
Erzwungene Schwingung am LC Parallel Schwingkreis

Table of Contents

Aufgabenstellung	1
Formeln	1
Bauteilwerte und Simulationsparameter	2
Matlab Funktionen	2
Spannungen über die Zeit	3
Amplitudengang über die Frequenz	4
Phasengang über die Frequenz	6

Aufgabenstellung

Es sollen die Spannungen der Quelle und des Kondensators eines LC Parallel Schwingkreises simuliert und visualisiert werden. Außerdem soll die Resonanzkurve von der Kondensatorspannung und der dazugehörige Phasenverlauf in Abhängigkeit von der Frequenz dargestellt werden.

Formeln

Kondensatorspannung

$$\left| \frac{U_C}{U_{\sim}} \right| = \sqrt{\frac{R^2 + (\omega L)^2}{\left[R + R_K \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \right) \right]^2 + \omega^2 (L + C \times R \times R_K)^2}}$$

Es muss einfach auf U_C umgeformt werden

Phase

$$\tan \Delta\varphi = \frac{\omega \times R_K \left(L - L \frac{\omega^2}{\omega_0^2} - C \times R^2 \right)}{R^2 + R R_K + \omega^2 \times L^2}$$

Es muss einfach auf phi umgeformt werden

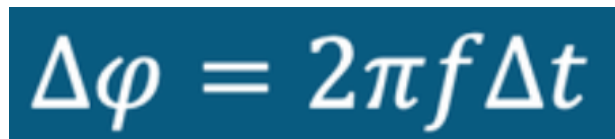
Resonanzfrequenz

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Güte

$$Q = \frac{f_0}{\Delta f} \quad \text{bzw.} \quad Q = \frac{Z_0}{R_v} = \frac{\omega_0 L}{R_v}$$

Phasenverschiebung


$$\Delta\varphi = 2\pi f \Delta t$$

Bauteilwerte und Simulationsparameter

Sinusquelle

```
Amplitude=5;           % Amplitude der Sinusschwingung
Innenwiderstand=50;    % Innenwiderstand der Sinusquelle
Phase=0; % Phasenverschiebung der Sinusquelle
```

Bauteile

```
Rd=5*10^-3; % Verlustwiderstand Kondensator
Rv=5*10^-3; % Verlustwiderstand Spule
Verlustwiderstand=Rv+Rd; % Widerstand Kondensator + Spule
Induktivitaet=500*10^-6; % LC-Spule
Kapazitaet=50.66*10^-6; % LC-Kondensator
```

Simulationsparameter

```
FrequenzsweepMax=10000; %Max. Frequenz des Amplituden- & Phasengang
FrequenzsweepMin=100; %Min. Frequenz des Amplituden- & Phasengang
Uct=[]; % Vektor mit Uc-Werten
Usin=[]; % Vektor mit Usin-Werten (Sinusquelle)
```

Matlab Funktionen

Funktion zur Berechnung von Uc zum Zeitpunkt t

```
% Funktion zur Berechnung von Uc zum Zeitpunkt t
% Berechnung von Uc in einem RLC-Schwingkreis
% mit Sinusquelle zum Zeitpunkt t
function Uc = Uc_t(A, f, ph, R, L, C, Rk, t)
```

```
% A Amplitude der Sinusquelle
% R Verlustwiderstand Kondensator + Spule
% L Induktivität der LC-Spule
% C Kapazität des LC-Kondensators
% Rk Innenwiderstand der Spannungsquelle
% t Zeitpunkt
% f Frequenz der Spannungsquelle
% ph Phasenverschiebung der Spannungsquelle
% Uc Kondensatorspannung

w=2*pi*f;
wo=1/sqrt(L*C);
Usin=A*sin(w*t+ph);
Uc=Usin*sqrt((R^2+((w*L)^2))/(((R+Rk*(1-((w^2)/(wo^2))))^2)+((w^2)*(L
+C*R*Rk)^2))));
end
```

