



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY  
A OBJEVY

# POPIS VYNÁLEZU

## K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

215415

(11)

(B1)

(22) Přihlášeno 04 06 80

(21) (PV 3940-80)

(40) Zveřejněno 31 08 81

(45) Vydáno 01 01 85

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>

H 02 P 13/24

~~H 05 P 5/04~~

G 05 F 1/46

405B 6106

(75)

Autor vynálezu

BURDA VÁCLAV ing., JAREŠ FRANTIŠEK ing., PROCHÁZKA JIŘÍ,  
REGNER KAREL ing., Praha

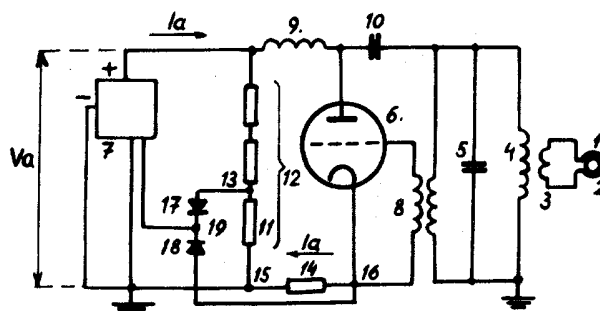
### (54) Zapojení pro úpravu zatěžovací charakteristiky vysokofrekvenčního generátoru pro indukční nebo dielektrický ohřev

Vynález se týká oboru vysokofrekvenčních generátorů a řeší úpravu zatěžovací charakteristiky vysokofrekvenčních generátorů.

Zapojení pro úpravu zatěžovací charakteristiky vysokofrekvenčního generátoru, u něhož mezi elektronku spojenou s oscilačním obvodem a anodový zdroj s mezním anodovým napětím  $V_{a\max}$  a s mezním anodovým proudem  $I_{a\max}$ , obsahující vysokonapěťový transformátor, usměrňovač a regulátor  $V_a$ , je vřazen dělič připojený na napětí  $V_a$ , je podle vynálezu mezi elektronku a dělič vřazen druhý odpor a mezi dělič a anodový zdroj je vřazena dvojice proti sobě zapojených diod, z nichž první dioda je vnějším pólem připojena ke svorce děliče a druhá dioda je vnějším pólem připojena ke svorce druhého odporu a vnitřní póly dvojice proti sobě zapojených diod jsou přes středovou svorku připojeny k regulátoru anodového zdroje, přičemž signál z prvního odporu děliče a signál druhého odporu mají při poměru anodového napětí  $V_a$  k anodovému napětí  $I_a$ , rovnému poměru maximálních hodnot napětí a proudu  $V_{a\max} : I_{a\max}$ , stejnou velikost.

Vysokofrekvenční generátory se zapojením pro úpravu zatěžovací charakteristiky podle vynálezu jsou určeny především pro indukční nebo dielektrický ohřev.

215 415



Obr. 3

Předmětem vynálezu je zapojení pro úpravu zatěžovací charakteristiky vysokofrekvenčního generátoru pro indukční nebo dielektrický ohřev.

