

Ing. Oldřich Havránek, VÚHU

František Veverka, VÚHU

Výsledky měření napínacího zařízení pásových dopravníků

1.0 Úvod

V roce 1975 byla zaměřena zvýšená pozornost ke stávajícím systémům automatického napínání na pásové dopravě šíře $B = 1600$ a 2000 mm. Hlavní důvody spočívaly v požadavku objektivní kontroly technického stavu po pětiletém provozu na Velkolomu Maxim Gorkij.

V té době určité procento pásových dopravníků bylo provozováno v režimu ručního ovládání napínacího zařízení. Právě na tyto dopravníky se soustředil náš počáteční zájem. Prvním krokem byla prohlídka mechanických částí, kde například vlivem opotřebování napínací dráhy není zaručen plynulý chod napínacího vozíku a pasivní odpory nepříznivě ovlivňují napínací sílu měřenou v napínacím lanu. Další mechanickou částí, která vyžaduje pozornost, je seřízení brzd napínacího zařízení.

Kontrola elektročásti spočívala především v kontrole elektrických hodnot snímačů tahu a vyhodnocovacích částí až po jejich výstupy.

Ověřování elektrických hodnot a časový průběh potřebných funkcí při režimu automatického napínání byl registrován při provozních měřeních. Po vyjasnění situace na těch pásových dopravnicích, kde nebylo plně využíváno režimu automatického napínání, byla provedena kontrola i dalších dopravníků s provozem automatické regulace napínací síly.

2.0 Požadavky na program a funkci napínacího zařízení

Požadavky vyplývají především z vlastností používaných pásů. Všeobecně však je nutné:

- a) zabránit prokluzům pásů a z nich vznikajícím podélným kmitům pásů, způsobujícím jejich několikanásobně vyšší namáhání, než je namáhání provozní;
- b) mít trvalou kontrolu nad velikostí napínací síly a nepřipustit odchylky sil ohrožující vlastní pás a plynulost provozu.

Tyto požadavky mají být realizovány automatizovaným programem stávajícího instalovaného zařízení, jehož činnost má být následující (obr.1):

- a) v přípravné fázi před rozběhem dopravníku má být dopravní pás napnut na požadovaný, např. 60 %ní tah F2, při čemž 100 %ní odpovídá například tahu $12 \cdot 10^4$ N v lanu vrátku;
- b) během rozběhu pásu dojde k samovolnému poklesu napínací síly. Klesne-li tato na spodní provozní mez F3, dojde k opětovnému dopnutí pásu na mez F2. Během pokračujícího rozběhu může dojít ještě k dalšímu dopnutí pásu nebo se tah ustálí někde mezi F2 - F3;
- c) po ustálení chodu pásu (za 5 až 30 minut po rozběhu) přepne časové relé nastavené rozsahy na provozní hodnotu, tj. 100 % rozsahu odpovídá např. $8 \cdot 10^4$ N. Ostatní regulační meze jsou rovněž v tomto poměru sníženy (obr. 2);
- d) po havarijním zastavení dopravníku zůstává napínací síla na stávající hodnotě, při technologickém zastavení je snížena na hodnotu F4;
- e) při jakémkoliv zvýšení napínací síly během provozu (chodu dopravníku) na mez F1 nastane povolování vrátkem na hodnotu F2, kde se vrátek zastaví.

Uvedený popis funkce charakterizuje požadavky, které se však z několika příčin plně neuskuteční.

Funkce stávajícího napínacího zařízení VM 03

Úvodem k dalšímu procesu byla na aparatuře VM 03 provedena provozní a laboratorní měření a bylo konstatováno:

- magnetostrikční snímač indikuje vlastní namáhání s přesností ± 10 %. Rovněž časový průběh síly skutečné i indikované (napětí na snímači) je shodný;
- vyhodnocovací aparatura pracuje v součinnosti se snímačem dobře. Při přepínání rozsahů napínací síly neodpovídá skutečnost hodnotě stupnice na přepínači (1,4; 1,6; 1,8 násobek). Skutečnost je ca o 10 % nižší než ukazuje stupnice;
- ukazatele velikosti napínací síly (v našem případě 2 ks μ A-metrů) vykazují časové zpoždění za skutečným průběhem napínací síly, a to podle rychlosti vzrůstu nebo poklesu síly o 1 až 3 vteřiny.

Tento nedostatek je hlavní příčinou nesprávné funkce stávajícího zařízení VM 03, jak je zřejmé z obr. 3.

Mimo uvedeného nedostatku je nespolehlivost funkce zařízení zvy-

šována i tepelnou nestabilitou transistorových výstupních relé R 585, zejména v letním období, kdy teploty v rozvodně dosahují až 60 °C.

Na uvedeném obrázku č. 3 je graficky znázorněn průběh napínací síly F a průběhy ručiček μA -metrů 1 a 2, ukazujících procentuální hodnotu napínací síly a ve svých (nastavených) krajních polohách (F_1 , F_2 , F_3 , F_4) ovládajících bezkontaktní snímače S 586 relé 585.

