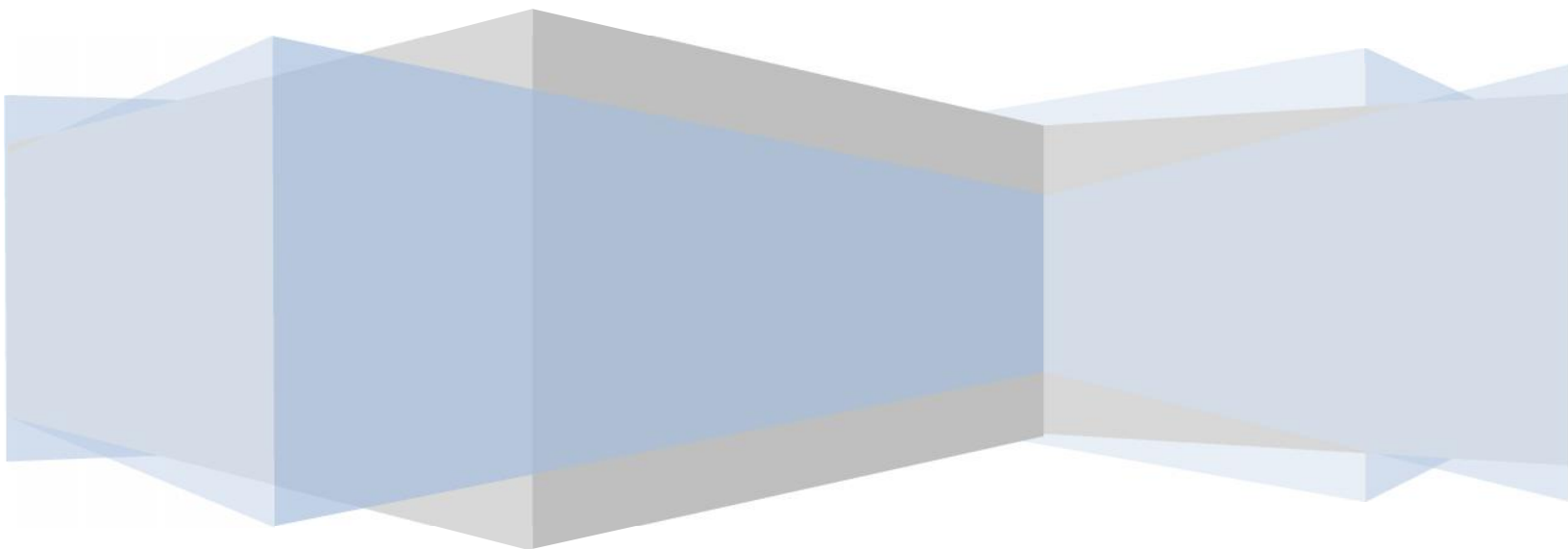


SHKOLLA E MESME “SEZAI SURROI” BUJANOC
PROFILI ARSIMOR ELEKTROTEKNIK I KOMPJUTERËVE

PUNIM MATURE

Tema: RREGULLATORËT KONTINUAL

Lënda: BAZAT E RREGULLIMIT AUTOMATIK



Profesori i lëndës
Prof. VAID ALIU, inxh. dip.

Nxënësi
ERMAN LIMANI, IV₇

Qershor, 2011

PËRMBAJTJA

Hyrje	2
Rregulatorët kontinual	4
1.Veprimi proporcional (P)	4
2.Veprimi integral (I)	7
3.Veprimi diferencial (D)	10
<i>REFERENCAT</i>	13

HYRJE

Rregullatori është pajisje (apo tërësi e pajisjeve) me ndihmën e të cilit realizohet procesi i rregullimit automatik. Ai është elementi themelor i sistemit të rregullimit automatik. Funkzioni i tij në sistem rrjedh nga algoritmi i procesit të rregullimit, me të cilin përfshihet shprehja matematikore e varshmërisë funksionale të madhësisë dalëse nga madhësia hyrëse e rregullatorit.

Detyra themelore e rregullatorit përbëhet në formimin e veprimit rregullues (algoritmit) me të cilin do të mbahet gjendja e nevojshme e procesit rregullues, e cila mund të jetë e dyfishtë: ekzistuese, pra, e pandryshueshme në kohë, pa marrë parasysh ndryshimin kohor për veprimet e çrregullimeve të jashtme, dhe e ndryshueshme, në përputhje me ndryshimin e madhësisë kryesore hyrëse të sistemit. Në rastin e parë bëhet fjalë për mbajtjen e gjendjes së procesit, ndërsa në rastin e dytë për shndërrimin e procesit nga ndonjë gjendje fillestare në një gjendje të re të dëshiruar.

