

Ing. Rudolf S v o b o d a, VÚHU

Výsledky provozních měření pohonů dálkové pásové dopravy

Ve Zpravodaji VÚHU č. 1-2/1975 je uvedeno zhodnocení pohonů dálkového pásového dopravníku (DPD) s motory:

- trojfázovými asynchronními s kotvou nakrátko a rozběhovou hydraulickou spojkou ČKD Blansko;
- trojfázovými asynchronními kroužkovými s odporovým stupňovým spouštěčem ELKA Nový Knín, ÚS VD Praha;
- trojfázovými asynchronními kroužkovými s indukčním spouštěčem ČKD Praha.

Zhodnocení bylo provedeno na základě výsledků provozních měření na povrchových dolech SHR.

Pro ověření dalšího druhu pohonu, to je pohonů DPD s motory trojfázovými asynchronními kroužkovými s kapalinovým spouštěčem, bylo dle stejné metodiky, zpracované ve VÚHU, provedeno další provozní měření. Ukázalo se ekonomicky výhodnější provést měření přímo na některém povrchovém dole, kde se těchto pohonů používá u DPD. Měření bylo provedeno na DPD s ohledem na charakter těžených skrývkových hmot, které mají obdobné mechanickofyzikální vlastnosti jako těžené hmoty u předchozích měření. Výsledky měření jsou uvedeny v tomto článku.

Technické údaje - pásový dopravník

Celková délka pásového dopravníku, zasazeného v dopravní lince, činila 1040 m. PD byl vybaven dopravním pásem šíře 2000 mm typu PAS 500 - 100 - 150 - 10/3 s polyamidovou nosnou kostrou. Poháněcí stanice PD je dvoububnová se třemi pohonnými jednotkami. Jmenovitá rychlost dopravního pásu $v = 5,24 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. PD byl uložen v horizontální rovině. Pohonné jednotky mají následující parametry:

Elektromotory

trojfázové asynchronní s kotvou kroužkovou
typ DSU₀ 94 - 6/TGL 20 675
provedení IP 44
tvar M 101

výkon 630 kW

jmenovité napětí statoru $U_1 = \lambda$ 6000 V, 50 Hz

jmenovitý proud statoru $I_1 = 74$ A

jmenovitý účinník $\cos \varphi = 0,89$

jmenovité otáčky $n = 990 \text{ min}^{-1}$

jmenovité napětí rotoru $U_2 = 990$ V

jmenovitý proud rotoru $I_2 = 380$ A

třída izolace B

hmotnost $G = 6100$ kg

moment setrvačnosti rotoru $3,9 \text{ kNm}^2$ (390 kpm^2)

účinnost η 92 %

Jmenovitý skluz motorů DSU₀ 94-6 činí $S_N = 1$ %, jmenovité otáčky $n = 990 \text{ min}^{-1}$. Výrobce motoru je udána tolerance jmenovitých otáček motoru v normálním provedení ± 20 % a pro objednané dvojité pohony ± 5 % při skluzových otáčkách $n_s = 10 \text{ min}^{-1}$ ($S_N = 1$ %), tj. jmenovité otáčky motoru se mohou lišit o $\pm 2 \text{ min}^{-1}$. Skluzové odpory jsou proto dimensovány na možnost nastavení skluzu až 2 %. Protože nebývají zpravidla pohonné jednotky zcela vytíženy, je pamatováno i na možnost individuálního nastavení každé pohonné jednotky pomocí odboček na skluzovém odporu.

Převodové skříně - dvoustupňové

- u horního hnacího bubnu:

jmenovitý výkon $N = 425/540$ kW

otáčky 970/61 l/min

převod $i = 16$

- u dolního hnacího bubnu:

jmenovitý výkon $N = 540$ kW

převod $i = 16$

Spouštěče

kapalinové (elektrolyt: $\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{CO}_3$)

typ 6260.003/7

jmenovitý výkon $N = 1600$ kW

maximální výkon $N_m = 2000$ kW

maximální ztráta při 1 spouštění	$A_{\max} = 3800 \text{ kW min}$
rotorové napětí	$U_{2\max} = 2000 \text{ V}$
rotorový proud	$I_{2\max} = 800 \text{ A}$
doba rozběhu	$t = 42 \text{ s}$
hustota spouštění	$H = 0,15 \cdot \text{h}^{-1}$
hmotnost bez elektrolytu	$G = 1100 \text{ kg}$
obsah elektrolytu	920 l
koncentrace sody v elektrolytu dle provozních poměrů 0,5 až 0,6 %	
trvalý přípustný ztrátový výkon	12 kW
rok výroby	1965

Skluzové odpory

typ	C 17
jmenovitý výkon	$N = 630 \text{ kW}$
jmenovité napětí	$U_2 = 990 \text{ V}$
jmenovitý proud	$I = 392 \text{ A}$
maximální teplota okolí $t_{\max}$	$= 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$
trvalé zatížení provedení	IP 13
hodnota odporu	$R = 3 \times 0,078 \Omega$
4 odbočky odporu v 1 fázi.	