Podle průběhu velikosti napínací síly by mělo dojít k vypnutí motoru vrátku za dvě vteřiny po rozběhu. Vlivem zpoždění pohybu ručiček μA -2 (tlumené měřicí systémy) dochází k vypnutí motoru vrátku až ve čtvrté vteřině, kdy napínací síla překročila i maximální nastavenou mez F_1 (např. 80 %). Vlivem doběhu vrátku se napínací síla ještě poněkud zvýší. Po doběhnutí ručičky na bezdotekový snímač dojde k reversaci motoru vrátku, a tedy k uvolňování pásu. Protože se však i při poklesu napínací síly projevuje zpoždění ručiček μA -metrů, dochází opět k opožděnému vypnutí motoru vrátku (v 7,3 s, μA -2) a po jeho doběhu k zastavení (v 8,3 s). Protože napínací síla klesla až pod hodnotu F_3 , dochází po doběhnutí ručičky μA -1 (ve 14,6 s) opět k reversaci vrátku a ke zvyšování napínací síly.

Dále se situace opakuje, například až do zapůsobení tepelné ochrany motoru vrátku. Při rozběhu pásu, který není na obr. 3 zakreslen, je situace o to horší, že obvykle dochází při poklesu napínací síly k prokluzu pásu a k následným rázovým silovým vlnám, což může být i příčinou rozlepení spojů, přetržení pásu a podobně.

Uvedený nedostatek napínacího zařízení je výrazný zejména u kratších pásových dopravníků (do $L = 400$ až 600 m) s rychlostí napínacího vozíku $v = 0,25$ m/s. U dvouvrátkových pohonů je situace řešena vyřazením jednoho vrátku z funkce, čímž se sníží rychlost napínacího vozíku na polovinu. Při této rychlosti není mezi průběhem napínací síly a ručičkou μA -metru již takový časový rozdíl a nedochází obvykle k dříve popsaným reversacím (k nestabilní regulaci napínací síly), k prokluzům a dalším nepříznivým průvodním jevům. U dopravníku s jednovrátkovým jednomotorovým napínáním (např. PD č. 102, 103, 105) nelze situaci řešit snížením napínací rychlosti, a proto jsou napínací zařízení vesměs mimo provoz. Jak bude však dále ukázáno (obr. 5), může být nízká rychlost napínacího vozíku příčinou poklesu napínací síly i při procesu na-

pínání, zejména při větším zrychlení pásu.

Informativní provozní měření na PD č. 105 ($L = 800$ m) VMG prokázala v předchozím uvedené negativní vlastnosti stávajícího napínacího zařízení /1/. V uvedené zprávě jsou registračně podchyceny průběhy funkce stykačů motoru napínacího vrátku a jim odpovídající průběh napínací síly. Na základě tohoto měření bylo provedeno na PD č. 102 ($L = 976$ m) VMG další měření (z provozních důvodů nebylo možné v té době měřit na kratších dopravnících č. 103 a 105, které uvedené nedostatky vykazují) avšak vlivem větší délky dopravníku se tyto tak výrazně neprojevují jako u dopravníků kratších. Nicméně regulační rozsah při stávajícím provedení regulátoru nelze z dříve uvedených důvodů (přeběhy nastavených registračních mezí) zúžit bez nebezpečí rozkmitání systému.

Obdobné zkušenosti byly získány i s provozem napínacího zařízení na jednovrátkovém dvoumotorovém (dvourychlostním) napínacím zařízení PD č. 157 /2/.

Provedená měření na PD č. 102 dokumentují vzájemné časové závislosti funkce bezdotekových snímačů (výstupních transistorových relé), běh motoru vrátku, pohyb napínacího vozíku, průběh napínací síly v lannu (F) a rychlosti pásu (v).

Pro sledování vzájemných vztahů těchto veličin jsou na obr. 4 zakresleny nastavené velikosti mezí regulačních oblastí, tvořených napínacími silami F_1 , F_2 , F_3 . Těmito písmeny jsou rovněž označeny příslušné stopy funkcí bezdotekových snímačů (transistorových výstupních relé).

Z porovnání vzájemné časové závislosti jednotlivých záznamových stop je zřejmé, že vlivem zpožděné funkce (zpožděného vypnutí nebo zapnutí) motoru vrátku dochází k podstatným přeběhům napínací síly nejen do maxima, ale i do nebezpečně nízkých hodnot. Tímto se regulační oblast v podstatě rozšiřuje neúnosně i mimo nastavené pásmo a regulovaná síla se pohybuje od požadované F_2 až o $\pm 50\%$ celkového rozsahu; v absolutních hodnotách napínací síly v pásu například při nastavené $F_2 = 7 \cdot 10^4$ N je to rozsah od 2 do $12 \cdot 10^4$ N. Je nutno zdůraznit, že na nepříznivém průběhu napínací síly má mnohdy svůj podíl i vzájemný poměr rychlosti rozběhu pásu (zrychlení pásu) a rychlosti napínacího vozíku. Nepříznivé působení uvedeného zpožděného vyhodnocení skutečné napínací

síly, a tedy i zpožděné reakce na vzrůst nebo pokles síly v pásu (ve snímači) však tento nepříznivý průběh regulace ještě podstatně zhoršuje.

