

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשע"ט, 2019

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, מילונית.
- 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. בכתבת פתרונות חישוביים, קבלת מרב 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!

השאלות

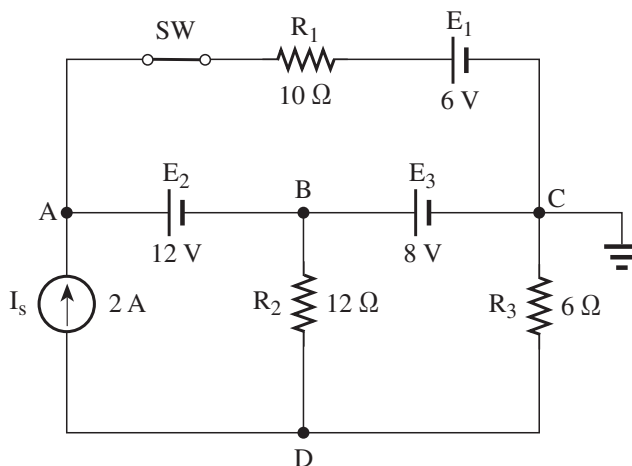
ענה על חמש מבין השאלות 1–10. עליך לענות על שתי שאלות לפחות מן הפרק הראשון, על שאלה אחת לפחות מן הפרק השני, ועל שאלה אחת מן הפרק השלישי.

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.



איור לשאלה 1

המפסק SW סגור:

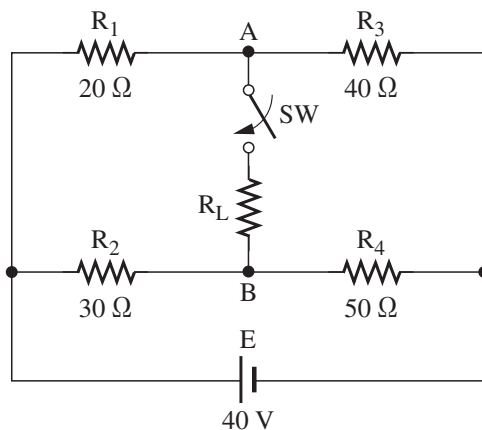
- א. (5 נק') חשב את המתח בין הנקודות A ו-C.
- ב. (5 נק') חשב את הזרם הזורם דרך הנגד R_1 .
- ג. (6 נק') חשב את ההספק המתפתח בנגד R_2 .

פותחים את המפסק SW .

- ד. (4 נק') האם הזרם הזורם דרך הנגד R_2 ישתנה? נמק את קביעתך.

שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתון מעגל חשמלי לזרם ישר.



איור לשאלה 2

המפסק SW פתוח:

(6 נק') א. חשב את המתח בין הנקודות A ו-B.

סוגרים את המפסק SW.

(9 נק') ב.

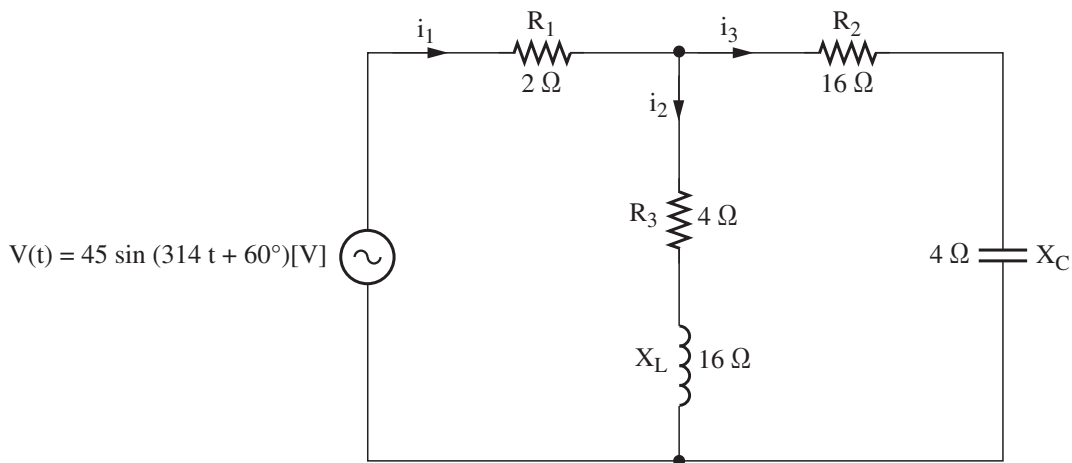
(5 נק') 1. מה צריך להיות ערכו של הנגד R_L כדי שיתפתח עליו הספק מרבי?

(4 נק') 2. חשב את ההספק המרבי.

(5 נק') ג. מה צריך להיות ערכו של הנגד R_2 כדי שערך הזרם שיזרום דרך הנגד R_L יהיה 0 A?

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון מעגל חשמלי לזרם חילופין.



איור לשאלה 3

א. (6 נק') חשב את העכבה השקולה של המעגל. הצג את תשובתך כמספר מרוכב.

ב. (8 נק') חשב את פאזור הזרם הזורם דרך כל ענף.

ג. (6 נק')

4 נק') 1. חשב את ההספק הפעיל, את ההספק ההיגבי ואת ההספק המדומה של המעגל.

