

Krystyna STEC

SELECTED PROBLEMS CONCERNING ACTIVE POWER AT THE TERMINALS OF NONLINEAR LOAD IN SIMPLE ONE-LOOP NETWORK

Summary. Selected problem concerning active power in a simple one-loop nonlinear circuit with ideal sinusoidal voltage source supplying nonlinear load through linear resistive line with inserted parallel LC filter have been considered.

WYBRANE PROBLEMY DOTYCZĄCE MOCY CZYNNEJ NA ZACISKACH OBCIĄŻENIA NIELINIOWEGO W PROSTYM OBWODZIE JEDNOOCZKOWYM

Streszczenie. Rozważone zostały wybrane problemy dotyczące mocy czynnej w prostym obwodzie jednooczkowym z idealnym sinusoidalnym źródłem napięciowym zasilającym obciążenie nieliniowe przez liniową linię rezystancyjną z wtrąconym filtrem równoległym LC.

AUSGEWAHLTE PROBLEME DER WIRKLEISTUNG AN DEN ANSCHLUSSKLEMMEN DER NICHTLINEAREN BELASTUNG IM EINFACHEN NETZWERK

Zusammenfassung. Im Beitrag die ausgewählte Probleme der Wirkleistung im einfachen Netzwerk mit Sinusspannungsquelle, die nichtlineare Belastung durch lineare Resistanzlinie mit parallelem LC-Filter speist, werdem vorgestellt.

1. INTRODUCTION

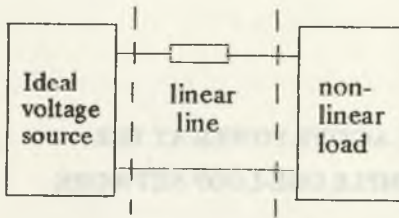


Fig.1.

Some problems concerning powers in nonlinear networks have been elaborated earlier. It has been found [1] that the average power at the terminals of nonlinear load in the network of the type shown in fig.1 with sinusoidal ideal voltage source $e(t) = E_m \sin \omega t$ is equal to the average power of the first harmonic at the terminals of the nonlinear element minus the sum of average powers of the other harmonics at the linear line (eq.1).

$$P_n = P_{nl} - U_{1o} I_{1o} - \sum_{h=2}^{\infty} U_{1h} I_h \cos(\alpha_{1h} - \beta_h) \quad (1)$$

where

$$u_1(t) = U_{1o} + \sum_{h=1}^{\infty} U_{1mh} \sin(h\omega t + \alpha_{1h}) \quad (2)$$

represents the voltage across the linear line

and

$$i(t) = I_o + \sum_{h=1}^{\infty} I_{nh} \sin(h\omega t - \beta_h) \quad (3)$$

represents the current.

P_{n1} is the average power of the first harmonic at the terminals of the nonlinear load and P_n is the whole average power at the nonlinear load.

The two contradictory hypotheses have been stated earlier:

a). Since nonlinear load is passive $P_n > 0$ and in consequence $P_{n1} \neq 0$. The result is that the r.m.s. values of the first harmonic of the current I_1 , voltage across the terminals of the nonlinear load U_{n1} cannot be equal to zero and the angle $\varphi_n = \angle(U_{n1}, I_n) \neq \pi/2$.

b) Since the nonlinear load must be treated as active element for the harmonics other than the first there exist possibility of $P_n < 0$.

The parallel LC filter with $\omega L = 1/\omega C$ has been used in the attempt to stop first harmonic of the current in the selected nonlinear network.

2. ANALYSIS OF THE SELECTED NONLINEAR NETWORK

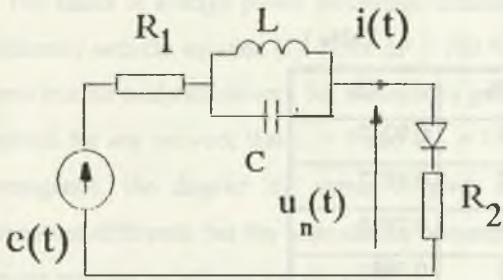


Fig.2.

The analyzed network is shown in the fig.2. In order to suppress the first harmonic of the current of the parallel LC filter has been used. That harmonic has not been completely eliminated. It seemed probable that average power depends among others on the content of the first harmonic of the current $i(t)$ the varied with the value $X = \omega L = 1/\omega C$.

The factor

$$C_{11} = I_1/T \quad (4)$$

has been defined as the relative first harmonic content.

I_1 and I are r.m.s. values of the $i(t)$ and its first harmonic correspondingly.

The percentage average power difference measured at the terminals of nonlinear load has been denoted as ΔP and defined as

$$\Delta P = \frac{P_n - P_{n1}}{P_{n1}} * 100\% \quad (5)$$

The value of the reactance C changed starting from 0.1Ω to 10Ω .

The interrelation between ΔP and C , C_{11} and X and ΔP and C_{11} have been examined.

The results are shown in the table 1 and in figures 3 and 4.

It can be easily seen that the interrelation between ΔP and X has its extremum at $X = 1.1\Omega$. The value of ΔP varies from -12.114% to 47.573% (table 1, fig.3).

