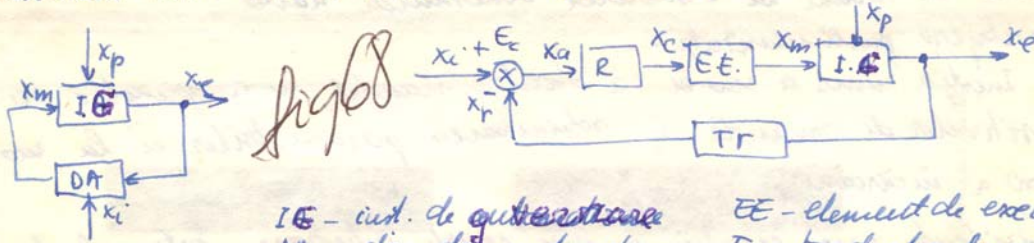


PILOTUL AUTOMAT

Pînă sistem automat de guvernare se înțelege ansamblul format din instalația de guvernare și din dispozitivul de automatizare. Dispozitivul de automatizare este format din ansamblul elementelor de automatizare al instalației de guvernare.

Structura unui sistem automat în circuit închis.



IG - inst. de guvernare  
 DA - disp. de automatizare  
 EC - element de comparație  
 R - regulator  
 EE - element de execuție  
 Tr - traductor de reacție  
 $x_a$  - mărimea abaterii

Mărimile care intervin:  $x_e$  - mărime de c-dă;  $x_i$  - mărime de intrare;  $x_r$  - de referință  
 $x_p$  - mărime perturbatoare;  $x_m$  - de execuție

În blocul de comparație se compară mărimea de intrare  $x_i$ , cu mărimea de reacție  $x_r$ , care reprezintă de fapt valoarea reală a mărime de ieșire. Mărimea de acțiune  $x_a = x_i - x_r$  este proporțională cu mărimea abaterii mărime de ieșire  $x_e$  de la valoarea prescrisă. Dacă mărimea de ieșire  $x_e$  este egală cu valoarea prescrisă pînă mărime de intrare, atunci  $x_i = x_r$  și  $x_a = 0$ . Funcție de valoarea și semnul mărime de ieșire de acțiune, blocul regulator va interveni cu o mărime de c-dă  $x_a$ , în sensul anularii abaterii mărime de ieșire de la val. prescrisă, adică pînă cînd  $x_a = 0$ .

Mărimea de comandă este de un nivel energetic redus de aceea acționează asupra instalației automatizate pînă întotdeauna elementului de execuție EE.

Rețeaua a putea fi comparată în blocul comparator, mărimea de reacție trebuie să fie de aceeași natură fizică ca cea de intrare (dat. traductorului). Blocul regulator elaborează mărimea de c-dă  $x_a$ , funcție de mărimea de acțiune  $x_a$ . După legea de reglare, regulatorul pot fi:

- PROPORȚIONALE (P),  $x_c = K_p x_a$
- PROPORȚIONAL DIFERENȚIALE (P.D),  $x_c = K_p (x_a + T_d \frac{dx_a}{dt})$
- PROPORȚIONAL INTEGRAL (PI),  $x_c = K_p (x_a + \frac{1}{T_i} \int x_a dt)$
- PROPORȚIONAL INTEGRAL-DIFERENȚIALE (PID);  $x_c = K_p (x_a + T_d \frac{dx_a}{dt} + \frac{1}{T_i} \int x_a dt)$

$K_p$  - coeficient de amplificare  
 $T_d$  - constanta de timp de derivare;  $T_i$  - cant. de timp de integrare.

Pilotul automat este destinat menținerii automate a navei pe o direcție pe crasă și schimbării automate a direcției de navigație, fie după o lege cerbotică fie după un program emoseut.



### Avantajele utilizării pilotului automat:

- micșorarea oscilațiilor navei pe traiectorie, ceea ce reduce timpul de per-  
cuzie a distanțelor cu oca 6%;
- scăderea consumului de combustibil pe unități de decizii și operații autonome navei;
- creșterea duratei de utilizare a instalației de guvernare prin micșorarea ne-  
marului de conectare cu 30 ÷ 40%;
- se elimină erorile minore în conducerea navei; cartilajul permanent  
la timonă se reduce la observarea drumului navei.

### Dezavantajerea particularități:

- Inertia mare a navei ca obiect comandat, în comparație cu inertia mică  
a dispozitivelor de comandă și schimbarea parametrilor ei la modificarea vi-  
tetei ori a încărcării;
  - existența unei reacții inverse rezistivă întinsoare. Sistemul de urmărire pentru  
comanda cărmei are viteza mică de lucru, datorită dependenței neliniare complexate  
dintre momentul rezistent al disp. de execuție și unghiul de bandare al cărmei.
  - caracterul aleator al forțelor perturbatoare care apar ca urmare a acțiunii  
valurilor, curentilor, vântului, elicilor, etc. asupra corpului navei. Existența a  
datoră externă exterioare (de intrare și perturbatoare) aplicate în puncte defecte ale  
sistemului, ducă la următoarele regimuri de funcționare:
    - regimul de comandă automată, care include regimul de stabilizare (men-  
ținerea automată a navei pe drumul dat);
    - regimul de manevră automată (reținerea automată a drumului în  
conformitate cu o anumită manevră);
    - regimul de comandă după un program.
  - regimul de urmărire pentru comanda cărmei, regim în care reacția inversă  
după abaterea unghiului de drum este realizată prin intermediul torcușului.
- d) o altă particularitate este legată de asigurarea condițiilor de funcționare fără  
defecțiuni a sistemului, siguranța navei fiind legată de fiabilitatea acestui sistem.

### Clasificarea instalațiilor de PA

#### Criterii:

- după modul de prelucrare a semnalelor electrice:
  - PA ~~cont~~ continuu, care elaborează o tensiune de comandă pentru  
oare valori ale semnalelor de intrare;
  - PA discontinuu, care lucrează numai pentru anumite valori ale  
semnalelor de intrare (în general realizat cu elemente bipositive, cum ar fi relee,  
contactoare).
- după legea de reglare:
  - PA cu lege PD
  - PA cu lege PID
  - PA cu lege de reglare complexă, realizată de obicei cu aj. calc. e-analogice  
sau numerice.



-după dispozitivele utilizate la realizarea PA:

- PA electromecanic realizat cu elemente electromagnetice, cu contact sau fără și cu defecte elemente de legătură mecanică;
- PA electronic, realizat cu elemente semiconductor.

Principiul de funcționare al PA

- nu poate fi separat de funcționarea întregului sistem de conducere a navei din care face parte.

