

חשמל ואלקטרוניקה ט'

מגמת הנדסת חשמל, בקרה ואנרגייה (כיתה י"ג)

הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: ארבע שעות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שלושה פרקים ובהם עשר שאלות. יש להשיב על חמש שאלות בלבד. לכל שאלה – 20 נקודות. סך-הכול – 100 נקודות.
שים לב: חובה לענות על שאלה אחת לפחות מהפרק הראשון ועל שאלה אחת לפחות מהפרק השני.
- ג. חומר עזר מותר לשימוש: מחשבון, מילונית, וכן כל חומר הכתוב (בכתב יד או בהדפסה) על שלושה דפי A4, הכתובים משני הצדדים.
- ד. הוראות מיוחדות:
 1. ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר התשובות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
 2. התחל כל תשובה לשאלה חדשה בעמוד חדש.
 3. כתוב את כל תשובותיך אך ורק בעט.
 4. הקפד לנסח את תשובותיך כהלכה ולסרטט את תרשימיך בבהירות.
 5. כתוב את תשובותיך בכתב-יד ברור, כדי לאפשר הערכה נאותה של תשובותיך.
 6. אם לדעתך חסרים נתונים הדרושים לפתרון שאלה, אתה רשאי להוסיף אותם, בתנאי שתנמק מדוע הוספת אותם.
 7. בכתיבת פתרונות חישוביים, קבלת מִגְרֵב הנקודות מותנית בהשלמת כל המהלכים שלהלן, בסדר שבו הם רשומים:
 - * כתיבת הנוסחה המתאימה.
 - * הצבה של כל הערכים ביחידות המתאימות.
 - * חישוב (אפשר באמצעות מחשבון).
 - * כתיבת התוצאה המתקבלת, ביחד עם יחידות המידה המתאימות.
 - * ליווי הפתרון החישובי בהסבר קצר.
 8. לנוחותך, לשאלון זה מצורף מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכל להיעזר בו בעת הצורך.
 9. צרף את שלושת דפי ה-A4 למחברת הבחינה.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב כטיוטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).

כתוב "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. כתיבת טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה!

בשאלון זה 10 עמודים ו-20 עמודי נספחים.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר,

אך מכוונות הן לנבחנות והן לנבחנים.

בהצלחה!

השאלות

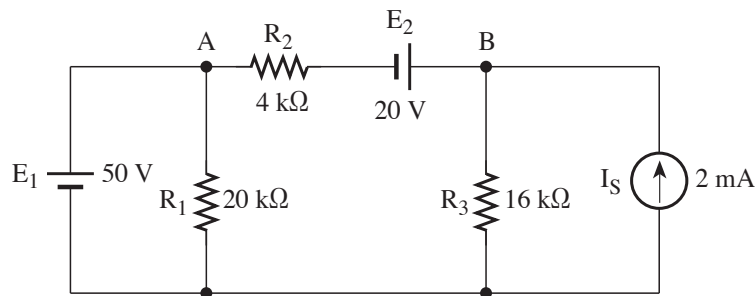
ענה על חמש מבין השאלות 1-10. עליך לענות על שאלה אחת לפחות מן הפרק הראשון, על שאלה אחת לפחות מן הפרק השני.

פרק ראשון: תורת החשמל

ענה על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 1-4 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון מעגל חשמלי לזרם ישר.

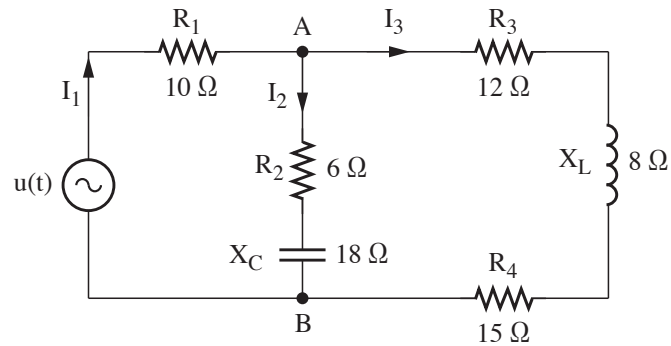


איור לשאלה 1

- א. (12 נק') חשב את הזרם הזורם דרך הנגדים R_1 , R_2 ו- R_3 .
- ב. (4 נק') חשב את המתח בין הנקודות A ו- B.
- ג. (4 נק') חשב את ההספק הנמסר על-ידי מקור המתח E_1 .

שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתון מעגל חשמלי לזרם חילופין. המעגל מוזן במתח $u(t) = 60 \sin(314t + 45^\circ) \text{ V}$.



איור לשאלה 2

א. (8 נק')

1. (4 נק') חשב את העכבה השקולה של המעגל. הצג את תשובתך בצורה מרוכבת.

2. (4 נק') קבע את אופי המעגל.

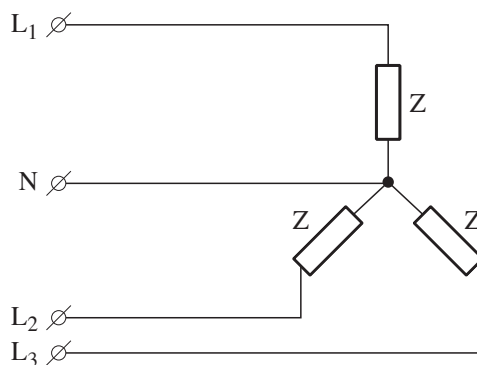
ב. (8 נק') חשב את פאזור הזרם הזורם דרך כל ענף, I_1 , I_2 ו- I_3 .

ג. (4 נק') חשב את ההספק הפעיל, P , של המעגל.

שאלה 3

באיור לשאלה 3 מתואר עומס תלת-מופעי סימטרי המחובר בחיבור כוכב. העומס מוזן על-ידי רשת תלת-מופעית $400 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$.

העכבה למופע של העומס היא: $Z = (16 + j 12) \Omega$.



