الآلات الكهربائية /١/

آلات التيار المستمر

الجزء العملي

السنة الثالثة طاقة كهربائية

قسم هندسة الطاقة الكهربائية

الاختصاص : طاقة كهربائية

منشورات جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

الآلات الكهربائية /١/

- آلات التيار المستمر - الجزء العملي

الدكتـــور
علي الجـــازي
أستاذ في قسم هندسة الطاقة الكهربائية

الدكتـــور
عباس صندوق
أستاذ مساعد في قسم هندسة الطاقة الكهربائية

جامعة دمشق

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفهرس

البند	الموضوع	الصفحة
	تقديم	١١
	الفصل الأول: المبادئ المغنطيسية لآلات التيار المستمر	١٣
١-١	مقدمة.	١٣
١-٢	العلاقات العامة اللازمة لحل المسائل.	١٣
١-٣	مسائل محلولة عن الفصل الأول.	٢١
١-٤	مسائل غير محلولة.	٥٨
	الفصل الثاني: المبادئ الكهرطيسية لآلات التيار المستمر.	٦٥
٢-١	مقدمة.	٦٥
٢-٢	العلاقات العامة اللازمة لحل المسائل.	٦٥
٢-٣	مسائل محلولة عن الفصل الثاني.	٦٩
٢-٤	مسائل غير محلولة.	٧٤
	الفصل الثالث: بنية آلة التيار المستمر ونظرية عملها.	٧٥
٣-١	مقدمة.	٧٥
٣-٢	العلاقات العامة اللازمة لحل المسائل	٧٥
٣-٣	مسائل محلولة على الفصل الثالث.	٧٨
٣-٤	مسائل غير محلولة.	١٠١

	الفصل الرابع: دراسة عمل آلة التيار المستمر في حالة اللاحمل والتحميل.	١٠٣
٤-١	مقدمة.	١٠٣
٤-٢	العلاقات العامة اللازمة لحل المسائل.	١٠٣
٤-٣	مسائل محلولة عن الفصل الرابع.	١٠٧
٤-٤	مسائل غير محلولة.	١٣٤
	الفصل الخامس: مولدات التيار المستمر.	١٣٧
٥-١	مقدمة.	١٣٧
٥-٢	العلاقات العامة اللازمة لحل المسائل.	١٣٧
٥-٣	مسائل محلولة عن الفصل الخامس.	١٣٩
٥-٤	مسائل غير محلولة.	١٩٣
	الفصل السادس: محركات التيار المستمر.	٢٠١
٦-١	مقدمة.	٢٠١
٦-٢	العلاقات العامة اللازمة لحل المسائل.	٢٠١
٦-٣	مسائل محلولة عن الفصل السادس.	٢٠٧
٦-٤	مسائل غير محلولة.	٢٦٣
	الفصل السابع : مسائل دورات سابقة	٢٧٣
	أ- مسائل محلولة	٢٧٣
	ب- مسائل غير محلولة	٣٤١
	الفصل الثامن : الاختبارات العملية على آلات التيار المستمر (المولدات والمحركات).	٣٦٣
	مقدمة	٣٦٣
	الغاية من إجراء الاختبارات :	٣٦٣

٨-١	الإجراءات الواجب اتباعها قبل البدء بإجراء الاختبارات:	٣٦٣
٨-١-١	تعليمات عامة حول العمل في مخبر الآلات الكهربائية:	٣٦٣
٨-١-٢	معطيات اللوحة الاسمية للمولد والمحرك:	٣٦٧
	آ- مولد التيار المستمر: D.C Generator	٣٦٧
	ب- محرك التيار المستمر : D.C Motor	٣٦٧
٨-٢	اختبارات الخصائص الرئيسة لمولدات التيار المستمر ذات التهييج المستقل :	٣٦٨
٨-٢-١	اختبار خصائص اللاحمل (اختبار الخصائص المغنطيسية).	٣٦٨
	آ- الغاية من الاختبار.	٣٦٨
	ب- مراحل إجراء الاختبار.	٣٦٨
٨-٢-٢	اختبار خصائص التحميل (اختبار الخصائص المغنطيسية عند التحميل):	٣٧٠
	آ- الغاية من الاختبار.	٣٧٠
	ب- مراحل إجراء الاختبار.	٣٧١
٨-٢-٣	اختبار خصائص التنظيم :	٣٧٣
	آ- الغاية من الاختبار.	٣٧٣
	ب- مراحل إجراء الاختبار.	٣٧٣
٨-٢-٤	اختبار خصائص القصر :	٣٧٤
	آ- الغاية من الاختبار:	٣٧٤
	ب- مراحل إجراء الاختبار.	٣٧٥
٨-٢-٥	اختبار الخواص الخارجية:	٣٧٧
	آ- الغاية من الاختبار.	٣٧٧

	ب- مراحل إجراء الاختبار.	٣٧٧
٨-٣	اختبارات الخصائص الرئيسة لمولدات التيار المستمر ذات التهييج الذاتي:	٣٧٨
٨-٣-١	المولد ذو التحريض التفرعي.	٣٧٨
٨-٣-١-١	اختبار اللاحمل (اختبار الخواص المغنطيسية):	٣٧٨
	آ- الغاية من الاختبار.	٣٧٩
	ب- مراحل إجراء الاختبار.	٣٧٩
٨-٣-١-٢	اختبار خواص التحميل:	٣٨١
	آ- الغاية من الاختبار.	٣٨١
	ب- مراحل إجراء الاختبار.	٣٨١
٨-٣-١-٣	اختبار خصائص التنظيم:	٣٨٢
	آ- الغاية من الاختبار.	٣٨٢
	ب- مراحل إجراء الاختبار.	٣٨٢
٨-٣-١-٤	اختبار خصائص القصر :	٣٨٢
٨-٣-١-٤	اختبار الخصائص الخارجية مع وجود أقطاب تبديل C.P في المولد:	٣٨٢
	آ- الغاية من الاختبار.	٣٨٢
	ب- مراحل إجراء الاختبار.	٣٨٣
٨-٣-١-٥	اختبار الخصائص الخارجية بدون وجود أقطاب تبديل C.P في المولد:	٣٨٣
٨-٣-٢	الخواص الرئيسة للمولد ذي التحريض التسلسلي :	٣٨٤
٨-٣-٢-١	اختبار الخواص الخارجية:	٣٨٤
	آ- الغاية من الاختبار.	٣٨٤

	ب- مراحل إجراء الاختبار.	٣٨٥
٨-٣-٣	الخواص الرئيسة للمولد ذي التحريض المركب :	٣٨٦
٨-٣-٣-١	الخواص الخارجية لمولد ذي تحريض مركب تكاملي .	٣٨٦
	آ- الغاية من الاختبار.	٣٨٦
	ب- مراحل إجراء الاختبار.	٣٨٦
٨-٣-٣-٢	الخواص الخارجية لمولد ذي تحريض مركب تفاضلي:	٣٨٧
	آ- الغاية من الاختبار.	٣٨٧
	ب- مراحل إجراء الاختبار.	٣٨٧
٨-٤	اختبارات الخصائص الرئيسية لمحركات التيار المستمر:	٣٨٨
	آ - الخصائص الكهربائية.	٣٨٨
	ب - الخصائص الميكانيكية.	٣٨٩
٨-٤-١	الخصائص الكهربائية والميكانيكية للمحرك التفرعي:	٣٨٩
	- خطوات العمل.	٣٨٩
٨-٤-٢	تنظيم السرعة عند استطاعة ثابتة.	٣٩٠
	- خطوات العمل .	٣٩٠
٨-٤-٣	اختبار الخصائص الكهربائية والميكانيكية للمحرك التسلسلي:	٣٩١
	- الغاية من الاختبار .	٣٩١
	- خطوات إجراء الاختبار .	٣٩٢
٨-٤-٤	اختبار الخواص الكهربائية والميكانيكية لمحرك مركب (تفاضلي) :	٣٩٣
	- الغاية من الاختبار .	٣٩٣
	- خطوات إجراء الاختبار .	٣٩٣

٨-٤-٥ اختبار الخواص الكهربائية والميكانيكية لمحـــرك مركـــب (تكاملي): ٣٩٤
المراجع ٣٩٧

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

مقـــدمة

يتضمن هذا الكتاب مجموعة كبيرة من المسائل المحلولة التي تتعلــق بمقــرر الآلات الكهربائية/١/ – (آلات التيار المستمر) . لطلاب السنة الثالثة قسم هندســة الطاقــة الكهربائية في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة دمشق ، بالإضافة إلــى مجموعة أخرى من المسائل غير المحلولة، إضافة إلى الاختبارات الخاصة بآلات التيار المستمر.

إن الغاية من هذه المسائل هي استكمال وترسيخ المبادئ النظرية التي يتلقاها الطالــب في مقرر الآلات الكهربائية /١/ – الجزء النظري، وتعميق مفهومه وإلقاء الضوء على التطبيقات العملية للآلات الكهربائية عامة وآلات التيار المستمر خاصة، وقبل البدء في حل أي مسألة تم وضع الهدف منها و في نهايــة الحــل تــم وضــع الاســتنتاجات والتطبيقات العملية المستفاد منها ومن النتائج العددية لحلول هذه المسألة.

قُسمت فصول هذا الكتاب بحيث تغطي المسائل المحلولة وغير المحلولة لمقرر الآلات الكهربائية / ١ / –الجزء النظري. حيث وزعت إلى فصول أعطيت هــذه الفــصول أسماء الفصول نفسها التابعة لها في ذلك الكتاب حيث استهل كل فصل منهــا بــسرد للعلاقات الرياضية الواردة في ذلك الفصل مع شرح موجز عنها يتيح للطالب تفهم حل هذه المسائل دون الرجوع إلى هذه العلاقات في الكتاب النظري.

آملين أن نكون قد وفقنا في وضع لبنة متينة في بناء صرح الوطن العزيــز وتقــديم مادة مفيدة لهذا الجيل الغالي من طلابنا والله ولي التوفيق.

دمشق في ٢٠١٣

المؤلفان

أ.د. علي الجــازي **أ.م.د. عباس صندوق**

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الأول

المبادئ المغنطيسية للآلات الكهربائية

١-١: مقدمة:

يحتوي هذا الفصل مجموعة العلاقات الأساسية ،ومجموعة من المسائل المحلولة وغير المحلولة المتعلقة بالدارات المغنطيسية عامة وبالدارة المغنطيسية للآلة الكهربائية الدوارة خاصة، بالإضافة إلى منحنيات توزع القوة المحركة المغنطيسية وشدة الساحة المغنطيسية وكثافة السيالة في هذه الآلات (**آلات التيار المستمر**).

١-٢: العلاقات العامة :

- **العلاقة بين التيار الكهربائي وشدة الساحة (علاقة أمبير):**

$$\int H \cdot d\ell = \sum I \qquad (1)$$

H : شدة الساحة على مسار ما من مساراتها المغلقة .

d : عنصر الطول من ذلك المسار .

I : مجموع التيارات التي يحيط بها هذا المسار.

- **العلاقة بين التيار الكهربائي وشدة الساحة في دارة مثالية أو حديدية :**

$$H = \frac{I \cdot N}{\ell} \qquad (2)$$

H : شدة الساحة ضمن الدارة على المسار الوسطي أو أي مسار آخر مغلق .

ℓ : طول المسار .

N : عدد اللفات على تلك الدارة .

I : التيار المار في هذه اللفات .

- **العلاقة بين شدة الساحة والسيالة وكثافة السيالة :**

$$\phi = \mu \cdot H \cdot S \quad ; \qquad (3)$$

$$H = B = \frac{\phi}{S} \quad ; \qquad (4)$$

ϕ : السيالة المغنطيسية ضمن الدارة (أو التدفق) .

B: كثافة السيالة .

μ : عامل النفاذية للدارة .

H: شدة الساحة **(سبق تعريفها في الفقرة السابقة)** .

$\mu = \mu_o \mu_r$ ، μ_r : عامل النفاذية النسبي للمادة .

μ_o : عامل النفاذية للهواء .

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \quad \frac{Henry}{m}$$

ملاحظة العلاقات (١) ،(٢)، (٣) ، (٤) يمكن تطبيقها على كامل الدارة المغنطيسية وتكون فيها قيمة ℓ موافقة لطول الدارة أو طول المسار الوسطي في الدارة المغنطيسية ، و يمكن تطبيقها على كل نقطة من نقاط هذه الدارة ويكون قيمة ℓ موافقة للمسار المار من تلك النقطة وقيمة B تعني عند ذلك كثافة السيالة النقطية حول ذلك المسار .

- **علاقة أوم في الدارات المغنطيسية :**

$$\phi = \frac{I \cdot N}{R_m} = \frac{F}{R_m} = \frac{M.M.F}{R_m}$$

أو

$$I \cdot N = \phi \cdot R_m$$

حيث: (I.N), (F), (M.M.F) : رموز للقوة المحركة المغنطيسية ، ويمكن استخدام أي منها في حل المسائل والتطبيقات العملية

R_m , r_m : رموز المقاومة المغنطيسية .

ϕ : السيالة المغنطيسية **(سبق تعريفها في الفقرات السابقة)** .

تعطى المقاومة المغنطيسية للدارة بالعلاقة الآتية :

$$R_m = \frac{\ell}{\mu.S}$$

حيث:

ℓ: طول الدارة المغنطيسية أو طول المسار المغنطيسي الوسطي فيها أو طول الجزء من الدارة المراد حساب مقاومته .

S: سطح هذا الجزء الذي تخترقه خطوط السيالة .

μ : ثابت النفاذية لمادة الدارة .

- قوانين كيرشوف الأول والثاني في الدارات المغنطيسية :

١- مجموع السيالات المغنطيسية في دارة أو نقطة من دارة مغنطيسية يساوي الصفر .

$$\sum \phi = 0$$

٢- القوى المحركة المغنطيسية وهبوط الكمون المغنطيسي في دارة مغنطيسية مغلقة يساوي الصفر

$$\sum F + \sum \phi \cdot R_m = 0$$

حيث:

$\sum F$: مجموع القوى المحركة المغنطيسية المطبقة على الدارة .

$\sum \phi Rm$: مجموع هبوطات الكمون المغنطيسية الناتجة من مرور السيالة في تلك الدارة.

- نظرية التراكم :

تطبق نظرية التراكم في الدارات المغنطيسية أو في أجزاء منها عندما يمكن اعتبار أن μ ثابتة مهما زادت قيمة السيالة في ذلك الجزء أو الدارة ، وتنص هذه النظرية على أن السيالة الكلية الناتجة من عدة منابع للقوى المحركة المغنطيسية مطبقة

على دارة مغنطيسية (أو جزء منها) تساوي المجموع الجبري لسيالات هذه المنابع فيما لو طبق كل منها على حدة.

- العلاقة بين السيالات المفيدة والمتشردة والكلية :

$$\phi_{total} = \phi_u + \phi_L = K_L \cdot \phi$$

$\phi = \phi_{total}$: السيالة الكلية الناتجة من تطبيق قوة محركة مغنطيسية على دارة معينة .

ϕ_u : السيالة المفيدة أو المارة من المجال الذي نبغي الاستفادة خلاله من هذه السيالة .

ϕ_L : السيالة المتشردة خارج هذا المجال .

K_L : عامل التشرد وهو أكبر من الواحد في الدارات العملية ويساوي الواحد في الدارات المثالية .

١-٢-١: الوحدات

آ ـ في جملة : MKS.A

١- تقدر السيالة ϕ بالويبر (Weber) ويرمز لها بـ Wb والويبر هو: 1Wb=1 V.S

٢- تقدر كثافة السيالة B بالويبر على المتر المربع ويرمز لها بـ Wb/m^2 ، وتسمى هذه الوحدة أيضاً تسلا (Tesla) .

٣- تقدر شدة الساحة بالأمبير على المتر ويرمز لها بـ A/m أو بالأمبير لفة على المتر ويرمز لها $A.T/m$.

٤- تقدر القوة المحركة المغنطيسية M.M.F بالأمبير لفة ويرمز لها بـ A.T .

٥- يقدر عامل النفاذية μ بالهنرى على المتر ويرمز له : $\frac{Henry}{m}$ ، قيمة μ_o هي $\mu_o = 4\pi \times 10^{-7} \ \frac{Henry}{m}$.

ـ تقدر المقاومة المغنطيسية R_m بمقلوب **الهنري** ويرمز لها بـ $\frac{1}{Henry}$.

ب ـ في جملة :CGS MO

١ ـ تقدر السيالة ϕ **بالمكسويل** (Maxell) ويرمز لها بـ Mx وتسمى أحياناً الخط Line .

٢ ـ تقدر كثافة السيالة B بالغوص Gauss ويرمز له بـ GS .

٣ ـ تقدر شدة الساحة بالاورستد Oersted ويرمز لها بـ Oe .

٤ـ تقدر القوة المحركة المغنطيسية بالجليبرت Gilbert ويرمز لها بـ Ge .

قيمة عامل النفاذية للهواء $\mu_o = 1$.

جـ ـ معاملات التحويل بين الجملتين :

$$1\text{Wb}=10^8\ \text{Mx}$$

$$1\frac{Wb}{m^2}=10^4\ \ Gs$$

$$1A.T=\frac{10}{4\pi}=\frac{1}{1.25}\ \ Gb$$

$$1\frac{A.T}{m}=\frac{10^{-1}\ \ Gb}{4\pi\ \ c.m}=\frac{10^{-1}}{4}\quad Oe$$

$$1\ \text{Mx}=10^{-8}\ \ \text{Wb}$$

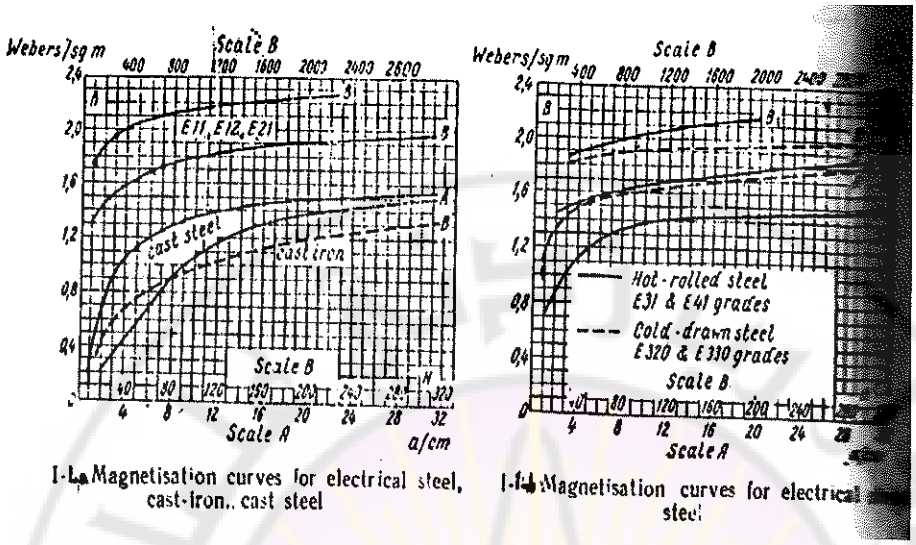
$$1GS=10^{-4}\ \ Wb/m^2$$

$$1Gb=\frac{4\pi}{10}=1.25\ \ A.T$$

$$1Oe=4\pi\times 10\quad A.T/m$$

١-٢-٢: منحنيات الخصائص المغنطيسية وجداول الضياعات :

آ ـ منحنيات الخصائص المغنطيسية لصفائح الحديد الكهربائي المنتجة في الاتحاد السوفياتي.



I-4a Magnetisation curves for electrical steel, cast-iron, cast steel

I-4b Magnetisation curves for electrical steel

شكل (١-١)

- ملاحظات حول التعابير والرموز :

حديد الصب : Cast Iron

فولاذ صب : Cast Steel

صفائح الفولاذ: Sheet Steel

تميز صفائح الفولاذ المستخدم في تصنيع الآلات والدارات المغنطيسية في بعض النظم بأحرف وأرقام مثل **E320** المبينة على المنحنيات، حيث الرمز E يدل على أنها صفائح فولاذ كهربائي، والعدد الذي يليه يدل على درجة السيلفون، حيث توزع نسب السيلفون إلى أربع درجات الرقم "١" : يعني درجة منخفضة و " ٤" يعني أعلى نسبة. الرقم الذي يلي الرقم الأول يدل على درجة الضياع في الصفائح، حيث العدد واحد يعطى للضياع في صفائح الفولاذ العادية والرقم "٣ " يعطى لأقل الصفائح ضياعاً ، أما الرقم "0 " عند وجوده فيدل على أن الصفائح مسحوبة على البارد .

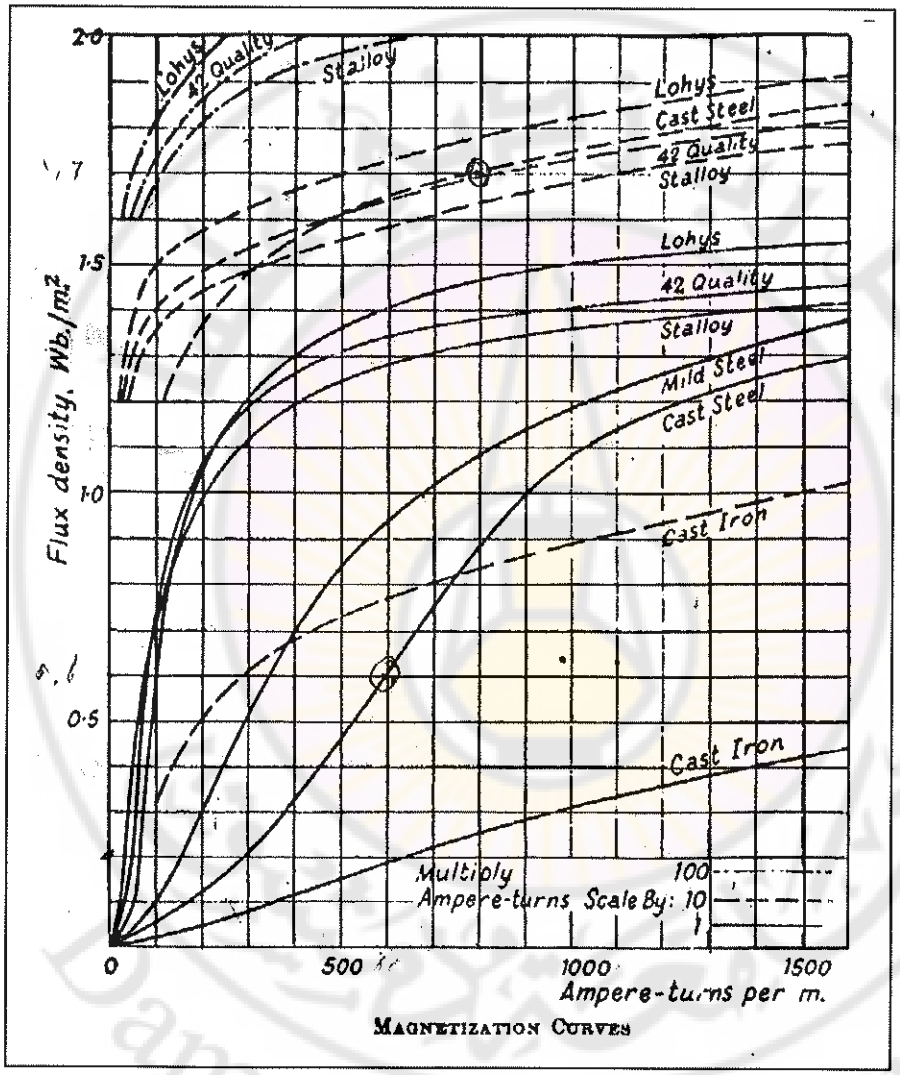
Sheet steel grade	Standard Sheet thickness mm	Flux density weber/m^2 for magnetizing force . Ampere – turns per cm					Specific losses . Watt per kg		
		B10	B25	B50	B100	B300	ρ 1.0/50	ρ 1.5/50	ρ 1.7/50
			Not less than				Not over		
E11	1.0	-	1.50	1.62	1.75	1.97	5.80	13.4	-
E11	0.50	-	1.50	1.62	1.75	1.97	3.30	7.90	-
E12	0.50	-	1.49	1.61	1.74	1.96	2.80	6.80	-
E21	0.50	-	1.48	1.59	1.73	1.94	2.50	6.10	-
E31	0.50	-	1.46	1.57	1.70	1.90	2.00	4.50	-
E31	0.35	-	1.46	1.57	1.70	1.90	1.60	3.60	-
E41	0.50	1.30	1.45	1.56	1.68	1.88	1.60	3.60	-
E42	0.50	1.29	1.44	1.55	1.67	1.87	1.40	3.20	-
E43	0.50	1.28	1.43	1.54	1.66	1.87	1.25	2.90	-
E41	0.35	1.30	1.45	1.56	1.68	1.88	1.35	3.20	-
E42	0.35	1.29	1.44	1.55	1.67	1.87	1.20	2.80	-
E43	0.35	1.28	1.43	1.54	1.66	1.87	1.05	2.50	-

جدول رقم (١-١) .

يدل الرمز $\rho 1.5/50$ مثلاً على أن ρ تعني الضياع مقدراً بالوات لكل كيلو غرام من وزن الدارة الرقم 1.5 يعني هذا الضياع عند كثافة سيالة قدره $1.5\ Wb/m^2$ ، و الرقم 50 يدل على تردد قدره 50 c/s وهكذا بالنسبة لباقي الرموز.

Damascus University

ب ــ منحنيات الخواص المغنطيسية لبعض المواد المغنطيسية المتعارف عليها في المراجع الإنكليزية



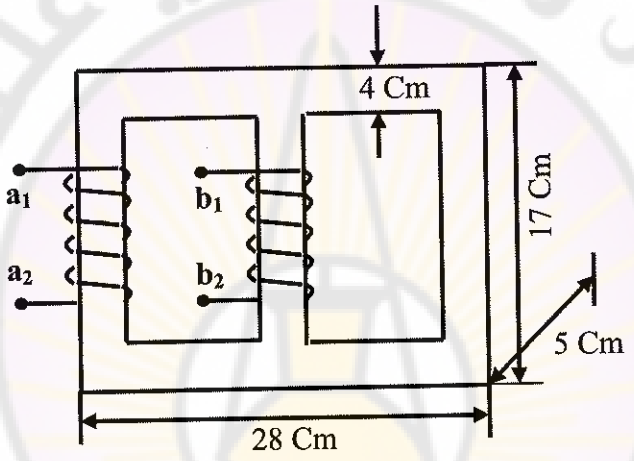
(شكل ١-٢)

١-٣: المسائل المحلولة

- المسألة /١/

بفرض أن عدد لفات كل ملف من الملفين الموضوعين على فرعي الدارة المغنطيسية المبينة بالشكل (١-٣) يساوي 100 لفة وكان اتجاه اللف واحداً بالنسبة للملفين.

احسب قيمة كثافة السيالة المغنطيسية في كل فرع من فروع الدارة، وحدد اتجاهها إذا كان عامل النفاذية النسبي للمادة $\mu_r=2000$ وذلك في الحالات الآتية:



الشكل(١-٣)

آ- إذا مر تيار شدته 1A من الملف الأول متجهاً من a_1 إلى a_2 فقط .

ب- إذا مر تيار شدته 1A من الملف الثاني متجهاً من b_1 إلى b_2 فقط .

جـ- إذا مر تيار شدته 1A من الملفين معاً وبنفس الاتجاه السابق.

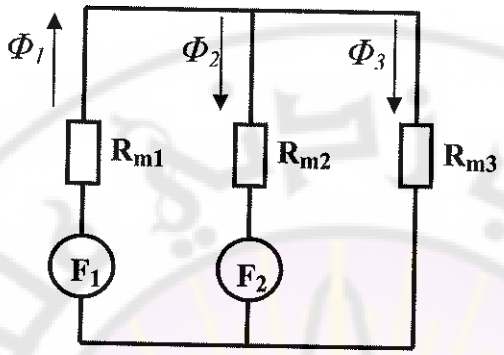
د- إذا تم عكس اتجاه التيار في الملف الثاني وأصبح من b_2 إلى b_1 مع بقاء مرور التيار في الملف الأول من a_1 إلى a_2 .

الغاية من المسألة : مراجعة قوانين الدارات المغنطيسية وتوضيح كيفية تطبيق نظرية التراكم لحساب السيالة الناتجة من عدة منابع للقوى المحركة المغنطيسية.

الحـــل :

يمكن استبدال الدارة السابقة بالدارة الرمزية(المكافئة) شكل (١-٤)

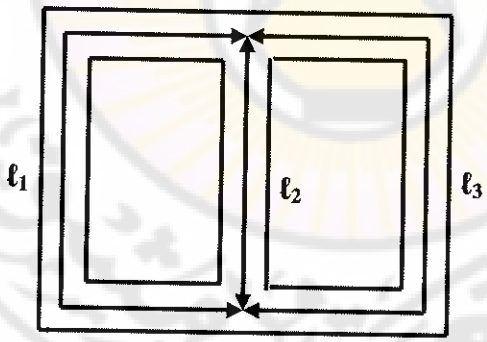
حيث :



الشكل(١-٤)

$$R_{m1}=\frac{\ell_1}{\mu\cdot s},\quad R_{m2}=\frac{\ell_2}{\mu\cdot s},\quad R_{m3}=\frac{\ell_3}{\mu\cdot s}$$

حيث مقطع الدارة المغنطيسية s واحد لجميع الفروع ، أما الأطـــوال ℓ_3 ، ℓ_2، ، ℓ_1 فهي مبيّنة على الشكل (١-٥)



شكل (١-٥)

من الشكل نجد :

$$\ell_1=\ell_3=2\times(14-2)+(17-4)=37\ \ Cm\ =37\times10^{-2}\ \ m$$

$$\ell_2=17-4=13\,Cm=17\times10^{-2}\ \ m$$

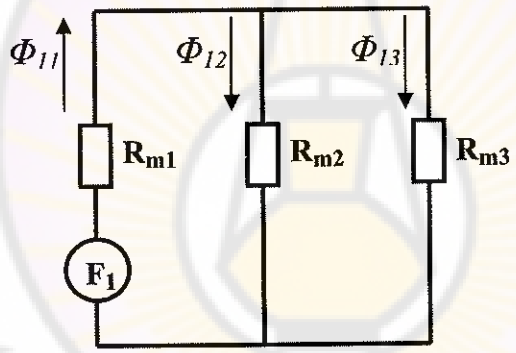
$$S = 4 \times 5 = 20\ Cm^2 = 20 \times 10^{-4}\ m^2$$

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r = 4 \times \pi \times 10^{-7} \times 2000 = 8\pi \times 10^{-4} \quad \frac{Henry}{m}$$

$$R_{m1} = R_{m3} = \frac{3.7 \times 10^{-2}}{8\pi \times 10^{-4} \times 20 \times 10^{-4}} = 0.763 \times 10^5 \quad \frac{1}{Henry}$$

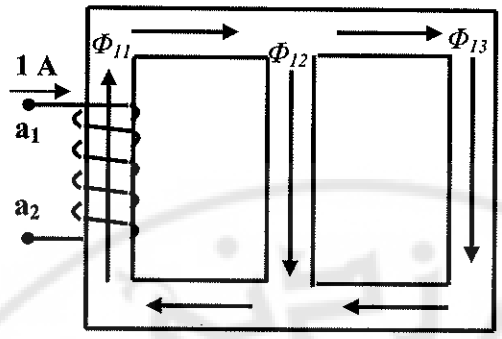
$$R_{m2} = \frac{13 \times 10^{-2}}{8\pi \times 10^{-4} \times 20 \times 10^{-4}} = 0.259 \times 10^5 \quad \frac{1}{Henry}$$

آ): تحديد قيمة السيالة وكثافة السيالة في كل فرع من فروع الدارة واتجاهها عندما يمر تيار قدره A 1 متجهاً من a_1 إلى a_2 فقط. في هذه الحالة تصبح الدارة الرمزية(المكافئة) هي كما في الشكل (١-٦).



الشكل(١-٦)

كما يمكن توضيح اتجاه مرور السيالات في الأفرع الثلاث حسب قاعدة دوران التيار التي تنص على أنه إذا كان الدوران في الملف من الجهة التي ننظر إليها عكس دوران عقارب الساعة كانت السيالة تنطلق من هذا الوجه (أي كأنه قطب شمالي) وعليه اتجاه السيالات في هذه الحالة مبين على الشكل (١-٧) .



