Offene Fragen Sammelsprechstunde 30.08.2013

Klausur H2009-Diplom
R1 b)
Frage: „Wie kann nur mit Kenntnis von I ein Spannungswert U bzw. die Temperatur des NTC berechnet werden?“

Antwort: Die entsprechende Gleichung ist nicht nach T auflösbar, weswegen unserer Ansicht nach tatsächlich keine andere Möglichkeit bleibt, als zuerst eine Anzahl Wertepaare zu berechnen und die entsprechende UI-Kennlinie des Bauteils zu zeichnen. Aus dieser kann dann zum vorgegebenen Stromwert der entsprechende Spannungswert abgelesen werden und die gesuchte Temperatur ergibt sich letztlich zu

$$\vartheta_{Th} = \vartheta_U + \frac{\alpha_L \cdot A_0 \cdot \left(T_{Th} - T_U\right)}{U_{abgelesen} \cdot I_{angegeben}}$$

Klausur F2010
R3 c)
Frage: „Warum werden Werte zur Bestimmung der Ersatzschaltbildelemente gerade bei $f=10^5$Hz abgelesen?“ bzw. „Kann es sein, dass einige Formeln in der Musterlösung hier falsch sind?“

Antwort:
Grundlegend: Dargestellt im Schaubild ist Realteil bzw. Imaginärteil der komplexen Dielektrizitätskonstanten. Diese steht zur im Ersatzschaltbild dargestellten Impedanz in folgendem Zusammenhang:

$$\underline{Z} = \frac{1}{j\omega\underline{C}} = \frac{1}{j\omega\varepsilon_0\left(\varepsilon_R^{/} - j\cdot\varepsilon_R^{//}\right)\frac{A}{d}}$$

Um also die Werte aus dem Ersatzschaltbild mit Hilfe des Schaubilds bestimmen zu können muss zuerst eine Darstellung in die andere umgerechnet werden.

Möglichkeit 1: Bestimmung der Parameter im Impedanzraum

- Z nach Realteil und Imaginärteil auftrennen

$$\underline{Z} = \frac{1}{j\omega\varepsilon_0\left(\varepsilon_R^{/} + j\cdot\varepsilon_R^{//}\right)\frac{A}{d}} = \frac{d}{\omega\varepsilon_0\left(j\cdot\varepsilon_R^{/} - \varepsilon_R^{//}\right)A} = \frac{d\left(-\varepsilon_R^{//} - j\cdot\varepsilon_R^{/}\right)}{\omega\varepsilon_0\left(\varepsilon_R^{/\,2} + \varepsilon_R^{//2}\right)A}$$

- Gleichsetzen mit entsprechendem ESB Ausdruck

$$\frac{d\left(-\varepsilon_R^{//} - j\cdot\varepsilon_R^{/}\right)}{\omega\varepsilon_0\left(\varepsilon_R^{/\,2} + \varepsilon_R^{//2}\right)A} \stackrel{!}{=} R_1 - j\frac{1}{\omega C_1}$$

- Dies liefert

$$R_1 = \frac{d \cdot \left(-\varepsilon_R^{//}\right)}{\omega \varepsilon_0 \left(\varepsilon_R^{/\,2} + \varepsilon_R^{//2}\right) A},$$
$$C_1 = \frac{\varepsilon_0 \left(\varepsilon_R^{/\,2} + \varepsilon_R^{//2}\right) A}{d \cdot \varepsilon_R^{/}}$$

was der korrekten Form der Formeln aus der Musterlösung entspricht.

Welche Frequenz nun aber zum Ablesen benutzen? Fakt ist, dass die Werte der Parameter im kompletten gültigen Frequenzbereich des ESB konstant sein müssen, andernfalls würde das angesetzte ESB den Verlauf der komplexen Dielektrizitätskonstante nicht korrekt beschreiben. Setzen wir daher zur Probe einfach mal die Werte für Epsilon an den Frequenzen

$$f = 10^4 / 10^6\,Hz$$

ein, so erhalten wir

$$R_1 = 0.99 / 0.99\,\Omega$$
$$C_1 = 4.4 / 4.4 nF,$$

und damit wie erwartet frequenzunabhängig die gleichen korrekten Parameterwerte. Die Frequenz f=10^5Hz ist somit einfach beliebig gewählt.

Möglichkeit 2: Ungewohnter aber schöner: Bestimmung der Parameter im Kapazitätsraum
Hierzu muss

$$\underline{Z} = \frac{1}{j\omega \underline{C}} = \frac{1}{j\omega\varepsilon_0 \left(\varepsilon_R^{/} - j \cdot \varepsilon_R^{//}\right) \frac{A}{d}}$$

Einfach nach den Dielektrizitätskonstanten umgestellt und der Ausdruck der Impedanz aus dem ESB eingesetzt werden und man erkennt sofort wie der Verlauf des Schaubilds durch die Parameter bestimmt wird:

$$\left(\varepsilon_R^{/} + j \cdot \varepsilon_R^{//}\right) = \frac{1}{j\omega\varepsilon_0 \frac{A}{d} \underline{Z}} = \frac{1}{j\omega\varepsilon_0 \frac{A}{d}\left(R_1 - j\frac{1}{\omega C_1}\right)} = \frac{d}{\varepsilon_0 A} \cdot \frac{C_1}{1 + j\omega R_1 C_1} = \frac{d}{\varepsilon_0 A} \cdot \frac{C_1 - j\omega R_1 C_1^2}{1 + \left(\omega R_1 C_1\right)^2}$$

Für ausreichend kleine Frequenzen gilt

$$\varepsilon_R^{/} = 2000 \approx \frac{d}{\varepsilon_0 A} \cdot C_1$$

Die charakteristische Frequenz des beschriebenen Elements liegt beim Maximum des Imaginärteils der komplexen Dielektrizitätskonstanten

$$\omega_{char} \approx 2\pi \cdot 3.5 \cdot 10^7 = \frac{1}{R_1 C_1}.$$

Aus beiden Gleichungen folgen wiederum die korrekten Werte der Parameter.

Klausur H2008

R1 e)

Frage: „Warum knickt die Leitfähigkeitskurve nach der Kompensation gerade bei 10^{-6} bar ab und warum so scharf?“

Antwort: Die eingebrachte Dotierung kompensiert gerade die bei 10^{-6} bar herrschende Konzentration der gebildeten Sauerstoffleerstellen. Bei kleineren Partialdrücken ist die Konzentration der Dotierung schnell viel kleiner als die stark ansteigende Konzentration der Leerstellen, so dass der Verlauf der Leitfähigkeit dort durch die Dotierung unbeeinflusst bleibt. Bei größeren Partialdrücken wird die Konzentration der Sauerstoffleerstellen schnell sehr viel kleiner als die über dem Partialdruck konstante Dotierstoffkonzentration. Die Leitfähigkeit bleibt dort daher unabhängig vom Partialdruck konstant bzw. aufgrund der Bildung von Leerstellen durch Oxidation steigt die Anzahl der Löcher und das Material geht in p-Leitung (wie in der Musterlösung gezeigt). Da nicht als bekannt vorausgesetzt werden kann ab welchem Partialdruck das Material in p-Leitung geht wurde diese Aufgabe damals wie folgt bewertet: Die volle Punktzahl bekam, wer ab einem Partialdruck von 10^{-6} bar die Leitfähigkeit entweder als konstant oder als erst konstant und dann ansteigend oder als direkt wieder ansteigend (wie in der Musterlösung) einzeichnete.