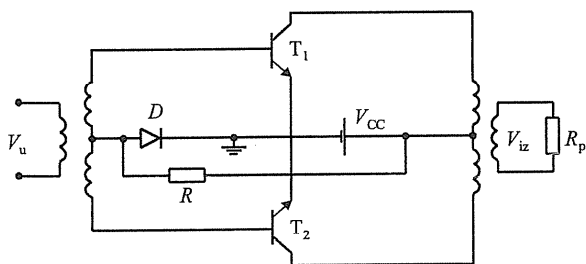


60% od ukupne uložene snage. To znači da pri iole većim snagama na potrošaču, zbog malog stepena iskorišćenja, moraju da se ugrađuju skupe komponente odnosno komplikovane i skupe komponente za hlađenje. Izrada pojačavača velikih snaga u klasi A je nezamisliva.

Prva ideja ka postizanju većeg stepena iskorišćenja ide za tim da se u odsustvu signala ukine jednosmerna struja aktivne komponente odnosno disipacija na njoj. Time se znatno povećava stepen iskorišćenja. Pojačavač koji radi u ovom režimu naziva se pojačavačem u klasi B i o tom tipu pojačavača biće reči u narednim odeljcima.

6.2 POJAČAVAČI SNAGE U KLASI B

Pojačavači snage u klasi B se takodje izvode u simetričnoj sprezi. Radna tačka svakog aktivnog elementa je tako izabrana da se nalazi u tački gde prestaje da teče izlazna struja. Zbog toga, kada nema ulaznog signala, izlazna struja aktivnog elementa je jednaka nuli. Struja kroz jedan od aktivnih elemenata će teći samo kada je signal (pobudni) takvog polariteta da dovodi radnu tačku aktivnog elementa u aktivnu oblast rada. Ako je pobudni signal sinusoidaln, očigledno, jedan aktivni element će provoditi struju samo u jednoj poluperiodi pobude, a u drugoj poluperiodi će biti zakočen. Zato bi upotreba samo jednog aktivnog elementa dovela do vrlo velikih izobličenja jer bi se izlazni signal sastojao od povorka pozitivnih ili negativnih impulsa sinusoidalnog oblika.



Sl. 8.2.1 Jedna realizacija simetrične sprege u klasi B

Primenom simetrične sprege ovaj nedostatak se uklanja. Struktura kola simetričnog pojačavača u klasi B prikazana je na Sl. 6.2.1. Razlika u odnosu na simetričnu spregu u klasi A odnosi se na polarizaciju ulaznih priključaka. Sada se za polarizaciju koristi grana $V_{CC}-R-D$. Vrednost R se bira tako da se na diodi D formira napon koji je jednak pragu provodjenja spoja baza-emitor tranzistora. (Umesto diode u ovom kolu može da se upotrebi i otpornik sa kojim dobijamo lošiju temperaturnu stabilnost. O ovome će biti reči kasnije.) Dakle tranzistori neće voditi ali će se na ulazima nalaziti napon koji je na granici provodjenja i sa nailaskom ulaznog pobudnog signala, koji se superponira naponu diode, jedan će odmah početi da

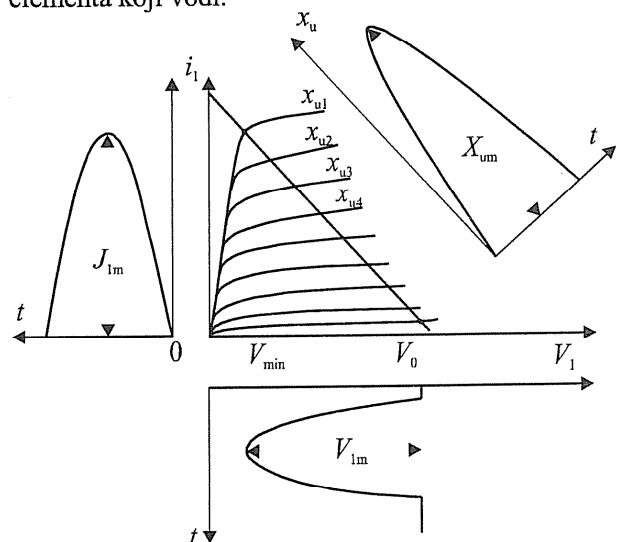
provodi, a drugi će se odmah zakočiti. Za analizu rada ovog pojačavača može da se koristi uopšteno kolo simetričnog pojačavača sa Sl. 6.1.9. Napon baterije V je tako izabran da se oba elementa nalaze u klasi B odnosno jednak je pragu provodjenja tranzistora V_γ .

