

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

306 141

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

H04B 10/079 (2013.01)
H04B 10/25 (2013.01)
H04J 14/02 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2015-409**
 (22) Přihlášeno: **18.06.2015**
 (40) Zveřejněno: **17.08.2016**
(Věstník č. 33/2016)
 (47) Uděleno: **07.07.2016**
 (24) Oznámení o udělení ve věstníku: **17.08.2016**
(Věstník č. 33/2016)

(56) Relevantní dokumenty:

CZ 302947 B; US 2014376909 A; US 2012051737 A; US 2007003285 A; WO 03055107 A; WO 0217515 A; WO 0194899 A; WO 9854862 A; EP 0777346 B.

- (73) Majitel patentu:
CESNET, zájmové sdružení právnických osob,
Praha 6 - Dejvice, CZ
- (72) Původce:
RNDr. Radan Slavík, Ph.D.DSc., Southampton
SO16 3DJ, GB
Ing. Josef Vojtěch, Ph.D., Praha 5, CZ
RNDr. Ing. Vladimír Smotlacha, Ph.D., Praha 12,
CZ
Ing. Jan Radil, Ph.D., Praha 5, CZ
- (74) Zástupce:
Ing. Hana Dušková, Na Kočově 180, 281 03
Chotutice

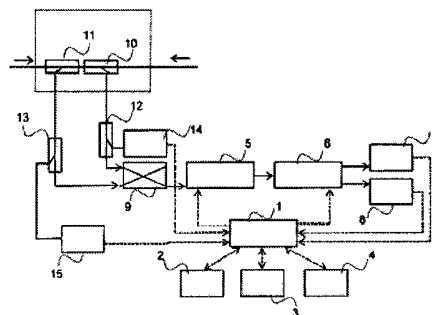
směrové odbočnice (11) a druhý vstup vazebního členu (9) je připojena čtvrtá směrová odbočnice (13) shodně orientovaná s druhou směrovou odbočnicí (11), jejíž odbočka je propojena se vstupem (4) fotodetektoru (15) majícího výstup propojen s řídicí jednotkou (1). První optický filtr (5) je filtr typu pásmová propust s velkou šířkou pásma, a má takovou charakteristiku, že monitorované signály se spektrálně nacházejí na jeho náběžné nebo sestupné hraně. Druhý optický filtr (6) je filtr tříbránového typu, jehož jeden výstup odpovídá funkci pásmová propust se střední vlnovou délkou odpovídající vlnové délce prvního monitorovaného signálu a druhý výstup odpovídá funkci pásmová zadrž a je tak na něj přiveden zbytek optického spektra.

(54) Název vynálezu:

Modulární stavebnice zařízení pro monitoring spektrálního odstupu dvou kanálů v sítích optických vlnových multiplexů

(57) Anotace:

Modulární stavebnice zařízení obsahuje první a druhou optickou směrovou odbočnicí (10, 11) dvou signálů šířících se oběma směry optického vlákna, propojené přes optický vazební člen (9) a první optický filtr (5) s prvním fotodetektorem (7), který je propojen s řídicí jednotkou (1) opatřenou drátovým komunikačním rozhraním (2) a/nebo bezdrátovým komunikačním rozhraním (3) a napájenou napájecím modulem (4). Výstup prvního optického filtru (5) je se vstupem prvního fotodetektoru (7) propojen přes druhý optický filtr (6), jehož druhý výstup je připojen na vstup druhého fotodetektoru (8). Výstup druhého fotodetektoru (8) je propojen s řídicí jednotkou (1). Mezi výstup první směrové odbočnice (10) a první vstup vazebního členu (9) je připojena třetí směrová odbočnice (12) shodně orientovaná s první směrovou odbočnicí (10), jejíž odbočka je propojena se vstupem třetího fotodetektoru (14) majícího výstup propojen s řídicí jednotkou (1). Mezi výstup druhé



Modulární stavebnice zařízení pro monitoring spektrálního odstupu dvou kanálů v sítích optických vlnových multiplexů

5 Oblast techniky

Technické řešení se týká modulární stavebnice zařízení pro monitoring spektrálního odstupu dvou kanálů s různou vlnovou délkou umožňující měření změn doby šíření signálů v přenosovém systému, například v sítích optických vlnových multiplexů, které je založené na nízkonákladových komponentách bez mechanicky náročných částí, je využitelné pro široké spektrum vlnových délek, a které spadá do oblasti telekomunikační techniky a služeb.