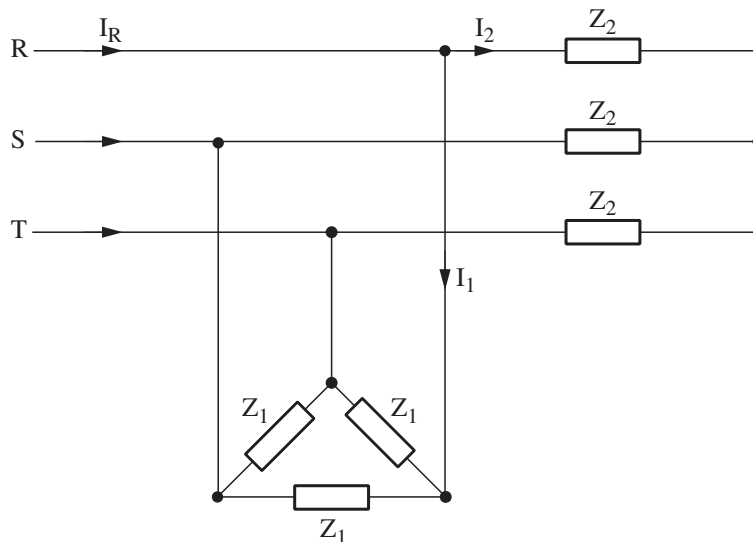
2 נק') 2. סרטט במחברתך את משולש ההספקים של המעגל. הצג על גבי הסרטוט ערכים מתאימים.

שאלה 4

באיור לשאלה 4 נתונה רשת תלת-מופעית 400 V / 50 Hz .

לרשת מחוברים שני צרכנים תלת-מופעיים סימטריים המחוברים ביניהם בחיבור מקבילי.

נתוני הצרכנים: $\bar{Z}_1 = 4 \frac{\Omega}{ph}$, $\bar{Z}_2 = (6 + j9) \frac{\Omega}{ph}$



איור לשאלה 4

10 נק') א.

1. (4 נק') חשב את הזרמים בקווים I_1 ו- I_2 . הצג את תשובתך בצורה מרוכבת.

2. (4 נק') חשב את הזרם בקו I_R . הצג את תשובתך בצורה מרוכבת.

5 נק') ב. חשב את ההספק הפעיל, את ההספק ההיגבי ואת ההספק המדומה של המקור.

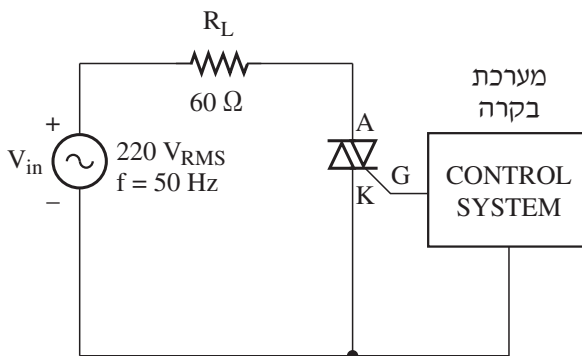
5 נק') ג. מחליפים את הצרכן Z_1 ב- $\bar{Z}_1 = -j4 \frac{\Omega}{ph}$. האם הזרם בקו I_R יגדל, יקטן או לא ישתנה? נמק את תשובתך.

פרק שני: אלקטרוניקה א'

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

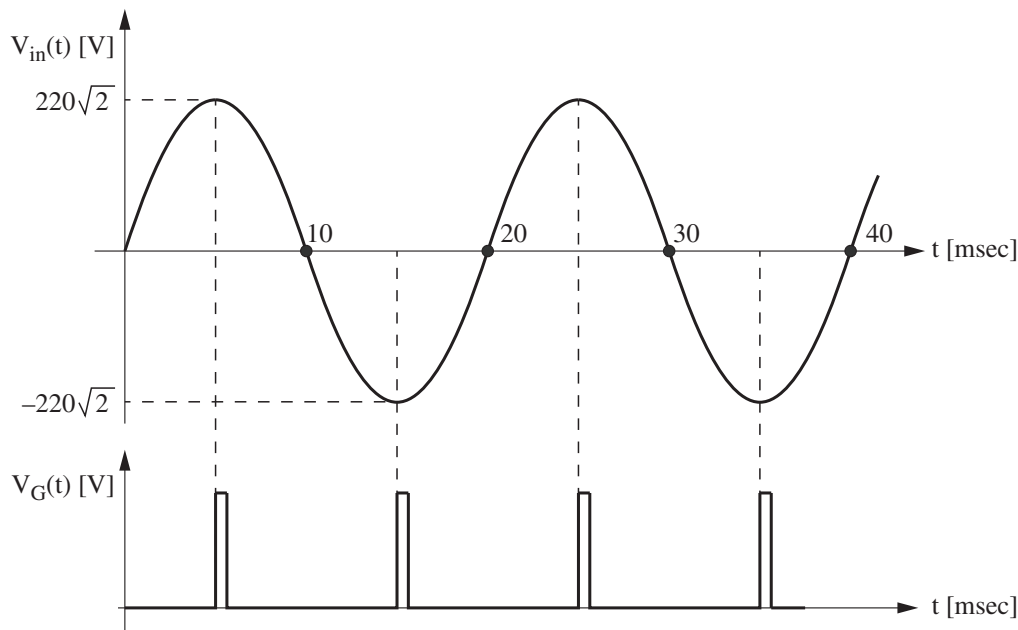
שאלה 5

באיור א' לשאלה 5 מתואר מעגל המשמש לבקרת הספק של העומס $R_L = 60 \Omega$. הבקרה נעשית באמצעות TRIAC.



