|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| SPRAWOZDANIE Z ĆWICZENIA LABORATORYJNEGO Z  TACHNIKI ANALOGOWEJ II | | | | |
| KOLEGIUM KARKONOWSKIE  w Jeleniej Górze  INSTYTUT TECHNIKI | | | Temat ćwiczenia: Podstawowe twierdzenia teorii obwodów.  (ćwiczenie nr 1) | |
| Imię i nazwisko: | | | Data wykonania  ćwiczenia:  8.10.2007 | Ocena: |
| Specjalizacja  EiT | Semestr  III | Grupa  I |

1. **Cel ćwiczenia**

Celem ćwiczenia jest weryfikacja pomiarowa twierdzenia o:

- superpozycji,

- zastępczym źródle napięciowym,

- dopasowaniu na maksimum mocy czynnej.

1. **Wiadomości wstępne**

*1.Zasada superpozycji, liniowość układu.*

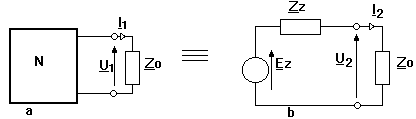
Zasada superpozycji mówi, iż w układzie złożonym wyłącznie z elementów liniowych każda reakcja wywołana wieloma pobudzeniami jest równa sumie reakcji, jakie zostałyby wywołane oddzielnie przez poszczególne pobudzenia. Zasada superpozycji wyraża cechę addytywności układu, tzn. jeśli R1 jest reakcją na pobudzenie P1, a R2 reakcją na pobudzenie P2, to reakcja układu, mającego tę cechę, na pobudzenie P­1+P2 będzie wynosić R1+R2.

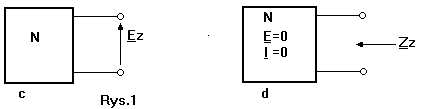
Jeśli układ wykazuje dodatkowo cechę proporcjonalności, tzn. jeśli pobudzeniu c\*P odpowiada reakcja c\*R dla dowolnej stałej c, to układ jest liniowy.

W szczególności zasada superpozycji obowiązuje w układach liniowych w stanie ustalonym w warunkach pobudzenia sinusoidalnego. Może być zatem wyrażona matematycznie za pomocą zespolonych wartości skutecznych pobudzeń i reakcji i w takiej postaci będzie sprawdzana w ćwiczeniu.

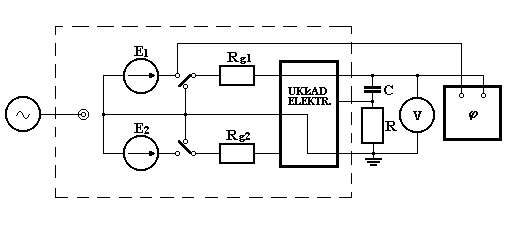
*2.Twierdzenie Thevenina.*

Dowolny dwójnik liniowy N można zastąpić dwójnikiem równoważnym(tzn. takim, że dla dowolnego obciążenia Zo , I1=I2 , U1 =U2 rys.1.a,b), złożonym z szeregowego połączenia źródła napięciowego o wartości skutecznej zespolonej siły elektromotorycznej Ez, równej wartości skutecznej zespolonej napięcia na rozwartych zaciskach dwójnika N (rys 1.c) i impedancji zespolonej Zz .Impedancja Zz jest mierzona na zaciskach dwójnika N w warunkach, gdy wszystkie niezależne źródła napięciowe w dwójniku N zostały zwarte, wszystkie niezależne źródła prądowe - rozwarte, a źródła sterowane pozostawione bez zmian (rys.1d).





