

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשע"ה, 2015

סמל השאלון: 733001

נספחים: א. נספח לשאלה 9

ב. נספח לשאלה 10

ג. נוסחאון בתורת החשמל לכיתה י"ג

ד. נוסחאון באלקטרוניקה א' לכיתה י"ג

ה. מילון מונחים

חשמל ואלקטרוניקה ט'

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

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה עשר שאלות. יש להשיב על חמש שאלות

בלבד. לכל שאלה – 20 נקודות. סך-הכול – 100 נקודות.

שים לב: 1. חובה לענות על שתי שאלות לפחות מהפרק

הראשון ועל שאלה אחת לפחות מהפרק

השני.

2. חובה לענות על שאלה אחת מהפרק השלישי.

ג. חומר עזר מותר לשימוש: מחשבון.

ד. הוראות מיוחדות:

1. ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר השאלות

הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.

2. התחל כל תשובה לשאלה חדשה בעמוד חדש.

3. רשום 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 מֶרֶב הנקודות מותנית בהשלמת כל המהלכים

שלהלן, בסדר שבו הם רשומים:

* רישום הנוסחה המתאימה.

* הצבה של כל הערכים ביחידות המתאימות.

* חישוב (אפשר באמצעות מחשבון).

* רישום 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.

בשאלון זה 11 עמודים ו-22 עמודי נספחים.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר,

אך מכוונות הן לנבחנות והן לנבחנים.

השאלות

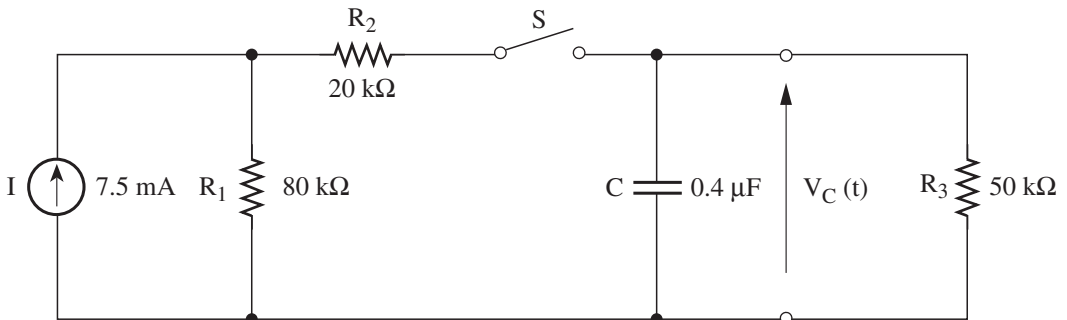
ענה על חמש מבין השאלות 1-10. עליך לענות על שתי שאלות לפחות מן הפרק הראשון, על שאלה אחת לפחות מן הפרק השני, ועל שאלה אחת מן הפרק השלישי.

פרק ראשון: תורת החשמל

ענה על שתי שאלות לפחות מבין השאלות 1-4 (לכל שאלה - 20 נקודות).

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון מעגל חשמלי. ברגע $t = 0$ פותחים את המפסק S, לאחר שהיה סגור זמן רב.

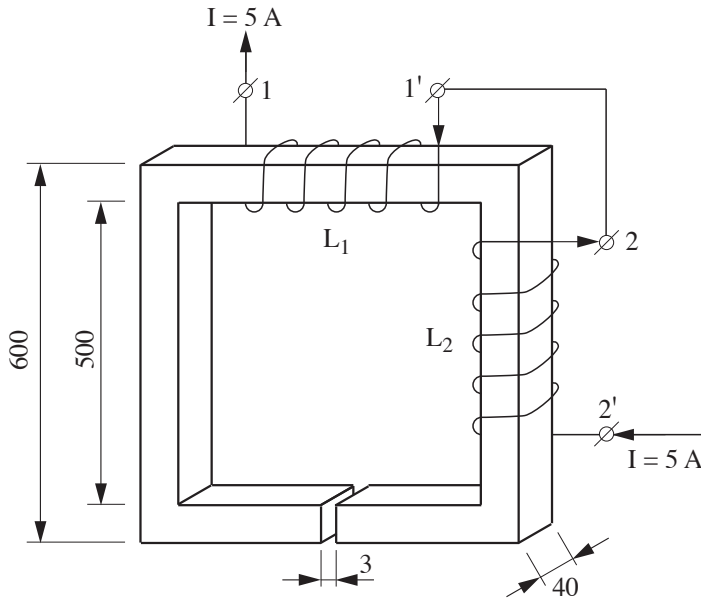


איור לשאלה 1

- חשב את ערכו של המתח $V_C(t)$ כאשר המפסק S סגור.
- חשב את קבוע-הזמן של מעגל הפריקה.
- רשום ביטוי המתאר את ערכו הרגעי של המתח $V_C(t)$ לאחר פתיחת המפסק S.
- כעבור כמה זמן מפתיחת המפסק S יהיה ערכו של המתח על הקבל $V_C(t) = 100$ V?

שאלה 2

באיור לשאלה 2 מתואר מעגל מגנטי. המעגל בנוי מליבה ריבועית העשויה מחומר פרומגנטי, וכוללת חריץ אוויר בעובי 3 מ"מ. החלחלות היחסית של החומר הפרומגנטי היא 1500. על הליבה מלופפים בכיוונים מנוגדים שני סלילים, L_1 ו- L_2 , המחוברים בחיבור טורי. מספר הכריכות שלהם הוא $N_1 = 10000$ ו- $N_2 = 5000$, בהתאמה. בסלילים זורם זרם $I = 5 \text{ A}$.



