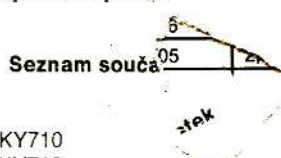


Tím je nastavení prakticky skončeno. Pro úplnost je na obr. 17 závislost kompenzačního proudu (údaj ampérmetru) na kmitočtu pro plné vybuzení ko. cového stupně sinusovým signálem. Pro stejný případ je na obr. 18 vynesena špičková amplituda zvlnění výstupního napětí.



Diody	
D ₁	KY710
D ₂	KY710
D ₃	KY130/150
D ₄	KY130/150

D ₅	KA501
D ₆	5NZ70
D ₇	KZ707
D ₈	KZ707
D ₉	8NZ70

Tranzistory	
T ₁	KF507
T ₂	KF507
T ₃	KD602 (KU605 atd.)
T ₄	KD601 (KU601)
T ₅	6NU73
T ₆	KF507

Odpory	
R ₁	TR 154, 2,2 kΩ
R ₂	TR 154, 1,5 kΩ

R ₃	TR 152, 2,2 kΩ
R ₄	vinutý, 0,2 Ω
R ₅	TR 153, 1,5 kΩ
R ₆	TR 151, 2,2 kΩ
R ₇	TR 151, 1,5 kΩ
R ₈	TR 154, 390 Ω
R ₉	TR 151, 470 Ω
R ₁₀	TR 151, 3,9 kΩ
R ₁₁	TR 151, výběr

Kondenzátory	
C ₁	TE 988, 200 μF
C ₂	TC 937, 1000 μF
C ₃	TE 992, 20 μF
C ₄	viz text, 2 × TE 984, 1000 μF
C ₅	2 × TE 984, 1000 μF

Elektronika v motorových vozidlech

Tranzistorové zapalování

Ing. Miloš Vančata

Hlavním účelem tranzistorového zapalování je odlehčit kontakty přerušovače od spínání velkých proudů. Tranzistorové zapalování vyloučí i jiskření kontaktů přerušovače, způsobené vypínáním indukční zátěže, přičemž vzniká napěťová špička až 200 V. Oba tyto nepříjemné jevy způsobují opalování kontaktů přerušovače a oblouk mezi kontakty způsobuje, že okamžik zapalování směsi ve válci motoru není konstantní, ale mění se v určitém malém rozmezí. Tím se mění i předstih zapalování směsi v motoru. Dále jiskření kontaktů způsobuje i rušení při použití rozhlasového přijímače ve voze.

Použitím tranzistorového zapalování se vyloučí nedostatky klasického zapalování, neboť indukční napěťovou špičku zachytí spínací tranzistor přechodem kolektor-emitor a proud, tekoucí přes kontakty přerušovače je minimálně o řád menší než původní. Tranzistorové zapalování nemá sice všechny dobré vlastnosti kondenzátorového (tyristorového) zapalování, je však mnohem jednodušší a levnější.

U klasického zapalování je vzdálenost mezi kontakty přerušovače dána vznikem oblouku mezi kontakty a jeho spolehlivým zhasnutím. Je-li vzdálenost kontaktů příliš malá, oblouk hoří déle. Je-li veliká, je energie jiskry vn malá, neboť primárním vinutím zapalovací cívky netekl jmenovitý proud. U tranzistorového zapalování tyto problémy odpadají, protože kontakty přerušovače pra-

cuji prakticky bez zátěže. Proto můžeme při tranzistorovém zapalování zmenšit vzdálenost kontaktů přerušovače na minimum, tj. na takovou vzdálenost, při níž ještě dochází k jejich spolehlivému rozpojení. U klasického zapalování je minimální vzdálenost mezi kontakty asi 0,3 mm, u tranzistorového je dána nepřesností vačkového hřídele v rozdělovači. Vzdálenost se musí nastavit tak, aby vždy došlo ke spolehlivému rozpojení kontaktů přerušovače; obvykle vyhoví vzdálenost v mezích 0,04 až 0,1 mm. Po tomto zmenšení vzdálenosti kontaktů dojde samozřejmě ke zmenšení základního předstihu na

rozdělovači. Proto musíme základní předstih nastavit znovu.

