

ЭЛЕКТРОНДЫҚ ТҮЗЕТКІШТЕР ЖӘНЕ СТАБИЛИЗАТОРЛАР

14.1. ЭЛЕКТРОНДЫҚ ТҮРЛЕНДІРГІШ ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫ ЖІКТЕУ

Электрондық түрлендіргіш құрылғылар энергия көзінің кернеуі мен тогын энергия қабылдағышқа қажетті кернеу мен токқа түрлендіруді жүзеге асырады.

Энергия көзінің және қабылдағыштың кернеуі мен тогының түрлеріне байланысты:

- *түзеткіштер* — синусоидалық кернеумен мен токтарды тұрақтыға түрлендіруге арналған;
- *инверторлар* — тұрақты кернеулер мен токтарды синусоидалыққа түрлендіруге арналған;
- *конверторлар* — тұрақты кернеулер мен токтарды басқа мәндегі тұрақтыға түрлендіруге арналған.

Түзеткіш пен инверторды құрамдастыру бір жиілікті синусоидалық кернеу мен токты басқа жиілікті синусоидалық кернеу мен токқа түрлендіруді іске асырады.

Жоғары қуатты түрлендіргіштер (жүз және одан көп киловатқа дейін) электр жетекте, электр дәнекерлеу құрылғыларында, электротермияда және т.с.с. ал төмен қуатты түрлендіргіштер (бірнеше ондық ваттқа дейін) радио-электрондық аппаратураны қайталама электрмен қуаттау көздерінде (ҚЭҚК) қолданылады.

Түзеткіштердің әрекет ету принципі мен сипаттамаларын қарастырайық, олар түзетілген синусоидалық кернеу көзінің фазалар саны бойынша – бір фазалық және көп фазалық (көбінесе үш фазалы) түзеткіштер, схемотехникалық шешім бойынша – нөлдік нүктелі шықпасы бар трансформаторлы және көпірлі, түзетілген кернеуді реттеу мүмкіндіктері бойынша басқарылмайтын және басқарылатын болып жіктеледі.

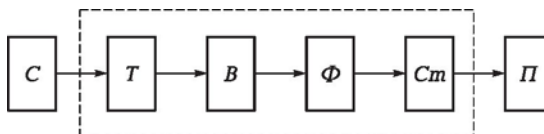
14.2. БАСҚАРЫЛМАЙТЫН БІР ФАЗАЛЫҚ ТҮЗЕТКІШТЕР

Жалпы түзеткіш құрылғының құрылымдық схемасы(14.1-сурет) T трансформаторды, B түзеткішті, Φ тегістегіш сүзгіні және C_m түзетілген кернеу стабилизаторын қамтиды. Трансформатор C желінің синусоидалық кернеуінің мәнін артынан түзетілетін қажетті деңгейге дейін өзгерту үшін қызмет етеді. Стабилизатор желі кернеуі өзгерген жағдайда Π қабылдағыштағы кернеуді өзгертпей сақтап тұрады. Түзеткіш құрылғының жекелеген түйіндері, мысалы трансформатор, болмауы мүмкін, бұл жұмыс жағдайына байланысты.

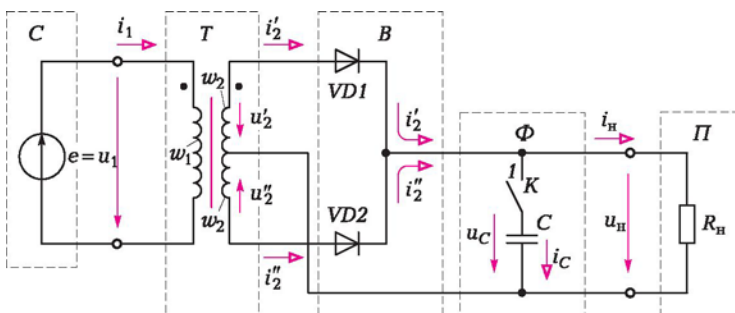
Бұдан әрі «түзеткіш құрылғы» терминінің орнына қысқартып «түзеткіш» деп қолданатын боламыз.

Басқарылмайтын түзеткіштерде синусоидалық кернеуді түзету үшін диодтар, яғни басқарылмайтын вентильдер қосылады, ал түзетілген кернеуді тегістеу үшін әдетте сыйымдылық сүзгілер қосылады.

