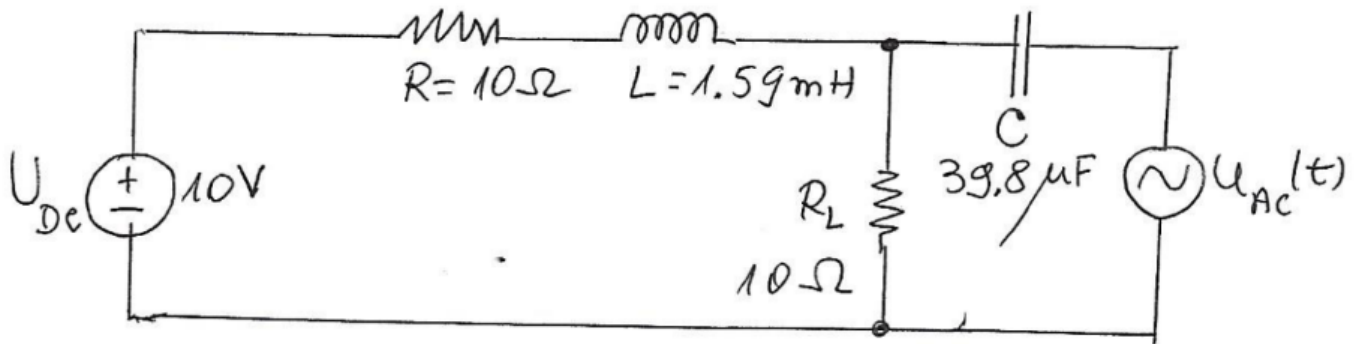


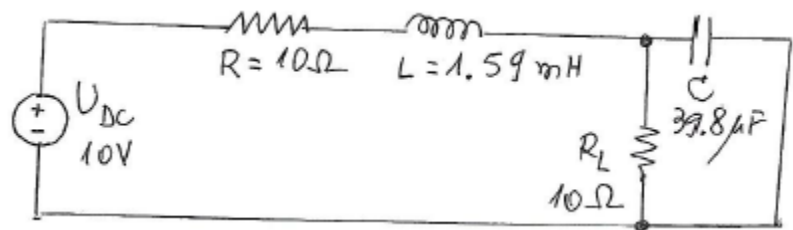
פתרון מוצע לבחינת מה"ט בתורת החשמל
מועד א' תש"פ, אביב 2020
פתר: מר אלחסיד רמון, מכללת אורט סינגאלובסקי

שאלה מספר 1

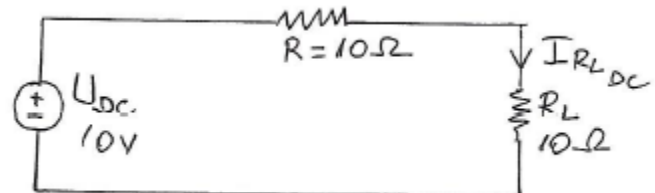


א.

משתמשים בשיטת ההרכבה (סופרפוזיציה). על מנת לקבל את הזרם הישר דרך הנגד R_L , "משתקים" את מקור המתח חילופין $u_{AC}(t)$ (מחליפים אותו בחוט קצר), ונישאר פעיל מקור המתח הישר.



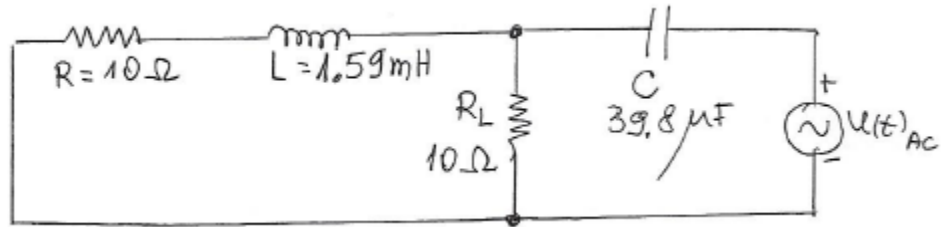
במעגל שמוזן ממקור מתח ישר, במצב מתמיד, הקבל מתנהג כמו נתק והסליל מתנהג כמו קצר. מבחינת זרימת הזרם הישר, המעגל יהיה:



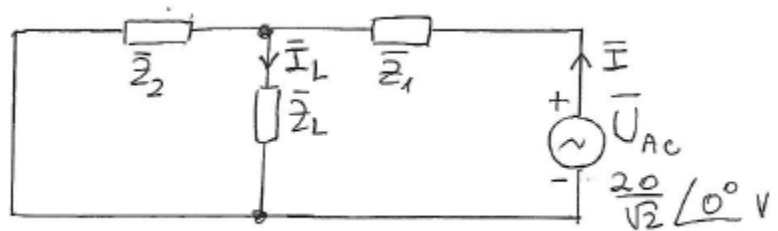
ב.

