

נוסחאון עזר להנדסאי חשמל

מנוע בזרם ישר (DC)

מרצה:רועי שחר

Copy Rights
Roy Shahr

שם הסטודנט:

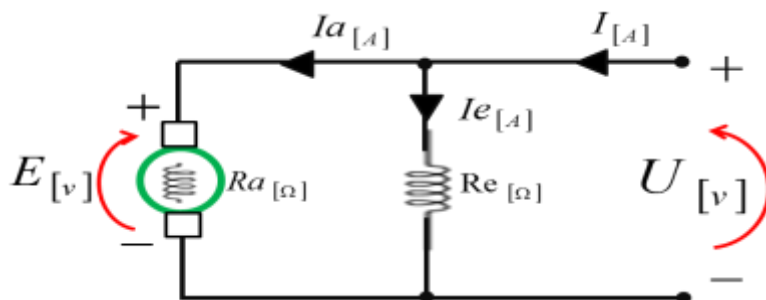
כיתה : חשמל ב-1

טבלת עזר למונחים

הערות	בשפה שלנו	נתון בשאלה
נתון בוואט (ראה דף דיאגרמת הספקים)	הפסדי סליל עירור ΔP_{cue}	Pe
	התנגדות סליל העירור	Re, Rf
	התנגדות סליל שנוסף לעוגן	Rs, Rra Res
במקום יחסי מומנט נציב 1 ונשווה לזרמי העוגן והסטור	$1 = \frac{Ia' \cdot \Phi' \cdot Km}{Ian \cdot \Phi_n \cdot Km}$	בהנחה שמומנט העומס נשאר קבוע
מתח המקור	Un	גודל מתח העוגן
	Mem=?	מומנט הפיתול האלקטרומגנטי
ראה דף בנושא בלימות	$I_b = Ia'$	זרם הבלימה
הזרם הכללי במעגל	In	זרם המנוע
חובה לרשום בנתונים *	$(M_n = Mem_n)(P_2 = Pem_n)$	להזניח את ההפסדים הקבועים
$\frac{Mem_{st}}{Mem_n} = \frac{Ia_{st}}{Ia_n}$	Mem_{start}	מומנט ההתנעה
חובה לרשום בנתונים *	$\Delta m_0 = 0_{(N.M)}$	מומנט הריקים זניח
ראה דף דיאגרמת הספקים	Mn	מומנט נקוב / מומנט המנוע / מומנט הפיתול
ראה דף דיאגרמת הספקים	Δm_0	מומנט ריקים
חובה לרשום בנתונים *	$\Delta UB = 0_{(v)}$	מפל המתח על הפחמים זניח
ראה דף מתווסף מתחסר	סליל עירור נוסף בטור לעוגן (מעורב ארוך) Rra	סליל עירור טורי
לשימוש בנוסחת יחסי מומנט זרמים	$0.5 = \frac{Ia' \cdot \Phi' \cdot Km}{Ian \cdot \Phi_n \cdot Km}$	עמוס בחצי מומנט
	$P_2 = P_n$	עמוס במומנט נגדי נקוב
ראה דף בנושא בלימות	$M_b = Mem' + M_0$	ערך התחלתי של מומנט הבלימה
ראה דף מתווסף מתחסר	בטור לעוגן	שדה טורי במעגל המגנטי
ראה דף תופעות מעבר	תרגיל בתופעות מעבר	תוך כד"י עבודת המנוע
	$Pem_n - P_2$	חשב הפסדים קבועים
	בטור לסליל העירור	למעגל השדה
המתח שימדד, יהיה הכא"מ ועוד מפל המתח על חוטי העוגן	$E + (Ia \cdot Ra)$	המתח על הדקי העוגן
ראה דף דיאגרמת הספקים	$\Delta P_{cua} = Ia^2 \cdot Ra$	הפסדי נחושת במעגל העוגן
$M_0 = Mem_n - M_n \quad \frac{M_0}{Mem_n} = \frac{Ia_0}{Ia_n}$	תחילה נחשב מומנט בריקים m0=memn-mn לאחר מכן נחליץ את זרם הריקים על ידי יחסי זרמים	חשב זרם ריקים מעשי

*** לציון במבחן נתונים אלו, אחרת יורד ציון !!!**

מנוע זרם ישר עירור מקבילי



★ המלצה: לחשב תחילה את כל הערכים הנקובים של המנוע!

משוואת הכא"מ

כא"מ נקוב E_n

$$E_n = U_n - (I_{a_n} \cdot R_a)$$

מתח נקוב U_n

זרם עוגן נקוב I_{a_n}

התנגדות סליל העוגן R_a

$$I_{e_n} = \frac{U_n}{R_e}$$

זרם בסליל העירור I_{e_n}

התנגדות סליל העירור R_e

$$P_1 = U_n \cdot I_n$$

הספק הנמדד במקור המתח P_1

$$I_n = I_a + I_e$$

זרם בכניסה למנוע I_n

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

נצילות η

הספק נקוב $P_2 = P_n$

הספק מקור המתח P_1

כאשר זרם העוגן החדש גדול מזרם העוגן הנקוב $I_{a'} > I_{a_n}$ והמומנט ללא שינוי סלילי העוגן ישרפו!!!

$$\frac{E'}{E_n} = \frac{\phi'}{\phi_n} \cdot \frac{n'}{n_n} \cdot \frac{K_e}{K_e}$$

$$= \frac{E'}{E_n} = \frac{I_{e'}}{I_n} \cdot \frac{n'}{n_n} \cdot \frac{K_e}{K_e}$$