U odsustvu signala $i_1=i_2=0$. Sa pojavom naizmeničnog signala ulazni priključak jednog aktivnog elementa postaje pozitivniji, a ulazni priključak drugog negativniji. Kod prvog aktivnog elementa počinje da teče struja, a drugi je zakočen. U sledećoj poluperiodi situacija je obrnuta. Svaki aktivni element provodi struju samo u jednoj poluperiodi. Medjutim, struja kroz potrošač sadrži kompletan talasni oblik. Jednu poluperiodu joj daje jedan aktivni element, a drugu drugi.

Predjimo sada na analizu pojačavača. Pošto u vreme dok vodi jedan aktivni element, drugi je zakočen i obrnuto, nema više međjusobnog uticaja aktivnih elemenata pa se simetrična sprega u klasi B može analizirati samo pomoću karakteristika jednog aktivnog elementa. Na Sl. 6.2.2 su prikazane izlazne karakteristike uopštenog aktivnog elementa. Sa x_u je označen ulazni signal. Izlazna struja i napon su označeni sa i_1 , odnosno v_1 . Jednosmerna polarizacija ulaznih krajeva (X_{u0}) je tako izabrana da se radna tačka nalazi u kolenu karakteristike tako da je $i_1=0$ u odsustvu signala. Pri pojavi pozitivne poluperiode radna tačka se kreće po radnoj pravoj čiji je nagib $-1/R$ gde je

$$(6.2.1) \quad R = n_2^2 R_p,$$

pošto se otpornost potrošača preslikava samo u jednu polovinu namotaja celog primara sa strane aktivnog elementa koji vodi.



Sl. 6.2.2 Grafička analiza simetrične sprege u klasi B

Prema Sl. 6.2.2, ukupna korisna snaga po aktivnom elementu je

$$(6.2.2) \quad P_{k1} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} J_{1m} V_{1m} \right) = \frac{1}{4} J_{1m} V_{1m} = \\ = \frac{1}{4} J_{1m} (V_0 - V_{\min}).$$

U ovom izrazu je uzeta polovina zato što se snaga razvija samo u jednoj poluperiodi a P_{k1} se odnosi na celu periodu. Korisna snaga koju daju oba elementa (za celu periodu) je

$$(6.2.3) \quad P_k = 2P_{k1} = \frac{1}{2} J_{1m} (V_0 - V_{\min}).$$

Snaga izvora za napajanje koja se odaje jednom aktivnom elementu je

$$(6.2.4) \quad P_1 = V_0 I_0$$

gde je I_0 jednosmerna komponenta izlazne struje. Razvijanjem talasnog oblika izlazne struje sa Sl. 6.2.2 u Fourier-ov red, dobija se sledeća vrednost za jednosmernu komponentu

$$(6.2.5) \quad I_0 = J_{1m} / \pi.$$

Smenom u (6.2.4), dobijamo

$$(6.2.6) \quad P_1 = V_0 J_{1m} / \pi.$$

Snaga koju odaje izvor za napajanje drugom aktivnom elementu je isto tolika tako da je ukupna snaga baterije data sa

$$(6.2.7) \quad P = 2V_0 J_{1m} / \pi.$$

Stepen iskorišćenja simetrične sprege po jednom aktivnom elementu jednak je stepenu iskorišćenja celog pojačavača pa je

$$(6.2.8) \quad \eta = \frac{P_{k1}}{P_1} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(V_0 - V_{\min})}{V_0} = \\ = 0.785 \cdot (1 - V_{\min} / V_0).$$