Funktion zur Berechnung der Phase mit Frequenz f

```
%% Funktion zur Berechnung der Phase bei der Frequenz f
% Berechnung von Phi in einem RLC-Schwingkreis
% mit Sinusquelle bei der Frequenz f
function phi = phi_f(f, R, L, C, Rk)
% Berechnung von Phi in einem RLC-Schwingkreis mit
% Sinusquelle bei der Frequenz f
%
% R Verlustwiderstand Kondensator + Spule
% L Induktivität der LC-Spule
% C Kapazität des LC-Kondensators
% Rk Innenwiderstand der Spannungsquelle
% f Frequenz der Spannungsquelle

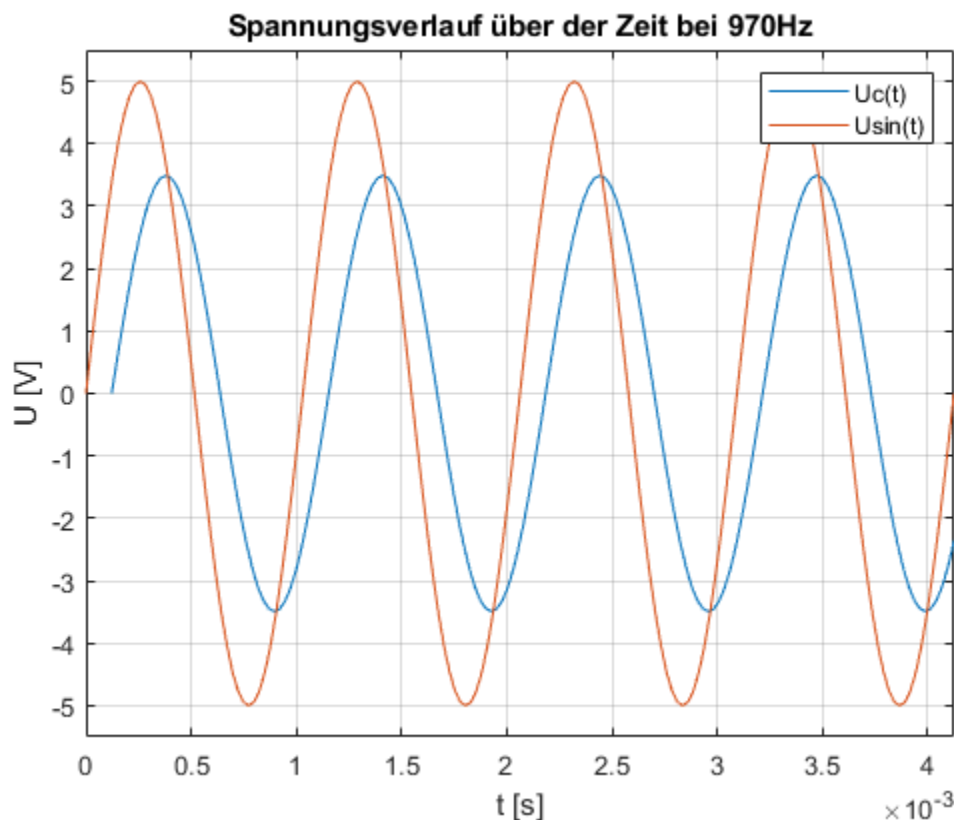
w=2*pi*f;
phi=atan( (w*Rk*(L-L*((w^2)/((1/sqrt(L*C))^2))-C*(R^2))) / ((R^2)+R*Rk
+(w^2)*(L^2)) );
end
```

Spannungen über die Zeit

Es wird U_c in einem LC-Schwingkreis zu Zeitpunkt t berechnet.

```
Frequenz=970;
Abtast=(1/Frequenz)/40; % Messwerte werden alle T/40 genommen
T=(1/Frequenz)*4; % Messwerte werden von 0 bis 5*T genommen
t=0:Abtast:T; % Messzeitpunkte
w=2*pi*Frequenz;
phver=phi_f(Frequenz, Verlustwiderstand, Induktivitaet, Kapazitaet,
Innenwiderstand);%Phasenverschiebung von Uc ausrechnen
dt=phver/(2*pi*Frequenz);% Phasenverschiebung in Zeit umrechnen
tphver=t+dt; % Zu jedem Messzeitpunkt Phasenverschiebung in Zeit hinzurechnen
for a=1:1:length(t)
```

```
Uct(a)=Uc_t(Amplitude, Frequenz, Phase, Verlustwiderstand, Induktivitaet,  
Kapazitaet, Innenwiderstand, t(a));  
Usin(a)=Amplitude*sin(w*t(a)+Phase);  
end  
% Spannungsverlaufplot über der Zeit mit entsprechenden Achsenbeschriftungen  
figure(1);  
plot(tphver, Uct, t, Usin);  
% Y-Achse max. auf höheren Wert setzen  
Umax=max(Usin);  
Umaxnext=round(Umax+0.5, 1);  
axis([0 T -Umaxnext Umaxnext])  
legend('Uc(t)', 'Usin(t)')  
title(append('Spannungsverlauf über der Zeit bei ', int2str(Frequenz), 'Hz'));  
xlabel('t [s]');  
ylabel('U [V]');  
grid on;
```