Dosavadní stav techniky

V současné době se k monitoringu spektrálního odstupu kanálů v sítích vlnových multiplexů využívají různá zařízení a metody, například optické spektrální analyzátory, vlnoměry nebo srovnání s hřebenovým normálem. Tato zařízení nebo celé metody jsou však poměrně složité a zejména nákladné, případně mají nízkou přesnost.

Optické spektrální analyzátory využívají odrazivé nebo lomivé techniky pro rozdělení dopadajícího světla na svazky určité spektrální šířky a následně používají elektrooptický detektor, typicky fotodiodu, který měří jeho intenzitu. Existují různé principy, například s využitím monochromátoru nebo přesnější metoda s využitím Fabry–Pérotova interferometru. Typicky se dosahuje šířka měřeného pásma 30 až 60 pm. Spektrální oblast bývá omezena na přibližně 400 až 1700 nm, dle typu spektrálního analyzátoru a určitého výrobce. Existují také optické spektrální analyzátory založené na využití rychlé Fourierovy transformace (FFT), kdy je vstupní signál vzorkován a následně s využitím FFT je nalezeno spektrum. Tato metoda umožňuje získat přesnější výsledky, ale je pomalá a klade vysoké nároky na analogově–digitální převodníky.

Vlnoměry využívají principu interferometru a je možno rozdělit je na statické bez pohyblivých částí a skenovací. Skenovací vlnoměr je založen na známém Michelsonově interferometru, kdy se pohybuje jedno rameno interferometru a vyhodnocuje se optický výkon dopadající na detektor. Tato metoda je zatížena několika chybami, například změnou fyzické délky vlivem teploty. Statické vlnoměry využívají Fizeauova interferometru a nejčastěji se používají dvě nepohyblivá zrcátka a využívá se toho, že jejich povrchy nejsou zcela paralelní.

Metoda s využitím frekvenčního hřebene, frequency comb, je velmi přesná, ale také nejdražší. Vlastní hřeben generuje záření v sérii diskrétních složek s velmi přesným a konstantním frekvenčním odstupem. Základní principy jsou amplitudová modulace kontinuálního laseru a stabilizace série pulsů tzv. „mode-lock“ laseru. Hřebeny mají velký potenciál, v současné době ale zatím chybí přesné metody pro jejich návrh a modelování a není možné stanovit a vyrobit systém s přesně definovanými parametry a předvídatelným a opakovatelným chováním takového hřebenového systému.

Řešení zmiňovaná například v dokumentu US 2014/376909 Frisken et al, využívající kaskádu dvou filtrů slouží k jinému účelu a používá jinou architekturu. Zařízení pracuje s pomalu frekvenčně modulovanými signály, jedná se o desítky kHz, a demoduluje na hraně filtru takto zakódované informace. Předkládané řešení je použitelné pro jakkoliv modulované signály a je neutrální k namodulovaným informacím. Toto zařízení dále pracuje s přeladitelnými a velmi technologicky náročnými a nákladnými realizacemi prvního a druhého filtru. Jedná se o technologie jako například mikro elektro–mechanical mirror, scanning Fabry–Perot etalon, koherentní přijímač s lokálním oscilátorem. Tyto filtry obsahují nákladné a mechanicky citlivé komponenty. Řešení využívá naladění druhého filtru do a mimo přenosovou charakteristiku prvního filtru k určení parametru optický odstup signál šum, viz. vzorec [73].

Je rovněž známé řešení dle WO 03055107 Margalit, které slouží k určení výkonu v optickém kanálu, střední frekvence v kanálu, určení optického odstup signál šum, určení očkového diagramu v kanálu a tak dále, nikoli ale k určení spektrálního odstup dvou kanálů. Řešení navrhuje použití páru filtrů paralelně řazených jako diskriminátoru, kdy filtry se shodnou spektrální charakteristikou jsou mírně odladěny o hodnotu nižší než je šířka pásma filtrů.

Řešení používá architekturu, kde vstupní signál je rozdělen běžným děličem optického výkonu na N částí a poté je následně zpracován v N explicitně laditelných filtrech.

Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky řeší modulární stavebnice zařízení pro monitoring spektrálního odstup dvou kanálů s různou vlnovou délkou umožňující měření změn doby šíření signálů v přenosovém systému, například vlivem teploty, v sítích optických vlnových multiplexů podle předkládaného řešení. Stavebnice obsahuje první a druhou optickou směrovou odbočnici, které jsou propojené přes optický vazební člen a první optický filtr s prvním fotodetektorem. První fotodetektor je propojen s řídicí jednotkou opatřenou drátovým a/nebo bezdrátovým komunikačním rozhraním a napájenou napájecím modulem. Podstatou nového řešení je, že výstup prvního optického filtru je se vstupem prvního fotodetektoru propojen přes druhý optický filtr, jehož druhý výstup je připojen na vstup druhého fotodetektoru. Výstup druhého fotodetektoru je propojen s řídicí jednotkou. Mezi výstup první směrové odbočnice a první vstup vazebního členu je připojena třetí směrová odbočnice shodně orientovaná s první směrovou odbočnicí. Odbočka třetí směrové odbočnice je propojena se vstupem třetího fotodetektoru majícího výstup propojen s řídicí jednotkou. Zároveň je mezi výstup druhé směrové odbočnice a druhý vstup vazebního členu připojena čtvrtá směrová odbočnice shodně orientovaná s druhou směrovou odbočnicí. Odbočka čtvrté směrové odbočnice je propojena se vstupem čtvrtého fotodetektoru majícího výstup propojen s řídicí jednotkou.

První optický filtr je filtr typu pásmová propust s velkou šířkou pásma a má takovou charakteristiku, že oba monitorované signály se spektrálně nacházejí jeden na jeho náběžné nebo sestupné hraně a druhý signál také na jeho náběžné nebo sestupné hraně. Druhý optický filtr je filtr tříbránového typu. Jeho jeden výstup odpovídá funkci pásmová propust se střední vlnovou délkou odpovídající vlnové délce prvního monitorovaného signálu a druhý výstup odpovídá funkcí pásmová zadrž a je tak na něj přiveden zbytek optického spektra.

V jednom možném provedení je jako první nebo zároveň první a druhý optický filtr použit filtr s periodickou spektrální charakteristikou.

Ve výhodném provedení je řídicí jednotka včetně modulu drátového a bezdrátového komunikačního rozhraní tvořena jednodeskovým průmyslovým počítačem bez pohyblivých částí.

Napájecí modul je s výhodou redundantní.

V dalším možném provedení jsou první a druhá směrová odbočnice vřazeny přímo do jim směrově odpovídajících vláken měřené linky.

Výhodou takto uspořádané modulární stavebnice pro monitoring odstup kanálů v sítích optických vlnových multiplexů je, že obsahuje pouze nenákladné optické komponenty, tedy odbočnice, pevné filtry a pomalé detektory, které jsou navíc dobře integrovatelné. V předkládaném řešení, jsou na rozdíl od WO 03055107 monitorované kanály naopak na počátku zpracování sloučeny, ne děleny. Použité součástky jsou komerčně dostupné od mnoha výrobců a i přes jejich nízkou pořizovací cenu splňují náročné požadavky obvyklé pro telekomunikační součástky. Zařízení tak nemusí obsahovat žádné mechanicky citlivé komponenty a vyniká odolností například proti otřesům, prachu atd. Zařízení dále neobsahuje žádné nákladné vysokofrekvenční elektrické obvody a nevznikají problémy s elektromagnetickou kompatibilitou. Zařízení dále umožňuje provádě

dět monitoring signálů ve velmi široké oblasti spektra 400 až 2300 nm. Předkládané řešení nepoužívá laditelné filtry a monitoruje spektrální odstup dvou signálů na vstupu. Předkládané řešení **na rozdíl od WO 03055107** využívá filtry každý s jinou šířkou spektrální charakteristiky, což je zásadní, a navíc vzájemné odladění střední vlnové délky je výrazně vyšší.

5

Objasnění výkresů

Podstata uvedeného řešení je dále vysvětlena a popsána na základě připojeného výkresu, který znázorňuje blokové schéma zařízení v jeho nejúplnějším provedení. Na přiloženém výkrese jsou plnými čarami naznačena optická propojení a přerušovanými čarami propojení elektrická.

