

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 tehnicilor de navigatie, a hartilor maritime, aria de circulatie a comertului pe mare s-a largit considerabil. Au luat fiinta primele companii de navigatie, de asigurari, de navlositori (proprietari de nave care inchiriaza vasele), primele linii maritime regulate de pasageri sau marfuri. Legatura dintre oamenii de pe continentele 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 acesteia. 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, exista in continuare si o serie de echipamente cu conditii de fiabilitate riguros impuse, ce necesita o atenta instruire si verificare a personalului de intretinere sau navigant, avand in vedere ca totusi, o nava, in largul oceanului, oricat de perfectionata ar fi, este totusi izolata si la cheremul vitregiilor naturii, iar viata oamenilor de la bordul ei depinde in primul rand de pregatirea acestora.

1.1.2. Metode de navigatie

Informatia de navigatie reprezinta cantitatea minima de informatie necesara pentru determinarea cu o precizie dorita a pozitiei navei in orice punct pe suprafata oceanului planetar, prin raportare la sisteme referentiale considerate fixe.

Punctul navei este pozitia in raport cu axele de coordonate obtinut cu ajutorul mijloacelor de navigatie si marcata pe hartii speciale in mod automat sau de catre navigator.

Mijloacele de obtinere a informatiei de navigatie pot fi:

-OPTICE- prin raportarea uneia sau a mai multor directii catre repere fixe se determina punctul navei. Ele se subimpart in:

- terestre - repere pe tarm, balize etc.;
- maritime - repere la suprafata apei, nave far, balize;
- astronomice - tipuri si configuratii de astre si relevment sau azimut la anumite ore fata de linia orizontului;

-TEMPORALE- masurarea combinata a vitezei si timpului pot da informatia de distanta parcursa intr-o anumita directie fata de un punct cunoscut (utilizate in navigatia estimata);

-INSTRUMENTALE-

- instrumente clasice de navigatie;
- instrumente electronice de navigatie.

In functie de metodele de obtinere a informatiei de navigatie se disting:

-NAVIGATIA ESTIMATA-

- estima grafica;
- estima prin calcul;

-NAVIGATIA COSTIERA-

- prin observatii;
- prin relevmente;
- prin unghiuri orizontale;
- procedee combinate;

-NAVIGATIA ASTRONOMICA-

-NAVIGATIA INSTRUMENTALA-

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

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

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

Forma si dimensiunile Pamantului

Pentru asimilarea 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, inasa, 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 gravitacional nu variaza regulat cu suprafata Pamantului. Acest 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 turtirea 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 navigatie¹

Intersectia elipsoidului terestru cu un plan care determina axa polilor se numeste elipsa meridian (PQPQ' - 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. Acest meridian este originea orei pe suprafata terestra, in functie de el calculandu-se orele pe celelalte fusuri (denumirea consacrata 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.).

Semi-axa 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.

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

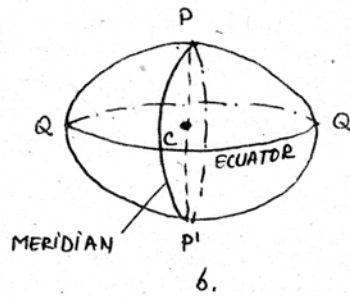
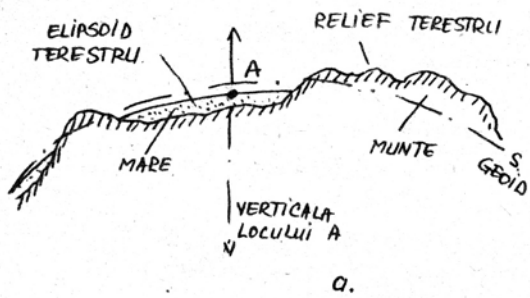


Fig. 1.

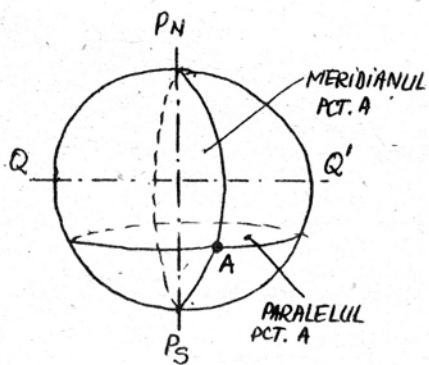


Fig. 2.

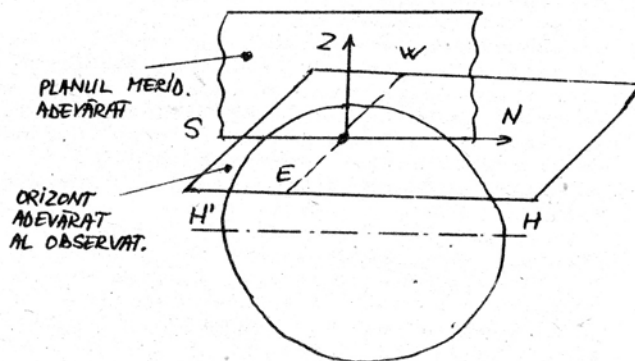


Fig. 3.

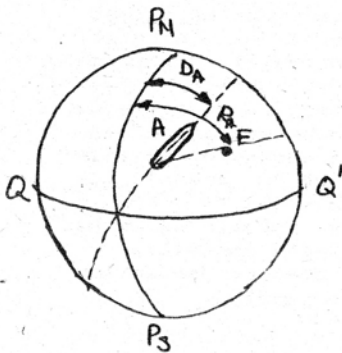


Fig. 4.

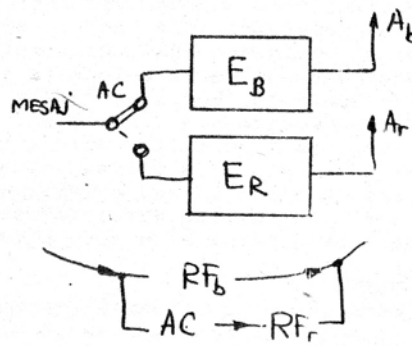


Fig. 5.

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

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

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

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

Raza terestra este $R = \sqrt[3]{a^2 \cdot b} = 6371 \text{ km}$ 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 exprimata 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 ...+180), respectiv vestica sau negativa (0 ...-180).

Aceste marimi se noteaza sau se afiseaza, de exemplu:

$$\lambda_A = 33^\circ 23'.7 \text{ E sau } \lambda_A = +33^\circ 23'.7;$$
$$\lambda_B = 29^\circ 47'.5 \text{ N sau } \lambda_B = -29^\circ 47'.5 .$$

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

*Definitiiile 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 - H'). Linile N - S si 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 ≥ 50 Mm (mile marine);
- precizia ceruta : $\pm 1\%$ din distanta la cel mai apropiat pericol;
- timpul necesar pentru determinarea punctului navei ≤ 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: $\pm (0.1 - 0.5)$ Mm;
- timpul necesar pentru determinarea punctului navei 0.5...5 min.

Exemple: radiogoniometrul, radarul, LORAN, DECCA etc.

III. Mijloace de navigatie in ape inguste si de pilotaj

- distanta fata de cel mai apropiat pericol ≤ 3 Mm;
 - precizia ceruta ± 45 m;
 - timpul necesar pentru determinarea punctului navei: 0 min.
- Exemple Radar, DECCA, Sonar, DSOS (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 parcurse 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, curentului, valurilor etc., astfel ca pozitia estimata a navei trebuie controlata periodic prin procedee bazate pe observatii la reperatele costiere de navigatie, la astri etc. .

In navigatia costiera, pozitia navei se determina cu observatii la reperatele de la coasta, in principal cu determinarea directiilor la acestea cu ajutorul compasului magnetic, rezultand relevamente. 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 necesara 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 mentiunile din Anecdote persane ale lui Mohammed al Awfi, unde se povesteste despre un compas arab vazut catre anul 1220. Acesta consta dintr-un ac magnetic fixat de un plutitor, o bucata 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 magnetica au inceput sa se aplice incepand din secolul al XV-lea. Columb aplica, in traversada catre Lumea Noua, 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", asemanatoare cu cea cunoscuta 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 deviatiiilor si solutia teoretica pentru compensarea deviatiiilor compasului magnetic. In secolul XIX s-au realizat primele compasuri cu dispozitive de compensare, pe baza unor principii ce se aplica si in prezent.

La navele 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

realizării unui instrument de orientare perfecționat, independent de efectele magnetismului.

Girocompasul, a cărui funcționare se bazează pe principiul giroscopului, a fost instrumentul care a răspuns acestor cerințe. Deși principiul enunțat era cunoscut încă din anul 1852, în urma demonstrațiilor lui Foucault, instalația electromecanică complexă ce constituie compasul giroscopic, capabilă să funcționeze în condițiile de la bordul navei, a fost realizată abia în anul 1908.

