

חשמל ואלקטרוניקה ט'

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

הוראות לנבחנים

- א. משך הבחינה: ארבע שעות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שלושה פרקים ובהם עשר שאלות. יש לענות על חמש שאלות בלבד. לכל שאלה – 20 נקודות. סך-הכול – 100 נקודות.
- שימו לב: חובה לענות על שאלה אחת לפחות מהפרק הראשון, על שאלה אחת לפחות מהפרק השני, ועל שאלה אחת בלבד מהפרק השלישי.
- ג. חומר עזר מותר בשימוש: מחשבון, מילונית, וכן כל חומר הכתוב (בכתב יד או בהדפסה) על שלושה דפי A4, משני הצדדים.
- ד. הוראות מיוחדות:
- ענו על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר התשובות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברת, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
 - התחילו כל תשובה לשאלה חדשה בעמוד חדש.
 - כתבו את כל התשובות אך ורק בעט.
 - הקפידו לנסח את התשובות כהלכה וסרטטו את התרשימים בבהירות.
 - כתבו את התשובות בכתב-יד ברור, כדי לאפשר הערכה נאותה שלהן.
 - אם לדעתכם חסרים נתונים הדרושים לפתרון שאלה, אתם רשאים להוסיף אותם, בתנאי שתנמקו מדוע הוספתם אותם.
 - בכתיבת הפתרונות החשובים, קבלת מִרְב הנקודות מותנית בהשלמת כל המהלכים שלהלן, בסדר שבו הם כתובים:
 - * כתיבת הנוסחה המתאימה.
 - * הצבה של כל הערכים ביחידות המתאימות.
 - * חישוב (אפשר באמצעות מחשבון).
 - * כתיבת התוצאה המתקבלת, ביחד עם יחידות המידה המתאימות.
 - * ליווי הפתרון החשובי בהסבר קצר.
 - בנספח ה' לשאלון מובא מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכלו להיעזר בו בעת הצורך.
 - צרפו את שלושת דפי ה-A4 למחברת הבחינה.

כתבו במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונכם לכתוב כטייטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
כתבו "טייטה" בראש כל עמוד טייטה. כתיבת טייטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה!

בשאלון זה 10 עמודים ו-20 עמודי נספחים.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים,
אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

השאלות

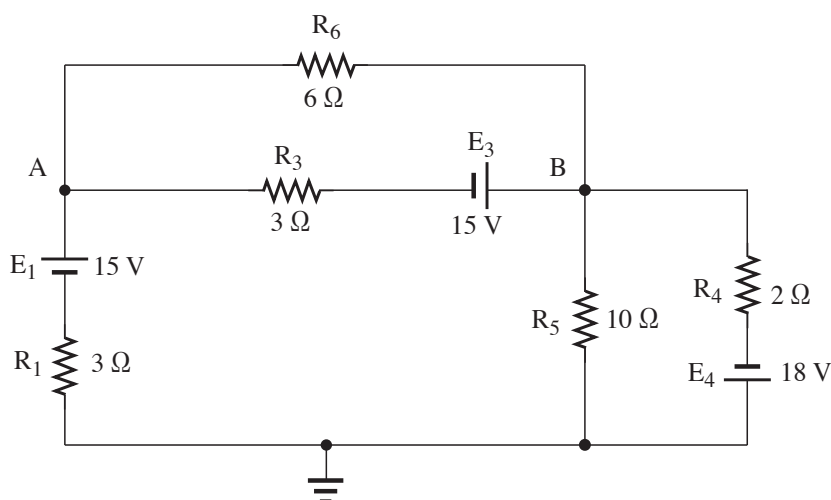
בשאלון זה שלושה פרקים ובהם עשר שאלות. יש לענות על חמש שאלות בלבד: על שאלה אחת לפחות מהפרק הראשון, על שאלה אחת לפחות מהפרק השני ועל שאלה אחת בלבד מהפרק השלישי.

פרק ראשון: תורת החשמל

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

שאלה 1

באיור לשאלה 1 מתואר מעגל חשמלי.

