

Ing. Oldřich H a v r á n e k, VÚHU

Ing. Oldřich K l i m e c k ý, VÚHU

### Příspěvek k řešení pohonů DPD na povrchových dolech

Článek popisuje aspekty a zkušenosti s vývojem a použitím různých typů pohonů pro pásy dálkové pásové dopravy. Všímá si zejména prací výzkumu v ČSSR, PLR, NDR, NSR a našich perspektiv v pohonech pásů v příštích letech.

#### Úvod

Pohony pásů dopravníků jsou od počátku zavádění dálkové pásové dopravy předmětem mimořádného zájmu. V souvislosti s vývojem gumového pásma a se zvětšujícími se požadavky na ovládání pohonů i se zvětšujícími se technickými možnostmi těmto požadavkům vyhovět, mění se i názor na potřebné vlastnosti motorů.

Dosavadní cesty v použití stávajících typů pohonů byly ovlivněny dostupností technického vybavení a v té době uznávanou teorií pohonů pásů. Vlivu pohonu na gumový pás byla všeobecně věnována mimořádná pozornost. Byla prováděna rozsáhlá měření jak laboratorní, tak provozní, určovány bezpečnostní koeficienty pro namáhání pásu. Hledaly se nové cesty a možnosti ke zdokonalení konstrukce pásu a v souvislosti s tím i jeho pohonu.

#### Vývoj pohonu pásu v ČSSR

Vývojové a konstrukční práce po roce 1960 byly ovlivněny dobrými zkušenostmi z provozu pásových dopravníků na dole A. Zápotocký, vybavenými jednomotorovými poháněcími jednotkami, obsahujícími asynchronní motory nakrátko a rozběhové hydraulické spojky Voith - NSR. Vývojem a použitím hydraulických spojek ČKD a zejména vícemotorových pohonů

vznikly provozu i dodavatelům určité potíže jednak v zajištění spolehlivé funkce spojek, za druhé ve sladění výkonů motorů, pracujících s hydraulickými spojkami ve společném pohonu pásu. Několikaleté práce na postupném odstranění konstrukčních nedokonalostí spojek, poznatek o nutnosti výběru spolupracujících motorů se stejnými momentovými charakteristikami, získání širších poznatků o chování dopravního pásu, zkušenosti s dvoububnovým pohonem, zejména pak využívání a respektování uvedených zkušeností a poznatků, přispělo k dosažení uspokojivých provozních poměrů na současných pásových dopravnících. Do značné míry má zásluhu na bezporuchovém provozu pohonů i dobře organizovaná údržba účelně upravených hydraulických spojek i včasné zjištění vznikajících poruch, jako je netěsnost v kapalinovém okruhu, nadměrné zahřívání a podobně. /1/, /2/.

Mimo uvedeného směru vývoje probíhal krátkou dobu zkušební provoz dvoumotorové poháněcí stanice s asynchronními kroužkovými motory ovládanými časově závislými kapalinovými spouštěči. Pro různé konstrukční nedostatky (poruchy motorů pro pohyb elektrod, potíže s kartáči motorů) byly kroužkové motory nahrazeny motory nakrátko s hydraulickými rozběhovými spojkami.

Rovněž další alternativa - asynchronní motory nakrátko s regulačními elektromagnetickými spojkami Elcotron (Francie) - byla podrobena provozním zkouškám a technicko-ekonomickému rozboru. Po funkční stránce spojky vyhovovaly, avšak pořizovací cena je příliš vysoká. Spojka Elcotron je určena především pro regulační proces s trvalým proměnlivým skluzem, jako např. ve válcovnách, pohon synchronisovaných lisů, otáčková regulace alternátorů, regulace rychlosti malých dopravníků v pracovních linkách apod. /3/.

Perspektiva dalšího vývoje a použití pásových dopravníků v daleko výkonnějších celcích než dosud nutí k zamyšlení i nad typem pohonů pro tyto 2000 mm široké pásy. Podstatně zvýšení tuhosti a modulu pružnosti pásů umožňuje i jejich rychlejší rozběh bez vzniku značných podélných kmitů a prokluzů. V rámci státního úkolu "Automatizace technologických celků a řízení povrchového dolu" byl proto řešen i problém použití



kroužkových motorů k pohonu pásů. Podstatou řešení bylo využít dobrých regulačních vlastností kroužkového asynchronního motoru při rozběhu pásu s použitím indukčního spouštěče /4/.

V rámci uvedeného úkolu byl proveden vývoj indukčního spouštěče (ČKD Praha) a výroba asynchronních motorů (MEZ-Drásov) s upravenou momentovou charakteristikou a záběrovým proudem  $I_{\max} \approx 3,5 I_n$ . Zkušební provoz a provedená měření (jen na nezatíženém dopravníku) prokázala velmi dobré dynamické vlastnosti použitého pohonu (obr. 1)/5/. Přes tyto dobré vlastnosti pohonu je zřejmé, že pro konkrétní rozhodnutí o definitivním použití nestačí. Připravuje se dlouhodobý provoz s využitím i alternativního řešení rozběhu prostřednictvím k tomu účelu vyrobených transduktorů. S tímto vybavením pohonu lze pro další vývoj získat provozní podklady i o namáhání pásu, převodových skříních, o nárocích na elektrovednou síť, transformátory, o potřebné funkci napínacího zařízení apod.

Současné pohony pásových dopravníků jsou realizovány asynchronními motory nakrátko a hydraulickými rozběhovými spojkami ČKD Blansko.

#### Příprava a rozjíždění dopravní linky a jejich vliv na délku prostojů pásové dopravy

Poslání pásové dopravy je nepřerušovaná plynulá doprava materiálu od dobývacího stroje na výsypku, při dopravě uhlí ke zpracovateli nebo na další dopravní prostředky. Pokud bude provoz pásové dopravy narušován častým zastavením linky vlivem poruch, ať již technického nebo organizačního charakteru, bude rychlé opětové uvedení pásové linky do provozu stálým požadavkem. Z hlediska obsluhy zařízení, provozních techniků a současného počtu prostojů je tento požadavek oprávněný. Svou důležitost však pozbude odstraněním většiny nedostatků, zapříčiňujících nízké časové využití dopravy a pět i více rozběhů linky v jedné osmihodinové směně.

