

Fizikalni pogled na nihanja gospodarstva in financ

Bruno Rusjan¹, Edmond Rusjan²

¹Linhartova 92, 1000 Ljubljana

²SUNY Institut of technology, Utica/Rome, NY, USA

Povzetek. Prispevek obravnava najprej hidravlični sistem treh vezanih posod, ki je v določenih razmerah analogen topotnemu sistemu treh povezanih teles in električni verigi treh členov RC. Zatem analizira sistem vzmetenja in dušenja, ki je analogen električnemu vezju RLC, nihalu in v določenih razmerah preprostemu regulacijskemu sistemu. Superpozicija pojmov obeh sistemov ustrez dinamiki sistema vezanih posod v posebnih okoliščinah in sicer visokotlačni hidroelektrarni. Gospodarska in finančna gibanja od 1980 leta kažejo, da gre verjetno za povezan sistem z dvema zaporednima integralnima členoma, ki je sam po sebi nestabilen, če nima poleg trga ustrezne regulacije pretoka denarja in blaga, kar velja še posebej za države v razvoju.

Ključne besede: vezane posode, prevajanje topote, veriga RC, sistem vzmetenja, vezje RLC, sistem regulacije, večletna nihanja gospodarstva in financ.

Physical Look on Economic and Finance Oscillations

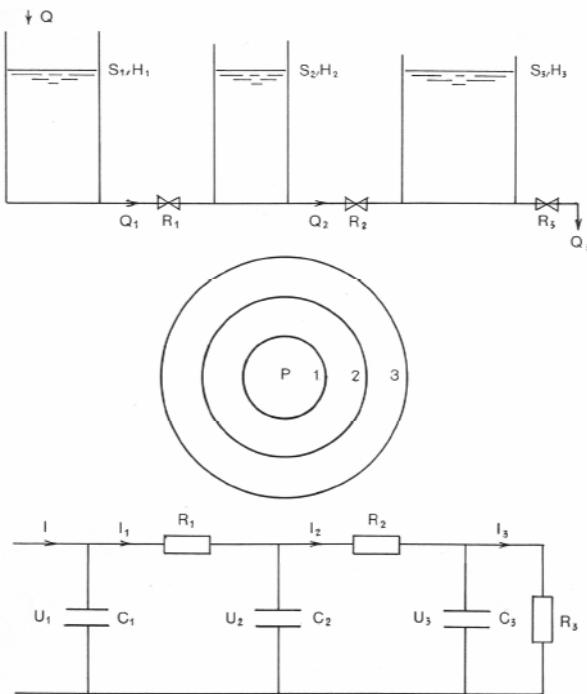
Extended abstract. The paper treats a system of three combined vessels, analogous in certain conditions to a heat system of three combined bodies and to a three-link RC ladder (Eq. (1), Fig. 1,2). It then analyses a damped spring-mass system, analogous to an RLC circuit, pendulum and in certain condition, to a control system (Eq. (5), (6), Fig. 3, 4). The superposition of phenomena of both systems corresponds to the dynamics of combined vessels in particular conditions. Economic and finance oscillations of some countries from 1980 show instability of the relative combined system (Fig. 5, 6). It seems that this system has two integral links and therefore it is by itself unstable. A water power station (with a servomotor added to the turbine) is a dual integral link system that is a practical example of combined vessels. Such a power station can operate economically and safely if it has an outlet-inlet control and a high level control. If a higher electric power (outlet) is needed, it is possible only for a restricted time conditioned with a minimal high level and a slow change of outlet preventing level oscillations. By analogy, it can be said that in economy and finance in addition to market appropriate control systems are needed. The most dangerous is the outlet of money because it causes the greatest instability and crises. This is valid in particular for underdeveloped countries.

Keywords: combined vessels, heat transfer, RC ladder, damped spring-mass system, RLC circuit, control system, multi-year oscillations of economy and finance

1 Uvod

V [1] vidimo potek cikličnih sprememb svetovne konjukture in inovacij v zadnjih dvesto letih in sicer s periodo nihanja okoli petdeset let in časovnim (faznim) premikom približno polovico periode. V literaturi so podobna nihanja poimenovali po Kondratjevu, ki je baje umrl v sovjetskem gulagu. Združenje švicarskih bančnikov je objavilo kratkoročnejša nihanja rasti borznih indeksov in gospodarstva nekaterih razvitih držav z nedoločeno periodo nihanja, s faznim premikom med navedenima veličinama okoli četrteine periode in različnim faznim premikom med posameznimi državami [2].

Ciklična nihanja gospodarstva in financ si lahko predstavljamo kot neovladljivost ustreznih sistemov, ki se odraža v njihovi nestabilnosti. Nekateri ekonomisti so kritizirali Mednarodni denarni sklad, da v začetku azijske krize ni ravnal prav [3]. Mednarodni denarnik in filantrop Soros predlaga, da bi ustanovili posebno mednarodno organizacijo, ki bi skrbela za ublažitev kriz [4]. Nekateri finančni ministri si prizadevajo, da bi omejevali nihanja valutnih menjav. Problem je v razčlembi in obvladanju ustreznih sistemov, kar zahteva poglobljene raziskave. Tu si bomo ogledali gospodarska in finančna gibanja nekaterih razvitih držav od leta 1980 in jih le grobo primerjali s pojavi v obravnavanih fizikalnih in tehničnih sistemih. Ugotovili bomo, da so gospodarstvo in finance do neke mere povezani sistem z dvema zaporednima integralnima členoma, ki je sam po sebi nestabilen, če nima poleg trga ustrezne regulacije pretoka denarja in blaga, kar še posebej velja za države v razvoju.