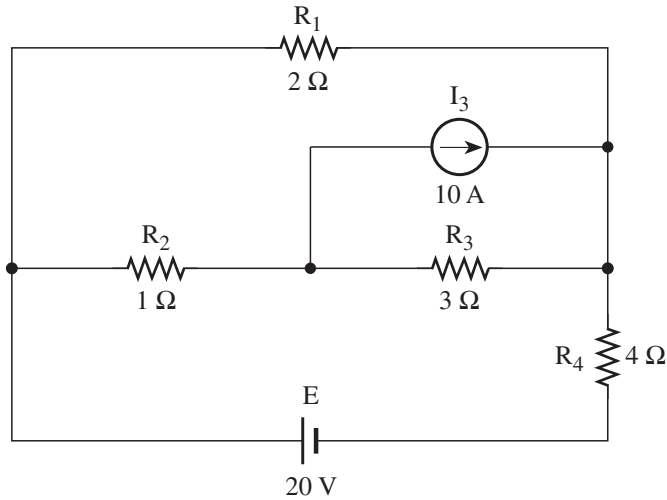
* המידות נתונות במ"מ

איור לשאלה 2

- א. חשב את המיאון המגנטי של המעגל המגנטי.
- ב. חשב את השטף המגנטי בליבה.
- ג. חשב את עוצמת השדה המגנטי בליבה ובחריץ האוויר.

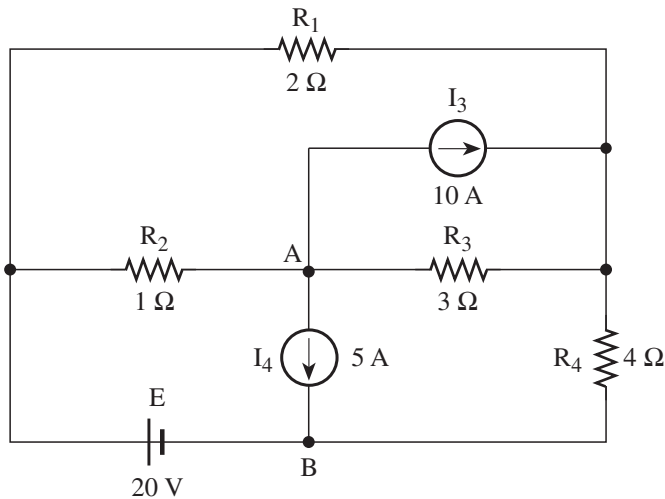
שאלה 3

באיור א' לשאלה 3 נתון מעגל חשמלי.



איור א' לשאלה 3

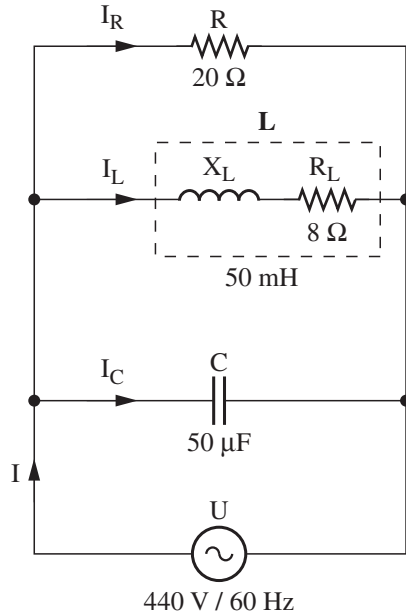
- א. חשב את הזרם בנגד R_4 . התבסס בפתרוןך על שיטת ההרכבה (הסופרפוזיציה).
- ב. חשב את ההספק על הנגד R_4 .
- ג. מחברים מקור-זרם I_4 בין הנקודות A ו-B במעגל, כמתואר באיור ב' לשאלה. חשב את הזרם בנגד R_4 .



איור ב' לשאלה 3

שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתון מעגל חשמלי לזרם חילופין. לסליל במעגל התנגדות אוהמית $R_L = 8 \Omega$.



איור לשאלה 4

- א. חשב את הזרמים I_R , I_L , I_C ו- I .
- ב. סרטט דיאגרמה פאזורית של הזרמים במעגל.
- ג. 1. חשב את ההספק הממשי, את ההספק העיוור ואת ההספק המדומה של המעגל.
 2. סרטט את משולש ההספקים של המעגל (P_T , Q_T ו- S_T).
- ד. קבע את אופיו של המעגל (קיבולי או השראותי), וחשב את מקדם ההספק שלו.

פרק שני: אלקטרוניקה א'

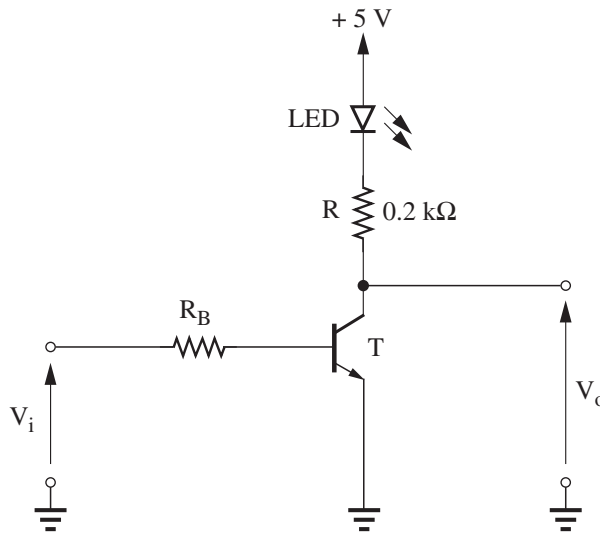
ענה על שאלה אחת לפחות מבין השאלות 5-8 (לכל שאלה - 20 נקודות).

שאלה 5

באיור א' לשאלה 5 נתון המעגל החשמלי של מתג טרנזיסטורי.

נתוני הטרנזיסטור T הם: $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$; $V_{CE(SAT)} = 0.2 \text{ V}$; $\beta = 100$.