Lochul este instrumentul folosit la bordul navei pentru măsurarea vitezei și a distanței parcurse într-un anumit interval de timp. Lochul ordinar, primul tip de loch folosit la bordul velierelor, a fost realizat către anul 1620. El consta dintr-un sector de lemn, lestat în partea inferioară cu o lamă de plumb și legat de o saula (franghie) în sistem "laba de gasca" ("gura de zmeu"). Pe saula, începând de la un semn numit "deșteptător", se făceau niște noduri separate de spații egale cu distanța parcursă în timp de 30 secunde de către o navă ce merge cu viteza de o milă marină pe ora (1852 Mm/h). Timpul se măsoară cu un nisipar (clepsidra). Pentru măsurarea vitezei navei se făcea saula cu sectorul de lemn la apă, în partea din spate a navei (pupa); acesta se menținea în poziție verticală, ca un punct fix, datorită rezistenței opuse de înaintarea în apă. Când "deșteptătorul" trecea prin mâna marinarului ce făcea saula, se răsturna simultan nisiparul; la scurgerea celor 30 secunde, marcate de nisipar, se stopa filarea saulei. Dacă nava mergea cu n mile pe ora, însemna că prin mâna marinarului se făceau n noduri; pentru simplificarea comunicării, el raporta la comanda navei o "viteză de n noduri". Astfel s-a ajuns la noțiunea de nod, care exprimă viteza de o milă marină pe ora.

În secolul XIX, lochul ordinar a cedat locul lochului mecanic, care consta dintr-o elice cu pas constant, remorcata în pupa navei; rotirea elicei, proporțional cu deplasarea navei, se transmite prin interiorul saulei la un contor mecanic ce indică distanța parcursă. În prezent se folosește lochul hidrodinamic, care determină viteza navei pe baza presiunii hidrodinamice opuse de apă la deplasarea navei și lochul ultrason Doppler, care aplică proprietățile propagării ultrasunetelor în apă de mare și efectul Doppler.

Problemele de navigație estimată și costiera se rezolvă în principal pe hărți marine. Harta marină este reprezentarea plană a unei zone maritime sau oceanice, conținând datele necesare rezolvării problemelor de poziție și drum în navigație: conturul coastei, adâncimea apei, repere de navigație (faruri etc.).

Hidrografia este știința care se ocupă cu efectuarea măsurătorilor și culegerea datelor necesare întocmirii hărților maritime.

Apariția compasului magnetic și eliberarea navigatorilor de grija menținerii în vedere a coastei au creat necesitatea unor hărți maritime destinate uzului navigației. În secolul XIV au apărut hărți pentru navigația în anumite sectoare ale Mediteranei; ele erau mai mult niște schițe ale unor zone maritime restrânse, fără 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 sferice, prin prelucrarea observatiilor si a coordonatelor astrilor, obtinute din efemerida nautica. Observatiile se fac la Soare, pe timpul zilei, iar pe timpul noptii la Luna, planete si stelele cele mai luminoase. Navigatia astronomica 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 premiul de 10000 lire sterline, suma imensa la acea vreme, celui care va putea realiza un cronometru avand suficienta precizie pentru determinarea longitudinii navei cu o eroare de cel mult 60 mile marine dupa 42 de zile de navigatie. Aceasta insemna ca mersa diurna (variata zilnica in mersul cronometrului) sa nu depaseasca valoarea absoluta de 6 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 cronometru realizeaza, intr-un voiaj spre Jamaica, mersa 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, realizate tehnologic stiintific a secolului XX, creeaza posibilitatea rezolvarii 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 inertiiale, celelalte sisteme electronice folosesc proprietatile radioundelor 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 pozitie 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 incununata 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 geamandurilor etc. pe un ecran panoramic, si permite masurarea relevmentului 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 navele 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 lanț de statii de emisie transmit anumite radiosemnale; cu ajutorul unor receptoare speciale, la bord se determina diferenta de distanta la fiecare doua statii. Locul geometric de egala diferenta a distanțelor la doua statii este o hiperbola, ale carei focare, de pozitie

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^o retea 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 diferenta de distanta la perechea de statii observate prin masurarea diferentei de timp dintre momentele receptiei impulsurilor de la cele doua statii. In prezent se dispune de doua sisteme, LORAN A, LORAN C, al 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, asa 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 diferenta de distanta la perechea de statii se determina cu receptorul decca prin masurarea diferentei de faza. Este cel mai precis sistem de radiolocatie, motiv pentru care este aplicat indeosebi la acoperirea zonelor dificile de navigatie si a acelora 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 diferenta de distanta la perechea de statii observate prin masurarea diferentei de faza. data fiind marea distanta de actiune realizata, sistemul omega la scara terestra cuprinde numai opt statii 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 gravitatie, cu o anumita perioada de revolutie. Principiul aplicat este similar celor de la sistemele hiperbolice, cu diferenta ca statiile de emisie sunt realizate la bordul satelitilor, ale caror pozitii pe orbite la momentul observatiilor 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 giroscopie de performanta. Un calculator electronic specializat rezolva ecuatiile 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 algebrica 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 evidentierea evolutiei impetuoase traite de navigatie de-a lungul veacurilor, ca una dintre cele mai importante ramuri a transporturilor la scara planetara. Ca si in celelalte tipuri de transport, datorita izolarii oamenilor aflati la bordul navelor maritime fata de posibilitatile de interventie in caz de pericol, siguranta in functionare a echipamentelor de navigatie si de mentinere a vietii reprezinta cea mai importanta cerinta a proiectarii si intretinerii.

1.2. Conditii constructive si de ambianta

1.2.1. Regimuri de functionare

Regimurile de functionare in care sunt chemate sa lucreze echipamentele de automatizari navale sunt in general dificile, mai ales pentru echipamentele situate la bordul navelor. Conditii dure de ambianta si constructive, la care se adauga cerintele unei fiabilitati ridicate, impun in general masuri deosebite, tinand cont de factori precum:

- apa de mare in contact cu echipamentele de pe punte poate produce corozii puternice (prin inundare, stropire, pulverizare) sau deformari mecanice datorate presiunilor statice sau dinamice; pe timp de furtuna, puntea este spalata permanent de valuri care lovesc partile exterioare ale echipamentelor, la care se adauga forta vanturilor incarcate in general cu o mare cantitate de apa si saraturi;

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

- regimul de socuri si vibratii la care este supus echipamentul de automatizare este, in general, dependent de dimensiunile navei si de locul de amplasare al acestuia la bord. Pe nave mici, pe timp de furtuna, socurile sunt mai pronuntate decat pe o nava de mari dimensiuni, in timp ce echipamentele destinate a lucra in apropiere de sala masinilor unei nave mari sau a unor remorchere puternice poate avea de indurat un regim de vibratii accentuat. In general clasificarea conditiilor de proiectare din acest punct de vedere se face dupa criteriile 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 - rului, 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 ploii 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 strat-uri groase producand suplimentar solicitari mecanice ce pot duce adesea la rupere sau deteriorare. Conditiiile 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 depuneri 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 aparatelor, 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 puntea 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:

Situatie 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 pasive;
- realizare fiabila;

Situatie la bord:

* de exterior:

- fiabilitate sporita;
- gama larga de temperaturi in functionare;
- protectii anticorozive eficiente;
- 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 pasive 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 crescuta) sunt:

- calda - echipamentul de baza functioneaza impreuna cu rezervele, insa acestea nu sunt solicitate (lucreaza in stare de asteptare, 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);

- automata - 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).

RFb - radiofar de baza;

RFr - 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:

$$R_g = R_b + R_c R_r - R_b R_c R_r$$

unde:

Rg - functia de fiabilitate generala a celor doua radiofaruri;

Rb - functia de fiabilitate a radiofarului de baza;

Rr - functia de fiabilitate a radiofarului de rezerva;

Rc - functia de fiabilitate a comutatorului.

