

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
Nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Obor 23-34-8
výrobní stroje a zařízení

textilní stroje

Katedra textilních strojů

DYNAMIKA SOUSTAVY SVĚRKA - OSNOVA NA TKACÍM STROJI

Autor: Jiří C Í F K A

Vedoucí práce: Ing. Jiří Mrázek, Csc

Konzultant: Ing. Karel Wolf - SVUT Liberec

Rozsah práce:

Počet stran: 35

Počet tabulek: 0

Počet obrázků: 7

Počet grafů: 6

Počet příloh: 1

V Liberci 22.5. 1981

Vysoká škola: strojní a textilní

Katedra: textilních a oděvních strojů

Fakulta: strojní

Školní rok: 1980/81

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro Jiřího C í f k u

obor 23-34-8 Výrobní stroje a zařízení

Protože jste splnil ... požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnice ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomový úkol:

Název tématu: Dynamika soustavy svírka-osnova na tkacím stroji

Pokyny pro vypracování:

- 1) Prostudujte vnější vlivy na chování svírky listového stroje
- 2) Sestavte model soustavy svírka-osnova
- 3) Konfrontujte získané teoretické výsledky se skutečností na tkacím stavu.

Číslo úkolu: 131
Vydáno: 1980
Vydáno: 1980
Vydáno: 1980
Vydáno: 1980

Vydáno: 1980
Vydáno: 1980
Vydáno: 1980
Vydáno: 1980
Vydáno: 1980

Rozsah grafických laboratorních prací: **Předložte grafické průběhy získaných závislostí**

Rozsah průvodní zprávy: **15 - 20 stran**

Seznam odborné literatury:

**Kafka, K.: Rozbor svůrkových systému osnovních regulátorů.
Diplomová práce Liberec 1980.**
Půst, Lada.: Průžné ukládání strojů. SNTL, Praha 1965

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jiří Mrázek, CSc**

Konsultanti: **Ing. Karel Wolf SVÚT Liberec**

Datum zahájení diplomové práce: **6.X.1980**

Datum odevzdání diplomové práce: **22.V.1981**

L. S.

Doc. Ing. Jaroslav Charvát, CSc

.....
Vedoucí katedry

Doc. RNDr. Bohuslav Stříž, CSc

.....
Děkan

v Liberci dne 6.X. 19 80

Místopřisežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci
vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci 22.9.1981

Jiří Cířka

Jiří Cířka

MATEMATICKÝ MODEL DYNAMICKÉ SOUSTAVY SVŮRKA - OSNOVA

VŠST Liberec

Jiří Cífka

22. 5. 1981

ANOTACE

Cílem této diplomové práce bylo vytvoření matematického modelu dynamické soustavy svůrka - osnova na tkacím stroji a jeho ověření. Jedná se o jeden ze způsobů, kterým je možno řešit dynamické poměry na tkacím stroji.

Na tomto místě bych chtěl poděkovat konzultantovi
s. ing. Karlu Wolfovi za poskytnutí cenných rad
a ochotu, s jakou mi poradil při řešení mé diplomové
práce.

Taktéž bych chtěl poděkovat vedoucímu mého diplomového
úkolů s. ing. Jiřímu Mrázkovi, Csc za jeho podnětné
návrhy k řešení některých partií mé diplomové práce.

● B S A H

1. ÚVOD
2. SVŮRKA - ČIDLO OSNOVNÍHO REGULÁTORU
 - 2.1 Osnovní regulátory
 - 2.1.1 Provedení svůrkového systému osnovního regulátoru
 - 2.2 Svůrka
 - 2.2.1 Činnost svůrky
3. SESTAVENÍ MATEMATICKÉHO MODELU DYNAMICKÉ SOUSTAVY SVŮRKA - OSNOVA
 - 3.1 Sestavení pohybové rovnice dané soustavy
 - 3.2 Určení celkové potenciální energie
 - 3.2.1 Výpočet U_p
 - 3.2.2 Výpočet U_t
 - 3.2.3 Výpočet U_m
 - 3.2.4 Výpočet U_o
 - 3.3 Určení celkové kinetické energie
 - 3.4 Matematický model dynamické soustavy svůrka-osnova
4. OVĚŘENÍ MATEMATICKÉHO MODELU SOUSTAVY SVŮRKA - OSNOVA NA TKACÍM STAVU
5. ZÁVĚR

1. ÚVOD

Tkanina je jedním z textilních útvarů, který vykazuje vlastnosti, jež není možné dosáhnout jinou technikou výroby. Jsou to hlavně pružnost ve směru osnovy a útku, variabilnost hustoty vazeb a barev, kterou lze zajistit bez nákladné přestavby stroje. Díky těmto vlastnostem je podíl tkanin téměř 80 % z celé výroby textilií.

Potřebné množství nebylo možné vyrobit klasičkou technikou. Proto byly vyvinuty a zavedeny do výroby bezčlunkové tkací stroje, jejichž podíl na produkci tkanin stále roste. V současné době je na světovém trhu více než 40 různých provedení bezčlunkových tkacích strojů v různých modifikacích.

Technika tkaní je v neustálém vývoji, a proto stroje méně výkonné, provozně méně spolehlivé nebo nevhodné jsou postupně vytlačovány stroji vysoké technické úrovně. Zvyšují se rychlosti, ručně prováděné úkony se mechanizují, zavádí se elektronické řízení stavů a projektují se nové a progresivní metody zanášení útku.

Československo se na tomto rychlém vývoji podílelo podstatnou měrou a jeho textilní strojírenství do značné míry ovlivnilo směr světového vývoje bezčlunkových tkacích strojů. Připomeňme světové prvenství v konstrukci a výrobě vzduchových a vodních tryskových tkacích strojů.

Se zvyšující se produktivitou a spolehlivostí současných tkacích stavů a s rostoucími požadavky na kvalitu tkanin se do popředí dostávají mimo jiné ukázky správné funkce prošívacího, prohozního, odtahovacího

a zejména podávacího ústrojí tkacího stavu. Mechanismy těchto ústrojí jsou stále více namáhány dynamickými silami jednak v důsledku zvyšujících se otáček, vyšších prohozních rychlostí a jednak z hlediska rostoucích šíří tkacích stavů.

Z tohoto důvodu se při konstrukci a provozu moderních tkacích stavů **dostává** významného postavení v řešení dynamických poměrů jednotlivých uzlů stroje. V neposlední řadě je to řešení soustavy svárka - osnova na tkacím stavu.

2.0 Svůrka - čidlo osnovního regulátoru

K dosažení správného provázání každého útku ve tkanině se musí zajistit bezvadný pohyb soustavy osnova - tkanina. Hlavními podmínkami, které je nutno dodržet, je pravidelný odtah tkaniny a dodržení stálého napětí v osnově (zaručuje příslušnou dostavu - hustotu útků na jednotku délky).

Pravidelný odtah tkaniny zajistí zbožíový regulátor. Stálé napětí v osnově a její příslušnou dodávku zajistí osnovní regulátor.

2.1 Osnovní regulátory

Ústrojí k popouštění osnovy lze dělit do dvou skupin:

- a) pasivní - jedná se o brzdy osnovních váľů, které uvolní osnovu, dojde-li v ní ke zvětšenému napětí.
- b) aktivní - jedná se o regulátory, které lze dělit na:
 - 1/ negativní - uvolňují osnovu v závislosti na jejím tahu, který v tkací rovině snímá svůrka
 - 2/ pozitivní - uvolňují osnovu nezávisle na jejím tahu.

Ve většině případů se používají negativní osnovní regulátory.

2.1.1 Provedení svůrkového systému osnovního regulátoru

V této kapitole je popsán svůrkový systém, který slouží jako čidlo ke snímání napětí v osnově. Zároveň je zde uvedeno kinematické schema a popis osnovního regulátoru, který tento systém používá.

Osnovní regulátor stroje SULZER a STB

Kinematické schema tohoto regulátoru je na straně 11. Napětí osnovy je snímáno svůrkou 3 upevněnou na páce 2 a je ~~vyvažováno~~ pružinami 1, které jsou dvě (po obou stranách stroje).