איור א' לשאלה 5

באיור ב' לשאלה 5 מתוארות צורות הגלים של המתחים $V_{in}(t)$ (מתח הכניסה), $V_G(t)$ כפונקצייה של הזמן.

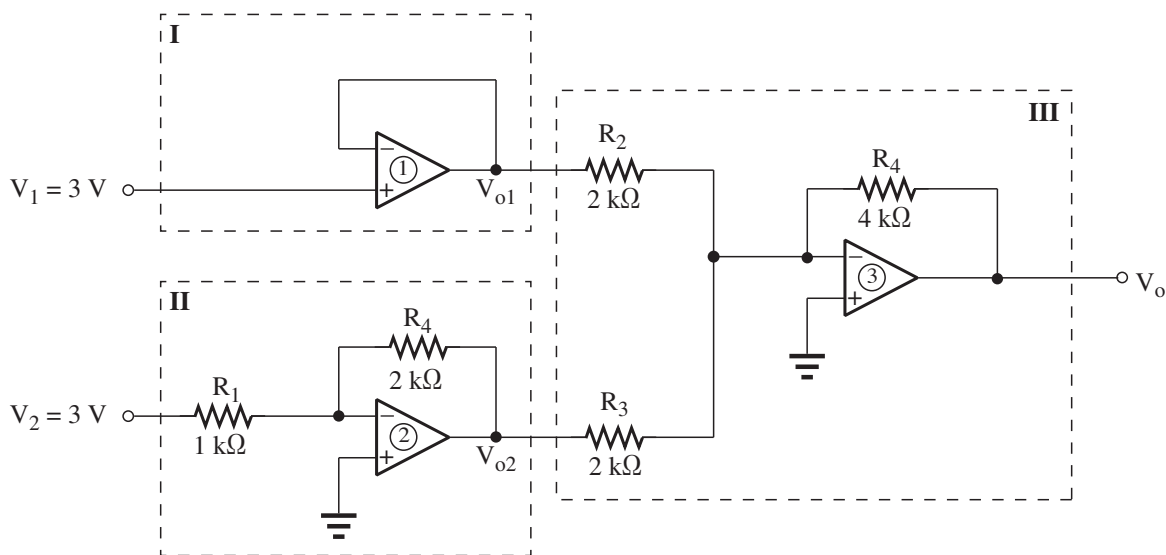


איור ב' לשאלה 5

- 10 נק') א. העתק למחברתך את צורות הגלים שבאיור ב', וסרטט מתחתיך, בהתאמה, את צורות הגלים $V_{AK}(t)$ ו- $V_{RL}(t)$ לאורך שני מחזורים.
- 6 נק') ב. חשב את המתח היעיל על פני נגד העומס R_L .
- 4 נק') ג. חשב את ההספק המתפתח על נגד העומס R_L .

שאלה 6

באיור לשאלה 6 נתון מעגל חשמלי הכולל מגברי שרת אידיאליים.



איור לשאלה 6

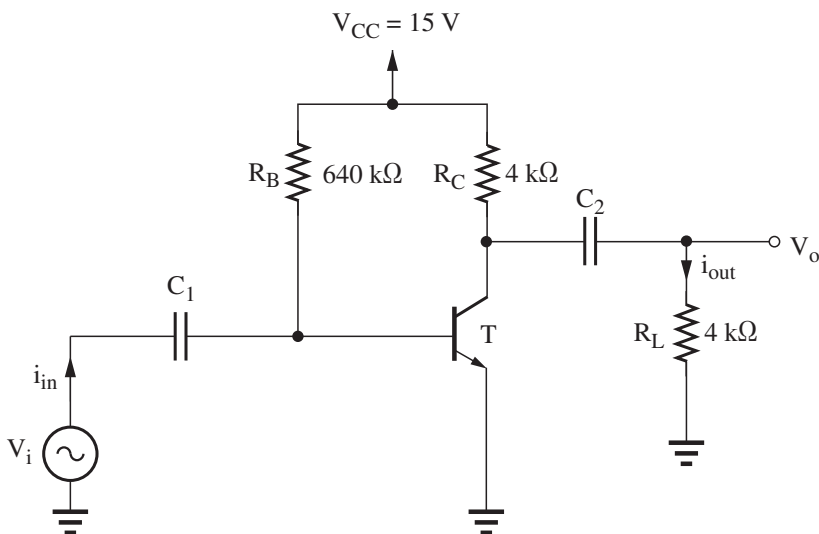
- 6 נק') א. הסבר את התפקיד של כל אחד מן המעגלים I, II, III.
- 9 נק') ב. חשב את המתחים V_o , V_{o2} , V_{o1} .
- 5 נק') ג. חשב את הזרם הזורם דרך הנגד R_4 וציין את כיוונו.

שאלה 7

באיור לשאלה 7 נתון מעגל חשמלי של מגבר טרנזיסטורי.

