

SPOLES TINUMU VARA DEFORMĀCIJA UZTĪŠANAS LAIKĀ IZPĒTE *INVESTIGATION OF COPPER DEFORMATION OF COIL WINDINGS DURING WINDING*

Author: **Igors Ustinovs**, e-mail: tinlok2014@gmail.com, phone: +37128213934
Zinātniskā darba vadītājs: **Dainis Kļaviņš, Mg.sc.ing.**, e-mail: dainis@dkrobotics.eu
Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija
Atbrīvošanas aleja 115, LV - 4601 Rēzekne, Latvia

Abstract. *Vada uztīšana uz rāmja tiek veikta ar zināmu sasprindzinājumu. Katra veida tinuma stieples optimālais spriegums ir atkarīgs no tinuma veida un maksimālā pieļaujamā sprieguma konkrētajam vadam. Pārmērīgs spriegums izraisīs stieples pagarināšanos, mainīs tā pretestību un sabojās izolāciju. Nepietiekams spriegums radīs formas kļūdu, tinumu piepildījuma koeficienta samazināšanos un rezultātā ietekmēs tinuma izstrādājuma kvalitātes īpašības.*

Keywords: *deformācija, stiepums, stohastiskās īpašības, spole.*

Ievads

Tinuma forma, tā ģeometrisko un fizisko parametru precizitāte, tinuma ātruma režīmi lielā mērā ir atkarīgi no stieples spriegojuma faktiskās vērtības. Stieples spriegums ir galvenais tehnoloģiskais faktors, kas nosaka procesa produktivitāti, tinumu izstrādājumu kvalitāti un parametrus (tinumu piepildījuma koeficientu, spoles izmērus utt.). Stieples spriegojumu nodrošina īpašas iekārtas, kas uzstādītas uz mašīnas. Stieples stiepes spēks ir atkarīgs no stieples šķērssgriezuma un no berzes mašīnas kustīgajā daļā. Ar pārmērīgu sasprindzinājumu vads saplīst vai stiepjas, kas izraisa omu pretestības izmaiņas un izolācijas bojājumus, kā rezultātā spolē var veidoties īssavienojuma pagriezieni. Zemais stieples spriegojums noved pie spoles izmēra palielināšanās, t.i. aizpildījuma koeficienta samazināšana. [1,2,3,4]

Spoles tinuma iekārtas veidi

WH-800 ir kompakta vienas vārpstas galda spoles uztīšanas iekārta ar digitālu vadību pusautomātiskai darbībai maza sprieguma un signāla transformatoru un citu inuktīvo ierīču tinumiem, kam nepieciešami vairāki tinumi. Ietver stiprinājumus malām un vākam.



Small transformer winding machine WH-800 [5]

WH-764 ir ātrgaitas četru vārpstu galda spoļu uztīšanas iekārta ar digitālo kontrolieri pusautomātiskai darbībai, ko izmanto mazu induktoru ražošanā. Automatizēta šķeteres funkcija – tinums tiek apturēts dažus apgriezienus no gala, un iekārta automātiski veic šķeterēšanas funkciju. Pēc tam pusi no šķeterētā garuma ietin spolē, un atlikušo šķeterēto garumu izmanto nākamās spoles sākumam.



Small inductor winding machine WH-764 [6]

WH-766T ir ātrgaitas sešu vārpstu galda spoļu uztīšanas iekārta ar digitālo kontrolieri pusautomātiskai darbībai, ko izmanto mazu induktoru ražošanā, jo īpaši spolēs, kas uztītas ar vienu stieples izmēru un lielu apgriezienu skaitu. Mazais nospiedums ļauj efektīvi izmantot darbagalda vietu, un lielais ātrums ļauj sasniegt īsus cikla laikus.



