



ANISOTROPIA YA DIELEKTRIKI NA HOJA YA NAFKA YA MWISHO: MWELEKEO WA NJIA YA MZIGO WA KAPASITANSI KATIKA VIUNZI VYA KEBO VYA MBAO VISIVYOPENDELEA KISUMAKU



Anisotropia ya Dielektriki na Hoja ya Nafaka ya Mwisho: Mwelekeo wa Njia ya Mzigo wa Kapasitansi katika Viunzi vya Kebo vya Mbao Visivyopendelea Kisumaku

A. Bosque, Y. Tanaka, M. Ferro, H. Park

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Muhtasari

Kiunzi cha kebo cha mbao ni mwili wa dielektriki unaoshikiliwa katika uwanja wa karibu wa kondakta ya ishara, na kwa hiyo mchango wake kwa usakinishaji ni kapasitansi, iliyosambazwa na kutegemea mwelekeo, iliyo sambamba na kebo. Katika uchambuzi mkuu wa upangaji wa daraja la kutopendelea kwa mbao (Bosque, Ferro, Park na Tanaka, 2026), mwelekeo wa nafaka ulitambuliwa kama kigeu cha muundo na ukataji wa nafaka-ya-mwisho-wima ukakubaliwa kwa hoja ya pamoja ya kimakanika na dielektriki iliyotolewa katika sehemu moja. Makaratasi hii mwenza inaendeleza hoja hiyo kikamilifu. Mbao ina anisotropia ya dielektriki: permittiviti linganishi ϵ_r na tanjenti ya upotevu tan delta zote ni kubwa zaidi sambamba na nafaka kuliko kuvuka nafaka, mhimili wa sambamba na nafaka ukizidi mhimili miwili ya kupita kwa sababu jiometa ya seli za trakeidi na mishipa za mirija pamoja na dipoli za maji yaliyofungamana zinazotawala upolishaji zimeelekezwa pamoja na nyuzi. Tunaripoti vipimo vya ϵ_r na tan delta kwa teak ya ikweta kwa kutumia kichanganuzi cha impedansi na bamba-sambamba lenye guard katika mhimili yote mitatu ya anatomia (longitudinali L, radial R, tanjenshali T) kwa asilimia 8, 12, na 16 ya unyevu kutoka 20 Hz hadi 10 MHz, tukithibitisha uwiano wa anisotropia ϵ_L / ϵ_T wa 1.24 hadi 1.31 katika marudio ya sauti na asilimia 12 ya unyevu. Kutoka kwenye konstanti hizi tunajenga modeli ya kapasitansi iliyosambazwa ya kebo inayolala katika kitanda kilichokatwa juu ya safu ya mbao na kuhesabu mchango wa kapasitansi kwa kila bloku kwa ukataji wa nafaka-ya-mwisho-wima dhidi ya nafaka ya uso: mielekeo hiyo miwili hutofautiana kwa kiwango kinachopimika, nafaka ya mwisho ikileta kapasitansi ndogo inayorejelewa kwa kebo kwa sababu huweka mhimili ya kupita yenye permittiviti ndogo katika ndege ya mlalo ambako uwanja wa kebo una nguvu zaidi na kuhifadhi mhimili longitudinali wenye permittiviti kubwa kwa njia wima ya mzigo, ambako hauna madhara ya umeme na ni bora kimakanika. Uchanganuzi wa pembe za nafaka huweka kiwango cha chini cha muunganiko kwenye nafaka ya mwisho halisi. Tunafunga kwa kutambua kwamba nafaka ya mwisho ilibainishwa awali kwa ugumu wa kubanwa, na kwamba hoja ya dielektriki, iliyofikiwa kwa kujitegemea na baadaye, inakubaliana na ile ya kimakanika kwa kiwango cha kuithibitisha.

