

Trojfázové asynchronní elektromotory napájené z jednofázové sítě

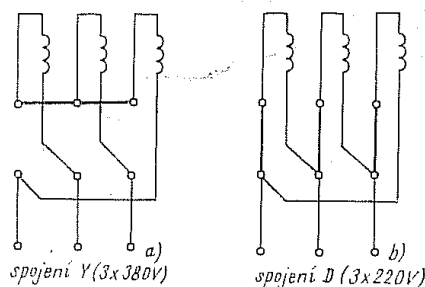
Účelem článku je seznámit čtenáře s experimentálními výsledky zkoušek prováděných s trojfázovými asynchronními elektromotory malých a středních výkonů napájenými z jednofázové sítě. Kromě vlastních výsledků měření jsou uvedeny i podmínky toho, aby provoz trojfázových motorů v jednofázovém zapojení byl bezpečný, spolehlivý a hospodárny. K experimentálnímu měření provedenému na mohelnické zkušebně byly použity elektromotory a elektromotorky vyráběné v n. p. MEZ Mohelnice. Konkrétně jde o současně vyráběnou řadu 3AP 63 až 90 ve dvou a čtyřpólovém provedení s výkony od 120 do 2200 W v trojfázovém zapojení. V jednofázovém zapojení jsou výkony od 90 do 1500 W, tj. o jeden stupeň nižší, jak ukazuje tab. 1.

S výhodou je zde použita šestisvorková svorkovnice, na níž jsou vyvedeny začátky i konce každé fáze, která umožňuje zapojení Y (3×380 V), nebo D (3×220 V), jak je uvedeno na obr. 1a, 1b.

Při všech prováděných měřeních bylo uvažováno jako základní jednofázové napájení napětím 220 V v zapojení D s trvale připojeným kondenzátorem — viz obr. 2a (smysl otáčení vpravo) a obr. 2b (smysl otáčení vlevo).

Kapacita trvale připojeného kondenzátoru C_B pro motorky a motory mohelnické typové řady 3AP 63 — 90 je přibližně $10 \mu\text{F}$ na 100 W výkonu při napětí motoru 220 V. Jmenovité napětí kondenzátoru je 250 V. Pro napětí motoru U' [V] jiné než 220 V je potřebná kapacita přibližně $C'_B = C_B (220/U')^2$ [μF] a jmenovité napětí kondenzátoru $U_B = 250 \cdot U'/220$ [V].

Pro jednoúčelové použití motorku (např. pro pohon ventilátoru, pračky apod.) je neúčelnější stanovit vhodnou kapacitu trvale připojeného kondenzátoru přímým měřením za provozních, tj. skutečných pracovních podmínek. Postupujeme tak,



Obr. 1.

že nejdříve stanovíme (pokud jej předem neznáme) potřebný příkon poháněného zařízení, tj. požadovaný výkon motoru na hřídeli. Z toho odvodíme předběžně kapacitu kondenzátoru podle zásady $10 \mu\text{F}$ na 100 W výkonu motoru.

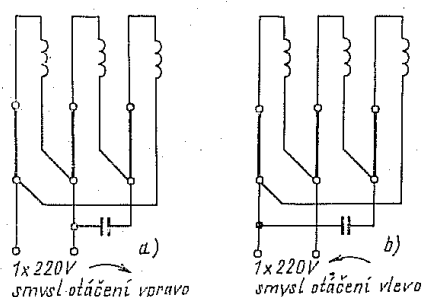
Jedním z rozhodujících posuzovacích hledisek vhodnosti pohonnému motoru je pro motory s trvale připojeným kondenzátorem spolehlivost rozběhu. Bude to první praktické měření. Elektromotor se musí s daným zařízením za provozních podmínek

Tab. 1. Výkony motorů při trojfázovém a jednofázovém napájení

2p = 2			2p = 4		
Typ motoru	výkon [W]		Typ motoru	výkon [W]	
	trojfázově	jednofázově		trojfázově	jednofázově
3AP 63-2s	180	120	3AP 63-4s	120	90
3AP 63-2	250	180	3AP 63-4	180	120
3AP 71-2s	370	250	3AP 71-4s	250	180
3AP 71-2	550	370	3AP 71-4	370	250
3AP 80-2s	750	550	3AP 80-4s	550	370
3AP 80-2	1100	750	3AP 80-4	750	550
3AP 90S-2	1500	1100	3AP 90S-4	1100	750
3AP 90L-2	2200	1500	3AP 90L-4	1500	1100

Tab. 2. Řada kapacit běhových kondenzátorů 250 V

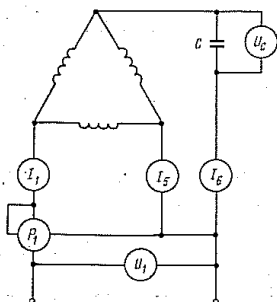
Základní typové označení	Katalogové hodnoty [μF]													
	2,5	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	25
WK 70S														



Obr. 2.

spolehlivě rozbíhat nejen při napětí jmenovitém U_{jm} , které bývá obvykle 220 V, 50 Hz, ale i při napětí sníženém o 15 %, tj. $0,85 U_{jm}$. Pokud by předem stanovená kapacita kondenzátoru nesplňovala podmínku spolehlivého rozběhu, můžeme volit kondenzátor s kapacitou nejbližší vyšší vyráběné hodnoty — viz tab. 2 s hodnotami běhových kondenzátorů pro 220 V, které vyrábí n. p. TESLA Lanškroun [tabulka je z katalogu platného v současné době — 1979].

