

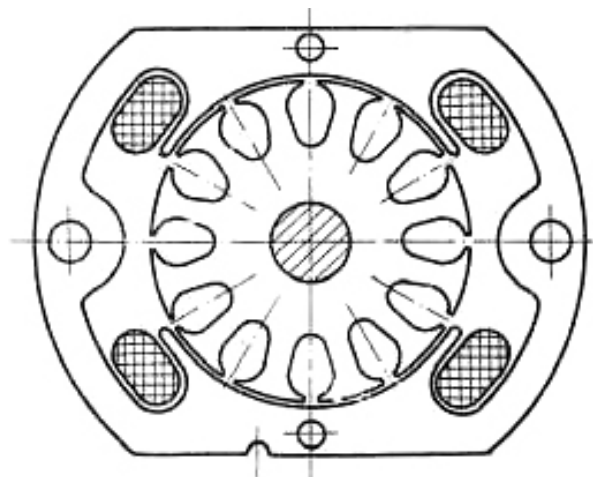
5. ZVLÁŠTNÍ TYPY MOTORŮ

5.1. Jednofázový sériový komutátorový motor

Jednofázové komutátorové motory se dnes vyrábějí už jenom jako sériové, dříve ještě existovali jednofázové komutátorové motory repulsní.

5.1.1. Konstrukční uspořádání

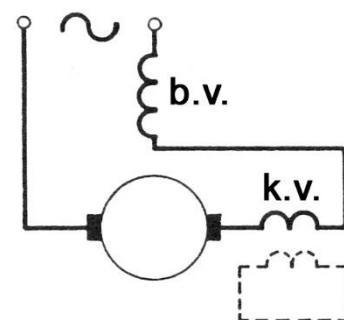
Stator může mít stejný tvar jako stator asynchronního jednofázového motoru tedy kostra do níž je vložen dutý válec složený se vzájemně izolovaných elektrotechnických plechů s drážkami na vnitřním obvodu, v drážkách je pak je vloženo vinutí. Dnes se však častěji jednofázové sériové motory konstruují jako univerzální tedy s možností připojení ke střídavému i stejnosměrnému



zdroji napětí. Magnetický obvod statoru je pak složen z plechů, které mají tvar podobný jako plech statoru stejnosměrného motoru, mají tedy hlavní póly s pólovými nástavci, ale nemají póly pomocné (motory větších výkonů používané například v trakci pomocné póly mají - u nás se již nevyrábí). Na hlavních pólech je pak navinuto budící vinutí. Nejčastěji se vyrábějí univerzální motory dvoupólové. V některých motorech je navíc navinuto kompenzační vinutí. Rotor univerzálního motoru je stejný, jako rotor stejnosměrného motoru tedy na hřídeli je upevněn svazek rotorových vzájemně izolovaných elektrotechnických plechů, které mají na vnějším obvodu drážky. V drážkách je izolovaně uloženo vinutí, přičemž začátky a konce každé cívky rotoru jsou vyvedeny na lamely komutátoru.

5.1.2. Princip činnosti

Zapojení jednofázového sériového motoru je podobné jako u stejnosměrného sériového motoru, tedy budící vinutí (b.v.) je zapojeno v sérii s vinutím rotoru. Pro zmenšení reakce kotvy (magnetického pole buzeného proudem procházejícím rotorovým vinutím) a tím zlepšení komutace, ale hlavně pro zlepšení účinníku se používá kompenzační vinutí (k.v.), které se zapojuje také do série s rotorem, ale může být zapojeno i nakrátko (na obr. čárkovaně). Mezi kotvou a kompenzačním vinutím je magnetická vazba (i u kompenzačního vinutí nakrátko).