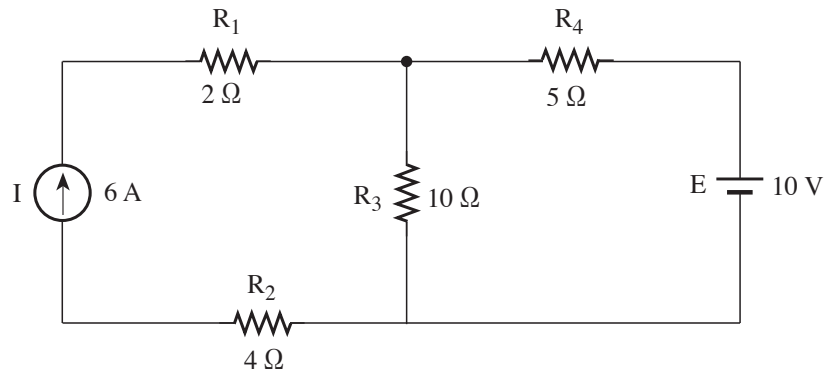


איור לשאלה 1

- א. (5 נק') כתבו מערכת משוואות לחישוב המתחים בנקודות A ו-B (U_A, U_B).
- ב. (5 נק') חשבו את המתחים U_A ו- U_B .
- ג. (5 נק') חשבו את הזרם הזורם דרך הנגד R_3 , וציינו את כיוונו (מ-A ל-B או מ-B ל-A).
- ד. (5 נק') חשבו את ההספק המתפתח בנגד R_5 .

שאלה 2

באיור לשאלה 2 מתואר מעגל חשמלי.

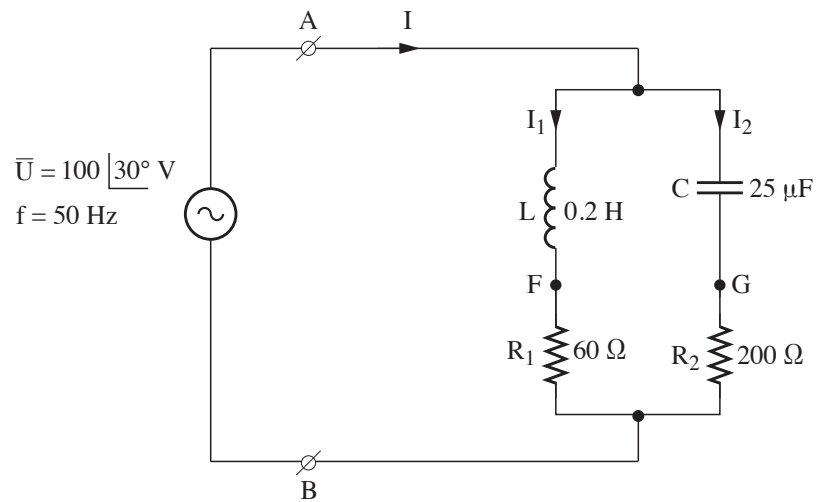


איור לשאלה 2

- א. (7 נק') חשבו את הזרם הזורם דרך הנגד R_3 בשיטת ההרכבה (סופרפוזיציה).
- ב. (7 נק') חשבו את ההספק המתפתח בנגד R_3 .
- ג. (6 נק') רוצים למדוד את המתח על הנגד R_2 .
1. (3 נק') העתיקו למחברת הבחינה את המעגל המתואר באיור לשאלה, והציבו במקום המתאים מד-מתח אידיאלי.
2. (3 נק') כתבו במחברת מה תהיה קריאתו של מד-המתח.

שאלה 3

באיור לשאלה 3 מתואר מעגל זרם חילופין.

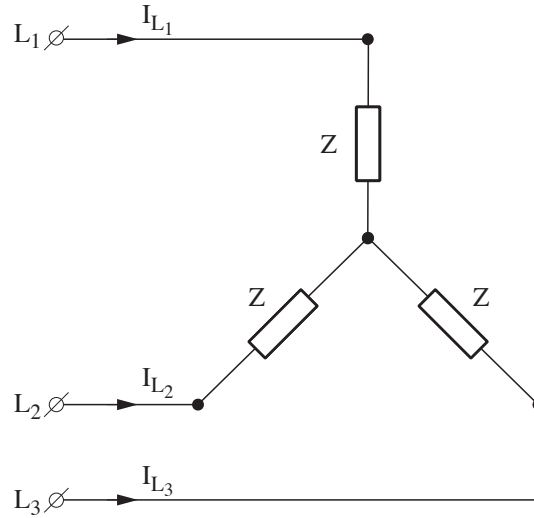


איור לשאלה 3

- א. (5 נק') חשבו את העכבה השקולה Z_{AB} (העכבה בין הנקודות A ו-B), וקבעו את אופי המעגל (קיבולי או השראי).
- ב. (5 נק') חשבו את הזרמים I , I_1 ו- I_2 . כתבו את התשובה בהצגה מרוכבת.
- ג. (5 נק') סרטטו את הדיאגרמה הפאזורית הכוללת של הזרמים ושל המתח $\bar{U}$.
- ד. (5 נק') חשבו את הפרש הפוטנציאלים (המתח) בין הנקודות F ו-G.

שאלה 4

באיור לשאלה 4 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: $Z = (8 + j2)\Omega$.



איור לשאלה 4

- א. (5 נק') חשבו את הזרם הקווי ואת הזרם המופעי בכל אחד מענפי העומס.
- ב. (5 נק') חשבו את מקדם ההספק של הרשת.
- ג. (5 נק') חשבו את ההספק הממשי, את ההספק ההיגבי ואת ההספק המדומה של העומס.
- ד. (5 נק') סרטטו את משולש הספקים של המעגל.

