

G02B 6/38 (2006.01)  
G02B 6/42 (2006.01)  
G02B 6/24 (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

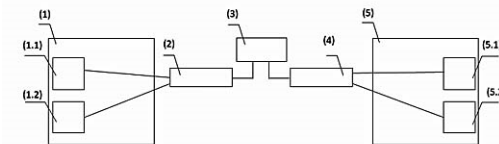
(21) Číslo přihlášky: 2022-129  
(22) Přihlášeno: 21.03.2022  
(40) Zveřejněno: 04.10.2023  
(Věstník č. 40/2023)  
(47) Uděleno: 04.01.2024  
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: 14.02.2024  
(Věstník č. 7/2024)

(56) Relevantní dokumenty:  
US 2022000166 A1; WO 2017156176 A1; US 2009244545 A1; US 10007066 B1; WO 2019117872 A1; WO 2012024285 A1.

(73) Majitel patentu:  
České vysoké učení technické v Praze, Praha 6,  
Dejvice, CZ  
OPTOKON, a. s., Jihlava, CZ

(72) Původce:  
doc. Ing. Václav Prajzler, Ph.D., Praha 5, Stodůlky,  
CZ  
Ing. Jiří Štefl, Praha 10, Pitkovice, CZ  
Ing. Tomáš Martan, Ph.D., Všeruby, CZ

(74) Zástupce:  
Ing. Václav Kratochvíl, Husníkova 2086/22, 158 00  
Praha 5, Stodůlky



(54) Název vynálezu:  
**Systém pro optickou datovou komunikaci a přenos optické energie určené pro přeměnu na elektrickou energii**

(57) Anotace:  
Systém pro optickou datovou komunikaci a přenos optické energie určené pro přeměnu na elektrickou energii zahrnuje ve vstupní části vstupní blok (1) a za ním zařazený vstupní optický kabel (2) a ve výstupní části výstupní optický kabel (4) a za ním zařazený výstupní blok (5). Výstupní konec vstupního optického kabelu (2) a vstupní konec výstupního optického kabelu (4) jsou každý z jiné strany připojeny k optickému konektoru (3). Vstupní blok (1) obsahuje alespoň jeden výkonový laser (1.1) a alespoň jeden vstupní optický vysílač (1.2). Výkonové lasery (1.1) i vstupní optický vysílač (1.2) jsou propojené se vstupním koncem vstupního optického kabelu (2). Výstupní blok (5) obsahuje alespoň jeden fotovoltaický konvertor (5.1) a alespoň jeden výstupní optický přijímač (5.2). Fotovoltaické konvertory (5.1) i výstupní optický přijímač (5.2) jsou propojené s výstupním koncem výstupního optického kabelu (4). Optický konektor (3) je otočný.

## Systém pro optickou datovou komunikaci a přenos optické energie určené pro přeměnu na elektrickou energii

### 5 Oblast techniky

Vynález se týká současného přenosu energie i dat pomocí optických kabelů, přičemž jedna část systému může být otočná.

10

### Dosavadní stav techniky

Pro přenos dat na velké vzdálenosti, který je využíván pro optické komunikace a datové spoje je v současnosti prováděn pomocí optických kabelů, které obsahují optická vlákna. Optická komunikační vlákna mohou být buď jednovidová, které mají průměr jádra 4 až 9  $\mu\text{m}$  a průměr pláště 125  $\mu\text{m}$ , nebo optická vlákna mnohavidová s průměrem jádra vláken 50 nebo 62,5  $\mu\text{m}$  a průměrem pláště 125  $\mu\text{m}$ . Dále pro speciální účely se také používají optická vlákna s větším průměrem vlnovodného jádra a pláště např. 105/125  $\mu\text{m}$ , 200/220  $\mu\text{m}$  (průměr jádra/průměr pláště). Tyto optický vlákna jsou zpravidla vyráběny z křemenného optického skla a v případě mnohavidových optických s jádrem 50 nebo 62,5  $\mu\text{m}$  jsou používány na vlnových délkách 850 a 1300 nm. V případě jednovidových vláken je přenos dat primárně prováděn na vlnových délkách 1310 a 1550 nm, respektive v rozsahu vlnových délek 1250 až 1650 nm. Tyto vlnové délky jsou voleny z toho důvodu, že standardní křemenná komunikační optická vlákna mají na těchto vlnových délkách nízký optický útlum a na vlnové délce 1310 nm mají nízkou disperzi. Optické kabely existují v různých technologických provedení, kde se kabely skládají z jednotlivých optických vláken, kde typ vláken (jednovidová, mnohavidová) a počet optických vláken a také použité materiály pro vlastní optický kabel je určeno aplikací (zákazníkem) pro který je výsledky optický kabel určen. Existují také hybridní optické kabely, které kromě optických vláken obsahují metalické vodiče, kde optická vlákna slouží pro přenos dat a elektrické vodiče slouží k přenosu napájení připojené elektroniky, jakou jsou např. různé typy senzorů nebo dohledové nebo diagnostické kamery.

Je známé řešení, kde pro přenos elektrického napájení je využito optických vláken, které bylo popsáno v práci autorů J.D. Lopez-Cardona et al. S názvem Remote Optical Powering Using Fiber Optics in Hazardous Environments, zveřejněném v JOURNAL of LIGHTWAVE TECHNOLOGY, vol. 36, no. 3, 2018, kde autoři prezentují systém, který využívá jako optický zdroj vysoce výkonnou laserovou diodu s centrální vlnovou délkou 808 nm o výkonu 1,5 W a jako detektor byl použit Gallium-Arsenidový (GaAs) fotovoltaický článek. Přenos energie byl realizován pomocí optického vlákna s průměrem jádra optického vláknového vlnovodu 200  $\mu\text{m}$  a průměrem pláště vlnovodu 500  $\mu\text{m}$  o délce 300 m. Systém umožnil přenášet optický výkon 360 mW. Ve stejné publikaci jsou také prezentovány výsledky pro přenos energii pomocí vícevidového optického vlákna s průměrem jádra 62,5  $\mu\text{m}$  a pláště 125  $\mu\text{m}$  s délkou 1 m, kdy bylo dosaženo přenosu elektrické energie o výkonu 240 mW.

Je také známé řešení, popsané Fahad M. A. Al-Zubaidi et al. s názvem SI-POF Supporting Power-Over-Fiber in Multi-Gbit/s Transmission for In-Home Networks zveřejněném v JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, vol. 39, no. 1, 2021, kde je prezentována analýza přenosu dat a energie pomocí jednoho plastového optické vlákna. Přenos dat je realizován pomocí optického vysílače se zdrojem 650 nm s přenosovou rychlostí 1 Gbit/s, přenos energie je proveden pomocí optického zdroje s pracovní vlnovou délkou 405 nm a přenos je realizován na vzdálenost 10 m. Autoři uvádějí, že dosáhli přenosu energie 1,64 mW.

Je také známé řešení, popsané Pu Wei, et al. s názvem Power-over-fiber system with energy management scheme for electric power industry zveřejněné v Optical Engineering vol. 58, no. 9, 2019, kde autoři prezentují systém, který využívá dvě mnohavidová optická vlákna s průměrem

5 vlnovodného jádra 62,5  $\mu\text{m}$ . Jedno optické vlákno je použito pro přenos energie, kde jako zdroj energie je použita laserová dioda s vlnovou délkou 830 nm a výkonem 2 W a Gallium-Arsenidový (GaAs) fotovoltaický článek s aktivní plochou 2 mm byl použit pro přeměnu optické energie na elektrickou. Druhé optické vlákno je použito pro přes dat, kde délka přenosového systému byla 1 m.

10 Systém optického napájení přenášené mnohavidovým optickým vláknem s průměrem jádra 62,5  $\mu\text{m}$  a gradientním indexem lomu použitým pro napájení videokamery byl popsán G. Böttger, *et al.* v publikaci s názvem An Optically Powered Video Camera Link zveřejněném v IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, vol. 20, no. 1, 2008. Autoři použili vysoce výkonnou laserovou diodu o vlnové délce 810 nm a optickým výkonem 1 W jako zdroje energie pro napájení a datový kanál pro přenos video signálu byl přenášen pomocí komunikační jednoty pracující na vlnové délce 1310 nm. Přenos byl realizován pomocí jednoho optického vlákna, kde 15 připojení zdrojů 810 a 1310 nm bylo realizováno pomocí vazebního členu s tenko vrstevným filtrem a jako detektor byl použit Gallium-Arsenidový (GaAs) fotovoltaický konvertor. Video přenos byl realizován na vzdálenost 200 m.

20 Je také známé řešení, popsané Cherif Diouf *et al.* s názvem Design, Characterization, and Test of a Versatile Single-Mode Power-Over-Fiber and Communication System for Seafloor Observatories, zveřejněném v IEEE JOURNAL OF OCEANIC ENGINEERING, vol. 45, no. 2, 2020, kde je představena datová komunikace a přenos energie pomocí optického vlákna pro námořní observatoře. Systém slouží k napájení a přenosu dat po jednovidovém optickém vlákně na vzdálenost 8 km a systém využívá tři optické vlnové délky 1537 nm, 1550 nm pro up-stream a downstream přenášených dat a vlnovou délku 1480 nm pro přenos energie. Systém je chopen 25 přenést výkonu 190 mW při použití výkonového zdroje 1480 nm s výkonem 10 W.

Byla také publikovaná přehledová publikace od autora Joao Batista Rosolem s názvem Power - Over - Fiber Applications for Telecommunications and for Electric Utilities zveřejněná v Open access peer-reviewed chapter 2017 InTech DOI:10.5772/68088, <http://dx.doi.org/10.5772/68088>, 30 kde jsou shrnuty doposud známé výsledky k problematice přenášení optického výkonu pomocí optických vláken.

35 Nevýhodou výše zmíněných řešení je, že umožní nižší přenos energie, která není dostatečné pro napájení elektronických zařízení s vyšším odběrem. Dále pak výše zmíněná řešení neumožňují přenos napájecího napětí na větší vzdálenosti a neumožňují datové propojení a přenos napájecího optického signálu přes rotující členy.

#### 40 Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky odstraňuje systém podle předkládaného vynálezu, které umožňuje přenos energie pomocí optických vláken a jedno- nebo obousměrný přenos datového signálu po optických vláknech. Optický rotační konektor umožňuje také přenos napájecího napětí a datové informace v aplikacích, kde je část obsahující přijímač datového signálu otočná. Jedná se o 45 použití pro napájení a přenos dat pro senzory upevněné na lopatkách větrných elektráren, na otočných věžích autonomních robotů nebo v otočných věžích armádních pohyblivých prostředků.

Systém pro optickou datovou komunikaci a přenos optické energie určené pro přeměnu na elektrickou energii zahrnuje ve své vstupní části vstupní blok a za ním zařazený vstupní optický 50 kabel a ve své výstupní části výstupní optický kabel a za ním zařazený výstupní blok. Systém zahrnuje také optický konektor, k němuž je připojen výstupní konec vstupního optického kabelu a vstupní konec výstupního optického kabelu. Vstupní blok obsahuje alespoň jeden výkonový laser a alespoň jeden vstupní optický vysílač, přičemž výkonové lasery i vstupní optický vysílač jsou propojené se vstupním koncem vstupního optického kabelu. Výstupní blok obsahuje alespoň 55 jeden fotovoltaický konvertor a alespoň jeden výstupní optický přijímač, přičemž fotovoltaické

konvertory i výstupní optický přijímač jsou propojené s výstupním koncem výstupního optického kabelu. Podstatné je, že optický konektor je otočný. Optický konektor obsahuje stator, kterým ve výhodném provedení prochází výstupní konec vstupního optického kabelu, a rotor, k němuž je připevněn výstupní optický kabel, Je výhodné, když je vstupní konec výstupního kabelu umístěn uvnitř rotoru.

Optický konektor může zahrnovat také motor pro pohon rotoru. Je výhodné, když je motor připojen k rotoru dutou hřídelí. V alespoň části úseku mezi rotorem a výstupním blokem je výstupní kabel s výhodou umístěn uvnitř dutiny v hřídeli, s níž je pevně spojen.

