

Jak liczyć spadki napięć na przewodach oraz dlaczego warto wybierać przetwornice?

Czasem istnieje potrzeba zasilenia jakiegoś układu z miejsca oddalonego o kilkanaście metrów a nawet więcej. Jak policzyć spadki napięć na przewodach? Czy to rzeczywiście trudne? NIE! Nic prostszego! Wystarczą elementarne wzory i trochę chęci ☺ Warto też zaznaczyć że w dzisiejszych czasach warto używać przetwornic! Dlaczego? No cóż... Producenci urządzeń elektrycznych/elektronicznych cały czas dążą do poprawy sprawności. Stabilizatory liniowe mają dobre/bardzo dobre właściwości dynamiczne i świetnie nadają się do zasilania np. układów cyfrowych ale niestety mają pewną wadę. Straty mocy które zamieniane są na ciepło! Współczesne przetwornice są bardzo łatwe do stosowania, wystarczy jeden scalak, kilka elementów pasywnych i dioda i już mamy przetwornice. Wzrastająca częstotliwość kluczkowania i zawansowanie współczesnych scalaków powodują, że w wielu zastosowaniach wypierają stabilizatory liniowe, a ich sprawność jest o wiele wyższa. Ale.. Ale dobra, koniec tej pisaniny. Przechodzimy do liczenia ☺ i dowodów w postaci cyferek czyli to co elektrycy/elektronicy widzą najlepiej ☺

Aby wyliczyć spadek napięcia na przewodzie najpierw liczymy rezystancję tegoż przewodu.

Wzór na rezystancję przewodu o znanej długości, przekroju i materiale z jakiego jest wykonany wygląda tak:

$$R = \frac{l}{\gamma \cdot S}$$

Gdzie:

R – rezystancja, l – długość, γ – przewodność właściwa w [S/m], S – przekrój przewodu.

Prawda że proste? No to na potwierdzenie policzymy sobie przykład poniżej ☺

Przykład:

Oblicz rezystancję przewodu miedzianego o długości 10m i średnicy 1mm.

Przekrój przewodu:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = 3,1415 \cdot \frac{1^2}{4} = 0,78 [mm^2] = 7,8 \cdot 10^{-7} [m^2]$$

Przewodność właściwa miedzi według Wikipedii:

$$58,6 \cdot 10^6 \frac{S}{m} = 58,6 \cdot 10^6 \frac{1}{\Omega \cdot m}$$

Uwaga! Siemens [S] to jednostka konduktywności lub inaczej mówiąc przewodności. Jest to nic innego niż odwrotność rezystancji czyli $1/R$.

Rezystancja przewodu:

$$R = \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{10}{58,6 \cdot 10^6 \cdot 7,8 \cdot 10^{-7}} = 0,2187[\Omega]$$

Przypominamy sobie prawo Ohma

Prawo Ohma

$$U = I \cdot R$$

lub

$$I = \frac{U}{R}$$

bądź

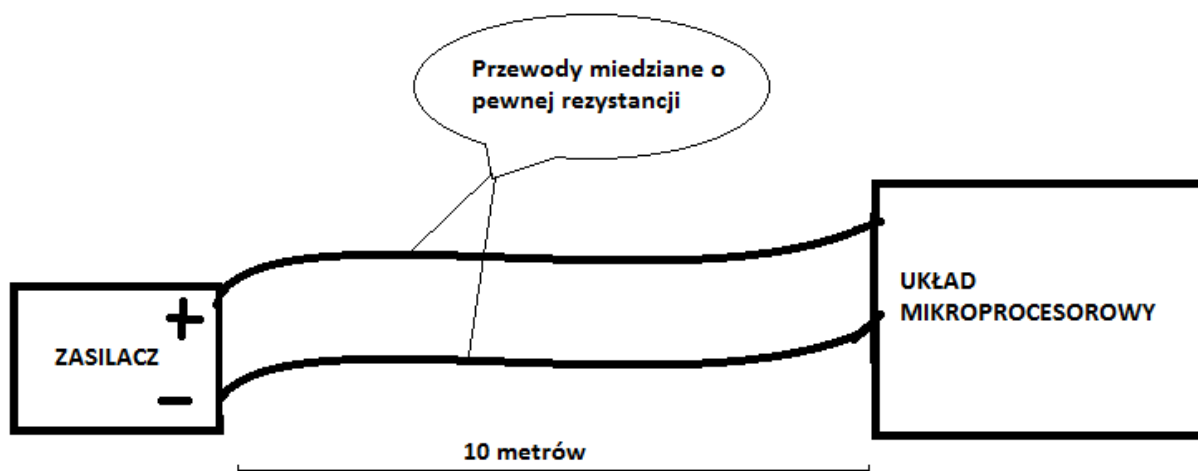
$$R = \frac{U}{I}$$

Dobra, wiemy już wszystko żeby iść dalej. Tutaj rozwiążemy sobie pewne zadanko. Jest ono bardzo proste. Chodzi o spadek napięcia na przewodzie. Dodatkowo policzymy sobie sprawności przy użyciu stabilizatora liniowego i dla porównania przetwornicy. Żeby za dużo nie gadać, bierzemy się do pracy!

Przykład:

Oblicz wartość napięcia na końcu przewodu doprowadzającego zasilanie do systemu mikroprocesorowego, straty mocy oraz straty mocy przy użyciu przetwornicy zamiast stabilizatora liniowego wiedząc, że:

Długość przewodu wynosi 10m. Średnica żyły 1mm, Napięcie zasilające na początku linii wynosi 9V. Układ mikroprocesorowy zasilany jest ze stabilizatora liniowego 5V i pobiera moc 2W. Przetwornica która mogłaby być na miejscu stabilizatora ma sprawność 90%.