נתוני הטרנזיסטור: $V_{BE} = 0.6 \text{ V}$, $\beta = 100$, $h_{fe} = 100$, $h_{ie} = 1 \text{ k}\Omega$

היגבי הקבלים זניחים.



איור לשאלה 7

10 נק') א. חשב את נקודת העבודה של הטרנזיסטור I_C , V_{CE} .

4 נק') ב. סרטט במחברתך מודל מקורב (מעגל תמורה) לזרם חילופין של המעגל הנתון.

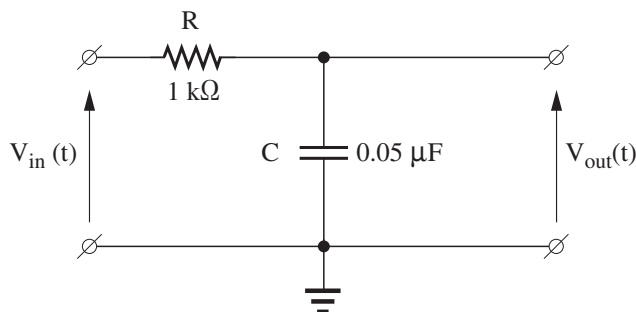
4 נק') ג. חשב את הגבר המתח $A_V = \frac{V_o}{V_i}$.

2 נק') ד. חשב את הגבר המתח בדציבלים (dB).

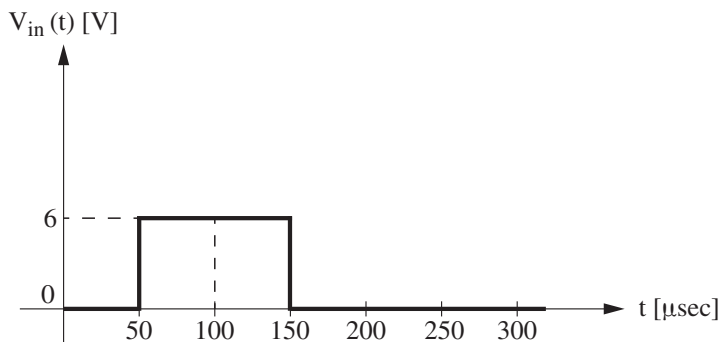
שאלה 8

באיור א' לשאלה 8 נתון מעגל חשמלי.

באיור ב' לשאלה 8 נתון גרף המתאר את מתח המבוא $V_{in}(t)$ כפונקצייה של הזמן.



איור א' לשאלה 8



איור ב' לשאלה 8

א. (4 נק') העתק למחברתך את הגרף שבאיור ב', וסרטט מתחתי, בהתאמה, גרף המתאר את מתח המוצא כפונקצייה של הזמן $V_{out}(t)$.

ב. (12 נק')

1. (6 נק') חשב את מתח המוצא בזמן $t = 150 \mu\text{sec}$.

2. (6 נק') חשב את מתח המוצא בזמן $t = 250 \mu\text{sec}$.

ג. (4 נק')

1. (2 נק') סרטט מעגל שקול למעגל הנתון כך שמתח המוצא של שני המעגלים יהיה זהה. כלול בסרטוטך נגד וסליל.

2. (2 נק') ערכו של הסליל הוא $L = 0.5 \text{ H}$. חשב את ערכו של הנגד הדרוש לקבלת גרף מתח מוצא $V_{out}(t)$ זהה.

פרק שלישי: אנגלית טכנית

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

שאלה 9

בנספח לשאלה 9 מובא קטע ששורותיו ממוספרות. כתוב את תשובותיך לסעיפים א'-ד' בעברית, רק לפי הכתוב בקטע. ציין את מספרי השורות בקטע שעליהן התבססת בתשובתך לכל סעיף.

5 נק' א. כדי להשיג רציפות באספקת החשמל לעיתים נדרשת עבודה ברשת החיה. כיצד ניתן להגן על עובדים שעובדים ברשת החיה?

5 נק' ב. מדוע נגרמות תקלות בידוד ברשת החשמל?

5 נק' ג. אילו סיכונים יכולים להיגרם עקב תקלות בבידוד ברשת החשמל?

5 נק' ד. מה עלולים לחוות בני אדם שהתחשמלו?

שאלה 10

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

5 נק' א. רשת החשמל זקוקה לאחזקה שוטפת. כיצד תורמות מדידות שונות ברשת לשיפור האחזקה של הרשת?

5 נק' ב. מה צריכה מערכת המדידה והניטור להבטיח?

5 נק' ג. כיצד תגרום מערכת מדידה וניטור יעילה לרציפות אספקת החשמל?

5 נק' ד. ציין את הגורמים החיצוניים שעלולים לפגוע באספקה הסדירה של חשמל.

בהצלחה!

Insulation

Courtesy of Schneider Electric

- 1 In order to ensure protection of employees and continuity of service, conductors and live parts of electrical installations are insulated from the frames connected to the earth.

Insulation is achieved by:

- Use of insulating materials
- 5 – Distancing, which calls for clearances in gases (e.g. in air) and creepage distances (concerning switchgear, e.g. an insulator flash over path)

Insulation is characterised by specified voltages which, in accordance with standards, are applied to new products and equipment:

- Insulating voltage (highest network voltage)
- 10 – Lightning impulse withstand voltage (1.2; 50 ms wave)
- Power frequency withstand voltage ($2 U + 1,000 \text{ V/1 mn}$)

Example for a LV PRISMA type switchboard:

- Insulating voltage: 1,000 V
- Impulse voltage: 12 kV

15 Causes of insulation faults

When a new installation is commissioned, produced as per proper practices with products manufactured as in standards, the risk of insulation faults is extremely small; as the installation ages, however, this risk increases.