1. UTANGULIZI

Kiunzi cha kebo hakibebi ishara. Hukaa kando yake. Hii ndiyo sababu hasa jukumu lake la umeme hupuuzwa kwa urahisi: bloku ya mbao chini ya kebo kwa wazi haiko katika saketi, na inavutia kuhitimisha kwamba muundo wake, nafaka yake, na mwelekeo wake ni masuala ya seremala wa fanicha badala ya mhandisi. Makaratasi mkuu wa daraja la kutopendelea (Bosque, Ferro, Park na Tanaka, 2026) ulitoa nusu ya hoja ya sumaku -- kwamba kiunzi kinachogusa kondakta kwa kuendelea ni sehemu ya mazingira ya karibu ya kondakta hiyo, na kwamba maudhui yake ya paramagnetiki yaliyobaki ni kiingizo kinachopimika cha usakinishaji badala ya mapambo. Ulishughulikia nusu ya dielektriki katika sehemu moja. Makaratasi hii ni sehemu hiyo, iliyopanuliwa hadi urefu unaostahili fizikia yake.

Ukweli wa umeme kwamba bloku hukaa kando ya kebo badala ya ndani yake hauiondoi kwenye saketi; huweka namna ya muunganiko wake. Mwili wa dielektriki katika uwanja wa kondakta huhifadhi nishati kwa kapasitansi, na kapasitansi iliyosambazwa sambamba na njia ya upitishaji ni mzigo, mdogo lakini halisi, ambao ukubwa wake hutegemea permittiviti ya mwili na jinsi permittiviti hiyo inavyoelekezwa kulingana na uwanja. Mbao si dielektriki isotropiki. Permittiviti yake hutegemea mwelekeo, na kwa hiyo kiunzi cha mbao hakina mchango mmoja wa dielektriki bali mitatu, inayoweza kuchaguliwa kwenye benchi la ukataji kwa pembe ambayo gogo hukatwa.

Dai la makaratasi hii ni finyu na la kiasi: mwelekeo wa nafaka-ya-mwisho-wima uliobainishwa kwa Equatorial Elevation Block -- pete za ukuaji kwenye uso wa juu, nyuzi zikikimbia wima katika njia ya mzigo -- ndio mwelekeo unaopunguza zaidi kapasitansi ya bloku inayorejelewa kwa kebo, kiwango cha chini kinapimika badala ya kuwa cha kinadharia tu, na kinalingana na mwelekeo uliokwisha kuchaguliwa kwa misingi ya kimakanika. Hatudai athari ni kubwa. Tunadai ina ishara, ukubwa, na mwelekeo unaopendelewa, na kwamba mtengenezaji anayekata bloku upande mwingine kwa ajili ya nafaka nzuri zaidi ya uso amesogeza namba upande usiofaa bila kujua kwamba namba hiyo ipo.

2. ANISOTROPIA YA DIELEKTRIKI YA MBAO

Mbao ni yabisi ya seli iliyojengwa kwa seli ndefu, tupu, zilizoelekezwa pamoja kimhimili -- trakeidi katika mbao laini, nyuzi na mishipa katika mbao ngumu kama teak -- ambazo mhimili wake mrefu hufafanua nafaka. Jiometa hii ndiyo asili ya anisotropia ya kimakanika inayojulikana na kila fundi mbao, na pia ni asili ya anisotropia ya dielektriki isiyojulikana sana lakini iliyo halisi vilevile na iliyoandikwa kwa muda mrefu (James, 1975; Torgovnikov, 1993).

Taratibu tatu hufanya permittiviti itegemea mwelekeo, na zote tatu hupendelea mhimili longitudinali. Kwanza, kuta za seli zenyewe huunda njia endelevu zinazoweza kupolishwa sambamba na nyuzi na njia zilizokatizwa zinapovukwa, kwa hiyo upolishaji wa kiolesura (Maxwell-Wagner) kwenye mipaka mingi ya ukuta-lumeni hujikusanya zaidi sambamba na nafaka. Pili, maji yaliyofungamana yanayoshikiliwa katika kuta za seli -- mchangiaji mkuu wa permittiviti ya mbao isipokuwa katika hali kavu zaidi --



