

Seriál článků pro nás píše Ing. Michal Černý. Pana Černého není třeba představovat. Dlouhá léta přispíval do časopisu RC Revue a všeobecně je uznáván za jednoho z našich největších odborníků v modelářské elektronice.

Články budeme publikovat postupně ve zvláštních vydáních našeho Zpravodaji, přibližně 1x týdně.

Současně budou zveřejňovány na našem webu pod záložkou "Články". Téma je nadčasové a hledání jednotlivých dílů ve Zpravodajích by bylo obtížné, proto budou shromažďovány také na jedno místě.

První seriál článků je o servech a obsahuje spousty zajímavých a užitečných informací. Ted dostáváte na obrazovku první díl.

1. Moment a rychlost serva

jeho základní funkční parametry jsou vedle rozměrů a hmotnosti často také to jediné, co výrobce o servu prozradí. Co bychom o nich měli vědět?



Rychlost serv (speed)

se standardně vyjadřuje jako čas, který potřebuje páka (kotouč) serva k tomu, aby se potočila o úhel 60°. Pozor, někdy se můžeme setkat i s časem na úhel 45°, takový údaj pak musíme vynásobit číslem 1,33, aby byl srovnatelný.

Výrobce udávaného času v praxi asi servo nikdy nedosáhne, protože se vždy udává čas bez zatížení výstupu (při nulovém momentu), a výstup bez zatížení nemá v praxi smysl. Rychlost (čas) se vždy měří „s letmým startem“, tedy až od okamžiku, kdy už se servo rozjelo na maximální rychlost, a do okamžiku, v němž má ještě plnou rychlost před zastavením. To je druhý důvod, proč je v praxi (včetně rozjezdů a dobrzdění) vždy servo pomalejší, než se píše v parametrech. Protože ale takto udávají parametry všichni výrobci, jsou hodnoty srovnatelné.

Moment serva (torque)

by se správně měl udávat jako síla působící na páce dané délky, tedy v[N.m] nebo [N.cm]. Kvůli zakořeněnému zvyku a také lepší představě se moment většinou udává v nesprávných jednotkách [kg.cm]. „Moment“ 1 kg.cm má vyjadřovat, že na páce dlouhé 1 cm (od osy upevňovacího šroubu k

místu uchycení zátěže) je servo schopné zvednout závaží o hmotnosti 1 kg. Samozřejmě na 2x delší páce zvedne 2x menší závaží. Přibližně platí, že 1 kg.cm odpovídá 10 N.cm nebo 0,1 N.m.

Momenty se u serv sledují dva, ale u levnějších serv se většinou setkáme jen s jedním údajem. Základní je moment, při němž se pohyb páky právě zastaví a motor nemá sílu k dalšímu pohybu, ten se označuje jen jako „torque“ nebo případně „dynamic torque“. Opět je to hodnota, která se v praxi nedá využívat k řízení, protože je použitelné kormidlo, které se už nedokáže pohybovat? A opět, protože to takto uvádějí všichni výrobci, je to i přes to hodnota dobře porovnatelná a má smysl. Někdy se udává ještě druhý moment, a to „holding torque“, česky „přidržený“ moment. Ten je vždy větší než základní (dynamický) a vyjadřuje moment, kterým se musí působit na výstup serva, aby se navzdory vlastní snaze začalo otáčet opačným směrem, než jak se snaží. Předpokládá se přitom, že i tento moment převody serva vydrží, i když v některých případech to tak není, a dřív, než se servo protočí zpět, se strhnou zuby v jeho převodovce, čímž se servo zničí.

Příklad na vysvětlení: Máme klapky letadla a nedostatečně dimenzované servo s malým momentem. Když je letadlo v klidu na zemi, řízení klapky normálně funguje, moment působící na plochu je zanedbatelný. Za letu čím je větší rychlost, tím je i větší moment působící na vysunutou klapku. Při určité rychlosti dosáhneme meze dynamického momentu. Servo už nemá sílu klapkou pohnout (zvětšit výchylku), ale stále ji zvládne držet. Řídit už v podstatě nejde, ale protože výchylky zůstaly nastavené, nemusí to být kritická situace. Rychlost se dál zvýší, moment vzroste. V určitém okamžiku se překročí přidržený moment, a přes úpornou snahu serva (které se asi brzy spálí) se výstup protočí na opačnou stranu, výchylka klapky zmenší, nejde už zvětšit, ale ani udržet. U křidélek, směrovy nebo výškovky podobná situace znamená, že už řídit zkrátka nejde.

Vztah rychlosti a momentu je snad jasný

Čím větší moment (zatížení serva), tím menší rychlost (delší doba pohybu). Pro rychlá serva v takovém režimu, jak se správně využívají, opravdu (téměř) platí, že při zatížení polovinou udávaného (dynamického) momentu dostaneme poloviční rychlost pohybu. U pomalých a silných serv je vztah složitější. Obvykle platí, že když potřebujeme zvýšit rychlost pohybu řídicí plochy, není správnou cestou vyměnit servo za rychlejší (to často situaci ještě zhorší), ale za silnější.

Správně dimenzované servo

v modelu by mělo být typicky využíváno nejvýš na 25% dynamického momentu, to odpovídá podobně velké ztrátě rychlosti. Musíme počítat s tím, že udávaná rychlost i moment se měří za pokojové teploty. Zvýšením teploty za provozu se může dynamický moment zmenšit i o víc než čtvrtinu, další omezení momentu způsobí úbytek napětí na servokabelu při větším odběru. Toto platí pro serva často využívaná, typicky křídélková.

Můžeme využívat i podstatně větší moment, až 75%, ale pouze u serv, která jsou v provozu jen občas a krátce, typicky serva vytahování podvozku.

Naprostá většina serv nevydrží delší dobu zatížení větší než 50%, přehřeje se a pak „vyhoří“ servozasilovač. I když se to nestane, brzy se poškodí komutátor a kartáčky v motoru serva. Přílišné zatížení je (kromě havárií) tím, co nejvíc zkracuje životnost serv.

Jak poznat přetížené servo?

Krátkodobě a hodně přetížené podle toho, že pohyb páky je podstatně pomalejší proti pohybu bez zatížení. U mírně, ale dlouhodobě přetížených serv (která se často hýbají), se výrazně hřeje dolní část krytu, tam je servozasilovač a motor.

Pozor na to, že někdy se může změnit režim používání serv a jejich zatížení i u modelu, který je starší a dobře prověřený. Například když do takového modelu namontujeme stabilizační systém, let se zklidní, ale za cenu téměř nepřetržité činnosti serv. Ta při čistě ručním řízení vyhovovala (jen občasné zásahy), ale pod stabilizačním systémem (neustálé pohyby) jsou přetížená a hřejí.

Seriál článků pro nás píše Ing. Michal Černý. Pana Černého není třeba představovat. Dlouhá léta přispíval do časopisu RC Revue a všeobecně je uznáván za jednoho z našich největších odborníků v modelářské elektronice. Články jsou současně zveřejňovány na našem webu pod záložkou "Články". Téma je nadčasové a hledání jednotlivých dílů ve Zpravodajích by bylo obtížné, proto budou shromažďovány také na jedno místě.

Druhý díl, který právě vidíte, pojednává o rozdílech mezi analogovými a digitálními servy.

2. Co to vlastně znamená „digitální servo“?

Některá prodávaná serva jsou „normální“, čili analogová, některá jsou digitální. Při srovnatelných rozměrech a

momentu jsou ta analogová většinou levnější. V čem ale spočívá rozdíl mezi analogovým a digitálním servem a co z toho plyne pro použití?

Typické servo

obsahuje několik základních součástí. V plastovém nebo kovovém krytu najdeme elektromotor a na něj navazující vícestupňovou převodovku, dále pak snímací potenciometr polohy mechanicky svázaný s výstupním hřídelem (unašečem) a elektroniku servozsilovače, který podle vstupního signálu ovládá motor a tím odpovídající polohu výstupu. Rozdělení na analogová a digitální serva se týká jen toho, jak pracuje servozsilovač.

V analogovém servu

se poloha výstupu snímá z potenciometru jako napětí, porovnává se s napětím získaným (odvozeným) ze vstupního (pulzního) řídicího signálu. Pokud jsou obě napětí stejná (s určitou tolerancí), motor stojí. Při odchylce napětí sepne elektronika motor, ten pootočí výstupem, na nějž je navázaný snímací potenciometr. Tím se odchylka dorovná. Nejde o nic jiného, než jednoduchou zápornou zpětnou vazbu, do níž je v tomto případě zahrnut i mechanický pohyb. Podstatné je, že k vyhodnocení odchylky od požadované polohy se používá porovnání napětí, tedy analogová hodnota. Někdy se napětí z potenciometru naopak převede na pulz a ten se porovnává s řídicím pulzem, opět čas bereme jako analogovou hodnotu. V analogových servech se dnes téměř bez výjimky používají jednocelové integrované obvody, ale to na principu nic nemění.

V digitálním servu



se poloha snímá naprosto stejně v podobě napětí na potenciometru, ale dál se zpracovává jinak. Základ servozsilovače tvoří mikrokontrolér, ten převede napětí z potenciometru na digitální údaj (číslo). Změří délku řídicích pulzů, dostane další číslo. Obě čísla porovná (a podle velikosti rozdílu ještě dál zpracuje) a dá povel k otevření jedné nebo druhé dvojice tranzistorů v můstku, tím se dostane napětí na motor a ten pootočením odchylku dorovná. Digitální zpracování má výhodu v tom, že dovoluje přesněji reagovat a vyvinout plnou sílu motoru i při malé odchylce, má podstatně lepší linearitu pohybu i při okrajích rozsahu. Kromě toho, když už v servu je mikrokontrolér, otevírá se cesta k tomu, aby bez dalších nákladů a zvětšení elektroniky plnil i jiné funkce, aby uměl otočit výchylku serva, dovedl nastavit meze pohybu serva nebo třeba zpomalil pohyb. Toto a další funkce pak mají digitální serva, která jsou

programovatelná.

Jak rozpoznám analogové a digitální servo?

V obou případech se motor (stejnoseměrný s permanentními magnety) řídí střídou pulzů, jinak řečeno PWM modulací (vysvětlení v dalším článku). Analogová serva v drtivé většině případů tyto pulzy odvozují od kmitočtu řídicích servopulzů z přijímače, takže když je servo v klidu a my se pokusíme (ne násilím!) pootočit jeho výstup, je slyšet vrčení a vibrace jsou i cítit v prstech. Typický kmitočet je 50 Hz, u některých serv se může pohybovat od 40 do 90 Hz. Když totéž uděláme s digitálním servem, které používá podstatně vyšší kmitočet pro řízení motoru (obvykle kolem 700 Hz), uslyšíme pískání a vibrace nejsou v prstech cítit.

Často se můžeme setkat s tím, že výrobce nabízí dvě serva s naprosto stejným krytem, převodovkou i motorem, ale jedno s analogovým a jedno s digitálním servozsilovačem. To digitální má pak udaný vyšší moment. Jak je to možné?

Tohle vlastně souvisí s digitálními servozsilovači jen nepřímo a nemusí to platit vždy, podstatné je, jestli výkonové stupně servozsilovačů používají bipolární nebo FET tranzistory. FET mají v sepnutém stavu na sobě mnohem menší úbytek napětí, takže víc napětí se dostane na motor. Levné analogové zesilovače jsou ale někdy ještě osazeny bipolárními tranzistory, naproti tomu digitální servozsilovač bez FET tranzistorů budeme hledat jen těžko. U serv provozovaných na malé napětí (kolem 3,5 V) rozdíl mezi bipolárními a FET tranzistory sám o sobě způsobí asi 30 - 40% rozdíl momentu, u serv na 6 V stále ještě kolem 20%. Většina moderních serv má v sobě FET spínače, bipolární najdeme ve starších typech, nanoservech nebo typech extrémně levných.

Někteří uživatelé si myslí,

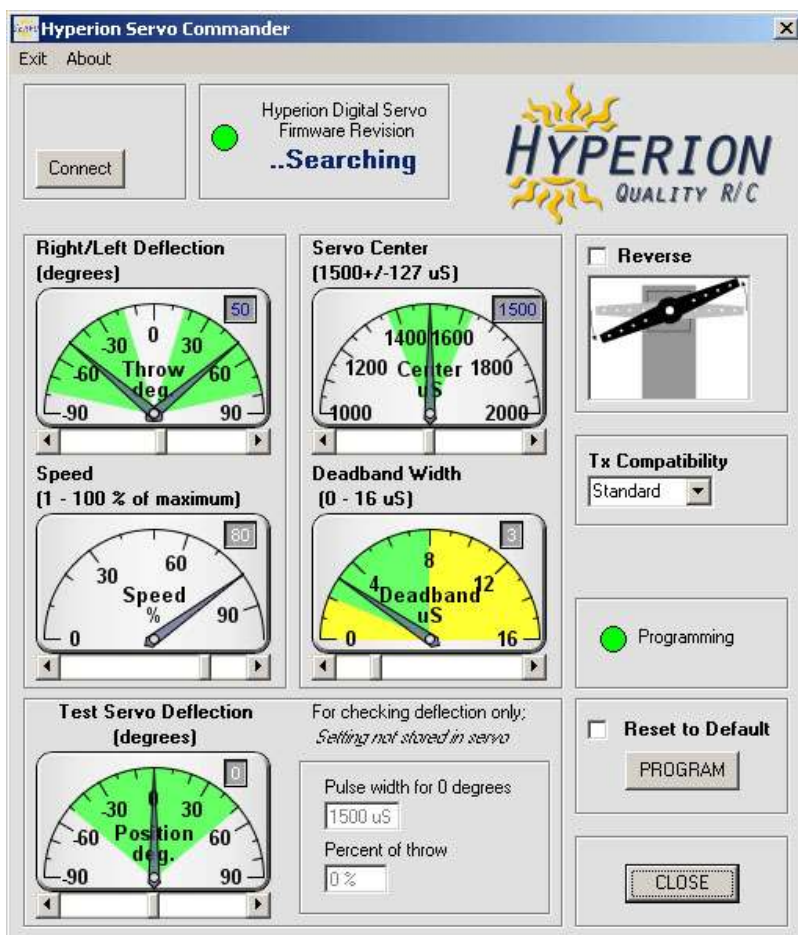
že v digitálních servech je vše digitální, tedy snímání polohy, zpracování a synchronní (nebo dokonce krokový) motor.



Obvykle to tak není, ale podobná serva opravdu existují, jenže patří mezi ty nejdražší. Teprve v posledních letech se v modelářských servech uplatnil bezkontaktní magnetický systém snímání. K unašeči je připevněn permanentní magnet, který se otáčí těsně nad integrovaným snímačem na principu dvou Hallových sond. Magnetický snímač může komunikovat přímo s mikrokontrolérem v servozesilovači a není omezen ani výchylkou 360°, není citlivý na vlhkost nebo znečištění a má výbornou linearitu. Je ale citlivý na silnější magnetické pole třeba z vodičů k motoru vedených těsně kolem serva. Verze na fotografii má tělo „magnetického potenciometru“ z plastu, kovový unašeč s vlepeným magnetem a samostatnou desku se snímačem polohy respektive pootočení.

Podobně se objevila serva s bezkomutátorovými („střídavými“) motory. Spojením magnetického snímání polohy a střídavého motoru do jednoho serva se odstranily dvě nejporuchovější části, takže taková serva vynikají především nesrovnatelně vyšší životností, mají vynikající parametry rychlosti rozběhu, brzdění i momentu. S postupným zlevňováním takových motorů, které jsou konec konců výrobně jednodušší, se bude tato koncepce rozšiřovat i mezi serva levnější kategorie.

Programování digitálních serv



Není vlastně programováním, ale nastavováním parametrů. Obvykle se k tomu používají speciální přípravky nebo propojení serva s PC a názorný obslužný program. Oboustranná komunikace probíhá přes běžný třívodičový servokabel.

Typické parametry, které se dají nastavit, jsou reverz (směr pohybu serva při daném řízení), poloha neutrálu (mechanická poloha při vstupních pulzech 1,5 ms) a velikost výchylky odděleně pro obě strany (pohyb serva nemusí být symetrický).

Další velmi důležitou funkcí je „fail safe“, což znamená zadání polohy, do níž má servo přejít, pokud nebude mít na vstupu řídicí pulzy delší dobu (asi 0,5 s).

Pokročilejší serva umožňují zpomalit přejezd například v rozmezí 100% až 10% maxima, takže servo samo při skokové změně řízení pomalu jede do nové polohy.

Dalším parametrem je šířka pásma necitlivosti nastavitelná v rozmezí třeba od 1,5 do 65 μ s, ta má vliv na drobné zakmitávání serva v klidu i přesnost.

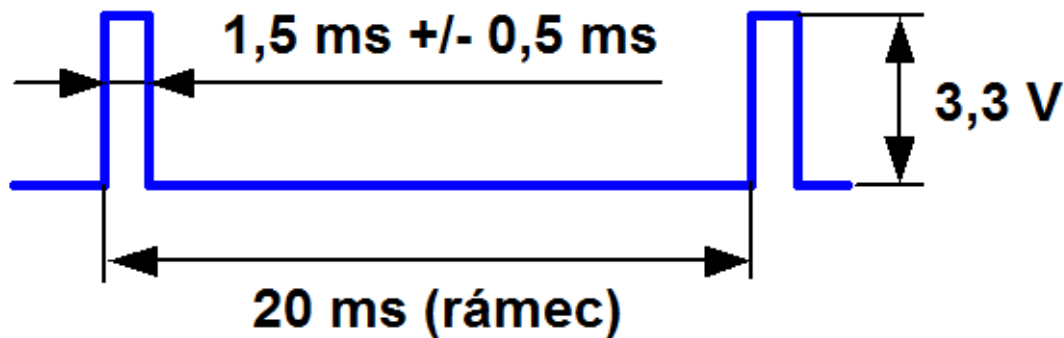
Některá serva

dovolují nastavit snížení proudu do motoru po určité době zablokování. Znamená to, že při běžných pohybech není výkon serva nijak omezen, ale pokud proud výrazně vzroste a trvá déle, než obvyklá špička při rozběhu a brzdění, servo samo ubere proud do motoru a tím zabrání zničení. Když se překážka odstraní, servo pokračuje v pohybu. Před použitím digitálního serva v modelu je dobré si zjistit, co servo udělá, když nebude řízeno, když přestanou chodit pulzy od přijímače. Analogová serva zpravidla uvolní unašeč a dají se poměrně volně protočit vnější silou. Digitální serva se mohou zachovat stejně, ale většinou budou udržovat polohu, kterou měla při posledním platném signálu z přijímače (fail safe typu hold = držení polohy). Programovatelná serva mohou mít nastavenou polohu, kam sama přejedou, když nejsou řízena. Tato serva obvykle nastavujeme do neutrálu (pro kormidla) aby model byl chopen se vlastní stabilitou chvíli udržet ve

vzduchu, nebo tak, aby řízení havaroval (třeba „houpáním“ s mírným přitažením výškovky). U spalovacích motorů servo plynu vždy nastavíme tak, aby po výpadku řízení stáhlo plyn na minimum, pokud možno ale aby motor nezhasnul, protože pak už by se ani po obnovení řízení už nedal ve vzduchu nahodit.

Ovládání serv

Standardní řídicí signál pro serva tvoří kladné pravoúhlé pulzy s proměnnou šířkou od 1,00 ms do 2,00 ms (střed na 1,50 ms) opakované po 20 ms, tomu odpovídá výchylka serva asi tak +/-60° od střední polohy. Protože výchylka serva je úměrná šířce pulzů (na opakování záleží jen málo), mluvíme o „pulzně šířkové modulaci“ neboli PWM (Pulse Width Modulation).



Signál je veden z přijímače do serva signálním kabelem (v trojici vodičů je na jednom okraji, je obvykle bílý nebo oranžový).

Červený kabel je zásadně uprostřed a vede napájení - plus. Černý nebo hnědý kabel je na druhém okraji a vede minus - zem.

Záměnou vodičů pro zem a signál se nic nestane.

V případě, že servokonektor s kolíky nemá kryt (některé přijímače), je možné piny v konektorech přesunout. Tím se může servo zničit.