2.1 Úprava stávajícího napínacího zařízení

Uvedené zkušenosti ukázaly, že spolehlivost funkce stávajícího zařízení VM 03 je ovlivněna zejména útlumem měřicích systémů μ A-metrů a tepelnou nestabilitou transistorových relé R 585. Pro zamezení vlivu těchto nepříznivých vlastností na regulační proces napínání byla navržena a funkčním vzorem realizována úprava stávajícího zařízení VM 03. Úprava v podstatě spočívá v náhradě stávajících μ A-metrů operačními zesilovači a transistorových relé normálními relé typu RP.

S takto upraveným zařízením bylo provedeno měření funkce napínání PD č. 102 (obr. 5). Při měření byly zachovány přibližně stejné předchozí přepínací (regulační) meze a byla registrována napínací síla v lamu, běh motoru vrátku, pohyb napínacího vozíku, rychlost pásu a funkce výstupních relé, ovládajících zprostředkovaně stykače motoru vrátku. Mimo uvedených veličin jsou na záznamu vyznačeny nastavené meze zapnutí a vypnutí motoru vrátku (regulační oblast) F1, F2, F3. Minimální tahová mez F4 (ca 20 %) není uvedena, protože pro regulační funkci zařízení není podstatná.

Obdobně jako u registračních záznamů měření na neupraveném zařízení VM 03 je i na tomto záznamu zřejmá vzájemná souvislost mezi velikostí napínací síly, činností operačních zesilovačů (výstupních relé) a motoru vrátku. Protože okamžitě při dosažení nastavené hodnoty napínací síly (např. F2) dochází k vypnutí motoru vrátku, jsou další přeběhy sil mimo nastavené meze dány jen doběhem vrátku a dynamikou rozběhu pásu, při kterém dochází ke změně napínací síly. K další změně napínací síly dochází při vyprazdňování nebo zaplňování dopravníku materiálem a dlouhodobě při vytažení pásu.

Z registračního záznamu je zřejmé, že je možné zúžit i regulační oblast bez nebezpečí dřívějšího častého zapínání a reversování motoru vrátku, spojeného s nebezpečným poklesem napínací síly.

Protože rozběhy pásu, z nichž je reprezentativně vybrán rozběh obrázek 5, byly prováděny bezprostředně za sebou v krátkých časových in-

terválech několika desítek vteřin, nebyly dostatečně vyprázdněny hydraulické spojky, což se projevilo větším zrychlením při rozběhu ($a = 0,6$ až $0,8 \text{ m.s}^{-2}$) oproti rozběhům reprezentovaným obr.4 ($a \approx 0,4 \text{ m.s}^{-2}$). Větší zrychlení pásu bylo v těchto případech příčinou rychlejšího poklesu napínací síly.

Ze záznamu je zřejmé, že ani se stávající rychlostí napínacího vozíku ($v = 0,25 \text{ m.s}^{-1}$) nelze zvládnout požadavek udržení napínací síly minimálně na hodnotě dané nastavením meze F3. Pro porovnání průběhu napínací síly při různých hodnotách nastavené konstanty K na vyhodnocovací aparatuře VM 03 byly provedeny rozběhy s $K = 1,4; 1,6; 2$, což odpovídá nastavené hodnotě $F2 \approx 7; 11; 13 \cdot 10^4 \text{ N}$.

Z uvedeného vyplývá, že navržená úprava stávajícího napínacího zařízení podstatně snižuje nebezpečí prokluzu pásu na poháněcích bubnech tím, že udržuje napínací sílu v blízkém okolí nastavené hodnoty F2. Současně je však nutno konstatovat, že stávající rychlost napínacího vozíku $v = 0,25 \text{ m.s}^{-1}$ bude pro některé pásové dopravníky nízká. Tento nedostatek rychlosti napínacího vozíku se projeví zejména při rozběhu naložených pásů s $a = 0,25$ až $0,40 \text{ m.s}^{-2}$. V současné době je to například pohon pásu č.200 VMG, kde $a = 0,55 \text{ m.s}^{-2}/3/$. Je zřejmé, že správnou funkci napínacího zařízení lze příznivě ovlivnit i rychlostí rozběhu dopravního pásu.

2.2 Technické provedení úpravy aparatury napínacího zařízení

Vyhodnocovací přídavná část pro automatickou regulaci napínání sestává z měřicího zesilovače MZ, jehož vstup je pro 0 až 400 mV ss, výstupní signál 0 až 10 mA. Výstupní proud vytváří na odporu R napětí 0 až 50 mV ss, které je zavedeno na 4 paralelně zapojené vyhodnocovací jednotky (operační zesilovače) KV 34, určené pro snímání mezních hodnot. Po dosažení nastavené meze překlápí vyhodnocovací jednotky výstupní jazýčková relé, a tím i pomocná relé RP, která svými kontakty ovládají obvody napínacího vrátku stejně jako původní relé R 585.

Pro napájení vyhodnocovacích jednotek slouží zdroj AE OLS v součinnosti se stabilizátorem AU OLS.

