

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשע"ז, 2017

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-23 עמודי נספחים.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר,
אך מכוונות הן לנבחנות והן לנבחנים.

השאלות

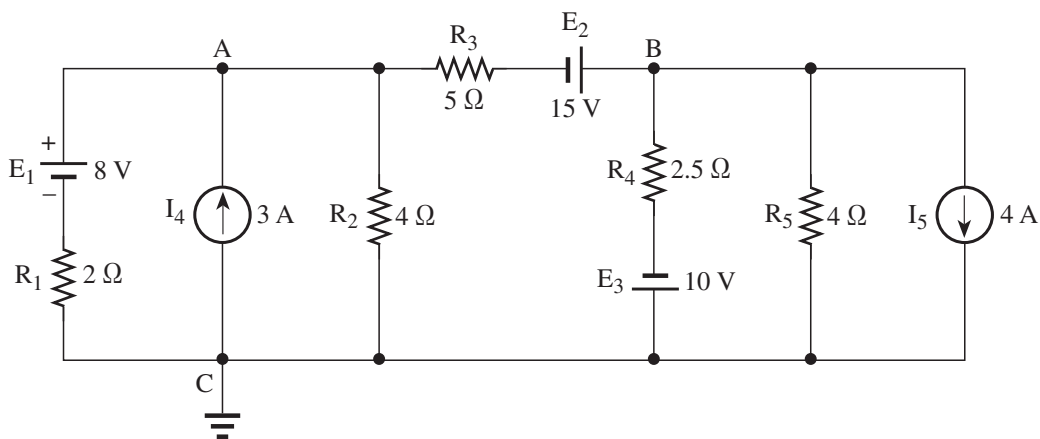
ענה על חמש מבין השאלות 1-10. עליך לענות על שתי שאלות לפחות מן הפרק הראשון, על שאלה אחת לפחות מן הפרק השני, ועל שאלה אחת מן הפרק השלישי.

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 לזרם ישר. הנקודה C מחוברת לפוטנציאל האפס.



איור לשאלה 1

א. רשום מערכת משוואות לחישוב המתחים בנקודות A ו-B (V_A ו- V_B) בשיטת מתחי הצמתים.

ב. חשב את המתחים V_A ו- V_B .

ג. חשב את הזרם הזורם דרך הנגד R_3 וציין את כיוונו (מ-A ל-B או מ-B ל-A).

שאלה 2

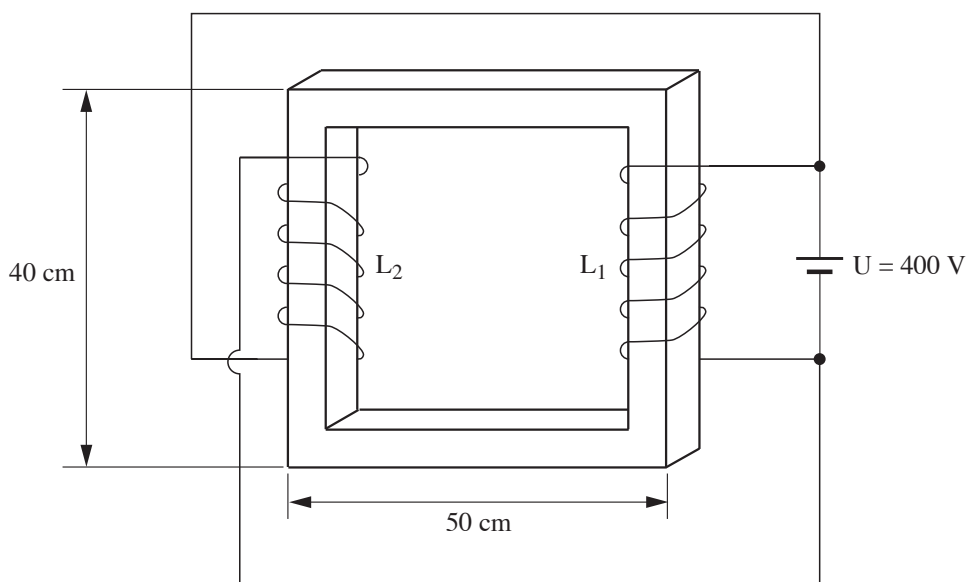
באיור לשאלה 2 מתואר מעגל מגנטי העשוי מחומר פרומגנטי. החדירות היחסית של החומר הפרומגנטי היא 800.

על הליבה מלופפים שני סלילים, L_1 ו- L_2 :

- סליל L_1 בעל 900 כריכות והתנגדות של 30Ω .

- סליל L_2 בעל 400 כריכות והתנגדות של 20Ω .

חתך הליבה הוא ריבוע בעל צלע באורך של 2.5 cm.