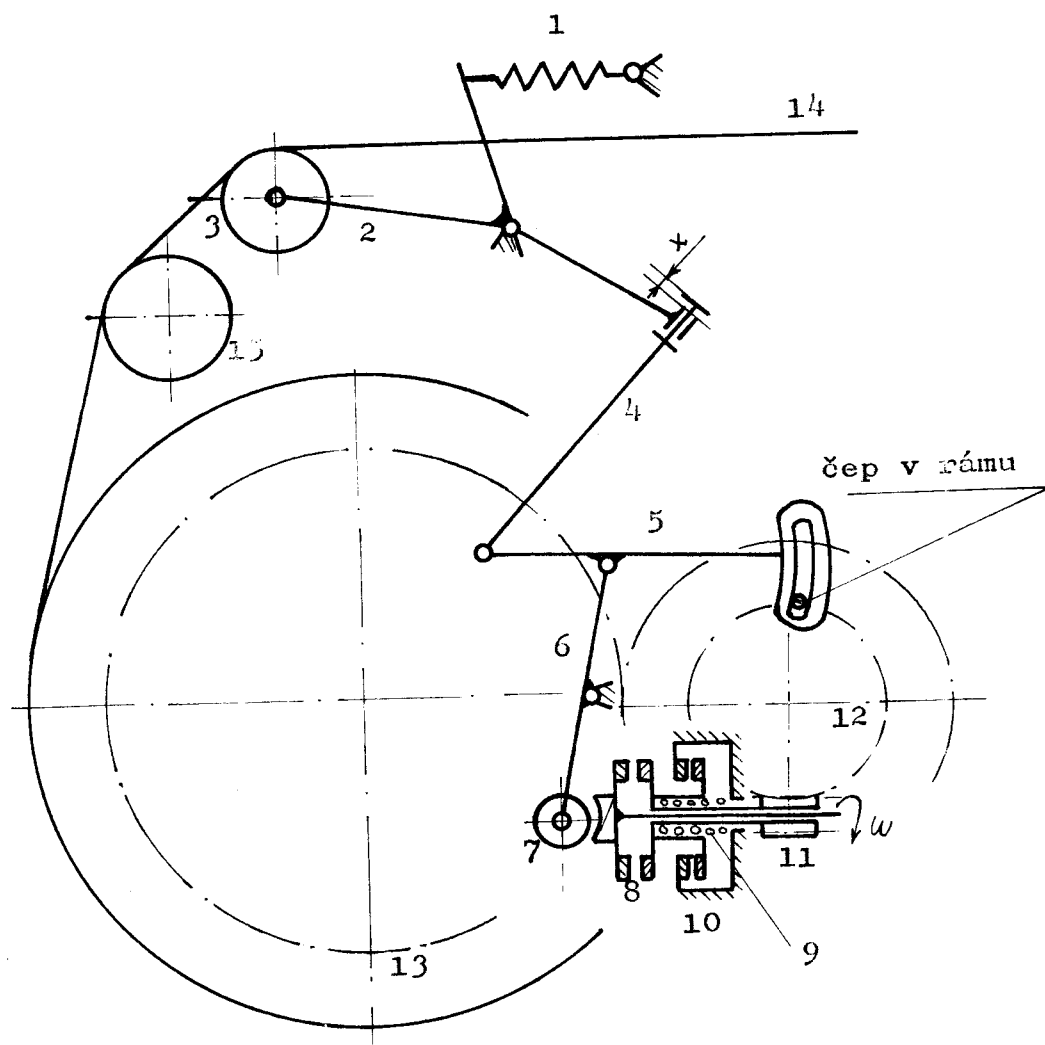
Zvýšení napětí v osnově zapříčiní pokles páky 2 a po vymezení vůle x pootočení pákou 5 přes táhlo 4. Drážka kulisy na páce 5 nemá střed křivosti v bodě A a tím při vychýlení této páky dojde k natočení páky 6 s kladičkou 7. Kladička pak spojí spojku 8 a dojde k pootočení osnovního válu. Spojka 8 je spojena pouze po dobu styku kladičky 7 s profilovanou částí na levé polovině spojky. Dojde-li k natočení spojky 8 tak, jak je naznačeno v kinematickém schématu, spojka se rozpojí a pružina 9 spojí brzdu a tím zastaví otáčení válu 13. Otočná část spojky se volně otáčí až do chvíle, kdy se profilovaná část dostane opět do styku s kladičkou, která stlačí pružinu 9 a celý cyklus se opakuje.

2.2 Svůrka

Svůrka plní na tkacím stroji dvě funkce:

- 1) ovlivňuje napětí osnovy svou polohou a u pohyblivých svůrek i pohybem.

Kinematické schéma regulátoru stroje SULZER a STB



- 1 - pružina
- 2 - páka svůrky
- 3 - svůrka
- 4 - táhlo
- 5 - páka kulisy
- 6 - páka
- 7 - kladička
- 8 - spojka

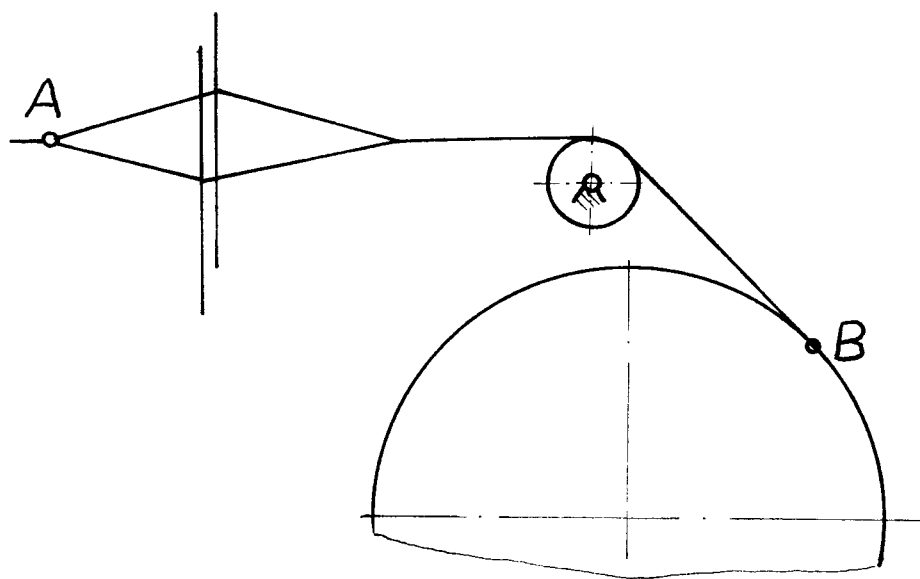
- 9 - pružina brzdy
- 10 - rám
- 11 - šnek
- 12 - šnekové kolo
- 13 - osnovní vál
- 14 - osnova
- 15 - pevný válec

2) kontroluje napětí osnovy během provozu stroje.

Při použití osnovního regulátoru musí být svůrka odpružená, protože její poloha určuje rychlost otáčení osnovního válu. Svůrky jsou většinou otočně uložené a mohou být jednoválečkové nebo dvouválečkové, na velmi těžkých strojích i víceválečkové.

2.2.1 Činnost svůrky

Při rozvírání prošlupu se délka osnovy mezi body A a B mění. (obr.1).

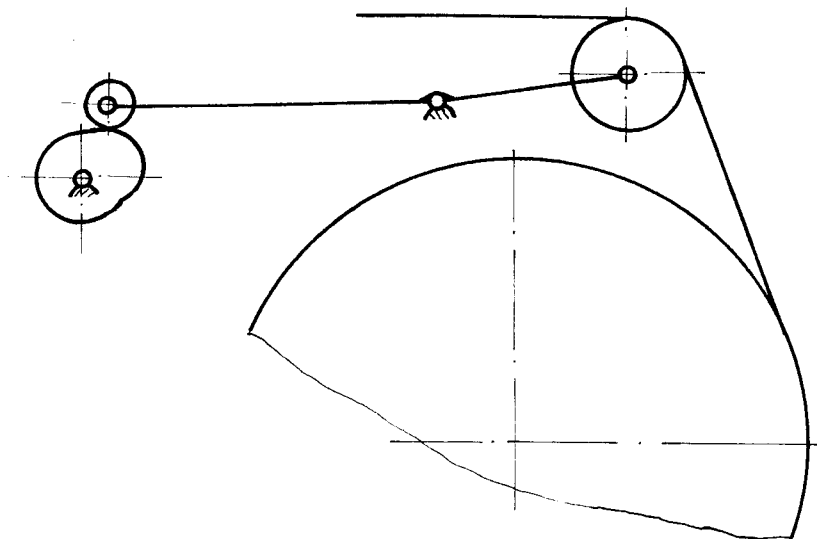


obr. 1

Závislost zdvihu listů je podle časového diagramu I (obr.4). Bude-li svůrka uložena na nehybném hřídeli, bude teoretický průběh napětí v osnově podle grafu II; vyznačeno čárkovaně. Nejnižší napětí bude v bodě K odpovídajícímu zástupu listů. Protože při přírazu se bod A posune směrem ke tkanině, zvýší se napětí v osnově

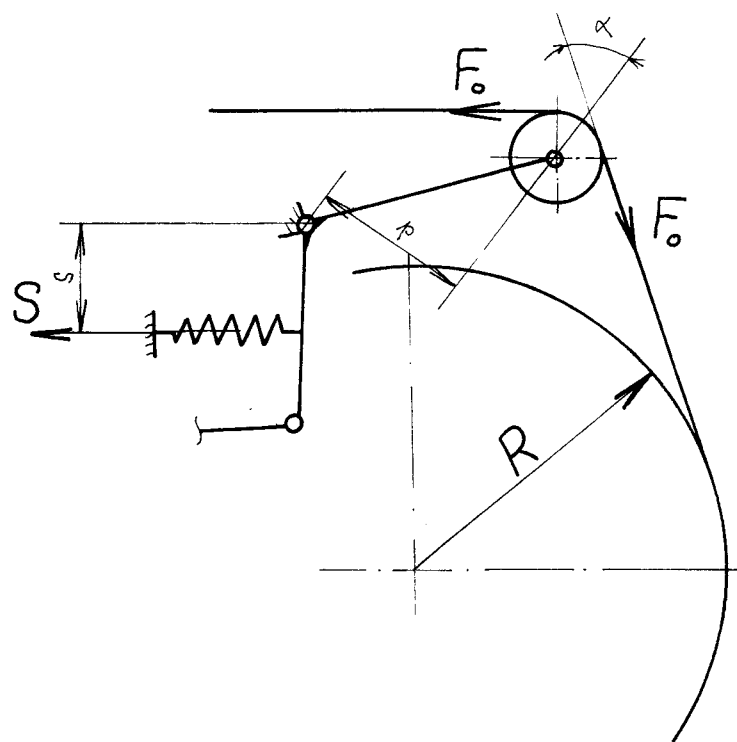
do bodu G.