شكل (١-٧)

من الدارة المبينة في شكل (١-٦) يمكن أن نكتب:

$$\phi_{11} = \frac{F_1}{R_{m1} + (R_{m2} // R_{m3})} = \frac{F_1}{R_{m1} + \frac{R_{m2} \cdot R_{m3}}{R_{m2} + R_{m3}}} \quad , \quad F_1 = I_1 \cdot N_1$$

$$\phi_{11} = \frac{1 \times 100}{(73.6 + \frac{73.6 \times 25.9}{73.6 + 25.9}) \times 10^3} = 1.078 \times 10^{-3} \quad Wb$$

$$B_{11} = \frac{\phi}{S} = \frac{1.078 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-4}} = 0.539 \quad Wb/m^2$$

لحساب السيالة ϕ_{12} و ϕ_{13} نكتب قانون كيرشوف الأول في النقطة O حيث أن:

$$\phi_{11} = \phi_{13} + \phi_{12}$$

كما أن هبوط الكمون المغنطيسي واحد بين النقطة O و'O سواء حسب عن طريق الفرع ٢ أو عن طريق الفرع ٣ أي :

$$\phi_{12} \cdot R_{m2} = \phi_{13} \cdot R_{m3}$$

من العلاقتين نجد أن :

$$\phi_{12} = \frac{R_{m3} \cdot \phi_{11}}{R_{m2} + R_{m3}}$$

$$\phi_{13} = \frac{R_{m2} \cdot \phi_{11}}{R_{m2} + R_{m3}}$$

وعليه :

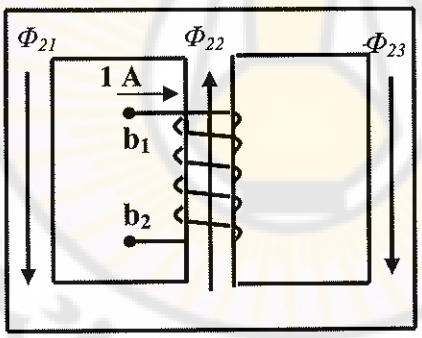
$$\phi_{12} = \frac{73.6 \times 10^3}{(73.6 + 25.9) \times 10^3} \times 1.078 \times 10^{-3} = 0.797 \times 10^{-3} \quad Wb$$

$$\phi_{13} = \frac{25.9 \times 103}{(73.6 + 25.9) \times 103} \times 1.078 \times 10^{-3} = 0.281 \times 10^{-3} \quad Wb$$

$$B_{12} = \frac{\phi_{12}}{S} = \frac{0.797 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-4}} = 0.399 \quad Wb/m^2$$

$$B_{13} = \frac{\phi_{13}}{S} = \frac{0.281 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-4}} = 0.141 \quad Wb/m^2$$

ب): عندما يمر تيار في الملف الثاني فقط متجهاً من b_1 إلى b_2 . في هذه الحالة يصبح اتجاه السيالة في الفروع الثلاثة كما هو مبين بالشكل (١-٨) بالخط الكامل. كما تصبح الدارة الرمزية لها كما هو مبين في الشكل (١-٩)، وانطلاقاً من هذا الشكل نكتب:



شكل (١-٨)

$$\phi_{22} = \frac{F_2}{R_{m2} + (R_{m1} // R_{m3})} = \frac{F_2}{R_{m2} + \frac{1}{2} R_{m1}} \quad , \quad F_2 = I_2 \cdot N_2$$

$$\phi_{22} = \frac{1 \times 100}{(25.9 + \frac{1}{2} \times 73.6) \times 10^3} = 1.595 \times 10^{-3} \quad Wb$$

ونظراً لكون: $R_{m1}= R_{m3}$

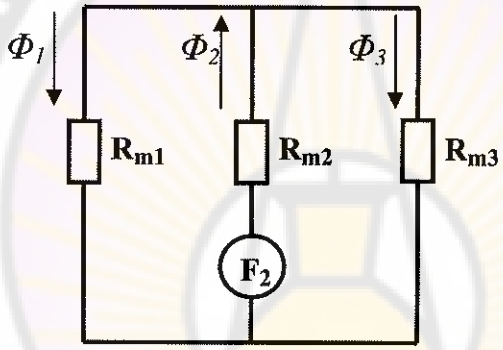
فإنه مباشرة

$$\phi_{21} = \phi_{23} = \frac{\phi_{22}}{2}$$

$$\phi_{21} = \phi_{23} = \frac{1.595}{2} = 0.798 \times 10^{-3} \quad Wb$$

$$B_{22} = \frac{\phi_{23}}{S} = \frac{1.595 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-4}} = 0.798 \quad Wb/m^2$$

$$B_{21} = B_{23} = \frac{\phi_{21}}{S} = \frac{0.798 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-4}} = 0.399 \quad Wb/m^2$$



الشكل(١-٩)

جـ): عند مرور تيار في كلا الملفين وبنفس الاتجاه الذي ورد في الطلبين (أ) و (ب) ,فإنه يمكن حساب السيالات الناتجة في فرع بتطبيق نظرية التراكم بعد الأخذ بالحسبان اتجاه السيالات الواردة على الشكلين (١-٧) و(١-٨)، وبفرض أن ϕ_1 السيالة المارة في الفرع الأول و ϕ_2 السيالة المارة في الفرع الثاني و ϕ_3 السيالة المار في الفرع الثالث فإن :

$$\phi_1 = \phi_{11} - \phi_{21} = (1.078 - 0.798) \times 10^{-3} \; Wb$$

$$\phi_1 = 0.28 \times 10^{-3} \quad Wb$$

$$B_1 = \frac{0.28\times10^{-3}}{20\times10^{-4}} = 0.14 \quad Wb/m^2$$

$$\phi_2 = \phi_{22} - \phi_{12} = (0.798 - 0.797)\times10^{-3} = 0 \ Wb$$

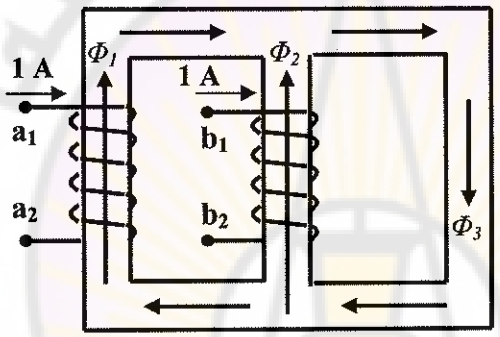
$$B_2 = 0 \ \ Wb/m^2$$

$$\phi_3 = \phi_{13} + \phi_{23} = (0.281 + 0.798)\times10^{-3} \quad Wb$$

$$\phi_3 = 1.079\times10^{-3} \ \ Wb$$

$$B_3 = \frac{1.079\times10^{-3}}{20\times10^{-4}} = 0.54 \quad Wb/m^2$$

اتجاه السيالات الثلاث كما هو مبين بالشكل (١-١٠).



شكل (١-١٠)

د): عندما يمر تيار في الملف الثاني متجهاً من b_2 إلى b_1 فإن اتجاه السيالات في الفروع الثلاثة والمبينة على الشكل (١-٨) ينعكس كما هو مبين بالخط الكامل ويصبح وفق الخط المنقط المبين على ذلك الشكل، فإذا رمزنا في هذه الحالة بـ ϕ_1' , ϕ_2' , ϕ_3' للسيالات المبينة بالفروع الثلاثة واعتبرنا أن الاتجاه الموجب للسيالات نحو الأعلى المبينة بالفروع الثلاثة يمكن أن نكتب:

$$\phi_1' = \phi_{11} + \phi_{21} = (1.078 + 0.798)\times10^{-3} \quad Wb$$

$$\phi_1' = 1.876\times10^{-3} \ \ Wb$$

$$B_1' = \frac{1.876\times10^{-3}}{20\times10^{-4}} = 0.938 \quad Wb/m^2$$

$$\phi'_2 = \phi_{21} - \phi_{22} = -(0.798 + 0.797) \times 10^{-3} \quad Wb$$

$$\phi'_2 = -1.595 \times 10^{-3} \quad Wb$$

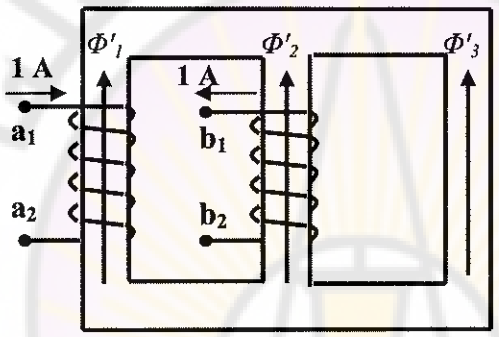
$$B'_2 = 0.798 \quad Wb/m^2$$

$$\phi'_3 = \phi_{23} - \phi_{31} = (0.798 - 0.281) \times 10^{-3} \quad Wb$$

$$\phi'_3 = 0.527 \times 10^{-3} \quad Wb$$

$$B'_3 = 0.258 \quad Wb/m^2$$

اتجاه السيالات في هذه الحالة كما هو مبين على الشكل (١-١١)



الشكل(١-١١)

الاستنتاجات :

ـ نلاحظ أننا بالاعتماد على نظرية التراكم أمكن بسهولة الحصول على قيم السيالات الثلاث في الطلب جـ و د بالاعتماد على نتائج الطلبين آ و ب

ـ يمكن الحصول على قيمة سيالة عالية أو كثافة سيالة عالية في أحد فروع الدارة المغنطيسية دون أن يكون على هذا الفرع أية ملفات ، كما هي الحال في الفرع ٣ في الطلب جـ ، كما يمكن جعل السيالة المارة في أحد الفروع معدومة كما هي الحال في الفرع ٢ في نفس الطلب جـ.

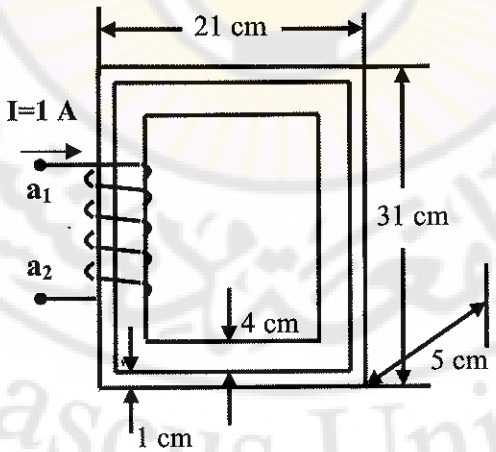
ـ يمكن تغير قيمة واتجاه السيالة المارة من أحد الفروع بتغيير في قيمة واتجاه التيار المار في أحد الملفات كما هي الحال في الملف الثاني، حيث بين قيمة التيار 1A في

الطلب جـ وبين قيمته في الطلب د الذي هو 1A باتجاه معاكس أي (-1A) تغيرت قيمة كثافة السيالة في ذلك الفرع من 0 إلى $0.798\ Wb/m^2$.

كما أن كثافة السيالة تغيرت بالفرع الثالث من $-0.54\ Wb/m^2$ (نحو الأسفل إلى $+0.54\ Wb/m^2$ (نحو الأعلى). لاحظ من نتائج الطلب جـ و د أن دور الملف الثاني يُعّد دور تنظيم (أو تغيير) لقيمة السيالة (أو كثافة السيالة) في فروع الدارة المغنطيسية. إن مثل هذه الملفات تستخدم كثيراً في محولات التنظيم وفي الملاحم الكهربائية ذات التيار المتناوب لتنظيم تيار اللحام بالقوس الكهربائي كما تستخدم في تنظيم التوتر المطبق على الأجهزة الكهربائية .

المسألة /٢/

يبين الشكل رقم (١-١٢) دارتين مغنطيسيتين متداخلتين، كل منهما مصنوع من مادة حديدية مختلفة عن الأخرى بعامل النفاذية . أبعاد هاتين الدارتين موضحة على الشكل وعامل النفاذية للإطار الخارجي النسبي (μ_{r1}=1000)، وعامل النفاذية للإطار الداخلي (μ_{r2}=2000)، فإذا وضع على كلا الدارتين ملف واحد عدد لفاته (100) لفة ومر فيه تيار شدته (2 A) . ما قيمة السيالة المارة في كل إطار، وما كثافة السيالة أيضاً ؟

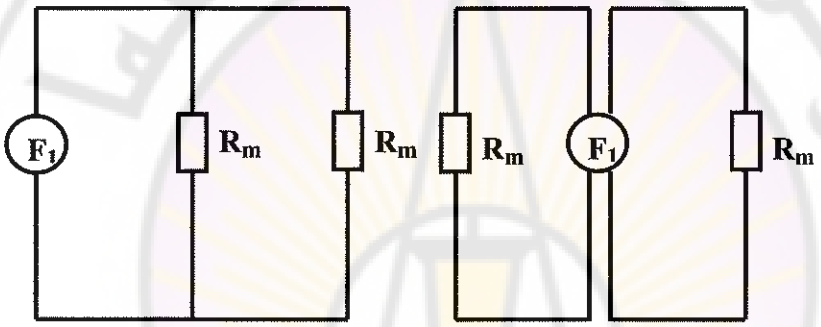


الشكل(١-١٢)

الغاية من المسألة : هي توضيح أن في حالة تطبيق أو وضع ملف على عدة دارات مغنطيسية بآن واحد ، فإن القوة المحركة المغنطيسية تطبق على جميع الدارات في آن واحد .

الحـــل :

إن القوة المحركة المغنطيسية المطبقة على الإطار الخارجي والناتجة من الملف مطبقة أيضاً على الإطار الداخلي وعليه ، فإن الدارة الرمزية المكافئة يمكن رسمها كما فـــي الشكل (١-١٣)، حيث R_{m1} المقاومـــة المغنطيـــسية للإطـــار الخـــارجي، و R_{m2} المقاومة المغنطيسية للإطار الداخلي.



الشكل (١-١٣)

١ ــ حساب المقاومة المغنطيسية R_{m2} و R_{m1} :

$$R_{m1}=\frac{\ell_1}{\mu_1\cdot S_1} \quad \text{و} \quad R_{m2}=\frac{\ell_2}{\mu_2\cdot S_2}$$

$\ell_1=2\times(31-1)+2\times(21-1)=100$ c.m $= 1$ m

$S_1=1\times5=5$ c.m$^2 = 5\times10^{-4}$ m^2

$\ell_2=2\times(31-2-4)+2\times(21-2-4)= 80$ c.m $= 0.8$ m

$S_2=4\times5= 20$ c.m$^2 = 20\times10^{-10}$ m^2

$$R_{m1}=\frac{1}{4\pi\times10^{-7}\times1000\times5\times10^{-4}}=\frac{10^8}{20\times\pi}=1.591\times10^6 \ \frac{1}{Henry}$$

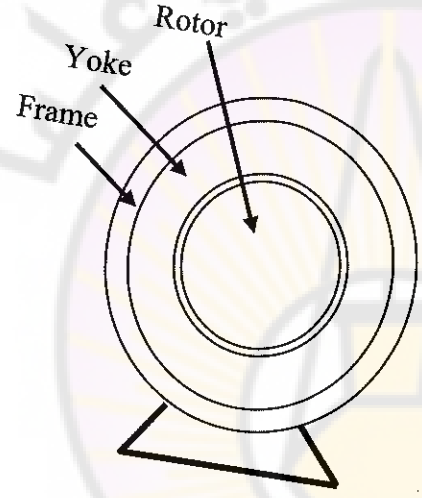
$$R_{m2}=\frac{0.3}{4\pi\times10^{-7}\times2000\times20\times10^{-4}}=\frac{0.3\times10^8}{160\times\pi}=159.1\times10^6 \ \frac{1}{Henry}$$

$$\phi_1 = \frac{I \cdot N}{R_{m1}} = \frac{2 \times 100}{159.1 \times 10^3} = 0.126 \times 10^{-3} \ \ Wb$$

$$B_1 = \frac{\phi}{S_1} = \frac{0.126 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-4}} = 0.252 \ \ Wb/m^2$$

$$\phi_2 = \frac{I \cdot N}{R_{m2}} = \frac{200}{159.1 \times 10^3} = 1.26 \times 10^{-3} \ \ Wb$$

$$B_2 = \frac{\phi_2}{S} = \frac{1.26 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-4}} = 0.63 \ \ Wb/m^2$$



الشكل (١-١٤)

الاستنتاجات :

١- إن شدة السيالة في الإطار الداخلي أكبر بكثير من شدة السيالة في الإطار الخارجي نظراً لكبر مقطعه وكبر عامل النفاذية فيه، وبالتالي فإن شدة السيالة في الإطار الداخلي تعادل عشرة أمثال السيالة في الإطار الخارجي .

٢- بالرغم من صغر مقطع الإطار الخارجي فإن كثافة السيالة فيه ما زالت أقل من الإطار الداخلي نظراً لكبر مقاومته المغنطيسية .

٣- إن مثل هذين الإطارين يستخدمان في الآلات الكهربائية بدلاً من الشكل المستطيل للإطار، حيث يصبح شكله دائرياً ويصبح الإطاران عبارة عن أسطوانتين متداخلتين

كما في الشكل (١-١٤). يكون للاسطوانة الخارجية خواص ميكانيكية جيدة (أي تتحمل الاجهادات الميكانيكية) وظيفتها حمل الآلة وتوابعها. بينما تكون الاسطوانة الداخلية ذات خواص مغنطيسية جيدة (كما في المسألة) ، أي لها μ_r مرتفعة، وبالتالي تكون مهمتها أن تمرر الجزء الأكبر من السيالة اللازمة للآلة .

المسألة /٣/

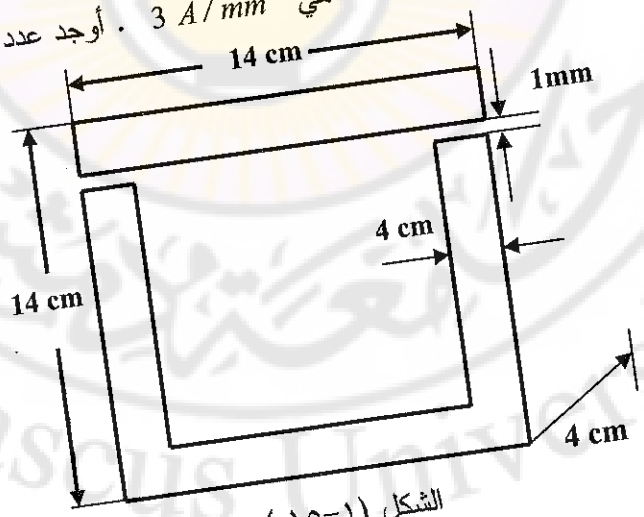
تحتوي الدارة المغنطيسية المبينة بالشكل (١-١٥) على ثغرتين هوائيتين منتظمتين طول كل منهما 1mm ، فإذا كان مقطع هذه الدارة منتظماً ، حيث الأبعاد مبينة على الشكل ومصنوعاً من الحديد الصب (Cast Iron) فالمطلوب :

آ ــ إذا كانت كثافة السيالة في الثغرة الهوائية $0.5\ Wb/m^2$

١- ما هي قيمة السيالة المارة في الدارة ؟

٢- ما هو عدد الأمبير لفات التي يجب وضعها على الدارة حتى نحصل على السيالة السابقة ؟

٣- إذا كان مقطع سلك النحاس المتوفر لصنع هذه الملفات هو ($0.5\ mm^2$) ، وكانت كثافة التيار المسموح به في هذا السلك هي $3\ A/mm^2$. أوجد عدد لفات هذا الملف.



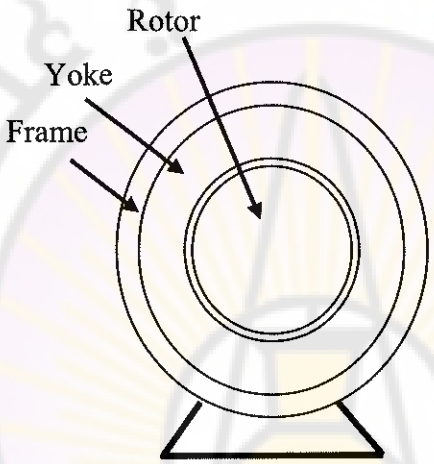
الشكل (١-١٥)

$$\phi_1 = \frac{I \cdot N}{R_{m1}} = \frac{2 \times 100}{159.1 \times 10^3} = 0.126 \times 10^{-3} \quad Wb$$

$$B_1 = \frac{\phi}{S_1} = \frac{0.126 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-4}} = 0.252 \quad Wb/m^2$$

$$\phi_2 = \frac{I \cdot N}{R_{m2}} = \frac{200}{159.1 \times 10^3} = 1.26 \times 10^{-3} \quad Wb$$

$$B_2 = \frac{\phi_2}{S} = \frac{1.26 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-4}} = 0.63 \quad Wb/m^2$$



الشكل (١-١٤)

الاستنتاجات :

١- إن شدة السيالة في الإطار الداخلي أكبر بكثير من شدة السيالة في الإطار الخارجي نظراً لكبر مقطعه وكبر عامل النفاذية فيه، وبالتالي فإن شدة السيالة في الإطار الداخلي تعادل عشرة أمثال السيالة في الإطار الخارجي .

٢- بالرغم من صغر مقطع الإطار الخارجي فإن كثافة السيالة فيه ما زالت أقل من الإطار الداخلي نظراً لكبر مقاومته المغنطيسية .

٣- إن مثل هذين الإطارين يستخدمان في الآلات الكهربائية بدلاً من الشكل المستطيل للإطار، حيث يصبح شكله دائرياً ويصبح الإطاران عبارة عن أسطوانتين متداخلتين

كما في الشكل (١-١٤). يكون للاسطوانة الخارجية خواص ميكانيكية جيدة (أي تتحمل الاجهادات الميكانيكية) وظيفتها حمل الآلة وتوابعها. بينما تكون الاسطوانة الداخلية ذات خواص مغنطيسية جيدة (كما في المسألة) ، أي لها μ_r مرتفعة، وبالتالي تكون مهمتها أن تمرر الجزء الأكبر من السيالة اللازمة للآلة .

المسألة /٣/

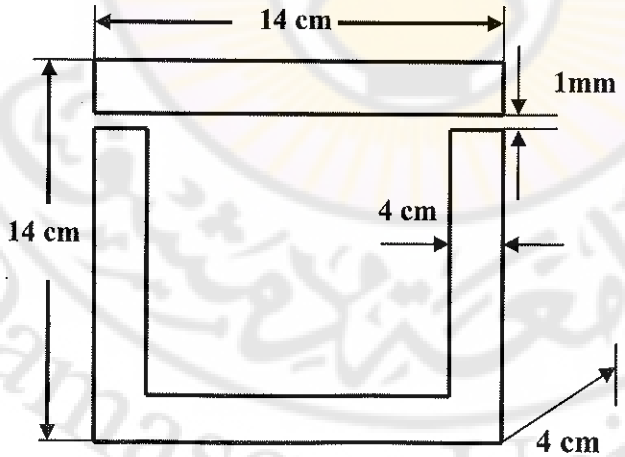
تحتوي الدارة المغنطيسية المبينة بالشكل (١-١٥) على ثغرتين هوائيتين منتظمتين طول كل منهما 1mm ، فإذا كان مقطع هذه الدارة منتظماً ، حيث الأبعاد مبينة على الشكل ومصنوعاً من الحديد الصب (Cast Iron) فالمطلوب :

آ ــ إذا كانت كثافة السيالة في الثغرة الهوائية $0.5\ Wb/m^2$

١- ما هي قيمة السيالة المارة في الدارة ؟

٢- ما هو عدد الأمبير لفات التي يجب وضعها على الدارة حتى نحصل على السيالة السابقة ؟

٣- إذا كان مقطع سلك النحاس المتوفر لصنع هذه الملفات هو ($0.5\ mm^2$) ، وكانت كثافة التيار المسموح به في هذا السلك هي $3\ A/mm^2$. أوجد عدد لفات هذا الملف.



الشكل (١-١٥)

ب ــ إذا كان عدد الأمبير لفات للملف السابق هي 1000 AT أوجد كثافة السيالة في الثغرة الهوائية .

الغاية من المسألة :

١ــ توضيح نسبة القوة المحركة المغنطيسية اللازمة لثغرة هوائية ذات طول صغير بالمقارنة مع دارة حديدية ذات طول كبير جداً بالمقارنة معها .

٢- استخدام منحنيات الخواص المغنطيسية عندما يراد حساب الأمبير لفات لدارة مغنطيسية، أو عندما يراد معرفة كثافة السيالة الناتجة من عدد معين لهذه الأمبير لفات.

الحل :

آ- عندما تكون كثافة السيالة في الثغرة الهوائية معلومة وقيمتها $0.5Wb/m^2$ ، وباعتبار الدارة ذات مقطع منتظم فإن السيالة في الدارة :

$$\phi = B \cdot S$$

$$S = 4\times4 = 16\ cm^2 = 16\times10^{-4}\ m^2$$

$$\phi = 0.5\times16\times10^{-4} = 8\times10^{-3}\ Wb$$

١- حساب عدد الأمبير لفات التي يجب وضعها على الدارة :

- تُحسب الأمبير لفات اللازمة للثغرة الهوائية $m.m.f_g$ من العلاقة الآتية:

$$m.m.f_g = \frac{B\cdot \ell_g}{\mu_0} = \frac{0.5\times1\times10^{-3}}{4\pi\times10^{-7}} = 398\ A.T$$

وعليه عدد الأمبير لفات لثغرتين هوائيتين هي :

$$2m.m.f_g = 796\ A.T$$

- حساب الأمبير لفات اللازمة للجزء الحديدي $m.m.f_m$

يمكن حساب هذه القوة بعد إيجاد شدة الساحة H الموافقة لكثافة السيالة $0.5Wb/m^2$ وذلك بالعودة إلى المنحنيات المبيّنة الشكل (١-١)، حيث نجد أن قيمة شدة الساحة عند كثافة سيالة $0.5Wb/m^2$ بالنسبة لحديد الصب هي :

$H_\mu = 200\ A.T/m^2$

$m.m.f_\mu = H_\mu . \ell_\mu$

بإهمال طول الثغرة الهوائية في حساب ℓ_μ نجد :

$\ell_\mu = 4\times(14-4) = 40\ cm = 0.4\ m$

وعليه :

$m.m.f_\mu = 0.4\times200 = 80\ A.T$

الأمبير لفات اللازمة لإمرار كثافة السيالة $0.5 Wb/m^2$ في الدارة المغنطيسية هي :

$m.m.f_{tot} = m.m.f_\mu + 2m.m.f_g = 796 + 80 = 876\ A.T.$

ملاحظة : نسبة الأمبير لفات للثغرة الهوائية بالنسبة للأمبير لفات الكلية :

$$\frac{m.m.f_g}{m.m.f_{tot}} = \frac{796}{876} = 0.91 = 91\%$$

- حساب عدد اللفات للسلك:

التيار المسموح به $I=S_c \cdot J$

حيث J كثافة التيار S_c مقطع الناقل وعليه :

$J = 0.5\times3 = 1.5\ A$

ومنه فإن عدد اللفات T هو:

$$T = \frac{m.m.f_{tot}}{J} = \frac{876}{1.5} = 584\ Turns$$

ب ــ حساب كثافة السيالة الناتجة عن قوة محركة مغنطيسية قيمتها 1000 A.T مطبقة على الدارة، ولحساب هذه الكثافة نلجأ إلى الطريقة غير المباشرة ، وذلك بأخذ عدة قيم وإيجاد قيم القوة المحركة المغنطيسية المقابلة ثم برسم العلاقة بين قيم القوة المحركة المغنطيسية وكثافة السيالة ، ثم بوضع قيمة القوة المحركة المعطاة على هذا المنحنى نحصل على قيمة B المطلوبة .

لنأخذ أولاً: $B = 0.5\ Wb/m^2$ وقد سبق حساب القوة المحركة المغنطيسية الموافقة لها في الطلب السابق وكانت 876 A.T .

ثانياً : $B = 0.55\ Wb/m^2$

$$2m.m.f_g = 2\times\frac{0.55\times1\times10^{-4}}{4\pi\times10^{-7}} = 875\ A.T$$

$m.m.f_\mu = L_\mu.H_\mu$

من منحنيات الخواص المغنطيسية المبينة في الشكل (١-١) نجد أن :

$$B = 0.55\ Wb/m^2 \quad , \quad H = 250\ A.T/m$$

$m.m.f_\mu = 250\times0.4 = 100$ A.T.

$m.m.f_{tot} = 875+100 = 975$ A.T

ثالثاً : $B = 0.6\ Wb/m^2$

$$2m.m.f_g = \frac{2\times0.6\times1\times10^{-4}}{4\pi\times10^{-7}} = 955\ A.T$$

من منحنيات الخواص المبينة في الشكل (١-١) نجد :

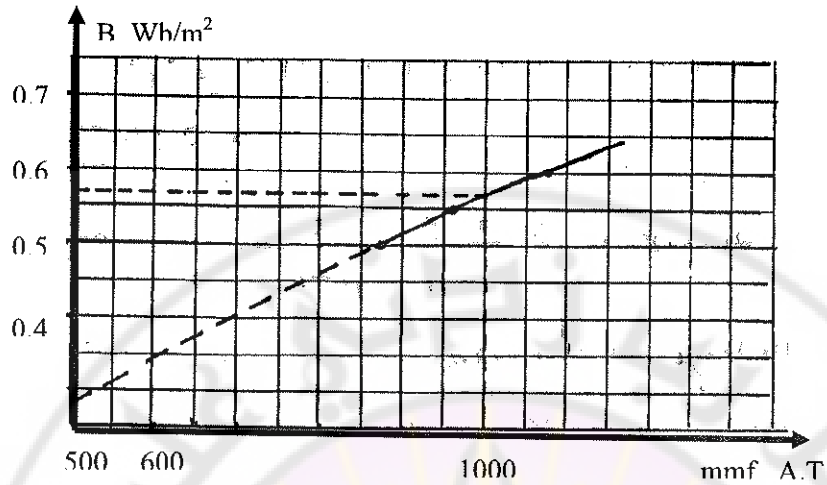
$$H_\mu = 300\ A.T/m$$

$m.m.f_\mu = 300\times0.4 = 120$ A.T

$m.m.f_{tot} = 955+120 = 1075$ A.T

من النتائج السابقة يتم تنظيم الجدول الآتي بين هذه القيم ويتم رسم المنحنى المبين في الشكل (١-١٦).

B	0.5	0.55	0.6
m.m.f total	875	955	1075



الشكل (١-١٦)

من المنحنى السابق نجد أنه عند القوة المحركة المغنطيسية 1000 AT أن كثافة السيالة هي : $B = 0.875\ Wb/m^2$ وهو المطلوب .

الاستنتاجات :

١- إن القوة المحركة المغنطيسية اللازمة للجزء الهوائي أكبر بكثير من القوة المحركة اللازمة للجزء الحديدي، فهي تشكل حوالي 90% من القوة المحركة الكلية .

٢- من الصعب حساب كثافة السيالة الناتجة بشكل مباشر بل دائماً تنتج من طريقة إيجاد منحنى الخواص المغنطيسية $B=f(\text{mmf})$ للدارة ثم إيجاد كثافة السيالة المطلوبة من هذا المنحنى .

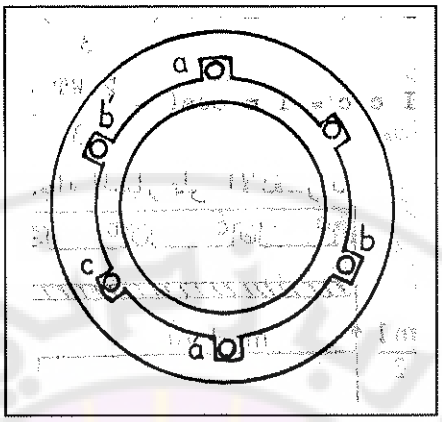
المسألة /٤/

وُضعت ثلاث لفات موزعة بانتظام على المحيط الداخلي لثابت آلة كهر بائية دوارة كما هو مبيّن في الشكل (١-١٧)، وتمر فيها ثلاثة تيارات مختلفة قيم هذه التيارات معطاة بالمعادلات الآتية :

$$I_{aa} = I_m \cos \omega t$$

$$I_{bb} = I_m \cos(\omega t - \omega \frac{T}{3})$$

$$I_{cc} = I_m \cos(\omega t - 2\frac{\omega T}{3})$$



شكل (١-١٧)

حيث T دور التيار وأن $\omega = \frac{2\pi}{T}$

المطلوب رسم منحنى توزع القوة المحركة المغنطيسية الناتجة من اللفات الثلاث على انفراد هذه الاسطوانة وذلك في كل من اللحظات الآتية :

$$t=T, \quad t=\frac{2T}{3} \quad , \quad t=\frac{T}{3} \quad , \quad t=0$$

الغاية من المسألة:

آ- التعرف على كيفية رسم منحنى القوة المحركة المغنطيسية عندما تكون التيارات متناوبة .

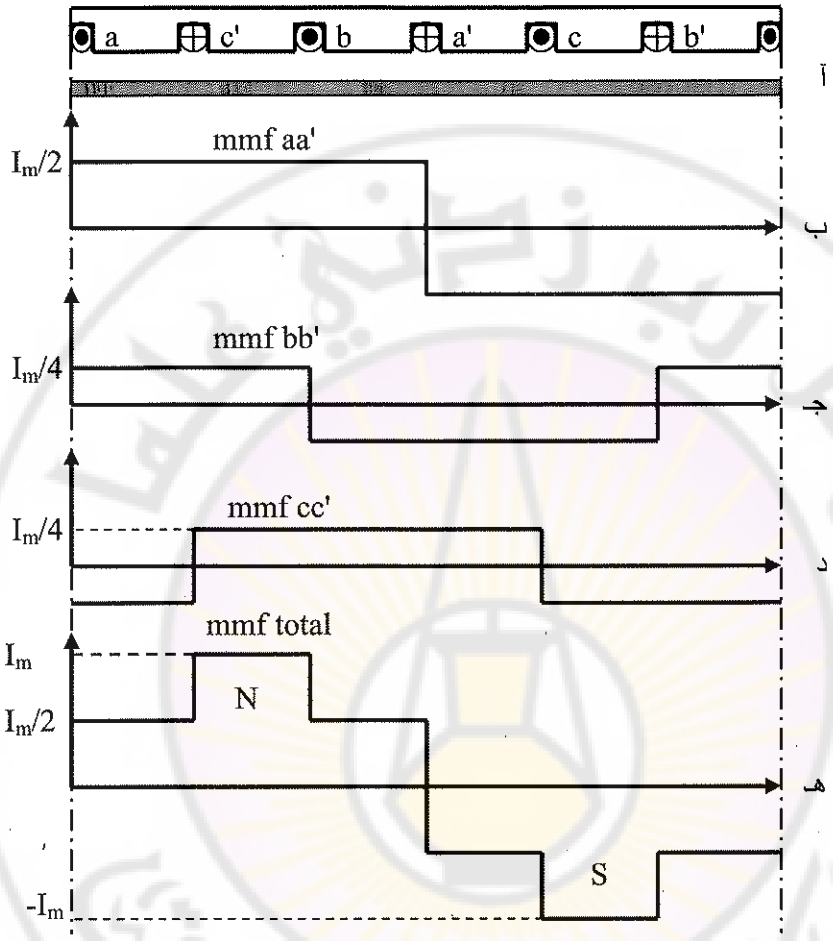
ب ــ التعرف على ما يسمى بالقوة المحركة المغنطيسية أو السيالة الدوارة في هذا النوع من الآلات .

الحل :

نصطلح على تحديد اتجاه التيار في كل لفة بأنه: عندما يكون بالقيم الجبرية موجب في لحظة ما فإنه يدخل من الطرف الأول للفة c,b,a ويخرج من الطرف الثاني ليكن c',b',a' وفي حالة كونه سالباً يمر باتجاه معاكس .

