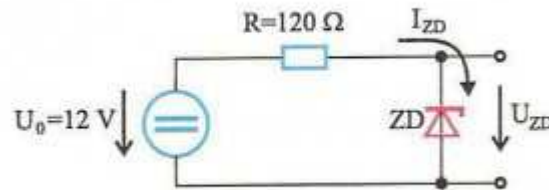


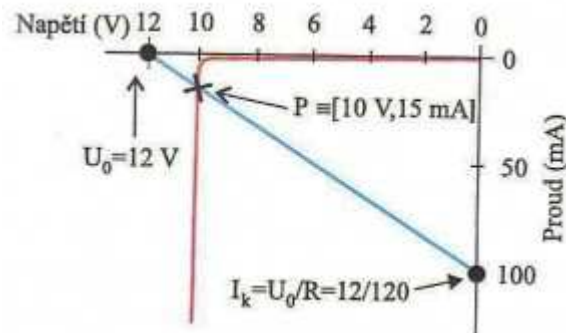
Stabilizátor napětí se Zenerovou diodou

- udržují na svém výstupu konstantní napětí v pokud možno co nejširším rozsahu odebíraného výstupního proudu a dodávaného vstupního napětí.
- Nejjednodušší stabilizátor lze realizovat se Zenerovou diodou (ZD), u níž se využívá prakticky kolmého kolena závěrné V-A charakteristiky.
- Nastavení pracovního bodu za koleno charakteristiky lze provést obvodem v tomto zapojení:

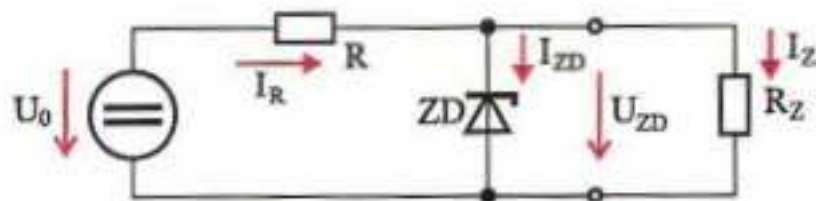


obr.1

- Výsledný pracovní bod Zenerovy diody na V-A charakteristice dostaneme jako průsečík zatěžovací přímky a V-A charakteristiky:



- Zatěžovací přímka je množina potenciálních pracovních bodů splňujících rovnici $U_0 = R \cdot I_{ZD} + U_{ZD}$, a proto prochází body napětí naprázdno a proudu nakrátko.
- Hledání pracovního bodu probíhá graficko-početní metodou.
- Stabilizátor bez odběru proudu z obr. 1 nemá z praktického hlediska smysl. Reálné situaci odpovídá schéma :

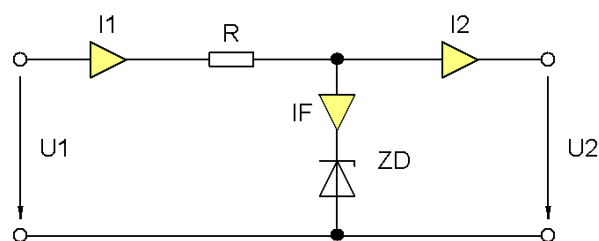
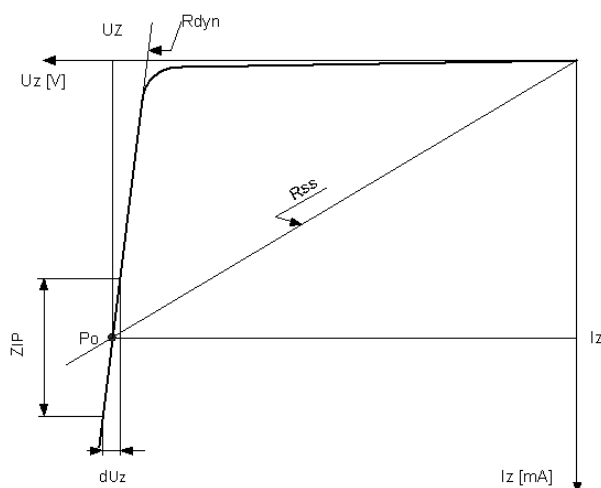


