

שם הקורס: מבוא להנדסת חשמל	סוג המבחן: בחינת סיום הסמסטר
מס' קורס: 200106-21	מסלול: לימודי ערב
סמסטר: ב' (אביב) תשפ"ב	מועד: ב'
תוכניות לימוד: הנדסת חשמל ואלקטרוניקה	תאריך: 20.07.2022
סגל הקורס: ד"ר ינון סתיו, מר תמיר רוזנטל	

פתרון בחינת מועד ב'

הוראות לנבחן

- משך המבחן: 180 דקות (3 שעות) – חובה להגיש בסיום הזמן שהוקצה, אי-עמידה בהגשה בזמן צפויה לגרור הורדת ניקוד ופסילת הבחינה.
- הבחינה כוללת 22 שאלות, רב-ברירה ;
 - 10+10 שאלות, הן שאלות דו-שלביות, חישוב (5%) והנמקה (4%)
 - 2 שאלות נוספות במשקל 5 % הן שאלות חישוב בלבד
 - יש לפתור את כל חלקי הבחינה.
- חומר עזר:
 - דף נוסחאות רשמי של הקורס, שיחולק עם שאלון הבחינה, עליו אין לכתוב ויש להחזירו למשגיחים בסיום הבחינה בלבד.
 - ניתן להשתמש במחשבוניס בסיסיים בלבד. חל איסור לעשות שימוש במחשבוניס גרפיים/ברי-תכנות, מחשבי לוח (טבלטים) או מחשבים אישיים (PC).
 - יש להשאיר טלפונים סלולריים, מחשבים וכל ציוד אלקטרוני שהוא (כולל שעוני-יד חכמים), כמו גם כל חומר עזר אחר, שאינו מאושר לשימוש, בתיקים בקדמת הכיתה.
 - חריגה מהנחיות אלו, הינה עבירת משמעת.
- יש למלא את כל הפרטים האישיים, על גבי טופס הבחינה והמחברת, ולחתום על הצהרת האמינות בתחתית עמוד פתיח זה.
- מחברת הטייטה אותה תקבלו נועדה לשימושכם, ואין להגישה. **הבדיקה תבצע על גבי עמוד סימון התשובות (עמוד 2 של טופס שאלון זה) בלבד.**

שמירה על טוהר הבחינות

הלימודים במרכז האקדמי רופין מבוססים על אמון בין הסטודנטים לבין המוסד על סגל מוריו ועובדיו. הסטודנטים מצופים להתנהגות ההולמת את כבוד המרכז כמוסד אקדמי ואת מעמדם כסטודנטים. ידוע לי כי העבירות שלהלן הן עבירות משמעת:

- הכנסת חומר עזר אסור לבחינה או החזקתו בעת הבחינה.
- התקשרות או ניסיון התקשרות בין בכתב ובין בדרך אחרת עם נבחן אחר או גורם חוץ, בעת בחינה.
- הכנסת שינוי כלשהו בבחינה לאחר תום מועד הבחינה או בשעת עיון בה לאחר מתן ההערכה.

הנני מתחייב/ת לעבודה עצמאית בבחינה.

ת"ז לשם אישור _____

בהצלחה.

ט.ל.ח.

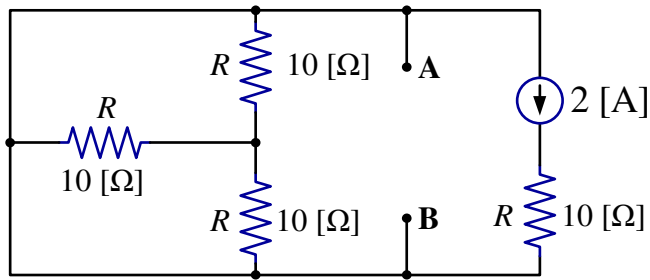


טבלת ריכוז תשובות לשאלות הבחינה

--	--	--	--	--	--	--	--	--

מספר זהות

סימון תשובה					ניקוד משופר	ניקוד	שאלה
ה	ד	ג	ב	א	5%	5%	1
ה	ד	ג	ב	א	5%	5%	2
ה	ד	ג	ב	א	5%	5%	3
ה	ד	ג	ב	א	4%	4%	4
ה	ד	ג	ב	א	5%	5%	5
ה	ד	ג	ב	א	4%	4%	6
ה	ד	ג	ב	א	5%	5%	7
ה	ד	ג	ב	א	4%	4%	8
ה	ד	ג	ב	א	5%	5%	9
ה	ד	ג	ב	א	4%	4%	10
ה	ד	ג	ב	א	8%	5%	11
ה	ד	ג	ב	א	6%	4%	12
ה	ד	ג	ב	א	8%	5%	13
ה	ד	ג	ב	א	6%	4%	14
ה	ד	ג	ב	א	8%	5%	15
ה	ד	ג	ב	א	6%	4%	16
ה	ד	ג	ב	א	8%	5%	17
ה	ד	ג	ב	א	6%	4%	18
ה	ד	ג	ב	א	8%	5%	19
ה	ד	ג	ב	א	6%	4%	20
ה	ד	ג	ב	א	5%	5%	21
ה	ד	ג	ב	א	4%	4%	22



עבור השאלה הבאה, נתון המעגל
החשמלי באיור משמאל:

1. (5%) מהו ערכה של התנגדות תבנית/נורטון הנמדדת בין ההדקים המסומנים A ו-B ?

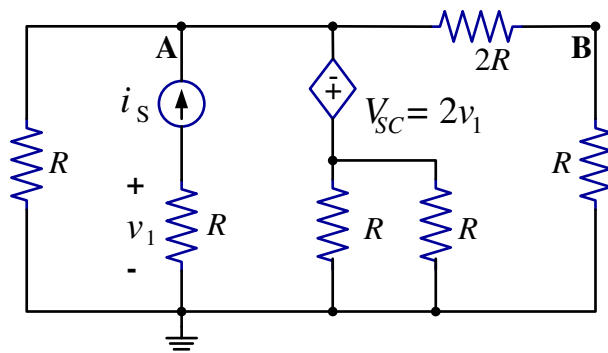
א. $10 [\Omega]$

ב. $15 [\Omega]$

ג. $25 [\Omega]$

ד. $\frac{30}{7} [\Omega]$

ה. $0 [\Omega]$

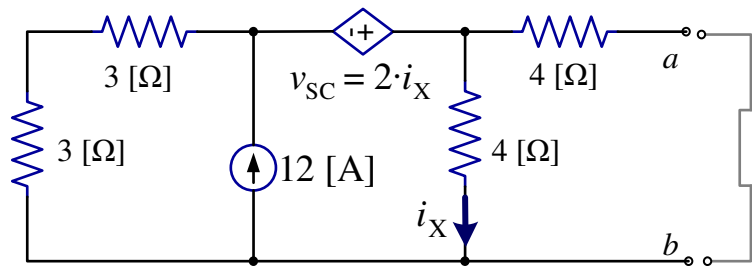


עבור השאלה הבאה, נתון המעגל החשמלי
באיור משמאל:
נתונים הגדלים הבאים באופן פרמטרי:

R, i_s
מבצעים ניתוח בשיטת מתחי צמתים על
המעגל, ביחס לצמתים A, B.
שימו לב, וקטור מתחי הצמתים של המעגל
יכול להיות מהצורה $\begin{pmatrix} e_A \\ e_B \end{pmatrix}$ או הפוך $\begin{pmatrix} e_B \\ e_A \end{pmatrix}$.