Small inductor winding machine with skein function WH-766T [7]

Mehāniskais stiepes testeris

Mehāniskais stiepes testeris galvenokārt iedarbina dzinēja spirāles skrūves rotāciju, skrūves rotācija pārvieto ierīci augšup un lejup, lai sasniegtu stiepes testera stiepes, saspiedes, pārraušanas, nobīdes, trīspunktu izliekuma un citu funkciju pretestību, priekšrocība ir augstā precizitātes kontrolē.

Mehāniskā stiepes testera galvenais rāmis viena stieņa konstrukcijai vai durvju konstrukcijai, galvenokārt piemērots gumijai, plastmasai, tekstilizstrādājumiem, ģeotekstilam, ūdensnecaurlaidīgiem materiāliem, stieplēm un kabeļiem, tīkla virvēm, metāla stieplēm, metāla stieņiem, metāla plāksnēm un citiem stiepes pārbaudes materiāliem, stiprinājuma palielināšana var veikt lieces, plīsumus, lobīšanos un citus testus.



Stieples stiepes testeris TT01 [8]

Materiālu un metodes

Spoles izmanto kā elektrisko ķēžu sastāvdaļas, kā arī magnētiskā lauka radīšanai motoros, transformatoros, ģeneratoros, kā arī skaļruņu un mikrofonu ražošanā. Vis laikietilpīgākā un atbildīgākā kvalitātes nodrošināšanai ir stieples uztīšanas darbība. Pēc šīs darbības pabeigšanas visi atzītie defekti kļūst paslēpti (pēc to atklāšanas). Tinuma izstrādājumi sastāv no rāmja un tinuma. Rāmis ir tinuma izstrādājuma pamats un ir izgatavots no dielektriķiem. Pati tinuma stieple var sastāvēt no tīra vara, alumīnija, alumīnija ar varu un citi.

Spriegojuma optimālā vērtība tiek izvēlēta tuvu tās proporcionālā pagarinājuma robežai, vienlaikus pieļaujot dažas regulētas stieples materiāla plastiskas deformācijas, kas rodas no lieces momentiem tinumu formēšanas laikā. Tajā pašā laikā optimālās spriegojuma vērtības izvēle ir atkarīga no daudziem faktoriem, tostarp no izmantoto tinumu vadu īpašībām, tinuma konstrukcijas un tā mērķa, tehniskajiem nosacījumiem, tinuma iekārtas un aprīkojums, kinemātiskā tinuma shēma utt. Ar pārmērīgu sasprindzinājumu vads saplīst vai stiepjas, kas izraisa omu pretestības izmaiņas un izolācijas bojājumus, kā rezultātā spolē var veidoties īssavienojuma pagriezieni. Neliels stieples spriegojums noved pie spoles izmēra palielināšanās, t.i. uz aizpildījuma koeficienta samazināšanos.

Stieples spriegojumu var noteikt ar empīriskām formulām atkarībā no materiāliem: vara stieplei $F_d = 8.5 * 10^3 * d^2$, kur d ir vara stieples diametrs. [1]

Vadu pretestības izmaiņu atkarību var noteikt pēc formulas:

