

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

NOSITELKA ŘÁDU PRÁCE

Fakulta strojní

Obor: 23 - 21 - 8

Strojní zařízení pro chemický, potravinářský a spotřební průmysl

Zaměření: textilní a oděvní stroje

Katedra textilních a oděvních strojů

Dynamika oboustranného náhonu přírazového mechanismu

Vedoucí práce: Doc.Ing. Jiří Mrázek, CSc

|                |    |
|----------------|----|
| Počet stran:   | 30 |
| Počet příloh:  | 21 |
| Počet tabulek: | 3  |
| Počet obrázků: | 4  |
| Počet výkresů: | 1  |
| Počet modelů:  | -  |

Vysoká škola strojní a textilní  
Vysoká škola: a textilní v Liberci Fakulta:  
Katedra: textilních a oděvních strojů Školní rok: 1988/89

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

KAUZONAS ANDRIJUS

pro .....

obor 23-21-8 Stroje a zařízení pro chemický, potravinářský a  
spotřební průmysl

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Dynamika oboustranného náhonu přírazového  
mechanismu

### Zásady pro vypracování:

- 1) Prověřte dosavadní poznatky oboustranného náhonu přírazového mechanismu.
- 2) Sestavte matematický model.
- 3) Určete potřebné hmotové parametry výpočtem nebo experimentálně pomocí výkresové dokumentace resp vyrobených dílů.
- 4) Vyhodnoťte vlastnosti oboustranného náhonu.

V 102/89 S

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ  
Ústřední knihovna  
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5  
PSČ 461 17

Shrnutí - mechanizace -  
oproti návrhu

TS/KTS

Sestavní výkres přírazového mechanismu.  
Grafické průběhy kinematických veličin a  
hnacích momentů na klice.

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy: 15 - 20 stran formátu A4

Seznam odborné literatury:

- 1/ Mrázek, J. a kol.: Dynamické vlastnosti tkacích strojů.  
Výzkumná zpráva, VŠST, Liberec 1987.
- 2/ Mrázek, J.: Příspěvek k dynamice přírazového mechanismu. Sborník  
V. konference o teorii strojů a mechanismů, VŠST, Liberec 1988.

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

Datum zadání diplomové práce: 29. 9. 1988

Termín odevzdání diplomové práce: 2. 6. 1989

L.S.

Prof. Ing. Vl. Prášil, DrSc.

Vedoucí katedry

Prof. Ing. Vl. Prášil, DrSc.

Děkan

V Liberci dne 26. 9. 1988

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

V Liberci, dne 2.6.1989

A handwritten signature in cursive script, likely belonging to the author of the diploma.

Děkuji tímto vedoucímu diplomové práce  
Doc. Ing. Jiřímu Mrázkovi, CSc za odborné vedení diplomo-  
vé práce a Ing. Liborovi Tůmovi za podnětné připomínky  
a rady k diplomové práci.

Seznam použitých symbolů

| <u>Symbol</u>                  | <u>Název</u>                  | <u>Jednotka</u>     |
|--------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| $\varphi$                      | úhlová dráha                  | rad                 |
| $\dot{\varphi} = \omega$       | úhlová rychlost               | rad s <sup>-1</sup> |
| $\ddot{\varphi} = \varepsilon$ | úhlové zrychlení              | rad s <sup>-2</sup> |
| c                              | konstanta tuhosti             | Nm                  |
| k                              | konstanta tlumení             | Nm s                |
| I                              | hmotný moment<br>setrvačnosti | kg m <sup>2</sup>   |
| M                              | moment                        | Nm                  |
| $\varphi$                      | úhel                          | rad                 |
| l                              | délka                         | m                   |
| x,y                            | souřadnice úložných<br>bodů   | m                   |
| V,Y,U,Z                        | modelovaná vůle               | rad                 |
| $\Omega$                       | frekvence                     | Hz                  |
| F                              | přírazná síla                 | N                   |

## SEZNÁM PŘÍLOH

- G.v.1-G.v.20 Průběhy kinematických veličin přírazového  
mechanismu
- A001 Program pro výpočet a kreslení průběhu  
kinematických veličin
- Výkres přírazového mechanismu

## OBSAH

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| 1. Úvod                                                    | 8  |
| 2. Přírazové mechanismy tkacích strojů                     | 9  |
| 3. Matematický model přírazového mechanismu tkacího stroje | 10 |
| 4. Určení převodových funkcí                               | 13 |
| 5. Působení osnovy                                         | 16 |
| 6. Zavedení vřlí                                           | 18 |
| 7. Průběh hnacího momentu $M_2$                            | 19 |
| 8. Stanovení vstupních parametrů                           | 20 |
| 8.1 Geometrické rozměry přírazového mechanismu             | 21 |
| 9. Popis sestaveného programu                              | 22 |
| 10. Vyhodnocení                                            | 23 |
| 11. Závěr                                                  | 25 |
| 12. Tabulky variant                                        | 26 |
| Použitá literatura                                         |    |

## 1. ÚVOD

V současné době dochází ke stále větší spotře textilií a spotřeba stále vzrůstá. Proto se výrobci tkacích stavů zaměřují na zvyšování výkonů.

Na moderní výkonný stroj jsou kladeny tyto požadavky:

- vysoký výrobní výkon
- nízká spotřeba energie na jednotku výkonu
- bezpečnost a spolehlivost chodu
- maximální využití materiálů
- co největší možný stupeň automatizace
- co největší možný stupeň unifikace jednotlivých částí

Se zvyšujícím se výkonem a spolehlivostí současných tkacích stavů se dostává do popředí otázka správné a přesné funkce jednotlivých mechanických uzlů na tkacím stroji.

Jedná se hlavně o mechanismy prošlupního, prohozního, odtahovacího, podavacího ústrojí, ale jedná se zde také o přírazový mechanismus tkacího stroje. Tyto mechanismy jsou v důsledku stále zvyšujících se otáček více zatěžovány dynamickými silami.

Tím vstává pro konstruktéry tkacích stavů další velký problém a to je kmítání částí strojů či celých strojů. Řešení těchto velice složitých problémů umožňuje výpočetní technika.

## 2. PŘÍRAZOVÉ MECHANISMY TKACÍCH STROJŮ

Prvořadou ulohu při tvorbě tkaniny je zatlačení utku do vytvořeného prošlupu určitou silou, která má dynamicky charakter. Zatlačení utku je realizováno přírazovým mechanismem tkacího stroje.

Mechanismus přírazu je nutno zařadit ze stránky energetické do hlavních mechanismů tkacího stroje.

V průběhu vývoje vzniklo několik typu přírazových mechanismů:

**-kloubové mechanismy**

čtyřčlenné, šestičlenné nebo i osmičlenné

Kloubové mechanismy mají velkou výhodu proti vačkovým mechanismům hlavně v jednodušší výrobě.

Nevýhodou kloubových mechanismů je obtížné zajištění klídkové výdrže v provozu a také je to velký počet kloubů u mechanismů s více členy.

U reálných mechanismů se vlivem poddajnosti a zavedením vůlí mezi jednotlivými členy mechanismu projeví přídatná namáhání, která výrazně překračují teoretické hodnoty.

**-vačkové mechanismy**

jsou uskutečněny nejčastěji soustavou inverzních vaček

**-speciální přírazové mechanismy**

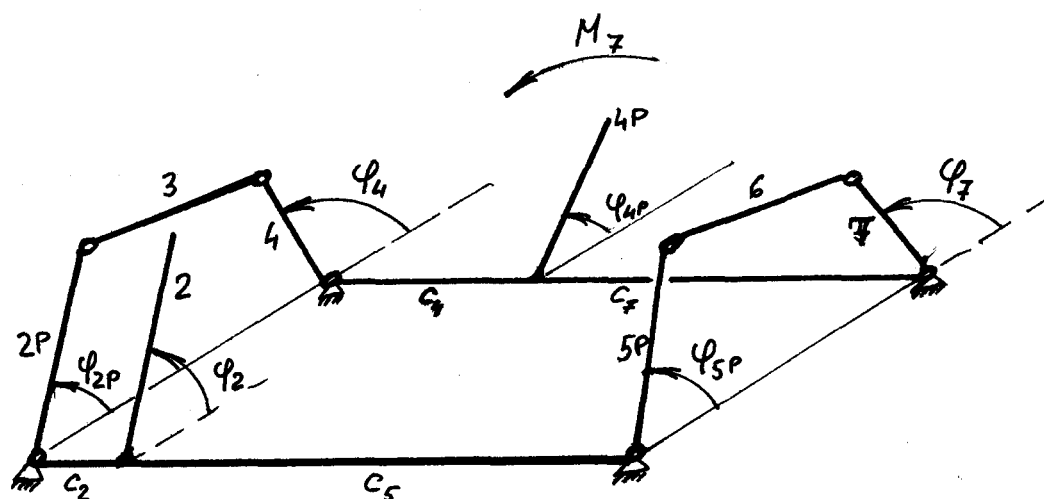
jsou sestaveny kombinací kinematických dvojic kloubových, valivých / vačky, ozubená kola / nebo smykových / kulisy / podle svého určení

### 3. MATEMATICKÝ MODEL PŘÍRAZOVÉHO MECHANISMU TKACÍHO STROJE

Na celkové dynamické chování tkacího stroje má základní vliv přírazový mechanismus. Vyznamným parametrem bude průběh kinematických veličin na paprsku v místě přírazu, což v podstatě přímo ovlivňuje kvalitu tkaniny.

Pro rozbor těchto vlastností je vhodné vytvořit matematický model celého přírazového mechanismu, jehož pomocí je možno prověřit optimální strukturu přírazového mechanismu, vliv rozběhu, případně nerovnoměrnosti klikového hřídele na provedení přírazu.

Základní podmínkou pro hodnocení musí být věrnost vytvořeného matematického modelu celého přírazového mechanismu při simulaci skutečných jevů a jednoduchost spolu s možností numerického řešení pomocí výpočetní techniky.



Schema modelu přírazového mechanismu

Matematický popis je proveden na základě následujících předpokladů:

- všechny členy mechanismu a úložné klouby jsou považovány za dokonale tuhé
- těhlice 3 a 6 jsou nahrazeny hmotnými body soustředěnými v jejich koncových bodech
- působení osnova je zavedeno prostřednictvím momentu

$$M_7 = f(\varphi_{4P}) \quad / 3.1/$$

- poddajnost náhonu i bydlenu je nahrazena torsními tuhostmi  $c_2, c_4, c_5, c_7$  mezi rameny 2-2P, 4-4P, 2-5P, 7-4P
- vstupní veličinou je libovolný pohybový zákon nehmotného členu 2
- mezi členy 2-2P, 4-4P, 2-5P, 7-4P jsou vloženy tlumicí členy s viskózním tlumením
- do modelu byly zavedeny vůle v náhonu i v jednotlivých kinematických dvojicích
- není uvažována vlastní váha členů

Model je matematicky popsán pomocí Lagrangeovy rovnice druhého druhu

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial K}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial K}{\partial q} = - \frac{\partial U}{\partial q} - \frac{\partial R}{\partial \dot{q}} \quad /3.2/$$

K-kinetická energie soustavy

U-potenciální energie soustavy

R-disipativní funkce

q-obecná souřadnice

$$K = \frac{1}{2} I_{2P} \dot{\varphi}_{2P}^2 + \frac{1}{2} I_4 \dot{\varphi}_4^2 + \frac{1}{2} I_{4P} \dot{\varphi}_{4P}^2 + \frac{1}{2} I_{5P} \dot{\varphi}_{5P}^2 + \frac{1}{2} I_7 \dot{\varphi}_7^2$$

$$R = \frac{1}{2} k_2 (\dot{\varphi}_{2P} - \dot{\varphi}_2)^2 + \frac{1}{2} k_4 (\dot{\varphi}_{4P} - \dot{\varphi}_4)^2 + \frac{1}{2} k_5 (\dot{\varphi}_{5P} - \dot{\varphi}_2)^2 + \frac{1}{2} k_7 (\dot{\varphi}_{4P} - \dot{\varphi}_7)^2$$

$$U = \frac{1}{2} c_2 (\varphi_{2P} - \varphi_2)^2 + \frac{1}{2} c_4 (\varphi_{4P} - \varphi_4)^2 + \frac{1}{2} c_5 (\varphi_{5P} - \varphi_2)^2 + \frac{1}{2} c_7 (\varphi_{4P} - \varphi_7)^2 + \int M_7 d\varphi_7 \quad /3.3/$$

Řešením získáme tři rovnice:

$$\ddot{\varphi}_{2P} (I_{2P} + I_4 \mu_{24}^2) = - I_4 \mu_{24}^2 \ddot{\varphi}_{2P} - c_2 (\varphi_{2P} - \varphi_2) + c_4 (\varphi_{4P} - \varphi_4) \mu_{24} - k_2 (\dot{\varphi}_{2P} - \dot{\varphi}_2) + k_4 \mu_{24} (\dot{\varphi}_{4P} - \dot{\varphi}_4)$$

$$\ddot{\varphi}_{5P} (I_{5P} - I_7 \mu_{57}^2) = - I_7 \mu_{57}^2 \ddot{\varphi}_{5P} - c_{25} (\varphi_{5P} - \varphi_2) + c_7 (\varphi_{4P} - \varphi_7) \mu_{57} - k_5 (\dot{\varphi}_{5P} - \dot{\varphi}_2) + k_7 \mu_{57} (\dot{\varphi}_{4P} - \dot{\varphi}_7) \quad /3.4/$$

$$\ddot{\varphi}_{4P} \bar{I}_{4P} = -c_4 (\varphi_{4P} - \varphi_4) - c_7 (\varphi_{4P} - \varphi_7) + M_7 - k_4 (\dot{\varphi}_{4P} - \dot{\varphi}_4) - k_7 (\dot{\varphi}_{4P} - \dot{\varphi}_7)$$

Převodové funkce:

$$\varphi_4 = f_{24} (\varphi_{2P})$$

$$\dot{\varphi}_4 = \gamma_{24} (\dot{\varphi}_{2P})$$

/3.5/

$$\ddot{\varphi}_4 = \gamma_{24} \dot{\varphi}_{2P}^2 + \gamma_{24} \ddot{\varphi}_{2P}$$

$$\varphi_7 = f_{57} (\varphi_{5P})$$

$$\dot{\varphi}_7 = \gamma_{57} (\dot{\varphi}_{5P})$$

$$\ddot{\varphi}_7 = \gamma_{57} \dot{\varphi}_{5P}^2 + \gamma_{57} \ddot{\varphi}_{5P}$$

$$\varphi_2, \varphi_{2P}, \varphi_4, \varphi_{4P}, \varphi_{5P}, \varphi_7$$

-úhly určující polohu jednotlivých vahadel

$$\dot{\varphi}_2, \dot{\varphi}_{2P}, \dot{\varphi}_4, \dot{\varphi}_{4P}, \dot{\varphi}_{5P}, \dot{\varphi}_7$$

-úhlové rychlosti jednotlivých vahadel

$$\bar{I}_{2P}, \bar{I}_4, \bar{I}_{4P}, \bar{I}_{5P}, \bar{I}_7$$

-hmotné momenty setrvačnosti jednotlivých členů soustavy

$$c_2, c_4, c_5, c_7$$

-torzní tuhosti tyčí mezi členy 2-2P, 4-4P, 2-5P, 7-4P

$$k_2, k_4, k_5, k_7$$

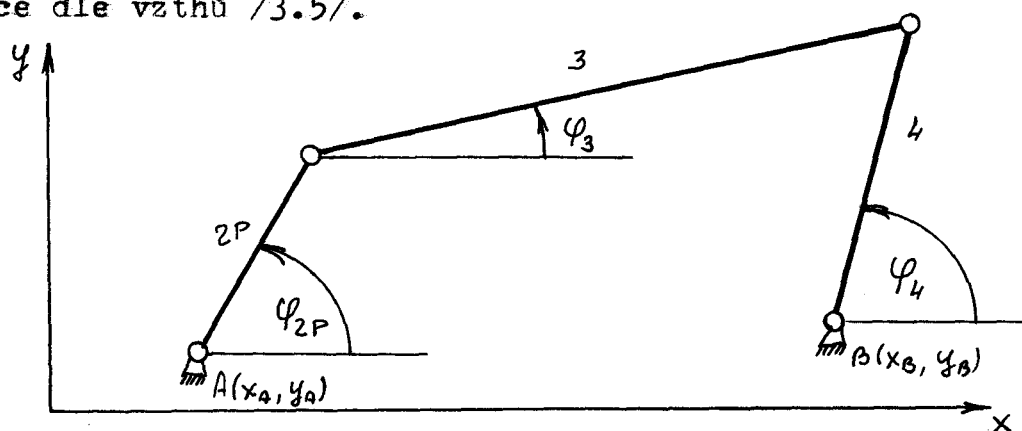
-koeficienty viskosního tlumení soustavy

$$M_7$$

-moment působící na člen 4P vlivem osnovy

#### 4. URČENÍ PŘEVODOVÝCH FUNKCÍ

Do pohybových rovnic /3.4/ je nutné určit převodové funkce dle vztahů /3.5/.