In point of fact, the installation is subject to various aggressions which give rise to insulation faults, for example:

- During installation
- 20 • Mechanical damage to a cable insulator;
- During operation
- Conductive dust
- Thermal ageing of insulators due to excessive temperature caused by:
 - ◆ Climate
 - 25 ◆ Too many cables in a duct
 - ◆ A poorly ventilated cubicle
 - ◆ Harmonics
 - ◆ Overcurrents, etc.
- The electrodynamic forces developed during a short-circuit which may damage a cable or reduce a clearance.
- 30 • The operating and lightning overvoltages.
- The 50 Hz return overvoltages, resulting from an insulation fault in MV.

It is normally a combination of these causes which results in the insulation fault. The latter is:

- Either of differential mode (between live conductors) and becomes a short-circuit.
- Or of common mode (between live conductors and frame or earth), a fault current – said to be common mode or
- 35 zero sequence (MV) – then flows in the protective conductor (PE) and/or in the earth. LV system earthings are mainly concerned by common mode faults which mainly occur in loads and cables.

Hazards linked to insulation faults

An insulation fault, irrespective of its cause, presents hazards for:

- Human life
- 40 – Preservation of property
- Availability of electrical power;

The above all depending on dependability

Electric Shock of persons

- 45 A person (or animal) subjected to an electrical voltage is electrified. According to the gravity of the Electric Shock, this person may experience:

- Discomfort
- A muscular contraction
- A burn
- Cardiac arrest

- 50 Since protection of persons against the dangerous effects of electric current takes priority, Electric Shock is thus the first hazard to be considered.

Why is it important to measure?

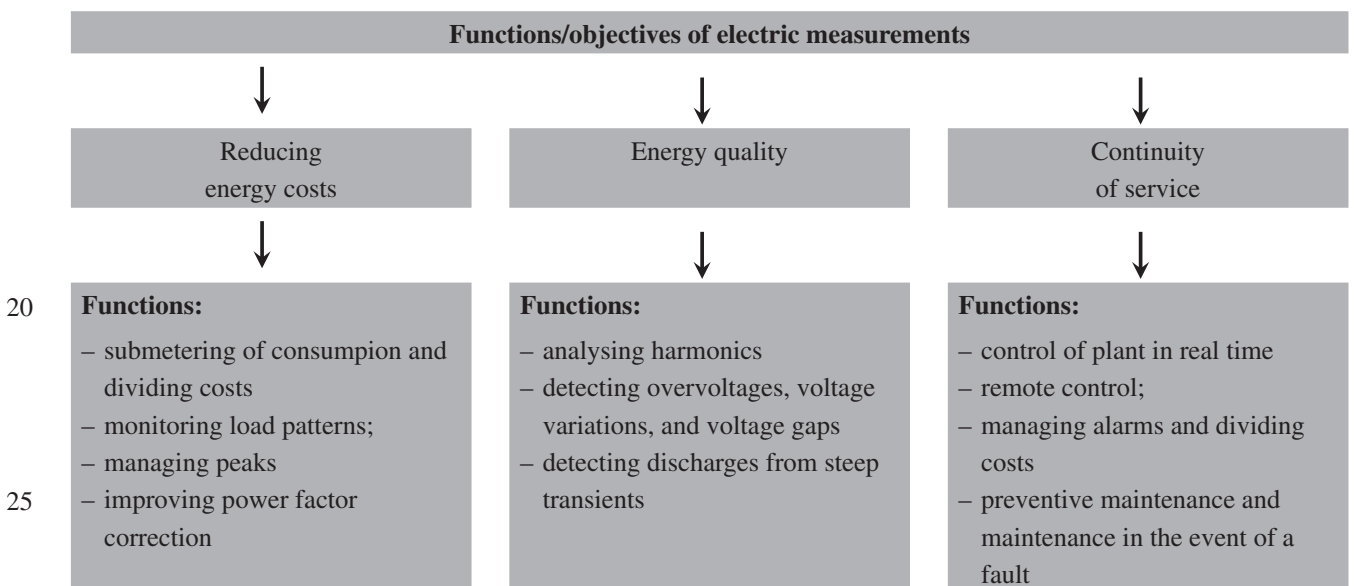
Courtesy of Schneider Electric

- 1 In today's electricity generation market there is a clear need to contain and reduce costs and ensure continuity of service. It has thus become vital to thoroughly familiarise oneself with the operation of an electric plant in order to be able to optimise: consumption, load curves, harmonic interference, voltage disturbances, etc, i.e. all the elements that contribute to increase efficiency, improving competitiveness, and, an important factor today, reducing harmful emissions in the environment.

5 From the management point of view, measuring and monitoring electrical quantities enable fault prevention to be optimised and maintenance to be scheduled owing to early identification of problems that results in greater protection not only of the plants but also of the objects connected to them.

Applicational contexts

- 10 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.
- 15 Specifically, achieving the above objectives requires the activities to be implemented that are set out in the flow chart in the following figure.



