

**RESEARCHES OF DIELECTRIC PROPERTIES OF TIRES IN AGING PROCESS****AUTORIEPU DIELEKTRISKO ĪPAŠĪBU PĒTĪJUMI NOVECOŠANAS PROCESĀ**

**Andris Martinovs**, *lecturer, doctoral studies*  
Riga Technical University,  
Institute of Mechanics; Rezekne Higher Education Institution,  
Address: Atbrīvošanas aleja 76, LV 4600, Rēzekne, Latvia  
E-mail: andris@ru.lv

**Vladimir Gonca**, *professor, Dr. sc. ing.*  
Riga Technical University, Institute of Mechanics  
Address: 6 Ezermalas Street, LV-1006, Riga, Latvia  
E-mail: gonca@bta.lv

*Atslēgas vārdi: riepa, gumija, dielektriskā caurlaidība, mehāniskās īpašības, novecošana*

**1. Ievads**

Gumijas izstrādājumi ekspluatācijas laikā ir pakļauti novecošanai, kā rezultātā izmainās to mehāniskās īpašības. Dažādu inženiertehnisko jautājumu risināšanā ir nepieciešams noteikt šos parametrus un prognozēt to maiņu novecošanas procesā. Pievilcīgas būtu tādas mehānisko parametru noteikšanas metodikas, kas ir maksimāli vienkāršas, ērtas, viegli automatizējamas, īsā laikā realizējamas un paraugu nesagraujošas. Kā viens no iespējamajiem risinājumiem ir mehānisko mērījumu aizstāšana ar elektriskajiem, pie nosacījuma, ja elektriskie parametri novecošanas procesā mainās. No elektriskajiem parametriem šim nolūkam ir izdevīga dielektriskā caurlaidība, kuras mērīšanai pietiek ar dažu voltu spriegumu.

Darba mērķis ir izstrādāt gumijas dielektriskās caurlaidības noteikšanas metodiku un izpētīt šī parametra izmaiņu automobiļa riepām novecošanas procesā, lai noskaidrotu, vai autoriepu mehānisko parametru prognozēšanas metodikās ir iespējama elektrisko mērījumu izmantošana.

**2. Metodoloģija**

Dielektriskajiem mērījumiem tiek izmantotas šādas vieglo automobiļu riepas:

1) ziemas- MARSHAL POWER GRIP 749P 185/70 R14 88T M+S MADE IN KOREA E4 029360 TREA STEEL2+ POLYESTER1 SIDEWALL POLYESTER 1 PLY SNOW RADIAL TUBELESS DOT H276 YAX 299<;

2) vasaras- PIRELLY P400 TOURING P185/65 R14 DOT XL OT 9610 E3 9HBO8F TUBELESS M+S MADE IN BRASIL SIDEWALL 1 POLYESTER PLIES TREAD 1 POLYESTER 2 STEEL 1 NYLON 499<;

3) vasaras- PIRELLY P3000 ENERGY 185/65 R14 86T DOT XF OT9352 E3 0244054 AO11812 MADE IN SPAIN TREAD: 2 NYLON 2 STEEL 1 POLYESTER SIDEWALL 1 POLYESTER 1004<.

Vielu (tātad arī gumijas) elektriskās īpašības raksturo īpatnējā pretestība, dielektriskā caurlaidība un dielektrisko zudumu leņķa tangenss. Pašlaik eksistē standarts tikai gumijas elektriskās pretestības noteikšanai [1], kurā mērījumiem tiek izmantots 500 V liels spriegums, izņēmuma gadījumos – 40 V, bet tad precizitāte ir daudz sliktāka. Standartā tiek piedāvāti šādi iespējamie elektrodu veidi: virsmas pārklāšana ar strāvu vadošu sudraba laku, koloidālu grafitu vai strāvu vadošu šķidrums. Tiek piedāvāta šāda šķidro elektrodu receptūra: bezūdens polietilēnglikols (molmasa 600) - 800 masas daļas, ūdens - 200 masas daļas, piemērots saslapinātājs - 1 masas daļa un kālija hlorīds- 10 masas daļas. Saskaņā ar [1], elektrodi tiek uzklāti uz parauga abām pretējām virsmām, kuras pirms tam nepieciešams rūpīgi attīrīt ar ūdenī samitrinātu bentonītu un noskalot ar destilētu ūdeni, jo pat niecīga nosēdumu (tauki, talks u.c.) kārtiņa uz tām var būtiski ietekmēt elektrisko mērījumu precizitāti. Šādas metodikas izmantošana ievērojami apgrūtina vai pat padara neiespējamu elektrisko mērījumu automatizāciju, piemēram, ekspluatācijā esošai riepai pielikt divpusējos elektrodus vispār nav iespējams. Problēmu varētu daļēji atrisināt, izmantojot konformo attēlu metodi [2], kurā divpusējie elektrodi tiek aizstāti ar planāriem elektrodiem, kas novietoti uz pētāmā parauga vienas un tās pašas virsmas. Diemžēl tas neatrisina jautājumu par laba elektriskā kontakta nodrošināšanu starp ekspluatācijā esošas gumijas detaļas virsmu un elektrodiem. Līdz ar to kļūst problemātiska jebkura elektriskā parametra noteikšana riepai.