Vývoj a dosavadní zkušenosti naznačují, že k požadovanému cíli, krátkodobějšímu rozběhu a nepřerušovanému chodu linek, se přibližujeme

z obou stran. V dalším si všimneme blíže problematiky ovládání a rozběhu dopravních linek.

Současné vybavení stanic stávajícími poháněcími jednotkami, provozní a bezpečnostní předpisy a normy do značné míry znesnadňují uskutečnění požadavku uvedení pásové linky v krátké době do provozu.

Jako příklad je uveden na obrázku 2 harmonogram, podle kterého se provádí rozběh pásů TC 2 na dole Merkur. Obdobný harmonogram rozběhu pásů, podřízený vybavení a zapojení ovládacího systému, je na dole Maxim Gorkij v Bílině (obr. 3). V obou případech je interval mezi rozběhem pásů dvou na sebe navazujících dopravníků přibližně šedesát vteřin. Zkrácení nebo prodloužení intervalu o několik vteřin je ovlivněno zejména nastavením použitých časových relé a zručností operátora pásové dopravy, případně i porušením některých bodů bezpečnostních předpisů nebo norem.

V podstatě však délku vlastního rozběhu (interval od spuštění prvního motoru do dosažení jmenovité rychlosti pásu) nelze u pohonů s hydraulickými spojkami výrazně zkrátit. Tato doba činí 80 - 100 % časového intervalu mezi rozběhy dvou sousedních dopravníků, bereme-li v úvahu i částečné překrývání.

Nutnost odstupňovaného 5-6ti vteřinového spouštění asynchronních motorů nakrátko je dána tímto způsobu spouštění nadřazenou dimensí přívodních kabelů, napájecích transformátorů, systémem nadproudových ochran napájecí sítě a energetických zařízení. Rovněž prodleva mezi počátkem čerpání hydraulických spojek a počátkem rozběhu pásu (cca 10 s) je dána charakteristickým znakem spojek, stejně jako povlovný vlastní rozběh pásu v intervalu 20 - 40 vteřin.

Změna systému pohonu, např. použitím již zmíněných kroužkových asynchronních motorů s indukčními spouštěči, by přispěla v porovnání se současnými rozběhovými časy ke zkrácení rozběhu, znázorněnému na obr. 4. Uvedený harmonogram je z části ověřen našimi provozními zkouškami /5/, zejména však zkouškami na dolech v PLR a NDR, kde tento typ pohonů v současné době převládá. Úspora 30 - 40 vteřin oproti pohonu s hydraulickými spojkami při rozběhu jednoho dopravníku je relativně značná a



bude mít stále větší vliv, čím vyšší bude časové využití komplexů. Je tedy patrné, že i systém pohonu s asynchronními motory nakrátko bez rozběhových elementů, zejména při použití pásů s ocelovým kordem, je perspektivní, protože může výrazně zjednodušit elektrovybavení a ovládací systém pohonů.

Uvedené záměry, vyžadující spouštění všech poháněcích motorů pásu na poháněcí stanici současně, budou vyžadovat nákladnější řešení dodávky elektrické energie.

#### Vývoj pohonu pásu v PLR

Z dostupných literárních pramenů, ze vzájemné výměny zkušeností s provozem dopravníků i z materiálů studijních cest v PLR vyplývá, že řešení problematiky pohonů pásů na polských dolech probíhal poněkud jinou cestou než v ČSSR. První pohony pásů byly vybaveny asynchronními motory kroužkovými s pevnými rozběhovými odpory, vyřazovanými v časové závislosti stykačovou kaskádou.

Vzhledem k původním požadavkům na malé namáhání pásu ( $T_{lmax} = 1,3 T_1$ ) a maximální zrychlení  $a = 0,5 \text{ m/s}^2$  při rozběhu /6/, trval rozběh dopravníku až 100 vteřin. Snížením počtu rozběhových stupňů a zkrácením doby vyřazování odporových stupňů bylo dosaženo rozběhu pásu cca za 25 s. K tomuto opatření bylo možno přistoupit na základě zkušeností z provedených měření. Bylo konstatováno, že síly a napětí vznikající v pásu při rozběhu jsou značně menší než vypočtené, a to i při zrychleních značně větších, než připouštěly předpisy /7/.

Pro zdokonalení rozběhu pásů byla v PLR i nadále sledována cesta regulace otáček kroužkových motorů /8/. Výsledkem teoretického i provozního významu jsou indukční spouštěče, které v různém provedení a kombinaci se dnes používají v převážné většině stávajících pohonů pásů kroužkovými asynchronními motory o výkonech 320, 500 a 630 kW. Zlepšená konstrukce, tzv. segmentových spouštěčů, umožnila další snížení rozběhového proudu u motoru (630 kW) až na  $I_r = 3,5 I_n$  při  $M_a = 1,2 M_n$  (obr. 5). (Obdobné výsledky byly získány rovněž u zmíněného provedení v ČSSR /5/.

Souběžně s tímto vývojem probíhal v PLR výzkum možnosti použití asynchronních motorů s kotvou nakrátko bez rozběhových elementů (spojek, spouštěčů a pod.) /9, 10/. Výsledkem výzkumu byl vývoj a použití těchto upravených motorů pro pohon dopravníků. První zkušenosti s pohonem pásu se stylovými textilními vložkami byly celkem uspokojivé. Hlavní poslání zkoušek bylo především ověřit životnost a provozuschopnost motorů upravených pro tento účel.

Úsilí výzkumných a vývojových pracovníků bylo úspěšné. Byly provedeny vhodné rekonstrukce motorů nakrátko s cílem snížit záběrový proud a současně upravit průběh momentové charakteristiky motoru tak, aby v maximální míře vyhovoval požadavku plynulého rozběhu pásu (obr. 6). Současně bylo sledováno tepelné namáhání zejména rotorového vinutí (klece) při opakovaných rozbězích a jeho vliv na mechanickou pevnost spojení rotorových tyčí s čely. Rovněž po této stránce bylo dosaženo uspokojivých výsledků u motorů do 320 kW. Podle posledních zpráv je problém vyřešen i pro motory 630 kW.