V současné době se vysokofrekvenční generátory používají pro různé aplikace indukčního nebo dielektrického ohřevu. Každá aplikace představuje pro generátor určitou zátěž, jejíž velikost se v jednotlivých případech navzájem velmi liší. Tak například při indukčním ohřevu kovového nemagnetického předmětu, jehož tvar předpokládá induktor s volnou vazbou, bývá generátor nedostatečně zatížen a dává malý výkon. Naopak při ohřevu ocelového předmětu na teplotu pod Curieovým bodem, vloženého do induktoru s těsnou vazbou, bývá generátor přetížen často tak, že provoz je znemožněn. Podobně je tomu při ohřevu dielektrickým. Zátěží generátoru se rozumí zatěžovací odpor  $R_e$ , který nahrazuje oscilační obvod v rezonanci, připojený k elektrone generátoru. Odevzdávaný výkon  $P$  závisí na zatížení podle vztahu  $P = U_a^2 / R_e$ , kde  $U_a$  je vysokofrekvenční napětí na anodě. Tuto závislost vyjadřuje zatěžovací charakteristika  $U_a^2 = f(P)$ , naznačená na obr. 1. Anodové napájecí napětí je přitom konstantní, je udržováno regulátorem, zařazeným do anodového napájecího zdroje generátoru. Regulátor je řízen signálem, odebíraným z odporu, který je částí napěťového děliče, připojeného k anodovému napětí  $V_a$ . Zatěžovací odpor  $R_e = U_a^2 / P$  je dán tangentou úhlu  $\alpha$ , který pro libovolný pracovní bod A svírá přímka, která prochází tímto bodem a počátkem souřadnic, s vodorovnou osou ( $P$ ). Změny zatížení se jeví změnou úhlu  $\alpha$ , čímž se posunuje pracovní bod A po charakteristice. Tím se mění nejen výkon  $P$ , ale také anodový proud  $I_a$  odebíraný elektronkou. Roste-li zatížení, tj. zmenšuje-li se zatěžovací odpor  $R_e$ , a tím i úhel  $\alpha$  na obr. 1, vzrůstá proud  $I_a$  až k mezní přípustné hodnotě  $I_{a\max}$ . Zatěžování nad tuto mez nelze dovolit, pokud nemá být ohrožena elektronka nebo její anodový zdroj. Překročí-li se mezní hodnota proudu  $I_a$ , je provoz přerušen nadproudovou ochranou. Proto použitelná část charakteristiky končí v bodě B, přičemž anodový proud  $I_a$  dosáhne velikosti  $I_{a\max}$ . Nemá-li tento proud  $I_{a\max}$  být překročen, je třeba oscilační obvod uspořádat tak, aby zatěžovací odpor  $R_e$  byl vždy vyšší než jistá minimální hodnota  $R_{e\min}$ . Pak ovšem u aplikací, které generátor zatěžují málo a které lze definovat určitým zatěžovacím odporem  $R_{e\max}$ , bude odpovídající výkon  $P$  malý – viz obr. 1. Pracovní bod se zde přesune do polohy C. Velikost zatěžovacího odporu  $R_e$  závisí na vlastnostech ohřívajícího předmětu a na činiteli vazby induktoru. Zatěžovací odpor lze zvětšit nebo zmenšit volbou kapacity nebo indukčnosti, nebo změnou vazby mezi primárním a sekundárním vinutím transformátoru. Výkon  $P$  lze podle potřeby regulovat volbou jiného napětí  $V_a$ . Zatěžovací charakteristika podle obr. 1 se tím posouvá. Nevýhodou takového zapojení je příliš malý výkon  $P$  při aplikacích, které představují vysoký zatěžovací odpor  $R_{e\max}$ , viz obr. 1, pracov-

ní bod C. Součástí oscilačního obvodu je přitom třeba volit tak, aby ani u aplikací, které představují minimální zatěžovací odpor  $R_{e\min}$ , anodový proud  $I_a$  nepřekročil mez  $I_{a\max}$ , viz pracovní bod B, obr. 1. Poměr  $R_{e\max} : R_{e\min}$  je totiž dán předem, odpovídá rozsahu, v jakém se mohou navzájem lišit jednotlivé uvažované aplikace.

Uvedené nevýhody známých řešení odstraňuje převážnou měrou zapojení podle vynálezu pro úpravu zatěžovací charakteristiky vysokofrekvenčního generátoru pro indukční nebo dielektrický ohřev, jehož podstata spočívá v tom, že u výše popsaného zapojení je mezi elektronkou a dělič vřazen druhý odpor a mezi dělič a anodový zdroj je vřazena dvojice proti sobě zapojených diod, z nichž první dioda je vnějším pólem připojena ke svorce děliče a druhá dioda je vnějším pólem připojena ke svorce druhého odporu a vnitřní póly dvojice proti sobě zapojených diod jsou přes středovou svorku připojeny k regulátoru anodového zdroje, přičemž signál z prvního odporu děliče a signál druhého odporu mají při poměru anodového napětí  $V_a$  k anodovému napětí  $I_a$ , rovném poměru maximálních hodnot napětí a proudu  $V_{a\max} : I_{a\max}$ , stejnou velikost. Další podstatou vynálezu je, že mezi druhý odpor a dvojici proti sobě zapojených diod je vřazen převodník na absolutní hodnotu, jehož vstupní strana je připojena k výstupní svorce druhého odporu a výstupní strana je připojena ke svorce jednoho vnějšího pólu dvojice proti sobě zapojených diod, přičemž signál na výstupní straně převodníku na absolutní hodnotu je obrácené polarity než na vstupní straně a při poměru anodového napětí  $V_a$  k anodovému proudu  $I_a$  rovném poměru maximálních hodnot napětí a proudu  $V_{a\max} : I_{a\max}$  má shodnou velikost se signálem napětí  $V_a$  děliče.