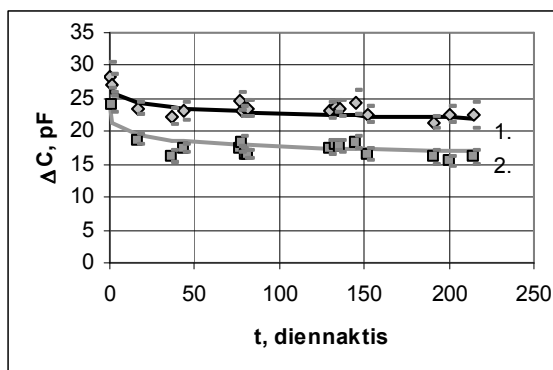
Lai atrisinātu radušos problēmu, tiek piedāvāts mērīt nevis īpatnējo pretestību vai dielektrisko caurlaidību, kuru skaitliskās vērtības gumijai būtiski atkarīgas no elektriskā kontakta starp virsmu un elektrodiem, bet noteikt kapacitāti sensoram, ko ar konstanta spēka palīdzību piespiež pie pētāmās virsmas. Sensorā tiek izmantoti planārie elektrodi, kas pārklāti ar plānu dielektriķa kārtiņu, kura būtiski samazina gumijas virsmas netūrumu iespaidu uz mērījumiem. Sensora kapacitāti var mērīt, piemēram, ar multimetru Fluke - 189 (barošanas spriegums 6 V, sistemātiskā kļūda 2%) vai firmas Wavetek kapacitātes mērītāju CR50 (barošanas spriegums 9 V, testa frekvence 820 Hz, sistemātiskā kļūda 0,6%). Jo lielāka ir gumijas dielektriskā caurlaidība, jo lielāka ir arī sensora kapacitāte. Tātad sensora kapacitāte raksturo pētāmās vielas dielektriskās īpašības.

Pētāmajai gumijas virsmai jābūt sausai un tīrai no putekļiem un dubļiem. Kapacitātvais sensors ar konstanta spēka palīdzību uz 2 sekundēm tiek piespiests pie automobiļa riepas sānu borta. Šajā laikā nolasa tā kapacitāti C. Pēc tam sensoru noņem no riepas un atkal nolasa tā kapacitāti C<sub>0</sub>. Aprēķina kapacitātes pieaugumu, ko rada gumija salīdzinājumā ar gaisu:  $\Delta C = C - C_0$ . Vienai un tai pašai riepai mērījumus atkārtoti 20 dažādās vietās pa perimetru. Aprēķina vidējo  $\Delta C$ .

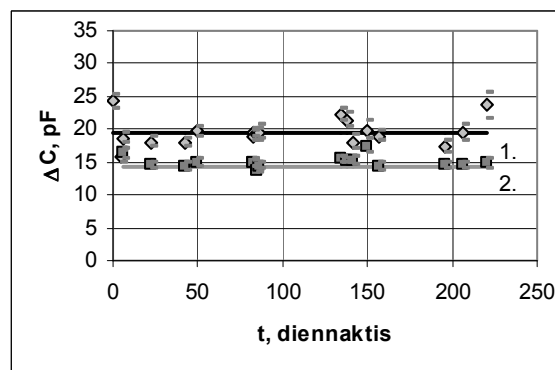
### 3. Rezultāti

Mērījumi veikti laika posmā no 11.04.2004. līdz 21.11.2004. Mērījumos izmantojamo Marshal ziemas riepu skaits - 4, izgatavošanas datums- 12.07.1999.; Pirelly 400 vasaras riepu skaits - 2, izgatavošanas datums 01.12.1999.; Pirelly3000 vasaras riepu skaits - 2, izgatavošanas datums 01.03.2004. Tiek mērīts sensora kapacitātes pieaugums  $\Delta C$  atkarībā no riepas kalpošanas laika

(Pirelly) vai glabāšanas laika noliktavā (Marshal). Rezultāti doti attēlos 1. - 3. Katram punktam 1. un 2. attēlā atbilst 40 mērījumi, 3. attēlā- 80 mērījumi. Mērījumi tiek veikti ar diviem dažādiem sensoriem - 1. un 2.



