

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Pohon strojku na modelářskou hmotu**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2012/2013

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel KRATOCHVÍL**  
Osobní číslo: **E11B0129P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**  
Název tématu: **Pohon strojku na modelářskou hmotu**  
Zadávající katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Specifikujte hlediska a požadavky na elektrický pohon strojku na modelářskou hmotu (funkce, bezpečnost, parametry,...).
2. Navrhněte elektrický pohon strojku (typ stroje, typ převodovky,...)
3. Navrhněte schéma zapojení.
4. Shrňte dosažené výsledky (výhody, nevýhody řešení,...)



Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího  
Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

1. internet
2. strojnické tabulky

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Bohumil Skala, Ph.D.**  
Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2012**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **7. června 2013**

  
Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



  
Doc. Ing. Vlastimil Škočil, CSc.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá řešením elektrického pohonu malého strojku na zpracování polymerové modelářské hmoty, určeného k sériové výrobě. V úvodní části je upřesněn pojem polymerová modelářská hmota a také specifikovány požadavky na pohon strojku a strojek samotný. Pro účely řešení bakalářské práce bylo provedeno měření na stejnosměrném motoru s permanentními magnety. Dále bylo navrženo schéma zapojení regulátoru otáček pro stejnosměrné motory a vytvořeny výkresy pro jeho výrobu. Jako řešení je doporučen stejnosměrný motor s permanentními magnety a převodovkou s nízkými otáčkami. Navrhované typy vhodných motorů pro pohon strojku jsou vyráběny výrobcem z Tchaj-wanu, který poskytl cenovou nabídku na základě zaslané poptávky. Výhodou řešení je dodržení rozpočtu v případě sériové výroby a dostatečného odběru motorů od výrobce. Nevýhodou je podmínka odběru velkého množství motorů od výrobce, kde není garantována záruka kvality dodaného zboží, a mohly by vzniknout potíže s případnou reklamací. Těmto nevýhodám by bylo možno předejít do jisté míry podrobně sepsanou obchodní smlouvou.

## **Klíčová slova**

Stejnoseměrný motor s permanentními magnety a převodovkou, regulátor otáček stejnosměrného motoru, schéma zapojení regulátoru, výběr elektrického pohonu, modelářský strojek na zpracování polymerové hmoty, permanentní magnety, magnetismus.

## **Abstract**

The bachelor thesis deals with the solution of the electric drive small gadget for processing polymer modeling materials, intended for mass production. In the first part, the term polymer modeler material and the requirements for gadget drive and the gadget itself are specified. For the purpose of solving the bachelor thesis measurements on a DC motor with permanent magnets was carried out. Further the schematic diagram of the speed regulator for DC motors was proposed and drawings for its production were created. As a solution, DC permanent magnet motor with low speed gearbox is recommended. Proposed types of suitable motors for drive gadget are made by the manufacturer from Taiwan, who provided a quote based on the sent request. The advantage of the proposed solution is keeping the budget in the case of serial production and adequate sampling of the engines from the manufacturer. The disadvantage is the requirement of a large sampling of the engines from the manufacturer, who is not able to guarantee the quality of delivered goods. This could cause problems with possible complaint. Detailed written commercial contract could avoid these disadvantages.

## **Key words**

DC permanent magnet motor and gearbox, DC motor speed controller, circuit diagram of the controller, selection of of electric drive, modellers gadget for the processing of polymeric materials, permanent magnets, magnetism.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software použitý při řešení této bakalářské práce je legální.

.....  
podpis

V Plzni dne 13.6.2014

Pavel Kratochvíl

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce, doc. Ing. Bohumilovi Skalovi, Ph.D, za vstřícnost a cenné rady při tvorbě bakalářské práce.

# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>8</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>9</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>1 POŽADAVKY NA POHON STROJKU</b> .....	<b>12</b>
1.1 STROJEK NA MODELÁŘSKOU HMOTU .....	12
1.2 MODELÁŘSKÁ HMOTA .....	13
1.3 POŽADAVKY ZADAVATELE .....	13
<b>2 STEJNOSMĚRNÝ MOTOR</b> .....	<b>15</b>
2.1 HISTORIE ELEKTROMOTORŮ .....	15
2.2 PRINCIP FUNKCE STEJNOSMĚRNÉHO MOTORU .....	17
2.3 TYPY STEJNOSMĚRNÝCH MOTORŮ .....	20
2.3.1 Motory s cizím buzením.....	20
2.3.2 Motory s derivačním buzením .....	21
2.3.3 Motory se sériovým buzením.....	21
2.3.4 Kompaudní motory.....	22
2.4 MAGNETISMUS .....	23
2.4.1 Vliv teploty.....	24
2.4.2 Permanentní magnetismus .....	24
2.5 MOTORY S PERMANENTNÍMI MAGNETY .....	26
<b>3 REGULACE</b> .....	<b>28</b>
3.1 REGULACE STEJNOSMĚRNÉHO MOTORU S PM .....	29
3.2 REGULÁTOR OTÁČEK .....	30
<b>4 MĚŘENÍ</b> .....	<b>33</b>
4.1 MĚŘENÍ OTÁČEK STEJNOSMĚRNÉHO MOTORU S PM .....	33
4.1.1 Zadání úlohy .....	33
4.1.2 Postup měření .....	33
4.1.3 Schéma zapojení.....	33
4.1.4 Použité přístroje.....	34
4.1.5 Naměřené a vypočtené hodnoty .....	34
4.1.6 Grafy .....	35
4.1.7 Závěr z měření.....	36
4.2 MĚŘENÍ ODPORU VINUTÍ OHMOVOU METODOU .....	37
4.2.1 Zadání úlohy .....	37
4.2.2 Postup měření .....	37
4.2.3 Schéma zapojení.....	37
4.2.4 Použité přístroje.....	37
4.2.5 Naměřené a vypočtené hodnoty .....	38
4.2.6 Závěr z měření.....	38
<b>5 SPECIFIKACE A VÝBĚR MOTORU</b> .....	<b>39</b>
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>41</b>
<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ</b> .....	<b>43</b>
<b>PŘÍLOHY</b> .....	<b>1</b>



## Seznam symbolů a zkratk

$A\check{C}$ .....	Akční člen
$B$ .....	Magnetická indukce $[T]$
$B_r$ .....	Remanentní indukce $[T]$
$C1, C2$ .....	Kondenzátory
$e(t)$ .....	Regulační odchylka
$F$ .....	Síla $[N]$
$GND$ .....	Uzemnění
$H$ .....	Intenzita magnetického pole $[A/m]$
$H_c$ .....	Koercitivní intenzita $[A/m]$
$I$ .....	Elektrický proud $[A]$
$IC1A, IC1B$ .....	Operační zesilovače
$l$ .....	Délka $[m]$
$M$ .....	Moment motoru $[Nm]$
$M\check{C}$ .....	Měřicí člen
$n$ .....	Otáčivá rychlost $[ot/min]$
$P$ .....	Výkon $[W]$
$PM$ .....	Permanentní magnety
$R$ .....	Odpor $[\Omega]$
$R_a$ .....	Celkový odpor kotvy $[\Omega]$
$REG$ .....	Regulátor
$R1, R2, R3...$ .....	Rezistory
$S$ .....	Regulovaná soustava
$SMT$ .....	Technologie povrchové montáže
$THT$ .....	Technologie montáže vývodových součástek
$T1, T2$ .....	Tranzistory
$U$ .....	Elektrické napětí $[V]$
$U_i$ .....	Indukované napětí $[V]$
$U_M$ .....	Napětí motoru $[V]$

---

$U_{TD}$ .....	Napětí tachodynamu [V]
$USD$ .....	Americký dolar
$v(t)$ .....	Regulovaná veličina
$w(t)$ .....	Řídicí signál
$X1-1,2,3,4,5$ .....	Svorky
$\bar{x}$ .....	Aritmetický průměr
$y(t)$ .....	Akční zásah
$z(t)$ .....	Porucha
$ZD1$ .....	Zenerova dioda
$\mu$ .....	Permeabilita
$\mu_r$ .....	Relativní permeabilita
$\phi$ .....	Magnetický tok [Wb]
$\omega$ .....	Úhlová rychlost [ $rad \cdot s^{-1}$ ]

## Úvod

Cílem této práce je nalezení vhodného řešení pro pohon strojku na zpracování modelářské hmoty, který je určen pro koncového spotřebitele tj. modeláře či pracovníka s touto hmotou, nikoliv pro průmyslové zpracování. Pohon strojku je třeba specifikovat na základě technických parametrů dodaných zadavatelem, bezpečnosti, ale také s ohledem na cenu a jednoduchost realizace a možnost konkurenceschopnosti na trhu pomůcek pro práci s touto modelářskou hmotou.

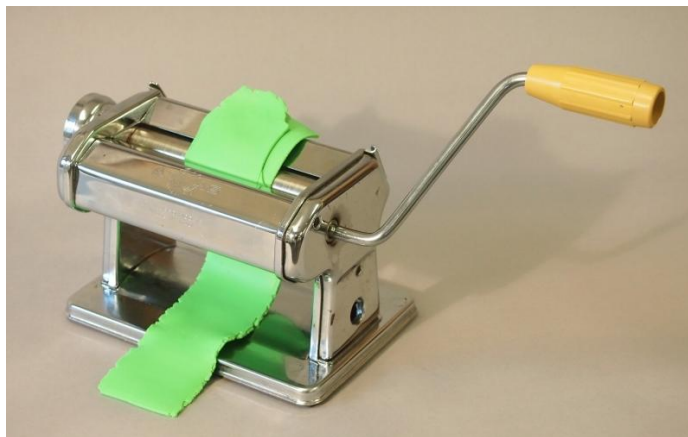
Modelářský strojek je určen na zpracování polymerové modelářské hmoty známé na českém trhu pod obchodními názvy jako je FIMO, Premo či Cernit. Tato hmota je vizuálně podobná plastelíně a za běžné pokojové teploty má i podobné vlastnosti pro modelování. Polymerová hmota má i podobný účel jako známá plastelína. Mohou se vytvářet různé kreativní motivy či výrobky. Hlavním rozdílem a výhodou polymerové hmoty je to, že po vytvoření modelu dojde k jeho vytvrzení působením tepla, a tím se stane stálý a pevný. Toto tvrzení probíhá v obyčejné horkovzdušné troubě při teplotě přibližně okolo 130 °C.

Pro tvorbu modelů z této hmoty existují různé techniky využívané modeláři. Jedna z těchto technik vyžaduje vytvoření tenké rovnoměrné vrstvy z této polymerové hmoty anebo se může mísit více barevných variací této hmoty do jedné tenké rovnoměrné vrstvy. Právě pro tyto techniky je určen strojek na zpracování modelářské hmoty. Strojek si lze představit jako zjednodušenou a zmenšenou dvouválcovou stolicí na válcování plechů, kdy je polymerová hmota protlačována mezi dvěma otáčejícími se válci. Důležitá pro tento strojek je možnost nastavení vhodné vzdálenosti dvou válců a tím i tloušťky zpracované polymerové hmoty. A případné nastavení vhodné rychlosti otáčení válců, při které nebude docházet k nechtěným deformacím zpracovávaného materiálu. V současné době není na českém ani zahraničním trhu obdobný strojek, určený přímo pro modeláře jako jednotlivce.

# 1 Požadavky na pohon strojku

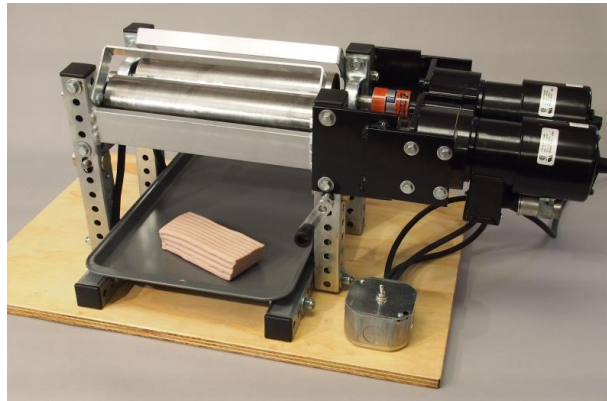
## 1.1 Strojek na modelářskou hmotu

Strojek na modelářskou hmotu si lze představit jako válcovací stolicí, kde mezi dvěma válci dochází k deformaci válcovaného materiálu. V případě polymerové hmoty jde především o snížení výšky materiálu a jeho prodloužení. Také se využívá válcování polymerové hmoty pro modelářské praktiky, při kterých dochází ke směšování dvou barev za účelem vytvořit jednu vrstvu s plynulým barevným přechodem. V současné době je mezi modeláři využíván k těmto technikám strojek na těstoviny, jak lze vidět na obrázku *Obr. 1.1*. Ovšem toto řešení není úplně vhodné z důvodu nastavitelnosti malého rozsahu vzdálenosti válců a jejich nepřesnosti. Další nevýhodou je nutnost ručního pohonu strojku, který je jednak namáhavý, ale hlavně nedovoluje pracovníkovi manipulovat s již upravenou hmotou a dochází k jejímu poškození či nechtěné deformaci.



*Obr. 1.1 Strojek na těstoviny (převzato z [1])*

Snahou zadavatele je vytvořit zařízení, které bude vhodnější pro modelářské techniky s polymerovou hmotou a bude poháněno elektromotorem, kde bude možnost se plně věnovat zpracovávané hmotě a práci s ní. Dalšími požadavky na zlepšení je použití vhodnějšího materiálu na povrch válců a použití válců s konstantním rozměrem poloměru v celé délce válce. Mezi důležité parametry strojku patří přesné nastavení vzdálenosti dvou válců a vhodná rychlost jejich otáčení. Obdobné řešení strojku neznámého autora lze vidět na obrázku *Obr. 1.2*, který je volně dostupný na internetu.



Obr. 1.2 Strojek poháněný elektromotory (převzato z [1])

## 1.2 Modelářská hmota

Jedná se o polymerové hmoty, které mají vlastnosti reaktoplastů. Jsou vyrobeny speciálně pro účely modelování a vytváření kreativních výrobků. Na rozdíl od běžných reaktoplastů, je modelářská hmota tvárná již při pokojové teplotě a při mírném zvýšení teploty na 30 až 35 °C je velmi tvárná a měkká. Tento fakt je třeba vzít v úvahu při dimenzování pohonu strojku na modelářskou hmotu a určit provozní podmínky. Drobným problémem v tomto ohledu je velké množství výrobců polymerových hmot a jejich portfolia produktů. To proto, že každý výrobce produkuje tyto hmoty s mírně odlišnými parametry jako je teplota tvrzení, ale také závislost viskozity polymerové hmoty na teplotě. Tento údaj výrobce neuvádí, ale je důležité vzít ho v potaz při dimenzování pohonu, aby nedocházelo k situacím, že některé typy hmot nebude možné zpracovávat. Mezi nejvýznamnější modelářské polymerové hmoty na českém trhu patří: FIMO, Cernit, Sculpey a Premo. Pokud jde o samotné vytvrzování hmoty, tak to probíhá při teplotách v rozsahu od 110 do 130 °C po dobu zhruba 30 minut. Konkrétní teploty a časy jsou vždy dané výrobcem pro použitý typ a případně i barvu hmoty.[1,2,3,4]

## 1.3 Požadavky zadavatele

Záměrem zadavatele bylo navrhnout a vytvořit zařízení, respektive strojek na modelářskou hmotu ve spolupráci se studenty Západočeské univerzity z fakult: Fakulta elektrotechnická, Fakulta strojní a Fakulta designu a umění Ladislava Sutnara. Návrh a vývoj měl směřovat k možné sériové výrobě strojku na modelářskou hmotu a jeho prodej na českém a případně i zahraničním trhu. Zadavatel požadoval od studentů z jednotlivých fakult část návrhu, který korespondoval s jejich zaměřením studia. V případě Fakulty elektrotechnické to byla část zabývající se návrhem a výběrem vhodného elektrického pohonu strojku.