על מנת לקבל את הרכיב החילופין של הזרם דרך הנגד R_L , מקור המתח $u_{AC}(t)$ נשאר פעיל, ומקור המתח הישר

U_{DC} יהיה "משותק".
מאחר שבשאלון הבחינה לא מופיעה הקוטביות של המקור AC, מניחים את הקוטביות שבאיור הבא:

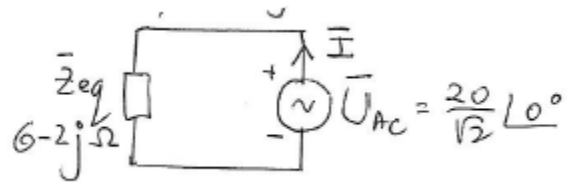


מקבלים את המעגל הבא:



כאשר:

מצמצמים את המעגל ומחשבים את הזרם המסופק ע"י מקור המתח חילופין



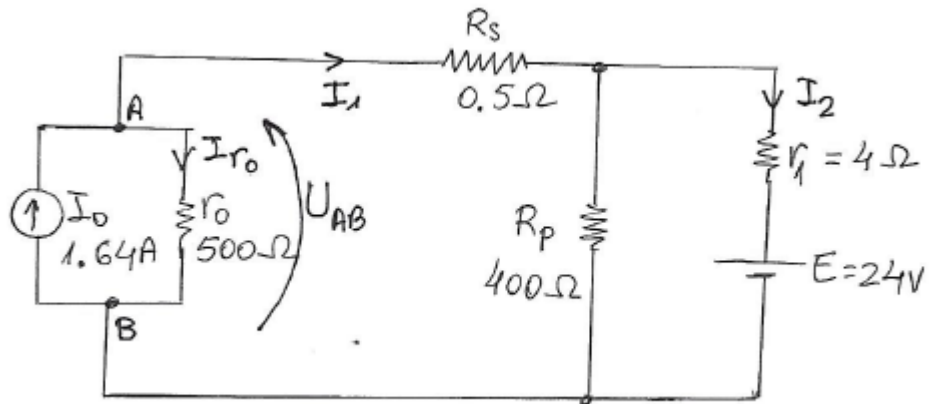
מחשבים את הזרם דרך \bar{Z}_L באמצעות כלל מחלק הזרם.

הערך הרגעי של הזרם החילופין שעובר דרך העכבה \bar{Z}_L , כלומר דרך הנגד R_L הוא הזרם הכולל שמתקבל דרך הנגד R_L מחושב באמצעות משפט ההרכבה (סופרפוזיציה):

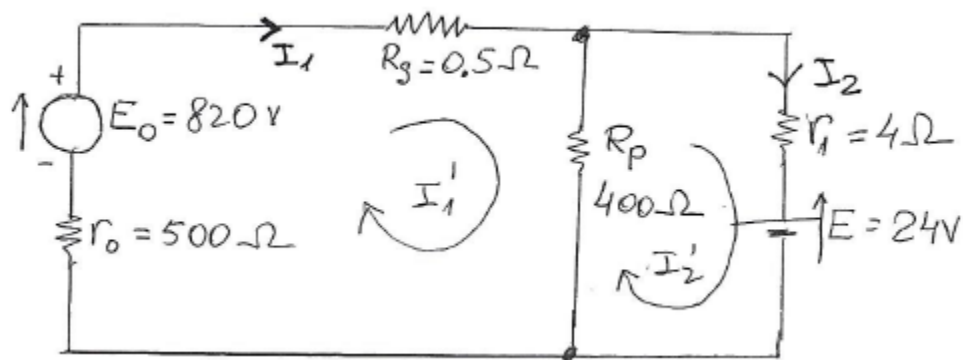
ג.
על מנת לחשב את ההספק המתפתח בנגד R_L , יש לחשב קודם את הערך היעיל (RMS) של הזרם דרך R_L

שאלה מספר 2

.א.