Jednotlivé části vyhodnocovací aparatury byly sestaveny z dostupných a v ČSSR známých prvků. Měřicí zesilovač je výrobek n. p. Metra

Blansko, určený pro registrační přístroje Vareg. Vyhodnocovací jednotky typu KV 34 jsou výrobkem VZUP Kamenná, okres Příbram, původně vyvíjené pro vyhodnocování teplot (termočlánky). Napájecí zdroj a stabilizátor vyrábí ZPA Košíře. Na výstupu mohou být použita relé RP; v našem případě byly k dispozici RP 100. Mimo měřicího zesilovače jsou ostatní prvky provedeny dle systému URS a je možné s nimi bez obtíží osadit dvacetimodulovou vanu. Zdroj $+24\text{ V}$ je velikostí roven čtyřem modulům, stabilizátor $+15\text{ V}$ a vyhodnocovací jednotky jsou dvoumodulové, to je celkem 14 modulů ve vaně. Vanu a měřicí zesilovač lze spolu s pomocnými relé RP vhodně umístit do prostoru v rozvaděči, získaného vyřazením transistorových relé R 585 (4 ks).

3.0 Závěr

Provedená laboratorní a provozní měření, dosavadní provozní zkušenosti a sledování funkce napínacího zařízení VM 03 prokázaly ve zprávě popisované funkční a spolehlivostní nedostatky. Jsou to zejména zpožděná reakce na vzrůst nebo pokles napínací síly nad nebo pod nastavenou hodnotu a tepelná závislost relé R 585, která především v letním období vykazují značnou nespolehlivost funkce.

Podstatný vliv na průběh napínací síly má i dynamika rozjezdu pásu; při zrychleních větších jak $a = 0,5\text{ m.s}^{-2}$ a při stávající rychlosti napínacího vozíku $v = 0,25\text{ m.s}^{-1}$, může dojít i při správné reakci napínacího zařízení ke značnému snížení napínací síly a k následnému prokluzu pásu. K obdobnému názoru došli i pracovníci ČVUT ve zprávě/4/. Pro uvedený případ PD č. 102 stávající dopravní pás a zrychlení prázdného pásu při rozběhu $a = 0,6$ až $0,8\text{ m.s}^{-2}$ by bylo nutno rychlost napínacího vozíku zdvojnásobit, aby k nebezpečnému poklesu napínací síly nedošlo. Pro dopravník s jinými parametry pásu, jeho pohonu, délky, zatížení a podobně, budou platit jiné závěry, které se od uvedených mohou podstatně lišit. To potvrzuje i příklad dvouvrátkových pohonů napínání (PD s B = 2000 mm), kde se situace do značné míry vyřešila snížením rychlosti napínacího vozíku (odstavením jednoho vrátku) a zkušebně trvalým zvýšením napínací síly na 1,4 násobek provozní hodnoty.

Zvýšení napínací síly není v rozporu s provozními předpisy TRA, které umožňují v případě nutnosti provozovat dopravník s rozběhovými

(zvýšenými) hodnotami napínací síly dlouhodobě i po rozběhu dopravníku.

Zjištěné příčiny nedokonalé funkce napínacího zařízení typu VM 03, které je v revíru SHD značně rozšířeno, se podařilo odstranit nahražením 2 ks μ A-metrů operačními zesilovači a 4 ks transistorových relé R 585 cívkovými relé typu RP. Při této úpravě bylo ponecháno celé původní zařízení ve funkci s tím, že μ A-metry (stačí jeden) slouží jen ke kontrole velikosti napínací síly.

Jak prokázala provozní měření, byly tímto opatřením odstraněny uvedené dva podstatné nedostatky stávajícího systému VM 03.

