

» 57. državno srečanje mladih raziskovalcev Slovenije 2023«

GRIDNIK - 2DOF mehanizem za sistem več sončnih celic, ki sledijo soncu

Inovacijski predlog

Raziskovalno področje tehnika in tehnologija

Mentor: Mirko Pešec
Avtorji: Jakob Čerič, Aljaž Kelc, Jovan Stojiljković
II. gimnazija Maribor

Maribor, april 2023

Kazalo

Kazalo	1
Kazalo slik	1
Povzetek	2
Zahvala	2
1. UVOD	3
1.1 Opredelitev problema	3
1.2 Namen	3
1.3 Metodologija dela	3
2. OBSTOJEČI MEHANIZMI	4
3. INOVACIJSKU PREDLOG	6
3.1 2DOF enota	6
3.2 GRIDNIK - Mreža večih 2DOF enot	9
3.3 Motorji	10
3.4 Optimizacija GRIDNIKA pri uporabi za premikanje sončnih panelov	11
4. APLIKATIVNOST	12
6. ZAKLJUČEK	14
7. DRUŽBENA ODGOVORNOST	15
8. VIRI	16
7.1 Literatura	16
7.2 Viri slik	17

Kazalo slik

Slika 1: Skica mehanizma s katerim sončne celice sledijo soncu po dveh oseh	4
Slika 2: 2DOF mehanizem	5
Slika 3: Prečni presek 2DOF enote	6
Slika 4: Osnovna 2DOF enota	7
Slika 5: GRIDNIK	8
Slika 6: Sončna plošča z mehanizmom	9
Slika 7: Servo motor	10
Slika 8: Koračni motor	10

Povzetek

Naš inovacijski predlog je nadgradnja in izboljšava že obstoječega koncepta spreminjanja orientacije plošče z uporabo dveh motorjev, pri kateri sta oba motorja priterjena na isti ravnini (sistemi 2DOF). Ta tehnologija se uporablja v različnih industrijah. Primarna ideja za to inovacijo se nam je porodila med našim raziskovalnim delom na sledilnikih sonca, ki imajo večji izkoristek, kot mirujoče sončne plošče. (Šuman et. al, 2021) Odločili smo se razviti mehanizem, ki bi nam omogočil povezovanje številnih posameznih mehanizmov za sledenje soncu in spreminjanje njihove orientacije na bolj optimalen način, ki ne bi zahteval, da ima vsaka celica dva ločena motorja. To smo dosegli z mehanizmom, ki enoosno rotacijsko gibanje pretvori v dvoosno ravninsko gibanje. S kombinacijo dveh tovrstnih mehanizmov smo dosegli sistem, ki nam omogoča prosto premikanje platforme v prostoru z uporabo samo dveh vrtilnih gred. Zaradi tega lahko na eno gred, ki je povezana z enim motorjem, povežemo več mehanizmov in z njem hkrati nagibamo vse platforme. Če povežemo več teh sistemov in jih pravilno usmerimo, bi lahko naenkrat spremenili položaje v prostoru celotne mreže sončnih panelov, ki sledijo soncu. S tem bi zmanjšali porabo energije ter olajšali popravila in vzdrževanje zaradi položaja motorjev. Kljub temu njegova uporaba ni omejena le na industrijo zelene energije, saj je 2DOF koncept mogoče videti v številnih panogah.

Zahvala

Iskreno se zahvaljujemo mentorju, ki nam je pri izdelavi našega inovacijskega predloga nudil pomoč, nas umerjal in zagotovil vse potrebno, da smo naš mehanizem lahko zasnovali.

Prav tako se zahvaljujemo družinskim članom in prijateljem, ki so nam vedno priskočili na pomoč, ko smo jih potrebovali.