القوة المحركة المغنطيسية للفات الثلاث من اللحظة t=0

١ ــ قيم التيارات :



الشكل (١-١٨)

$$I_{aa'} = I_m \cos 0 = I_m$$

$$I_{bb'} = I_m \cos(-\frac{\omega T}{3}) = I_m \cos(-\frac{2\pi}{3}) = -\frac{1}{2} I_m$$

$$I_{cc'} = I_m \cos(-2\omega T) = I_m \cos(-\frac{4\pi}{3}) = -\frac{1}{2} I_m$$

والشكل (١-١٨-آ) يبين اتجاه التيار على الانفراد .

الشكل (١-١٨-ب) يبين توزع القوة المحركة المغنطيسية للناقل والـشكلين (١-١٨-جـ، د) تبين توزع القوة المحركة المغنطيسية للناقلين cc', bb' على التتالي .
الشكل (١-١٨-هـ) يبين منحنى القوة المحركة المغنطيسية للفات الثلاث .
ونلاحظ من هذا الشكل ومن الشكل (١-١٨-آ) أن اللفات التي تشكل في اللحظة t=0 كأنها ملف واحد ذات محور منطبق على محور الملف aa' ، ويؤدي إلى وجود قطب شمالي بين الناقل a و a' وقطب جنوبي بين a' و a . القوة المحركة المغنطيسية لكـل من القطبين ليست منتظمة أي ليست ذات قيمة ثابتة .

اللحظة : $t=\frac{T}{3}$

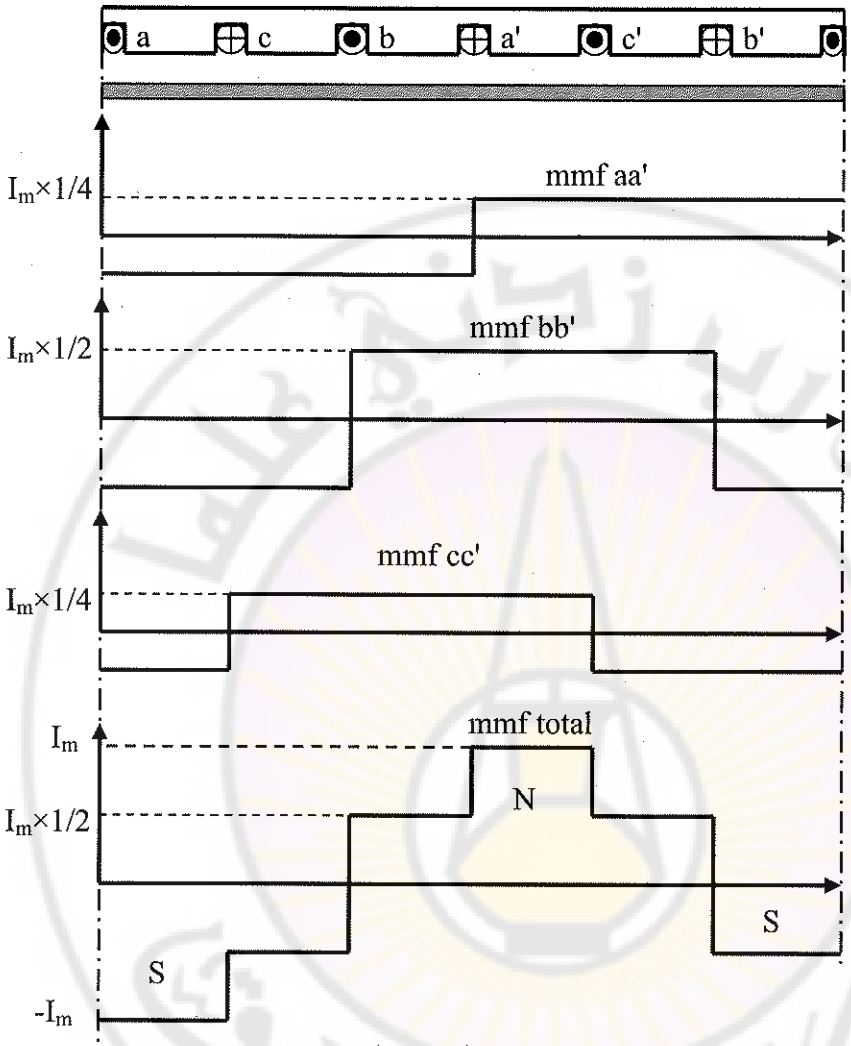
قيم التيارات :

$$I_{aa'}=I_m\cos\frac{\omega T}{3}=I_m\cos\frac{2\pi}{3}=-\frac{I_m}{2}$$

$$I_{bb'}=I_m\cos(\omega t-\frac{\omega T}{3})=I_m\cos 0=I_m$$

$$I_{cc'}=I_m\cos(\omega t-\frac{2\omega T}{3})=I_m\cos-\frac{2\pi}{3}=-\mathrm{Im}$$

والشكل (١-١٨-آ، ب، جـ ، د) يبين انفراد الآلة والقوة المحركة لكل مـن اللفـات الثلاث والقوة المحركة للفات الثلاث بآن واحد ، ونلاحظ مرة ثانية أن اللفات الثلاث قد شكلت قطبين مغنطيسيين. توزع القوة المحركة المغنطيسية لها نفس الشكل في اللحظة t=0 ، ولكن محور هذين القطبين منطبق مع محور الملف bb' في هذه اللحظة وكـأن القطبين السابقين قد دارا بين اللحظة t=0 و $t=\frac{T}{3}$ ثلث دورة أي زاوية قدرها $\frac{2\pi}{3}$.
أي دارا بنفس السرعة الزاوية ω الواردة في علاقة التيار.



الشكل (١-١٩)

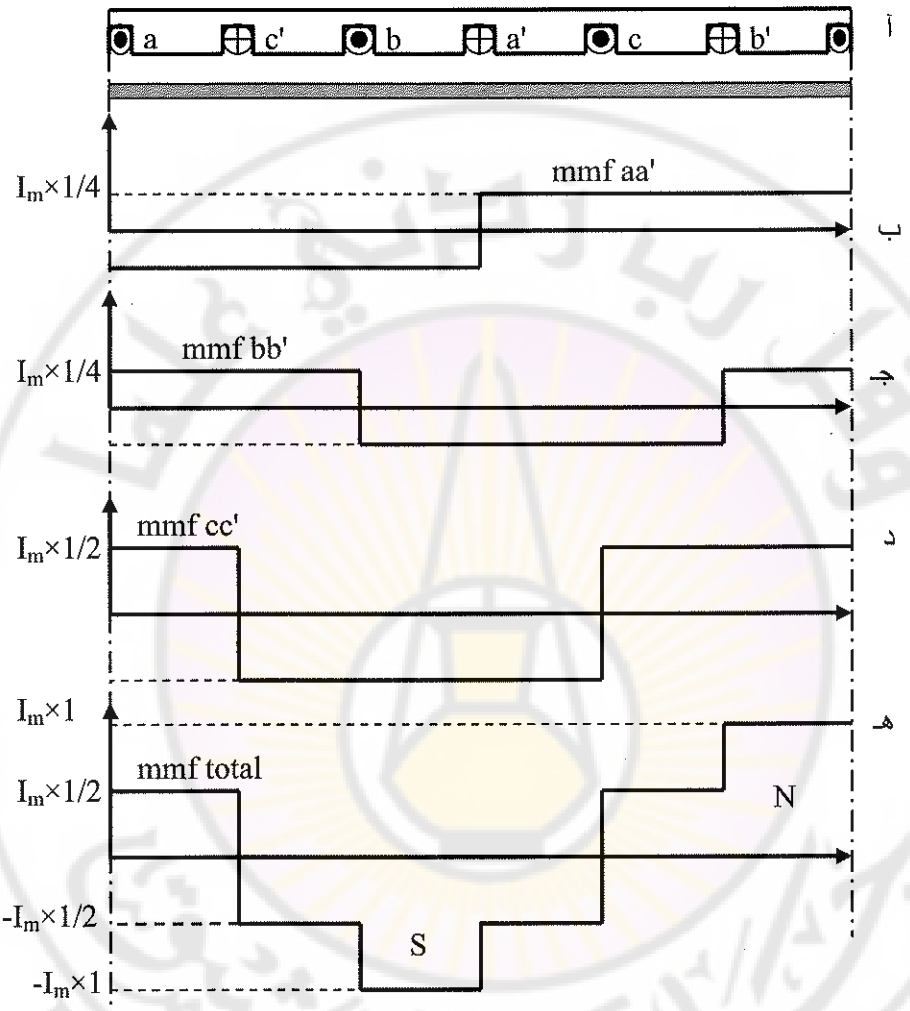
اللحظة : $t = \frac{2T}{3}$

قيم التيارات في الملفات الثلاث :

$$I_{aa'} = I_m \cos(0 - \frac{2T\omega}{3}) = \cos\frac{4\pi}{3} = -\frac{I_m}{2}$$

$$I_{bb'} = I_m \cos(\frac{2T\omega}{3} - \frac{\omega T}{3}) = I_m \cos\frac{2\pi}{3} = -\frac{I_m}{2}$$

$$I_{cc'} = I_m \cos(\frac{2T\omega}{3} - \frac{2T\omega}{3}) = I_m \cos 0 = I_m$$



شكل (١-٢٠)

القوة المحركة المغنطيسية لكل من اللفات الثلاث مبينة بالشكل (١-٢٠-آ، ب، جـــ، د)، كما يبين الشكل (١-١٨-هـ) القوة المغنطيسية للفات الثلاث معاً .

ونلاحظ على هذا الشكل أيضاً كأن القطبين السابقين قد دارا خلال الزمن من $\frac{T}{3}$ إلـــى $\frac{2T}{3}$ بزاوية قدرها $\frac{2\pi}{3}$.

في اللحظة t=T في هذه اللحظة نجد أن قيمة التيار في اللفات الثلاثة تعود لنفس قيمتها في اللحظة t=0 ، ومنحني توزع القوة المحركة المغنطيسية لكل من اللفات الثلاثة بآن واحد هو نفس الشكل (١-١٨)، وهكذا بعد مضي زمن قدره T عادت القوة المحركـــة المغنطيسية لتأخذ نفس شكلها قبل مضي هذا الزمن، وكـــأن القطبـــين المغنطيـــسيين المشكلين بسبب هذه القوة المحركة المغنطيسية قد دارا خلال الزمن T دورة واحدة .

الاستنتاجات :

١- يمكن رسم منحني توزع القوة المحركة للتيار المتناوب بنفس الطريقة الذي يُرســـم بها عندما يكون التيار مستمراً على أن نختار لحظات زمنية معينة تحدد خلالها اتجـــاه التيار في الملفات كما فعلنا في اللحظات t=0 t=T/3

٢- تشكل ثلاث لفات موزعة بانتظام على محيط أسطواني سواء السطح الداخلي للثابت أو السطح الخارجي للدائر يمر فيها ثلاثة تيارات جيبيه بينها تأخير بالصفحة قـــدره $120°$ أو ($\frac{2\pi}{3}$) أو بالزمن قدره $\frac{T}{3}$ قطبين مغنطيسين محور هذين القطبين يتفق مع محور الملف الذي يكون فيه التيار أكبر ما يمكن ويدور هذان القطبـــان بـــسرعة زاوية تساوي السرعة الزاوية ω الواردة في علاقة التيار.

تعرف القوة المحركة السابقة باسم القوة المحركة المغنطيسية الدوارة وتعرف الأقطاب المغنطيسية الناتجة منها بالأقطاب الدوارة ، وهكذا كل ثلاث ملفات موزعة على محيط أسطوانة بشكل منتظم تشكل أقطاب دوارة (سيالة دوراه) . هذه الأقطاب أو السيالة إذا كانت هناك أسطوانة من مادة حديدية أو نواقل قابلة للدوران ضمن الأسطوانة الخارجية شكل (١-١٧) نتيجة خروج خطوط السيالة من السطح الداخلي ودخولها في الـــسطح الخارجي للأسطوانة الداخلية تتشكل في الأسطوانة الداخلية أقطاب مغنطيسية معاكـــسة

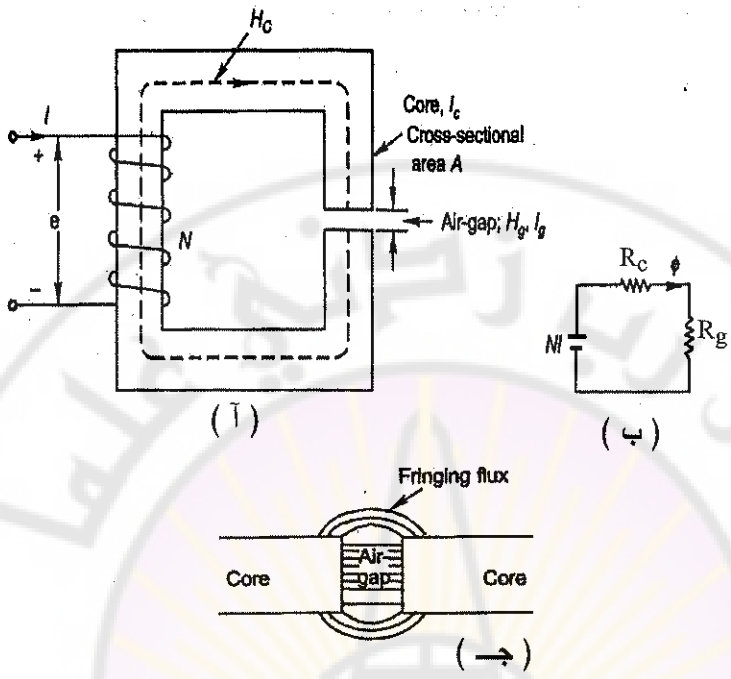
للأقطاب المقابلة لها ، وبالتالي تتجاذب هذه الأقطاب مع بعضها ولكن نظراً لكون الأقطاب المشكلة على السطح الداخلي للأسطوانة الخارجية دوراة ونتيجة هذه التجاذب فإنها تدور الأسطوانة الداخلية معها، فإذا لم يطبق أي عزم خارجي على الأسطوانة الداخلية يمكنها أن تدور بنفس سرعة ω دوران الأقطاب أي بنفس السرعة. أما إذا كان هناك عزم فإنه يحدث انزلاق بين الأقطاب المشكلة على الأسطوانة الداخلية أو بين القوة المحركة المغنطيسية الدوارة وبين الأسطوانة مما يؤدي إلى انخفاض سرعة الأخيرة عن ω ، ومبدأ التحريك هذا هو مبدأ المحركات التحريضية التي تشكل حوالي ٨٠% من محركات التيار المتناوب .

مسألة/٥/

ليكن لدينا الدارة المغنطيسية المبينة في الشكل (١-٢١-أ) . مقطع النواة الحديدية $A_c = 4 \times 4\,cm^2$ ، وطول الثغرة الهوائية $\ell_g = 0.06\,cm$ ، طول النواة الحديدية $\ell_c = 40\,cm$ ، عدد لفات الملف الذي يحيط بالنواة $N = 600\,Turns$. بفرض أن معامل النفاذية النسبي للحديد هو $\mu_r = 6000$. أوجد :

١- التيار اللازم استجراره من المنبع حتى تتولد في النواة الحديدية كثافة سيالة $B_c = 1.2\,Tesla$.

٢- السيالة المغنطيسية في النواة الحديدية، وسيالة التشابك المغنطيسي (Flux linkage) .



الشكل(١-٢١)

الحـــل

من علاقة القوة المحركة المغنطيسية في الدارة بجزأيها الحديدي والهوائي نجد:

$$Ni = \frac{B_c}{\mu_o \mu_r} \ell_c + \frac{B_g}{\mu_o} \ell_g$$

بفرض أن مقطع النواة الحديدية يساوي مقطع الثغرة الهوائية $A_c=A_g$ فإن $B_c=B_g$.

$$i = \frac{B_c}{\mu_o N}\left(\frac{\ell_c}{\mu_r} + \ell_g\right) = \frac{1.2}{4\pi \times 10^{-7} \times 600}\left(\frac{40}{6000} + 0.06\right) \times 10^{-2} = 1.06\ A$$

وبالتالي نلاحظ أن المقاومة المغنطيسية لمسار السيالة في الجزء الحديدي ذات الطـــول 40 cm هو فقط $(\frac{2/3}{6}) = 0.11$ من المقاومة المغنطيسية للثغرة الهوائيـــة ذات الطـــول 0.06 cm ومنه::

$$\phi = B_c A_c = 1.2 \times 16 \times 10^{-4} = 19.2 \times 10^{-4}\ Wb$$

وبذلك تصبح قيمة التشابك المغنطيسي (Flux linkage):

$$\lambda = N\phi = 600 \times 19.2 \times 10^{-4} = 1.152 \ \ Wb - Turns$$

إذا تم الأخذ بالحسبان لظاهرة التهدب (Fringing) فإنه يجب إضافة طول ثغرة هوائية إلى كل بعد للثغرة الهوائية بحيث تصبح مساحة الثغرة الهوائية:

$$A_g = (4 + 0.06) \times (4 + 0.06) = 16.484 \ cm^2$$

المساحة الفعّالة للثغرة الهوائية $A_c < A_g$ سوف يخفض المقاومة المغنطيسية للثغرة الهوائية:

$$B_g = \frac{19.2 \times 10^{-4}}{16.484 \times 10^{-4}} = 1.165 \ Tesla.$$

ومنه تصبح شدة التيار i هي:

$$i = \frac{1}{\mu_o N}\left(\frac{\ell_c B_c}{\mu_r} + B_g \ell_g\right) \Rightarrow$$

$$i = \frac{1}{4\pi \times 10^{-7} \times 600}\left(\frac{1.2 \times 40 \times 10^{-4}}{6000} + 1.165 \times 0.06 \times 10^{-2}\right) = 1.0345 \ A$$

مسألة/٦ /

نواة معدنية بشكل حلقة دائرية طولها 30 cm و قطرها 2 cm كما هو مُبيّن في الشكل (١-٢٢) لُفّ عليها ملف بعدد من اللفات N=600 Turns . المطلوب:

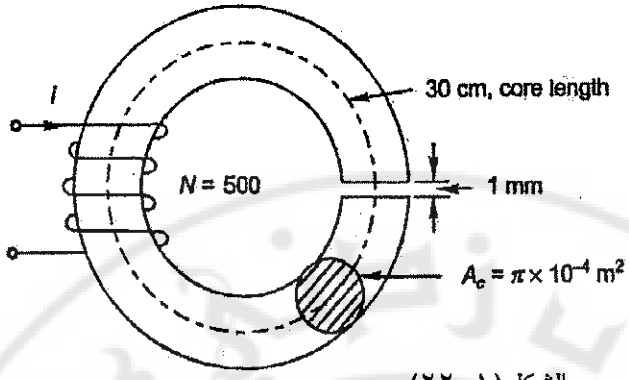
١- احسب التيار اللازم لسريان سيالة مغنطيسية في الدارة قيمتها 0.5 mWb في الحالات الآتية:

أ- عدم وجود ثغرة هوائية.

ب-وجود ثغرة هوائية طولها ℓ_g=1 mm وعند معامل نفاذية نسبي لمعدن النواة يساوي $\mu_r = 4000$.

جـ- وجود ثغرة هوائية طولها ℓ_g=1 mm مع فرض أن معطيات منحني المغنطة لمعدن الحلقة هي:

H in AT/m	2500	3000	3500	4000
B in Tesla	1.55	1.59	1.6	1.615



الشكل(١-٢٢)

الحـــل

آ- حالة عدم وجود ثغرة هوائية تحسب المقاومة المغنطيسية للنواة بالعلاقة:

$$R_c = \frac{\ell_c}{\mu_o \mu_r A_c} = \frac{30\times10^{-2}}{4000\times4\pi\times10^{-7}\times\pi\times10^{-4}} = 1.9\times10^5 \ \frac{1}{Henry}$$

ومنه يصبح التيار اللازم هو :

$$Ni = \phi R_c \ \Rightarrow \ i = \phi R_c / N = \frac{0.5\times10^{-3}\times1.9\times10^5}{600} = 0.158 \ A$$

ب- حالة وجود ثغرة هوائية بطول ١مم ومعامل نفاذية نسبي للحديد $\mu_r = 4000$:

$$R_c = 1.9\times10^5 \ \frac{1}{Henry}$$

$$R_g = \frac{\ell_g}{\mu_o A_g} = \frac{1\times10^{-3}}{4\pi\times10^{-7}\times\pi\times10^{-4}} = 25.2\times10^5 \ \frac{1}{Henry}$$

وبالتالي تصبح المقاومة المغنطيسية الكلية :

$$R_{total} = R_c + R_g = 27.1\times10^5 \ \frac{1}{Henry}$$

وبالتالي تكون شدة التيار اللازمة في هذه الحالة:

$$i = \phi R_c / N = \frac{0.5\times10^{-3}\times27.1\times10^5}{600} = 2.258 \ A$$

جـــ- في هذه الحالة وحسب معطيات العلاقة (B-H) نجد:

$$B_c = B_g = \frac{0.5\times10^{-3}}{\pi\times10^{-3}} = 1.59 Tesla$$

حيث تم أهمال أثر الـــFringing في الثغرة الهوائية:

$$H_g = \frac{B_g}{\mu_o} = \frac{1.59}{4\pi\times10^{-7}} = 12.6\times10^5$$

حيث تعطى الأمبير لفة في الثغرة الهوائية بالعلاقة الآتية:

$$AT_g = H_g \ell_g = \frac{1.59\times1\times10^{-3}}{4\pi\times10^{-7}} = 1260\ \ A.T$$

من الجدول (B-H) وعند B_c=1.59 Tesla نجد:

$$H_c = 3000\ AT/m$$

$$AT_c = H_c \cdot \ell_c = 3000\times30\times10^{-2} = 900\ A.T$$

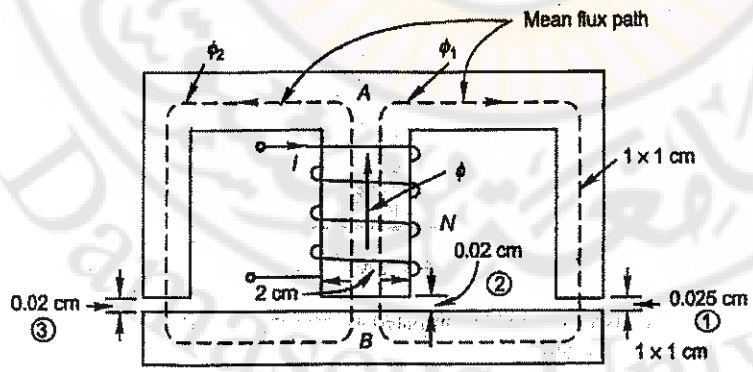
وبالتالي تصبح الأمبير لفات الكلية (A.T) مساوية لمجموع الأمبير لفات في كل مـــن الدارة الحديدية (AT_c) و الثغرة الهوائية (AT_g) :

$$AT_{total} = AT_g + AT_c = 900 + 1260 = 2160\ A.T \Rightarrow$$

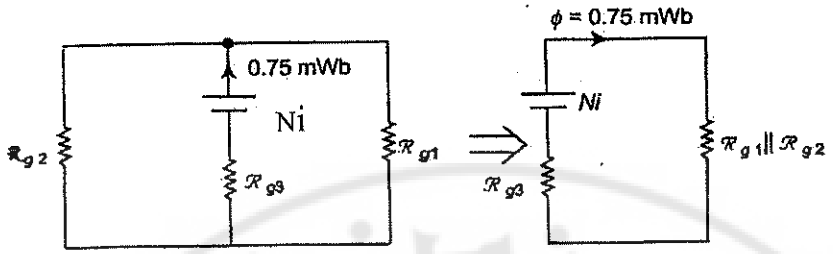
$$i = \frac{AT_{total}}{N} = \frac{2160}{600} = 3.6\ A$$

مسألة /٧/

تمتلك الدارة المغنطيسية المبينة في الشكل (١-٢٣) نواة من معدن حديد الصب بالأبعاد الآتية:

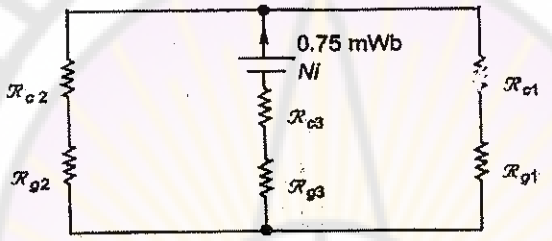


الشكل (١-٢٣)



(آ) (ب)

الشكل(١-٢٤)



الشكل(١-٢٥)

- طول المسار الرئيسي بين النقطتين A و B (في الجذع الخارجي من النواة) 0.5m
- طول المسار الرئيسي بين النقطتين A و B (في الجذع المركزي) 0.2m

نحتاج لسريان سيالة مغنطيسية في الثغرة الهوائية (2) مقدارها 0.75 mWb .

المطلوب :

احسب القوة المحركة المغنطيسية mmF التي يقدمها الملف المبين على الشكل عند الحالتين :

آ- $\mu_r = \infty$ ب- $\mu_r = 5000$ مع الأخذ بالحسبان أهمال التهدب (fringing) للثغرة الهوائية.

الحل

آ- الحالة الأولى : عندما تكون $\mu_r = \infty$ يكون هبوط التوتر المغنطيسي في النواة المغنطيسية معدوماً، وبالتالي يمكن بسهولة تمثيل الجزأين الخارجيين من النواة المعدنية

بدارتين مغنطيسيتين على التوازي . يمكن رسم الدارة المكافئة بالشكل (١-٢٤) وتحسب مختلف المقاومات المغنطيسية لمختلف الثغرات الهوائية الموجودة في الدارة كمايلي:

$$R_{g1} = \frac{\ell_{g1}}{\mu_o A_{g1}} = \frac{0.025\times10^{-2}}{4\pi\times10^{-7}\times1\times10^{-4}} = 1.99\times10^{6}\ \frac{1}{Henry}$$

$$R_{g2} = \frac{\ell_{g2}}{\mu_o A_{g2}} = \frac{0.02\times10^{-2}}{4\pi\times10^{-7}\times1\times10^{-4}} = 1.592\times10^{6}\ \frac{1}{Henry}$$

$$R_{g3} = \frac{\ell_{g3}}{\mu_o A_{g3}} = \frac{0.02\times10^{-2}}{4\pi\times10^{-7}\times2\times10^{-4}} = 0.796\times10^{6}\ \frac{1}{Henry}$$

من الشكل (١-٢٤) لدينا:

$$Ni = \phi\cdot R_{eq} = 0.75\times10^{-3}\times(R_{g3} + R_{g1}\,//\,R_{g2}) \Rightarrow$$

$$Ni = 0.75\times10^{-3}\times(0.796+0.844)\times10^{6} = 1260\ A.T$$

٢- الحالة الثانية: عند حالة $\mu_r = 5000$ فهذا يعني أن يؤخذ بالحسبان مقاومة الأجزاء الحديدية التي تسري بها السيالة المغنطيسية، وبالتالي يمكن تمثيل الدارة المكافئة المغنطيسية بالشكل (١-٢٥) وحساب المقاومات المغنطيسية على النحو الآتي:

$$R_{c1} = \frac{\ell_{c1}}{\mu_o\mu_r A_{c1}} = \frac{0.5}{4\pi\times10^{-7}\times5000\times1\times10^{-4}} = 0.796\times10^{6}\ \frac{1}{Henry}$$

$$R_{c2} = R_{c1} = 0.796\times10^{6}\ \frac{1}{Henry}$$

$$R_{c3} = \frac{\ell_{c3}}{\mu_o\mu_r A_{c3}} = \frac{0.2}{4\pi\times10^{-7}\times5000\times2\times10^{-4}} = 0.159\times10^{6}\ \frac{1}{Henry}$$

وبالتالي تصبح المقاومة المكافئة :

$$R_{eq} = (R_{c1}+R_{g1})//(R_{c1}+R_{g2})+(R_{c3}+R_{g3})$$

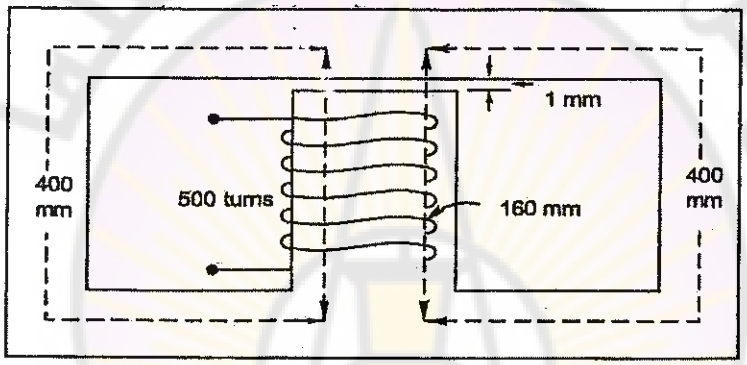
$$= \frac{27.86\times23.86}{51.72}\times10^{6} + 0.955\times10^{6} = 2.24\times10^{4}\ \frac{1}{Henry} \Rightarrow$$

$$Ni = \phi\cdot R_{eq} = 0.75\times10^{-3}\times2.24\times10^{6} = 1680\ A.T$$

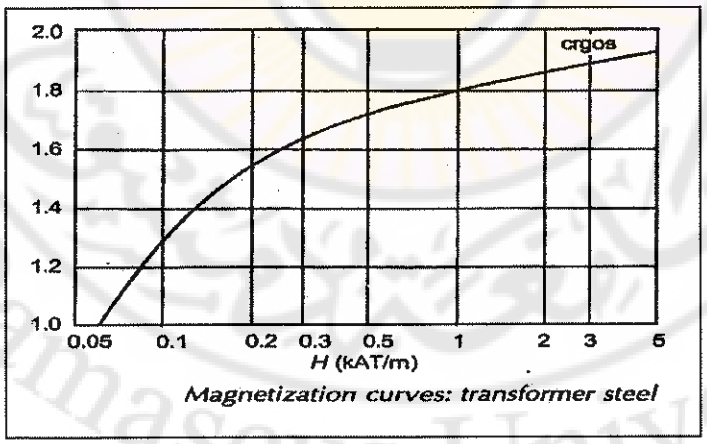
مسألة /٨/

تتكون الدارة المغنطيسية المبينة في الشكل (١-٢٦) من حديد الصب . المقطع العرضي للذراع الوسط هو $800\ mm^2$ ، المقطع العرضي لكل من الأذرع الخارجية هو $600\ mm^2$. المطلوب :

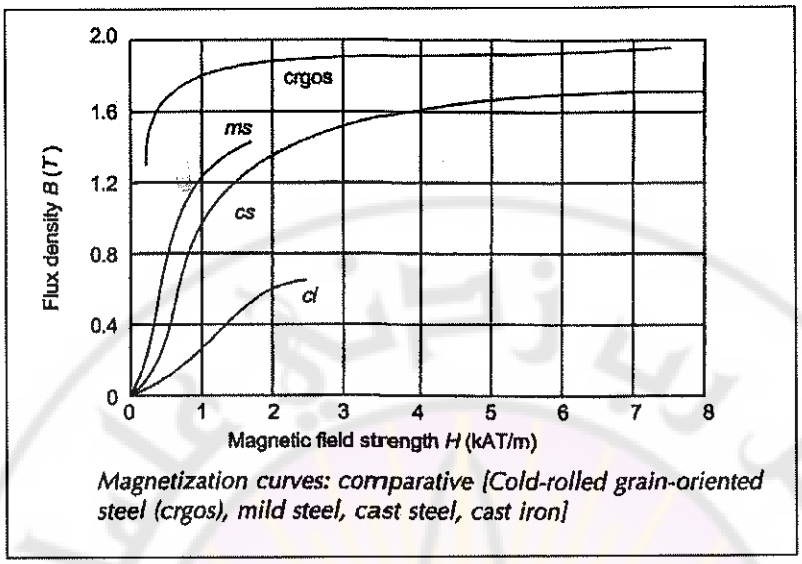
١- احسب التيار اللازم لسريان سيالة مغنطيسية $\phi = 0.8 mWb$ في الثغرة الهوائية . أهمل التسرب المغنطيسي وتأثير ظاهرة التهدب fringing ، وان منحني المغنطة لهذا النوع من المعدن مُبيّن في الشكل 2.16



الشكل(١-٢٦)



الشكل (١-٢٧)



Magnetization curves: comparative [Cold-rolled grain-oriented steel (crgos), mild steel, cast steel, cast iron]

الشكل (١-٢٨)

الحـــل

- الثغرة الهوائية:

$$B_g = \frac{\phi_g}{A_g} = \frac{0.8\times10^{-2}}{800\times10^{-6}} = 1\ Tesla$$

$$H_g = \frac{B_g}{\mu_o} = \frac{1}{4\pi\times10^{-7}} = 7.96\times10^{5}\ \ AT/m$$

وبالتالي تكون القوة المحركة المغنطيسية:

$$mmF_g = H_g \cdot \ell_g = \frac{1}{4\pi\times10^{-7}}\times1\times10^{-3} = 796\ AT$$

- الذراع الوسط الذي يحمل الملفات:

بما انه تم إهمال التسرب وتأثير ظاهرة التهدب (Fringing) فإن:

$$B_c = B_g = 1\ Tesla$$

من الشكل (١-٢٨) لدينا:

$$H_c = 1000\ A.T/m \Rightarrow mmF_c = H_c \cdot \ell_c = 1000\times160\times10^{-3} = 160\ A.T$$

بسبب التماثل في الأذرع الجانبية من الدارة المغنطيسية فإنه يمكن اعتبار أن نصف السيالة ϕ سوف يمر في كل فرع من الفرعين الجانبيين ، وبالتالي:

$$\phi_{(outer\,lim\,b)} = 0.8/2 = 0.4\,mWb \Rightarrow$$

$$B_{(outer\,lim\,b)} = \frac{\phi}{A} = \frac{0.4\times10^{-3}}{600\times10^{-6}} = 0.667\ Tesla$$

القوة المحركة المغنطيسية المتحرضة في الأذرع الجانبية:

$$mmF_{(outer\,lim\,b)} = H_c \cdot \ell_c = 375\times400\times10^{-3} = 150\ AT \Rightarrow$$

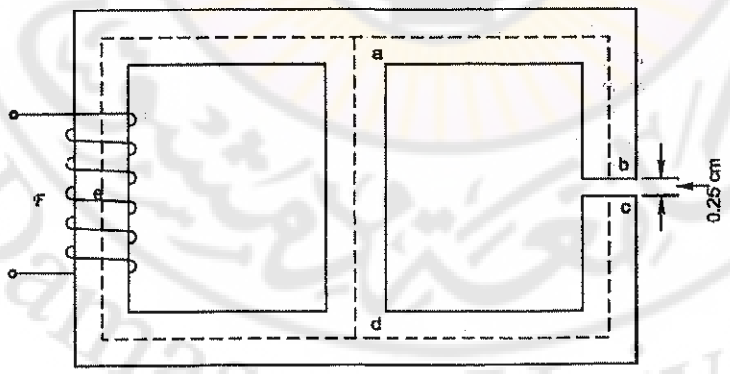
$$mmF_{(total)} = 796+160+150 = 1106\ AT$$

وبالتالي يكون التيار اللازم لتوليد السيالة هو:

$$I = \frac{mmF}{N} = \frac{1106}{500} = 2.21\ A$$

مسألة /٩/

تتكون أذرع الدارة المغنطيسية المبينة في الشكل (١-٢٩) من الحديد الصب وتمتلك الأبعاد الآتية :



الشكل(١-٢٩)

$\ell_{ab} + \ell_{cd} = 50\ cm \qquad A_{ab} = A_{cd} = 25 cm^2$

$\ell_{ad} = 20\ cm \qquad A_{ad} = 12.5 cm^2$

$\ell_{dea} = 50\ cm \qquad A_{dea} = 25 cm^2$

المطلوب :

- حدّد القوة المحركة المغنطيسية التي ينتجها الملف المبين على الدارة واللازمة لسريان سيالة مغنطيسية في الثغرة الهوائية قيمتها 0.75 mWb . استخدم مخطط (B-H) المُبيّن في الشكل (١-٢٨).