Pokud je podmínka spolehlivého rozběhu splněna, provedeme kontrolní měření za provozního sta-



Obr. 3. Základní schéma zapojení přístrojů.

vu zařízení. Podle schématu zapojení na obr. 3 měříme velikosti proudů I_1 , I_5 , I_6 , velikosti napětí U_1 , U_2 a celkový příkon P_1 .

Sdružené proudy I_1 , I_5 a I_6 by se neměly podstatněji lišit od hodnoty sdruženého proudu uvedené na štítku motoru pro trojfázový chod. Nemůžeme očekávat přesnou rovnost proudů, což ani z praktického hlediska není nutné. Je však nežádoucí překračovat střední hodnotu sdruženého proudu, poněvadž velikosti proudů, bez ohledu na fázové posuny, určují tepelné poměry ve vinutí.

Napětí na kondenzátoru U_2 by mělo být přibližně shodné s napětím jmenovitým U_{jm} . Obvykle bude nižší a tím bude i menší proud I_5 . O průbězích jednotlivých proudů bude pojednáno dále.

Celkový příkon bude v tomto případě parametrem ekonomickým, vyjadřujícím účinnost pohonného motoru.

Další sledovanou hodnotou jsou otáčky motoru, které je nutno měřit opět za provozního (pokud možno ustáleného) stavu. Při nadměrně velkém skluzu, který by nepříznivě ovlivňoval funkci zařízení, nebo jeho kvalitativní vlastnosti — bude nutno kapacitu kondenzátoru zvětšit, maximálně však na nejbližší větší vyráběnou hodnotu, oproti předběžně stanovené.

Účelem popisovaných zkoušek je v podstatě nalézt optimální hodnotu kapacity, která bude vyhovovat podmínkám spolehlivého rozběhu při zachování dobrých energetických vlastností (účinnost, viz dále tab. 5). Mnohdy bude třeba volit určitý kompromis mezi danými podmínkami, v každém případě je však třeba dodržet podmínku spolehlivého rozběhu, což je v našem případě základní funkční vlastnost. Pokud by spolehlivý rozběh nebyl zaručen ani při kapacitě určené podle pravidla 10 μF na 100 W výkonu, zvětšené na nejbližší větší vyráběnou hodnotu, je nutné volit pohonný motor s větším výkonem (větší typové velikosti), popř. konstatovat, že motor s trvale připojeným kondenzátorem je pro pohon daného zařízení nevhodný.

Je známou skutečností, že stroje s trvale připojeným kondenzátorem mají podstatně menší záběrný moment M_z , než motory s rozběhovou kapacitní nebo odporovou pomocnou fází. Jejich předností je však dobrá provozní spolehlivost a podstatně lepší energetické parametry. Průměrná srovnatelná

Tab. 3. Porovnání poměrných záběrných momentů

Poměrný záběrný moment	Provedení elektromotoru
1	Kapacitní rozběhová pomocná fáze, typová řada 3APJC
0,435	Odporová rozběhová pomocná fáze, typová řada 3APJ
0,175	Trvale připojená kapacitní pomocná fáze, typová řada 3APC. Platí i pro případ trojfázových motorů jednofázově napájených
1,1	Trojfázové elektromotory, typová řada 3AP

Tab. 4. $t_r = f(C_N)$; $M_z = f(C_N)$

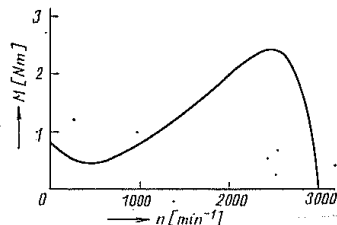
C_N [μF]	M_z [Nm]	doba rozběhu t_r [s]	přídavný moment setrvačnosti [kg m ²]	moment setrvačnosti motoru [kg m ²]
25	0,275	33	0,2	0,004
50	0,667	16	0,2	0,004
75	0,804	11,5	0,2	0,004
100	1,06	8,5	0,2	0,004

velikost poměrných záběrných momentů M_z/M_n je patrná z tab. 3, přičemž za základ (hodnota 1) jsou vzaty motory s rozběhovou kapacitní pomocnou fází (provedení 3APJC). Pro úplnost a názornost je v tabulce ještě uvedena průměrná hodnota poměrného záběrného momentu trojfázových motorů typové velikosti 3AP.