2. (5%) על פי שיטת מתחי הצמתים, מהי מערכת המשוואות המתארת נכונה את ניתוח המעגל?

מטריצת המוליכויות	וקטור המקורות
א. $\begin{pmatrix} \frac{7}{2R} & -\frac{1}{2R} \\ -\frac{1}{2R} & \frac{3}{2R} \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 5i_s \\ 0 \end{pmatrix}$
ב. $\begin{pmatrix} \frac{7}{2R} & \frac{1}{2R} \\ \frac{1}{2R} & \frac{3}{2R} \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 3i_s \\ -5i_s \end{pmatrix}$
ג. $\begin{pmatrix} \frac{3}{2R} & \frac{1}{2R} \\ \frac{1}{2R} & \frac{7}{2R} \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 5i_s \end{pmatrix}$
ד. $\begin{pmatrix} \frac{3}{2R} & -\frac{1}{2R} \\ -\frac{1}{2R} & \frac{7}{2R} \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 \\ -3i_s \end{pmatrix}$
ה. $\begin{pmatrix} \frac{3}{R} & -\frac{1}{R} \\ -\frac{1}{R} & \frac{7}{2R} \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -3i_s \\ 0 \end{pmatrix}$



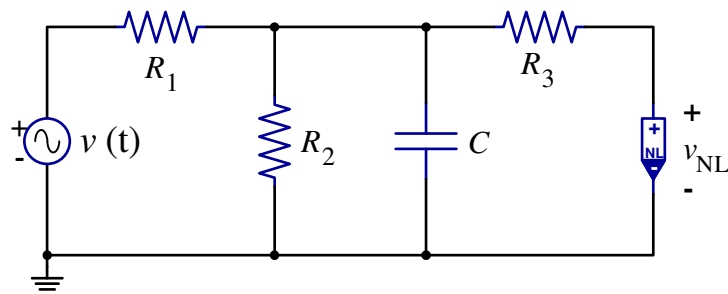
עבור שתי השאלות
הבאות, נתון המעגל באיור
משמאל :

3. (5%) מהו ערכה של התנגדות שקול תבנית/נורטון, יחסית להדקי המוצא, $a - b$?

- א. $8 [\Omega]$
- ב. $7 [\Omega]$
- ג. $6.4 [\Omega]$
- ד. $5.333 [\Omega]$
- ה. $3 [\Omega]$

4. (4%) ביחס לסעיף הקודם, מהו ההיגד המתאר נכונה את דרך הפתרון ?

- א. ערכם של הנגדים שגודלם $3[\Omega]$ אינו משפיע על תוצאת החישוב
- ב. ללא מתח המקור המבוקר ההתנגדות השקולה המחושבת הייתה גדולה יותר
- ג. ללא מתח המקור המבוקר ההתנגדות השקולה המחושבת הייתה קטנה יותר
- ד. מתח המקור המבוקר אינו משפיע על החישוב של ההתנגדות השקולה
- ה. שינוי בערכו של הנגד $4[\Omega]$ בטור לצומת המסומן a , אינו משנה את התוצאה



עבור **שתי** השאלות הבאות, נתון המעגל החשמלי המתואר באיור משמאל, המעגל מצוי במצב מתמיד.

נתון:

$$C = 1[\mu F]$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = 1[k\Omega]$$

$$v(t) = V_{DC} + 0.01 \cdot \sin(1000t) \quad [V]$$

הרכיב הלא ליניארי מקיים את קשר המתח-זרם הבא:

$$i_{NL} = \begin{cases} 0 & , \quad v_{NL} < 0 \\ K \cdot v_{NL}^2 & , \quad v_{NL} > 0 \end{cases}$$

כאשר: $K = 0.1 \left[\frac{mA}{V^2} \right]$

5. (5%) מהו ערכו של מרכיב מתח המקור, V_{DC} , אם ידוע שההתנגדות לאות קטן של הרכיב הלא-ליניארי היא $r_{NL} = 0.5k\Omega$?

א. $V_{DC} = 10[V]$

ב. $V_{DC} = 50[V]$

ג. $V_{DC} = 15[V]$

ד. $V_{DC} = 25[V]$

ה. $V_{DC} = 100[V]$

6. (4%) איזה רכיב במעגל ניתן לשנות את ערכו כך שהתשובה בסעיף הקודם לא תשתנה ומדוע?

א. R_1 – כיוון שמחובר בטור למקור מתח אידיאלי.

ב. R_2 – כיוון שהוא מחובר במקביל לקבל.

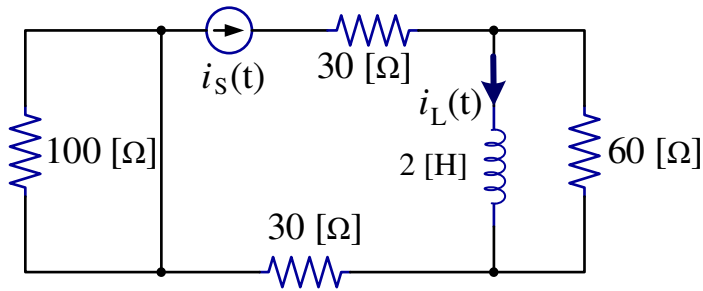
ג. R_3 – כיוון שלא זורם דרכו זרם כאשר מחשבים את מתח תבנית.

ד. C – כיוון שמשמש כנתק בחישוב נקודת העבודה.

ה. כל שינוי באחד הפרמטרים במעגל ישנה את התוצאה בסעיף הקודם.



עבור שתי השאלות הבאות נתון המעגל באיור משמאל:



נתון כי מקור הזרם מקיים:

$$i_s(t) = I_1 + I_2 \cdot u(t) \\ = 1 [mA] + 2 [mA] \cdot u(t)$$

הנחיית עזר:

רצוי להיזכר במשמעות משפט ההצבה

7. (5%) מהו זרם הסליל בזמן $t = 0.017[s]$ (ביחידות של mA) ?

א. $i_L(t = 17[ms]) = 1.8[mA]$

ב. $i_L(t = 17[ms]) = 3[mA]$

ג. $i_L(t = 17[ms]) = 1.2[mA]$

ד. $i_L(t = 17[ms]) = 1.45[mA]$

ה. $i_L(t = 17[ms]) = 4.2[mA]$

8. (4%) בהתייחס לשאלה הקודמת, סמנו את ההיגד הנכון.