Točivý moment jednofázového motoru se vytváří vzájemným působením magnetického pole statoru a vodičů kotvy protékaných proudem. Na vodiče protékané proudem v magnetickém poli působí síla (moment) jejíž směr je dán pravidlem levé ruky. Při obrácení polarity

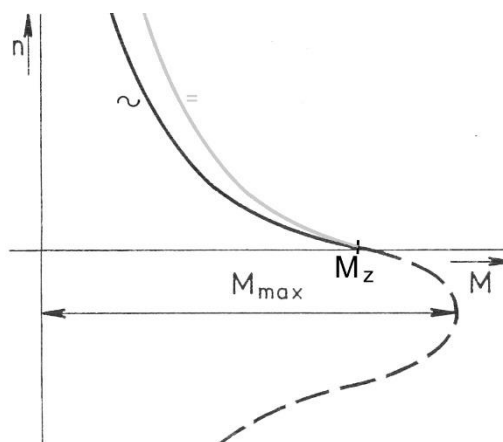
střídavého proudu ve vodiči rotoru se současně obrátí i polarita proudu budícího vinutí ve statoru, neboť jsou zapojeny do série. Obracejí se tedy i polarita magnetických toků v rotoru i ve statoru, takže smysl momentů se nezmění a motor se otáčí.

5.1.3. Vlastnosti

Motory mají malý účinník, ale zvyšuje se při vyšší provozní rychlosti, účinník se zlepšuje i použitím kompenzačního vinutí, které (kromě zmenšení reakce kotvy) zmenšuje reaktanci kotvy X .

Zmenšení reaktance kotvy a tím zlepšení účinníku se dá dosáhnout také použitím napájecího napětí nižšího kmitočtu nebo zmenšením počtu závitů

budící cívky (dnes běžně u menších motorů bez kompenzačního vinutí) to ale vyžaduje menší vzduchovou mezeru, aby se zachoval stejný hlavní magnetický tok stroje. Zlepšením účinníku se zvýší i přetížitelnost motoru.



Závislost otáček motoru na momentu je velice podobná jako u stejnosměrného sériového motoru. Z obrázku je patrné, že sériové motory mají velký záběrný moment M_z a měkkou rychlostní charakteristiku (s rostoucí zátěží otáčky výrazně klesají).

Jelikož se otáčky zmenšují s druhou mocninou napětí, můžeme proto podobně jako u stejnosměrného sériového motoru otáčky napětím regulovat. Napětí se může snadno měnit regulačním transformátorem nebo elektronicky pomocí pulzních měničů. Zatěžovací charakteristika při stejnosměrném napájení by ležela o něco výše (viz obr.), protože se neuplatňují reaktanční úbytky napětí.

Dosahují vyšších otáček (10 000) než jednofázové asynchronní motory a tím i větších výkonů při stejných rozměrech. Protože jejich kotva bývá většinou pevně spojena s poháněnou soustavou a často i s větrákem, nehrozí nebezpečí odlehčení a tím roztočení motoru na nekonečné otáčky.

Nevýhodou těchto motorů je rušení rádiového příjmu vlivem jiskření kartáčů na komutátoru, to se odstraňuje odrušovacími kondenzátory.

5.1.4. Použití

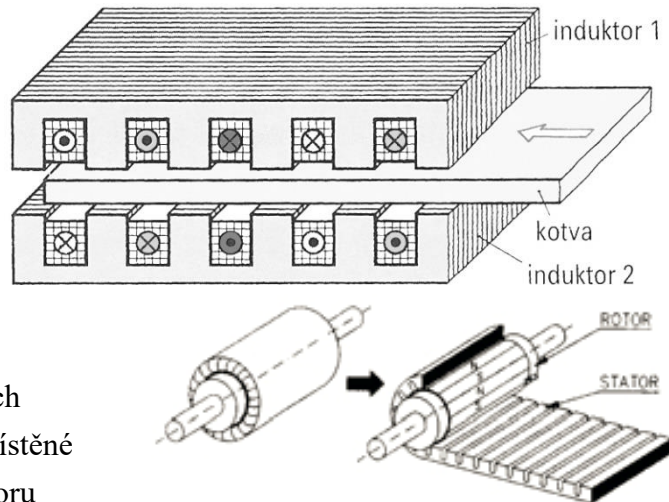
Jednofázových sériových motorů menších výkonů (univerzálních motorů) se používá pro drobné (domácí) spotřebiče a pro ruční nářadí, které vyžadují velký záběrný moment a vysokou rychlost otáčení. Typickými příklady jejich použití jsou vysavače, kuchyňské roboty, šicí stroje, ruční vrtačky apod. Motory větších výkonů se používali jako trakční motory pro trakci se sníženým kmitočtem $16 \frac{2}{3}$ Hz Švýcarsko, Rakousko nebo 25 Hz USA.