V jednom výhodném provedení jsou optický kabel i výstupní optický kabel jsou jednovláknové a vstupní blok obsahuje první vstupní optický WDM multiplexor. WDM je zkratka z anglického wavelength division multiplexer. Výkonový laser a vstupní optický vysílač jsou připojeny každý k jinému z portů prvního vstupního optického WDM multiplexoru na straně větvení vlnových délek. Port prvního vstupního optického WDM multiplexoru na straně spojení vlnových délek je propojen se vstupním koncem vstupního optického kabelu. Výstupní blok obsahuje první výstupní optický WDM multiplexor, přičemž výstupní konec výstupního optického kabelu je propojen s portem prvního výstupního optického WDM multiplexoru na straně spojení vlnových délek a fotovoltaický konvertor a výstupní optický přijímač jsou připojeny každý k jinému z portů výstupního optického WDM multiplexoru na straně větvení vlnových délek.

V dalším výhodném provedení vstupní blok obsahuje navíc i vstupní optický přijímač a druhý vstupní optický WDM multiplexor, k jehož jednomu portu na straně větvení vlnových délek je připojen port prvního vstupního optického WDM multiplexoru na straně spojení vlnových délek a k jehož druhému portu na straně větvení vlnových délek je připojen vstupní přijímač. Port na straně spojení vlnových délek druhého vstupního optického WDM multiplexoru je připojen ke vstupnímu konci vstupního optického kabelu. Výstupní blok obsahuje navíc i výstupní optický vysílač a druhý výstupní optický WDM multiplexor, jehož port na straně spojení vlnových délek je připojen k výstupnímu konci výstupního optického kabelu a k jehož jednomu portu na straně větvení vlnových délek je připojen výstupní optický vysílač a k jehož druhému portu na straně větvení vlnových délek je připojen první výstupní optický WDM multiplexor svým portem na straně spojení vlnových délek.

V jednom výhodném provedení s jedním vláknem ve vstupním i výstupním optickém kabelu je vlákno ve vstupním optickém kabelu je jednovidové a že vlákno ve výstupním optickém kabelu je jednovidové.

V jiném výhodném provedení s jedním vláknem ve vstupním i výstupním optickém kabelu je vlákno ve vstupním optickém kabelu je vícevidové a rovněž vlákno ve výstupním optickém kabelu je vícevidové.

Vstupní optický kabel může být vícevláknový s alespoň jedním vláknem pro přenos signálu a alespoň jedním vláknem pro přenos energie a výstupní optický kabel může obsahovat vícevláknovou část s alespoň jedním vláknem pro přenos signálu a alespoň jedním vláknem pro přenos energie.

Možné výhodné varianty provedení s vícevláknovými vstupními a výstupními kabely jsou například tyto:

Vstupní konec výstupního optického kabelu umístěný uvnitř rotoru zahrnuje optický vlnovodný člen pro přenos energie, který má v příčném řezu tvar mezikruží a na který jsou připojena alespoň dvě optická vlákna pro přenos energie vedoucí od tohoto optického vlnovodného členu výstupním optickým kabelem až k jeho výstupnímu konci na straně výstupního bloku.

Je výhodné, když jsou vlákna pro přenos signálu jednovidová nebo vícevidová a vlákna pro přenos energie jsou vícevidová.

5 Je výhodné, když počet vláken pro přenos energie ve vstupním optickém kabelu odpovídá počtu výkonových laserů a počet vláken ve výstupním optickém kabelu odpovídá počtu fotovoltaických konvertorů, přičemž každý výkonový laser je propojen s jedním vláknem pro přenos energie ve vstupním optickém kabelu a každý fotovoltaický konvertor je propojen s jedním vláknem pro přenos energie ve výstupním optickém kabelu.

10 V jednom z výhodných provedení vstupní optický kabel obsahuje alespoň dvě vlákna pro přenos energie a že výstupní optický kabel obsahuje také alespoň dvě vlákna pro přenos energie. Vstupní blok pak obsahuje alespoň jednu optickou rozbočnici, přičemž počet výkonových laserů odpovídá počtu optických rozbočnic, každý z výkonových laserů je připojen na vstup jedné z optických rozbočnic a výstupy všech optických rozbočnic jsou připojeny k optickým vláknům  
15 pro přenos energie ve vstupním optickém kabelu. Výstupní blok obsahuje alespoň dva fotovoltaické konvertory, jejichž počet odpovídá počtu vláken pro přenos energie ve výstupním optickém kabelu, přičemž každý z fotovoltaických konvertorů je připojen k jednomu z vláken pro přenos energie výstupního optického kabelu.

20 Je možné také provedení, kde je vstupní optický vysílač připojen k vláknu pro přenos signálu ve vstupním optickém kabelu a výstupní optický přijímač je připojen k vláknu pro přenos signálu ve výstupním optickém kabelu.

V právě uvedeném provedení může být také ve vstupním bloku obsažen navíc vstupní optický  
25 přijímač a druhý vstupní optický WDM multiplexor, k jehož dvěma portům na straně větvení vlnových délek jsou připojeny vstupní optický vysílač a vstupní optický přijímač a k jehož portu na straně spojení je připojeno vlákno pro přenos signálu ve vstupním optickém kabelu. Výstupní blok může navíc obsahovat výstupní optický vysílač a druhý výstupní optický WDM multiplexor, k jehož dvěma portům na straně větvení vlnových délek jsou připojeny výstupní optický přijímač  
30 a výstupní optický vysílač a k jehož portu na straně spojení vlnových délek je připojeno vlákno pro přenos signálu ve výstupním optickém kabelu.

Je možné také provedení, v němž vstupní optický kabel obsahuje alespoň dvě vlákna pro přenos signálu a rovněž výstupní optický kabel obsahuje alespoň dvě vlákna pro přenos signálu. Vstupní  
35 optický vysílač je připojen k prvnímu vláknu pro přenos signálu ve vstupním optickém kabelu a vstupní blok obsahuje vstupní optický přijímač, který je připojen k druhému vláknu pro přenos signálu ve vstupním optickém kabelu. Výstupní optický přijímač je připojen k prvnímu vláknu pro přenos signálu ve výstupním optickém kabelu. Výstupní blok obsahuje výstupní optický vysílač, který je připojen k druhému vláknu pro přenos signálu ve výstupním optickém kabelu.

40 Další výhody tohoto systému budou patrné z příkladů uskutečnění vynálezu.

#### 45 Objasnění výkresů

Příkladná provedení vynálezu jsou vyobrazena v příložených obrázcích.

Na obr. 1a až 1i jsou možná provedení vstupních a výstupních optických kabelů znázorněná  
50 v příčných řezech.

Na obr. 1a a 1b jsou kabely jednovláknové. Na obr. 1a je jednovidové optické vlákno, na obr. 1b  
vícevidové optické vlákno.

Na obr. 1c až 1g jsou příklady provedení optických kabelů s jedním jednovidovým optickým  
55 vláknem pro přenos signálu. K tomuto jednovidovému optickému vláknu pro přenos signálu jsou

- pro přenos energie na obr. 1c použita dvě vícevidová optická vlákna, na obr. 1d čtyři vícevidová optická vlákna, na obr. 1e šest vícevidových optických vláken a na obr. 1f osm vícevidových optických vláken. Na obr. 1g je příklad provedení s excentrickou pozicí jednovidového vlákna pro přenos signálu, které není umístěno v ose optického kabelu. Pro přenos energie je v tomto  
5 příkladu použito osm vícevidových optických vláken.
- Na obr. 1h je příklad provedení optického kabelu, kde je i pro přenos signálu použito vícevidové optické vlákno.
- 10 Na obr. 1i je pak příklad provedení vstupní části výstupního optického kabelu s jednovidovým optickým vláknem pro přenos signálu a s vlnovodným členem pro přenos energie, který je umístěn v rotoru optického konektoru.
- Na obr. 2a je detail možného provedení optického konektoru, který je otočný a je vybaven motorem a dutou hřídelí.  
15
- Na obr. 2b je detail jiného možného provedení optického konektoru, který je rovněž otočný, ale nemá dutou hřídel ani motor.
- 20 V obr. 3 je základní celkové schéma systému.
- Na obr. 4 je systém s jednovláknovým vstupním i výstupním optickým kabelem v uspořádání pro jednosměrný přenos datového signálu.
- 25 Na obr. 5 je systém s jednovláknovým vstupním i výstupním optickým kabelem v uspořádání pro obousměrný přenos datových signálů.
- Na obr. 6 je systém, kde jsou vstupní i výstupní optický kabel vícevláknové, přičemž zakreslen je příklad provedení s pěti vlákny, a přenos datového signálu je jednosměrný.  
30
- Na obr. 7 je systém, kde jsou vstupní i výstupní optický kabel vícevláknové, přičemž zakreslen je příklad se třemi vlákny. Přenos datového signálu je obousměrný, když pro každý směr je pro přenos dat použito jiné optické vlákno. Třetí vlákno je použito pro přenos energie.
- 35 Na obr. 8 je systém, kde jsou vstupní i výstupní optický kabel vícevláknové, přičemž v tomto příkladu provedení tři vlákna slouží pro přenos energie a dvě vlákna pro přenos datového signálu, který je obousměrný.
- Na obr. 9 je systém, kde jsou vstupní i výstupní optický kabel vícevláknové, přičemž v tomto příkladu provedení tři vlákna slouží pro přenos energie a jedno vlákno pro přenos datových signálů, kde přenos dat je obousměrný. Jde o příklad přenosu energie po více vláknech s využitím více zdrojů v podobě více výkonových laserů.  
40
- Na obr. 10 je systém, kde jsou opět vstupní i výstupní optický kabel vícevláknové, přičemž v tomto příkladu provedení slouží pro přenos energie čtyři vlákna a jedno vlákno slouží pro přenos datových signálů, kdy přenos dat je obousměrný. Jde o příklad přenosu energie po více vláknech s využitím více zdrojů v podobě výkonových laserů, přičemž energie je dále šířena po větším počtu vláken, než je počet výkonových laserů díky využití rozbočnic.  
45
- 50 Na obr. 4 až 10 jsou uvedeny příklady vlnových délek, na nichž může být proveden přenos energie a přenos datového signálu.
- Na obr. 11 je schematické znázornění systému uplatněného ve větrné elektrárně.
- 55 Na obr. 12 je schematické znázornění systému osazeného do automatického robota s podvozkem.

Na obr. 13 je schematicky znázorněn příklad osazení systému do robota s otočným ramenem.

## 5 Příklady uskutečnění vynálezu

Zde níže a ve výkresech uvedené příklady ukazují jen některá z možných konkrétních provedení systému dle předkládaného vynálezu, přičemž i kombinace těchto výhodných provedení spadají do předmětu ochrany vynálezu. Rovněž do předmětu ochrany spadají konstrukční řešení s některými odlišnými parametry oproti těm, které jsou uvedeny níže u výhodných provedení, než je uvedeno v těchto příkladech. Systém dle předkládaného vynálezu tak může být realizováno, např. s optickými kabely s jinými rozměry optických vláken, např. mnohavidová optická vlákna s rozměrem jádra 50  $\mu\text{m}$  mohou být nahrazena vlákny 62,5  $\mu\text{m}$  apod. Odlišné mohou být také vlnové délky využitě pro přenos signálu a energie. Mohou být použity různé počty výkonových laserů, fotovoltaických konvertorů i různé typy a počty optických vláken.

Termín „přenos signálu“ a „signál“ je v tomto textu i v připojených nárocích používán ve smyslu „datový signál“ a „data“. Přenos energie je sice také realizován prostřednictvím optického signálu, ale vlákna určená pro přenos energie jsou označena jako „vlákna pro přenos energie“, pro odlišení od vláken pro přenos signálu v datovém smyslu.