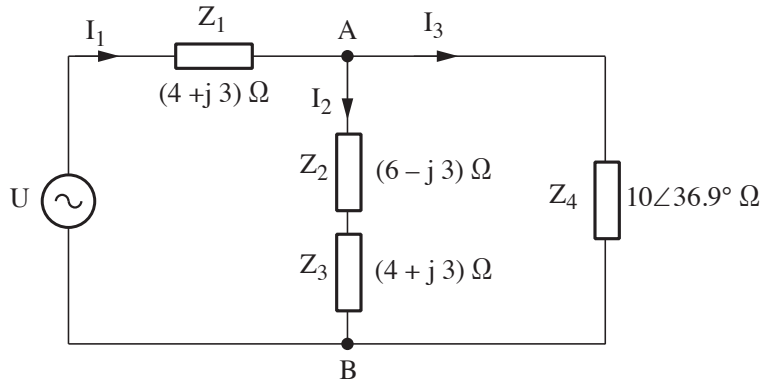
איור לשאלה 3

- א. (6 נק') חשב את הזרם המופעי בכל אחד מענפי העומס, ואת הזרם הקווי בכל אחד מקווי ההזנה.
- ב. (8 נק') 1. חשב את ההספק הממשי, את ההספק ההיגבי ואת ההספק המדומה של העומס.
2. סרטט את משולש ההספקים של העומס.
- ג. (6 נק') חשב את ההספק הממשי כאשר מחברים את עכבות העומס בחיבור משולש.

שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתון מעגל חשמלי לזרם חילופין.

נתון: $U_{AB} = 20 \angle 90^\circ \text{ V}$.



איור לשאלה 4

- א. (6 נק') חשב את הזרמים I_1 , I_2 ו- I_3 .
- ב. (5 נק') חשב את מתח המקור, U .
- ג. (5 נק') חשב את העכבה השקולה של המעגל.
- ד. (4 נק') סרטט דיאגרמה פאזורית של הזרמים I_1 , I_2 ו- I_3 .

פרק שני: אלקטרוניקה א'

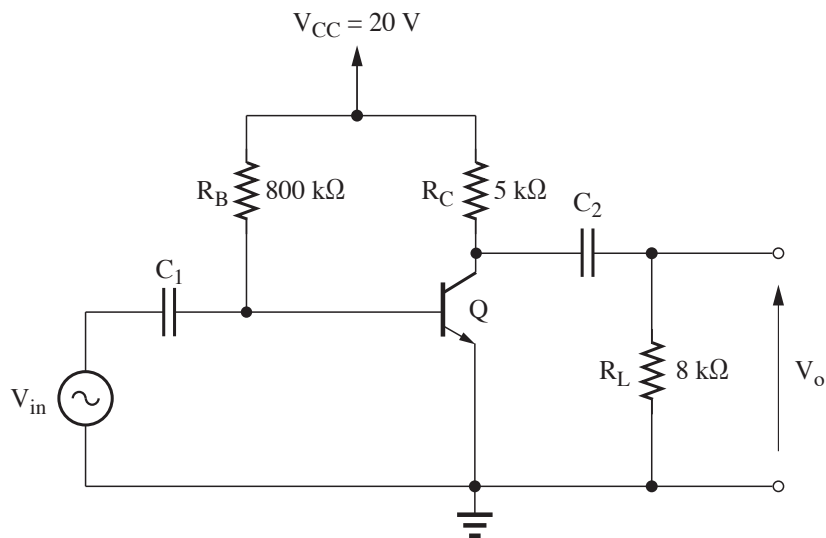
ענה על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 5-8 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 5

באיור לשאלה 5 נתון מעגל חשמלי המשמש כמגבר טרנזיסטורי. נתוני הטרנזיסטור הם:

$$V_{BE} = 0.7 \text{ V} , \beta = h_{fe} = 100 , h_{ie} = 1 \text{ k}\Omega$$

היגבי הקבלים במעגל – זניחים.

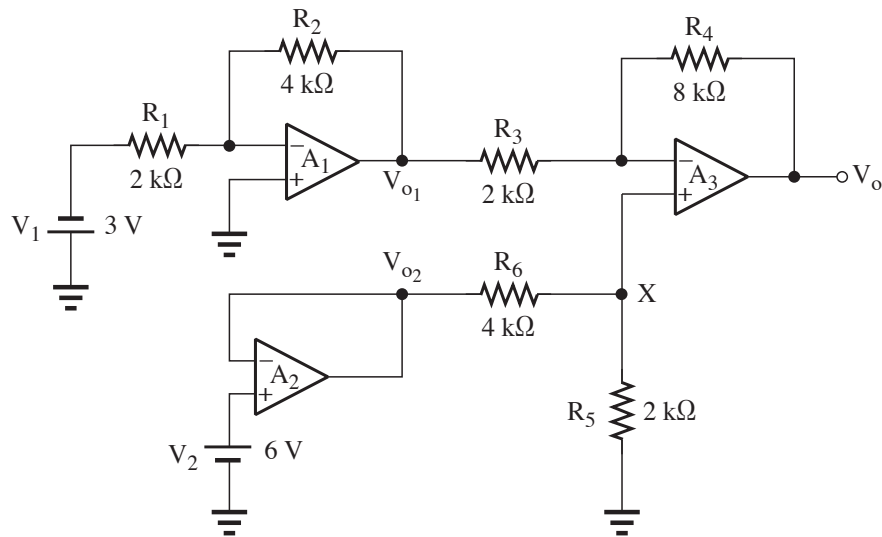


איור לשאלה 5

- א. (8 נק') חשב את נקודת העבודה של הטרנזיסטור (I_C , V_{CE}).
- ב. (6 נק') סרטט במחברתך מעגל תמורה לאות חילופין של המעגל הנתון.
- ג. (6 נק') חשב את הגבר המתח $A_V = \frac{V_o}{V_{in}}$.

שאלה 6

באיור לשאלה 6 נתון מעגל חשמלי.

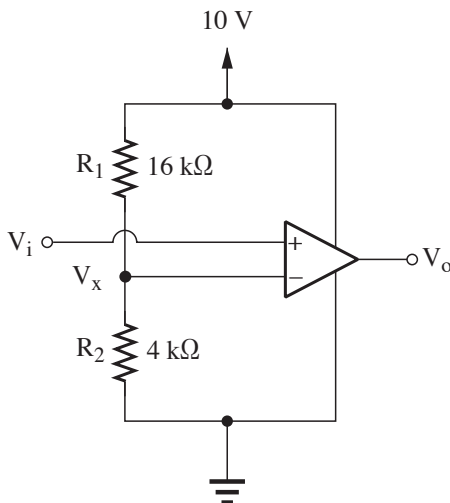


איור לשאלה 6

- א. (6 נק') חשב את המתחים V_{o1} , V_{o2} .
- ב. (6 נק') חשב את המתח בנקודה X.
- ג. (4 נק') חשב את מתח המוצא, V_o .
- ד. (4 נק') ציין את התפקיד של כל אחד מהמגברים A_1 ו- A_2 .

