

תוכן העניינים:

2	מבוא להנדסת חשמל
2	רשתות תלת פאזיות מאוזנות
2	כללי:
2	סיכום כללי:
5	שאלות:
7	תשובות סופיות:

מבוא להנדסת חשמל

רשתות תלת פאזיות מאוזנות

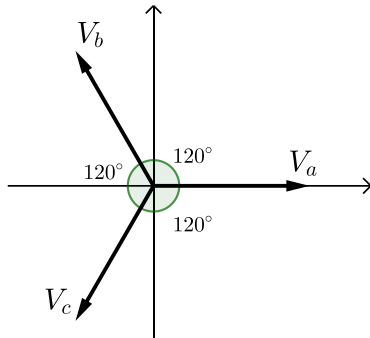
כללי:

סיכום כללי:

הגדרה:

רשת תלת-פאזית מורכבת מ-3 מקורות מתח סינוסיים בעלי אמפליטודה זהה

ופאזה המוזזת ב- 120° אחד ביחס לשני באופן הבא:



$$V_a = V_0 \angle 0^\circ \text{ [V]}$$

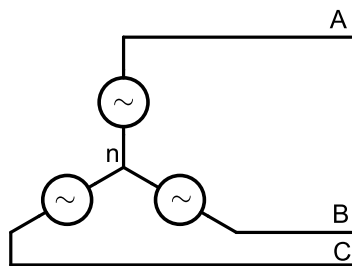
$$V_b = V_0 \angle 120^\circ \text{ [V]}$$

$$V_c = V_0 \angle -120^\circ \text{ [V]}$$

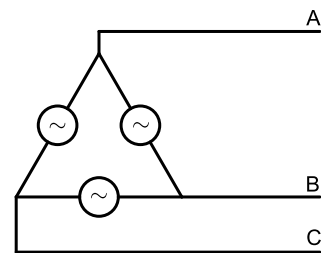
מתקיים בכל זמן: $\vec{V}_a + \vec{V}_b + \vec{V}_c = 0$.

תצורות חיבור:

כוכב (Wye - Y):



משולש (delta - Δ):



ערכי קו וערכי פאזה:

- מתח הקו, V_L , הינו מתח שבין שני חוטים היוצאים מתצורת החיבורים (כוכב או משולש).
- זרם קו, I_L , הוא הזרם הנכנס (או יוצא) מחוט אחד כלפי תצורת החיבורים של המקורות.

- מתח פאזה, V_{ph} , הוא מתח מקור בתצורת משולש או המתח שבין מקור והנקודה הנייטרלית (n) בחיבור כוכב.
- זרם פאזה, I_{ph} , הוא הזרם העובר דרך פאזה אחת של מקור מתח בכל תצורה.

כללי המרות:

חיבור משולש: $I_L = \sqrt{3} \cdot I_{ph}$, $V_L = V_{ph}$

חיבור כוכב: $I_L = I_{ph}$, $V_L = \sqrt{3} \cdot V_{ph}$

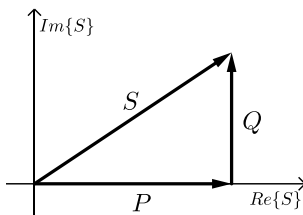
מעבר של עומס משולש $k Z_\Delta$ עומס כוכב Z_Y : $Z_Y = \frac{Z_\Delta}{3}$

מתכון לפתרון שאלות:

אנו נקבל מעגלים המורכבים מספק תלת פאזי (רשת החשמל / גנרטור וכו'), קווי תמסורת (החוטים המובילים את ההספק החשמלי, נקראים גם Distribution lines) ועומס תלת פאזי. הרשתות שנעסוק בהם בפרק זה תמיד תהיינה מאוזנות, כלומר הפאזות מוסטות בדיוק ב- 120° זו מזו ואמפליטודות שוות. נפעל בצורה הבאה:

- (1) נמיר את המעגלים (הגנרטור והעומס) ממשולש לכוכב.
- (2) נחבר את נקודות ה-n לאדמה משותפת.
- (3) נרכיב מעגל עבור פאזה אחת של המעגל ונפתור בו את כל מה שנתבקש.
- (4) נמיר חזרה את התוצאה למעגל המקורי.

הספקים ברשת תלת פאזית:



נזכור את משולש ההספקים: $S = P + jQ$ כאשר:

S - הספק מרוכב (נדמה) ביחידות של VA.

P - הספק אקטיבי, המועבר לצד העומס, ביחידות של Watt.

Q - הספק ריאקטיבי, המוחזר לגנרטור, ביחידות של VAR.