יחסי כא"מ מהירות

$$\frac{Mem'}{Mem_n} = \frac{I_{a'}}{I_{a_n}} \cdot \frac{\phi'}{\phi_n} \cdot \frac{KM}{KM}$$

$$= \frac{Mem'}{Mem_n} = \frac{I_{a'}}{I_{a_n}} \cdot \frac{I_{e'}}{I_{e_n}} \cdot \frac{KM}{KM}$$

יחסי מומנט זרמים

$$P_{em_n} = E_n \cdot I_{a_n}$$

הספק אלקטרו מגנטי P_{em_n}

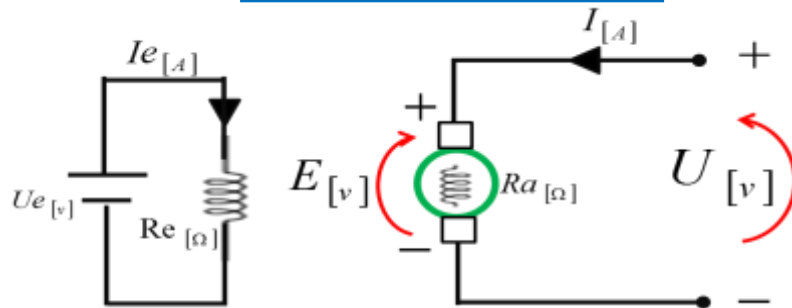
מומנט אלקטרו מגנטי נקוב

מומנט נקוב

$$Mem_n = \frac{P_{em_n} \cdot 9.55}{n_n}$$

$$M_n = \frac{P_2 \cdot 9.55}{n_n}$$

מנוע בעירור זר / נפרד



★ המלצה: לחשב תחילה את כל הערכים הנקובים של המנוע!

משוואת הכא"מ

כא"מ נקוב E_n

$$E_n = U_n - (I_{a_n} \cdot R_a)$$

מתח נקוב U_n

זרם עוגן נקוב I_{a_n}

התנגדות סליל העוגן R_a

$$I_e = \frac{U_e}{R_e} \quad \begin{array}{l} I_e = \text{זרם בסליל העירור} \\ R_e = \text{התנגדות סליל העירור} \end{array}$$

$$P_1 = (U_n \cdot I_n) + (U_e \cdot I_e) \quad P_1 = \text{הספק הנמדד במקור המתח}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad \begin{array}{l} \eta = \text{נצילות} \\ P_2 = P_n = \text{הספק נקוב} \\ P_1 = \text{הספק מקור המתח} \end{array}$$

$$\frac{E'}{E_n} = \frac{\phi' \cdot n' \cdot \cancel{K_e}}{\phi_n \cdot n_n \cdot \cancel{K_e}} = \frac{E'}{E_n} = \frac{I_e' \cdot n' \cdot \cancel{K_e}}{I_n \cdot n_n \cdot \cancel{K_e}} \quad \text{יחסי כא"מ מהירות}$$

$$\frac{M_{em}'}{M_{em_n}} = \frac{I_a' \cdot \phi' \cdot \cancel{KM}}{I_{a_n} \cdot \phi_n \cdot \cancel{KM}} = \frac{M_{em}'}{M_{em_n}} = \frac{I_a' \cdot I_e' \cdot \cancel{KM}}{I_{a_n} \cdot I_{e_n} \cdot \cancel{KM}} \quad \text{יחסי מומנט זרמים}$$

$$P_{em_n} = E_n \cdot I_{a_n} \quad P_{em_n} = \text{הספק אלקטרו מגנטי}$$

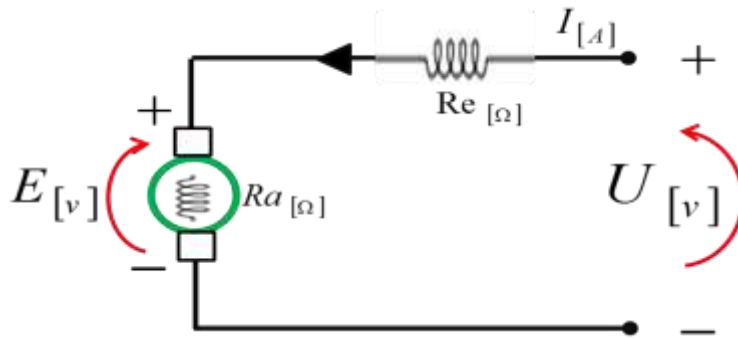
מומנט אלקטרו מגנטי נקוב

מומנט נקוב

$$M_{em_n} = \frac{P_{em_n} \cdot 9.55}{n_n}$$

$$M_n = \frac{P_2 \cdot 9.55}{n_n}$$

מנוע בעירור טורי



★ המלצה: לחשב תחילה את כל הערכים הנקובים של המנוע!

