



Vienošanās Nr.1.1.1.1/16/A/013 "Hibrīdās enerģijas ieguves sistēmas"

Projektā sasniegto rezultātu apraksts 1.pārskata periodā

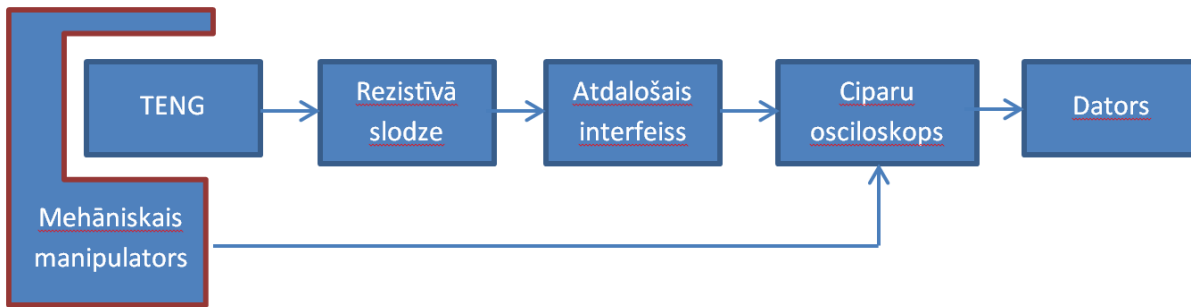
(01.03.2017.-31.05.2017.)

1.1.pasākuma īstenošanas laikā izstrādātas metodes plāno kārtiņu izgatavošanai no dažādiem polimērmateriāliem, kā arī metodes triboelektriskā efekta pētīšanai. Pirmā projekta ceturkšņa laikā iegūtas vairāk kā 12 paraugu kombinācijas. Identificēti vairāki materiāli TENG izgatavošanai. Daudzsološākie materiāli ir PEDOT, PDMS, PVDF un EC. Izstrādāta tehnoloģija (metode) kārtiņu iegūšanai ar lielu īpatnējo virsmu.

1. Mērīšanas metodoloģija

Izanalizējot TENG galvenos parametrus, tika definēta to mērīšanas sākotnējā problemātika, kas skar ģeneratoru mehānisko noslodzi un elektriskās īpašības. Tā kā ģenerētais lādiņš ir būtiski atkarīgs no divu elektrodu saspiešanās parametriem, to patstāvīgums ir vitāls dažādu paraugu salīdzināšanai un testēšanai ilgā laika posmā. Mehāniskās iedarbības nodrošināšanai izvēlēts spiedi un stiepi mērošs manipulators Instron, tam tika izveidots kustības algoritms, kas balstās uz nemainīga saspiešanas ātruma un spēka, kā arī atraušanas ātruma nodrošināšanas neatkarīgi no ievietotā parauga fiziskajām īpašībām. Mērāmo TENG paraugu elektrodu iestiprināšanai tika nolīmeņotas manipulatora darba virsmas vienmērīga kontakta radīšanai.

Elektrisko parametru raksturošanai izvēlēts mērīt spriegumu uz aktīvas (rezistīvas) slodzes, kas dod iespēju aprēķināt TENG jaudu un enerģiju. Tā kā ģenerētais lādiņš ir mazs, bet ekvivalentā virknes pretestība ir liela, TENG izejai var pieslēgt tikai lielas pretestības. Šī ierobežojuma dēļ vairums mēraparātu tiešā veidā nevar tikt izmantoti sprieguma noteikšanai, tāpēc tika izveidota zemāk aprakstītā un 1. attēlā parādītā mērīšanas shēma.



1. attēls. Mērīšanas shēma.

Atdalošais interfeiss veic salāgošanu starp rezistīvās slodzes lielo pretestību un mērošā osciloskopa mazo ieejas pretestību, tam izvēlēts elektrometra Keysight 6514 ieejas analogais pastiprinātājs. Ciparu osciloskops ar lielu laika un sprieguma izšķirtspēju reģistrē spriegumu uz rezistīvās slodzes un vienlaicīgi mehāniskā manipulatora spēka mērījumus, tālāk nosūtot informāciju uz datoru. Šādā veidā var veikt ilgstošu paraugu mehānisko slodzes un elektriskos mērījumus, turklāt reģistrējot TENG pielikto spēku un tā reakciju visos laika momentos. Tā kā mērījumu pamatā ir neliela lādiņa reģistrācija uz lielas pretestības, tika veikta elektrisko trokšņu slāpēšana, mērīšanas posmiem piemeklējot optimālu saņemšanas ceļu.

