

Chlazení regulátorů v modelech

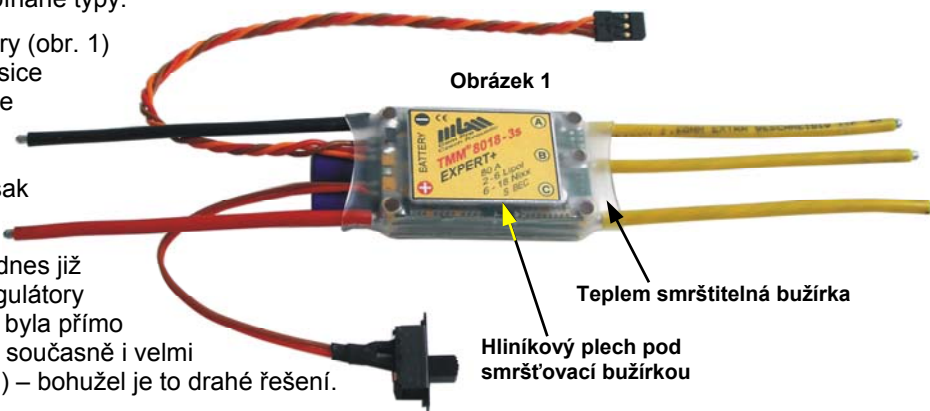
Otázka chlazení regulátorů je mnoha modeláři zcela opomíjena a ignorována a dotyční „neřeší“ tento faktor. S rostoucími výkony „střídavých“ modelářských motorů (přesněji BLDC motorů) a regulátorů (řádově 100-ky W až 10 kW) ale nabývá tato problematika na důležitosti. Nebavíme se zde o regulátorech na 3 Lipolky a 12A, i když stejné zákonitosti a fyzika platí samozřejmě i zde. Teplota uvnitř regulátoru má přitom přímý vliv na spolehlivost, maximální výkon, životnost regulátoru a dá se celkem snadno a významnou měrou ovlivnit. Spolehlivost a životnost regulátoru s klesající teplotou roste, lze využít vyšších výkonů, roste i účinnost pohonu (menší odpor jak MOSFETů v sepnutém stavu, tak i plošného spoje). Jinak řečeno, provoz regulátoru při menších vnitřních teplotách je výhodnější.

Ztráty v regulátorech, (ztrátový výkon, to je to, co se mění při provozu regulátoru na neužitečné teplo a je nutno z regulátoru nějak dostat ven, nezaměňujte s přenášeným výkonem do motoru) jsou při jistém zjednodušení trojího druhu:

- 1) Jednak je jsou to ztráty na spínacích prvcích (tranzistorech typu MOSFET) vznikající průchodem proudu tranzistorem, jehož odpor není v sepnutém stavu nulový, ale má jistý malý odpor (v řádu zlomků až jednotek či desítek mΩ). Podobné ztráty vznikají i na odporu samotného plošného spoje na kterém jsou umístěny výkonové prvky – zde se vyznačují velkými hodnotami odporu a velkými ztrátami hlavně regulátory čínské provenience (i když jsou z USA) (levné desky plošných spojů s tenkými měděnými vrstvami) – bývají v tomto ohledu velmi poddimenzované.
- 2) Další významně velké ztráty vznikají spínáním (zapínáním a rozpínáním) tranzistorů MOSFET v rámci regulace výkonu a přepínání fází při otáčení rotoru. Tyto ztráty mohou převýšit ztráty 1. typu a rostou se zvyšující se spínací frekvencí (tzn. na 32 kHz jsou tyto ztráty 4-násobné oproti provozu na 8 kHz). To znamená, pokud nevyžaduje váš speciální „bezželezový“ motor vyšší frekvenci (např. motory TANGO, SAMBA od Kontroniku), použijte raději tu nižší.
- 3) Posledním typem velkých ztrátových výkonů (a nezanedbatelných) jsou ztráty v obvodech BEC, ať se již jedná o klasické lineární stabilizátory nebo spínané typy.

Dnes nejrozšířenějším typem jsou regulátory (obr. 1) ve smršťovacích bužírkách. Toto řešení je sice výrobně levné, jednoduché a použitelné, ale z hlediska vyzařování tepla (tedy odvodu nežádoucího tepla ven z regulátoru) nejméně vhodné. Drtivá většina výrobců však používá právě toto levné „zapouzdření“.

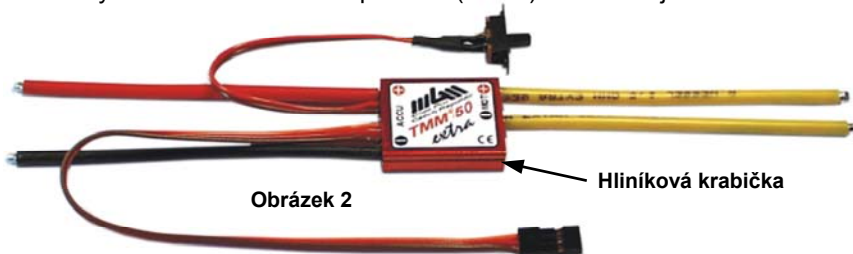
Z pohledu odvodu tepla byly ideální staré, dnes již zapomenuté procesorové stejnosměrné regulátory TMM. Obal tvořila hliníková krabička, která byla přímo tepelně spojena s výkonovými prvky a byla současně i velmi dobrým chladičem s velkou plochou (obr. 2) – bohužel je to drahé řešení.



