מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: גמר לבתי־ספר לטכנאים ולהנדסאים
מועד הבחינה: אביב תשע"ו, 2016
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 מֵרַב 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 10 עמודים ו־23 עמודי נספחים.

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

בהצלחה!

המשך מעבר לדף ◀

השאלות

ענה על <u>חמש</u> מבין השאלות 1–10. עליך לענות על <u>שתי שאלות לפחות</u> מן הפרק הראשון, על <u>שאלה אחת לפחות</u> מן הפרק השני, ועל <u>שאלה אחת</u> מן הפרק השלישי.

<u>פרק ראשון: תורת החשמל</u>

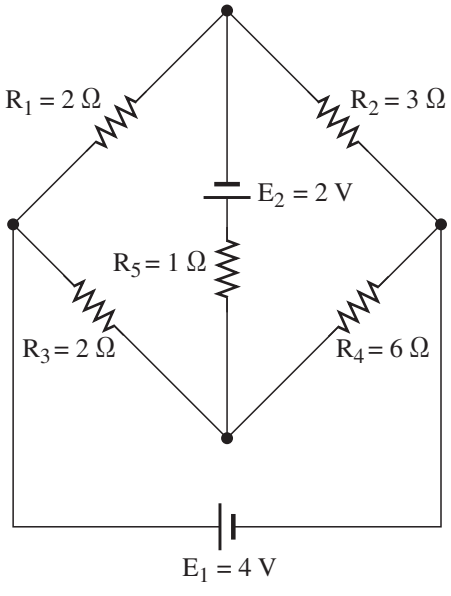
ענה על <u>שתי שאלות לפחות</u> מבין השאלות 1–4 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתון מעגל חשמלי לזרם ישר.

א. חשב את הזרמים בנגדים R_1 ו־R_5 . בחישוביך השתמש בשיטת זרמי חוגים.

ב. חשב את ההספק הכולל שנמסר לנגדים R_1 עד R_5 שבמעגל על־ידי מקורות המתח E_1 ו־E_2 .

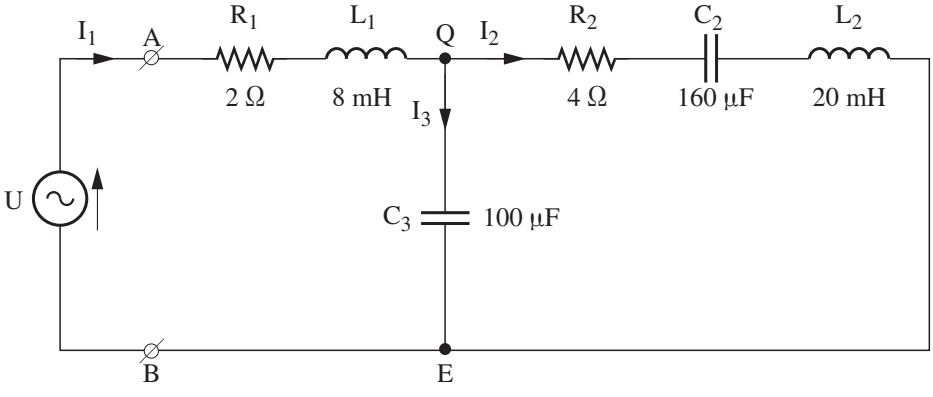


איור לשאלה 1

המשך בעמוד 3

שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתון מעגל חשמלי המוזן ממקור מתח חילופין.
תדר מקור המתח הוא $f = 100\ Hz$, והזרם I_2 במעגל הוא: $I_2 = 5\angle 45^\circ\ A$.



איור לשאלה 2

א. חשב את הזרם בקבל C_3 . הצג את תשובתך בצורה מרוכבת.

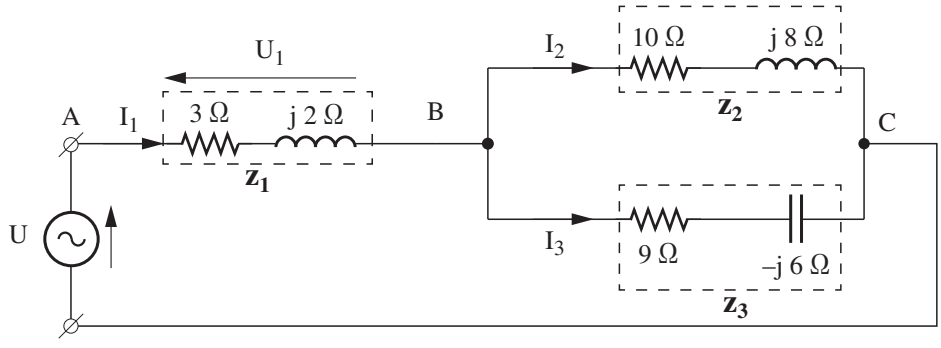
ב. חשב את העכבה הכוללת של המעגל (בין הנקודות A ו־B). קבע את אופי המעגל – האם הוא קיבולי או השראותי.

ג. חשב את מתח המקור, U . הצג את תשובתך בצורה מרוכבת.

המשך בעמוד 4

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון מעגל זרם חילופין.



איור לשאלה 3

המתח בין הנקודות A ו־ B : $U_1 = 10\angle 0^\circ \text{ V}$.

א. חשב את הזרמים I_1 , I_2 , I_3 והצג אותם בצורה מרוכבת.

ב. חשב את ההספק המדומה של עכבה z_3 . הצג את תשובתך בצורה מרוכבת.

ג. חשב את מתח המקור U . הצג את תשובתך בצורה מרוכבת.

ד. סרטט במחברתך את משולש ההספקים של המעגל. הצג ערכים מחושבים על גבי משולש ההספקים.