Kinematické schéma čtyřkloubového mechanismu

Jedná se o převodové funkce čtyřkloubového mechanismu dle kinematického schématu, což ve skutečnosti odpovídá čtyřčlennému mechanismu.

Dle schématu lze psát:

$$\begin{aligned} l_3 \cos \varphi_3 - l_4 \cos \varphi_4 &= x_B - x_A - l_{2P} \cos \varphi_{2P} \\ l_3 \sin \varphi_3 - l_4 \sin \varphi_4 &= y_B - y_A - l_{2P} \sin \varphi_{2P} \end{aligned} \quad /4.1/$$

Pro úhel  $\varphi_4$  platí:

$$\sin \varphi_4 = \frac{G_1 D_y \pm D_x \sqrt{D^2 - G_1^2}}{D^2} \quad /4.2/$$

$$\cos \varphi_4 = \frac{G_1 D_x \pm D_y \sqrt{D^2 - G_1^2}}{D^2}$$

$$D_x = -(x_B - x_A - l_{2P} \cos \varphi_{2P})$$

$$D_y = -(y_B - y_A - l_{2P} \sin \varphi_{2P})$$

$$D^2 = D_x^2 + D_y^2$$

$$G_1 = \frac{l_4^2 + D^2 - l_3^2}{2 l_4} \quad /4.3/$$

Pro úhel  $\varphi_3$  platí:

$$\sin \varphi_3 = \frac{G_2 D_y \pm D_x \sqrt{D^2 - G_2^2}}{D^2} \quad /4.4/$$

$$\cos \varphi_3 = \frac{G_2 D_x \pm D_y \sqrt{D^2 - G_2^2}}{D^2}$$

$$G_2 = \frac{l_4^2 - l_3^2 - D^2}{2l_3} \quad /4.5/$$

Hodnotu funkce  $f_{24}$  lze určit ze vztahů /4.2/ a /4.4/.  
Úhlové rychlosti členů 3 a 4 získáme časovou derivací rovnice /4.1/.

$$-l_3 \dot{\varphi}_3 \sin \varphi_3 + l_4 \dot{\varphi}_4 \sin \varphi_4 = v_x \quad /4.6/$$

$$l_3 \dot{\varphi}_3 \cos \varphi_3 - l_4 \dot{\varphi}_4 \cos \varphi_4 = -v_y$$

$$v_x = l_{2P} \dot{\varphi}_{2P} \sin \varphi_{2P}$$

$$v_y = l_{2P} \dot{\varphi}_{2P} \cos \varphi_{2P} \quad /4.7/$$

Dále řešením rovnic /4.6/ dostaneme:

$$\dot{\varphi}_3 = \frac{1}{G_V} (v_x l_4 \cos \varphi_4 + v_y l_4 \sin \varphi_4)$$

$$\dot{\varphi}_4 = \frac{1}{G_V} (v_y l_3 \sin \varphi_3 + v_x l_3 \cos \varphi_3) \quad /4.8/$$

$$G_V = l_3 l_4 (\sin \varphi_3 \cos \varphi_4 - \sin \varphi_4 \cos \varphi_3) \quad /4.9/$$

První převodovou funkci  $\mu_{24}$  určíme přímo ze vztahů /4.8/ pro  $\dot{\varphi}_{2P} = 1$ .

Další časovou derivací rovnic /4.6/ a za předpokladu, že  $\varphi_{2P} = \text{konst.}$  dostaneme vztahy pro úhlová zrychlení členů 3 a 4.

$$\ddot{\varphi}_3 = \frac{1}{G_V} (A_x l_4 \cos \varphi_4 + A_y l_4 \sin \varphi_4) \quad /4.10/$$

$$\ddot{\varphi}_4 = \frac{1}{G_V} (A_y l_3 \sin \varphi_3 + A_x l_3 \cos \varphi_3)$$

$$A_x = l_{2P} \dot{\varphi}_{2P}^2 \cos \varphi_{2P} - l_3 \dot{\varphi}_3^2 \cos \varphi_3 + l_4 \dot{\varphi}_4^2 \cos \varphi_4 \quad /4.11/$$

$$A_y = l_{2P} \dot{\varphi}_{2P}^2 \sin \varphi_{2P} - l_3 \dot{\varphi}_3^2 \sin \varphi_3 - l_4 \dot{\varphi}_4^2 \sin \varphi_4$$

Druhou převodovou funkci  $\varphi_{2P}$  určíme z rovnic /4.10/ pro  $\varphi_{2P} = 1$ .

$l_{2P}, l_3, l_4$  - délky jednotlivých členů mechanismu

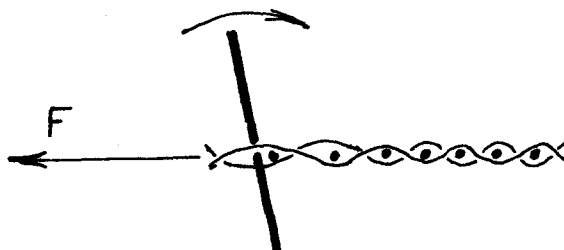
$x_A, x_B, y_A, y_B$  - souřadnice kloubů A, B na rámu

$\varphi_{2P}, \varphi_3, \varphi_4$  - úhly, které svírají jednotlivé členy s kladným směrem osy x

Vztahy pro převodové funkce jsou stejné pro levou a pravou stranu náhonu. Konečné vyjádření převodových funkcí jsou dlouhé proto zde je neuvaďím.

## 5. PŮSOBENÍ OSNOVY

Paprsek při svém pohybu do přední polohy narazí na poslední zanesený útek a posouvá jej ve směru osnovy. Pří-  
razná síla  $F$  musí překonat odpor osnovních nití, které  
se musí rozevřít před vnikajícím útkem a dále odpor tře-  
ním útku při jeho posunu v osnově viz obr.5a



Obr.5a

Proto bylo zavedeno působení osnovy prostřednictvím mo-  
mentu  $M_7$ . Moment  $M_7$  je funkcí úhlu  $\varphi_{4P}$ .

V programu je ale použito zjednodušení a to takové, že  
moment  $M_7$  je funkcí úhlu  $\varphi_{2P}$ , tj. úhlu natočení kliky, kte-  
rý začne platit tehdy, je-li splněna podmínka /5.2/

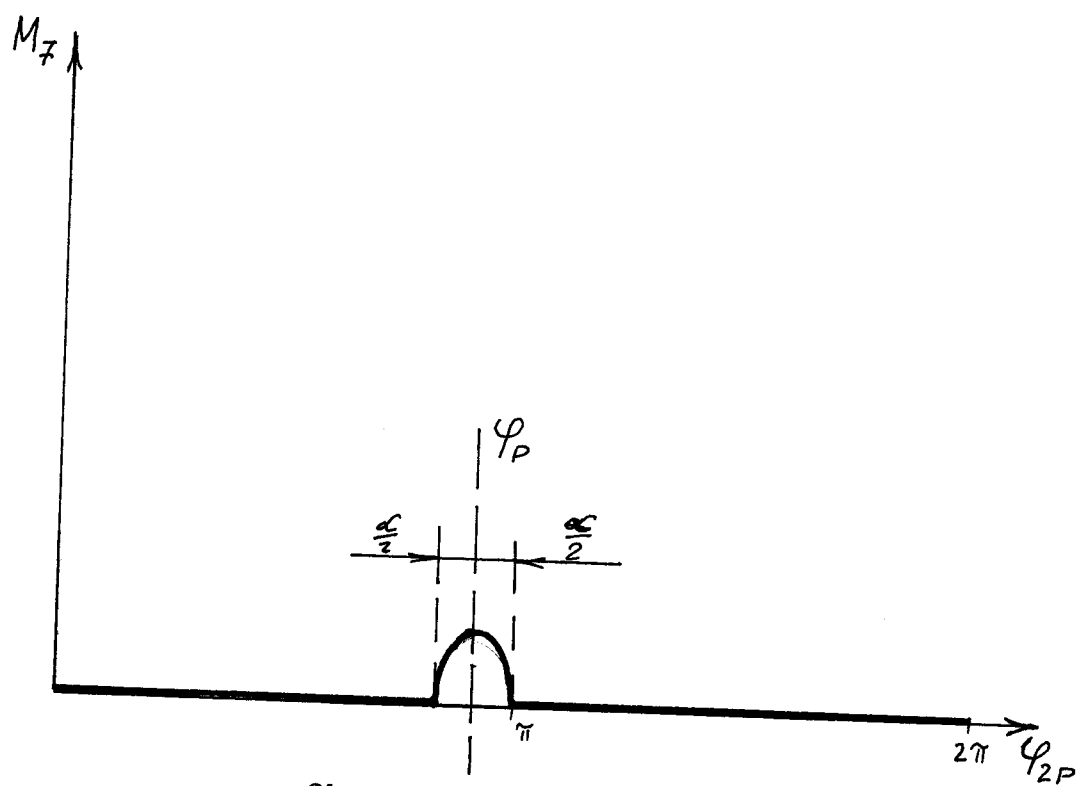
$$M_7 = M_0 \sin \left[ \pi \left( \varphi_{2P} - \varphi_P + \frac{\alpha}{2} \right) / \alpha \right] / 5.1/$$

$$\varphi_P - \frac{\alpha}{2} \leq \varphi_{2P} \leq \varphi_P + \frac{\alpha}{2} \quad /5.2/$$

Působící moment  $M_7$  začíná narůstat určitou dobu před  
přírazem a působí ještě po přírazu viz obr.5b

$\alpha$  -úhel působení momentu  $M_7$ , zvolen úhel  $10^\circ$

$\varphi_P$  -úhel natočení 2P odpovíd. úhlu přírazu



Obr. 5b

## 6. ZAVEDENÍ VŮLÍ

Na přírazový mechanismus byly zavedeny vůle jak v náhonu, tak i na dalších členech mechanismu.

Vůle náhonu mechanismu:

-vztah v rovnicích /3.4/  $|\varphi_{2P} - \varphi_2|$  je nahrazen takovým vztahem, aby byla splněna jedna z následujících podmínek:

$$|\varphi_{2P} - \varphi_2| < V$$

$$\varphi_{2P} - \varphi_2 = 0 \quad /6.1/$$

$$\varphi_{2P} - \varphi_2 < -V$$

$$\varphi_{2P} - \varphi_2 = \varphi_{2P} - \varphi_2 + V$$

$$\varphi_{2P} - \varphi_2 > V$$

$$\varphi_{2P} - \varphi_2 = \varphi_{2P} - \varphi_2 - V$$

Vůle na členu 4:

-vztah v rovnicích /3.4/  $|\varphi_{4P} - \varphi_4|$  je též nahrazen takovým vztahem, aby byla splněna jedna z následujících podmínek:

$$|\varphi_{4P} - \varphi_4| < Y$$

$$\varphi_{4P} - \varphi_4 = 0 \quad /6.2/$$

$$\varphi_{4P} - \varphi_4 < -Y$$

$$\varphi_{4P} - \varphi_4 = \varphi_{4P} - \varphi_4 + Y$$

$$\varphi_{4P} - \varphi_4 > Y$$

$$\varphi_{4P} - \varphi_4 = \varphi_{4P} - \varphi_4 - Y$$

Obdobným způsobem jsou zavedeny vůle na členech 5P a 7.

## 7. PRŮBĚH HNACÍHO MOMENTU $M_2$

Rovnoměrnost chodu tkacího stroje narušují mechanismy s vratným pohybem, kam také patří mechanismus přírazu. Na vstupu je sledován hnací moment  $M_2$ , jež je dán vztahem:

$$M_2 = c_2 (\varphi_{2p} - \varphi_2) + c_5 (\varphi_{5p} - \varphi_2) \quad /7.1/$$

Při zavedených vůlích je nutné, aby tento moment také zahrnul tyto vůle:

$$M_2 = c_2 \cdot AK1 + c_5 \cdot AK3 \quad /7.2/$$

kde AK1 a AK3 jsou získány z podmínek pro zavedené vůle:

$$|\varphi_{2p} - \varphi_2| < V$$

$$\varphi_{2p} - \varphi_2 < -V$$

$$\varphi_{2p} - \varphi_2 > V$$

$$AK1 = 0 \quad /7.3/$$

$$AK1 = \varphi_{2p} - \varphi_2 + V$$

$$AK1 = \varphi_{2p} - \varphi_2 - V$$

$$|\varphi_{5p} - \varphi_2| < U$$

$$\varphi_{5p} - \varphi_2 < -U$$

$$\varphi_{5p} - \varphi_2 > U$$

$$AK3 = 0 \quad /7.4/$$

$$AK3 = \varphi_{5p} - \varphi_2 + U$$

$$AK3 = \varphi_{5p} - \varphi_2 - U$$

## 8. STANOVENÍ VSTUPNÍCH PARAMETRŮ

Pro vlastní numerické řešení bylo nutné spočítat nebo určit vstupní parametry:

-zvolení základního souřadného systému os / x,y/

Základní souřadný systém byl zvolen tak, že počátek základního souřadného systému je totožný s osou rotace hlavního hřídele.

-určení hmotných momentů setrvačnosti jednotlivých členů mechanismu

Hmotné momenty setrvačnosti jsou určeny s dostatečnou přesností analytickými metodami.

-umístění hmot vzhledem k ose rotace

Torzní tuhosti  $c$  můžeme určit dle vztahu:

$$C = \frac{M}{\varphi} \quad /8.1/$$

$c_2$  -tuhosti členu 2 byly určeny přibližně se zřetelem na náhon.

Hodnoty tlumení jsou určeny z logaritmického dekrementu na základě experimentálně určených hodnot.

$$\ddot{\varphi} + 2N\dot{\varphi} + \Omega^2\varphi = 0$$

$$2N = \frac{k}{I}$$

$$\Omega^2 = \frac{c}{I}$$

$$T = \frac{2\pi}{\Omega}$$

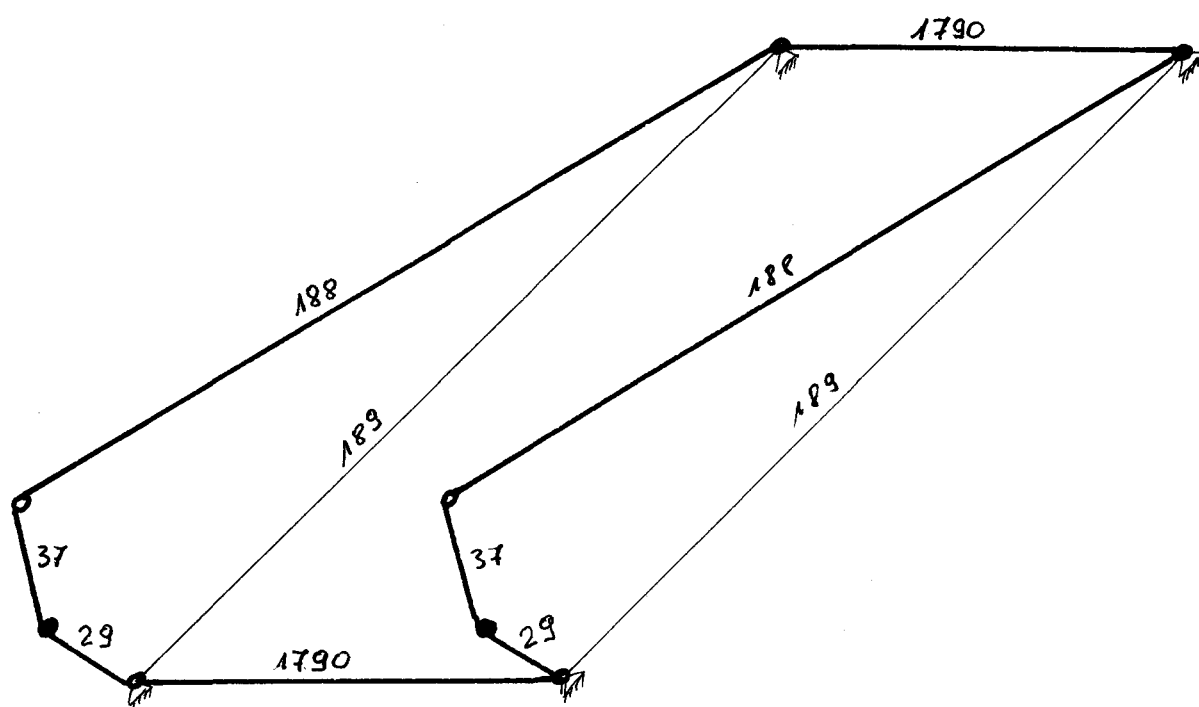
/8.2/

pak určíme koeficient tlumení:

$$k = \frac{I}{\pi} \sqrt{\frac{c}{I}} \ln 2$$

/8.3/

## 8.1 Geometrické rozměry přírazového mechanismu



## 9. POPIS SESTAVENÉHO PROGRAMU

Matematický model přírazového mechanismu je programově zpracován na počítači EC 1033 v jazyce FORTRAN IV.

