

Dvostepeni oscilator g. Milkovića kao parametrički oscilator

Aleksandar B. Slavković

07. mart 2009.

Pittsburgh, PA, SAD

Svrha

U ovom radu ću pokazati da se dvostepeni oscilator g. Milkovića može posmatrati kao prigušeni parametrički oscilator, i da pumpanje energije od strane klatna nije izuzetna pojava već očekivani efekat dobro-poznatog fizičkog fenomena zvanog "parametrička eksitacija/rezonancija/pumpanje". Stoga, već postojeća oruđa za modeliranje bi trebalo da su primenljiva na dvostepenom oscilatoru.

Kratak uvod u parametričku rezonanciju

Neka bude dovoljno reći da još od 1883. godine kada je Lord Rayleigh objavio svoj rad "On maintained vibrations", Philosophical Magazine, vol. 15, strane 229-235, puno naučnog materijala je objavljeno na temu parametričke rezonancije. Na žalost, većina radova se bavila problemima sprečavanja nestabilnosti u mehaničkim i električnim sistemima. Najnovija istraživanja u ovoj oblasti se mogu videti u raznim naučnim disciplinama, od biologije do kvantne fizike, upućujući na fundamentalnu prirodu ovog slabo shvaćenog prirodnog fenomena.

Sada ćemo prvo pogledati dobro poznate definicije vezane za parametričku rezonancu i parametričke oscilatore. Definicije u tačkama 1 do 4 su uzete reč-po-reč sa Wikipidija sajta - stranica o harmoničkim i parametričkim oscilacijama:

1. "Parametrički oscilator je jednostavni harmonički oscilator čiji fizički parametri (rezonantna frekvencija i prigušenje) se menjaju u vremenu. Drugi intuitivan način shvatanja parametričkog oscilatora je sledeći: to je uređaj koji osciluje kada se jedan od njegovih parametara (fizička karakteristika poput kapaciteta ili impedance) se menja.

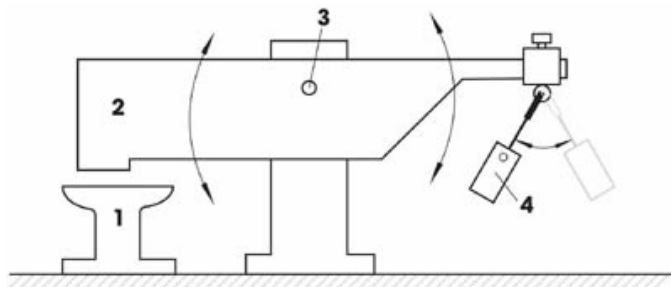
2. "Izuzetno je primetiti da kada se parametri menjaju približno dva puta brže od prirodne frekvencije oscilatora, taj isti oscilator ulazi u fazu (vezuje se) sa parametričkom varijacijom i absorbuje energiju redom veličine koji je proporcionalan energiji koju već poseduje. Bez mehanizma kojim se kompenzuje višak energije, amplituda oscilacije raste eksponencijalno. Ovaj fenomen je poznat pod imenom parametričkog "pobuđivanja"/parametričke rezonancije ili parametričkog pumpanja. Međutim, ako je početna amplituda nula (prim. prev. na primer, klatno u mirovanju) uređaj takođe ostaje u mirovanju – ovo razdvaja parametrički oscilator od neparometričke rezonancije jednostavnog harmoničkog oscilatora

koji se pobuđuje spoljnom silom pri čemu amplituda raste linearno u vremenu bez obzira na početno stanje.

3. Kapacitancu u paralelnom RLC električnom kolu je ekvivalentna masi u translacionom mehaničkom sistemu, to jest, momentu inercije u rotacionom mehaničkom sistemu.

4. "Problem jednostavnog harmoničnog oscilatora se često javlja u fizici jer masa u ravnoteži pod uticajem neke konzervativne sile, u granicama malih kretanja, se ponaša kao harmonički oscilator. Konzervativna sila je sila koja poseduje funkciju potencijalne energije (na primer, uticaj gravitacije na klatno).