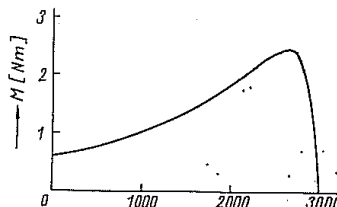
Neméně důležitou funkční vlastností motoru je průběh krouticího momentu v závislosti na otáčkách $M=f(n)$. U motorů s trvale připojeným kondenzátorem je to zvláště důležité už z toho důvodu, že jejich záběrný moment je poměrně malý. Považujeme za zásadu, že hodnota minimálního krouticího momentu M_{\min} v průběhu celé momentové charakteristiky $M=f(n)$ nesmí být menší než velikost momentu záběrného M_z . Platí tedy, že M_z je současně M_{\min} . Průběh momentové charakteristiky ovlivníme změnou velikosti kondenzátoru jen nevýrazně, zvláště jsme-li omezeni podmínkami funkčních a provozních vlastností. Na zkušebně n. p. MEZ Mohelnice byla provedena měření všech základních elektromotorů starší řady 2AP 63 — 90

i v současné době vyráběné řady 3AP 63 — 90 v jednofázovém zapojení. Při snímání momentových charakteristik byl pozorován a vyhodnocován jejich průběh se zřetelem na M_{\min} při různém poměru drážek statoru ku drážkám rotoru. Je samozřejmé, že nemohl být volen poměr libovolný, ale jen takový, jaký bylo možno z hlediska výrobních možností zajistit. Na obr. 4 jsou znázorněny průběhy $M=f(n)$ trojfázového motoru 2AP 71 — 2 v jednofázovém zapojení, přičemž obr. 4a platí pro motorek s poměrem počtů drážek na statoru a rotoru 18/23 a obr. 4b platí pro týž motorek s poměrem počtů drážek 18/14.

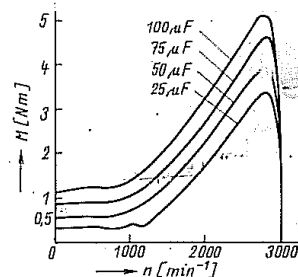
Přestože je v prvním případě absolutní hodnota M_z vyšší než v případě druhém, nemá průběh $M=f(n)$ trvale vzrůstající charakter; M_{\min} je podstatně nižší než M_z a motorek se proto hodnotí jako nevhodný pro obecnější použití.



Obr. 4a. Průběh $M=f(n)$ motoru s poměrem drážek 18/23.



Obr. 4b. Průběh $M=f(n)$ motoru s poměrem drážek 18/14.



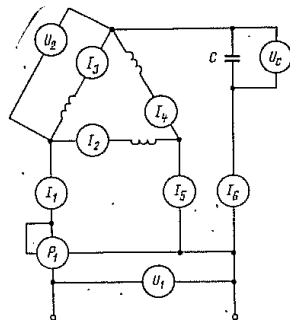
Obr. 5. Průběhy $M=f(n)$ motoru 3AP 80 — 2 při různé běhové kapacitě.

Na obr. 5 jsou znázorněny průběhy $M=f(n)$ motoru 3AP 80 — 2 v jednofázovém zapojení s různou kapacitou kondenzátorů. Jmenovitá kapacita je 75 μF, jmenovitý výkon motoru 750 W. Z průběhu je zřejmé, že velikost kapacity určuje především M_z motoru a M_{\max} (maximální moment). Vlastní průběh charakteristiky z hlediska tvaru ovlivňuje jen nevýrazně. Momentové charakteristiky byly snímány souřadnicovými zapisovači při rozběhu motoru zatíženého na hřídeli přídavným momentem setrvačnosti.

Přídavný moment setrvačnosti byl 0,2 kg m² (setrvačný moment $GD^2=0,05$ kp m²), což je padesátinásobek momentu setrvačnosti vlastního rotoru.

V přehledné tab. 4 jsou uvedeny velikosti M_z a naměřené rozběhové časy motoru při použitých hodnotách kondenzátorů.

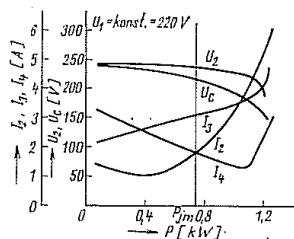
Uvedeme zde výsledky zkoušek a měření provedených na konkrétních typech trojfázových motorů řady 3AP 63–90 v jednofázovém zapojení. Jmenovité výkony pro jednofázové zapojení byly stanoveny podle trojfázové řady výkonů, ponížených o 1 stupeň, tj. asi o 1/3. Tím zůstává normalizačně



Obr. 6. Schéma zapojení přístrojů pro zjištění průběhů jednotlivých proudů.

doporučená výkonová řada zachována. Výsledky měření byly hodnoceny podle ČSN 35 0060 — Elektromotorky do 550 W a podle ČSN 35 0000 — Elektromotorky nad 550 W. V tab. 5 jsou přehledně uspořádány údaje, které jsou rozhodné pro posouzení vlastností měřených motorů nejen z hlediska ČSN, ale i s ohledem na jejich praktické použití.