א. בזמן $t = 0$, זרם הסליל הוא $i_L(0) = 0[mA]$

ב. הגדלת ערכי הנגדים שגודלם $30[\Omega]$ לא תשנה את קבוע זמן טעינת בסליל

ג. בזמן הנתון זרם הסליל מגיע כבר למצב המתמיד

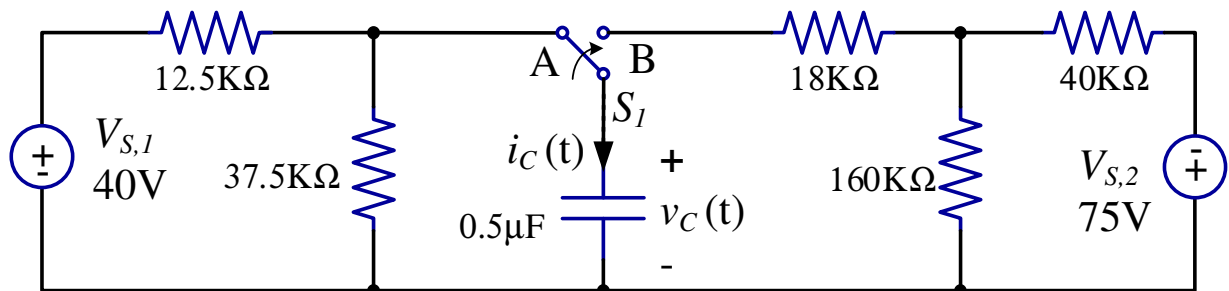
ד. לחישוב קבוע הזמן של המעגל τ , יש לחשב התנגדות שקולה של מספר נגדים

ה. בזמן $t = 0$, זרם הסליל גבוה יותר מאשר במצב המתמיד



עבור שתי השאלות הבאות נתון המעגל באיור למטה, כאשר נתונים הערכים על גבי הרכיבים.

הערה: היו זהירים ושימו לב לקוטביות של מקורות המתח.



המתג S_1 עובר למצב B בזמן $t = 0$, לאחר שהיה במצב A פרק זמן ארוך מאוד יחסית לכל קבוע זמן.

9. (5%) מהו הביטוי עבור זרם הקבל, המסומן $i_C(t)$, עבור $0 < t$:

א. $i_C(t) = -1.2 \cdot \exp(-40t) [mA]$

ב. $i_C(t) = -1.2 \cdot [1 - \exp(-40t)] [mA]$

ג. $i_C(t) = -3.6 \cdot \exp(-40t) [mA]$

ד. $i_C(t) = 0$

ה. $i_C(t) = -1.8 \cdot \exp(-40t) [mA]$

10. (4%) בהתייחס לשאלה הקודמת, סמנו את ההיגד הנכון בהקשר לחישוב $i_C(t > 0)$.

א. הזרם עד $t < 0$ בקבל הוא $i_C = 0$, ולכן ניתן להתעלם מתנאי ההתחלה

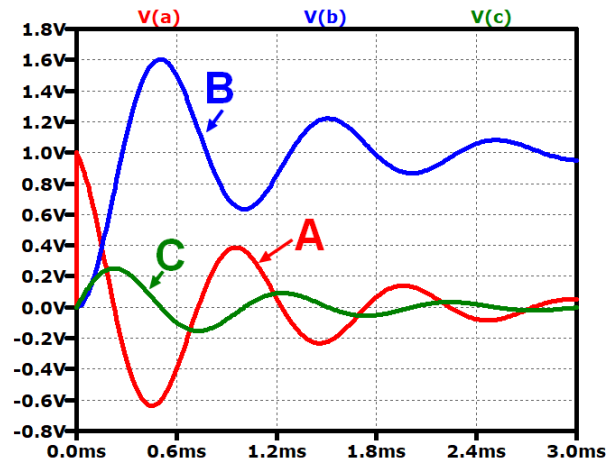
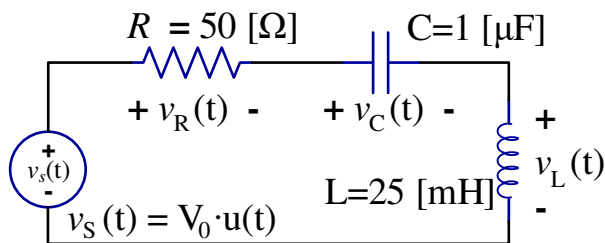
ב. קבוע הזמן המאפיין את תופעת המעבר זהה לפני ואחרי פתיחת המפסק

ג. ערכו של הקבל קובע את קבוע הזמן בלבד אך לא את הזרם ב $t = 0$

ד. במצב המתמיד הזרם בקבל קבוע ומירבי

ה. הקבל נתק ב DC, ומכאן שלא יזרום בו זרם בכל נקודת זמן

עבור **שתי** השאלות הבאות, נתון מעגל RLC טורי, המתואר באיור משמאל למטה;
מקור המתח מוזן ממדרגת מתח, $V_0 = 1[V]$, כלומר מקיים: $v_S(t) = 1 V \cdot u(t)$.
נתון כי בזמן $t = 0^-$, **תנאי ההתחלה הם אפס**.
התגובה של מתחי שלושת הרכיבים לכניסת המדרגה, מתוארת בגרפים באיור למטה מימין.

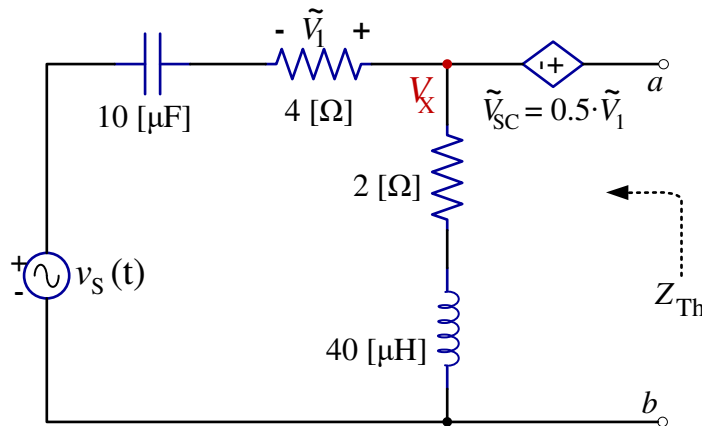


11. (5%) **התאימו** את הגרף המתאים עבור השתנות **מתחי** הנגד, הקבל והסליל כנגד הזמן.

גרף C	גרף B	גרף A	
נגד	סליל	קבל	א.
סליל	נגד	קבל	ב.
סליל	קבל	נגד	ג.
נגד	קבל	סליל	ד.
קבל	סליל	נגד	ה.

12. (4%) בחרו את ההיגד המתאים בהקשר למתחי שלושת הרכיבים בסעיף הקודם

- במצב המתמיד הזרם במעגל 0, לכן V_0 כולו נופל על הסליל
- הנגד סופג את אי-רציפות המתח בזמן $t = 0^+$, כי אינו רכיב ריאקטיבי
- תנאי התחלה אפס נשמרים, לכן מתח הקבל והזרם הטורי שווים 0 בזמן $t = 0^+$
- בזמן $t = 0^+$, הקבל מתנהג כקצר ולכן הוא סופג את מתח המדרגה
- כיוון שזו תגובת ריסון חסר לא ניתן לקבוע חד משמעית



עבור **שתי** השאלות הבאות, נתון המעגל המתואר באיור משמאל :
כאשר נתון :

- כל הרכיבים ליניאריים וערכיהם מצוינים על גבי האיור
- המעגל מצוי במצב מתמיד סינוסי
- מקור המתח הפאזורי מקיים :

$$v_s(t) = 12 \cdot \cos(50000 \cdot t) [V]$$

לחילופין, ברישום פאזורי :

$$\tilde{V}_s = 12[V] , \omega = 5 \cdot 10^4 \left[\frac{rad}{s} \right]$$

13. (5%) מהו אימפדנס הרשת השקול (אימפדנס שקול תבנית/נורטון) ביחס להדקים a-b ?