Есептеуді жеңілдету үшін қабылдағышты $R_{\text{ж}}$ жүктеме кедергілі резистивтік қоспалықты деп, ал диодтарды тура бағытта ток үшін тізбектің қысқа тұйықталуын және кері бағытта ток үшін оның үзілуін іске асыратын идеалды кілттер деп аламыз.



14.1-сурет



14.2-сурет

Нөлдік шықпалы трансформаторлы түзеткіште қабылдағыш шықпаға трансформатордың екінші реттік орамасының ортасынан қосылады (14.2-сурет). Тегістегіш сүзгісіз түзеткіштің жұмысын қарастырайық (K кілті ажыратылған). Егер орамдар саны w_2 болатын екінші реттік ораманың әрбір жартысында тиісті диод қосулы болатын токтың бағытын оң деп есептесек, онда ораманың әрбір жартысындағы және әрбір диодтағы ток оң жарты периодтың ішінде (ос жарты үшін) синусоидалық болады және теріс жарты периодтың ішінде нөлге тең болады (14.3-сурет, а). Қабылдағышта екі токтың да оң бағыттары сәйкес келеді, яғни: $i_n = i'_2 + i''_2$ (14.3-сурет, б).

Синусоидалық токты мұндай түзету *екі жарты периодты* деп аталады. Егер w_2 екінші реттік орамалардың бірінің тізбегін ажыратылған болса, онда синусоидалық токты түзету *бір жарты периодты* болады.

Идеалды трансформаторда жүктеме тогының тұрақты құраушысы:

$$I_0 = \frac{2}{\pi} I_{m2} \approx 0,64 I_{m2} \quad (14.1)$$

және оның әсер етуші мәні:

$$I = \sqrt{\frac{2}{T} \int_0^{T/2} I_{m2}^2 \sin^2 \omega t dt} = \frac{I_{m2}}{\sqrt{2}} \quad (14.2)$$

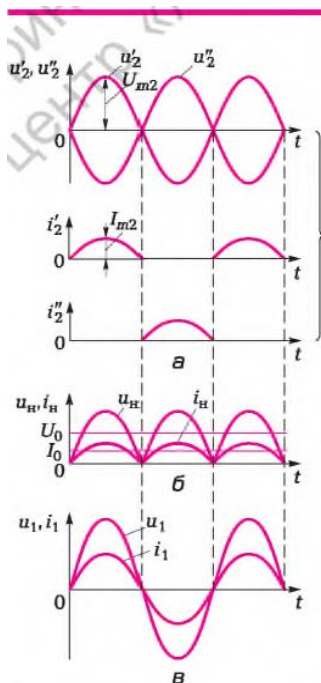
сол амплитудалы синусоидалық токтың сәйкес шамаларының мәндеріне тең.

Орамдар саны w_1 болатын трансформатордың бірінші реттік орамасындағы ток синусоидалық:

$$i_1 = (i'_2 - i''_2) \frac{w_2}{w_1} = I_{m2} \frac{w_2}{w_1} \sin \omega t$$

және фаза бойынша желінің синусоидалық кернеуімен сәйкес келеді (14.3-сурет, в)

$$u_1 = (u'_2 - u''_2) \frac{w_1}{2w_2} = U_{m2} \frac{w_1}{w_2} \sin \omega t.$$



14.3-сурет

Тегістегіш фильтрді қосқаннан кейін түзеткіштің жұмысы қалай өзгередінін қарастырайық (K кілті тұйықталған). Кирхгофтың бірінші заңы бойынша тізбектің 1 түйіні үшін $VD1$ диод тогы мынаған тең:

$$i'_2 = i_c + i_H,$$

немесе

$$i'_2 = C \frac{du_c}{dt} + u_H / R_H,$$

мұндағы $u_c = u_H = u'_2 = U_{m2} \sin \omega t$ және $i_c = C du_c / dt = \omega C U_{m2} \cos \omega t$ — сүзгі конденсаторындағы кернеу және оның ішіндегі ток.

