

Regulátor napětí 12 až 42 V/80 A

Ing. Zdeněk Budinský

Popisovaný regulátor najde uplatnění všude tam, kde potřebujeme v obvodech napájených stejnosměrným napětím měnit střední hodnotu napětí na zátěži. Může se jednat o regulaci topných tělísek, svitu žárovek, ale hlavně o regulaci otáček motorů v elektrických vozítkách. Výstupní napětí regulátoru lze potenciometrem nastavit plynule od nuly až do plného napájecího napětí. Jedná se o regulaci téměř bezeztrátovou s vysokou účinností přeměny napětí. Je to umožněno tím, že koncové tranzistory pracují ve spínacím režimu, kdy jsou buď zapnuty, nebo vypnuty. Výstupní napětí regulátoru se mění změnou středy otevření koncových tranzistorů od 0 do 1.

Základní technické údaje

Napájecí napětí U_n : 12 až 42 V.
Trvalý zatěžovací proud: 80 A.
Druh regulace: plynulá, PWM.
Rozsah regulace: 0 až 100 % U_n .
Kmitočet spínání: 5,5 kHz.
Teplotná ochrana: při teplotě chladiče nad 110 °C.

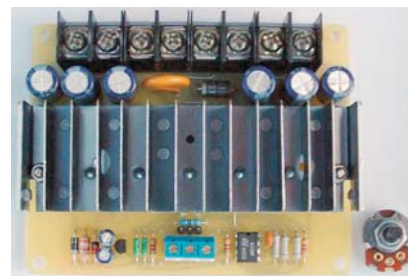
Popis zapojení

Schéma zapojení je na obr. 1. Lze je rozdělit na dvě části. V levé polovině schématu je multivibrátor, složený z operačního zesilovače IO2B, rezistorů R4, R5, R9 a kondenzátoru C7. Rezistory R1 a R12 tvoří umělý střed napájení pro multivibrátor, aby výstupní signál byl symetrický. Výstup operačního zesilovače může být pouze ve dvou stavech, a to v kladné saturaci (výstupní napětí je maximální, blízké $+U_n$) nebo v záporné saturaci (výstupní napětí je minimální, blízké $-U_n$). Je to proto, že pracuje jako komparátor, tj. je-li na neinvertujícím vstupu (označen znaménkem +) kladnější napětí než na invertujícím vstupu (označen znaménkem -), je výstup operačního zesilovače v kladné saturaci, a naopak. Při popisu činnosti multivibrátoru vyjdeme ze sta-

vu, kdy se výstup právě překlátil ze záporné do kladné saturace. Z výstupního napětí se přes rezistor R4 začne nabíjet kondenzátor C7. Přesáhne-li napětí na vstupu - napětí na vstupu +, dané poměrem odporů rezistorů R5 a R9 (přibližně $0,75 U_n$), překlápí se výstup IO2B z kladné do záporné saturace. Na vstupu + se objeví napětí přibližně $0,25 U_n$ a kondenzátor C7 se začne přes rezistor R4 vybíjet. Klesne-li napětí na vstupu - pod napětí na vstupu +, překlápí se výstup IO2B ze záporné do kladné saturace a celý děj se neustále opakuje.

V tomto zapojení nevyužijeme výstupní napětí multivibrátoru, ale napětí na invertujícím vstupu -, které má přibližně tvar rovnostranné pily. Jeho rozkmit je určen poměrem odporů rezistorů R5 a R9, kmitočet kapacitou kondenzátoru C7 a odporem rezistoru R4 (v našem případě je kmitočet přibližně 5,5 kHz).

Toto napětí je přivedeno na invertující vstup druhého operačního zesilovače IO2A. Ten pracuje také jako komparátor a na svých vstupech srovnává stejnosměrné napětí z běžce potenciometru P1 a právě toto napětí pilového průběhu. Takové zapojení zároveň zaručuje, že stříd-

