

Diplomová práce

Vývoj přídatného pásmového osnovního systému pro tkací stroje

Studijní program:

N0715A270019 Konstrukce strojů a zařízení

Autor práce:

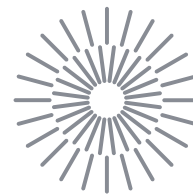
Bc. Vojtěch Ondráček

Vedoucí práce:

Ing. Šimon Kovář, Ph.D.

Katedra textilních a jednoúčelových strojů

Liberec 2024



Zadání diplomové práce

Vývoj přídatného pásmového osnovního systému pro tkací stroje

Jméno a příjmení:

Bc. Vojtěch Ondráček

Osobní číslo:

S21000242

Studijní program:

N0715A270019 Konstrukce strojů a zařízení

Zadávací katedra:

Katedra textilních a jednoúčelových strojů

Akademický rok:

2023/2024

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši osnovních systémů.
2. Navrhněte konstrukční uspořádání přídatného pásmového osnovního systému pro tkací stroje.
3. Proveďte dynamickou analýzu subsystému u navržené konstrukce a kontrolní výpočty vybraných komponent.
4. Vypracujte výrobní dokumentaci.

Rozsah grafických prací: výkresová dokumentace
Rozsah pracovní zprávy: 35 stran
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: čeština

Seznam odborné literatury:

- [1] DVOŘÁK, Josef, Martin BÍLEK a Petr TUMAJER. Mechanické modely tkaní. Liberec: VÚTS, 2016. ISBN 978-80-87184-68-4.
- [2] TUMAJER, Petr, Martin BÍLEK a Josef DVOŘÁK. Základy tkaní a tkací stroje. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-215-0.
- [3] DVOŘÁK, Josef, Petr KAREL a Josef ŽÁK. *Study of interactions between weaving process and weaving machine systems*. Přeložil Emanuela RYDLOVÁ. Liberec: VÚTS, 2018. ISBN 978-80-87184-83-7.
- [4] L. PEŠÍK. Části strojů: stručný přehled. Díl 1 / Vyd. 2. Liberec: Technická univerzita, 2001. ISBN 80-7083-584-2
- [5] L. PEŠÍK. Části strojů: stručný přehled. Díl 2 / Vyd. 2. Liberec: Technická univerzita, 2005. ISBN 80-7083-608-3
- [6] H. Meerkamm. Technical pocket guide. University of Erlangen-Nuremberg. Schaeffler Technologies GmbH & Co.KG, 1st edition, March 2014.

Vedoucí práce: Ing. Šimon Kovář, Ph.D.
Katedra textilních a jednoúčelových strojů

Datum zadání práce: 21. listopadu 2023
Předpokládaný termín odevzdání: 31. května 2025

L.S.

doc. Ing. Jaromír Moravec, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D.
garant studijního programu

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Poděkování

Především bych chtěl poděkovat konzultantovi mé diplomové práce, Ing. Petru Karlovi Ph.D., za podporu, mnoho užitečných rad a téměř nekonečnou trpělivost.

Můj vděk též patří vedoucímu mé diplomové práce, Ing. Šimonovi Kovářovi Ph.D., jehož cenné rady byly obohacující nejen pro tuto práci ale i pro mne samotného.

Vývoj přídatného pásmového osnovního systému pro tkací stroje

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je návrh konstrukce přídatného pásmového osnovního válu pro tkací stroje. Standardní osnovní vál neumožňuje individuální regulaci napětí osnovních nití. Použití více druhů vlákenných materiálů či nastavení různých provozních parametrů pro vybrané nitě je tedy prakticky nemožné. Autonomní, přemístitelný osnovní vál malých rozměrů poskytne možnost dodávky odlišných osnovních nití a oddělenou nastavitelnost provozních parametrů. Operativní řešení defektů, provozní experimenty a pohotové reakce na požadavky zákazníků se díky tomuto zařízení stávají dostupnými. V rámci této práce byl zhotoven konstrukční návrh zařízení včetně veškeré výrobní dokumentace. Vybrané konstrukční uzly byly podrobeny výpočetním kontrolám.

Klíčová slova

tkací stroj, svůrka, osnova, osnovní vál, osnovní regulátor

Development of auxiliary narrow warp feed system for weaving machines

Abstract

The objective of this thesis is to develop and design an auxiliary warp system for weaving machines. Standard weaving machine warp beam systems do not allow individual control of warp yarns. Usage of multiple yarn types or process parameter settings for select yarns is next to impossible. An autonomous, mobile narrow warp beam system will be able to deliver a different type of yarn into the weaving process, while also allowing for independent process parameter adjustments. Readily available defect solutions, production experiments and expedient reactions to customer requirements are possible thanks to this device. This thesis consists of a complete design of the system, including all necessary production documentation. Select functional subsystems were subjected to computational analyses.

Keywords

weaving machine, backrest, warp, warp beam, warp let-off motion

Obsah

Úvod.....	12
1 Rešerše.....	13
1.1 Tkanina, osnova	13
1.2 Osnovní vál.....	14
1.2.1 Středová trubka	14
1.2.2 Čela osnovního válu.....	14
1.3 Osnovní regulátor	15
1.3.1 Pasivní osnovní regulátory.....	15
1.3.2 Aktivní osnovní regulátory	16
1.4 Osnovní svůrka	18
1.4.1 Pevná osnovní svůrka	18
1.4.2 Volná osnovní svůrka	18
1.4.3 Osnovní svůrka s nuceným pohybem	19
1.4.4 Speciální bezválečkové svůrky s vysokou vlastní frekvencí	20
1.5 Osnovní zarážka.....	22
1.5.1 Lamelová osnovní zarážka mechanická.....	22
1.5.2 Lamelová osnovní zarážka elektrická.....	22
1.5.3 Optická osnovní zarážka	23
1.6 Osnovní kříž.....	23
1.7 Tenzometrické snímače.....	23
1.8 Příklad přidavných osnovních systémů – společnost Crealet.....	24
2 Realizace návrhu	25
2.1 Formulace požadavků na funkci.....	25
2.2 Požadované funkční pod sestavy	26
2.3 Základní koncept rozložení.....	27
2.3.1 Verze 1	27
2.3.2 Verze 2	28
2.4 Konstrukční řešení	29
2.4.1 Osnovní vál	31
2.4.2 Rámová konstrukce.....	32
2.4.3 Sestava tenzometrů	33
2.4.4 Sestava osnovního kříže a zarážky	34
2.4.5 Sestava kompenzátoru prošlupných změn.....	35

2.4.6	Snímač průměru návínů	36
2.4.7	Elektronika, elektrotechnika	37
2.5	Návrh osnovního regulátoru	38
2.5.1	Výběr kombinace servomotoru a převodovky	39
2.5.2	Elektronické řízení osnovního regulátoru	41
3	Kontrolní výpočty.....	42
3.1	Modální analýza kompenzátoru pomocí MKP	42
3.1.1	Výsledky modální analýzy.....	43
3.2	Výpočet frekvenční odezvy kompenzátoru	44
3.2.1	Sestavení výchozích rovnic.....	45
3.2.2	Zjednodušený výpočetní model	46
3.2.3	Dopočet tuhosti pružiny a redukované hmoty	47
3.2.4	Dopočet tuhosti a redukované hmoty	48
3.2.5	Tahová tuhost osnovních nití	49
3.2.6	Výsledky výpočtu	51
3.2.7	Závěry výpočtu	54
3.3	Kontrola svěrného spoje kompenzátoru	55
3.3.1	Případ příznivého rozložení tlakového působení.....	56
3.3.2	Případ nepříznivého rozložení tlakového působení	57
3.4	Optimalizace průhybu hrazdy tenzometrů.....	58
3.4.1	Analytický výpočet	58
3.4.2	Výsledky výpočtu ve wxMaxima	61
3.4.3	Porovnání tvarů průhybů.....	62
3.4.4	Statická a citlivostní analýza pomocí MKP	63
3.4.5	Výsledky citlivostní analýzy.....	64
3.4.6	Výsledek statické analýzy.....	65
3.5	Modální analýza sestavy tenzometrů.....	65
3.5.1	Výsledky modální analýzy.....	66
4	Závěr.....	67
4.1	Závěry z tvorby rešerše.....	67
4.2	Závěry z průběhu konstrukce.....	67
4.3	Závěry z výpočetních kontrol	68
4.4	Stav konstrukce k 17.5.2024.....	69
	Použitá literatura.....	71
	Seznam příloh	72

Seznam zkratek

F_t	tahová síla v osnově	[N]
F_0	tahová síla v osnově při podmínce $v_t = v_o$	[N]
C	integrační konstanta	[–]
v_t	rychlost odtahu tkaniny	[m · s ⁻¹]
v_o	rychlost dodávky osnovy	[m · s ⁻¹]
r_o	poloměr návínu osnovy	[mm]
ω_o	úhlová rychlost osnovního válu	[rad · s ⁻¹]
M_{kmax}	maximální kroutící moment osnovního regulátoru	[Nm]
d_{max}	maximální průměr návínu	[mm]
n_{max}	maximální otáčky osnovního regulátoru	[min ⁻¹]
d_{min}	minimální průměr návínu	[mm]
M_k	kroutící moment osnovního regulátoru	[Nm]
ΔF	rozdíl mezi skutečnou a požadovanou tahovou silou	[N]
F_s	skutečná tahová síla v osnově	[N]
F_p	požadovaná síla v osnově	[N]
u	regulační odchylka	[–]
K_p	regulační konstanta proporcionální	[–]
K_I	regulační konstanta integrační	[–]
Δv	rozdíl mezi rychlostí odtahu tkaniny a dodávky osnovy	[m · s ⁻¹]
h	zdvih listů	[mm]
τ	natočení hlavního hřídele tkacího stroje	[°]
n	otáčky hlavního hřídele	[min ⁻¹]
t	čas	[s]
ΔL	prošlupní změna délky osnovy	[mm]
a_1	délka osnovy od listu k příraznému bodu závislá na zdvihu	[mm]
a_2	délka osnovy od svůrkového válce k listu závislá na zdvihu	[mm]
L_0	vzdálenost svůrkového válce od přírazného bodu	[mm]
L_1	vzdálenost listu od přírazného bodu	[mm]
L_2	vzdálenost listu od svůrkového válce	[mm]
m	redukovaná hmotnost pohyblivé hmoty kompenzátoru	[kg]
k_k	tuhost kompenzační pružiny	[N · m ⁻¹]
k_n	tahová tuhost osnovy	[N · m ⁻¹]
F_v	výpočtová síla	[N]
f_0	vlastní frekvence kompenzační pružiny	[Hz]
F_{zk}	zkušební síla tahové zkoušky	[cN]
Δl	protažení nitě	[mm]
k	tahová tuhost nitě	[N · m ⁻¹]
E	Youngův modul	[MPa]

S	plocha průřezu nitě	$[mm^2]$
k_1	tuhost zkušební nitě při délce 500 mm	$[N \cdot m^{-1}]$
k_2	přepočítaná tuhost nitě	$[N \cdot m^{-1}]$
k_i	tahová tuhost i-té nitě	$[N \cdot m^{-1}]$
p_n	počet osnovních nití	$[-]$
F_{komp}	výpočtová síla působící na kompenzační pružinu	$[N]$
M_{komp}	kroučící moment působící na svěrné spoje kompenzátoru	$[Nm]$
H	výška kompenzační pružiny	$[m]$
M_T	třecí moment	$[Nm]$
k_w	bezpečnostní koeficient svěrného spoje	$[-]$
p	tlakové působení svěrného spoje	$[MPa]$
f	koeficient tření ve svěrném spoji	$[-]$
l	délka svěrného spoje	$[mm]$
d_p	průměr náboje svěrného spoje	$[mm]$
M_u	utahovací moment	$[Nm]$
F_Q	předpětí šroubu	$[kN]$
d_2	střední průměr závitu	$[mm]$
γ	úhel stoupání závitu	$[^\circ]$
ϕ'_z	třecí úhel závitu	$[^\circ]$
f_p	koeficient tření pod hlavou šroubu	$[-]$
D_p	střední průměr styčných ploch	$[mm]$
p_{min}	minimální tlakové působení svěrného spoje	$[MPa]$
F_M	montážní síla šroubového spoje	$[kN]$
M_{umax}	maximální utahovací moment šroubu	$[Nm]$
q	spojité zatížení	$[N \cdot m^{-1}]$
l_1	délka hrazdy tenzometrů	$[mm]$
l_2	délka spojitého zatížení na hrazdě tenzometrů	$[mm]$
a	rozteč svěrných spojů hrazdy tenzometrů	$[mm]$
R_A	silová reakce v bodě A	$[N]$
R_B	silová reakce v bodě B	$[N]$
R	silová reakce	$[N]$
M	ohybový moment	$[Nm]$
y_I	průhyb v úseku I	$[mm]$
y_I'	sklon v úseku I	$[rad]$
y_{II}	průhyb v úseku II	$[mm]$
y_{II}'	sklon v úseku II	$[rad]$

Úvod

Předmětem této diplomové práce je konstrukční návrh přídatného pásmového osnovního systému pro tkací stroje. Toto zařízení umožní autonomní dodávku úzkého pásma osnovních nití do tkacího procesu, přičemž mohou být využity odlišné pracovní parametry či odlišný materiál osnovních nití oproti zbytku tkané šíře. Tato funkce je využitelná při provozních experimentech nebo při operativním řešení nevyhovující jakosti produktu.

V úvodní části práce bude provedena rešerše osnovních systémů a jejich součástí. Následně bude vypracován konstrukční návrh zařízení. Vybrané konstrukční uzly budou podrobeny početním kontrolám.

1 Rešerše

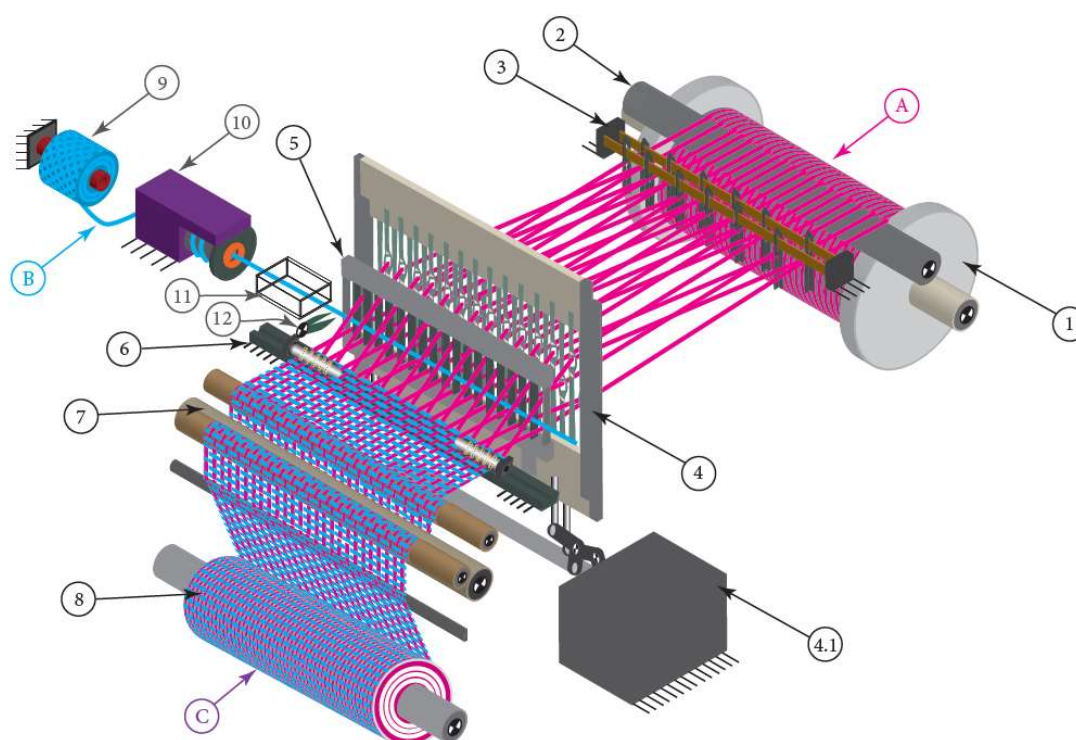
Teoretická část této diplomové práce se bude věnovat rešerši osnovních systémů. Budou stručně popsány jednotlivé funkční prvky těchto systémů a budou uvedeny příklady moderních i historických konstrukčních řešení.

1.1 Tkanina, osnova

Tkaninu definujeme jako plošnou textilií, složenou z jedné nebo více soustav podélných nití a z jedné nebo více soustav příčných nití, provázaných vzájemně v kolmém směru. Podélné nitě se nazývají osnovní, příčná nit se nazývá útek. [1, s.10]

Osnovní systém tkacího stroje dopravuje osnovní nitě do tkací roviny a řídí napjatost osnovních nití.

Osnovní systémy tkacích strojů se skládají z několika funkčních podsestav, které plní specifické funkce nutné pro optimální průběh tkacího procesu. V této kapitole budou tyto podsystemy blíže popsány.



Legenda:

A - osnova	1 - osnovní vál	4 - soustava listů s nitěnkami	9 - útková cívka
B - útek	2 - osnovní svěrka	4.1 - skříň prošlupního mechanismu	10 - odvíječ nebo odměřovač
C - tkanina	3 - osnovní zarážka	5 - paprsek	11 - umístění prohozního mech.
		6 - přírazná lišta a rozpínky	12 - nůžky
		7 - odtah tkaniny	
		8 - zbožový vál	

Obr. 2.1 Základní uspořádání bezčlunkového tkacího stroje, zdroj [1]

1.2 Osnovní vál

Osnovní nitě jsou rovnoběžně navinuty na osnovní vál. Osnovní vál se skládá z jedné středové trubky a dvou krajových čel. Vzdálenost čel vymezuje šíři osnovy. [1, s.66]

Podle Talaváška [2, s.92] musí osnovní vál být dostatečně pevný a tuhý, aby udržel tíhu navinuté osnovních nití a chránil je při manipulaci a přepravě.

1.2.1 Středová trubka

Svatý [3, s.100] uvádí základní rozměry osnovních válu a důvody pro rozsahy velikostí těchto konstrukčních parametrů. Obecně platí hodnota minimálního vnějšího průměru středové trubky 120 mm. Při menším průměru trubky by během dotkávání válu byla délka dodávané osnovy v závislosti na otáčkách malá. Pro zachování konstantní dodávky osnovy by bylo nutné příliš rapidně navyšovat otáčky válu. Zároveň se při vyšším vnějším průměru výrazně zvyšuje tuhost v ohybu a krutu. Tloušťka stěny trubky se pohybuje v rozmezí 4 až 12 mm v závislosti na hmotnosti válu a návínu.

K uchycení osnovních nití před začátkem navíjení osnovy jsou středové trubky opatřeny záchytnými otvory nebo výstupky. Dále mohou středové trubky disponovat mělkým závitem pro připevňování krajových čel. [3, s. 100]

1.2.2 Čela osnovního válu

Čela osnovních válu jsou převážně vyráběna z hliníkových slitin. Na středovou trubku mohou čela být připevněna pomocí třmenu nebo závitu na trubce. Čela velkých průměrů bývají odlehčena, jejich tuhost je zachována žebrováním.



Obr. 2.2 Osnovní vál, zdroj [1]

1.3 Osnovní regulátor

Základní podmínkou pro správný průběh procesu tkání je konstantní napjatost osnovních nití. Tahová síla v osnově především závisí na rychlosti dodávky osnovy a rychlosti odtahu zboží, resp. na rozdílu těchto rychlostí.

Během tkání je osnova odvíjena a průměr návínů se tedy zmenšuje. Při konstantní úhlové rychlosti osnovního válu by byla dodávána stále kratší délka osnovy. Úhlová rychlost osnovního válu musí proto být kontinuálně řízena.

Pro výpočet tahové síly v osnově F platí upravený vztah (2.3), kde v_t je rychlost odtahu tkaniny, r_o je poloměr návínů osnovy, ω_o je úhlová rychlost osnovního válu a F_0 je požadovaná napjatost při shodných rychlostech odtahu tkaniny a dodávky osnovy. Je patrné, že pro zachování konstantní tahové síly je nutné souvisle regulovat úhlovou rychlost osnovního válu $\omega_o(t)$.

$$F_t = F_0 + C \cdot \int [v_t - v_o] dt \quad (1.1)$$

$$v_o = r_o \cdot \omega_o \quad (2.2)$$

$$F_t = F_0 + \int [v_t - r_o \cdot \omega_o] dt \quad (2.3)$$

Úkol řízení rychlosti dodávky osnovy plní osnovní regulátory. V následujících článcích budou podrobněji popsány vybraná provedení osnovních regulátorů.

1.3.1 Pasivní osnovní regulátory

Pasivním systémem popuštění osnovy je v podstatě brzda osnovního válu. Pokaždé, když tahová síla osnovy překoná brzdný moment, dojde k pootočení osnovního válu. [3, s. 74]

Jedná se spíše již o historický příklad osnovního regulátoru. Osnovní vály byly brzděny pomocí lana či řetězu. Tyto brzdy vyžadovaly časté ruční nastavování brzdného momentu změnou počtu ovinů lana či řetězu, nebo přestavováním závaží na páce.

Dalším vývojovým stupněm jsou automatické brzdy. Tyto brzdy mění velikost brzdného momentu v reakci na poloze páky, která se přes kladičku dotýká návínů osnovy, čímž mechanicky snímá velikost průměru návínů a nastavuje brzdný moment. [3, s. 76]

1.3.2 Aktivní osnovní regulátory

Moderní tkací stroje využívají zpravidla aktivních osnovních regulátorů. Tato zařízení buď souvisle, nebo periodicky umožňují pootočení osnovního válu. Na rozdíl od pasivních ústrojí jsou aktivní regulátory poháněné. Aktivní osnovní regulátory se dělí na pozitivní a negativní. [2, s. 77, 79]

Pozitivní regulátory dodávají konstantní délku osnovy bez ohledu na tahovou sílu v osnově. Svátý [3, s. 99] uvádí využití pozitivních regulátorů při výrobě tkanin z osnov nízké pevnosti, vyšší napjatosti, nebo při odběru osnovy z více válu či cívečnic.

Moderní tkací stroje využívají výhradně negativní osnovní regulátory. [4, s. 28]

Negativní aktivní regulátory

Negativní aktivní osnovní regulátory podle tahové síly v osnově řídí úhlovou rychlost osnovního válu.

Svátý [3, s. 80 - 99] popisuje mnoho typů negativních osnovních regulátorů. Dle technického provedení zajišťují buď přerušované nebo spojitě otáčení osnovního válu.

Negativní regulátory s přerušovaným pohybem využívají různé funkční principy, např. krokové mechanismy, válečkové spojky, nebo přerušovaně spínané třecí spojky a elektromotory.

K docílení kontinuálního regulovaného pohybu osnovního válce lze využít například variátoru. U variátorů lze spojitě měnit převodový poměr řízením vzdálenosti čel klínové řemenice. V případě osnovního regulátoru je změna vzdálenosti čel vázána na polohu volné svůrky.

Další alternativou pro spojitou řízenou rotaci osnovního válu je hydraulický osnovní regulátor. V tomto případě je polohou volné svůrky ovládáno nastavení regulačního ventilu hydromotoru.

V dnešní době je ale téměř výhradně upřednostňována varianta elektronicky řízeného servomotoru se zpětnovazebnou regulační smyčkou

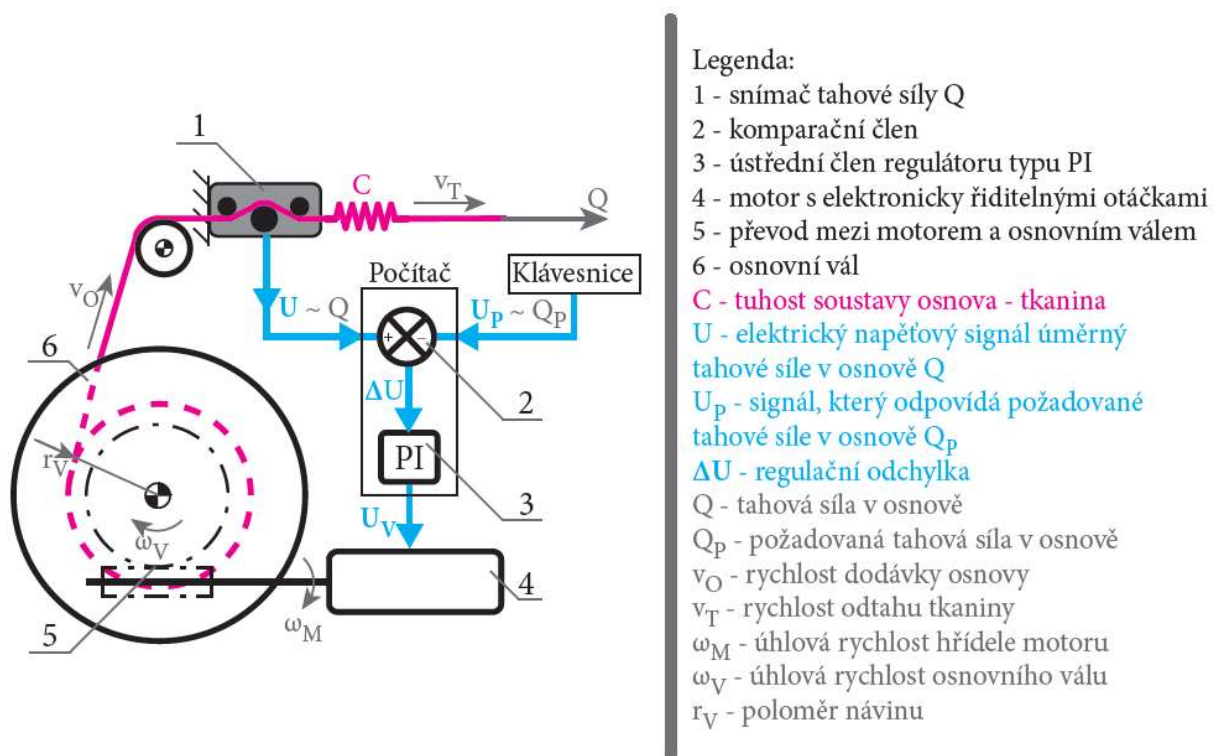
Elektronicky řízené osnovní regulátory

Elektronicky řízený servomotor je v moderní době nejuniverzálnější a nejpraktičtější řešení osnovní regulace.