Sistemul automat de conducere a navei este un sistem în circuit închis având două circuite de reacție inversă

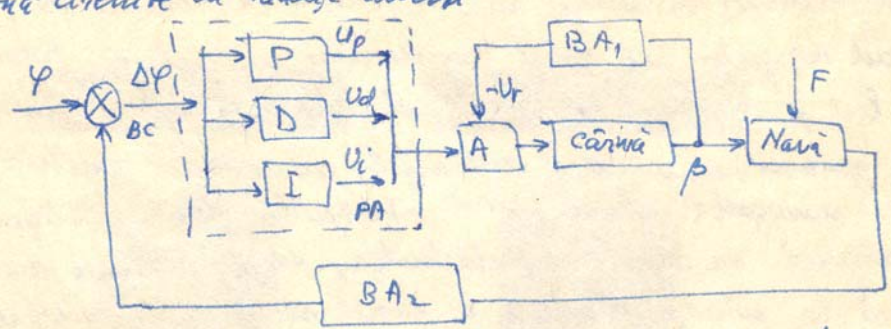


fig 69

BA - blocuri de adaptare; P - bloc proporțional, I - integrator, D - derivator  
A - amplificator

Pilotul automat propriu-zis este un regulator cu o lege de reglare de tip PID.

Circuitul reacției anterioare este realizat cu diferite dispozitive (exemplu soluție) și furnizează o tensiune electrică proporțională cu unghiul real de bandare al cârmii β. PA este instalația de guvernare împreună cu circ. de reacție inversă asigurând formarea unui sistem automat în circuit închis, care poate funcționa independent în regim de urmărire sau de stabilizare.

Reacția inversă <sup>externă</sup> este realizată de obicei de sistemul de urmărire al instalației girocompasului și conține informații privind abaterea navei de la unghiul de drum stabilit. În afara instalației de la girocompas, în sist. automat de conducere a navei se pot introduce informații de la sonde ultrasonice, instalația de radar, anticol etc.

Se presupune că nava are o direcție de navigație stabilită și date-rita acțiunii perturbatiilor exterioare F, și abate de la drum cu unghiul φ.

La intrarea PA se aplică o tensiune electrică proporțională cu unghiul abaterii. PA fiind un bloc de tip PID are legea de reglare dată de relația:

$$U = K_p [\Delta\varphi + \frac{d(\Delta\varphi)}{dt} + \int \Delta\varphi dt]$$

Tens. la ieșire:

$$U = U_p + U_d + U_i$$

$$U_p = K_p \Delta\varphi$$

$$U_d = K_d \frac{d(\Delta\varphi)}{dt}$$

$$U_i = K_i \int \Delta\varphi dt$$



Componenta derivativă  $U_d$  rezultată la ieșirea regulatorului de tip D este proporțională cu viteza de variație a unghiului abaterii, respectiv cu viteza de rotație a navei. Dacă abater valoarea unghiului abaterii se menține la o valoare constantă,  $U_d = 0$ . Semnul depinde de sensul de variație a unghiului abaterii.

Componenta derivativă mărește stabilitatea sistemului prin compensarea defazajului în urma introducerii de celelalte elemente din sistem. Deci acest bloc are o acțiune anticipativă, mărimea lui de crenă fiind în avans de față față de mărimea de intrare într-o anumită bandă de frecvență.

Blocul integrator are rolul compensării asimetrice sistemului, țevn. la ieșirea lui fiind proporțională cu integrala de timp a abaterii navei de la drumul ~~paralel~~ impus. Dacă oscilațiile navei sunt simetrice în jurul direcției de navigație atunci  $U_i = 0$ . Presența blocului integrator face ca reglarea să fie astatică în raport cu perturbarea, adică acțiunea acestui bloc continuă până la întreaga anulare a erorii staționare, indiferent de mărimea perturbăției.

-Datorită constantii de timp de integrare mare, în regimul de manevră al navei sau de introducere a corecțiilor, blocul integrator este deconectat automat. Astfel se micșorează timpul de răspuns al sistemului automat.

Tensiunea rezultată la ieșirea PA este comparată cu tensiunea dată de circuitul reacției negative întoarcere. Tensiunea rezultată din circuitul de reacție întoarcere este proporțională cu unghiul real de bandă a cărui  $\beta$ , ca factorul de amplificarea  $K_r$  ni este:

$$U_r = K_r \beta$$

Blocul de adaptare  $BA_1$  este un traductor electric de unghi. De obicei se folosesc relee sau potențiometre, cuplate cu axul cărui. Rezultă deci că la intrarea amplificatorului sensibil la față A se aplică o tensiune dată de relația

$$U_1 = U_p + U_d + U_i - U_r$$

După amplificarea, tensiunea este aplicată la elementele de execuție ale instalației de guvernare sub acțiunea căreia navea revine la drumul prescris.

Pentru reducerea numărului mare de conexiuni ale instalației de guvernare, pe timp de furtună când abaterile navei de la direcția prescrisă se micșorează cu o frecvență mare, unele scheme au prevăzut filtre de intrare acedate pe frecvența de oscilație a navei, sau dispozitive cu timpuri fixe reglabile, pentru stabilirea timpului de conectare a instalației de guvernare.

#### Acordarea parametrilor PA

Alegerea parametrilor  $K_p, K_d, K_i, K_r$  se face în funcție de proiectarea sistemului în funcție de caracteristicile navei ca obiect comandat și ale instalației de guvernare.



Ratona multitudinii de instalații ce apar în exploatare, valoarea acestor parametri este optimă numai în cazuri particulare. Reglarea valorilor acestor parametri se face pe navă în funcție de informația reală de lucru, care ține cont de viteza navei, de gradul de încărcare al acestora, starea mediului înconjurător, etc.

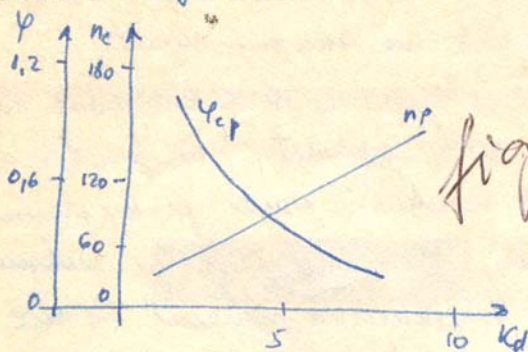
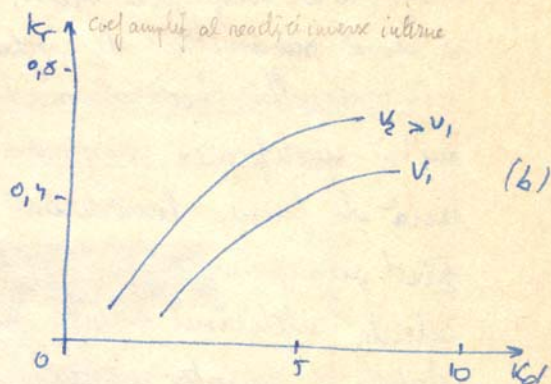


fig 70



În figura este dată dependența valorii amplitudinii medii de a oscilației navei în jurul direcției de navigație și prevenția de bandare a cârmei, în funcție de valoarea coeficientului de amplificarea al blocului D,  $K_d$ .