ממירים את מקור הזרם הממשי למקור מתח ממשי:



מחשבים את הזרמים באמצעות שיטת זרמי העניבות

כתוצאה של המרת מקור הזרם הממשי למקור מתח ממשי, הזרמים דרך ענפי המעגל יישארו ללא שינוי, חוץ מהזרם דרך ההתנגדות הפנימית של מקור הזרם. חוזרים למעגל המקורי, על מנת לחשב את הזרם דרך ההתנגדות הפנימית של מקור הזרם, ולאחר מכן נוכל לחשב גם את המתח בין הדקי מקור הזרם.

כותבים KCL בצומת A:

המתח בין הצמתים A ו-B הוא:

U_{AB} הוא גם המתח בין הדקי מקור הזרם. הספק מקור הזרם הוא:

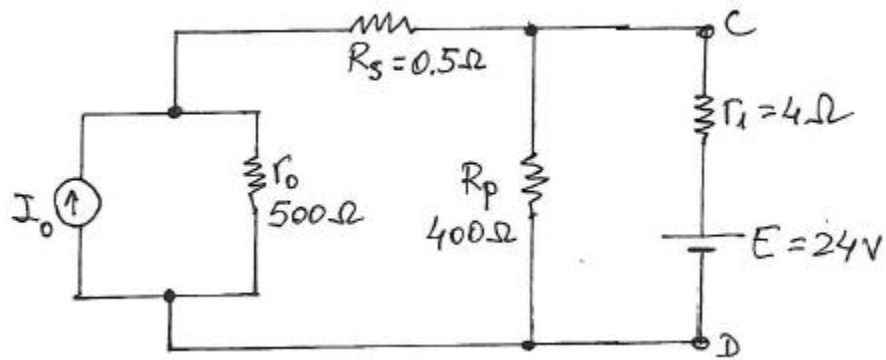
הספק הטעינה של הסוללה הוא:

ב.

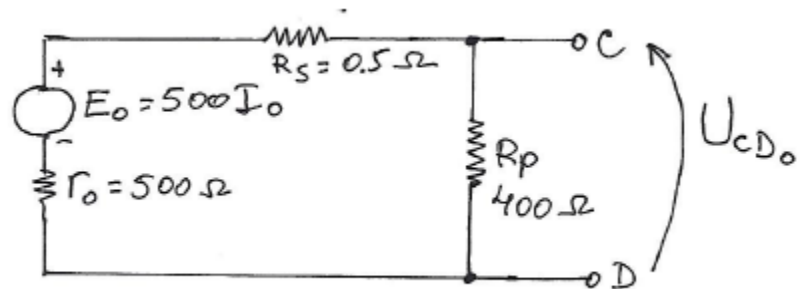
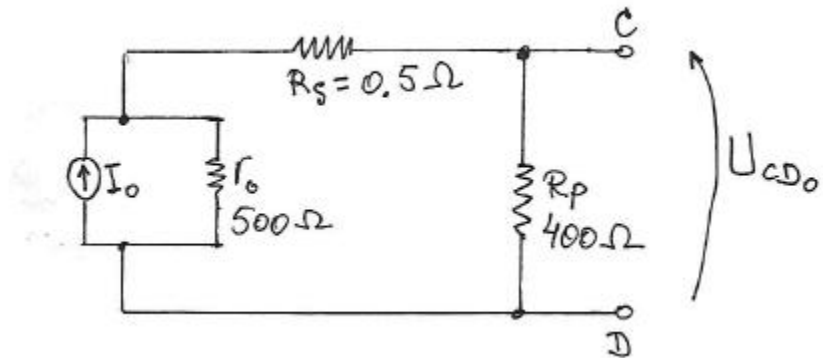
ההספק המועיל הוא הספק טעינת הסוללה. ההספק המושקע, הוא ההספק המופק ע"י מקור הזרם. הנצילות היא:

ג.

נסמן ב-C ו-D את הדקי הסוללה

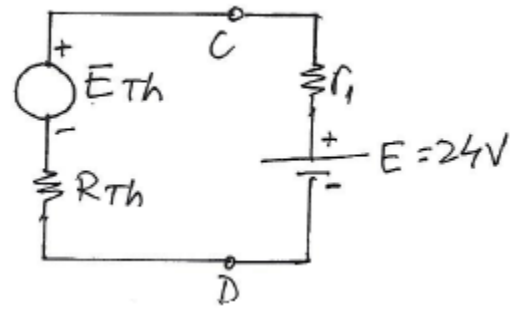


מנתקים את הסוללה ומוציאים את מעגל התמורה תבנין יחסית להדקים C ו-D.