S tímto typem pohonu bylo dosaženo velmi krátkých časů rozběhů. U dopravníku I = 615 m, š = 1600 mm, v = 5,24 m/s, výkon Q = 5500 m<sup>3</sup>/hod, největší záběrový moment  $M_{max} = 2,14 M_n$ , trval rozběh 3 + 15 s podle zatížení dopravníku při záběrovém proudu  $I_z \approx 5 I_n$ . O dlouhodobém vlivu uvedených rozběhů na gumový pás a o chování pásu při zrychlení  $a = 1,5 \text{ m/s}^2$  se informace blíže nezmiňují. Rovněž dimensování silových kabelů a napájecích transformátorů bude zřejmě vyžadovat mimořádnou pozornost.

#### Pohony pásových dopravníků v NDR a NSR

Jsou řešeny kroužkovými asynchronními motory s kapalinovými nebo pevnými rozběhovými odpory. V NSR se částečně používají i asynchronní motory nakrátko s hydraulickou rozběhovou spojkou Voith s konstantní náplní.

#### Vliv parametrů pohonu na napájecí energetické zařízení

Jedním z problémů použití asynchronních motorů nakrátko speciálně



upravených pro dlouhodobější rozběh (cca 30 s) a záběrovým momentem  $M_z \approx 1,6 M_n$  je dimensování napájecích energetických zařízení - transformační stanice, napájecí vedení.

Budeme uvažovat s dostupným typovým transformátorem aTO 472/35,  $P_t = 6,3$  MVA v současné době projektovaným pro napájení poháněcích motorů nakrátko o výkonu  $P = 630$  kW, spouštěných v intervalech odpovídajících rozběhu nezatíženého motoru (cca 8 s). Pro naši úvahu je však nutno počítat s rozběhem tří motorů současně a se zatížením (plný pás). Rozhodujícím činitelem pro tento úspěšný rozběh je dostatečně tvrdé napětí sítě.

Při výpočtu úbytku napětí vycházíme z předpokládaných hodnot motorů:

$$\begin{aligned} P_m &= 3 \times 630 \text{ kW} && \text{- instalovaný výkon motorů na poháněcí stanici} \\ I_{lc} &= 3 \cdot I_z = 1200 \text{ A} && \text{- celkový proud motorů při } I_z = 5 \cdot I_n = 5 \times 80 \text{ A} \\ \cos \varphi_z &= 0,4 && \text{- účinník při počátku rozběhu} \end{aligned}$$

Hodnoty transformátoru:

$$\begin{aligned} P_t &= 6,3 \text{ MVA} && \text{- výkon} \\ I_{2T} &= 600 \text{ A} && \text{- sekundární proud} \\ \Delta P_K &= 45 \text{ kW} && \text{- ztráty nakrátko} \\ \Delta P_o &= 8,4 \text{ kW} && \text{- ztráty naprázdno} \\ \Delta u_K &= 7 \% && \text{- napětí nakrátko} \end{aligned}$$

Hodnoty napájecího kabelu, typ ANKA BDV 3 x 185 mm<sup>2</sup>:

$$\begin{aligned} R_K &= 0,2 \Omega/\text{km} && \text{- činný odpor jedné žíly} \\ X_K &= 0,08 \Omega/\text{km} && \text{- indukční odpor} \\ l &= 1 \text{ km} && \text{- předpokládaná délka} \\ U &= 3450 \text{ V} && \text{- fázové napětí} \end{aligned}$$

Přetížení transformátoru při rozběhu

$$n = \frac{I_{1c}}{I_{2T}} = \frac{1200}{600} = 2$$

Činná složka napětí nakrátko:

$$u_R = 100 \cdot \frac{\Delta P_K}{P_t} = 100 \cdot \frac{45}{6300} = 0,71 \%$$

Indukční složka napětí nakrátko:

$$u_L = \sqrt{u_K^2 - u_R^2} = \sqrt{7^2 - 0,71^2} \approx 7 \%$$

Úbytek napětí na sverkách transformátoru:

$$\Delta u_T = n (u_R \cos \varphi_K + u_L \sin \varphi_K) + 0,005 n^2 (u_L \cos \varphi_K - u_R \sin \varphi_K)^2$$

$$\Delta u_T = 2(0,71 \cdot 0,4 + 7 \cdot 0,9) + 0,005 \cdot 2^2 (7 \cdot 0,4 - 0,71 \cdot 0,9)^2 = 13,2 \%$$

Úbytek napětí na přívodním kabelu o délce 1 km:

$$\Delta u_K = R_K I_{1c} \cos \varphi_K + X_K I_{1c} \sin \varphi_K + (R_K I_{1c} \sin \varphi_K - X_K I_{1c} \cos \varphi_K)^2 / 2U$$

$$\Delta u_K = 0,2 \cdot 1200 \cdot 0,4 + 0,08 \cdot 1200 \cdot 0,9 + (0,2 \cdot 1200 \cdot 0,9 - 0,08 \cdot 1200 \cdot 0,4)^2 / 2 \cdot 3450$$

$$\Delta u_K = 187 \text{ V};$$

$$U_{SK} = 1,73 \quad \Delta u_K = 1,73 \cdot 187 = 323 \text{ V tj. } \Delta u_K = 5,2 \%$$

