

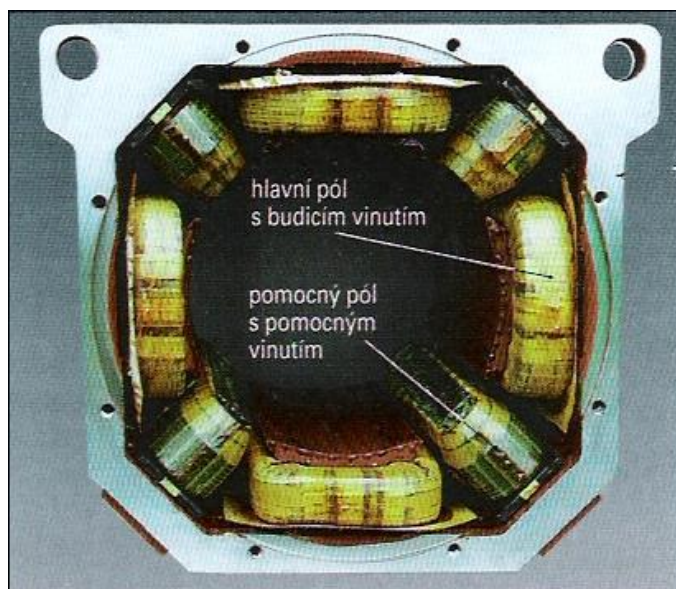
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

<i>Předmět:</i>	<i>Ročník:</i>	<i>Vytvořil:</i>	<i>Datum:</i>
ELEKTROTECHNIKA	PRVNÍ	ZDENĚK KOVAL	31. 1. 2014
<i>Název zpracovaného celku:</i>			
Ele 1 – stejnosměrné stroje, rozdělení, význam, princip činnosti ss motoru, generátory na ss proud			

11. STEJNOSMĚRNÉ STROJE

11.1 Rozdělení a konstrukce stejnosměrných strojů

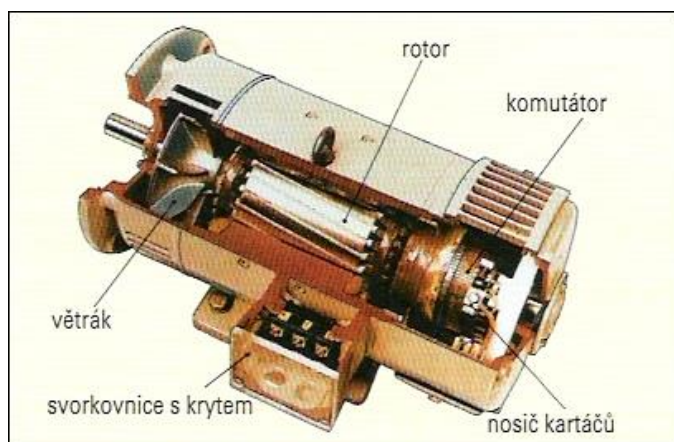
Stator bývá tvořen tělesem stroje s vnitřními póly, vyrobeným plným prstencovým ocelovým jádrem, pólovými nadstavci a jádru cívek z elektro-plechů, na kterých jsou cívky statorových vinutí (obr. 50). Ve strojích s výkony nad 1 kW bývají mezi hlavními póly statoru umístěny ještě pomocné (komutační) póly, tvořené cívkami na jádrech z plechů nebo plné oceli. Na pólových nadstavcích hlavních pólů mohou být ještě kompenzační vinutí. Stejnosměrné stroje bývají také stavěny bez vyniklých, statorových pólů. Jejich stator je tvořen svazkem statorových plechů s drážkami pro vinutí, tak jako u trojfázových motorů. V drážkách je pak uloženo budící vinutí i vinutí pomocných komutačních pólů. Stator složený z elektro-plechů je vyžadován v případech, kdy je stejnosměrné buzení napájeno tepalým proudem usměrňovače a ne ideálním stejnosměrným proudem.