Program bylo nutno sestavit tak, aby co nejlépe sledoval průběh daných kinematických veličin.

Program je složen z hlavního programu a 3 podprogramů:

1/ hlavní program:

- zajišťuje načítání dat, výpočet vlastních kinematických veličin pomocí čtyřbodové Runge-Kuttovy metody pro řešení dif. rovnic druhého řádu a připravuje výstupní soubor dat pro řízení digigrafu. Program je spuštěn v okamžiku nulového zrychlení, to jest tehdy kdy rychlost je maximální. Měřítko teoretických a skutečných průběhů kin. veličin jsou shodné.

2/ první podprogram:

- uskutečňuje výpočet převodových funkcí

3/ druhý podprogram:

- zde jsou uloženy dif. rovnice

4/ třetí podprogram:

- zajišťuje tisk výsledných hodnot ve formě grafu. Po úpravě programu pro výstup na digigraf, se nepoužívá.

Výpis programu je uložen pod pracovním názvem A001 v příloze.

Všechny vstupní hodnoty, jež byly do programů zadávány, byly zadávány jako data a označovány symbolem w/i/ s proměnným indexem i.

Význam těchto symbolů se snadno zjistí z tabulek variant výpočtů.

## 10. VYHODNOCENÍ

Vypočtené varianty jsou uvedeny v tabulce č.1, kde jsou uvedeny maximální a minimální hodnoty sledovaných kinematických veličin a hnacího momentu  $M_2$ .

Ve variantě č.1 vstoupí data programu odpovídají reálnému přírazovému mechanismu, proto tuto variantu budeme považovat za základní z hlediska porovnání průběhů kinematických veličin s dalšími variantami.

Ve variantách č.2-9 jsou různé vůle a přírazné momenty  $M_0$ . Z průběhů sledovaných veličin je patrné, že zvětšování přírazného momentu  $M_0$ , nemá podstatný vliv na kmitání členu 2P. Při zvětšení vůlí /0,001 a 0,01 rad/ se několikanásobně zvětšuje frekvence kmitání u sledovaných kinematických veličin, zvláště u členů 2P a 4P. Současné zvětšování vůlí a momentu  $M_0$  značně deformuje průběh hnacího momentu  $M_2$ .

Ve variantách č.10-13 byly provedeny změny tuhosti  $c_2, c_4, c_5$  a  $c_7$ . Při větších tuhostech se zvyšuje frekvence kmitání, ale je za to rychlejší zatlumená. Průběh momentu  $M_2$  se zvětšením tuhosti se více deformuje a zvětšuje.

Ve variantách č.14 a 15 je změněn hmotový moment setrvačnosti  $I_{4P}$ . Při menší hodnotě momentu setrvačnosti je patrná menší deformace průběhů sledovaných veličin.

Ve variantách č.16 a 17 byl zkoušen vliv nepřesnosti při montáži, byla změněna délka členů 4 a 5P. Velikost kmitání kinematických veličin se výrazně nezměnilo, ale je patrná deformace průběhu kmitání ve srovnání s variantou č.1. K výraznému zvětšení maximální hodnoty momentu  $M_2$  došlo na počátku, obdobné jako i minimální hodnoty členu 5P, ve variantě č.17, kde je kratší člen 5P.

Ve variantách č.18-20 byly zvětšovány otáčky mechanismu, což mělo za následek výrazného zvětšení kmitání celého mechanismu.

Pro srovnání bylo vzato několik variant kmitání přírazového mechanismu s jednostranným náhonem, hodnoty jsou uvedeny v tabulce č.2. V tabulce č.3 jsou uvedeny hodnoty kinematických veličin mechanismu s oboustranným náhonem se srovnatelnými parametry.

Z tabulek je patrné že při stejných vstupních hodnotách kmitání kinematických veličin u mechanismu s oboustranným náhonem má vyšší hodnoty, což znamená vyšší frekvenci kmitání a menší amplitudu výchylek. To už je pro stroj méně nebezpečné.

## 11. ZÁVĚR

V předešlých pracích, které se zabývaly čtyřčlenným a šestičlenným mechanismy bylo obecně objasněno chování čtyřčlenného a šestičlenného mechanismu v závislosti na jednotlivých parametrech.

Cílem mé diplomové práce bylo to, aby parametry mechanismu byly co nejvíc přiblíženy parametrům skutečného přírazového mechanismu a byly navrhnuté obecné podklady pro optimalizaci skutečného přírazového mechanismu.

Proto v přípravné etapě byl proveden výpočet nebo experimentální určení potřebných hmotových parametrů z výkresové dokumentace a vyrobených dílů. Pro zlepšení přehlednosti byl program upraven na grafický výstup /digigraf/.

Na chování přírazového mechanismu má velký vliv příraz, kde dochází k velkému rázu. Vlivem vůlí dochází k značnému zvýšení kmitání všech členů mechanismu, taky průběh hnacího momentu  $M_2$  je výrazně deformován, jedná se zde hlavně o velké rázy při změně znaménka zrychlení.

Vysoké tuhosti a nižší hodnoty hmotných momentů setrvačnosti posouvají přídavné chvění k vyšším frekvencím. Tím se také sníží amplitudy výchylek, což má za následek rychlejší zatlumení kmitů, které pak nejsou tak nebezpečné pro chod mechanismu. Proto pro zlepšení chodu mechanismu, při daných vůlích a přírazovém momentu  $M_0$ , by se mělo zvýšit tuhost a zmenšit hmotné momenty setrvačnosti jednotlivých členů.

Program se stál dobrým pomocníkem při dalším sledování chování přírazového mechanismu. Tím tato práce dává základ pro optimalizaci přírazového mechanismu s oboustranným náhonem.

TABULKA 8.1

|                   | Jednotky            | 1.      | 2.    | 3.    | 4.     | 5.     | 6.     |
|-------------------|---------------------|---------|-------|-------|--------|--------|--------|
| $W_1 - C_2$       | Nm                  | 100 000 |       |       |        |        |        |
| $W_2 - C_5$       | Nm                  | 17 000  |       |       |        |        |        |
| $W_3 - C_4$       | Nm                  | 50 000  |       |       |        |        |        |
| $W_4 - C_7$       | Nm                  | 50 000  |       |       |        |        |        |
| $W_5 - k_2$       | kg m <sup>2</sup> s | 20      |       |       |        |        |        |
| $W_6 - k_5$       | kg m <sup>2</sup> s | 9       |       |       |        |        |        |
| $W_7 - k_4$       | kg m <sup>2</sup> s | 3       |       |       |        |        |        |
| $W_8 - k_7$       | kg m <sup>2</sup> s | 9       |       |       |        |        |        |
| $W_9 - l_{2P}$    | m                   | 0,029   |       |       |        |        |        |
| $W_{10} - \omega$ | rad s <sup>-1</sup> | 60      |       |       |        |        |        |
| $W_{11} - X_A$    | m                   | 0,189   |       |       |        |        |        |
| $W_{12} - l_3$    | m                   | 0,037   |       |       |        |        |        |
| $W_{13} - l_4$    | m                   | 0,188   |       |       |        |        |        |
| $W_{14} - l_{5P}$ | m                   | 0,029   |       |       |        |        |        |
| $W_{15} - M_0$    | Nm                  | 500     | 0     | 500   | 2500   | 0      | 500    |
| $W_{16} - X_C$    | m                   | 0,189   |       |       |        |        |        |
| $W_{17} - l_5$    | m                   | 0,037   |       |       |        |        |        |
| $W_{18} - l_7$    | m                   | 0,188   |       |       |        |        |        |
| $W_{19} - I_{2P}$ | kg m <sup>2</sup>   | 0,0025  |       |       |        |        |        |
| $W_{20} - I_4$    | kg m <sup>2</sup>   | 0,009   |       |       |        |        |        |
| $W_{21} - I_{4P}$ | kg m <sup>2</sup>   | 0,005   |       |       |        |        |        |
| $W_{22} - I_{5P}$ | kg m <sup>2</sup>   | 0,007   |       |       |        |        |        |
| $W_{23} - I_7$    | kg m <sup>2</sup>   | 0,009   |       |       |        |        |        |
| $W_{24} - V$      | rad                 | 0,001   | 0     | 0     | 0      | 0,01   | 0,01   |
| $W_{25} - Y$      | rad                 | 0,001   | 0     | 0     | 0      | 0,01   | 0,01   |
| $W_{26} - U$      | rad                 | 0,001   | 0     | 0     | 0      | 0,01   | 0,01   |
| $W_{27} - Z$      | rad                 | 0,001   | 0     | 0     | 0      | 0,01   | 0,01   |
| $W_{28} - \alpha$ | rad                 | 0,1746  |       |       |        |        |        |
| $E_{2Pmax}$       | rad s <sup>2</sup>  | 2800    | 600   | 600   | 600    | 23800  | 34000  |
| $E_{2Pmin}$       | rad s <sup>2</sup>  | -6000   | -1200 | -1200 | -1200  | -14000 | -25000 |
| $E_{4Tmax}$       | rad s <sup>2</sup>  | 1050    | 1050  | 1050  | 1050   | 1050   | 1050   |
| $E_{4Tmin}$       | rad s <sup>2</sup>  | -850    | -850  | -850  | -850   | -850   | -850   |
| $E_{4Pmax}$       | rad s <sup>2</sup>  | 2050    | 1200  | 2100  | 6600   | 2900   | 2900   |
| $E_{4Pmin}$       | rad s <sup>2</sup>  | -1100   | -900  | -900  | -4600  | -1900  | -1900  |
| $E_{5Pmax}$       | rad s <sup>2</sup>  | 1900    | 150   | 300   | 1400   | 8700   | 9250   |
| $E_{5Pmin}$       | rad s <sup>2</sup>  | -1250   | -300  | -350  | -2200  | -5600  | -5550  |
| $M_{2Vmax}$       | Nm                  | 87,5    | 65    | 60    | 107,5  | 127,5  | 107,5  |
| $M_{2Vmin}$       | Nm                  | -62,5   | -60   | -60   | -177,5 | -120   | -167,5 |

|    | 7.    | 8.    | 9.     | 10.     | 11.    | 12.     | 13.    | 14.  |
|----|-------|-------|--------|---------|--------|---------|--------|------|
| 1  |       |       |        |         |        | 250 000 | 10 000 |      |
| 2  |       |       |        |         |        | 170 000 | 1 700  |      |
| 3  |       |       |        | 250 000 | 5 000  |         |        |      |
| 4  |       |       |        | 250 000 | 5 000  |         |        |      |
| 5  |       |       |        |         |        | 31,6    | 6,3    |      |
| 6  |       |       |        | 20,1    | 2,85   |         |        |      |
| 7  |       |       |        |         |        | 9,49    | 0,949  |      |
| 8  |       |       |        | 20,1    | 2,85   |         |        |      |
| 9  |       |       |        |         |        |         |        |      |
| 10 |       |       |        |         |        |         |        |      |
| 11 |       |       |        |         |        |         |        |      |
| 12 |       |       |        |         |        |         |        |      |
| 13 |       |       |        |         |        |         |        |      |
| 14 |       |       |        |         |        |         |        |      |
| 15 | 2500  | 0     | 2500   |         |        |         |        |      |
| 16 |       |       |        |         |        |         |        |      |
| 17 |       |       |        |         |        |         |        |      |
| 18 |       |       |        |         |        |         |        |      |
| 19 |       |       |        |         |        |         |        |      |
| 20 |       |       |        |         |        |         |        |      |
| 21 |       |       |        |         |        |         |        | 0,25 |
| 22 |       |       |        |         |        |         |        |      |
| 23 |       |       |        |         |        |         |        |      |
| 24 | 0,01  | 0,001 |        |         |        |         |        |      |
| 25 | 0,01  | 0,001 |        |         |        |         |        |      |
| 26 | 0,01  | 0,001 |        |         |        |         |        |      |
| 27 | 0,01  | 0,001 |        |         |        |         |        |      |
| 28 |       |       |        |         |        |         |        |      |
|    |       |       |        |         |        |         |        |      |
|    | 27800 | 8600  | 17600  | 14600   | 11600  | 12200   | 3800   |      |
|    | 28800 | -6000 | -13400 | -9400   | -11200 | -7600   | -3800  |      |
|    | 1050  | 1050  | 1050   | 1050    | 1050   | 1050    | 1050   | 1050 |
|    | -850  | -850  | -850   | -850    | -850   | -850    | -850   | -850 |
|    | 5950  | 1850  | 6500   | 1850    | 2850   | 2100    | 1700   |      |
|    | -3350 | -1000 | -4350  | -1150   | -1000  | -1100   | -400   |      |
|    | 8500  | 1950  | 2500   | 3850    | 2250   | 5600    | 4150   |      |
|    | -560  | -1250 | -2650  | -3250   | -2300  | -4500   | -3500  |      |
|    | 102,5 | 85    | 105    | 115     | 65     | 85      | 95     |      |
|    | -195  | -52,5 | -182,5 | -82,5   | -80    | -90     | -65    |      |

pokračování tab. č.1

|    | 15.   | 16.             | 17.   | 18.    | 19.    | 20. |  |  |
|----|-------|-----------------|-------|--------|--------|-----|--|--|
| 1  |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 2  |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 3  |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 4  |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 5  |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 6  |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 7  |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 8  |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 9  |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 10 |       |                 |       | 90     | 120    | 150 |  |  |
| 11 |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 12 |       |                 | 0,035 |        |        |     |  |  |
| 13 |       | 0,186           |       |        |        |     |  |  |
| 14 |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 15 |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 16 |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 17 |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 18 |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 19 |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 20 |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 21 | 0,135 |                 |       |        |        |     |  |  |
| 22 |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 23 |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 24 |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 25 |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 26 |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 27 |       |                 |       |        |        |     |  |  |
| 28 |       |                 |       |        |        |     |  |  |
|    |       |                 |       |        |        |     |  |  |
|    | 9200  | 9800            | 11800 | 11800  | 22200  |     |  |  |
|    | -7800 | -8800           | -7600 | -15000 | -25000 |     |  |  |
|    | 1050  | 1050            | 1050  | 2350   | 4150   |     |  |  |
|    | -850  | -850            | -850  | -1850  | -3300  |     |  |  |
|    | 1900  | <del>1800</del> | 2400  | 35500  | 7750   |     |  |  |
|    | -1200 | <del>850</del>  | -1000 | -2150  | -4750  |     |  |  |
|    | 2050  | 3000            | 2600  | 2100   | 4200   |     |  |  |
|    | -1500 | -2600           | -6750 | -1650  | -3800  |     |  |  |
|    | 107,5 | 82,5            | 160   | 187,5  | 345    |     |  |  |
|    | -77,5 | -82,5           | -62,5 | -152,5 | -325   |     |  |  |

pokračování tab. č.1

|                     | Jednotka            | Variantsy         |        |        |       |       |                   |
|---------------------|---------------------|-------------------|--------|--------|-------|-------|-------------------|
|                     |                     | 1                 | 2      | 3      | 4     | 5     | 6                 |
| $I_{2P}$            | $kg\ m^2$           | 0,005             |        |        |       |       |                   |
| $I_0$               | $kg\ m^2$           | 0,025             |        |        |       |       |                   |
| $I_{4P}$            | $kg\ m^2$           | 0,35              |        |        | 0,45  | 0,45  | 0,35              |
| $C_2$               | Nm                  | 105               |        |        |       |       | 5·10 <sup>4</sup> |
| $C_0$               | Nm                  | 5·10 <sup>4</sup> |        |        |       |       | 10 <sup>4</sup>   |
| $k_2$               | $kg\ m^2\ s$        | 29                |        |        | 33    | 33    | 13                |
| $k_4$               | $kg\ m^2\ s$        | 29                |        |        | 33    | 33    | 13                |
| $C_0$               | $kg\ m^2\ s$        | 100               |        |        |       |       | 40                |
| $\Phi_i$            | rad                 | 0                 | 0,01   | 0,001  |       |       |                   |
| $M_0$               | Nm                  | 0                 | 0      | 500    | 500   | 0     | 0                 |
| $\Sigma_{4T}^{min}$ | rad·s <sup>-2</sup> | -2319             | -2319  | -2319  | -2319 | -2319 | -2319             |
| $\Sigma_{4T}^{max}$ | rad·s <sup>-2</sup> | 2915              | 2915   | 2915   | 2915  | 2915  | 2915              |
| $\Sigma_{2P}^{min}$ | rad·s <sup>-2</sup> | -1666             | -32389 | -11837 | -1306 | -1358 | -8501             |
| $\Sigma_{4P}^{min}$ | rad·s <sup>-2</sup> | 538               | 54960  | 13954  | 15412 | 15398 | 14945             |
| $\Sigma_{4P}^{max}$ | rad·s <sup>-2</sup> | -2756             | -2848  | -2734  | -2767 | -2814 | -5277             |
| $M_{2V}^{min}$      | Nm                  | 5686              | 6975   | 7039   | 6472  | 6033  | 4443              |
| $M_{2V}^{max}$      | Nm                  | -194              | -426   | -182   | -266  | -271  | -279              |
|                     |                     | 193               | 272    | 196    | 232   | 232   | 101               |