המשך בעמוד 5

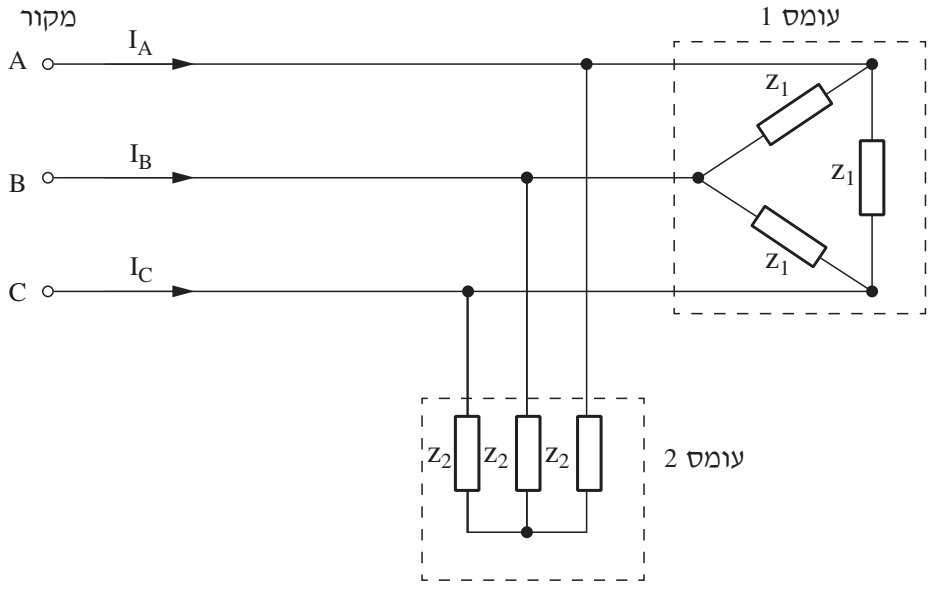
שאלה 4

באיור לשאלה 4 מתוארת מערכת תלת־מופעית הכוללת שני עומסים סימטריים:

- ערכו של עומס 1 הוא $z_1 = 12\angle 35^\circ\ \Omega$.
- ערכו של עומס 2 הוא $z_2 = 5\ \Omega$.

נתונים

- עכבת הקו זניחה.
- $U_{AB} = 440\angle 0^\circ\ V$



איור לשאלה 4

א. חשב את הזרם בקו I_A והצג אותו בצורה מרוכבת.

ב. חשב את ההספק הפעיל, את ההספק ההיגבי ואת ההספק המדומה, הנמסרים על־ידי המקור לשני העומסים.

ג. סרטט במחברתך את משולש ההספקים של המערכת.

המשך בעמוד 6

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 למיתוג ממסר.
הדיודה D במעגל היא אידיאלית.

נתוני הממסר:

זרם התפיסה: 60 mA

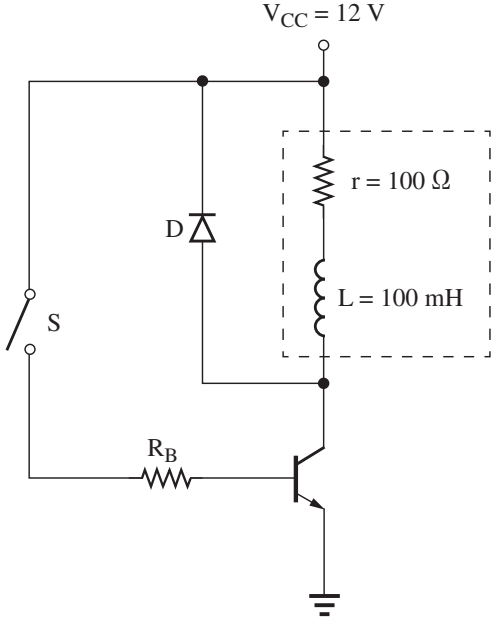
זרם ההתרה: 40 mA

נתוני הטרנזיסטור:

$\beta = 120$

$V_{BE} = 0.7\ V$

$V_{CE_{Sat}} = 0\ V$



איור לשאלה 5

סוגרים את המפסק S לאחר שהיה פתוח זמן ממושך.

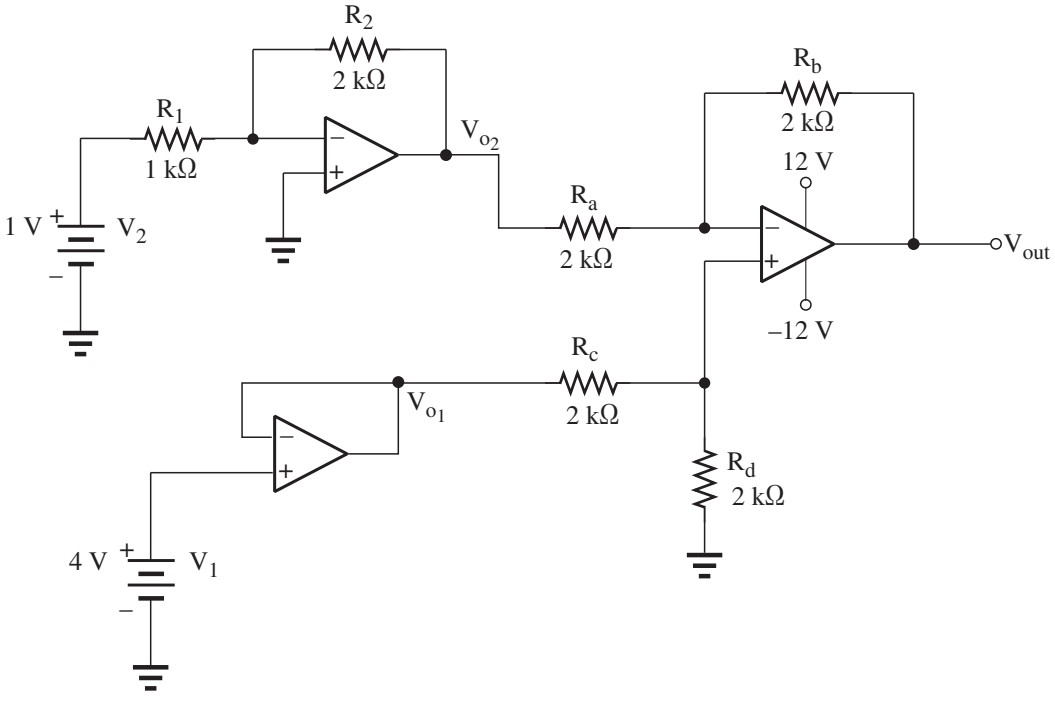
א. הסבר מהו תפקיד הדיודה במעגל.