Ovde nismo govorili o maksimalnom stepenu iskorišćenja jer gore izvedeni izraz važi za bilo koji signal. Kada signala nema stepen iskorišćenja jednak je nuli ali to nije strašno s obzirom da je i disipirana snaga jednaka nuli. Pri maksimalnoj pobudi i sa idealnim tranzistorom može se smatrati da je $V_{\min}=0$ pa bi stepen iskorišćenja bio $\eta_{\max} = 78,5\%$. Ovom uslovu je bliži pojačavač sa bipolarnim tranzistorima nego pojačavač sa FET-om s obzirom da je kod BJT-a V_{\min} manje. Ovde se možemo podsetiti da je stepen iskorišćenja kod pojačavača snage u klasi A do 50% što ukazuje na prednosti klase B.

Disipirana snaga na jednom aktivnom elementu je

$$(6.2.9) \quad P_{d1} = P_1 - P_{k1} = V_0 \frac{J_{1m}}{\pi} - \frac{V_{1m} J_{1m}}{2} = \\ = V_0 \frac{J_{1m}}{\pi} - \frac{1}{4} R \cdot J_{1m}^2.$$

Iz ovog izraza se vidi da je disipacija jednaka nuli u odsustvu signala. Sa porastom ulaznog signala raste J_{1m} pa i disipacija. Njena maksimalna vrednost nastaje za

$$(6.2.10) \quad J_{1m} = \frac{2 V_0}{\pi R}$$

i iznosi

$$(6.2.11) \quad P_{d1\max} = (1/\pi^2) \cdot V_0^2 / R.$$

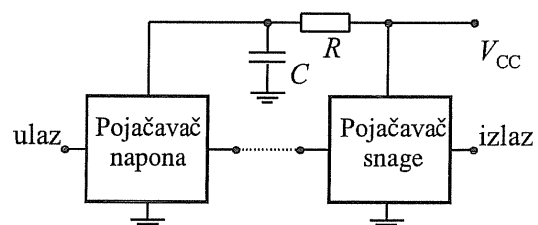
Ako se uzme $V_{\min}=0$ može se lako izvesti veza između maksimalne vrednosti snage disipacije (6.2.11) i korisne snage (6.2.2). Ona glasi

$$(6.2.12) \quad P_{k1} = (\pi^2/4) P_{d1\max} \approx 2.5 \cdot P_{d1\max}.$$

Otuda zaključak da je u pojačavaču sa simetričnom spregom u klasi B korisna snaga po aktivnom elementu dva i po puta veća od disipirane snage. Kod pojačavača u klasi A maksimalna korisna snaga koja se može dobiti iznosi najviše polovinu snage baterije što znači da je u najboljem slučaju jednaka disipiranoj snazi. Ovo poredjenje klase A i klase B postaje značajnije ako se razmotri sledeći primer. Ako se želi pojačavač kod koga je izlazna snaga na potrošaču 20 W, svaki element treba da da po 10 W. U klasi B će se na svakom elementu disipirati po 4 W, a u klasi A po 10 W. U odsustvu signala u pojačavaču klase B neće se disipirati nikakva snaga, a u pojačavaču klase A disipiraće se čitavih 20 W (u ovom slučaju $P_d=P=V_0 I_0=2P_k$). Iz ovoga izvodimo zaključak da komponente koje se ugrađuju u pojačavač klase B mogu da imaju dva i po puta manju snagu disipacije od onih koje se koriste u klasi A, a da pojačavač obezbeđuje istu korisnu snagu potrošaču.