Výhodou minimální vzdálenosti kontaktů přerušovače je, že jsou dále sepnuty a že zapalovací cívku (jejím primárním vinutím) spolehlivě proteče jmenovitý proud. To se projeví velmi příznivě při velkých rychlostech otáčení motoru, protože jiskra bude mít daleko větší energii, než by měla s běžným zapalováním.

Tyto výhody jsou zaplacené asi o 10 % větším odběrem elektrické energie.

Mezi nepodstatné výhody tranzistorového zapalování se dá též počítat klidnější chod motoru při chodu naprázdno, stálost nastaveného základního předstihu vlivem mizivého opotřebení kontaktů přerušovače a snadnější start motoru.

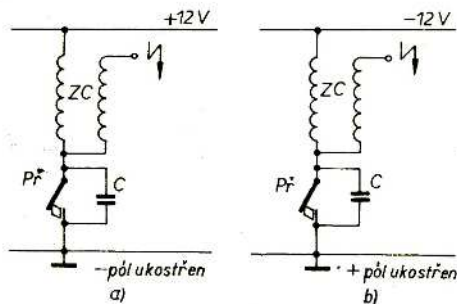
Tranzistorové zapalování

Při konstrukci tranzistorového zapalování je třeba (při současné součástkové základně) vycházet z těchto požadavků:

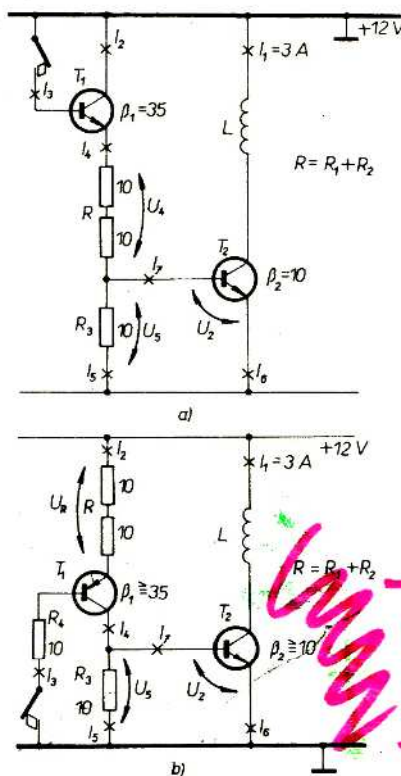
- z maximální spolehlivosti celého zařízení; zapalování musí být navrženo pro nejnepríznivější stav, který se může při jeho činnosti vyskytnout, tj. pro stav, kdy je zapalování trvale sepnuto;

- tranzistorové zapalování musí bezpečně snášet indukční napěťovou špičku, která je největší při nejmenších rychlostech otáčení motoru (při „volnoběžných otáčkách“ je přechod kolektor-emitor tranzistoru namáhán napětím 200 V);

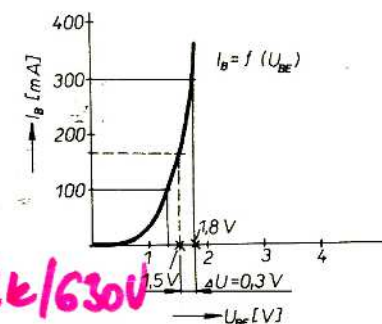
- tranzistorové zapalování nesmí poškodit žádná mimořádná okolnost, např. znečištěná svíčka, spadlá „botka“ ze svíčky, přídavné tepelné zdroje, mimořádné vybitý akumulátor apod.;



Obr. 1. Klasické zapalování pro kladný (b) a záporný (a) pól baterie na kostře



Obr. 2. Základní zapojení tranzistorového zapalování pro kladný (a) a záporný (b) pól baterie na kostře



Obr. 3. Graf k určení U_{BE} pro úplné otevření tranzistoru

tranzistorové zapalování musí pracovat spolehlivě při napětí v rozsahu 10 až 16 V. Návrh zapalování musí být uvažován pro sepnutý stav, tzn. pro proud tranzistorem 3 A (baterie 12 V).