الحل

بفرض إهمال تأثير ظاهرة التهدب (Fringing) في الثغرة الهوائية فإن السيالة على طول المسار abcd ستكون نفسها أي:

$$B = \frac{\phi}{A} = \frac{0.75 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-4}} = 0.3\ Tesla$$

$$mmF_{bc} = \frac{B}{\mu_o} \ell_{bc} = \frac{0.3 \times 0.25 \times 10^{-3}}{4\pi \times 10^{-7}} = 60\ A.T$$

من الشكل (١-٢٨) ومن حديد الصب وعند B=0.3 Tesla فإن قيمة H الموافقة هي $H = 200\ A.T/m$.

$$mmF_{ab+cd} = 200 \times 50 \times 10^{-2} = 100\ A.T$$

$$mmF_{ad} = 60 + 100 = 160\ A.T$$

$$H_{ad} = \frac{160}{20 \times 10^{-2}} = 800\ A.T/m$$

من الشكل (١-٢٨) لدينا B_{ad}=1.04 Tesla وبالتالي:

$$\phi_{ad} = 1.04 \times 12.5 \times 10^{-4} = 1.3\ mWb$$

$$\phi_{dea} = 0.75 + 1.3 = 2.05\ mWb \Rightarrow$$

$$Bdea = \frac{2.05 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-4}} = 0.82\ Tesla$$

من الشكل(١-٢٨) لدينا : H_{dea}=500 A.T/m وبالتالي:

$$mmF_{dea} = 500 \times 50 \times 10^{-2} = 250 \ A.T$$
$$mmF_{dead} = mmF_{dea} + mmF_{ad} = 250 + 160 = 410 \ A.T$$

مسألة /١٠/

دارة مغنطيسية تتكون من حلقة من حديد الصب مقطعها دائري بقطر 3 cm والمحيط للحلقة $\ell_c = 80cm$. يوجد في هذه الحلقة ثغرة هوائية بطول $\ell_g = 1mm$. وضع على هذه الحلقة ملف بعدد من اللفات $N = 600 Turns$.

آ- حدّد التيار اللازم لسريان سيالة مغنطيسية في الثغرة الهوائية قيمتها $\phi = 0.75 mWb$ مع إهمال تأثير ظاهرة التهدب (Fringing) والتسرب.

ب- ماهي قيمة السيالة في الثغرة الهوائية إذا كان التيار المار في الملف 2A مع إهمال تأثير ظاهرة التهدب (Fringing) والتسرب.

علماً بأن محددات منحني المغنطة معطاة في الجدول الآتي:

H	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2020
B	0.10	0.32	0.60	0.90	1.08	1.18	1.27	1.32	1.36	1.40

حيث تقاس H بـ A.T/m وتقاس B بـ Tesla .

الحل

آ- من معطيات المسألة لدينا $\phi = 0.75 \times 10^{-3} \ Wb$ ومنه:

$$B_g = \phi / A = \frac{0.7510-3}{\pi(0.03/2)^2} = 1.06 \ Tesla \quad , \quad B_g = B_c \ \text{(No Fringing)}$$

بالعودة إلى منحني المغنطة المُبيّن في الشكل (١-٣٠) نجد ان قيمة H_c الموافقة لـ B_c=1.06 Tesla هي H_c=900A.T/m .

$$\Rightarrow \ \ell_c = 0.8m \ \ (air \ gap \ \ length \ can be \ neglegted)$$

وبالتالي تصبح الأمبير لفات الناتجة في المسار الحديدي:

$$A.T_c = H_c \cdot \ell_c = 900 \times 0.8 = 720 \ A.T \ ;$$

الأمبير لفات في الثغرة الهوائية :

$$A.T_g = B_g / \mu_o = \frac{1.06}{4\pi \times 10^{-7}} \times 0.8 = 843 \ A.T$$

ومنه:

$$Ni = AT_c + AT_g = 720 + 843 = 1563 \ \ A.T \ \Rightarrow \ i = \frac{1563}{600} = 2.6 \ A$$

ب- في هذه الحالة التيار مُعطى وإيجاد السيالة من منحني المغنطة (B-H) المبين في الشكل (١-٣٠)، ويمكن حل المسألة رقمياً وبالرسم . والحل بالرسم هو بالشكل الاتي:

$$Ni = \frac{B_c}{\mu_o}\ell_g + H_c \cdot \ell_c \ \ ; \ \ B_c = B_g \qquad (1)$$

وهذه العلاقة من حيث Hc وBc والمعادلة الثانية هي غير خطية في منحني (B-H) ، الترابط بين الأثنين من أجل Ni معطاة سوف يعطي الحل.

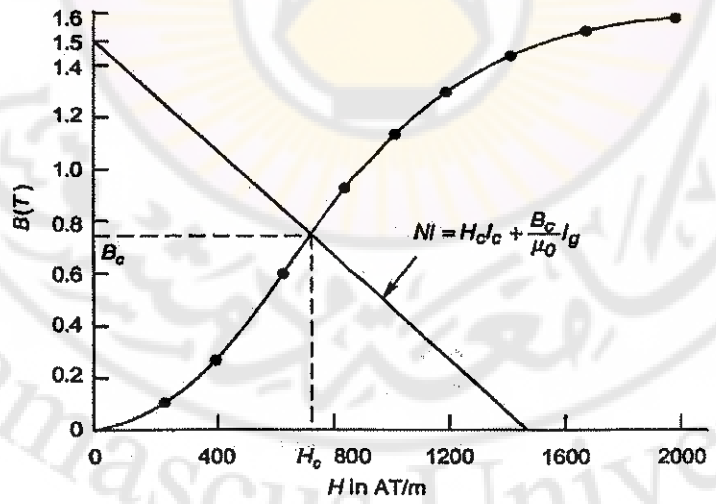
من أجل هذه المسألة: $Ni = 600 \times 2 = 1200 \ \ A.T$ ، و بتبديل مختلف القيم في المعادلة (1) نجد:

$$Ni = 1200 = \frac{B_c}{\mu_o} \times 1 \times 10^{-3} + 0.8 H_c \ \ ; \ \ B_c = B_g \qquad (2)$$

هذه المعادلة رسمت في الشكل(١-٣٠) من خلال النقاط الآتية:

$H_c = 0 \ \Rightarrow \ B_c = 1.5$

$B_c = 0 \ \Rightarrow \ H_c = 1500$



الشكل (١-٣٠)

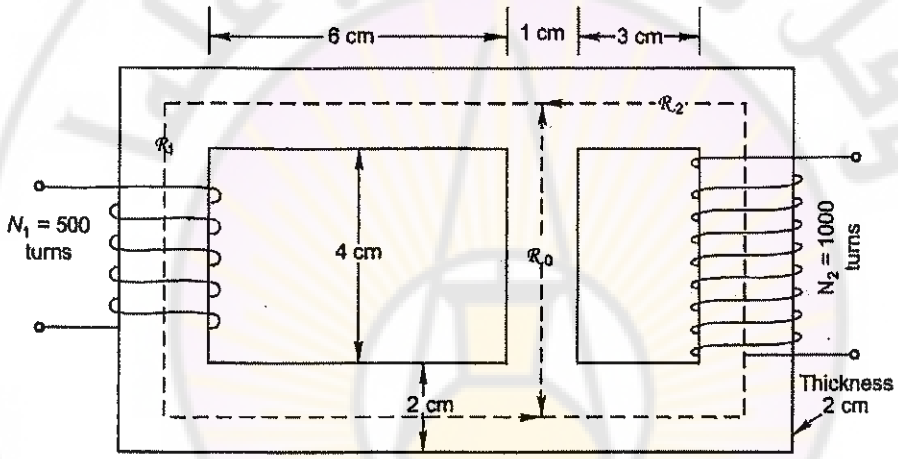
نقطة التقاطع بين المنحنيين تحدّد :

$$B_c = 0.78\ Tesla \Rightarrow \phi = B_c.A = 0.78 \times \frac{\pi}{4}(0.03)^2 = 0.35\ mWb$$

المسألة /١١/

يبين الشكل (١-٣١) دارة مغنطيسية . المطلوب:

- أوجد المحارضة الذاتية والمتبادلة بين الملفين علماً بأن $\mu_r = 1600$



الشكل (١-٣١)

الحـــل

من الشكل (١-٣١) لدينا :

$$\ell_1 = (6 + 0.5 + 1) \times 2 + (4 + 2) = 21 cm$$
$$\ell_2 = (3 + 0.5 + 1) \times 2 + (4 + 2) = 15 cm$$
$$\ell_o = 4 + 2 = 6 cm$$

وبالتالي تصبح المقاومة المغنطيسية لأذرع الدارة هي:

$$R_1 = \frac{\ell_1}{\mu_o \mu_r A_1} = \frac{21\times10^{-2}}{4\pi\times10^{-7}\times1600\times2\times2\times10^{-4}} = 0.261\times10^6 \quad \frac{1}{Henry}$$

$$R_2 = \frac{\ell_2}{\mu_o \mu_r A_2} = \frac{15\times10^{-2}}{4\pi\times10^{-7}\times1600\times2\times2\times10^{-4}} = 0.187\times10^6 \quad \frac{1}{Henry}$$

$$R_o = \frac{\ell_o}{\mu_o \mu_r A_o} = \frac{6\times10^{-2}}{4\pi\times10^{-7}\times1600\times1\times2\times10^{-4}} = 0.149\times10^6 \quad \frac{1}{Henry}$$

١- **الملف الأول:** تم تغذيته بتيار شدته 1A.

- المقاومة المغنطيسية المكافئة:

$$R_{eq} = R_1 + (R_o R_2 /(R_o + R_2)) = 0.261 + (0.187 // 0.149) = 0.344\times10^6$$

$$\Rightarrow \phi 1 = \frac{Ni}{R} = \frac{500\times1}{0.344\times10^6} = 1.433\ mWb$$

$$\phi_{21} = \phi 2 = 1.453\times0.149/(0.149+0.187) = 0.64\ mWb$$

- المحارضة الذاتية:

$$L_{11} = N_1 \cdot \phi_1 = 500\times1.453\times10^{-3} = 0.7265\ Henry$$

- المحارضة المتبادلة:

$$M_{21} = N_2 \cdot \phi_{21} = 1000\times0.649\times10^{-3} = 0.64\ Henry$$

٢- **الملف الثاني:**

$$R_{eq} = R_2 + (R_o R_1 /(R_o + R_1)) =$$

$$= [0.187 + (0.149\times0.281)/(0.149+0.281)]\times10^6 = 0.284\times10^6$$

$$\phi_2 = (1000\times1)/(0.284\times10^6) = 3.52\ mWb$$

$$L_{22} = N_2 \cdot \phi_2 = 1000\times3.52\times10^{-3} = 3.52\ Henry$$

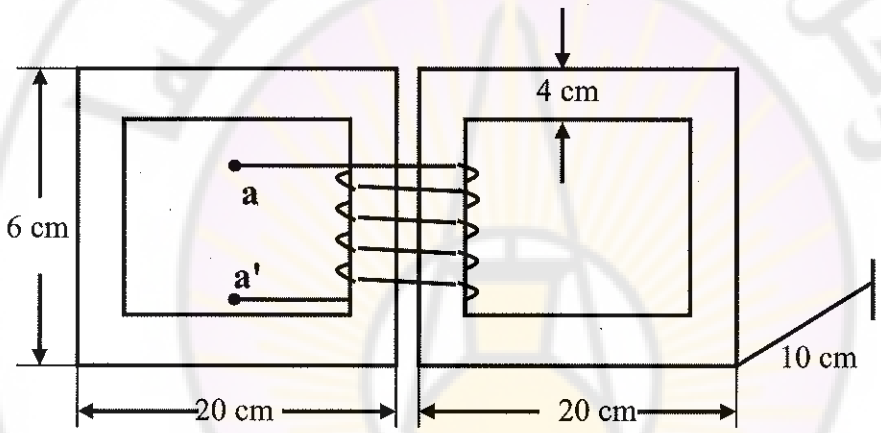
$$M_{12} = M_{21} = 0.64\ Henry$$

Damascus University

١-٤: مسائل غير محلولة

المسألة /١/

دارتان مغنطيسيتان A و B كما هو مبيّن في الشكل (١-٣٢) . لف عليهما معاً ملف واحد ذو عدد من اللفات يساوي 200 لفة ، فإذا كان التيار المار فيه (2.5 A) . احسب كثافة السيالة في كل منهما بفرض أن عامل النفاذية النسبي للدارة A هو μ_A=2000 وعامل النفاذية النسبي لدارة B هو μ_B=1600 ، والأبعاد مبينة على الشكل (١-٣٢) .



شكل (١-٣٢)

المسألة /٢/

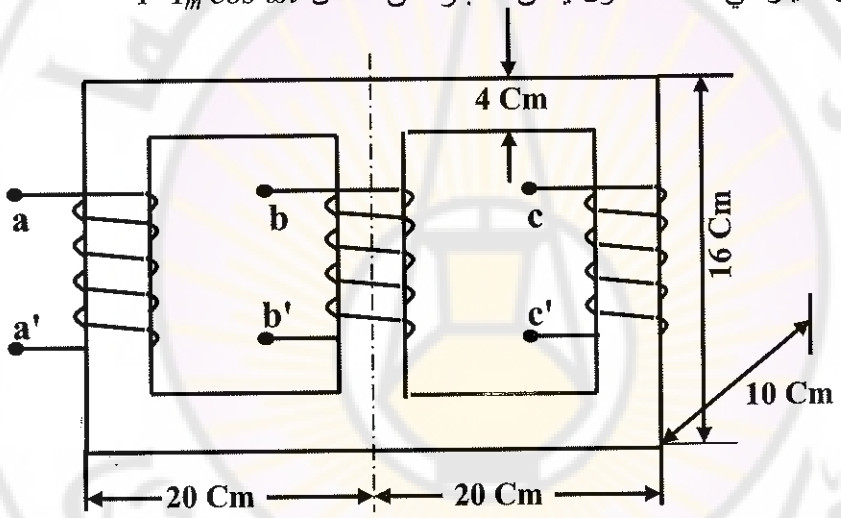
دارة مغنطيسية مصنوعة من الحديد الصب (Cast iron) ويتطلب لإمرار سيالة مغنطيسية فيها كثافتها $0.7Wb/m^2$ تطبيق قوة محركة مغنطيسية قيمتها (500AT) عليها ، فإذا كانت هذه الدارة تحتوي على ثغرة هوائية يطول (1mm) . كم تصبح هذه الأمبير لفات اللازمة لها من أجل كثافة السيالة إذا صنعت هذه الدارة من صفائح الفولاذ Sheet Steel استخدم المنحنيات شكل (١-١) .

المسألة /٣/

يُبيّن الشكل (١-٣٣) دارة مغنطيسية ذات ثلاثة أفرع ومقطع منتظم . على كل فرع أو ذراع منها ملف عدد لفاته (200) لفة واتجاه اللف لجميع الملفات واحد ، فإذا كان عامل النفاذية النسبي للدارة ثابت ويساوي (2000) . المطلوب .

١- ما قيمة السيالة المارة في كل فرع وما اتجاهها عندما يمر في هذه الملفات تيار مستمر بنفس الاتجاه في الملفات الثلاثة .

٢- ما هي قيمة السيالة المارة في كل فرع واتجاهها إذا طبق على الملفات الثلاث منبع ثلاثي الطور منتظم، إذا كانت القيمة العظمى لهذا التيار (1A) وفي اللحظة $t=0$ علماً أن التيار في الملف الأول يمكن اعتباره من الشكل $I=I_m \cos \omega t$



الشكل(١-٣٣)

المسألة /٤/

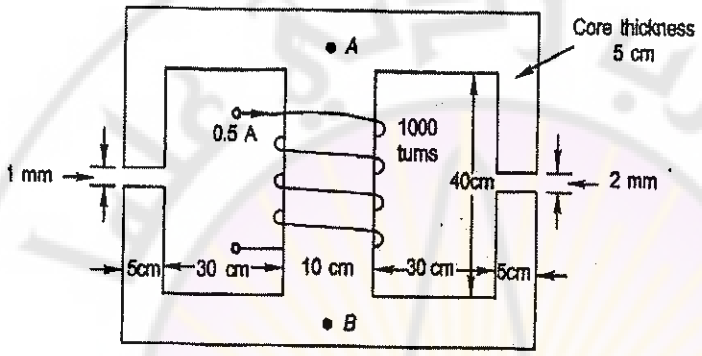
ما هي القوة المحركة المغنطيسية اللازمة لثغرة هوائية واحدة لآلة كهربائية دوارة إذا كان طول هذه الثغرة (2 mm) ، وكثافة السيالة في الثغرة الهوائية $0.75\ Wb/m^2$. أرسم بمقياس محدد منحنى توزع كثافة السيالة في الثغرة الهوائية إذا كان طول الخطوة القطبية (30 cm) وطول قوس القطب (20cm) .

مسألة /٥/

يُبيّن الشكل (١-٣٤) دارة مغنطيسية . المطلوب:

-إيجاد كثافة السيالة والسيالة في الأذرع الخارجية للدارة والذراع المركزي (الأوسط) الذي يحمل الملفات. افرض أن معامل النفاذية النسبي لحديد النواة هو:

أ- $\mu_r = \infty$ ب- $\mu_r = 4500$



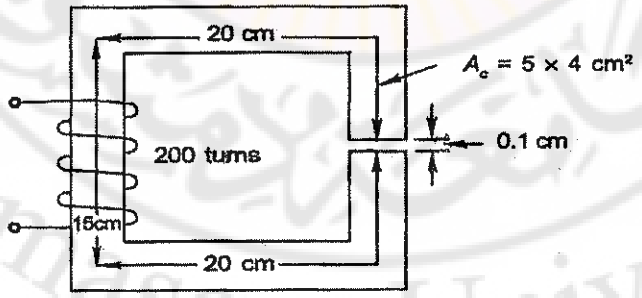
الشكل(١-٣٤)

مسألة /٦/

يُبيّن الشكل (١-٣٥) دارة مغنطيسية . المطلوب:

- احسب التيار اللازم مروره في الملف لسريان سيالة مغنطيسية في الثغرة الهوائية مقدارها 2 mWb آخذاً بالحسبان تأثير ظاهرة التهدب (Fringing) للثغرة الهوائية .

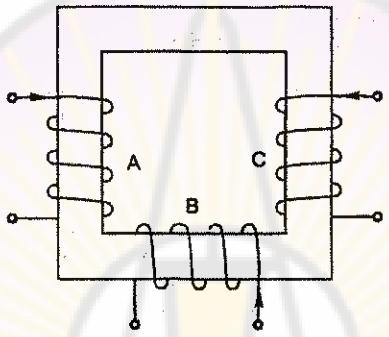
استخدم منحني B-H المُبيّن في الشكل (١-٢٧) .



الشكل(١-٣٥)

مسألة /٧/

يُبيّن الشكل (١-٣٦) دارة مغنطيسية تتكون فيها النواة من معدن Cold Rolled Silicon Steel ، حيث منحني العلاقة(B-H) مُوضح في الشكل (١-٢٧) . تمتلك هذه الدارة مقطع منتظم يساوي $5.9cm^2$ وطول مسار السيالة 30 cm . الملفات C , B , A تمر فيها تيارات شداتها على التوالي 0.4 و 0.8 و 1 أمبير . عدد لفات كل ملف N_A=250 Turns ، N_B=500 Turns . كم يجب أن يكون عدد لفات الملف C كي يتم سريان سيالة مغنطيسية في النواة قدرها 1 mWb ؟

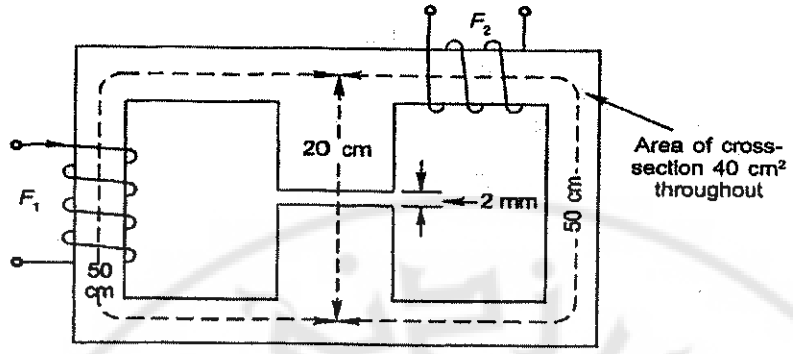


الشكل(١-٣٦)

مسألة /٨/

يُبيّن الشكل (١-٣٧) دارة مغنطيسية ، حيث يقدم الملف F_1 قوة محركة مغنطيسية قدرها 4000 A.T في الاتجاه المُحدّد على الشكل.

أوجد الأمبير لفة A.T للملف F_2 واتجاه التيار من أجل سريان سيالة مغنطيسية في الثغرة الهوائية قدرها 4 mWb من الأعلى إلى الأسفل . علماً بأن معامل النفاذية النسبي للحديد هو $\mu_r = 2500$.



الشكل (١-٣٧)

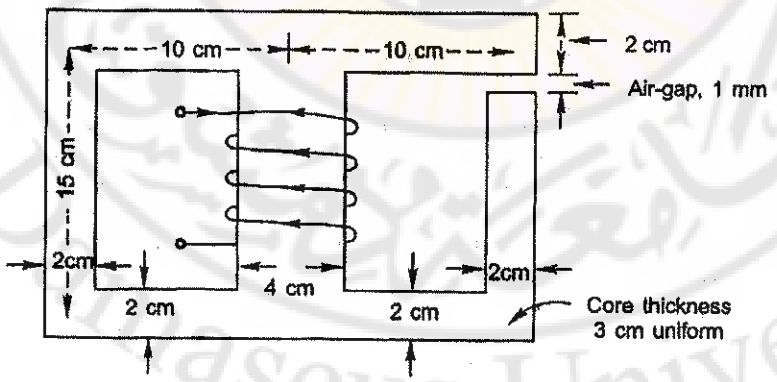
مسألة /٩/

يُبيّن الشكل (١-٣٨) دارة مغنطيسية. السيالة المغنطيسية في الثغرة الهوائية 0.24 mWb ، وعدد لفات الملف المتوضع على الذراع الأوسط في الدارة N=1000 Turns . المطلوب :

آ- احسب شدة السيالة المغنطيسية المارة في الذراع الأوسط من الدارة.

ب- التيار اللازم علماً بأن معطيات منحني المغنطة لحديد الدارة المغنطيسية مُبيّنة في الجدول الآتي:

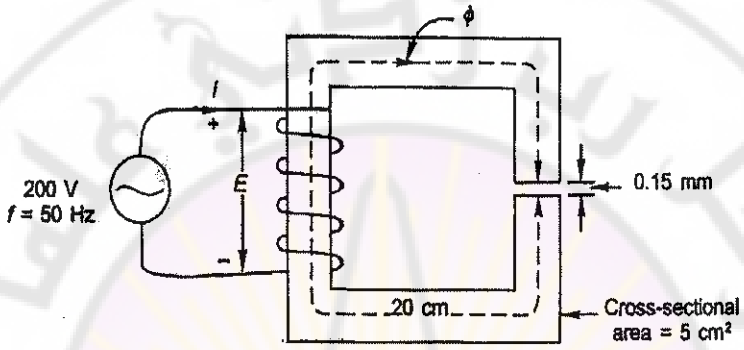
H A.T/m	200	400	500	600	800	1060	1400
B (Tesla)	0.4	0.8	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4



الشكل(١-٣٨)

مسألة /١٠/

يُبيّن الشكل (١-٣٩) دارة مغنطيسية معامل نفاذيتها النسبي $\mu_r = 1600$. عدد لفات الملف المُبيّن على الشكل N=1500 Turns ويُغذّى من منبع تيار متناوب. المطلوب: احسب الكثافة العظمى للسيالة في النواة الحديدية والقيمة العظمى لشدة التيار المار في الملف . ماهي القدرة المختزنة في الدارة المغنطيسية ؟

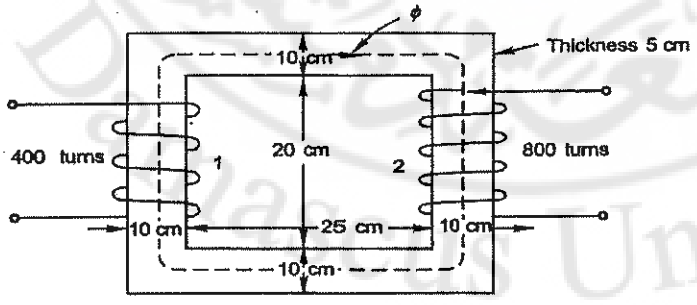


الشكل(١-٣٩)

مسألة /١١/

يُبيّن الشكل (١-٤٠) دارة مغنطيسية تتكون من نواة معدنية من صفائح الفولاذ (sheet steel) ، حيث منحني المغنطة (H-B) لهذا النوع من المعدن مُبيّن في الشكل(١-٢٧) . فإذا كانت شدة التيار المار في الملف الثاني (٢) هي A 2 بالاتجاه المُبيّن على الشكل . المطلوب :

- ماهي شدة التيار المار في الملف الأول (١) واتجاهه ليتم سريان سيالة مغنطيسية كثافتها 1.4 Tesla في النواة وحسب الاتجاه المشار إليه على الشكل ؟



الشكل(١-٤٠)

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثاني

المبادئ الكهرطيسية للآلات الكهربائية

٢-١: مقدمة

يحوي هذا الفصل مجموعة العلاقات الأساسية ،ومجموعة من المسائل المحلولة وغير المحلولة المتعلقة بالمبادئ الكهرطيسية وكيفية تولد القوة المحركة الكهربائية والقوة الكهرطيسية في الآلات الكهربائية الدوارة .

٢-٢: العلاقات العامة

* علاقة حساب القوة المحركة المتولدة في ناقل يتحرك ضمن سيالة مغنطيسية :

$$\vec{e}_c = \vec{B} \wedge \vec{V}.\vec{L}$$

حيث:

$\vec{e}_c$: قيمة القوة المحركة الكهربائية مقدرة بالفولت (Volt) .

B: كثافة السيالة مقدرة بالويبر على المتر المربع . Wb/m^2

V: السرعة الخطية للناقل مقدرة بالمتر في الثانية m/sec

$\vec{L}$: طول الناقل ويقدر بالمتر (m) .

قيمة هذه القوة .

$$e_c = B \cdot V \cdot L \sin\alpha_m \cos\gamma_m$$

α_m: الزاوية بين الشعاع $\vec{B}$ و $\vec{V}$

γ_m: الزاوية بين طول الناقل والناظم على المستوى $\vec{B}$ و $\vec{V}$.عندما تكون γ_m مساوية للصفر فإن :

$$e_o = B \cdot V \cdot L \sin\alpha_m$$

وعندما يكون الشعاعين $\vec{B}$ و $\vec{V}$ متعامدين فإن:

$$e_o = \pm B \cdot V \cdot L$$

إشارة الزائد عندما تكون $\alpha_m = \frac{\pi}{2}$ والناقص عندما تكون $\alpha_m = \frac{3\pi}{2}$. "**يُحدد اتجاهها عادة بقاعدة اليد اليمنى**" .

- علاقة القوة المحركة المتولدة في لفة أو عدة لفات تخترقها سيالة متغيرة في

– اللفة الواحدة :

$$e_t = -\frac{d\varphi}{dt}$$

– في عدة لفات

$$e_N = -N\frac{d\phi}{dt}$$

حيث:

e_t و e_N : القوة المحركة الكهربائية المتولدة مقدرة بالفولت (V) .

ϕ : السيالة مقدرة بالوبير (Wb) .

t: الزمن مقدر بالثانية (Sec) .

- القوة الكهرطيسة المؤثرة على ناقل واقع ضمن سيالة مغنطيسية (القيمة الجبرية لهذه القوة) :

$$F_c = B \cdot I_c \cdot \ell \cdot \sin \beta_m$$

I_c: التيار المار في الناقل مقدراً بالأمبير (A) .

B: كثافة السيالة (Wb/m^2) .

ℓ: طول الناقل مقدراً بالمتر (m) .

F_c: القوة بالنيوتن (N) .

β_m: الزاوية بين اتجاه التيار المار واتجاه كثافة السيالة B عندما يكون الناقل عمودياً على خطوط السيالة:

$$F_c' = \pm B \cdot I_c \cdot \ell$$

" **يحدد اتجاهها عادة بقاعدة اليد اليسرى** " .

- العلاقة بين القيم اللحظية والعظمى والمتوسطة والفعّالة للتوتر أو القوة المحركة الكهربائية المتولدة في نواقل آلة دواره .
- **الحالة العامة** : وعندما يكون الناقل عمودياً على المستوى $\vec{B}$ و $\vec{V}$

$$e_{ct} = B_t \cdot V_t \cdot l_{,t} \sin\alpha_{mt}$$

حيث : e_{ct} , B_t , V_t , L_t و α_{mt} القيم اللحظية لهذه المقادير.

عندما تكون V_t و L_t ثابتة وهي محققة غالباً فإن:

$$e_{ct} = B_t \cdot V_t \cdot L_t \sin\alpha_{mt}$$

القيمة الأعظمية e_{cm} هي: $e_{cm}=B_m .V. L$

القيمة المتوسطة خلال نصف الدور e_{mid}

$$e_{mid} = e_{av} = \frac{1}{T/2}\int_0^{T/2} e_{ct}dt = \frac{1}{T/2}\int_0^{T/2} B_t \cdot V \cdot L \cdot \sin\alpha_{mt}dt$$

يرمز للقيمة الفعّالة بـــ : $e_{eff}=e_{r.m.s}$

$$e_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T e_{ct}^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T}B_t \cdot V \cdot L \cdot \sin\alpha_m dt}$$

عندما يكون شكل الموجه جيبياً:

$E_{c\alpha}=e_{ct}=B_{max}\ L.V\ \sin\alpha = B_m.L.V.\sin\omega t$

حيث α الزاوية بين موضع الناقل في اللحظة t وبين موضعه في اللحظة صفر عندها

$e_{cmax}=B_{max}.L.V$

$$e_{mid} = e_{c.av} = \frac{2}{\pi}e_{c.\max}$$

$$e_{eff} = \frac{e_{c\max}}{\sqrt{2}}$$

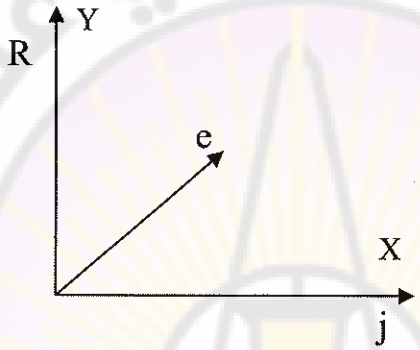
نفس علاقات القوى المحركة السابقة تطبق على التيارات المتغيرة القيم المركبة والشعاعية .

القوة المحركة الكهربائية $\vec{e}$ يمكن كتابتها بدلالة مسقطيها على محورين متعامدين x ، y بالشكل الآتي:

$$\vec{e} = e_x + e_y = \vec{e} \cdot \cos x + \vec{e} \cdot \sin x$$

$$\dot{e} = e_x + je_y = e \cdot \cos x + je \cdot \sin x$$ على محورين مركبين

لاحظ الشكل



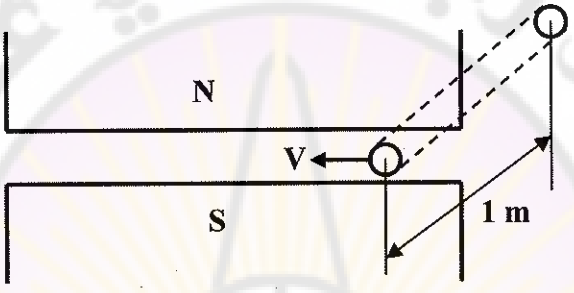
شكل (٢-١)

٢-٣ مسائل محلولة

المسألة /١/

يتحرك ناقل كهربائي طوله 1m بين قطبين مغنطيسيين كما في الشكل (٢-٢) ، فـإذا كانت سرعة انتقاله 20 m/s ، والمطلوب أوجد :

آ ــ القوة المحركة الكهربائية المتولدة بين طرفيه وحدّد اتجاهها.