Celkový úbytek napětí ve sverkách motoru  $\Delta u_C = \Delta u_T + \Delta u_K$

$$\Delta u_C = 13,2 + 5,2 \approx 18,4 \%$$

Kontrola poklesu napětí pro spolehlivý rozběh motoru z rozběhových hod-



not motoru (ČSN 341610):

$$u = \frac{m - \sqrt{km}}{m} \cdot 100, \text{ kde}$$

$$m = \frac{M_{zn}}{M_n} = 1,6 \text{ poměr záběrového momentu k momentu jmenovitému}$$

$$k = \frac{M_z}{M_n} = 1,2 \text{ poměr potřebného momentu (pro rozběh dopravníku) k momentu jmenovitému, pak}$$

$$\Delta u = \frac{1,6 - \sqrt{1,2 \cdot 1,6}}{1,6} \cdot 100 = 14,4 \%$$

Je zřejmé, že skutečný úbytek napětí je větší než dovolený. Současný sortiment transformačních stanic pro PD (4 MVA; 6,3 MVA) si vyžadá vývoj a instalaci výkonnější transformační stanice, zejména bychom-li uvažovali o napojení speciálních motorů nakrátko alespoň dvou poháněcích stanic na jednu transformovnu. Obdobná situace nastane i při použití motorů kroužkových o stejných výkonech (3 x 630 kW), spouštěných současně. Za předpokladu, že záběrový proud kroužkových motorů  $I_z = 4 I_n$ , bude úbytek napětí ve svorkách motorů nižší asi o 3 % oproti motorům nakrátko. Rovněž výpočet kontroly poklesu napětí vychází při  $m \approx 2$  u kroužkových motorů příznivěji. Nicméně však je nutno vycházet ze skutečných hodnot motorů a zde uvedené výsledky upřesnit. Protože v ČSSR motory s potřebnými úpravami charakteristik nejsou, použili jsme k výpočtům dostupné údaje o motorech polských a předběžné údaje potenciálního výrobce motorů, MEZu Drásov.

Z výpočtů je zřejmé, že současně se změnou poháněcích motorů pásu a programu jejich spouštění musí být v předstihu řešena i problematika vývoje napájecích energetických vybavení pásových linek.

#### Vliv parametrů pásu na rychlost rozběhu

Při rozběhu dopravníku dochází k zvětšení tahových sil v pásu ve srovnání s normálním (ustáleným) provozem. Jejich okamžitá velikost je

dána:

- odpory proti pohybu pásu
- setrvačnými silami
- podélným rozkmitáním pásu
- event. prokluzu pásu na poháněcích bubnech aj.,

a především ovlivněna

- velikostí a průběhem zrychlení pásu (režimem a řízením rozběhu)
- uspořádáním a systémem pohonů
- funkcí a režimem napínacího zařízení
- mechanickými vlastnostmi pásu

Důsledkem uvedeného je zvýšené namáhání pásu (spojů) poměrně velkými silami dynamického charakteru, které snižují jeho životnost, resp. mohou být příčinou mechanického poškození. Snižování těchto sil přípustným krátkodobým prokluzem pásu na poháněcích bubnech při rozběhu /6/ negativně ovlivňuje velikost jeho opotřebení.

V praxi udávají výrobci max. dovolenou velikost tahu v pásu při rozběhu, což můžeme vyjádřit podmínkou

$$(1) \quad \frac{T_{1D \max}}{T_D} = \mathcal{K}$$

kde:  $T_{1D \max}$  (kp) - max. dovolený tah v pásu při rozběhu

$T_D = \sigma \cdot B$  (kp) - dovolený tah v pásu

$\sigma$  (kp/cm) - dovolené namáhání pásu

$B$  (cm) - šířka pásu

Pro pásy PA výrobce Gumárne l. mája n. p., /11/ udávají velikost  $\mathcal{K} = 1,6$ . Dle zahraničních údajů  $\mathcal{K} = 1,2 - 1,5$  (podle typu pásu),  $\mathcal{K} = 1,05 - 1,1$  při uvažování omezujících prokluzů pásu v průběhu rozběhu.

Vlastní rozběh dopravníku je proces velmi složitý, matematicky řešitelný pouze za určitých zjednodušujících předpokladů (komplexní ře-



šení nebylo doposud provedeno). Za předpokladu rozběhu bez prokluzu pásu, plného využití úhlu opásání na poháněcích bubnech, uvažování jen odporu pásu a setrvačných sil, pro max. tah pásu při rozběhu u dvou-bubnového pohonu platí zjednodušený vztah

$$(2) \quad T_{1 \max} = P_o + P_u + T_2$$

kde:  $T_{1 \max}$  (kp) - max. tah v pásu při rozběhu

$P_o$  (kp) - pasivní odpory dopravníku

$P_u$  (kp) - setrvačné síly

$T_2$  (kp) - tah v pásu (odbíhající větev spodního poháněcího bubnu).

Za předpokladu

$$a = \frac{v}{t_r} = \text{konst.}$$

kde:  $a$  ( $\text{m/s}^2$ ) - zrychlení při rozběhu

$v$  ( $\text{m/s}$ ) - jmenovitá rychlost

$t_r$  (s) - čas rozběhu

platí

$$P_u = m_r \cdot a = m_r \cdot \frac{v}{t_r}$$

kde:  $m_r$  ( $\text{kps}^2/\text{m}$ ) - setrvačné hmoty (redukované na dopravní pás).

Dále předpokládáme

$$P_o = \frac{102 \cdot N_c \cdot \eta_m}{v}$$

kde:  $N_c$  (kW) - celkový instalovaný výkon

$\eta_m = 0,85$  - mechanická činnost,

$$T_2 = \frac{T_{1 \max}}{f \alpha_c}$$

kde:  $f = 0,3$  - koeficient tření mezi pásem a poháněcím bubnem  
 $\alpha_c = 330^\circ$  - celkový úhel opásání.

Dosazením do rovnice (2) a úpravou platí

$$(3) \quad T_{1 \max} = f \left[ \frac{102 \cdot N_c \cdot \eta_m}{v} + m_r \cdot \frac{v}{t_r} \right]$$

$$\text{kde: } f = \frac{f \alpha_c}{f \alpha_c - 1} \approx 1,22$$

Setrvačné hmoty dopravníku lze vyjádřit vztahem

$$m_r \approx L \left( k_1 + \frac{k_2}{v} \right) + \frac{k_3}{v^2}$$

kde:  $L$  (m) - délka dopravníku  
 $k_1, k_2, k_3$  - konstanty.