obr.2

- Zatěžovací odpor R_Z představuje obvykle proměnnou zátěž. Z obr. 2 je zřejmé, že $I_R = I_{ZD} + I_Z$.
- Napětí U_0 je prakticky konstantní napětí, takže proud I_R je také konstantní.
- Poklesne-li (stoupne-li) tedy proud I_Z , musí stoupnout (klesnout) proud I_{ZD} .
- Při velkém poklesu I_Z hrozí zničení ZD nadměrným proudem, při velkém vzrůstu I_Z hrozí posun pracovního bodu pryč z kolena V-A charakteristiky a ztráta stabilizační schopnosti.
- Zapojení na obr. 2 se proto nehodí pro příliš proměnnou zátěž, ale spíše jako zdroj referenčního napětí.

Výpočet stabilizátoru se Zenerovou diodou

Podle připojení regulačního prvku rozdělujeme stabilizátory na paralelní a sériové. Nejjednodušším paralelním stabilizátorem je zapojení se Zenerovou diodou. Zenerova dioda je součástka, u níž dochází v závěrném směru k rychlému nárůstu proudu při pomalém nárůstu napětí. Tato hodnota se nazývá Zenerovo napětí. Zenerovy diody se vyrábí s hodnotami výkonu 0,5 až 5 W (součin Zenerova napětí a proudu procházejícího diodou) a napětím 0,8 až 200 V.



Velikost odporu R určíme ze vztahu:

$$R = \frac{(U_1 - U_2)}{I_1} \quad [\Omega; V, A]$$

Obvykle volíme $I_F > I_2$ tak, aby při $I_2 = 0$ nebyla dioda přetížena nadměrnou hodnotou proudu I_F , a naopak, aby při maximální hodnotě I_2 neklesl proud diodou pod minimální hodnotu, kdy začíná napětí na diodě v okolí kolena voltampérové charakteristiky prudce klesat.

Postup při návrhu

1. Vycházíme ze zadaných hodnot vstupního a výstupního napětí, minimálního a maximálního výstupního proudu I_2 , přičemž podmínkou správné činnosti je, že vstupní napětí musí být vždy vyšší než výstupní.
2. Nejprve musíme vypočítat velikost odporu R podle výše uvedeného vzorce, přičemž I_1 je součtem maximálního výstupního proudu, ke kterému připočteme přibližně 1 mA (tento proud závisí na typu diody a musí být tak velký, aby neklesl pod minimální hodnotu, při které již dochází k poklesu Zenerova napětí).
3. Abychom mohli správně určit konkrétní typ rezistoru, musíme také vypočítat požadovanou zatížitelnost ze vzorce

$$P = (U_1 - U_2) \cdot I_{2,MAX} \quad [W; V, A]$$

4. Požadované výstupní napětí se musí shodovat se Zenerovým napětím diody.

5. Vhodný typ určíme na základě výpočtu výkonové ztráty. Tou je dioda namáhána tehdy, je-li výstupní proud minimální. Vycházíme z následujícího vzorce

$$P = I_{z_{\max}} \cdot U_2 = \left(\frac{U_1 - U_2}{R} - I_{2_{\min}} \right) \cdot U_2 \quad [W; V, A]$$

6. Nyní můžeme z katalogu součástek vybrat konkrétní typy rezistoru a Zenerovy diody.

Příklad výpočtu

1. Vstupní údaje $U_1 = 12 \text{ V}$, $U_2 = 8 \text{ V}$, $I_{2_{\max}} = 200 \text{ mA}$, $I_{2_{\min}} = 4 \text{ mA}$

2. $R = \frac{(U_1 - U_2)}{I_1} = \frac{4}{0,201} = 19,9 \Omega$

Aby byla zajištěna správná činnost stabilizátoru, zvolíme nejbližší nižší hodnotu 18Ω