Obr. 50 Stator stejnosměrného stroje

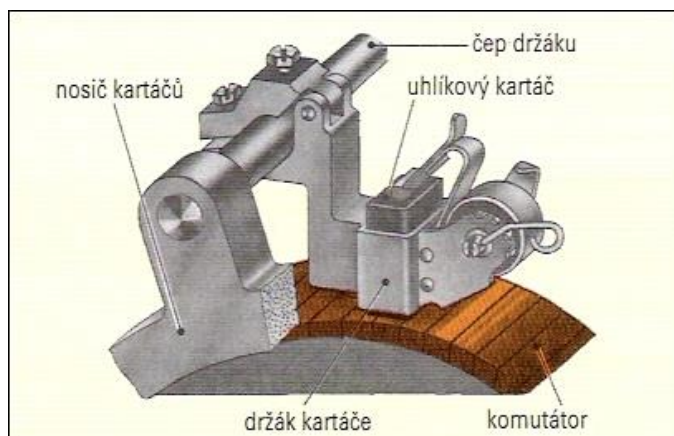
Kotva (rotor) stejnosměrného stroje se skládá z ocelového hřídele a svazku rotorových plechů nalisovaného na hřídeli. V drážkách svazku rotorových plechů je vinutí napojené na komutátor umístěný rovněž na hřídeli stroje (obr.51).

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 51 Stejnosměrný derivační motor (motor s paralelním buzením)

Komutátor (kolektor) je válec, jehož plášť je tvořen lamelami z tvrdé měděné slitiny, oddělenými od sebe slídou. K lamelám jsou přiletovány (pájením nebo bodově) vývody rotorových vinutí. Na statoru stroje je nosič kartáčů s čep, na kterých jsou otočně upevněny držáky uhlíkových kartáčů (obr. 52).

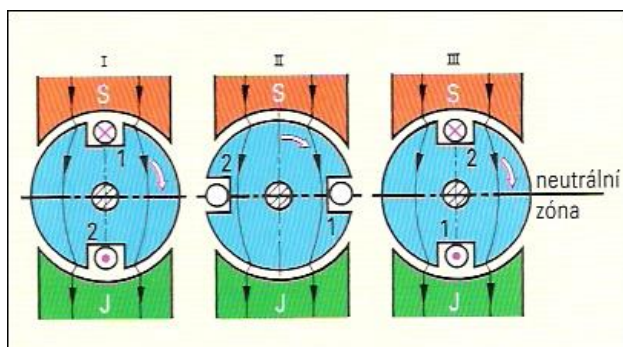


Obr. 52 Nosič kartáčů s držáky kartáčů

11.2 Stejnosměrné generátory – dynama

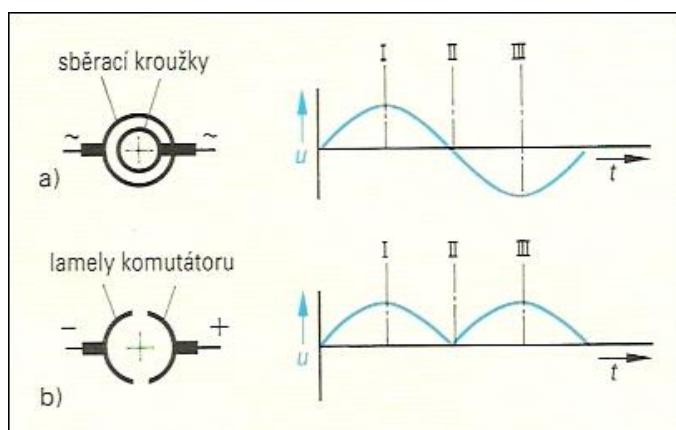
Při otáčení kotvy s jednou vodivou smyčkou (jedním závitem) v budícím magnetickém poli statoru generátoru se plynule mění velikost magnetického toku procházejícího touto smyčkou (obr. 53). Přímo proti pólům se indukuje v pohybujících se vodičích největší napětí, protože je tu největší změna magnetického toku (procházející smyčkou), což odpovídá polohám I a III na obr. 1. Při pohybu vodiče smyčky ve směrech rovnoběžných se směry indukčních čar (poloha II na obr. 53) se neindukuje žádné napětí. Tuto oblast označujeme jako neutrální zónu. Během otáčení smyčky se mění směr průchodu indukčních čar smyčkou a tím i polarita indukovaného napětí na koncích (vývodech) smyčky.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