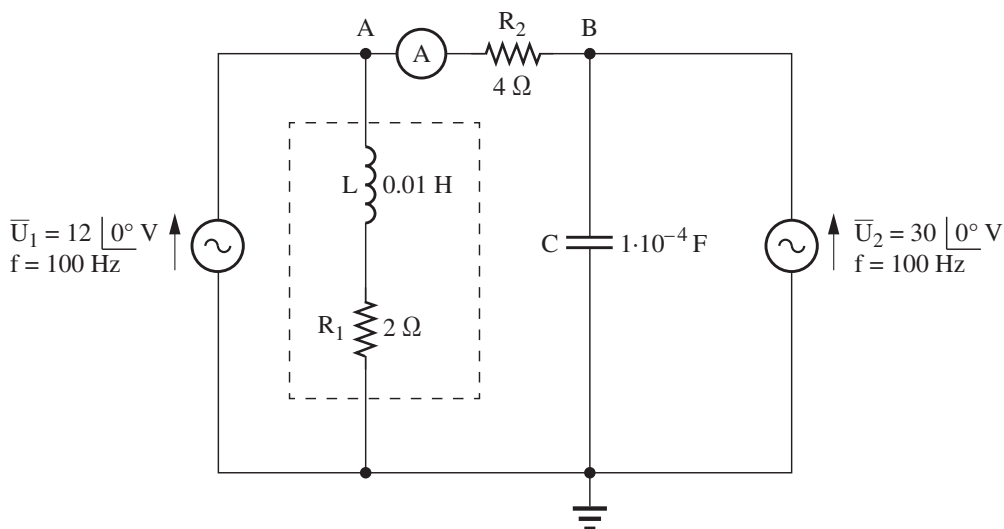


איור לשאלה 2

- א. חשב את המיאון המגנטי של המעגל המגנטי.
- ב. חשב את ערכו של השטף המגנטי בליבת המעגל ואת כיוון השטף.
- ג. חורצים בליבת המעגל חריץ אוויר באורך של 1.5 mm. חשב את המיאון המגנטי של המעגל המגנטי.
- ד. מה צריך להיות מתח המקור של המעגל המגנטי החדש (הכולל חריץ אוויר) כדי שערכו של השטף המגנטי בליבת המעגל יהיה זהה לערכו של השטף שחישבת בתשובתך לסעיף ב'?

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון מעגל חשמלי לזרם חילופין. לענף שבין הנקודות A ו-B מחובר מכשיר מדידה מסוג אמפרמטר.

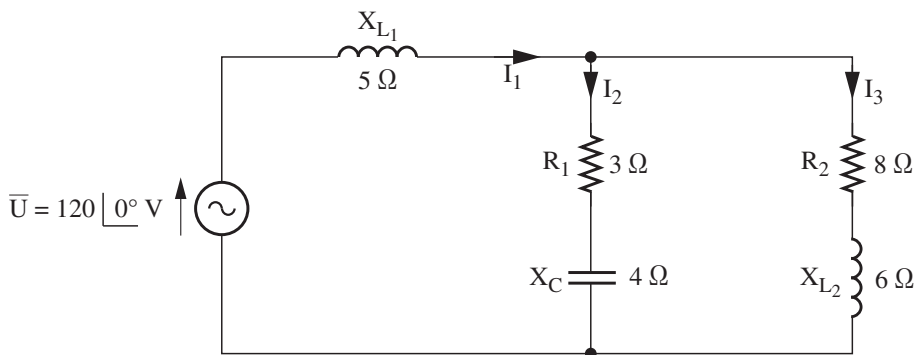


איור לשאלה 3

- א. מה תהיה קריאת האמפרמטר המחובר למעגל?
- ב. 1. חשב את הזרם I_L , הזורם דרך הסליל, הצג את תשובתך בצורה מרוכבת.
2. חשב את הזרם I_C , הזורם דרך הקבל, הצג את תשובתך בצורה מרוכבת.
- ג. סרטט במחברתך את משולש ההספקים של המעגל.

שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתון מעגל חשמלי לזרם חילופין.



איור לשאלה 4

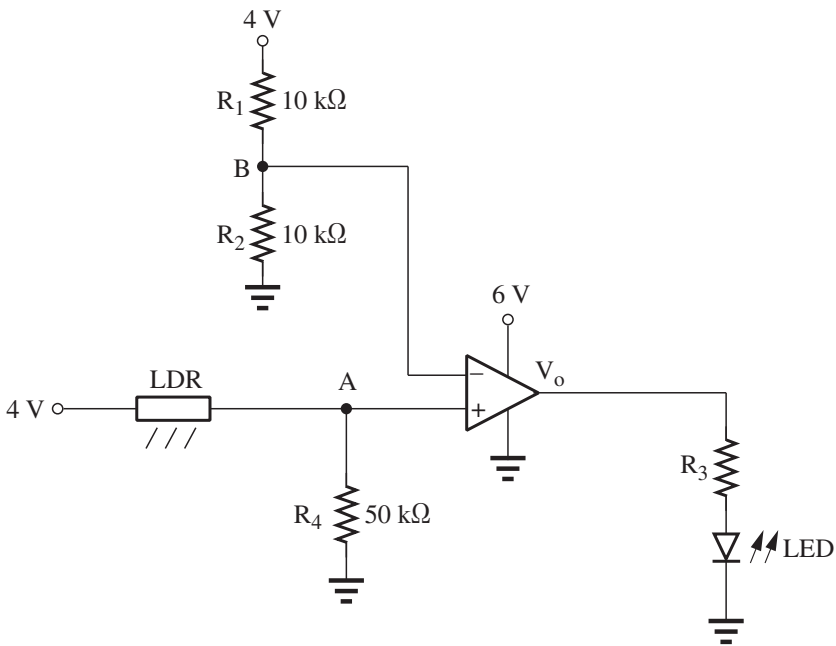
- א. חשב את העכבה השקולה של המעגל.
- ב. חשב את הזרמים I_1 , I_2 ו- I_3 . הצג את תשובותיך בצורה מרוכבת.
- ג. סרטט במחברתך דיאגרמה וקטורית של הזרמים.
- ד. 1. חשב את ההספק הממשי, את ההספק העיוור ואת ההספק המדומה של המעגל.
2. סרטט את משולש ההספקים של המעגל. הצג את הערכים שחישבת בסעיף ד1 על-גבי משולש ההספקים.