משוואת הכא"מ

E_n = כא"מ נקוב

U_n = מתח נקוב

I_n = זרם נקוב

Ra = התנגדות סליל העווגן

Re = התנגדות סליל העירור

$$E_n = U_n - I_n \cdot (Ra + Re)$$

$$I_n = I_e = I_a \quad \text{זרם אחד במעגל}$$

$$I_n = \frac{P_1}{U_n}$$

$$P_1 = U_n \cdot I_n$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

η = נציילות

$P_2 = P_n$ = הספק נקוב

P_1 = הספק מקור המתח

$$\frac{E'}{E_n} = \frac{\phi'}{\phi_n} \cdot \frac{n'}{n_n} \cdot \frac{Ke}{Ke} = \frac{E'}{E_n} = \frac{I_e'}{I_n} \cdot \frac{n'}{n_n} \cdot \frac{Ke}{Ke}$$

יחסי כא"מ מהירות

$$\frac{Mem'}{Mem_n} = \frac{I_a'}{I_a_n} \cdot \frac{\phi'}{\phi_n} \cdot \frac{KM}{KM} = \frac{Mem'}{Mem_n} = \frac{I_a'}{I_a_n} \cdot \frac{I_e'}{I_e_n} \cdot \frac{KM}{KM}$$

יחסי מומנט זרמים

$$\frac{Mem'}{Mem_n} = \frac{(I_a')^2}{(I_a_n)^2} \cdot \frac{KM}{KM}$$

מאחר וכל הזרמים שווים
נעזר בנוסחא הנ"ל

$$Pem_n = E_n \cdot I_{a_n} \quad Pem_n = \text{הספק אלקטרו מגנטי}$$

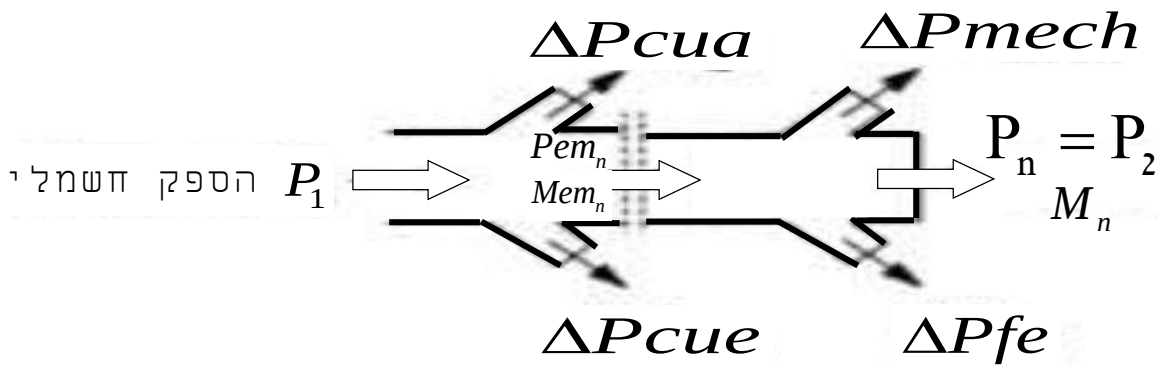
מומנט אלקטרו מגנטי נקוב

מומנט נקוב

$$Mem_n = \frac{Pem_n \cdot 9.55}{n_n}$$

מרצה: רועי שחר

$$M_n = \frac{P_2 \cdot 9.55}{n_n}$$



- $-P_1 [W]$ - ההספק חשמלי הנמסר למנוע ממקור חיצוני.
 $-\Delta P_{mech} [W]$ - ההפסדים המכניים כתוצאה של חיכוך בין ציר העוגן והמסבים בסטטור.
 $-\Delta P_{fe} [W]$ - הפסדי הברזל כתוצאה של חימום הקטבים והפסדים האלקטרומגנטיים.
 $-\Delta P_{cue} [W]$ - הפסדי נחושת בשדה כתוצאה מהפסדי הספק בסלילי השדה.
 $-\Delta P_{cua} [W]$ - הפסדי נחושת בעוגן כתוצאה מהפסדי הספק בסלילי העוגן.
 $-P_{em} [W]$ - ההספק האלקטרומגנטי הנמסר לעוגן והופך להספק מכני.
 $-P_2 [W]$ - ההספק המכאני המתקבל במוצא המנוע והנמסר לעומס.
 $-\Delta P [W]$ - כלל הפסדי ההספק.

$$\Delta P_{mech} + \Delta P_{fe} = P_{em_n} - P_2 \quad \text{הפסדי ריקם (W) (הפסדים קבועים)}$$

$$\Delta P_{cua} = I_a^2 \cdot R_a \quad \text{הפסדי נחושת בעוגן (W)}$$

$$\Delta P_{cue} = I_e^2 \cdot R_e \quad \text{הפסדי נחושת בסלילי העירור (W)}$$

$$P_{em_n} = E_n \cdot I_{a_n} \quad \text{הספק אלקטרו מגנטי = כא"מ כפול זרם ברוטור}$$

$$Mem_n = \frac{P_{em_n} \cdot 9.55}{n_n} \quad \text{מומנט אלקטרו מגנטי ביחידות (NM) ניוטון מטר (Mem' = מומנט נגדי) מומנט הפיתול האלקטרו מגנטי}$$

$$m_n = \frac{P_2 \cdot 9.55}{n_n} \quad \text{מומנט נקוב/על הציר, מומנט הפיתול. נחשב בעזרת ההספק ביציאה. ביחידות ניוטון מטר (NM)}$$

$$P_2' = \frac{M' \cdot n'}{9.55} \quad \text{מציאת P2 חדש}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 \quad \text{נצילות באחוזים}$$

$$M_0 = Mem_n - M_n \quad \text{איבודי מומנט בריקם (NM)}$$

מתאים לכל סוגי המנועים בזרם ישר:

התנעה:

מנוע במצב התנעה צורך זרם עוגן גבוה, והמהירות שווה לאפס.