Rregullatori funksionin e tij e realizon ashtu që së pari matë devijimin e madhësisë së rregulluar nga vlera e saj e dhënë, e më pas gjeneron një sinjal dirigjues përkatës në dalje të tij prej nga korigjohet devijimi i shkaktuar.

Është e qartë se prej dinamikës së procesit do të varen para se gjithash, forma, karakteri dhe inteziteti i veprimit dirigjues të rregullatorit.

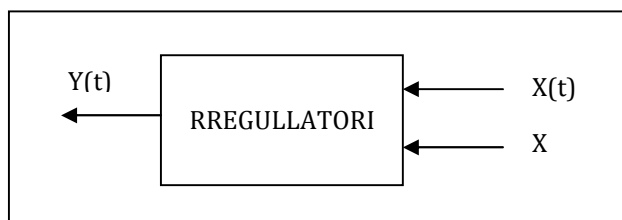


Figura 1. – Rregullatori (skema e përgjithësuar)

Në hyrje të rregullatorit veprojnë dy madhësi, edhe atë: madhësia e rregulluar e objektit, përkatësisht sinjali i saj proporcional $x(t)$ dhe vlera e dhënë e kësaj madhësie x_0 , e cila mund të jetë konstante apo funksion i kohës.

Është cekur se në një pajisje (me emrin rregullator) mund të gjenden: komparatori, rregullatori „në kuptim të ngushtë“, përforcuesi dhe jo rrallë edhe organi ekzekutues. Për studim më adekuat të rregullatorit, nga pikëpamja e projektimit dhe nga pikëpamja e aplikimit, nevojitet para se gjithash njohëja e parimeve themelore teorike për realizimin e rregullatorëve të formave të caktuara të veprimit. Për këtë qëllim është e mjaftueshme, por edhe përshtatshme, që rregullatori të shqyrtohet „në kuptim të ngushtë“, pra pa organ drejtues të elementit ekzekutiv, me vërejtjen se në të vend qëndror merr pjesa për përpunim dinamik të sinjalit.

Në sistemet e rregullimit automatik në përdorim janë disa rregullatorë të ndryshëm për nga konstruksioni, karakteri i veprimit dhe aplikimi. Rregullatorët, në përputhje me këtë, mund të klasifikohen në mënyra të llojllojshme dhe në pikëpamje të ndryshme.

Sa i përket aplikimit, rregullatorët mund të jenë për aplikim të ngushtë (të caktuar) dhe univerzal. Këta të parët përdoren për rregullim të madhësive të caktuara të procesit dhe në këtë pikëpamje ekzistojnë rregullatorë të temperaturës, shtypjes (presionit), rrjedhës, nivelit, shpejtësisë, tensionit, etj. Rregullatorët univerzal mund të përdoren për rregullim të madhësive të procesit, të natyrës së ndryshme fizike.

Prandaj, nëse për punën e tyre përdorin energji ndihmëse shtesë apo jo, rregullatorët mund të jenë me efekt direkt dhe indirekt. Rregullatorët me efekt direkt veprimin e tyre dirigjues e realizojnë përmes energjisë që e marrin nga madhësia rregulluese dhe nuk kanë nevojë për energji shtesë. Rregullatorët me efekt indirekt për punën e tyre përdorin energjinë shtesë. Varësisht nga lloji i energjisë ndihmëse, rregullatorët ndahen në rregullatorë elektrik, pneumatik, hidraulik dhe të kombinuar.

Varësisht prej karakterit të ndryshimit të sinjalit dalës $y(t)$, rregullatorët klasifikohen në dy klasë: rregullatorët e veprimit kontinual dhe rregullatorët e veprimit diskontinual (diskret).

Sipas formës së varshmërisë matematikore ndërmjet madhësisë dalëse dhe hyrëse, rregullatorët mund të jenë linear dhe jolinear.

Në pikëpamje konstruktive rregullatorët më shpesh klasifikohen në dy grupe: rregullatorët e tipit instrumental dhe rregullatorët e tipit modular. Tipi i parë ndërtohen si dy modifikime. Në një modifikim diskriminatori i sinjalit është në përbërje të rregullatorit, e në tjetrin diskriminatori i sinjalit të gabimeve që gjendet jashta rregullatorit, më shpesh i realizuar si pajisje e posaçme, ose gjendet në përbërje të ndonjë pajisje tjetër.

Rregullatori në këto raste me atë pajisje është i lidhur në seri dhe nga ajo pajisje e merr sinjalin e gabimit. Rregullatorët e tipit modular janë të realizuar me hyrje standarde, ashtu që mund të lidhen në çdo element matës që ka sinjal dalës të standardizuar (të normuar).

Rregullatorët bashkëkohorë në shumicë janë të tipit modularë. Kanë aplikim univerzal, pra, mund të përdoren për rregullim të madhësive të procesit me natyrë të ndryshme fizike.