Obrázek 1

Teplem smršťitelná bužírka

Hliníkový plech pod smršťovací bužírkou



Obrázek 2

Hliníková krabička

Jakýkoliv regulátor pro větší výkony (libovolného výrobce) běžné velikosti, tzn. s rozměry řádově 50×30×15 mm (a zde bohužel platí čím menší, tím hůře) je schopen vyzařit svým povrchem trvalý ztrátový výkon zhruba 5 až 8W.

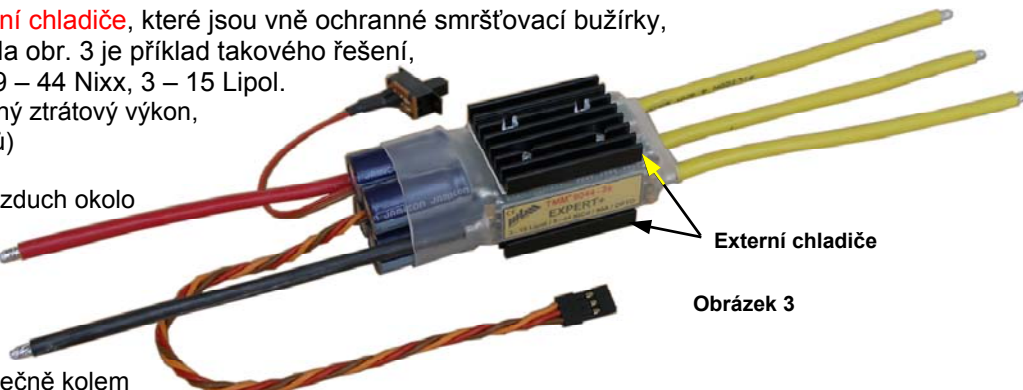
Když musí regulátor této velikosti vyzařit ztrátový výkon okolo 5W (a to opravdu není mnoho), vzroste jeho teplota uvnitř postupně zhruba o 80°C nad okolí, tzn. při okolní teplotě 25°C je teplota uvnitř regulátoru 105°C, což je přibližně hranice, nad níž vypínají teplotní pojistky regulátorů, pokud je regulátor má.

Toto platí v případě, že regulátor není vystaven proudu chladícího vzduchu, tzn. v případě špatného chlazení. Pokud je regulátor, resp. jeho chladič(e), vystaven byt i jen malému proudu chladícího vzduchu, klesne teplota uvnitř regulátoru o cca 20 - 25°C oproti stavu bez chlazení (tedy ze 105°C na 80°C) a v případě velkého proudu chladícího vzduchu dokonce o 30°C (to je na 75°C).

Pokud některý výrobce sice použije velké chladiče, ale jsou **pod smršťovací bužírkou** (tedy „zabalené“ uvnitř), mnoho se nezmění – teploty se dostanou na stejnou úroveň jako s malým chladícím plechem, jen to trvá o trochu déle (než se prohřeje větší hmota).

Jestli se ale použijí přídavné, **externí chladiče**, které jsou vně ochranné smršťovací bužírky, **situace se může výrazně změnit**. Na obr. 3 je příklad takového řešení, regulátor TMM 9044 – 3s, tj. 90A, 9 – 44 Nixx, 3 – 15 Lipol. (2 chladiče dokáží vyzařit dvojnásobný ztrátový výkon, tedy zde 10W místo 5W bez chladičů)

Pozor ale, pokud neproudí chladící vzduch okolo chladičů, nebo proudí nedostatečně, tak teplota uvnitř regulátoru klesne pouze o několik málo stupňů, ničeho podstatného nedocílíme.



Externí chladiče

Obrázek 3

Proudí-li ovšem chladící vzduch skutečně kolem obou chladičů a v dostatečném množství, teplota uvnitř regulátoru se sníží při ztrátách 10W o cca 45°C oproti stavu 5W bez

chlazení a bez chladičů, tedy zhruba ze 105°C na 60°C (velmi záleží na intenzitě proudění chladičím vzduchu). Toto zvýšení chladičím účinku již ve většině případů výrazně zlepší situaci a teplotní poměry v regulátoru a je bez chladičů nedosažitelné.