5.2. Trojfázové lineární motory

Lineární motory jsou pohony, které vyvolávají lineární pohyb. Jako příklad je zde uveden lineární trojfázový asynchronní motor.

5.2.1. Konstrukční uspořádání

Budicí část vytvářející postupné magnetické pole, odpovídá statoru trojfázového motoru a nazývá se induktor. Skládá se ze svazku induktorových plechů hřebenového tvaru a trojfázového vinutí uloženého v drážkách induktoru. Používají se dva induktory umístěné proti sobě. Pohyblivá část lineárního motoru



odpovídající rotoru zapojenému nakrátko se nazývá kotva, je uložena mezi oběma induktory a je tvořena masivním vodivým tělesem, například hliníkovou deskou. Použije-li se pouze jeden induktor, musí být kotva z feromagnetického materiálu, např. z oceli (může být potažena dobrým vodičem, např. hliníkem) a magnetický tok mezi póly se pak uzavírá přes kotvu mezi póly jednoho induktoru.

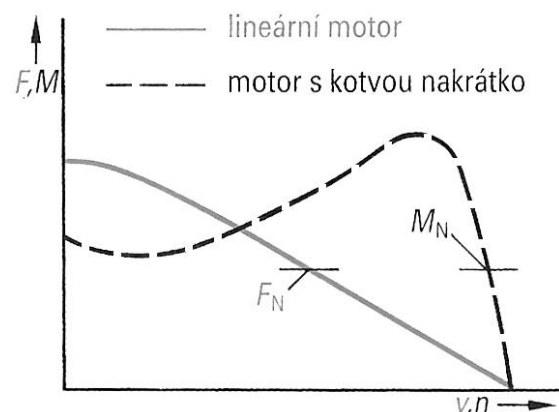
5.2.2. Princip činnosti

K pochopení činnosti lineárního motoru je možno si představit statorové vinutí rotačního motoru na obvodu přeříznuté a rozvinuté do roviny. Je-li toto rozvinuté vinutí napájeno trojfázovým proudem, pohybují se magnetické póly v rovině jedním směrem, např. zleva doprava. Namísto točivého pole tak vzniká posuvné (postupné) pole.

Postupné pole induktoru indukuje v kotvě silné vířivé proudy, které podle Lenzova pravidla jsou takového směru, že pole jimi indukované oslabuje postupné pole induktoru. Vířivé proudy tedy vyvolají v prostředí postupného pole induktoru sílu ve směru pohybu postupného pole, pak je-li induktor upevněn a kotva uložena pohyblivě, pohybuje se kotva ve směru postupného pole induktoru, je-li naopak pohyblivý induktor a kotva upevněná, pohybuje se induktor, ale v opačném směru než postupné pole.

5.2.3. Vlastnosti

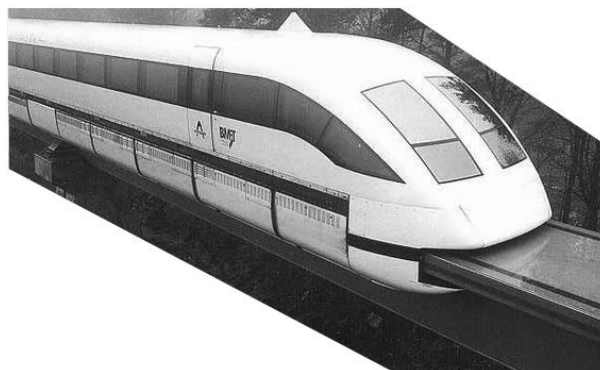
Lineární motory se chovají podobně jako asynchronní motory. Rychlost postupného pole závisí na kmitočtu budicího proudu, uspořádání a vzájemné vzdálenosti pólů induktoru.