$$Ia_{Start} = \frac{U_n}{Ra}$$

חישוב זרם התנעה

$$Ia_{Start} = \frac{U_n}{Ra + Rra}$$

Ia_{Start} = זרם התנעה

U_n = מתח המקור

$$R_{Start} = \frac{U_n}{I_{Start}} - Ra$$

$Rra = R_{Start}$ = נגד להגבלת זרם ההתנעה

Ra = התנגדות סליל העוגן

$$\frac{Mem_{Start}}{Mem_n} = \frac{Ia_{Start}}{Ia_n}$$

Mem_{Start} = מומנט אלקטרו מגנטי בזמן ההתנעה

Mem_n = מומנט אלקטרו מגנטי נקוב

$$\frac{M'_{Start}}{M_n} = \frac{Ia_{Start}}{Ia_n}$$

M'_{Start} = מומנט בזמן התנעה

M_n = מומנט נקוב

ריקם:

מנוע במצב זה עובד ללא עומס. זרם העוגן נמוך והכא"מ שווה למתח המקור. לחישוב מהירות הריקם:

$$\frac{Eo}{E_n} = \frac{Ie' \cdot n_o}{I_n \cdot n_n} \cdot \frac{Ke}{Ke}$$

כא"מ בריקם שווה למתח המקור $Eo = U_n$

כא"מ נקוב E_n

מהירות בריקם n_o

$$Mo = Mem_n - M_n$$

חישוב מומנט בריקם\איבודי מומנט בריקם

$$\frac{Mo}{Mem_n} = \frac{Ia' \cdot Ie' \cdot KM}{Ia_n \cdot Ie_n \cdot KM}$$

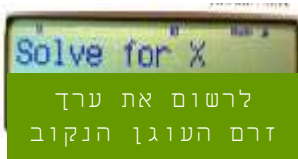
חישוב זרם ריקם מעשי

הוספת נגד בעל ערך לא ידוע בטור לסליל העירור (מקביל/זר)

כאשר מבקשים מאיתנו למצוא ערך נגד לא ידוע שנוסף לסליל העירור וחסר לנו את זרם העירור והעוגן החדשים, ונתון לנו מומנט חדש Mem' (או שנשאר ללא שינוי), ומהירות חדשה n' ניתן לחשבם ע"י שימוש בנוסחא הנ"ל. (לשים לב למיקום של $\frac{n_n}{n'}$ נתוני המהירות)

1. נחשב תחילה את הזרם החדש בעוגן Ia'

$$\frac{Mem'}{Memn} = \frac{Ia'}{Ian} \cdot \frac{U - Ia' \cdot Ra}{U - Ian \cdot Ra} \cdot \frac{n_n}{n'}$$



כאשר המחשבון מבקש "Solv for X" לרשום את ערך זרם העוגן הנקוב במקום ה X.

2. אחרי שמצאנו את Ia' נחזור לנוסחת מומנט זרמים ונמצא את הזרם החדש בעירור Ie' .

$$\frac{Mem'}{Memn} = \frac{Ia'}{Ian} \cdot \frac{Ie'}{Ien} \cdot \frac{Km}{Km}$$

$$Ie' = \frac{Ue}{Re + Rre}$$

3. בעזרת חוק אום נמצא את ערך הנגד שנוסף $Rre/R1$.

הוספת נגד בעל ערך לא ידוע בטור לעוגן (מקביל/זר)

כאשר מוסיפים נגד בעל ערך לא ידוע בטור לעוגן ונתון לנו את המומנט ואת המהירות החדשה n' נחשב תחילה את הערכים הנקובים של המנוע: En Ian Ien נציב בנוסחת מומנט זרמים ונמצא את זרם העוגן החדש Ia'

$$\frac{MEM'}{MEMn} = \frac{Ia'}{Ian} \cdot \frac{Ie'}{Ien} \cdot \frac{Km}{Km}$$

לאחר שמצאנו את זרם העוגן החדש נחזור לנוסחת כא"מ מהירות ונמצא את הכא"מ החדש של המנוע E'

$$\frac{E'}{En} = \frac{Ie'}{Ien} \times \frac{n'}{n} \times \frac{Ke}{Ke}$$

כעת יש לנו זרם עוגן חדש Ia' וגם כא"מ חדש E' בעזרת נוסחת כא"מ נמצא את הנגד שנוסף בטור לעוגן Rra .

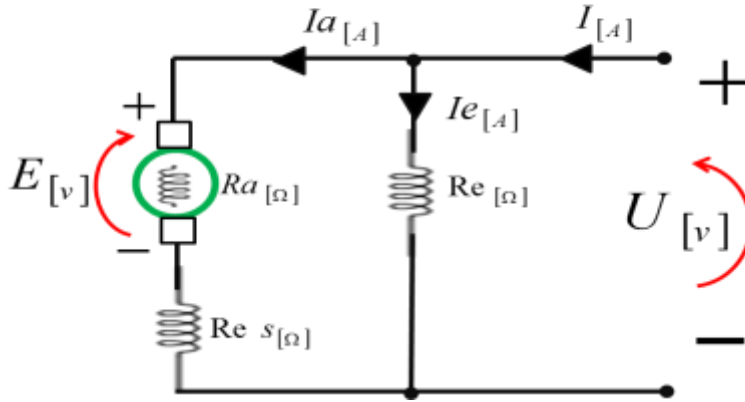
$$E' = U_n - Ia' \cdot (Ra + Rra)$$

√ √ √ √ ?

