina cu ajutorul lochului. Drumul navei si distanta parcursa din punctul de plecare permit navigatorului sa-si determine pozitia estimata in orice moment. Drumul navei si distanta parcursa pot fi afectate insa de erori, datorita influentei vantului, currentului, valurilor etc., astfel ca pozitia estimata a navei trebuie controlata periodic prin procedee bazate pe observatii la reperele costiere de navigatie, la astri etc.

In navigatia costiera, pozitia navei se determina cu observatii la reperele de la costa, in principal cu determinarea directiilor la acestea cu ajutorul compasului magnetic, rezultand relevmente. Deoarece pericolele hidrografice (stanci, adancimi mici etc.) se afla indeosebi in apropierea uscatului, conducerea navei in navigatia costiera impune multa atentie si precizie, din aceste motive fiind necesarea utilizarea unor mijloace de navigatie adecvate.

Compasul magnetic, cel mai vechi instrument de navigatie folosit la bord, are o origine ce este atribuita mai multor surse. Primele referiri scrise dateaza din secolul XI, despre un instrument chinezesc, urmate de mentionile din Anecdote persane ale lui Mohammed al Awfi, unde se povesteste despre un compas arab vazut catre anul 1220. Aceasta consta dintr-un ac magnetic fixat de un plufitor, o bucată de lemn, care plutea la suprafata apei intr-un recipient.

Ulterior, acest ac si apoi un sistem de ace magnetice au fost fixate de o roza a vanturilor (rosae ventorum), care indica directiile in orizont. Corectiile indicatiilor compasului pentru declinatia magnetică au inceput sa se aplică incepand din secolul al XV-lea. Columb aplică, in traversada catre Lumea Nouă, o corectie fixa compasului sau magnetic. Primele harti magnetice au fost intocmite in secolul XVI, iar in anul 1701 Edmund Halley publica "Harta magnetica a Pamantului", asemănatoare cu cea cunoscută astazi.

Introducerea fierului in constructia navelor a adus surse noi de erori in indicatiile compasului, sub forma deviatiei provocate de magnetismul navei. In anul 1838 astronomul Airy a fundamentat teoria deviatiilor si solutia teoretica pentru compensarea deviatiilor compasului magnetic. In secolul XIX s-au realizat primele compasuri cu dispozitive de compensare, pe baza unor principii ce se aplică si in prezent.

La navelor cu corp de fier, in conditii de vizibilitate redusa, cand controlul indicatiilor compasului magnetic sub influenta magnetismului navei nu mai este practic posibil, precizia navigatiei poate fi considerabil afectata. Aceste conditii noi de la bordul navei au reclamat necesitatea

realizarii unui instrument de orientare perfectionat, independent de efectele magnetismului.

Girocompasul, a carui functionare se bazeaza pe principiul giroscopului, a fost instrumentul care a raspuns acestor cerinte. Desi principiul enuntat era cunoscut inca din anul 1852, in urma demonstratiilor lui Foucault, instalatia electromecanica complexa ce constituie compasul giroscopic, capabila sa functioneze in conditiile de la bordul navei, a fost realizata abia in anul 1908.

Lochul este instrumentul folosit la bordul navei pentru masurarea vitezei si a distantei parcuse intr-un anumit interval de timp. Lochul ordinar, primul tip de loch folosit la bordul velierelor, a fost realizat catre anul 1620. El consta dintr-un sector de lemn, lestat in partea inferioara cu o lama de plumb si legat de o saula (franghie) in sistem "laba de gasca" ("gura de zmeu"). Pe saula, incepand de la un semn numit "desteptator", se faceau niste noduri separate de spatii egale cu distanta parcursa in timp de 30 secunde de catre o nava ce merge cu viteza de o mila marina pe ora (1852 Mm/h). Timpul se masura cu un nisipar (clepsidra). Pentru masurarea vitezei navei se fila saula cu sectorul de lemn la apa, in partea din spate a navei (pupa); acesta se mentineea in pozitie verticala, ca un punct fix, datorita rezistentei opuse de inaintarea in apa. Cand "desteptatorul" trecea prin mana marinarii ce fila saula, se rasturna simultan nisiparul; la scurgerea celor 30 secunde, marcate de nisipar, se stopa filarea saulei. Daca nava mergea cu n mile pe ora, inseamna ca prin mana marinarii se filau n noduri; pentru simplificarea comunicarii, el raporta la comanda navei o "viteza de n noduri". Astfel s-a ajuns la notiunea de nod, care exprima viteza de o mila marina pe ora.

In secolul XIX, lochul ordinar a cedat locul lochului mecanic, care consta dintr-o elice cu pas constant, remorcata in pupa navei; rotirea elicei, proportional cu deplasarea navei, se transmite prin interiorul saulei la un contor mecanic ce indica distanta parcursa. In prezent se foloseste lochul hidrodinamic, care determina viteza navei pe baza presiunii hidrodinamice opuse de apa la deplasarea navai si lochul ultrason Doppler, care aplică proprietatile propagarii ultrasunetelor in apa de mare si efectul Doppler.

Problemele de navigatie estimata si costiera se rezolva in principal pe harti marine. Harta marina este reprezentarea plana a unei zone maritime sau oceanice, continand datele necesare rezolvării problemelor de pozitie si drum in navigatie: conturul coastei, adancimea apei, repere de navigatie (faruri etc.).

Hidrografia este stiinta care se ocupa cu efectuarea masuratoriilor si culegerea datelor necesare intocmirii hartilor maritime.

Aparitia compasului magnetic si eliberarea navigatorilor de grija mentinerii in vedere a coastei au creat necesitatea unor harti maritime destinate uzului navigatiei. In secolul XIV au aparut harti pentru navigatia in anumite sectoare ale Mării Mediteranei; ele erau mai mult niste schite ale unor zone maritime restranse, fara a fi rezultatul unor proiectii

cartografice.

Prima harta fundamentata pe o proiectie matematica, folosita ulterior la intocmirea hartilor maritime, a fost publicata in anul 1569 de Gerhard Kramer, matematician si geograf Flamand, cunoscut sub numele de "Mercator". In secolele urmatoare s-au publicat mai multe harti maritime in proiectie Mercator, al caror continut era bazat indeosebi pe observatiile navigatorilor, efectuate in calatorii in scopuri comerciale sau de explorare. In secolul XIX majoritatea tarilor maritime aveau servicii hidrografice ocupate cu efectuarea de studii hidrografice si redactarea de harti maritime.

In navigatia astronomica, pozitia navei se determina prin masurarea inaltimii astrilor deasupra orizontului cu sextantul si stabilirea cu precizie a momentului observatiei, cu ajutorul cronometrului; problema de pozitie se rezolva cu ajutorul trigonometriei sferei, prin prelucrarea observatiilor si a coordonatelor astrilor, obtinute din efemerida nautica. Observatiile se fac la Soare, pe timpul zilei, iar pe tipul noptii la Luna, planete si stelele cele mai luminoase. Navigatia astrohonomica a devenit posibila dupa perfectionarea matematicii si a astronomiei, in masura sa furnizeze efemeridele nautice - cu coordonatele astrilor pe sfera cereasca si realizarea instrumentelor de observatie: sextantul si cronometrul.

Sextantul este instrumentul folosit in principal pentru masurarea inaltimii astrilor deasupra orizontului vizibil. Primul instrument folosit in acest scop, astrolabul, inventat de Hiparh in anul 160 i.e.n., in insula Rhodos. Imbunatatit si simplificat ulterior de Ptolemeu din Alexandria, in secolul II, el nu a reusit sa realizeze precizia necesara in navigatia astronomica. Principiul sextantului cu dubla reflexie folosit in navigatie a fost explicat in 1700 de Newton; sextantul, in forma apropiata de cea cunoscuta in prezent, a fost realizat in anul 1731.

Introducerea sextantului in navigatia astronomica a facut posibila calcularea latitudinii locului prin observatii la Soare in momentul culminatiei si la Steaua Polara; determinarea completa a pozitiei navei, deci si calculul longitudinii, impunea realizarea unui aparat precis de masurare a timpului.

Cronometrul a fost realizat in secolul XVIII, in urma unor eforturi considerabile, determinate de cerintele practice implicate de avantul general al navigatiei, intre care si necesitatea stabilirii pozitiei tinuturilor descoperite. In anul 1713, in Anglia s-a infiintat Biroul Longitudinii, care avea sarcina realizarii cronometrului. Datorita urgentei si importantei problemei, aceasta institutie oferea premiu de 10000 lire sterline, suma imensa la acea vreme, celui care va putea realiza un cronometru avand suficiente precizie pentru determinarea longitudinii navei cu o eroare de cel mult 60 mile marine dupa 42 de zile de navigatie. Aceasta inseamna ca marsa diurna (variatia zilnica in mersul cronometrului) sa nu depaseasca valoarea absoluta de 8 secunde, ceea ce constituia o sarcina grea pentru mecanica fina a timpului, la care se adaugau si conditiile specifice de functionare la bord. Premiul oferit era dublu, daca eroarea nu depasea in aceleasi conditii 30 mile marine.

Primul cronometru pentru marina a fost conceput in anul 1728 de catre John Harrison. In 1761, al patrulea conometru realizat, intr-un voiaj spre Jamaica, marea diurna medie de 0,1 secunde. Cu toate acestea, pentru ca Harrison sa intre in posesia sumei, a fost necesara interventia coroanei regale in anul - 1773. Aplicabilitatea procedeelor de navigatie astronomica sau costiera este insa puternic limitata de vizibilitatea la obiectele ce servesc drept reper.

Sistemele de navigatie electronica, realizare tehnologică a secolului XX, creaza posibilitatea rezolvării problemei de pozitie cu precizie, indiferent de conditiile de vizibilitate.

Navigatia electronica cuprinde in prezent urmatoarele sisteme principale: radiogoniometria, radarul, sistemele hiperbolice, navigatia cu ajutorul satelitilor si navigatia inertiala. Cu exceptia navigatiei inertiale, celelalte sisteme electronice folosesc proprietatile radioulidelor pentru rezolvarea problemei de pozitie. In ansamblu, ele se considera sisteme de navigatie electronica, deoarece realizarea lor este, in principal, de domeniul tehnologiei electronice.

Radiogoniometrul, creatie a inceputului secolului XX, consta dintr-un radioreceptor si o antena cadru, realizata de catre Alexandru Popov, dar la dezvoltarea carora au contribuit si alti numerosi oameni de stiinta (Edison, Markov etc.). Punctul navei se determina prin masurarea directiei de propagare a semnalelor radio emise de statii speciale de coasta, numite radiofaruri, de pozitii cunoscute. Radiogoniometria aduce servicii pretioase navigatiei in special in conditii de vizibilitate redusa pentru determinarea pozitiei navei si executarea operatiunilor de salvare a navelor aflate in pericol pe mare.

Eforturile depuse de aliatii in perioada celui de-al II-lea razboi mondial in scopuri militare, cat si pentru asigurarea transporturilor maritime in conditii specifice de navigatie pe timp de razboi (faruri de pozitie stinse, radiofaruri in repaus, baraje de mine etc.) au fost incununate de succes prin realizarea radarului si a sistemelor hiperbolice de navigatie.

Radarul (Radio Detecting And Ranging) este un mijloc complex de navigatie electronica, care indica prezenta navelor, a coastei, a geomandurilor etc. pe un ecran panoramic, si permite masurarea relevelentului si a distantei la ele. Se rezolva astfel doua probleme importante de navigatie: determinarea pozitiei navei si evitarea pericolului coliziunii. Prin interconectarea radarului cu girocompasul, lochul si un calculator electronic specializat s-a realizat radarul anticoliziune. Acesta indica drumurile si vitezele navelor aflate in jurul navei proprii, distantele minime la care se trece printre ele si contine un sistem de alarmare pentru navela fata de care exista un pericol de abordaj, furnizand si datele manevrei de evitare.

Sistemele hiperbolice de navigatie au la baza urmatorul principiu de determinare a pozitiei navei: un lant de statii de emisie transmit anumite radiosemnale; cu ajutorul unor receptoare speciale, la bord se determina diferența de distanta la fiecare doua statii. Locul geometric de egala diferența de distantele la doua statii este o hiperbola, ale carei focare, de pozitii

cunoscute, sunt insasi statiile radio. Punctul de intersectie a doua asemenea hiperbole, obtinute prin observarea simultana a doua perechi de statii, reprezinta pozitia navei. Problema de pozitie se rezolva pe harti speciale, care contin reteaua hiperbolica a lantului de statii.

Sistemul LORAN (LOng RAnge Navigation) dateaza din 1942. Statiile loran emit impulsuri de foarte scurta urata, care se repeta la intervale regulate de timp. Receptorul loran la bordul navei determina diferenca de distanta la perechea de statii observate prin masurarea difereniei de timp dintre momentele receptiei impulsurilor de la cele doua statii. In prezent se dispune de doua sisteme, LORAN A, LORAN C, si doilea fiind de performante superioare. Bataia maxima a statiilor loran C este de cca. 2300 Mm. Conceput ca un sistem pentru navigatia la distante mari, asta cum arata si denumirea lui, sistemul loran acopera in prezent doar o parte din zona navigabila a globului.

Sistemul DECCA a fost folosit pentru prima data la debarcarea Aliatilor in Normandia, in 1944. Statiile decca folosesc statiile de emisie in unde continue, iar diferenca de distanta la perechea de statii se determina cu receptorul decca prin masurarea difereniei de faza. Este cel mai precis sistem de radiolocatie, motiv pentru care este aplicat indeosebi la acoperirea zonelor dificile de navigatie si a celor cu trafic intens. Bataia maxima este de aproximativ 240 mile.

Sistemul OMEGA a inceput sa fie dezvoltat in anul 1957. Statiile omega emit unde continue in banda 10 - 14 kHz, cele mai joase frecvente folosite pana in prezent, cu o bataie utila de pana la 8000 Mm. Receptorul omega determina diferenca de distanta la perechea de statii observate prin masurarea difereniei de faza. Data fiind marea distanta de actiune realizata, sistemul omega la scara terestra cuprinde numai opt stati de emisie.

