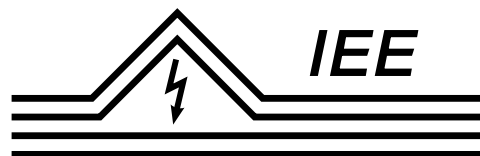


Technische Universität Clausthal

Klausur im Sommersemester 2013 Grundlagen der Elektrotechnik I

Datum: 09. September 2013
Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Beck



Institut für Elektrische Energietechnik
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck

Name: Vorname:

Matr.-Nr.: Studiengang:

Bearbeitungszeit:

80 Minuten

Zugelassene Hilfsmittel:

Stifte, Lineal/Geodreieck, Taschenrechner (nicht programmierbar)

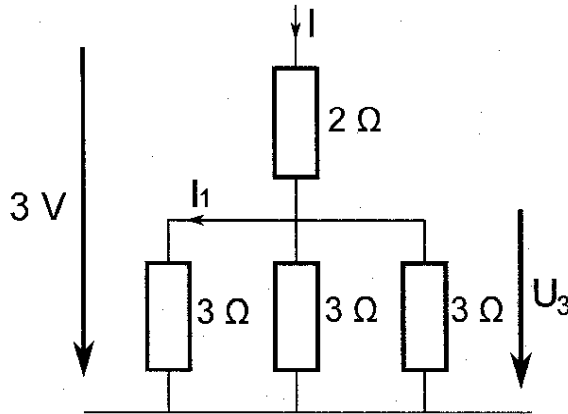
Weitere Hinweise:

- ➡ Bitte schalten Sie Ihre Mobiltelefone aus!
- ➡ *Der Einsatz von Handys, Smartphones, Tablets o. Ä. gilt als Täuschungsversuch!*
- ➡ Bitte legen Sie Ihren Studierendenausweis und Ihren Personalausweis auf den Tisch!
- ➡ Bitte schreiben Sie Ihren Namen und Ihre Matrikelnummer *oben rechts* auf jedes verwendete Blatt!
- ➡ Bitte schreiben Sie *nicht* mit Bleistift oder Rotstift!
- ➡ Bitte verwenden Sie für die Kurzfragen die ausgeteilten Aufgabenblätter!
- ➡ Bitte verwenden Sie für die Rechenaufgaben ausschließlich das ausgehändigte Rechenpapier!
- ➡ Bitte machen Sie Ihre Aufgaben auf dem Rechenpapier mit Aufgabennummern kenntlich!
- ➡ Bitte legen Sie bei Abgabe Ihrer Klausur die Aufgabenblätter in die Doppelbögen ein!

Aufgabe:	KF1	GS	WS	EF	gesamt
Punkte:	20	20	21	19	80
Erreicht:					

1. Kurzfragen zu Elektrotechnik 1 (20 Punkte)

KF1) Gegeben ist die folgende Schaltung. Bestimmen Sie die neben der Schaltung stehenden 4P Werte!



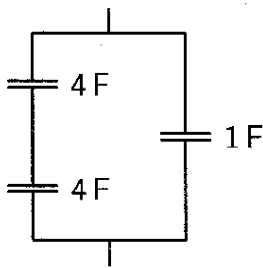
$$R_{ges} = \underline{3\Omega}$$

$$I = \underline{1A}$$

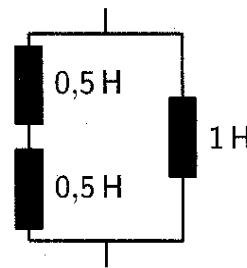
$$I_1 = \underline{\frac{1}{3}A}$$

$$U_3 = \underline{1V}$$

KF2) Gegeben sind die beiden Schaltungen. Bestimmen Sie die Gesamtkapazität C_{ges} und die Gesamtinduktivität L_{ges} !