ב. חשב את ערכו המרבי של נגד הבסיס, $R_{B_{max}}$, שיבטיח את הפעלת הממסר.

המשך בעמוד 7

שאלה 6

באיור לשאלה 6 נתון מעגל חשמלי.



איור לשאלה 6

א. חשב את המתחים V_{o_2} , V_{o_1} .

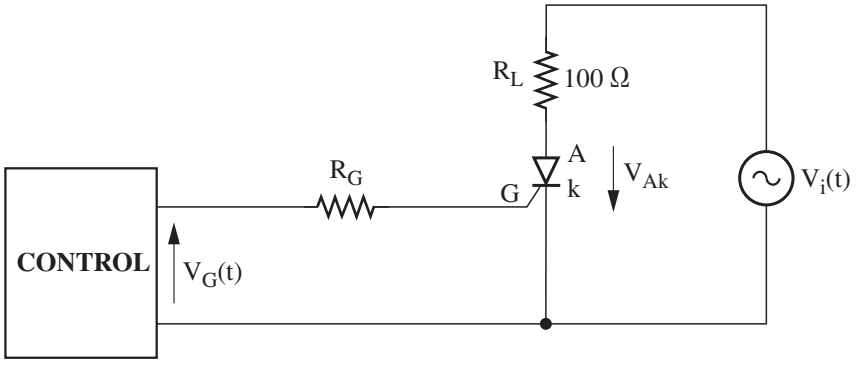
ב. חשב את מתח המוצא V_{out} .

ג. מה צריך להיות הערך של מתח המקור V_1 , כדי שמתח המוצא V_{out} יהיה 10 V ?
הערה: V_2 אינו משתנה.

המשך בעמוד 8

שאלה 7

באיור א' לשאלה 7 נתון מעגל חשמלי של SCR (Silicon Controlled Rectifier) .

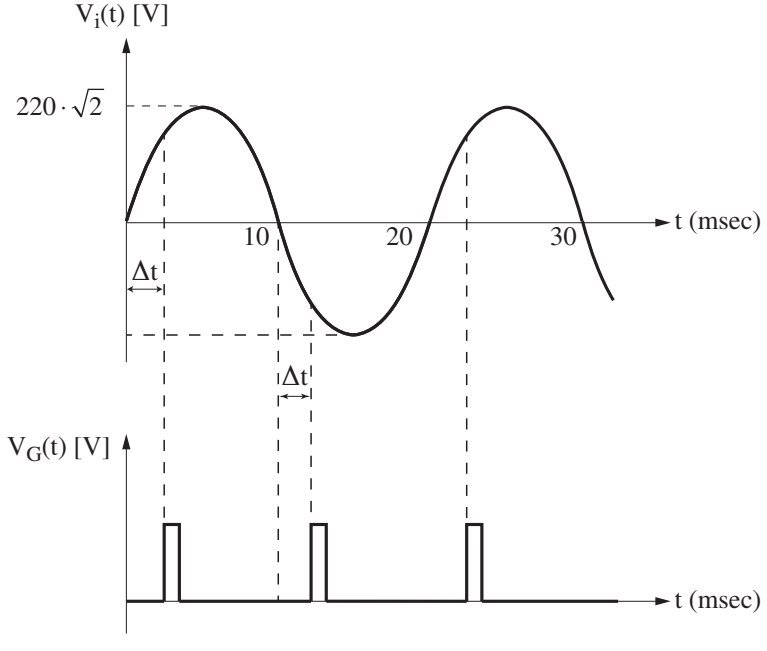


איור א' לשאלה 7

א. חשב, באמצעות גרף או נוסחה, את ההספק בעומס כאשר $\Delta t = 4$ msec (מנקודת האפס).

ב. מצא את זווית ההצתה לצורך קבלת הספק של 100 W בעומס.

ג. באיור ב' לשאלה 7 נתונות צורות הגלים של המתחים $V_i(t)$ ו־$V_G(t)$.
העתק למחברתך את צורות הגלים, וסרטט מתחת להן, בהתאמה, את צורות הגלים של המתחים V_{Ak} ו־V_{R_L} , כפונקציה של הזמן.



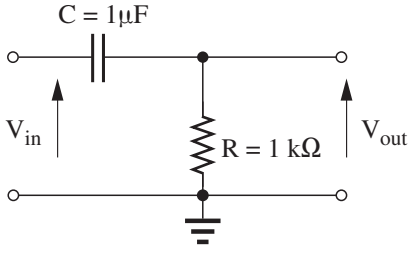
איור ב' לשאלה 7

המשך בעמוד 9

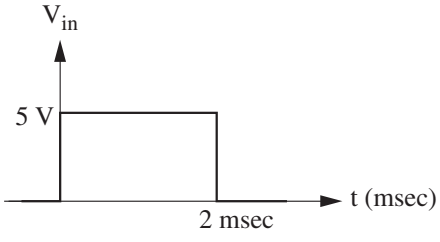
שאלה 8

באיור א' לשאלה 8 נתון מעגל חשמלי.

באיור ב' לשאלה נתון גרף המתאר את מתח המבוא כפונקציה של הזמן.



איור א' לשאלה 8



איור ב' לשאלה 8

א. העתק למחברתך את הגרף שבאיור ב', וסרטט מתחתיו, בהתאמה, את מתח המוצא, V_{out}, כפונקציה של הזמן.

ב. חשב את מתח המוצא כעבור $t = 1$ msec.