Sistemele de navigatie cu ajutorul satelitilor artificiali dateaza incepand cu anul 1967 (TRANSIT sau NNSS - Navy Navigation Satellite System); constau din sateliti aflati pe orbite polare in gravitatia, cu o anumita perioada de revolutie. Principiul aplicat este similar celor de la sistemele hiperbolice, cu diferenca ca statiile de emisie sunt realizate la bordul satelitilor, ale caror pozitii pe orbita la momentul observarii sunt determinabile. GPSS (Global Positioning Satellite System) este un sistem cu sateliti geostationari.

In navigatia inertiala, aplicata in marina din anul 1958, informatia fundamentala folosita in calculul coordonatelor este acceleratia navei, masurata la bord cu ajutorul a doua accelerometre, mentinute in orizont si orientate pe directiile nord-sud si est-vest si un sistem de giroscope de performanta. Un calculator electronic specializat rezolva ecuatii de pozitie, determinate pe baza legilor mecanicii clasice. In principiu, navigatorul inertial folosit in marina rezolva problema de pozitie prin determinarea continua a deplasarilor navei in sistemul de axe format de meridianul si paralelul locului si insumarea lor algebraica la coordonatele punctului initial, de coordonate cunoscute. Determinarea punctului navei prin acest procedeu are avantajul independentei fata de sursele de informatii externe.

Succinta prezentare a principalelor tipuri si instrumente de navigatie a avut ca scop evidențierea evoluției impetuioase trăite de navigatie de-a lungul veacurilor, ca una dintre cele mai importante ramuri a transporturilor la scară planetară. Ca și în celelalte tipuri de transport, datorită izolariei oamenilor aflați la bordul navelor maritime fata de posibilitatile de intervenție în caz de pericol, siguranța în funcționare a echipamentelor de navigatie și de menținere a vietii reprezintă cea mai importantă cerință a proiectării și întreținerii.

## 1.2. Conditii constructive și de ambianta

### 1.2.1. Regimuri de functionare

Regimurile de functionare în care sunt chemate să lucreze echipamentele de automatizari navale sunt în general dificile, mai ales pentru echipamentele situate la bordul navelor. Conditii dure de ambianta și constructive, la care se adaugă cerințele unei fiabilitati ridicata, impun în general măsuri deosebite, tinând cont de factori precum:

- apa de mare în contact cu echipamentele de pe punte poate produce coroziuni puternice (prin inundație, stropire, pulverizare) sau deformări mecanice datorate presiunilor statice sau dinamice; pe timp de furtuna, puntea este spălată permanent de valuri care lovestesc particule exterioare ale echipamentelor, la care se adaugă forța vanturilor încărcate în general cu o mare cantitate de apa și saraturi;

- fiabilitatea poate avea de suferit din cauza limitelor în volum sau greutate impuse de anumite restricții constructive. Astfel, la nave civile destinate în general transportului de marfuri sau pasageri se impune ca greutatea echipamentelor să fie cat mai mică, în timp ce la navele militare se impune un gabarit cat mai mic, pentru a nu face din nava prin profilul și dimensiunile sale o tinta usoara;

- regimul de socuri și vibratii la care este supus echipamentul de automatizare este, în general, dependent de dimensiunile navei și de locul de amplasare al acestuia la bord. Pe nave mici, pe timp de furtuna, socurile sunt mai pronunțate decât pe o nava de mari dimensiuni, în timp ce echipamentele destinate a lucra în apropiere de sala mașinilor unei nave mari sau a unor remorchiere puternice poate avea de indurat un regim de vibratii accentuat. În general clasificarea condițiilor de proiectare din acest punct de vedere se face după criterii generale sau locale:

- socuri: 40 - 80 vibratii/min., acc. =  $30 \frac{m}{s^2}$ ;

A = 1 - 50 mm;

- vibratii: 5 - 30 Hz; acc. =  $5 \frac{m}{s^2}$ ; A = 1 mm;

- pozitii de lucru nefixe pentru echipamente:

- inclinari repetitive de scurta durata (valuri transversale - ruliu, valuri longitudinale - tangaj);
- inclinari de lunga durata (avarii, canarisiri);

- solicitari provocate de umiditatea excesiva a atmosferei; condens, pentru care sunt standardizate umiditatile:

- normale: 40 - 80 %;
- mici: 20 - 60 % (pe mari nordice in zile geroase sau la tropice, pe calm plat);
- mari 60 - 100 % (pe timp de furtuna sau ploi musonice, in zone ecuatoriale etc.);

- temperatura cu varietii in limite largi (-20...+75 grade Celsius) in general impune conditii de lucru grele pentru echipamente exterioare la temperaturi ambiante mici in situatii de umiditate excesiva (zone polare) - antene radar, conductoare externe, cabluri etc., pe care se depune chiciura in straturi groase producand suplimentar solicitari mecanice ce pot duce adesea la rupere sau deteriorare. Conditii de lucru sunt de asemenea grele pentru echipamentele interioare in sala masinilor, unde, in zonele tropicale, temperatura depaseste 50 grade Celsius, aerisirea si ventilatia sunt proaste si se pun serioase probleme de disipare a caldurii;

- coroziuni datorate saraturilor din aer, avand densitati de sare de  $0,001 - 1 \frac{mg}{m^3}$ , sau datorate vaporilor de ulei la care se adauga depunerile de praf ce pot strica conductibilitatea electrica a straturilor izolatoare sau poate afecta izolatiile de cauciuc :

$3 - 20 \frac{mg}{m^3}$ ;

- conditii de timp - disponibilitatea pentru intretinere a aparatoselor, fie ele la sol sau la bord este in general mica, fie datorita distantei, locului de amplasare, fie datorita conditiilor atmosferice care pot impiedica ajungerea personalului de intretinere la echipamentul defect (de exemplu la un radiofar amplasat pe o insula, antena radar pe punctea superioara etc.);

### **1.2.2. Conditii constructive**

Conditiiile constructive se impun prin proiectare si sunt diferite, functie de amplasamentul si destinatia echipamentului de automatizare: la bord, - echipamentele se proiecteaza tinand cont de sursele de energie disponibile, de tipul retelei de distributie a acesteia, de categoria de consumatori din care echipamentul respectiv face parte: de putere, pentru navigatie, destinat consumului casnic iluminat etc. ..

In continuare se prezinta succint cateva cerinte constructive impuse diferitelor categorii de echipamente:

Situate la sol:

\* de exterior:

- fiabilitate sporita;
- protectii anticorozive;
- fiabilitatea alimentarii pentru echipamentele distantate de coasta;
- echipamente de rezerva ale functiunii de baza;
- rezistenta mecanica;

\* de interior:

- protectii anticorozive (de nivel mai redus);
- rezervari passive;
- realizare fiabila;

Situate la bord:

\* de exterior:

- fiabilitate sporita;
- gama larga de temperaturi in functionare;
- protectii anticorozive eficace;
- functionare in orice pozitie;
- gabarit redus;
- rezistenta mecanica;
- forma hidrodinamica sau aerodinamica (in unele situatii speciale);

\* de interior:

- gabarit redus;
- rezistenta la agenti corozivi pe baza de hidrocarburi;
- functionare in orice pozitie;
- rezistenta mecanica la socuri, ignifugare etc. .

Se observa ca foarte multe din aceste conditii sunt contradictorii ( gabarit redus cu rezervari active sau passive etc.), de aceea trebuie acordata o deosebita atentie in proiectare, atat in alegerea schemelor electronice, pentru asigurarea unei fiabilitati intrinseci, cat si in proiectarea tehnologica de fabricatie si de adaptare cu sistemul.

### 1.3. Fiabilitatea si senzitivitatea echipamentelor de automatizari navale

Teoria fiabilitatii are o terminologie specifica iar metodele de cercetare depind de domeniul in care aceasta se aplica. Depasirea marimilor caracteristice ale unui dispozitiv peste valorile minime necesare functionarii sale, in scopul asigurarii unei fiabilitati mai mari, constituie redondanta dispozitivului si se aplica si in domeniul naval, ca in orice alt domeniu, insa cu specificatii aparte. Tipurile de rezervari pentru asigurarea unei redondante (fiabilitate crestuta) sunt:

- calda - echipamentul de baza functioneaza impreuna cu rezervele, insa acestea nu sunt solicitata (lucraza in stare de esteptare, in gol);
- rece - echipamentul de rezerva intra in functiune la defectarea celui de baza (majoritatea rezervarilor la echipamentele de automatizare navale sunt concepute dupa acest principiu, chiar daca timpul de raspuns este mai mare la defectare/reconfigurare decat in primul caz);
- automat - rezerva este pusa in functiune in mod automat la defectarea echipamentului de baza prin detectarea starii de defectare a acestuia cu ajutorul unor senzori speciali ( de exemplu filamentul de rezerva la balizele luminoase );
- manuala - echipamentul de rezerva este comutat manual la defectarea celui de baza (antene de rezerva la instalatiile de radiocomunicatii);
- succesiva - redondanta utilizata la grupurile electrogene de electroalimentare;
- majoritara - redondanta intrinseca utilizata uneori in sistemele de calcul electronic pentru instalatii anticoliziune sau pilot automat.

La radiofarurile directionale, spre exemplificare, redondanta asigurata este de tipul automata succesiva de ordin 1 (figura 5).

RF<sub>b</sub> - radiofar de baza;

RF<sub>r</sub> - radiofar de rezerva;

AC - echipament de comutare in caz de defectare a echipamentului de baza.

Notand

$$R_g(t) = P(T > t)$$

functia de fiabilitate generala, rezulta:

$$R_g = R_b + R_r R_T - R_b R_r R_T$$

unde:

R<sub>g</sub> - functia de fiabilitate generala a celor doua radiofaruri;

R<sub>b</sub> - functia de fiabilitate a radiofarului de baza;

R<sub>r</sub> - functia de fiabilitate a radiofarului de rezerva;

R<sub>c</sub> - functia de fiabilitate a comutatorului.

In aceste conditii, rezulta:

$$\begin{aligned}
 R_d &\approx 1; \\
 R_b &\approx R_r \approx R; \\
 R_g &\approx 2R - R^2 = R(2 - R); \\
 R &< 1.
 \end{aligned}$$

In procesul de proiectare si/sau intretinere a echipamentelor de navigatie, in special a celor care impun o precizie deosebita, trebuie avuta in vedere si senzitivitatea acestora. Conceptul de senszitivitate evaluateaza efectul abaterilor parametrilor de la valorile nominale asupra performantelor echipamentului. Unele tipuri de echipamente (pilot automat electromecanic, loch etc.) necesita calibrari repetate functie de parametri externi sau interni. In cazul sistemelor de navigatie, acesti parametri sunt deosebit de importanti, intrucat, de exemplu, in cazul sistemelor de determinare a punctului navei erorile datorate unor defectiuni sau modificari ale parametrilor componentelor pot produce erori la scara mult mai mare in determinarea pozitiei navei.

#### 1.4. Precizia sistemelor electronice de navigatie

Precizia sistemelor electronice de navigatie depinde in general de:

- sistemul folosit;
- distanta de actiune maxima (la sistemele exterioare sau care utilizeaza si aparataj extern navei);
- timpul de disponibilizare a datelor de navigatie etc.

Viteza de propagare a undelor radio este situata in jurul a 162000 Mm/s (cca. 300000 km/s); timpul necesar unei oscilatii radio pentru a parcurge distanta de o mila marina este de 6,1838 microsecunde. Din nefericire, aceasta viteza nu este constanta, principala cauza fiind influentele deviatore create de absorbtia, reflexia si difractia undelor radio la propagarea prin medii cu densitati si conductibilitati electromagnetice diferite. Conductivitatea solului deasupra caruia are loc propagarea undelor are influenta asupra coeficientului de absorbtie si implicit asupra vitezei de propagare a acestora. Viteza de propagare deasupra marii este mai mare decat deasupra uscatului, iar in aceeasi zona maritima, viteza este diferita de la iarna la vara, de la zi la noapte, datorita influentei temperaturii si densitatii atmosferice. Erorile produse de aceasta variatie in aplicarea sistemelor electronice de navigatie sunt insa relativ mici, iar acolo unde se cere precizie deosebita, se recomanda procedee de corectie a erorilor sau de evitare a anumitor operatii (relevare radio) pentru anumite zone.

Ionosfera este principalul element fizic care influenteaza propagarea la mare distanta a undelor radio, functie de mai multi factori, intre care se evidențiază: frecventa oscilatiei radio, inaltimea stratului ionosferic, ora din zi, anotimp, starea

electromagnetica a Soarelui etc. Straturile cu influenta deosebita in propagarea radio sunt :

- stratul E (Kenelly), altitudine medie 90 km;
- stratul F (Appleton), altitudine 200 - 300 km.

Ionizarea acestor straturi este direct dependenta de starea Soarelui, fiind mai mare ziua decat noaptea, si mai este influentata si de sezon sau pozitie geografica.

Ionosfera produce reflexia anumitor unde si atenuarea energiei lor, datorita fenomenului de absorbtie. Se remarcă faptul ca la frecvențele folosite de sistemele radio de determinare a pozitiei navelor, stratul cel mai influent este cel de tip E.

Unda reflectata este acea unda care reajunge intr-o zona pe suprafata solului dupa ce a fost reflectata de ionosfera (mai poarta denumirea de "sky wave"<sup>3</sup> sau unda ionosferica). Daca unda sufera reflexii repetate pe suprafata solului si apoi din nou de catre ionosfera, pana cand energia ei se anuleaza complet, se numeste multiplu reflectata. Incepand cu lungimile de unda metrice ( $f > 30$  MHz), oscilatiile nu mai sunt reflectate de ionosfera, pierzandu-se in spatiul cosmic. Respectand, de asemenea, anumite particularitati legate de frecventa, o alta unda, numita directa, se propaga direct spre receptor, urmand mai mult sau mai putin relieful solului. Aceasta unda poarta si denumirea de "ground wave". Lungimile de unda mai mari, datorita fenomenului de difractie, pot ocoli obstacolele la sol, astfel ca, disponand de suficiente putere in emitor, cu frecvențe joase se pot transmite informatii in orice punct al reliefului, chiar intre defileuri muntoase sau in apa, la o anumita adancime (sisteme folosite pentru determinarea pozitiei submarinelor aflete in imersiune). Bataia undelor directe variaza invers proportional cu frecventa lor.. Bataia undelor reflectate (de obicei in domeniul undelor medii - scurte) este mai mare decat a celor directe, datorita absorbției solului. La frecvențele folosite pentru radiolocatia navală, odata cu cresterea distantei fata de emitor, receptia aceliasi semnal are loc in urmatoarea succesiune:la inceput numai unda directa, apoi unda directa si reflectata, iar in final numai unda reflectata. Aceasta succesiune de receptie a semnalelor poate fi vazuta pe un indicator loran. Semnalele undelor reflectate de stratul D pot fi observate la sistemul decca, care lucreaza in domeniul de frecvențe 80 - 150 kHz.