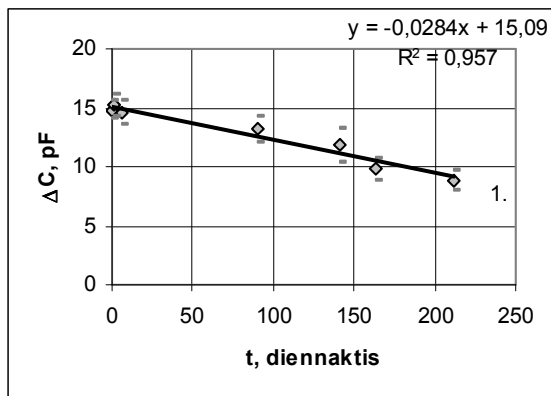
1. attēls. Sensora kapacitātes pieauguma  $\Delta C$  izmaiņa vasaras riepiņos Pirelly 3000 normālos ekspluatācijas apstākļos



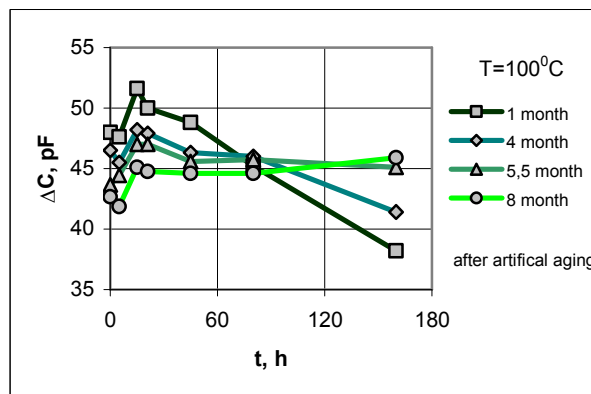
2. attēls. Sensora kapacitātes pieauguma  $\Delta C$  izmaiņa vasaras riepiņos Pirelly 400 normālos ekspluatācijas apstākļos

Apkārtējās vides apstākļi eksperimentu veikšanas laikā mainījās plašā diapazonā: temperatūra - 4... +26<sup>0</sup>C, mitrums 60... 100%. Ir konstatēts, ka jūtamu iespaidu uz rezultātu kopainu tie neatstāja. Tika noskaidrots, ka mērījumus nedrīkst veikt uz slapjām riepiņos, jo tad  $\Delta C$  palielinās desmitiem reižu. Pie tam sensora, kura virsma ir saslapināta, kapacitāte turpina gandrīz neierobežoti pieaugt laika gaitā. Tika konstatēts arī tas, ka palielinoties gumijas temperatūrai kapacitāte pieaug. Taču šie efekti nav būtiski (mazāki par gadījuma kļūdu) pie temperatūrām, kas zemākas par 30<sup>0</sup>C. Metāla klātbūtne, piemēram, riepiņos kods, sensora radījumus praktiski neietekmē, jo piespiežot sensoru pie 2 mm biezas gumijas plātnes, zem kuras novietota tērauda plate, sensora kapacitāte ir tāda pati, kā gadījumā, kad tērauda plāksnes zem gumijas nav.

Mehānisko īpašību maiņu novecošanas procesā var pētīt paātrināti, izmantojot mākslīgo novecošanu [3]. Gumijai 2H-1-MBC-C GOST 7338-90 tika veikta mākslīgā novecošana un noskaidrota mehānisko parametru un dielektriskās caurlaidības izmaiņa novecošanas procesā. Rezultāti apkopoti literatūrā [4]. Šim gumijas veidam ir noskaidrota dielektriskās caurlaidības ( $\Delta C$ ) izmaiņa atkarībā no laika pēc mākslīgās novecošanas beigām. Pētījuma rezultāti apkopoti 4. attēlā.