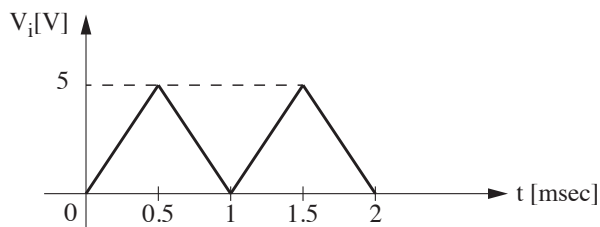
שאלה 7

באיור א' לשאלה 7 נתון מעגל חשמלי. מגבר השרת שבמעגל – אידיאלי.



איור א' לשאלה 7

- א. (6 נק') חשב את המתח, V_x .
- ב. (6 נק') סרטט את אופיין המעבר $V_o = f(V_i)$. ציין על-גבי הסרטוט את ערכי מתח המבוא ואת ערכי מתח המוצא.
- ג. (8 נק') באיור ב' לשאלה נתון גרף המתאר את צורת מתח המבוא, V_i , כפונקצייה של הזמן.

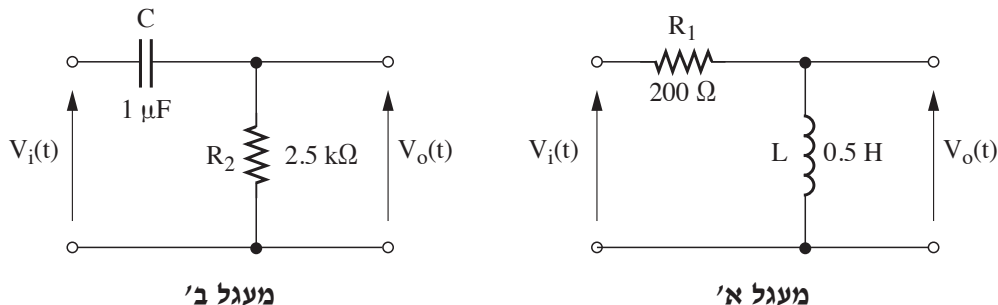


איור ב' לשאלה 7

העתק למחברתך את צורת מתח המבוא, V_i , וסרטט מתחתיה, בהתאמה, את צורת מתח המוצא, V_o , כפונקצייה של הזמן. ציין בסרטוטך את ערכי הזמנים והמתחים.

שאלה 8

באיור א' לשאלה 8 נתונים שני מעגלים.

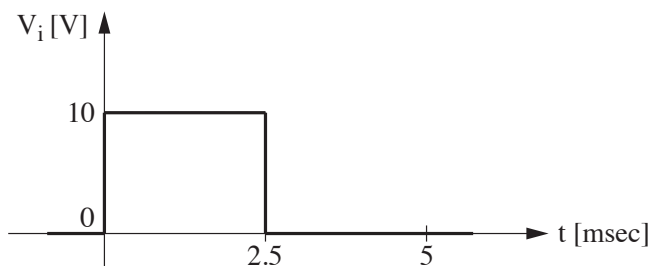


איור א' לשאלה 8

א. (4 נק') ציין עבור כל אחד מהמעגלים אם הוא רשת מעבירה תדרים גבוהים (HP) או רשת מעבירה תדרים נמוכים (LP).

ב. (4 נק') חשב את קבוע הזמן של כל אחד מהמעגלים.

מספקים למעגל ב' את מתח המבוא, V_i , כמתואר באיור ב' לשאלה.



איור ב' לשאלה 8

ג. (6 נק') העתק למחברתך את צורת מתח המבוא, V_i , וסרטט מתחתיה, בהתאמה, את צורת מתח המוצא, V_o , כפונקצייה של הזמן.

ד. (6 נק') חשב את מתח המוצא בזמנים:

1. $t = 2.5 \text{ msec}$

2. $t = 5 \text{ msec}$

פרק שלישי: אנגלית טכנית

לכל שאלה – 20 נקודות.

שאלה 9

בנספח לשאלה 9 מובא קטע של מאמר בשפה האנגלית. השורות בקטע ממוספרות.

כתוב את תשובותיך לסעיפים א' – ד' בעברית, רק על-פי הכתוב במאמר. ציין את מספרי השורות בקטע, שעליהן התבססת בתשובתך לכל סעיף.

- (5 נק') א. הגדר את המונח **מוליך**.
(5 נק') ב. ציין אילו חומרים נחשבים למוליכים טובים, ומדוע.
(5 נק') ג. ציין איזה חומר נחשב למוליך טוב יותר – כסף או נחושת, ומדוע.
(5 נק') ד. מה אפשר להסיק על החומרים בסביבתנו מלימוד נושא המוליכות?

שאלה 10

בנספח לשאלה 10 מובאת טבלה בשפה האנגלית.

כתוב את תשובותיך לסעיפים א' – ד' בעברית, רק על-פי הכתוב בטבלה.

- (5 נק') א. ציין **שלושה** יתרונות וחסרון **אחד** של נורת LED.
(5 נק') ב. ציין **שתי** נורות בעלות נצילות אורית גבוהה ונורה **אחת** בעלת נצילות אורית נמוכה.
(5 נק') ג. ציין **שלוש** נורות שזמן ההדלקה שלהן הוא מעל לדקה.
(5 נק') ד. ציין **שתי** נורות המשמשות במשרדים ובחנויות.

בהצלחה!

Conductors

Courtesy of Scott A Hughes 2005

Conductors are materials in which it is easy for charges to move around.

Among the best conductors are metals – silver, gold, copper, aluminum, etc.

The atoms of these metals form a crystalline structure in which electrons can easily hop around from atom to atom.