Осы теңдеуге $i'_2 = 0$ ток мәнін қойып, диодты ажырататын t_1 уақытын анықтаймыз:

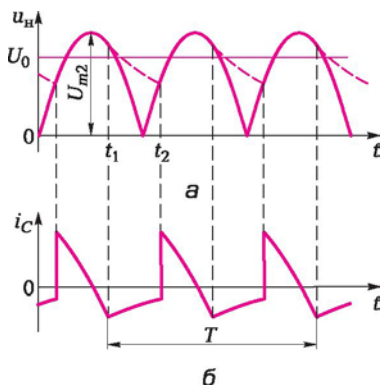
$$\omega C U_{m2} \cos \omega t_1 + \frac{U_{m2} \sin \omega t_1}{R_H} = 0,$$

бұдан

$$t_1 = \frac{\arctg(-\omega R_H C)}{\omega}.$$

t_1 уақыт моментінен бастап, қабылдағыштағы кернеу экспоненциалды өзгередін болады (1.5-бөлімшені қараңыз):

$$u_H = u_c = U_{m2} \sin \omega t_1 e^{-\frac{t-t_1}{R_H C}},$$



14.4-сурет

бұл 14.4, *a* суретінде штрих сызықпен көрсетілген.

t_2 уақыт моментінде u_C конденсатордағы және $u''_2 = U_{m2} \sin \omega t$ түзеткіш кірісіндегі кернеу тең болады және VD2 диоды қосылады. Бұдан әрі тізбектегі процесс жүйелі түрде қайталанады. Сүзгі конденсаторының энергия көзінен i_C тогымен жүйелі зарядталуы және оның қабылдағыш тізбегінде артынан токтан ажырауы жүзеге асады (14.4-сурет, *б*).

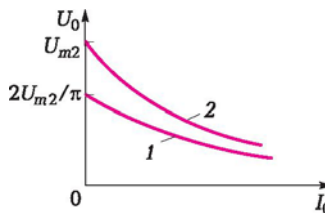
Тегістегіш сүзгіні қосу U_0 тұрақты құраушысын ұлғайтады және түзетілген кернеудің үйлесімді құраушыларының мөлшерін азайтады.

Түзеткіштің сыртқы сипаттамасы деп U_0 түзетілген кернеудің орташа мәнінің I_0 түзетілген токтың орташа мәніне тәуелділігін айтады.

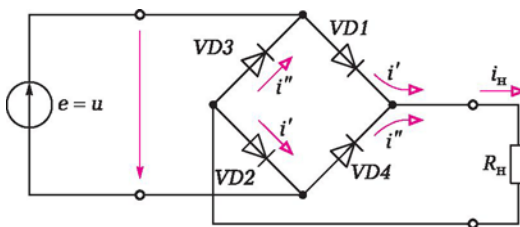
14.5-суретте тегістегіш сүзгісіз (1-тәуелділік) және тегістегіз сүзгілі (2-тәуелділік) бір фазалық түзеткіштің сыртқы сипаттамалары келтірілген.

Бірінші жағдайда жүктеме тізбегінің кедергісі азайған кезде және түзетілген ток ұлғайған кезде U_0 кернеуінің азаюы нақты диодта кернеу азаюының ұлғаюымен, ал екінші жағдайда конденсатордың токтан анағұрлым тез ажырауымен түсіндіріледі.

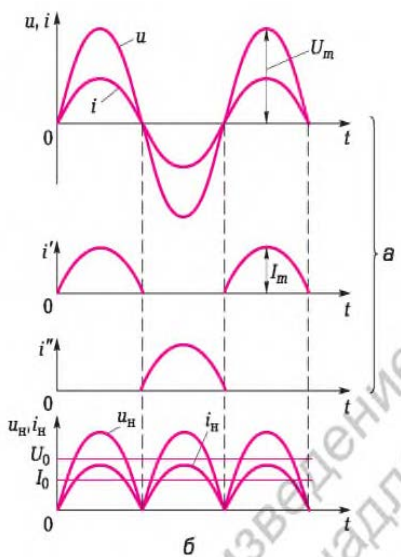
Түзеткіштің көпірлік схемасында (14.6-сурет) төрт диод түзеткіш көпірдің төрт иінін құрайды. Периодтың бірінші жартысында VD1 және VD2 диодтары қосылған және i' тогын өткізеді, ал VD3 және VD4 диодтары ажыратылған. Периодтың екінші жартысында VD3 және VD4 диодтары қосылған және i'' тогын өткізеді, ал VD1 және VD2 диодтары ажыратылған (14.7-сурет, *a*). Көпірлі схема үшін нөлдік шықпалы трансформаторлы түзеткішке



14.5-сурет



14.6-сурет



14.7-сурет

арналған жоғарыдағы қатынастар дұрыс болмақ. Бұл ретте жүктеме тогы $i_{ж} = i' + i''$ түзетілген (14.7-сурет, б), ал көз тогы $i = i' - i''$ синусоидалық (14.7-сурет, а) болады.