נסמן את זווית העומס ב- φ_L ונכתוב את הקשרים: $P = S \cos(\varphi_L)$; $Q = S \sin(\varphi_L)$

גורם ההספק (נקרא גם: Power Factor ומסומן P.F.) מוגדר: $P.F. = \cos(\varphi_L) = \frac{P}{S}$

נוסחאות להספקים במעגל תלת-פאזי:

הספק מרוכב של בפאזה אחת: $S_{ph} = V_{ph} \cdot I_{ph}$

הספק מרוכב של המעגל כולו: $S = 3 \cdot S_{ph} = 3 \cdot V_{ph} \cdot I_{ph}$

הספק מרוכב עם ערכי קו וערכי פאזה: $S = 3 \cdot V_{ph} \cdot I_{ph} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L$

עם ידיעת זווית עומס φ_L נוכל למצוא את ההספק האקטיבי והריאקטיבי:

$$P = 3 \cdot V_{ph} \cdot I_{ph} \cos(\varphi_L) = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cos(\varphi_L)$$

$$Q = 3 \cdot V_{ph} \cdot I_{ph} \sin(\varphi_L) = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \sin(\varphi_L)$$

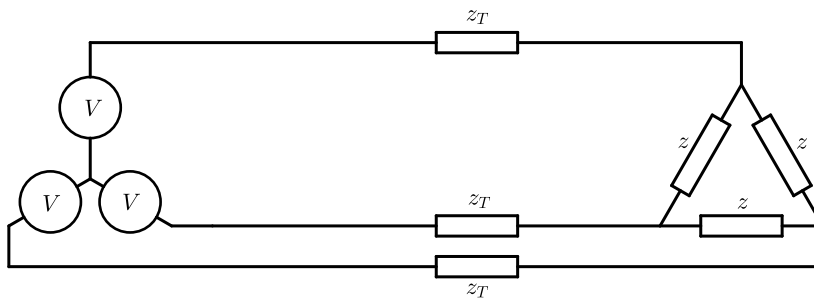
❖ דוגמא כללית לפתרון וחישובים במעגל תלת פאזי:

נתונה רשת תלת פאזית מאוזנת הבנויה מגנרטור תלת פאזי ועומס תלת פאזי.

ידוע כי: $V = 200V$, $z = (2 + j) \Omega$ וכן עכבות התמסורת: $z_T = 1\Omega$.

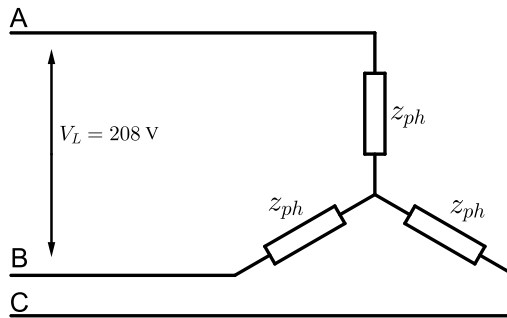
חשב את מתח הקו בצד העומס.

חשב את גורם ההספק, ואת ההספקים S, P, Q .



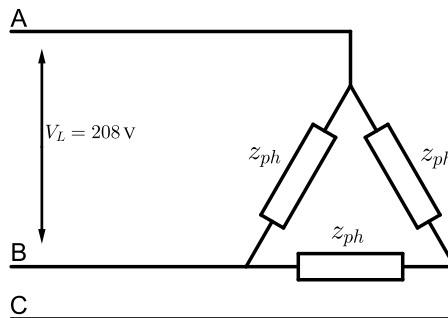
שאלות:

- (1) נתונה רשת תלת פאזית מאוזנת שאליה מחובר הצרכן עם עכבה לפאזה הבאה: $z_{ph} = (5 - 2j)\Omega = 5.38\angle -21.8^\circ \Omega$ בחיבור כוכב. ידוע כי מתח הקו הוא: $V_L = 208V$.



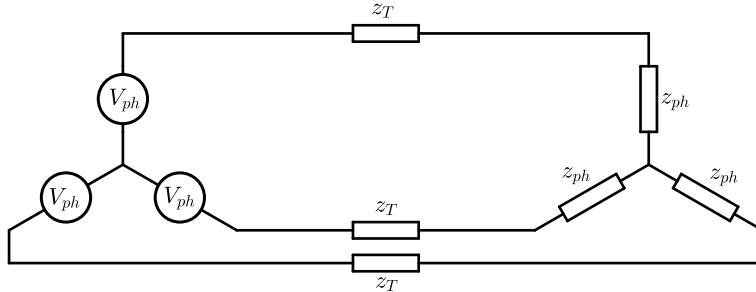
- א. חשב את גודל זרם הקו.
 ב. חשב את גורם ההספק.
 ג. חשב את ההספקים: S, P, Q .

- (2) נתונה רשת תלת פאזית מאוזנת שאליה מחובר עומס עם: $z_{ph} = 30\angle 36.9^\circ \Omega$ בחיבור משולש. ידוע כי מתח הקו הוא: $V_L = 208V$.