Použijeme-li nuceně výkyvnou svárku (obr.2), bude se tato snižovat v závislosti na zdvihu listů podle grafu III a teoretický průběh napětí bude podle grafu IV. Špičky napětí při přírazu ale zůstanou.



obr. 3

Použijeme-li odpruženou svárku (obr.4), bude teoretický pohyb svárkového válečku podle grafu V. Při přírazu útku se svárka značně sníží. Po přírazu se zvedne a po dobu klidu listů bude téměř nehybná. Teprve až při zavírání listů se bude opět zvedat, až na hodnotu K'' . Vlivem setrvačnosti svárky bude maximální hodnota K'' za okamžikem zástupu listů K opožděna.

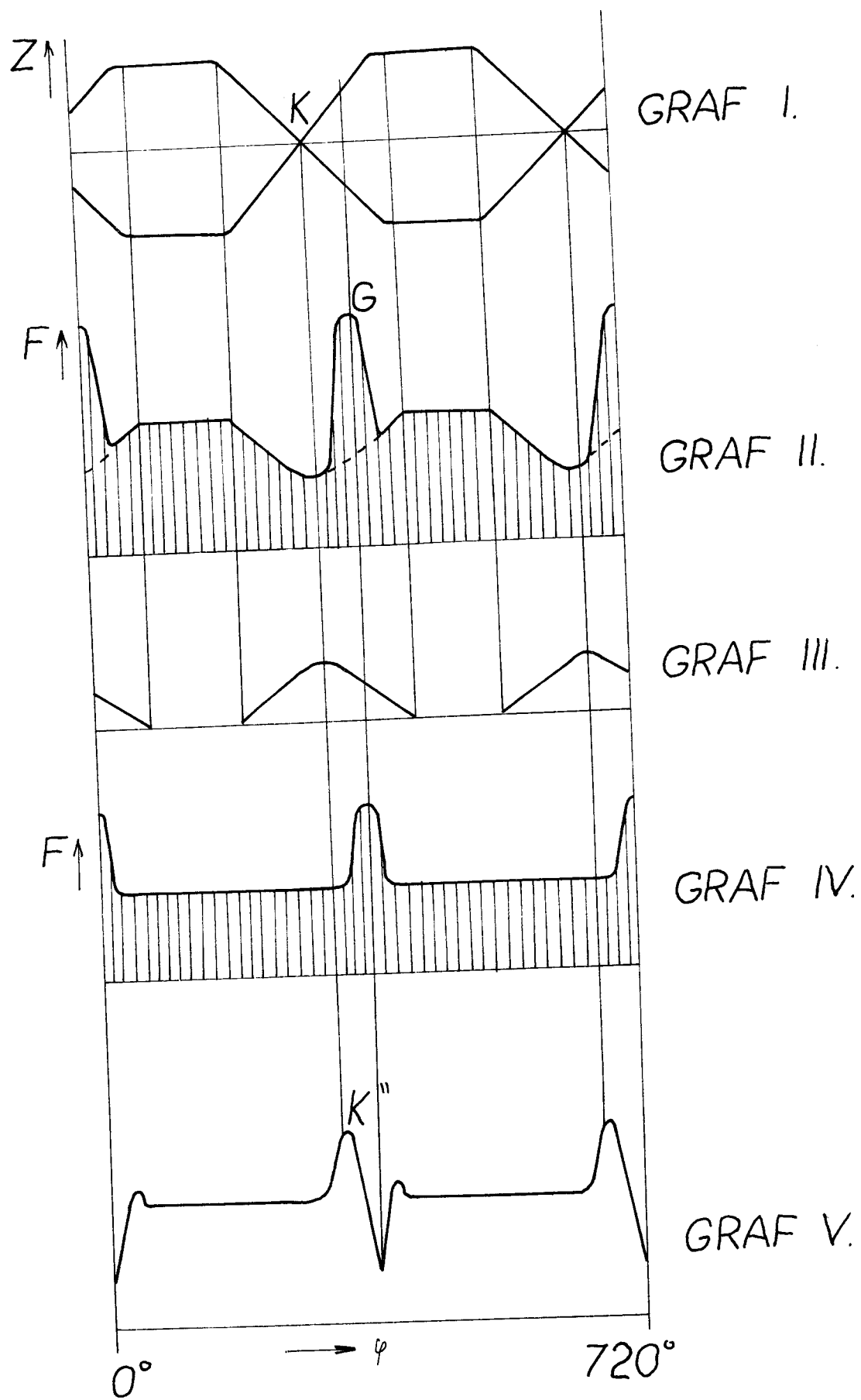


obr. 3

Jako čidlo osnovního regulátoru se používá odpružené svůrky, na níž dle obr.3 působí dvě složky napětí osnovy F_0 a rovnováha je dána rovnicí:

$$S \cdot s = 2 \cdot p \cdot F_0 \cdot \cos \alpha$$

Úhel α a tím i délka p se s ubýváním poloměru R mění. Tím se mění i napětí v osnově. Aby toto napětí bylo stálé, musí přibližně platit: $p \cdot \cos \alpha = \text{konst.}$ Při vhodném uložení svůrky je to splněno a napětí v osnově na malém i velkém průměru válu je stejné.



obr. 4

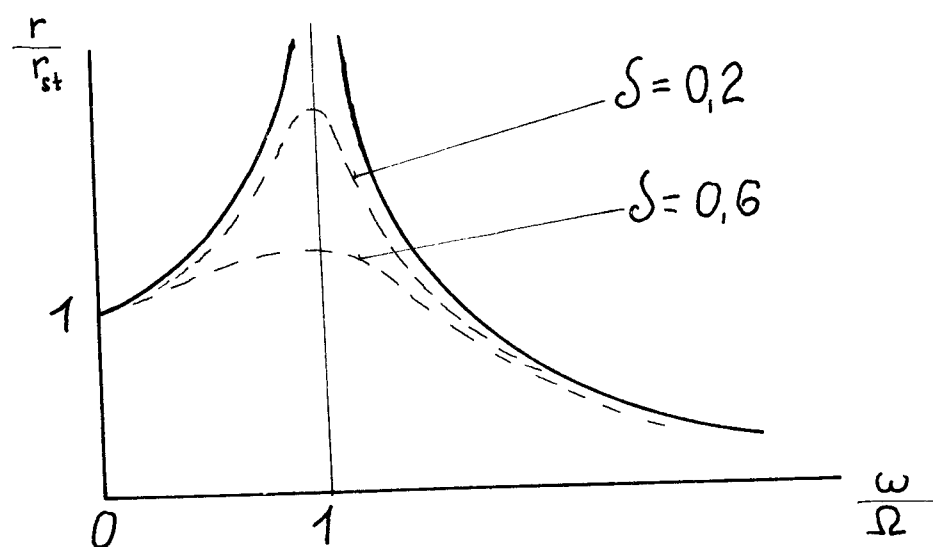
Mezi těmito krajními polohami se napětí osnovy mění a lze určit závislost $F_0 = f(R)$ a velikost odchylky F_0 od těchto dvou poloh.

Avšak jednoduchou odpruženou svůrku je nutno posoudit z hlediska dynamického.

Jako pružně uložené těleso lze pohyb svůrky popsat lineární diferenciální rovnicí druhého řádu s pravou stranou. Z této rovnice je pak možno vypočítat vlastní frekvenci svůrky Ω a porovnat ji s frekvencí stroje ω podle teoretického vztahu

$$\frac{r}{r_{st}} = \frac{1}{1 - \frac{\omega^2}{\Omega^2}}$$

kde r je amplituda kmitavého pohybu a r_{st} je statická výchylka svůrky. Uvedená závislost je na obr. 5 vyznačena plnými čarami.



obr. 5

Závislost na obr.5 lze rozdělit na tři části:

1. $\omega < \Omega$ - jedná se o podresonanční oblast, kde těleso kmitá ve fázi s rušivou silou.
2. $\omega = \Omega$ - tento stav, kdy amplituda r roste do nekonečných hodnot, je stavem kritickým a teoreticky dochází k porušení kmitajícího tělesa vlivem resonance.
3. $\omega > \Omega$ - jde o nadresonanční oblast a těleso kmitá v protifázi s rušivou silou.

Chceme-li posoudit, jak kmity svůrky ovlivní proces tkaní, je třeba zjistit, do které oblasti 1-3 práce svůrky vyjde. Nastane-li případ 1, bude kmitat svůrka ve fázi s přírazným mechanismem, jehož podíl na vynuceném pohybu svůrky je v okamžiku přírazu zcela převažující. Bude tedy rozhodovat statické napětí osnovy a podle jeho velikosti dosáhneme příslušnou dostavu.