Se constată că pe măsură ce factorul de amplificarea a blocului derivator crește, valoarea amplitudinii oscilațiilor navei în jurul direcției de navigație  $y_{cp}$  scade. Totuși, dacă  $K_d$  crește peste o anumită valoare, în sistem se produc autooscilații și sistemul devine instabil. În afara de aceasta, cu creșterea lui  $K_d$  crește și urmăriul de corectare  $n_p$  ale instalației de guvernare.

Este deci de preferat a stabili o valoare medie pentru  $K_d$ .

Coeficientul de amplificarea al reacției interne  $K_r$ , este unul din parametrii principali de acordare. Valoarea acestui coeficient se stabilește în funcție de viteza navei, starea mării, direcția vântului și valoarea coeficienților  $K_d$  și  $K_i$ . În figura (b) este dată dependența valorii  $K_r$  de coef.  $K_d$  la două viteze diferite ale navei. Se constată creșterea valorii optime a coeficientului  $K_r$ , odată cu creșterea vitezei navei. De asemenea valoarea  $K_r$  crește odată cu creșterea coeficientului  $K_d$ . O scădere a coeficientului  $K_r$  față de valoarea optimă înăbușă, este procesul tranzitoriu mărind amplitudinea devierii navei și ca atare poate duce la pierderea stabilității.

O particularitate a sistemului automat de conducere a navei este tendința de a lucra în regim de autooscilație. Oscilațiile de înaltă frecvență, dinși nu produc devierea navei de la drumul cuprins, conduc la uzoarea prematură a aparatelor, în special a motoarelor de acționare. Oscilațiile de joasă frecvență produc în afara oprii instalației și deviații neamortizate ale drumului navei. Autooscilațiile apar în sistem în jurul







a. Regiunea de stabilizare - este selectat prin comutatoarele  $b_1$  (poziția 1) și  $b_2$  (poziția 2). În acest regim pilotul automat trebuie să mențină navea pe drumul  $\varphi$  prestabilit. La abaterea navei de la unghiul de drum, prin reacția inversă externă se obține un curent electric proporțional cu mărimea abaterii.

Reacția inversă externă este realizată cu ajutorul girocompasului. Informația privind mărimea abaterii este transformată într-un curent electric dat de sursa SG, din circuitul de urmărire al girocompasului. Sursa de drum SD va transforma curentul electric primit de la sursa SG într-un unghi proporțional de rotație al rotorului său. Unghiul de rotație al rotorului sursii de drum SD este transmis la tahogeneratorul TG și prin transmisia reversibilă cu melc TH și diferențialul D la transformatorul rotativ liniar TrD și la sursa receptor SR.

Transformatorul liniar TrD este un bloc proporțional și de la bornele lui se culege o tensiune proporțională cu mărimea abaterii dată de relația:

$$U_1 = k_1 \Delta \varphi$$

Acastă tensiune se aplică la bornele transformatorului rotativ etalon TrE. Componenta derivativă a tensiunii de reglare

$$U_2 = k_2 \frac{d(\Delta \varphi)}{dt}$$

proporțională cu viteza de variație a unghiului de abatere, se obține la bornele tahogeneratorului TG și după amplificarea, în blocul A, este aplicată la înfășurarea rotativă a transformatorului rotativ etalon TrE.

Componenta integratoare se obține de la transformatorul rotativ liniar integrator TrI, cuplat mecanic cu un bloc electromotor animeron reductor MR, și care este alimentat de la sursa receptor SR. Oscilațiile asimetrice ale navei în jurul poziției de drum (abatere asimetrică) se acumulează la blocul motor animeron-reductor și acesta va roti ce un unghi proporțional rotorul transformatorului TrI. La bornele de ieșire ale transformatorului se va obține o tensiune proporțională cu integrala din abaterea navei de la drumul impus.

$$U_3 = k_3 \int \Delta \varphi dt$$

Acastă tensiune se aplică la înfășurarea rotativă a transformatorului rotativ etalon TrE. Dacă oscilațiile navei sunt sinusoidale cu drumul impus, atunci oscilațiile rotorului motorului animeron MR, (alimentat de la sursa receptor SR) se amortizează în reductor și nu va exista curent la bornele de ieșire ale transformatorului TrI.

Tot la rotorul transformatorului rotativ etalon se aplică o tensiune de reacție proporțională cu unghiul real de bandare al cârmei  $\beta$ :

$$U_4 = k_4 \beta$$



data de circuitul de reacție interioră a pilotului automat. Acest circuit este realizat de transformatorul rotativ - liniar Tr R, al cărui rotor este cuplat mecanic cu axul cârmei. Tensiunea de c-dă rezultată la ieșirea din blocul motor Tr E este dată de relația:

$$U_c = U_1 + U_2 + U_3 - U_4 = k_1 \Delta \varphi + k_2 \frac{d\Delta \varphi}{dt} + k_3 \int \Delta \varphi dt - k_4 \beta$$

și se aplică la intrarea amplificatorului sensibil la faza A<sub>2</sub>. După amplificarea și adresare este din nou amplificată în blocul amplificator de putere A, și aplicată elementului de execuție EE, care acționează în final asupra mării de cârmă MC. Pentru amortizarea oscilațiilor instalatzei de guvernare datorate stării mării, la intrarea amplificatorului sensibil la faza A<sub>2</sub>, se introduce încă un canal de reacție negativă, proporțional cu tensiunea de alimentare a motorului de execuție, prin blocul de corecție EC,

$$U_5 = k_5 U$$

Se realizează astfel o creștere a stabilității sistemului. Când navea începe să se rotească sub influența cârmei în sensul micșonării abaterii, se schimbă sensul răsirii SD (sens de rotație), se micșorează tensiunea proporțională U<sub>1</sub> și se schimbă faza tensiunii de la tahogenerator rezultând la ieșirea amplificatorului sensibil la faza o tensiune de polaritate inversă, care va roti în final cârma către pozitiv de zero, navea revenind la unghiul de drum impus.

Coefficienții k<sub>1</sub>...k<sub>5</sub> sunt reglabili și valorile lor se stabilesc în funcție de caracteristicile navei și ale instalatzei de guvernare. Reglarea lor se face în condiții reale de lucru, în funcție de încercarea navei, de viteza de drum și de condițiile de mediu.