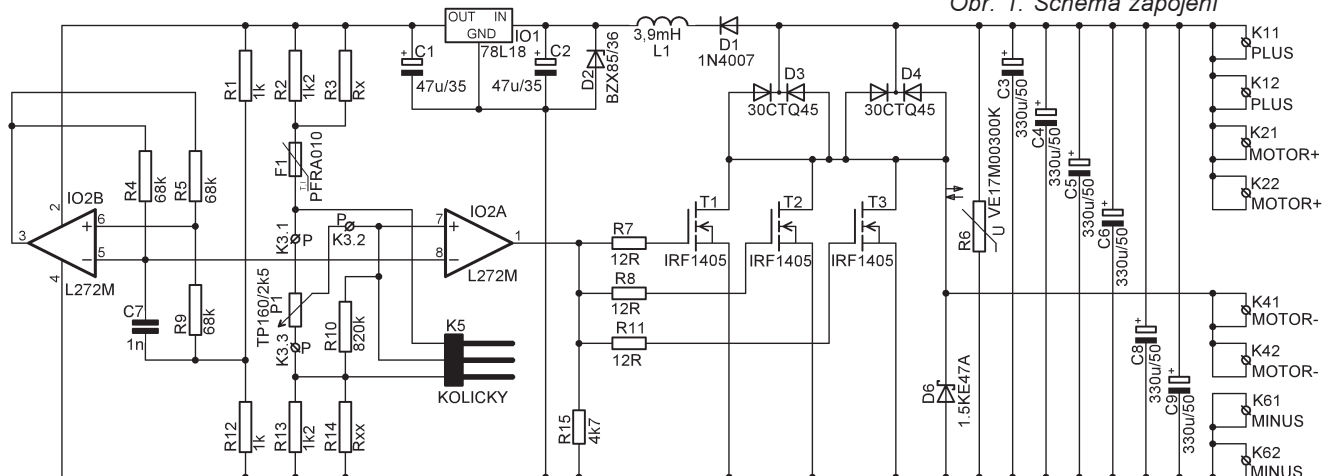


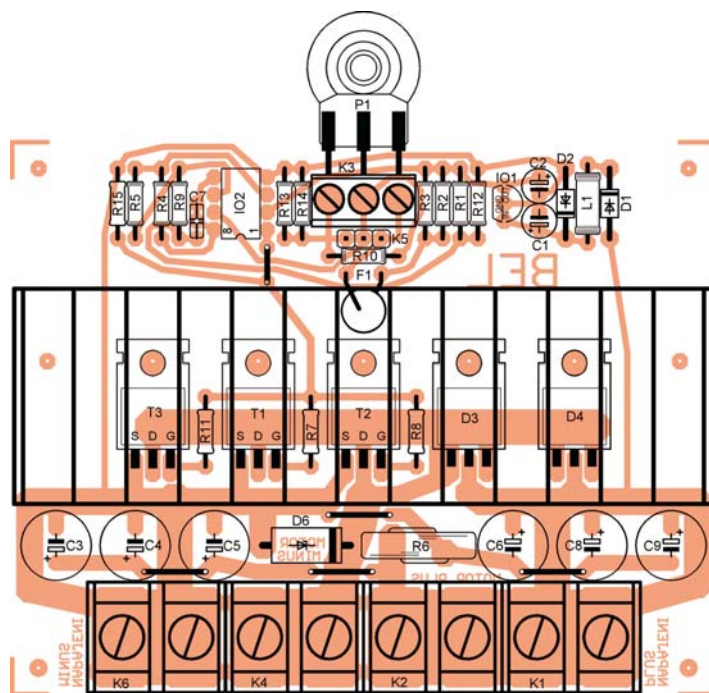
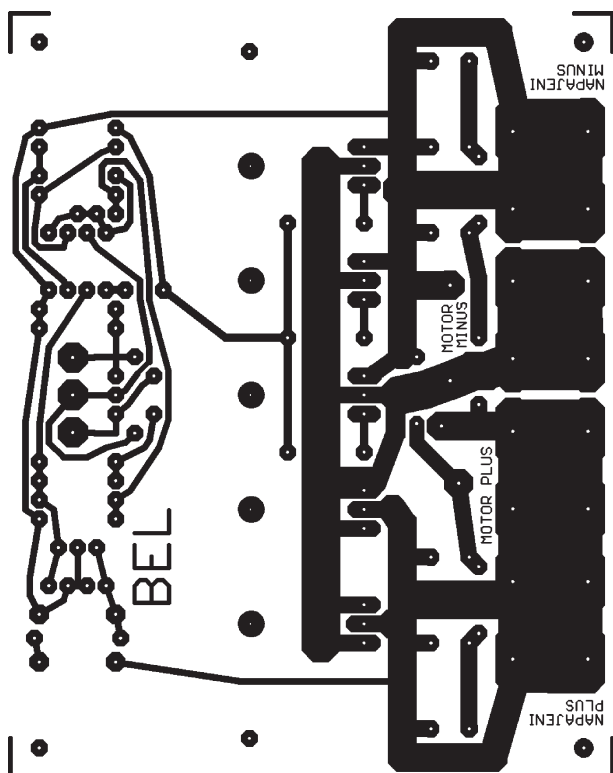
da výstupního napětí se nemění se změnami napájecího napětí. Výstup IO2A může být opět buď v kladné saturaci (na vstupu + je kladnější napětí než na vstupu -), nebo v záporné saturaci (na vstupu + je zápornější napětí než na vstupu -). Rozsah regulace je určen možností změny napětí na neinvertujícím vstupu. Při předepsaných hodnotách součástek (R2, R13, P1) může být napětí na běžci P1 v rozmezí $0,25 U_n$ až $0,75 U_n$. To stačí právě k tomu, aby se střídalo napětí na výstupu komparátoru IO2A měnila v rozmezí 0 až 1 a byla přitom využita celá dráha potenciometru P1.