1. **Pomiary**
2. *Sprawdzanie zasady superpozycji*



Wartości elementów: R=120 kΩ, C=100nF

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f=1kHz | | | | | |
| Wyłączone Eg1 | | Wyłączone Eg2 | | Włączone Eg1 i Eg2 | |
| U1 [V] | φ1 [◦] | U2 [V] | φ2 [◦] | U [V] | φ [◦] |
| 1,37 | 12,4 | 0,24 | -4,6 | 1,61 | 8,8 |

U1 + U2 = U

U1 = U1\*ejϕ1=1,37\*ej12,4° =1,37[cos(12,4°)+jsin(12,4°)]=

=1,37(0,981 - j0.194) = - 1,34 + j0,266 [V]

U2 = U2 \*ejϕ2 = 0,24\*ej-4,6° = 0,239 – j0,017 [V]

U = U\*ejϕ = 1,61\*ej8,8° = - 0,222 + j1,594 [V]

U1 + U2 = - 0,239 + j1,632 [V] ≈ U

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f=2,5kHz | | | | | |
| Wyłączone Eg1 | | Wyłączone Eg2 | | Włączone Eg1 i Eg2 | |
| U1 [V] | φ1 [◦] | U2 [V] | φ2 [◦] | U [V] | φ [◦] |
| 1,29 | 30,6 | 0,25 | -12,6 | 1,51 | 22,6 |

U1 = 1,29\*ej30,6° = 21.927 -j71.72 [mV]

U2 = 0,25\*e-j12,6° = -61.82 + j16.56 [mV]

U = 1,51\*ej22,6° = -39.1 - j53.8 [mV]

U1 + U2 = -39.89 -j55.16 [mV]

*2.Sprawdzanie twierdzenia Thevenina.*

Dla f = 1000[Hz]

a)włączone źródło Eg1 (Rg1) ,Rg2 zwarty do masy, mierzę napięcie na rozwartych zaciskach wyjściowych :

Uo = 133 [mV] , ϕ = -39° ,

włączamy rezystor R = 500[Ω] do zacisków wyjściowych i mierzymy napięcie na tym rezystorze:

UR = 50 [mV] , ϕR = -50° ,

Obliczam impedancję zastępczą układu w/g wzoru :

Uo - UR

Zz = = ( Uo / UR - 1) R .

UR / R

ZZ = ( 133\*e-j39° / 50\*e-j50° - 1 )\* 500 = ( 2.66\*ej11° - 1)\*500 = (1.611 = j.507)\*500 =

= 805.5 + j253.776 [Ω] = 844.53ej17.48 [Ω]

b)włączone Eg2 ,Rg1 zwarte do masy napięcie na rozwartych zaciskach:

Uo = 113 [mV] , ϕo = -163° ,

R = 500 [Ω] ,

UR = 43 [mV] , ϕR = -175° ;

ZZ = (113\*e-j163° / 43\*e-j175° - 1)\*500 = 785.24 +j273.2 = 831.4ej19.2° [Ω]

c) Rg1 ,Rg2 dołączone do masy, mierzymy ZZ miernikiem impedancji :

ZZ = 760ej18° [Ω]

Zatem: ZZ = 722.8 + j234.8 [Ω]

Obliczamy elementy obwodu:

ωLZ = 234.8 [Ω] ω = 2πf = 2\*3.14\*2400 = 15080 [1/s]

LZ = 234.8 / ω = 234.8 / 15080 = 15.57[mH]

RZ = 722.8 [Ω]

Ug = Uo = 133 [mV] , ϕo = -39° ;

U = 81 [mV] , ϕ = -34° ale ϕw = ϕo + ϕ = -39° +(-34°) = -73 ° ;

1. **Wnioski**

Twierdzenie o superpozycji sprawdziliśmy dla dwóch częstotliwości f = 1000 [Hz] i

f = 2500 [Hz] .Dla obydwu częstotliwości pomiary udowodniły poprawność twierdzenia. Nie ustrzegliśmy się przy tym małych błędów , wynikających zapewne z błędnych odczytów z mierników. Błędy te można pominąć ponieważ naszym zadaniem było sprawdzenie zasady superpozycji, a nie dokładne wyliczenie czy rozwiązanie układu. Zasada superpozycji jest podstawową właściwością układów liniowych i może być uważana za właściwości definiujące klasę tych układów. W tym ujęciu układy nieliniowe to takie układy, które nie spełniają zasady superpozycji .Należy zauważyć, że zasadę superpozycji sprawdzaliśmy dla układu liniowego w stanie ustalonym w warunkach pobudzenia sinusoidalnego.