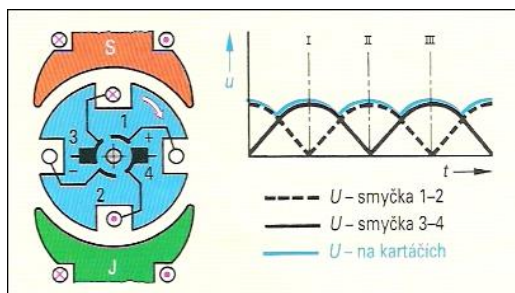
Obr.53 Indukce střídavého napětí ve smyčce (závitu) otáčející se kotvy dynamy

V kotvě stejnosměrného generátoru se indukují střídavé napětí. Připojíme-li konce smyčky na dva sběrné kroužky na hřídeli kotvy, můžeme přes sběrné kartáče odvádět sinusové střídavé napětí indukované ve smyčce (obr.54a). Připojíme-li konce smyčky na dvě lamely komutátoru na hřídeli kotvy, dojde po každé půlotáčce kotvy spojené s přepólováním napětí ve smyčce k přepólování odběru z komutátoru (přehodí se lamely pod sběrnými kartáči), takže z kartáčů je odebráno pulzující stejnosměrné napětí (obr.54b). Komutátor stejnosměrného generátoru (dynamy) působí jako usměrňovač.



Obr. 54 Odběr napětí kotvy přes a) sběrací kroužky, b) komutátor

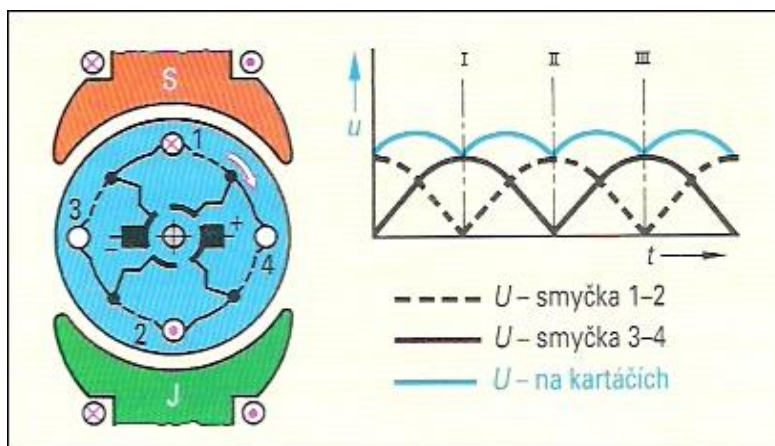
K dosažení vyrovnanějšího průběhu stejnosměrného napětí vyráběného dynamem se používá kotva s více vzájemně pootočenými smyčkami (resp.vinutím pro dosažení vyššího napětí). Každé smyčce pak odpovídá na komutátoru dvojice protilehlých lamel. Lamely jsou uspořádány tak, že kartáče odebírají napětí vždy jen z dvojice lamel odpovídající smyčce s největším indukovaným napětím (při pohybu kolmo na směr indukčních čar) a napětí z ostatních smyček jsou při tom nevyužita (obr. 55).



Obr. 55 Odběr napětí z dynamy se dvěma oddělenými smyčkami na kotvě

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

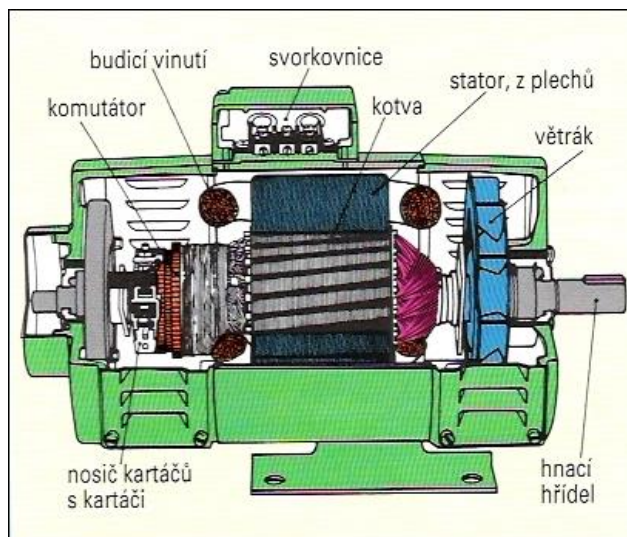
Pokud jsou však smyčky na kotvě sériově propojeny (žádná indukovaná napětí nezůstanou nevyužita), sčítají se napětí všech smyček (obr. 56). I přes malá indukovaná napětí v jednotlivých smyčkách (závitoch) může dávat dynamo velké napětí, má-li na rotoru (kotvě) mnoho závitová vinutí (cívky). Napětí dynama roste s rostoucími otáčkami a s rostoucím budícím proudem.