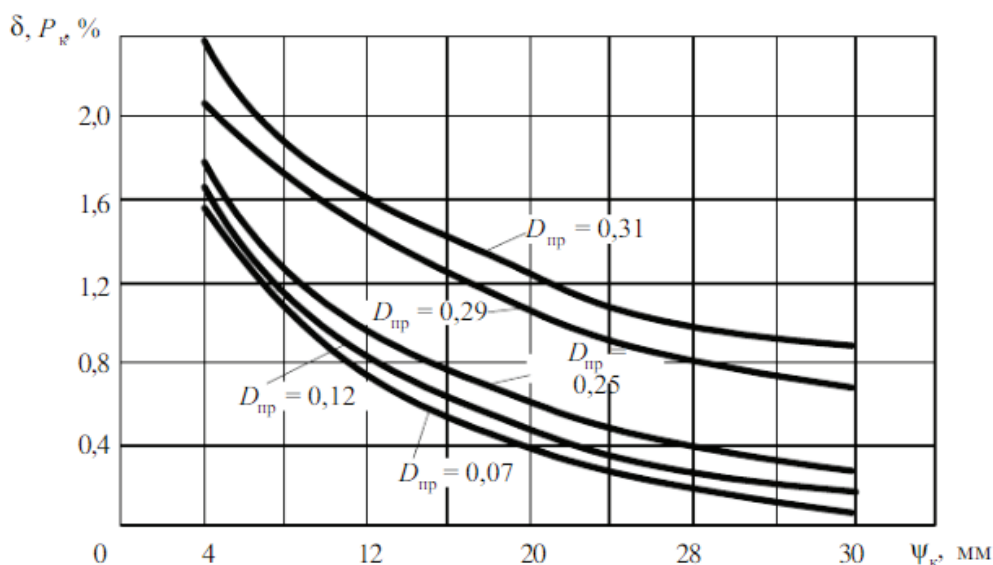
$$\delta R_H = \frac{R_0 - R_H}{R_0} 100\%$$

kur R_0 - stieples sākotnējā pretestība, ja nav stiepes spēku; R_H - stieples pretestība, kas pakļauta slodzei noteikta sprieguma veidā.

Pretestības kļūda stieples diametra pielaides svārstību dēļ var noteikt pēc formulas:

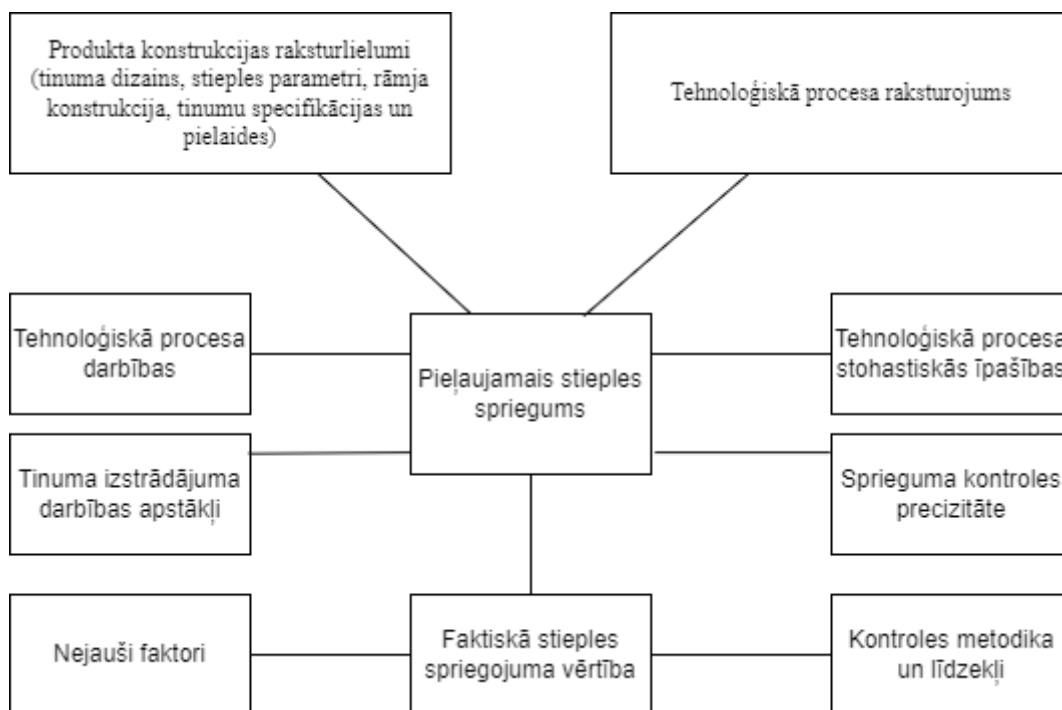
$$\delta R_D = \frac{2\Delta D}{D}$$

Stieples pretestības izmaiņu atkarība, tinot uz rāmja, ir atkarīga no rāmja izmēra un struktūras un tinuma ātruma. 1. att.