1. UVOD

Problematika globalnega segrevanja postaja zadnja leta vse bolj kritična, saj ljudje v ozračje še vedno izpuščamo preveč toplogrednih plinov. To pomeni, da se zemlja segreva zmeraj hitreje. Temu priča dejstvo, da je trenutno v naši atmosferi večja koncentracija toplogrednih plinov kot kadarkoli prej. (Reynolds & Weiss, 2021) Eden izmed alternativnih načinov pridobivanja energije, ki ne povzroča globalnega segrevanja, je uporaba sončne energije. To pridobivamo z uporabo sončnih celic.

1.1 Opredelitev problema

Trenutno obstoječe sončne celice, ki sledijo soncu uporabljajo mehanizem, ki premika samo eno večjo ploščo, da povečajo njen izkoristek. (Šuman et. al, 2021) Posledično, takšni mehanizmi zavzamejo veliko prostora in zato niso najbolj primerni za povprečne potrošnike. Prav tako je njihova instalacija na neravnih površinah kot so strehe zahtevnejša in pogosto celo neizvedljiva zaradi omejenega prostora za premikanje.

1.2 Namen

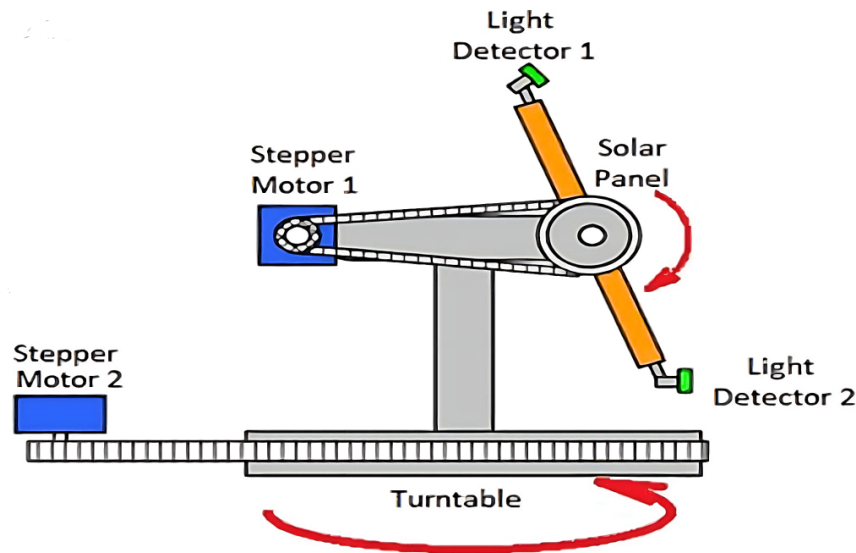
Z našim inovacijskim predlogom želimo nadgraditi že obstoječ mehanizem za sledenje soncu. Z našo izboljšavo, bomo ta mehanizem zmanjšali na velikost ne dosti večjo od navadne sončne plošče in tako omogočili namestitev na več površin.

1.3 Metodologija dela

Do ideje za naš inovacijski predlog smo prišli z opazovanjem sončnih plošč, ki sledijo soncu. Prišli smo do zaključka, da lahko mehanizem za obračanje izboljšamo na več načinov. Tako smo začeli s preučevanjem literature. To je zajemalo raziskovanje različnih že obstoječih mehanizmov za obračanje. S pomočjo znanja, ki smo ga pridobili, smo se lotili načrtovanja lastnega mehanizma, z ključno izboljšavo, ki mehanizmu omogoča povezavo z drugimi mehanizmi v večjo mrežno. Z našo izboljšavo, lahko celotni sledilnik zmanjšamo na velikost, ki ni veliko večja od navadne sončne plošče in tako omogočimo namestitev na več površin. Mehanizem smo načrtovali v programu za 3D modeliranje *Fusion 360*, in ga tudi izdelali, kar nam je omogočilo, da smo preverili funkcionalnost naše rešitve.

2. OBSTOJEČI MEHANIZMI

S preučevanjem literature smo zasledili več različnih mehanizmov za prenos rotacijskega gibanja v ravninskega, ki bi lahko služili kot osnova za naš sledilnik sonca. Prvi in hkrati najpogosteje uporabljen mehanizem za sledenje soncu po dveh oseh je predstavljen na Sliki 1 (spodaj).