Problems connected with energy networks

In order to define the features of the power supply at the delivery points, a distinction must be made between normal and emergency operation of an electrical system.

30 An electrical system is running normally when it is able to meet the load supply, eliminate faults and resume operation with ordinary means and procedures if there are no exceptional conditions due to external influences or significant critical situations.

Emergency operation occurs when, owing to insufficient generation capacity or because of situations having a grave impact on the system, or owing to events that are beyond the control of the power provider (deliberate destruction, disasters, strikes, acts of the public authorities) it becomes necessary to interrupt or limit the service.

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]	$R = \frac{\rho l}{A}$
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]	$J = \frac{I}{A}$
צפיפות הזרם	-	J	[A / mm ²]	
שטח החתך	-	A	[mm ²]	

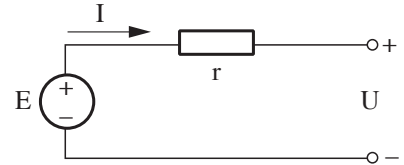
אנרגייה בזרם ישר

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

כא"מ של מקור מתח

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

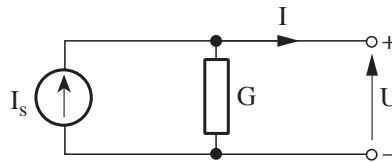
$$E = U + I \cdot r$$



מקור זרם

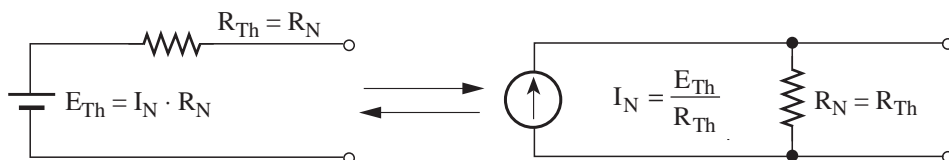
זרם המקור	-	I_s	[A]
מוליכות פנימית של מקור זרם	-	G	[S]

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



2. פתרון מעגלים באמצעות משפטי רשת

המרה מנורטון לתבנית ומתבנית לנורטון



העברת הספק מקסימלי לעומס אומי

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

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

נוסחת מילמן לרשת בעלת שני צמתים בלבד

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

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

3. מגנטיות ואלקטרומגנטיות

כוח מגנטור-מניע

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

$$N - \text{מספר כריכות}$$

$$I \text{ [A]} - \text{זרם}$$

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

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

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

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

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

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

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	$\left[\frac{H}{m} \right]$	$R_m = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\ell}{A}$
אורך המסלול המגנטי	-	ℓ	[m]	$B = \frac{\Phi}{A}$
שטף מגנטי	-	ϕ	[V · sec או Wb]	$\Phi = \frac{NI}{R_m}$
מיאון מגנטי (התנגדות מגנטית)	-	R_m	$\left[\frac{AT}{Wb} \right]$	
שדה מגנטי (השראה מגנטית) במרכז סליל ארוך שאורכו ℓ	-	B	$\left[\frac{Wb}{m^2} \right]$	
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]	$F = B \cdot I \cdot \ell \cdot \sin \alpha$
זרם העובר במוליך	-	I	[A]	
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		$E = -L \frac{dI}{dt}$
האנרגייה 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]	
מהירות קווית	-	v	[m / sec]	$E_{\max} = B \cdot A \cdot \omega$
רדיוס הכריכה	-	R	[m]	
מהירות סיבוב	-	n	[rpm]	$\omega = \frac{v}{R}$
				$\omega = \frac{\theta}{t} \quad \omega = \frac{2\pi n}{60}$

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]
זמן המחזור	-	T	[sec]
תדירות זוויתית	-	ω	[rad / sec]
תדירות	-	f	[Hz , cycles / sec]
היגב השראותי	-	X_L	$[\Omega]$
היגב קיבולי	-	X_C	$[\Omega]$

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

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

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

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

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

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

5. הספקים

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

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

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

שיפור מקדם ההספק

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

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

6. רשתות תלת-מופעיות

כוכב סימטרי

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

$$I_L = I_{ph}$$

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

משולש סימטרי

$$U_L = U_{ph}$$

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

הספק תלת-מופע

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

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

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

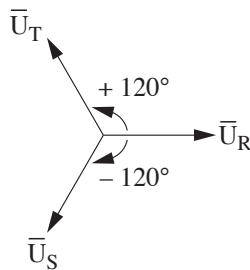
$$Q = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \sin \varphi$$

ייצוג מתחים מופעיים במישור המרוכב של רשת תלת-מופעית סימטרית

$$\bar{U}_R = U|_{0^\circ}$$

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

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

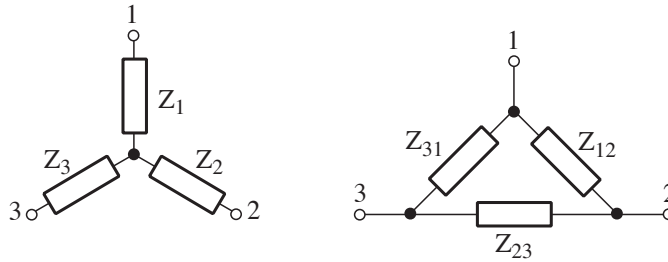


7. המרה כוכב-משולש

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

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

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



8. תופעות מעבר

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

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

$$\tau = RC$$

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

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

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

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

נוסחאון באלקטרוניקה א' לכיתה י"ג

(9 עמודים)