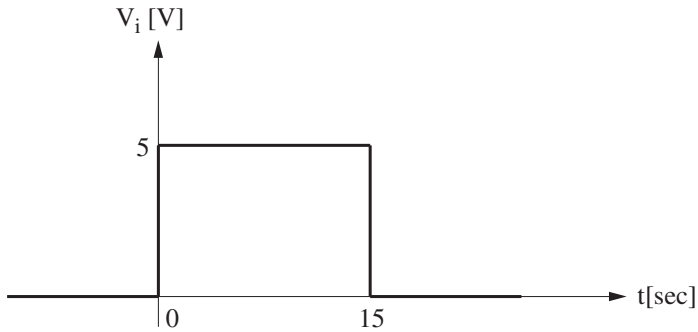
המתח על ה-LED הוא: $V_{LED} = 1.5 \text{ V}$.



איור א' לשאלה 5

א. חשב את הזרם העובר בנורית ה-LED כאשר הטרנזיסטור T נמצא במצב רוויה.

ב. מספקים למבואר המעגל את הדופק המתואר באיור ב' לשאלה.



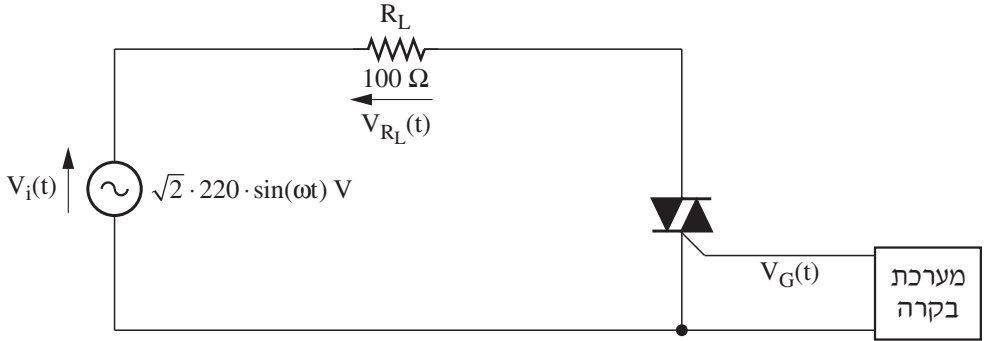
איור ב' לשאלה 5

העתק למחרתך את איור ב', וסרטט מתחתיו, בהתאמה, את צורת מתח-המוצא V_o , כפונקציה של הזמן.

ג. בהתייחס לאות-המבוא הנתון בסעיף ב', חשב את ההתנגדות המרבית (המקסימלית) של נגד הבסיס R_B , שעבורו הטרנזיסטור T עדיין יימצא במצב רוויה.

שאלה 6

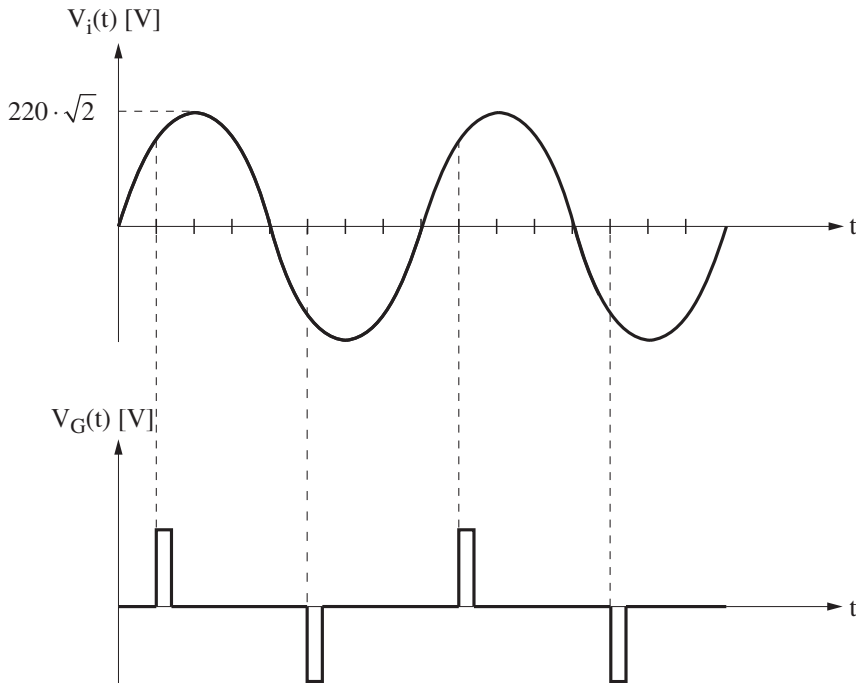
באיור א' לשאלה 6 מתואר מעגל המשמש לבקרת הספק.



איור א' לשאלה 6

מערכת הבקרה מספקת דופקי הצתה ל-TRIAC, בזווית של 45° ובזווית של 225° בכל מחזור (כלומר, זוויות ההצתה הן: $\alpha = 45^\circ + k \cdot 180^\circ$; $k = 0, 1, 2, 3 \dots$).

באיור ב' לשאלה מתוארות צורות הגלים של המתחים $V_i(t)$ ו- $V_G(t)$, כפונקציה של הזמן.