פרק שני: אלקטרוניקה א'

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

שאלה 5

באיור א' לשאלה 5 מתואר מעגל חשמלי המשמש לחיווי של עוצמת האור. המעגל כולל חיישן אור מסוג LDR (Light Dependent Resistor) ודיודת LED.



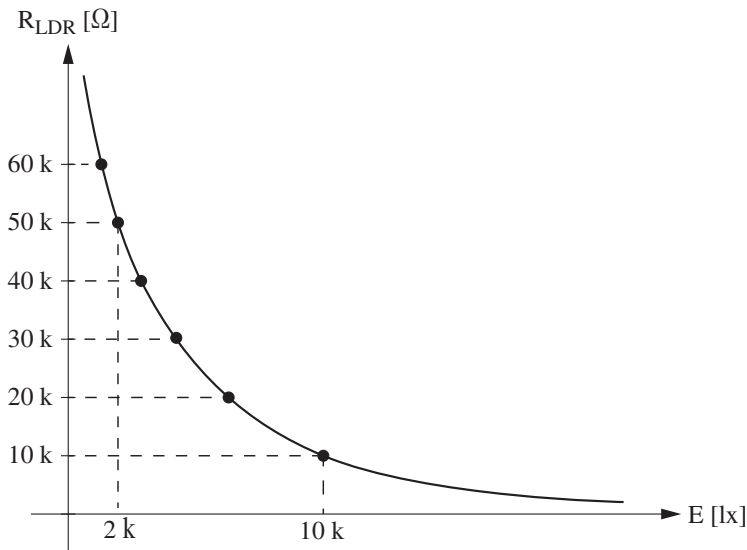
איור א' לשאלה 5

א. חשב את המתח בנקודה B.

ב. באיור ב' לשאלה נתון אופיין של חיישן ה-LDR, המתאר את ההתנגדות, R_{LDR} , כפונקציה של עוצמת ההארה E. מצא, באמצעות האופיין, באיזה ערך של עוצמת הארה דיודת ה-LED דולקת.

ג. מה צריך להיות ערכו של הנגד R_3 כדי שיזרום זרם של 10 mA בדיודת ה-LED כאשר הדיודה דולקת?

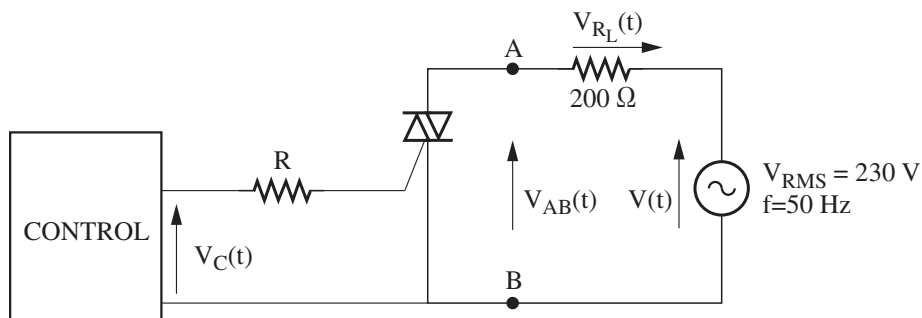
נתון: $V_{LED} = 1.5 \text{ V}$.



איור ב' לשאלה 5

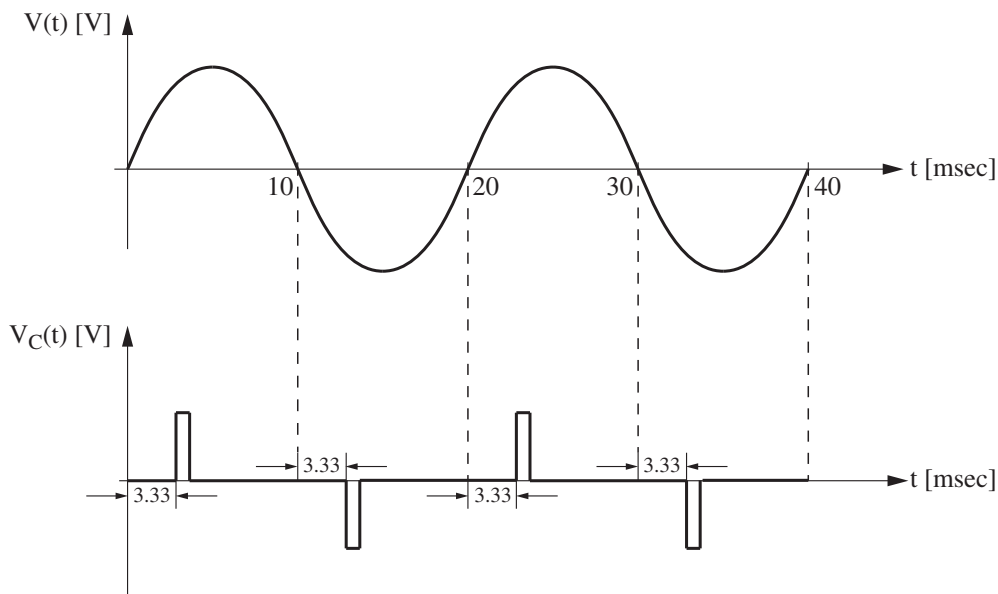
שאלה 6

באיור א' לשאלה 6 מתואר מעגל המשמש לבקרת הספק.