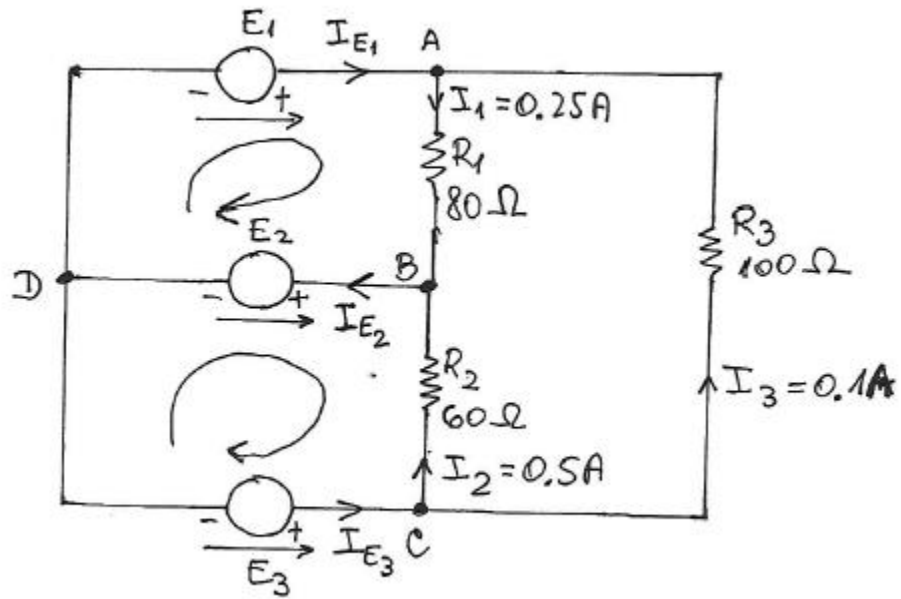
בהתאם לכלל מחלק המתח:

מחזירים את הסוללה בין ההדקים C ו-D של מעגל התמורה תבנין



על-מנת לקבל את טעינת הסוללה, התנאי הדרוש הוא:

שאלה מספר 3



.א.

כותבים KCL בצומת A:

כותבים KCL בצומת B:

כותבים KCL בצומת C:

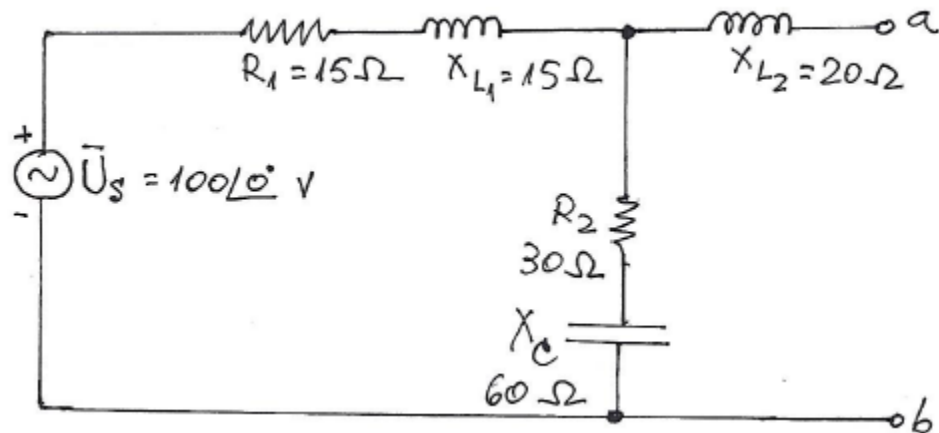
.ב.

כותבים KVL בחוג הסגור DBCD. בוחרים את מגמת הקפת החוג לפי כיוון מחוגי השעון.

כותבים KVL בחוג הסגור DABD. בוחרים את מגמת הקפת החוג לפי כיוון מחוגי השעון.

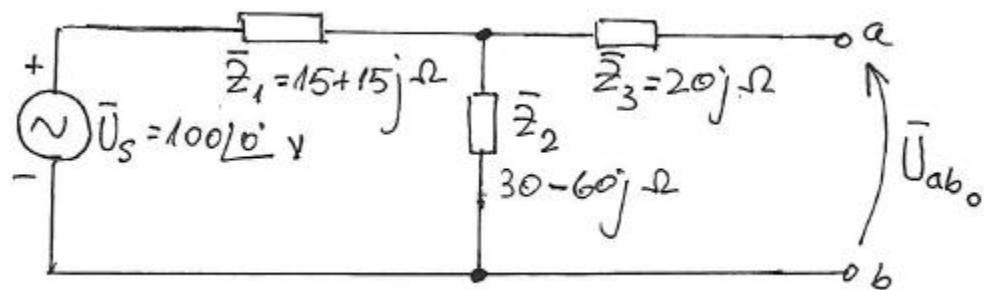
ג.