hukaa katika mazingira ambayo maeneo ya hidroksili na kiunzi cha mikrofibrili pia vimeelekezwa pamoja na nyuzi, kwa hiyo upolishaji wa mwelekeo wa dipoli za maji yaliyofungamana ni rahisi zaidi sambamba na nafaka kuliko kuvuka. Tatu, mielekeo miwili ya kupita, radial R na tanjenshali T, hutofautiana kidogo tu, na yote miwili iko chini sana ya thamani longitudinalinali L. Tokeo, kwa uthabiti katika fasihi, ni mpangilio $\epsilon_{L} > \epsilon_{R} \sim \epsilon_{T}$, pamoja na mpangilio huohuo katika tanjenti ya upotevu, na uwiano wa anisotropia $\epsilon_{L} / \epsilon_{T}$ ambao kwa kawaida ni 1.2 hadi 1.5 kwa mbao ngumu za hali ya wastani na za tropiki katika safu ya higrroskopiki.

Thamani kamili ni ndogo na hutawaliwa na unyevu. Mbao iliyokaushwa kwenye oveni hukaa karibu na $\epsilon_{r} = 2$ hadi 3, ikipanda kwa kasi na kwa mfululizo kadiri kiwango cha unyevu kinavyoongezeka, kwa sababu kila nyongeza ya maji yaliyofungamana huongeza dipoli kwenye hifadhi inayoweza kupolishwa. Mwinuko huu ndio sababu kiwango cha unyevu, si spishi, ndicho kiwambo kikubwa zaidi cha mchango wa dielektriki wa kiunzi, na kinashughulikiwa katika Sehemu ya 5. Kwa hoja ya anisotropia, jambo muhimu ni la kimuundo badala ya kinamba: mwelekeo wa permittiviti kubwa zaidi ni mwelekeo wa nyuzi, na mwelekeo huo huwekwa na fundi mbao, si mti.

3. KIPIMO: PERMITTIVITI NA UPOTEVU KATIKA MIHIMILI MITATU

Tulipima ϵ_{r} na tan delta kwenye vipande vya teak vilivyokatwa katika kila mmoja wa mihimili mitatu ya anatomia, ili uwanja uliowekwa na seli ya bamba-sambamba upite, kwa zamu, kilongitudinali, kiradial, na kitanjenshali kupitia sampuli. Vipande vilikuwa miraba ya 40 mm yenye unene wa 3.0 mm, nyuso zake zikiwa bapa na sambamba hadi ± 10 mikromita, vikikatwa kutoka magogo matatu ya ikweta ya 5N yaliyopewa daraja na kuchaguliwa chini ya itifaki kuu ili uchafuzi wa sumaku usitatize usomaji wa dielektriki. Kila seti ya vipande iliwekwa hadi usawa katika viwango vitatu vya unyevu -- asilimia 8, 12, na 16 -- kwenye vyumba vya unyevunyevu, na unyevu wake ukathibitishwa kigravimetria dhidi ya wingi uliokaushwa kwenye oveni mwishoni mwa jaribio.

Seli ilikuwa kifaa cha bamba-sambamba chenye guard cha aina iliyoelezwa awali (Tanaka na Park, 2022), ikiendeshwa na kichanganuzi cha impedansi cha Keysight E4990A kutoka 20 Hz hadi 10 MHz. Pete ya guard hukandamiza fringing ili kapasitansi iliyopimwa ilingane na eneo la elektrodi lililofafanuliwa na permittiviti iliyotolewa iwe thamani ya jumla ya nyenzo badala ya makadirio yaliyochafuliwa na kingo; tanjenti ya upotevu husomwa moja kwa moja kama kigezo cha utawanyaji cha kifaa. Mguso ulifanywa kupitia tabaka nyembamba za elastoma tendaji ili kukubali ukwaruzo wa uso uliobaki wa nyuso zilizokatwa bila gundi ambayo ingeongeza upolishaji wake yenyewe.

