

## KVAZI-DAVRIY TEBRANISHLARDAN ENERGIYA YIG'ISH

*Jalolova Ziyodaxon Maxmudjon qizi.*

*Urganch Davlat univ'ersiteti fizika kafedrasida magistranti*

*Ilmiy ish raxbari: J.Rayimboyev O'z.RFA.k.i.x Astronomiya inistuti PhD*

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada kvazi-davriy (QP) tebranishga asoslangan energiya yig'ish o'rganiladi. Energiya yig'ish tizimi vaqt bo'yicha o'zgaruvchan kechikish amplitudasi bilan bog'langan kechiktirilgan van der Pol osilatoridan iborat. Biz kechikishning parametrik rezonansi holatini ko'rib chiqamiz, buning uchun kechikish modulyatsiyasi chastotasi osilatorning tabiiy chastotasidan ikki baravar yaqin.

**Kalit so'zlar:** Kvazi-davriy tebranishlar, Energiya yig'imi, Kechiktirilgan van der Pol osilatori, Elektromexanik ulash, Vaqt o'zgaruvchan kechikish amplitudasi.

**Аннотация:** В этой статье исследуется сбор энергии на основе квазипериодических (КП) колебаний. Система сбора энергии состоит из генератора Ван-дер-Поля с задержкой, соединенного с изменяющейся во времени амплитудой задержки. Рассмотрен случай параметрического резонанса задержки, при котором частота модуляции задержки близка к удвоенной собственной частоте генератора.

**Ключевые слова:** Квазипериодические колебания, Сбор энергии, Осциллятор Ван дер Поля с задержкой, Электромеханическая связь, Амплитуда задержки, изменяющаяся во времени.

**Abstract:** In this paper, energy harvesting based on quasi-periodic (QP) vibration is investigated. The energy harvesting system consists of a delayed van der Pol oscillator coupled with a time-varying delay amplitude. We consider the case of parametric resonance of the delay, for which the delay modulation frequency is close to twice the natural frequency of the oscillator.

**Key words:** Quasi-periodic oscillations, Energy harvesting, Delayed van der Pol oscillator, Electromechanical coupling, Time-varying delay amplitude.

Dizayn jihati va ish faoliyatini yaxshilash energiya yig'ish tizimlari mexanik xususiyatlar va yig'ish tizimining xususiyatlarini optimal tanlashga juda bog'liq. Atrof-muhitdan energiyani samarali yig'ish uchun yakuniy maqsad keng polosali xususiyatlarga ega katta amplitudali tebranishlarni yaratishdir. O'ziga xos mexanik dampingni past darajada ushlab turish bilan ishlash [1]. Energiya yig'ish tizimlari duchor bo'lganda majburiy qo'zg'alishlar, natijada paydo bo'ladigan tebranish reaksiyalari odatda juda bog'liq bo'lgan kamchiliklarga ega. qo'zg'alishlarning noma'lum chastotasi va amplitudasi. Bunday sharoitda chiziqli rezonans rejimida

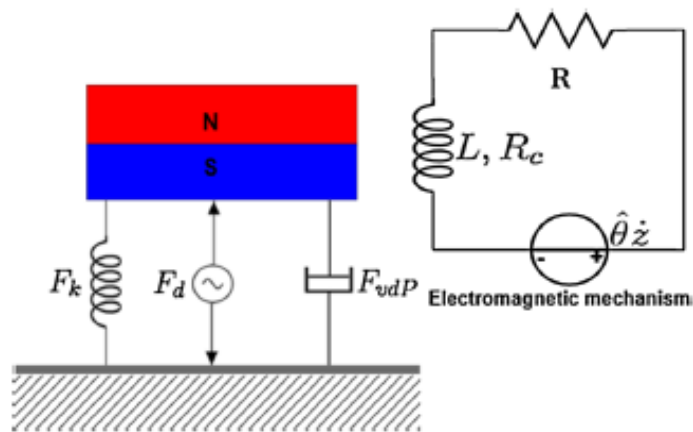
ishlaydigan tozalashning energiya samaradorligi eng yuqori rezonans atrofidagi tor hududda erishiladi, bu uning ish faoliyatini sezilarli darajada cheklaydi. Kombaynning asosiy chastotasi har doim zarba chastotasiga mos kelishi kerakligi [2-5]. Ushbu cheklovni bartaraf etish uchun kombaynning tarmoqli kengligini keng haydovchi chastota diapazonida kengaytirish orqali quvvat yig'ish qobiliyatini yaxshilash uchun chiziqli bo'lmaganlikdan foydalanildi. Biroq, bistabillik past amplitudali harakatlarga [16] jalb qilinganda yoki sakrash hodisalariga uchraganda tizim ish faoliyatini pasaytirishi mumkin. Xuddi shunday, majburiy qo'zg'alishlarda javobning noma'lum qo'zg'alish parametrlariga bog'liqligi qo'zg'alishning murakkab dizaynini amalga oshirishga olib kelishi mumkin [17-19]. Energiya yig'ish tizimlari o'z-o'zidan qo'zg'aladigan bo'lsa, tizim reaksiyasining qo'zg'alish parametrlariga bog'liqligini bartaraf etish mumkin. Superkritik Hopf bifurkatsiyasi orqali tizimning ahamiyatsiz yechimini beqarorlashtirish natijasida hosil bo'lgan induktsiyalangan chegara tsikli (LC) tebranishlari haqiqatan ham katta amplitudali tebranishlar oralig'ida quvvat yig'ishda ishlatilishi mumkin. Muayyan sharoitlarda (majburiy qo'zg'alishlar va bistabillik mavjudligi) barqaror holatdagi LC tebranishlari QP tebranishlarini keltirib chiqaradigan va rezonansdan uzoqda yig'ilgan quvvatning sezilarli darajada pasayishiga olib keladigan ikkilamchi Hopf bifurkatsiyasi orqali barqarorlikni yo'qotishi mumkin [20-22]. Ushbu kiruvchi ta'sirning oldini olish uchun asosiy e'tibor ikkinchi darajali Hopf bifurkatsiyasini nazorat parametrining yuqori qiymatlariga o'tkazish uchun parametr boshqaruvini sozlashga qaratildi [21]. Misol tariqasida, a