1.1. Sprieguma dalītāja izveide

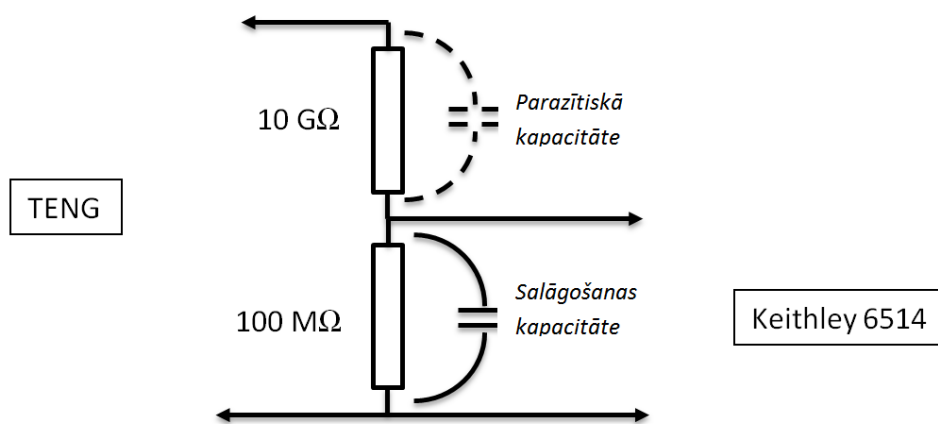
TENG ir elektriskās enerģijas avoti ar samērā augstu iekšējo pretestību un ģenerējamo spriegumu. Katram ģeneratoram ir savs salāgotais režīms – elektriskā slodze, pie kuras ģenerators ir spējīgs atdot ārējai elektriskajai ķēdei maksimālu jaudu. Lai atrastu šo režīmu, TENG tiek pētīti pie dažādām slodzes pretestībām. Salāgotā režīmā TENG ir spējīgs ģenerēt spriegumu, kas var sasniegt vairākus simtus vai pat tūkstošus voltu.

Keithley 6514 - ierīce, ar kuras palīdzību TENG tiek sajūgts ar osciloskopu, lai reģistrēt ģenerētos signālus ir spējīga strādāt spriegumu diapazonā līdz 200V. Līdz ar to, lai paplašināt sistēmas mērīdiapazonu, tiek izmantoti sprieguma dalītāji. Šie dalītāji samazina spriegumu 10 vai 100 reizes, paverot iespēju mērīt spriegumus, kas sasniedz 20 KV.

Veidojot sistēmu tika apzinātas vairākas grūtības. Mērāmajiem signāliem piemīt salīdzinoši plašs spektrs, kas sniedzas kilohercu diapazonā, līdz ar to jāņem vērā arī reaktīvās slodzes sastāvdaļas,

galvenokārt parazītiskā paralēlā kapacitāte. Veicot mērījumus ar augstām slodzes pretestībām – līdz pat 10 G Ω mi, liela nozīme ir arī pF lielām kapacitātēm un to desmitdaļām, kas līdzstrāvas mērījumos nemainītu rezultātu, savukārt augstākām signāla harmoniskajām sastāvdaļām šāda kapacitāte ir ceļš ar mazāku pretestību. Jo augstāka ir slodzes pretestība, jo lielāka loma ir šīm kapacitātēm.

Būtiska nozīme šīm kapacitātēm ir veidojot tieši sprieguma dalītāju, jo pastāv iespēja ka tam piemītīs dažādi dalīšanas koeficienti pie dažādām frekvencēm. Tāpēc sprieguma dalītāju ir nepieciešams salāgot, lai pārvades koeficienti sprieguma dalītājiem nepieciešamajā frekvenču diapazonā ir vienādi. Tas tiek panākts paralēli izejas pretestībai pievienojot kondensatoru, kas ir ekvivalents parazītiskajai kapacitātei.