Schéma zapojení motoru s kapalinovým spouštěčem je na obrázku č.1. Umístění pohonů je znázorněno na obrázku č. 2. Pohonná jednotka M1 pohání přes dvoustupňovou převodovku dolní poháněcí bubnu o průměru 1640 mm, jednotky M2 a M3 pohání obdobným způsobem horní poháněcí bubnu o stejném průměru.

Rozběh uvedeného pásového dopravníku probíhá následujícím způsobem:

Všechny tři motory se spínají současně dvěma vysokonapěťovými vypínači. Prvý spínač spíná motory M1, M2, druhý vypínač motor M3. Současně jsou konstantní rychlostí zasouvány pohyblivé elektrody u všech tří kapalinových spouštěčů pomocí servomotorů. Při zcela zasunutých elektrodách se po cca 48,5 s spínají samočinně rotorové stykače, které připínají paralelně ke spouštěči skluzové rotorové odpory. Po sepnutí těchto stykačů se automaticky vysunou elektrody kapalinových spouštěčů,

které jsou pak připraveny pro další rozběh.

Na pásovém dopravníku je použito gravitačního napínání dopravního pásu - viz schéma na obrázku č. 3. Vytažení závaží do provozní polohy se provádí napínacím vrátkem. Závaží o hmotnosti 16 Mg vyvozuje v průřezu jednoho lana napínacího ústrojí tahovou sílu při čtyřnásobném kladkovém převodu na věži

$$T = \frac{16 \cdot 9,81}{4} = \underline{\underline{39,25 \text{ kN}}}$$

U napínacího bubnu je rovněž čtyřnásobný kladkový převod; napínací síla pak činí

$$Z = 4 T = 4 \cdot 39,25 = \underline{\underline{157 \text{ kN}}}$$

V případě potřeby, například při použití ocelokordového pásu, je možné použít u napínacího bubnu osminásobný kladkový převod; napínací síla pak je

$$Z' = 8 T = 8 \cdot 39,25 = \underline{\underline{314 \text{ kN}}}$$

Při provozních měřeních, která se prováděla jednak při rozběhu prázdného dopravníku, jednak loženého skryvkovou zeminou, se registrovaly následující hodnoty:

- a) obvodové rychlosti lmacích bubnů
- b) rychlost dopravního pásu na horním a dolním lmacím bubnu a na vratném bubnu
- c) napínací síla dopravního pásu při aretovaném závaží gravitačního napínání
- d) dopravované množství skryvkové zeminy
- e) odběr proudu hlavních poháněcích motorů M1, M2, M3 a poháněcí stanice dopravníku
- f) průběh napětí na poháněcí stanici dopravníku
- g) příkony hlavních poháněcích motorů M1, M2, M3.

Měřené veličiny byly registrovány počínaje spouštěním hlavních poháněcích motorů pásového dopravníku. Všechna provozní měření byla provedena za příznivých povětrnostních podmínek (slunečno, sucho). Při měřeních s vyřazeným gravitačním napínáním pásu bylo závaží nehybně zpev-

něno u základů věže. Napínací síla byla stanovena při prázdném klidném pásu vrátkem přibližně na hodnotu $Z = 157 \text{ kN}$ (16 Mp). Pro měření dopravovaného množství skrývkové zeminy byla využita stávající pásová váha na předchozím dopravníku, jejíž registrační přístroj je na hlavním dispečerském stanovišti dolu. Dopravované množství materiálu dosahovalo při provozních měřeních špičkově až $7500 \text{ m}^3/\text{h}$ při střední měrné váze zeminy $\gamma = 1,85 \text{ t/m}^3$. Průměrné naložení dopravníku bylo zjištěno grafickým vyhodnocením záznamu pásové váhy s přihlédnutím na délku PD a na časový posun, který činí 4,5 min pro vzdálenost pásové váhy od poháněcí stanice PD.