Z charakteristiky vyplývá, že lineární motory vyvolávají největší sílu při rozběhu a jmenovitou sílu potřebnou pro dosažení jmenovité rychlosti mají při cca 50% skluzu. Velkého skluzu lineární motory dosahují, neboť mají velkou vzduchovou mezeru a velký odpor kotvy (pro vířivé proudy), rychlost pohybu je proto mnohem menší než rychlost postupného pole.

5.2.4. Použití

Lineární motory jsou používány jako pohon pro transport materiálu, pro pohon pásových dopravníků, ovládání vrat, ovládání pohybu velkých desek a pro pohon magnetických vlaků vznášejících se nad kolejnicí.

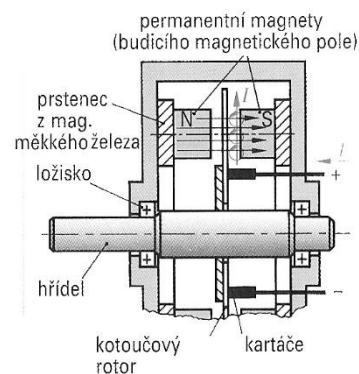
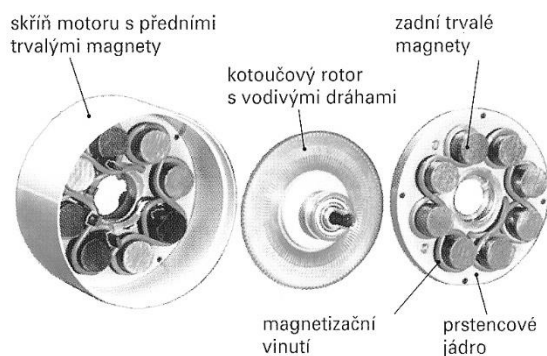
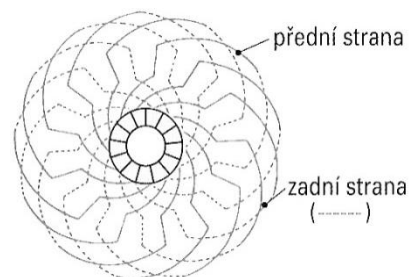


5.3. Motor s kotoučovým rotorem

Motory s kotoučovým rotorem jsou stejnosměrné motory s rotorem bez železného jádra. Setrvačný moment je proto malý a motory se rychle rozbíhají a rychle zastavují.

5.3.1. Konstrukční uspořádání

Kotva motoru je tvořena plastovým kotoučem s vinutím po obou stranách. Vinutí je tvořeno vodivými drahami vyřezanými v měděné fólii nalepené na kotouč rotoru. Spojením konců oboustranných vodivých drah, např. letováním, vznikne průchozí vinutí. Přívod proudu do kotvy je realizován přes kartáče, a to většinou přímo na vodivé dráhy rotoru, které tvoří komutátor. Budicí pole zajišťují permanentní magnety upevněné na prstenci statoru z magneticky měkkého železa. Trvalé magnety jsou při montáži motoru zmagnetizovány trvale vestavěným magnetizačním vinutím. Jejich magnetická pole se uzavírají přes prstencová jádra



5.3.2. Princip činnosti

Vodivé dráhy kotoučového rotoru napájené přes kartáče stejnosměrným proudem vytvářejí magnetické pole, které se překrývá s budícím polem. Podle pravidla levé ruky působí na vodivé dráhy protékané proudem síla vytvářející točivý moment.

Přepólováním napájení kotvy lze změnit směr otáčení motoru.

5.3.3. Vlastnosti

Díky malé hmotnosti rotoru mohou být u motoru s kotoučovým rotorem dosaženy jmenovité otáčky během několika milisekund. Rovněž zastavení nebo změna směru otáčení probíhají velmi rychle. Odkryté neizolované vodivé dráhy umožňují dobré chlazení, tj. velkou proudovou hustotu a také velké krátkodobé proudové přetížení. Homogenní budicí pole zaručuje i při malých otáčkách rovnoměrný běh při konstantním točivém momentu a dovoluje přesné nastavení polohy kotvy.