Rregullatorët kontinual

Në çdo devijim të madhësisë rregulluese nga vlera e saj e dëshiruar reagojnë me gjenerimin e sinjaleve kontinuale, të cilët të përforcuar kryejnë zhvendosje të pajisjeve ekzekutive deri sa madhësinë rregulluese nuk e stabilizojnë në vlerën e dëshiruar.

Varshmëria e madhësisë dalëse $y_u(t)$ nga madhësia hyrëse $x_v(t)$ paraqet karakteristikën dinamike të rregullatorit.

Për shkak të formës së veprimit dinamik, rregullatorët kontinual mund të jenë: proporcional (P), integral (I), proporcional-integral (PI), proporcional-integral-diferencial (PID).

Sipas konstruksionit mund të jenë direkt dhe indirekt, e gjithashtu mund të jenë edhe mekanik, pneumatik, elektromekanik, elektronik dhe të kombinuar. Rregullatori në kuptim të gjerë, përbëhet prej tri pjesëve (fig. 2), edhe atë: (I) pjesa për përcaktimin e devijimit rregullues, (II) pjesa për përpunim dinamik dhe gjenerim të sinjalit dirigjues dhe (III) pjesa për përforcim të sinjaleve.

Pjesa ku bëhet veprimi dinamik i rregullatorit (II) zenë vendin qëndror në ndërtimin e rregullatorëve. Kjo pjesë duhet që në bazë të madhësisë hyrëse, të ndryshueshme në kohë $x_v(t)$, gjeneron gjithashtu madhësi dalëse të ndryshueshme në kohë $y_u(t)$ sipas njërit prej ligjeve të veprimit që u cekën më parë (P, I, D, PI, PD, PID). Andaj kjo pjesë mund të konsiderohet rregullator në kuptim të ngushtë.

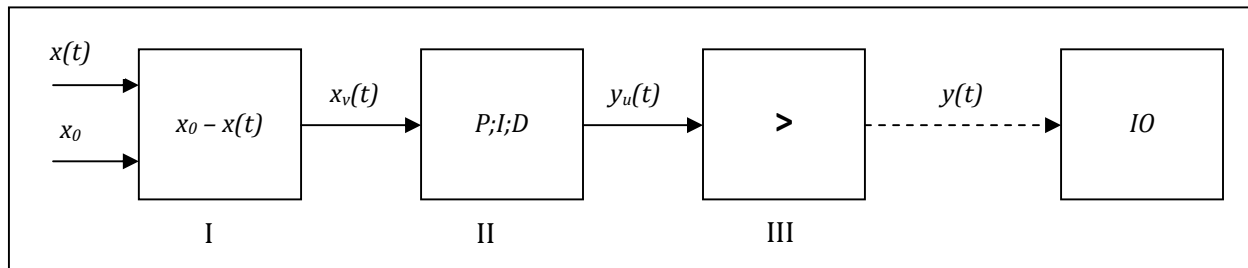


Figura 2. – Pjesët e rregullatorit

1. VEPRIMI PROPORCIONAL (P)

Veprimi proporcional i rregullatorit karakterizohet me varshmëri proporcionale të madhësisë dalëse $y_u(t)$ dhe madhësisë hyrëse $x_v(t)$, përkatësisht – madhësia dalëse dhe hyrëse janë proporcionale. Kjo mund të shprehet me këtë barazim:

$$y_u(t) = K_p x_v(t).$$

Këtu K_p paraqet koeficient të proporcionalitetit, i cili quhet edhe koeficienti i përforcimit.

Karakterin e ndryshimit kohor të madhësisë dalëse për shkak të veprimit të hyrjes (karakteristika e tij kalimtare) është paraqitur në formë të diagramit në fig. 3. Në figurë në mënyrë skematike duket P-rregullatori.