Hlavní výhodou zapojení podle vynálezu je rozšíření rozsahu použitelnosti vysokofrekvenčních generátorů pro různé aplikace indukčního nebo dielektrického ohřevu. Zdokonalená zatěžovací charakteristika v zapojení podle vynálezu je zřejmá z obr. 2. Charakteristika má větev C–B platnou pro konstantní napětí  $V_a$ , obdobně jako charakteristika podle obr. 1. Podle vynálezu však charakteristika pokračuje druhou větví B–D platnou pro konstantní proud  $I_a$ . To se docílí regulátorem anodového zdroje prostřednictvím změn anodového napětí  $V_a$ . Při změnách zatížení se ve větvi C–B mění anodový proud  $I_a$  při konstantním napětí  $V_a$ . Ve větvi B–D se mění napětí  $V_a$  při konstantním proudu  $I_a$ . Proud  $I_a$  lze při tom volit blízký hodnotě  $I_{a\max}$ . Výkon ( $P$ ) lze podle potřeby podle vynálezu regulovat zároveň volbou jiného napětí  $V_a$  ve větvi C–B i volbou jiného proudu  $I_a$  ve větvi B–D. Charakteristika podle obr. 3 se tím posunuje celá zároveň v celém rozsahu C–D. Z toho vyplývá, že rozsah příslušné změny zatěžovacího odporu  $R_{e\min}$  do  $R_{e\max}$  je větší než při známé charakteristice podle obr. 1. Podle vynálezu se pracovní bod může vyskytnout mezi body C–D, kdežto při původní charakteristice podle obr.

1 pouze mezi body C–B. Ponecháme-li naproti tomu poměr odporů  $R_{e\max.} : R_{e\min.}$ , který odpovídal vzájemné odlišnosti jednotlivých aplikací podle obr. 1, lze úpravami v oscilačním obvodu dosáhnout posunutí tohoto rozsahu do oblasti větších zatížení mezi pracovní body E–D. Tím získáme zvětšení výkonu  $P$  u málo zatěžujících aplikací, který dříve odpovídal pracovnímu bodu C, zatímco podle vynálezu bude u těchto aplikací výkon odpovídat bodu E. Anodový proud  $I_a$  se vrací do anodového zdroje z katody oscilační elektronky, která podle druhu zapojení generátoru není a nebo je galvanicky spojena s uzemněnou kostrou celého zařízení. Vstupní signál pro regulátor anodového zdroje však bývá vždy jedním pólem připojen na uzemněnou kostru. Z těchto důvodů je vynález popsán ve dvou obměnách, z nichž se užije první nebo druhá podle druhu zapojení generátoru.

Příklad zapojení podle vynálezu pro úpravu zatěžovací charakteristiky vysokofrekvenčního generátoru pro indukční nebo dielektrický ohřev je znázorněn na připojených výkresech, kde na obr. 1 je zatěžovací charakteristika, znázorňující výsledky, dosažené známým zapojením vysokofrekvenčního generátoru, na obr. 2 je zatěžovací charakteristika dosažená zapojením podle vynálezu, na obr. 3 je první příklad zapojení podle vynálezu, vhodný pro generátor, jehož katoda elektronky není přímo galvanicky spojena s uzemněnou kostrou, a na obr. 4 je druhý příklad zapojení podle vynálezu, vhodný pro generátor, jehož katoda elektronky je přímo galvanicky spojena s uzemněnou kostrou.

Zapojení pro úpravu charakteristiky vysokofrekvenčního generátoru je podle vynálezu provedeno tak, že induktor 2 (obr. 3), v němž je umístěn ohříváný předmět 1, je připojen na sekundární vinutí 3 výstupního transformátoru, jehož primární vinutí 4 tvoří spolu s kondenzátorovou baterií 5 oscilační obvod. Tento oscilační obvod se při rezonanci chová vůči elektronce 6 jako myšlený zatěžovací odpor  $R_e$ . Elektronka 6 je napájena z anodového zdroje 7 a její mřížka je buzena z budicího transformátoru 8. Anodový zdroj 7 přivádí na elektronku 6 napájecí napětí  $V_a$  a anodový proud  $I_a$ . Obvody stejnosměrného a střídavého proudu jsou navzájem odděleny tlumivkou 9 a hradicím kondenzátorem 10. Anodový zdroj 7 má vysokonapěťový transformátor, usměrňovač a regulátor, který udržuje konstantní napětí  $V_a$  pomocí signálu, odebíraného z odporu 11, který je částí děliče 12, připojeného na napětí  $V_a$ . Mezi katodu elektronky 6 a dělič 12 je vřazen druhý odpor 14. Dělič 12 je čidlem, dávajícím signál úměrný anodovému napětí  $V_a$ , druhý odpor 14 je čidlem, dávajícím signál úměrný anodovému proudu  $I_a$ . Mezi dělič 12 a anodový zdroj 7 je vřazena dvojice proti sobě zapojených diod 17, 18, z nichž první dioda 17 je vnějším pólem připojena ke svorce 13 děliče 12 a druhá dioda 18 je vnějším pólem připojena ke svorce 16 druhého odporu 14 a vnitř-

