



(19)

**Latvijas patenta pieteikums**  
2007g. 15.februāra Latvijas Republikas likums

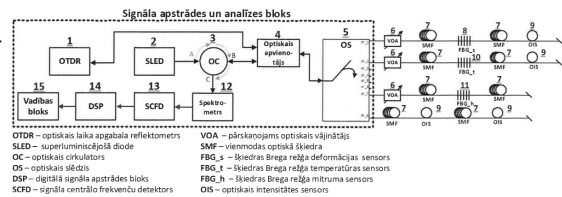
(12) **Īsziņas**

|                                      |            |                      |  |
|--------------------------------------|------------|----------------------|--|
| (21) Pieteikuma numurs:              | P-19-70    | (71) Pieteicējs(i):  | RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE, Kaļķu iela 1, Rīga, LV  |
| (22) Pieteikuma datums:              | 11.12.2019 | (72) Izgudrotājs(i): | Jānis BRAUNFELDS (LV)<br>Jurģis PORIŅŠ (LV)<br>Sandis SPOLĪTIS (LV)<br>Vjačeslavs BOBROVS (LV) |
| (41) Pieteikuma publikācijas datums: | 20.11.2020 |                      |  |

(54) **Izgudrojuma nosaukums:** OPTISKO SENSORU SIGNĀLU APSTRĀDES IEKĀRTA AR INTEGRĒTU OPTISKĀ LAIKA APGABALA REFLEKTOMETRA FUNKCIJU  
OPTICAL SENSOR INTERROGATION UNIT WITH INTEGRATED OPTICAL TIME DOMAIN REFLECTOMETER FUNCTIONALITY

(57) **Kopsavilkums:**

Izgudrojums attiecas uz telekomunikācijas nozari, konkrētāk uz optiskajiem sensoriem. Izgudrojuma mērķis ir izstrādāt sensoru signālu apstrādes iekārtu ar integrētu optisko FBG un intensitātes sensora tīklu. Izgudrojums atšķiras ar to, ka signāla apstrādes un analīzes bloks satur optiskā laika apgabala reflektometru (1), superluminiscējošo diodi SLED (2) un optisko cirkulatoru (3), kā arī šķiedras Brega režģa FBG sensora atstarotā signāla centrālo frekvenču noteikšanai tika izmantots signāla centrālo frekvenču detektors (13). Izgudrojums spēj nodrošināt sensoru tīkla uzraudzību un ir savietojams ar viļņgarumdales blīvētām pasīvām optiskām piekļuves sistēmām.



## OPTISKO SENSORU SIGNĀLU APSTRĀDES IEKĀRTA AR INTEGRĒTU OPTISKĀ LAIKA APGABALA REFLEKTOMETRA FUNKCIJU

[001] Izgudrojums attiecas uz telekomunikāciju nozari, konkrēti uz šķiedru optisko sensoru risinājumiem. Izgudrojums var tikt lietots telekomunikāciju jomā, objektu tehniskā stāvokļa uzraudzībā (no angļu valodas *Structural Health Monitoring*, SHM), kā arī drošības risinājumos, t.sk. objekta perimetra uzraudzībā. Šķiedras Brega režģa (no angļu valodas *Fiber Bragg Grating*, FBG) sensori ļauj veikt ceļu, uzbērumu, aizsprostu, tiltu, dzelzceļa, ēku tehniskā stāvokļa uzraudzību, kā piemēram, momentāni identificēt plaisas un celtniecības defektus konstrukcijās, kamēr tie vēl ir nelieli, tādā veidā samazinot remonta izmaksas un būtiski veicinot autoceļu un ar tiem saistīto konstrukciju drošību. FBG sensori, atšķirībā no elektriskajiem sensoriem, kuriem ir nepieciešama elektrobarošana, ir pilnībā pasīvi, un šādi dažāda veida sensori (piemēram, deformācijas, temperatūras, mitruma, u.c.) var tikt izvietoti uz vienas optiskās šķiedras.

