

# Dizertační práce

VLIV ROZBĚHU TKACÍHO STROJE NA VZNIK ÚTKOVÉ  
PRUHOVITOSTI

**ING. PETR TUMAJER**

TECHNICKÁ UNIVERZITA LIBEREC  
FAKULTA TEXTILNÍ

1999

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA  
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146115275

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Univerzitní knihovna  
Veronážská 1329, Liberec 1  
PSČ 461 17

V586T

LTT  
642-1 [463]  
06.1.1999

***Poděkování:***

*Děkuji za odborné vedení panu Prof. Ing. Stanislavu Noskovi, DrSc. Dále děkuji panu Ing. Ingolfu Brotzovi za pomoc při realizaci praktických měření.*



Rozsah práce:

počet stran: 61

počet obrázků: 55

počet příloh: 5

Tato práce vznikla s podporou Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy - projekt č. VS97084

# Obsah:

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Úvod .....                                                                   | 1  |
| 2. Teoretická část .....                                                        | 3  |
| 2.1. Numerická simulace chování tkacího stroje .....                            | 3  |
| 2.1.1. Odvození pohybových rovnic .....                                         | 4  |
| 2.1.2. Vyjádření parametrů pohybových rovnic .....                              | 8  |
| 2.1.3. Řešení pohybových rovnic .....                                           | 18 |
| 3. Praktická část .....                                                         | 24 |
| 3.1. Popis tkacího stroje PN-170 .....                                          | 24 |
| 3.1.1. Stanovení konstant charakterizujících tkací stroj .....                  | 26 |
| 3.1.2. Stanovení konstant charakterizujících textilní materiál .....            | 31 |
| 3.2. Podmínky při měření a použité měřicí přístroje .....                       | 33 |
| 3.3. Naměřené hodnoty a jejich zpracování .....                                 | 35 |
| 3.3.1. Vyhodnocení grafů tahové síly v osnovní niti .....                       | 38 |
| 4. Závěr .....                                                                  | 40 |
| 4.1. Porovnání naměřených a vypočtených hodnot .....                            | 40 |
| 4.2. Závěr k praktické části .....                                              | 43 |
| 4.2.1. Vliv rozběhu tkacího stroje PN-170 na vznik útkové pruhovitosti .....    | 43 |
| 4.3. Závěr k teoretické části .....                                             | 48 |
| 4.3.1. Vliv požadované útkové dostavy na příraz útků při rozběhu stroje .....   | 48 |
| 4.3.2. Vliv tkací frekvence na příraz útků při rozběhu a zastavení stroje ..... | 50 |
| 4.3.3. Vliv startovního úhlu na příraz útků při rozběhu stroje .....            | 56 |
| 4.4. Závěrečné shrnutí a doporučení .....                                       | 59 |
| 4.5. Další postup při řešení dané problematiky ..                               | 60 |
| Použitá literatura .....                                                        | 61 |

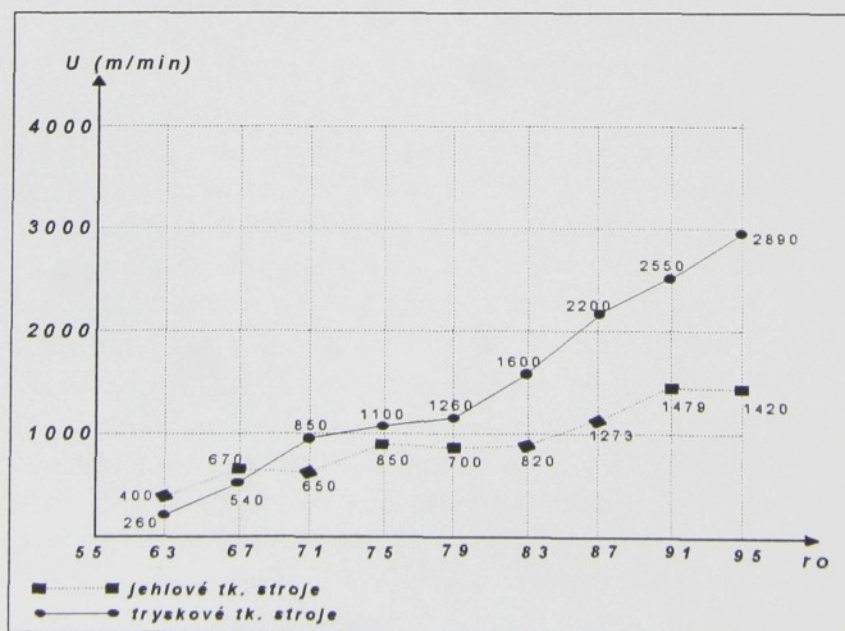


# 1. Úvod.

Tkanina je plošná textilie, která vznikne vzájemným provázáním osnovních a útkových nití. Její výroba je realizována pomocí tkacích strojů a v současné době tvoří 70% výroby všech plošných textilií. Význam tkacích strojů je proto zřejmý.

Nejstarší tkaniny byly vyráběny ručním provázáním útku do svisle uspořádaných osnovních nití. Tato výroba je velmi pracná a zdoluhavá. Později je výroba tkanin usnadněna vynálezem létajícího člunku. Na ručních stavech je člunek prohazován ručně prošlupem, který je vytvořen ve vodorovné tkací rovině. Spotřeba tkanin dále narůstá a to vede k neustálému zdokonalování člunkových stavů. Je zkonstruován mechanický stav a později jsou uplatněny automatizační prvky při výměně útkové cívky. Vývoj prošlupních mechanismů umožňuje vytvářet složitější vazby tkanin a tím zvýšit jejich estetickou i užitnou úroveň. Období po skončení druhé světové války je charakterizováno nasazením bezčlunkových tkacích strojů do výroby. Tyto tkací stroje později vytlačují člunkové stavy prakticky ve všech oblastech výroby. V 70. letech tohoto století je možné zaznamenat snahy o vývoj nového principu tkání. Jsou zkonstruovány tzv. víceprošlupní tkací stroje s paralelním prošlupem, které vytvářejí tkaninu kontinuálním způsobem. Tyto stroje se však v praktické výrobě neujaly. V roce 1995 se na výstavě ITMA objevuje opět víceprošlupní tkací stroj tentokrát však s prošlupem sériovým. Přes výše uvedené snahy o vývoj víceprošlupních tkacích strojů je v současné době zajišťována výroba tkanin především pomocí jednoprošlupních tkacích strojů bezčlunkových.

Bezčlunkové tkací stroje proto musí svou výrobou pokrýt nárůst spotřeby tkanin, který se v současné době začíná progresivně zvyšovat. Tento nárůst spotřeby je vyvolán především celosvětovým zvyšováním počtu obyvatelstva. Tím roste spotřeba tkanin určených pro oděvní průmysl, bytových textilií atd.. Dále se také neustále zvyšuje počet jiných průmyslových odvětví, ve kterých jsou tkaniny využívány (technické textilie, tkaniny určené pro zdravotnictví atd.). Pokrytí nárůstu spotřeby není možné realizovat zvyšováním počtu tkacích strojů. Zvýšení počtu tkacích strojů totiž představuje nutnost zajištění větších prostor pro výrobu a větší nároky na obsluhu z hlediska jejího vytížení i počtu. Z tohoto důvodu je nutné zvyšovat útkové výkony tkacích strojů a tím množství tkaniny vyrobené tkacím strojem za jednotku času. Zvyšování výkonu tkacích strojů je možné sledovat na jednotlivých výstavách textilních strojů a především na výstavě ITMA, která je nejvýznamnější přehlídkou výrobců textilních strojů. V následujícím grafu jsou uvedeny maximální výkony jehlových a tryskových tkacích strojů, které byly dosahovány v jednotlivých letech na této výstavě.





Nárůst výkonu, který je zřejmý z předcházejícího grafu, byl dosažen především zvyšováním otáček tkacích strojů. Při zvyšování otáček strojů je však nutné řešit řadu konstrukčních i textilně-technologických problémů. Jedním z těchto problémů je vznik tzv. rozběhové prouhy ve tkanině.

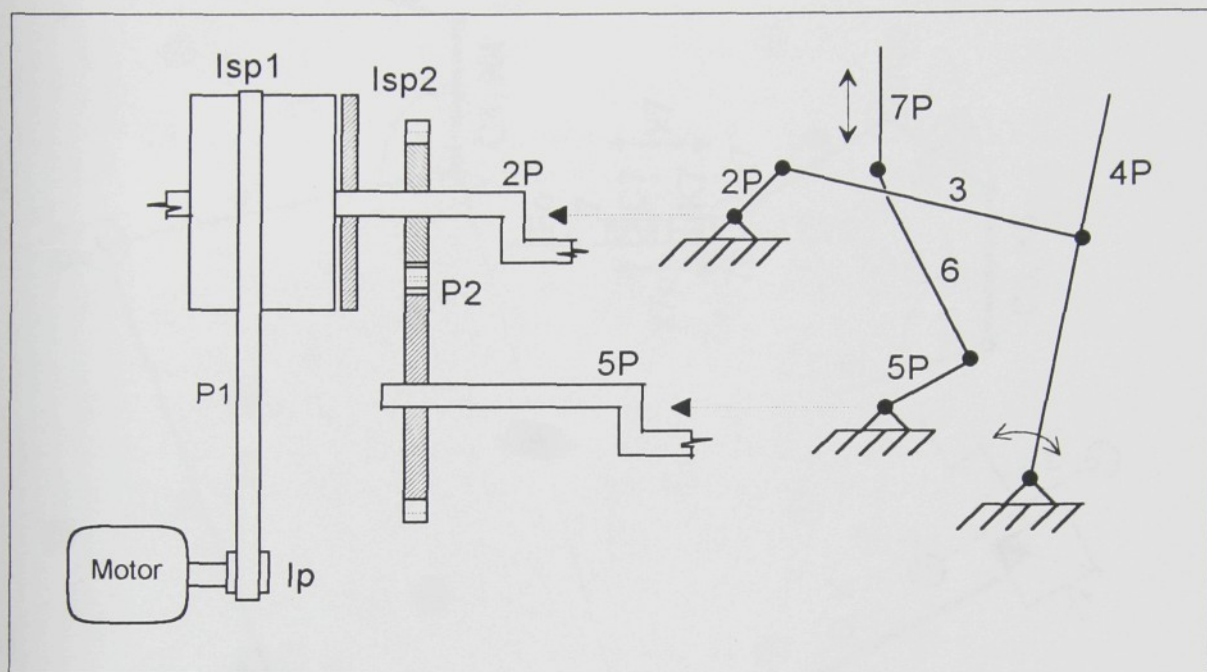
Tato práce se zabývá především analýzou vlivu rozběhu a zastavení tkacího stroje na vznik rozběhové prouhy z hlediska dynamického chování tkacího stroje. Není zaměřena na vznik tzv. "relaxační" prouhy, která vznikne po delším stání tkacího stroje. Výše uvedená problematika je řešena především numerickou simulací chování tkacího stroje pomocí počítače. Práce je doplněna i praktickým měřením na tryskovém tkacím stroji. V závěru jsou výsledky porovnány a vyhodnoceny.



## 2. Teoretická část.

### 2.1. Numerická simulace chování tkacího stroje.

V této části popíšeme chování tkacího stroje při rozběhu, ustáleném chodu a zastavení pomocí nelineárních diferenciálních rovnic. Tyto rovnice budou sestaveny na základě modelu, který zahrnuje hlavní mechanismy tkacího stroje: pohon, přírazný a prošlupní mechanismus. Informativní náčrtek těchto mechanismů je na obrázku číslo 1.



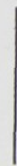
OBR. 1

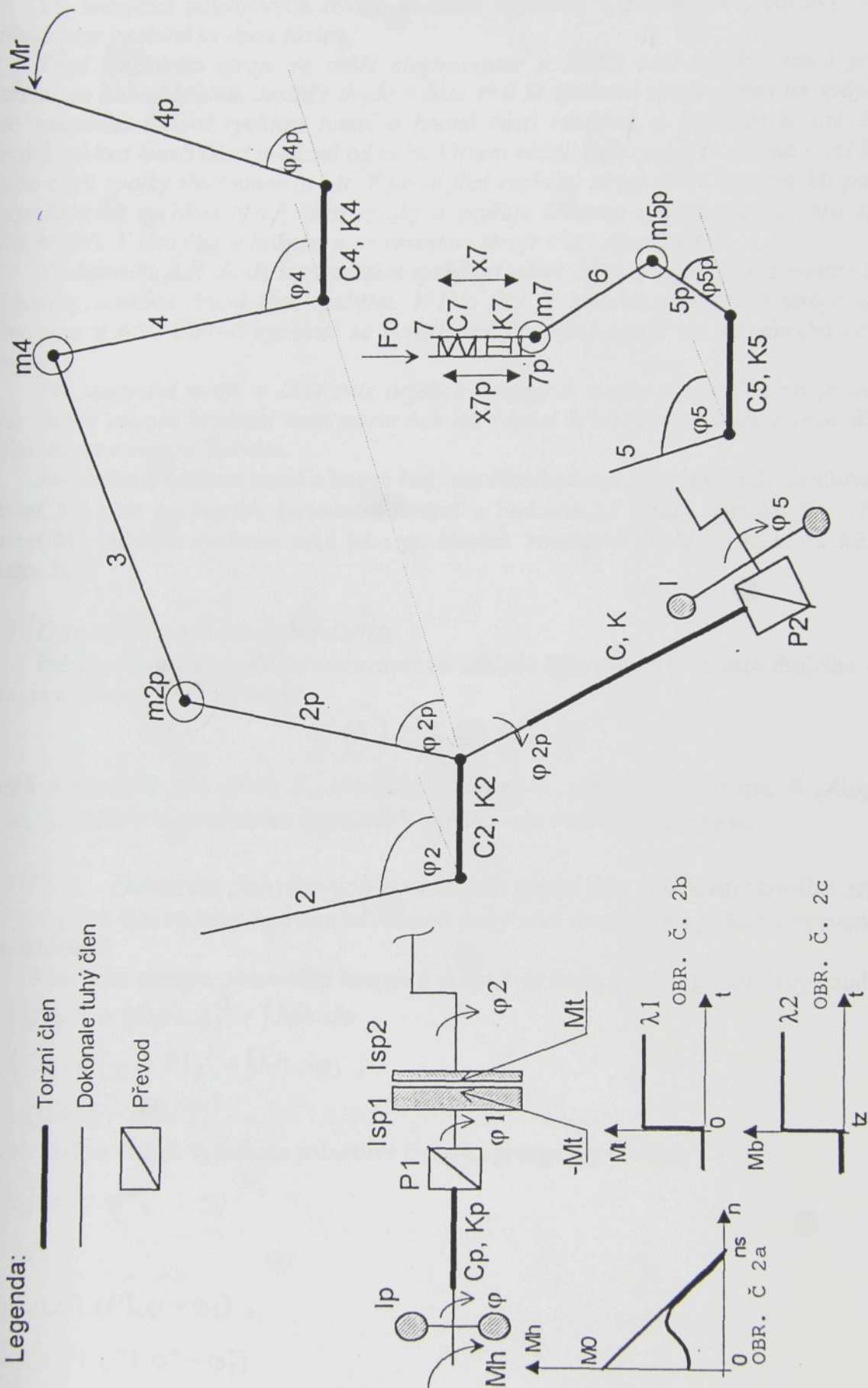
Třífázový asynchronní elektromotor pohání řemenovým převodem hnací část třecí spojky. Hnaná část této spojky je pevně nasazena na hlavní hřídeli. Převod mezi hlavní a prošlupní hřídelí je realizován pomocí ozubených kol. Přírazný mechanismus je zde naznačen kinematickým schématem čtyřčlenného kloubového mechanismu a prošlupní mechanismus je nahrazen tříčlenným kloubovým mechanismem.

Na obrázku číslo 2 je náčrtek modelu, ze kterého budeme vycházet při sestavování pohybových rovnic. Nyní popíšeme tento model: Moment setrvačnosti rotujících částí elektromotoru je označen symbolem  $I_p$  a pružnost převodu mezi hřídelí elektromotoru a hnací částí spojky je nahrazena torzním členem charakterizovaným konstantou tuhosti  $C_p$  a koeficientem viskozního tlumení  $K_p$ . Moment setrvačnosti hnací části spojky je označen symbolem  $I_{sp1}$  a moment setrvačnosti hnané části spojky symbolem  $I_{sp2}$ . Hlavní hřídel je nahrazena dokonale tuhými členy 2 a 2P, které jsou spojeny torzním členem s konstantou tuhosti  $C_2$  a koeficientem viskozního tlumení  $K_2$ . Hmota ojnice 3 je soustředěna v jejích koncových bodech. Bidlo je nahrazeno dokonale tuhými členy 4 a 4P, které jsou spojeny torzním členem s konstantou tuhosti  $C_4$  a koeficientem viskozního tlumení  $K_4$ . Pružnost převodu mezi hlavní a prošlupní hřídelí je nahrazena torzním členem s konstantou tuhosti  $C$  a koeficientem viskozního tlumení  $K$ . Moment setrvačnosti převodu mezi hlavní a prošlupní hřídelí redukovaný na prošlupní hřídel je označen symbolem  $I$ . Kliková hřídel prošlupního mechanismu je nahrazena dokonale tuhými členy 5 a 5P, které jsou spojeny torzním členem s konstantou tuhosti  $C_5$  a koeficientem viskozního tlumení  $K_5$ . Hmota zdvižného táhla 6 je soustředěna v jeho koncových bodech. Brdo je nahrazeno dokonale tuhými členy 7 a 7P, které jsou spojeny pružným členem  $C_7$  a viskozním členem  $K_7$ . Hnací moment  $M_h$  je dán momentovou charakteristikou asynchronního elektromotoru. V dalších výpočtech budeme



Legenda:

-  Torzní člen
-  Dokonale tuhý člen
-  Převod





používat náhradní linearizovanou závislost této momentové charakteristiky podle obrázku číslo 2a. Moment  $M_r$  a síla  $F_0$  charakterizují vliv textilního materiálu.

Při sestavení pohybových rovnic budeme vycházet z následující představy: *Rozběh tkacího stroje probíhá ve dvou fázích.*

*Před spuštěním stroje se otáčí elektromotor a hnací část spojky, která je volně nasazena na hlavní hřídeli. Jestliže dojde v čase  $t=0$  ke spuštění stroje sepnutím spojky, je v tomto okamžiku úhlová rychlost hnací a hnané části rozdílná, tj. rychlost hnané části je nulová a rychlost hnací části je různá od nuly. Vlivem rozdílných rychlostí vzniká mezi hnací a hnanou částí spojky třecí moment  $M_t$ . V první fázi rozběhu stroje třecí moment  $M_t$  postupně snižuje úhlovou rychlost hnací části spojky a zvyšuje úhlovou rychlost hnané části spojky s hlavní hřídeli. V této fázi je hnacím momentem stroje třecí moment  $M_t$ .*

*V okamžiku, kdy dojde k vyrovnaní rychlostí obou částí spojky a třecí moment  $M_t$  je tedy nulový, nastává druhá fáze rozběhu. V této fázi je hnacím momentem stroje moment elektromotoru  $M_h$ . Úhlová rychlost se v této fázi postupně ustálí na standardní pracovní hodnotě.*

*Při zastavení stroje v čase  $t=t_z$  dojde k rozpojení spojky a do činnosti je uvedena brzda. Brzda působí brzdícím momentem  $M_b$  na hlavní hřídel a tím snižuje jeho úhlovou rychlost až na nulovou hodnotu.*

Je-li úhlová rychlost hnací a hnané části rozdílná, budeme při výpočtech uvažovat třecí moment  $M_t$  jako po částech konstantní funkci o hodnotě  $\lambda_1$  podle obrázku 2b. Brzdící moment  $M_b$  budeme uvažovat také jako po částech konstantní funkci o hodnotě  $\lambda_2$  podle obrázku 2c.

### 2.1.1. Odvození pohybových rovnic.

Pohybové rovnice budeme sestavovat na základě Lagrangeovy rovnice druhého druhu, kterou je možné vyjádřit ve tvaru:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial K}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial K}{\partial q} = - \frac{\partial U}{\partial q} - \frac{\partial R}{\partial \dot{q}} .$$

Jednotlivé symboly zde značí:  $K$ ...kinetická energie,  $U$ ...potenciální energie,  $R$ ...disipativní funkce,  $q$ ...všeobecná souřadnice a symbol  $\dot{\phantom{q}}$  představuje derivaci podle času.

#### 2.1.1.1. Odvození pohybových rovnic pro první fázi rozběhu tkacího stroje.

V první fázi rozběhu budeme odvozovat pohybové rovnice pro pohon a zbývající část stroje odděleně.

Kinetická energie, potenciální energie a disipativní funkce pohonu jsou dány vztahy:

$$K = \frac{1}{2} I_p \cdot \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2} I_{sp1} \cdot \dot{\varphi}_1^2 + \int M_h \cdot d\varphi ,$$

$$U = \frac{1}{2} C_p \cdot (\varphi_1 - \varphi \cdot P_1)^2 + \int M_t \cdot d\varphi_1 ,$$

$$R = \frac{1}{2} K_p \cdot (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi} \cdot P_1)^2 .$$

Derivací těchto vztahů vyjádříme jednotlivé členy Lagrangeovy rovnice:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial K}{\partial \dot{\varphi}} \right) = I_p \cdot \ddot{\varphi} ,$$

$$\frac{\partial K}{\partial \varphi} = M_h ,$$

$$\frac{\partial U}{\partial \varphi} = C_p \cdot P_1 \cdot (P_1 \cdot \varphi - \varphi_1) ,$$

$$\frac{\partial R}{\partial \dot{\varphi}} = K_p \cdot P_1 \cdot (P_1 \cdot \dot{\varphi} - \dot{\varphi}_1) .$$



Dosazením těchto výrazů do Lagrangeovy rovnice sestavíme diferenciální rovnici číslo 1:

$$I_p \cdot \ddot{\varphi} - Mh = -C_p \cdot P1 \cdot (P1 \cdot \varphi - \varphi_1) - K_p \cdot P1 \cdot (P1 \cdot \dot{\varphi} - \dot{\varphi}_1) . \quad [1]$$

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial K}{\partial \dot{\varphi}_1} \right) = I_{sp1} \cdot \ddot{\varphi}_1 ,$$

$$\frac{\partial K}{\partial \varphi} = 0 ,$$

$$\frac{\partial U}{\partial \varphi_1} = C_p \cdot (\varphi_1 - P1 \cdot \varphi) + Mt ,$$

$$\frac{\partial R}{\partial \dot{\varphi}_1} = K_p \cdot (\dot{\varphi}_1 - P1 \cdot \dot{\varphi}) .$$

Dosazením těchto výrazů do Lagrangeovy rovnice sestavíme diferenciální rovnici číslo 2:

$$I_{sp1} \cdot \ddot{\varphi}_1 = -C_p \cdot (\varphi_1 - P1 \cdot \varphi) - Mt - K_p \cdot (\dot{\varphi}_1 - P1 \cdot \dot{\varphi}) . \quad [2]$$

Rovnice číslo [1] a [2] tvoří soustavu diferenciálních rovnic druhého řádu, jejímž řešením je závislost kinematických veličin jednotlivých členů pohonu tkacího stroje na čase v první fázi rozběhu.

Kinetická energie, potenciální energie a disipativní funkce stroje jsou dány vztahy:

$$K = \int Mt \cdot d\varphi_2 + \frac{1}{2} I_{sp2} \cdot \dot{\varphi}_2^2 + \frac{1}{2} I_{2p} \cdot \dot{\varphi}_{2p}^2 + \frac{1}{2} I_{4.} \cdot (\mu_{2,4} \cdot \dot{\varphi}_{2p})^2 + \frac{1}{2} I_{4p} \cdot \dot{\varphi}_{4p}^2 + I \cdot \dot{\varphi}_5^2 + \frac{1}{2} I_{5p} \cdot \dot{\varphi}_{5p}^2 + \frac{1}{2} m_{7.} \cdot (\mu_{5,7} \cdot \dot{\varphi}_{5p})^2 + \frac{1}{2} m_{7p} \cdot \dot{x}_{7p}^2 ,$$

$$U = \frac{1}{2} C_{2.} \cdot (\varphi_{2p} - \varphi_2)^2 + \frac{1}{2} C_{4.} \cdot (\varphi_{4p} - f_{2,4})^2 + \int Mr \cdot d\varphi_{4p} + \frac{1}{2} C_{.} \cdot (\varphi_5 - P2 \cdot \varphi_{2p})^2 + \frac{1}{2} C_{5.} \cdot (\varphi_{5p} - \varphi_5)^2 + \frac{1}{2} C_{7.} \cdot (x_{7p} - f_{5,7})^2 + \int Fo \cdot dx_{7p} ,$$

$$R = \frac{1}{2} K_{2.} \cdot (\dot{\varphi}_{2p} - \dot{\varphi}_2)^2 + \frac{1}{2} K_{4.} \cdot (\dot{\varphi}_{4p} - \mu_{2,4} \cdot \dot{\varphi}_{2p})^2 + \frac{1}{2} K_{.} \cdot (\dot{\varphi}_5 - P2 \cdot \dot{\varphi}_{2p})^2 + \frac{1}{2} K_{5.} \cdot (\dot{\varphi}_{5p} - \dot{\varphi}_5)^2 + \frac{1}{2} K_{7.} \cdot (\dot{x}_{7p} - \mu_{5,7} \cdot \dot{\varphi}_{5p})^2 .$$

Poznámka: Ve vztazích pro vyjádření kinetické energie, potenciální energie a disipativní funkce jsme použili nultou a první převodovou funkci kloubových mechanismů. Tyto funkce jsou definovány těmito vztahy:

- pro přírazný mechanismus:  $\varphi_4 = f_{2,4}(\varphi_{2p})$  ,  $\dot{\varphi}_4 = \mu_{2,4}(\varphi_{2p}) \cdot \dot{\varphi}_{2p}$

- pro prošlupní mechanismus:  $x_7 = f_{5,7}(\varphi_{5p})$  ,  $\dot{x}_7 = \mu_{5,7}(\varphi_{5p}) \cdot \dot{\varphi}_{5p}$  .

Derivací opět vyjádříme jednotlivé členy Lagrangeovy rovnice:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial K}{\partial \dot{\varphi}_2} \right) = I_{sp2} \cdot \ddot{\varphi}_2 ,$$

$$\frac{\partial K}{\partial \varphi_2} = Mt ,$$

$$\frac{\partial U}{\partial \varphi_2} = C_{2.} \cdot (\varphi_2 - \varphi_{2p}) ,$$

$$\frac{\partial R}{\partial \dot{\varphi}_2} = K_{2.} \cdot (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_{2p}) .$$

Dosazením těchto výrazů do Lagrangeovy rovnice sestavíme diferenciální rovnici číslo 3:

$$I_{sp2} \cdot \ddot{\varphi}_2 - Mt = -C_{2.} \cdot (\varphi_2 - \varphi_{2p}) - K_{2.} \cdot (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_{2p}) . \quad [3]$$

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial K}{\partial \dot{\varphi}_{2p}} \right) = I_{2p} \cdot \ddot{\varphi}_{2p} + I_{4.} \cdot \left( 2 \cdot \mu_{2,4} \cdot \vartheta_{2,4} \cdot \dot{\varphi}_{2p}^2 + \mu_{2,4}^2 \cdot \ddot{\varphi}_{2p} \right) ,$$

$$\frac{\partial K}{\partial \varphi_{2p}} = I_{4.} \cdot \mu_{2,4} \cdot \vartheta_{2,4} \cdot \dot{\varphi}_{2p}^2 .$$

Poznámka: Ve výše uvedených výrazech jsme použili druhou převodovou funkci přírazného mechanismu. Tato funkce je definována vztahem:  $\ddot{\varphi}_4 = \vartheta_{2,4}(\varphi_{2p}) \cdot \dot{\varphi}_{2p}^2 + \mu_{2,4}(\varphi_{2p}) \cdot \ddot{\varphi}_{2p}$  .

$$\frac{\partial U}{\partial \varphi_{2p}} = C_{2.} \cdot (\varphi_{2p} - \varphi_2) + C_{4.} \cdot [f_{2,4}(\varphi_{2p}) - \varphi_{4p}] \cdot \mu_{2,4} + C_{.} \cdot P2 \cdot (P2 \cdot \varphi_{2p} - \varphi_5) ,$$



$$\frac{\partial R}{\partial \dot{\varphi}_{2P}} = K2.(\dot{\varphi}_{2P} - \dot{\varphi}_2) + K4.(\mu_{2,4}.\dot{\varphi}_{2P} - \dot{\varphi}_{4P}).\mu_{2,4} + K.P2.(P2.\dot{\varphi}_{2P} - \dot{\varphi}_5) .$$

Dosazením těchto výrazů do Lagrangeovy rovnice sestavíme diferenciální rovnici číslo 4:

$$\begin{aligned} I2p.\ddot{\varphi}_{2P} + I4.(2.\mu_{2,4}.\ddot{\varphi}_{2P} + \mu_{2,4}^2.\ddot{\varphi}_{2P}) - I4.\mu_{2,4}.\ddot{\varphi}_{2P} = \\ = -C2.(\varphi_{2P} - \varphi_2) - C4.(f_{2,4} - \varphi_{4P}).\mu_{2,4} - C.P2.(P2.\varphi_{2P} - \varphi_5) \\ - K2.(\dot{\varphi}_{2P} - \dot{\varphi}_2) - K4.(\mu_{2,4}.\dot{\varphi}_{2P} - \dot{\varphi}_{4P}).\mu_{2,4} - K.P2.(P2.\dot{\varphi}_{2P} - \dot{\varphi}_5) . \end{aligned} \quad [4]$$

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial K}{\partial \dot{\varphi}_{4P}} \right) = I4p.\ddot{\varphi}_{4P} ,$$

$$\frac{\partial K}{\partial \varphi_{4P}} = 0 ,$$

$$\frac{\partial U}{\partial \varphi_{4P}} = C4.(\varphi_{4P} - f_{2,4}) + Mr ,$$

$$\frac{\partial R}{\partial \dot{\varphi}_{4P}} = K4.(\dot{\varphi}_{4P} - \mu_{2,4}.\dot{\varphi}_{2P}) .$$

Dosazením těchto výrazů do Lagrangeovy rovnice sestavíme diferenciální rovnici číslo 5:

$$I4p.\ddot{\varphi}_{4P} = -C4.(\varphi_{4P} - f_{2,4}) - Mr - K4.(\dot{\varphi}_{4P} - \mu_{2,4}.\dot{\varphi}_{2P}) . \quad [5]$$

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial K}{\partial \dot{\varphi}_5} \right) = I.\ddot{\varphi}_5 ,$$

$$\frac{\partial K}{\partial \varphi_5} = 0 ,$$

$$\frac{\partial U}{\partial \varphi_5} = C.(\varphi_5 - P2.\varphi_{2P}) + C5.(\varphi_5 - \varphi_{5P}) ,$$

$$\frac{\partial R}{\partial \dot{\varphi}_5} = K.(\dot{\varphi}_5 - P2.\dot{\varphi}_{2P}) + K5.(\dot{\varphi}_5 - \dot{\varphi}_{5P}) .$$

Dosazením těchto výrazů do Lagrangeovy rovnice sestavíme diferenciální rovnici číslo 6:

$$I.\ddot{\varphi}_5 = -C.(\varphi_5 - P2.\varphi_{2P}) - C5.(\varphi_5 - \varphi_{5P}) - K.(\dot{\varphi}_5 - P2.\dot{\varphi}_{2P}) - K5.(\dot{\varphi}_5 - \dot{\varphi}_{5P}) . \quad [6]$$

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial K}{\partial \dot{\varphi}_{5P}} \right) = I5p.\ddot{\varphi}_{5P} + m7.(2.\mu_{5,7}.\ddot{\varphi}_{5P} + \mu_{5,7}^2.\ddot{\varphi}_{5P}) ,$$

$$\frac{\partial K}{\partial \varphi_{5P}} = m7.\mu_{5,7}.\ddot{\varphi}_{5P} .$$

Poznámka: Ve výše uvedených výrazech jsme použili druhou převodovou funkci prošlupního mechanismu.

Tato funkce je definována vztahem:  $x_{7P}^{\bullet} = \vartheta_{5,7}(\varphi_{5P}).\dot{\varphi}_{5P}^2 + \mu_{5,7}(\varphi_{5P}).\dot{\varphi}_{5P} .$

$$\frac{\partial U}{\partial \varphi_{5P}} = C5.(\varphi_{5P} - \varphi_5) + C7.(f_{5,7} - x_{7P}).\mu_{5,7} ,$$

$$\frac{\partial R}{\partial \dot{\varphi}_{5P}} = K5.(\varphi_{5P} - \varphi_5) + K7.(\mu_{5,7}.\dot{\varphi}_{5P} - x_{7P}^{\bullet}).\mu_{5,7} .$$

Dosazením těchto výrazů do Lagrangeovy rovnice sestavíme diferenciální rovnici číslo 7:

$$\begin{aligned} I5p.\ddot{\varphi}_{5P} + m7.(2.\mu_{5,7}.\ddot{\varphi}_{5P} + \mu_{5,7}^2.\ddot{\varphi}_{5P}) - m7.\mu_{5,7}.\ddot{\varphi}_{5P} = \\ = -C5.(\varphi_{5P} - \varphi_5) - C7.(f_{5,7} - x_{7P}).\mu_{5,7} - K5.(\dot{\varphi}_{5P} - \dot{\varphi}_5) \\ - K7.(\mu_{5,7}.\dot{\varphi}_{5P} - x_{7P}^{\bullet}).\mu_{5,7} . \end{aligned} \quad [7]$$

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial K}{\partial \dot{x}_{7P}} \right) = m7p.\ddot{x}_{7P} ,$$

$$\frac{\partial K}{\partial x_{7P}} = 0 ,$$



$$\frac{\partial U}{\partial x_{7P}} = C7.(x_{7P} - f_{5,7}) + Fo ,$$

$$\frac{\partial R}{\partial \dot{x}_{7P}} = K7.(\dot{x}_{7P} - \mu_{5,7}.\dot{\varphi}_{5P}) .$$

Dosazením těchto výrazů do Lagrangeovy rovnice sestavíme diferenciální rovnici číslo 8:

$$m7p.\ddot{x}_{7P} = -C7.(x_{7P} - f_{5,7}) - Fo - K7.(\dot{x}_{7P} - \mu_{5,7}.\dot{\varphi}_{5P}) . \quad [8]$$

Rovnice číslo [3], [4], [5], [6], [7] a [8] tvoří soustavu nelineárních diferenciálních rovnic druhého řádu, jejímž řešením je závislost kinematických veličin jednotlivých členů modelu tkacího stroje na čase v první fázi rozběhu.

### 2.1.1.2. Odvození pohybových rovnic pro druhou fázi rozběhu tkacího stroje.

Ve druhé fázi rozběhu tkacího stroje je úhlová rychlost obou částí spojky shodná. Spojka tedy neprokluzuje a třecí moment  $M_t$  je nulový. Pro celkový moment setrvačnosti spojky použijeme označení:  $I_{sp} = I_{sp1} + I_{sp2}$ .

Kinetická energie, potenciální energie a disipativní funkce celkového modelu tkacího stroje jsou v tomto případě dány vztahy:

$$K = \int Mh.d\varphi + \frac{1}{2}Ip.\dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2}I_{sp}.\dot{\varphi}_2^2 + \frac{1}{2}I_{2p}.\dot{\varphi}_{2P}^2 + \frac{1}{2}I_{4.}(\mu_{2,4}.\dot{\varphi}_{2P})^2 + \frac{1}{2}I_{4p}.\dot{\varphi}_{4P}^2 + \frac{1}{2}I.\dot{\varphi}_5^2 + \frac{1}{2}I_{5p}.\dot{\varphi}_{5P}^2 + \frac{1}{2}m7.(\mu_{5,7}.\dot{\varphi}_{5P})^2 + \frac{1}{2}m7p.\dot{x}_{7P}^2 ,$$

$$U = \frac{1}{2}Cp.(\varphi_2 - \varphi.P1)^2 + \frac{1}{2}C2.(\varphi_{2P} - \varphi_2)^2 + \frac{1}{2}C4.(\varphi_{4P} - f_{2,4})^2 + \int Mr.d\varphi_{4P} + \frac{1}{2}C.(\varphi_5 - P2.\varphi_{2P})^2 + \frac{1}{2}C5.(\varphi_{5P} - \varphi_5)^2 + \frac{1}{2}C7.(x_{7P} - f_{5,7})^2 + \int Fo.dx_{7P} ,$$

$$R = \frac{1}{2}Kp.(\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}.P1)^2 + \frac{1}{2}K2.(\dot{\varphi}_{2P} - \dot{\varphi}_2)^2 + \frac{1}{2}K4.(\dot{\varphi}_{4P} - \mu_{2,4}.\dot{\varphi}_{2P})^2 + \frac{1}{2}K.(\dot{\varphi}_5 - P2.\dot{\varphi}_{2P})^2 + \frac{1}{2}K5.(\dot{\varphi}_{5P} - \dot{\varphi}_5)^2 + \frac{1}{2}K7.(\dot{x}_{7P} - \mu_{5,7}.\dot{\varphi}_{5P})^2 .$$

Derivací těchto vztahů vyjádříme jednotlivé členy Lagrangeovy rovnice:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial K}{\partial \dot{\varphi}} \right) = Ip.\ddot{\varphi} ,$$

$$\frac{\partial K}{\partial \varphi} = Mh ,$$

$$\frac{\partial U}{\partial \varphi} = Cp.P1.(P1.\varphi - \varphi_2) ,$$

$$\frac{\partial R}{\partial \dot{\varphi}} = Kp.P1.(P1.\dot{\varphi} - \dot{\varphi}_2) .$$

Dosazením těchto výrazů do Lagrangeovy rovnice sestavíme diferenciální rovnici číslo 9:

$$Ip.\ddot{\varphi} - Mh = -Cp.P1.(P1.\varphi - \varphi_2) - Kp.P1.(P1.\dot{\varphi} - \dot{\varphi}_2) . \quad [9]$$

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial K}{\partial \dot{\varphi}_2} \right) = I_{sp}.\ddot{\varphi}_2 ,$$

$$\frac{\partial K}{\partial \varphi_2} = 0 ,$$

$$\frac{\partial U}{\partial \varphi_2} = Cp.(\varphi_2 - P1.\varphi) + C2.(\varphi_2 - \varphi_{2P}) ,$$

$$\frac{\partial R}{\partial \dot{\varphi}_2} = Kp.(\dot{\varphi}_2 - P1.\dot{\varphi}) + K2.(\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_{2P}) .$$

Dosazením těchto výrazů do Lagrangeovy rovnice sestavíme diferenciální rovnici číslo 10:

$$I_{sp}.\ddot{\varphi}_2 = -Cp.(\varphi_2 - P1.\varphi) - C2.(\varphi_2 - \varphi_{2P}) - Kp.(\dot{\varphi}_2 - P1.\dot{\varphi}) - K2.(\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_{2P}) . [10]$$

Dalším postupným derivováním vztahů pro kinetickou energii, potenciální energii a disipativní funkci a dosazením těchto derivací do Lagrangeovy rovnice sestavíme zbývající diferenciální rovnice. Tyto rovnice jsou totožné s rovnicemi číslo [4], [5], [6], [7] a [8] odvozenými pro



první fázi rozběhu tkacího stroje. Rovnice číslo [9] a [10], doplněné o rovnice číslo [4], [5], [6], [7] a [8] tvoří soustavu nelineárních diferenciálních rovnic, jejímž řešením je závislost kinematických veličin jednotlivých členů modelu tkacího stroje na čase ve druhé fázi rozběhu a za ustáleného chodu.

### 2.1.1.3. Odvození pohybových rovnic pro případ zastavení tkacího stroje.

Při zastavení tkacího stroje dojde k rozpojení spojky a na hlavní hřídel působí brzda brzdým momentem  $M_b$ .

Kinetická energie, potenciální energie a disipativní funkce stroje jsou v tomto případě dány vztahy:

$$K = \frac{1}{2}I_{sp2}.\dot{\varphi}_2^2 + \frac{1}{2}I_{2P}.\dot{\varphi}_{2P}^2 + \frac{1}{2}I_4.(\mu_{2,4}.\dot{\varphi}_{2P})^2 + \frac{1}{2}I_{4P}.\dot{\varphi}_{4P}^2 + \frac{1}{2}I.\dot{\varphi}_5^2 + \frac{1}{2}I_{5P}.\dot{\varphi}_{5P}^2 + \frac{1}{2}m_7.(\mu_{5,7}.\dot{\varphi}_{5P})^2 + \frac{1}{2}m_{7P}.\dot{x}_{7P}^2,$$

$$U = \int M_b.d\varphi_2 + \frac{1}{2}C_2.(\varphi_{2P} - \varphi_2)^2 + \frac{1}{2}C_4.(\varphi_{4P} - f_{2,4})^2 + \int Mr.d\varphi_{4P} + \frac{1}{2}C.(\varphi_5 - P_2.\varphi_{2P})^2 + \frac{1}{2}C_5.(\varphi_{5P} - \varphi_5)^2 + \frac{1}{2}C_7.(x_{7P} - f_{5,7})^2 + \int Fo.dx_{7P},$$

$$R = \frac{1}{2}K_2.(\dot{\varphi}_{2P} - \dot{\varphi}_2)^2 + \frac{1}{2}K_4.(\dot{\varphi}_{4P} - \mu_{2,4}.\dot{\varphi}_{2P})^2 + \frac{1}{2}K.(\dot{\varphi}_5 - P_2.\dot{\varphi}_{2P})^2 + \frac{1}{2}K_5.(\dot{\varphi}_{5P} - \dot{\varphi}_5)^2 + \frac{1}{2}K_7.(\dot{x}_{7P} - \mu_{5,7}.\dot{\varphi}_{5P})^2.$$

Derivací vyjádříme jednotlivé členy Lagrangeovy rovnice:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial K}{\partial \dot{\varphi}_2}\right) = I_{sp2}.\ddot{\varphi}_2,$$

$$\frac{\partial K}{\partial \varphi_2} = 0,$$

$$\frac{\partial U}{\partial \varphi_2} = M_b + C_2.(\varphi_2 - \varphi_{2P}),$$

$$\frac{\partial R}{\partial \dot{\varphi}_2} = K_2.(\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_{2P}).$$

Dosazením těchto výrazů do Lagrangeovy rovnice sestavíme diferenciální rovnici číslo 11:

$$I_{sp2}.\ddot{\varphi}_2 = -M_b - C_2.(\varphi_2 - \varphi_{2P}) - K_2.(\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_{2P}). \quad [11]$$

Další postupnou derivací vztahů pro kinetickou energii, potenciální energii, disipativní funkci a dosazením těchto derivací do Lagrangeovy rovnice sestavíme zbývající diferenciální rovnice. Tyto rovnice jsou totožné s rovnicemi číslo [4], [5], [6], [7] a [8] odvozenými pro první fázi rozběhu tkacího stroje. Rovnice číslo [11] spolu s rovnicemi číslo [4], [5], [6], [7] a [8] tvoří soustavu nelineárních diferenciálních rovnic, jejímž řešením je závislost kinematických veličin jednotlivých členů modelu tkacího stroje na čase při zastavení.

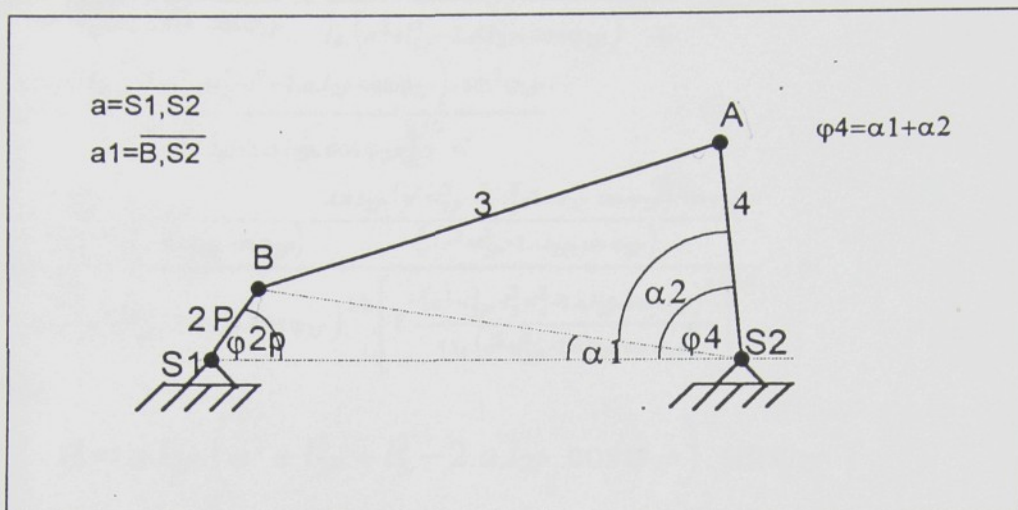
### 2.1.2. Vyjádření jednotlivých parametrů pohybových rovnic.

Pro řešení pohybových rovnic odvozených v předcházející kapitole je nutné vyjádřit převodové funkce přírazného a prošlupního mechanismu, sílu  $F_o$  vznikající protažením osnovy při otevírání prošlupu a moment  $Mr$ , který představuje působení čela tkaniny na paprsek při přírazu.



### 2.1.2.1. Vyjádření převodových funkcí přírazného mechanismu.

Pomocí geometrie vyplývající z obrázku číslo 3 vyjádříme úhel natočení členu 4 jako funkci úhlu natočení členu 2p:  $\varphi_4 = f_{2,4}(\varphi_{2p})$ . Funkci  $f_{2,4}$  potom nazýváme nultou převodovou funkcí přírazného mechanismu.



OBR. Č. 3

Z pravoúhlých průmětů v trojúhelníku S1, S2, B vyjádříme úhel  $\alpha_1$ :

$$\alpha_1 = \arctan \frac{l_{2p} \cdot \sin \varphi_{2p}}{a - l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p}}$$

Podle kosinové věty platí v trojúhelníku A, B, S2 vztah:

$$l_3^2 = a_1^2 + l_4^2 - 2 \cdot a_1 \cdot l_4 \cdot \cos \alpha_2 \rightarrow \alpha_2 = \arccos \frac{a_1^2 + l_4^2 - l_3^2}{2 \cdot a_1 \cdot l_4}$$

Délku úhlopříčky mechanismu  $a_1$  můžeme vyjádřit z trojúhelníku S1, S2, B užitím kosinové věty:

$$a_1^2 = a^2 + l_{2p}^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p}$$

Dosazením této rovnosti do předcházejícího výrazu pro úhel  $\alpha_2$  vyloučíme  $a_1$  a obdržíme vztah pro úhel  $\alpha_2$ :

$$\alpha_2 = \arccos \frac{a^2 + l_{2p}^2 - l_3^2 - 2 \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p} + l_4^2}{2 \cdot l_4 \cdot \sqrt{a^2 + l_{2p}^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p}}}$$

Z obrázku vyplývá, že úhel  $\varphi_4$  můžeme vyjádřit jako součet úhlů  $\alpha_1$  a  $\alpha_2$ . Nultá převodová funkce přírazného mechanismu je tedy vyjádřena vztahem:

$$f_{2,4} = \arctan \frac{l_{2p} \cdot \sin \varphi_{2p}}{a - l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p}} + \arccos \frac{a^2 + l_{2p}^2 - l_3^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p} + l_4^2}{2 \cdot l_4 \cdot \sqrt{a^2 + l_{2p}^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p}}}$$

Časovou derivací výrazu  $\varphi_4 = f_{2,4}(\varphi_{2p})$  vyjádříme rychlost členu 4:

$\dot{\varphi}_4 = \frac{df_{2,4}}{d\varphi_{2p}} \cdot \dot{\varphi}_{2p} = \mu_{2,4} \cdot \dot{\varphi}_{2p}$ . Funkci  $\mu_{2,4}$  nazýváme první převodovou funkcí přírazného mechanismu a dále je uvedeno její analytické vyjádření:

$$\mu_{2,4} = \frac{l_{2p} \cdot (l_{2p} - a \cdot \cos \varphi_{2p})}{-a^2 - l_{2p}^2 + 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p}} - \frac{a \cdot l_{2p} \cdot (a^2 + l_{2p}^2 + l_3^2 - l_4^2 - 2 \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p}) \cdot \sin \varphi_{2p}}{2 \cdot l_4 \cdot (a^2 + l_{2p}^2 - 2 \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p})^{3/2} \cdot \sqrt{1 - \frac{(a^2 + l_{2p}^2 - l_3^2 + l_4^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p})^2}{4 \cdot l_4^2 \cdot (a^2 + l_{2p}^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p})}}}$$

Časovou derivací výrazu  $\dot{\varphi}_4 = \mu_{2,4}(\varphi_{2p}) \cdot \dot{\varphi}_{2p}$  vyjádříme zrychlení členu 4:

$\ddot{\varphi}_4 = \frac{d\mu_{2,4}}{d\varphi_{2p}} \cdot \dot{\varphi}_{2p}^2 + \mu_{2,4} \cdot \ddot{\varphi}_{2p} = \vartheta_{2,4} \cdot \dot{\varphi}_{2p}^2 + \mu_{2,4} \cdot \ddot{\varphi}_{2p}$ . Funkci  $\vartheta_{2,4}$  nazýváme druhou převodovou funkcí a dále je uvedeno její analytické vyjádření:

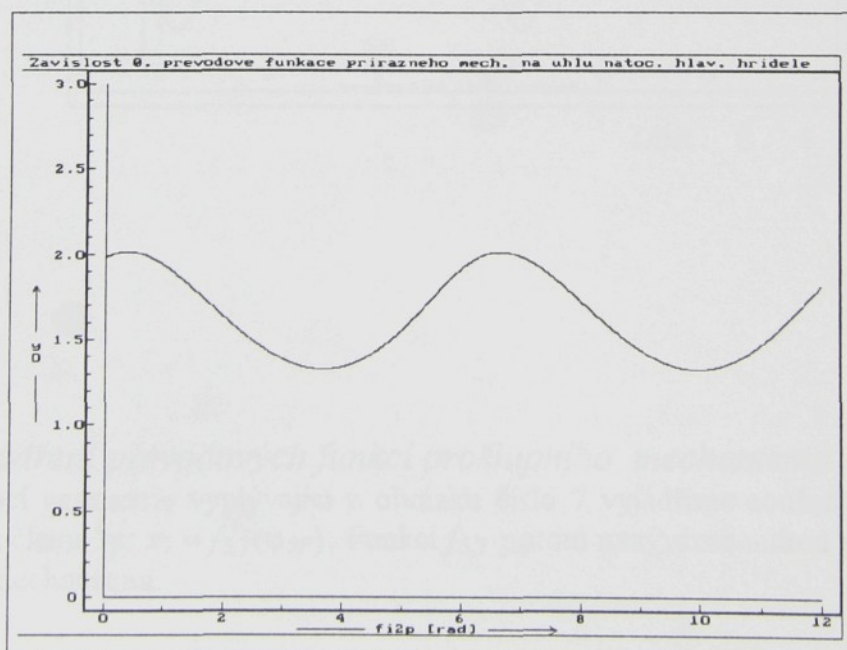
$$\begin{aligned}
 g_{2,4} = & \frac{-\left[ a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p} \cdot (a^2 + l_{2p}^2 + l_3^2 - l_4^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p}) \right]}{2 \cdot l_4 \cdot (a^2 + l_{2p}^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p})^{3/2} \cdot C} + \frac{2 \cdot a \cdot l_{2p}^2 \cdot (l_{2p} - a \cdot \cos \varphi_{2p}) \cdot \sin \varphi_{2p}}{(-a^2 - l_{2p}^2 + 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p})^2} \\
 & + \frac{a \cdot l_{2p} \cdot \sin \varphi_{2p}}{-a^2 - l_{2p}^2 + 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p}} - \frac{a^2 \cdot l_{2p}^2 \cdot \sin^2 \varphi_{2p}}{l_4 \cdot (a^2 + l_{2p}^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p})^{3/2} \cdot C} \\
 & + \frac{3 \cdot a^2 \cdot l_{2p}^2 \cdot (a^2 + l_{2p}^2 + l_3^2 - l_4^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p}) \cdot \sin^2 \varphi_{2p}}{2 \cdot l_4 \cdot (a^2 + l_{2p}^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p})^{5/2} \cdot C} \\
 & + \frac{A \cdot B}{2 \cdot l_4^2 \cdot (a^2 + l_{2p}^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p})} - \frac{A \cdot a \cdot l_{2p} \cdot (a^2 + l_{2p}^2 - l_3^2 + l_4^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p}) \cdot \sin \varphi_{2p}}{l_4^2 \cdot (a^2 + l_{2p}^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p})} \\
 & + \frac{4 \cdot l_4 \cdot (a^2 + l_{2p}^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p})^{3/2} \cdot \left[ 1 - \frac{(a^2 + l_{2p}^2 - l_3^2 + l_4^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p})^2}{4 \cdot l_4 \cdot (a^2 + l_{2p}^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p})} \right]^{3/2}}{4 \cdot l_4 \cdot (a^2 + l_{2p}^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p})} ,
 \end{aligned}$$

kde:

$$\begin{aligned}
 A &= a \cdot l_{2p} \cdot (a^2 + l_{2p}^2 + l_3^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p}) \cdot \sin \varphi_{2p} , \\
 B &= a \cdot l_{2p} \cdot (a^2 + l_{2p}^2 + l_3^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p})^2 \cdot \sin \varphi_{2p} , \\
 C &= \sqrt{1 - \frac{(a^2 + l_{2p}^2 - l_3^2 + l_4^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p})^2}{4 \cdot l_4^2 \cdot (a^2 + l_{2p}^2 - 2 \cdot a \cdot l_{2p} \cdot \cos \varphi_{2p})}} .
 \end{aligned}$$

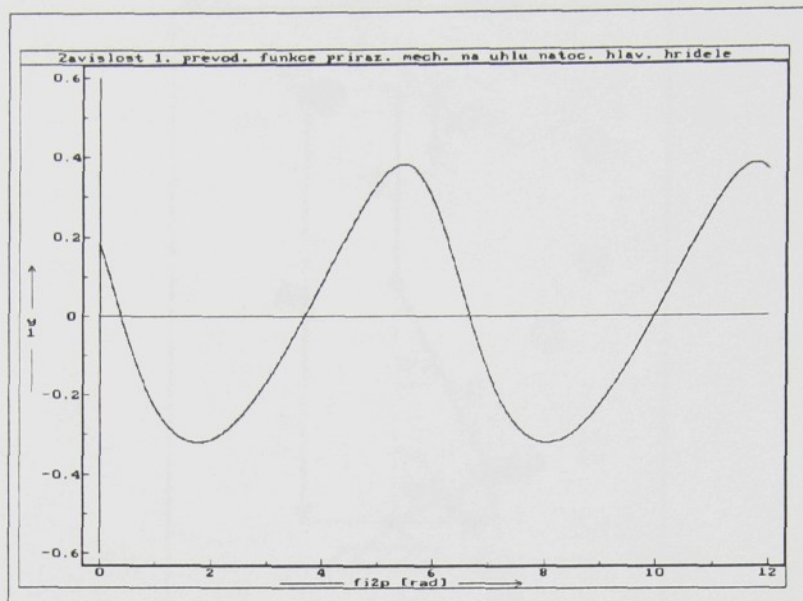
Na obrázku číslo 4, 5 a 6 jsou znázorněny grafy představující závislost nulté, první a druhé převodové funkce přírazného mechanismu na úhlu natočení členu 2p. Grafy jsou vykresleny pro tyto rozměry jednotlivých členů přírazného mechanismu:

|                    |          |         |
|--------------------|----------|---------|
| délka kliky        | $l_{2p}$ | 0,054 m |
| délka ojnice       | $l_3$    | 0,410 m |
| délka bidla        | $l_4$    | 0,188 m |
| délka úsečky S1,S2 | $a$      | 0,351 m |

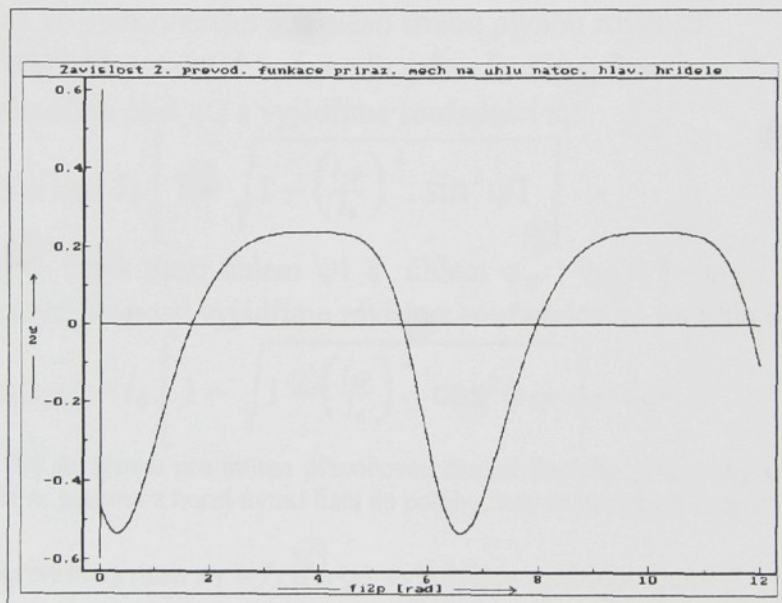


OBR. Č. 4





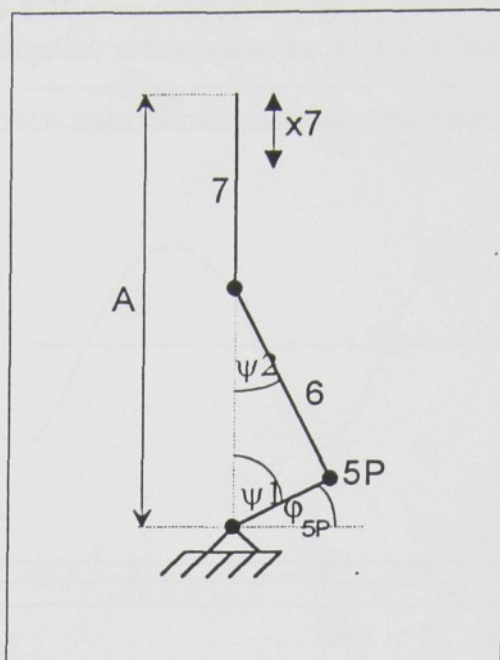
OBR. Č. 5



OBR. Č. 6

### 2.1.2.2. Vyjádření převodových funkcí prošlupního mechanismu.

Pomocí geometrie vyplývající z obrázku číslo 7 vyjádříme souřadnici  $x_7$  jako funkci úhlu natočení členu 5p:  $x_7 = f_{5,7}(\varphi_{5p})$ . Funkci  $f_{5,7}$  potom nazýváme nultou převodovou funkcí prošlupního mechanismu.



