

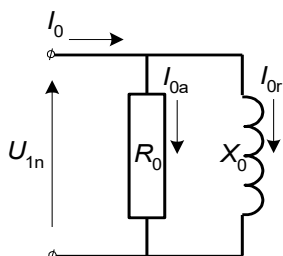
## תוכן

1	<b>שנאי</b>	<b>.1</b>
3	1.1	עקרונות והגדרות בסיסיים
8	1.2	הפסדים ונצילות
15	1.3	מפל המתח על שנאי
28	1.4	מעגלי תמורה
34	1.5	מספר קבוצת החיבורים
40	1.6	חיבור שנאים לעבודה מקבילית
46	1.7	שנאים מיוחדים
51	<b>מכונת השראה</b>	<b>.2</b>
53	2.1	מבנה ועקרון הפעולה
56	2.2	מאזן ההספקים והנצילות
60	2.3	המומנט הסיבובי
63	2.4	האופיין המכני
71	2.5	התנעה וויסות המהירות
81	2.6	מעגלי התמורה
89	2.7	מנוע השראה חד-מופעי
91	<b>מכונה סינכרונית</b>	<b>.3</b>
92	3.1	מבנה ותחומי שימוש
93	3.2	גנרטור סינכרוני – מעגל תמורה ודיאגרמה פאזורית
96	3.3	חיבור גנרטורים סינכרוניים במקביל
98	3.4	ויסות המתח בגנרטור סינכרוני
104	3.5	מאזן ההספקים של גנרטור סינכרוני
106	3.6	יציבות ואופיין זוויתי של גנרטור סינכרוני
110	3.7	ויסות הספק אקטיבי והספק ריאקטיבי ואופייני "V"
112	3.8	מנוע סינכרוני – מעגל תמורה ונוסחת כא"מ
114	3.9	ויסות ההספק הריאקטיבי של מנוע סינכרוני
122	3.10	מאזן ההספקים, יציבות ואופייני "V" של מנוע סינכרוני
126	3.11	התנעת מנוע סינכרוני
127	3.12	מכונות סינכרוניות מיוחדות - סקירה
131	<b>מכונה לזרם ישר</b>	<b>.4</b>
132	4.1	מבנה ועקרון הפעולה
134	4.2	כא"מ במכונה לזרם ישר
137	4.3	גנרטור בעירור זר (נפרד)
144	4.4	גנרטור בעירור עצמי (מקבילי)
149	4.5	גנרטור בעירור מעורב
152	4.6	מאזן ההספקים ונצילות בגנרטור
154	4.7	מנוע בעירור זר ובעירור מקבילי
159	4.8	מאזן ההספקים ונצילות במנוע
161	4.9	המומנט הסיבובי במנוע
169	4.10	מנוע בעירור טורי
172	4.11	מנוע בעירור מעורב
176	4.12	המנוע האוניברסלי

177	5. הינע חשמלי - פרקים נבחרים
177	5.1 התנעת ובלימת מנוע לזרם ישר
190	5.2 התנעת מנוע AC ע"י מתנע נגדים
194	5.3 בחירת הספק מנוע לפי היציבות התרמית
204	5.4 תנועה דינמית של מנועים
216	פתרונות המבחנים
377	מקורות

## 1.2 הפסדים ונצילות

למרות כל התופעות המורכבות הללו, אפשר להתייחס בקירוב מסוים לשנאי בריקם כאל מעגל פשוט. בדיאגרמה הפאזורית אנו רואים את שני הזרמים: האקטיבי והריאקטיבי ואת סכומיהם, שהוא זרם הריקם. מכאן, ניתן להציג את השנאי בריקם על ידי מעגל תמורה מקבילי המורכב משני רכיבים: התנגדות  $R_0$  והיגב  $X_0$  אשר את ערכיהם אפשר לחשב על-פי התוצאות של הניסוי בריקם.



### שאלה 5

נתון שנאי חד-פאזי  $230/125\text{ V}$ . תדירות: 50 הרץ, מס' הכריכות בסליל הראשוני - 175. בניסוי בריקם נתקבל:  $I_0 = 5\text{ A}$ ,  $\cos\varphi_0 = 0.28$

חשב את: א. הפסדי הברזל.

ב. זרם המגנט.

ג. השטף המגנטי בליבת השנאי.