1. att. Stieples pretestības izmaiņu grafiks tās deformācijas dēļ, saliekot atbilstoši rāmja formai ar izmēru. [1]

Stieples ar diametru no 0,1 līdz 0,2 mm pretestības kļūda tiek ņemta vidēji 1–2%.



2. att. Faktori, kas nosaka maksimālā pieļaujamā un faktiskā stieples spriegojuma vērtības.

Rezultāti

Ar pieejamajiem vara stieplēm tika aprēķināts spriegojuma spēki, kas nedeformē stiepli un pašu sagatavi. Tā kā vara stieples piegādātājam nav precīzu stieples parametri, tika nolemts veikt pārbaudes un salīdzināt ar aprēķiniem. Testa rezultātā bija ņemts vērā vizuāla deformācijā. 1. tabula.

1. Tabula.

Vara stieples pieļaujamais spriegums.

Nr.	d, mm	Izrēķināts pieļaujamais spriegums, g	Testa spriegums pie kuras vizuāli redzams deformācijā, g
1.	0.53	2387.65	2950
2.	0.60	3060	3700
3.	0.71	4284.84	4900
4.	0.92	7194.4	7800

Izvērtējums

Salīdzinot ar aprēķiniem var konstatēt ka izrēķināts pieļaujamais spriegums ir apmēram pa reiz ar izrēķinām. Pats vara stieples piegādātājs un ražotājs nesniedz detalizētu informāciju par pieļaujamo pagarinājumu un pieļaujamajiem spriegumiem metāla materiālā un izolācijā. Līdz ar to, neievērojot pieļaujamo spriegumu, piemēram, skaņu spole neietilps spraugā starp sēdekļa kastī un magnētiem, vai arī tai būs lakas bojājumi, kas spoles darbības rezultātā, laka uzkaršīs un notiks īssavienojums.

Secinājumi

Rezultātā pētījums liecina, ka, nepastāvot precīzai ražotāja sniegtai informācijai par pieļaujamā pagarinājuma un sprieguma pieejamības parametriem varā un izolācijā, aprēķini pierāda, ka tie ir pareizi. Veicot eksperimentus, noteikti bija redzama vara stieples vizuāla deformācija. Aprēķinos tas noteikti bija dažāda diametra vara stieples pieļaujamais spriegums. Pētījums palīdzēs turpmāk pielāgot tinumu mašīnu, ja nav pieejamas vara deformācijas parametrus.

Literatūra

1. Ларин В.П. Учебное пособие. Технология намотки в приборо- и электроаппаратостроении
2. D. Gingery Build a Universal Coil Winding Machine
3. J. Hagedron. F. Aell-Le Blanc. J. Fleischer Handbook of Coil Winding
4. Логинов Ю.Н., Илларионов А.Г., Демаков С.Л., Иванова М.А., Карабоналов М.С. Деформации, структура и текстуробразование в медной проволоке электротехнического назначения.
5. Small transformer winding machine WH-800 Sk. Internetā (2.05.2022.) https://www.coilwindingmachines.eu/linear_benchtopy_winding_machines/images/two_spindle_coil_winding_machine_800.jpg
6. Small inductor winding machine WH-764 Sk. Internetā (2.05.2022.) https://www.coilwindingmachines.eu/linear_benchtopy_winding_machines/images/four_spindle_coil_winding_machine_764.jpg
7. Small inductor winding machine with skein fuction WH-766T Sk. Internetā (2.05.2022.) https://www.coilwindingmachines.eu/linear_benchtopy_winding_machines/images/six_spindle_skein_coil_winding_machine_766t.jpg
8. Stieples stiepes testeris TT01 Sk. Internetā (10.05.2022) <https://sc04.alicdn.com/kf/HTB1NmOljzuK1RjSspeq6ziHVXaR.jpg>