

Metrologická sestava přístrojů pro sestavování a zaměřování tokamaku COMPASS-U

Příloha č. 2 MINIMÁLNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY

V současnosti probíhá v Ústavu fyziky plazmatu konstrukce tokamaku COMPASS Upgrade. Klíčovým požadavkem pro experimentální fúzní zařízení typu tokamak je velmi přesné umístění jednotlivých komponent tohoto zařízení jednak vůči sobě navzájem a také vůči magnetickému poli. Při instalaci jednotlivých dílů tokamaku COMPASS Upgrade tak bude nezbytné monitorování polohy stovek dílů s různou velikostí (od několika mm po několik metrů) a hmotností (největší samostatně přesně instalovaný díl ~25 t) a to s přesností lepší než 0.1 mm.

Nutnost přesného zaměření polohy a polohování se týká jak dílů samotného tokamaku (především jednotlivých cívek magnetického pole, nosné konstrukce, vakuové nádoby, desek tzv. první stěny atd.), tak i diagnostických systémů připojených k tomuto experimentálnímu zařízení (např. optické diagnostiky plazmatu), systémů ohřevu plazmatu (nasměrování svazků neutrálních částic, polohování vlnovodů a koncových zrcadel systému elektronového mikrovlnného ohřevu apod.) a systémů budovy (prostupy pro kabeláž, vlnovody, chladicí okruhy apod., polohování systémů tokamaku vůči budově).

Metrologická sestava přístrojů bude využívána především:

- Během výroby stovek komponent tokamaku COMPASS Upgrade ke kontrole dodržení výrobních tolerancí.
- Při sestavování tokamaku za účelem dosažení požadovaných přesností vzájemné polohy jednotlivých komponent a tím zajištění minimální hodnoty poruchového magnetického pole.
- K přesnému umístění diagnostických systémů, které budou vyvíjeny a instalovány postupně v průběhu provozu COMPASS Upgrade.
- Ke kontrole a případné úpravě pozice systémů tokamaku v průběhu jeho provozu a pro potřeby instalace nových modulů první stěny.

"Metrologickou sestavou přístrojů pro sestavování a zaměřování tokamaku COMPASS-U" se rozumí sestava 4 níže uvedených zařízení, která budou schopna pokrýt požadavky na přesné metrologické zaměřování jednotlivých komponent i celku experimentálního zařízení COMPASS Upgrade. Jedná se o

1. **Stereo skener:** zařízení pro velmi přesné skenování povrchu drobných dílů za pomoci dvojice kamer a proužkové projekce světla a pro měření pomocí dotykové sondy v prostorových škálách do ~0,5 m.
2. **Ruční skener:** zařízení pro rychlé a přesné skenování malých a středně velkých dílů za pomoci laserových paprsků, snadno transportovatelné, s dobrou dostupností do stísněných prostor.
3. **Sledovací stereo systém:** zařízení pro přesné měření středních a velkých dílů pomocí dvojice kamer a dotykové sondy a pro sledování vzájemné polohy dílů v reálném čase. Prostorová škála měření do ~5 m.
4. **Fotogrammetrický systém:** zařízení pro přesné měření velkých dílů pomocí fotoaparátu a pro propojení dílčích měření skenerů, příp. sledovacího stereo systému. Prostorová škála měření až ~10 m.

Tato zařízení musí být vzájemně kompatibilní - v nejvyšší možné míře, tam kde je to technicky možné, využívat společné metrologické značky, pracovat ve stejném softwarovém prostředí. Musí být zajištěno snadné provázání měření všech zařízení, např. možnost provést měření základních metrologických bodů pomocí fotogrammetrie a následně lokální detailní proměření dílčích částí za pomoci stereo systémů či ručního skeneru.

Následují minimální technické parametry pro jednotlivé přístroje (Tabulky 1-4) a společné minimální technické parametry pro všechny přístroje (Tabulka 5).

Dodavatel v tabulkách doplní konkrétní hodnotu parametru jím nabízeného přístroje, případně potvrdí (doplněním "ANO"), že parametry jím nabízených přístrojů splňují uvedené požadavky.