Przy sprawdzaniu twierdzenia Thevenina wyznaczaliśmy impedancję zastępczą układu jak na rys.2 korzystając ze wzoru: Uo - UR UR Uo - UR

ZZ = ⇒ = = I ;

UR / R R ZZ

Widać, iż jest to równanie równowagi prądów. Z prawej strony jest prąd płynący przez opornik RO dołączonym do panelu z rys.2 (napięcie odłożone na rezystorze podzielone przez wartość tego rezystora).Natomiast z lewej strony równania mamy prąd jakim dysponuje układ, ponieważ jest to różnica między napięciem biegu luzem, a napięciem odłożonym na rezystorze R­O (różnica tych napięć daje spadek napięcia na impedancji zastępczej układu).Podzielona przez wartość impedancji zastępczej daje prąd jaki daje układ na wyjściu. Prądy te są sobie równe, zatem z tego równania należy wyliczyć jedynie ZZ.

Inną metodą obliczenia impedancji zastępczej układu jest zwarcie wszystkich niezależnych źródeł napięciowych, rozwarcie wszystkich niezależnych źródeł prądowych natomiast wszystkie źródła sterowane zostawiamy bez zmian. Następnie do zacisków wyjściowych dołączamy źródło napięciowe o znanej wartości i mierzymy prąd w tej gałęzi. Impedancję zastępczą obliczmy z prawa Ohma, dzieląc napięcie przez prąd.

Za wartość zastępczej siły elektromotorycznej przyjmujemy napięcie biegu luzem zmierzone przy rozwartych zaciskach wyjściowych w pkt.2a).Teraz jak na rys.3 mierzymy napięcie U mierząc fazę ϕ względem fazy napięcia Ug. Porównujemy zmierzone napięcie z napięciem zmierzonym w pkt.1a) (przy częstotliwości f = 2400 [Hz]) :

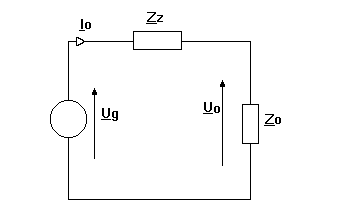
U = 81 [mV] , ϕ = -34°

U1 = 75 [mV] , ϕ1 = -73°

Zauważamy niezgodność fazy, ale należy pamiętać przy porównaniu faz, o fazie początkowej napięcia UO mierzonego w pkt.2a) wynoszącą ϕO = -39° zatem:

U = 81 [mV] , ϕ = -73° .

Wyprowadzenie wzoru na moc czynną przy dopasowaniu na maksimum mocy czynnej:



E E

IO = , UO = \* ZO ;

ZZ + ZO ZZ + ZO

ZZ = RZ + jXZ  , ZO = RO + jXO ;

E2 \* RO

P = Re{ UO \* IO\*} = ;

( RO + RZ)2 + ( XZ + XO)2

Moc czynna P jako funkcja dwóch zmiennych RO i XO

P = f ( RO ,XO ) ,

osiąga maksimum, gdy

∂f /∂RO = 0 i ∂f /∂XO = 0 ,

tj. gdy

EZ2 [ ( RO + RZ )2 + ( XO +XZ )2 ] - 2RO \* EZ2 \* ( RO + RZ) = 0

- 2RO \* EZ2 \* ( XO + XZ) = 0

Z powyższego układu równań otrzymujemy warunek dopasowania:

RO = RZ  E2

XO = -XZ Pmax = ;

ZO = ZZ\*  4 RO

Tak więc moc czynna wydzielona w odbiorniku ZO jest maksymalna, gdy

ZO = ZZ\* = RZ - jXZ .

Przy zachowaniu warunku dopasowania moc czynna :

EZ

P = Pmax = .

4RO

W praktyce, szczególnie w zagadnieniach radiotechnicznych, używa się pojęcia mocy dysponowanej źródła. Mocą dysponowaną źródła ( EZ ,ZZ ) nazywamy moc czynną określoną wzorem: EZ2

P = = Pdys .