V případě provedení, že optické vlákno pro přenos signálu je vícevidové, budou data typicky přenášena pomocí vlnových délek  $\lambda_2 = 850 \text{ nm}$  v jednom směru a  $\lambda_3 = 1300 \text{ nm}$  v opačném směru. V případě jednovidových vláken budou data typicky přenášena pomocí vlnových délek  $\lambda_2 = 1310 \text{ nm}$  v jednom směru a  $\lambda_3 = 1550 \text{ nm}$  v opačném směru. Označení  $\lambda_1$  je označení pro vlnovou délku výkonového laseru jako zdroje energie, typicky se předpokládají hodnoty  $\lambda_1 = 980 \text{ nm}$ , ale jsou i jiné možnosti např.  $\lambda_1 = 808 \text{ nm}$  nebo  $\lambda_1 = 1490 \text{ nm}$ . Zde uvedené vlnové délky jsou jen některé výhodné příklady, v reálu je samozřejmě možné použít i vlnové délky v těchto příkladech neuvedené.

Předkládaný vynález umožňuje přenos optického signálu pro přenos dat a současně také přenos energie pro napájení jen pomocí optických vláken. Tedy dojde ke konstrukčnímu zjednodušení kabelů, kde metalické vedení je nahrazeno optickými vlákny. Výhodou tohoto řešení je snížení hmotnosti kabelů, snížení možnosti elektromagnetického rušení z důvodu přenosu elektrické energie přes kovové vodiče a tím lze dosáhnout možnosti aplikace těchto kabelů i v rizikových prostředích, kde je zvýšené riziko výbuchu nebo vzniku požáru.

Součástí řešení je otočný optický konektor 3, který umožňuje instalaci pro aplikace, kde je potřeba mezi vstupní a výstupní částí komunikačního řetězce provádět točivý pohyb. – Jedná se o aplikace, např. kde je nutný přenos dat a napájení pro senzory upevněné na lopatkách větrných elektráren, pro aplikace robotických a automatických linek kde jsou využívány otočné části strojů a je nutné na zařízení umístit kamery, senzory a pro ty pak zajistit napájení, prostřednictvím optických vláken. Dále na otočných věžích například autonomních robotů používaných při záchranných akcích v prostředí havárií, kde při použití napájení pomocí metalických vodičů hrozí sekundární zahoření nebo dokonce výbuch.

Navržený systém je určen pro datovou komunikaci a také pro přenos napájecího napětí, které slouží k napájení připojených kamer, senzorů apod.

V obr. 1 je zachyceno základní celkové provedení systému, v jehož vstupní části je obsažen vstupní blok 1 a za ním zařazený vstupní optický kabel 2. Ve výstupní části systému je výstupní optický kabel 4 a za ním zařazený výstupní blok 5. Systém zahrnuje také optický konektor 3, k němuž je připojen z jedné strany výstupní konec vstupního optického kabelu 2 a z druhé strany vstupní konec výstupního optického kabelu 4. Vstupní blok 1 obsahuje alespoň jeden výkonový laser 1.1 a alespoň jeden vstupní optický vysílač 1.2. Výkonové lasery 1.1 i vstupní optický

vysílač 1.2 jsou propojené se vstupním koncem vstupního optického kabelu 2, a to přímo nebo prostřednictvím dalších prvků, přičemž výstupní blok 5 obsahuje alespoň jeden fotovoltaický konvertor 5.1 a alespoň jeden výstupní optický přijímač 5.2. Fotovoltaické konvertory 5.1 i výstupní optický přijímač 5.2 jsou propojené s výstupním koncem výstupního optického kabelu 4, a to opět přímo nebo prostřednictvím dalších prvků. Optický konektor 3 propojující vstupní optický kabel 2 a výstupní optický kabel 4 je otočný, čímž je umožněno, aby výstupní blok 5 mohl být umístěn v rotujícím zařízení.

Zakreslena jsou jen provedení s jedním vstupním optickým vysílačem 1.2 a jedním výstupním optickým přijímačem 5.2. Jsou ale možná i provedení, kdy by bylo více vstupních optických vysílačů 1.2 a více výstupních optických přijímačů 5.2.

Pojmy „vstupní blok 1“ a „výstupní blok 5“ nemusejí nutně znamenat blok ve smyslu fyzické schránky, blokem se může rozumět i volnější seskupení zařízení, která mohou být i jednotlivě rozmístěna v prostoru.

Systém podle obr. 3 typicky využívá vícevláknové kabely 2, 4. V případě jednovláknových kabelů 2, 4 či v případě dalších specifických zapojení je potřeba blok 1 doplnit o další prvky, a speciálně pak v některých případech doplnit další prvky do propojení výkonových laserů 1.1 a vstupního optického přijímače 1.2 se vstupním kabelem 2. Obdobně může být i blok 5 doplněn o další prvky, speciálně pak může být o další prvky doplněno propojení mezi fotovoltaickými konvertory 5.1, výstupním optickým přijímačem 5.2 a výstupním optickým kabelem 4.

V obr. 2a a 2b je zakreslen detail otočného optického konektoru 3 ve dvou příkladných provedeních. Je vidět, že optický konektor 3 obsahuje stator 3.1, kterým prochází výstupní konec vstupního optického kabelu 2, a rotor 3.2, k němuž je připevněn výstupní optický kabel 4. Vstupní konec výstupního kabelu 4 je umístěn uvnitř rotoru 3.2.

V obr. 2b je zachyceno provedení, které lze použít např. ve větrné elektrárně dle obr. 11, kde je vstupní optický kabel 2 v oblasti před státorem 3.1 zatočený to vodorovného směru (ve schematickém obr. 11 z čelního pohledu toto není znázorněno), aby bylo umožněno otáčení rotoru 3.2 společně s vrtulí 11.1 kolem vodorovné osy otáčení. V provedení dle obr. 11 je vrtule 11.1 buď s rotorem 3.2 mechanicky spojená, nebo je rotor 3.2 přímo integrální součástí vrtule 11.1.

Otočný optický konektor 3 určený pro např. pro příkladná provedení dle obr. 13 a 14 je pak znázorněn v obr. 2a. V těchto provedeních optický konektor 3 zahrnuje také motor 3.4 pro pohon rotoru 3.2, přičemž motor 3.4 je připojen k rotoru 3.2 dutou hřídelí 3.5. V alespoň části úseku mezi rotorem 3.2 a výstupním blokem 5, v některých možných provedeních i v celém tomto úseku, je výstupní kabel 4 umístěn uvnitř dutiny v hřídeli 3.5, přičemž je s hřídelí 3.5 v tomto úseku pevně spojen. Výstupní kabel 4 může být do hřídele natěsno vsunut nebo do ní vlepen apod. tak, aby bylo zajištěno, že se bude otáčet spolu s hřídelí 3.5. Optický konektor 3 ve výhodném provedení zahrnuje také držák statoru 3.3.1 a držák rotoru 3.3.2, přičemž tyto držáky mohou být i navzájem spojené a tvořit jednu část. V obr. 2a jsou naznačeny pouze symbolicky.

Přenos signálu mezi bloky 1 a 5 může být zajištěn, např. na vlnových délkách 1310 nm či 1550 nm, přičemž v případě obousměrného přenosu jsou využity obě tyto vlnové délky. Přenos energie lze s výhodou provádět, např. na vlnové délce 980 nm. Pro lepší orientaci v obrázcích a odlišení přenosu energie a přenosu signálu, jakož i lepší pro pochopení obousměrného přenosu signálu, jsou tyto vlnové délky zakreslené v obr. 4 až 10. Jde ale jen o příklady, jsou možná i provedení na jiných vlnových délkách.

Jednosměrným přenosem signálu rozumíme přenos signálu od vstupního bloku 1 k výstupnímu bloku 5. Obousměrným přenosem signálu rozumíme takový přenos, v němž se signál přenáší navíc i opačným směrem, tedy od výstupního bloku 5 ke vstupnímu bloku 1. Což může být



vhodné, např. pro obousměrnou komunikaci zařízení připojených k výstupnímu bloku 5, např. senzorů, se zařízeními umístěnými ve vstupním bloku 1, např. s řídicí jednotkou. V případě obousměrného přenosu signálu běží signál jedním směrem na jiné vlnové délce než druhým směrem, v příkladech na obrázcích je zvolena vlnová délka 1310 nm pro přenos od vstupního bloku 1 k výstupnímu bloku 5 a vlnová délka 1550 nm pro přenos signálu od výstupního bloku 5 ke vstupnímu bloku 1.

Přenos energie od výkonových laserů 1.1 k fotovoltaickým konvertorům 5.1 se s výhodou provádí po vícevidových optických vláknech. Ve fotovoltaických konvertorech 5.1 pak dochází k přeměně optické energie na elektrickou pro napájení zařízení spojených s blokem 5.

Vstupní optický kabel 2 a výstupní optický kabel 4 jsou v obr. 3 až 10 zakresleny pouze symbolicky, vlákna, která v nich jsou, nejsou zakreslena. Počet vláken v těchto kabelech 2, 4 v příkladech uvedených v obr. 3 až 10 lze ale dovodit podle počtu vláken, která do vstupního kabelu 2 vstupují na straně vstupního bloku 1 a která vystupují z výstupního kabelu 4 na straně výstupního bloku 5. Jde pouze o příklady, bývá výhodné mít více vláken pro přenos energie pro dosažení vyššího napájecího výkonu na straně zařízení připojených k výstupnímu bloku 5, přičemž může být samozřejmě použit i jiný počet vláken pro přenos energie, než je zakresleno v příložených výkresech. Pro přenos signálu se obvykle používá jedno nebo dvě vlákna, přičemž jedno vlákno může být využito jak pro jednosměrný, tak obousměrný přenos signálu. Dvě vlákna se typicky používají pro obousměrný přenos signálu.

Možné typy vláken ve vstupním optickém kabelu 2 a ve výstupním optickém kabelu 4 jsou zakresleny v obr. 1a až 1i v příčných řezech těmito kabely 2, 4. S výjimkou provedení dle obr. 1i mají vstupní i výstupní optický kabel 2, 4 ideálně stejný počet vláken stejného typu se stejným rozmístěním. Vnější průměry obou kabelů 2, 4 nemusejí být nutně shodné, ale vnitřní uspořádání vláken v obou kabelech 2, 4 musí umožnit, aby spolu alespoň některá vlákna pro přenos signálu a alespoň některá vlákna pro přenos energie v optickém konektoru 3 licovala. Optimálně je pak příčný řez vstupním optickým kabelem 2 na jeho výstupu, tedy ve statorové části 3.1 konektoru 3, shodný s příčným řezem výstupním optickým kabelem 4 na jeho vstupu, tedy v rotorové části optického konektoru 3. Provedení dle obr. 1i je v některých detailech odlišné od provedení v obr. 1a až 1h a bude blíže popsáno níže.

Řada provedení využívá WDM multiplexory. WDM je zkratka z anglického „wavelength division multiplexer“. S ohledem na to, že v řadě provedení vynálezu je přenos signálu obousměrný, termín multiplexor používáme i tam, kde by byl jindy zřejmě využit termín demultiplexor. V případě tohoto popisu i připojených nároků tedy pod pojmem „multiplexor“ rozumíme jak zařízení, které spojí více vlnových délek z více vláken na vstupu do jednoho vlákna na výstupu, tak i zařízení, které více vlnových délek připojených jedním vláknem na vstup rozpojí více vlnových délek ve více vláknech na výstupu.

WDM multiplexory v zařízení dle předkládaného vynálezu umožňují přenos více vlnových délek po jednom optickém vlákně. Slouží k propojení optického zdroje, který slouží pro přenos energie, kdy tato optická energie se na výstupu přemění na elektrickou energii, která slouží k napájení, a pak k přenosu optického signálu, který slouží pro přenos dat.

#### Jednovláknová provedení

Jsou možná provedení, v nichž jsou vstupní optický kabel 2 i výstupní optický kabel 4 jednovláknové.

V obr. 1a je příklad provedení, kde je vlákno ve vstupním optickém kabelu 2 jednovidové a vlákno ve výstupním optickém kabelu 4 je rovněž jednovidové, přičemž vlákna v obou kabelech 2, 4 spolu v optickém konektoru 3 lícují.

V obr. 1b. je příklad provedení, kde je vlákno ve vstupním optickém kabelu 2 vícevidové a vlákno ve výstupním optickém kabelu 4 je rovněž vícevidové.

Příkladná zapojení systému v jednovláknových provedeních jsou v obr. 4 a obr. 5.