Tabulka 1: Stereo skener

#	Parametr	Požadovaná hodnota	Nabízená hodnota
<i>Obecné požadavky</i>			
1.	rozlišení detekčních kamer	min. 2x8 Mpx	
2.	rozměr přístroje	max. 400x250x250 mm	
3.	hmotnost přístroje	max. 5 kg	
4.	skener pracuje na principu projekce pruhů světla	ANO	ANO
5.	velikost měřené oblasti ve vzdálenosti 500 mm od přístroje	min. 400 x 300 mm	
6.	bezkontaktní identifikace vzdálenosti skeneru od měřeného objektu	ANO	ANO
7.	online softwarová kontrola přesnosti skenování (stavu kalibrace přístroje)	ANO	ANO
8.	přístroj používá modré světlo pro skenování lesklých dílů (z materiálů jako ocel a wolfram)	ANO	ANO
9.	umožňuje polohování a sledování komponent v reálném čase	ANO	ANO
10.	možnost měření pomocí kontaktní dotykové sondy	ANO	ANO
11.	možnost měření ve spárách a úzkých mezerách	ANO	ANO
12.	možnost selektivní úpravy proužkové projekce na povrch těles v místech se zvýšenou odrazivostí	ANO	ANO
13.	značky pro skener jsou použitelné i pro Fotogrammetrický a Sledovací stereo systém	ANO	ANO
14.	akceptační certifikát dodaného kusu přístroje dle VDI 2634 část 3	ANO	ANO
<i>Přesnost</i>			
15.	volumetrická přesnost dle VDI 2634 část 3 (Length measurement error)	$P < 0.025 \text{ mm}$	
16.	volumetrická přesnost dle VDI 2634 část 3 (Length measurement error) ve zmenšeném objemu měření	$P < 0.01 \text{ mm}$	
<i>Dodané příslušenství</i>			
17.	kontaktní sonda pro dotykové měření ve vzdálenosti ~500 mm od přístroje, dotyková kulička s průměrem max. 3 mm	ANO	ANO
18.	značky, nutné pro největší přesnost použití měřicího zařízení na ploše min. 5 m ²	ANO	ANO

19.	příslušenství umožňující měření rovinných povrchů s maximální přesností na ploše min. 5 m ² (tj. přípravky pro umístění značek do prostoru nad plochu, tak aby se minimalizovala kumulace chyby měření v 1 rovině)	ANO	ANO
20.	kompletní sada kalibračních etalonů, nezbytných pro pořízení nejpřesnějších měření	ANO	ANO
21.	stativ s vertikálně polohovatelným uchýtem a ramenem, umožňujícím posouvání a otáčení připevněného přístroje kolem vertikální a horizontální osy. Minimalní výška 2 m	ANO	ANO

Tabulka 2: Ruční skener

#	Parametr	Požadovaná hodnota	Nabízená hodnota
<i>Obecné požadavky</i>			
1.	plně ovladatelný jednou rukou	ANO	ANO
2.	nepotřebuje jiné zařízení pro sledování polohy skeneru vůči skenovanému předmětu (krom měřících značek)	ANO	ANO
3.	hmotnost skeneru	max 1.5 kg	
4.	rozměry zařízení	max. 150x200x400 mm	
5.	skenování barevných, černých i lesklých povrchů bez nutnosti tyto povrchy upravovat	ANO	ANO
6.	skenování barevných, černých i lesklých povrchů s maximální přesností	ANO	ANO
7.	možnost kabelového připojení	ANO	ANO
8.	akceptační certifikát dodaného kusu přístroje dle VDI/VDE 2634 část 3	ANO	ANO
<i>Přesnost</i>			
9.	dosažitelná volumetrická přesnost VDI/VDE 2634 část 3	$P_v \leq 0.02 \text{ [mm]} + 0.04 \text{ [mm/m]}$	
<i>Dodané příslušenství</i>			
10.	značky, nutné pro největší přesnost použití měřícího zařízení pro měření na ploše minimálně 5 m ²	ANO	ANO
11.	příslušenství umožňující měření rovinných povrchů s maximální přesností na ploše min. 5 m ² (tj. přípravky pro umístění značek do prostoru nad plochu, tak aby se minimalizovala kumulace chyby měření v 1 rovině)	ANO	ANO
12.	všechny referenční etalony (jako normály, scale bary atp.) nezbytné pro nej přesnější měření přístroje	ANO	ANO