Obr. 56 Odběr napětí z dynama se dvěma sériově spojenými smyčkami na kotvě

11.2.1 Druhy stejnosměrných generátorů

Podle způsobu spojení mezi budícím vinutím statoru a vinutím kotvy rozeznáváme různé typy stejnosměrných generátorů (obr.57).



Obr. 57 Stejnosměrný generátor (dynamo)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Druh generátoru	Generátor s cizím buzením	Derivační generátor	Kompaundní generátor	a t ě ž o v a c í c h a r a k t e r i s t i k a
Schém. značka a zapojení pro běh doprava (bez pomocného vinutí) u gen. s cizím buzením: a) s budícím vinutím b) s permanent. magnety				v ý s t u p n í n a p ě t í
				z a t ě ž o v a c í p r o u d



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

e b u d í c í p r o u d			
e g u l a c e n a p ě tí	íz e n í m proud u b u d í c í p r o u d u l e s é r i o v ý m r e g u l	í z e n í m budíc ího proud u l e s é r i o v ý m r e g u l a c í n í m rezist o r e m	Ř



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

a	
č	
n	
í	
m	
r	
e	
z	
i	
s	
t	
o	
r	
e	
m	

Tabulka 1: Základní zapojení stejnosměrných generátorů

11.2.1.1 Generátor s cizím buzením

Budící vinutí generátoru s cizím buzením není propojeno s vinutím kotvy. Budící proud je dodáván z cizího zdroje, např. ze síťového zdroje s usměrňovačem. Při zatížení klesá vyráběné napětí oproti napětí naprázdno vlivem odporu vinutí kotvy (tabulka 1).

11.2.1.2 Derivační generátor

Derivační generátor má budící vinutí připojené paralelně k vinutí kotvy (tabulka). Při rozběhu derivačního generátoru se v kotvě indukuje díky zbytkovému magnetizmu statoru malé napětí. Při správném připojení budícího vinutí protéká nejprve malý budící proud, který zesílí indukci magnetického pole a ta způsobí zvětšení indukovaného napětí. Dynamo se samo nabudí. Při obráceném připojení budícího vinutí zeslabí budící proud zbytkové magnetické pole a dynamo se nenabudí. K nastavení budícího napětí slouží většinou nastavitelný rezistor. Při odpojení buzení (odpojení dynamu z provozu) by se mohlo v budícím statorovém vinutí indukovat velké napětí, které by mohlo prorazit izolaci. Proto je budící vinutí při odpojení (od vinutí rotoru) zkratováno (pomocným kontaktem E2 – tabulka). Svorkové napětí derivačního generátoru s rostoucím zatížením klesá ještě více než u generátoru s cizím buzením (tabulka). Malý úbytek napětí na vinutí kotvy způsobí zmenšení napětí na budícím vinutí a následné zmenšení budícího proudu. Při obrácení směru otáčení musí být zachován směr proudu v budícím vinutí, aby byl nadále v souladu s orientací zbytkového magnetického pole. Při změně směru otáček dynamu je nutno přepólovat (přehodit) vývody kotvy.