OBR. Č. 7

Z kolmých průmětů do vodorovného a svislého směru plynou rovnosti:

$$l_{5P} \cdot \cos \psi_1 + l_6 \cdot \cos \psi_2 + x_7 = A, \quad l_{5P} \cdot \sin \psi_1 - l_6 \cdot \sin \psi_2 = 0.$$

Z těchto rovnic vyloučíme úhel  $\psi_2$  a vyjádříme souřadnici  $x_7$ :

$$x_7 = l_{5P} \cdot (1 - \cos \psi_1) + l_6 \cdot \left[ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{l_{5P}}{l_6}\right)^2 \cdot \sin^2 \psi_1} \right].$$

Z obrázku 7 vyplývá vztah mezi úhlem  $\psi_1$  a úhlem  $\varphi_{5P}$ :  $\psi_1 = \frac{\pi}{2} - \varphi_{5P}$ . Dosazením tohoto vztahu do předcházející rovnosti vyjádříme závislost souřadnice  $x_7$  na úhlu natočení členu 5p:

$$f_{5,7} = l_{5P} \cdot (1 - \sin \varphi_{5P}) + l_6 \cdot \left[ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{l_{5P}}{l_6}\right)^2 \cdot \cos^2 \varphi_{5P}} \right] - l_{5P}.$$

Poznámka: Člen  $-l_{5P}$  byl do výrazu pro nultou převodovou funkci doplněn proto, aby se počátek souřadného systému pro souřadnici  $x_7$  posunul z horní úvratí listu do polohy, kdy se nacházejí listy v zástupu.

Časovou derivací výrazu  $x_7 = f_{5,7}(\varphi_{5P})$  vyjádříme rychlost členu 7:

$\dot{x}_7 = \frac{df_{5,7}}{d\varphi_{5P}} \cdot \dot{\varphi}_{5P} = \mu_{5,7} \cdot \dot{\varphi}_{5P}$ . Funkci  $\mu_{5,7}$  nazýváme první převodovou funkcí prošlupního mechanismu a dále je uvedeno její analytické vyjádření:

$$\mu_{5,7} = -l_{5P} \cdot \cos \varphi_{5P} - \frac{l_{5P}^2 \cdot \cos \varphi_{5P} \cdot \sin \varphi_{5P}}{l_6 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{l_{5P}}{l_6}\right)^2 \cdot \cos^2 \varphi_{5P}}}.$$

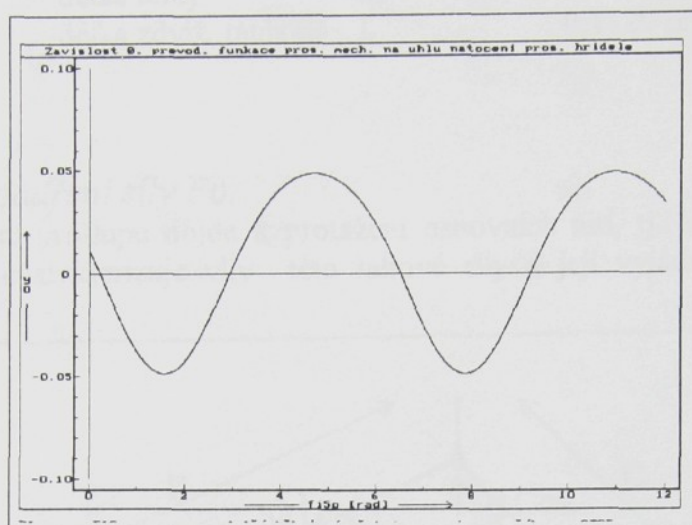
Časovou derivací výrazu  $\dot{x}_7 = \mu_{5,7}(\varphi_{5P}) \cdot \dot{\varphi}_{5P}$  vyjádříme zrychlení členu 7:

$\ddot{x}_7 = \frac{d\mu_{5,7}}{d\varphi_{5P}} \cdot \dot{\varphi}_{5P}^2 + \mu_{5,7} \cdot \ddot{\varphi}_{5P} = \vartheta_{5,7} \cdot \dot{\varphi}_{5P}^2 + \mu_{5,7} \cdot \ddot{\varphi}_{5P}$ . Funkci  $\vartheta_{5,7}$  nazýváme druhou převodovou funkcí prošlupního mechanismu a dále je uvedeno její analytické vyjádření:

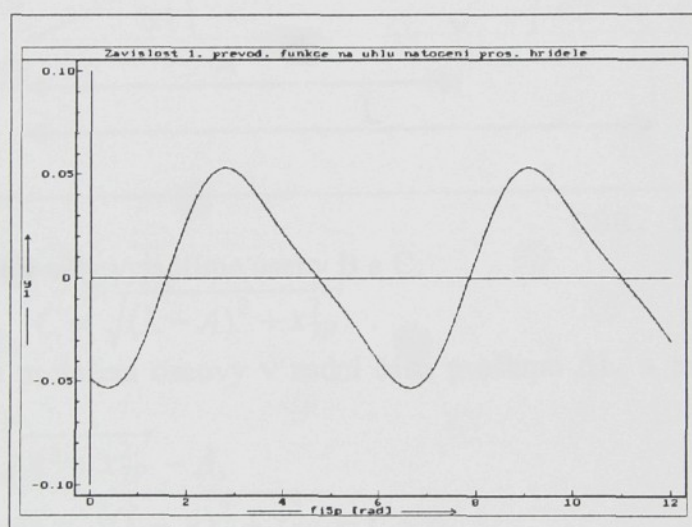
$$\vartheta_{5,7} = l_{5P} \cdot \left[ \sin \varphi_{5P} + \frac{l_{5P} \cdot (\sin^2 \varphi_{5P} - \cos^2 \varphi_{5P})}{l_6 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{l_{5P}}{l_6}\right)^2 \cdot \cos^2 \varphi_{5P}}} + \frac{l_{5P}^3 \cdot \cos^2 \varphi_{5P} \cdot \sin^2 \varphi_{5P}}{l_6^3 \cdot \left[ 1 - \left(\frac{l_{5P}}{l_6}\right)^2 \cdot \cos^2 \varphi_{5P} \right]^{3/2}} \right].$$



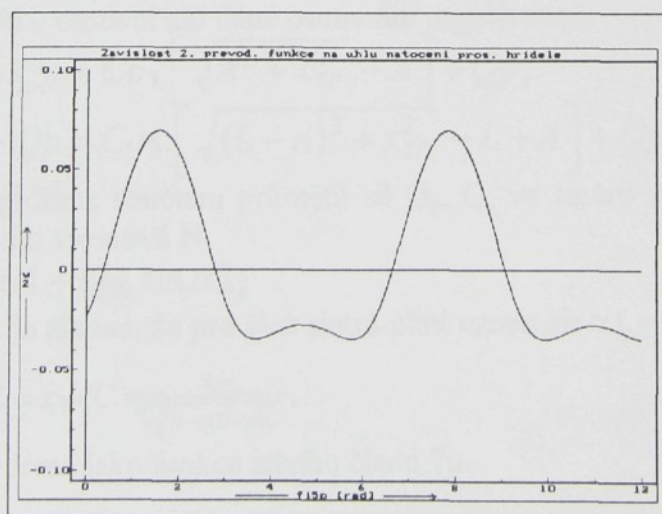
Na obrázku číslo 8, 9 a 10 jsou znázorněny grafy představující závislost nulté, první a druhé převodové funkce prošlupního mechanismu na úhlu natočení členu 5p.



OBR. Č. 8



OBR. Č. 9



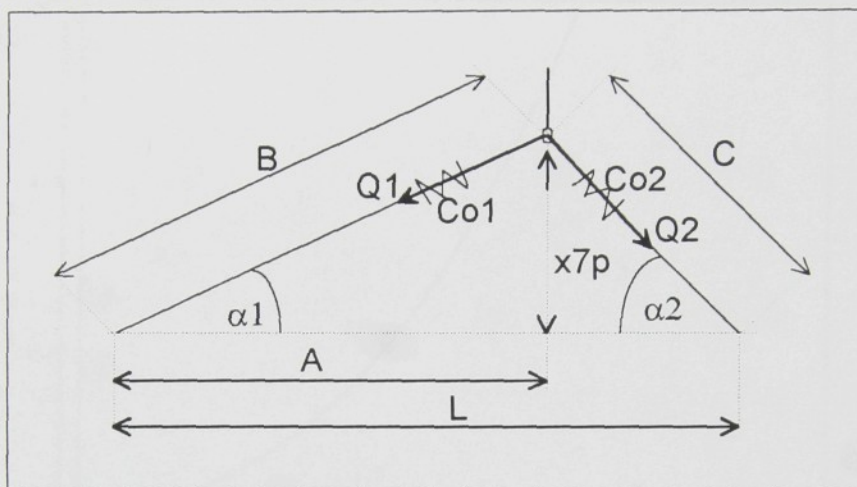
OBR. Č. 10

Grafy jsou vykresleny pro tyto rozměry jednotlivých členů prošlupního mechanismu:

|                    |          |          |
|--------------------|----------|----------|
| délka kliky        | $l_{sp}$ | 0,0486 m |
| délka zdviž. táhla | $l_6$    | 0,1120 m |

### 2.1.2.3. Vyjádření síly $F_o$ .

Při otevření prošlupu dojde k protažení osnovních nití, tj. k přírůstku tahové síly v osnově. Síla  $F_o$  charakterizuje vliv této tahové síly a její vyjádření provedeme pomocí obrázku číslo 11:



OBR. Č. 11

Užitím Pythagorovy věty vyjádříme úseky B a C:

$$B = \sqrt{A^2 + x_{7p}^2}, \quad C = \sqrt{(L - A)^2 + x_{7p}^2}.$$

Potom vyjádříme protažení osnovy v zadní části prošlupu  $\Delta L_1$  a protažení osnovy v přední části prošlupu  $\Delta L_2$ :

$$\Delta L_1 = B - A = \sqrt{A^2 + x_{7p}^2} - A,$$

$$\Delta L_2 = C - (L - A) = \sqrt{(L - A)^2 + x_{7p}^2} - L + A.$$

Tahovou sílu osnovní niti v zadní části prošlupu  $Q_1$  a tahovou sílu osnovní niti v přední části prošlupu vyjádříme pomocí efektivních konstant tuhosti osnovy  $Co_1$ ,  $Co_2$  a síly  $Q_p$ , která představuje předpětí v osnovní niti dané osnovním regulátorem.

$$Q_1 = Co_1 \cdot \Delta L_1 + Q_p = Co_1 \cdot \left[ \sqrt{A^2 + x_{7p}^2} - A \right] + Q_p,$$

$$Q_2 = Co_2 \cdot \Delta L_2 + Q_p = Co_2 \cdot \left[ \sqrt{(L - A)^2 + x_{7p}^2} - L + A \right] + Q_p.$$

Sílu  $F_o$  potom vyjádříme součtem průmětů sil  $Q_1$ ,  $Q_2$  ve směru zdvihu listů a vynásobením celkovým počtem nití v osnově  $N$ :

$$F_o = N \cdot (Q_1 \cdot \sin \alpha_1 + Q_2 \cdot \sin \alpha_2).$$

Z obrázku číslo 11 je zřejmé, že pro člen  $\sin \alpha_1$  platí vztah:  $\sin \alpha_1 = x_{7p}/B = \frac{x_{7p}}{\sqrt{A^2 + x_{7p}^2}}$  a pro člen

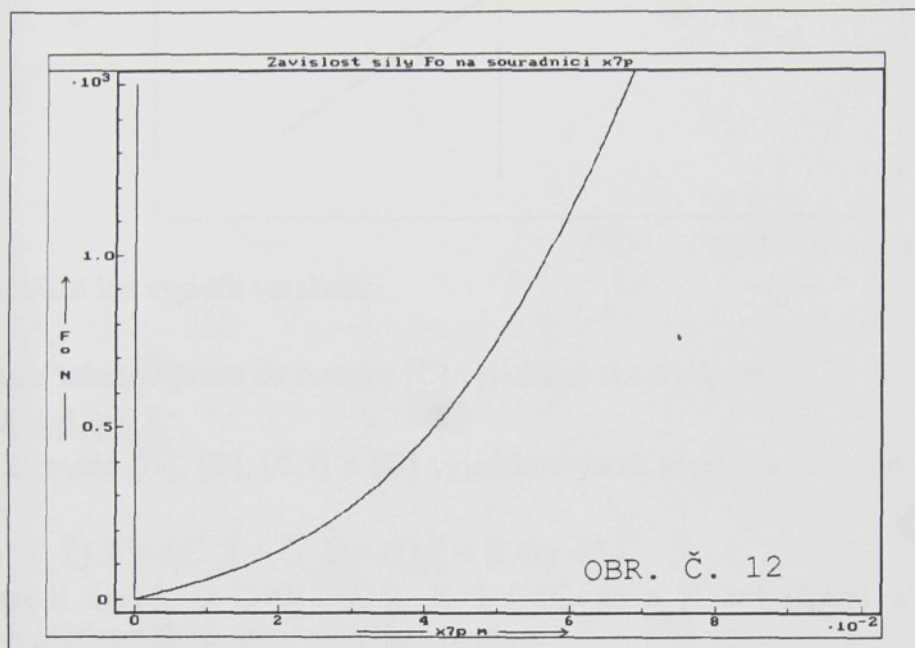
$$\sin \alpha_2 \text{ vztah: } \sin \alpha_2 = x_{7p}/C = \frac{x_{7p}}{\sqrt{(L - A)^2 + x_{7p}^2}}.$$

Tím je síla  $F_o$  vyjádřena jako funkce zdvihu členu 7p.



Na obrázku číslo 12 je znázorněn graf představující závislost síly  $F_0$  na souřadnici  $x_7p$ . Graf je vykreslen pro tyto hodnoty:

|                                               |        |        |
|-----------------------------------------------|--------|--------|
| délka prošlupu                                | $L$    | 0,42 m |
| délka zadní části prošlupu                    | $A$    | 0,28 m |
| počet nití v osnově                           | $N$    | 5000   |
| předpětí osnovní nití                         | $Q_p$  | 0,2 N  |
| ef. konstanta tuhosti os. v zadní části proš. | $Co_1$ | 12 N/m |
| ef. konstanta tuhosti os. v přední č. proš.   | $Co_2$ | 31 N/m |



#### 2.1.2.4. Vyjádření momentu $M_r$ .

Moment  $M_r$ , který působí na bidlo při přírazu, vyjádříme pomocí tkacího odporu  $R$ . Tkací odpor je síla, která působí proti zatlačování útku do tkaniny. Tuto sílu vypočteme pomocí rovnic přírazného procesu, které jsou odvozeny v literatuře [2], [3] a popisují vztah mezi základními veličinami přírazu, tj. příraznou silou  $F_p$ , tkacím odporem  $R$ , skluzem (zatlačením) útku do tkaniny  $\xi$ , hodnotou přírazného pulzu  $Y$  a protažením osnovy při přírazu  $X$ .

##### Rovnice přírazného procesu:

-Rovnováha mezi příraznou silou  $F_p$  a tkacím odporem  $R$ .

[A]:

$$F_p - R = 0.$$

-Vyjádření přírazné síly pomocí konstanty tuhosti osnovy  $C_1$ , konstanty tuhosti tkaniny  $C_2$  a absolutního protažení osnovy respektivě stlačení tkaniny při přírazu  $X$ .

[B]:

$$F_p = (C_1 + C_2)X.$$

-Vyjádření tkacího odporu pomocí koeficientu geometrické složky  $\alpha$ , skluzu útku, koeficientu třecí složky  $\beta$  a koeficientu tření  $f$ , který závisí na rychlosti skluzu a na čase.

[C]:

$$R = \alpha \cdot \xi + \beta f[\xi \cdot (t)].$$

-Vyjádření přírazného pulzu  $Y$  pomocí protažení osnovy  $X$  a skluzu útku  $\xi$ .

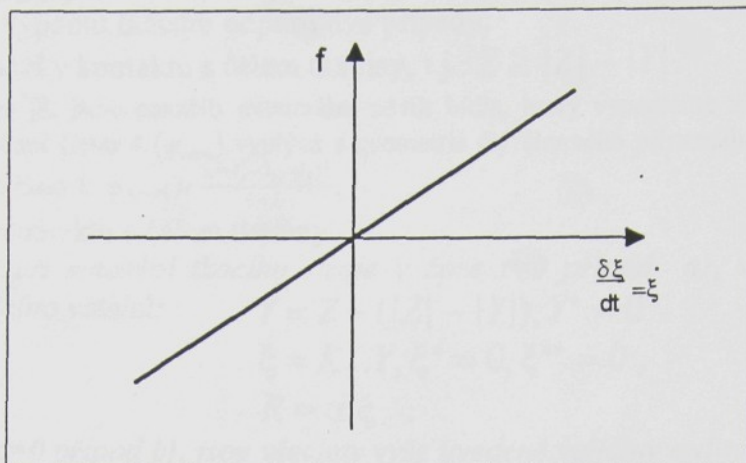
[D]:

$$Y = X + \xi.$$

Jak již bylo řečeno, závisí koeficient tření na rychlosti skluzu útku a na časové odlehlosti od počátku klouzání. V literatuře jsou uvedeny různé modely této závislosti. Pro



naše výpočty použijeme jeden z nejjednodušších modelů závislosti součinitele tření na rychlosti podle obrázku číslo 13:



OBR. Č. 13

Tuto závislost lze vyjádřit vztahem:

$$f = \varphi_K \cdot \xi^*$$

Dosazením tohoto výrazu do rovnice [C] vyjádříme tkací odpor:

[C.1]:

$$R = \alpha \cdot \xi + \beta \cdot \varphi_K \cdot \xi^*$$

Z rovnic [A], [B], [C.1] a [D] vyjádříme vztah mezi přírazným pulzem  $Y$  a skluzem útku  $\xi$ :

$$(C_1 + C_2) \cdot Y = (C_1 + C_2 + \alpha) \cdot \xi + \beta \cdot \varphi_K \cdot \xi^*$$

Zavedeme-li označení:  $\underline{C} = C_1 + C_2$ ,  $K_1 = \underline{C} / (\underline{C} + \alpha)$  a  $K_2 = \beta / (\underline{C} + \alpha)$  a z předcházejícího vztahu vypočteme skluz útku, obdržíme rovnost:

[E]:

$$\xi = K_1 \cdot Y - K_2 \cdot \varphi_K \cdot \xi^*$$

Rovnost [E] budeme derivovat podle času a vypočteme zrychlení útku při přírazu:

[F]:

$$\xi^{**} = \frac{K_1 \cdot Y^* - \xi^*}{K_2 \cdot \varphi_K}$$

Symbol  $Y^*$  představuje rychlost přírazného pulzu, t.j. rychlost paprsku při přírazu. Je-li paprsek v kontaktu s čelem tkaniny, vyjádříme tuto rychlost pomocí úhlové rychlosti bidla vztahem:

$$Y^* = Z^* = l \cdot \varphi_{4P}^*$$

Symbol  $Z^*$  označuje rychlost paprsku ve tkací rovině a symbol  $l$  délku mečíku.

Poznámka: Při výpočtech budeme předpokládat, že délka kruhového oblouku  $l \cdot \varphi_{4P}$  je přibližně rovna zdvihu bidla ve tkací rovině:  $Z = l \cdot \varphi_{4P}$ .

Skluz a rychlost skluzu útku potom vyjádříme numerickým řešením diferenciální rovnice [F] pomocí rekurentních vztahů:

$$\xi(t_i) = \xi(t_{i-1}) + dt \cdot \xi^*(t_{i-1}) + \frac{dt^2}{2} \xi^{**}(t_{i-1}),$$

$$\xi^*(t_i) = \xi^*(t_{i-1}) + dt \cdot \xi^{**}(t_{i-1})$$

a tkací odpor vypočteme pomocí rovnice [C.1]:

$$R(t_i) = \alpha \cdot \xi(t_i) + \beta \cdot \varphi_K \cdot \xi^*(t_i)$$

Výpočet provedeme následujícím způsobem: Nejprve zvolíme požadovanou hodnotu maximálního skluzu útku  $|\xi_D|$  a přibližně určíme odpovídající amplitudu přírazného pulzu  $|Y_D|$  podle vztahu, který vyplývá z rovnice [E]:

$$|Y_D| = \frac{|\xi_D|}{K_1}$$

Poznámka: V tomto vztahu je zanedbán člen, který obsahuje rychlost skluzu útku, t.j.  $\frac{K_2 \cdot \varphi_K \cdot |\xi_D|}{K_1}$ .



Na základě vypočtené amplitudy přírazného pulzu  $|Y|$  mohou nastat z hlediska zadání počátečních podmínek pro řešení rovnice [F], z hlediska výpočtu okamžité hodnoty přírazného pulzu a z hlediska výpočtu tkacího odporu dva případy:

a) Paprsek se nachází v kontaktu s čelem tkaniny, t.j.:  $Z \geq |Z| - |Y|$ .

Poznámka: Symbolem  $|Z|$  jsme označili maximální zdvih bidla, který vypočteme ze vztahu:  $|Z| = l \cdot \varphi_{4\max}$ . Maximální úhel natočení členu 4 ( $\varphi_{4\max}$ ) vyplývá z geometrie čtyřčlenného přírazného mechanismu, který je znázorněn na obrázku číslo 3:  $\varphi_{4\max} = \frac{a^2 + l_4^2 - (l_2 + l_3)^2}{2 \cdot a \cdot l_4}$ .

b) Paprsek není v kontaktu s čelem tkaniny.

Nastane-li při spuštění tkacího stroje v čase  $t=0$  případ a), vyjádříme jednotlivé veličiny pomocí těchto vztahů:

$$Y = Z - (|Z| - |Y|), Y^* = 0,$$

$$\xi = K_1 \cdot Y, \xi^* = 0, \xi^{**} = 0,$$

$$R = \alpha \cdot \xi.$$

Nastane-li v čase  $t=0$  případ b), jsou všechny výše uvedené veličiny nulové.

Hodnotu momentu  $M_r$  vypočteme v obou případech pomocí rovnice:

$$M_r = R \cdot N \cdot l.$$

Symbol  $N$  zde představuje celkový počet nití v osnově a symbol  $l$  délku mečíku.

Je-li v čase  $t>0$  tkací stroj v činnosti, mohou opět nastat dva výše uvedené případy.

Nastane-li případ a), určíme jednotlivé veličiny podle těchto vztahů:

$$Y = Z - (|Z| - |Y|), Y^* = Z^*,$$

$$\xi(t_i) = \xi(t_{i-1}) + dt \cdot \xi^*(t_{i-1}) + \frac{dt^2}{2} \xi^{**}(t_{i-1}),$$

$$\xi^*(t_i) = \xi^*(t_{i-1}) + dt \cdot \xi^{**}(t_{i-1}),$$

$$\xi^{**} = \frac{K_1 \cdot Y^* - \xi^*}{K_2 \cdot \varphi_K},$$

$$R = \alpha \cdot \xi + \beta \cdot \varphi_K \cdot \xi^*.$$

Nastane-li případ b), jsou tyto veličiny dány těmito hodnotami:

$$Y = 0, Y^* = 0,$$

$$\xi = 0, \xi^* = Z^*, \xi^{**} = \frac{-\xi^*}{K_2 \cdot \varphi_K},$$

$$R = 0.$$

Poznámka: Po uskutečnění prohozu je nejprve útek dopraven paprskem k čelu tkaniny. V této fázi působí útek na paprsek velmi malou třecí silou, která závisí na rychlosti klouzání útku po osnově (zrychlení útku v případě b) je nenulové). Tuto sílu budeme při výpočtech zanedbávat.

Hodnotu momentu  $M_r$  vypočteme v obou případech opět pomocí rovnice:

$$M_r = R \cdot N \cdot l.$$

#### Poznámka: Autoregulační proces v průběhu tkání

Změna amplitudy přírazného pulzu, která je způsobena změnou polohy čela tkaniny v jednotlivých tkacích cyklech, je označována jako autoregulační proces. Stručně lze tento proces popsat asi takto: Dojde-li například v určitém tkacím cyklu k "nedorazu" útku, změni se poloha čela tkaniny oproti standardní poloze přesně o hodnotu, o kterou se útek zatlačil méně do tkaniny. V následujícím cyklu se tedy paprsek setká s čelem tkaniny dříve a amplituda přírazného pulzu se zvýší. (viz. obr. 14)

Vyjádříme-li odchylku skluzu útku do tkaniny v  $k$ -tém tkacím cyklu vztahem:

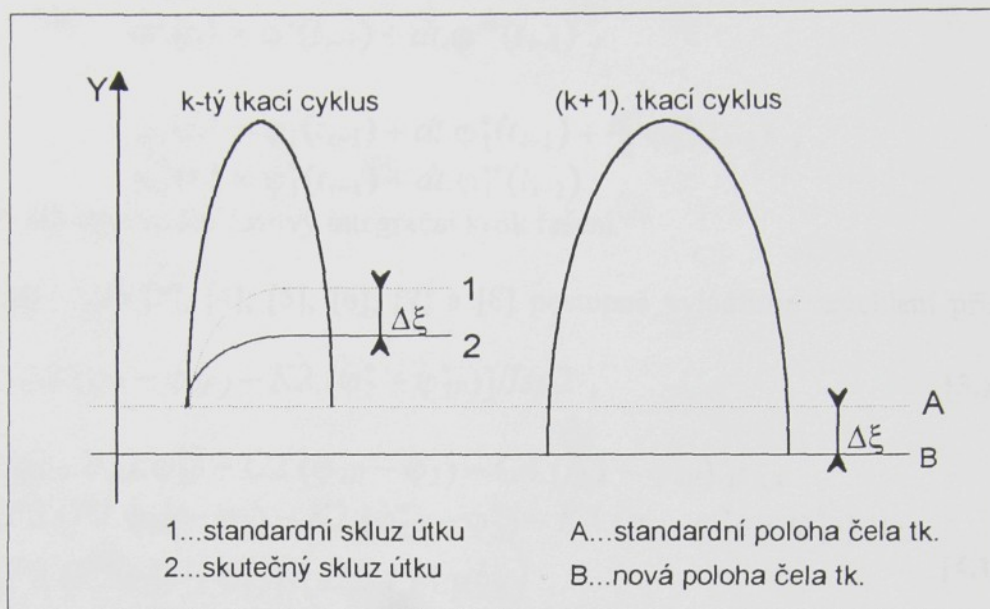
$$\Delta \xi_k = |\xi_{k-1}| - |\xi_k|,$$

je amplituda přírazného pulzu v  $(k+1)$ . tkacím cyklu dána rovnicí:

$$|Y_{k+1}| = |Y_k| + \Delta \xi_k.$$



Vstoupí-li tedy do procesu přírazu určitý "poruchový" děj, který způsobí odchylku v zatlačení útku od standardní hodnoty, je nutné při výpočtech v následujících tkacích cyklech amplitudu přírazného pulzu o tyto odchylky korigovat.



OBR. Č. 14

### 2.1.3. Řešení pohybových rovnic.

Pohybové rovnice budeme řešit numericky Eulerovou metodou podle obecných rekurentních formulí:

$$v(t_i) = v(t_{i-1}) + h \cdot a(t_{i-1}) ,$$

$$s(t_i) = s(t_{i-1}) + h \cdot v(t_{i-1}) + \frac{h^2}{2} a(t_{i-1}) .$$

Jednotlivé symboly zde značí: s...dráha, v...rychlost, a...zrychlení, t...čas, h...integrační krok.

#### 2.1.3.1. Řešení pohybových rovnic pro první fázi rozběhu tkacího stroje.

Z rovnice číslo [1] vyjádříme zrychlení hřídele elektromotoru  $\varphi''$  a z rovnice číslo [2] vyjádříme zrychlení hnací části spojky  $\varphi_1''$ .

$$\varphi'' = [Mh - Cp.P1.(P1.\varphi - \varphi_1) - Kp.P1.(P1.\varphi^* - \varphi_1^*)]/Ip , \quad [1.1]$$

$$\varphi_1'' = [-Cp.(\varphi_1 - P1.\varphi) - Mh - Kp.(\varphi_1^* - P1.\varphi^*)]/Isp1 . \quad [2.1]$$

Dosazením počátečních podmínek do těchto výrazů vypočteme zrychlení hřídele elektromotoru a hnací části spojky. Počáteční podmínky v čase  $t=0$  jsou dány těmito hodnotami:

Pro úhel natočení hřídele elektromotoru a hnací části spojky platí:  $\varphi(0) = \varphi_1(0) = 0$ . Předpokládejme, že v čase  $t=0$  se otáčky elektromotoru blíží otáčkám synchronním. Úhlovou rychlost hřídele elektromotoru tedy určíme ze vztahu:  $\varphi^*(0) = (2.\pi.n_s)/60$  a úhlovou rychlost hnací části spojky ze vztahu:  $\varphi_1^*(0) = P1.\varphi^*(0)$ .



Závislost kinematických veličin jednotlivých členů pohonu tkacího stroje na čase potom vyjádříme pomocí rovnic [1.1], [2.1] a užitím Eulerovy metody:

$$\begin{aligned}\varphi(t_i) &= \varphi(t_{i-1}) + dt \cdot \dot{\varphi}(t_{i-1}) + \frac{dt^2}{2} \ddot{\varphi}(t_{i-1}), \\ \dot{\varphi}(t_i) &= \dot{\varphi}(t_{i-1}) + dt \cdot \ddot{\varphi}(t_{i-1}),\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varphi_1(t_i) &= \varphi_1(t_{i-1}) + dt \cdot \dot{\varphi}_1(t_{i-1}) + \frac{dt^2}{2} \ddot{\varphi}_1(t_{i-1}), \\ \dot{\varphi}_1(t_i) &= \dot{\varphi}_1(t_{i-1}) + dt \cdot \ddot{\varphi}_1(t_{i-1}).\end{aligned}$$

Symbolem  $dt$  je zde označen časový integrační krok řešení.

Z rovnic číslo [3], [4], [5], [6], [7] a [8] postupně vyjádříme zrychlení příslušných členů:

$$\ddot{\varphi}_2 = [Mt - C2 \cdot (\varphi_2 - \varphi_{2P}) - K2 \cdot (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_{2P})] / I_{sp2}, \quad [3.1]$$

$$\begin{aligned}\ddot{\varphi}_{2P} &= \{-I4 \cdot \mu_{2,4} \cdot \vartheta_{2,4} \cdot \dot{\varphi}_{2P}^2 - C2 \cdot (\varphi_{2P} - \varphi_2) - C4 \cdot (f_{2,4} - \varphi_{4P}) \cdot \mu_{2,4} \\ &\quad - C \cdot P2 \cdot (P2 \cdot \varphi_{2P} - \varphi_5) - K2 \cdot (\dot{\varphi}_{2P} - \dot{\varphi}_2) - K4 \cdot (\mu_{2,4} \cdot \dot{\varphi}_{2P} - \dot{\varphi}_{4P}) \cdot \mu_{2,4} \\ &\quad - K \cdot P2 \cdot (P2 \cdot \dot{\varphi}_{2P} - \dot{\varphi}_5)\} / (I_{2p} + I4 \cdot \mu_{2,4}^2),\end{aligned} \quad [4.1]$$

$$\ddot{\varphi}_{4P} = \{-C4 \cdot (\varphi_{4P} - f_{2,4}) - Mr - K4 \cdot (\dot{\varphi}_{4P} - \mu_{2,4} \cdot \dot{\varphi}_{2P})\} / I_{4p}, \quad [5.1]$$

$$\ddot{\varphi}_5 = \{-C \cdot (\varphi_5 - P2 \cdot \varphi_{2P}) - C5 \cdot (\varphi_5 - \varphi_{5P}) - K \cdot (\dot{\varphi}_5 - P2 \cdot \dot{\varphi}_{2P}) - K5 \cdot (\dot{\varphi}_5 - \dot{\varphi}_{5P})\} / I, \quad [6.1]$$

$$\begin{aligned}\ddot{\varphi}_{5P} &= \{-m7 \cdot \mu_{5,7} \cdot \vartheta_{5,7} \cdot \dot{\varphi}_{5P}^2 - C5 \cdot (\varphi_{5P} - \varphi_5) - C7 \cdot (f_{5,7} - x_{7P}) \cdot \mu_{5,7} \\ &\quad - K5 \cdot (\dot{\varphi}_{5P} - \dot{\varphi}_5) - K7 \cdot (\mu_{5,7} \cdot \dot{\varphi}_{5P} - \dot{x}_{7P}) \cdot \mu_{5,7}\} / (I_{5p} + m7 \cdot \mu_{5,7}^2),\end{aligned} \quad [7.1]$$

$$\ddot{x}_{7P} = \{-C7 \cdot (x_{7P} - f_{5,7}) - Fo - K7 \cdot (\dot{x}_{7P} - \mu_{5,7} \cdot \dot{\varphi}_{5P})\} / m_{7p}. \quad [8.1]$$

Rovnice budeme řešit pro tyto počáteční podmínky: Úhel natočení členů 2, 2p, 5, a 5p je roven nule. Protože uvažujeme nulovou deformaci jednotlivých členů, vyjádříme úhel natočení členu 4p rovností  $\varphi_{4P}(0) = \varphi_4(0)$  a zdvih členu 7p rovností  $x_{7P} = x_7$ . Úhel natočení členu 4 a zdvih členu 7 můžeme určit pomocí nulových převodových funkcí kloubových mechanismů dosazením nulových hodnot úhlů natočení členů 2p a 5p. Rychlost všech členů modelu stroje v čase  $t=0$  je nulová.

Závislost kinematických veličin jednotlivých členů stroje na čase v první fázi rozběhu potom vypočteme pomocí rovnic číslo [3.1], [4.1], [5.1], [6.1], [7.1], [8.1] a užitím Eulerovy metody:

$$\begin{aligned}\varphi_N(t_i) &= \varphi_N(t_{i-1}) + dt \cdot \dot{\varphi}_N(t_{i-1}) + \frac{dt^2}{2} \ddot{\varphi}_N(t_{i-1}), \\ \dot{\varphi}_N(t_i) &= \dot{\varphi}_N(t_{i-1}) + dt \cdot \ddot{\varphi}_N(t_{i-1}), \\ N &= 2, 2p, 5, 5p,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_{7P}(t_i) &= x_{7P}(t_{i-1}) + dt \cdot \dot{x}_{7P}(t_{i-1}) + \frac{dt^2}{2} \ddot{x}_{7P}(t_{i-1}), \\ \dot{x}_{7P}(t_i) &= \dot{x}_{7P}(t_{i-1}) + dt \cdot \ddot{x}_{7P}(t_{i-1}).\end{aligned}$$



### 2.1.3.2. Řešení pohybových rovnic pro druhou fázi rozběhu tkacího stroje.

Z rovnice číslo [9] vyjádříme zrychlení hřídele elektromotoru a z rovnice číslo [10] zrychlení členu 2:

$$\varphi'' = [Mh - C_p.P1.(P1.\varphi - \varphi_2) - K_p.P1.(P1.\varphi^* - \varphi_2^*)]/I_p, \quad [9.1]$$

$$\varphi_2'' = \{-C_p.(\varphi_2 - P1.\varphi) - C2.(\varphi_2 - \varphi_{2P}) - K_p.(\varphi_2^* - P1.\varphi^*) - K2.(\varphi_2^* - \varphi_{2P}^*)\}/I_{sp}. \quad [10.1]$$

Rovnice [9.1] a [10.1] doplníme rovnicemi [4.1], [5.1], [6.1], [7.1] a [8.1].

Počáteční podmínky pro řešení této soustavy rovnic jsou dány hodnotou kinematických veličin jednotlivých členů modelu tkacího stroje v okamžiku, kdy dojde k vyrovnání úhlové rychlosti hnací a hnané části spojky.

Závislost kinematických veličin jednotlivých členů celkového modelu tkacího stroje na čase ve druhé fázi rozběhu a za ustáleného chodu vypočteme tedy pomocí rovnic číslo [9.1], [10.1], [4.1], [5.1], [6.1], [7.1], [8.1] a užitím Eulerovy metody:

$$\begin{aligned} \varphi(t_i) &= \varphi(t_{i-1}) + dt.\varphi^*(t_{i-1}) + \frac{dt^2}{2}\varphi''(t_{i-1}), \\ \varphi^*(t_i) &= \varphi^*(t_{i-1}) + dt.\varphi''(t_{i-1}), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi_N(t_i) &= \varphi_N(t_{i-1}) + dt.\varphi_N^*(t_{i-1}) + \frac{dt^2}{2}\varphi_N''(t_{i-1}), \\ \varphi_N^*(t_i) &= \varphi_N^*(t_{i-1}) + dt.\varphi_N''(t_{i-1}), \\ N &= 2, 2p, 4p, 5, 5p, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{7P}(t_i) &= x_{7P}(t_{i-1}) + dt.x_{7P}^*(t_{i-1}) + \frac{dt^2}{2}x_{7P}''(t_{i-1}), \\ x_{7P}^*(t_i) &= x_{7P}^*(t_{i-1}) + dt.x_{7P}''(t_{i-1}). \end{aligned}$$

### 2.1.3.3. Řešení pohybových rovnic pro případ zastavení tkacího stroje.

Z rovnice číslo [11] vyjádříme zrychlení členu 2:

$$\varphi_2'' = [-Mb - C2.(\varphi_2 - \varphi_{2P}) - K2.(\varphi_2 - \varphi_{2P}^*)]/I_{sp2}. \quad [11.1]$$

Rovnici číslo [11.1] doplníme rovnicemi číslo [4.1], [5.1], [6.1], [7.1] a [8.1].

Počáteční podmínky pro řešení této soustavy rovnic jsou dány hodnotou kinematických veličin jednotlivých členů modelu tkacího stroje v čase  $t=t_z$ , kdy je dán impulz k zastavení stroje.

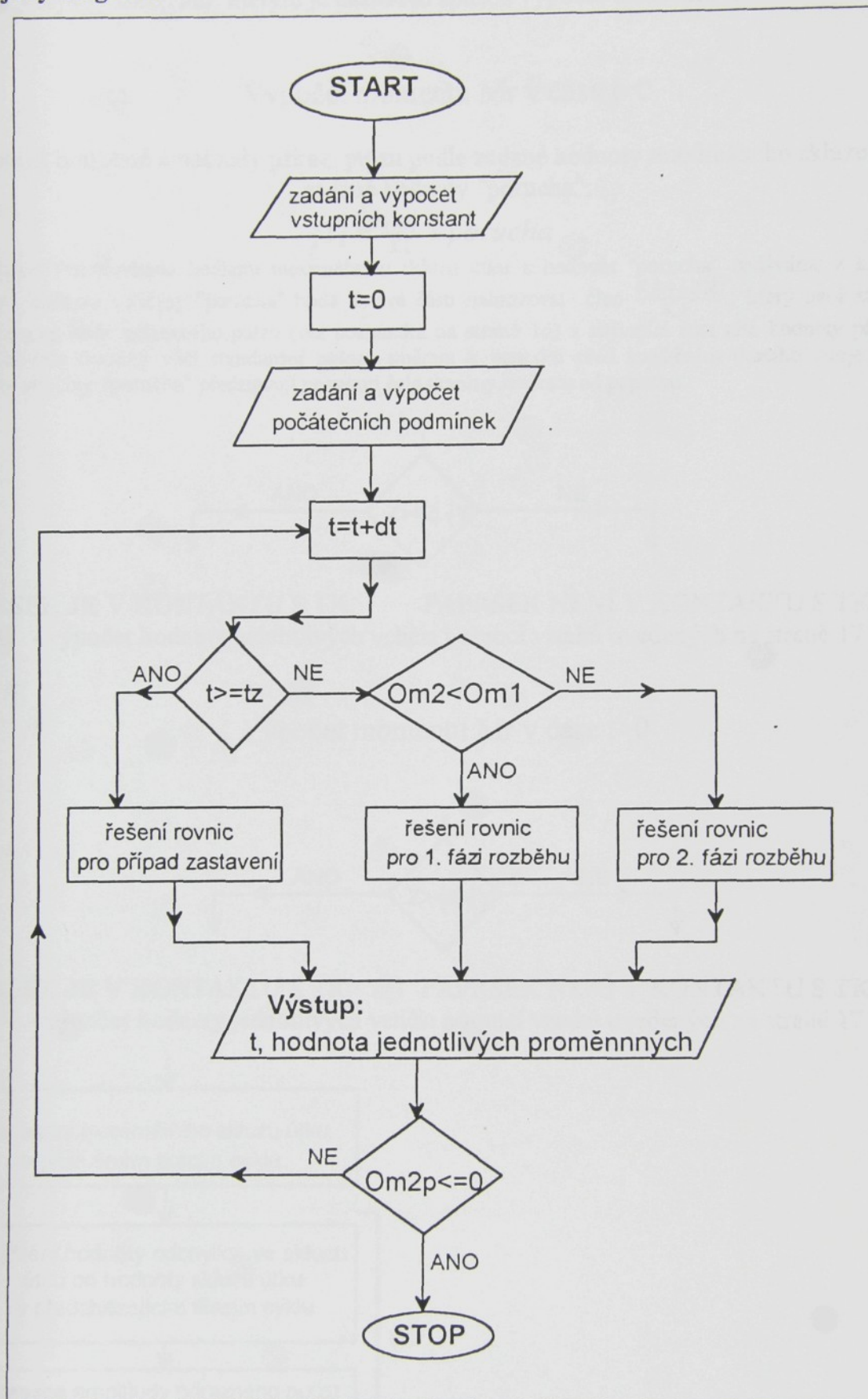
Závislost kinematických veličin jednotlivých členů modelu stroje na čase v případě zastavení vypočteme opět pomocí Eulerovy metody a rovnic číslo [11.1], [4.1], [5.1], [6.1], [7.1] a [8.1].

*Numerické řešení bylo provedeno pomocí systému FAMULUS 3.5. Výpis zdrojového textu tohoto programu je v příloze číslo 1. Tato příloha obsahuje také graf představující závislost úhlové rychlosti hlavní hřídele a hnací části spojky na čase, graf představující závislost momentu  $M_r$  na čase a graf znázorňující maximální dosažený skluz pro jednotlivé zatkané útky. Dále je uveden vývojový diagram, kterým je naznačen způsob řešení a sestavení programu.*

*Poznámka: Vysvětlivky k vývojovému diagramu:  $t$ ...čas,  $t_z$ ...čas ve kterém je dán impulz k zastavení stroje (je zadán z klávesnice),  $\Omega_{m2}$ ...úhlová rychlost hnané části spojky,  $\Omega_{m1}$ ...úhlová rychlost hnací části spojky, Výstup je v podobě grafů, které představují závislost jednotlivých proměnných na čase.*



## Vývojový diagram:



Vliv síly  $F_0$  je do výpočtu zaveden pomocí deklarace funkce  $F_0$ . Převodové funkce kloubových mechanismů jsou rovněž deklarovány pomocí funkcí (viz. příloha číslo 1).

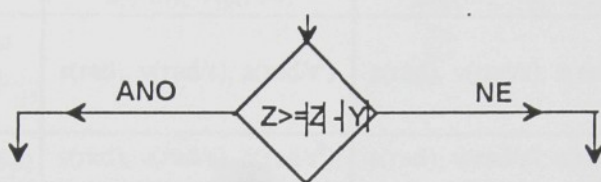
Dílčí vývojový diagram, kterým je naznačen způsob výpočtu momentu  $M_r$ :

Výpočet momentu  $M_r$  v čase  $t=0$  .

Výpočet potřebné amplitudy příraz. pulzu podle zadané hodnoty maximálního skluzu útku a zadané hodnoty "porucha":

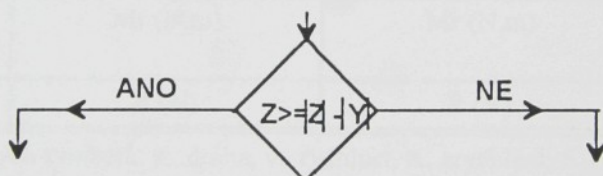
$$|Y| = \frac{|\xi_D|}{K_1} + \text{porucha}$$

Poznámka: Požadovanou hodnotu maximálního skluzu útku a hodnotu "porucha" zadáváme z klávesnice. Kladná hodnota veličiny "porucha" bude ze své části nahrazovat člen  $\frac{K_{2.2} \cdot \varphi_K \cdot |\xi_D|}{K_1}$ , který není zahrnut do výpočtu amplitudy přírazného pulzu (viz poznámka na straně 16) a zbývající část této hodnoty představuje posunutí čela tkaniny vůči standardní poloze směrem k paprsku před spuštěním tkacího stroje. Záporné hodnoty veličiny "porucha" představují posunutí čela tkaniny směrem od paprsku.

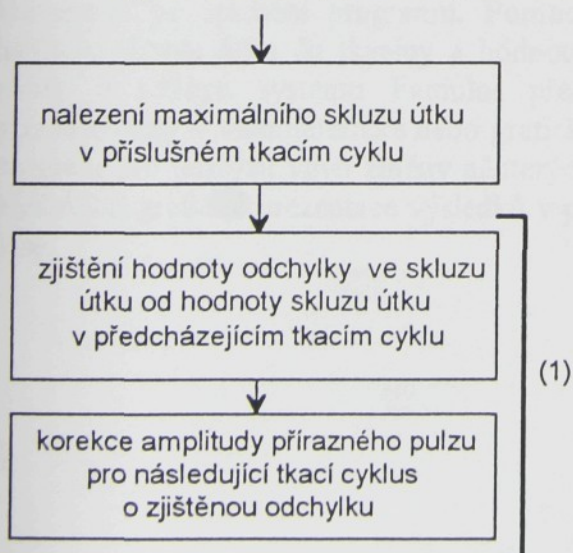


PAPRSEK JE V KONTAKTU S TK.      PAPERSEK NENÍ V KONTAKTU S TK.  
- výpočet hodnoty jednotlivých veličin pomocí vztahů uvedených na straně 17

Výpočet momentu  $M_r$  v čase  $t>0$  .



PAPRSEK JE V KONTAKTU S TK.      PAPERSEK NENÍ V KONTAKTU S TK.  
- výpočet hodnoty jednotlivých veličin pomocí vztahů uvedených na straně 17



Poznámka (1): Vliv autoregulačního procesu (viz. poznámka na straně 17).



Takto sestavený program umožňuje výpočet kinematických veličin hlavních částí tkacího stroje, jež jsou reprezentovány jednotlivými členy modelu a výpočet veličin, které charakterizují proces přírazu.

| Hodnoty vypočtené pro jednotlivé části tkacího stroje       |                                                                                        |                                                                                        |                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                             | <i>v 1. fázi rozběhu</i>                                                               | <i>ve 2. fázi rozběhu a ustáleném chodu</i>                                            | <i>při zastavení</i>                                                                   |
| hřídel elektromotoru                                        | s(rad), v(rad/s), a(rad/s <sup>2</sup> )                                               | s(rad), v(rad/s), a(rad/s <sup>2</sup> )                                               |                                                                                        |
| hnací část spojky                                           | s(rad), v(rad/s), a(rad/s <sup>2</sup> )                                               |                                                                                        |                                                                                        |
| hnaná část spoj. (člen 2)                                   | s(rad), v(rad/s), a(rad/s <sup>2</sup> )                                               |                                                                                        | s(rad), v(rad/s), a(rad/s <sup>2</sup> )                                               |
| spojka (člen 2)                                             |                                                                                        | s(rad), v(rad/s), a(rad/s <sup>2</sup> )                                               |                                                                                        |
| hlavní hřídel (člen 2p)                                     | s(rad), v(rad/s), a(rad/s <sup>2</sup> )                                               | s(rad), v(rad/s), a(rad/s <sup>2</sup> )                                               | s(rad), v(rad/s), a(rad/s <sup>2</sup> )                                               |
| bidlo (člen 4p)                                             | s(rad), v(rad/s), a(rad/s <sup>2</sup> )<br>S <sub>TR</sub> (m), V <sub>TR</sub> (m/s) | s(rad), v(rad/s), a(rad/s <sup>2</sup> )<br>S <sub>TR</sub> (m), V <sub>TR</sub> (m/s) | s(rad), v(rad/s), a(rad/s <sup>2</sup> )<br>S <sub>TR</sub> (m), V <sub>TR</sub> (m/s) |
| výstup. člen převodu mezi hlav. a prošlup. hřídeli (člen 5) | s(rad), v(rad/s), a(rad/s <sup>2</sup> )                                               | s(rad), v(rad/s), a(rad/s <sup>2</sup> )                                               | s(rad), v(rad/s), a(rad/s <sup>2</sup> )                                               |
| prošlup. hřídel (člen 5p)                                   | s(rad), v(rad/s), a(rad/s <sup>2</sup> )                                               | s(rad), v(rad/s), a(rad/s <sup>2</sup> )                                               | s(rad), v(rad/s), a(rad/s <sup>2</sup> )                                               |
| listové brdo (člen 7p)                                      | s(m), v(m/s), a(m/s <sup>2</sup> )                                                     | s(m), v(m/s), a(m/s <sup>2</sup> )                                                     | s(m), v(m/s), a(m/s <sup>2</sup> )                                                     |
| Vypočtené hodnoty charakterizující přírazný proces          |                                                                                        |                                                                                        |                                                                                        |
| přírazný pulz (Y)                                           | s(m), v(m/s)                                                                           | s(m), v(m/s)                                                                           | s(m), v(m/s)                                                                           |
| útek                                                        | s(m), v(m/s), a(m/s <sup>2</sup> )                                                     | s(m), v(m/s), a(m/s <sup>2</sup> )                                                     | s(m), v(m/s), a(m/s <sup>2</sup> )                                                     |
| Vypočtené hodnoty sil a silových momentů                    |                                                                                        |                                                                                        |                                                                                        |
| hnací moment el-motoru                                      | M <sub>h</sub> (N.m)                                                                   | M <sub>h</sub> (N.m)                                                                   |                                                                                        |
| odporový moment vznikající při přírazu                      | M <sub>r</sub> (N.m)                                                                   | M <sub>r</sub> (N.m)                                                                   | M <sub>r</sub> (N.m)                                                                   |
| tkací odpor                                                 | R (N)                                                                                  | R (N)                                                                                  | R (N)                                                                                  |

Význam jednotlivých symbolů: s...dráha, v...rychlost, a...zrychlení, S<sub>TR</sub>...dráha bidla ve tkací rovině, V<sub>TR</sub>...rychlost bidla ve tkací rovině.

Program předpokládá, že ke spuštění tkacího stroje dojde v čase  $t=0$ . Čas, který uplyne od spuštění stroje do okamžiku, kdy je dán impuls k jeho zastavení, je možné zadat pomocí klávesnice po spuštění programu. Pomocí klávesnice je dále možné zadat požadovanou hodnotu skluzu útku do tkaniny a hodnotu veličiny "porucha". Ostatní konstanty je možné měnit v editoru systému Famulus před spuštěním programu. Výsledky mohou být prezentovány v alfanumerické nebo grafické formě. V závěrečné části práce využijeme tento program pro analýzu vlivu změny některých konstant na chod tkacího stroje. Využijeme zde především grafické prezentace výsledků v podobě grafů závislosti příslušných proměnných na čase.



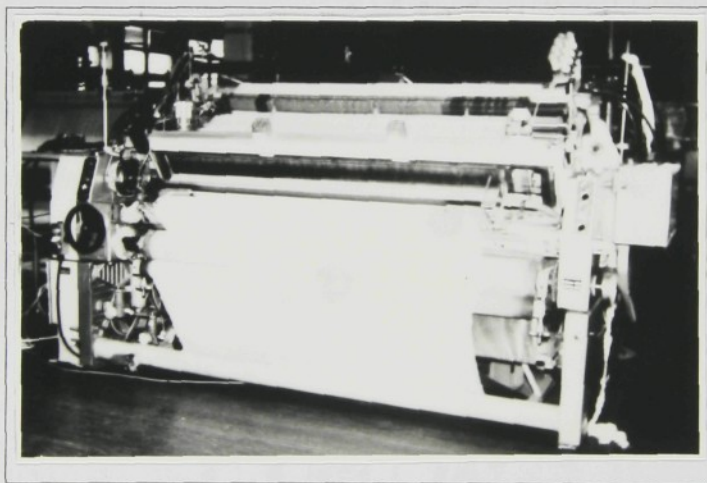
### 3. Praktická část

V rámci této práce byla provedena měření na konkrétním tkacím stroji. Měření jsou zaměřena především na sledování procesu rozběhu tkacího stroje. Výsledky měření umožňují analyzovat nejen dynamické chování stroje při rozběhu, ale také prověřit vliv tohoto přechodového děje na vznik útkové pruživosti. Výsledky měření využijeme také při ověření programu pro numerickou simulaci chování tkacího stroje.

V této části popíšeme použité měřicí přístroje a tkací stroj, na kterém bylo provedeno měření. Tato technická zařízení jsou dána vybavením tkalcovské laboratoře Technické university Liberec ke dni 10. až 11. 6. 1998, kdy byla tato měření provedena. Dále zde budou uvedeny naměřené hodnoty a to v alfanumerické i grafické formě. Také je v této části obsažen popis způsobu stanovení vstupních konstant programu pro numerickou simulaci chování tkacího stroje. Jedná se o konstanty charakterizující daný tkací stroj a textilní materiál. Stanovení těchto konstant umožní porovnání naměřených a vypočtených hodnot a tím ověření vhodnosti programu pro simulaci chování určitého tkacího stroje.

#### 3.1 Popis tkacího stroje PN-170 FB M2

Měření byla provedena na tryskovém tkacím stroji **PN-170 FB M2**, sériové číslo: 363, výrobní číslo: 01839, rok výroby: 1991. Na obrázku číslo 15 je fotografie tohoto stroje a na obrázku číslo 16 je znázorněno jeho kinematické schema.

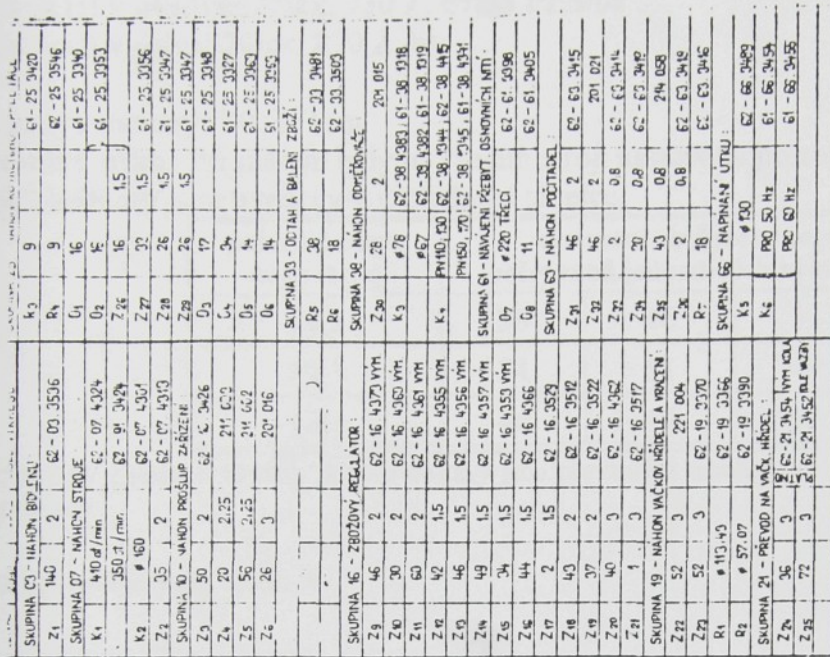


OBR. Č. 15

Nyní stručně popíšeme hlavní mechanismy tohoto tkacího stroje:

- pohon:** stroj je poháněn třífázovým asynchronním elektromotorem přes elektronicky ovládanou jednoramelovou pneumatickou třecí spojku.
- přírazný mechanismus:** čtyřčlenný přírazný mechanismus s jednostranným pohonem bidla.
- prošlupní mechanismus:** vačkový prošlupní mechanismus s drážkovými vačkami pro plátňovou vazbu.
- mechanismus podávání osnovy:** negativní elektronický regulátor s třecí spojkou.
- mechanismus odtahu tkaniny:** pozitivní, plynule pracující zbožíový regulátor s výměnnými ozubenými koly poháněný od hlavní hřídele tkacího stroje.
- prohozní mechanismus:** aktivní pneumatický prohoz pomocí jedné hlavní trysky a dvaceti štafetových trysek, které jsou rozděleny do čtyř sekcí.
- mechanismus odměřování útku:** rotační odměřovač s kontinuálním odběrem útku z předlokové cívky poháněný od hlavní hřídele tkacího stroje.
- mechanismus pro zpevnění krajů tkaniny:** rotační zapletače vytvářející celoobtočenou dvouníťovou perlinku.





Z = PŘEVOD OZUBENÝMI KOLY

K = PŘEVOD KLÍNOVÝMI ŘEMENY

R = PŘEVOD ŘETĚZOVÝ

0 = PŘEVOD OZUBENÝMI ŘEMENY

PLATÍ PRO STROJE ŘADY PN.



Obložení tkacího stroje:

-materiál v osnově: 25tex, 730 Z, 67/33 PES/ba

-materiál v útku: 20tex, 870 Z, ba

-dostava osnovy: 30nití/1cm

-dostava útku: Při měření byly na tkacím stroji nastaveny postupně tři různé útkové dostavy a jejich hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce:

| útková dostava<br>du [n./1cm] | nastavení zbožového regulátoru<br>[počet zubů jednotlivých výměnných kol] |    |    |    |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----|----|----|
| 24,3                          | 38                                                                        | 46 | 51 | 42 |
| 19,3                          | 34                                                                        | 51 | 49 | 26 |
| 13,1                          | 46                                                                        | 49 | 52 | 26 |

Poznámka: Uvedené hodnoty útkové dostavy jsou převzaty z tabulky výměnných ozubených kol zbožového regulátoru.