Kwa asilimia 12 ya unyevu na 1 kHz, teak ilirudisha $\epsilon_{L} = 2.64$, $\epsilon_{R} = 2.09$, na $\epsilon_{T} = 2.02$, uwiano wa anisotropia $\epsilon_{L} / \epsilon_{T}$ wa 1.31 na $\epsilon_{L} / \epsilon_{R}$ wa 1.26; mihimili miwili ya kupita ilikubaliana ndani ya asilimia 4, kama ilivyotarajiwa. Tanjenti ya upotevu ilifuata mpangilio huohuo: tan delta ilikuwa 0.021 sambamba na nafaka na 0.014 hadi 0.015 ikiivuka. Katika bendi ya sauti kutoka 20 Hz hadi 20 kHz, permittiviti zilikuwa bapa ndani ya asilimia 3 na uwiano wa anisotropia ulidumu kati ya 1.24 na 1.31. Kuongeza unyevu hadi asilimia 16 kuliinua kila thamani -- ϵ_{L} ilifikia 3.08 -- na, hasa, kupanua anisotropia kidogo, kwa sababu maji ya ziada yaliyofungamana hupolishwa zaidi sambamba na mhimili unaopendelewa. Kukausha hadi asilimia 8 kulibana thamani kamili na uwiano. Kwa hiyo anisotropia si konstanti ya nyenzo iliyoganda bali inayorekebisha na unyevu, ikiwa na nguvu zaidi mahali ambapo haifai zaidi (ikiwa na unyevunyevu) na dhaifu zaidi nyenzo inapokuwa kavu zaidi; katika bainisho la uwasilishaji la asilimia 12 ± 1 inabainika vizuri na ni thabiti.

4. MODELI YA KAPASITANSI ILIYOSAMBAZWA YA KITANDA, KEBO, NA SAFU

Ili kubadili permittiviti tatu kuwa uamuzi wa muundo tunahitaji jiometria ya muunganiko. Kebo haikai juu ya bloku bapa; hulala katika kitanda, mferaji wenye radius ndogo uliokatwa katika uso wa juu, ili upinde wenye ukubwa fulani wa jaketi ya kebo utenganishwe na mbao kwa unene wa ukuta wa jaketi pekee. Mbao iliyo moja kwa moja chini ya upinde huo -- safu fupi wima inayotoka sakafu ya kitanda kwenda chini katika mwili wa bloku -- ndiko uwanja kati ya kondakta na marejeo yoyote ya mbali ya ardhi ulipo na nguvu zaidi na ambako sehemu kubwa ya kapasitansi ya kebo-hadi-kiunzi huhifadhiwa. Mbao iliyo mbali zaidi pembeni na chini huchangia kwa uzito unaopungua haraka kadiri uwanja unavyoenea na kudhoofika.

Tunaunda modeli hii kama kapasitansi iliyosambazwa kwa kila kitengo cha urefu wa mkondo, tukiunganisha nishati ya uwanja wa ndani kupitia ujazo wa mbao chini na kuzunguka kitanda huku tensor ya permittiviti ya mbao ikiingizwa mhimili kwa mhimili. Ujenzi ni wa kawaida kwa dielektriki yenye anisotropia: sehemu wima ya uwanja huchukua sampuli ya permittiviti ya mhimili wima, sehemu za mlalo huchukua sampuli za permittiviti za mhimili ya mlalo, na kwa sababu kitanda hukusanya uwanja katika eneo linalokaribia kuwa wima moja kwa moja chini ya kondakta huku njia za marejeo zinazofunga kapasitansi zikikimbia kwenda nje na chini kupitia mbavu za safu, permittiviti za mlalo hubeba sehemu kubwa zaidi ya nishati iliyohifadhiwa. Tokeo la modeli ni takwimu moja ya umuhimu wa kihandisi: kapasitansi ambayo bloku huongeza kwa kebo, kwa pikofaradi kwa kila bloku, kama kazi ya jinsi tensor ya permittiviti inavyoelekezwa.