11.2.1.3 Kompaundní generátor

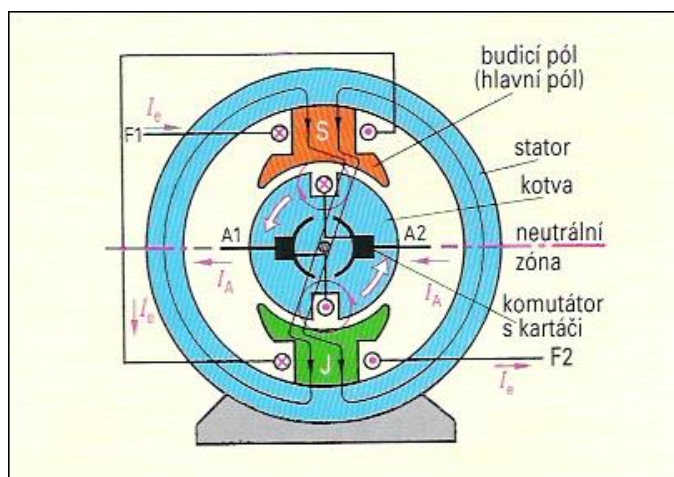
Kompaundní generátor má dvě budící vinutí nasazená na stejných hlavních pólech statoru. Jedno budící vinutí je zapojeno jako derivační (paralelní k vinutí kotvy) a druhé budící vinutí je zapojeno sériově k vinutí kotvy (tabulka). Regulační odpor je k paralelní větvi zapojen sériově s derivačním (paralelním) vinutím. Sériové budící vinutí je většinou zapojeno tak, že s rostoucím zatížením svým silícím magnetickým polem posílí magnetické pole paralelního vinutí. Sériové budící vinutí tedy způsobí při rostoucím zatížení (proudovém) nárůst svorkového napětí na rozdíl od chování derivačního generátoru. Je-li sériové vinutí dimenzováno tak, že je svorkové napětí při konstantních otáčkách nezávislé na zatížení, má dynamo vyvážené sério-paralelní (kompaundní) buzení. Sériové vinutí kompenzuje pokles napětí paralelního vinutí při nárůstu zatížení. Klesá-li se zatížením napětí, je generátor podkompenzován, narůstá-li se zatížením napětí, je překompenzován. Kompaundní

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

generátory jsou nejdůležitější stejnosměrné generátory. Používají se např. jako zdroj budicího proudu pro synchronní trojfázové generátory.

11.3 Stejnosměrné motory

Stejnosměrné stroje mají nezávisle na svém použití jako generátor nebo jako motor stejnou konstrukci. Stejnosměrné motory mají velký rozběhový moment a umožňují plynulé řízení otáček. Jejich otáčky mohou být mnohem vyšší než otáčky motorů s točivým polem. Budícím vinutím protékající stejnosměrný proud vytváří budící magnetické pole, jehož magnetický tok se uzavírá přes jádro kotvy. Bude-li závitem kotvy protékat proud, překrývá se magnetické pole této proudové smyčky pod každým hlavním pólem s budícím magnetickým polem (obr. 64). Na vodiče závitů, ve kterých teče proud, působí pod každým pólem síla, jejíž směr lze určit podle pravidla levé ruky. Vzniká tak točivý moment otáčející smyčku směrem k neutrální zóně. V této zóně nepůsobí na smyčku žádný točivý moment. Pro zachování dosavadního směru otáčení smyčky, kterou teče proud je třeba po průchodu neutrální zónou změnit (přepólovat) směr průtoku proudu smyčkou. Toto přepólování je zajištěno komutátorem. K získání rovnoměrného a velkého točivého momentu je kotva opatřena více smyčkami (vinutími), rozloženými po obvodu kotvy (rotoru).

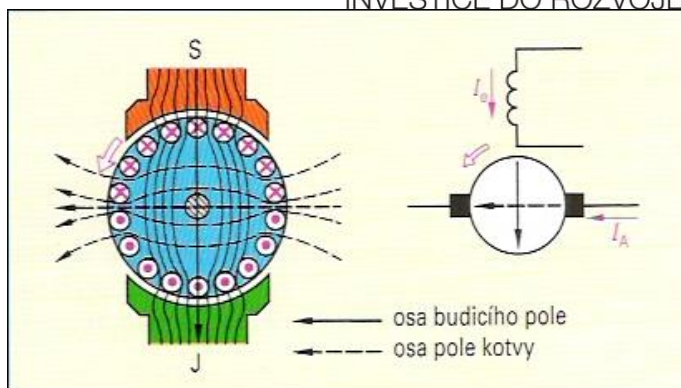


Obr.64 Budící magnetické pole a proud kotvy.