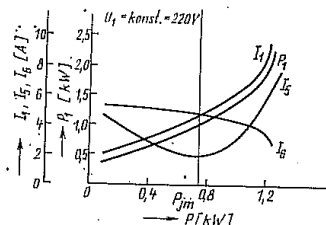
Ve snaze získat představu o průběhu proudů v jednotlivých fázích v závislosti na výkonu a dále na napětí, bylo měřicí stanoviště rozšířeno o další přístroje a celkové zapojení upraveno podle obr. 6. Měřeny byly všechny hodnoty proudů, napětí a příkonů, jak je patrné z rozmístění měřicích přístrojů. Příkony v jednotlivých fázích měřeny



Obr. 7a. Závislost fázových proudů na výkonu při konstantním napájecím napětí.

nebyly, přestože by bylo zajímavé sledovat také fázové posuvy jednotlivých proudů. Wattmetry by však celé měření značně zkomplikovaly a z hlediska praktického použití získaných výsledků není znalost účinníku v jednotlivých fázích bezpodmínečně nutná.

Na obr. 7a jsou znázorněny průběhy $I_2, I_3, I_4, U_2, U_3, U_4 = f(P)$ při jmenovitém konstantním napětí $U_1 = 220$ V a jmenovité kapacitě $C_B = 75 \mu F$ měřeného elektromotoru 3AP 80–2, 750 W. Na obr. 7b jsou uvedeny průběhy $I_1, I_5, I_6, P_1 = f(P)$ opět při $U_1 = \text{konst.} = 220$ V a $C = \text{konst.} = 75 \mu F$.



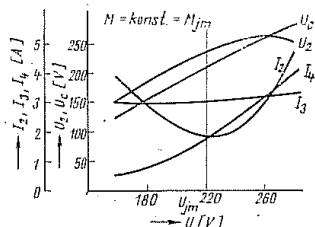
Obr. 7b. Závislost sdružených proudů a příkonu na výkonu při konstantním napájecím napětí.

Tab. 5. Výsledky měření jmenovitých hodnot motorů 3AP 63-90 v jednofázovém zapojení 220 V, 50 Hz

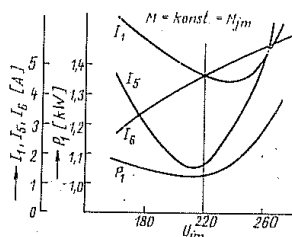
Typ motoru	P [W]	U [V]	I_1 [A]	I_2 [A]	I_3 [A]	P_1 [W]	η [%]	$\cos \varphi$	n [min ⁻¹]	$\Delta \theta_1$ [°C]	$\frac{M_z}{M_n}$	$\frac{I_k}{I_n}$	U_G [V]	U_{Co} [V]	Počet drážek sta-toru	Počet drážek ro-toru	Kapacita C_B [μF]
3AP 63-2s	120	220	0,925	0,62	0,95	195	61,5	0,96	2880	28	0,52	3,44	210	240	24	19	14
			0,9	0,7	0,82	186	64,5	0,94	2880	25	0,46	3,45	210	239	24	19	12
3AP 63-4s	90	220	0,87	0,69	0,81	174	51,8	0,91	1400	45	0,58	2,34	206	244	24	18	12
3AP 63-2	180	220	1,34	0,81	1,34	284	63,4	0,96	2870	47	0,45	3,62	209	240	24	19	20
3AP 63-4	120	220	1,06	0,84	0,93	210	57,2	0,9	1410	50	0,54	2,5	207	245	24	18	14
3AP 71-2s	250	220	1,69	0,71	1,65	366	68,3	0,98	2875	42	0,37	3,7	210	242	24	19	25
3AP 71-4s	180	220	1,32	0,96	1,38	282	62	0,97	1430	47	0,47	2,96	211	245	24	18	20
3AP 71-2	370	220	2,33	1,24	2,27	507	73	0,99	2890	44	0,39	4,3	213	241	24	19	35
3AP 71-4	250	220	1,78	1,39	1,6	372	67,5	0,95	1430	45	0,35	3,1	210	247	24	18	25
3AP 80-2s	550	220	3,6	1,33	3,33	795	69,4	1,00	2900	58	0,33	3,9	214	247	24	19	50
3AP 80-4s	370	220	2,53	1,63	2,79	545	67,8	0,98	1440	50	0,42	3,3	221	256	24	18	40
3AP 80-2	750	220	4,65	1,83	4,6	1030	72,8	1,00	2900	69	0,32	4,1	214	246	24	19	75
3AP 80-4	550	220	3,83	2,52	3,98	820	68	0,97	1440	68	0,38	3,2	219	254	24	18	60
			3,57	2,04	3,05	770	71,4	0,98	1430	48	0,34	3,3	208	252			50
3AP 90S-2	1100	220	6,84	1,68	6,8	1490	73,8	0,99	2910	66,5	0,31	4,24	220	250	24	19	100
3AP 90L-2	1500	220	9,76	2,36	10,2	2120	71,2	0,99	2910	72	0,37	4,1	220	250	24	19	150