Pe timpul zilei, ionizarea straturilor superioare ale ionosferei este mai intensa decat noaptea, ceea ce face ca atenuarea energiei undelor sa fie mai mare noaptea decat ziua. Solul inalt, stancos sau nisipos reduc bataia undei, iar apa de mare si solul umed influenteaza favorabil propagarea. Structura principalelor tipuri de unda prezentate este figurata in desenul 6. Relativ la conductivitatea solului, pe figura 7 se poate observa ca:

<sup>3</sup> Denumirile multor termeni aflati in documentatiile navelor noastre maritime si fluviale sunt in limba engleza, de aceea se prefera si prezentarea acestora.

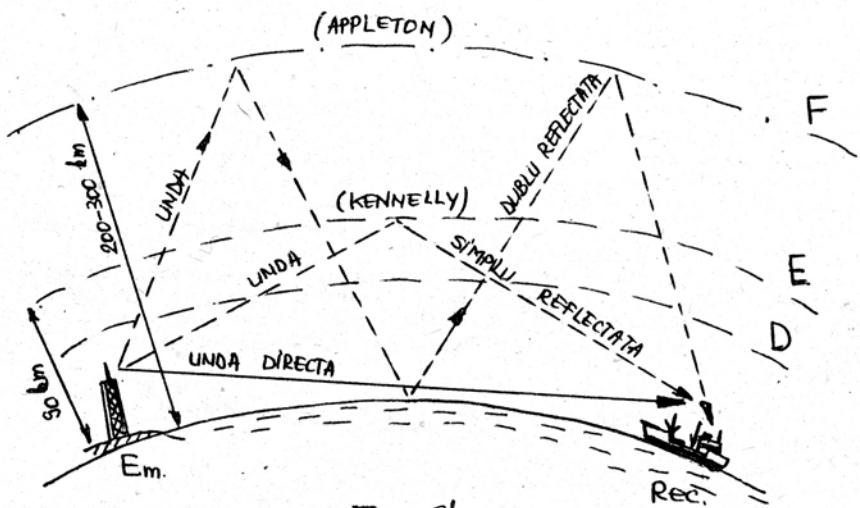


Fig. 6'

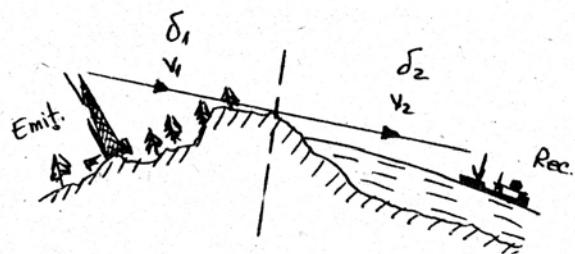


Fig. 6"  
Medii de propagare cu proprietăți  
diferite

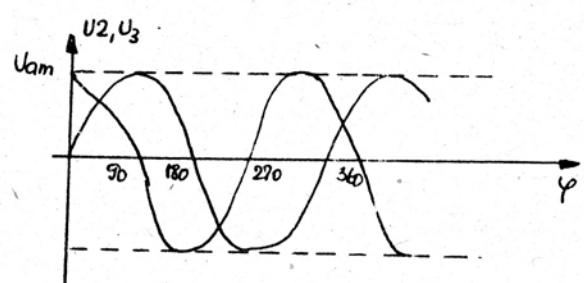
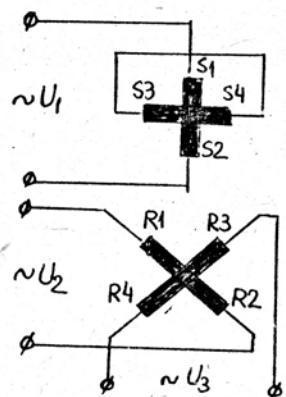


Fig. 7

$$\Delta_v = v_2 - v_1 \text{ este mic;}$$
$$s_r = \frac{\Delta_v}{v_2};$$

unde cu  $s_r$  s-a notat eroarea relativă.  $\delta_1, \delta_2$  sunt densitatile mediilor de propagare. Precizia sistemelor de navigație electronică depinde de frecvența, de aceea la sistemele la scara planetară se aleg, în detrimentul acestaia, frecvențe joase, în timp ce la sisteme foarte precise (radiogoniometru, radiofaruri direcționale, radar) se aleg unde de frecvențe mai mari (285 - 325 kHz la RG, 3 - 10 GHz la radar).

## **CAP.2 Traductoare, dispozitive primare si elemente de executie in sistemele automate de navigatie**

### **2.1. Traductoare si dispozitive primare pentru instalatii de guvernare si pilot automat pentru nave**

In instalatiile de automatizare la bordul navelor, pentru dirijarea navigatiei sau auxiliare, traductoarele reprezinta unele din cele mai importante elemente. Ele au fost clasificate in principale, care participa direct in procesul de decizie si prelucrare a informatiei de drum in navigatia automata si auxiliare, care fac parte din instalatiile automatizate de navigatie, dar nu sunt implicate direct in procesul de navigatie.

#### **2.1.1 Traductoare principale**

In instalatia pilotului automat sunt utilizate urmatoarele traductoare principale:

- transformatoare rotative;
- selsine;
- tahogeneratoare de curent continuu;
- motoare asincrone bifazate;
- traductoare electronice<sup>1</sup>

##### **2.1.1.1. Transformatoare rotative**

Sunt traductoare inductive, care prezinta calitati de exploatare bune si o stabilitate ridicata a parametrilor si caracteristicilor. In ceea ce priveste modul de variatie a tensiunii la iesire, in functie de unghiul de rotire  $\phi$  al rotorului, transformatoarele rotative se impart in:

- transformatoare rotative sinusoidale cosinusoidale TRSC;
- transformatoare rotative liniare TRL.

##### **Transformatorul rotativ sinusoidal cosinusoidal (TRSC)**

TRSC este o micromasina electrica de inductie cu stator si rotor de constructie speciala (figura 7).

Pe stator se gasesc dispuse doua infasurari:

- o infasurare primara de excitatie S1 - S2, la care se aplica tensiunea alternativa de alimentare U1;
- o infasurare de compensare a fluxului reactiei rotorice, S3 - S4, care se leaga in scurtcircuit.

<sup>1</sup>Acestea vor fi tratate pe larg in subcapitolul referitor la traductoare pentru elemente de semnalizare navală.

Cele două infasurări statorice sunt decaleate cu 90 grade electrice. Pe rotor se găsesc dispuse două infasurări secundare:  
 - o infasurare R1 - R2, la bornele careia se obține o tensiune alternativa U2;  
 - o infasurare R3 - R4, la bornele careia se obține o tensiune alternativa U3.

Si aceste infasurări rotorice sunt decaleate cu 90 grade electrice. Amplitudinea U2 este proporțională cu sinusul unghiului de rotire al rotorului,  $\sin \phi$ , iar amplitudinea U3 este proporțională cu cosinusul unghiului de rotire,  $\cos \phi$ . Dacă la TRSC se rotește statorul fata de rotor cu un unghi de  $-\pi/4$ , amplitudinile tensiunilor secundare sunt date de relațiile:

$$U_2 = U_{om} \cos (\phi - \pi/4);$$

$$U_3 = U_{om} \sin (\phi - \pi/4).$$

unde  $U_{om}$  este amplitudinea maxima a tensiunii electromotoare induse în infasurările secundare.

#### Transformatorul rotativ liniar (TRL)

Transformatorul rotativ liniar (TRL) se obține din transformatorul rotativ sinusoidal cosinusoidal utilizând conexiunea reprezentată în figura 8. Se leagă în serie infasurarea statorică S1 - S2 cu infasurarea rotorică R3 - R4, iar tensiunea alternativa de alimentare U1 se aplică la bornele infasurării primare S1 - R4. La bornele infasurării secundare R1 - R2 se obține o tensiune de ieșire U2 a cărei amplitudine este proporțională cu unghiul de rotire al rotorului  $\phi$  în limitele de +/- 90 grade, cu o eroare mai mică de 1 %. Din figura se observă că la o rotire a rotorului într-un sens sau altul fata de poziție de zero, fază tensiunii de ieșire se schimbă cu 180 grade. În schema pilotului automat SAMSIT (Rusia) se utilizează transformatorul rotativ liniar atât ca traductor de intrare, cât și ca traductor de reacție.

Dependenta dintre amplitudinea tensiunii de ieșire și unghiul de rotire al rotorului transformatorului rotativ liniar este data de relația:

$$U_2 = C_1 \phi$$

unde  $C_1$  este factorul de transfer al TRL, de obicei situat în plajă 0,5...0,6 V/grad.

Factorul de transfer al TRL este dat de inclinarea dreptei care trece prin origine și are ecuația:

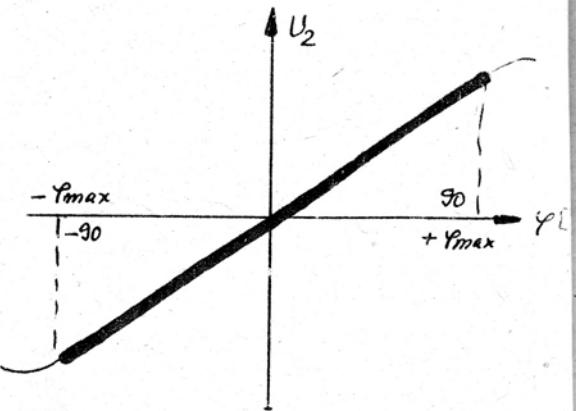
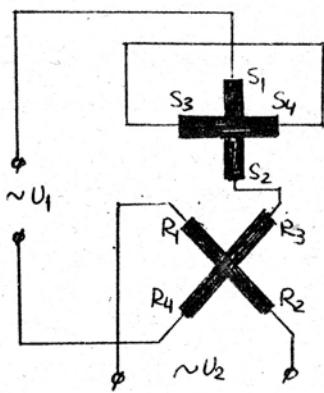


Fig. 8

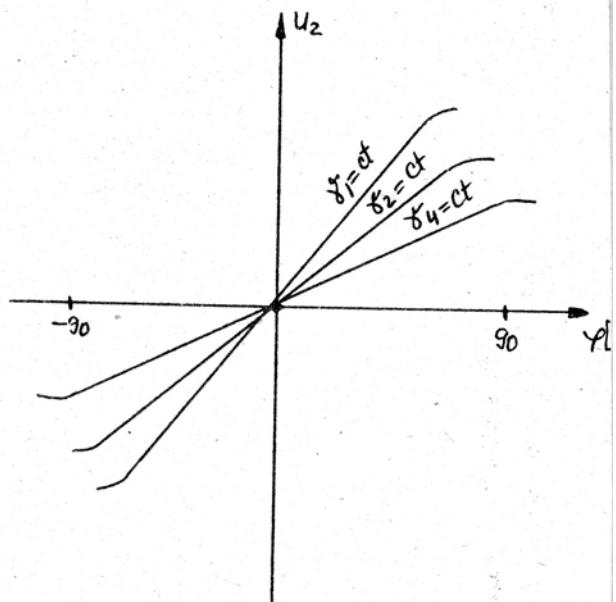
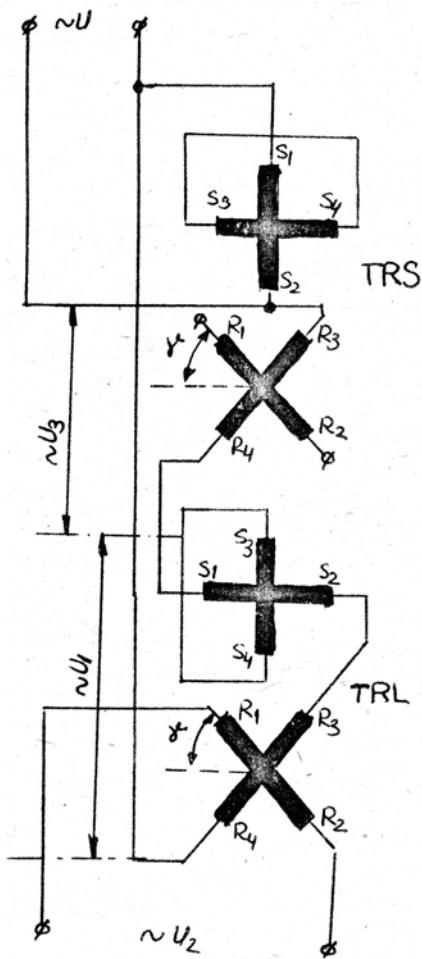


Fig. 9

$$U_2 = f(\phi)$$

Preluarea curentului de la transformatoarele rotative se realizeaza prin doua procedee: cu ajutorul inelelor colectoare si a perilor (unghiul de rotatie este nelimitat) si cu arcuri spirale (unghiul de rotatie este limitat).

Din punct de vedere constructiv transformatoarele rotative se impart in doua categorii:

- fara dispozitiv de rotire si fixare;
- cu dispozitiv de rotire si fixare a rotorului.

Ultimile se mai numesc si transformatoare rotative de scara (TRS), deoarece sunt utilizate ca elemente de reglare a tensiunii de alimentare a TRL.

#### Transformatorul rotativ de scara (TRS)

Fiind un element de reglare, TRS se utilizeaza in conexiune cu TRL (figura 9).