Většina serv je schopná zpracovat pulzy v širším rozmezí 0,8 - 2,2 ms a úměrně rozšířit svou výchylku. Analogová serva zpravidla pracují v ještě širší oblasti (až 0,5 – 2,5 ms) a mohou být řízena doslova od dorazu k dorazu, nicméně je v tom nebezpečí. Pokud generovaný signál dovede servo k opření o doraz a motor dál plně táhne, nijak to není vidět a během sekund (nejvýš desítek sekund) doslova vyhoří motor nebo servozesilovač. Jsou i serva, která si při nárazu na doraz strhnou silou motoru zuby vlastních převodů. Mimo rozsah 1 - 2 ms je pohyb analogových serv velmi výrazně nelineární.

Digitální serva v naprosté většině kontrolují vstupní pulzy, a pokud vstup překročí danou mez stanovenou tak, aby servo nemohlo najet na mechanický doraz, výchylku buď aktivně drží na mezí nebo uvolní (odpojí) motor a unašeč se může vnější silou pohnout. Co je lepší, to záleží na aplikaci. Každopádně digitální serva jsou v celém rozsahu svého pohybu výborně lineární a zničení chybnými řídicími pulzy u nich téměř nepřipadá v úvahu. Mechanické dorazy serv omezují rozsah někdy už na 190°, častěji až na 240 až 270°.

Šířka pulzů určuje polohu výstupu serva, na periodě jejich opakování (délce rámce) záleží u analogových serv jen málo, u digitálních téměř vůbec ne. Modelářské výrobce tlačily v průběhu vývoje dva protichůdné trendy. Kvůli zrychlení reakce na zásah do řízení bylo třeba zkrátit rámeček (periodu opakování) pulzů pro serva. Naopak kvůli zvětšení počtu funkcí bylo nutné prodloužit rámeček, aby se do něj vešlo víc řídicích pulzů. Do standardního rámce 20 ms se vejde nejvýš 9 pulzů pro serva po 2 ms a jedna oddělovací 2 ms mezera. Výsledkem je, že současná serva nemají problém s rámcem délky od 9 ms do 30 ms. Neznamená to ale, že by délka rámce měla a mohla při práci kolísat, rámeček by měl být stále stejný, nicméně servo ho bere v širokém rozsahu.

Analogovým servům zkrácením rámce mírně vzroste moment, s prodloužením klesá, až se projeví drobné pošukávání. U digitálních to má většinou vliv jen na rychlost odezvy. Je-li potřeba, aby servo zasahovalo s co nejmenším zpožděním (co nejrychleji), můžeme zvolit (pokud to vysílač dovoluje) kratší rámeček až 10 ms.

Vývoj šel ještě dál a ani uvedené zkrácení rámce nestačilo rychlosti serv, ta opravdu rychlá přeběhnou úhel 60° za 0,05 s. Prodávají se speciální serva využívající kratší pulzy třeba v rozsahu 0,5 až 1,0 ms

opakované v krátkém rámci po 2,50 nebo 1,25 ms. Taková speciální extra rychlá serva lze najít třeba mezi vrtulníkovými servy pro ovládání ocasního vyrovnávacího rotoru gyrem (gyrostabilizátorem). Nevýhodou je, že podobná speciální serva ale pak nelze ovládat standardním signálem, tedy připojit k běžnému přijímači. Podobné (méně radikální) zrychlení se začalo používat jako akceptovaná možnost i u většiny nových univerzálních digitálních programovatelných serv.

Co do úrovně napětí pulzů stará serva předpokládala víceméně plný rozsah napájecího napětí. Později odpovídaly požadavky vstupů logických obvodů řady HC (rozhodovací úroveň v polovině napájecího napětí) a nebo HCT (mez kolem 1 V). Všechna moderní serva počítají s tím, že jejich řídicí pulzy mají amplitudu 3,3 V (napájení obvodů RC přijímače), pulzy 5 V jim nevaří, ale větší už ano. Nejmenší velikost řídicích pulzů není nijak standardizovaná, 2 V zvládne většina serv a některým stačí i méně než 0,5 V.

U starších serv bylo vyhodnocení pulzů stejnosměrné proti zemi napájení a vyskytovaly se problémy zejména s tím, že spodní úroveň pulzů byla vyšší, než servo vyžadovalo. U některých novějších serv je řízení odděleno přes kondenzátor a při dostatečné amplitudě v podstatě nezáleží na stejnosměrné úrovni pulzů. Na přítomnost kondenzátoru (stejnosměrného oddělení) se nesmíme spoléhat, zdaleka nebývá použit vždy! S pulzy od 3 do 5 V, jejichž úrovně jsou přimknuté k napájení, nikdy při ovládání serv nepochybíme.

4. RC serva - coreless a brushless serva

O některých prodávaných servech se dočteme, že jejich motor je „coreless“ nebo „brushless“. Co to znamená a co z toho plyne?

Většina „obyčejných“ serv, ať už analogových (u těch je to velká většina) nebo digitálních, obsahuje levný stejnosměrný elektromotor s kotvou z plechů ze železné slitiny, komutátorem a feritovými magnety pod vnějším pláštěm. V levnější verzi se používají třípólové komutátorové motory, rotor vyndaný z takového serva je na fotografii. Třípólové motory snižují výrobní cenu, ale mají při otáčení nerovnoměrný průběh momentu a vysokou hmotnost rotoru, který svou setrvačností omezuje rychlost rozběhu a brzdění. Kvalitnější serva mají pětípólové motory s podstatně lépe vyrovnaným momentem, nicméně nevýhoda těžkého rotoru a tím pomalých rozběhů a zastavení trvá.

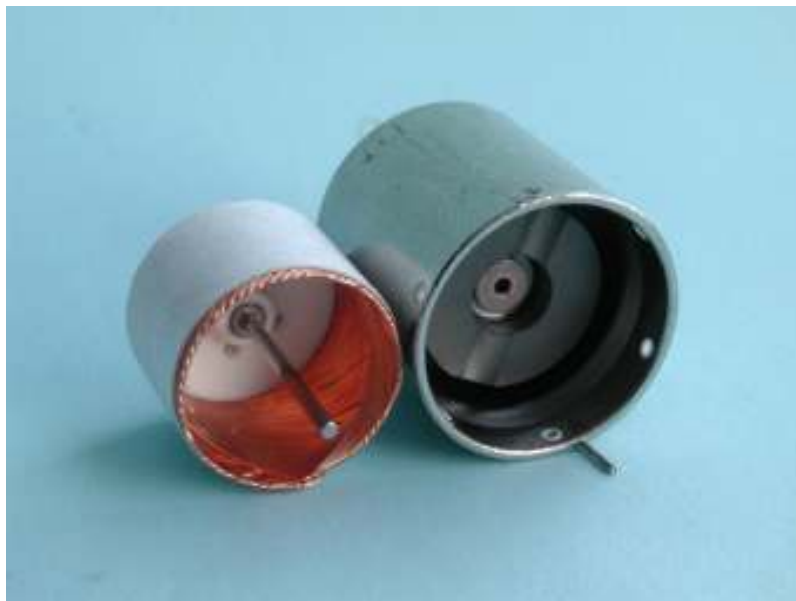


Feritový motor - nejobyčejnější třípólový rotor

Je-li servo označeno jako „coreless“, což by se dalo přeložit jako „bezkotvové“, má motor se samonosně vinutým rotorem bez plechů. Rotor tvoří kromě hřídele a malé konstrukce čela jen vinutí z měděného vodiče, které je zpevněné lakem nebo pryskyřicí. Na obrázku je vlevo rotor, vpravo plášť motoru, v němž je uvnitř vidět feritový magnet statoru.

Tyto motory mají díky podstatně vylehčenému rotoru rychlý rozběh a brzdění, za to však platíme obecně vyšším odběrem proudu, který má výrazně pulzní charakter. Současně komutátory těchto motorů mají menší průměr a vzhledem k podstatně vyššímu proudu se více opalují, tím více tvoří slabé místo z hlediska životnosti.

Tím, že rotor je těsně pod pláštěm a magnet uvnitř, může mít coreless rotor při stejných vnějších rozměrech větší průměr rotoru než při uspořádání kotvy uvnitř a magnetů pod pláštěm. To je také důvod, proč roste moment motoru, to dále zrychluje rozběh i zastavení, ale také zvětšuje proudové pulzy a zvyšuje nároky na palubní zdroje, BEC a odrušení.



Coreless - samonosná kotva a stator coreless motoru

Serva s coreless motory mají smysl tam, kde je při nevelkém růstu ceny důležitá vysoká rychlost rozběhu a zastavení, to je například v rychlých vrtulníkových servech. Typickým projevem poruchy komutátoru je zastavování serva, které dále nereaguje na povely, krátce „ožije“ po vnějším pootočení unašeče a po chvíli se opět zastaví.

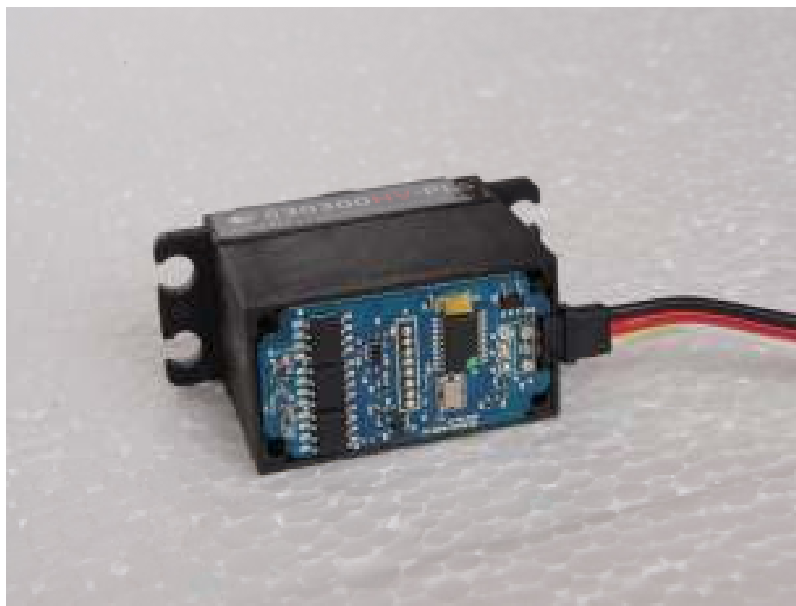
Až v poslední době se objevila (dražší) **serva s brushless (= bezkomutátorovými) nebo jak se obvykle říká „střídavými“ motory**. Jejich výhodou je vyloučení mechanického komutátoru a jeho náhrada elektronickým přepínáním, tím se nesrovnatelně zvýšila životnost motoru a tedy i celého serva. Pokud jsou tato serva vybavena magnetickým snímáním polohy (ne potenciometrem), ochranou proti proudovému přetížení elektroniky a kvalitní převodovkou, stávají se jejich nejslabším místem ložiska. Ložiska, nejsou-li extrémně namáhána rázy, vydrží nejméně 10x víc, než komutátor a kartáčky. Současně jsou tyto motory osazovány silnějšími neodymovými magnety.

Brushless motory mají vynikající parametry rychlosti rozběhu, brzdění i momentu, dovolují dokonce přechod do krokového režimu (řídící mikrokontrolér si jemně zjistí změnu polohy tím, že bere údaje ze senzorů v motoru), i když toto se zatím běžně nevyužívá. Protože v motoru nejsou mechanické kontakty a nic nemůže jiskřit, dělají tato serva podstatně menší rušení respektive odrušení je lépe zvládnutelné. V extrémních případech je dokonce možné naplnit tato serva olejem, čímž se jednak podstatně lépe přenáší teplo na kryt a ven ze serva, jednak zaplavené servo je víceméně dokonale odolné proti vnějšímu vysokému tlaku, to má klíčový význam třeba u průzkumných a vojenských ponorných prostředků (ROV = Remotely operated underwater vehicle). Ale to už jsme mimo modelářské použití.

Příkladem kombinace bezkontaktního snímání a brushless motoru jsou některá serva Anderson. Na fotografiích je vidět tři silové vývody motoru, ty vycházejí přímo z čela motoru do desky servozasilovače v těsné blízkosti FET spínacích tranzistorů (vlevo). Kromě toho ale vychází z motoru ještě dalších osm (u jiných typů jich je 6 nebo 7) vodičů od snímačů polohy (pootočení hřídele), protože brushless motor musí být senzorový, aby poskytl maximální moment, i když se nemůže točit nebo se točí velmi pomalu.



Pohled na vyjmutý motor s elektronikou



Pohled na servozesilovač pro brushless motor

Kdy má smysl nasadit servo s brushless motorem? Když záleží na tom, aby byly parametry (přesnost, rychlost, moment, ale hlavně spolehlivost) co nejlepší, a současně moc nezáleží na ceně. Musíme ale vždy sledovat jak typ motoru, tak způsob snímání polohy. Pokud je brushless motor v kombinaci s potenciometrem, a to navíc zcela standardním, jako se používá i v levných typech serv (to se týká třeba serva Futaba BLS 351), tak zvýšení spolehlivosti zdaleka není tak výrazné, jak bychom možná čekali.

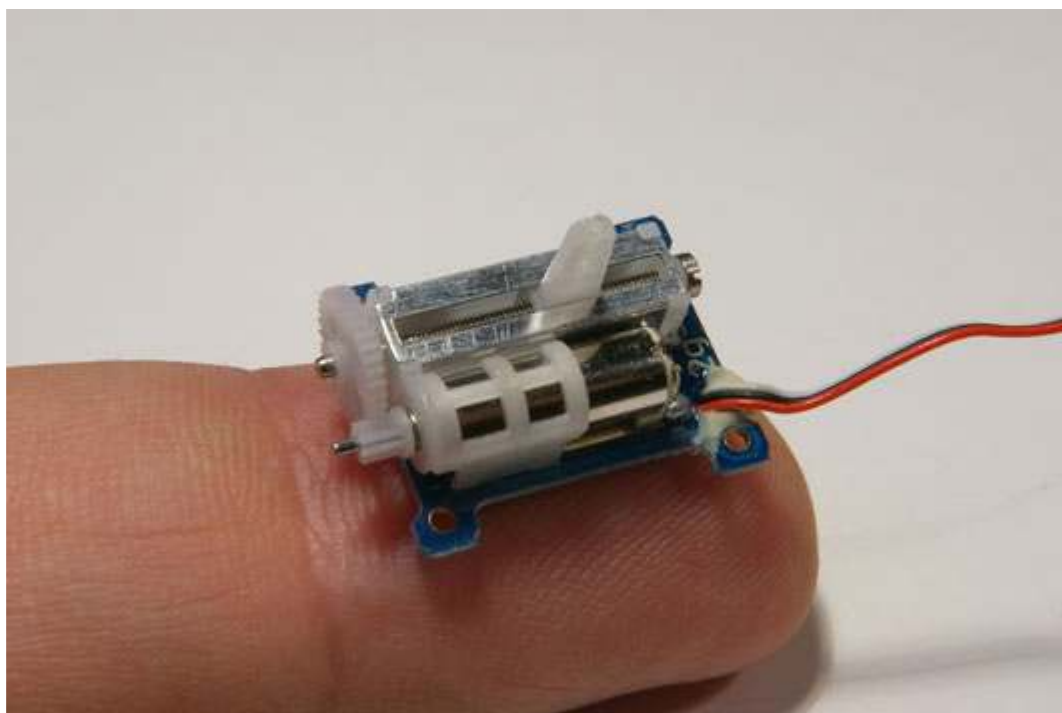
5. RC serva - utěsnění a ochrana před prachem i vodou

Článek je zcela unikátní, toto téma nebylo dosud přehledně zpracováno.

Obecně vzato nejsou modelářská serva těsná a těsnost se většinou ani v jejich parametrech nijak neuvádí. Kdy má smysl servo těsnit a proti čemu? Rozhodně má význam utěsnit servo proti pronikání prachu, ten když se dostane do převodovky, výrazně se urychlí její opotřebení, a stačí jediný kamínek velikosti zrnka máku, aby se převod zasekl a servo bylo okamžitě vyřazené z činnosti. Jemný prach se snadno dostane do potenciometru a pod jezdcem vydře odporovou dráhu. Nenastane to sice hned a nezpůsobí bezprostřední havárii, ale servo většinou po kratší době začne škubat unašečem a je nepoužitelné.

Některé typy serv nejde utěsnit a je to vidět na první pohled, třeba typicky nanoserva s otevřenou

konstrukcí. Obecně se velmi těžko těsní serva s lineárním pohybem výstupu, serva s otočným unašečem se dají uzavřít mnohem lépe.



Servo s otevřenou konstrukcí se těsní velmi obtížně ...



... podobně jako serva s lineárním pohybem výstupu

Většina běžných typů serv má základní utěsnění proti prachu od výrobce. Náročnější je utěsnění serva proti vlhkosti a vodě. Nejde přitom o to udělat těsnění tak, aby se dalo servo trvale provozovat pod hladinou, ale aby do něj nepronikala stříkající voda. Takové těsnění je potřeba poměrně často například pro použití v hydroplánech, ale i serva křidélek umístěná ze spodní strany křídla jsou při přistání do rosou zvlhlé trávy vystavena silnému útoky vody. Mnoho lidí si vodotěsná serva spojuje s provozem modelů ponorek, ale je to přesně naopak, servo uvnitř ponorky je v daleko sušším prostředí, než servo zalepené do stínového (plochého) trupu EPP modelu letadla.

Pokud je potřeba opravdu kvalitní utěsnění podle normy IP67 (odolnost proti prachu + proniknutí vody při ponoření do hloubky 1 metr na 30 minut), je lepší takové servo koupit než upravovat, mezi těsná serva patří například Hitec HS-5646WP.



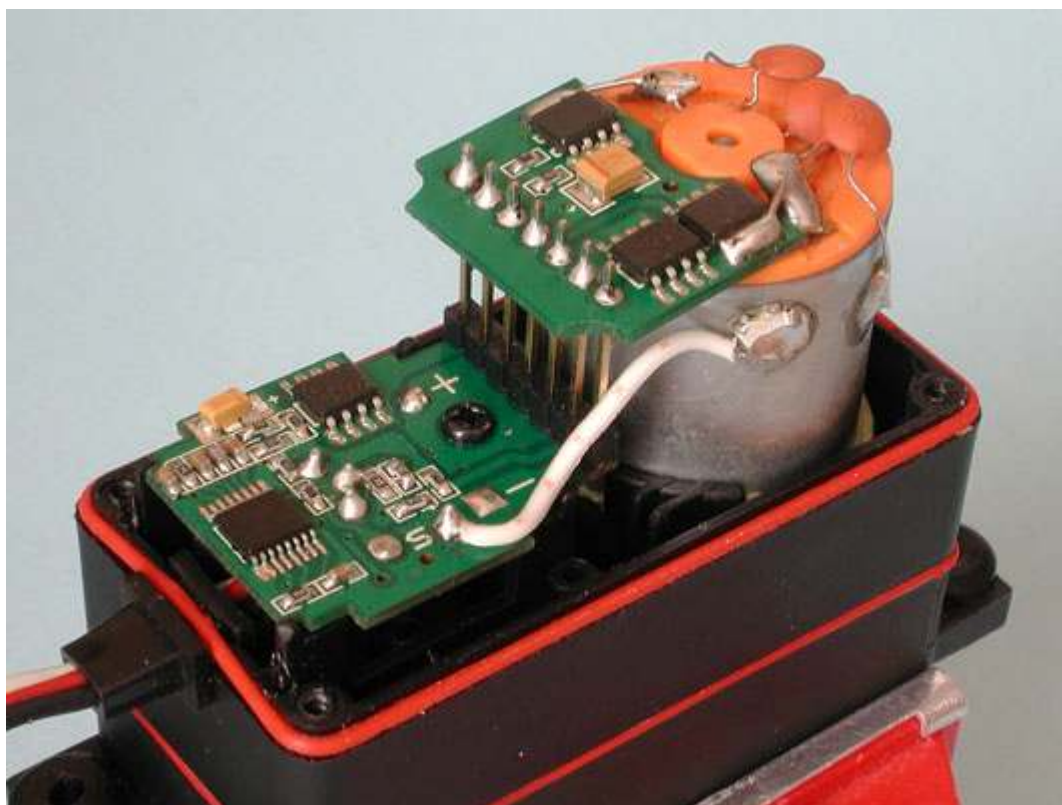
Těsnění gumovým „O“ kroužkem mezi díly krytu serva HS-5646WP



Těsnění guferem kolem unašeče serva HS-5646WP

Některá serva mají od výrobce určité prvky těsnění, třeba gumové kroužky mezi díly krytu, ale tyto konstrukční prvky mají za cíl v první řadě těsnění proti prachu, u stejných serv nebývá vůbec těsněný

vstup kabelu ani unašeč. Příkladem může být maxiservo s výrazně viditelným oranžovým těsněním na obrázku.