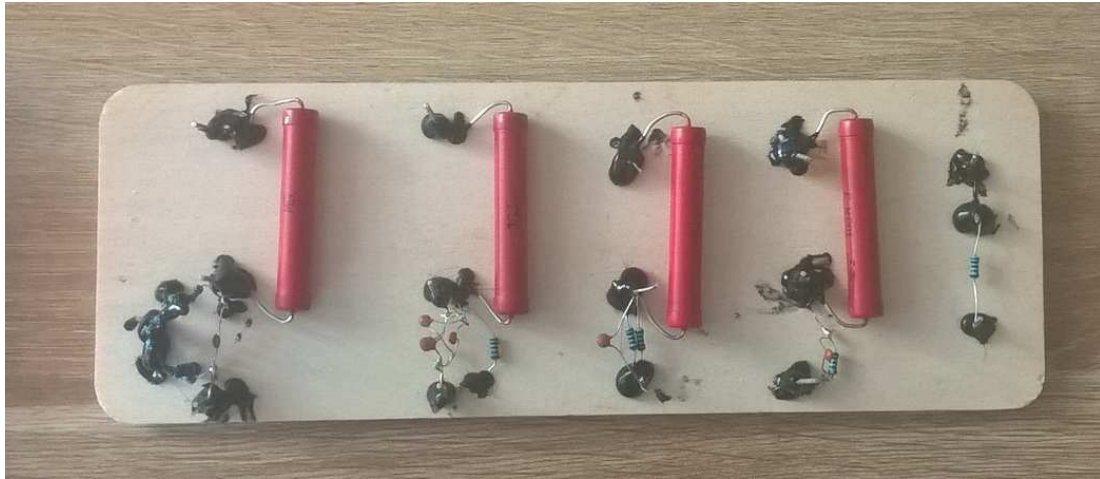


2. attēls. Sprieguma dalītāja salāgošana

Šādā veidā abiem rezistoriem tiek nodrošināta kompleksā pretestība, kurām ir vienāda laika konstante. Atbilstība tiek pārbaudīta un nepieciešamības gadījumā vērtību pieskaņošana notiek izmantojot sinusoidālu signālu ģeneratoru un panākot vienādu signāla vājinājumu pie dažādām frekvencēm.

Pievienotajā attēlā parādīta eksperimentos izmantotā slodzes magazīna piecām slodzes vērtībām:

- 1) 10 G Ω ar dalītāju 1:100
- 2) 1 G Ω ar dalītāju 1:100
- 3) 500 M Ω ar dalītāju 1:100
- 4) 100 M Ω ar dalītāju 1:10
- 5) 10 M Ω bez dalītāja



3. attēls. Slodzes magazīna piecām slodzes vērtībām.

2. Paraugu kombinācijas

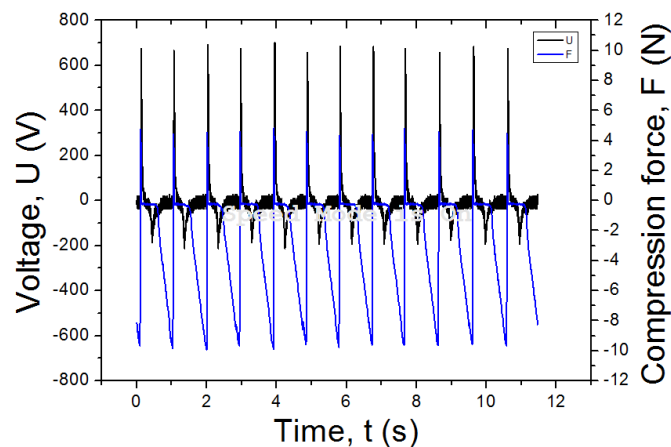
Pirmā ceturkšņa laikā ar izvērtētas 12 dažādas paraugu kombinācijas. Sākotnēji, dotā rezultāta sasniegšanai, tika iegūtas dažādu materiālu plānās kārtiņas uz elektrodiem. Ar rotējošo pārklājumu izgatavošanas metodi iegūtas plānas kārtiņas no polidimetilsiloksāna (PDMS), Etilcelulozes (EC), Polistirola (PS), Polivinilalkohola (PVA), Polivinilidēnfluorīda (PVDF) un polimetilmetakrilāta (PMMA). Tāpat iegūti pēc ķīmiskā sastāva 3 atšķirīgi vadoša polimēra poli(3,4-etilēndioksitiofēna) polistirola sulfonāta polimēri (PEDOT) no tvaika fāzes. Šie paraugi izmantoti TENG dažādās kombinācijās, kā parādīts 1. tabulā:

1. tabula. Paraugu kombinācijas

Nr.	Materiāls 1	Materiāls 2
1.	PDMS	PVA
2.	PDMS	ITO
3.	PDMS	PVDF
4.	PDMS	PS
5.	PDMS	EC
6.	PDMS	PEDOT (1)

7.	PDMS	PEDOT (2)
8.	PDMS	PEDOT (3)
9.	EC	ITO
10.	EC	PMMA
11.	PS	PMMA
12.	PS	ITO

Visaugstāko spriegumu izdevies iegūt no plāno kārtiņu kombinācijas: PDMS/PVDF, kur atvērtas ķēdes sprieguma mērījuma laikā iegūti 700V pieliekot spēku 10 N un frekvenci 1 Hz. Mērījuma grafiks parādīts 4. attēlā.