שאלה מספר 4



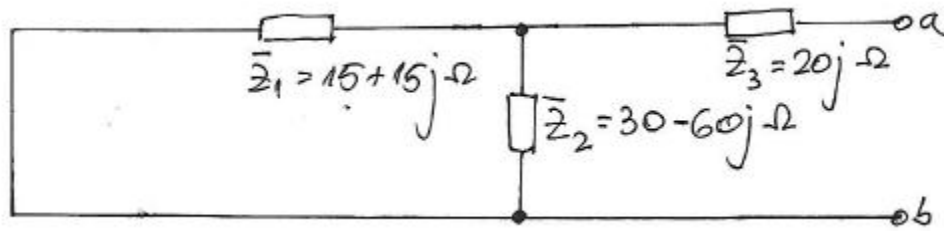
.א

מאחר שקוטביות המקור לא נתונה בשאלון הבחינה, מניחים את הקוטביות המופיעה באיור. נסמן:

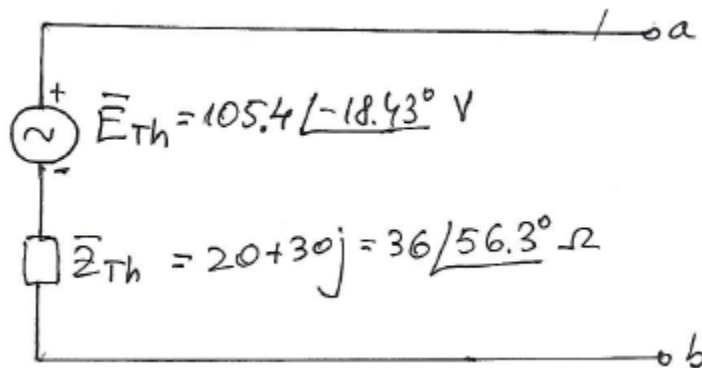


\bar{U}_{ab0}

\bar{E}_{TH}

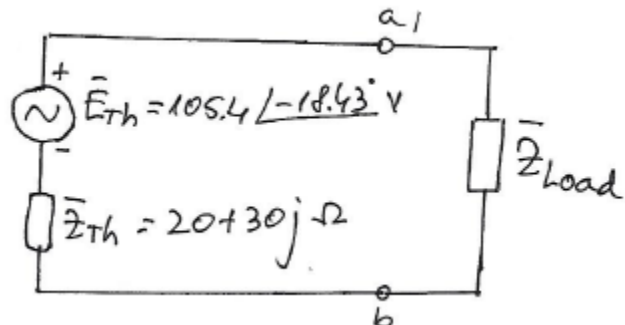


המעגל השקול תבנין הוא:



ב.

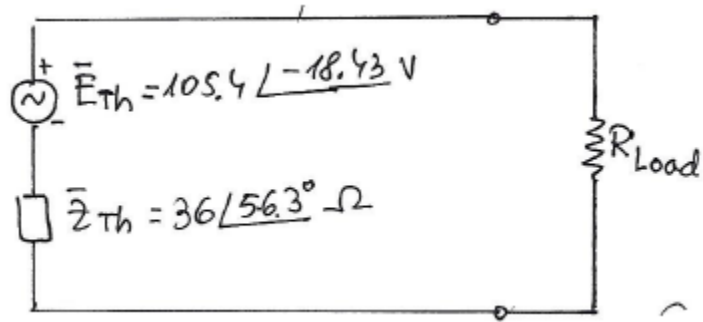
מחברים עכבה Z_{Load} בין הדקי מעגל התמורה תבנין:



מקבלים הספק פעיל מירבי בעכבת העומס כאשר:

ההתנגדות וההיגב של עכבת העומס הם:

מחברים עכבה התנגדותית טהורה בין הדקי מעגל התמורה תבנין:



מקבלים הספק פעיל מירבי ב- R_{Load} כאשר:

ג.

כאשר מחוברת עכבת העומס \bar{Z}_{Load} , ההספק הפעיל המירבי הוא:

כאשר מחובר עומס התנגדותי טהור R_{Load} , הזרם דרך העומס הוא:

ההספק הפעיל המירבי שמתפתח ב- R_{Load} הוא:

שאלה מספר 5

א.