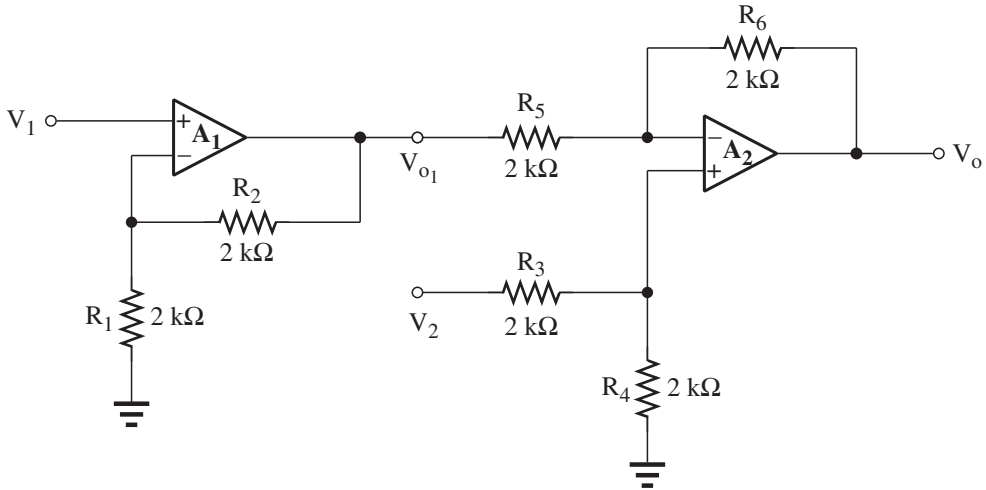


איור ב' לשאלה 6

- א. העתק למחברתך את צורות הגלים שבאיור ב', וסרטט מתחתיהן, בהתאמה, את צורת הגל $V_{R_L}(t)$ כפונקציה של הזמן, לאורך שני מחזורים.
- ב. היעזר בגרף המתאים בנוסחאון באלקטרוניקה א', וחשב את ההספק היעיל המועבר לנגד העומס R_L כאשר זווית ההצתה היא $\alpha = \frac{\pi}{4} \text{ rad} = 45^\circ$.
- ג. היעזר בגרף המתאים בנוסחאון באלקטרוניקה א', ומצא זווית הצתה המאפשרת לקבל על נגד העומס R_L הספק יעיל $P_L = 100 \text{ W}$.

שאלה 7

באיור לשאלה 7 נתון מעגל חשמלי הבנוי ממגברי שרת אידיאליים. נתון: $V_1 = 1 \text{ V}$.

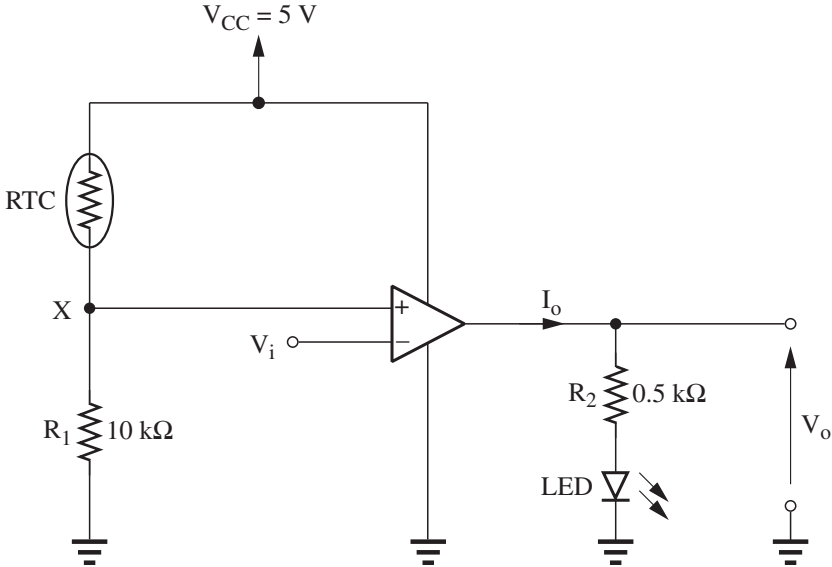


איור לשאלה 7

- א. חשב את המתח V_{01} .
- ב. חשב את המתח V_0 כאשר $V_2 = 4 \text{ V}$.
- ג. חשב את הערך המרבי ואת הערך המזערי של המתח V_0 כאשר $V_2 = 6 \cdot \sin(\omega t) \text{ V}$.

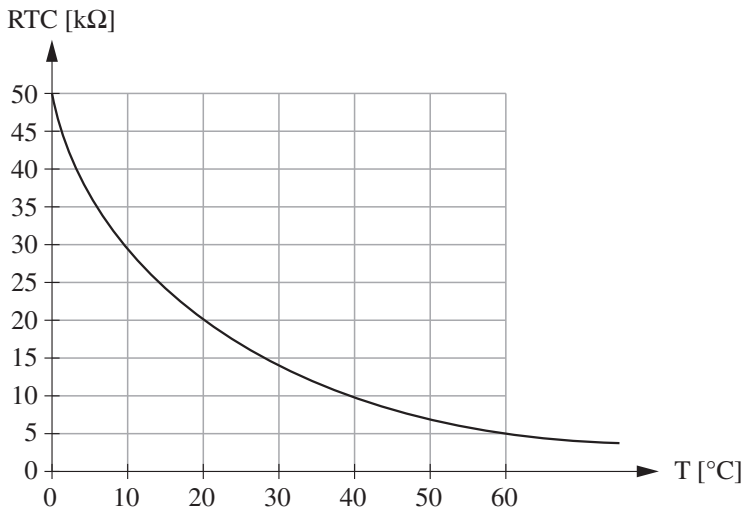
שאלה 8

באיור א' לשאלה 8 מתואר מעגל חשמלי. מגבר השרת שבמעגל - אידיאלי. חיישן הטמפרטורה (RTC) שבמעגל הוא נגד שערכו תלוי בטמפרטורת הסביבה.
 נתון: $V_i = 1.667 \text{ V}$, $V_{LED} = 2 \text{ V}$.



איור א' לשאלה 8

באיור ב' לשאלה נתון האופייין של חיישן הטמפרטורה (RTC), המתאר את התנגדותו כפונקציה של טמפרטורת הסביבה.



איור ב' לשאלה 8

- א. חשב את המתח בנקודה X כאשר טמפרטורת הסביבה היא 40°C .
- ב. האם נורית ה-LED תידלק כאשר טמפרטורת הסביבה היא 40°C ?
נמק את תשובתך.
- ג. מגדילים את טמפרטורת הסביבה מ- 0°C .
עד איזו טמפרטורה ה-LED במוצא המעגל יישאר כבוי?

פרק שלישי: אנגלית טכנית

ענה על שאלה אחת מבין השאלות 9-10 (לכל שאלה - 20 נקודות).