Slika 1: Skica mehanizma s katerim sončne celice sledijo soncu po dveh oseh (Research Gate, b. d.)

Sončna plošča (na sliki označena kot Solar Panel) je pritrjena na prvi koračni motor (na sliki označen kot Stepper motor 1). Ta jo nagiba po prvi osi (navzgor in navzdol). Prvi koračni motor je pritrjen na drugi koračni motor (na sliki označen kot Stepper Motor 2). Ta nato vrti celoten zgornji del mehanizma po drugi osi (levo in desno). Mehanizem je relativno preprost in učinkovit, a ima veliko slabost - velika obremenitev na drugem motorju, saj mora ta vrteti celotno konstrukcijo, vključno s prvim motorjem. To pomeni, da mora biti drugi motor zmogljivejši, hkrati pa je poraba energije veliko večja, saj premikamo težje breme.

Kot rešitev tega problema smo se odločili za 2DOF mehanizem, ki ima oba motorja pritrjena na isto ploščad in tako omogoča prenos gibanja v isti ravnini. (Engineering & Scientific International, 2023)

Mehanizem 2DOF (2 Degrees Of Freedom) je mehanski sistem z dvema neodvisnima stopnjama svobode ali osema gibanja. Z drugimi besedami, gre za mehanizem, ki se lahko premika v dveh smereh ali vrti okoli dveh osi. Mehanizmi 2DOF se pogosto uporabljajo v različnih aplikacijah, vključno z robotiko, avtomatizacijo in sistemi za nadzor gibanja, kjer je potrebno natančno in nadzorovano gibanje v dveh smereh.



Slika 2: 2DOF mehanizem (Engineering & Scientific International, 2023)

V našem primeru bomo več takšnih mehanizmov uporabili za nagibanje sistema, sestavljenega iz več plošč, oziroma sončnih celic.

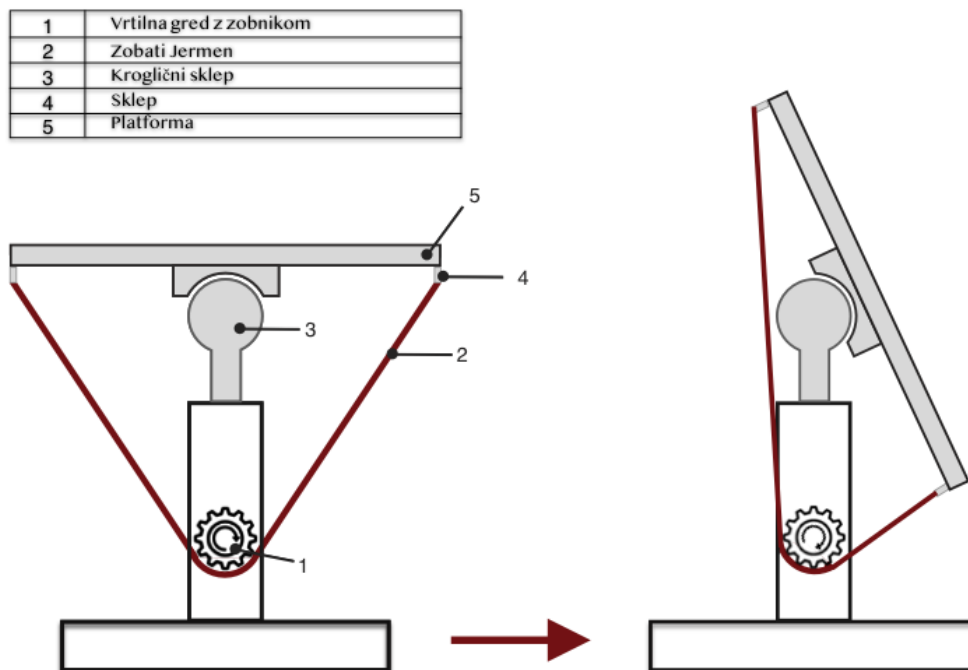
3. INOVACIJSKU PREDLOG

Naš inovacijski predlog je nova oblika 2DOF mehanizma, ki za razliko od obstoječih mehanizma, omogoča povezavo večih 2DOF enot, ter enakomerno premikanje celotnega sistema.