הסליל שמלופף על הטורואיד הוא מעגל RL טורי. במצב מתמיד, כאשר הסליל מוזן ממקור מתח ישר, ההשראות מהווה קצר. זה מאפשר את חישוב התנגדות הסליל באמצעות חוק אוהם. מתח המקור הוא $U_S = 20V$.

מהגרף ניתן לראות שהזרם בסליל במצב מתמיד הוא:

התנגדות הסליל היא:

ב.

על מנת שנוכל לחשב את ההשראות, יש לחשב קודם את המאון.
 נסמן ב-:

l_{FE} - אורך מסלול השטף הממוצע בברזל
 (FE: קיצור מ-Ferrum: ברזל)

l_g - אורך חריץ האוויר
 (g: קיצור מ-gap: חריץ)

A_{FE} - שטח חתך ליבת הברזל

μ_r - חדירות מגנטית יחסית

N - מספר הכריכות

$R_{m_{FE}}$ - מאון ליבת הברזל

R_{m_g} - מאון חריץ האוויר

$R_{m_{eq}}$ - המאון השקול של האלקטרומגנט.

מניחים ששטח חתך חריץ האוויר שווה לשטח חתך ליבת הברזל.

ג.

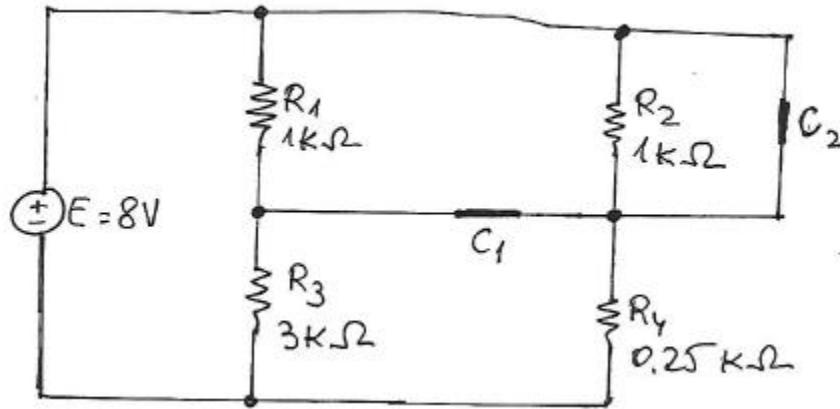
היגב ההתקן הוא:

העכבה המרוכבת של ההתקן היא

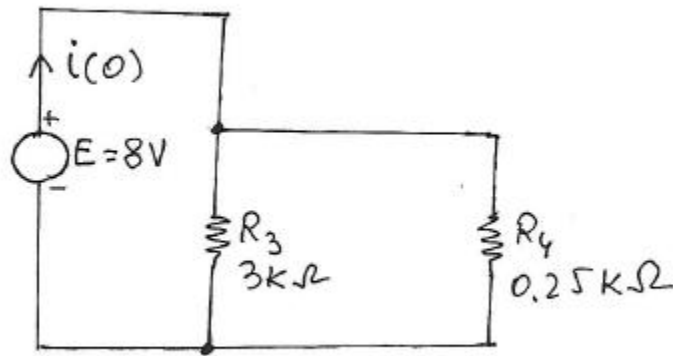
לוקחים את מתח המקור כייחוס מופע:

ההספק המרוכב הוא:

א.
בזמן $t = 0^+$, לאחר סגירת המפסק SW1, הקבלים מתנהגים כמו קצר.

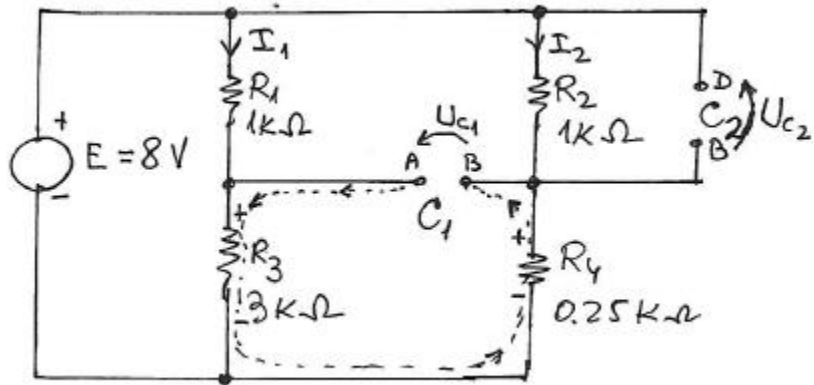


ניתן לראות שהנגדים R_1 ו- R_2 מקוצרים.