### Zināmais tehnikas līmenis

[002] Par izgudrojuma prototipu izvēlēta FBG sensoru sistēma, kurā izmantots lineāra rezonatora šķiedras lāzers un optiskās šķiedras cilpas spogulis, lai nodrošinātu augstas jutības un relatīvi lētu sensoru sistēmu temperatūras un deformācijas uzraudzībai [1]. Sensoru sistēmas prototipa shēmā elektro-optiskā slēdža, optiskā apvienotāja, vadības iekārtas un šķiedras Brega režģa sensora komponentes ir kopīgas ar izgudrojuma iekārtu. Prototipa raidošā daļa sastāv no pumpējošā avota, Y tipa apvienotāja un ierosinošās erbiju legētās šķiedras (no angļu valodas *Erbium Doped Fiber*, EDF) – optiskā platjoslas gaismas avota realizēšanai. Optiskais platjoslas signāls tiek pārraidīts caur X tipa optisko sazarotāju, optiskās šķiedras cilpas un polarizācijas kontroliera, no kura viena signāla daļa tiek pārraidīta līdz pirmajam FBG, bet otra signāla daļa līdz otrajam un trešajam šķiedras Brega režģim. Prototipā ir izmantoti divi fotodetektoru, kas attiecīgi pielāgoti optiskās jaudas atstarojuma noteikšanai otrajam un trešajam FBG, kuru spēj nolasīt un noteikt vadības iekārta.

[003] Prototipa galvenais trūkums ir tas, ka radītāja daļā izmantotā erbija legētā šķiedra (EDF) ne tikai darbosies kā ierosināmā vide platjoslas gaismas avotam, bet arī pastiprinās sensora atstaroto signāla spektru, kā rezultātā signāla raksturlīkne kļūs trokšņaina, dēļ EDF trokšņainās vides, kas var novest pie nekorektas informācijas iegūvi no sensora. Otrs

būtisks trūkums ir tas, ka prototipā pēc pumpējošā optiskā lāzera nav iestrādāts optiskais izolators, kas novērš atstarotā signāla no optiskās šķiedras cilpas spoguļa nokļūšanu līdz lāzera avotam. Optiskajam signāla nokļūstot līdz optiskajam lāzera avotam, tas var tikt neatgriezeniski sabojāts, kā rezultātā sistēma nefunkcionēs. Trešais būtiskais trūkums ir tas, ka prototipa sistēmas modelis ir pielietojams tikai sensoriem, kas balstīti uz optiskā signāla viļņa garuma izmaiņām, bet nav pielietojams sensoriem, kas balstīti uz intensitātes izmaiņām.

### Izgudrojuma mērķis un būtība

[004] Izgudrojuma mērķis ir izstrādāt sensoru signālu apstrādes iekārtu ar integrētu optiskā laika apgabala reflektometru (no angļu valodas *Optical Time Domain Reflectometer*, OTDR), lai veiktu objekta tehniskā stāvokļa uzraudzību ne tikai ar optiskiem FBG sensoriem, bet arī ar optiskajiem intensitātes sensoriem, un vienlaikus veiktu optiskā tīkla tehniskā stāvokļa uzraudzību. Šāda iekārta ir universāla, ērti lietojama servisa pakalpojumu sniedzējiem, samazina bojājumu novēršanas laiku, kā arī ļauj sensoru tīklā vienlaikus izmantot dažāda tipa sensorus, kas ir balstīti gan uz optiskā signāla viļņa garuma, gan intensitātes izmaiņām. Optisko sensoru signāla apstrādes iekārta nodrošina ilgtspējīgu sensoru darbību vismaz 20 km attālumā. Izgudrojums ir savietojams ar viļņgarumdales blīvētām pasīvām optiskām piekļuves sistēmām (no angļu valodas *Wavelength Division Multiplexed Passive Optical Network*, WDM PON), kas ļauj izmantot esošo šķiedru optisko tīklu infrastruktūru [2].