Nastavljajući poredjenja osobina pojačavača u klasi A i klasi B ukratko će biti pomenuta izobličenja. Pošto se izobličenja definišu u odnosu na kompletan izlazni signal i u klasi B, pod uslovom idealne simetrije, se poništavaju parni harmonici. Medjutim, pojačavač u klasi B daje veća izobličenja od pojačavača u klasi A zbog toga što se radna tačka nalazi u najnelinarnijem delu karakteristika. O redukciji nelinearnih izobličenja u klasi B biće reči kasnije.

U klasi B se može primeniti i samo jedan aktivni element ali tada impedansa potrošača mora biti selektivna kako bi se otklanjale neželjene harmonijske komponente izlaznog signala. To se primenjuje u uskopojasnim pojačavačima snage visokih frekvencija.



Sl. 8.2.3 Izvodjenje napajanja kola koje sadrži pojačavače u klasi A i u klasi B

Pre nego što predjemo na poboljšanja koja otklanjaju nedostatke osnovne konfiguracije pojačavača snage u klasi B, pomenimo najpre da jednosmerna

komponenta struje aktivnog elementa nije konstanta što, na unutrašnjoj otpornosti izvora za napajanje formira napon koji je funkcija amplitude J_{1m} . Stoga se zahteva da unutrašnja otpornost baterije za napajanje bude toliko mala da promenljivi pad napona na njoj bude zanemariv. Ovo nije tako jednostavno postići s obzirom da je jednosmerna struja u pojačavačima snage reda ampera. Ukoliko se ne obezbedi ovaj uslov, na bateriji se stvara promenljiv pad napona kojim se pobudjuju pojačavački stepeni koji prethode klasi B čime je ostvarena neželjena povratna sprega. S druge strane, ako želimo da uvećamo korisnu snagu u ovim kolima, pri datoj maksimalnoj struji komponente, treba povećati dinamiku napona. To se postiže povećanjem napona napajanja. Dakle pojačavač snage koristi relativno veliko V_{CC} . Za napajanje prethodnih pojačavačkih stepena, međutim, ovako veliki napon napajanja nije neophodan. Šta više, naizmenična komponenta napona izvora za napajanje je značajnija za pojačavače malih signala. Stoga se nameće potreba da se u ovakvim kolima koriste dva izvora za napajanje. Takvo rešenje, međutim, bilo bi skupo pa se umesto toga obavlja redukcija velikog jednosmernog napona i formira još jedan manji. Pri tome se istovremeno eliminiše i naizmenična komponenta izvora za napajanje. Realizacija ovakvog kola za napajanje prikazana je na Sl. 6.2.3. Na otporniku R stvara se pad napona koji je jednak razlici u vrednostima napona napajanja dvaju podsistema i njegova vrednost se bira na osnovu vrednosti jednosmerne struje napajanja pojačavača napona. Kondenzator C razdvaja za naizmeničnu komponentu pojačavač napona i pojačavač snage odnosno pojačavač napona i bateriju.

6.3. OBRTAČI FAZE

Prvo poboljšanje koje ćemo uvesti u kolo sa Sl. 6.2.1 odnosi se na eliminaciju ulaznog transformatora. Bez posebnih dokaza, ovde će biti navedeno da transformator, kao takav, predstavlja kolo koje više doprinosi amplitudskim i faznim izobličenjima i na niskim i na visokim frekvencijama, nego što to čine aktivni elementi. Stoga se i transformatorska sprega može koristiti u relativno uskom opsegu frekvencija. Pored toga, transformator je skupa komponenta i zahteva veliku zapreminu odnosno ne može da se integriše. U daljim izlaganjima će biti prikazana elektronska kola koja omogućavaju da se transformatori izostave, a u ovom odeljku će se govoriti o kolima pomoću kojih se može eliminisati ulazni transformator.

Ulazni transformator služi da generiše dva signala čije su amplitude jednake, a faze suprotne. Zato se elektronska kola, koja će zameniti transformator, nazivaju faznim obrtačima.