3. $P = (U_1 - U_2) \cdot I_{2_{\max}} = 4 \cdot 0,2 = 0,8 \text{ W}$

Zvolíme rezistor s nejbližší vyšší zatížitelností, to je 2 W

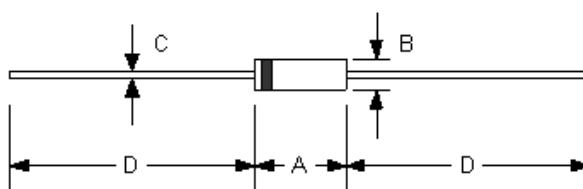
4. $P = \left(\frac{U_1 - U_2}{R} - I_{2_{\min}} \right) \cdot U_2 = \left(\frac{4}{18} - 0,04 \right) \cdot 8 = 1,46 \text{ W}$

5. Z katalogu vybereme rezistor **RR W2 E018** hodnoty 18Ω se zatížitelností 2 W a Zenerovu diodu BZY008.2 se Zenerovým napětím $8,2 \text{ V}$ a výkonovou ztrátou 2 W .

Při návrhu konstrukčního uspořádání musíme brát v úvahu, že obě součástky se budou za provozu zahřívat.

Parametry Zenerových diod											
Zenerovy diody 0,5W				Zenerovy diody 1,3W				Zenerovy diody 2W			
Typ	Pouzdro	Uz	Iz	Typ	Pouzdro	Uz	Iz	Typ	Pouzdro	Uz	Iz
BZX83V002,7	DO35	2,5-2,9V	135mA	BZX85V003,9	DO41	3,7-4,1V	290mA	BZY005,1	DO41	4,8-5,4V	300mA
BZX83V003,0	DO35	2,8-3,2V	117mA	BZX85V004,3	DO41	4,0-4,6V	260mA	BZY005,6	DO41	5,2-6,0V	275mA
BZX83V003,3	DO35	3,1-3,5V	109mA	BZX85V004,7	DO41	4,4-5,0V	235mA	BZY006,2	DO41	5,8-6,6V	245mA
BZX83V003,6	DO35	3,4-3,8V	101mA	BZX85V005,1	DO41	4,8-5,4V	215mA	BZY008,2	DO41	7,7-8,7V	165mA
BZX83V003,9	DO35	3,7-4,1V	92mA	BZX85V005,6	DO41	5,2-6,0V	193mA	BZY009,1	DO41	8,5-9,6V	165mA
BZX83V004,3	DO35	4,0-4,6V	85mA	BZX85V006,2	DO41	5,8-6,6V	183mA	BZY010	DO41	9,4-10,6V	135mA
BZX83V004,7	DO35	4,4-5,0V	76mA	BZX85V006,8	DO41	6,4-7,2V	157mA	BZY011	DO41	10,4-11,6V	135mA
BZX83V005,1	DO35	4,8-5,4V	67mA	BZX85V007,5	DO41	7,0-7,9V	143mA	BZY012	DO41	11,4-12,7V	110mA
BZX83V005,6	DO35	5,2-6,0V	59mA	BZX85V008,2	DO41	7,7-8,7V	127mA	BZY013	DO41	12,4-14,1V	110mA
BZX83V006,2	DO35	5,8-6,6V	54mA	BZX85V009,1	DO41	8,5-9,6V	117mA	BZY015	DO41	13,8-15,8V	98mA
BZX83V006,8	DO35	6,4-7,2V	49mA	BZX85V010	DO41	9,4-10,6V	105mA	BZY016	DO41	15,3-17,1V	90mA
BZX83V007,5	DO35	7,0-7,9V	44mA	BZX85V011	DO41	10,4-11,6V	94mA	BZY018	DO41	16,8-19,1V	80mA
BZX83V008,2	DO35	7,7-8,7V	40mA	BZX85V012	DO41	11,4-12,7V	85mA	BZY020	DO41	18,8-21,2V	72mA
BZX83V009,1	DO35	8,5-9,6V	36mA	BZX85V013	DO41	12,4-14,1V	78mA	BZY024	DO41	22,8-25,6V	60mA
BZX83V010	DO35	9,4-10,6V	33mA	BZX85V015	DO41	13,8-15,8V	70mA	BZY027	DO41	25,1-28,9V	53mA
BZX83V011	DO35	10,4-11,6V	30mA	BZX85V016	DO41	15,3-17,1V	63mA	BZY033	DO41	28,0-35,0V	48mA
BZX83V012	DO35	11,4-12,7V	28mA	BZX85V018	DO41	16,8-19,1V	57mA	BZY036	DO41	31,0-35,0V	44mA
BZX83V015	DO35	12,4-14,1V	25mA	BZX85V020	DO41	18,8-21,2V	52mA	BZY039	DO41	34,0-38,0V	40mA
BZX83V016	DO35	13,8-15,6V	23mA	BZX85V022	DO41	20,8-23,3V	48mA	BZY043	DO41	37,0-41,0V	37mA
BZX83V018	DO35	15,3-17,1V	20mA	BZX85V024	DO41	22,8-25,6V	42mA	BZY047	DO41	40,0-46,0V	33mA
BZX83V020	DO35	16,8-19,1V	18mA	BZX85V027	DO41	25,1-28,9V	38mA	BZY051	DO41	44,0-50,0V	30mA
BZX83V022	DO35	18,8-21,2V	17mA	BZX85V030	DO41	28,0-32,0V	35mA	BZY056	DO41	48,0-54,0V	27mA
BZX83V024	DO35	20,8-23,3V	16mA	BZX85V033	DO41	31,0-35,0V	31mA	BZY062	DO41	52,0-60,0V	25mA
BZX83V027	DO35	22,8-25,6V	13mA	BZX85V036	DO41	34,0-38,0V	29mA	BZY068	DO41	58,0-66,0V	21mA
BZX83V030	DO35	25,1-28,9V	12mA	BZX85V039	DO41	37,0-41,0V	26mA	BZY082	DO41	64,0-72,0V	20mA