א. $Z_{Th} = \frac{8+4j}{6} [\Omega]$

ב. $Z_{Th} = \frac{8+4j}{3} [\Omega]$

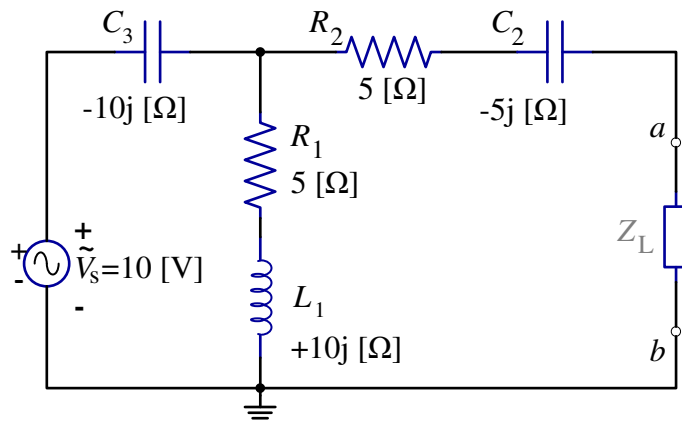
ג. $Z_{Th} = 2 + 2j [\Omega]$

ד. $Z_{Th} = \frac{10-6j}{3} [\Omega]$

ה. $Z_{Th} \rightarrow \infty [\Omega]$

14. (4%) בחרו את המשפט הנכון, ביחס לרשת שמתוארת בסעיף הקודם

- א. חישוב האימפדנס השקול בנוכחות מקורות מבוקרים מחייב שימוש במקור בוחן
- ב. איפוס המקור המבוקר מייצר נתק בין הדקי העומס (a-b) לענפי הרשת
- ג. בחישוב האימפדנס אחד המקורות הוחלף בקצר ושני בנתק
- ד. תוצאת החישוב נכונה לכל תדר עירור
- ה. חישוב האימפדנס השקול מחייב את איפוס שני המקורות ברשת



עבור שתי השאלות הבאות, נתון המעגל המתואר באיור משמאל. המעגל נתון במצב סינוסי מתמיד. והאימפדנסים חושבו בתדירות זו.

לרשת מעוניינים ליבר עומס חיצוני בין ההדקים המסומנים a-b.

15. (5%) מהו אימפדנס העומס שיש לחבר על מנת לקבל מקסימום הספק ממשי ממוצע שנצרך על ידי העומס ?

א. $Z_L = (10 - 5j) \text{ [\Omega]}$

ב. $Z_L = (5 + 5j) \text{ [\Omega]}$

ג. $Z_L = (25 - 15j) \text{ [\Omega]}$

ד. $Z_L = (20 + 10j) \text{ [\Omega]}$

ה. $Z_L = (25 + 15j) \text{ [\Omega]}$

16. (4%) בחרו את המשפט הנכון, ביחס לרשת שמתוארת בסעיף הקודם

א. הקבל C_3 אינו משפיע על החישוב עקב משפט ההצבה

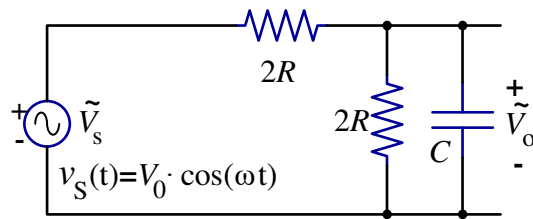
ב. הענף שמכיל את R_2, L_2 אינו משפיע עקב חיבורו במקביל לענף העומס

ג. אימפדנס העומס חייב להיות זהה במדויק לאימפדנס תבנית של כלל הרשת

ד. תוצאת החישוב אינה תלויה במשרעת המתח של מקור המתח הפאזורי

ה. התוצאה אינה משתנה אם מחליפים את מקור המתח במקור זרם פאזורי

באותה תדירות

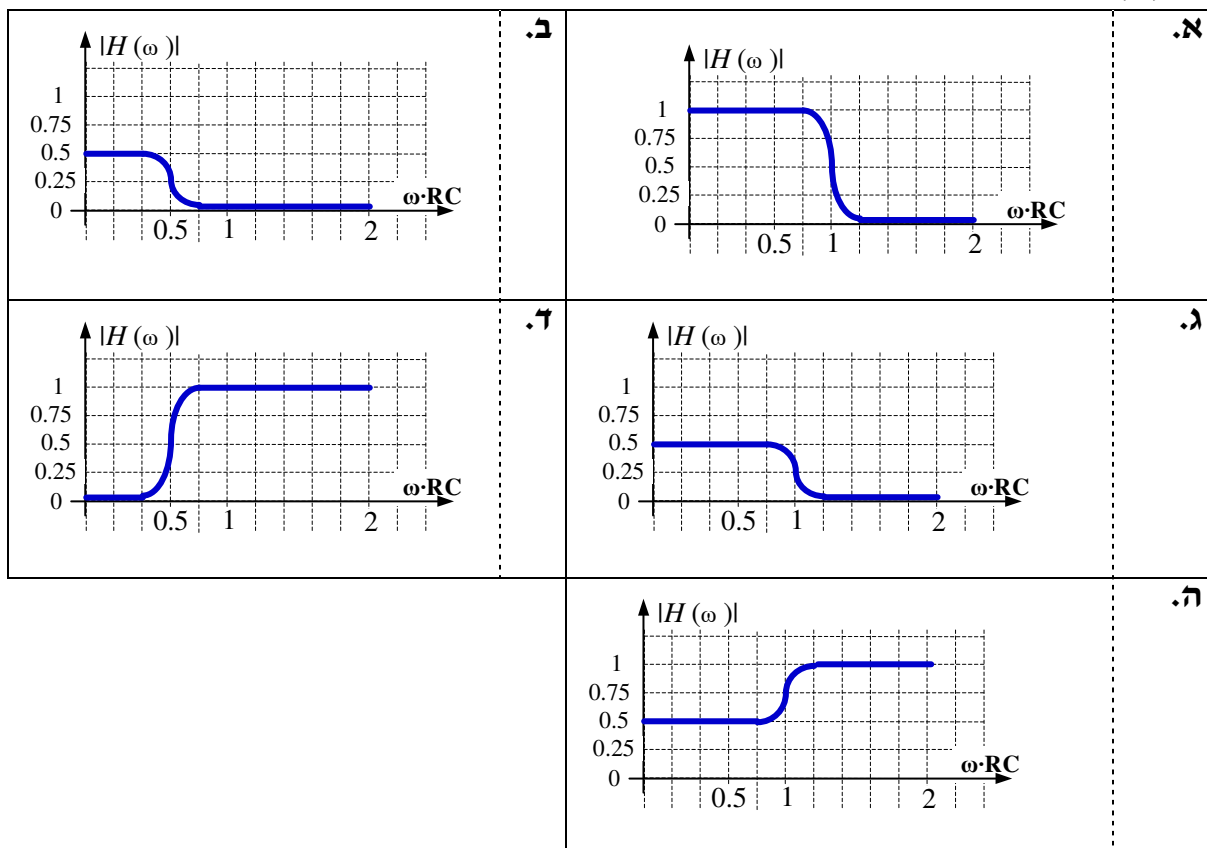


עבור שתי השאלות הבאות, נתון המעגל המתואר באיור משמאל. המעגל נתון במצב סינוסי מתמיד, כאשר תדירות מקור המתח משתנה.