U rozběhů loženého dopravního pásu s vyřazením gravitačním napínáním pásu docházelo k prokluzu dopravního pásu na hnacích bubnech vlivem značného poklesu napínací síly, jak dokumentují například naměřené průběhy rychlosti dopravního pásu a obvodových rychlostí hnacích bubnů při rozběhu č. 5 na obrázku č. 4. Naložení dopravníku při tomto rozběhu odpovídalo průměrnému dopravovanému množství $5000 \text{ m}^3/\text{h}$. Rozběh dopravníku trval 53 s. Průběhy proudu motorů a napínací síly pásu jsou uvedeny na obr. č. 5. Proudové zatížení motoru M1 bylo nerovnoměrné vlivem prokluzu dolního hnacího bubnu. U motorů M2 a M3, pohánějících společně horní buben, bylo proudové zatížení vzájemně vyrovnané. U všech motorů je patrná menší náhlá změna proudu, označená v diagramech jako KS, při sepnutí rotorových zkratovacích stykačů na konci spouštění. Kolísání odběru proudu motoru M2 po rozběhu bylo způsobeno nesouosým uložením výstupního hřídele převodové skříně a hřídele horního hnacího bubnu. Odběr proudu motorů dosahoval maximální hodnoty 80A u pohonných jednotek M1 a M2 v okamžiku jejich rozběhu, což je cca 1,1 násobek jmenovitého proudu. U pohonné jednotky M3 bylo proudové zatížení nižší. Napínací síla dopravního pásu 2 se pohybovala při rozběhu č. 5 v rozmezí 210 až 15 kN (21,4 až 1,5 Mp). Po rozběhu pásu na jmenovitou rychlost se napínací síla ustálila na hodnotě 157 kN (16 Mp).

Průběhy příkonů motorů pohonných jednotek při rozběhu č. 5 jsou uvedeny na obrázku č. 6. Příkonu $P_1 = 685 \text{ kW}$ odpovídá jmenovitý výkon motorů 630 kW. Maximální příkon odebíraly motory v okamžiku jejich sepnutí. U motorů M2 a M3 byl naměřen maximální příkon 750 kW, u motoru M1 byl nejvyšší příkon naměřen po prokluzu dolního hnacího bubnu, a to 700 kW.

Úbytek napětí na poháněcí stanici byl poměrně nízký, během rozběhů loženého dopravníku nepřesahoval hodnotu 5 %.