Slika 1: Vezane posode, analogni toplotni sistem in analogna električna veriga RC

Figure 1. Combined vessels, analog heat transfer and analog RC ladder (details are in the text)

2 Vezane posode

Na sliki 1 so shematsko prikazani trije analogni sistemi: hidravlični sistem treh vezanih posod, poenostavljeni analogni topotni sistem treh teles in ustrezeno električna veriga RC. Analogija velja, če je izhodih posod razmeroma velik upor oziroma če se v ustreznih vodi razvije kinetična energija, ki je glede na potencialno energijo v posodah zanemarljiva. Za topotni sistem na sliki 1, kjer je ogrevano prvo telo z močjo P in se topota širi na drugo in tretje telo ter končno na okolje, ustreza sistem diferencialnih enačb:

$$\begin{aligned} C_1 \frac{d\delta_1}{dt} + \frac{\delta_1 - \delta_2}{R_1} &= P \\ C_2 \frac{d\delta_2}{dt} + \frac{\delta_2 - \delta_3}{R_2} &= \frac{\delta_1 - \delta_2}{R_1} \\ C_3 \frac{d\delta_3}{dt} + \frac{\delta_3}{R_3} &= \frac{\delta_2 - \delta_3}{R_2} \end{aligned} \quad (1)$$

C_1, C_2, C_3 – topotne kapacitete teles; $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ – temperature teles (nad okoljem); P – moč ogrevanja prvega telesa;

R_1, R_2, R_3 – upori med prvim in drugim telesom, drugim in tretjim telesom ter med tretjim telesom in okoljem

Analogija med tremi sistemi na sliki 1 je opisana v [5]. Tu bomo opisali le rešitev za topotni sistem v primeru topotnega ogrevanja in:

$$R_1 C_1 = R_2 C_2 = R_3 C_3 = T - \text{časovne konstante teles}$$

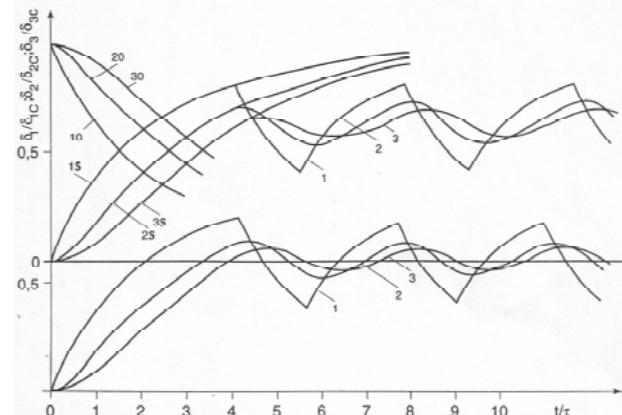
$$R_1/R_2 = R_2/R_3 = 0,5$$

$$\delta_1 = \delta_{1c} [1 - 0,706 \exp(-0,33t/T) - 0,2365 \exp(-1,25t/T) - 0,0675 \exp(-2,4t/T)] \quad (2)$$

$$\delta_2 = \delta_{2c} [1 - 1,418 \exp(-0,33t/T) + 0,177 \exp(-1,25t/T) + 0,241 \exp(-2,4t/T)] \quad (3)$$

$$\delta_3 = \delta_{3c} [1 - 1,807 \exp(-0,33t/T) + 1,2 \exp(-1,25t/T) - 0,393 \exp(-2,4t/T)] \quad (4)$$

$$\delta_{1c} = (R_1 + R_2 + R_3)P; \quad \delta_{2c} = (R_2 + R_3)P; \quad \delta_{3c} = R_3P$$



Slika 2: Poteki temperature topotnega sistema slike 1

Figure 2. Temperature variations for the heat transfer from figure 1

Krivulje 1s, 2s in 3s na sliki 2 ustrezajo izrazom (2), (3) in (4) in veljajo za popolno ogrevanje obravnavanih treh teles po vklopu ogrevanja s stalno močjo P. Krivulje 1₀, 2₀ in 3₀ ustrezajo popolnemu ohlajevanju teles in so komplementarne prvim, krivulje 1, 2 in 3 pa ustrezajo ogrevanju in ohlajevanju teles, če je termostat (brez časovne konstante) pripredil prvemu telesu ter je nastavljen na 0,6δ_{1c} in ima vklopno razliko 0,4δ_{1c} (slika 2 zgoraj). Če je termostat pripredil tretjemu telesu in ima vklopno razliko 0,02δ_{3c}, poteka segrevanje in ohlajevanje teles po spodnji sliki 2. Trajanje ogrevanja ustreza vklopu termostata, trajanje ohlajevanja pa izklopu termostata. Ob topotnem viru temperatura najbolj niha (prvo telo), z oddaljenostjo od vira pa vse manj, tam nastaja čedalje večji fazni (časovni) premik in se potev temperature nagiba k sinusni krivulji. Če je termostat pripredil tretjemu telesu, tako rekoč ne moremo regulirati (stabilizirati) njegove temperature.