ג. חשב את מתח המוצא כעבור $t = 3$ msec.

המשך בעמוד 10

<u>פרק שלישי: אנגלית טכנית</u>

ענה על שאלה <u>אחת</u> מבין השאלות 9–10 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 9

בנספח לשאלה 9 מובא קטע של מאמר בשפה האנגלית ששורותיו ממוספרות. כתוב תשובתך לסעיפים א'–ג' בעברית, רק על־פי הכתוב בקטע. ציין את מספרי השורות בקטע, שעליהן התבססת בתשובתך לכל סעיף.

א. ציין **שלוש** סיבות לחשיבותן של מדידות חשמליות.

ב. ציין את הסיבות להיווצרותן של שגיאות מדידה אקראיות.

ג. הסבר מהי שגיאה אבסולוטית.

שאלה 10

בנספח לשאלה 10 מובא קטע של מאמר בשפה האנגלית ששורותיו ממוספרות. כתוב תשובתך לסעיפים א'–ג' בעברית, רק על־פי הכתוב בקטע. ציין את מספרי השורות בקטע, שעליהן התבססת בתשובתך לכל סעיף.

א. הסבר מהו תפקידו של מוליך האפס במתקן חשמלי.

ב. באילו תנאים אין צורך לספק הגנה מפני יתרת זרם ואמצעי ניתוק ברשתות מסוג TT או TN ?

ג. באילו תנאים אין צורך לתכנן הגנה מפני יתרת זרם במוליך האפס ברשתות מסוג IT ?

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל.
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך.

נספח לשאלה 9 (2 עמודים)

לשאלון 733001, אביב תשע"ו

Electrical measurements

An efficient system of measuring and monitoring electrical quantities is important for ensuring the success of all initiatives that require:

- energy costs to be contained;
- quality energy supplies;
- continuity of service of the plants.

Specifically, achieving the above objectives requires the activities to be implemented that are set out in the flow chart in Fig. 1

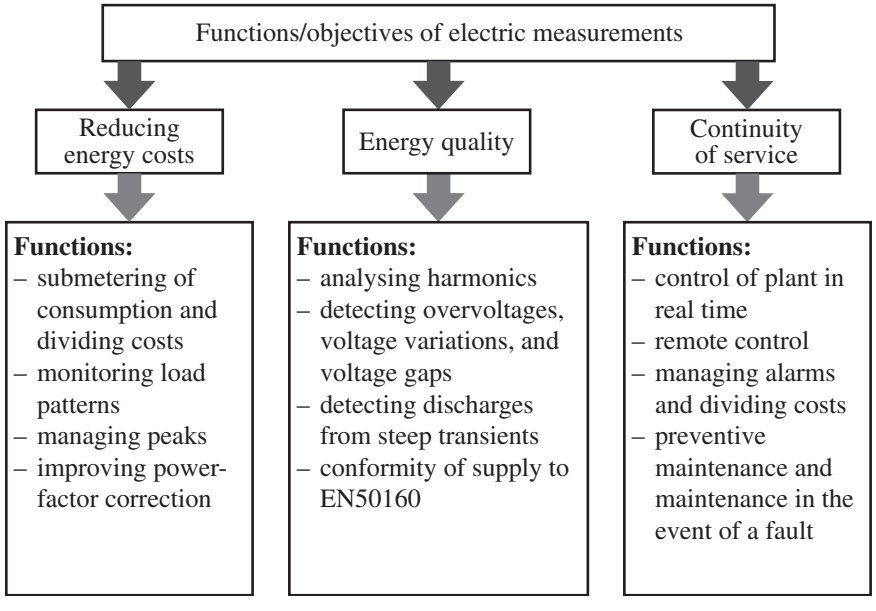


Fig. 1

[...]

המשך בעמוד 2

Measurement errors and accuracy ratings

No measurement can be considered exact. The limits must therefore be established each time within which the value of the measured quantity falls, thus defining the margin of error of the measurement.

Errors may arise in measuring operations for many reasons and have various origins.
Apart from the errors due to major mistakes it is possible to divide the types of errors into two categories: systematic and accidental, as explained better in the block diagram in Fig. 2

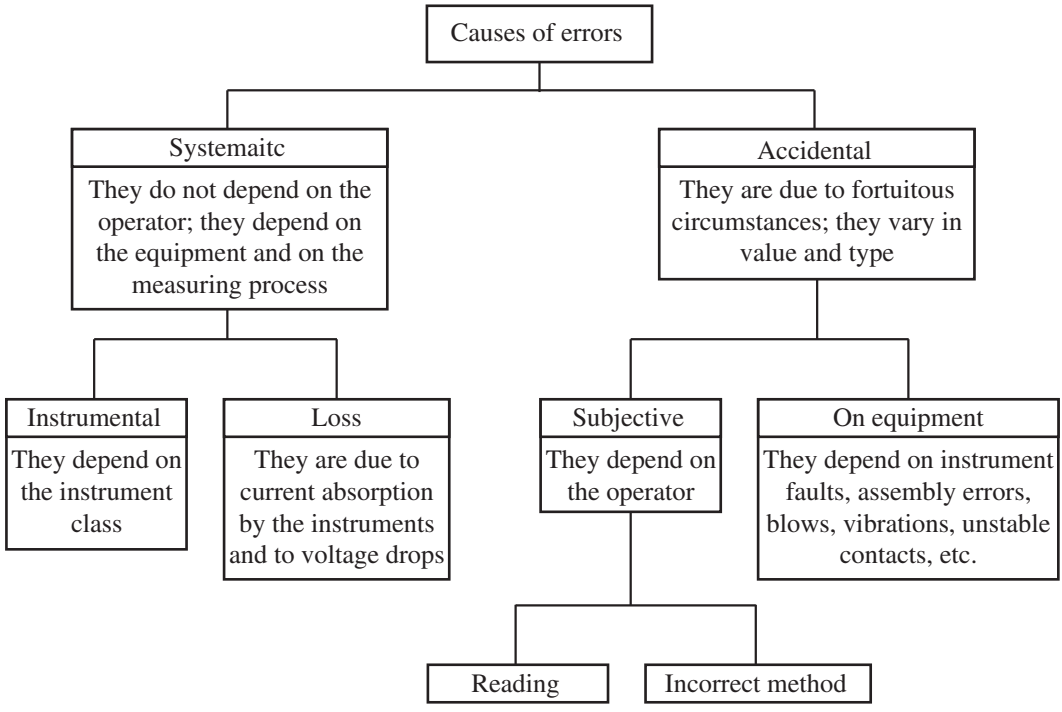


Fig. 2

Regardless of the causes of the error, an absolute error is defined as ε_a of the measurement of any quantity, the difference between the value V_v supplied by the measurement and the true value V_V of the quantity under examination.