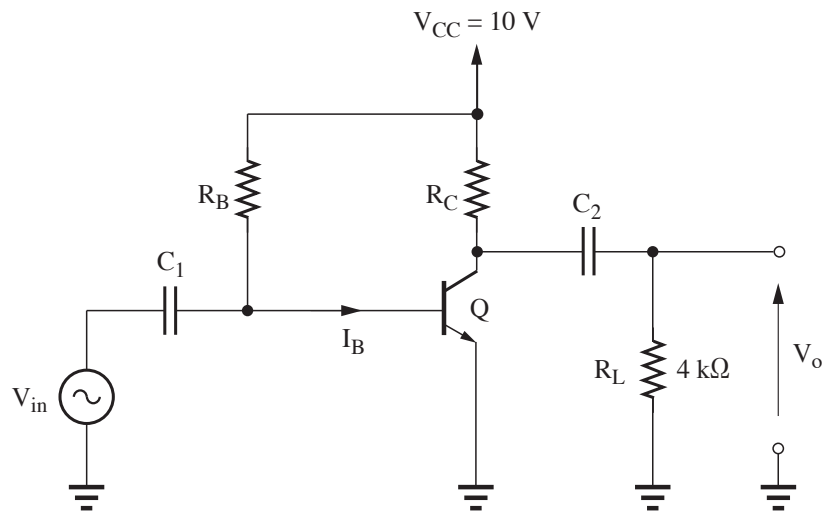
פרק שני: אלקטרוניקה א'

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

שאלה 5

באיור לשאלה 5 מתואר מעגל חשמלי של מגבר טרנזיסטורי. היגבי הקבלים במעגל זניחים. נתוני הטרנזיסטור Q הם:

$$\beta = h_{fe} = 70 ; h_{ie} = 2 \text{ k}\Omega ; V_{BE} = 0.7 \text{ V} ; V_{CE} = 6 \text{ V}$$

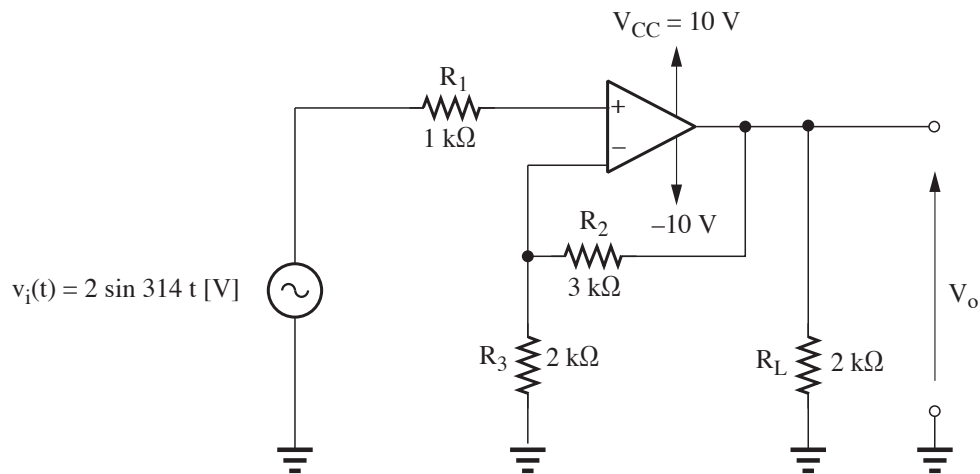


איור לשאלה 5

- א. (5 נק') חשבו את ערך הנגד R_B , אם זרם הבסיס I_B של הטרנזיסטור Q הוא $15 \mu\text{A}$.
- ב. (5 נק') חשבו את ערך הנגד R_C .
- ג. (5 נק') סרטוט מעגל תמורה לאות חילופין AC של המעגל הנתון. הציגו על-גבי הסרטוט את נתוני המעגל ואת ערכי הנגדים שחישבתם בסעיפים א' ו-ב'.
- ד. (5 נק') חשבו את הגבר המתח של המעגל $A_V = \frac{V_o}{V_{in}}$.

שאלה 6

באיור לשאלה 6 מתואר מעגל חשמלי הכולל מגבר השרת אידיאלי.



איור לשאלה 6

א. (7 נק')

1. מצאו ביטוי למתח המוצא כפונקצייה של הזמן, $v_o(t)$.

2. חשבו את ערכו היעיל של מתח המוצא, V_o .

ב. (7 נק') חשבו את הזרם היעיל הזורם דרך נגד העומס R_L .