Tabulka č.2

|                     | Jednotka            | Variantsy         |        |        |       |        |                   |
|---------------------|---------------------|-------------------|--------|--------|-------|--------|-------------------|
|                     |                     | 1                 | 2      | 3      | 4     | 5      | 6                 |
| $I_{2P}$            | $kg\ m^2$           | 0,005             |        |        |       |        |                   |
| $I_0$               | $kg\ m^2$           | 0,025             |        |        |       |        |                   |
| $I_{4P}$            | $kg\ m^2$           | 0,35              |        |        | 0,45  | 0,45   | 0,35              |
| $C_2$               | Nm                  | 105               |        |        |       |        | 5·10 <sup>4</sup> |
| $C_0$               | Nm                  | 5·10 <sup>4</sup> |        |        |       |        | 10 <sup>4</sup>   |
| $k_2$               | $kg\ m^2\ s$        | 29                |        |        | 33    | 33     | 13                |
| $k_4$               | $kg\ m^2\ s$        | 29                |        |        | 33    | 33     | 13                |
| $k_5$               | $kg\ m^2\ s$        | 2,2               |        |        | 2,2   | 2,2    | 1,6               |
| $k_7$               | $kg\ m^2\ s$        | 29                |        |        | 33    | 33     | 13                |
| $\Phi_i$            | rad                 | 0                 | 0,01   | 0,001  |       |        |                   |
| $M_0$               | Nm                  | 0                 | 0      | 500    | 500   | 0      | 0                 |
| $\Sigma_{4T}^{min}$ | rad·s <sup>-2</sup> | -2319             | -2319  | -2319  | -2319 | -2319  | -2319             |
| $\Sigma_{4T}^{max}$ | rad·s <sup>-2</sup> | 2915              | 2915   | 2915   | 2915  | 2915   | 2915              |
| $\Sigma_{2P}^{min}$ | rad·s <sup>-2</sup> | -1292             | -2165  | -10738 | -1016 | -11074 | -8236             |
| $\Sigma_{4P}^{min}$ | rad·s <sup>-2</sup> | 923               | 24780  | 10481  | 10415 | 9674   | 7306              |
| $\Sigma_{4P}^{max}$ | rad·s <sup>-2</sup> | -2639             | -4664  | -3287  | -3175 | -3803  | -4017             |
| $\Sigma_{5P}^{min}$ | rad·s <sup>-2</sup> | 4434              | 6822   | 5393   | 5266  | 5257   | 4626              |
| $\Sigma_{5P}^{max}$ | rad·s <sup>-2</sup> | -2415             | -11493 | -3012  | -2849 | -2848  | -4764             |
| $M_{2V}^{min}$      | Nm                  | 1885              | 8034   | 3410   | 3355  | 3375   | 3229              |
| $M_{2V}^{max}$      | Nm                  | -201              | -274   | -289   | -281  | -280   | -296              |
|                     |                     | 250               | 273    | 327    | 319   | 319    | 167               |

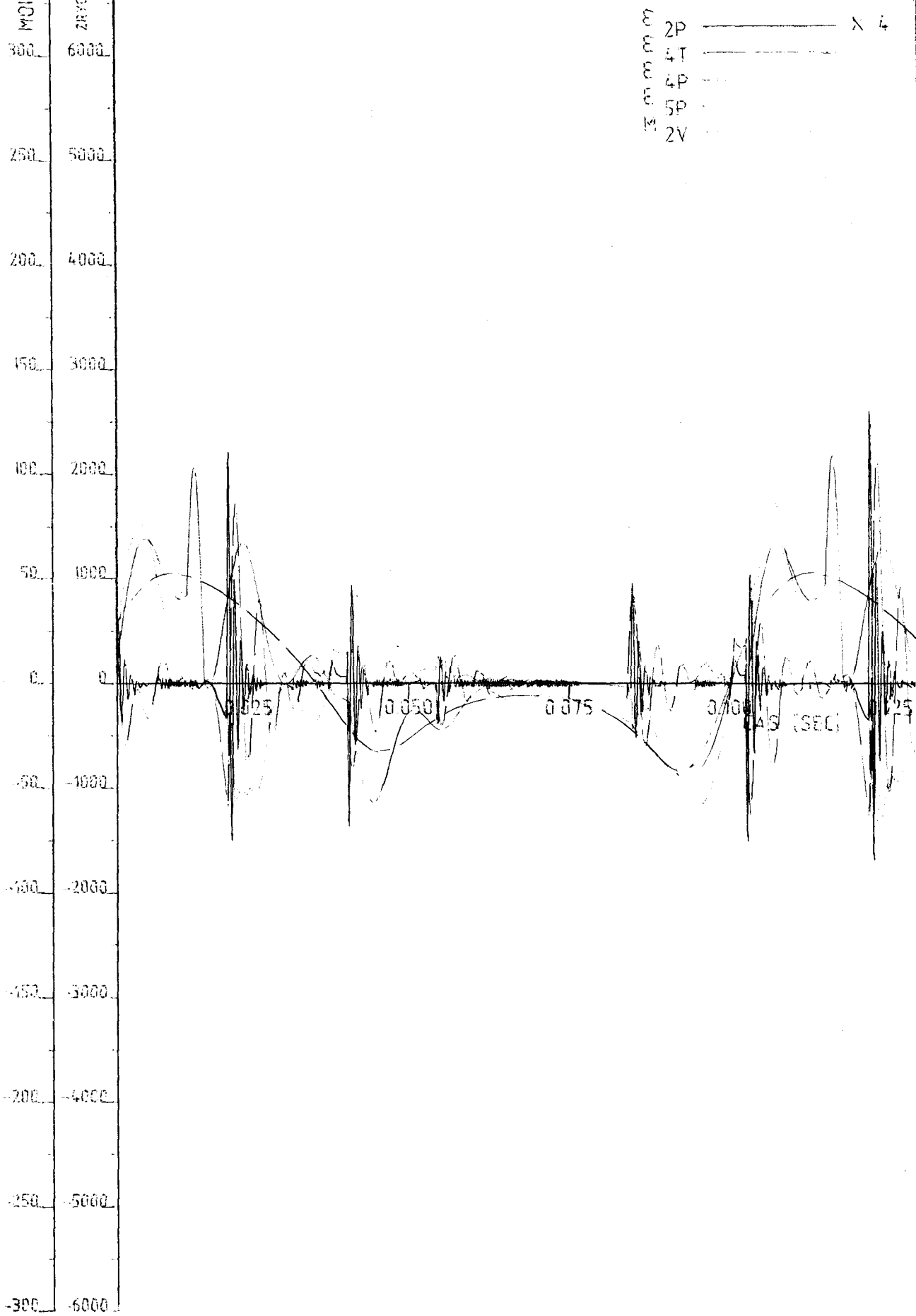
Tabulka č.3

#### POUŽITÁ LITERATURA

- /1/ Ing. Bradský - Ing. Vrzala: Mechanika III /Dynamika/  
Skripta VŠST Liberec, 1980
- /2/ Doc. Ing. Charvát, Csc: Mechanika II /Dynamika/  
Skripta VŠST Liberec, 1978
- /3/ Prof. RNDr. Stříž, Csc a kol.: Pružnost a pevnost  
Skripta VŠST Liberec, 1983
- /4/ Doc. Ing. Mrázek, J. a kol.: Dynamické vlastnosti tkacích strojů. Výzkumná správa, VŠST, Liberec, 1987
- /5/ Doc. Ing. Mrázek, Csc : Příspěvek k dynamice přírazového mechanismu. Sborník V. konference o teorii strojů a mechanismů, VŠST, Liberec 1988.

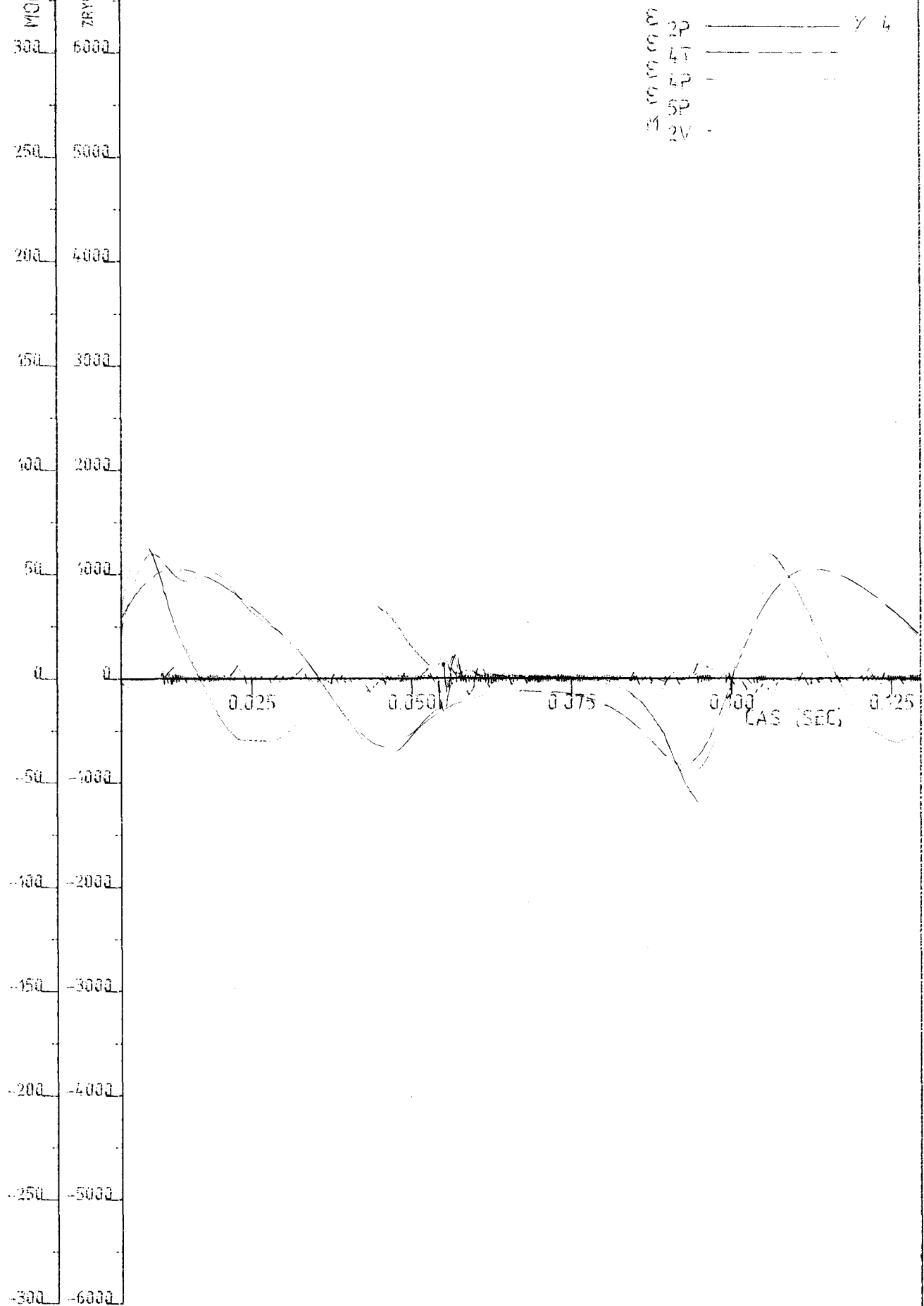
# ZRYCHLENÍ A MOMENT - OBOUSTRANNÝ NÁHON