K ujasnění výkladu a návrhu tranzistorového zapalování je na obr. 1 zapojení klasického zapalování a na obr. 2 základní zapojení tranzistorového zapalování. Nejdříve si ukážeme návrh zapalování pro kladný pól baterie na kostře.

Z grafu na obr. 3 zjistíme napětí, které musí být mezi emitorem a bází tranzistoru T_2 , aby byl otevřen. Toto napětí je u křemíkových tranzistorů 1,5 až 1,8 V.

Z grafu na obr. 4 (který vyjadřuje závislost maximálního přípustného napětí mezi kolektorem a emitorem na odporu mezi bází a emitorem pro spínací křemíkový tranzistor KU605) zjistíme, že při odporu 10 Ω je maximální napětí mezi kolektorem a emitorem 200 V. Toto napětí musí tranzistor trvale a bez poškození snést. Odpor $R_3 = 10 \Omega$ je optimální a není účelné ho měnit, neboť by se tím zvětšoval příkon tranzistorového zapalování.

Nyní můžeme určit proud tekoucí přes odpor R_3 . Proud I_3 musí být tak veliký, aby na odporu R_3 vytvářel úbytek $U_3 = U_2 = 1,8$ V (obr. 2a)

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{1,8}{10} = 0,18 \text{ A} \quad [\text{A}; \text{V}, \Omega].$$

Zatížení odporu

$$P_{R3} = U_3 I_3 = 1,8 \cdot 0,18 \approx 340 \text{ mW} \quad [\text{W}; \text{A}, \text{V}].$$

Hlavní proud I_1 je dán činným odporem cívky a je pro cívku při 12 V asi 3 A. Pro cívku 6 V je asi 4 A.

Zesilovací činitel h_{21E} tranzistoru uvažujeme minimálně 10. Pak proud tekoucí do báze T_2 je dán vztahem

$$I_7 = \frac{I_1}{h_{21E}} = \frac{3}{10} = 0,3 \text{ A} \quad [\text{A}; \text{A}, -].$$

Proud I_4 je součtem proudů $I_3 + I_7 = 480$ mA. Odpor R je dán při zanedbání úbytku na tranzistoru T_1 vztahem

$$R = \frac{U_4}{I_4} \approx \frac{10}{0,48} \approx 20 \Omega. \quad [\Omega; \text{V}, \text{A}].$$

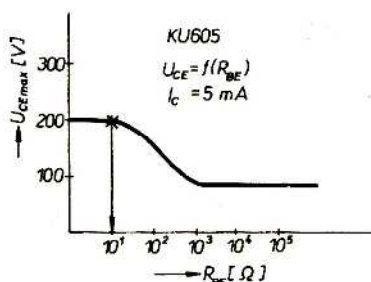
Zatížení odporu R je:

$$P_R = U_4 I_4 = 10 \cdot 0,48 = 4,8 \text{ W} \quad [\text{W}; \text{A}, \text{V}].$$

Odpor R je rozdělen na dva odpory 10 Ω v sérii. To je výhodné proto, že jednak každý odpor stačí dimenzovat na poloviční zatížení a jednak pouhým překlenutím jednoho z odporů se dá zapalování pro 12 V použít pro 6 V.

Z důvodů maximální spolehlivosti je vhodné všechny tři odpory výkonově předimenzovat.

Tranzistor T_1 je ovládán přerušovačem a sám ovládá výkonový tranzistor T_2 . Typ tranzistoru T_1 je určen polem baterie na kostře. Je-li na kostře vozidla kladný pól, je



Obr. 4. Graf k určení R_{BE} (R_3)

tranzistor typu n-p-n. Tranzistor T_1 h_{21E} krát zmenšuje proud, tekoucí přerušovačem.

Je-li na kostře vozidla záporný pól baterie, je tranzistor T_1 typu p-n-p; pracuje pak jednak jako zesilovač a jednak invertuje ovládací signál z přerušovače. Protože tranzistor T_2 je typu n-p-n, lze ho totiž otevřít pouze impulsem kladné polaroty.