ní póly dvojice proti sobě zapojených diod 17, 18, jsou přes středovou svorku 19 připojeny k regulátoru anodového zdroje 7, přičemž signál prvního odporu 11 děliče 12 a signál druhého odporu 14 mají stejnou velikost, jestliže poměr anodového napětí  $V_a$  k anodovému proudu  $I_a$  je roven poměru maximálních hodnot napětí a proudu  $V_{a\max.} : I_{a\max.}$ . Na obr. 4, kde je znázorněn další příklad zapojení podle vynálezu, není zakreslen oscilační obvod a budicí transformátor, které mohou být provedeny podle obr. 3. V tomto příkladu zapojení podle vynálezu je mezi druhý odpor 14 a dvojici proti sobě zapojených diod 17, 18 vřazen převodník 20 na absolutní hodnotu, jehož vstupní strana je připojena k výstupní svorce 21 druhého odporu 14 a výstupní strana je připojena ke svorce 22 jednoho vnějšího pólu dvojice proti sobě zapojených diod 17, 18. Signál na výstupní straně převodníku 20 na absolutní hodnotu je obrácené polarity než na vstupní straně a při poměru anodového napětí  $V_a$  k anodovému proudu  $I_a$  rovném poměru maximálních hodnot napětí a proudu  $V_{a\max.} : I_{a\max.}$  má shodnou velikost se signálem napětí  $V_a$  děliče 12.

Funkce zapojení podle vynálezu je tato: Převládá-li signál výstupní svorky 16 nad signálem ze svorky 13 děliče 12 a výstupní svorky 16, což nastává při silnějším zatížení generátoru, tj. při nižších hodnotách zatěžovacího odporu  $R_e$ , přivádí se do regulátoru anodového zdroje 7 signál úměrný anodovému proudu  $I_a$  přes druhou diodu 18, zatímco signál úměrný napětí  $V_a$  ze svorky 13 děliče 12 je zahrazen první diodou 17. Naopak při odlehčení, kdy proud  $I_a$  je relativně malý, je do regulátoru anodového zdroje 7 přiváděn signál ze svorky 13 děliče 12, úměrný napětí  $V_a$ , přes první diodu 17. Signál, úměrný proudu  $I_a$ , je zahrazen druhou diodou 18. Regulátor řídí anodový zdroj 7 tak, že přijatý signál má konstantní velikost, kterou lze volit. Tím se upravuje výkon generátoru podle potřeby. Příklad, kdy katoda elektronky 6 generátoru je galvanicky přímo spojena s uzemněnou kostrou zařízení, je znázorněn na obr. 4, kde však není znovu znázorněn oscilační obvod 4, 5 a budicí transformátor 8. Tyto části zapojené mohou být provedeny obdobně jako na obr. 3. Elektronka 6 je napájena z anodového zdroje 7. Napětí anodového zdroje 7  $V_a$  je přiváděno na dělič 12, ze kterého na svorce 13 je odbočen signál, úměrný napětí  $V_a$ . Anodový proud  $I_a$  vytváří v druhém odporu 14 signál, úměrný tomuto proudu a vyvedený výstupní svorkou 21. Obě čidla, totiž dělič 12 a druhý odpor 14 jsou spolu spojeny na uzemněné spojovací svorce 15. Signál, úměrný proudu  $I_a$  vstupuje z výstupní svorky 21 do převodníku 20 na absolutní hodnotu, který jej přetváří na signál s obrácenou polaritou, vystupující svorkou 22. Tento nový signál je rovněž úměrný proudu  $I_a$ . Svorka 13 děliče 12 a svorka 22 převodníku 20 na absolutní hodnotu, jsou přemostěny dvojicí diod 17 a 18, jejichž středová svorka 19 a uzemněná spojovací svorka 15 obou čidel, tj.