Copy Rights
Roy Shahar

מנוע עירור מעורב ארוך

הוספת סליל בשורה לעוגן \ הוספת סליל לשדה הטורי



במצב של עירור מעורב ארוך מתווסף:
יש לחשב עירור שקול של המעגל ע"י הנוסחא:

$$\left(N \cdot I \right)_{Total} = \left(N_e \cdot I_e \right) + \left(N_{es} \cdot I_a \right)$$

מס' כריכות N
זרם בסליל I

עירור מתווסף שקול
עירור בסליל המקבילי
עירור נוסף בטור לעוגן

במצב של עירור מעורב ארוך מתחסר, נחשב את העירור השקול בעזרת הנוסחא:

$$\left(N \cdot I \right)_{Total} = \left(N_e \cdot I_e \right) - \left(N_{es} \cdot I_a \right)$$

מס' כריכות N
זרם בסליל I

עירור מתווסף שקול
עירור בסליל המקבילי
עירור נוסף בטור לעוגן

חישוב כא"מ בעירור מעורב ארוך:

$$E = U - I_a \cdot (R_a + R_{es})$$

עירור
שקול
חדש

עבור חישוב זרמי עוגן חדשים נעזר בנוסחא:

$$\frac{Mem'}{Mem_n} = \frac{(N \cdot I)_T}{(N \cdot I)_n} \cdot \frac{I_a'}{I_{a_n}} \cdot \frac{KM}{KM}$$

עירור
נקוב

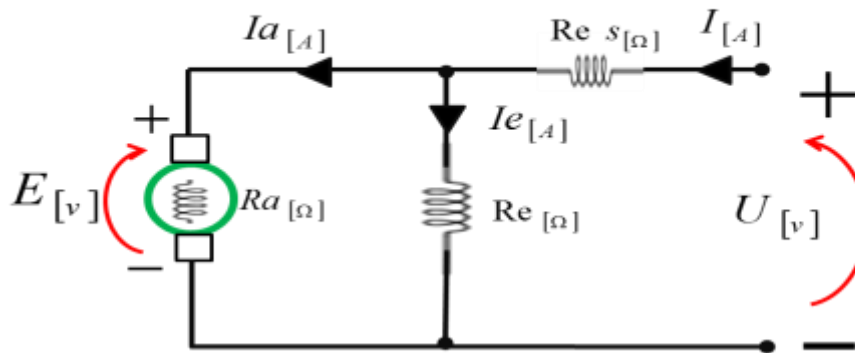
עירור
שקול
חדש

עבור חישוב מהירות נעזר בנוסחא:

$$\frac{E'}{E_n} = \frac{(N \cdot I)_T}{(N \cdot I)_n} \cdot \frac{n'}{n_n} \cdot \frac{Ke}{Ke}$$

עירור
נקוב

מנוע עירור מעורב קצר



במצב של עירור מעורב קצר מתווסף:
יש לחשב עירור שקול של המעגל ע"י הנוסחא:

$$\underbrace{(N \cdot I)_{Total}}_{\text{עירור מתווסף שקול}} = \underbrace{(Ne \cdot Ie)}_{\text{עירור בסליל המקבילי}} + \underbrace{(Nes \cdot Ia)}_{\text{עירור נוסף בטור לעוגן}}$$

N = מס' כריכות
I = זרם בסליל

במצב של עירור מעורב קצר מתחסר, נחשב את העירור השקול בעזרת הנוסחא:

$$\underbrace{(N \cdot I)_{Total}}_{\text{עירור מתווסף שקול}} = \underbrace{(Ne \cdot Ie)}_{\text{עירור בסליל המקבילי}} - \underbrace{(Nes \cdot Ia)}_{\text{עירור נוסף בטור לעוגן}}$$

N = מס' כריכות
I = זרם בסליל

$E = U - (Ia \cdot Ra) - (I \cdot Res)$

חישוב כא"מ בעירור מעורב קצר:

עירור
שקול
חדש

עבור חישוב זרמי עוגן חדשים נעזר בנוסחא:

$$\frac{Mem'}{Mem_n} = \frac{(N \cdot I)_T}{(N \cdot I)_n} \cdot \frac{Ia'}{Ia_n} \cdot \frac{KM}{KM}$$

עירור
נקוב

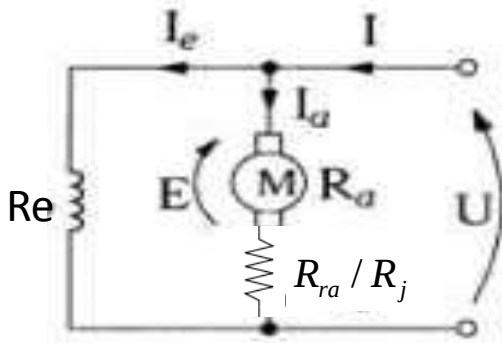
עירור
שקול
חדש

עבור חישוב מהירות נעזר בנוסחא:

$$\frac{E'}{E_n} = \frac{(N \cdot I)_T}{(N \cdot I)_n} \cdot \frac{n'}{n_n} \cdot \frac{Ke}{Ke}$$

עירור
נקוב

הוספת נגד בטור לסליל העוגן תוך כדי פעולת המנוע: תופעות מעבר



כאשר מחברים נגד בטור לסליל העוגן תוך כדי שהמנוע כבר מסתובב חשוב להבין שברגע הראשון הכא"מ אינו משתנה. המהירות לא משתנה, רק זרם העוגן משתנה. תחילה, יש לחשב את הערכים הנקובים של המנוע לאחר מיכן לחשב את הערכים שבהם המנוע עובד. (I_a' E' n')

לאחר שמצאנו את הכא"מ של המנוע לפני הוספת הנגד, נשתמש בנוסחא הנ"ל כדי למצוא את זרם העוגן החדש I_a''

$$E' = Un - I_a'' \cdot (Ra + Rra)$$

כאשר כל הנתונים קיימים, חוץ מזרם העוגן החדש.