14.3. БАСҚАРЫЛМАЙТЫН КӨП ФАЗАЛЫҚ ТҮЗЕТКІШТЕР

Көп фазалық түзеткіштер бір фазалық түзеткіштермен салыстырғанда түзетілген кернеудің лүпілін азайтады.

14.8-суретте нөлдік шықпасы бар үш фазалық трансформаторлы (7.13, б суретін қараңыз) үш фазалық түзеткіштің схемасы көрсетілген. Әрбір берілген уақытта ток аноды трансформатордың екінші реттік орамасының шықпасымен жалғанған (а, b не с), кернеуі (u_a , u_b не u_c) оң және ең жоғары (14.9-сурет, а) болатын диодты ғана өткізеді.

Идеалды трансформатор үшін i_a , i_b және i_c екінші реттік орамалар токтары әрқайсысының қайталау периоды $T = 2\pi/\omega$, ұзақтығы $T/3$ және амплитудасы $I_{m2} = U_{m2}/R_H$ болатын, бір-біріне қатысты периодтың 1/3-іне жылжыған импульстардың үш реттілігінен тұрады (14.9-сурет, б).

Бірінші реттік орамалардың токтары мынаған тең:

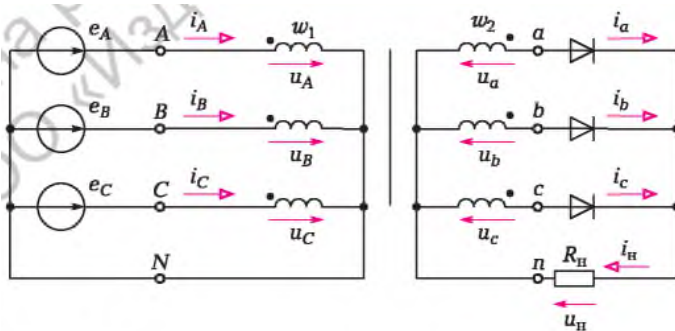
$$i_A = \frac{w_2}{w_1} i_a, \quad i_B = \frac{w_2}{w_1} i_b, \quad i_C = \frac{w_2}{w_1} i_c,$$

$i_H = i_a + i_b + i_c$ жүктеме тогының тұрақты I_0 құраушысы бар. Бұл жағдайда түзетілген кернеу екінші реттік орамалардың орай жанаспа оң жарты толқындарымен сәйкес келеді: $u_H = R_H i_H$ (14.9-сурет, ө). Трансформатордың екінші реттік және бірінші реттік орамаларындағы токтардың құраушылары $I_0/3$ және $w_2 I_0 / (3w_1)$ тұрақты, ал оның магнит өткізгішіндегі магнит ағыны айнымалы екенін атап өтеміз.

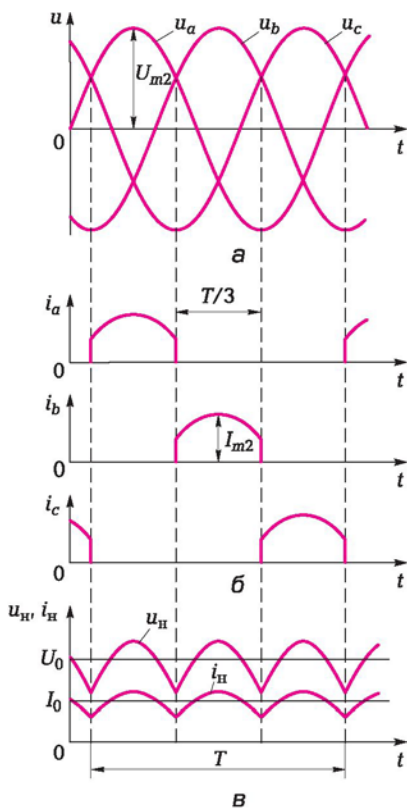
Түзеткіштің үш фазалық *көпірлік* схемасында үш фазалық трансформатордың екінші реттік орамасының нөлдік шықпасы қажет емес. Сондықтан оның екінші реттік орамалары жұлдызшамен де, үшбұрышпен де жалғануы мүмкін, егер жұмыс жағдайлары мүмкіндік берсе, үш фазалық трансформатор мүлдем болмауы да мүмкін. Үш фазалық трансформатор болмаған жағдайда түзеткіш үш фазалық көзге (14.10-сурет) $VD1$, $VD3$ және $VD5$ диодтары барлық катодтық шықпалар біріккен топ түзіп, ал $VD2$, $VD4$ және $VD6$ диодтары барлық анодтық шықпалар біріккен топ түзетіндей етіп қосылады.