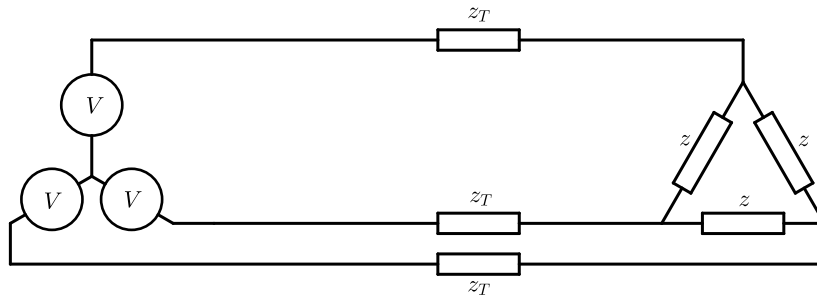


- א. חשב את גודל זרם הקו.
 ב. חשב את גורם ההספק.
 ג. חשב את ההספקים: S, P, Q .

- 3) נתונה רשת תלת פאזית מאוזנת הבנויה מספק תלת פאזי ועומס תלת פאזי. ידוע כי: $V_{ph} = 231V$, $z_{ph} = (3 + 4j) \Omega$ וכן עכבות התמסורת: $z_T = 5\Omega$. חשב את מתח הקו, ההספק הממשי וגורם ההספק של העומס.

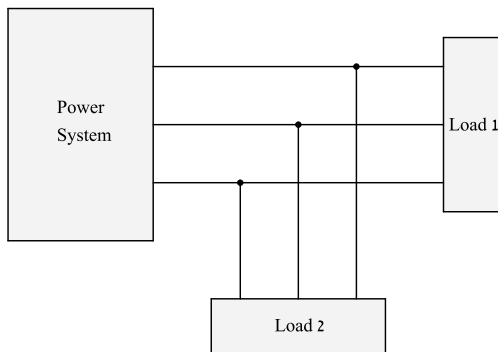


- 4) נתונה רשת תלת פאזית מאוזנת הכוללת מתח תלת פאזי עם ערך מתח קווי של $460V$, קווי תמסורת עם עכבה $z_T = (15 + 4j) \Omega$ ועומס תלת פאזי מאוזן עם $z = (18 + 12j) \Omega$.



- חשב את גורם ההספק.
- חשב את המתח והזרם על כל פאזה בעומס.
- חשב את ההספק הממשי בעומס.

- 5) נתונה רשת תלת פאזית מאוזנת הבאה: הצרכן Load 1 צורך מהמערכת $P_{L1} = 600kW$ עם גורם הספק 0.8 מפגר. ההספק המדומה הכולל הינו $S_T = 1400kVA$ עם גורם הספק 0.93 מפגר. מהו גורם ההספק של Load 2?



- (6) לעומס תלת פאזי המחובר בכוכב הנתונים הנומינאליים (כלומר, ערכי הקו) הבאים: $V_n = 400V$, $\cos \varphi_n = 0.85$, $S_n = 160kVA$.
- א. חשב את ערכי הנגד והסליל (המחוברים בטור) של כל אחד מענפי הכוכב.
 ב. חשב את ההספקים הפעיל והריאקטיבי של העומס.
 ג. חזור על סעיף ב' בהנחה שמתח ההזנה ירד ל-380V.
- (7) שלושה אימפדנסים זהים $60\angle 30^\circ \Omega$ מחוברים במשולש למערכת תלת פאזית של 381V על ידי המוליכים בעלי אימפדנס $z_L = (0.8 + 0.6j) \Omega$.
- א. מצא את המתח על העומסים.
 ב. מצא את המתח על העומסים כאשר מחוברים במקביל אליהם קבלים בעלי אימפדנס $-60j \Omega$.

תשובות סופיות:

- (1) א. $I_L = 22.3A$ ב. 0.928
 ג. $S = 8034VA$, $P = 7459W$, $Q = -2983VAR$
- (2) א. $I_L = 12A$ ב. 0.8
 ג. $S = 7488VA$, $P = 5988W$, $Q = 4496VAR$
- (3) $P.F. = 0.6$, $P = 6000W$, $V_L = 200V$
- (4) א. 0.832 ב. $I_L = 6.823A$, $V_L = 147.6V$ ג. $P = 1451.3W$
- (5) 0.995
- (6) א. $R = 0.85\Omega$, $X = 0.526\Omega$ ב. $P = 136kW$, $Q = 84.3kVAR$
 ג. $S = 144.4kVA$, $P = 122.7kW$, $Q = 76kVAR$
- (7) א. $V_L = 330V$ ב. $V_L = 340V$