Mielekeo miwili ina umuhimu wa kivitendo. Ukataji wa nafaka-ya-mwisho-wima huweka mhimili longitudinalinali L wima, chini ya njia ya mzigo, na huacha mhimili miwili ya chini ya kupita R na T katika ndege ya mlalo. Ukataji wa nafaka ya uso (flat-sawn, nyuzi mlalo) huweka mhimili longitudinalinali L katika ndege ya mlalo, ambako huchukuliwa sampuli na sehemu kali za uwanja wa mlalo, na kusimamisha mhimili mmoja wa kupita wima. Kuingiza konstanti zilizopimwa za asilimia 12 kwenye modeli kwa jiometria wakilishi ya kitanda (kipenyo cha kebo 12 mm, kitanda chenye radius ya 3 mm, urefu wa bloku 60 mm, marejeo ya jina la ardhi kwa umbali



wa chasisi) hutoa takriban 1.9 pF kwa kila bloku kwa mwelekeo wa nafaka ya mwisho na takriban 2.3 pF kwa kila bloku kwa mwelekeo wa nafaka ya uso -- tofauti karibu na 0.4 pF, takriban asilimia 18, inayotokana na pembe ya mkato pekee. Kwa kila bloku hii ni ndogo. Pia ni halisi, inaweza kurudiwa, ina upande mmoja, na ni bure: humgharimu mtengenezaji uamuzi wa kuelekeza gogo vizuri pekee, na hukusanyika katika bloku kadhaa za mkondo kamili.

5. UCHANGANUZI WA PEMBE YA NAFKA NA UNYETI KWA UNYEVU

Mielekeo miwili iliyotajwa ni ncha za mwendelezo, na inafaa kuthibitisha kwamba nafaka ya mwisho ni kiwango cha chini halisi badala ya kuwa chaguo bora tu kati ya mawili ya kiholela. Tulikata mfululizo wa vipande kwa pembe za nafaka kutoka 0 deg (nyuzi wima, nafaka ya mwisho halisi), kupitia 30, 45, 60, hadi 90 deg (nyuzi mlalo, nafaka ya uso) kulingana na mhimili wa mzigo, na kupima kila kimoja katika jiometria ya modeli ya kitanda huku kondakta iliyo juu yake ikipewa nishati. Kapasitansi inayorejelewa kwa kebo ilipanda mfululizo pamoja na pembe ya nafaka, kutoka kiwango cha chini cha nafaka ya mwisho kwa 0 deg hadi kiwango cha juu cha nafaka ya uso kwa 90 deg, ikifuata kwa karibu uzito wa cos-mraba unaotabiriwa na modeli ya tensor kadiri mhimili longitudinali wenye permittiviti kubwa unavyozunguka hatua kwa hatua kuingia katika uwanja wa mlalo. Mviringo ni mpole karibu na 0 deg -- kosa la ukataji la nyuzi chache haligharimu chochote -- na una mwinuko mkali zaidi katikati ya uchanganuzi, kwa hiyo adhabu ya mkato usiojali kwa kweli ni kubwa zaidi kuliko ya mkato usio kamili lakini wenye nia nzuri. Kiwango cha chini kiko kwenye nafaka ya mwisho halisi, na ni kiwango cha chini, si nukta ya infleksheni.

Kiwango cha unyevu husogeza mviringo mzima wima bila kusogeza mahali pa kiwango cha chini. Kwa sababu permittiviti hupanda kwa kasi pamoja na maji yaliyofungamana, bloku iliyohama kutoka asilimia 12 hadi 16 ya unyevu huongeza kapasitansi zaidi kwa thamani kamili kuliko tofauti nzima ya nafaka-ya-mwisho-hadi-nafaka-ya-uso katika unyevu usiobadilika -- kiwambo cha unyevu ni kikubwa kuliko kiwambo cha mwelekeo. Lakini viwili hivyo ni huru: kulowesha mbao huinua sakafu, hakubadilishi mwelekeo ulio wa chini zaidi. Kwa hiyo mwelekeo na urekebishaji wa hali ni vidhibiti vinavyokamilishana, na vyote lazima vitekelezwe. Huu ndio msingi uliopimwa wa kukausha kila gogo lililopewa daraja kwenye tanuru mahali linapotoka hadi asilimia 12 +/- 1 na ukaguzi wa unyevu wa kila mwaka katika ratiba ya matengenezo: mwelekeo hukatwa ndani ya mbao daima na hauwezi kuhama, lakini unyevu unaoukuza unaweza, na kiunzi kinachoachwa kusawazika na chumba chenye unyevunyevu huachilia polepole faida iliyohifadhiwa na benchi la ukataji.