5.3.4. Použití

Motory s kotoučovým rotorem jsou vyráběny s výkony od 20W až do 10 kW. Používají se pro svou přesnost a rychlost např. pro pohon navíječek, ventilů a posuvů obráběcích strojů, jsou často používány i namísto krokových motorů a jako servomotory v regulační technice.

5.4. Krokový motor s krokem 90°

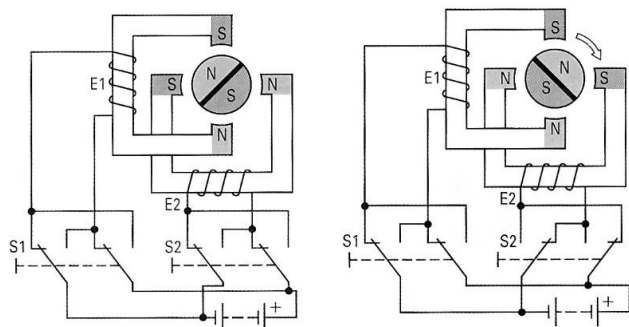
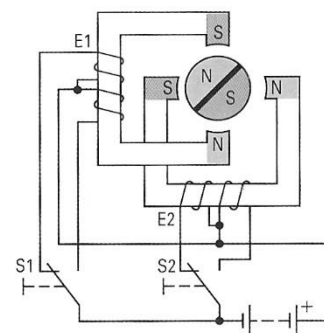
5.4.1. Konstrukční uspořádání

Skládají se z rotoru z permanentního magnetu, který se otáčí ve statoru, složeném ze dvou magnetických obvodů na kterých je navinuto stejnosměrné vinutí. Tato vinutí jsou dvojího druhu, buď jsou složena ze dvou částí (vinutí s odbočkou) nebo jsou jednoduché. Cívky statoru jsou připojeny přes stykače, které řídí přivádění impulzů ze zdroje stejnosměrného proudu k jednotlivým cívkám. Krokové motory se vyrábějí jako jednofázové nebo vícefázové

5.4.2. Princip činnosti

Změnou polaritu pólů magnetických obvodů se mění natočení rotoru z permanentního magnetu. Polarita statorových pólů může být měněna dvěma způsoby podle druhu vinutí.

Je-li každé vinutí složeno ze dvou cívek, mluvíme o tzv. unipolárním provozu. Každá polovina cívky je zdrojem magnetického toku v jednom směru. Přepínáním proudu do jedné a druhé poloviny cívky se mění polaritu pólůvých párů statoru a tím i natočení rotoru.



Je-li budicí vinutí každého magnetu tvořeno jen jednou cívkou a přepólování je realizováno změnou směru proudu v cívce, mluvíme o tzv. bipolárním provozu. Na obrázku je patrné přepínání pólů na magnetických obvodech a tím natočení rotoru (spínač S2 je v jedné a pak ve druhé

poloze).

Dochází-li k přepólování postupně v jednom směru, vznikne točivé pole, které se může měnit po krocích, nebo určitou rychlostí otáček. Kotva krokového motoru tedy může být řízena v krokovém nebo rovnoměrném otáčivém pohybu.

Smysl otáčení (směr postupných kroků) lze obrátit změnou pořadí proudových impulzů.

Protože k obsluze mechanických přepínačů je potřebná velká energie, přepínání je relativně pomalé a přepínače se opotřebovávají, používá se dnes častěji elektronické přepínání, které potřebné stejnosměrné impulzy spíná elektronicky.

Krokové motory mění elektrické řídicí impulzy na odpovídající posloupnosti kroků bez přenosové chyby, takže zpětné kontrolní hlášení polohy není nutné.