Během schůzek se zadavatelem byly upřesněny požadavky a konkrétní představy o elektrickém pohonu strojku, které se jistým způsobem odvozovaly od spolupráce zadavatele se studenty z Fakulty strojní. Během těchto schůzek bylo uskutečněno několik pokusů, kde bylo využito různých strojků na výrobu těstovin, běžně prodávaných pro domácí kuchyňské využití, jednotlivých druhů polymerových hmot a pohonu strojku pomocí motoru z aku vrtačky. Na základě těchto experimentů a diskusí se zadavatelem byly specifikovány technické požadavky na elektrický pohon strojku na zpracování modelářské hmoty.

Zcela zásadním požadavkem je rozpočet, kdy náklady na pořízení elektrického pohonu mají být v maximálním rozsahu 1000 až 1400 Kč. Hned dalším důležitým faktorem je bezpečnost. Zařízení musí být navrženo tak, aby nebylo v případě sériové výroby a prodeje problematické dodržení platných elektrotechnických norem. A všeobecně, aby zařízení bylo bezpečné pro uživatele a nehrozilo poranění v důsledku úrazu elektrickým proudem. Dále je požadavek na nízké otáčky elektromotoru a jeho případnou regulaci. Jedna z dalších vlastností, ale ne úplně zásadní je, aby zařízení bylo mobilní. Tím je myšleno, aby zařízení mohlo být napájeno akumulátorem a bylo snadno přenosné mezi skupinou pracovníků.

Výše zmíněné požadavky předurčují řešení pohonu pomocí stejnosměrného motoru s permanentními magnety (zkratka PM), napájeným malým bezpečným napětím. Díky stejnosměrnému motoru je snadné využití akumulátoru pro napájení zařízení a tím zajištění jeho přenositelnosti. Taktéž umožňuje snadnou regulaci otáček motoru.

## 2 Stejnoseměrný motor

### 2.1 Historie elektromotorů

Vývoj elektrických strojů, tedy i elektromotorů, probíhal již v 19. století. Hlavní snahou bylo vytvořit elektrické generátory, které by byly schopny vyrobit dostatečné množství elektrické energie pro napájení osvětlení, tedy ještě žárovek. Taktéž bylo snahou vyvinout dostatečně výkonné elektromotory, které by byly schopny nahradit parní stroje, které tehdy sloužily jako hlavní pohon pro veškeré výrobní stroje a mechanizaci. S takzvanou elektrifikací bylo nutné vybudovat i přenosovou soustavu elektrické energie, která byla zpočátku stejnosměrná jako elektromotory.[5]

Důvodem využívání nejdříve stejnosměrného proudu, a tedy i stejnosměrných motorů před střídavými je skutečnost, že historicky první dostupný zdroj elektrické energie byl Galvanický článek, který objevil Alessandro Volta roku 1800. Tento objev změnil pohled elektrotechniků natolik, že možnost existence střídavého motoru zavrhovali, a přitom v dnešní době jsou střídavé asynchronní jedny z nejrozšířenějších napříč všemi oblastmi elektrotechniky. Vývoj elektrických strojů lze členit na tři časová období: [5]

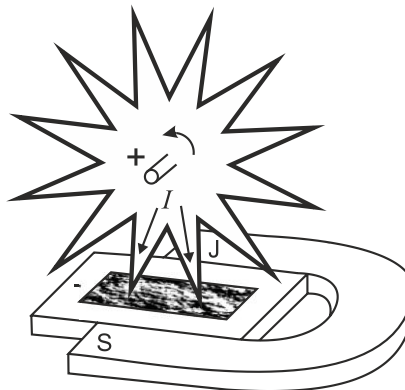
*První období* (přibližně do roku 1860). V tomto období probíhaly objevy fyzikálních principů a vznikaly experimentální pokusy využívající elektromagnetických sil, avšak tyto modely neměly žádné praktické využití, protože jejich výkon byl zanedbatelný.[5]

*Druhé období* (od roku 1860 do 1910). V tomto období došlo k výraznému pokroku v oblasti vývoje elektromotorů. Především jevy, ke kterým dochází, byly teoreticky rozebrány. Modely elektromotorů byly již natolik zdokonaleny, že mohly být využity v praxi a pomalu nahrazovaly parní stroje. Taktéž se začaly využívat jako generátory a tím byly dalším použitelným zdrojem elektrické energie po Voltově galvanickém článku.[5]

*Třetí období* (od roku 1910). V tomto období jsou elektrické stroje běžně využívány v průmyslu a energetice. Stále dochází k jejich zlepšování a vývoji, a to i v dnešní době.[5]

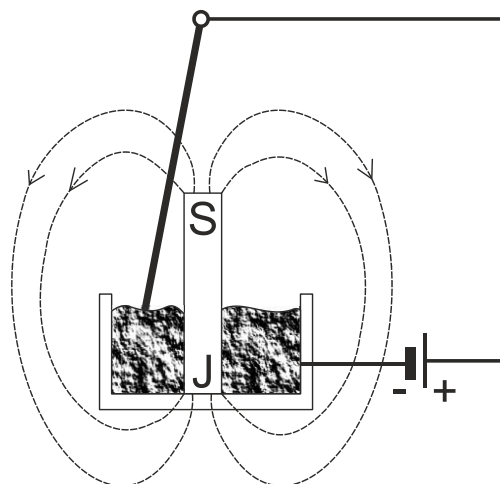
Samotný objev a vývoj stejnosměrného motoru lze rozdělit na dvě části. Nejdříve objevení elektromagnetického jevu a sestavení funkčního modelu. Následné zdokonalení modelu a objevení komutátoru. Jedním z prvních, kdo objevil vlastnosti elektromagnetismu

a vytvořil první funkční model, byl Peter BARLOW (1780-1821). Tento Angličan vytvořil v roce 1821 zařízení na obrázku *Obr. 2.1*. [5]



*Obr. 2.1* Principiální uspořádání Barlowa kolečka [5]

Toto kolečko s vystupujícími hroty je umístěno v magnetickém poli permanentního magnetu. Jednotlivé hroty vystupující z kolečka jsou ponořeny do nádoby se rtuť, která je připojena na jeden pól Voltova článku. Druhý pól Voltova článku je připojen na hřídel kolečka, jež je vodivá jakožto i kolečko. Průchodem proudu vzniká síla, která působí momentem na kolečko a dochází k otáčení. Model využívající taktéž elektromagnetismu sestrojil zhruba ve stejném období Michael FARADAY (1791-1867). Na obrázku *Obr. 2.2* můžeme vidět měděný vodič zavěšený do nádoby se rtuť, v níž je umístěn permanentní magnet. Po připojení zdroje k závěsu měděného vodiče a rtuti v nádobce dojde k otáčení vodiče v nádobě okolo permanentního magnetu. Dalším významným pokrokem byl objev komutátoru, v roce 1832 Francouz Hypolit PIXII zkonstruoval generátor, kde byl poprvé použit mechanický přepínač pro usměrnění elektrického proudu, takzvaný komutátor. [5]

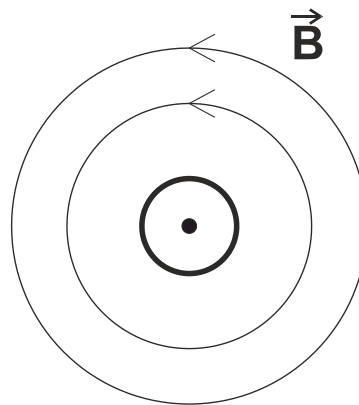


*Obr. 2.2* Faradayův experiment [5]



## 2.2 Princip funkce stejnosměrného motoru

Stejný proud protékající vodičem vytvoří v okolí protékaného vodiče magnetické pole. Jak lze vidět na obrázku *Obr. 2.3*, indukční čáry kolem vodiče jsou orientovány podle takzvaného pravidla „pravé ruky“ neboli Ampérova pravidla, kdy palec pravé ruky ukazuje směr protékaného proudu a prsty směr indukčních čar. Pro výpočet magnetické indukce  $\mathbf{B}$  [T] v okolí vodiče je třeba znát intenzitu magnetického pole  $\mathbf{H}$  [A/m] a permeabilitu  $\mu$ . [6]

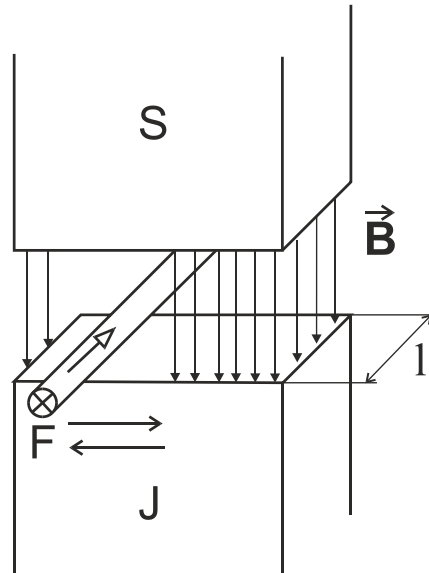


*Obr. 2.3 Magnetická indukce*

$$H = \frac{I}{2\pi r} \quad (2.1)$$

$$B = \mu \cdot H \quad (2.2)$$

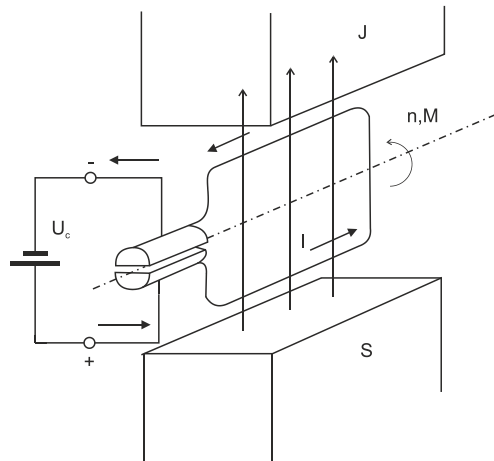
Pokud tento vodič protékáný stejnosměrným proudem je umístěn do magnetického pole permanentních magnetů podle obrázku *Obr. 2.4*, působí na vodič protékáný proudem síla  $F$  [N] (2.3), jež vychýlí vodič z jeho původní polohy.



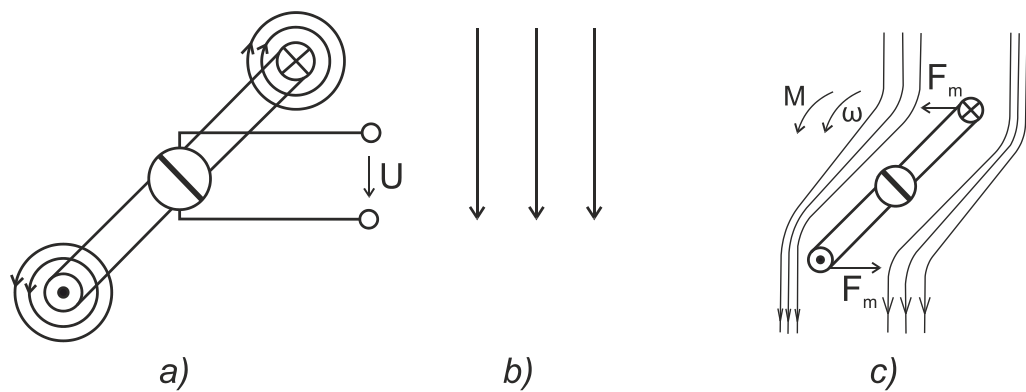
*Obr. 2.4 Pohyb vodiče protékaného proudem v magnetickém poli [6]*

$$F = B \cdot I \cdot l \quad (2.3)$$

Tuto posuvnou sílu můžeme snadno využít k vytvoření točivého momentu, pokud do magnetického pole permanentních magnetů umístíme místo rovného vodiče jeden závit, jak je vidět na obrázku *Obr. 2.5*. Kde na konci závitu vodiče je umístěn komutátor, který slouží k přepínání polarit, čímž dochází ke stálému otáčení závitu, respektive rotoru stejnosměrného motoru. Samotný vznik točivého momentu je dobře patrný z obrázku *Obr. 2.6*. [6,7]



Obr. 2.5 Princip stejnosměrného motoru [6]



Obr. 2.6 Vznik točivého momentu: a) pole smyčky, b) budící pole, c) výsledné pole a silový účinek [7]

Pro mechanický výkon motoru platí rovnice (2.4), kde  $\omega$  je úhlová rychlost, neboli  $2\pi f$ .

$$P = M \cdot \omega \quad (2.4)$$

Další tři základní rovnice charakterizují elementární vlastnosti stejnosměrných strojů, kde  $R_a$  je celkový odpor v obvodu kotvy. Z těchto tří základních rovnic lze odvodit rychlost stroje v motorickém režimu (2.8).[7]

$$U_i = k \cdot \Phi \cdot \omega \quad (2.5)$$

$$M = k \cdot \Phi \cdot I \quad (2.6)$$

$$I = \frac{U - U_i}{R_a} \quad (2.7)$$

$$\omega = \frac{U_i}{k \cdot \Phi} = \frac{U - R_a \cdot I}{k \cdot \Phi} \quad (2.8)$$

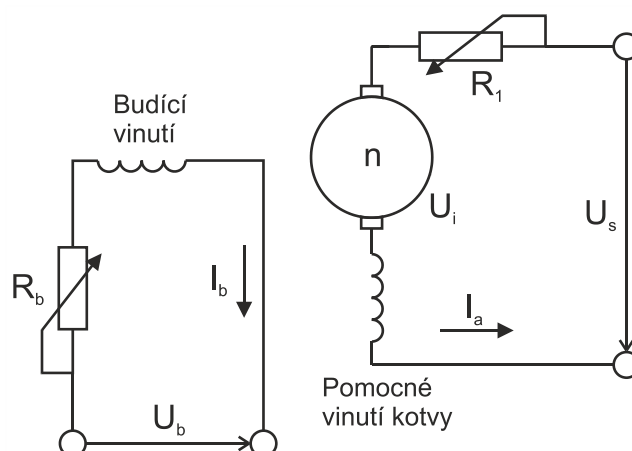
### 2.3 Typy stejnosměrných motorů

Skupina stejnosměrných motorů se dále člení na konkrétní typy motorů podle zapojení rotoru a statoru ke zdroji stejnosměrného proudu. Jednotlivé typy motorů mají své specifické vlastnosti podle jejich provedení. Typy motorů:

- *motory s cizím buzením,*
- *motory s derivačním buzením,*
- *motory se sériovým buzením,*
- *kompaunční motory.*[8]