5

V obr. 4 je ukázáno, jak v příkladném provedení systému s jednosměrným přenosem signálu probíhá přenos signálu, v tomto příkladu na vlnové délce  $\lambda_2 = 1310$  nm, a přenos energie, v tomto příkladu na vlnové délce  $\lambda_1 = 980$  nm. Je vidět, že vstupní blok 1 obsahuje první vstupní optický WDM multiplexor 1.3.1, přičemž výkonový laser 1.1 a vstupní optický vysílač 1.2 jsou  
10 připojeny každý k jinému z portů prvního vstupního optického WDM multiplexoru 1.3.1 na straně větvení vlnových délek. Port prvního vstupního optického WDM multiplexoru 1.3.1 na straně spojení vlnových délek je propojen se vstupním koncem vstupního optického kabelu 2. Výstupní blok 5 obsahuje první výstupní optický WDM multiplexor 5.3.1, přičemž výstupní konec výstupního optického kabelu 4 je propojen s portem prvního výstupního optického WDM  
15 multiplexoru 5.3.1 na straně spojení vlnových délek a fotovoltaický konvertor 5.1 a výstupní optický přijímač 5.2 jsou připojeny každý k jinému z portů výstupního optického WDM multiplexoru 5.3.1 na straně větvení vlnových délek.

Pro obousměrný přenos signálu může být zapojení z obr. 4 doplněno o další prvky, které jsou  
20 ukázány v obr. 5. V obr. 5 vstupní blok 1 obsahuje navíc i vstupní optický přijímač 1.4, který přijímá signál z výstupního bloku 5, v příkladném provedení s jednovidovými vlákny na vlnové délce  $\lambda_3 = 1550$  nm, v jiném příkladném provedení s vícevidovými vlákny na vlnové délce  $\lambda_3 = 1300$  nm. Vstupní blok 1 dále obsahuje druhý vstupní optický WDM multiplexor 1.3.2,  
25 k jehož jednomu portu na straně větvení vlnových délek je připojen port prvního vstupního optického WDM multiplexoru 1.3.1 na straně spojení vlnových délek a k jehož druhému portu na straně větvení vlnových délek je připojen vstupní přijímač 1.4. Port na straně spojení vlnových délek druhého vstupního optického WDM multiplexoru 1.3.2 je připojen ke vstupnímu konci vstupního optického kabelu 2. Výstupní blok 5 obsahuje navíc i výstupní optický vysílač 5.4,  
30 který vysílá signál do vstupního optického přijímače 1.4, v tomto příkladu pro provedení s jednovidovými vlákny na vlnové délce  $\lambda_3 = 1550$  nm a v případě v provedení s vícevidovými vlákny  $\lambda_3 = 1300$  nm, a druhý výstupní optický WDM multiplexor 5.3.2, jehož port na straně spojení vlnových délek je připojen k výstupnímu konci výstupního optického kabelu 4 a k jehož jednomu portu na straně větvení vlnových délek je připojen výstupní optický vysílač 5.4 a  
35 k jehož druhému portu na straně větvení vlnových délek je připojen první výstupní optický WDM multiplexor 5.3.1 svým portem na straně spojení vlnových délek. V příkladu na obr. 5 vstupní optický vysílač 1.2 vysílá signál směrem k výstupnímu optickému přijímači 5.2 na vlnové délce  $\lambda_2 = 1310$  nm v případě v provedení s jednovidovými vlákny a  $\lambda_2 = 850$  nm v případě v provedení s vícevidovými vlákny.

40 V odstavci zde výše jsou uvedeny nejtypičtější příklady použitelných vlnových délek.

#### Vícevláknová provedení

Tato provedení jsou znázorněna v obr. 3 a dále pak v obr. 6 až 10.

45

Ve vícevláknových provedeních je vstupní optický kabel 2 vícevláknový s alespoň jedním vláknem pro přenos signálu a alespoň jedním vláknem pro přenos energie a výstupní optický kabel 4 obsahuje vícevláknovou část s alespoň jedním vláknem pro přenos signálu a alespoň  
50 jedním vláknem pro přenos energie.

50

Řezy koncovými částmi kabelů 2, 4 v úrovni optického konektoru jsou v obr. 1c až 1i. V provedeních dle obr. 1c až 1h jsou příčné řezy oběma kabely typicky po celé délce kabelu stejné, i když jsou možná i provedení, např. se zapletenými vlákny či jinak proměnlivým průřezem podél délky kabelu. V provedení dle obr. 1i je navíc optický vlnovodný člen 10 pro  
55 přenos energie, který je součástí vstupního konce výstupního optického kabelu 4 umístěného

uvnitř rotoru 3.2. Tento optický vlnovodný člen 10 pro přenos energie má v příčném řezu tvar mezikruží. Směrem od rotoru 3.2 k výstupnímu bloku 5, a to buď ještě v rámci rotoru 3.2, nebo za ním, jsou k optickému vlnovodnému členu 10 pro přenos energie připojena alespoň dvě optická vlákna pro přenos energie vedoucí od tohoto optického vlnovodného členu 10 výstupním optickým kabelem 4 až k výstupnímu konci tohoto kabelu 4 na straně výstupního bloku 5. Optický vlnovodný člen 10 slouží pro lepší navázání energie ze vstupního optického kabelu 2 do výstupního optického kabelu 4 v rámci optického konektoru 3. Pro dobré navázání by měla být vlákna pro přenos energie ve vstupním optickém kabelu 2 rozmístěna tak, aby v konektoru 3 lícovala s optickým vlnovodným členem 10, tzn. je vhodné, aby co nejvíce těchto vláken pro přenos energie ve vstupním optickém kabelu 2 leželo uvnitř mezikruží stejných rozměrů, jaké má v příčném řezu optický vlnovodný člen 10. Pro optický vlnovodný člen 10 dle obr. 1i se tedy dobře hodí, např. vstupní optický kabel 2 s příčným řezem znázorněným v obr. 1c, 1d, 1e, 1f a 1h. Řezy optickými kabely vlákny jsou v obrázcích zakresleny jen schematicky, v reálném provedení je nejvýhodnější, aby byl řez výstupním koncem vstupního optického kabelu 2 rozměrově co nejlépe uzpůsoben geometrii optického vlnovodného členu 10 tak, aby se maximum energie z vláken pro přenos energie ve vstupním optickém kabelu 2 navázalo do optického vlnovodného členu 10 na vstupu výstupního optického kabelu 4.

Vlákno uprostřed optického vlnovodného členu 10 v obr. 1i slouží pro přenos signálu a může být nejen jednovidové, jak je zakresleno, ale i vícevidové.

Obecně jsou ve vícevláknových provedeních vlákna pro přenos signálu typicky jednovidová nebo vícevidová a vlákna pro přenos energie jsou typicky vícevidová.

Jednovidová vlákna lze pro přenos energie také využít, ale výhodné je to jen v případě velmi malých vzdáleností.

Jak je vidět z obr. 3 a z obr. 6 až 9, u vícevláknových provedení lze v části systému pro přenos energie konstruovat provedení na straně vstupního bloku 1 s jedním či více výkonovými lasery 1.1, a to buď bez rozbočnic, nebo s jednou či více optickými rozbočnicemi 1.3.3, a na straně výstupního bloku 5 s jedním či více fotovoltaickými konvertory 5.1. Použití více výkonových laserů 1.1 umožňuje, aby byla do výstupního bloku 5 dodávána celkově vyšší úhrnná energie. Výkonové lasery jsou ale drahé. Při použití jednoho výkonového laseru 1.1 s vysokým výkonem, který by se navázal do jediného vlákna pro přenos energie, zase hrozí poškození tohoto vlákna. Proto může být výhodné energii z alespoň jednoho výkonového laseru 1.1 přivést do rozbočnice 1.3.3 a od ji ho vést dále po více vláknech (viz obr. 6, 8, 10).

Část systému sloužící pro přenos signálu pak umožňuje provedení pro jednosměrný přenos signálu (obr. 3 a obr. 6) i obousměrný přenos signálu, přičemž ten obousměrný může probíhat po jednom (obr. 9, 10), či po dvou vláknech (obr. 7, 8).

Každou z variant přenosu energie (s jedním či více výkonovými lasery, bez rozbočnic či s jednou nebo více rozbočnicemi) pak lze zkombinovat s kteroukoli z variant pro přenos signálu. Některé, ale zdaleka ne všechny, z těchto kombinací jsou zakresleny v obr. 3 a v obr. 6 až 10.

Pro lepší přehlednost jsou příklady kombinací variant přenosů energie (značených „E1“, „E2“) a variant přenosů signálu (značených „S1“, „S2“, „S3“) uvedeny v tabulce 1. Slovo ANO na průsečíku řádků a sloupců znamená, že daná kombinace je možná:

Řádek vedle tohoto pole: přenos ENERGIE/Sloupec pod tímto polem: přenos SIGNÁLU	"E1" 1 nebo více samotných laserů bez rozbočnice	"E2" 1 nebo více laserů s rozbočnicí nebo rozbočnicemi
"S1" jednosměrný	ANO	ANO
"S2" obousměrný, 1 vlákno (s WDM)	ANO	ANO
"S3" obousměrný, 2 vlákna (bez WDM)	ANO	ANO

Tab. 1

5 Varianta „E1“ části pro přenos energie je provedení bez rozbočnic. Může být v podvariantách s jedním výkonovým laserem 1.1, viz obr. 3 a obr. 7, nebo v podvariantách s více výkonovými lasery, viz obr. 9.

10 Ve variantě „E1“ počet vláken pro přenos energie ve vstupním optickém kabelu 2 typicky odpovídá počtu výkonových laserů 1.1 a počet vláken ve výstupním optickém kabelu 4 odpovídá počtu fotovoltaických konvertorů 5.1. Každý výkonový laser 1.1 je propojen s jedním vláknem pro přenos energie ve vstupním optickém kabelu 2 a každý fotovoltaický konvertor 5.1 je propojen s jedním vláknem pro přenos energie ve výstupním optickém kabelu 4.

15 Varianta „E2“ části pro přenos energie je provedení s jednou či více rozbočnicemi 1.3.3. rozbočnic. Může být v podvariantách s jedním výkonovým laserem 1.1 a jednou rozbočnicí, viz obr. 6 a obr. 8, nebo v podvariantách s více výkonovými lasery, viz obr. 10.

20 Ve variantě „E2“ vstupní optický kabel 2 obsahuje alespoň dvě vlákna pro přenos energie a výstupní optický kabel 4 obsahuje také alespoň dvě vlákna pro přenos energie. Vstupní blok 1 obsahuje alespoň jednu optickou rozbočnicí 1.3.3, přičemž počet výkonových laserů 1.1 odpovídá počtu optických rozbočnic 1.3.3, každý z výkonových laserů 1.1 je připojen na vstup jedné z optických rozbočnic 1.3.3 a výstupy všech optických rozbočnic 1.3.3 jsou připojeny k optickým vláknům pro přenos energie ve vstupním optickém kabelu 2. Počet vláken ve vstupním optickém kabelu 2 v nejvýhodnější provedení odpovídá počtu výstupů všech optických rozbočnic 1.3.3. Výstupní blok 5 obsahuje alespoň dva fotovoltaické konvertory 5.1, jejichž počet odpovídá počtu vláken pro přenos energie ve výstupním optickém kabelu 4, přičemž každý z fotovoltaických konvertorů 5.1 je připojen k jednomu z vláken pro přenos energie vstupního optického kabelu 4. Je výhodné, když optické kabely 2, 4 mají navzájem shodné počty vláken pro přenos energie a také počet fotovoltaických konvertorů 5.1 shodný s počtem vláken pro přenos energie v každém z optických kabelů 2, 4.

Každou z těchto variant „E1“ a „E2“ přenosu energie a každou z jejich podvariant lze libovolně kombinovat s kteroukoli z následujících variant „S1“, „S2“ a „S3“ přenosu signálu.

35 Ve variantě „S1“ přenosu signálu, tj. v jednosměrné variantě podle obr. 3 a obr. 6, stačí, když vstupní optický kabel 2 i výstupní optický kabel 4 obsahují jedno vlákno pro přenos signálu. Vstupní optický vysílač 1.2 je připojen k vláknem pro přenos signálu ve vstupním optickém kabelu 2 a výstupní optický přijímač 5.2 je připojen k vláknem pro přenos signálu ve výstupním optickém kabelu 4.