Těsnění mezi díly krytu, ale jinde chybí

Pokud chceme servo dodatečně utěsnit, má smysl soustředit se na čtyři místa:

- * průchod kabelu do krytu
- * průchod šroubů do krytu (někdy jdou do vnitřního prostoru, někdy ne)
- * všechny spáry mezi díly krytu
- * průchod unašeče

První tři místa se nepohybují a dostatečně účinně je uzavře bandážování gumovou vulkanizační páskou nebo smršťovací bužírka podložená tenkou vrstvou tavného lepidla. Dá se použít i pružný silikonový tmel. Velmi elegantní i spolehlivé je namočit celé servo do „tekuté gumy“ Plasti Dip a nechat pružnou vrstvu jeden den vyschnout. Guma zateče do všech spár a těsní dokonale, téměř nestárne, netvrdne.



Mikroservo těsněné souvislým obalem z „tekuté gumy“ Plasti Dip

Unašeč se pohybuje, to je větší problém. Proti prachu a většinou i proti odstříkující vodě pomůže kruhová podložka z plsti nasycené tukem kolem unašeče mezi pákou (kotoučem) a krytem. Tuk se musí doplňovat (podložka vyměňovat) nejdéle po půl roce a je potřeba použít tuk, který se nevyplavuje vodou a nekoaguluje, optimálně Renolit CALZ, v nouzi vazelínu na vodní pumpy v autech (majitelé škodovek znají tuk A4).

Opakovanému ponoření do vody nebo vystavení stříkající vodě a častému pohybu odolá až namazaný gumový kroužek nebo ještě lépe gufero, které dáme na místo původního horního ložiska kolem unašeče. Nevýhodou je, že potom není možné výstup serva namáhat jinak, než pouze rotačním momentem!



Gufero - náhrada původního ložiska namazaným guferem

Jak vyzkoušet, jestli je servo těsné? Pokud jde o těsnost proti stříkající vodě, kdy je povrch celého serva smáčen, pak stačí servo zavěsit těsně pod hladinu vody ve sklenici (nesmí působit tlak), nechat hýbat, a po nějaké době vyndat, osušit a rozebrat. Uvnitř by neměla být žádná voda.



Zkouška těsnosti bez tlaku

Když má servo odolat i ponoření hlouběji do vody, **je jedna rychlá a spolehlivá zkouška**, která však vyžaduje mít k dispozici vývěvu nebo cokoli jiného schopného odčerpát vzduch na tlak asi ? atmosférického. Připravíme si menší sklenici s těsným uzávěrem, kterým provedeme hadičku, průchod utěsníme silikonem. Servo běžným způsobem uzavřeme, vložíme do sklenice a zalijeme předem

svaženou, odstátou a vychladlou vodou (musíme z ní vytěsnit plyny, nesmí se v ní dělat bublinky). Pak sklenici uzavřeme a vyčerpáme vzduch. Pokud servo není těsné, ukážou se na jeho povrchu bublinky a bude z něj unikat vzduch, navíc je rovnou vidět místo netěsnosti. Vývěva se ale špatně shání, nebývá běžně ve výbavě dílny.

Druhou cestou je vystavit servo opravdu tlaku vody, který chceme vyzkoušet, potom rozebrat a podívat se na průnik. Tato zkouška se dá poměrně snadno udělat i v bytě. Budeme zase potřebovat skleněnou láhev s těsným uzávěrem a víčkem protáhneme hadičku (její konec je zavedený až ke dnu), navíc ale také servokabel, obojí utěsníme z obou stran silikonem. Servo připojíme na průchod servokabelu a necháme pravidelně pohybovat výstupem, to zajistí servotester. Na hadičku připojíme nálevku, tu zvedneme do takové výšky, pro jakou hloubku chceme zkoušet těsnost a nalijeme vodu do nálevky. Část vody proteče do sklenice a stlačí vzduch, ale ve výsledku bude uvnitř tlak odpovídající výšce hladiny v nálevce nad úrovní serva.



Zkouška těsnosti pod tlakem

Pokud by servo mělo být opravdu dobře těsné i při velkém tlaku, je možné použít servo s bezkontaktním (magnetickým) snímáním polohy a současně se „střídavým“ motorem a celý vnitřek krytu serva včetně vnitřku motoru vyplnit řídkým olejem. Takové servo odolá tlaku téměř bez omezení, ale to už je hodně extrémní požadavek.

Máte pocit, že když nelétáte zrovna s hydroplány, tak těsné servo nepotřebujete? Není to úplně pravda. V praxi totiž nastávají situace, kdy se na povrch serva dostane třeba jen pár kapek vody z deště, rosy, nebo při čištění modelu. Servo nemá gumové těsnění mezi díly krytu, ale jinak se na pohled jeví jako těsné. Jenže mezi díly krytu jsou nepatrné spáry a do nich voda kapilárním jevem zateče a vyplní je. I když povrch serva otřeme, ve spárách voda zůstává. Samovolně by vyschnula, ale trvalo by to hodně dlouho, několik dnů. Jenže než vyschne, začne se měnit okolní teplota, a když klesá, voda se doslova nasaje nepatrným poklesem vnitřního tlaku ze spáry dovnitř serva, a pak už v podstatě nemá jak uniknout ven. Několik podobných situací, o které není v praxi nouze, a servo má uvnitř ne zrovna kapky vody, ale dost vlhko na to, aby se rozjela koroze.

Už víte, jak je možné, že uvnitř serva je rez a vlhko, i když model nikdy do rybníka nespádl? A proč se mezi díly krytu serva, kolem šroubů i kolem kabelu dávají gumová těsnění, i když servo nemá být vodotěsné? Když totiž vlhkost pronikne kolem našeče k převodům (zejména plastovým), zdaleka to neškodí tolik, jako když se dostane k motoru a elektronice.

Trochu pomůže, když kryt jemně povolíte, zamáznete spáry vazelínou (Renolit CALZ s mikroskopickými vlákny), opět šrouby utáhnete a povrch od mastnoty otřete. Z tohoto hlediska jsou na tom serva s otevřenou konstrukcí lépe. Rychle navlhnou, ale stejně rychle i vyschnou.

6. RC serva - měření rychlosti

Podmínky pro měření rychlosti

Rychlost serv se typicky udává jako doba přejezdu úhlové výchylky 60° . U některých serv se výjimečně uvádí doba přejezdu výchylky 45° , (Graupner u některých dokonce jen 40°) pak musíme údaj vynásobit koeficientem $4/3$, aby byl porovnatelný. U lineárních serv se udává doba přejezdu na jeden centimetr nebo na rozsah výchylky páky.

Rychlost serva se správně měří vždy s „letným startem“, čili nezahrnuje rozběh ani brzdění pohybu serva, jen fázi ustálené rychlosti. Rychlost se vždy měří bez zatížení, u rychlých serv má dokonce vliv i odpor vzduchu při pohybu páky, takže pokud je to možné, i bez páky. Z teoretického hlediska je výrobcem udávaná rychlost v praxi nedosažitelnou mezí, zatížení jen pákou na vzduchu je ale tak malé, že servo bez zátěže se těmto podmínkám velmi blíží.

Samozřejmě rychlost je silně závislá na napájecím napětí, při měření musí být toto napětí přesně dodržené (stabilizované). Na proud nejsou kladeny tak velké nároky jako při měření momentu, protože špičky odběru při rozběhu a brzdění se do tohoto měření nemají zahrnout, u některých metod je ale skutečnost právě opačná.

Vypočtená nebo změřená rychlost?

Je třeba upozornit na jeden dost častý nešvar a dá se říci i podvod, který výrobci někdy používají. Rychlost serva určují tak, že vezmou jeho tabulkové otáčky motoru při daném napájecím napětí, vydělí je převodovým poměrem celé převodovky, a tak vypočtou úhlovou rychlost na výstupu. To ale samozřejmě neodpovídá skutečnosti, protože už samotná převodovka klade odpor a motor zpomalí. Jak se dá na toto přijít? Obvykle nedá. Ukáže se to, když si porovnáte dvě jinak zcela totožná serva od daného výrobce, jedno podstatně rychlejší, druhé podstatně silnější, která se liší jen převodovým poměrem. Když zjistíte, že hodnoty rychlosti a momentu jsou přesně v tom poměru, který odpovídá změně převodovky, výrobce rychlost určuje takto.

Měření pomocí videokamery (mobilního telefonu)

Toto měření nevyžaduje speciální vybavení, ale není přesné. Servo uchytíme do držáku a pod páku dáme úhломěr tak, aby jeho střed odpovídal středu otáčení serva. Nebo si prostě na podložku vyznačíme dvěma čarami co největší změřený úhel, který výchylka serva s rezervou překoná. K řízení serva stačí RC vysílač a kanál ovládaný dvoupolohovým přepínačem s co největší nastavenou výchylkou.

Nad servo umístíme videokameru, spustíme záznam a necháme servo přejet mezi krajními výchylkami. Je důležité, aby páka byla při měření co nejvíc nasvícena a kontrastní, z toho pak plyne, že automatika kamery použije krátkou expoziční dobu a obrázky pohybující se páky nebudou příliš rozmazané. Snímek pořízený v jiné situaci než při měření rychlosti ukazuje, jak to dopadne, když není osvětlení dostatečné. Z podobného obrázku se rozhodně poloha páky vyčíst nedá.



Záznam spustíme v programu, který dovoluje prohlížet každý jednotlivý snímek. Počet snímků za sekundu u kamery známe, ten se udává v parametrech nebo lze vyčíst z parametrů videozáznamu v počítači. Nyní už zbývá jen najít snímek, na němž se páka poprvé dotkne jedné vyznačené značky (odečíst úhel z úhломěru) a pak spočítat snímky až do dalšího, kde se páka dotkne druhé značky (odečíst druhý úhel). Známe úhel, známe dobu přejezdu, spočteme rychlost.

V reálných podmínkách nebude na snímku páka přesně na značce, bude kousek před nebo kousek za ní. Proto je lepší mít pod pákou úhломěr a odečítat jednotlivé stupně, nicméně i se značkami můžeme odečítání času zpřesnit tím, že vezmeme takový díl času, který odpovídá dílu dráhy, o který se páka předběhla nebo zpozdila.

Příklad: Máme značky vyznačující úhel 110 st. a kameru, která snímkuje 25 obrázků za sekundu. Na záznamu páka snímek po snímku ujede téměř stejný kousek dráhy. Na jednom snímku je asi 1/3 tohoto kousku před značkou, na dalším asi 2/3 úseku za značkou. Pak následuje 19 snímků z cesty mezi značkami. Na konci je na jednom snímku 2/3 před značkou, na dalším už je 1/3 kousku za značkou. Žádný časový interval mezi snímky nesmíme počítat dvakrát. Doba přejezdu je 19 snímků celých + 2/3 snímku na začátku + 1/3 snímku na konci, čili 20 snímků, to odpovídá 20/25 s. Rychlost serva přepočtená na standardní výchylku 60° je $(20/25)/110 \cdot 60 = 0,44 \text{ s}/60^\circ$. Velmi pomalé servo bylo vybráno pro tuto ukázkou i proto, že čím je servo rychlejší, tím větší chyby se touto metodou dopustíme, u rychlých vrtulníkových serv je téměř nepoužitelná.

Možné modifikace

Uvedená metoda s kamerou může mít mnoho variant podle konkrétních možností. Jednu variaci na dané téma uvedu. Nepoužijeme kameru, ale fotoaparát se snímáním série obrázků (sport režim). Tento režim dělá podle návodu zhruba 3 fotografie za sekundu (odstup není přesně zaručen a nemusí být vždy stejný) a jako kamera se přímo použít nedá, snímků je málo. Ale když se přemýšlí a vyvine úsilí, všechno jde.

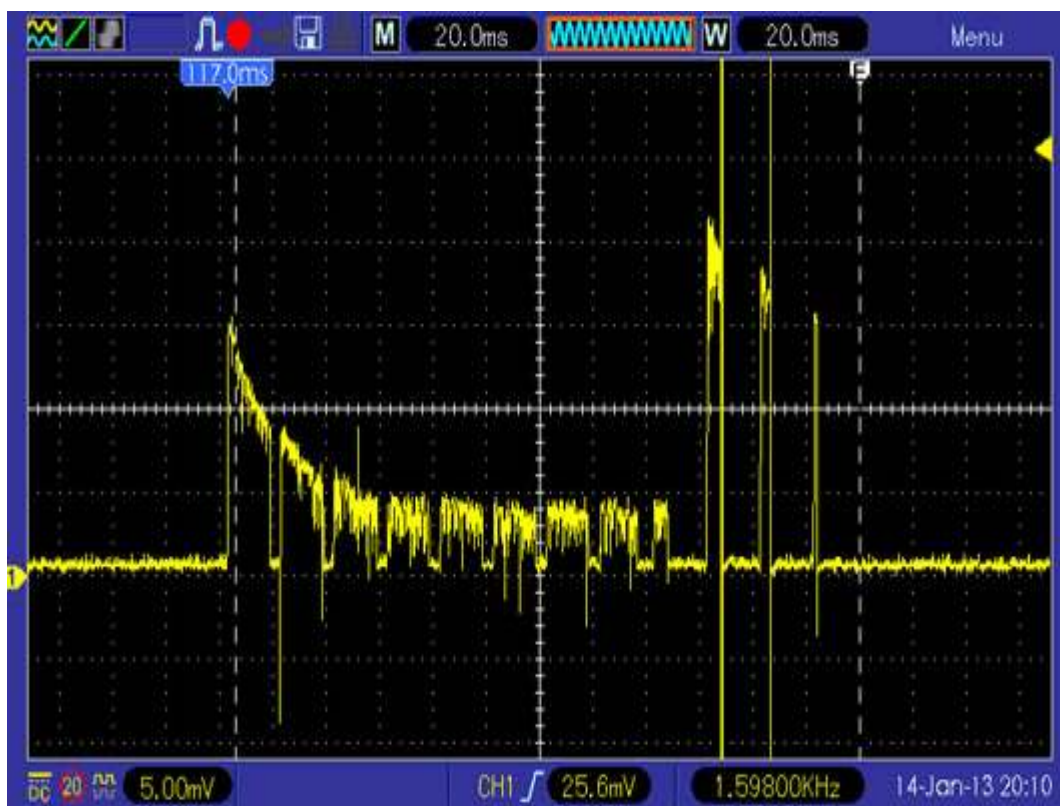
Servo s pákou umístíme do přípravku nad papírový úhломěr. Těsně vedle serva dáme synchronní elektromotor s připevněnou ručkou, která se také pohybuje nad úhломěrem, u motoru ale musí být úhlooměry dva (musí pokrýt celý kruh výchylky, nejen půlkruh). Vtip je v tom, že synchronní motor napájený ze sítě, která má velmi přesně kmitočet 50 Hz, se točí přesně danou rychlostí, v našem případě včetně převodovky 300 ot/min, to je 5 otáček za sekundu.

Spustíme přeběh serva a sériovým snímáním uděláme fotoaparátem několik snímků. Vybereme dva, které byly pořízeny za sebou, a zachycují ustálený pohyb. Na obou snímcích odečteme postavení jak páky serva, tak ručky na motoru. Například na prvním ukazovala páka serva polohu -45° a ručka motoru na 10° , na druhém byla páka serva na $+37^\circ$ a motor na 260° . Fotoaparát snímá přibližně 3 snímky za sekundy ale motor točí přesně 5 otáček za sekundu, takže mezi snímky nemohl motor neurazit jen $260 - 10 = 250^\circ$, ale o celou jednu otáčku víc, tedy $250 + 360 = 610^\circ$. Z toho dostaneme čas, který uběhl mezi oběma snímky. Na sekundu udělá motor výchylku $5 \cdot 360 = 1800^\circ$, našich 610° tedy urazil za $610/1800 = 0,339 \text{ s}$ (to je přesný odstup konkrétních dvou snímků v čase). Během této doby páka serva urazila $45 + 37 = 82^\circ$, takže rychlost serva je $0,339/82 \cdot 60 = 0,25 \text{ s}/60^\circ$ (po zaokrouhlení).

Ačkoli to vypadá hodně „divoce“, je podobné měření překvapivě přesné, dosáhnout 1% odchylky není problém.

Měření pomocí proudu a osciloskopu

Tato metoda vyžaduje použití digitální osciloskop, ale stačí i jen takový, který využívá zvukovou kartu v PC, ten je v měření času dostatečně přesný. Porušíme zásady a budeme měřit rychlost včetně rozběhu a zastavení serva. Dostaneme hodnotu, která je vždy horší (pomalejší), než by měla být. Servo může být bez páky nebo kotouče. Zapojení serva a způsob snímání přesně odpovídá postupu, jak se měří pulzní odběr serva popsany samostatně, v podstatě vycházíme ze stejného záznamu.



Proud

Tentokrát nezáleží na velikosti špiček odběru, ale jen na čase. Předem v klidu změříme úhel mezi jednou a druhou koncovou polohou serva, k ovládání opět stačí RC vysílač s kanálem řízeným dvoupolohovým přepínačem a rozšířenou výchylkou. Čím je výchylka serva větší, tím menší chyby se dopustíme, když budeme započítávat i rozjezd a brzdění. Také čím je servo pomalejší, tím je výsledek přesnější.

Nasnímáme proud. Odečteme čas mezi prvním náběhem pulzu proudu při rozběhu serva a mezi prvním náběhem pulzu, který patří brzdění. Na našem obrázku je to doba přesně 9 dílků při 20 ms/d, tedy 180 ms, úhel byl 90° , takže rychlost je $0,18/90 \cdot 60 = 0,12 \text{ s}/60^\circ$.

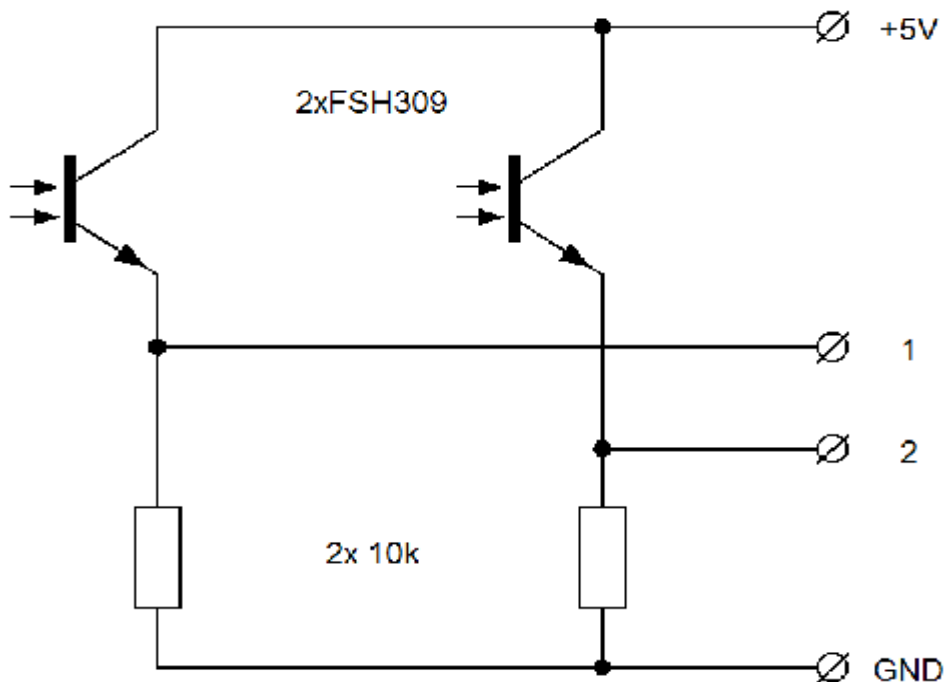
Měření v přípravku s optickým snímáním

Pokud chceme měření za opravdu korektních podmínek a přesné, musíme si udělat přípravek a použít osciloskop, ale jinak. Upevníme servo do držáku, má na sobě nasazenou páku (ne kotouč). Do podložky zavrtáme dvě malá optická čidla tak, aby páka při otáčení přerušila světlo, které na ně dopadá shora. Ideální světlo je sluneční, dopadá rovnoběžně, je intenzivní a má vysoký podíl IR záření, na něj jsou čidla obzvláště citlivá. Úhel a poloha čidel musí být taková, aby když páka začne protínat paprsek na první z nich, bylo už servo s jistotou rozjeté na ustálenou rychlost, a když protne paprsek na druhé čidlo, servo stále ještě jelo ustálenou rychlostí.