Obyčejně se tento regulátor skládá ze servomotoru s přibližně lineární napěťovou charakteristikou, resolveru a reduktoru s velkým převodem. Pro řízení otáček servomotoru se používá PID řídicí člen. Požadovaná tahová síla osnovy je zadána do paměti a porovnávána se signálem naměřené tahové síly. [4]

Velkého převodového poměru se pak dosahuje například použitím šnekových soukolí nebo harmonických převodovek. Tyto převodové mechanismy zároveň zajišťují samosvornost.

Pro regulaci je nutné použít minimálně složky P a I, jelikož složka proporcionální reaguje na již zmíněnou regulační odchylku, ale na dlouhodobé změny poloměru návinu reaguje složka integrační. Obvykle se ale používají všechny tři regulační složky, proporcionální, integrační i derivační. [5]



Obr. 2.3 Schéma obvodu elektronického osnovního regulátoru, zdroj [1]

1.4 Osnovní svůrka

Osnovní svůrka především zajišťuje kompenzaci tahových sil v osnově v důsledku prošlupních změn. V některých případech též zajišťuje snímání napětí v osnově, což je úkol přímo vázaný na funkci osnovního regulátoru. Osnovní svůrka může též příznivě ovlivňovat přírazný impuls. [1, s.171]

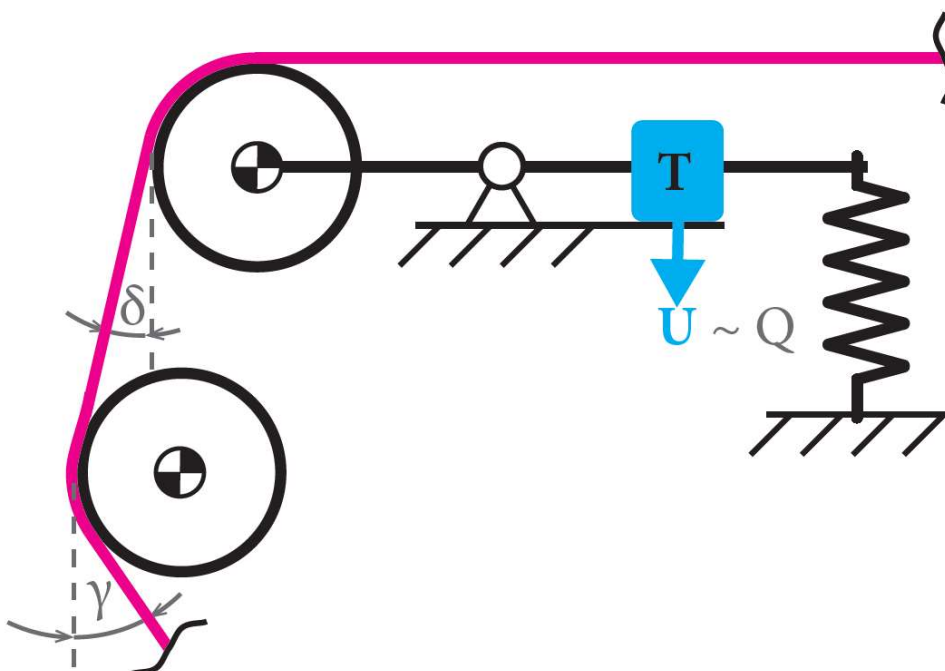
1.4.1 Pevná osnovní svůrka

Za nejzákladnější provedení osnovní svůrky lze považovat přiváděcí válec s pevnou rotační vazbou na rámu. Toto provedení se nazývá pevná svůrka. Nastavitelná poloha válce mění vliv svůrky na napjatost v osnovních nitích. Tato svůrka není ale schopná snímat napětí, kompenzovat tahové síly či jakkoli reagovat na přírazný impuls. [1, s.171]

1.4.2 Volná osnovní svůrka

Umístěním válce na rameno dvojramenné páky a přidáním direkční pružiny na opačné rameno této páky vzniká volná osnovní svůrka. Volná svůrka již do jisté míry dokáže kompenzovat proměnlivou napjatost osnovních nití v důsledku prošlupních změn. [1]

Časově závislá změna poloměru náviny průběžně mění geometrii silového rozkladu na svůrkovém válci. Pokud je požadována funkce snímání tahové síly v osnově pomocí tenzometru, je nutné tento jev eliminovat použitím dvouválečkové svůrky. Úhel opásání na spodním válci je na průměru náviny závislý, ale na horním válci již není průměrem náviny ovlivněn (viz obr. 2.4). [1]

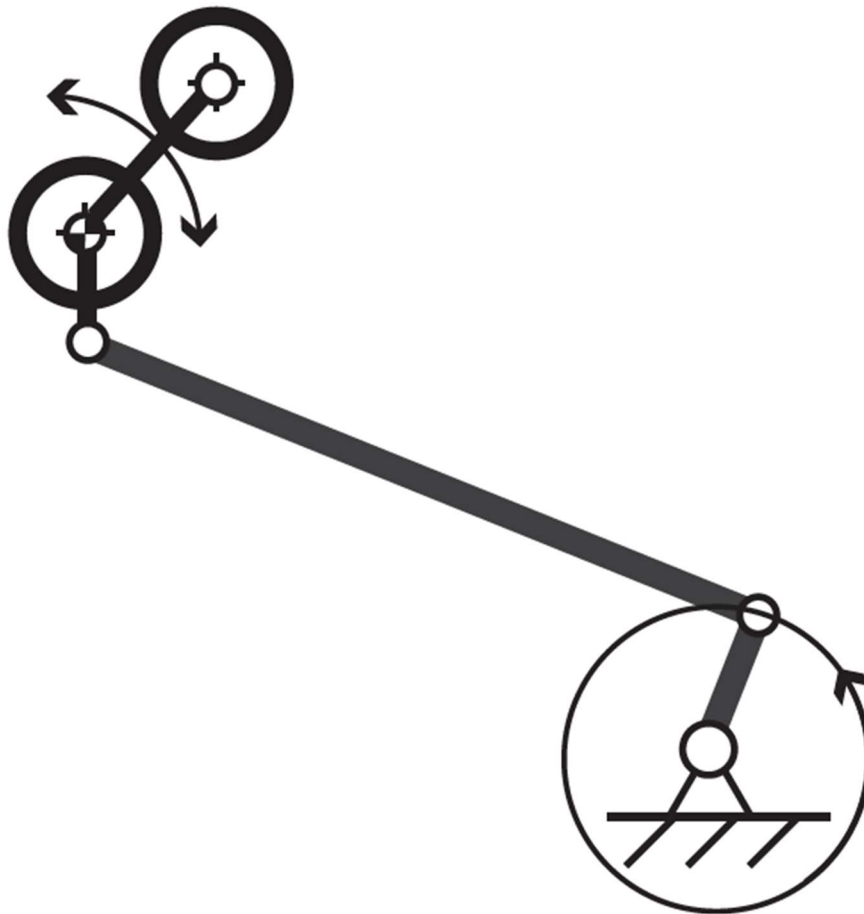


Obr. 2.4 Dvouválečková volná svůrka, zdroj [1]

1.4.3 Osnovní svůrka s nuceným pohybem

Použitím svůrky s nuceným pohonem lze dosáhnout relativně přesně řízené kompenzace prošlupných změn. Svůrka je totiž poháněna hlavní hřídelí pomocí čtyřkloubového mechanismu nebo excentru a její poloha je tedy pevně vázána na natočení hřídele. Tato svůrka zároveň dokáže příznivě ovlivnit přírazový impuls. [1]

Svůrka s nuceným pohybem koná kyvný pohyb. Horní válec svůrky je v momentu otevření prošlupu nejbližší listům. V momentu zástupu listů, kdy je prodloužení osnovních nití nejmenší, se válec nachází v zadní úvrati. [1]



Obr. 2.5 Schéma osnovní svůrky s nuceným pohybem, zdroj [1]

1.4.4 Speciální bezválečkové svůrky s vysokou vlastní frekvencí

Moderní tkací stroje v důsledku stále vyšších nároků na rychlost a efektivitu výroby pracují při vysokých otáčkách hlavního hřídele. Pro vysoké cyklické rychlosti již nejsou válečkové svůrky dostačující a je nutné použít systémy s vyšší vlastní frekvencí.

Vyšších vlastních frekvencí lze dosáhnout zvýšením tuhosti směrní pružiny a snížením hmotnosti svůrky. [5]

Dynamic Warp Guide - Lindauer DORNIER

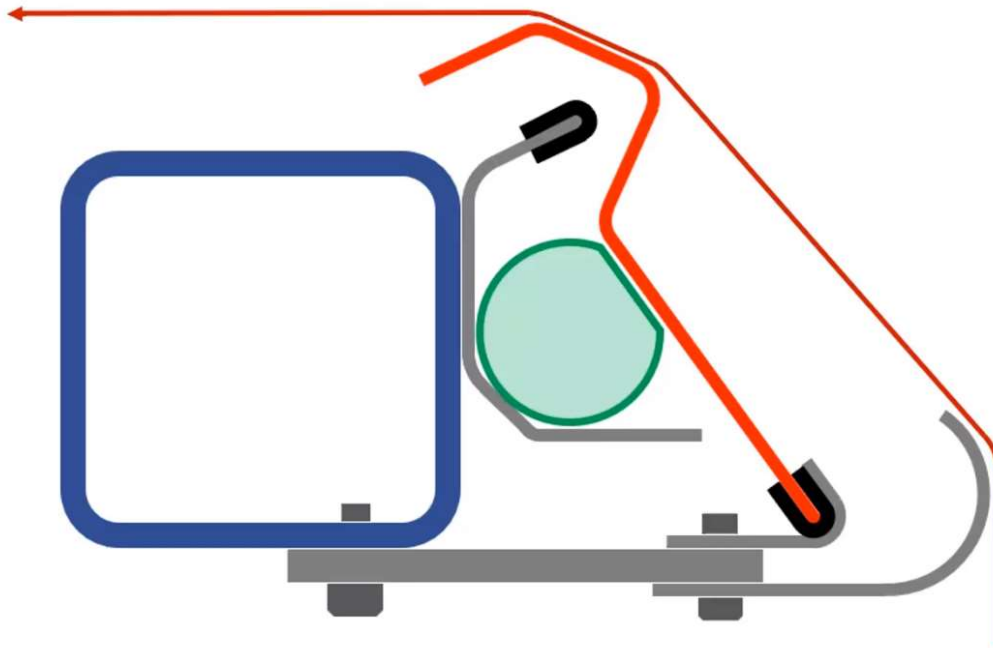
Směrní pružina vytvořená z plechového profilu má dostatečnou tuhost a zároveň velice nízkou hmotnost. Systém Dynamic Warp Guide společnosti Lindauer DORNIER poskytuje možnost tkaní při minimální napjatosti osnovy a maximální rychlosti cyklu.



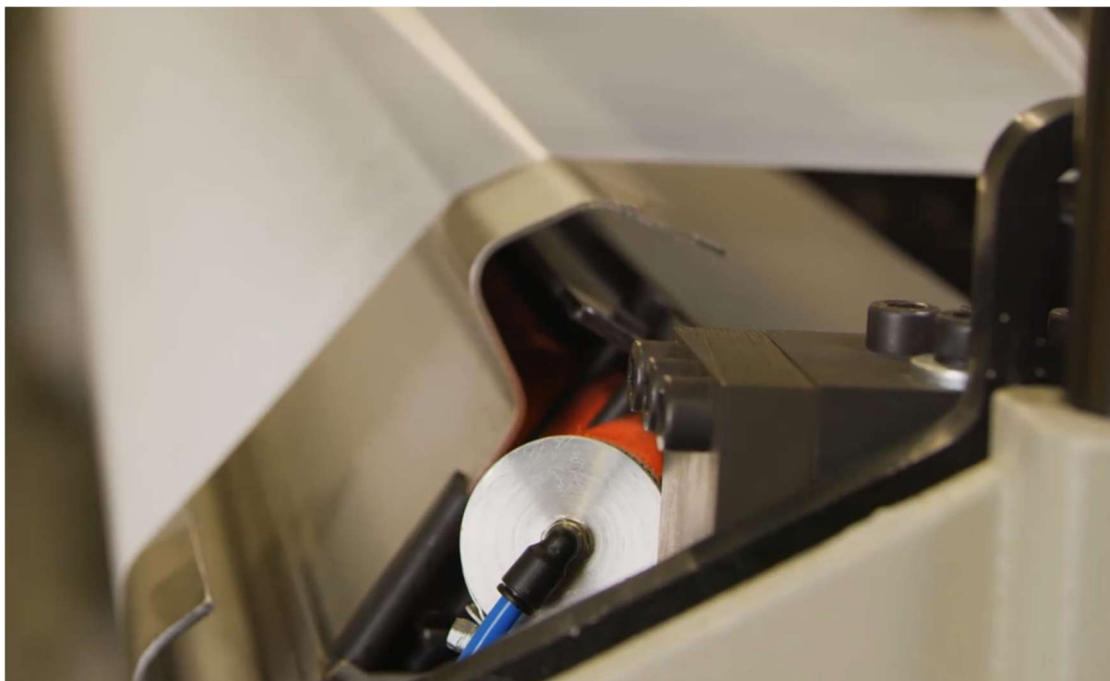
Obr. 2.6 Dynamic Warp Guide, zdroj [6]

Direct Warp Control - Picanol

System Direct Warp Control firmy Picanol umožňuje spojitě nastavování tuhosti ovládním tlaku stlačeného vzduchu v pneumatické pružině ve tvaru hadice. Na rozdíl od svůrkového válce se tento svůrkový systém neprohýbá, jelikož je plechový profil podpíraný pneumatickou pružinou po celé délce stroje, což je obzvláště výhodné pro velké tkané šíře.



Obr. 2.7 Schéma mechanismu Direct Warp Control, zdroj [7]



Obr. 2.8 Mechanismus Direct Warp Control v praxi, zdroj [7]

1.5 Osnovní zarážka

Osnovní zarážka je automatický systém kontroly přetrhu osnovních nití. Při přetrhu se okamžitě zastavuje tkací cyklus. Po zastavení lze nit znovu navázat a obnovit chod stroje. [1]

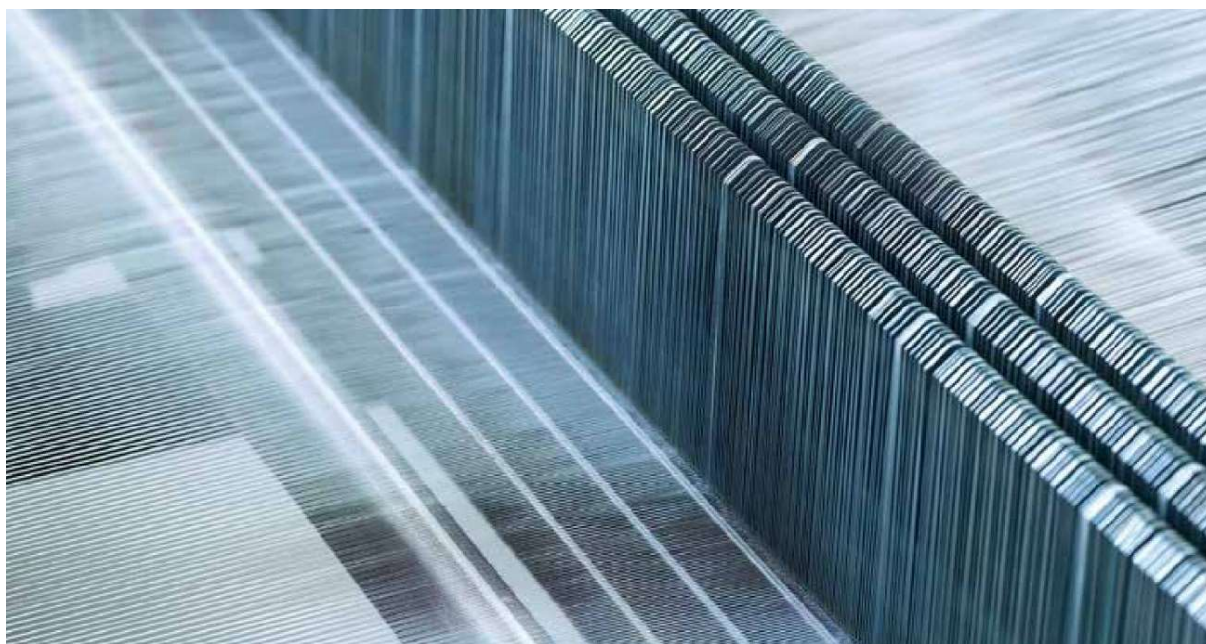
Tímto způsobem se předchází vyrobení velké délky nevyhovující tkaniny a přičinám pro delší odstávku stroje.

1.5.1 Lamelová osnovní zarážka mechanická

Lamely jsou pověšeny na osnovních nitích. Pod lamelami je umístěn nehybný hřeben s výřezy a pohyblivý hřebenový list. Při přetrhu spadne lamela do výřezu a mechanicky zablokuje pohyb hřebenového listu, tím se zastaví cyklus. [3, s.334]

1.5.2 Lamelová osnovní zarážka elektrická

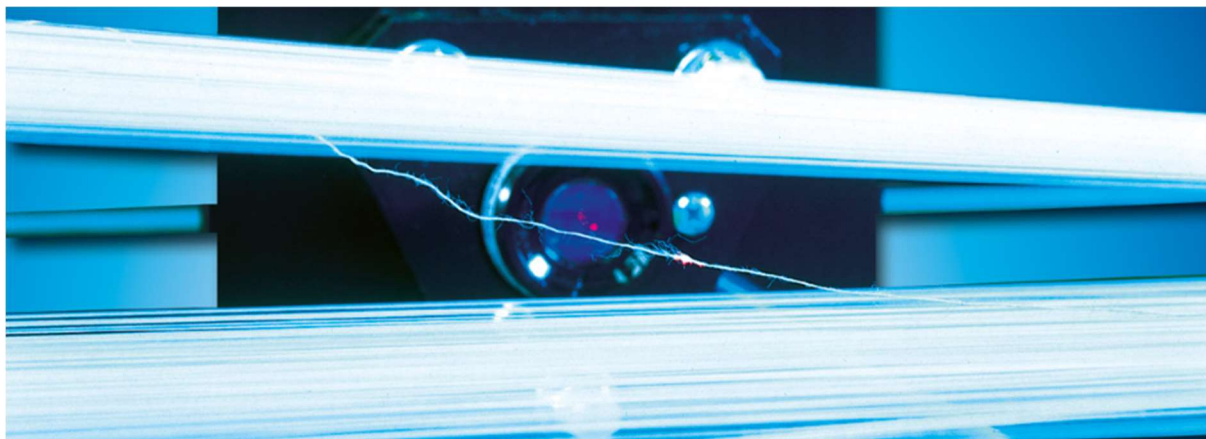
Jedním z nejpoužívanějších provedení osnovní zarážky je elektrická lamelová zarážka. Při přetrhu lamela padá na vodič zvaný „pilka“, přičemž je propojen elektrický obvod a tkací cyklus je nouzově zastaven.



Obr. 2.9 Elektrická lamelová zarážka Groz-Beckert, zdroj [8]

1.5.3 Optická osnovní zarážka

Jako alternativní řešení lze využít optické osnovní zarážky, fungující na principu světelné závoří. V případě přetrhnutí osnovní nit přeruší optický signál mezi vysílačem a přijímačem, přičemž je chod stroje zastaven.



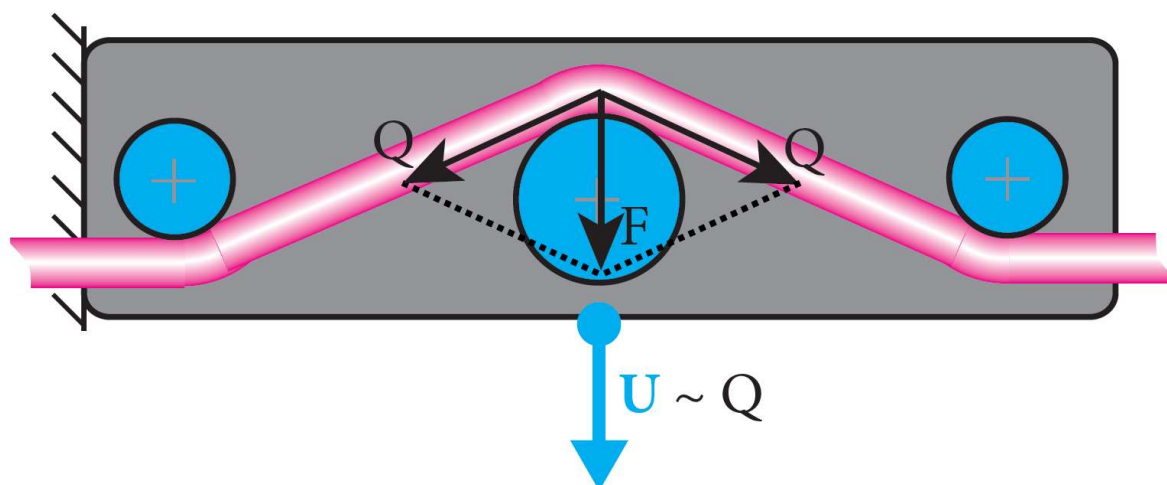
Obr. 2.10 Optická zarážka Protechna 4082, zdroj [9]

1.6 Osnovní kříž

Osnovní křížem je myšlena sestava dvou, někdy více dělicích trubek či tyčí, tzv. křížových činků. Osnovní kříž rozděluje osnovní nitě, které mohou být například spleené či jinak spojené. [2, s.94]

1.7 Tenzometrické snímače

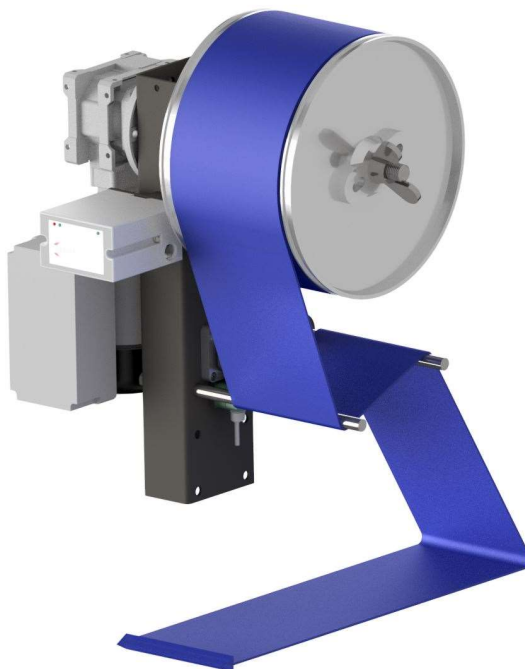
Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.3, negativní aktivní osnovní regulátory potřebují informaci o napjatosti osnovních nití. Tato informace může být převáděna čistě mechanicky, jako například u regulátorů s variátorem či hydromotorem. V případě použití servomotoru je ale zapotřebí číselnicový signál poskytovaný tenzometrickými snímači napětí.



Obr. 2.11 Schéma tenzometrického snímače tahu v osnově, zdroj [1]

1.8 Příklad přídatných osnovních systémů – společnost Crealet

Švýcarská firma Crealet nabízí široký sortiment osnovních systémů. Na trh uvádějí celé standardní osnovní systémy, stojany se dvěma a více osnovními vály, moduly pro snímání napjatosti, modulární konstrukce pro úzké osnovní vály apod. V nabídce jsou také přídatná zařízení pro autonomní ovládání napjatosti okrajových oblastí osnovy. Na obr. 2.12 je příklad systému SOLEX pro oddělenou dodávku okrajových osnovních nití.



Obr. 2.12 Systém SOLEX firmy Crealet, zdroj [10]

2 Realizace návrhu

2.1 Formulace požadavků na funkci

Objektem konstrukčního návrhu je přídavné zařízení na dodávku úzkého pásma osnovy do tkacího procesu.

Při použití jednolitého osnovního válu jsou všechny nitě odvíjeny stejnou rychlostí, bez ohledu na relativní odchylku napjatosti jednotlivých nití. Autonomní dodávání pásma osnovních nití umožní nastavení specifických pracovních parametrů pro pásmo osnovy, čímž dovolí oddělenou kontrolu napjatosti tohoto pásma.

Přídavné osnovní zařízení tak výrazně zvýší flexibilitu tkacího procesu, ať už se jedná o improvizované řešení defektu ve tkanině, provozní experimentaci či reakci na požadavek zákazníka.

Zařízení by mělo být schopné zakomponovat do tkaniny vlákna o vyšší či nižší poddajnosti při správné napjatosti. Bude tím i například umožněno do tkaniny s určitou roztečí zařadit vlákna jiných vlastností.

Konkrétním příkladem aplikace je nezávislé nastavení tahového napětí v okrajových pásmech distanční tkaniny u tkacího stroje DIFA firmy VÚTS. Tímto způsobem lze řešit problém s jakostí tkaniny patrný z obr. 3.1.

Předpokládá se, že nitě budou z pásmového válu vedeny na pevný svůrkový válec tkacího stroje, což je příklad použití u stroje DIFA. Pro stroje s volnou svůrkou či se svůrkou s nuceným pohybem musí být vedení nití dodatečně řešeno jiným způsobem.

Na základě těchto předpokládaných aplikací je založen konstrukční návrh zařízení.



Obr. 3.1 Posunutí krajů distanční tkaniny

2.2 Požadované funkční podsestavy

Přídavný pásmový osnovní systém pro tkací stroje zahrnuje na základě požadavků firmy VÚTS následující funkční podsestavy:

- osnovní vál
- rámová konstrukce
- sestava tenzometrických snímačů
- osnovní kříž
- osnovní zarážka
- kompenzátor prošlupných změn

Po konzultaci se zadavatelem byla stanovena následující fakta:

Návrh samotného osnovního válu je řízen dostupnou technologií snování. Základní parametry pro konstrukci jsou již do jisté míry předem určeny.

Důraz je kladen na flexibilitu a univerzálnost. Zařízení nebude montováno k rámu tkacího stroje. Samonosná a pojízdná rámová konstrukce s možností pevného ustavení polohy patří mezi hlavní požadavky.