3. attēls. Sensora kapacitātes pieauguma  $\Delta C$  izmaiņa ziemas riepām Marshal atrodoties noliktavas apstākļos



4. attēls.  $\Delta C$  izmaiņa gumijai 2H-1-MBC-C GOST 7338-90 atkarībā no novecošanas laika  $t$   $100^{\circ}\text{C}$  temperatūrā dažādiem laika momentiem kopš makslīgās novecošanas beigām. Mērījumi veikti istabas temperatūrā, vienam punktam atbilst 40 mērījumi

#### 4. Rezultātu analīze

Riepām Pirelly 3000 un Pirelly 400 sensora kapacitātes pieaugumu  $\Delta C$  (mērvienība- pF) atkarībā no novecošanas laika  $t$  (mērvienība- diennaktis), var aproksimēt ar vienu un to pašu funkciju (1.un 2. attēls):

1. sensoram  $\Delta C_1 = 28,4 \cdot \exp(-0,092 \cdot t^{0.19})$ ,

2. sensoram  $\Delta C_2 = 24,0 \cdot \exp(-0,126 \cdot t^{0.19})$ ,

kaut arī eksperimentos izmantojamās Pirelly400 ir gandrīz par 4,5 gadiem vecākas nekā Pirelly 3000. Tas, iespējams, ir saistīts ar abu riepu veidu aptuveni vienādo gumijas ķīmisko sastāvu. Riepām Marshal sensora kapacitātes pieaugumu  $\Delta C$  atkarībā no glabāšanas laika var aproksimēt ar lineāru funkciju :

1. sensoram  $\Delta C_1 = -0,0284 \cdot t + 15,09$ .

Konstatēts, ka automobiļa riepām novecošanas procesā dielektriskā caurlaidība, respektīvi,  $\Delta C$  samazinās. Samazināšanās tempi ir ātrāki ziemas riepām, kā arī jaunām riepām. Tā kā novecošanas procesā mainās arī gumijas mehāniskie parametri - samazinās izturības robeža  $\sigma_i$ , maksimālā deformācija  $\epsilon_{\max}$ , paliekošā deformācija  $\epsilon_p$ , sašūšanās pakāpe  $\gamma_0$ , palielinās stingums  $b$  [4], tad var atrast funkcionālas sakarības starp mehāniskiem raksturlielumiem un elektrisko lielumu  $\Delta C$ . Pēc dielektrisko caurlaidību raksturojošā lieluma  $\Delta C$  vērtības, var spriest par gumijas novecojuma pakāpi, par tās mehāniskajām īpašībām attiecīgā laika momentā, kā arī par perspektīvo kalpošanas ilgumu. Tātad, dabiskos apstākļos novecojošai riepai ir spēkā tendence- mazāka dielektriskā caurlaidība, mazāka riepas izturība.

Pēc 4.attēla datiem var secināt, ka karsējot gumiju salīdzinoši neilgu laiku, piemēram, 15h  $100^{\circ}\text{C}$  temperatūrā, tās dielektriskā caurlaidība pēc makslīgās novecošanas beigām ir krasi palielinājusies. Pēc tam dotā parauga dielektriskā caurlaidība pakāpeniski samazinās un ilgstošā laika periodā (eksperimentos tie ir 5...8 mēneši) sasniedz sākotnējo vērtību. Ja šāda likumsakarība ir spēkā arī riepās izmantotajai gumijai, tad tas nozīmē, ka mehānisko īpašību prognozēšanas metodikās var izmantot dielektriskos mērījumus tikai tādām riepām, kuras ekspluatācijas vai glabāšanas laikā nav bijušas pakļautas augstu temperatūru iedarbībai. Pretējā gadījumā tiks iegūti maldīgi rezultāti - riepas izturība ir kļuvusi mazāka, bet dielektriskā caurlaidība palielinājusies.