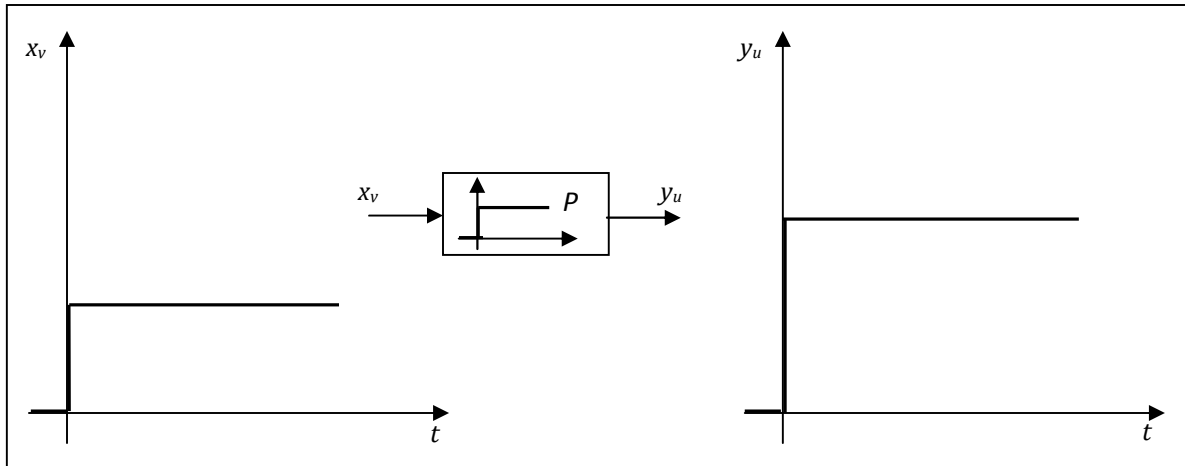


Figura 3. – P-veprimi

Shembull i rregullatorit proporcional (P) hidraulik është mekanizmi elastik (fig.4). Forca që e zgjat mekanizmin është $A \cdot P_u$, ku janë: A – sipërfaqja e mekanizmit dhe P_u – shtypja. Kësaj force ju kundërvihet forca $C_M \cdot x_1$, ku janë: C_M – karakteristika e ngurtësisë së mekanizmit (forca që nevojitet për tu zgjatur mekanizmi për 1 metër) dhe x_1 – tendosja e mekanizmit. Kur këto dy forca të ekuilibrohen, fitohet:

$$C_M \cdot x_1 = A \cdot P_u, \text{ përkatësisht:}$$

$$x_1 = \frac{A}{C_M} P_u$$

Këtu është e qartë se P_u është madhësi hyrëse (x_v), x_1 madhësi dalëse (y_u), e nëse vendoset të jetë:

$$K_p = \frac{A}{C_M}$$

koeficient i proporcionalitetit, atëherë fitohet relacioni i njohur:

$$y_u = K_p \cdot x_v$$

Në fig. 5 është paraqitur shembulli i P-rregullatorit pneumatic i realizuar me ndihmën e grykës M, i cili është i lidhur me gypat 1 dhe 2 dhe me pllakën absorbuese P. Në gypin pne-

umatik 1 sillet ajri me shtypje konstante P_n , i cili përshkak të rezistencës pneumatike R zvogëlohet në shtypjen P_0 . Shtypja dalëse P_1 , që nxirret nëpër hapjen e gypit 2, është e barabartë me P_0 deri sa largësia x e pllakës absorbuese P nga gryka M nuk bëhet më e madhe se x_0 . Për $x \in (x_0, x_m)$ shtypja P_i bie proporcionalisht me rritjen e $(x - x_0)$, pra:

$$P_i = P_0 - K_M(x - x_0),$$

çka do të mund të shkruhet:

$$P_i - P_0 = -K_M(x - x_0).$$

Këtu K_M është konstantë e cila varet nga konstruksioni i grykës. Nëse dallimi $x - x_0$ merret si madhësi hyrëse (x_v), diferenca $P_i - P_0$ si madhësi dalëse (y_u), ndërsa koeficienti i proporcionalitetit $K_P = -K_M$, fitohet:

$$y_u = K_P \cdot x_v,$$

që paraqet ekuacionin e veprimit proporcional.

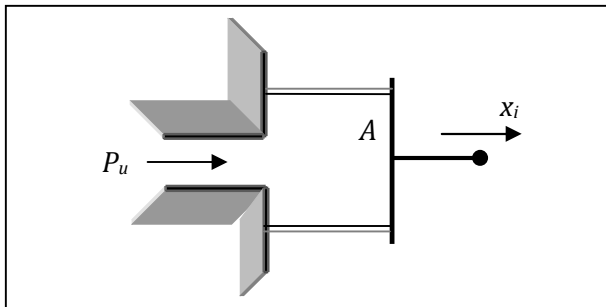


Figura 4. Rregullatori hidraulik P

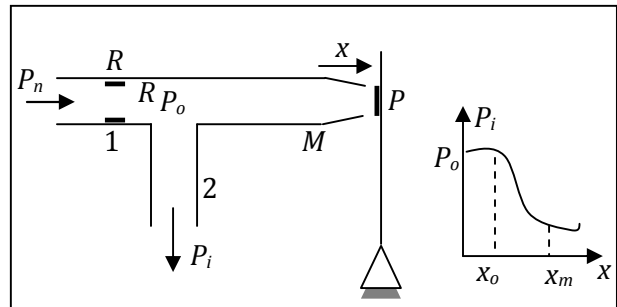


Figura 5. Rregullatori pneumatik P

Rregullatori elektrik Π mund të realizohet me ndihmën e rezistorit të lidhur si në fig.6.