-počet použitých listů: 4

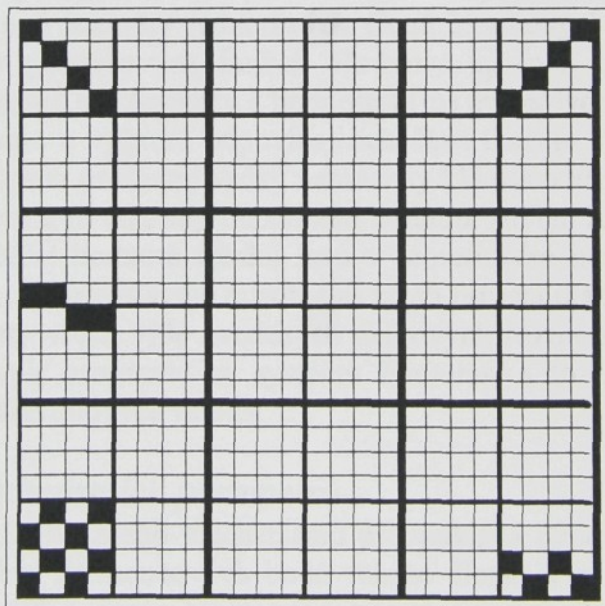
-paprsková šíře: 156cm

-číslo paprsku: 150

-snování: hladké

-házení: hladké

-technická vzornice:



Seřízení tkacího stroje:

-osnovní regulátor: základní napětí v osnově 20 cN/nit

-zástup listů: 340°

-zástup perlinky: levá 320°, pravá 350°



- odměřovač: záchyt útku 250°, strh útku 100°
- útkové kleště: otevření 95°, zavření 10°
- nůžky: stříhání útku 20°

**-proudění vzduchu (začátek / konec)**

hlavní tryska: 100° / 230°

I. sekce: 105° / 210°

II. sekce: 105° / 215°

III. sekce: 110° / 230°

IV. sekce: 115° / 245°

**-tlak:** hlavní tryska 0,2 MPa, jednotlivé sekce štafetových trysek: 0,3 MPa.

### 3.1.1. Stanovení konstant charakterizujících konstrukci tkacího stroje .

V závěrečné části této práce provedeme porovnání naměřených hodnot s výsledky vypočtenými pomocí programu pro numerickou simulaci chování tkacího stroje. Proto je nutné stanovit vstupní konstanty programu tak, aby jejich hodnoty odpovídaly konstrukci tkacího stroje PN-170 FB M2. Pomocí výkresové dokumentace tohoto stroje, údajů výrobce a výpočtů stanovíme tyto konstanty: rozměry, hmotnost a moment setrvačnosti jednotlivých členů teoretického modelu tkacího stroje. Dále stanovíme odpovídající konstanty tuhosti a viskozního tlumení, hodnoty převodů a silových momentů. Nyní postupně popíšeme způsob stanovení těchto konstant.

#### 3.1.1.1. Stanovení rozměrů .

Při stanovení rozměrů jednotlivých členů teoretického modelu tkacího stroje vycházíme převážně z výkresové dokumentace. Jako vstupní konstanty programu je nutné stanovit především délkové rozměry jednotlivých členů kloubových mechanismů, které zde figurují jako parametry převodových funkcí. Hodnoty  $l_{2p}$  (m),  $l_3$  (m),  $l_4$ (m),  $a$ (m) pro převodové funkce přírazného mechanismu a hodnotu  $l_6$ (m) pro převodové funkce mechanismu prošlupního lze určit přímo z výkresů odpovídajících částí tkacího stroje. V případě modelu prošlupního mechanismu jsou prošlupní vačky nahrazeny klikovou hřídelí o délce  $l_{sp}$  (m). Tuto hodnotu určíme výpočtem a to tak, aby maximální hodnota zdvihu listu na skutečném tkacím stroji odpovídala maximální hodnotě zdvihu listu v teoretickém modelu, t. j. podle vzorce  $l_{sp}=Z \cdot l_6$ , ve kterém symbol  $Z$  představuje maximální zdvih listu na tkacím stroji.

Konkrétní hodnoty všech výše uvedených délkových rozměrů jsou uvedeny v příloze číslo 1, kterou tvoří výpis programu ze systému Famulus, a to jako lokální konstanty v deklaracích příslušných převodových funkcí.

#### 3.1.1.2. Stanovení hmotnostních parametrů .

Teoretický model přírazného mechanismu předpokládá ojnici, jejíž celková hmotnost je rozložena a soustředěna do koncových bodů tohoto členu. Tento předpoklad zavádí do teoretického modelu tkacího stroje hmotnostní parametry  $m_{2p}$  (kg),  $m_4$ (kg). Označíme-li celkovou hmotnost ojnice symbolem  $m_3$  a vzdálenost těžiště ojnice od kloubu, ve kterém předpokládáme soustředěnou hmotnost  $m_{2p}$ , symbolem  $l_{TO}$ , vypočteme výše uvedené parametry pomocí této soustavy rovnic:

$$m_{2p} + m_4 = m_3,$$

$$m_{2p} \cdot l_{TO} = m_4 \cdot (l_3 - l_{TO}).$$

Pokud z těchto rovnic vyloučíme parametr  $m_4$ , obdržíme vzorec pro stanovení hmotnosti  $m_{2p}$ :

$$m_{2p} = m_3 \cdot \left(1 - \frac{l_{TO}}{l_3}\right)$$



a vyloučením parametru  $m_{2p}$ , obdržíme vzorec pro stanovení hmotnosti  $m_4$ :

$$m_4 = m_3 \cdot \frac{l_{TO}}{l_3}.$$

Vzdálenost těžiště od koncového bodu ojnice a celková hmotnost ojnice byly zjištěny z údajů výrobce a z výkresové dokumentace.

Obdobně jako model přírazného mechanismu předpokládá také teoretický model prošlupního mechanismu soustředění hmotnosti do koncových bodů zdvižných táhel listu. Tento předpoklad potom do teoretického modelu zavádí hmotnostní parametry  $m_{5p}$  (kg) a  $m_7$  (kg), které lze vyjádřit těmito vzorci:

$$m_{5p} = m_6 \cdot \left(1 - \frac{l_{TP}}{l_6}\right),$$

$$m_7 = m_6 \cdot \frac{l_{TP}}{l_6}.$$

Symbol  $l_{TP}$  zde představuje vzdálenost těžiště platiny od koncového bodu, ve kterém předpokládáme soustředěnou hmotnost  $m_{5p}$  a symbol  $m_6$  představuje celkovou hmotnost použitých platin a zdvižných táhel. Tyto hodnoty jsou zjištěny z výkresové dokumentace a údajů výrobce.

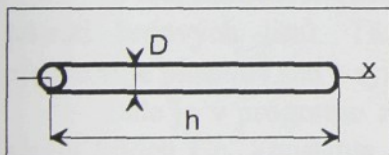
Jako vstupní parametr programu je dále nutné stanovit hmotnost  $m_{7p}$ , která představuje hmotnost brda. Hodnota tohoto parametru byla zjištěna zvážením brdových listů a nitěnek.

Konkrétní hodnoty parametrů  $m_{7p}$  a  $m_7$  jsou uvedeny opět v příloze číslo 1, v části označené "moment setrvačnosti a hmotnost jednotlivých členů" a to jako globální konstanty programu. Hodnoty hmotnostních parametrů  $m_{2p}$ ,  $m_4$  a  $m_{5p}$  jsou dále přepočteny na hodnoty momentů setrvačnosti odpovídajících členů modelu tkacího stroje.

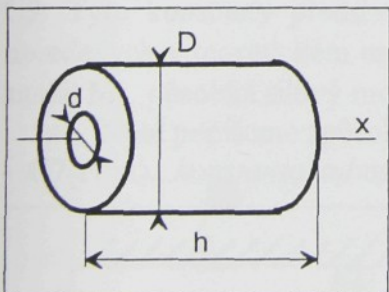
### 3.1.1.3. Stanovení momentů setrvačnosti .

Z kinematického schematu tkacího stroje, který je znázorněn na obrázku číslo 16, je zřejmé, že tento řetězec obsahuje tyto typy součástí: hřídele, řemenice a ozubená kola. Při výpočtu momentů setrvačnosti těchto konkrétních částí tkacího stroje jsou využity tyto vzorce:

- pro hřídele:  $I_x = \frac{1}{32} \rho \cdot \pi \cdot D^4 \cdot h$



- pro řemenice a ozubená kola:  $I_x = \frac{1}{32} \rho \cdot \pi \cdot h \cdot (D^4 - d^4)$



Dále popíšeme způsob stanovení vstupních parametrů programu reprezentujících momenty setrvačnosti jednotlivých členů teoretického modelu tkacího stroje. Jedná se o tyto konstanty:

-  $I_p$  (kg.m<sup>2</sup>)...moment setrvačnosti rotujících částí elektromotoru. Tento parametr je stanoven jako součet momentu setrvačnosti hřídele elektromotoru a momentu setrvačnosti řemenice elektromotoru k ose rotace.



- **Isp1(kg.m<sup>2</sup>)**...*moment setrvačnosti hnací části spojky*. Tento parametr je vyjádřen redukovaným momentem setrvačnosti řemenice, jež tvoří hnací část spojky. Moment setrvačnosti je redukován na hlavní hřídel tkacího stroje vynásobením momentu setrvačnosti hnací části spojky k ose rotace kvadrátem převodu mezi hlavní hřídelí a hřídelí spojky.

Poznámka: V kinematickém schématu na obrázku číslo 16 představuje hlavní hřídel tkacího stroje hřídel, na které je nasazen výstředník.

- **Isp2(kg.m<sup>2</sup>)**...*moment setrvačnosti hnané části spojky*. Tento parametr je vyjádřen součtem momentu setrvačnosti hnané části spojky a hřídele spojky, redukovaným na hlavní hřídel.

K této hodnotě jsou dále přičteny redukované momenty setrvačnosti ozubených kol, řemenic, váľů a hřídelí, jež jsou v kinematickém schématu na obrázku číslo 16 zahrnuty ve skupinách označených jako: "zbožový regulátor", "odtah a balení zboží" a "náhon odměřovače".

- **I(kg.m<sup>2</sup>)**...*moment setrvačnosti převodu mezi hlavní a prošlupní hřídelí*. Tento parametr je vyjádřen momentem setrvačnosti prošlupní hřídele, která je v kinematickém schématu označena jako hřídel brdových vaček, a k této hodnotě jsou přičteny na prošlupní hřídel redukované momenty setrvačnosti jednotlivých ozubených kol a hřídelí, jež jsou v kinematickém schématu zahrnuty ve skupině označené jako "náhon prošlupního zařízení".

- **I2p(kg.m<sup>2</sup>), I4(kg.m<sup>2</sup>), I5p(kg.m<sup>2</sup>)**...*momenty setrvačnosti členů 2P, 4, 5P*. Hodnoty těchto parametrů jsou stanoveny pomocí těchto vzorců:

$$I_{2p} = m_{2p} \cdot l_{2p}^2,$$

$$I_4 = m_4 \cdot l_4^2,$$

$$I_{5p} = m_{5p} \cdot l_{5p}^2.$$

- **I4p(kg.m<sup>2</sup>)**...*moment setrvačnosti bidla*. Hodnota tohoto parametru je převzata z údajů výrobce tkacího stroje.

Konkrétní hodnoty všech výše uvedených momentů setrvačnosti jsou uvedeny v příloze číslo 1, v části označené "moment setrvačnosti a hmotnost jednotlivých členů" a to jako globální konstanty programu.

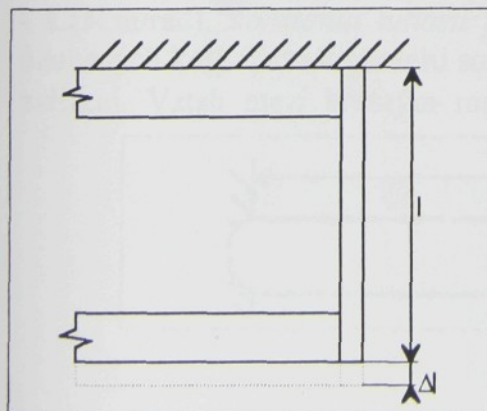
#### 3.1.1.4. Stanovení konstant tuhosti .

V teoretickém modelu tkacího stroje je zaveden parametr, který představuje konstantu tuhosti brdových listů. Tuto konstantu definujeme vztahem:  $C7 = F/\Delta l$ , kde symbol  $F$  představuje působící sílu a symbol  $\Delta l$  délkovou deformaci sloupku listu.

Dále je v programu zavedena konstanta tuhosti převodu mezi hřídelí elektromotoru a hlavní hřídelí  $C_p$ , konstanta tuhosti hlavní hřídele  $C_2$ , konstanta tuhosti bidla  $C_4$ , konstanta tuhosti převodu mezi hlavní hřídelí a prošlupní hřídelí  $C$  a konstanta tuhosti prošlupní hřídele  $C_5$ . Tyto konstanty představují torzní konstanty tuhosti spojovacích tyčí (torzních členů), zavedených v teoretickém modelu a definované vztahem:  $C_i = M_i/\Delta\varphi_i$ . Jednotlivé symboly zde značí:  $M_i$ ...působící silový moment,  $\Delta\varphi_i$ ...úhel pootočení spojovací tyče.

Nyní popíšeme způsob stanovení všech výše uvedených konstant tuhosti:

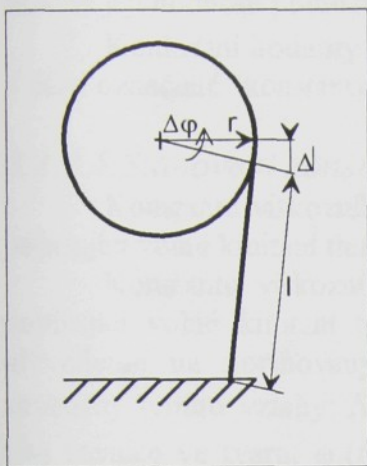
- **C7(N/m)**...*konstanta tuhosti brdových listů*. Tuto konstantu vyjádříme pomocí Hookova zákona:  $F = \frac{E \cdot S}{l} \cdot \Delta l$ . Protože konstanta  $C7$  je definována



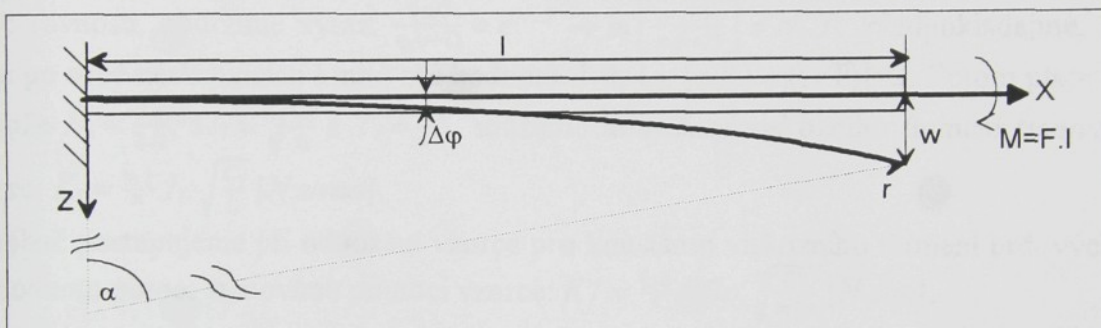
vztahem:  $C7 = F/\Delta l$ , vypočteme hodnotu této konstanty podle vzorce:  $C7 = \frac{E \cdot S}{l} [N/m]$ . Jednotlivé symboly zde značí:  $E$ ...modul pružnosti,  $S$ ...plocha průřezu obou spojovacích sloupků,  $l$ ...délka sloupku před deformací.



- $C_p$ (N.m/rad)...konstanta tuhosti převodu mezi hřídelí elektromotoru a hlavní hřídelí (řemenový převod). Tuto konstantu vyjádříme opět pomocí Hookova zákona. Z obrázku je zřejmé, že deformaci  $\Delta l$  můžeme vyjádřit přibližně vztahem:  $\Delta l = r \cdot \Delta \varphi$  a moment působící síly vztahem:  $M = F \cdot r$ . Dosazením těchto vztahů do Hookova zákona obdržíme rovnost:  $M = \frac{E \cdot S \cdot r^2}{l} \cdot \Delta \varphi$ . Protože konstanta  $C_p$  je definována vztahem:  $C_p = M / \Delta \varphi$ , vypočteme hodnotu této konstanty podle vzorce:  $C_p = \frac{E \cdot S \cdot r^2}{l} [\text{N.m/rad}]$ . Jednotlivé symboly zde značí:  $E$ ...modul pružnosti,  $S$ ...plocha průřezu klínových řemenů,  $r$ ...poloměr hmací části spojky,  $l$ ...1/2 délky klínového řemene před deformací.

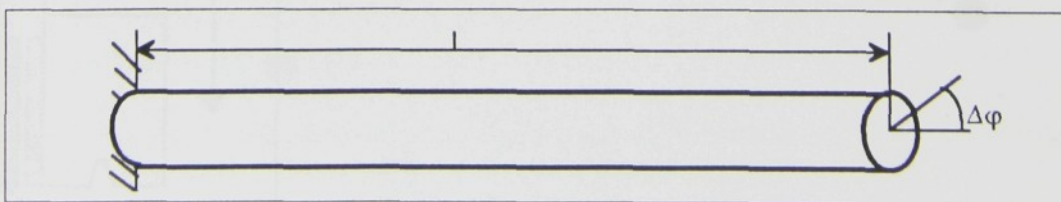


- $C_2$ (N.m/rad),  $C_4$ (N.m/rad),  $C_5$ (N.m/rad)...konstanta tuhosti hlavní hřídele, bidla, prošlupní hřídele. Tyto konstanty vyjádříme přepočtem ohybové tuhosti vetknutého nosníku na torzní tuhost odpovídajících spojovacích tyčí (torzních členů) v teoretickém modelu.



Pro křivost vetknutého nosníku platí:  $\frac{1}{r} = \frac{M}{E \cdot I}$ , kde součin  $E \cdot I$  nazýváme ohybovou tuhostí. Úhel  $\alpha$ , vyznačený v obrázku, můžeme přibližně vyjádřit poměrem  $l/r$ . Průhyb nosníku  $w$  potom vyjádříme pomocí délky  $l$  a poloměru křivosti  $r$  vztahem:  $w = r \cdot \left(1 - \cos \frac{l}{r}\right)$ . Pokud člen  $\cos(l/r)$  vyjádříme mocninnou řadou a vezmeme dále do úvahy pouze první dva členy této řady, bude průhyb nosníku vyjádřen tímto vztahem:  $w = \frac{1}{2} \frac{l^2}{r}$ . Průhyb nosníku lze také přibližně vyjádřit pomocí úhlu  $\Delta \varphi$  a délky nosníku  $l$  vztahem:  $w = l \cdot \Delta \varphi$ . Potom pomocí rovnice:  $l \cdot \Delta \varphi = \frac{1}{2} \frac{l^2}{r}$  a výrazu pro křivost vetknutého nosníku vyjádříme vztah mezi působícím momentem a úhlem  $\Delta \varphi$ :  $M = \frac{2 \cdot E \cdot I}{l} \cdot \Delta \varphi$ . Protože konstanty  $C_2$ ,  $C_4$  a  $C_5$  jsou opět definovány podílem působícího momentu  $M$  a úhlem pootočení odpovídající spojovací tyče  $\Delta \varphi$ , vypočteme hodnoty těchto konstant pomocí vzorce:  $C_i = \frac{2 \cdot E \cdot I}{l} [\text{N.m/rad}]$ , kde  $i=2,4,5$ . Jednotlivé symboly zde značí:  $E$ ...modul pružnosti,  $I$ ...moment setrvačnosti odpovídajícího členu,  $l$ ...délkový rozměr odpovídajícího členu.

- $C$ (N.m/rad)...konstanta tuhosti převodu mezi hlavní a prošlupní hřídelí (převod pomocí ozubených kol). Tuto konstantu stanovíme přímo z tuhosti v krutu hřídele náhonu prošlupního zařízení. Vztah mezi krutným momentem a úhlem  $\Delta \varphi$  lze vyjádřit vztahem:  $M = \frac{G \cdot J}{l} \cdot \Delta \varphi$ .





Součin  $G.I$  nazýváme tuhostí v krutu. Protože je konstanta  $C$  definována podílem  $M/\Delta\varphi$ , určíme její hodnotu pomocí vzorce:  $C = \frac{G.I}{l} [N.m/rad]$ .

Konkrétní hodnoty všech výše uvedených konstant tuhosti jsou uvedeny v příloze č. 1, v části označené "konstanty tuhosti jednotlivých členů" a to jako globální konstanty programu.

### 3.1.1.5. Stanovení konstant viskozního tlumení .

Konstantu viskozního tlumení brdových listů  $K7$  stanovíme pomocí pohybové rovnice popisující volné kmitání tlumené soustavy:  $m7p.x'' + K7.x' + C7.x = 0$ .

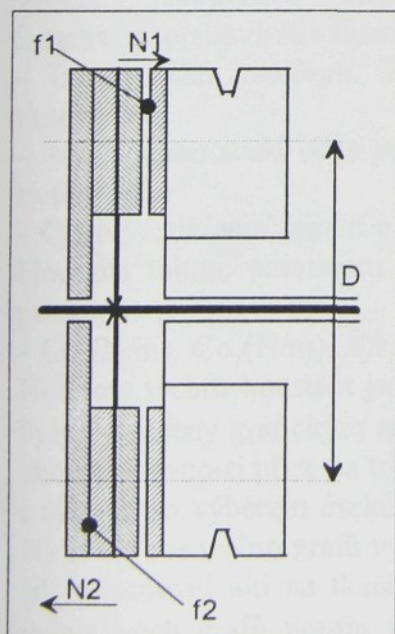
Konstantu viskozního tlumení ostatních členů stanovíme pomocí pohybové rovnice popisující volné kmitání torzní tlumené soustavy:  $I_i.\varphi_i'' + K_i.\varphi_i' + C_i.\varphi_i = 0$ . Tuto rovnici převedeme na normovaný tvar:  $\varphi_i'' + 2.N_i.\varphi_i' + \Omega_i^2.\varphi_i = 0$ , kde jsou jednotlivé symboly zavedeny těmito vztahy:  $N_i = \frac{K_i}{2.I_i}$  a  $\Omega_i^2 = \frac{C_i}{I_i}$ . Pro podkritické tlumení předpokládáme řešení této rovnice ve tvaru:  $\varphi_i(t) = A.e^{-N_i.t} \sin(\Omega_i.t + \psi)$ . Pro první výchylku v čase  $t$  tedy platí:  $\varphi_i(t) = A.e^{-N_i.t} \sin(\Omega_i.t + \psi)$  a pro druhou výchylku v čase  $t+T$  platí:  $\varphi_i(t+T) = A.e^{-N_i.(t+T)} \sin(\Omega_i.t + \Omega_i.T + \psi)$ . Pro  $\Omega_i.T = 2.\pi$  vyjádříme tuto rovnost ve tvaru:  $\varphi_i(t+T) = A.e^{-N_i.(t+T)} \sin(\Omega_i.t + \psi)$ . Podělíme-li rovnici vyjadřující první výchylku v čase  $t$  touto rovností, obdržíme výraz:  $\frac{\varphi_i(t)}{\varphi_i(t+T)} = e^{N_i.T} \rightarrow \ln\left[\frac{\varphi_i(t)}{\varphi_i(t+T)}\right] = N_i.T$ . Předpokládejme, že podíl dvou po sobě následujících kmitů má hodnotu dvě, t.j.  $[\varphi_i(t)/\varphi_i(t+T)] = 2$ . Potom platí:  $N_i.T = 2$ . Protože  $N_i = \frac{K_i}{2.I_i}$ ,  $\Omega_i = \sqrt{\frac{C_i}{I_i}}$  a  $T_i = \frac{2.\pi}{\Omega_i}$ , můžeme konstanty viskozního tlumení stanovit podle vzorce:  $K_i = \frac{\ln 2}{\pi} . I_i . \sqrt{\frac{C_i}{I_i}} [N.s/rad]$ .

Obdobně postupujeme při odvození vzorce pro konstantu viskozního tlumení brdových listů a její hodnotu potom stanovíme pomocí vzorce:  $K7 = \frac{\ln 2}{\pi} . m7p . \sqrt{\frac{C7}{m7p}} [N.s/m]$ .

Konkrétní hodnoty těchto konstant jsou uvedeny v příloze číslo 1, v části označené "konstanty viskozního tlumení jednotlivých členů" a to jako globální konstanty programu.

### 3.1.1.6. Stanovení hodnot silových momentů a převodů .

Pro teoretické výpočty je nutné stanovit hodnoty těchto silových momentů: třecí moment, který vznikne při prokluzu spojky v první fázi rozběhu stroje -  $M_t$  a brzdny moment, který vyvodí brzda při zastavení stroje -  $M_b$ . Dále je nutné vyjádřit závislost hnacího momentu elektromotoru na otáčkách jeho hřídele, t.j. momentovou charakteristiku elektromotoru.



Hodnotu momentu  $M_t$  určíme podle vzorce:  $M_t = N1.f1.\frac{D}{2} [N.m]$ . Jednotlivé symboly zde značí:  $N1$ ...přítlačná síla mezi hnací částí spojky a lamelou,  $f1$ ...koeficient tření mezi hnací částí spojky a lamelou,  $D$ ...střední průměr spojky.

Hodnotu brzdného momentu  $M_b$  určíme podle vzorce:  $M_b = N2.f2.\frac{D}{2} [N.m]$ . Jednotlivé symboly zde značí:  $N2$ ...přítlačná síla mezi brzdou a lamelou,  $f2$ ...koeficient tření mezi brzdou a lamelou,  $D$ ...střední průměr spojky.



Momentovou charakteristiku třífázového asynchronního elektromotoru představuje závislost hnacího momentu  $M_h$  na skluzu  $s$ . Tuto závislost vyjadřuje přibližně Klossův vztah:  $M_h = M \max. \frac{2}{\frac{s_{ZV}}{s} + \frac{s}{s_{ZV}}}$ . Protože skluz můžeme vyjádřit pomocí synchronních otáček  $n_s$  a

otáček elektromotoru  $n$  vztahem:  $S = \frac{n_s - n}{n_s}$ , je možné vyjádřit také momentovou charakteristiku jako závislost hnacího momentu elektromotoru na jeho otáčkách. Graf představující tuto závislost je znázorněn na obrázku číslo 2a. Při výpočtech používáme náhradní lineární průběh závislosti momentu  $M_h$  na otáčkách  $n$ . Tento průběh je reprezentován přímkou, která je rovněž zakreslena na obrázku číslo 2a. Tím je do modelu zaveden parametr  $M_0$ , který představuje úsek, jež vytíná přímka na ose  $M_h$ . Parametr  $M_0$  stanovíme pomocí rovnice přímky, která je určena těmito body:  $A[n_{JM}; M_{JM}]$  a  $B[n_s, 0]$ . Symbol  $n_{JM}$  zde představuje jmenovité otáčky elektromotoru a symbol  $M_{JM}$  představuje jmenovitý moment, který odpovídá jmenovitému otáčkám. Rovnici této přímky potom vyjádříme vztahem:  $M_h = \left[ M_{JM} \cdot \left( 1 + \frac{n_{JM}}{n_s - n_{JM}} \right) \right] - \frac{M_{JM}}{n_s - n_{JM}} \cdot n$  a hodnotu momentu  $M_0$  určíme tedy podle vzorce:  $M_0 = M_{JM} \cdot \left( 1 + \frac{n_{JM}}{n_s - n_{JM}} \right) [N.m]$ .

Hodnoty převodů jsou stanoveny pomocí kinematického schematu tkacího stroje, které je znázorněno na obrázku číslo 16.

Konkrétní hodnoty všech těchto parametrů jsou uvedeny v příloze číslo 1, v části označené "ostatní konstanty" a to jako globální konstanty programu.

### 3.1.2. Stanovení konstant charakterizujících textilní materiál .

V této části popíšeme způsob stanovení konstant, které v programu pro numerickou simulaci chování tkacího stroje charakterizují textilní materiál. Silové účinky, které vyvolává vzájemné působení mezi textilním materiálem a tkacím strojem, jsou v teoretickém modelu zavedeny pomocí síly  $F_0$  a momentu  $M_r$ .

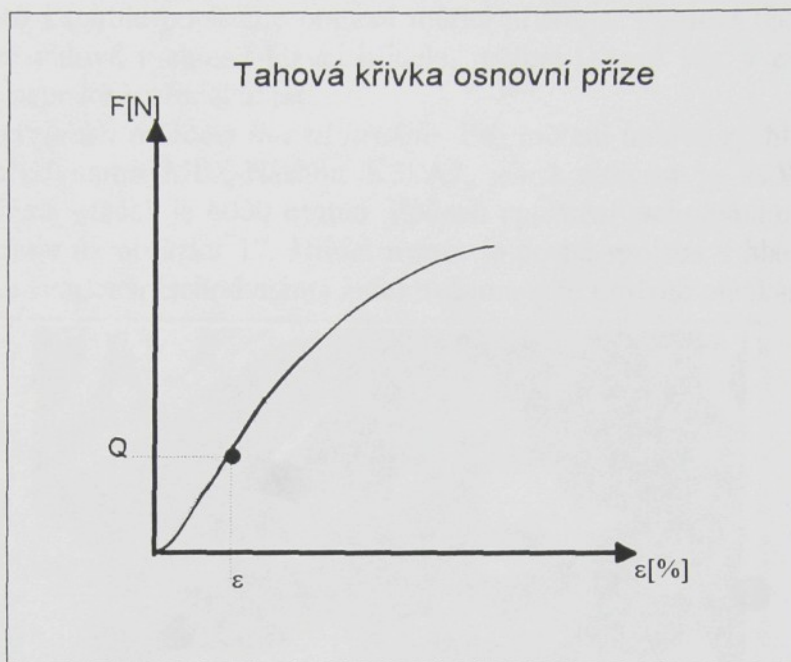
#### 3.1.2.1. Stanovení parametrů určujících sílu $F_0$ .

Síla  $F_0$  představuje silový účinek, který vznikne protažením osnovních nití při otevírání prošlupu a v programu je určena pomocí těchto parametrů:

- $N(1)$ ...celkový počet nití v osnově. Hodnotu tohoto parametru určíme výpočtem podle vzorce:  $N = d_o \cdot \dot{S}_p$ . Jednotlivé symboly zde značí:  $d_o(1/cm)$ ...dostava osnovy,  $\dot{S}_p(cm)$ ...paprsková šíře tkaniny.
- $L(m)$ ...délka prošlupu. Tento parametr představuje vzdálenost nitového kříže od čela tkaniny.
- $A(m)$ ...délka zadní části prošlupu. Tento parametr představuje vzdálenost nitového kříže od třetího listu.
- $Q_p(N)$ ...základní napětí v osnově (předpětí osnovy dané nastavením osnovního regulátoru). Hodnota tohoto parametru je stanovena změřením tahové síly v osnovní niti při zavřeném prošlupu.
- $Co_1(N/m)$ ,  $Co_2(N/m)$ ...efektivní konstanty tuhosti osnovy pro zadní a přední část prošlupu. Hodnoty těchto konstant jsou stanoveny pomocí grafů tahových křivek osnovních nití, které byly vytvořeny grafickým zápisem závislosti tahové síly  $F(N)$  na relativním protažení  $\epsilon(\%)$  při zkoušce pevnosti příze na trhačím přístroji TIRA-test. Postupně bylo provedeno deset zkoušek s náhodným výběrem úseků osnovní příze a tím bylo vytvořeno deset grafů tahových křivek. Na svislé ose těchto grafů vyznačíme hodnotu síly  $Q_M(N)$ , která byla zjištěna změřením tahové síly v osnovní niti na tkacím stroji při maximálně otevřeném prošlupu. Na vodorovné ose jednotlivých grafů potom odečteme odpovídající hodnoty relativního protažení  $\epsilon_r$ . Pomocí



těchto hodnot definujeme konstanty  $\kappa_i = \frac{Q_M}{\varepsilon_i}$ , které v jednotlivých grafech představují směrnici přímky procházející počátkem souřadného systému a bodem o souřadnicích  $[\varepsilon_i, Q_M]$ . Z deseti hodnot  $\kappa_i$  vypočteme aritmetický průměr:  $\kappa_S = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \kappa_i$ . Efektivní konstantu tuhosti osnovy pro zadní část prošlupu potom určíme podle vzorce:  $Co_1 = \frac{\kappa_S}{A} [N/m]$  a efektivní konstantu tuhosti osnovy pro přední část prošlupu podle vzorce:  $Co_2 = \frac{\kappa_S}{(L-A)} [N/m]$ .



Konkrétní hodnoty výše uvedených parametrů jsou v příloze číslo 1. Parametry  $N$ ,  $L$ ,  $A$  a  $Q_p$  jsou zde uvedeny jako lokální konstanty v deklaraci funkce vyjadřující sílu  $F_0$  a parametry  $Co_1$  a  $Co_2$  jsou zde uvedeny jako globální konstanty programu v části označené "konstanty tuhosti jednotlivých členů".

### 3.1.2.1. Stanovení parametrů určujících moment $M_r$

Moment  $M_r$  představuje silový účinek, který vznikne při přirazu a hodnoty parametrů, které jej v programu charakterizují, jsou převzaty z literatury [3]. Jedná se o tyto konstanty:

- $C_m = C_1 + C_2 (N/m)$ ...součet efektivních konstant tuhosti osnovy a tkaniny.
- $\alpha (N/m)$ ...koeficient geometrické složky tkacího odporu.
- $\beta (1)$ ...koeficient třecí složky tkacího odporu.
- $\varphi_k (s/m)$ ...koeficient rychlostně závislého tření.

Hodnoty těchto konstant jsou převzaty z uvedené literatury a proto neodpovídají konkrétnímu obložení, které bylo na tkacím stroji v době měření.

Tyto hodnoty jsou uvedeny opět v příloze číslo 1, v části označené "konstanty pro výpočet momentu  $M_r$ " a to jako globální konstanty programu.



### 3.2 Podmínky při měření a použité měřicí přístroje

Teplota okolního ovzduší při měření byla 22°C a hodnota jeho relativní vlhkosti 61%. Spuštění tkacího stroje bylo ve všech případech provedeno z polohy, která odpovídá 270° natočení hlavní hřídele a střední hodnota otáček hlavní hřídele v ustáleném chodu stroje je 299,03 ot/min.

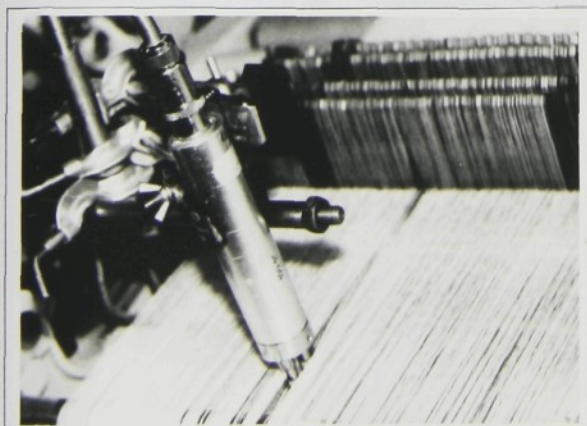
Dále v této kapitole popíšeme použité měřicí přístroje. Pomocí těchto přístrojů bylo provedeno měření úhlové rychlosti hlavní hřídele, měření tahové síly v osnovní niti a byla sledována poloha paprsku v přední úvrati.

- *měření úhlové rychlosti (otáček) hlavní hřídele.* Pro měření úhlové rychlosti hlavní hřídele bylo použito tachodynamo MEZ-Náchod K5 A7, jehož citlivost je 20V / 1000ot/min a hodnota maximálních otáček je 6000 ot/min. Způsob upevnění tachodynamu na tkacím stroji znázorňuje fotografie na obrázku 17. Hřídel rotoru je pevně spojena s hlavní hřídelí tkacího stroje a proto je na svorkách tachodynamu indukováno napětí úměrné otáčkám hlavní hřídele.

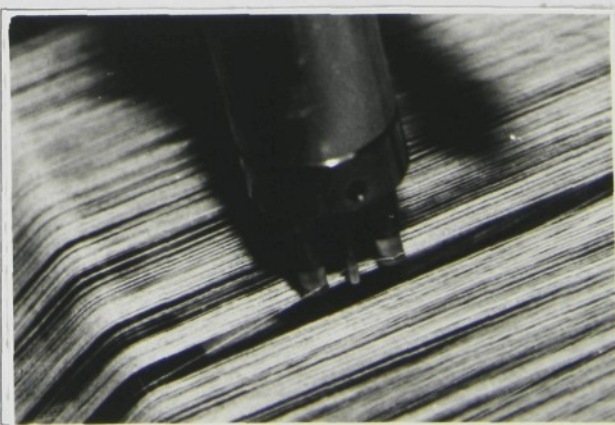


OBR. Č. 17

- *měření tahové síly v osnovní niti.* Pro měření tahové síly v osnovní niti byl použit kapacitní snímač ROTSCCHILD R-1192, jehož maximální zatížení je 100g a vlastní frekvence 300Hz. Způsob upevnění tohoto snímače na tkacím stroji znázorňuje fotografie na obrázku číslo 18 a fotografie na obrázku číslo 19 znázorňuje v detailním pohledu způsob vedení osnovní niti mezi kolíky snímače. Vlivem tahové síly v osnovní niti dochází k ohybu prostředního kolíku, který je mechanicky propojen se střední deskou kondenzátorů v diferenčním zapojení. Se změnou tahové síly se tedy mění kapacita kondenzátorů a napětí v jejich vnějším obvodu.



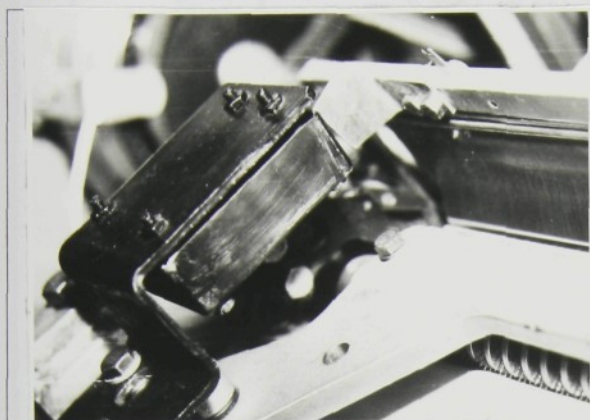
OBR. Č. 18



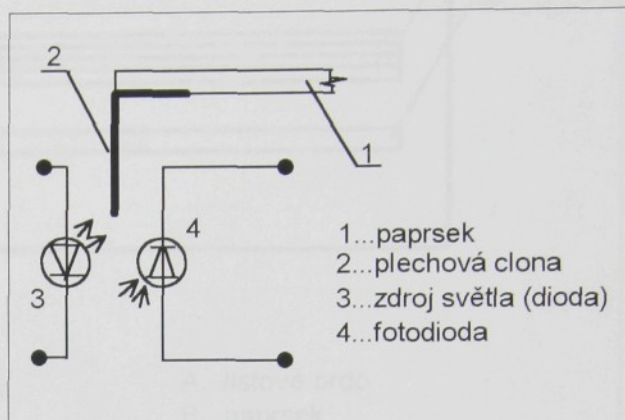
OBR. Č. 19



- *sledování polohy paprsku v přední úvrati.* Polohu paprsku v přední úvrati sledujeme pomocí fotoelektronického čidla. Způsob upevnění tohoto čidla na tkacím stroji znázorňuje fotografie na obrázku číslo 20 a obrázek číslo 21 představuje schematické znázornění čidla. Na horní vazbě paprsku je upevněna plechová clona, která zaclení fotodiodu při poloze paprsku v přední úvrati. Toto zaclenění potom vyvolá změnu napětí ve vnějším obvodu fotodiody.



OBR. Č. 20



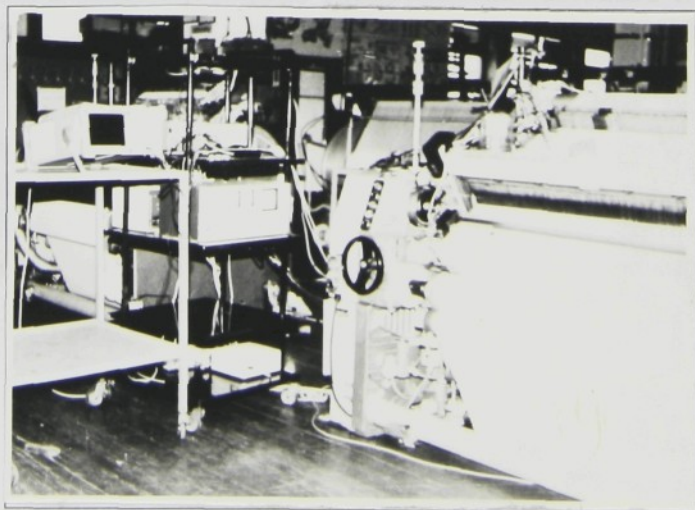
OBR. Č. 21

Výstupní signál všech použitých snímačů a čidel je tedy analogový signál představující změnu napětí úměrnou měřené veličině (otáčky hlavní hřídele, tahová síla v osnovní niti) nebo poloze paprsku. Analogové signály jsou potom digitalizovány pomocí A/D převodníku, který je součástí dynamického analyzátoru HEWLETT PACKARD 35670 A. Toto zařízení umožňuje další zpracování naměřených hodnot: jejich oceňování, uložení do textových souborů a zobrazení na displeji formou grafů. Dynamický analyzátor je vybaven šestnáctibitovým A/D převodníkem a vzorkování bylo provedeno s periodou 1ms.



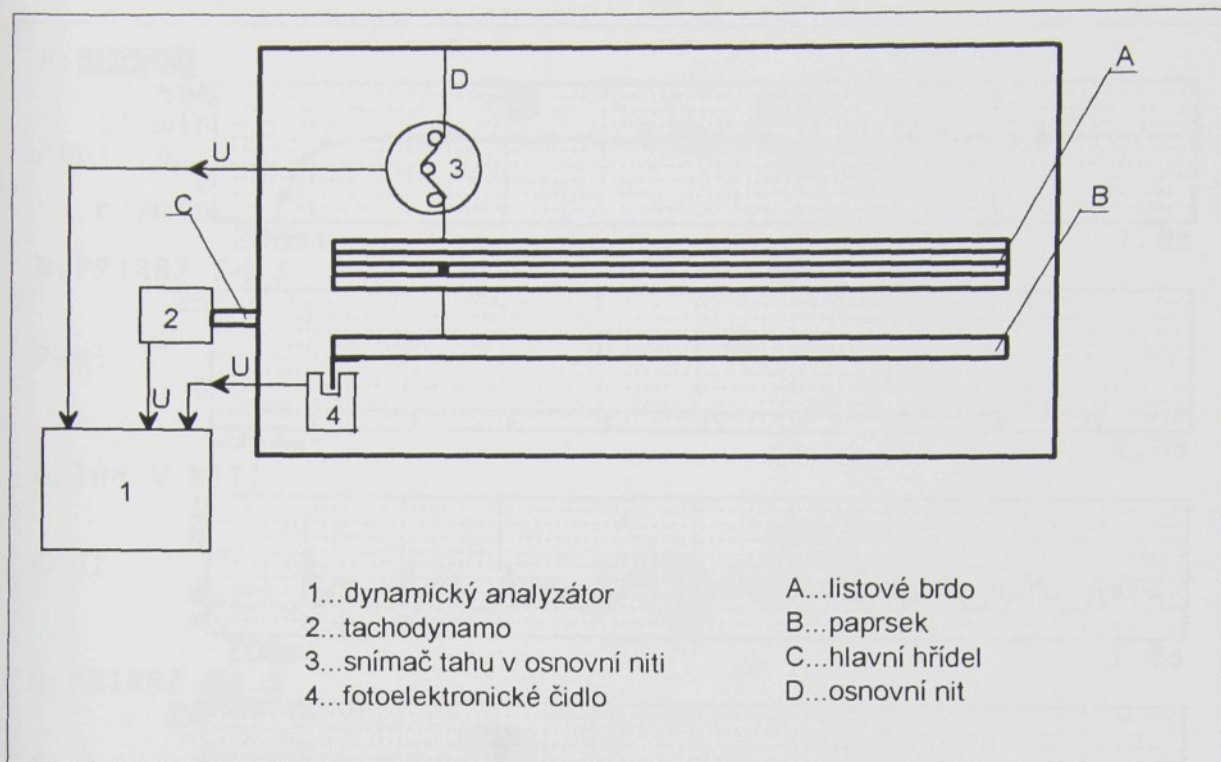
Dynamický analyzátor

Celkový pohled na pracoviště znázorňuje fotografie na obrázku číslo 22 a obrázek číslo 23 představuje schematické znázornění rozmístění snímačů a čidel na tkacím stroji.



OBR. Č. 22





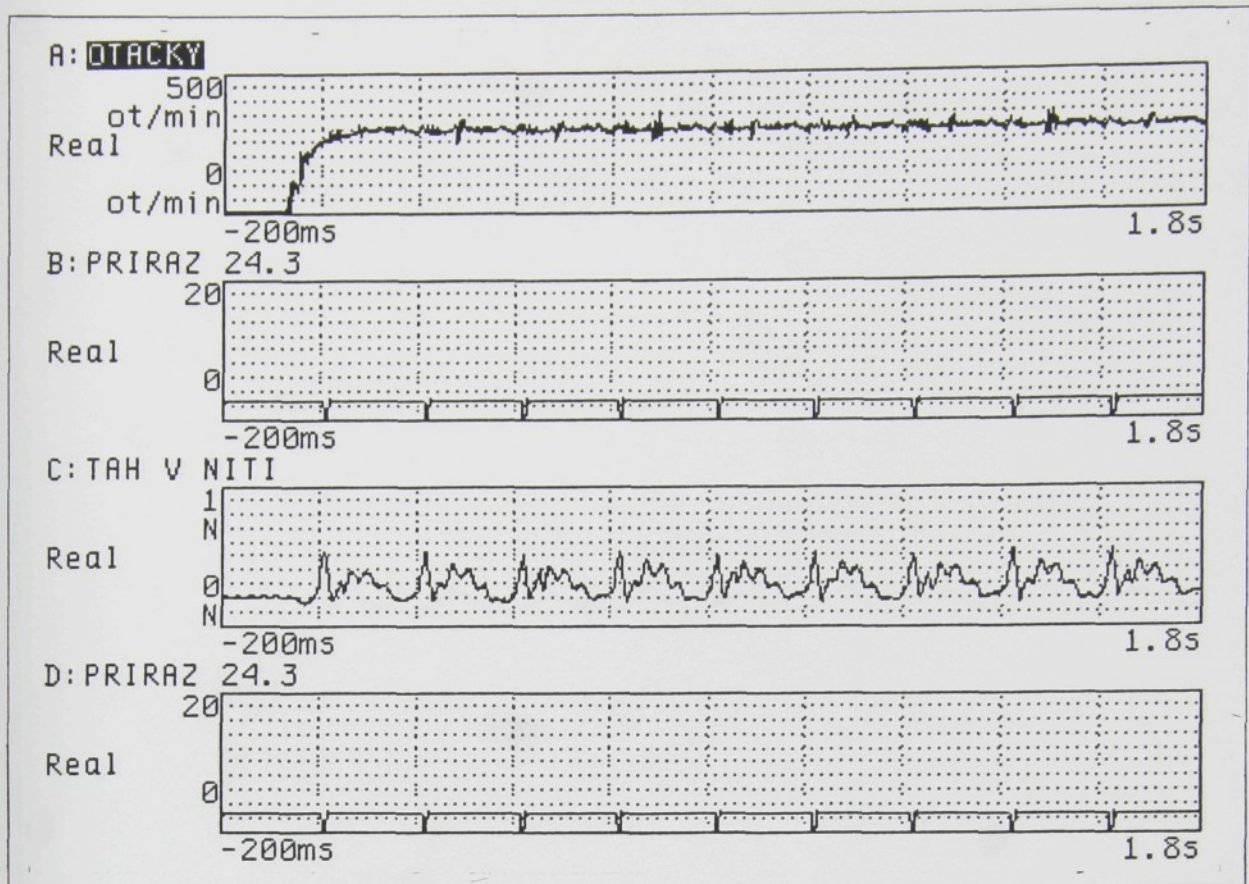
OBR. Č. 23

### 3.3. Naměřené hodnoty a jejich vyhodnocení .

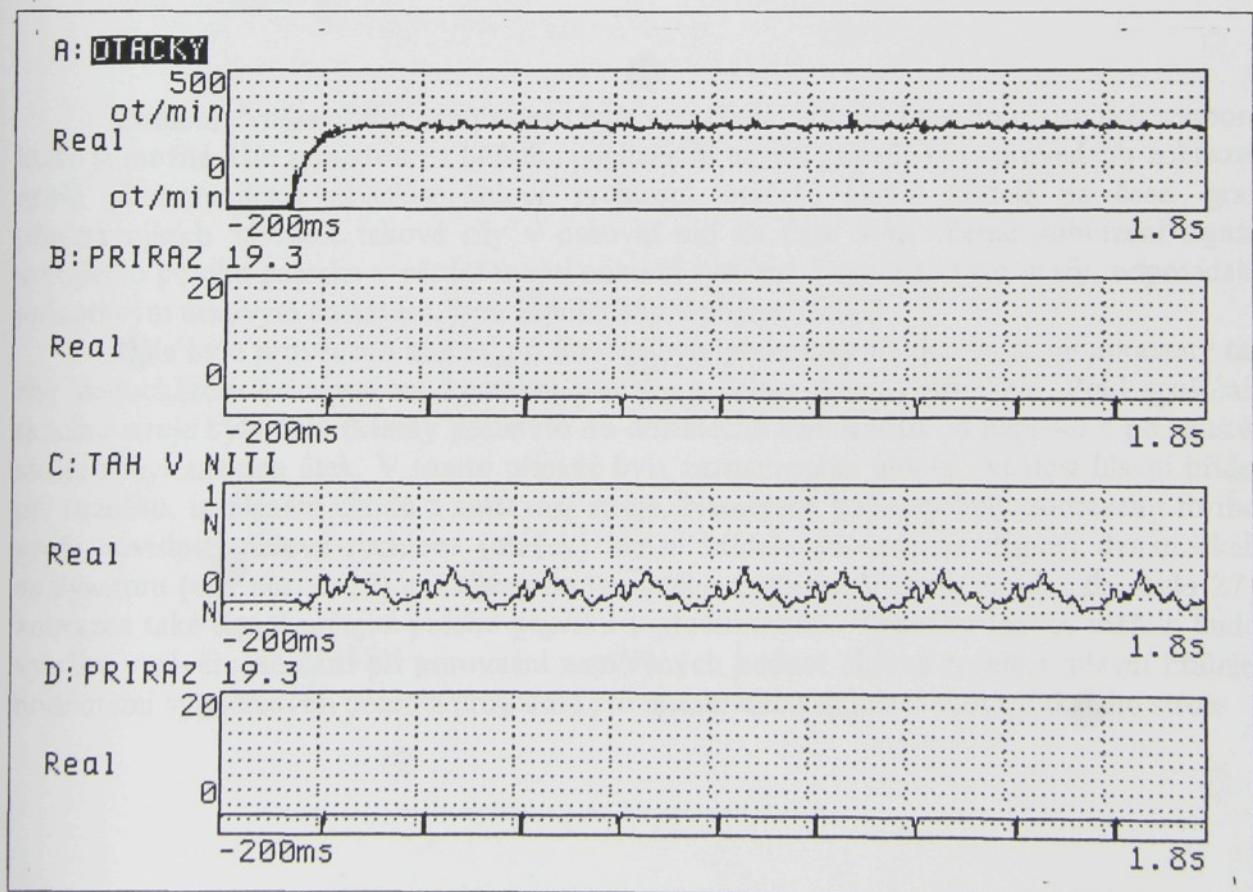
Jak již bylo uvedeno, byla na tkacím stroji měřena úhlová rychlost hlavní hřídele, tahová síla v osnovní niti, sledována poloha paprsku v přední úvrati a to při třech různých útkových dostavách. Při měření byl tkací stroj před každým spuštěním vždy minimálně 30min. v klidu.

Naměřená data byla zobrazena na displeji dynamického analyzátoru formou grafů časové závislosti příslušné veličiny na čase. Tyto grafy jsou postupně znázorněny pro jednotlivé útkové dostavy na obrázku číslo 24, 25 a 26. Na každém z těchto obrázků jsou čtyři grafy, jejichž vodorovnou osu představuje časová osa zobrazená v intervalu od -200ms do 1,8s. Graf označený písmenem A představuje závislost úhlové rychlosti hlavní hřídele na čase. Jeho svislá osa je ocejchována v ot/min a zobrazena v intervalu od 0 ot/min do 500 ot/min. Graf označený písmenem B zobrazuje logický signál fotoelektronického čidla, který umožňuje určit čas, ve kterém se paprsek nachází v přední úvrati. V okamžiku, ve kterém plech umístěný na paprsku cloní fotodiodu (paprsek je v přední úvrati), je hodnota tohoto signálu nulová a pokud fotodioda není zacloněna, je hodnota signálu různá od nuly. Tímto signálem je také určen čas  $t=0$  pro všechny uvedené grafy a to tak, že odpovídá okamžiku, ve kterém dojde k první změně hodnoty signálu. Svislá osa grafu B je zobrazena v intervalu od 0V do 20V. Graf označený písmenem C představuje závislost tahové síly v osnovní niti na čase. Svislá osa je ocejchována v newtonech a zobrazena v intervalu od 0N do 1N. Graf označený písmenem D zobrazuje opět logický signál určující polohu paprsku v přední úvrati.



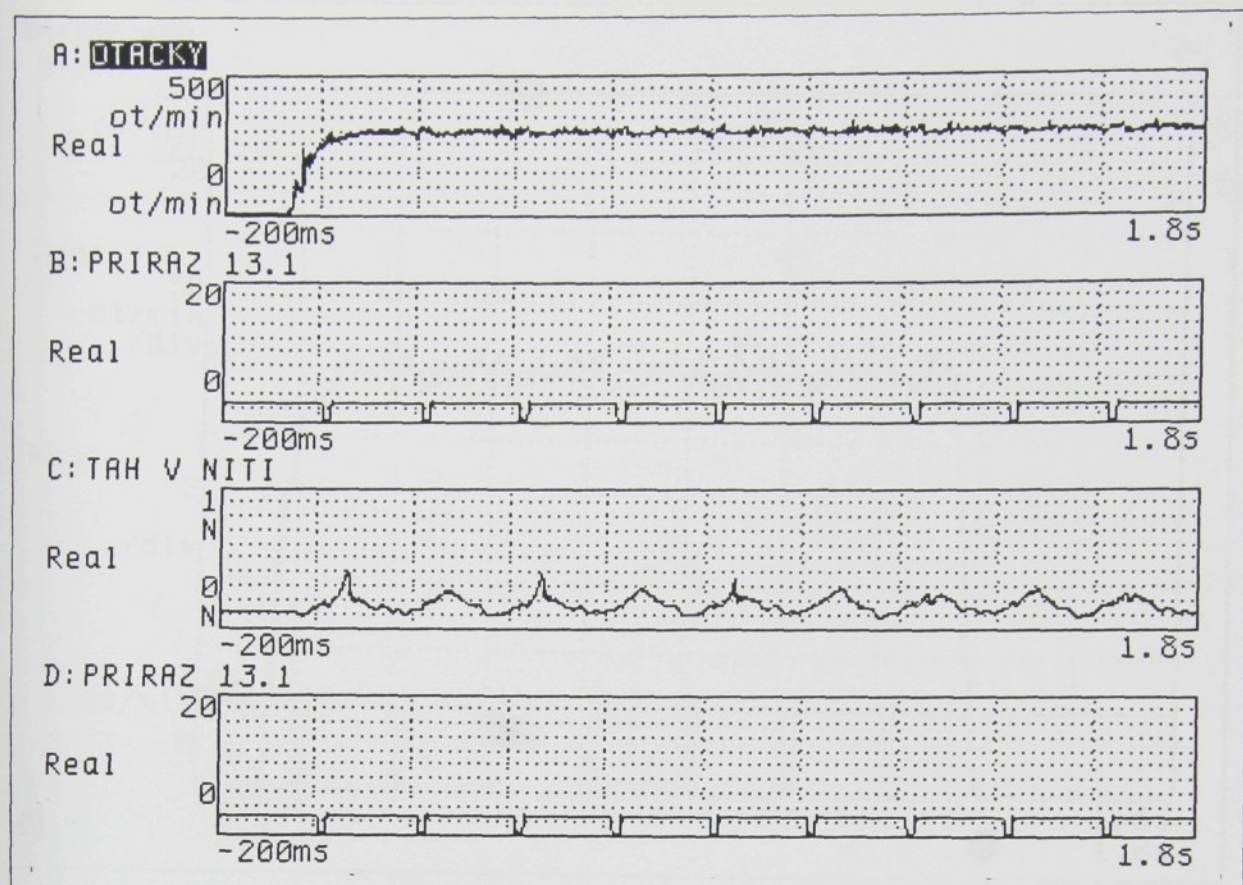


OBR. Č. 24 ( $du = 24,3$  nití/1cm)



OBR. Č. 25 ( $du = 19,3$  nití/1cm)



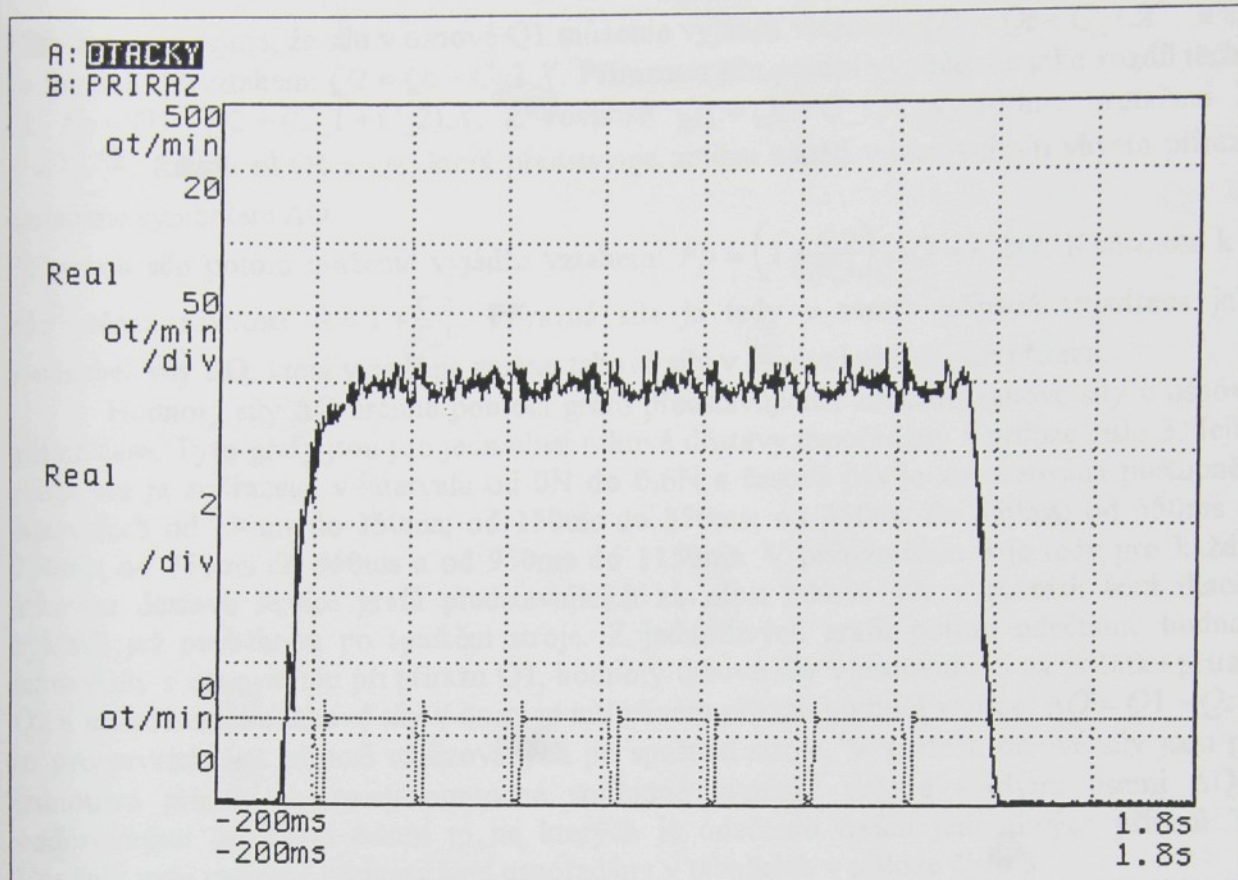


OBR. Č. 26 (du = 13,1)

Pomocí dynamického analyzátoru byla naměřená data uložena do textových souborů, které je možné dále zpracovat na běžném počítači. V našem případě bylo provedeno zobrazení grafů představujících závislost úhlové rychlosti (otáček) hlavní hřídele na čase, grafů představujících závislost tahové síly v osnovní niti na čase a to včetně zobrazení signálu určujícího polohu paprsku v přední úvrati pomocí systému Famulus. Tyto grafy, odpovídající jednotlivým útkovým dostavám, jsou uspořádány v příloze číslo 2.