Introducerea unei corecții asupra direcției de deplasare a navei se face prin rotirea timoniei T. Se consideră de asemenea că navea se găsește în regim stabilitat pe direcția impusă. Introducerea corecției face să apară la intrarea amplificatorului sensibil la faza A<sub>2</sub> o tensiune de comandă dată de relația:

$$U_2 = k \alpha_1$$

în care α<sub>1</sub> este unghiul de corecție.

Tensiunea de comandă este dată sumării de blocul proporțional Tr D, deoarece canalul de la tahogenerator este nul și circuitul de integrare este decuplat automat. Decuplarea circuitului integrator se face pentru micsorarea timpului de răspuns al sistemului.

Elementul de execuție va roti cârma cu unghiul impus și la transformatorul rotativ liniar etalon Tr E și va aplica o tensiune proporțională cu unghiul de bandare al cârmei β, dată de transformatorul rotativ Tr R, și aplicată în opoziție de faza cu tensiunea de comandă.



sub acțiunea cârmei, nava începe să se rotească spre noua direcție de deplasare. Din acest moment începe să apară și reacția externă, dată de sistemul sistemului de urmărire al girocompasului SG. La intrarea amplificatorului servabil la fară A<sub>2</sub>, tensiunea de comandă rezultată din deplasarea timonier se va micșora datorită tensiunii obținute prin circuitul proporțional și derivativ și cârma se va roti spre planul diametral al navei.

În acest moment tensiunea de comandă este dată de relația:

$$U_c = k_1(\alpha - \psi) - k_2 \frac{d\psi}{dt} - k_3 \beta$$

În care  $\psi$  este unghiul de rotire al navei sub acțiunea cârmei. Se observă că în acest regim tahogeneratorul da o tensiune proporțională cu derivata unghiului de rotire al navei. Rotația navei continuă până la realizarea corectiei de unghi impusă.

b. Regimul de urmărire - este utilizat în timpul manevrării navei și atunci când se stabilește o nouă direcție de navigație. În acest regim de funcționare, reacția ~~externă~~ a sistemului este anulat prin bacerea comutatorului b<sub>1</sub> pe poziția 2.

De asemenea este decuplat automat și circuitul de integrare. În acest regim, sistemul de guvernare este în circuit închis, având o mișcare reacție inversă, după unghiul de bandare  $\beta$  al cârmei. Rotind timoniera cu un anumit unghi, acesta este convertit într-un semnal electric proporțional, care este aplicat la bornele de intrare ale TRL - T<sub>RE</sub> și apoi la intrarea amplificatorului servabil la fară A<sub>2</sub>. Tot la bornele transformatorului T<sub>RE</sub> se aplică și tensiunea de reacție negativă proporțională cu unghiul de bandare al cârmei. La terminarea rotației cârmei cu același unghi, cele două tensiuni devin egale și în opoziție de fază și întreg sistemul intră în repaus.

c. Regimul de comandă manuală de la distanță - În acest regim prin comutatoarele b<sub>1</sub> și b<sub>2</sub> arzate pe poziția 2, pilotul automat este decuplat.

Unghiul de comandă este transformat în voltajul S<sub>1</sub> într-un semnal electric care este redresat în blocul P, și aplicat la amplificatorul de putere A.

Cârma va urmări unghiul de rotire al timonier.

**PILOTUL AUTOMAT de timp ATR**. PA. ATR este levrat de asemenea de firmă sovietică.

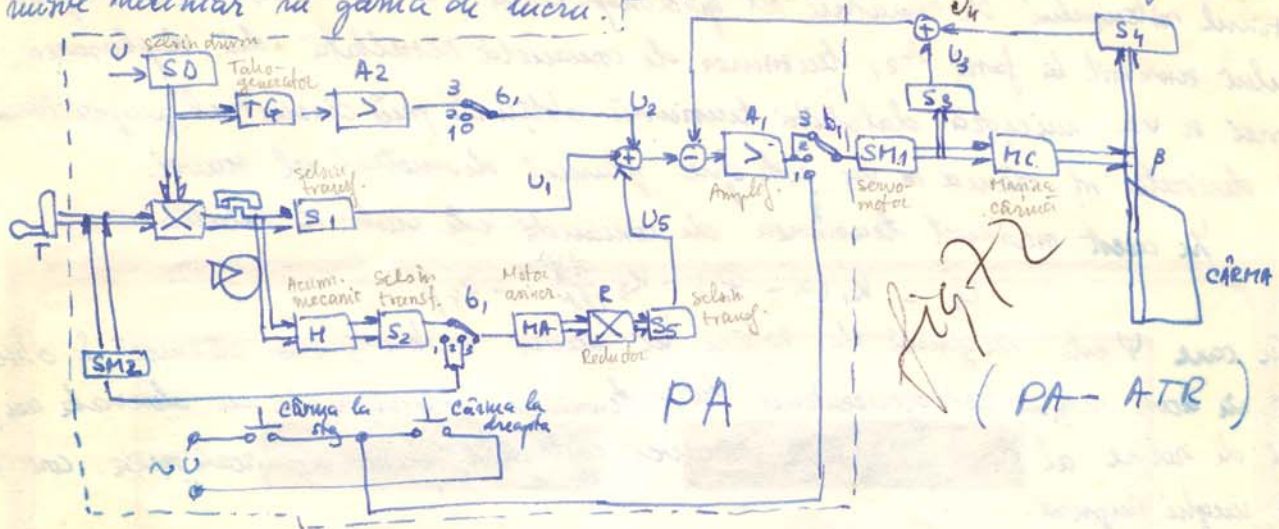
El realizează o Regie de reglare proporțională diferentiale integratoare.

Se deosebește de pilotul automat timp AR prin înlocuirea transformatorilor rotative cu scheme și printr-o schemă de funcționare diferită.

Legătură electrică dintre blocuri a fost simbolizată pe schemă cu o linie simplă iar cea mecanică cu o linie dublă. PA-ATR funcționează în același regimuri ca și PA-AR. Schema conține circuitul derivativ, realizat cu un motor sincron bifazat cu rotor în gol TG, ce lucrează în regim de tahogenerator și amplificatorul transformat cu un etaj și cu o venă prin transfor-



Acest circuit de derivare are avantajul prezentei în nominalul de ieșire a unei componente defazate cu  $90^\circ$  electrice a ajunge la valori de 300 mV, când rotorul este născut. De asemenea, circuitul are născutitate redusă și are un coeficient de transmisie neliniară în gama de lucru.