VARIANTA 1



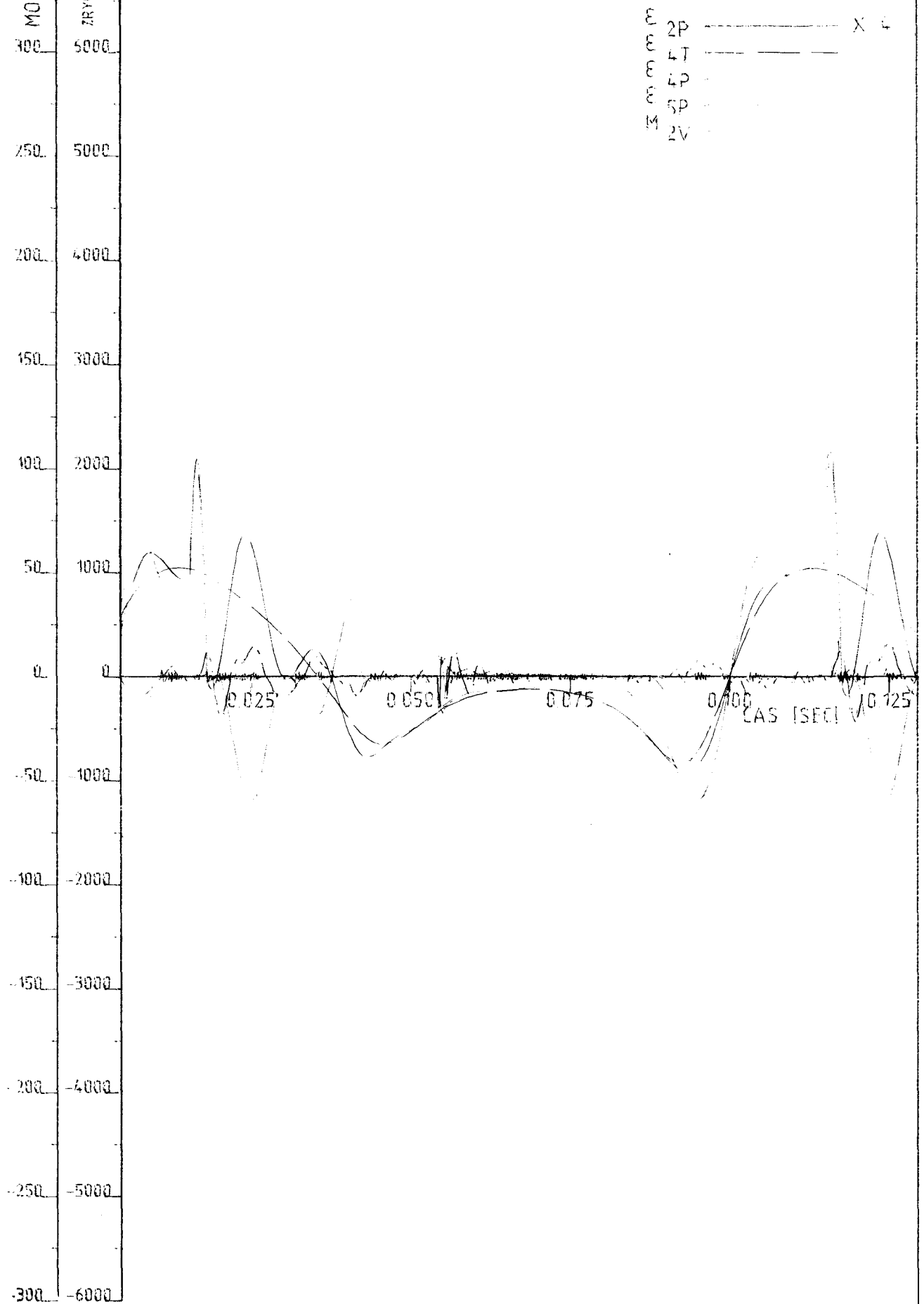
# ZRYCHLEN A MOMENT - OBOUSTRANNY NAHON

VARIANTA 2



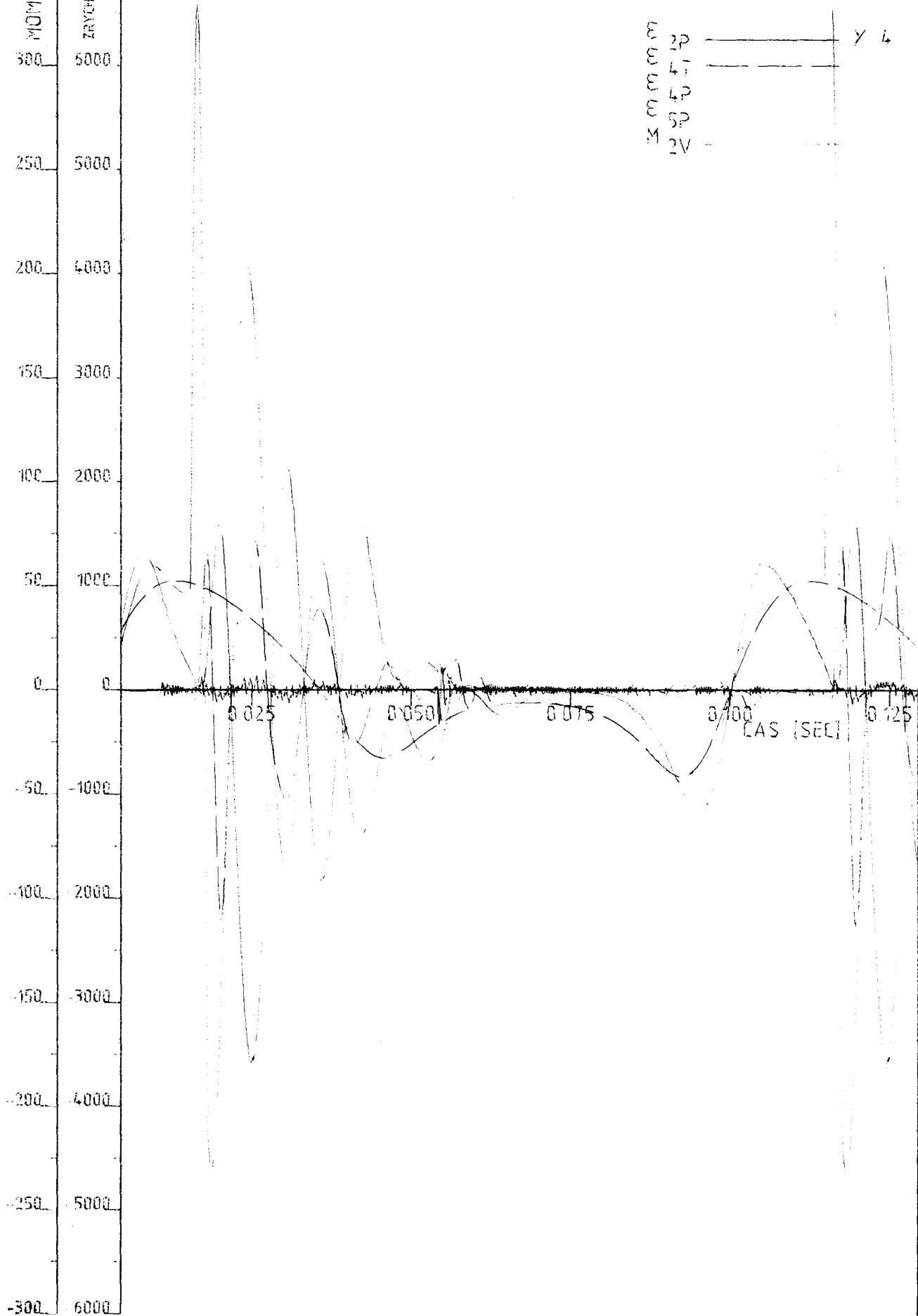
# ZRYCHLENI A MOMENT - OBOUSTRANNY NAHON

VARIANTA 3



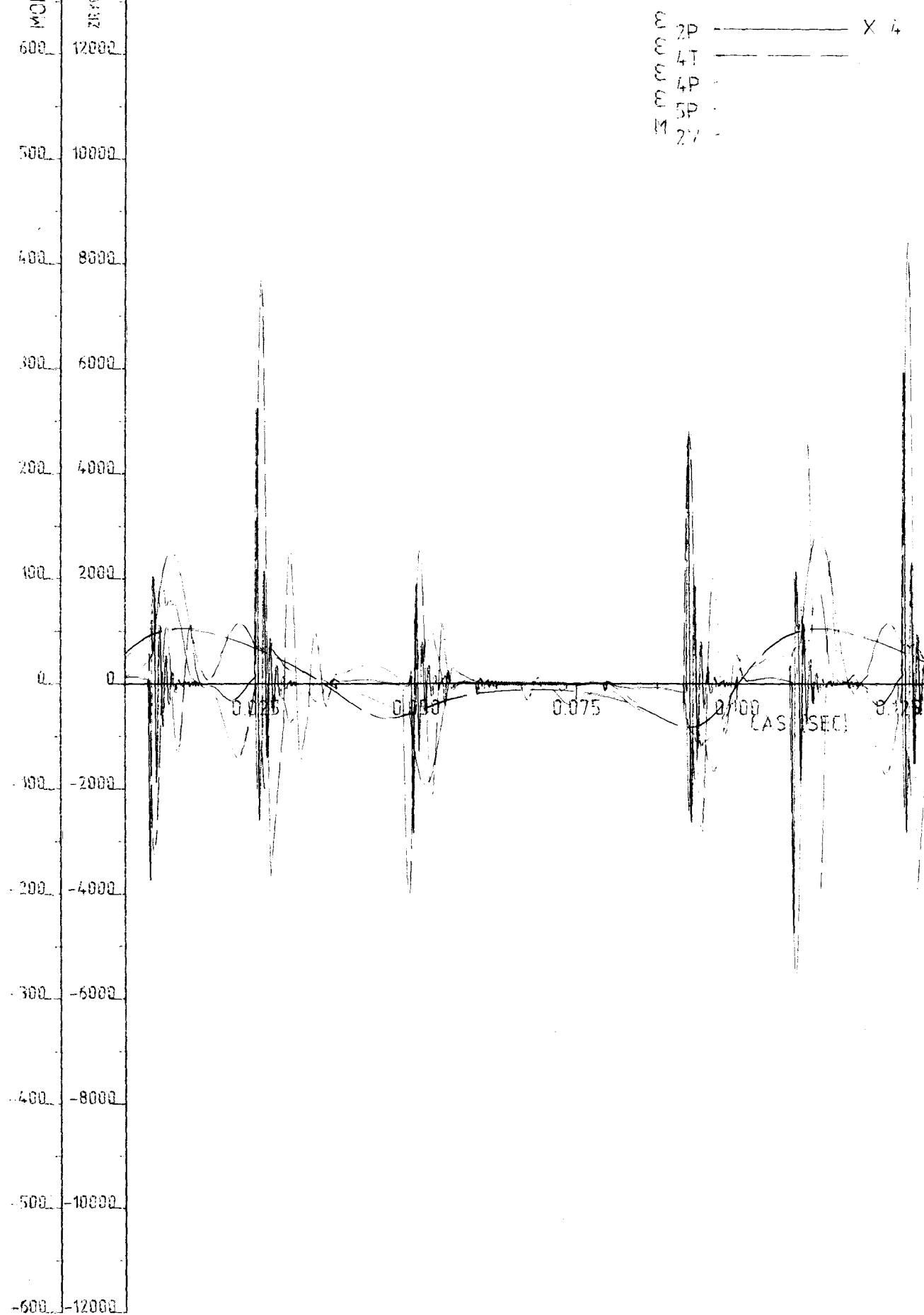
# ZRYCHLENÍ A MOMENT - OBOUSTRANNÝ NÁHON

VARIANTA 4



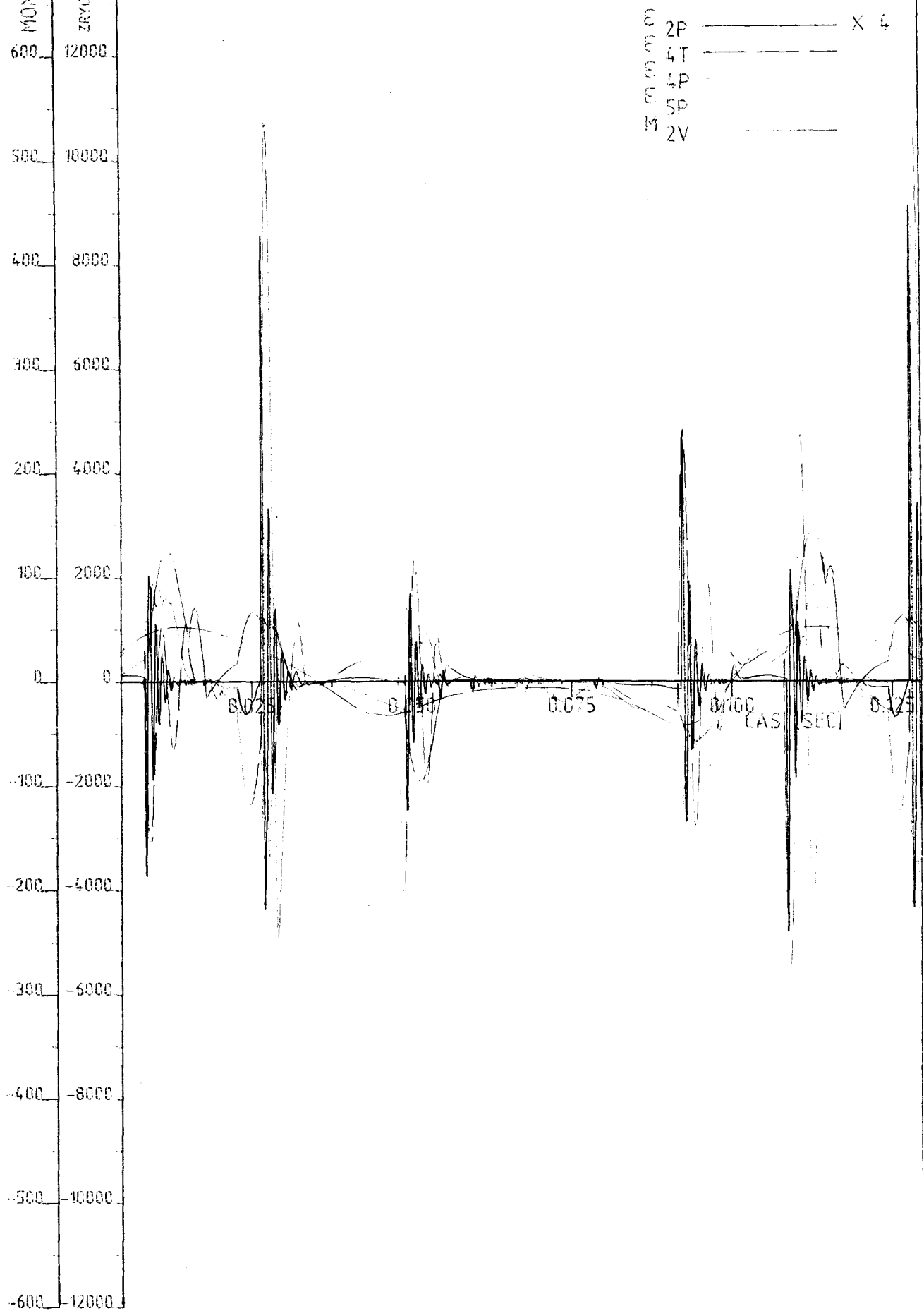
# ZRYCHLENÍ A MOMENT - OBOUSTRANNÝ NÁHON

VARIANTA 5



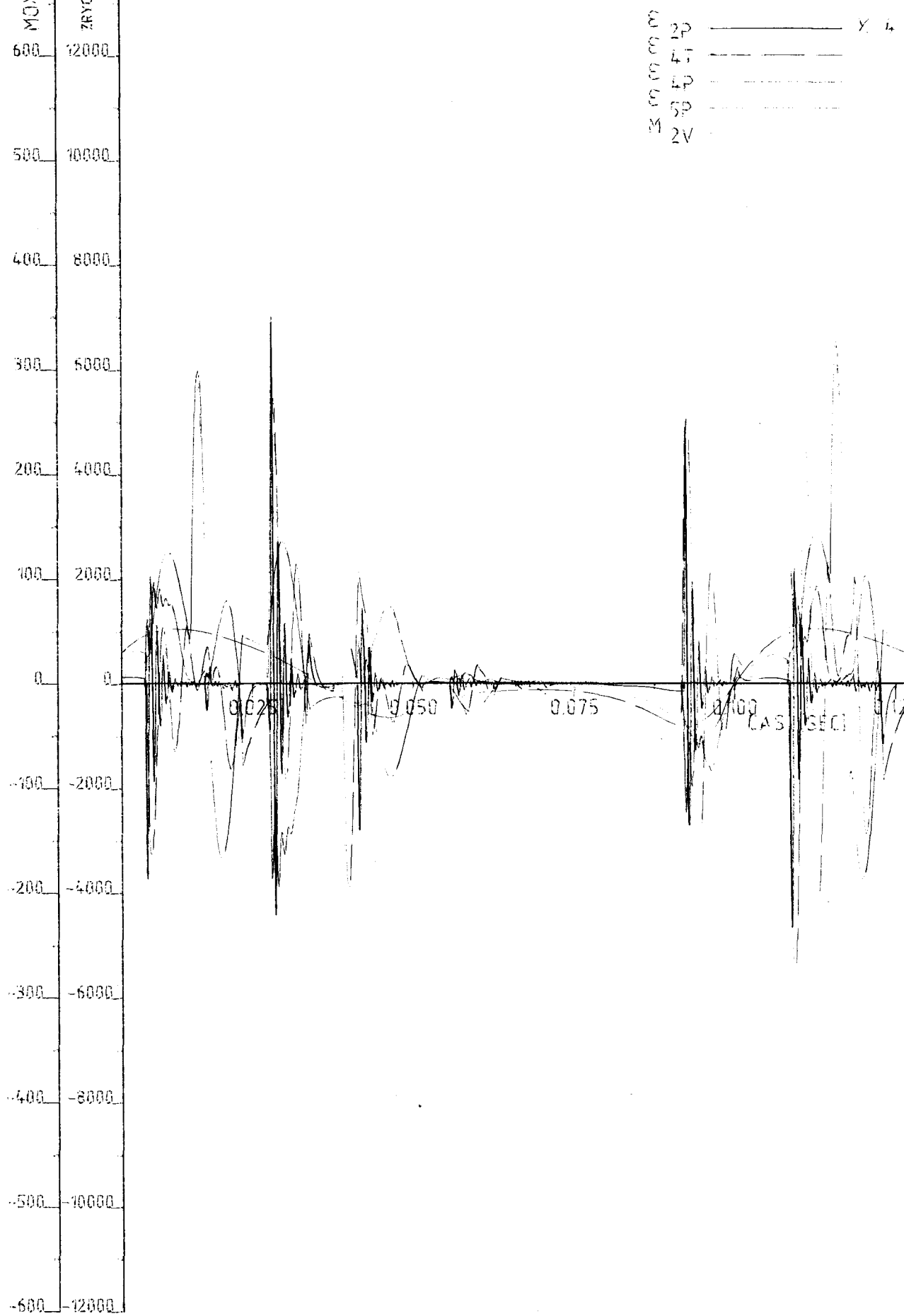
# ZRYCHLENÍ A MOMENT - OBOUSTRANNÝ NÁHON