Proud tekoucí přes kontakty přerušovače je pro oba typy zapalování dán poměrem proudu I_1 a zesilovacím činitelem h_{21E} tranzistoru T_1

$$I_3 = \frac{I_1}{h_{21E}} = \frac{480}{35} \approx 13 \text{ mA}.$$

Tento proud je mnohokrát menší, než proud přes kontakty u klasického zapalování.

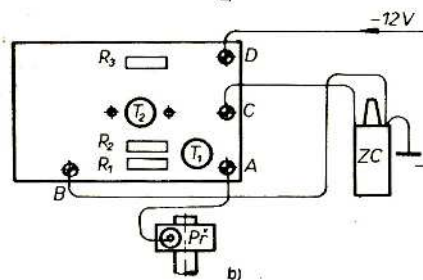
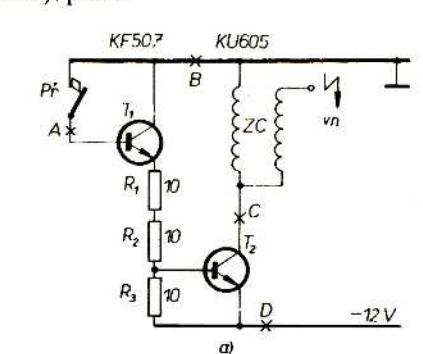
Návrh tranzistorového zapalování pro vozy se záporným pólem baterie na kostře se neliší od předcházejícího. Jediným rozdílem je velikost proudu I_1 , který je o proud I_3 (proud tekoucí přes kontakty přerušovače) menší (obr. 2b). Protože je proud I_1 menší, bude menší i úbytek napětí na odporu R_3 a tranzistor T_2 bude za stejných podmínek méně otevřen, než u zapalování pro vozy s kladným pólem baterie na kostře. Tuto skutečnost kompenzuje jednak odpor R_4 a jednak výpočet, v němž uvažujeme minimální proudový zesilovací činitel jednotlivých tranzistorů; tento činitel je ve skutečnosti vždy větší.

Odpor R_1 a R_2 je nutné přemístit do emitorové větve, protože chrání otevřený přechod báze-emitor před zničením nadměrným proudem.

Chlazení a ztrátový výkon tranzistorů

Ztrátový výkon jednotlivých tranzistorů uvažujeme v sepnutém stavu přerušovače, protože tento stav je relativně nejnáročnější. Protože mezní kmitočet obou tranzistorů je velmi vysoký (KU605 – 12 MHz, KF507 a KF517 – 80 MHz), je přechod z vodivého do nevodivého stavu velmi rychlý. Rychlé přepnutí tranzistorů z vodivého do nevodivého stavu a naopak má za následek malý vývin ztrátového tepla. Proto není třeba tranzistory při vhodném výběru chladit.

Zbytkové napětí mezi kolektorem a emitorem T_1 je maximálně 0,7 V a maximálně 0,5 u T_2 (tyto údaje jsou v praxi až o polovinu menší), proto



Obr. 5. Tranzistorové zapalování pro kladný pól baterie na kostře; a – schéma zapojení, b – schéma připojení

$$P_{T1} = 0,7 \cdot 0,5 = 350 \text{ mW}.$$

$$P_{T2} = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ W}.$$

Zvolíme-li jako T_1 dostupný typ KF507 (KF517) a jako T_2 KU605, zjistíme, že oba tranzistory mohou v zapojení pracovat bez chladičů, neboť tranzistory řady KF se mohou bez přídavného chlazení zatížit na 0,8 W a tranzistory řady KU na 2,5 W.

