

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

310 033

(13) Druh dokumentu: B6

(51) Int. Cl.:

G01B 11/30 (2006.01)
G21C 17/06 (2006.01)
G21C 17/04 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 2022-289
(22) Přihlášeno: 29.06.2022
(40) Zveřejněno: 10.01.2024
(Věstník č. 2/2024)
(47) Uděleno: 11.04.2024
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: 22.05.2024
(Věstník č. 21/2024)

(56) Relevantní dokumenty:
US 2016012925 A1; WO 2022067194 A2; CZ 36677 U1; CN 107170499 A; US 5602646 A; DE 19947327 A1.

(73) Majitel patentu:
Centrum výzkumu Řež s.r.o., Husinec, Řež, CZ
Ústav teorie informace a automatizace AV ČR,
v.v.i., Praha 8, Libeň, CZ
(72) Původce:
Ing. Jaroslav Brom, Týn nad Vltavou, CZ
Leoš Assmann, Uherský Brod, CZ
Ing. Marcin Kopeć, Kralupy nad Vltavou, CZ
Mgr. Tomáš Karella, Vlašim, CZ
RNDr. Jan Blažek, Ph.D., Praha 4, Nusle, CZ
(74) Zástupce:
NEOLEGAL - advokátní a patentová kancelář, Ing.
Jaroslav Novotný, Římská 2135/45, 120 00 Praha 2,
Vinohrady

(54) Název vynálezu:
Způsob přesného 3D měření rozměrů a
opotřebení komponent jaderných elektráren
a zařízení k provádění tohoto způsobu

(57) Anotace:
Způsob přesného 3D měření rozměrů a opotřebení
komponent jaderných elektráren v 3D prostoru spočívá v
tom, že se vertikální laser, dvěma kusy overhead laserů, a
nejméně dvěma kusy kamer pohybuje společně podél
jedné z os měřené komponenty – pera tlakové nádoby
reaktoru, nastaví se promítaná laserová čára overhead
laseru pro viditelnost v centru záběru dvou sousedních
kamer, přičemž průsvit z vertikálního laseru je v záběru
dvou sousedních kamer, následně se poskytnou syrová
data kamerami, zpracují se syrová data softwarem a
poskytne se finálního 3D point cloud pro změření
rozměrů a opotřebení komponent. Zařízení k provádění
tohoto způsobu.

Způsob přesného 3D měření rozměrů a opotřebení komponent jaderných elektráren a zařízení k provádění tohoto způsobu

5 Oblast techniky

Technické řešení se týká zařízení k přesnému 3D měření rozměrů a opotřebení komponent jaderných elektráren, jako např. per a drážek uvnitř tlakové nádoby reaktoru (TNR).

10

Dosavadní stav techniky

Dosavadní prováděná měření spoléhají na provedení videozáznamu a zpracování těchto dat ex-post. Dle známých komponent v záběru, je odhadovaná kalibrace měření bez rozsáhlého
15 zohlednění pozice kalibrů a předmětu měření vůči čočce kamery. Tento přístup započítával do vyhodnocení relativně obrovskou chybu, což bylo hlavní nevýhodou tohoto zpracování. Další nevýhodou byl dlouhý čas manuálního zpracování dat, vliv lidského faktoru a zkreslení 2D/3D profilu komponenty. Jinou z možností je provedení kontaktního měření, podobné mikrometrickému měření. Sada předem nastavených mikrometrických šroubů obklopí
20 komponentu a dle toho se určí její profil v úrovni řádu desítek μm . Tento přístup zaručuje vysokou přesnost, ale na úkor značného času měření komponent, což v případě odstávky reaktoru je faktorem hodně limitujícím.