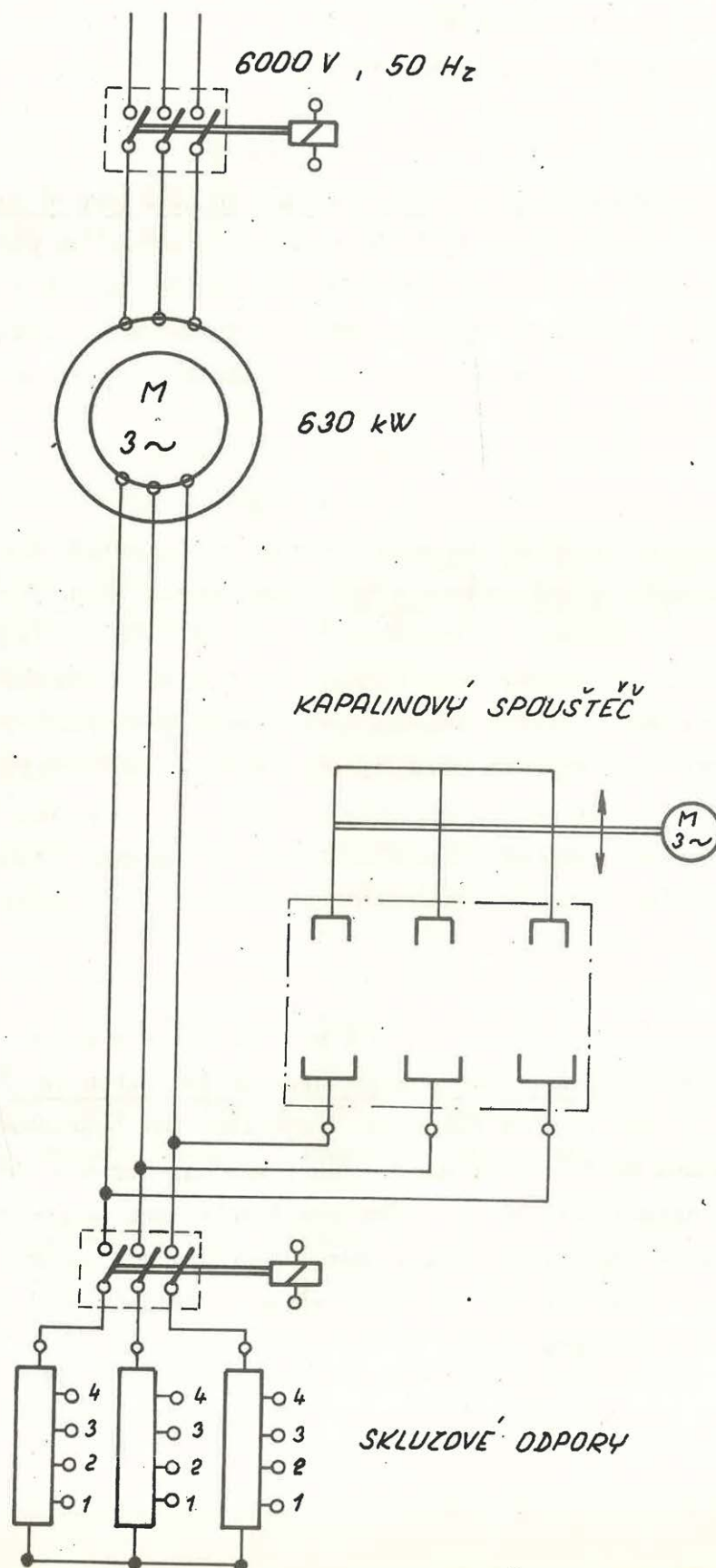
Rozběhy loženého dopravního pásu s gravitačním napínáním byly plynulé, k prokluzům pásu na poháněcích bubnech nedocházelo ani při plném zatížení. Rozbor zrychlení dopravního pásu při rozběhu č. 9 je na obrázku č. 7, kde maximální zrychlení bylo $a_1 = 0,500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ v oblasti rychlosti $0 \div 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Průměrné zrychlení celého rozběhu činilo $a = 0,099 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Doba rozběhu byla 53 s. Naložení dopravníku při uvedeném rozběhu odpovídalo průměrnému dopravovanému množství $2400 \text{ m}^3/\text{h}$. Napínací síla, vyvozená závažím gravitačního napínání, činila 157 kW (16 Mp).

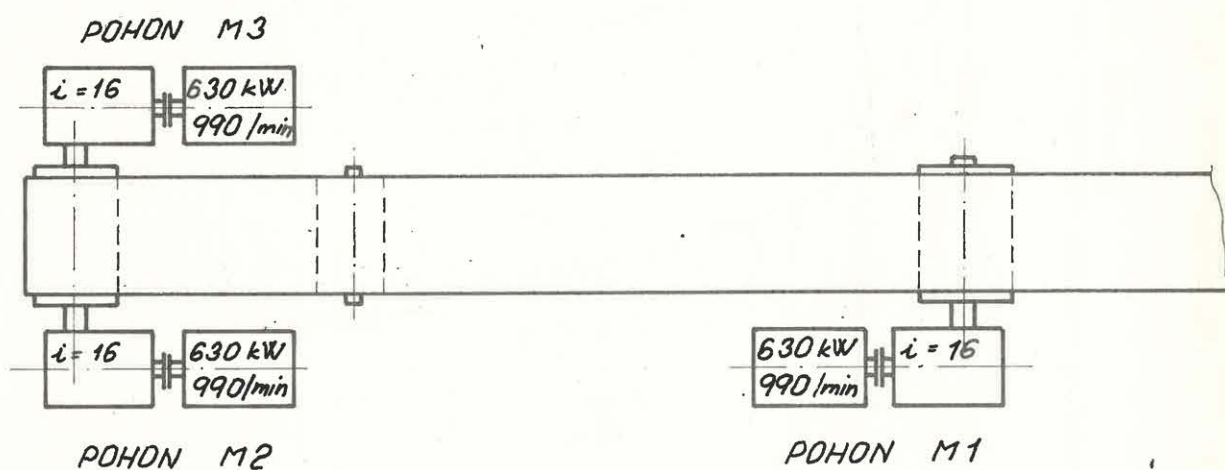