Dále bylo provedeno měření, při kterém byly podmínky na tkacím stroji upraveny tak, aby nedocházelo k vzájemnému kontaktu paprsku s čelem tkaniny při tkaní. Před spuštěním tkacího stroje bylo čelo tkaniny posunuto do dostatečné vzdálenosti od paprsku a po spuštění stroje nebyl zanášen útek. V tomto případě byla zaznamenána úhlová rychlost hlavní hřídele při rozběhu, ustáleném chodu a zastavení stroje. Naměřené hodnoty byly zobrazeny formou grafu závislosti úhlové rychlosti (otáček) hlavní hřídele na čase na displeji dynamického analyzátoru (viz. obr. č. 27) a uloženy do textového souboru. V grafu na obrázku číslo 27 je zobrazen také signál určující polohu paprsku v přední úvrati. Výsledky tohoto měření budou využity v závěrečné části při porovnání naměřených hodnot úhlové rychlosti hlavní hřídele s hodnotami vypočtenými pomocí programu pro numerickou simulaci chování tkacího stroje.



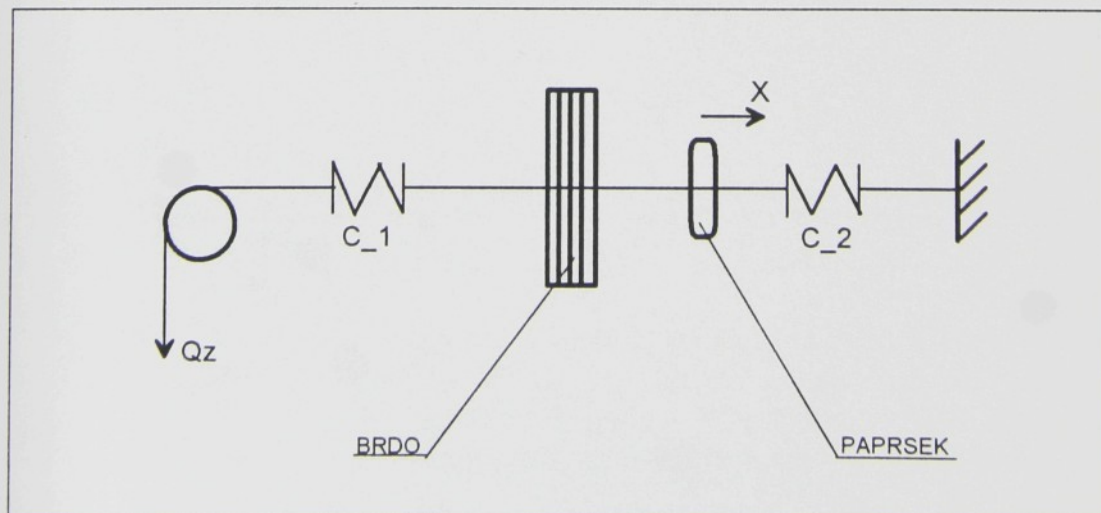


OBR. Č. 27

### 3.3.1. Vyhodnocení naměřených hodnot tahové síly v osnovní niti .

Pomocí grafů zobrazujících závislost tahové síly v osnovní niti na čase popíšeme vzájemné silové působení mezi paprskem a textilním materiálem při přírazu.

Přírazná síla  $F_p$ , která toto vzájemné silové působení charakterizuje, je v kapitole 2.1.2.4 vyjádřena pomocí konstanty tuhosti osnovy  $C_1$ , konstanty tuhosti tkaniny  $C_2$  a protažení osnovy vlivem přírazu  $X$  (viz. rov. [B]). Vyjádření přírazné síly tímto způsobem vyplývá z definice, která tuto sílu vyjadřuje rozdílem působící síly v osnově a ve tkanině během přírazu. Situace při přírazu je symbolicky naznačena na obrázku číslo 28. Symbol  $Q_z$  zde představuje napětí v osnovní niti v okamžiku, ve kterém se paprsek setká s čelem tkaniny (počátek přírazu).



OBR. Č. 28



Z obrázku je zřejmé, že sílu v osnově  $Q_1$  můžeme vyjádřit vztahem:  $Q_1 = Q_z + C_{-1} \cdot X$  a sílu ve tkanině  $Q_2$  vztahem:  $Q_2 = Q_z - C_{-2} \cdot X$ . Příraznou sílu potom vypočteme jako rozdíl těchto sil:  $F_p = Q_1 - Q_2 = (C_{-1} + C_{-2}) \cdot X$ . Z rovnosti  $Q_1 = Q_z + C_{-1} \cdot X$  vyjádříme protažení  $X$ :  $X = \frac{Q_1 - Q_z}{C_{-1}}$ . Rozdíl sil  $Q_1$  a  $Q_z$ , který představuje změnu napětí v osnovní niti vlivem přírazu, označíme symbolem  $\Delta Q$ .

Příraznou sílu potom můžeme vyjádřit vztahem:  $F_p = \left(1 + \frac{C_{-2}}{C_{-1}}\right) \cdot \Delta Q = k \cdot \Delta Q$ . Konstanta  $k$  je zde určena rovností:  $k = 1 + \frac{C_{-2}}{C_{-1}}$ . Přírazná síla je tedy v tomto případě vyjádřena jako  $k$ -násobek síly  $\Delta Q$ , která vyjadřuje změnu tahové síly v osnovní niti vlivem přírazu.

Hodnoty síly  $\Delta Q$  určíme pomocí grafů představujících závislost tahové síly v osnovní niti na čase. Tyto grafy jsou pro jednotlivé útkové dostavy uspořádány v příloze číslo 3. Jejich svislá osa je zobrazena v intervalu od 0N do 0,6N a časová osa je zobrazována postupně v intervalech od -50ms do 150ms; od 150ms do 350ms; od 350ms do 550ms; od 550ms do 750ms; od 750ms do 950ms a od 950ms do 1150ms. V příloze číslo 3 je tedy pro každou útkovou dostavu šestice grafů představujících závislost tahové síly v prvních šesti tkacích cyklech, jež proběhnou po spuštění stroje. Z jednotlivých grafů potom odečteme hodnoty tahové síly v osnovní niti při přírazu  $Q_1$ , hodnoty tahové síly v osnovní niti na počátku přírazu  $Q_z$  a určíme změnu tahové síly v osnovní niti vlivem přírazu pomocí vzorce:  $\Delta Q = Q_1 - Q_z$  a to pro prvních šest přírazů realizovaných po spuštění stroje. V grafech tahové síly jsou pro jednotlivé přírazy vyneseny pomocné souřadné systémy určené svislými osami  $\Delta Q$  a vodorovnými časovými osami  $t_p$ , na kterých je odečteno trvání jednotlivých přírazů  $T_p$ . Všechny výše uvedené hodnoty jsou uspořádány v tabulkách v příloze číslo 3.

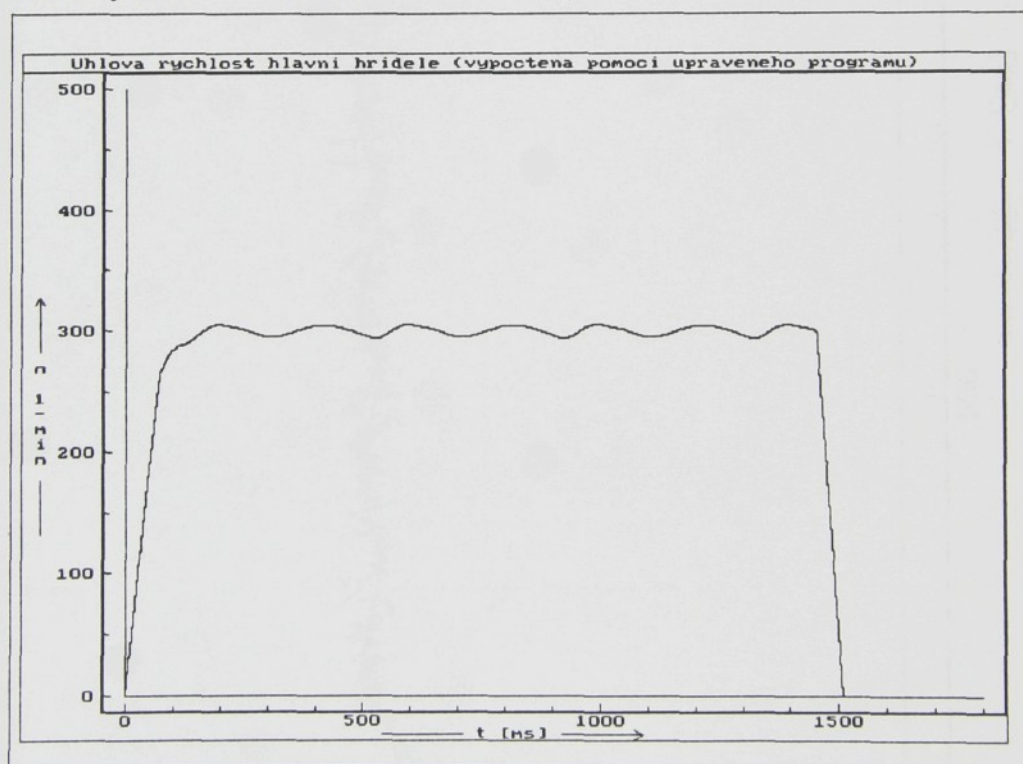
Takto získaná data využijeme v závěrečné části této práce při posouzení vlivu rozběhu tkacího stroje na vznik útkové pruhovitosti.



## 4. Závěr.

### 4.1 . Porovnání naměřených a vypočtených hodnot.

V této části provedeme porovnání vypočtených hodnot určujících časovou závislost úhlové rychlosti hlavní hřídele s hodnotami, které byly získány měřením úhlové rychlosti hlavní hřídele na tkacím stroji. Při výpočtu úhlové rychlosti hlavní hřídele využijeme program pro numerickou simulaci chování tkacího stroje, který je popsán v teoretické části a jeho výpis je v příloze číslo 1. Jak již bylo uvedeno v kapitole 3.1.2.1, neodpovídá skupina konstant určujících moment  $M_r$  v tomto programu konkrétnímu obložení, které bylo na tkacím stroji v době měření. Program proto upravíme tak, že moment  $M_r$  deklarujeme jako globální konstantu rovnou nule. Hodnoty úhlové rychlosti hlavní hřídele vypočtené pomocí takto upraveného programu jsou znázorněny formou grafu časové závislosti úhlové rychlosti na orázku číslo 29. Svislá osa tohoto grafu je ocejchována v ot/min a zobrazena v intervalu od 0 ot/min do 500 ot/min. Časová osa je ocejchována v ms a zobrazena v intervalu od 0 ms do 1800 ms. Graf zaznamenává závislost úhlové rychlosti na čase při rozběhu, ustáleném chodu a zastavení tkacího stroje. Čas, ve kterém je dán impuls k zastavení stroje  $t_z = 1,455$  s, je stanoven pomocí grafu, který znázorňuje časovou závislost úhlové rychlosti hlavní hřídele zjištěnou měřením při takovém chodu tkacího stroje, ve kterém nedochází k vzájemnému kontaktu paprsku s čelem tkaniny (viz. obr. č. 27). Hodnoty, které jsou graficky znázorněny na obrázku číslo 27 a 29, využijeme při vzájemném porovnání naměřených a vypočtených hodnot úhlové rychlosti hlavní hřídele tkacího stroje.

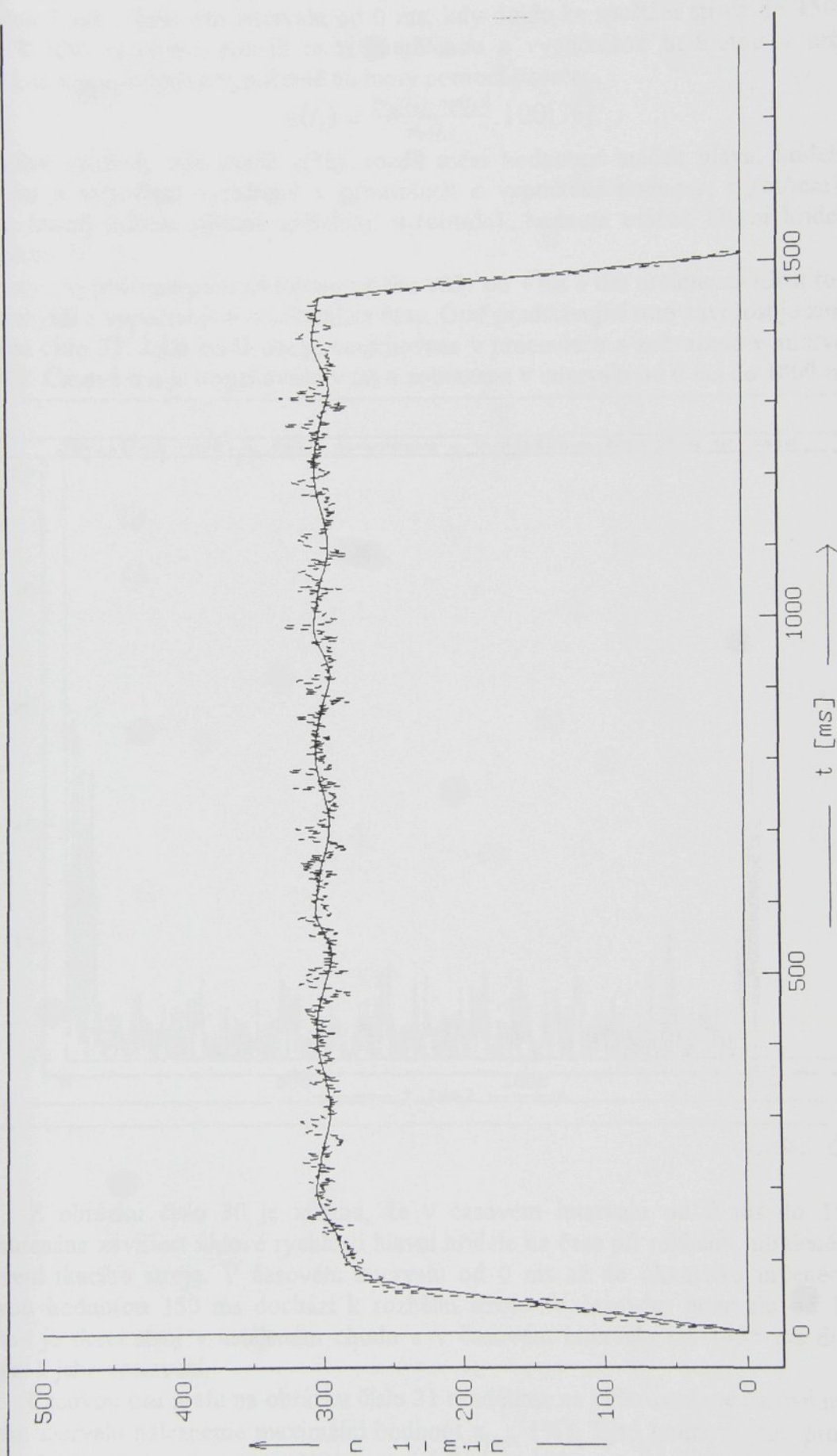


OBR. Č. 29

Naměřené a vypočtené hodnoty úhlové rychlosti hlavní hřídele vyneseme do společného souřadného systému (viz. obr. č. 30). Křivka určující časovou závislost úhlové rychlosti hlavní hřídele pomocí vypočtených hodnot je v tomto obrázku vyznačena plnou čarou a křivka určující tuto závislost pomocí naměřených hodnot je vyznačena přerušovanou čarou.



Uhlova rychlost hlavní hřídele naměřena a vypočtena



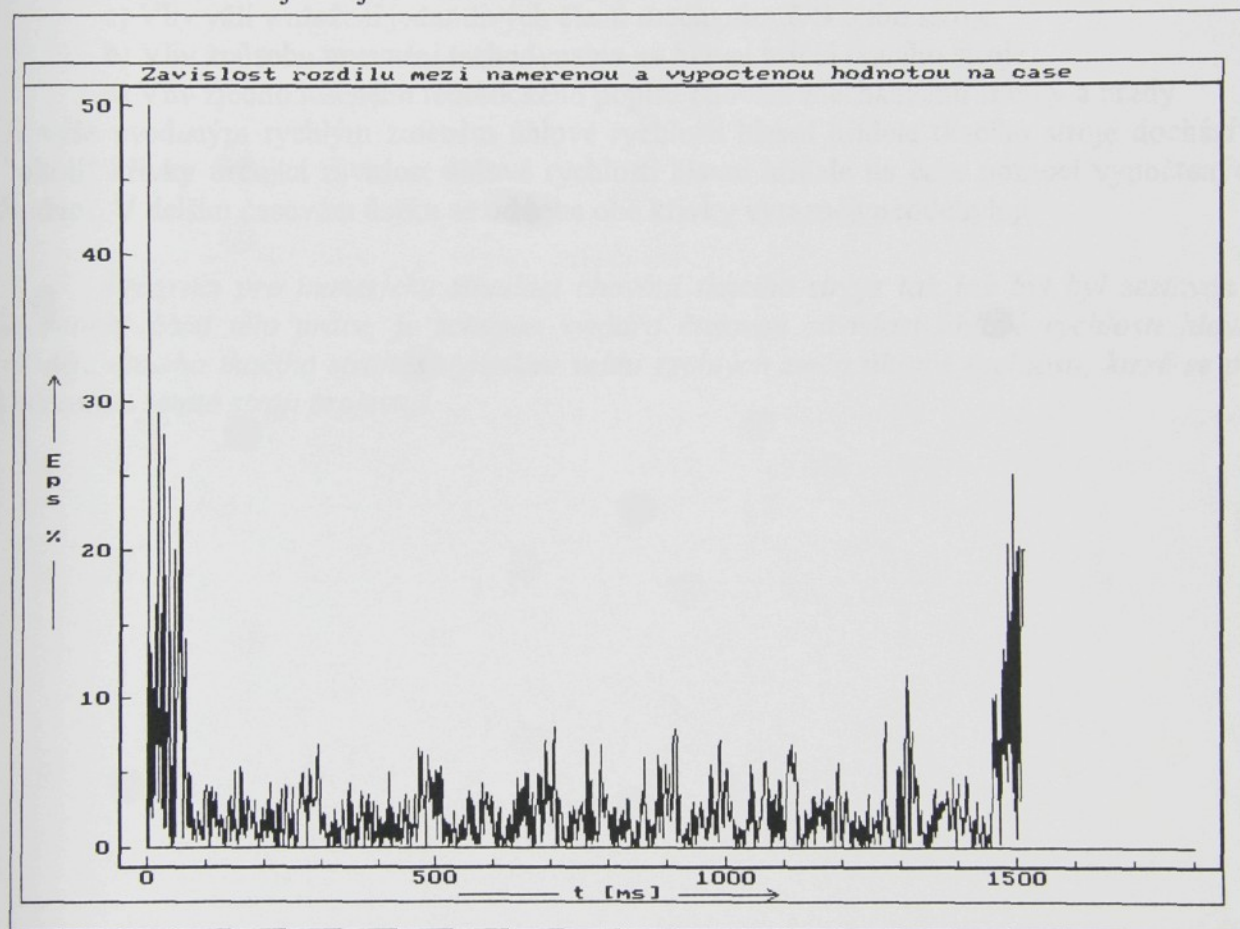


Naměřené a vypočtené hodnoty úhlové rychlosti hlavní hřídele byly zaznamenány s periodou 1 ms v časovém intervalu od 0 ms, kdy dojde ke spuštění stroje do 1509 ms, kdy dojde k jeho zastavení. Rozdíl mezi naměřenou a vypočtenou hodnotou v určitém čase vyjádříme v procentech z vypočtené hodnoty pomocí vzorce:

$$\varepsilon(t_i) = \frac{|n_N(t_i) - n_V(t_i)|}{n_V(t_i)} \cdot 100[\%].$$

Jednotlivé symboly zde značí:  $\varepsilon(\%)$ ...rozdíl mezi hodnotou otáček hlavní hřídele určenou měřením a výpočtem vyjádřený v procentech z vypočtené hodnoty;  $n_N(\text{ot/min})$ ...hodnota otáček hlavní hřídele zjištěná měřením;  $n_V(\text{ot/min})$ ...hodnota otáček hlavní hřídele zjištěná výpočtem.

Hodnoty  $\varepsilon$  vypočteme pomocí tohoto vztahu vždy po 1 ms a tím určíme závislost rozdílu mezi naměřenými a vypočtenými otáčkami na čase. Graf představující tuto závislost je znázorněn na obrázku číslo 31. Jeho svislá osa je ocejchována v procentech a zobrazena v intervalu od 0% do 50%. Časová osa je ocejchována v ms a zobrazena v intervalu od 0 ms do 1800 ms.



OBR. Č. 31

Z obrázku číslo 30 je zřejmé, že v časovém intervalu od 0 ms do 1509 ms je zaznamenána závislost úhlové rychlosti hlavní hřídele na čase při rozběhu, ustáleném chodu a zastavení tkacího stroje. V časovém intervalu od 0 ms až do okamžiku určeném přibližně časovou hodnotou 150 ms dochází k rozběhu stroje. V časovém intervalu od 150 ms do 1455 ms je tkací stroj v ustáleném chodu a v časovém intervalu od 1455 ms do 1509 ms dochází k jeho zastavení.

Časovou osu grafu na obrázku číslo 31 rozdělíme na výše uvedené časové intervaly a v každém intervalu nalezneme maximální hodnotu  $\varepsilon_{\text{MAX}}(\%)$ . Tyto hodnoty jsou pro jednotlivé režimy chodu tkacího stroje uspořádány v následující tabulce.



| režim chodu tkacího stroje | časový interval uvedeného režimu | $\epsilon_{MAX}$ | čas odpovídající uvedené hodnotě $\epsilon_{MAX}$ |
|----------------------------|----------------------------------|------------------|---------------------------------------------------|
| rozběh                     | 0 ms - 150 ms                    | 29,27 %          | 16 ms                                             |
| ustálený chod              | 150 ms - 1455 ms                 | 11,59 %          | 1311 ms                                           |
| zastavení                  | 1455 ms - 1509 ms                | 25,00 %          | 1492 ms                                           |

Hodnoty  $\epsilon_{MAX}$  uvedené v tabulce tedy vyjadřují maximální rozdíly mezi naměřenou a vypočtenou hodnotou úhlové rychlosti hlavní hřídele vyjádřené v procentech z vypočtené hodnoty a to pro jednotlivé režimy chodu tkacího stroje.

Z obrázku číslo 30 je zřejmé, že na křivce určující časovou závislost úhlové rychlosti hlavní hřídele pomocí naměřených hodnot se projevují velmi rychlé změny, které nejsou patrné na křivce určující tuto závislost pomocí vypočtených hodnot. Tento rozdíl v průběhu obou časových závislostí je pravděpodobně způsoben některým z těchto vlivů:

- Vliv vůlí v uložení jednotlivých členů mechanismů tkacího stroje.
- Vliv způsobu upevnění tachodynamu na hlavní hřídel tkacího stroje.
- Vliv zjednodušeného teoretického popisu chování mechanismů spojky a brzdy.

K výše uvedeným rychlým změnám úhlové rychlosti hlavní hřídele tkacího stroje dochází v "okolí" křivky určující závislost úhlové rychlosti hlavní hřídele na čase pomocí vypočtených hodnot. V delším časovém úseku se od sebe obě křivky výrazněji neodchylují.

*Program pro numerickou simulaci chování tkacího stroje tak jak byl byl sestaven v teoretické části této práce, je schopen vyjádřit časovou závislost úhlové rychlosti hlavní hřídele daného tkacího stroje s výjimkou velmi rychlých změn úhlové rychlosti, které se při měření na tomto stroji projevují.*



## 4.2 . Závěr k praktické části.

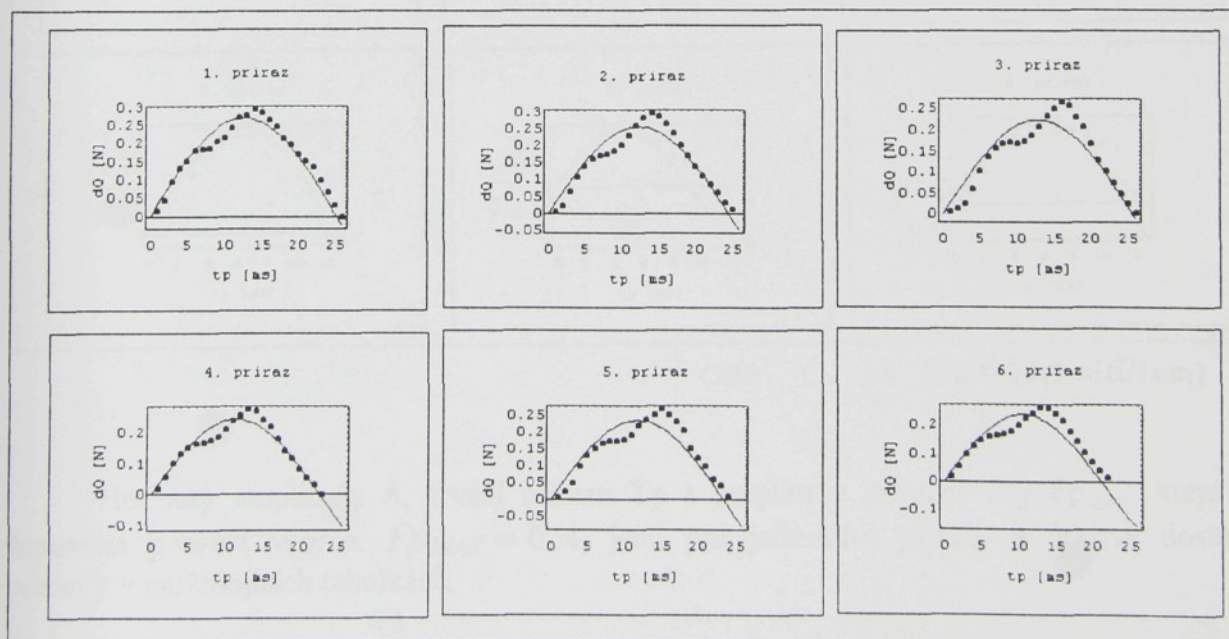
### 4.2.1. Vliv rozběhu tkacího stroje PN-170 FB M2 na vznik útkové pruhovitosti .

Pomocí naměřených hodnot provedeme analýzu vlivu rozběhu tkacího stroje na proces přírazu při různých útkových dostavách. Při tkaní na tkacích strojích s vyššími otáčkami než 500 ot/min je určující veličinou pro dosažení dané dostavy impuls přírazné síly a při nižších otáčkách to je amplituda přírazné síly (viz. literatura [3]). Střední hodnota otáček tkacího stroje v ustáleném chodu byla při měření dána hodnotou 299,03 ot/min. Proto předpokládáme, že určující veličinou pro dosažení dané dostavy při rozběhu i ustáleném chodu tkacího stroje je v našem případě amplituda přírazné síly a touto veličinou budeme přírazný proces dále charakterizovat. Jak již bylo uvedeno v kapitole 3.3.1, lze příraznou sílu vyjádřit pomocí vzorce:  $F_p(t) = k \cdot \Delta Q(t)$  . Pokud funkci  $\Delta Q(t)$  vyjádříme harmonickou funkcí charakterizovanou určitou amplitudou  $A$  a frekvencí  $\omega = \pi/T_p$ , t.j. vztahem:  $\Delta Q(t) = A \cdot \sin \omega \cdot t = A \cdot \sin \frac{\pi}{T_p} \cdot t$  , můžeme amplitudu přírazné síly  $F_{p_{MAX}}$  určit pomocí tohoto vzorce:

$$F_{p_{MAX}} = k \cdot A.$$

Konstanta  $k$  v tomto vzorci je určena výrazem:  $k = 1 + \frac{C_2}{C_1}$  (viz. kapitola 3.3.1). Hodnota konstanty tuhosti osnovy  $C_1 = 50$  N/m a hodnota konstanty tuhosti tkaniny  $C_2 = 250$  N/m je převzata z literatury [3]. Dosazením těchto hodnot do výše uvedeného výrazu určíme konstantu  $k$ :  $k = 6$ .

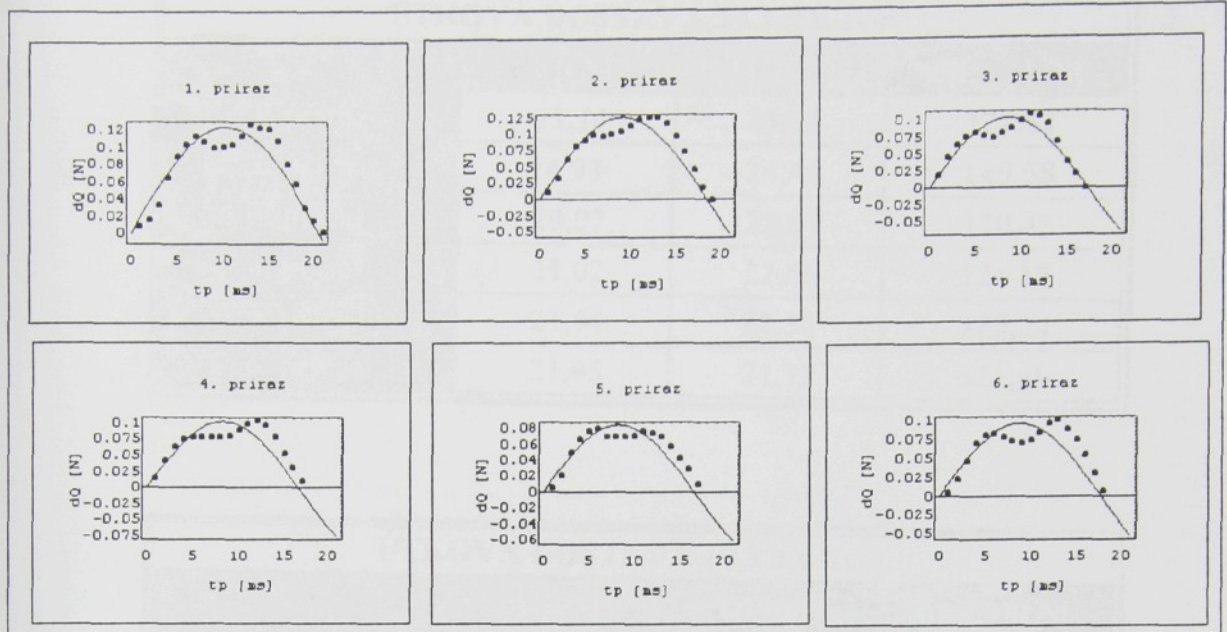
Veličina  $A$  je do výpočtu amplitudy přírazné síly zavedena předpokladem harmonického průběhu síly  $\Delta Q(t)$ . Určíme ji proto odhadem parametru  $A$  regresní funkce  $f(t) = A \cdot \sin \frac{\pi}{T_p} \cdot t$  metodou nejmenších čtvců pomocí hodnot  $\Delta Q$  a  $T_p$  uvedených v příloze číslo 3. Na obrázku číslo 32, 33 a 34 je pro jednotlivé útkové dostavy zobrazena vždy šestice grafů, které odpovídají prvním šesti přírazům realizovaným po spuštění stroje a ve kterých jsou graficky znázorněny hodnoty  $\Delta Q$  spolu s příslušnou regresní funkcí.



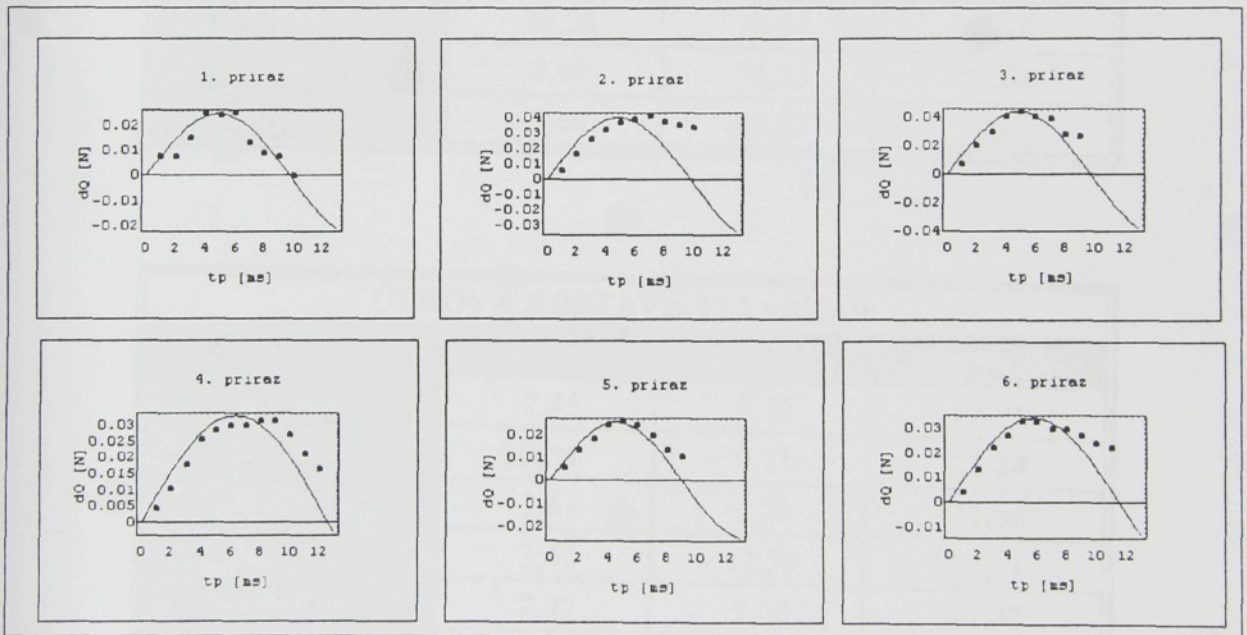
OBR. Č. 32 (  $du = 24,3$  nití/1cm)



## ZÁVĚR



OBR. Č. 33 ( $du = 19,3$  nití/1cm)



OBR. Č. 34 ( $du = 13,1$  nití/1cm)

Hodnoty amplitudy  $A$ , trvání přírazu  $T_p$  a amplitudy přírazné síly  $F_{p_{MAX}}$ , která je stanovena pomocí vzorce:  $F_{p_{MAX}} = 6.A$ , jsou pro jednotlivé přířazy a útkové dostavy uvedeny v následujících tabulkách.



| ÚTKOVÁ DOSTAVA 24,3 nití/1cm |        |         |                        |
|------------------------------|--------|---------|------------------------|
|                              | A [cN] | Tp [ms] | Fp <sub>MAX</sub> [cN] |
| 1. příraz                    | 29,14  | 25,18   | 174,84                 |
| 2. příraz                    | 24,93  | 24,46   | 149,58                 |
| 3. příraz                    | 20,07  | 25,54   | 120,42                 |
| 4. příraz                    | 21,02  | 22,66   | 126,12                 |
| 5. příraz                    | 21,54  | 23,38   | 129,24                 |
| 6. příraz                    | 21,95  | 21,12   | 131,69                 |

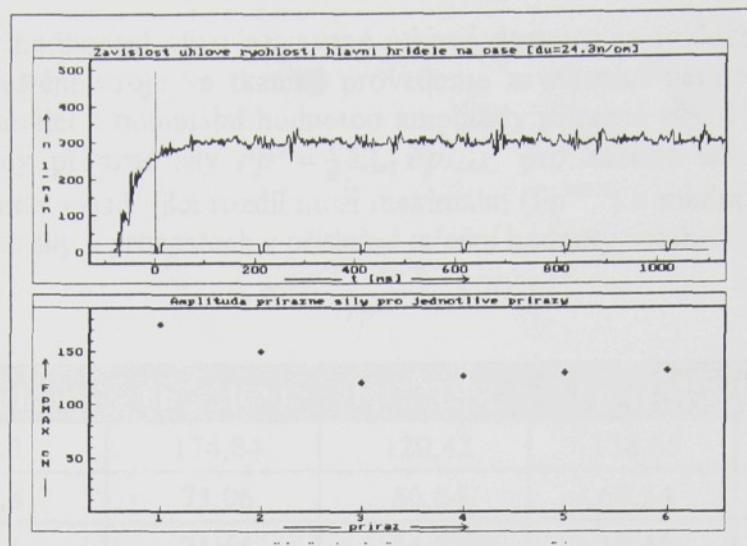
| ÚTKOVÁ DOSTAVA 19,3 nití/1cm |        |         |                        |
|------------------------------|--------|---------|------------------------|
|                              | A [cN] | Tp [ms] | Fp <sub>MAX</sub> [cN] |
| 1. příraz                    | 12,34  | 20,50   | 74,04                  |
| 2. příraz                    | 12,51  | 18,34   | 75,06                  |
| 3. příraz                    | 10,24  | 17,22   | 61,44                  |
| 4. příraz                    | 10,21  | 16,54   | 61,26                  |
| 5. příraz                    | 8,44   | 16,55   | 50,64                  |
| 6. příraz                    | 9,60   | 17,63   | 57,60                  |

| ÚTKOVÁ DOSTAVA 13,1 nití/1cm |        |         |                        |
|------------------------------|--------|---------|------------------------|
|                              | A [cN] | Tp [ms] | Fp <sub>MAX</sub> [cN] |
| 1. příraz                    | 2,45   | 9,72    | 14,71                  |
| 2. příraz                    | 3,54   | 9,71    | 21,24                  |
| 3. příraz                    | 3,61   | 9,70    | 21,66                  |
| 4. příraz                    | 3,45   | 12,59   | 20,71                  |
| 5. příraz                    | 2,97   | 9,00    | 17,82                  |
| 6. příraz                    | 3,43   | 11,51   | 20,58                  |

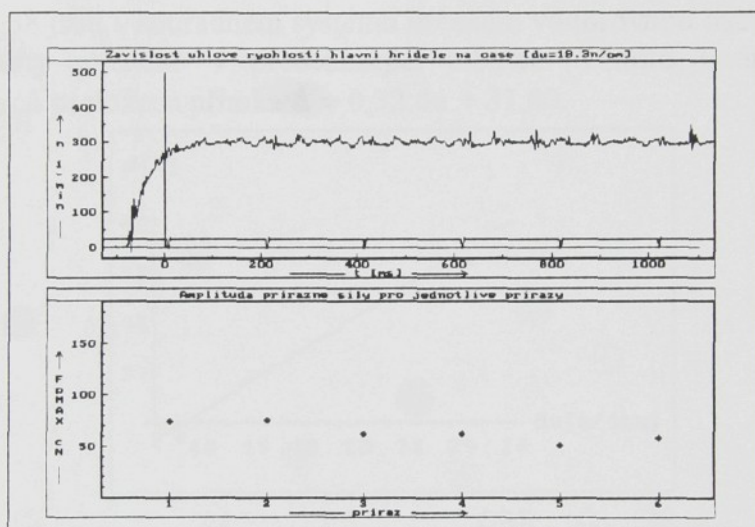
Hodnoty  $F_{p_{MAX}}$  pro jednotlivé útkové dostavy jsou graficky znázorněny na obrázcích číslo 35, 36 a 37. Na každém z těchto obrázků jsou dva grafy. Horní graf zobrazuje v intervalu od -100 ms do 1100 ms časovou závislost úhlové rychlosti hlavní hřídele zjištěnou měřením při dané útkové dostavě a logický signál určující polohu paprsku v přední úvrati. Ve spodním grafu jsou vyneseny hodnoty  $F_{p_{MAX}}$  odpovídající jednotlivým přírazům realizovaným po spuštění tkacího stroje.



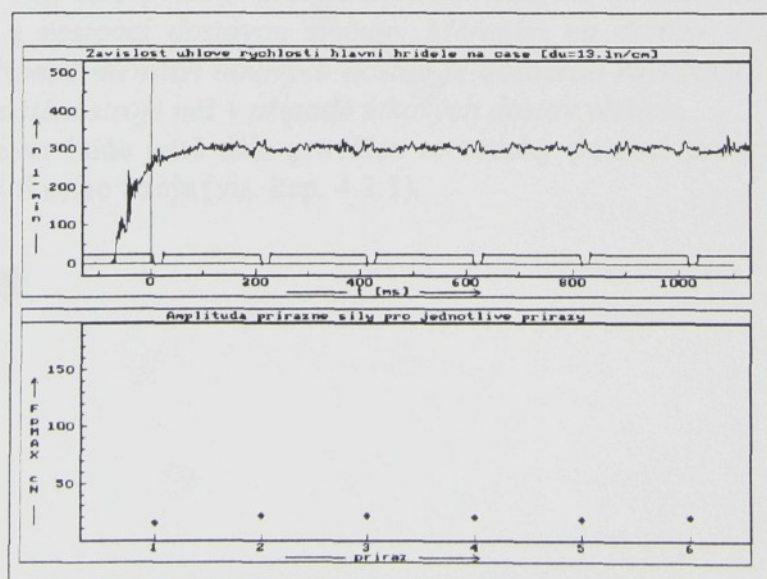
## ZÁVĚR



OBR. Č. 35 ( $du=24,3$  nití/1cm)



OBR. Č. 36 ( $du=19,3$  nití/1cm)



OBR. Č. 37 ( $du=13,1$  nití/1cm)



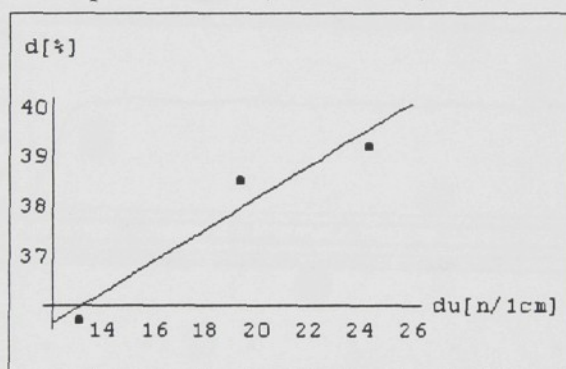
## ZÁVĚR

Vlastní vyhodnocení vlivu nastavené útkové dostavy na rozložení prvních šesti útků zatkaných po spuštění stroje ve tkanině provedeme zavedením parametru, který vyjadřuje rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou amplitudy přírazné síly. Nejprve určíme střední hodnotu amplitudy přírazné síly  $Fp^S = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 Fp_{MAX,i}$  pro každou útkovou dostavu a dále definujeme parametr vyjadřující rozdíl mezi maximální ( $Fp^{MAX}$ ) a minimální ( $Fp^{MIN}$ ) hodnotou amplitudy přírazné síly v procentech z příslušné střední hodnoty vztahem:

$$\Delta = \frac{Fp^{MAX} - Fp^{MIN}}{Fp^S} \cdot 100[\%].$$

| du [nití/1cm] | $Fp^{MAX}$ [cN] | $Fp^{MIN}$ [cN] | $Fp^S$ [cN] | $\Delta$ [%] |
|---------------|-----------------|-----------------|-------------|--------------|
| 24,3          | 174,84          | 120,42          | 138,65      | 39,25        |
| 19,3          | 75,06           | 50,64           | 63,34       | 38,55        |
| 13,1          | 21,66           | 14,71           | 19,45       | 35,73        |

Na obrázku číslo 38 jsou v souřadném systému určeném vodorovnou osou du a svislou osou  $\Delta$  vyznačeny hodnoty uvedené v předcházející tabulce. Těmito hodnotami je metodou nejmenších čtverců proložena přímka  $\Delta = 0,32 \cdot du + 31,80$ .



OBR. Č. 38

Rovnice regresní přímky má kladnou směrnici a proto můžeme konstatovat, že parametr  $\Delta$  se s rostoucí dostavou zvyšuje. Měřením na daném tkacím stroji bylo tedy zjištěno, že v případě menších útkových dostav je dosaženo rovnoměrnějšího rozložení útků zatkaných po spuštění stroje než v případě útkových dostav větších.

Tento závěr bude ještě dále prověřen teoreticky pomocí programu pro numerickou simulaci chování tkacího stroje (viz. kap. 4.3.1).



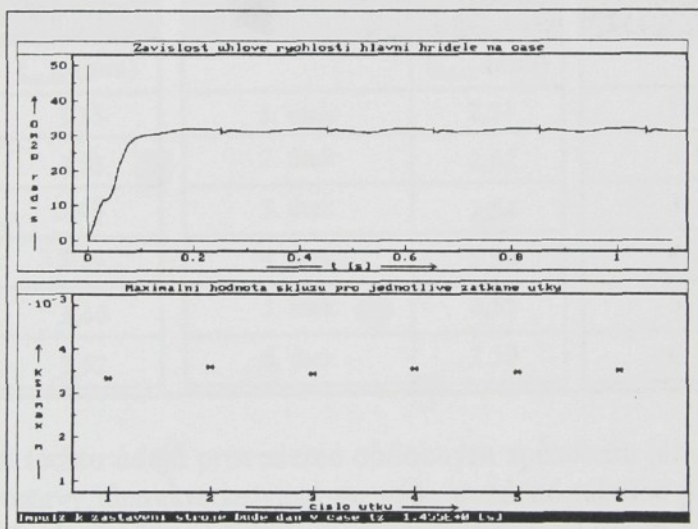
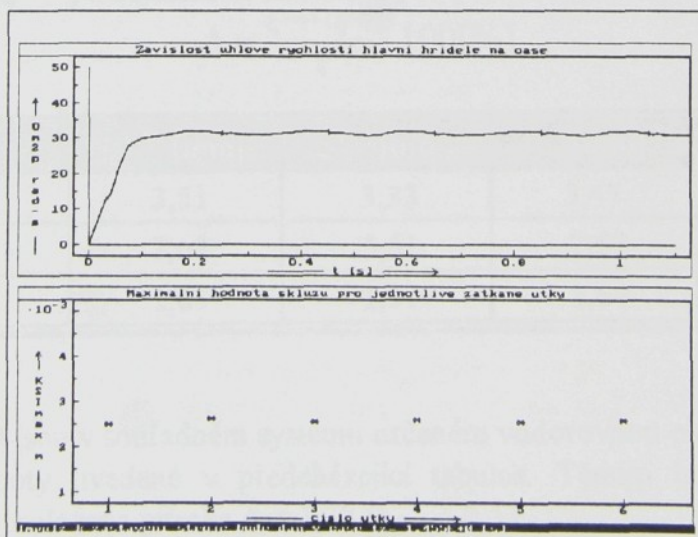
### 4.3 . Závěr k teoretické části.

V této části bude provedena numerická simulace chování tkacího stroje pomocí programu, který byl sestaven v teoretické části této práce pro různé vstupní konstanty. Při výpočtech se zaměříme nejprve na vliv požadované útkové dostavy na rozložení útků zatkaných po spuštění stroje a výsledky budou porovnány se závěry v praktické části. Program využijeme dále pro simulaci rozběhu stroje při různých otáčkách a při různém "startovním" úhlu a vlivu tohoto procesu na rozložení útků ve tkanině.

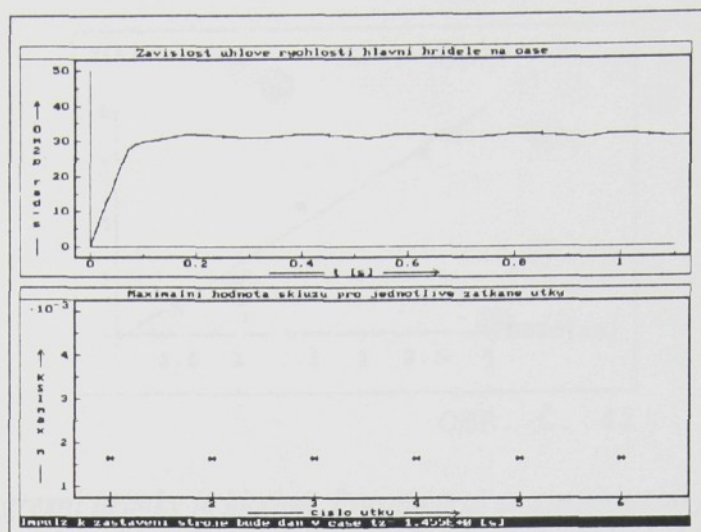
#### 4.3.1 . Vliv požadované útkové dostavy na příraz útků při rozběhu stroje.

V programu pro numerickou simulaci chování tkacího stroje je požadovaná útková dostava charakterizována požadovanou hodnotou skluzu útku  $|\xi_D|$ , kterou je možné zadat po spuštění programu pomocí klávesnice. Výpočet provedeme postupně pro tři různé hodnoty určující požadovaný skluz útku:  $|\xi_D|=3,5\text{mm}$ ;  $2,5\text{mm}$ ;  $1,5\text{mm}$ . Hodnoty ostatních konstant uvedených v příloze číslo 1 (výpis programu) zůstanou nezměněny.

Na obrázcích číslo 39, 40 a 41 jsou dva grafy, které znázorňují vypočtené hodnoty. Horní graf představuje závislost úhlové rychlosti hlavní hřídele (člen 2p) na čase v intervalu od 0s do 1,1s a ve spodním grafu jsou vyneseny maximální hodnoty skluzu pro prvních šest útků zatkaných po spuštění stroje.

OBR. Č. 39 ( $|\xi_D|=3,5\text{mm}$ )OBR. Č. 40 ( $|\xi_D|=2,5\text{mm}$ )



OBR. Č. 41 ( $|\xi_D| = 1,5\text{mm}$ )

Z grafů byly odečteny hodnoty představující maximální skluz pro jednotlivé zatkané útky. Tyto hodnoty jsou uvedeny v následujících tabulce.

| Požadovaný skluz 3,5mm |                         | Požadovaný skluz 2,5mm |                         | Požadovaný skluz 1,5mm |                         |
|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
|                        | $\xi_{\text{MAX}}$ (mm) |                        | $\xi_{\text{MAX}}$ (mm) |                        | $\xi_{\text{MAX}}$ (mm) |
| 1. útek                | 3,33                    | 1. útek                | 2,51                    | 1. útek                | 1,61                    |
| 2. útek                | 3,51                    | 2. útek                | 2,62                    | 2. útek                | 1,65                    |
| 3. útek                | 3,43                    | 3. útek                | 2,54                    | 3. útek                | 1,64                    |
| 4. útek                | 3,54                    | 4. útek                | 2,59                    | 4. útek                | 1,64                    |
| 5. útek                | 3,46                    | 5. útek                | 2,55                    | 5. útek                | 1,64                    |
| 6. útek                | 3,52                    | 6. útek                | 2,59                    | 6. útek                | 1,64                    |

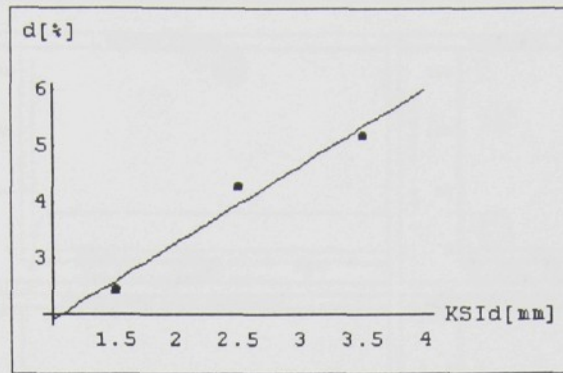
Vyhodnocení těchto údajů provedeme obdobným způsobem jako v kapitole 4.2.1. Pro jednotlivé útkové dostavy charakterizované ve výše uvedené tabulce požadovaným skluzem útku určíme střední hodnotu  $\xi^S = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \xi_{\text{MAX},i}$  a definujeme parametr vyjadřující rozdíl mezi největším skluzem ( $\xi^{\text{MAX}}$ ) a nejmenším skluzem ( $\xi^{\text{MIN}}$ ) vztahem:

$$\Delta = \frac{\xi^{\text{MAX}} - \xi^{\text{MIN}}}{\xi^S} \cdot 100[\%].$$

| $\xi_D$ [mm] | $\xi^{\text{MAX}}$ [mm] | $\xi^{\text{MIN}}$ [mm] | $\xi^S$ [mm] | $\Delta$ [%] |
|--------------|-------------------------|-------------------------|--------------|--------------|
| 3,5          | 3,51                    | 3,33                    | 3,47         | 5,19         |
| 2,5          | 2,62                    | 2,51                    | 2,57         | 4,28         |
| 1,5          | 1,65                    | 1,61                    | 1,64         | 2,44         |

Na obrázku číslo 42 jsou v souřadném systému určeném vodorovnou osou  $|\xi_D|$  a svislou osou  $\Delta$  vyznačeny hodnoty uvedené v předcházející tabulce. Těmito hodnotami je metodou nejmenších čtverců proložena přímka  $\Delta = 1,38 \cdot |\xi_D| + 0,53$ .





OBR. Č. 42

Směrnice regresní přímky je kladná. Parametr  $\Delta$  se s rostoucím požadovaným skluzem útku (útkovou dostavou) zvyšuje. Pomocí numerické simulace bylo tedy zjištěno, že v případě menších útkových dostav je dosaženo rovnoměrnějšího rozložení útků zatkaných po spuštění stroje než v případě útkových dostav větších.

#### 4.3.2. Vliv tkací frekvence na příraz útků při rozběhu a zastavení stroje.

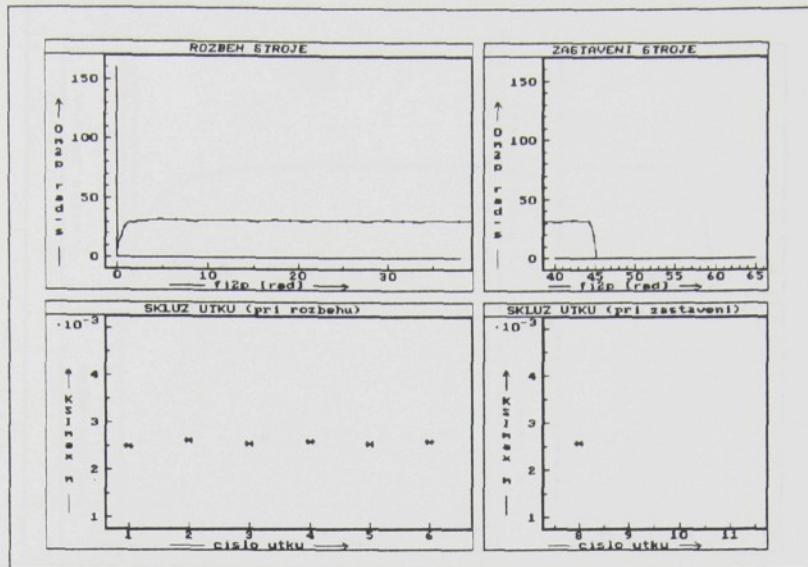
Vyšších výkonů je u jednoproslupných tkacích strojů dosahováno zvyšováním jejich otáček (tkací frekvence). V této části se budeme zabývat numerickou simulací chodu tkacího stroje při různých otáčkách a analýzou rozložení útků zatkaných při rozběhu a zastavení stroje. V praxi se změna otáček tkacích strojů provádí nejčastěji výměnou řemenice na hřídeli elektromotoru, t.j. změnou převodového poměru mezi hřídelí elektromotoru a hlavní hřídelí. Obdobně budeme postupovat i při numerické simulaci a výpočet provedeme postupně pro pět různých hodnot převodu  $P1$ , který v teoretickém modelu tkacího stroje představuje převod mezi hřídelí elektromotoru a hlavní hřídelí. Výpočet je proveden pro tyto hodnoty převodu  $P1$ :  $P1=1/5$ ;  $1/4$ ;  $1/3$ ;  $1/2$ ; a  $1$ . Hodnoty ostatních konstant, které jsou uvedeny v příloze číslo 1 (výpis programu), zůstanou nezměněny.