Dva kola koja se mogu upotrebiti kao fazni obrtači

su prikazana na Sl. 6.3.1. Kolo sa Sl. 6.3.1a predstavlja diferencijalni pojačavač sa nesimetričnim ulazom kod koga je, s obzirom da se koristi u RC sprezi, posebno dovedena polarizacija baznih priključaka. Pod uslovom da je kolo simetrično, imamo

$$(6.3.1) \quad V_2 = A_{11}V_1 = -\frac{h_{21E}R_C(1+h_{21E}+h_{11E}/R_E)}{2h_{11E}[1+h_{21E}+h_{11E}/(2R_E)]} \cdot V_1$$

i

$$(6.3.2) \quad V'_2 = A_{12}V_1 = \frac{h_{21E}R_C(1+h_{21E})}{2h_{11E}[1+h_{21E}+h_{11E}/(2R_E)]} \cdot V_1$$

Ako je $R_E \gg h_{11E}$, lako dobijamo

$$(6.3.3) \quad V'_2 = -V_2.$$

Dakle, dobili smo dva napona jednakih amplituda i suprotnih faza.

Za kolo sa Sl. 6.3.1b imamo

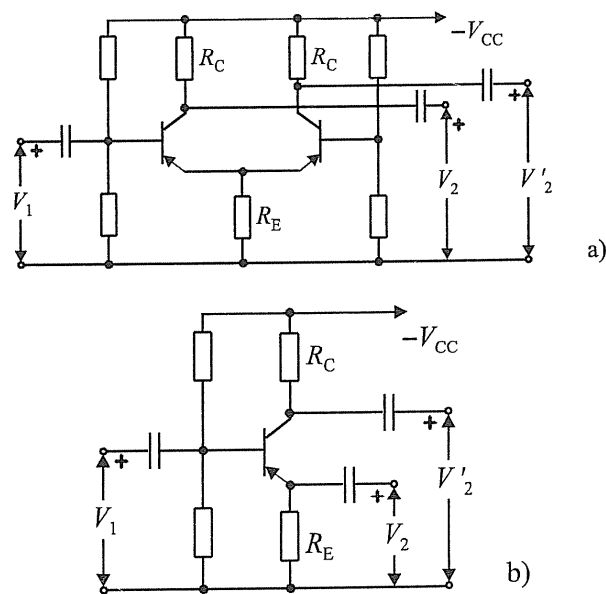
$$(6.3.4) \quad V_2 = \frac{(1+h_{21E})R_E}{h_{11E}+(1+h_{21E})R_E} \cdot V_1 \approx V_1$$

i

$$(6.3.5) \quad V'_2 = -\frac{h_{21E}R_C}{h_{11E}+(1+h_{21E})R_E} \cdot V_1 \approx -\frac{h_{21E}R_C}{(1+h_{21E})R_E} \cdot V_1 \approx -\frac{R_C}{R_E} \cdot V_1.$$

Ovde je uzeto da je $(1+h_{21E})R_E \gg h_{11E}$ što je obično slučaj kod ovog tipa faznog obrtača. Ako se uzme $R_C=R_E$, i ako se ima u vidu da je $h_{21E} \gg 1$, lako se dobija

$$(6.3.6) \quad V_2 = -V'_2 \approx V_1.$$



Sl. 8.3.1 Fazni obrtači a) diferencijalni pojačavač i b) osnovni pojačavač

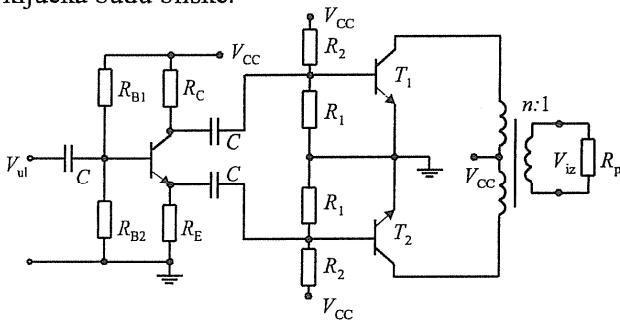
Naravno, u ovim izvodjenjima je uzeto da je $h_{12E}=0$ i $h_{22E}=0$. Ukoliko se i ove veličine uzmu u

razmatranje, dobijaju se nešto složeniji izrazi, a odnos R_C i R_E se određuje iz uslova $V_2 = -V_2$. Pri tome jedna od ovih dveju otpornosti biće određena iz drugih razmatranja.