25 Podstata vynálezu

Uvedené nedostatky odstraňuje způsob přesného 3D měření rozměrů a opotřebení komponent jaderných elektráren a zařízení k přesnému 3D měření rozměrů a opotřebení komponent
30 jaderných elektráren, podle tohoto vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že lasery a kamery se pohybují podél měřené komponenty – pera tlakové nádoby reaktoru tak, že promítaná laserová čára laseru je viditelná na záběru dvou sousedních kamer a také průsvit z laseru je v záběru dvou sousedních kamer. Kamery poskytují syrová data, která jsou následně zpracována softwarem. Soustava kamer a laserů je umístěna na držáku měřicí soustavy, pro zajištění kontinuálního snímání celého pera s konstantní rychlostí. Zpracování syrových dat softwarem poskytne finální
35 3D point cloud. V softwarové části se pro sestavení třídimenzionálního point cloudu využívá 2D informace obsažené ve snímcích videa a 1D informace časové. V softwarové části pro získání 2D bodů se využívá způsob segmentace. V softwarové části pro korekci polohy 2D bodů se využívá způsob korekce deformací způsobených optikou kamery. V softwarové části pro sestavení 3D point cloudu se využívá způsob transformace 2D bodů ze senzoru do světa 3D bodů.
40 V softwarové části pro sestavení 3D point cloudu se využívá způsob kalibrace pozic kamer a laserů. Zařízení sestává ze soustavy mechanických částí, hardwarové části HW a SW algoritmů nastavených dle hardwarové části, přičemž hardwarová část sestává nejméně ze dvou kamer, jejichž objektivy jsou umístěny do polohy vertikálního laseru pro horizontální skládání obrazu a vedlejšího laseru pro promítání zalomené čáry pro samotný scan, kdy lasery a kamery pro měření
45 pohybu podél měřené komponenty, tlakové nádoby reaktoru pomocí manipulátoru a pro zajištění kontinuálního snímání, jsou umístěny tak, aby byla viditelná promítaná laserová čára od laseru a také vertikální laser v minimálně dvou záběrech kamer pro přípravu syrových dat pro následné zpracování obrazu z videozáznamu. V hardwarové části držák měřicí soustavy kamery je opatřen uložením pro lasery vertikální a overhead laser a spolu s lasery tvoří jeden nosník. V hardwarové
50 části jsou lasery přítomny pro vytvoření nejméně jedné laserové roviny.

Zařízení sestává nejméně ze dvou kamer, upevněných na držácích kamer pro nastavení výškové úrovně polohy objektivů. Na držácích měřicí soustavy je upevněn vertikální laser pro horizontální skládání obrazu a vedlejší lasery pro promítání zalomené čáry pro samotný scan.
55 Lasery a kamery se pohybují podél měřené komponenty – pera tlakové nádoby reaktoru, dle

nastavení objektivů kamer do správné polohy tak, aby byla viditelná promítaná laserová čára a také stacionární laser pro horizontální lepení záběru z kamer, kdy lze připravit syrová data pro následné zpracování obrazu z videozáznamu. Soustava kamer a laserů je umístěna na držáku měřicí soustavy, jehož pohyb pomocí manipulátoru zajišťuje kontinuální snímání celého pera s konstantní rychlostí.

Díky výše popsané soustavě lze docílit rozdělení úlohy přesného měření komponent do dvou částí – pořízení dat a jejich zpracování. Výsledkem zpracování je finální, velmi přesný model (3D point cloud). Pořízení dat (měřicí systém) má za cíl co nejpřesnější oskenování komponenty.

Sada kamer musí v záběru vidět čáry promítané od overhead laserů. Současně se v záběrech dvou sousedních kamer musí nacházet obraz paprsku promítaného vertikálním laserem. Takto lze systém posouvat podél skenované komponenty.

Požadavky na obě části: pořízení dat (měřicí systém) a jejich zpracování.

- měřicí systém musí zajistit – synchronizovaný posun kamer, dostatečnou přesnost kamer a laserů a fixní vzájemnou pozici všech jednotlivých částí (laserů a kamer) a pořízení dat v požadované kvalitě.
- zpracování dat – musí zajistit propojení kalibračních dat a dat z jednotlivých kamer. Při využití vzájemných poloh kamer pak sestavit výslednou 3D reprezentaci měřeného povrchu technologické komponenty.

