

נוסחאון עזר להנדסאי חשמל

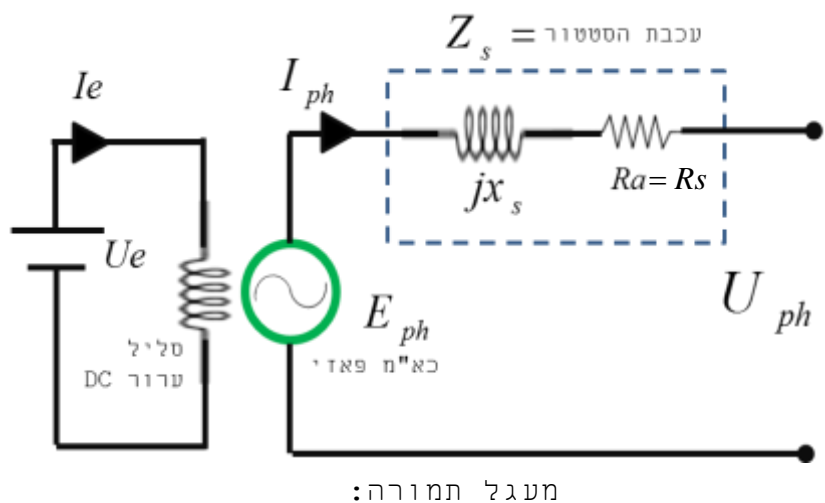
מחולל סינכרוני גנרטור

מרצה: רועי שחר

Copy Rights
Roy Shahar

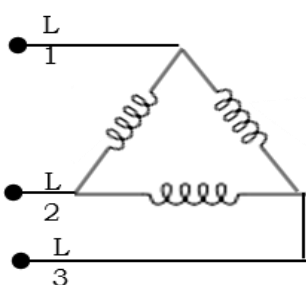
שם הסטודנט:

כיתה : חשמל ב-1



- U_{ph} = מתח פאזי ביציאה
- E_{ph} = כ"מ פאזי בסטטור
- I_{ph} = זרם פאזי בסליל הגנרטור
- Z_s = עכבת סליל בודד בסטטור
- $R_a = R_s$ = התנגדות סליל בודד בסטטור
- jx_s = היגב סליל בודד בסטטור

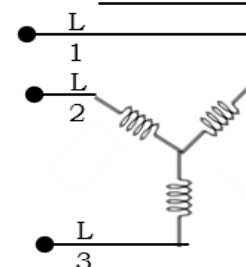
Δ חיבור משולש



$$U_{PH} = U_{LINE}$$

$$I_{PH} = \frac{I_{LINE}}{\sqrt{3}}$$

Y חיבור כוכב



$$U_{PH} = \frac{U_{LINE}}{\sqrt{3}}$$

$$I_{PH} = I_{LINE}$$

$$S = U_{Line} \cdot I_{Line} \cdot \sqrt{3}$$

S = הספק הגנרטור

$$P_2 = U_{Line} \cdot I_{Line} \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{3}$$