Kombayn aerodinamik va asosiy qo'zg'alishlar ostida energiya yig'ish mashinasi tizimi tebranish tezligidan tashqari, kombaynning javobi rezonansdan uzoqda QP bo'lishi, shuningdek, chiqish quvvatining sezilarli pasayishiga olib kelishi kuzatildi [22]. Faqat sof o'z-o'zidan tebranishlar rejimida ishlaydigan energiya yig'ish tizimlarida (majburiy qo'zg'alishlar va bistabillik yo'qligi) LC tebranishlari tug'iladi. Tizimni beqarorlashtirish orqali eng katta tebranish amplitudasi yordamida quvvat chiqishini oshirish uchun ahamiyatsiz yechimdan samarali foydalanish mumkin. Ochiq savol shundaki, LCning beqarorlashuvi natijasida paydo bo'lgan QP tebranishlari energiya yig'ish samaradorligini oshirish uchun ham ishlatilishi mumkinmi? Bu haqda so'nggi ish xabar berdi, modulyatsiyalangan kechikish amplitudasi bilan kechiktirilgan sof van der Pol osilatorini ko'rib chiqish orqali tebranish amplitudasi nuqtai nazaridan chiqarish [23]. Aniqroq aytganda, sof kechiktirilgan van der Pol osilatorida kechikish amplitudasini modulyatsiya qilish kengroq parametrlar diapazonida bajariladigan katta amplitudali QP tebranishlarini (davriy javob amplitudasidan kattaroq) hosil qilishi mumkinligi analitik ko'rsatildi.

Qog'ozning tashkil etilishi quyidagicha: Sektda. 2, elektromagnit tebranishga asoslangan yig'ish tizimi taqdim etilgan. Barqaror holatdagi davriy javob va kechikish rezonansi yaqinida yig'ilgan quvvat o'rtacha hisoblash usuli yordamida olinadi. O'rim-

yig'im tizimining turli parametrlarining davriy javobga va tegishli quvvat chiqishiga ta'siri tekshiriladi. Sektda. 3, biz ikkinchi bosqichli tebranish usulini qo'llagan holda QP javobini taxmin qilamiz. QP tebranishidan olingan yig'ilgan quvvat tahlil qilinadi va davriy quvvat chiqishi bilan taqqoslanadi. Natijalarning qisqacha mazmuni yakuniy bo'limda keltirilgan.

Ko'rib chiqilayotgan energiya yig'ish moslamasi 1-rasmda keltirilgan sxemada ko'rsatilganidek, elektromagnit birikma orqali elektr zanjiriga ulangan sof kechiktirilgan van der Pol osilatoridan iborat. kuch, pozitsiyadagi vaqt kechikishi va van der Pol damping komponenti.



1-rasm. Energiya yig'ish modelining sxemasi

#### Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Dutoit, N., Wardle, B.: Experimental verification of models for microfabricated piezoelectric vibration energy harvesters. *AIAA J.* 45, 1126–1137 (2007)
2. Stephen, N.G.: On energy harvesting from ambient vibration. *J. Sound Vib.* 293, 409–425 (2006)
3. Lesieutre, G.A., Ottman, G.K., Hofmann, H.F.: Damping as a result of piezoelectric energy harvesting. *J. Sound Vib.* 269(3–5), 991–1001 (2004)
4. Sodano, H.A., Inman, D.J., Park, G.: Generation and storage of electricity from power harvesting devices. *J. Intell. Mater. Syst. Struct.* 16, 67–75 (2005)
5. Sodano, H.A., Inman, D.J., Park, G.: Comparison of piezoelectric energy harvesting devices for recharging batteries. *J. Intell. Mater. Syst. Struct.* 16, 799–807 (2005)
6. Peano, F., Coppa, G., Serazio, C., Peinetti, F., D'angola, A.: Nonlinear oscillations in a MEMS energy scavenger. *Math. Comput. Model.* 43, 1412–1423 (2006)