Poznámka: Motory 3AP 90S-4 a 3AP 90L-4 mají poměr počtů drážek na statoru a rotoru 36/28 a jsou pro jednofázový provoz z hlediska rozběhu nevhodné. Jejich M_z se v určitých polohách rotoru blíží nule.

Jak vypadají průběhy těchto veličin v závislosti na napětí U_1 při konstantním jmenovitém krouticím momentu je uvedeno na dalších obrázcích. Závislost $I_2, I_3, I_4, U_2, U_c = f(U)$ je na obr. 8a; závislost $I_1, I_5, I_6, P_1 = f(U)$ je na obr. 8b.



Obr. 8a. Závislost fázových proudů na napětí při konstantním krouticím momentu.

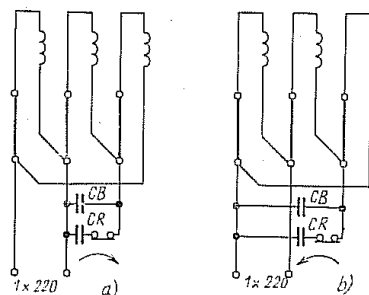


Obr. 8b. Závislost sdružených proudů a příkonu na napětí při konstantním krouticím momentu.

Ze záznamů vyplývá, že rozdělení proudů I_2, I_3, I_4 je závislé na velikostech napětí jednotlivých fází, tj. na napětí U_1, U_2 a U_c . V případě rovnosti těchto napětí byly by i proudy I_2, I_3, I_4 shodné. Takový případ byl hledán u měřeného již motoru 3AP 80 — 2 v jednofázovém zapojení. Na základě provedených měření lze předpokládat, že existuje pouze jeden případ zatížení, kdy k vyrovnaní proudů (napětí) dochází. Při měření bylo postupováno tak, že byly průběžně sledovány proudy I_2, I_3, I_4 při konstantním napětí $U_1 = 220$ V a zvoleném krouticím momentu v závislosti na běhové kapacitě. Takových měření při odstupňovaném krouticím momentu bylo provedeno několik a zjištěno, že k vyrovnaní proudů při $U_1 = \text{konst.} = 220$ V dochází při postupném zmenšování krouticího momentu. V našem případě se tak stalo při $C_b = 41 \mu\text{F}$ a výkonu motoru 375 W (viz tab. 6).

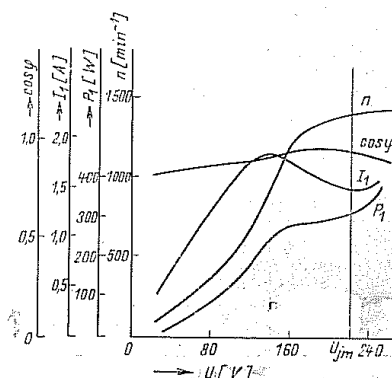
Porovnáním těchto výsledků (tab. 6) s tab. 5 (3AP 80 — 2) zjistíme, že k vyrovnaní fázových proudů došlo za hledaných podmínek při výkonu $P = 375$ W, což je v daném případě asi 1/3 výkonu při trojfázovém provozu. Z toho je tedy patrné, že rovnost fázových, popř. sdružených proudů není v našem případě účelná a výhodná, právě pro značné zmenšení výkonu na hřídeli motoru.

Nerovnoměrné proudové zatížení jednotlivých fází, způsobené porušením nesouměrnosti proudů



Obr. 9. a) — běhový i rozběhový kondenzátor, smysl točení vpravo; b) — běhový i rozběhový kondenzátor, smysl točení vlevo.

vé soustavy, není pro správnou funkci motoru za provozních podmínek škodlivé. To konečně prokázala praxe zcela jednoznačně. V popisovaném zapojení pracují některé typy motorů řady 3AP od roku 1975 a v současné době je jich v provozu asi 150 000 ke spokojenosti [z hlediska elektrických vlastností] provozovatelů i výrobce. Motorky se převážně používají k pohonu ventilátorů v zemědělských objektech. Množství vzduchu se řídí otáčkami motoru v závislosti na velikosti přiváděného napětí. Tento způsob řízení lze provést díky vhodným průběhům momentové charakteristiky $M = f(n)$ motoru a pracovní charakteristiky ventilátoru. Ukázka průběhů otáček n , proudu I_1 , příkonu P_1 a účinníku $\cos \varphi$ je znázorněna na obr. 10.