ג. (6 נק') סרטטו זה מתחת לזה, בהתאמה, את צורת אות מתח המוצא, V_o , ואת צורת אות מתח המבוא, V_i , בהתאמה לאורך שני מחזורים. ציינו את זמן המחזור ואת הערכים המרביים והמינימיים של המתחים.

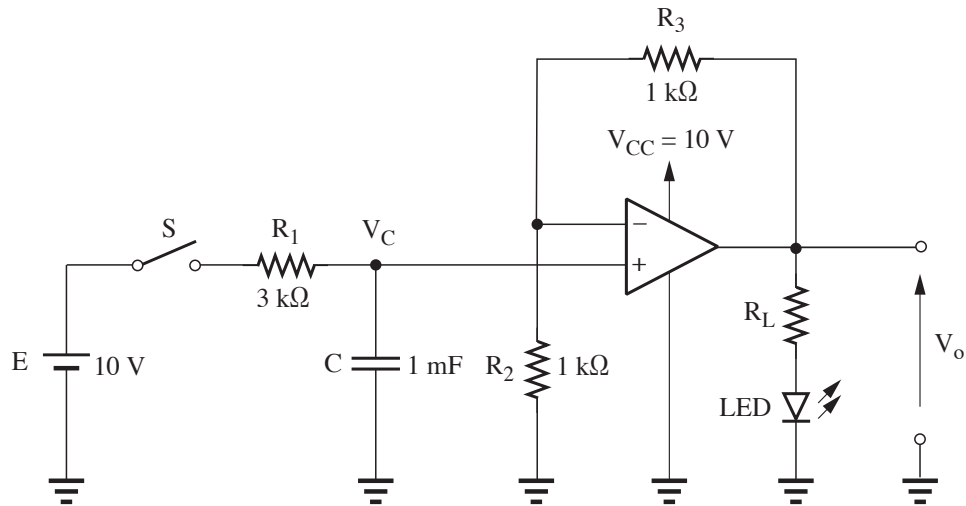
שאלה 7

באיור לשאלה 7 מתואר מעגל חשמלי הכולל מגבר שרת אידיאלי.

נתוני ה-LED הם:

$$I_{LED} = 12 \text{ mA}$$

$$V_{LED} = 1.8 \text{ V}$$



איור לשאלה 7

המתח על הקבל C הוא 0 V . בזמן $t = 0$ סוגרים את המפסק S.

(8 נק') א. סרטטו זה מתחת לזה, בהתאמה, את המתח על הקבל V_C ואת מתח המוצא, V_O , של המעגל כפונקצייה של הזמן.

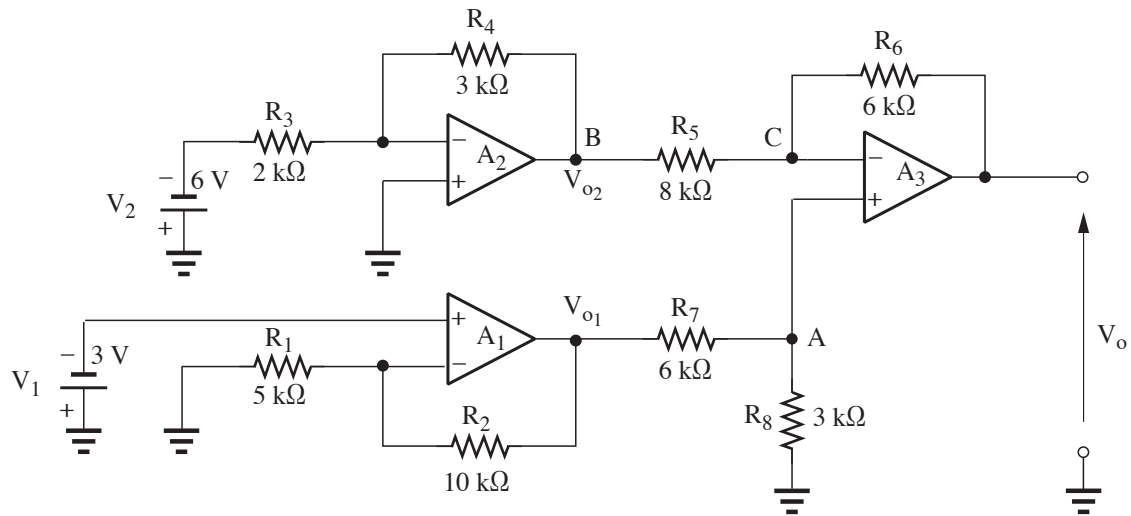
נורית ה-LED תידלק כאשר מתח המוצא הוא 10 V .

(6 נק') ב. כעבור כמה זמן מרגע סגירת המפסק S תידלק נורית ה-LED?

(6 נק') ג. חשבו את התנגדות הנגד R_L , לקבלת נקודת העבודה של ה-LED שמופיעה בנתוני השאלה.