- 5 Although a chunk of metal is neutral overall, we can visualize it as being made of lots of positive charges that are nailed in place, paired up with lots of negative charges (electrons) that are free to move around. In isolation, the negative charges will sit close to the positive charges, so that the metal is not only neutral overall, but also largely neutral everywhere. Under the influence of some external field, the electrons are free to move around.
- 10 Some materials conduct OK, but are not as good as metals. For example, salty water has lots of charges that are free to move around under the influence of an E-field. However, since these charges – usually sodium and chlorine ions – are far more massive than an electron, and they do not flow in a crystalline structure, salty water is not a very high-quality conductor.

	Material	Resistivity ($\frac{\Omega}{m}$)
15	Silver	1.6×10^{-8}
	Copper	1.7×10^{-8}
	Gold	2.1×10^{-8}
	Iron	1.0×10^{-7}
	Sea water	0.2
20	Polyethylene	2.0×10^{11}
	Glass	$\sim 10^{12}$
	Fused quartz	7.5×10^{17}

As you can see, the resistivity of ordinary materials varies over an enormous range, reflecting the very different electronic properties of materials around us.

The different lamp technologies

Courtesy of Schneider Electric

Technology	Application	Advantages	Disadvantages
LED	any lighting application in residential, commercial or industrial building, and infrastructures	- Low energy consumption, - Low temperature in front face, - No emission in the ultraviolet and few infrared, - Robustness against vibrations, - Insensitive to the number of switching operations - immediate relighting	- Cost (steadily declining), - Blue spectrum for white LED, - Management of temperature
Standard incandescent	- Domestic use - Localized decorative lighting	- Direct connection without intermediate switchgear - Reasonable purchase price - Compact size - Instantaneous lighting - Good color rendering	- Low luminous efficiency and high electricity consumption - Significant heat dissipation - Short service life
Halogen incandescent	- Spot lighting - Intense lighting	- Direct connection - Instantaneous efficiency - Excellent color rendering	Average luminous efficiency
Fluorescent tube	- Shops, offices, workshops - Outdoors	- High luminous efficiency - Average color rendering	- Low light intensity of single unit - Sensitive to extreme temperatures
Compact fluorescent lamp	- Domestic use - Offices - Replacement of incandescent lamps	- Good luminous efficiency - Good color rendering	High initial investment compared to incandescent lamps
High-pressure sodium	- Outdoors - Large halls	Very good luminous efficiency	Lighting and relighting time of a few minutes
Low-pressure sodium	- Outdoors - Emergency lighting	- Good visibility in foggy weather - Economical to use	- Long lighting time (5 min.) - Mediocre color rendering
Metal halide	- Large areas - Halls with high ceilings	- Good luminous efficiency - Good color rendering - Long service life	Lighting and relighting time of a few minutes

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

נוסחאון בתורת החשמל לכיתה י"ג

(8 עמודים)

(הגדלים בנוסחאון מופיעים ביחידות SI)

1. זרם ישר

התנגדות ומוליכות

התנגדות	-	R	[Ω]
התנגדות סגולית	-	ρ	$\left[\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right]$
אורך המוליך	-	ℓ	[m]
שטח החתך של המוליך	-	A	[mm ²]
מוליכות	-	G	[S]

$$R = \frac{\rho \ell}{A}$$

$$G = \frac{1}{R}$$

זרם חשמלי

זרם	-	I	[A]
מטען	-	Q	[C]
זמן	-	t	[sec]
צפיפות הזרם	-	J	[A / mm ²]
שטח החתך	-	A	[mm ²]

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$J = \frac{I}{A}$$

אנרגייה בזרם ישר

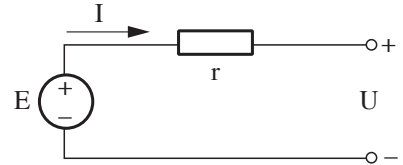
אנרגייה	-	W	[W · sec או J]
זמן	-	t	[sec]
הספק	-	P	[W]

$$W = P \cdot t$$

כא"מ של מקור מתח

הכא"מ	-	E	[V]
מתח ההדקים	-	U	[V]
התנגדות פנימית	-	r	[Ω]
זרם	-	I	[A]

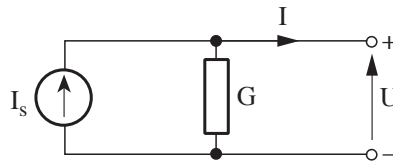
$$E = U + I \cdot r$$



מקור זרם

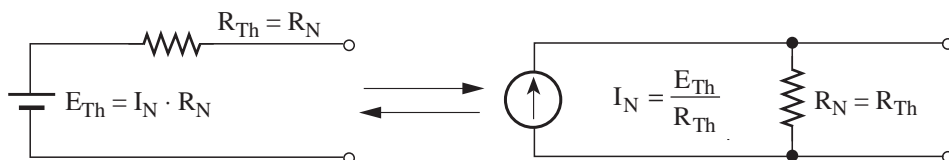
זרם המקור	-	I_s	[A]
מוליכות פנימית של מקור זרם	-	G	[S]

$$I_s = I + G \cdot U$$



2. פתרון מעגלים באמצעות משפטי רשת

המרה מנורטון לתבנית ומתבנית לנורטון



העברת הספק מקסימלי לעומס אומי

$$P_{L\max} = \frac{E_{th}^2}{4 \cdot R_{th}} \quad \text{עבור מעגל תבנין}$$

$$P_{L\max} = \frac{I_N^2 \cdot R_N}{4} \quad \text{עבור מעגל נורטון}$$

נוסחת מילמן לרשת בעלת שני צמתים בלבד

V_{ab} [V]	-	המתח בין הצמתים a ו-b
R [Ω]	-	התנגדויות ענפים מקביליים
I_s [A]	-	מקורות זרם בענפים
V_s [V]	-	מקורות מתח בענפים

$$V_{ab} = \frac{\frac{V_s}{R} + \sum I_s}{\sum \frac{1}{R}}$$

3. מגנטיות ואלקטרומגנטיות

כוח מגנטור-מניע

$$F_m \text{ [AT]} - \text{כוח מגנטור-מניע}$$

$$N - \text{מספר כריכות}$$

$$I \text{ [A]} - \text{זרם}$$

$$H \text{ [AT/m]} - \text{עוצמת השדה המגנטי במעגל מגנטי}$$

$$\ell \text{ [m]} - \text{אורך המסלול המגנטי}$$

$$H \text{ [A / m]} - \text{עוצמת השדה המגנטי במרחק } r \text{ ממוליך}$$

$$r \text{ [m]} - \text{מרחק מהמוליך}$$

$$B \left[\frac{\text{Wb}}{\text{m}^2} \right] - \text{שדה מגנטי (השראה מגנטית) של מוליך נושא זרם } I \text{ במרחק } r \text{ מהמוליך}$$

