

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Katedra elektrotechniky a elektromechanických systémů

Ing. Pavel Rydlo

KROKOVÉ MOTORY A JEJICH ŘÍZENÍ

Studijní texty

Liberec 2000

Úvod

Publikace je určena pro studenty Technické univerzity v Liberci jako studijní pomůcka pro předměty ve kterých je požadována základní znalost funkce krokových motorů a způsobů jejich řízení. Jedná se o tyto předměty: elektrotechnika (fakulta strojní a textilní), elektrické výkonové členy (fakulta mechatroniky), automatizované textilní stroje a technologie (fakulta textilní), laboratoře oborů (fakulta textilní), elektrické pohony (fakulta strojní a textilní). V první části publikace je uveden popis funkce jednotlivých typů krokových motorů a způsoby jejich řízení. Druhá část obsahuje příklad řízení činnosti krokového motoru pomocí řídicího systému od firmy Microcon.

1.0 Základní pojmy

Krokový motor (KM) je impulsně napájený motor, jehož funkční pohyb je nespojitý a děje se po jednotlivých úsecích (krocích). K řízení krokového motoru slouží ovladač krokového motoru.

Ovladač krokového motoru řídí funkční pohyb a režimy chodu krokového motoru. Řídí jej tak, že budí fáze vinutí krokového motoru v jisté časové posloupnosti. Ovladač musí splnit dva požadavky. Jednak musí zajistit výkonové buzení fází motoru a dále vytvořit předepsanou časovou posloupnost buzení fází motoru. Ovladač se skládá z výkonové části a komutátoru. Výkonová část je obvykle tvořena výkonovými spínacími prvky jejichž počet odpovídá počtu fází KM. Komutátor je elektronické zařízení, které na základě vstupních informací řídí spínání výkonových spínacích prvků tak, aby každému řídicímu impulsu odpovídalo natočení KM o jeden krok.

Krok je mechanická odezva rotoru krokového motoru na jeden řídicí impuls, při němž rotor vykoná pohyb z výchozí magnetické klidové polohy do nejbližší magnetické klidové polohy.

Velikost kroku α je úhel, daný konstrukcí a způsobem ovládání motoru, který odpovídá změně polohy rotoru po zpracování jednoho řídicího impulsu.

Magnetická klidová poloha je poloha, kterou zaujme rotor nabuzeného krokového motoru, jestliže je statický úhel zátěže roven nule.

Statický úhel zátěže β je úhel o který se vychýlí rotor nabuzeného krokového motoru z magnetické klidové polohy při dané zátěži na hřídeli krokového motoru.

Statický moment M_s je moment, který je v rovnováze s kroutícím momentem působícím na hřídel stojícího nabuzeného krokového motoru a vychylujícím rotorem z magnetické klidové polohy o statický úhel zátěže. Maximální statický moment je při vychýlení rotoru právě o velikost kroku α .

Statická charakteristika krokového motoru je závislost statického momentu M_s na statickém úhlu zátěže β . Statická charakteristika je uvedena na obr. 1.

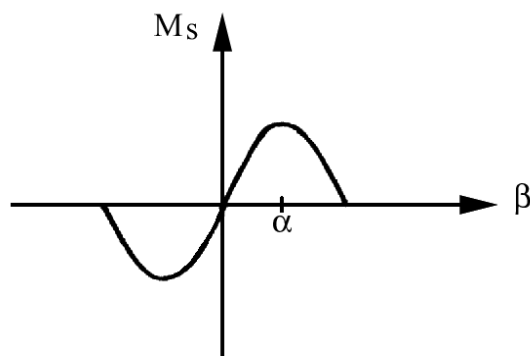
Otáčky rotoru jsou určeny kmitočtem kroků f_k tj. počtem kroků za sekundu, které vykoná rotor krokového motoru. Kmitočet kroků f_k je stejný jako řídicí kmitočet řídicího signálu f_s v případě, když se rotor otáčí bez ztráty kroku. Otáčky určíme pomocí následujícího vztahu:

$$n = \frac{60 \cdot f_k \cdot \alpha}{360}$$

kde: n je počet otáček za minutu

f_k je kmitočet kroků v Hz

α je velikost kroku ve stupních

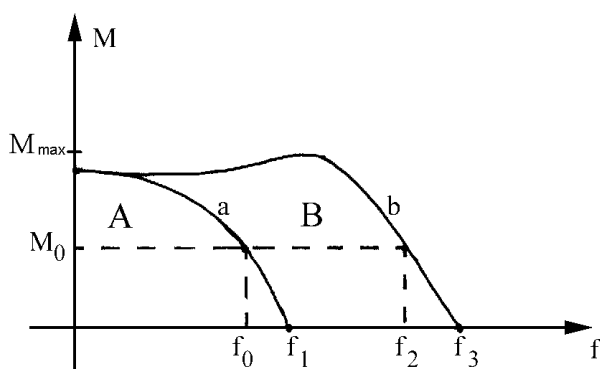


Obr.1 Statická charakteristika krokového motoru

Momentová charakteristika krokového motoru je závislost momentu M_z na kmitočtu kroků f_k nabuzeného krokového motoru, který se otáčí a je zatěžován. Křivka b je tzv. provozní charakteristika krokového motoru. Křivka a je tzv. rozběhová charakteristika motoru pro moment setrvačnosti zátěže J_z .

Pro momentové charakteristiky krokového motoru je charakteristické rozdělení na dvě oblasti. Oblast I označovaná start/stop nebo rozběhová zahrnuje stavy do kterých se může krokový motor dostat z klidu bez ztráty jediného kroku. Například při zatěžovacím momentu M_0 můžeme skokem přivést řídicí kmitočet f_0 . Řídicí kmitočet f_1 můžeme přivést pouze tehdy, když krokový motor pracuje naprázdno.