Osciloskop nebude snímat proud servem, ale signál z obou čidel, který je přivedený na jeho dva vstupy. Signálem z prvního čidla osciloskop synchronizujeme. Můžeme vystačit i s jedním vstupem pokud signál z čidel logicky sečteme.

Servo se rozjede, po rozběhu nejdřív páka přeruší paprsek na první čidlo (synchronizace), pak po chvíli na druhé. Osciloskop ukáže dva pulzy (na každé stopě jeden), změříme čas mezi náběžnými hranami obou pulzů. Známe čas a úhel, víc nepotřebujeme. Například pro vzdálenost mezi pulzy 214 ms a úhel 90° vychází rychlost $0,214/90 \cdot 60 = 0,14 \text{ s}/60^\circ$.

Pro toto měření lze opět využít i „osciloskop zdarma“ využívající zvukovou kartu v PC, takže z hlediska vybavení jej může uskutečnit v podstatě každý, kdo používá počítač. Je ale potřeba připravit si zapojení dvou optických čidel podle obrázku.



Čidlo

Místo osciloskopu je samozřejmě možné k měření času mezi dvěma pulzy použít i jiné přístroje, například některé čítače od firmy Miloše Zajíce (www.zajic.cz), které jsou poměrně rozšířené, mají tuto funkci. Je také možné vzít si tuto úlohu jako inspiraci a vhodný námět na vlastní konstrukci jednoduchého měřiče s mikrokontrolérem a LCD displejem.

Měření rychlosti serva Jetiboxem

Některé testery serv a modelářská univerzální měřicí zařízení mají měření rychlosti pohybu serv přímo jako svou funkci, asi neznámější a u nás nejrozšířenější i nich je Jetibox. Toto měření prakticky vždy vychází z měření napájecího proudu serva a proto se na něj vztahují všechny nevýhody uvedené u této metody.

Někteří uživatelé dělají tu chybu, že spustí měření rychlosti serva, které je v počátku nastaveno na nějaký rozsah řídicích pulzů, řekněme 1,0 - 2,0 ms, aniž by se jakkoli zabývali tím, jaký úhel servo při tomto řízení vykoná. Získaný výsledek je nesmyslný a nelze jej srovnávat s údaji od výrobce ani mezi různými typy serv. Dá se použít jedině pro srovnání dvou serv stejného typu. Pokud má být výsledek použitelný, byť nepřesný, musí se změřit úhlová výchylka serva při daném řízení nebo nastavit řízení tak, aby servo mělo požadovanou (známou) úhlovou výchylku, a pak z času a úhlu spočítat standardním způsobem udávanou rychlost, tedy dobu přeběhu 60 st.



Jetibox



Výsledek měření rychlosti na displeji Jetiboxu

7. RC serva - měření momentu

Jak si v podmínkách amatérské dílny ověřit, že má servo takový moment, jaký udává výrobce? Není to složité, vyžaduje to jen minimální vybavení, ale když má být výsledek přesný, je to hodně časově náročné a nese to i určité riziko poškození serva.

V první řadě musíme vědět, v jakých podmínkách moment měřit. V údajích najdeme napájecí napětí, to musíme samozřejmě dodržet, a napájecí zdroj musí být dostatečně tvrdý. Pro

měření třeba při 4,8 V rozhodně nejde napájet servo čtyřčlánkem tužkových NiMH, to bychom dostali zcela nesmyslné výsledky. Zdroj musí být stabilizovaný a v žádném režimu nesmí napětí na jeho výstupu poklesnout, takže musí mít také indikaci, která to ukáže.

Základní výrobcem uváděný moment serva se měří těsně před okamžikem, kdy se unašeč vlivem zatížení na výstupu zastaví. U některých serv (zejména velkých) se udává ještě druhá hodnota, která je při stejném napětí vždy větší, to je „**přidržený moment**“. Ten odpovídá okamžiku, kdy vnější síla působící na unašeč přemůže motor serva a jeho výstup se začne otáčet opačným směrem, než se servo podle svého řízení snaží.

Riziko měření je v tom, že převody serva nemusí vydržet zkoušku přidrženého momentu, může se strhnout ozubení v převodovce. Doporučuji tuto zkoušku nedělat, pro používání serva v modelu stejně většinou není důležitá. Zkoušku momentu do zastavení by mělo servo a jeho převody přežít, a pokud se při ní převody zničí, pak bylo zjevně servo špatně navržené. Takový výsledek je výjimečný, ale tu a tam se vyskytne.

Správně by měl být moment uváděn jako síla působící na páce jednotkové délky, tedy v Nm, prakticky všichni výrobci serv však používají starší, rozměrem zcela nesprávné, ale dobře představitelné vyjádření v kgcm. V praxi to znamená, že když servo s momentem 1 kgcm upevníme s osou otáčení výstupu vodorovně a na jeho kotouč (páku) ve vzdálenosti přesně 1 cm od středu otáčení zavěšíme závaží 1 kg (nebo na páku dlouhou 2 cm závaží 1/2 kg, to je jedno), mělo by být servo schopné přejet s tímto zatížením ze spodní výchytky přes střed do horní výchytky, byť za tu cenu, že kolem vodorovné polohy se bude pohybovat velmi pomalu. Přesně takto se moment zkouší.

Potřebujeme především důkladně uchytit servo do svislé desky (osa otáčení je vodorovně), a to opravdu pevně a tak, jak servo má být upevněné. Třeba přitažení těla serva svěrkou k okraji desky stolu je hodně špatný nápad. Předem odhadneme, jak dlouhou páku budeme potřebovat a jaká bude hmotnost zátěže, vše musí být „přiměřené“. Nedoporučuji používat zátěže výrazně nad 1,5 kg (jde také o setrvačnost při pohybu), takže malá serva budeme měřit s uchycením na páce dlouhé 1 - 3 cm, velká a silná na páce dlouhé až 20 cm. Je možné a běžné, že páku, která je k servu dodávána, budeme muset prodloužit, poslouží třeba dvě vrstvy laminátu (kupřektitu) tloušťky 1,5 mm.

Na unašeč nasadíme páku nebo kotouč, v neutrálu je páka přibližně vodorovně. Vybereme bod uchycení zátěže (otvor v páce) a přesně (na desetiny mm) změříme jeho vzdálenost od osy otáčení, hodnotu poznamenujeme. Do tohoto otvoru uchytneme závěs pro zátěž, vhodný je hák nebo oko z ocelového drátu. Závěs se musí lehce a volně pohybovat a musí být pevný. Páka nesmí být při zatížení závěsu kroucena nebo vylamována do strany, u menších serv se velmi snadno zlomí, může se dokonce zlomit plastový unašeč serva. Jako závěs lze nasadit na páku i kovovou „vidličku“, která se používá v modelech, a má místo táhla našroubovaný hák nebo oko.

Na závěs zavěšíme asi na půlmetrovém pevném lanku krabičku nebo sáček, do nich budeme dávat závaží, které se dá snadno upravovat a měnit co do množství. Poslouží cokoli, šrouby, matice, olověné broky, staré baterie, drobný štěrk, nebo oblázky. Pokud to obal dovoluje, může být zátěž i voda, snadno se dávkuje. Někdy se hodí nechat lanko projít mezi kladkami nebo menším hladkým kovovým okem, omezí se tím snaha závaží se při měření rozkývat jako kyvadlo.

K řízení serva stačí v tomto případě RC vysílač/přijímač a kanál, ovládaný dvupolohovým přepínačem. V poloze, kdy je zavěšená zátěž dole, ji měkce podložíme (molitan, pružiny, vzduchový píst, ...), aby nezatěžovala výstup serva, ale současně po rozjetí serva a zvednutí z podložky nesmí dojít k rázu.

Odhadneme závaží tak, aby zatížilo servo přibližně polovičním momentem, než udává

výrobce. Páka je v dolní poloze. Přepínačem dáme povel k přejetí do horní polohy (úhlová výchylka páky je nejméně 90 stupňů., lépe kolem 120 stupňů). Servo se rozběhne, v počáteční fázi je měkce zatíženo (pružnost podložky pod závažím), pak už nese celou tíhu závaží a zatížení roste, největší je při poloze páky vodorovně. Páka tuto polohu překoná, i když by měla viditelně zpomalit, a až dojde k horní poloze, přepneme přepínač a necháme závaží zase klesnout na podložku.

Přidáme závaží a pokus opakujeme, dokud není zpomalení tak výrazné, že páka sotva vodorovnou polohu přejede. Samozřejmě, když se zastaví, pokus přerušíme, necháme závaží klesnout a pro příště ubereme. Musíme se dostat do stavu, kdy páka právě ještě vodorovnou polohu překoná.

Problém je v tom, že jednotlivé pokusy nemůžeme dělat příliš často. Při velkém zatížení se totiž velmi rychle zahřeje motor serva i servozsilovač a mohl by se snadno „spálit“. Kromě toho moment serva se udává při teplotě 20 st. C (to platí i pro vnitřek motoru) a už jedním pokusem se může teplota uvnitř zvýšit na 60 st. C. Nejde jen o poškození serva, ale zahřátý motor má mnohem menší moment (roste odpor vinutí a rostou i ztráty v servozsilovači) a na výstupu serva se to projeví poklesem momentu. Není to „o trochu“, rozdíl při výrazném zahřátí motoru může dělat desítky procent! Z tohoto důvodu můžeme ze začátku (při malé zátěži se motor tolik nezahřeje) dělat mezi pokusy přestávky jen kolem 3 minut, to právě tak stačí na změnu závaží, ale jak se blížíme k meznímu zatížení serva, musí se přestávky kvůli přesnosti zvýšit na víc než 10 minut. Určení jednoho mezního momentu při jednom napětí tak trvá typicky 1 - 3 hodiny.

Dosáhli jsme stavu, kdy vychladlé servo přes vodorovnou polohu právě tak tak přejede. Nyní odpojíme závěs z páky a vše zavěšené (závěs + lanko + obal + zátěž) zvážíme s přesností na gramy. Zbývá spočítat výsledek. Například závěs byl přesně 1,85 cm od středu otáčení, mezní závaží (vše společně) mělo 1328 g, napájení bylo s jistotou dobré. Mezní moment serva byl $1,85 \times 1,328 = 2,46$ kgcm (zaokrouhlíme na 3 platná místa), respektive byl nepatrně vyšší než tato hodnota, k níž jsme došli (neměříme bod, v němž se servo opravdu zastaví, ale „skoro“ zastaví). Při správném dodržení postupu dojdeme opakovaným měřením k podobným výsledkům, tolerance bývají 2 až 3%.

Může se stát, že naměříme citelně méně, než udává výrobce, a ještě pořád to nemusí být ani vada serva ani poskytnutí „mylných“ údajů. Obvykle se totiž nedozvíme, jakou metodiku používá výrobce pro měření. Rozdíl může být třeba v tom, že se měří servo bez servokabelu. Má to svou logiku? Ano, má. Běžně se servokabely v modelu zkracují nebo nastavují a to má dost podstatný vliv na moment serv. Buď by muselo být jasně řečeno, jaká délka a jakého servokabelu se do měření počítá, nebo je jednodušší měřit bez kabelu. Při odběru proudu 3 až 6 A, což není u silnějších serv neobvyklé, proud vedený v lepším případě zesíleným servokabelem (0,25 mm²), v horším standardním servokabelem (0,15 mm²), vytvoří na odporu kabelu úbytek napětí, a ten není zanedbatelný. V některých případech, když jsou serva opravdu využívána na doraz co do momentu, ale jen krátkou dobu (vytahování podvozku, vztlkové klapky, brzdící štíty, ...) se v praxi opravdu vyplatí nahradit servokabel podstatně silnějšími vodiči.

Pokud chceme jen přibližně ověřit, jaký moment dá servo v reálných podmínkách v modelu, postupujeme stejně, ale nemusíme dojít přesně k mezi pohybu, stačí když servo „dostatečně“ zpomalí a přejede výchylku odhadem během desetinásobku času, který mu stačí bez zatížení (orientačně za 5 s místo 0,5 s). Prodlevy mezi měřením necháváme jen takové, aby se servo nespálilo, naopak ho chceme mít prohřáté asi na 50 st. C (ono na sluníčku v létě není v křídle méně). Měření jde rychle, je nepřesné a výsledky těžko zopakujeme, ale orientačně poslouží. Nesmí nás však překvapit, že dojdeme zcela běžně k polovičnímu momentu, než je uvedeno od výrobce, a nebude to jeho chyba.

jeho pečlivé přečtení. Je napsán srozumitelně. Ale i když třeba nebudete všemu rozumět, určité po přečtení článku získáte pocit, že podceňovat spotřebu serv se nemusí vyplatit. A to není málo.

Při případných problémech s ovládáním modelu budete hledat příčiny také v napájení serv, nejen prvoplánově v "nekvalitní" RC soupravě. Atd.

Dalším vedlejším efektem je také potvrzení skutečnosti, že na tak častý dotaz typu "utáhne ten BEC čtyři serva" opravdu neexistuje jednoduchá odpověď. Kdo vám bez dalších informací odpoví "ano", může mít sice pravdu, ale opravdu jen náhodou.

RC serva - měření proudu

Proč měřit proud serva?

Znát proud, který servo odebírá, je velmi důležité, ale drtivá většina uživatelů to zanedbává. Přitom právě z neznalosti proudu a špatného dimenzování palubních zdrojů a BEC vzniká dnes nejvíc havárií, které mají svou příčinu v technice, bohužel se ale takové havárie často přičítají „rušení“ nebo selhání RC soupravy.

V době, kdy převládaly RC soupravy v pásmech 27, 35 nebo 40 MHz, bylo „rušení“ častým tématem rozhovorů. Skutečné rušení jiným vysílačem, ať už pracujícím na stejném kanále, nebo vznik interferencí od více vysílačů na jiných kanálech, nebylo sice zdaleka tak časté jako třeba rušení od zdrojů umístěných přímo ve vlastním modelu (např. komutátorového elektromotoru), ale pod pojem „rušení“ se schovaly i mnohé další problémy. Tato éra skončila s masivním rozšířením RC souprav v pásmu 2,4 GHz, nicméně na scéně se objevilo nové a nejméně stejně vážné nebezpečí. Je jím příliš vysoký, podceňovaný a pro většinu uživatelů naprosto neznámý **odběr proudu serv v modelu**.

Problémy s odběrem serv byly dříve vzácné, typické servo bylo analogové, s momentem 1 až 3 kgcm, napájené ze 4,8 V, výjimečně ze 6 V. Proud do motoru se spínal podle řídicích pulzů s kmitočtem 50 Hz. Typický odběr serva v záběru se pohyboval v rozpětí 0,3 - 1 A. Pokud byly se servy problémy, tak nejčastěji mechanické (stržené ozubení převodovek), případně se po zablokování přehřál a přepálil motor nebo výkonové součástky v servozesilovači.

Postupem času převládla snaha „vyždímat“ ze serv mnohem větší výkon při stejné velikosti, moment 30 kgcm není dnes nijak výjimečný. Nastoupily motory se samonosnou kotvou (coreless), které mají podstatně rychlejší rozběh i zastavení, ale také několikanásobně vyšší odběr proudu, FET servozesilovače s malým úbytkem napětí a schopné spínat proud v řádu desítek ampérů. Řízení převzaly mikrokontroléry spínající proud do motoru v pulzech 500 až 700 Hz a zvýšilo se napájecí napětí na až 8,4 V. Odběr dnešních serv se typicky pohybuje mezi 2 a 10 A. Paradoxní je, že i dnešní serva používají stejné konektory a kabely jako před 20 až 30 roky. Tehdy byly tyto součásti serv mírně předimenzované, dnes jsou bohužel většinou svými parametry už nevyhovující, ale zůstává se u nich, aby byla zachována kompatibilita se staršími výrobky. Skrytě to však hraje v daném problému důležitou roli.

Druhy proudového odběru

Musíme rozlišovat nejméně tři hodnoty proudu. Jednak je to proud, který servo odebírá delší dobu, můžeme na něj pohlížet jako na průměrnou hodnotu proudu. Ta určuje například zahřátí BEC nebo dobu, za níž se vybíjí akumulátory palubního systému.

Další je proud krátkodobý (trvá jednotky sekund) nebo mžikový (desetiny sekundy), ten je způsobený třeba ojedinělým zatížením serva při pohybu. Netrvá tak dlouho, aby se BEC významně zahřál, ale BEC musí být schopen jej dát. Na tento proud musí být dimenzované zdroje (BEC), rozvody i konektory. Bohužel tyto špičky trvají příliš dlouho na to, aby se běžně daly vykryt pomocí kondenzátorů.

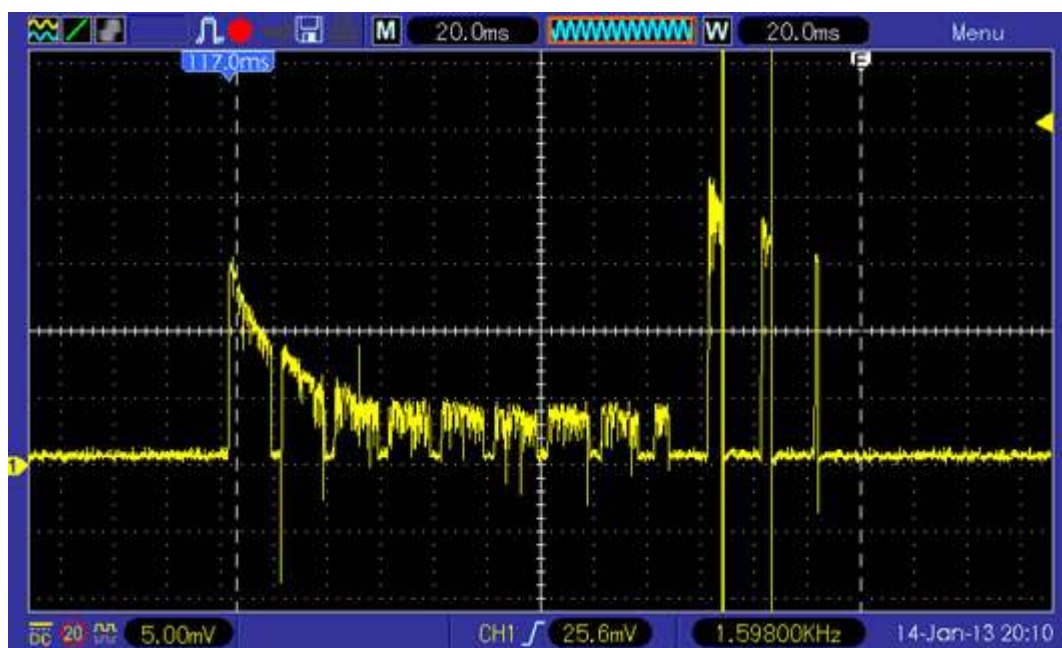
Konečně třetí hodnota proudu se týká velmi krátkých špiček odběru (tisíciny sekundy a méně). Jsou tak krátké, že se dají vykryt pomocí kondenzátorů, nemusíme podle nich dimenzovat zdroje nebo BEC. Jejich nebezpečí je jinde. Tyto špičky mohou způsobit na nepatrný okamžik pokles palubního napětí a to vede k „resetování“ přijímače, který nějakou dobu nepracuje, a v některých případech se může i „zakousnout“ a přestat pracovat až do vypnutí napájení.

Projevy velkého odběru serv

Velmi častým a zjevným problémem je to, že odběr serv výkonově (ne proudově!) příliš zatíží BEC stabilizátor, ten se přehřeje a vypne napětí pro celý palubní systém modelu. Model se následně vymkne kontrole. U napájení lineárních BEC ze dvou článků Li-pol to nebývá časté, ale je to možné, použít lineární BEC pro tři články už je rizikové. Pro čtyři nebo více článků je to víceméně nesmysl. Spínané BEC naopak pracují nejlépe, když mají na vstupu napětí dvojnásobné proti výstupu, tedy se čtyřmi až šesti články. Tato problematika přetížení, přehřátí a posilování BEC je poměrně dobře známá, dál se budeme zabývat jinými, podstatně skrytějšími jevy.