חיבור עומסים במקביל
עומס השראי זווית בפלוס
עומס קיבולי זווית במינוס

$$\vec{S}_{Load Total} = (\vec{S}_{Load A}) + (\vec{S}_{Load B})$$

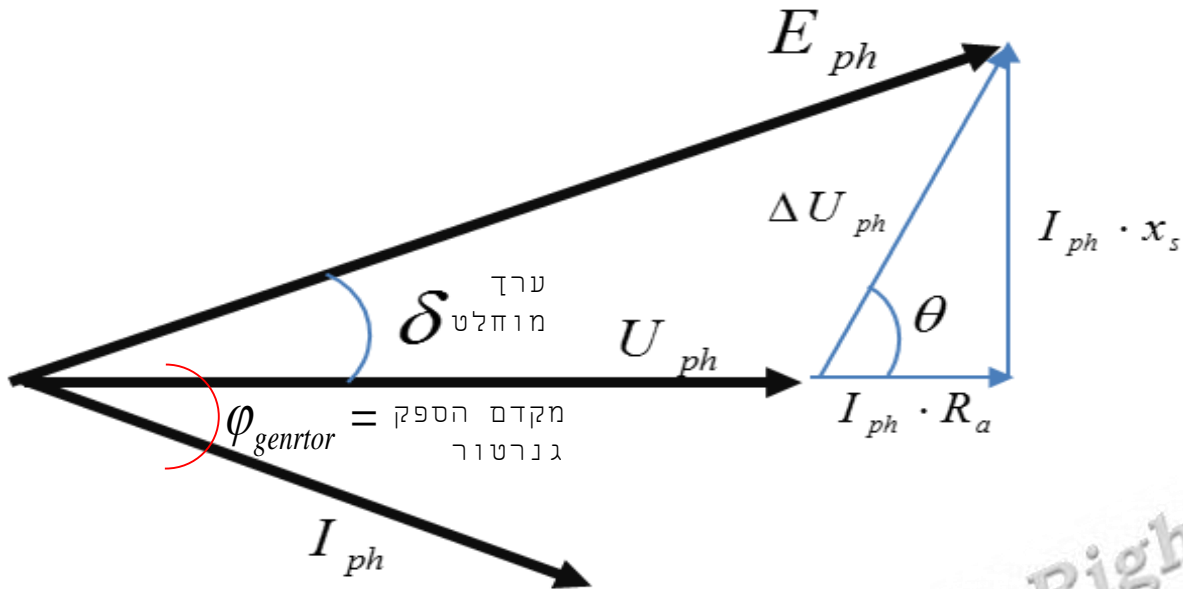


$$S \angle \circ = S_A \angle \circ + S_B \angle \circ$$

$$I_{Line} = \frac{S_{Load}}{U_{Line} \cdot \sqrt{3}}$$

זווית הזרם היא הזווית ההפוכה לזווית העומס
בעומס השראי זווית הזרם שלילית
בעומס קיבולי זווית הזרם חיובית

דיאגרמה פאזורית: בעומס השראי



Copy Rights
Roy Shahar

U_{ph} = מתח פאזי ביציאה מהגנרטור

E_{ph} = כא"מ פאזי על סליל בודד בסטטור

I_{ph} = זרם פאזי בסטטור

ΔU_{ph} = מפל מתח על עכבת הסטטור

$I_{ph} \cdot Ra$ = מפל המתח על התנגדות סליל בודד

$I_{ph} \cdot x_s$ = מפל המתח על היגב סליל בודד

$\theta = \tan(\theta) = \frac{x_s}{R_a}$ זווית פנימית התלויה בין התנגדות להיגב

$\delta =$ **זווית הפיסוק / זווית העומס / (זווית מכנית)**

$\delta = \varphi_{U_{ph}} - \varphi_{E_{ph}}$ זווית הפיסוק: זווית המתח פחות זווית הכא"מ

$\varphi_{genrtor} = \varphi_{U_{ph}} - \varphi_{I_{ph}}$ כאשר נתון מקדם ההספק של הגנרטור נחשב את זווית הזרם, כאשר זווית המתח תמיד 0

משוואת הכא"מ

$$\vec{E}_{ph} = (U_{ph} \angle 0) + (I_{ph} \angle + / -) \cdot (Ra + x_s j)$$

\vec{E}_{ph} = כא"מ פאזי (גודל וזווית)

\vec{U}_{ph} = מתח פאזי גודל וזווית (תמיד אפס)

\vec{I}_{ph} = זרם פאזי גודל וזווית \longrightarrow

$(Ra + x_s j)$ = עכבת הגנרטור

זווית הזרם בהתאם לעומס
+ קיבולי
- השראי

$$\vec{I}_{ph} = \frac{\vec{E}_{ph} - \vec{U}_{ph}}{(Ra + x_s j)}$$

$$\Delta \vec{U}_{ph} = \vec{I}_{ph} \cdot (Ra + x_s j)$$

$$\vec{Z}_{ph} = (Ra + x_s j) \quad Ra = Rs = \text{התנגדות הסטטור}$$

$x_s j =$ היגב הסטטור

משוואת יחסים לחישוב (גודל בלבד)

$$\frac{E_{ph1}}{E_{ph2}} = \frac{I_{e1}}{I_{e2}} = \frac{I_{F1}}{I_{F2}} = \frac{[N \cdot I]_1}{[N \cdot I]_2}$$

I_e = זרם בסליל העירור DC
 $[N \cdot I]$ = שטיפה/שטף (AT)

$$\frac{E_{phK}}{E_{ph0}} = \frac{I_{eK}}{I_{e0}} = \frac{I_{FK}}{I_{F0}} = \frac{[N \cdot I]_K}{[N \cdot I]_0}$$