#### 2.3.1 Motory s cizím buzením

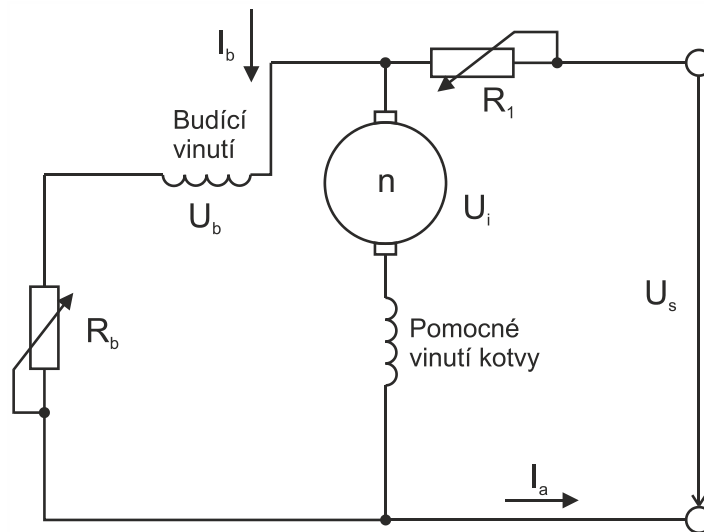
Tento typ stejnosměrného motoru má budící vinutí na statoru napájené z nezávislého zdroje stejnosměrného napětí, nebo má permanentní magnety. Schéma tohoto typu je na obrázku *Obr. 2.7*. V případě stroje s budícím vinutím je možno regulovat otáčky změnou velikosti budícího proudu ve statoru. Tento typ motoru je jedním z nejstarších pro svoji snadnou regulovatelnost. Druhou variantou motoru s cizím buzením je motor s permanentními magnety. Tato konstrukce se využívá především pro motory menších výkonů. Jedny z hlavních výhod jsou malé rozměry a nepotřebnost nezávislého zdroje pro buzení statorového vinutí.[9,10]



Obr. 2.7 Motor s cizím buzením [9]

### 2.3.2 Motory s derivačním buzením

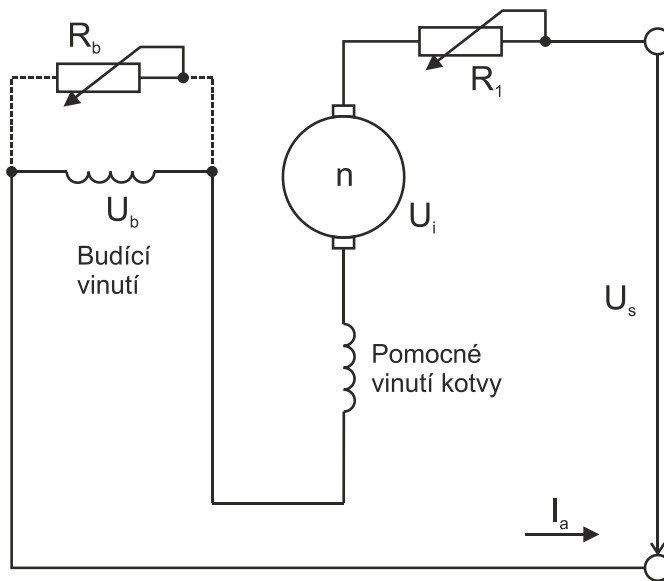
Budící vinutí tohoto stroje je paralelně připojeno ke kotvě. Schéma zmíněného typu je na obrázku *Obr. 2.8*. Tento typ motoru má na rozdíl od cize buzeného motoru napájený rotor i stator ze stejného zdroje. Jeho hlavní výhodou je vysoký záběrný moment. A proto se používá v aplikacích, kde je vyžadován častý rozběh. Typické aplikace pro tyto motory jsou dopravní pásy a zdvihací zařízení.[10]



*Obr. 2.8 Motor s derivačním buzením [10]*

### 2.3.3 Motory se sériovým buzením

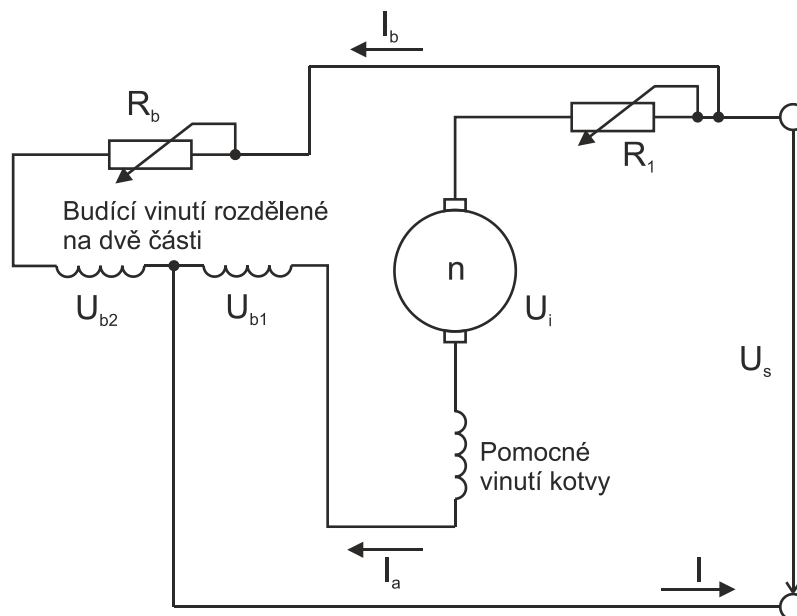
Budící vinutí tohoto stroje je sériově spojeno s kotvou. Schéma tohoto typu je na obrázku *Obr. 2.9*. Motor se sériovým buzením má budící vinutí a vinutí kotvy zapojené do série, tím pádem je zatěžovací proud zároveň proudem budícím. Jednou z nevýhod tohoto motoru je, že nesmí být odpojena zátěž motoru za chodu, protože při odpojení mechanické zátěže dochází k rychlému vzrůstu otáček. Motory se sériovým buzením jsou převážně využívány k pohonu kolejových vozidel.[10,11]



Obr. 2.9 Motor se sériovým buzením [11]

### 2.3.4 Kompandní motory

Budící vinutí tohoto kompandního stroje je smíšené, to znamená, že obsahuje dvě vinutí, kde jedno je připojeno sériově a druhé paralelně. Schéma tohoto typu je na obrázku Obr. 2.10.[11]

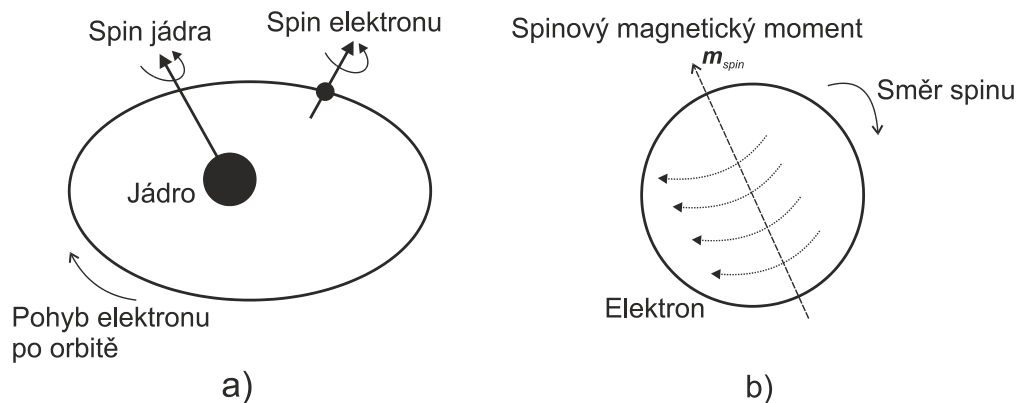


Obr. 2.10 Kompandní motor [11]

## 2.4 Magnetismus

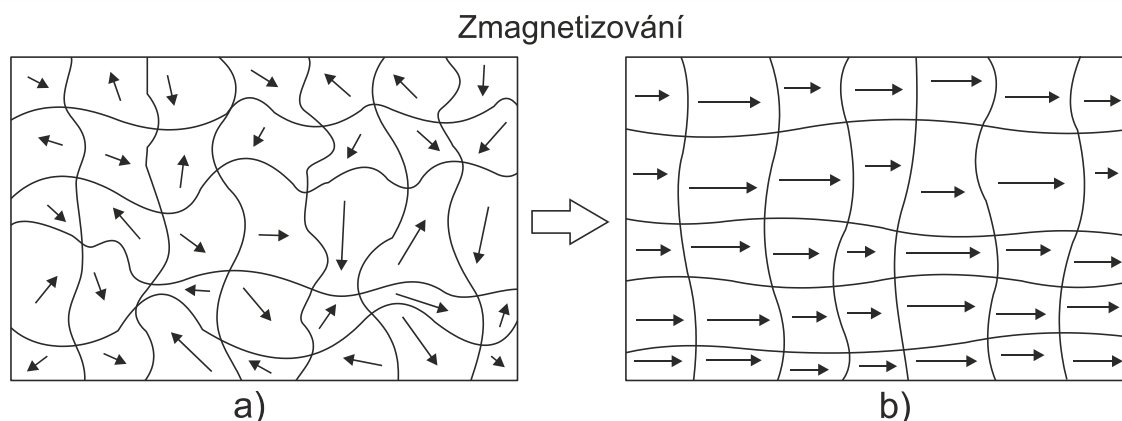
Pro vysokou účinnost elektrických strojů a minimalizaci jejich rozměrů se využívá vysoce magneticky vodivých materiálů, především feromagnetik. Feromagnetické materiály mají vysokou poměrnou permeabilitu  $\mu_r \gg 1$  a magnetickou polarizaci, zatímco paramagnetické látky, jako je například hliník, chrom nebo platina, mají permeabilitu  $\mu_r > 1$ . Naopak diamagnetické látky, které pole zeslabují, mají permeabilitu  $\mu_r < 1$ . Jsou to například plyny jako helium, neon, argon, ale také kovy jako je měď, stříbro, zlato, rtuť.

Magnetické vlastnosti materiálů závisí na jejich složení, přesněji na vlastnostech magnetických momentů atomů, z nichž jsou materiály složeny. V každém atomu probíhá pohyb, viz *Obr. 2.11*, kde můžeme vidět spin jádra a spin elektronu, které dohromady dávají spinový magnetický moment.[8,12]



Obr. 2.11 Struktura atomu: a) pohyby v atomu, b) spinový magnetický moment [12]

Složení jednotlivých momentů vznikají Weissovy domény, podrobněji: „*Stavba atomů u feromagnetických látek odpovídá schématu látek paramagnetických, kdy nevykompenzované magnetické momenty spinů dávají atomům stálý magnetický moment. U feromagnetických látek vystupují mezi jednotlivými atomy síly (výměnné síly), které překonávají teplotní pohyb atomů a uspořádávají atomové magnetické momenty sousedních atomů paralelně a vytváří elementární oblasti, kde dochází ke spontánnímu zmagnetování až do nasycení. Tyto oblasti se označují jako Weissovy domény. Střední magnetický moment domén je asi  $10^{15}$  krát větší než samotný magnetický moment atomů*“[8]. Uspořádání Weissových domén lze vidět na *Obr. 2.12*.[8]



Obr. 2.12 Weissovy domény ve feromagnetické látce: a) magneticky neutrální, b) magneticky nasycené [15]

### 2.4.1 Vliv teploty

Důležitým vlivem na magnetizaci materiálu je teplota. To z toho důvodu, že při zvyšování teploty feromagnetického materiálu může dojít k narušení uspořádání spinových magnetických momentů. Důsledkem je pokles magnetizace se vzrůstající teplotou, při dosažení Curieovy teploty dochází ke ztrátě feromagnetických vlastností daného materiálu. Například Curieova teplota pro železo je 770 °C, pro materiál Alnico je 860 °C.[12,13]

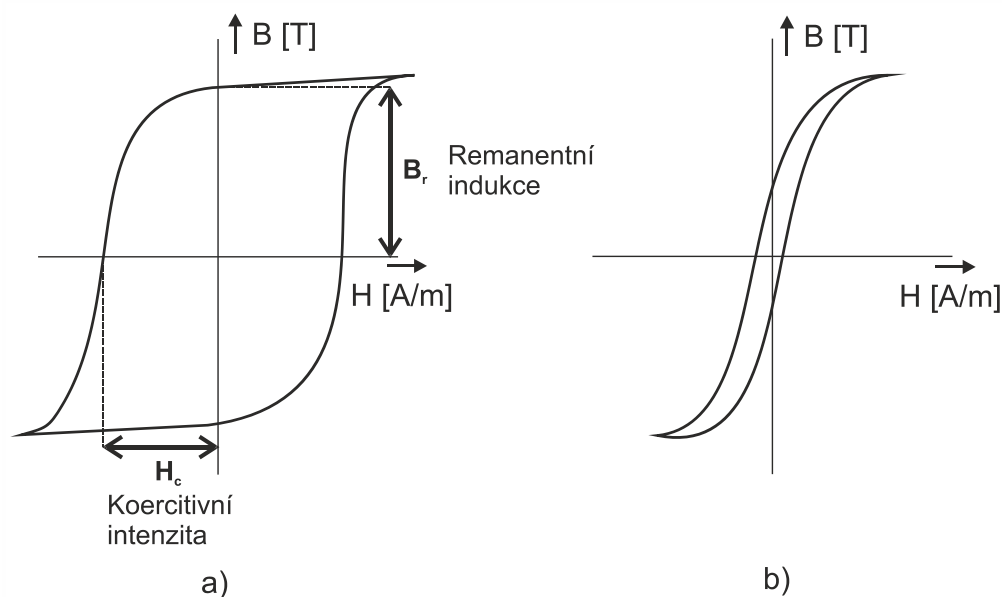
### 2.4.2 Permanentní magnetismus

Vývoj permanentních magnetů a materiálů pro jejich výrobu velmi pozitivně ovlivnil vlastnosti elektrických motorů s permanentními magnety. Tyto materiály byly objeveny v relativně nedávné době. Umožnily zmenšení rozměrů a snížení hmotnosti při zachování stejného výkonu. Jedná se například o Alnico-isotropní (rok 1935), Alnico-anizotropní (rok 1940), baryové a stronciové ferity (rok 1957), samarium-kobalt (rok 1974), neodym-železo-bór (rok 1985).[12,14]

Vlastnosti permanentních magnetů vykazují všechny feromagnetické materiály, které prošly magnetizačním cyklem od +H do -H a v hysterezní smyčce mají určitou remanentní indukci  $\pm B_r$ . Tuto remanenci je možné snížit mechanickými vibracemi, tepelnými účinky anebo působením malých opačných hodnot magnetické intenzity. Na základě odolnosti materiálů vůči vlivům na odmagnetování je členíme na magneticky měkké a tvrdé materiály. Hysterezní smyčka magneticky tvrdého materiálu je na *Obr. 2.13*, vyznačuje se velkým obsahem smyčky, který je úměrný potřebné energii na zmagnetování materiálu. Magneticky



tvrdé materiály se využívají jako permanentní magnety ve stejnosměrných motorech s PM. Přehled používaných materiálů a jejich vlastností je uveden v tabulce Tab. 2.1.[4,12,13]



Obr. 2.13 Hysterezní smyčka: a) magnetický tvrdý materiál, b) magneticky měkký materiál [15]

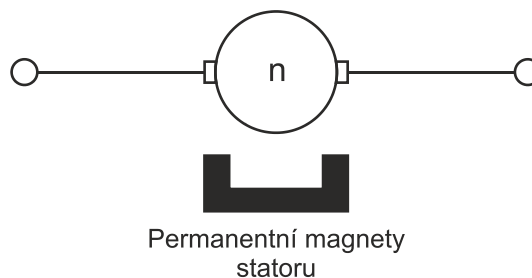
Tab. 2.1 Vlastnosti magneticky tvrdých materiálů [4,13]

Materiál	Remanentní indukce $B_r$ [mT]	Koercitivní intenzita magnetického pole [kA/m]	Hustota energie $BH_{max}$ [kJ/m <sup>3</sup> ]	Curieova teplota [°C]	Maximální provozní teplota [°C]	Cena [USD/Kg]
<b>Alnico</b>						
Alnico 5	1250	50,93	43,77	860	540	88,11
Alnico 5-7	1350	58,89	59,69	860	540	121,15
Alnico 8	820	131,30	42,18	860	550	105,73
Alnico 8 HC	720	151,20	39,79	860	550	105,73
Alnico 9	1060	119,37	83,56	860	540	220,26
<b>Samarium-kobalt</b>						
SmCo 18	860	572,96	143,24	775	250	242,29
SmCo 22	985	696,30	175,08	820	250	264,32
SmCo 26 HS	1060	779,86	214,87	820	380	330,40
SmCo 28	1070	819,65	222,82	820	350	330,40
SmCo 32	1160	755,99	254,66	820	350	352,42
<b>Neodym-železo-bor</b>						
NdFeB-24	1000	763,94	190,99	310	210	176,21
NdFeB-28	1080	803,73	222,82	310	150	198,24
NdFeB-38	1255	931,06	302,40	365	130	154,19
NdFeB-48	1410	1026,55	381,98	310	80	176,21