[005] Izgudrojuma iekārtas blokshēma ir attēlota 1. zīmējumā. Tā sastāv no signāla apstrādes un analīzes bloka un optiskās pārraides līnijas ar ieintegrētu optisko FBG un intensitātes sensora tīklu. Izgudrojums atšķiras no prototipa ar to, ka signāla apstrādes un analīzes bloks ietver superluminiscējošo diodi (no angļu valodas *Superluminescent Light Emitting Diode*, SLED) (2) un optisko cirkulatoru (3), kā arī FBG sensora atstarotā signāla centrālo frekvenču noteikšanai tika izmantots signāla centrālo frekvenču detektors (13).

[006] Signāla apstrādes un analīzes bloka (SAAB) raidošā daļa sastāv no optiskā laika apgabala reflektometra (1) un superluminiscējošās diodes (2). Optiskais laika apgabala reflektometrs (1) ģenerē īslaicīgus optiskos impulsus pie 1625 nm centrālā viļņa garuma, un vienlaikus darbojas kā optiskais uztvērējs, analizējot atstaroto signālu. Superluminiscējošā diode (2) izstaro optisko signālu 55 nm plašā joslā ar centrālo viļņa garumu 1550 nm. SAAB ir izmantots optiskais cirkulators (3), kas sastāv no 3 portiem A,

B, C un veic signāla plūsmu atdalīšanu. Optiskais cirkulators atļauj pārraidi no A porta uz B portu un no B porta uz C portu. Taču signāls tiks bloķēts – novājināts (vismaz par 50 dB) no B porta uz A portu un no C uz A portu. SLED (2) un OTDR (1) ģenerētais signāls tika apvienots ar Y (50:50 %) tipa optiskā jaudas apvienotāju (4). Optiskais slēdzis (5) sastāv no 8 kanāliem un veic pieslēgšanos katram kanālam konkrētā laika intervālā.

[007] Pie četriem optiskā slēdža (5) kanāliem ir pieslēgta optiskā pārraides līnijas ar ieintegrētu optisko FBG un intensitātes sensoru tīklu. Optiskā slēdža (5) pirmajam kanālam (ch\_1) ir pieslēgts pārskaņojams optiskais vājinātājs (6), divas vienmodas optiskās šķiedras (SMF) (7) pārraides līnijas, šķiedras Brega režģa deformācijas sensors (8) un optiskais intensitātes sensors (9). Optiskā slēdža (5) otrajam kanālam (ch\_2) pieslēgtas identiskas komponentes kā pirmajam, izņemot šķiedras Brega režģa deformācijas sensora (8) vietā ir pieslēgts FBG temperatūras sensors (10). Attiecīgi septītais kanāls (ch\_7) ir identisks otrajam kanālam tikai nesatur optiskās intensitātes sensoru (OIS) (9) un FBG temperatūras sensors (10) aizstāts ar šķiedras Brega režģa mitruma sensoru (11), bet astotais kanāls (ch\_8) sastāv no divām SMF pārraides līnijas posmiem (7) un diviem optiskās intensitātes sensoriem (9). OIS (9) ir ērti pielietojami sakaru kabeļu uzdevos (mitruma uzraudzībā) un ēkās (drošības risinājumos).

[008] Signāla apstrādes un analīzes bloka uztverošā daļa sastāv no virknē saslēgta spektrometra (12), signāla centrālo frekvenču detektora (13), digitālā signāla apstrādes bloka (14) un vadības bloka (15). Spektrometrs (12) optisko signālu attēlo frekvenču apgabalā. Signāla centrālo frekvenču detektors (13) detektē optiskā signāla centrālo frekvenci pie signāla jaudas līmeņa koeficienta 0,9. Digitālā signāla apstrādes bloks (14) matemātiski aprēķina reālas sensora parametra (piem. temperatūra, deformācija) vērtības reālā laikā, izmantojot datus no signāla centrālo frekvenču detektora (13). Vadības bloks (15) satur programmatūru, kas ļauj veikt arēju pieslēgšanos ar datoru un veikt iekārtas elementu, sensoru konfigurēšanu un nodrošina informācijas attēlošanu grafiskā formā.