Nastane-li případ 2, nevzroste výchylka svůrky do nekonečné hodnoty, protože je zde značné tlumení a závislost r a r_{st} na Ω a ω má tvar:

$$\frac{r}{r_{st}} = \frac{1}{\left(1 - \frac{\omega^2}{\Omega^2}\right)^2 + \left(2\delta \frac{\omega^2}{\Omega^2}\right)^2}$$

kde δ představuje poměrný útlum. Přesto však r roste do značné velikosti. Tento stav je nejistý i proto, že δ se během tkaní mění.

Nastane-li případ 3, bude svůrka kmitat proti přírazu a tím v okamžiku přírazu bude napětí v osnově maximální. Lze říci, že v tomto případě svůrka příznivě ovlivní dosaženou dostavu.

vedená činnost svárky je však ve skutečnosti velmi výrazně pozměněna vlivem mnoha faktorů objevujících se při provozu stroje. Tyto vlivy mohou mít jak náhodný, tak i periodický průběh.

Jelikož se jedná o soustavu pružných členů není možné vhodně popsat jejich tuhost, setrvačné a hmotnostní účinky. Proto musíme provádět redukci na některých členech soustavy, čímž zanášíme do výpočtu určité odchylky. V průběhu tkaní dochází k rázům v mnoha uzlech všech mechanismů, hlavně u mechanismu přírazu. Zde se rázy projeví velmi výraznou změnou napětí osnovy v době přírazu. Tento fakt silně ovlivní kvalitu získané tkaniny, tedy i setkatelnost zboží u jednotlivých strojů. Při analýze procesu tkaní nám rázy zapříčiní nedostatky u řešení, hlavně u vyšších harmonických.

Určité chyby se dopustíme při nahrazování existujících nelinearit (vůlí) linearitami, což je pro nás základní požadavek při analytickém řešení.

Nemalý vliv na přesnost matematického modelu má také člověk, který je při jeho přípravě (měření, zpracování měření) zatížen poměrně značnou chybou. Chování svárkového systému při tkaní také ovlivňuje zpracováváný materiál a jeho kvalita.

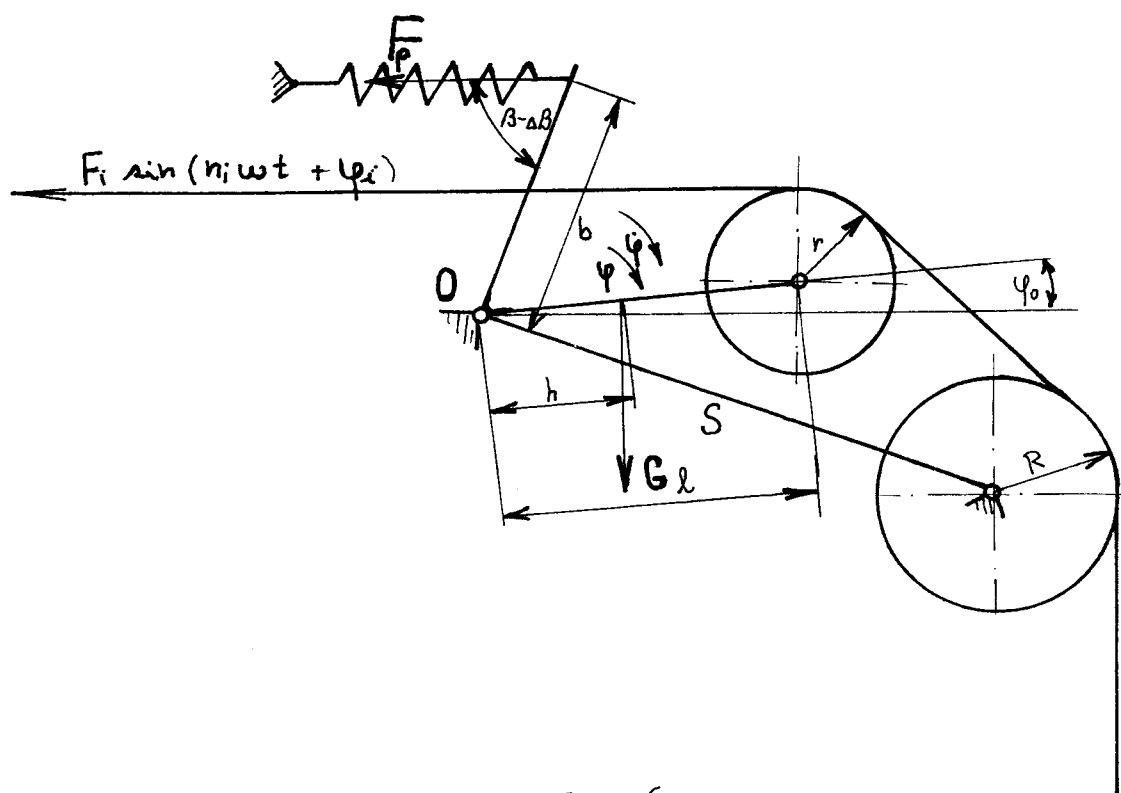
Z těchto všech důvodů je zřejmé, že každý pokus o sestavení matematického modelu reálně existující dynamické soustavy je nesnadný a vždy náročné řešení není nikdy zcela přesné.

3. Sestavení matematického modelu dynamické soustavy svůrka - osnova

Základní problém při sestavování matematického modelu reálně existující soustavy je volba vhodné náhradní soustavy. Přesný matematický popis takové soustavy pružných těles je velmi obtížný a získané rovnice nebo soustavy rovnic jsou buď řešitelné s velkými obtížemi, nebo jsou prakticky neřešitelné. Model dynamické soustavy tedy musí být co nejoptimálnějším kompromisem mezi požadavkem přesnosti řešení a možnostmi výpočetní techniky.

3.1 Sestavení pohybové rovnice soustavy svůrka-osnova

Silové poměry na svůrkovém systému byly zobrazeny na obr. 6.



obr. 6

Vyjádření pohybové rovnice bylo provedeno pomocí dvou skalárních veličin U a K při zavedení všeobecné souřadnice ψ v Lagrangeově rovnici, kterou můžeme napsat ve tvaru:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial K}{\partial \dot{\psi}} \right) - \frac{\partial K}{\partial \psi} = - \frac{\partial U}{\partial \psi} \quad (1)$$

U - celková potenciální energie soustavy

K - celková kinetická energie soustavy

Pro řešení dané dynamické soustavy byly stanoveny tyto zjednodušující předpoklady:

1. Výpočet provádíme pro velmi malé výchylky ψ
2. Neuvažujeme pasivní odpory

3.2 Určení celkové potenciální energie

Celková potenciální energie soustavy se skládá z těchto dílčích potenciálních energií

U_p - potenciální energie momentu pružin soustavy

U_t - potenciální energie tlumicího momentu

U_m - potenciální energie tíhového působení

U_o - potenciální energie vlivem tahu v osnově

Výsledný vztah tedy bude $U = U_p + U_t + U_m + U_o$ (2)

Výrazy U_m a U_o dosadíme se záporným znaménkem, protože jejich účinky působí opačně než je předpokládaný směr výchylky ψ , což je zřejmé z obr. 6.

3.2.1 Výpočet U_p

$$U_p = \int_0^{\psi} M_p(\psi) d\psi \quad (3)$$

Abychom tedy mohli vyjádřit U_p , musíme nejdříve stanovit moment pružin M_p jako funkci φ - úhlu vykývnutí svárky kolem úložného bodu 0.

$$M_p = F_p \cdot b \cdot \sin(\beta - \Delta\beta) \quad (4)$$

$$\text{Síla v pružině } F_p = C \cdot x \quad (5)$$

C - tuhost pružiny

$$x - \text{prodloužení pružiny} \quad x = b \cdot \sin(\beta - \Delta\beta) \cdot \varphi \quad (6)$$

$$\text{Pro malé výchylky } \Delta\varphi \text{ lze psát } \sin(\beta - \Delta\beta) \approx \sin \beta \quad (7)$$

Použitím rovnic (4) - (7) získáme výsledný vztah pro moment pružin

$$M_p = C \cdot b^2 \sin^2 \beta \cdot \varphi \quad (8)$$

$$\text{potom} \quad U_p = \int_0^\varphi M_p d\varphi = \int_0^\varphi cb^2 \sin^2 \beta \cdot \varphi d\varphi = \frac{1}{2} cb^2 \sin^2 \beta \cdot \varphi^2 \quad (9)$$

3.2.2 Výpočet U_t

$$U_t = \int_0^\varphi M_t \cdot d\varphi \quad (10)$$

$$M_t - \text{tlumicí moment daný} \quad M_t = K_1 \cdot \dot{\varphi} \quad (11)$$