Na obrázcích číslo 43, 44, 45, 46 a 47, které odpovídají jednotlivým hodnotám převodu  $P1$ , je čtveřice grafů. Levý horní graf znázorňuje závislost rychlosti hlavní hřídele (člen 2p) na úhlu jejího natočení při rozběhu stroje v intervalu, který odpovídá zatčení prvních šesti útků. Pravý horní graf znázorňuje závislost rychlosti hlavní hřídele na úhlu natočení při zastavení stroje, t.j. v intervalu, ve kterém působí na hlavní hřídel brzdý moment  $M_b$ . V levém spodním grafu jsou vyneseny maximální hodnoty skluzu pro prvních šest útků zatkaných po spuštění stroje a v pravém spodním grafu jsou vyneseny hodnoty skluzu pro útky zatkané při zastavení stroje.

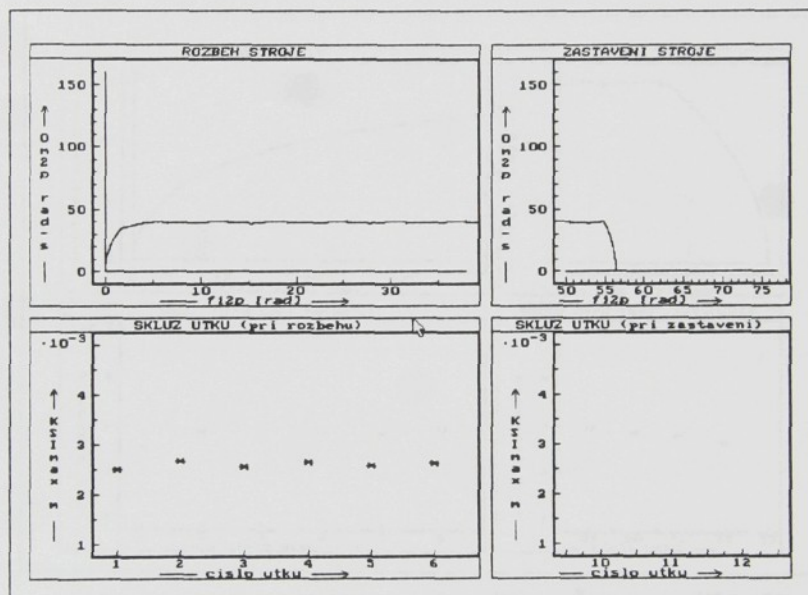
Poznámka: V příloze číslo 4 jsou uspořádány grafy, které zobrazují pro jednotlivé hodnoty převodu  $P1$  závislost úhlové rychlosti hlavní hřídele, zdvihu bidla a tkacího odporu na čase a grafy, ve kterých jsou vyneseny hodnoty skluzu pro jednotlivé zatkané útky.



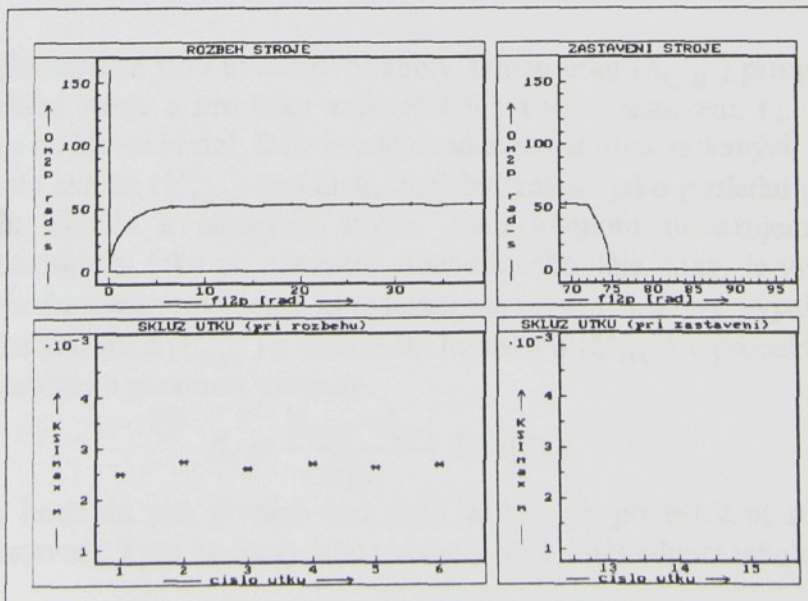
# ZÁVĚR



OBR. Č. 43 ( $P_1=1/5$ )

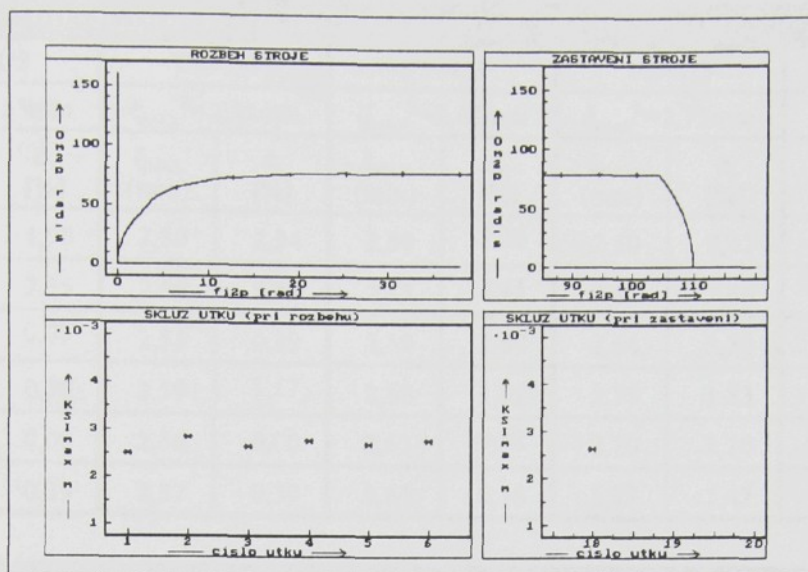
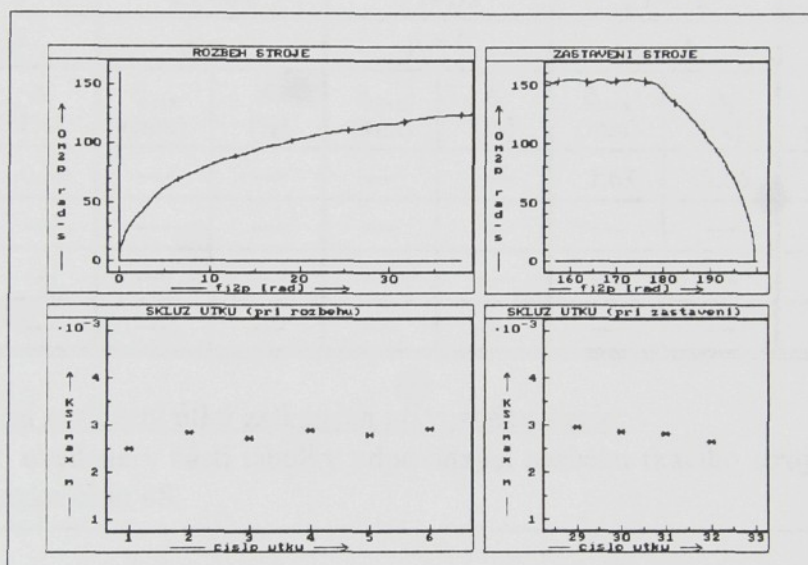


OBR. Č. 44 ( $P_1=1/4$ )



OBR. Č. 45 ( $P_1=1/3$ )



OBR. Č. 46 ( $P_1=1/2$ )OBR. Č. 47 ( $P_1=1$ )

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty skluzu útku ( $\xi_{MAE}$ ) pro prvních šest útků zatkaných po spuštění stroje a pro útky zatkané během jeho zastavení, t.j. během působení brzdného momentu na hlavní hřídel. Dále je zde uveden počet útků zatkaných během zastavení stroje ( $p_U$ ) a hodnota skluzu ( $\xi_{MAX}^R$ ) pro útek, který byl zatkan jako poslední před okamžikem, ve kterém je dán impuls k zastavení stroje. Tuto hodnotu považujeme za ustálenou (referenční) hodnotu skluzu útku po odeznění přechodového děje, který je vyvolán rozběhem tkacího stroje. Vyhodnocení provedeme zavedením parametru  $\Delta_i$ , který vyjadřuje rozdíl mezi hodnotou skluzu daného útku ( $\xi_{MAE}$ ) a referenční hodnotou ( $\xi_{MAX}^R$ ) v procentech z referenční hodnoty. Definujeme tento parametr vztahem:

$$\Delta_i = \frac{|\xi_{MAX_i} - \xi_{MAX}^R|}{\xi_{MAX}^R} \cdot 100[\%]$$

a vypočteme jeho hodnotu pro prvních šest útků zatkaných po spuštění stroje a pro útky zatkané při jeho zastavení. Tyto hodnoty jsou uvedeny také v následující tabulce.



## ÚDAJE ODPOVÍDAJÍCÍ ROZBĚHU TKACÍHO STROJE

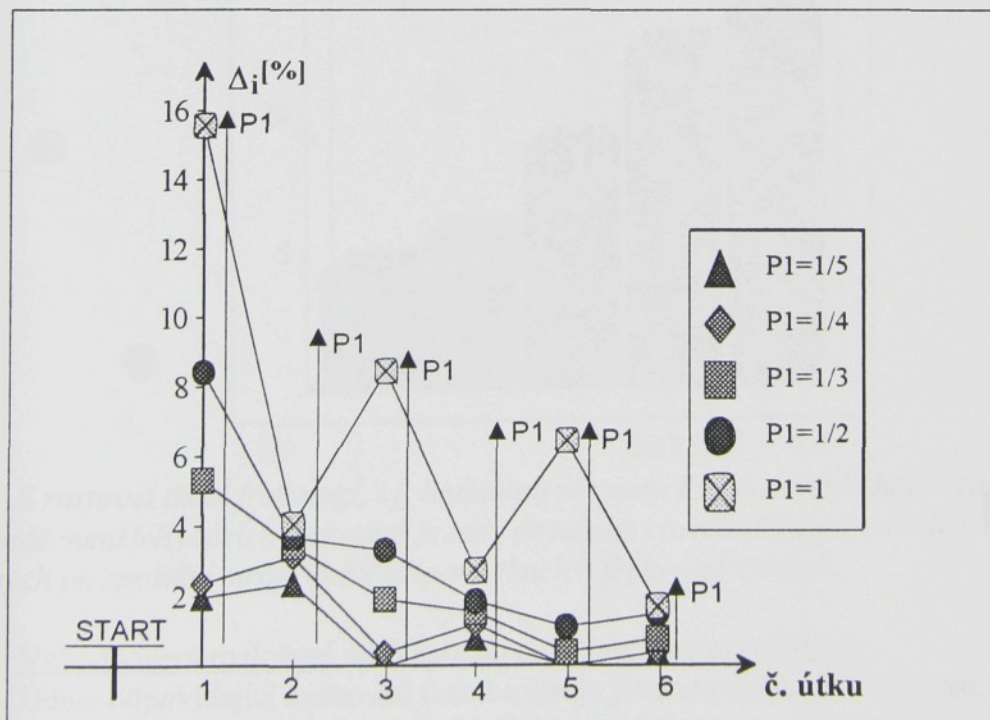
|         | P1=1/5                      |                   | P1=1/4                      |                   | P1=1/3                      |                   | P1=1/2                      |                   | P1=1                |                   |
|---------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
|         | $\xi_{MAX}^R=2,55\text{mm}$ |                   | $\xi_{MAX}^R=2,56\text{mm}$ |                   | $\xi_{MAX}^R=2,64\text{mm}$ |                   | $\xi_{MAX}^R=2,73\text{mm}$ |                   | $\xi_{MAX}^R=2,96$  |                   |
|         | $\xi_{MAX}$<br>(mm)         | $\Delta_i$<br>[%] | $\xi_{MAX}$<br>(mm)         | $\Delta_i$<br>[%] | $\xi_{MAX}$<br>(mm)         | $\Delta_i$<br>[%] | $\xi_{MAX}$<br>(mm)         | $\Delta_i$<br>[%] | $\xi_{MAX}$<br>(mm) | $\Delta_i$<br>[%] |
| 1. útek | 2,50                        | 1,96              | 2,50                        | 2,34              | 2,50                        | 5,30              | 2,50                        | 8,42              | 2,50                | 15,54             |
| 2. útek | 2,61                        | 2,35              | 2,64                        | 3,13              | 2,73                        | 3,41              | 2,83                        | 3,66              | 2,84                | 4,05              |
| 3. útek | 2,55                        | 0,00              | 2,55                        | 0,39              | 2,59                        | 1,89              | 2,64                        | 3,30              | 2,71                | 8,45              |
| 4. útek | 2,57                        | 0,78              | 2,59                        | 1,17              | 2,68                        | 1,52              | 2,78                        | 1,83              | 2,88                | 2,70              |
| 5. útek | 2,55                        | 0,00              | 2,56                        | 0,00              | 2,63                        | 0,38              | 2,70                        | 1,10              | 2,77                | 6,42              |
| 6. útek | 2,56                        | 0,39              | 2,57                        | 0,39              | 2,66                        | 0,76              | 2,77                        | 1,47              | 2,91                | 1,69              |

## ÚDAJE ODPOVÍDAJÍCÍ ZASTAVENÍ TKACÍHO STROJE

|         | P1=1/5              |                   | P1=1/4              |                   | P1=1/3              |                   | P1=1/2              |                   | P1=1                |                   |
|---------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
|         | $p_U = 1$           |                   | $p_U = 0$           |                   | $p_U = 0$           |                   | $p_U = 1$           |                   | $p_U = 4$           |                   |
|         | $\xi_{MAX}$<br>(mm) | $\Delta_i$<br>[%] | $\xi_{MAX}$<br>(mm) | $\Delta_i$<br>[%] | $\xi_{MAX}$<br>(mm) | $\Delta_i$<br>[%] | $\xi_{MAX}$<br>(mm) | $\Delta_i$<br>[%] | $\xi_{MAX}$<br>(mm) | $\Delta_i$<br>[%] |
| 1. útek | 2,54                | 0,39              | ---                 | ---               | ---                 | ---               | 2,63                | 3,66              | 2,97                | 0,34              |
| 2. útek | ---                 | ---               | ---                 | ---               | ---                 | ---               | ---                 | ---               | 2,84                | 4,05              |
| 3. útek | ---                 | ---               | ---                 | ---               | ---                 | ---               | ---                 | ---               | 2,80                | 5,41              |
| 4. útek | ---                 | ---               | ---                 | ---               | ---                 | ---               | ---                 | ---               | 2,64                | 10,81             |

Vyhodnocení rozložení útků zatkaných při rozběhu stroje:

Hodnoty  $\Delta_i$  uvedené v části tabulky odpovídající rozběhu tkacího stroje jsou graficky znázorněny na obrázku číslo 48.



OBR. Č. 48



Z obrázku 48 a hodnot uvedených v tabulce je zřejmé, že parametr  $\Delta_i$  je stejný v případě převodů  $P1=1/5$  a  $P1=1/4$  pro pátý a šestý útek a ve všech ostatních případech se tento parametr zvyšuje společně s hodnotou převodu  $P1$ .

V případě vyšších tkacích frekvencí, t.j. vyšších hodnot převodu  $P1$ , jsou po spuštění stroje jednotlivé útky zatkávány s větší odchylkou skluzu od ustálené hodnoty než v případě tkacích frekvencí nižších.

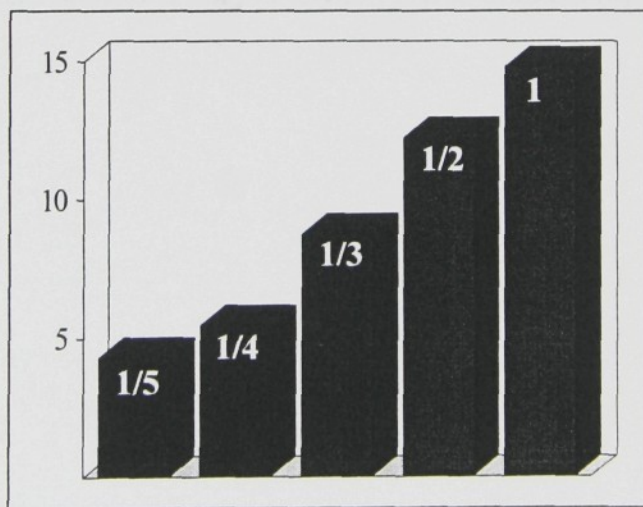
Dále provedeme vyhodnocení "rovnoměrnosti" rozložení prvních šesti útků zatkaných po spuštění stroje způsobem, který byl použit v kapitole 4.3.1. Vypočteme tedy střední hodnotu skluzu prvních šesti útků pro každý převod  $P1$  ( $\xi^S = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \xi_{MAX_i}$ ) a určíme parametr  $\Delta$  vyjadřující rozdíl mezi maximální ( $\xi^{MAX}$ ) a minimální hodnotou ( $\xi^{MIN}$ ) skluzu těchto útků vztahem:

$$\Delta = \frac{\xi^{MAX} - \xi^{MIN}}{\xi^S} \cdot 100[\%].$$

Hodnoty  $\xi^{MAX}$ ,  $\xi^{MIN}$ ,  $\xi^S$  a  $\Delta$  jsou pro jednotlivé převody  $P1$  uvedeny v následující tabulce.

| <b>P1</b>  | <b><math>\xi^{MAX}</math> (mm)</b> | <b><math>\xi^{MIN}</math> (mm)</b> | <b><math>\xi^S</math> (mm)</b> | <b><math>\Delta</math> [%]</b> |
|------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>1/5</b> | 2,61                               | 2,50                               | 2,56                           | <b>4,30</b>                    |
| <b>1/4</b> | 2,64                               | 2,50                               | 2,57                           | <b>5,45</b>                    |
| <b>1/3</b> | 2,73                               | 2,50                               | 2,63                           | <b>8,75</b>                    |
| <b>1/2</b> | 2,83                               | 2,50                               | 2,70                           | <b>12,22</b>                   |
| <b>1</b>   | 2,91                               | 2,50                               | 2,77                           | <b>14,80</b>                   |

Hodnoty  $\Delta$  uvedené v tabulce jsou znázorněny formou sloupcových grafů na obrázku č. 49.



OBR. Č. 49

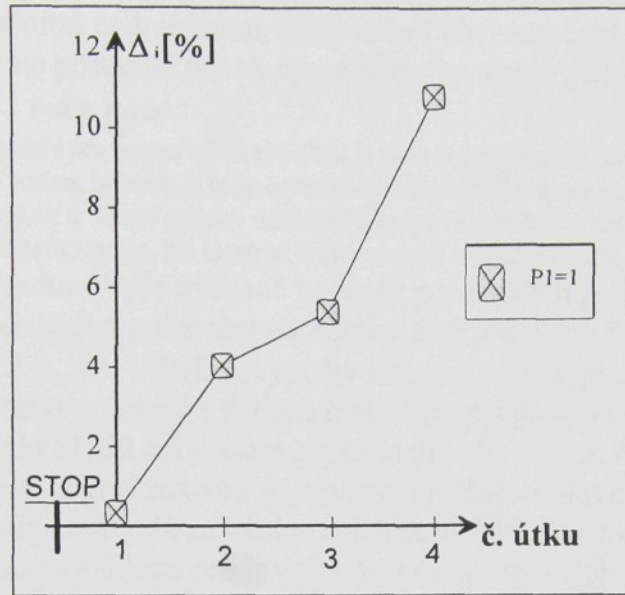
S rostoucí tkací frekvencí, t.j. hodnotou převodu  $P1$ , se zvyšuje hodnota parametru  $\Delta$ . V případě menších tkacích frekvencí je tedy dosaženo rovnoměrnějšího rozložení útků zatkaných po spuštění stroje než v případě tkacích frekvencí vyšších.

#### Vyhodnocení rozložení útků zatkaných během zastavení stroje:

Údaje odpovídající zastavení tkacího stroje jsou uvedeny ve druhé části tabulky na straně 53. V případě převodů  $P1=1/4$  a  $P1=1/3$  nebyl během zastavení stroje zatkán žádný útek. V případě převodů  $P1=1/5$  a  $P1=1/2$  byl zatkán jeden útek a hodnoty  $\Delta_i$  pro tyto útky



jsou uvedeny v tabulce. V případě převodu  $P1=1$  byly zatčány čtyři útky a hodnoty  $\Delta_i$  odpovídající těmto útkům jsou opět uvedeny v tabulce a graficky znázorněny na obr. č. 50.



OBR. Č. 50

Z grafu na obrázku číslo 47 a hodnot uvedených v tabulce je zřejmé, že hodnota skluzu jednotlivých útků zatčaných během zastavení stroje postupně klesá a tím se tedy zvyšuje odchylka skluzu útku od ustálené hodnoty (viz. obr. č. 50).

*Pokud je během zastavení stroje zatčán jeden nebo více útků (v případě vyšších tkacích frekvencí), jsou tyto útky přiřazeny s určitou odchylkou skluzu od ustálené hodnoty. Tato skutečnost se projeví jejich nepravidelným rozložením ve tkanině. Vlivem odchylek dojde také ke změně polohy čela tkaniny a tím je ovlivněn příraz útků při následném spuštění tkacího stroje.*



### 4.3.3. Vliv startovního úhlu na příraz útků při rozběhu stroje.

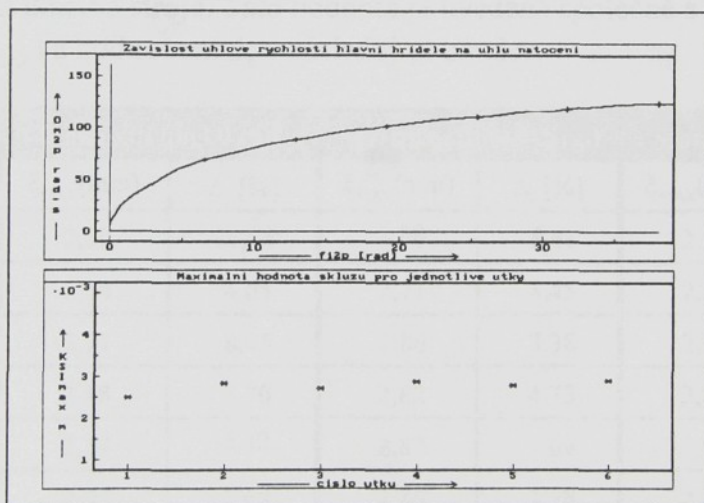
V této části bude pomocí numerické simulace prověřen vliv startovního úhlu, t.j. úhlu natočení hlavní hřídele (člen 2p) v okamžiku, ve kterém dojde ke spuštění stroje na rozložení útků zatkaných při rozběhu. Tento úhel je v programu pro numerickou simulaci charakterizován počátečními podmínkami, které určují úhel natočení členů 2p a 2 v čase  $t=0$ . Výpočet proto provedeme postupně pro tři různé hodnoty těchto počátečních podmínek:  $\varphi_{2p}(0)=\varphi_2(0)=0$  rad;  $\pi/2$  rad a  $\pi$  rad.

Poznámka: V programu pro numerickou simulaci je úhel  $\varphi_{2p}$  definován jako úhel, který svírá člen 2p s úsečkou a (viz. obr. č. 3). V našem případě je tedy označena hodnotou  $0^\circ$  taková poloha tkacího stroje, při které je člen 2p rovnoběžný s úsečkou a. Tento způsob označení neodpovídá běžné praxi, v níž je hodnotou  $0^\circ$  označována taková poloha tkacího stroje, při které se bidlo nachází v přední úvrati.

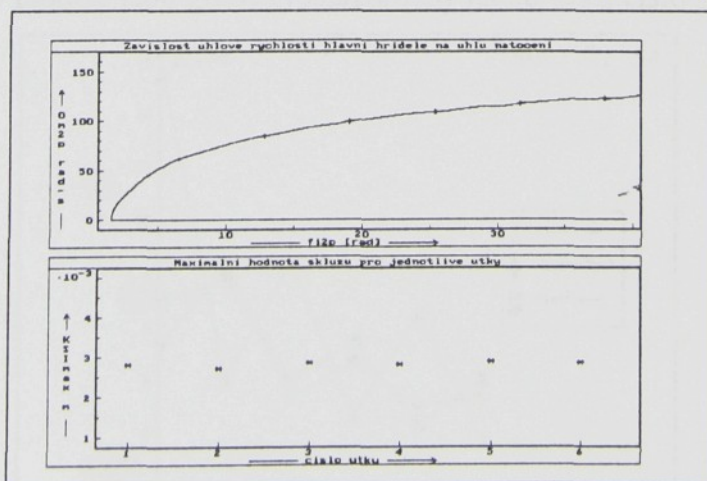
Pokud do programu dosadíme výše uvedené hodnoty počátečních podmínek pro členy 2p a 2, je nutné přepočítat odpovídající počáteční podmínky také pro členy 5p a 5 pomocí tohoto vzorce:  $\varphi_{5p}(0)=\varphi_5(0)=P2.\varphi_{2p}(0)$ . Všechny výpočty jsou provedeny pro tuto hodnotu převodu P1: P1=1. Ostatní konstanty uvedené v příloze číslo 1 (výpis programu) zůstanou nezměněny.

Na obrázcích číslo 51, 52 a 53, které odpovídají jednotlivým hodnotám startovního úhlu, je dvojice grafů. Horní graf znázorňuje závislost rychlosti hlavní hřídele na úhlu jejího natočení v intervalu, který odpovídá zatčení prvních šesti útků. Ve spodním grafu jsou vyneseny maximální hodnoty skluzu pro prvních šest útků zatkaných po spuštění stroje.

Poznámka: V příloze číslo 5 jsou uspořádány grafy, které zobrazují pro jednotlivé hodnoty startovního úhlu závislost úhlové rychlosti hlavní hřídele, zdvihu bidla a tkacího odporu na čase a grafy, ve kterých jsou vyneseny hodnoty skluzu pro jednotlivé zatkané útky.

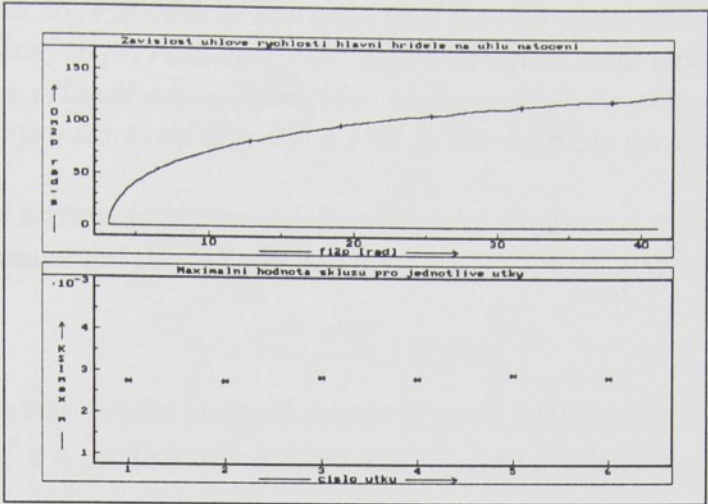


OBR. Č. 51 (startovní úhel:  $0^\circ$ )



OBR. Č. 52 (startovní úhel:  $90^\circ$ )





OBR. Č. 53 (startovní úhel: 180°)

Vyhodnocení rozložení prvních šesti útků zatkaných po spuštění stroje provedeme opět pomocí parametrů zavedených v kapitole 4.3.1 a 4.3.2.

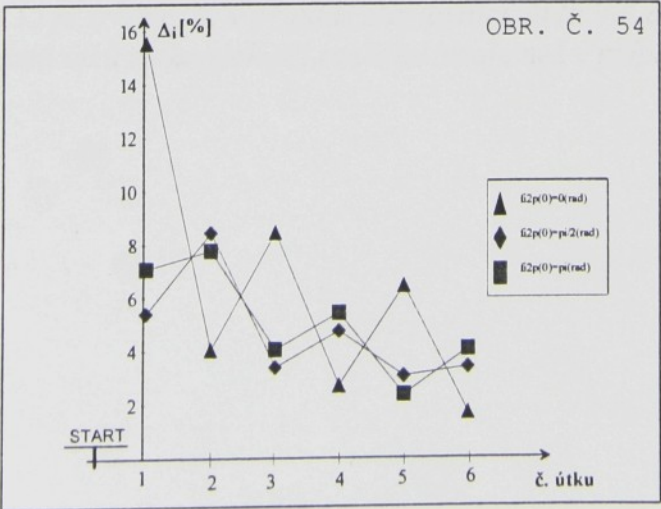
Odchyłky skluzu jednotlivých útků od ustálené hodnoty tedy vyjádříme parametrem  $\Delta_i$ , který vypočteme pomocí vzorce:

$$\Delta_i = \frac{|\xi_{MAX_i} - \xi_{MAX}^R|}{\xi_{MAX}^R} \cdot 100[\%].$$

Symbol  $\xi_{MAX}^R$  představuje ustálenou hodnotu skluzu útku po odeznění přechodového děje vyvolaného rozběhem tkacího stroje. Tato hodnota je uvedena společně s hodnotami skluzu jednotlivých útků ( $\xi_{MAX}$ ) a hodnotami  $\Delta_i$  v následující tabulce.

| P1=1                        | Startovní úhel 0 rad   |                | Startovní úhel $\pi/2$ rad |                | Startovní úhel $\pi$ rad |                |
|-----------------------------|------------------------|----------------|----------------------------|----------------|--------------------------|----------------|
| $\xi_{MAX}^R=2,96\text{mm}$ | $\xi_{MAX}(\text{mm})$ | $\Delta_i$ [%] | $\xi_{MAX}(\text{mm})$     | $\Delta_i$ [%] | $\xi_{MAX}(\text{mm})$   | $\Delta_i$ [%] |
| 1. útek                     | 2,50                   | 15,54          | 2,80                       | 5,41           | 2,75                     | 7,09           |
| 2. útek                     | 2,84                   | 4,05           | 2,71                       | 8,45           | 2,73                     | 7,77           |
| 3. útek                     | 2,71                   | 8,45           | 2,86                       | 3,38           | 2,84                     | 4,05           |
| 4. útek                     | 2,88                   | 2,70           | 2,82                       | 4,73           | 2,80                     | 5,41           |
| 5. útek                     | 2,77                   | 6,42           | 2,87                       | 3,04           | 2,89                     | 2,36           |
| 6. útek                     | 2,91                   | 1,69           | 2,86                       | 3,38           | 2,84                     | 4,05           |

Hodnoty  $\Delta_i$  uvedené v tabulce jsou graficky znázorněny na obrázku číslo 54.





Z obrázku číslo 56 je zřejmé, že startovní úhel tkacího stroje ovlivní odchylky skluzu jednotlivých útků zatkaných při rozběhu stroje. Nejvýrazněji se tento vliv projeví při přírazu prvního útku. V našem případě odpovídá největší hodnota odchylky skluzu  $\Delta$  prvního útku startovnímu úhlu  $0^\circ$  a pro startovní úhly  $90^\circ$  a  $180^\circ$  je tato hodnota výrazně menší.

Pro jednotlivé startovní úhly bude dále určen také parametr  $\Delta$  vyjadřující rozdíl mezi maximální ( $\xi^{MAX}$ ) a minimální ( $\xi^{MIN}$ ) hodnotou dosaženého skluzu prvních šesti útků tímto vztahem:

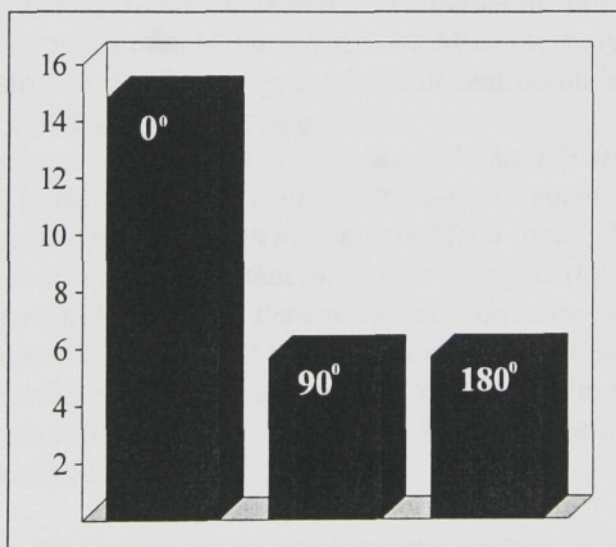
$$\Delta = \frac{\xi^{MAX} - \xi^{MIN}}{\xi^S} \cdot 100[\%].$$

Symbol  $\xi^S$  zde představuje střední hodnotu skluzu prvních šesti útků:  $\xi^S = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \xi_{MAX,i}$ .

Hodnoty  $\xi^{MAX}$ ,  $\xi^{MIN}$ ,  $\xi^S$  a  $\Delta$  pro jednotlivé startovní úhly jsou uvedeny v následující tabulce.

| Startovní úhel | $\xi^{MAX}$ (mm) | $\xi^{MIN}$ (mm) | $\xi^S$ (mm) | $\Delta$ [%] |
|----------------|------------------|------------------|--------------|--------------|
| $0^\circ$      | 2,91             | 2,50             | 2,77         | 14,80        |
| $90^\circ$     | 2,87             | 2,71             | 2,82         | 5,67         |
| $180^\circ$    | 2,89             | 2,73             | 2,81         | 5,69         |

Hodnoty  $\Delta$  uvedené v tabulce jsou znázorněny formou sloupcových grafů na obr. číslo 55.



OBR. Č. 55

Z obrázku číslo 55 je zřejmé, že v případě startovních úhlů  $90^\circ$  a  $180^\circ$  je dosaženo rovnoměrnějšího rozložení útků zatkaných při rozběhu stroje než v případě start. úhlu  $0^\circ$ .



#### 4.4 . Závěrečné shrnutí a doporučení.

V závěru k teoretické části jsme se zaměřili především na numerickou simulaci chování tkacího stroje při různých tkacích frekvencích a to tak, že jsme při výpočtech postupně dosazovali do programu různé hodnoty převodu  $P1$ . Hodnoty ostatních konstant zůstaly nezměněny a odpovídají tedy konstrukci tkacího stroje PN-170 FB M2, který je schopen pracovat s tkacími frekvencemi do 500 ot/min. Při numerické simulaci odpovídají těmto hodnotám převody:  $P1=1/5$  (298 ot/min),  $P1=1/4$  (371 ot/min) a  $P1=1/3$  (491 ot/min). Převody  $P1=1/2$  (726 ot/min) a  $P1=1$  (1190 ot/min) odpovídají tkacím frekvencím větším než 500 ot/min. Aby mohlo být těchto vyšších tkacích frekvencí dosaženo ve skutečnosti, je nutné změnit konstrukci tkacího stroje a tím i konstanty, které ji charakterizují. Při vývoji rychloběžných tkacích strojů dochází ke snižování hmotnosti (momentu setrvačnosti) jednotlivých členů jejich mechanismů. Výpočet pro převod  $P1=1/2$  a  $P1=1$  tedy představuje numerickou simulaci chování "fiktivního" tkacího stroje, jehož moment setrvačnosti, t.j. moment setrvačnosti jednotlivých členů jeho mechanismů, je vzhledem ke tkací frekvenci mnohem větší než u skutečných tkacích strojů.

Při posouzení možnosti vzniku "okem viditelné" rozběhové prouhy ve tkanině vyjdeme z předpokladu, že lidské oko je upoutáno vždy určitou nepravidelností a tedy i nepravidelností rozložení útků ve tkanině. Proto byl zaveden parametr  $\Delta$ , který vyjadřuje rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou skluzu prvních šesti útků. Menší hodnoty tohoto parametru představují "rovnoměrnější" rozložení těchto útků a proto předpokládáme pro tyto hodnoty méně nápadnou rozběhovou prouhu ve tkanině. Numerickou simulací bylo zjištěno, že s rostoucí tkací frekvencí roste hodnota parametru  $\Delta$ . Můžeme tedy konstatovat, že pokud nedojde ke změně konstrukce tkacího stroje a jeho obložení textilním materiálem, vzniká při zvýšení tkací frekvence výraznější rozběhová prouha.

*Jak již bylo uvedeno, je při vývoji rychloběžných tkacích strojů snižována hmotnost jednotlivých členů jejich mechanismů. Chování stroje při rozběhu a zastavení lze také příznivě ovlivnit vlastnostmi spojky (třecím momentem  $M_t$ ) a brzdy (brzdícím momentem  $M_b$ ). Snižování hmotnosti jednotlivých členů tkacího stroje a zvyšování jejich namáhání (silové momenty  $M_t$ ,  $M_b$  a dynamické síly) je limitováno požadovanou pevností těchto členů. V důsledku snižování hmotnosti dochází také ke snížení tuhosti jednotlivých členů (pokud nedojde ke změně materiálu) a to způsobuje některé textilně-technologické problémy. Proto se pro omezení vzniku rozběhové prouhy ve tkanině využívá také programově řízený posuv čela tkaniny před spuštěním stroje*

Výše uvedené prostředky omezující vznik rozběhové prouhy je možné uplatnit pouze v oblasti vývoje a konstrukce tkacích strojů. V technologické praxi není konstrukční úprava tkacích strojů možná a v případě vzniku rozběhové prouhy je nutné tento negativní jev omezit vhodným seřízením stroje. Na elektronicky řízených tkacích strojích lze velmi snadno nastavit tzv. startovní úhel, t.j. polohu, ze které bude tkací stroj spuštěn. V kapitole 4.3.3 byl proto pomocí numerické simulace prověřen vliv startovního úhlu na rozložení prvních šesti útků. Výpočty byly provedeny pro různé startovní úhly o pro převod  $P1=1$ . Numerickou simulací bylo zjištěno, že startovní úhel výrazně ovlivní "rovnoměrnost" rozložení zatkaných útků a pokud je zvolena vhodná hodnota tohoto "seřizovacího" parametru, dojde k výraznému omezení vzniku rozběhové prouhy.



## 4.5 . Další postup při řešení dané problematiky.

V teoretické části této práce byla při řešení dané problematiky využita numerická simulace. Výpočty jsou tedy provedeny vždy pro určitou skupinu vstupních konstant charakterizujících tkací stroj a textilní materiál. Výsledky proto není možné zobecnit a jejich vyhodnocení je možné pouze zavedením "porovnávacích" parametřů ( $\Delta_1$  a  $\Delta_2$ ). Obecněji lze tuto problematiku řešit vyjádřením výsledků v analytické formě. Dále se tedy zaměříme především na řešení pomocí analytických prostředků. Tyto prostředky je možné použít pouze v případě, že dynamický systém (tkací stroj a textilní materiál) popíšeme pomocí lineárních diferenciálních rovnic. Teoretický model tkacího stroje proto bude nutné vhodně zjednodušit.

Program pro numerickou simulaci chování tkacího stroje lze i přes výše uvedené nevýhody numerického řešení využít při analýze chování konkrétních tkacích strojů. Proto bude tento program v návaznosti na nových poznatcích dále upravován. Důležitou částí programu je popis vzájemného působení mezi tkacím strojem a textilním materiálem při přírazu. Tento popis je proveden pomocí rovnic přírazného procesu, ve kterých předpokládáme lineární závislost koeficientu tření na rychlosti skluzu útku. Pravděpodobně jsou tyto vztahy ve skutečnosti složitější. V současné době jsou na TU-Liberec rozpracovány tři dizertační práce, které se týkají problematiky přírazu. Jedná se o tato témata: rychlostně závislé tření, měření přírazné síly a vizualizace přírazu. Při dalších úpravách programu se proto zaměříme především na část popisující přírazný proces a uplatníme zde poznatky, které budou získány v rámci těchto prací.

Program pro numerickou simulaci vyžaduje stanovení vstupních konstant. Konstanty charakterizující jednotlivé členy mechanismů tkacího stroje jsou stanoveny pomocí dříve odvozených postupů (viz. literatura [5] a kapitola 3.1.1), které našim účelům vyhovují. Komplikovanější je stanovení konstant charakterizujících textilní materiál. Konstanty charakterizující textilní materiál v procesu otevírání prošlupu byly v této práci stanoveny zjednodušeně pomocí zkoušky pevnosti osnovní příze. Mechanické vlastnosti textilních materiálů se však mění s frekvencí jejich namáhání. Na rychloběžných tkacích strojích je textilní materiál podroben cyklickému namáhání s vysokou frekvencí a jeho chování v tomto režimu je nutné dále analyzovat formou teoretických i experimentálních prací.

Eulerova metoda, která je pro řešení nelineárních diferenciálních rovnic v programu použita, je přehledná a názorná. Pro vlastní výpočet však není příliš efektivní a to proto, že vyžaduje velmi malý integrační krok. Výpočet je potom časově náročný. Proto budeme dále program modifikovat volbou vhodnější numerické metody.

Měření v praktické části práce byla provedena pomocí přístrojů a zařízení, jež byla v dané době k dispozici v tkalcovské laboratoři TU-Liberec. Přírazná síla je proto zjištěna pomocí tahové síly v osnovní niti, kterou bylo možné změřit. V rámci výše uvedené dizertační práce na téma měření přírazné síly je připravováno přímé měření přírazné síly zjištěním tlaku, který je vyvozen na třtinu paprsku při přírazu. Tento způsob měření bude při řešení dané problematiky vhodnější.

Při řešení dané problematiky lze využít také rychlokameru, kterou byla tkalcovská laboratoř vybavena v rámci řešení dizertační práce na téma vizualizace přírazu a to pro zjištění rozestupu útků zatkaných při rozběhu stroje.

Úhlová rychlost hlavní hřídele byla měřena pomocí tachodynamu. Upevnění tachodynamu na hlavní hřídel nebylo řešeno vhodným způsobem a proto bude hledán jiný způsob upevnění. Při měření úhlové rychlosti hlavní hřídele během rozběhu stroje je vhodné měřit také úhlovou rychlost hnací části spojky nebo hřídele elektromotoru. Takto provedeným měřením lze zjistit velmi důležité informace o chování spojky během rozběhu tkacího stroje.



## ***Použitá literatura:***

- [1] Mrázek J., Dynamické vlastnosti tkacích strojů, výzkum. zpráva, VŠST Liberec 1987
- [2] Nosek S., Teorie tkacího procesu I. díl, Dům techniky Pardubice 1988
- [3] Nosek S., Teorie jednoprosápní a víceprosápní tvorby tkaniny 2. část, Dům techniky Pardubice 1988
- [4] Tumajer P., Stabilita úhlové rychlosti tkacího stroje během tkacího cyklu, diplomová práce, VŠST Liberec 1993
- [5] Bílek M., Návrh přírazného mechanismu tkacího stroje, diplomová práce, VŠST Liberec 1994
- [6] Rektorys K., Přehled užití matematiky, Praha 1995
- [7] Dvořák L., Famulus 3.5: příručka uživatele, Praha 1992
- [8] Wolfram S., Mathematica: a system for doing mathematics by computer, Hardbound 1991
- [9] Návod k obsluze vzduchových tkacích strojů řady PN, Zbrojovka Vsetín 1988
- [10] Výkresová dokumentace vzduchových tkacích strojů řady PN, Zbrojovka Vsetín 1981
- [11] Talavášek O., Tkací stroje, Praha 1988
- [12] Stríž B., Pružnost a pevnost I. díl, skripty VŠST Liberec 1983
- [13] Vladař J., Elektrotechnika a silnoproudá elektronika, Praha 1986
- [14] Talavášek O., Tkalcovská příručka, Praha 1980
- [15] Tumajer P., The Effect of Variation of Weaving Speed on the Arise of Weft Barrines from the Point of View of Loom Dynamics, sborník konference Young Textile Science 1995, str. 82
- [16] Tumajer P., Dynamika rozběhu tkacího stroje a její vliv na kvalitu tkaniny, sborník konference Quo Vadis Textinum 1998
- [17] Tumajer P., Numerical simulation of the start of weaving loom, časopis Vlákná a textil ročník 5, 1998, str. 119 až 123



## Obsah:

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Příloha číslo 1:<br>Výpis programu ze systému Pamsim                                                     | 1  |
| Příloha číslo 2:<br>Grafy časové závislosti úhlové rychlosti hlavní hřídele a tahové síly v osovém nářtí | 11 |
| Příloha číslo 3:<br>Vyhodnocení grafů časové závislosti tahové síly v osovém nářtí                       | 18 |
| Příloha číslo 4:<br>Výstupní grafy numerické simulace pro různé frekvence                                | 37 |
| Příloha číslo 5:<br>Výstupní grafy numerické simulace pro různé startovní úhly                           | 43 |

## Přílohy

### Rozsah:

počet příloh: 5  
počet stran: 46



---

**Obsah:**

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Příloha číslo 1:                                                                               |    |
| Výpis programu ze systému Famulus . . . . .                                                    | 1  |
| Příloha číslo 2:                                                                               |    |
| Grafy časové závislosti úhlové rychlosti hlavní hřídele a tahové síly v osnovní niti . . . . . | 11 |
| Příloha číslo 3:                                                                               |    |
| Vyhodnocení grafů časové závislosti tahové síly v osnovní niti . . . . .                       | 18 |
| Příloha číslo 4:                                                                               |    |
| Výstupní grafy numerické simulace pro různé tkací frekvence . . . . .                          | 37 |
| Příloha číslo 5:                                                                               |    |
| Výstupní grafy numerické simulace pro různé startovní úhly . . . . .                           | 43 |



## Příloha číslo 1

## VÝPIS PROGRAMU ZE SYSTÉMU FAMULUS

```

- - - - - prom. a konst., procedury a funkce - - - - -
DECLARACE FUNKCI:

deklarace převodových funkcí přírodních mechanismů

FUNCTION p0_24(f12p) ... deklarace 2. přev. funkce přír. mech.
... rozměry členů přírodních mechanismů
12p=0.034; 13=0.410; 14=0.188; a=0.151

c11=12p*sin(f12p)
c12=a-12p*cos(f12p)
a1a1=arctg(c11/c12)
c13=a^2+12p^2-13^2-2*a*12p*cos(f12p)+14^2
c14=2*14*a*cos(f12p)-2*12p^2*cos(f12p)
a1a2=arctg(c13/c14)

p0_24=a1a1+a1a2

END

FUNCTION p0_24(f12p) ... dek. 2. přev. funkce přír. mech.
... rozměry členů přírodních mechanismů
12p=0.034; 13=0.410; 14=0.188; a=0.151

K1=12p*cos(f12p)
K2=12p*(12p-a*cos(f12p))
K3=a^2+12p^2-13^2-K1
K4=2*14*a*cos(f12p)-2*12p^2*cos(f12p)
K5=14^2+12p^2-13^2-K1
K6=2*14*a*cos(f12p)-2*12p^2*cos(f12p)
K7=sqrt(K5-K6)

p0_24=(K1/K2)-(K3/(K4+K5))

END

FUNCTION p2_24(f12p) ... dek. 2. přev. funkce přír. mech.
... rozměry členů přírodních mechanismů
12p=0.034; 13=0.410; 14=0.188; a=0.151

K=2*a*12p*cos(f12p)
pK=a^2+12p^2-K
mK=pK
A=12p*(pK-13^2)/a1a1(f12p)
B=A*(pK-13^2)
C=sqrt(1-(pK-13^2+14^2)/(4*a^2*pK))
K1=a*12p*cos(f12p)+pK*13^2-14^2
K2=2*14*pK*(3/2)
K3=(2*12p^2+12p-a*cos(f12p))/a1a1(f12p)/mK^3
K4=a*12p*a1a1(f12p)/mK
K5=a^2+12p^2*a1a1(f12p)^2/(12*pK*(3/2))
K6=2*a^2+12p^2*(pK-13^2-14^2)+a1a1(f12p)^2
K7=2*14*C*pK*(3/2)
K8=(3+3)/(2*14^2*pK)
K9=(a*a+12p*(pK-13^2+14^2)*a1a1(f12p))/(14^2*pK)

```



## Výpis zdrojového textu programu ze systému Famulus:

- - - - - prom nné, konstanty, procedury a funkce - - - - -  
 !...DEKLARACE FUNKCI:

!...deklarace prevodovych funkci prirazneho mechanismu

FUNCTION p0\_24(fi2p) !...deklarace 0. prev. funkce prir. mech.  
 !...rozměry clenu prirazneho mechanismu  
 l2p=0.054; l3=0.410; l4=0.188; a=0.351

ci1=l2p\*sin(fi2p)  
 jm1=a-l2p\*cos(fi2p)  
 alfa1=arctg(ci1/jm1)  
 ci2=a^2+l2p^2-l3^2-2\*a\*l2p\*cos(fi2p)+l4^2  
 jm2=2\*l4\*sqrt(a^2+l2p^2-2\*a\*l2p\*cos(fi2p))  
 alfa2=arccos(ci2/jm2)

p0\_24=alfa1+alfa2  
 END

FUNCTION p1\_24(fi2p) !...deklarace 1. prev. funkce prir. mech.  
 !...rozměry clenu prirazneho mechanismu  
 l2p=0.054; l3=0.410; l4=0.188; a=0.351

K=2\*a\*l2p\*cos(fi2p)  
 K1=l2p\*(l2p-a\*cos(fi2p))  
 K2=-a^2-l2p^2+K  
 K3=a\*l2p\*(a^2+l2p^2+l3^2-l4^2-K)\*sin(fi2p)  
 K4=2\*l4\*(a^2+l2p^2-K)^(3/2)  
 ci=(a^2+l2p^2-l3^2+l4^2-K)^2  
 jm=4\*l4^2\*(a^2+l2p^2-K)  
 K5=sqrt(1-(ci/jm))

p1\_24=(K1/K2)-(K3/(K4\*K5))  
 END

FUNCTION p2\_24(fi2p) !...dek. 2. prev. funkce prir. mech.  
 !...rozměry clenu prirazneho mechanismu  
 l2p=0.054; l3=0.410; l4=0.188; a=0.351

k=2\*a\*l2p\*cos(fi2p)  
 pK=a^2+l2p^2-k  
 mK=-pK  
 A=a\*l2p\*(pK+l3^2)\*sin(fi2p)  
 B=A\*(pK+l3^2)  
 C=sqrt(1-((pK-l3^2+l4^2)^2/(4\*l4^2\*pK)))  
 K1=-a\*l2p\*cos(fi2p)\*(pK+l3^2-l4^2)  
 K2=2\*l4\*pK^(3/2)\*C  
 K3=(2\*l2p^2\*(l2p-a\*cos(fi2p))\*sin(fi2p))/mK^2  
 K4=(a\*l2p\*sin(fi2p))/mK  
 K5=(a^2+l2p^2\*(sin(fi2p))^2)/(l4\*C\*pK^(3/2))  
 K6=3\*a^2\*l2p^2\*(pK+l3^2-l4^2)\*(sin(fi2p))^2  
 K7=2\*l4\*C\*pK^(5/2)  
 k1=(A\*B)/(2\*l4^2\*pK)  
 k2=(A\*a\*l2p\*(pK-l3^2+l4^2)\*sin(fi2p))/(l4^2\*pK)



```

k3=4*14*pK^(3/2)
k4=((1-(pK-13^2+14^2)^2)/(4*14*pK))^(3/2)
K8=(k1-k2)/(k3*k4)

```

```

p2_24=((K1/K2)+K3+K4-K5+(K6/K7)+K8)
END

```

!...deklarace prevodovych funkci proslupniho mechanismu

```

FUNCTION p0_57(fi5p) !...deklarace 0. prev. funkce pros. mech.
!...rozměry clenu proslup mechanismu
l5p=0.0486; l6=0.1120

```

```

K=(l5p/l6)^2
K1=l5p*(1-sin(fi5p))
K2=l6*(1-sqrt(1-K*(cos(fi5p))^2))

```

```

p0_57=K1+K2-l5p
END

```

```

FUNCTION p1_57(fi5p) !...deklarace 1. prev. funkce pros. mech.
!...rozměry clenu proslup mechanismu
l5p=0.0486; l6=0.1120

```

```

K=(l5p/l6)^2
K1=l5p*cos(fi5p)
K2=l5p^2*cos(fi5p)*sin(fi5p)
K3=l6*sqrt(1-K*(cos(fi5p))^2)

```

```

p1_57=-K1-(K2/K3)
END

```

```

FUNCTION p2_57(fi5p) !...deklarace 2. prev. f. pros. mech.
!...rozměry clenu proslup mechanismu
l5p=0.0486; l6=0.1120

```

```

K=(l5p/l6)^2
K1=l5p*((sin(fi5p))^2-(cos(fi5p))^2)
K2=l6*sqrt(1-K*(cos(fi5p))^2)
K3=l5p^3*(cos(fi5p))^2*(sin(fi5p))^2
K4=l6^3*(1-K*(cos(fi5p))^2)^(3/2)

```

```

p2_57=l5p*(sin(fi5p)+(K1/K2)+(K3/K4))
END

```

!...deklarace funkce Fo

```

FUNCTION Fo(x7p, Co1, Co2)
L=0.42 !...delka proslupu
A=0.28 !...delka zadni casti proslupu
N=5000 !...pocet niti v osnove
Qp=0.2 !...predpeti osnovy

```

```

Q1=Co1*(sqrt(A^2+x7p^2)-A)+Qp
Q2=Co2*(sqrt((L-A)^2+x7p^2)-(L-A))+Qp
s_alfal=x7p/sqrt(A^2+x7p^2)

```



```

s_alfa2=x7p/sqrt((L-A)^2+x7p^2)
FO=N*(Q1*s_alfa1+Q2*s_alfa2)
END

```

!...ZADANI KONSTANT:

```

!...moment setrvacnosti a hmotnost jednotlivych clenu
Ip=0.004 !...m. s. rotujicich casti elektromotoru
Isp1=0.011 !...m. s. hnaci casti spojky
Isp2=0.072 !...m. s. hnane casti spojky
Isp=Isp1+Isp2
I2p=0.0014 !...m.s clenu 2p
I=0.012 !...m.s. prevodu mezi hlavni a proslupni hrideli
I4=0.00249 !...m. s. clenu 4
I4p=0.0035 !...m. s. clenu 4p
I5p=0.004932 !...m. s. clenu 5p
m7=0.5 !...hmotnost clenu 7
m7p=4.6 !...hmotnost clenu 7p

!...konstanty tuhosti jednotlivych clenu
Cp=50000 !...k. t. prevodu z elektromotoru na hlavni hridel
C2=122300 !...k. t. hlavni hridele
C4=320000 !...k. t. bidla
C=150000 !...k. t. prevodu z hlavni hridele na proslupni
C5=100000 !...k. t. proslupni hridele
C7=652000 !...k. t. listu
Co1=12 !...k. t. osnovy v zadni casti proslupu
Co2=34 !...k. t. osnovy v predni casti proslupu

!...konstanty viskozniho tlumeni jednotlivych clenu
Kp=1.4 !...k. v. t. prevodu z elektromotoru na hlavni hridel
K2=2.887 !...k. v. t. hlavni hridele
K4=19.7 !...k. v. t. bidla
K=5.932 !...k.v.t. prevodu z hlavni hridele na proslupni
K5=3.86 !...k. v. t. proslupni hridele
K7=21.08 !...k. v. t. listu

!...konstanty pro vypocet momentu Mr
!...rozmary clenu prirazneho mechanismu
l2p=0.054; l3=0.410; l4=0.188; a=0.351
l=0.4 !...delka meciku
Zmax=1*arccos((a^2+l4^2-(l2p+l3)^2)/(2*a*l4)) !...max. zdvih didla
alfa=100 !...koef. geometricke slozky tk. odporu
beta=0.02 !...koef. treci slozky tk. odporu
FIk=4 !...koef. rychlostne zav. treni
Cm=300 !...konstanta tuhosti osnovy a takniny
N=5000 !...pocet niti v osnove
K_1=Cm/(Cm+alfa); K_2=beta/(Cm+alfa)

!...ostatni konstanty
P1=1/5 !...prevod mezi elektromotorem a hlavni hrideli
P2=1/2 !...prevod mezi hlavni a proslupni hrideli
M0=49.1 !...zaberovy moment lin. momentove char. elektromotoru
ns=1500 !...synchroni otacky elektromotoru
km=M0/((2*pi*ns)/60) !...smernice lin. momentove char. elektromotoru

```



Mt=31.3 !...treci moment vznikajici pri prokluzu spojky  
Mb=42.1 !...brzdny moment

dt=0.00001 !...integracni krok reseni

- - - - - po áte ní hodnoty - - - - -

!...nacteni vstupnich hodnot z klavesnice  
tz=1.455 !...cas kdy je dan impulz k zastaveni  
KSImax\_d=0.0025 !...pozadovany skluz utku  
porucha=0.0005 !...posunuti cela tkaniny pred spustenim stroje  
!smerem k paprsku (zapor. hodnota - smerem od paprsku)

WRITELN 'Zadejte cas tz [s], kdy je dan impulz k zastaveni stroje.'  
READ tz:4:3  
WRITELN 'Zadejte pozadovany skluz utku do tkanin KSImax\_d [m].'  
READ KSImax\_d:5:4  
WRITELN 'Zadejte hodnotu pos. cela tkaniny pred spustenim stroje [m].'  
READ porucha:5:4  
WRITELN 'Impulz k zastaveni stroje bude dan v case tz=',tz:4:3, '[s]'

t=0 !...cas

!...zadani a vypocet kinematickych velicin el. a hn. casti spoj. v case 0  
fi=0; fil=0  
Om=(2\*pi\*ns)/60; Om1=Om\*P1  
Mh=M0-km\*Om !...vypocet hnaciho momentu elektromotoru v case 0  
Ep=(1/Ip)\*(Mh-Cp\*P1\*(P1\*fi-fil)-Kp\*P1\*(P1\*Om-Om1)) !...rovnice 1.1  
Epl=(1/Isp1)\*(-Cp\*(fil-P1\*fi)-Mt-Kp\*(Om1-P1\*Om)) !...rovnice 2.1