שאלה 8

באיור לשאלה 8 מתואר מעגל חשמלי הכולל שלושה מגברי שרת אידיאליים:



איור לשאלה 8

- א. (5 נק') חשבו את המתחים V_{O_1} , V_{O_2} .
- ב. (5 נק') 1. חשבו את המתח בנקודה A.
2. חשבו את הזרם הזורם דרך הנגד R_2 .
- ג. (5 נק') חשבו את מתח המוצא, V_O .
- ד. (5 נק') חשבו את הזרם הזורם דרך הנגד R_5 , וציינו את כיוונו (מ-B ל-C או מ-C ל-B).

פרק שלישי: אנגלית טכנית

ענו על שאלה אחת בלבד מבין השאלות 9–10 (לשאלה 20 נקודות).

שאלה 9

בנספח לשאלה 9 מובא קטע ממאמר בשפה האנגלית. השורות בקטע ממוספרות.

כתבו את התשובות לסעיפים א'–ג' בעברית, רק על־פי הכתוב בקטע. ציינו את מספרי השורות בקטע, שעליהן התבססתם בתשובתכם לכל סעיף.

(5 נק') א. הסבירו מהי אנרגייה סולארית.

(5 נק') ב. ציינו את ההבדל בין PV לבין CSP.

(10 נק') ג.

(5 נק') 1. האם ניתן לקבל זרם חילופין בעזרת מערכת PV?

(5 נק') 2. באילו מקרים צריך להוסיף סוללות או גנרטורים לגיבוי?

שאלה 10

בנספח לשאלה 10 מובא קטע ממאמר בשפה האנגלית. השורות בקטע ממוספרות.

כתבו את התשובות לסעיפים א'–ד' בעברית, רק על־פי הכתוב בקטע. ציינו את מספרי השורות בקטע, שעליהן התבססתם בתשובתכם לכל סעיף.

(5 נק') א. מהי ההגדרה של בנייה ירוקה?

(5 נק') ב. כתבו **שלושה** עקרונות של בנייה ירוקה.

(5 נק') ג. כיצד הבנייה הירוקה תורמת לסביבה?

(5 נק') ד. כיצד הבנייה הירוקה תורמת לחיסכון כלכלי?

בהצלחה!

Solar power

en.wikipedia.org/wiki/solar-power

1 Solar power is the conversion of energy from sunlight into electricity, either directly
using photovoltaics (PV), indirectly using concentrated solar power, or a
combination. Photovoltaic cells convert light into an electric current using the photovoltaic effect.
Concentrated solar power systems use lenses or mirrors and solar tracking systems to focus
5 a large area of sunlight to a hot spot, often to drive a steam turbine.
As of 2021, solar generates 4% of the world's electricity, compared to 1% in 2015 when
the Paris Agreement to limit climate change was signed. Along with onshore wind, the
cheapest levelised cost of electricity is utility-scale solar. The International Energy Agency
said in 2021 that under its "Net Zero by 2050" scenario solar power would contribute
10 about 20% of worldwide energy consumption, and solar would be the world's largest source of electricity.

Mainstream technologies

Long-distance transmission allows remote renewable energy resources to displace fossil fuel consumption.

Solar power plants use one of two technologies:

- 15 • Photovoltaic (PV) systems use solar panels, either on rooftops or in ground-mounted solar farms, converting sunlight directly into electric power.
- Concentrated solar power (CSP, also known as "concentrated solar thermal") plants use solar thermal energy to make steam, which is converted into electricity by a turbine.

The array of a photovoltaic power system, or PV system, produces direct current (DC) power which fluctuates with the sunlight's intensity. For practical use this usually requires
20 conversion to certain desired voltages or alternating current (AC), through the use of inverters. Multiple solar cells are connected inside modules. Modules are wired together to form arrays, then tied to an inverter, which produces power at the desired voltage, and for AC, the desired frequency/phase.

Many residential PV systems are connected to the grid wherever available, especially in
25 developed countries with large markets. In these grid-connected PV systems, use of energy storage is optional. In certain applications such as satellites, lighthouses, or in developing countries, batteries or additional power generators are often added as back-ups.
Such stand-alone power systems permit operations at night and at other times of limited sunlight.

What Is Green Building?

<https://www.louisianalandcan.org/artical/The-five-principles-of-green-building/868>.

- 1 Green buildings are designed, constructed, and operated to enhance the well-being of their occupants and support a healthy community and natural environment.
- When implemented holistically, these strategies serve to preserve our environment for future generations by conserving natural resources and protecting air and water quality.
- 5 The five principles of green building are:
- Livable communities
 - Energy efficiency
 - Indoor air quality
 - Resource conservation
 - 10 • Water conservation

Financial savings

- Green building construction practices and products make homes more energy efficient through proper, adequate insulation and air sealing. Efficient windows, appliances, lighting and other household equipment also help add to the savings and keep your
- 15 monthly electricity bills low. Up to 65% lower! And with energy prices rising and non-renewable fuels being depleted, an energy efficient home is asset we can all appreciate for years to come. Water bills are also reduced through low-flow equipment and thoughtful land use.