K_1 - součinitel tlumení, které předpokládáme úměrné rychlosti

$$\dot{\varphi} = \frac{d\varphi}{dt} - \text{rychlost naklopení svárky}$$

Z rovnic (10) a (11) máme výsledný vztah

$$U_t = K_1 \cdot \dot{\varphi} \cdot \varphi \quad (12)$$

3.2.3 Výpočet U_m

U_m je dána tíhovým působením celé soustavy a lze ji vypočítat takto:

$$U_m = G \cdot h \cdot \cos \varphi_0 \cdot \varphi \quad (13)$$

$$\text{Pro tíhu } G \text{ můžeme zavést } G = m \cdot g \quad (14)$$

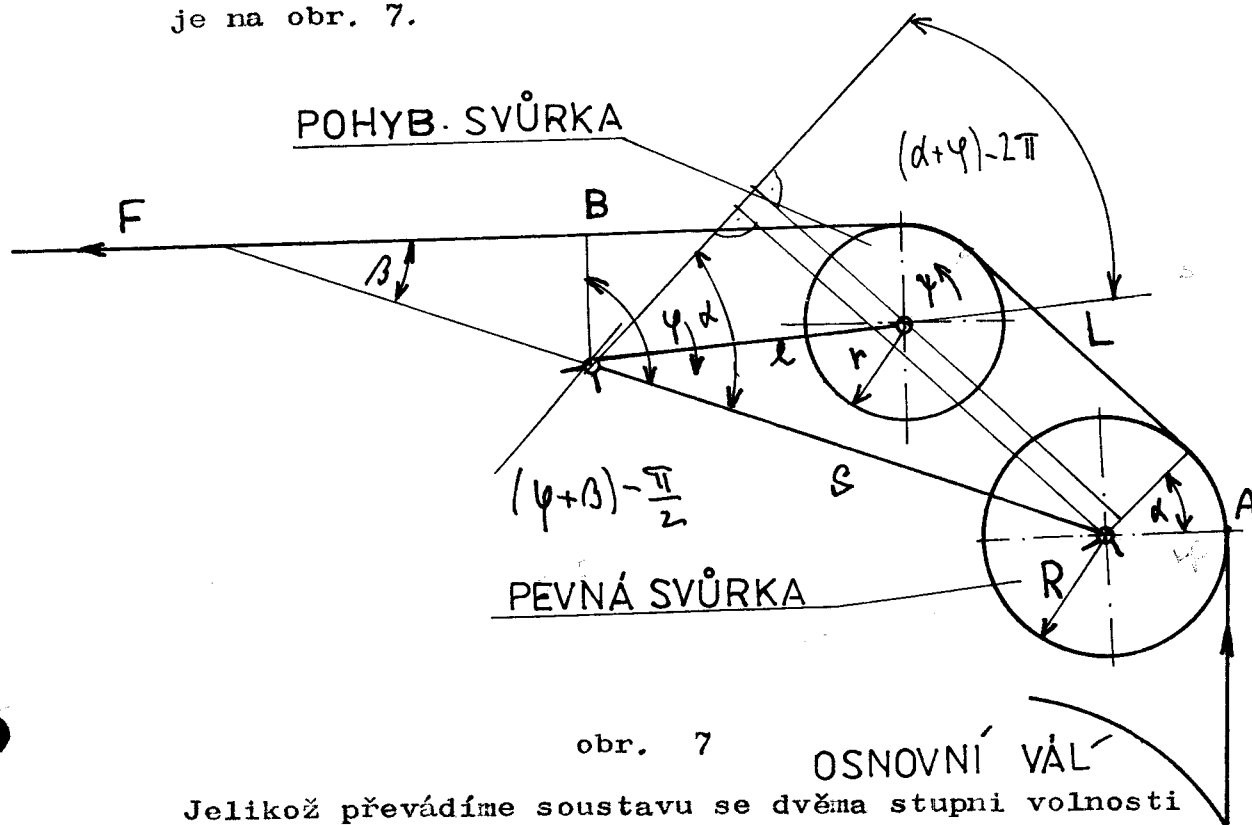
3.2.4 Výpočet U_o

$$U_o = \int_0^x F dx = \int_0^\varphi F \frac{\partial L_c}{\partial \varphi} S \cdot d\varphi = F \cdot S \cdot \mu_1 \cdot \varphi \quad (15)$$

$\mu_1 = \frac{\partial L_c}{\partial \varphi}$ - součinitel udávající posunutí osnovy při naklopení svárky o určité φ Byl odvozen v rovnici (25).

$F = \sum_{i=1}^n F_i \sin(n_i \omega t + \varphi_i)$ - polyharmonická budící síla v osnově.

Geometrické uspořádání svárkového systému stroje STB2-330 je na obr. 7.



obr. 7

OSNOVNÍ VÁL

Jelikož převádíme soustavu se dvěma stupni volnosti na soustavu s jedním stupněm volnosti, bylo dále nutné stanovit převod μ_2 . Tento součinitel vyjadřuje poměr úhlu φ - úhlu naklopení svárky kolem otočného bodu 0 k úhlu ψ - úhlu pootočení svárky kolem vlastní osy.

Dle obr. 7 platí pro celou délku osnovy z A do B vztah

$$L_c = \frac{\pi}{180} \alpha \cdot R + L + \frac{\pi}{180} \left[90 - (\alpha + \beta) \cdot r + 1 \cdot \cos(\beta + \varphi) \right] \quad (16)$$

protože platí výraz

$$r = S \cdot \sin \alpha - 1 \cdot \sin [(\alpha + \varphi) - 180] \quad (17)$$

dále rovnice

$$S \cdot \cos \alpha + (R-r) = 1 \cdot \cos [(\alpha + \varphi) - 180] \quad (18)$$

a z ní odvodíme

$$- \left[\cos \alpha + \left(\frac{R-r}{S} \right) \right] = \frac{1}{S} \cos (\alpha + \varphi) \quad (19)$$

po derivaci (19) získáme vztah pro závislost φ na úhlu α

$$\sin \alpha \frac{\partial \alpha}{\partial \varphi} = - \frac{1}{S} \sin (\alpha + \varphi) \left(1 + \frac{\partial \alpha}{\partial \varphi} \right) \quad (20)$$

z rovnice (20) můžeme určit $\frac{\partial \alpha}{\partial \varphi}$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial \varphi} = - \frac{\frac{1}{S} (\cos \varphi + \frac{\sin \varphi}{\tan \alpha})}{1 + \frac{1}{S} (\cos \varphi + \frac{\sin \varphi}{\tan \alpha})} \quad (21)$$

Provedeme-li dále úpravu

$$\begin{aligned} \frac{1}{S} \frac{\partial L_c}{\partial \varphi} &= \frac{\partial \alpha}{\partial \varphi} \left[\frac{\pi}{180} \left(\frac{D-d}{2S} \right) + \cos \alpha + \frac{1}{S} \cos (\alpha + \varphi) \right] + \\ &+ \frac{1}{S} \left[\cos (\alpha + \varphi) + \sin (\beta + \varphi) \right] \end{aligned} \quad (22)$$

můžeme již stanovit změnu délky osnov spojenou s vykývnutím svůrky podle výrazu

$$dx = - \frac{\partial L_c}{\partial \varphi} \cdot d\varphi = r \cdot d\varphi \quad (23)$$

$$\text{a z něho} \quad d\varphi = - \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial L_c}{\partial \varphi} \cdot dx \quad (24)$$

Po dosazení rozměrů

$$\begin{aligned} D &= 164 \text{ mm} \\ d &= 130 \text{ mm} \\ l &= 210 \text{ mm} \\ S &= 360 \text{ mm} \\ \alpha &= 65^\circ \\ \varphi &= 152^\circ \\ \beta &= 22,5^\circ \end{aligned}$$

$$\text{z rovnice (22) získáme hodnotu výrazu} \quad \frac{\partial L_c}{\partial \varphi} = M_1$$

$$M_1 = \frac{\partial L_c}{\partial \varphi} = -0,437 \cdot S \quad (25)$$

kterou dosadíme do (24).

Potom se bude výraz $d\psi$ rovnat

$$d\psi = - \frac{0,437 \cdot S}{r} d\varphi \quad (26)$$

Z této rovnice získáme vztah $d\psi = -2,42 d\varphi$ (27)

a tedy $\underline{M_2 = -2,42}$

Zavedením vztahů (9), (12), (13) a (15) do rovnice

(2) máme

$$U = \frac{1}{2} \omega_b^2 \sin^2 \beta \varphi^2 - m \cdot g \cdot h \cdot \cos \varphi_0 \cdot \varphi + k_1 \dot{\varphi} \cdot \varphi - \sum_{i=1}^n M_i^2 \sin(n_i \omega t + \varphi_i) \cdot S \cdot \varphi \quad (28)$$

3.3 Určení celkové kinetické energie

$$K = \frac{1}{2} I_R \dot{\varphi}^2 \quad (29)$$

I_R - redukovaný hmotový moment setrvačnosti

Zavedením I_R postihneme rozmístění hmot soustavy a zachytíme vliv setrvačnosti svěrky, což je jedním z problémů řešení dané dynamické soustavy.

3.3.1 Stanovení I_R

$$\frac{1}{2} I_R \dot{\varphi}^2 = \frac{1}{2} I_2 \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2} I_1 \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2} m_2 v^2 \quad (30)$$

I_1 - moment setrvačnosti soustavy

I_2 - moment setrvačnosti svěrky

m_2 - hmotnost svěrky

v - rychlost svěrky

$$v = l \cdot \dot{\varphi} \quad (31)$$

Rovnici (30) upravíme na

$$I_R = I_2 \frac{\dot{\psi}^2}{\psi^2} + I_1 + m_2 \cdot l^2 \quad (32)$$

výraz $\frac{\dot{\psi}^2}{\psi^2} = \dot{m}_2^2$ byl odvozen v předchozí části.