In aceste conditii, rezulta:

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

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 senzitivitate evalueaza 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 deviatoare 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 evidentiaza: 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 absorbție. Se remarca faptul ca la frecventele 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"³ 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, dispunand de suficienta putere in emitator, cu frecvente 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 aflate 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 frecventele folosite pentru radiolocatia navala, odata cu cresterea distantei fata de emitator, receptia aceluiasi 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 frecvente 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:

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

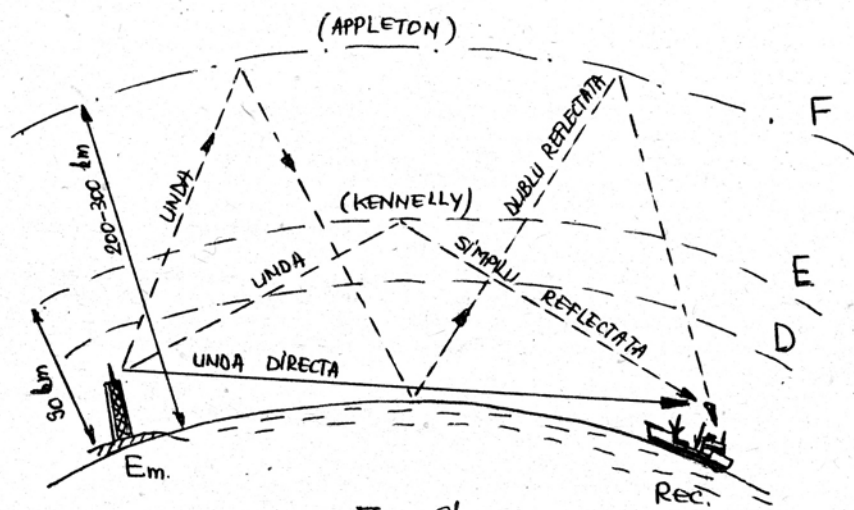


Fig. 6'

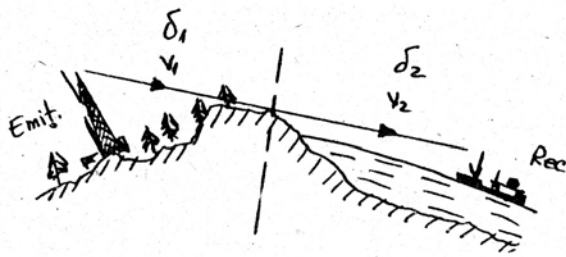


Fig. 6''

Medii de propagare cu proprietati diferite

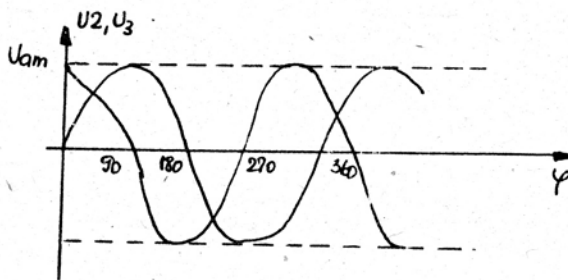
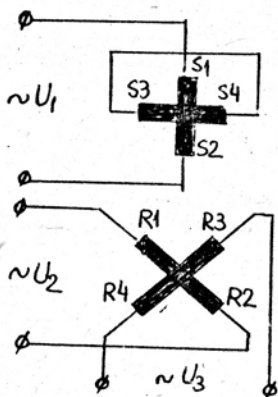


Fig. 7

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

$$\epsilon_r = \frac{\Delta_v}{v_2};$$

unde cu ϵ_r s-a notat eroarea relativa. δ_1, δ_2 sunt densitatile mediilor de propagare. Precizia sistemelor de navigatie electronica depinde de frecventa, de aceea la sistemele la scara planetara se aleg, in detrimentul acestora, frecvente joase, in timp ce la sisteme foarte precise (radiogoniometru, radiofaruri directionale, radar) se aleg unde de frecvente 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 electronice¹

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 ϕ al rotorului, transformatoarele rotative se impart in:

- transformatoare rotative sinusoidal 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.

¹Acestea vor fi tratate pe larg in subcapitolul referitor la traductoare pentru elemente de semnalizare navala.

Cele doua infasurari statorice sunt decalate cu 90 grade electrice. Pe rotor se gasesc dispuse doua infasurari secundare:
 - o infasurare R1 - R2, la bornele careia se obtine o tensiune alternativa U2;
 - o infasurare R3 - R4, la bornele careia se obtine o tensiune alternativa U3.

Si aceste infasurari rotorice sunt decalate cu 90 grade electrice. Amplitudinea U2 este proportionala cu sinusul unghiului de rotire al rotorului, $\sin \phi$, iar amplitudinea U3 este proportionala cu cosinusul unghiului de rotire, $\cos \phi$.
 Daca la TRSC se roteste statorul fata de rotor cu un unghi de $-\pi/4$, amplitudinile tensiunilor secundare sunt date de relatiile:

$$\begin{aligned} U_2 &= U_{om} \cos(\phi - \pi/4); \\ U_3 &= U_{om} \sin(\phi - \pi/4). \end{aligned}$$

unde U_{om} este amplitudinea maxima a tensiunii electromotoare induse in infasurarile secundare.

Transformatorul rotativ liniar (TRL)

Transformatorul rotativ liniar (TRL) se obtine din transformatorul rotativ sinusoidal cosinusoidal utilizand conexiunea reprezentata in figura 8. Se leaga in serie infasurarea statorica S1 - S2 cu infasurarea rotorica R3 - R4, iar tensiunea alternativa de alimentare U1 se aplica la bornele infasurarii primare S1 - R4. La bornele infasurarii secundare R1 - R2 se obtine o tensiune de iesire U2 a carei amplitudine este proportionala cu unghiul de rotire al rotorului ϕ in limitele de +/- 90 grade, cu o eroare mai mica de 1%. Din figura se observa ca la o rotire a rotorului intr-un sens sau altul fata de pozitia de zero, faza tensiunii de iesire se schimba cu 180 grade. In schema pilotului automat SAMSIT (Rusia) se utilizeaza transformatorul rotativ liniar atat ca traductor de intrare, cat si ca traductor de reactie.

Dependenta dintre amplitudinea tensiunii de iesire si unghiul de rotire al rotorului transformatorului rotativ liniar este data de relatia:

$$U_2 = C_1 \phi$$

unde C_1 este factorul de transfer al TRL, de obicei situat in plaja 0,5...0,6 V/grad.

Factorul de transfer al TRL este dat de inclinarea dreptei care trece prin origine si are ecuatia:

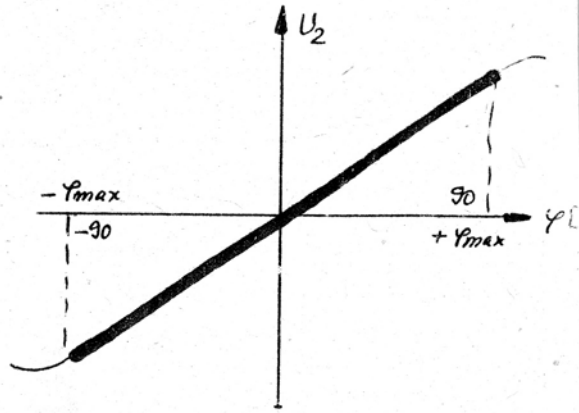
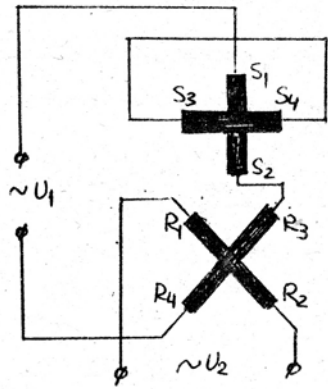


Fig. 8

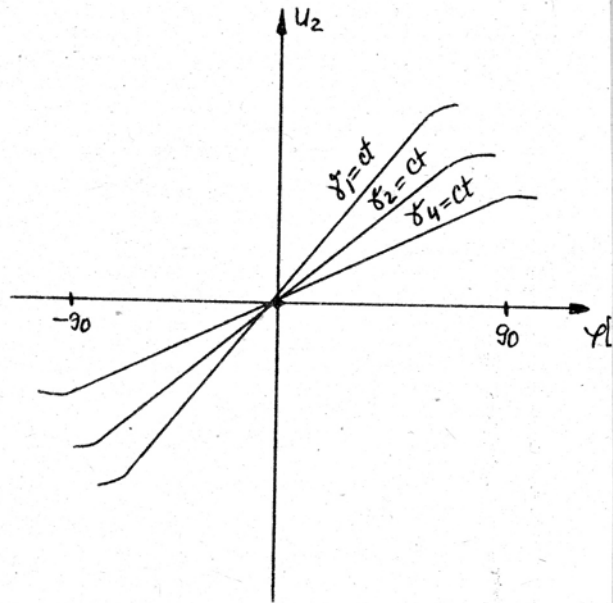
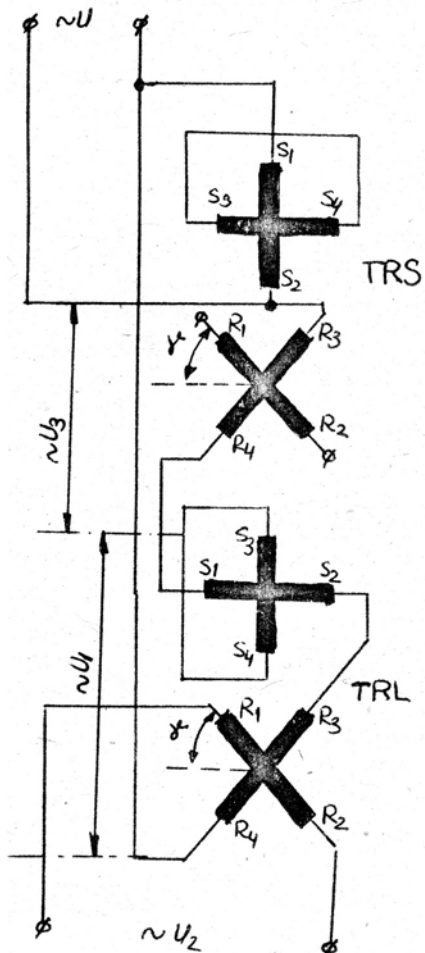


Fig 9

$$U_2 = f(\phi)$$

Preluarea curentului de la transformatoarele rotative se realizeaza prin doua procedee: cu ajutorul inelelor colectoare si a periiilor (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.