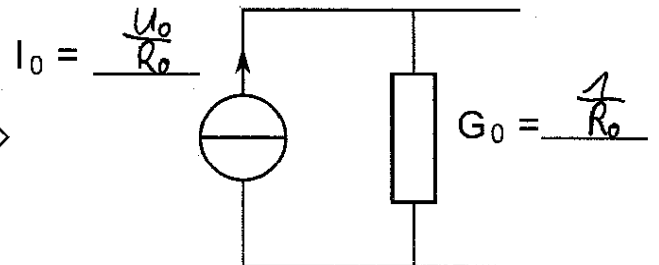
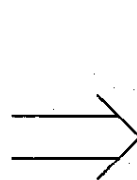
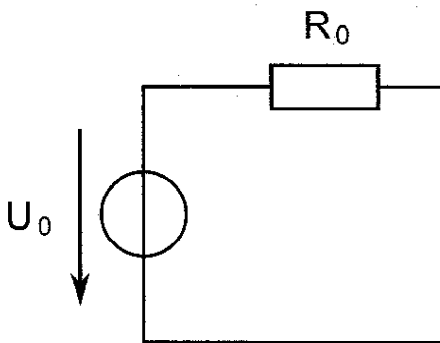


$$C_{ges} = \underline{3F}$$

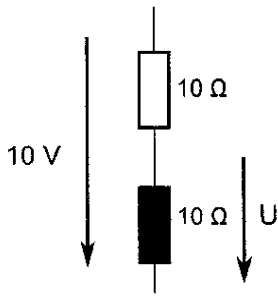


$$L_{ges} = \underline{0,5H}$$

KF3) Es soll eine Spannungsquelle mit Innenwiderstand (siehe Abbildung) in eine Ersatzstromquellenbeschreibung umgewandelt werden. Geben sie die umgewandelten Parameter an!



KF4) Gegeben ist die folgende Schaltung. Bestimmen Sie den Betrag der Spannung U und den $\cos(\varphi)$!

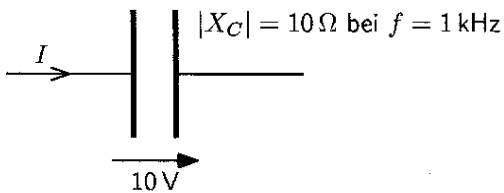


$$U_L = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 10V$$

$$\cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

KF5) Berechnen Sie den Betrag des Stromes I wenn die Frequenz 2 kHz beträgt!

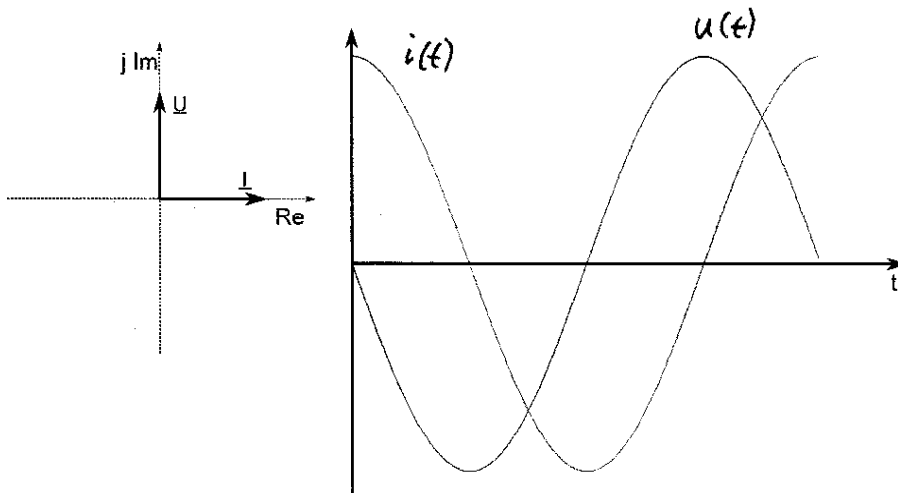
1 P



$$I_{1\text{kHz}} = \frac{10V}{10\Omega} = 1\text{ A}$$

$$I_{2\text{kHz}} = \frac{10V}{5\Omega} = 2\text{ A}$$

KF6) Ordnen Sie zu dem gegebenen Zeigerbild die Zeitverläufe zu und geben Sie an welches Bauteil eine solche Strom/Spannungscharakteristik besitzt!