Pomenimo, najzad, da se umesto otpornosti R_C i R_E mogu ugraditi odgovarajuće dinamičke otpornosti i da se oba ova kola mogu primeniti i sa FET-ima.

Primer primene obrtača faze kao zamena za ulazni transformator prikazana je na Sl. 6.3.2.

Pri izradi pojačavača u diskretnoj tehnici pogodniji je za upotrebu diferencijalni pojačavač s obzirom da su izlazne impedanse na oba kolektora jednake. Kolo sa Sl. 6.3.1b ima mnogo manju izlaznu otpornost na emitoru nego na kolektoru. U integrisanoj tehnici, moguće je tranzistor sa Sl. 6.3.1b učiniti simetričnim tako da izlazne impedanse na oba priključka budu bliske.



Sl. 8.3.2 Obrtač faze pobudjuje simetričnu spregu

Pojačavač snage u ovom kolu može da radi i u klasi A i u klasi B, a i u klasi C. To će zavisiti od vrednosti pada napona na otporniku R_1 . Ako je jednosmerni napon na otporniku R_1 manji od praga provodjenja spolja baza-emitor izlaznog tranzistora, pojačavač snage će raditi u klasi C i to nije režim rada koji je namenjen ovoj šemi. Ako je pad napona na otporniku R_1 jednak pragu provodjenja izlaznog tranzistora (V_γ), izlazni stepen će raditi u klasi B. Ovakav režim rada je moguć i povoljan. Moguće je i normalno polarisati izlazne tranzistore izborom dovoljno velike vrednosti za R_1 , tako da se dobije klasa A. Najzad, ako je vrednost otpornosti otpornika R_1 tako izabrana da je napon V_{BE} samo malo veći od vrednosti V_γ , izlazni stepen će raditi u klasi AB. Za sada, smatraće se da je najpovoljniji rad u klasi B. Za takav rad je potrebno da

$$(6.3.7) \quad \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{CC} = V_\gamma.$$

Time se određuje jedan od otpornika. Za određivanje drugog otpornika može da posluži zahtev o veličini strujnog pojačanja pojačavača koje je takodje funkcija polarizacionih otpornika:

$$(6.3.8) \quad A_s \approx \frac{R_B h_{21E}}{R_B + h_{11E}}.$$

Kada se posmatra izlazno kolo, karakteristično je da je radna prava za jednosmernu struju

$$(6.3.9) \quad V_{CE} = V_{CC}$$

vertikalna linija pošto nema spoljnog otpornika, a dinamička radna prava je data sa

$$(6.3.10) \quad V_{CE} - V_{CC} = -R_C I_C.$$

pri čemu je $R_C = n^2 R_p$. Pri postavljanju (6.3.10) smatralo se da je $I_{CM} = 0$. Sada zaključujemo da se vrednost n određuje iz uslova da dinamička radna prava ima najveći mogući nagib, a da se pri tome, ne prekorače maksimalna disipacija niti maksimalna struja tranzistora.

Kolo koje smo posmatrali ima osnovni nedostatak da još uvek koristi transformator. S obzirom da su amplitude signala u izlaznom kolu znatno veće i dimenzije pa i cena ovog transformatora će biti veća. Uz to idu i ostali njegovi nedostaci. Stoga se umesto ovog kola najčešće koriste kola sa parom komplementarnih tranzistora koji ne zahtevaju ni izlazni transformator. Tome je posvećen naredni odeljak.