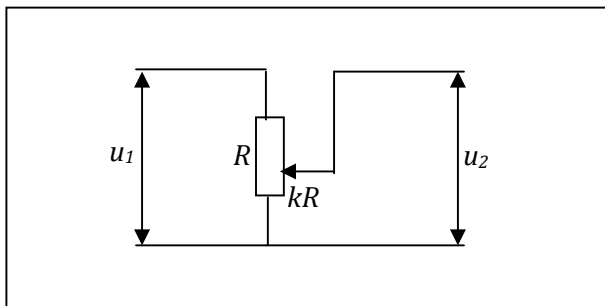


Figura 6. Rregullatori elektrik Π

Madhësia hyrëse (x_v) është tensioni u_1 , ndërsa madhësia dalëse (y_u) është tensioni u_2 . Nëse rrëshqitësi kap pjesën e K -të të rezistencës së përgjithshme R , në bazë të ligjit të Omicit dhe rregullave të Kirhofit fitohet: $u_2 = K \cdot u_1$, çka në të vërtetë është $y_u = K_P \cdot x_v$.

Në praktikë realizohen vetëm rregullatorë me Π -veprim (Π -rregullatorë).

Duhet përmendur se te këta rregullatorë, madhësia rregulluese gjithmonë ka ndonjë devijim të vonuar. Këta rregullator aplikohen atje ku nuk kërkohet saktësi e madhe.

2. VEPRIMI INTEGRAL (I)

Elementi dinamik kryesor tek i cili shpejtësia e ndryshimit të madhësisë dalëse është proporcionale me madhësinë hyrëse quhet element integral, ndërsa veprimi i tij veprim integral (I). Definohet me barazimin:

$$\frac{dy_u}{dt} = K_i x_v,$$

K_i – koeficient i transmetimit, i cili tregon raportin e shpejtësisë së ndryshimit të madhësisë dalëse nga madhësia hyrëse përkatëse. Me integrimin e barazimit të mëparshëm, fitohet:

$$y_u = K_i \int x_v dt.$$

Ky barazim që madhësia dalëse e elementit është proporcionale me integralin sipas kohës të madhësisë hyrëse, prandaj edhe ky element e ka marrë emrin integral.

Nëse në hyrje të elementit integral silllet funksioni hyrës kërcyese x_M , pas integritimit fitohet karakteri i procesit kalimtar në formë të:

$$y_u = K_i \cdot x_M \cdot t.$$

Ky barazim tregon se nëse në hyrje të elementit I silllet çrregullim konstant (madhësi dalëse kërcyese), fitohet madhësi dalëse që rritet linearisht me kohën, siç është paraqitur në mënyrë grafike në fig.7. në figurë është dhënë edhe simboli i elementit I.

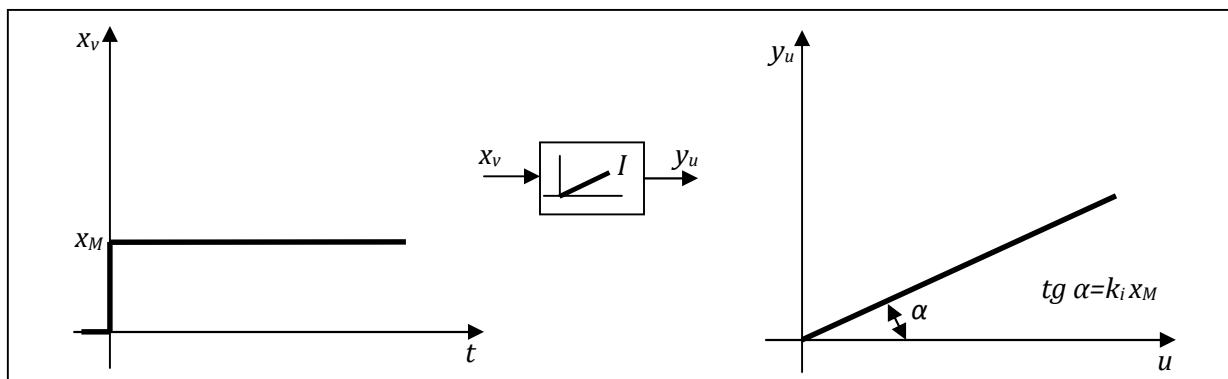


Figura 7. – I-veprimi

Pjerrësia e madhësisë dalëse është e caktuar me këndin $\alpha = \text{arc tg } K_1 x_M$, që nënkupton se për vlerë më të madhe të madhësisë kërcyese x_M i përgjigjet këndi më i madh i pjerrësisë α për madhësinë dalëse.