Snímání tahové síly je při osnovní regulaci nezbytné. Návrh sestavy snímačů bude kvůli zachování jednotnosti do jisté míry kopírovat design sestav snímačů tkacího stroje DIFA.

Pro kontrolu přetruhu osnovních nití bude použita elektrická lamelová osnovní zarážka.

Kompenzaci prošlupných změn zajistí dynamický kompenzátor, vyrobený z ohýbaného ocelového pásu, jak je tomu například u stroje CAM-EL firmy VÚTS.

2.3 Základní koncept rozložení

2.3.1 Verze 1

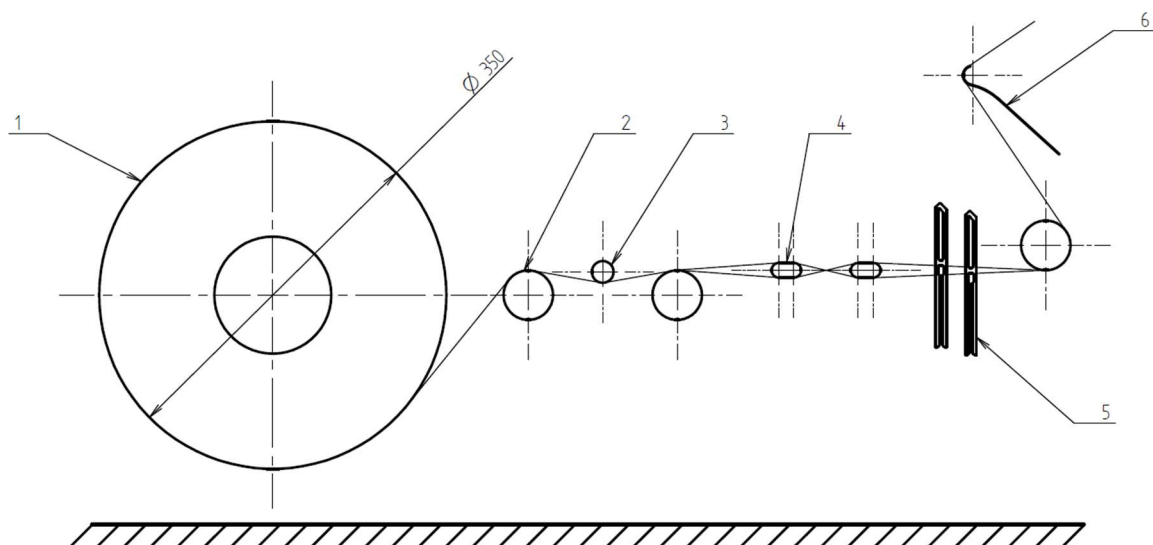
První návrh celkového uspořádání zařízení zahrnuje osnovní vál, tři převáděcí válce, sestavu tenzometrů, osnovní kříž, osnovní zarážku a kompenzátor, viz. obr. 3.2

První převáděcí válec je umístěn tak, aby byly nitě i při nejmenším průměru návinnu vždy v kontaktu s válcem.

Podsestava tenzometrického snímání je koncipována podobně jako na existujících tkacích strojích společnosti VÚTS. Snímače jsou rovnoměrně rozmístěny přes tkanou šíři a svěrnými spoji připevněny na tenkostěnnou ocelovou trubku, tzv. „hrazdu“. Osnovní nitě působí silou na hrazdu, která sílu přenáší na snímače. Výslednice síly na hrazdě tenzometru musí směřovat přímo svisle směrem k snímačům, jinak by měřené hodnoty mohly být výrazně zkreslené. Úhel opásání na hrazdě tenzometrů je 20° , při větším úhlu opásání hrozí nežádoucí otírání nití o svěrné spoje. Umístění sestavy tenzometrů tedy do značné míry ovlivňuje celé konstrukční uspořádání. Zde je úhel opásání pevně určen dvěma převáděcími válci.

Z posledního válce jsou nitě vedeny přes kompenzátor do tkacího stroje.

Po konzultaci bylo navrženo několik úprav. Hlavním záměrem byla minimalizace hlavních rozměrů a zlepšení ergonomie obsluhy.



Obr. 3.2 Základní schéma zařízení, verze 1

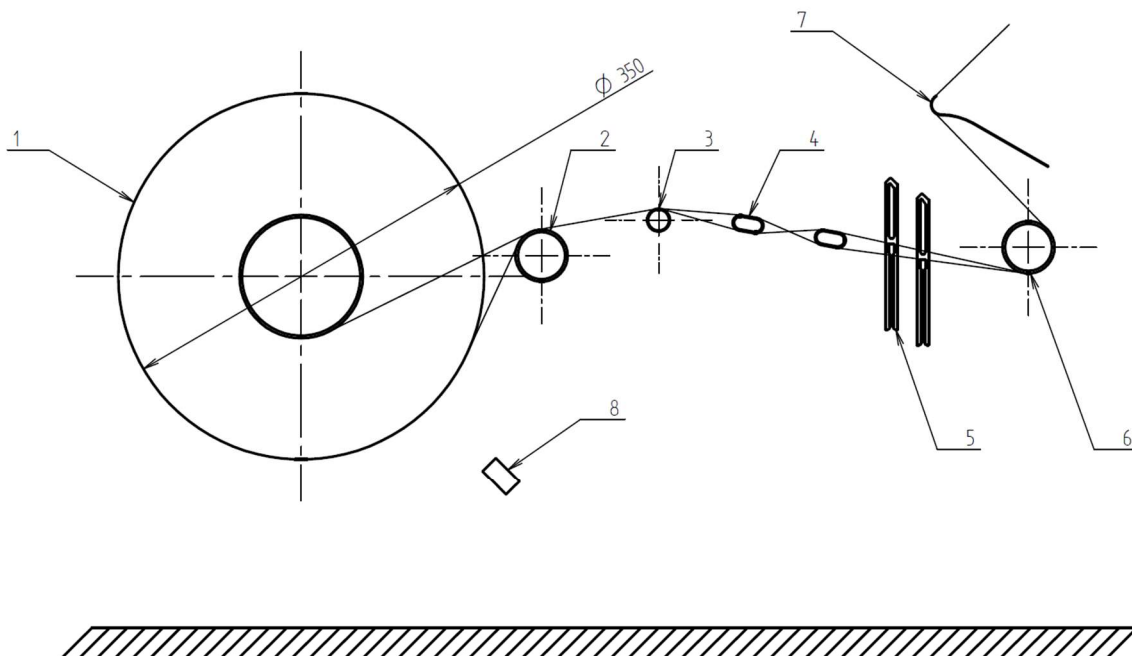
1 - osnovní vál, 2 - převáděcí válec, 3 - sestava tenzometrických snímačů, 4 - osnovní kříž, 5 - osnovní zarážka, 6 - dynamický kompenzátor prošlupných změn

2.3.2 Verze 2

Na základě připomínek byla vyhotovena verze číslo 2, viz. obr. 3.3.

Aby bylo zařízení co nejkompaktnější, byl odebrán jeden ze tří převáděcích válců, čímž byla změněna geometrie vedení nití. Nítě jsou z osnovního válu vedeny přes první převáděcí válec, dále přes hrazdu sestavy tenzometrů (na obr. 3.3 pozice č. 3), skrz sestavu kříže a zarážky a okolo druhého převáděcího válce na kompenzátor. Od kompenzátoru jsou nitě vedeny na svůrkový válec tkacího stroje.

Toto řešení sice redukuje hlavní rozměry zařízení, avšak vyžaduje instalaci osnovního kříže a osnovní zarážky pod úhlem 10° , aby byl úhel opásání hrazdy tenzometrů dodržen.

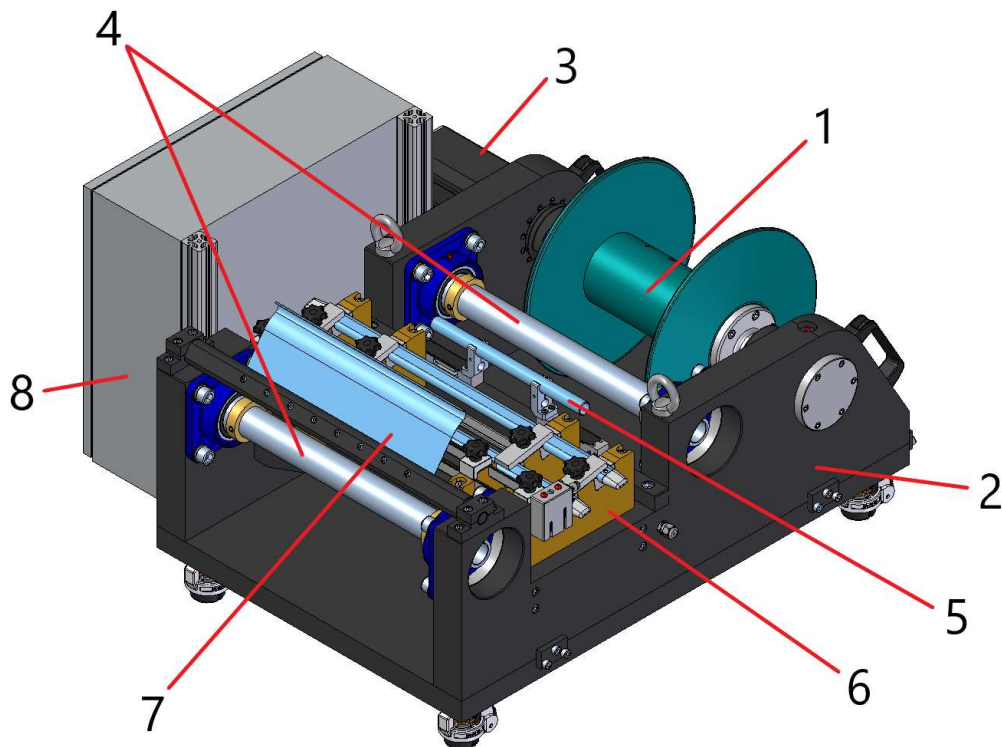


Obr. 3.3 Základní schéma zařízení, verze 2

1 - osnovní vál, 2 - první převáděcí válec, 3 - sestava tenzometrických snímačů, 4 - osnovní kříž, 5 - osnovní zarážka, 6 - druhý převáděcí válec, 7 - dynamický kompenzátor prošlupných změn, 8 - snímač průměru návinnu

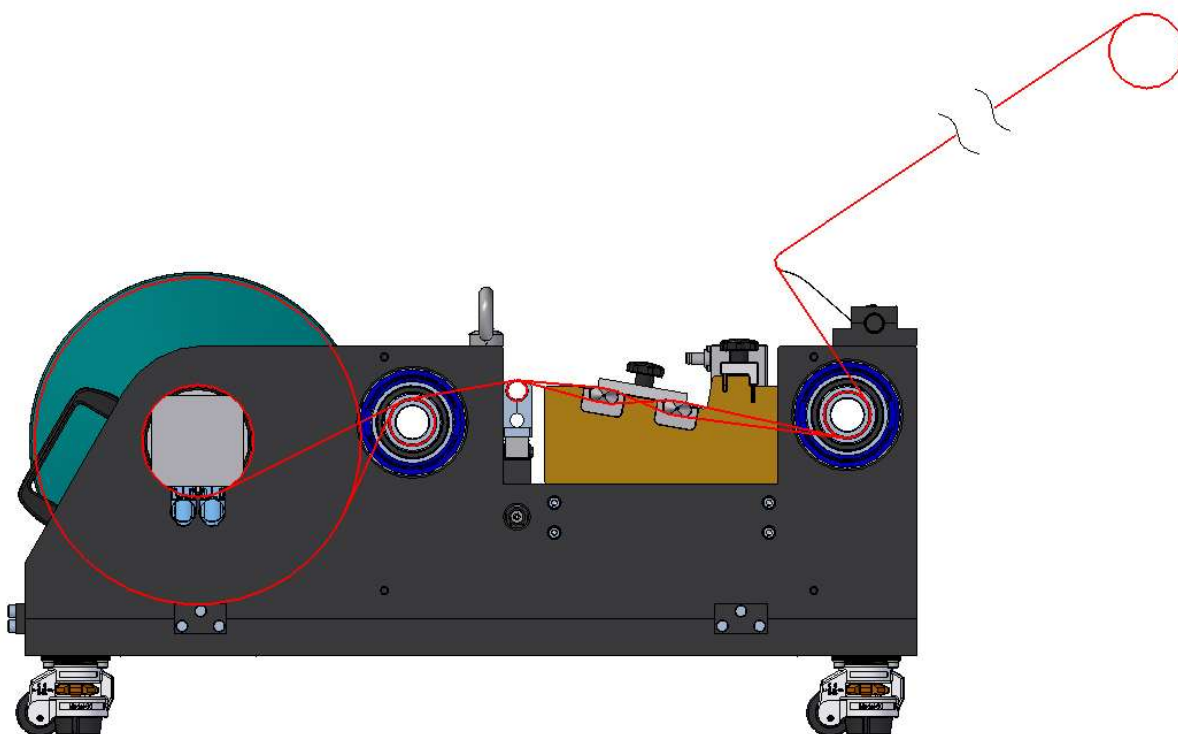
2.4 Konstrukční řešení

Po schválení základního konceptu konstrukčního uspořádání zařízení byla započata tvorba CAD modelů jednotlivých komponent, podsestav a hlavní sestavy zařízení. Veškeré modely byly vytvořeny v CAD softwaru SolidEdge 2020.

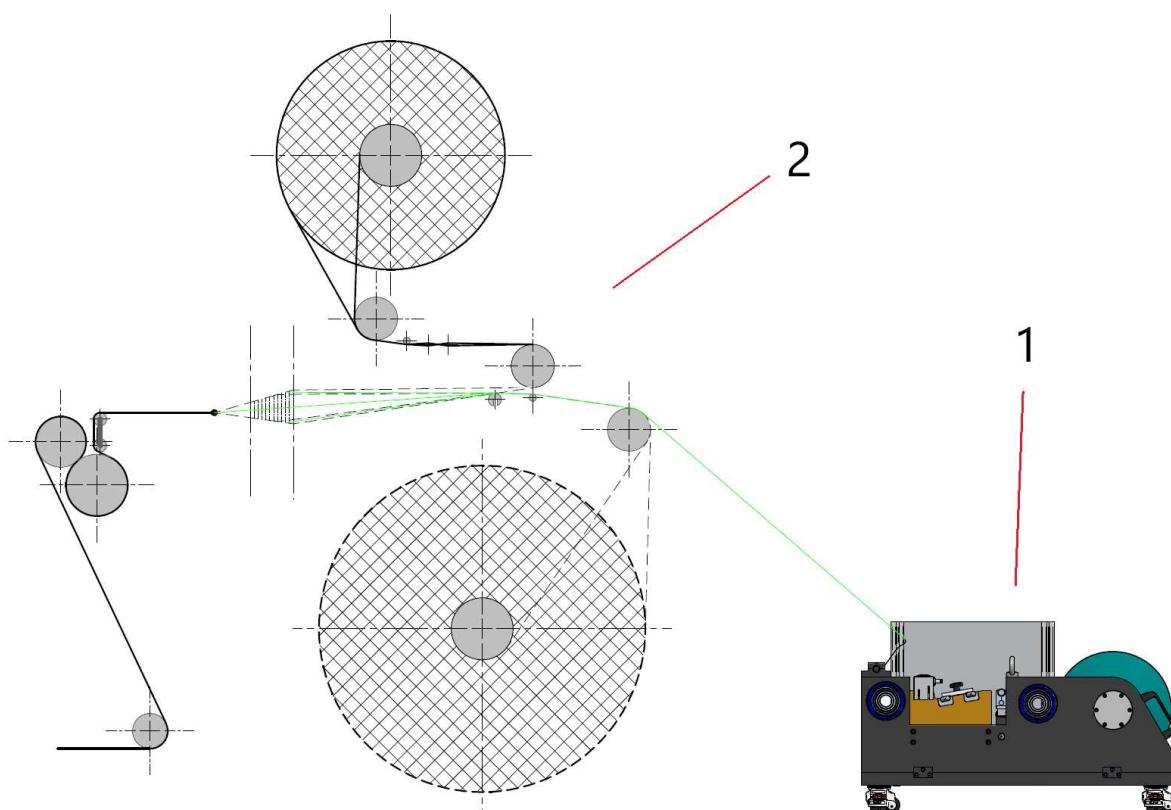


Obr. 3.4 CAD model vrcholové sestavy

1 – osnovní vál, 2 – rámová konstrukce, 3 – osnovní regulátor, 4 – převáděcí válce, 5 – sestava tenzometrů, 6 – osnovní kříž a zarážka, 7 – dynamický kompenzátor prošlupních změn, 8 – elektrický rozvaděč



Obr. 3.5 Vedení osnovních nití skrz zařízení na svůrkový válec tkacího stroje



Obr. 3.6 Schématický náhled – použití zařízení u stroje DIFA, 1 – pásmový osnovní vál, 2 – schéma uspořádání stroje DIFA

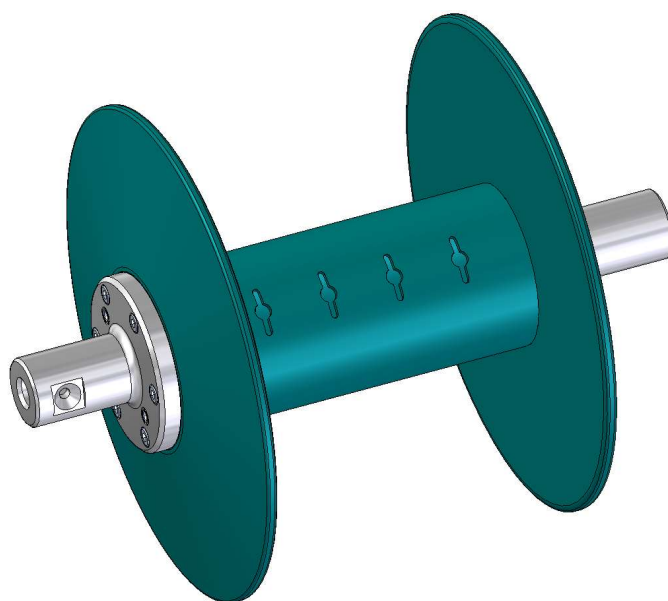
2.4.1 Osnovní vál

Osnovní vál byl navržen a vyroben již v počáteční fázi projektu, z důvodu ověření proveditelnosti nasnování pásmové osnovy.

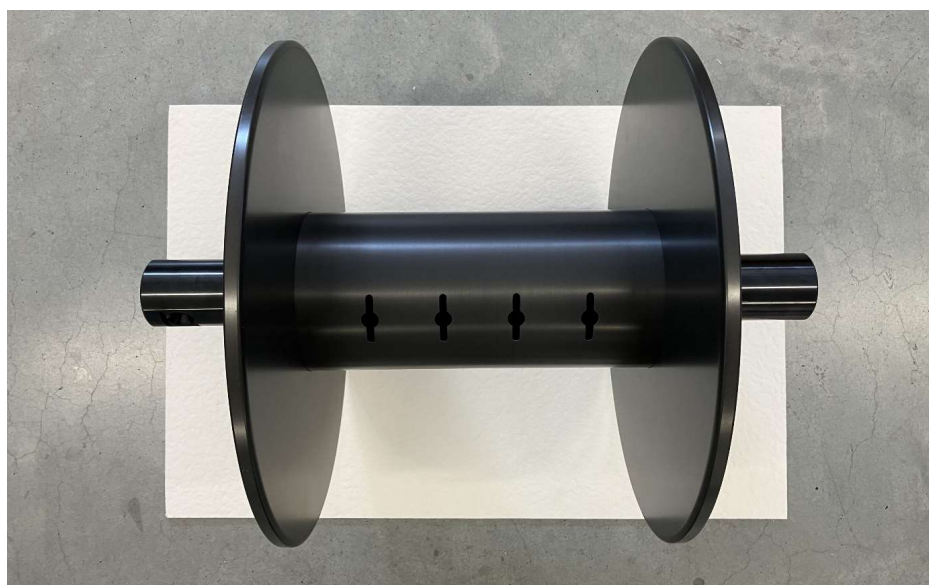
Šíře návinu a maximální průměr návinu nejsou libovolně volitelné rozměry, jsou předem přesně stanoveny na základě parametrů dostupné technologie navíjení pásmové osnovy.

Konstrukční řešení osnovního válu bylo přizpůsobeno pro kompatibilitu se stuhařským navíjecím zařízením firmy *ELAS, výroba stuh s.r.o.* Středová trubka má průměr 118 mm, maximální průměr návinu je 350 mm a vzdálenost čel je 250 mm.

Na obr. 3.7 je zobrazený CAD model sestavy osnovního válu, obr. 3.8 je fotografie již vyrobeného a smontovaného válu.



Obr. 3.7 CAD model osnovního válu včetně čepů uložení



Obr. 3.8 Fotografie hotového osnovního válu

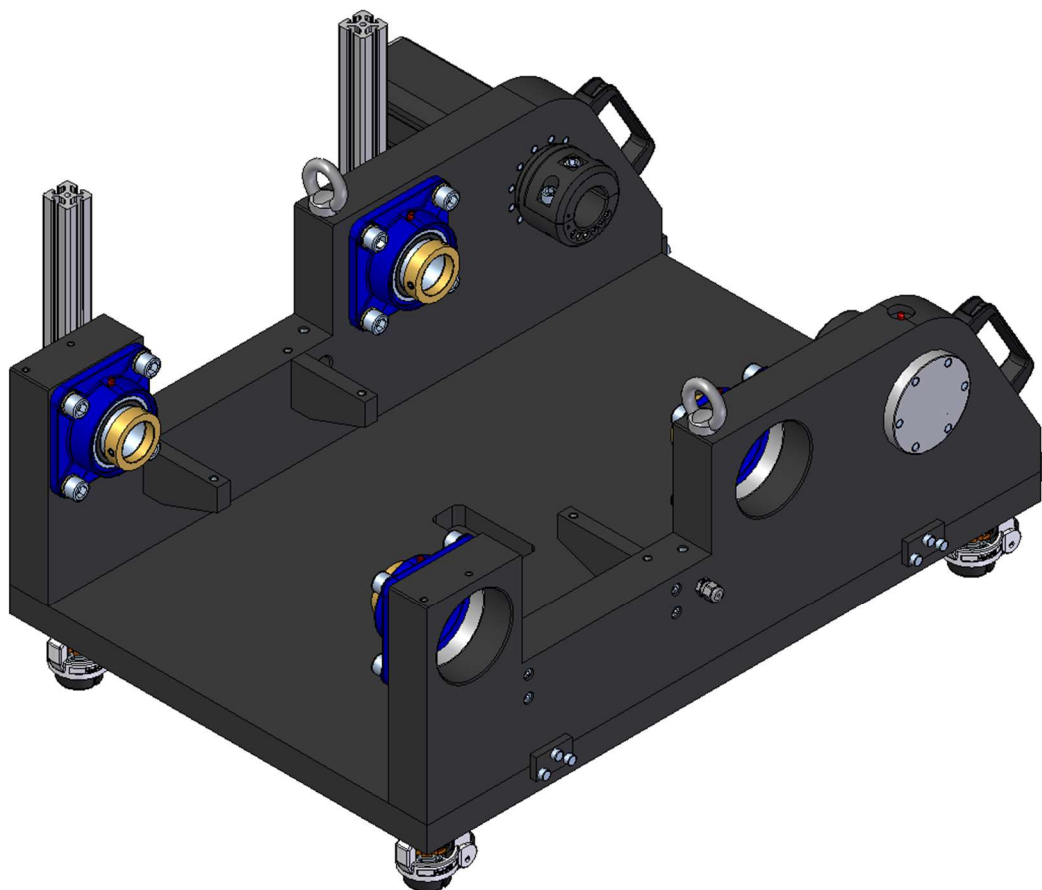
2.4.2 Rámová konstrukce

Rámová konstrukce zařízení je zhotovena z obráběných ocelových desek. Základní deska je vyrobena z desky o tloušťce 40 mm a bočnice z desek 60 mm. Výsledkem je velice tuhý a robustní rám, který nebude při působení tahových sil osnovy náchylný ke změně polohy, což je důležité pro udržení stability osnovní regulace.

Další výhodou vysoké hmotnosti je malá náchylnost systému na nepříznivé rozkmitání celé konstrukce vlivem budících sil.

V sestavě rámu jsou též zahrnuty třmeny uložení válu, osnovní regulátor, ložiskové domky převáděcích válců a přídatné podpurné konzoly osnovního kříže a zarážky.

Pro umožnění snadné manipulace a montáže byla rámová konstrukce doplněna o ruční madla, jeřábová oka a pojezdová kolečka s vysouvací patkou.