3.4 Matematický model dynamické soustavy svůrka - osnova na tkacím stavu

Vztahy (28) a (32) použijeme při řešení rovnice (1) a je tedy nutné vyjádřit tyto parciální derivace:

$$\frac{\partial K}{\partial \psi} = 0 \quad (33)$$

$$\frac{\partial K}{\partial \dot{\psi}} = (I_2 m_2^2 + I_1 + m_2 \cdot l^2) \cdot \dot{\psi} \quad (34)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial K}{\partial \dot{\psi}} \right) = (I_2 m_2^2 + I_1 + m_2 \cdot l^2) \ddot{\psi} \quad (35)$$

$$\frac{\partial U}{\partial \psi} = cb^2 \cdot \sin^2 \beta \cdot \psi - m \cdot g \cdot h \cdot \cos \varphi_0 + k_1 \dot{\psi} - S \cdot m_1 \sum F_i \sin (n_i \omega t + \varphi_i) \quad (36)$$

Dosazením vztahů (33) - (35) do rovnice (1) a zavedením konstant $K_2 = cb^2 \sin^2 \beta$ a

$K_3 = m \cdot g \cdot h \cdot \cos \varphi_0$ dostaneme výsledný vztah, který je hledaným matematickým modelem,

$$I_R \ddot{\psi} + K_1 \dot{\psi} + K_2 \psi - K_3 = S \cdot m_1 \sum F_i \sin (n_i \omega t + \varphi_i)$$

Jedná se o lineární diferenciální rovnici 2. řádu (36)

s pravou stranou, která popisuje danou dynamickou soustavu.

4. Ověření matematického modelu soustavy svárka-osnova
na tkacím stavu.

Matematický model byl aplikován na měření provedená měřicí skupinou VVUZVS Brno na strojích SULZER 330 a STB 2-330. V obou případech byl setkáván druh 150 cm RADON, plášťovina z materiálu PESs/M II Čes.

Osnova: materiál PESs/ba MII Čes

textilní příze 12 x 2

dostava režná 49,2

dostava hotová 52,0

Útek: materiál PESs/ba MII Čes

textilní příze 16,5 x 2

dostava režná 18

dostava hotová 18,5

Mimo to byl u obou strojů učiněn pokus dosáhnout mezních útkových dostav pro daný materiál. Stroj SULZER byl osazen vačkami s výdrží 166°, STB s výdrží 280°. Výsledkem měření jsou průběhy zdvihu svárky a průběhu napětí osnov během jedné otáčky stroje.

Z porovnání je na první pohled zřejmý odlišný chod svárky u obou strojů. U stroje SULZER je vidět, že svárka se těsně před přírazem svou setrvačností pohybuje směrem vzhůru, tím způsobí vypnutí osnov v okamžiku přírazu, takže příraz je razantní a tím se dosáhne vysoké setkatelnosti i při nízkém středním napětí osnov. U stroje STB svárka těsně před přírazem již klesá dolů, osnovy jsou v okamžiku přírazu uvolněné a dosažení vyšších dostav činí problémy.

Ověření těchto skutečností bylo cílem vytvoření matematického modelu svůrkového systému. Pro výpočet bylo nutno průběhy napětí osnov i pohybu svůrky digitalizovat a nahradit Fourierovým rozvojem. Digitalizace byla provedena s neekvidistantním krokem, aby se co nejlépe postihly napěťové špičky. Dokonalost aproximace Fourierovou řadou byla ověřena zpětnou syntézou. Současně byly na počítači nalezeny konstanty diferenciální rovnice:

$$C_4 \ddot{\varphi} + C_3 \dot{\varphi} + C_2 \varphi + C_1 = F_t$$

Funkce F_t i úhlový pohyb svůrky φ byly prezentovány ve formě Fourierovy řady

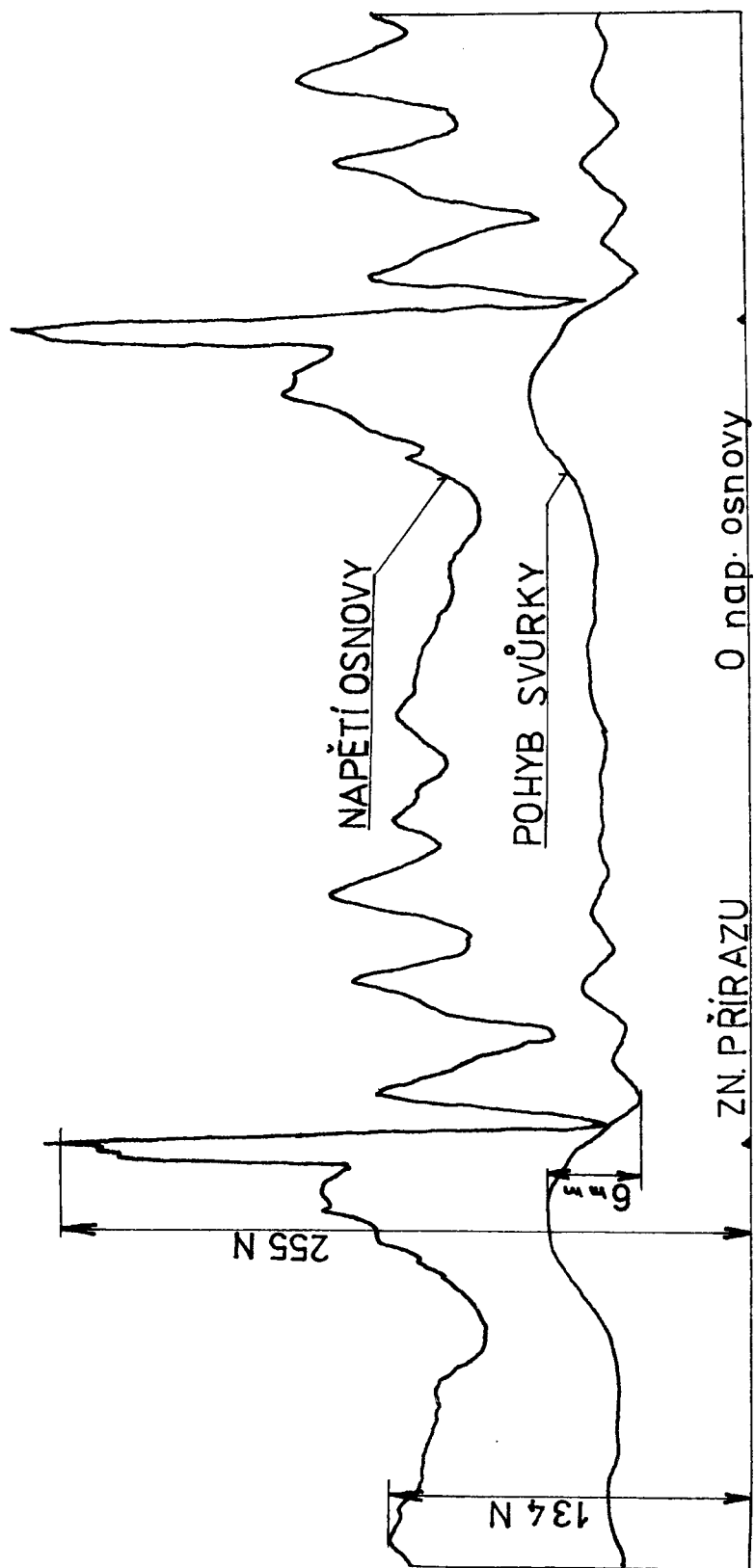
$$F_t = \sum F_i \sin(i\omega t + \varphi_i)$$

Konstanty $C_1 - C_4$ byly vypočteny při zahrnutí 2 - 24 harmonických.

Je vidět, že přibližně od deseti harmonických se již mění velmi málo. Protože se jedná o předurčenou soustavu rovnic byly určeny na počítači metodou nejmenších čtverců.