Үш фазалық көздің N бейтарап нүктесі потенциалының мәні $v_N = 0$ деп аламыз. Бұл ретте оның A , B және C шықпаларының потенциалдары мынаған тең (14.11-сурет, а):

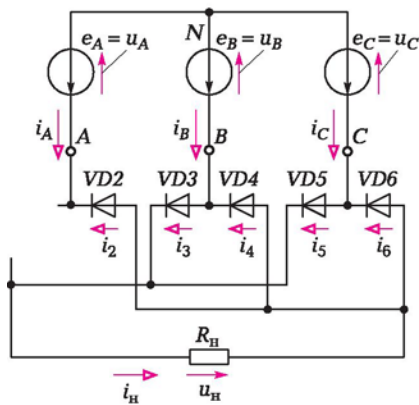
$$\begin{aligned} v_A &= u_A = U_m \sin \omega t; \\ v_B &= u_B = U_m \sin (\omega t - 2\pi/3); \\ v_C &= u_C = U_m \sin (\omega t - 4\pi/3). \end{aligned}$$



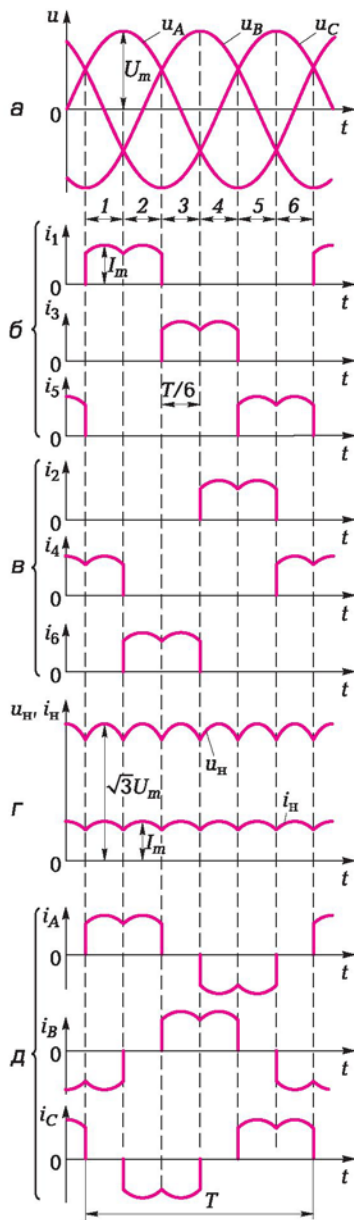
14.8-сурет



14.9-супер



14.10-супер



14.11-супер

Әрбір берілген уақытта анодтық шықпасы N бейтарап нүктесінің потенциалымен салыстырғанда ең жоғары оң потенциалдан $U_{\text{Анод.мах}} > 0$ тұратын бірінші топтың диоды, сонымен бірге катодтық шықпасы сол нүктенің потенциалымен салыстырғанда ең жоғары теріс потенциалдан $U_{\text{Кнод.мах}} < 0$ тұратын екінші топтың диоды қосылады. Диодтардың ауысу тәртібін бақылау үшін, тізбек жұмысының T бір периодын, 14.11, a суретінде көрсетілгендей, алты тең уақыт аралығына бөлеміз.

14.11-кестеде әрбір уақыт аралығы үшін бірінші топ диодтарының анодтарының потенциалы $U_{\text{Анод.мах}}$ ең жоғары оң және екінші топ диодтарының катодтарының потенциалы $U_{\text{Кнод.мах}}$ ең жоғары теріс болатын шамалар, сондай-ақ әрбір топтың қосылған диодтарының нөмірлері келтірілген. Бір периодтың ішінде алты ауысу болады, яғни $m = 3$ фазалар санынан екі есе көп.