C_{11} has the same value for different values of X . So we must say that the interrelation is not unique (table 1, fig.4).

In the relative average power percentage difference versus C_{11} is concerned it should be noticed that for $X \in [1.5, 5\Omega]$ $C_{11} = 0.7917 \pm 0.15\%$ and ΔP varies in this region from -46.406% to -42.361% , so we have multiple values of ΔP for constant C_{11} . In consequence

the relative content of the first harmonic of the current although it looked so promising proved to be of no use if the average power percentage difference is taken into account.

Table 1

$X[\Omega]$	$\Delta P \%$	C_{11}
0.1	-12.114	0.9747
0.5	-30.017	0.8877
1.0	-46.969	0.7918
1.1	-47.573	0.7681
1.5	-46.406	0.7915
2.0	-45.893	0.7907
5.0	-42.361	0.7929
10.0	-39.027	0.7666

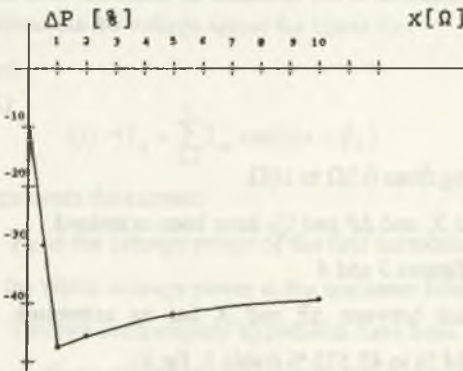


Fig.3.

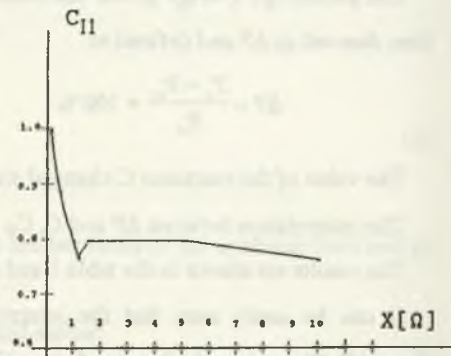


Fig.4.

3. CONCLUSIONS

The values of average power percentage difference are always negative. That result is in conformity with the equation (1). Since $\Delta P < 100\%$ it can be said that hypothesis 1. ($P_n \geq 0$) seems true for analyzed network but it cannot be generalized. One cannot be sure that it can be assumed for any network that $I_1 \neq 0$ and $U_{n1} \neq 0$ and $\varphi_{n1} \neq 0$. The problem needs further investigation. the diagram ΔP versus X gives clear information about average power percentage difference but the interrelation between ΔP and C_{11} is not unique and in some regions provides no information about ΔP .

REFERENCES

1. Stec K.: Selected Problems Connected with Powers at the Terminals of a Nonlinear Two Terminal Network. XIV Seminar on Fundamentals of Electrotechnics and Circuit Theory Gliwice-Wisła (May 1991) (in Polish).
2. Stec K.: Problem of Negative Average Power at the Terminals of Nonlinear Passive Network. XVI Seminar on Fundamentals of Electrotechnics and Circuit Theory. Gliwice-Ustroń (May 1993).

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Maciej Siwczyński

Wpłynęło do Redakcji 25 marca 1994 r.

Skórt

Przedstawiono wybrane problemy dotyczące mocy czynnej w prostym nieliniowym obwodzie jednooczkowym z idealnym sinusoidalnym źródłem napięciowym zasilającym odbiornik nieliniowy przez liniową linię.

Rozważania oparto na opracowanych wcześniej zależnościach (równania 1-3).

Badany układ pokazano na rys.2. W celu stłumienia pierwszej harmonicznej prądu zastosowano równoległy filtr LC. Harmoniczne ta nie została całkowicie wyeliminowana. Wydawało się możliwe, że moc czynna zależy od zawartości pierwszej harmonicznej w prądzie $i(t)$, która zmieniała się zależnie od wartości $X = \omega L = 1/\omega C$.

Zdefiniowano dwa pojęcia: względny wskaźnik zawartości pierwszej harmonicznej w prądzie C_{11} (wzór 4) i procentową różnicę mocy czynnej (wzór 5). Zbadano zależność tych wskaźników od reaktancji filtru oraz ich wzajemną zależność.

Wyniki przedstawiono na rys.4 i 5 oraz w tabeli 1.

Wnioski:

Wartości procentowej różnicy mocy czynnej są zawsze ujemne, co jest w zgodzie z równaniem (1). Ponieważ $\Delta P < 100\%$, można stwierdzić prawdziwość hipotezy 1. ($P_n \geq 0$) w przypadku badanego układu nie można tego jednak uogólniać. Nie można mieć pewności, że zawsze będzie spełnione $I_1 \neq 0$ i $U_{n1} \neq 0$ i $\varphi_{n1} \neq 0$.

Zagadnienie to wymaga dalszego zbadania. Wykres zależności ΔP od X daje jasną informację o procentowej różnicy mocy, lecz zależność ΔP od C_{11} nie jest jednoznaczna i w pewnych regionach nie daje żadnej informacji o ΔP .