3.1 2DOF enota

2DOF enota je sestavljena iz okvirja, platforme, dveh gredi, ki potekajo skozi sredino okvirja in prenosa mehanizma. S pomočjo prenosa lahko te dve gredi vrtimo in tako ustvarimo krožno gibanje. Prenosni mehanizem pretvori krožno gibanje gredi v ravninsko. Kot med ravnino in okvirjem lahko uravnavamo z vrtenjem gredi in tako nadzorujemo usmerjenost ravnine v prostoru.

Vsaka izmed osi je odgovorna za eno os premikanja naše ravnine. Na Sliki 3 (spodaj) je prečni presek ene 2DOF enote s pomočjo katerega lahko vidimo kako deluje ena os mehanizma.



Slika 3: Prečni presek 2DOF enote (avtorska slika)

Naš mehanizem sestavljajo

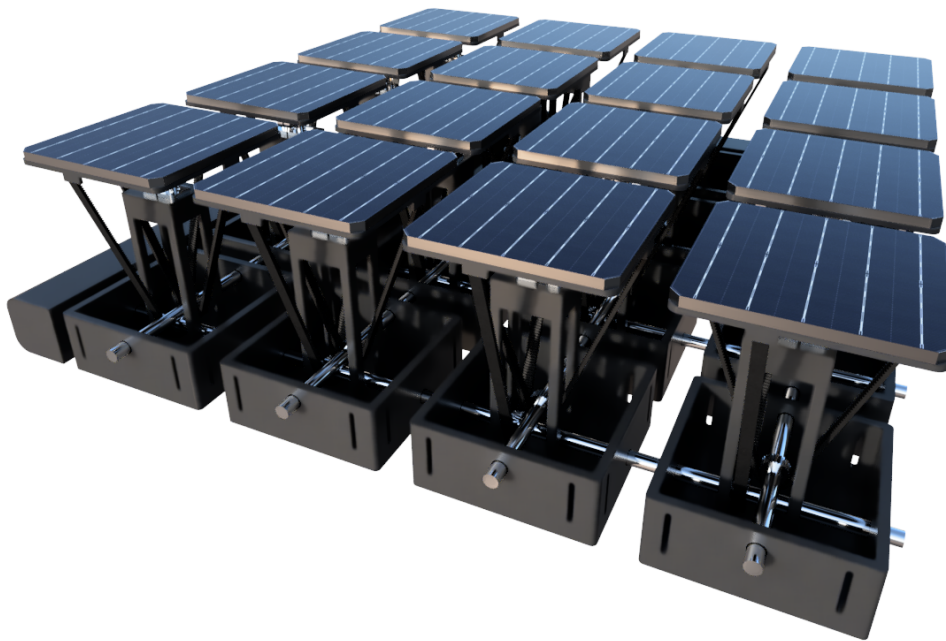
1. **Vrtilna gred z zobnikom** - Gred je povezana z servo motorjem (ali drugo gredjo, v primeru mreže) in zagotavlja enoosno rotacijsko gibanje, ki se prevede v ravninsko gibanje. Na gred je pritrjen zobnik, ki povezuje gred in zobati jermen.
2. **Zobati jermen** - Uporablja se za prenos krožnega gibanja na platformo in jo nagne v smer, v kateri se gibanje dogaja. Zobati jermen je na obeh straneh povezan s platformo in je povezan z zobnikom na vrtilni gredi.
3. **Kroglični sklep** - Na sredini je povezan s platformo in omogoča premikanje v prostoru z dvema osema svobode.
4. **Sklep** - Potreben za sprostitvev napetosti zobatega jermena, kar omogoča, da jermen brez zapletov sledi gibanju plošče.
5. **Platforma** - Platforma je del, katerega orientacija se spreminja. Uporablja se za priključitev sončne plošče ali drugega priključka.