4RZ

Powyższa zależność wskazuje, że moc dysponowana jest to moc, jaką źródło dostarcza do odbiornika ZO w warunkach dopasowania. Tak więc

Pmax = Pdys .

Z wykresu 1 można odczytać wartość pojemności dla której napięcie na rezystorze RO osiąga maksimum. Z wykresu nie da się dokładnie wyznaczyć tego napięcia ponieważ utrzymuje się ono na jednakowym poziomie, ale pojemność ta mieści się w przedziale

(0.2,0.3) [μF] .Porównując tą pojemność z wartością uzyskaną z obliczeń tzn. CO = 0.2824 [μF] widać, że mieści się ona w tym przedziale. Jednak wartości tych nie można ze sobą porównywać, ponieważ CO odnosi się do całego dwójnika, natomiast Cmax odczytywana z wykresu odnosi się jedynie do spadku napięcia na rezystorze. Widać, że zwiększając pojemność jeszcze bardziej tzn. powyżej 1 1 [μF] napięcie na rezystorze zaczyna maleć. Natomiast w miarę malenia pojemności dwójnika napięcie na rezystorze maleje, przy wartości 1 [nF] maleje do praktycznie do zera. Kształt wykresu daje się logicznie wytłumaczyć. Dwójnik ma impedancję określoną wzorem Z = R + jXC gdzie XC = 1/(jωC) zatem przy stałej ( określonej ) częstotliwości reaktancja (XC) kondensatora zmienia się od 0 do ∞ ( teoretycznie ).Gdy XC jest bliskie 0 wówczas napięcie na rezystorze będzie największe, ponieważ całe napięcie odłoży się na nim. Natomiast gdy XC jest bliskie zeru to C dąży do ∞ ( duża wartość ).Odwrotnie jest gdy reaktancja kondensatora dąży do ∞, wówczas całe napięcie odłoży się na niej, natomiast na oporze będzie bliskie zeru. XC będzie dążyło do ∞ gdy C będzie bliskie zeru. Wszystko to dobrze ilustruje wykres 1.

Wykres 2 przedstawia zależność mocy czynnej wydzielonej w RO. Moc obliczam z zależności P = UR \* IR , ponieważ IR = UR / R to P = UR2 / R [W].Z samego wzoru można wywnioskować, że krzywa przyjmie postać paraboliczną. Żeby wytłumaczyć kształt krzywej należy wyjść od tego, że wraz ze wzrostem rezystancji rośnie na nim napięcie. Wiadomo, że na początku napięcie rośnie szybciej niż rezystancja , zatem krzywa narasta szybko. Zwiększając coraz bardziej rezystancję wzrost napięcia jest mniejszy od przyrostu rezystancji co powoduje zmniejszenie nachylenia krzywej. W końcu dochodzimy do momentu ,w którym wzrost rezystancji jest na tyle duży, że kwadrat przyrostu napięcia nie ma wpływu na kształt krzywej. Zatem wartość mocy spada praktycznie jak funkcja 1/R ( z dużym przybliżeniem ).Z wykresu widać, że w zależności od podłączonego źródła krzywa ma ten sam kształt, ale przyjmuje inne wartości. Jest to spowodowane innymi wartościami źródeł podłączanych do układu. Sprawdzając zasadę superpozycji mogliśmy się przekonać, że różne konfiguracje SEM Eg1 iEg2  dają różne wartości napięć zasilających układ.

Moc zespolona wyraża się wzorem S = U \* I\* = P + jQ gdzie :

P - moc czynna ,

Q - moc bierna , zatem

P = Re {S} i Q = Im {S} i S2 = P2 + Q2 .

Moc bierna jest więc zawsze tego samego znaku co reaktancja X ( przeciwnego znaku niż susceptancja B ).Znak mocy biernej świadczy więc o tym, czy dla rozważanej pulsacji reaktancja dwójnika ma charakter indukcyjny (Q > 0), czy pojemnościowy (Q<0).Zerowanie się mocy biernej świadczy o tym, że dwójnik jest w rezonansie (przy założeniu, że nie jest to dwójnik rezystancyjny).