Příklady uskutečnění vynálezu

15

Zapojení modulární stavebnice zařízení pro monitoring spektrálního odstupe kanálů v sítích optických vlnových multiplexů je uvedeno na přiloženém výkrese ve formě blokového schéma. Zařízení tak, jak je nakresleno, je určeno pro monitorování spektrálního odstupe dvou signálů šířících se na vlnových délkách v opačném směru stejného vlákna. To totiž umožňuje určit dobu šíření signálů optickým vláknem s vysokou přesností, a tím pádem i přesnou synchronizaci obou signálů. Zařízení pak lze využít pro přenos času s vysokou přesností. Zařízení obsahuje první optickou směrovou odbočnici 10, která odbočuje dopředně se šířící signál a je přes směrově shodnou třetí směrovou odbočnici 12 připojena na jeden vstup vazebního členu 9. Odbočka třetí směrové odbočnice 12 je připojena na vstup třetího fotodetektoru 14. Analogicky má zařízení druhou optickou směrovou odbočnici 11, která odbočuje zpětně se šířící signál a je přes směrově shodnou čtvrtou směrovou odbočnici 13 připojena na druhý vstup vazebního členu 9. Odbočka čtvrté směrové odbočnice 13 je připojena na vstup čtvrtého fotodetektoru 15. Výstup třetího fotodetektoru 14 a výstup čtvrtého fotodetektoru 15 jsou propojeny s řídicí jednotkou 1, která je napájena z napájecího modulu 4 a je opatřen drátovým komunikačním rozhraním 2 a bezdrátovým komunikačním rozhraním 3. Výstup vazebního členu 9 je přes první optický filtr 5 spojen se vstupem druhého optického filtru 6.

Stavebnice je tedy tvořena optickou částí propojenou s elektronickou. Základem je, že stavebnice obsahuje kaskádu prvního optického filtru 5 a druhého optického filtru 6, kde oba filtry jsou běžné telekomunikační filtry s poměrně velkými šířkami pásma, například první optický filtr 5 má šířku pásma 1,6 nm a druhý optický filtr 6 má šířku pásma 0,8 nm nebo první optický filtr 5 je o šířce pásma 0,8 nm a druhý optický filtr 6 má pásmo široké 0,4 nm. První optický filtr 5 má takovou přenosovou charakteristiku, že jeden z monitorovaných signálů se spektrálně nachází na náběžné nebo sestupné hraně filtru a druhý ze signálů taktéž na náběžné nebo na sestupné hraně charakteristiky tohoto filtru. Přípustné jsou všechny čtyři kombinace první signál na náběžné hraně a druhý na sestupné, první signál na sestupné a druhý na náběžné, oba signály na náběžné nebo oba na sestupné. Je výhodné použít jako první optický filtr 5 nebo první optický filtr 5 a zároveň druhý optický filtr 6 filtry s periodickou charakteristikou, které takto vyhoví pro celou skupinu vlnových délek. Je-li první optický filtr 5 filtr s periodickou charakteristikou, pak změnou druhého filtru 6 lze snadno měnit také dvojici kanálů, pro které bude monitorování prováděno. Pro vlnovou nezávislost zařízení je pak nutné, aby byl i druhý optický filtr 6 filtr s periodickou charakteristikou. Druhý optický filtr 6 je filtr tak zvaného tříbránového typu, který má dva optické výstupy. První výstup odpovídá vlnové délce prvního monitorovaného signálu a na druhý výstup je směrován zbytek optického spektra tedy druhý signál. Lze použít reciprokovou realizaci, kdy druhý výstup druhého optického filtru 6 odpovídá vlnové délce druhého monitorovaného signálu a na první výstup je směrován zbytek optického spektra tedy první signál. Na jeden výstup druhého optického filtru 6 je připojen vstup prvního fotodetektoru 7 a na jeho druhý výstup je připojen vstup druhého fotodetektoru 8. Výstup prvního fotodetektoru 7 a druhého fotodetektoru 8 je propojen s řídicí jednotkou 1.

55

Signály jsou z přenosové linky odebrány pomocí první směrové odbočnice 10 a druhé směrové odbočnice 11, které však mohou být již instalovány ve vláknech monitorované linky. Odebrané signály pak projdou dalším párem směrových odbočnic, tedy třetí směrovou odbočnicí 12 a čtvrtou směrovou odbočnicí 13, kde jsou odebrány malé části signálů pro monitoring výkonů. Tyto malé části jsou detekovány na dalším páru fotodetektoru, tedy na třetím fotodetektoru 14 a na čtvrtém fotodetektoru 15. Signály samotné jsou sloučeny na vazebním členu 9 a přivedeny na vstup prvního optického filtru 5. Výše popsáním umístěním signálů na hranách prvního optického filtru 5 jsou signály zatlumeny dle jejich spektrálního umístění. Druhý optický filtr 6 kaskády oba monitorované signály vzájemně oddělí a z jeho výstupů jsou pak vedeny první na první fotodetektor 7 a druhý na druhý fotodetektor 8, kde jsou signály detekovány.