מגדירים פונקציית תמסורת :

$$H(\omega) = \frac{\tilde{V}_o(\omega)}{\tilde{V}_s(\omega)}$$

17. (5%) בחרו את העקום המתאר באופן איכותי, את השתנות גודלה של פונקציית התמסורת, $|H(\omega)|$, כנגד התדירות הזוויתית.



18. (4%) בחרו את ההגיד הנכון עבור מעגל מסנן התדרים הנתון .

א. זהו Low-Pass-Filter ובתדרים נמוכים מתח הכניסה מועבר במלואו למוצא.

ב. בתדרים נמוכים, המעגל מתנהג כמו מחלק מתח בשיעור $\frac{1}{2}$

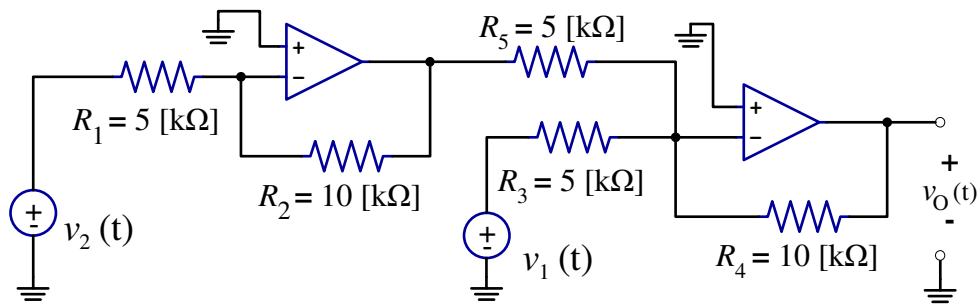
ג. תדר ה"ברך" של ה Low-Pass-Filter מוגדר ע"י $\tau = 2RC$

ד. תדר ה"ברך" של ה High-Pass-Filter מוגדר ע"י $\tau = 2RC$

ה. המעגל אינו ניתן להגדרה כ LPF או HPF באופן עקרוני



עבור שתי השאלות הבאות, נתון המעגל המתואר באיור למטה, המבוסס על שני מגברי שרת אידיאליים.



ערכי הנגדים כמתואר באיור

19. (5%) מהו מתח המוצא, המסומן v_O , כפונקציה של מתחי הכניסה?

א. $v_O = -4 \cdot v_2 - 2 \cdot v_1$

ב. $v_O = v_2 - 2 \cdot v_1$

ג. $v_O = 4 \cdot v_2 + 2 \cdot v_1$

ד. $v_O = 2 \cdot v_2 - 2 \cdot v_1$

ה. $v_O = 4v_2 - 2 \cdot v_1$

20. (4%) אילו מבין ההיגדים הבאים נכון ביחס למעגל בשאלה הקודמת?

א. המעגל שקול לגמרי למעגל מגבר מסכם משוקלל הופך.

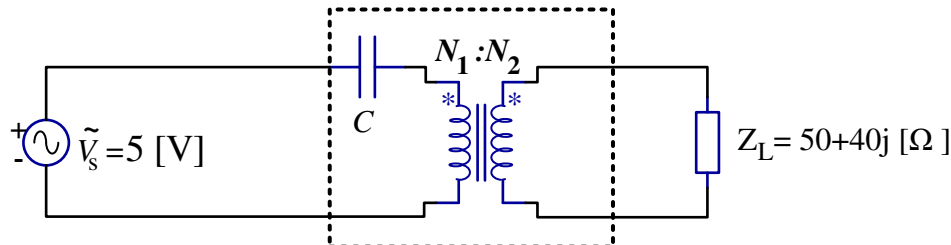
ב. ניתן היה לקבל אותה פונקציה ע"י מגבר יחיד, עם ערכי נגדים שונים.

ג. מקורות הכניסה V_1 , V_2 אינם נדרשים לספק זרם חשמלי, רק מתח.

ד. לא ניתן לממש פונקציונליות כזו באמצעות מגבר שרת יחיד ונגדים

ה. הנגד R_5 מיותר בחיבורו במעגל.

עבור שתי השאלות הבאות, נתונה הבעייה ההנדסית הבאה, מהנדסת מעוניינת להזין אנטנה שאימפדנס הכניסה שלה הוא $50 + 40j$ באות מתח פאזורי רצוי עם משרעת של $\tilde{V} = 50[V]$, אך ברשותה רק מקור גל רדיו פאזורי שהמשרעת שלו אך ורק $\tilde{V}_s = 5[V]$. היא מציעה להוסיף קופסה מתאמת המתוארת באיור למטה בתוך ריבוע מקווקו שתפקידה גם להעלות את מתח ההזנה וגם לבצע תיאום אימפדנסים להעברת הספק מקסימלית לעומס.



21. (5%) מהו יחס הליפופים $N_1:N_2$ הנדרש עבור השנאי האידיאלי, ומהו אימפדנס הקבל ?

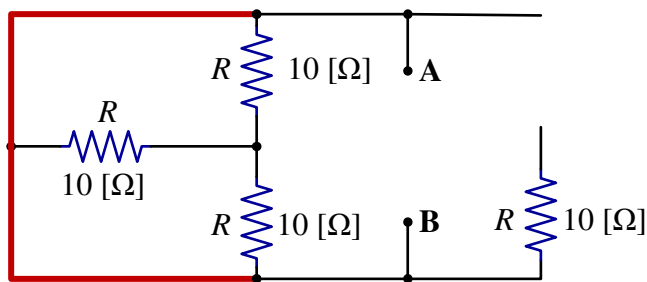
- א. $N_1:N_2 = 1:10$ ואימפדנס הקבל צריך להיות $Z_C = -j 4[k\Omega]$
- ב. $N_1:N_2 = 1:\sqrt{10}$ ואימפדנס הקבל צריך להיות $Z_C = -j 40[\Omega]$
- ג. $N_1:N_2 = 10:1$ ואימפדנס הקבל צריך להיות $Z_C = -j 0.4 [\Omega]$
- ד. $N_1:N_2 = 1:10$ ואימפדנס הקבל צריך להיות $Z_C = -j 0.4 [\Omega]$
- ה. $N_1:N_2 = 10:1$ ואימפדנס הקבל צריך להיות $Z_C = -j 4[k\Omega]$

22. (4%) איזה מההיגדים הבאים נכון בהקשר לתכנון המוצע ?