Dva takšna mehanizma lahko združimo da dobimo mehanizem z dvema osema gibanja. Glavna prednost tega mehanizma je, da lahko zaradi njegove zasnove več enot povežemo v mrežo.



Slika 4: Osnovna 2DOF enota izboljšanega sledilnika (avtorska slika)

Pomembno je da sta vrtilni gredi takšnega mehanizma na dveh različnih nivojih in na sredini stranic, saj to omogoča da več takšnih mehanizmov povežemo v mrežo, ki deluje sinhrono in jo lahko poganjamo s pomočjo samo dveh motorjev. Ta mehanizem smo poimenovali GRIDNIK, saj je to izpeljanka iz angleške besede *grid*, ki po slovensko pomeni mreža.

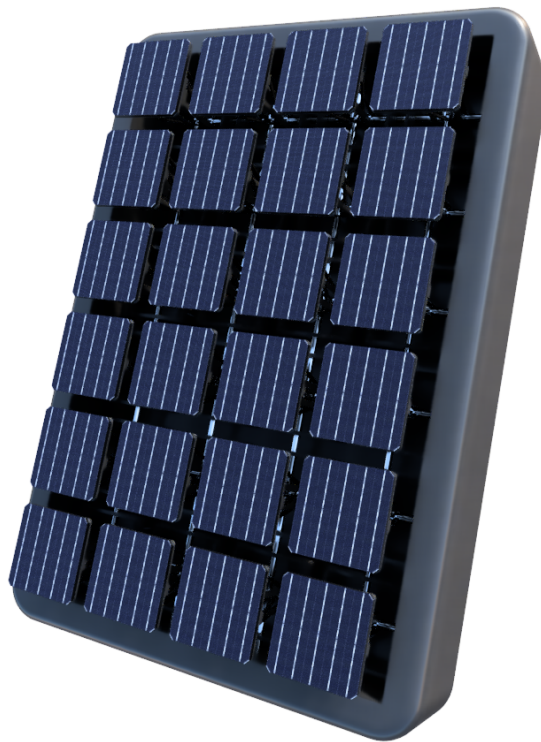


Slika 5: GRIDNIK (avtorska slika)

3.2 GRIDNIK - Mreža večih 2DOF enot

GRIDNIK je torej mreža večih 2DOF enot, ki so med seboj povezane preko gredi. Na eni izmed stranic lahko vse gredi za eno os gibanja povežemo z enim motrjem in enako na drugi stranici. To nam omogoči da lahko samo z dvema motorjema premikamo celotno mrežo 2DOF enot.

To je uporabno predvsem pri sončnih celicah, ki sledijo soncu. S pomočjo mreže lahko več majhnih sončnih celic povežemo v sončno ploščo. Tako je sončna plošča, ki jo dobimo približno enako velika, kot navadne sončne plošče, hkrati pa je njen izkoristek večji, saj se lahko posamezne sončne celice sinhrono obrnejo proti soncu.



Slika 6: Sončna plošča z mehanizmom GRIDNIK

3.3 Motorji

Za premikanje takšnega mehanizma je na voljo več različnih motorjev.

Servo motor je vrsta električnega motorja, ki za krmiljenje svojega položaja uporablja zaprto zanko. Servo motorji se pogosto uporabljajo v robotiki in avtomatizaciji, saj so majhni, imajo velik navor in so sposobni natančnega nadzora. (Autodesk Instructables, 2023)



Slika 7: Servo motor (Autodesk Instructables, 2023)

Koračni motor je vrsta motorja, pri kateri motor pol obrat razdeli v več manjših "korakov", po katerih se lahko premika z zelo veliko natančnostjo. Koračni motorji imajo tudi drugo prednost in sicer to, da lahko koračni motor enake velikosti kot nek servo motor, generira veliko večji navor. (Farnell, 2021)