Oblast II je oblast řízeného zrychlování krokového motoru někdy označovaná jako oblast omezené říditelnosti. V této oblasti je nutno plynule (nikoli skokově) zvyšovat řídicí kmitočet aby nedocházelo ke ztrátě kroku. Pouze tímto složitějším způsobem řízení lze krokový motor optimálně využívat. Například při zatěžovacím momentu M_0 lze při plynulém zvyšování řídicího kmitočtu z hodnoty f_0 dosáhnout až hodnoty f_2 . Kmitočet f_3 je nejvyšší provozní, řídicí kmitočet, při kterém krokový motor bez zátěže je schopen se otáčet v jednom smyslu. Motor se na tento kmitočet může rozběhnout nebo z něj zastavit bez ztráty kroku. M_{max} je nejvyšší provozní moment, kterým může být krokový motor zatížen.



Obr. 2 Momentová charakteristika krokového motoru

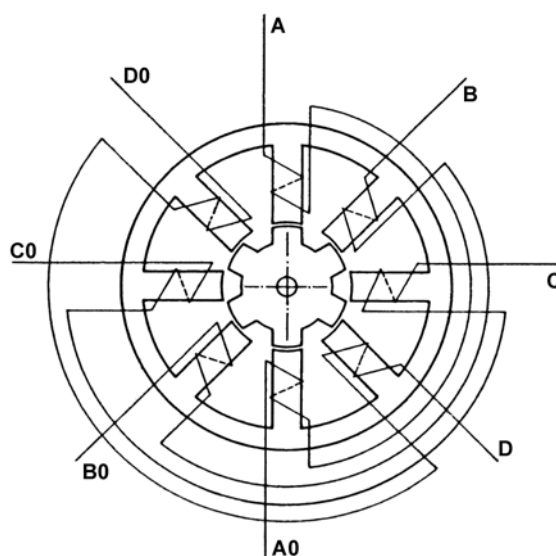
2.0 Popis funkce krokových motorů

Krokové motory podle konstrukčního uspořádání dělíme na dvě základní skupiny:

- a) krokové motory s pasivním rotorem, který je z feromagnetického materiálu. Tyto motory jsou někdy označovány jako reluktanční.
- b) krokové motory s aktivním rotorem, obsahuje-li rotor permanentní magnet

2.1 Krokový motor s pasivním rotorem

Rotor tohoto motoru tvoří v tomto případě pouze svazek plechů nalisovaný na hřídel (rotor je bez vinutí). Stator tvoří určitý počet pólů s navinutými cívkami. Na obr. 3 je uveden zjednodušený řez magnetickým obvodem čtyřfázového krokového motoru s pasivním rotorem. Na statoru je 8 pólů na kterých jsou navinuty cívky. Dvojice cívek navinutých na protilehlých pólech jsou spojeny a tvoří vždy jednu fázi krokového motoru. Tento krokový motor obsahuje celkem 4 fáze označené A,B,C,D. Rotor, tvořený svazkem plechů na hřídeli má na svém povrchu 6 pólů a je bez vinutí. Fáze vinutí KM jsou připojeny na příslušné výstupy A,B,C,D ovladače (viz obr. 3). Elektronický komutátor řídí buzení jednotlivých fází v určitém pořadí (podle zadaného způsobu řízení). V případě, že je fáze buzena, protéká jí budící stejnosměrný proud. Stav kdy fáze není buzena, neprotéká fází žádný proud.



Obr. 3 Magnetický obvod čtyřfázového krokového motoru s pasivním rotorem

Volba způsobu řízení KM ovlivňuje výrazně vlastnosti pohonu s KM. V praxi se používají následující způsoby buzení jednotlivých fází KM:

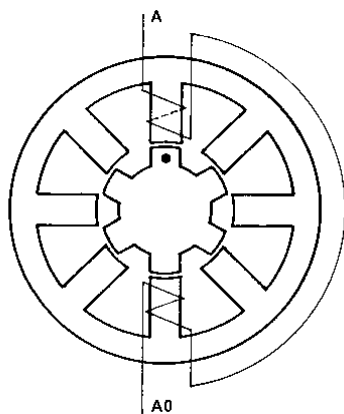
a) Čtyřtaktní způsob ovládání KM po jedné fázi

Na obr. 4 je znázorněna situace, která odpovídá první kombinaci sepnutí fází (1,0,0,0) což odpovídá stavu kdy fází A teče proud a fázemi B,C,D proud neteče. Rotor se natočí tak, aby zaujal stav kdy je minimální magnetický odpor (Minimální reluktance magnetického obvodu). Proti statorovým pólům, které jsou buzeny (pod fází A), se nastaví nejbližší póly rotoru do souhlasné polohy. Říkáme, že rotor je v magnetické klidové poloze. V této poloze je moment působící na rotor nulový. Sousední póly statoru se nekryjí s póly rotoru postupně o $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$

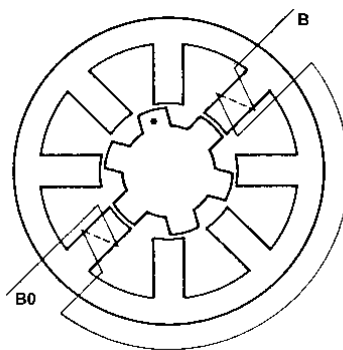
rotorové zubové rozteče. Pod protilehlým statorovým pólem (také buzeným) se rotorový zub kryje se statorovým.

Jestliže na vstup komutátoru přivedeme řídicí impuls, dojde ke změně kombinace sepnutí fází (0,1,0,0) tj. bude buzena pouze fáze B. Rotor se pootočí o $\frac{1}{4}$ zubové rozteče a zaujme novou magnetickou klidovou polohu, která opět odpovídá minimálnímu magnetickému odporu (viz obr. 5). Pro další kombinaci sepnutí fází (0,0,1,0) bude buzena pouze fáze C a rotor se opět pootočí o $\frac{1}{4}$ zubové rozteče (tj. o jeden krok) do nové magnetické klidové polohy. (viz obr. 6). Dalším řídicím impulsem dojde ke změně fází na (0,0,0,1) a k dalšímu pootočení rotoru o jedn krok (viz obr. 7). Následujícím řídicím impulsem se nastaví kombinace buzení fází (1,0,0,0), která odpovídá výchozí situaci a celý děj se cyklicky opakuje.