Popis měřicího systému

Navrhovaný systém předpokládá využití komerčně dostupných zařízení, nainstalovaných na specifickém uchycení, které zajišťuje s velkou přesností jejich známou vzájemnou polohu. Pro použití v podmínkách TNR byly kvalifikovány (radiace, teplota, tlak, čas) kamery typu GoPro Hero 9, řídicí jednotka typu RaspberryPi pro streamování dat a běžně dostupné laserové promítáče čar. Kvůli využití takových zařízení, lze využít jejich vlastních parametrů, jako např. vodotěsnost, možnost komunikace pod vodou a šířka záběru kamery. Ostatní součásti byly vodotěsně zapouzdřeny pomocí nerezových pouzder. Použití polykarbonátové vložky před laserem umožňuje vyvedení laserového paprsku mimo pouzdro, protože polykarbonát je odolný vůči vlivu vody s příměsí H_3BO_3 a skoro beztrátově transparentní pro laser. Dodatečnou výhodou je přirozená vlastnost praskání polykarbonátu typem pavoukové sítě, což zajišťuje bezpečnost z pohledu zamezení vniknutí cizího předmětu v případě jakékoliv poruchy.

Metoda sestavení 3D modelu měřeného tělesa využívá videí z několika kamer, které zabírají postupně všechny měřené stěny tělesa. Z videí je konstruována globální fotometrie. Každý snímek videa obsahuje průmět laserové roviny promítané na měřené těleso. Snímky sousedních kamer se překrývají; generované point cloudy z jednotlivých videí lze tedy slepit. Model je sestaven na základě známých poloh promítaných rovin a pozic senzorů kamer. Polohy algebraické rovnice laserových rovin a 3D pozice senzorů jsou vypočteny na základě výstupu měření známého tělesa - kalibru.

Kamery jsou vybaveny dvojitou zoomovací předsádkou a jejich záběr překrývá celý horizontální profil komponenty (když komponenta je ve svislé orientaci) v šířce definované velikosti záběru kamery. Pro spojení záběru z každého páru sousedních kamer je v prostoru překrývajících se záběrů promítaná laserová čára pro lepení jednotlivých snímků. Ze snímků jsou získávány profily relevantních hran a minimálně jedné stěny testované komponenty. Pro tento účel je přibližně ve středu záběru kamer promítaná pod úhlem 45° laserová čára. Tato čára musí mít tloušťku na úrovni jednotek pixelu až méně než pixel. Tenká čára zaručuje vysokou hustotu a přesné určení polohy měřených bodů v rámci každého měřeného profilu. Spojení jednotlivých profilů do 3D point cloudu generuje plný profil komponenty s přesností $\pm 20 \mu m$.

Zpracování dat

Generování point cloudu z pořízených videozáznamů je prováděno v Eukleidovském prostoru. K definici modelu využívá standartní pojmy algebraické geometrie. Data jsou postupně zpracována ze sekvence videosnímků do podoby point cloudu, dle schématu v obr. 2:

V prvním kroku jsou jednotlivé snímky vyjmuty z videa, následně je pro každý snímek provedena korekce distorze kamerové čočky. V upravených snímcích je provedena segmentace laserové roviny (pixelů ozářených laserem). 2D body segmentovaných pixelů jsou projektovány vzhledem k pinhole modelu do souřadnicového prostoru kamery. Výsledné 3D body jsou transformovány do 3D prostoru kalibru (světových souřadnic), který je shodný pro všechny kamery. Cílový point cloud je spojením 3D bodů ve světových souřadnicích pořízených ze záznamů všech kamer.

Korekce defektů obrazu

V prvním kroku jsou provedeny kompenzace od defektů způsobeným vnějším prostředím a pořizovací technikou jako je šum, radiální distorze čočkou kamery, výřez části obsahující skenované těleso a tak podobně.