Typický odběr serva

Jak vlastně vypadá typický odběr proudu serva od okamžiku, kdy přijde povel k pohybu, až do okamžiku, než se v nové poloze zastaví? Vezmeme si pro názornost analogové mikro servo. V prvním okamžiku motor stojí, servozesilovač sepne, prudce vzroste proud až na úroveň blokovacího proudu (jako při zablokování motoru zátěží). Motor se pomalu rozbíhá, překonává setrvačnost, proud postupně klesá až dosáhne stabilní úrovně, která odpovídá zatížení vnějším momentem při pohybu, tím končí první fáze. U nezatíženého nebo správně zatíženého serva je to asi 1/3 až 1/5, výjimečně i 1/10 počátečního proudu. V našem případě je počáteční proud 1,5 A a klesá na 0,4 A (na snímku z osciloskopu odpovídá napětí 10 mV proudu 1 A).



Důležitá věc je uvědomit si, že maximální (blokovací) proud serva není něco, s čím se setkáme jen vzácně při zablokování serva, ale proud, který KAŽDÉ servo v modelu odebírá při KAŽDÉM pohybu, tedy velmi často, a trvání tohoto děje není až tak krátké, počítá se na jednotky až desítky milisekund. To bude mít klíčový význam při hledání prostředků, jak negativní vliv těchto špiček odstranit.

Jsme v další fázi. Motor běží, servo jede, odběr je v našem případě ustálený kolem 0,4 A, příliš se nemění. Je velmi dobře vidět rozdělení na pulzy přibližně 50 Hz (20 ms). Tato fáze může trvat několik desetin sekundy, někdy i přes sekundu, podle rychlosti a délky pohybu, který servo vykonává.

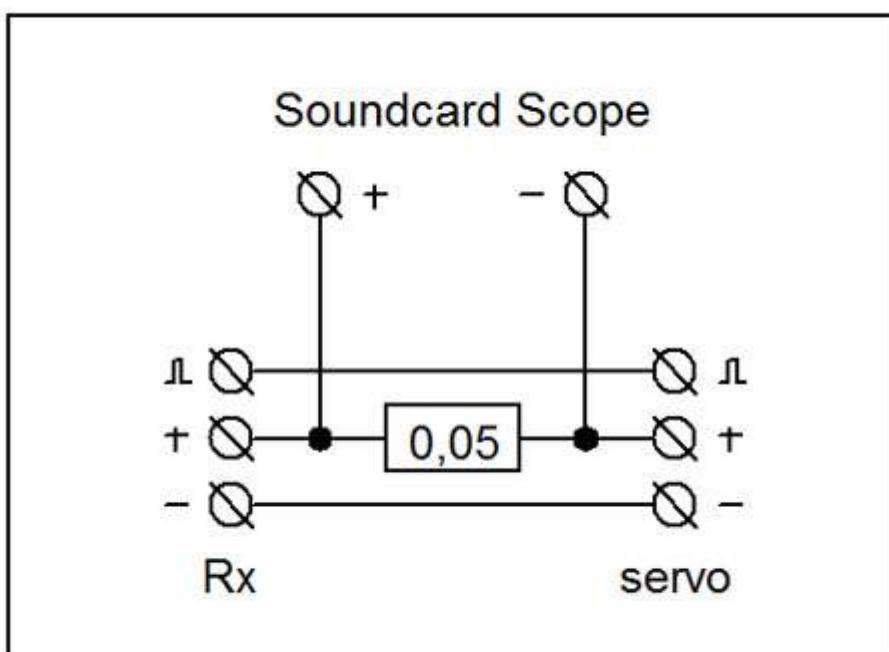
Dostáváme se do další fáze. Servo se přiblížilo těsně před požadovanou polohu, servozesilovač poslední pulz s ustáleným proudem už zkrátí (mohl být i vynechán a místo něj by byla širší mezera). Servo je v pohybu a setrvačností přejíždí (překmitne) požadovanou polohu. Na pohled to nemusí být na páce vidět, jde třeba o zlomky úhlového stupně.

Přichází poslední fáze pohybu. Servo je za požadovanou polohou, musí aktivně (motorem) brzdit. Motor se ještě točí v původním směru, ale servozesilovač do něj pouští proudové pulzy pro opačný směr pohybu. Napětí generované motorem (nyní ve funkci dynamo) a servozesilovačem se sečte a vyvolá proud, který je vždy větší, než rozběhový proud na začátku. Pulzy se zkracují a zmenšují jak servo brzdí až zastavuje někde v rozmezí pásma necitlivosti. Velmi krátkých špiček kladných ani záporných si zatím nebudeme všimnout. Důležité je, že největší odběr nemá servo při rozběhu nebo zablokování, ale při brzdění během KAŽDÉHO pohybu, byť jen krátce v pulzech. Ty pulzy zase nejsou tak krátké, mají několik milisekund.

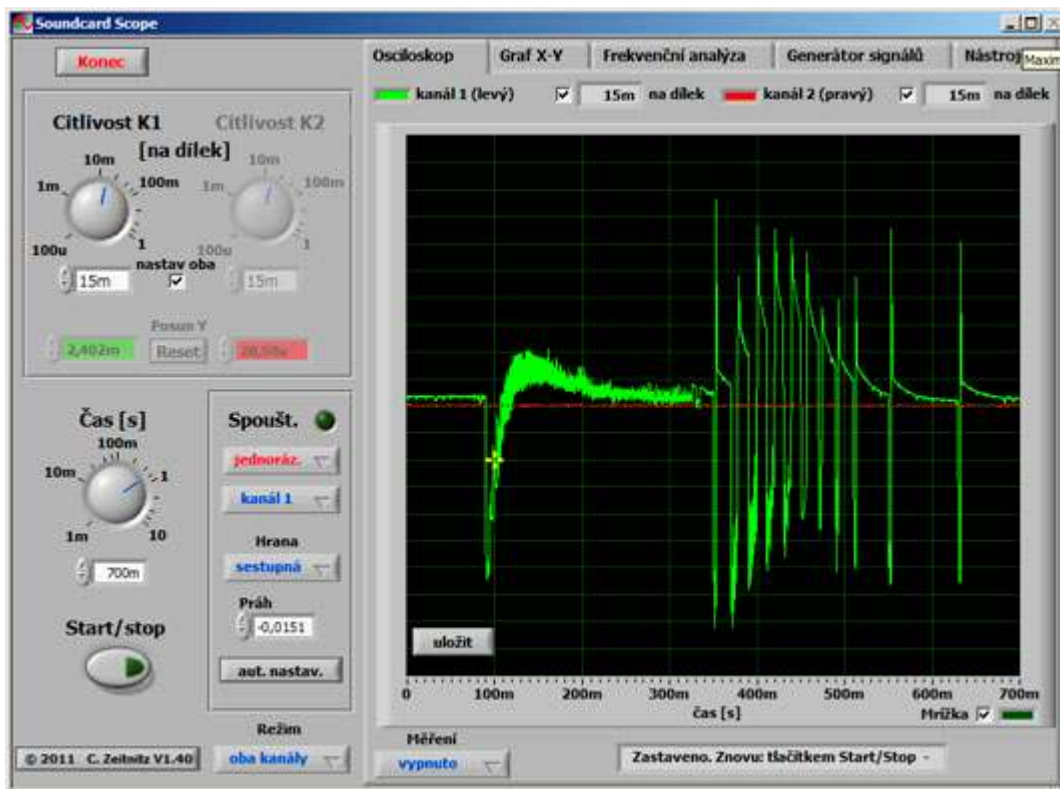
Jak (ne)změřit proud serva?

Bohužel, žádným normálním ampérmetrem respektive digitálním multimetrem, který by měl být ve výbavě modeláře, měřit proud serva nejde. Proud servem je výrazně pulzní a my potřebujeme znát velikost proudu v těchto pulzech. Ampérmetry jsou dělané tak, aby měřily ustálený stejnosměrný proud, nebo aby na „střídavém“ rozsahu měřily střídavý harmonický (sinusový) proud s frekvencí 50 Hz (jeho efektivní hodnotu). To odpovídá síťovému napájení. Měření proudu serva tímto způsobem nedá smysluplný výsledek, musíme použít specializovanější vybavení nebo přípravky.

Znám jedinou univerzálně použitelnou metodu, a tou je vřadit do napájení serva snímací rezistor (bočník) s odporem 0,1 Ohmu pro malá serva s odběrem asi tak do 3 A nebo s odporem 0,05 (lépe 0,01 Ohmu) pro větší serva. Bočník musí být bezindukční, v žádném případě to nemůže být třeba vinutý drátový výkonový rezistor, jaké se prodávají. Výborně vyhovují paralelně zapojené SMD rezistory velikosti 1206. Dají se koupit i nastavené drátové bočníky s malou teplotní závislostí (firma Farnell), ty jsou však podstatně dražší. Na bočníku snímáme napětí osciloskopem a podle Ohmova zákona v podobě $I=U/R$ jej přepočteme na proud. Servo přitom musí být napájeno z tvrdého zdroje napětí, aby výsledek nebyl zkreslen tím, že při vyšším odběru se zdroj „položí“ respektive na něm klesne výrazně napětí.



Na odběr serva se může každý podívat doma i bez větších investic, stačí k tomu „osciloskop z PC“, např. Soundcard Scope, podrobnosti najdete například na adrese <http://robodoupe.cz/2015/osciloskopy-pro-kazdeho/>. Co zvládne „vybavení zdarma“, se můžete přesvědčit na následujícím obrázku. Potíží je v tom, že osciloskopy přes zvukovou kartu mají slušnou přesnost měření na časové ose, ale velmi špatnou (bez kalibrátoru spíš žádnou) přesnost z hlediska velikosti napětí. K tomu jsou jejich vstupy oddělené kondenzátorem, takže neudrží úroveň napětí, a o to nám právě nyní jde. Je to dobré na získání představy o průběhu, ale pro skutečné měření se nehodí. Kromě toho kratší špičky, k nimž se dostaneme, podobný osciloskop nezobrazí. Ale je lepší mít představu a měřit nepřesně, než to přejít mávnutím ruky.



Obr. Soundcard2(3)

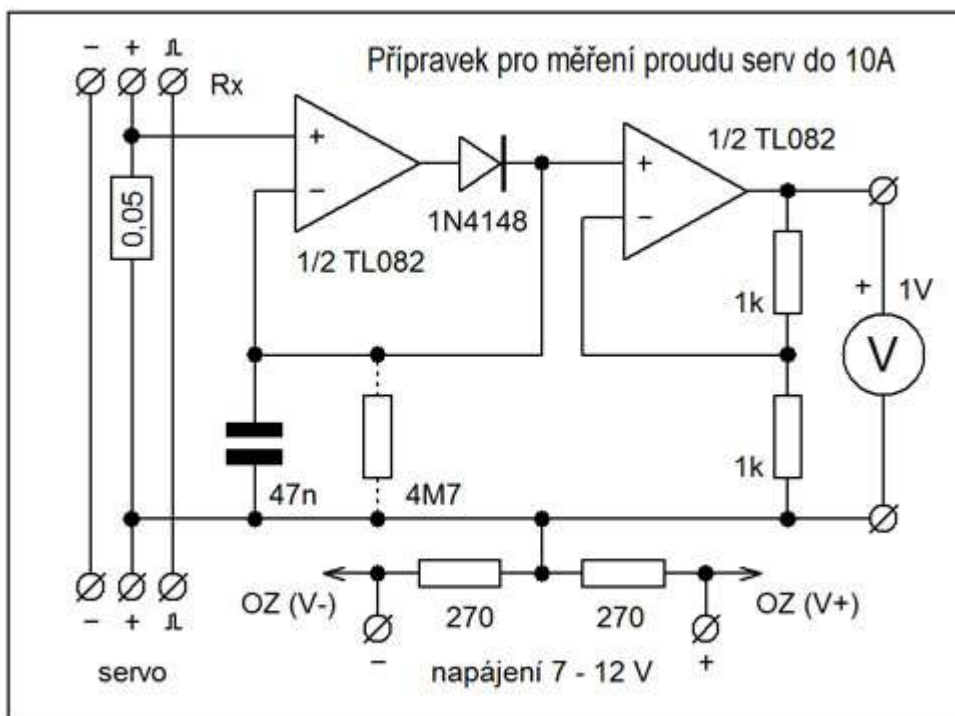
Když s vědomím, že to nepovede k cíli, zkusíme změřit proud multimetrem, bude se údaj na displeji neustále měnit. V našem případě jde při delším přejezdu serva změřit přibližně proud ve fázi 2, ale jinak naměříme něco mezi ustáleným proudem 0,4 A a 2 A, kratší jevy, kterých si budeme všimnout dále, se nezachytí vůbec.

Když špičky nezachytí univerzální multimetr, koupíme si na ně modelářský měřič proudu serv, ten je k tomu určený. Bohužel, ani to nefunguje. Zatím jsem se nesetkal ani s jediným, který by to opravdu uměl. Naopak, měl jsem v ruce takový, který sice vypadal velmi efektně a měl bohaté funkce, ale nebyl schopen zachytit vůbec žádný proud při přejezdu serva. Něco ukázal jen asi v jednom z pěti případů, protože si jeho konstruktér neuvědomil, že proud serva je pulzní a nestačí vzít jeden vzorek proudu každou sekundu, protože servo mezitím udělá celý pohyb. Tak to dopadá, když se dávají mikrokontroléry i tam, kam nepatří, a nechají se pracovat na barevných efektech na displeji, ne na podstatě věci, kterou by mělo zůstat měření.



Jak změřit proud serva přípravkem

Schéma ukazuje přípravek, který nám umožní s použitelnou přesností změřit maximální pulzní odběr serva a zobrazit jej jako napětí na obyčejném univerzálním multimetru nebo ručkovém měřidle. Tento přípravek nepotřebuje žádné nastavení, dá se postavit i na kousku univerzální desky, pořizovací cena běžně dostupných součástek nepřevyší 20 Kč.



Schema měřiče

Ke snímání proudu se využívá bočník sestavený ze dvou SMD rezistorů velikosti 1206 s odporem 0,1 Ohmu paralelně. Pokud možno použijeme rezistory s přesností 1%. Uvedené

rezistory nejsou schopny snést trvalý proud větší než 3 A, ale protože proud je pulzní a špičky relativně krátké, nevadí to, vydrží. Při odběru 1 A bude na bočníku napětí 50 mV, při 10 A 0,5 V. Napětí zpracuje detektor špiček s jedním operačním zesilovačem (OZ), kondenzátor 47 nF podrží toto napětí bez výrazného poklesu i po dobu pomalejší opakovací periody analogového serva (20 ms). Po přerušení proudu by se měla zobrazená hodnota snižovat a asi během 5 s klesnout k nule. Rezistor 4M7 zapojujeme jen pokud by hodnota klesala mnohem pomaleji, záleží na kondenzátoru a jeho svodu. Druhý operační zesilovač snímá napětí na kondenzátoru a při sepnutém spínači zesiluje napětí 2x, aby se na výstupu dosáhlo příjemnějšího poměru pro přepočítávání hodnoty napětí na proud (1 A vyvolá napětí 0,1 V). Malá impedance jeho výstupu dovoluje použít k zobrazení napětí i ručkové měřidlo s rozsahem 1 V. Všechny použité rezistory by měly být s přesností 1%. K napájení se dá použít napětí 7 až 12 V, třeba samostatný dvou nebo tříčlánek Li-pol, odběr je nepatrný. Jako OZ je v zapojení dvojitý TL082, který má dostatečnou rychlost pro zpracování pulzů.

K zobrazení napětí použijeme multimetr v režimu měření napětí typicky na rozsahu 2 V. Na plný rozsah lze měřit proud až 20 A, nicméně úbytek na bočníku by už byl 1 V, což je moc a ovlivňuje to výsledek. Pokud by bylo potřeba měřit větší proud, bylo by lepší udělat přípravek s bočníkem 0,01 Ohmu (10x R 0,1 Ohmu 1% velikosti 1206 paralelně) a druhý OZ nastavit jen jako impedanční oddělení (dolní rezistor 1k neosazen), 10 A by pak odpovídalo 0,1 V. Přípravek můžeme vybavit i vlastním panelovým ručkovým měřidlem, v tom případě jej doplníme předřadným odporem tak, aby fungoval jako voltmetr s rozsahem 1 V. Hodnota samozřejmě bude už záležet na typu použitého měřidla. Typ MU-65-DC1V (GM elektronik) lze připojit přímo.

Žádné měřidlo, ani uvedený přípravek, není schopno zachytit libovolně krátké pulzy. Přípravek zvládá pulzy, které trvají alespoň 20 mikrosec (s poklesem amplitudy menším než 5%), na pulzy dlouhé 1 mikrosec stále ještě reaguje, i když s poklesem 50%. Pro zobrazení těch proudových pulzů, které jsme si zatím ukázali, přípravek s velkou rezervou stačí.

Výsledky měření odběru serv

Nebudte překvapeni, pokud se ukáže, že vaše relativně malé servo (jedno samostatně) dokáže „žrát“ proud v pulzech 3 - 6 A, pokud je to silné nebo rychlé servo, vezme si klidně 10 A. S BEC dimenzovaným na odběr třeba 5 A pro 5 serv to jaksi nekoresponduje a s kablíky o průřezu 0,15 mm² už vůbec ne, a to je právě podstata problému. Obecně podstatně větší pulzní odběr mají rychlá serva, silná a pomalá serva vůbec nemusí mít velkou spotřebu, zejména mají-li standardní (ne coreless) motor a dobře dimenzované převody.

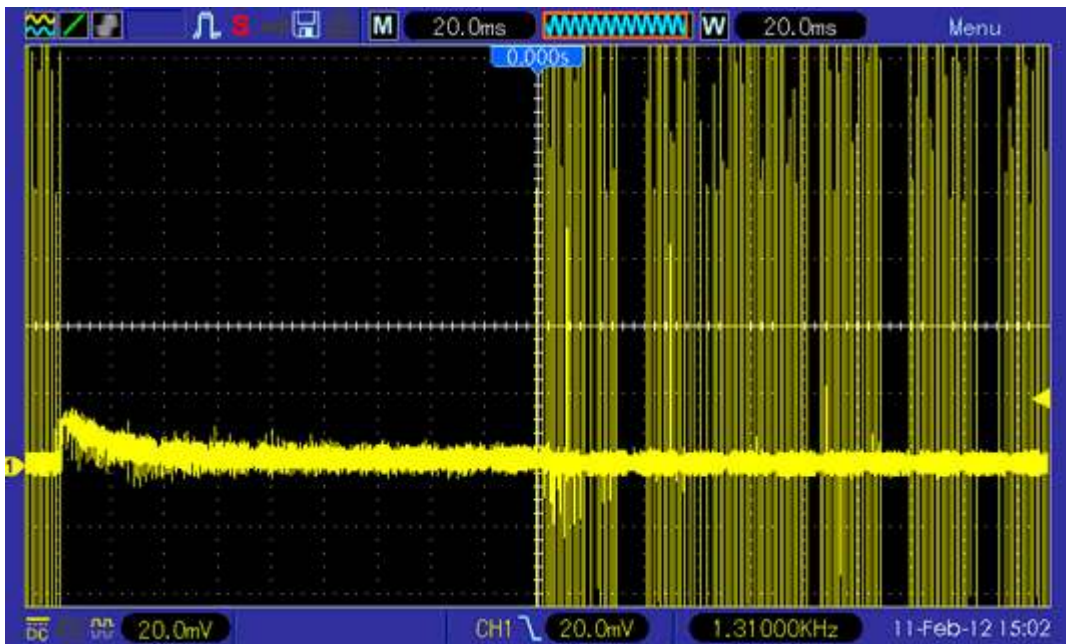
Měření proudu serv osciloskopem

Dostáváme se k tomu, co ani přípravek neukáže, a lze na to přijít jen s opravdu slušným osciloskopem. Jak se výrobci snaží konstruovat FET servozesilovače, které by měly vysoký povolený proud, a současně je velmi rychle otevírat a zavírat na povel řídicího mikrokontroléru, musí překonávat ne zrovna malou kapacitu budících elektrod výkonových FET, budící elektrody rychle nabíjet a vybíjet. A k tomu je potřeba dost velký proud, i když jen po dobu řádově 0,1 - 1 mikrosec. Znamená to, že tyto špičky odběru vůbec nejdou v servu přes motor, který by svou indukčností vinutí omezil jejich velikost.