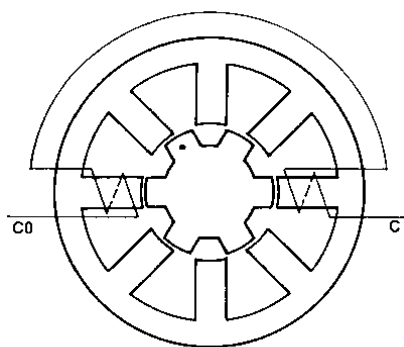
Pohyb uvažovaného krokového motoru je vždy o $\frac{1}{4}$ rotorové zubové rozteče. Jestliže je rotorová zubová rozteč 60° , potom je velikost kroku 15° . Časový průběh buzení fází čtyřfázového KM v závislosti na řídicím signálu je uveden na obr. 8a. Při tomto buzení je v každé periodě řídicího signálu magnetické pole buzeno jedno ze čtyř fází vinutí.



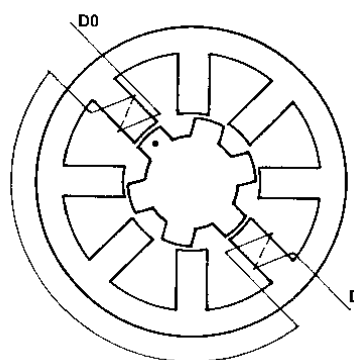
Obr.4 Buzena je fáze „A“



Obr.5 Buzena je fáze „B“



Obr.6 Buzena je fáze „C“



Obr.7 Buzena je fáze „D“

b) Čtyřtaktní způsob ovládání KM po dvou fázích

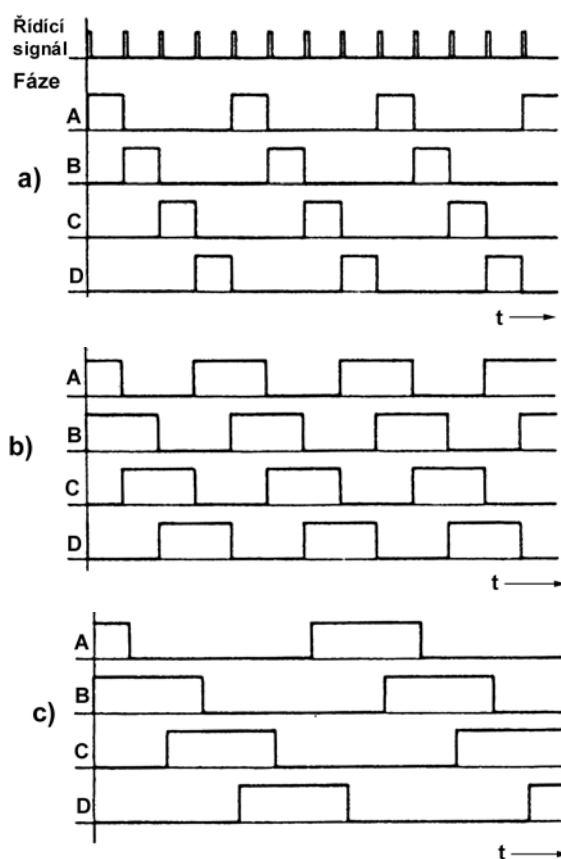
Na obr. 8b je znázorněn časový průběh buzení čtyřfázového KM, kdy v každé periodě řídicího signálu jsou buzeny současně dvě (sousední) fáze. Vystřídají se opět čtyři kombinace

sepnutí fází: (1,1,0,0),(0,1,1,0),(0,0,1,1), (1,0,0,1). Tímto způsobem řízení se dosáhne stejná velikost kroku jako v předchozím případě (tj 15°). Ustálená poloha magnetického pole statoru je vždy v geometrické ose mezi sousedními statorovými zuby. Statický vazební moment je v tomto případě asi 1,9x vyšší než v případě jednofázového buzení. Oběma způsobům říkáme čtyřtaktní, protože se v nich cyklicky střídají 4 různé kombinace sepnutí fází.

c) Osmitaktní způsob spínání fází krokového motoru

Sloučením dvou uvedených čtyřtaktních způsobů řízení vznikne osmitaktní způsob řízení a to tak, že mezi kombinace jednofázové vložíme kombinace dvoufázové. Časový průběh osmitaktního řízení je znázorněn na obr. 8c. Cyklicky se střídá 8 kombinací sepnutí fází KM. Tímto způsobem řízení je možno dosáhnout u téhož KM polovičního kroku. Pro uvažovaný čtyřfázový KM je úhel kroku $7,5^\circ$. Protože se střídá sepnutí jedné a dvou fází KM bude provozní moment motoru menší než v případě čtyřtaktního řízení po dvou fázích.

U těchto krokových motorů je typická velikost kroku (1 až 5°) a malý provozní moment (< 1 Nm). Nejvyšší rozběhový kmitočet je nízký (desítky až stovky Hz). Výhodou těchto krokových motorů je jednoduchá konstrukce a tudíž nízká cena.



Obr. 8 Časový průběh buzení čtyřfázového KM s pasivním rotorem

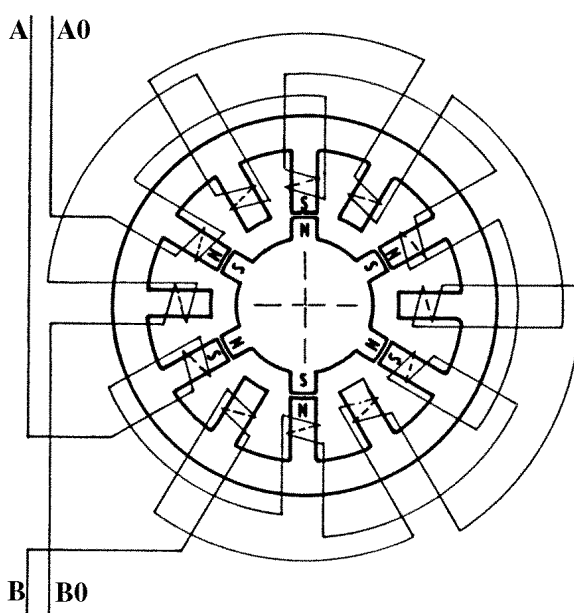
2.2 Krokové motory s aktivním rotorem

U těchto KM rotor obsahuje permanentní magnet. Podle uspořádání pólů magnetu rozlišujeme dvě skupiny krokových motorů s aktivním rotorem:

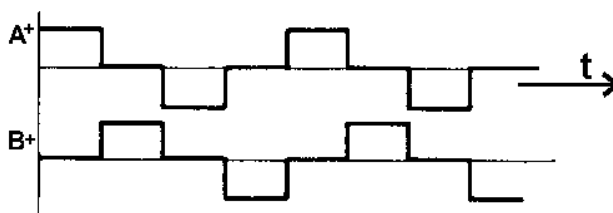
- s radiálně polarizovaným permanentním magnetem
- s axiálně polarizovaným permanentním magnetem, někdy označované jako hybridní

a) KM s radiálně polarizovaným permanentním magnetem

U tohoto KM je rotorová část magnetického obvodu tvořena permanentním magnetem. Na obvodu rotoru se střídají severní a jižní póly a jejich počet je poloviční než počet pólů statoru. Počet pólů statoru je dále dělitelný čtyřmi. Statorové vinutí je navinuto dvoufázově a při spínání fází je nutno měnit směr proudu ve vinutích. Znázornění magnetického obvodu je uvedeno na obr. 9. Jestliže fáze KM budou napájeny impulsy podle obr. 10 dojde k pootočení rotoru po krocích. Tyto KM mají složitější magnetický obvod a jsou tudíž dražší. Provozní moment je pouze jednotky Nm. Velikost kroku je velká ($>15^\circ$). Časová konstanta vinutí je u těchto KM malá protože v magnetickém obvodu je zařazen permanentní magnet. Z toho vyplývá, že je možno dosáhnout vyšších provozních kmitočtů než u motorů s pasivním rotorem (jednotky až desítky kHz).



Obr. 9 Magnetický obvod dvoufázového KM s radiálně polarizovaným magnetem

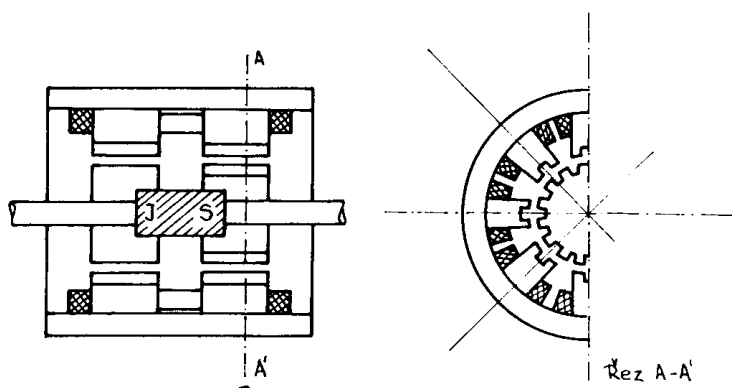


Obr. 10 Průběh budícího proudu ve fázích KM s radiálně polarizovaným magnetem

b) KM s axiálně polarizovaným permanentním magnetem.

Na obr. 11. je uveden řez KM s axiálně polarizovaným magnetem v rotoru. Rotor motoru je tvořen hřídelí z nemagnetického materiálu na které jsou nalisovány dva pólové nástavce

složené z plechů. Mezi pólovými nástavci je uložen permanentní magnet axiálně polarizovaný. Magnet je uložen tak, aby každý pólový nástavec má jinou magnetickou polaritu. Rotorové pólové nástavce mají po obvodu zuby jejichž počet určuje velikost kroku (Například pro počet rotorových zubů 50 vychází velikost kroku $1,8^\circ$). Rotorové pólové nástavce jsou proti sobě v osové směru natočeny o polovinu rotorové zubové rozteče (proti zubům jednoho nástavce leží drážky nástavce druhého). Na statoru je 8 pólů na kterých je dvoufázové čtyřpólové vinutí a které jsou opatřeny drážkováním. Počty zubů statoru a rotoru nejsou stejné a obvykle se volí počet rotorových zubů větší. Fáze vinutí jsou v rytmu řídicích impulsů buzeny v předepsaném pořadí a to podle zadaného způsobu řízení. Vzniká točivé statorové magnetické pole. Rotor sleduje toto magnetické pole tak, že se vždy nejbližší zuby rotoru nastaví do magneticky klidové polohy.