שאלה 9

- בנספח לשאלה 9 מובא קטע של מאמר בשפה האנגלית, ששורותיו ממוספרות.
כתוב את תשובותיך לסעיפים א'–ג' בעברית, רק על-פי הכתוב במאמר. ציין את מספרי השורות בקטע, שעליהן התבססת בתשובתך לכל סעיף.
- א. מהם שני המודולים שמהם מורכב מתנע אלקטרוני? הסבר את התפקיד של כל אחד מהם.
- ב. באיזה מקרה מתפקדת הדיודה במתנע כמפסק סגור, ובאיזה מקרה היא מתפקדת בו כמפסק פתוח?
- ג. 1. כיצד ניתן לחסום את ההולכה של רכיב ה-GTO?
2. מדוע משתמשים ברכיב ה-GTO בממירים בעלי הספק גבוה?

שאלה 10

- בנספח לשאלה 10 מובא קטע של מאמר בשפה האנגלית, ששורותיו ממוספרות.
כתוב את תשובותיך לסעיפים א'–ג' בעברית, רק על-פי הכתוב במאמר. ציין את מספרי השורות בקטע, שעליהן התבססת בתשובתך לכל סעיף.
- א. רשום שני תנאים להבטחת איכות ובטיחות של מתקן חשמלי.
- ב. ציין שלוש בדיקות הכרחיות (מחייבות) שיש לבצע לפני הפעלת מתקן חשמלי.
- ג. ציין שלוש בדיקות תקופתיות שיש לבצע במתקן חשמלי.

בהצלחה!

Electronic starters

Structure

Electronic starters and variable speed drives comprise two modules, which are usually housed in a single enclosure:

- A control module, which manages the operation of the device. On modern starters and drives, all functions are controlled by a microprocessor.
- A power module, which supplies power to the motor in the form of electrical energy.

The main components of the power module are:

- Power components (diodes, thyristors, IGBT's, etc.)
- Interfaces for measuring voltages and/or currents
- A fan unit

Power components

The power components, combined in a power module, form a converter that supplies power to an electrical motor at a variable voltage and/or variable frequency from a fixed voltage fixed frequency line supply.

15 The diode

The diode is a non-controlled semiconductor comprising two regions, P (anode) and N (cathode), which will only permit current to be conducted in one direction, from the anode to the cathode.

It conducts current when the anode voltage is at a higher positive value than that of the cathode and therefore behaves like a closed switch. It blocks the current and behaves like an open switch if the voltage at the anode becomes less positive than that at the cathode.

The thyristor

This is a controlled semiconductor comprising four alternate layers: P-N-P-N.

It behaves like a diode in sending an electrical pulse on a control electrode known as a "gate". This closing (or firing) is only possible if the anode is at a voltage more positive than the cathode.

The thyristor changes to the off state when current ceases to pass through it.

The GTO (Gate Turn Off) thyristor

This is a special type of high-speed thyristor that can be turned off by its gate. A positive
30 current supplied to the gate will cause the semiconductor to start conducting if the voltage
at the anode is more positive than at the cathode. The thyristor is blocked by reversing the
polarity of the gate current. GTOs are used on very high-power converters as they are able to
control high voltages and currents (up to 5000 V and 5000 A).

The IGBT

35 This is a power transistor controlled by a voltage applied to an electrode called a "gate" that
is isolated from the power circuit, hence the name Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT).

Testing of an installation

Quality and safety of an electrical installation

If control procedures are respected, quality and safety of an electrical installation will be assured only if:

- The electrical installation comply with the standard and regulation.
- 5 • The electrical equipment meets the standard requirements.
- The periodic checking of the installation recommended by the equipment manufacturer is respected.

Initial testing of an installation

Before a utility will connect an installation to its supply network, electrical tests and visual 10 inspections by the authority must be satisfied.

The electrical tests and visual-inspection checks for installations in buildings include, among others, the following:

- Electrical conductivity tests of protective, equipotential and earth-bonding conductors
- Insulation resistance tests between live conductors and protective conductors connected 15 to the earthing arrangement
- Insulation resistance / impedance of floors and walls
- Protection by automatic disconnection of the supply
- Verification that all exposed metallic parts are properly earthed

Periodic check-testing of an installation

20 The following tests should be performed:

- Verification of RCD (Residual Current Device) effectiveness and adjustments
- Appropriate measurements for providing safety of persons against effects of electric shock and protection against damage to property by fire and heat
- Confirmation that the installation is not damaged
- 25 • Identification of installation defects

מקום לנכתוב תשובות

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]	$R = \frac{\rho \ell}{A}$
התנגדות סגולית	- ρ	$\left[\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right]$	
אורך המוליך	- ℓ	[m]	$G = \frac{1}{R}$
שטח החתך של המוליך	- A	[mm^2]	
מוליכות	- G	[S]	

זרם חשמלי

זרם	- I	[A]	$I = \frac{Q}{t}$
מטען	- Q	[C]	
זמן	- t	[sec]	
צפיפות הזרם	- J	[A / mm^2]	$J = \frac{I}{A}$
שטח החתך	- A	[mm^2]	

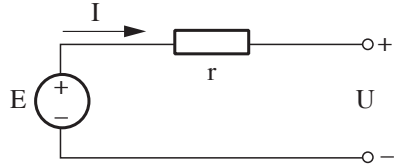
אנרגיה בזרם ישר

אנרגיה	- W	[W · sec או J]	$W = P \cdot t$
זמן	- t	[sec]	
הספק	- P	[W]	

כא"מ של מקור מתח

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

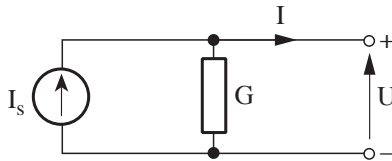
- הכא"מ - E [V]
- מתח ההדקים - U [V]
- התנגדות פנימית - r [Ω]
- זרם - I [A]