V děliči R2, P1 a R13 je také zapojena polymerová pojistka F1, která automaticky sníží výstupní napětí regulátoru, zahřeje-li se na přibližně 110 °C. Polymerová pojistka je součástka, která prudce zvětší svůj odpor, překročí-li jí protékající proud maximální dovolenou hodnotu nebo (v našem případě) se pojistka ohřeje vlivem vnějšího okolí (chladiče) nad přibližně 110 °C. Tím se skokově zvětší její odpor a změní se rozložení napětí na děliči R2, P1 a R13. Napětí na běžci potenciometru klesne pod $0,25 U_n$, což způsobí dočasné uzavření regulátoru. Po ochlazení se zmenší odpor pojistky zpět na několik Ω a výstupní napětí regulátoru se obnoví v původní výši, která je daná nastavením potenciometru.

Výstupním napětím operačního zesilovače IO2A se budí paralelně zapojené výkonové tranzistory T1, T2 a T3. Rezistory R7, R8 a R9 omezují proud tekoucí při nabíjení řídicí elektrody tranzistorů MOSFET. Je-li výstup IO2A v kladné saturaci, jsou tranzistory plně otevřeny a zátěž může protékat proud, a naopak. Po-

Obr. 1. Schéma zapojení





Obr. 2. Deska s plošnými spoji 101,5 x 80 mm

užitý typ operačního zesilovače s velkým výstupním proudem zaručuje rychlé vypínání i zapínání výstupních tranzistorů.

Rezistor R10 zajišťuje uzavření regulátoru v případě odpojení potenciometru P1. Rezistor R15 slouží k uzavření tranzistorů T1, T2 a T3 v případě výpadku napájecího napětí řídicí části regulátoru.

Diody D3 a D4 se nazývají nulové a slouží k ochraně tranzistoru proti proražení vysokým napětím, vznikajícím při vypínání indukční zátěže (např. motoru). Každá indukční zátěž má snahu udržet protékající proud konstantní, což by jí bylo znemožněno při uzavírání tranzistorů T1, T2 a T3. Proud ihned po jejich uzavření proto převezmou nulové diody D3 a D4 a přepětí nemůže vzniknout.

Řídicí část regulátoru je napájena napětím 18 V z výstupu stabilizátoru IO1. Kondenzátory C1 a C2 brání nestabilitě jeho výstupního napětí. Napájecí napětí stabilizátoru je omezeno Zenerovou diodou D2 a filtrováno tlumivkou L1. Dioda D1 odděluje napájecí napětí řídicích obvodů od napájecího napětí regulátoru, které může být značně zvlněné (například při napájení ze síťového zdroje). Kondenzátory C3 až C6, C8 a C9 zachycují energii, která se vrací ze zátěže při komutaci regulátoru zpět do zdroje. Varistor R6 a transil D6 omezují napěťové špičky na zdroji a na koncových tranzistorech, které by se mohly indukovat při komutaci regulátoru.

Má-li mít potenciometr, který má být použitý k regulaci napětí, menší odpor než 2,5 kΩ, je nutné do volných pozic R3 a R14 na desce dopl-

nit dva rezistory R2 a R11, jejichž odpor se vypočítá ze vzorce:

$$R_N = 4,7R_P / (2,5 - R_P),$$

kde R_N je odpor rezistorů R2, R13 v kΩ a R_P je odpor nového potenciometru v kΩ.

Má-li mít potenciometr, který má být použitý k regulaci napětí, větší odpor než 2,5 kΩ, je nutné jej přemostit rezistorem, jehož odpor se vypočítá ze vzorce:

$$R_M = (R_P \cdot 2,5) \cdot (R_P - 2,5),$$

kde R_M je odpor paralelního rezistoru k P1 a R_P je odpor potenciometru v kΩ.

Potenciometr se připojuje pomocí standardních šroubovacích svorek K3 nebo trojicí kolíků K5. Napájecí napětí a zátěž se připojuje přes velké svorkovnice K1, K2, K4 a K6.

Popis konstrukce

Deska s plošnými spoji je na obr. 2. Na výběr použitých součástek nejsou kladeny žádné nároky, stačí kontrola přeměření. Stykovou plochu tranzistorů T1, T2 a T3 a chladiče natřeme silikonovou vazelinou, aby přechodový tepelný odpor byl co nejmenší. Diody D3 a D4 musí být pomoci slidové podložky a plastového kroužku od chladiče izolovány. Všechny výkonové součástky jsou k chladiči přišroubovány samořeznými šrouby. Otvory v chladiči je nejednodušší vyvrtat podle otvorů na desce s plošnými spoji. Chladič je připevněn k desce šestihrannými sloupky. Teplotní pojistka F1 se musí zespodu dotýkat chladiče.