VARIANTA 6



# ZRYCHLENÍ A MOMENT - OBOUSTRANNÝ NÁHON

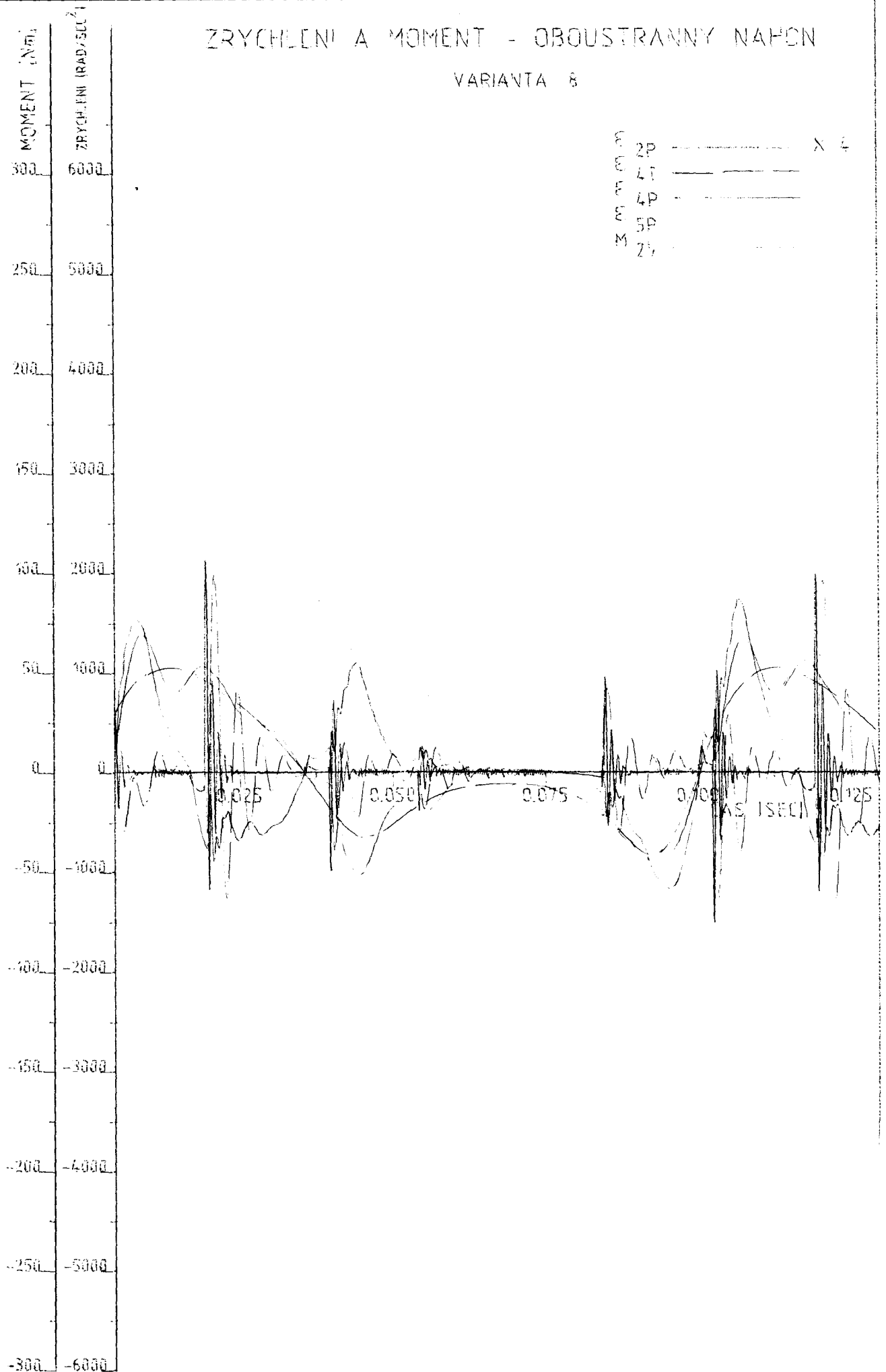
VARIANTA 7



# ZRYCHLENÍ A MOMENT - OBOUSTRANNÝ NÁHON

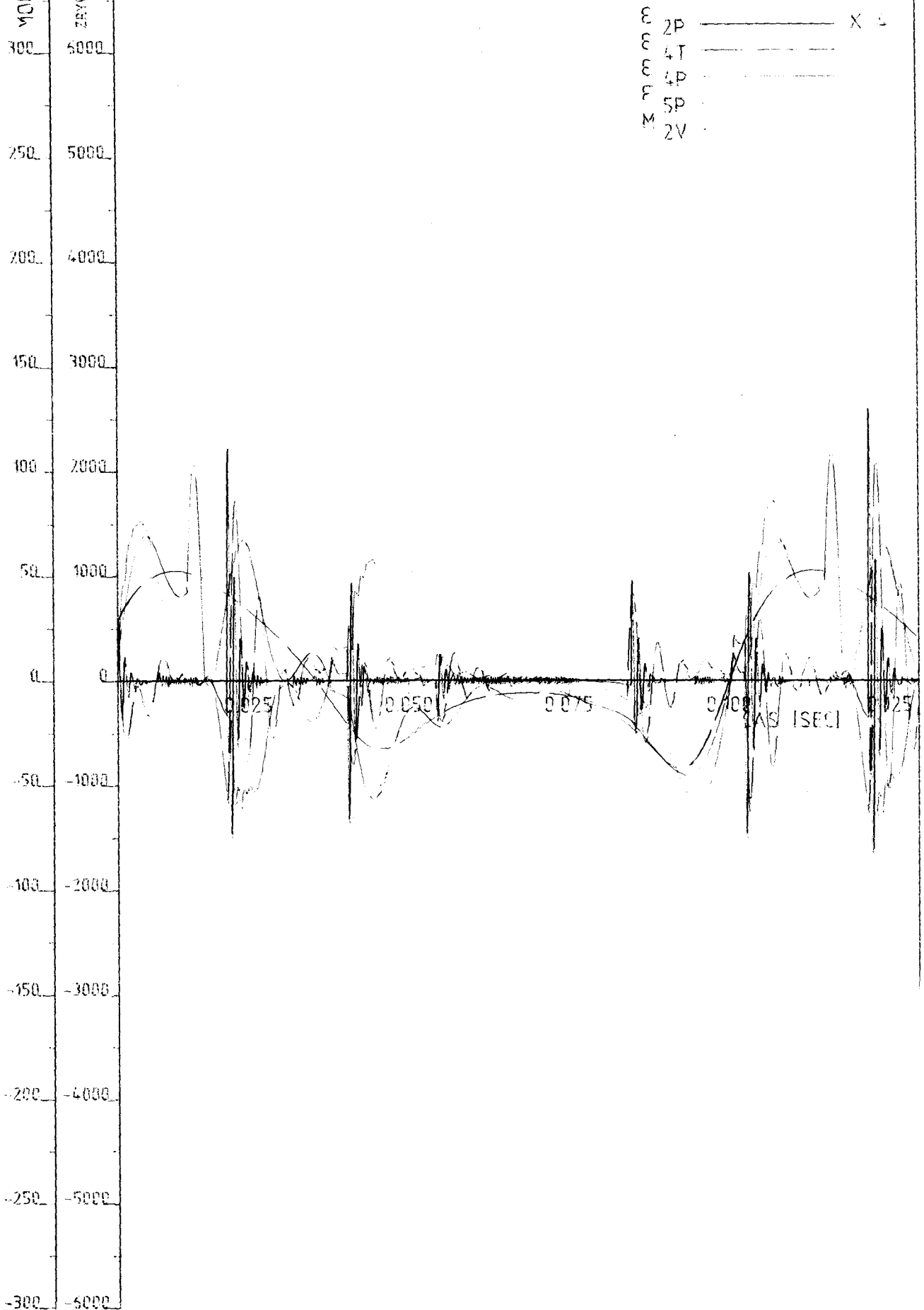
VARIANTA 8

E 2P ----- X 4  
 E 4T -----  
 E 4P -----  
 E 5P -----  
 M 2P -----



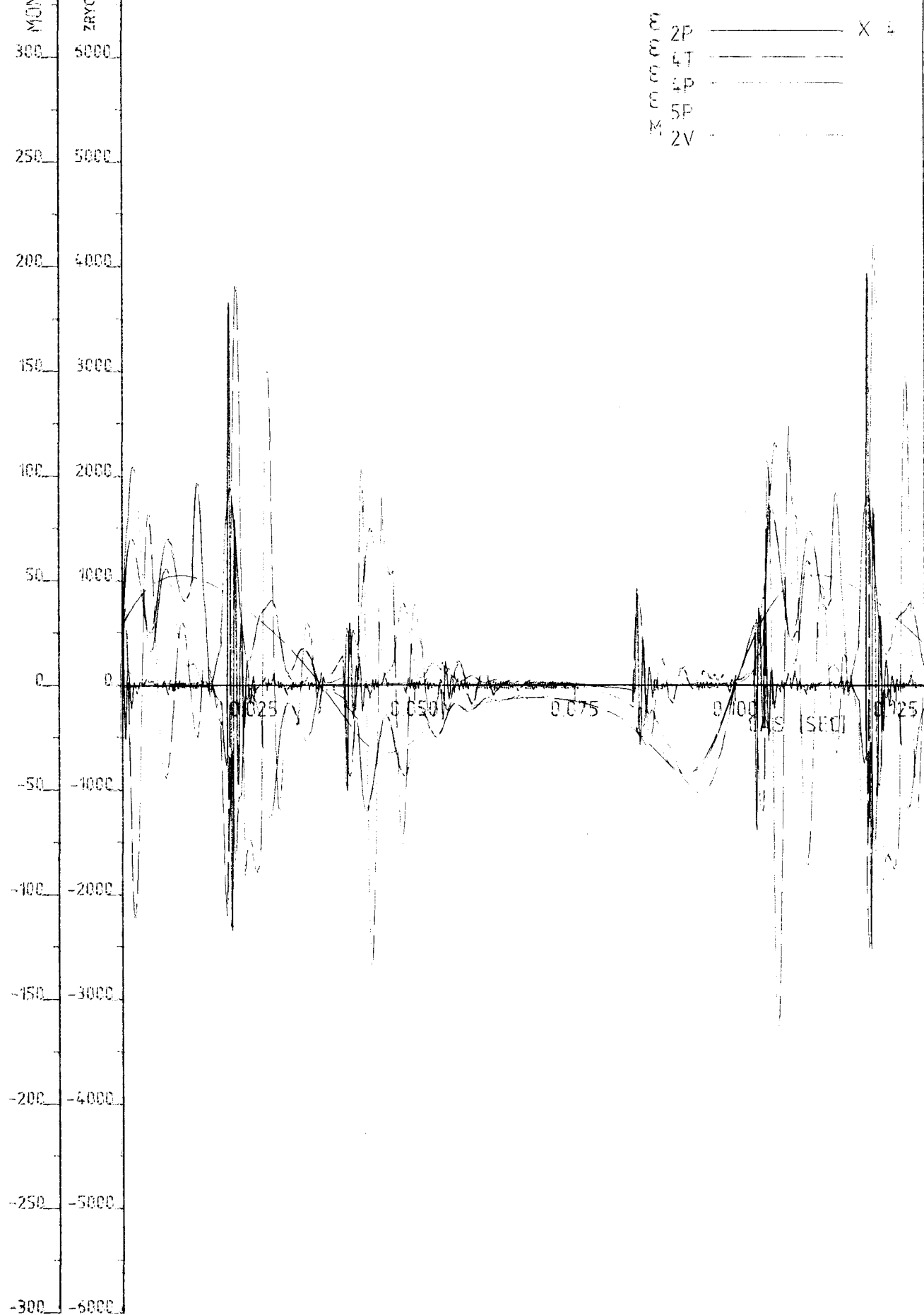
# ZRYCHLENÍ A MOMENT - OBOUSTRANNÝ NÁHON

VARIANTA 9



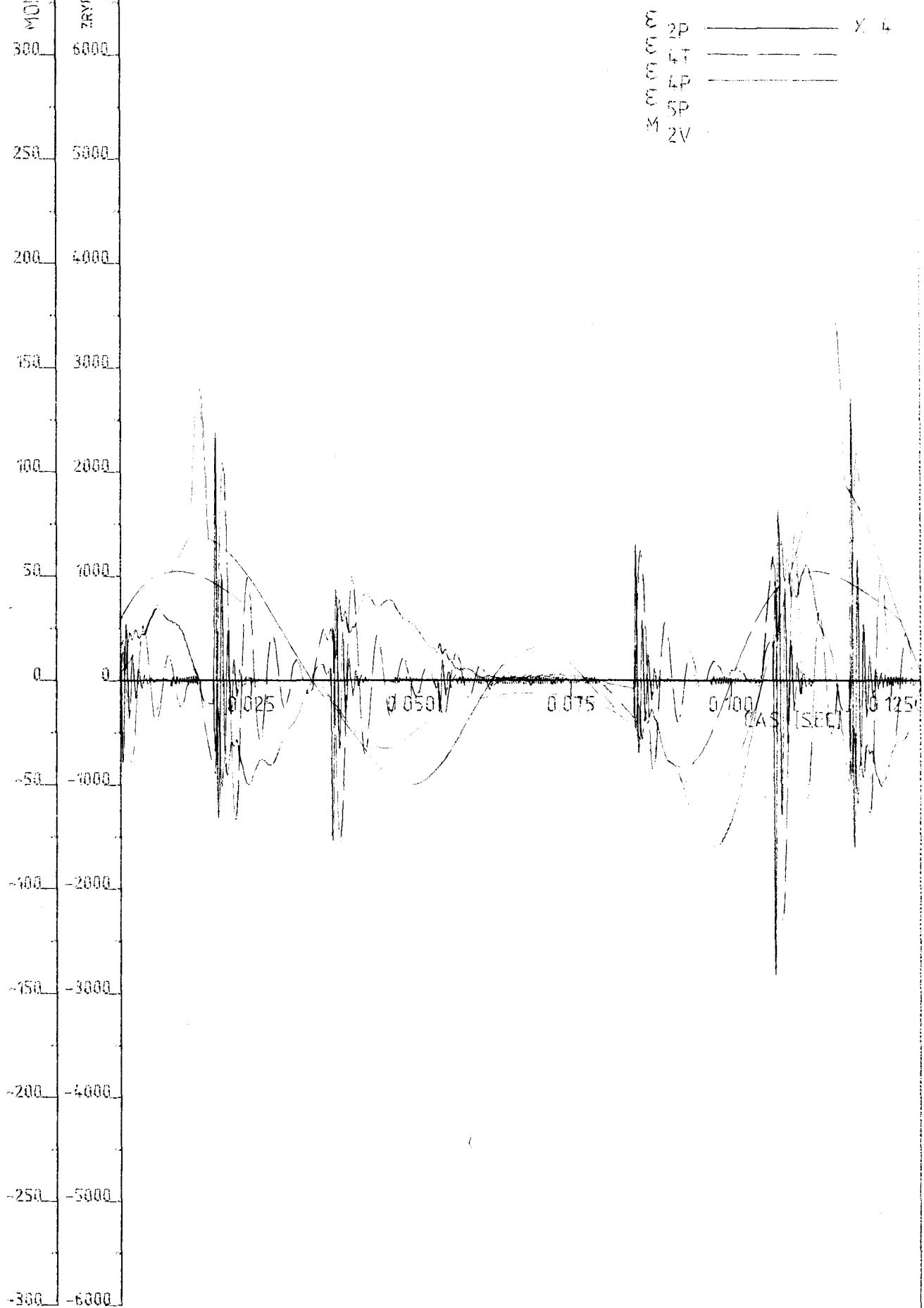
# ZRYCHLENÍ A MOMENT - OBOUSTRANNÝ NÁHON

VARIANTA 10



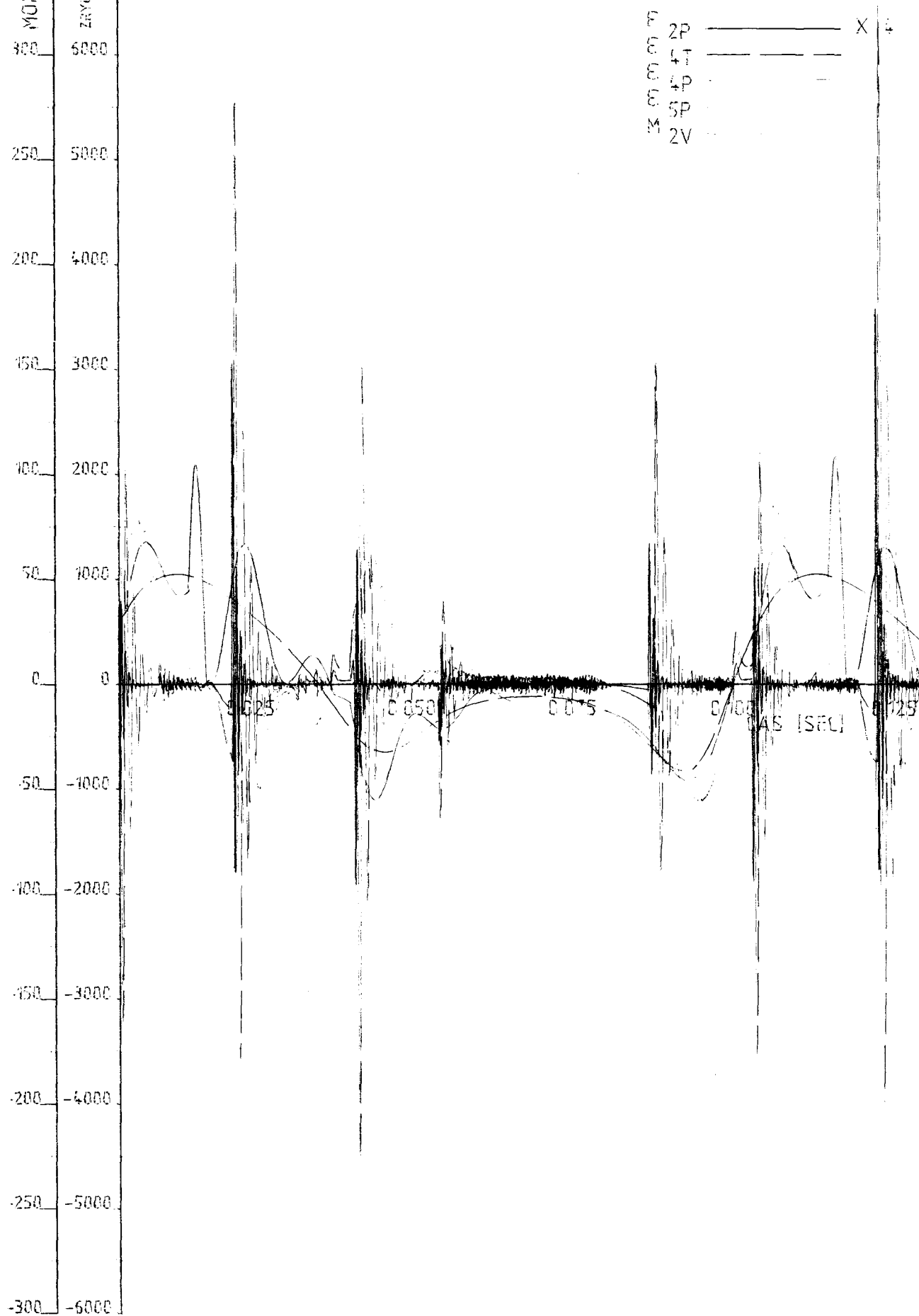
# ZRYCHLENÍ A MOMENT - OBOUSTRANNÝ NÁHON