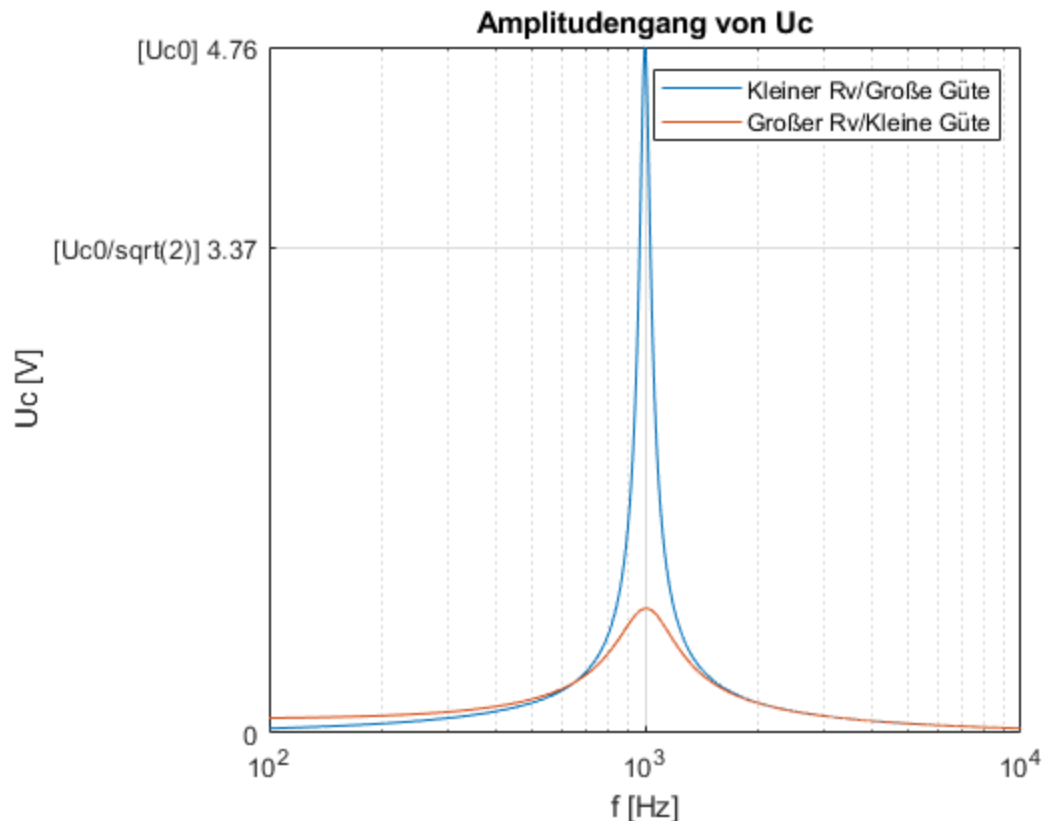
Es entsteht im Schwingkreis am Kondensator eine Wechselspannung mit einer anderen Amplitude als die der Generatorspannung und mit einer bestimmten Phasendifferenz.

Amplitudengang über die Frequenz

Es wird die Resonanzkurve von U_c des LC-Schwingkreises berechnet.

```
Ucf=[];  
fvar=FrequenzsweepMin:1:FrequenzsweepMax;
```

```
Ucf2=[];
% Resonanzkurve mit niedrigem Rv
for a=1:1:length(fvar)
    %immer bei Periodendauer/4 (bei Sinus mit Phase 0 = positives Max.) Uc
    nehmen
    Ucf(a)=Uc_t(Amplitude, fvar(a), 0, Verlustwiderstand, Induktivitaet,
    Kapazitaet, Innenwiderstand, (1/fvar(a)/4));
end
% Resonanzkurve mit hohem Rv
for a=1:1:length(fvar)
    %immer bei Periodendauer/4 (bei Sinus mit Phase 0 = positives Max.) Uc
    nehmen
    Ucf2(a)=Uc_t(Amplitude, fvar(a), 0, Verlustwiderstand*100, Induktivitaet,
    Kapazitaet, Innenwiderstand, (1/fvar(a)/4));
end
% Resonanzkurvenplot mit entsprechenden Achsenbeschriftungen
figure(2);
semilogx(fvar, Ucf, fvar, Ucf2);
legend('Kleiner Rv/Große Güte', 'Großer Rv/Kleine Güte')
Uc0=max(Ucf);
yticks([0 Uc0/sqrt(2) Uc0])
yticklabels({'0', append(['Uc0/sqrt(2) ', num2str(round(Uc0/
sqrt(2),2)))], append(['Uc0 ', num2str(round(Uc0,2)))])})
axis([0 inf 0 Uc0])
title('Amplitudengang von Uc');
xlabel('f [Hz]');
ylabel('Uc [V]');
grid on;
```