!...uhel natoceni jednotlivych clenu v case 0  
fi2=0 !...u. n. clenu 2  
fi2p=0 !... u. n. clenu 2p  
fi5=0 !...u. n. clenu 5  
fi5p=0 !...u. n. clenu 5p  
fi4p=p0\_24(fi2p) !...u. n. clenu 4p  
x7p=p0\_57(fi5p) !...zdvih clenu 7p

!...rychlost jednotlivych clenu v case 0  
Om2=0 !...r. clenu 2  
Om2p=0 !...r. clenu 2p  
Om5=0 !...r. clenu 5  
Om5p=0 !...r. clenu 5p  
Om4p=0 !...r. clenu 4p  
v7p=0 !...r. clenu 7p

!...vypocet momentu Mr v case 0  
Z=1\*fi4p !...zdvih bidla  
Ymax=(KSImax\_d/K\_1)+porucha !...potreb. ampl. priraz. pulzu + porucha  
IF Z>=(Zmax-Ymax) THEN !...paprsek je v kontaktu s celem tkaniny  
Y=Z-(Zmax-Ymax) !...hodnota prirazneho pulzu  
v\_Y=0 !...rychlost prirazneho pulzu  
KSI=K\_1\*Y; KSIp=KSI !...skluz utku  
v\_KSI=0 !...rychlost ut. pri prirazu  
a\_KSI=0 !...zrychleni ut. pri prirazu  
R=alfa\*KSI !...tkaci odpor



```

ELSE !...paprsek neni v kontaktu s celem tkaniny
  Y=0; v_Y=0
  KSI=0; KSIp=KSI
  v_KSI=0; a_KSI=0
  R=0
END
Mr=R*N*1
n=0 !...pocet zatkaných utku
KSImax=-1 !...dosazení pomocné hodnoty (pro porovnání)

!...vypočet zrychlení jednotlivých členů modelu stroje v case 0
!...zrychlení členu 2 (rovnice 3.1)
c1_3=C2*(fi2-fi2p)
c2_3=K2*(Om2-Om2p)
Ep2=(Mt-c1_3-c2_3)/Isp2
!...zrychlení členu 2p (rovnice 4.1)
c1_4=I4*p1_24(fi2p)*p2_24(fi2p)*Om2p^2
c2_4=C2*(fi2p-fi2)
c3_4=C4*(p0_24(fi2p)-fi4p)*p1_24(fi2p)
c4_4=C*P2*(P2*fi2p-fi5)
c5_4=K2*(Om2p-Om2)
c6_4=K4*(p1_24(fi2p)*Om2p-Om4p)*p1_24(fi2p)
c7_4=K*P2*(P2*Om2p-Om5)
c_jm4=I4*(p1_24(fi2p))^2
jm_4=I2p+c_jm4
Ep2p=(-c1_4-c2_4-c3_4-c4_4-c5_4-c6_4-c7_4)/jm_4
!...zrychlení členu 4p (rovnice 5.1)
c1_5=C4*(fi4p-p0_24(fi2p))
c2_5=Om4p-p1_24(fi2p)*Om2p
c3_5=K4*c2_5
Ep4p=(-c1_5-Mr-c3_5)/I4p
!...zrychlení členu 5 (rovnice 6.1)
c1_6=C*(fi5-P2*fi2p)
c2_6=C5*(fi5-fi5p)
c3_6=K*(Om5-P2*Om2p)
c4_6=K5*(Om5-Om5p)
Ep5=(-c1_6-c2_6-c3_6-c4_6)/I
!...zrychlení členu 5p (rovnice 7.1)
c1_7=m7*p1_57(fi5p)*p2_57(fi5p)*Om5p^2
c2_7=C5*(fi5p-fi5)
c3_7=C7*(p0_57(fi5p)-x7p)*p1_57(fi5p)
c4_7=K5*(Om5p-Om5)
c5_7=K7*(p1_57(fi5p)*Om5p-v7p)*p1_57(fi5p)
jm_7=(I5p+m7*(p1_57(fi5p))^2)
Ep5p=(-c1_7-c2_7-c3_7-c4_7-c5_7)/jm_7
!...zrychlení členu 7p (rovnice 8.1)
c1_8=C7*(x7p-p0_57(fi5p))
c2_8=K7*(v7p-p1_57(fi5p)*Om5p)
Ep7p=(-c1_8-Fo(x7p, Co1, Co2)-c2_8)/m7p

- - - - - model - - - - -
t=t+dt

!...RESENÍ ROVNIC SPOLEČNÝCH PRO OBE FÁZE ROZBEHU I PRO PŘÍPAD ZASTAVENÍ:
!...Rekurentní vztahy (Oilerova metoda)

```



```

!...reseni rovnice 1(1. faze rozbehu) a 9(2. faze rozbehu)
fi=fi+dt*Om+(dt^2/2)*Ep
Om=Om+dt*Ep
IF Om1<>-10 THEN !...reseni rovnice 2 (reseno pouze v 1. fazi rozbehu)
fi1=fi1+dt*Om1+(dt^2/2)*Ep1; Om1=Om1+dt*Ep1
END
!...res. rov. 3(1. faze rozbehu), 10(2. faze rozbehu) a 11(zastaveni)
fi2=fi2+dt*Om2+(dt^2/2)*Ep2
Om2=Om2+dt*Ep2
!...reseni rovnice 4
fi2p=fi2p+dt*Om2p+(dt^2/2)*Ep2p
Om2p=Om2p+dt*Ep2p
!...reseni rovnice 5
fi4p=fi4p+dt*Om4p+(dt^2/2)*Ep4p
Om4p=Om4p+dt*Ep4p
!...reseni rovnice 6
fi5=fi5+dt*Om5+(dt^2/2)*Ep5
Om5=Om5+dt*Ep5
!...reseni rovnice 7
fi5p=fi5p+dt*Om5p+(dt^2/2)*Ep5p
Om5p=Om5p+dt*Ep5p
!...reseni rovnice 8
x7p=x7p+dt*v7p+(dt^2/2)*Ep7p
v7p=v7p+dt*Ep7p

!...vypocet hnaciho momentu elektromotoru
Mh=M0-km*Om

!...vypocet momentu Mr
Z=l*fi4p !...zdvih bidla
v Z=l*Om4p !...rychlost bidla
IF Z>=(Zmax-Ymax) THEN !...paprsek je v kontaktu s celem tkaniny
Y=Z-(Zmax-Ymax) !...hodnota prirazneho pulzu
v Y=v Z !...rychlost prirazneho pulzu
KSI=KSI+dt*v_KSI+(dt^2/2)*a_KSI !...skluz utku
v_KSI=v_KSI+dt*a_KSI !...rychlost ut. pri prirazu
a_KSI=(K_1*v_Y-v_KSI)/(K_2*FIk) !...zrychleni ut. pri prirazu
R=alfa*KSI+beta*FIk*v_KSI; IF R<0 THEN R=0 END !...tkaci odpor
IF KSImax<>KSIp THEN !...nalezeni maximalniho skluzu
IF KSI<KSIp THEN
KSImax=KSIp
dKSI=KSImax-d-KSI !...pri nedorazu kladna hodnota
Ymax=Ymax+dKSI !...autoregulace
KSImax_d=KSImax
n=n+1 !...pocet zatkanych utku
ELSE
KSIp=KSI
END
END
ELSE !...paprsek neni v kontaktu s celem tkaniny
Y=0; v_Y=0
KSI=0; KSIp=0
v_KSI=v_Z
a_KSI=-v_KSI/(K_2*FIk)
R=0
END

```



Mr=R\*N\*1

```

!...vypocet zrychleni
!...zrychleni clenu 2p (rovnice 4.1)
c1_4=I4*p1_24(fi2p)*p2_24(fi2p)*Om2p^2
c2_4=C2*(fi2p-fi2)
c3_4=C4*(p0_24(fi2p)-fi4p)*p1_24(fi2p)
c4_4=C*P2*(P2*fi2p-fi5)
c5_4=K2*(Om2p-Om2)
c6_4=K4*(p1_24(fi2p)*Om2p-Om4p)*p1_24(fi2p)
c7_4=K*P2*(P2*Om2p-Om5)
c_jm4=I4*(p1_24(fi2p))^2
jm_4=I2p+c_jm4
Ep2p=(-c1_4-c2_4-c3_4-c4_4-c5_4-c6_4-c7_4)/jm_4
!...zrychleni clenu 4p (rovnice 5.1)
c1_5=C4*(fi4p-p0_24(fi2p))
c2_5=Om4p-p1_24(fi2p)*Om2p
c3_5=K4*c2_5
Ep4p=(-c1_5-Mr-c3_5)/I4p
!...zrychleni clenu 5 (rovnice 6.1)
c1_6=C*(fi5-P2*fi2p)
c2_6=C5*(fi5-fi5p)
c3_6=K*(Om5-P2*Om2p)
c4_6=K5*(Om5-Om5p)
Ep5p=(-c1_6-c2_6-c3_6-c4_6)/I
!...zrychleni clenu 5p (rovnice 7.1)
c1_7=m7*p1_57(fi5p)*p2_57(fi5p)*Om5p^2
c2_7=C5*(fi5p-fi5)
c3_7=C7*(p0_57(fi5p)-x7p)*p1_57(fi5p)
c4_7=K5*(Om5p-Om5)
c5_7=K7*(p1_57(fi5p)*Om5p-v7p)*p1_57(fi5p)
c_jm7=m7*(p1_57(fi5p))^2
jm_7=I5p+c_jm7
Ep5p=(-c1_7-c2_7-c3_7-c4_7-c5_7)/jm_7
!...zrychleni clenu 7p (rovnice 8.1)
c1_8=C7*(x7p-p0_57(fi5p))
c2_8=K7*(v7p-p1_57(fi5p)*Om5p)
Ep7p=(-c1_8-Fo(x7p, Co1, Co2)-c2_8)/m7p

```

IF t>=tz THEN

!...RESENI ROVNIC PRO PRIPAD ZASTAVENI STROJE:

```

!...vypocet zrychleni (rovnice 11.1)
!...zrychleni clenu 2 (rovnice 11.1)
c1_11=C2*(fi2-fi2p)
c2_11=K2*(Om2-Om2p)
Ep2=(-Mb-c1_11-c2_11)/Isp2

```

```

!...pri dosaz. nul. hodnoty uhlove rychlosti clenu 2 zastav. vypoctu
IF Om2<=0 THEN STOP END

```

END

IF Om2<Om1 THEN



!...RESENI ROVNIC PRO PRVNI FAZI ROZBEHU (spojka prokluzuje)

!...pohon:

!...vypocet zrychleni (rovnice 1.1 a 2.1)

!...zrychleni hridele elektromotoru (rovnice 1.1)

$Ep = (1/Ip) * (Mh - Cp * P1 * (P1 * fi - fi1) - Kp * P1 * (P1 * Om - Om1))$

!...zrychleni hnaci casti spojky (rovnice 2.1)

$Ep1 = (1/Isp1) * (-Cp * (fi1 - P1 * fi) - Mt - Kp * (Om1 - P1 * Om))$

!...stroj:

!...vypocet zrychleni (rovnice 3.1)

!...zrychleni clenu 2 (rovnice 3.1)

$c1\_3 = C2 * (fi2 - fi2p)$

$c2\_3 = K2 * (Om2 - Om2p)$

$Ep2 = (Mt - c1\_3 - c2\_3) / Isp2$

!...vyp. rozdilu uhlu natoceni mezi clen 1 a 2

$roz = fi1 - fi2$

ELSE

IF  $t < tz$  THEN

!...RESENI ROVNIC PRO DRUHOU FAZI ROZBEHU (spojka je plne sepnuta)

!...dosazeni symbolicke hodnoty do promenne Om1

$Om1 = -10$

!...vypocet zrychleni (rovnice 9.1 a 10.1)

!...zrychleni hridele elektromotoru (rovnice 9.1)

$c1\_9 = Cp * P1 * (P1 * fi - fi2 - roz)$

$c2\_9 = Kp * P1 * (P1 * Om - Om2)$

$Ep = (Mh - c1\_9 - c2\_9) / Ip$

!...zrychleni clenu 2 (rovnice 10.1)

$c1\_10 = Cp * (fi2 - P1 * fi + roz)$

$c2\_10 = C2 * (fi2 - fi2p)$

$c3\_10 = Kp * (Om2 - P1 * Om)$

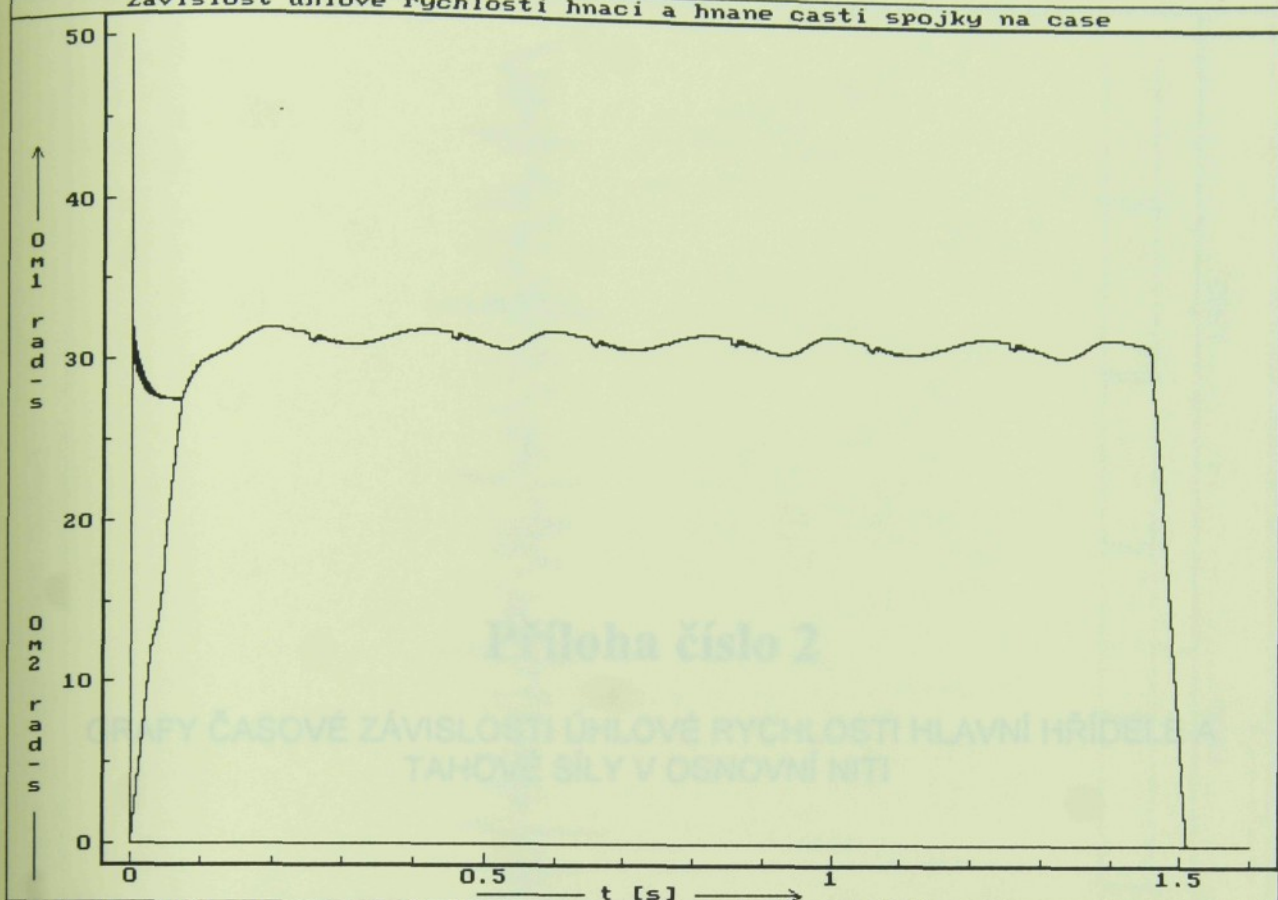
$c4\_10 = K2 * (Om2 - Om2p)$

$Ep2 = (-c1\_10 - c2\_10 - c3\_10 - c4\_10) / Isp$

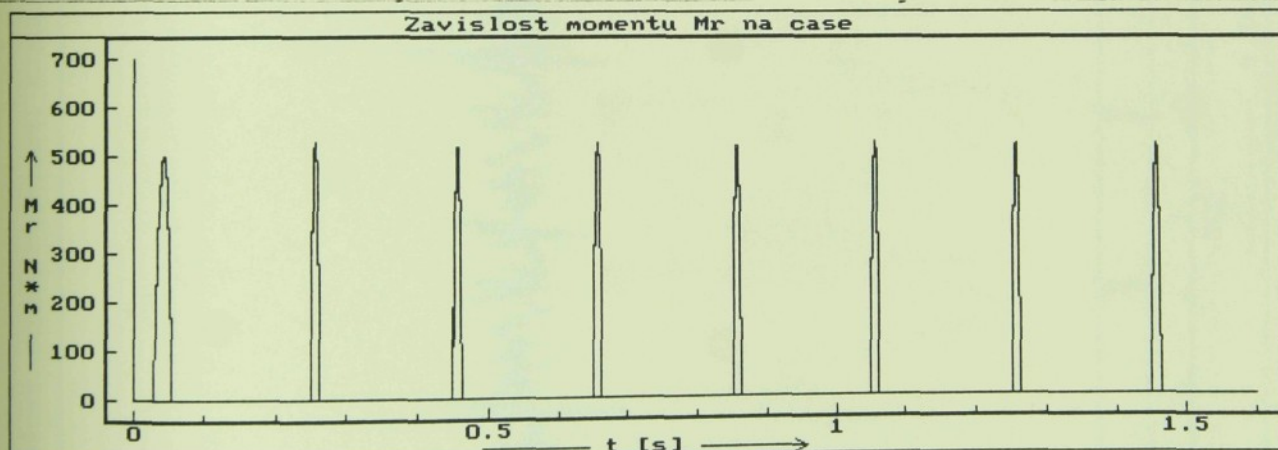
END



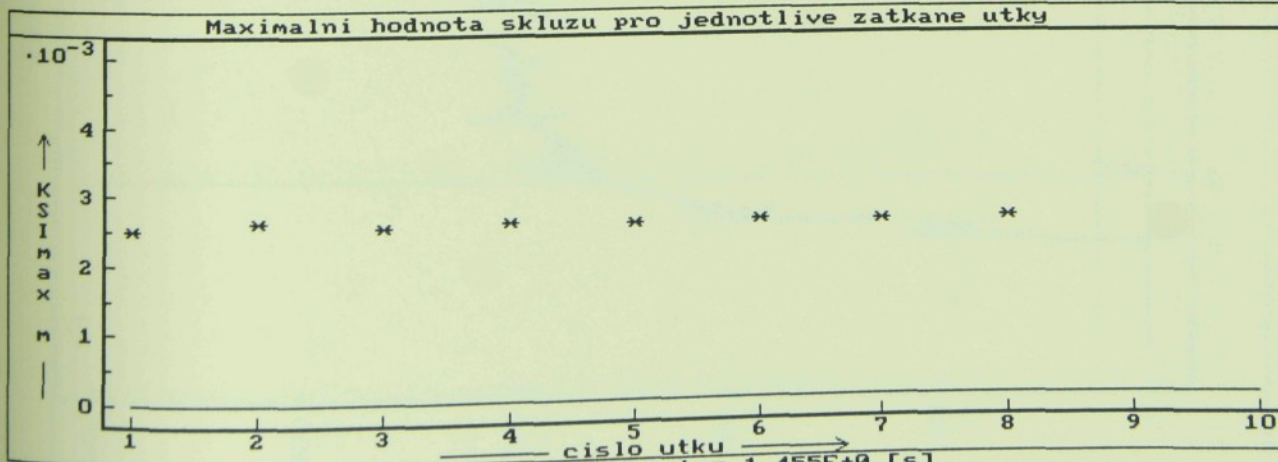
Zavislost uhlove rychlosti hnaci a hmane casti spojky na case



Zavislost momentu  $M_r$  na case



Maximalni hodnota skluzu pro jednotlivé zatřené utky



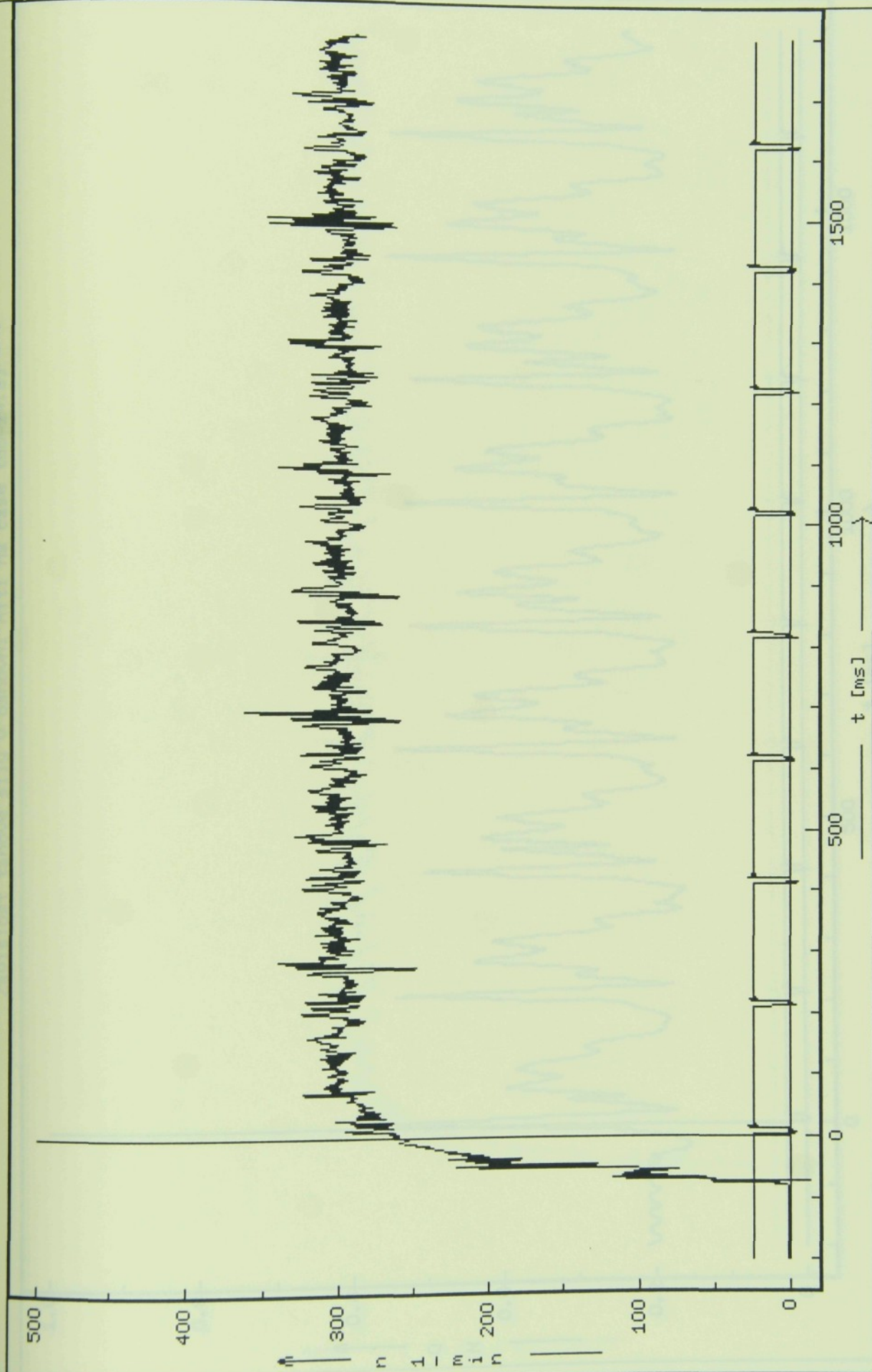


## Příloha číslo 2

GRAFY ČASOVÉ ZÁVISLOSTI ÚHLOVÉ RYCHLOSTI HLAVNÍ HŘÍDELE A  
TAHOVÉ SÍLY V OSNOVNÍ NITI

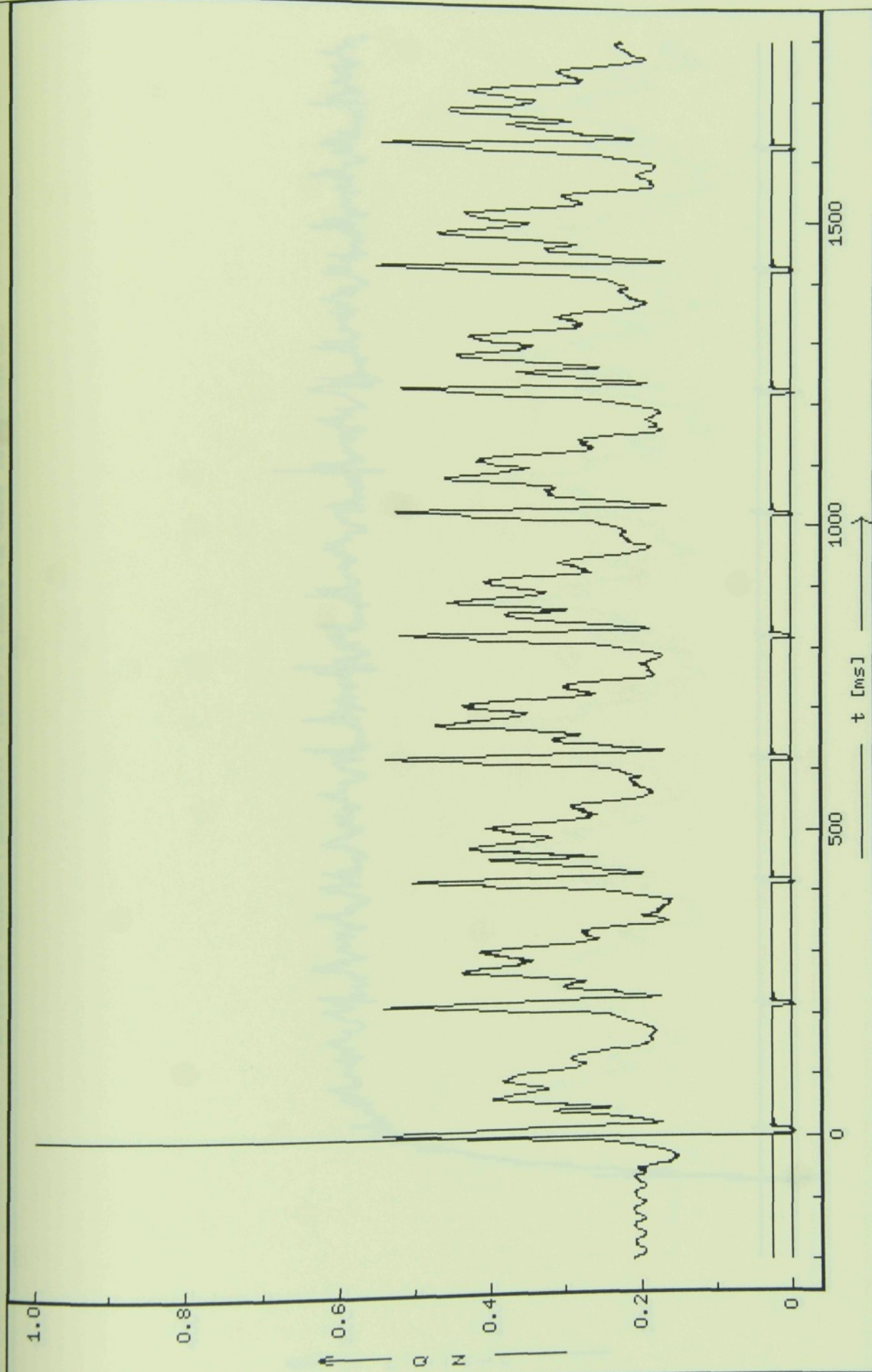


Zavislost uhlove rychlosti hlavni hridle na case [du=24.3n/cm]



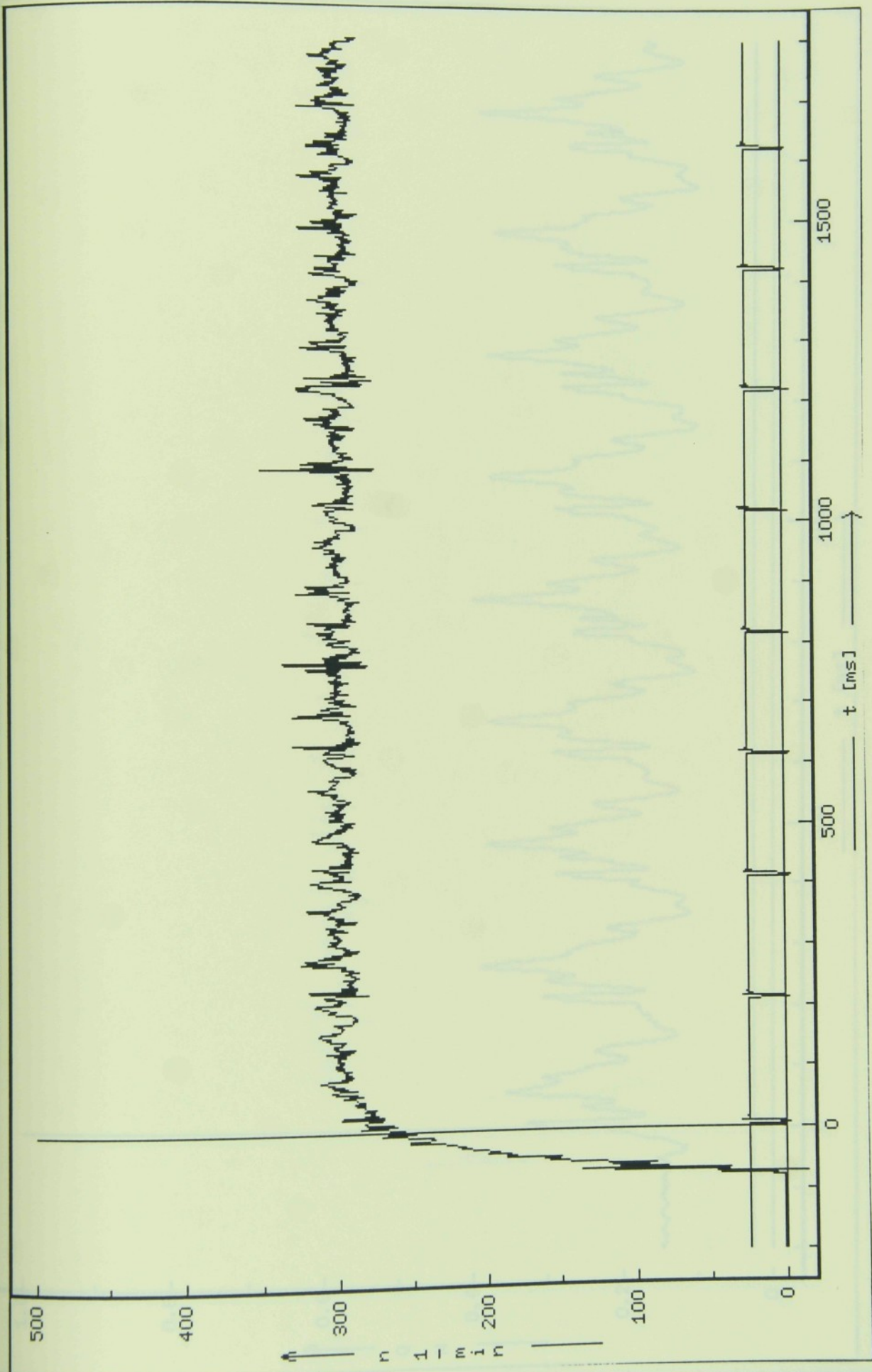


Zavislost tahove sily v osnovni niti na case [du=24.3]



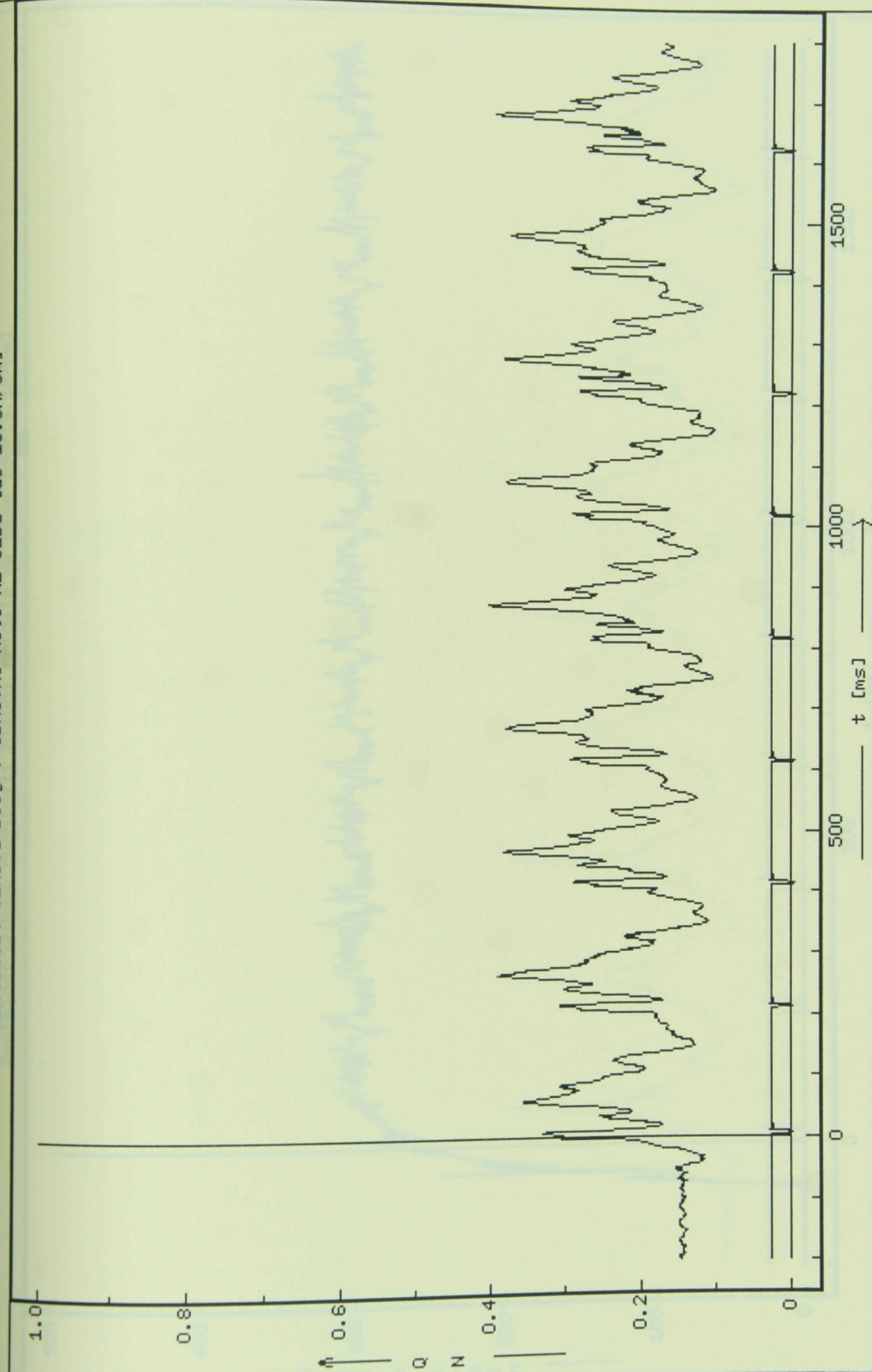


Zavislost uhlove rychlosti hlavní hřídele na case [du=19.3n/cm]



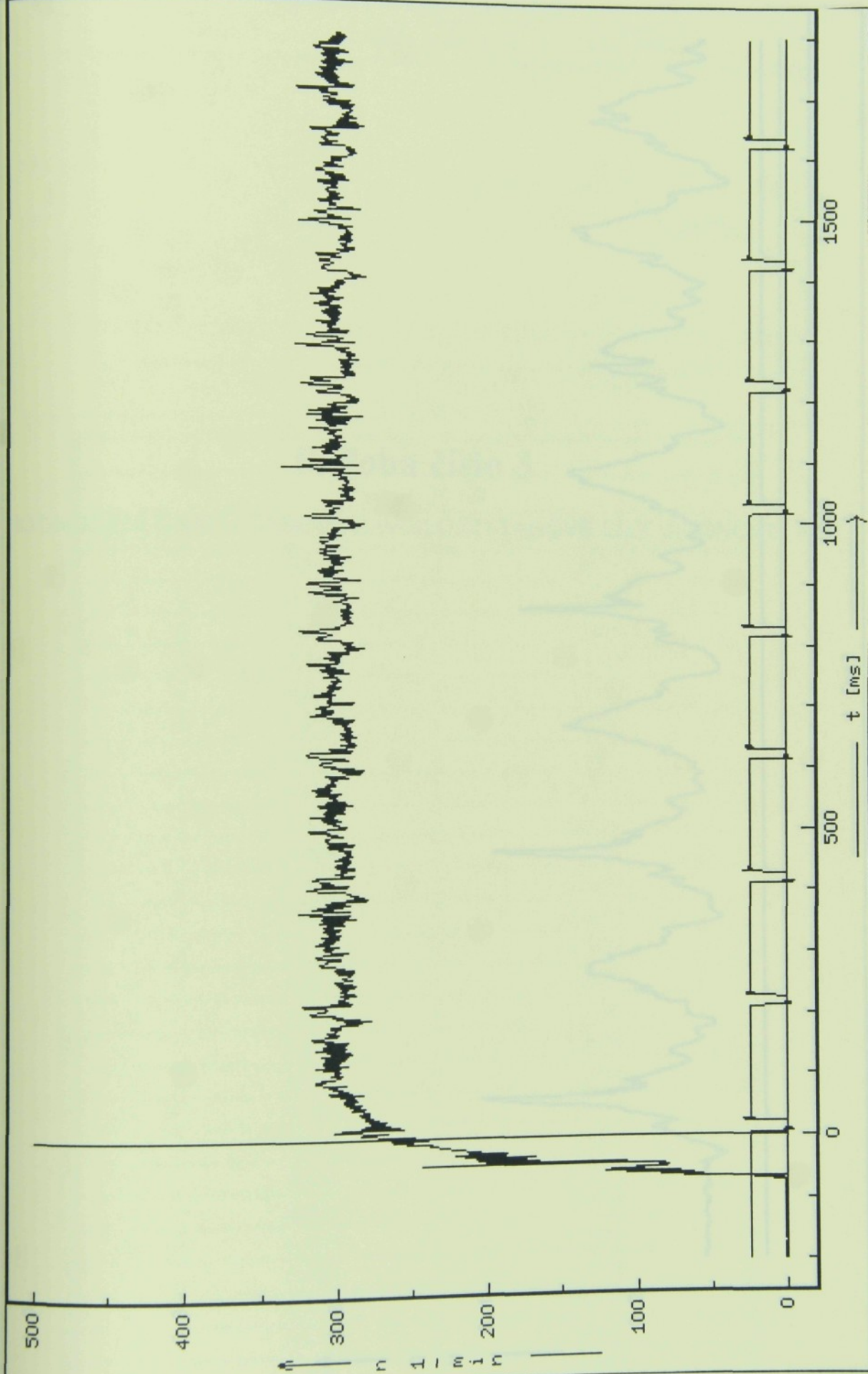


Zavislost tahove sily v osnovni niti na case [du=19.3n/cm]

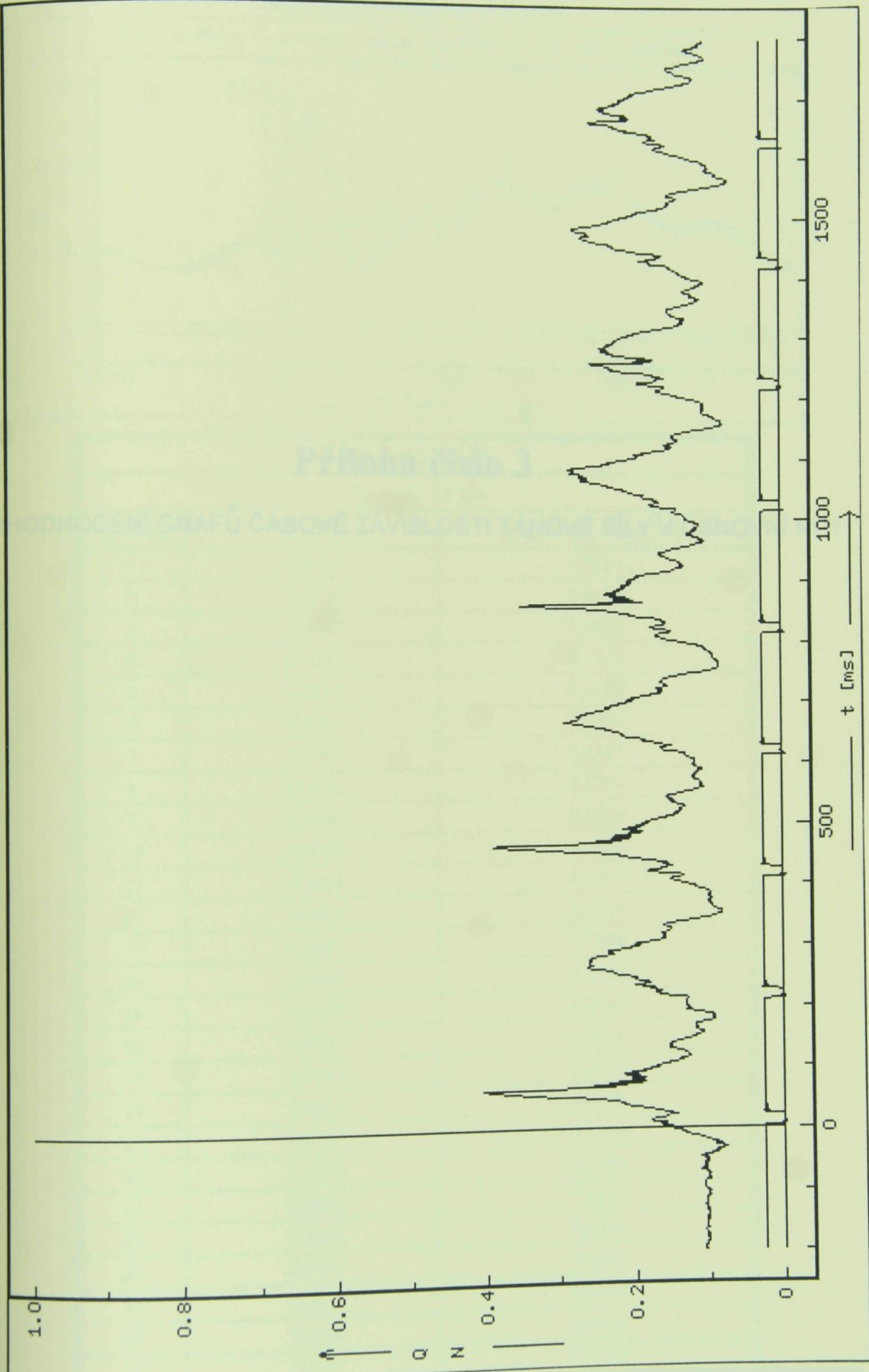




Zavislost uhlove rychlosti hlavní hřídele na case [du=13.1n/cm]



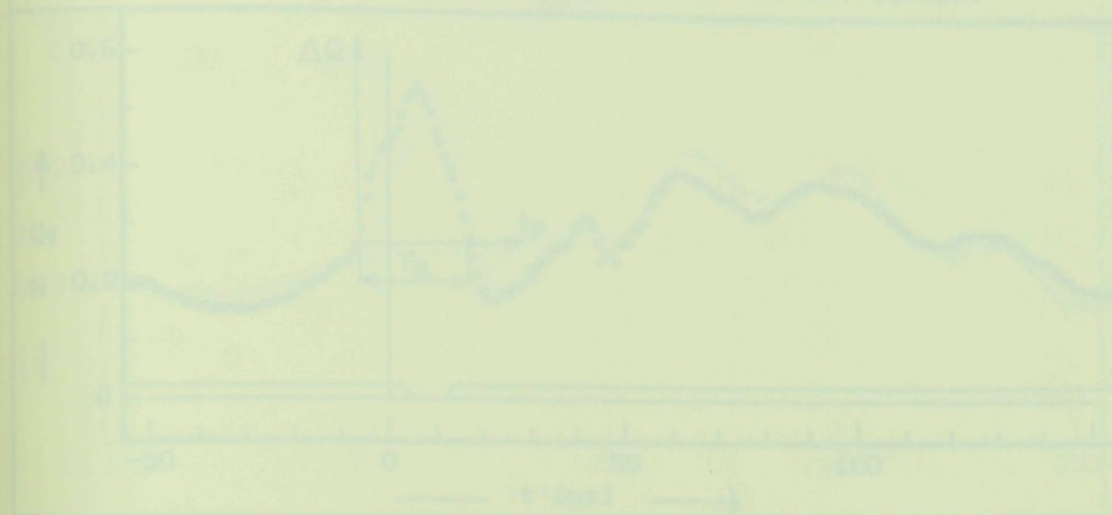


Zavislost tahove sily v osnovni niti na case [ $\text{du}=13.1\text{m/cm}$ ]



$d_n = 24,3 \text{ mm}$  (3. příloha)

Tahová síla v osnovní niti (dávka 0,2 / 1. tř. ocelový)

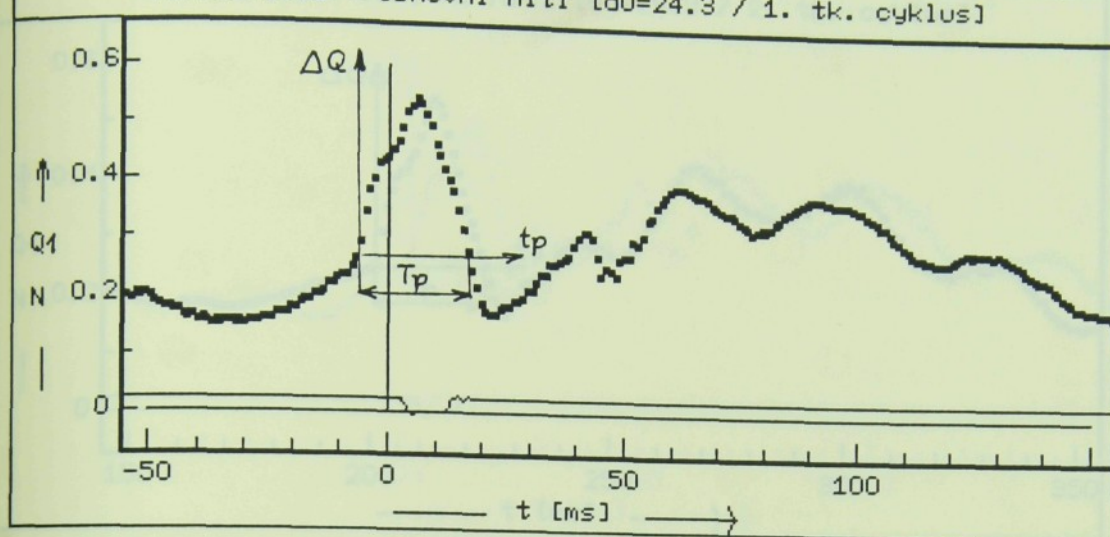


### Příloha číslo 3

VYHODNOCENÍ GRAFŮ ČASOVÉ ZÁVISLOSTI TAHOVÉ SÍLY V OSNOVNÍ NITI

|    |        |        |
|----|--------|--------|
| 1  | 0,2023 | 0,0176 |
| 2  | 0,2040 | 0,0453 |
| 3  | 0,2407 | 0,0080 |
| 4  | 0,2814 | 0,1327 |
| 5  | 0,3025 | 0,1393 |
| 6  | 0,3236 | 0,1508 |
| 7  | 0,3827 | 0,1540 |
| 8  | 0,4072 | 0,1885 |
| 9  | 0,4255 | 0,2000 |
| 10 | 0,4673 | 0,2171 |
| 11 | 0,4915 | 0,2423 |
| 12 | 0,5001 | 0,2714 |
| 13 | 0,5276 | 0,2789 |
| 14 | 0,5427 | 0,2840 |
| 15 | 0,5559 | 0,2855 |
| 16 | 0,5341 | 0,2954 |
| 17 | 0,4985 | 0,2155 |
| 18 | 0,4838 | 0,2143 |
| 19 | 0,4447 | 0,1750 |
| 20 | 0,4191 | 0,1704 |
| 21 | 0,4010 | 0,1529 |
| 22 | 0,3829 | 0,1343 |
| 23 | 0,3497 | 0,1010 |
| 24 | 0,3151 | 0,0564 |
| 25 | 0,2804 | 0,0317 |
| 26 | 0,2487 | 0,0000 |



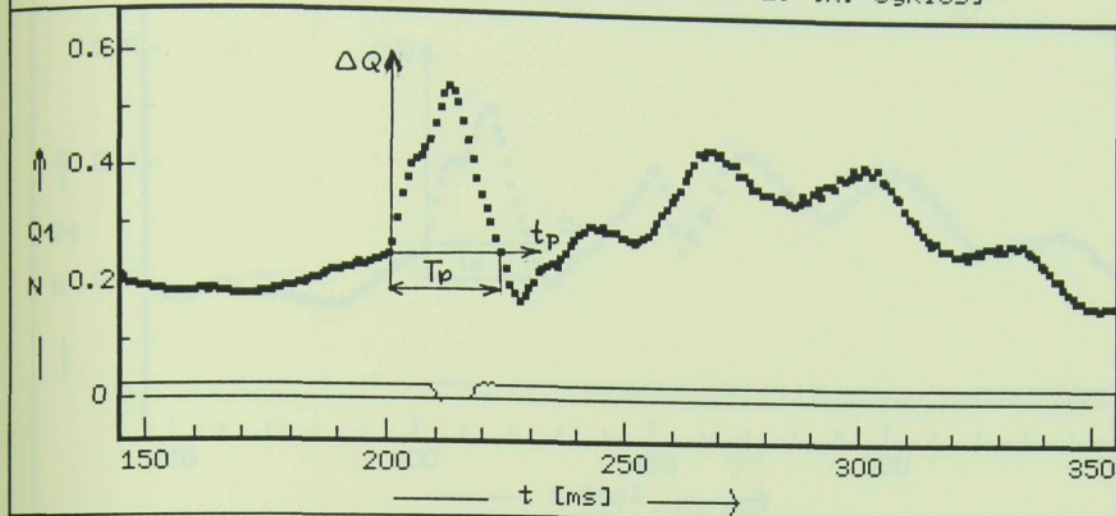
$du = 24,3 \text{ n/cm}$  [1. příraz]Tahová síla v osnovní niti [ $du=24.3$  / 1. tk. cyklus]

$$Q_z = 0,2487 \text{ N}$$

$$T_p = 25,18 \text{ ms}$$

| tp [ms] | Q1 [N] | $\Delta Q = Q1 - Q_z$ [N] |
|---------|--------|---------------------------|
| 1       | 0,2623 | 0,0136                    |
| 2       | 0,2940 | 0,0453                    |
| 3       | 0,3467 | 0,0980                    |
| 4       | 0,3814 | 0,1327                    |
| 5       | 0,4025 | 0,1533                    |
| 6       | 0,4296 | 0,1809                    |
| 7       | 0,4327 | 0,1840                    |
| 8       | 0,4372 | 0,1885                    |
| 9       | 0,4553 | 0,2066                    |
| 10      | 0,4658 | 0,2171                    |
| 11      | 0,4915 | 0,2428                    |
| 12      | 0,5201 | 0,2714                    |
| 13      | 0,5276 | 0,2789                    |
| 14      | 0,5427 | 0,2940                    |
| 15      | 0,5352 | 0,2865                    |
| 16      | 0,5141 | 0,2654                    |
| 17      | 0,4945 | 0,2458                    |
| 18      | 0,4628 | 0,2141                    |
| 19      | 0,4447 | 0,1960                    |
| 20      | 0,4191 | 0,1704                    |
| 21      | 0,4010 | 0,1523                    |
| 22      | 0,3829 | 0,1342                    |
| 23      | 0,3497 | 0,1010                    |
| 24      | 0,3151 | 0,0664                    |
| 25      | 0,2804 | 0,0317                    |
| 26      | 0,2487 | 0,0000                    |

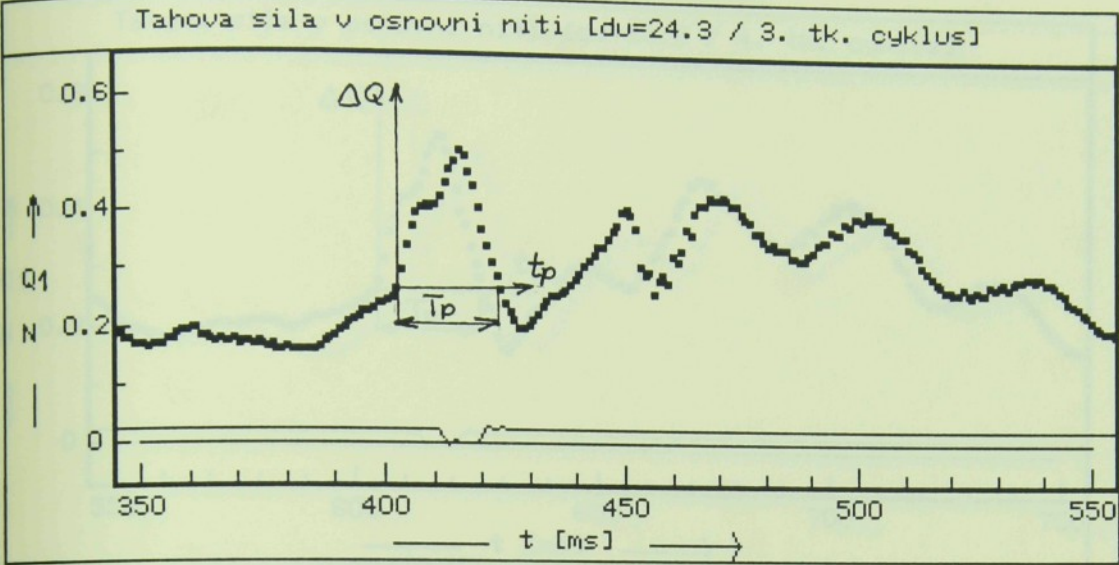


$du = 24,3 \text{ n/cm}$  [2. příraz]Tahová síla v osnovní niti [ $du=24.3 / 2.$  tk. cyklus] $Q_z = 0,2442 \text{ N}$  $T_p = 24,46 \text{ ms}$ 

| $t_p \text{ [ms]}$ | $Q_1 \text{ [N]}$ | $\Delta Q = Q_1 - Q_z \text{ [N]}$ |
|--------------------|-------------------|------------------------------------|
| 1                  | 0,2503            | 0,0061                             |
| 2                  | 0,2683            | 0,0241                             |
| 3                  | 0,3121            | 0,0679                             |
| 4                  | 0,3543            | 0,1101                             |
| 5                  | 0,3814            | 0,1399                             |
| 6                  | 0,4055            | 0,1603                             |
| 7                  | 0,4161            | 0,1719                             |
| 8                  | 0,4191            | 0,1749                             |
| 9                  | 0,4327            | 0,1885                             |
| 10                 | 0,4492            | 0,2050                             |
| 11                 | 0,4779            | 0,2337                             |
| 12                 | 0,5065            | 0,2623                             |
| 13                 | 0,5307            | 0,2865                             |
| 14                 | 0,5427            | 0,2985                             |
| 15                 | 0,5322            | 0,2880                             |
| 16                 | 0,5126            | 0,2684                             |
| 17                 | 0,4839            | 0,2397                             |
| 18                 | 0,4492            | 0,2050                             |
| 19                 | 0,4176            | 0,1734                             |
| 20                 | 0,3844            | 0,1402                             |
| 21                 | 0,3558            | 0,1116                             |
| 22                 | 0,3332            | 0,0890                             |
| 23                 | 0,3075            | 0,0633                             |
| 24                 | 0,2789            | 0,0347                             |
| 25                 | 0,2578            | 0,0136                             |

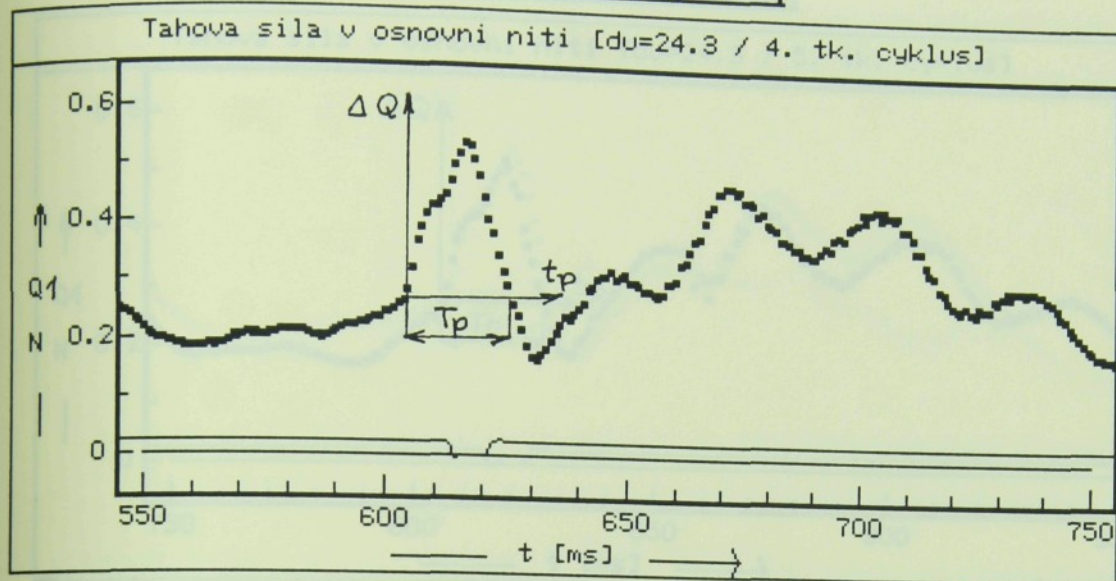


$du = 24,3 \text{ n/cm}$  [3.příráz]