איור א' לשאלה 6

באיור ב' לשאלה 6 מתוארות צורות הגלים של המתחים V ו- V_C כפונקצייה של הזמן t .



איור ב' לשאלה 6

א. העתק למחברתך את צורות הגלים שבאיור ב', וסרטט מתחתיהן, בהתאמה, את צורות הגלים של המתחים האלה:

1. המתח שבין הנקודות A ו-B כפונקצייה של הזמן, $V_{AB}(t)$.

2. המתח על פני הנגד R_L , כפונקצייה של הזמן, $V_{R_L}(t)$.

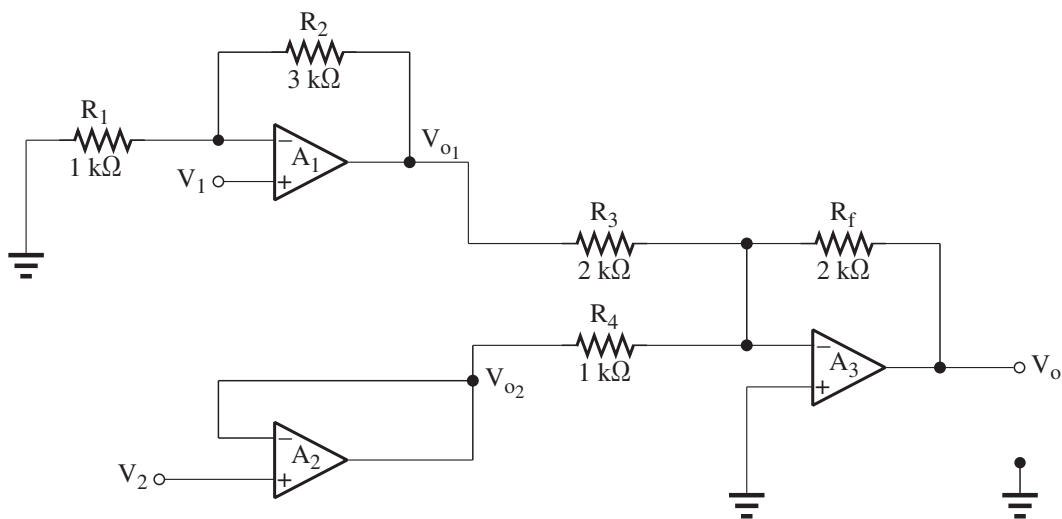
ב. חשב את ערכה של זווית ההצתה α .

ג. חשב את ערכו של המתח היעיל, V_{RMS} , על העומס R_L .

ד. חשב את ההספק המתפתח על העומס R_L .

שאלה 7

באיור לשאלה 7 נתון מעגל חשמלי שכולל מגברי שרת אידיאליים.



איור לשאלה 7

א. הסבר את תפקיד המגברים A_1 , A_2 ו- A_3 .

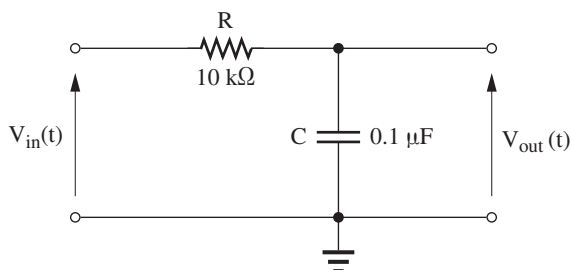
ב. חשב את מתחי המוצא V_{01} ו- V_{02} כאשר $V_1 = 1\text{ V}$ ו- $V_2 = 2\text{ V}$.

ג. חשב את מתח המוצא V_0 .

שאלה 8

באיור א' לשאלה 8 נתון מעגל חשמלי.

באיור ב' לשאלה נתון גרף המתאר את מתח המבוא כפונקצייה של הזמן, $V_{in}(t)$.



איור א' לשאלה 8



איור ב' לשאלה 8

- א. העתק למחברתך את הגרף שבאיור ב', וסרטט מתחתיו, בהתאמה, גרף המתאר את מתח המוצא כפונקצייה של הזמן, $V_{out}(t)$.
- ב.
 1. חשב את מתח המוצא כעבור $t = 0.5 \text{ msec}$.
 2. חשב את מתח המוצא כעבור $t = 1.5 \text{ msec}$.
- ג. חשב את המתח על הנגד R כאשר $t = 0.5 \text{ msec}$.
- ד. **מקטינים מאוד** את ערכי הקבל והנגד. סרטט באופן עקרוני גרף המתאר את מתח המוצא, $V_{out}(t)$, כפונקצייה של הזמן.