40 Ve variantě „S2“ přenosu signálu, tj. v obousměrné variantě přenosu signálu po jednom vlákně, viz příklady v obr. 9 a 10, stačí, když vstupní optický kabel 2 i výstupní optický kabel 4 obsahují jedno vlákno pro přenos signálu. Vstupní blok 1 obsahuje vstupní optický přijímač 1.4 a druhý vstupní optický WDM multiplexor 1.3.2, k jehož dvěma portům na straně větvení vlnových délek jsou připojeny vstupní optický vysílač 1.2 a vstupní optický přijímač 1.4 a k jehož portu na straně spojení je připojeno vlákno pro přenos signálu ve vstupním optickém kabelu 2. Výstupní blok 5

obsahuje výstupní optický vysílač 5.4 a druhý výstupní optický WDM multiplexor 5.3.2, k jehož dvěma portům na straně větvení vlnových délek jsou připojeny výstupní optický přijímač 5.2 a výstupní optický vysílač 5.4 a k jehož portu na straně spojení vlnových délek je připojeno vlákno pro přenos signálu ve výstupním optickém kabelu 4.

5

Varianta „S3“ přenosu signálu je s obousměrným přenosem signálu, přičemž v každém směru se signál přenáší po jiném vlákně, viz příklady v obr. 7, 8. Ve variantě „S3“ pro přenos signálu tedy vstupní optický kabel 2 obsahuje alespoň dvě vlákna pro přenos signálu a výstupní optický kabel 4 obsahuje alespoň dvě vlákna pro přenos signálu. Vstupní optický vysílač 1.2 je připojen k prvnímu vláknu pro přenos signálu ve vstupním optickém kabelu 2 a vstupní blok 1 obsahuje vstupní optický přijímač 1.4, který je připojen k druhému vláknu pro přenos signálu ve vstupním optickém kabelu 2. Výstupní optický přijímač 5.2 je připojen k prvnímu vláknu pro přenos signálu ve výstupním optickém kabelu 4 a výstupní blok 5 obsahuje výstupní optický vysílač 5.4, který je připojen k druhému vláknu pro přenos signálu ve výstupním optickém kabelu 4.

10

15

Systém může být vyžit pro přenos datového signálu a napájení například pro senzory upevněné na vrtulích 11.1 větrných elektráren, viz obr. 11, kde je znázorněno provedení větrné elektrárny osazené systémem dle předkládaného vynálezu. Vztahová značka 11.2 označuje sloup větrné elektrárny.

20

Další možné použití je na obr. 12, kde je schéma automatického robota s podvozkem 12.1 a otočným sensorovým pouzdrům 12.2. Systém dle vynálezu je použit k přenosu datového signálu a k napájení senzorů v sensorovém pouzdře 12.2. Nabízí se využití takových autonomních robotů při záchranných akcích v prostředí havárií, kde při použití napájení pomocí metalických vodičů hrozí sekundární zahoření nebo dokonce výbuch.

25

Je možné také využití v průmyslové výrobě, například pro roboty s otočným ramenem 13.2, viz obr. 13. Robot má v obrázku podstavec označený 13.2. Takový robot s otočným ramenem může být využit např. v rámci výrobní linky.

30

Senzory v obrázcích 11, 12, 13 nejsou znázorněny. Vždy jsou umístěny v otočné části zařízení.

Možné další aplikace systému dle předkládaného vynálezu jsou výzkumné účely, např. v laboratořích v místech výskytu silného elektromagnetického pole, kde není možné z důvodů rušení použít komunikace pomocí metalického spojení a současně je vyžadováno propojení mezi otočnými částmi.

35

Další oblast využití je ve vojenské technice pro napájení a přenos dat v otočných věžích armádních pohyblivých prostředků jako jsou tanky, obrněná vozidla nebo u otočných sensorových souprav.

40

#### Průmyslová využitelnost

Předkládané řešení je využitelné pro přenos datového signálu a přenos energie potřebné pro napájení, kde jedna část zařízení vykonává rotační pohyb a je potřeba propojení rotující a stacionární části zařízení přes pomocí otočného optického konektoru 3. Některé konkrétní příklady takových průmyslových aplikací jsou ukázány např. v obr. 11, 12, 13. Dále jsou vhodné aplikace tohoto systému rovněž všude tam, kde by při použití metalických vodičů hrozilo zahoření nebo dokonce výbuch.

50

## PATENTOVÉ NÁROKY

1. Systém pro optickou datovou komunikaci a přenos optické energie určené pro přeměnu na elektrickou energii, zahrnující ve své vstupní části vstupní blok (1) a za ním zařazený vstupní optický kabel (2), a ve své výstupní části výstupní optický kabel (4) a za ním zařazený výstupní blok (5), přičemž systém zahrnuje také optický konektor (3), k němuž je připojen výstupní konec vstupního optického kabelu (2) a vstupní konec výstupního optického kabelu (4), když vstupní blok (1) obsahuje alespoň jeden výkonový laser (1.1) a alespoň jeden vstupní optický vysílač (1.2), přičemž výkonové lasery (1.1) i vstupní optický vysílač (1.2) jsou propojené se vstupním koncem vstupního optického kabelu (2), přičemž výstupní blok (5) obsahuje alespoň jeden fotovoltaický konvertor (5.1) a alespoň jeden výstupní optický přijímač (5.2), přičemž fotovoltaické konvertory (5.1) i výstupní optický přijímač (5.2) jsou propojené s výstupním koncem výstupního optického kabelu (4), **vyznačující se tím**, že optický konektor (3) je otočný, přičemž obsahuje stator (3.1), kterým prochází výstupní konec vstupního optického kabelu (2), a rotor (3.2), k němuž je připevněn výstupní optický kabel (4), přičemž vstupní konec výstupního kabelu (4) je umístěn uvnitř rotoru (3.2).

2. Systém podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že optický konektor (3) zahrnuje také motor (3.4) pro pohon rotoru (3.2), přičemž motor (3.4) je připojen k rotoru (3.2) dutou hřídelí (3.5) a přičemž v alespoň části úseku mezi rotorem (3.2) a výstupním blokem (5) je výstupní kabel (4) umístěn uvnitř dutiny v hřídeli (3.5), s níž je pevně spojen.

3. Systém podle kteréhokoliv z nároků 1 až 2, **vyznačující se tím**, že vstupní optický kabel (2) i výstupní optický kabel (4) jsou jednovláknové a že  
– vstupní blok (1) obsahuje první vstupní optický WDM multiplexor (1.3.1), přičemž výkonový laser (1.1) a vstupní optický vysílač (1.2) jsou připojeny každý k jinému z portů prvního vstupního optického WDM multiplexoru (1.3.1) na straně větvení vlnových délek, přičemž port prvního vstupního optického WDM multiplexoru (1.3.1) na straně spojení vlnových délek je propojen se vstupním koncem vstupního optického kabelu (2), a že  
– výstupní blok (5) obsahuje první výstupní optický WDM multiplexor (5.3.1), přičemž výstupní konec výstupního optického kabelu (4) je propojen s portem prvního výstupního optického WDM multiplexoru (5.3.1) na straně spojení vlnových délek a fotovoltaický konvertor (5.1) a výstupní optický přijímač (5.2) jsou připojeny každý k jinému z portů výstupního optického WDM multiplexoru (5.3.1) na straně větvení vlnových délek.

4. Systém podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že  
– vstupní blok (1) obsahuje navíc i vstupní optický přijímač (1.4) a druhý vstupní optický WDM multiplexor (1.3.2), k jehož jednomu portu na straně větvení vlnových délek je připojen port prvního vstupního optického WDM multiplexoru (1.3.1) na straně spojení vlnových délek a k jehož druhému portu na straně větvení vlnových délek je připojen vstupní přijímač (1.4), přičemž port na straně spojení vlnových délek druhého vstupního optického WDM multiplexoru (1.3.2) je připojen ke vstupnímu konci vstupního optického kabelu (2) a že

– výstupní blok (5) obsahuje navíc i výstupní optický vysílač (5.4) a druhý výstupní optický WDM multiplexor (5.3.2), jehož port na straně spojení vlnových délek je připojen k výstupnímu konci výstupního optického kabelu (4) a k jehož jednomu portu na straně větvení vlnových délek je připojen výstupní optický vysílač (5.4) a k jehož druhému portu na straně větvení vlnových délek je připojen první výstupní optický WDM multiplexor (5.3.1) svým portem na straně spojení vlnových délek.

5. Systém podle nároku 3 nebo 4, **vyznačující se tím**, že vlákno ve vstupním optickém kabelu (2) je jednovídnové a že vlákno ve výstupním optickém kabelu (4) je jednovídnové.

6. Systém podle nároku 3 nebo 4, **vyznačující se tím**, že vlákno ve vstupním optickém kabelu (2) je vícevídnové a že vlákno ve výstupním optickém kabelu (4) je vícevídnové.

7. Systém podle kteréhokoliv z nároků 1 a 2, **vyznačující se tím**, že vstupní optický kabel (2) je vícevláknový s alespoň jedním vláknem pro přenos signálu a alespoň jedním vláknem pro přenos energie a výstupní optický kabel (4) obsahuje vícevláknovou část s alespoň jedním vláknem pro přenos signálu a alespoň jedním vláknem pro přenos energie.

5 8. Systém podle nároku 7, **vyznačující se tím**, že vstupní konec výstupního optického kabelu (4) umístěný uvnitř rotoru (3.2) zahrnuje optický vlnovodný člen (10) pro přenos energie, který má v příčném řezu tvar mezikruží a na který jsou připojena alespoň dvě optická vlákna pro přenos energie vedoucí od tohoto optického vlnovodného členu (10) výstupním optickým kabelem (4) až k jeho výstupnímu konci na straně výstupního bloku (5).

10 9. Systém podle kteréhokoliv z nároků 7 nebo 8, **vyznačující se tím**, že vlákna pro přenos signálu jsou jednovidová nebo vícevidová a vlákna pro přenos energie jsou vícevidová.

15 10. Systém podle kteréhokoliv z nároků 7 až 9, **vyznačující se tím**, že počet vláken pro přenos energie ve vstupním optickém kabelu (2) odpovídá počtu výkonových laserů (1.1) a počet vláken ve výstupním optickém kabelu (4) odpovídá počtu fotovoltaických konvertorů (5.1), přičemž každý výkonový laser (1.1) je propojen s jedním vláknem pro přenos energie ve vstupním optickém kabelu (2) a každý fotovoltaický konvertor (5.1) je propojen s jedním vláknem pro přenos energie ve výstupním optickém kabelu (4).

20 11. Systém podle kteréhokoliv z nároků 7 až 9, **vyznačující se tím**, že vstupní optický kabel (2) obsahuje alespoň dvě vlákna pro přenos energie a že výstupní optický kabel (4) obsahuje také alespoň dvě vlákna pro přenos energie, přičemž

– vstupní blok (1) obsahuje alespoň jednu optickou rozbočnici (1.3.3), přičemž počet výkonových laserů (1.1) odpovídá počtu optických rozbočnic (1.3.3), každý z výkonových laserů (1.1) je připojen na vstup jedné z optických rozbočnic (1.3.3) a výstupy všech optických rozbočnic (1.3.3) jsou připojeny k optickým vláknům pro přenos energie ve vstupním optickém kabelu (2),

25 – výstupní blok (5) obsahuje alespoň dva fotovoltaické konvertory (5.1), jejichž počet odpovídá počtu vláken pro přenos energie ve výstupním optickém kabelu (4), přičemž každý z fotovoltaických konvertorů (5.1) je připojen k jednomu z vláken pro přenos energie výstupního optického kabelu (4).

30 12. Systém podle nároku 10 nebo 11, **vyznačující se tím**, že – vstupní optický vysílač (1.2) je připojen k vláknem pro přenos signálu ve vstupním optickém kabelu (2), a že

– výstupní optický přijímač (5.2) je připojen k vláknem pro přenos signálu ve výstupním optickém kabelu (4).