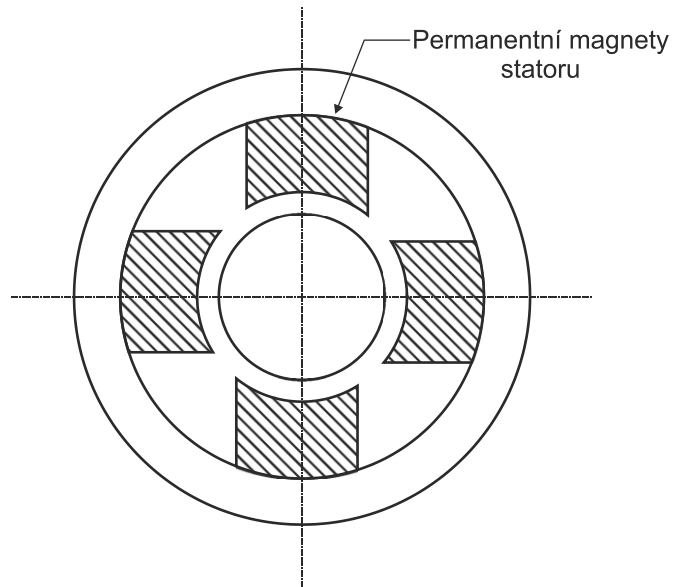
Moderní magneticky tvrdé materiály mají velmi dobré vlastnosti a také vysokou Curieovu teplotu v řádech stovek stupňů Celsia. V praxi je však provozní teplota stejnosměrných motorů s PM mnohem nižší, a to v řádech desítek stupňů Celsia s ohledem na odolnost izolace vinutí a maximální provozní teplotu PM. Rostoucí teplota snižuje magnetizaci materiálů, ale také může poškodit izolaci vinutí rotoru.[12,13]

## 2.5 Motory s permanentními magnety

Motory s permanentními magnety jsou nejvhodnější skupiny stejnosměrných motorů pro účely pohonu strojku na modelářskou hmotu. Oproti dříve zmíněným je zde zásadní rozdíl v konstrukci statoru. To proto, že magnetické pole je tvořeno permanentními magnety místo cívky napájené stejnosměrným proudem. Díky tomu mohou mít motory menší rozměry a jsou kompaktnější. Schéma stejnosměrného motoru s PM je na *Obr. 2.14*, kde je naznačen permanentní magnet vytvářející magnetické pole ve statoru. Skutečné uspořádání permanentních magnetů ve statoru je na *Obr. 2.15*. Stroje tohoto typu jsou vyráběny v rozsahu od jednotek wattů po stovky wattů. Proto není problém najít dostatečně výkonný pohon. Jednotlivé výkonové úrovně jsou dále vyráběny ve variantách podle napájecího napětí, typicky 12, 24, 90 V.[13,16,17]

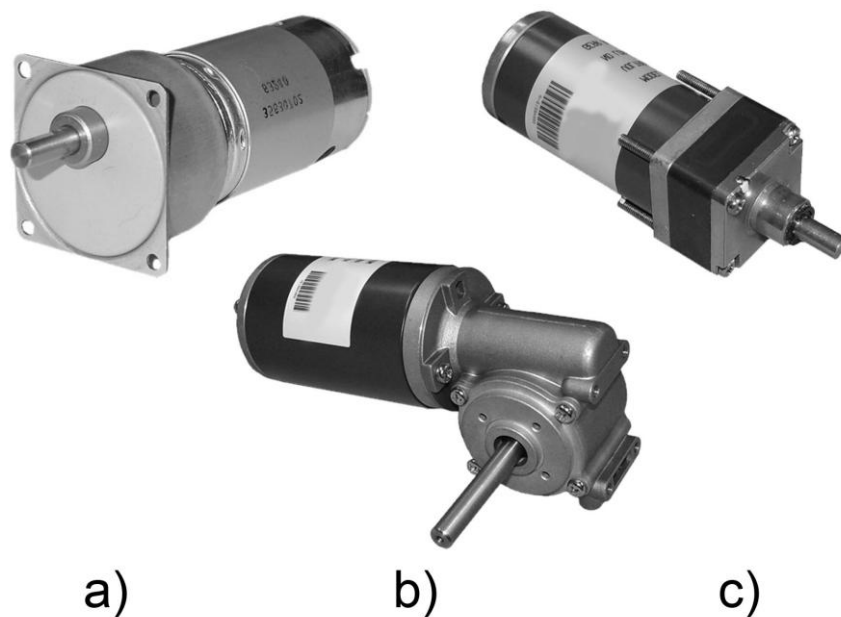


*Obr. 2.14 Motor s permanentními magnety*



Obr. 2.15 Uspořádání permanentních magnetů ve statoru [17]

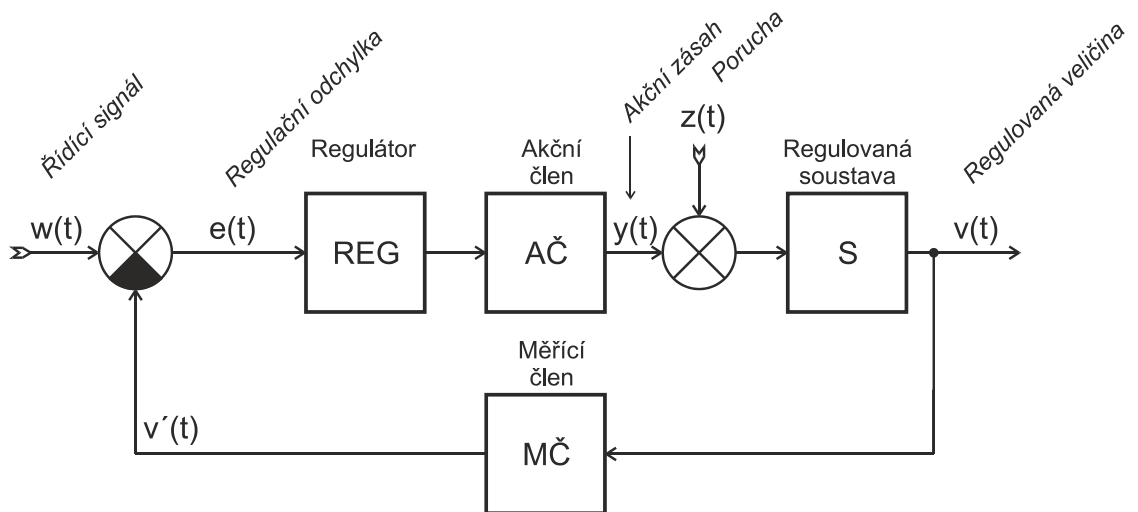
Další velkou výhodou je široká nabídka těchto motorů ve velkém množství modifikací a typů jednotlivých výrobců. Současně velká část výrobců nabízí motory s převodovkou, případně ve variantě s možností propojení s převodovkou. Existují tři základní typy převodovek standardně vyráběných k motorům, a to čelní, planetová a šneková. Každá z těchto zmíněných převodovek nabízí jiné možnosti pro připojení pohonu k zařízení. Jednotlivé typy základních převodovek jsou zobrazeny na Obr. 2.16.



Obr. 2.16 Stejnoseměrné motory s převodovkami: a) čelní, b) šnekovou, c) planetární [18]

### 3 Regulace

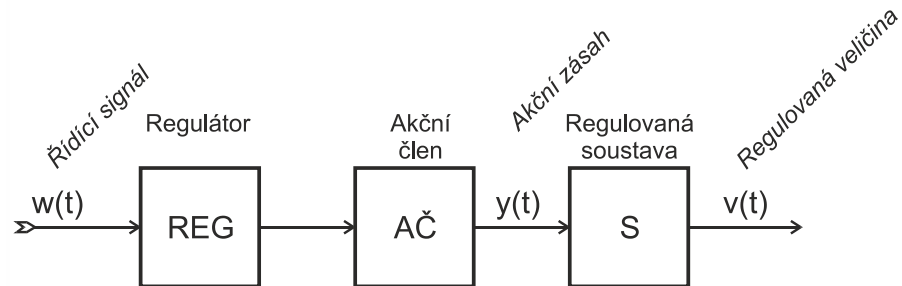
Regulace znamená řízení určitého parametru, případně veličiny na požadované hodnotě. V případě regulace elektrických pohonů mohou být regulované parametry poloha, rychlost otáček, síla a moment. Pro aplikaci elektrického motoru pro pohon strojku na modelářskou hmotu je důležitou veličinou pouze rychlost otáček. Rychlost otáček může být regulována v uzavřené regulační smyčce. Kde jsou snímány skutečné otáčky motoru a zavedeny do zpětné vazby, čímž je zajištěno, že regulační obvod reaguje na změnu zatížení elektromotoru a udržuje otáčky motoru na požadované hodnotě. Blokové schéma regulátoru s uzavřenou smyčkou je naznačeno na *Obr. 3.1*, kde veličina udržovaná na požadované hodnotě je regulovaná veličina, respektive otáčky motoru. Zařízení nebo stroj, který regulujeme, je regulovaná soustava (stejnoseměrný motor s permanentními magnety). Měřicí člen snímá skutečné otáčky motoru či otáčky na výstupu převodovky pomocí senzorů. Na základě naměřených skutečných údajů ovládá regulátor akční člen, který je tvořen výkonovou polovodičovou spínací součástí.[19,20]



*Obr. 3.1 Regulátor s uzavřenou smyčkou [19]*

Jednodušší variantou je regulátor bez zpětné vazby. Ten se však příliš nepoužívá pro průmyslové aplikace a je vhodný pouze pro jednoduchá zařízení, kde nejsou kladeny vysoké nároky na přesnost regulované veličiny. Jedním ze záporů regulátoru bez zpětné vazby je nemožnost reakce na změnu zatížení motoru. To v důsledku znamená, že rychlost otáček bude závislá na zatížení strojku, potažmo na množství a teplotě zpracovávané modelářské hmoty. Další nevýhodou je nemožnost detekce poruchy například motoru, ale v případě

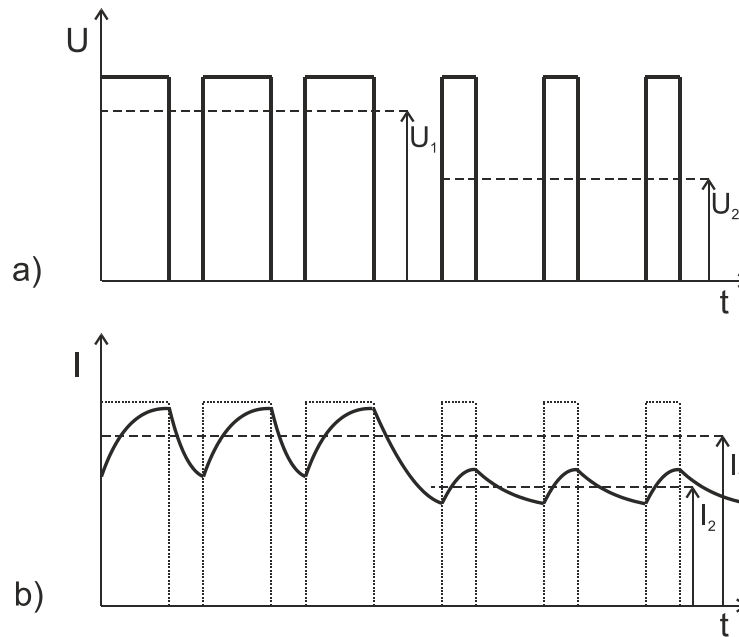
jednoduchého zařízení to není zásadní problém. Blokové schéma regulátoru s otevřenou smyčkou je na *Obr. 3.2*. Naopak výhodou regulátoru bez zpětné vazby je jednoduchost jeho realizace a nízká cena, která je převládající v tomto případě.[19]



*Obr. 3.2 Regulátor s otevřenou smyčkou [19]*

### 3.1 Regulace stejnosměrného motoru s PM

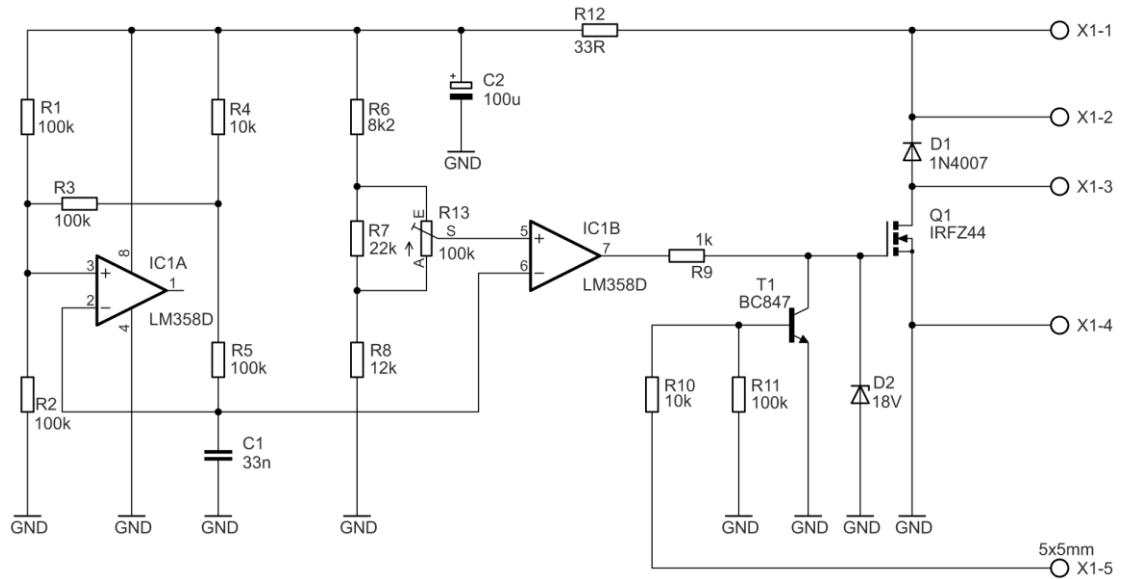
U stejnosměrných motorů s permanentními magnety odpadá možnost regulace změnou buzení budícího vinutí a tak je možné regulovat pouze napětí a proud rotoru neboli kotvy. Regulace stejnosměrného motoru s PM je nejčastěji prováděna změnou napájecího napětí kotvy. Výhodou těchto typů motorů je, že závislost otáček je přímo úměrná velikosti napětí. Jednou z možností, jak získat plynulý rozsah stejnosměrného napětí, je využití auto-transformátoru s usměrňovačem na výstupu. Mnohem vhodnější řešení je však použití stejnosměrného zdroje s pevným výstupním napětím rovným maximálnímu napájecímu napětí stejnosměrného motoru. Pomocí aktivní polovodičové součástky, například MOSFET tranzistoru, který bude regulovat otáčky motoru pomocí šířky impulsu. Kde šířka impulsu je závislá na době sepnutí tranzistoru a ovlivňuje střední hodnotu výstupního napětí. Výstupní napájení spínaného regulátoru je naznačeno na *Obr. 3.3*. Díky převážně indukčnímu charakteru zátěže, respektive kotvy se proud nemění skokem, ale narůstá exponenciálně. A otáčky se zvyšují se šířkou sepnutí.[8,13,15]