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

- א. ציין מהם היתרונות של שדות תאים פוטו-וולטאיים.
- ב. במה תלוי ההספק המופק על-ידי התאים הפוטו-וולטאיים?
- ג. ציין מהם המרכיבים העיקריים של תחנת תאים פוטו-וולטאיים.
- ד. ציין מהו האחוז של האנרגייה הסולארית שמומרת לאנרגייה חשמלית.

שאלה 10

בנספח לשאלה 10 מובא קטע של מאמר ששורותיו ממוספרות. כתוב את תשובותיך לסעיפים א'-ד' בעברית, רק על-פי הכתוב בקטע. ציין את מספרי השורות בקטע שעליהן התבססת בתשובתך לכל סעיף.

- א. ציין מהם המרכיבים של יחידת העיבוד המרכזית (CPU).
- ב. תאר את עקרון הפעולה של יחידת העיבוד המרכזית.
- ג. הגדר את זמן הסריקה של הבקר ובמה הוא תלוי.
- ד. ציין את התכונות של הבקר המתוכנת ואת יתרונותיהן.

בהצלחה!

Generalities on photovoltaic (PV) plants

1 1.1 Operating principle

A photovoltaic (PV) plant transforms directly and instantaneously solar energy into electrical energy without using any fuels.

The main advantages of photovoltaic (PV) plants can be summarized as follows:

- 5 – distributed generation where needed ;
- no emission of polluting materials;
- saving of fossil fuels;
- reliability of the plants since they do not have moving parts (useful life usually over 20 years);
- 10 – reduced operating and maintenance costs;
- system modularity (to increase the plant power it is sufficient to raise the number of panels) according to the real requirements of users.

The annual electrical power output of a PV plant depends on different factors. Among them:

- solar radiation incident on the installation site;
- 15 – inclination and orientation of the panels;
- presence or not of shading;
- technical performances of the plant components (mainly modules and inverters).

The main applications of PV plants are:

- 20 1. installations (with storage systems) for users isolated from the grid;
- 2. installations for users connected to the LV grid;
- 3. solar PV power plants, usually connected to the MV grid. Feed-in Tariff incentives are granted only for the applications of type 2 and 3, in plants with rated power not lower than 1 kW .

- 25 A PV plant is essentially constituted by a generator (PV panels), by a supporting frame to mount the panels on the ground, on a building or on any building structure, by a system for power control and conditioning, by a possible energy storage system, and by electrical switchboards.

The following table represents the balance of incident solar energy:

30	refection losses and shading of the front contacts	3%
	photons with high wavelength, with insufficient energy to free electrons: heat is generated	23%
	photons with short wavelength, with excess energy (transmission)	32%
35	recombination of the free charge carriers	8.5%
	electric gradient in the cell, above all in the transition regions	20%
	resistance in series, representing the conduction losses	0.5%
	usable electric energy	13%
	total of the incident solar energy	100%

Programmable Logic Controller – PLC

Principles of Operation

1 A programmable controller consists of two basic sections:

- the central processing unit
- the input/output interface system

The central processing unit (CPU) contains three components:

- 5
- the processor
 - the memory system
 - the system power supply

During its operation, the CPU completes three processes: (1) it **reads**, or accepts, the input data from the field devices via the input interfaces, (2) it **executes**, or performs, the control program stored in the memory system, and (3) it **writes**, or updates, the output devices via the output interfaces.

10

The basic function of a programmable controller is to read all of the field input devices and then execute the control program, which according to the logic programmed, will turn the field output devices ON or OFF. In reality, this last process of turning the output devices ON or OFF occurs in two steps. First, as the processor executes the internal programmed logic, it will turn each of its programmed internal output coils ON or OFF. The energizing or de-energizing of these internal outputs will not, however, turn the output devices ON or OFF. Next, when the processor has finished evaluating all of the control logic program that turns the internal coils ON or OFF, it will perform an update to the output interface modules, thereby turning the field devices connected to each interface terminal ON or OFF. This process of reading the inputs, executing the program, and updating the outputs is known as the scan.

15

20

The time it takes to implement a scan is called the **scan time**. The scan time is the total time the PLC takes to complete the program and I/O update scans. The program scan time generally depends on two factors: (1) the amount of memory taken by the control program and (2) the type of instructions used in the program (which affects the time needed to execute the instructions). The time required to make a single scan vary from a few tenths of a millisecond to 50 milliseconds.

25

The following table lists some of the many features and benefits obtained with a programmable controller.

Inherent Features	Benefits
Microprocessor-based	– Communication capability – Higher level of performance – Higher quality products – Multifunctional capability
Software timers/counters	– Eliminate hardware – Easily changed presets
Modular architecture	– Installation flexibility – Easily installed – Reduces hardware cost – Expandability

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

מקום למחברות נבחן

נוסחאון בתורת החשמל לכיתה י"ג

(8 עמודים)

(הגדלים בנוסחאון מופיעים ביחידות SI)

1. זרם ישר

התנגדות ומוליכות

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

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

התנגדות - R $[\Omega]$

התנגדות סגולית - ρ $\left[\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right]$