Slika 2 ustreza tudi sistemu vezanih posod (slika 1), če upoštevamo analogijo med dotokom in močjo ogrevanja na vhodu, med odtokom in močjo na izhodu (oddana topota okolju) ter med višinami vode v posodah in temperaturami teles; namesto termostata pa vklapljanje in izklapljanje črpalk v dotoku pri določenih gladinah vode. V konkretnem primeru moramo seveda prirediti sistem konkretnim razmeram.

Poseben primer vezanih posod je visokotlačna pretočna hidroelektrarna, kjer je odtok speljan do turbine, ki je veliko niže kot oba bazena. V odtoku in v vodu med bazonoma se razvije kinetična energija, ki ni zanemarljiva v primerjavi s potencialno energijo vode v vodostaju (drugem bazenu v smer dotoka), zato pri spremembi odtoka gladina vode v vodostaju zaniha, kar bomo pojasnili v naslednji točki. Veriga RC na sliki 1 ustreza prevajjanju toplotne skozi stene [6].

3 Sistem vzmetenja in dušenja

Na sliki 3 sta shematsko prikazana tak sistem in analogno električno vezje. Ustrezni sistemski diferencialni enačbi sta:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + kx = F(t) \quad (5)$$

$$LC \frac{d^2U_c}{dt^2} + RC \frac{dU_c}{dt} + U_c = U(t) \quad (6)$$

Prvi člen (5) je zmnožek mase telesa in drugega odvoda pomika telesa po času (pospeška) in pomeni vztrajnostno silo, drugi člen je zmnožek dušenja b in prvega odvoda pomika telesa po času (hitrosti) in pomeni silo dušenja, tretji člen je zmnožek sile vzmeti na enoto pomika k in pomika x in pomeni silo vzmeti. $F(t)$ je zunanjia sila in je na splošno funkcija časa t . Prvi člen (6) pomeni napetost na dušilki L , drugi napetost na uporu R , tretji pa napetost na kondenzatorju C . $U(t)$ je vhodna (vsiljena) napetost in je na splošno funkcija časa t .

Enačbi (5) in (6) napišemo v operatorski obliki [5] in sicer:

$$\frac{kx(p)}{F(p)} = \frac{1}{1 + pb/k + p^2m/k} \quad (7)$$

$$\frac{U_c(p)}{U(p)} = \frac{1}{1 + pRC + p^2LC} \quad (8)$$

ozioroma:

$$\frac{kx(p)}{F(p)} = \frac{U_c(p)}{U(p)} = \frac{1}{1 + 2\zeta p/\omega_0 + p^2/\omega_0^2} \quad (9)$$

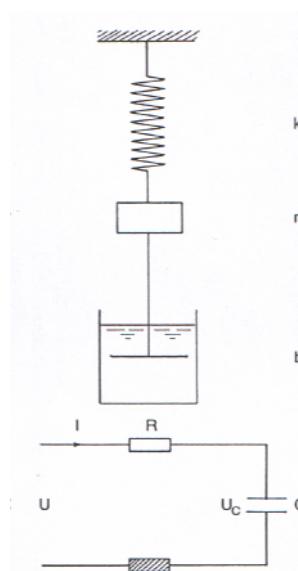
Če primerjamo (7) in (9) ter (8) in (9), sledi:

naravna krožna frekvencia (v radianih na sekundo)

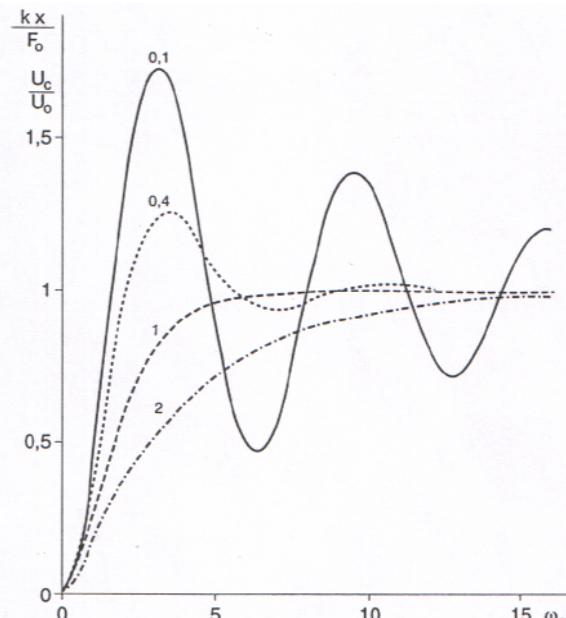
$$\omega_0 = \sqrt{k/m} = 1/\sqrt{LC} \quad (10)$$

faktor dušenja sistema (brez dimenzijs)

$$\zeta = b/2\sqrt{k/m} = 0.5R/\sqrt{LC} \quad (11)$$



Slika 3: Sistem vzmetenja in dušenja ter analogno električno vezje; k – sila vzmeti na enoto pomika, m – masa, b – dušenje, R – upor, L – dušilka, C – kondenzator, U – vsiljena napetost
Figure 3. Damped spring-mass system and analog RCL circuit (k = spring force per unit of shifting, m = mass, b = damping, R = resistance, L = inductance, C = forced voltage)