Түзеткіштің жұмысын уақыт бойынша біріккен бірінші топ диодтарының i_1, i_3 және i_5 токтарының (14.11-сурет, б), екінші топ диодтарының i_2, i_4 және i_6 токтарының (14.11-сурет, в), $i_H = i_1 + i_3 + i_5 = i_2 + i_4 + i_6$ жүктеме тогының, $u_H = R_H i_H$ түзетілген кернеудің (14.11-сурет, г) және $i_A = i_1 - i_2, i_B = i_3 - i_4$ және $i_C = i_5 - i_6$ (14.11-сурет, д) үш фазалық көздің айнымалы фазалық токтарының тәуелділіктері көрсетеді. Түзетілген кернеудің максималды мәні $\sqrt{3}U_m$ үш фазалық көздің синусоидалық сызықтық кернеуінің амплитудасына тең, ал түзетілген токтың максималды мәні: $I_m = \sqrt{3} U_m R_n$.

Көп фазалық басқарылмайтын түзеткіштердің қуаты әдетте орташа не жоғары (оннан бастап жүздеген киловаттқа дейін және 100000 А-ға дейінгі токтарда одан да жоғары) болады. Бір фазалық басқарылмайтын түзеткіштердің қуаты төмен не орташа (бірліктен ондаған киловаттқа

14.1-кесте. Түзеткіштің үш фазалық көпірлі схемасында диодтардың ауысу тәртібі

Аралық нөмірі	$U_{\text{Анод.мах}} > 0$	$U_{\text{Кнод.мах}} < 0$	Бірінші топ диоды	Екінші топ диоды
1	U_A	U_B	VD1	VD4
2	U_A	U_C	VD1	VD6
3	U_B	U_C	VD3	VD6
4	U_B	U_A	VD3	VD2
5	U_C	U_A	VD5	VD2
6	U_C	U_B	VD5	VD4

Басқарылатын түзеткіштерде басқармайтын диодтардың орнына басқарылатын (тиристорлар, транзисторлар) вентильдер қолданылады, оларды қосу мен ажырату басқару жүйесі импульстарының реттілігімен беріледі.

14.4.

КЕРНЕУ МЕН ТОК СТАБИЛИЗАТОРЛАРЫ

Стабилизаторлар жүктеме өзгерген жағдайда және кері тұрақсыздандырушы факторлар әсер еткен жағдайда қабылдағыштың жұмыс режимін тұрақтандыруға арналған. Тұрақты кернеу мен токтың электрондық стабилизаторлары кең таралған.

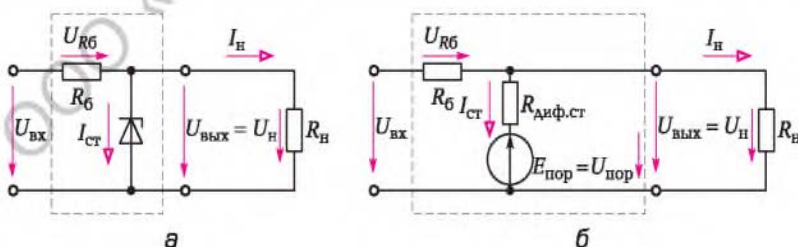
Кернеу стабилизаторлары. Параметрлік және өтемдеуші стабилизаторлар болады.

Параметрлік стабилизаторларда шығыстағы тұрақты кернеуді тұрақтандыру сызықтық емес вольт-амперлік сипаттамалары бар элементтермен жүзеге асырылады. Мұндай элементтердің бірі стабилитрон болып табылады (13.3-бөлімшені қараңыз).

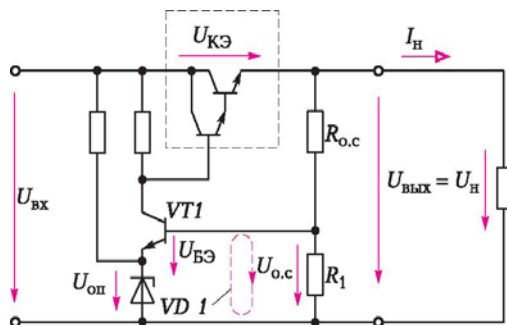
Стабилитрон негізіндегі кернеу стабилизаторының принциптік схемасы және оның алмастыру схемасы 14.12, *а* және *б* суреттерінде келтірілген, ондағы $R_{\text{диф.ст}}$, $I_{\text{ст}}$ және $U_{\text{шек}}$ – стабилитронның дифференциалды кедергісі, тогы және шектік өткізгіштік кернеуі (10.14-суретті қараңыз); $R_{\text{ж}}$ және $R_{\text{б}}$ – жүктеме тізбегі мен балластық резистордың кедергілері. Стабилизатор кірісіндегі кернеу өзгерген жағдайда:

$$U_{\text{кпр}} = U_{\text{шек}} + R_{\text{диф.ст}} I_{\text{ст}} + U_{R_{\text{б}}} = U_{\text{кпр}} + U_{R_{\text{б}}}$$