الشكل(٢-٢)

ب – ما هي القوة الكهرطيسية اللازمة لتحريكه بهذه السرعة إذا كان لا يوجـد علـى طرفيه أي حمل كهربائي.

جـ – ما هي القوة الكهرطيسية اللازمة لتحريكه بتلك السرعة إذا وضع حمل علـى طرفيه قيمة مقاومته 0.1Ω بفرض مقاومة الناقل مهملة.

الغاية من المسألة: توضيح قيم كل من القوة المحركة الكهربائية والقوة الكهرطيسية في مثل هذه الأمثلة .

الحـل :

آ – حساب القوة المحركة الكهربائية:

$e_c=B.L.V$

$e_c = 0.5 \times 1 \times 20 = 10$ V

اتجاهها يُحدّد بقاعدة اليد اليمنى وهي تتجه من الخلف إلى الأمام للناقل أي الطرف الأمامي للناقل موجب .

ب – عندما لا يكون هناك أي حمل على طرفي الناقل فالتيار المار فيه يكون مساوياً للصفر، وبالتالي ليست هناك أية قوة كهرطيسية مؤثرة على الناقل ، فإذا كانت قوة احتكاك الناقل بالهواء المحيط مهملة فالقوة اللازمة لتحريكه تساوي الصفر .

جـ – عند وضع مقاومة على طرفيه قيمتها 0.1Ω ، فإن تياراً شدته $I_c = \frac{e_c}{r} = \frac{10}{0.1} = 100\,A$ سوف يمر في الناقل ويتجه هذا التيار ضمن الناقل من الطرف الخلفي إلى الطرف الأمامي ،ويؤدي إلى تأثير قوة كهرطيسية على الناقل قيمتها:

$$F_c = B.L.I_c = 0.5 \times 1 \times 100 = 50\ N$$

اتجاه هذه القوة يُحدّد وفق قاعدة اليد اليسرى وفي حالتنا هذه معاكسة لاتجاه السرعة، وبالتالي لتحريك الناقل بنفس السرعة السابقة يجب بذل قوة على الناقل مساوية ومعاكسة للقوة الكهرطيسية، وعليه القوة اللازمة لتحريك الناقل هي أيضاً 50 N وذلك بإهمال الاحتكاك .

المسألة /٢/

ما هي القوة المحركة الكهربائية المتولدة بين مقدمة ومؤخرة طائرة طولها 30 cm ، وذلك عندما تطير باتجاه الشمال في منطقة تبلغ فيها المركبة الأفقية للمجال (الساحة) الأرضية (0.3 oe) أورستد . إذا كانت سرعة هذه الطائرة تبلغ سرعة الصوت والتي يمكن اعتبارها مساوية (340 m/s) .

الغاية من المسألة: التعرف على قيمة القوة المحركة الكهربائية الناتجة على سطوح مثل هذه الطائرات.

الحـــل :

قيمة كثافة السيالة في جملة $CGS.\mu o$ بالنسبة للمركبة الأفقية الأرضية هي :

$$B = \mu_o \cdot H = 1 \times 0.3 = 0.3 \quad Ga$$

حيث : $\mu_o = 1$

$$1Ga = 10^{-4} \quad Wb/m^2$$

$$B = 0.3 \times 10^{-4} \quad Wb/m^2$$

القوة المحركة المتولدة هي :

$$e_c = B \cdot L \cdot V = 0.3 \times 10^{-4} \times 30 \times 340$$

$$e_c = 0.306 \ V$$

الاستنتاج : إن قيمة القوة المحركة الكهربائية الناتجة بين مقدمة ومـــؤخرة الطـــائرة صغيرة ، ولكن إذا عرفنا أن المقاومة الكهربائية الكائنة بينهما تقل عن الواحد ميلي أوم ربما من رتبة ميكرو أوم أدركنا قيمة التيار المار بين مقدمة ومؤخرة الطائرة وأثـــره الكبير.

المسألة /٣/

حدّد لوحدة الطول القوة الكهرطيسية الناتجة بين ناقلين المسافة الكائنة بينهمـــا 10cm، وذلك عندما يمرر كل منهما تياراً شدته 3KA ، وحدّد اتجاه هذه القوة عندما يكـــون التيار في الناقلين من اتجاه واحد ومن ثم عندما يكون التيار من اتجاهين مختلفين .

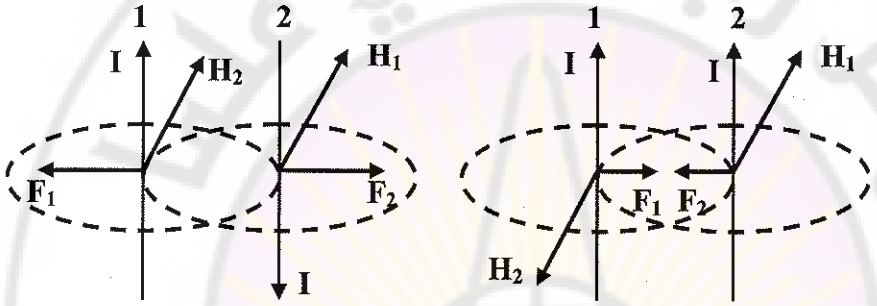
الغاية من المسألة :

التعرف على القوة الكهرطيسية التي تؤثر على مثل هذه النواقل والتي تُعـــدّ قـــضبان التوصيل في محطات القدرة الكهربائية ومحطات التحويل الكهربائية هي أفضل مثـــال عملي عليها .

الحـــل :

عند مرور تيار في الناقل بشكل متعاكس كما في الشكل (٢-٣) كان اتجاه شدة الساحة الناتج من الناقل الأول عند الناقل الثاني هي H_1 ويمكن تحديدها بقاعدة البزال .

كذلك شدة الساحة الناتجة من الناقل ٢ عند الناقل ١ هي H2 ، كما هو مبين بالـــشكل (٢-٣-آ) كما أنه عند مرور تيار من اتجاه واحد في الناقلين فإن اتجاه شدة الساحة عند كل من الناقلين، كما هو مبين بالشكل (٢-٣-ب) .



(ب): تؤدي هذه القوى إلى تقارب الناقلين . (آ): تؤدي هذه القوى إلى تقارب الناقلين

الشكل(٢-٣)

إن قيم كل من القوة F_1 , F_2 متساوية ويمكن حسابها من العلاقة :

$$F_2 = B_2 \cdot L \cdot I$$

$$B_2 = H_2 \cdot \mu_o$$

$$H_2 = \frac{I}{2\pi_r}$$

$$F_1 = F_2 = \mu_o \frac{I}{2\pi \cdot r} \cdot I \cdot L = \mu \frac{I^2}{2\pi \cdot r} \cdot L$$

فإذا كان L يساوي 1m فإن :

$$F_1 = F_2 = \mu_o \frac{I^2}{2\pi \cdot r} = 4\pi \cdot r \times 10^{-7} \times \frac{(3\times 10^3)^2}{2\pi \times 0.1}$$

$F_1 = F_2 = 1.8 \ N/m$

وعليه قوى التباعد (التنافر) أو التجاذب المؤثرة على الناقلين معاً هي :

$F = 2F_1 = 3.6 \ N/m$

الاستنتاج :

نستفيد من تحديد القوة F_1 , F المؤثرة على النواقل المتجاورة في تصميم قضبان التوصيل في محطات القدرة ومحطات التحويل ، حيث تتكون هذه القضبان من نواقل ذات مقطع مستطيل سماكتها من رتبة 1cm أو أكثر. تثبت هذه القضبان إلى جوار بعضها بعضاً على حوامل من مادة عازلة ، فحساب القوى الكهرطيسية السابقة يمكننا من تحديد عدد هذه المثبتات والمسافة بينهما حتى لا تقترب هذه القضبان من بعضها بعضاً أثناء حدوث الأخطاء الصريحة(حالات القصر) ، حيث عند حدوث هذه الأخطاء فإن التيارات المارة تكون من رتبة 1KA وما فوق ويمكن أيضاً أن تكون التيارات في القضبان باتجاه واحد كما في نواقل الأطوار في النظم الثلاثة، أو باتجاهين مختلفين كما هي الحال في قضبان محطات القدرة ذات التيار المستمر أو بين أحد الأطوار والحيادي في محطات القدرة الثلاثية الطور.

Damascus University

٢-٤: مسائل غير محلولة

المسألة /١/

حدّد قيمة التيار المار في ناقل مقطعه $1mm^2$ ووزنه النوعي $2.7\times10^{-3}\ kg/cm^3$ حتى يمكن لهذا الناقل أن يرتفع بشكل حر في الهواء إذا كانت قيمة المركبة الأفقية للمجال الأرضي في تلك المنطقة 0.4 oc .

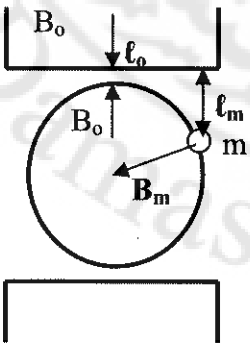
المسألة /٢/

احسب عدد اللفات التي يمكن وضعها بين نصفي آلة تيار مستمر تدور بسرعة 600 rpm ، إذا كان قطر المتحرض لهذه الآلة (1m) ، وطوله يساوي 0.4 m ، وكانت كثافة السيالة الأعظمية $B=1\,Wb/m^2$. علماً أن التوتر بين نصلتي المجمع يجب ألا يزيد عن (25 V) .

المسألة /٣/

حدّد قيمة وشكل تغيرات القوة المحركة الكهربائية الناتجة من ناقل محمول على محيط آلة دوارة كما هو مبين بالشكل (٢-٤) ، حيث الأقطاب مستوية والاسطوانة من مادة حديدية .

ملاحظة : يمكن فرض أن كثافة السيالة عند أي نقطة m تتناسب عكساً مع بعدها عن سطح الأقطاب أي : $B_m=\frac{B_o}{\ell_o}\ell_m$.



الشكل (٢-٤)

الفصل الثالث

عمل آلة التيار المستمر في حالة اللاحمل

٣-١: مقدمة

يتناول هذا الفصل مجموعة من المسائل التي تتعلق بنظرية عمل آلة التيار المستمر وأجزائها الرئيسية ومن ناحية ثانية ونظراً لأهمية عمل آلة التيار المستمر في حالتي اللاحمل والتحميل فقد أفرد في هذا الكتاب فصل للمسائل والتطبيقات حول عمل الآلة في حالة اللاحمل .

٣-٢ : العلاقات العامة

*** علاقة القوة المحركة الكهربائية :**

تعطى علاقة القوة المحركة الكهربائية المتولدة في آلة التيار المستمر بثلاثة أشكال:

آ – الشكل الأول: $E = C_e \cdot \phi \cdot n = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi \cdot n \quad ; \quad C_e = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60}$

حيث:

E: القوة المحركة الكهربائية المتولدة بين مربطي المتحرض في آلة التيار المستمر وتقدر بالفولت .

p: عدد أزواج الأقطاب .

a: عدد أزواج الدارات التفرعية التي تشكلها نواقل المتحرض.

Z: عدد النواقل الكلية للمتحرض.

ϕ : السيالة في الثغرة الهوائية (المفيدة) تحت كل قطب من أقطاب الآلة وتقدر بالويبر

n: عدد دورات المتحرض بالدقيقة rpm .

آ – **الشكل الثاني:** $E = C_e \cdot \phi \cdot N = \frac{p}{a} \cdot Z \cdot \phi \cdot N \quad ; \quad C_e = \frac{p}{a} \cdot Z \quad ; \quad N = \frac{n}{60}$

حيث تقاس السرعة N عدد دورات المتحرض بالثانية rps

جـ– **الشكل الثالث:** $E = C_e \phi \cdot \omega = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{2\pi} \cdot \phi \cdot \omega \quad ; \quad C_e = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{2\pi} \quad ; \quad \omega = 2\pi n$

حيث ω السرعة الزاوية الميكانيكية وتقاس بالراديان في الثانية rad/sec

وبالتالي يمكن استخدام أي من الأشكال السابقة بشرط الأخذ بالحسبان عملية التحويل بين أشكال السرعة، ولكن في معظم الحالات يُستخدم الشكل الأول

- **العلاقات بين عدد مجاري الآلة ووشائع اللف ونصلات المجمع وعدد النواقل .**

الترميز في هذه العلاقات كما يلي:

$N_{s\ell}$: عدد المجاري. k : عدد نصلات المجمع.

S : عدد وشائع اللف. N_s: عدد لفات كل وشيعة .

Z : عدد النواقل الكلية للمتحرض وعليه .

ـ عدد اللفات الكلية دوما $\frac{Z}{2}$

– عدد النواقل في كل مجرى $\frac{Z}{N_{s\ell}}$

– في مختلف أنواع اللف لدينا:

$$\mu \cdot N_{sl} = K = S$$

$$N_s = \frac{Z}{2S} = \frac{Z}{2k}$$

حيث : μ عدد أزواج طبقات اللف في كل مجرى .

– علاقة القوة المحركة المغنطيسية اللازمة لآلة تيار مستمر .

القوة المحركة المغنطيسية اللازمة لدارة تابعة لقطبين :

$$F_{2p} = 2F_g + 2F_p + F_y + F_a + 2F_t$$

حيث :

F_g: القوة المحركة المغنطيسية اللازمة لثغره هوائية واحدة .

$$F_g = \phi_g \cdot \frac{\ell_g}{S_g \mu_o} = \frac{B_g \cdot \ell_g}{\mu_o}$$

والقوة المحركة المغنطيسية .

- للأقطاب الرئيسية $F_P = H_P \,.\, \ell_P$
- للإطار الخارجي $F_Y = H_Y \,.\, \ell_Y$
- النواة (المتحرض) $F_a = H_a \,.\, \ell_a$
- للأسنان في حالة السن المنتظم $F_t = H_t \,.\, \ell_t$
- في حالة السن غير المنتظم $F_t = \frac{1}{6}(H_{t1} + 4H_{t\,mid} + H_{tr})$

حيث تؤخذ المقادير H_t , H_a , H_y , H_p من منحنيات الخواص المغنطيسية للمواد المصنوعة منها هذه الأجزاء بدلالة B_t , B_a , B_y , B_p .

يُعطى طول الثغرة الهوائية ℓ_g بالعلاقة الآتية: $\ell_g = k_g \cdot \ell'_g$

$\ell'g$: الفرق الهندسي بين سطح القطب وسطح المتحرض تحت القطب.

$$\phi_p = K_L \cdot \phi_g$$

K_L : عامل التشرد و ϕ_p السيالة المارة في جسم القطب وأن :

$$\phi_y = \frac{\phi_p}{2}$$

٢-٣ : مسائل محلولة

المسألة /١/

آلة تيار مستمر ذات أربعة أقطاب يحتوي متحرضها على 1000 ناقل تدور بسرعة 1200 rpm. ، والمطلوب :

أ ــ إذا كانت السيالة في الثغرة الهوائية تحت كل قطب تساوي 20 mWb . أوجد القوة المحركة الكهربائية الناتجة بين مربطي الآلة في الحالات الآتية :

١- الآلة ذات لف انطباقي بسيط .

٢- الآلة ذات لف تموجي بسيط .

٣- الآلة ذات لف تموجي مركب $m = 2$.

ب ــ ما السيالة اللازم توفرها تحت كل قطب حتى تعطي الآلة على مرابطها قوة محركة كهربائية قدرها 400 V في الحالتين الآتيتين ؟

١- إذا كنت الآلة ذات لف انطباقي بسيط .

٢- إذا كانت الآلة ذات لف تموجي بسيط .

ج ــ كم يجب أن تكون سرعة دورانها إذا كانت السيالة تحت كل قطب 10 mWb والقوة المحركة الكهربائية بين مربطيها 400 V في الحالات الآتية.

١- إذا كانت الآلة ذات لف انطباقي بسيط .

٢- إذا كانت الآلة ذات لف تموجي بسيط .

الهدف من المسألة :

التدريب على استخدام علاقة حساب القوة المحركة الكهربائية عند مختلف الحالات.

الحل :

أ ــ حساب القوة المحركة الكهربائية :

$$E = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi \cdot n$$

١" ــ عندما تكون الآلة ذات لف انطباقي بسيط، فإن المقدار $\frac{p}{a}=1$ وعليه :

$$E=1\times\frac{1000}{60}\times 20\times 10^{-3}\times 1200=400\ Volts$$

٢" ــ عندما تكون الآلة ذات لف تموجي بسيط فإن المقدار $\frac{p}{a}=\frac{2}{1}=2$ وعليه :

$$E=2\times\frac{1000}{60}\times 20\times 10^{-3}\times 1200=800\ \ Volts$$

٣"ــ الآلة ذات لف تموجي مركب $m=2$

فإن المقدار $\frac{p}{a}=\frac{2}{2}=1$ ، حيث عدد الدارات التفرعية $2a=2m$ وعليه :

$$E=1\times\frac{1000}{60}\times 20\times 10^{-3}\times 1200=200\ Volts.$$

ب ــ حساب السيالة اللازمة تحت كل قطب من علاقة القوة المحركة السابقة يمكن أن نكتب أن قيمة السيالة بالعلاقة الآتية :

$$\phi=\frac{E}{\frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{60}\cdot n}$$

١"ــ الآلة ذات لف انطباقي :

$$\phi=\frac{400}{1\times\frac{1000}{60}\times 1200}=0.02\ Wb\quad\Rightarrow\quad\phi=20\times 10^{-3}\ \ Wb$$

٢"ــ الآلة ذات لف تموجي :

$$\phi=\frac{400}{2\times\frac{1000}{60}\times 1200}$$

$$\phi=10\times 10^{-3}\ \ Wb$$

جـ : قيمة سرعة الدوران عندما تكون السيالة 10 mWb والقوة المحركة 400 V. أيضاً من علاقة القوة المحركة يمكن أن نكتب :

$$\phi = \frac{E}{\frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot n}$$

١" ــ الآلة ذات لف انطباقي :

$$\phi = \frac{400}{1 \times \frac{1000}{60} \times n} \quad , \quad \phi = 10 \times 10^{-3} \quad Wb$$

$$\Rightarrow \; n = \frac{400 \times 60}{1 \times 1000 \times 10 \times 10^{-3}} = 2400 \quad rpm$$

اذا رمزنا بـــ N لعدد الدورات في الدقيقة فإن :

N = n/ 60= 2400/60 = 40 rps

٢"ــ الآلة ذات لف تموجي :

$$n = \frac{400}{2 \times \frac{1000}{60} \times 10 \times 10^{-3}} \quad \Rightarrow \quad n = 1200 \quad rpm \quad \Rightarrow \quad N = 20 \quad rps$$

الاستنتاج :

١-إذا كانت هناك آلتان لهما نفس عدد النواقل على المتحرض ونفس السيالة تحت كـل قطب ونفس عدد الأقطاب، فالآلة ذات اللف التموجي تولد قوة محركة كهربائية أكبر من الآلة ذات اللف الانطباقي، والنسبة بينهما تساوي عدد أزواج الأقطاب.

٢-إذا كانت هناك آلتان لهما نفس عدد النواقل وتدوران بنفس السرعة ونحصل منهمـا على نفس القوة المحركة فإن السيالة المغنطيسية في الآلة ذات اللف التموجي تكون أقل من الآلة ذات اللف الانطباقي .

٣-إذا كانت هناك آلتان لهما نفس السيالة تحت الأقطاب وتولدان نفس القوة المحركـة، ولهما نفس عدد النواقل على المتحرض، فإن الآلة ذات اللف التموجي تدور بسرعة اقل من سرعة دوران الآلة ذات اللف الانطباقي ونسبة انخفاض السرعة هذه تساوي $\frac{1}{p}$.

المسألة /٢/

مولدة تيار مستمر ذو أربعة أقطاب تدور بسرعة 750 rpm ويتولد على طرفيها في حالة اللاحمل قوة محركة كهربائية 160 V، فإذا كان المتحرض ذا لف تموجي بسيط ويحتوي على 528 ناقلاً، وكانت السيالة الكلية ضمن القطب هي 0.0145Wb . أوجد عامل التشرد.

الغاية من المسألة :

التعرف على السيالة المفيدة والمتشردة (التسربية) وعامل التشرد في آلة تيار مستمر.

الحـــل :

إن السيالة الواردة في علاقة حساب القوة المحركة الكهربائية هي السيالة المفيدة المارة في الثغرة الهوائية والتي يمكن أن نرمز لها بأحد الرموز الآتية :

$$\phi = \phi_u = \phi_g$$

من علاقة القوة المحركة يمكن حساب هذه السيالة وفقاً للعلاقة الآتية :

$$\phi = \frac{E}{\frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot n}$$

باعتبار الآلة ذات لف تموجي فإن : $\frac{p}{a} = 2$ وعليه :

$$\phi = \frac{160}{2 \times \frac{528}{60} \times 750}$$

$$\phi = 0.01212\ Wb$$

ومنها عامل التشرد :

$$K_L = \frac{\phi_P}{\phi} = \frac{0.0145}{0.01212} \Rightarrow K_L = 1.2$$

المسألة /٣/

احسب الأمبير لفة اللازمة لثغرة هوائية واحدة لمولد تيار مستمر ذي قطبين إذا كان توتر الخرج للمولد في حالة اللاحمل هو (400 V) ، وسرعة دورانه

(2000 rpm)، طول المتحرض (30 cm)، طول قوس القطب (30 cm) ، عدد نواقل المتحرض 200 ناقل وطول الثغرة الهوائية (2 mm) .

الغاية من المسألة :

التعرف على حساب الأمبير لفات اللازمة لثغره هوائية انطلاقاً من القــوة المحركــة الكهربائية و أبعاد الآلة .

الحــل :

يمكن حساب القوة المحركة المغنطيسية حسب فوهة المجرى . إذا لم تعط له قيمة في المسألة يؤخذ مساوياً الواحد الصحيح :

$$2mm = l_g$$

المطلوب : إذاً حساب B_g والتي يمكن حسابها من العلاقة الآتية :

$$B_g = \frac{\phi}{S_g}$$

ϕ : تحسب من علاقة القوة المحركة الكهربائية، حيث توتر الخرج في حالة اللاحمل هو القوة المحركة الكهربائية .

$$\phi = \frac{E}{\frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{60}\cdot n} = \frac{400}{1\times\frac{200}{60}\times 2000}$$

$$\phi = 30\times 10^{-3}\ \ Wb$$

$$S_g = L_p \cdot b_g$$

حيث L_p طول القطب b_g طول قوس القطب :

$$S_g = 30\times 30 = 900\ cm^2 = 9\times 10^{-4} m^2$$

$$B_g = \frac{30\times 10^{-3}}{9\times 10^{-4}} = \frac{1}{3}\frac{Wb}{m^2} = \frac{1}{3}\ Tesla\ ,\ Where:\ \frac{Wb}{m^2} = Tesla$$

$$F_g = \frac{\frac{1}{3}\times 2\times 10^{-3}}{4\pi\times 10^{-7}} = 350.8\ \ AT$$

المسألة /٤/

طول السن في متحرض آلة تيار مستمر (3 cm) ، فإذا كان عرض السن في الأعلى يعادل (1.4) مرة عرض السن في الأسفل . احسب الأمبير لفات اللازمة إذا كانت كثافة السيالة المطلوبة في أعلى السن ($1.3\ Wb/m^2$) ، وكان المتحرض من الفولاذ الصب (Cast steel) .

الغاية من المسألة :

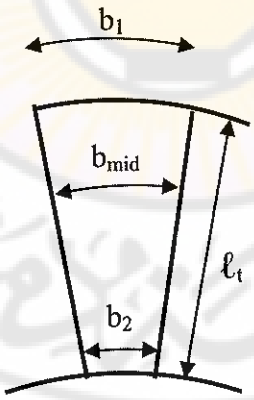
التعرف على كيفية حساب القوة المحركة المغنطيسية اللازمة لأسنان المتحرض عندما يكون مقطع السن غير منتظم .

الحـل :

لحساب الأمبير لفة لسن ذي مقطع غير منتظم نطبق قاعدة سيمسون بعد إيجاد كل من كثافة السيالة في وسط السن وأسفله ، ثم إيجاد السيالة في كل من أعلى السن ووسطه وأسفله والشكل (٣-١) يبين مقطع عرضي في السن.

$$b_1 = 1.4 \times b_2$$

$$b_m = \frac{b_1 + b_2}{2} = 1.2 \times b_2$$



الشكل(٣-١)

من معطيات المسألة كثافة السيالة في أعلى السن $B_1 = 1.3\ Wb/m^2$ ، باستخدام منحنيات الخواص المغنطيسية شكل (١-١) نجد أن الساحة المقابلة $B_1 = 1.3\ Wb/m^2$ هي :

$$H_1 = 1500\ A.T/m$$

- حساب كثافة السيالة في وسط السن:

ليكن طول السن المحوري ℓ_t فإن سطح السن في الأعلى هو: $S_{t1} = b_1 L_t$

وقيمة السيالة المارة في السن هي : $\phi_t = B_1 \cdot S_{t1} = B_1 \cdot b_1 \cdot \ell_t$

كثافة السيالة في وسط السن هي أيضاً :

$$B_{med} = \frac{\phi_t}{s_m} = \frac{B_1 \cdot b_1 \cdot \ell_t}{b_m \cdot \ell_t}$$

$$B_{med} = B_1 \frac{b_1}{b_m} = B_1 \frac{1.4 \times b_2}{1.2 \times b_2}$$

$$B_{med} = B_1 \times \frac{1.4}{1.2} = \frac{1.3 \times 1.4}{1.2} = 1.52\ \ Wb/m^2$$

من منحنيات المغنطة السابقة نجد قيمة H_m المقابلة لها هي: $H_m = 4000\ A.T/m$

بنفس الطريقة السابقة نجد كثافة السيالة في أسفل السن حيث :

$$B_2 = B_1 \times \frac{1.4}{1} = 1.3 \times 1.4 = 1.82\ \ Wb/m^2$$

$$H_2 = 14000\ \ AT/m$$

- القوة المحركة المغنطيسية اللازمة للسن هي :

$$F_t = \frac{1}{6}(H_1 + 4H_{med} + H_2)\ell_t$$

$$F_t = \frac{1}{6}(1500 + 4 \times 4000 + 15000) \times 0.03$$

$$F_t = 157.5 \ A.T$$

الاستنتاج :

تعد أسنان المتحرض في آلة التيار المستمر أكثر أجزاء الآلة التي تمر فيها كثافة سيالة، حيث بلغت في أسفل السن كما رأينا $1.82 \ Wb/m^2$ وأكثر الأجزاء بعد الثغرة الهوائية يتطلب قوة محركة مغنطيسية.

المسألة /٥/

يحتوي متحرض آلة تيار مستمر ذات قطبين على (400) ناقل ويتولد على طرفيه قوة محركة كهربائية مقدارها (200 V) عندما يدور بسرعة (300 rpm) في حالة اللاحمل. احسب السيالة المفيدة تحت كل قطب، وإذا كان عدد لفات كل ملف من ملفات الأقطاب (1200) لفة . ما هي القوة المحركة الكهربائية المتولدة على أطراف هذا الملف عند قطع التيار إذا كانت عملية القطع تستغرق بشكل كامل (0.1 sec) ثانية.

الغاية من المسألة :

التعرف على القيم الكبيرة للقوة المحركة الكهربائية المتولدة عند فتح دارة الأقطاب.

الحل :

قيمة السيالة المفيدة يمكن حسابها من علاقة القوة المحركة الكهربائية حيث :

$$\phi = \frac{E}{\frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot n}$$

$$\phi = \frac{200}{1 \times \frac{400}{60} \times 300} = 0.1 \ Wb$$

يمكن حساب القوة المحركة المتولدة من علاقة التحريض :

$$E_f = -N_f \frac{d\phi}{dt}$$

حيث عند قطع التيار عن ملف الأقطاب ذي عدد اللفات N_f تنعدم السيالة ، وبالتالي يتولد على طرفي هذا الملف قوة محركة كهربائية معطاة بالعلاقة السابقة أو :

$$E_f = -N_f \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

$$E_f = -1200 \times \frac{(0 - 0.1)}{0.1} = 1200\ V$$

الاستنتاج :

إن القوة المحركة المتولدة على أطراف كل ملف من ملفات الأقطاب اكبر بكثير من القوة المحركة المتولدة في الآلة ، وذلك عند قطع التيار عن هذه الملفات ويتكرر ظهور هذه القوة أيضاً عند مرور التيار في الملفات ، لذلك تجهز أطراف ملفات الأقطاب هذه بمقاومة كبيرة للتحديد من قيمة هذه القوة وامتصاص القدرة المغنطيسية المختزنة في هذا الملف عند فصل التيار عنه .

المسألة /٦/

آلة تيار مستمر ذات (6) أقطاب يحتوي متحرضها على (36) مجرى ويحتوي المبدل على (36) نصلة أيضاً . السيالة المغنطيسية في الثغرة الهوائية (37 mWb) ، فإذا كانت سرعة دورانها الاسمية (600 rpm) دورة في الدقيقة والقوة المحركة المطلوب توليدها في حالة اللاحمل (400 V) . والمطلوب :

١- اختر نوع اللف للمتحرض .

٢- حدّد خطوات اللف .

٣- حدّد عدد النواقل الكلية وعدد النواقل في كل مجرى .

٤- حدّد عدد لفات كل وشيعة لف .

٥- احسب القوة المحركة الكهربائية الوسطية والأعظمية المتولدة بين نصلتي مجمع متجاورتين في حالة اللاحمل إذا كانت $\alpha_p = 0.7$ وما هي القوة المحركة الأعظمية المتولدة في الناقل الواحد .

٦- ماالتعديلات التي تقترحها لو كانت السيالة في الثغرة الهوائية التي تعطيها ملفات الأقطاب هي (40 mWb) ؟

٧-حدّد قطر وطول المتحرض إذا كانت السرعة الخطية محدودة بـ 20 m/s ، وكثافة السيالة الوسطية $(0.5\ Wb/m^2)$.

الغاية من المسألة :

التعرف على اختيار القيم التصميمية لآلة تيار مستمر وكيفية حساب هذه القيم الأساسية بدلالة المعطيات الرئيسية للآلة .

الحـــل :

١ــ اختيار نوع اللف للمتحرض :

من القيم المعطاة حيث عدد المجارى زوجي ويقبل القسمة على عدد الأقطاب ، كما أن عدد نصلات المجمع يساوي عدد المجارى فإننا نختار اللف الانطباقي البسيط اليميني ومن الصعب نوعاً ما اللف التموجي بها ،(لاتستخدم هذه الطريقة إلا في حالة عدم توفر المعطيات للحساب المباشر لنوع اللف).

٢ ــ خطوات اللف :

خطوة مجمع أو خطوة مجرى : $Y_c = Y = +1$

خطوة مجرى: $Y_1 = \frac{\mu \cdot N_s \pm \varepsilon}{2p} = \frac{1 \times 36 + 0}{6} = 6$

خطوة مجرى: $Y_2 = Y - Y_1 = 1 - 6 = 5$

٣ــ عدد النواقل الكلية وعدد النواقل في كل مجرى من علاقة القوة المحركة الكهربائية نجد :

$$E = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi \cdot n$$

ومنها عدد النواقل الكلية Z :

$$Z = \frac{E}{\frac{p}{a} \cdot \phi \cdot n} = \frac{400}{1 \times 0.037 \times \frac{600}{60}}$$

$$Z = 1081 = 1080 \ Conductors$$

عدد النواقل في كل مجرى :

$$Z_{s\ell} = \frac{1080}{36} = 30 \ Conductors$$

٣ــ عدد اللفات في كل وشيعة لف :

$$N_s = \frac{Z}{2 \times S} = \frac{1080}{2 \times 36} = 15 \ Turns$$

أو :

$$N_s = \frac{Z_s}{2} = \frac{30}{2} = 15 \ Turns$$

٤ــ القوة المحركة المتولدة في كل وشيعة لف :

القوة المحركة الكهربائية الكلية = القوة المحركة المتولدة في دارة تفرعية واحدة .

عدد اللفات التفرعية = عدد الأقطاب وعليه : $2a = 2p = 6$

عدد الوشائع الكلية $N_s = K = S$ ، $S = 36$ وشيعة.

عدد الوشائع في كل دارة تفرعية :

$$S_a = \frac{S}{6} = \frac{36}{6} = 6 \ Coils$$

وعليه القوة المحركة الوسطية لكل لفة هي :

$$E_c = \frac{400}{6} = 66.67 \ V$$

- **القوة المحركة الأعظمية :** يمكن حسابها بإهمال السيالة على جانبي القطب .

إذا كانت الثغرة الهوائية منتظمة أي اعتبار أن السيالة مركزة خلال الجزء المشترك بين جسم القطب والمتحرض، وعليه عدد الوشائع خلال هذا الجزء .

- $$\frac{S}{2p}\alpha_p = \frac{36}{6}\times 0.7 = 4.2 \approx 4$$

وعليه فالقوة المحركة الكهربائية الكلية للآلة تتولد في 4 وشائع فقط، وعليه فالقوة المحركة الأعظمية في كل وشيعة هي :

$$E_{s\max} = \frac{400}{4} = 100\ V$$

القوة المحركة الاعظمية في كل ناقل هي :

$$E_{c\max} = \frac{100}{30} = 33.3\ V$$

ملاحظة : إذا توزعت كثافة السيالة في الثغرة الهوائية توزعاً جيبياً، فإن القوة المحركة الكهربائية الأعظمية يمكن حسابها بـ :

$$E_{s\ max} = \frac{T}{2}E_{s\ ave}$$

$$E_{s\ max} = \frac{\pi}{2}\times 68.67 = 104\ V$$

٧ـ الاقتراح في حالة كون السيالة (40 mWb)

هو وضع مقاومة متغيرة مع ملفات الأقطاب لتنظيم تيار التحريض بحيث تكون قيمة السيالة (37 mWb) .