Slika 4: Časovni odziv pomika x sistema s slike 3 na hipni spremembo zunanjje sile F_0 (napetosti na kondenzatorju U_c po vklopnu enosmerne napetosti U_0), relativne vrednosti glede na F_0/x ozioroma U_0 ; $\omega_0 t$ – produkt naravne krožne frekvence sistema (vezja) in časa

Figure 4. Shifting time response (x) of the system from figure 3 to a step variation of the external Force (F_0), capacitor voltage (U_c) after switching on the continuous voltage (U_0 , relative values related to F_0/k and U_0). $\omega_0 t$ – product of the system natural circural frequency and time

3.1 Prosto gibanje (vklop enosmerne napetosti)

Če zunanjia sila hipno poskoči na določeno vrednost F in ostane potem ves čas opazovanja enaka, je pomik v časovnem območju podan z inverzijo (9):

$$x(t) = \frac{F_0}{k} \left[1 + \frac{1}{p_1 - p_2} (p_2 e^{p_1 t} - p_1 e^{p_2 t}) \right] \quad (12)$$

p_1 in p_2 sta korena ustrezne karakteristične enačbe, $\text{Den}(9)=0$.

Za $\zeta=2$ sledi iz (12):

$$x(t) = \frac{F_0}{k} \left[1 - 1,077 e^{-0,268 \omega_0 t} + 0,077 e^{-3,732 \omega_0 t} \right] \quad (13)$$

Na sliki 4 je časovni odziv pomika ustrezno (13) in napetosti kondenzatorja za faktor dušenja 2 preostali časovni odzivi izhajajo iz [5]. Če je $\zeta < 1$ sistem določen čas niha (aperiodično), in sicer tembolj, čim manjši je faktor dušenja ζ . Če je $\zeta = 0$ sistem niha harmonsko (periodično po sinusni krivulji) s krožno frekvenco ω_0 .

Pri $\zeta < 1$ je krožna frekvanca nihanja sistema:

$$\omega_0 = \omega_0 \sqrt{1 - \zeta^2} \quad (15)$$

3.2 Vsiljeno nihanje

Vsiljeno nihanje pomeni, da zunanja sila (vsiljena napetost) izvaja na sistem stalno nihanje. Ponavadi upoštevamo sinusno periodično (harmonsko) nihanje. V tem primeru je v (5):

$$F(t) = F_0 \sin \omega t;$$

F_0 amplituda zunanje (vsiljene) sile
 ω krožna frekvanca vsiljenega nihanja

Rešitev (5) v tem primeru da podobne krivulje (sliki 4), le da imajo superponirano vsiljeno nihanje [7, 8]. Tako nihanje nastane tudi v vezanih posodah, če je v vodih med njimi in v odvodu kinetična energija, ki ni zanemarljiva v primerjavi s potencialno energijo vode v posodi ob odvodu. V praksi je to primer tlačne hidroelektrarne, ki smo ga omenili že v točki 2.

V stacionarnem stanju v (9) vstavimo $p=j\omega$ (j je imaginarno število) in je ustrezna rešitev:

$$x(t) = \frac{F_0}{k} \frac{\sin(\omega t + \varphi)}{\sqrt{(1 - \omega^2 / \omega_0^2)^2 + (2\zeta\omega / \omega_0)^2}} \quad (15)$$

$$\varphi = \arctg \frac{2\zeta\omega / \omega_0}{1 - \omega^2 / \omega_0^2}$$

Če je faktor dušenja sistema nič ($\zeta=0$), doseže amplituda pomika telesa obravnavanega sistema v resonanci ($\omega=\omega_0$) neskončnost. V praksi je seveda

