

## EL2-Praktikum #08: Dreispannungsmesser-Verfahren mit LTspice

Eine Spule mit nicht vernachlässigbarem Drahtwiderstand kann mit dem Serie-Ersatzschaltbild nach Abbildung 1 oder mit dem Parallel-Ersatzschaltbild nach Abbildung 2 modelliert werden. Der Drahtwiderstand kann mit einem Milliohmometer gemessen werden. Allerdings ist es mit ein wenig mehr Messaufwand und dem sogenannten «Dreispannungsmesser-Verfahren» möglich, neben dem ohmschen Anteil auch gerade noch den induktive Anteil zu bestimmen. Dieses Verfahren soll in diesem Praktikum an der gegebenen Visaton Luftspule mit den Nennwerten 2.2 mH und 2  $\Omega$  Drahtwiderstand durchgeführt werden.

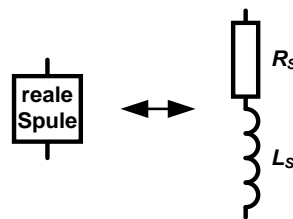


Abbildung 1. Ersatzschaltbild einer realen Spule mit einem Seriewiderstand  $R_S$  und einer Serieinduktivität  $L_S$ .

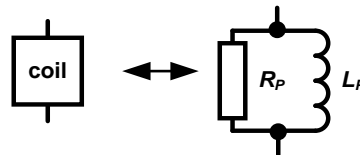


Abbildung 2. Ersatzschaltbild einer realen Spule mit einem Parallelwiderstand  $R_P$  und einer Parallelinduktivität  $L_P$ .

### Dreispannungsmesser-Verfahren

Wird die reale Spule durch einen Messwiderstand ergänzt und an eine Wechselspannungsquelle angeschlossen, ergibt sich das Schaltschema nach Abbildung 3.

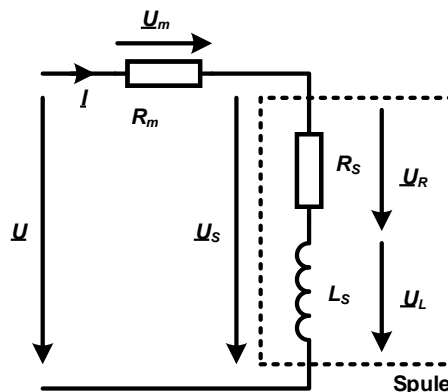


Abbildung 3. Mess-Schaltung für das Dreispannungsmesser-Verfahren.

Die in Abbildung 3 bezeichneten Spannungen bilden das Festzeigerdiagramm gemäss Abbildung 4.

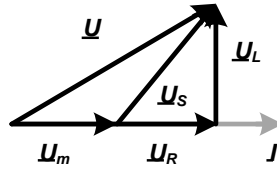


Abbildung 4. Festzeigerdiagramm zum Dreispannungsmesser-Verfahren.

Gemessen werden die drei Effektivwerte  $U$ ,  $U_m$  und  $U_s$  der entsprechenden Spannungen. Damit ist das aktuell vorliegende Festzeigerdiagramm definiert. Die Effektivwerte  $U_R$  und  $U_L$  können nicht gemessen werden, sie sind Modellparameter, aber sie können aus dem Festzeigerdiagramm offensichtlich bestimmt werden. Die Stromstärke  $I$  ergibt sich aus  $U_m$  und dem Messwiderstand  $R_m$ . Mit der Stromstärke und  $U_R$  können  $R_s$ , mit der Stromstärke, der Messfrequenz  $f$  und  $U_L$  kann  $L_s$  bestimmt werden.

### Definieren der Messparameter

$R_m$  ist grundsätzlich frei wählbar. Ist jedoch  $R_s$  schon bekannt wie im vorliegenden Fall ist es sinnvoll, den Messwiderstand ungefähr gleich  $R_s$  zu wählen. Ansonsten wird das Festzeigerdiagramm unter Umständen stark verzerrt, womit sich ungenaue Resultate ergeben.

Aus den gleichen Überlegungen – ein einigermaßen kompaktes Dreieck für bessere Resultatgenauigkeit – soll die Messfrequenz so gewählt werden, dass gilt:  $R_s \approx \omega L_s$ .

### Messung und Auswertung

Bauen Sie nun die Schaltung gemäss Abbildung 3 in LTspice auf. Setzen Sie  $2\ \Omega$  für  $R_s$  ein,  $2.2\ \text{mH}$  für  $L_s$ . Die Generatorspannung ist frei wählbar. Messen Sie die Amplituden der Spannungen des Generators, des Messwiderstands<sup>1</sup> und der Spule. Die Spannung  $U_L$  über  $L_s$  soll nicht gemessen werden, da sie in der Realität nicht zugänglich ist.

1. Verwenden Sie den Kosinus-Satz, um zu den Effektivwerten von  $U_R$  und  $U_L$  zu kommen. Berechnen Sie  $R_s$  und  $L_s$ . Es sollten die Nennwerte resultieren.
2. Stellen Sie Ihr Festzeigerdiagramm mittels der Funktion `Quiver` in Matlab dar.

<sup>1</sup> Eine Differenzspannung messen Sie in LTspice wie folgt: auf den einen Anschluss des Elements klicken (rote Sonde), linke Maustaste gedrückt halten, Maus verschieben, man erhält eine schwarze Sonde (Masseanschluss), verschieben dieser schwarzen Sonde auf den anderen Anschluss des Elements, loslassen.