Induktivität



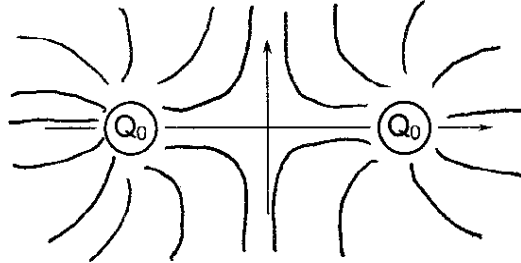
KF7) Gegeben ist die komplexe Spannung über einer Last \underline{U} , und der komplexe Strom \underline{I} , der in 2P der Last fließt. Bestimmen Sie die Wirk- und Blindleistung der Last!

$$\underline{U} = (10 + j5) \text{ V}$$

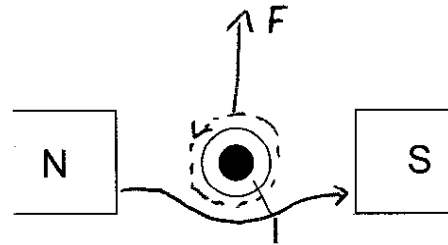
$$\underline{I} = (1 + j2) \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \underline{S} &= \underline{U} \cdot \underline{I}^* = (10 + j5) \cdot (1 - j2) \\ &= 10 \text{ VA} - j20 \text{ VA} + j5 \text{ VA} + 10 \text{ VA} \\ &= \underbrace{20 \text{ W}}_P - j \underbrace{15 \text{ VAR}}_Q \end{aligned}$$

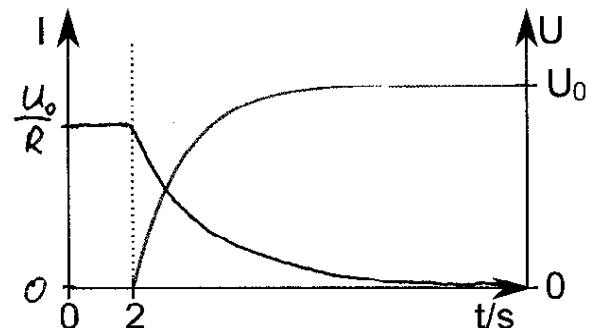
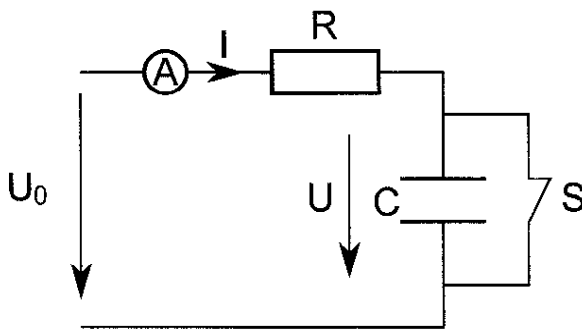
KF8) Gegeben ist die folgende Anordnung: Zwei Kugeln sind mit einer gleichen Ladung Q_0 in einer 1P Ebene angeordnet. Zeichnen Sie in das Schnittbild den prinzipiellen Verlauf der Feldlinien!



KF9) Gegeben ist die folgende Anordnung: In ein Magnetfeld wird ein Leiter eingebracht, durch 1P den ein Strom fließt. Zeichnen Sie in die untenstehende Skizze die Richtung der magnetischen Kraft auf den Leiter ein!