אורך המוליך - l $[\text{m}]$

שטח החתך של המוליך - A $[\text{mm}^2]$

מוליכות - G $[\text{S}]$

זרם חשמלי

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

זרם - I $[\text{A}]$

מטען - Q $[\text{C}]$

זמן - t $[\text{sec}]$

צפיפות הזרם - J $[\text{A} / \text{mm}^2]$

שטח החתך - A $[\text{mm}^2]$

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

אנרגיה בזרם ישר

אנרגיה - W $[\text{J} \text{ או } \text{W} \cdot \text{sec}]$

זמן - t $[\text{sec}]$

הספק - P $[\text{W}]$

$$W = P \cdot t$$

כא"מ של מקור מתח

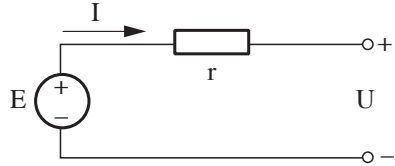
$$E = U + I \cdot r$$

הכא"מ - E [V]

מתח ההדקים - U [V]

התנגדות פנימית - r [Ω]

זרם - I [A]

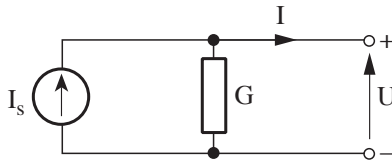


מקור זרם

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

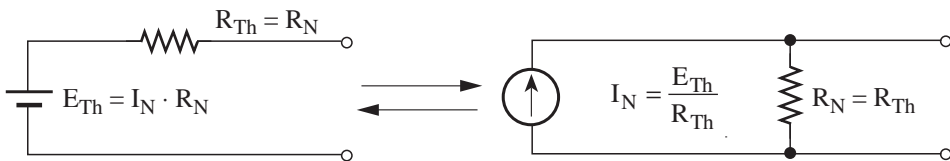
זרם המקור - I_s [A]

מוליכות פנימית של מקור זרם - G [S]



2. פתרון מעגלים באמצעות משפטי רשת

המרה מנורטון 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

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

3. מגנטיות ואלקטרומגנטיות

כוח מגנטו-מניע

F_m [AT]	-	כוח מגנטו-מניע
N	-	מספר כריכות
I [A]	-	זרם
H [AT/m]	-	עוצמת השדה המגנטי
	-	במעגל מגנטי
ℓ [m]	-	אורך המסלול המגנטי

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

חוק אמפר

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

H [A / m]	-	עוצמת השדה המגנטי
r	-	במרחק r ממוליך

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

r [m]	-	מרחק מהמוליך
---------	---	--------------

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

$$B = \mu H$$

חדירות (חלחלות)	-	μ	$\left[\frac{H}{m} \right]$	$\mu = \mu_o \cdot \mu_r$
חדירות (חלחלות) 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]	$R_m = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\ell}{A}$
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)	-	B	$\left[\frac{Wb}{m^2} \right]$	
במרכז סליל ארוך שאורכו ℓ				
שטח חתך	-	A	[m ²]	

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]	$E = -N \frac{d\Phi}{dt}$
מספר כריכות הסליל	-	N		
השראות עצמית של הסליל	-	L	[H]	$L = N \frac{d\Phi}{dI}$
השראות הדדית	-	M^*	[H]	
מקדם הצימוד	-	k		$E = -L \frac{dI}{dt}$
האנרגיה האגורה בסליל	-	W	[W · sec או J]	

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

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

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

מומנט הפועל על הכריכה	-	M	[N · m]	$M = B \cdot A \cdot I \cdot \sin \theta$
שטח פני הכריכה	-	A	[m ²]	
הזווית בין הניצב למישור הכריכה לבין קווי השדה	-	θ	[° , rad]	$M = \Phi \cdot I \cdot \sin \theta$
מהירות זוויתית	-	ω	[rad / sec]	$E_{\max} = B \cdot A \cdot \omega$
מהירות קווית	-	v	[m / sec]	
רדיוס הכריכה	-	R	[m]	$\omega = \frac{v}{R}$
מהירות סיבוב	-	n	[rpm]	

$$\omega = \frac{\theta}{t} \quad \omega = \frac{2\pi n}{60}$$

4. זרם חילופין סינוסואידלי

ערך רגעי של הזרם	-	$i(t)$ [A]	$i(t) = I_{\max} \sin(\omega t + \alpha)$
ערך מרבי של הזרם - תנופת הזרם	-	$I_{\max}$ [A]	
זווית מופע	-	α [rad]	$u(t) = U_{\max} \sin(\omega t + \alpha)$
זמן	-	t [sec]	
ערך רגעי של המתח	-	$u(t)$ [V]	
ערך מרבי של המתח - תנופת המתח	-	$U_{\max}$ [V]	$I_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_{\max}$
ערך יעיל של הזרם	-	I_{eff} [A]	
ערך יעיל של המתח	-	U_{eff} [V]	$U_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{\max}$
זמן המחזור	-	T [sec]	$\omega = 2\pi f$ $T = \frac{1}{f}$
תדירות זוויתית	-	ω [rad / sec]	
תדירות	-	f [Hz , cycles / sec]	
היגב השראותי	-	X_L [Ω]	$X_L = \omega L$ $X_C = \frac{1}{\omega C}$
היגב קיבולי	-	X_C [Ω]	

5. הספקים

הספק פעיל	-	P [W]	$\text{tg} \varphi = \frac{Q}{P}$ $P = S \cos \varphi$
הספק מדומה	-	S [VA]	
הספק היגבי	-	Q [VAr]	$S = P \pm jQ$ $Q = S \sin \varphi$
זווית מופע	-	φ [$^\circ$, rad]	