děliče 12 a druhého odporu 14, přivádí řídicí signál do regulátoru anodového zdroje 7. Dělič 12, druhý odpor 14 a převodník 20 na absolutní hodnotu, jsou voleny tak, že signál mezi svorkou 13 děliče 12 a spojovací svorkou 15 je stejný jako signál ze svorky 22 převodníku 20 na absolutní hodnotu a ze spojovací svorky 15 v tom případě, že anodový zdroj 7 dává napětí  $V_a \text{ max.}$  a elektronka 6 přitom

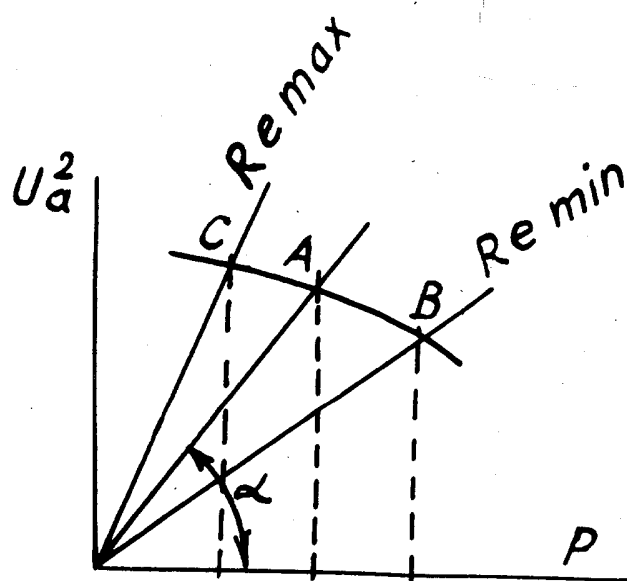
odebírá proud  $I_a \text{ max.}$  Činnost regulátoru anodového zdroje 7 je stejná jako u příkladu na obr. 3. Převodníkem 20 na absolutní hodnotu se rozumí známý elektronický převodník na absolutní hodnotu, který však může být v zapojení podle vynálezu nahrazen převodníkem ferrodynamickým nebo jiným.

## PŘEDMĚT VYNÁLEZU

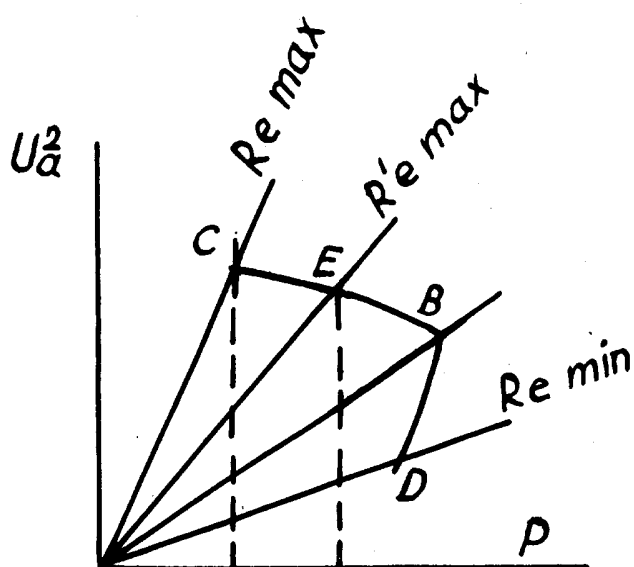
1. Zapojení pro úpravu zatěžovací charakteristiky vysokofrekvenčního generátoru pro indukční nebo dielektrický ohřev, v němž mezi elektronku spojenou s oscilačním obvodem a anodový zdroj, s mezním anodovým napětím  $V_a \text{ max.}$  a s mezním anodovým proudem  $I_a \text{ max.}$ , obsahující vysokonapěťový transformátor, usměrňovač a regulátor napětí  $V_a$ , je vřazen dělič, připojený na napětí  $V_a$ , vyznačující se tím, že mezi elektronku (6) a dělič (12) je vřazen druhý odpor (14) a mezi dělič (12) a anodový zdroj (7) je vřazena dvojice proti sobě zapojených diod (17, 18), z nichž první dioda (17) je vnějším pólem připojena k svorce (13) děliče

(12) a druhá dioda (18) je vnějším pólem připojena ke svorce (16) druhého odporu (14) a vnitřní póly dvojice proti sobě zapojených diod (17, 18) jsou přes středovou svorku (19) připojeny k regulátoru anodového zdroje (7).