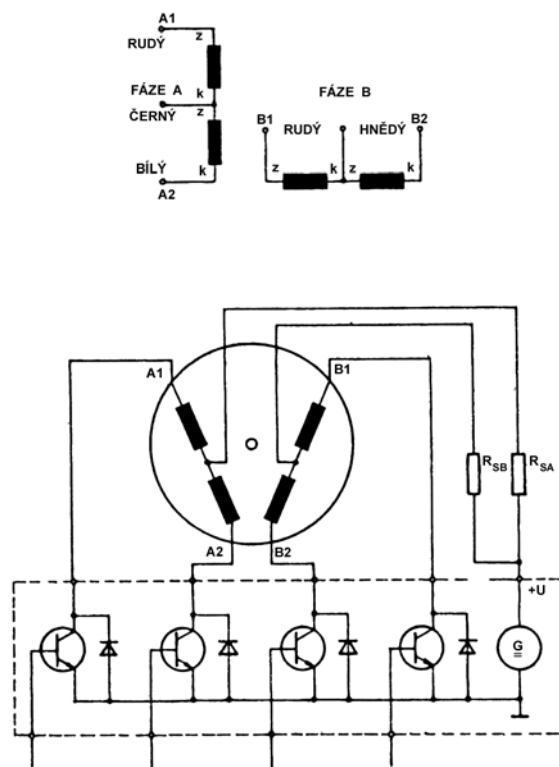


Obr.11. Konstrukční uspořádání KM s axiálně polarizovaným magnetem

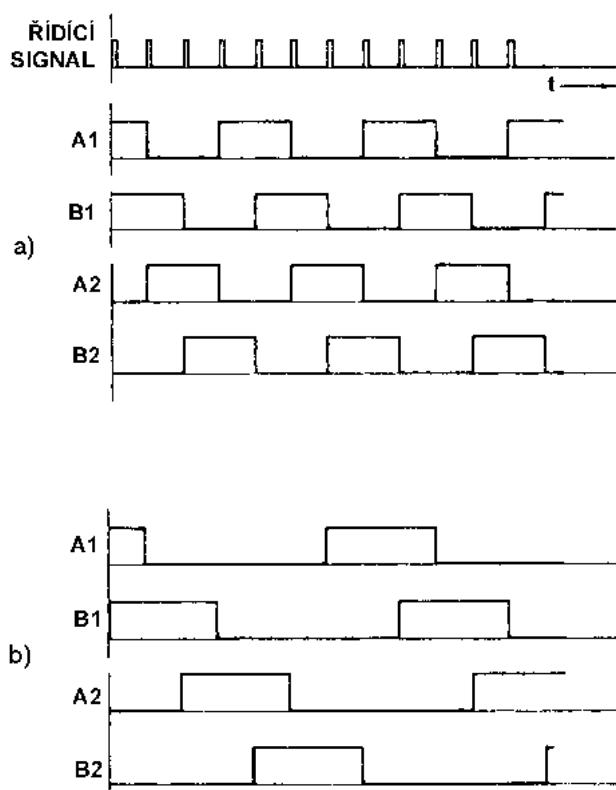
Buzení KM s axiálně polarizovaným magnetem musí být dvoufázové a výkonové prvky musí umožnit, aby směr magnetického toku v jednotlivých pólech statoru bylo možno měnit. Musí být zajištěna možnost měnit směr budícího proudu v jednotlivých vinutích. To lze realizovat dvěma způsoby:

- 1) Pokud KM obsahuje bifilární vinutí je možno použít pro buzení klasické spínací prvky.
- 2) Pokud KM obsahuje pouze dvoufázové vinutí je nutno použít složitější buzení například pomocí můstkového zapojení.

Schema zapojení buzení dvoufázového KM s bifilárním vinutím je uvedeno na obr. 12. Na obr.13a jsou uvedeny časové průběhy sepnutí fází krokového motoru s bifilárním vinutím na základě čtyřtaktního řízení. Na obr.13b jsou uvedeny časové průběhy sepnutí fází krokového motoru s bifilárním vinutím na základě osmitaktního řízení. Tyto krokové motory se někdy označují jako hybridní.

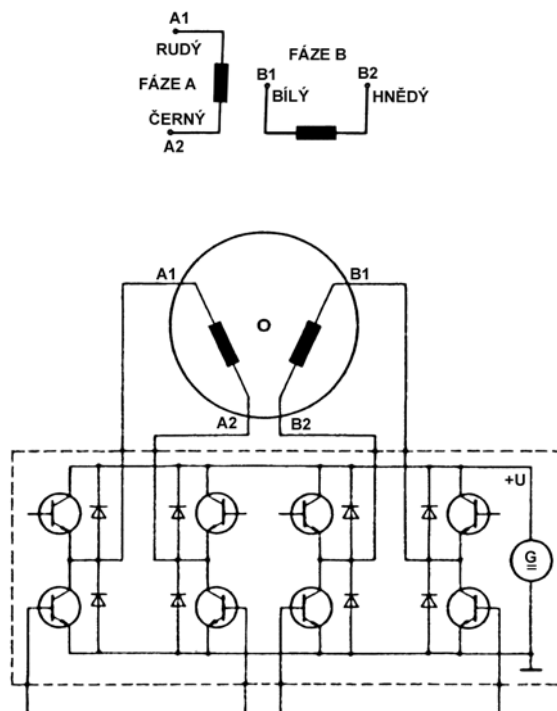


Obr. 12 Schema zapojení dvoufázového hybridního KM s bifilárním vinutím

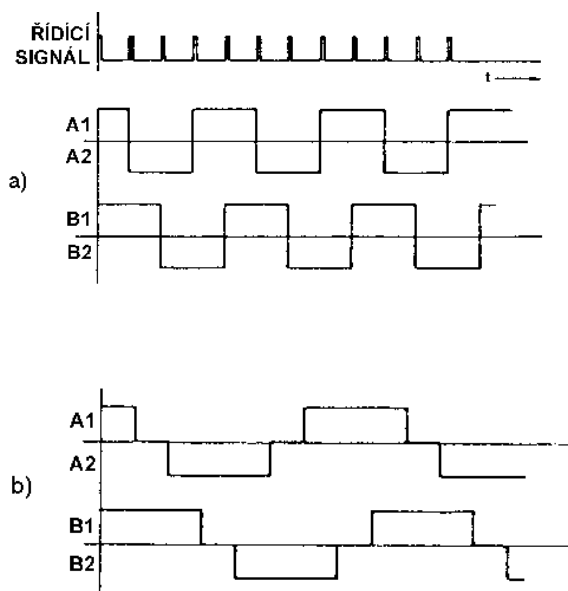


Obr. 13 Časový průběh sepnutí fází dvoufázového hybridního KM s bifilárním vinutím

Na obr.14 je uvedeno zapojení KM s klasickým dvoufázovým vinutím. Tento motor je nutno napájet z výkonových prvků zapojených do můstku. Na obr.15a jsou uvedeny časové průběhy sepnutí fází krokového motoru s dvoufázovým vinutím na základě čtyřtaktního řízení.