Obliczenia:

Rezystancja jednej żyły linii zasilającej:

$$R_{1\dot{z}} = \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{10}{58,6 \cdot 10^6 \cdot 7,8 \cdot 10^{-7}} = 0,2187[\Omega]$$

Rezystancja całej linii:

$$R_L = 2 \cdot R_{1\dot{z}} = 0,4374[\Omega]$$

Prąd płynący przez przewody:

Liczymy go ze wzoru na moc, czyli:

$$P = U \cdot I$$

Prąd płynący więc w obwodzie wynosi:

$$I_O = \frac{P}{U} = \frac{2}{5} = 0,4[A] = 400[mA]$$

Napięcie na końcu linii zasilającej będzie więc równe:

$$U = U_{ZAS} - I_O \cdot R_L = 9 - 0,4 \cdot 0,4374 = 8,825[V]$$

Straty mocy w przewodzie wynoszą:

$$P_L = I_O^2 \cdot R = 0,4^2 \cdot 0,4374 = 0,0699 [W]$$

Straty mocy w stabilizatorze liniowym:

$$P_{stab} = (U - U_{stab}) \cdot I_O = (8,825 - 5) \cdot 0,4 = 1,53[W]$$

Obliczenia przy użyciu przetwornicy!!!

Moc jaką należy doprowadzić do przetwornicy:

$$P_{przet} = \frac{P_O}{\eta} = \frac{2}{0,90} = 2,22[W]$$

Przyjmując, że przetwornica to rezystor na którym wydzielane jest 2,22W oraz uwzględniając rezystancje linii zasilającej otrzymujemy układ równań:

$$\begin{cases} U_{zas} = I_{przet} \cdot R_L + I_{przet} \cdot R_{przet} \\ P_{przet} = I_{przet}^2 \cdot R_{przet} \end{cases}$$

Po elementarnych przekształceniach drugiego równania:

$$R_{przet} = \frac{P_{przet}}{I_{przet}^2}$$

I podstawieniu do pierwszego równania, otrzymujemy:

$$U_{zas} = I_{przet} \cdot R_L + I_{przet} \cdot \left(\frac{P_{przet}}{I_{przet}^2} \right) = I_{przet} \cdot R_L + \frac{P_{przet}}{I_{przet}}$$

Po przekształceniach otrzymujemy:

$$U_{zas} \cdot I_{przet} - R_L \cdot I_{przet}^2 - P_{przet} = 0$$

Otrzymaliśmy zatem równanie kwadratowe.

Liczmy dalej:

$$-R_L \cdot I_{przet}^2 + U_{zas} \cdot I_{przet} - P_{przet} = 0$$

Słynna delta! Uciekać! ☺

$$\Delta = b^2 - 4ac = 9^2 - 4 \cdot (-0.4374) \cdot -2,22 = 77,11$$

Pierwiastek z delty:

$$\sqrt{\Delta} = \sqrt{84,88} = 8,78$$

Pierwiastki:

$$I_{przet_1} = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{-9 - 8,78}{2 \cdot (-0.4374)} = 20,32A$$

$$I_{przet_2} = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{-9 + 8,78}{2 \cdot (-0.4374)} = 0,251A$$

No ale jak widać wyszły nam dwie różne wartości prądu.. My jednak wyliczymy sobie mniej więcej jaki prąd może ciągnąć przetwornica przy zasilaniu jej pełnym napięciem jakie posiadamy bez uwzględnienia spadków napięć na przewodach.

$$P_{przet} = U_{ZAS} \cdot I_{spodziewany} \rightarrow \frac{P_{przet}}{U_{zas}} = I_{spodziewany} = \frac{2,22}{9} = 0,246A$$

Zatem wyliczony przez nas pierwiastek I_{przet_2} przy uwzględnieniu tego że przy przepływie prądu przez linię zasilającą wystąpi na niej spadek napięcia i przetwornica zasilona będzie mniejszym napięciem odpowiada rzeczywistości. Zatem:

$$I_{przet} = 0,251A$$

Moc wytracona na przetwornicy wyniesie:

$$P_{strat} = P_{przet} - P_O = 2,22 - 2 = 0,22W$$

Moc wytracona na przewodach:

$$P_L = 0,251^2 \cdot 0.4374 = 0,0275 [W]$$

łączna moc strat:

$$P_{\text{łączna}_{\text{przet}}} = 0,22 + 0,0275 = 0,2475[W]$$

łączna moc strat przy użyciu stabilizatora liniowego:

$$P_{\text{łączna}_{\text{przet}}} = 1,56 + 0,0699 = 1,6299[W]$$

Przy użyciu stabilizatora liniowego moc strat jest większa

$$\frac{P_{\text{łączna}_{\text{stabilin}}}}{P_{\text{łączna}_{\text{przet}}}} = \frac{1,6299}{0,2475} = 6,58 \text{ razy}$$

Teraz policzymy sobie tak dla hecy napięcie na zaciskach wejściowych przetworniczki:

$$U = U_{ZAS} - I_O \cdot R_L = 9 - 0,251 \cdot 0,4374 = 8,890[V]$$

Czyli więcej o kilkadziesiąt miliwoltów niż w przypadku stabilizatora liniowego.

A co byłoby gdybyśmy zasilili ten układ z 24V? Cóż... Warto sobie przeliczyć i samemu odpowiedzieć na to pytanie. Powiem jedynie że w takich przypadkach warto stosować przetworniczki 😊

Opracował:

Nefarious19

Dla:

[Forum Atnel](http://forum.atnel.pl)