VARIANTA 11



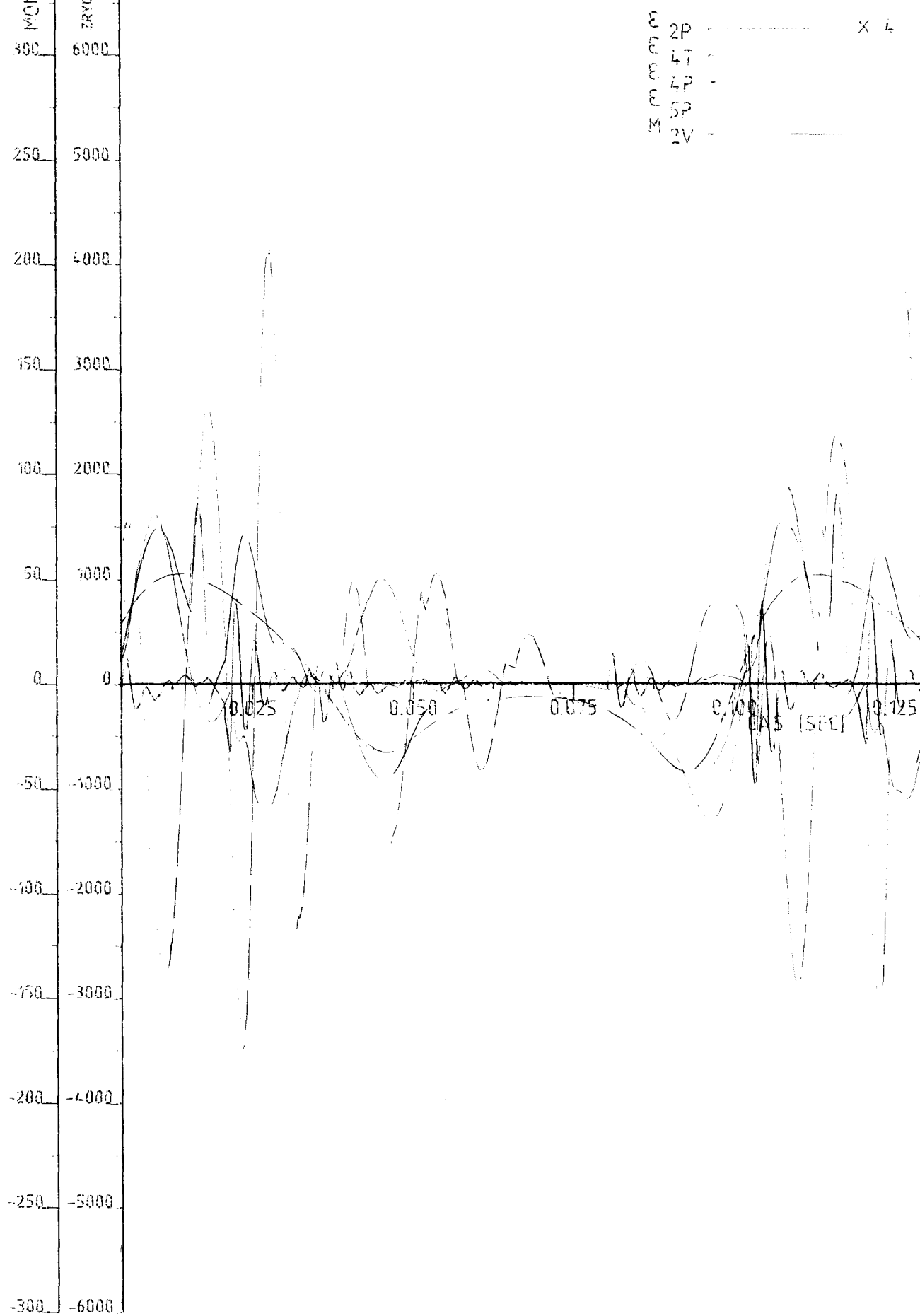
# ZRYCHLENÍ A MOMENT - OBOUSTRANNÝ NÁHON

VARIANTA 12



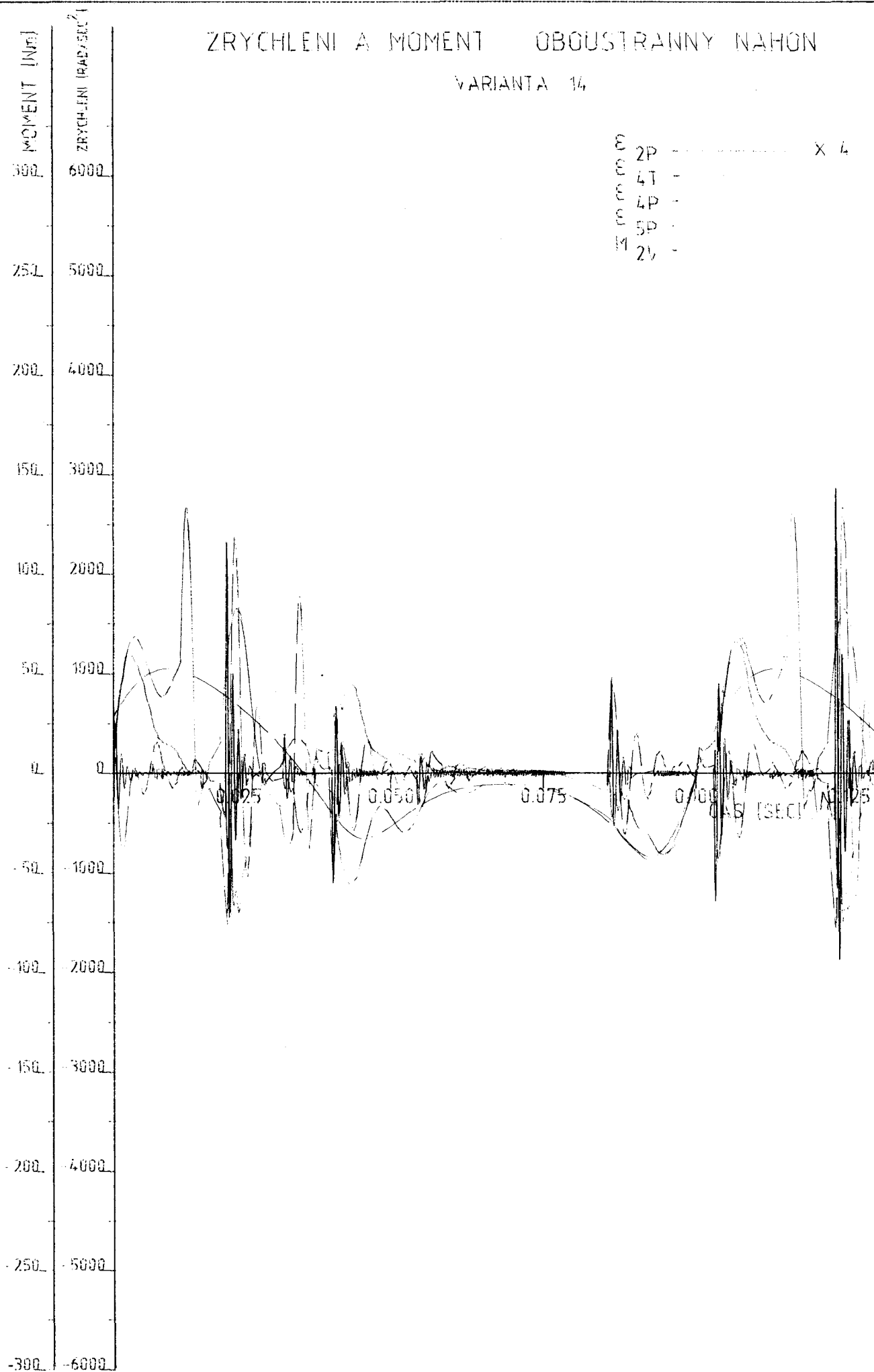
# ZRYCHLEN A MOMENT - OBOUSTRANNY NAHON

VARIANTA 13



# ZRYCHLENÍ A MOMENT OBOUSTRANNÝ NAHON

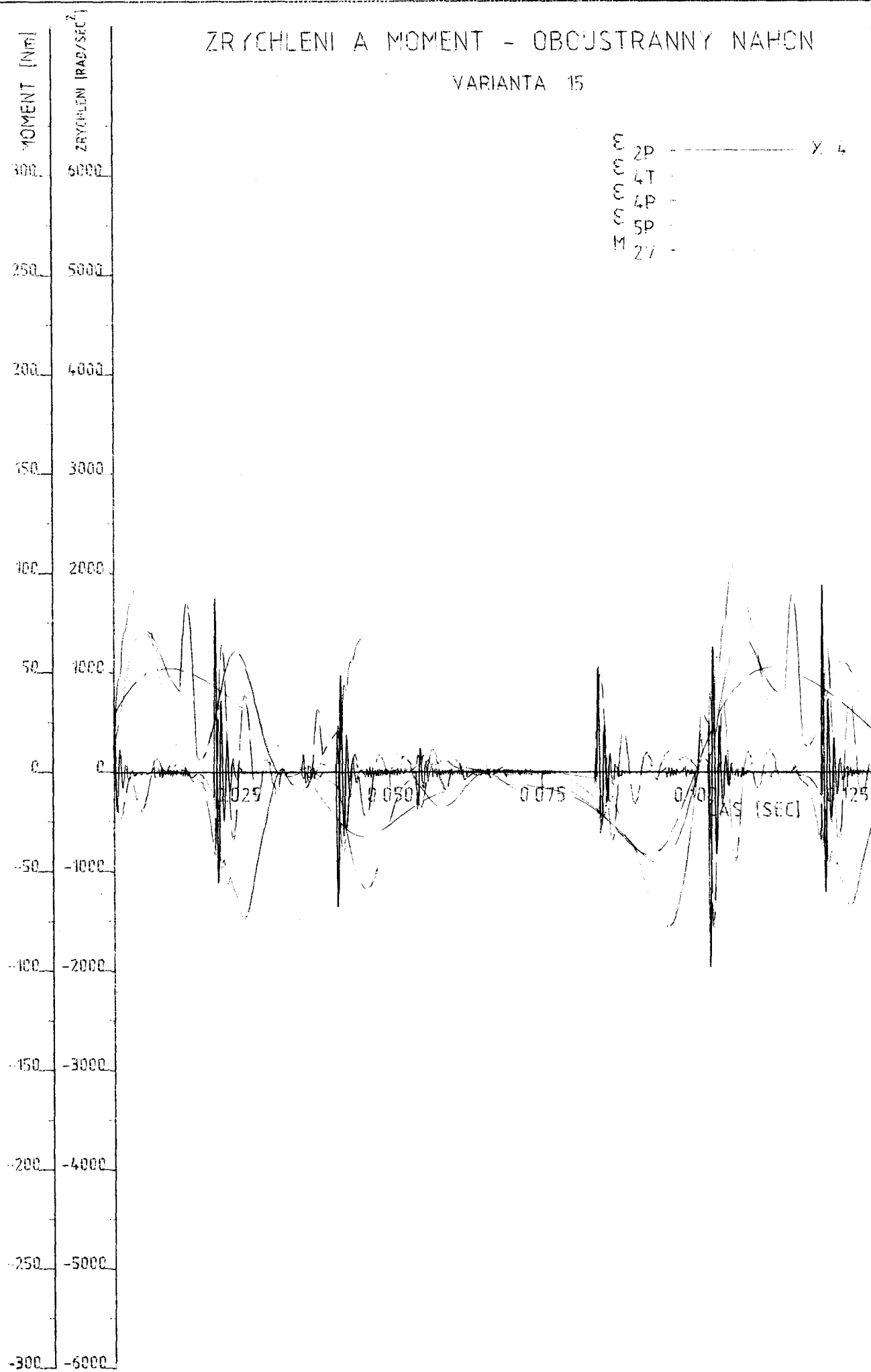
VARIANTA 14



# ZRYCHLENÍ A MOMENT - OBOJSTRANNÝ NÁHON

VARIANTA 15

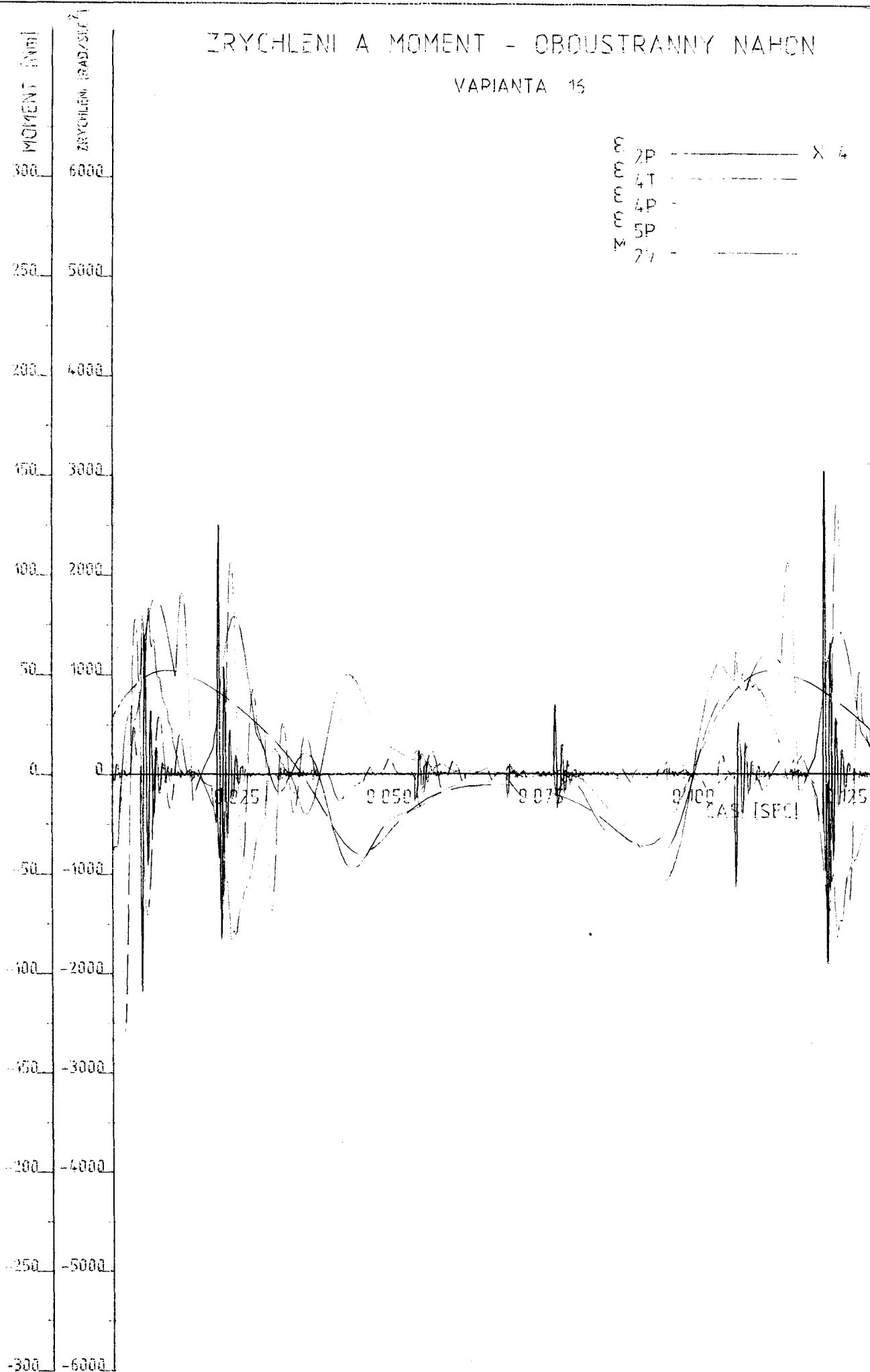
$\epsilon$  2P - - - - - X 4  
 $\epsilon$  4T -  
 $\epsilon$  4P -  
 $\epsilon$  5P -  
M 2V -