Pored pomenutog nedostatka, gornje kolo se može smatrati izrazito temperaturno nestabilnim o čemu će posebno biti reči kasnije.

6.4. SIMETRIČNA SPREGA SA KOMPLEMENTARNIM PAROM

Upotrebom dva tranzistora različitog tipa provodnosti (jedan PNP, a drugi NPN), moguće je ostvariti simetrični pojačavač snage bez upotrebe transformatora kao što je prikazano na Sl. 6.4.1. Tranzistori su komplementarni, a pretpostavlja se da su im ulazne i izlazne karakteristike jednake, sa suprotnim polarizacijama napona i struja. Za naizmenični signal baze tranzistora su kratko spojene, a za jednosmerni su razdvojene. Polarizacija se vrši preko R_B tako da oba tranzistora rade u klasi A.

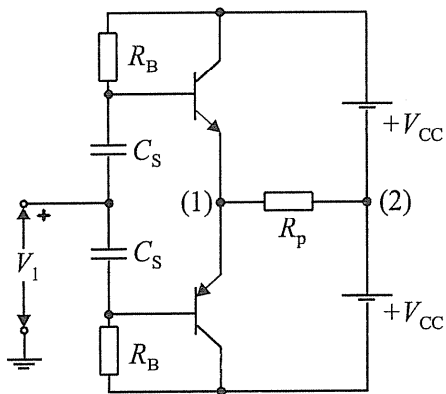
Pošto su tranzistori suprotnog tipa provodnosti, porast naizmeničnog signala na bazama, kod gornjeg izaziva povećanje struje baze, a kod donjeg tranzistora smanjenje, što važi i za kolektorske struje. Tako su naizmenične komponente izlaznih struja pomerene međusobno za 180° . Dakle, ulazni transformator nije potreban.

Pošto su upotrebljena dva izvora za napajanje jednosmerna struja i jednog i drugog tranzistora teče kroz potrošač, a pošto su one jednake i suprotne po znaku, ukupna jednosmerna struja kroz potrošač je jednaka nuli. Kao i kod simetrične sprege sa transformatorom, naizmenična komponenta struje potrošača ne sadrži parne harmonike. Kada se radi o osnovnom harmoniku, međjutim, pošto su struje tranzistora suprotne po frazi, a u potrošaču se oduzimaju, ukupna struja osnovnog harmonika potrošača je dvostruko veća. Naravno, za sabiranje

struja nije bio potreban izlazni transformator.

Realizacija kola sa Sl. 6.4.1 postavlja jedan problem. Naime, obično je jedan kraj otpornosti potrošača priključen za masu. Tako, jedna od tačaka, označenih sa (1) i (2), treba da bude uzemljena.

Ako se uzemlji tačka (1) tranzistori će raditi u sprezi sa zajedničkim emitorom. Preko R_B , u ovom slučaju, se ostvaruje negativna povratna sprega i za naizmenični signal. Da bi se ona odstranila, otpor R_B se realizuje kao dve redno vezane otpornosti. Tačka između tih otpornosti se preko dodatnog kondenzatora vezuje za masu. Time se realizuje RC filter koji propušta jednosmernu struju na bazu, a naizmeničnu, preko kondenzatora, odvodi na masu. Primer ovakvog filtra bio je prikazan na Sl. 3.4.6. Uzemljivanje tačke (1) ima još jedan nedostatak. U ovom slučaju ni jedan od polova baterije za napajanje nije uzemljen. To može da bude nedopustivo sa stanovišta realizacije izvora za napajanje.