٨ـ قطر وطول المتحرض :

$$V = \pi \cdot D_a \cdot n$$

$$D_a = \frac{20}{\pi\frac{600}{60}} = 0.637 \cong 0.64\ m$$

يمكن حساب طول المتحرض من علاقة كثافة السيالة حيث :

$$\phi = S_g \cdot B_g$$

$$S_g = \frac{\pi}{p}\cdot\frac{D_a}{2}\cdot L = \frac{\pi}{6}\times 0.64\times L$$

$$0.037 = \frac{\pi}{6}\times 0.64\times L\times 0.5$$

$$0.037 = 0.167 \times L$$
$$L = 0.22 \ \ m = 22 \ cm$$

الاستنتاجات :

١" ــ يرتبط نوع اللف دوماً بعدد المجارى وعدد نصلات المبدل ونختار النــوع الذي يناسب هذا العدد ما لم تكن مواقع أخرى كزيادة بعض القيم المحسوبة علــى القيم العملية المعروفة .

٢"ــ عندما تكون الآلة ذات سرعة بطيئة فإن قطر المتحرض يزداد ويقل طــول المتحرض .

المسألة /٧/

آلة تيار مستمر لها المعطيات الآتية:

استطاعة الخرج الاسمية	$P_r = 23$ kW
التوتر الاسمي	$V_r = 230$ V
التيار الاسمي	$I_r = 100$ V
السرعة الاسمية	n=970 rpm
عدد الأقطاب	$2p = 4$
القطر الخارجي للمتحرض	$D_a = 295$ mm
القطر الداخلي للمتحرض	$D'_a = 70 \ mm$
طول المتحرض	$L_a = 140$ mm
عدد المجارى	$N_{sl} = 33$
عدد النواقل في كل مجرى	$Z_{sl} = 16$
نوع اللف تموجي بسيط ، المجرى منــتظم وعرضه	$b_{sl} = 108$ mm
وارتفاع المجرى يساوي ارتفاع السن	$h_s = h_t = 63.2$ mm
طول الثغرة الهوائية تحت الأقطاب	$\ell'_g = 2 \ mm$

أبعاد القطب : الطول المحوري للقطب $L_p = 135$ mm عرض القطب $b_p =$ 100 m

ارتفاع القطب القطري بما في حذاء القطب $h_p = 113.5$ mm

عامل القطب $\alpha_p = 0.65$ سطح الإطار : $S_y = 28 \times 290 mm^2$

جسم القطب مصنوع من صفائح الحديد E11 والمتحرض مصنوع من صفائح الحديد E21 . إذا كان هبوط التوتر عند الحمل الاسمي 21 V . احسب الأمبير لفات لدارة مغنطيسية لقطبين من أقطاب الآلة :

الغاية من المسألة :

التعرف على كيفية إجراء حسابات الدارة المغنطيسية لآلة تيار مستمر والقيم التصميمية لكثافة السيالة في كل جزء منها .

الحل :

إن القوة المحركة المغنطيسية اللازمة لقطبين من أقطاب الآلة يمكن كتابتها بالشكل الآتي :

$$2F_{pol} = 2F_g + 2F_p + 2F_t + F_y + F_a$$

والقطب الواحد :

$$F_{pol} = F_g + F_p + F_t + F_y/2 + F_a/2$$

١ــ حساب السيالة في الثغرة الهوائية :

$$\phi = \frac{E}{\frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot n}$$

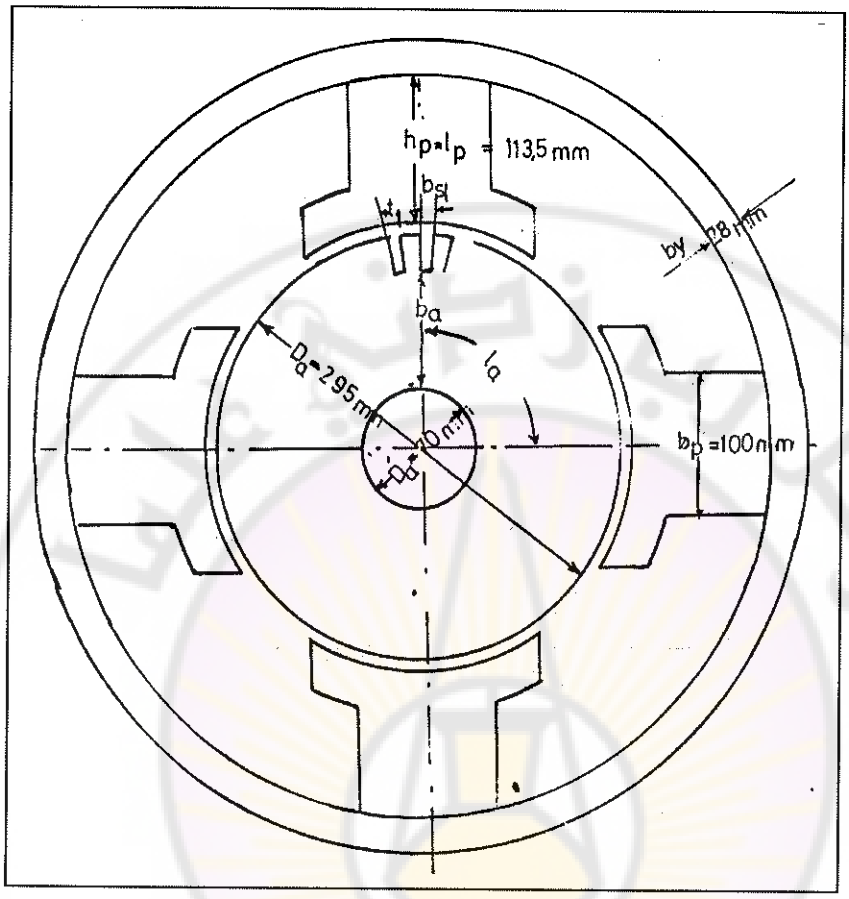
حيث :

$$E = U_r + \Delta U = 230 + 21 = 251\ V$$

$$Z = 33 \times 16 = 523$$

$$\phi = \frac{251}{2 \times \frac{523}{60} \times 970} = 0.0147\ Wb$$

$$\phi_g = \phi = 0.0147\ Wb$$



الشكل(٣-٢)

٢ ــ حساب القوة المحركة المغنطيسية اللازمة للثغرة الهوائية الواحدة :

$$F_g = \frac{B_g \cdot \ell_g}{\mu_o} \cdot k_g$$

لحساب B_g انطلاقاً من السيالة ϕ_g يتم حساب سطح الثغرة الهوائية أولاً .

$$S_g = \ell_g \cdot Z \cdot \alpha_p \frac{D_a}{2}$$

$$\ell_g = \frac{\ell_p + \ell_a}{2} = \frac{140+135}{2} = 137,5 \ mm$$

$$\ell_g = 0.1375\ m$$

$$Z = \frac{\pi}{p} = \frac{\pi}{2}$$

$$S_g = 0.1375 \times \frac{\pi}{2} \times 0.65 \times \frac{0.295}{2} = 0.02071\ \ m^2$$

$$B_g = \frac{\phi_g}{S_g} = \frac{0.0147}{0.02071} = 0.71\ \ Wb/m^2$$

- حساب معامل الثغرة الهوائية يمكن حسابه من العلاقة :

$$k_g = \frac{t_1 + 10 \times \ell_g}{b_{t1} + 10 \times \ell_g}$$

حيث: t_1 طول خطوة المجرى (عرض خطوة المجرى) وتساوي:

$$t_1 = \frac{\pi \cdot D_a}{N_s} = \frac{\pi \times 2.95}{33} = 28.1\ \ mm$$

b_{t1}: عرض السن في الأعلى أنظر الشكل (٣-٢) :

$b_{t1} = t_1 - b_{s1} = 28.1 - 10.8 = 17.3$ m

وعليه :

$$k_g = \frac{28.1 + 10 \times 2}{17.3 + 10 \times 2} = 1.29$$

وعليه القوة المحركة لثغرة هوائية واحدة هي :

$$F_g = \frac{B_g \cdot \ell_g \cdot k_g}{\mu_o} = \frac{0.71 \times 2 \times 10^{-3} \times 1.29}{4 \times \pi \times 10^{-7}} = 1458\ \ AT$$

١- حساب القوة المحركة المغنطيسية اللازمة للأسنان F_t باعتبار أن المجرى منـتظم وعرضه b_{s1}=10.8 m .

إن السن غير منتظم ويمكن حساب عرض السن من الأعلى والأسـفل بعـد حـساب خطوة السن من الأعلى والأسفل وحذف عرض المجرى منها.

خطوة المجرى من الأعلى :

$$t_1 = \frac{\pi \cdot D_a}{N_{s\ell}} = \frac{\pi \times 295}{33} = 28.1\ mm$$

خطوة المجرى في الأسفل :

$$t_2 = \frac{\pi(D_a - 2\ell_t)}{N_{s\ell}}$$

$$t_2 = \frac{(295 - 2\times 36.2)}{33}$$

عرض السن في الأعلى: $b_{t1} = t_1 - b_{sl} = 28.1 - 10.8 = 17.3$ mm

عرض السن في الأسفل : $b_{t2} = t_2 - b_{st} = 21.2 - 10.8 = 10.4$ mm

عرض السن في الوسط : $b_{t\,mid} = \frac{b_{t1} + b_{t2}}{2} = \frac{17.3 + 10.4}{2} = 13.9 \ \ mm$

ـ حساب كثافة السيالة في أعلى وأسفل ووسط السن وشده الساحة الموافقة لهم :

في أعلى السن : $B_{t1} = \frac{B_g \cdot t_1}{b_{t1} \cdot K_{st}}$

حيث: k_{st} عامل يتعلق بسماكة الصفائح ويمكن أخذه مساوياً 0.9

$$B_{t1} = \frac{0.71\times 28.1}{0.9\times 17.3} = 1.28 \ \ Wb/m^2$$

في أسفل السن أيضاً :

$$B_{t2} = \frac{0.71\times 28.1}{10.4} = 2.14 \ \ Wb/m^2$$

في وسط السن :

$$B_{t\,mid} = \frac{0.71\times 28.1}{10.4\times 139} = 1.6 \ \ Wb/m^2$$

من منحنيات الخواص المغنطيسية الشكل (١-١) نجد بالنسبة لصفائح الحديد E_{12} أن :

$H_{t1} = 1100$ AT/m

$H_{t2} = 50000$ AT / m

$H_{tmid} = 5000$ AT/m

ومنها القوة المحركة اللازمة لجانب واحد من الأسنان :

$$F_t = \frac{1}{6}(H_1 + 4H_{mid} + H_2)\ell_t$$

$$F_t = \frac{1}{6}(1100 + 4 \times 5000 + 50000) \times 36.2 \times 10^{-3} = 430 \ AT$$

حساب القوة المحركة المغنطيسية للأقطاب :

القوة المحركة المغنطيسية اللازمة لقطب واحد هي F_p ويمكن حسابها بعد إيجاد كثافة السيالة B_p وشدة الساحة H_p

$$B_p = \frac{\phi}{S_p}$$

$$\phi_p = K_L \cdot \phi_g$$

K_L : عامل التشرد ويمكن أخذه مساوياً $K_L = 1.25$

$$S_b = b_p \cdot \ell_P = 0.1 \times 0.14 = 0.014 \ m^2$$

$$B_p = \frac{1.25 \times 0.0147}{0.0135} = 1.36 \quad Wb/m^2$$

من منحنيات الخواص المغنطيسية شكل (١-١) نجد بالنسبة للصفائح أن شدة الساحة الموافقة لكثافة السيالة السابقة هي :

$H_p = 1400 \quad A\,T/m$

ومنها :

$F_p = H_p \cdot \ell_p$

$F_p = 1400 \times 0.1135 = 158.9 \ AT$

$F_p = 159 \ AT$

ملاحظة :

نرمز عادة بـ h_p لارتفاع القطب وهو طول المسار المغنطيسي منه وكذلك بالنسبة للأسنان نرمز بـ h_t لارتفاع السن وأحياناً نرمز بـ h_a للمتحرض وهو الفرق بين القطر الذي يمس المجارى وبين القطر الداخلي (المحور) للمتحرض وهو يساوي $h_a=b_a$.

- حساب القوة المحركة المغنطيسية اللازمة للمتحرض :

١" ـ حساب السيالة : B_a

$$B_a = \frac{\phi_g}{2b_a \cdot \ell_a \cdot k_{st}}$$

$$h_a = b_a = \frac{D_a - 2h_t - D'_a}{2} = \frac{295 - 2\times 36.2 - 70}{2}$$

$$b_a = 76.3\ mm$$

$$B_a = \frac{0.0147}{2.\times 76.3\times 10^{-3} \times 0.14 \times 0.9} = 0.76\ Wb/m^2$$

$$B_a = 0.76\ \ Wb/m^2$$

شدة الساحة الموافقة لها هي :

$$H_a = 300\ \ AT/m$$

طول المسار المغنطيسي في المتحرض لكل قطب أو لقطبين يمكن تقريبه إلى طـــول القوس الواصل بين محوري هذين القطبين على الدائرة المارة في وســـط المتحـــرض والتي قطرها:

$$D_{amid} = D_a - 2h_t - h_a =$$

$$D_{amid} = 259 - 2\times 36.2 - 76.3 = 146.3\ \ mm$$

$$\ell_a = \frac{\pi \cdot D_{amid}}{4} = \frac{\pi \times 146.3}{4} = 115\ \ mm$$

$$F_a = 300\times 0.115 = 34.5 = 35\ \ AT$$

- القوة المحركة اللازمة للدارة التابعة لقطبين ومنها :

$$F_a/2 = \frac{35}{2} = 17.5 \cong 18\ \ \ AT$$

$$F_a/2 = 18\ \ AT$$

- القوة المحركة المغنطيسية اللازمة للإطار الخارجي :

١"ـــ حساب كثافة السيالة :

$$B_y = \frac{\phi_p}{2 \cdot S_y} = \frac{1.25\times 0.0147}{2\times 0.028\times 0.29}$$

$$B_y = 1.17\ \ Wb/m^2$$

من منحنيات الخواص $H_y = 1200 \quad AT/m$

- حساب طول المسار في الإطار:

طول المسار في الإطار يساوي إلى المحيط الوسطي مقسوم على عدد الأقطاب وذلك بالنسبة لدارة عائدة لقطبين .

- نصف القطر الوسطي للإطار :

$$D_y = D_a + 2\ell'_g + 2h_p + b_y$$

$$D_y = 290 + 2\times 2 + 2\times 113.5 + 28 = 554 \quad mm$$

$$D_y = 0.554 \quad m$$

$$y = \frac{\pi \cdot D_y}{4} = \frac{\pi \times 0.554}{4} = 0.435 \quad mm$$

$$F_y = 1200 \times 0.435 = 522 \quad AT$$

$$F_y / 2 = \frac{522}{2} = 261 \quad AT$$

$$F / pole = F_g + F_t + F_p + F_a / 2 + F_y / 2 =$$

$$F / pole = 1485 + 430 + 159 + 18 + 261 = 2326 \quad AT$$

وهي موزعة حسب النسبة الآتية :

$$F / pole = F_g + F_t + F_p + F_a / 2 + F_y / 2 =$$

$$100\% = 62.7\% + 18.6\% + 6.8\% + 0.8\% + 11\%$$

الاستنتاجات :

١"ــ من علاقة النسب الأخيرة نلاحظ أن أكبر هبوط للقــوة المحركــة المغنطيــسية الناتجة من الأقطاب يقع على الثغرة الهوائية . غالباً ماتكون القوة المحركة المغنطيسية اللازمة للثغرة الهوائية بحدود أو أكثر من القوة المحركة الكلية اللازمة للأسنان وهي تؤخذ غالبا حوالي ١٥-٢٠% وذلك نظراً لارتفاع كثافة السيالة فيها على الرغم مــن صغر طول السن ، وأخيراً تليها القوة المحركة اللازمة للإطار حيث يمتاز هذا الجزء بالطول الكبير للمسار المغنطيسي.

أما من حيث كثافة السيالة فإننا نلاحظ اكبر كثافة سيالة تقع دوماً في الأسنان، حيث وصلت إلى $2.14\ Wb/m^2$ ، بينما أقل كثافة سيالة غالباً ما تكون في الثغرة الهوائية، وهي هنا في الثغرة الهوائية بلغت $0.71Wb/m^2$ فقط .

٢" ــ من نتائج هذه المسألة نجد أنه إذا كان لدينا آلة ذات قوة محركة مغنطيسية للأقطاب مجهولة (عدد لفات وتيار مجهولين) . ويمكن مباشرة من أبعاد الثغرة الهوائية أن نحسب القوة المحركة اللازمة ونضربها بنسبة $\frac{100}{60}$ فنحصل على القوة المحركة المغنطيسية للأقطاب.

المسألة /٨/

إذا كان الأمبير لفات اللازمة لكل قطب في أقطاب آلة تيار مستمر (6000 A.T) عندما تكون درجة حرارة ملفات الأقطاب ($60C^{\circ}$) .

فإذا كان التوتر المطبق على ملف كل قطب (50 V) والطول الوسطي لكل لفة (50 cm) . حدّد مقطع وقطر السلك لهذا الملف علماً أنه مصنوع من النحاس .

الغاية من المسألة : التعرف على كيفية حساب مقطع وقطر ملف الأقطاب .

الحل :

لتكن لدينا :

r_f : مقاومة هذا الملف.

I_f: التيار المار فيها.

V_f : التوتر المطبق على كل ملف فإن :

$$V_f = r_f \cdot I_f = \frac{\rho \cdot \ell_m \cdot N_f}{S} . I_f$$

المقدار $I_f . N_f$ هو القوة المحركة المغنطيسية للقطب وعليه :

$$S = \frac{\rho \cdot \ell_m \cdot N_f \cdot I_f}{V_f}$$

عند درجة حرارة 60 درجة فإن ρ_{60} بدلالة ρ_{20} عند الدرجة $20C^{\circ}$ يمكن حسابها :

$$\rho_{20} = \frac{1}{58}\ \Omega.mm^2 / m$$

$$\rho_{20} = \frac{1}{58}\{1 + 0.0043 \times (60 - 20)\}$$

$$f_{60} = \frac{1.172}{58}$$

$$S = \frac{1.172 \times 0.5 \times 6000}{58 \times 50} = 1.2124\ mm^2$$

$$d = 1.2\ mm^2$$

الاستنتاج :

يمكن بعد حساب مقطع السلك اختيار كثافة معينة للتيار وتحديد التيار I_f، فإذا اخترنا كثافة التيار I_f $J = 1.5A$ مثلاً فإن التيار I_f :

$$I_f = 1 \times 1.2 = 1.452\ A$$

$$N_f = \frac{6000}{1.452} = 4132\ Turns$$

المسألة /٩/

برهن أن الضياع الحراري في النحاس في ملفات الأقطاب $I_f^2 \cdot r_f$ لكل كيلو غرام من وزن الملف يتناسب مع مربع كثافة التيار ، ثم أوجد الضياع من أجل 1kg عندما تكون كثافة التيار 1.5A وعند درجة حرارة 60 درجة مئوية علماً أن الملف مصنوع من النحاس .

الغاية من المسألة :

التعرف على الضياع الحراري في الملفات وإثبات أنه يتناسب مع مربع كثافة التيار ونوع المادة وذلك من أجل وحدة الوزن .

الحل :

بفرض J كثافة التيار فإن : $I = S.J$

$$I_f^2 \cdot r_f = S_f^2 \cdot J^2 \cdot \frac{\rho \cdot \ell_f}{S} = J^2 \cdot \rho \cdot \ell_f \cdot S_f$$

وزن الملف يساوي : $G_f = \ell_f \cdot S_f \cdot \gamma_{cu}$

عندما يكون l_f و S_f بالميلي متر المربع فإن :

$$\gamma_{cu} = 8.9 \times 10^{-3} \quad kg / mm^2 \cdot m$$

بالتقسيم للمعادلة السابقة على وزن الملف نجد :

$$\frac{I_f^2 \cdot r_f}{G_f} = \frac{J^2 \cdot \rho}{\gamma_{cu}}$$

وهذه العلاقة يمكن اعتمادها في جميع الملفات:

الضياع من كل واحد كيلو غرام عند درجة حرارة $60\ C^{\circ}$ وكثافة تيار $J = 1.5\ A$

$\rho_{60} = \frac{1.172}{58}$ سبق حسابها في المسألة السابقة .

$$\frac{I_f^2 \cdot r_f}{G_f} = \frac{1.5^2 \times 1.172}{58 \times 8.9 \times 10^{-3}} = 5.1\ W / kg$$

الاستنتاج :

يمكن تقدير الضياع في الملفات النحاسية للدارة المغنطيسية بمعرفة وزن هذه الملفات وكثافة التيار المار فيها بغض النظر عن طول السلك ومقاومته وشدة التيار المار فيه أو مقطعه .

٣-٤ : مسائل غير محلولة

المسألة /١/

مولد تيار مستمر يعطي استطاعة قيمتها (1500 kW) عند توتر 550 V عندما يدور بسرعة (150 rpm) ، ماهي قيمة السيالة المفيدة تحت كل قطب إذا كان المتحرض يحتوي على 2500 ناقل وهو ذو لف انطباقي والضياع النحاسي في المتحرض (25 kW) .

احسب أيضاً مساحة حذاء القطب إذا كانت كثافة السيالة منتظمة وتساوي ($0.9\ Wb/m^2$). اوجد القوة المحركة الكهربائية في حالة اللاحمل إذا كان رد الفعل وتغير السرعة مهملين .

المسألة /٢/

آلة تيار مستمر تفرعية موصولة إلى منبع تيار مستمر توتره 250V ، فإذا كانت مقاومة المتحرض 0.1202Ω ومقاومة ملفات الأقطاب 100Ω . اوجد نسبة سرعة دورانه كمولد إلى سرعة دورانه كمحرك إذا كان تيار الخط الواصل بين الآلة والمنبع في كلتا الحالتين (80 A).

المسألة /٣/

محرك تفرعي ذو أربعة أقطاب يدر بسرعة 600 rpm تحت توتر قدره (480 V)، يحوي على 46 مجرى في كل مجرى 6 نواقل ذو لف تموجي بسيط ، كيف يجب إعادة وصل ملفات المتحرض حتى يدور بنفس السرعة السابقة تحت توتر (240 V) ، إذا استبدلت ملفات الأقطاب بأخرى لها نفس الحجم ونفس عامل الفراغ ولكن ذات مقطع أكبر وموصولة على التسلسل ، بين أن قطر هذا السلك سوف يصبح $\sqrt{2}$ مرة قطر السلك السابق .

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الرابع

عمل الآلة في حالة التحميل

٤-١: مقدمة

يتناول هذا الفصل مجموعة العلاقات الأساسية كالقوة المحركة الكهربائية والعزم والسيالات والسرعة .....الخ في آلة التيار المستمر واللازمة لحل التطبيقات التي تتعلق بعمل آلة التيار المستمر عند حالة التحميل .

٤-٢: العلاقات العامة :

*** علاقة العزم الناشئ بين الثابت والدائر :**

$$T_e = C_m I_a \cdot \phi_L = \frac{p}{a}\frac{Z}{2\pi} I_a \cdot \phi_L \qquad N.m\ ; \qquad C_m = \frac{p}{a}\frac{Z}{2\pi}$$

T: العزم الكهرومغنطيسي الناشئ بين الثابت والدائر ويقدر بـــ نيوتن متر .

I_a : التيار المار في المتحرض وقيمته بدلالة التيار المار في الناقل :

$$I_a = 2a \cdot I_c$$

2a : عدد الدارات التفرعية .

Z : عدد نواقل المتحرض .

ϕ_L : السيالة تحت كل قطب في حالة التحميل مقدرة (بالوبير Wb) .

يمكن حساب العزم بدلالة الاستطاعة المتحولة :

$$P_e = E_2 \cdot I_a$$

E_2 : القوة المحركة الكهربائية المتحرضة في حالة التحميل :

$$T = \frac{P_e}{\omega} = \frac{P_L}{\omega}$$

حيث : P_e أو P_L هي الاستطاعة الكهربائية أو الاستطاعة الكهرومغنطيسية وهي الاستطاعة المتحولة .

فإذا كانت n عدد الدورات في الدقيقة فإن :

$$T = \frac{P_L}{2\pi \frac{n}{60}} = 9.549 \frac{P}{n} \quad N.m \quad ; \quad \omega = 2\pi \cdot N = 2\pi \frac{n}{60}$$

$$T = 0.973 \times \frac{P}{n} \qquad Kg.m$$

حيث: N السرعة مقدرة بالـ rps ، و n السرعة مقدرة بالـ rpm

*** علاقات حساب رد الفعل:**

رد الفعل الكلي الناتج من النواقل الموزعة تحت قطبين :

$$F_{a\max} = \frac{I_a.Z}{4.a.p}$$

في حالة المسفرات على المحور الحيادي :

$$F_{aq} = F_{a\max} = \frac{I_a.Z}{4.a.p}$$

$$F_{ad} = 0$$

في حالة المسفرات مزاحه بزاوية β (زاوية ميكانيكية) :

- رد الفعل العمودي

$$F_{aq} = \frac{I_a.Z}{2a}\left(\frac{1}{2p} - \frac{\beta}{\pi}\right)$$

- رد الفعل المباشر :

$$F_{ad} = \frac{I_a.Z}{2a} \cdot \frac{B}{\pi}$$

*** علاقة تحديد عدد نواقل ملفات التعويض لكل قطب :**

$$Z_c = \frac{Z}{4a \cdot p}\alpha_p \quad ; \quad \alpha_p = \frac{\tau_p}{\tau}$$

- **القوى المحركة الكهربائية المتولدة في الوشيعة المارة تحت التبديل.**

- علاقة القوة المحركة الدورانية :

$$e_c = 2N_s . L_c . B_c . V$$

N_s : عدد لفات الوشيعة المارة تحت التبديل وتساوي :

$$N_s = \frac{Z}{2k} = \frac{Z}{2N_{s\ell}}$$

B_c : كثافة السيالة في منطقة التبديل .

L_c : طول الوشيعة الفعّال في منطقة التبديل = طول قطب التبديل في حال وجوده.

V : السرعة الخطية للمتحرض.

علاقة القوة المحركة الناتجة من التحريض الذاتي والمتبادل :

$$e_r = 2N_s \cdot L_a \cdot A \cdot \Lambda \cdot V$$

حيث :

L_a : طول المتحرض.

A : التحميل الخطي ويساوي :

$$A = \frac{I_c \cdot Z}{\pi \cdot D_a} = \frac{I_a \cdot Z}{2a \cdot \pi \cdot D_a}$$

D_a : قطر المتحرض .

Λ : السماحية المغنطيسية النوعية المكافئة للمجرى لكل من التحريض الذاتي والمتبادل .

علاقة كثافة السيالة اللازمة تحت كل قطب من أقطاب التبديل لتحقيق التبديل الخطي :

$$B_c = \frac{L_a}{L_c} \cdot A \cdot \Lambda$$

*** عدد لفات كل قطب من أقطاب التبديل في حالة عدم وجود ملفات تعويض :**

$$N_c = \frac{1}{I_a} \cdot \frac{B_c . l_{gc} k_{gc}}{\mu_o} + \frac{1}{2} \times \frac{Z}{4a \cdot p}$$

- في حالة وجود ملفات تعويض :

$$N_c = \{\frac{1}{I_a}.\frac{B_c \cdot l_{gc} \cdot k_{gc}}{\mu_o} + \frac{1}{2}.\frac{Z}{4p \cdot a}(1-\alpha_p)\}$$

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

٤-٣: مسائل محلولة

المسألة /١/

آلة تيار مستمر ذات 6 أقطاب تعطي توتراً على طرفيها قدره 200V ويحتوي متحرضها على 600 ناقل ، هبوط التوتر على مقاومته الداخلية مهملة . أوجد العزم الناشئ بين الثابت والدائر في الحالات الآتية :

١- إذا كانت الآلة ذات لف انطباقي بسيط .

٢- إذا كانت الآلة ذات لف تموجي بسيط .

علماً أن سرعة دورانها (1000 rpm).

الحل :

يمكن حساب العزم الناتج بين الثابت والدائر من إحدى العلاقتين الآتيتين:

$$T = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{2\pi} \cdot \phi_L \cdot I_a \qquad (1)$$

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{E_L I_a}{\omega} \qquad (2)$$

١ــ عندما يكون المتحرض ذو لف انطباقي:

لحساب العزم من العلاقة (1) يجب حساب أولاً السيالة ϕ_L من علاقة القوة المحركة:

$$E_L = \frac{p}{a}\frac{Z}{60} \cdot \phi_L . n$$

باعتبار أن هبوط التوتر مهمل نجد :

$$E_L = U_{ab} = 200\ V.$$

في هذا النوع من اللف (اللف الانطباقي) يكون:

$$\frac{p}{a} = 1$$

$$\phi_L = \frac{E_L}{\frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot n} = \frac{200}{1 \times \frac{600}{60} \times 1000}$$

$$\phi_L = 20 \times 10^{-3} \quad Wb$$

ومنه نجد :

$$T = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{2\pi} \cdot \phi_L \cdot I_a$$

$$T = 1 \times \frac{600}{2\pi} \times 20 \times 10^{-3} \times 100 = 191 \quad N.m$$

من العلاقة (2) :

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{200 \times 100}{2\pi \times \frac{1000}{60}} = 191 \quad N.m \quad ; \quad \omega = 2\pi \cdot N = 2\pi \frac{n}{60}$$

٢ــ في هذه الحالة من اللف (التموجي) لدينا:

$$\frac{P}{a} = \frac{3}{1} = 3$$

وبالتالي تكون السيالة تحت كل قطب في هذه الحالة :

$$\phi_L = \frac{200}{3 \times 600 \times \frac{1000}{60}} = \frac{20}{3} \times 10^{-3} \quad Wb$$

العزم

$$T = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{2\pi} \phi \cdot I_a$$

$$T = 3 \times \frac{20}{3} \times 10^{-3} \times \frac{600}{2\pi} \times 100 = 191 \quad N.m$$

من العلاقة (2) أيضاً :

$$T = \frac{p}{\omega} = \frac{200 \times 100}{2\pi \times \frac{1000}{60}} = 191 \qquad N.m$$

الاستنتاج :

نجد من هذه المسألة أنه ما دام تيار المتحرض I_a ثابتاً والقوة المحركة الناتجة على طرفي المتحرض ثابتة فإن العزم لا يتأثر بنوع اللف، أي طالما الاستطاعة المتحولة $E_L.I_a$ ثابتة فالعزم ثابت .

المسألة /٢/

قارن العزم الناشئ بين الثابت والدائر وكذلك الاستطاعة الاسمية للآلة (بإهمال الضياعات) بين مختلف أنواع اللف لمتحرض آلات التيار المستمر إذا بقي مقطع وعدد النواقل ثابت في جميع الآلات، وبفرض أن كل من السيالة والسرعة ثابتة ، احسب قيم كل من العزم والاستطاعة في مختلف هذه الأنواع من اجل القيم الآتية :

$\phi = 40 \quad mWb$

$I_c = 20 \quad A \quad ; \quad n = 1000 \quad rpm$

$2p = 6$

$Z = 1200 \quad Conductors$

الحـــل:

أولاً : العزم الناشئ بين الثابت والدائر كما رأينا في مختلف أنواع اللف يعطى بالعلاقة الآتية:

$$T = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{2\pi} \cdot \phi_L \cdot I_a$$

إذا كان المقطع ثابتاً فإن التيار I_c (تيار الناقل) ثابت في جميع الأنواع :

$$I_c = \frac{I_a}{2a}$$

وبالتالي العزم دوما يساوي بدلالة التيار I_c إلى:

$$T = 2p \cdot \frac{Z}{2\pi} \cdot \phi_L \cdot I_c$$

وهذا المقدار لا يتعلق بنوع اللف نظراً لأنه لا يرتبط بعدد الدارات التفرعية 2a

ثانياً : الاستطاعة الاسمية عندما تكون الضياعات مهملة فالاستطاعة الاسمية p_r .

$$P_r = E \cdot I_a$$

$$P = 2p \cdot I_c \cdot \phi \cdot Z \cdot \frac{n}{60}$$

وهي أيضا لا تتعلق بنوع اللف ، وفي جميع أنواع اللف يمكن حساب العزم حسب القيم المعطاة .

$$T = 2p \cdot Z \cdot \frac{I_c}{2\pi} \cdot \phi_L$$

$$T = 2 \times 3 \times \frac{1200}{2\pi} \times 20 \times 40 \times 10^{-3} = 917 \quad N.m.$$

الاستطاعة الاسمية :

$$P = 2p \cdot I_c \cdot \phi \cdot Z \cdot .n$$

$$P = 2 \times 3 \times 20 \times 40 \times 10^{-3} \times 1200 \times \frac{1000}{60} =$$

$$P = 96000 \quad W = 96 \; kW$$

إذا أردنا أن نعيد حساب هذه القيم في مختلف أنواع اللف فنجد مثلا من اللف الانطباقي:

- تيار المتحرض :

$$I_a = 2a \cdot I_c = 20 \times 6 = 120A.$$

- العزم :

$$T = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{2\pi} \cdot I_a \cdot \phi$$

$$T = 1 \times \frac{1200}{2\pi} \times 120 \times 40 \times 10^{-3} = 917 \quad N.m$$

- القوة المحركة الكهربائية :

$$E = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi \cdot n$$

$$E = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi \cdot n = 1 \times \frac{1200}{60} \times 40 \times 10^{-3} \times 1000 = 800 \quad V$$

- الاستطاعة :

$$P = 120 \times 800 = 96000 \quad W.$$

- من حالة اللف التموجي نجد :

تيار المتحرض :

$$I_a = 2I_c = 2\times 20 = 40A$$

العزم :

$$T = \frac{6}{2}\times\frac{1200}{2\times\pi}\times 40\times 10^{-3}\times 40 = 917\ N.m$$

القوة المحركة الكهربائية :

$$E = \frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{60}\cdot\phi\cdot n$$

$$E = 3\times\frac{1200}{60}\times 40\times 10^{-3}\times 1000 = 2400\ V.$$

$$P = E\cdot I_a = 2400\times 40 = 96000\ W$$

المسألة /٣/

حدّد قيمة الآمبير لفات لردّى الفعل العمودي والمباشر والناتجة من النواقل الموزعة تحت قطبين من أقطاب الآلة وكذلك عدد نواقل ملفات التعويض التي يجب غرسها في كل قطب للتعويض عن رد الفعل العمودي وعدد اللفات التسلسلية التي يجب وضعها على الأقطاب للتعويض عن رد الفعل المباشر وذلك في الحالتين الآتيتين :

١- المسفرات على المحور الحيادي.