Circuitul de integrare al erorii este realizat de acumulatorul mecanic H, solenul transformator S<sub>2</sub>, motorul anverosa MA, reductorul R și solenul transformator S<sub>5</sub>. Se constată că este un dispozitiv de integrare electromecanic cu următoarele avantaje: caracteristica de ieșire asimetrică (datorită jocurilor mecanice ale transmisiei); nu permite eliminarea rapidă a nominalului acumulat; nu permite o reglare rapidă a coeficientului de transmisie. În afară de acestea, caracteristicile circuitului de integrare depind de vâzitate temperaturii mediului ambiant și de dependența cuplului motor rezistent și al reductorului de temperatură.

a. Regimul de stabilizare automată a drumului navei, independent de influența perturbățiilor este obținat pe poziția 3 a comutatorului b<sub>1</sub>. Solenul de drum SD, prezente de la girocompas o tensiune U, proporțională cu mărimea abaterii navei de la direcția impusă. La intrarea amplificatorului A<sub>1</sub>, ieșirea tensiunea U<sub>1</sub> rezultată la ieșirea solenului transformator S<sub>1</sub>, tensiunea U<sub>2</sub> proporțională cu viteza de variație a abaterii și tensiunea U<sub>5</sub> rezultată din circuitul de integrare. Servomotorul SM<sub>1</sub> este conectat și acționarea ampara maninii cărmei MC, în nominal anulării abaterii. Reacția negativă internă se obține prin tensiunile U<sub>3</sub> și U<sub>4</sub>, date de solenul S<sub>3</sub> și S<sub>4</sub>. Aceste tensiuni sunt proporționale cu unghiul de bandare al cărmei și sunt în opoziție de fază cu tensiunea de intrare în transformatorul A<sub>1</sub>.

b. Regimul de urmărire - În acest regim este decuplată reacția inversă exterioară obținută de la girocompas prin trecerea comutatorului b<sub>1</sub> pe poziția 2. De la solenul transformator S<sub>1</sub> se obține o tensiune U<sub>1</sub>, proporțională cu unghiul de rotație al ținemii și care apoi prin amplificatorul A<sub>1</sub> comandă servomotorul SM<sub>1</sub>. Acesta acționează ampara maninii de cărmă rotind totodată și solenul transformator S<sub>3</sub>. Solenul S<sub>3</sub> este astfel reglat încât tensiunea U<sub>3</sub> obținută la bornele lui este mai mică decât tensiunea U<sub>1</sub> rezultată de la solenul S<sub>1</sub>. Diferența acestor două tensiuni este necesară servomotorului SM<sub>1</sub> pentru compensarea momentului creat de un mecanism



cu arc de aducere a cârmei în planul diametral. Ca urmare bandarea cârmei continuă. La bornele bobinului S4, al cămii rotor este cuplat cu axul cârmei, se obține o tensiune U4, proporțională cu unghiul de bandare al cârmei.

Tensiunea U4 aflată în opoziție de fază cu tensiunea de comandă U1, măsoară unghiul de rotație al servomotorului SM1 și dă naștere tensiunii U3.

În momentul bandării cârmei cu unghiul comandat, tensiunile U1 și U4 sunt egale și se anulează reciproc, iar tensiunea U3 devine nulă. Pentru aducerea cârmei în planul diametral este necesar ca timona să nu mai fie acționată.

Servomotorul SM2 va aduce cârma în poziția de zero. Tensiunea U1 se anulează, dar cârma revine în planul diametral sub acțiunea tensiunii U4.

c. Regimul de comandă manuală. Comanda manuală a cârmei este o comandă de rezervă și este selectată prin poziția 1, a comutatorului b1.

Comanda cârmei se face cu ajutorul a două butoane ce permit alimentarea în funcționare de comandă ale servomotorului SM1. Unghiul de bandare al cârmei este proporțional cu timpul de acționare al butoanelor de comandă.

Acordarea pilotului automat ATR se face prin stabilirea factorului de amplificarea a reacției inverse a tensiunii, obținute la bornele tahogeneratului și a surabilității inverse a schemei. Reglarea coeficientului de amplificarea a reacției inverse se face modificând tensiunea de alimentare a bobinului S4, iar manualul dat de tahogenerator se reglează cu ajutorul unui potențiometru cuplat cu acesta. Surabilitatea schemei se reglează prin schimbarea coeficientului de amplificarea al instalației.

**PILOTUL AUTOMAT de tip APM-2** ~~are~~ permite reglarea timpului de acționare a instalației de guvernare. Reglarea timpului de acționare asigură o reducere cu 300% a numărului de conectări a manșii de cârmă pe timp de furtună.

Legea de reglare a pilotului automat de tip APM-2 este de tip proporțional-derivativ. Semnalul proporțional cu viteza de rotație a navei este obținut de la amplificatorul sistemului de urmărirea a ghercupanului G, măsurând amplitudinea PA. Blocul de comandă BC este format dintr-un preamplificator sensibil la fază, un amplificator de putere și un element temporizant cu timp de ritare reglabil. Pe lângă temporizare reglează timpul de alimentare a elementului de execuție. Acordarea pilotului automat se face reglând valoarea coeficienților  $K_1, K_2, K_3, K_4$  și a timpului de acționare  $\tau$ .

Coeficientul  $K_1$ , reglabil în domeniul 0,3...0,6 determină surabilitatea PA și se stabilește în timpul probei de marș.

Valoarea coeficientului  $K_2$  determină panta caracteristicii semnalului proporțional cu viteza de rotație a navei. Factorul de amplificarea a reacției inverse inverse  $K_3$  reglabil în domeniul 0,22...0,8 determină timpul de răspuns și surabilitatea...