$$F_m = N \cdot I = H \cdot \ell$$

חוק אמפר

$$\sum NI = \sum H\ell$$

$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

$$B = \mu H$$

חדירות (חלחלות)	-	μ	$\left[\frac{H}{m} \right]$	$\mu = \mu_o \cdot \mu_r$
חדירות (חלחלות) יחסית	-	μ_r		$\mu_o = 4\pi \cdot 10^{-7}$
חדירות (חלחלות) האוויר	-	μ_o	$\left[\frac{H}{m} \right]$	
אורך המסלול המגנטי	-	ℓ	[m]	$R_m = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\ell}{A}$
שטף מגנטי	-	ϕ	[V · sec או Wb]	$B = \frac{\Phi}{A}$
מיאון מגנטי (התנגדות מגנטית)	-	R_m	$\left[\frac{AT}{Wb} \right]$	
שדה מגנטי (השראה מגנטית) במרכז סליל ארוך שאורכו ℓ	-	B	$\left[\frac{Wb}{m^2} \right]$	$\Phi = \frac{NI}{R_m}$
שטח חתך	-	A	[m ²]	

כוח המופעל על מוליך נושא זרם/מטען נע

מהירות קווית	-	v	[m / sec]	
מטען	-	q	[C]	$F = B \cdot q \cdot v \cdot \sin \alpha$
זרם העובר במוליך	-	I	[A]	$F = B \cdot I \cdot \ell \cdot \sin \alpha$
אורך המוליך	-	ℓ	[m]	
הזווית בין כיוון תנועת המטען/כיוון הזרם לבין קווי השדה	-	α	[° , rad]	

כוח הפועל בין שני מוליכים נושאי זרם

המרחק בין המוליכים	-	d	[m]	$F = \frac{\mu \ell}{2\pi d} \cdot I_1 \cdot I_2$
כוח	-	F	[N]	

כא"מ מושרה	-	E	[V]	$E = -N \frac{d\Phi}{dt}$
מספר כריכות הסליל	-	N		$L = N \frac{d\Phi}{dI}$
השראות עצמית של הסליל	-	L	[H]	$E = -L \frac{dI}{dt}$
השראות הדדית	-	M^*	[H]	$L = \frac{N^2}{R_m}$
מקדם הצימוד	-	k		$M^* = k \sqrt{L_1 L_2}$
האנרגייה האגורה בסליל	-	W	[J או W · sec]	$W = \frac{1}{2} LI^2$
מומנט הפועל על הכריכה	-	M	[N · m]	$M = B \cdot A \cdot I \cdot \sin \theta$
שטח פני הכריכה	-	A	[m ²]	$M = \Phi \cdot I \cdot \sin \theta$
הזווית בין הניצב למישור הכריכה לבין קווי השדה	-	θ	[°, rad]	$E_{\max} = B \cdot A \cdot \omega$
מהירות זוויתית	-	ω	[rad / sec]	$\omega = \frac{v}{R}$
מהירות קווית	-	v	[m / sec]	$\omega = \frac{\theta}{t}$
רדיוס הכריכה	-	R	[m]	$\omega = \frac{2\pi n}{60}$
מהירות סיבוב	-	n	[rpm]	

4. זרם חילופין סינוסואידלי

ערך רגעי של הזרם	-	$i(t)$	[A]
ערך מרבי של הזרם - תנופת הזרם	-	$I_{\max}$	[A]
זווית מופע	-	α	[rad]
זמן	-	t	[sec]
ערך רגעי של המתח	-	$u(t)$	[V]
ערך מרבי של המתח - תנופת המתח	-	$U_{\max}$	[V]
ערך יעיל של הזרם	-	I_{eff}	[A]
ערך יעיל של המתח	-	U_{eff}	[V]

$$i(t) = I_{\max} \sin(\omega t + \alpha)$$

$$u(t) = U_{\max} \sin(\omega t + \alpha)$$

$$I_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_{\max}$$

$$U_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{\max}$$

$$\omega = 2\pi f \quad T = \frac{1}{f}$$

זמן המחזור	-	T	[sec]
תדירות זוויתית	-	ω	[rad / sec]
תדירות	-	f	[Hz , cycles / sec]

היגב השראותי	-	X_L	[Ω]
היגב קיבולי	-	X_C	[Ω]

$$X_L = \omega L \quad X_C = \frac{1}{\omega C}$$

5. הספקים

הספק פעיל	-	P	[W]
הספק מדומה	-	S	[VA]
הספק היגבי	-	Q	[VAr]
זווית מופע	-	φ	[$^\circ$, rad]

$$\text{tg } \varphi = \frac{Q}{P} \quad P = S \cos \varphi$$

$$S = P \pm jQ \quad Q = S \sin \varphi$$

שיפור מקדם ההספק

קיבול	-	C	[F]
זווית מופע אחרי השיפור	-	φ_2	[$^\circ$, rad]
זווית מופע לפני השיפור	-	φ_1	[$^\circ$, rad]

$$C = \frac{P}{\omega U^2} (\text{tg } \varphi_1 - \text{tg } \varphi_2)$$

6. רשתות תלת-מופעיות

כוכב סימטרי

זרם קווי	-	I_L	[A]
זרם מופעי	-	I_{ph}	[A]
מתח שלוב (קווי)	-	U_L	[V]
מתח מופעי	-	U_{ph}	[V]

$$I_L = I_{ph}$$

$$U_L = \sqrt{3} \cdot U_{ph}$$

משולש סימטרי

$$U_L = U_{ph}$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_{ph}$$

הספק תלת-מופע

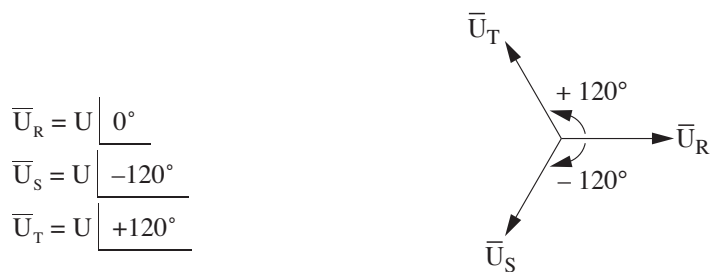
הספק מדומה תלת-מופע	-	S	[VA]
הספק פעיל תלת-מופע	-	P	[W]
הספק היגבי תלת-מופע	-	Q	[VAr]