La bornele infasurarii statorice S1 - S2 a TRS se aplica tensiunea de alimentare U. Infasurarea rotorica R3 - R4 a TRS se inserieaza cu infasurarea primara S1 - R4 a TRL, obtinand o infasurare primara comună, care se leaga in paralel cu infasurarea statorica S1 - S2 a TRS si se alimenteaza cu aceeasi tensiune U. Infasurarea rotorica R1 - R2 a TRS functioneaza in gol si nu se utilizeaza. La bornele rotorice R3 - R4 ale TRS se obtine o tensiune de amplitudine U3, care este functie de unghiul de rotatie  $\gamma$  al rotorului TRS. Tensiunea de amplitudine U3 va determina tensiunea de amplitudine U1 de alimentare a TRL, care la randul ei va determina tensiunea U2 de la bornele rotorice R1 - R2 ale TRL. Dependenta dintre amplitudinea tensiunii de ieșire a TRL si unghiiurile de rotire a rotoarelor TRL si TRS este data de relatia:

$$U_2 = f(\phi, \gamma)$$

Din punct de vedere practic prezinta interes urmatoarea dependenta:

$$U_2 = f(\phi), \quad \gamma = ct.$$

Ecuatia de mai sus reprezinta o familie de drepte care trec prin origine si a caror inclinare depinde de unghiul de rotire a rotorului TRS. Din diagrama tensiunilor se observa ca factorul de transfer al TRL in conexiune cu TRS este:

$$C_2 = \frac{U_2}{\phi}$$

Acest factor este reglabil functie de unghiul de rotire a rotisorului TRS. Elementul principal al traductorului de intrare este un TRL conectat cu un TRS. Daca se regleaza factorul de

transfer C2, se regleaza factorul de transfer  $k_1$  al traductorului de intrare si astfel poate fi reglat intreg coeficientul de reactie  $k_r$ .

#### 2.1.1.2 Selsine

Selsinele sunt masini electrice inductive, similare masinilor asincrone, cu doua parti componente: statorul 1 si rotorul 2 (figura 10). Circuitul primar al selsinului este o infasurare monofazata de excitatie, care poate fi dispusa pe rotor sau pe stator. Daca infasurarea de excitatie este dispusa pe stator, pe rotor se bobineaza circuitul secundar trifazat, format din trei infasurari legate in stanga, decalate spatial cu 120 grade electrice. Infasurările trifazate sunt conectate la trei inele de contact pe care calca trei perii.

Daca infasurarea de excitatie este dispusa pe rotor, capetele ei sunt conectate la doua inele de contact, pe care claca doua perii.

In acest caz, pe stator se gaseste dispus circuitul secundar trifazat.

Selsinele sunt utilizate in instalatia pilotilor automati stat separat, cat si in perechi. Selsinele perechi sunt utilizate in regim de indicatoare, iar selsinul izolat se utilizeaza in regim de transformator rotativ.

Selsinul izolat (figura 10) are infasurarea de excitatie R1 - R2 dispusa pe rotor si alimentata de la reteaua electrica monofazata, iar circuitul trifazat este dispus pe stator. Infasurarea de excitatie absorbe de la retea un curent alternativ monofazat care produce un camp magnetic. Acest camp va induce o tensiune electromotoare in fiecare infasurare a circuitului trifazat.

Fiind produse de acelasi curent, aceste tensiuni electromotoare induse in infasurările statorice sunt sinfazice, dar cu amplitudinile diferite datorita nesimetriilor cuplajelor magnetice intre infasurarea monofazata si cea trifazata.

Luandu-se ca referinta faza S1 si considerand statorul rotit fata de rotor cu un unghi de 60 grade, valorile amplitudinilor tensiunilor electromotoare de linie sunt date de relatiile:

$$E_{12} = \sqrt{3} E_{om} \sin \phi;$$

$$E_{23} = \sqrt{3} E_{om} \cos \left( \phi - \frac{\pi}{6} \right);$$

$$E_{31} = \sqrt{3} E_{om} \sin \left( \phi - \frac{2\pi}{6} \right)$$

unde:

$E_{om}$  - amplitudinea maxima a tensiunii electromotoare induse intr-o faza a infasurarii trifazate;

$\phi$  - unghiul de rotire a rotorului fata de stator.

Comparand relatiile de mai sus cu cele precedente se poate

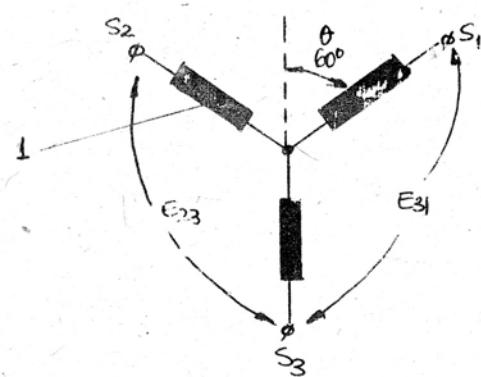
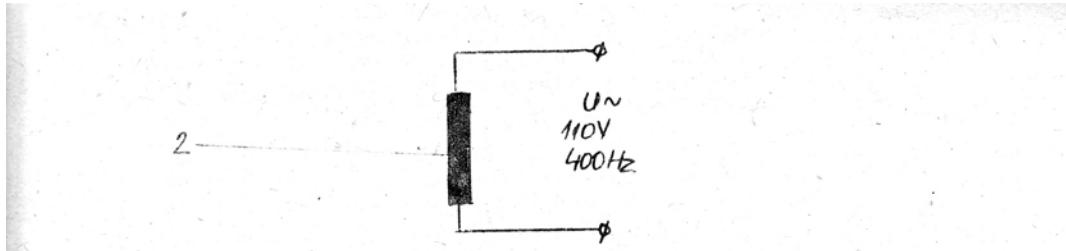


Fig. 10

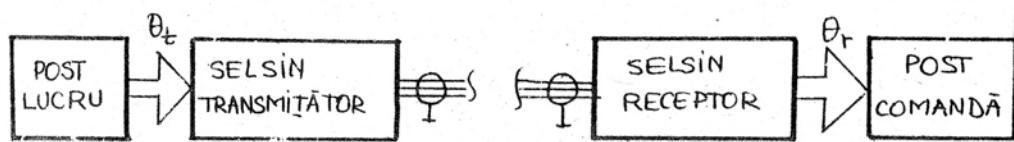


Fig. 11

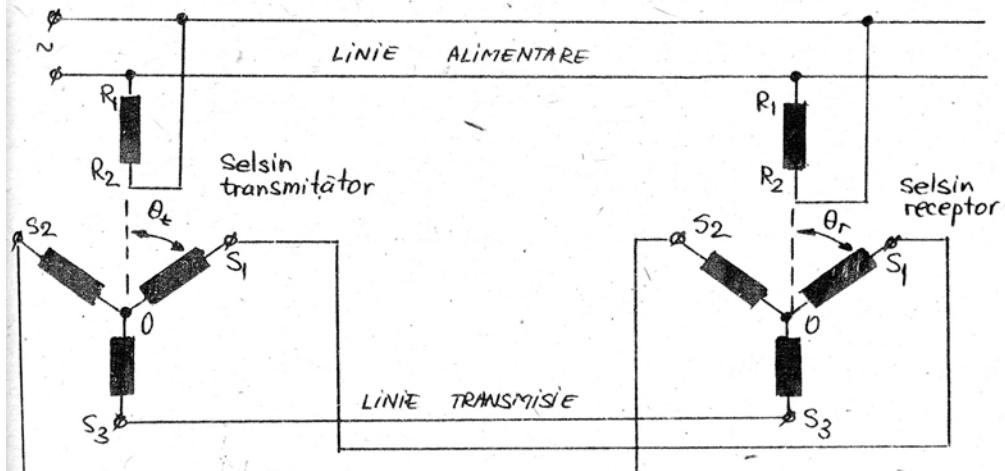


Fig. 12

observa ca selsinul izolat se poate utiliza in regim de transformator rotativ sinusoidal - cosinusoidal. Daca se va roti statorul fata de rotor cu un unghi de 120 grade amplitudinea tensiunii electromotoare de linie E31 este data de relatie:

$$E_{31} = \sqrt{3} E_{om} \sin \phi$$

Se observa ca amplitudinea tensiunii E31 este proportionala cu sinusul unghiu de rotire a rotorului. Daca acest unghi este limitat la  $\pm 30^\circ$ , functia sinus se poate aproxima cu o dreapta, iar selsinul se utilizeaza in regim de transformator rotativ liniar.

Selsinele perechi utilizate in regimul indicator sunt destinate transmiterii la distanta a indicatiilor unui aparat sau a pozitiei unghiulare a unui ax. In figura 11 se prezinta principiul de functionare al selsinelor in regim de indicator.

Pentru a transmite indicatiile postului de lucru la postul de comanda, se folosesc doua selsine, unul transmisor si unul receptor, cuplate electric intre ele.

Rotorul selsinului transmisor este invartit de catre postul de lucru prin intermediul unui angrenaj, cu unghiul  $\theta_t$ . Datorita acestei rotiri apare un cuplu electromagnetic ce nu poate invinge cuplul mecanic rezistent din postul de lucru, dar care invinge cuplul rezistent din postul de comanda si astfel rotorul selsinului receptor se va roti cu un unghi  $\theta_T$  care va fi egal cu  $\theta_t$ . Deci:

$$\theta_T = \theta_t.$$

In postul de comanda, pe axul selsinului receptor se monteaza un reductor ce roteste un ac indicator care in dreptul unei scale fixe reda indicatiile postului de lucru.

Intr-o alta varianta, pe axul selsinului receptor exista un reductor ce roteste o scala mobila, iar indicatiile postului de lucru se citesc pe aceasta in dreptul unui indicator fix sau a unei linii de credinta (fir reticular in spatele unui geam de protectie). La pilotul automat pentru navigatie maritima, pentru a transmite unghiurile de punere a carmei intr-o pozitie carecare catre pupitru de comanda se utilizeaza selsine in regim de indicator. Postul de lucru este elementul de executie, iar postul de comanda este pupitru de comanda al pilotului. Unghiurile de punere a carmelor se citesc pe o scala fixa in dreptul unui ac indicator mobil. Conectarea selsinelor in regim de indicator se arata in figura 12.

Infasurarile monofazate ale ambelor selsine sunt alimentate de la aceeasi retea electrica, iar circuitul trifazat se conecteaza in opozitie, faza cu faza.

Unghiul de decalaj al celor doua selsine este egal cu:

$$\theta = \theta_t - \theta_r$$

Deoarece s-a utilizat un circuit secundar trifazat, cuplul electromagnetic depinde de unghiul de decalaj  $\theta$  si nu de celelalte doua unghiuri. Cand membrul drept al ecuatiei precedente este nul, cuplul electromagnetic este de asemenea nul.

Daca apare un unghi de decalaj intre cele doua selsine, apare si cuplul electromagnetic, care倾inde sa mareasca unghiul  $\theta_r$  si sa micsoreze unghiul  $\theta_t$ . Cuplul rezistent din postul de lucru fiind de valoare mare, cuplul electromagnetic nu poate modifica pozitia rotorului selsinului transmitator  $\theta_t$ . Deoarece pe rotorul selsinului receptor exista numai un ac indicator, cuplul rezistent din postul de comanda este de valoare mica, astfel cuplul electromagnetic il invinge si modifica pozitia unghiulara  $\theta_r$  pana cand se stabileste egalitatea de mai sus.

#### 2.1.1.3. Tahogeneratorul de curent continuu

Tahogeneratorul de curent continuu este un traductor viteza unghiulara - tensiune destinat asigurarii unei tensiuni proportionale cu viteza abaterii navei de la drum (asigurarea legii de reglare diferențială la un pilot automat de tip electromecanic). Acest dispozitiv este prezentat în figura 13 (a,b).

Fluxul de excitatie fiind constant, tensiunea generala este proportionala cu viteza de rotatie a rotorului, adica:

$$U_g = C_3 \Omega$$

unde:

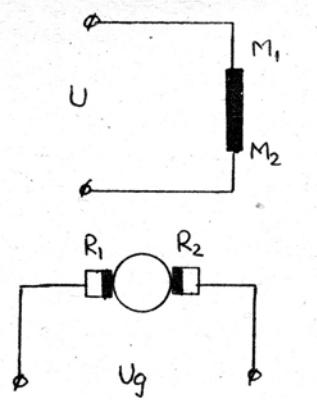
- $C_3$  - coeficient de proportionalitate;
- $\Omega$  - viteza de rotatie a rotorului.

Viteza de rotatie a rotorului este proportionala cu viteza abaterii navei de la drum, adica:

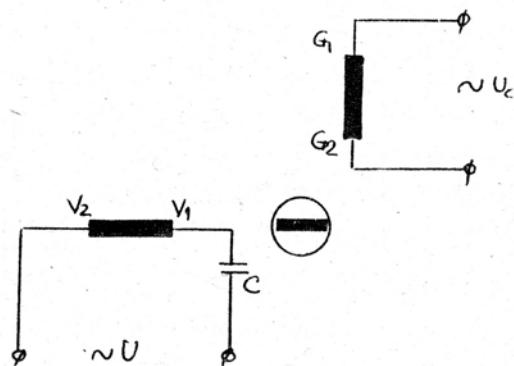
$$\Omega = C_4 \frac{da}{dt}$$

cu:

- $C_4$  - coeficient de proportionalitate;



a



b

Fig. 13

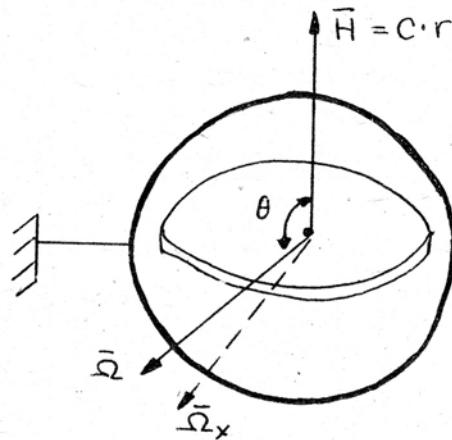


Fig. 14

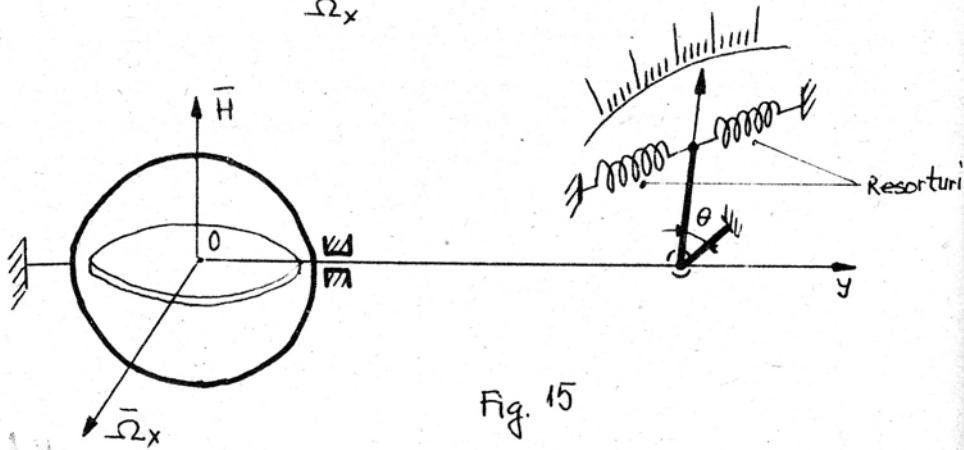


Fig. 15

$\frac{ds}{dt}$  - viteza abaterii navei de la drum sau derivata  
abaterii.

$$U_g = C_3 C_4 \frac{ds}{dt} = C \frac{ds}{dt}$$

Tensiunea generata este proportionala de asemenea cu viteza abaterii navei de la drum, iar polaritatea este data de cresterea sau scaderea acesteia.