מקור זרם

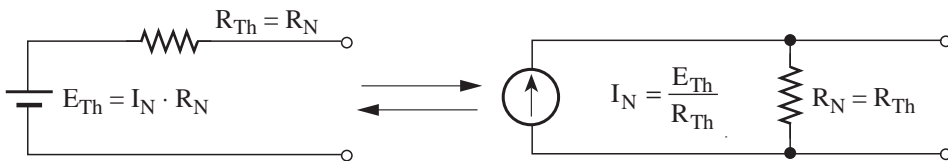
$$I_s = I + G \cdot U$$

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



2. פתרון מעגלים באמצעות משפטי רשת

המרה מנורטון לתבנין ומתבנין לנורטון



העברת הספק מקסימלי לעומס אומי

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

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

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

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

3. מגנטיות ואלקטרומגנטיות

כוח מגנטו-מניע

כוח מגנטו-מניע F_m [AT] -

מספר כריכות N -

זרם I [A] -

עוצמת השדה המגנטי H [AT/m] -

במעגל מגנטי

אורך המסלול המגנטי ℓ [m] -

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

חוק אמפר

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

עוצמת השדה המגנטי H [A / m] -

במרחק r ממוליך

מרחק מהמוליך r [m] -

שדה מגנטי (השראה מגנטית) B $\left[\frac{Wb}{m^2} \right]$ -

של מוליך נושא זרם I

במרחק r מהמוליך

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

$$B = \mu H$$

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

כוח המופעל על מוליך נושא זרם/מטען נע

מהירות קווית	-	v	[m / sec]	$F = B \cdot q \cdot v \cdot \sin \alpha$
מטען	-	q	[C]	
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]
מספר כריכות הסליל	- N	
השראות עצמית של הסליל	- L	[H]
השראות הדדית	- M*	[H]
מקדם הצימוד	- k	
האנרגיה האגורה בסליל	- W	[W · sec או J]

$$E = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

$$L = N \frac{d\Phi}{dI}$$

$$E = -L \frac{dI}{dt}$$

$$L = \frac{N^2}{R_m}$$

$$M^* = k \sqrt{L_1 L_2}$$

$$W = \frac{1}{2} LI^2$$

מומנט הפועל על הכריכה	- M	[N · m]
שטח פני הכריכה	- A	[m ²]
הזווית בין הניצב למישור הכריכה לבין קווי השדה	- θ	[°, rad]
מהירות זוויתית	- ω	[rad / sec]
מהירות קווית	- v	[m / sec]
רדיוס הכריכה	- R	[m]
מהירות סיבוב	- n	[rpm]

$$M = B \cdot A \cdot I \cdot \sin \theta$$

$$M = \Phi \cdot I \cdot \sin \theta$$

$$E_{\max} = B \cdot A \cdot \omega$$

$$\omega = \frac{v}{R}$$

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

4. זרם חילופין סינוסואידלי

- ערך רגעי של הזרם - $i(t)$ [A]
- ערך מרבי של הזרם - I_{\max} [A]
- תנופת הזרם
- זווית מופע - α [rad]
- זמן - t [sec]
- ערך רגעי של המתח - $u(t)$ [V]
- ערך מרבי של המתח - U_{\max} [V]
- תנופת המתח
- ערך יעיל של הזרם - I_{eff} [A]
- ערך יעיל של המתח - U_{eff} [V]
- זמן המחזור - T [sec]
- תדירות זוויתית - ω [rad / sec]
- תדירות - f [Hz , cycles / sec]
- היגב השראותי - X_L [Ω]
- היגב קיבולי - X_C [Ω]

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

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

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

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

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

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

5. הספקים

- הספק פעיל - P [W]
- הספק מדומה - S [VA]
- הספק היגבי - Q [VAr]
- זווית מופע - φ [$^\circ$, rad]
- קיבול - C [F]
- זווית מופע אחרי השיפור - φ_2 [$^\circ$, rad]
- זווית מופע לפני השיפור - φ_1 [$^\circ$, rad]

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

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

שיפור מקדם ההספק

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

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

$$U_L = U_{ph} \quad I_L = \sqrt{3} \cdot I_{ph}$$

הספק תלת מופעי

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

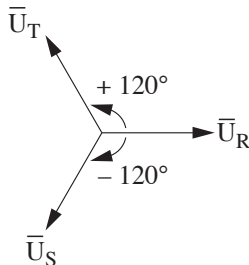
$$S = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L$$

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

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

ייצוג מתחים מופעיים במישור המרוכב של רשת תלת-מופעית סימטרית

$$\begin{aligned} \bar{U}_R &= U|_{0^\circ} \\ \bar{U}_S &= U|_{-120^\circ} \\ \bar{U}_T &= U|_{+120^\circ} \end{aligned}$$



7. המרה כוכב-משולש

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

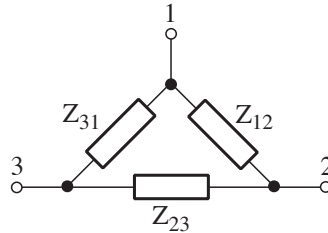
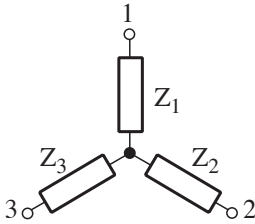
$$Z_{12} = \frac{Z_1 \cdot Z_2 + Z_2 \cdot Z_3 + Z_3 \cdot Z_1}{Z_3}$$

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

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

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

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



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]

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

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

בהצלחה!