K = במצב קצר
 0 = בריקים

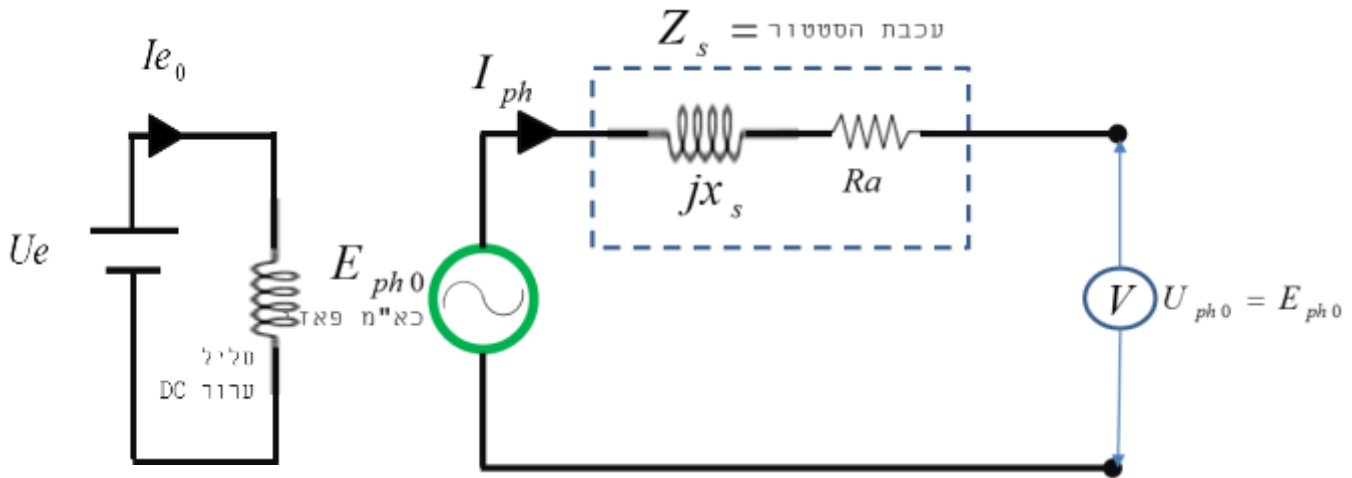
$$\frac{E_{ph Load}}{E_{ph0}} = \frac{[N \cdot I]_{Load}}{[N \cdot I]_0}$$

כאשר מחולל עובד בדיוק עם אותו הספק פעיל נקבל בדיוק את המשוואה הנ"ל

$$\left| E_{ph} \right| \cdot \overset{\text{זדשה}}{\text{Sin}}(\delta) = \left| E_{ph}' \right| \cdot \text{Sin}(\delta)$$

ניסוי ריקם:

מטרת ניסוי הריקם: קבלת כ"מ שווה למתח הנקוב



$$U_{ph_n} = E_{ph_0}$$

$$\frac{E_{ph Load}}{E_{ph_0}} = \frac{I_{e Load}}{I_{e_0}}$$

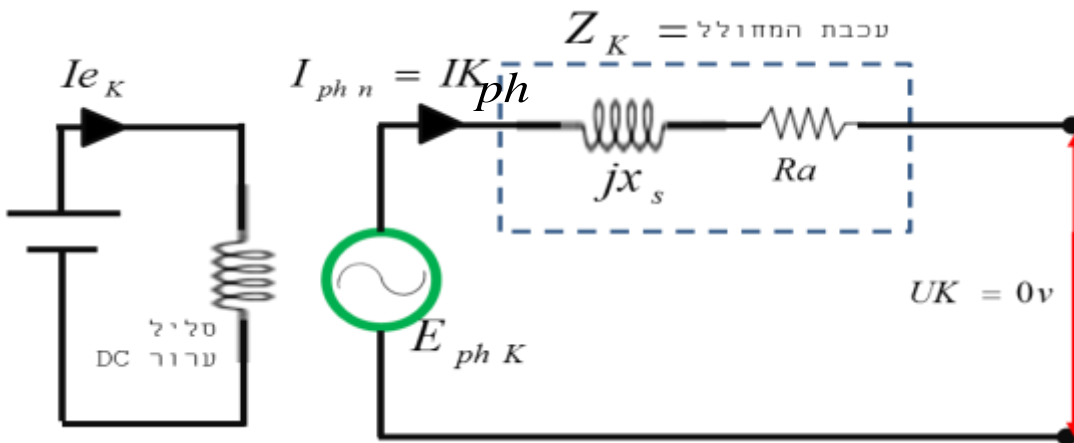
כ"מ פאזי בעומס כלשהוא = $E_{ph Load}$

כ"מ פאזי בריקם = E_{ph_0}

זרם עירור בריקם עבור עומס = $I_{e Load}$

זרם עירור בריקם = I_{e_0}

ניסוי קצר:



$$Z = \frac{E_{K_{ph}}}{I_{K_{ph}}}$$

$Z =$ עכבת הסטטור

$$x_s = \frac{E_{K_{ph}}}{I_{K_{ph}}}$$

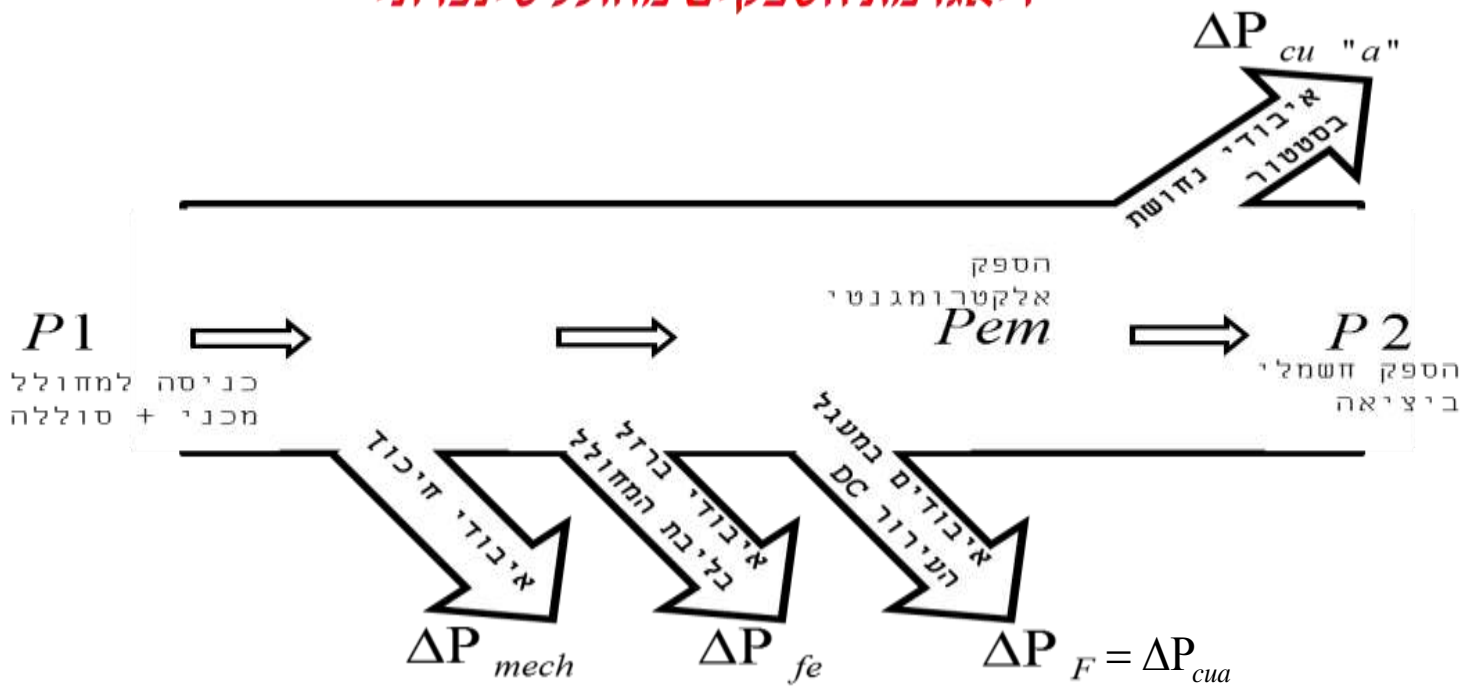
$$I_{K_{ph}} = I_{ph_n}$$

$$\Delta P_{cua} = I_{ph_n}^2 \cdot Ra \cdot 3$$

איבודי נחשת בסטטור

מרצה: שחר רועי

דיאגרמת הספקים מחולל סינכרוני



$$P1 = P + Ue \cdot Ie$$

$P1$ = הספק כניסה למחולל
 P = הספק מוצא של הטורבינה
 Ue = מתח סוללה DC
 Ie = זרם עירור DC

$$\Delta P_{cu "a"} = 3 \cdot I_{ph}^2 \cdot Rs$$

$\Delta P_{cu "a"}$ = איבודי נחושת בסלילי הסטטור
 Rs = התנגדות סלילי הסטטור

$$P2 = 3 \cdot I_{ph} \cdot U_{ph} \cdot \cos \varphi = U_{Line} \cdot I_{Line} \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{3}$$