- א. על מנת להגדיל את המתח פי 10, בסליל השמאלי צריך פי 10 כריכות N_1
- ב. אימפדנס הקבל חייב להיות צמוד קומפלקסי של האימפדנס המקורי של העומס
- ג. ההשראות של העומס Z_L תשוקף כלפי מקור המתח כהשראות גדולה יותר
- ד. ההשראות של העומס Z_L תשוקף כלפי מקור המתח כהשראות קטנה פי 100
- ה. המתח משוקף על פי יחס הכריכות בריבוע



פתרון שאלה 1



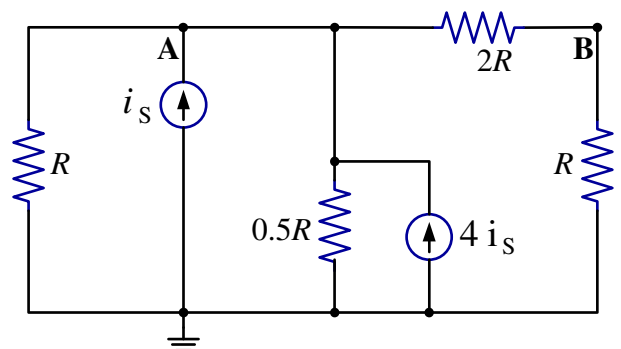
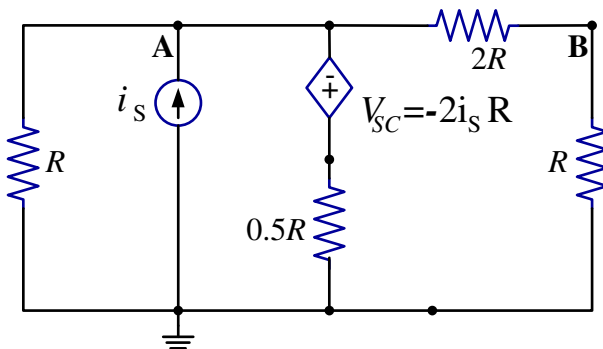
נאפס את מקור הזרם, ואז נשים לב
שלמעשה נק' A ו B מקוצרות.

לכן ההתנגדות השקולה
היא פשוט $0 [\Omega]$

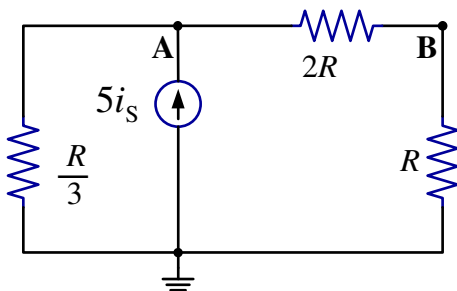
פתרון שאלה (2)

$$v_1 = -i_s R$$

זהו ערך קבוע, לכן נוכל להתייחס ל- V_{SC} כמקור מתח קבוע, ב"ת עם הערך $V_{SC} = 2 \cdot (-i_s \cdot R)$
נשתמש במשפט ההצבה וביטול הנגד בטור למקור הזרם ונחשב נגד שקול לנגדים במקביל ונקבל את
האיור השמאלי. אח"כ נבצע המרת מקורות למקור המתח ונקבל את האיור הימני :



איחוד מקורות הזרם והמוליכויות המחוברים לצומת A מניב את המעגל הבא :



נבחר את A להיות השורה הראשונה במטריצה ואז

$$\begin{pmatrix} \frac{3}{R} + \frac{1}{2R} & -\frac{1}{2R} \\ -\frac{1}{2R} & \frac{1}{2R} + \frac{1}{R} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 5i_s \\ 0 \end{pmatrix}$$

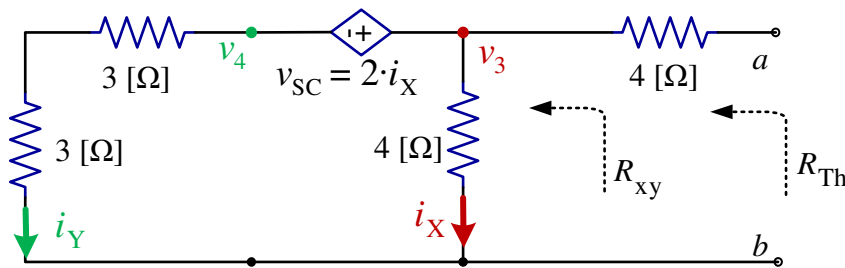
לכן :

$$\begin{pmatrix} \frac{7}{2R} & -\frac{1}{2R} \\ -\frac{1}{2R} & \frac{3}{2R} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 5i_s \\ 0 \end{pmatrix}$$



פתרון שאלות 3-4 :

מאפסים מקורות ב"ת (מקור זרם הופך נתק) ונשארים עם :



נוח לחשב R_{xy} ואז

להוסיף עוד נגד 4Ω בטור.

אם נניח שמאלצים

מקור בוחן עם מתח בצומת v_3 , הרי ש : $R_{xy} = \frac{v_3}{i_X + i_Y}$

$$\text{אבל } i_X = \frac{v_3}{4} = 0.25 \cdot v_3$$

לכן מתח המקור המבוקר יהיה : $v_{SC} = 2 \cdot i_X = 0.5 \cdot v_3$, לכן המתח המסומן v_4 יקיים :

$$v_4 = v_3 - v_{SC} = v_3 - 2 \cdot \frac{v_3}{4} = \frac{v_3}{2}$$

ומכאן שהזרם יהיה : $i_Y = \frac{v_4}{3+3} = \frac{v_4}{6} = \frac{v_3}{12}$

$$\text{ולכן זרם שני הענפים הוא : } i_{XY} = i_X + i_Y = \frac{v_3}{4} + \frac{v_3}{12} = v_3 \cdot \frac{4}{12} = \frac{v_3}{3}$$

ולכן הוא יוצר התנגדות שקולה שערכה הוא :

$$R_{XY} = \frac{v_3}{i_{XY}} = 3 [\Omega]$$

ומכאן שהנגד הכולל הוא $4+3$ כלומר : $R_{Th} = R_{XY} + 4 = 7[\Omega]$

ולכן ההיגד הנכון בשאלה 4 הוא :

" ללא מתח המקור המבוקר ההתנגדות השקולה המחושבת הייתה קטנה יותר "



פתרון שאלות 5 + 6 :

נמצא את המתח על הרכיב הלא ליניארי ע"י השוואת ההתנגדות לאות קטן לפי נתוני השאלה :

$$r_{NL} = \left(\frac{di_{NL}}{dv_{NL}} \right)^{-1} \Big|_{O.P.} = \frac{1}{2K \cdot v_{NL}} \Big|_{O.P.} = 0.5k\Omega \rightarrow v_{NL} = 10V$$

את הזרם ברכיב הלא ליניארי נמצא ע"י קשר מתח-זרם לפי נתוני השאלה :

$$i_{NL} = K \cdot v_{NL}^2 = 10mA$$

נמיר את המעגל לשקול תבנית כלפי הרכיב הלא-ליניארי, לאחר ניתוקו של הקבל, כלומר נחשב את מתח תבנית והתנגדות תבנית בהתייחס למרכיב ה DC בלבד :

$$V_{th} = V_{DC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{V_{DC}}{2}$$

$$R_{th} = R_1 \parallel R_2 + R_3 = \frac{3}{2} \cdot 10^3 \Omega = 1.5k\Omega$$