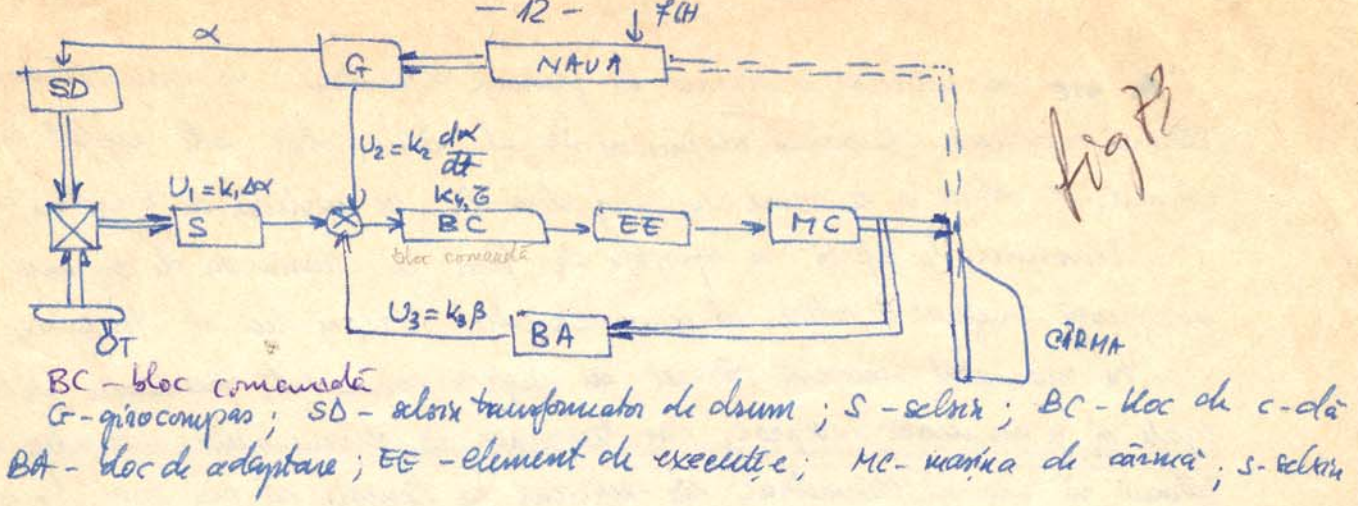


fig. 72

BC - bloc comandă  
 G - girocompas; SD - selector transformator de drum; S - selector; BC - bloc de c-dă  
 BA - bloc de adaptare; EE - element de execuție; MC - motor de cârmă; S - selector

\* **PILOTUL AUTOMAT AMSCHÜTZ.** PA lăsat de juruș Anseluța din RFG se poate cupla la orice timp de cârmă. Legea de reglare de timp proporțional. Unghiul  $\psi$  de drum se stabilizează cu ajutorul timoniei T, după apăsarea lui la controlul K, este comparat mecanic cu unghiul real de drum al navei,  $\alpha$ , dat de rotorul selectorului indicator de drum SD. Unghiul diferențial  $\Delta\alpha$ , este proporțional cu abaterea navei de la unghiul de drum cupurs.

În blocul de adaptare BA, se realizează transformarea unghiurii abatere în-tă o tensiune proporțională U. Blocul de reglare are o caracteristică timp releu, cu zonă moartă, având posibilitatea reglării neurobității schemei.

Tensiunea rezultată U este amplificată în amplificatorul de putere A și acționează prin motorul cârmăi MC asupra cârmăi. Unghiul de bandare  $\beta$  al cârmăi este transmis cu ajutorul arborelor S1 și S2 prin reductorul R cu raport de transmisie reglatul n, prin transmisia mecanică MT la diferențialul mecanic D. Când diferența  $\Delta\alpha - \beta''$  devine mai mică decât zona de neurobitate a blocului de reglare, bandarea cârmăi încetează (U=0) și navea se găsește pe drumul preseris. La schimbarea sensului de variație a unghiurii abatere  $\Delta\alpha$ , tensiunea de comandă U își schimbă polaritatea și cârmăa este adusă în planul diametral, micșorând astfel timpul de răspuns al navei.

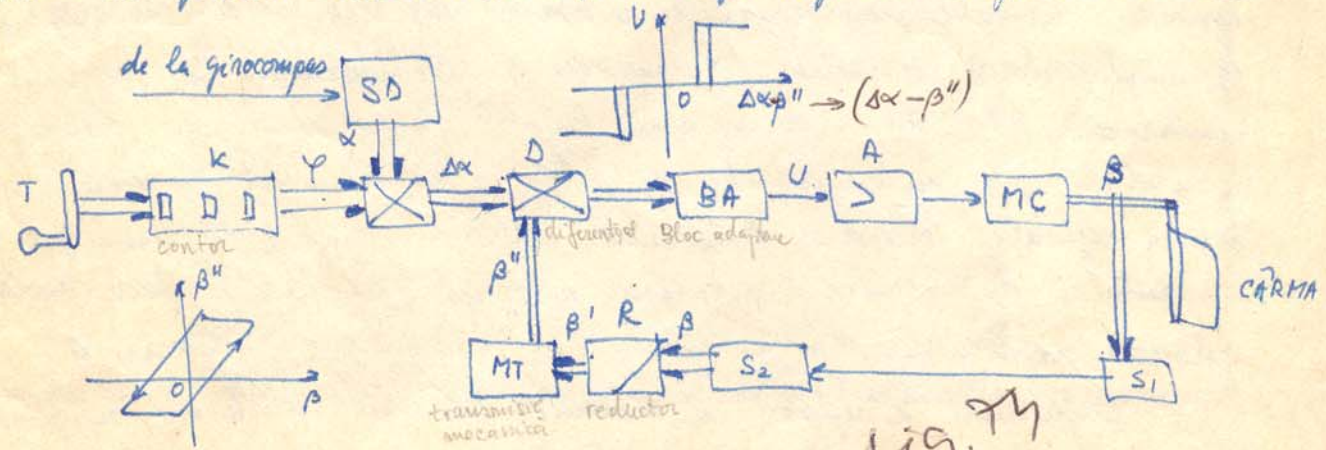
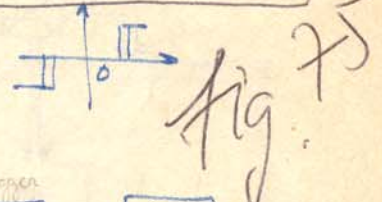
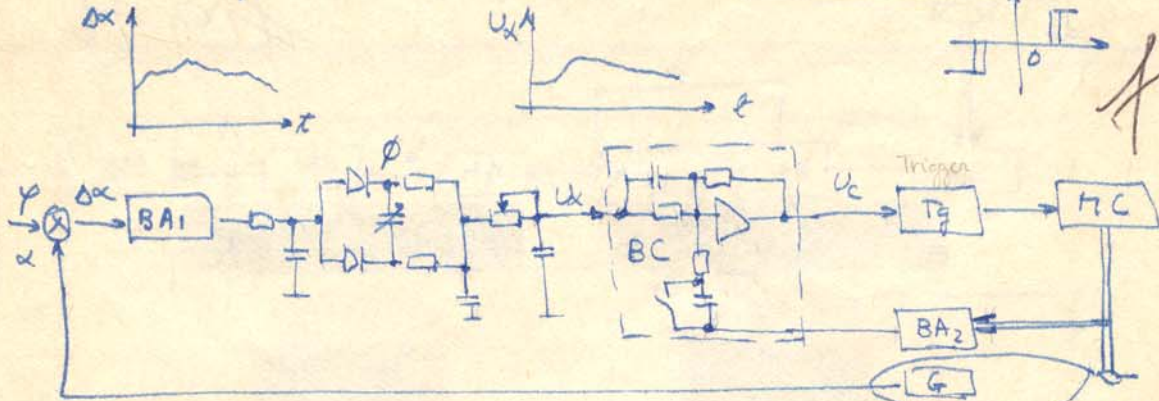


fig. 74



Schemă de PA pre-cutată are o sensibilitate redusă, datorită legii de reglare de tip proporțional și are dezavantajul folosirii pe calea de reacție inversă a unor servome în regim de indicator și a unui lanț cinematic mecanic greu.