оның шығысындағы кернеу стабилитронның $R_{\text{диф.ст}}$ дифференциалды кедергісінің мәні төмен болған жағдайда, балластық резистордағы $U_{R_{\text{б}}}$ кернеудің төмендеу есебінен біраз өзгереді. Стабилитрондар негізді



14.12-сурет



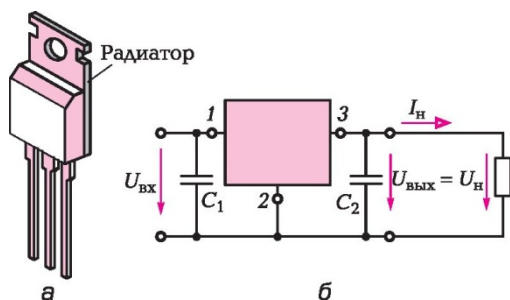
14.13-сурет

параметрлік стабилизаторлардың $U_{\text{ст.ном}} = 0,3\text{—}100$ В номиналды тұрақтанған кернеуінің және тұрақтандыру коэффициентінің 20-30 типтік мәндерінен тұрады:

$$K_{\text{стаб}} = \frac{\Delta U_{\text{ВХ}} \cdot U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}} \cdot \Delta U_{\text{ВЫХ}}},$$

Өтемдеуші стабилизаторларда шығыстағы тұрақты токты тұрақтандыру кернеу бойынша теріс кері байланыстың көмегімен жүзеге асырылады (15.18, а суретін қараңыз).

Кез келген типтегі өтемдеуші стабилизатордың құрамына реттеуіш элемент, салыстыру құрылғысы және тұрақты ток күшейткіші кіреді. 14.13-суретте өтемдеуші стабилизатордың типтік схемасы келтірілген, онда салыстыру құрылғысы мен тұрақты ток күшейткішінің рөлін VT1 транзисторы, ал штрих сызықтың ішінде белгіленген реттеуіш элементтің рөлін құрама транзистор ойнайды (13.17-суретті қараңыз). VD стабилитронындағы $U_{\text{тр}}$ тірек кернеуі R_1 және $R_{\text{к.б}}$ резисторларындағы кернеу бөлгіші арқылы стабилизатор шығысындағы кернеуге пропорционал $U_{\text{к.б}} = R_1 / (R_1 + R_{\text{к.б}}) U_{\text{шығ}}$ кері байланыс кернеуімен салыстырылады. 1-контурға арналған Кирхгоф заңы бойынша бұл кернеулердің айырымы транзистор базасы мен эмиттерінің арасындағы кернеуді білдіреді: $VT1 U_{\text{БЭ}} = U_{\text{к.б}} - U_{\text{тр}}$. Стабилизатор шығысындағы $U_{\text{шығ}}$ кернеуінің ұлғаюы (азаяуы) $U_{\text{БЭ}}$ кернеуін ұлғайтады (азайтады). Сәйкесінше құрама транзистордың $I_{\text{Б}}$ база тогы азаяды (ұлғаяды) және оның коллекторы мен эмиттерінің арасындағы кернеу ұлғаяды (азаяды), бұл дегеніміз $U_{\text{шығ}}$ кернеуі мәнінің тұрақтанғанын білдіреді.



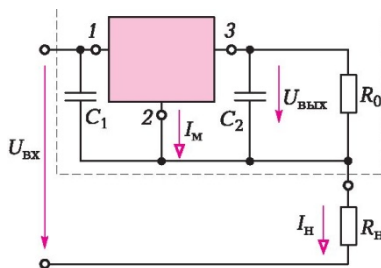
14.14-сурет

Шығыстағы кернеуі бекітілетін және реттелетін екі типтегі интегралдық схема түріндегі өтемдеуші кернеу стабилизаторлары шығарылады. Соңғысы өз жұмысы үшін бірқатар сыртқы элементтердің қосылуын қажет етеді (алты-сегіз резистор мен конденсаторға дейін). Шығыстағы кернеуі бекітілген стабилизатордың интегралдық схемасының үш шықпасы (14.14-сурет, а) бар және ол схема бойынша қосылады (14.14-сурет, б). Сыйымдылығы $C_2 \geq 2,2$ мкФ конденсатор $I_{ж}$ жүктеме тогы импульсті өзгерген жағдайда тұрақтылықты қамтамасыз етеді. Сыйымдылығы