Obr. 10. Ukázka průběhů $n, I_1, \cos \varphi, P_1 = f(U)$ motoru 3AP 71 — 4s; 1×220 V, s ventilátorem $\varnothing 400$ mm.

V daném případě bylo použito motoru 3AP 71 — 4s v jednofázovém zapojení 220 V, 180 W, $C_b = 20 \mu\text{F}$. Na hřídeli motoru byl upevněn ventilátor z hliníkové slitiny s průměrem obehného kola 460 mm a se sedmi lopatkami. Za normálních provozních podmínek pracuje motorek spolehlivě již při $U_1 = 40$ V, tj. asi od $n = 160 \text{ min}^{-1}$ až do jmenovitých otáček 1420 min^{-1} při postupném zvyšování napětí na jmenovitou hodnotu 220 V. Lze tedy dosáhnout

Tab. 6. Naměřené hodnoty

U_1 [V]	U_2 [V]	U_c [V]	I_1 [A]	I_2 [A]	I_3 [A]	I_4 [A]	I_5 [A]	I_6 [A]	P_1 [W]	P [W]	M [Nm]	n [min^{-1}]	$\cos \varphi$	η [%]
220	219	220	2,85	3,03	2,85	1,68	1,67	1,67	535	375	1,23	2925	0,85	70,1

Tab. 7.

Typ motoru	Zapojení	Rychlost chvění r_{\max} [mm s ⁻¹]			Akustický tlak L_d (d) [dB]	Výkon [W]
		x_1	x_2	y		
3AP 63-2	3 fáz. 1 fáz.	0,3—0,5 0,48—0,88	0,7—1,4 0,4—1,4	0,45—0,65 0,45—0,75	64,3 63	250 180
3AP 63-4	3 fáz. 1 fáz.	0,8 0,9	1,— 1,—	0,6 0,6	55 55,4	180 120
3AP 71-2	3 fáz. 1 fáz.	0,3—0,9 0,6—1,3	0,35—1 0,7—1,5	0,27 0,42	60,2 64,2	550 370
3AP 71-4	3 fáz. 1 fáz.	0,8 1,1	1,— 1,3	0,6 0,8	53,7 53,4	370 250
3AP 80-2	3 fáz. 1 fáz.	0,6 2,4	0,5 1,1	0,4 0,4	63,6 64,5	1100 750
3AP 80-4s	3 fáz. 1 fáz.	0,7 1,1	1,3—2,3 2,1—3,—	0,7 0,7—1,2	58,7 60,6	550 370
3AP 90S-2	3 fáz. 1 fáz.	0,5—1,2 0,6—1,5	0,5—1,4 0,7—1,7	0,8 0,7—1,—	69,5 70,1	1500 1100

poměrně značného rozsahu řízení, což je v daném případě plně využito.

Pro úplnost je nutné se ještě zmínit o vlivu nesouměrnosti proudové soustavy vinutí motoru na chvění a akustický tlak (hluknost). Na několika typech motorů, které lze považovat za představitelce celé typové velikosti řady 3AP, byla provedena měření chvění i akustického tlaku podle ČSN 35 0019. Měření byla provedena na motorech zapojených trojfázově i jednofázově, takže vliv nesouměrnosti proudové soustavy je na první pohled patrný. Výsledky měření jsou přehledně uspořádány v tab. 7.

Chvění strojů bylo měřeno vibrometrem VP 102 (NDR), akustický tlak byl měřen hlukoměrem Brüel Kjaer, typ 2203 (Dánsko). K hodnotám uvedeným v tabulce je třeba dodat, že vzájemné srovnání chvění i hlučnosti, v trojfázovém a jednofázovém zapojení je v tomto případě zkresleno v neprospekch jednofázového zapojení, poněvadž měření se provádí při chodu naprázdno, přičemž měřený stroj je uložen na pružné podložce (ČSN 35 0019). Při chodu naprázdno v jednofázovém zapojení je proudová soustava vinutí maximálně nesouměrná, což velmi nepříznivě ovlivňuje velikost chvění i akustického tlaku. Za provozních podmínek, tj. při jmenovitém nebo alespoň částečně zatíženém stavu motoru dochází k částečnému vyrovnání proudové soustavy vinutí (dochází k vyrovnání napětí U_1 , U_2 a U_c) a tím i ke zmenšení chvění a hluku.