Sl. 6.4.1 Simetrična sprega sa komplementarnim parom

Ovi nedostaci se mogu otkloniti ako se na masu veže tačka (2). U ovom slučaju tranzistori rade u sprezi sa zajedničkim kolektorom. Izlazna impedansa pojačavača sa zajedničkim kolektorom je mala što je takođe prednost ako je otpornost potrošača mala (što je najčešće slučaj) jer se pitanje prilagodjenja po snazi rešava neuporedivo lakše. Međutim, u ovom slučaju je potreban veći ulazni signal za dobijanje odgovarajuće snage na potrošaču s obzirom da je pojačanje snage pojačavača sa zajedničkim kolektorom manje od pojačanja snage pojačavača sa zajedničkim emitorom. Drugim rečima pošto pojačavač sa zajedničkim kolektorom ima pojačanje napona približno jednako jedinici, treba voditi računa o dvema posledicama. Najpre, prethodni stepen treba tako projektovati da obezbedi maksimalnu amplitudu napona pri maksimalnoj pobudi, a zatim, izlazni stepen projektovati tako da ima maksimalno strujno pojačanje kako bi se istovremeno dobilo i maksimalno naponsko pojačanje.

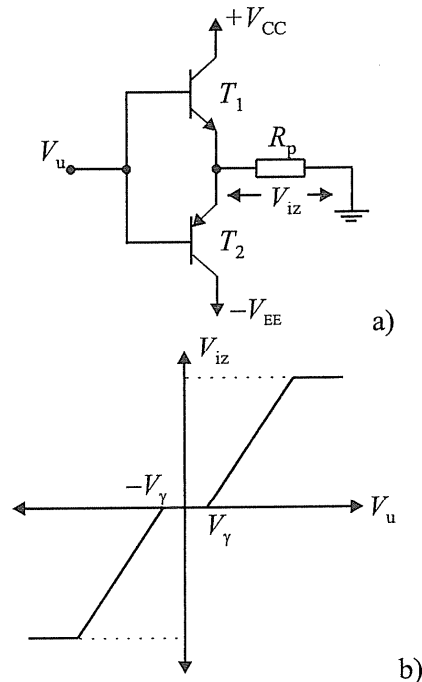
Pojačavač sa Sl. 6.4.1 može raditi u klasi A i u

klasi AB, s tim što je u poslednjem slučaju potrebno da R_B ima vrlo veliku vrednost.

6.4.1 Simetrična sprega sa komplementarnim parom u klasi B

Zbog prednosti koje nudi klasa B sa stanovišta stepena iskorišćenja i veličine korisne snage, upotreba pojačavača snage u klasi B je mnogo češća nego onih u klasi A i zato će nadalje njima biti posvećena znatno veća pažnja. Principijelna šema ovog kola data je na Sl. 6.4.2a.

Kada je ulazni signal pozitivan tranzistor T_1 koji je NPN tipa vodi i njegova izlazna struja teče preko otpornika R_p . Tada je tranzistor T_2 koji je PNP tipa zakočen. U suprotnom, kada je ulazni napon negativan tranzistor T_1 je zakočen, a tranzistor T_2 vodi, obezbeđujući struju kroz potrošač. Pojačavač radi u klasi B. Na primer, ako je ulazni napon sinusoidalno tranzistor T_1 vodiće za vreme pozitivne poluperiode, a tranzistor T_2 za vreme negativne poluperiode ulaznog napona. Na taj način, ako se zanemare izobličenja, napon na potrošaču biće takođe sinusoidalno.



Sl. 6.4.2. Principijelno kolo simetrične sprege sa komplementarnim tranzistorima u klasi B (a) i odgovarajuća prenosna karakteristika (b)

Precizno govoreći kolo sa Sl. 6.4.2 radi u klasi C. Naime tranzistori počinju da vode tek kada je napon između baze i emitora veći od $|V_{BE}| = |V_\gamma| \approx 0.5$ V, što se vidi sa uprošćene prenosne karakteristike koja je prikazana na istoj slici. Da bi se ovo izbeglo potrebno je obezbediti jednosmerni napon između baza tranzistora $V = 2V_\gamma \approx 1.0$ V. To se postiže na taj