Jednotlivá vinutí rotoru jsou spojena s lamelami komutátoru tak, že stranami cívek pod jedním budícím pólem protékají proudy stejného směru. Osa magnetického pole kotvy zůstává proto stále ve stejné poloze i přes to, že se kotva otáčí (obr. 65). Zdrojem točivého momentu komutátorových motorů jsou budící magnetické pole statoru a magnetické pole rotoru. Osy obou polí nemění svou polohu.

Směr otáčení lze obrátit změnou směru jednoho z magnetických polí (budicího pole statoru nebo pole kotvy) obrácením směru proudu v příslušném vinutí. Směr otáčení se mění přepólováním napájení kotvy.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 65 Budící pole a pole kotvy (běh doleva)

11.3.1 Zapojení stejnosměrných motorů

Stejnosměrné motory se dělí na různé typy podle připojení budícího vinutí statoru k vinutí kotvy (tabulka 2).

Motor se sériovým buzením	Motor s cizím buzením ¹	Motor s paralelním buzením (derivační motor)	Motor se sériově-paralelním buzením (kompaundní motor)

¹ patří sem i motory s permanentními budícími magnety (bez budícího vinutí)

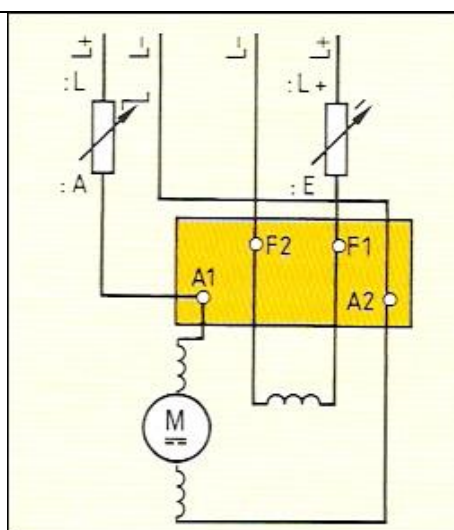
Tabulka 2 Základní zapojení stejnosměrných generátorů

11.3.2 Motor s cizím buzením

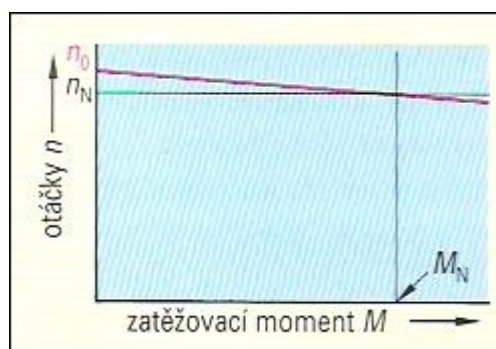
Budící vinutí motoru s cizím buzením není propojeno s obvodem kotvy a je napájeno vnějším zdrojem stejnosměrného napětí (obr.66). Motory s permanentními magnety namísto budících cívek

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

jsou rovněž stejnosměrné motory s cizím buzením. Při rozběhu a při snižování otáček je snižováno napětí na kotvě, např. pomocí spouštěcího odporu. Ke zvýšení otáček (pomocí statorového vinutí) nad jmenovité otáčky se používá regulační odpor v obvodu budícího vinutí, kterým je možné snížit budící proud a tím indukcí budícího pole. Často je motor napájen ze sítě střídavého napětí přes usměrňovač. Napájecí i budící napětí pak může být snižováno regulačním transformátorem (zapojeným před usměrňovačem), nebo řízeným usměrňovačem. Cizí buzení je nezávislé na napětí kotvy motorů a zůstává tak nezměněné i při poklesu napětí na kotvě. Otáčky motorů s cizím buzením jsou ve srovnání s derivačními motory ještě stabilnější při kolísání zatížení (obr.67). Pokud jsou stejnosměrné motory provozovány při běžném zatížení a nízkých otáčkách (snižováním napájecího napětí) je třeba je intenzivněji chladit.



Obr. 66 Zapojení ss motoru s cizím buzením a pomocnými póly

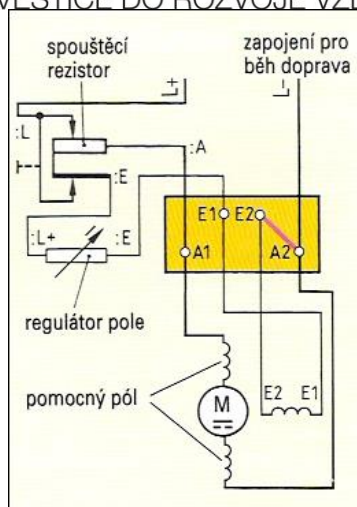


Obr. 67 Zatěžovací charakteristika motoru s cizím buzením

11.3.3 Derivační motor

Derivační motor je stejnosměrný motor s budícím vinutím zapojeným paralelně k vinutí kotvy (obr.68).