מקום לנסח בקת נבחן

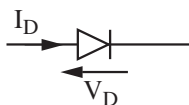
אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

נוסחאון באלקטרוניקה א' לכיתה י"ג

(9 עמודים)

דיודת צומת

סימול:



א. דיודה אידיאלית

ממתח קדמי - $V_D = 0$ (קֶצֶר)

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

מתח מוצא - V_o [V]

מתח מבוא - V_i [V]

$$A_V = \frac{V_o}{V_i}$$

הגבר מתח בדציבלים - A_V [dB]

$$A_V = 20 \log \frac{V_o}{V_i}$$

הגבר זרם - A_I

זרם מוצא - I_o [A]

זרם מבוא - I_i [A]

$$A_I = \frac{I_o}{I_i}$$

הגבר זרם בדציבלים - A_I [dB]

$$A_I = 20 \log \frac{I_o}{I_i}$$

הגבר הספק - A_P

הספק מוצא - P_o [W]

הספק מבוא - P_i [W]

נגד עומס - R_L [Ω]

התנגדות מבוא - R_i [Ω]

$$A_P = \frac{P_o}{P_i} = A_V \cdot A_I = A_I^2 \cdot \frac{R_L}{R_i} = A_V^2 \cdot \frac{R_i}{R_L}$$

הגבר הספק - A_P [dB]

$$A_P = 10 \log \frac{P_o}{P_i}$$

הגבר כולל של N דרגות

המחוברות בשרשרת

(קסקדה)

- A_{VT}

$$A_P = 10 \log \frac{P_o}{P_i}$$

$$A_{VT} \text{ (dB)} = A_{V1} \text{ (dB)} + A_{V2} \text{ (dB)} + A_{V3} \text{ (dB)} + \dots + A_{VN} \text{ (dB)}$$

הגבר כולל של N דרגות, - A_{VT} [dB]

בדציבלים

מאזן הספקים

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

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

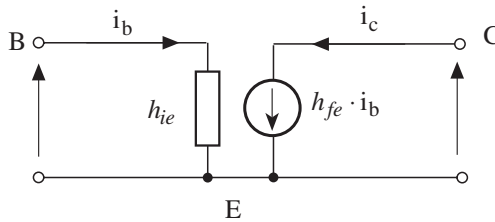
טרנזיסטור דו-נושאי (בתחום הפעיל)

- 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 RE	עם נגד RE
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

$$V_o = A_1 \cdot V_1 + A_2 \cdot V_2$$

מתח מבוא - V_1 [V]

$$A_1 = \frac{V_o}{V_1} \Big|_{V_2 = 0}$$

מתח מבוא - V_2 [V]

$$A_2 = \frac{V_o}{V_2} \Big|_{V_1 = 0}$$

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]

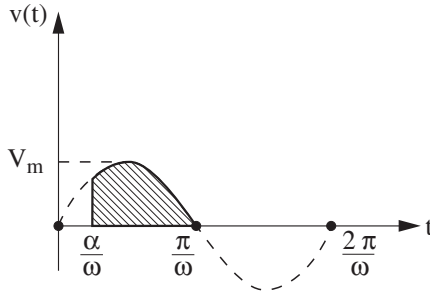
$$V_c = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

$$A_d = \frac{V_o}{V_d} \Big|_{V_c = 0} = \frac{V_o}{2V_i}$$

$$A_c = \frac{V_o}{V_c} \Big|_{V_d = 0} = \frac{V_o}{V_i}$$

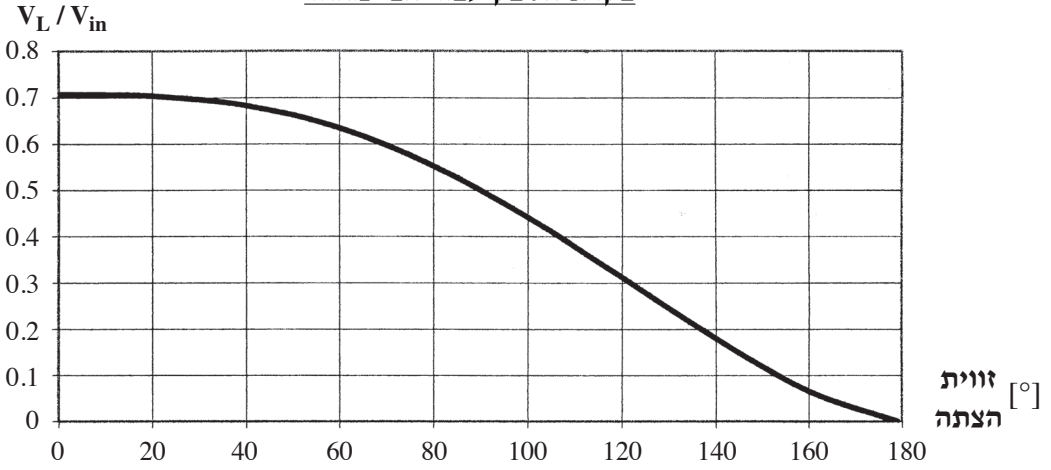
מתחים וזרמים בגל סינוס עם זווית הולכה

א. בקרת חצי גל בעומס אומי



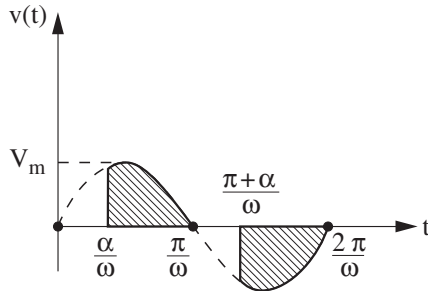
זווית הצתה - α [rad]	$0 \leq \alpha \leq \pi$
מתח הגל בתלות בזמן - $v(t)$ [V]	$v(t) = V_m \cdot \sin \omega t$
הערך הממוצע של המתח - V_{AV} [V]	$V_{AV} = \frac{V_m}{2\pi} [1 + \cos \alpha]$
הערך היעיל של המתח על העומס - $V_{RMS} = V_L$ [V]	$V_L = V_{RMS} = \frac{V_m}{2} \sqrt{\frac{1}{\pi} \left(\pi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

בקרת הספק עבור חצי מחזור



בקרת גל שלם בעומס אומי

ב.