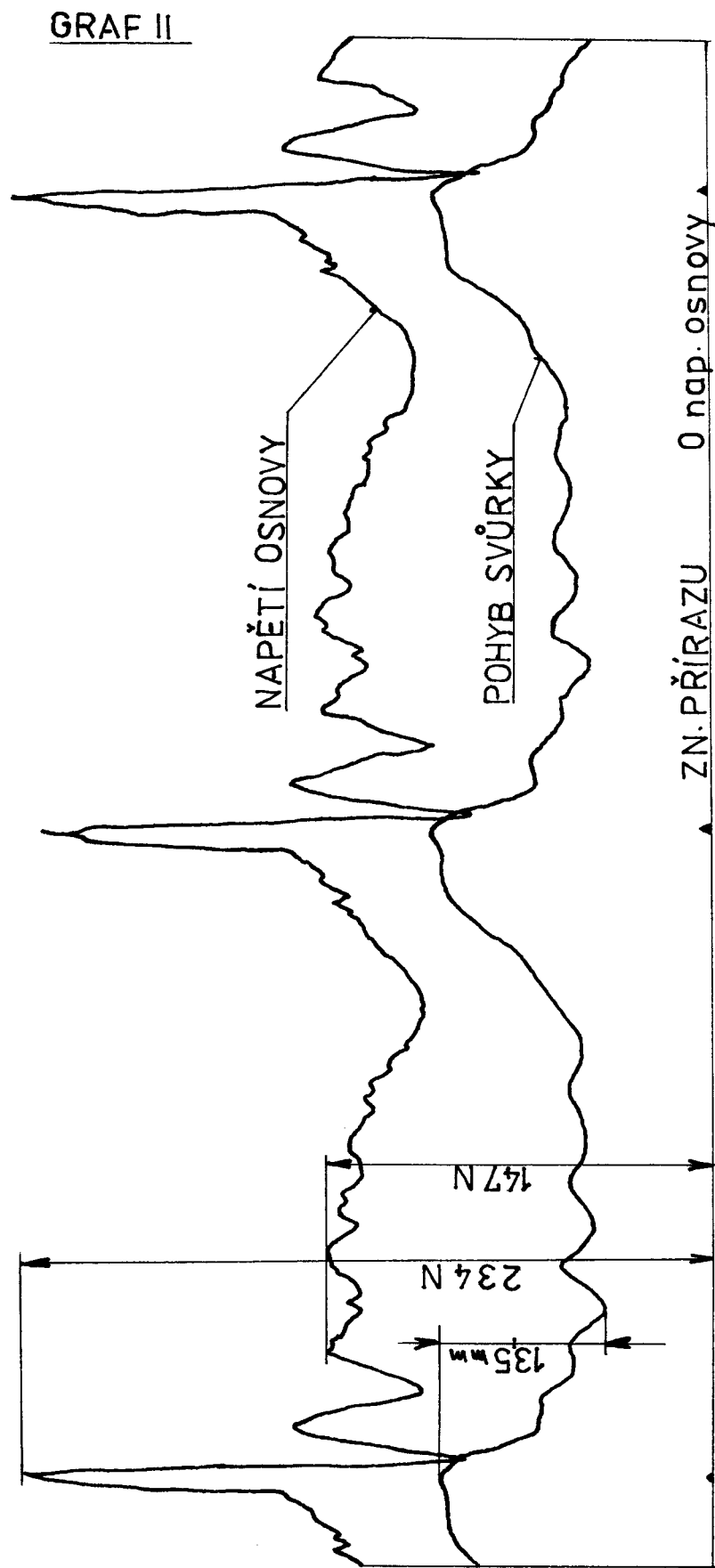
STAV STB2-330, $n=192$ 1/min, SVŮRKA BRZDĚNÁ - PRUŽINA V POL. II
 dostava = 17/cm

GRAF I



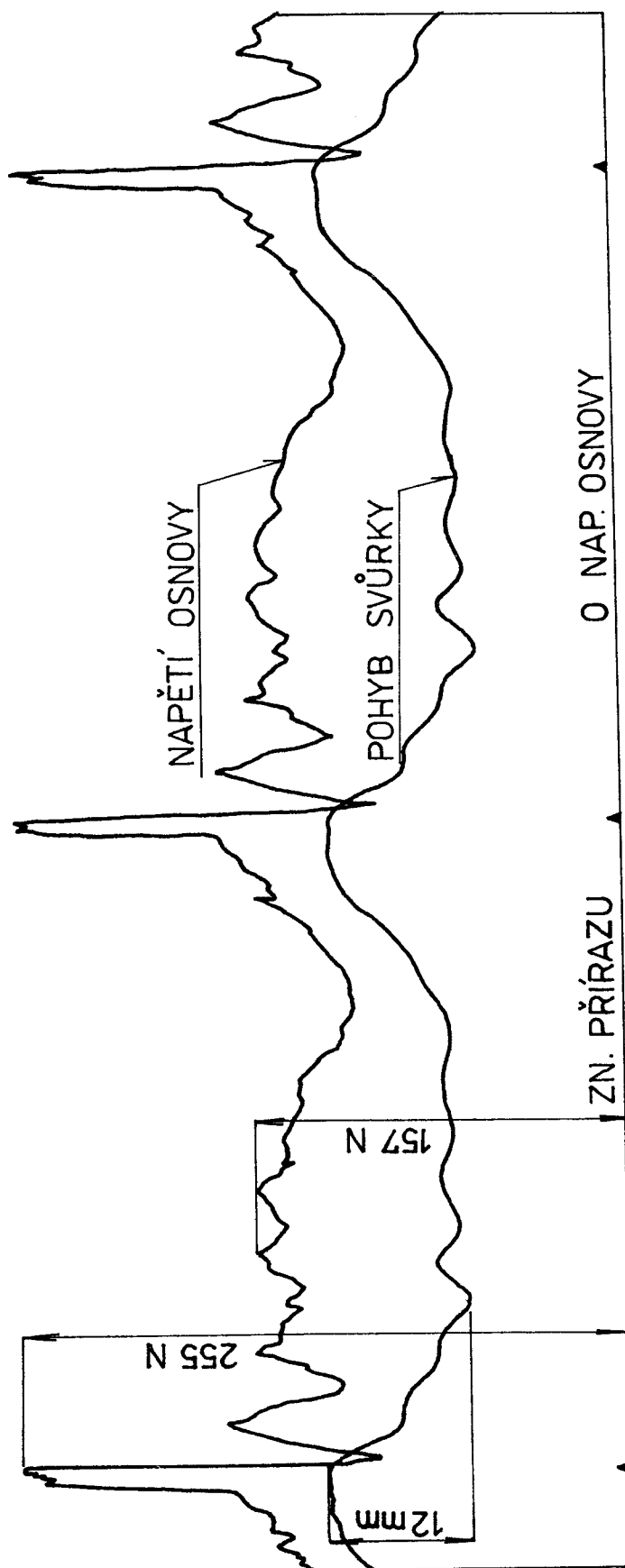
STAV SULZER 330, n=230 1/min, SVŮRKA BRZDĚNÁ

dostava=21/cm



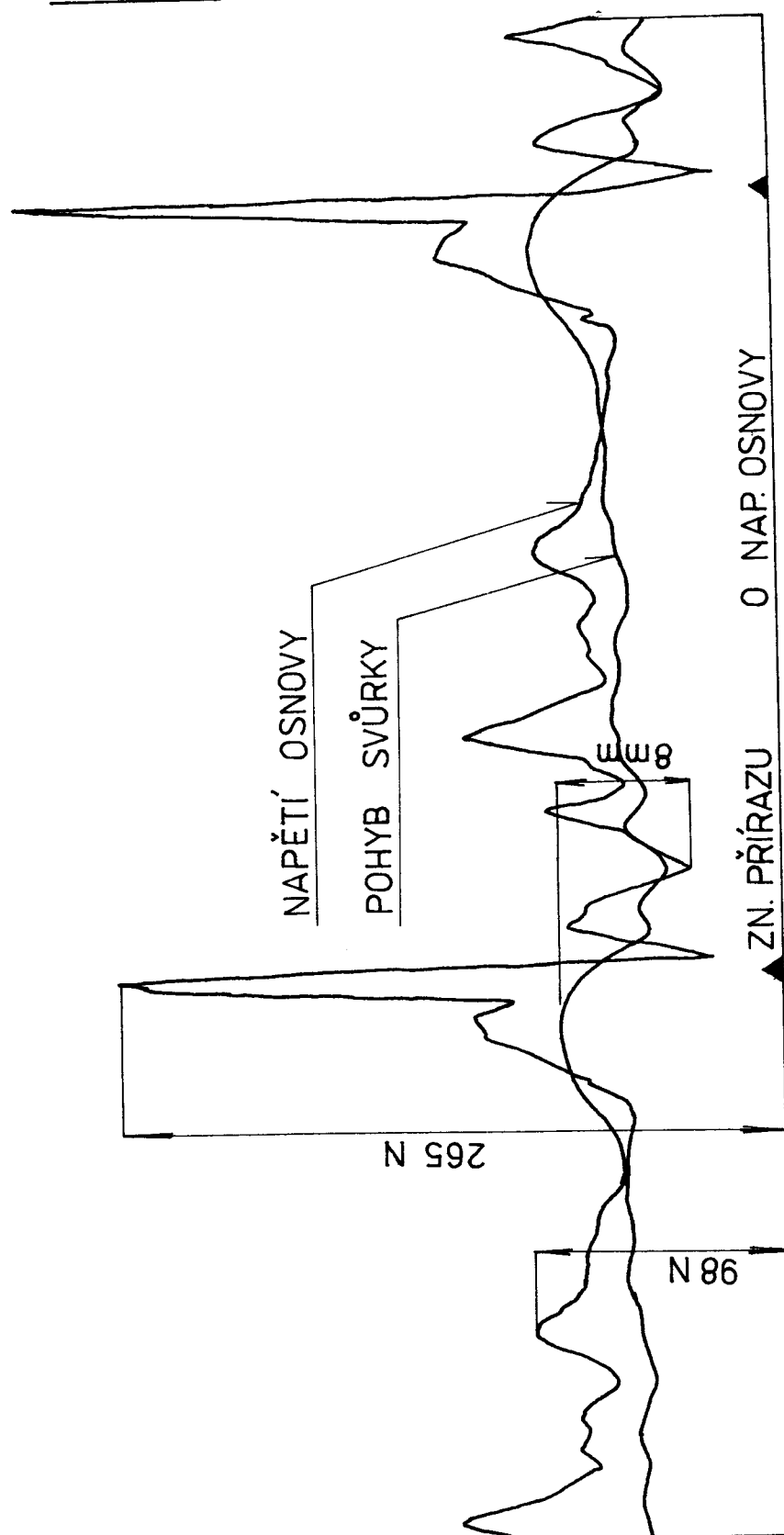
STAV SULZER 330, $n = 230$ ot/min, SVŮRKA BRZDĚNÁ
dostava 18/cm