Elementi integral në shumicën e rasteve eliminon devijimin e vonuar të madhësisë rregulluese. Kjo praktikisht nënkupton, se organi ekzekues te ky tip i rregullatorëve do të veprojë deri sa madhësia e rregulluar nuk e arrin vlerën e caktuar të saj. Mirëpo, ndikimi i rregullatorit I është relativisht i ngadalshëm, për këtë shkak rrallë përdoret si njësi e pavarur.

a) Si shembull i elementit integral në variantin hidraulik mund të shërbej **servomotori hidraulik me piston**, i paraqitur në fig. 8, i cili ka aplikim të gjërë si organ ekzekutues në sistemin e dirigjimit automatik.

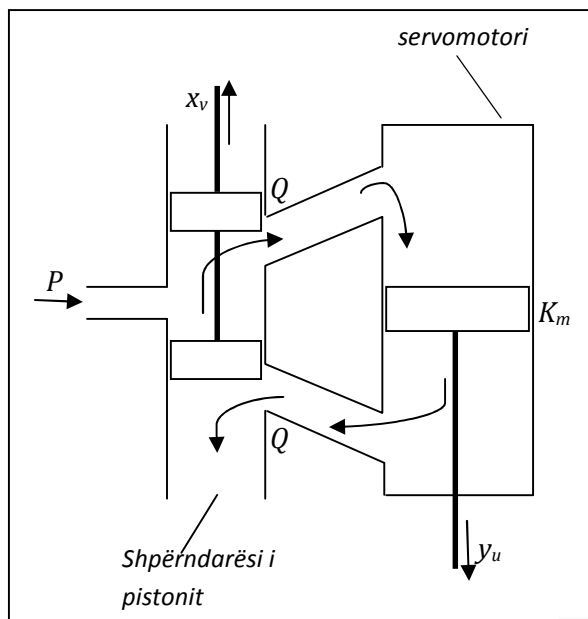


Figura 8. – Elementi hidraulik I

Madhësia hyrëse (x_v) paraqet pozicionin e shpërndarësit të pistonëve, ndërsa madhësia dalëse (y_u) zhvendosjen e pistonit të servomotorit (K_m).

Këtu futen këto supozime dhe aproksimime: gjatësia e pistonëve është e barabartë me gjerësinë e hapjeve të gypave; forcat inerciale të të gjitha masave lëvizëse janë të papërfillshme; shtypja (P) e vajit furnizues (e cila silllet në pompë) është konstante; vaji është fluid i pangjeshëm; sipërfaqet punuese të pistonëve të motorit janë në mes vete të barabarta; të gjitha forcat e fërkimit janë të papërfillshme. Shpërndarësi i pistonëve është i ndërtuar ashtu që vlenë (përafërsisht):

$$Q = b \cdot x_v,$$

ku janë:

Q – rrjedha volumetrike,

b – konstanta e cila varet nga projektimi i shpërndarësit të pistonëve, shtypjes dhe llojit të vajit,

x_v – pozita e shpërndarësit të pistonëve.

Është e qartë se rrjedha e vajit nëpër motor është proporcionale me shpejtësinë e lëvizjes së pistonit të motorit, pra:

$$Q = A \cdot \frac{dy_u}{dt},$$

ku A – konstantë.

Me barazimin e anëve të djathta të ekuacioneve të mëparëshme, fitohet:

$$A \cdot \frac{dy_u}{dt} = b \cdot x_v,$$

$$\frac{dy_u}{dt} = \frac{b}{A} x_v,$$

me zëvendësimin e $b/A = K_1$ fitohet:

$$\frac{dy_u}{dt} = K_1 \cdot x_v,$$

përkatesisht ekuacioni diferencial me veprim integral.

b) Qarku elektrik i cili përbëhet nga linjat elektrike me rezistencë të papërfillshme dhe kondenzator me kapacitet C , në mënyrë skematike i dhënë në fig. 9, paraqet elementin elektrik I.

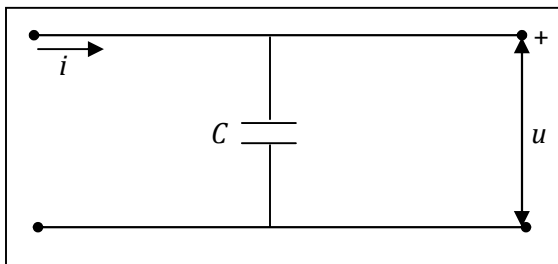


Figura 9. – Elementi elektrik I

Për kondenzator vlenë:

$$q = C \cdot u,$$

ku janë:

q – sasia e elektricitetit në kondenzator dhe
 u – tensioni në skajet e kondenzatorit.

Inteziteti i rrymës sipas definicionit është:

$$i = \frac{dq}{dt},$$

$$i = \frac{d}{dt}(C \cdot u) = C \frac{du}{dt},$$

Me integrimin e shprehjes fitohet:

$$u = \frac{1}{C} \int idt.$$

Nëse për madhësi hyrëse (x_v) merret rryma i , si madhësi dalëse (y_u) merrret tensioni u , dhe nëse futet $1/C = K_I$, do të fitohet:

$$y_u = K_I \int x_v dt,$$

që paraqet ekuacionin e veprimit I.