Ultimele 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 comuna, care se leaga in paralel cu infasurarea statorica S1 - S2 a TRS si se alimenteaza cu aceeaasi 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 γ 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 iesire a TRL si unghiurile 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 rotorului TRS. Elementul principal al traductorului de intrare este un TRL conectat cu un TRS. Daca se regleaza factorul de

transfer C_2 , se regleaza factorul de transfer k_i 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 stea, decalate spatial cu 120 grade electrice. Infasurarile 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 atat 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 reseaua electrica monofazata, iar circuitul trifazat este dispus pe stator. Infasurarea de excitatie absoarbe 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 infasurarile 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:

$$\begin{aligned} E_{12} &= \sqrt{3} E_{om} \sin \phi; \\ E_{23} &= \sqrt{3} E_{om} \cos \left(\phi - \frac{\pi}{6} \right); \\ E_{31} &= \sqrt{3} E_{om} \sin \left(\phi - \frac{2\pi}{6} \right) \end{aligned}$$

unde:

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

ϕ - unghiul de rotire a rotorului fata de stator.

Comparand relatiile de mai sus cu cele precedente se poate

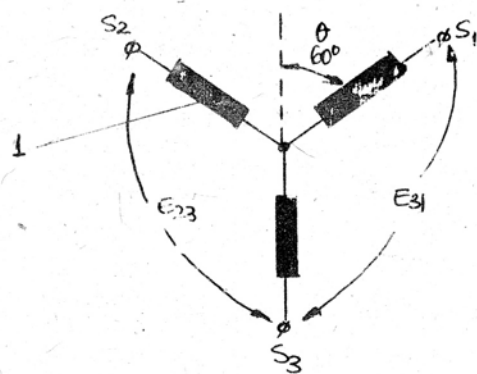
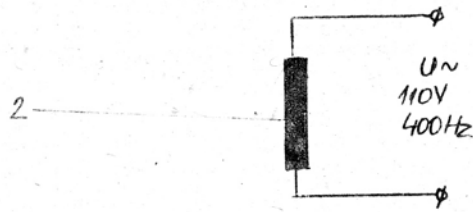


Fig 10

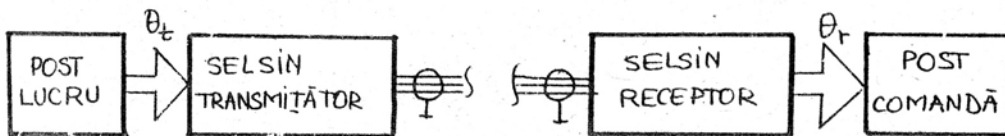


Fig 11

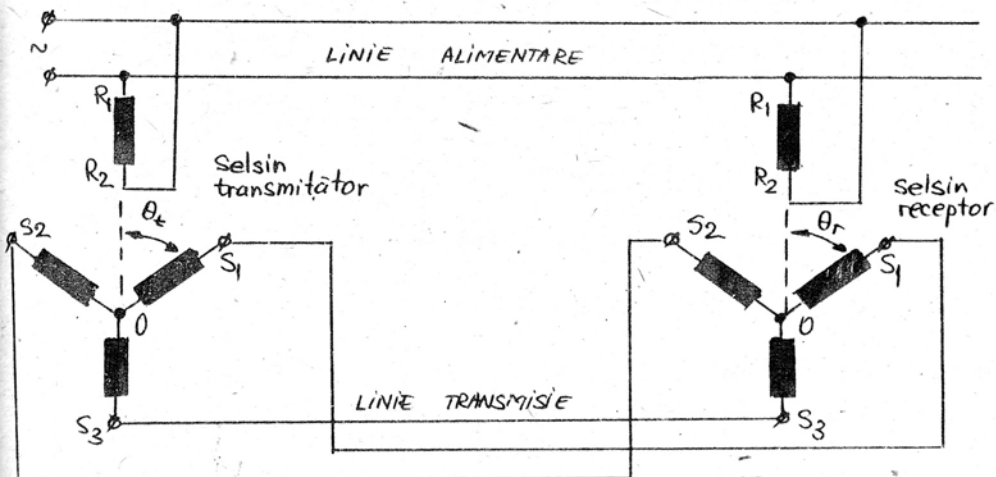


Fig 12

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 relatia:

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

Se observa ca amplitudinea tensiunii E₃₁ este proportionala cu sinusul unghiului 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 transmitator si unul receptor, cuplate electric intre ele.

Rotorul selsinului transmitator este invartit de catre postul de lucru prin intermediul unui angrenaj, cu unghiul θ_c .

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 θ_r care va

fi egal cu θ_c . Deci:

$$\theta_r = \theta_c.$$

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 oarecare catre pupitrul de comanda se utilizeaza selsine in regim de indicator. Postul de lucru este elementul de executie, iar postul de comanda este pupitrul 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 aceeaasi retea electrica, iar circuitul trifazat se conecteaza in opozitie, faza cu faza.

Unghiul de decalaj al celor doua selsine este egal cu:

$$\theta = \theta_c - \theta_r$$

Deoarece s-a utilizat un circuit secundar trifazat, cuplul electromagnetic depinde de unghiul de decalaj θ și nu de celelalte două unghiuri. Când membrul drept al ecuației precedente este nul, cuplul electromagnetic este de asemenea nul.

Dacă apare un unghi de decalaj între cele două selsine, apare și cuplul electromagnetic, care tinde să mărească unghiul θ_r și să micșoreze unghiul θ_c . Cuplul rezistent din postul de lucru fiind de valoare mare, cuplul electromagnetic nu poate modifica poziția rotorului selsinului transmitator θ_c . Deoarece pe rotorul selsinului receptor există numai un ac indicator, cuplul rezistent din postul de comandă este de valoare mică, astfel cuplul electromagnetic îl învinge și modifică poziția unghiulară θ_r până când se stabilește egalitatea de mai sus.

2.1.1.3. Tahogeneratorul de curent continuu

Tahogeneratorul de curent continuu este un traductor viteză unghiulară - tensiune destinat asigurării unei tensiuni proporționale 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 excitație fiind constant, tensiunea generală este proporțională cu viteza de rotație a rotorului, adică:

$$U_g = C_3 \Omega$$

unde:

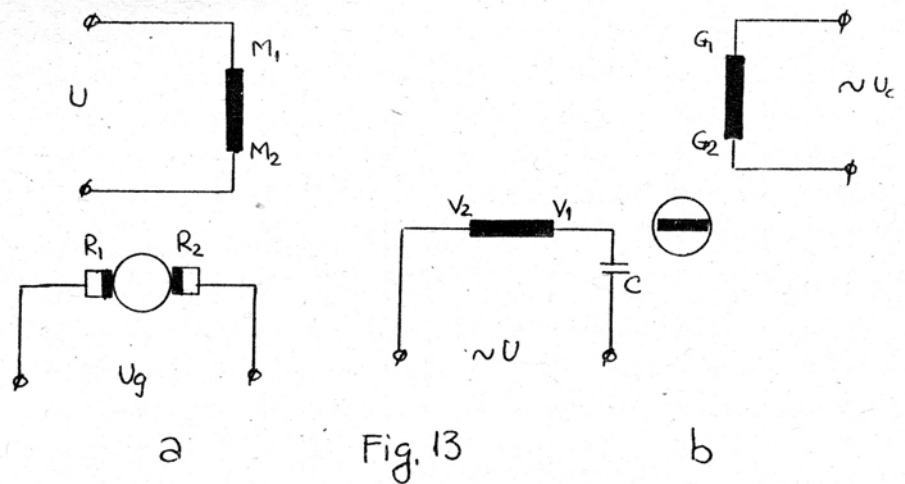
- C_3 - coeficient de proporționalitate;
- Ω - viteza de rotație a rotorului.