KF10) Bei der gegebenen Schaltung wird nach 2s der Schalter geöffnet. Dadurch stellt sich der dar- 2P gestellte Spannungsverlauf U an der Kapazität ein. Skizzieren Sie den Stromverlauf in dem Diagramm und beschriften Sie die zugehörige Achse mit den Anfangs- und Endwerten des Stromes!



2. Gleichstrom (20 Punkte)

Eine LKW Batterie (dargestellt als Spannungsquelle und Innenwiderstand) hat im unbelasteten Zustand die Spannung $U_0 = 24 \text{ V}$. Beim Anlassen des Motors sinkt die Spannung auf den Wert $U_1 = 20 \text{ V}$, wobei der Strom $I = 300 \text{ A}$ fließt.

Aufgaben:

- GS1) Wie groß sind der Innenwiderstand R_i der Batterie und der Widerstand R_a des Anlassers (der Anlasser wird als Widerstand beschrieben)? 4 P
(Falls Sie GS1 nicht lösen können, rechnen Sie mit $R_i = 15 \text{ m}\Omega$ und $R_a = 50 \text{ m}\Omega$ weiter.)
- GS2) Bei tiefen Temperaturen erhöht sich der Innenwiderstand R_i auf den Wert $R_i = R_a$. Wie groß wird dann der abgegebene Strom und die Spannung U_1 ? 4 P
- GS3) Wie groß ist in GS1) und GS2) die im Anlasser umgesetzte Leistung und die in der Batterie umgesetzte Verlustleistung? 4 P

Um die Verlustleistung im Winter in der Batterie zu reduzieren, klimatisieren Sie die Batterie, sodass der Innenwiderstand der Batterie immer konstant bei $R_i = 20 \text{ m}\Omega$ liegt.

- GS4) Leiten Sie her, wie groß nun der Widerstand des Anlassers (der Anlasser ist der Widerstand) gewählt werden muss, damit an ihn die maximale Leistung abgegeben wird (Leistungsanpassung mit Herleitung). 6 P
- GS5) Wie groß ist nun diese maximal abgegebene Leistung? 2 P

GS1)

$$U_1 = U_0 - R_i \cdot I$$

$$\Rightarrow R_i = \frac{U_0 - U_1}{I} = \frac{24 \text{ V} - 20 \text{ V}}{300 \text{ A}} = 13,3 \text{ m}\Omega$$

$$R_a = \frac{U_1}{I} = \frac{20 \text{ V}}{300 \text{ A}} = 66,7 \text{ m}\Omega$$

GS2)

$$I = \frac{U_0}{R_{\text{ges}}} = \frac{U_0}{R_i + R_a} = \frac{U_0}{2 \cdot R_a} = \frac{24 \text{ V}}{2 \cdot 66,7 \text{ m}\Omega} = 180 \text{ A}$$

$$U_1 = I \cdot R_a = 180 \text{ A} \cdot 66,7 \text{ m}\Omega = 12 \text{ V}$$

GS3) zu GS1)

$$P_{\text{Anl}} = I^2 \cdot R_a = (300 \text{ A})^2 \cdot 66,7 \text{ m}\Omega \approx 6000 \text{ W}$$

$$P_{\text{Verl}} = I^2 \cdot R_i = (300 \text{ A})^2 \cdot 13,3 \text{ m}\Omega \approx 1200 \text{ W}$$

zu GS2)

$$P_{\text{Anl}} = I^2 \cdot R_a = (180 \text{ A})^2 \cdot 66,7 \text{ m}\Omega \approx 2160 \text{ W}$$

$$P_{\text{Verl}} = I^2 \cdot R_i = (180 \text{ A})^2 \cdot 66,7 \text{ m}\Omega \approx 2160 \text{ W}$$