Dosazením do rovnice (3) za  $m_r$  a úpravou dostaneme výslednou závislost pro max. velikost tahu v pásu při rozběhu ve tvaru

$$(4) \quad T_{1 \max} = f \left\{ \frac{102 \cdot N_c \cdot \eta_m}{v} + \left[ L(k_1 \cdot v + k_2) + \frac{k_3}{v} \right] \frac{1}{t_r} \right\}$$

Pro maximální dovolenou velikost tahu v pásu při rozběhu dle rovnice (1) platí podmínka  $T_{1D \max} = T_D \cdot \chi \leq T_{1 \max}$ . Velikost minim. dovoleného času rozběhu je pak dána vztahem

$$(5) \quad t_{rD \min} = \frac{m_r \cdot v^2 \cdot f}{T_D \chi \cdot v - 102 \cdot N_c \eta_m} = \frac{L \cdot v(k_1 \cdot v + k_2) + k_3}{T_D \chi \cdot v - 102 \cdot N_c \eta_m} \cdot f$$

kde:  $t_{rD \min}$  (s) - minimální dovolený čas rozběhu.



Z uvedených závislostí je patrné, že minimální dovolená doba rozběhu závisí na dovolené pevnosti použitého pásu a stupni jeho využití, který ovlivňuje velikost setrvačných hmot. Využívání parametrů vysoko-pevnostních pásů, tj. zvětšování dopravních délek a instalování větších výkonů poháněcích jednotek, setrvačné hmoty dopravníku se zvětšují, a tím i velikost minimální doby rozběhu. Podstatný vliv má i velikost  $\mathcal{K}$ , tj. omezení dané výrobcem dopravních pásů.

Obecná analýza uvedených závislostí přesahuje svým rozsahem rámec tohoto článku, a proto v dalším provedeme pouze rozbor pro konkrétní případ. Vyčíslení rovnice (4) -  $T_{1 \max} = f(t_r)$  je provedeno pro dopravník š. 2000 mm v grafu na obr. 7, s uvažováním plného využití dovolené pevnosti pásu PA 700/4, St 2500, St 3150 a St 4000.

Pro omezení  $\mathcal{K} = 1,6$  jsou uvedeny hodnoty  $T_{1D \max}$  a  $t_{rD \min}$  v tabulce 1.

Tabulka 1

|                    | PA 700/4 | St 2500 | St 3150 | St 4000 |
|--------------------|----------|---------|---------|---------|
| $\sigma$ (kp/cm)   | 200      | 277     | 350     | 444     |
| $T_D$ (kp)         | 40 000   | 55 400  | 70 000  | 88 800  |
| $T_{1D \max}$ (kp) | 64 000   | 88 640  | 112 000 | 142 080 |
| $t_{rD \min}$ (s)  | 19,25    | 18,75   | 18,5    | 18,25   |

Na základě výše uvedeného (a pro dané předpoklady) lze učinit následující předběžné závěry, které je nutno dalším výzkumem a vývojem upřesnit:

- pro používané pásy PA v důsledku omezení daného výrobcem ( $\mathcal{K} = 1,6$ ) nelze snížit čas rozběhu pod hodnotu  $t_{rD \min} = 20$  s;
- použití pásů St ovlivní velikost  $t_{rD \min}$  následovně
  - a) při plném využití parametrů pásu nelze  $t_{rD \min}$  podstatným způsobem snížit ve srovnání s pásy PA,
  - b) při nevyužití parametrů pásů (tj. použití menších délek dopravníků a instalovaného výkonu na poháněcí stanici) lze velikost

$t_{rD \min}$  snižovat pod hranici 20 s;

- minimální dovolený čas rozběhu je podstatným způsobem ovlivněn velikostí  $\mathcal{K}$ , tj. omezením maximálního tahu v pásu při rozběhu výrobcem. Je nutno zvážit, do jaké míry je tato velikost opodstatněná;
- nevyjasněna je otázka podélného rozkmitání pásu při rozběhu, které při krátkých časech rozběhu může zvýšit velikost okamžitých tahů v pásu nad přípustnou mez. Vliv zde bude mít u pásů St větší modul pružnosti (je podstatně větší než u pásů PA), který účinky podélného kmitání bude pravděpodobně částečně eliminovat.

Cena dopravního pásu tvoří podstatnou část pořizovacích nákladů dopravníku. Proto náklady na pás a jeho pracovní podmínky ovlivňují efektivnost pásového dopravního systému. Životnost pásů (spojů) a opotřebení ovlivňují i poměry při rozběhu, především velikost doby rozběhu. Je proto nutno tendenci snižování doby rozběhu posuzovat komplexně, při čemž omezující faktory jsou životnost pásů (spojů) a opotřebení. V souvislosti s připravovaným nasazením pásů St v revíru považujeme za účelné provést výzkum této problematiky s provozním ověřením.

### Závěr

Z předchozího textu vyplývá, že současný typ PA pásů a jejich pohonů s rozběhovými hydraulickými spojkami je v ČSSR limitující pro dobu rozběhu pásového dopravníku, která činí cca 40 vteřin. Při použití nových, např. St typů pásů, budou plně využity jejich parametry v případě podstatného zvětšení délek sekcí, zvětšení výkonů motorů poháněcích stanic až na jednotky o 1000 kW. Z těchto úprav vyplývá menší počet sekcí a zkrácení rozběhu celé pásové linky. Rozjezd jednoho dopravníku však nelze z důvodu bezpečnosti pásů snížit pod 20 vteřin.

S použitím velkých poháněcích jednotek bude nutno řešit systém napájení pohonů elektrickým proudem, což bude aktuální zejména při současném spouštění všech poháněcích motorů pásu.