Healthier living

- 20 Chemicals emitted from building materials can be a potential source of health problems if they are not properly addressed. Unfortunately, for your family's health, formaldehyde is a known human carcinogen according to the World Health Organization; it can also cause watery eyes, headaches, fatigue, and nausea. Green building encourages use of products and materials that reduce or eliminate these
- 25 sources of indoor pollution. Adequate ventilation is especially important in green building as it can reduce the potential for mold growth and buildup of allergens and other particulates. With tighter construction of the exterior envelope, ventilation is essential to allow excess moisture to escape so it doesn't get trapped in your home's living space and building cavities, causing health problems for your family and
- 30 moisture damage to the building components.

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

נוסחאון בתורת החשמל לכיתה י"ג

(8 עמודים)

(הגדלים בנוסחאון נתונים 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]

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

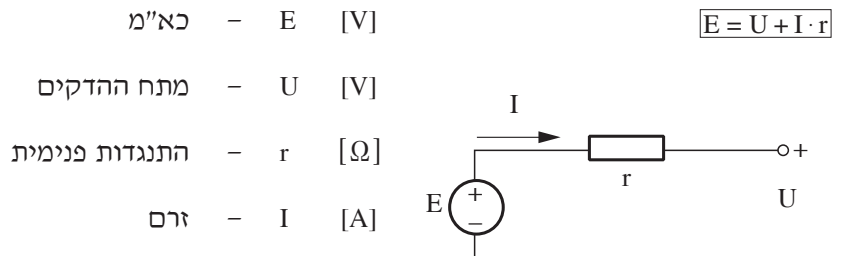
$$J = \frac{I}{A}$$

אנרגייה בזרם ישר

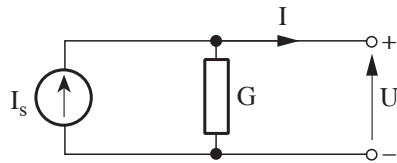
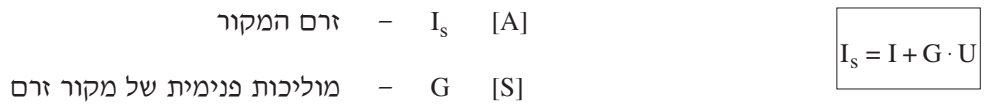
אנרגייה	-	W	[W · sec או J]
זמן	-	t	[sec]
הספק	-	P	[W]

$$W = P \cdot t$$

כא"מ של מקור מתח

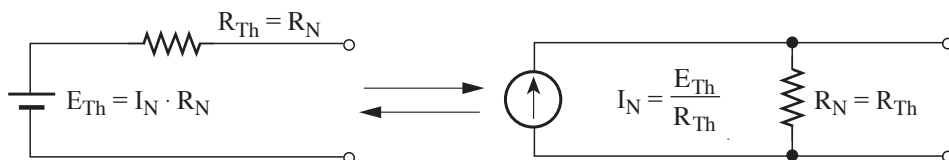


מקור זרם



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

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

$$N - \text{מספר כריכות}$$

$$I \text{ [A]} - \text{זרם}$$

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

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

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

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

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

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

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	$\left[\frac{AT}{Wb} \right]$	$\Phi = \frac{NI}{R_m}$
שדה מגנטי (השראה מגנטית) במרכז סליל ארוך שאורכו ℓ	-	B	$\left[\frac{Wb}{m^2} \right]$	
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]	$W = \frac{1}{2} L I^2$
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]

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

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

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

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

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

$$T \quad [\text{sec}]$$

$$\omega \quad [\text{rad} / \text{sec}]$$

$$f \quad [\text{Hz}, \text{cycles} / \text{sec}]$$

$$X_L \quad [\Omega]$$

$$X_C \quad [\Omega]$$

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

5. הספקים

$$P \quad [\text{W}]$$

$$S \quad [\text{VA}]$$

$$Q \quad [\text{VAr}]$$

$$\varphi \quad [^\circ, \text{rad}]$$

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

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

שיפור מקדם ההספק

$$C \quad [\text{F}]$$

$$\varphi_2 \quad [^\circ, \text{rad}]$$

$$\varphi_1 \quad [^\circ, \text{rad}]$$

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

6. רשתות תלת-מופעיות

כוכב סימטרי

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

$$I_L = I_{ph}$$

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

משולש סימטרי

$$U_L = U_{ph}$$

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

הספק תלת-מופע

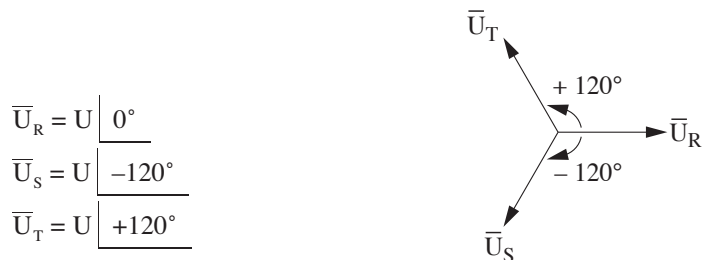
- S [VA] - הספק מדומה תלת-מופע
- P [W] - הספק פעיל תלת-מופע
- Q [VAr] - הספק היגבי תלת-מופע