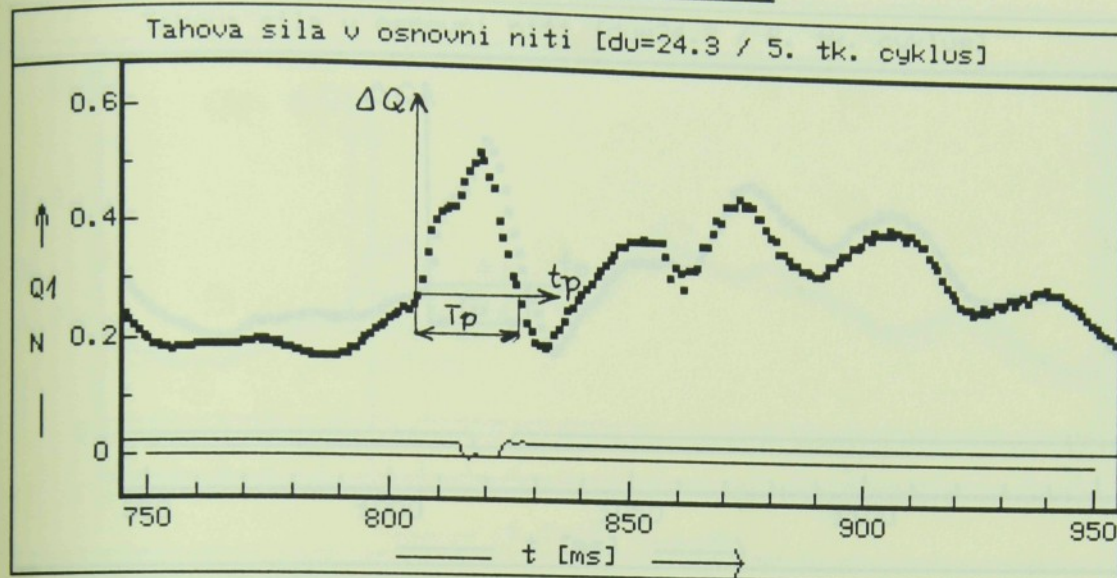
| $Q_z = 0,2382 \text{ N}$ |        |                            |
|--------------------------|--------|----------------------------|
| $T_p = 25,54 \text{ ms}$ |        |                            |
| tp [ms]                  | Q1 [N] | $\Delta Q = Q_1 - Q_z$ [N] |
| 1                        | 0,2457 | 0,0075                     |
| 2                        | 0,2533 | 0,0151                     |
| 3                        | 0,2653 | 0,0271                     |
| 4                        | 0,3000 | 0,0618                     |
| 5                        | 0,3407 | 0,1025                     |
| 6                        | 0,3754 | 0,1372                     |
| 7                        | 0,3950 | 0,1568                     |
| 8                        | 0,4055 | 0,1673                     |
| 9                        | 0,4101 | 0,1719                     |
| 10                       | 0,4070 | 0,1688                     |
| 11                       | 0,4116 | 0,1734                     |
| 12                       | 0,4251 | 0,1869                     |
| 13                       | 0,4462 | 0,2080                     |
| 14                       | 0,4719 | 0,2337                     |
| 15                       | 0,4884 | 0,2502                     |
| 16                       | 0,5050 | 0,2663                     |
| 17                       | 0,4975 | 0,2593                     |
| 18                       | 0,4688 | 0,2306                     |
| 19                       | 0,4462 | 0,2080                     |
| 20                       | 0,4070 | 0,1688                     |
| 21                       | 0,3663 | 0,1281                     |
| 22                       | 0,3407 | 0,1025                     |
| 23                       | 0,3121 | 0,0739                     |
| 24                       | 0,2864 | 0,0482                     |
| 25                       | 0,2653 | 0,0271                     |
| 26                       | 0,2427 | 0,0045                     |



$du = 24,3 \text{ n/cm [4.příráz]}$  $Qz = 0,2623 \text{ N}$  $Tp = 22,66 \text{ ms}$ 

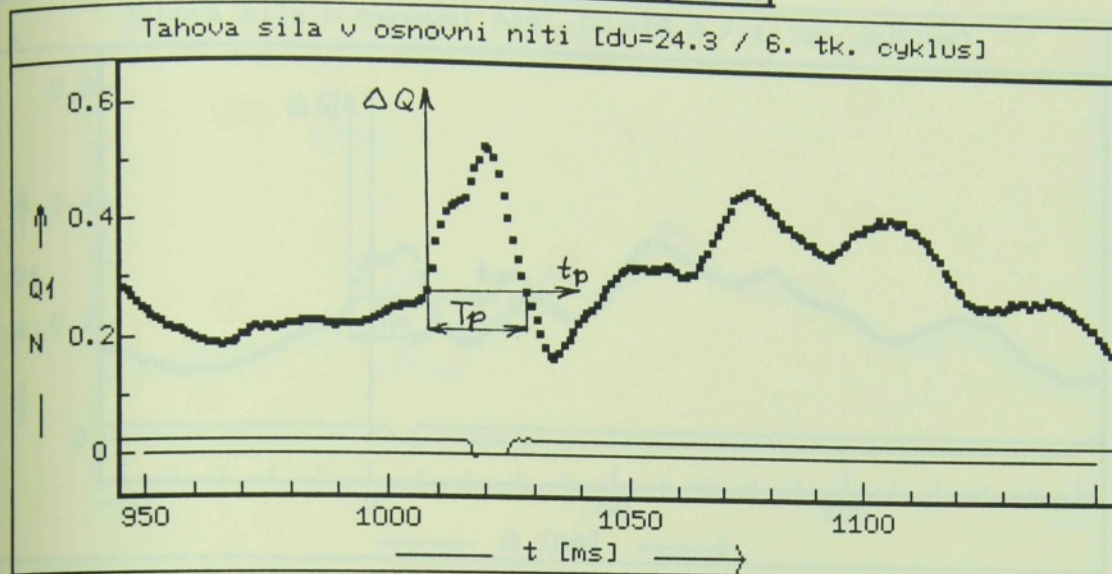
| $tp$ [ms] | $Q1$ [N] | $\Delta Q = Q1 - Qz$ [N] |
|-----------|----------|--------------------------|
| 1         | 0,2834   | 0,0211                   |
| 2         | 0,3226   | 0,0603                   |
| 3         | 0,3663   | 0,1040                   |
| 4         | 0,3905   | 0,1327                   |
| 5         | 0,4146   | 0,1523                   |
| 6         | 0,4296   | 0,1673                   |
| 7         | 0,4312   | 0,1689                   |
| 8         | 0,4402   | 0,1779                   |
| 9         | 0,4508   | 0,1885                   |
| 10        | 0,4734   | 0,2111                   |
| 11        | 0,5020   | 0,2397                   |
| 12        | 0,5201   | 0,2578                   |
| 13        | 0,5397   | 0,2774                   |
| 14        | 0,5352   | 0,2729                   |
| 15        | 0,5095   | 0,2472                   |
| 16        | 0,4839   | 0,2216                   |
| 17        | 0,4432   | 0,1809                   |
| 18        | 0,4055   | 0,1432                   |
| 19        | 0,3814   | 0,1191                   |
| 20        | 0,3467   | 0,0844                   |
| 21        | 0,3166   | 0,0543                   |
| 22        | 0,2940   | 0,0317                   |
| 23        | 0,2638   | 0,0015                   |



$du = 24,3 \text{ n/cm}$  [5.příraz] $Q_z = 0,2518 \text{ N}$  $T_p = 23,38 \text{ ms}$ 

| $tp$ [ms] | $Q1$ [N] | $\Delta Q = Q1 - Q_z$ [N] |
|-----------|----------|---------------------------|
| 1         | 0,2608   | 0,0090                    |
| 2         | 0,2759   | 0,0247                    |
| 3         | 0,3015   | 0,0497                    |
| 4         | 0,3513   | 0,0995                    |
| 5         | 0,3859   | 0,1341                    |
| 6         | 0,4070   | 0,1552                    |
| 7         | 0,4221   | 0,1703                    |
| 8         | 0,4266   | 0,1748                    |
| 9         | 0,4281   | 0,1763                    |
| 10        | 0,4312   | 0,1794                    |
| 11        | 0,4462   | 0,1944                    |
| 12        | 0,4734   | 0,2216                    |
| 13        | 0,4915   | 0,2397                    |
| 14        | 0,5065   | 0,2547                    |
| 15        | 0,5231   | 0,2713                    |
| 16        | 0,5080   | 0,2562                    |
| 17        | 0,4839   | 0,2321                    |
| 18        | 0,4613   | 0,2095                    |
| 19        | 0,4070   | 0,1552                    |
| 20        | 0,3769   | 0,1251                    |
| 21        | 0,3513   | 0,0995                    |
| 22        | 0,3136   | 0,0618                    |
| 23        | 0,2970   | 0,0452                    |
| 24        | 0,2623   | 0,0105                    |



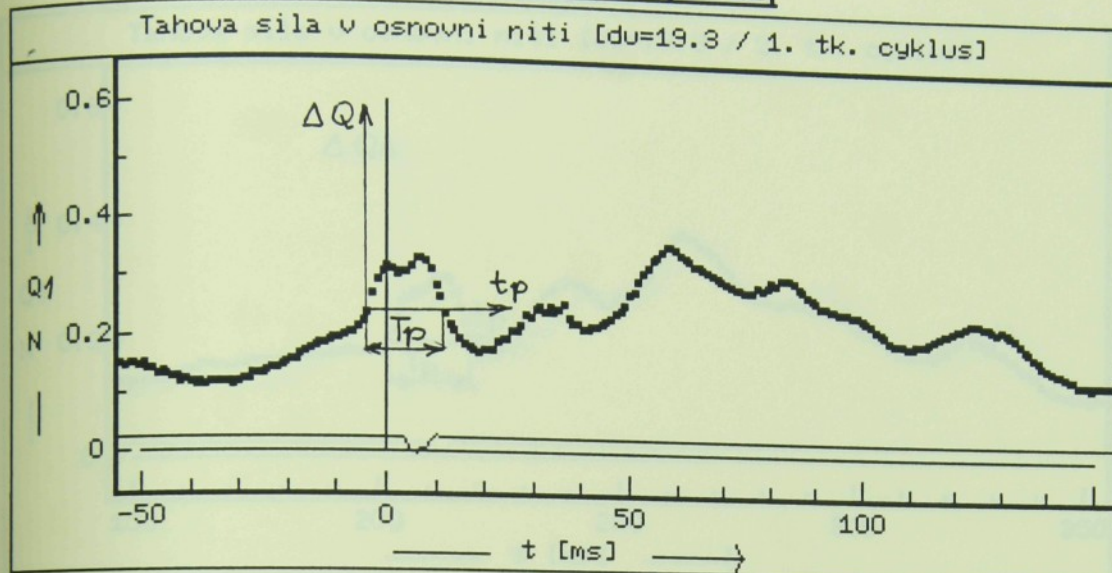
$du = 24,3 \text{ n/cm}$  [6.příráz]

$$Q_z = 0,2638 \text{ N}$$

$$T_p = 21,12 \text{ ms}$$

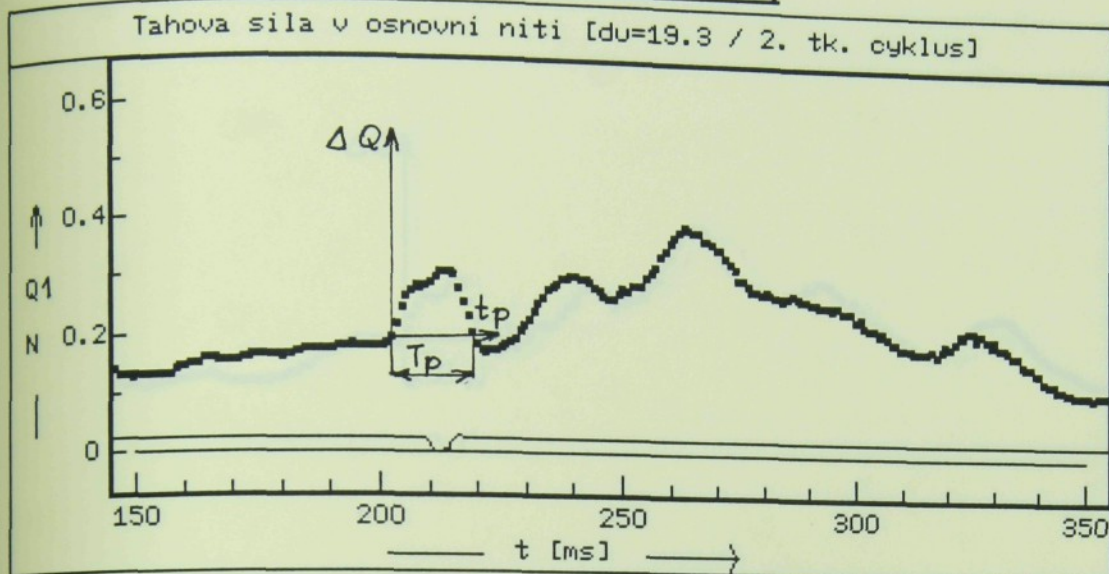
| $t_p$ [ms] | $Q1$ [N] | $\Delta Q = Q1 - Q_z$ [N] |
|------------|----------|---------------------------|
| 1          | 0,2804   | 0,0202                    |
| 2          | 0,3181   | 0,0543                    |
| 3          | 0,3618   | 0,0980                    |
| 4          | 0,3905   | 0,1276                    |
| 5          | 0,4131   | 0,1493                    |
| 6          | 0,4266   | 0,1628                    |
| 7          | 0,4296   | 0,1658                    |
| 8          | 0,4342   | 0,1704                    |
| 9          | 0,4417   | 0,1779                    |
| 10         | 0,4673   | 0,2035                    |
| 11         | 0,4915   | 0,2277                    |
| 12         | 0,5080   | 0,2442                    |
| 13         | 0,5276   | 0,2638                    |
| 14         | 0,5246   | 0,2608                    |
| 15         | 0,5080   | 0,2442                    |
| 16         | 0,4824   | 0,2186                    |
| 17         | 0,4447   | 0,1809                    |
| 18         | 0,4085   | 0,1447                    |
| 19         | 0,3693   | 0,1055                    |
| 20         | 0,3347   | 0,0709                    |
| 21         | 0,3045   | 0,0407                    |
| 22         | 0,2804   | 0,0166                    |



$du = 19,3 \text{ n/cm}$  [1. příraz]Tahová síla v osnovní niti [ $du=19.3 / 1.$  tk. cyklus] $Q_z = 0,2050 \text{ N}$  $T_p = 20,50 \text{ ms}$ 

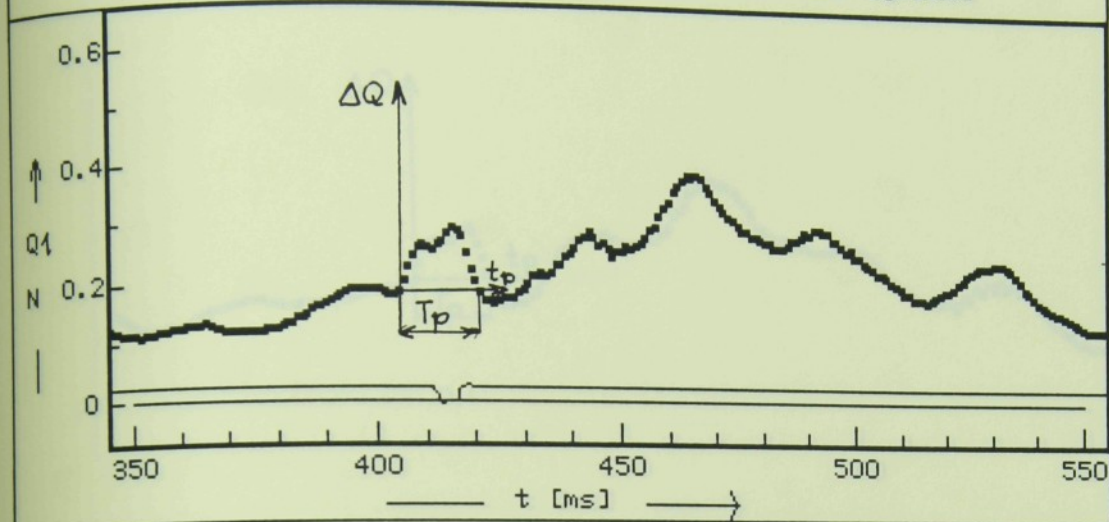
| $t_p \text{ [ms]}$ | $Q_1 \text{ [N]}$ | $\Delta Q = Q_1 - Q_z \text{ [N]}$ |
|--------------------|-------------------|------------------------------------|
| 1                  | 0,2141            | 0,0091                             |
| 2                  | 0,2216            | 0,0166                             |
| 3                  | 0,2382            | 0,0332                             |
| 4                  | 0,2698            | 0,0648                             |
| 5                  | 0,2955            | 0,0905                             |
| 6                  | 0,3090            | 0,1040                             |
| 7                  | 0,3181            | 0,1131                             |
| 8                  | 0,3121            | 0,1071                             |
| 9                  | 0,3045            | 0,0995                             |
| 10                 | 0,3060            | 0,1010                             |
| 11                 | 0,3090            | 0,1040                             |
| 12                 | 0,3181            | 0,1131                             |
| 13                 | 0,3317            | 0,1267                             |
| 14                 | 0,3286            | 0,1236                             |
| 15                 | 0,3271            | 0,1221                             |
| 16                 | 0,3136            | 0,1086                             |
| 17                 | 0,2849            | 0,0799                             |
| 18                 | 0,2638            | 0,0588                             |
| 19                 | 0,2352            | 0,0302                             |
| 20                 | 0,2201            | 0,0151                             |
| 21                 | 0,2065            | 0,0015                             |



$du = 19,3 \text{ n/cm}$  [2. příraz]Tahova síla v osnovní niti [ $du=19.3 / 2.$  tk. cyklus] $Q_z = 0,1839 \text{ N}$  $T_p = 18,34 \text{ ms}$ 

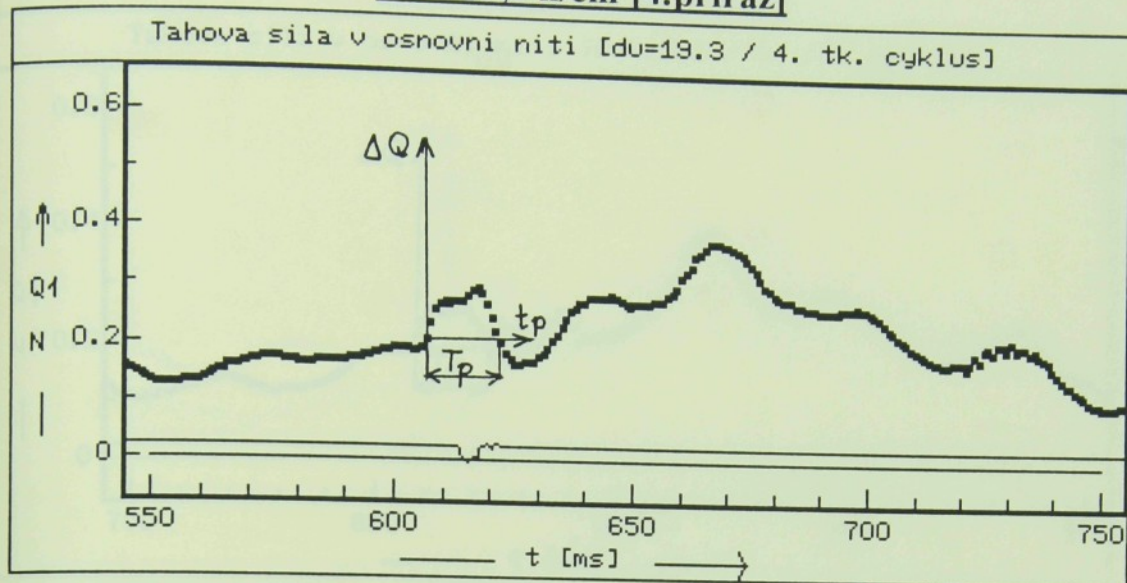
| tp [ms] | Q1 [N] | $\Delta Q = Q1 - Q_z$ [N] |
|---------|--------|---------------------------|
| 1       | 0,1945 | 0,0106                    |
| 2       | 0,2171 | 0,0332                    |
| 3       | 0,2457 | 0,0618                    |
| 4       | 0,2653 | 0,0814                    |
| 5       | 0,2759 | 0,0920                    |
| 6       | 0,2819 | 0,0980                    |
| 7       | 0,2804 | 0,0965                    |
| 8       | 0,2834 | 0,0995                    |
| 9       | 0,2879 | 0,1040                    |
| 10      | 0,2970 | 0,1131                    |
| 11      | 0,3060 | 0,1221                    |
| 12      | 0,3090 | 0,1251                    |
| 13      | 0,3090 | 0,1251                    |
| 14      | 0,3015 | 0,1176                    |
| 15      | 0,2804 | 0,0965                    |
| 16      | 0,2563 | 0,0724                    |
| 17      | 0,2291 | 0,0452                    |
| 18      | 0,2020 | 0,0181                    |
| 19      | 0,1839 | 0,0000                    |



$du = 19,3 \text{ n/cm}$  [3.příraz]Tahová síla v osnovní niti [ $du=19.3 / 3. \text{ tk. cyklus}$ ] $Q_z = 0,1824 \text{ N}$  $T_p = 17,22 \text{ ms}$ 

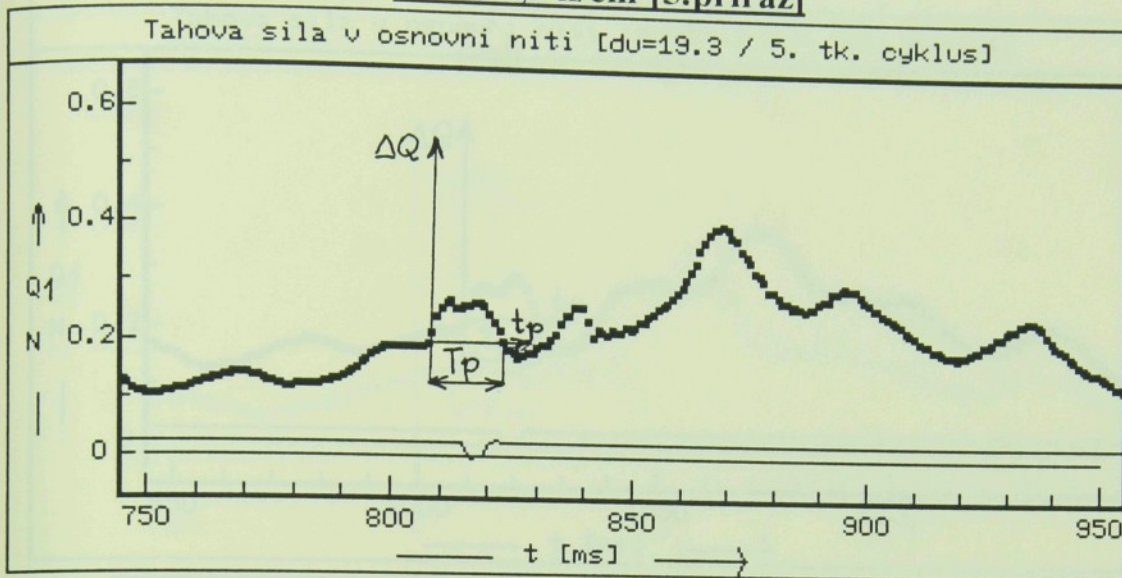
| $t_p$ [ms] | $Q_1$ [N] | $\Delta Q = Q_1 - Q_z$ [N] |
|------------|-----------|----------------------------|
| 1          | 0,2020    | 0,0196                     |
| 2          | 0,2276    | 0,0452                     |
| 3          | 0,2457    | 0,0633                     |
| 4          | 0,2578    | 0,0754                     |
| 5          | 0,2638    | 0,0814                     |
| 6          | 0,2593    | 0,0769                     |
| 7          | 0,2563    | 0,0739                     |
| 8          | 0,2638    | 0,0814                     |
| 9          | 0,2714    | 0,0890                     |
| 10         | 0,2819    | 0,0995                     |
| 11         | 0,2910    | 0,1086                     |
| 12         | 0,2879    | 0,1055                     |
| 13         | 0,2774    | 0,0950                     |
| 14         | 0,2518    | 0,0694                     |
| 15         | 0,2216    | 0,0392                     |
| 16         | 0,2035    | 0,0211                     |
| 17         | 0,1824    | 0,0000                     |



$du = 19,3 \text{ n/cm}$  [4.příraz]

| $Qz = 0,1930 \text{ N}$ |          |                          |
|-------------------------|----------|--------------------------|
| $Tp = 16,54 \text{ ms}$ |          |                          |
| $tp$ [ms]               | $Q1$ [N] | $\Delta Q = Q1 - Qz$ [N] |
| 1                       | 0,2080   | 0,0150                   |
| 2                       | 0,2352   | 0,0422                   |
| 3                       | 0,2578   | 0,0648                   |
| 4                       | 0,2683   | 0,0753                   |
| 5                       | 0,2729   | 0,0799                   |
| 6                       | 0,2714   | 0,0784                   |
| 7                       | 0,2729   | 0,0799                   |
| 8                       | 0,2729   | 0,0799                   |
| 9                       | 0,2744   | 0,0814                   |
| 10                      | 0,2834   | 0,0904                   |
| 11                      | 0,2925   | 0,0995                   |
| 12                      | 0,2970   | 0,1040                   |
| 13                      | 0,2910   | 0,0980                   |
| 14                      | 0,2714   | 0,0784                   |
| 15                      | 0,2457   | 0,0527                   |
| 16                      | 0,2246   | 0,0316                   |
| 17                      | 0,2035   | 0,0105                   |

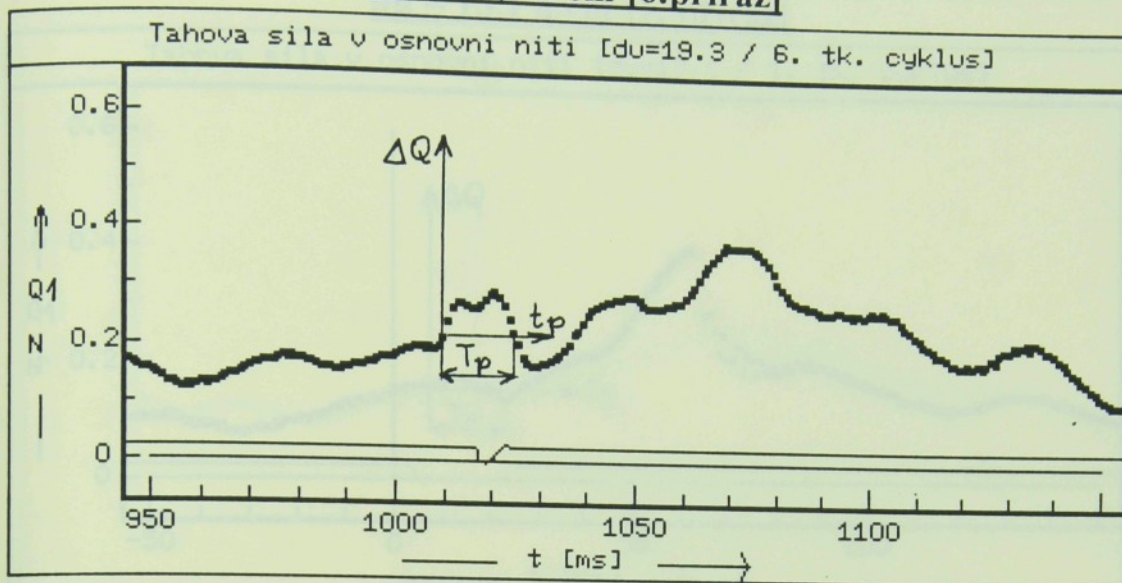


**$du = 19,3 \text{ n/cm [5.příráz]}$** 

| $Qz = 0,1884 \text{ N}$ |          |                          |
|-------------------------|----------|--------------------------|
| $Tp = 16,55 \text{ ms}$ |          |                          |
| $tp$ [ms]               | $Q1$ [N] | $\Delta Q = Q1 - Qz$ [N] |
| 1                       | 0,1945   | 0,0061                   |
| 2                       | 0,2111   | 0,0227                   |
| 3                       | 0,2397   | 0,0513                   |
| 4                       | 0,2548   | 0,0664                   |
| 5                       | 0,2653   | 0,0769                   |
| 6                       | 0,2683   | 0,0799                   |
| 7                       | 0,2578   | 0,0694                   |
| 8                       | 0,2578   | 0,0694                   |
| 9                       | 0,2578   | 0,0694                   |
| 10                      | 0,2593   | 0,0709                   |
| 11                      | 0,2653   | 0,0769                   |
| 12                      | 0,2623   | 0,0739                   |
| 13                      | 0,2578   | 0,0694                   |
| 14                      | 0,2472   | 0,0588                   |
| 15                      | 0,2322   | 0,0438                   |
| 16                      | 0,2186   | 0,0302                   |
| 17                      | 0,1990   | 0,0106                   |



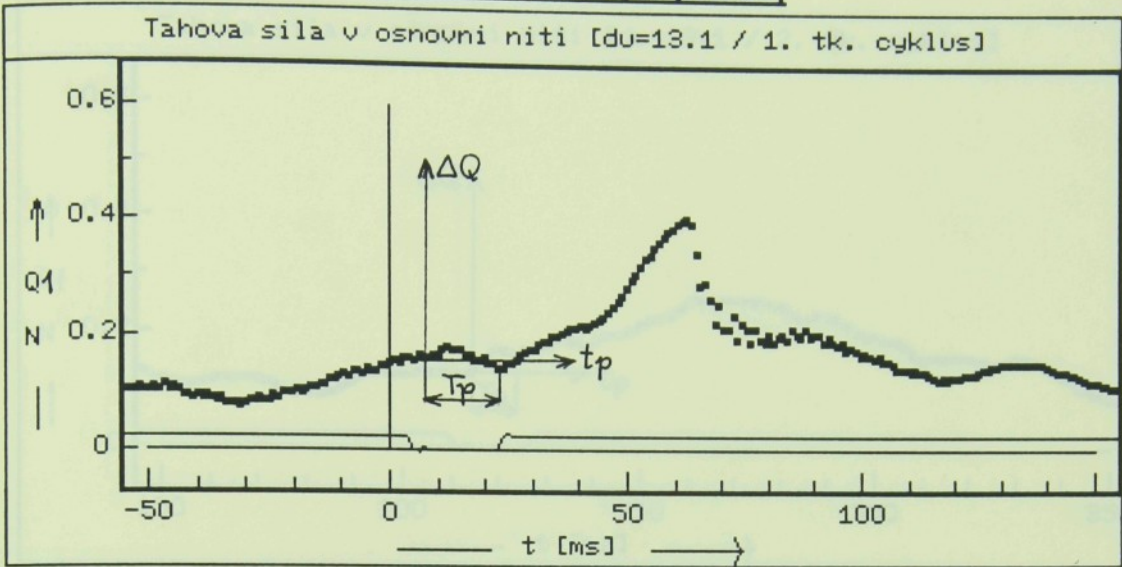
du = 19,3 n/cm [6.přiraz]



| $Q_z = 0,1930\text{ N}$ |                  |                                   |
|-------------------------|------------------|-----------------------------------|
| $T_p = 17,63\text{ ms}$ |                  |                                   |
| $t_p\text{ [ms]}$       | $Q_1\text{ [N]}$ | $\Delta Q = Q_1 - Q_z\text{ [N]}$ |
| 1                       | 0,1990           | 0,0060                            |
| 2                       | 0,2156           | 0,0226                            |
| 3                       | 0,2397           | 0,0467                            |
| 4                       | 0,2638           | 0,0708                            |
| 5                       | 0,2744           | 0,0814                            |
| 6                       | 0,2759           | 0,0829                            |
| 7                       | 0,2714           | 0,0784                            |
| 8                       | 0,2668           | 0,0738                            |
| 9                       | 0,2638           | 0,0708                            |
| 10                      | 0,2683           | 0,0753                            |
| 11                      | 0,2774           | 0,0844                            |
| 12                      | 0,2894           | 0,0964                            |
| 13                      | 0,2940           | 0,1010                            |
| 14                      | 0,2819           | 0,0889                            |
| 15                      | 0,2683           | 0,0753                            |
| 16                      | 0,2472           | 0,0542                            |
| 17                      | 0,2231           | 0,0301                            |
| 18                      | 0,2005           | 0,0075                            |

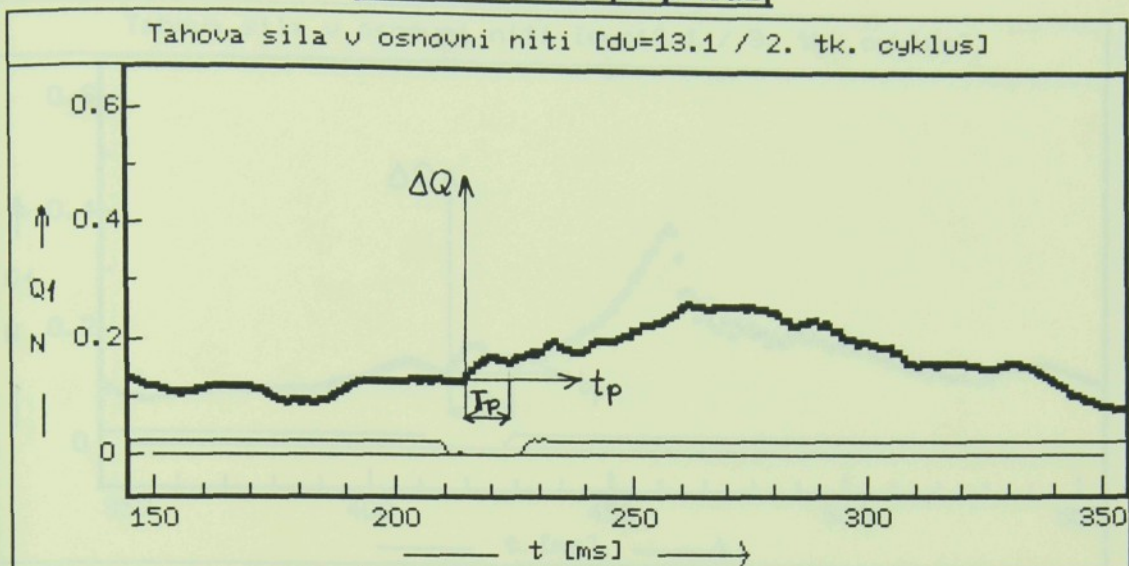


$du = 13,1 \text{ n/cm}$  [1. příraz]



| $Q_z = 0,1583 \text{ N}$ |           |                            |
|--------------------------|-----------|----------------------------|
| $T_p = 9,72 \text{ ms}$  |           |                            |
| $t_p$ [ms]               | $Q_1$ [N] | $\Delta Q = Q_1 - Q_z$ [N] |
| 1                        | 0,1658    | 0,0075                     |
| 2                        | 0,1658    | 0,0075                     |
| 3                        | 0,1734    | 0,0151                     |
| 4                        | 0,1779    | 0,0196                     |
| 5                        | 0,1764    | 0,0181                     |
| 6                        | 0,1779    | 0,0196                     |
| 7                        | 0,1719    | 0,0136                     |
| 8                        | 0,1673    | 0,0090                     |
| 9                        | 0,1658    | 0,0075                     |
| 10                       | 0,1583    | 0,0000                     |



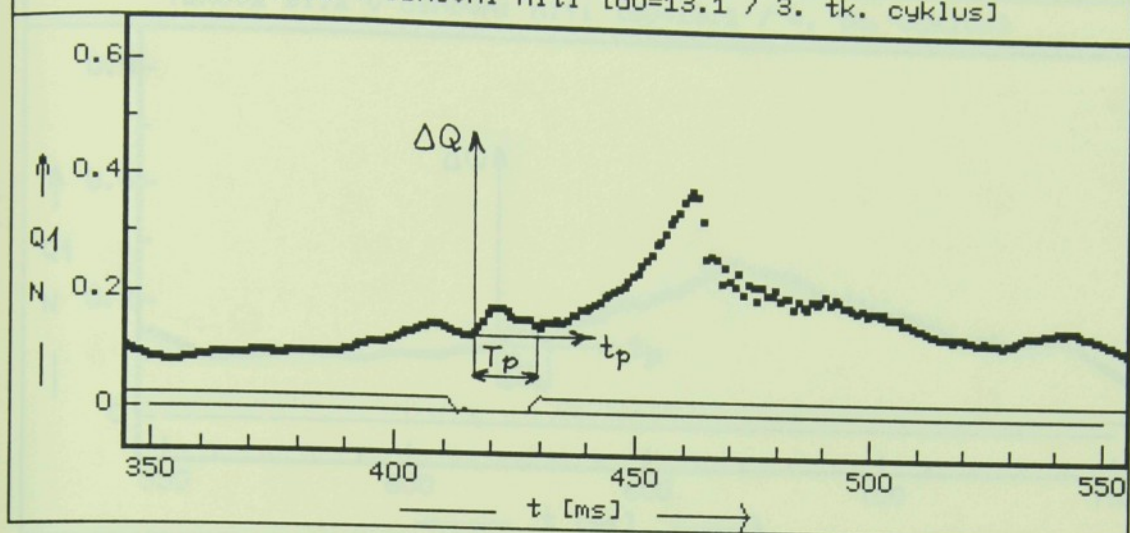
$du = 13,1 \text{ n/cm}$  [2. příraz]

$$Q_z = 0,1296 \text{ N}$$

$$T_p = 9,71 \text{ ms}$$

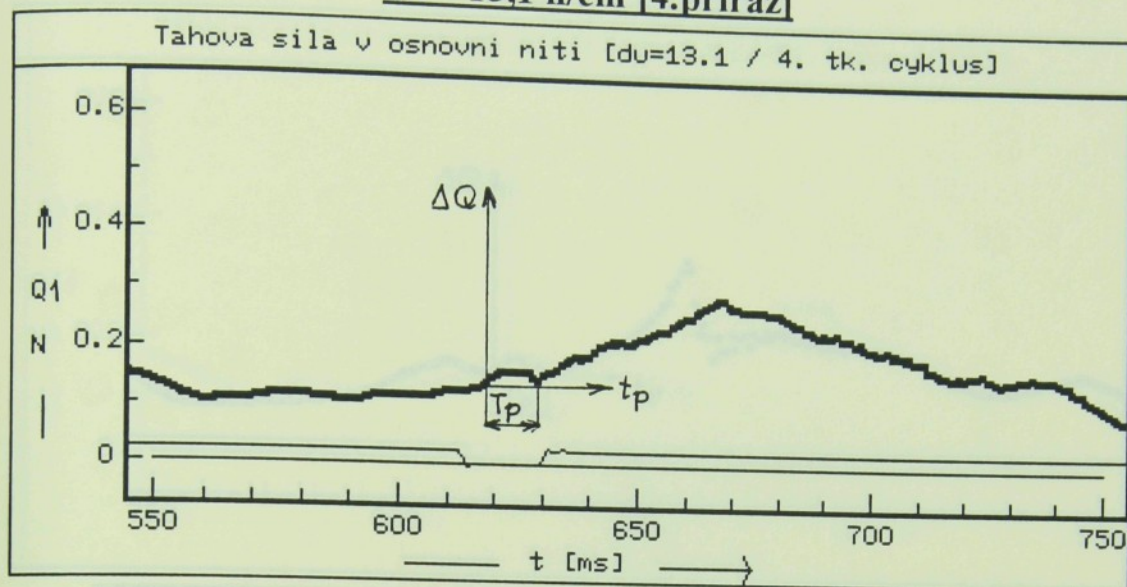
| $t_p$ [ms] | $Q_1$ [N] | $\Delta Q = Q_1 - Q_z$ [N] |
|------------|-----------|----------------------------|
| 1          | 0,1357    | 0,0061                     |
| 2          | 0,1462    | 0,0166                     |
| 3          | 0,1553    | 0,0257                     |
| 4          | 0,1613    | 0,0317                     |
| 5          | 0,1658    | 0,0362                     |
| 6          | 0,1688    | 0,0392                     |
| 7          | 0,1704    | 0,0408                     |
| 8          | 0,1673    | 0,0377                     |
| 9          | 0,1643    | 0,0347                     |
| 10         | 0,1628    | 0,0332                     |



$du = 13,1 \text{ n/cm}$  [3.příráz]Tahová síla v osnovní niti [ $du=13.1 / 3.$  tk. cyklus] $Q_z = 0,1372 \text{ N}$  $T_p = 9,70 \text{ ms}$ 

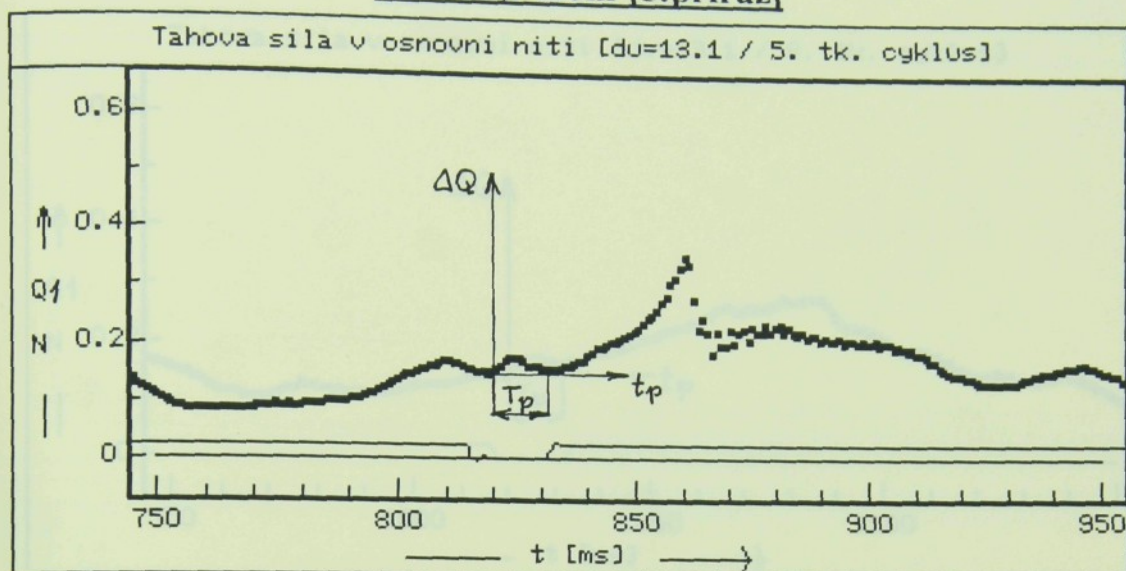
| $t_p \text{ [ms]}$ | $Q_1 \text{ [N]}$ | $\Delta Q = Q_1 - Q_z \text{ [N]}$ |
|--------------------|-------------------|------------------------------------|
| 1                  | 0,1447            | 0,0075                             |
| 2                  | 0,1583            | 0,0211                             |
| 3                  | 0,1673            | 0,0301                             |
| 4                  | 0,1779            | 0,0407                             |
| 5                  | 0,1809            | 0,0437                             |
| 6                  | 0,1779            | 0,0407                             |
| 7                  | 0,1764            | 0,0392                             |
| 8                  | 0,1658            | 0,0286                             |
| 9                  | 0,1598            | 0,0226                             |



$du = 13,1 \text{ n/cm}$  [4.příráz]

| $Q_z = 0,1312 \text{ N}$ |                   |                                    |
|--------------------------|-------------------|------------------------------------|
| $T_p = 12,59 \text{ ms}$ |                   |                                    |
| $t_p \text{ [ms]}$       | $Q_1 \text{ [N]}$ | $\Delta Q = Q_1 - Q_z \text{ [N]}$ |
| 1                        | 0,1357            | 0,0045                             |
| 2                        | 0,1417            | 0,0105                             |
| 3                        | 0,1492            | 0,0180                             |
| 4                        | 0,1568            | 0,0256                             |
| 5                        | 0,1598            | 0,0286                             |
| 6                        | 0,1613            | 0,0301                             |
| 7                        | 0,1613            | 0,0301                             |
| 8                        | 0,1628            | 0,0316                             |
| 9                        | 0,1628            | 0,0316                             |
| 10                       | 0,1583            | 0,0271                             |
| 11                       | 0,1523            | 0,0211                             |
| 12                       | 0,1477            | 0,0165                             |

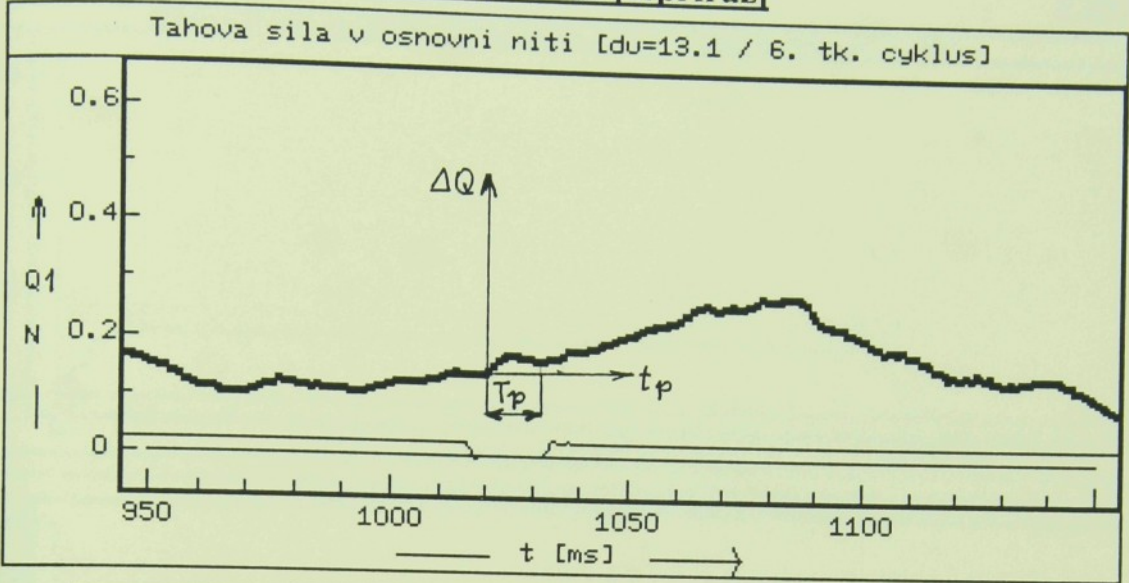


$du = 13,1 \text{ n/cm}$  [5.příraz]

| $Q_z = 0,1492 \text{ N}$ |                   |                                    |
|--------------------------|-------------------|------------------------------------|
| $T_p = 9,00 \text{ ms}$  |                   |                                    |
| $t_p \text{ [ms]}$       | $Q_1 \text{ [N]}$ | $\Delta Q = Q_1 - Q_z \text{ [N]}$ |
| 1                        | 0,1553            | 0,0061                             |
| 2                        | 0,1628            | 0,0136                             |
| 3                        | 0,1673            | 0,0181                             |
| 4                        | 0,1734            | 0,0242                             |
| 5                        | 0,1749            | 0,0257                             |
| 6                        | 0,1734            | 0,0242                             |
| 7                        | 0,1688            | 0,0196                             |
| 8                        | 0,1628            | 0,0136                             |
| 9                        | 0,1598            | 0,0106                             |



$du = 13,1 \text{ n/cm}$  [6.příraz]



| $Q_z = 0,1417 \text{ N}$ |                   |                                    |
|--------------------------|-------------------|------------------------------------|
| $T_p = 11,51 \text{ ms}$ |                   |                                    |
| $t_p \text{ [ms]}$       | $Q_1 \text{ [N]}$ | $\Delta Q = Q_1 - Q_z \text{ [N]}$ |
| 1                        | 0,1462            | 0,0045                             |
| 2                        | 0,1553            | 0,0136                             |
| 3                        | 0,1643            | 0,0226                             |
| 4                        | 0,1688            | 0,0271                             |
| 5                        | 0,1749            | 0,0332                             |
| 6                        | 0,1749            | 0,0332                             |
| 7                        | 0,1719            | 0,0302                             |
| 8                        | 0,1719            | 0,0302                             |
| 9                        | 0,1688            | 0,0271                             |
| 10                       | 0,1658            | 0,0241                             |
| 11                       | 0,1643            | 0,0226                             |



## Příloha číslo 4

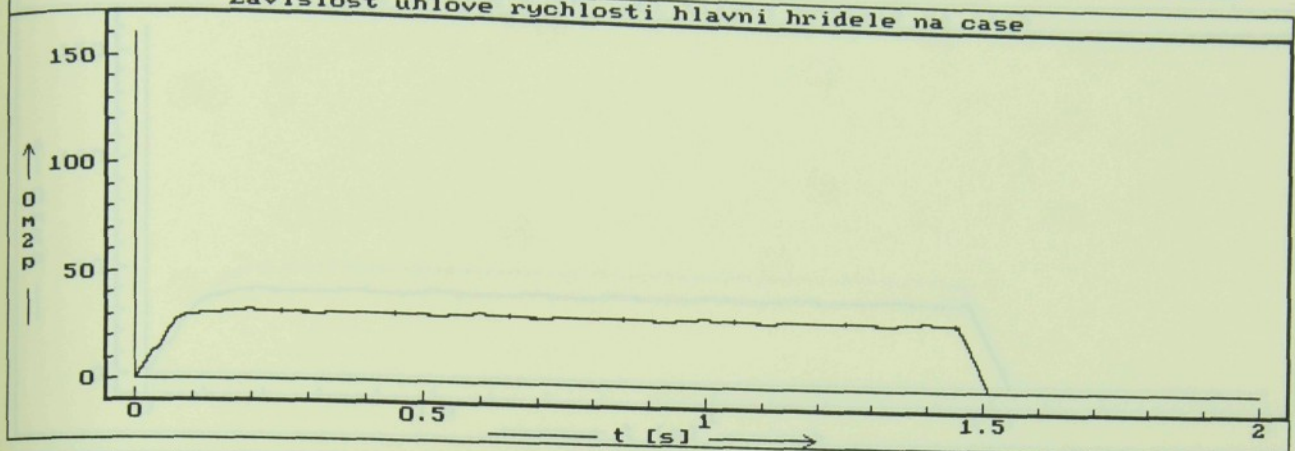
VÝSTUPNÍ GRAFY NUMERICKÉ SIMULACE PRO RŮZNÉ TKACÍ FREKVENCE



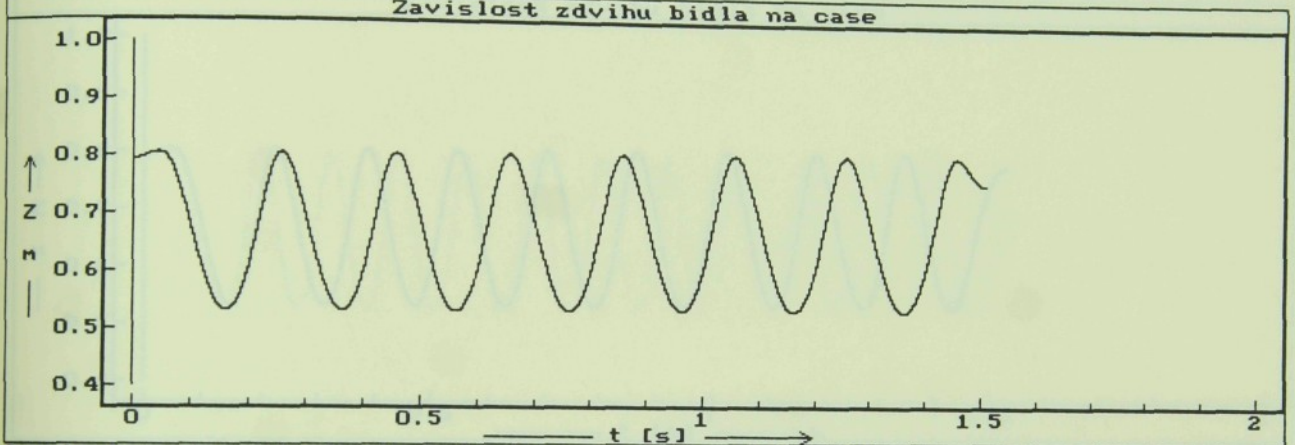
otáčky: 298 ot/min

P1=1/5

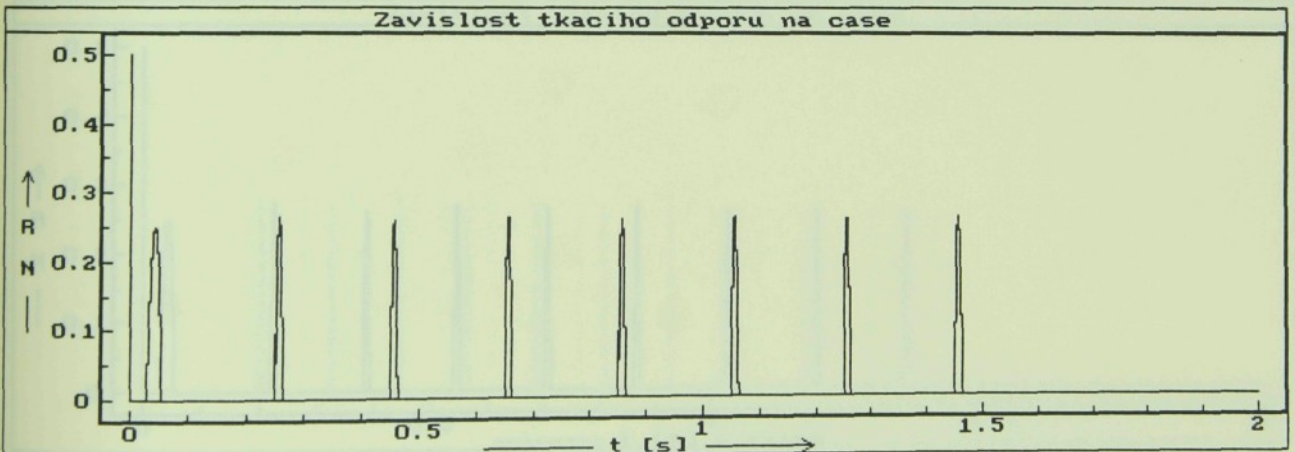
Zavislost uhlove rychlosti hlavni hridele na case



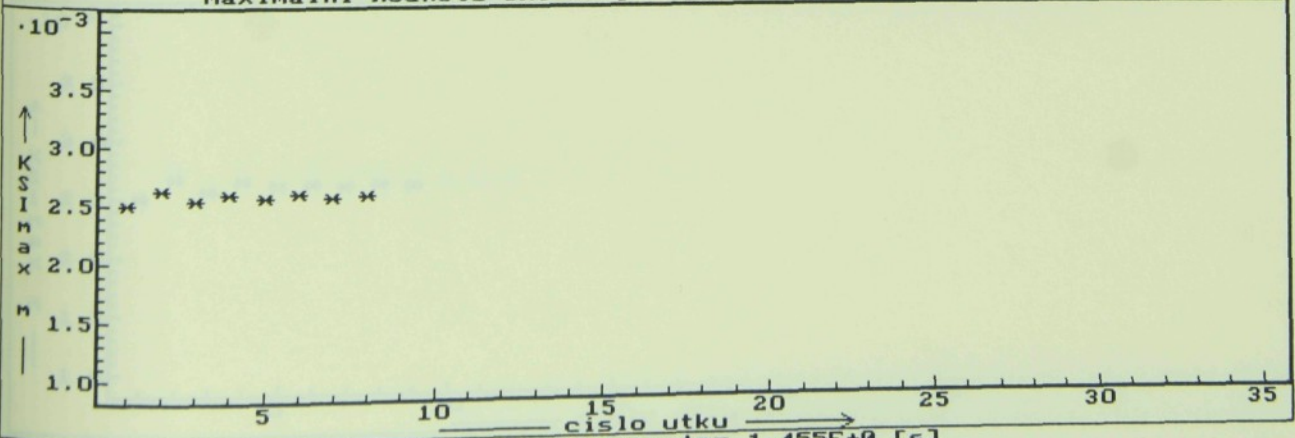
Zavislost zdvihu bidla na case

Impulz k zastaveni stroje bude dan v case  $t_z = 1.455E+0$  [s]