Tunatambua kwa kupita kwamba makubaliano ya mhimili ya kupita yaliyopimwa katika Sehemu ya 3 humanisha chaguo kati ya kuonyesha radial au tanjenshali katika ndege ya mlalo halina umuhimu ndani ya kutokuwa na uhakika kwa kipimo; bloku inaweza kuzungushwa kuzunguka mhimili wake wima ili kupata mwonekano bora wa pete za uso wa juu bila athari ya dielektriki, mradi nyuzi zibaki wima.

6. MJADALA: HOJA MBILI, MWELEKEO MMOJA

Mwelekeo wa nafaka ya mwisho haukukubaliwa kwa tabia yake ya dielektriki. Ulikubaliwa kwa sababu nafaka ya mwisho ndiyo njia ngumu na imara zaidi ya kupakia mbao kwa mbano: nyuzi zikisimama wima, mzigo wa kushuka hubebwa sambamba na seli za mirija katika mwelekeo wake wenye nguvu zaidi, na bloku hupinga uzito tuli wa mkondo wa kebo na kutulia kwa usakinishaji ikiwa na creep kidogo na badiliko dogo zaidi la vipimo. Hiyo ni sehemu ya zamani na isiyo na ubishi ya uhandisi wa mbao, na iliweka bainisho la ukataji kabla permittiviti yoyote haijapimwa.

Vipimo vya dielektriki vinavyoripotiwa hapa vilifanywa baadaye, na kimsingi vingeweza kutokubaliana na chaguo la kimakanika -- mhimili wa sambamba na nafaka ungeweza kuwa mhimili wa permittiviti ndogo, ambapo kuusimamisha wima kungekuwa sahihi kimakanika na kosa kiumeme, na suluhu ya kati ingelazimika. Havikutokubaliana. Mhimili wa sambamba na nafaka ni mhimili wa permittiviti kubwa, kwa hiyo kuusimamisha wima huutoa kutoka ndege ya mlalo ambako uwanja wa kebo una nguvu zaidi, jambo ambalo ndilo hasa modeli ya kapasitansi hutaka. Mwelekeo ulio bora kimakanika ndio, kwa kujitegemea, ulio tulivu zaidi kidielektriki. Hoja hizo mbili zilijengwa kutoka fizikia tofauti, nyakati tofauti, na watu waliokuwa wakitatua matatizo tofauti, na huchagua mkato uleule.

Hatuweki uzito wa kifumbo kwenye makubaliano haya; nyenzo zenye anisotropia mara nyingi zina mhimili mgumu ulioelekezwa pamoja na mhimili wa permittiviti kubwa, kwa sababu sifa zote mbili hutokana na muundo mdogo uleule ulioelekezwa, na teak ni nyenzo kama hiyo. Lakini tokeo la kivitendo linabaki. Mtengenezaji anayefuata hoja ya kimakanika pekee hufika kwenye nafaka ya mwisho na, bila kukusudia, hupunguza muunganiko wa kapasitansi pia. Mtengenezaji anayepuuza hoja ya kimakanika kwa ajili ya nafaka ya uso ya mapambo hupoteza kwa vipimo vyote viwili mara moja. Muunganiko huo si sadfa ya kustajabiwa bali sababu ya kuamini bainisho: hoja mbili huru zinapofikia namba ileile, kuna uwezekano mkubwa zaidi namba hiyo ni sahihi.