Korekce distorze čočkou

Distorze je způsobena nerovnoměrným ohýbáním světelných paprsků a úhlu mezi čočkou objektivu a snímacím chipem. Pro korekci zmíněných efektů je využit Brown-Conrady model (BROWN, Duane C. Decentering distortion of lenses. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1966.):

$$x_u = x_d + (x_d - x_c)(k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6) + (p_1(r^2 + 2(x_d - x_c)^2) + 2p_2(x_d - x_c)(y_d - y_c))(1 + p_3 r^2)$$

$$y_u = y_d + (y_d - y_c)(k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6) + (2p_1(x_d - x_c)(y_d - y_c) + p_2(r^2 + 2(y_d - y_c)^2))(1 + p_3 r^2)$$

Souřadnice po korekci: (x_u, y_u)

Souřadnice před korekcí: (x_d, y_d)

Střed distorze: (x_c, y_c)

Vzdálenost od středu snímku: $r = \sqrt{(x_d - x_c)^2 + (y_d - y_c)^2}$

Parametry distorze:

- radiální distorze: (k_1, k_2, k_3)
- tangiální distorze: (p_1, p_2, p_3)

Parametry jsou odhadnuty na základě kalibračních snímků se známými body ve 3D prostoru a jejich 2D pozici na snímcích. Všechny 3D kalibrační body musí ležet na 1 rovině. Konkrétně je použita funkce *calibrateCamera()* z knihovny OpenCV, pro její správné fungování je nutné pořídit alespoň 10 snímků s 16 body, které leží na kalibrační šachovnici.

Segmentace

Cílem segmentace je nalezení bodů odpovídajících ideální laserové rovině. Algoritmus segmentace nalezne rovinu laseru na vstupním snímku a vrátí množinu všech souřadnic (ozářených bodů) protínajících tuto rovinu.

Pinhole projekce a affinní transformace

Kamera

II-tá kamera je popsána následujícími parametry:

- Projektivní maticí (Intrinsic parameters):

$$K_i = \begin{bmatrix} \alpha & -\alpha \cot(\theta) & c_x \\ 0 & \frac{\beta}{\sin(\theta)} & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- α respektive β je měřítko kamery v ose x respektive y
- c_x respektive c_y je posun v ose x respektive y
- θ je úhel zešikmení (úhel mezi osami x a y)

- Projekce do světových souřadnic (souřadnic kalibru)

- rotační matice R_i
- translační vektor T_i

- Parametry roviny laseru v souřadnicích kamery l_i

- $l_i = (a_i, b_i, c_i, d_i)$

Model Kamery

Model i-té kamery pro převod 3D bodu ve světových souřadnicích P_w na 2D bod P' v projektivní rovině kamery popisuje následující rovnice.

$$P' = K_i[R_i T_i]P_w = M_i P_w$$

Rovnice pracuje s homogenními souřadnicemi neboli 2d bod $[x', y'] \rightarrow [x', y', 1]$ a 3d bod $[x_w, y_w, z_w] \rightarrow [x_w, y_w, z_w, 1]$. K_i je projektivní matice kamery, matice R_i a T_i odpovídají rotaci z prostoru kamery do světových souřadnic. Matice M_i je součin K_i a $[R_i T_i]$.

Světový souřadnicový prostor je shodný pro všechny kamery pro spojení vzniklých point cloudů.

Pro zpětnou rekonstrukci 3D bodů z 2D souřadnic laseru je potřeba informací o hloubce. Pro každou kameru, se proto použije známá rovina laseru daná rovnicí:

Rovina laseru je zadána jako $a_i \cdot x + b_i \cdot y + c_i \cdot z + d_i = 0$ tj. rovina je dána 4 parametry: $l_i = (a_i, b_i, c_i, d_i)$

Vytvoření pointcloudu ve světových souřadnicích z 2D bodů

Bod $p' = [x', y']$ zachycený i-tou kamerou ležící v laserové rovině se nejdříve převede do souřadnicového systému ité kamery $p_i = [x, y, z]$.