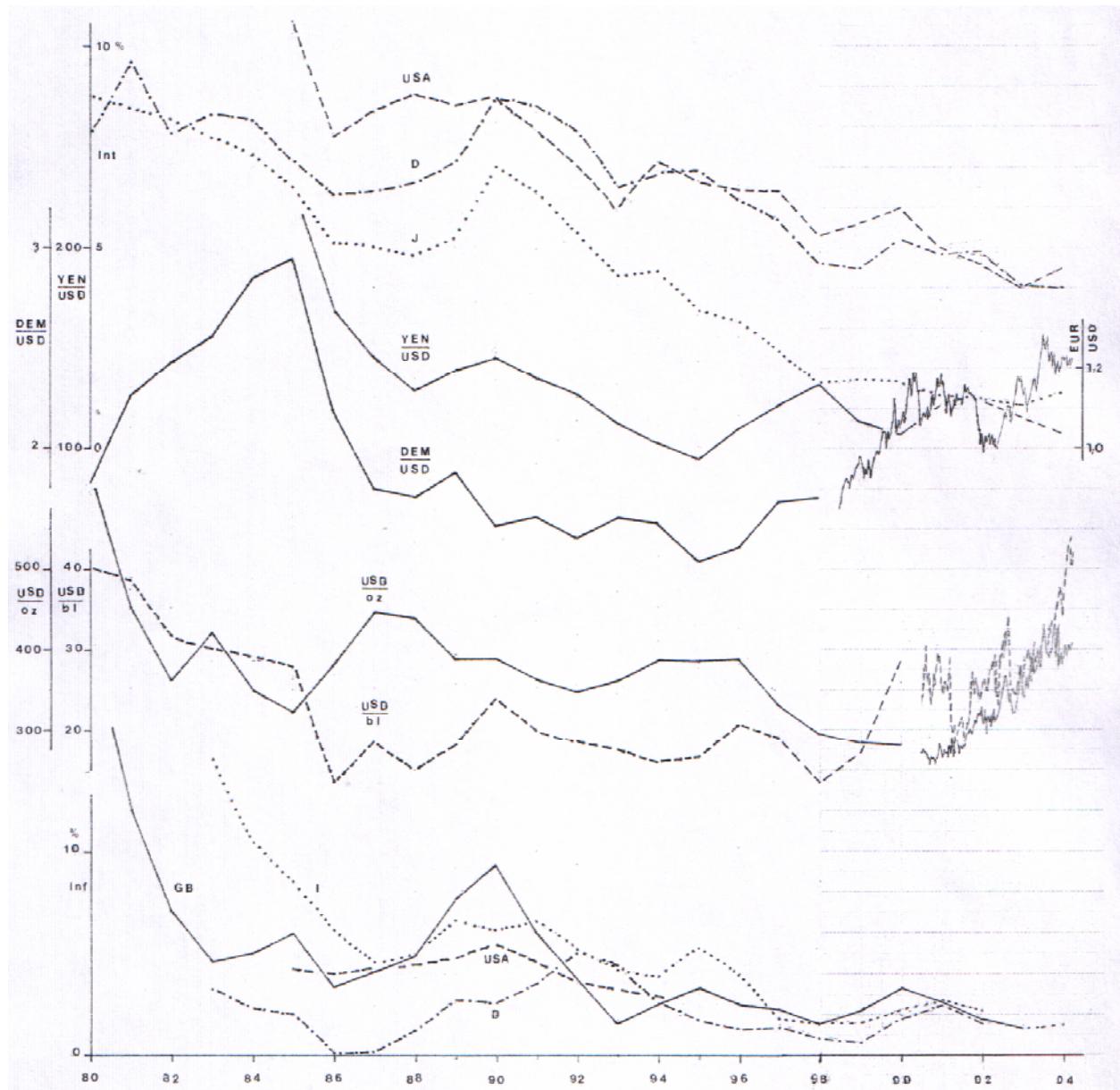
vrednost dušenja končna. Vendar je v ZDA leta 1940 ne zelo močan veter spravil viseči most (Tacoma Narrow Bridge) v resonančno gibanje in ga porušil [9]. V Londonu so imeli pred leti težave s stabilnostjo visečega mostu za pešce čez Temzo (Millenium Bridge) in tudi pri nas je znan podoben primer [10]. Resonančno nihanje je pogosto v elektrotehniki. Za vezje RLC velja (15), če upoštevamo napetost na kondenzatorju $U_c(t)$ namesto pomika $x(t)$ in amplitudo vsiljene napetosti U_0 namesto F_0/k . Pri vsiljenem nihanju se v stacionarnem stanju amplituda odzivne veličine sistema spremeni in med vsiljeno in odzivno veličino nastane fazni premik, frekvenco nihanja odzivne veličine pa je enaka vsiljeni. To velja tudi za sisteme vezanih posod in analogna sistema v točki 2, čeprav je bilo tam vsiljeno nihanje pravokotno in ne sinusno.

V [5, 11-13] vidimo, da nihanja, ki smo jih opisali v točki 3 nastajajo tudi v regulacijskih sistemih.