$$S = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi$$

ייצוג מתחים מופעיים במישור המרוכב של רשת תלת-מופעית סימטרית

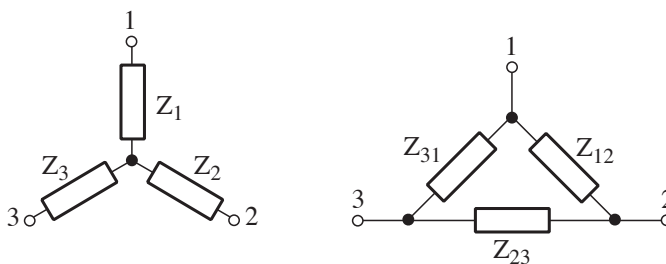


7. המרה כוכב-משולש

$$Z_1 = \frac{Z_{12} \cdot Z_{31}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}} \quad Z_{12} = \frac{Z_1 \cdot Z_2 + Z_2 \cdot Z_3 + Z_3 \cdot Z_1}{Z_3}$$

$$Z_2 = \frac{Z_{12} \cdot Z_{23}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}} \quad Z_{23} = \frac{Z_1 \cdot Z_2 + Z_2 \cdot Z_3 + Z_3 \cdot Z_1}{Z_1}$$

$$Z_3 = \frac{Z_{23} \cdot Z_{31}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}} \quad Z_{31} = \frac{Z_1 \cdot Z_2 + Z_2 \cdot Z_3 + Z_3 \cdot Z_1}{Z_2}$$



8. תופעות מעבר

מתח המוצא על הקבל	-	$v_C(t)$	[V]
מתח סופי (עבור $t \rightarrow \infty$)	-	$V_{C\infty}$	[V]
מתח התחלתי על הקבל	-	V_{C0}	[V]
זמן	-	t	[sec]
קבוע הזמן	-	τ	[sec]

$$v_C(t) = V_{C\infty} - (V_{C\infty} - V_{C0})e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\tau = RC$$

זרם מוצא בסליל	-	$i_L(t)$	[A]
זרם סופי (עבור $t \rightarrow \infty$)	-	$I_{L\infty}$	[A]
זרם התחלתי בסליל	-	I_{L0}	[A]

$$i_L(t) = I_{L\infty} - (I_{L\infty} - I_{L0})e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\tau = \frac{L}{R}$$

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

נוסחאון באלקטרוניקה א' לכיתה י"ג

(9 עמודים)

דיודת צומת

סימול:

א. דיודה אידיאלית

ממתח קדמי - $V_D = 0$ (קצר)

ממתח אחורני - $I_D = 0$ (נִתְק)

ב. קירוב באמצעות V_γ

ממתח קדמי - $V_D = V_\gamma$

ממתח אחורני - $I_D = 0$, $(V_D < V_\gamma)$

ג. קירוב באמצעות V_γ ו- R_f

ממתח קדמי - $V_D = I_D \cdot R_f + V_\gamma$, $(V_D > V_\gamma)$

ממתח אחורני - $I_D = 0$, $(V_D < V_\gamma)$

המשך בעמוד 2

חישובי הגבר

הגבר מתח	-	A_V	$A_V = \frac{V_o}{V_i}$
מתח מוצא	-	V_o [V]	
מתח מבוא	-	V_i [V]	
הגבר מתח בדציבלים	-	A_V [dB]	$A_V = 20 \log \frac{V_o}{V_i}$
הגבר זרם	-	A_I	$A_I = \frac{I_o}{I_i}$
זרם מוצא	-	I_o [A]	
זרם מבוא	-	I_i [A]	
הגבר זרם בדציבלים	-	A_I [dB]	$A_I = 20 \log \frac{I_o}{I_i}$
הגבר הספק	-	A_P	$A_P = \frac{P_o}{P_i} = A_V \cdot A_I = A_I^2 \cdot \frac{R_L}{R_i} = A_V^2 \cdot \frac{R_i}{R_L}$
הספק מוצא	-	P_o [W]	
הספק מבוא	-	P_i [W]	
נגד עומס	-	R_L [Ω]	
התנגדות מבוא	-	R_i [Ω]	
הגבר הספק	-	A_P [dB]	$A_P = 10 \log \frac{P_o}{P_i}$
הגבר כולל של N דרגות המחוברות בשרשרת (קסקדה)	-	A_{VT}	$A_{VT}[\text{dB}] = A_{V1}[\text{dB}] + A_{V2}[\text{dB}] + A_{V3}[\text{dB}] + \dots + A_{VN}[\text{dB}]$
הגבר כולל של N דרגות, בדציבלים	-	A_{VT} [dB]	

מאזן הספקים

הספק מבוא	-	P_I	[W]
הספק נצרך מהספקים	-	P_{CC}	[W]
הספק העומס	-	P_L	[W]
הספק מבזבז	-	P_{diss}	[W]

$$P_I + P_{CC} = P_L + P_{diss}$$

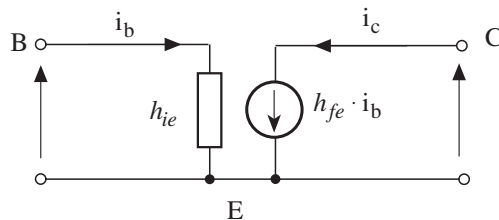
טרנזיסטור דו-נושאי (בתחום הפעיל)

זרם קולט	-	I_C	[A]
זרם פולט	-	I_E	[A]
זרם בסיס	-	I_B	[A]

$$I_C = \beta I_B, I_E = (\beta + 1) I_B, I_E = I_C + I_B$$

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{\beta}{\beta + 1}, \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

תרשים תמורה מקורב מסוג h של טרנזיסטור דו-נושאי



נוסחאות עבור טרנזיסטור בחיבור פולט משותף (CE)