5

$$A = \frac{x}{y} = \frac{x' + B \cdot \alpha \cdot \cot(\theta) - c_x}{\alpha}$$

$$B = \frac{y}{z} = \frac{(y' - c_y) \cdot \sin(\theta)}{\beta}$$

$$z = \frac{-d}{A \cdot a + B \cdot b + c}$$

$$x = A \cdot z$$

$$y = b \cdot z$$

Následuje převod do světových souřadnic $p_w = [x_w, y_w, z_w]$:

10

$$p_w = R_i^{-1} \cdot (p_i - T_i)$$

Kalibrace kamery

- 15 Kalibrace i-té kamery předpokládá alespoň 6 kalibračních bodů, kde jsou známy 2D souřadnice její projekce $p_1, \dots, p_6$ a pak 3D souřadnice vzoru $P_1, \dots, P_6$ na kalibračním tělese.

Hledané parametry modelu (K_i , T_i , R_i) splňují:

20

$$\operatorname{argmin} \sum_{j=1}^6 d(P_j, f(p_j)),$$

Kde f odpovídá kamerovému modelu a d euklidovská vzdálenost ve 3D.

$$p_j = [x', y']$$

$$f(p_i) = [x, y, z]z = \frac{-d}{\frac{x_j' + \frac{(y_j' - c_y) \cdot \sin(\theta)}{\beta} \cdot \alpha \cdot \cot(\theta) - c_x}{\alpha} \cdot a + \frac{(y_j' - c_y) \cdot \sin(\theta)}{\beta} \cdot b + c}$$

$$x = z \cdot \frac{x' + \frac{(y' - c_y) \cdot \sin(\theta)}{\beta} \cdot \alpha \cdot \cot(\theta) - c_x}{\alpha}$$

$$y = z \cdot \frac{(y' - c_y) \cdot \sin(\theta)}{\beta}$$

25

Kalibrace roviny laseru

- 30 Pro kalibraci roviny laseru je nutné znát tři 3D body P_1, P_2, P_3 ležící v laserem promítané rovině ve světových souřadnicích, jejich 2D souřadnice p_1, p_2, p_3 na snímku a známý model (nakalibrovaný model kamery K_i, R_i, T_i). Body P_1, P_2, P_3 se převedou do souřadnicového systému kamery, parametry roviny se pak vypočtou:

$$p'_j = K_i[R_i, T_i]P_j$$

$$[a \ b \ c]^T = (P'_1 - P'_2) \times (P'_1 - P'_3)$$

$$d = -[a \ b \ c] \cdot P'_1$$

Spojení snímků videa

5

Protože se všechny kamery posouvají současně na jednom úchytu, bude existovat pouze jeden vektor pohybu platný pro každou kameru. Tj. bude se měnit souřadnicový prostor kamery pouze o vektor posunutí (daný vektorem pohybu). Odchytky mohou nastat pouze pro rozdílný framerate kamer (způsobí jinou parametrizaci časem t) nebo v důsledku otřesů a pružnosti jednotlivých komponent scanneru.

10

Pro každou kameru je možné určit vektor posunu odpovídající jednomu framu:

$$A_i = [x_{Ai}, y_{Ai}, z_{Ai}]$$

15

2D bod na j -tém framu, proto po převedení do souřadnicového prostoru kamery je posunutý o A_i a pak transformován do světových souřadnic.

Point cloud

20

Výsledkem je množina 3D bodů odpovídající skenovanému tělesu, která je výsledkem aplikací schématu na záznam všech kamer.

25

Objasnění výkresů

Vynález bude blíže objasněn pomocí výkresů, kde na obr. 1 je schéma HW částí měřicího systému a schematicky znázorněn 3D měřicí systém. Obr. 2 představuje schéma zpracování dat.

30

Příklad uskutečnění vynálezu

35

Zařízení podle obr. 1 sestává ze sady kamer 6, jejichž poloha objektivů je nastavena do správné úrovně pomocí distančních sloupků. Pro snímání pera 1 na jeho povrchu jsou promítány čáry pomocí overhead laserů 5. Za účelem zajištění referenčních bodů pro horizontální lepení obrazu ze záběrů ze všech kamer, používá se vertikální laser 3. Pro zajištění pohybu celého systému podél pera 1, je namontován na držák 2 měřicí soustavy.