٢- المسفرات مزاحة بزاوية 10^o باتجاه الدوران .

علماً أن للآلة المعطيات الآتية :

ذات لف تموجي بسيط $I_a = 50A$, $2p=6$, $Z = 500$ conductors ; $\alpha_P = 0.7$

الغاية من المسألة : التدريب على حساب رد الفعل وملفات التعويض .

الحـــل :

١- المسفرات على المحور الحيادي :

$$F_{aq} = F_{a\max} = \frac{I_a \cdot Z}{4a \cdot p}$$

$$F_{aq} = \frac{50 \times 500}{4 \times 1 \times 3} = 2084 \ \ AT$$

عدد النواقل التي يجب غرسها في جسم كل قطب للتعويض عن رد الفعل العمودي :

$$Z_{cq} = \frac{F_{aq}}{I_a} \alpha_p$$

$$Z_{cq} = \frac{2084}{50} \times 0.7 = 29 \ \ C$$

٢ــ المسفرات مزاحة بزاوية $\beta = 10^\circ$

– رد الفعل العمودي :

$$F_{aq} = \frac{I_a \cdot Z}{2a}\left(\frac{1}{2p} - \frac{\beta}{180}\right)$$

$$F_{aq} = \frac{50 \times 500}{2}\left(\frac{1}{6} - \frac{10^\circ}{180}\right) = 1389 \quad AT$$

– رد الفعل المباشر :

$$F_{ad} = \frac{I_a \cdot Z}{2a} \cdot \frac{\beta}{180}$$

$$F_{ad} = \frac{50 \times 500}{2} \times \frac{10}{180} = 695 \quad AT$$

عدد النواقل التي يجب غرسها في كل قطب للتعويض عن رد الفعل العمودي في هــذه الحالة نقارن بين F_{aq} , $\alpha_P \cdot F_{aq\max}$ ونأخذ أيهما أصغر للتعويض عنها

$$F_{aq} = 1389 \ A.T$$

$$\alpha p \cdot F_{aq\max} = 0.7 \times 2084 = 1459 \quad AT$$

وعليه يصبح عدد نواقل ملفات التعويض على كل قطب:

$$Z_{cq} = \frac{1389}{50} = 27.78 \approx 28 \ \ Conductors$$

عدد اللفات لكل قطب للتعويض عن تأثير رد الفعل المباشر :

$$N_{ed} = \frac{F_{ad}}{I_a} = \frac{695}{50} = 13.914 \ \ Turns \approx 14 \ \ Turns$$

$$N_{ed} / pol = \frac{14}{2} = 7 \ \ Turns$$

المسألة /٤/

مولد تيار مستمر ذو أربعة أقطاب ، تيار الحمل الكامل له A 143، يحتوي المتحرض على 492 ناقل ، فإذا كان هذا المتحرض :

آـ ذا لف تموجي بسيط .

ب ـ ذو لف تطابقي بسيط وكانت المسفرات مزاحة بزاوية قدرها 10^oدرجة باتجاه الدوران عندما يعمل تحت الحمل الكامل .

– احسب مركبة رد الفعل المباشر وإذا كانت ملفات الأقطاب عبارة عن ملفات تفرعية وتستجر تيار شدته (10A) .

– أوجد عدد اللفات التي يجب زيادتها على كل قطب من هذه الأقطاب للتعويض عن تأثير رد الفعل المباشر في كلتا الحالتين .

الغاية من المسألة :

بالإضافة لحساب رد الفعل المباشر التعرف على خصائص اللف التموجي والانطباقي من حيث تأثير رد الفعل عليهما .

الحـل :

أ ـ المتحرض ذو لف تموجي بسيط ، فإن الآمبير لفات لرد الفعل المباشر تحت كل قطبين هي :

$$F_{ad} = \frac{I_a \cdot Z}{2a} \cdot \frac{\beta}{\pi} = \frac{I_a \cdot Z}{2a} \cdot \frac{\beta^\circ}{180}$$

$$F_{ad} = \frac{143 \times 492}{2 \times 1} \times \frac{10}{180} = 1954 \ \ AT$$

عدد اللفات التي يجب زيادتها على ملف كل قطب هي :

$$N_{cdf} = 1/2 * \frac{F_{adl}}{I_f} = 1/2 * \frac{1954}{10} = 97.7 = 98 \quad T$$

ب ــ المتحرض ذو لف انطباقي بسيط : $2a = 4$

رد الفعل المباشر تحت قطبين :

$$F_{ad} = \frac{143 \times 442}{4} \times \frac{10}{180} = 977 \quad A.T$$

$$N_{cdf} = \frac{1}{2} \times \frac{F_{ad}}{I_f} = 1/2 \times \frac{977}{10} = 49 \quad Turns$$

الاستنتاج :

- نلاحظ أن تأثير رد الفعل (أي قيمة الآمبير لفات مع المباشر في حالة الآلة ذات لف انطباقي ومن أجل نفس تيار المتحرض هو أقل من تأثير رد الفعل هذا في حالة اللف التموجي) .

ــ عندما تعمل الآلة على تيار حمل ثابت كالتيار الاسمي فقط فيمكن التعويض عن رد الفعل المباشر بواسطة زيادة عدد لفات الأقطاب بما يؤدي إلى توليد أمبير لفات إضافية تعاكس رد الفعل المباشر.

المسألة /٥/

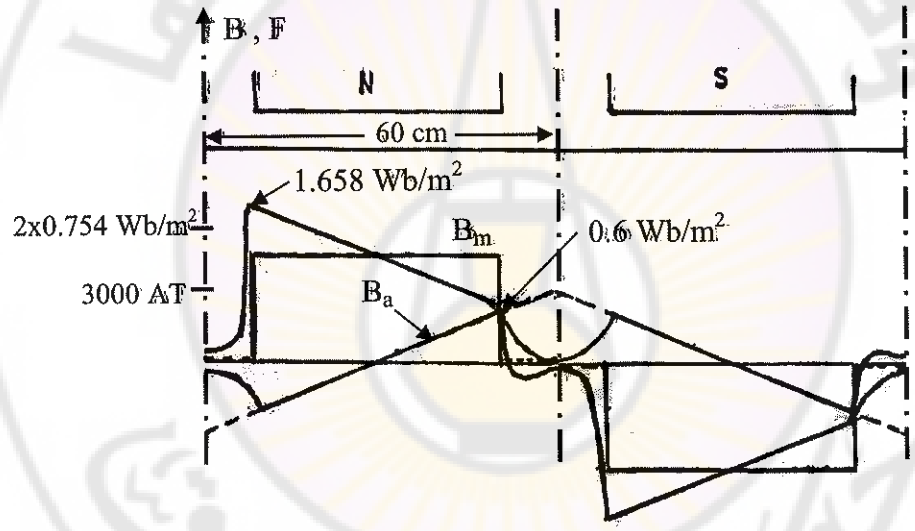
حدّد تأثير رد الفعل عن طريق رسم منحني كثافة السيالة تحت الأقطاب الرئيسية في حالة حدوث رد الفعل لمولد تيار مستمر له المعطيات الآتية:

- الأمبير لفات لكل قطب والمطبقة على الثغرة الهوائية (4500 AT) .
- الأمبير لفات لرد فعل المتحرض تحت كل قطب (3000 AT) .
- الثغرة الهوائية تحت الأقطاب منتظمة وتساوي 0.30 Cm ، أهمل الأجزاء الحديدية وتأثير الاسنان والمجاري وطول الخطوة القطبية (60 Cm)

الحـــل :

يقصد من إهمال الأجزاء الحديدية أن اعتبار الأمبير لفة لرد الفعل خاصة مطبقة على الثغرة الهوائية، ويقصد من إهمال الأسنان والمجاري اعتبار أن الدائر أملس وأن طول الثغرة الهوائية ثابتاً. الشكل (٤-١) يبيّن انفراد لهذه الآلة مع رسم كل مـــن منحنـــى القوه المحركة المغنطيسية للأقطاب ولرد الفعل، وقد اختيـــر كمقيـــاس لرســـم القـــوة المحركة المغنطيسية كل 1 Cm يقابل 3000 A.T ، أما مقياس كثافة السيالة فقد أخـــذ كل 1C.m هو :

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{3000}{0.3 \times 10^{-2}} = 0.754 \quad Wb/m^2$$



الشكل(٤-١)

نلاحظ من هذا الشكل أن كثافة السيالة تحت الأقطاب قد زادت تحـــت الطـــرف الأول للقطب (I) إلى :

$$B_{max} = 1.985 \quad Wb/m^2$$

ونقصت تحت الطرف الثاني (III) إلى :

$$B_{min} = 1.131 \quad Wb/m^2$$

المسألة /٦/

احسب عدد لفات كل قطب من أقطاب التبديل لمولد ذي ستة أقطاب يعطي استطاعه مقدارها (200 kW) عند توتر (200 V) إذا كان المتحرض ذا لف انطباقي بسيط ويحتوي على (540 ناقلاً) والثغرة الهوائية تحت أقطاب التبديل (0.5 Cm) وكثافة السيالة المطلوبة هي $0.3 Wb/m^2$ اهمل الأجزاء الحديدية والسيالة المتشرده .

الحل :

ملاحظة: عندما لا يعطى في المسألة تيار التحريض فهذا يعني أن التيار مهمل وبالتالي تيار المتحرض يساوي تيار الحمل الخارجي .

$$I_a = I_L = \frac{P}{U} = \frac{200\times10^3}{200} = 1000 \ \ A$$

عدد لفات أقطاب التبديل من علاقة الأمبير لفات لكل قطب:

$$N_c \cdot I_a = \frac{B_c \cdot \ell_g \cdot k_{gc}}{\mu_o} + \frac{1}{2} \times \frac{I_a . Z}{4a.p}$$

وبفرض أن $k_{gc}=1$ لأنه ذكر في المسألة بإهمال السيالة المتشردة.

$$N_c \cdot I_a = \frac{0.3\times0.5\times10^{-2}}{4\pi\times10^{-7}} + \frac{1}{2} \times \frac{1000\times540}{4\times3\times3}$$

$$N_c \cdot I_a = 1194 + 7500$$

$$Nc = 1.194 + 7.500 \approx 9 \quad Turns$$

النتائج :

١ ــ نجد أن الأمبير لفات التي يجب أن تولدها أقطاب التبديل للتغلب على رد الفعل في منطقة التبديل أكثر بكثير من الأمبير لفات اللازمة لإمرار السيالة المطلوبة في منطقة التبديل .

٢ ــ بالرغم من القيمة الكبيرة للأمبير لفات اللازمة لأقطاب التبديل فإن عدد هذه اللفات محدد نظراً لأن التيار المار فيها هو تيار المتحرض واللفات تسلسليه.

المسألة /٧/

مولد تيار مستمر ذو (8 أقطاب) قطر المتحرض (130 Cm) وطوله (35 Cm) ذو لف تموجي بأربع دارات تفرعية يحتوي المتحرض على 114 مجرى في كل مجرى 6 جوانب من وشائع اللف ويحتوي كل جانب على 5 نواقل فإذا كانت أقطاب التبديل ذات طول يساوي (20Cm) والثغرة الهوائية تحت كل قطب (1Cm) وبفرض أن السماحيه المغنطيسية النوعية المكافئة للمجرى $\wedge = 6\times10^{-6}\ H/m$ أوجد كثافة السياله تحت كل قطب وعدد لفات كل قطب من أقطاب التبديل .

الحل : في حالة اللف التموجي ذي أربع دارات تفرعية يعني أن :m=2

عدد نواقل المتحرض

$$Z = N_{sl} \times 2\mu \times Z_a$$

$$Z = 114 \times 6 \times 5 = 3420\ \ Conductors$$

$$B_c = A.\wedge.\frac{L_a}{L_c}$$

$$A = \frac{I_c.Z}{\pi D_a} = \frac{I_a.Z}{2a.\pi D_a}$$

$$A = \frac{3420 \times I_a}{4 \times \pi \times 1.3} = 209 \times I_a$$

$$B_c = 209 \times 6 \times 10^{-6} \times I_a = 1245 \times 10^{-6} \times I_a$$

$$N_c = \frac{1}{I_a}\frac{B_c \cdot K_{gc}}{\mu_0} + \frac{I_a.Z}{4a.p}$$

$K_{gc}=1$

$$Nc = \frac{1}{I_a}\left(\frac{1254\times10^{-6}\times I_a \times 1\times10^{-2}}{4.\pi\times10^{-7}} + \frac{I_a \times 3450}{8\times2\times4}\right)$$

$N_c = 17$ Conductors

المسألة /٨/

مولد تيار مستمر ذو ملفات تعويض، و يحتوي متحرضه على (12000) أمبير لفة تحت كل قطب والنسبة ($\alpha_p = 0.7$) . طول الثغرة الهوائية 1.25 Cm، وكثافة

السيالة المطلوبة في الثغرة الهوائية ($0.3\ Wb/m2$) ، والمطلوب أوجد عدد الأمبير لفات لملفات التعويض وأقطاب التبديل .

الحـــل :

عدد الأمبير لفات لملفات التعويض لقطبين F_{cq} تساوي:

$$F_{cq} = \alpha_p \cdot F_{a\max} = \alpha_p \times \frac{I_a \cdot Z}{4a.p}$$

ولكل قطب

$$\frac{1}{2}F_{cq} = \frac{I_c.Z}{4p}\alpha_p$$

المقدار $\frac{I_c.Z}{4.p}$ هو عدد الأمبير لفات لرد الفعل تحت كل قطب وهو معطى بالمسألة

وعليه:

$$\frac{1}{2}F_{cq} = 12000 \times 0.7 = 8400 \quad A.T$$

عدد الأمبير لفات لكل قطب من أقطاب التبديل عند حاله وجود ملفات تعويض هي :

$$F_c = \frac{\ell_c \cdot B_c \cdot K_{gc}}{\mu_o} + \tfrac{1}{2}F_{a\max}(1-\alpha_p)$$

$$F_c = \frac{1.25\times10^{-2}\times0.3}{4\pi\times10^{-7}} + 12000\times(1-0.7)$$

ملاحظة : المقدار $0.5F_{a\max} = 12000\ AT$

الاستنتاج :

نلاحظ عند وجود ملفات تعويض فإن الأمبير لفات اللازمة لأقطاب التبـــديل تتكـــون بشكل أساسي من الأمبير لفات اللازمة لإمرار كثافة السيالة B_c المطلوب في منطقـــة التبديل .

المسألة /٩/

احسب عدد الأمبير لفات لكل ملف من ملفات أقطاب التبديل لمولد ذي ثمانية أقطـــاب يحتوي المتحرض على (107) مجرى في كل مجرى (1000) ناقل . الثغرة الهوائيـــة

تحت كل قطب تبديل (1.2 Cm) وكثافة السيالة المطلوبة ($0.32\ Wb/m^2$) . أهمل الأجزاء الحديدية والسيالة المتشردة .

الغاية من المسألة :

في المسألة السابقة أعطيت بدلاً من تيار المتحرض وعدد النواقل قيمة الأمبير لفات للمتحرض تحت كل قطب، وهي قيمة رد فعل المتحرض تحت كل قطب وفي هذه المسألة أعطيت هذه الأمبير لفات بدلالة الأمبير لفات في كل مجرى، حيث الغاية من المسألتين هي الاطلاع على الصيغ التي يعطى بها رد فعل المتحرض .

الحل :

نحسب أولاً عدد الأمبير ناقل الكلي للمتحرض $I_c.Z$

$$I_c.Z=N_s\times AC_{s\ell}=107\times 1000\ \ AC$$

عدد الأمبير لفات لكامل المتحرض

$$\frac{I_c\cdot Z}{2}=53500\ \ AT$$

عدد الأمبير لفات تحت كل قطب $\frac{1}{2}F_{a\max}$

$$\tfrac{1}{2}F_{a\max}=\frac{I_c.Z}{2\times 2p}=\frac{53500}{8}=6688\ \ AT$$

$$F_c=\frac{B_c\cdot \ell_c\cdot k_{gc}}{\mu_o}+\tfrac{1}{2}F_{a\max}$$

$$\mathrm{F_c}=\frac{0.32\times 1.2\times 10^{-2}}{4\pi\times 10^{-7}}+6688=9745.32\ \mathrm{AT}$$

الاستنتاج :

نلاحظ في المسائل التي تناولت حساب الأمبير لفات لأقطاب التبديل أو عدد لفات أقطاب التبديل أنه دوماً :

1ً ــ تعتبر السيالة المتشردة مهملة بالرغم من كبر الثغرة الهوائية لأن إهمال السيالة المتشردة يعني أن السيالة المارة من الثغرة الهوائية هي التي تمر في جسم القطب .

2 – الثغرة الهوائية كبيرة لذلك دوماً نهمل الأجزاء الحديدية، وطول هذه الثغرة يكون غالباً من رتبة خمس أمثال طول الثغرة الهوائية تحت الأقطاب الرئيسية .

3 – قيمة السيالة اللازمة لأقطاب التبديل دوماً أصغر من السيالة تحت الأقطاب الرئيسية وهي في المسائل الثلاث من رتبة $0.3\ Wb/m^2$ تقريباً.

4 – إن الأمبير لفات لأقطاب التبديل مكونة من مركبتين العظمى بينهما هي اللازمة للتغلب على رد الفعل في حالة عدم وجود ملفات تعويض، أما في حالة وجود هذه الملفات فتكون المركبة العظمى هي اللازمة لإمرار كثافة السيالة B_c تحت هذه الأقطاب.

المسألة /١٠/

برهن أن الاستطاعة الاسمية لآلة تيار مستمر مقدرة بالكيلوات تعطى بالعلاقة الآتية :

$$P = \pi^2 \cdot B \cdot A \cdot D_a^2 \cdot L_a \cdot N \times 10^{-7} \quad KW$$

حيث:

B : كثافة السيالة الوسطية مقدره بـ (Wb/m^2) .

A : التحميل الخطي مقدراً بـ ($A.C/Cm$) .

L_a , D_a قطر وطول المتحرض مقدراً بـ (Cm.)

N: عدد الدورات في الثانية .

تطبيق : احسب طول وقطر المتحرض لمولد تيار مستمر ذي أربعة أقطاب استطاعة الخرج الاسمية له (20 KW) ويدور بسرعة (1500 rpm) بفرض أن :

$$A = 180\ A.C/Cm \ ، \ B = 0.38\ Wb/m^2$$

الغاية من المسألة :

استنتاج العلاقة التي تعطي استطاعة الآلة بدلالة أبعادها الرئيسية والقيم المغنطيسية والكهربائية فيها .

الحـــل :

الاستطاعة الاسمية للآلة في حالة إهمال الضياعات :

$$P = E \times I_a$$

باستبدال I_a بدلالة التحميل الخطي حيث :

$$A = \frac{I_c \cdot Z}{D_a} = \frac{\pi \cdot I_a \cdot Z}{2a \cdot D_a} \Rightarrow I_a = \frac{A \cdot 2a \cdot \pi \cdot D_a}{Z}$$

باستبدال القوة المحركة الكهربائية بقيمتها :

$$E = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi \cdot n$$

علماً أن

$$\phi = \frac{\pi}{p} \cdot \frac{D_a}{2} \cdot L_a \cdot B$$

وبالتالي القوة المحركة الكهربائية هي:

$$E = \frac{\pi}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot D_a^2 \cdot L_a \cdot B \cdot n$$

وعليه :

$$P = \frac{\pi}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \frac{D_a}{2} \cdot L_a \cdot B \cdot n \cdot \frac{A \cdot 2a \cdot \pi \cdot D_a}{Z}$$

$$P = \pi^2 \cdot B \cdot A \cdot D_a^2 \cdot L_a \cdot \frac{n}{60}$$

في هذه العلاقة الأطوال بـــالـــ m والتحميل الخطـــي A بـــالـــــ $\frac{A.C}{m}$، بالتـــالي الاستطاعة الناتجة هي بـــالـــ W ، لتحويل الاستطاعة السابقة إلى KW يجب ضرب طرفي المعادلة بـــ 10^{-6} ، ولاستبدال $\frac{A.C}{m}$ بـــ $\frac{A.C}{C.m}$ فيجب ضرب العلاقة بـــ 10^2

وعليه تصبح العلاقة السابقة :

$$P = \pi^2 B \cdot A \cdot D_a^2 \cdot L_a \cdot \frac{n}{60} \times 10^{-7} \quad KW$$

وهو المطلوب :

• **التطبيق** : المطلوب حساب طول وقطر المتحرض حيث أن العلاقة بينهما معطاة بحيث :

$$L_a = \tau_{(i)} = \frac{\pi}{p} \cdot \frac{D_a}{2}$$

بتطبيق العلاقة السابقة :

$$20 = \pi^2 \times 0.38 \times 180 \times D_a^2 \cdot L_a \times 10^{-7} \times \frac{1500}{60}$$

ومنها :

$$D_a^2 \cdot L_a = \frac{20 \times 10^7}{\pi^2 \times 0.38 \times 180 \times 25} = 11850.43$$

باستبدال L_a بدلالة D_a نجد :

$$D_a^2 \cdot \frac{\pi}{p} \cdot \frac{D_a}{2} = 11850.43$$

$$D_a^2 = 11850.43 \times \frac{4}{\pi} = 15088.44 \quad \Rightarrow \quad D_a = 24.7 \ Cm$$

ومنه :

$$L_a = \frac{\pi}{4} D_a = 19.4 \ \ Cm$$

الاستنتاج :

1- العلاقة السابقة لحساب الاستطاعة بدلالة أبعاد الآلة تُعدّ العلاقة التصميمية الرئيسية لآلات التيار المستمر ، فبدلالة استطاعة الآلة يمكن حساب أبعادها L_a , D_a بعد أخذ قيم عملية لـ A , B .

2- تبيّن العلاقة السابقة أن حجم الآلة يتناسب مع استطاعة الآلة أو استطاعة الآلة تتناسب طرداً مع حجمها ، حيث المقدار $Da^2.La$ يعبر عن حجم الآلة ، وبالتالي يعبر عن وزن الآلة أيضاً .

3- إن استطاعة الآلة تتناسب مع سرعة دورانها أيضاً ما لم تكن السرعة الخطية ($\pi \cdot \frac{n}{60} \cdot D_a$) محدّدة ، فعندما تكون هذه القيمة محدّدة فإن السرعة سوف تتناسب عكساً مع السرعة الزاوية للآلة .

المسألة /١١/

برهن أن استطاعة الخرج لآلة تيار مستمر مقدرة بالكيلوات وفيها وشيعة اللف تتكون من لفة واحدة تعطى بالعلاقة :

$$P = \frac{3 \times a \cdot E' \cdot V \cdot A}{p \cdot n}$$

حيث :

a: عدد أزواج الدارات التفرعية .

p: عدد أزواج الأقطاب .

E: التوتر (الـ ق.م.ك) بين نصلتي مجمع مقدرة بالفولت .

A: التحميل الخطي مقدرة بـ $\frac{A.C}{m}$.

V: السرعة الخطية للمتحرض مقدرة بـ $\frac{m}{Sec}$.

n: عدد الدورات في الدقيقة.

تطبيق : إذا كانت القيمة الحدية لـ $E' = 20\ V$; $V = 50 \frac{m}{\sec}$ ، $A = 500 \frac{A.C}{C.m}$.

أوجد أكبر استطاعة يمكن أن تعطيها آلة تيار مستمر فيها وشيعة اللف مكونة من لفة واحدة وذلك عندما :

آ ـ تدور بسرعة 300 rpm ب ـ تدور بسرعة 1000 rpm

الحل :

إن الاستطاعة الاسمية لآلة تيار مستمر كما رأينا في المسألة السابقة تعطى بالعلاقة الآتية :

$P=E.I_a$

يمكن حساب القوة المحركة الكهربائية بدلالة التوتر بين نصلتي مجمع وعدد هذه النصلات تحت كل قطب:

$$E' = \frac{E}{K/2p} \quad \Rightarrow \quad E = E' \times \frac{K}{2p}$$

يمكن حساب عدد النصلات عندما تكون وشيعة اللف مكونة من لفة واحد بتقسيم عدد النواقل Z على 2 فقط

$$K = S = \frac{Z}{2}$$

وعليه :

$$E = E' \cdot \frac{Z}{4p}$$

بتبديل قيمة E بعلاقة الاستطاعة نجد :

$$P = E' \cdot \frac{Z}{4p} \cdot I_a$$

بضرب الصورة والمخرج بالسرعة الخطية $\pi D_a \cdot \frac{n}{60}$ وبكتابة I_a بدلالة I_c نجد:

$$P = \frac{E' \cdot V \cdot Z \cdot 2a \cdot I_c}{4p\pi \cdot D_a \cdot N}$$

المقدار :

$$A = \frac{Z \cdot I_c}{\pi \cdot D_a}$$

$$P = 2a \cdot \frac{E' \cdot V \cdot A}{4 \times p \cdot N}$$

باستبدال N بدلالة عدد الدورات بالدقيقة n

$N = \frac{n}{60}$ نجد :

$$P = \frac{30 \times a \times E' \cdot V \cdot A}{p \cdot n}$$

لتقدير P بـــ kW يجب ضرب العلاقة السابقة بـــ 10^{-3} وبتقدير A بـــ $\frac{A.C}{C.m}$ بـــدلاً من $\frac{A.c}{m}$

يجب ضرب العلاقة السابقة بـــ 10^2 وعليه ينتج :

$$P=\frac{30\times E\cdot V\cdot A}{N}\times\frac{a}{p}\times10^{-3}\times10^{2}=\frac{3\times E\cdot V\cdot A}{N}\times\frac{a}{p}$$

وهو المطلوب :

التطبيق :

آ ـــ الاستطاعة الأعظمية عندما n=300 rpm

$$P=\frac{3\times20\times50\times500}{300}\times\frac{a}{p}$$

ملاحظة نحصل على أعظم قيمة من حيث عدد الأقطاب وعدد الدارات التفرعية عندما يكون $p=1$ وبالتالي مهما كان نوع اللف a=1 ، وبالتالي $\frac{a}{p}=1$ وهذه أيضاً تطبق على اللف التطابقي البسيط مهما كان عدد الأقطاب وعليه :

P=5000 kW

ب ـــ عندما n=1000 rpm

$$P=\frac{3\times20\times50\times500}{1000}=1500\ kW$$

الاستنتاجات :

1 – تبيّن العلاقة التي قد سبق البرهان عليها أنه عندما تكون السرعة الخطية محـــددة والقوة المحركة الكهربائية بين نصلتي مجمع محددة، فإن الاستطاعة الأعظميـــة للآلـــة تتناسب عكساً مع السرعة الزاوية .

2 – القيم الحدية للتحميل الخطي والقوة المحركة الوسطية بين نصلتي مجمع تُعدّ هـــي القيم الحدية العملية، وبالتالي نادراً ما نجد آلة تدور بسرعة 1000 rpm تزيد استطاعتها عن 1500 kW ، كما أن الآلات التي تصل اســـتطاعتها حتـــى 5000 kW تُعـــدّ آلات محدودة في العالم وتستخدم خاصة كمحركات في أعمال درفله الحديد .

3 – يمكن أن تزيد الاستطاعة الأعظمية من العلاقة السابقة بزيادة النسبة $\frac{a}{p}$ وذلك بزيادة عدد الدارات التفرعية بالنسبة لعدد الأقطاب وهذا نحصل عليه من اللف المركب مبيناً عدد الدارات التفرعية هو $2a = 2pm$

وعليه فإن اللف التطابقي المركب يستخدم في آلات ذات الاستطاعة الكبيرة .

المسألة /١٢/

احسب مقاومة المتحرض لمولد تيار ذو ستة أقطاب ولف انطباقي، إذا كان عدد المجارى للمتحرض 150 مجرى، وعدد النواقل في كل مجرى 18 ناقل . الطول الكلي للفة الواحدة (250 Cm). مقطع الناقل النحاسي (10mm×2.5mm) وتعمل الآلة عند درجة $80°C$.

الغاية من المسألة : هي التعرف على كيفية حساب مقاومة المتحرض .

الحل :

لتكن r : مقاومة الدارة التفرعية الواحدة للمتحرض .

2a: عدد الدارات التفرعية .

فإن مقاومة المتحرض R_a هي :

$$R_a = \frac{r}{2a}$$

يمكن حساب مقاومة الدارة التفرعية بمعرفة عدد اللفات في كل دارة وليكن N_a عدد هذه اللفات.

$$N_a = \frac{Z}{2 \times 2a} = \frac{Z}{4a}$$

Z : عدد النواقل الكلية للمتحرض وتساوي $N_{s\ell}.Z_{s\ell}$

حيث : $Z_{s\ell}$ عدد النواقل في المجرى الواحد ، $N_{s\ell}$ عدد المجارى للمتحرض وعليه :

$Z=150\times8=1200$ Conductors

$$N_a = \frac{1200}{2 \times 3} = 200 \ Conductors$$

المقاومة للدارة التفرعية الواحدة عند درجة $20^o\ C$ هي:

$$r_{20^\circ} = \frac{N_a \cdot \rho_{20^\circ} \cdot L_t}{S}$$

المقاومة النوعية عند درجة حرارة 20 درجة مئوية ، $\rho_{20^\circ} = \frac{1}{58}\ \Omega \cdot mm^2/m$

طول اللفة ، مقطع الناقل $L_t=2.5m$ $S=10\times2.5=25\ mm^2$.

$$r_{20^\circ} = 200\times\frac{1}{58}\times\frac{2.5}{25} = 0.345\ \Omega$$

مقاومة المتعرض عند درجة حرارة $20^o\ C$ هي :

$$R_{a20^\circ} = \frac{0.345}{2\times3} = 0.0575\ \Omega$$

مقاومة المتعرض عند الدرجة $80^o\ C$ هي :

$$Ra_{80} = Ra_{20}(1+0.00043\ t)$$

$$Ra_{80} = 0.0575(1+0.0043\ (80-20))$$

$$Ra_{80} = 0.0575\times1.258 = 0.07234\ \Omega$$

الاستنتاج :

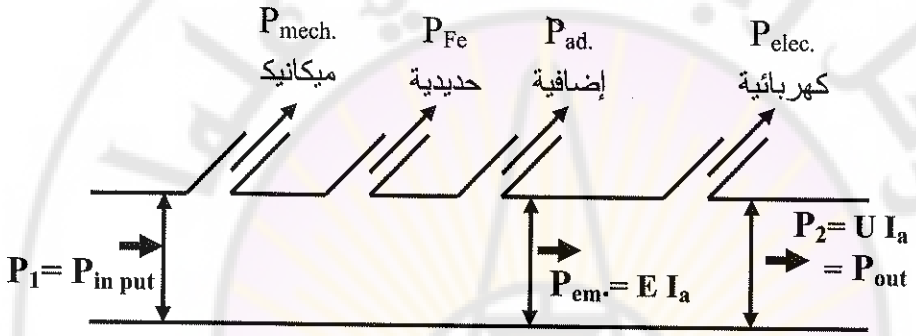
تبيّن من الحل الأخير أن قيمة مقاومة المتحرض بين درجة حرارة $20^o\ C$ ودرجة حرارة $80^o\ C$ تزداد حوالي ٢٥% ، وهكذا لا يجوز قياس خواص مولدات التيار المستمر وخاصة الضياعات والمردود وهبوط التوتر في بدء تشغيل الآلة بل لابد من الانتظار حتى ترتفع درجة حرارة الآلة إلى الحد الطبيعي (وهو مابين $20^o\ C$ و $80^o\ C$) حتى نحصل على نتائج صحيحة.

المسألة /١٣/

تمتلك مولدة تيار مستمر ذات تهييج مختلط (توصيلة طويلة) المواصفات الاسمية الآتية:

التوتر الاسمي U_n=230 V ، التيار الحمل الاسمي I_n= 800 A، تيار التهييج في الملف التفرعي I_f=12 A ، مقاومة المتحرض R_a=0.007 Ω، مقاومة ملف التهييج التسلسلي R_s=0.002 Ω ، فإذا علمت أن مجموع الضياعات الحديدية والميكانيكية هو: $\Delta P_{Fe}+\Delta P_{mech}$=5500 W . المطلوب حساب المردود الاسمي للمولدة علماً أنها تعمل عند الحمولة الاسمية.

الحـــل



الشكل (٤-٢)

يحسب المردود من العلاقة الآتية:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{out} + \Sigma\Delta P}$$

- استطاعة الخرج الاسمية للمولدة هي:

$$P_{out} = U_n \cdot I_n = 230 \times 800 = 184000\ W = 184\ kW$$

- مجموع الضياعات في المولدة تعطى بالعلاقة الآتية:

$$\Sigma\Delta P = \Delta P_{Fe} + \Delta P_{mech} + \Delta P_{cop-a} + \Delta P_{cop-If} + \Delta P_{cop-Is}$$

- حساب الضياعات النحاسية في ملف التهييج التفرعي:

$$\Delta P_{cop-If} = U_n I_f = 230 \times 12 = 2760\ W$$

- حساب الضياعات النحاسية في ملف التهييج التسلسلي حيث: $I_n=I_S$ و $I_a=I_f+I_n$:

$$\Delta P_{cop-Is} = I_s^2 \cdot R_s = (800+12)^2 \times 0.002 = 1318.7\ W$$

- حساب الضياعات النحاسية في ملفات المتحرض:

$$\Delta P_{cop-a} = I_a^2 \cdot R_a = (800+12)^2 \times 0.007 = 4615.4\ W$$

من نص المسألة لدينا مجموع الضياعات الحديدية والميكانيكية هو $\Delta P_{Fe}+\Delta P_{mech}=5500\ W$ ، وبالتالي يصبح مجموع الضياعات الكلية في المولدة :

$$\Sigma\Delta P = 5500 + 4615 + 2760 + 1318.7 = 14194\ W$$

ومنه :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{out}+\Sigma\Delta P} = \frac{184000}{184000+14194} \approx 0.93 \Rightarrow \eta \approx 93\%$$

المسألة /١٤/

تمتلك مولدة تيار مستمر ذات تهييج تفرعي المواصفات الاسمية الآتية:

التوتر الاسمي $U_n=220\ V$ ، التيار الاسمي $I_n=196\ A$، مقاومة ملف التهييج $R_f=55\ \Omega$ ، المردود الاسمي $\eta_n = 88\%$ ، فإذا علمت أن مجموع الضياعات الحديدية والميكانيكية هو: $\Delta P_{Fe}+\Delta P_{mech}=720\ W$. المطلوب حساب:

١- مقاومة المتحرض R_a.