Obr.14 Zapojení dvoufázového hybridního KM s klasickým dvoufázovým vinutím



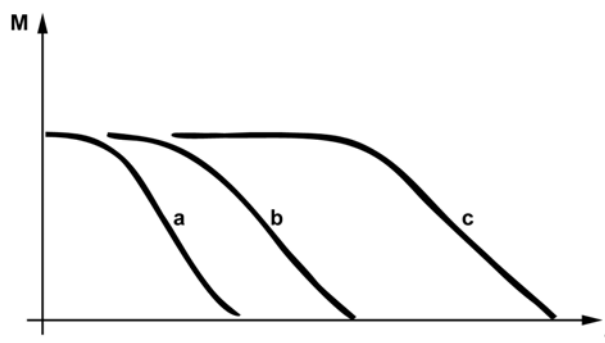
Obr. 15 Časový průběh spínání fází hybridního KM s klasickým dvoufázovým vinutím

Na obr.15b jsou uvedeny časové průběhy spínání fází krokového motoru s dvoufázovým vinutím na základě osmitaktního řízení. KM s axiálně polarizovaným permanentním

magnetem tvoří nejpoužívanější typ motoru. Typická velikost kroku je $0,36^\circ$ až 5° . Provozní moment je jednotky až desítky Nm. Provozní kmitočet je jednotky až desítky kHz.

3.0 Výkonové buzení KM

Vliv na vlastnosti pohonu s krokovým motorem má do značné míry kvalita budících výkonových obvodů. Základní funkcí budících obvodů je konverze vstupních napěťových impulsů odpovídajících jednotlivým krokům na vhodný průběh proudu v jednotlivých fázích vinutí KM. Vinutí KM představuje indukčnost L s činným odporem R zapojeným do série. Při zapnutí a vypnutí proudu do fáze KM proběhne přechodový děj, jehož doba je určena časovou konstantou $\tau = L/R$. Při nízkých kmitočtech krokování bude doba přechodového děje zanedbatelná vzhledem k době ustáleného stavu ve vinutí, kdy vinutím teče jmenovitý (stejnosměrný) proud. S rostoucím kmitočtem se doba přechodového děje bude stále více uplatňovat. Od určitého kmitočtu bude tvar proudového impulsu při sepnutí fáze určen pouze přechodovým dějem a střední hodnota proudu ve vinutí s kmitočtem bude klesat. Důsledek je pokles momentu krokového motoru (viz obr. 16).



Obr. 16 Průběh momentové charakteristiky v závislosti na typu buzení

Chceme-li zvýšit pásmo provozních kmitočtů musíme použít vhodný typ budícího obvodu. Základní funkcí budících obvodů je konverze vstupních řídicích impulsů jednotlivých kroků do vhodných tvarů proudů v jednotlivých fázových vinutích. V praxi se používají tři typy budičů:

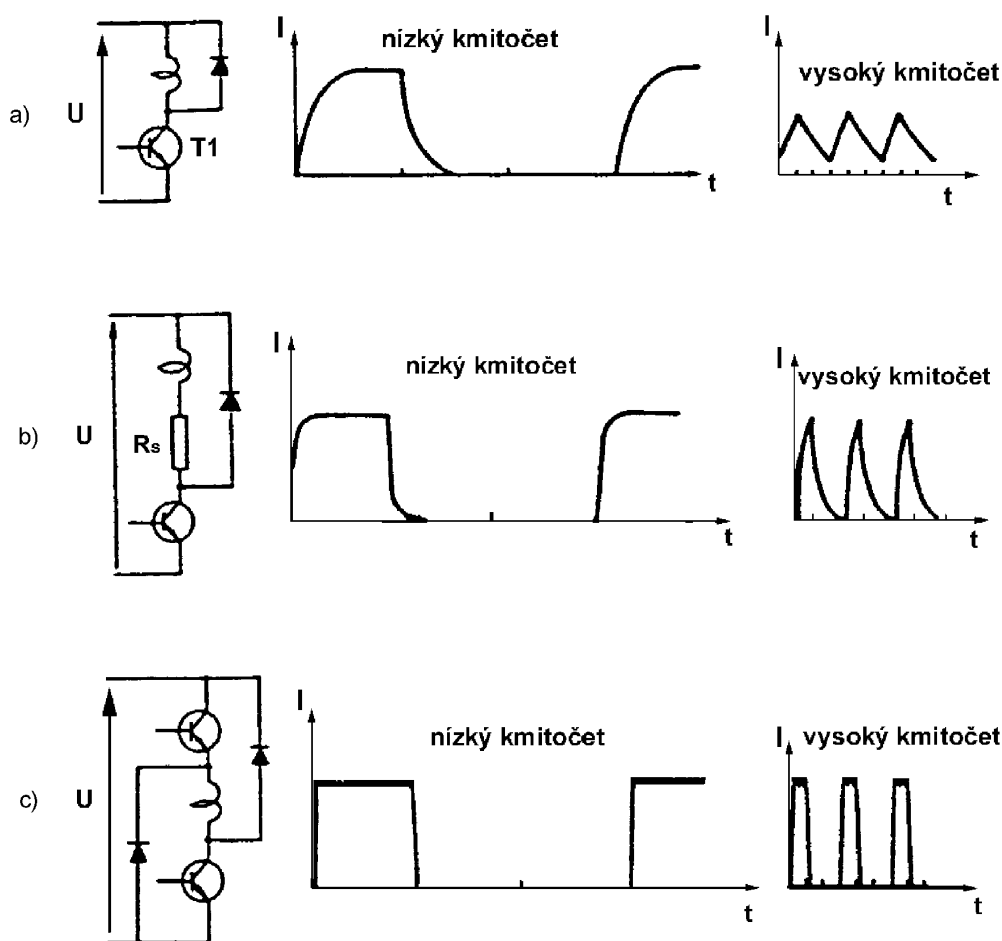
1) **Buzení z napěťového zdroje** je nejjednodušší způsob a je uveden na obr. 17a. Při tomto buzení časová konstanta přechodového děje bude nepříznivě ovlivňovat chování KM v oblasti středních a vysokých krokovacích frekvencích, kdy velikost časové konstanty je porovnatelná s periodou kroku. Při tomto buzení je provozní momentová charakteristika podle křivky a na obr. 16.