In practice people prefer to talk of a relative percentage error that is obtained by dividing the absolute error ε_a by the true value (V_V) of the quantity, all multiplied by 100 .

$$\varepsilon_r\% = \frac{V_m - V_V}{V_V} \cdot 100 = \frac{\varepsilon_a}{V_V} \cdot 100$$

The formula shows that the percentage error decreases as V_m increases, i.e. by the measured value. As the absolute error does not in general depend on V_m, it is deduced that the relative error is less when the value on the instrument is towards the full scale.

נספח לשאלה 10 (2 עמודים)
לשאלון 733001 , אביב תשע״ו

Considerations on the neutral and protective conductor

1 **Neutral conductor**

General aspects

The neutral conductor is a live conductor that is connected to the neutral point of the system and is able to contribute to the transmission of electric power.

5 Its other functions are:

- making available a voltage U_o that is different from the phase-to-phase voltage U .
- making the single phase loads functionally independent one from the other.
- limiting the shifting of the star point in the presence of unbalanced the three-phase loads.
- accomplishing also the function of protective conductor (PEN) under specific

10 conditions.

Protection and disconnection of the neutral conductor.

Under abnormal conditions, the neutral conductor may have a voltage to earth which, for example, may be due to disconnection caused by an accidental rupture or by the intervention of the single-pole devices (fuses or single-pole circuit-breakers) .

15 In distribution systems the Standards prohibit the use of any device which could disconnect the PEN conductor and prescribe the minimum cross-sectional areas necessary to consider negligible the possibility of rupture due to accidental causes. Therefore, protection of the neutral conductor must not be provided by single-pole devices. Protection and disconnection of the neutral conductor are different according to the nature of the distribution systems:

20

- TT or TN systems;
- IT systems.

המשך בעמוד 2

TT or TN systems

a) where the cross-sectional area of the neutral conductor is at least equal to or greater than that of the phase conductors, it is not necessary to provide overcurrent detection for the neutral conductor or a disconnecting device for that conductor.

b) overcurrent detection does not need to be provided for the neutral conductor if the two following conditions are simultaneously fulfilled:

– the neutral conductor is protected against short-circuit by the protective device for the phase conductors of the circuit, and

– the maximum current likely to be carried by the neutral conductor is, in normal service, clearly lower than the value of the current-carrying capacity of that conductor.

c) where the cross-sectional area of the neutral conductor is less than that of the phase conductor, it is necessary to provide overcurrent detection for the neutral conductor, so that the disconnection of the phase conductors, but not necessarily of the neutral conductor, is caused (neutral protected but not disconnected).
In TN-C systems, the neutral conductor serves also as protective conductor and therefore it cannot be disconnected. Besides, in case of disconnection of the neutral conductor, during an earth fault the exposed-conductive-parts would take the rated voltage to earth of the system.

IT systems:

Where the neutral conductor is distributed, it is generally necessary to provide overcurrent detection for the neutral conductor of every cricuit, which will cause the disconnection of all the live conductors of the corresponding circuilt, including the neutral conductor.

Overload detection on the neutral conductor is not necessary if:

– the neutral conductor is effectively protected against the short-circuits by a protective device placed on the supply side.

– the circuit is protected by a residual current device with a rated residual current not exceeding 0.15 times the current-carrying capacity of the corresponding neutral conductor. This device shall disconnect all the live conductors, including the neutral.

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: גמר לבתי־ספר לטכנאים ולהנדסאים
מועד הבחינה: אביב תשע"ו, 2016
סמל השאלון: 733001

אין להעביר את הנוסחאון לנבחן אחר

מקום למדבקת נבחן

נוסחאון בתורת החשמל לכיתה י"ג

(8 עמודים)

(הגדלים בנוסחאון מופיעים ביחידות SI)