לאחר זמן מה, המנוע מתייצב וזרם העוגן חייב לחזור לערכו הקודם באותו מומנט שהיה לפני הוספת הנגד. I_a' לכן המהירות תרד. על מנת למצוא את המהירות החדשה נמצא כא"מ חדש הכולל את הנגד שנוסף בטור לעוגן.

$$E'' = Un - I_a' \cdot (Ra + Rra)$$

כא"מ חדש
זרם עוגן לפני
הוספת נגד

כא"מ חדש
מהירות עם הנגד

$$\frac{E''}{E'} = \frac{n''}{n'} \cdot \frac{I_e}{I_e} \cdot \frac{K_e}{K_e}$$

כא"מ לפני הנגד
מהירות לפני הנגד

לאחר שמצאנו כא"מ חדש E'' נוכל למצוא מהירות חדשה לאחר הוספת הנגד. בעזרת נוסחת כא"מ מהירות זרם העירור בסטטור נשאר ללא שינוי.

Copy Rights
Roy Shahar

הוספת נגד בטור לסליל העירור (למעגל השדה) – תופעות מעבר (זר/מקבילי)

כאשר מוספים נגד לסליל העירור תוך כדי עבודת המנוע, ללא שינוי במומנט. ברגע הראשון $t=0$ השטף לא מספיק להשתנות לכן אין שינוי במהירות או בכא"מ. במידה ומבקשים מהירות עם הוספת הנגד, נחשב זרם עוגן ביחסי מומנט (ללא קשר לנגד) ונמצא מהירות באותו מומנט.

חשוב לזכור: הוספת הנגד לא משפיעה על המהירות וזרם העוגן בזמן $t=0$

בעזרת הנתונים הקיימים נחשב את זרם העוגן החדש I_a' במומנט חדש במידה ונתון. (לדוגמא: אם נתון בשאלה המנוע עובד בחצי מומנט)

$$t=0 \quad \text{נוסחת יחסי מומנט זרמים ברגע } t=0 \quad \frac{Mem'}{Mem_n} = \frac{I_a'}{I_{an}} \times \frac{\phi'}{\phi_n} \times \frac{KM}{KM}$$

לאחר שמצאנו את זרם העוגן החדש I_a' נמצא כא"מ חדש E' נציב את הכא"מ החדש שמצאנו בנוסחת יחסי כא"מ מהירות ונמצא את המהירות החדשה n'

$$\frac{E'}{E_n} = \frac{\phi'}{\phi_n} \cdot \frac{n'}{n_n} \cdot \frac{Ke}{Ke}$$

בסיום תופעות המעבר, I_e' יורד ועל מנת לשמור על מומנט זרם העוגן יעלה. נמצא תחילה את זרם העירור החדש בעזרת הנוסחה

$$I_e' = \frac{U_e}{R_e + R_{re}}$$

אחרי שמצאנו את זרם העירור החדש I_e' נחזור לנוסחת המומנט זרמים ונמצא את זרם העוגן החדש לאחר שהסתיימו תופעות המעבר. הפעם זרם העירור הנקוב I_{en} וזרם העירור תג I_e' מחושבים בנוסחה.

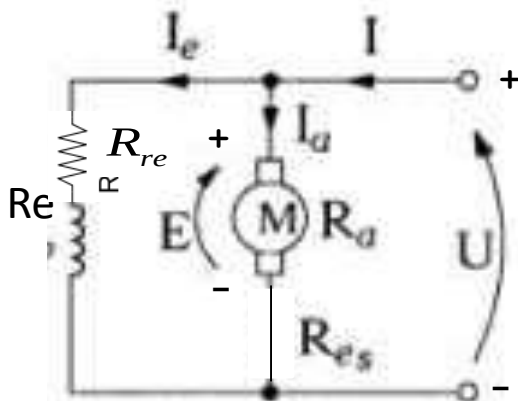
$$\frac{Mem'}{Mem_n} = \frac{I_a'}{I_{an}} \cdot \frac{I_e'}{I_{en}} \cdot \frac{Km}{Km}$$

בעזרת נוסחת הכא"מ נמצא כא"מ חדש E'

$$E' = U_n - (I_a' \times R_a)$$

עכשיו שיש לנו כא"מ חדש וזרם עירור חדש I_e' , נמצא את המהירות n' לאחר התייצבות המנוע ובחלוף תופעות המעבר.

$$\frac{E'}{E_n} = \frac{I_e'}{I_{en}} \cdot \frac{n'}{n_n} \cdot \frac{Ke}{Ke}$$



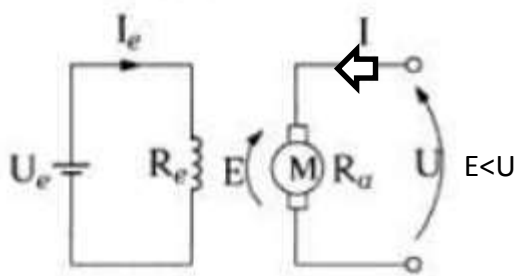
בלימות מנוע DC עירור זר ומקבילי (בלימה גנרטורית)

– כאשר מהירות ציר המנוע גבוהה במידה ניכרת ממהירות הריקם האידיאלית נוצר כא"מ שגדול ממתח הרשת, עקב גדילת הכא"מ כיוון זרם העוגן משנה כיוון, כלומר נכנס אל הרשת. עקב שינוי זרם העוגן נוצר מומנט הפוך בכיוונו למומנט הרגיל. לדוגמא: רכב חשמל שנוסע בירידה תלולה, עקב כך עולה מהירות סיבוב הרוטור ונוצר כא"מ שגודלו עולה על מתח הסוללה.