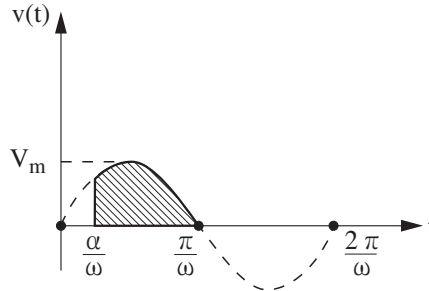
	ללא נגד R_E	עם נגד R_E
A_I	$-h_{fe}$	$-h_{fe}$
R_i	h_{ie}	$h_{ie} + (1 + h_{fe}) R_E$
A_V	$-\frac{h_{fe} \cdot R_L}{h_{ie}}$	$-\frac{h_{fe} \cdot R_L}{R_i}$
R_o	∞	∞
R_L	R_L	R_L

מגברי הפרש

מתח מבוא	-	V_1	[V]	$V_o = A_1 \cdot V_1 + A_2 \cdot V_2$
מתח מבוא	-	V_2	[V]	$A_1 = \frac{V_o}{V_1} \Big _{V_2 = 0}$
				$A_2 = \frac{V_o}{V_2} \Big _{V_1 = 0}$
הגבר הפרשי	-	A_d		$A_d = \frac{A_1 - A_2}{2}$
הגבר האות המשותף	-	A_c		$A_c = A_1 + A_2$
יחס דחיית האות המשותף	-	CMRR		$CMRR = \left \frac{A_d}{A_c} \right $
				$V_o = A_d \cdot V_d + A_c \cdot V_c$
הפרש מתחי המבוא	-	V_d	[V]	$V_d = V_1 - V_2$
ממוצע הסכום של מתחי המבוא	-	V_c	[V]	$V_c = \frac{V_1 + V_2}{2}$
				$A_d = \frac{V_o}{V_d} \Big _{V_c = 0} = \frac{V_o}{2V_i}$
				$A_c = \frac{V_o}{V_c} \Big _{V_d = 0} = \frac{V_o}{V_i}$

מתחים וזרמים בגל סינוס עם זווית הולכה

א. בקרת חצי גל בעומס אומי



$$0 \leq \alpha \leq \pi$$

$$v(t) = V_m \cdot \sin \omega t$$

$$V_{AV} = \frac{V_m}{2\pi} [1 + \cos \alpha]$$

$$V_L = V_{RMS} = \frac{V_m}{2} \sqrt{\frac{1}{\pi} \left[\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right]}$$

$$P = \frac{V_{RMS}^2}{R}$$

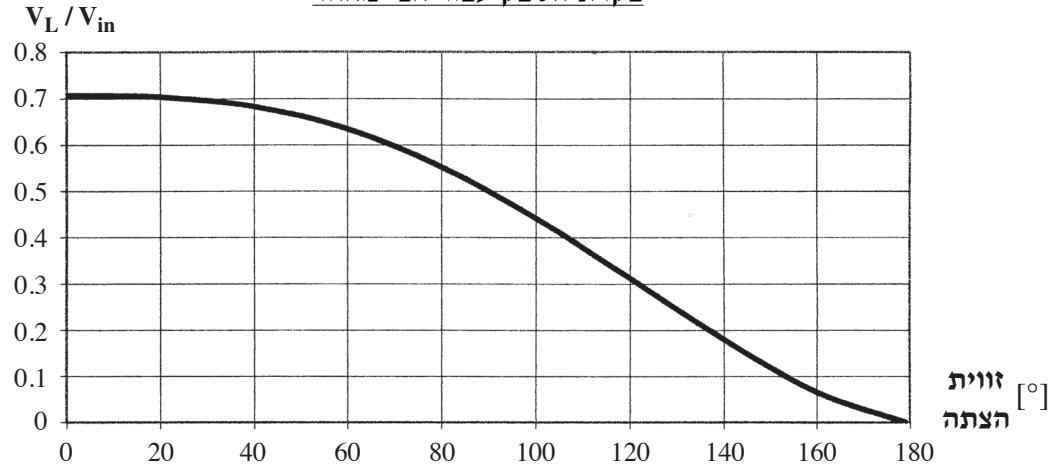
$$I_{AV} = \frac{V_{AV}}{R}$$

$$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{R}$$

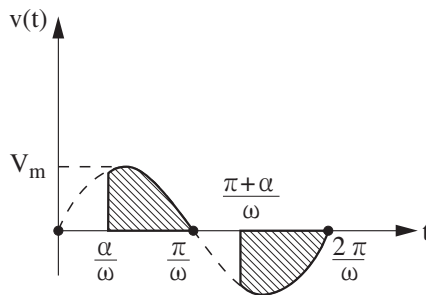
$$V_{in} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

זווית הצתה	-	α	[rad]
מתח הגל בתלות בזמן	-	$v(t)$	[V]
הערך הממוצע של המתח	-	V_{AV}	[V]
הערך היעיל של המתח על העומס	-	$V_{RMS} = V_L$	[V]
הערך המרבי של המתח	-	V_m	[V]
מהירות זוויתית (תדר זוויתי)	-	ω	$\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$
זמן	-	t	[sec]
התנגדות העומס	-	R	$[\Omega]$
הספק על העומס	-	P	[W]
הערך הממוצע של הזרם	-	I_{AV}	[A]
הערך היעיל של הזרם	-	I_{RMS}	[A]
הערך היעיל של מתח המבוא	-	V_{in}	[V]

בקרת הספק עבור חצי מחזור



ב. בקרת גל שלם בעומס אומי



- זווית הצתה α [rad] -
- מתח הגל בתלות בזמן $v(t)$ [V] -
- הערך הממוצע של המתח V_{AV} [V] -
- הערך היעיל של המתח על העומס $V_{RMS} = V_L$ [V] -
- הערך המרבי של המתח V_m [V] -

$$0 \leq \alpha \leq \pi$$

$$v(t) = V_m \cdot \sin \omega t$$

$$V_{AV} = 0$$

$$V_L = V_{RMS} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{1}{\pi} \left[\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right]}$$