[009] Izgudrojums ir paskaidrots ar šādiem zīmējumiem:

1. zīm. Optisko sensoru signālu apstrādes iekārta ar integrētu OTDR funkciju: optiskais laika apgabala reflektometrs (1), superluminiscējošā diode (2), optiskais cirkulators (OC) (3), optiskais apvienotājs (4), optiskais slēdzis (OS) (5), pārskaņojams optiskais vājinātājs (no angļu valodas *Variable Optical Attenuator*, VOA) (6), vienmodas optiskā šķiedra (7), šķiedras Brega režģa deformācijas sensors (FBG\_s) (8), optiskais intensitātes sensors (OIS) (9), šķiedras Brega režģa temperatūras sensors (FBG\_t) (10), šķiedras Brega režģa mitruma sensors (FBG\_h) (11), spektrometrs (12), signāla centrālo frekvenču detektors

(SCFD) (13), digitālā signāla apstrādes bloks (no angļu valodas *Digital Signal Processing*, DSP) (14), vadības bloks (15).

2. zīm. FBG optiskā sensora darbības princips.

3. zīm. Nomērītā un aproksimētā FBG optiskā temperatūras sensora raksturlīkne diapazonā no 14,0 līdz 40,1 °C.

4. zīm. Nomērītās signāla centrālās frekvences diviem FBG sensoriem pie standarta pīķa (pie maksimālas signāla jaudas) un izgudrojumā iestrādātā (pie signāla jaudas līmeņa koeficienta 0,9) detektēšanas algoritma.

### Izgudrojuma realizācijas piemēri

[10] Izgudrojuma realizācijai pie optiskā cirkulatora (3) porta A pieslēgta superluminiscējošā diode (2), bet pie porta B ir pieslēgts optiskais apvienotājs (4) (1.zīm.). Pie optiskā apvienotāja (4) otras ieejas pieslēgts OTDR (1). Optiskā apvienotāja (4) izeja ir savienota ar optiskā slēdza (5) ieeju. Pie optiskā slēdza (5) izejas pirmā kanāla (ch\_1) ir virknē pieslēgts pārskatājams optiskais vājinātājs (6), SMF (7) pārraides līnija, šķiedras Brega režģa deformācijas sensors (8), SMF (7) pārraides līnija un optiskais intensitātes sensors (9). Pārskatājamā optiskā vājinātāja (6) vājinājuma vērtība ir noteikta atkarībā no pirmā SMF līnijas posma (7) ienestā vājinājuma. SMF līnijas posma (7) un VOA (6) summārajam vājinājumam jābūt vismaz 3 dB (šāds nosacījums jāievēro arī otrajam un septītajam kanālam). Ja SMF (7) līnijas posma vājinājums ir lielāks par 3 dB, tad VOA (6) komponente nav jāizmanto. Pie optiskā slēdza (5) izejas otrā kanāla (ch\_2) ir pieslēgts VOA (6), SMF (7) pārraides līnija, (FBG\_t) (10), SMF (7) un OIS (9). Optiskā slēdza (5) izejas septītā kanāla (ch\_7) ir pieslēgts VOA (6), SMF (7), (FBG\_h) (11) un SMF (7). Optiskā slēdza (5) izejas ostonā kanāla (ch\_8) ir pieslēgta SMF (7) pārraides līnija, OIS (9), SMF (7) un OIS (9). Pie optiskā cirkulatora (3) porta C pieslēgts spektrometrs (12). Spektrometra (12) izejā pieslēgts signāla centrālo frekvenču detektors (13) un tā izejā pieslēgts digitālā signāla apstrādes bloks (14). Pie DSP (14) izejas ir pieslēgts vadības bloks (15).