1. זרם ישר

התנגדות ומוליכות

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

R [Ω] – התנגדות

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

ℓ [m] – אורך המוליך

A [mm^2] – שטח החתך של המוליך

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

G [S] – מוליכות

זרם חשמלי

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

I [A] – זרם

Q [C] – מטען

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

t [sec] – זמן

J [A / mm^2] – צפיפות הזרם

A [mm^2] – שטח החתך

אנרגיה בזרם ישר

$$W = P \cdot t$$

W [$W \cdot sec$ או J] – אנרגיה

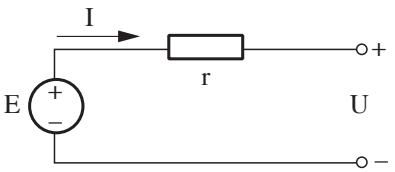
t [sec] – זמן

P [W] – הספק

המשך בעמוד 2

כא"מ של מקור מתח

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

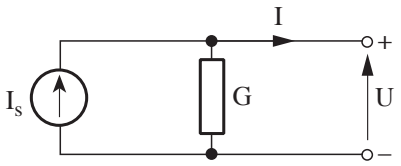


E	[V]	–	הכא"מ
U	[V]	–	מתח ההדקים
r	[Ω]	–	התנגדות פנימית
I	[A]	–	זרם

מקור זרם

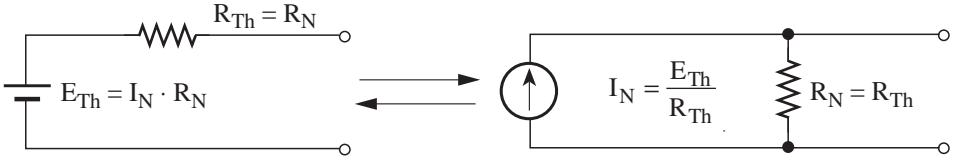
$$I_s = I + G \cdot U$$

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



2. פתרון מעגלים באמצעות משפטי רשת

המרה מנורטון לתבנין ומתבנין לנורטון



המשך בעמוד 3

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

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

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

3. מגנטיות ואלקטרומגנטיות

כוח מגנטו־מניע

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

F_m [AT] – כוח מגנטו־מניע

N – מספר כריכות

חוק אמפר

I [A] – זרם

$$\Sigma NI = \Sigma H\ell$$

H [AT/m] – עוצמת השדה המגנטי במעגל מגנטי

ℓ [m] – אורך המסלול המגנטי

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

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

r [m] – מרחק מהמוליך

$$B = \mu H$$

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

המשך בעמוד 4

$$\mu = \mu_o \cdot \mu_r$$

μ – חדירות (חלחלות) $\left[\frac{H}{m}\right]$

μ_r – חדירות (חלחלות) יחסית

$$\mu_o = 4\pi \cdot 10^{-7}$$

μ_o – חדירות (חלחלות) האוויר $\left[\frac{H}{m}\right]$

$$R_m = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\ell}{A}$$

ℓ – אורך המסלול המגנטי [m]

ϕ – שטף מגנטי [V · sec או Wb]

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

R_m – מיאון מגנטי (התנגדות מגנטית) $\left[\frac{AT}{Wb}\right]$

$$\Phi = \frac{NI}{R_m}$$

B – שדה מגנטי (השראה מגנטית) במרכז סליל ארוך שאורכו ℓ $\left[\frac{Wb}{m^2}\right]$

A – שטח חתך $[m^2]$

כוח המופעל על מוליך נושא זרם/מטען נע

$$F = B \cdot q \cdot v \cdot \sin\alpha$$

$$F = B \cdot I \cdot \ell \cdot \sin\alpha$$

v – מהירות קווית [m / sec]

q – מטען [C]

I – זרם העובר במוליך [A]

ℓ – אורך המוליך [m]

α – הזווית בין כיוון תנועת המטען/ כיוון הזרם לבין קווי השדה [° , rad]

כוח הפועל בין שני מוליכים נושאי זרם

$$F = \frac{\mu\ell}{2\pi d} \cdot I_1 \cdot I_2$$

d – המרחק בין המוליכים [m]

F – כוח [N]

המשך בעמוד 5

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

E [V] – כא"מ מושרה

N – מספר כריכות הסליל

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

L [H] – השראות עצמית של הסליל

M* [H] – השראות הדדית

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

k – מקדם הצימוד

W [W · sec או J] – האנרגיה האגורה בסליל

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

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

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

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

M [N · m] – מומנט הפועל על הכריכה

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

A [m^2] – שטח פני הכריכה

θ [° , rad] – הזווית בין הניצב למישור הכריכה לבין קווי השדה

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

ω [rad / sec] – מהירות זוויתית

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

v [m / sec] – מהירות קווית

R [m] – רדיוס הכריכה

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

n [rpm] – מהירות סיבוב

המשך בעמוד 6

4. זרם חילופין סינוסואידלי

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

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

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

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

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

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

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

5. הספקים

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

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

- P [W] – הספק פעיל
- S [VA] – הספק מדומה
- Q [VAr] – הספק היגבי
- φ [° , rad] – זווית מופע

שיפור מקדם ההספק

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

- C [F] – קיבול
- φ_2 [° , rad] – זווית מופע אחרי השיפור
- φ_1 [° , rad] – זווית מופע לפני השיפור

המשך בעמוד 7

6. רשתות תלת־מופעיות

כוכב סימטרי

$$I_L = I_{ph}$$

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

I_L [A] – זרם קווי

I_{ph} [A] – זרם מופעי

U_L [V] – מתח שלוב (קווי)

U_{ph} [V] – מתח מופעי

משולש סימטרי

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

הספק תלת מופעי

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

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

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

S [VA] – הספק מדומה תלת־מופעי

P [W] – הספק פעיל תלת־מופעי

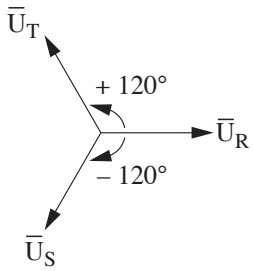
Q [VAr] – הספק היגבי תלת־מופעי

ייצוג מתחים מופעיים במישור המרוכב של רשת תלת־מופעית סימטרית

$\overline{U}_R = U\angle 0°$

$\overline{U}_S = U\angle -120°$

$\overline{U}_T = U\angle +120°$



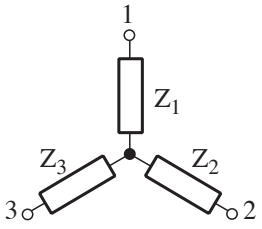
המשך בעמוד 8

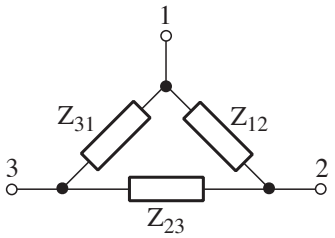
7. המרה כוכב־משולש

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

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

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





8. תופעות מעבר

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

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

$$\tau = RC$$

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

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

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

בהצלחה!