Řídicí jednotka 1 je napájena z napájecího modulu 4, který může být v jednom možném výhodném provedení redundantní. Řídicí jednotka 1 je vybavena modulem drátového komunikačního rozhraní 2, a/nebo modulem bezdrátového komunikačního rozhraní 3. Řídicí jednotka 1 může být, jak bylo již uvedeno, s výhodou tvořena jednodeskovým průmyslovým počítačem bez pohyblivých částí. Řídicí jednotka 1 může mít také integrovaný modul drátového 2 a/nebo bezdrátového komunikačního rozhraní 3.

Řídicí jednotka 1 obsahuje software, který měří optické výkony na jednotlivých fotodetektorech 7, 8, 14 a 15. Software určuje odstup sledovaných kanálů tímto způsobem: Třetí fotodetektor 14 určuje vstupní výkon prvního signálu. Pokud je tento konstantní, ale mění se výkon detekovaný na prvním fotodetektoru 7, pak dochází ke změně vlnové délky prvního signálu. Totéž platí pro čtvrtý fotodetektor 15 a pro druhý fotodetektor 8 a druhý signál. Ze známé charakteristiky prvního optického filtru 5 a poměru optických výkonů měřených na třetím fotodetektoru 14 a na prvním fotodetektoru 7 pak software řídicí jednotky učí vlnovou délku prvního signálu a z poměru optických výkonů na čtvrtém fotodetektoru 15 a druhém fotodetektoru 8 pak vlnovou délku druhého signálu a na závěr pak software vyhodnotí vzájemný odstup vlnových délek prvního a druhého signálu. Výhodou tohoto řešení je, že i když první optický filtr 5 nepatrně mění centrální vlnovou délku, například s okolní teplotou, tvar filtrační charakteristiky se nemění a první optický filtr 5 není nutné teplotně stabilizovat. Software řídicí jednotky 1 zpřístupňuje informace o výkonech a změnách vlnových délek přes drátové komunikační rozhraní 2 a/nebo bezdrátové komunikačního rozhraní 3 nadřazenému systému.