4 Finančna in gospodarska gibanja

Na sliki 5 so poteki nekaterih veličin nekaterih razvitih držav ter cen zlata in nafte v daljšem obdobju [14, 15, 16]. Druga naftna kriza leta 1979 je najbolj povišala cene zlata in nafte, zatem inflacijo in obresti ter končno valutno menjavo. Cena zlata je bila pred krizo leta 1979 okoli 200 dolarjev za unčo, cena nafte pa okoli 13 dolarjev za sod. Cena zlata je drugič poskočila še pred zalivsko vojno, med azijsko in rusko krizo pa je padala. Zalivska vojna je dvigala ceno nafte, inflacijo in obresti tako rekoč sočasno, v Nemčiji je sicer inflacija naraščala še dve leti po zalivski vojni, verjetno zaradi združitve z vzhodnimi deželami. Cena nafte je 11.9.2001 poskočila in takoj za tem še bolj padla, potem pa se je dvigala in nihala. Poteka valutnih menjav sta bistveno premaknjena poteki drugih veličin, ker gre za razmerje dveh spremenljivk. Delno razlago za ta pojav vidimo na sliki 2, če primerjamo razmerje temperatur prvega in drugega ali drugega in tretjega telesa pri popolnem ogrevanju ali ohlajevanju. Ameriška vlada je pred leti grozila Japonski z znižanjem vrednosti dolarja. Tedaj se ameriški ekonomisti niso oglasili. Odzvali so se na koncu leta 1998, ko so se nekateri finančni ministri zavzemali za omejevanje nihanja valut in dejali, da to ni mogoče, češ da to nihanje določa denarni trg. Obresti (dolgoročne) so se v zadnjih letih ustalile. V Združenih državah si niso enotni glede vpliva obresti nacionalnih bank na gospodarstvo in finance. Te sicer potekajo drugače in tam jih dozirajo v desetinkah odstotka [14]. Na Japonskem so jih znižali na minimum in se to zdi brez haska, tudi v ZDA še ni videti odziva na njihovo zniževanje.

Slika 6 kaže poteke nekaterih gospodarskih in finančnih veličin Združenih držav in Japonske [14, 15, 16]. Bruto domači proizvod in industrijska proizvodnja ZDA sta po drugi naftni krizi nekoliko bolj padla kot po zalivski vojni in borzni indeks v New Yorku Dow Jones

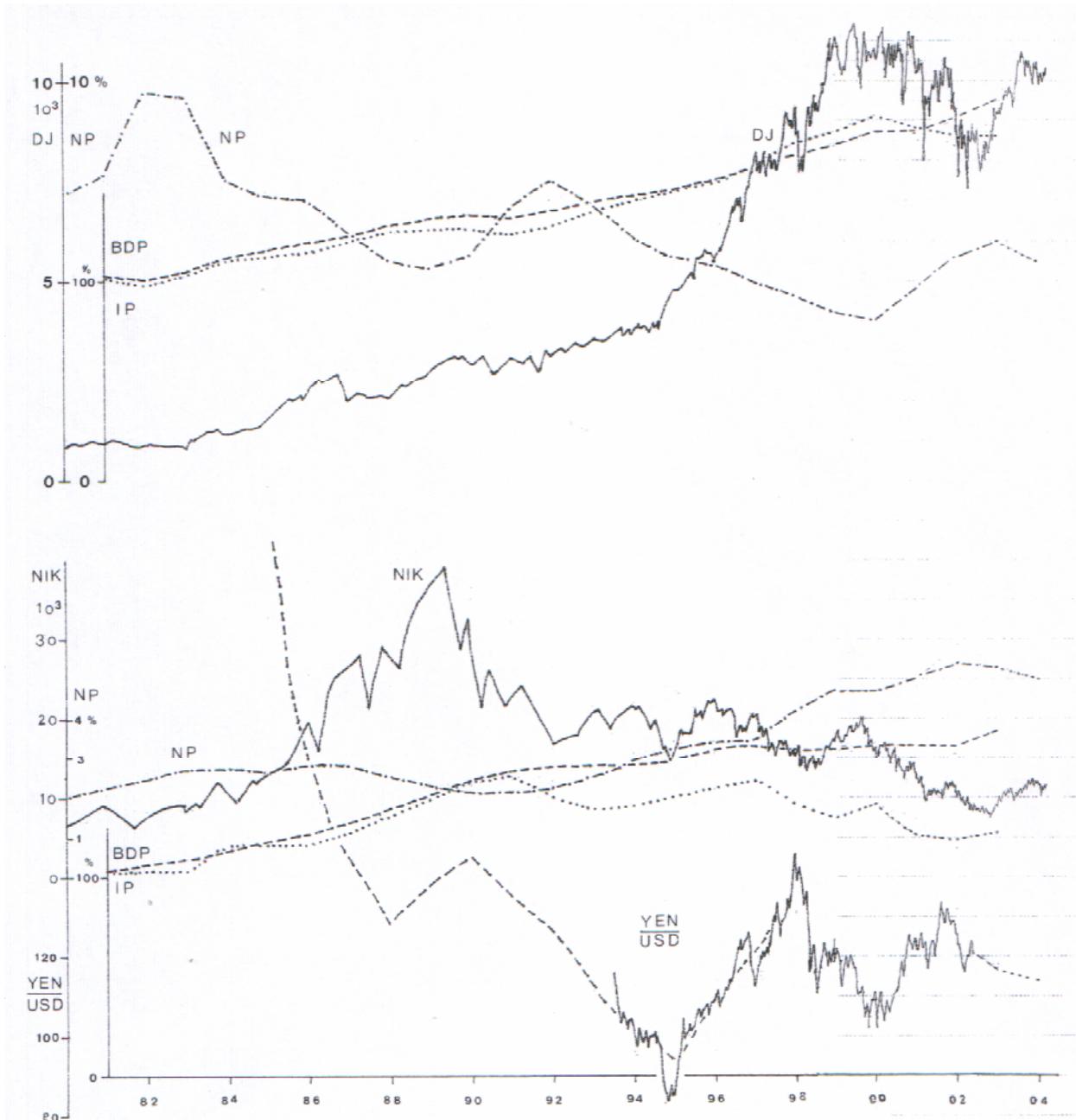


Slika 5: Dolgoročne obresti (Int) v Združenih državah Amerike (USA), Japonski (J) in Nemčiji (D); menjava japonskih jenov z ameriškimi dolarji (YEN/USD) in nemških markov z ameriškimi dolarji (DEM/USD); cene zlata in nafte na londonski borzi v dolarjih za čisto unčo (USD/oz) in v dolarjih na sod (USD/bl) ter inflacija (Inf) v Italiji (I), Veliki Britaniji (GB), Nemčiji (D) in Združenih državah Amerike (USA) od leta 1980