Energie pro tyto špičky by správně měla být pokryta z kondenzátoru uvnitř serva, aby se vně serva projevily jen slabě. Jenže tak to nebývá, odpovídající kondenzátory by byly příliš velké a místem je třeba šetřit, tak se osadí menší kapacita, která špičky od buzení nepokryje. Zkrátka uplatní se zásada, že „malé rychlé a silné servo je dobré servo“, i když ohrožuje bezpečnost provozu modelu a v klasických pásmech by dokonce zjevně rušilo. Bohužel, toto je zejména v poslední době stále častější praxe. Na dalším obrázku je snímek proudu mikroserva (!), které každý pulz pro motor (odběr kolem 3 A) uvede špičkou s odběrem přes 13 A.



Tím posledním, nad čím už zůstává rozum stát, jsou některé nové řady servozesilovačů zejména v servech na zvýšené napětí (dva články Li-pol přímo). Snaha o nízkou cenu, miniaturizaci a co nejvyšší výkon vede k tomu, že není ošetřené, aby se při přepínání výkonového dílu servozesilovače nejprve uzavřela jedna polovina větve můstku a teprve potom (se zpožděním třeba jen stovek ns) otevřela druhá polovina. Otevření obou polovin můstku se v čase překrývá a proud jde výkonovými FET (opět mimo motor) doslova do přímého zkratu, dokonce možná dvěma cestami současně. Protože špičky jsou velmi krátké (kolem 1 mikrosec), nezničí polovodiče, ty se jen zahřejí. Znamená to, že proud v těchto špičkách je omezen víceméně jen odporem servokabelu (vzhledem k odběru dost poddimenzovaného), jinak je to čistý zkrat, který se opakuje pravidelně asi tak 700x za sekundu. A o jaký proud jde? Se servokabelem zhruba o 15 A, pokud zkrátíme servokabel, pak třeba o 30 A na jedno servo. Na dalším obrázku je konkrétní příklad, malý kopeček vlevo je rozjezd mikroserva (!), po dobu jízdy (odběru) se špičky od zkratů nevyskytují, nastupují až když je servo v klidu. Detail jedné ze špiček ukazuje proud o velikosti 15 A s nezkráceným servokabelem.





Bohužel musím konstatovat, že velký pokrok v digitalizaci a zejména ve zvýšení výkonu serv je provázen v některých případech nezvládnutím návrhu (výroby) serv a vznikem nežádoucích jevů, které se dříve naprosto nevyskytovaly. Pulzní odběry serv, zejména když trvají řádově mikrosekundy, mají jen malou energii, na spotřebě serv se ve smyslu odebrání vyšší kapacity z akumulátoru ztelně neprojeví. Jejich nebezpečí je jinde.

Důsledky proudových pulzů

Vysoký odběr vyvolá na odporu servokabelu úbytek napětí, takže napájecí napětí serva vlastně mžikově klesne. Není to jen o málo, třeba z 6 V na 3 V. Když se překročí mez daného mikrokontroléru v servozesilovači, ten se resetuje. Odběr zmizí, napětí zpátky vzroste, ale servo mezitím šklublo pákou. Toto se typicky projevuje tím víc, čím delší (nebo tenčí) je kabel k servu. To je ještě ta lepší možnost. Proto je důležité i u HV serv zjišťovat nejnižší napětí, při kterém ještě chodí, i když je v praxi nikdo třeba na 3 V provozovat nebude. Čím nižší je minimální napětí, tím lepší odolnost právě proti tomuto jevu.

Horší varianta nastane, když odběr serva jde přes přijímač, což je obvyklé. I přírodní kabel proudů k přijímači má svůj odpor a zdroje mají svůj vnitřní odpor. Při vysokém odběru klesne napětí na přijímači pod kritickou mez a resetuje se mikrokontrolér přijímače. Než přijímač znovu naskočí, může uplynout několik desetin sekundy, nebo také třeba dvě sekundy, záleží na typu přijímače a situaci. Zejména starší přijímače Spektrum vynikaly v tom, že v podobné situaci jim trvalo obnovení funkce několik sekund. V praxi se to projevuje jako chvilková ztráta kontroly, model okamžitě nereaguje, pak se zase ovládání samo obnoví. Toto bývá přičítáno „rušení“, necitlivosti nebo závadě přijímače. Přijímač to také opravdu způsobuje, ale nemůže za to, příčina je jinde. Ztráta řízení třeba na sekundu nemusí u termického větroně vadit a nemusí ji nikdo ani zaregistrovat, ale při nízkém průletu obratného modelu je to asi tak rozdíl mezi stavem „Mám letadlo“ a stavem „Vyděsil jsem krčka“. To není můj výrok, jen už bohužel nevím, od koho jsem ho takto pěkně podaný slyšel.

Situace bývá ještě záladnější, než se zatím zdá. V modelu nebývá jedno servo, je jich tam víc. Představme si pro ilustraci, že jedno digitální servo dělá odběrovou špičku 15 A po dobu 1 mikrosekundy při každém pulzu pro motor, tedy každou 1 ms. Špičky od jednoho serva asi ještě problém nezpůsobí, to rozvody vydrží, ale protože špičky nejsou synchronizované, občas se překryjí a vyvolají v jednom okamžiku potřebu odběru $2 \times 15 = 30$ A. Jak často? Neodpovídá to přesně, ale pro představu asi tak jednou za sekundu. Možná i to rozvody vydrží. Pro tři serva dostaneme 3 špičky 30 A za sekundu (sejdou se dvě současně), ale občas se sejdou všechny tři a potřebují 45 A v daném okamžiku. Serv je reálně třeba 6, teoreticky mohou chtít 90 A. To nevydrží žádný BEC, napájecí kabel, palubní akumulátor, servokonektor, přijímač. Nic „nevyhoří“, energie je příliš malá, jen mžikově klesne napětí a vypadne ovládání. Je to nahodilé, může to být jednou za několik minut i několik hodin provozu, ale statistika je neúprosná. Poprvé se to stane a pilot to ani nezaregistruje, podruhé, potřetí ... a pak jednou naposled. Nevěříte jak obrovské proudy mohou vaše serva v pulzech chtít? Na to mám jedinou odpověď, ověřte si to!

Prevence

Co se s tím dá dělat? V první řadě je třeba znát svoje serva, vědět, jestli problémy s velkým pulzním odběrem dělají, nebo ne. V předchozím textu jsem se záměrně vyhýbal uvedení jakéhokoli konkrétního typu serva nebo výrobce. Je to proto, že bohužel ani tento údaj není důležitý a neznamenal by, že když se těmto výrobkům vyhnete, bude po starostech. Někdy se totiž použité servozsilovače (a tím i pulzní odběry) liší i mezi různými dodávkami stejně označených serv, nějaká „černá listina“ typů serv nic neřeší. Obecně jen platí, že novější serva jsou častěji problémová než starší a výrobky od „technicky zaostalých“ firem dělají v průměru méně problémů, než od těch, které se snaží dostat ze serv maximum.

Jen výjimečně lze říci, že není jiné řešení, než problémové servo nepoužít a oželet jeho cenu. Zničený model by byl dražší. Většinou se dají problémy způsobené pulzním odběrem dostatečně omezit způsobem zapojení palubních rozvodů nebo dodatečnými kondenzátory, to už je ale téma na jiný. Každý druh proudových špiček se musí kompenzovat jinak, dělat to zkusmo nemá moc smysl.

Pomohou indikátory napětí palubních zdrojů?

Předpokládejme, že v modelu jsou samostatné zdroje pro přijímač a serva (ne BEC). Jsou poměrně rozšířené indikátory palubního napětí s řadou LED, které kromě okamžitého stavu ukazují i nejnižší napětí dosažené od zapnutí (během letu). Je logické, že právě takový indikátor by mohl uvedený problém detekovat, ukázal by pokles napětí pod danou mez a tím nebezpečný projev proudové špičky. V praxi to ale funguje jen velmi omezeně, víceméně náhodně.

Indikátory jsou dělané na to, aby odhalily rostoucí vnitřní odpor napájecího akumulátoru nebo blížící se vybití zdrojů, napětí vzorkují třeba 1x nebo 10x za sekundu, což pro jejich určení naprosto stačí. Pravděpodobně tento indikátor ukáže, když bude nepřiměřeně velký odběr serv v záběru a slabý zdroj, ale nezachytí krátké špičky a od nich vzniklé poklesy napájení. Kromě toho by indikátor musel mít vlastní nezávislé napájení, a to nemá. Pokud napětí palubního rozvodu spadne tak výrazně, že se resetuje přijímač nebo některá serva, spolu s nimi se resetuje i sám indikátor a výpadek napětí, který ho „shodil“, jednoduše zapomené.

9. RC serva - rušení a odrušování

Rušení, které pochází od serv, se může šířit dvěma odlišnými cestami: jednak je to vyzařováním, tedy „vzduchem“ neboli „přes anténu“, jednak po vodičích v podobě napěťových nebo proudových špiček. Je faktem, že oba způsoby spolu většinou souvisí, ale z hlediska působení i odrušování má smysl toto rozdělení.

Vyzařování může ovlivnit zejména činnost vlastního přijímače, protože ten je blízko a v poměru k přijímanému signálu je rušení velmi silné. Může ale ovlivnit i zařízení mimo vlastní model. Tím zařízením může být třeba jiný model (ve vzduchu to není pravděpodobné, ale u modelů stojících na zemi blízko sebe to není nijak neobvyklé) nebo je to velmi často příjem rádia, televize nebo radiových pojítek (hlasových vysílaček).

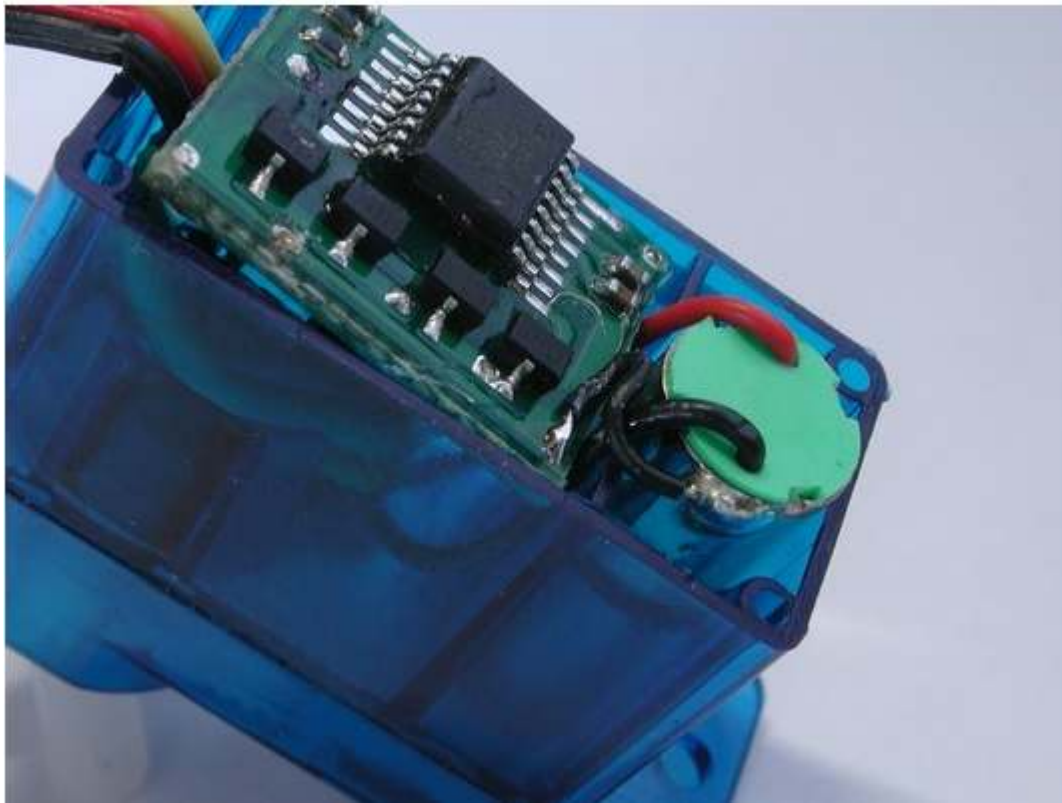
V době, kdy se k řízení modelů využívala výhradně pásma 27, 35 a 40 MHz, bylo rušení vyzařováním velmi nebezpečné a důsledně sledované, kromě toho tehdejší podstatně méně výkonná serva neměla s rušením potíže a všichni výrobci dbali na to, aby jejich výrobky nedělaly problémy. S přechodem většiny uživatelů do pásma 2,4 GHz nastala velká změna. V tomto pásmu a navíc s digitální identifikací jednotlivých vysílačů je rušení vyzařováním, které by mělo původ v činnosti serv, prakticky vyloučené. Výrobci si byli změny vědomi a přestali dbát na kvalitní odrušení. Současně s tím rostl výkon serv a změnila se technologie jejich konstrukce, přišly coreless motory a FET servozsilovače, to dál zvýšilo výskyt rušení generovaného servy. Problém je v tom, že ne všechny modely pracují v pásmu 2,4 GHz a při použití „klasických“ pásem se situace s rušením vyzařováním značně zhoršila. Některé modely navíc ani nemohou přejít do pásma 2,4 GHz, protože v jejich prostředí zkrátka toto spojení nefunguje, to se týká třeba modelů ponorek. Při řízení v klasických pásmech mohou zejména moderní výkonná serva dělat velké problémy.

Rušení napěťovými a proudovými pulzy na napájecích vodičích se bez rozdílu týká zařízení v klasických pásmech i v pásmu 2,4 GHz a v současné době je největším nebezpečím. Typické příčiny vzniku rušení a zejména proudových pulzů jsou uvedeny u tématu měření proudu serv, takže by bylo zbytečné je zde podrobně opakovat, podíváme se na další aspekty.

Jak omezit vyzařování v rušení? Poměrně snadno se dá po otevření serva pohledem zkontrolovat, jestli má motor v servu ukostřený plášť, to znamená, jestli je kovový plášť motoru spojen buď se zemí napájení (což je lepší), nebo přinejmenším s jedním z vývodů motoru. Pokud to tak není, odpojíme přířívody k motoru a zkontrolujeme ohmmetrem, jestli není plášť spojený s vývodem uvnitř motoru. Když není, zapojíme znovu vývody motoru a přidáme další tenký vodič mezi plášť a zem. Plášť, který není

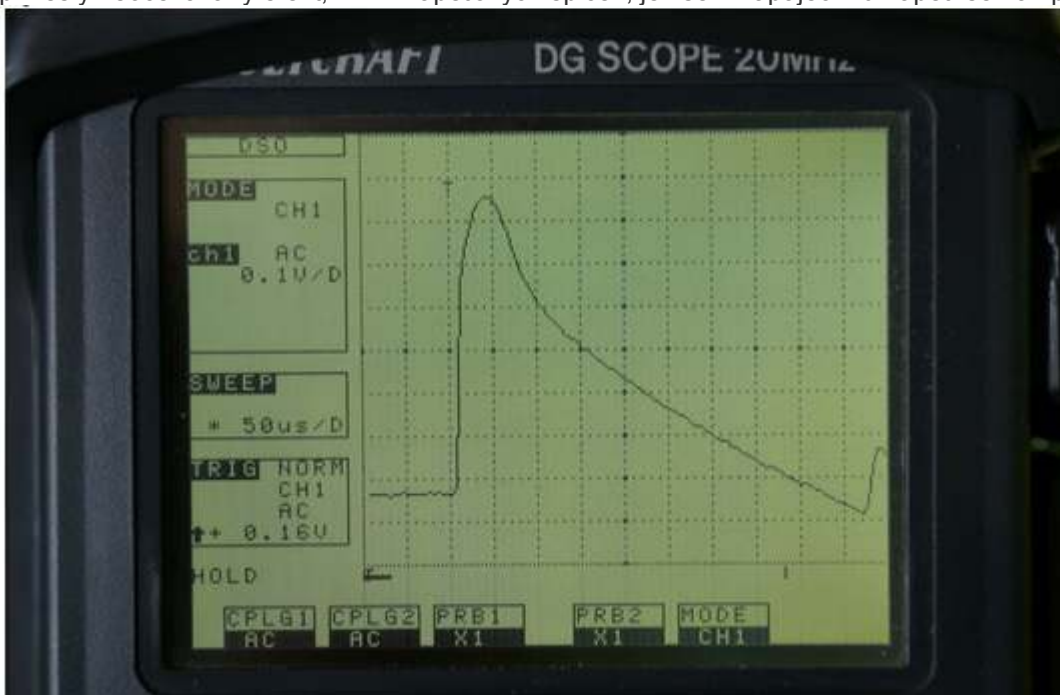
s ničím spojený, pohltí energii rušení od komutátoru a opět ji vyzáří do okolí, spektrální analyzátor ukazuje velmi jasně širokopásmové rušení v celé oblasti 20 až 80 MHz. Na následujících obrázcích jsou tři příklady dodatečného spojení pláště motoru se zemí.





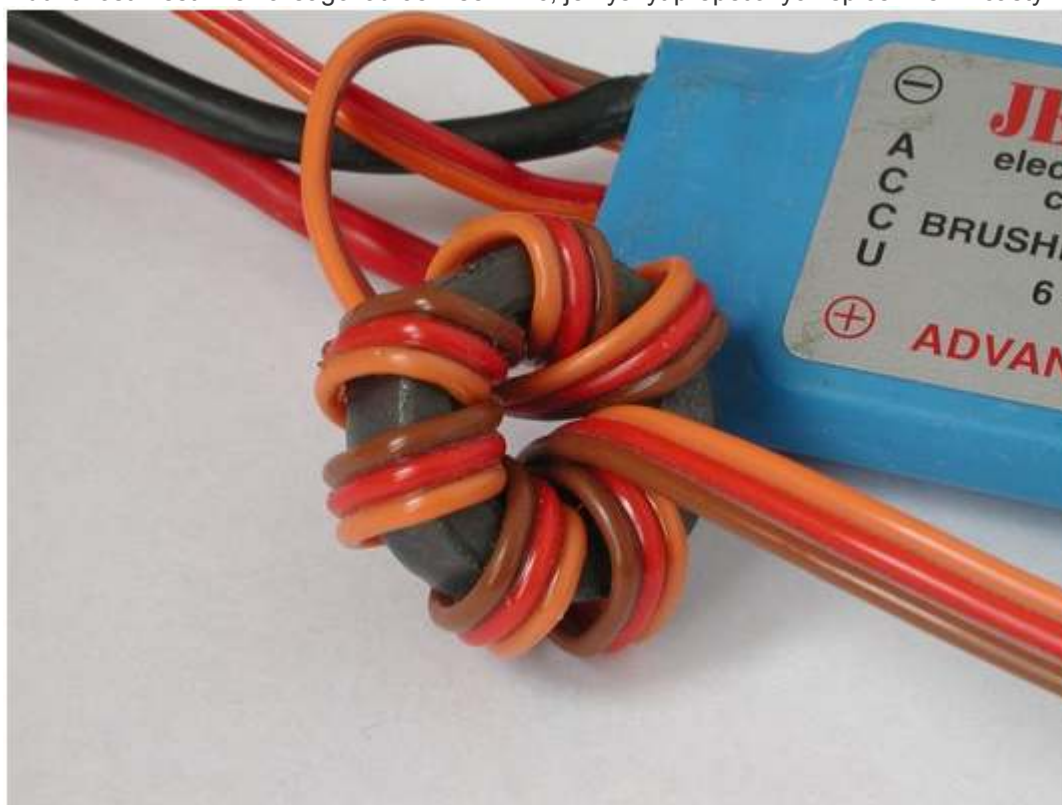
Další problém souvisí s blokováním napájení v motoru. Osciloskop připojený k napájení serva pravděpodobně zjistí mžkové poklesy napětí až o několik voltů a také přepětové špičky, které mohou přesahovat +10 V. Přitom čím je měkčí napájecí zdroj, tím jsou tyto špičky větší. Špičky se šíří po vodičích a na dlouhých servokabelech způsobují vyzařování. Jakmile se dostanou po vodičích do přijímače, většinou projdou přes jeho stabilizátor a dostanou se jak do vf části, tak k řídicímu mikrokontroléru nebo na dekodér. Tomuto druhu rušení jsou naprosto stejně vystaveny jak přijímače v klasických pásmech, tak ty, které pracují na 2,4 GHz.