Slika 8: Koračni motor (Autodesk Instructables, 2023)

Vrsta motorja, ki je uporabljena v mehanizmu se razlikuje od njegove velikosti. V primeru, da bi izdelovali manjši mehanizem, bi bila najbolj smiselna odločitev uporaba hobi servo motorjev, saj so relativno poceni a hkrati zelo učinkoviti. Če bi pa želeli izdelati večji mehanizem, ki je sposoben natančno premikati težja bremena, pa bi bila boljša odločitev uporaba koračnih motorjev. Alternativa koračnim motorjem v tem primeru so industrijski servo motorji, a ti so lahko precej dražji.

3.4 Optimizacija GRIDNIKA pri uporabi za premikanje sončnih panelov

Pri uporabi GRIDNIKA za sinhrono premikanje večjih manjših sončnih celic, pride do problema, da posamezne celice mečejo senco na druge celice. Zato je pomembno na kakšni razdalji med seboj so posamezne 2DOF enote postavljene, saj to vpliva na izkoristek. To razdaljo lahko izračunamo glede na velikost posamezne celice s pomočjo optimizacije.

Tukaj se ne bomo spuščali v podrobnosti, kako točno se ta postavitev optimizira, saj to ni cilj našega inovacijskega predloga. Pomembno pa je poudariti, da je za vsako velikost posamezne sončne celice obstaja optimalna razdalja med posameznimi 2DOF enotami. Druge raziskave, ki so bile delane za postavitve navadnih sončnih sledilnikov in so zaenkrat kar omejene in neobsežne so pokazale, da je najoptimalnejša razdalja med stranico dveh enot 0.45 kratnik širine posamezne celice. (Elmer & Perjesi-Hamori, 2018)

4. APLIKATIVNOST

Glede na to, da je naš koncept nadgradnja obstoječega mehanizma, ki nam omogoča povezovanje več 2DOF enot, bo uporaba sistema tudi nadgradnja aplikacij obstoječega mehanizma, kar bo omogočilo učinkovitejše delovanje v večjem obsegu.

Sončni paneli: Pri sončnih panelih se 2DOF mehanizem lahko uporablja za nadzor usmerjenosti posameznih sončnih celic, tako da so te vedno usmerjene proti soncu, kar zagotavlja največjo učinkovitost. Z uporabo mehanizma za nadzor usmerjenosti sončnih panelov se lahko optimizira vpadni kot med sončnimi žarki in ploščami, kar poveča proizvodnjo energije. To je lahko uporabno pri aplikacijah, kot so komercialni sistemi sončnih panelov, kjer je čim večja proizvodnja energije ključnega pomena. Zaradi nižjih stroškov in potreb po energiji bi bila uporaba enega motorja za krmiljenje pozicij več sončnih celic hkrati veliko bolj optimalna. Zaradi tega smo se odločili, da naš mehanizem osredotočimo na zamisel o njegovi uporabi v industriji obnovljivih virov energije, pri čemer je sledenje soncu naša glavna usmeritev. Prav tako, je takšen mehanizem kompaktenjši od navadnega sončnega sledilnika, kar omogoča namestitve na večih površinah.

Poleg tega lahko uporabo mehanizma za krmiljenje pozicije več plošč hkrati opazimo tudi na drugih področjih tehnologije in inovacij, kot sta robotika in aditivna proizvodnja (FDM 3D tiskanje).

Robotika: V robotiki se lahko naš mehanizem uporablja v sistemih, kjer več robotskih delov izvaja enakomerno gibanje. Takšne primere lahko vidimo v tovarnah, kjer lahko preprosta opravila opravljajo roboti. Če imamo sistem robotov, ki uporabljajo tehnologijo 2DOF in opravljajo enako gibanje, jih lahko vse povežemo z GRIDNIKOM, pri čemer je zopet manjša poraba energije, zaradi uporabe manj motorjev.