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

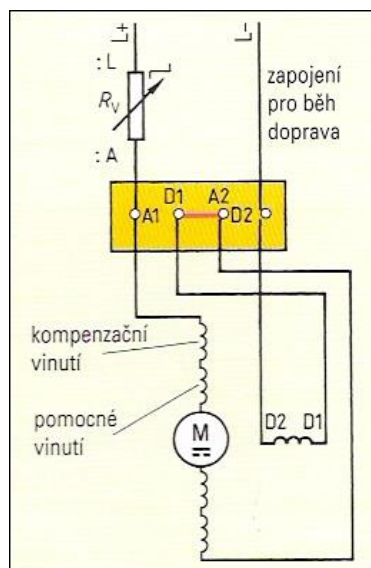


Obr. 68 Derivační motor

Otáčky derivačního motoru lze regulovat spouštěcím odporem a odporem nastavování budícího pole (budícího proudu). Při běhu naprázdno i při zatížení se chová derivační motor jako motor s cizím buzením. Má stejnou zatěžovací charakteristiku (obr. 67). Motory, které se při běhu naprázdno nepřetočí a při rostoucím zatížení mají jen malý pokles otáček, nazýváme motory s chováním derivačních motorů. Otáčky derivačního motoru nelze řídit napětím na rotoru jako u motoru s cizím buzením. Při provozu derivačních motorů i motoru s cizím buzením se musí zajistit, aby nedošlo k odpojení buzení, protože by se mohla kotva ve slabém poli zbytkového mechanismu roztočit do příliš vysokých otáček.

11.3.4 Motor se sériovým buzením

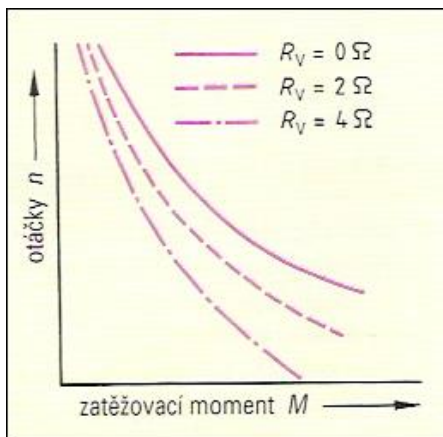
Budící vinutí motoru se sériovým buzením je zapojeno v sérii s vinutím kotvy (obr.69).



Obr. 69 Motor se sériovým buzením

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

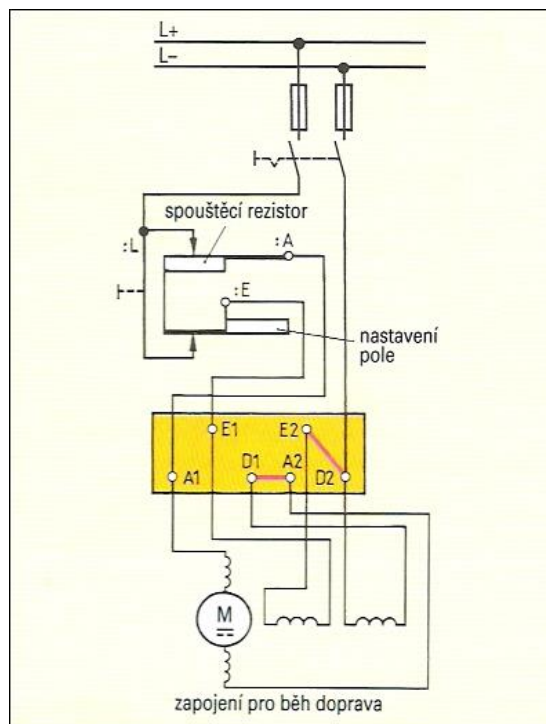
K řízení otáček i k rozběhu se používá předřazený stavitelný spouštěcí rezistor. Celý proud kotvy protéká i budicím vinutím a je tedy stejně velký. Tyto motory mají ze všech stejnosměrných motorů největší rozběhový moment. Při rozběhu bez zatížení postupně klesá proud a slábnutí budicího pole podporuje další nárůst otáček. Tyto motory se bez zatížení snadno přetočí, a proto se nesmí spojovat se zátěží řemeny, ale jen pevnou spojkou. Při nárůstu zatížení motoru se sériovým buzením narůstá společný proud v kotvě i budicím vinutí, klesají otáčky a narůstá točivý moment (obr.70). Z toho vyplývá, že otáčky jsou závislé na zatížení.