#### 2.1.1.4. Traductorul girometric

Reprezinta un dispozitiv destinat traducerii vitezelor unghiulare, utilizat in marina si aviatie pentru mentinerea unei pozitii constante sau pentru a realiza un regim de navigatie dat.

Pentru realizarea acestor deziderate se utilizeaza proprietatile giroscopului (figura 14), pentru care:

$H$  - momentul kinetic al giroscopului;

$\Omega$  - vectorul rotatie al carterului giroscopului;

C - cuplul de reactie al carterului asupra giroscopului.

$$C = |H \times \Omega| = |H| |\Omega| \sin \theta$$

unde  $\theta$  - unghiul format de cei doi vectori.

Daca momentul kinetic al giroscopului este constant, cuplul este proportional cu  $\Omega$  cu conditia ca  $\theta$  sa fie constant.

Pentru transformarea indicatiei cuplu in indicatie deplasare, ceea ce este usor de realizat cu ajutorul unui resort (figura 15), unghiul  $\theta$  nu mai este constant, iar deplasarea nu mai este proportionala cu cuplul. Se poate face numai masurarea componentei  $\Omega_x$  a vectorului  $\Omega$  din planul initial al giroscopului. Scala este neliniara, dar poate fi compensata prin utilizarea unui element transmitator de asemenea neliniar (potentiometru). Inertia carterului, inclusiv a giroscopului, intervine direct in raport cu axa OY. Functia de transfer a girometrului este:

$$\frac{\theta}{\Omega} = \frac{H}{B_1 p^2 + b_1 p + k}$$

unde:

$B_1$  - inertia carterului in raport cu axa OY;

$b_1$  - coeficientul de frecare;

$k$  - modulul de elasticitate al resortului.

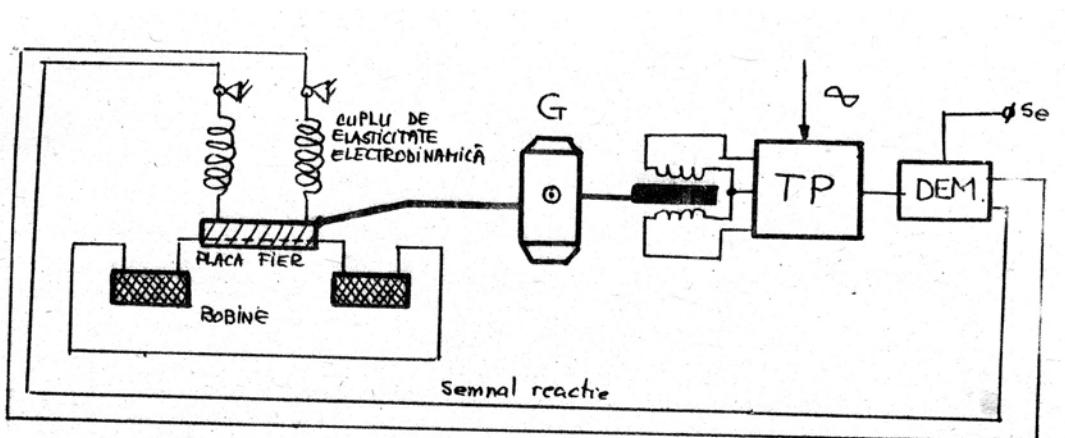


Fig. 16

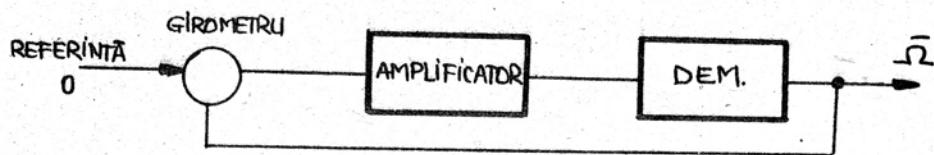


Fig. 17

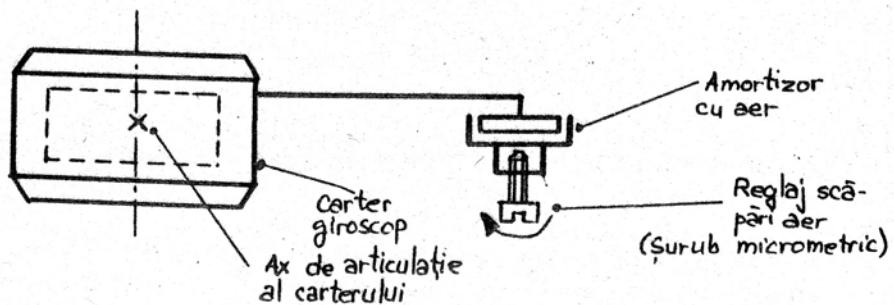


Fig. 18

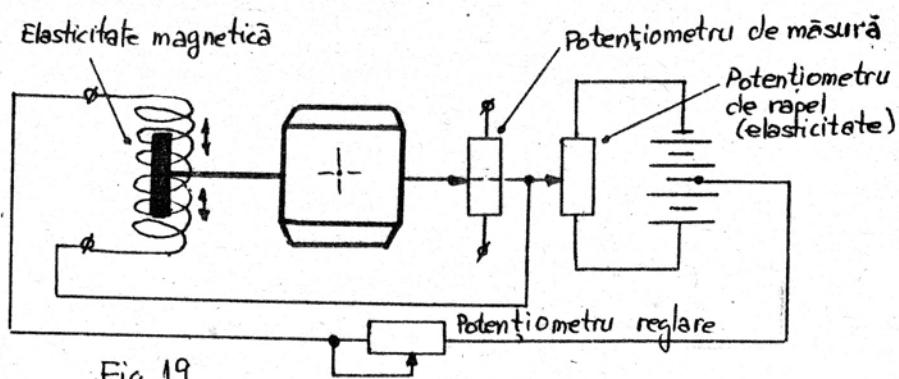


Fig. 19

Raspunsul girometrului este cu atat mai corect cu cat inertie  $B_1$  a carterului in raport cu axa OY este mai mica.

La dispozitivele girometrice de calitate trebuie eliminata bataia, reducand-o sub 5 grade. Cursa axului potentiometrului, la aducerea miscarii prin potentiometru, este de ordinul a  $+/- 5$  mm. In acest caz, discriminarea a 100 - 1000 niveluri devine extrem de dificila. Sistemul imbunatatit consta in utilizarea unui cuplu de elasticitate variabil, in aza fel incat girometrul sa revina la zero. Valoarea acestui cuplu corespunde riguros liniar vitezei unghiulare de tradus. Realizarea acestui dispozitiv de cantare este insa complicata, deoarece el realizeaza o reglare automata chiar in etajul traductor. In consecinta se admite o usoara bataie, care constituie semnalul de eroare al sistemului de reglare automata. Dispozitivul elastic este de natura electrica (cu electromagneti si resorturi - figura 16). Notatiile de pe desen reprezinta:

G - girometru;  
TP - traductor de pozitie;  
DEM - demodulator;  
Se - semnal iesire.

Schema functionala a fost reprezentata in figura 17. Currentul de iesire este proportional cu viteza unghiulara de masurat. Acest tip de girometre au fost utilizate pentru prima data la rachetele germane V1 si V2 in 1944.

#### Elemente constructive ale girometrului

La giometrele de acest tip exista 2 parametri principali: coeficientul de frecare al amortizorului (relizat in general cu aer) si coeficientul de elasticitate (corespunde resoartelor in cazul unui dispozitiv mecanic sau rezistantelor suplimentare in cazul unui dispozitiv magnetic - figura 19).

Alegerea parametrilor de reglare depinde de destinatia girometrului. Cu cat coeficientul de amortizare este mai mic, cu atat rezonanta va fi mai pronuntata, ceea ce poate duce la inconveniente grave in etajul traductor. Lagarele pe care se sprijina masa girometrica au evoluat de la cel cu frecare la rulmenti cu bile, de alunecare, iar in cele din urma s-a ajuns la lagare cu aer.

##### 2.1.1.5. Traductorul accelerometric

Pentru mentinerea stabilitatii, in afara de traducerea vitezei unghiulare este necesara traducerea si a acceleratiei unghiulare. Un semnal format din aceste doua marimi - uneori si pozitie unghiulara - este trimis inaintea motorului carmei la pilotul automat, in amplificator.

Un accelerometru trebuie sa detecteze acceleratii unghiulare slab (aproximativ  $1 \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2}$ ) cu o zona de insensibilitate de

Realizarea tehnologica a traductorului inductiv pentru lochuri (figura 22), este prezentata cu elementele de pe desen, care sunt:

- 1 - alimentare;
- 2 - semnal de ieșire;
- 3 - corpul traductorului;
- 4 - electromagnet;
- 5 - electrod.

La miscarea fluxului de apa de mare, care este un mediu conductor electric, apare un camp a carui expresie este:

$$\vec{B} = \vec{V} \times \vec{B}$$

unde:

$\vec{V}$  - vectorul viteza al fluidului;

$\vec{B}$  - vectorul inductie magnetica creat de electromagnet.

La electrozii aflati in contact cu apa de mare apare o tensiune:

$$U = \int_L \vec{E} (dI) = \int_L (\vec{V} \times \vec{B}) dI$$

unde L reprezinta distanta intre cei doi electrozi.

Electromagnetul este alimentat cu un curent alternativ de forma:

$$i_1 = I_m \sin \omega t$$

Tensiunea rezultata la electrozi se obtine atat datorita deplasarii cu o anumita viteza a fluxului de apa cat si datorita variatiei lui  $B$ . Rezulta ca tensiunea obtinuta la bornele de ieșire ale traductorului este data de relatie:

$$U_s = K_1 H L v \sin \omega t + K_2 \omega H \cos \omega t$$

in care:

K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> - constante constructive ale traductorului;

H - intensitatea campului magnetic;

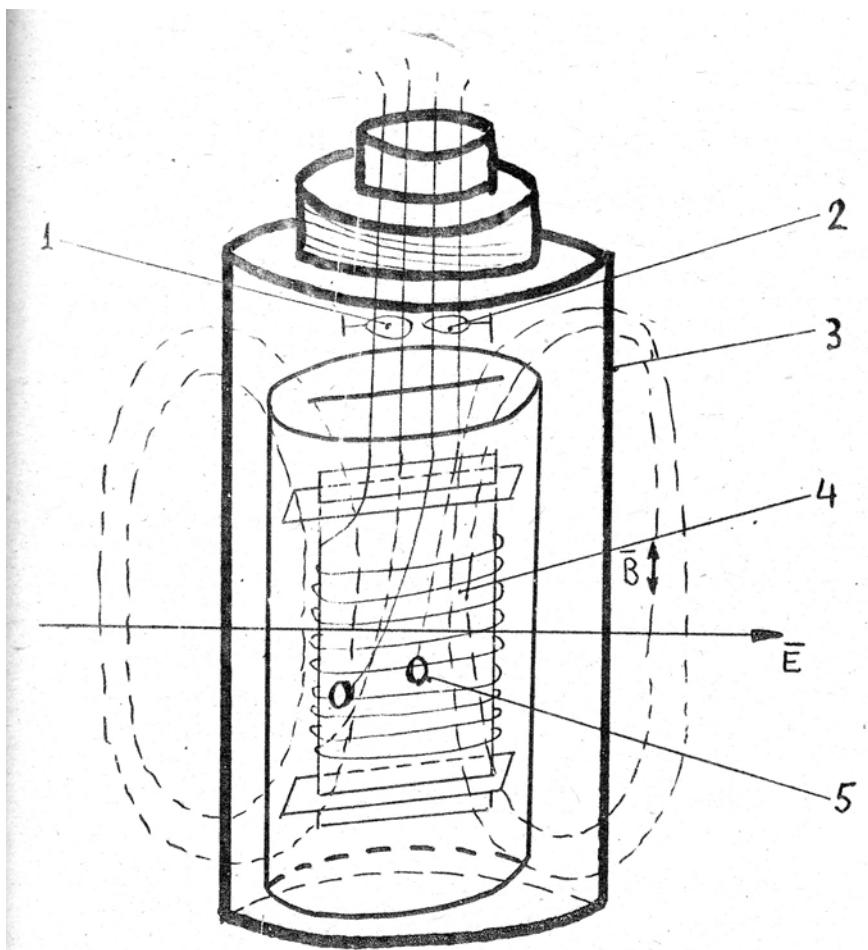
L - distanta intre electrozi;

v - viteza de deplasare a fluxului de apa.