α [rad] - זווית הצתה

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

$v(t)$ [V] - מתח הגל בתלות בזמן

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

V_{AV} [V] - הערך הממוצע של המתח

$$V_{AV} = 0$$

$V_{RMS} = V_L$ [V] - הערך היעיל של המתח על העומס

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

V_m [V] - הערך המרבי של המתח

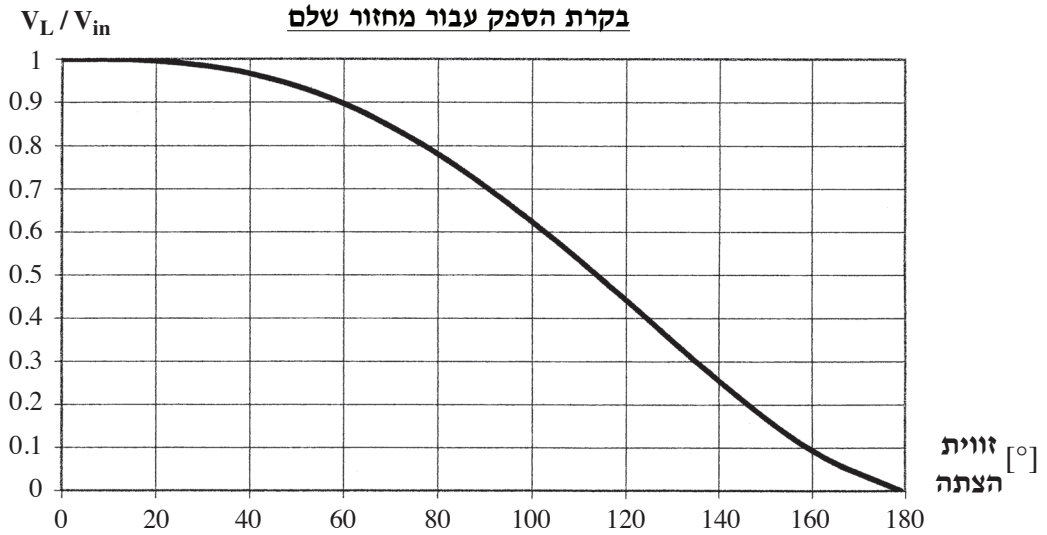
מהירות זוויתית (תדר זוויתי)	- ω	$\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$
זמן	- t	[sec]
התנגדות העומס	- R	$[\Omega]$
הספק על העומס	- P	[W]
הערך הממוצע של הזרם	- I_{AV}	[A]
הערך היעיל של הזרם	- I_{RMS}	[A]
הערך היעיל של מתח המבוא	- V_{in}	[V]

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

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

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

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



מיישרים

א. יישור חד-מופעי – חצי גל בעומס אומי

- הערך המרבי של המתח - V_m [V]
- הערך הממוצע של המתח - V_{AV} [V]
- הערך היעיל של המתח - V_{RMS} [V]
- הערך הממוצע של הזרם - I_{AV} [A]
- הערך היעיל של הזרם - I_{RMS} [A]
- התנגדות העומס - R [Ω]
- הספק על העומס - P [W]

$$V_{AV} = \frac{V_m}{\pi}$$

$$V_{RMS} = \frac{V_m}{2}$$

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

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

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

ב. יישור חד-מופעי – גל שלם בעומס אומי

- הערך המרבי של המתח - V_m [V]
- הערך הממוצע של המתח - V_{AV} [V]
- הערך היעיל של המתח - V_{RMS} [V]
- הערך הממוצע של הזרם - I_{AV} [A]
- הערך היעיל של הזרם - I_{RMS} [A]
- התנגדות העומס - R [Ω]
- הספק על העומס - P [W]

$$V_{AV} = \frac{2V_m}{\pi}$$

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

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

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

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

מתח אדווה במיישר חצי גל

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

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

מתח אדווה במיישר גל שלם

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

משוואת הדפקים היסודית

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

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

$$\tau = R \cdot C$$

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

טעינה לינארית

טעינת קבל בזרם קבוע:

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

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

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

טעינת סליל במתח קבוע:

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

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

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

בהצלחה!

נספח: מילון מונחים (2 עמודים)

לשאלון 733001, אביב תשע"ה

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
power control	Контроль мощности	التحكّم في القدرة	בקרת הספק
strike pulses	Пулс зажигания	نبض الاشتعال	דופקי הצתה
phasor diagram	Векторно угловая диаграмма	مُخَطَّط المَطَوَّار	דיאגרמה פאזורית
imaginary power	Мнимая мощность	القدرة الوهميّة	הספק מדומה
active power	Активная мощность	القدرة الفعّالة	הספק ממשי
reactive power	Общая мощность	القدرة الارتكاسيّة	הספק עיוור
strike angles	Угол зажигания	زاوية الاشتعال	זוויות הצתה
alternative current	Переменный ток	التيّار المتردّد	זרם חילופין
temperature sensor	Термо датчик	مُستشعر حرارة	חיישן טמפרטורה
permeability	Проницаемость	نفاذيّة	חלחלות
air gap	Воздушный зазор	فجوة الهواء	חריץ אוויר
quadratic core	Квадратный сердечник	قلب رباعي	ליבה ריבועית
operational amplifier	Операционный усилитель	مُضخّم تشغيلي	מגבר שרת
magnetic reluctance	Магнитное сопротивление	الممانعة المغناطيسيّة	מיאון מגנטי
magnetic circuit	Магнитная цепь	الدائرة المغناطيسيّة	מעגל מגנטי
discharge circuit	Цепь разрядки	دائرة التفريغ	מעגל פריקה
switch	Выключатель	مفتاح / مُبدّل	מפסק
saturation state	Состояние насыщения	حالة التشبع	מצב רוויה
power factor	Коэффициент мощности	معامل القدرة	מקדם הספק
current source	Источник тока	مصدر التيّار	מקור זרם
transistor switch	Транзисторный ключ	مُبدّل ترانزستور	מתג טרנזיסטורי

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
magnetic field strength	Сила магнитного поля	قوة المجال المغناطيسي	עוצמת השדה המגנטי
waveform	Форма волны	الشكل الموجي	צורת הגל
time constant	Временная постоянная	ثابت زمني	קבוע-זמן
magnetic flux	Магнитный поток	التدفق المغناطيسي	שטף מגנטי
superposition method	Метод наложения	طريقة التراكب	שיטת ההרכבה (סופרפוזיציה)