Zavislost tkaciho odporu na case

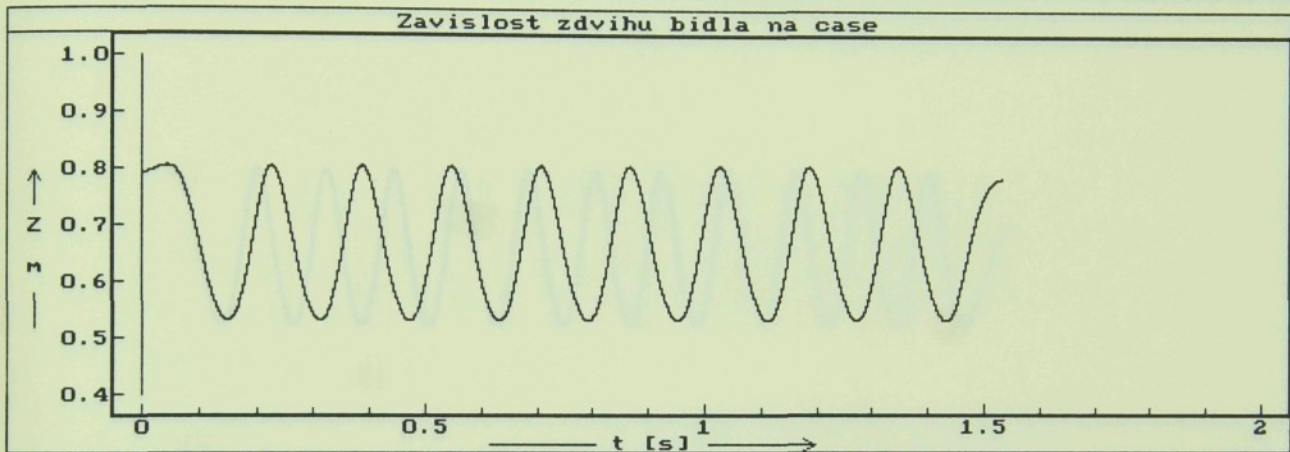
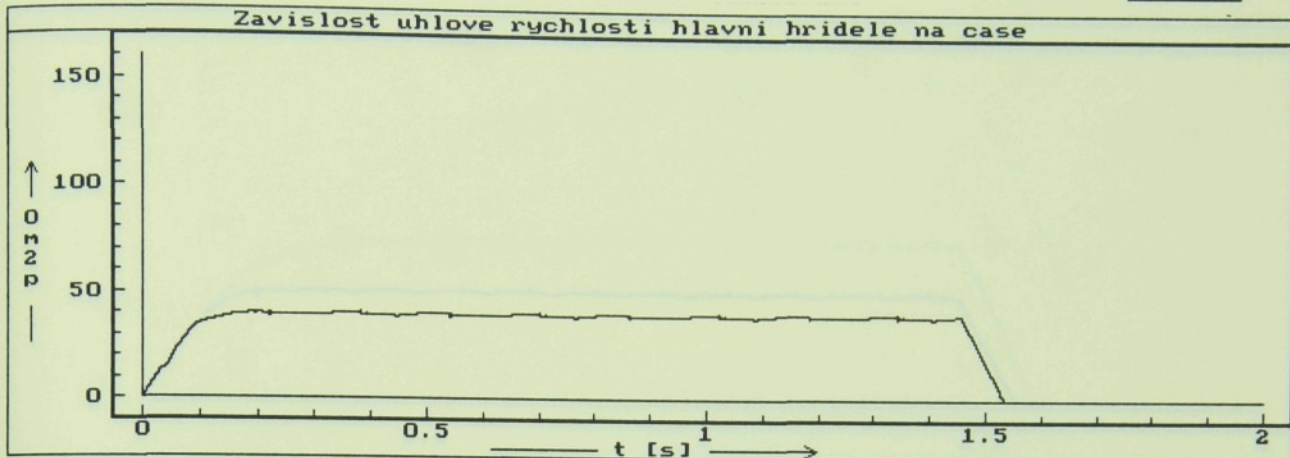
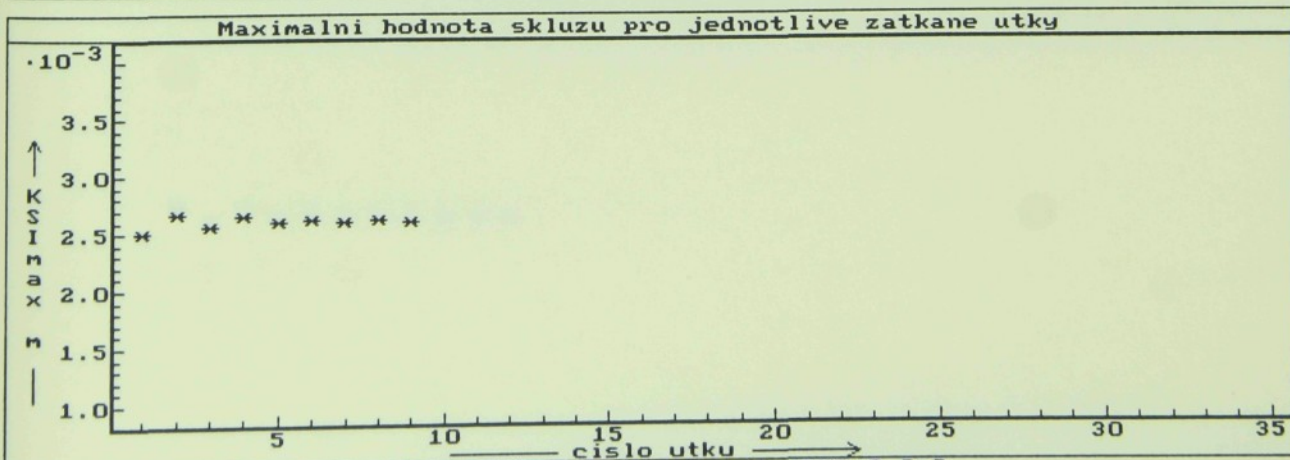
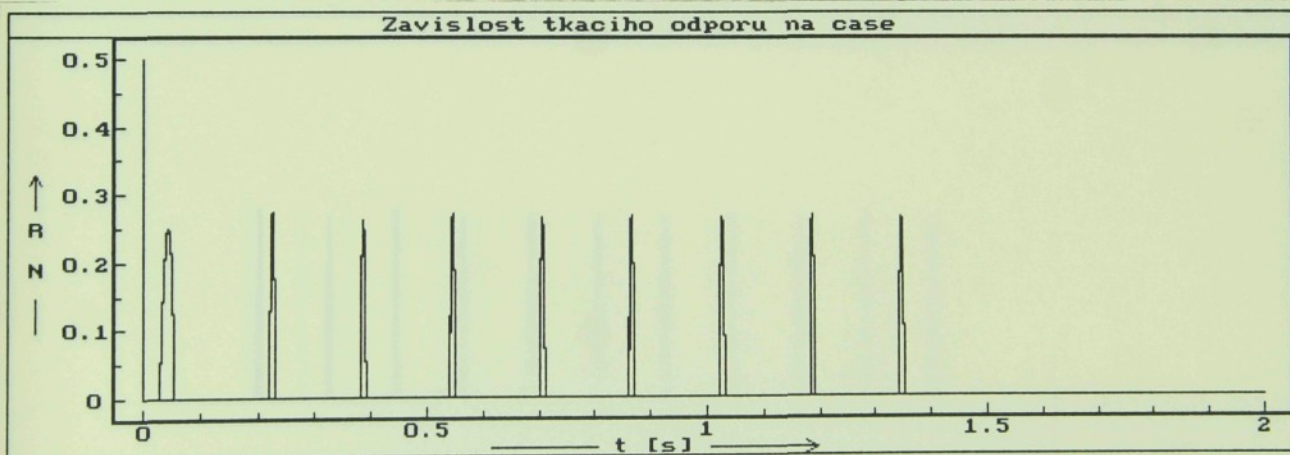


Maximalni hodnota skluzu pro jednotlivé zatkane utky

Impulz k zastaveni stroje bude dan v case  $t_z = 1.455E+0$  [s]

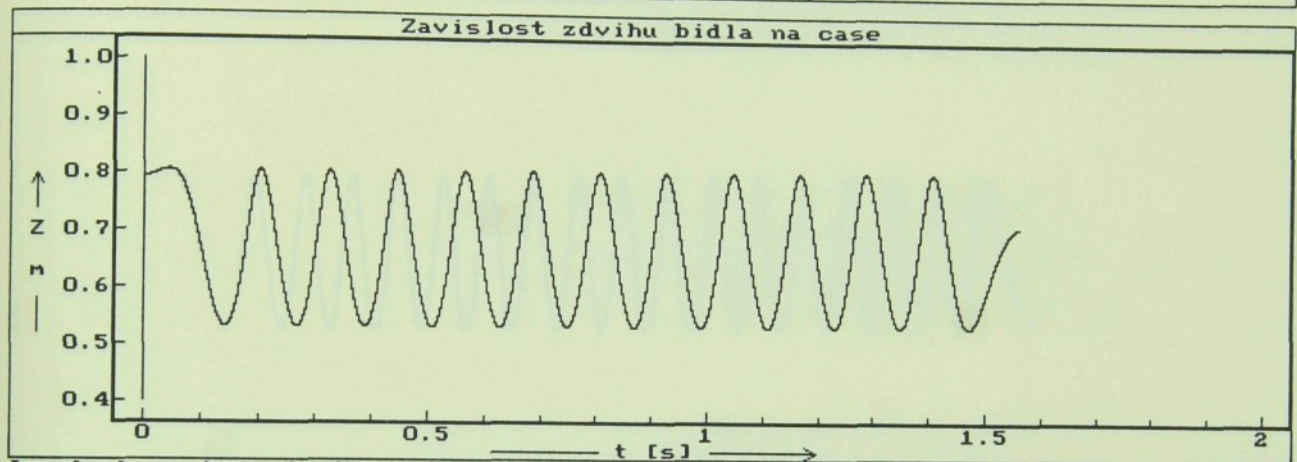
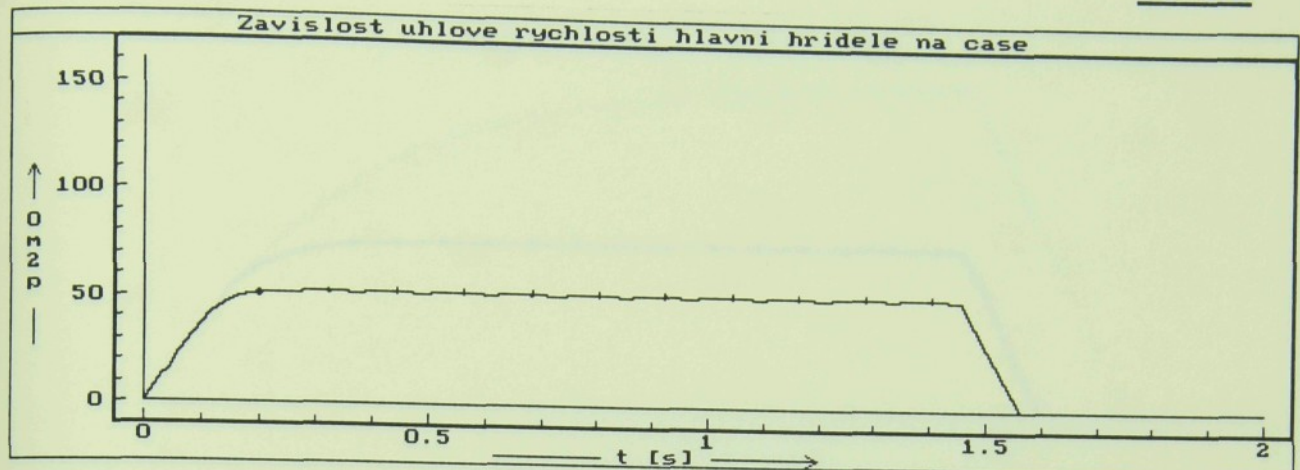
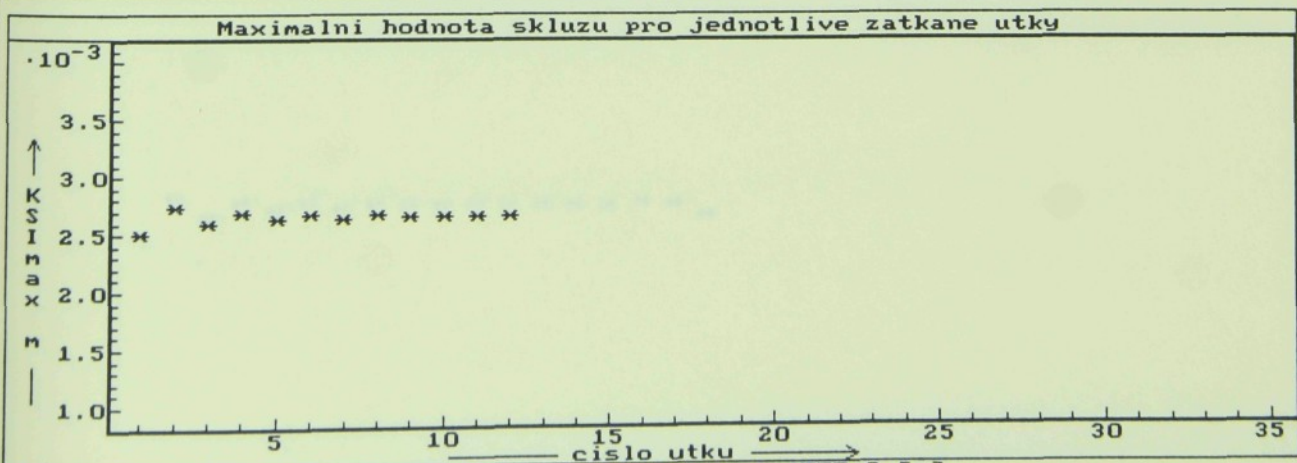
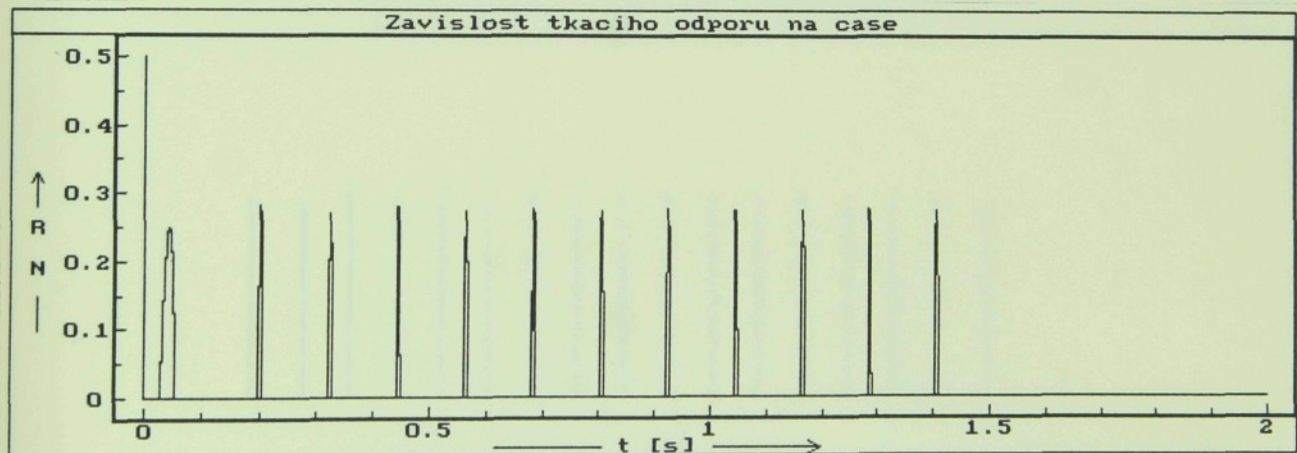


otáčky: 371 ot/min

P1=1/4Impulz k zastavení stroje bude dan v case  $t_z = 1.455E+0$  [s]Impulz k zastavení stroje bude dan v case  $t_z = 1.455E+0$  [s]

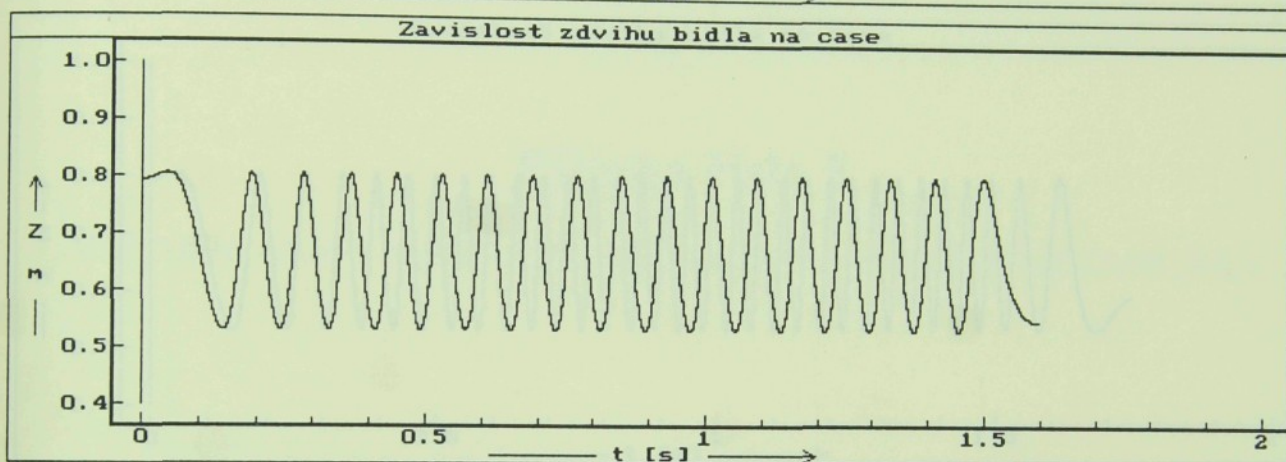
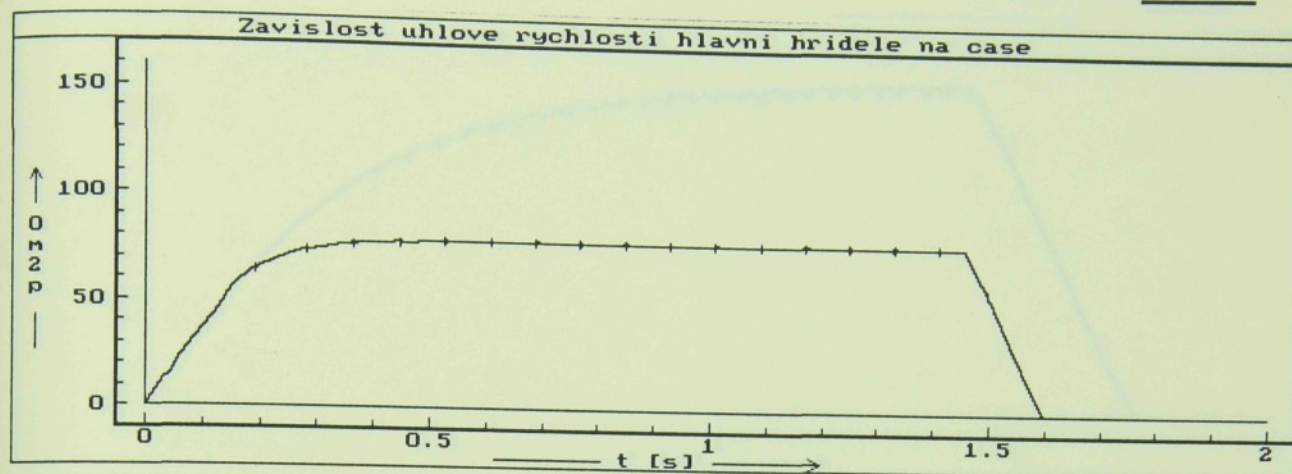
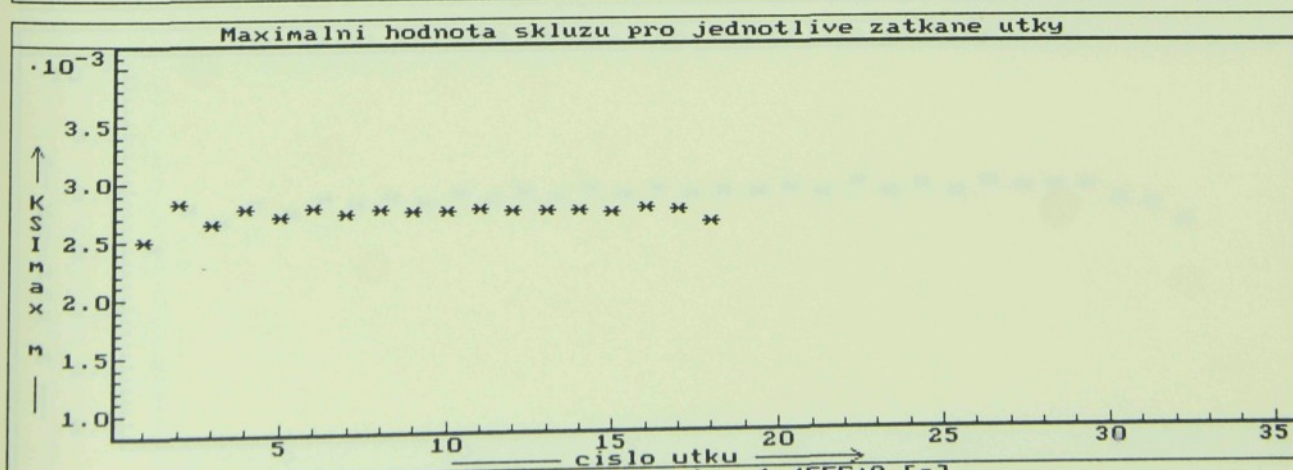
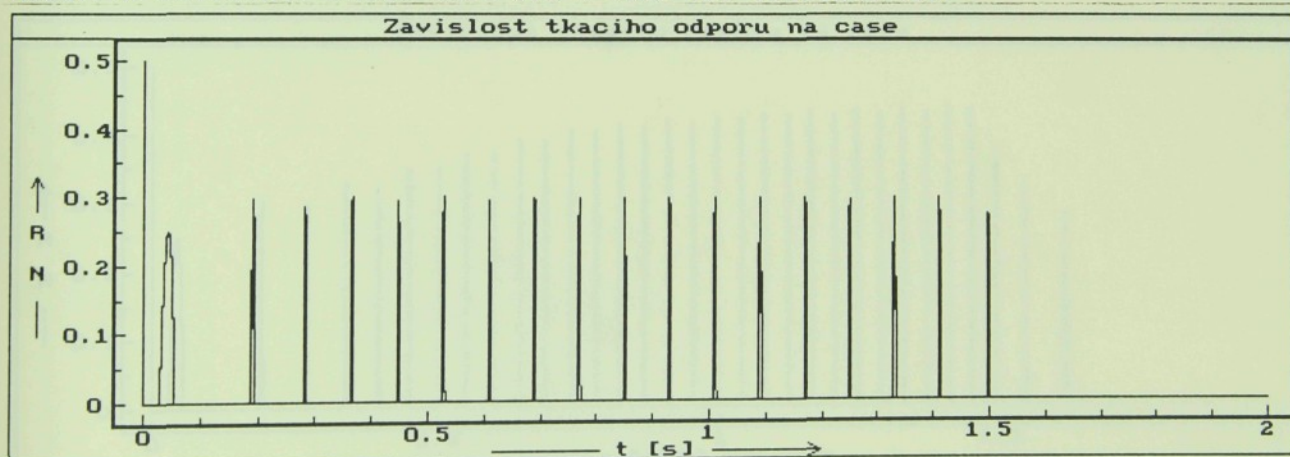


otáčky: 491 ot/min

P1=1/3Impulz k zastaveni stroje bude dan v case  $t_z = 1.455E+0$  [s]Impulz k zastaveni stroje bude dan v case  $t_z = 1.455E+0$  [s]

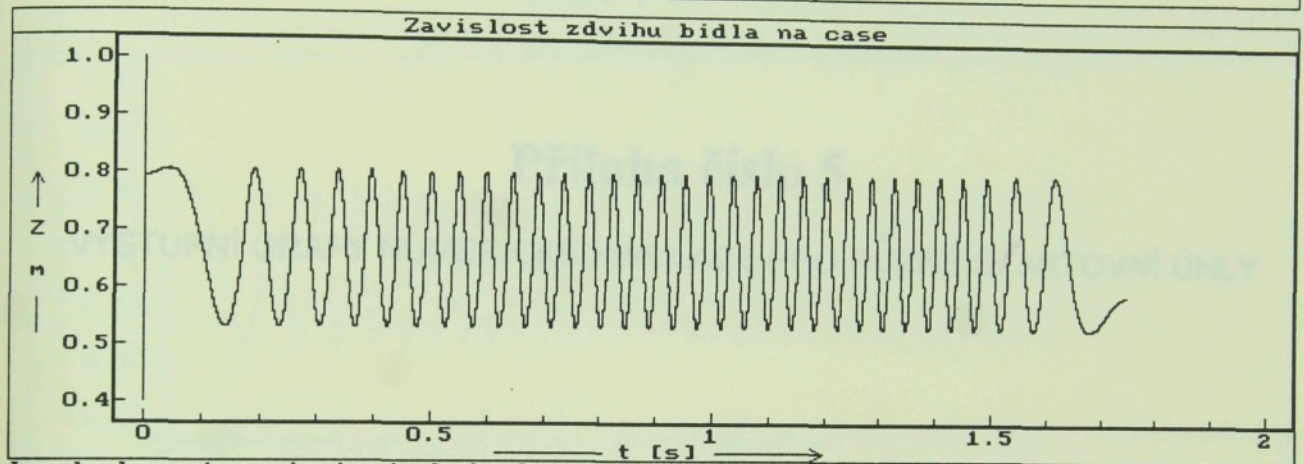
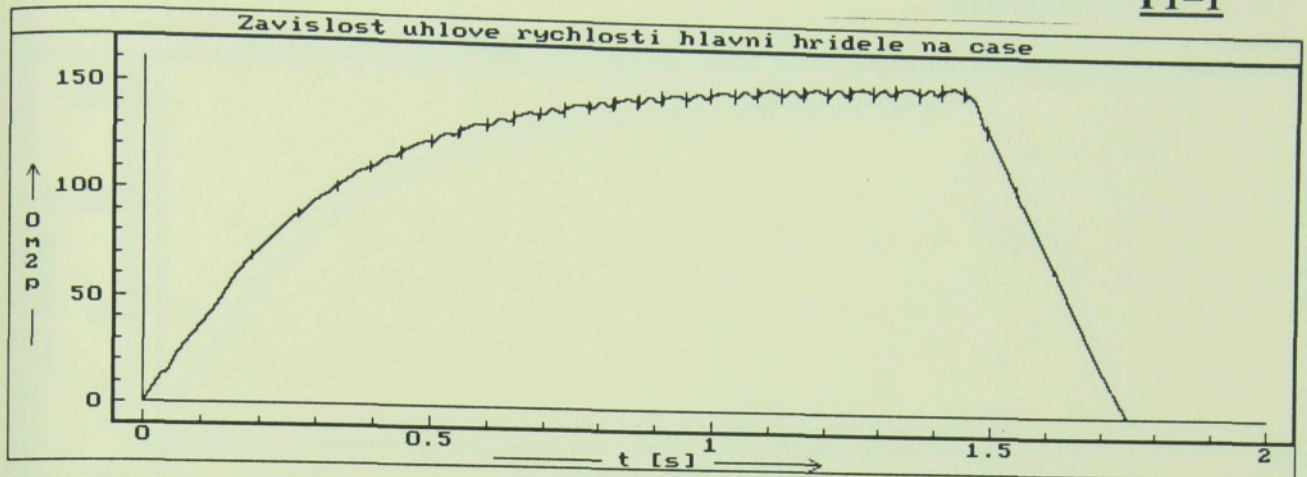
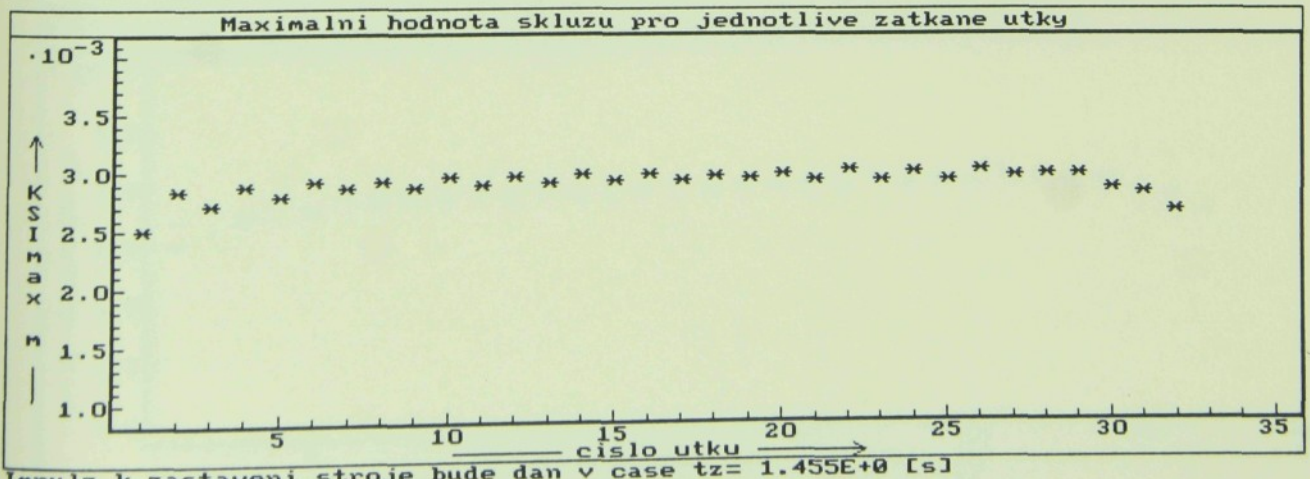
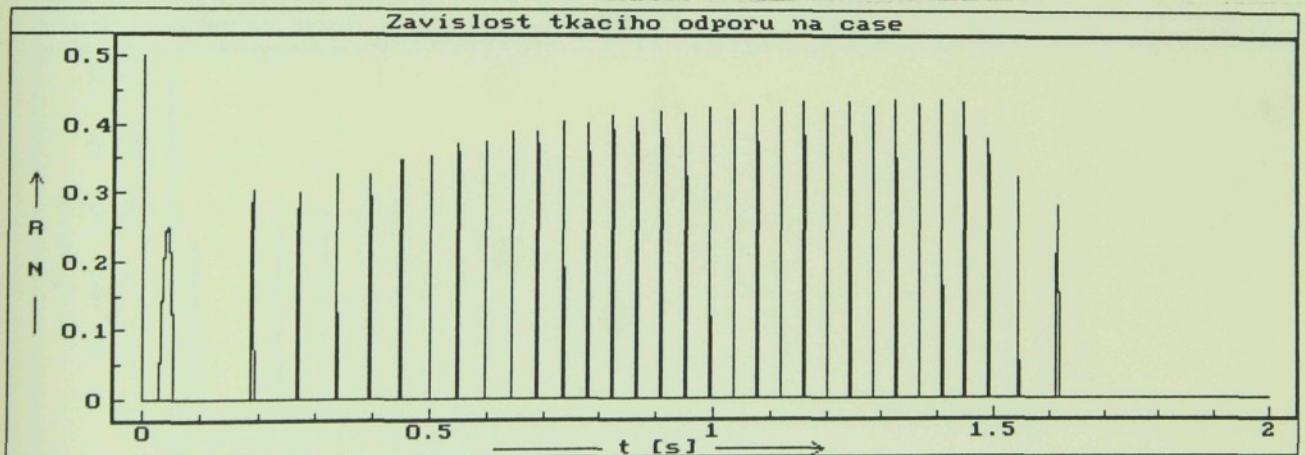


otáčky: 726 ot/min

P1=1/2Impulz k zastaveni stroje bude dan v case  $t_z = 1.455E+0$  [s]Impulz k zastaveni stroje bude dan v case  $t_z = 1.455E+0$  [s]



otáčky: 1190 ot/min

P1=1Impulz k zastavení stroje bude dan v case  $t_z = 1.455E+0$  [s]Impulz k zastavení stroje bude dan v case  $t_z = 1.455E+0$  [s]



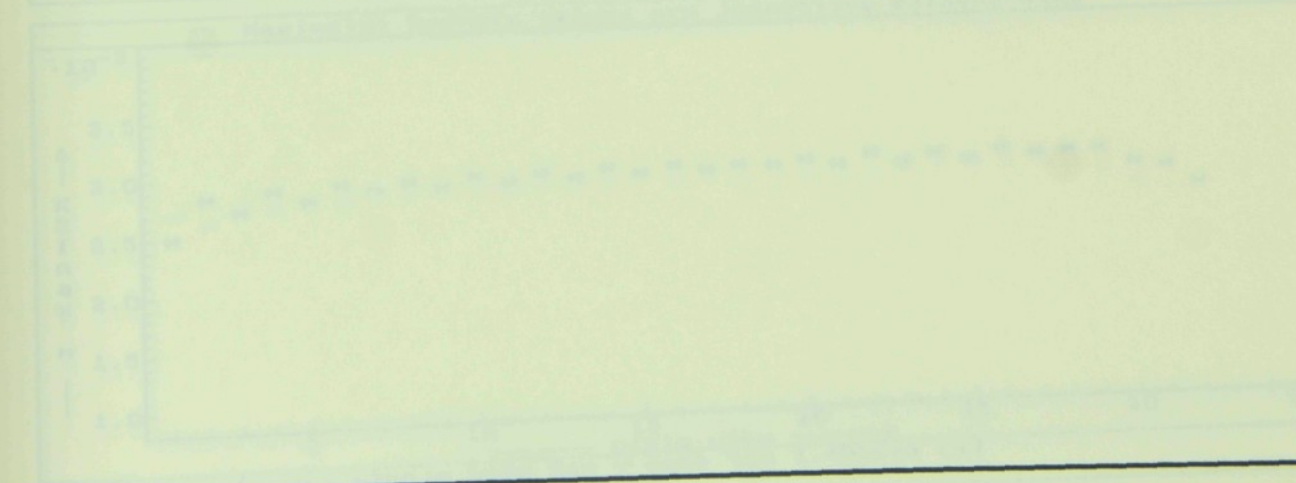
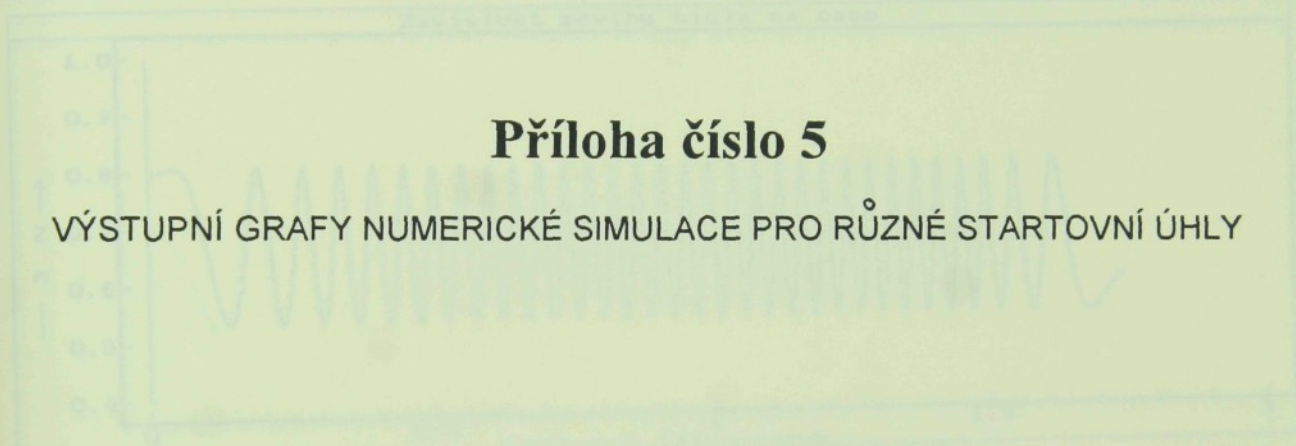
P1=1

Startovní úhel 0



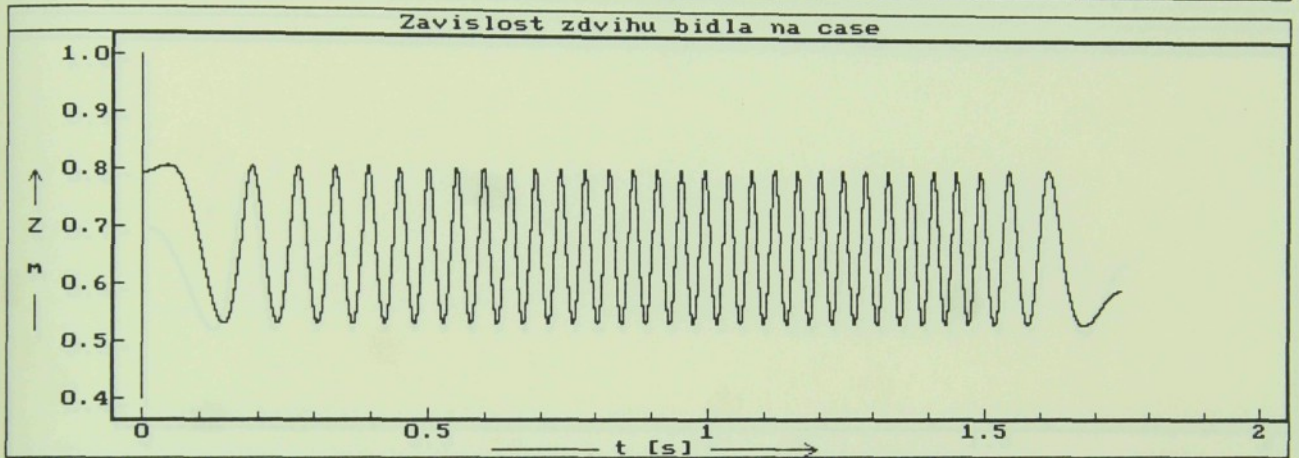
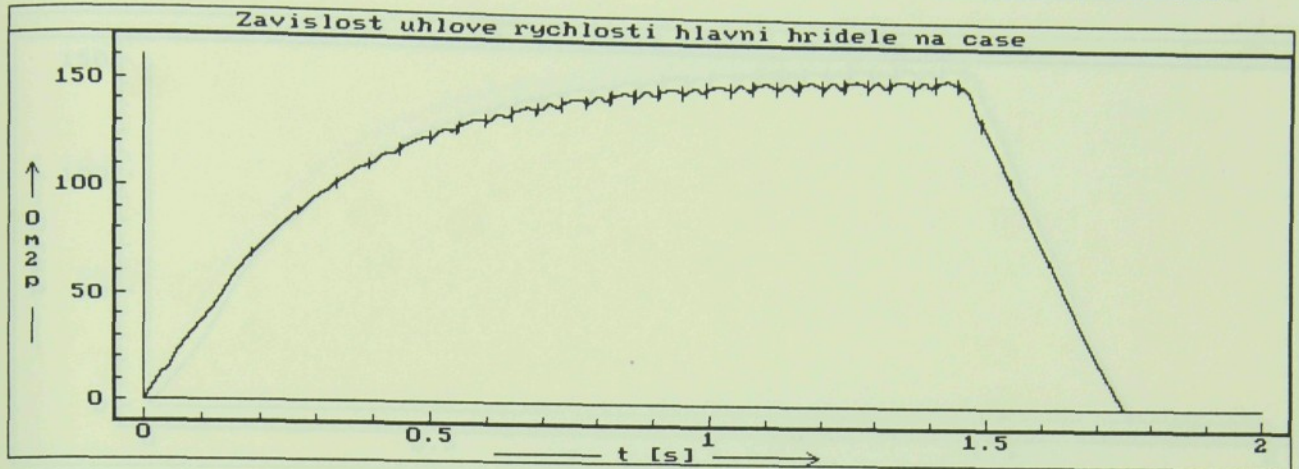
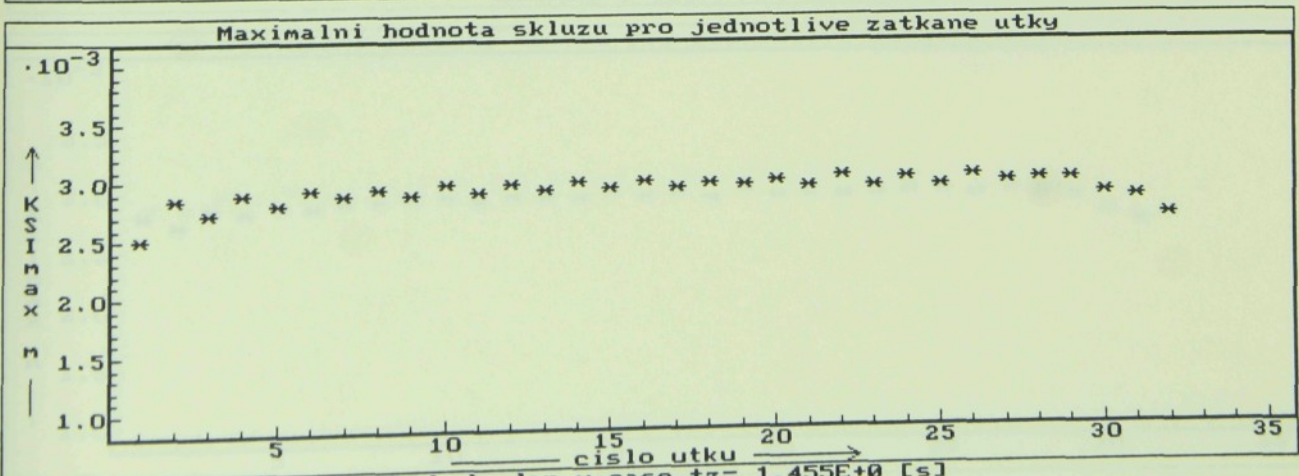
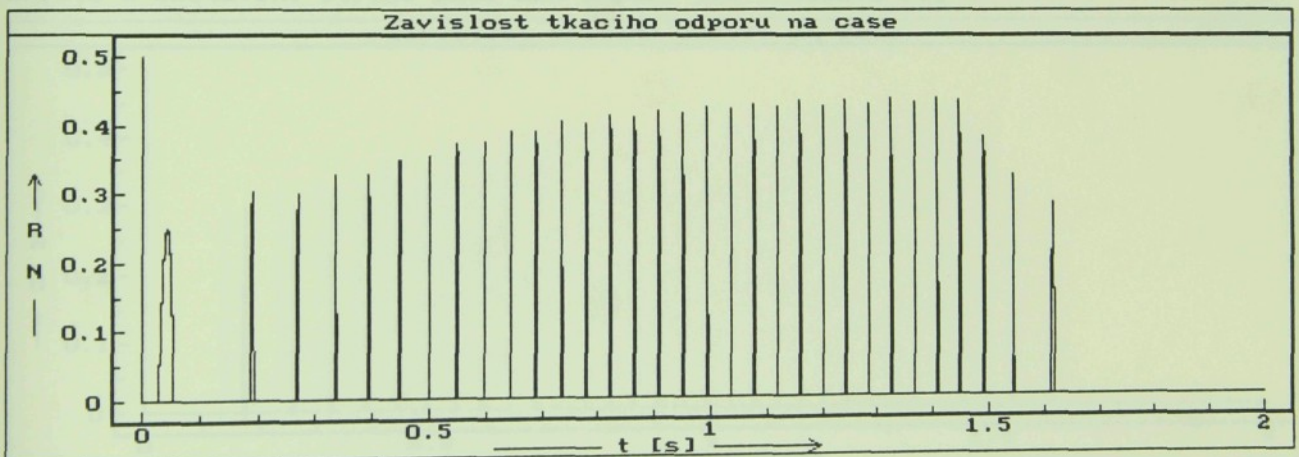
## Příloha číslo 5

VÝSTUPNÍ GRAFY NUMERICKÉ SIMULACE PRO RŮZNÉ STARTOVNÍ ÚHLY



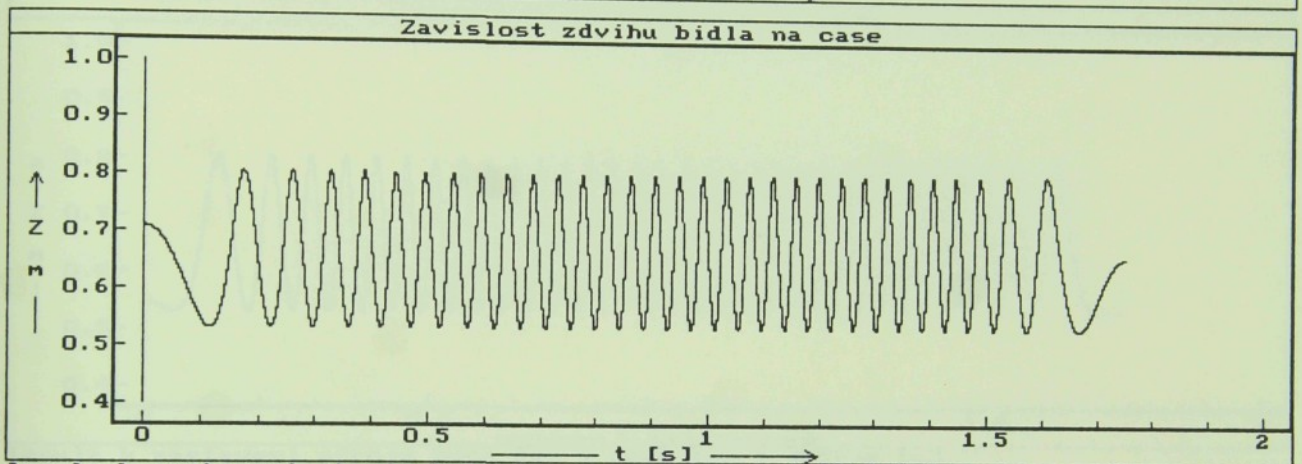
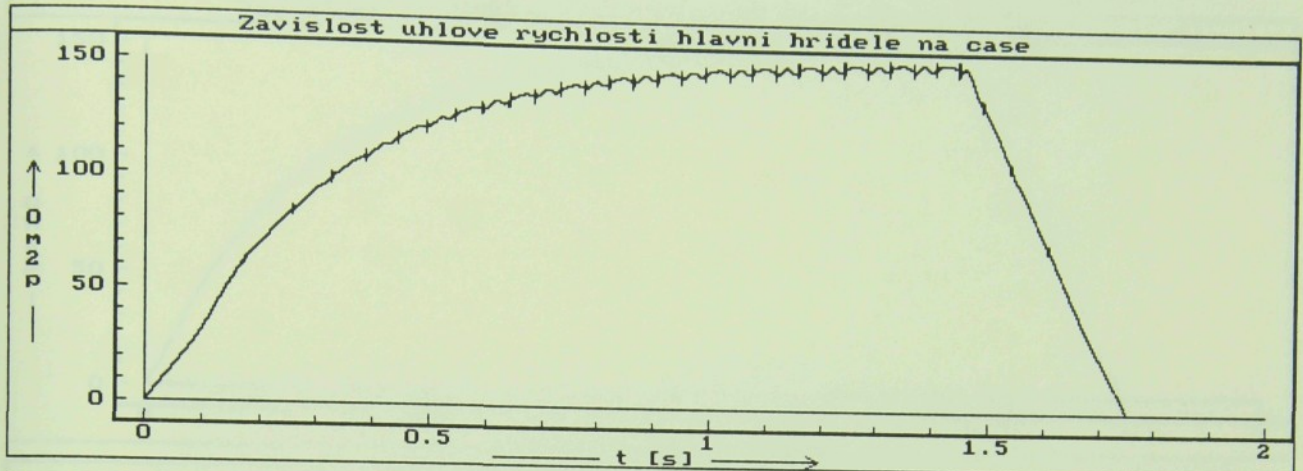
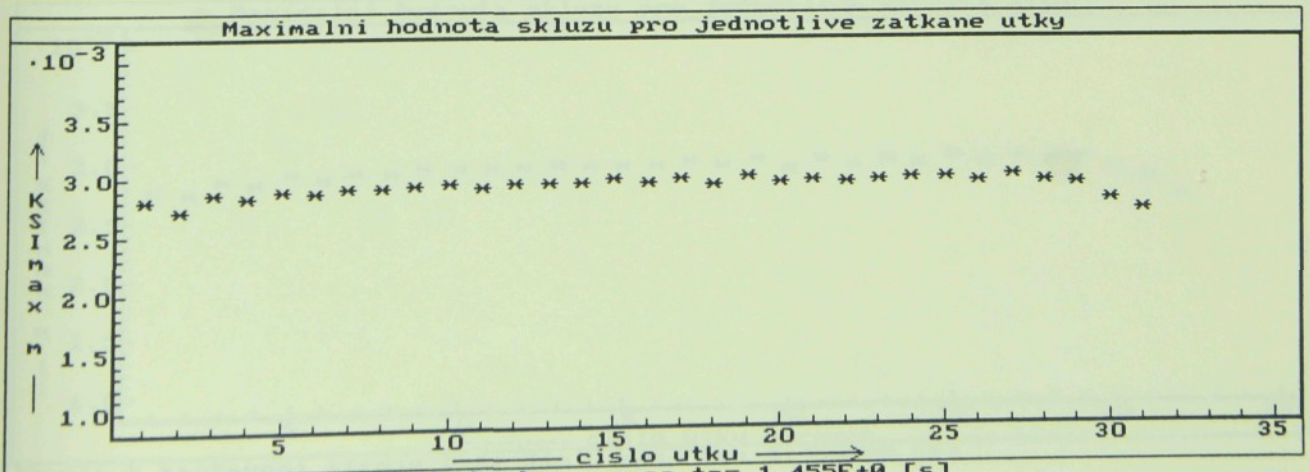
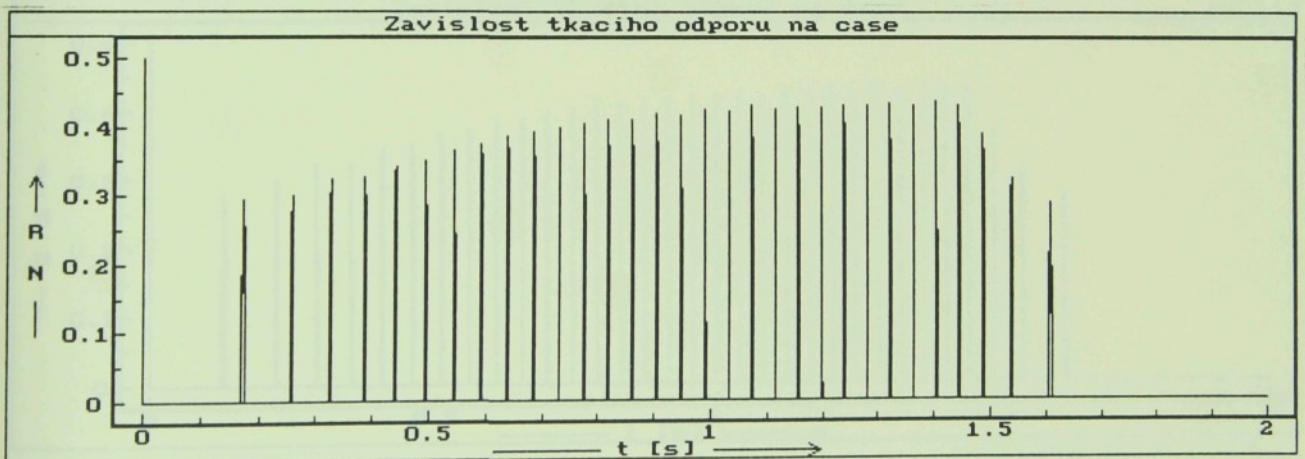


P1=1

Startovní úhel:  $0^0$ Impulz k zastavení stroje bude dan v case  $t_z = 1.455E+0$  [s]Impulz k zastavení stroje bude dan v case  $t_z = 1.455E+0$  [s]

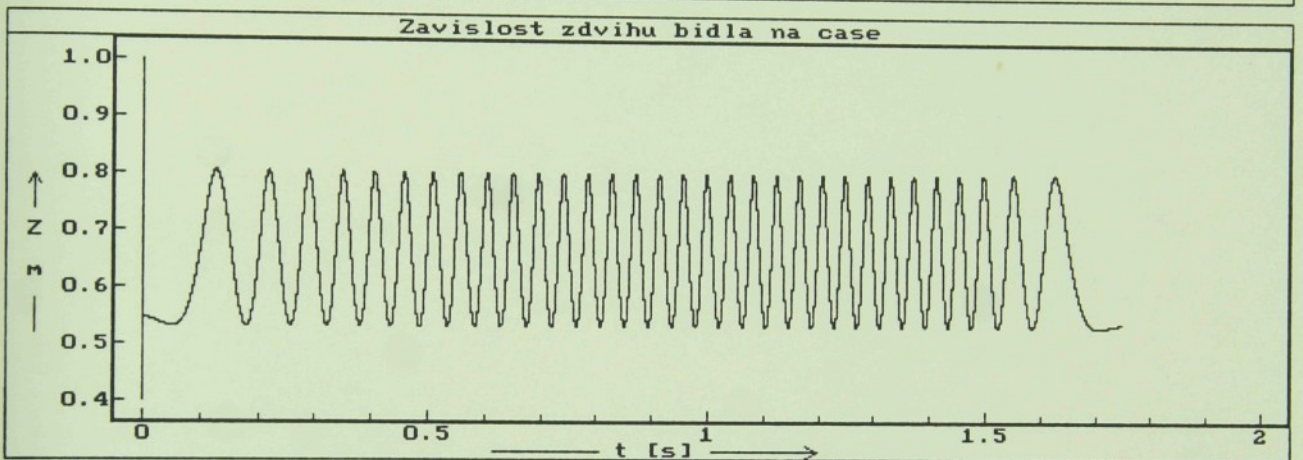
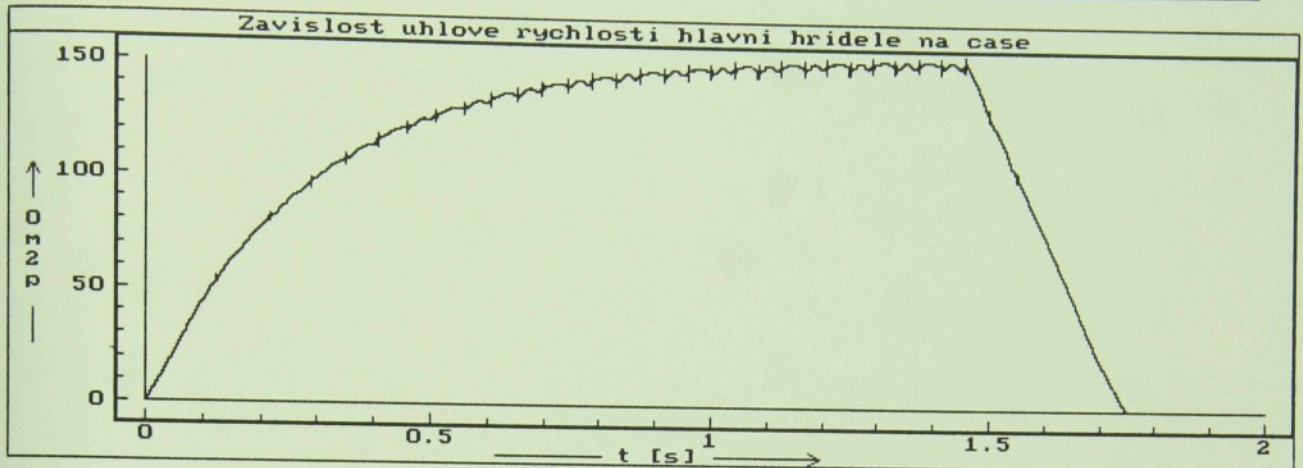
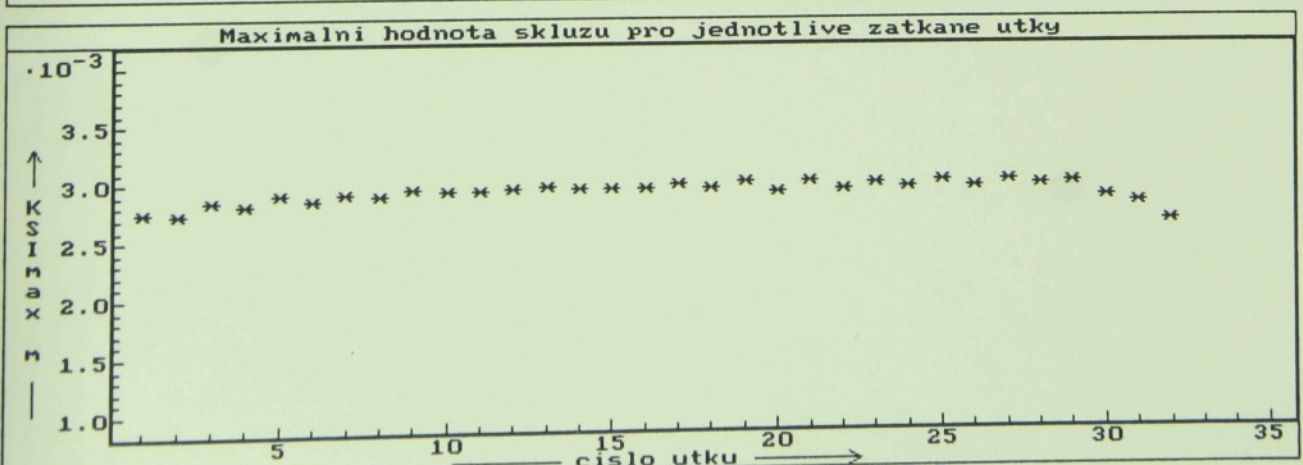
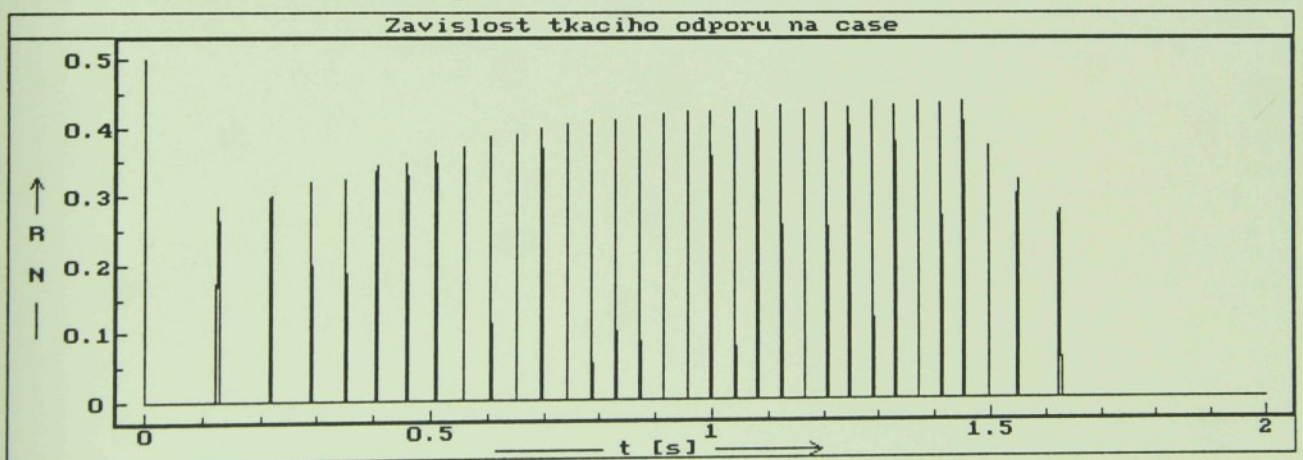


Pl=1

Startovní úhel:  $90^0$ Impulz k zastaveni stroje bude dan v case  $t_z = 1.455E+0$  [s]Impulz k zastaveni stroje bude dan v case  $t_z = 1.455E+0$  [s]



P1=1

Startovní úhel:  $180^\circ$ Impulz k zastavení stroje bude dan v case  $t_z = 1.455E+0$  [s]Impulz k zastavení stroje bude dan v case  $t_z = 1.455E+0$  [s]



U 586 T