Obr. 3.3 Spínaný regulátor: a) výstupní napětí, b) proud kotvou [8]

### 3.2 Regulátor otáček

Pro účely testování jednotlivých stejnosměrných typů motorů s permanentními magnety pro pohon strojku na modelářskou hmotu byl vyroben regulátor otáček, další zamýšlenou možností bylo použití tohoto regulátoru ve finálním zařízení. Při konstrukci regulátoru bylo využito zapojení z periodika Praktická elektronika [21]. Schéma regulátoru je na obrázku Obr. 3.4. V obvodu je operační zesilovač IC1A zapojen jako komparátor s hysterezí, kde se součástkami R5 a C1 plní funkci astabilního klopného obvodu. Napětí na kondenzátoru C1 je v rozkmitu 1/3 do 2/3 velikosti napájecího napětí. Toto napětí je porovnáváno druhým komparátorem IC1B s velikostí napětí na potenciometru P1, kterou můžeme měnit pootočením jezdce potenciometru. Výstupem operačního zesilovače IC1B jsou impulsy s proměnnou mezerou podle nastavení potenciometru P1. Tyto impulsy jsou přivedeny na řídicí elektrodu výkonového tranzistoru T2. Dioda ZD1 slouží k ochraně řídicí elektrody tranzistoru T2 při napájecím napětí 24 V. Tranzistor T2 je možné uzavřít přivedením kladného napětí na svorku X1-5, čímž přivedeme kladné napětí na bázi tranzistoru T1, který se v důsledku otevře a zkratuje řídicí impulsy na zem. Jako filtrační člen napájecího napětí zde slouží rezistor R12 a kondenzátor C2. Regulátor je schopen funkce v rozsahu napájecího napětí 8 až 24 V. Pokud proud zátěže přesahuje 2 A, je zapotřebí na tranzistor T2 upevnit chladič. Kladná polarita napájecího napětí je připojena na svorku X1-1 a zemní svorku X1-4. Zátěž neboli motor je připojen ke svorkám X1-2 a X1-3.[21]



Obr. 3.4 Schéma regulátoru [21]

Podklady k výrobě desky plošného spoje pro tento regulátor jsou uvedeny v příloze včetně seznamu součástek pro osazení desky. Deska je navržena jako oboustranná s kombinací součástek SMT a THT v návrhovém programu Eagle 6.2.0 pro třídu přesnosti 4. Dokumentace obsahuje schéma, osazovací výkres, horní vodivou vrstvu, spodní vodivou vrstvu, horní nepájivou masku, spodní nepájivou masku, horní potisk, spodní potisk, obrys desky a data pro vrtání otvorů.[22]

Regulátor otáček stejnosměrného motoru byl sestaven a byla otestována funkčnost zapojení na motoru z aku vrtačky v kombinaci se stejnosměrným napájecím zdrojem. Zapojení je funkční, avšak nevyužitelné pro případnou sériovou výrobu. Jednak z důvodu, že po pokusech s modelářskou hmotou není prioritou regulace otáček, ale vhodně převodovaný a dimenzovaný pohon. Jednou z možností je využití stejnosměrného motoru bez převodovky, kdy převodovka bude řešena až v samotném strojku na modelářskou hmotu. Tento způsob řešení by zjednodušil výběr motoru, ale velmi by zkomplikoval konstrukci strojku a náklady na ni. Vhodnějším řešením je vytvořit univerzální konstrukci strojku na ruční pohon s možností rozšíření o pohon elektrický. Tato varianta by zároveň umožnila použít součásti stávajících strojků rozšířených jako kuchyňské vybavení, viz *Obr. 1.1*. Na trhu je poměrně široká nabídka stejnosměrných motorů, které jsou vyráběny s převodovkou nebo uzpůsobeny pro připojení sériově vyráběné převodovky a které jsou tím pádem vhodné pro pohon strojku. Dalším důvodem, proč nevyužít této konstrukce regulátoru, je jeho cena, kdy pouhé pořízení součástek je záležitostí 55 Kč. K této ceně je nutné uvážit výrobu plošného spoje a jeho

osazení. Pro případ potřeby regulátoru pro pohon strojku na modelářskou hmotu je finančně výhodnější zakoupit již vyrobený modul regulátoru. Pořizovací cena takového regulátoru i s dopravou je nižší nežli výroba vlastního a současně odpadá problém s výrobou regulátorů ve velkých sériích, které by nemusely být využity, pokud by nebyl zájem o strojky na modelářskou hmotu. Ceny hotových regulátorů včetně dopravy do České republiky jsou uvedeny v tabulce Tab. 3.1.[23]

Tab. 3.1 Přehled cen dostupných regulátorů [23]

Objednací číslo <sup>1</sup>	$P_{MAX}$ [W]	$U_{MAX}$ [V]	Cena [ USD/ks]
292436	120	36	7,33
268120	120	30	8,13
269233	80	28	8,29
186354	400	40	9,67
223889	400	40	11,36
226934	120	36	11,83
290621	1000	90	12,67
160094	1000	90	14,88

---

<sup>1</sup> Objednací číslo internetového obchodu <http://www.dx.com>



## 4 Měření

Měření byla provedena na stejnosměrném motoru s permanentními magnety, který byl vymontován ze staré aku vrtačky typu Meister Basic BAS 144. Napájecí napětí udávané výrobcem pro tuto aku vrtačku je 14,4 V, které zajišťoval akumulátor s kapacitou 1000 mAh. Originální akumulátor již není použitelný, a tak byl nahrazen stejnosměrným napájecím zdrojem. Dále specifikuje rozsah otáček 0 až 550 ot/min na sklíčidle, respektive je to rychlost otáček za převodovkou. Tento druh motoru byl pro počáteční pokusy vhodný zejména pro snadné připojení k mechanické zátěži pomocí sklíčidla a pro jeho nízkou pořizovací cenu, která byla v řádech desítek korun v případě použitého kusu.

### 4.1 Měření otáček stejnosměrného motoru s PM

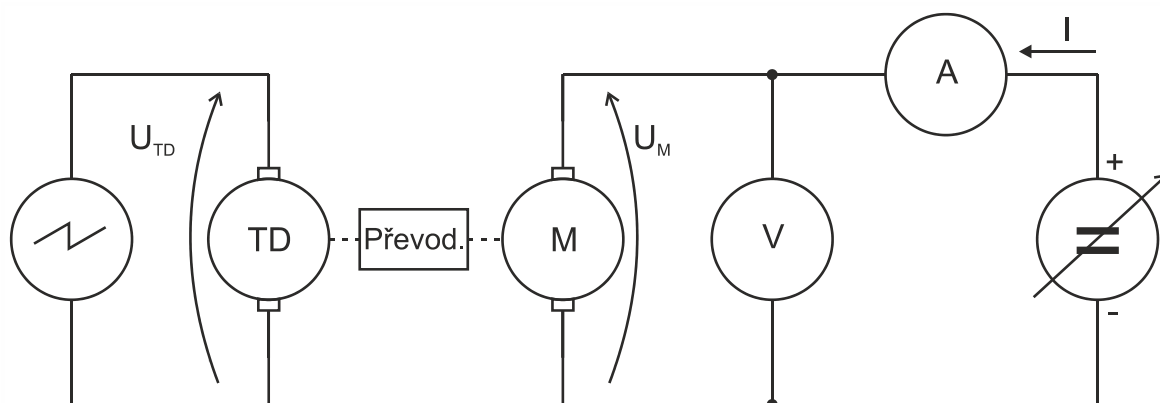
#### 4.1.1 Zadání úlohy

Změřte charakteristiku nezátíženého stejnosměrného motoru s permanentními magnety za převodovkou a z naměřených a vypočtených hodnot sestrojte grafy.

#### 4.1.2 Postup měření

- 1) *Zapojit měřicí přístroje podle schématu na obrázku Obr. 4.1.*
- 2) *Upevnit hřídel tachodynamu do sklíčidla.*
- 3) *Postupně zvyšovat napětí napájecího zdroje a odečítat hodnoty napětí, proudu tekoucího do motoru a napětí na svorkách tachodynamu.*
- 4) *Zpracovat výsledky měření.*

#### 4.1.3 Schéma zapojení



Obr. 4.1 Schéma zapojení měření otáček stejnosměrného motoru s PM

#### 4.1.4 Použité přístroje

Použité měřicí přístroje jsou uvedeny v tabulce Tab. 4.1.

Tab. 4.1 Použité měřicí přístroje pro měření otáček

Název	Typ	Výrobní číslo	Evidenční číslo
Napájecí zdroj	Diametral V130R50D (0-30V; 0-10A)	-	169951
Voltmetr	UNI-T UT33C	1130371198	-
Ampérmetr	Metra Blansko 60mv/5Ω; předřadník 0,2% 6A	794831	-
Osciloskop	Tektronix TDS2024B	TDS2024B C101759	-
Tachodynamo	MEZ Náchod K5A3 (20V / 1000ot/min)	-	9029

#### 4.1.5 Naměřené a vypočtené hodnoty

Naměřené a vypočtené hodnoty z měření otáček stejnosměrného motoru jsou v tabulce Tab. 4.2, vzorce a výpočty pro tyto hodnoty jsou uvedeny pod tabulkou. Odebíraný výkon motorem bez zatížení je vypočten dle rovnice (4.1). Otáčky motoru za převodovkou jsou vypočteny dle rovnice (4.2) z naměřeného napětí na tachodynamu.

Tab. 4.2 Tabulka naměřených a vypočtených hodnot

$U_M$ [V]	$I$ [A]	$P$ [W]	$U_{TD}$ [V]	$n$ [ot/min]
<b>Motor</b>			<b>Tachodynamo</b>	
2,50	0,70	1,75	1,70	85
3,00	0,75	2,25	2,00	100
4,00	0,75	3,00	2,80	140
5,00	0,85	4,25	3,70	185
6,00	0,85	5,10	4,16	208
7,00	0,90	6,30	4,88	244
8,00	1,00	8,00	5,90	295
9,00	0,95	8,55	6,24	312
10,00	1,05	10,50	7,60	380
11,00	1,05	11,55	8,40	420
12,00	1,10	13,20	8,80	440
13,00	1,10	14,30	9,60	480
14,00	1,10	15,40	9,80	490

$$P = U_M \cdot I \quad (4.1)$$

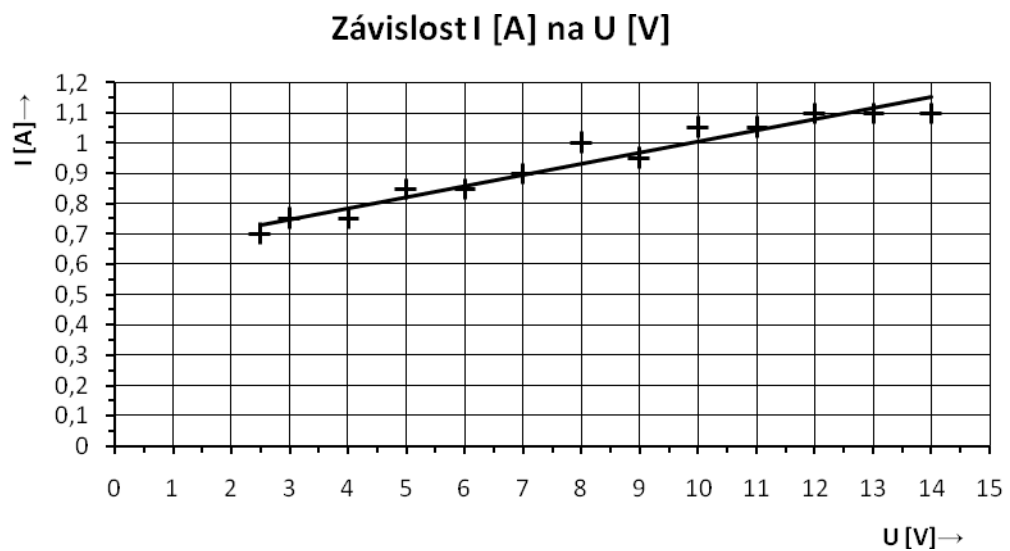
Vzorový výpočet dle (4.1):  $P = U_M \cdot I = 2,5 \cdot 0,7 = 1,75W$

$$n = \frac{U_{TD}}{20} \cdot 1000 \quad (4.2)$$

Vzorový výpočet dle (4.2):  $n = \frac{U_{TD}}{20} \cdot 1000 = \frac{1,7}{20} \cdot 1000 = 85 \text{ ot} / \text{min}$

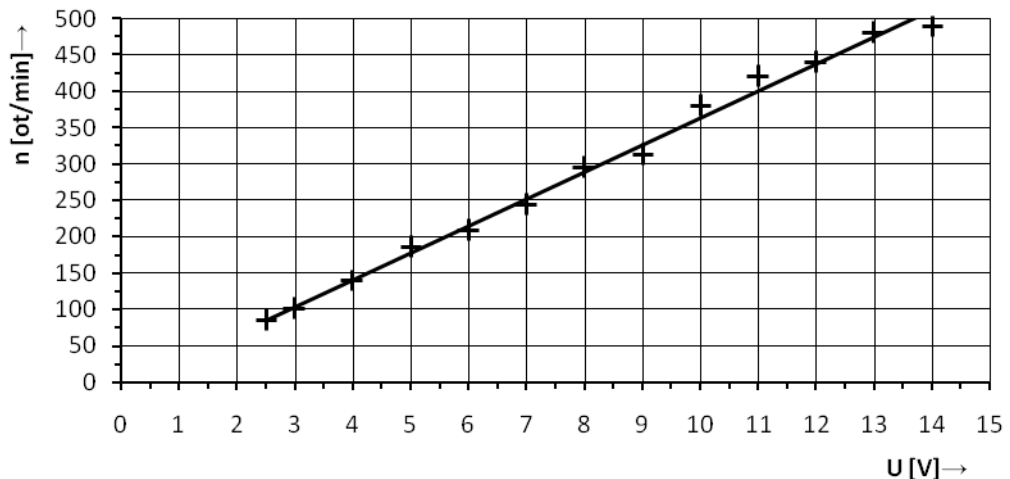
#### 4.1.6 Grafy

Z naměřených a vypočtených hodnot jsou sestrojeny grafy: závislost proudu na napětí *Obr. 4.2*, závislost otáček na napětí *Obr. 4.3* a závislost výkonu na otáčkách *Obr. 4.4*.