דיודת צומת

סימול:

א. דיודה אידיאלית

ממתח קדמי - $V_D = 0$ (קצר)

ממתח אחורני - $I_D = 0$ (נִתְק)

ב. קירוב באמצעות V_γ

ממתח קדמי - $V_D = V_\gamma$

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

ג. קירוב באמצעות V_γ ו- R_f

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

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

המשך בעמוד 2

חישובי הגבר

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

מאזן הספקים

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

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

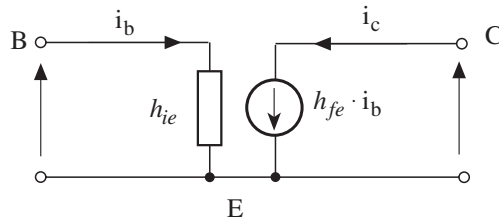
טרנזיסטור דו-נושאי (בתחום הפעיל)

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

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

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

תרשים תמורה מקורב מסוג h של טרנזיסטור דו-נושאי



נוסחאות עבור טרנזיסטור בחיבור פולט משותף (CE)

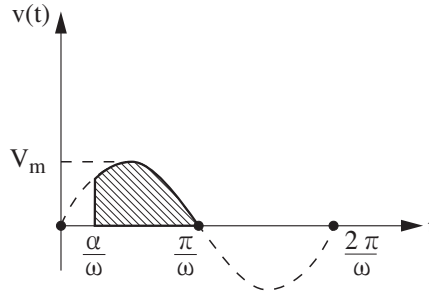
	ללא נגד RE	עם נגד RE
A_I	$-h_{fe}$	$-h_{fe}$
R_i	h_{ie}	$h_{ie} + (1 + h_{fe}) R_E$
A_V	$-\frac{h_{fe} \cdot R_L}{h_{ie}}$	$-\frac{h_{fe} \cdot R_L}{R_i}$
R_o	∞	∞
R_L	R_L	R_L

מגברי הפרש

מתח מבוא	-	V_1	[V]	$V_o = A_1 \cdot V_1 + A_2 \cdot V_2$
מתח מבוא	-	V_2	[V]	$A_1 = \frac{V_o}{V_1} \Big _{V_2 = 0}$
				$A_2 = \frac{V_o}{V_2} \Big _{V_1 = 0}$
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]	$V_c = \frac{V_1 + V_2}{2}$
				$A_d = \frac{V_o}{V_d} \Big _{V_c = 0} = \frac{V_o}{2V_i}$
				$A_c = \frac{V_o}{V_c} \Big _{V_c = 0} = \frac{V_o}{V_i}$

מתחים וזרמים בגל סינוס עם זווית הולכה

א. בקרת חצי גל בעומס אומי



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

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

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

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

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

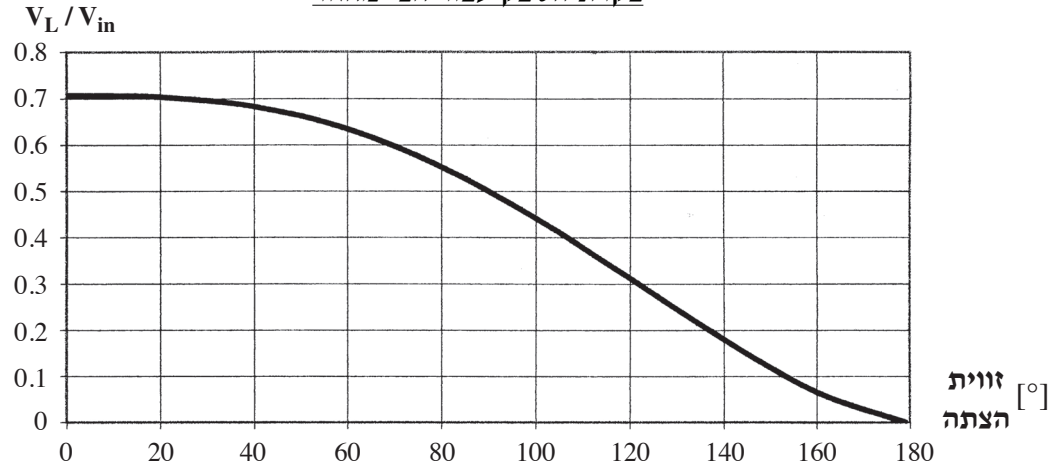
$$I_{AV} = \frac{V_{AV}}{R}$$

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

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

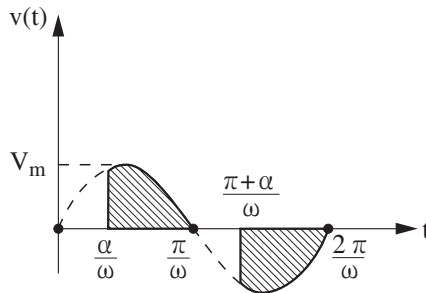
זווית הצתה	-	α	[rad]
מתח הגל בתלות בזמן	-	$v(t)$	[V]
הערך הממוצע של המתח	-	V_{AV}	[V]
הערך היעיל של המתח על העומס	-	$V_{RMS} = V_L$	[V]
הערך המרבי של המתח	-	V_m	[V]
מהירות זוויתית (תדר זוויתי)	-	ω	$\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$
זמן	-	t	[sec]
התנגדות העומס	-	R	$[\Omega]$
הספק על העומס	-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

בקרת הספק עבור חצי מחזור



בקרת גל שלם בעומס אומי

ב.