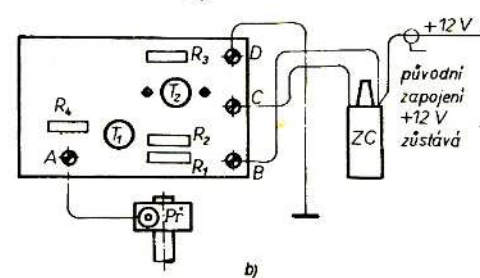
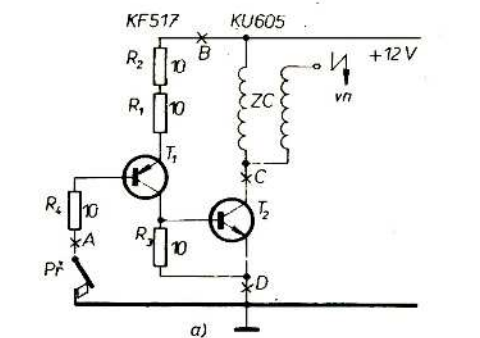
Výsledkem návrhu je zapojení na obr. 5 a 6 spolu s náčrtem zapojení zapalování k přerušovači, napájecímu napětí a zapalovací cívce.

Konstrukce zapalování

Zapalování je na desce s plošnými spoji o rozměrech 110 × 55 mm (obr. 7 a 8). Tloušťka destičky je nejméně 2 mm, protože od této tloušťky je při daných rozměrech zaručena dostatečná tuhost celé konstrukce. Tranzistorové zapalování má čtyři vývody, ať je určeno pro vozy s kladným nebo záporným pólem baterie na kostře, pro 6 či 12 V. Vývody z destičky tvoří šrouby M4 o délce 13 mm. Válcovou hlavu těchto šroubů dokonale očistíme, nejlépe v kyselině dusičné, očistíme a zasuneme do destičky s plošnými spoji tak, že válcová hlava šroubu je na straně plošných spojů. Pak na šrouby nasadíme matice, které mírně dotáhneme. Nyní připájíme šrouby k plošným spojům tak, aby byly dokonale přelity cinem. Na každý šroub musí být přilít podložka, na ni pérová podložka a pak teprve matice. Bez pérových podložek dochází po čase během jízdy k různým nepříjemným jevům, jako je např. vynechávání zapalování, které při chodu motoru naprázdno zmizí.

Stejným způsobem připájíme i jeden ze šroubů pro přichycení tranzistoru KU605, druhý šroub T_2 je pouze přichytný. Oba šrouby jsou M4 o délce 22 mm. Na tyto šrouby nasadíme distanční sloupek o výšce 9 mm, který určuje výšku spodní strany tranzistoru KU605 od destičky. Tuto výšku musíme dodržet, neboť pod tranzistor KU605 přijde odpor 10 Ω /6 W. Distanční sloupek je možno nahradit několika maticemi či podložkami.

Vývody emitoru a báze T_2 musí přesahovat minimálně o 2 mm na straně plošných spojů destičky, aby bylo možno vývody tranzistoru dokonale připájet k plošnému spoji.

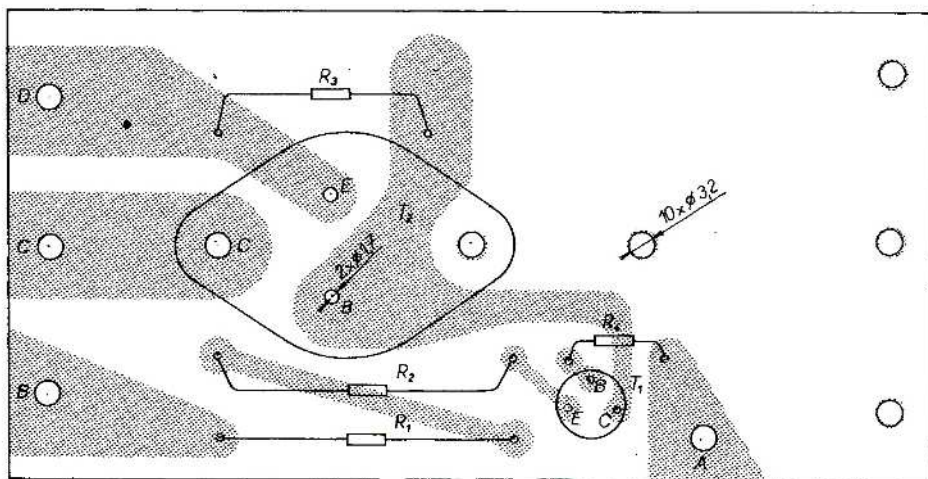


Obr. 6. Tranzistorové zapalování pro záporný pól baterie na kostře; a – schéma zapojení, b – schéma připojení