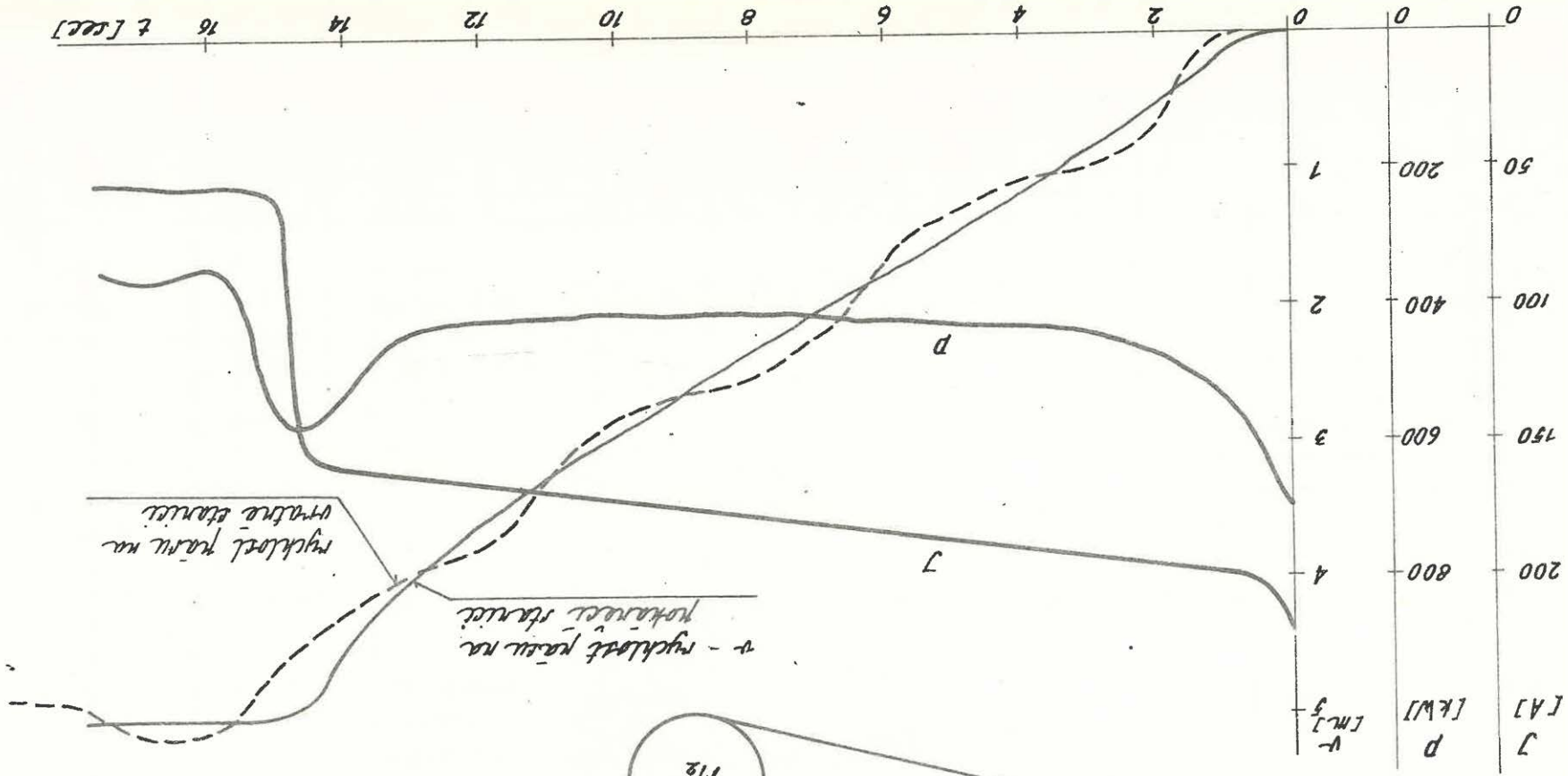
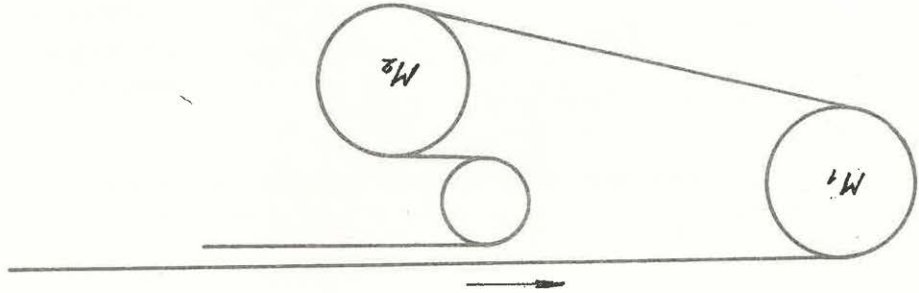
Považujeme za účelné již dnes se zabývat důležitými problémy pohonu pásu, ověřit chování nových typů pásů i pohonů a využít přitom



nejenom vlastních zkušeností, ale i dostupných zahraničních zkušeností z důlních provozů PLR a NDR. V neposlední řadě bude zřejmě nutné provést i úpravu provozních a bezpečnostních předpisů a norem, aby respektovaly dosavadní dvanáctileté zkušenosti s provozem pásové dopravy na našich povrchových dolech.