Primul termen reprezinta semnalul util ce depinde de viteza de deplasare a fluxului de apa. Acest semnal este in faza cu tensiunea de alimentare a electromagnetului.

$$K_1 H L v \sin \omega t = U_o \sin \omega t$$

Al doilea termen:  
este un semnal defazat cu 90 grade fata de semnalul util si este dat de variația inductiei magnetice. Rezulta ca semnalul util



1 - conductoare alimentare  
 2 - conductoare semnal  
 3 - corp traductor  
 4 - electromagnet  
 5 - electrozi

Fig. 22

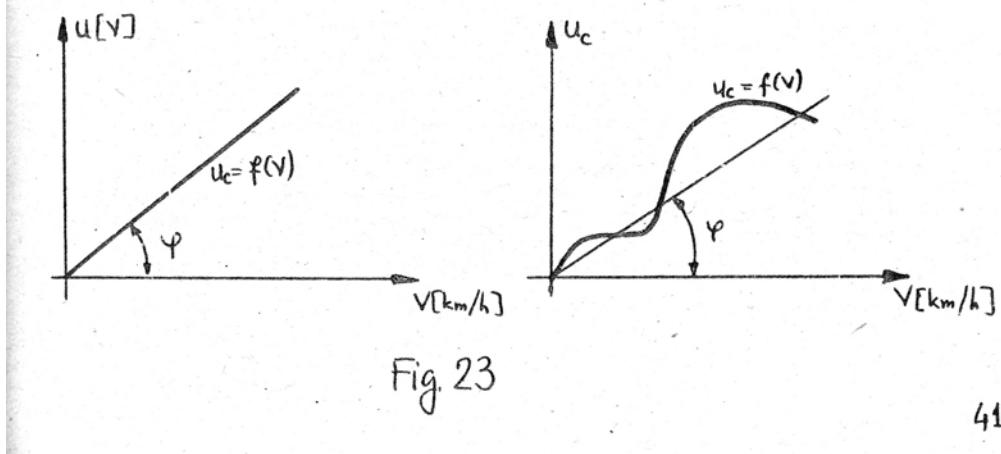


Fig. 23

$$K_2 \omega H \sin \omega t = U_{\text{over}} \cos \omega t$$

este dat de viteza de deplasare a apel.

$$U_c = f(v).$$

Graficele variatiei liniare teoretice a tensiunii de ieșire a traductorului inductiv in functie de viteza si a variatiei reale a tensiunii de ieșire a traductorului inductiv functie de viteza sunt prezentate in figura 23. Panta caracteristicii este:

$$S' = \operatorname{tg} \phi = \frac{U_g}{v} \quad [\text{mv/kn}]$$

kn - nod maritim.

Viteza relativă dintre fluxul de apă și nava este aceeași cu viteza navei față de suprafața apel. Nelinearitatea semnalului real livrat de traductor apare datorită caracteristicilor hidromecanice ale navei, locului de amplasare a lochurilor, condițiilor de mediu etc.

Pentru eliminarea acestor nelinearități se utilizează un semnal de corecție. De asemenea este nevoie să se elimineze semnalul parazit  $U_{\text{over}}$ , defazat cu 90 grade față de semnalul util. Erorile remanente ale lochului, după reglarea acestuia, nu depășesc valoarea data de relație:

$$\Delta V_{\text{loch}} = \pm [\sqrt{(\Delta V_{\text{loch}})^2 + (K_s V)^2} + 0,005]$$

$\Delta V_{\text{loch}}$  - eroarea instrumentala a lochului;

V - viteza navei;

$K_s$  - coeficient ce caracterizează precizia de determinare a vitezelor relative a navei;

0,005 - eroarea limită de aproximare a pantei caracteristicii traductorului în domeniul vitezelor pozitive.

Eroarea lochului după distanța parcursă  $\Delta_s$  în gama vitezelor 10 ... 30 noduri nu depășește valoarea data de relație:

$$\Delta_s = \pm \left( \frac{\Delta V_{\text{loch}}}{V} s + s \cdot 10^{-4} + 0,002 \right)$$

unde  $s$  reprezintă distanța parcursă în mile marine.

#### 2.1.1.7. Traductorul piezoelectric de ultrasunete

Este realizat din cristale naturale sau artificiale de quart, sare de Seignette, praf de amoniac etc. care au proprietăți piezoelectrice. Dacă unor placute din aceste materiale li se aplică forțe de deformare mecanică, pe fețele opuse ale cristalului apar sarcini electrice de semne contrare,

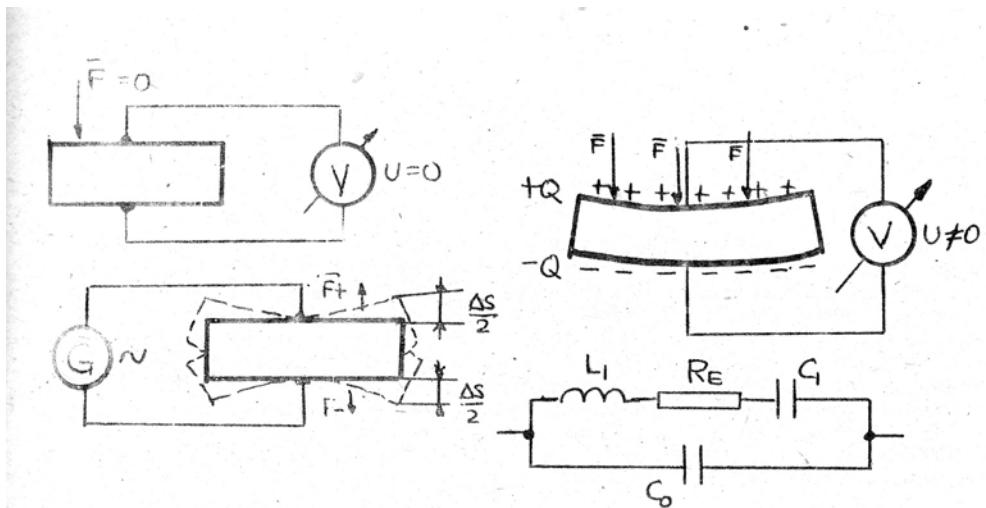


Fig. 23b

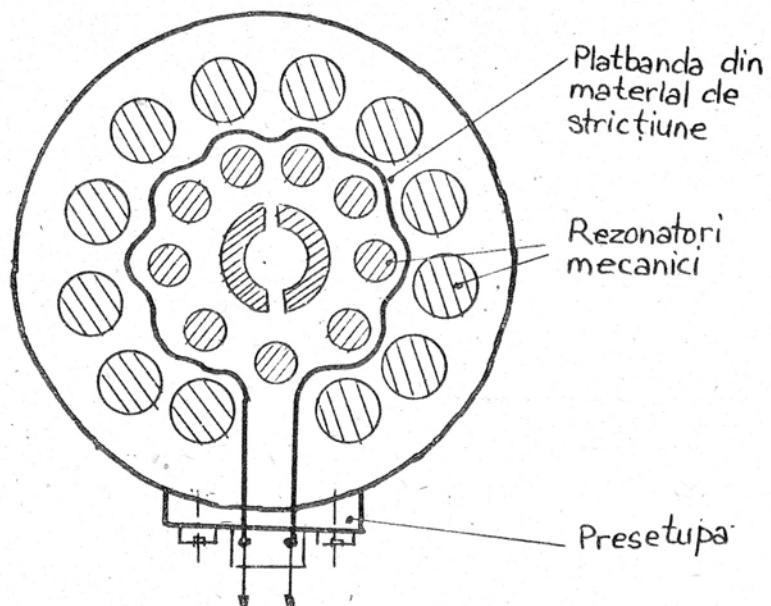
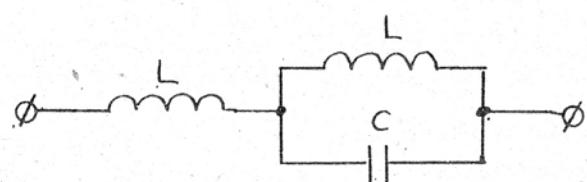


Fig. 23c

si deci o tensiune electrică (figura 23b). Invers, daca cristalului i se aplica o tensiune electrică, atunci pe fetele opuse apar forte mecanice care duc la deformarea cristalului.

Sistemul mecanic, construit dintr-o placă piezoelectrică, electrozi de legătura și suport se poate utiliza ca rezonator piezoelectric. La alimentarea acestuia cu o tensiune având o anumită frecvență, placă piezoelectrică se va deforma cu o frecvență data de frecvența tensiunii de alimentare. În contact cu apa, placă piezoelectrică oscilează cu o frecvență de domeniul ultrasunetelor. Frecvența proprie de oscilație a placii piezoelectrice este:

$$f = \frac{E}{2L} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

unde:

$l$  - lungimea placii piezoelectrice;  
 $E$  - modulul de elasticitate al lui Young;  
 $n = 1, 2, 3, \dots$  corespunzător fundamentaliei sau armonicilor (ordinul armonicilor);

$\rho$  - densitatea materialului.

Schema electrică echivalentă (fig. 23b) are frecvența de rezonanță serie:

$$f_s = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1 C_1}}$$

iar cea derivată:

$$f_d = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1 \frac{C_1 C_0}{C_1 + C_0}}}$$

dar

$$\frac{C_1}{C_0} \ll 1 \Rightarrow \frac{f_d - f_s}{f_s^2} = \frac{C_1}{C_0}$$

adică  $f_d$  și  $f_s$  sunt de valori apropiate.  
 Valurile practice sunt:

$$L_1 \in 0,1 \dots 100 \text{ H}$$

$$C_1 \in 0,1 \dots 10 \text{ pF}$$

$$R_R = 10^3 \Omega$$

Parametrii electrici echivalenți ai rezonatorului

piezoelectric pot fi modificati daca in serie cu el sau in paralel se monteaza o inductanta, respectiv un condensator. Eficacitatea maxima a rezonatorului se obtine la egalitatea frecventelor de rezonanta si de oscilatie proprie. In cazul functionarii rezonatorului piezoelectric ca receptor, deformarile placutei datorate undelor ultrasonore reflectate se traduc prin semnale electrice care apar la electrozii rezonatorului.

Dificultatile construirii unor traductoare piezoelectrice pentru ultrasunete constau in realizarea unor placi piezoelectrice de dimensiuni mari si rezistenta mecanica slaba.

#### 2.1.1.8. Traductoare magnetostrictive pentru ultrasunete

Fenomenul de magnetostrictiune consta in modificarea dimensiunilor unei bare din material feromagnetic plesata intr-un camp magnetic constant sau variabil, paralel cu axa longitudinala a barei (figura 23c). Efectul magnetostrictiv depinde de

temperatura: deformatia relativa  $\frac{\Delta L}{L}$  scade cu cresterea temperaturii, anulandu-se la o anumita temperatura ce caracterizeaza fiecare material. De asemenea, magnetostrictiunea depinde de natura materialului din care este confectionata bara (fier, nichel, cobalt, aliaje feromagnetice). Daca bara nu are magnetism remanent, frecventa vibratiilor este dublul frecventei curentului electric care creaza campul magnetic si nu depinde de orientarea campului magnetic.

Deformarea barei este data de relatie:

$$d = KB_1^2 \cos^2 \omega t = \frac{KB_1^2}{2} (1 + \cos 2\omega t)$$

in care termenii reprezinta:

- d - deformatia barei;
- K - coeficient de proportionalitate;
- B<sub>1</sub> - inductia campului magnetic;
- $\omega$  - pulsatia campului magnetic;

Se observa aparitia unui termen de frecventa dubla

$\frac{KB_1^2}{2} \cos 2\omega t$ . Din schema electrica echivalenta se observa ca

$$Z_{MAGNETO} = \frac{\omega^2 L^2}{\omega^2 LC - 1} \ll Z_{PIEZO}$$

(impedanta rezonatorului magnetostrictiv este mai mica decat a celui piezoelectric).

La functionarea ca receptor, bara magnetostrictiva este pusa

in contact cu apa si actiunea de deformare datorata ultrasunetelor receptionate se traduce intr-un curent electric variabil.

### 2.1.2. Traductoare secundare

#### 2.1.2.1. Termorezistente

Termorezistentele sunt traductoare de temperatura al caror principiu de functionare se bazeaza pe proprietatea unui conductor de a-si modifica rezistenta electrica la schimbarea temperaturii sale. Sunt utilizate pentru masurarea directa a temperaturii cat si pentru procese de automatizare, in intervalul de temperatura -200 ... +500 grade Celsius. In domeniul naval isi gasesc aplicatii in masurarea temperaturii apei marii pentru aplicarea de corectii automate sondelor ultrason sau lochurilor, instalatii de supraveghere a masinilor hidraulice de carma, in dispozitive de urmarire a procezelor de incarcare, depozitare sau descarcare a compartimentelor tancurilor petroliere etc.

Caracteristici constructive: principalele elemente constructive ale termorezistentelor sunt:

- elementul sensibil;
- conductoarele de temperatura;
- teaca de protectie;
- cutia de conexiuni;
- dispozitivul de fixare.

Elementul sensibil este realizat din conductor subtire de platina (Pt) sau cupru (Cu). Teaca de protectie este destinata sa protejeze elementul sensibil si conductoarele de legatura de actiunea daunatoare a mediului inconjurator, de socuri mecanice, asigura un bun contact termic cu mediul a carui temperatura se măsoara. Materialul din care se executa poate fi:

- cupru - are o buna rezistenta mecanica si o buna conductivitate termica;
- otel laminat pentru tevi - buna rezistenta mecanica si stabilitate in medii neutre;
- otel inoxidabil - foarte buna rezistenta la agenti corozivi si termici.

Cutia de conexiuni protejeaza placa cu borne sau fisă de conectare a termorezistentei de actiunea daunatoare a mediului ambient si permite utilizarea in medii potential explozive, cum ar fi containerele tancurilor petroliere.

#### Caracteristici functionale

##### 1. Clasa de precizie

I sau II - pentru termorezistente cu element sensibil din platina (interval de masurare a temperaturii -200 ... +500 grade Celsius);

II - pentru termorezistentele cu element sensibil din cupru (interval de masurare a temperaturii -50 ... +150 grade Celsius).