Dvostepeni oscilator g.Milkovića



posmatrati kao vertikalno i horizontalno vođeno/voženo klatno.
<http://www.veljkomilkovic.com/Oscilacije.htm>

Ključ razumevanja dvostepenog oscilatora je u kretanju okacne tačke klatna. Postoje okacna tačka klatna vezana za polugu, ona se kreće po krugu čiji je centar u pivotu poluge. Drugim rečima, okacna tačka klatna ima i vertikalnu i horizontalnu komponentu kretanja. Stoga klatno u dvostepenom oscilatoru se može

Zašto je ovo bitno?

Vertikalno vođena klatna kao i horizontalno vođena klatna su klase klatna za sebe, koje ispoljavaju važne efektne nelinearne dinamike, naime, nestabilnost i bifurkaciju. Takođe, vertikalno vođeno klatno je tipičan primer parametričke rezonancije/pumpanja, koje je već razrađeno u literaturi. Pogledaj internet laboratoriju Mr. Franz-Josef Elmera na <http://monet.physik.unibas.ch/~elmer/pendulum> koja ima simulacije vođenih klatna

Generalno, nekontrolisana nestabilnost u parametričkoj rezonanciji vodi do pumpanja energije u sistem iz "ničega" sa posledicom haosa (haotičnog kretanja) i lomova u mehaničkim i električnim uređajima. Dok već ceo vek inženjeri pokušavaju da se reše neželjenih efekata ovih rezonantnih anomalija, od arhitekture do RLC električnih kola, g. Milkovic je pronašao način da elegantno upotrebi taj fenomen. To što se dešava u dvostepenom oscilatoru g. Milkovića nije ni obična rezonancija niti harmonična oscilacija zbog toga što je okacna tačka klatna u stalnom kretanju (po delu kruga). Šta više, upravo je ta kontrolisana, ograničena nestabilnost vertikalno i horizontalno vođenog klatna glavni uzrok neobičnih karakteristika dvostepenog oscilatora.

Mala vertikalna i horizontalna pomeranja okacne tačke klatna (a time i samog klatna) pretvara ovaj nelinearni oscilator u vođeni pendulum tj. u parametrički oscilator (svakako, pod odgovarajućim okolnostima/parametrima samog dizajna). Floquet, Hill and Mathieu su imena koja treba pogledati kada su u pitanju teoretski radovi na polju modeliranja

parametričkih oscilatora. Vredi pomenuti da njihove diferencijalne jednačine su bliski rođaci Srodingerovih jednačina, što navodi na razmišljanje da li ovde postoji neki univerzalni princip koji podjednako vredi kako u makro tako i u kvantnoj fizici.

Dakle, kako se sve gore opisano javlja i vezuje u dvostepenom oscilatoru?

Na osnovu ovoga što znamo u vezi parametričke rezonancije, ako se momenat inercije (koji ćemo od sada zvati težina) klatna se menja frekvencijom dva puta većom od frekvencije same poluge, sistem poluge bi trebalo da se fazno veže u parametričku varijaciju klatna i onda na osnovu principa parametričke rezonancije, absorbuje energiju proporcionalnu energiji koju već poseduje. Ako je moguće pokazati da dvostepeni oscilator poseduje tu osobinu, naime, da klatno varira svoju fizičku karakteristiku dva puta za svaku oscilaciju poluge, onda se dvostepeni oscilator može posmatrati kao parametrički oscilator.

Težina klatna u dvostepenom oscilatoru se svakako menja/varira duplo brže od frekvencije poluge. Kada je kontra-teg na poluzi u gornjoj poziciji, klatno ima maksimalnu brzinu i težinu. Kada je kontra-teg u donjoj poziciji, klatno je u gornjoj poziciji, u mirovanju, sa težinom = 0. To je pola ciklusa poluge. Druga polovina ciklusa je simetrična. Dakle, za svaku oscilaciju poluge, težina klatna ima dva maksimuma i dva minimuma, dakle težina se promenila dva puta, baš kao što se zahteva u stavki 2 gore. Po simetriji, vertikalna i horizontalna promena položaja okacne tačke klatna je u parametričkom 2:1 odnosu prema punoj oscilaciji poluge.