שיפור מקדם ההספק

קיבול	-	C [F]	$C = \frac{P}{\omega U^2} (\text{tg} \varphi_1 - \text{tg} \varphi_2)$
זווית מופע אחרי השיפור	-	φ_2 [$^\circ$, rad]	
זווית מופע לפני השיפור	-	φ_1 [$^\circ$, rad]	

רשתות תלת-מופעיות

.6

בוכב סימטרי

$$I_L = I_{ph}$$

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

$$\begin{aligned} \text{זרם קווי} & - I_L \quad [A] \\ \text{זרם מופעי} & - I_{ph} \quad [A] \\ \text{מתח שלוב (קווי)} & - U_L \quad [V] \\ \text{מתח מופעי} & - U_{ph} \quad [V] \end{aligned}$$

משולש סימטרי

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

הספק תלת מופעי

$$\begin{aligned} \text{הספק מדומה תלת-מופע} & - S \quad [VA] \\ \text{הספק פעיל תלת-מופע} & - P \quad [W] \\ \text{הספק היגבי תלת-מופע} & - Q \quad [VAr] \end{aligned}$$

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

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

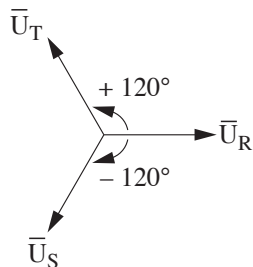
$$Q = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \sin \varphi$$

ייצוג מתחים מופעיים במישור המרוכב של רשת תלת-מופעית סימטרית

$$\bar{U}_R = U \angle 0^\circ$$

$$\bar{U}_S = U \angle -120^\circ$$

$$\bar{U}_T = U \angle +120^\circ$$



7. המרה כוכב-משולש

.7

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

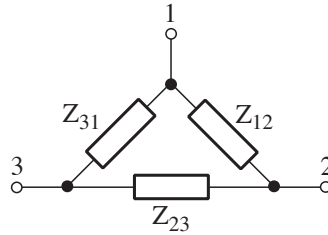
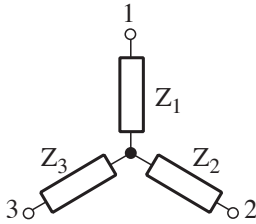
$$Z_{12} = \frac{Z_1 \cdot Z_2 + Z_2 \cdot Z_3 + Z_3 \cdot Z_1}{Z_3}$$

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

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

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

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



8. תופעות מעבר

.8

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!

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

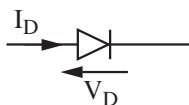
מקום למחברות נבחן

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]
הגבר מתח בדציבלים	-	A_V [dB]

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

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

הגבר זרם	-	A_I
זרם מוצא	-	I_o [A]
זרם מבוא	-	I_i [A]
הגבר זרם בדציבלים	-	A_I [dB]

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

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

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]
הגבר כולל של N דרגות המחוברות בשרשרת (קסקדה)	-	A_{VT}

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

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

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

הגבר כולל של N דרגות, 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] -

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

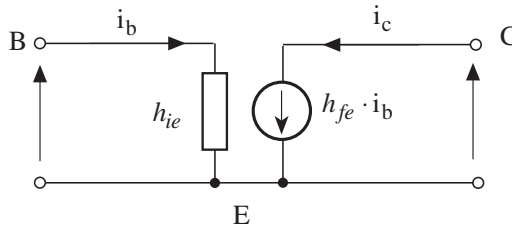
טרנזיסטור דו-נושאי (בתחום הפעיל)

- 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 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

מתח מבוא V_1 [V] -

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

מתח מבוא V_2 [V] -

$$A_1 = \left. \frac{V_o}{V_1} \right|_{V_2 = 0}$$

$$A_2 = \left. \frac{V_o}{V_2} \right|_{V_1 = 0}$$

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] -

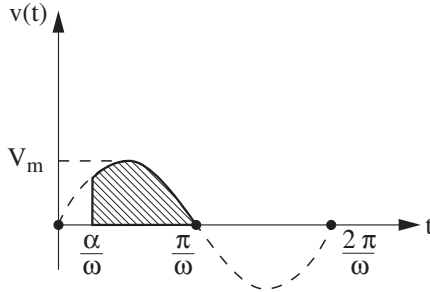
$$V_c = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

$$A_d = \left. \frac{V_o}{V_d} \right|_{V_c = 0} = \frac{V_o}{2V_i}$$

$$A_c = \left. \frac{V_o}{V_c} \right|_{V_c = 0} = \frac{V_o}{V_i}$$

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]

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

מהירות זוויתית ω $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$
(תדר זוויתי)

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

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]