Viteza de rotație a rotorului este proporțională cu viteza abaterii navei de la drum, adică:

$$\Omega = C_4 \frac{d\alpha}{dt}$$

cu:

- C_4 - coeficient de proporționalitate;



a

Fig. 13

b

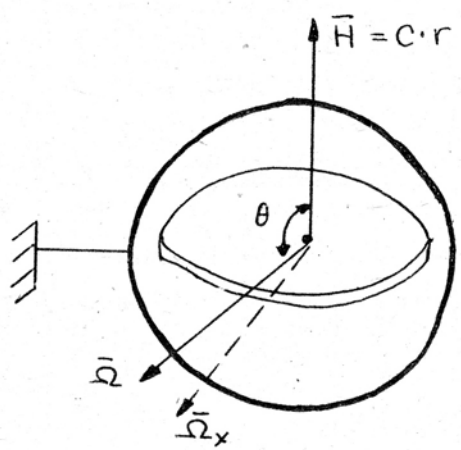


Fig. 14

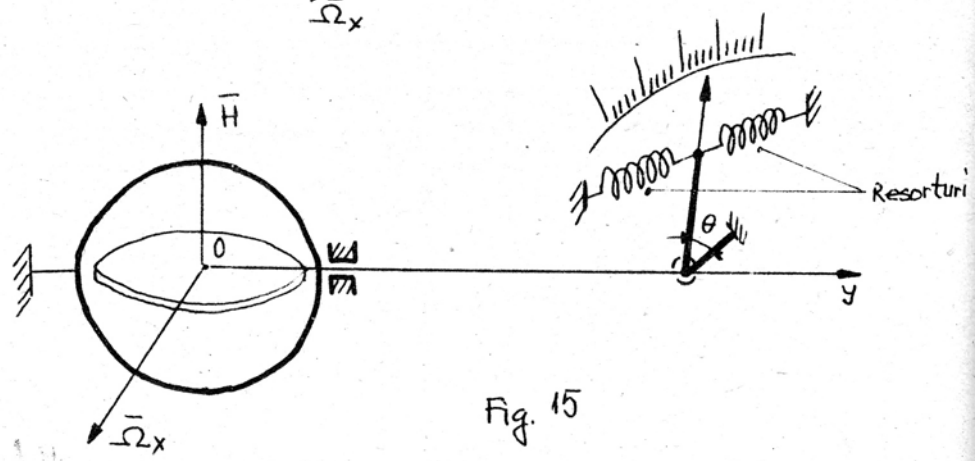


Fig. 15

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

$$U_y = C_3 C_4 \frac{da}{dt} = C \frac{da}{dt}$$

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 cinetic al giroscopului;

Ω - vectorul rotatie al carterului giroscopului;

C - cuplul de reactie al carterului asupra giroscopului.

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

unde θ - unghiul format de cei doi vectori.

Daca momentul cinetic al giroscopului este constant, cuplul este proportional cu Ω cu conditia ca θ sa fie constant.

Pentru transformarea indicatiei cuplu in indicatie deplasare, ceea ce este usor de realizat cu ajutorul unui resort (figura 15), unghiul θ nu mai este constant, iar deplasarea nu mai este proportionala cu cuplul. Se poate face numai masurarea componentei Ω_x a vectorului Ω 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.

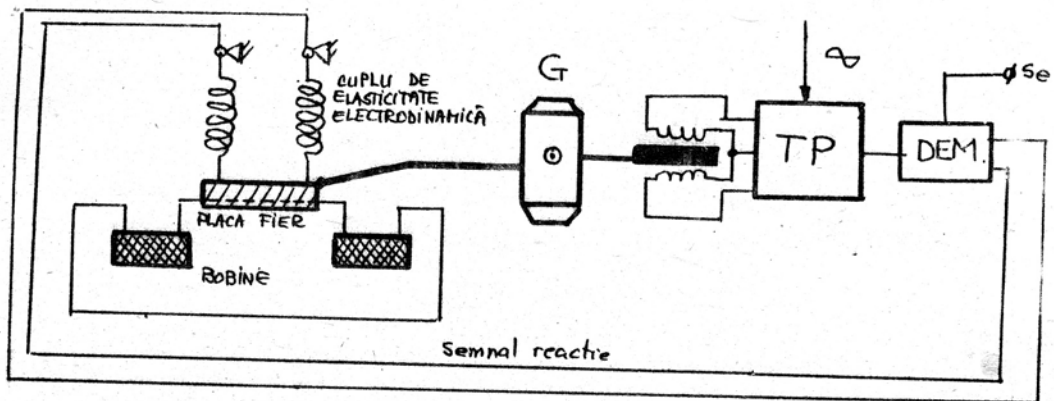


Fig. 16

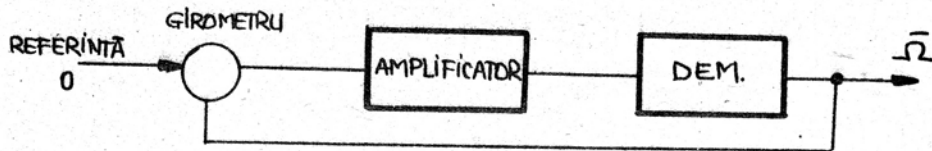


Fig. 17

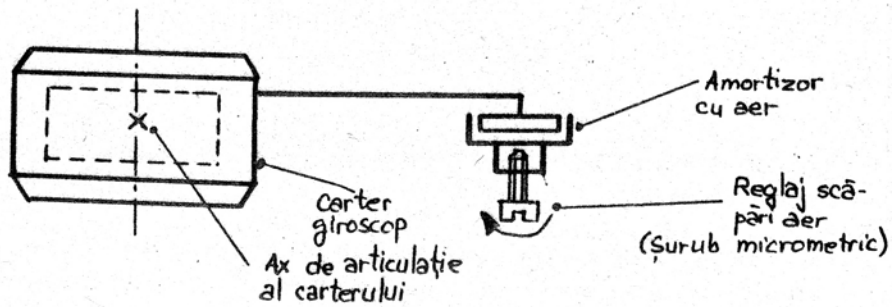


Fig. 18

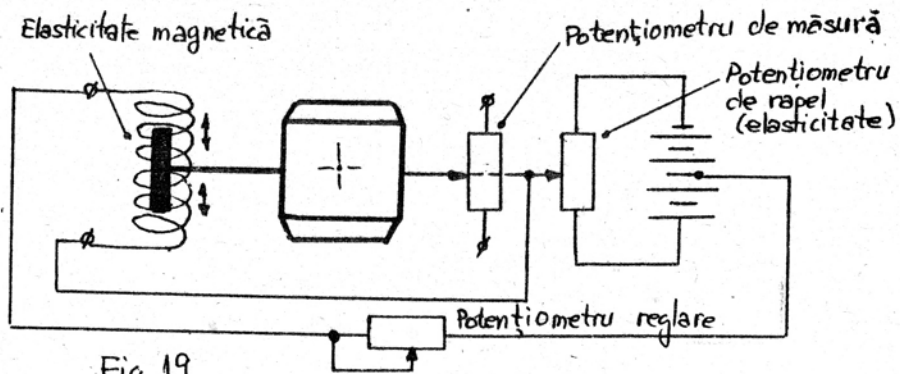


Fig. 19

Răspunsul girometrului este cu atât mai corect cu cât inertia B1 a carterului în raport cu axa OY este mai mică.

La dispozitivele girometrice de calitate trebuie eliminată bataia, reducând-o sub 5 grade. Cursa axului potentiometrului, la traducerea mișcării prin potentiometru, este de ordinul a +/- 5 mm. În acest caz, discriminarea a 100 - 1000 niveluri devine extrem de dificilă. Sistemul îmbunătățit constă în utilizarea unui cuplu de elasticitate variabil, în așa fel încât girometrul să rămână la zero. Valoarea acestui cuplu corespunde riguros liniar vitezei unghiulare de tradus. Realizarea acestui dispozitiv de cântărire este însă complicată, deoarece el realizează o reglare automată chiar în etajul traductor. În consecință se admite o ușoară bataie, care constituie semnalul de eroare al sistemului de reglare automată. Dispozitivul elastic este de natură electrică (cu electromagneți și resorturi - figura 16). Notatiile de pe desen reprezintă:

G - giometru;
TP - traductor de poziție;
DEM - demodulator;
Se - semnal teaire.

Schema funcțională a fost reprezentată în figura 17. Curentul de ieșire este proporțional cu viteza unghiulară de măsurat. Acest tip de giometre au fost utilizate pentru prima dată la rachetele germane V1 și V2 în 1944.

Elemente constructive ale girometrului

La giometrele de acest tip există 2 parametri principali: coeficientul de frecare al amortizorului (realizat în general cu aer) și coeficientul de elasticitate (corespunde resoartelor în cazul unui dispozitiv mecanic sau rezistențelor suplimentare în cazul unui dispozitiv magnetic - figura 19).