Obr. 3.9 Rámová konstrukce

2.4.3 Sestava tenzometrů

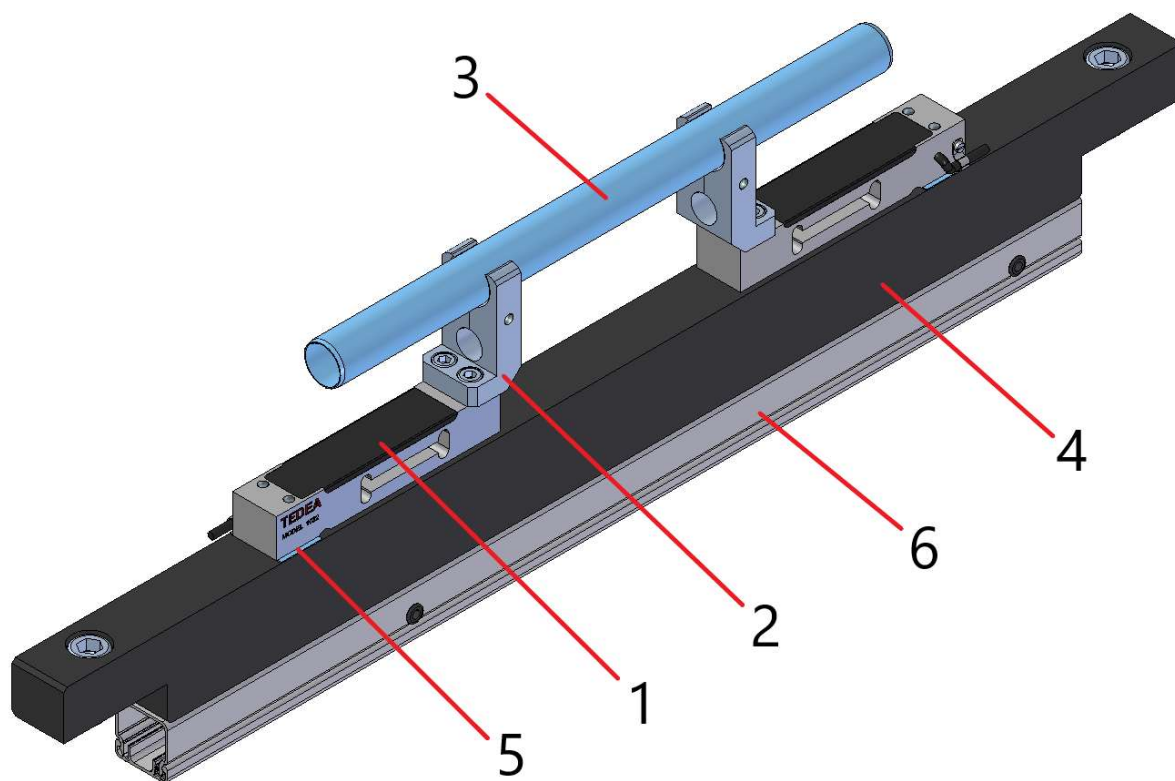
V rámci firmy VÚTS jsou využívány tenzometrické snímače Tedeia 1022. Dodávají se ve více variantách, podle velikosti snímané síly. Návrh svěrných spojů a hrazdy je převzatý z firemní výrobní dokumentace tkacích strojů.

Tenzometry jsou na nosník montovány s podložkou, která vymezuje vůli 0,5 mm, což je maximální povolená deformace snímače ve svislém (funkčním) směru. Při vyšší deformaci může dojít ke zkreslení měřených hodnot či poškození snímače.

Na snímačích jsou připevněny již zmíněné svěrné spoje, které drží tenkostěnnou trubku, na obr. 3.10 pozice číslo 3. Tato trubka přenáší spojitě zatížení od osnovních nití na snímače.

Tato sestava vyžaduje modální analýzu a také optimalizaci rozteče svěrných spojů za účelem minimalizace průhybu hrazdy. Výrazná deformace hrazdy může negativně ovlivnit funkci tenzometrických snímačů.

V případě nepříznivých hodnot vlastních frekvencí či průhybu hrazdy je nutná revize návrhu, zanedbání těchto faktorů totiž povede ke zkreslení měřených hodnot, které jsou pro správný chod celého zařízení zásadní.



Obr. 3.10 Sestava tenzometrů

1 - snímač Tedeia 1022, 2 – svěrný spoj, 3 – hrazda, 4 - nosník snímačů, 5 - vymezovací podložka, 6 – kanálový profil na kabely

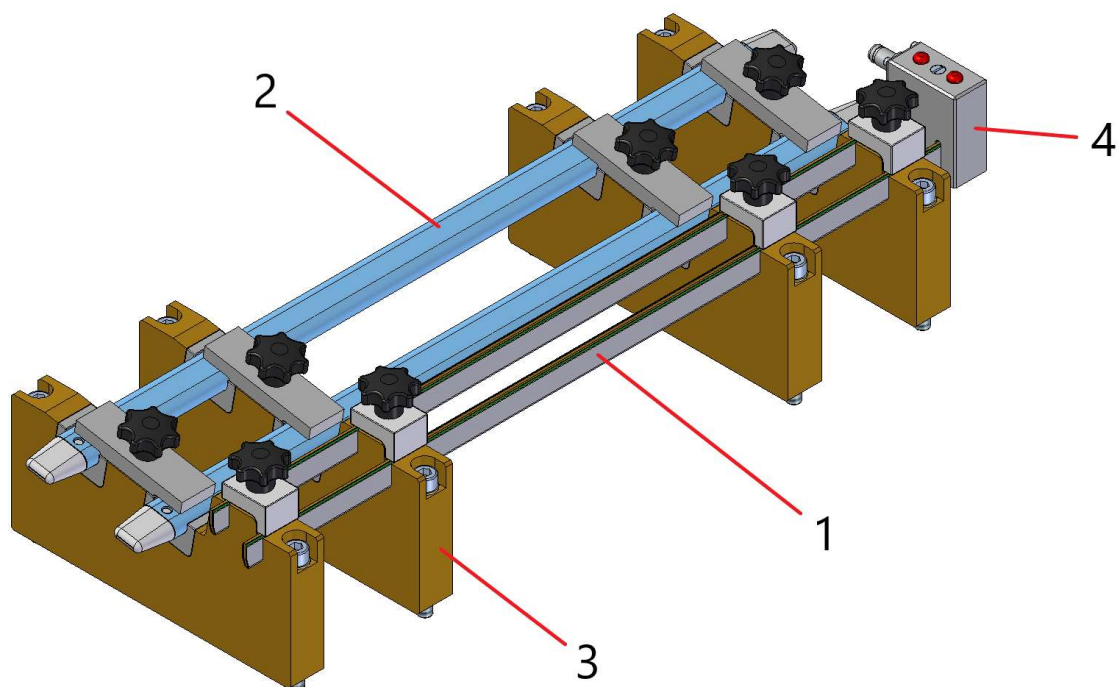
2.4.4 Sestava osnovního kříže a zarážky

Osnovní kříž je zhotoven ze dvou činek plochooobvalného tvaru. Činky jsou snadno demontovatelné a na obou koncích jsou opatřeny koncovkami pro usnadnění provlékání napříč osnovou. Díry na obou koncích každého činku umožní provlečení křížového vlákna.

Kontrolu přetrhu nitě bude zajišťovat dvouřadá lamelová elektrická zarážka.

Vzhledem ke zvolené variantě uspořádání je nutné zajistit montáž kříže i zarážky pod sklonem 10° . Osnovní zarážka musí tedy být vybavena zakázkově vyráběnou spínací elektronikou, která toto rozmístění zarážkových pilek umožňuje.

Montážní bloky jsou vyrobeny obráběním textitové desky, držák zarážkových pilek nesmí být vyrobený z vodivého materiálu.



Obr. 3.11 Sestava kříže a zarážky

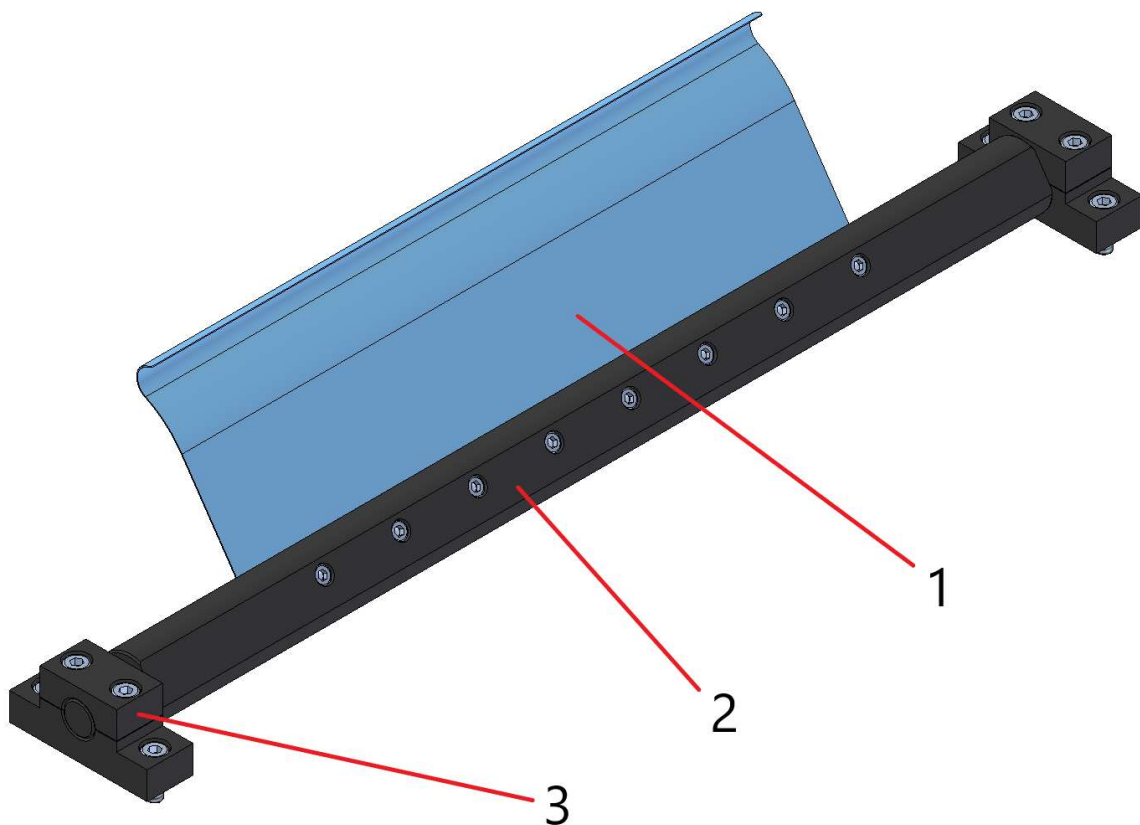
1 – pilka osnovní zarážky, 2 – činek osnovního kříže, 3 – montážní přípravky kříže a zarážky,
4 – spínací skříňka TFA

2.4.5 Sestava kompenzátoru prošlupných změn

Kompenzaci prošlupných změn zajišťuje pružina z ohýbaného ocelového pásu. Tento typ kompenzátoru je vhodný pro užití na vysokorychlostních tkacích strojích vzhledem k vysoké vlastní frekvenci kompenzátoru.

Zařízení pásmového osnovního systému může být zařazeno za různé typy tkacích strojů a v různé vzdálenosti od nich. Osnovní nitě mohou být ze zařízení odváděny pod různými úhly. Úhel natočení nosníku s pružinou je proto nastavitelný.

Vzhledem k vysokým očekávaným provozním frekvencím bude u této sestavy provedena modální analýza a výpočet odezvy na budící síly. Dále bude provedena kontrola svěrných spojů.



Obr. 3.12 Sestava kompenzátoru

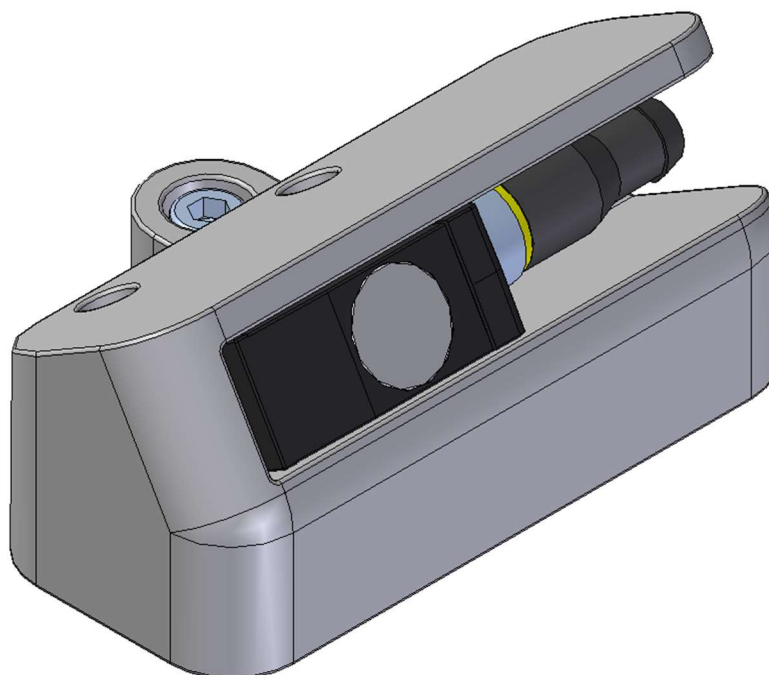
1 – směrná pružina, 2 – nosník, 3 – svěrný spoj

2.4.6 Snímač průměru návinu

V rámci experimentace byl do vybavení osnovního systému v průběhu návrhu zařazen ultrazvukový snímač vzdálenosti, který v této aplikaci plní roli snímače průměru návinu.

Výstupní signál snímače nebude sloužit jako vstupní signál řídicího systému, bude pouze poskytovat informaci obsluze

Snímač Baumer U500.DA0-11135756 disponuje rozsahem snímání od 100 do 1000 mm. Jedná se o jednoduchý ultrazvukový snímač s analogovým výstupem.



Obr. 3.13 Ultrazvukový snímač průměru návinu

2.4.7 Elektronika, elektrotechnika

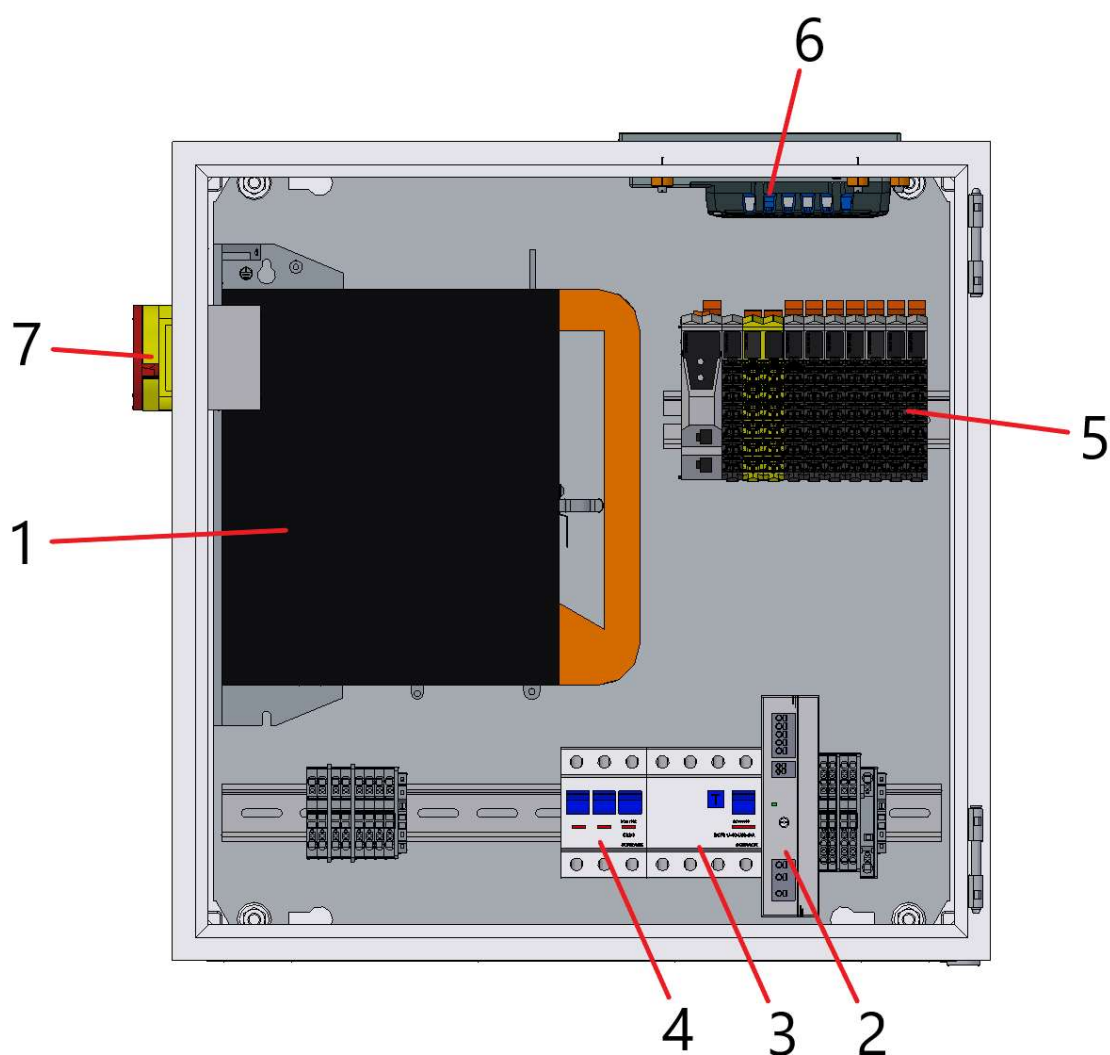
Servomotor je napájen a řízen servozsilovačem ACOPOS P3. Ostatní komponenty jsou napájeny zdrojem 24 V.

Analogové signály z tenzometrických snímačů a ze snímače průměru návinu jsou zpracovávány v I/O modulu.

Průmyslový počítač 4PPC70.0573-22W poskytuje prostředky pro zpracování dat a uživatelské rozhraní.

Celý okruh je chráněn jističem a proudovým chráničem.

Rozmístění jednotlivých komponent je patrné z obr. 3.14.



Obr. 3.14 Elektrický rozvaděč

1 – servozsilovač, 2 – zdroj 24V, 3 – proudový chránič, 4 – jistič, 5 – I/O modul, 6 – průmyslový počítač, 7 – hlavní vypínač

2.5 Návrh osnovního regulátoru

Osnovní regulátor musí být vybírán na základě očekávaných provozních parametrů. Kroucí moment závisí na tahové síle nití. V rámci tohoto výpočtu se počítá s limitním případem napjatosti osnovních nití, tedy 2500 N na metr šíře osnovy.

Požadované maximální otáčky osnovního válu souvisejí s pracovním cyklem vytváření distance na tkacím stroji DIFA. Při tomto cyklu se osnovní vály otáčejí rychleji než během tkacího cyklu. Jedná se o krátkodobé rychlostní přetížení, při kterém je osnova povolována rychlostí až $0,6 \text{ ms}^{-1}$.

Tahová síla je během tkaní kontinuálně regulována, lze ji pro účely výpočtu kroucího momentu tedy považovat za konstantní. Při plném osnovním válu je rameno, na kterém tahová síla nití působí největší. V tomto okamžiku je tedy potřebný nejvyšší kroucí moment, viz rovnice 3.1.

Osnovní vál se nejrychleji otáčí při nejmenším průměru návínu, viz rovnice 3.2. Průběh závislosti momentu na otáčkách je hyperbolický, což je patrné z rovnice 3.3.

$$M_{kmax} = F_t \cdot \frac{d_{max}}{2} \quad (3.1)$$

$$n_{max} = \frac{v_o}{d_{min} \cdot \pi} \quad (3.2)$$

$$M_k = \frac{1}{n} \cdot \frac{F_t \cdot v_o}{2\pi} \quad (3.3)$$

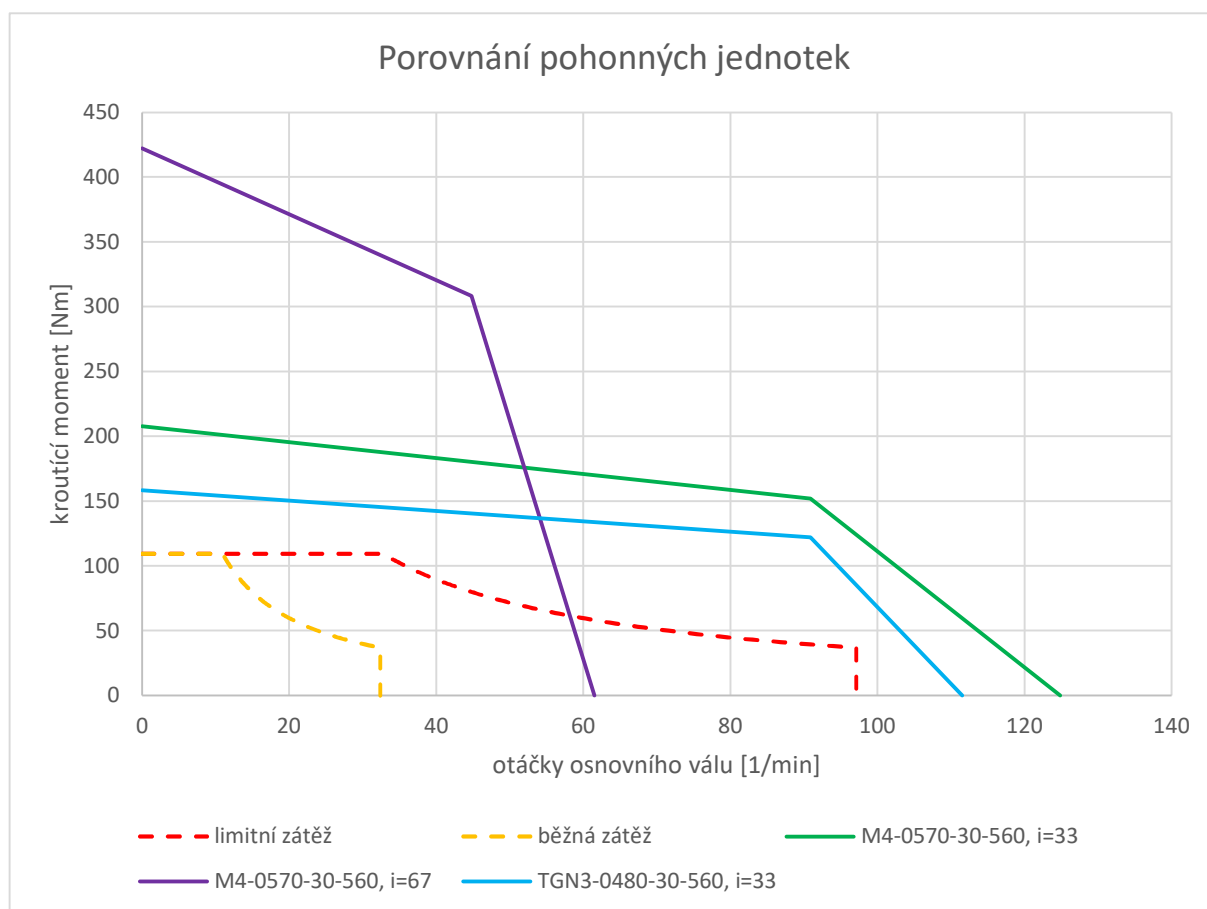
Servomotor byl vybírán dle doporučení konzultanta z řad TGN3, TGN4 a TGH4 dodavatele TG Drives. K těmto motorům se standardně nabízejí cykloidní převodovky s převodovými poměry 1:67, 1:89 a 1:119.

2.5.1 Výběr kombinace servomotoru a převodovky

Kombinace servomotorů a převodovek standardně nabízených firmou TG Drives vyhovují z hlediska kroutícího momentu, ale v oblasti maximálních provozních otáček jsou nedostačující.

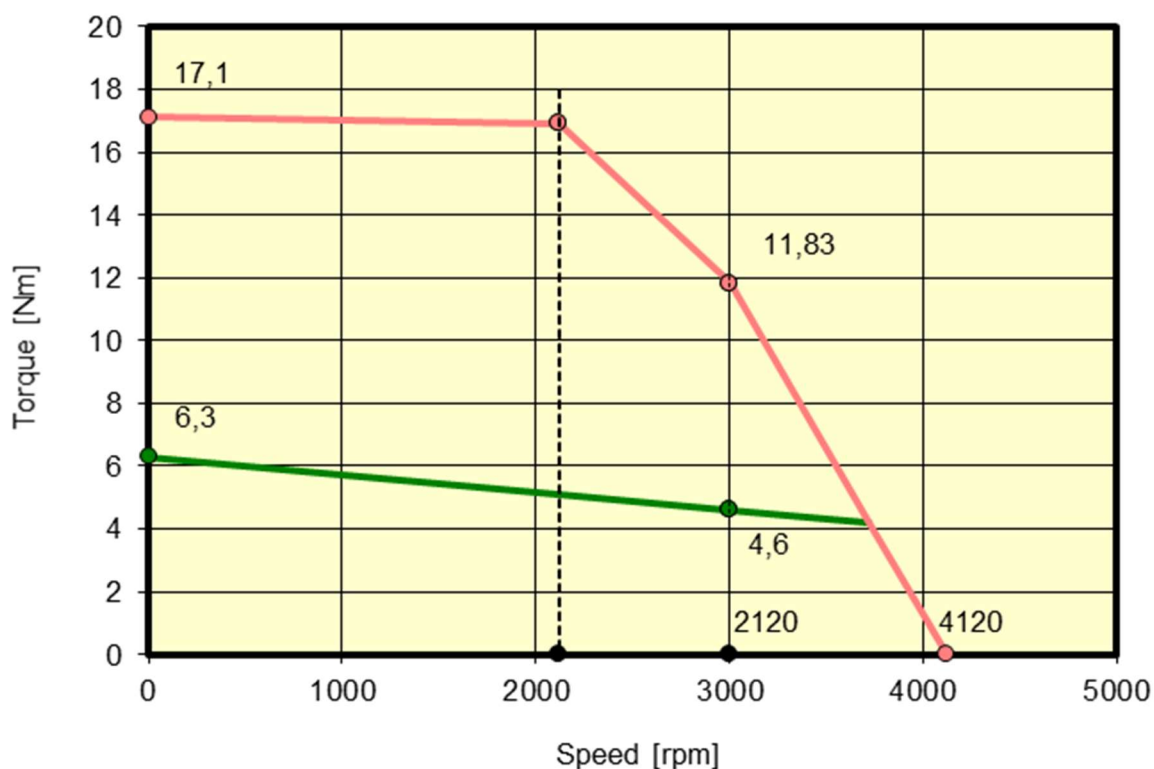
Do role osnovního regulátoru byl po konzultaci s dodavatelem vybrán servomotor M4-0570-30-560 (včetně brzdy a resolveru) osazený cykloidní převodovkou C1Q130C s převodovým poměrem 1:33.

V grafu 3.15 jsou porovnávány nabízené kombinace motorů a převodovek. Vybraný pohon M4-0570 / C1Q130C plně splňuje požadavky na pracovní parametry (v grafu 3.15 zelená křivka).



Tab. 3.1 Funkční parametry pohonu udávané dodavatelem

Motor M4-0570-30-560		
jmenovité otáčky	3000	min ⁻¹
jmenovitý moment	4,6	Nm
klidový moment	6,3	Nm
maximální moment	17,1	Nm
maximální otáčky	9000	min ⁻¹
Převodovka C1Q130C		
jmenovitý výstupní moment	130	Nm
brzdý moment	325	Nm
jmenovité vstupní otáčky	2000	min ⁻¹
maximální vstupní otáčky	3500	min ⁻¹



Obr. 3.16 Graf momentové charakteristiky servomotoru poskytnutý dodavatelem

2.5.2 Elektronické řízení osnovního regulátoru

Otáčky servomotoru jsou řízeny pomocí zpětnovazebné smyčky s PID regulátorem.