7. HITIMISHO

Mbao ni mwili wenye anisotropia ya dielektriki, na kiunzi cha kebo cha mbao ni mwili huo ukishikiwa katika uwanja wa karibu wa kondakta. Mchango wake kwa usakinishaji ni kapasitansi ndogo iliyosambazwa ambayo ukubwa wake huwekwa na mtengenezaji, kwa kujua au vinginevyo, kwenye benchi la ukataji. Tulipima permittiviti na upotevu katika mhimili mitatu ya teak ya ikweta, tukathibitisha mpangilio uliotarajiwa $\epsilon_{ps_L} > \epsilon_{ps_R} \sim \epsilon_{ps_T}$ wenye uwiano wa anisotropia karibu na 1.3 katika kiwango cha unyevu cha uwasilishaji, na tukapitisha konstanti hizo katika modeli ya kapasitansi ya kitanda-na-safu hadi takwimu ya ubora -- pikofaradi



kwa kila bloku -- inayotofautiana kwa kupimika kati ya ukataji wa nafaka ya mwisho na nafaka ya uso. Nafaka ya mwisho ndiyo ya chini kati ya hizo mbili, kwa takriban 0.4 pF na asilimia 18 katika jiommetria wakilishi, na uchanganuzi wa pembe za nafaka huithibitisha kuwa kiwango cha chini halisi.

Faida ni ndogo kwa kila bloku na tunakataa kuiongeza kwa maneno. Tunachosisitiza tu ni kwamba ni halisi, ina mwelekeo unaopendelewa, na mwelekeo huo ndio uliokwisha kubainishwa kwa misingi ya kimakanika. Equatorial Elevation Block hukatwa huku nafaka ya mwisho ikiwa wima kwa sababu nafaka ya mwisho ndiyo njia ngumu zaidi ya kubeba mzigo wa mbano; uchambuzi wa dielektriki unaoripotiwa hapa ulifanywa baadaye na huthibitisha kwamba mkato uleule pia ndio ulio tulivu zaidi kidielektriki. Kila bloku husafirishwa nafaka ya mwisho ikiwa juu, ikiwa imekaushwa kwenye tanuru hadi asilimia 12 +/- 1, bila mpako, na daraja lake na konstanti zake zilizopimwa zikiwa kwenye cheti. Tunamwalika msomaji kumuuliza mtengenezaji mwingine yeyote wa viunzi vya mbao nafaka zao zinaelekea upande gani, na kwa nini.

MAREJEO

- [1] James, W. L. (1975). Sifa za Dielektriki za Mbao na Hardboard: Mabadiliko kulingana na Halijoto, Marudio, Kiwango cha Unyevu, na Mwelekeo wa Nafaka. USDA Forest Service Research Paper FPL-245, Forest Products Laboratory, Madison.
- [2] Torgovnikov, G. I. (1993). Sifa za Dielektriki za Mbao na Nyenzo Zinazotokana na Mbao. Springer-Verlag, Berlin.
- [3] Skaar, C. (1988). Mahusiano ya Mbao na Maji. Springer Series in Wood Science, Springer-Verlag, Berlin.
- [4] Norimoto, M. (1976). Sifa za dielektriki za mbao. Wood Research: Bulletin of the Wood Research Institute, Kyoto University, 59/60, 106-152.
- [5] Bosque, A., Ferro, M., Park, H., Tanaka, Y. (2026). Upangaji wa daraja la kutopendelea kwa sumaku kwa mbao za miundo: uainishaji wa usafi wa N-grade kwa nyenzo za kiunzi cha sauti. Journal of Equatorial Audio Science, 7(2), 44-71.
- [6] Tanaka, Y., Park, H. (2022). Kipimo cha permittiviti kwa bamba-sambamba lenye guard cha vitu yabisi vya anisotropia na upotevu mdogo. Journal of Equatorial Audio Science, 3(1), 12-29.