2. Valoarea rezistentei elementului sensibil la 0 grade Celsius: 50 ohmi sau 100 ohmi.

3. Valoarea raportului dintre rezistența electrică la 100 respectiv 0 grade Celsius:

$$W_{100} = \frac{R_{100}}{R_0}$$

pentru platina: 1,385 ... 1,391; pentru cupru: 1,426.

4. Abaterea admisă a raportului  $W$ :

- pentru Pt clasa I: +/- 0,0005;
- pentru Pt clasa II: +/- 0,0014;
- pentru Cu clasa II: +/- 0,001

5. Constanta de timp a termorezistentelor:

\* max. 15 s - pentru termorezistentele cu constanta de timp mica;

\* 15 ... 90 s - pentru termorezistentele cu constanta de timp medie;

\* 90 ... 250 s - pentru termorezistentele cu constanta de timp mare.

6. Variatia rezistentei elementului sensibil cu temperatura (in anexe).

7. Curentul de lucru trebuie ales astfel incat puterea dissipata de elementul sensibil sa nu fie mai mare de 1 mW.

#### Alegerea termorezistentelor

Termorezistentele se aleg in functie de codul acestora, constituit dintr-o parte literala TTR si un grup de opt cifre repartizate in opt niveluri:

XX.	X.	XX.	X.	X.	X.	X.	X.
a	b	c	d	e	f	g	h

a - tipul termorezistentei si clasa de precizie;

b - materialul si caracteristicile elementului sensibil;

c - caracteristicile tecii de protectie;

d - materialul tecii de protectie;

e - domeniul temperaturii de lucru;

f - dispozitivul de fixare;

g - lungimea de imersie;

h - tipul executiei si a protectiei climatice.

### **2.1.2.2. Termocupluri**

Sunt traductoare de temperatura al caror principiu de functionare se bazeaza pe efectul termoelectric (in circuitul a doua conductoare din materiale diferite ale caror jonctiuni se gasesc la temperaturi diferite apare o tensiune electromotoare denumita tensiune termoelectromotoare - t.t.e.m. - care variaza cu diferenta dintre temperatura celor doua jonctiuni dupa o lege cunoscuta). Utilizat pentru masurarea temperaturii fluidelor, metalelor topite, pieselor in miacare, reglarea automata a temperaturii in procesele industriale. In domeniul naval aplicatiile sunt asemanatoare celor ale termorezistentelor.

Domeniul de masura este cuprins intre 0 ... +1800 grade Celsius.

#### Caracteristici constructive

- termoelectrozi - realizati din materiale diferite: fier, constantan, cromel, alumel, platina. Doi electrozi se sudeaza la un capat formand un termoelement:

- \* cromel - alumel;
- \* fier - constantan;
- \* cromel - constantan;
- \* platina - rhodiu.

Termocuplurile pot fi:

- \* cu un termoelement;
- \* cu doua termoelemente.

- conductoare de legatura;

- teaca de protectie - destinata sa protejeze elementul sensibil si conductoarele de legatura de actiunea agresiva a mediului;

- cutie de conexiuni - protejeaza placă cu brame impotriva deteriorarilor mecanice, de actiunea daunatoare a mediului ambiant, asigurand un grad de protectie IP 65, pastrandu-i proprietatile electroizolante pana la temperatura de +150 grade Celsius. Pentru utilizarea termocuplurilor in locuri cu atmosfera potential explosibila (tancuri petroliere).

#### Caracteristici functionale

1. Tensiunea electromotoare este functie liniara de temperatura.

2. Coeficientul de variație a rezistenței cu temperatura este mic.

3. Constanta de timp:

- \* max. 5 s - foarte mica;
- \* 5 ... 15 s - mica;
- \* 15 ... 90 s - medie;
- \* 90 ... 240 s - mare;
- \* >240 s - foarte mare.

4. Domeniul de temperatura:

\* 0 ... 1600 grade Celsius - regim continuu si intermitent;

... 1600 ... 1800 grade Celsius - regim intermitent.

#### Alegerea termocuplurilor

Se aleg functie de codul acestora, constituit dintr-o parte de la TTC si un grup de 10 cifre repartizate in opt niveluri:

XX.	X.	XX.	X.	X.	X.	X.	X.
a	b	c	d	e	f	g	h

- a - tipul termocuplului;
- b - materialul termoelectrozilor si numerul de termoelemente;
- c - caracteristicile tecii de protectie;
- d - materialul tecii de protectie;
- e - domeniu temperaturii de lucru;
- f - dispozitivul de fixare;
- g - lungimea de imersie;
- h - tipul executiei si al protectiei climatice.

### 2.2. Traductoare pentru echipamente de semnalizare optica navală

#### 2.2.1. Efectul fotoelectric intern

Daca un semiconductor este iluminat, lumina ii traverseaza suprafata patrunzand in volumul sau. Adancimea de patrundere depinde de natura semiconducteurului si de lungimea de unda a radiatiei luminoase,  $\lambda$ . Atunci cand energia este suficienta are loc eliberarea unor electroni din legaturile lor covalente, marindu-se astfel numarul purtatorilor liberi ce pot participa la conductie (figura 24). Atunci cand numarul purtatorilor liberi in exces (electroni si goluri) atinge o anumita valoare, numarul perechilor fotogenerate devine egal cu cel al perechilor ce se recombină, concentratiile electronilor si golurilor ajungand astfel la valori stationare in timp. Aceasta situatie poarta numele de stare stationara.

#### 2.2.2. Fotorezistorul

Fotorezistorul este un dispozitiv cu semiconductor care isi modifica rezistenta interna functie de iluminarea ambianta. Din punct de vedere constructiv se realizeaza:

- cu strat semiconductor depus uniform;
- cu strat semiconductor depus spiralat.

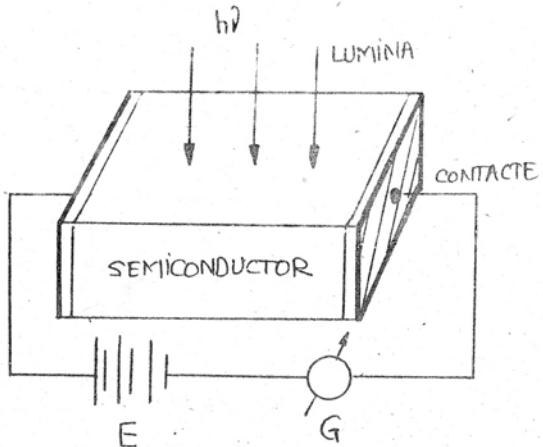


Fig. 24

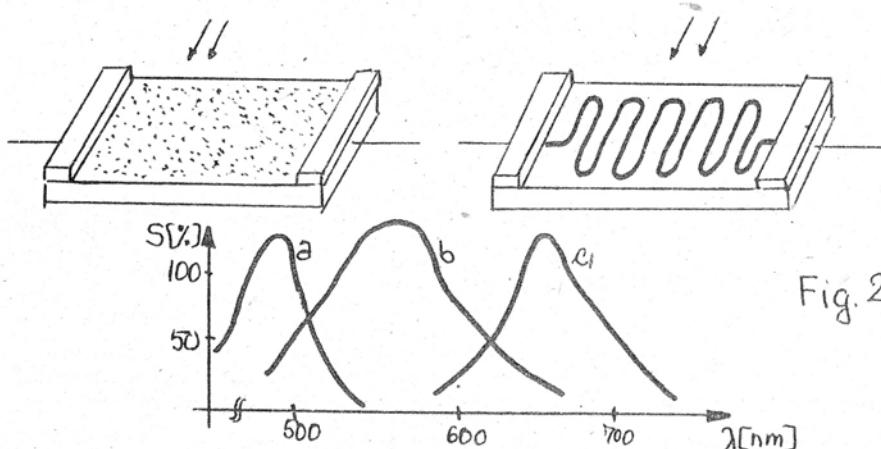


Fig. 25

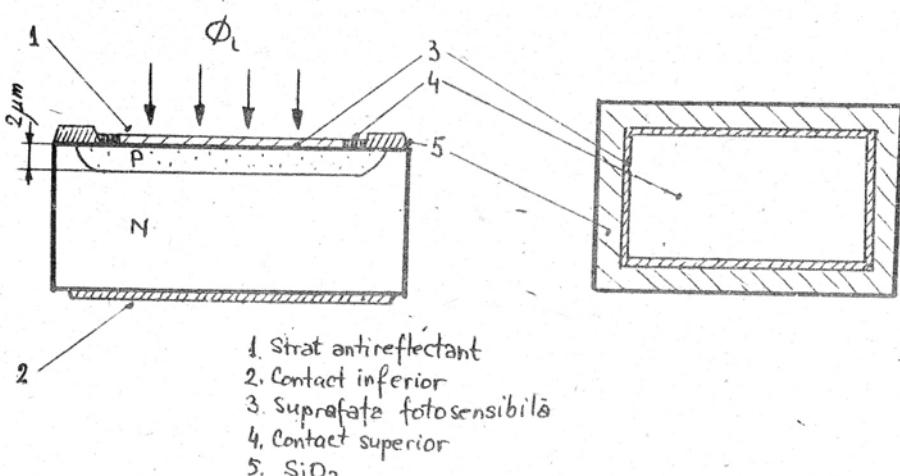


Fig. 26

Aspectul acestor variante constructive de fotorezistoare si sensibilitatea spectrala pentru diferite lungimi de unda ale radiatiei incidente sunt prezентate in figura 25. Sensibilitatile spectrale sunt dependente in primul rand de natura materialului semiconductor folosit si de dopajul cu impuritati ai acestuia:

- curba a - 100% CdS;
- curba b - 37% CdS, 63% CdSe;
- curba c - 100% CdSe.

Principaliii parametri ai fotorezistoarelor sunt:

- rezistenta electrica la iluminare nula (intuneric) - de ordinul sutelor de megohmi;
- tensiunea maxima la borne:  $U_m > 100$  V;
- puterea dissipata maxima:  $P_d \text{ max} > 100$  mW;
- sensibilitatea la lumina:

$$\frac{\Delta I}{\Delta E} |_{0-\text{et.}} = 1 \dots 10 \text{ [mA/lm]}$$

(valori mai mari se inregistreaza pentru iluminari de intensitate mai mica);  
- sensibilitatea spectrala - dependenta de natura materialului.

### 2.2.3. Celula fotovoltaica

Acest tip de dispozitiv optoelectric prezinta o jonctiune P - N, functionarea lui facandu-se pe baza efectului fotovoltaic. Aria suprafetei frontale neacoperita de contactul metalic (numita si arie activa) poate varia intre cativa milimetri patrati si cativa centimetri patrati (figura 26).

Daca suprafata activa este iluminata, la bornele celulei fotovoltaice apare o tensiune electrica, contactul regiunii P constituind polul pozitiv, iar cel al regiunii N - polul negativ.

Tensiunea care apare la bornele echivaleaza cu o polarizare directa a dispozitivului. Conectarea unei rezistente electrice intre terminalele celulei fotovoltaice (figura 27) va da posibilitatea electronilor in exces din regiunea N sa se depleteze prin circuitul exterior spre regiunea P, dand nastere in acest fel unui curent electric.

Acest curent datorat iluminarii (numit fotocurent) este de sens opus curentului ce apare in circuit in cazul polarizarii externe cu o sursa externa. Astfel, respectand conventia din cazul diodei semiconductoare unde curentul direct era considerat pozitiv, intr-o diagrama curent - tensiune fotocurentul va trebui considerat ca avand valoare negativa.

Deoarece celula fotovoltaica are structura de dioda, ea va trebui sa aiba o comportare asemănatoare acesteia cand nu este iluminata (caracteristica pentru iluminarea  $E = 0$ , figura 28).

Atunci cand celula este iluminata, alura caracteristicii  $I - U$  se modifica, ea prezentand trei zone distincte:

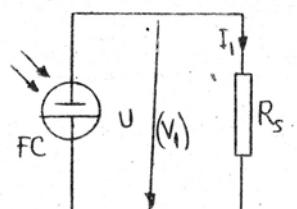


Fig. 27

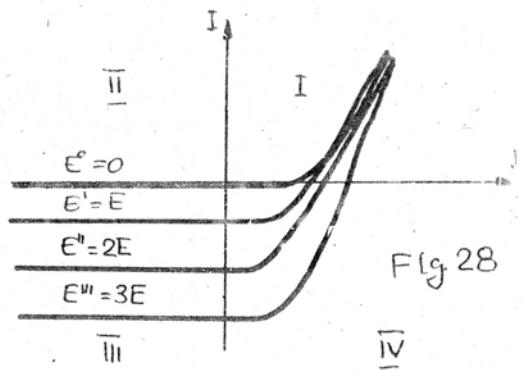


Fig. 28

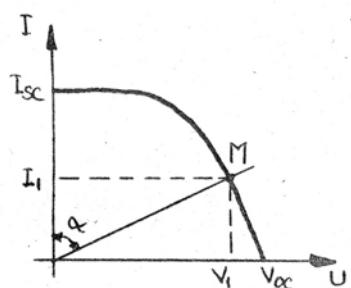


Fig. 29

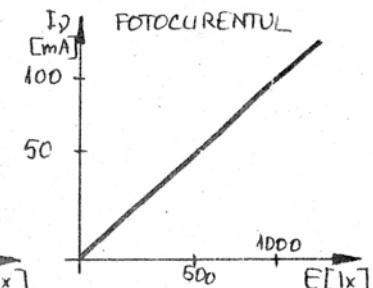
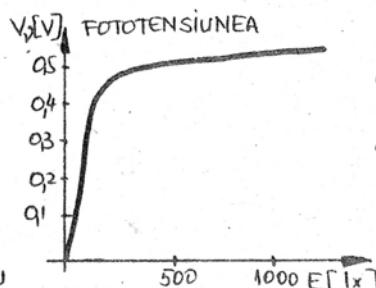


Fig. 30

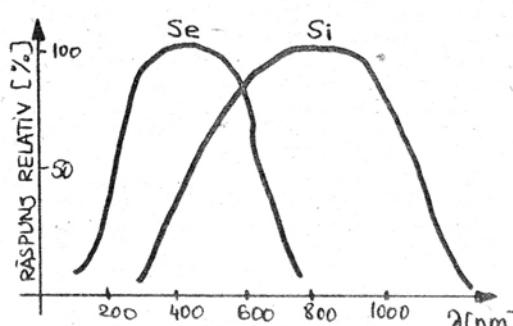


Fig. 31

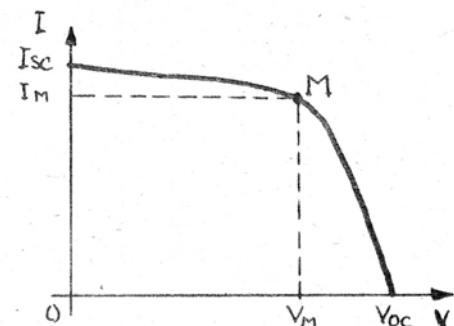


Fig. 32

1. Strat antireflex  
2. Contact superior

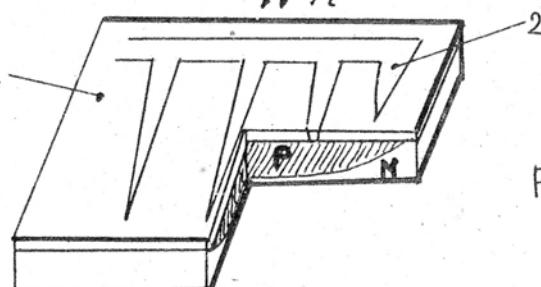


Fig. 33

portiunea din cadrul III reprezinta functionarea in conditiile polarizarii inverse;

- curba din cadrul IV arata modul in care curentul din circuitul cu rezistenta depinde de tensiunea la bornele celulei;

- portiunea din cadrul I reprezinta corespondentul lui din exterior a unei tensiuni directe.