GS4)

$$P_{\text{ab}} = I^2 \cdot R_a = \left(\frac{U_0}{R_{\text{ges}}} \right)^2 \cdot R_a = \left(\frac{U_0}{R_i + R_a} \right)^2 \cdot R_a = U_0^2 \cdot \frac{1}{(R_i + R_a)^2} \cdot R_a$$

$$\frac{dP_{\text{ab}}}{dR_a} = U_0^2 \cdot \left(\frac{-2}{(R_i + R_a)^3} \cdot R_a + \frac{1}{(R_i + R_a)^2} \right) \stackrel{!}{=} 0$$

$$\Rightarrow \frac{1}{(R_i + R_a)^2} = \frac{2 \cdot R_a}{(R_i + R_a)^3} \Leftrightarrow R_i + R_a = 2 \cdot R_a \Leftrightarrow R_i = R_a$$

$$\Rightarrow R_a = R_i = 20 \text{ m}\Omega$$

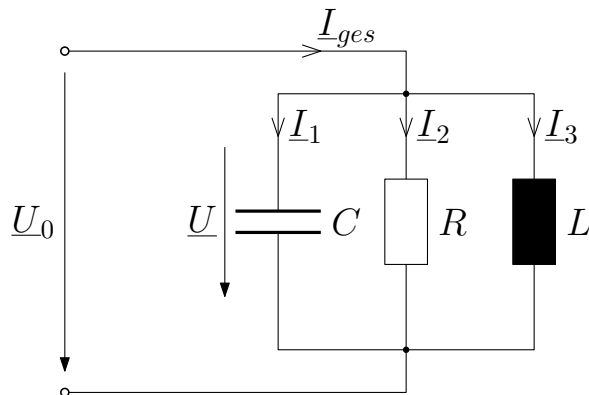
GS5)

$$P_{\text{Anl}} = I^2 \cdot R_a = \left(\frac{U_0}{R_{\text{ges}}} \right)^2 \cdot R_a = \left(\frac{U_0}{R_i + R_a} \right)^2 \cdot R_a = \left(\frac{U_0}{2 \cdot R_i} \right)^2 \cdot R_i$$

$$= \frac{U_0^2}{4 \cdot R_i} = \frac{(24 \text{ V})^2}{4 \cdot 20 \text{ m}\Omega} = 7200 \text{ W}$$

3. Wechselstrom (21 Punkte)

Gegeben ist die dargestellte RLC-Parallelschaltung.



$$\underline{U}_0 = 10 \text{ V} \cdot e^{j0^\circ}$$

$$f = \frac{22\,600}{71} \text{ Hz}$$

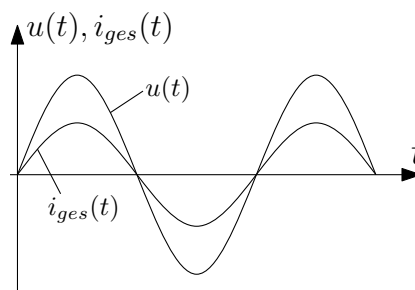
$$L = 25 \text{ mH}$$

$$R = 1 \, \Omega$$

Aufgaben:

Geben Sie bei allen Berechnungen stets den **vollständigen Rechenweg** inklusive **Formeln mit eingesetzten Zahlenwerten** an!

- WS1) Die Konsequent richtige Schreibweise von komplexen Größen und Einheiten in allen Aufgabenteilen gibt einen Zusatzpunkt. 1 P
- WS2) Welchen Namen trägt der oben dargestellte Parallelschwingkreis noch? Erklären Sie den Begriff kurz und nennen Sie eine weitere Form von elektrischen Schwingkreisen! 3 P
- WS3) Welcher Fall liegt vor, wenn $u(t)$ und $i_{ges}(t)$ wie im Diagramm dargestellt verlaufen? Begründen Sie Ihre Antwort kurz! 2 P