Alegerea parametrilor de reglare depinde de destinația girometrului. Cu cât coeficientul de amortizare este mai mic, cu atât rezonanța va fi mai pronunțată, ceea ce poate duce la inconveniente grave în etajul traductor. Lagarele pe care se sprijină masa giometrică au evoluat de la cel cu frecare la rulmenți cu bile, de alunecare, iar în cele din urmă s-a ajuns la lagare cu aer.

2.1.1.5. Traductorul accelerometric

Pentru menținerea stabilității, în afară de traducerea vitezei unghiulare este necesară traducerea și a accelerației unghiulare. Un semnal format din aceste două mărimi - uneori și poziție unghiulară - este trimis înaintea motorului carmei la pilotul automat, în amplificator.

Un accelerometru trebuie să detecteze accelerații unghiulare slabe (aproximativ $1 \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2}$) cu o zonă 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 iesire;
- 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:

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

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:

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

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 \vec{B} . Rezulta ca tensiunea obtinuta la bornele de iesire 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_1, K_2 - constante constructive ale traductorului;

H - intensitatea campului magnetic;

L - distanta intre electrozi;

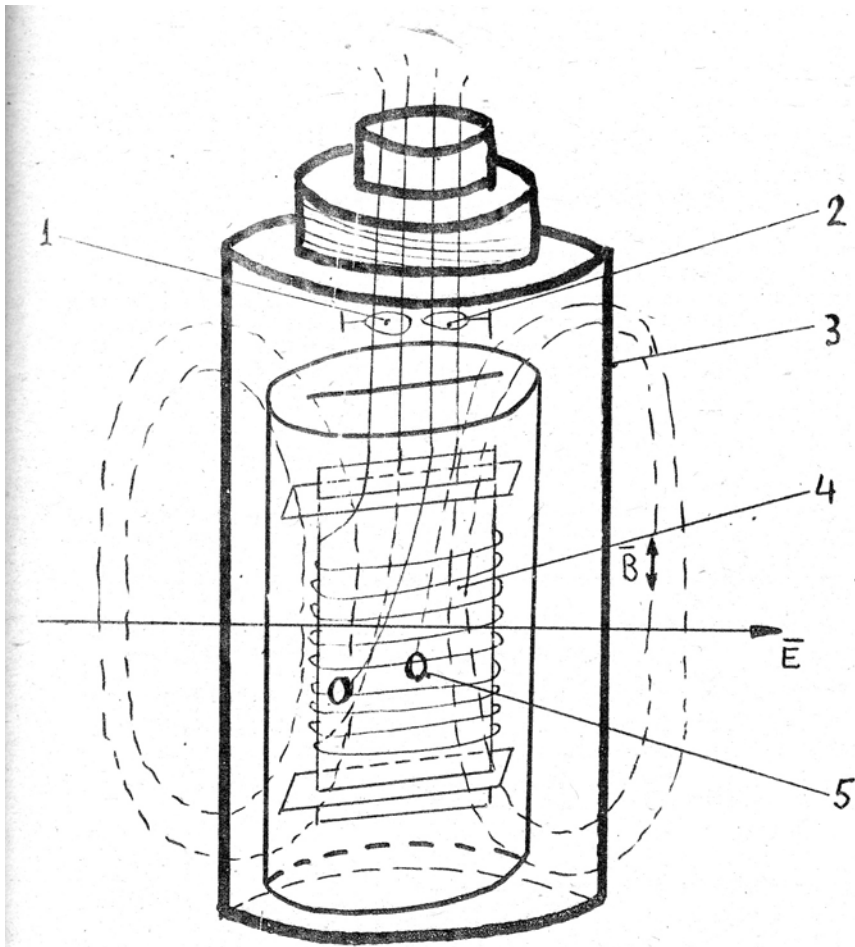
v - viteza de deplasare a fluxului de apa.

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.

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

Al doilea termen:

este un semnal defazat cu 90 grade fata de semnalul util si este dat de variatia inductiei magnetice. Rezulta ca semnalul util



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

Fig. 22

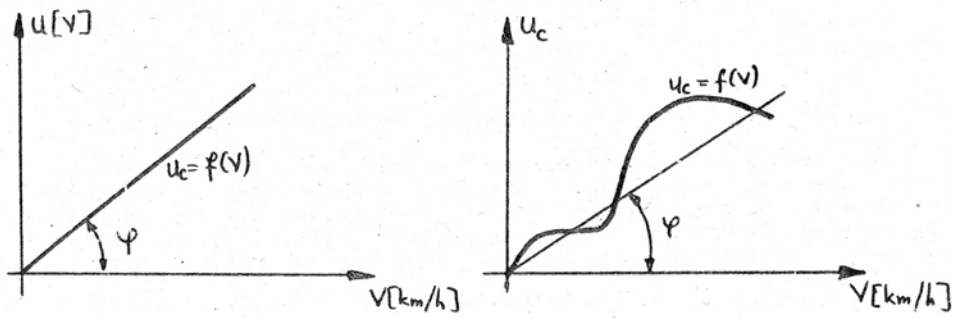


Fig. 23

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

este dat de viteza de deplasare a apei.

$$U_c = f(v).$$

Graficele variației liniare teoretice a tensiunii de ieșire a traductorului inductiv în funcție de viteză și a variației reale a tensiunii de ieșire a traductorului inductiv funcție de viteză sunt prezentate în figura 23. Panta caracteristicii este:

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

kn - nod maritim.

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

Pentru eliminarea acestor neliniarități se utilizează un semnal de corecție. De asemenea este necesară eliminarea semnalului parazit U_{cvadr} , defazat cu 90 grade față de semnalul util. Erorile remanente ale lochului, după reglarea acestuia, nu depășesc valoarea dată de relația:

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

$\Delta V'_{\text{loch}}$ - eroarea instrumentală a lochului;

V - viteza navei;

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

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

Eroarea lochului după distanța parcursă Δ_s în gama vitezelor 10 ... 30 noduri nu depășește valoarea dată de relația:

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

unde s reprezintă distanța parcursă în mile marine.

2.1.1.7. Traductorul piezoelectric de ultrasunete

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

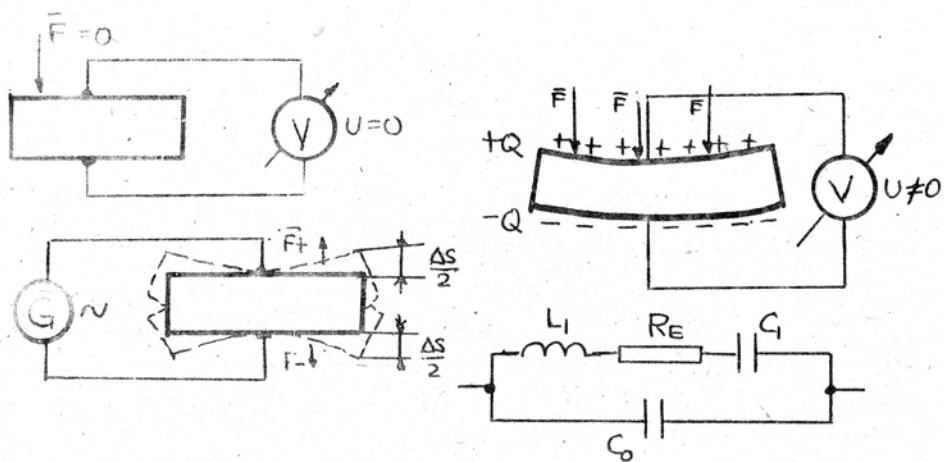


Fig. 23b

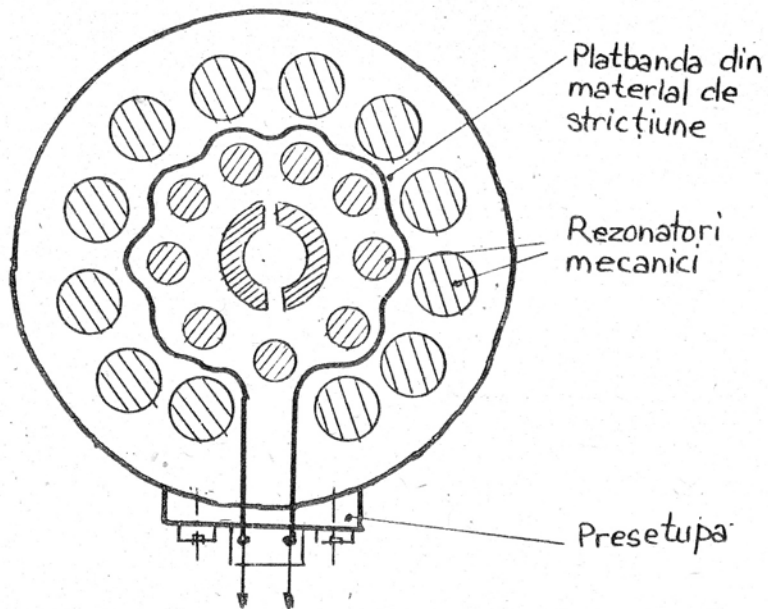
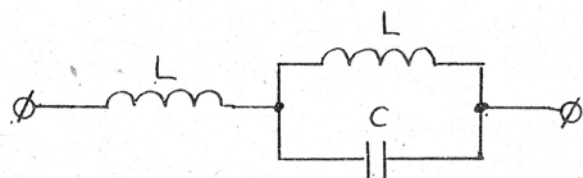