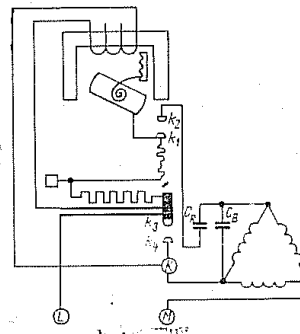
Jak jsme se již zmínili zpočátku, mají motorky a motory s trvale připojeným kondenzátorem poměrně malý poměrný záběrný moment (M_z/M_n) — viz tab. 3. Je to hlavní důvod jejich omezeného použití. Známe však možnost, jak tuto omezující vlastnost odstranit a získat tak jednofázový motor pro obecnější použití při zachování velmi dobrých energetických parametrů. Lze toho dosáhnout kombinací vlastností motoru s trvale připojeným kondenzátorem a motoru s kapacitní rozběhovou pomocnou fází. Běhové vlastnosti zůstávají zachovány, záběrný moment se však zvětší v průměru asi čtyřnásobně. Schéma takového zapojení je na obr. 9a (smysl otáčení vlevo) a 9b (smysl otáčení vpravo). Jak je však ze schématu patrné, je třeba rozběhový kondenzátor po rozběhu motoru odpojit. Odpojení se děje po dosažení asi 75 % synchronních otáček motoru některým z těchto způsobů:

a) samočinně, pomocí odstředivého odpojovače, který však musí být konstrukční součástí motoru,

b) ručně, pomocí spínače umístěného vně motoru, kombinovaného popř. s vypínačem motoru, jak to např. používá Elektro-Praga Hlinsko u kuchyňských strojů (robotů),

c) pomocí proudového relé umístěného rovněž vně motoru. Jsou to např. proudová relé MIHA, kterými vybavuje MLR své jednofázové elektromotory s rozběhovou kapacitní pomocnou fází.

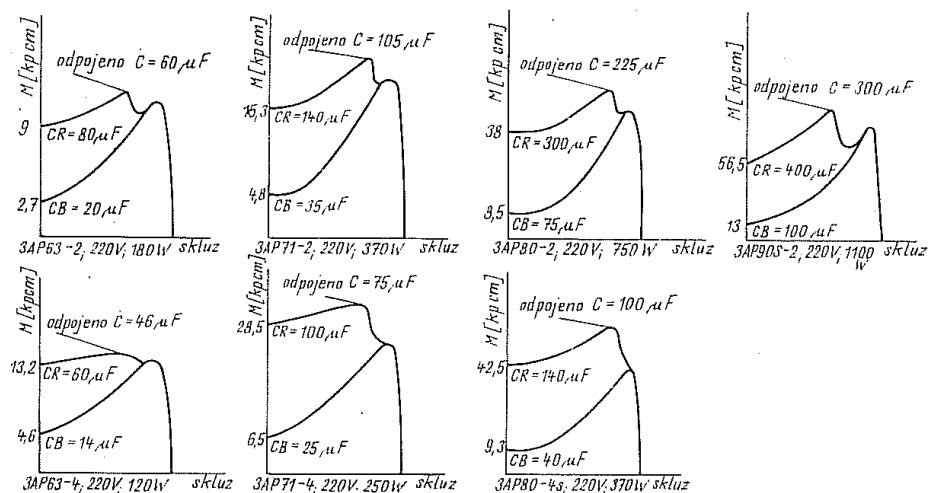
Poněvadž způsob odpínání pomocné fáze pomocí proudového relé je u nás méně známý, uvádíme na obr. 11 jeho schéma a připojení k vinutí motorku. Proud ze svorky L projde cívkou elektromagnetu na svorku K a dále obvodem vinutí motoru na svorku M. Tím dojde k přitažení kotvy magnetu a k zapnutí kontaktů k_1 a k_2 , přes které se uzavře obvod rozběhového kondenzátoru Cr. Záběrný proud procházející obvodem se po rozběhu motorku zmenší a kotva magnetu se vlivem napívací pružiny vrátí do původní polohy, rozpojí kontakty k_1 — k_2 a odpojí rozběhový kondenzátor. Pokud by z určitých důvodů (závada, popř. špatná



Obr. 11. Proudové relé sloužící k odpínání rozběhového kondenzátoru.

volba proudové spínací hodnoty relé) nedošlo k odpojení rozběhového kondenzátoru, zareaguje tepelná ochrana s dvojkovem, která pomocí kontaktů k_3 — k_4 provede přímé spojení svorky L se svorkou K, čímž se vinutí elektromagnetu vyřadí a rozpojí se obvod Cr, aby nedošlo k jeho havárii. Touto tepelnou ochranou jsou vybavena jen některá provedení relé.

Na obr. 12 jsou uvedeny momentové charakteristiky $M=f(n)$ představitelů trojfázové řady motorů

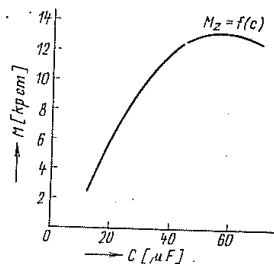


Obr. 12. Momentové charakteristiky motorů řady 3AP v jednofázovém zapojení 220 V s běhovými i rozběhovými kondenzátory.