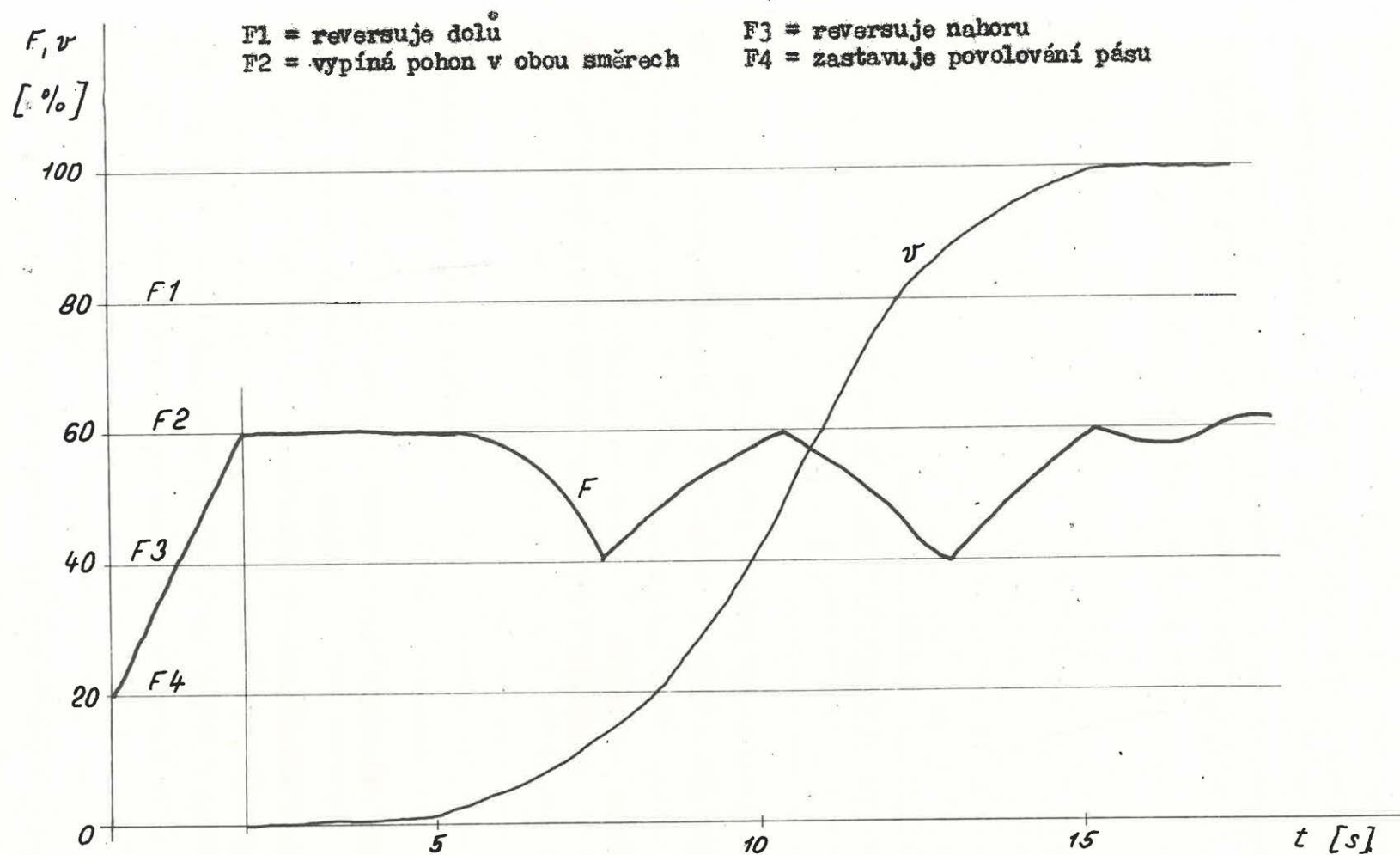
Funkční vzor zařízení byl vhodně upraven tak, aby jej bylo možno použít na všech dopravnících vybavených zařízením VM 03 a posoudit tak jeho účinnost i pro dopravníky s jinými parametry než má PD č. 102.

V současné době byl ukončen dvouměsíční úspěšný provoz zařízení na pásovém dopravníku č. 103. Na základě uzavřené dohody pracovníků Dolů J. Fučíka, Velkolomu M. Gorkij a Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí bude upravený vyhodnocovací systém napínacího zařízení použit na pásovém dopravníku č. 350 s parametry $L = 1500$ m, $B = 1600$ mm.