כעת, נבצע קירכהוף מתחים על מעגל שקול תבנית שבנינו ונקבל -

$$i_{NL} = \frac{V_{th} - v_{NL}}{R_{th}}$$

$$10mA = \frac{\frac{V_{DC}}{2} - 10}{1.5k} \rightarrow \frac{V_{DC}}{2} - 10 = 15 \rightarrow V_{DC} = 50$$

חישוב נקודת העבודה מתבצע ב DC לכן במצב המתמיד הקבל ישמש כנתק ולא ישפיע על ערך נקודת העבודה, ומתוך כך גם לא על ההתנגדות לאות קטן של הרכיב הלא-ליניארי. לכן ההיגד הנכון הוא :

C – כיוון שמשמש כנתק בחישוב נקודת העבודה

פתרון שאלות 7 + 8 :

ראשית, ניתן להוריד את הנגד $R = 100[\Omega]$ כי הוא מחובר במקביל לקצר. ניתן גם להתעלם משני הנגדים בעלי ההתנגדות $R = 30[\Omega]$, זאת על פי משפט ההצבה, כי הם בטור למקור זרם. כעת המעגל הוא מעגל RL פשוט עם קבוע זמן -

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{2[H]}{60[\Omega]} = \frac{1}{30}[sec]$$

בזמן $t = 0$ המעגל היה במצב מתמיד ולכן הסליל מהווה קצר. מרציפות הזרם בסליל, הזרם ההתחלתי בסליל הינו -

$$I_L(t = 0^+) = I_L(t = 0^-) = I_1 = 1[mA]$$

בזמן $t = \infty$ המעגל הגיע למצב מתמיד ולכן הסליל מהווה קצר ולכן הזרם בסליל הינו -

$$I_L(t = \infty) = I_S(t = \infty) = I_1 + I_2 = 3[mA]$$



נציב במשוואת הדפקים :

$$i_L(t) = I_\infty + (I_0 - I_\infty) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = 3[mA] - 2[mA] \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

עבור זמן $t = 17 ms$, נקבל :

$$i_L(t = 17ms) = 3 - 2 \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) [mA] = 3 - 2 \cdot \exp(-0.017 \times 30) [mA] =$$

$$3 - 2 * e^{-0.51} [mA] = 3 - 2 \cdot 0.6 = 1.8 [mA]$$

בהקשר לשאלה (8), ההיגד הנכון הוא משמעות השימוש במשפט ההצבה:
" הגדלת ערכי הנגדים שגודלם $30[\Omega]$ לא תשנה את קבוע זמן טעינת בסליל "

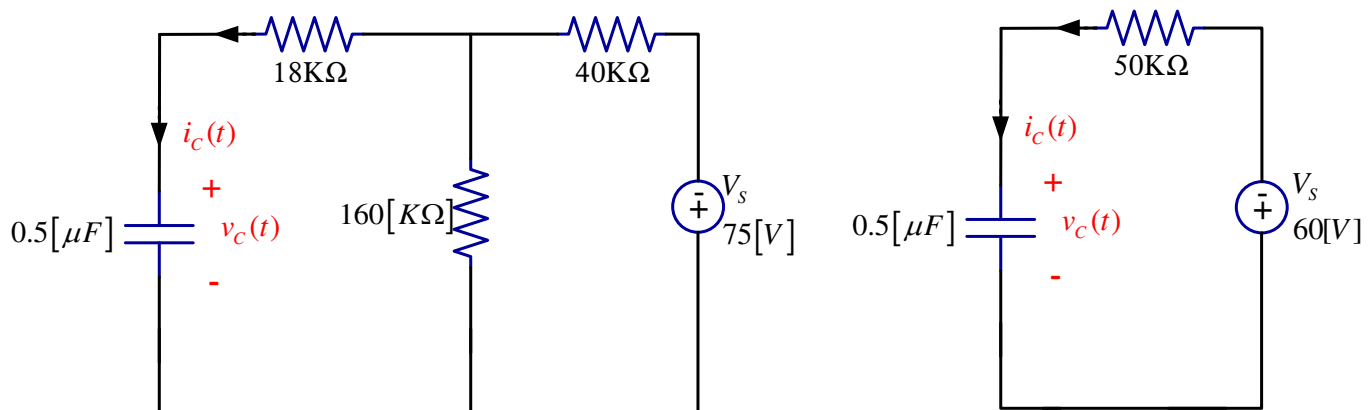
פתרון שאלות 9 + 10

הפתרון הוא למעשה פתרון שאלה 2 בתרגיל בית מס' 6.

בזמן $t = 0^-$ הינו מצב מתמיד (לפני שינוי המפסק). לכן הקבל משמש כנתק וניתן לקבל את מתחו על פי מחלק מתח:

$$v_C(0^-) = V_s \frac{37.5}{37.5 + 12.5} = 40 \cdot \frac{3}{4} = 30V, \quad i_C(0^-) = 0$$

ברגע שינוי המפסק, נקבל את המעגל הבא ונבצע לו שקול תבנין.



מכאן, נשתמש במשוואת הדפקים :

$$\tau = RC = 50_{[k\Omega]} \cdot 0.5_{[\mu F]} = 25ms = \frac{1}{40}$$

$$V_\infty = -60V$$

$$V_{C,0} = 30V$$

ולכן

$$v_C(t) = V_\infty + (V_{C,0} - V_\infty)e^{-t/\tau} = -60 + 90e^{-\frac{t}{RC}}$$

סה"כ זרם הקבל הינו :

$$i_C(t) = C \frac{\partial}{\partial t} v_C(t) = C \cdot -\frac{1}{RC} \cdot 90e^{-40t} = -\frac{90}{50k\Omega} \cdot e^{-40t} = -1.8 \cdot e^{-40t} [mA]$$

וההיגד הנכון הוא :

" ערכו של הקבל קובע את קבוע הזמן בלבד אך לא את הזרם ב $t=0$ "



פתרון שאלות 11 + 12

בזמן המיתוג :

מתח הקבל נשאר רציף, כלומר $v_{C(0)} = 0$, אבל במצב המתמיד, הקבל נתק וכל מתח הכניסה

מופיע כמתח הקבל, ולכן $v_C\left(\frac{1}{\alpha} \ll t\right) = V_0 = 1[V]$, לכן מתח הקבל מתאים לגרף B

זרם הסליל נשאר רציף $i_L(0^+) = 0$, לכן גם זרם הנגד והקבלהם 0 לאחר המיתוג, ומכאם שגם מתח הנגד 0 בזמן המיתוג, כמובן שבמצב המתמיד אין זרם, כי הקבל נתק. לכן מתח הנגד 0 גם במצב המתמיד, ורק עקום C מתאים לרכיב שמתחיל ומסיים במתח 0

בהקשר לסליל במצב המתמיד הוא קצר, אין עליו מפל מתח, אבל ברגע המיתוג הוא היחיד שיכול לספוג את שינוי המתח, לכן מתח הסליל מתואר ע"י עקום A

לכן ההיגד הנכון הוא :