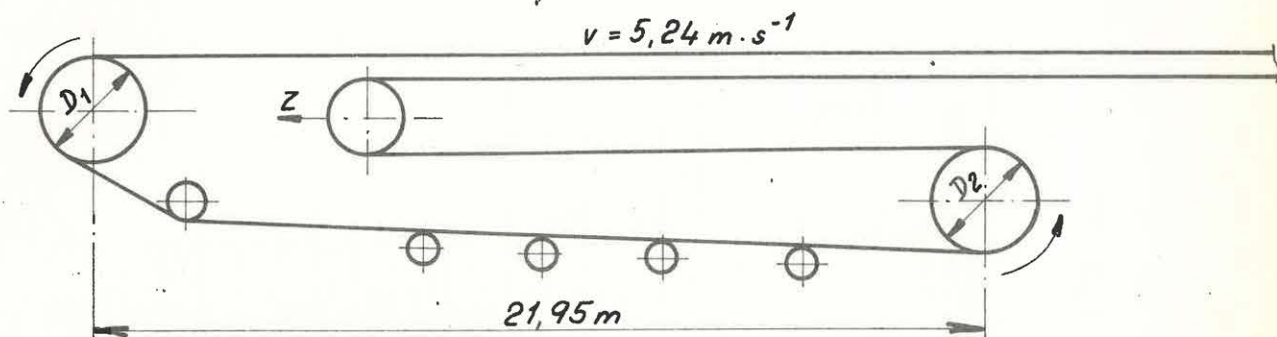
Při prázdném dopravním pásu nedocházelo během rozběhu k prokluzům poháněcích bubnů. Zrychlení dopravního pásu nebylo však rovnoměrné. Maximální hodnota zrychlení byla naměřena v počáteční fázi rozběhu č. 14 s gravitačním napínáním pásu, a to $1,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, zatímco průměrná hodnota zrychlení celého rozběhu činila $0,105 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Doba rozběhu prázdného pásu se pohybovala v rozmezí 45 - 50 s. Proudové zatížení motorů bylo plynulé a dosahovalo max. hodnoty v okamžiku připojení k síti, a to okolo jejich jmenovité hodnoty proudu. Rozdělení příkonů, resp. zatížení na jednotlivé poháněcí jednotky bylo poměrně vyrovnané u všech provedených rozběhů.