14.2-кернеу. Бекітілетін кернеулі стабилизаторлардың интегралдық схемасының параметрлері

Параметрі	Мәні
Шығыстағы кернеу тұрақсыздығының коэффициенті: кірістегі кернеуен, %/В $K_U = \Delta U_{шығ} / \Delta U_{кір} U_{шығ} 100;$	0,05
жүктеме тогынан $0 < I_{ж} < I_{ж.мах}$, % $K_I = \Delta U_{шығ} / U_{шығ} 100;$	1,00
температурадан, %/°C $a_U = \Delta U_{шығ} / U_{шығ} \Delta \theta 100$	0,02
Стабилизатордағы кернеудің минималды азаюы, В	2,50
Интегралдық схеманың максималды тогы, мкА	10,0

$C_1 > 0,33$ мкФ конденсатор кірістегі кернеу лүпілін (бөгуілдерді) тегістейді. Кернеу стабилизаторларының интегралдық схемалары ток пен артық қызу бойынша артық жүктемеден кіріктіріме қорғанысты қамтиды, жүктеме тогы 8 А-ға дейін болған жағдайда 1,5-18 В тұрақтанған кернеуінің бірқатар номиналды мәндері бар (14.2-кесте).



14.15-сурет

Ток стабилизаторлары.

Тұрақты кернеудің өтемдеуші стабилизаторының 14.13-суреттегі схемасын тұрақты токтың өтемдеуші стабилизаторына түрлендіруге болады. Ол үшін R_1 резисторын жүктеме тізбегіне жүйелі қосу арқылы кернеу бойынша кері байланысты ток бойынша кері байланыспен (15.18-сурет, б) алмастыру қажет. Бұл ретте кері байланыс кернеуінің мәні жүктеме тогының мәніне пропорционал болады, яғни $U_{к.б} = R_1 I_{ж}$.

Токтың тұрақтанған көзін 14.15-суреттегі схема бойынша кернеу стабилизаторының интегралдық схемасының негізінде де іске асыруға болады, аталмыш суретте ток көзінің схемасы штрих сызықтың ішінде белгіленген. Интегралдық схеманың $I_{ж}$ тогын елемесек, жүктеме тізбегіндегі $I_{ж} = U_{шығ}/R_0$ тогы оның R_H кедергісіне тәуелді болмайды.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Түрлендіргіш құрылғылар функционалдық міндеті бойынша қандай типтерге бөлінеді?
2. Бір фазалық басқарылмайтын түзеткіштерге қарағанда көп фазалық басқарылмайтын түзеткіштерде түзетілген кернеу лүпілі неге аз болады?
3. Басқарылмайтын түзеткіштерде тегістегіш сүзгі қандай рөл атқарады?
4. Тұрақты ток стабилизаторлары әрекет ету принципі бойынша қандай типтерге бөлінеді?

ӨЗІНДІК ШЫҒАРУҒА АРНАЛҒАН ЕСЕПТЕР

1. Тегістегіш сүзгісіз нөлдік шықпалы трансформаторлы түзеткіште (14.2-суретті қараңыз) (К кілті ажыратылған)

қабылдағыш шықпаларының арасындағы U_0 кернеудің тұрақты құрауышын анықтаңыз (14.3-суретті қараңыз), бұл ретте параметр мәндері: төмендеткіш трансформатор кернеуінің трансформация коэффициенті: $n_{12} = w_1/w_2 = 4$, желі кернеуінің әсерлік мәні: $U_1 = 220$ В, схеманың барлық элементтері идеал.

Жауабы: 49,5 В.

2. 14.12-суреттегі схеманың тұрақты кернеуінің тұрақтандыру коэффициенті неге тең, бұл ретте параметр мәндері: $U_{\text{кпр}} = 10$ В, $\Delta U_{\text{шығ}} = 1$ В, $U_{\text{шығ}} = 3$ В, $\Delta U_{\text{шығ}} = 10$ мВ?

Жауабы: 30.