Având dezavantaje mult eliminate de pilotul automat electronic lăsat tot de firma Anschutz; teurimea de comandă este elaborată în blocul analogic de calcul BC realizat cu amplificatoare operaționale. \* P.A. electronic Anschutz



G - girocompas; BA1, BA2 - blocuri de adaptare;  $\phi$  - filtru, BC - bloc analogic calcul; Tg - trigger; MC - manșă de cârmă.

În regim de stabilizare comutatorul BC este deschis și legea de reglare este PID. În regimul de urmărire pentru îmbunătățirea performanțelor dinamice ale sistemului, componenta integratoare a teurunii de c-dă este realizată prin punțarea condensatorului cu ajutorul comutatorului. Blocul analogic de calcul emite o teurune de c-dă compensatoare cu legea de reglare proporțional-diferențială.

Unghiul real de navigație  $\alpha$ , primit de la girocompas este comparat cu unghiul de drum cuprins  $\varphi$  și unghiul abatere  $\Delta\alpha$  este transformat în blocul de adaptare BA1 într-o teurune electrică proporțională, variabilă în timp.

Filtrul de frevență joasă  $\phi$  este acordat în banda de trecere a frecvenței navei. Rolul lui este de a elimina semnalele parazite, rezultate pe timp de furtună și astfel să micșoreze numărul de conexiuni al manșii de cârmă și unitatea de timp. Teurunea de comandă  $U_c$ , rezultată la ieșirea blocului analogic de calcul BC, comandă un trigger Tg cu o caracteristică timp releu, având zona de sensibilitate reglabilă. Zona de insensibilitate a triggerului se reglează în funcție de condițiile de exploatare și de medic astfel încât numărul de conexiuni al manșii de cârmă să fie minim.

\* **PILOTUL AUTOMAT TIP TS - (Polonia)** se utilizează în special la navele cu manșă de cârmă electrohidraulică, datorită realizării reacției inverse întregă pe cale mecanică. Acest tip de PA permite o autoreglare parțială a parametrilor în funcție de condițiile externe. Autoacordarea parametrilor se realizează cu ajutorul blocului de adaptare BA care poate regla domeniul  $\tau$  de insensibilitate a schemei, panta teurunii proporționale cu viteza de rotație a navei  $U_n$ ,



precum și semnalul de zero ce stabilizează poziția cârmei în planul diametral al navei.

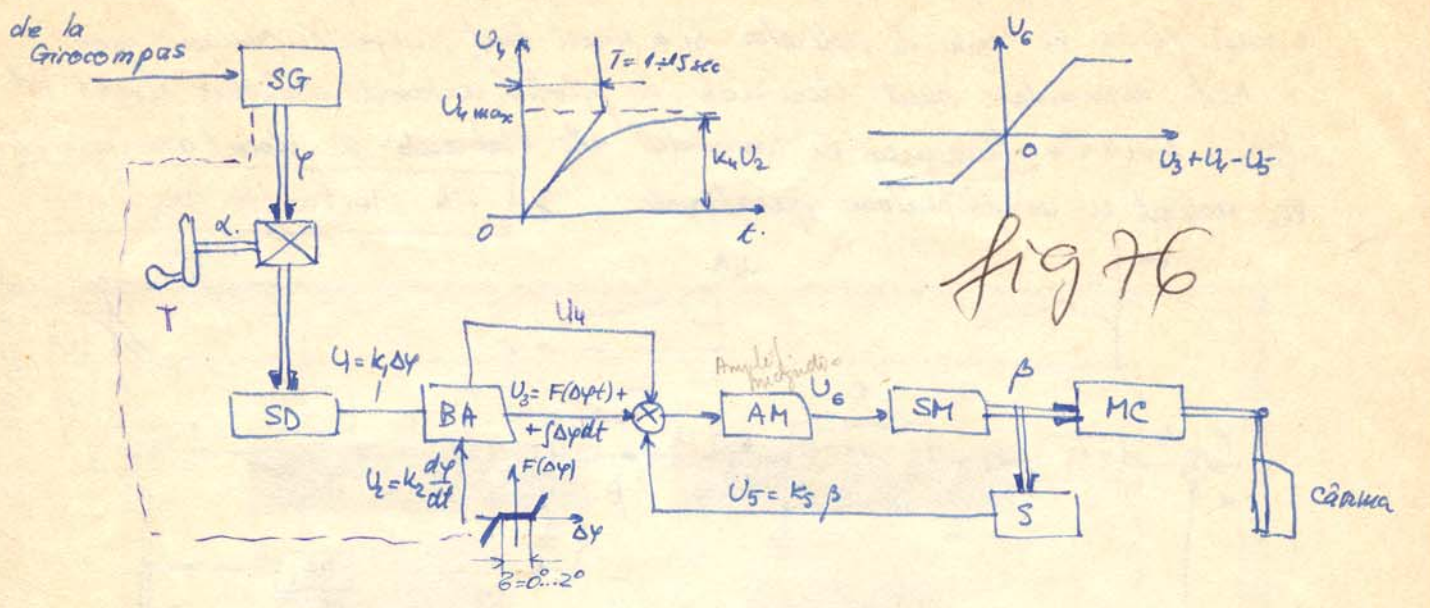


Fig 76

La abaterea navei de la drumul stabilit  $\alpha$ , unghiul abaterii  $\Delta\varphi$  este transmis de la celula giroscopului SG, printr-un cuplaj electromagnetic la celula de drum SD și este transformat de acesta într-un semnal electric proporțional  $U_1$ .

Informația privind viteza abaterii, este preluată de la indicatorul de viteză al girocompasului și introdusă în blocul de calcul prin tensiunea  $U_2$ . În condițiile unei mări agitate, cu ajutorul blocului de adaptare BA, se măsoară zona de insensibilitate  $\delta$ , se măsoară constanta de timp T, deci prin tensiunea  $U_4$  proporțională cu viteza de rotație a navei.

Tensiunea  $U_3$  rezultată la ieșirea blocului de adaptare este obținută prin însumarea componentei proporționale a tensiunii cu componenta integratoare.

După stabilirea valorilor parametrilor, sistemul asigură o traiectorie dreaptă de deplasare a navei și un număr mic de conectări a instalației de guvernare.

Tensiunile de curent continuu  $U_3, U_4$  și tensiunea de reacție inversă  $U_5$  de la bornele relei S, se aplică la înfășurările de c-d.c. ale amplificatorului magnetic AM. Servomotorul SM de acționare a manivlei de cârmă MC este comandat de amplificatorul magnetic. Schema prezentată ne permite reglarea factorului de amplificarea a reacției inverse, deoarece reglarea acertivă este necesară numai în situația navei goale - navă încărcată (valori extreme). Sistemul este destinat stabilizării automate a drumului navei. Modificarea direcției de deplasare a navei se face numai manual cu pilotul automat deconectat.