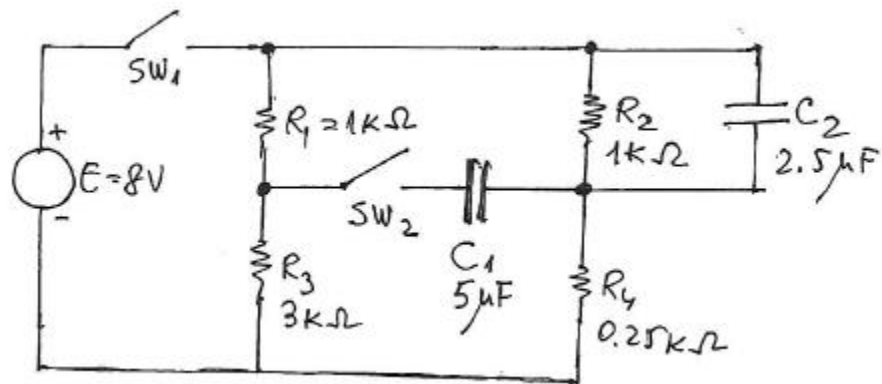
הזרם שמסופק ע"י המקור ברגע $t = 0^+$ הוא:

ב.
לאחר שכל תופעות המעבר חלפו: $t \rightarrow \infty$, הקבלים מתנהגים כמו נתק.



בהתאם לכלל מחלק המתח:

ג.



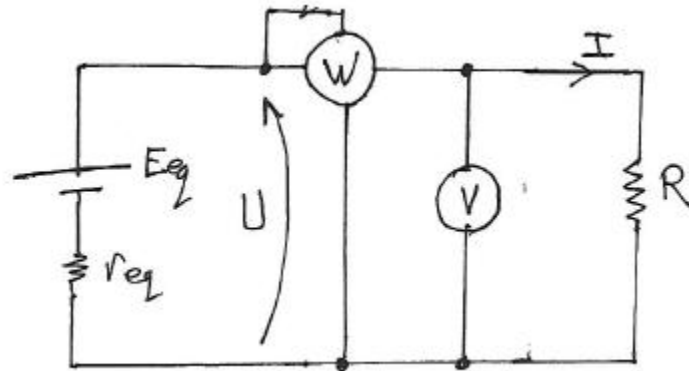
אם פותחים את המפסק SW2 ולאחר מכן את המפסק SW1, הקבל C_2 נפרק דרך הנגד R_2 , אבל לקבל C_1 אין מסלול פריקה, מפני שהדק אחד שלו נמצא ב"אוויר".
אחרי שכל תופעות המעבר חלפו, האנרגיה האגורה במעגל, היא האנרגיה האגורה בקבל C_1 .

שאלה מספר 7

.א.

הנתונים של כל תא:

הפרמטרים שמאפיינים את הסוללה הם: E_{eq} ו- r_{eq}



מד המתח מודד את המתח על פני נגד העומס R, שהוא גם המתח בין הדקי הסוללה:

מד ההספק מודד את ההספק שנצרך ע"י העומס R:

נסמן ב- I את עוצמת הזרם דרך העומס. מאחר שמכשירי המדידה הם אידיאליים, I הוא גם הזרם שמסופק ע"י הסוללה.

נצילות המעגל היא $\eta = 0.96$

בהתאם לחוק שימור ההספק:

התנגדות העומס היא:

מקבלים את המשוואה:

משוואת הסוללה היא:

ב.

בסוללה יש 3 ענפים במקביל, ובכל ענף יש 11 תאים בטור.