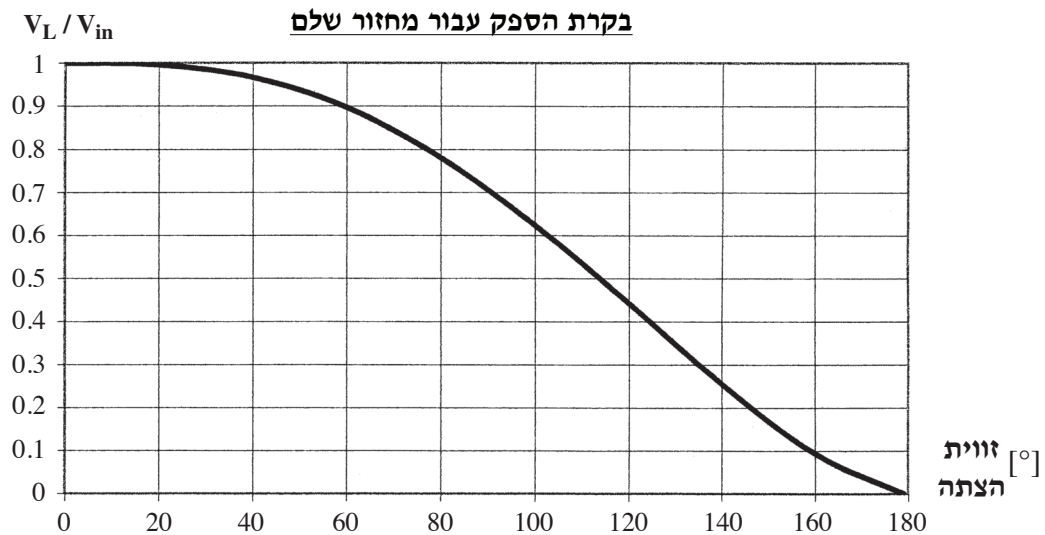
מהירות זוויתית (תדר זוויתי)	-	ω	$\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$
זמן	-	t	[sec]
התנגדות העומס	-	R	[Ω]
הספק על העומס	-	P	[W]
הערך הממוצע של הזרם	-	I_{AV}	[A]
הערך היעיל של הזרם	-	I_{RMS}	[A]
הערך היעיל של מתח המבוא	-	V_{in}	[V]

$$P = \frac{V_{RMS}^2}{R}$$

$$I_{AV} = \frac{V_{AV}}{R}$$

$$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{R}$$

$$V_{in} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$



מיישרים

א. יישור חד-מופעי – חצי גל בעומס אומי

הערך המרבי של המתח	–	V_m	[V]	$V_{AV} = \frac{V_m}{\pi}$
הערך הממוצע של המתח	–	V_{AV}	[V]	
הערך היעיל של המתח	–	V_{RMS}	[V]	$V_{RMS} = \frac{V_m}{2}$
הערך הממוצע של הזרם	–	I_{AV}	[A]	
הערך היעיל של הזרם	–	I_{RMS}	[A]	$I_{AV} = \frac{V_{AV}}{R}$
התנגדות העומס	–	R	[Ω]	
הספק על העומס	–	P	[W]	$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{R}$
				$P = \frac{V_{RMS}^2}{R}$

ב. יישור חד-מופעי – גל שלם בעומס אומי

הערך המרבי של המתח	–	V_m	[V]	$V_{AV} = \frac{2V_m}{\pi}$
הערך הממוצע של המתח	–	V_{AV}	[V]	
הערך היעיל של המתח	–	V_{RMS}	[V]	$V_{RMS} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$
הערך הממוצע של הזרם	–	I_{AV}	[A]	
הערך היעיל של הזרם	–	I_{RMS}	[A]	$I_{AV} = \frac{V_{AV}}{R}$
התנגדות העומס	–	R	[Ω]	
הספק על העומס	–	P	[W]	$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{R}$
				$P = \frac{V_{RMS}^2}{R}$

מתח אדווה במיישר חצי גל

מתח גליות (אדווה)	-	ΔV	[V]
מתח מרבי במוצא	-	$V_{o_{max}}$	[V]
תדר מתח הכניסה	-	f	[Hz]

$$\Delta V \approx \frac{V_{o_{max}}}{R \cdot C \cdot f}$$

מתח אדווה במיישר גל שלם

$$\Delta V \approx \frac{V_{o_{max}}}{2R \cdot C \cdot f}$$

משוואת הדפקים היסודית

מתח המוצא	-	$v(t)$	[V]
מתח סופי (עבור $t \rightarrow \infty$)	-	V_{∞}	[V]
מתח התחלתי	-	V_{0+}	[V]
זמן	-	t	[sec]
קבוע הזמן	-	τ	[sec]

$$v(t) = V_{\infty} - (V_{\infty} - V_{0+}) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\tau = R \cdot C$$

$$\tau = \frac{L}{R}$$

טעינה לינארית

טעינת קבל בזרם קבוע:

מתח הקבל	-	$v_C(t)$	[V]
זרם הקבל	-	I_C	[A]
קיבול	-	C	[F]
זמן	-	t	[sec]

$$v_C(t) = \frac{I_C}{C} \cdot t + V_C(0)$$

$$\Delta V_C = \frac{I_C}{C} \cdot \Delta t$$

טעינת סליל במתח קבוע:

זרם הסליל	-	$i_L(t)$	[A]
מתח הסליל	-	V_L	[V]
השראות	-	L	[H]

$$i_L(t) = \frac{V_L}{L} \cdot t + I_L(0)$$

$$\Delta I_L = \frac{V_L}{L} \cdot \Delta t$$

נספח: מילון מונחים

לשאלון 733001, אביב תשפ"א

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
strike pulses	Пульс зажигания	نبض الاشتعال	דופקי הצתה
reactive power	Общая мощность	القدرة الارتكاسية	הספק היגבי
imaginary power	Мнимая мощность	القدرة الوهميّة	הספק מדומה
active power	Активная мощность	القدرة الفعّالة	הספק ממשי
alternative current	Переменный ток	التيار المُتردّد	זרם חילופין
operational amplifier	Операционный усилитель	مُضخّم تشغيلي	מגבר שרת
switch	Выключатель	مفتاح / مُبدّل	מפסק
saturation state	Состояние насыщения	حالة التشبع	מצב רוויה
power factor	Коэффициент мощности	معامل القدرة	מקדם הספק
switch	переключатель	مُبدّل / محوّل	מתג
waveform	Форма волны	الشكل الموجي	צורות הגלים
superposition method	Метод наложения токов (метод суперпозиции)	طريقة التراكب	שיטת ההרכבה (סופרפוזיציה)