40

3D měřicí systém lze využít pro měření pera 1 v tlakové nádobě reaktoru. Měřicí soustava je dopravena na místo měření pomocí standardně používaného manipulátoru používaného v plánovaných odstávkách energetického jaderného bloku pro nedestruktivní kontroly nádoby reaktoru a je zajištěna proti neplánovaným pohybům. Soustava je vybavená vlastní možností pohybu podél měřené komponenty, tj. pera 1 TNR. Pět kamer 6 GoPro Hero 9 je umístěno na držáku 2 měřicí soustavy. Krajní páry kamer 6 jsou nastaveny tak, aby jejich čočky byly na stejné úrovni, jejich záběry se na krajích překrývaly a spolu s prostřední kamerou 6 měly společně překrývajících se body. Umístění hlavního vertikálního laseru 3 je přednastaveno, aby se promítaly čáry skrze hranu pera 1 a aby se nacházely uprostřed záběrů kamer 6 a byly nasměrovány pod úhlem cca. 45° vůči ose záběru. Sada overhead laserů 5 je nasměrována tak, aby v překrývajících se částech záběru sousedících kamer 6 byla viditelná svislá čára, což umožňuje skládání obrazů.

50

Bezkontaktní řízení snímání obrazu je realizováno pomocí řídicí jednotky Raspberry umístěné vzdáleně od kamer 6, v oblasti pohonu manipulátoru měřicí soustavy. Kabeláž, spolu s datovým kabelem pro přenos videozáznamu, je vyvedená skrze a pomocí dopravního manipulátoru pro navedení soustavy do měřicí polohy.

5

Po zahájení sběru a přenosu dat z kamer 6, manipulátor poveze měřicí soustavu podél pera 1 v TNR. Po ukončení snímání je provedeno zpracování nasnímaných dat v akviziční jednotce a reaktorovém sálu vzdáleném do cca 60 m a tvorba 3D point cloudu, kde lze identifikovat odchylky od normativních rozměrů – úbytek materiálu. Pro sestavení 3D point cloudu využívá

10

zařízení výše popsany způsob kalibrace a popsané metody zpracování obrazu.

Po ukončení scanu pera 1, dopravní systém přetransportuje měřicí soustavu do měřicí polohy pro další pero 1. V případě chyby skenování lze scan provést opakovaně před změnou polohy na další pero 1. Kamery 6 jsou opatřeny držákem 4, pro zajištění druhého až třetího stupně volnosti.

15

Průmyslová využitelnost

Zařízení podle tohoto vynálezu lze využít uvedeným postupem při měření nebo tvorbě 3D point cloudu komponent jaderných elektráren a obdobných podniků v místech s relativně nízkým dávkovým příkonem do 100 Gy/hod a v místech bez nebo s přítomností roztoku H_3BO_3 do 16 g/kg. Zařízení umožňuje také skenování a měření technologických komponent mimo jaderný průmysl.