[11] SLED platjoslas avota (2) signāls (signāla joslas platumš 55 nm) ir padots uz optiskā cirkulatora (3) A portu. No cirkulatora (3) porta A signāls plūst līdz portam B, no kura signāls ir pārraidīts līdz Y tipa (50:50 %) optiskajam apvienotāja (4) ieejai. Optiskā apvienotāja (4) otrā ieejā ir ievadīti OTDR (1) īslaicīgi optiskie impulsi pie 1625 nm viļņa garuma. OTDR (1) tipiski var lietot arī pie 1550 nm viļņa garuma, taču pie šādas

realizācijas, to nevar lietot, jo notiks spektrālā pārklāšanās. Lai lietotu OTDR (1) pie 1550 nm viļņa garuma nepieciešams pēc SLED (2) ievietot optisko joslas filtru. Optiskā apvienotājs (4) veic signālu apvienošanu pēc optiskās jaudas. Apvienotais signāls ir padots uz optisko slēdzi (5), kas veic pārslēgšanos no porta uz portu pēc iepriekš uzdota laika intervāla.

[12] Optiskais slēdzis (5) ir komponente, kas ļauj veikt 8 dažādu sensoru tīklu paralēlu uzraudzību reālā laikā. Konkrētā risinājuma optiskajam slēdzim (5) trešais līdz sestais kanāls ir tukši, bet iekārta spēj nodrošināt paralēlu darbību visiem 8 kanāliem. Pie OS (5) kanāliem pieslēgta VOA (6) komponente novājina optisko signālu, lai novērstu FBG sensora radīto dubulto atstarošanu. Optiskais signāls caur SMF (7) līniju tiek pārraidīts līdz FBG optiskiem sensoriem (8, 10, 11) un OIS (9). Pievadot uz FBG sensora platjoslas gaismas avota signālu, tad režģis atstaros šaurjoslas spektrālo komponenti, kas atbilst režģa Braga rezonanses viļņa garumam  $\lambda_B$ , bet pārējās viļņa garuma komponentes tiek pārraidītas tālāk (2. zīm.). FBG sensora darbojas lineāri – temperatūrai pieaugot par 1 grādu, tad centrālais viļņa garums nobīdīsies par  $x$  pm, bet ja par 2 grādiem, tad  $2 \cdot x$  pm (3. zīm.). FBG optiskā sensora darbību raksturojama ar sekojošu matemātiku izteiksmi [3]:

$$\lambda_B = 2 \cdot n_{eff} \cdot \Lambda, \quad (1)$$

kur:  $\lambda_B$  – atstarotais viļņa garums (Brega viļņa garums), nm;  $n_{eff}$  – efektīvais grupas laušanas koeficients optiskai šķiedrai;  $\Lambda$  – režģa periods, nm.

[13] OIS (9) ir izveidoti uz makrolocījuma bāzes un balstīti uz signāla intensitātes izmaiņām. Optiskais signāls tiek atstarots no OIS (9) makrolocījuma vietas un tika apstrādāts un analizēts ar OTDR (1) komponenti. Veicot deformācijas mērījumus ar FBG sensoru, nepieciešams nodrošināt temperatūras kompensēšanu konkrētā objektā, kas ir realizēta otrajā (ch\_2) kanālā ar FBG\_t sensoru (10). Tā kā otrais un septītais kanāls pie konkrētās realizācijas atrodas blakus, tad mituma sensoram temperatūras kompensācijai var izmantot otrā kanāla FBG\_t sensoru (10). Izgudrojums pieļauj arī vairāku FBG sensoru izvietošanu uz viena kanāla, kas ļauj 2 objektos nodrošināt, piemēram, ēkas drošības risinājumu, objekta mitruma, u.c. parametru uzraudzību. Gan FBG, gan OIS sensoru uzraudzībā ir analizēts atstarotais signāls. Atstarotais signāls no OS (5) tika pārraidīts uz optisko Y apvienotāju (4), kas konkrētā gadījumā darbosies kā sazarotājs, kas signālu sadalīs pēc jaudas divās vienādās plūsmās, no kura viena plūsma ir padota uz OTDR (1), bet otra uz OC (3). OTDR (1) uzkrāj un analizē atstaroto signālus un rezultātu attēlo reflektogrammā – signālu jaudas atkarībā no līnijas garuma. Tas ļauj ne tikai izmantot IOS

(9) risinājumos, bet vienlaikus veikt optiskās līnijas tehniskā stāvokļa uzraudzību, piemēram, nosakot līnijas bojājuma vietu.