5.5. Krokový motor s malým krokovým úhlem

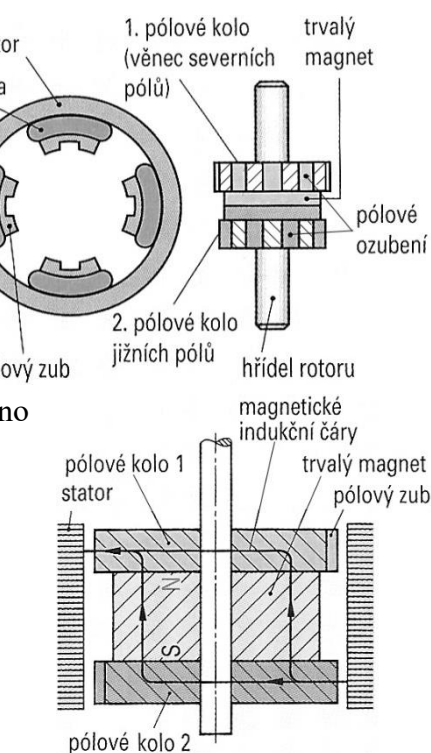
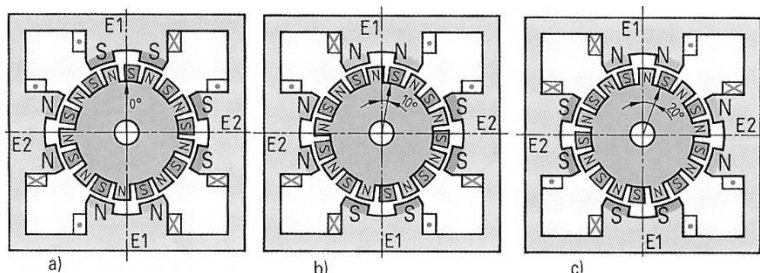
5.5.1. Konstrukční uspořádání

Požadovaný velký počet pólů krokového motoru vyžaduje speciální konstrukci. Motor je konstruován na jednopólovém principu. Na hřídeli motoru je permanentní magnet s axiálně uspořádanými póly, na jejichž čelních stranách (přední a zadní) jsou pólové nástavce, tvořící jakési zuby. Zuby každého ozubeného pólového kola jsou téže polarity, jsou ale vzájemně mechanicky pootočený o půl zubové rozteče, čímž je dosaženo střídání polarity na obvodu rotoru. Mezi severními póly předního pólového ozubeného kola jsou tedy nastaveny jižní póly zadního pólového zubového kola.

Stator složený z plechů má dvě vinutí (fáze). Každá fáze se skládá ze dvou sériově zapojených cívek, které vytvářejí protikladné statorové póly. Vnitřní dělení statoru je také ve tvaru zubů a je shodné s ozubeným dělením rotoru.

5.5.2. Princip činnosti

K vysvětlení principu je na obrázku znázorněn motor s devíti zubovým rotorem a dvou zubovým statorem. Rotor zaujme vždy polohu, ve které jeho zuby stojí proti protikladným



zubům statoru, a ve které je magnetický odpor pro magnetický tok nejmenší.

Při přepólování směru proudu ve vinutí E1 se změní polarita statorových nástavců (zubů).

Rotor na to reaguje pootočením o krokový úhel, např. o úhel 10° při uspořádání dle obr. b. Při dalším přepólování tentokrát cívky E2 dojde k dalšímu pootočení (viz obr. c). Každé další přepólování v pořadí E1, E2, E1 atd. způsobí vždy pootočení o 10° ve směru hodinových ručiček.

Je-li krokový motor napájen konstantním napětím, narůstá se zvětšujícím se kmitočtem jalová induktivní reaktance statoru. Tím klesá odebíraný proud a tím i točivý moment motoru. Pokud by měl při nárůstu kmitočtu točivý moment zůstat zachován, musel by být motor napájen řízeným zdrojem konstantního proudu.

5.5.3. Vlastnosti a použití

Při normálním zatěžovacím momentu se krokový motor vždy pootočí o krokový úhel, který odpovídá řídicímu impulzu. Může však dojít k tomu, že zatěžovací úhel (úhel skluzu rotoru) naroste do velikosti jednoho krokového úhlu. Protože se však tato chyba nepřipočítává znovu s každým krokem, nemůže být na konci série impulzů chyba větší, než je krokový úhel a jelikož krokový úhel těchto typů motorů je velice malý (v našem případě 10°) říkáme, že krokový motor pracuje s velkou přesností.