Jak přepětové špičky v servech vznikají? Nezmizí, ani když odpojíte motor serva, s ním tedy nesouvisí. Kde ale vznikají kladné napětové špičky v zařízení, v němž není zapojena žádná viditelná indukčnost? Odpověď na tuto otázku je zarážející, problém způsobuje přechod na modernější konstrukci spínacích FET tranzistorů použitých ve výstupním můstku servozesilovače. Tranzistory jsou řízeny elektrickým polem. K jejich sepnutí je třeba rychle nabít kapacitu řádu nF (řídící elektrodu) a pro vypnutí je naopak třeba tuto kapacitu zase rychle vybit. Modernější servozesilovače s sebou kromě vyšší účinnosti přinesly neočekávaný efekt, vznik napětových špiček, jež se k napájecímu napětí serva i přičítají.



Přepětová špička na napájení, v tomto případě malá, jen 0,7 V

Problém tedy způsobuje samotný servozesilovač a měl by tudíž obsahovat kondenzátory, které špičky pohltí. On je také obsahuje, jenže jejich kapacita bývá příliš malá, kolem $5\mu\text{F}$, a bývá osazen keramický kondenzátor nevalné kvality, za to je levný. Krátké špičky přepětí nezvládne a ty pak nepohlí ani kondenzátor s podstatně větší kapacitou (kolem $100\mu\text{F}$), který bývá v přijímači, protože nemá dostatečně malou impedanci. Jinak řečeno kondenzátor v přijímači má sice dostatek kapacity, ale kvůli parazitní sériové indukčnosti nestihne zareagovat. Je-li serv víc, je výskyt přepětí špiček velmi častý.

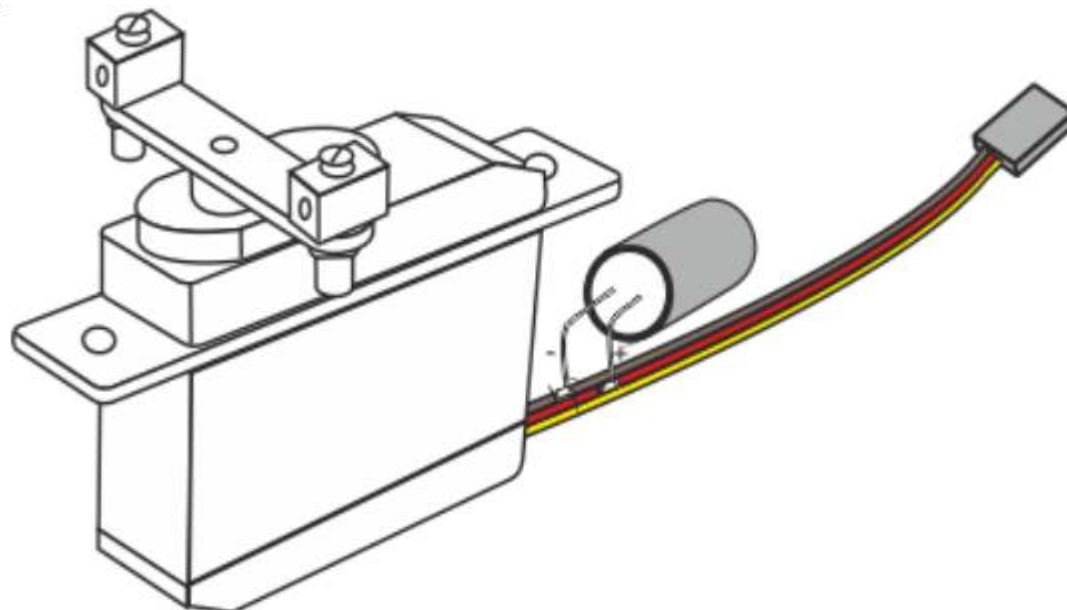


Příklad použití feritového toroidu na servokabelu

Někdy se používají k odrušení serv feritové kroužky navlečené na kabel nebo lépe několikrát kabelem provléknuté. Má to nějaký smysl? Určitě má, ale toto odrušení dobře funguje na vyzařování z kabelu (tedy rušení přes anténu), na přepětí špičky zabere jen částečně a nedostatečně. V klasických pásmech je to nedílná součást odrušení, v pásmu 2,4 GHz má jen malý, pokud vůbec nějaký význam.

<="" p="">

Problém s napájením se musí řešit na tom místě, kde vzniká, tedy přímo v servu, a pokud to nejde (což většinou nejde), tak co nejbliž u serva. Když se například připojí do serva další kondenzátor, ale tentokrát elektrolytický s malou impedancí (low ESR), špičky se výrazně sníží, ale stále nezmizí. V některých případech se musela kapacita zvětšit na $47\mu\text{F}$ a ani to nemusí vždy stačit, lépe řečeno u velkých serv to určitě stačit nebude.



Kondenzátor je třeba vestavět přímo do servozesilovače v servu, když se nevejde, tak přerušit napájecí kabel těsně u serva a dát tam. Když se kondenzátor posune třeba až k přijímači, z hlediska přijímače a

špiček v něm to sice vyhoví a asi to bude mít i lepší výsledek (uplatní se odpor servokabelu), ale napěťová špička na servokabelu se změní v proudovou a vyzářování bude pravděpodobně mnohem horší. Jinak řečeno, kondenzátor u přijímače zabere (a možná i lépe) v případě přijímače 2,4 GHz, ale v klasických pásmech je možné, že situaci ještě zhorší dokonce proti stavu úplně bez kondenzátoru. Nemá smysl jmenovat konkrétní výrobce a typy serv, týká se to naprosté většiny současných výrobků a často se mohou lišit vlastnosti i u stejného typu serv mezi různými šaržemi. Jaké kondenzátory vybrat a jaké jsou jejich důležité vlastnosti, na to se podíváme v samostatném článku.

Na úroveň rušení má v provozu výrazný vliv tvrdost napájecího zdroje. Je velký rozdíl mezi tím, když použijete k napájení serv čtyři starší tužkové akumulátory spájené do sady (tužkové články v pružinovém pouzdru vůbec neuvažují, to by snad nikdo soudný neudělal) nebo třeba dvoučlánek Li-pol přímo napájející HV serva. Vnitřní odpor Li-pol je o víc než jeden řád nižší (lepší) než vnitřní odpor jakýchkoli tužkových akumulátorů. Podobně je velký rozdíl, jestli je v regulátoru jako BEC integrovaný lineární stabilizátor napětí s jedním nebo dvěma obvody (typicky pro odběr 2 - 3 A) nebo jestli je jako BEC použit třeba Mega BEC od Jeti. Čím tvrdší zdroj, tím lépe, dál pomohou kondenzátory.

Pro vysílače ve standardních pásmech existuje jednoduchý způsob, jak můžeme zjistit, jestli je přijímač v modelu rušen vlastními servy. K testu jsou potřeba dva lidé a volný prostor bez dalších vysílačů v pásmu. Jeden člověk ovládá vysílač se zataženou anténou zavěšený na krku v normální poloze a druhý se pomalu vzdaluje s modelem. Ta zatažená anténa je proto, aby nebylo nutné chodit příliš daleko. U modelů poháněných elektromotorem je vhodné odšroubovat vrtuli. Na vysílači nastavíme nízké otáčky pohonného elektromotoru nejlépe pomocí trimu. Obsluha vysílače pak v krátkých časových intervalech pohybuje servy všemi směry. Při vzdalování modelu od vysílače musí hnací elektromotor pravidelně běžet až na mez dosahu soupravy. Na chodu motoru se rušení od serv projevuje velmi výrazně prudkou změnou otáček nebo rovnou zastavením motoru, a to i přesto, že je většina moderních přijímačů vybavena procesorovým dekodérem s funkcí rozpoznání rušení a zároveň umí rušení maskovat. Je to proto, že při rušení napěťovými špičkami po napájení dochází ke kolapsu samotného procesoru dekodéru a ke krátkému výpadku jeho funkce. U modelů bez pohonného elektromotoru dochází ke krátkému „mrznutí“ pohybu serv a záškubům, to je méně názorné.

Při zvyšování intenzity rušení dochází ze začátku k vrčení až kmitání serv, je-li rušící signál silnější než řídicí, dochází k výpadku řízení. Zatímco zdroj rušení (serva) si model veze s sebou, jeho výkon působící na anténu přijímače se vzdáleností od vysílače neklesá a závisí pouze na příkonu serv. Energie řídicího signálu na anténě se vzdáleností od vysílače prudce klesá a je také závislá na směru, vzájemném nastavení antén a na prostředí, ve kterém se přijímač pohybuje. To je důvod, proč k rušení „od serv“ dochází jen někdy a v různé vzdálenosti od vysílače, někdy i docela blízko.

Z předchozího mimo jiné plyne, že odrušení se týká konkrétní kombinace serv, zdroje a přijímače. Když jednu nebo více z těchto částí změníme, může se problém s rušením vyřešit nebo naopak vrátit do modelu, kde už byl jednou úspěšně zvládnut.

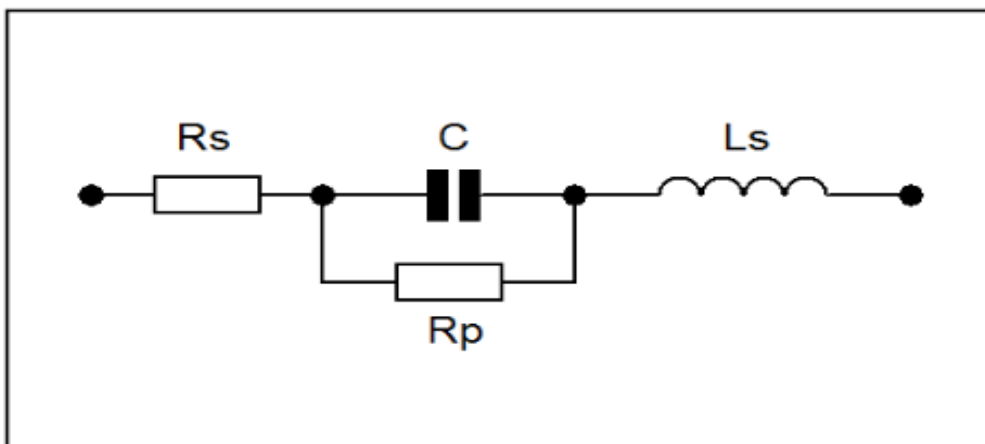
Poznámka: V článku byl se svolením Jiřího Potenského použit jeho nákres, výsledky měření a fragmenty textu

Výběr kondenzátorů pro rozvody v modelu

Ať už jsou příčinou existující problémy s „rušením“ respektive poklesy palubního napětí i přepěťovými špičkami, nebo jde jen o prevenci, chceme vybavit rozvod v modelu kondenzátory. Stojíme před problémem, jaké vybrat a koupit, případně jak je kombinovat.

Pro pochopení toho, co reálné kondenzátory mohou a co nemohou zvládnout, si musíme uvědomit něco, co je pro mnoho modelářů zcela neznámé, protože se s tím zkrátka neměli příležitost setkat. To, že vlastností rezistoru je odpor, kondenzátor má kapacitu a cívka (tlumivka) indukčnost, je známá věc, to je už součástí učiva základní školy.

Jenže v praxi to funguje jinak. Každá součástka, a to včetně toho, co za „součástku“ ani nepovažujeme, třeba kousků propojovacích vodičů, má svůj odpor, kapacitu i indukčnost. Jde jen o to, která z těchto vlastností výrazně převládá nebo kterou požadujeme. Ty ostatní vlastnosti nazýváme většinou parazitní, protože jsou tím, co nepříznivě mění chování součástky oproti ideálnímu stavu, a většinou je zanedbáváme. Pokud ale sledujeme chování součástky v širším rozsahu frekvencí a pulzy v rozvodu nejsou nic jiného než těmito vyššími frekvencemi, může se snadno stát, že původně zanedbatelné parazitní vlastnosti začnou převládat a součástka se začne chovat zcela jinak a třeba úplně opačně, než bychom čekali.

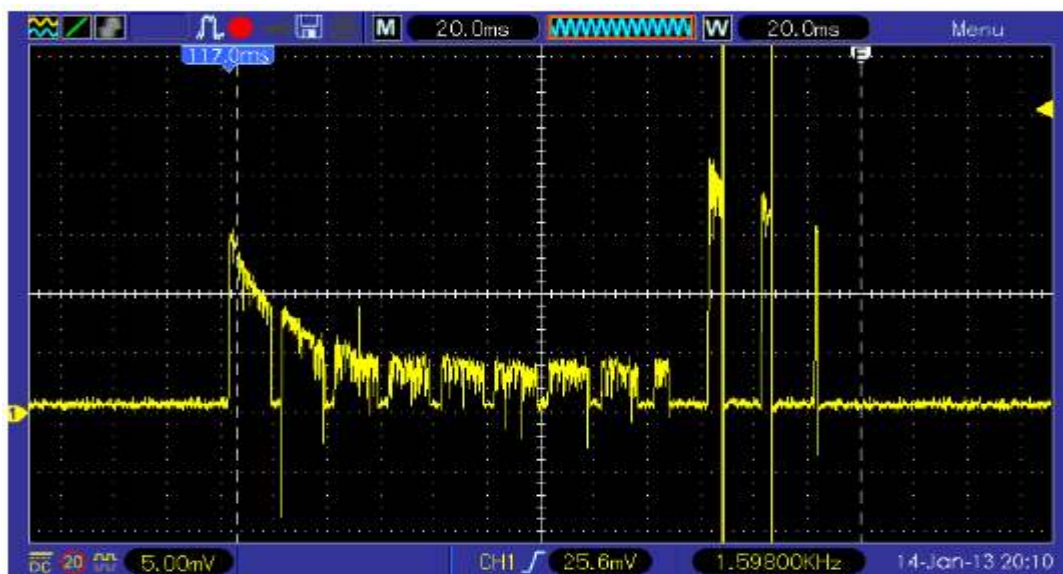


Náhradní schéma kondenzátoru

Ukážeme si to na náhradním schématu reálného kondenzátoru, který můžeme zakreslit pomocí čtyř ideálních součástí. Ideální kondenzátor C má jen kapacitu a napětí, na nějž se nabije, by na něm zůstalo libovolně dlouho. Je však vybíjen paralelním odporem R_p . Čím je tento odpor menší, tím je kondenzátor jako celek horší (rychleji se sám vybije) a méně vhodný tam, kde je potřeba, aby kondenzátor udržel napětí. Pro naše účely R_p nemá většinou význam. Jiné je to se sériovým odporem R_s , ten omezuje teoreticky nekonečný proud, kterým se může kondenzátor C nabíjet i vybíjet. Znamená to, že přijde-li na kondenzátor pulz napětí, nemůže se kapacita plně uplatnit, pojmout energii a pulz tím zlikvidovat při jen malém nárůstu napětí. A obráceně, pokud je v obvodu najednou velký odběr a napětí zdroje klesá, kondenzátor nemůže vydat energii dostatečně rychle a napětí „podržet“, brání mu v tom odpor R_s . Ideální indukčnost L_s má v podstatě stejný účinek, ale protože bývá poměrně malá, uplatňuje se až při podstatně vyšších kmitočtech (kratších pulzů), zato však hodně výrazně.

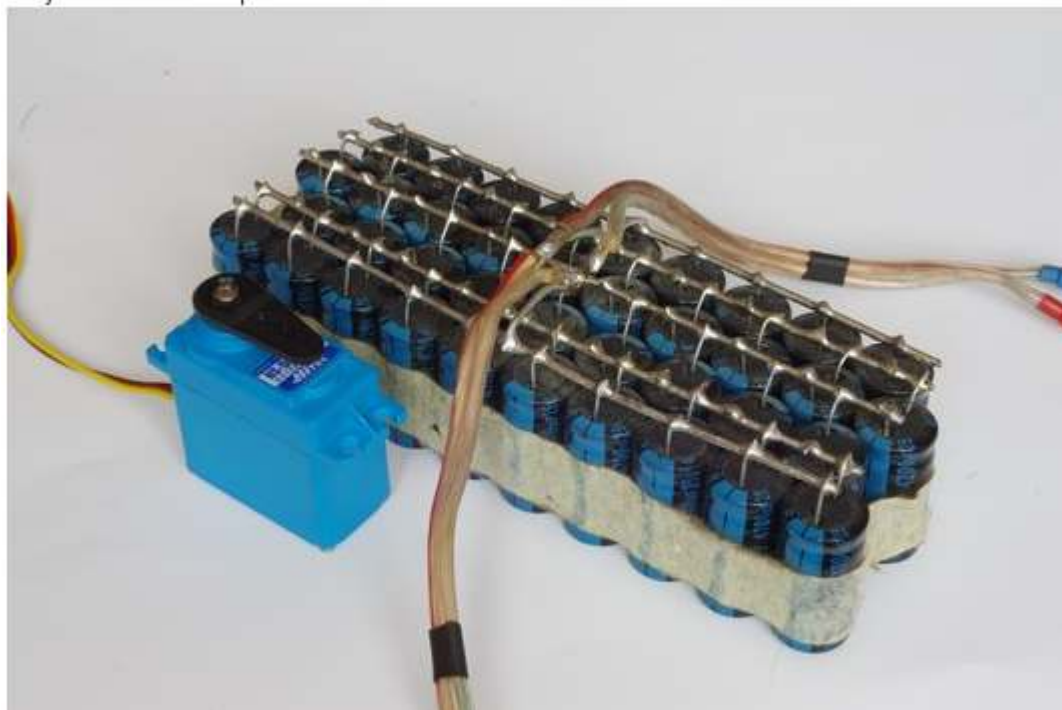
Vidíme tedy, že kapacita není jediná podstatná vlastnost reálného kondenzátoru. Naopak, v našem případě budou hlavní roli hrát R_s a L_s . Zjistit konkrétní hodnoty náhradního schématu pro daný typ kondenzátoru není jednoduché ani když se podaří sehnat katalogové listy výrobce. Pro praxi se nejčastěji zahrnuje vliv R_s a L_s do jednoho údaje, a tím je ESR (Ekvivalentní Sériový Odpor), který se ale vztahuje k určité frekvenci. Čím menší je ESR, tím má pro naše účely kondenzátor lepší vlastnosti. Bohužel, kondenzátory s vyšší kapacitou, kterou potřebujeme k likvidaci špiček, mívají zpravidla také větší ESR, které brání tuto kapacitu efektivně (nebo dokonce vůbec) využít.

Málokdy je možné vystačit jen s jedním kondenzátorem v daném místě a spojujeme jich více paralelně. Má to dva důvody. Jednak paralelním spojením zvyšujeme kapacitu a současně snižujeme ESR kombinace, jednak náhradní schéma kondenzátoru jasně ukazuje, že kondenzátor se vlastně chová jako sériový rezonanční RLC obvod a při určitém vybudení se rozkmitá vlastními kmitů. To je krajně nežádoucí, protože vlastně přestane fungovat. Když je více různých kondenzátorů spojených paralelně, jejich rezonanční frekvence jsou různé a vzájemně si tento jev utlumí.