Fig. 23c

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

Sistemul mecanic, construit dintr-o placa piezoelectrica, electrozi de legatura si suport se poate utiliza ca rezonator piezoelectric. La alimentarea acestuia cu o tensiune avand o anumita frecventa, placa piezoelectrica se va deforma cu o frecventa data de frecventa tensiunii de alimentare. In contact cu apa, placa piezoelectrica oscileaza cu o frecventa de domeniul ultrasunetelor. Frecventa proprie de oscilatie a placii piezoelectrice este:

$$f = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

unde:

- l - lungimea placii piezoelectrice;
- E - modulul de elasticitate al lui Young;
- n = 1,2,3,... corespunzator fundamentalei sau armonicilor (ordinul armonicii);
- ρ - densitatea materialului.

Schema electrica echivalenta (fig. 23b) are frecventa de rezonanta serie:

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

iar cea derivatie:

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

dar

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

adica f_s si f_d sunt de valori apropiate.

Valorile practice sunt:

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

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

$$R_r = 10^2 \Omega.$$

Parametrii electrici echivalenti 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 plasata 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 creeza campul magnetic si nu depinde de orientarea campului magnetic.

Deformarea barei este data de relatia:

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

in care termenii reprezinta:

- d - deformatia barei;
- K - coeficient de proportionalitate;
- B1 - inductia campului magnetic;
- ω - 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

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

(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 proceselor 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 inconjurato, de socuri mecanice, asigura un bun contact termic cu mediul a carui temperatura se masoara. 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 ambiant 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 rezistenta electrica 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 admisa a raportului W:

- pentru Pt cls I: +/- 0,0005;

- pentru Pt cls. II: +/- 0,0014;

- pentru Cu cls. 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 disipata 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 al 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 miscare, 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 audeaza 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 placa cu brne 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 explozibila (tancuri petroliere).

Caracteristici functionale

1. Tensiunea electromotoare este functie liniara de temperatura.

2. Coeficientul de variatie a rezistentei 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 numarul de termoelemente;
- 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 al protectiei climatice.

2.2. Traductoare pentru echipamente de semnalizare optica navala

2.2.1. Efectul fotoelectric intern

Daca un semiconductor este iluminat, lumina ii traverseaza suprafata patrundand in volumul sau. Adancimea de patrundere depinde de natura semiconductorului si de lungimea de unda a radiatiei luminoase, λ . 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.

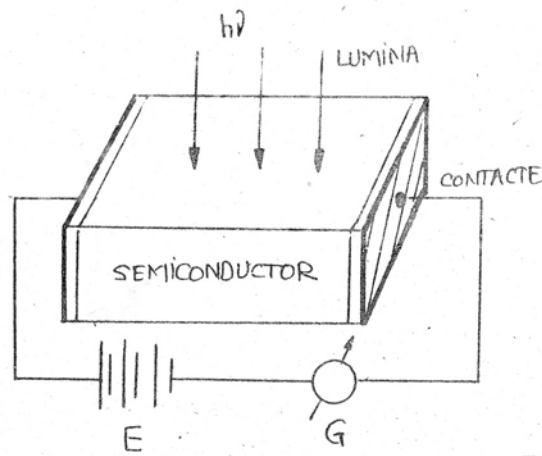


Fig. 24

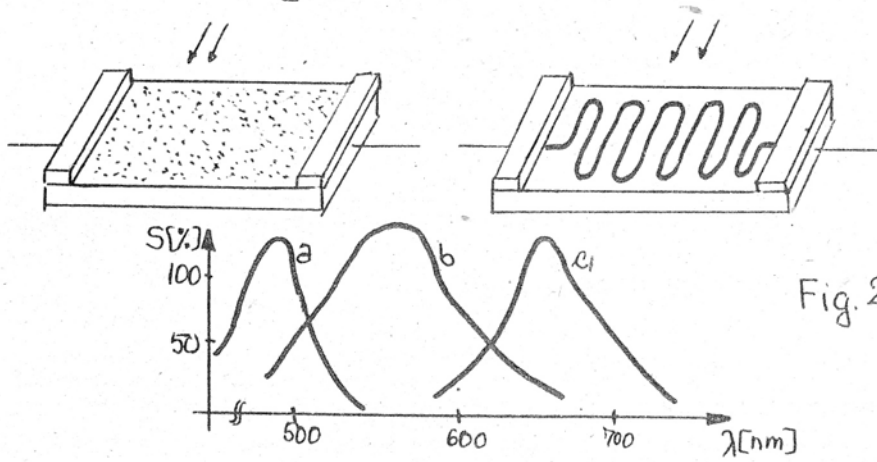
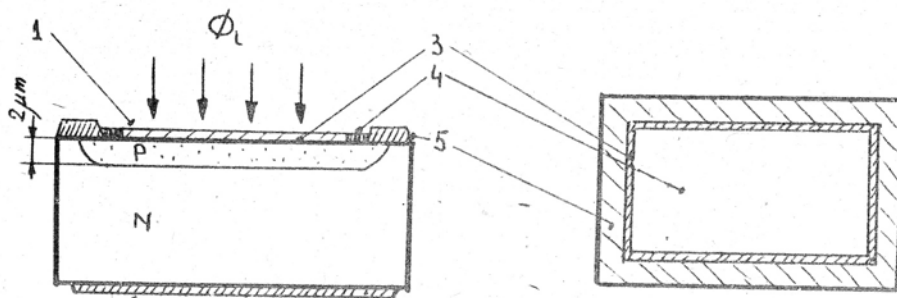


Fig. 25



1. Strat antireflectant
2. Contact inferior
3. Suprafata fotosensibilă
4. Contact superior
5. SiO₂

Fig. 26

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

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

Principali parametri ai fotorezistoarelor sunt:

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

$$\frac{\Delta I}{\Delta E} \Big|_{\sigma\text{-ct.}} = 1 \dots 10 \text{ [mA/Lx]}$$

(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 optoelectronic 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 borne 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 deplaseze 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 asemanatoare 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:

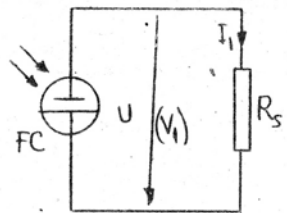


Fig. 27

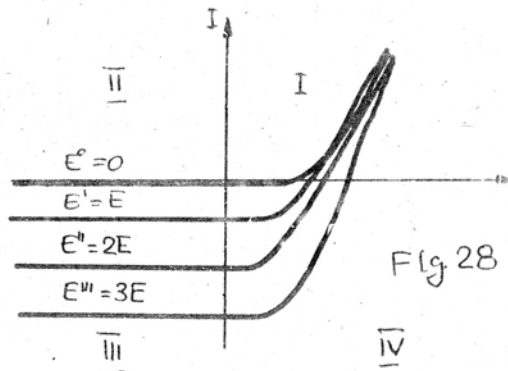


Fig. 28

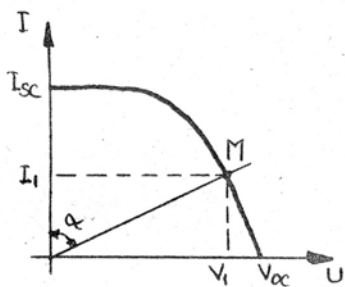


Fig. 29

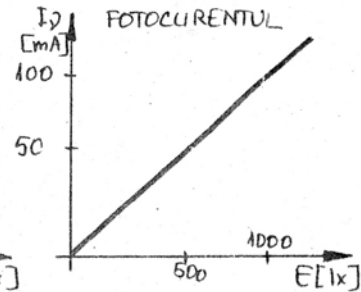
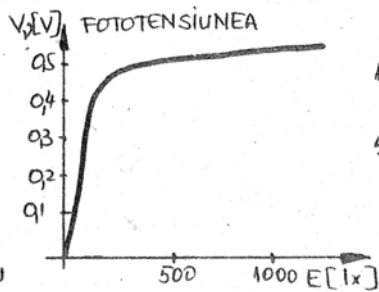