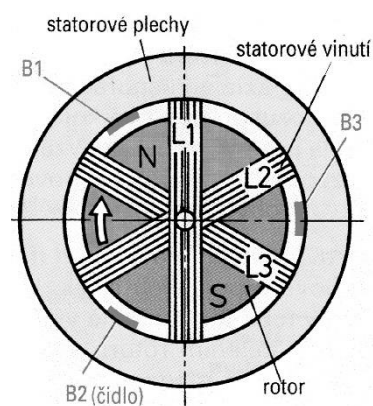
Při odpojení proudu do vinutí statoru vznikne díky působení magnetů rotoru a remanentního toku statoru pevné nastavení rotoru.

Pro jednoduchou konstrukci a velkou spolehlivost jsou tyto krokové motory používány pro řízené pohony, dálkové řízení, dálkopisy, pohony tiskáren, počítačů a v jiných oblastech řídicí a regulační techniky.

5.6. Elektronický motor

5.6.1. Konstrukční uspořádání

Statorové vinutí elektronického motoru se skládá nejméně ze tří vinutí (cívky L1 až L3) rovnoměrně rozmístěných po obvodu statoru, která jsou postupně buzena stejnosměrným proudem. V prostoru mezi cívkami jsou na vnitřním obvodu statoru umístěná magnetická čidla (magnetorezistory B1 až B3). Odpor magnetorezistoru narůstá úměrně indukci okolního magnetického pole. Kotva elektronického motoru je tvořena permanentním magnetem ve tvaru válce.

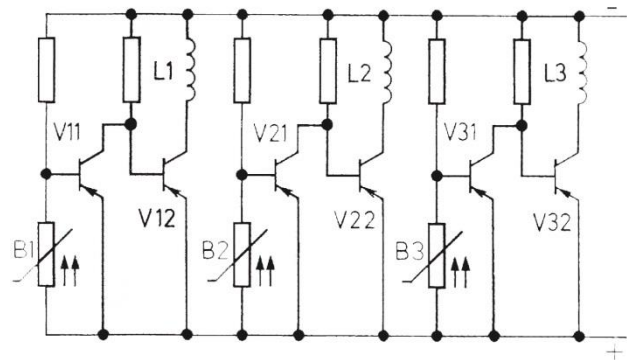


Existují také elektronické motory s vnějším rotorem. Statorové cívky jsou pak rozloženy kolem vnitřního statorového jádra tvořeného svazkem statorových plechů a vnější rotor je tvořen ocelovým prstencem opatřeným permanentními magnety, obklopujícím věnec budících vinutí.

5.6.2. Princip činnosti

Poloha rotoru působí na magnetická čidla a ty zapínají a vypínají tranzistorové obvody, které přivádějí proud do jednotlivých statorových vinutí L1, L2, L3. Postupným přepínáním se póly přemísťují po obvodu a vzniká tak točivé magnetické pole a rotor z permanentního magnetu se bude otáčet stejnými otáčkami jako toto pole. Buzení statorových cívek (přivádění proudu do cívek) elektronického motoru je tedy přímo řízeno magnetickým polem otáčejícího se rotoru.

Na obrázku schéma zapojení je patrný princip činnosti buzení cívek statoru. Například je-li kotva v poloze, při které je indukce velká u čidla B1, má tento magnetorezistor velký odpor a báze



tranzistoru V11 je záporná a V11 bude otevřený. Báze tranzistoru V12 proto bude kladná a V12 bude uzavřený cívka L1 tedy nebude buzena (nebude jí procházet proud). Naproti tomu cívkami L2, L3 proud poteče (magnetorezistory B2 a B3 mají malý odpor a tranzistory V22 a V32 jsou otevřeny) a kotva se natočí do odpovídající polohy. Tím se změní hodnoty odporů magnetorezistorů (B2 bude velký, B1 a B3 malý) a dojde k uzavření tranzistoru V22 a otevření V12 (V23 zůstal otevřen) a rotor se opět pootočí. Celý proces se opakuje i se třetím vinutím a pak zase dokola.

5.6.3. Použití

Elektronické motory jsou používány např. k pohonu bateriových magnetofonů a CD-přehrávačů.