3. VEPRIMI DIFERENCIAL (D)

Elementi te i cili madhësia dalëse është proporcionale me shpejtësinë e ndryshimit të madhësisë hyrëse quhet element diferencial ideal, ndërsa veprimi i tij quhet veprim diferencial (D). Ekuacioni diferencial i këtij veprimi është:

$$y_u = K_d \frac{dx_v}{dt},$$

Ku K_d është konstantë.

Nëse madhësia hyrëse e këtij elementi ndryshon sipas ligjit të funksionit kërcyes, kjo do të shkaktoj ndryshim momental të madhësisë dalëse në formë të impulsit, teorikisht me amplitudë pafundësisht të madhe dhe me kohëzgjatje pafundësisht të shkurtë (fig. 10).

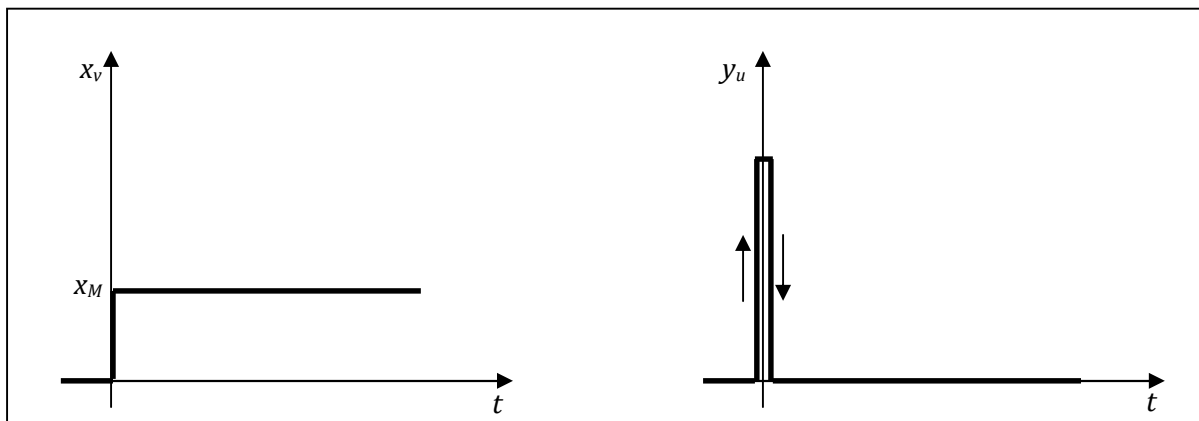


Figura. 10. – Veprimi D

Praktikisht është e pamundur të realizohet kësi lloj reagimi, pasi të gjitha proceset në natyrë kanë inercion. Veprimi diferencial ideal mund të realizohet vetëm i përafëruar. Elementi diferencial real, ndikimin diferencial e realizon pak a shumë përafërsisht, ndërsa ekuacioni i tij diferencial ka formë diç më të ndërlikuar. Procesi kalimtar i këtij elementi në rastin kur në të vepron madhësia hyrëse kërcyese fitohet me integrimin e ekuacionit të dhënë dhe ka formën të dhënë me shprehjen:

$$y_u(t) = K_p x_m e^{-(t/T)},$$

ku janë:

K_p – koeficienti i përforcimit të elementit dhe

T – konstanta kohore.

Ky proces është treguar në fig. 11, ku është paraqitur edhe simboli i elementit D.

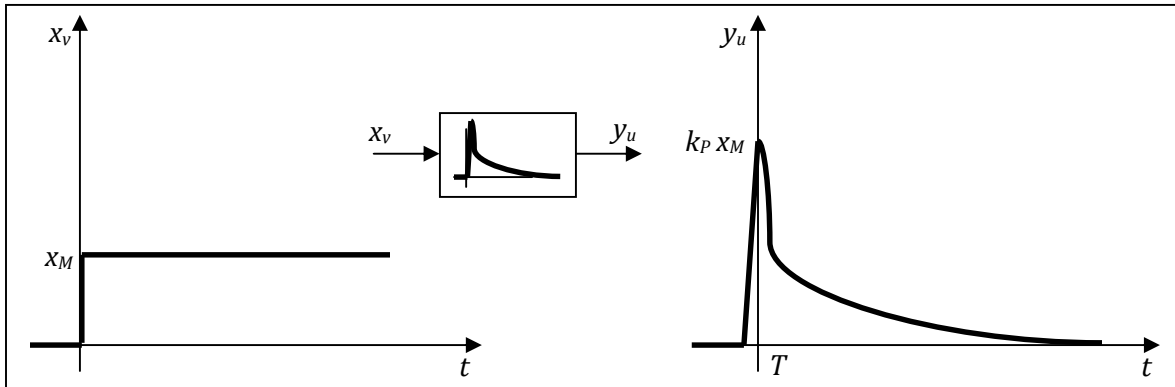


Figura 11. – Veprimi D real

Nga e mëparshmeja konkludohet se elementi D nuk mund të përdoret si njësi e pavarur në rregullator, sepse madhësia dalëse ekziston vetëm deri sa ekziston ndryshimi i madhësisë hyrëse.