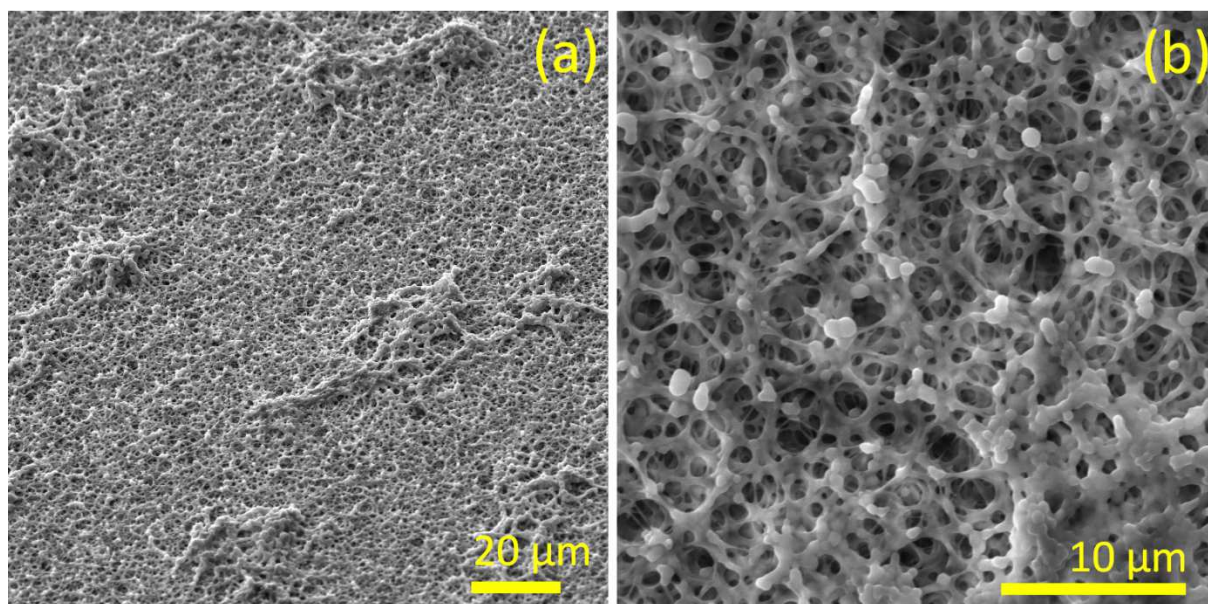
4. attēls. Sprieguma mērījums atvērtā ķēdē kontaktējot PDMS pret PVDF.

3. Tehnoloģija (metode) plāno kārtiņu iegūšanai ar lielu īpatnējo virsmu

TENG veiktspējas paaugstināšanai, uz virsmām kontaktējot nepieciešams iegūt pēc iespējas augstāku elektrostatisko lādiņu. To iespējams panākt veidojot pārklājumus ar lielu īpatnējo virsmas laukumu, tādējādi palielinot kontakta laukumu starp divām virsmām un uz virsmām izveidotā elektrostatiskā lādiņa lielumu. Šī iemesla dēļ aktivitātes 1.1.īstenošanas laikā izstrādāta tehnoloģija (metode) - iemērķšanas izgulsnēšana - īpatnējās virsmas palielināšanai.

Tehnoloģijas (metodes) apraksts: (i) iegūst polimēra šķīdumu; (ii) ar rotējošo pārklājumu iegūšanas metodi polimēra šķīduma plāno kārtiņu uznes uz vadoša elektroda; (iii) polimēra šķīduma plāno

kārtnu uz vadoša elektroda iemērc (anti)šķīdinātājā. Lai iegūtu porainu kārtiņu rūpīgi jāizvēlas šķīdinātāja-polimēra-(anti)šķīdinātāja sistēma. Piemēram, labi rezultāti sasniegti, lai iegūtu EC porainu plāno kārtiņu. EC porainas plānās kārtiņas iegūšanai sākotnēji iegūst EC 10% šķīdumu toluola un etanola maisījumā (80%/20%), bet kā (anti)šķīdinātāju izvēlas heksānu. Iegūtās kārtiņas SEM mikrofotogrāfijas dažādos palielinājumos parādītas 5. attēlā.



5. attēls. EC plānās porainās kārtiņas skenējošās elektronmikroskopijas fotogrāfijas dažādos palielinājumos. EC plānā porainā kārtiņa TENG elektrodam iegūta ar izstrādāto iemērkšanas-izgulsnēšanas metodi.

Projekta īstenošanas vieta: Paula Valdena iela 3, Rīga
Projekta zinātniskais vadītājs: vadošais pētnieks Andris Šutka

Projekta administratīvais vadītājs: Evija Plone

© Rīgas Tehniskā universitāte, 2017

Publicēts RTU mājas lapā 05.06.2017.