35 13. Systém podle nároku 10 nebo 11, **vyznačující se tím**, že – vstupní blok (1) obsahuje vstupní optický přijímač (1.4) a druhý vstupní optický WDM multiplexor (1.3.2), k jehož dvěma portům na straně větvení vlnových délek jsou připojeny vstupní optický vysílač (1.2) a vstupní optický přijímač (1.4) a k jehož portu na straně spojení je připojeno vlákno pro přenos signálu ve vstupním optickém kabelu (2), a

40 – výstupní blok (5) obsahuje výstupní optický vysílač (5.4) a druhý výstupní optický WDM multiplexor (5.3.2), k jehož dvěma portům na straně větvení vlnových délek jsou připojeny výstupní optický přijímač (5.2) a výstupní optický vysílač (5.4) a k jehož portu na straně spojení vlnových délek je připojeno vlákno pro přenos signálu ve výstupním optickém kabelu (4).

45 14. Systém podle nároku 10 nebo 11, **vyznačující se tím**, že vstupní optický kabel (2) obsahuje alespoň dvě vlákna pro přenos signálu a že výstupní optický kabel (4) obsahuje alespoň dvě vlákna pro přenos signálu, přičemž

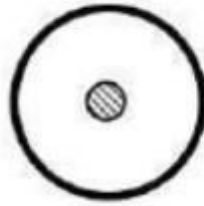
– vstupní optický vysílač (1.2) je připojen k prvnímu vláknem pro přenos signálu ve vstupním optickém kabelu (2) a vstupní blok (1) obsahuje vstupní optický přijímač (1.4), který je připojen k druhému vláknem pro přenos signálu ve vstupním optickém kabelu (2), přičemž

– výstupní optický přijímač (5.2) je připojen k prvnímu vláknu pro přenos signálu ve výstupním optickém kabelu (4) a výstupní blok (5) obsahuje výstupní optický vysílač (5.4), který je připojen k druhému vláknu pro přenos signálu ve výstupním optickém kabelu (4).

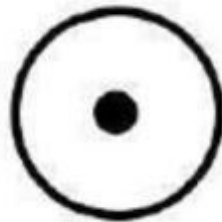
Seznam vztahových značek:

- 1 vstupní blok
- 1.1 výkonový laser
- 1.2 vstupní optický vysílač
- 1.3.1 první vstupní optický WDM multiplexor
- 1.3.2 druhý vstupní optický WDM multiplexor
- 1.3.3 optická rozbočnice
- 1.4 vstupní optický přijímač
- 2 vstupní optický kabel
- 3 optický konektor
- 3.1 stator
- 3.2 rotor
- 3.3.1 držák statoru
- 3.3.2 držák rotoru
- 3.4 motor
- 3.5 dutá hřídel
- 4 výstupní optický kabel
- 5 výstupní blok
- 5.1 fotovoltaický konvertor
- 5.2 výstupní optický přijímač
- 5.3.1 prvního výstupní optický WDM multiplexor
- 5.3.2 druhý výstupní optický WDM multiplexor
- 5.4 výstupní optický vysílač
- 10 optický vlnovodný člen
- 11.1 vrtule větrné elektrárny
- 11.2 sloup větrné elektrárny
- 12.1 podvozek robota
- 12.2 otočné sensorové pouzdro
- 13.1 podstavec robota
- 13.2 otočné rameno