2) **Buzení z napěťového zdroje s vyšším napětím.** Při tomto buzení je nutno zařadit do série s indukčností jistý odpor R_s abychom zajistili jmenovitý proud fází. Zapojení je uvedeno na obr.17b. Zařazením tohoto odporu se sníží časová konstanta přechodového děje podle vztahu

$$\tau = \frac{L}{R + R_s} \quad \text{což má za následek zvýšení pásma provozních kmitočtů. Tento způsob buzení má}$$

však nevýhodu ve větší energetické náročnosti (dosahuje se malá účinnost KM). Momentová charakteristika má tvar podle křivky b na obr. 16.

3) **Buzení z pulzního proudového zdroje.** Jestliže místo zdroje konstantního napětí použijeme zdroje konstantního proudu nemusíme používat seriový odpor čímž nedochází k poklesu účinnosti KM. Zapojení je uvedeno na obr.17c. Další výhodou proudového zdroje výrazné snížení časové konstanty τ . Proudový zdroj uvedený na obr. 16c a je realizován pomocí dvouhladinového výkonového spínacího prvku. Tento budič je vhodný pro buzení KM kdy požadujeme vysoké provozní kmitočty krokování. Pro realizaci tohoto druhu buzení KM je k dispozici řada integrovaných obvodů. Momentová charakteristika má tvar podle křivky c na obr.16.

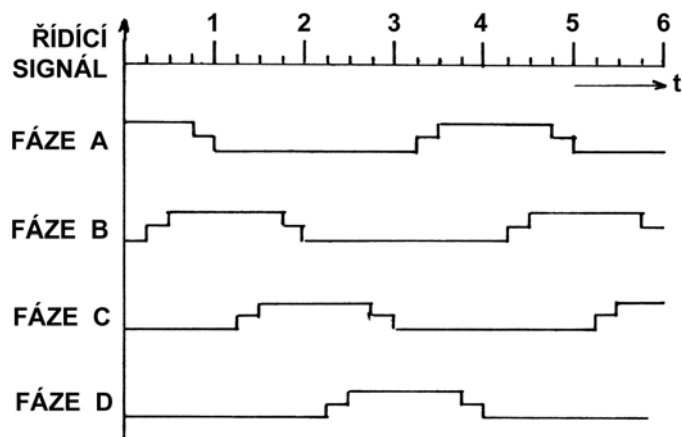


Obr.17 Budící obvody krokových motorů

4.0 Mikrokrokování

Při některých aplikacích je požadováno velice jemné krokování. Úhel kroku je dán konstrukcí krokového motoru a bývá v rozmezí 0,36 až 15 stupňů. Další zmenšení kroku umožňuje metoda nazývaná „mikrokrokování“ při které je možno každý krok rozdělit na určitý počet mikrokroků stejné délky. V praxi je možno krok rozdělit do maximálního počtu 64 až 128 mikrokroků. Při klasickém buzení krokového motoru teče jednotlivými fázemi proud vždy stejné velikosti. Vhodnou volbou velikostí proudů v jednotlivých fázích můžeme

dosáhnout libovolné rovnovážné polohy mikrokroku mezi dvěma sousedními normálními kroky. Na obr. 18 je znázorněn průběh budících proudů při čtyřtaktním způsobu ovládání po jedné fázi umožňující dosáhnout 4 mikrokroků na jeden normální krok. Pro buzení je nutno použít dvouhladinový napájecí zdroj a zajistit potřebné řídicí impulsy pro řízení tohoto zdroje. V případě většího počtu mikrokroků rostou požadavky na napájecí a spínací obvody. V současné době se vyrábějí speciální integrované obvody určené k buzení krokových motorů, které zajišťují i mikrokrokování až do 128 mikrokroků.



Obr. 18 Průběh proudů fázemi KM při čtyřfázovém způsobu ovládání po jedné fázi při mikrokrokování

5.0 Elektronický komutátor

Výkonové spínací prvky jsou ovládány z **elektronického komutátoru** jehož úkolem je vytvořit několik posloupností periodicky se opakujících napěťových signálů a to podle počtu fází KM. Na vstup komutátoru je přiváděn řídicí kmitočet a několik ovládacích logických signálů, které určují pracovní režim komutátoru (umožňují například reverzaci, synchronní chod několika motorů, krokování atd.). Komutátor na základě vstupních informací řídí spínání výkonových spínacích prvků tak, aby každému řídicímu impulsu odpovídalo natočení KM o jeden krok

V současné době je dostupná celá řada integrovaných obvodů určených pro ovládání KM od jednoduchých, které umožňují pouze spínání proudu, přes regulátory proudu až po složité programovatelné kontrolery (řadiče). Typickým představitelem programovatelného kontroleru je obvod **M1486 fy MICROCON**. Tento kontroler integruje v jednom obvodu plně programovatelné řízení KM včetně univerzálních řídicích funkcí (I/O) a umožňuje tak realizovat kompletní řízení pohonu s KM. K dispozici je široká nabídka 50 povelů, aby bylo možno realizovat požadavky kladené na řízení KM pro různé aplikace a to souborem povelů, který je zaveden do paměti kontroleru. Zavedení povelového souboru je možno z PC počítače pomocí sériové linky RS232. Vnitřní paměť kontroleru umožňuje, aby předprogramované povelové sekvence byly prováděny samostatně i při odpojení počítače. Všechny povely kontroleru M1486 jsou ASCII znaky. Realizace požadavku aplikace povelovým souborem je oproti hardwarovému řešení jednodušší, rychlejší a umožňuje snadné přizpůsobení v případě změny požadavků, což je v průběhu vývoje běžné.

Kontroler M1486 umožňuje dělení kroku (mikrokrokování), které výrazně omezuje oscilace jednotlivých kroků a rezonance při nízkých kmitočtech. Počet mikrokroků na normální krok může být nastaven od 1 do 64. Dále umožňuje dosáhnout délku dráhy až 16 milionů mikrokroků a rychlost až do 40 000 kroků/sec. Kontroler obsahuje 21 univerzálních vstupů a výstupů, které je možno používat pro monitorování, nebo ovládání kontroleru. Kontroler dále umožňuje optimalizaci využití momentu motoru. Propojení kontroleru s výkonovým zesilovačem, napájející krokový motor je možný dvěma způsoby. Pomocí signálů „pulsy a směr“, nebo pomocí výstupů ze dvou D/A převodníků.