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]

הערך המרבי של המתח V_m [V]

$$V_{AV} = 0$$

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

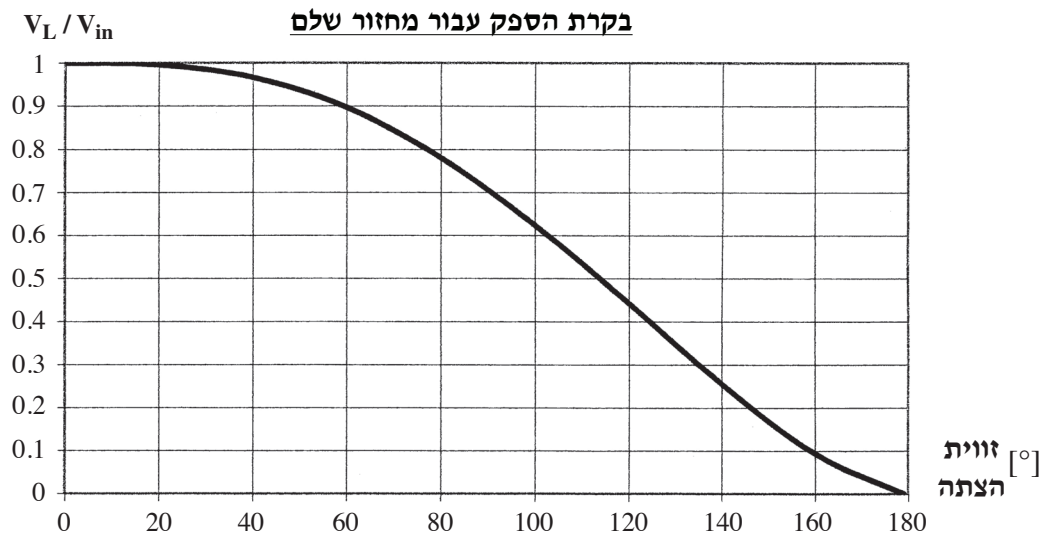
מהירות זוויתית (תדר זוויתי)	-	ω	$\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$
זמן	-	t	[sec]
התנגדות העומס	-	R	[Ω]
הספק על העומס	-	P	[W]
הערך הממוצע של הזרם	-	I_{AV}	[A]
הערך היעיל של הזרם	-	I_{RMS}	[A]
הערך היעיל של מתח המבוא	-	V_{in}	[V]

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

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

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

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



מיישרים

א. יישור חד-מופעי – חצי גל בעומס אומי

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

ב. יישור חד-מופעי – גל שלם בעומס אומי

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

מתח אדווה במיישר חצי גל

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

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

מתח אדווה במיישר גל שלם

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

משוואת הדפקים היסודית

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

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

$$\tau = R \cdot C$$

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

טעינה לינארית

טעינת קבל בזרם קבוע:

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

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

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

טעינת סליל במתח קבוע:

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

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

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

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
power control	Контроль мощности	التحكّم في القدرة	בקרת הספק
strike pulses	Пульс зажигания	نبض الاشتعال	דופקי הצתה
phasor diagram	Векторно угловая диаграмма	مُخَطَّط المِطْوَار	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	التيار المُتَرَدّد	זרם חילופין
temperature sensor	Термо датчик	مُستشعر حرارة	חיישן טמפרטורה
permeability	Проницаемость	نفاذية	חלחלות
air gap	Воздушный зазор	فجوة الهواء	חריץ אוויר
quadratic core	Квадратный сердечник	قلب رباعيّ	ליבה ריבועית
operational amplifier	Операционный усилитель	مُضَخّم تشغيليّ	מגבר שרת
magnetic reluctance	Магнитное сопротивление	المُمانعة المغناطيسيّة	מיאון מגנטי
magnetic circuit	Магнитная цепь	الدائرة المغناطيسيّة	מעגל מגנטי
discharge circuit	Цепь разрядки	دائرة التفريغ	מעגל פריקה
switch	Выключатель	مفتاح / مُبَدّل	מפסק
saturation state	Состояние насыщения	حالة التشبع	מצב רוויה
power factor	Коэффициент мощности	معامل القدرة	מקדם הספק
current source	Источник тока	مصدر التيار	מקור זרם
transistor switch	Транзисторный ключ	مُبدّل ترانزستور	מתג טרנזיסטורי
magnetic field strength	Сила магнитного поля	قوّة المجال المغناطيسيّ	עוצמת השדה המגנטי
waveform	Форма волны	الشكل الموجيّ	צורת הגל
time constant	Временная постоянная	ثابت زمنيّ	קבוע-זמן

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
magnetic flux	Магнитный поток	التدفق المغناطيسي	שטף מגנטי
superposition method	Метод наложения	طريقة التراكب	שיטת ההרכבה (סופרפוזיציה)