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

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

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

ייצוג מתחים מופעיים במישור המרוכב של רשת תלת-מופעית סימטרית

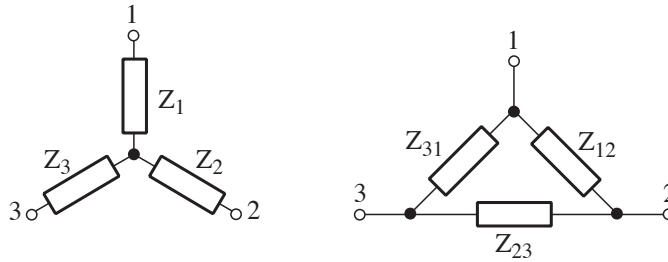


7. המרה כוכב-משולש

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

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

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



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]

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

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

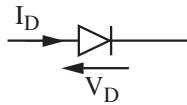
אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

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

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 מבוזבז	-	P_{diss}	[W]

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

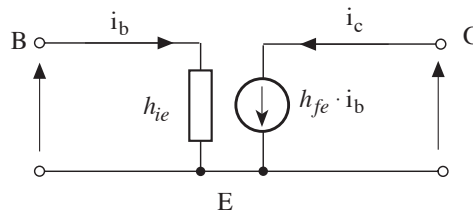
טרנזיסטור דו-נושאי (בתחום הפעיל)

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)

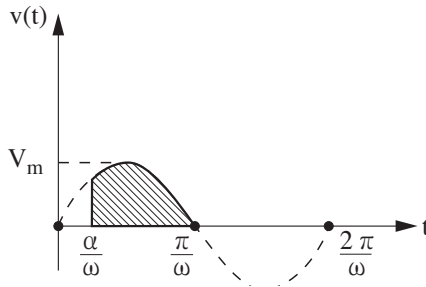
	ללא נגד R_E	עם נגד R_E
A_I	$-h_{fe}$	$-h_{fe}$
R_i	h_{ie}	$h_{ie} + (1 + h_{fe}) R_E$
A_V	$-\frac{h_{fe} \cdot R_L}{h_{ie}}$	$-\frac{h_{fe} \cdot R_L}{R_i}$
R_o	∞	∞
R_L	R_L	R_L

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]	$V_c = \frac{V_1 + V_2}{2}$
				$A_d = \frac{V_o}{V_d} \Big _{V_c = 0} = \frac{V_o}{2V_i}$
				$A_c = \frac{V_o}{V_c} \Big _{V_d = 0} = \frac{V_o}{V_i}$