Figure 5. Long-term interest rates (Int) in the United States (USA), Japan (J) and in Germany (D); exchange of Japanese yen with American dollar (YEN/USD) and German mark with American dollar (DEM/USD); gold and oil prices in dollars per ounce (USD/oz) and dollars per barrel (USD/bl) on the London stock market and inflation (Inf) in Italy (I), Great Britain (GB), Germany (D) in United States (USA) from 1980

se je z njima približno skladal, vendar je naraščal hitreje, nanj so sicer vplivale tudi krize v Argentini, Mehiki, Aziji in Rusiji. Konec tisočletja je ta indeks prenehal naraščati in kmalu zatem je industrijska proizvodnja padla. Opazna sta bila padec tega indeksa 11.9.2001 in poznejše iznihanje, vendar na nižjo vrednost, in ponovni padec. Z majhnim premikom so začeli padati tudi borzni indeksi v Londonu, Frankfurtu, Stockholmu in drugje, nastala je recesija. Borzni indeks

v Tokiu Nikkei je zaznamoval velik padec že pred zalivsko vojno. Japonska industrijska proizvodnja je po zalivski vojni doživelva nekajletni padec in stagnacijo, ki sta se končala s krizo leta 1997. Menjava jena z dolarjem je po zalivski vojni padala (vrednost jena je naraščala) do leta 1995 (podobno kot marke, slika 5). Zato je gospodarstvo ZDA postal konkurenčno in je zelo napredovalo, to je še bolj veljalo za borzni indeks Dow Jones, in sicer do preobrata (začetek leta 2000).



Slika 6: Indeksi na borzah v New Yorku (Dow Jones; DJ) in Tokiu (Nikkei, Nik), bruto domači proizvod (BDP), industrijska proizvodnja (IP, 100% ustreza letu 1980) in brezposelnost (NP) v Združenih državah Amerike (USA) in Japonski (J) ter menjava japonskih jenov z ameriškimi dolarji (YEN/USA) od leta 1980

Figure 6. Stock prices in New York (Dow Jones; DJ) in Tokyo (Nikkei, Nik); real GDP (BDP), Industrial production (IP, 100% refers to 1980) and unemployment (NP) in the United States (USA) and in Japan (J); exchange of Japanese yen with American dollar (YEN/USA) from 1980

Ali bo prišlo v ZDA do krize, kot na Japonskem, je odvisno od odzivnosti tamkajšnjih dejavnikov. Gibanje brezposelnosti v ZDA ima manjši časovni premik za drugo naftno krizo in zalivsko vojno kot na Japonskem, kar kaže na večjo odzivnost ZDA.

Svetovno gospodarstvo res niha, še bolj pa svetovne finance. To nihanje povzročajo različne vojne in krize. Poteka inflacije in cen na drobno v Združenih državah

Amerike in v Veliki Britaniji od leta 1918 to potrjujeta [17, 18]. Bruto domači proizvod in industrijska proizvodnja v domačih razmerah potekata integralno (naraščata po času) in enako poteka ustrezeni borzni indeks. To pomeni, da sta v sistemu gospodarstva in financ dva zaporedna integralna člena, kar pomeni nestabilen sistem [12, 13]. Kako stabilizirati tak sistem, nakazujemo v točki 5.

5 Sklepne pripombe

Pojni v sistemu vezanih posod so lahko razmeroma mirni in neproblematični ter podobni pojavom v poenostavljenem analognem topotnem sistemu in v električnem vezju z ustreznim številom členov RC, ali pa so burni in problematični, če se v vodih razvije kinetična energija, ki ni zanemarljiva glede na potencialno energijo tekočine v posodah. V tem primeru gre za superpozicijo pojmov z dinamiko sistema vzmetenja in dušenja, nihala, električnega vezja RLC ali normalnega regulacijskega sistema pri hipni spremembri vhodne veličine.

Časovnimi poteki gospodarskih in finančnih veličin kažejo, da se te različno odzivajo na krize in vojne. Najprej naraščajo cene in inflacija ter obresti, kar se najprej pozna v gospodarstvu, potem pa v menjavi valut in brezposelnosti. Po drugi naftni krizi leta 1979 je med razvitim državami najmanj trpela industrijska proizvodnja na Japonskem, po zalivski vojni leta 1990 pa so najmanj trpele ZDA in Japonska, ki je potem zašla v recesijo in krizo (azijska kriza leta 1997), tam še ni okrevanja. Združene države in Evropa so sedaj v recesiji. Nekateri menijo, da jim grozi kriza kot na Japonskem, zaradi večje odzivnosti pa morda ne bo prišlo do nje oziroma bo blažja.