# ZRYCHLENÍ A MOMENT - OBOUSTRANNÝ NÁHON

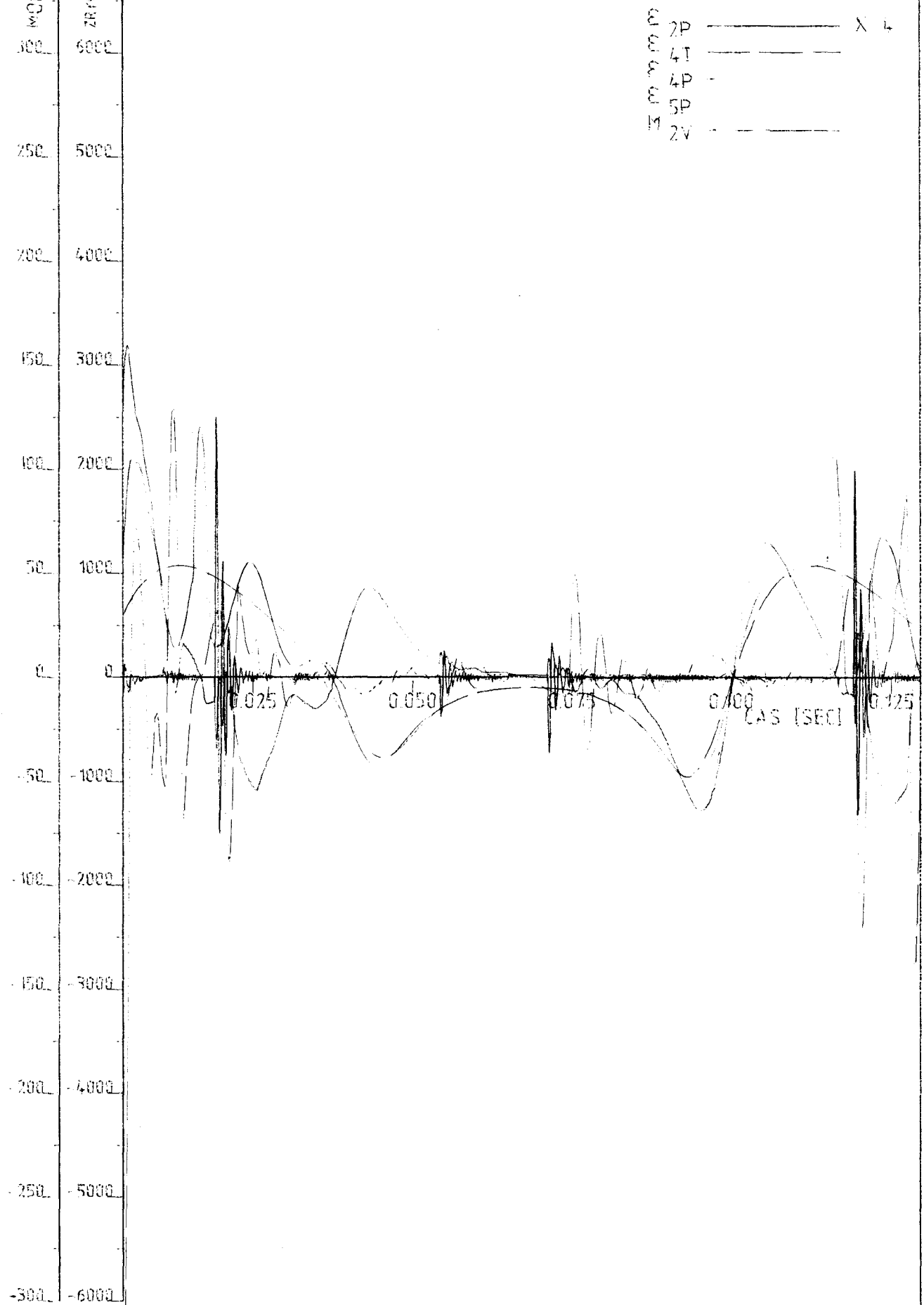
VARIANTA 15

$\varepsilon_{2P}$  ————— X 4  
 $\varepsilon_{4T}$  - - - - -  
 $\varepsilon_{4P}$  - - - - -  
 $\varepsilon_{5P}$  - - - - -  
 $M$  - - - - -



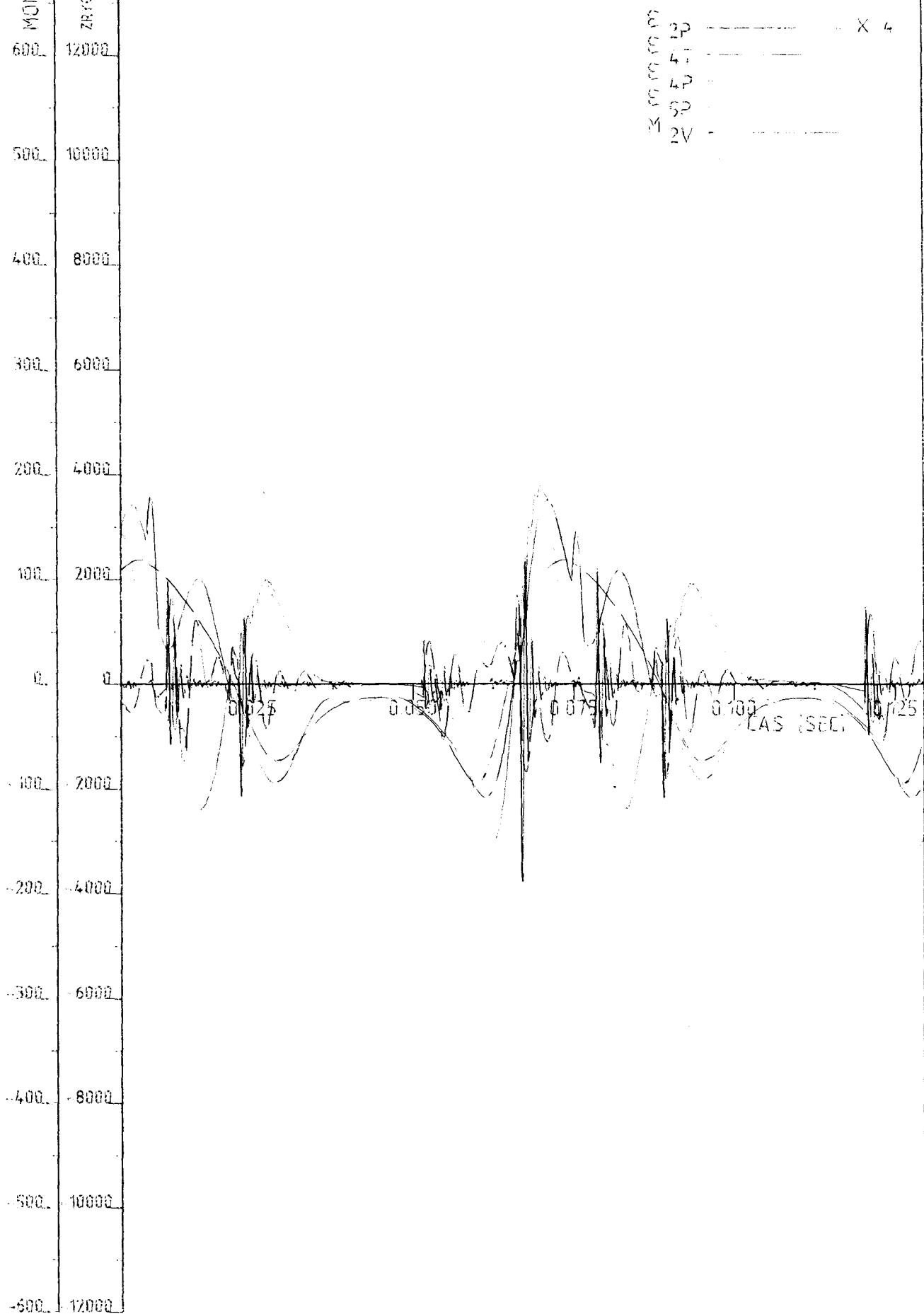
# ZRYCHLENÍ A MOMENT - OBOUSTRANNÝ NÁHON

VARIANTA 17



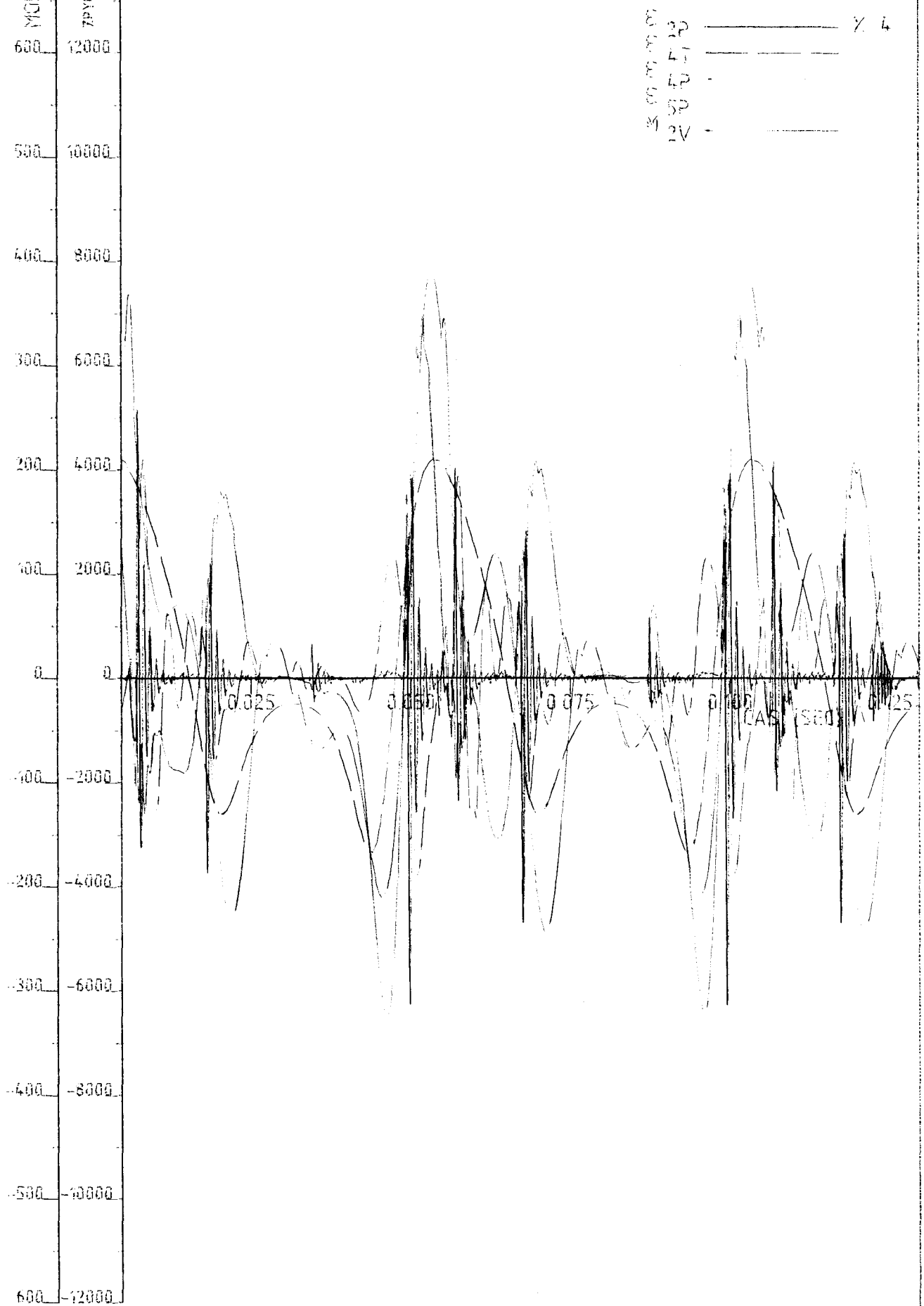
# ZRYCHLENÍ A MOMENT - OBOUSTRANNÝ NÁHON

VARIANTA 18



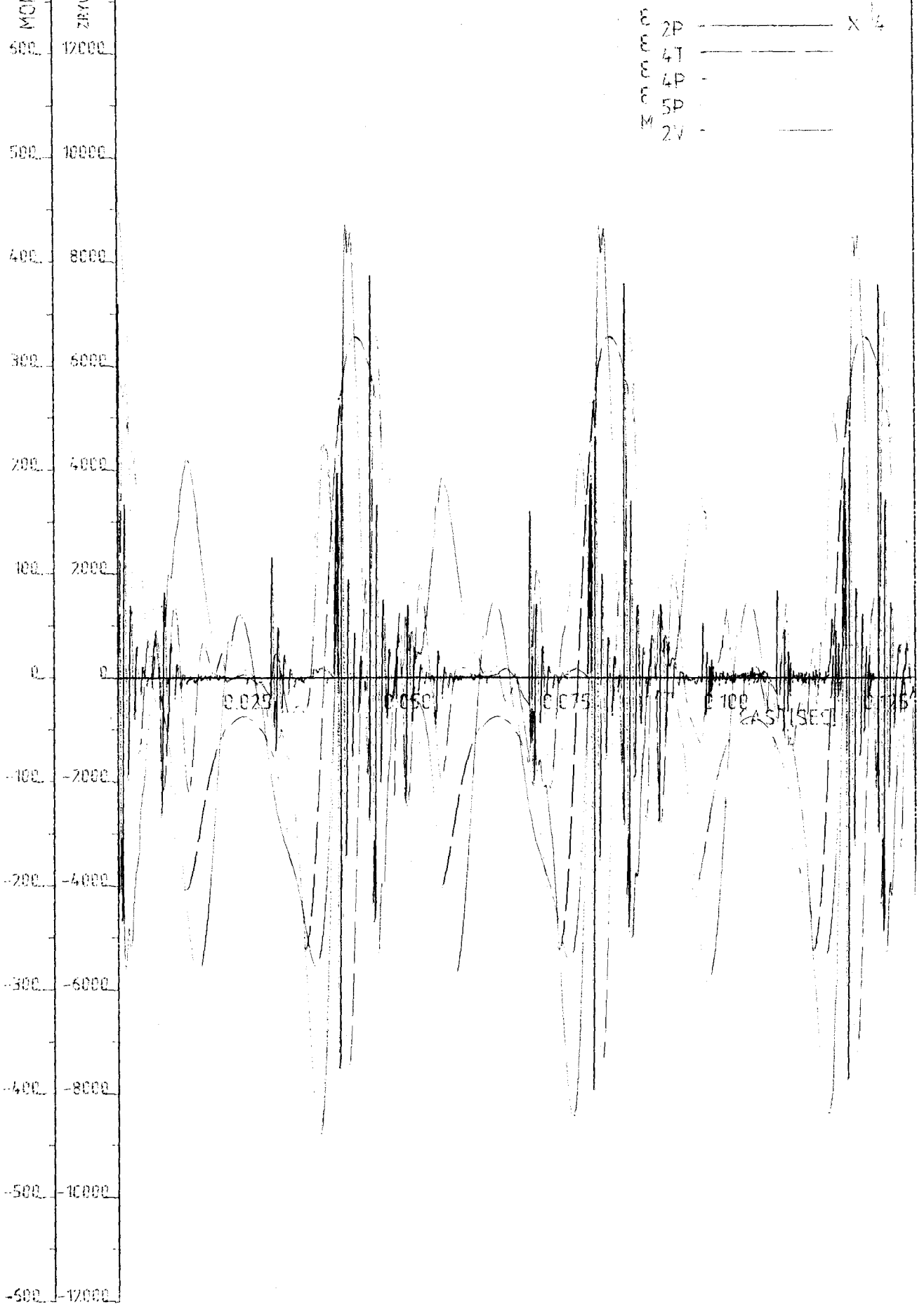
# ZRYCHLENÍ A MOMENT - OBOUSTRANNÝ NAHON

VARIANTA 15



# ZRYCHLENÍ A MOMENT - OBOUSTRANNÝ NÁHON

VARIANTA 20







[illegible]