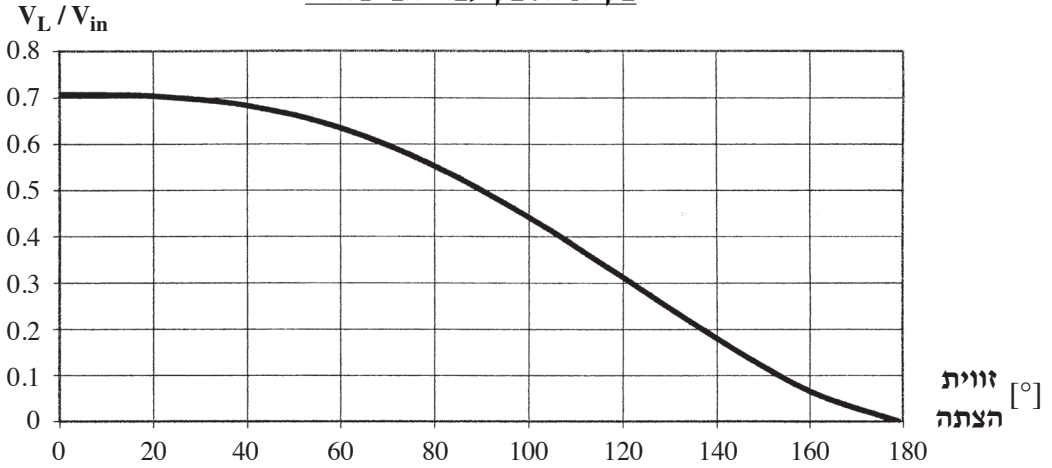
$$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{R}$$

הערך היעיל של הזרם I_{RMS} [A]

הערך היעיל של מתח המבוא V_{in} [V]

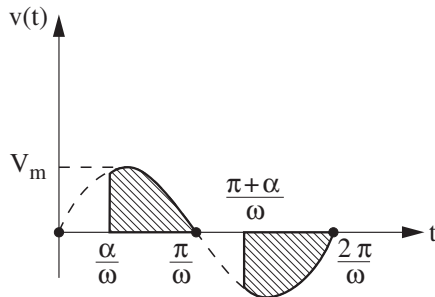
$$V_{in} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

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_{AV} [V] - הערך הממוצע של המתח

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

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

$$V_{AV} = 0$$

V_m [V] - הערך המרבי של המתח

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

ω - מהירות זוויתית
(תדר זוויתי) $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$

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

t - זמן [sec]

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

R - התנגדות העומס $[\Omega]$

P - הספק על העומס [W]

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

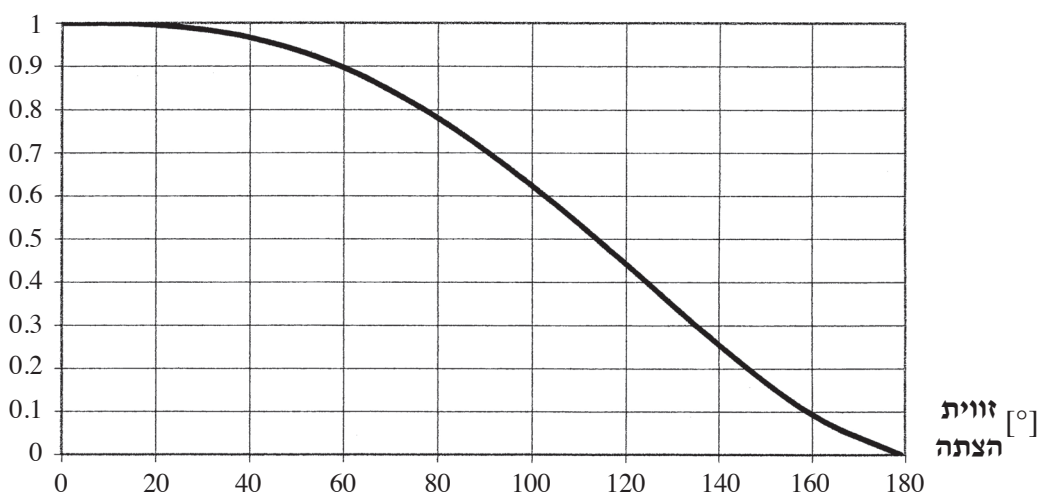
I_{AV} - הערך הממוצע של הזרם [A]

I_{RMS} - הערך היעיל של הזרם [A]

$$V_{\text{in}} = \frac{V_{\text{m}}}{\sqrt{2}}$$

V_{in} - הערך היעיל של מתח המבוא [V]

בקרת הספק עבור מחזור שלם



מיישרים

א. יישור חד-מופעי – חצי גל בעומס אומי

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

הערך המרבי של המתח – V_m [V]

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

הערך הממוצע של המתח – V_{AV} [V]

הערך היעיל של המתח – V_{RMS} [V]

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

הערך הממוצע של הזרם – I_{AV} [A]

הערך היעיל של הזרם – I_{RMS} [A]

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

התנגדות העומס – R [Ω]

הספק על העומס – P [W]

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

ב. יישור חד-מופעי – גל שלם בעומס אומי

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

הערך המרבי של המתח – V_m [V]

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

הערך הממוצע של המתח – V_{AV} [V]

הערך היעיל של המתח – V_{RMS} [V]

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

הערך הממוצע של הזרם – I_{AV} [A]

הערך היעיל של הזרם – I_{RMS} [A]

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

התנגדות העומס – R [Ω]

הספק על העומס – P [W]

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

מתח אדווה במיישר חצי גל

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

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

מתח אדווה במיישר גל שלם

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

משוואת הדפקים היסודית

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

- 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] -

$$\tau = R \cdot C$$

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

טעינה לינארית

טעינת קבל בזרם קבוע:

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

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

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

טעינת סליל במתח קבוע:

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

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

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

בהצלחה!

נספח: מילון מונחים (2 עמודים)

לשאלון 733001, אביב תשע"ז

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

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)