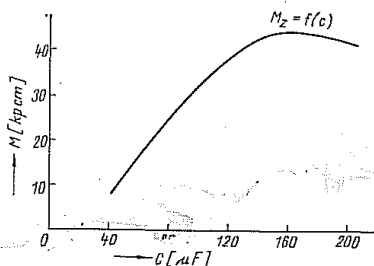
ků a motorů 3AP v jednofázovém zapojení, a to vždy s kondenzátorem trvale připojeným a navíc (v jednom grafickém záznamu) s kondenzátorem rozběhovým. Velikost rozběhového kondenzátoru byla u všech typů experimentálně ověřena tak, že

ně dobře patrně z výsledků měření podle obr. 13. Rozběhové kondenzátory mohou být na jmenovité napětí 120 V (menší rozměry).

Závěrem je třeba zdůraznit, že klasické jednofázové motory a motorky s rozběhovou, tj. odpína-

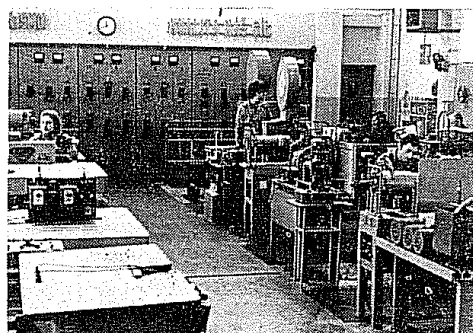


Obr. 13a. Zjišťování optimální velikosti rozběhového kondenzátoru. 3AP 80 — 4s; 220 V; 370 W; $C_B=40 \mu F$.



Obr. 13b. Zjišťování optimální velikosti rozběhového kondenzátoru. 3AP 80 — 4s; 220 V; 370 W; $C_B=40 \mu F$.

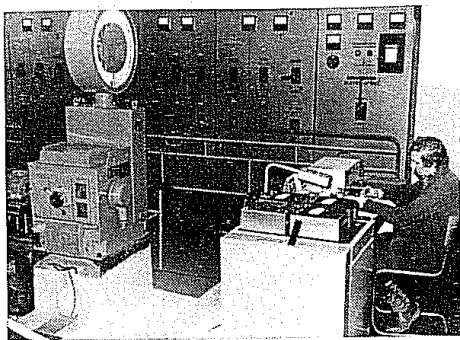
byla zjišťována závislost záběrného momentu na kapacitě $M=f(C)$. Bylo prokázáno, že optimální hodnota rozběhového kondenzátoru C_R je asi čtyřnásobek hodnoty kapacity běhové C_B . Vyšší hodnoty rozběhové kapacity zvýší již M_z jen nevýrazně, případně dojde k jeho snížení. To je dostateč-



Obr. 14. Částečný pohled do zkušebny elektrických strojů v n. p. MEZ Mohelnice.



Obr. 15. Snímání momentových charakteristik na souřadacím zapisovači na zkušební n. p. MEZ Mohelnice.



Obr. 16. Zkušební proozy nového pracoviště pro zkoušení motorů nové řady IAP v n. p. MEZ Mohelnice.

telnou pomocnou fází, ať již odporovou, nebo kapacitní, jsou z hlediska energetických i ekonomických ukazatelů nevýhodné. Pomocná fáze, která zabírá určitý prostor statorových drážek a představuje určitou hmotnost mědi, se po rozběhu mo-

toru ihned odpojí a je dále nevyužita. Srovnáme-li účinnosti uvedené v tab. 5 s účinnostmi klasických jednofázových motorů s odpínatelnou pomocnou fází, zjistíme, že trvale připojená kapacitní pomocná fáze znamená zvětšení účinnosti

- a) u strojů čtyřpólových o 11 %,
- b) u strojů dvoupólových o 10 %.

Největší překážkou bránící realizování popisovaného výhodného zapojení je omezený sortiment kondenzátorů jak běhových, tak i rozběhových, které se u nás vyrábějí. Paralelní spojování kondenzátorů je při sériové výrobě značně nevýhodné a neestetické.

Bylo by výhodné a pro naši energetiku žádoucí rozšířit výrobu běhových kondenzátorů pro 250 V a rozběhových pro 120 V při současně zmenšených rozměrech, aby se získané poznatky a výsledky experimentálních měření mohly s výhodou realizovat. Nelze ani pominout ekonomickou výhodnost pro výrobu motorů, neboť výrobní sortiment by se zúžil pouze na trojfázové stroje, navíjené na vysoce produktivních navíjecích strojích.

Obr. 14, 15 a 16 ukazují pohledy na pracoviště zkušebny elektrických strojů n. p. MEZ Mohelnice, kde byla měření motorů prováděna.

621.313.333