5.0 Programování kontroleru M1486

Pro vytváření uživatelských programů pro kontroler M1486 je určen Program „**Inmotion PC utilities**“. Tento program pracuje na PC počítači a umožňuje vytváření a editování uživatelského programu (povelového souboru) zajišťujícího definovaný pohyb KM. Uživatelský program sestává z posloupnosti povelů jejichž přehled je uveden v tab.1. Program „Inmotion PC utilities“ dále umožňuje zavedení uživatelského programu do kontroleru a to pomocí sériového rozhraní RS 232.

Tab.1 Přehled povelů kontroleru M1486

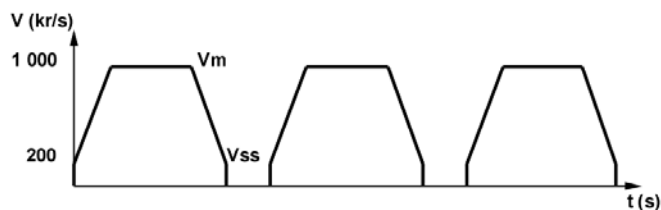
\	"Reset" uvedení kontroléru do výchozího stavu
@ (Num)	"Address" zadane číslo návěští se přiřadí této programové řádce
A (Num)	"Acceleration" zrychlení, rozsah = 1-65 000 kroků/s ²
B (Num)	"Backward" zpět, zadání dráhy v negativním směru (počet mikrokroků)
C (Num 1 to 21)	"Clear" nastavení zadaného výstupu do hodnoty logická nula
C (Num 40 to 63)	"Clear" potlačení zadané přídavné funkce
C75	"Clear Kill" obnovení vykonávání programu
C (Num 80 to 87)	"Clear" nastavení zadaného uživatelského příznaku na hodnotu OFF C100 "Clear" vynulování čítače absolutní polohy
D	"Direction" směr, změna směru příštího pohybu
E	"End of loop" konec smyčky
F (Num)	"Forward" dopředu, zadání dráhy v pozitivním směru (počet mikrokroků)
G (Num)	"Go absolute" dráha zadána absolutní polohou
G+	"Go positive" trvalý pohyb v pozitivním směru až do externího přerušení
G-	"Go negative" trvalý pohyb v negativním směru až do externího přerušení
H	"Home" vykonaj pohyb do výchozí polohy
I(Num)(Value)(Num)	"If" skok na zadané návěští, jestliže zadaný vstup odpovídá zadané hodnotě ("H" High - logická jedna, "L" Low - logická nula)
J (Num)	"Jump" skok na zadané návěští
K	"Kill" okamžitý přechod do brzděného režimu, přerušení provádění povelového souboru
L (Num)	"Loop" smyčka, opakuj provádění následujících instrukcí
M (Num)	"Microstepping" počet mikrokroků na celokrok v dolním pásmu rychlostí
N (Num)	"Number" výběr tvaru průběhu proudu při mikrokrokování
O (Num)	"One" čekej dokud zadaný vstup nebude mít hodnotu logická jedna
P (Num)	"Profile" nastavení rychlosti, při které se lineární rozběhová charakteristika mění na parabolickou
Q (Num)	"Qualification" počet mikrokroků na celokrok v horním pásmu rychlosti
R	"Run" vykonaj pohyb s aktuálními hodnotami parametrů
S (Num)	"Start/stop" rychlost start/stop; rozsah = 16 až 1950 kroků/s
T (Num 1 to 21)	"Turn on" nastavení zadaného výstupu do hodnoty logická jedna
T (Num 40 to 63)	"Turn on" zapnutí zadané přídavné funkce
T (Num 80 to 87)	"Turn on" nastavení zadaného uživatelského příznaku na hodnotu ON
U (Num)	"Upload" vyšli hodnotu čítače absolutní polohy, interní proměnné, uživatelských příznaků či přídavných funkcí
V (Num)	"Velocity" zadání maximální rychlosti

W (Num)	"Wait" čekej zadaný počet milisekund; rozsah = 1 až 16 000 000
X (Num)	"index" volba kontroléru
Z (Num)	"Zero" čekej dokud zadaný vstup nebude mít hodnotu logická nula
[	"Disable" odklad provedení následujících povelů
]	"Enable" provedení předchozích povelů
((Num)	"Seek negative" jdi na limit v negativním směru
) (Num)	"Seek positive" jdi na limit v pozitivním směru
= (Num)	"Equal" přiřazení zadané hodnoty čítači absolutní polohy
—	"Shutdown" snížení proudové spotřeby na 5 μ A, zapsané povely zachovány v paměti
: (Num)	Ulož zadanou hodnotu do interní proměnné
? (Num)	Načti data na specifikovaných vstupech a ulož do interní proměnné
! (Num)	Zapiš hodnotu interní proměnné na specifikované výstupy
+ (Num)	Přičti zadanou hodnotu k interní proměnné
- (Num)	Odečti zadanou hodnotu od interní proměnné
/ (Num)	Dělení interní proměnné zadanou hodnotou
* (Num)	Násobení interní proměnné zadanou hodnotou
> (Num)	Přesun dat z interní proměnné do zadaného registru
< (Num)	Přesun dat ze zadaného registru do interní proměnné
' (Num)	Skok na podprogram začínající na zadaném návěští
.	Konec podprogramu

Dále je uveden výpis uživatelského programu (povelový soubor), který zajišťuje definovaný průběh rychlosti otáčení krokového motoru a to podle obr.17.

Příklad uživatelského programu:

S200	;"Start/stop" počáteční rychlost 200 kroků/s
V1000	;"Velocity" maximální rychlost 1000 kroků/s
A5000	;"Acceleration" zrychlení 5000 kroků/s ²
L3	;"Loop" následující povely budou provedeny třikrát
F3000000	;"Forward" zadaná dráha 3 000 000 mikrokroků (směr dopředu)
R	;"Run" vykonej pohyb
W1000	;"Wait" čekej 1 sec
E	;"End of loop" konec smyčky



Obr.17 Průběh rychlosti otáčení KM podle uvedeného programu