- WS4) Berechnen Sie \underline{Z}_L aus den gegebenen Größen! 2 P
- WS5) Berechnen Sie die Kapazität C so, dass ein rein ohmscher Gesamtstrom \underline{I}_{ges} fließt! 2 P
- WS6) Skizzieren Sie das vollständige Zeigerbild für den Fall $|\underline{I}_1| = |\underline{I}_3|$! Beschriften Sie alle Ströme, Spannungen und die Achsen! 5 P
- WS7) Berechnen Sie die Gesamtimpedanz der Schaltung für beliebige R , \underline{Z}_L und \underline{Z}_C ! 1 P
- WS8) Berechnen Sie die Gesamtimpedanz der Schaltung mit den oben gegebenen Werten, wenn für die Kapazität $C = 10 \, \mu\text{F}$ gilt! 2 P
- WS9) Berechnen Sie die Wirk-, Blind- und Scheinleistung die in der Gesamtschaltung umgesetzt wird, wenn $C = 10 \, \mu\text{F}$! 3 P

WS1) Keine Bearbeitung nötig!

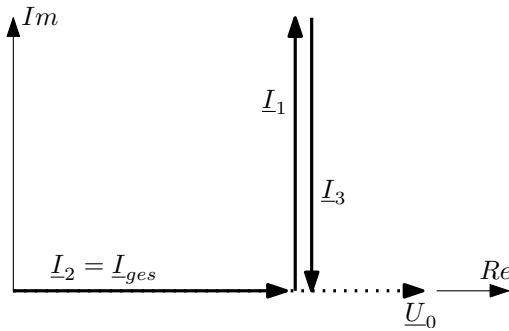
WS2) • Ein Sperrkreis sperrt Ströme einer bestimmten Frequenz
• Eine weitere Form elektrischer Schwingkreise sind Saugkreise.

WS3) Es liegt Resonanz vor, da Strom und Spannung in Phase liegen

$$\text{WS4) } \underline{Z}_L = jX_L = j\omega L = j \cdot 2\pi fL = j \cdot 2\pi \frac{22600}{71\text{s}} \cdot 25\text{ mH} = 50\ \Omega$$

$$\text{WS5) } X_L \stackrel{!}{=} |X_C| \Rightarrow \omega L = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow C = \frac{1}{\omega^2 L} = \frac{1}{2\pi \frac{22600}{71\text{s}} \cdot 25\text{ mH}} = 10\ \mu\text{F}$$

WS6) Zeigerbild:



$$\text{WS7) } \underline{Z}_{ges} = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{\underline{Z}_L} + \frac{1}{\underline{Z}_C} \right)^{-1}$$

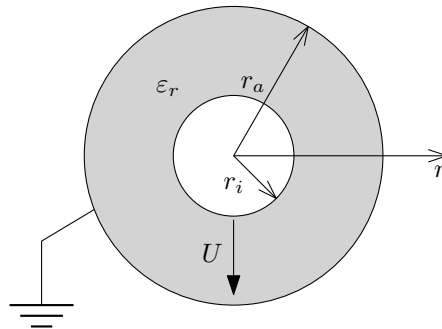
$$\text{WS8) } \underline{Z}_{ges} = \left(\frac{1}{1\ \Omega} + \frac{1}{50\ \Omega} + \frac{1}{-50\ \Omega} \right)^{-1} = 1\ \Omega$$

$$\text{WS9) } \bullet S = U \cdot I = \frac{U^2}{\underline{Z}_{ges}} = \frac{(10\text{ V})^2}{1\ \Omega} = 100\ \text{V A}$$

- $P = 100\ \text{W}$ (wegen Resonanz wird nur Wirkleistung umgesetzt)
- $Q = 0\ \text{var}$ (wegen Resonanz wird keine Blindleistung umgesetzt)

4. Elektrisches Feld (19 Punkte)

Gegeben sei der skizzierte Zylinderkondensator. Die Innenelektrode hat den Radius $r_i = 0,8 \text{ cm}$, die geerdete Außenelektrode den Radius $r_a = 1 \text{ cm}$. Zwischen den Elektroden befindet sich ein Dielektrikum mit der relativen Permittivität $\epsilon_r = 60$. Es liegt die Spannung $U = 100 \text{ V}$ an.



