

STABILIZZATORE DI TENSIONE A DIODO ZENER

Descrizione del problema

Il circuito mostrato in Fig. 1 rappresenta uno stabilizzatore di tensione a diodo zener. Approssimando la caratteristica I_D - V_D del diodo zener con l'andamento lineare a tratti riportato in Fig. 2, determinare:

- il valore della resistenza R_S ,
- la massima potenza dissipata da R_S ;
- il valore minimo della resistenza di carico R_{Lmin} ;
- la massima potenza dissipata dal diodo zener sapendo che la resistenza di carico può variare da R_{Lmin} a infinito;
- la regolazione di linea $S_V = \frac{\Delta V_o}{\Delta V_S}$;
- la regolazione di carico $S_L = \frac{\Delta V_o}{\Delta I_L}$.

Dati: $V_S = 15 \text{ V}$, $V_{Z0} = 6 \text{ V}$, $I_{Zmin} = 10 \text{ mA}$, $I_{Zmax} = 60 \text{ mA}$, $R_Z = 7 \Omega$

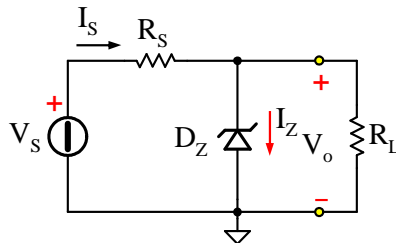


Fig. 1– Stabilizzatore di tensione a diodo zener

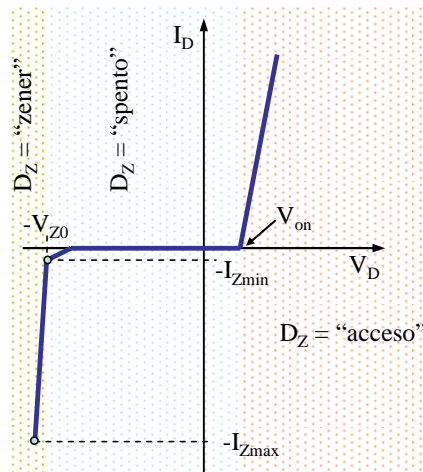


Fig. 2– Approssimazione lineare a tratti della caratteristica I_D - V_D del diodo zener

Soluzione:

La massima corrente nel diodo zener si ha nella condizione di assenza di carico (stabilizzatore a vuoto). Pertanto, il minimo valore della resistenza R_S necessario a limitare la corrente nello zener a valori inferiori a I_{Zmax} si ricava dallo schema equivalente di Fig. 3:

$$(1) \quad I_{Zmax} = \frac{V_S - V_{Z0}}{R_{Smin} + R_Z}$$

da cui si ricava:

$$(2) \quad R_{Smin} = \frac{V_S - V_{Z0}}{I_{Zmax}} - R_Z = 143 \, \Omega$$

Scegliamo il valore commerciale $R_S = 150 \, \Omega$. In questo caso, la massima corrente nello zener è limitata a $I_{Lmax} = 57.3 \, \text{mA}$ e rappresenta il caso peggiore per la potenza dissipata dal diodo zener:

$$(3) \quad P_Z = R_Z I_{Zmax}^2 + V_{Z0} I_{Zmax} = 0.367 \, \text{W}$$

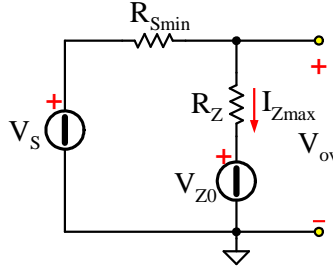


Fig. 3– Circuito equivalente a vuoto

La minima corrente di carico si determina, invece, dalla condizione che la corrente nel diodo zener sia pari al suo valore minimo, necessario a garantire una corretta stabilizzazione della tensione ai suoi capi. Dal circuito equivalente a carico di Fig. 4, imponendo $I_Z = I_{Zmin}$, otteniamo:

$$(4) \quad V_{omin} = R_Z I_{Zmin} + V_{Z0} = 6.07 \, \text{V}$$

La massima corrente erogata dal generatore d'ingresso in questa situazione vale:

$$(5) \quad I_{Smax} = \frac{V_S - V_{omin}}{R_S} = 59.5 \, \text{mA}$$

La massima corrente di carico e, di conseguenza, la minima resistenza di carico, risultano:

$$(6) \quad I_{Lmax} = I_{Smax} - I_{Zmin} = 49.5 \, \text{mA}$$

$$(7) \quad R_{Lmin} = \frac{V_{omin}}{I_{Lmax}} = 122.54 \, \Omega$$

Questa situazione risulta anche la peggiore dal punto di vista della dissipazione di potenza nella resistenza R_S :

$$(8) \quad P_S = R_S I_{Smax}^2 = 0.532 \, \text{W}$$

Per quanto riguarda la stabilizzazione di tensione S_v , osserviamo che, nel caso generale, la tensione di uscita è data dalla seguente espressione (vedi Fig. 4):

$$(9) \quad V_o = \left(\frac{V_S}{R_S} + \frac{V_{Z0}}{R_Z} \right) R_p$$

con

$$(10) \quad R_p = \frac{1}{\frac{1}{R_S} + \frac{1}{R_Z} + \frac{1}{R_L}}$$

Pertanto, la stabilizzazione di tensione vale:

$$(11) \quad S_v = \frac{\Delta V_o}{\Delta V_S} = \frac{R_p}{R_S}$$

Tale coefficiente varia da 0.0446 a 0.0423 passando da vuoto a carico.

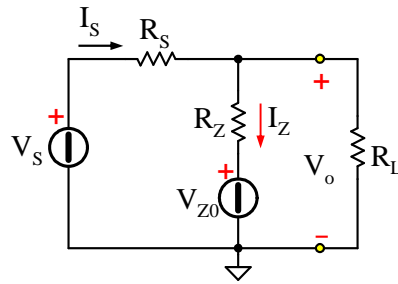


Fig. 4– Circuito equivalente a carico

Per quanto riguarda il fattore di regolazione di carico, si faccia riferimento al circuito equivalente secondo Thevenin di Fig. 5, per il quale possiamo scrivere:

$$(12) \quad R_o = \frac{1}{\frac{1}{R_S} + \frac{1}{R_Z}} = 6.69 \, \Omega$$

$$(13) \quad V_{ov} = \left(\frac{V_S}{R_S} + \frac{V_{Z0}}{R_Z} \right) R_o = 6.4 \, \text{V}$$

L'espressione della tensione di uscita in funzione della corrente di carico I_L risulta:

$$(14) \quad V_o = V_{ov} - R_o I_L$$

Pertanto, il fattore di regolazione di carico risulta:

$$(15) \quad S_L = \frac{\Delta V_o}{\Delta I_L} = -R_o$$

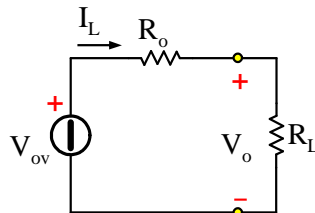


Fig. 5– Rappresentazione secondo Thevenin dello stabilizzatore di tensione