[14] OC (3) atstarotais signāls tika pārraidīts no porta B uz C, un nonāk optiskā spektrometrā (12), kas optisko signālu laikā pārveido frekvenču apgabalā – signāla spektrā. Nomērītais optiskā signāla spektrs ir padots uz signāla centrālo frekvenču detektoru (13), kas detektē signāla centrālo frekvenci pie 90 % no signāla maksimālās jaudas (4. zīm.). Tā kā atstarotā signāla spektrs var būt nevienmērīgs un trokšņains, tādēļ centrālo frekvenču noteikšanai nedrīkst izmantot algoritmus, kas balstīt uz signāla jaudas pīķa noteikšanu (4. zīm.). Noteiktās centrālo frekvenču vērtības ir padotas uz DSP bloku (14), kas matemātiski aprēķina reālas sensora parametra (piemēram, temperatūra, deformācija, mitrums u.c.) vērtības un vizuāli attēlo atkarība no laika ar vadības bloka (15) palīdzību. Vadības bloks (15) nodrošina pieslēgšanos ar datoru un OTDR(1), SLED (2), visu FBG sensoru (8, 10, 11), spektrometra (12), SCFD (13) un DSP (14) konfigurēšanu.

#### Izmantotie informācijas avoti

1. US patent 6,647,160 B1 - FIBER BRAGG GRATING SENSOR SYSTEM, 9 lpp., 2003.
2. Senkans U., Spolitis S. and Bobrovs V., "Evaluation and research of FBG optical temperature sensors network," *2017 Advances in Wireless and Optical Communications (RTUWO)*, Riga, 2017, pp. 79-89.
3. Qiao X., Shao Z., Bao W., Rong Q., "Fiber Bragg Grating Sensors for the Oil Industry," *Sensors* 2017, 17, 429.

## PRETENZIJAS

1. Sensoru signālu apstrādes iekārta signāla apstrādes un analīzes bloku ar integrētu optiskā laika apgabala reflektometru (1), optisko apvienotāju (4), optisko slēdzi (5), spektrometru (12), digitālo signāla apstrādes bloku (14), vadības bloku (15), pārskatāmu optisko vājinātāju (6) un optiskās pārraides līniju (7) ar ieintegrētu optisko šķiedras Brega režģa (FBG) un intensitātes sensora tīklu (8–11), kas atšķiras ar to, ka ir izmantota platjoslas superluminiscējošā diode (SLED) (2), kas izstaro optisko signālu 55 nm plašā joslā (pie -3 dB signāla jaudas krituma) ar centrālo viļņa garumu 1550 nm, savukārt optiskā signālu (caurejošo un atstaroto) plūsmu atdalīšanai ir izmantots 3 portu optiskais cirkulators (3), kura A ports pievienots SLED (2) izejai, B ports – optiskā apvienotāja (4) ieejai un C ports – spektrometra (12) ieejai, bet FBG sensora atstarotā signāla centrālo frekvenču noteikšanai ir izmantots signāla centrālo frekvenču detektors (13), kura ieeja pievienota spektrometram (12), bet izeja – digitālā signāla apstrādes blokam (14).