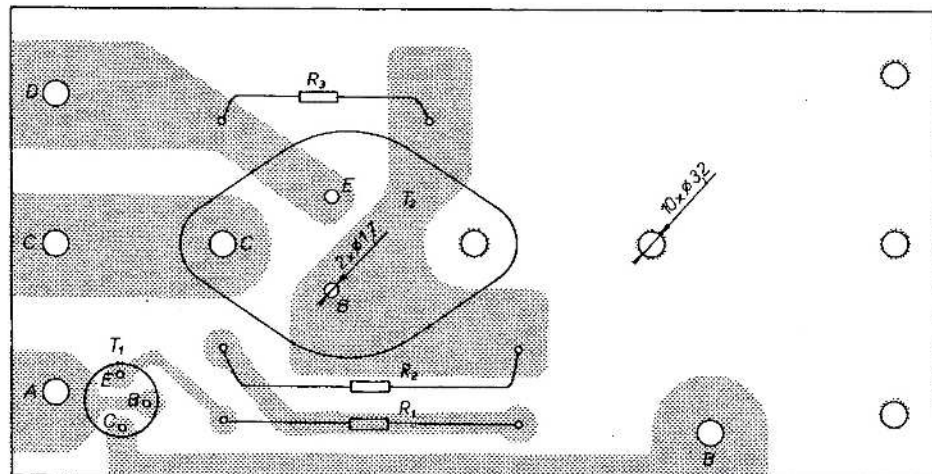
Třmštění zbývajících součástek je zřejmé z obr. 7 a 8.

Nejprve pájíme přírodní šrouby. Přes přírody C a D teče proud 3 až 4 A a je proto nutné zachovat plochu plošného spoje, aby nedocházelo k jeho nadměrnému zatížení. Po připájení přírodních šroubů připájíme ostatní součástky. Pájíme tak, že cínem přeléváme celé spoje. Tím zamezíme oxidaci měděné fólie. Po zapájení všech součástek dokonale zbavíme spoje kalafuny a čistou destičku natřeme ze strany spojů bezbarvým lakem.

K mechanickému přichycení tranzistorového zapalování slouží prázdné díry v destičce. Obecně platí, že tranzistorové zapalování umísťujeme zásadně poblíž zapalovací cívky.



Obr. 8. Deska s plošnými spoji pro zapojení z obr. 6 (H 54)



Obr. 7. Deska s plošnými spoji pro zapojení z obr. 5 (H 53)

Montáž tranzistorového zapalování s uzemněným kladným pólem

1. Odpojíme drát od zapalovací cívky na přerušovač (na rozdělovači). Současně s touto operací odpojíme vývod kondenzátoru na přerušovači.
2. Dokonale vyčistíme kontakty přerušovače nebo je vyměníme za nové.
3. Vývod C zapalování spojíme s tím vývodem zapalovací cívky, z něhož vedl původně drát na přerušovač.
4. Vývod A zapalování spojíme s vývodem od přerušovače. Na tento vývod vedl původně též jeden vývod kondenzátoru. Odpojený vývod kondenzátoru zůstane odpojen trvale.
5. Odpojíme drát na druhém vývodu zapalovací cívky. Na tento vývod je přivedeno -12 V. Tento drát připojíme na vývod D zapalování.
6. Nezapojený konec cívky (na který vedl původně -12 V) spojíme nejkratším směrem s kostrou vozu, tj. s +12 V.
7. Vývod B zapalování spojíme s kostrou nejlépe na ukostřený konec cívky.
8. Jako spojovací drát používáme lanko s kabelovými oky.