GRAF III



STAV STB 2 - 330, $n = 192$ ot/min, SVŮRKA BRZDĚNÁ - PRUŽINA V POL. III
 dostava 17/cm

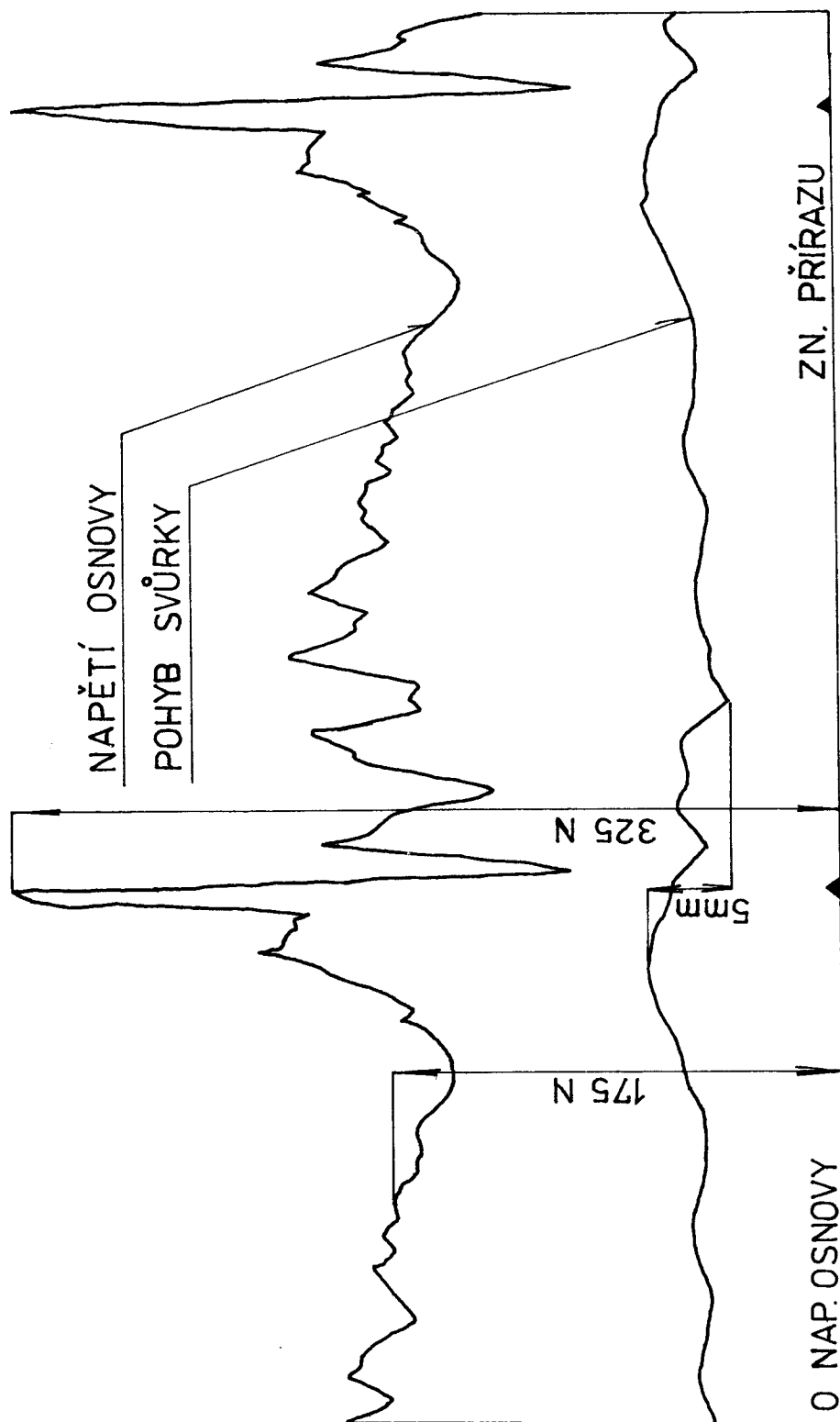
GRAF IV



STAV STB 2 - 330, $n = 192$ ot/min, SVŮRKA BRZDĚNÁ - PRUŽINA V POL. I

dostava 17/cm

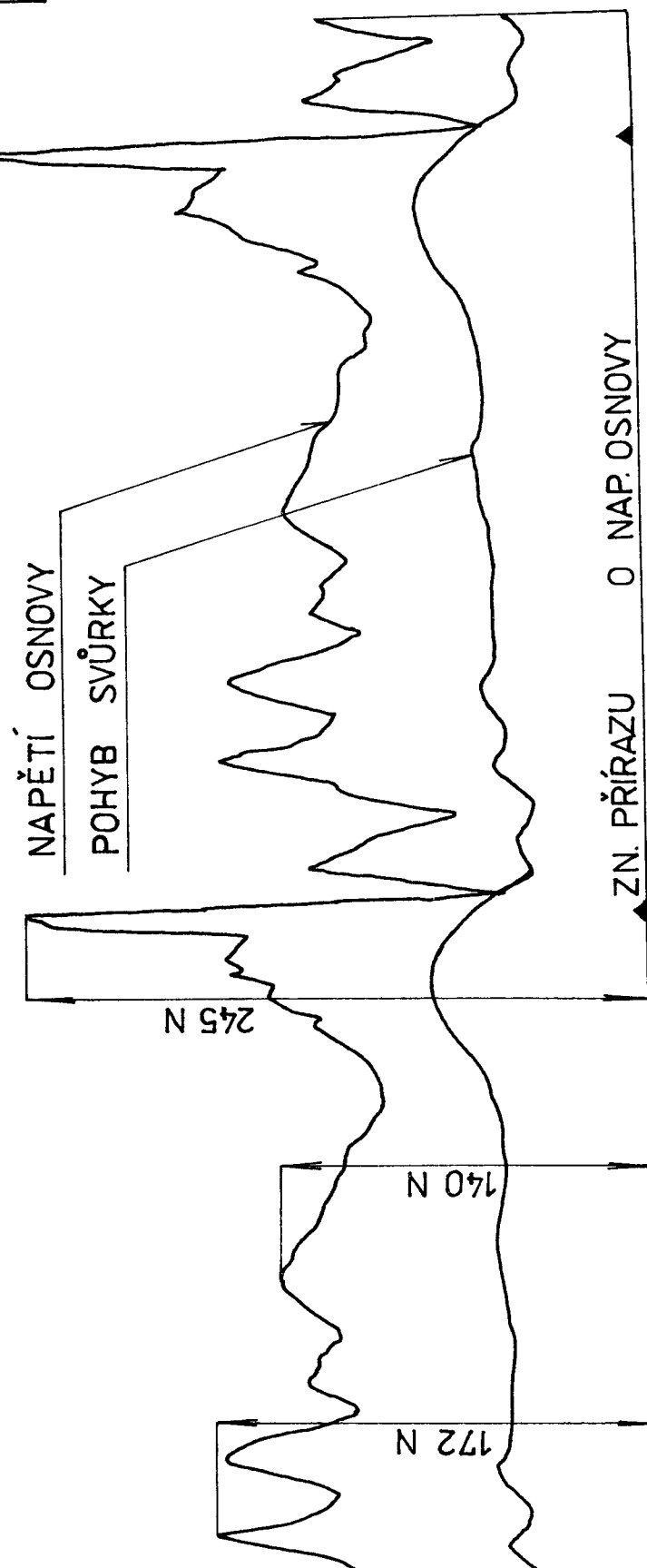
GRAF V



STAV STB 2 - 330, $n = 192 \text{ ot/min}$, SVŮRKA BRZDĚNÁ - PRUŽINA V POL. II

dostava 17/cm

GRAF VI



6. Závěr

I když ze získaných výsledků nelze učinit jednoznačné závěry, je vidět zcela odlišné chování svůrky stroje SULZER a STB.

Porovnání svůrkových systémů pomocí předloženého matematického modelu je zřejmě možné. V průběhu práce se však projeví problémy vyplývající z toho, že použitá měření nebyla prováděna pro tento druh vyhodnocení. Bylo by zřejmě nutné provést speciální měření.

Jako nedostatek se ukázala skutečnost, že byla k dispozici pouze 1 otáčka stroje při každém nastavení. Případné náhodné vlivy, které jsou v ní zachyceny se pak přenášejí do hodnocení a zkreslují je.

Správnější by bylo vyhodnotit Cross - spektrum vstupního a výstupního signálu (napětí osnov a pohyb svůrky) a z něho vyhodnotit přímo přenosovou charakteristiku. Pro tuto formu zpracování však nebyly v době řešení diplomové práce k dispozici měření ani programy.

Použitá literatura:

- L. Půst - M. Lada
Pružné ukládání strojů - SNTL Praha 1965 (1)
- O. Talavášek - V. Svatý
Bezčlunkové stavy - SNTL Praha 1975 (2)
- Doc. ing. Jaroslav Charvát Csc
Mechanika II-Dynamika-skriptu VŠST Liberec (3)
- K. Kafka
Rozbor osnovních regulátorů - DP VŠST
Liberec 1980 (4)