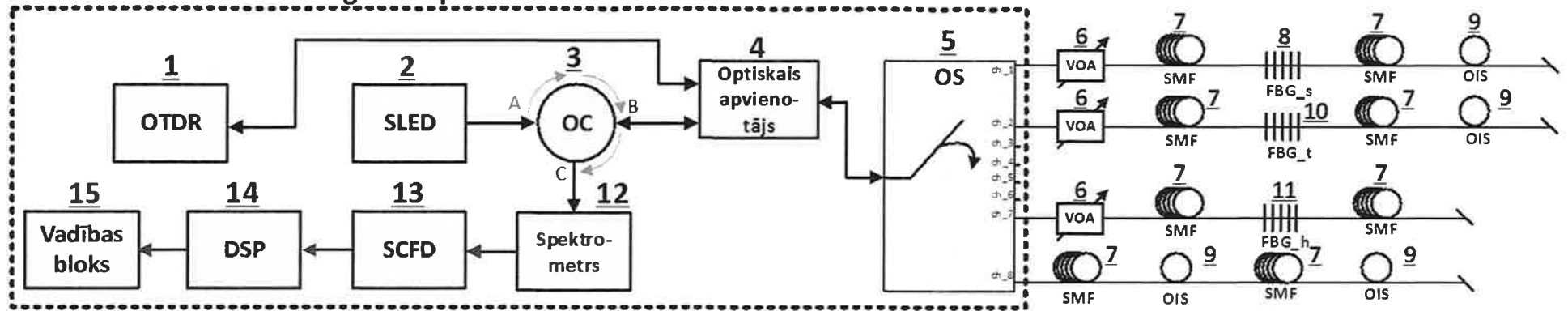
2. Paņēmiens, kuru realizē iekārta saskaņā ar 1. pretenziju, kas ietver šādus secīgus soļus:

- i. parametra uzstādīšanu – sakonfigurēšanu platjoslas SLED gaismas avotam (2) un optiskā laika apgabala reflektometram (1) un optiskā signāla padošanu;
- ii. optiskais cirkulators (3) nodrošina SLED (2) signāla pārraidi virzienā no A uz B portu un no B uz C portu, taču bloķē (novājina par 50 dB, jeb 100000 reizes) signāla izplatību virzienā no B uz A portu un no C uz A portu;
- iii. OTDR (1) un SLED (2) signālus apvieno ar optisko apvienotāju un pārraida uz optisko slēdzi, kura kanāliem ir pieslēgtas pārskatāmajā optiskā vājinātāja (4), vienmodas optiskās šķiedras (7), optiskā intensitātes sensora (9) komponentes un šķiedras Brega režģa sensori (8, 10, 11), kuri veic deformācijas, temperatūras un mitruma mērījumus;
- iv. vienmodas optiskās šķiedras (7) pārraides līnijas un sensoru atstaroto signālu caur optiskā apvienotāja (4) un optiskā cirkulatora (3) komponentēm pārraida līdz spektrometram (12), kas optisko signālu attēlo optisko signālu frekvenču joslā – signāla spektrā;
- v. signāla centrālo frekvenču detektors (13) centrālo frekvenci aprēķina matemātiski, sasummējot optiskā spektra labā un kreisā pusē noteiktās frekvences vērtības (pie 90 % no maksimālās signāla jaudas) un izdalot summas vērtību ar divi, tad noteikto vērtību padot uz digitālā signāla apstrādes bloku (14), kas matemātiski



nosaka reālas sensora parametra (piemēram, temperatūra, deformācija, mitrums u.c.) vērtības un grafiski atkarība no laika attēlo ar vadības bloka palīdzību (15).