Într-o celulă fotovoltaica este esențială funcționarea în condițiile absentei polarizării externe, corespunzătoare lui din cadrul IV a caracteristicii curent - tensiune. Cu ceea ce referitoare la sensul curentului electric reprezentat invers, aceasta situație este prezentată în figura 29.

Tensiunea care poate fi măsurată la bornele celulei fotovoltaice atunci când ea este în gol poartă numele de tensiune de circuit deschis (Open Circuit Voltage) -  $V_{oc}$ .

Curentul care străbate terminalele dispozitivului în timpul scurtcircuitării se numește curent de scurtcircuit (Shunt Current) -  $I_{sc}$ . Unui rezistor  $R$  conectat la bornele celulei fotovoltaice prin care trece un curent  $I_1$  și având pe el caderea de tensiune  $V_1$ , îl va corespunde un punct de funcționare  $M$  pe figura precedenta. Se observă că:

$$R = \frac{V_1}{I_1} = \tan \alpha.$$

Prin urmare, alegerea punctului de funcționare definește în mod echivalent valoarea rezistorului ce trebuie folosit. Cei doi parametri esențiali ai unei celule fotoelectrice  $I_{sc}$  și  $V_{oc}$  depind în mod diferit de nivelul de iluminare (figura 30).

Curentul de scurtcircuit variază în mod liniar cu iluminarea, pe un domeniu foarte mare de valori ale acesteia și aproape liniar cu marimea ariei fotosensibile. O iluminare mai puternică va determina marirea vitezei de generare și ca urmare va conduce la creșterea numărului purtatorilor liberi care participă la curent. Valorile  $V_{oc}$  și  $I_{sc}$  depind diferit și de temperatură - creșterea temperaturii provoacă o marire a curentului de scurtcircuit și o micșorare a tensiunii de circuit deschis. În cazul celulelor fotovoltaice cu Si scaderea este de 3 mV / grad Celsius iar creșterea  $I_{sc}$  cu 0,2 % pe grad.

Dependentele de lungimea de undă a luminii pentru răspuns relativ la celule fotovoltaice cu seleniu și siliciu sunt arătate în figura 31.

Celula solară este destinată conversiei directe a energiei luminii solare în energie electrică. Are aria activă de ordinul centrimetrelor patrati sau zecilor de centimetri patrati. Acest tip de fotocelule prezintă o joncțiune P - N și își bazează funcționarea pe efectul fotovoltaic. Parametrul principal este rândamentul conversiei:

$$\eta = \frac{P_{el}}{P_{in}} = \frac{V_{oc} I_{sc}}{P_{in}}$$

unde:

P<sub>m</sub> - puterea maxima furnizata de celula;  
 P<sub>in</sub> - puterea radiata incidenta pe suprafata fotosensibila;  
 V<sub>m</sub>, I<sub>m</sub> - coordonatele punctului M pe caracteristica voltamperica (figura 32). Cateva date privind randamentul de conversie pentru diferite materiale semiconductoare sunt prezentate in tabelul de mai jos:

MATERIAL	$\eta$ [%]	$I_{so}/S$ [cm <sup>2</sup> ]	Voc [mV]
Si	12	30	590
Ge As	20	27	930
CdTe / CdS	7	17	500
Cu <sub>2</sub> S / CdS	4,5	15	475

Celulele solare cu siliciu monocristalin se realizeaza prin tehnologie planara, valoarea medie a ariei lor fotosensibile si curentul intens pe care il genereaza (de ordinul zecilor si sutelor de mA) determinand unele particularitati constructive ale acestora in raport cu celulele fotovoltaice uzuale (figura 33).

Datorita stratului antireflectant, numai aproximativ 10% din fluxul luminos incident este reflectat, in timp ce la alte tipuri de fotocelule se reflecta cca. 35 procente. Celulele solare sunt destinate alcatuirii surselor de energie autonome pentru balize automate optice sau radio, pentru alimentarea satelitilor de navigatie, pentru radiofaruri situate in locuri izolate etc. Dupa cum se poate vedea pe figura 34, valoarea curentului ansamblului in cazul legarii in serie a doua celule solare este limitata la valoarea cea mai mica a curentilor individuali, in timp ce tensiunea este suma tensiunilor individuale. La asamblarea serie a celulelor foto solare, in scopul realizarii modulelor de tensiuni mari, este necesar ca valorile curentilor de scurtcircuit sa fie cat mai apropiate la o iluminare data, in caz contrar curentul debitat de un asemenea modul va fi cel mai mic curent al celulelor componente. La randul lor, si modulele pot fi grupate in ansambluri mai mari (panouri). In prezent exista panouri ce pot furniza sute de wati fara a utiliza concentratoare optice. Calculul unui panou solar pentru alimentarea unei balize optice autonome se bazeaza pe radiatia medie anuala a soarelui, E, data in  $kJ/cm^2$ . Puterea sursei optice este data de:

$$S = \frac{E}{600} \quad [W]$$

unde E reprezinta un factor de arie, dat in tabele.

Puterea sursei S este comparata cu consumul mediu al lampii, care se considera ca trebuie sa functioneze in cca. 14 ore de intuneric:

$$C = \frac{0,65 \cdot W [t_1 + t_2 + \dots + S_1 + (n-1) S_2]}{P} + 0,02 \text{ W} \quad [\text{W}]$$

unde:

W - puterea lampii utilizate, exprimata in W;  
 n - numarul de eclaturi pe secunda;  
 t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>, ... - lungimea fiecarui eclat [s];  
 S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> - factori corectie curent absorbit in regim tranzitoriu [s];  
 P - perioada unui ciclu de semnalizare, [s].  
 Puterea medie va generata va trebui sa egaleze sau sa depaseasca pe cea medie consumata.

### 2.3. Dispozitive de executie ale echipamentelor automate de navigatie

#### 2.3.1. Motorul asincron bifazat

Motorul asincron bifazat (MAB) indeplineste functia de servomotor pentru instalatii de pilot automat si are rotorul in forma de cilindru gol in interior. Este utilizat ca integrator pentru asigurarea regimului de functionare "Stabilizare automata a drumului", cand realizeaza pe cale electromecanica integrarea semnalului de eroare provenit de la timona si girocompas, pe calea de reactie externa a sistemului. Statorul este prevazut cu crestaturi in care sunt introduse doua infasurari: de excitatie V<sub>1</sub> - V<sub>2</sub> si de comanda G<sub>1</sub> - G<sub>2</sub> (figura 35). Infasurarile sunt decalate spatial cu 90 grade electrice.

Infasurarea de excitatie este alimentata cu tensiune alternativa monofazata, cu valoarea efectiva constanta, iar infasurarea de comanda este alimentata de la un selsin in regim de transformator rotativ linier sau de la retea. Deoarece in circuitul de excitatie s-a conectat condensatorul C, la aparitia tensiunii de comanda se va crea un cuplu de pornire ce va determina inverzirea rotorului intr-un sens sau in altul, in functie de faza.

In momentul disparitiei tensiunii de comanda motorul se va opri. Datorita dependentei sensului de inverzire a rotorului de faza tensiunii de comanda, acest motor este sensibil la faza.

Viteza de inverzire a rotorului este proportionala cu valoarea efectiva a tensiunii de comanda, adica:

$$\Omega(t) = \frac{d\Phi}{dt} = k U_e$$

unde:

k - coeficient de proportionalitate (constanta constructiva);

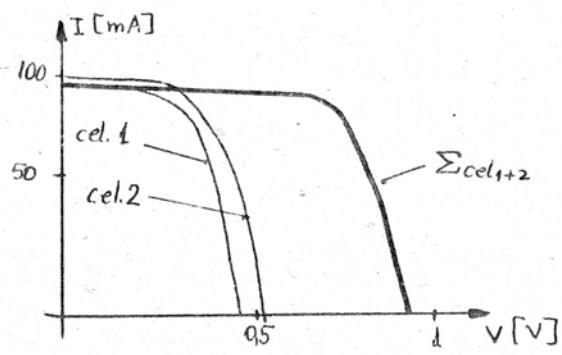


Fig. 34

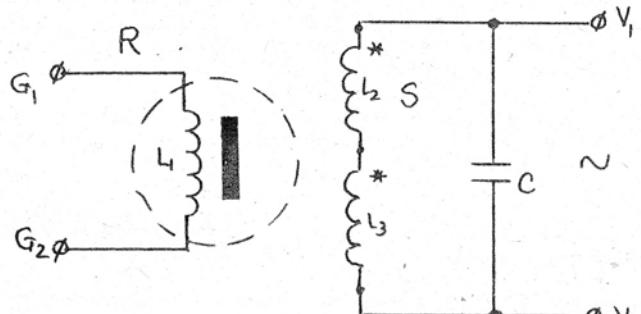


Fig. 35

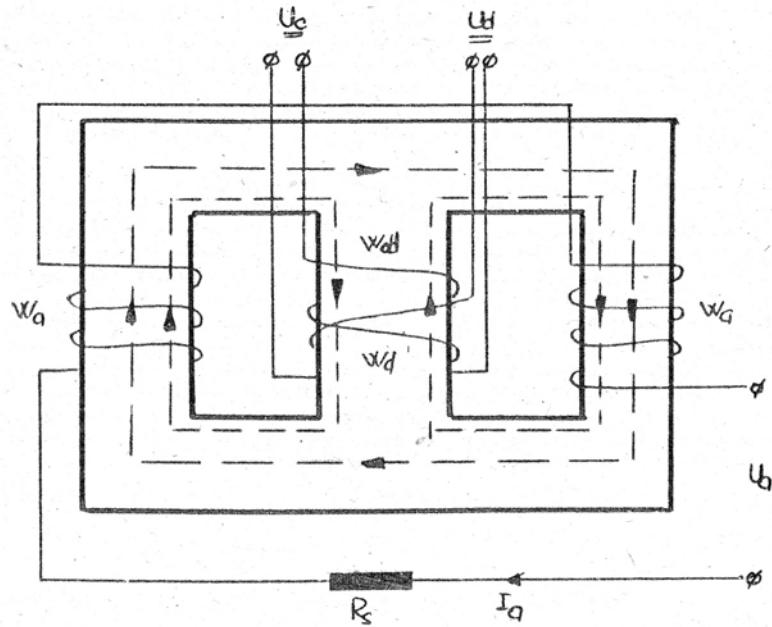


Fig. 36

$\Theta(t)$  - unghiul de inverzire a rotorului;  
 $U_0$  - valoarea efectiva a tensiunii de comanda.

$$\Phi = k \int U_0 dt$$

Prin urmare se observă ca relația de funcționare a motorului asincron bifazat definește funcția de integrator a acestuia.

### 2.3.2. Amplificatoare magnetice pentru echipamente de navigație

Principiul de funcționare al amplificatoarelor magnetice (figura 36) se bazează pe nelinearitățea caracteristicii de magnetizare a unor materiale feromagnetiche.

Amplificatorul magnetic este compus dintr-un miez cu trei coloane pe care se gasesc dispuse următoarele infasurări:

- două de curent alternativ  $W_a$  conectate în serie și dispuse pe coloanele exterioare;
- una de comandă  $W_{cd}$ , dispusa pe coloana interioară și care se alimentează cu tensiune de comandă, continuă;
- una de deplasare  $W_d$ , dispusa pe coloana interioară, alimentată cu tensiune continuă, de deplasare.

$R_s$  - rezistența de sarcină în circuitul de curent alternativ.

Infasurările de curent alternativ sunt conectate în opozitie, încât fluxurile create de curentul alternativ în coloana interioară se anulează reciproc și nu se induc nici o tensiune electromotoare în infasurările de curent continuu. În absența tensiunii de comandă, impedanța infasurărilor de curent alternativ este mare, iar curentul alternativ care circula prin rezistența de sarcină este de valoare redusă, numindu-se curent de mers în gol.

Dacă la bornele infasurării  $W_{cd}$  se aplică o tensiune continuă, are loc magnetizarea miezului și prin urmare scade impedanța infasurării de curent alternativ iar curentul alternativ crește.

Dacă miezul este din tole de permalloy, puterea consumată pentru magnetizarea miezului este mică, în comparație cu variația puterii în circuitul de curent alternativ, având deci loc o amplificare.

Necesitatea infasurării de deplasare rezultă din dorința obținerii unui curent minim de mers în gol. Amplificatorul magnetic se mai numește și drosel de saturatie. Pentru amplificare, în sistemele automate nu se folosește un singur drosel, deoarece acesta prezintă următoarele dezavantaje:

- în absența curentului de comandă  $I_c$ , curentul de ieșire  $I_a$