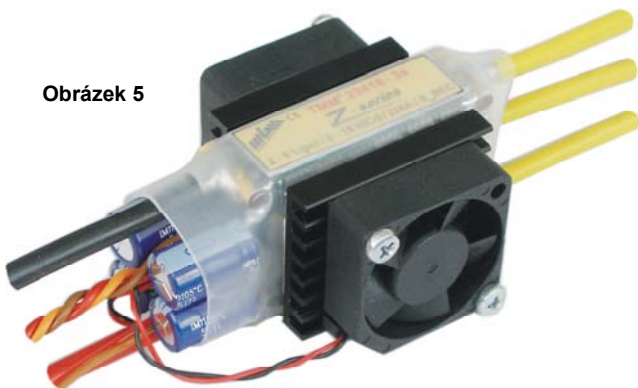
Pokud nemůžeme zaručit dobré a intenzivní proudění chladičím vzduchu kolem chladičů (např. modely aut, řada modelů „tryskáčů“, atd.), lze namontovat na chladič(e) malý ventilátorek (obr. 4). Na obrázku je i příklad regulátoru pro auta TMM 6018 - 3 C/B SLIM (60A, 6 - 18 Nixx, 2 - 6 Lipol, spínaný BEC). Ventilátor (s rozměry 30×30×10 mm) je napájen 5V z BEC nebo přijímačových baterií (u OPTO verzi) a odebírá proud kolem 190 mA. Tento ventilátor velmi intenzivně ofukuje chladič a teplota uvnitř se sníží až o 65°C oproti stavu bez chladičů a bez proudícího vzduchu, tedy na pouhých 40°C (stále při okolní teplotě 25°C) – to již je velmi podstatné a významné snížení vnitřní teploty.



Obrázek 4

Všechny novější regulátory TMM xxxx - 3 řady Expert(+), Z-serie, CAR/BOAT, HELI, od 18 článků (6 Lipol) a 60A nahoru mají ve výkonových deskách 4 otvory pro závit M1,6 do kterých se přišroubují externí chladiče. Ty doléhají svou spodní stranou přímo na výkonové MOSFET (přes teplotně vodivou keramickou fólii nebo silikonovou pastu) – smršťovací bužírka je z této styčné plochy odstraněna a výkonové prvky (hlavní zdroj nežádoucího tepla) jsou takto velmi dobře chlazeny. Na chladiče lze v případě potřeby přišroubovat již zmíněné ventilátorky pomocí dvou šroubků M3.

Příklad dvojice chladičů s ventilátory na regulátoru TMM 22418 - 3 (224A, 6 -18 Nixx, 2 - 6 Lipol, spínaný BEC) je na obr. 5.



Obrázek 5

Na druhou stranu lze při stejných vnitřních teplotách regulátoru uchladiť podstatně větší ztrátové výkony.

Pokud připustíme teplotu uvnitř regulátoru maximálně cca 105°C, lze u regulátoru s chladičem a ventilátorem uchladiť trvalý ztrátový výkon (jeden chladič + jeden ventilátor) ne 5W, ale 20W, tj. 4× více než bez chlazení!

Tzn. regulátory s výkonovými deskami na obou stranách, dvěma chladiči a dvěma ventilátory mohou uchladiť až 40W ztrátového výkonu, to je velmi markantní rozdíl oproti stavu bez chladičů a bez proudu chladičím vzduchu (5W), tedy až 8× více !

Takovéto hodnoty ztrátových výkonů bez aktivního chlazení při běžném objemu regulátoru vůbec nelze v provozu připustit.

Pokud naopak zabalíte regulátor do molitanu nebo zasunete do kapsy v polystyrénu (i takové případy znám a nejednalo se přitom o éro typu slow-flyer), situace bude podstatně horší a k přehřátí regulátoru dojde při menších ztrátových výkonech.

Tabulka teplot pro vyzařovaný ztrátový výkon regulátoru cca 5W a teplotu okolí 25°C:

	proud vzduchu [l/min]	ΔT (oproti 25°C)	teplota uvnitř
Regulátor bez chladičů bez ofukování vzduchem		80°C	105°C
Regulátor bez chladičů s malým proudem chladičím vzduchem	→	~30	80°C
Regulátor bez chladičů s velkým proudem chladičím vzduchem	→→	~70	75°C
Regulátor s ext. chladičem s malým proudem chladičím vzduchem	→	~30	75°C
Regulátor s ext. chladičem s velkým proudem chladičím vzduchem	→→	~70	60°C
Regulátor s ext. chladičem a s ventilátorem	→→→	~150	40°C

Pozn.: ztrátový výkon 5W platí pro regulátory bez chladičů nebo s jedním chladičem (a případně ventilátorem). Pro regulátory s dvojicí chladičů (a případně i ventilátorů) platí tyto poměry při dvojnásobném ztrátovém výkonu 10W.

Z výše uvedených měření je zřetelná velká závislost vnitřní teploty regulátoru na dobrém vnějším chlazení, což se ostatně dalo i očekávat. Vyplynávají z nich také zajímavé vzájemné poměry, v jakých lze vnitřní teplotu redukovat, resp. jak lze zvyšovat výkony. Je dobře patrné, jak významně lze teplotu uvnitř snížit, zvolí-li se odpovídající a vhodný způsob chlazení.

Totéž platí i pro lodní modely a lodní regulátory. Zde je ale využíváno intenzivního chlazení chladičů protékající vodou, příklad na obr. 6, TMM 12032 – 3 RB (Race Boat, vodní chlazení, 120A, 9 – 32 Nixx, 3 – 10 Lipol).



Obrázek 6