Odběr malého serva (napětí 10 mV odpovídá proudu 1A)

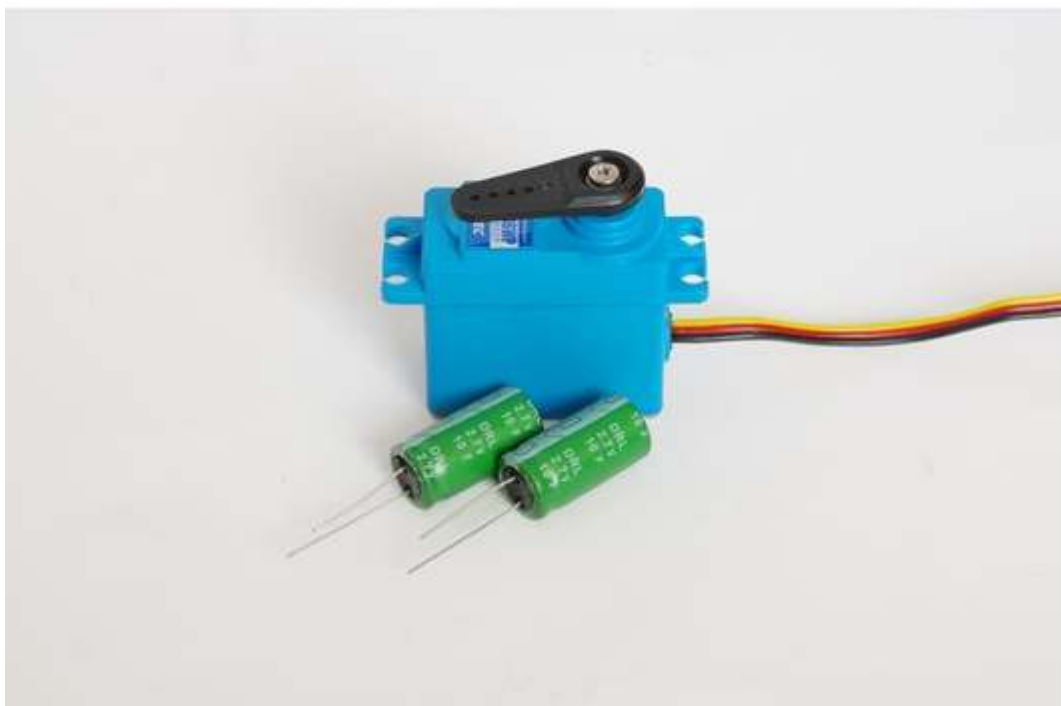
Podíváme se na průběh odběru proudu serva. Pokud chceme pomocí kondenzátorů vykryt odběrové špičky proudu serva při rozjezdu a hlavně při brzdění, to je proud zhruba 1 až 10 A po dobu asi tak 20 ms při malém poklesu napětí (desetiny voltu), potřebujeme kondenzátor s kapacitou několika desítek mF (desítek tisíc μF). Podobný kondenzátor, který opravdu nekompromisně funguje a je složený jako sada 38 kondenzátorů paralelně, vidíte na následujícím obrázku spolu se servem standardní velikosti.



Sada kondenzátorů pro vykrytí špiček odběru serva

Jednotlivé kondenzátory v sadě mají kapacitu 4,7 mF a ESR přibližně 20 m Ω , sada má celkem něco kolem 180 mF a R_s asi 2 m Ω). Takový kondenzátor vykoná velmi užitečné služby při zkoušení serv a jejich měření, vykryje bez problémů špičky odběru i kolem 30 A, ale dát něco podobného do modelu a ještě několikrát (ke každému servu) je čirý nesmysl.

Zkusíme to jinak. Dnes není problém koupit kvalitní superkondenzátory s kapacitou přes 1 F (= 1000 mF), jenže ty jsou na malé napětí kolem 2,5 V, takže vezmeme třeba dva po 10 F a dáme je sériově, abychom dosáhli potřebného provozního napětí. Jak jsou tyto kondenzátory velké vedle stejného serva je vidět na dalším obrázku. Kombinace má kapacitu 5 F, tedy téměř 28x větší, než předchozí masivní blok 38 kondenzátorů, ale je také 28x lepší? Ani náhodou, ESR každého z těchto superkondenzátorů je kolem 100 m Ω , kombinace má asi tak 200 m Ω , takže nejen že není lepší, ale je z hlediska ESR zhruba 100x horší. Tyto kondenzátory dokážou uložit mnohem víc energie než by postačovalo, ale nedokážou ji dostatečně rychle pohltnout ani vydat, pro naše účely jsou k ničemu.



Dva superkondenzátory 10 F / 2,7 V

Na dalším obrázku je typický kondenzátor, který se prodává jako „ochrana přijímače před výpadky napětí“. Neuškodí, dokonce může trochu pomoci, ale jen velmi omezeně. Jeho kapacita je nejméně 10x nižší, než by byla potřeba. Dlouhý kablík o průřezu 0,15 mm² dále omezuje možnost průtoku většího proudu (má značný odpor), servokonektor už ani nepočítám. Toto je spíše „prodej naděje“ a zjevně dobrý obchod, protože podobné ochrany přijdou na 50 až 100 Kč, přitom cena samotného kondenzátoru, který kvůli úspoře často ani nebývá z kategorie low ESR (s malým sériovým odporem) je kolem 10 Kč. Tento konkrétní kus měl bez kabelu vnitřní odpor přes 50 mΩ. Jestli něčemu může tento kondenzátor reálně pomoci, tak to nejsou problémy a výpadky napětí vyvolanými špičkami odběru proudu, ale naopak kratší přepěťové špičky, a to ještě omezeně.



Prodáváná „ochrana před výpadky napětí“

Jaké kondenzátory s většími kapacitami (stovek až tisíců F) vůbec můžeme použít a jak moc se pro naše účely liší? Jako příklad budeme hledat kondenzátor s požadovanou kapacitou kolem 470µF na rozvod s napětím 5 V. Začneme obyčejným levným hliníkovým elektrolytickým kondenzátorem (GM electronic, 2 Kč, výrobce Jamicon) s kapacitou 470µF. Takovým, jaký dostanete, když budete v prodejně chtít kondenzátor 470µF bez dalšího upřesnění. Sériový odpor vzorku při 1 kHz byl 120 mΩ. Neuškodí, ale ani nijak významně nepomůže.

Když si budeme přát kondenzátor s malým sériovým odporem (low ESR), dostaneme trochu větší a dražší součástku (GM electronic, 4 Kč, výrobce Hitano), a sériový odpor bude skutečně lepší, vzorek měl kolem 80 mΩ. Rozdíl není nijak velký, neuškodí, příliš nepomůže.

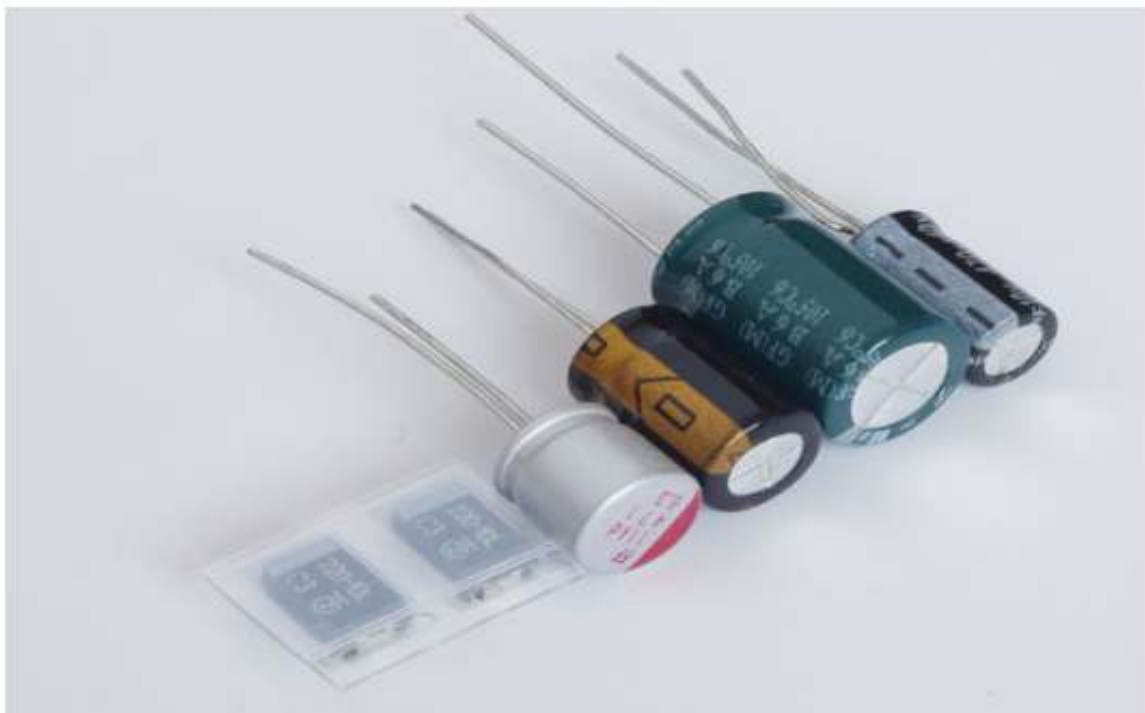
Záleží na dovozci, od koho součástky bere, jednotliví výrobci se mezi sebou dost liší. Parametry, které u jednoho mají low ESR kondenzátory, mají u druhého ty obyčejné. Těžko lze přesně popsat, které kondenzátory jsou nejlepší, ale obecně velmi dobré výsledky můžeme čekat u firem Samxon, Nichicon, Rubycon, Panasonic nebo Chemi-con, na opačném konci rozpětí stojí značky jako Jamicon, Licon, Fujitsu, Capxon, Rubysun nebo Tocon. Těch značek, s nimiž jsou problémy, je mnohem víc, to asi nepřekvapí.

Zkusíme tedy „značkovější“ low ESR kondenzátor 470 F (GM electronic, 6 Kč, výrobce Samxon) a vida, má 63 mΩ. Lepší dojem budí už tím, že vývody jsou silnější. Není to nijak obrovský rozdíl, ale je to krok správným směrem.

Předchozí kondenzátory byly hliníkové, ale ani to, že jsou prodávány jako „low ESR“ a mají dobrou značku, neznamená, že jsou optimální. Stranou všeobecného zájmu stojí kondenzátory polymerové, které mají navíc mnohem lepší vlastnosti právě při vyšších frekvencích (krátkých pulzech), o něž nám především jde. Kromě toho jsou menší, ale hůř se shání. Tyto kondenzátory mívají zpravidla hliníkové pouzdro bez krycí fólie a popis najdeme ne na plášti z boku, ale na rovném čele (na obrázku je to ten s červeným popisem).

Konkrétní kondenzátory X-con typu ULR (super low ESR pro pulzní zátěž) zakoupené v prodejně PS electronic za 6,50 Kč mají při frekvenci 1 kHz sériový odpor 21 mΩ, při 10 kHz ale jen 13 mΩ a při 100 kHz 16 mΩ. Tyhle nejen neuškodí, ale téměř jistě pomohou.

Ani to však není konec možností. Kvalitní polymerové kondenzátory Nichicon série L8 zakoupené od firmy Farnell měly při 1 kHz jen 11 mΩ, při 10 kHz 4 mΩ a při 100 kHz 3 mΩ, jmenovitá hodnota ESR udávaná výrobcem je u těchto kondenzátorů 8 mΩ. Lepší budete už shánět těžko.



Zmiňované zkoušené kondenzátory s malým ESR

To, že pro pokrytí impulzních odběrů mají polymerové kondenzátory vynikající vlastnosti, profesionální výrobci kvalitní modelářské elektroniky pochopitelně vědí, a tak asi nezarazí, že třeba powerboxy jsou jimi osazeny. Podobně je najdeme třeba v nabíječkách, ale koupit je v českých prodejnách součástek, to není zrovna samozřejmé, pokud v nich vůbec vědí, co to polymerový kondenzátor je.



Část desky powerboxu osazeného polymerovými kondenzátory

Co plyne z předchozích řádků: Rozdíl v sériovém odporu „obyčejného“ elektrolytického hliníkového kondenzátoru a kvalitního polymerového je v poměru víc než 10:1 (!) a nejméně v podobném poměru se liší jejich účinek. Pro krátké pulzy dokonce poměr jde k 30:1 až 40:1 (!!). Je potřeba používat ne „nějaké“ kondenzátory, které vám v prodejně podají, ale takové, které opravdu v dané situaci fungují, rozdíl ceny přitom není až tak velký.

Ještě se okrajově podíváme na tantalové kondenzátory (na snímku ty nejmenší tmavé v obalu), které jsou často brány jako drahé, ale současně téměř ideální. Pro dosažení podobné kapacity bylo třeba spojit dva SMD kondenzátory 220M, hodnota 470M nebyla dostupná. Sériový odpor vyšel 50 mΩ. Tyto kondenzátory mají velmi malé samovybíjení, ale pro naše účely rozhodně neplatí, že za vyšší cenu (30 Kč) získáme lepší parametry. Kapacita je důležitá, bez možnosti proud rychle pojmout a vydat je však k ničemu. Má smysl o nich uvažovat, když je kriticky důležitá velikost, budou ze všech uvažovaných variant nejmenší.

Pokud nepoužijeme jeden kondenzátor, ale dva nebo více stejných paralelně spojených, násobí se kapacita jejich počtem a současně sériový odpor se dělí jejich počtem, obojí je pro nás výhodné. Je-li to možné, vždy raději použijeme více spojených kondenzátorů s menší kapacitou, než jeden s vyšší. Nevýhodou jsou jen větší mechanické rozměry kombinace více kondenzátorů.

Sebelepší elektrolytický (i polymerový) kondenzátor má omezené možnosti při vysokých frekvencích (desítky MHz), kdy se začne více uplatňovat jeho indukční složka (Ls). Abychom překlenuli dobu, než stihne kondenzátor s vyšší kapacitou zabrat, přidáváme k nim obvykle do kombinace ještě další podstatně „rychlejší“ zpravidla keramické kondenzátory s kapacitou 47 - 100 nF, případně ještě další s kapacitou 1 - 10 nF, ty jsou ještě rychlejší.

11. VELMI SILNÉ lineární servo LACT12P-12V-20

Když je potřeba podstatně větší a silnější servo, než nabízejí modelářské firmy, přišel čas poohlédnout se po sortimentu v jiném oboru, konkrétně v amatérské robotice. Jedním z výrobců, který má v této oblasti co nabídnout, je americká firma Pololu (www.pololu.com), její výrobky lze objednat i v českém internetovém obchodě <http://shop.hobbyrobot.cz/>. Představíme si jedno takové servo podrobněji.

Lineární servo LACT12P-12V-20 má některé základní parametry zakódované už v názvu: Vysouvané rameno je dlouhé 12" (kolem 30 cm), motor se napájí napětím 12 V a rychlost pohybu se zátěží je kolem 0,5"/s, typicky dokáže přejet rozsah za 20 s. K tomu je potřeba dodat, že servopohon

se prodává jako mechanicky kompletní, ale bez obslužné elektroniky, ta se může dokoupit zvlášť nebo nahradit vlastním zapojením. Mechanika je vybavena jednak koncovými spínači, jednak odporovým snímáním polohy. Servo zvládne sílu kolem 500 N (zvedne závaží 50 kg) a je schopné pasivně udržet přes 2000 N (zátěž 200 kg).



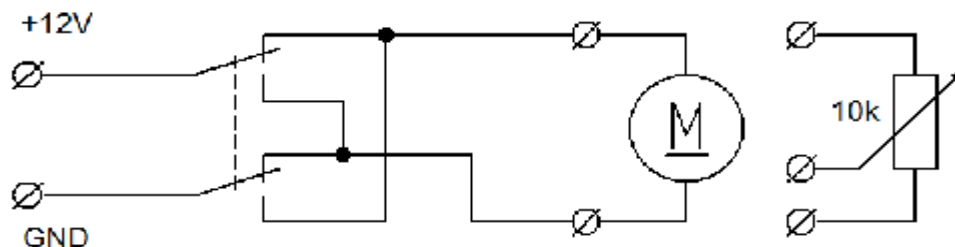
K uchycení serva slouží otvory pro čepy o průměru 6 mm. Otvory mají v zasunutém stavu mezi sebou vzdálenost asi 45 cm. V sadě se spolu se servem dodává i výkyvný úchyt určený pro ten konec serva, u něhož je motor s převodovkou 20:1.



Stejnoseměrný motor se napájí napětím 12 V (krátkodobě lze použít i 14 V), změna smyslu pohybu se docílí přepólováním napájení. Odběr při chodu bez zatížení je jen 0,5 A, při plném zatížení (500 N) nepřesáhne 3 A. Pokud by došlo k zablokování serva, odběr se může zvýšit až na 10 A. Servo je vybaveno koncovými spínači respektive odpojovači, takže při nejjednodušším použití

stačí připojit napětí například pomocí relé, po dosažení koncové polohy se samo zastaví. Plně zatížené servo se nesmí pohybovat více než 1/4 času, přesněji řečeno maximálně 1 minutu během každých 4 minut. Zbytek doby je potřeba na vychladnutí motoru.

Součástí serva je snímací potenciometr 10 kOhmů, takže je velmi jednoduché převést polohu na napětí a snímat ji jakýkoli mikrokontrolérem s AD převodníkem nebo jen vyhodnocovat analogovým komparátorem. To otevírá cestu k využití nejen pro přestavení mezi dvěma koncovými polohami, ale třeba i ke konstrukci běžným způsobem ovládaného RC serva, které je sice pomalé, ale za to nekompromisně silné a odolné.



Na první pohled se může zdát, že toto servo není o tolik silnější, než modelářská maxiserva s momentem řekněme 300 Ncm. Zdání klame, klíčová je dráha. Modelářské servo působí při délce páky 1 cm jmenovitou silou na dráze přibližně 1 cm, tedy 30x menší. Aby se působení vyrovnalo a srovnání mělo smysl, museli bychom pákou zvětšit výchylku modelářského serva na 30 cm a dostali bychom sílu jen kolem 10 N proti 500 N lineárního serva. Nebo naopak, zmenšením výchylky lineárního serva na 1 cm přepákováním bychom dostali 15000 N proti 300 N modelářského serva. A velkou roli bude hrát ještě jedna věc, s níž jsme nepočítali, Moment modelářského serva se udává v okamžiku zastavení pohybu. Je to tedy mez, kterou v praxi nelze využívat. Síla robotických serv se udává jmenovitá, taková, kterou může být servo typicky zatěžováno při relativně malém poklesu rychlosti. Síla, která by lineární servo zastavila, je podstatně (zhruba 3x) větší.

Je-li kromě síly podstatná i rychlost pohybu, najdeme v sortimentu mechanicky podobné servo LACT12P-12V-5 s 3,5x vyšší rychlostí pohybu a úměrně menší silou. Ta nejsilnější lineární serva se obecně používají jako elektrická náhrada hydrauliky.

K čemu se extrémně silné lineární servo s dlouhým chodem v modelářství hodí? Je jasné, že při hmotnosti téměř 1,6 kg jako servo křidélek do běžného modelu letadla asi ne, leda by šlo o maketu ultralightu v měřítku 1:1. Mohlo by se dobře uplatnit jako servo pro změnu šípovitosti křídla za letu nebo servo vytahování podvozku v obří maketě. Jsou ale i jiné odbornosti než letecké: např. zvedat rameno stavebního jeřábu nebo hlaveň tanku 1:5, zdvihát a spouštět most při průjezdu lodi kanálem nebo upravovat nastavení plachet větší plachetnice jsou úlohy pro tato serva zcela přiměřené.

K ovládání serva LACT12P-12V-20 se může samostatně zakoupit třeba elektronický modul Jrc 21v3, který alternativně využívá k nastavení polohy čtyři rozhraní: USB z počítače, sériový (COM) port, řídicí analogové napětí 0 - 5 V nebo pulzy z RC přijímače. Spojením těchto dvou výrobků vznikne standardní modelářské servo s rozšířenými možnostmi.



V mnoha případech, zejména tehdy, když není potřeba, aby servo přesně sledovalo výchylkou řídicí signál, ale víceméně přejíždí mezi dvěma polohami, jde poměrně drahou elektroniku nahradit jediným dvojitým přepínačem nebo relé se dvěma přepínacími pakety. Servo se pohybuje jen mezi dvěma krajními polohami určenými vnitřními koncovými spínači, potenciometr může zůstat nezapojený respektive můžeme koupit levnější verzi serva bez snímacího potenciometru.

Ani vlastní konstrukce elektroniky pro proporcionální ovládní uvedených serv není s ohledem na malý proud a relativně pomalé reakce nijak obtížná, navíc může zapojení dělané na míru rovnou zkombinovat ovládní pohybu s kontrolou dalších událostí, třeba otevřením krytů podvozku před vysunutím nohy, nebo kontrolou minimální letové rychlosti před změnou šípovitosti křídla.

Cena uvedených serv není nijak závratná, pohybuje se kolem 110 USD, chytré elektronické řízení přijde přibližně na 50 USD.

Ing. Michal Černý

ODKAZ:

<https://www.pololu.com/product/2313>