Vstupním parametrem je analogový signál tenzometrických snímačů. Tento signál nese informaci o tahové síle v nitích. Změřená síla je porovnávána s požadovanou tahovou silou. Na základě takto vypočtené regulační odchylky je řízeno napájecí napětí servomotoru.

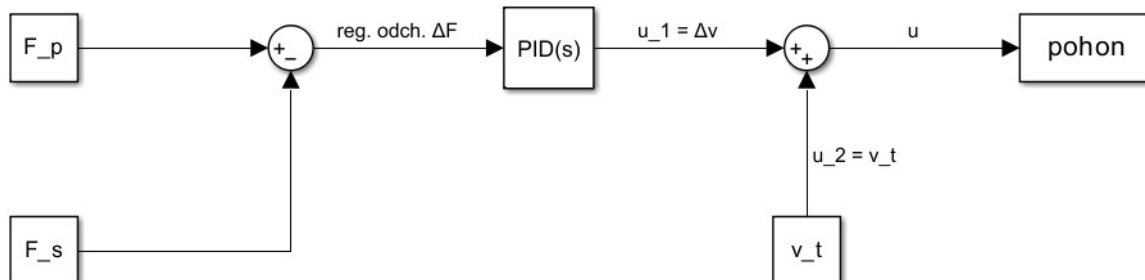
$$\Delta F = F_s - F_p \quad (3.4)$$

$$u = K_p \cdot \Delta F + K_I \int \Delta F dt \quad (3.5)$$

Řízenou veličinou je rozdíl obvodové rychlosti návinu osnovy a odtahové rychlosti zboží.

$$\Delta v = v_o - v_t \quad (3.6)$$

Proporcionální složka regulátoru reaguje na okamžité změny regulační odchylky, integrační složka pak kompenzuje efekt pomalého zmenšování průměru návinu. Derivační složka zde využita není.



Obr. 3.17 Zjednodušené schéma regulačního obvodu

3 Kontrolní výpočty

Pro vybrané konstrukční uzly, kterých se týká dynamické zatížení, výrazné statické zatížení či nebezpečí velkého vlivu frekvenčního buzení, byly provedeny kontrolní výpočty.

3.1 Modální analýza kompenzátoru pomocí MKP

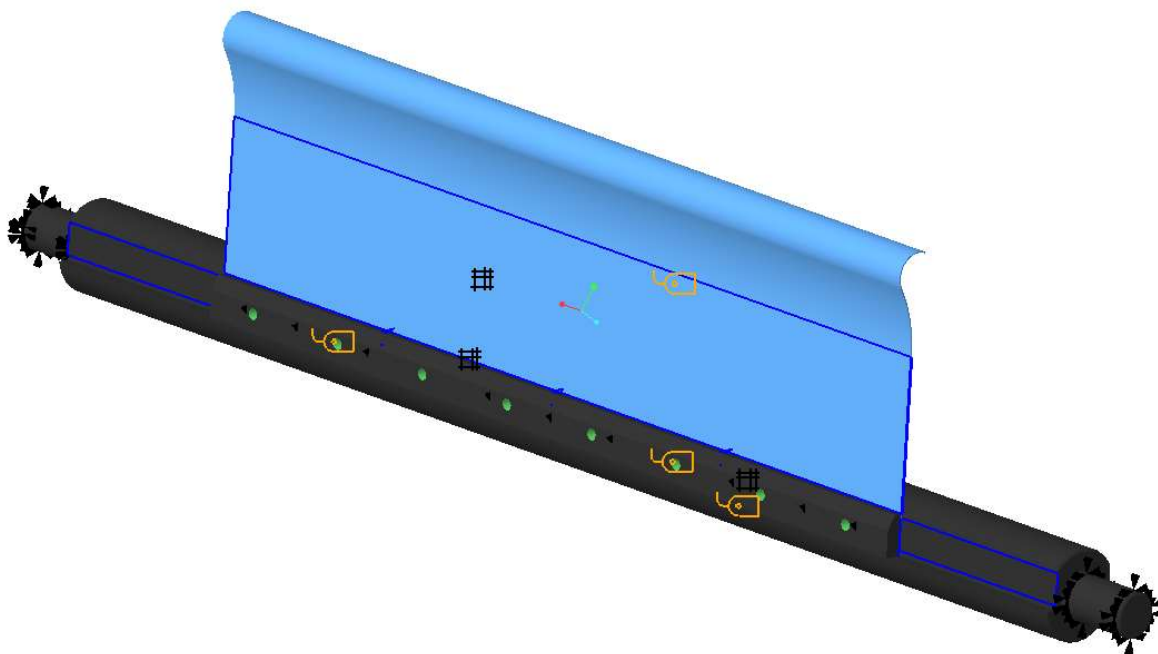
Základním funkčním principem dynamického kompenzátoru prošlupních změn je kmitavý pohyb, je proto nezbytně nutné stanovit hodnoty vlastních frekvencí a odezvu na budící sílu systému.

Během výpočtu se pracuje s maximální hodnotou pracovních otáček hlavního hřídele tkacího stroje 600 min^{-1} . Během každé plné otáčky hlavního hřídele dojde k otevření prošlupu, což odpovídá frekvenci kmitání kompenzátoru 10 Hz .

Pokud by se některá z vlastních frekvencí kompenzátoru nacházela v rozsahu 0 až 10 Hz , byla by výrazně narušena funkce kompenzátoru.

Vlastní frekvence zjednodušené podsestavy kompenzátoru byla provedena v FEM modulu Creo Simulate.

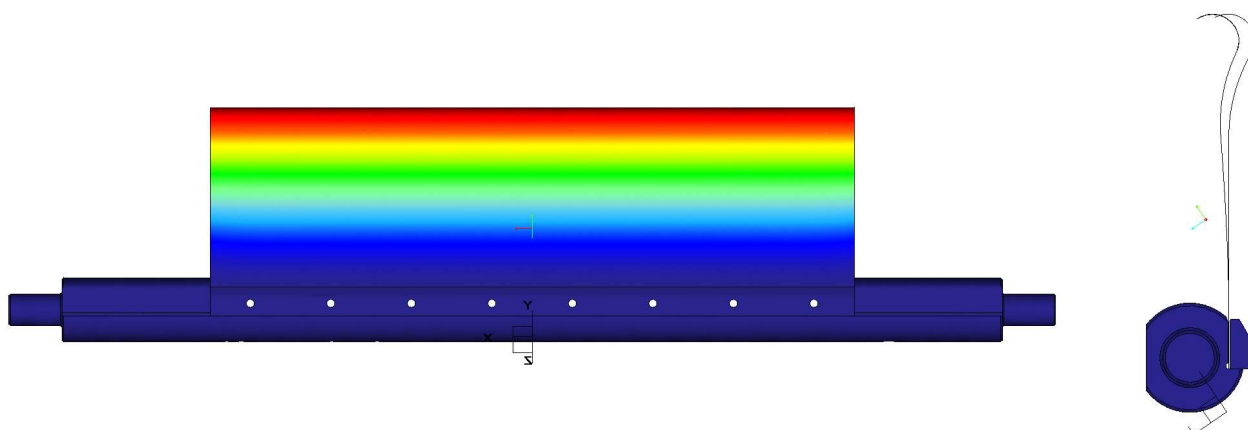
Okrajové podmínky byly aplikovány na válcových plochách silového působení svěrných spojů. Pro nosník byly použity objemové prvky „tet“. Z důvodu velkého poměru plochy vůči tloušťce byly pro pružinu kompenzátoru použity trojúhelníkové prvky „shell“.



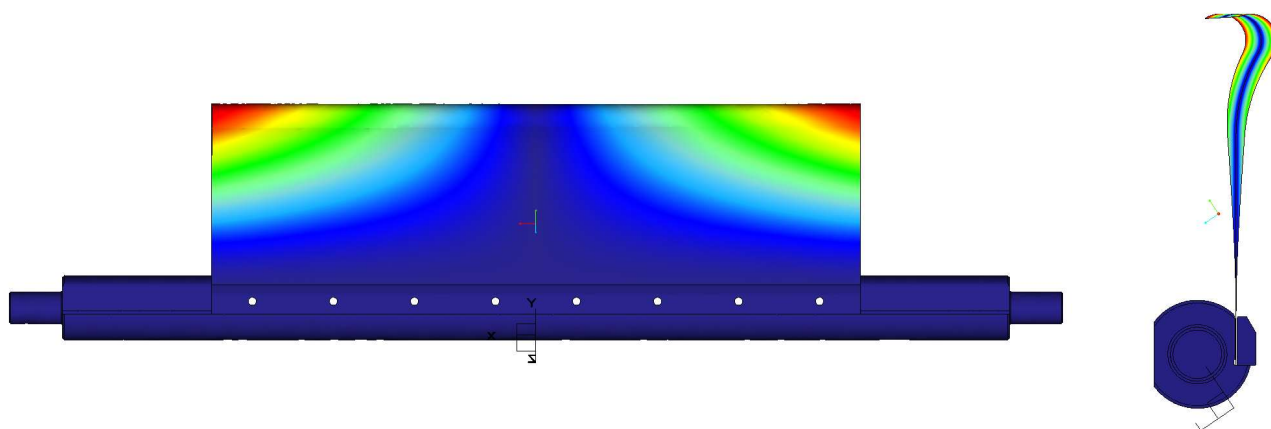
Obr. 3.18 Výpočetní model kompenzátoru

3.1.1 Výsledky modální analýzy

První vypočítaná vlastní frekvence má hodnotu 33 Hz, vlastní tvar kmitů při této frekvenci je patrný z obr. 3.19. Druhá vlastní frekvence je 42 Hz, viz. obr. 3.20. Všechny vlastní frekvence se nacházejí mimo rizikový rozsah 0-10 Hz.



Obr. 3.19 Vlastní tvar, první vlastní frekvence, 33 Hz



Obr. 3.20 Vlastní tvar, druhá vlastní frekvence, 42 Hz

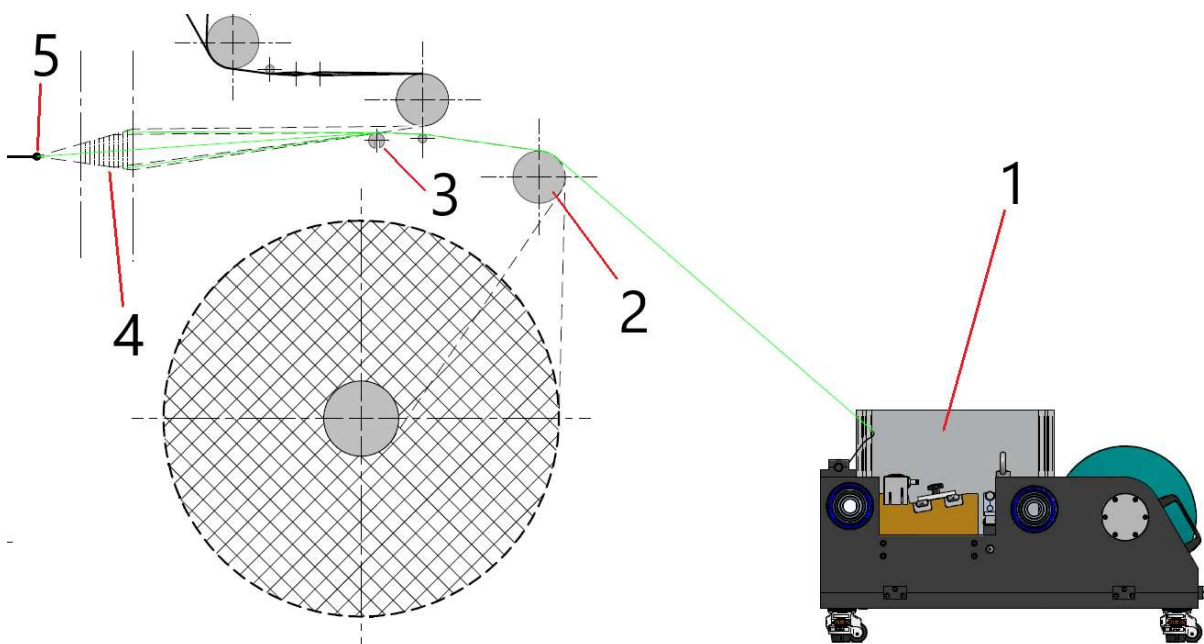
3.2 Výpočet frekvenční odezvy kompenzátoru

Během tkacího cyklu se periodicky pohybem listů s nitěnkami rozevívá sestava osnovních nití. Takto je umožněn prohoz útku. Následkem této cyklické změny geometrie je vznik periodické složky tahové síly v osnově.

Frekvenční odezva na tuto budící sílu byla podrobena výpočetní analýze.

Výchozími podklady pro tento výpočet jsou data z tahové zkoušky polyesterových nití, geometrie prošlupu tkacího stroje DIFA a CAD model kompenzační pružiny.

Cílem výpočtu je zjištění průběhu periodické složky tahové síly v nitích a fázový posun kmitání kompenzátoru oproti budící síle.



Obr. 3.21 Výchozí geometrie pro výpočet frekvenční odezvy na budící sílu, 1 – pásmový osnovní váleček, 2 – svůrkový váleček, 3 – hladicí lišta, 4 – soustava listů s nitěnkami, 5 – přírazný bod

3.2.1 Sestavení výchozích rovnic

Zdvihová závislost listů na natočení hřídele je uvedena v rovnici 3.7. Vychází z rovnice vačkového převodu prošlupního mechanismu tkacího stroje DIFA.

$$h(\tau) = \frac{1}{2} + \frac{1}{16} (9 \cos \pi \tau - \cos 3 \pi \tau) \quad (3.7)$$

Dosazením vztahu 3.8 byla tato převodová funkce převedena na časově závislou funkci.

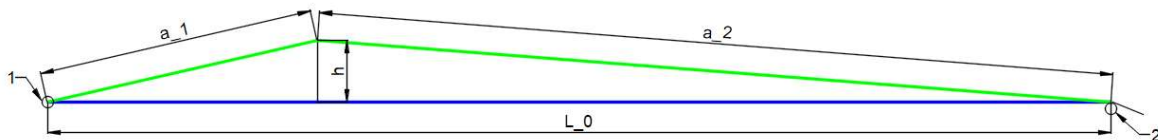
$$\tau = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot t \quad (3.8)$$

Změna délky osnovy ΔL v závislosti na zdvihu se řídí vztahem 3.10 a vychází z geometrie prošlupu, viz obr 3.22.

$$\Delta L = a_1 + a_2 - L_0 \quad (3.9)$$

$$\Delta L(h) = \sqrt{h^2 + L_1^2} + \sqrt{h^2 + L_2^2} - L_0 \quad (3.10)$$

$$L_2 = L_0 - L_1 \quad (3.11)$$



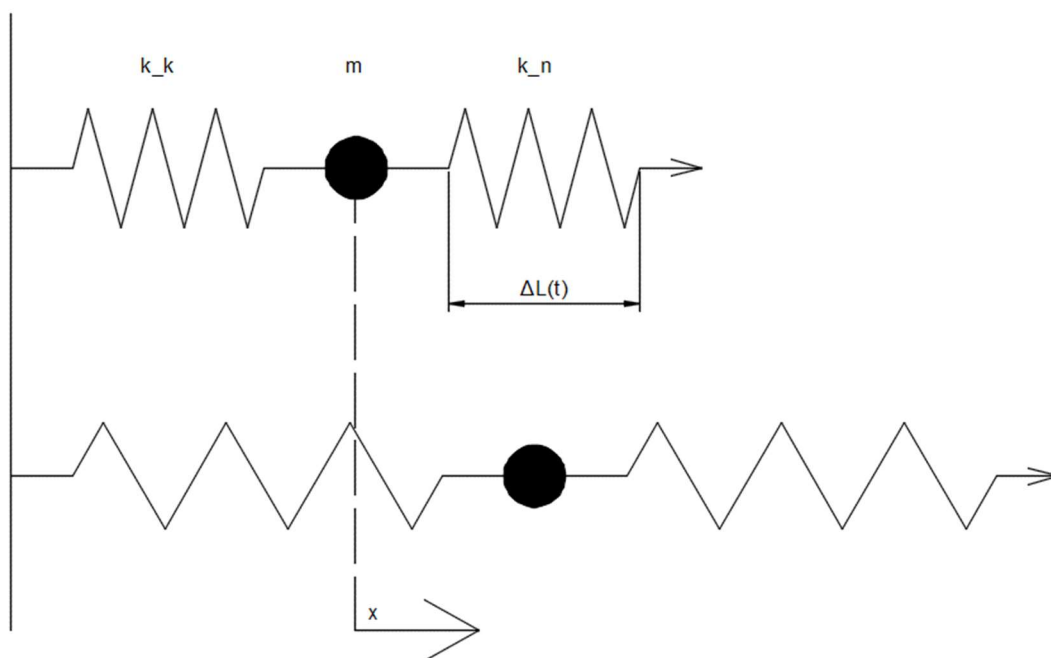
Obr. 3.22 Geometrie prošlupní změny délky osnovy, 1 – přírazný bod, 2 – hladicí lišta

3.2.2 Zjednodušený výpočetní model

Výpočetní model sestavy kompenzační pružiny a osnovy byl pro účely výpočtu výrazně zjednodušen, a to na soustavu s jedním stupněm volnosti, viz obr. 3.23. Tento postup se shoduje s postupem v použité odborné literatuře [1, s.56,57].

Vzhledem k předpokládané velikosti deformace pružiny v řádu jednotek milimetrů lze zjednodušit pohyb redukované hmoty po kružnici na pohyb přímočarý a předpokládat lineární ohybovou tuhost pružiny v tomto rozmezí deformace. Ohybová tuhost kompenzační pružiny může pak být nahrazena tuhostí klasické lineární pružiny. Tahová tuhost osnovních nití je též nahrazena modelem lineární pružiny.

Dohledání koeficientů tlumení pro tento modelový případ by bylo velice obtížné a nejspíše by vyžadovalo laboratorní měření. Materiálové tlumení nití a kompenzační pružiny je zde zanedbáno.



Obr. 3.23 Výpočetní model

Pohybová rovnice pro zjednodušený výpočetní model má následující tvar:

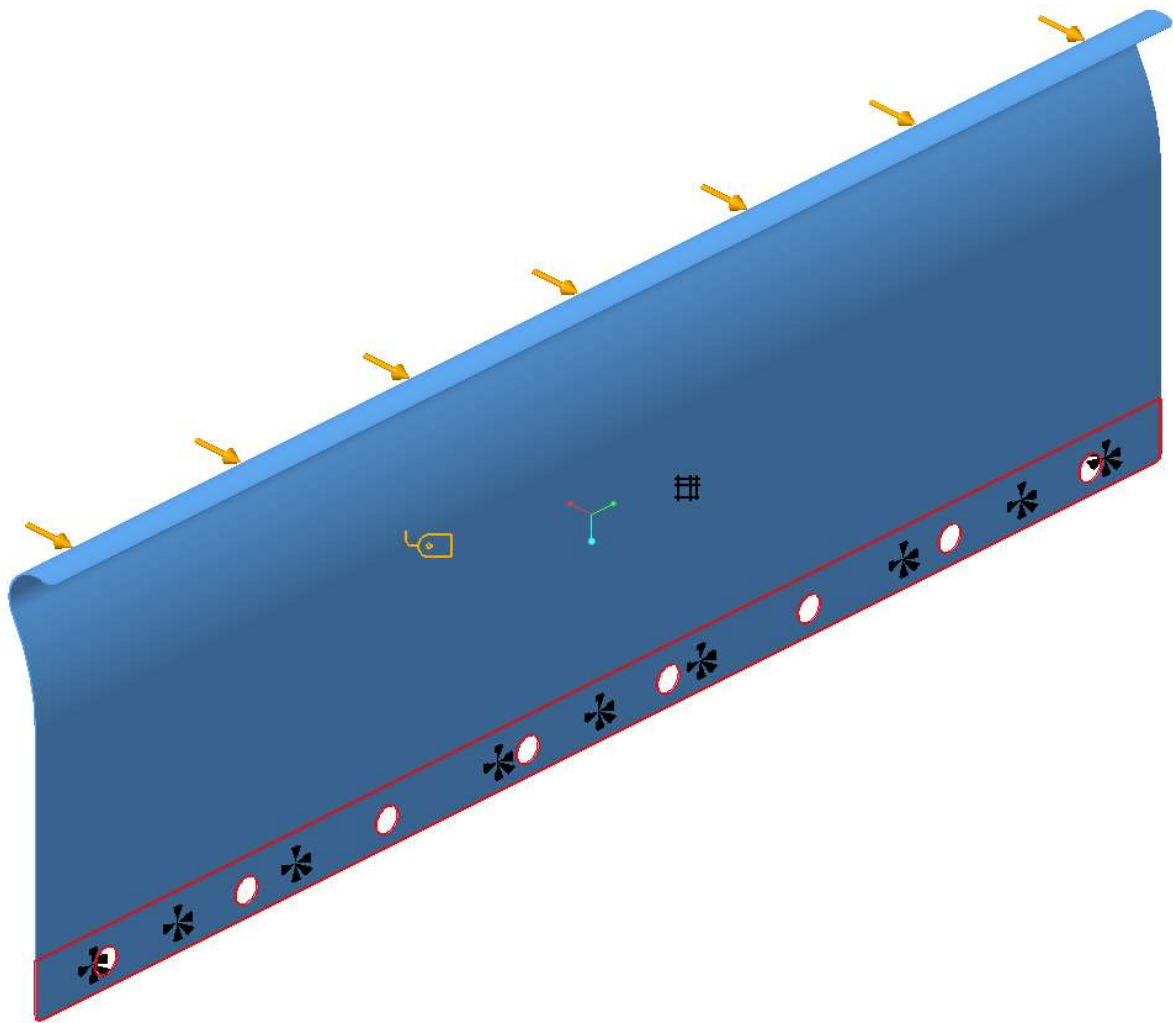
$$m\ddot{x} + k_k x - k_n(\Delta L - x) = 0 \quad (3.12)$$

Hodnoty redukované hmotnosti m a tuhosti kompenzátoru k_k a osnovy k_n je nutné stanovit.

3.2.3 Dopočet tuhosti pružiny a redukované hmoty

Konstanty m a k_k se týkají kompenzační pružiny. Tuhost k_k je tuhost náhradné lineární pružiny, odpovídá ohybové tuhosti skutečné pružiny. Hmotnost m odpovídá redukované hmotě pro tento případ kmitání.

Pomocí MKP analýzy v programu Creo Simulate byla určena tuhost a vlastní frekvence samostatné kompenzační pružiny. Vlastní frekvence pružiny je použita při výpočtu redukované hmoty pro tento konkrétní případ kmitání.

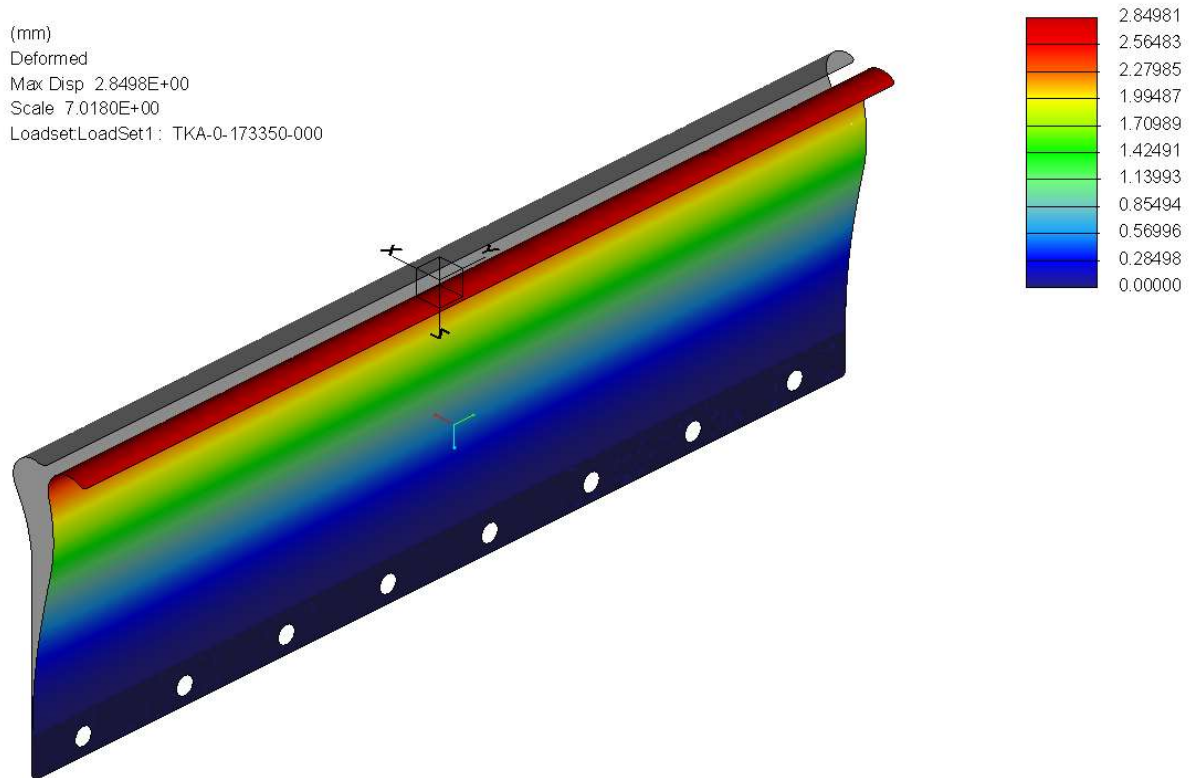


Obr. 3.24 Definice okrajových podmínek pro samostatnou kompenzační pružinu

3.2.4 Dopočet tuhosti a redukované hmoty

Při silovém působení 10 N je deflexe pružiny 2,85 mm. Tuhost nahrazující pružiny je tedy přibližně 3510 Nm⁻¹.

$$k_k = \frac{F_v}{\Delta x} = \frac{10 \text{ N}}{2,85 \text{ mm}} \cong 3510 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad (3.13)$$



Obr. 3.25 Výsledek MKP výpočtu deformace pro výpočet tuhosti

Vlastní frekvence samostatné pružiny je 34,2 Hz.