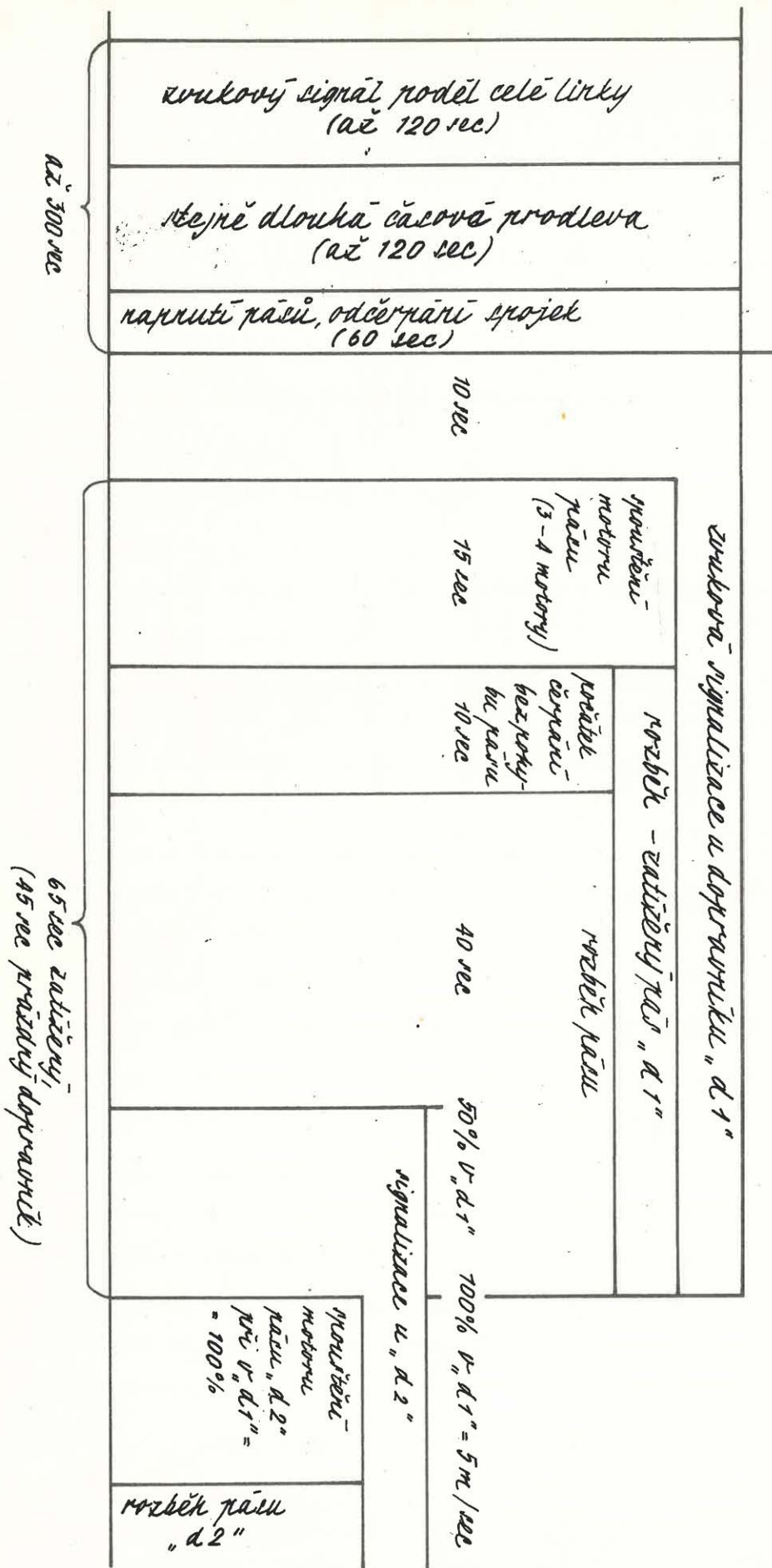
Rozeběk pátu dopravníku  $L = 655 \text{ m}$ ,  $s = 1600 \text{ mm}$  s potrošou asynchronními motory kružkovými  
s indukčním spouštěm na VHG - proudový jeh

$$M_1 = M_2 = 500 \text{ kW}$$





Harmonogram rozběhů nájezů DPD podle. Provozůvek a bezpečnostních předpisů pro pracovní dopravu lomu Merkur a OK 26 3403.