Kapalinové spouštěče na měřeném dopravníku jsou výkonově předimenzovány. Proto lze provádět bez obtíží několik spouštění bezprostředně za sebou, jak bylo ověřeno při provozních měřeních (5 spouštění za sebou). Podle informací, které byly poskytnuty vedoucími pracovníky dolu používají se kapalinové spouštěče krátkodobě i k regulaci otáček pohonů pásových dopravníků. Toto se využívá například při provozních poruchách zakládací části skřívky, kdy se musí vyprázdnit sníženou rychlostí plně naložená dopravní linka při zmenšeném výkonu zakládací části skřívky dolu.

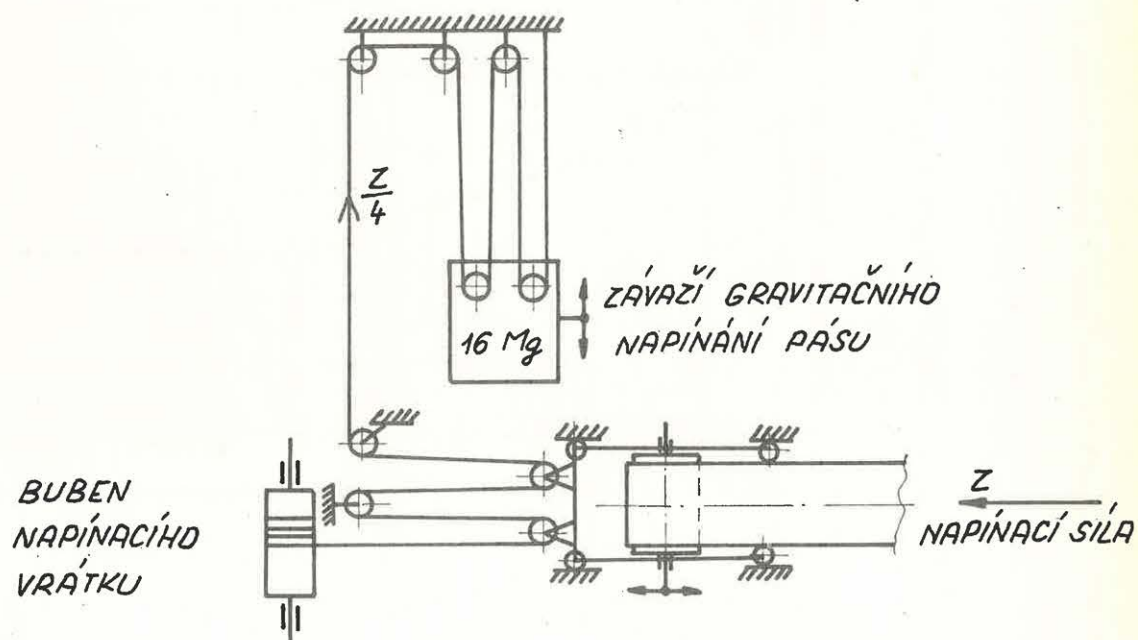
Pohony dálkové pásové dopravy, vybavené kroužkovými asynchronními motory o výkonu 400 - 800 kW, používají přednostně uvedené kapalinové spouštěče. Na základě dlouholetých provozních zkušeností s těmito spouštěči se ukázalo, že se doposud nepodařilo odstranit nepříznivé dynamické vlivy při rozběhu na dopravní pás, projevující se snížením jeho