3D-tiskanje: Pri aditivni proizvodnji, položaj gradbene plošče glede na položaj ekstruderja določa, ali so podpore potrebne za ustrezno tiskanje predmeta. Odvisno od kota previsa se lahko zaradi pomanjkanja podpore kakovost tiska močno zmanjša. Ustvarjanje podpor pa podaljša skupni čas tiskanja in porabi več materialov, ter omogoča več zapletov. Spreminjanje orientacije gradbene plošče s pomočjo mehanizma 3DOF (nadgradnja 2DOF, ki deluje po istem principu), da bi odpravili potrebo do podpor so že izvedli študentje Univerze uporabnih znanosti v Zürichu (Hackaday, 2017). Glede na to, da se tehnologije FDM danes vedno bolj uporabljajo v proizvodnji, je zlahka videti, kako bi bil uporaben sistem več 3D tiskalnikov, ki izvajajo enake premike. Z našim mehanizmom bi lahko povezali celotno mrežo 3D tiskalnikov, kar bi zagotovilo stroškovno in energetsko učinkovitejšo izdelavo določenih delov namenjenih za masovno proizvodnjo.

To je le nekaj možnih aplikacij našega mehanizma in drugih možnosti je še veliko, saj se tovrstna tehnologija uporablja na različnih področjih, vse od medicine do vesoljske in letalske industrije.

6. ZAKLJUČEK

V našem inovacijskem predlogu smo nadgradili mehanizem za sledenje soncu po dveh oseh. Glavna prednost našega mehanizma je, da lahko zaradi njegove zasnove več 2DOF enot povežemo v mrežo. V primerjavi z mehanizmi, ki so trenutno v rabi, ima naš zaradi svoje konstrukcije bistveno manjšo porabo energije.

Največji pomislek glede mehanizma je količina premikajočih delov, saj se s tem poveča težavnost proizvodnje. Posledično bi bil takšen mehanizem dražji in tako manj dostopen. Še en problem s katerim se srečujemo pa je razdalja med posameznimi enotami v primeru uporabe GRIDNIKA za sledenje soncu. Glede na vire, je razdalja tako velika, da se kljub povečanemu izkoristku za določene pogoje postavitve verjetno ne bi splačala. Seveda, pa zaradi omejene raziskave na tem področju ta podatek ni popolnoma zanesljiv in bi bila potrebna še dodatna raziskava.

Zraven optimizacije postavitve, pa se je vredno lotiti tudi uporabe drugačnih prenosnikov gibanja. V našem primeru smo uporabili zobati jermen, lahko pa bi namreč uporabili nekaj bolj robustnega, kot so gredi in sklepi. Tako bi lahko dosegli večjo natančnost mehanizma.

Naslednja stopnja GRIDNIKA pa je lahko tudi razširitev na 3DOF. V tem primeru bi spodnja plošča mehanizma bila pravilni šestkotnik, namesto kvadrat. Ogrodje bi prav tako imelo osi na sredini stranic. Z uporabo treh osi, bi lahko mehanizmu dodali še eno os gibanja, ki bi lahko bila uporabljena na primer za premikanje gor in dol ali pa rotacijo ploščadi odvisno od namena samega mehanizma.

Naš mehanizem je relativno preprosta, vendar učinkovita rešitev za usmerjanje večjih sončnih celic. Mehanizem je kompakten, učinkovit in enostaven za izvedbo, zato ga je možno uporabiti v večjih strokah. Z nadaljnjimi raziskavami je mogoče izboljšati povezovalni sistem in natančnost krmiljenja, kar pomeni, da bi se tudi uporabna vrednost mehanizma še povečala.