Při známé vlastní frekvenci a tuhosti lze vypočítat redukovanou hmotu m pro tento případ kmitavého pohybu.


$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_k}{m}} \quad (3.14)$$

$$m = \frac{k_k}{(2\pi f_0)^2} = 0,077 \text{ kg} \quad (3.15)$$

3.2.5 Tahová tuhost osnovních nití

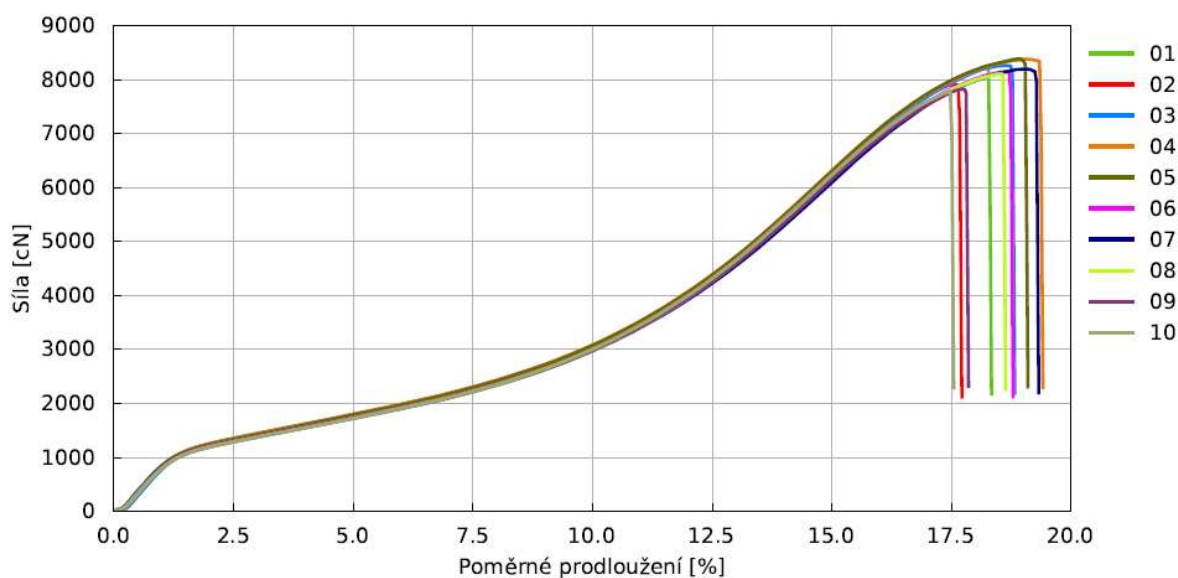
Pro výpočet tahové tuhosti osnovních nití byla poskytnuta data z tahové zkoušky vysokopevnostních polyesterových vláken Diolen 174S 1100dtex Z60.

Zkušební tělesa	
Materiál:	vysoko-pevnostní PES, multifilament
Typ:	Diolen 174S 1100dtex Z60
Výrobce:	PHP Fibers GmbH
Zkušební tělesa:	vlákenný materiál
Jemnost:	1100 dtex
Upínací délka:	500 mm
Kondicionace:	24 h, teplota 22 °C, RH 40 %
Příprava:	vzorky dodány zadavatelem



Obr. 3.26 Výtažek ze zprávy o tahové zkoušce

Výpočet tuhosti nití využívá lineární oblast deformace, na grafu 3.27 se jedná o hodnoty od 0 cN do přibližně 1000 cN



Obr. 3.27 Výtažek ze zprávy o tahové zkoušce – výsledný graf závislosti poměrného prodloužení na tahové síle

V souboru dat výstupu tahové zkoušky byla nalezena průměrná hodnota tuhosti vlákna při délce 500 mm v rozsahu působící tahové síly 0 – 1000 cN. Tahová tuhost jednoho vlákna je přibližně 1250 Nm^{-1}

$$k = \frac{F_{zk}}{\Delta l} = 1250 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad (3.16)$$

Pro tahovou tuhost též platí vztah:

$$k = \frac{E \cdot S}{l} \quad (3.17)$$

Za předpokladu, že Youngův modul a velikost průřezu jsou ve zmíněném rozsahu deformace konstantní, platí rovnice 3.19:

$$k_1 \cdot l_1 = E \cdot S = k_2 \cdot l_2 \quad (3.18)$$

$$k_2 = \frac{k_1 \cdot l_1}{l_2} \quad (3.19)$$

Pro osnovu o počtu nití p_n pak platí vzorec pro součet tuhostí paralelních pružin, rovnice 3.20:

$$k_n = \sum_{i=1}^{p_n} k_i = k_2 \cdot p_n \quad (3.20)$$

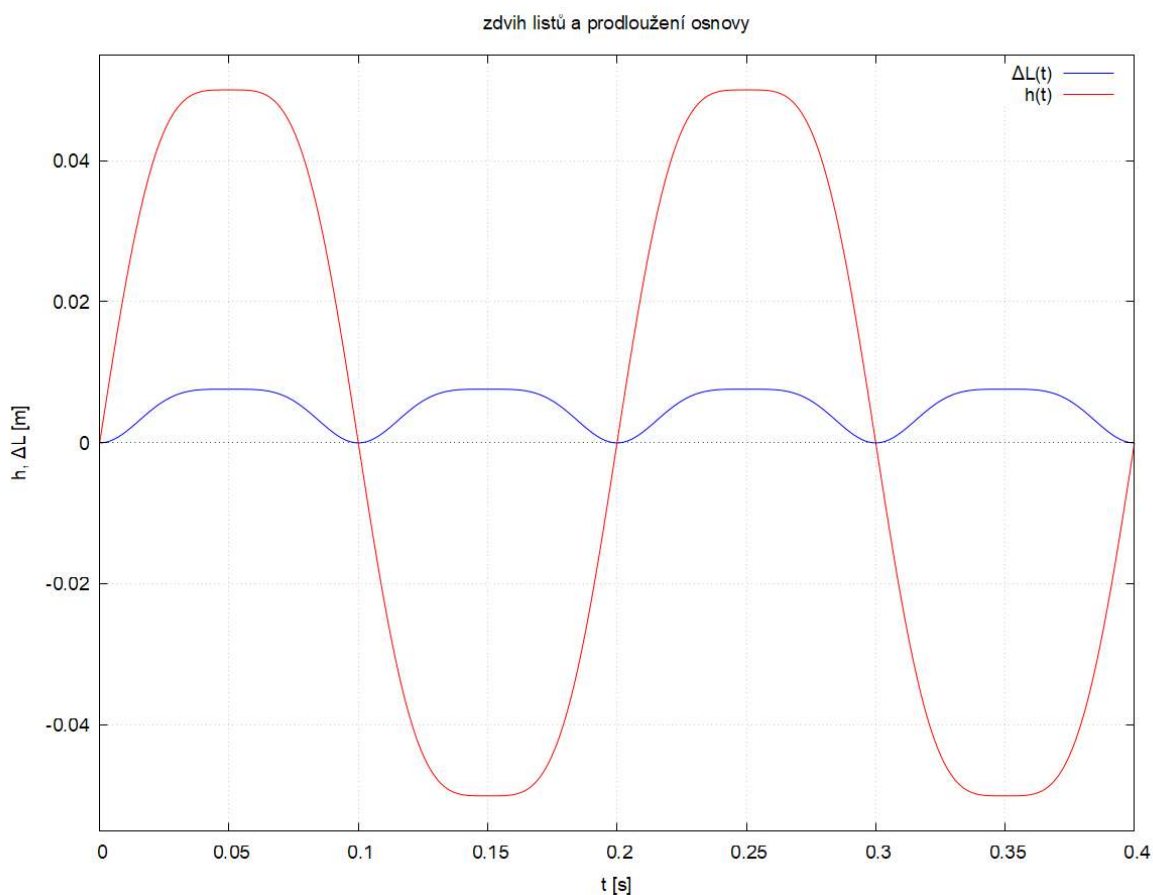
V následujícím výpočtu je počet osnovních nití volitelným vstupním parametrem. Při počtu 500 nití je tuhost o dva řády vyšší než tuhost kompenzátoru.

3.2.6 Výsledky výpočtu

Výpočet byl proveden v algebraickém výpočetním rozhraní wxMaxima.

Kóta vzdálenosti listu od přírazného bodu, počet nití, délka osnovy a hodnota konstantního statického tahového předpětí nití jsou vstupními parametry výpočtu. Následující výsledky platí pro osnovu s počtem 500 nití o délce 2,3 m a pozici listu č.10 stroje DIFA.

Nejprve byla zadána časově závislá funkce zdvihu listů. Dále byla zpracována funkční závislost periodické změny délky osnovy na čase. Průběh těchto časových funkcí je zřetelný z grafu 3.28.



Obr. 3.28 Průběh zdvihu listů a proslupní změny v čase

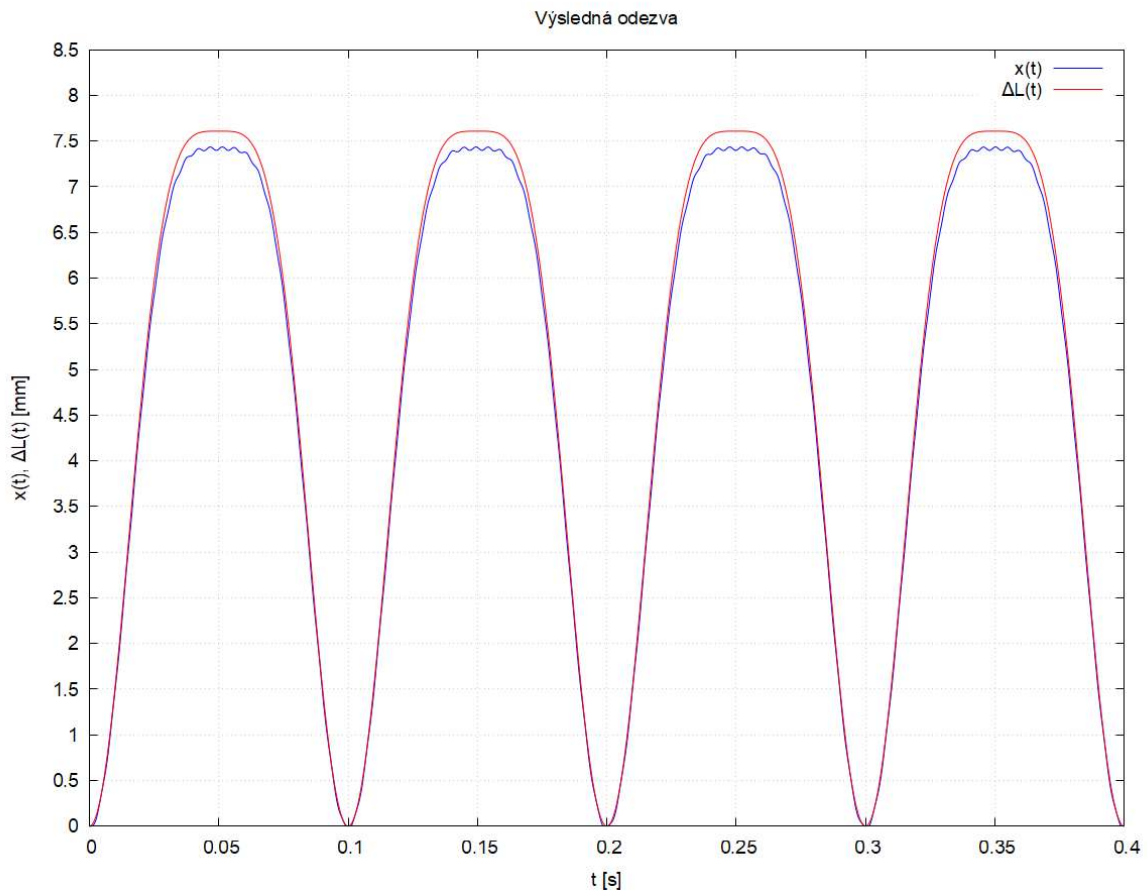
Vzhledem ke komplexnosti funkční závislosti $\Delta L(t)$ byla diferenciální rovnice řešena numericky pomocí Rungeovy-Kuttovy metody. Jedná se o metodu řešení obecných diferenciálních rovnic prvního řádu. Tento postup vyžaduje použití substituce, výchozí rovnice totiž obsahuje derivaci druhého řádu.

Výpočet byl proveden pro časový rozsah 0 – 0,4 sekundy.

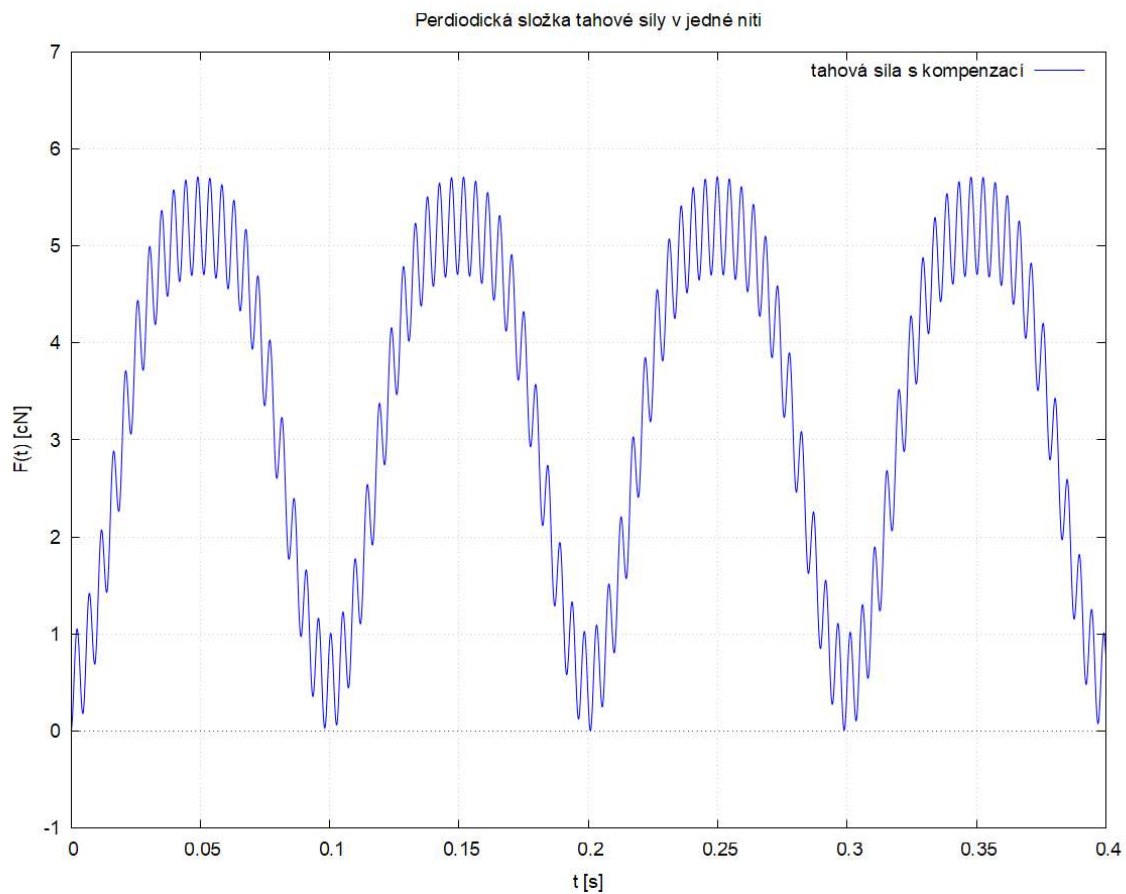
Výstupním formátem funkce RK je seznam diskrétních hodnot. Pro každou časovou funkci bylo vyčísleno 10 000 hodnot.

Graf 3.29 znázorňuje křivky průběhu prodlužování osnovy a pohybu kompenzátoru v čase.

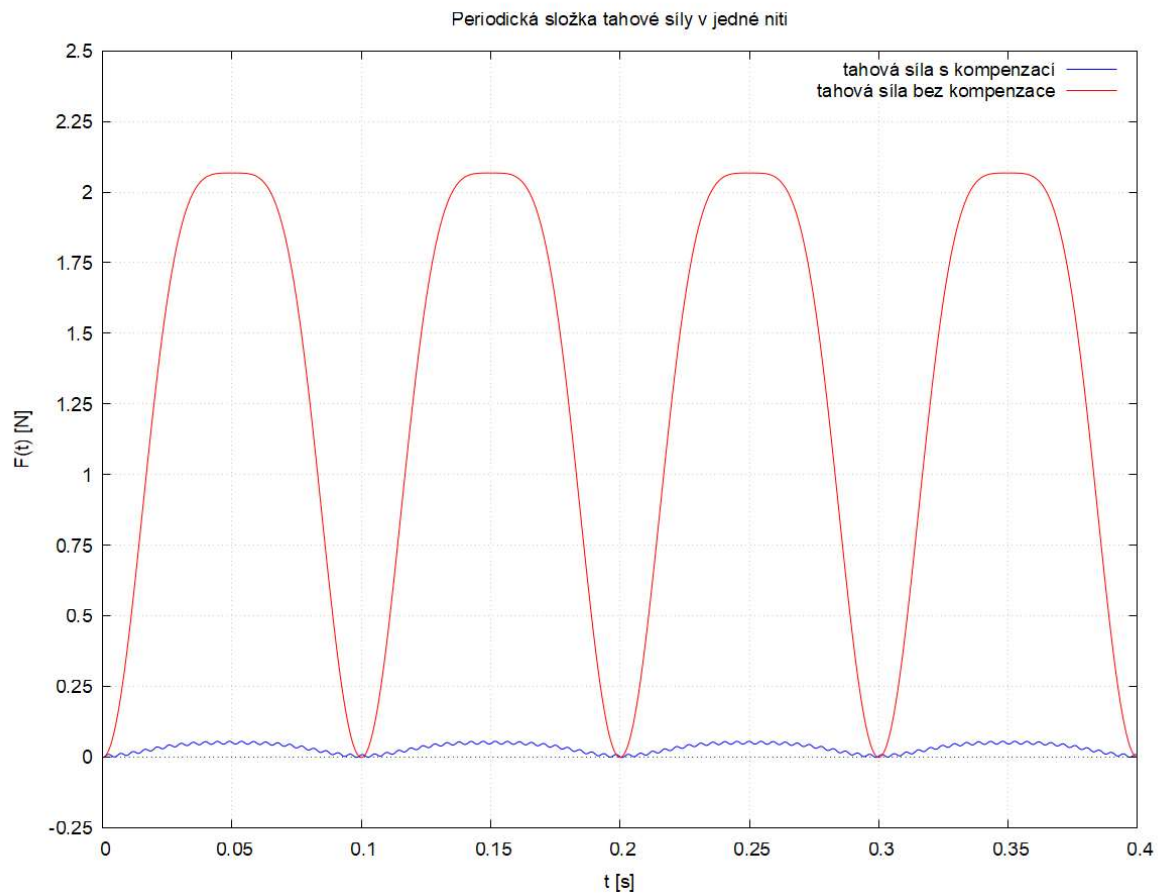
Na grafech 3.30, 3.31 a 3.32 jsou zobrazeny výsledné periodické složky tahových sil.



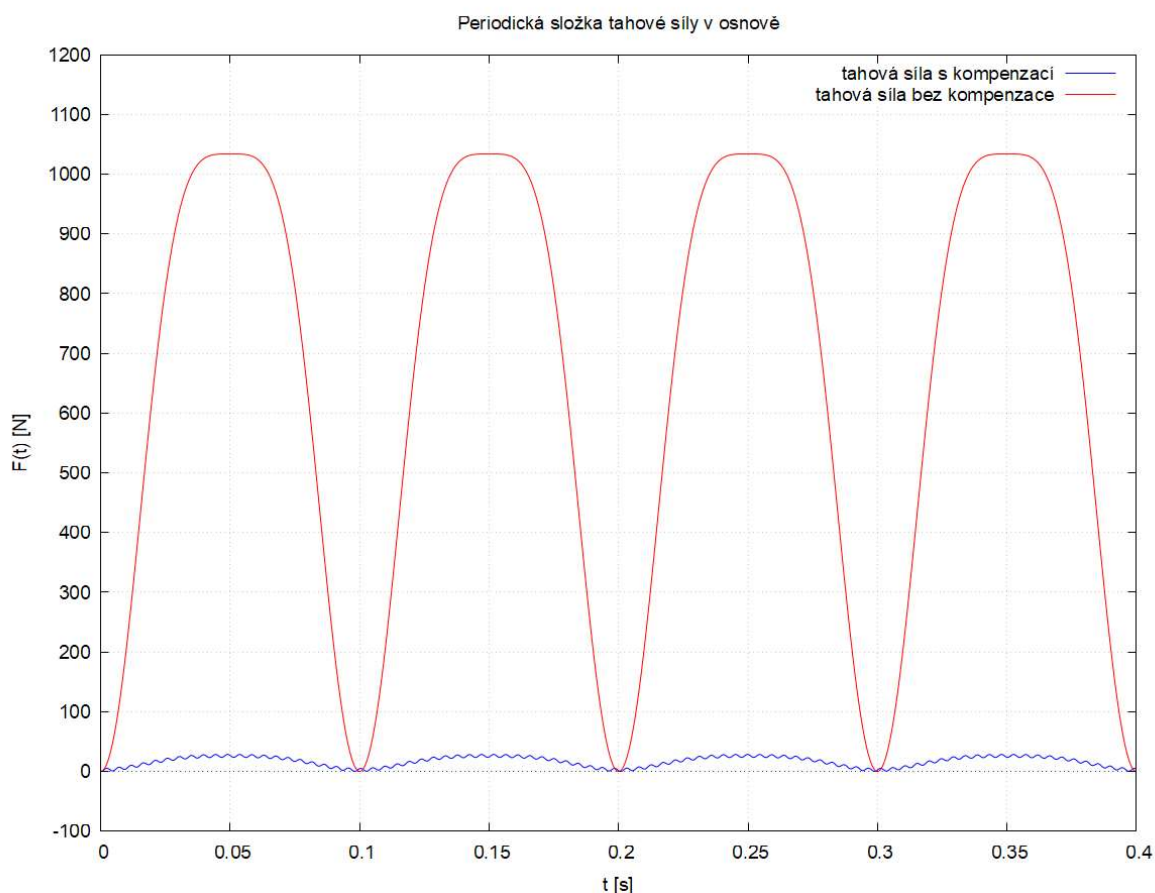
Obr. 3.29 Výsledná frekvenční odezva



Obr. 3.30 Periodická složka tahové síly v jedné niti



Obr. 3.31 Porovnání kompenzovaných a nekompenzovaných periodických složek sil v niti



Obr. 3.32 Porovnání kompenzovaných a nekompenzovaných periodických složek sil v osnově

3.2.7 Závěry výpočtu

Křivky v grafu 3.29 nejsou vůči sobě fázově posunuté a jejich tvar není výrazně odlišný. Výsledky nenaznačují fázový posun kmitání kompenzátoru vůči budící frekvenci. Tahové síly budou pravděpodobně kompenzovány bez výrazných nežádoucích účinků.

Na křivce tahové síly v jedné niti, obr. 3.30, je patrná vysoká frekvence, superponovaná na základní tvar časového průběhu odezvy. Tato frekvence odpovídá vlastní frekvenci kmitání redukované hmoty na pružině osnovy o tuhosti k_n .

Grafy 3.31 a 3.32 znázorňují rozdíly mezi kompenzovanými a nekompenzovanými periodickými složkami tahových sil v osnově a v jedné niti.

Do výpočetního modelu nebylo započteno materiálové tlumení kompenzátoru či osnovních nití.

Na základě výstupu tohoto výpočtu lze předběžně posoudit kvalitu kompenzace při konkrétních podmínkách a stanovit statické předpětí osnovních nití. Výpočet pak lze provést znovu se započtením této hodnoty předpětí.

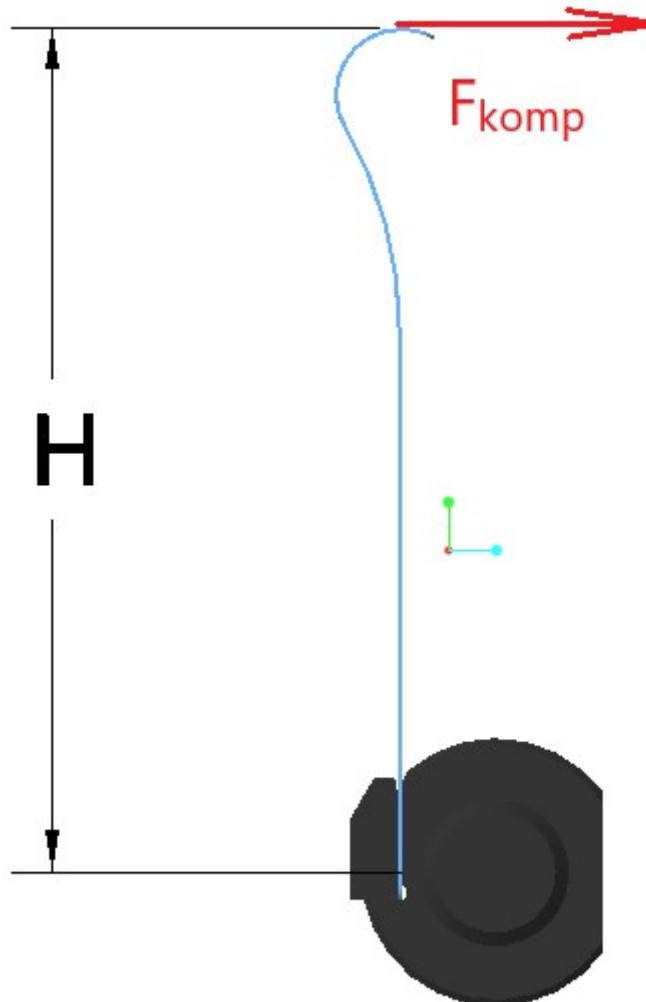
3.3 Kontrola svěrného spoje kompenzátoru

Pootočení nosníku s kompenzační pružinou během provozu zařízení by bylo nežádoucí. Kontrola svěrného spoje a stanovení odpovídajícího utahovacího momentu je na místě.