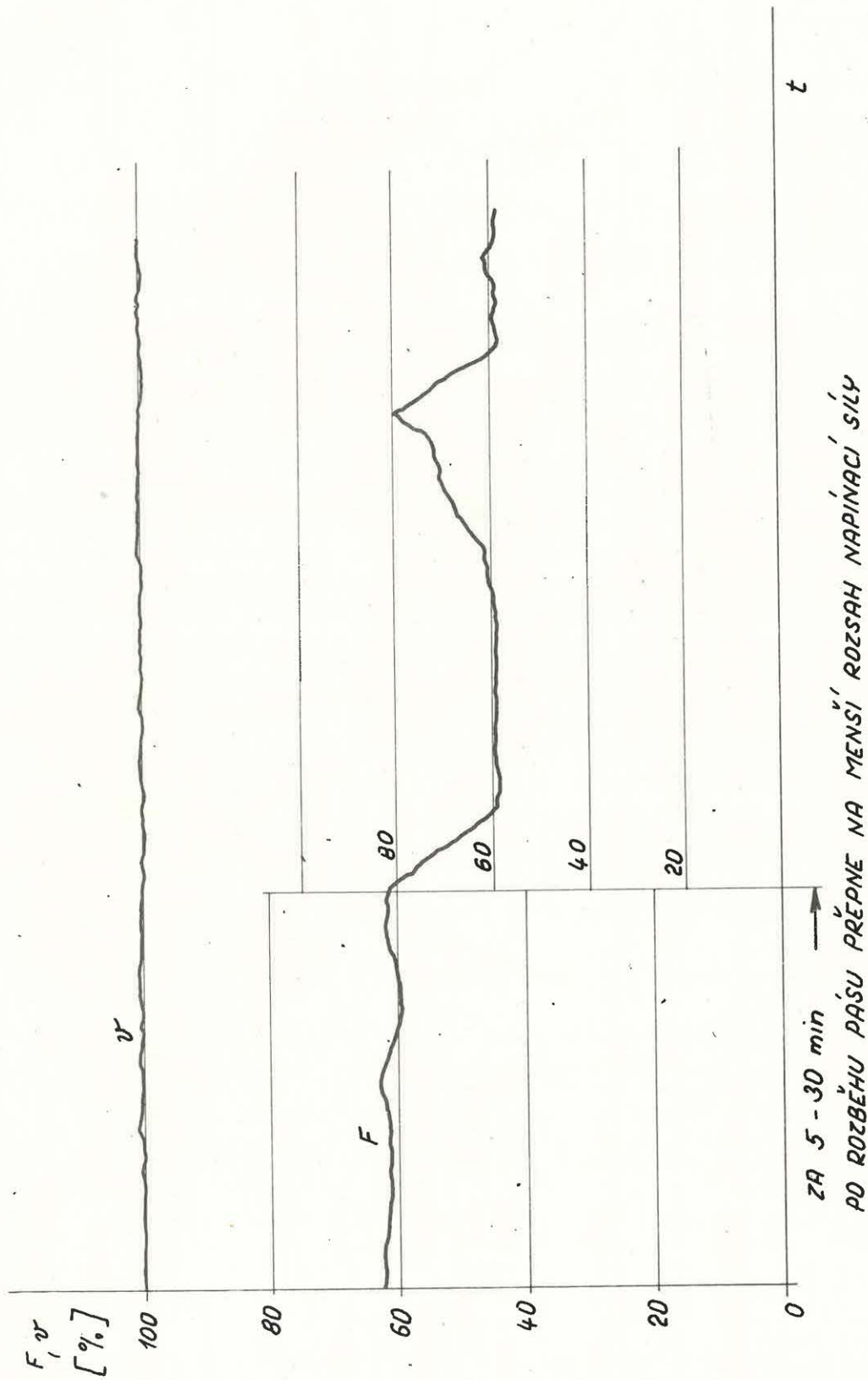
Současně jsou provozovatelem zařízení zajišťovány jednotlivé součásti pro sérii takto upravených vyhodnocovacích systémů, jejichž výroba bude provedena v dílnách VMG. Stávající zařízení VM 03 se již podle informací TRA Chrudim nevyrábí a bude nahrazeno novým tensometrickým systémem plně transistorovaným křemíkovými polovodiči. První provozní zkoušky na Dolech Nástup v Tušimicích naznačily, že zařízení bude mít lepší funkční i spolehlivostní vlastnosti než stávající systém VM 03. Protože však existuje t.