Stoga, dvostepeni oscilator ispunjava zahtev parametričke rezonancije, tj. parametričkog pumpanja (energije).

Pošto u samom uređaju već postoji mehanizam za kompenzaciju/gubitak energije (na primer, čekić i nakovanj), amplituda oscilacije samog klatna pa stoga i celog sistema ne raste eksponencijalno, već ostaje u ograničenom režimu rada i fazno vezana na promenu težine klatna dok klatno oscilira u gravitacionom polju. Dok poluga i kontrateg traže svoj (potencijani) ekvilibrijum u gravitacionom polju, a ne mogu ga naći u mirovanju zbog kretanja klatna i konstantne promene težine klatna, poluga i klatno, tj sistem u celini traži balans u konstantnom kretanju. U isto vreme, rezonantno vertikalno i horizontalno vodeće klatno sa sopstevnom masom u gravitacionom polju pumpa energiju u polugu. Ovde je bitno primetiti da je u stvari ceo sistem odgovoran za kretanje okacne tačke klatna. Kada se kontrateg kreće naniže, okacna tačka klatna je preko poluge gurana na gore. Činjenica da se u ovoj fazi težina klatna smanjuje takođe dodaje "višku" sile sa druge strane poluge.

Kada kontrateg ide na više, višak težine kod klatna utiče na kretanje okacne tačke klatna naniže. Ipak, nije samo individualno kretanje klatna odgovorno za kretanje okacne tačke klatna naniže. Zapravo, trenutna neizbalansiranost težina sa obe strane poluge je odgovorna za kretanje okacne tačke klatna. Stoga, može se videti da je klatno "vođeno" spoljnom silom/mehanizmom, baš kao i u akademskom slučaju vertikalnog klatna.

Dakle, odakle onda dolazi taj višak energije? Treba ponovo pogledati definiciju parametričkog pumpanja u tački 2 gore navedenoj. Može se čak i reći da se početna energija upotrebljena za

dizanje/pokretanje klatna konstatno vraća u sistem poluge kroz samo kretanje klatna tokom polu-oscilacije i konstantne promene težine tj. momenta inercije.

Zašto onda dvostepeni oscilator nije perpetuum mobile? Zašto mora da se stalno daje impuls klatnu? Zbog gubitaka trenja i gubitaka pri radu kontratega (čekic i nakovanj, ili pumpanje vode), pri čemu se stvara tendencija izbacivanja sistema iz parametričke oscilacije. Dodavanjem energije klatnu, NESTABILNOST sistema se održava, što omogućava konstantno iskorištavanje mehaničke prednosti poluge.

Ja predlažem da se izum g. Milkovića svrsta u novu kategoriju uređaja zvanih "Dvostruko ograničeni parametrički oscilatori".

Njutnovi zakoni se baziraju na ideji da je inercija karakteristika mase. Meni se čini da je g. Njutn uzeo mirovanje i konstantno kretanje, pravolinijsko ili po krugu, kao reference za tu tvrdnju. Jasno je da je kod spoja poluge i klatna konstantna samo promena i potreba sistema da uđe u ravnotežu, koju svakako ne nalazi ni u jednoj geomtrijskoj slici.

Dalje, iz gore navedenog je sasvim jasno da pokušaji zatvaranja kruga (feedback-a) mehaničkim putem nisu mogući, jer se tada sistem izbacuje iz nestabilnog režima koji je neophodan da bi se ostvarila parametrička rezonancija i pumpanje, tj. amplifikacija početne uložene energije. A verovatno nisu ni potrebni, jer "feedback" već postoji u samom sistemu zbog parametričke rezonancije. Umesto da se juri mehanički perpetuum mobile, možda je jednostavniji pristup pravljenje uređaja koji stvara višak energije putem parametičke rezonancije bez pokušaja zatvaranja energetskog kruga mehaničkim putem.

Sasha Slavkovic