Velikost síly působící na kompenzátor je v rámci bezpečnosti stanovena na hodnotu 700 N. Tato síla vyvine na svěrný spoj kroutící moment. Velikost ramena síly odpovídá výšce kompenzační pružiny H , viz. obr. 3.33.

$$F_{komp} = 700 \text{ N} \quad (3.21)$$

$$M_{komp} = F_{komp} \cdot H = 700 \text{ N} \cdot 0,125 \text{ m} = 87,5 \text{ Nm} \quad (3.22)$$



Obr.3.33 Rameno tahové síly

3.3.1 Příklad příznivého rozložení tlakového působení

Následující postup a výpočtové vztahy vycházejí z použité odborné literatury [11, s. 101-105].

Výchozí vztah pro třecí moment svěrného spoje s děleným nábojem a válcovou styčnou plochou:

$$M_T = \frac{1}{2} \pi p f l d_p^2 = M_{komp} \cdot k_w \quad (3.23)$$

Vztah pro utahovací moment šroubového spoje pro dosažení požadovaného předpětí šroubu:

$$M_u = \frac{F_Q}{2} \cdot [d_2 \cdot \tan(\gamma + \varphi'_z) + f_p D_p] \quad (3.24)$$

Minimální tlak ve spoji bez započítání bezpečnostního koeficientu a výsledná montážní síla:

$$p_{min} = \frac{2 \cdot M_{komp}}{\pi f l d_p^2} \cong 5,8 \text{ MPa} \quad (3.25)$$

$$F_M = p_{min} l d_p \cong 3,5 \text{ kN} \quad (3.26)$$

Jedná se o dělený svěrný spoj se dvěma šrouby, montážní síla šroubového spoje se rovná polovině předpětí jednoho šroubu:

$$F_Q = \frac{F_M}{2} \quad (3.27)$$

Výsledný minimální utahovací moment:

$$M_u \cong 3,3 \text{ Nm} \quad (3.28)$$

3.3.2 Příklad nepříznivého rozložení tlakového působení

U tuhých, nepoddajných spojů lze předpokládat výrazně nerovnoměrné rozložení tlaku. V takovém případě se při výpočtu počítá místo tlakového působení pouze se samotnou normálovou silou.

$$F_M = F_N = \frac{M_{komp}}{f \cdot d_p} \cong 5,5 \text{ kN} \quad (3.29)$$

Hodnota minimálního utahovacího momentu pro tento případ je vyšší:

$$M_u \cong 5,1 \text{ Nm} \quad (3.30)$$

Pro šrouby M8 pevnostní třídy 8.8 se běžně uvádí hodnota maximálního utahovacího momentu:

$$M_{umax} \cong 24,5 \text{ Nm} \quad (3.31)$$

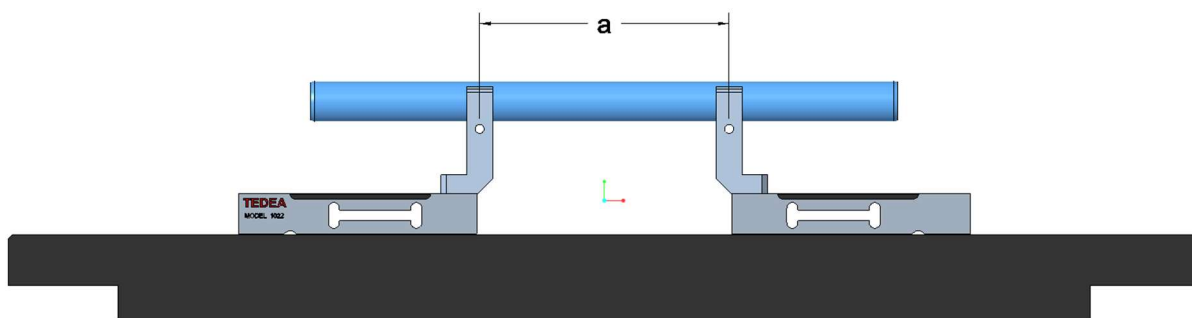
$$k_w = \frac{M_{umax}}{M_u} \cong 4,8 \quad (3.32)$$

Při použití maximálního utahovacího momentu 24,5 Nm je i pro nejhorší případ rozložení tlakového působení hodnota koeficientu bezpečnosti $k_w \cong 4,8$. Návrh svěrného spoje je plně vyhovující i pro dynamické zatížení.

3.4 Optimalizace průhybu hrazdy tenzometrů

Správná funkce tenzometrů může být negativně ovlivněna neoptimálním přenosem síly.

Rozteč svěrných spojů stanovuje tvar a míru deformace hrazdy. Pro parametr vzájemné vzdálenosti svěrných spojů existuje optimální hodnota, při které je maximální deformace hrazdy nejmenší a ohybový moment je optimálně rozložen přes celou délku hrazdy.

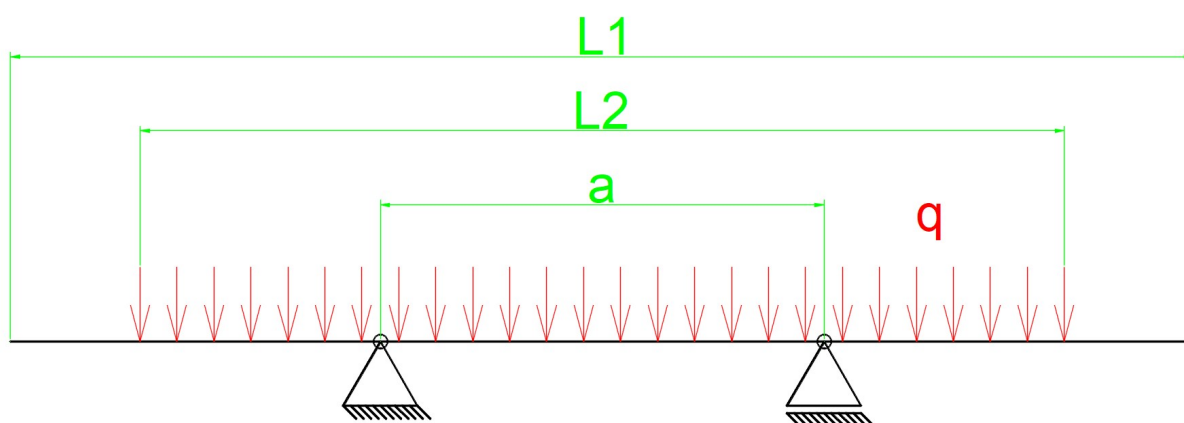


Obr. 3.34 Sestava tenzometrů, optimalizace průhybu

Optimální vzdálenost byla vypočítána analyticky a následně ověřena v FEM modulu Creo Simulate. Analytický výpočet byl proveden v algebraickém výpočetním systému wxMaxima.

3.4.1 Analytický výpočet

Výchozí model pro analytický výpočet optimální rozteče je znázorněn na obr. 3.35



Obr. 3.35 Výchozí model pro analytický výpočet

Nejprve byly stanoveny vzorce silových účinků:

$$q = \frac{F_t}{l_2} \quad (3.33)$$

$$R_A = R_B = \frac{q \cdot l_2}{2} = R \quad (3.34)$$

Metodou vnitřních statických účinků byly stanoveny funkce ohybových momentů pro tři intervaly:

$$\text{I: } x \in \left(0, \frac{l_1 - a}{2}\right)$$

$$M = -\frac{q \cdot x^2}{2} + q \cdot x \cdot \left(\frac{l_1 - l_2}{2}\right) - \frac{q \cdot \left(\frac{l_1 - l_2}{2}\right)^2}{2} \quad (3.35)$$

$$\text{II: } x \in \left(0, \frac{l_1 + a}{2}\right)$$

$$M = -\frac{q \cdot x^2}{2} + q \cdot x \cdot \left(\frac{l_1 - l_2}{2}\right) - \frac{q \cdot \left(\frac{l_1 - l_2}{2}\right)^2}{2} + R \cdot \left(x - \frac{l_1 - a}{2}\right) \quad (3.36)$$

$$\text{III: } x \in (0, l_1)$$

$$M = -\frac{q \cdot x^2}{2} + q \cdot x \cdot \left(\frac{l_1 - l_2}{2}\right) - \frac{q \cdot \left(\frac{l_1 - l_2}{2}\right)^2}{2} + R \cdot (2x - l_1 - 2a) \quad (3.37)$$

Následně byly tyto rovnice přepsány do softwarového výpočtového prostředí wxMaxima. Pro každý úsek byla definována diferenciální rovnice:

$$\frac{d^2 y_{(I,II,III)}}{dx} = -\frac{M_{(I,II,III)}}{EJ} \quad (3.38)$$

Pro každý úsek byla tato rovnice dvakrát integrována. Okrajové podmínky pro nalezení hodnot integračních konstant:

$$y_I \left(x = \frac{l_1 - a}{2} \right) = y_{II} \left(x = \frac{l_1 - a}{2} \right) \quad (3.39)$$

$$y_I \left(x = \frac{l_1 + a}{2} \right) = y_{II} \left(x = \frac{l_1 + a}{2} \right) \quad (3.40)$$

$$y_I \left(x = \frac{l_1 - a}{2} \right) = 0 \quad (3.41)$$

$$y_{II} \left(x = \frac{l_1 + a}{2} \right) = 0 \quad (3.42)$$

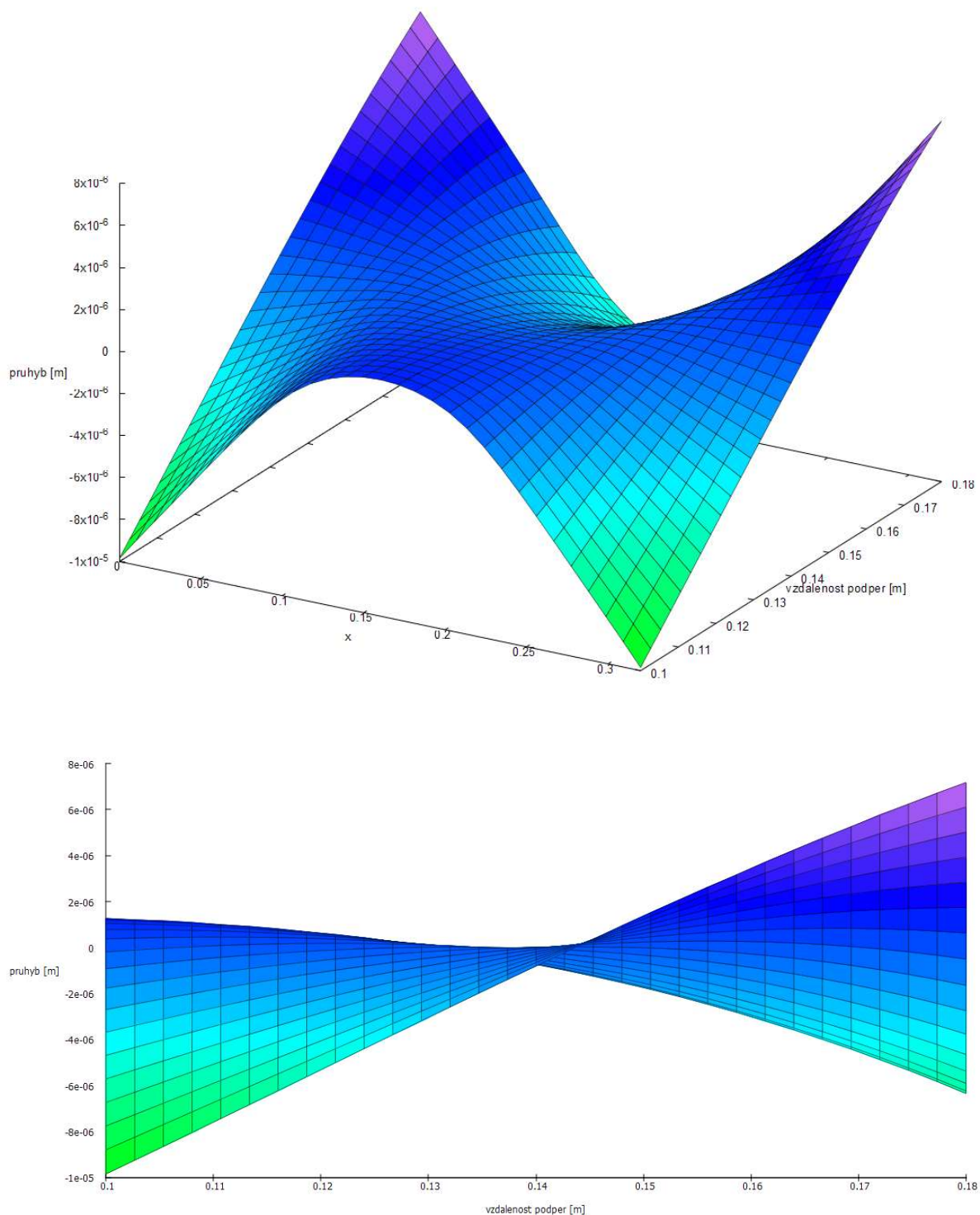
$$y_I' \left(x = \frac{l_1 - a}{2} \right) = y_{II}' \left(x = \frac{l_1 - a}{2} \right) \quad (3.43)$$

$$y_I' \left(x = \frac{l_1 + a}{2} \right) = y_{II}' \left(x = \frac{l_1 + a}{2} \right) \quad (3.44)$$

Vypočtené integrační konstanty byly dosazeny do obecných řešení diferenciálních rovnic. Výsledné rovnice obsahují dvě proměnné, souřadnici x a rozteč svěrů a .

3.4.2 Výsledky výpočtu ve wxMaxima

Funkce průhybové čáry o dvou neznámých $y(x, a)$ byla vyobrazena v 3D grafu (Obr. 3.36 a 3.37) s rozsahy $x \in \langle 0, l_1 \rangle$; $a \in \langle 0.1, 0.18 \rangle$

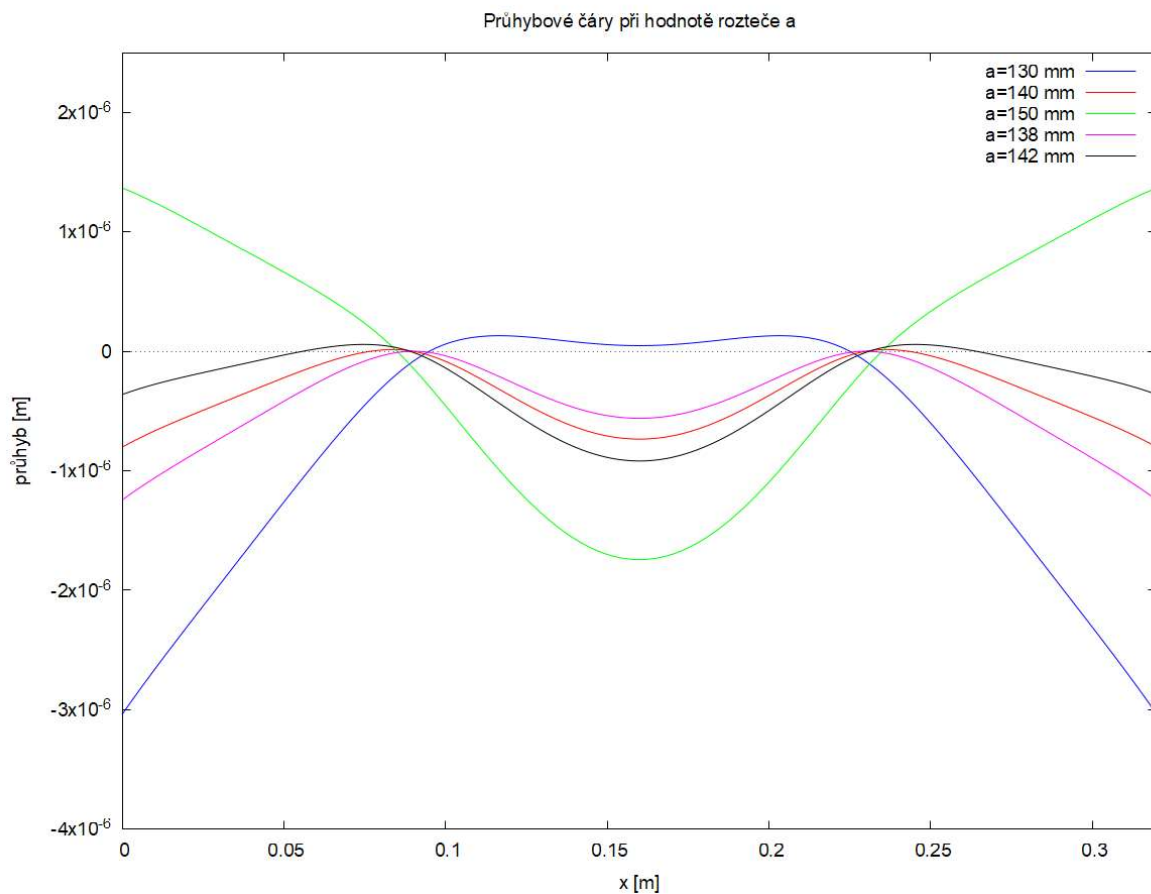


Obr. 3.36 a 3.37 3D graf průhybů pro různé vzdálenosti

3.4.3 Porovnání tvarů průhybů

Pro názornost bylo vykresleno několik vybraných průhybových čar.

Z obr. 3.38 je patrné, že nejmenší celkové deformace hrazdy lze dosáhnout při rozteči přibližně 140 mm.



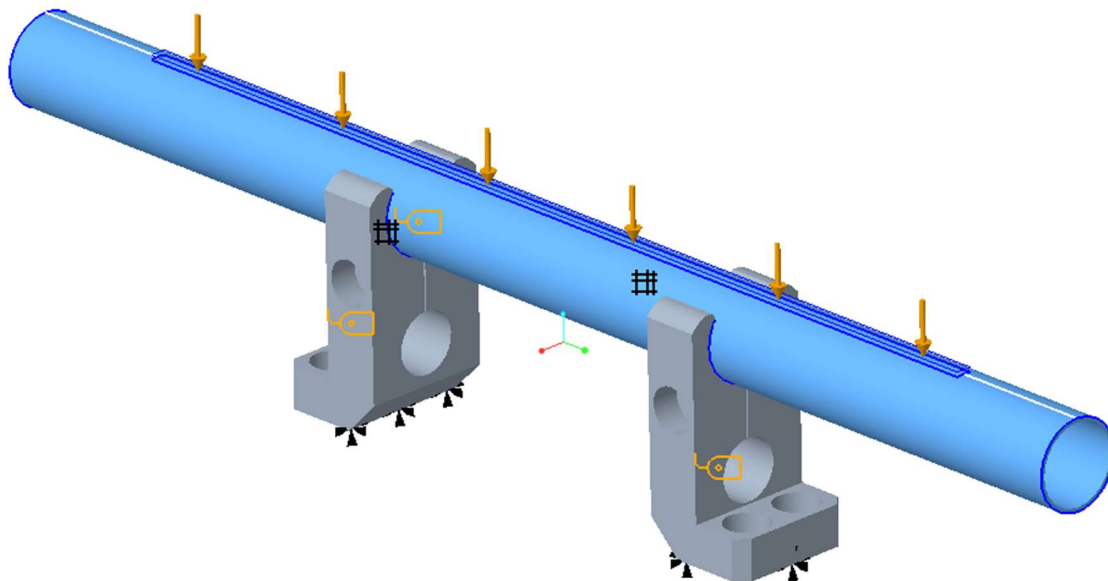
Obr. 3.38 Průhybové čáry při různých roztečích

3.4.4 Statická a citlivostní analýza pomocí MKP

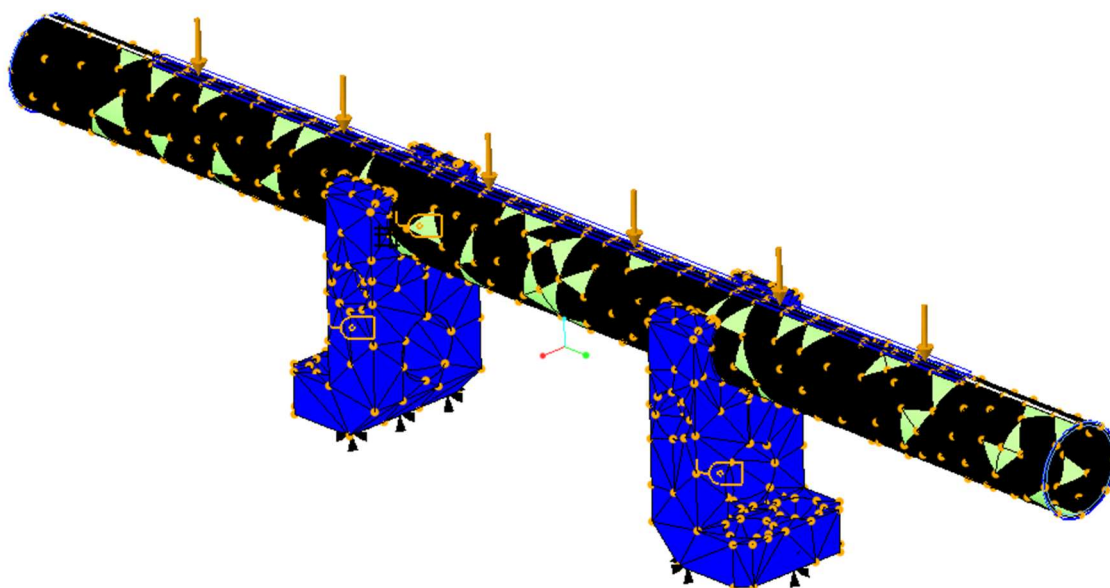
V modulu Creo Simulate byla provedena statická a citlivostní analýza deformace hrazdy tenzometrů

Pro účely výpočtu byla sestava výrazně zjednodušena, viz obr. 3.39. Okrajové podmínky byly aplikovány na montážní plochy svěrných spojů. Oblast silového působení odpovídá styčné ploše mezi hrazdou a osnovními nitěmi.

Síť prvků je složena z trojúhelníkových „shell“ prvků pro hrazdu a objemových prvků „tet“ u svěrných spojů.



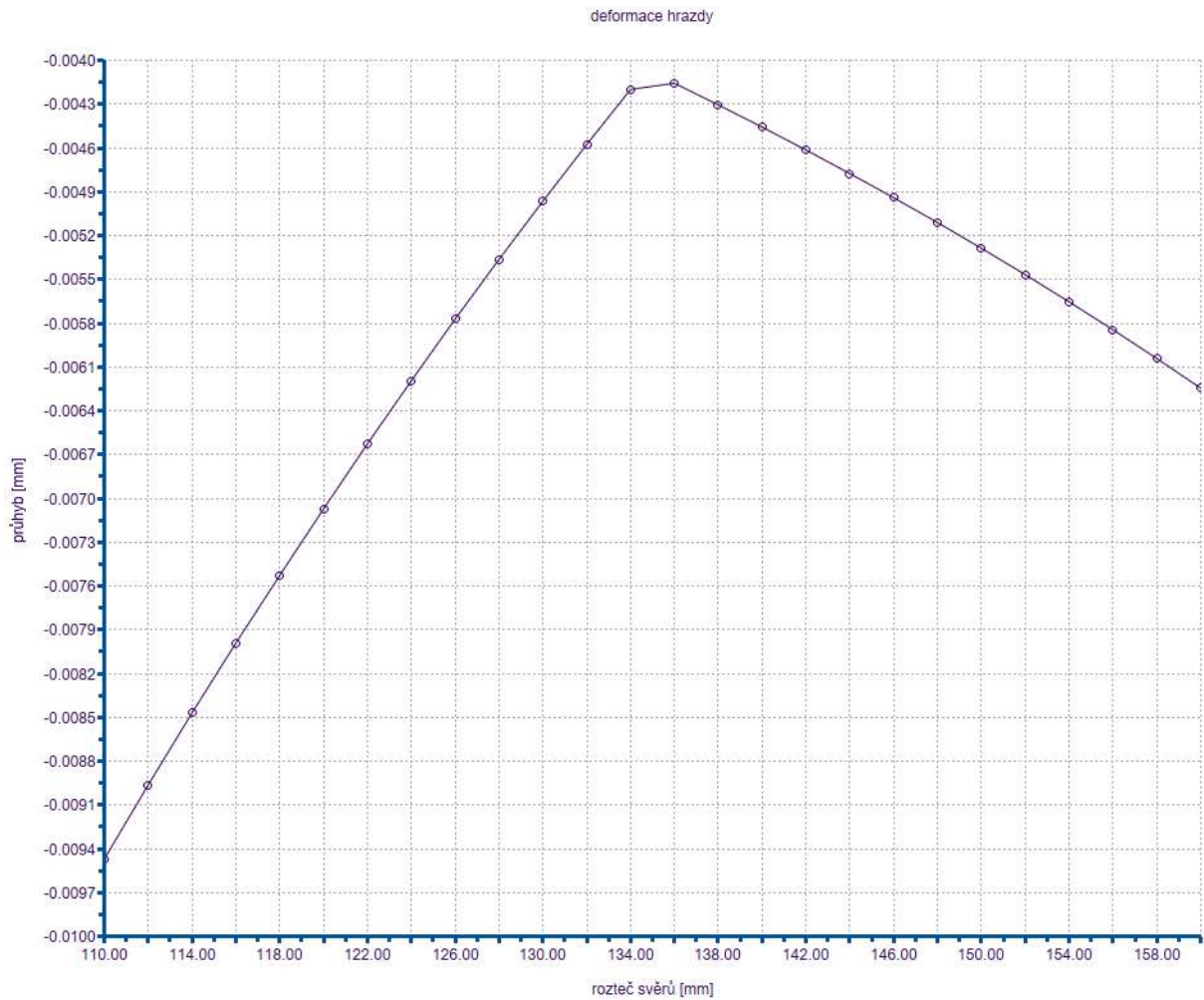
Obr. 3.39 Hrazda tenzometrů, okrajové podmínky



Obr. 3.40 Hrazda tenzometrů, zesíťovaný model

3.4.5 Výsledky citlivostní analýzy

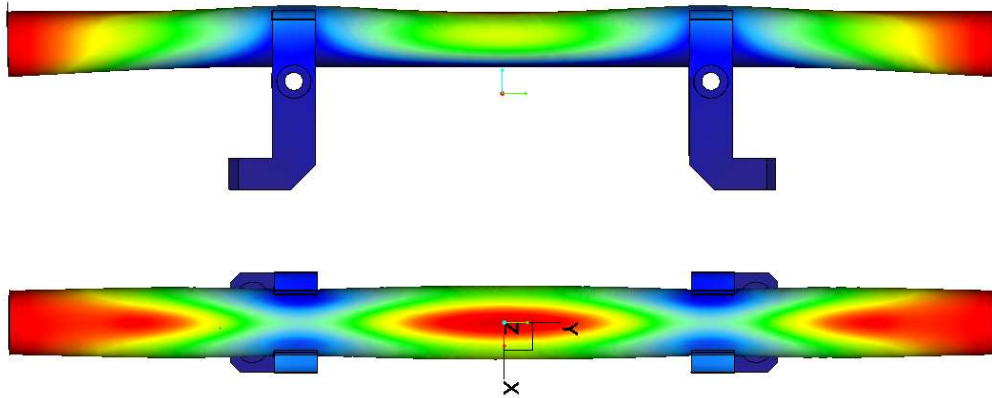
FEM výpočet citlivosti na změnu hodnoty rozteče potvrdil výsledky analytického výpočtu, optimální rozteč leží v rozmezí 134 až 138 mm.