20

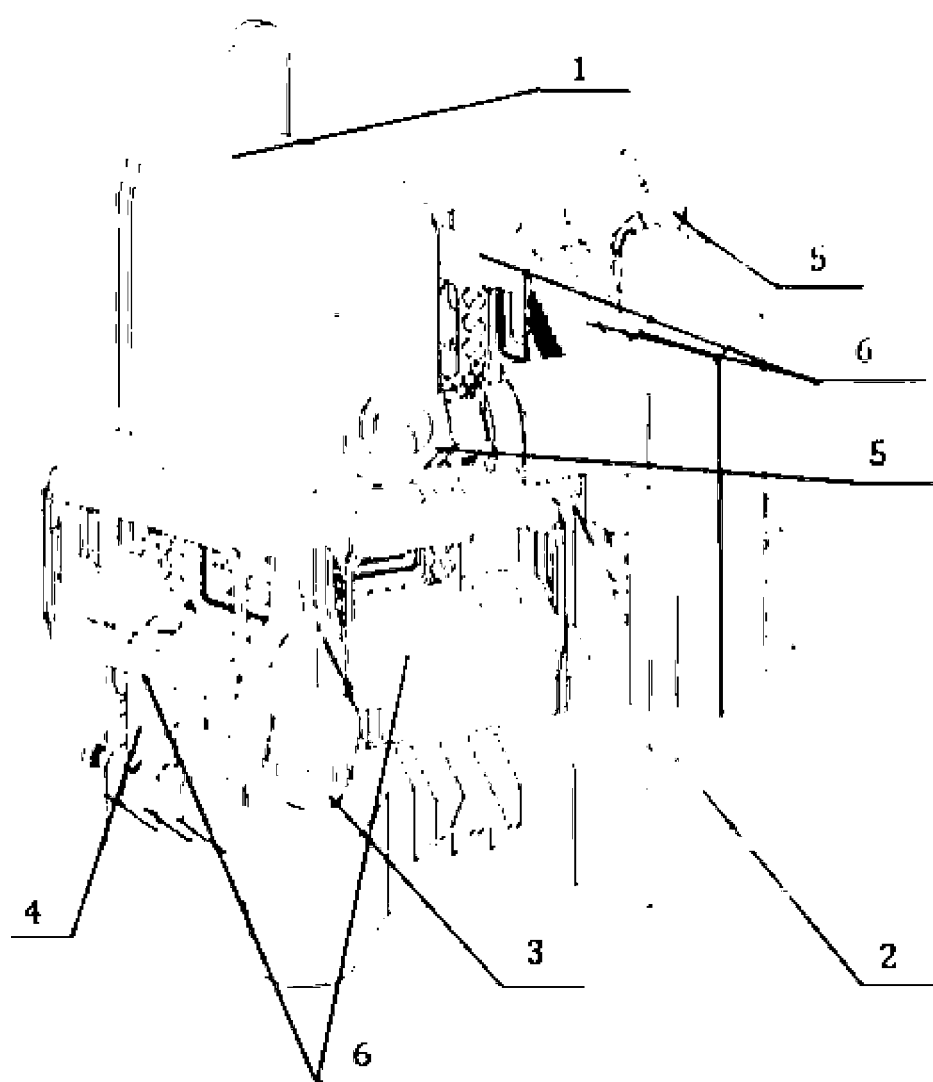
PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob přesného, v řádu desítek mikrometrů, 3D měření rozměrů a opotřebení komponent jaderných elektráren v 3D prostoru, **vyznačující se tím**, že se vertikálním laserem (3), 2 kusy overhead laserů (5), a nejméně 2 kusy kamer (6) pohybuje společně podél jedné z os měřené komponenty – pera (1) tlakové nádoby reaktoru, nastaví se promítaná laserová čára overhead laseru (5) pro viditelnost v centru záběru dvou sousedních kamer (6), přičemž průsvit z vertikálního laseru (3) je v záběru dvou sousedních kamer (6), následně se poskytnou syrová data kamerami (6), zpracují se syrová data softwarem a poskytne se finální 3D point cloud pro změření rozměrů a opotřebení komponent.
2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že v softwarové části se pro sestavení 3D point cloudu využívají 2D informace obsažené ve snímcích videa a 1D informace časové.
3. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že v softwarové části pro získání 2D bodů se využívá způsob segmentace.
4. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že v softwarové části pro korekci polohy 2D bodů se využívá způsob korekce deformací způsobených optikou kamery (6).
5. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že v softwarové části pro sestavení 3D point cloudu se využívá způsob transformace 2D bodů ze senzoru do 3D bodů.
6. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že v softwarové části pro sestavení 3D point cloudu se využívá způsob kalibrace pozic kamer (6) a laseru (3).
7. Zařízení k provádění způsobu podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že sestává nejméně ze dvou kamer (6), upevněných na držácích (4) pro nastavení výškové úrovně polohy objektivů, dále sestává z držáků (2) měřicí soustavy, kdy na držácích (2) jsou upevněny držáky (4), vertikální laser (3) pro horizontální skládání obrazu a vedlejší lasery (5) pro promítání zalomené čáry pro samotný scan, přičemž lasery (3 a 5) a kamery (6) jsou uzpůsobeny pro pohyb podél měřené komponenty (1) – pera tlakové nádoby reaktoru, přičemž soustava kamer (6) a laserů (3 a 5) je umístěna na držáku (2) měřicí soustavy s manipulátorem pro zajištění kontinuálního snímání podél měřené komponenty (1) pera tlakové nádoby konstantní rychlostí.
8. Zařízení k provádění způsobu podle nároku 7, **vyznačující se tím**, že v hardwarové části držák (2) měřicí soustavy kamery (6) je opatřen uložením pro vertikální laser (3) a overhead laser (5) a spolu s lasery (3 a 5) tvoří jeden nosník.