Obr. 1 - Schéma zapojení motoru s kapalinovým spouštěčem

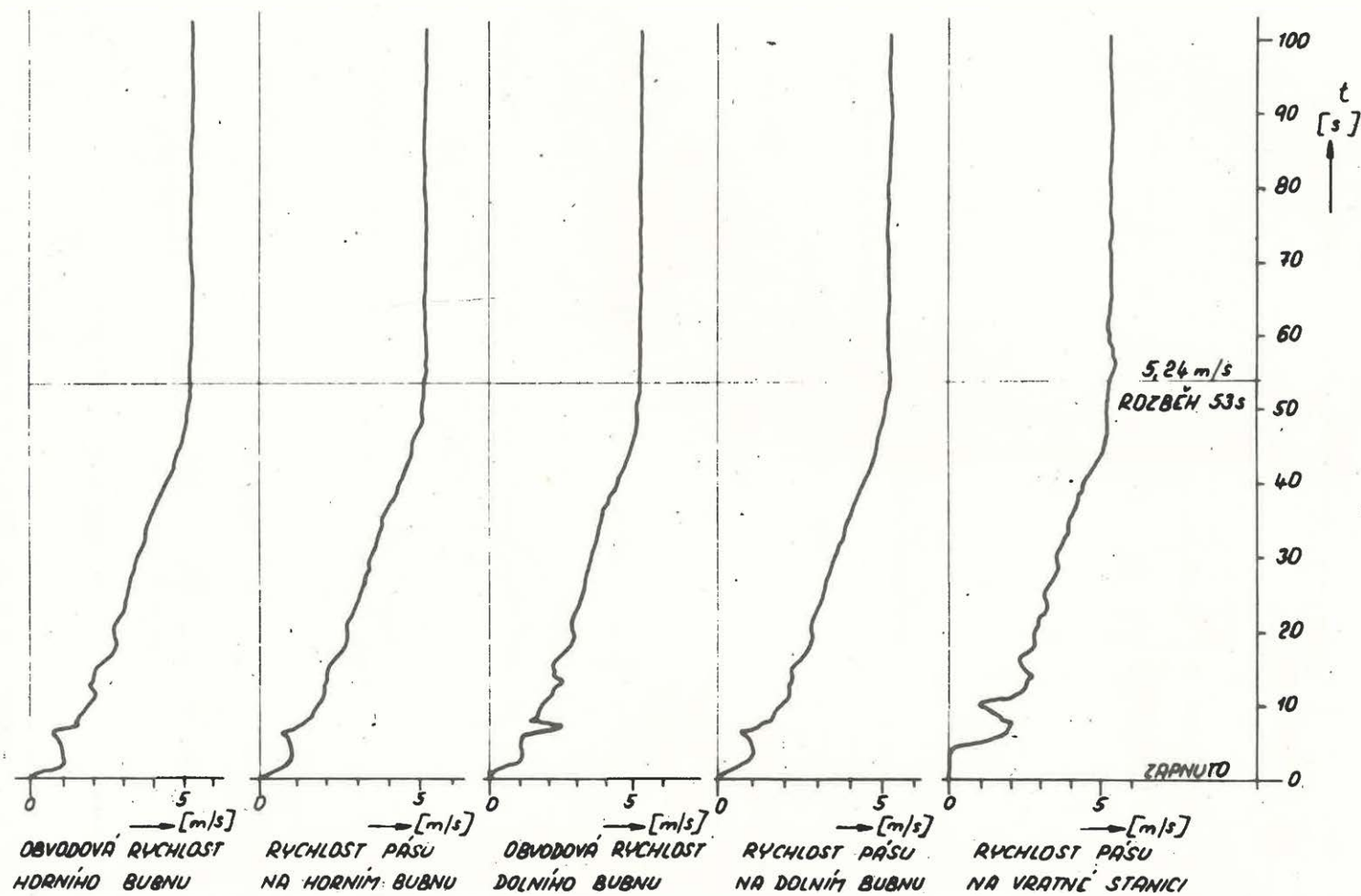




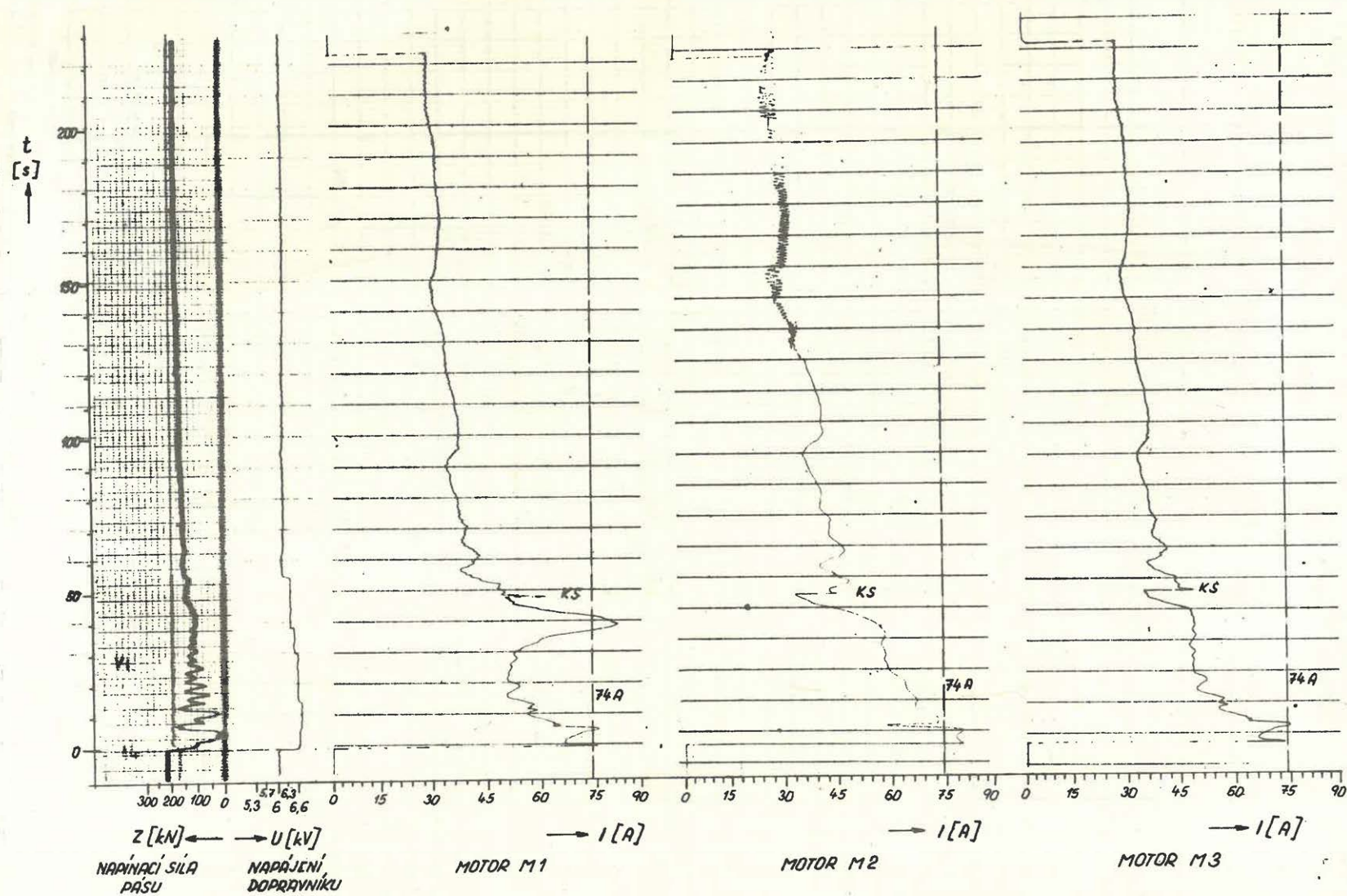
Obr. 2



Obr. 3

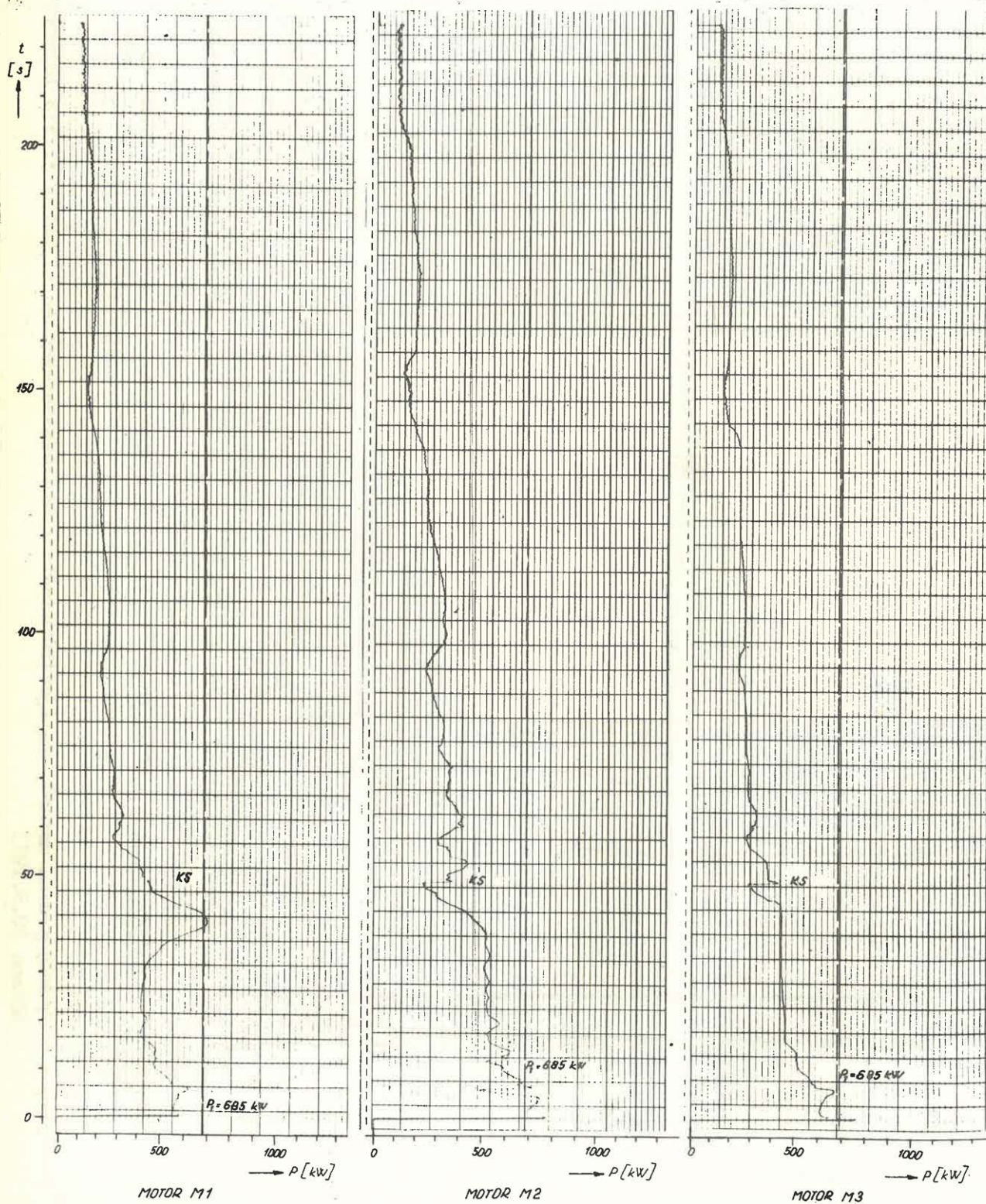


Obr. č. 4 - Průběhy rychlosti dopravního pásu - rozběh č. 5 s loženým pásem
Měřeno 22.8.1975



Obr. 5 - Průběh proudu motorů, napájecího napětí a napínací síly pásu - rozběh č. 5 s loženým pásem
Měřeno 20.8.1975

Obr. č. 6 - Příkony motorů - rozběh č. 5 s loženým pásem
Měřeno 20.8.1975



Obr. 7 - Průběh rychlosti pásu na horním poháněcím bubnu při rozběhu
č. 9 s loženým pásem $Q = 2400 \text{ m}^3/\text{h}$