č. jen prototyp a v roce 1976 bude vyrobena ověřovací série 10 kusů, je nutné se zabývat i vhodnou úpravou zařízení VM 03, která byla až dosud dodávána u všech pásových dopravníků.

Již dříve prováděná i současná měření jednoznačně prokázala, že spolehlivost funkce napínacího zařízení je dána vzájemnými závislostmi mezi:

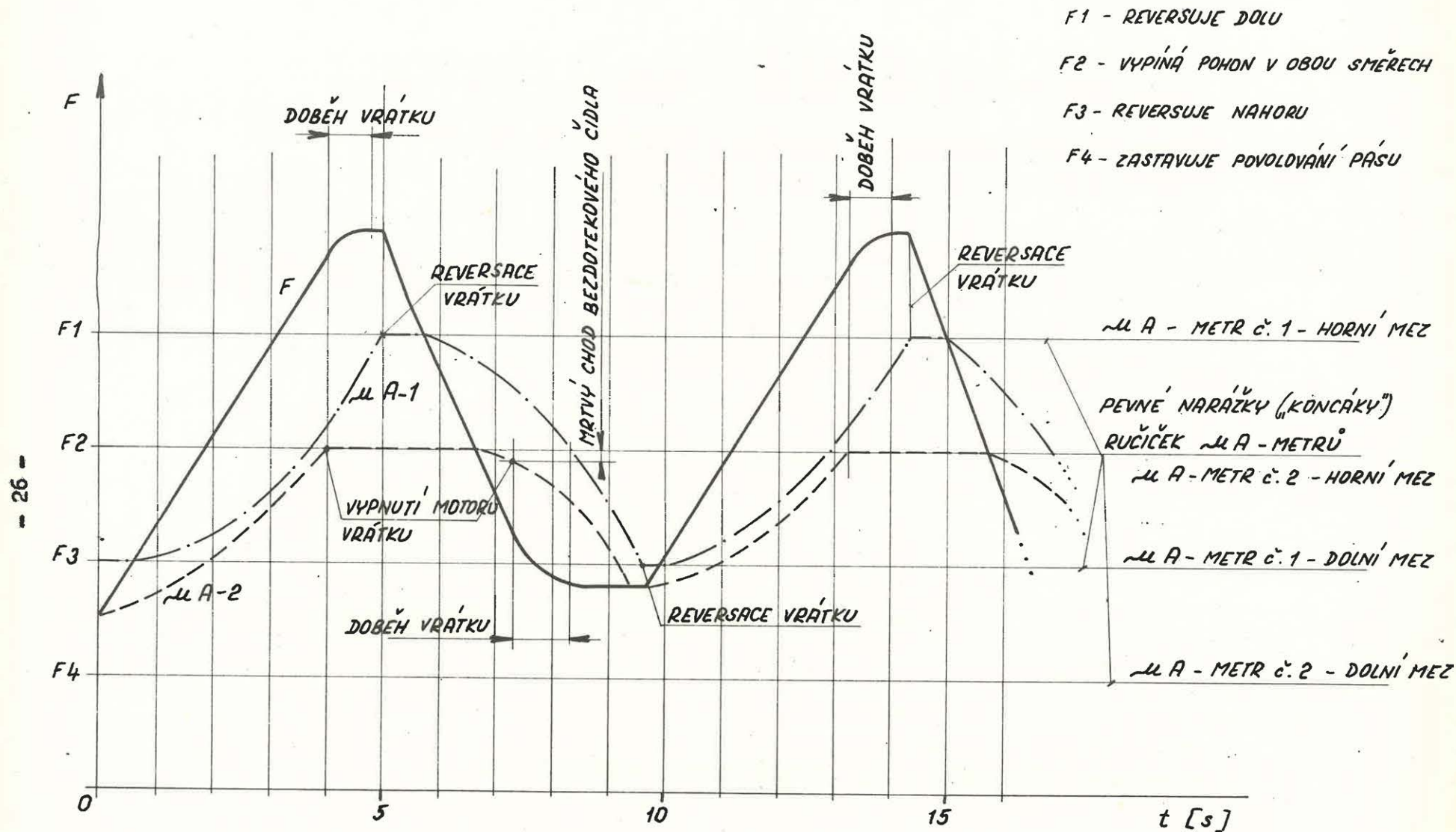
- velikostí zrychlení pásu při rozběhu, které je závislé zejména na použitém typu pohonu
- délkou dopravníku a jeho zatížením
- rychlostí napínacího vozíku
- velikostí napínací síly.