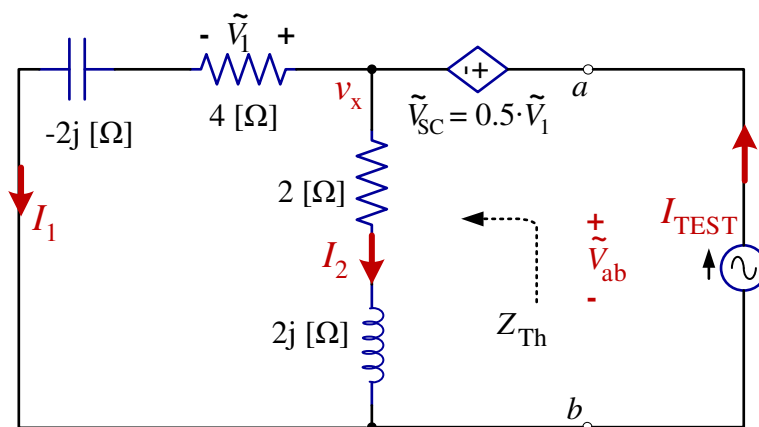
” תנאי התחלה אפס נשמרים, לכן מתח הקבל והזרם הטורי שווים 0 בזמן $t = 0^+$ ”

פתרון שאלות 13 + 14

נחשב תחילה את אימפדנסי הרכיבים הריאקטיביים :

$$Z_L = j\omega L = j50000 \cdot 40 \cdot 10^{-6} = 2j [\Omega]$$

$$Z_C = -j \frac{1}{\omega C} = -j \frac{1}{50000 \cdot 10^{-5}} = -2j [\Omega]$$



נאפס מקור ב"ת, נאלץ מקור
בוחר ונקבל :

נחשב את I_1 באמצעות מחלק זרם :

$$I_1 = I_{TEST} \cdot \frac{Z_2}{Z_2 + Z_1} = I_{TEST} \cdot \frac{2 + 2j}{2 + 2j + 4 - 2j} = I_{TEST} \cdot \frac{1 + j}{3} [A]$$

לכן המתח בצומת הוא :

$$V_x = I_1 \cdot Z_1 = I_{TEST} \cdot \frac{1 + j}{3} \cdot (4 - 2j) = I_{TEST} \cdot \frac{6 + 2j}{3} [V]$$

מתח המקור המבוקר הוא :

$$V_{SC} = \frac{V_1}{2} = \frac{I_1 \cdot 4[\Omega]}{2} = 2I_1 = I_{TEST} \cdot \frac{2}{3} \cdot (1 + j) [V]$$

$$V_{ab} = V_x + V_{SC} = I_{TEST} \cdot \frac{6 + 2j}{3} + I_{TEST} \cdot \frac{2}{3} \cdot (1 + j) \quad \text{והמתח הכולל הוא :}$$



$$V_{ab} = I_{TEST} \cdot \frac{8 + 4j}{3}$$

האימפדנס כלפי החדקים a-b יהיה לכן :

$$Z_{Th} = \frac{V_{ab}}{I_{TEST}} = \frac{8 + 4j}{3} [\Omega]$$

ברור כי ההיגד הנכון בהקשר לניתוח המעגל הוא :

” חישוב האימפדנס השקול בנוכחות מקורות מבוקרים מחייב שימוש במקור בוחן ”

פתרון שאלות 15 + 16

מאפסים את מקור המתח (מחליפים בקצ'ר) ומחשבים אימפדנס שקול :

$$Z_{Th} = (-10j) || (5 + 10j) + (5 - 5j) = (20 - 10j) + (5 - 5j) = 25 - 15j$$

לכן יש לקיים : $Z_L = Z_{Th}^*$

כלומר :

$$Z_L = 25 + 15j [\Omega]$$

ברור כי ההיגד הנכון בהקשר לניתוח המעגל הוא :

” תוצאת החישוב אינה תלויה במשרעת המתח של מקור המתח הפאזורי ”

פתרון 17-18:

הניתוח הופך פשוט אם מחשבים שקול נורטון כלפי הקבל :

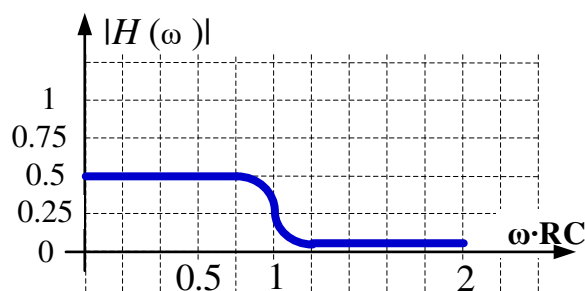
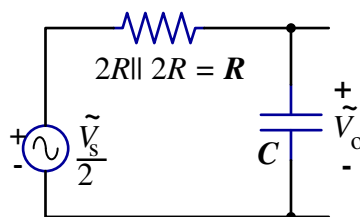
ואז ברור שתדר ה LPF נקבע ע"י :

$$\omega = \frac{1}{RC}$$

ובנוסף בתדרים נמוכים זהו LPF , אך עקב מחלק המתח ,

פונקציית התמסורת היא :

$$H\left(\omega \ll \frac{1}{RC}\right) = \frac{1}{2}$$



לכן עקום תגובת התדר הוא :

לכן ההיגד הנכון הוא :

” בתדרים נמוכים, המעגל מתנהג כמו מחלק מתח בשיעור $\frac{1}{2}$ ”



פתרון 19 + 20 :

המגבר השמאלי הוא מגבר הופך ולכן $v_a = -\frac{10}{5} \cdot v_2(t) = -2 \cdot v_2$
המגבר הימני הוא מגבר מסכם משוקלל הופך, לכן :

$$v_o = -\frac{R_4}{R_3} v_1 - \frac{R_4}{R_5} v_a = -\frac{10}{5} v_1 - \frac{10}{5} \cdot (-2 \cdot v_2) = 4v_2 - 2v_1$$

הפונקציונליות היא מגבר מחסר משוקלל אותה ניתן גם להשיג ע"י מגבר הפרש ע נגדים
היקפיים מתאימים. ולכן ההיגד הנכון הוא :

” ניתן היה לקבל אותה פונקציה ע"י מגבר יחיד, עם ערכי נגדים שונים ”

פתרון 21

כדי להגדיל את המתח פי 10, צריך שיחס הכריכות יקיים :

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{50}{5} = \frac{10}{1}$$

לכן נדרוש :

$$N_1 : N_2 = 1 : 10$$

על מנת לבצע העברת הספק מקסימלית לעומס, נבצע שיקוף אימפדנסים עבור הסליל ונקבל כי :

$$Z_{\text{משוקף}} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L = \left(\frac{1}{10}\right)^2 Z_L = \frac{Z_L}{100}$$

$$Z_{\text{משוקף}} = 0.5 + 0.4j [\Omega]$$

כדי לאפשר העברת הספק אופטימלית יש להוסיף קבל שיבטל את ההשראות המשקופת ולכן :

$$Z_C = -0.4j [\Omega]$$

פתרון 22

מבפתרון לתרגיל 21, התשובה הנכונה היא לכן :

” ההשראות של העומס Z_L תשוקף כלפי מקור המתח בהשראות קטנה פי 100 ”