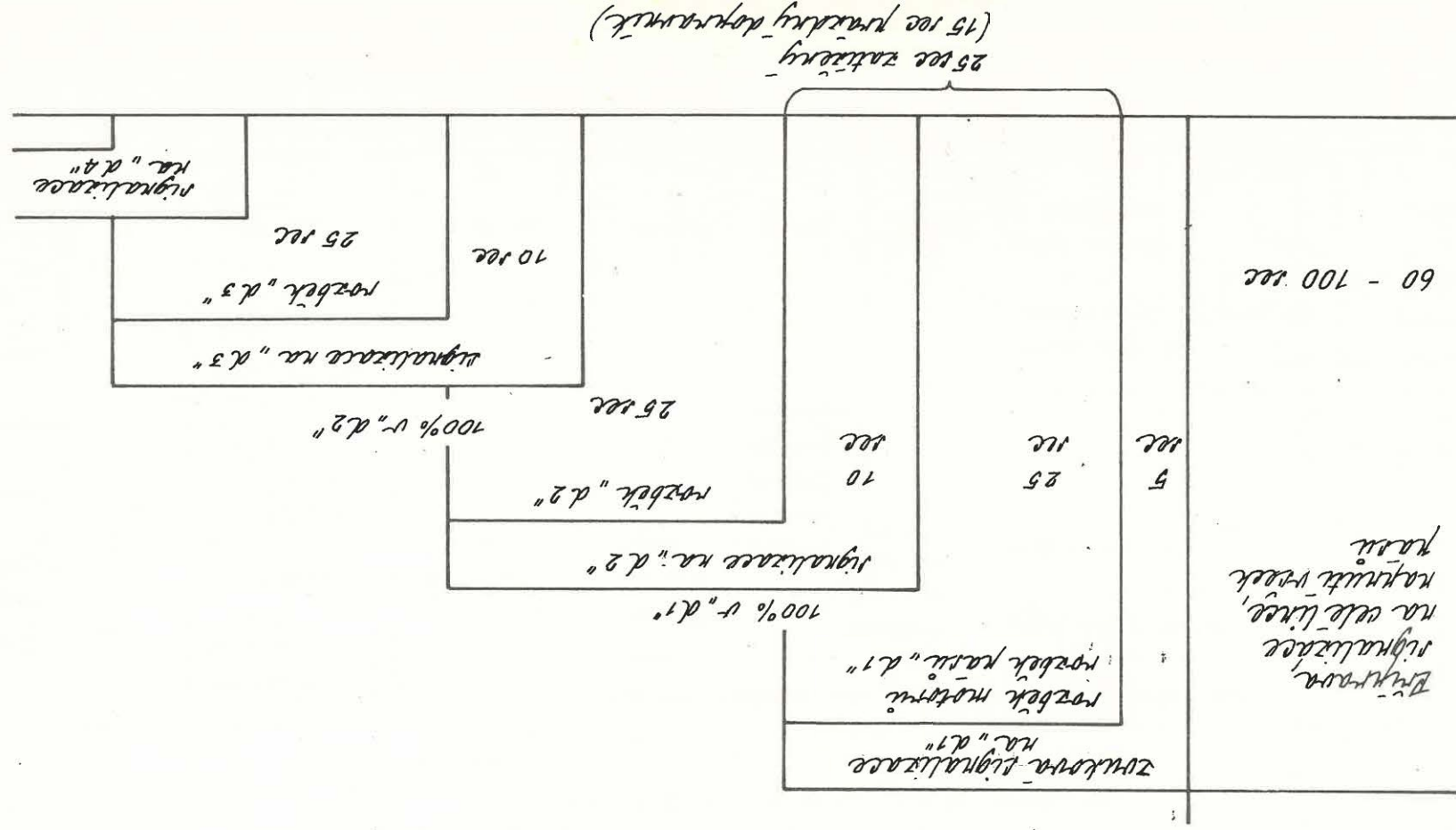


obr. č. 2

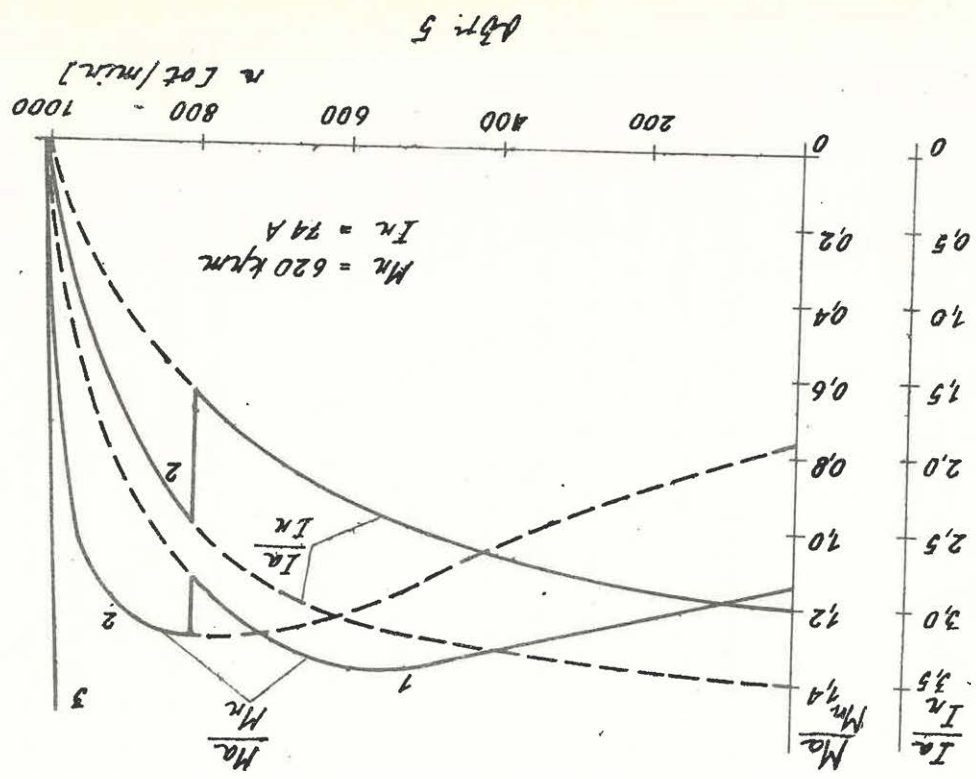




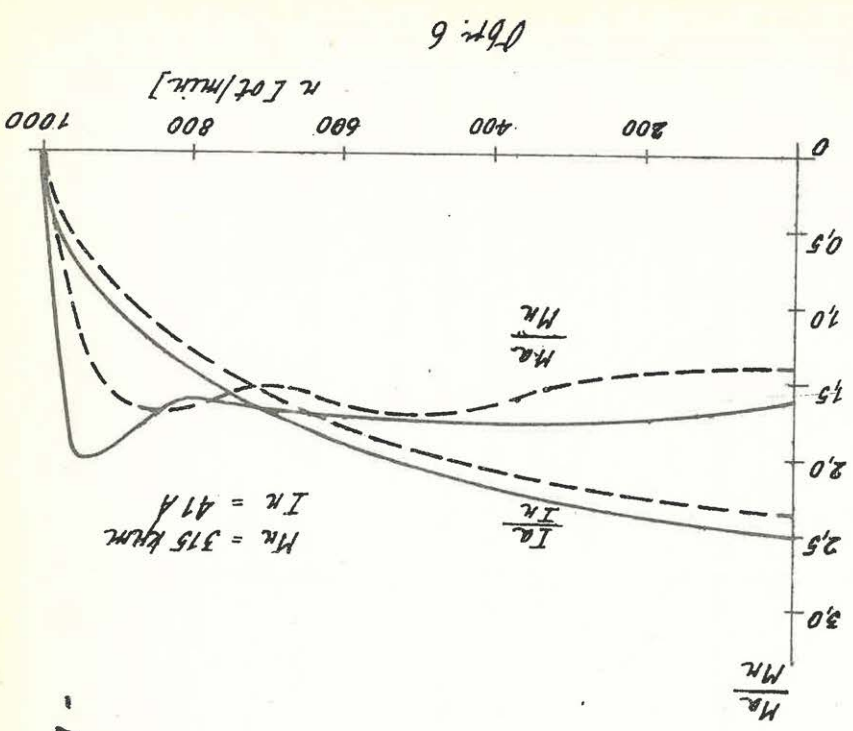
Průběhy křivky harmonogramu rozbehu motoru s asynchronními motory kružkovými. (kotace stávie bez trvale obilky).



Účtové momenty a proudy  
charakteristiky motoru 630 kW  
se segmentovým proudem zapojením  
 1 v servu 2 ks ve fázi  
 2 jeden segment ve fázi  
 3 průběh charakteristik motoru



Účtové momenty a proudy  
charakteristiky motoru 320 kW  
upravený rotor s kluzovým drábkem  
 --- kluzový motor, uhlíková spousta





závislost -  $T_{1\max} = f(t_r)$

$t [\text{sec}]$