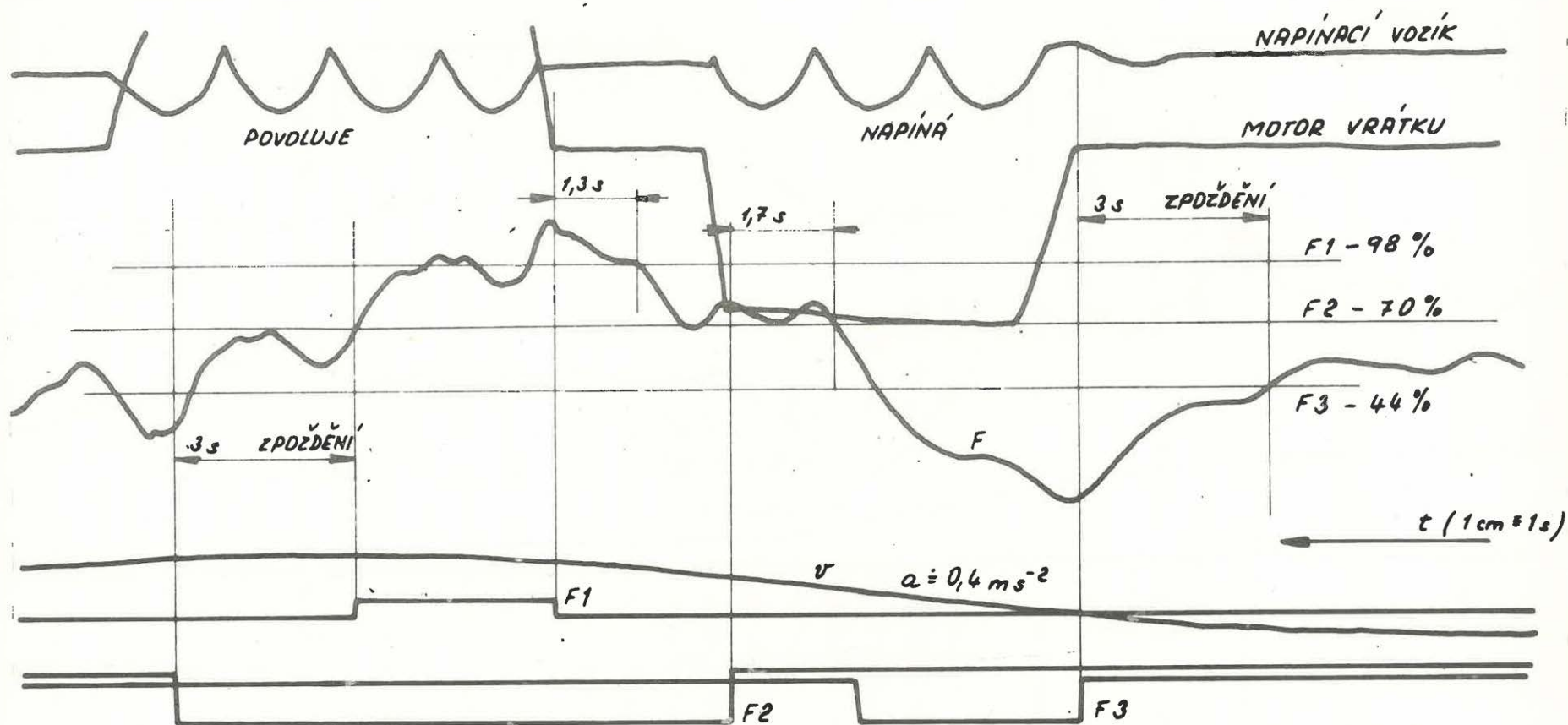
Obr. 1 DIAGRAM POŽÁDOVANÉ FUNKCE NAPIŇACÍHO ZAŘÍZENÍ VM 0-3 - ROZBĚH PÁSU



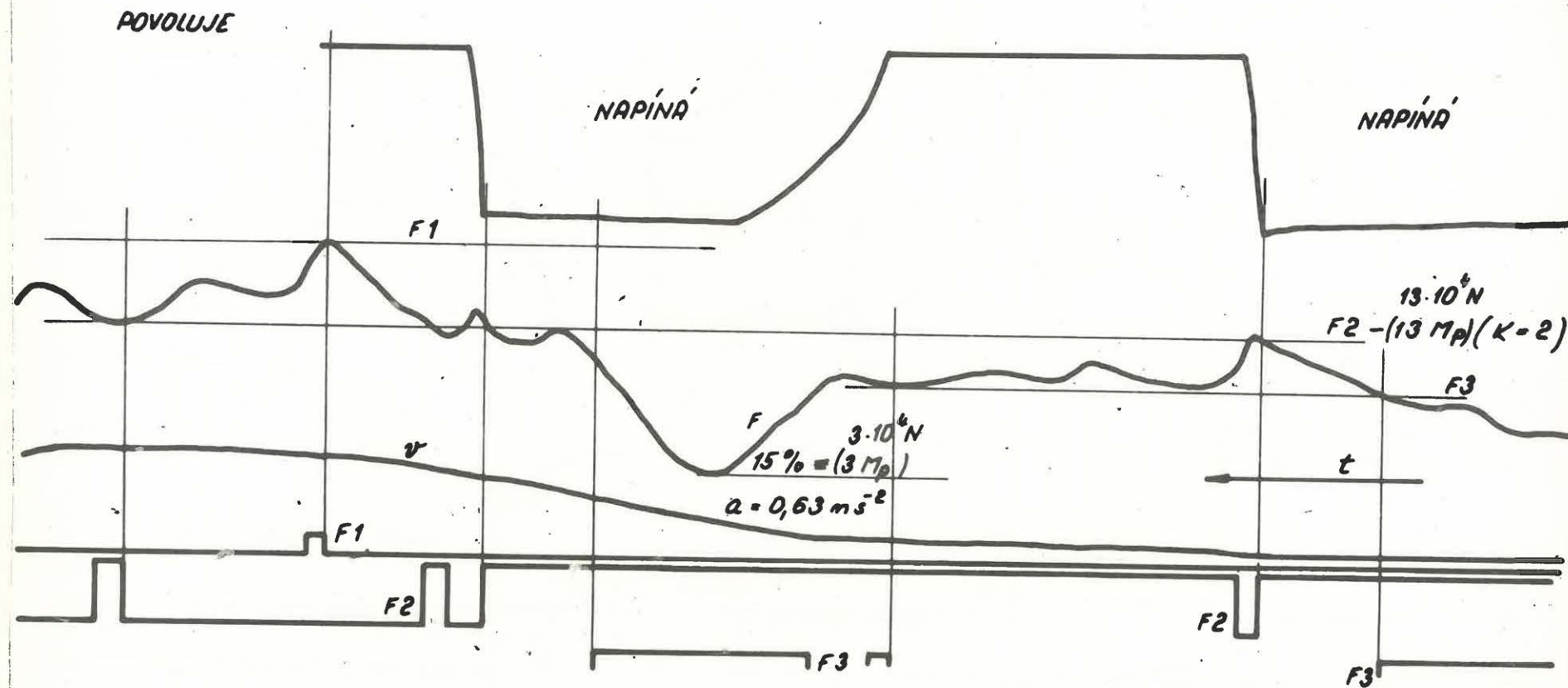
Obr. 2 DIAGRAM POŽADOVANÉ FUNKCE NAPÍNAČÍHO ZARÍZENÍ VM 0-3 - USTALENÝ PROVOZ



Obr. 3 ZOBRAZENÍ SKUTEČNÉ EXTREMNÍ FUNKCE NAPIŇACÍHO ZARÍZENÍ VM 0-3



Obr. 4 REGISTRACE PROVOZNÍ FUNKCE NAPÍNACÍHO ZARÍZENÍ NA PD 102 - VMG
PŘEKRESLENO Z ORIGINÁLU REGISTRAC. ZÁZNAMU.



Obr. 5 REGISTRACE PROVOZNÍ FUNKCE UPRAVENÉHO NAPÍNACÍHO ZARÍZENÍ NA PD 102
PŘEKRESLENO Z ORIGINÁLU REGISTRAC. ZÁZNAMU.