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: גמר לבתי־ספר לטכנאים ולהנדסאים
מועד הבחינה: אביב תשע"ו, 2016
נספח לשאלון: 733001

אין להעביר את הנוסחאון לנבחן אחר

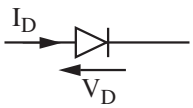
מקום למדבקת נבחן

נוסחאון באלקטרוניקה א'
לכיתה י"ג

(9 עמודים)

<u>דיודת צומת</u>

סימול:



א. <u>דיודה אידיאלית</u>

ממתח קדמי – $V_D = 0$ (קָצָר)

ממתח אחורני – $I_D = 0$ (נִתָּק)

ב. <u>קירוב באמצעות V_γ</u>

ממתח קדמי – $V_D = V_\gamma$

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

ג. <u>קירוב באמצעות V_γ ו־R_f</u>

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

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

A_V – הגבר מתח

V_o [V] – מתח מוצא

V_i [V] – מתח מבוא

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

A_V [dB] – הגבר מתח בדציבלים

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

A_I – הגבר זרם

I_o [A] – זרם מוצא

I_i [A] – זרם מבוא

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

A_I [dB] – הגבר זרם בדציבלים

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

A_P – הגבר הספק

P_o [W] – הספק מוצא

P_i [W] – הספק מבוא

R_L [Ω] – נגד עומס

R_i [Ω] – התנגדות מבוא

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

A_P [dB] – הגבר הספק

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

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

$$A_{VT}(dB) = A_{V1}(dB) + A_{V2}(dB) + A_{V3}(dB) + ... + A_{VN}(dB)$$

A_{VT} [dB] – הגבר כולל של N דרגות, בדציבלים

המשך בעמוד 3

מאזן הספקים

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

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

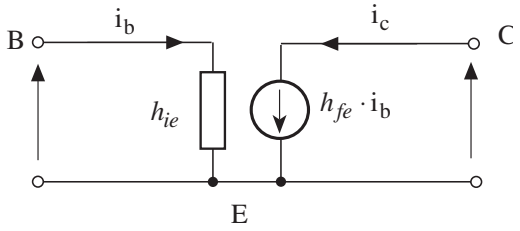
טרנזיסטור דו־נושאי (בתחום הפעיל)

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

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

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

תרשים תמורה מקורב מסוג h של טרנזיסטור דו־נושאי



נוסחאות עבור טרנזיסטור בחיבור פולט משותף (CE)

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

המשך בעמוד 4

מגברי הפרש

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

V_1 [V] – מתח מבוא

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

V_2 [V] – מתח מבוא

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

$$A_d = \frac{A_1 - A_2}{2}$$

A_d – הגבר הפרשי

$$A_c = A_1 + A_2$$

A_c – הגבר האות המשותף

$$CMRR = \left|\frac{A_d}{A_c}\right|$$

CMRR – יחס דחיית האות המשותף

$$V_o = A_d \cdot V_d + A_c \cdot V_c$$

$$V_d = V_1 - V_2$$

V_d [V] – הפרש מתחי המבוא

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

V_c [V] – ממוצע הסכום של מתחי המבוא

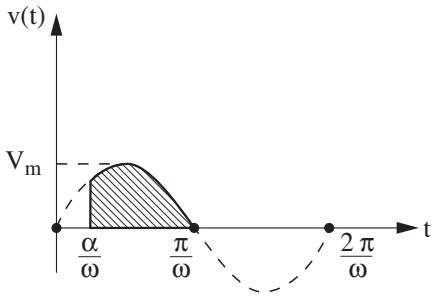
$$A_d = \left.\frac{V_o}{V_d}\right|_{V_c = 0} = \frac{V_o}{2V_i}$$

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

המשך בעמוד 5

מתחים וזרמים בגל סינוס עם זווית הולכה

א. בקרת חצי גל בעומס אומי



$$0 \le \alpha \le \pi$$

α – זווית הצתה [rad]

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

$v(t)$ – מתח הגל בתלות בזמן [V]

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

V_{AV} – הערך הממוצע של המתח [V]

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

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

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

V_m – הערך המרבי של המתח [V]

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

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

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

t – זמן [sec]

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

R – התנגדות העומס $[\Omega]$

P – הספק על העומס [W]

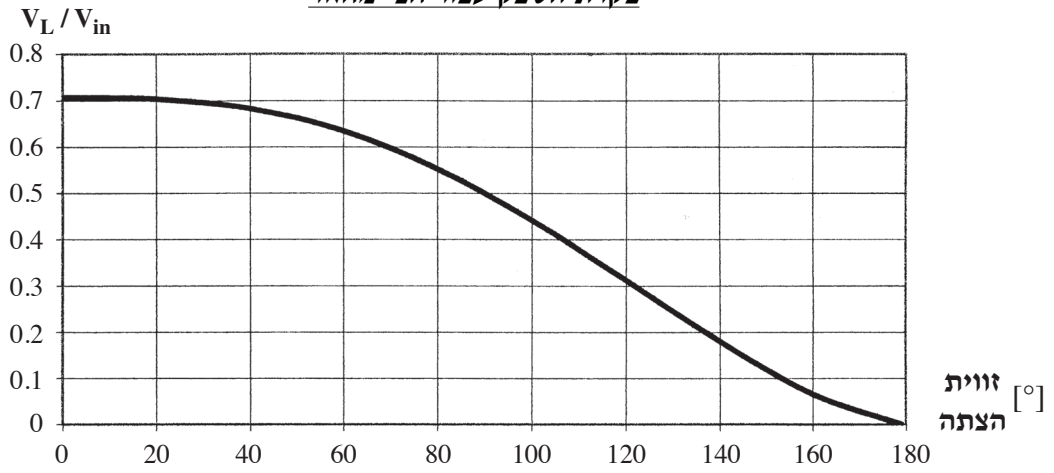
I_{AV} – הערך הממוצע של הזרם [A]

I_{RMS} – הערך היעיל של הזרם [A]