7. DRUŽBENA ODGOVORNOST

Naš inovacijski predlog je lahko uporabljen na več področjih, ki so pomembna za razvoj tehnologije in izboljšanje življenjski standardov po vsem svetu. Tako se mehanizem neposredno navezuje na etično obnašanje, eno izmed sedmih načel družbene odgovornosti po ISO 26000, saj bi z njegovo uporabo skrbeli za dobrobit človeštva. Zraven tega, bi z uporabo mehanizma pri obračanju sončnih plošč lahko dosegli višji izkoristek, saj bi plošče soncu sledile bolj natančno in ob tem porabile manj energije. To posredno pomeni, da bi se postavitev sončnih elektrarn bolj splačala, saj bi sončne plošče proizvedle več energije. Sklepamo lahko, da bi to povzročilo porast v količini sončnih plošč, kar bi zagotovo povečalo skupno količino energije, ki jo pridobimo iz zelenih virov energije. To pomeni, da bi bila potreba po energiji, ki je pridobljena iz premoga in drugih fosilnih goriv manjša. Ker ima uporaba teh goriv negativne posledice na okolje, zaradi izpustov toplogrednih plinov, bi naš mehanizem pomagal tudi v boju proti podnebnim spremembam oziroma globalnemu segrevanju.

8. VIRI

7.1 Literatura

Elmer, G., & Perjesi-Hamori, I. (2018). Optimum Spacing of Solar Modules for Two Axis Tracking. MATHMOD 2018 Extended Abstract Volume. Povzeto po:

<https://doi.org/10.11128/arep.55.a55268>

Engineering & Scientific International. (2023). 2DOF Systems» Engineering & Scientific International. Povzeto po:

<https://www.esiglobalbusiness.com/index.php/products/motion-systems/2dof-systems/>

Hackaday. (2017). 3D Printer With Tilted Bed. Povzeto po:

<https://hackaday.com/2017/01/19/3d-printer-with-tilted-bed/>

Instructables. (2015, July 10). Arduino Servo Motors. Povzeto po:

<https://www.instructables.com/Arduino-Servo-Motors/>

Motor Control Stepper Motor Drivers. b. d. Farnell. Povzeto po:

<https://si.farnell.com/motor-control-stepper-motor-drivers-technology.>

Newell, J. A., & Horton, H. I. (1967). INGENIOUS MECHANISMS ; FOR DESIGNERS' AN'-O INVENTORS. Povzeto po:

http://www.opensourcemachinetools.org/archive-manuals/Ingenious_Mechanisms_Vol.4_Jones_1930.pdf

Weiss, S., & Reynolds, M. (2015). The 10 facts that prove we're in a climate emergency. Povzeto po:

<https://www.wired.co.uk/article/climate-change-facts-2019>

Šuman et. al (2021). Izdelava sončnega sledilnika in primerjava z mirujočo sončno ploščo. Povzeto po:

https://zpm-mb.si/wp-content/uploads/2021/09/S%C5%A0_Elektrotehnika_Izdelava_son%C4%8Dnega_sledilnika_in.pdf

7.2 Viri slik

Slika 1: Skica mehanizma s katerim sončne celice sledijo soncu po dveh oseh [online]. 2023. [Citirano 14.1.2023; 12.26]. Dostopno na spletnem naslovu:

https://www.researchgate.net/figure/Functioning-principle-of-a-solar-tracking-system_fig1_36884587

Slika 2: Slika 2 DOF mehanizma [online]. 2023. [Citirano 14.1.2023; 11.26]. Dostopno na spletnem naslovu:

<https://www.esiglobalbusiness.com/index.php/products/motion-systems/2dof-systems/>

Slika 3: Prečni presek mehanizma za enodimenzionalno premikanje plošče. Avtorska slika.

Slika 4: Slika osnovne 2DOF enote sledilnika . Avtorska slika.

Slika 5: Slika GRIDNIKA. Avtorska slika

Slika 6: Sončna plošča z mehanizmom GRIDNIK. Avtorska slika.

Slika 7: Slika servomotorja [online]. 2023. [Citirano 12.1.2023; 11.31]. Dostopno na spletnem naslovu:

<https://patentimages.storage.googleapis.com/f1/b4/28/9922db19abad3e/CN203318746U.pdf>

Slika 8: Slika koračnega motorja [online]. 2023. [Citirano 12.1.2023; 11.31]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.azurefilm.com/en/kopija.2>