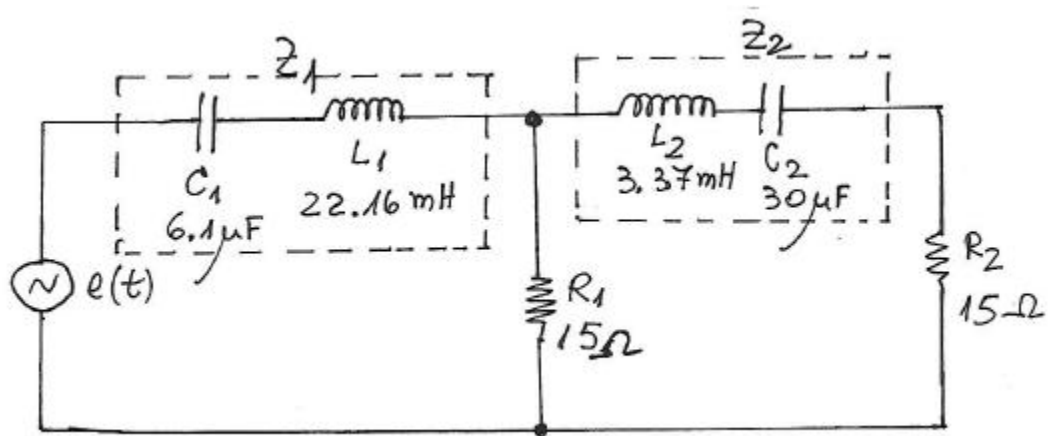
ג.

ד. על מנת שנקבל העברת הספק מירבי לעומס, התנאי הוא:

בשאלה הזאת קיבלנו מהחשובים את הנתונים הבאים:

המסקנה היא שהמעגל לא עובד במצב שבו העברת ההספק לעומס היא מירבית.

שאלה מספר 8

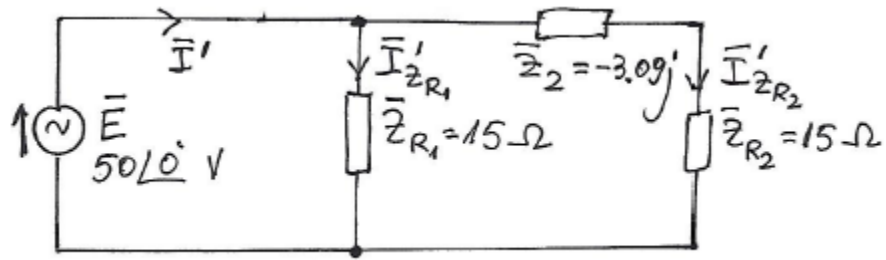


א.
התדירות הזוויתית ω_{0_1} עבורה העכבה Z_1 בתהודה היא:

התדירות הזוויתית ω_{0_2} עבורה העכבה Z_2 בתהודה היא:

ב.
כאשר העכבה Z_1 בתהודה, היא מתנהגת כמו חוט קצר.

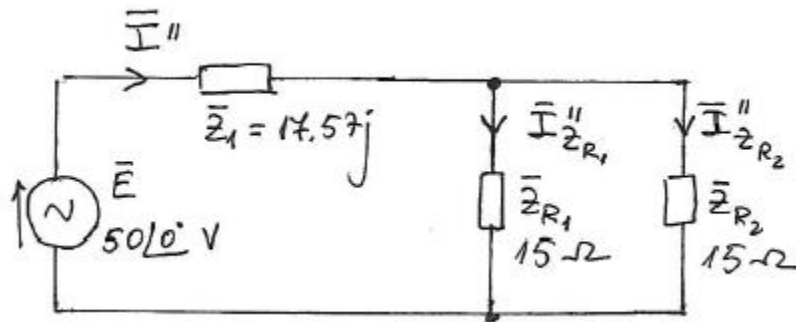
המעגל הינו:



נסמן ב- $I'_{Z_{R1}}$ וב- $I'_{Z_{R2}}$ את הזרמים המרוכבים דרך Z_{R1} ודרך Z_{R2} כאשר העכבה Z_1 בתהודה.

כאשר העכבה Z_2 בתהודה, היא מתנהגת כמו חוט קצר.

המעגל הינו:



נסמן ב- I'' את הזרם שמשופק ע"י מקור המתח וב- $I''_{Z_{R1}}$ ו- $I''_{Z_{R2}}$ את הזרמים דרך העכבות ההתנגדותיות.

העכבות Z_{R1} ו- Z_{R2} שוות, לכן הזרמים דרך שתי העכבות האלה במקביל יהיו שווים:

הזרמים הרגעים דרך שני הנגדים בתדר הזוויתי ω_{01} הם:

הזרמים הרגעים דרך שני הנגדים בתדר הזוויתי ω_{02} הם:

ג. נסמן ב- \bar{I} את הזרם שמסופק ע"י המקור, כאשר התדר הזוויתי הוא ω_{01} :

ההספק הכולל הוא ההספק המרוכב.

ההספק המרוכב בתדר הזוויתי ω_{01} הוא:

ההספק המרוכב בתדר הזוויתי ω_{02} הוא:

\bar{S}'

\bar{S}''