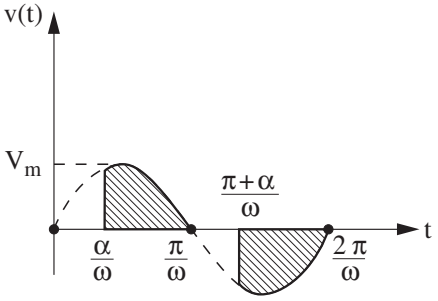
V_{in} – הערך היעיל של מתח המבוא [V]

המשך בעמוד 6

בקרת הספק עבור חצי מחזור



ב. **בקרת גל שלם בעומס אומי**



$0 \le \alpha \le \pi$

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

$V_{AV} = 0$

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

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

המשך בעמוד 7

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

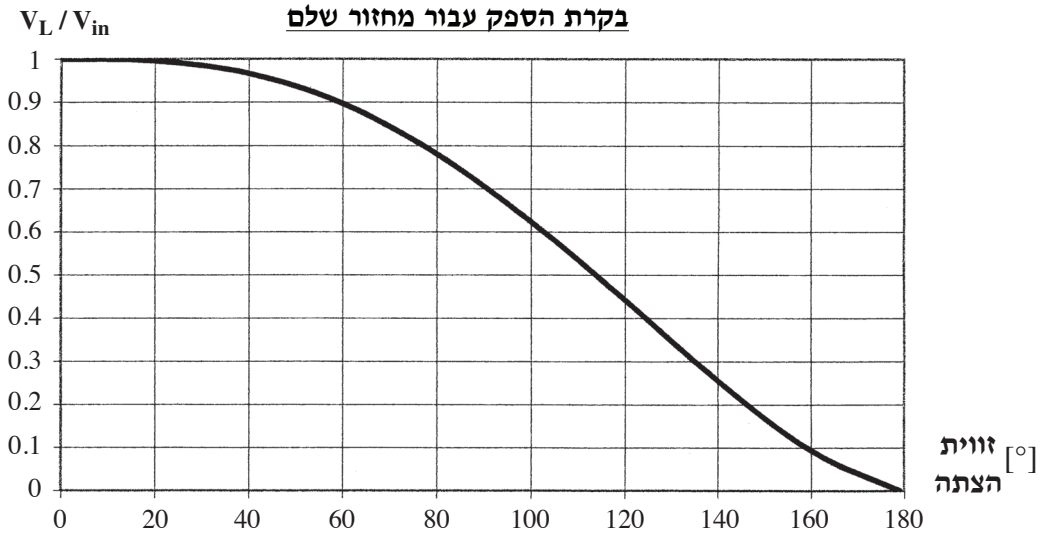
$$I_{AV} = \frac{V_{AV}}{R}$$

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

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

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



המשך בעמוד 8

מיישרים

א. יישור חד־מופעי – חצי גל בעומס אומי

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

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

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

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

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

V_m [V] – הערך המרבי של המתח

V_{AV} [V] – הערך הממוצע של המתח

V_{RMS} [V] – הערך היעיל של המתח

I_{AV} [A] – הערך הממוצע של הזרם

I_{RMS} [A] – הערך היעיל של הזרם

R [Ω] – התנגדות העומס

P [W] – הספק על העומס

ב. יישור חד־מופעי – גל שלם בעומס אומי

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

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

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

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

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

V_m [V] – הערך המרבי של המתח

V_{AV} [V] – הערך הממוצע של המתח

V_{RMS} [V] – הערך היעיל של המתח

I_{AV} [A] – הערך הממוצע של הזרם

I_{RMS} [A] – הערך היעיל של הזרם

R [Ω] – התנגדות העומס

P [W] – הספק על העומס

המשך בעמוד 9

מתח אדווה במיישר חצי גל

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

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

מתח אדווה במיישר גל שלם

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

משוואת הדפקים היסודית

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

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

$$\tau = R \cdot C$$

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

טעינה לינארית

טעינת קבל בזרם קבוע:

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

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

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

טעינת סליל במתח קבוע:

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

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

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

בהצלחה!

נספח: מילון מונחים (2 עמודים)

לשאלון 733001, אביב תשע"ו

המונח	תרגום המונח		
	ערבית	רוסית	אנגלית
בקרת הספק	التحكّم في القدرة	Контроль мощности	power control
דופקי הצתה	نبض الاشتعال	Пульс зажигания	strike pulses
דיאגרמה פאזורית	مُخطَّط المِطوار	Векторно угловая диаграмма	phasor diagram
הספק מדומה	القدرة الوهميّة	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 المُتردِّد	Переменный ток	alternative current
חיישן טמפרטורה	مُستشعِر 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	مُضَخِّم تشغيليّ	Операционный усилитель	operational amplifier
מיאון מגנטי	المُمانعة المغناطيسيّة	Магнитное сопротивление	magnetic reluctance
מעגל מגנטי	الدائرة المغناطيسيّة	Магнитная цепь	magnetic circuit
מעגל פריקה	دائرة التفريغ	Цепь разрядки	discharge circuit
מפסק	مفتاح / مُبدِّل	Выключатель	switch
מצב רוויה	حالة التشبّع	Состояние насыщения	saturation state
מקדם הספק	معامل القدرة	Коэффициент мощности	power factor
מקור זרם	مصدر التيّار	Источник тока	current source
מתג טרנזיסטורי	مُبدِّل ترانزستور	Транзисторный ключ	transistor switch

המשך בעמוד 2

נספח: מילון מונחים
סמל 733001, אביב תשע"ו

המונח	תרגום המונח		
	ערבית	רוסית	אנגלית
עוצמת השדה המגנטי	قوّة المجال المغناطيسيّ	Сила магнитного поля	magnetic field strength
צורת הגל	الشكل الموجيّ	Форма волны	waveform
קבוע־זמן	ثابت زمنيّ	Временна́я постоянная	time constant
שטף מגנטי	التدفّق المغناطيسيّ	Магнитный поток	magnetic flux
שיטת ההרכבה (סופרפוזיציה)	طريقة التراكُب	Метод наложения	superposition method