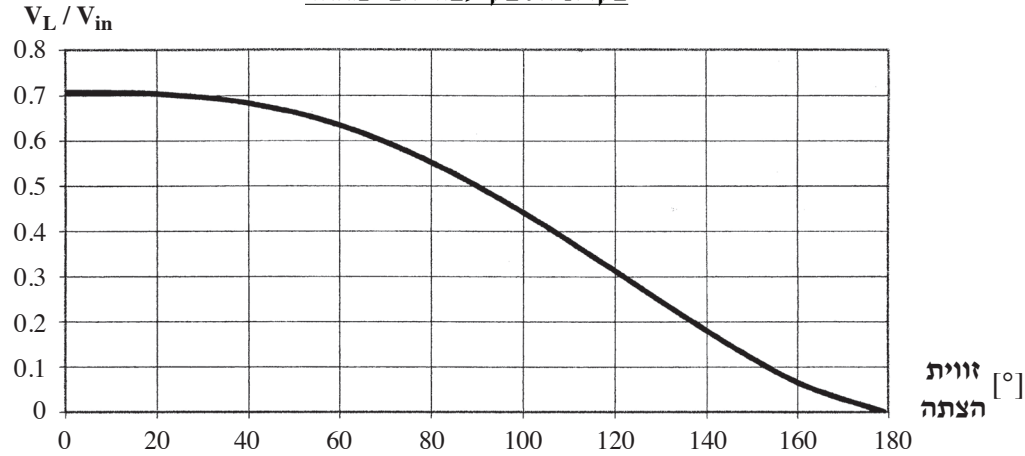
מתחים וזרמים בגל סינוס עם זווית הולכה

א. בקרת חצי גל בעומס אומי

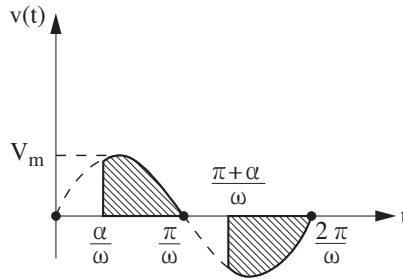


זווית הצתה	-	α	[rad]	$0 \leq \alpha \leq \pi$
מתח הגל בתלות בזמן	-	$v(t)$	[V]	
הערך הממוצע של המתח	-	V_{AV}	[V]	$v(t) = V_m \cdot \sin \omega t$
הערך היעיל של המתח על העומס	-	$V_{RMS} = V_L$	[V]	$V_{AV} = \frac{V_m}{2\pi} [1 + \cos \alpha]$
הערך המרבי של המתח	-	V_m	[V]	
מהירות זוויתית (תדר זוויתי)	-	ω	$\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$	$V_L = V_{RMS} = \frac{V_m}{2} \sqrt{\frac{1}{\pi} \left[\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right]}$
זמן	-	t	[sec]	
התנגדות העומס	-	R	$[\Omega]$	$P = \frac{V_{RMS}^2}{R}$
הספק על העומס	-	P	[W]	
הערך הממוצע של הזרם	-	I_{AV}	[A]	$I_{AV} = \frac{V_{AV}}{R}$
הערך היעיל של הזרם	-	I_{RMS}	[A]	$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{R}$
הערך היעיל של מתח המבוא	-	V_{in}	[V]	$V_{in} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$

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] |

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

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

$$V_{AV} = 0$$

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

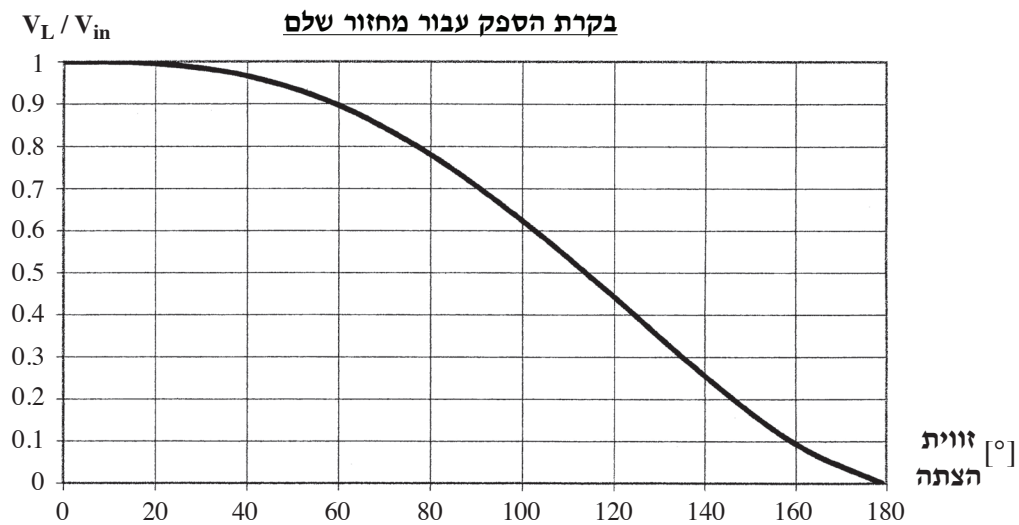
מהירות זוויתית (תדר זוויתי)	-	ω	$\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$
זמן	-	t	[sec]
התנגדות העומס	-	R	$[\Omega]$
הספק על העומס	-	P	[W]
הערך הממוצע של הזרם	-	I_{AV}	[A]
הערך היעיל של הזרם	-	I_{RMS}	[A]
הערך היעיל של מתח המבוא	-	V_{in}	[V]

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

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

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

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



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 ה': מילון מונחים
לשאלון 733001, אביב תשפ"ג

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 الوهمية	הספק מדומה
active power	Активная мощность	القدرة الفعّالة	הספק ממשי
alternative current	Переменный ток	التيار المتردد	זרם חילופין
operational amplifier	Операционный усилитель	مُضَخَّم تشغيلي	מגבר שרת
switch	Выключатель	مفتاح / مُبَدِّل	מפסק
saturation state	Состояние насыщения	حالة التشبع	מצב רוויה
power factor	Коэффициент мощности	معامل القدرة	מקדם הספק
switch	переключатель	مُبدِّل / محوّل	מתג
waveform	Форма волны	الشكل الموجي	צורות הגלים
superposition method	Метод наложения токов (метод суперпозиции)	طريقة التراكب	שיטת ההרכבה (סופרפוזיציה)