Spoje, kterými tečou velké proudy, musí být vyztuženy vodičem o průřezu alespoň 1 mm² a počinované tlustou vrstvou cinu (obr. 3). Bez této úpravy by se při rozběhu motoru mohly přepálit.

Aby pájení bylo co nejkvalitnější, je vhodné zvolit tento osvědčený postup: Po vyvrtání všech otvorů (průměr 0,8 mm nebo 1 mm) odstraníme z povrchu ochranný lak. Pomocí čistícího přípravku obsahujícího vápenek (např. Cif apod.) a kartáče odstraníme oxidy z povrchu desky a ihned jej natřeme roztokem kalafuny v perchloretylenu nebo lihu. Takové spoje lze pájet obyčejným trubičkovým cínem s kalafunou. K pájení je vhodné použít pistolovou páječku s očkem z měděného drátu o průměru asi 0,7 mm nebo mikropáječku, pro pájení přídatného vodiče je nutná velká odporová páječka s příkonem alespoň 50 W. Po zapájení všech součástek odstraníme špičavý nástroj zbytků kalafuny, abychom odhalili případné nedokonalé spoje nebo zkratky (nejlépe pohledem proti světlu).

Připojíme napájecí napětí a zkontrolujeme, zda kmitá multivibrátor IO2B (na výstupu IO2B naměříme přibližně polovinu napájecího napětí IO2). Potom připojíme potenciometr P1 a zkontrolujeme voltmetrem, zda se napětí na výstupu IO2A mění přibližně od 0 do napájecího napětí. Nakonec připojíme zátěž a vyzkoušíme činnost celého regulátoru. Nelze-li regulovat napětí na zátěži v celém rozsahu, zmenšíme odpor rezistorů R2 a R13. Tím je celé zapojení oživeno a desku s plošnými spoji lze opět natřít ochranným roztokem kalafuny v perchloretylenu nebo lihu.

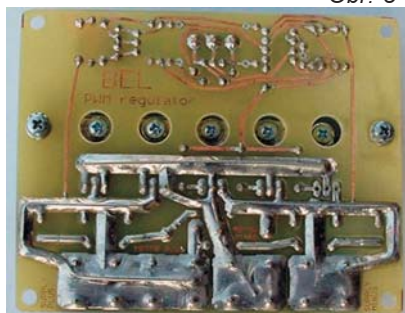
➤ Každý pól napájecího zdroje a zátěže se připojuje na zdvojenou šroubovací svorkovnici. Proto je výhodnější místo jednoho tlustého propojovacího vodiče použít jeden běžně dostupný čtyřžilový kabel o průřezu alespoň $4 \times 1,5 \text{ mm}^2$ a každou žílu připevnit pod šrouby (z obou stran) svorkovnice.

Seznam součástek

R1, R12	1 k Ω
R2, R13	1,2 k Ω
R3, R14	viz text
R4, R5, R9	68 k Ω
R6	VE17M00300K
R7, R8, R11	12 Ω
R10	820 k Ω
R15	4,7 k Ω
P1	2,5 k Ω /N, TP 160
C1, C2	47 μ F/35 V
C3 až C6, C8, C9	330 μ F/50 V
C7	1 nF
IO1	78L08
IO2	L272M
T1, T2, T3	IRF1405

D1	1N4007
D2	BZX83/36V
D3, D4	30CTQ45
D6	1,5KE47A
L1	3,9 mH
K1, K2, K4, K6	MT210/2, 4 ks
K3	CZM 3/5
K5 lámací lišta S1G	
Chladič	TF118
Slídová podložka GL530,	2 ks
Izolační průchodka IB2,	2 ks
Šestihranný sloupek DA5M3X05,	2 ks
Deska s plošnými spoji	

Obr. 3



Pro zájemce o stavbu regulátoru je připravena sada součástek a deska s plošnými spoji za 650 Kč, případně sestavený regulátor za 1150 Kč. Objednávky posílejte na: BEL, Eliášova 38, 160 00 Praha 6; tel. 224 317 069; bel@volny.cz.

Komerční využití tohoto návodu bez souhlasu autora není dovoleno.

Závěr

Oblast použití regulátoru, jehož zhotovení by měl zvládnout i začátečník, je opravdu široká. Regulátor byl zapojen v různých elektrických samohybech, mimo jiné v golfových vozítkách nebo pro pohon lanovky s kamerou při natáčení filmu, ale dost kuriózní bylo i jeho využití při řezání hlubokých otvorů horkým odporovým drátem do několikametrových polystyrénových bloků, používaných při stavbě dálničních násypů.