Obr. 70 Zatěžovací křivka motoru se sériovým buzením

11.3.5 Kompaundní motory

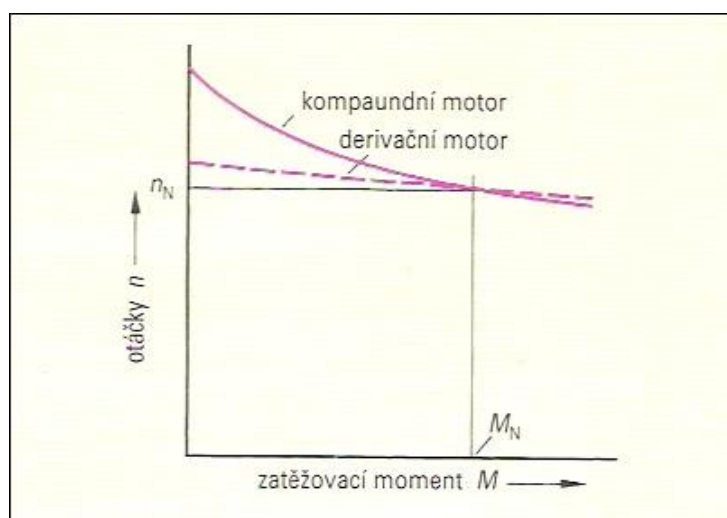
Kompaundní motor je stejnosměrný motor se sérioparalelním buzením. Na pólech statoru je stejně jako u kompaundního generátoru navinuto sériové i paralelní vinutí. Otáčky lze nastavovat odporovým spouštěčem i odporovým regulátorem pole (budícím proudem). (Obr. 71).



Obr. 71 Kompaundní motor s pomocnými póly a nastavením rozběhu a pole

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

V kompenzovaném (vyváženém) kompaundním motoru je sériové budící vinutí zapojené tak, že jeho magnetické pole má stejný směr jako pole paralelního vinutí. Při běhu naprázdno se kompaundní motor chová jako derivační motor. Při zatížení však klesají otáčky trochu rychleji (obr.72), neboť s rostoucím proudem kotvy roste i hlavní magnetický tok. Je-li sériové budící vinutí zapojené tak, že jeho pole oslabuje paralelní vinutí (antikompaundní zapojení), je motor velmi nestabilní a snadno se přetočí. K takovému zapojení může dojít omylem při přepólování směru otáčení. Pak při rostoucím proudu stoupají otáčky, protože slábne hlavní pole. I přes velkou nestabilitu naprázdno je toto zapojení výjimečně používáno ke zmenšení vlivu kolísavého zatížení na otáčky motoru. Nárůst zatížení má snahu motor zpomalit, ale nárůst proudu doprovázející nárůst zátěže oslabí hlavní pole, což vede ke snaze otáčky zvýšit. Otáčky zatíženého motoru jsou pak stabilní.



Obr. 72 Zatěžovací charakteristiky kompaundního a derivačního motoru

Kontrolní otázky a úlohy:

1. Jaký je rozdíl mezi jádrem statoru u stejnosměrných a střídavých strojů?
2. Co je to komutátor- kolektor?
3. Proč napětí odebírané z dynama je pulzní?
4. Vyjmenuj jednotlivé druhy stejnosměrných generátorů.
5. Vyjmenuj jednotlivé druhy stejnosměrných motorů.

Použita literatura, zdroje obrázků a tabulek:

TKOTZ, Klaus a kolektiv. *Příručka pro elektrotechniku*. 2. vyd. Praha: Europa Sobotáles, 2006