Mērījumi tiek veikti mehāniski visvājākajā riepas vietā - uz sānu bortiem. Ja protektors ir nodilis, tad tas vizuāli ir viegli nosakāms. Savukārt, ja riepas borti ir gandrīz „sapuvuši”, it īpaši atjaunotajām riepiņām, kurām ir labs protektors, to nevar vizuāli konstatēt. Līdz ar to drošība uz ceļiem tiek apdraudēta. Dotās metodes izmantošana paver iespēju noteikt ekspluatācijai nederīgas riepas, kaut arī to ārējais vizuālais izskats ir labs. Tāpat šī metode dod iespēju konkrētā gumijas izstrādājumā noteikt tās vietas, kuras ir novecojušas visvairāk. Ļoti svarīgi, lai izstrādājumam visās vietās būtu vienāds gumijas sastāvs un vienādi vulkanizācijas nosacījumi. Pretējā gadījumā elektriskie mērījumi dažādās vietās var stipri atšķirties. Riepu ražotāji vienlaicīgi ar gatavo produkciju varētu piedāvāt savās laboratorijās iegūtos datus par riepu mehāniskā stāvokļa diagnosticēšanu, izmantojot elektriskos mērījumus. Piemēram, varētu piedāvāt standartizētus kapacitatīvos sensorus. Ja to kapacitāte ir kļuvusi mazāka par noteiktu kritisko vērtību, tad riepu ir jāuzskata par nederīgu. Šādus sensorus varētu iestrādāt pašā riepiņā jau tās ražošanas procesā. Riepas vulkanizācijas laikā būtu iespējams nodrošināt ļoti labu kontaktu starp gumiju un tajā iestrādātā sensora elektrodiem. Tas, savukārt, atļautu sensora izmērus padarīt nelielus. Tātad varētu palielināt vienā riepiņā iestrādāto sensoru skaitu. To kapacitātes lieluma kontroli varētu veikt manuāli vai arī automātiski.

## 5. Secinājumi

Ir izstrādāta metodika gumijas dielektrisko caurlaidību raksturojošā lieluma  $\Delta C$  mērījumiem. Noskaidrots, ka novecošanas procesā autoriepu dielektriskā caurlaidība ( $\Delta C$ ) samazinās. Ir iespējams atrast funkcionālas sakarības starp gumijas mehāniskiem parametriem un dielektrisko caurlaidību raksturojošo lielumu  $\Delta C$ . Iegūtie rezultāti paver iespējas mehānisko parametru noteikšanas un prognozēšanas metodikās izmantot daudz vienkāršāk automatizējamus elektriskos mērījumus. Riepas ekspluatācijas vai glabāšanas laikā nedrīkst pakļaut augstu temperatūru iedarbībai, jo tad elektriskie mērījumi nedos pareizas mehānisko raksturlielumu vērtības. Elektriskos mērījumus nedrīkst veikt uz slapjām riepiņām.

## Literatūra

1. DIN, ISO 2878 Elastomere. Antistatische und leitende Erzeugnisse // Bestimmung des elektrischen Widerstandes, Juni 1997.
2. Iljins U., Ziemeļis I. Pretestības, kapacitātes un induktivitātes aprēķināšana ar konformo attēlu metodi - Jelgava, LLU izdevniecība, 1997 - 66 lpp.
3. DIN 53508 Prüfung von Kautschuk und Elastomeren // Künstliche Alterung, Oktober 1993.
4. Мартинов А., Гонца В. Исследование механических свойств и диэлектрической проницаемости резины в процессе старения // In: International Conference on bionics and prosthetics, biomechanics and mechanics, mechatronics and robotics - Varna, 2004 - Vol. 4 - p. 41-46.

***Martinovs A., Gonca V. Autoriepu dielektrisko īpašību pētījumi novecošanas procesā***

*Darbā ir izstrādāta gumijas dielektrisko caurlaidību raksturojošā lieluma noteikšanas metodika autoriepām, tiek pētīta dielektriskās caurlaidības maiņa dabiskās un mākslīgās novecošanas procesā, tiek konstatēta funkcionālu sakarību eksistence starp gumijas mehāniskiem raksturlielumiem un dielektrisko caurlaidību, kas dod iespēju gumijas mehānisko parametru noteikšanas un prognozēšanas metodikās izmantot daudz vieglāk automatizējamus elektriskos mērījumus.*

***Martinovs A., Gonca V. Researches of dielectric properties of tires in aging process***

*A method for determining dielectric permeability of rubber for tires has developed, changes of dielectric permeability in natural and artificial aging process are researching, existence of functional dependence between mechanical parameters and dielectric permeability of rubber is established, what make possible to use more easier automatized electric measurements in mechanical parameters determining and methods of prognosis for rubber.*

***Мартынов А., Гонца В. Исследования диэлектрических свойств автомобильных шин в процессе старения***

*Авторами разработана методика определения параметра, характеризующего диэлектрическую проницаемость резины для автомобильных шин, исследуются изменения диэлектрической проницаемости в процессе естественного и искусственного старения, констатируется существование функциональной связи между механическими параметрами резины и диэлектрической проницаемостью, что даёт возможность в методиках определения и прогнозирования механических параметров резины использовать более легко автоматизируемые электрические измерения.*