חישוב הספק מוצא חשמלי (נמסר לעומס חשמלי)

$$P2 = P1 = Pem = 3 \cdot |E_{ph}| \cdot |U_{ph}| \cdot \frac{\sin \delta}{|xs|}$$

רק כאשר מחולל חסר הפסדים נעזר בנוסחא הנ"ל

$$Mem = \frac{Pem \cdot 9.55}{n1}$$

חישוב מומנט אלקטרומגנטי ביחידות ניטון מטר (NM)

$$M2 = \frac{P2 \cdot 9.55}{n1}$$

חישוב מומנט בציר הגנרטור

$$\Delta P_F = \frac{Ue^2}{Re}$$

איבודי הספק בסליל העירור

Copy Rights
Roy Shahar

$$E > U \quad I_e > I_{e_0}$$

$$E < U \quad I_e < I_{e_0}$$

שבלונת פתרון: שני מחוללים מספקים עומסים שונים (פעיל ועיוור)

כאשר נתון ששני מחוללים מחוברים לעומס אחד Sload וכל מחולל תורם לעומס הספק אחר לדוגמא: מחולל A תורם הספק פעיל P ומחולל B תורם הספק עיוור Q לחישוב זרם בכל מחולל נבצע את השלבים הבאים:

$$I_{Load} = \frac{S_{Load}}{U_{Line} \cdot \sqrt{3}}$$

נחשב את זרם הכולל של העומס :

מצמידים לזרם של העומס את הזווית ממקדם ההספק של העומס ע"י Shift cos :
חשוב לזכור, עומס קיבולי זווית הזרם בפלוס, עומס השראי זווית הזרם במינוס

$$I_{Load} \angle^{\circ}$$

תצוגה פולרית של הזרם

בעזרת המחשבוני נמיר את התצוגה לתצוגה קרטזית ונקבל שני זרמים. אחד של המחולל שתורם את ההספק הפעיל, והשני של המחולל שתורם את ההספק העיוור.

למחולל שתורם את ההספק הפעיל נצמיד את הזווית אפס. $\angle 0^{\circ}$

למחולל שתורם את ההספק העיוור נצמיד את הזווית מינוס 90. $\angle -90^{\circ}$

אפשרות נוספת לחישוב הזרמים
לחשב את זרם העומס:

$$S_{Load} = \frac{P_{Load}}{\cos \varphi_{Load}}$$

במידה והזרם נתון בוואט נמיר אותו לוולט אמפר.

$$I_{Load} = \frac{S_{Load}}{U_{Line} \cdot \sqrt{3}}$$

נחשב את הזרם של העומס, ונצמיד לו את זווית מקדם ההספק. עומס השראי זווית במינוס, עומס קיבולי זווית בפלוס.

$$I_{G.A} = \frac{P_{Load}}{U_{Line} \cdot \sqrt{3}}$$

נחשב את הזרם על הגנרטור שמספק עומס פעיל ונצמיד לזרם שמצאנו את הזווית אפס.

נבצע חיסור וקטורי בין הזרמים

$$\vec{I}_{G.B} = (I_{Load} \angle^{\circ}) - (I_{G.A} \angle 0^{\circ})$$

שבלונת פתרון: חישוב גודל העומס הכולל כאשר נתונים שני עומסים פעילים

נתון בשאלה: עומס A בעל הספק פעיל P עם מקדם הספק Cos
עומס B בעל הספק פעיל P עם מקדם הספק Cos
חשב את גודל העומס הנדמה הכולל ואת מקדם ההספק.

$$S_{Load A} = \frac{P_{Load A}}{\cos \varphi A}$$

שלב א, חישוב הספק נדמה של עומס A

$$S_{Load B} = \frac{P_{Load B}}{\cos \varphi B}$$

חישוב הספק נדמה של עומס B

שלב ב:

המרת מקדם הספק של כל עומס לזווית בעזרת Shift Cos

שלב ג: חיבור שני העומסים גודל וזווית (Mode 2)

$$\vec{S}_{Load Total} = (S_{Load A} \angle \varphi A) + (S_{Load B} \angle \varphi B)$$

קיבלנו את העומס הכולל עם הזווית.

$$\cos \angle S_{Load}$$

לחישוב מקדם ההספק של העומס נמיר את הזווית שקיבלנו