Die Bandbreite bei Resonanz hängt von der Schwingkreisgüte ab. Je höher die Güte Q ist, desto schmalbandiger ist der Schwingkreis. Die Güte wiederum ist im Wesentlichen vom Verlustwiderstand der Spule abhängig. Die Verluste des Kondensators sind bei niedrigen und mittleren Frequenzen meistens vernachlässigbar klein.

Die ausgerechnete Resonanzfrequenz stimmt mit der des erstellten Diagramm überein:

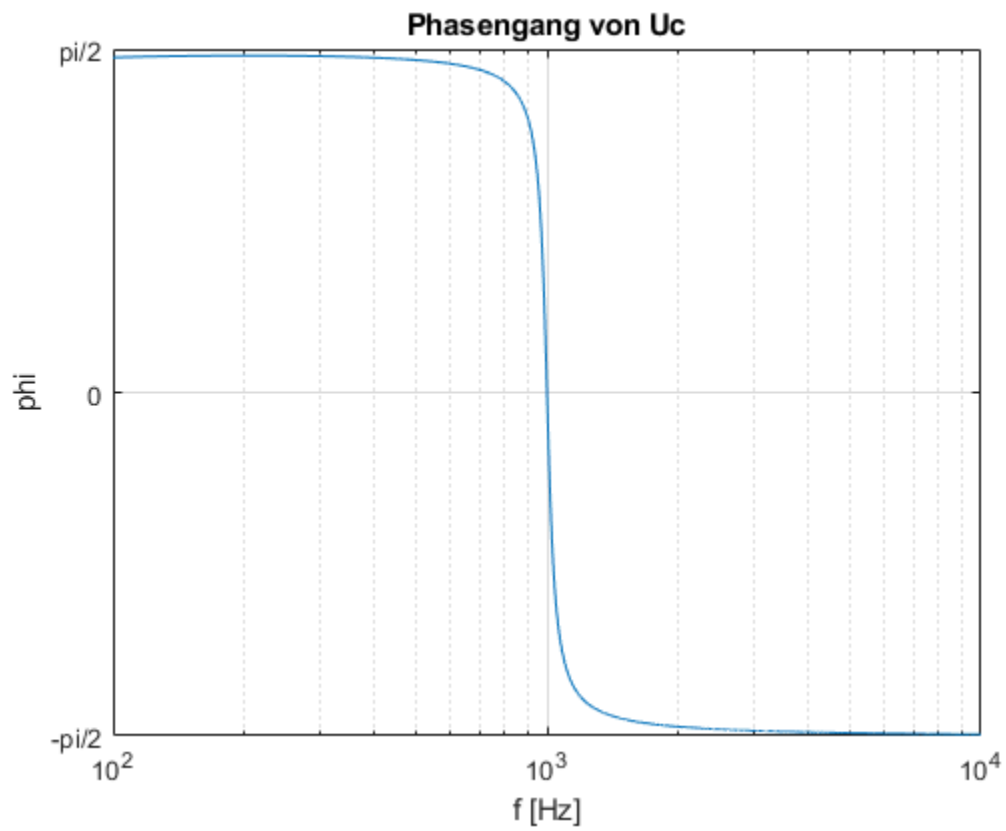
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{500\mu H * 50.66\mu F}} = 1000\text{Hz}$$

Phasengang über die Frequenz

Es wird der Phasengang von Uc des LC-Schwingkreises berechnet.

```
ph=[];
for a=1:1:length(fvar)
    ph(a)=phi_f(fvar(a), Verlustwiderstand, Induktivitaet, Kapazitaet,
    Innenwiderstand);
end
% Phasengangsplot mit entsprechenden Achsenbeschriftungen
figure(3);
semilogx(fvar, ph);
yticks([-pi/2 0 pi/2])
yticklabels({'-pi/2', '0', 'pi/2'})
axis([0 inf -pi/2 pi/2])
title('Phasengang von Uc');
xlabel('f [Hz]');
```

```
ylabel('phi');  
grid on;
```



Published with MATLAB® R2022b