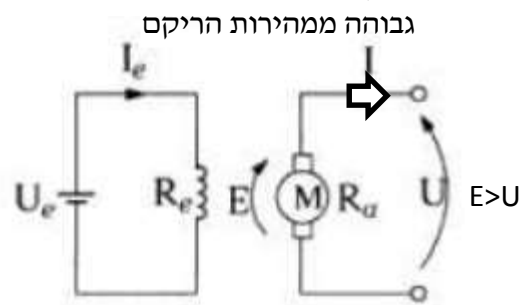
$$E_n = \emptyset \cdot n \cdot K_e$$

$$E > U$$

כיוון הזרם במצב רגיל



כיוון הזרם, כאשר מהירות המנוע גבוהה ממהירות הריקם



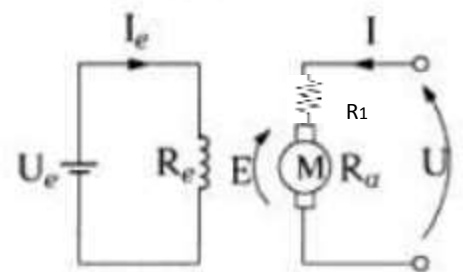
ישנם שלוש שיטות לבלימת מנוע DC

שיטת בלימה גנרטורית:

בשיטה זאת אנחנו מחברים נגד בטור לסליל העוגן על מנת לבלום את המהירות.

$$I_{a'} = \frac{E' - U}{R_a + R_1}$$

על מנת למצוא הנגד המתאים נשתמש בנוסחא:
 $I_{a'}$ זרם העוגן במהירות גבוהה/זרם הבלימה
 E' (Eb) כא"מ במהירות גבוהה
 R_1 (Rb) נגד שנוסף בטור לעוגן

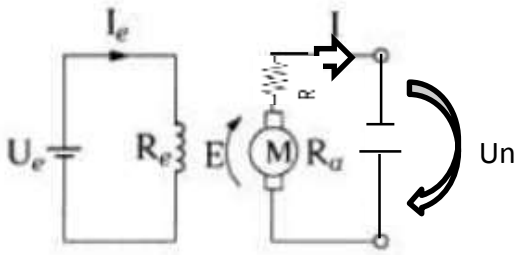


* כאשר מבקשים לחבר נגד על מנת לשמור על זרם עוגן נקוב I_{an}

$$I_{a_n} = \frac{E' - U}{R_a + R_1}$$

תחילה נחשב את הכא"מ במהירות הגבוהה E'
 נציב בנוסחא ונמצא את גודל הנגד R_b/R_1

שיטת בלימה חייבור נגדי



בשיטה זאת, אנו הופכים את קוטביות מתח ההזנה מ U המנוע מנסה לשנות את כיוון הסיבוב הקיים, דבר שגורם לו להאט את המהירות. בשיטה זו למתח ולכא"מ כיוונים זהים, וזרם הרוטור I_a' יכול להגיע לערכים גבוהים מאוד. על מנת להגביל את הזרם נחבר נגד בטור לעוגן. על מנת למצוא הנגד המתאים נשתמש בנוסחא:

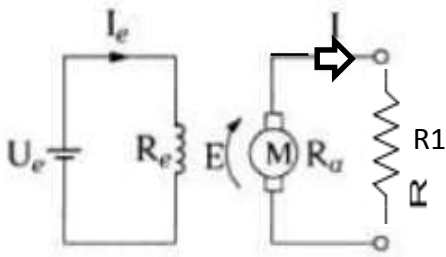
I_a'	זרם העוגן במהירות גבוהה/זרם הבלימה (I_b)
E_n	כא"מ נקוב
R_1	נגד שנוסף בטור לעוגן (R_b)

$$I_a' = \frac{E_n + U_n}{R_a + R_1}$$

הערה: בחייבור נגדי, בסיום תהליך הבלימה. המנוע יסתובב הפוך לכיוונו המקורי, נחשב זרם ומהירות בהתאם למומנט הנתון. מומנט נקוב יגרום לזרם נקוב בכיוון ההופכי ומהירות נקובה בכיוון ההופכי

Copy Rights
Roy Shahar

שיטת בלימה דינמית



בשיטה זאת יש לנתק את מתח ההזנה U ובמקומו לחבר נגד R_1 כתוצאה מחיבור נגד זה, המנוע הופך לגנרטור והנגד הופך לצרכן, כיוון הזרם I_b מתהפך וזורם לכיוון הנגדי.

לכן נרשום את הזרם **במינוס**.

הכא"מ במנוע "מתבזבז" על הנגד עד לעצירתו של המנוע.