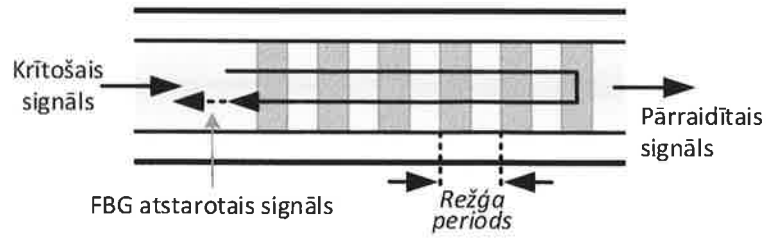
### Signāla apstrādes un analīzes bloks



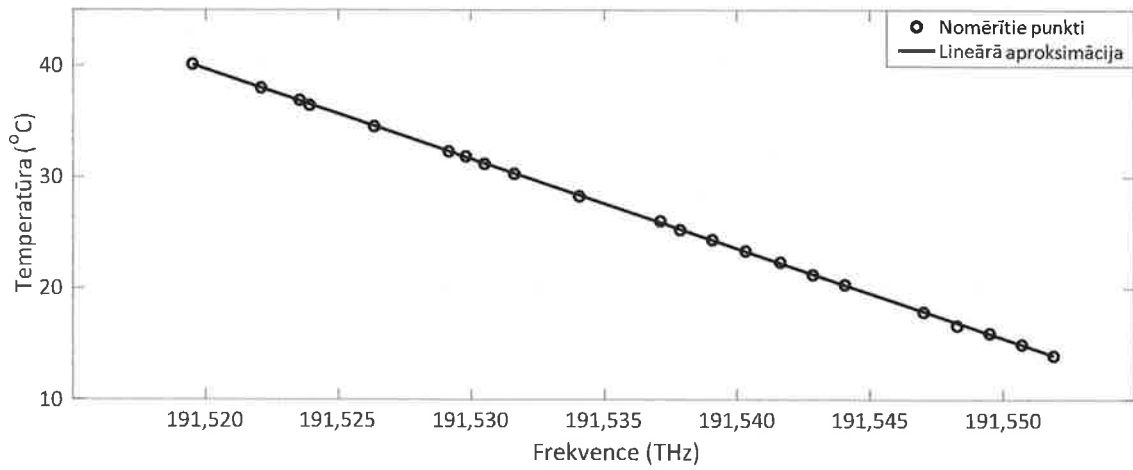
**OTDR** – optiskais laika apgabala reflektometrs  
**SLED** – superluminiscējošā diode  
**OC** – optiskais cirkulators  
**OS** – optiskais slēdzis  
**DSP** – digitālā signāla apstrādes bloks  
**SCFD** – signāla centrālo frekvenču detektors

**VOA** – pārskatnams optiskais vājinātājs  
**SMF** – vienmodas optiskā šķiedra  
**FBG\_s** – šķiedras Brega režģa deformācijas sensors  
**FBG\_t** – šķiedras Brega režģa temperatūras sensors  
**FBG\_h** – šķiedras Brega režģa mitruma sensors  
**OIS** – optiskais intensitātes sensors

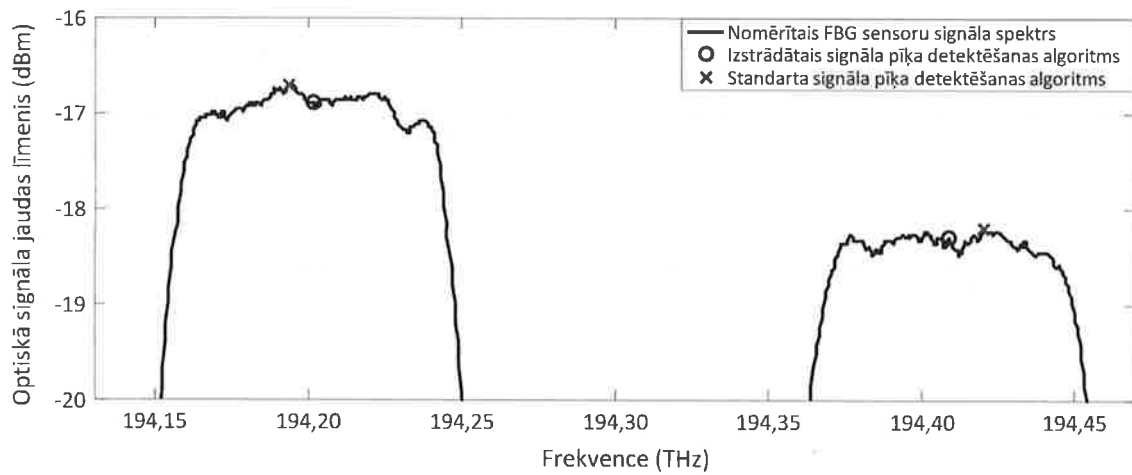
1. zīm.



2. zīm.



3. zīm.



4. zīm.