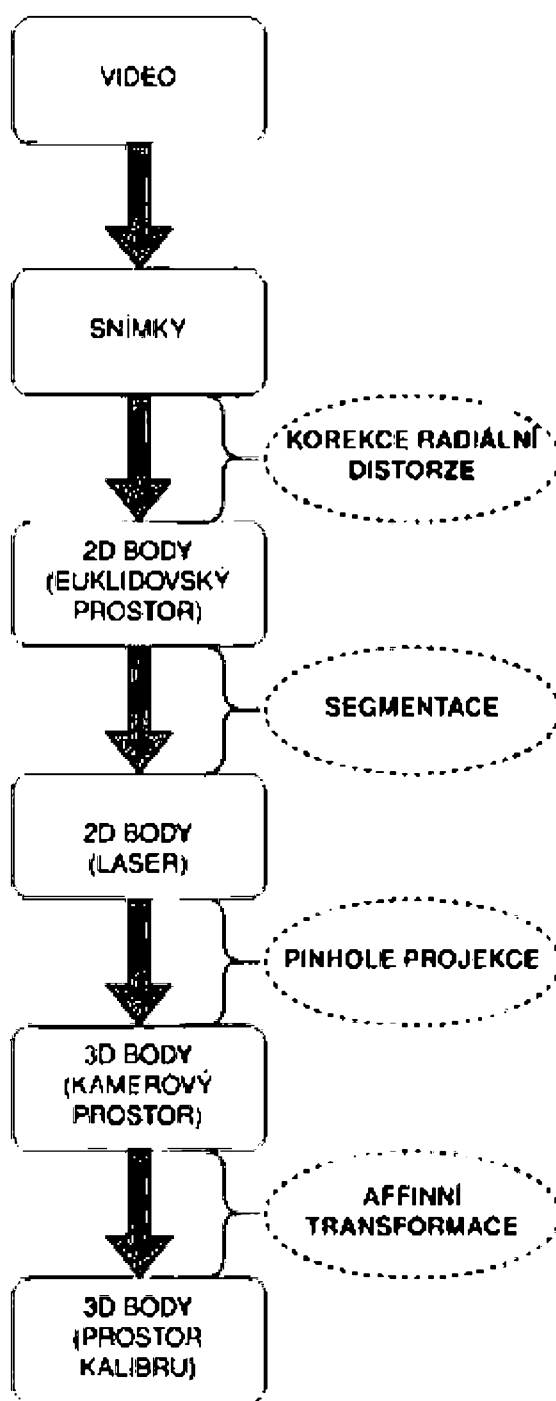
2 výkresy

Seznam vztahových značek:

- 1 Skenovaná komponenta – péro TNR
- 2 Držák měřicí soustavy
- 3 Vertikální laser pro horizontální skládání obrazu
- 4 Držák kamery – zajištění 2. až 3. stupně volnosti
- 5 Overhead laser – promítání zalomené čáry pro samotný sken
- 6 Kamera s možností zoomu



Obr. 1



Obr. 2