Tabulka 3: Sledovací stereo systém

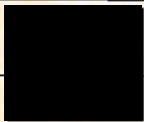
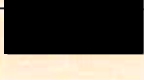
#	Parametr	Požadovaná hodnota	Nabízená hodnota
<i>Obečné požadavky</i>			
1.	Sledovací stereo systém je kompatibilní s Fotogrammetrickým systémem a jejich kombinace umožňuje měření a dynamické sledování systémů na prostorových škálách ~10 m (s využitím společných metrologických značek)	ANO	ANO
2.	umožňuje statické a dynamické měření pro polohování a vyrovnání komponent	ANO	ANO
3.	umožňuje sledování pohybujících se objektů v reálném čase	ANO	ANO
4.	rozlišení detekčních kamer	min. 2x12 Mpx	
5.	snímková frekvence kamer při plném rozlišení	min. 25 Hz	
6.	zvýšená snímková frekvence při redukci velikosti snímané oblasti	min. 100 Hz	
7.	délka kabelu pro propojení s PC	min. 10 m	
8.	kontaktní měření sondou je bezdrátové	ANO	ANO
9.	akceptační certifikát dodaného kusu přístroje dle VDI 2634 část 1	ANO	ANO
10.	rozsah kalibrační oblasti (zorného pole) ve vzdálenosti max. 5 m od přístroje	min. 5x4 m	
<i>Přesnost</i>			
11.	přesnost měření vzdálenosti dvou bodů ležících na rovině vzdálené 5 m od přístroje	$P < 0,2 \text{ mm}$	
<i>Dodané příslušenství</i>			
12.	kontaktní sonda pro dotykové měření ve vzdálenosti ~3-5 m od přístroje, dotyková kulička s průměrem max. 10 mm	ANO	ANO
13.	3 m vysoký stativ s vertikálně polohovatelným uchýtem a ramenem s délkou minimálně 1 m, umožňujícím posouvání a otáčení připevněného přístroje kolem vertikální a horizontální osy	ANO	ANO
14.	značky nutné pro měření s nejvyšší přesností společně pro Fotogrammetrický a Sledovací stereo systémy	min. 1000 ks	
15.	kompletní sada referenčních etalonů (normály, scale bary atp.), nezbytných pro nejpřesnější měření objektů ve velikosti 0.5 - 5m	ANO	ANO


16.	kompletní sada kalibračních etalonů, nezbytných pro pořízení nejpřesnějších měření	ANO	ANO
-----	--	-----	-----

Tabulka 4: Fotogrammetrický systém

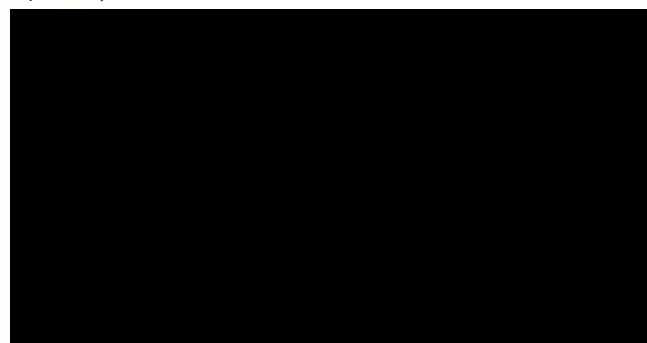
#	Parametr	Požadovaná hodnota	Nabízená hodnota
<i>Obecné požadavky</i>			
1.	Full Frame snímač	ANO	ANO
2.	rozlišení snímače	min. 18 Mpx	████████
3.	ohnisková vzdálenost objektivu	≤ 28 mm	████████
4.	minimální vzdálenost přístroje od měřeného objektu	≤ 0,5 m	████████
5.	možnost bezdrátového přenosu dat do PC	ANO	ANO
6.	podporuje kódované značky	ANO	ANO
7.	podporuje nekódované značky	ANO	ANO
8.	možnost manuálního nastavení fotoaparátu	ANO	ANO
9.	akceptační certifikát dodaného kusu přístroje dle VDI/VDE 2634 část 1	ANO	ANO
<i>Přesnost</i>			
10.	přesnost dle VDI/VDE 2634 část 1 dosažitelná při měření objektů ze vzdálenosti L = 1000 mm	$P \leq 0,03 \text{ mm}$	ANO
<i>Dodané příslušenství</i>			
11.	kódované značky pro Fotogrammetrický systém	ANO	ANO
12.	kompletní sada referenčních etalonů (normály, scale bary atp.), nezbytných pro nejpřesnější měření objektů ve velikosti 0.5-10m	ANO	ANO
13.	kompletní sada kalibračních etalonů, nezbytných pro pořízení nejpřesnějších měření	ANO	ANO
14.	teleskopická tyč s dálkovým ovládním spouště fotoaparátu s délkou minimalně 2 m	ANO	ANO