כאשר מבקשים לחשב את הנגד, עלינו לחשב את הכא"מ והזרם במנוע ולהכניס לנוסחא:

$$R_1 = \frac{E}{I_b} - R_a$$

$$I_b = \frac{E}{R_a + R_1}$$

כאשר מבקשים את הזרם במצב הבלימה

$$I_b = \frac{E'}{R_a + R_b}$$

כאשר נתון לנו הנגד R_b והמהירות של המנוע n' ומבקשים מאיתנו לחשב מומנט בלימה $M_{em}' = M_b$ נחשב את הכא"מ E' , בעזרת יחסי כא"מ מהירות ונציב בנוסחא לקבלת זרם הבלימה I_b

נציב את הזרם I_b בנוסחת יחסי זרמים מומנט ונמצא את מומנט הבלימה M_b .

$$\frac{M_b}{M_{em_n}} = \frac{I_b}{I_{a_n}}$$

נציין כי הזרם שחושב הוא בכיוון הפוך לזרם הנקוב. (-)
וגם כיוון המומנט הוא בכיוון הפוך. (-)

הערה:

בסוף הבלימה הדינמית מהירות המנוע תגיע ל 0. הכא"מ יהיה 0 וגם זרם העוגן יהיה 0.

דגשים בנושא בלימות:

כאשר מבקשים לחשב **מומנט בלימה אלקטרו מגנטית Mem'**:
נמצא את Mem' בעזרת יחסי מומנט זרמים.
כאשר Ib הוא הזרם בעוגן בזמן תהליך הבלימה.

$$\frac{Mem'}{Mem_n} = \frac{Ib}{Ia_n}$$

כאשר מבקשים לחשב **מומנט בלימה התחלתי:**

$$M_0 = Mem_n - M_n$$

נחשב תחילה מומנט בריקם ע"י הנוסחא:
(מומנט בריקם = מומנט החיכוך)

לאחר מיכן נוסיף את המומנט בריקם למומנט האלקטרו מגנטי

$$M_b = Mem' + M_0$$

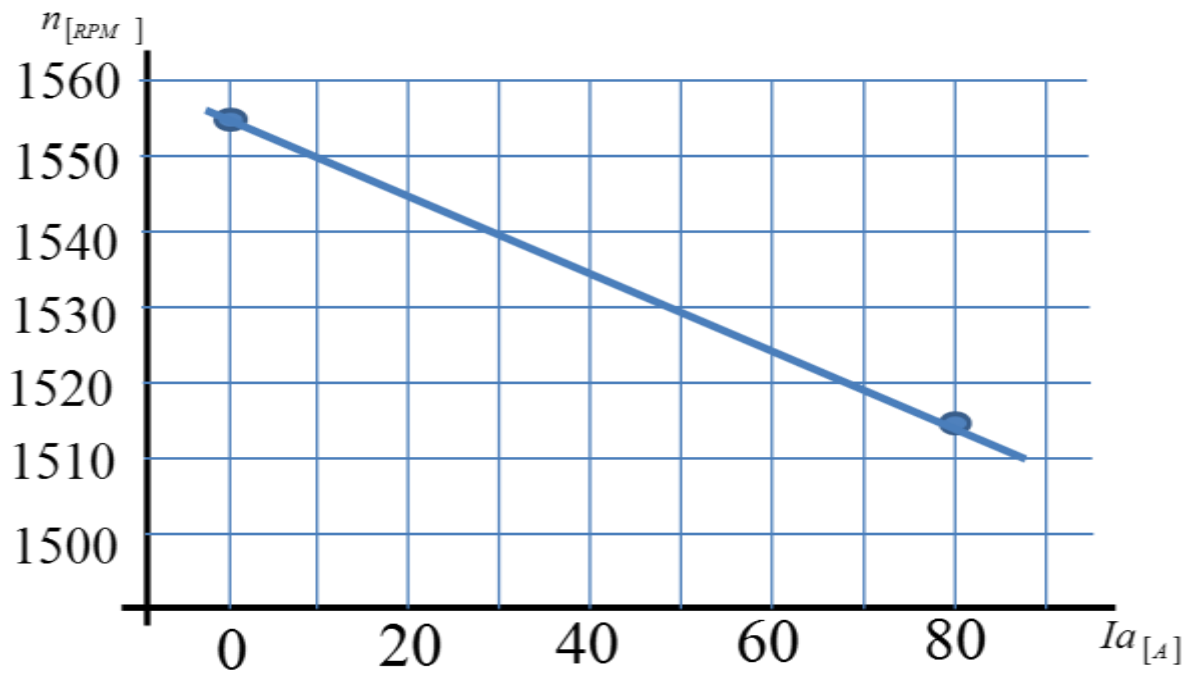
כאשר מבקשים מאיתנו **מומנט בלימה כאשר המנוע עומד/נעצר:**
יש להבין, מנוע עומד אין כא"מ.
והזרם יהיה תוצאה של מתח המקור חלקי ההתנגדות בטור לעוגן.
נחשב תחילה את הזרם במצב זה.

$$Ia' = \frac{U}{Ra + Rb}$$

בעזרת יחסי מומנט זרמים נמצא את מומנט הבלימה במצב זה.

$$\frac{Mb}{Mem_n} = \frac{Ia'}{Ia_n}$$

Copy Rights
Roy Shahar



$$I_a = 0_{[A]} \Rightarrow n = 1555 \text{ [RPM]} \quad \text{זרם בריקים}$$

$$I_a = 80_{[A]} \Rightarrow n = 1515 \text{ [RPM]} \quad \text{זרם נקוב}$$