Fig. 30

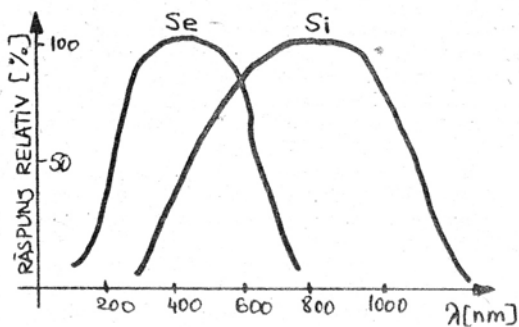


Fig. 31

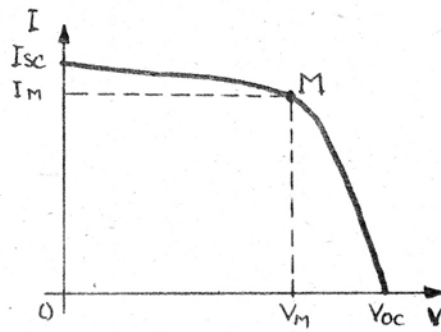
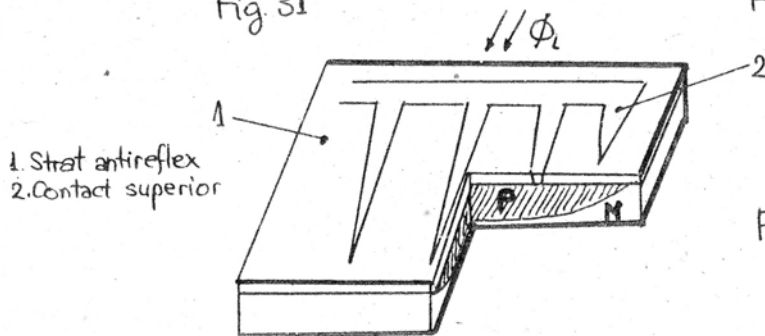


Fig. 32



1. Strat antireflex
2. Contact superior

Fig. 33

portiuinea din cadranul III reprezinta functionarea in conditiile polarizarii inverse;

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

portiuinea din cadranul I reprezinta corespondentul caderii din exterior a unei tensiuni directe.

Pentru o celulă fotovoltaică este esențială funcționarea în condițiile absenței polarizării externe, corespunzătoare curbei din cadranul IV a caracteristicii curent - tensiune. Cu referința referitoare la sensul curentului electric reprezentat invers, aceasta alura 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) - Voc.

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 I₁ și având pe el căderea de tensiune V₁, îi va corespunde un punct de funcționare M pe figura precedentă. Se observă că:

$$R = \frac{V_1}{I_1} = \operatorname{tg} \alpha.$$

Prin urmare, alegerea punctului de funcționare definește în mod echivoc valoarea rezistorului ce trebuie folosit. Cei doi parametri esențiali ai unei celule fotoelectrice I_{sc} și Voc 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 mărirea ariei fotosensibile. O iluminare mai puternică va determina mărirea vitezei de generare și ca urmare va conduce la creșterea numărului purtătorilor liberi care participă la curent. Valorile Voc și I_{sc} depind diferit și de temperatura - creșterea temperaturii provoacă o mărirea a curentului de scurtcircuit și o micșorare a tensiunii de circuit deschis. În cazul celulelor fotovoltaice cu Si scăderea 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 solara este destinată conversiei directe a energiei luminii solare în energie electrică. Are aria activă de ordinul centimetrilor pătrați sau zecilor de centimetri pătrați. Acest tip de fotocelule prezintă o joncțiune P - N și își bazează funcționarea pe efectul fotovoltaic. Parametrul principal este randamentul conversiei:

$$\eta = \frac{P_g}{P_{in}} = \frac{V_g I_g}{P_{in}}$$

unde:

P_m - puterea maxima furnizata de celula;
 P_{in} - puterea radiata incidenta pe suprafata fotosensibila;
 V_m, I_m - 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 | η [%] | I_{sc}/S [cm^2] | Voc [mV] |
|------------|------------|-----------------------|----------|
| Si | 12 | 30 | 590 |
| Ga As | 20 | 27 | 930 |
| CdTe / CdS | 7 | 17 | 500 |
| Cu2S / 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:

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

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 intineric:

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

unde:

W - puterea lampii utilizate, exprimata in W;

n - numarul de eclaturi pe secunda;

t1, t2, ... - lungimea fiecarui eclat [s];

S1, S2 - 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 V1 - V2 si de comanda G1 - G2 (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 liniar 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 invartirea 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 invartire a rotorului de faza tensiunii de comanda, acest motor este sensibil la faza.

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

$$\Omega(\tau) = \frac{d\Phi}{dt} = k U_c$$

unde:

k - coeficient de proportionalitate (constanta constructiva);

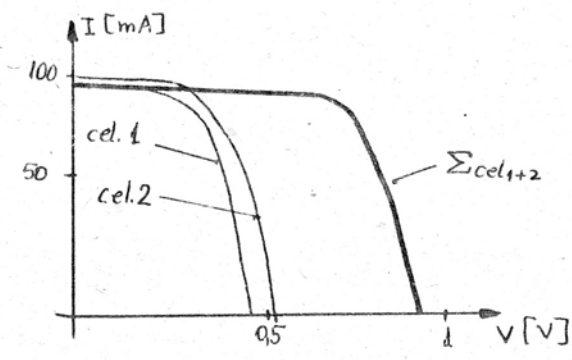


Fig. 34

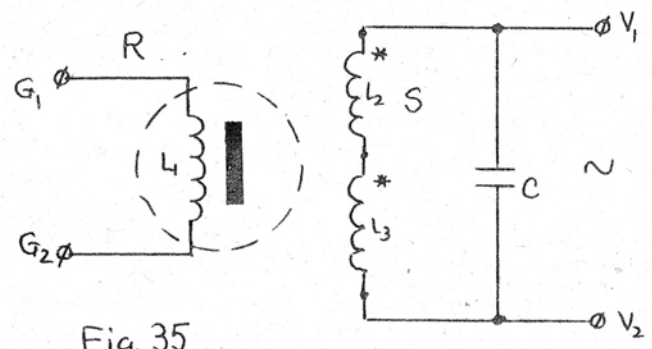


Fig. 35

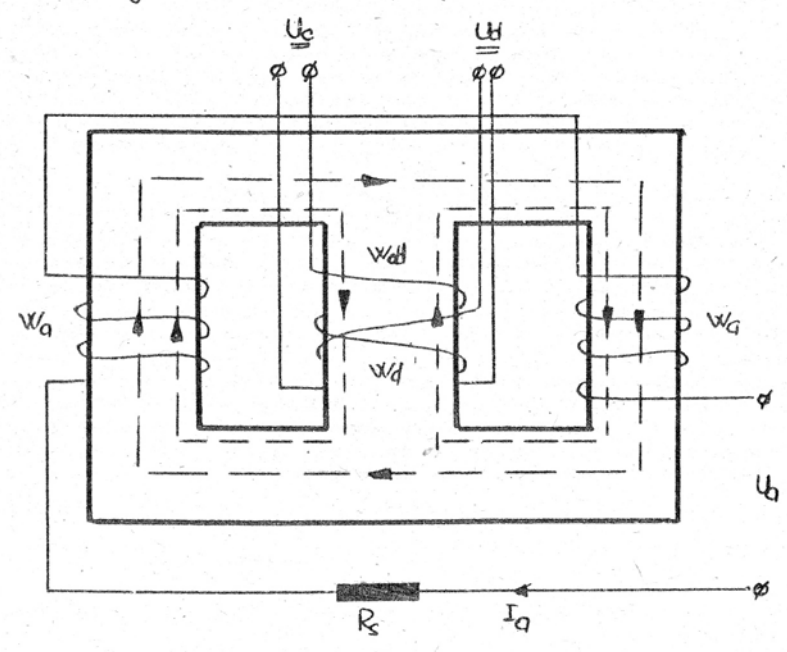


Fig. 36

$\Phi(t)$ - unghiul de învârtire a rotorului;
 U_0 - valoarea efectivă a tensiunii de comandă.

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

Prin urmare se observă că 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 nelinearitatea caracteristicii de magnetizare a unor materiale feromagnetice.

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

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

Înfășurările de curent alternativ sunt conectate în opoziție, încât fluxurile create de curentul alternativ în coloana interioară se anulează reciproc și nu se induce nici o tensiune electromotoare în înfășurările de curent continuu. În absența tensiunii de comandă, impedanța înfășurărilor de curent alternativ este mare, iar curentul alternativ care circulă prin rezistența de sarcină este de valoare redusă, numindu-se curent de mers în gol.

Dacă la bornele înfășurării W_{cd} se aplică o tensiune continuă, are loc magnetizarea miezului și prin urmare scade impedanța înfășurării 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 înfășurării de deplasare rezultă din dorința obținerii unui curent minim de mers în gol. Amplificatorul magnetic se mai numește și drosel de saturație. 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