Obr. 3.41 Graf závislosti maximální deformace ve svislém směru na rozteči

3.4.6 Výsledek statické analýzy

Za účelem verifikace výsledku citlivostní analýzy byla provedena statická analýza deformace při rozteči svěrů $a = 140 \text{ mm}$. Z obr. 3.42 lze usoudit, že silové zatížení je optimálně rozložené.

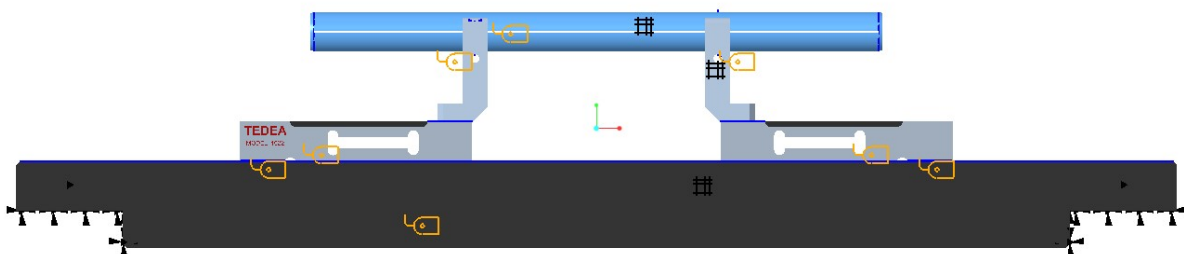


Obr. 3.42 FEM analýza průhybu při optimální rozteči

3.5 Modální analýza sestavy tenzometrů

Nepříznivé hodnoty vlastních frekvencí sestavy snímačů mohou negativně ovlivnit správné fungování snímání tahového napětí v osnově. Hodnoty vlastních frekvencí je nutné znát.

V FEM modulu Creo Simulate byla provedena modální analýza sestavy tenzometrů. Na obr. 3.43 je náhled výchozího modelu. Okrajové podmínky byly aplikovány na montážní plochy nosníku tenzometrů. Hrazda byla opět zesíťována pomocí „shell“ prvků, ostatní komponenty užívají objemových prvků „tet“.

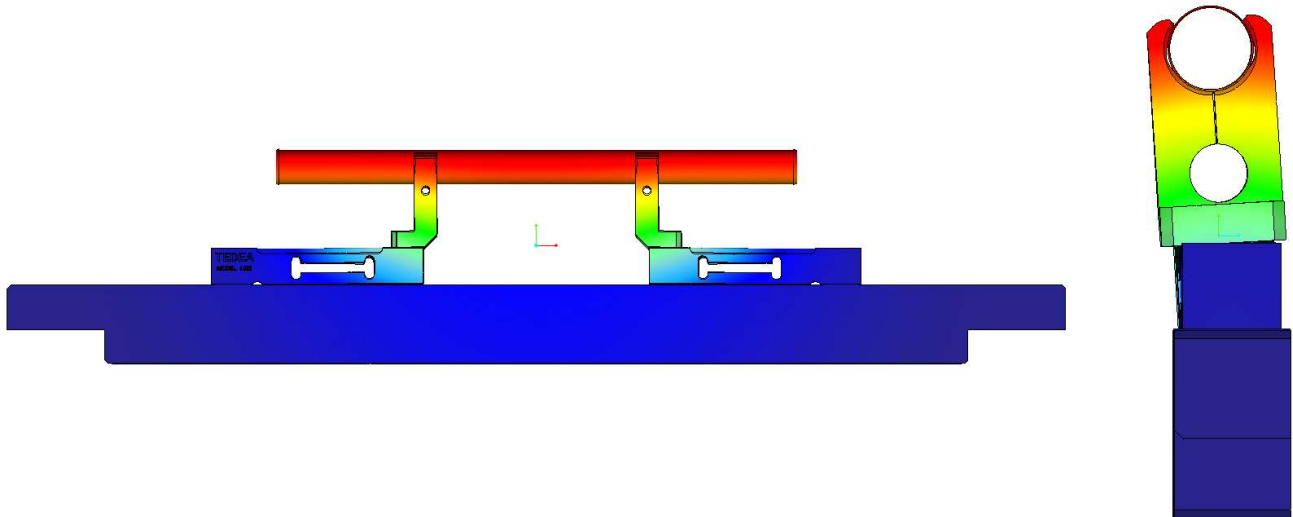


Obr. 3.43 Výchozí model pro modální analýzu

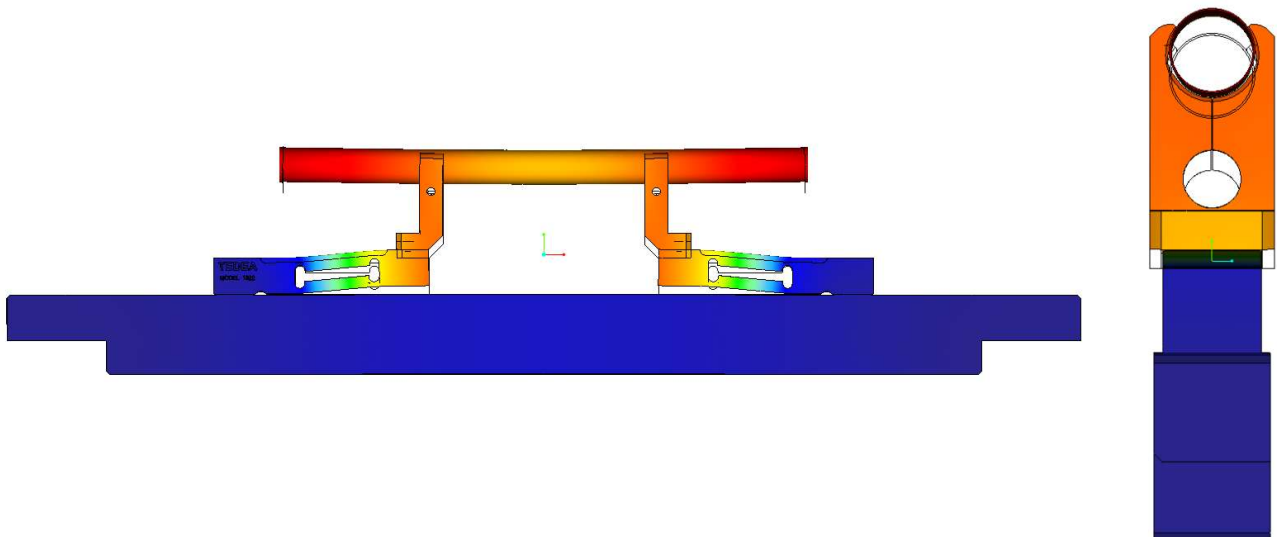
3.5.1 Výsledky modální analýzy

Vlastní frekvence byly nalezeny mimo rizikové pásmo 0-10 Hz. První dvě nalezené vlastní frekvence mají hodnoty 370 Hz a 470 Hz. Vlastní tvary kmitů při těchto frekvencích jsou znázorněny na obr. 3.44 a 3.45

Nejpoddajnějšími součástmi sestavy jsou těla snímačů, což je očekávaný výsledek, jelikož deformovatelnost je podstatou funkce tenzometrického snímače.



Obr. 3.44 Vlastní tvar, první vlastní frekvence, 370 Hz



Obr. 3.45 Vlastní tvar, druhá vlastní frekvence, 470 Hz

4 Závěr

4.1 Závěry z tvorby řešerše

Zařízení, jehož konstrukcí se tato diplomová práce zabývá, je velice specifické účelem i technickým řešením. Již během řešeršní fáze bylo zjištěno, že na trhu se prakticky nevyskytuje zařízení, které by splňovalo požadavky zadavatele na funkci, univerzálnost a mobilitu.

Všechny dohledané příklady přídavných či nestandardních osnovních systémů jsou statické, často vyžadují montáž přímo k rámové konstrukci konkrétního tkacího stroje a obecně není zřejmé, že by se tyto přídavné systémy daly využít k širšímu rozsahu aplikací, jak tomu pravděpodobně bude u objektu této diplomové práce.

4.2 Závěry z průběhu konstrukce

Zdaleka nejvíce úsilí bylo vynaloženo na zhotovení návrhu a organizaci veškeré výrobní dokumentace. Pokud se přídavný pásmový osnovní vál osvědčí v praxi, bude jistě následovat výroba více kusů, přičemž je zásadní, aby byly veškeré podklady pro výrobu dostupné a v odpovídající kvalitě.

V momentu uzavření tvorby této diplomové práce se pásmový osnovní vál a veškeré výrobní podklady nacházejí ve fázi prototypu. V případě výroby dalších kusů bude nutná revize výrobní dokumentace a technologická optimalizace vyráběných komponent.

4.3 Závěry z výpočetních kontrol

Pevnostní kontroly a modální analýzy prováděné metodou konečných prvků lze považovat za relativně spolehlivé. Výpočty byly provedeny několikrát, někdy i při různých hustotách sítí. Výsledky byly stabilní, změny geometrie při průběžných úpravách konstrukčního návrhu měly předvídatelné projevy a nalezené hodnoty se pohybují v očekávaných mezích.

Optimalizace deformace hrazdy tenzometrů byla provedena analyticky a následně metodou konečných prvků. Výsledky obou nezávislých výpočtů se shodují a výstup optimalizace lze považovat za spolehlivý.

Kontrola svěrných spojů nosníku kompenzátoru vykazuje dostatečnou bezpečnost. Pravděpodobně není nutné obávat se nežádoucího pootočení nosníku kompenzátoru během pracovního cyklu.

Pro výpočet frekvenční odezvy kompenzátoru byl použit výrazně zjednodušený výpočetní model. Vliv tlumení byl ignorován, jelikož nejsou dostupná žádná směrodatná data ohledně koeficientů materiálového tlumení konkrétních vlákenných materiálů nebo použité kompenzační pružiny.

Veškeré vstupní konstanty byly dopočítávány na základě externích dat nebo výchozí geometrie, jejich přesnost není absolutní. Především tahová tuhost osnovy byla stanovena velice orientačně. Z grafu 3.27 v článku 3.2.5 je zřetelné, že závislost poměrného prodloužení vlákna na tahové síle je lineární jen ve velice krátkém úseku, od 0 cN do 1000 cN. Konkrétní číselná data z tahové zkoušky ukazují na jistou míru proměnlivosti tahové tuhosti i v rámci této zdánlivě lineární oblasti. Ve výpočtu byla použita průměrná hodnota tahové tuhosti v této lineární oblasti poměrného prodloužení, výsledky výpočtu frekvenční odezvy totiž naznačují, že se tahová síla v nitích bude v rozmezí 0 – 1000 cN bezpečně pohybovat i při výrazném statickém předpětí. Jedná se ale o další zjednodušení výpočtu, které může do výsledků vnést jistou odchylku.

Přestože výpočet neposkytuje přesnou simulaci odezvy na budící síly, výsledné grafy poskytují názornou informaci o silových poměrech v osnovních nitích a pohotový předběžný náhled chování kompenzátoru při libovolně nastavitelných vstupních parametrech.

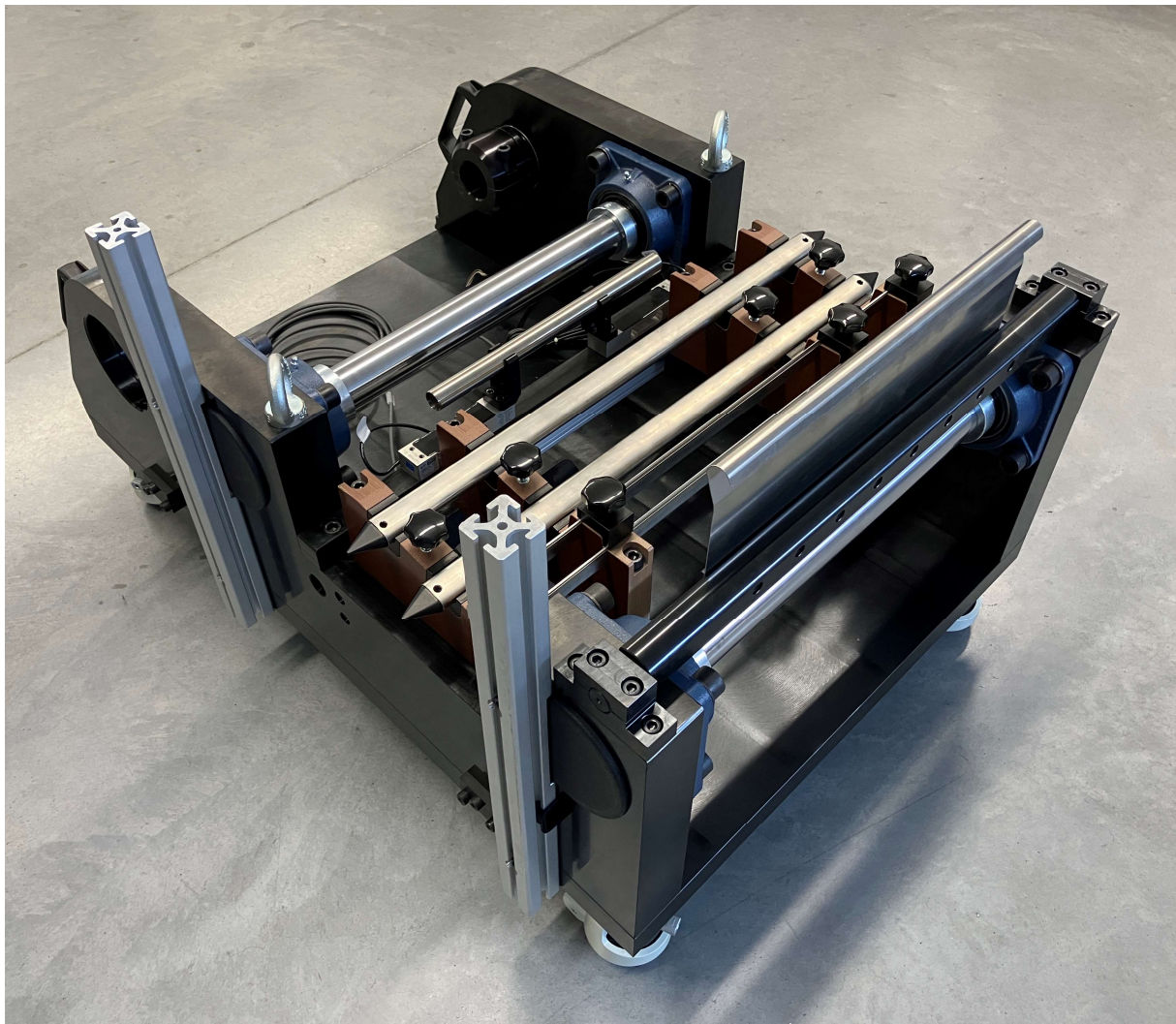
Výpočetní program, který byl pro účely tohoto výpočtu vypracován, je použitelný pro rychlou kontrolu odezvy, což je zvláště užitečné při změně materiálu osnovních nití.

4.4 Stav konstrukce k 17.5.2024

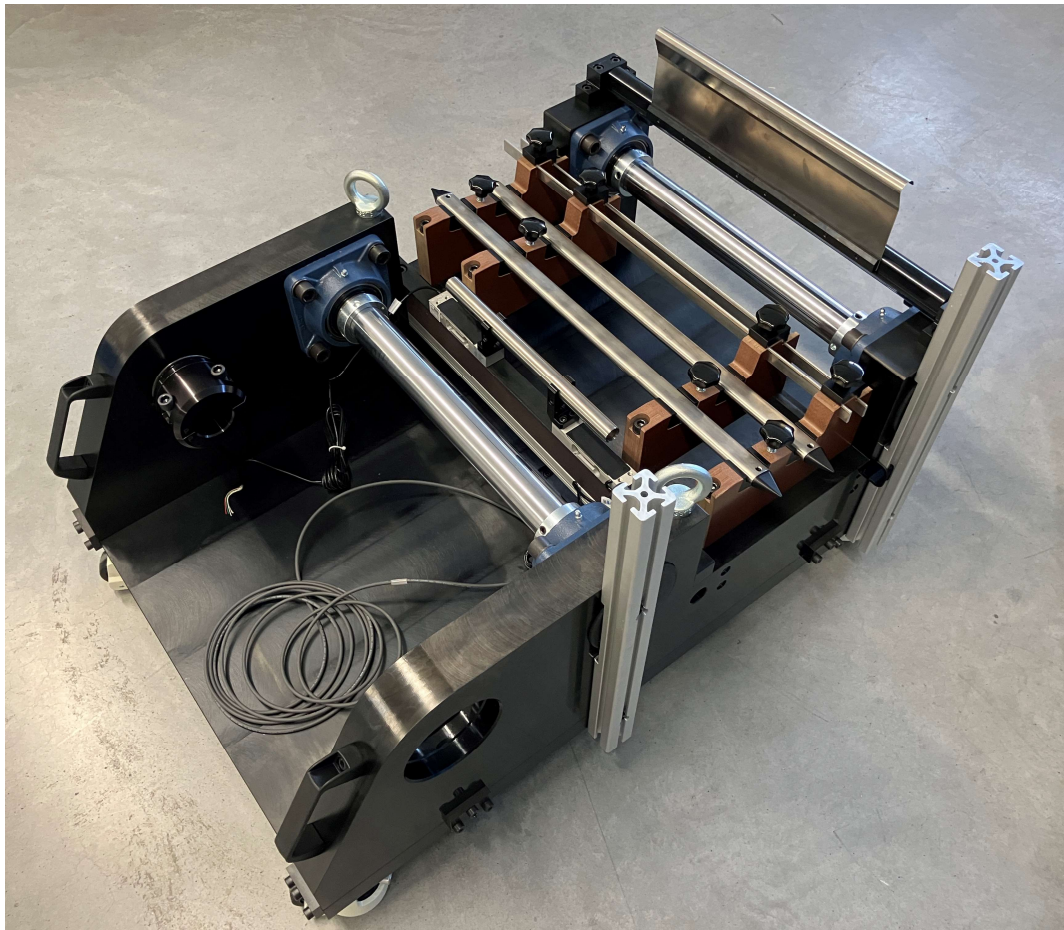
Stav konstrukce ze dne 17.5. 2024 je zřetelný z fotografií 3.46, 3.47 a 3.48. Drtivá většina podsestav je kompletní.

Montáž rámové konstrukce proběhla bez výraznějších problémů. U některých komponent budou v revizích předepsány volnější tolerance za cílem snazší montáže a demontáže.

Do prvního spuštění zbývá instalace elektrotechniky, montáž osnovního regulátoru, kalibrace snímačů a nasování prvního vzorku pásmové osnovy na vál.



Obr. 3.46 Stav konstrukce k 17.5.2024



Obr. 3.47 Stav konstrukce k 17.5.2024, pohled zezadu



Obr. 3.48 Osnovní vál s přepravní bednou

Použitá literatura

- [1] TUMAJER, Petr; BÍLEK, Martin a DVOŘÁK, Josef. *Základy tkaní a tkací stroje*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-215-0.
- [2] TALAVÁŠEK, Oldřich. *Tkací stroje člunkové, bezčlunkové a víceprošlupní*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1988.
- [3] TALAVÁŠEK, Oldřich and Vladimír SVATÝ. 1975. *Bezčlunkové stavy*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury.
- [4] NOSEK, Stanislav. *Teorie jednoprošlupní a víceprošlupní tvorby tkaniny. Sv. 3., Teorie tkacího procesu*. Pardubice: DT ČSVTS, 1989.
- [5] DVOŘÁK, Josef; BÍLEK, Martin a TUMAJER, Petr. *Mechanické modely tkaní*. Vydání: první. Liberec: VÚTS, 2016. ISBN 978-80-87184-68-4.
- [6] LINDAUER-DORNIER. *Flexible. Reliable. Efficient*. Online. Dostupné z: https://www.lindauerdornier.com/media/filer_public/de/df/dedf4da5-0582-42f7-90d8-bf8f50773d1c/1947385_a1_gb.pdf. [citováno 2023-05-21]
- [7] PICANOL. *Direct Warp Control (DWC)*. Online. Dostupné z: <https://www.picanol.be/machines-features/features/direct-warp-control-dwc>. [citováno 2023-05-21]
- [8] GROZ-BECKERT. *Drop wires*. Online. Dostupné z: https://www.groz-beckert.com/mm/media/en/web/pdf/Drop_wires.pdf. [citováno 2023-05-21]
- [9] PROTECHNA. *Inspection systems for weaving machines*. Online. Dostupné z: <https://protechna.de/textile-solutions/weaving/inspection-systems>. [citováno 2023-05-21]
- [10] CREALET. *Selvedge Thread Let-off SOLEX*. Online. Dostupné z: <https://crealet.com/wide-weaving-and-warp-knitting/selvedge-thread-let-off-solex/>. [citováno 2023-05-21]
- [11] PEŠÍK, Lubomír. *Části strojů: stručný přehled. 1. díl*. Vydání 5. doplněné. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-183-2.

Seznam příloh

A Výkresy sestavení

- A.1 TKA-0-170300-000_01 PŘÍDAVNÝ OSNOVNÍ VÁL PÁSMOVÝ
- A.2 TKA-0-171300-000_01 RÁM
- A.3 TKA-0-170301-000_01 OSNOVNÍ VÁL ÚPLNÝ
- A.4 TKA-0-170302-000_01 OSNOVNÍ VÁL 350 x 250
- A.5 TKA-0-170303-005_01 SESTAVA SNÍMAČŮ
- A.6 TKA-0-170304-000_01 OSNOVNÍ KŘÍŽ A ZARÁŽKA
- A.7 TKA-0-170305-000_01 KOMPENZÁTOR ÚPLNÝ
- A.8 TKA-0-170306-000_01 SNÍMAČ PRŮMĚRU NÁVINU

B Výkresy vyráběných dílů

- B.1 TKA-0-173300-000_01 ZÁKLADNÍ DESKA
- B.2 TKA-0-173301-000_01 DESKA L
- B.3 TKA-0-173302-000_01 DESKA P
- B.4 TKA-0-173303-000_01 TŘMEN L
- B.5 TKA-0-173304-000_01 TŘMEN P
- B.6 TKA-0-173305-000_01 DISTANČNÍ KROUŽEK
- B.7 TKA-0-173306-000_01 PODLOŽKA
- B.8 TKA-0-173307-000_01 VÍKO
- B.9 TKA-0-173308-000_01 PODPŮRNÁ KONZOLA
- B.10 TKA-0-173309-000_01 DORAZ
- B.11 TKA-0-173310-000_01 DRŽÁK SKŘÍNĚ
- B.12 TKA-0-173311-000_01 DRŽÁK SKŘÍNĚ S VYBRÁNÍM
- B.13 TKA-0-173312-000_01 CHRÁNIČ KABELŮ
- B.14 TKA-0-173313-000_01 VLOŽKA
- B.15 TKA-0-173320-000_01 ČEP LEVÝ
- B.16 TKA-0-173321-000_01 ČEP PRAVÝ
- B.17 TKA-0-173322-000_01 UNÁŠECÍ ČEP
- B.18 TKA-0-173326-000_01 TRUBKA 120x15
- B.19 TKA-0-173327-000_01 ČELO 350
- B.20 TKA-0-173328-000_01 STŘEDÍCÍ POUZDRO
- B.21 TKA-0-173329-000_01 UNÁŠECÍ POUZDRO
- B.22 TKA-0-173330-000_01 HRAZDA
- B.23 TKA-0-173331-000_01 SPOJNICE
- B.24 TKA-0-173332-000_01 KRYT KABELŮ
- B.25 TKA-0-173333-000_01 VÍKO KRYTU KABELŮ
- B.26 TKA-0-173340-000_01 DRŽÁK ZARÁŽKY A KŘÍŽE
- B.27 TKA-0-173341-000_01 VÍKO ZARÁŽKY
- B.28 TKA-0-173342-000_01 VÍKO KŘÍŽE
- B.29 TKA-0-173343-000_01 ČINEK
- B.30 TKA-0-173344-000_01 VLOŽKA ČINKU
- B.31 TKA-0-173345-000_01 PILKA ZARÁŽKY
- B.32 TKA-0-173346-000_01 VLOŽKA DRŽÁKU KŘÍŽE
- B.33 TKA-0-173350-000_01 KOMPENZÁTOR

- B.34 TKA-0-173351-000_01 NOSNÍK
- B.35 TKA-0-173352-000_01 SVĚR KOMPENZÁTORU
- B.36 TKA-0-173360-000_01 DRŽÁK SNÍMAČE

C Technická dokumentace nakupovaných komponent

- C.1 Tedeo-Huntleigh Model 1022
- C.2 Baumer U500.DA0-IA1B.72O
- C.3 Datasheet C1Q130C
- C.4 Parametry servomotoru M4-0570-30-560
- C.5 Montážní výkres M4-0570 / C1Q130C