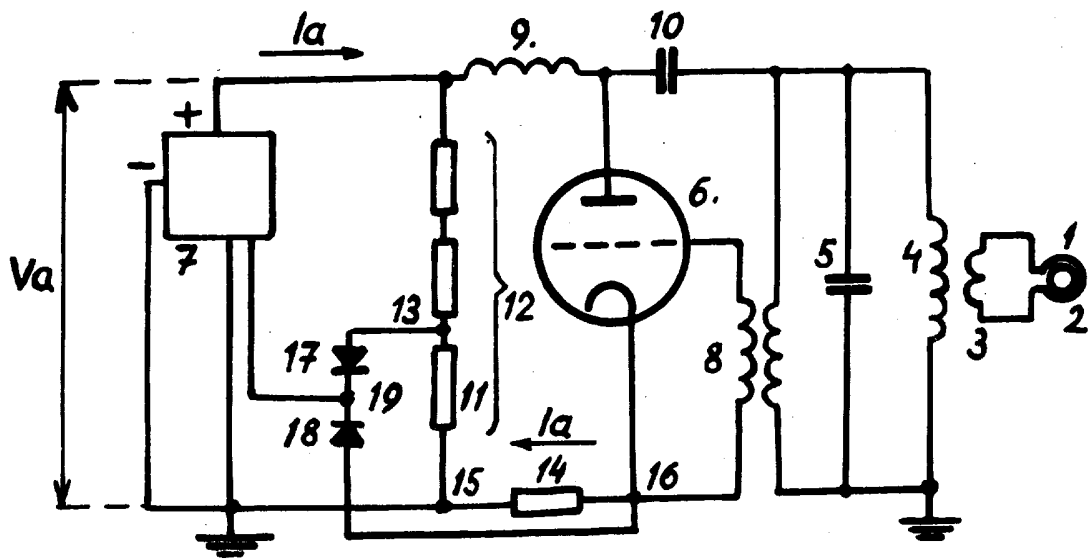
2. Zapojení podle bodu 1, vyznačující se tím, že mezi druhý odpor (14) a dvojici proti sobě zapojených diod (17, 18) je vřazen převodník (20) na absolutní hodnotu, jehož vstupní strana je připojena k výstupní svorce (21) druhého odporu (14) a výstupní strana je připojena ke svorce (22) jednoho vnějšího pólu dvojice proti sobě zapojených diod (17, 18).



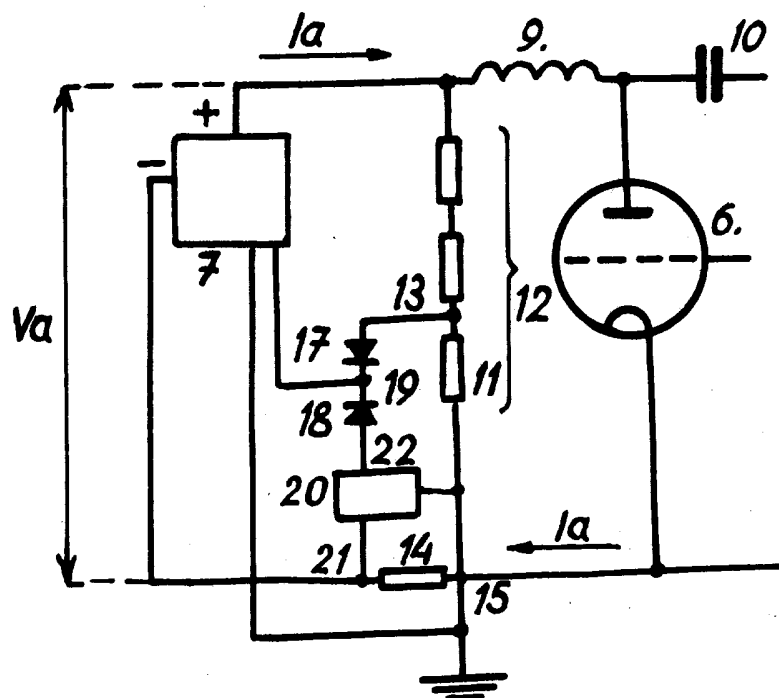
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4