Rozměry Zenerových diod



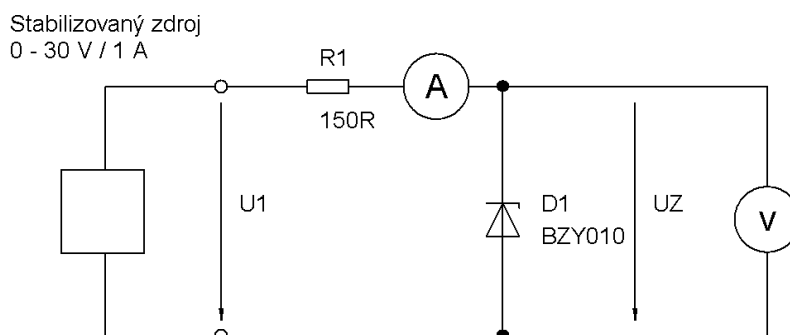
	[mm]		poznámka
	min.	max.	
A	-	4,3	
B	-	2,8	průměr
C	-	0,8	průměr
D	28	-	

Pro rychlé orientační měření Zenerova napětí můžeme využít stabilizovaného zdroje s regulací výstupního napětí i proudu. Zdroj nastavíme na minimální výstupní napětí a minimální proudové omezení. Připojíme Zenerovu diodu katodou na kladnou svorku. Zvyšujeme zvolna napětí, až se rozsvítí signálka proudového omezení. Odečteme nastavené napětí a tím zjistíme, jaké je napětí Zenerovy diody.

Pozor! Po rozsvícení signálky proudového omezení reagujte rychle. Odečtěte hodnotu napětí a regulátor stáhněte na nulu. Pokud byste po rozsvícení signálky nechali diodu připojenou déle, mohla by se zničit.

Měření

1. Schéma zapojení:



2. Přístroje zapojte podle schématu a před zapnutím zdroje zkontrolujte, je-li nastaveno minimální výstupní napětí.
3. Postupně zvyšujte výstupní napětí zdroje a do připravené tabulky zapisujte naměřené hodnoty proudu a napětí.
4. Během měření nesmíte překročit maximální povolenou hodnotu proudu I_z (135 mA).
5. Z naměřených hodnot nakreslete charakteristiku Zenerovy diody.
6. Vypočtěte stejnosměrný (R_{ss}) a dynamický (R_{dyn}) odpor, je-li pracovní bod nastaven na 100 mA. Dynamický odpor vypočtěte při hodnotách $I_z = 80$ a 120 mA.