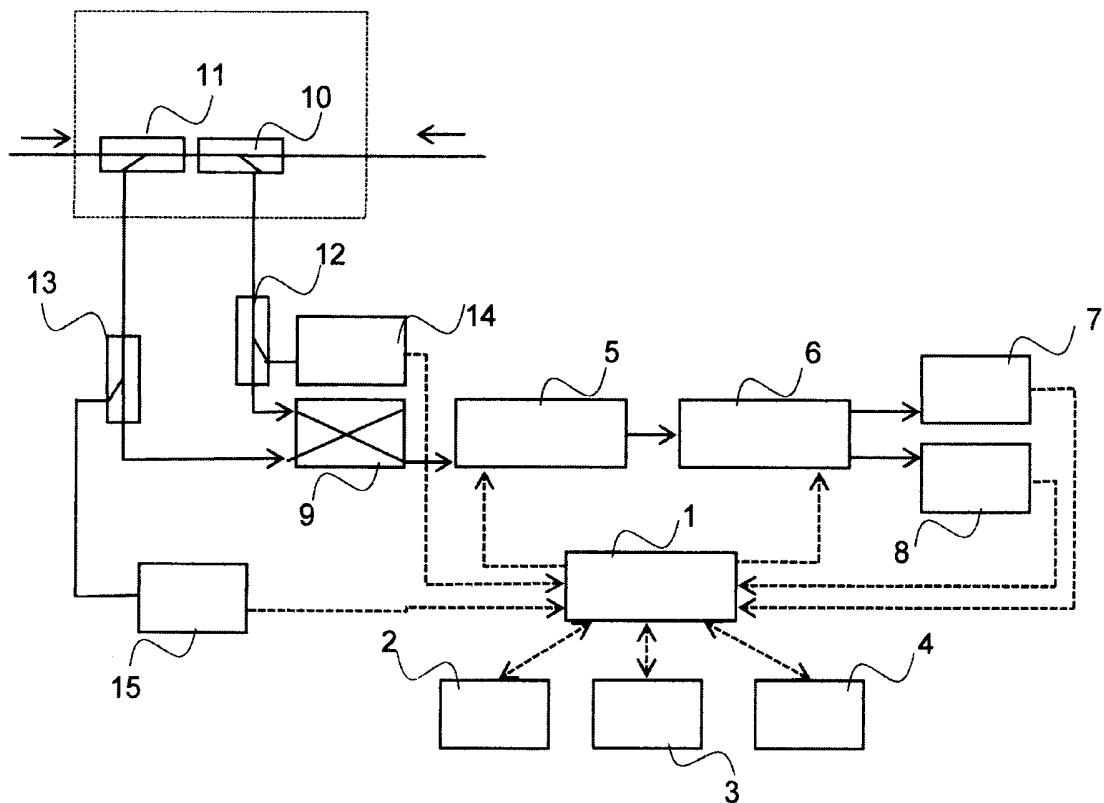
35 Průmyslová využitelnost

Toto technické řešení je průmyslově dobře využitelné zejména pro monitoring odstupu kanálů v optických sítích včetně sítí vlnových multiplexů pro přenos času s vysokou přesností. Kvůli chromatické disperi optického vlákna záleží doba šíření signálu na jeho vlnové délce. Pokud je rozdíl ve vlnových délkách signálů šířících se v opačných směrech monitorován, je možné určovat i změny doby šíření v obou směrech. Ve srovnání se známými řešeními zařízení neobsahuje žádné nákladné komponenty pracující na vysokých frekvencích ani citlivé na nárazy, změny teploty a vibrace, nebo prašnost prostředí. Technické řešení zahrnuje také vzdálený monitoring včetně sledování zpracovávaných optických signálů. Ve srovnání se známými řešeními je založeno na běžně dostupných komponentech.

PATENTOVÉ NÁROKY

- 5 1. Modulární stavebnice zařízení pro monitoring spektrálního odstupu dvou kanálů v sítích optických vlnových multiplexů kde se signály šíří v opačných směrech na různých vlnových délkách obsahující první optickou směrovou odbočnici (10), druhou optickou směrovou odbočnici (11) propojené přes optický vazební člen (9) a první optický filtr (5) s prvním fotodetekto-
10 rem (7), který je propojen s řídicí jednotkou (1) opatřenou drátovým komunikačním rozhraním (2) a/nebo bezdrátovým komunikačním rozhraním (3) a napájenou napájecím modulem (4), **vyznačující se tím**, že výstup prvního optického filtru (5) je se vstupem prvního fotodetektoru (7) propojen přes druhý optický filtr (6), jehož druhý výstup je připojen na vstup druhého fotodetek-
15 toru (8), kde výstup druhého fotodetektoru (8) je propojen s řídicí jednotkou (1), a dále je mezi výstup první směrové odbočnice (10) a první vstup vazebního členu (9) připojena třetí směrová odbočnice (12) shodně orientovaná s první směrovou odbočnicí (10), jejíž odbočka je propojena se vstupem třetího fotodetektoru (14) majícího výstup propojen s řídicí jednotkou (1) a zároveň je mezi výstup druhé směrové odbočnice (11) a druhý vstup vazebního členu (9) připojena čtvrtá směrová odbočnice (13) shodně orientovaná s druhou směrovou odbočnicí (11), jejíž odbočka je propojena se vstupem čtvrtého fotodetektoru (15) majícího výstup propojen s řídicí jednotkou
20 (1), přičemž první optický filtr (5) je filtr typu pásmová propust s velkou šířkou pásma a má takovou charakteristiku, že monitorované signály se spektrálně nacházejí jeden na jeho náběžné nebo sestupné hraně a druhý signál také na jeho náběžné nebo sestupné hraně a druhý optický filtr (6) je filtr tříbránového typu, jehož jeden výstup odpovídá funkci pásmová propust se střední vlnovou délkou odpovídající vlnové délce prvního monitorovaného signálu a druhý výstup odpoví-
25 vídá funkci pásmová zadrž a je tak na něj přiveden zbytek optického spektra.
2. Modulární stavebnice podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že první optický filtr (5) je filtr s periodickou spektrální charakteristikou.
- 30 3. Modulární stavebnice podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že druhý optický filtr (6) je filtr s periodickou spektrální charakteristikou.
4. Modulární stavebnice podle kteréhokoli z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že řídicí jednotka (1) včetně modulu (2) drátového komunikačního rozhraní a modulu (3) bezdrátového komunikačního rozhraní je tvořena jednodeskovým průmyslovým počítačem bez pohyblivých částí.
35
5. Modulární stavebnice podle kteréhokoli z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že napájecí modul (4) je redundantní.
40
6. Modulární stavebnice podle kteréhokoli z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že první směrová odbočnice (10) a druhá směrová odbočnice (11) jsou vřazeny přímo do vlákna monitorované linky.
45

1 výkres



Konec dokumentu