Sistem gospodarstva in financ se kaže kot sistem z dvema zaporednima integralnima členoma, ki je v matematičnem pogledu sam po sebi nestabilen. Nekateri bodo rekli, da v njem ne velja čista matematika, zato ne kaže dramatizirati. Naj omenimo, da je pretočna hidroelektrarna s servomotorjem za odpiranje in zapiranje turbine tudi sistem z dvema zaporednima integralnima členoma. Ta obratuje gospodarno in varno, če ima regulacijo odtoka glede na dotok in regulacijo zgornje gladine, če se zahteva večja oddana moč (odtok), je to morda le določen čas, ki je pogojen z minimalno zgornjo gladino, in počasno spremembo odtoka, ki preprečuje nihanje gladine v vodostaju. Po analogiji bi lahko rekli, da bi kazalo imeti tudi v gospodarstvu in financah poleg trga ustrezne regulacijske sisteme. Najbolj nevarni so nenadni odtoki denarja, ker povzročajo največjo nestabilnost oziroma krizo, zato se regulacija pretoka denarja in blaga vsiljuje sama po sebi, kar še posebej velja za države v razvoju.

6 Literatura

- [1] K. W. Usemann, In Sinne Rietschels: 100 Jahre Kongresse für technische Bauaudeausrüstung 1896-1996 – Streiflichter aus der Vergangenheit, Gesundh.-Ing. 117 (1996), H.4, S.165-186.
- [2] DELO, Gospodarstvo in finance, Ljubljana, 16.12.1992 (Neue Zürcher Zeitung).
- [3] J. D. Sachs, IMF v Aziji, DELO, SP, Ljubljana, 31.1.1998, str.44
- [4] G. Soros, Ustanovimo sestro za IMF, DELO, SP, Ljubljana, 10.1.1998, 12.10.2002.
- [5] B. Rusjan, E. Rusjan, Grobvergleich der Dynamik von technischen und wirtschaftlichen Systemen, Gesundh.-Ing. 121 (2000), H.1, S.31-39.
- [6] B. Rusjan, Nachbildung der Raumlufttemperatur in Gebäuden schwerer Bauart, Gesundh.- Ing. 112 (1991), H.4, S.182-190.
- [7] K. R. Nagle, E. B. Saff, Fundamentals of Differential Equations, Addison Westley, Inc., USA, 1994.
- [8] D. A. Coker, E. Rusjan, W. J. Thistleton, An Interactive Laboratory Suite for the Differential Equations Class Category: Using Technology, SUNY Institute of Technology, Utica/Rome, New York 1995.
- [9] R. Resnik, D. Halliday, Physics, Part. 1, John Wiley & Sons, Inc., New York – London – Toronto, 1997.
- [10] Nestabilen most smo imeli tudi pri nas, DELO, Znanost, 12.9.2001.
- [11] B. Rusjan, Regelung der Raumtemperatur mit Thermostatventilen bei zentralbeheizten Wohngebäuden, Gesundh.-Ing. 116 (1995), H.1, S.17-26.
- [12] H. Chestnut, R. W. Mayer, Servomechanisms and Regulating Systems Design, Vol.1, John Wiley & Sons, Inc., New York – London 1959.
- [13] C. B. Kou, Automatic Control System, Prentis – Hall, Inc., Englewood Cliffs, New York 1962, 1982.
- [14] DELO, Gospodarstvo in finance, Ljubljana (dnevna in občasnna poročila).
- [15] OECD Economic Outlook 62, 63, June 1989, June 2002.
- [16] OECD Main Economic Indicators, Vol. 2002/8.
- [17] DELO, Ljubljana, 12.4.1995 (The Economist, Datastream).
- [18] DELO, Ljubljana, 21.7.1993.

Bruno Rusjan je diplomiral in doktoriral na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani v letih 1954 in 1962. Leta 1954 se je zaposlil v tovarni TELA, kjer je razvijal aparate za termično zaščito električnih strojev, termostate in naprave za javljanje požara. Leta 1961 je prešel v Zavod za avtomatizacijo, kjer je razvijal naprave za regulacijo obločnih peči, obdelovalnih in papirnih strojev, varilnih avtomatov, ladijskih generatorjev, transformatorskih postaj in hidroelektrarn. Od leta 1971 se ukvarja z gospodarno rabo energije za ogrevanje in ohlajevanje prostorov.

Edmond Rusjan je diplomiral iz fizike leta 1983 in matematike 1984 na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani, doktoriral je leta 1988 na Virginia Tech v Blackburgu, ZDA. Na isti univerzi in na University of Delaware je bil do leta 1991 na podoktorskem delu. Zatem se je zaposlil na SUNY Institut of Tecnology Utica/Rome, NY, kjer je sedaj izredni profesor in vodja oddelka za matematiko. Ukvarja se s transportno teorijo, teorijo strun, modeliranjem informacijskih sistemov in toplotne v zgradbah.