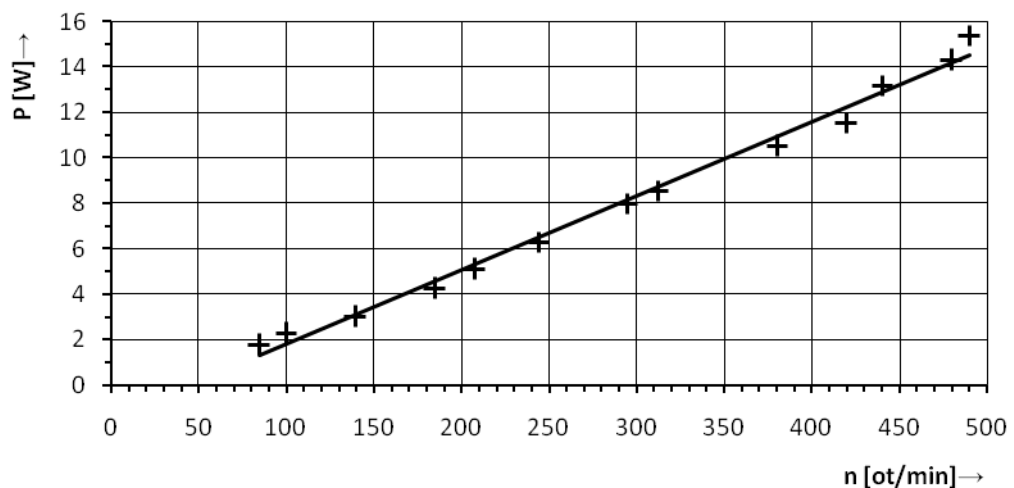
*Obr. 4.2 Graf závislosti proudu na napětí*

### Závislost otáček na U [V]



Obr. 4.3 Graf závislosti otáček na napětí

### Závislost P [W] na otáčkách



Obr. 4.4 Graf závislosti výkonu na otáčkách

#### 4.1.7 Závěr z měření

Na základě naměřených hodnot a sestaveného grafu na *Obr. 4.3* je vidět, že stejnosměrný motor s permanentními magnety má lineární charakteristiku. Díky lineární závislosti otáček na napájecím napětí umožňuje tento typ stroje snadnou a plynulou regulaci otáček změnou napájecího napětí. Naměřené a zaznamenané hodnoty jsou až od napájecího napětí 2,5 V, protože při nižší hodnotě nedošlo k roztočení rotoru připojeného k převodovce. Dále z měření vyplývá, že tento typ motoru s převodovkou je nevhodný pro příliš vysoké otáčky při hodnotě napájecího napětí 12 V, vhodný rozsah otáček pro pohon strojku je 40 až 150 ot/min.

## 4.2 Měření odporu vinutí Ohmovou metodou

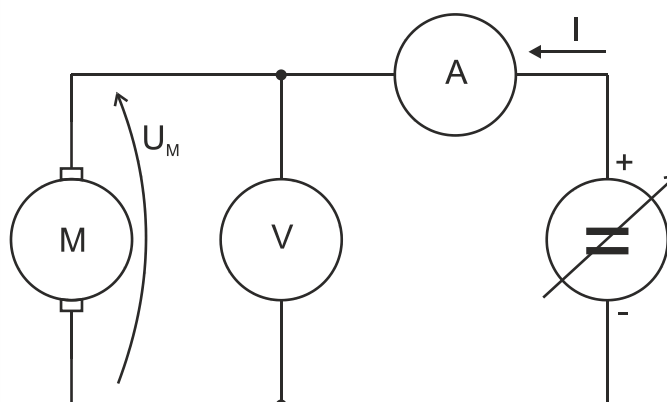
### 4.2.1 Zadání úlohy

Změřte Ohmovou metodou činný odpor vinutí stejnosměrného motoru s permanentními magnety pro několik poloh natočení rotoru.

### 4.2.2 Postup měření

- 1) Zapojit měřicí přístroje podle schématu na obrázku Obr. 4.5.
- 2) Nastavit napětí zdroje, tak aby hodnota proudu byla přibližně rovna 100 mA.
- 3) Zaznamenat hodnoty napětí a proudu.
- 4) Pootočit hřídel motoru do jiné polohy a zaznamenat hodnoty napětí a proudu.
- 5) Opakovat měření pro více poloh hřídele (rotoru motoru).
- 6) Zpracovat výsledky měření.

### 4.2.3 Schéma zapojení



Obr. 4.5 Schéma zapojení měření odporu vinutí Ohmovou metodou

### 4.2.4 Použité přístroje

Použité měřicí přístroje jsou uvedeny v tabulce Tab. 4.3.

Tab. 4.3 Použité měřicí přístroje pro měření odporu vinutí

Název	Typ	Výrobní číslo	Evidenční číslo
Napájecí zdroj	Diametral V130R50D (0-30V; 0-10A)	-	169951
Voltmetr	UNI-T UT33C	1130371198	-
Ampérmetr	Metra Blansko 60mv/5Ω; předřadník 0,2% 6A	794831	-

#### 4.2.5 Naměřené a vypočtené hodnoty

Naměřené a vypočtené hodnoty z měření odporu vinutí jsou v tabulce Tab. 4.4, vzorce a výpočty pro tyto hodnoty jsou uvedeny pod tabulkou. Odpor je vypočten podle rovnice (4.3), následně aritmetický průměr naměřených hodnot odporu vinutí podle rovnice (4.4).

Tab. 4.4 Tabulka naměřených a vypočtených hodnot

Poloha komutátoru	1.	2.	3.	4.
U [V]	1,54	1,66	1,80	1,71
I [mA]	150,00	110,00	60,00	90,00
R [Ω]	10,27	11,07	12,00	11,40
$R_{\bar{x}}$ [Ω]	11,18			

$$R = \frac{U}{I} \quad (4.3)$$

$$\text{Vzorový výpočet dle (4.3): } R = \frac{U}{I} = \frac{1,54}{150} = 10,27 \Omega$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot (x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4) \quad (4.4)$$

$$\text{Vzorový výpočet dle (4.4): } \bar{x} = \frac{1}{n} (x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4) = \frac{1}{4} (10,27 \cdot 11,07 \cdot 12 \cdot 11,4) = 11,18 \Omega$$

#### 4.2.6 Závěr z měření

Z naměřených hodnot napětí a proudu pro čtyři polohy rotoru je vypočten činný odpor vinutí a vypočten jeho aritmetický průměr. Z tabulky Tab. 4.4 s naměřenými a vypočtenými hodnotami je vidět, že hodnoty odporu vinutí mají malou odchylku od průměrné hodnoty. Z toho lze vyvodit, že kartáče doléhají stejně dobře v obvodu celého komutátoru.

## 5 Specifikace a výběr motoru

Jako nejvhodnější řešení se nabízí využití stejnosměrného motoru s permanentními magnety a převodovkou. Důležitým faktorem pro tento výběr je bezpečnost zařízení, protože tento typ motorů je možno napájet stejnosměrným napětím o hodnotě 12 V. Díky nízkému napájecímu napětí 12 V je riziko úrazu způsobené elektrickým proudem minimální, protože 12 V je malé bezpečné napětí, spadající do kategorie PELV. Díky stejnosměrnému motoru je možno napájet zařízení akumulátorem, což je jeden z požadavků zadavatele, taktéž umožňuje poměrně snadnou a bezeztrátovou regulaci otáček.[4]

Dalším požadavkem je nízká hodnota otáček elektrického pohonu. Během pokusů s pohonem pomocí motoru z aku vrtačky, bylo stanoveno, že ideální motor v kombinaci s převodovkou by měl mít maximální otáčky v rozsahu 40 až 150 otáček za minutu při maximálním napájecím napětí. Pro srovnání motor z aku vrtačky s převodovkou má 440 otáček za minutu při napětí 12 V.

Výběr motoru byl uskutečněn na základě parametrů:

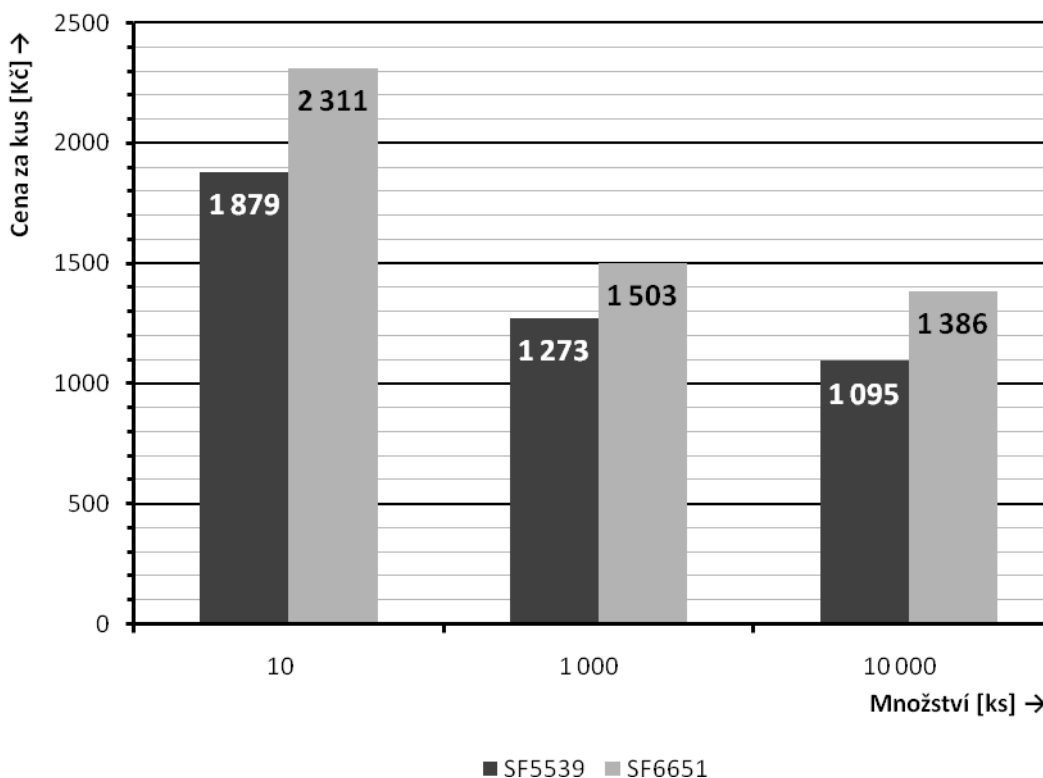
- *typ motoru-stejnosměrný s permanentními magnety,*
- *stejnosemřrné napájecí napětí 12 V,*
- *motor s převodovkou s otáčkami v rozsahu 40 až 150 ot/min,*
- *rozpočet do 1400 Kč/ks.*

Pro dodržení rozpočtu byl vhodný typ motoru vyhledáván u výrobců z Číny, Tchaj-wanu, Indie a podobných zemí. V případně výrobce, KING RIGHT motor, který pochází z Tchaj-wanu a nabízel vhodné typy motorů, byl navázán kontakt a získaná cenová nabídka pro poptávané motory s převodovkou, v závislosti na odebraném množství zboží. Získaná cenová nabídka je uvedena v příloze, část C. Vybrané motory se základními parametry a cenami jsou uvedeny v tabulce Tab. 5.1. Katalogové listy k těmto motorům jsou k dispozici v příloze v části B, viz obrázky *Obr. 8.11* a *Obr. 8.12*. Poměrně zajímavé srovnání cen motorů v závislosti na odebraném množství je zobrazeno v grafu, viz *Obr. 5.1*.

Tab. 5.1 Přehled parametrů vhodných motorů a pořizovacích cen [24,25]

Typ motoru	Otáčky [ot/min]	Napájecí napětí [V]	Cena podle množství <sup>2</sup>		
			10 ks [Kč/ks]	1 000 ks [Kč/ks]	10 000 ks [Kč/ks]
SF5539 NO3	147,0	12,07	1 878,6	1 272,6	1 094,8
SF5539 NO5	135,0	12,04			
SF5539 NO8	124,0	12,10			
SF5539 NO9	118,0	12,10			
SF6651 NO8	65,0	12,09	2 310,9	1 502,9	1 385,7
SF6651 NO10	56,3	12,07			

## Závislost ceny motorů na množství



Obr. 5.1 Závislost ceny motorů na odebraném množství [24,25]

Dva základní typy vybraných motorů jsou uvedeny v tabulce Tab. 5.1, kde cena motoru je stejná pro různé varianty poměrů převodování otáček. Pro vybrání jednoho nejvhodnějšího typu motoru s převodovkou by bylo třeba objednat několik kusů a otestovat je. Dodací lhůta takovýchto testovacích kusů je do 15 dnů od objednání a cena je stejná jako pro množství 10 ks.[24,25]

<sup>2</sup> Přepočteno kurzem 1 USD = 20,2 Kč.



## Závěr

Zadání této bakalářské práce vzniklo na základě spolupráce se zadavatelem, který měl podnikatelský záměr vyvinout a začít sériově vyrábět strojek na zpracování modelářské hmoty, určený jako pomůcka modelářům a pracovníkům s touto polymerovou hmotou. Na počátku jsme byli dva studenti z Fakulty elektrotechnické, kteří se zúčastnili spolupráce na vývoji strojku a dílčí úkoly si rozdělili mezi sebe formou zadání bakalářských prací. Bohužel, v době po získání zadání bakalářské práce vznikly komplikace, které vedly k ukončení spolupráce. Jednou z příčin byly příliš vysoké požadavky zadavatele na množství úkolů a termínů s tím spojenými bez nároků na finanční odměnu, které se netýkaly zadání bakalářské práce. A také z počátku nereálné představy o cenách komponentů pro výrobu zařízení. Posledním problémem bylo ukončení studia spolužáka a zároveň kolegy, který se mnou spolupracoval na řešení pohonu strojku pod svým zadáním bakalářské práce. Z těchto důvodů byla ukončena spolupráce se zadavatelem a tato práce vznikla na podkladech z doby před vznikem komplikací. Zadavatel svůj podnikatelský záměr nerealizoval a zařízení nebylo nikdy sériově vyráběno.

Pro účely bakalářské práce jsem přes to pokračoval, využil poznatků a provedených pokusů s polymerovými hmotami jakožto i pohonem strojku. Pro naplnění zadání jsem sestrojil regulátor otáček pro stejnosměrný motor a otestoval funkčnost zapojení. Regulátor otáček jako takový není nutný pro konstrukci strojku na modelářskou hmotu, kde je prioritou nízká rychlost otáčení před možností regulace otáček. Zvyšoval by pouze výrobní náklady a neměl by vliv na zlepšení kvality zařízení. Dále jsem provedl měření na stejnosměrném motoru s permanentními magnety s převodovkou z aku vrtačky a přesvědčil se o základních principech stejnosměrných motorů s PM. Také jsem dospěl k závěru, že pro pohon strojku je tento typ motoru s převodovkou nevhodný z důvodu příliš vysokých otáček.

Pro návrh vhodného elektrického pohonu jsem hledal na internetu řešení u výrobců stejnosměrných motorů ze zemí jako je Čína, Tchaj-wan nebo Indie. Výrobce z těchto zemí jsem vybral záměrně pro nízké ceny a několik se pokusil oslovit s poptávkou. Navázat komunikaci s výrobcem a získat požadované informace v podobě cenové nabídky se mi podařilo pouze v jednom případě. Při poptávání zde často vznikl problém z důvodu použití soukromé emailové adresy a absence možnosti prezentovat se jako firma.

Jako pohon strojku na modelářskou hmotu navrhuji využít jeden z poptaných motorů u výrobce KING RIGHT motor. Výhodou je splnění potřebných parametrů a hlavně dodržení rozpočtu v případě odběru velkého množství motorů. Naopak nevýhodou tohoto řešení je nejistá kvalita dodaného materiálu a případné komplikace s reklamací zboží. K pohonu jsem navrhl využít stejnosměrný motor s permanentními magnety, jednak z důvodu možnosti napájení akumulátorem a jednak z bezpečnostních opatření, kdy při malém bezpečném napětí je minimální riziko úrazu elektrickým proudem. Dalším důvodem je široká nabídka těchto motorů s převodovkou.

## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Polymer clay. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. Wikimedia Foundation, 5.4.2014 [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Polymer\\_clay](http://en.wikipedia.org/wiki/Polymer_clay)
- [2] FAQ. POLYFORM PRODUCTS COMPANY. Sculpey [online]. [cit. 2014-06-02]. Dostupné z: <http://www.sculpey.com/support/faqs/>
- [3] STAEDTLER. FIMO: Simply shape your ideas. 2010, 28 s. Dostupné z: [http://a.staedtlern.com/fileadmin/user\\_upload/images/inhalt/Inspiration/Hobby-creatives/STAEDTLER\\_FIMO\\_brochure.pdf?1353964152](http://a.staedtlern.com/fileadmin/user_upload/images/inhalt/Inspiration/Hobby-creatives/STAEDTLER_FIMO_brochure.pdf?1353964152)
- [4] HÄBERLE, Gregor. Elektrotechnické tabulky pro školu i praxi. vyd. 1. Praha: Europa-Sobotáles, 2006, 459 s. ISBN 80-867-0616-8.
- [5] MAYER, Daniel. Pohledy do minulosti elektrotechniky: objevy, myšlenky, vynálezy, osobnosti. 2., dopl. vyd. České Budějovice: Kopp, 2004, 427 s. ISBN 80-723-2219-2.
- [6] KUBIE, Ivan. Elektrické motory: 1. část. Elektro: odborný časopis pro elektrotechniku. 2013, roč. 23, č. 1. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/obsah-casopisu/48022.html>
- [7] BARTOŠ, Václav. Elektrické stroje. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2006, 139 s. ISBN 978-80-7043-444-4.
- [8] UHLÍŘ, Ivan. Elektrické stroje a pohony. Vyd. 2., přeprac. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007, 137 s. ISBN 978-80-01-03730-0.
- [9] KUBIE, Ivan. Elektrické motory: 2. část. Elektro: odborný časopis pro elektrotechniku. 2013, roč. 23, č. 2. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/obsah-casopisu/48207.html>
- [10] KUBIE, Ivan. Elektrické motory: 3. část. Elektro: odborný časopis pro elektrotechniku. 2013, roč. 23, č. 3. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/obsah-casopisu/48343.html>
- [11] KUBIE, Ivan. Elektrické motory: 4. část. Elektro: odborný časopis pro elektrotechniku. 2013, roč. 23, č. 4. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/obsah-casopisu/49421.html>
- [12] HRABOVCOVÁ, Valéria, Ladislav JANOUŠEK, Pavol RAFAJDUS a Miroslav LIČKO. Moderné elektrické stroje. Žilina: EDIS, 2001. ISBN 80-7100-809-5.
- [13] YEADON, William H a Alan W YEADON. Handbook of small electric motors. New York: McGraw-Hill, c2001, 1 v. (various pagings). ISBN 00-707-2332-X.
- [14] BASAK, Amitava. Permanent-magnet DC linear motors. New York: Oxford University Press, 1996, xiv, 185 p. ISBN 01-985-9392-9.
- [15] TKOTZ, Klaus. Příručka pro elektrotechnika. 2. dopl. vyd. Praha: Europa-Sobotáles, 2006, 623 s. ISBN 80-867-0613-3.
- [16] UZIMEX PRAHA. Malé stejnosměrné motory MAXON. 2002, 55 s. Dostupné z: [http://www.uzimex.cz/soubory/20070103\\_maxon\\_serial.pdf](http://www.uzimex.cz/soubory/20070103_maxon_serial.pdf)
- [17] BARTOŠ, Václav. Elektrické stroje. 2. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2004, 221 s. ISBN 80-704-3332-9.

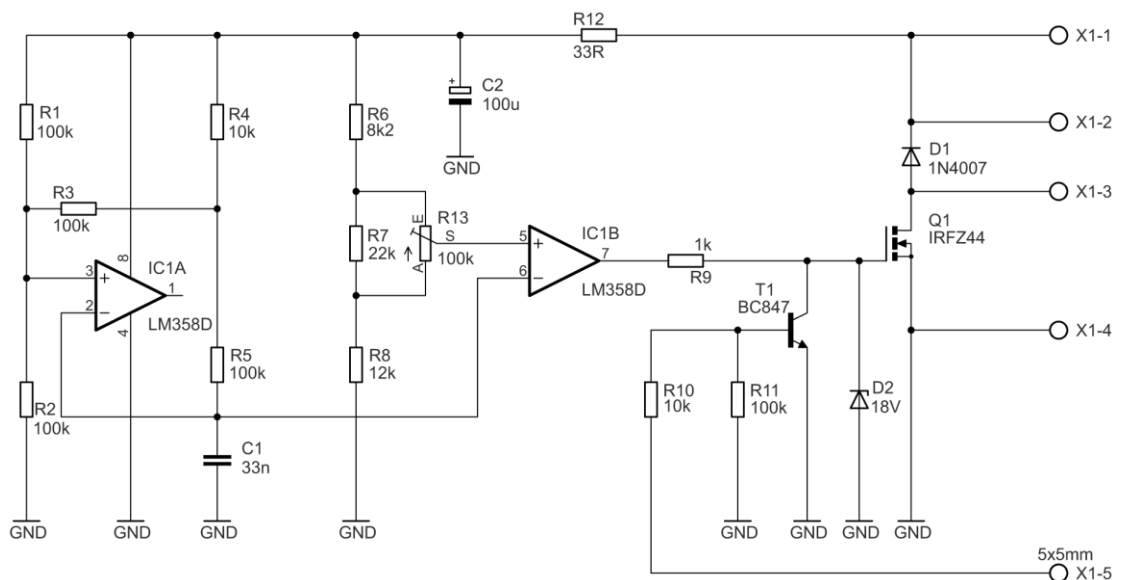
- [18] Transmotec: Stejnoseměrné motory s převodovkou [online]. 2014 [cit. 2014-06-05]. Dostupné z: <http://www.transmotec.cz/>
- [19] JAVŮREK, Jiří. Regulace moderních elektrických pohonů. 1.vyd. Praha: Grada Publishing,a.s., c2003, 261 s. ISBN 80-247-0507-9.
- [20] PFEIFER, Václav. Automatické řízení výrobních strojů. Plzeň: ZČU Plzeň - Tiskové středisko, 1997. ISBN 55-094-97.
- [21] VACULA, Richard a Josef BUCŇÁK. PWM výkonový regulátor do 15 A. PRAKTICKÁ ELEKTRONIKA: Amatérské RADIO. 2012, roč. 17, č. 9.
- [22] ZÁHLAVA, Vít. Návrh a konstrukce desek plošných spojů: principy a pravidla praktického návrhu. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2010, 123 s. ISBN 978-80-7300-266-4.
- [23] Dealextrême [online]. 2014 [cit. 2014-06-06]. Dostupné z: <http://www.dx.com/>
- [24] KING RIGHT MOTOR CO., LTD. KING RIGHT MOTOR [online]. 2014 [cit. 2014-06-09]. Dostupné z: <http://www.kingright.com.tw/>
- [25] KING RIGHT MOTOR. Cenová nabídka motorů [Email]. 2014 [cit. 10.6.2014]. Dostupné z: Příloha C

## Přílohy

### Příloha A – Dokumentace pro výrobu regulátoru otáček

Dokumentace regulátoru otáček obsahuje potřebné výkresy v měřítku 1:1 pro výrobu plošného spoje a jeho osazení součástkami. Jednotlivé části dokumentace jsou:

- **Schéma regulátoru:** Obr. 8.1 Schéma regulátoru
- **Seznam součástek:** Tab. 8.1 Seznam součástek
- **Horní vodivá vrstva:** Obr. 8.2 Vodivá vrstva TOP
- **Spodní vodivá vrstva:** Obr. 8.3 Vodivá vrstva BOTTOM
- **Horní nepájivá maska:** Obr. 8.4 Nepájivá maska TOP
- **Dolní nepájivá maska:** Obr. 8.5 Nepájivá maska BOTTOM
- **Horní potisk:** Obr. 8.6 Potisk TOP
- **Spodní potisk:** Obr. 8.7 Potisk BOTTOM
- **Obrys desky:** Obr. 8.8 Obrys desky
- **Data Excellon pro vrtání:** Tab. 8.2 Data pro vrtání-Excellon
- **Horní osazovací výkres:** Obr. 8.9 Výkres pro osazení TOP
- **Spodní osazovací výkres:** Obr. 8.10 Výkres pro osazení BOTTOM



Obr. 8.1 Schéma regulátoru [21]

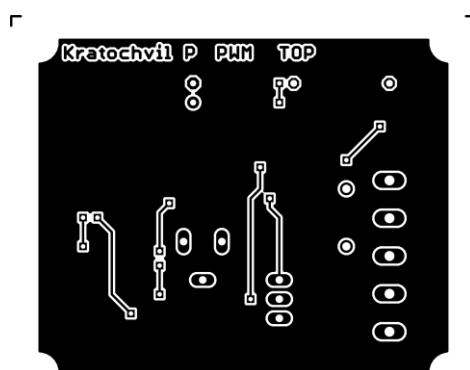
Tab. 8.1 Seznam součástek

Součástka	Typ	Pouzdro	Obj. č.	Cena [Kč/ks]	Distributor <sup>3</sup>
R1	100k	1206	900-002	1	GME
R2	100k	1206	900-002	1	GME
R3	100k	1206	900-002	1	GME
R4	10k	1206	900-179	1	GME
R5	100k	1206	900-002	1	GME
R6	8k2	1206	900-307	1	GME
R7	22k	1206	900-224	1	GME
R8	12k	1206	900-193	1	GME
R9	1k	1206	900-191	1	GME
R10	10k	1206	900-179	1	GME
R11	100k	1206	900-002	1	GME
R12	33R/2W	0411	114-046	3	GME
R13	100k	CA6V	112-388	5	GME
C1	33nF/50V	1206	905-083	1	GME
C2	100µF/35V	RM2,5	123-617	1,5	GME
D1	1N4007	DO41	220-002	1	GME
D2	18V	SOT23	919-020	1,1	GME
T1	NPN BC847	SOT23	912-015	1,1	GME
Q1	IRFZ44	TO220	213-071	15,5	GME
IC	LM358	SO8	925-005	4,4	GME
X1	AK500/2	-	821-017	4,7	GME
X1	AK500/3	-	821-008	7,3	GME

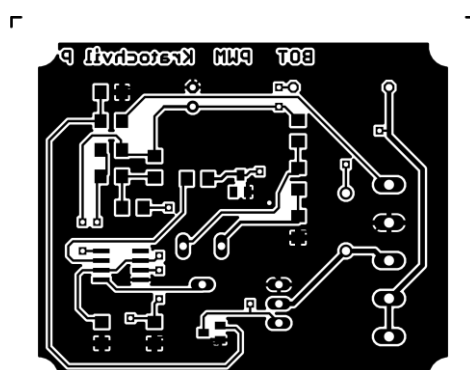
Tab. 8.2 Data pro vrtání-Excellon

Data pro vrtání otvorů ve formátu Excellon			
1. Část <sup>4</sup>	2. Část	3. Část	4. Část
%	X7930Y7180	X9680Y15680	X17680Y11180
M48	X7930Y7930	X9680Y16680	T06
M72	X8430Y10430	T03	X19930Y11620
T01C0.0236	X4680Y9680	X14930Y16680	X19930Y9650
T02C0.0320	X3930Y9680	X19930Y16680	X19930Y7680
T03C0.0360	X3930Y8180	T04	X19930Y5710
T04C0.0400	X12680Y5430	X11180Y8430	X19930Y3730
T05C0.0433	X13680Y10680	X9180Y8430	T07
T06C0.0520	X13180Y12305	X10180Y6430	X1617Y1617
T07C0.1260	X14180Y15680	X14180Y6430	X1617Y18798
%	X14180Y16680	X14180Y5430	X23048Y18798
T01	X17680Y12680	X14180Y4430	X23048Y1617
X6430Y4680	X19430Y14430	T05	M30
X7930Y5680	T02	X17680Y8180	

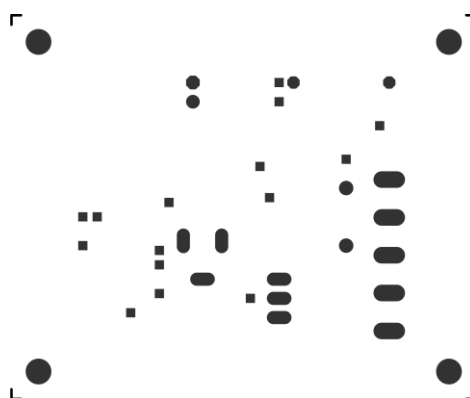
<sup>3</sup> Zkratka GME: GM electronic, spol. s r. o.<sup>4</sup> Data jsou pro úsporu místa rozdělena na sloupce a vložena do tabulky.