Obr. 1a



Obr. 1b



Obr. 1c



Obr. 1d



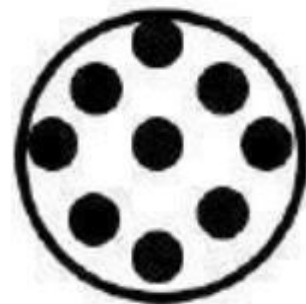
Obr. 1e



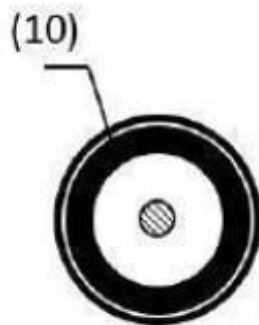
Obr. 1f



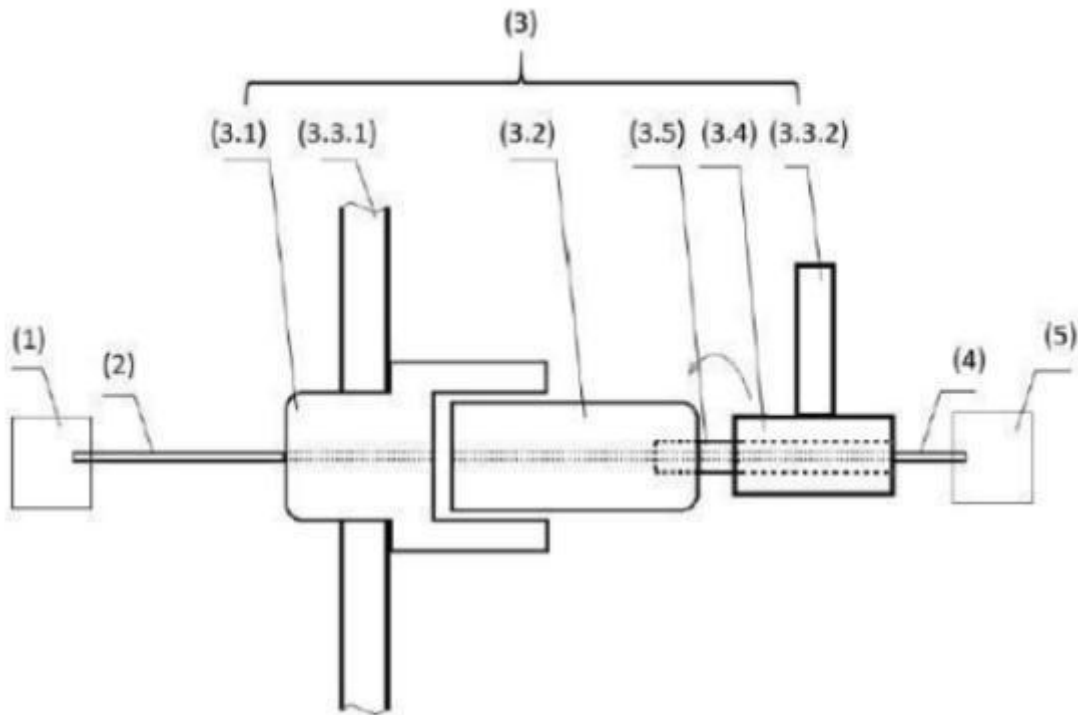
Obr. 1g



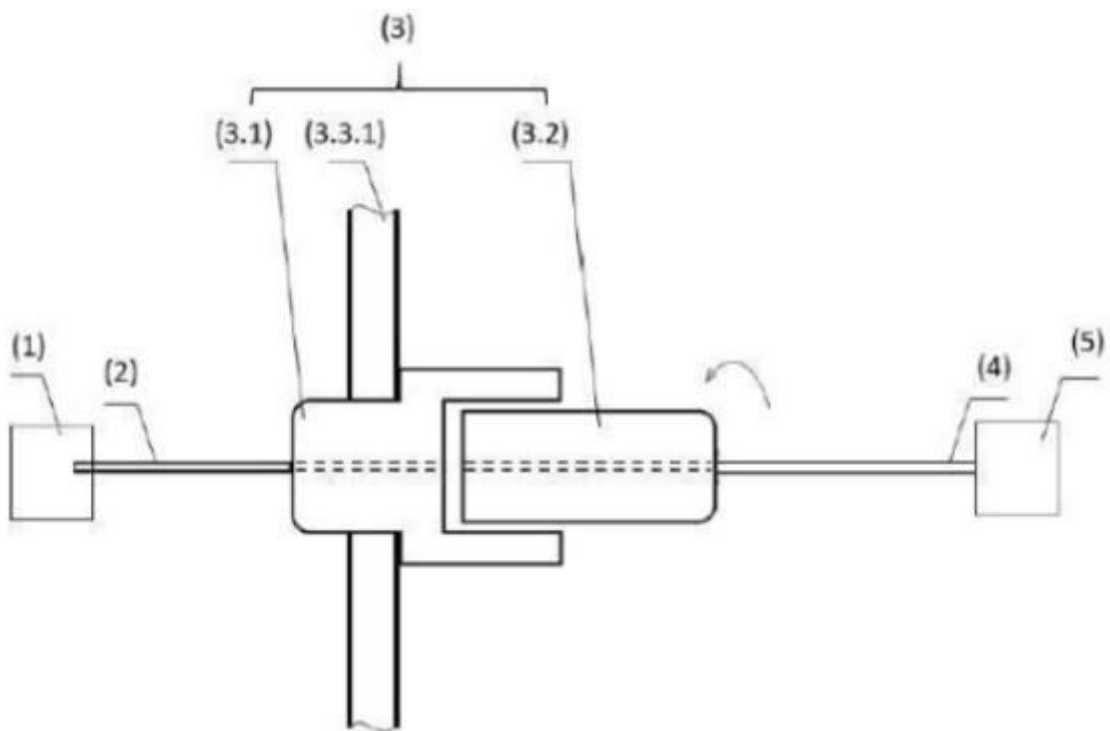
Obr. 1h



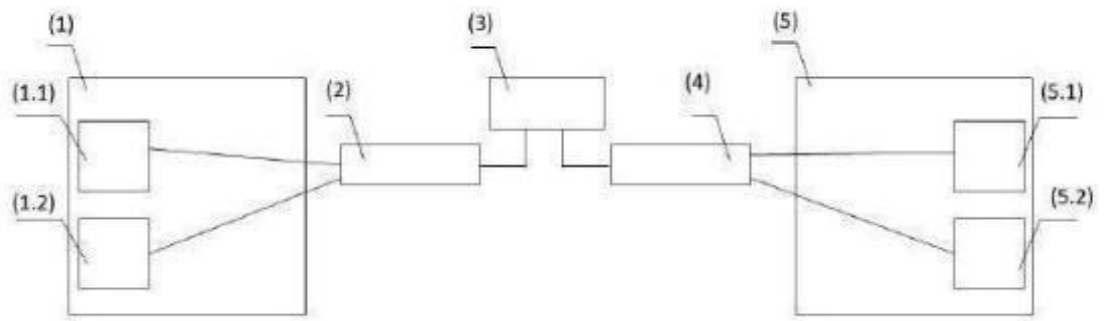
Obr. 1i



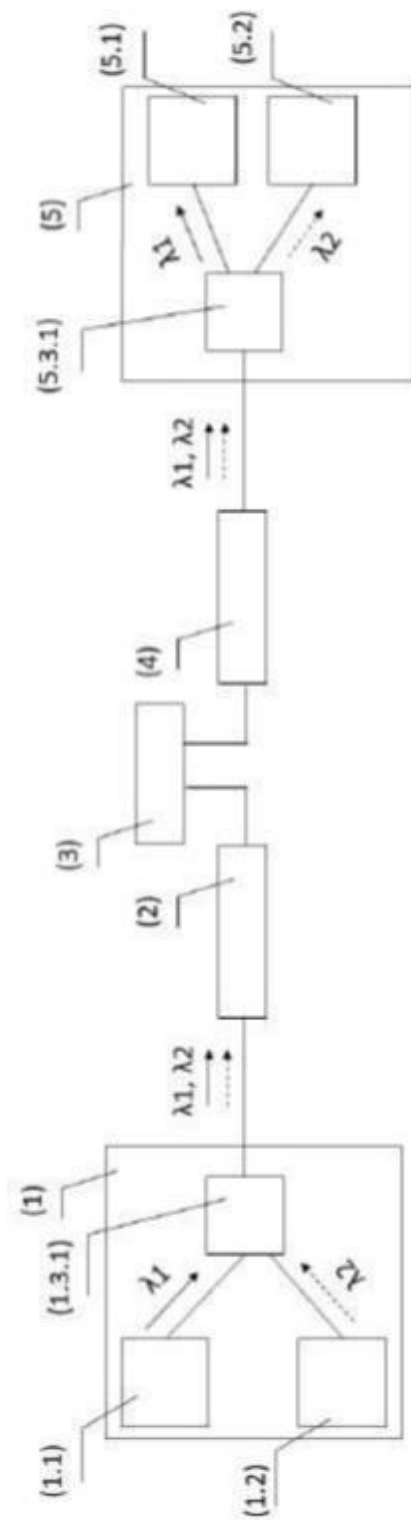
Obr. 2a



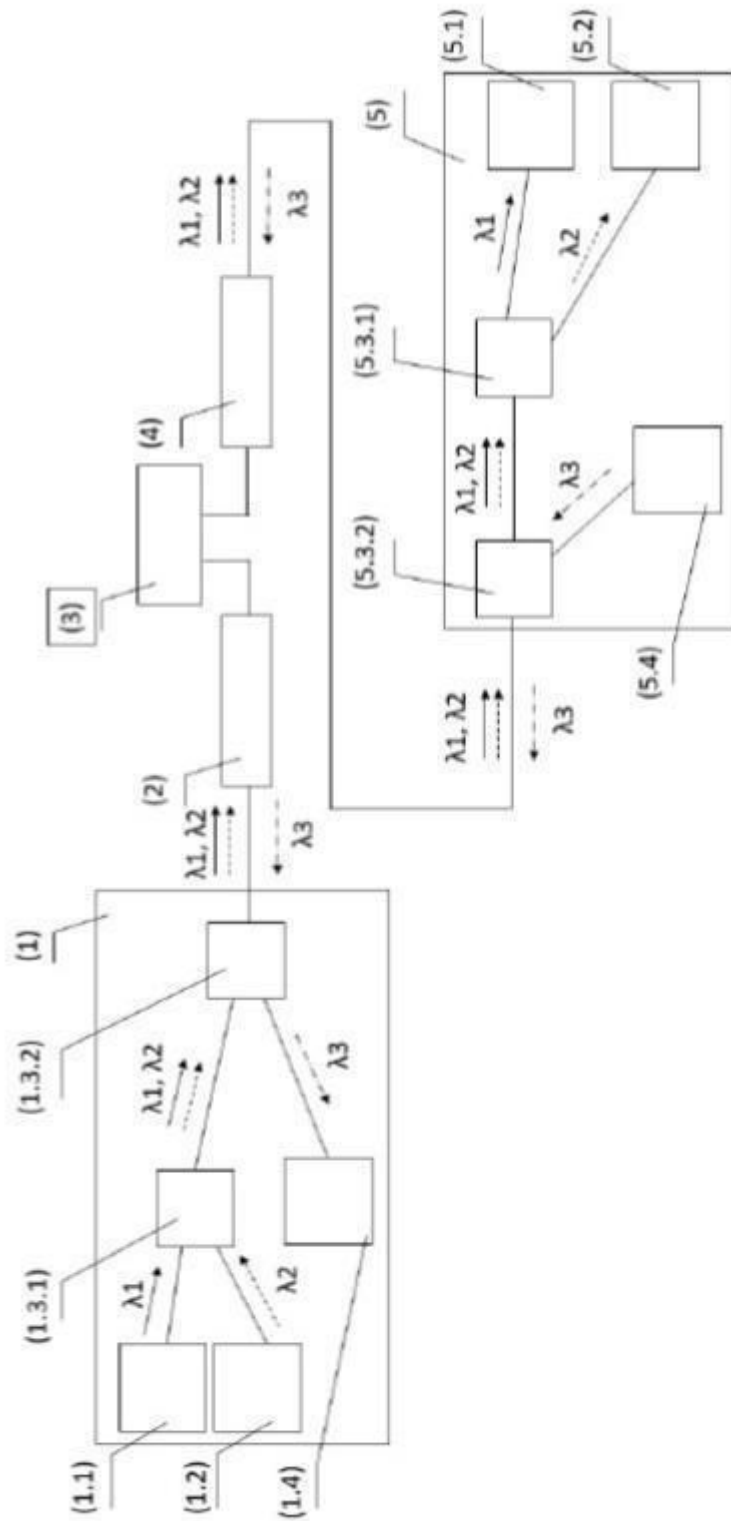
Obr. 2b