Tabulka 5: Společné požadavky

#	Parametr	Požadovaná hodnota	Nabízená hodnota
<i>Počítače</i>			
1.	součástí dodávky je laptop připravený pro měření s libovolným z nabízených zařízení	ANO	ANO
2.	součástí dodávky je výkonná pracovní stanice připravená pro měření s libovolným z nabízených zařízení a pro práci s velkými CAD sestavami v Catia v5 (~10 tis. dílů, Catia v5 není součástí dodávky). Součástí je monitor a ostatní potřebný hardware. PC s příslušenstvím osazené v pojízdném racku/boxu. CPU min. 6 jader, grafická karta min. 6 GB paměti, SSD disk min. 1 TB, min. 32 GB RAM, Windows 10	ANO	ANO
<i>Dodané příslušenství</i>			
3.	ke každému přístroji bude dodán transportní kufřík vhodný pro leteckou přepravu	ANO	ANO
4.	metrologické značky všech přístrojů jsou vhodné pro použití na nemagnetických materiálech	ANO	ANO
<i>Software</i>			
5.	vhodný k provozu přístroje a zaznamenávání naměřených hodnot	ANO	ANO
6.	umožňuje nastavení a kalibrace přístrojů	ANO	ANO
7.	umožňuje sledování pohybu referenčních bodů a polohování dílů v reálném čase	ANO	ANO
8.	umožňuje porovnání naměřených dat s CAD modelem a provedení automatické analýzy odchylek	ANO	ANO
9.	umožňuje výpočet 3D souřadnic a transformace jednotlivých záběrů do společného souřadného systému pomocí referenčních značek	ANO	ANO
10.	umožňuje výpočet polygonální 3D sítě, její editaci a export	ANO	ANO
11.	možnost exportu souřadnic naměřeného mračna bodů v otevřeném formátu (textový soubor, CSV apod.)	ANO	ANO
12.	podporuje import CAD dat v nativních formátech CATIA v5-6 a ve standardních formátech jako .STP	ANO	ANO
13.	doba bezplatné aktualizace softwaru včetně CAD překladačů	min. 12 měsíců	
14.	doba bezplatné technické podpory telefonicky nebo on-line	min. 12 měsíců	

15.	počet licencí pro každý licencovaný software dodávaný k přístrojům	min. 1	
16.	umožňuje provoz kombinace libovolných 2 poptávaných přístrojů zároveň (za pomoci laptopu a pracovní stanice - viz výše)	ANO	ANO
<i>Kalibrace přístrojů</i>			
17.	dostupná kalibrace a servis přístrojů v termínech do 3 týdnů	ANO	ANO
<i>Školení</i>			
18.	vyškolení až 4 pracovníků zadavatele pro obsluhu a údržbu přístroje včetně obsluhy software v rozsahu minimálně 1 den/1 přístroj	ANO	ANO

Opraveno 12. 10. 2022



MCAF Systems, s.r.o.
 Knínická 1771/6, 664 34 Kufim
 DIČ: CZ60755431
 Tel.: 549 128 811
 Fax: 549 128 812