a) Shembull i elementit D hidraulik është silenciatori hidraulik (apo, si quhet ndryshe edhe freni hidraulik). Përbëhet nga cilindri (1) me piston (2) dhe valvula (3), i cili paraqet rezistencë konstante hidraulike (fig. 12). Supozojmë se forca F ndryshon që cilindri (1) është gjithënjë i pa-lëvizshëm.

Gjatë kësaj analize supozojmë edhe:

- se forcat inerciale e të gjitha pjesëve të lëvizshme janë të papërfillshme,

- se forca e rezistencës së frenit F_p është linearisht proporcionale me shpejtësinë e lëvizjes së pistonit (2) në raport me cilindrin (1), e cila në këtë rast përmban dx/dt , sepse supozohet se cilindri (1) nuk lëviz, pra:

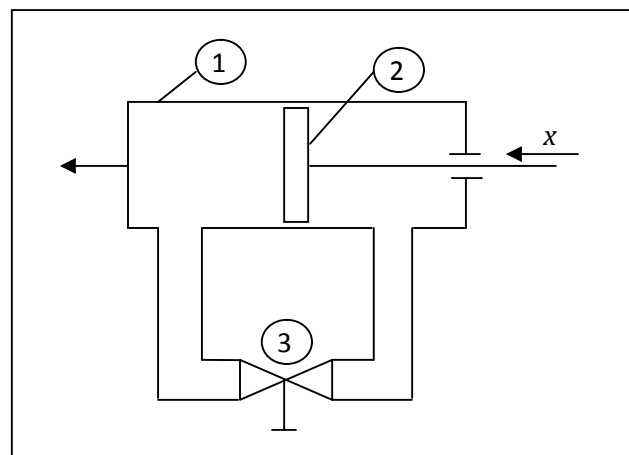


Figura 12. – Elementi hidraulik D

$$F_p = C_p \frac{dx}{dt},$$

Ku C_p – karakteristika e frenit me vaj.

Gjatë lëvizjes së lirë të pistonit (2) nëpër cilindër (1) ndërmjet pikave të vdekura nevojitet që forca F të plotëson:

$$F = C_p \frac{dx}{dt},$$

ashtu që cilindri të jetë i papunë (me kusht që të vlejnjë supozimet e lartpërmendura). Nëse zhvendosjen e pistonit x e marrim për madhësi hyrëse (x_v), ndërsa forcën F për madhësi dalëse (y_u), fitojmë:

$$y_u = C_p \frac{dx_v}{dt},$$

çka tregon që ky fre paraqet elementin D.

b) Për shembullin e realizimit të elementit D mund të shërbej qarku i përbërë prej linjave elektrike me rezistencë elektrike të papërfillshme dhe kondenzatorit me kapacitet C me tension u si madhësi hyrëse (x_v) dhe rrymë i si madhësi dalëse (y_u).

Për këtë qark (fig. 13) vlenë:

$$i = C \frac{du}{dt}, \text{ përkatësisht: } y_u = C \frac{dx_v}{dt},$$

çka tregon se ai paraqet elementin D.

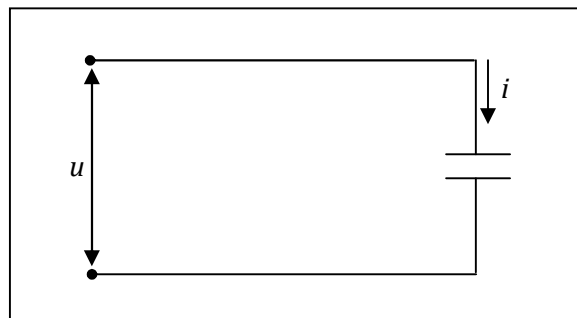


Figura 13. – Elementi elektrik D

REFERENCAT

G. Nikolić, D. Martinović: *OSNOVE AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA*, Naučna knjiga, Beograd 2006

http://www.stsmihajlopupin.edu.rs/dokumenta/elaut/drugo_polugodiste.pdf

<http://www.etf.ac.me/materijal/1273604296sk7.pdf>

Shënime nga lënda *Bazat e rregullimit automatik*, Bujanoc 2010/2011.