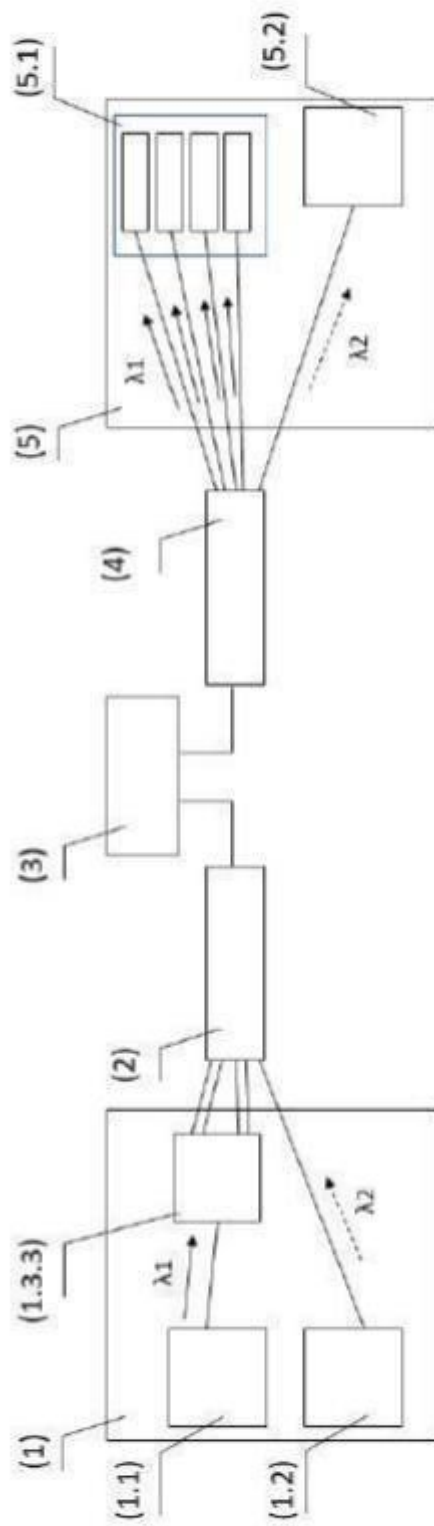
Obr. 3



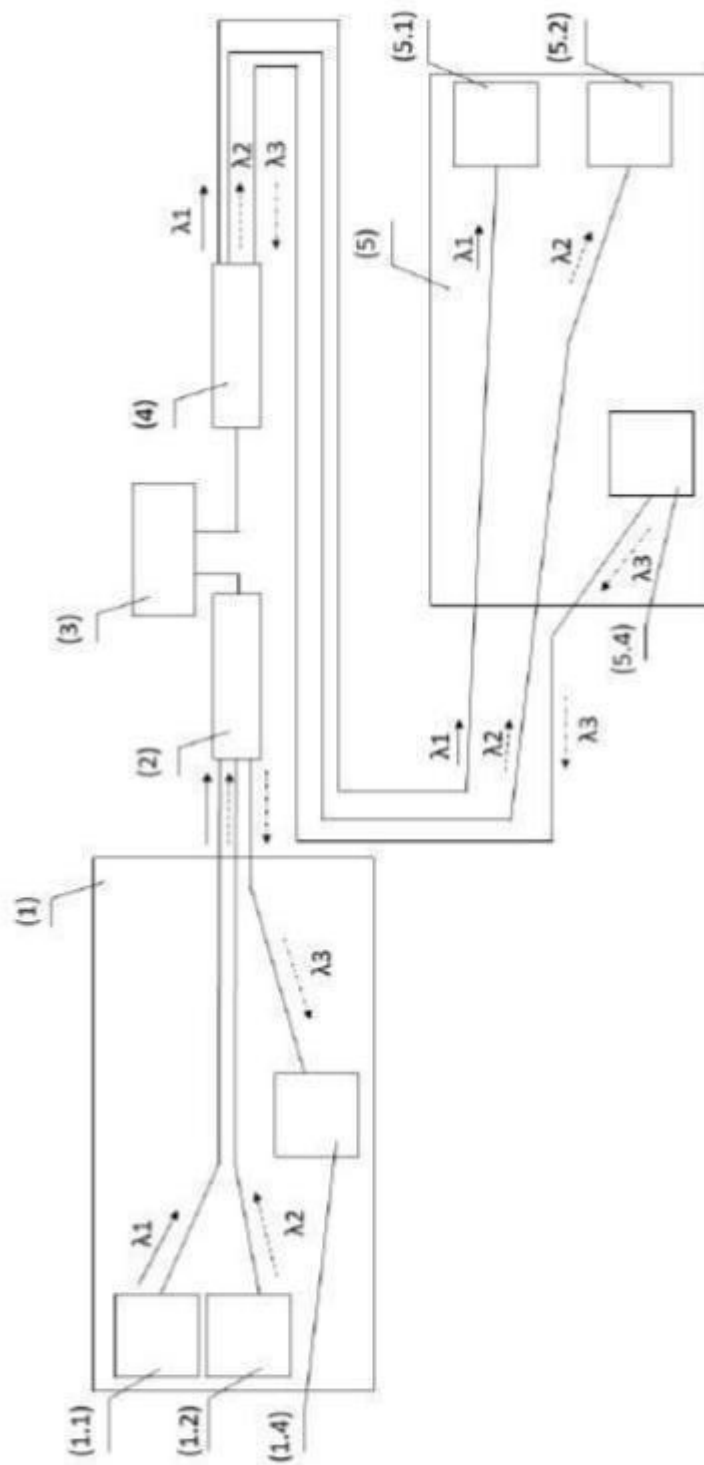
Obr. 4



Obr. 5

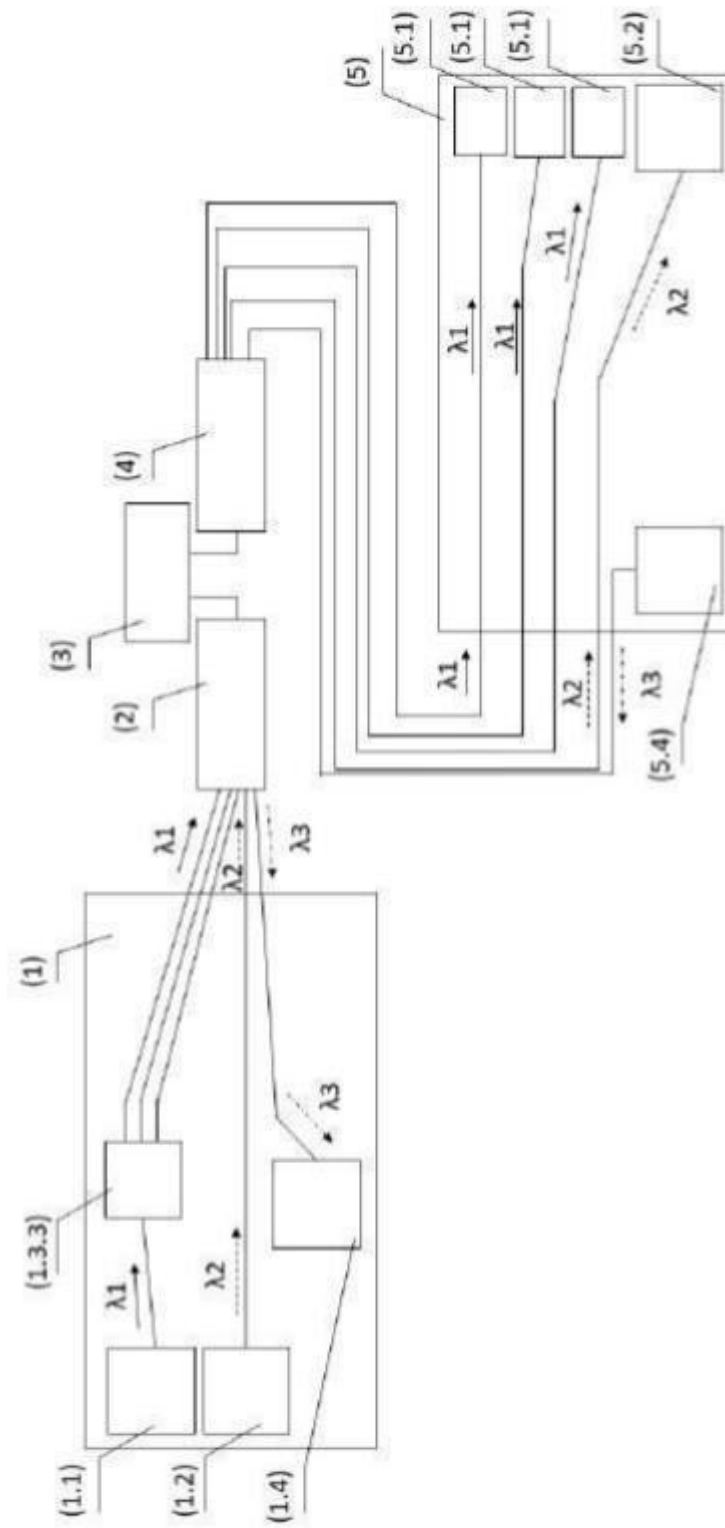


Obr. 6

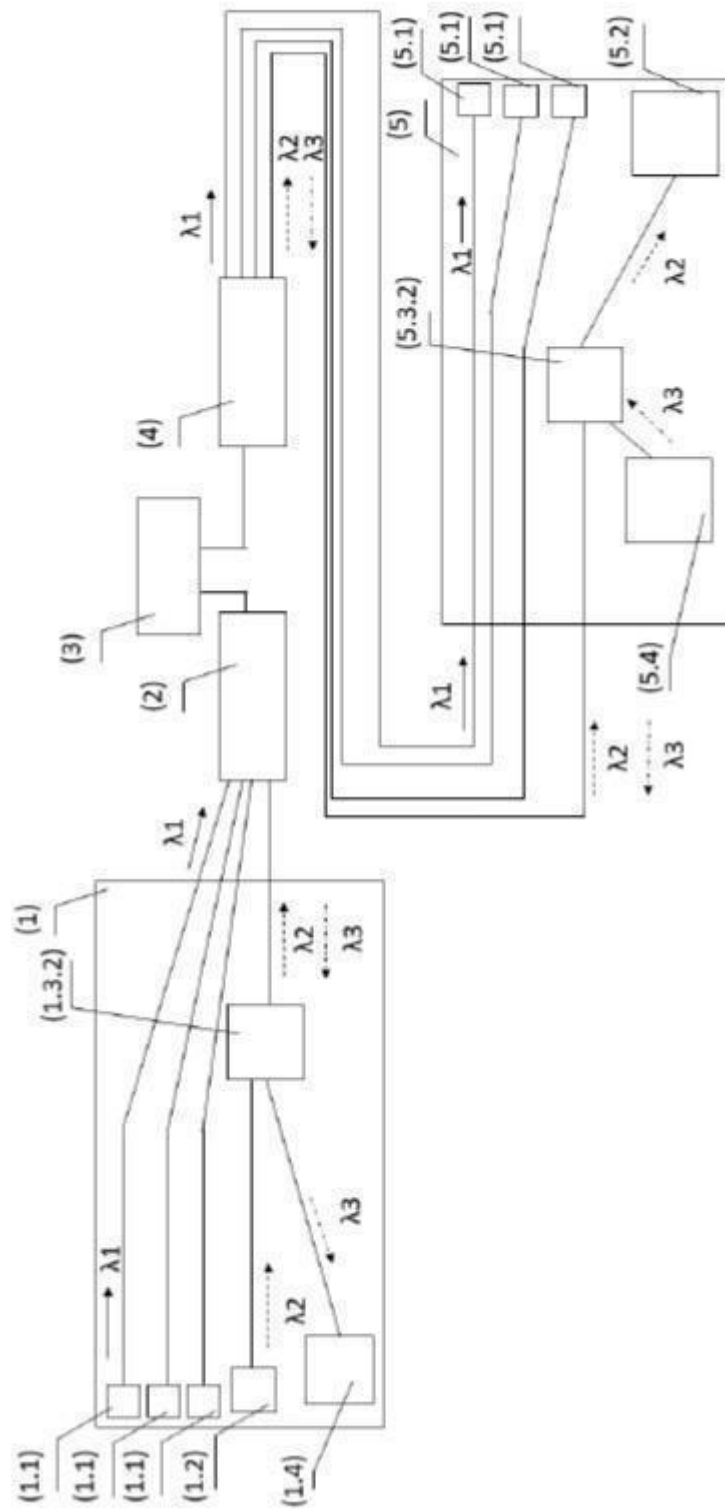


Obr. 7

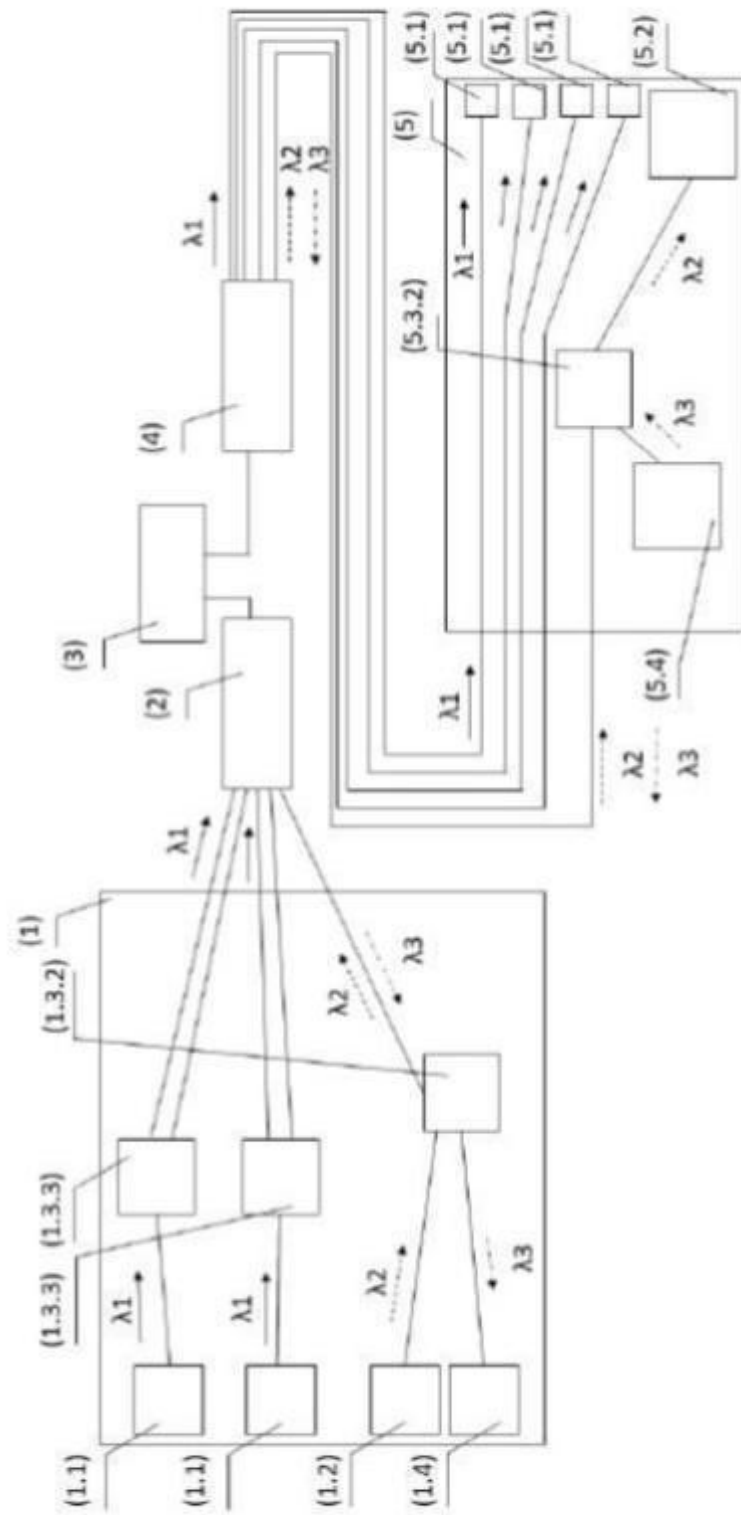




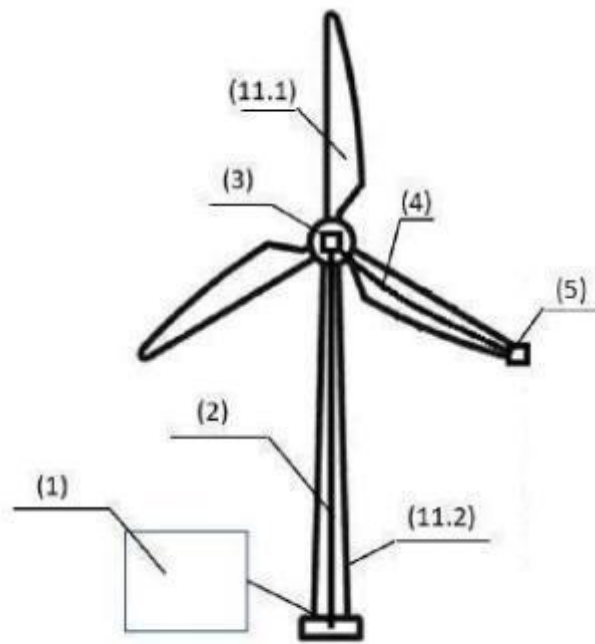
Obr. 8



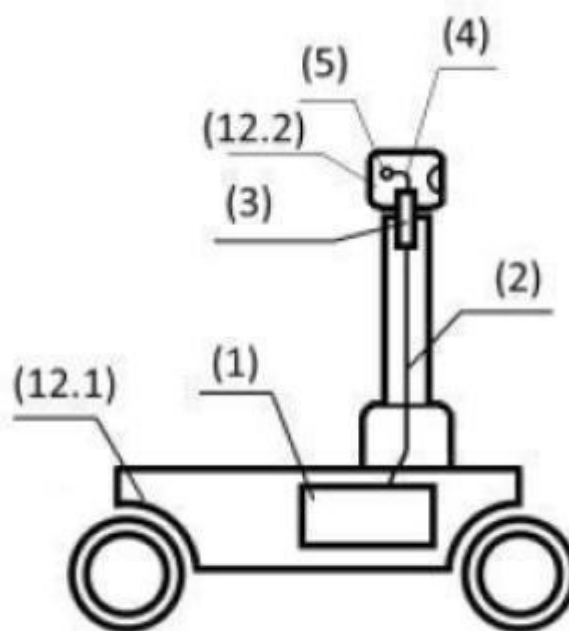
Obr. 9



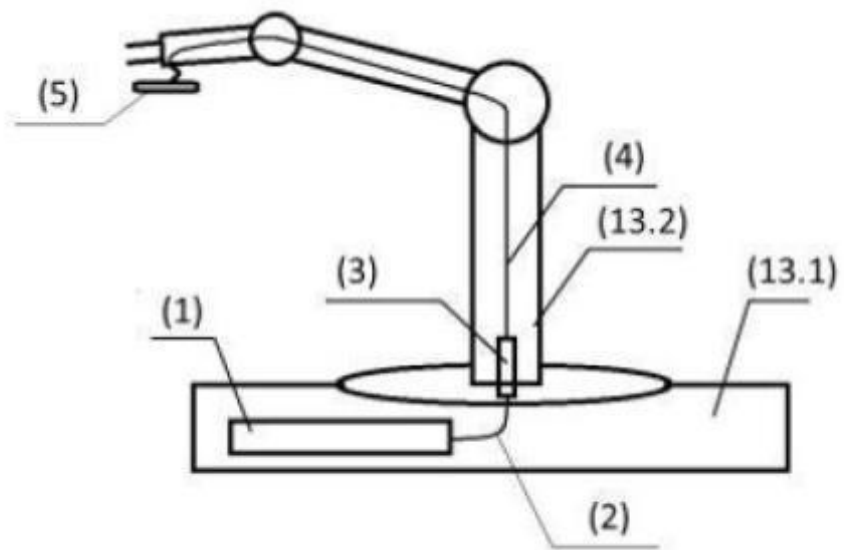
Obr. 10



Obr. 11



Obr. 12



Obr. 13