**PILOT AUTOMAT ELECTRONIC**

\* realizat de firme japoneze. P.A. propriu-zis este format din trei regulatoare de tip PID realizați cu AC.

Rezistențele variabile permit reglarea lină în limite largi a valorilor componentei integratoare, proporționale și derivate din semnalul de c-d.c. elaborat de PA. Cu ajutorul comutatoarelor  $b_1, b_2, b_3$  și  $b_4$  se poate modifica



structura PA adaptând-o la tipul de comandă dat.  
 Astfel, în regim de stabilizare a drumului navei  
 legea de reglare este de tip proporțional, integral și  
 derivativ și toate comutatoarele sunt deschise. Pentru  
 o reglare de tip PD ~~este~~ necesară în timpul corectur  
 este decuplat regulatorul de tip integrator prin  $b_2$ . Cu  $b_3$   
 se poate elimina constanta de timp a regulatorului  
 derivativ, iar cu  $b_4$  se modifică factorul de amplificare.  
 Zona de instabilitate a sistemului se poate elimina

(în condiții de mare calmă) prin închiderea comutatorului  $b_1$ . Utilizarea AO în realizarea PA  
 are mai multe avantaje: crește posibilitățile de reglare a parametrilor sistemului, se îmbun-  
 ătățește tehnologia de fabricație la gabarite reduse, crește fiabilitatea etc.

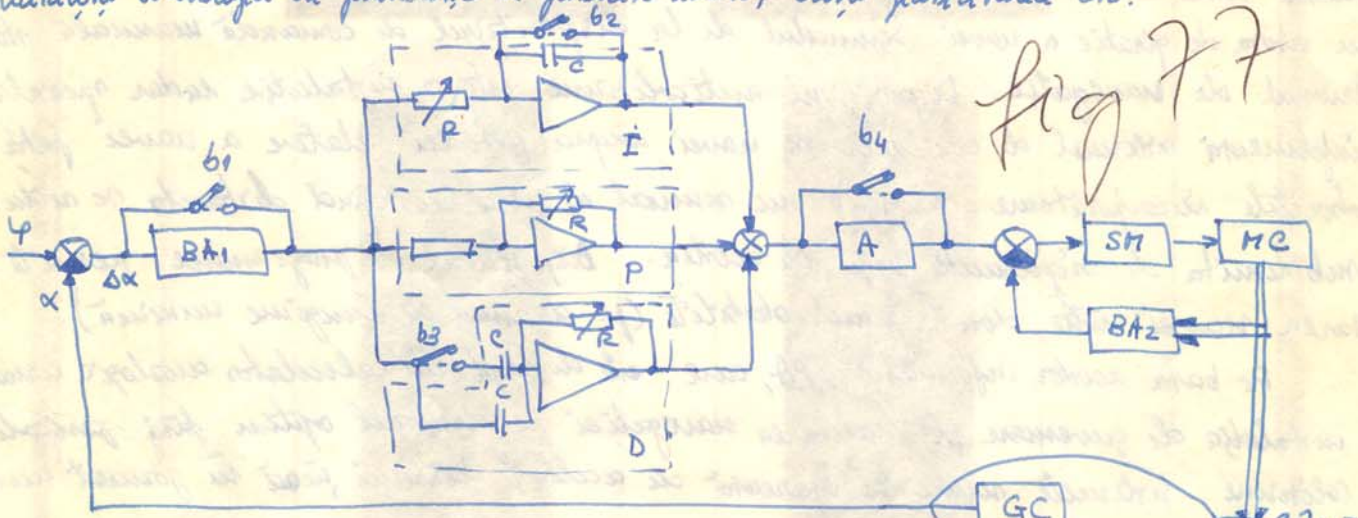


fig 77

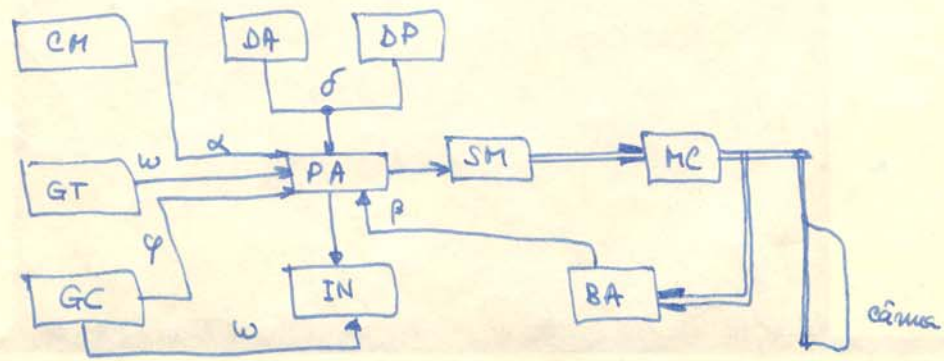
- I - regulator tip integrator
- P - " " " " proporțional
- D - " " " " derivativ
- $BA_{1,2}$  - blocuri adaptare
- A - amplificator
- SM - termomotor
- MC - mecanica de cârmă
- GC - girocompas.

Tendințe noi în realizarea PA

- componente integrate, microcalculatoare
- legi de reglare mai complete

Sisteme combinate de conducere a navei:

Prin intermediul informațiilor de la girocompas, sonde ultrasun, radarlocator și instalația anticoloziune



Signalul de comandă ieșit de la pilotul automat PA, elaborat conform legii de comandă  
 este stabilit pe baza informațiilor primite de la girocompasul GC, girodynamometrul GT,  
 blocul de comandă manuală CM, dispozitivul anticoloziune DA și de la dispozitivul de  
 măsurare DP.



Senzalul dat de sistemul de urmarire al girocompasului da informatii asupra abaterii navei de la drumul impus. Girotahometrul elaboreaza un semnal proportional cu viteza de giratie a navei. Senzalul de la dispozitivul de comanda manuala stabileste drumul de navigatie. Dispozitivul anti-coliziune este o instalatie radar speciala care informeaza sistemul de conducere a navei asupra pozitiei relative a navei fata de obiectele inconjuratoare si emite un semnal de alarma cand distanta se reduce sub limita de siguranta fata de acestea. Dispozitivul de programare permite depasirea navei intr-o anumita puncta obstacole (pe drumul de lungime minima).

Pe baza acestor informatii, PA, care este de fapt un calculator analogic comanda instalatia de guvernare pt. realizarea navigatiei pe drumul optim fara pericol de coliziune. Sistemele numerice opereaza cu aceleasi marimi, insa in format numeric.