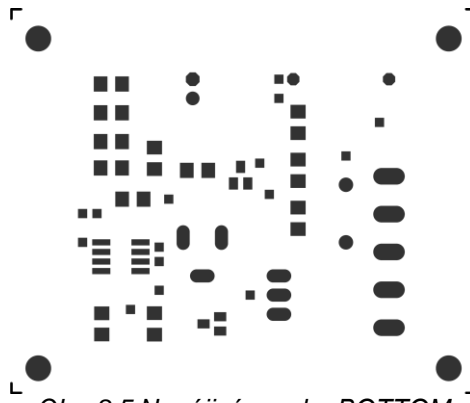
Obr. 8.2 Vodivá vrstva TOP



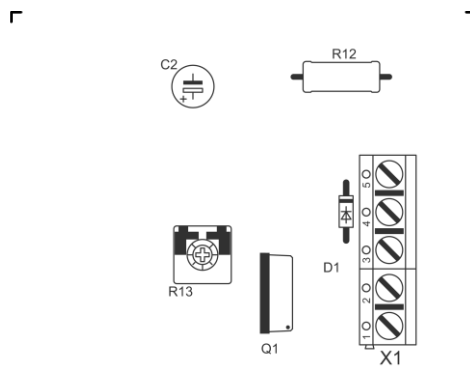
Obr. 8.3 Vodivá vrstva BOTTOM



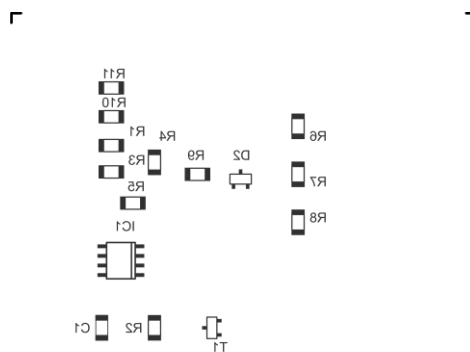
Obr. 8.4 Nepájivá maska TOP



Obr. 8.5 Nepájivá maska BOTTOM

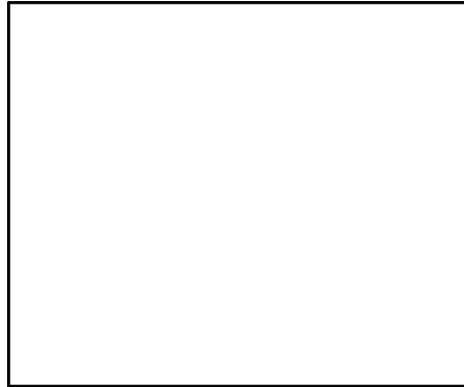


Obr. 8.6 Potisk TOP

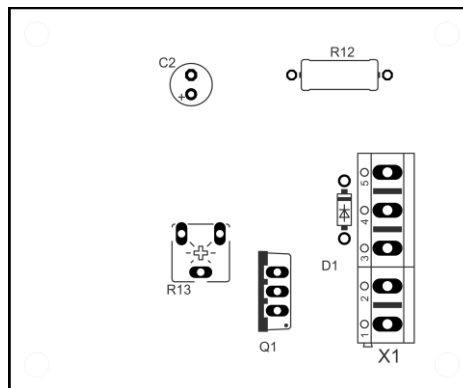


Obr. 8.7 Potisk BOTTOM

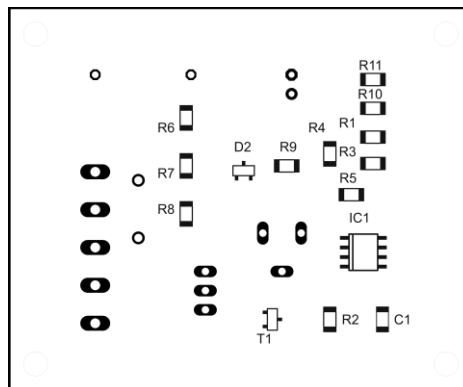




Obr. 8.8 Obrys desky



Obr. 8.9 Výkres pro osazení TOP



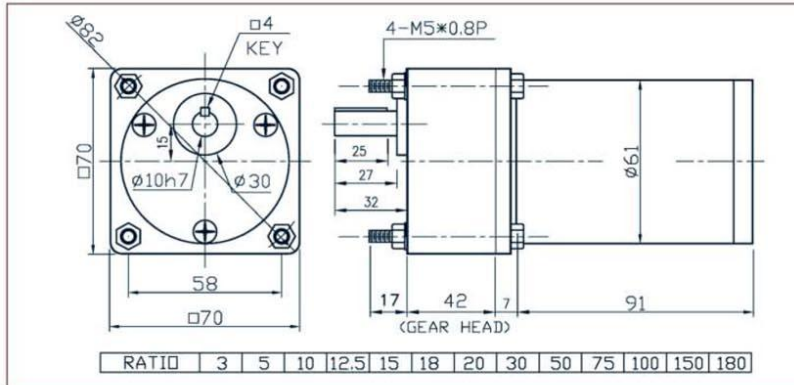
Obr. 8.10 Výkres pro osazení BOTTOM

**Příloha B – Katalogové listy stejnosměrných motorů s PM a převodovkou**

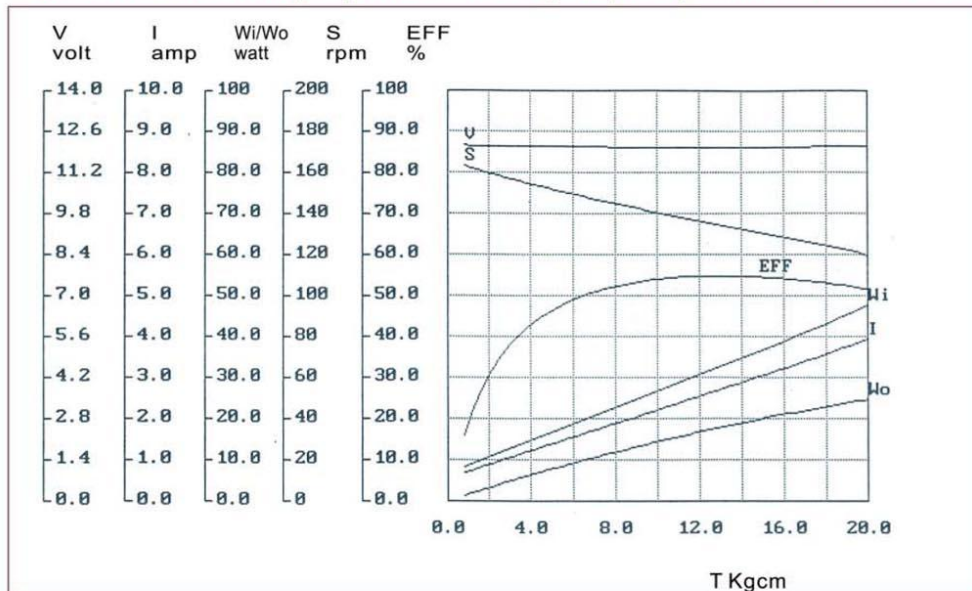
**KING RIGHT MOTOR SPUR GEARED MOTOR**

Motor dia  $\phi$  61mm  
 Motor original torque : 8 - 16 Ncm  
 Gear ratio (1/ i) : 1/3 - 1/180

**SF5539**



**12VDC No Load 165rpm (RATIO : 1/12.5) Torque/Speed Performance Curve**



SPUR GEAR

NO	R.P.M.	VOLT(V)	I(AMP)	INPUT(W)	TORQUE(KG-CM)	OUTPUT(W)	EFF(%)
1	163	12.10	0.69	8.3	0.80	1.3	15.7
2	155	12.11	1.19	14.4	3.80	6.0	41.7
3	147	12.07	1.67	20.2	6.90	10.4	51.5
4	143	12.07	2.17	26.2	9.40	13.8	52.7
5	135	12.04	2.69	32.4	13.00	18.0	55.6
6	133	11.98	2.61	31.3	12.40	16.9	54.0
7	130	12.08	3.13	37.8	15.50	20.7	54.8
8	124	12.10	3.61	43.7	18.10	23.0	52.6
9	118	12.10	4.08	49.4	20.80	25.2	51.0

KING RIGHT MOTOR CO., LTD. PRODUCT CATALOGUE

www.kingright.com.tw

Obr. 8.11 Katalogový list motoru typu SF5539 (převzato z [24])

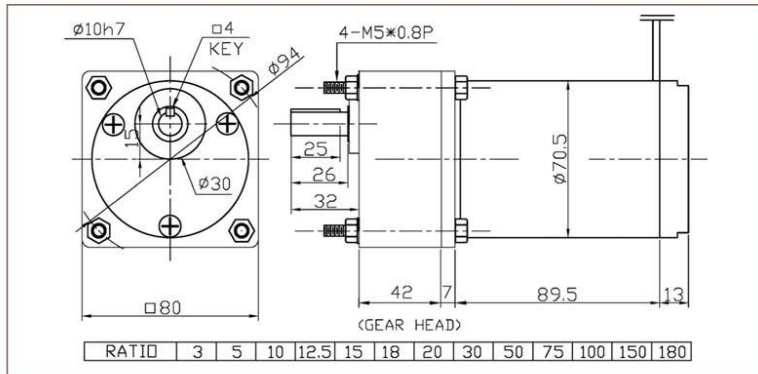


**KING RIGHT MOTOR**

**SPUR GEARED MOTOR**

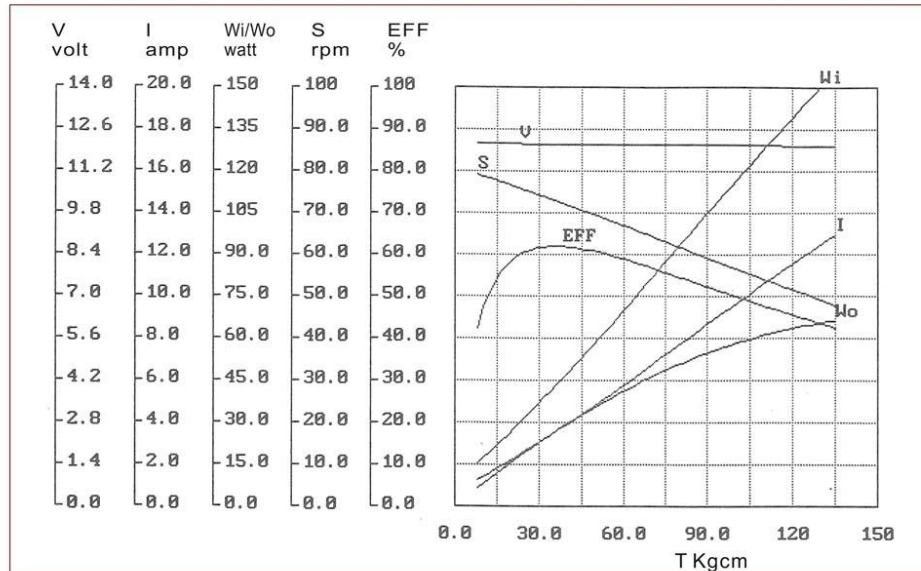
Motor dia  $\phi$  70.5mm  
 Motor original torque : 15 - 28 Ncm  
 Gear ratio (1/ i) : 1/3 - 1/180

**SF6651**



N.W 28 KGS/PCS  
 8 PCS A CTN/N.W.225 KGS  
 G.W.235 KGS CFT.1.5'

12VDC No Load 80rpm (RATIO : 1/30) Torque/Speed Performance Curve



SPUR GEAR

NO	R.P.M.	VOLT (V)	I (AMP)	INPUT (W)	TORQUE (KG-CM)	OUTPUT (W)	EFF (%)
1	78.7	12.13	1.38	16.78	8.00	6.50	38.74
2	78.6	12.13	1.67	20.23	16.00	12.90	63.77
3	75.9	12.10	2.47	29.93	22.00	17.10	57.13
4	74.1	12.10	3.07	37.12	30.00	22.80	61.42
5	72.4	12.10	3.58	43.33	36.00	26.70	61.62
6	71.2	12.10	4.49	54.35	46.00	33.60	61.82
7	67.7	12.09	5.37	64.94	55.00	38.20	58.82
8	65.0	12.09	6.62	79.99	69.00	46.00	57.51
9	60.4	12.07	8.15	98.42	84.00	52.10	52.94
10	56.3	12.07	9.64	116.30	101.00	58.30	50.13
11	52.4	12.07	11.49	138.70	119.00	64.00	46.14
12	47.0	12.04	13.13	158.16	137.00	66.10	41.79

KING RIGHT MOTOR CO., LTD. PRODUCT CATALOGUE

www.kingright.com.tw

Obr. 8.12 Katalogový list motoru typu SF6651 (převzato z [24])

**Příloha C – Cenová nabídka motorů (emailová komunikace), informační zdroj [25]**

Pavel Kratochvíl &lt;pavelkrat@gmail.com&gt;

**Demand for electric motors**

Počet zpráv: 5

**Pavel Kratochvíl** <pavelkrat@gmail.com>  
Komu: kmotor@seed.net.tw

4. června 2014 13:12

Dear Sirs,

I have seen your website and have found out one of your offered electric motor, exactly:



SF5539 NO 9  
SF6651 NO 8  
SF6651 NO 10

type that has attracted my attention (Type of motor is highlighted in e-mail attachments). I would be pleased if you could inform me about the price of this type of electric motor in the case of order 10 pcs, 1000pcs and 10 000 pcs.

I should be grateful for your response with price offer or price list as soon as possible.

Yours faithfully,  
Mr. Pavel Kratochvíl.

Czech republic

**Přílohy: 2** **p\_140212\_03688.pdf**  
213K **p\_140212\_03689.pdf**  
1027K**kmotor** <kmotor@seed.net.tw>  
Komu: Pavel Kratochvíl <pavelkrat@gmail.com>

5. června 2014 3:48

MR. PAVEL KRATOCHVIL:

THANKS FOR YOUR ENQUIRY.  
WE QUOTE THE BEST FOB PRICE TO YOU AS BELOW.SF5539 DC 12V OUTPUT 165RPM 1/12.5  
10 PCS @USD93/PCS  
1000 PCS @USD63/PCS  
10000 PCS @USD 54.20/PCSSF6651 DC 12V OUTPUT 80RPM 1/30  
10 PCS @USD114.40/PCS  
1000 PCS @USD74.40/PCS  
10000 PCS @USD68.60/PCS

CAN YOU PLEASE LET US KNOW WHAT IS THESE MOTORS APPLY FOR? WE WILL RECOMMEND SUITABLE MOTORS AND PROVIDE MORE INFORMATION TO YOU.

BEST REGARDS.  
STEVE CHUANG

**KING RIGHT MOTOR CO., LTD.**

NO. 21 , LANE 231, PU-CHUNG ROAD, CHUNGLI,  
TAIWAN, ROC.  
TEL: 886-3-4615498  
FAX: 886-3-4612131  
E-MAIL: [kmotor@seed.net.tw](mailto:kmotor@seed.net.tw)

---

**kmotor** <[kmotor@seed.net.tw](mailto:kmotor@seed.net.tw)>  
Komu: Pavel Kratochvíl <[pavelkrat@gmail.com](mailto:pavelkrat@gmail.com)>

9. června 2014 3:05

MR. PAVEL KRATOCHVIL:

THANK YOU VERY MUCH FOR YOUR ENQUIRE KING RIGHT GEAR MOTORS. IT PROJECT HAD BEEN OVER 30 YEARS MORE MATURE PRODUCTS EXPERIENCE AND QUALITY IS VERY EXCELLENT QUITE AND STRONG WITH STABLE. WE HAVE CONFIDENCE THAT OUR SERVICE QUALITY BE SATISFY OF YOUR BUSINESS PROMOT SMOOTHLY IN MARKET AND SATISFY FOR CONSUMER.

WE HOPE KING RIGHT MOTOR AS WELL AS FOR YOUR SUBSIDIARY FACTORY IN TAIWAN.

WE ARE EXPECTING FOR YOUR PRECIOUS OPINION AND SUGGESTION. IT BE HELPFUL FOR OUR MUTUAL COOPERATION IN THE FUTURE.

APPRECIATING FOR YOUR INTERESTY COMMENT REPLY.

BEST REGARDS.

ANDREW CHUANG  
PRESIDENT

**KING RIGHT MOTOR CO., LTD.**

NO. 21 , LANE 231, PU-CHUNG ROAD, CHUNGLI,  
TAIWAN, ROC.  
TEL: 886-3-4615498  
FAX: 886-3-4612131  
E-MAIL: [kmotor@seed.net.tw](mailto:kmotor@seed.net.tw)

---

**Pavel Kratochvíl** <[pavelkrat@gmail.com](mailto:pavelkrat@gmail.com)>  
Komu: kmotor <[kmotor@seed.net.tw](mailto:kmotor@seed.net.tw)>

9. června 2014 15:10

Dear STEVEN CHUANG,

Thank you very much for your very fast answer and price offer. And I am sorry for my delay, but I had your email in SPAM folder.

I am looking for geared DC motor with 12V power supply for developing device for Czech market. The best way for this application is DC motor with spur gear. I am not decided about specific values of R.P.M., TORQUE and OUTPUT (W).

Could you send me next price offer for these motors:

SF5539 NO.3  
SF5539 NO.5  
SF5539 NO.7  
SF5539 NO.8

in quantities 10, 1000, 10000 pcs? And I have question about delivery time, for first testing series, it is meaning 10 pcs of motor. Are you able dispatch 10 pcs for less than one month?

I look forward to receiving your reply.

Best regards,  
Mr. Pavel Kratochvil.

---

**kmotor** <kmotor@seed.net.tw>  
Komu: Pavel Kratochvíl <pavelkrat@gmail.com>

10. června 2014 2:35

MR. PAVEL KRATOCHVIL:  
THANKS FOR YOUR REPLY.

THE PRICE YOU REQUEST FOR DIFFERENT ON LOAD SPEED IS ALL THE SAME PRICE. ACTUALLY, THE SPEC IS THE SAME ONE OF NO LOAD OUTPUT 165RPM.

SINCE YOU DID NOT DECIDE SPECIFICATION YET. WE SUGGETION YOU TO ORDER 1 OR 2 MOTORS AT FIRST. WE WILL DO BEST FOR YOUR DEVELOPMENT IF NEEDS ANY MODIFICATION AFTER TEST.

IF YOU ALSO LIKE TO TEST SF6551 WE CAN SUPPLY, TOO.  
THE SAMPLE UNIT PRICE IS AS BELOW.

SF5539 1-10 PCS @USD93/PCS  
SF6551 1-10 PCS @USD114.40/PCS  
LEAD TIME: 15 DAYS.

WE CAN DELIVER 10 MOTORS IN 2 WEEKS.  
PLEASE CONFIRM.

BEST REGARDS.  
STEVE CHUANG

## KING RIGHT MOTOR CO., LTD.

NO. 21 , LANE 231, PU-CHUNG ROAD, CHUNGLI,  
TAIWAN, ROC.  
TEL: 886-3-4615498  
FAX: 886-3-4612131  
E-MAIL: [kmotor@seed.net.tw](mailto:kmotor@seed.net.tw)