Montáž zapalování s uzemněným záporným pólem

1. Odpojíme drát od zapalovací cívky na přerušovač (na rozdělovači). Současně s touto operací odstraníme vývod kondenzátoru přichycený na vývod přerušovače.
2. Dokonale vyčistíme kontakty přerušovače, nebo je vyměníme za nové.
3. Vývod C zapalování spojíme s tím vývo-

dem zapalovací cívky, z něhož vedl původně drát na přerušovač.

4. Vývod A zapalování spojíme s přerušovačem (na rozdělovači). Na tento vývod vedl původně též jeden vývod kondenzátoru. Odpojený kondenzátor zůstane odpojen trvale.
5. Vývod D zapalování spojíme nejkratším směrem s kostrou vozu (-12 V).
6. Vývod B zapalování spojíme s +12 V (nejlépe na druhém vývodu zapalovací cívky; jedná se o ten vývod cívky, který zůstal během montáže bez úprav).
7. Jako spojovací drát používáme lanko s kabelovými oky.

Zkoušení tranzistorového zapalování

Zabudované zapalování překontrolujeme, zda je správně zapojeno, zda jsou řádně dotaženy matice na šroubech spojů a vývodů. Z rozdělovače vytáhneme kabel vysokého napětí a přiblížíme jej ke kostře vozu (nejlépe k bloku motoru) na vzdálenost asi 3 až 5 mm. Hřídélí motoru otočíme tak, aby kontakty přerušovače byly spojeny. Sundáme víko rozdělovače a zapneme klíčkem zapalování. Nyní rukou otočíme palcem v rozdělovači tak, aby se rozpojily kontakty. V okamžiku rozpojení musí přeskóčit jiskra mezi kabelem vysokého napětí a blokem motoru. Je-li zapalování v pořádku, musí jiskra přeskóčit až na vzdálenost 12 mm. Při sepnutých kontaktech přerušovače překontrolujeme napětí na obou tranzistorech. Měříme napětí mezi kolektorem a emitorem. Tato napětí se musí pohybovat v mezích 0,1 až 0,5 V.

Po „záběhu“ zapalování můžeme zmenšit vzdálenost mezi kontakty na minimum (a současně znovu nastavit základní předstih motoru, který se zmenšením vzdálenosti kontaktů podstatně zmenší).

Obvod rozvodu vysokého napětí zůstává popisovanou úpravou nedotčen.

Při použití zapalování pro vozy s baterií 6 V zkratujeme odpor R_1 nebo R_2 .

Seznam součástek

Pro zapojení na obr. 5

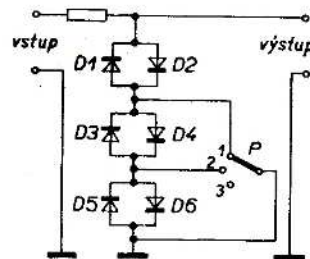
T_1 KF507
 T_2 KU605, KUY12
 R_1, R_2, R_3 TR 507, 10 Ω , 6 W

Pro zapojení na obr. 6

T_1 KF517, KFY16
 T_2 KU605, KUY12
 R_1 až R_3 TR 507, 10 Ω , 6 W

Regulovatelný zvukový omezovač

Již delší dobu se úspěšně používá nízkofrekvenční omezovač se dvěma diodami. Omezuje výstupní napětí na 1 V (špička-špička), což pro většinu sluchátek postačuje. V některých případech je však zapotřebí k napájení sluchátek větší výstupní napětí. V těchto případech je vhodné použít omezovací obvod podle obr. 1.



Sériovým připojením dalších dvou párů diod, které lze otočným prepínačem volit podle přání, lze dosáhnout výstupního napětí ve stupních po 1 V. Použité křemikové diody mají úbytek napětí v předním směru 0,6 V a více. Mezní napětí a proudy použitých diod nejsou kritické. Prakticky lze použít jakékoli diody, nejlépe pro menší proudy (např. KA501 ve II. či III. jakosti). Použit lze i proražené křemikové tranzistory, které však mají jeden přechod dobrý. Sž
Podle QST 11/1971