### פתרון סעיף א

$$\Delta P_{\text{Fe}} = I_0 U_{1n} \cos\varphi_0 = 5 \times 230 \times 0.28 = 322\text{ W}$$

נחשב את הפסדי הברזל:

### פתרון סעיף ב

$$I_{0r} = I_0 \sin\varphi_0 = 5 \times 0.96 = 4.8\text{ A}$$

לפי הדיאגרמה הפאזורית:

### פתרון סעיף ג

$$E_1 = 4.44 \times N_1 f \Phi_{\text{max}}$$

נחלק את השטף מנוסחת הכא"מ עבור הסליל הראשוני:

$$E_1 = U_{1n}$$

ניתן להניח כי הכא"מ הראשוני בריקם (בזרם מינימלי) שווה למתח:

$$\Phi_{\text{max}} = \frac{U_{1n}}{4.44 \times N_1 f} = \frac{230}{4.44 \times 50 \times 175} = 5.92\text{ mWb}$$

מכאן:



### שאלה 6

נתון שנאי חד-פאזי, בעל מתח ראשוני נקוב:  $240\text{ V}$ . רכיבי מעגל התמורה בריקם:  $R_0 = 1.6\text{ k}\Omega$ ,  $X_0 = 2\text{ k}\Omega$ .

חשב את: א. ההספק ומקדם ההספק של השנאי בריקם.

ב. זרם המגנט, זרם הריקם והרכיב האקטיבי של הזרם בריקם.

### פתרון סעיף א, ב

$$P_0 = \frac{U_{1n}^2}{R_0} = \frac{240^2}{1600} = 36\text{ W}$$

נחשב את ההספק בריקם:

הרכיבים של זרם הריקם:

$$I_{0a} = \frac{U_{1n}}{R_0} = \frac{240}{1600} = 0.15\text{ A} \quad ; \quad I_{0r} = \frac{U_{1n}}{X_0} = \frac{240}{2000} = 0.12\text{ A}$$

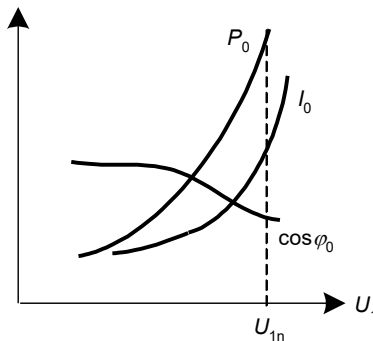
$$I_0 = I_{0a} - jI_{0r} = 0.15 - j0.12 = 0.192 \angle -38.7^\circ \text{ A} \quad \text{הזרם בריקם:}$$

$$\cos 38.7^\circ = 0.781 \quad \text{ומקדם ההספק:}$$

## שאלה 7

בניסוי בריקם של שנאי חד-פאזי 250/120 V הראה מד ההספק 150 W ומד הזרם 1.25 A. חשב את גורם ההספק של השנאי בריקם ואת זרם המגנט של השנאי.

$$\cos \varphi_0 = 0.48 \quad ; \quad I_{0r} = 1.1 \text{ A} \quad \text{🔑}$$

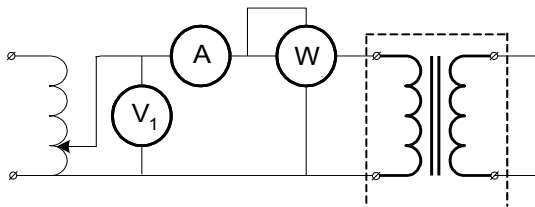
שינוי מתח ותדירות של ניסוי בריקם

ניסוי שנאי בריקם חייב להתבצע במתח ותדירות נקובים. אם הניסוי נעשה בתנאים שונים מהתנאים הנקובים, תוצאותיו משתנות. בקירוב מסוים, הפסדי הברזל של השנאי פרופורציונליים למתח הזינה ביחס ריבועי:

$$\Delta P_{Fe} = \Delta P_{Fe n} \left( \frac{U_{ph}}{U_{ph n}} \right)^2$$

תלות זרם הריקם בשינויי המתח מורכבת יותר, עקב רווית הברזל.

## ניסוי בקצר



מקור המתח

השנאי הנבדק

תצוגות מכשירי המדידה בניסוי בקצר:

1.  $V_1$ : מתח קצר  $U_k$ .
2.  $A$ : זרם קצר:  $I_k = I_{1n}$ .
3.  $W$ : הפסדי נחושת נקובים:  $P_k = \Delta P_{Cu n}$ .

**בניסוי בקצר** מחברים את הצד הראשוני של השנאי אל מקור מתח, כאשר הצד המשני מקוצר. מתח המקור חייב להיות קטן מהמתח הראשוני הנקוב של השנאי עקב זרמים גבוהים בסלילי השנאי המקוצר.

**מתח קצר  $U_k$**  זהו מתח שיש לחבר אל הסליל הראשוני של השנאי המקוצר על מנת שיזרום בו זרם נקוב. מתח קצר זהו פרמטר חשוב המוטבע על לוחית זיהוי השנאי. מתח קצר נמדד באחוזים מהמתח הראשוני הנקוב ונמצא בתחום (4÷12%).

(נציין, כי חיבור שנאי למתח קטן מהנקוב, מגדיל את מתח הקצר:  $U'_k = U_k \frac{U_n}{U'}$ )