Hinweis: $\vec{E} = \frac{Q}{2\pi \cdot l \cdot \epsilon \cdot r}$.

Aufgaben:

- EF1) Wie groß ist die Kapazität des Kondensators bei einer Länge von $l = 0,2 \text{ m}$? 6 P
(Falls Sie EF1 nicht lösen können, rechnen Sie mit $C = 6 \text{ nF}$ weiter.)
- EF2) Berechnen Sie die auf der Innenelektrode befindliche Ladungsmenge Q_i ! 3 P
- EF3) Skizzieren Sie den prinzipiellen Verlauf der elektrischen Flussdichte D über den Radius für $r_i < r < r_a$! 4 P
- EF4) Wie groß ist die elektrische Flussdichte D innerhalb des Kondensators an der Stelle $r = 0,9 \text{ cm}$! 3 P
- EF5) Wie groß ist die elektrische Feldstärke an dieser Stelle? 3 P

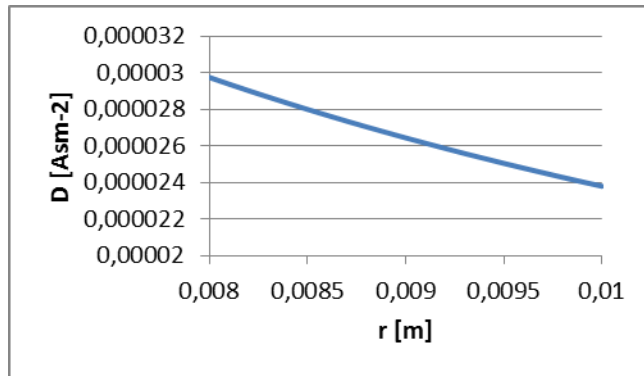
EF1)

$$C = \frac{Q}{U}$$
$$U = \int_{r_i}^{r_a} \vec{E} d\vec{r} = \int_{r_i}^{r_a} \frac{Q}{2\pi \cdot l \cdot \varepsilon \cdot r} dr = \frac{Q}{2\pi \cdot l \cdot \varepsilon} [\ln(r)]_{r_i}^{r_a} = \frac{Q}{2\pi \cdot l \cdot \varepsilon} (\ln(r_a) - \ln(r_i))$$
$$= \frac{Q \cdot \ln\left(\frac{r_a}{r_i}\right)}{2\pi \cdot l \cdot \varepsilon}$$
$$\Rightarrow C = \frac{Q}{\frac{Q \cdot \ln\left(\frac{r_a}{r_i}\right)}{2\pi \cdot l \cdot \varepsilon}} = \frac{2\pi \cdot l \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r}{\ln\left(\frac{r_a}{r_i}\right)} = \frac{2\pi \cdot 0,2 \text{ m} \cdot 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ A s}/(\text{V m}) \cdot 60}{\ln\left(\frac{0,01 \text{ m}}{0,008 \text{ m}}\right)} = 3 \text{ nF}$$

EF2)

$$Q_i = C \cdot U = 3 \text{ nF} \cdot 100 \text{ V} = 300 \text{ nA s}$$

EF3)



EF4)

$$D = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{2\pi \cdot r \cdot l} = \frac{300 \text{ nA s}}{2\pi \cdot 0,009 \text{ m} \cdot 0,2 \text{ m}} = 2,65 \cdot 10^{-5} \text{ A s}/\text{m}^2$$

EF5)

$$E = \frac{D}{\varepsilon} = \frac{D}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r} = \frac{2,65 \cdot 10^{-5} \text{ A s}/\text{m}^2}{8,854 \cdot 10^{-12} \text{ A s}/(\text{V m}) \cdot 60} = 4,98 \cdot 10^4 \text{ V}/\text{m}$$