٢- التيار الذي تقدمه المولدة للحمل عند عملها بمردود أعظمي.

الحل

١- حساب مقاومة المتحرض:

بما أن المولدة ذات تحريض تفرعي فإن :

$$I_L = I_n \ ;\ R_a = \frac{\Delta P_{cop-a}}{I_a^2} \ ,\ I_a = I_L + I_f = 196 + \frac{220}{55} = 200\ A$$

- تحسب الضياعات النحاسية في ملف المتحرض من العلاقة الآتية:

$$\Delta P_{cop-a} = \Sigma\Delta P - (\Delta P_{Fe} + \Delta P_{mech} + \Delta P_{cop-If})$$

- الاستطاعة الاسمية الناتجة من المولدة هي:

$$P_n = P_{out} = 220 \times 196 = 43120\ W$$

- الاستطاعة الميكانيكية المقدمة للمولدة هي:

$$P_{in} = \frac{43120}{0.88} = 49000\ W$$

وبالتالي يصبح مجموع الضياعات الكلية في المولدة هي:

$$\Sigma\Delta P = P_{in} - P_{out} = 49000 - 43120 = 5880\ W$$

- الضياعات النحاسية في ملف التهييج:

$$\Delta P_{cop-If} = U_n \cdot I_f = 220 \times 4 = 880\ W$$

$$\Delta P_{cop-a} = 5880 - (720 + 880) = 4280\ W$$

$$\Rightarrow\ R_a = \frac{4280}{(200)^2} = 0.107\ \Omega$$

٣- حساب التيار الذي تقدمه المولدة عند عملها بمردود أعظمي، حيث يحدث المردود الأعظمي عندما تتساوى الضياعات التي تتناسب مع مربع التيار (الضياعات النحاسية) مع الضياعات الثابتة (الضياعات في حالة اللاحمل):

$$\Delta P_0 = (\Delta P_{cop-a} + \Delta P_{Fe} + \Delta P_{mech}) \qquad , \qquad I_f = \frac{220}{55} = 4\ A$$

$$I = \sqrt{\frac{\Delta P_0}{R_a}} = \sqrt{\frac{(\Delta P_{cop-a} + \Delta P_{Fe} + \Delta P_{mech})}{0.107}} = \sqrt{\frac{1600}{0.107}} = 122\ A$$

المسألة /١٥/

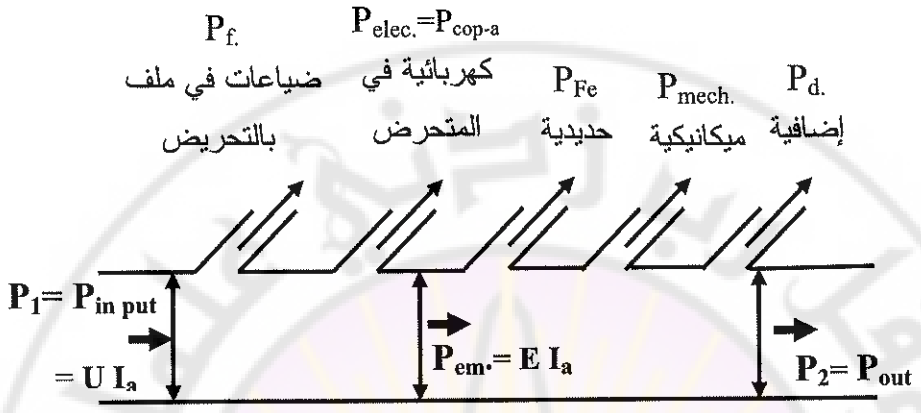
آلة تيار مستمر تعمل كمحرك ذي تهييج تفرعي ويمتلك المواصفات الآتية:

التوتر الاسمي U_n=250 V ، الاستطاعة الاسمية 10 HP، مقاومة المتحرض R_a=0.5 Ω ، ومقاومة ملف التهييج R_f=250 Ω . يستجر تياراً من المنبع وهو في حالة اللاحمل قدره 5 A . المطلوب :

١- حساب المردود الاسمي للمحرك.

٢- حساب الاستطاعة الاسمية الميكانيكية الناتجة على محور الدوران عنـدما يعمـل المحرك بمردود اسمي. افرض أن : 1HP=746 W .

الحـل



الشكل (٤-٣)

١- حساب المردود الاسمي للمحرك:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{out} + \Sigma\Delta P}$$

$$\Sigma\Delta P = \Delta P_{Fe} + \Delta P_{mech} + \Delta P_{cop-If} + \Delta P_{cop-a}$$

تمثل الاستطاعة المستهلكة في حالة اللاحمل بالضياعات في حالة اللاحمـل وتعطـى بالعلاقة الآتية:

$$P_{ino} = \Sigma\Delta P_o = U \cdot I_o = 250 \times 5 = 1250\ W$$

بما أن المحرك ذو تهييج تفرعي لذلك يعطى تيار المتحرض بالعلاقة الآتية:

$$I_{ao} = I_o - I_f = 5 - 1 = 4\ A \quad \text{where :}\ I_f = \frac{U_n}{R_f} = \frac{250}{250} = 1\ A$$

وبالتالي يتم حساب الضياعات في هذه الحالة من العلاقات الآتية:

$$\Delta P_{cop-f} = 250 \times 1 = 250\ W$$

$$\Delta P_{cop-a} = (4)^2 \times 0.5 = 80\ W$$

$$(\Delta P_{Fe} + \Delta P_{mech}) = \Sigma\Delta P - (\Delta P_{cop-If} + \Delta P_{cop-a}) = 1250 - (250 + 8) = 992\ W$$

- تحسب استطاعة الدخل للمحرك في حالة الحمل الاسمي من العلاقات الآتية:

$$P_{in-n} = U_n \times I_n = U_n \times (I_{an} + I_f) \quad , \quad \text{where: } I_a=?$$

$$P_{in-n} = P_{out-n} + \Delta P_{cop-a} + \Delta P_{cop-If} + (\Delta P_{Fe} + \Delta P_{mech}) \Rightarrow$$

$$P_{in-n} = U_n \times I_n = U_n \times (I_{an} + I_f) = 7460 + 0.5 \times I_a^2 + 250 \times I_a + 992$$

بإصلاح العلاقة السابقة نحصل على معادلة من الدرجة الثانية وبحل هذه المعادلة نحصل على قيمة التيار I_a ، وذلك عند الحمولة الاسمية.

$$0.5 \times I_a^2 + 250 \times I_a + 8450 = 0 \quad \Rightarrow \quad I_a = 36.5\ A$$

أي أن التيار المستجر من المنبع هو :

$$I = I_a + I_f = 36.5 + 1 = 37.5\ A$$

وبالتالي تصبح استطاعة الدخل للمحرك عند الحمولة الاسمية هي:

$$P_{in-n} = 250 \times 37.5 = 9375\ W$$

ومنه يكون المردود الاسمي:

$$\eta_n = \frac{7460}{9375} \approx 0.80$$

٢-يصبح المردود أعظمياً عندما تكون الضياعات النحاسية مساوية للضياعات الثابتة (الضياعات في حالة اللاحمل):

$$I_a^2 \cdot R_a = I_a^2 \times 0.5 = (1250 - 8) = 1242\ W$$

وبالتالي يكون تيار المتحرض عند المردود الأعظمي مساوياً: $I_a=49.84\ A$

تعطى استطاعة الدخل بالعلاقة الآتية:

$$U \cdot I_a = 250 \times 49.84 = 12460\ W$$

الضياعات النحاسية في متحرض المحرك هي:

$$\Delta P_{cop-a} = I \cdot R_a = (49.84)^2 \times 0.5 = 1242\ W$$

ومنه فإن الاستطاعة الناتجة على محور دوران المحرك عند المردود الأعظمي هي:

$$P_{out} = 12460 - (1242 + 992) = 10226\ W \Leftrightarrow 13.708\ HP$$

الاستنتاج: من الملاحظ أنه لايمكن الحصول على هذه الاستطاعة الميكانيكية من المحرك وذلك بسبب أن التيار اللازم تقديمه للمحرك كي يكون المردود أعظمياً هو أكبر من التيار الاسمي للمحرك.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

٤ – ٤ : مسائل غير محلولة

المسألة /١/

آلة تيار مستمر يحتوي متحرضها على 60 مجرى في كل مجرى 6 طبقات لف وفي كل طبقة 12 ناقلاً. السرعة الاسمية لهذه الآلة (600 rpm)، فإذا كان عدد أقطاب الآلة (8) أقطاب والسيالة تحت كل قطب (0.04 Wb). المطلوب :

1 – ما هي القوة المحركة الكهربائية المتولدة بين طرفي الآلة في حالة اللاحمل عند دورانها كمولد وذلك عند :

a – إذا كانت الآلة ذات لف انطباقي بسيط .

b – إذا كانت الآلة ذات لف انطباقي مركب m=2

c – إذا كانت الآلة ذات لف تموجي بسيط .

2 – ما هو التوتر على طرفي الآلة إذا كانت هذه الآلة تحتوي على أقطاب تبديل وملفات تعويض مقاومتهما معاً (0.15) أوم، وكانت مقاومة المتحرض في حالة اللف الانطباقي (0.02) أوم وذلك إذا كانت الاستطاعة التي يعطيها المتحرض (100 KW) ، وذلك في حالات اللف الثلاث السابقة . احسب العزم الناتج بين الثابت والدائر وتيار المتحرض في حالات اللف السابقة وعند نفس الاستطاعة السابقة.

المسألة /٢/

مجمع آلة تيار مستمر قطره (30cm) ويدور بسرعة (600 rpm.) . أوجد زمن التبديل التقريبي إذا كان عرض المسفرة (1.5 cm)

المسألة /٣/

متحرض آلة تيار مستمر تتكون وشيعة اللف فيها من لفة واحدة ، إذا كان عامل التحريض الذاتي في منطقة التبديل 0.02 mH . أوجد كثافة السيالة في منطقة التبديل عندما يكون التيار ما قبل التبديل (I_c=25A)

المسألة /٤/

محرك تفرعي ذو أربعة أقطاب يعمل على توتر (480 V) ، يدور بسرعة (600 rpm) ، يحتوي المتحرض على (46) مجرى في كل مجرى (6) نواقل ذو لف تموجي بسيط ، كيف يجب إعادة لف المتحرض ووصل ملفات الأقطاب لكي يدور بنفس السرعة السابقة تحت توتر (240 V) وإذا استبدلنا ملفات الأقطاب بملفات أخرى لها نفس الحجم ونفس عامل الفراغ ولكن ذات مقطع أكبر ووصلتا على التسلسل .

بيّن أن قطر الناقل لهذه الملفات سوف يزداد بنسبة $\sqrt{2}$ مرة عن قطر الناقل للملفات الأصلية.

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الخامس

خصائص مولدات التيار المستمر

٥-١:مقدمة

يتناول هذا الفصل مجموعة العلاقات الأساسية اللازمة لحل المسائل والتطبيقات التي تتعلق بخصائص مولدات التيار المستمر ، إضافة إلى مجموعة من المسائل المحلولة وغير المحلولة المتعلقة بخصائص هذه المولدات عند حالات التشغيل المختلفة لاسيما عند حالات الاختبارات .

٥-٢: العلاقات العامة

١ – العلاقة بين القوة المحركة الكهربائية المتولدة في الآلة والتوتر على طرفي الآلة.

آ– **في المولدات ذات التحريض المستقل :**

$$E = 2\Delta v_b + \Delta v_r + U_{AB} + I_a \cdot R_a$$

$2\Delta v_b$: هبوط التوتر على جانبي المسفرات .

Δv_r : هبوط التوتر بسبب رد فعل المتحرض .

$I_a R_a$: هبوط التوتر على مقاومة المتحرض .

U_{AB} : التوتر على طرفي المتحرض عند الحمل .

$$(E - \Delta v_r) = E_L = U_{AB} + I_a \cdot R_a + 2\Delta v_b)$$

E_L: القوة المحركة الكهربائية الناتجة في حالة اللاحمل بعد نقصان السيالة بسبب رد الفعل .

عند إضافة مقاومة التماس بين المسفرات والمجمع إلى مقاومة المتحرض فإن العلاقة تصبح :

$$E - \Delta v_r = E_L = U_{AB} + I_a . R_{a\ tot}$$

$$R_{a\,tot} = R_a + 2R_b$$

حيث: R_b مقاومة التماس بين المسفرات الموجبة أو السالبة والمتحرض

ب- في حالة المولدات التفرعية:

$$E_L = U_{AB} + I_a R_a \ , \quad I_a = I_f + I_L$$

I_L : التيار المار في الحمل .

I_f: تيار التحريض .

جـ- في حالة المولدات المركبة ذات التوصيلة الطويلة:

$$E_L = U_{AB} + I_a R_a + I_a . R_s$$

حيث: R_s مقاومة الملفات التسلسلية .

د- في حالة المولدات المركبة ذات التوصيلة القصيرة:

$$E_L = U_{AB} + I_a R_a + I_L . R_s$$

٢ - **منحنى خواص اللاحمل :** سوف نعتمد في المسائل التي يتطلب حلها معرفة خواص اللاحمل للآلة على خصائص اللاحمل المبينة بالجدول الآتي.

الجدول المئوي (١)

I_f%, mmf % ,H%	20	40	60	80	100	120	140	160
$E\%, \phi\%, B\%$	27	55	75	89	100	108	114	18

القيم في الجدول معطاة بشكل قيم مئوية منسوبة إلى قيمة معينة مفيدة مساوية إلى المئة بالمئة ، وهذه القيمة تعطى في المسائل وفي هذه الحالة القيم المئوية للقوة المحركة الكهربائية والسيالة وكثافة السيالة هي قيم متطابقة وكذلك القيم المئوية لتيار التحريض وشدة الساحة والقوة المحركة المغنطيسية هي أيضاً قيم متطابقة مع بعضها، ويكفي لتحويل القيم المئوية المبينة بهذا الجدول إلى القيم العادية التي تعطي قيم 100% لكل منها أو أي قيمة أخرى بالقيم العادية ،وسوف نعتمد على هذه الخصائص في معظم المسائل .

٥-٣: المسائل المحلولة

المسألة /١/

خواص اللاحمل لمولد تحريضي مستقل يدور بسرعة (600 rpm) معطاة بالجدول المئوي حيث تمثل (100%) للقوة المحركة الكهربائية (517 V) و 100% لتيار التحريض (8A) . أوجد التوتر الذي سوف يظهر على طرفيها إذا قُلبت إلى مولد تفرعي وكانت مقاومة ملفات التحريض 60Ω وذلك :

١- عندما تدور بسرعة 600 rpm .

٢- عندما تدور بسرعة 500 rpm .

٣- ما هي السرعة الحرجة ؟

الحل :

أولاً: نوجد منحنى خصائص اللاحمل بالقيم العادية انطلاقاً من الجدول المئوي ونحصل على ذلك بضرب كل قيمة من القيم المئوية لتيار التحريض بالقيمة المعطاة والمساوية 100%وهي (8A)

وللحصول على الخصائص عند سرعة (600 rpm) نضرب كل قيمة من قيم القوة المحركة المئوية بالمقدار (517V) قيمة 100% المعطاة .

أما للحصول على هذه الخصائص عند سرعة 600 rpm، فإننا نضرب كل قيمة للقوة المحركة المئوية بالمقدار:

$$517 \times \frac{500}{600} = 517 \times \frac{5}{6}$$

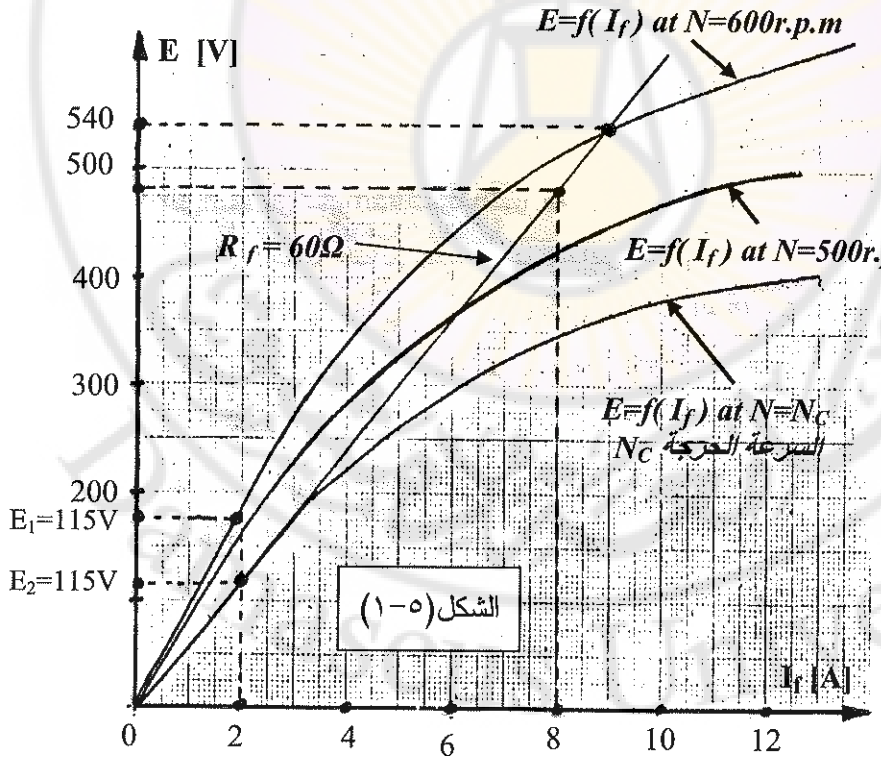
حيث قيمة القوة المحركة 517V المعطاة عند سرعة 600 rpm ، والعلاقة بين القوة المحركة الكهربائية والسرعة خطية من أجل تيار تحريض معين ، وفيما يلي يبيّن الجدول هذه الخصائص عند السرعتين 600 rpm. و 500 rpm .

جدول (٢)

I_{fl} [A]	1.6	3.2	4.8	6.4	8	9.6	11.2	12.8
E [V] At 600 rpm	139.6	284.4	377.8	460	517	558.4	589.4	620.2
E [V] At 500 rpm	116.3	237.	314.8	383.3	431	465.3	491.2	550.9

بعد رسم منحنيات خصائص اللاحمل كما في الشكل (٢)

وذلك انطلاقاً من الجدول السابق نقوم برسم مستقيم مقاومة ملفات التحـريض والـذي يمثل العلاقة : $U_f = I_f \cdot R_f$، وذلك عند قيمة R_f=60 أوم ، وهذا المستقيم نرسـمه عادة بدلالة نقطتين منه، إحداهما مبدأ الإحداثيات حيث عند I_f=0 فإن U_f=0 أيضاً ، والثانية عند أي قيمة I_f نختارها ، فإذا اخترنا قيمة I_f=8A ، فإن المستقيم سوف يمر من النقطة التي مسقطها على محور القوة المحركة الكهربائية هو (480 V) .



نجد أن المستقيم السابق يقطع منحنى خصائص اللاحمل عند سرعة 600 rpm عند النقطة التي مسقطها على محور القوة المحركة الكهربائية (540V) ، وهي قيمة القوة المحركة المولدة في الآلة عند هذه السرعة .

بينما من تقاطع هذا المستقيم مع منحنى هذه الخصائص عند سرعة 500 rpm نجد أن القوة المحركة المتولدة هي 370V ، يمكن أن نحسب السرعة الحرجة عند المقاومة السابقة انطلاقاً من المبدأ الآتي :

عند السرعة الحرجة يكون مستقيم المقاومة مماساً لمنحنى خصائص اللاحمل خلال المنطقة الخطية ، وعليه فإن أي نقطة من هذا المستقيم خلال هذه المنطقة من الخصائص هي الوقت نفسه نقطة من منحنى خصائص اللاحمل ، ومن منحنى هذه الخصائص عند سرعة 600r.p.m نجد أن المنطقة الخطية تمتد حتى تيار تحريض (3.2A) ، وعليه فإننا نختار أي قيمة لهذا التيار بين الصفر وبين القيمة السابقة وليكن التيار 2A ، فنجد قيمة القوة المحركة الكهربائية عند سرعة 600 rpm، ولتكن E_1 تساوي: $E_1=175\ V$

أما قيمة E_2 الواقعة على مستقيم المقاومة عند نفس قيمة التيار 2A والموافقة للسرعة الحرجة فهي $E_2=115V$.

وعليه: $E_1 = C_e \cdot \phi \cdot \frac{600}{60} = 175\ V$ و $E_2 = C_e \cdot \phi \cdot \frac{n_c}{60} = 115\ V$

ومنه :

$$n_c = 600 \times \frac{115}{175} = 394\ rpm$$

حيث : n_c هي السرعة الحرجة.

المسألة /٢/

مولد تيار مستمر ذو تحريض مستقل وثابت. يغذي قضبان توصيل توترها (500 V). احسب مقدار نقصان السرعة المطلوبة:

١- من أجل تغير الحمل الواقع عليه من (500 kW) إلى (250kW) ، وذلك إذا كانت مقاومة المتحرض (0.015 Ω)، وإن كل من تأثير رد فعل المتحرض ومقاومة التماس مُهمل .

الغاية من المسألة :

توضيح إحدى طرائق تخفيف الحمولة عن مولدات التيار المستمر عندما تكون مربوطة إلى شبكة كهربائية ، وذلك بتخفيف السرعة.

الحـــل :

لحساب تغيرات السرعة نحسب أولاً تغيرات القوة المحركة نتيجة التحميل .

لتكن القوة المحركة الكهربائية المتولدة عند استطاعة500kW هي $E_1 = C_e \cdot \phi_1 \cdot n_1$ ، والقوة المحركة عند استطاعة 250kW هي $E_2 = C_e \cdot \phi_2 \cdot n_2$ ، من العلاقـــة العامـــة للقوة المحركة الكهربائية لدينا:

- الحالة الأولى من التشغيل:

$$E_1 = U_{AB} + I_{a1} \cdot R_a$$

التيار المستجر من المولد في الحالة الأول:

$$I_{a1} = \frac{P_1}{U_{AB}} = \frac{500 \times 10^3}{500} = 1000A$$

وبالتالي تكون القوة المحركة مساوية إلى:

$$E_1 = 500 + 0.015 \times 1000 = 515V$$

- الحالة الثانية من التشغيل:

$$E_2 = U_{AB} + I_{a2} \cdot R_a$$

التيار المستجر من المولد في الحالة الثانية:

$$I_{a2} = \frac{P_2}{U_{AB}} = \frac{250 \cdot 10^3}{500} = 500A$$

وبالتالي تكون القوة المحركة مساوية إلى:

$$E_2 = 500 + 300 \times 0.015 = 507.5V$$

ونظراً لكون المولد مربوطاً إلى شبكة ذات توتر ثابت قدره 500V ، وإن تيار التحريض للمولد في حالتي التحميل ثابت ، وبالتالي السيالة $\phi_1 = \phi_2 = \phi$. بأخذ النسبة بين القوة المحركة المتولدة في حالتي التحميل نجد :

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{C_e \cdot \phi \cdot n_2}{C_e \cdot \phi \cdot n_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{507.5}{515} \quad ; \; C_e = const. \; ; \; \phi_1 = \phi_2 = \phi$$

وبالتالي يكون التغير في السرعة نتيجة التغير في التحميل هو:

$$\frac{n_1 - n_2}{n_1} = \frac{515 - 507.5}{515} \Rightarrow \frac{\Delta n}{n_1} \times 100 = \frac{7.5 \times 100}{515} = 1.456\%$$

الاستنتاج :

1- نلاحظ من الحل النهائي أن مقدار تغير السرعة اللازم لتخفيض الحمل من قيمته الاسمية (500kW) إلى نصف هذه القيمة (250kW) هي فقط حوالي 1.456%

2- أن مقدار تغير السرعة (أو تخفيضها) هو بنفس الوقت يتناسب مع مقدار تغير هبوط التوتر ، حيث المقدار (7.5V) هو مقدار هبوط التوتر الذي يحدث في القوة المحركة الكهربائية.

المسألة /٣/

مولد تيار مستمر ذو تحريض مستقل يدور بسرعة 1200 rpm، ويعطي تياراً شدته 200A عند توتر (125V) إلى دارة ذات مقاومة ثابتة ، والمطلوب:

احسب شدة التيار عند انخفاض سرعة الدوران إلى (1000 rpm) مع بقاء تيار التحريض ثابت، علماً أن مقاومة المتحرض 0.04Ω ، والهبوط الكلي على المسفرات (2V) ، وإهمال رد فعل المتحرض .

الحل :

أولاً : نحسب القوة المحركة الكهربائية المتولدة عند سرعة الدوران 1200 rpm :

$$E_1 = U_{AB} + I_a.R_a + 2\Delta v_b$$

$$E_1 = 125 + 200 \times 0.04 + 2 = 125 + 10 = 135\ V$$

نحسب قيمة مقاومة الحمل R_L:

$$R_L = \frac{U_{AB}}{I_a} = \frac{125}{200} = 0.625 \quad \text{و} \quad U_{AB} = I_a . R_L$$

نحسب قيمة القوة المحركة الكهربائية عند سرعة 1000 rpm ، ولتكن E_2 وذلك بدلالة E_1 :

حيث :

$$C_e = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \quad ; \quad E_1 = C_e \cdot \phi \cdot n_1 \quad , \quad E_2 = C_e \cdot \phi \cdot n^2$$

ومنه:

$$E_2 = E_1 \frac{n_2}{n_1} = 135 \times \frac{1000}{1200} = 112.5\ V$$

من قيمة القوة المحركة الكهربائية السابقة نحسب التيار I_{a2} :

$$E_2 = 112.5 = I_{a2}(R_a + R_L) + 2\Delta v_b \quad ; \quad U_{AB} = I_{a2} \times R_L \quad \Rightarrow$$

$$112.5 = I_{a2}(0.04 + 0.625) + 2 \quad \Rightarrow$$

$$I_{a2} = \frac{112.5 - 2}{0.04 + 0.625} = 166.2\ A$$

وهو المطلوب.

المسألة /٤/

مولد تفرعي التوتر الناتج على طرفيه في حالة اللاحمل (127 V) وعند تحميله يصبح التوتر (120 V) . والمطلوب :

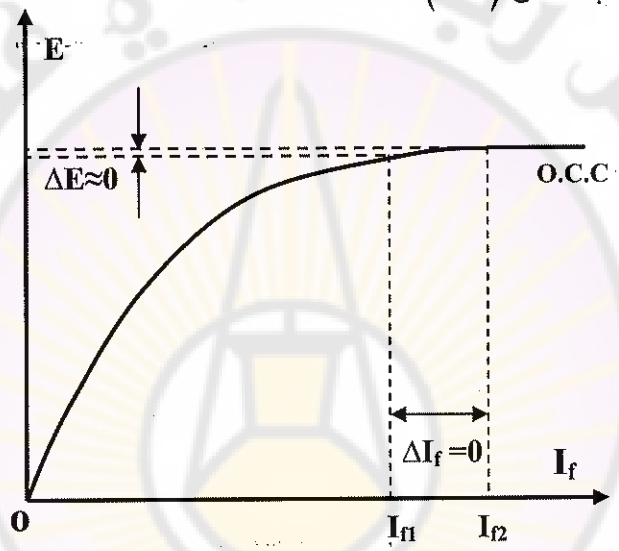
أوجد تيار الحمل إذا كانت مقاومة ملفات التحريض (15Ω)، ومقاومة المتحرض (0.02 Ω) .

الغاية من المسألة :

هي للتوضيح بأن المولد التفرعي في بعض الأحيان نعامله معاملة المولد ذي التحريض المستقل ، وخاصة أن منطقة العمل له دوماً تكون في المنطقة المشبعة من الخواص المغنطيسية أو خواص اللاحمل.

الحل :

عندما تكون نقطة العمل لآلة في المنطقة المشبعة وبعيدة عن بداية الإشباع ، فإن تغير تيار التحريض لا يؤثر تقريباً على قيمة القوة المحركة الكهربائية وبالتالي يمكن اعتبارها ثابتة شكل (٥-٢).



شكل (٥-٢)

أن ΔE الناتجة عن تغير I_f بسبب تغير التوتر مهملة، وبالتالي يمكن أن نكتب انطلاقاً من ذلك :

$$E = U_{AB} + I_a.R_a \quad \Rightarrow \quad 127 = 120 + I_a \times 0.015$$

ومنه :

$$I_a = \frac{127-120}{0.02} = 350 \ \ A$$

إن تيار التحريض في هذه الحالة :

$$I_f = \frac{120}{15} = 8\ A$$

وبالتالي يكون تيار الحمل :

$$I_L = I_a - I_f = 350 - 8 = 342\ A$$

وهو المطلوب

المسألة /٥/

يمتلك مولد تيار مستمر تفرعي خواص اللاحمل المبينة بالجدول الآتي:

I_f [A]	0.8	1.6	2.4	3.2	4	4.8	5.6	6.4
E [V]	27	55	75	89	100	108	114	120

حيث يمثل المقدار 100% من توتره في حالة اللاحمل (100V) بينما هذا المقدار بالنسبة لتيار التحريض ($I_{f0}=4A$) ، وذلك عند سرعة دوران اسمية (850 rpm). المطلوب .

١- أوجد التوتر الذي سيظهر على طرفيه إذا كانت :

آ ــ مقاومة دارة التحريض 22 Ω .

ب ــ مقاومة دارة التحريض 30 Ω .

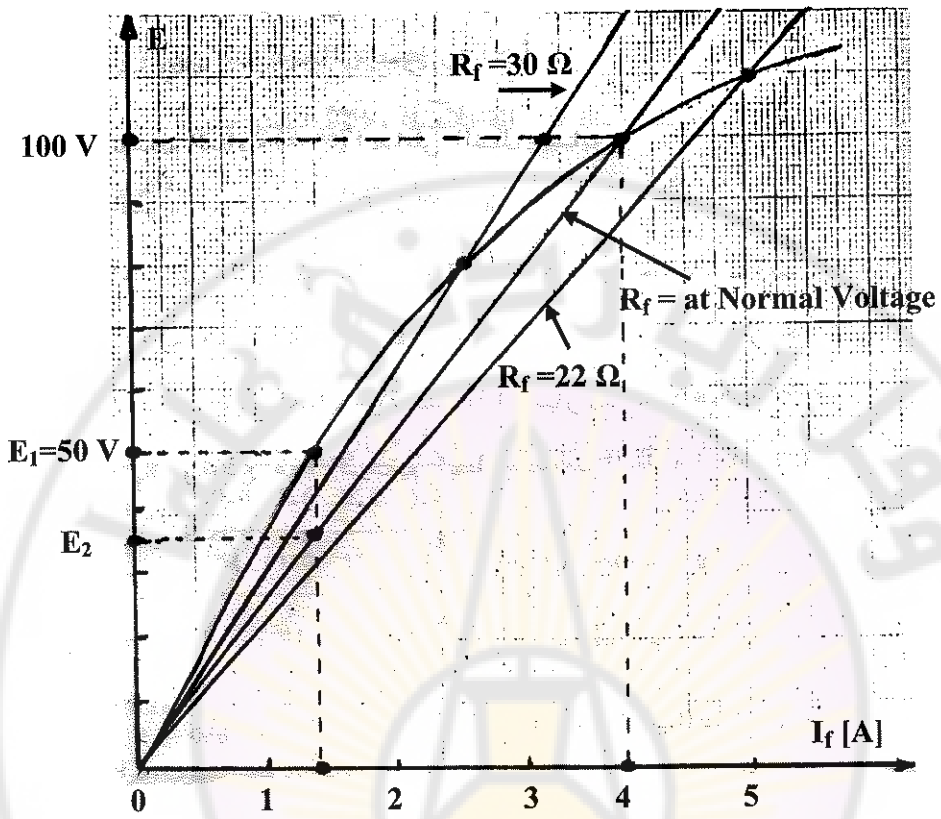
٢- أوجد مقاومة التحريض R_f من أجل التوتر الاسمي 100 V.

٣- ما هي السرعة الحرجة عند المقاومة R_f الموافقة للتوتر الاسمي .

٤- ما هي المقاومة الحرجة عند السرعة الاسمية .

الحل :

نرسم منحنى خصائص اللاحمل انطلاقاً من القيم السابقة(المبينة في الجدول)، وكذلك نرسم معه مستقيم المقاومة 22 Ω ، ومستقيم المقاومة 30 Ω كما هو مبيّن في الشكل (٥-٣) فنجد:



الشكل(٥-٣)

آ ــ من تقاطع منحنى خصائص اللاحمل مع مستقيم المقاومة $R_f = 22\ \Omega$ قيمة التوتر على طرفي المولد يساوي (109 V) .

ب ــ أيضاً من تقاطع مستقيم المقاومة $R_f = 30\ \Omega$ مع منحنى خواص اللاحمل نجد أن التوتر في هذه الحالة هو (80 V) .

- حساب مقاومة دارة التحريض عند التوتر الاسمي .

من معطيات المسألة وعند التوتر الاسمي 100V كان التيار I_f هو 4A وعليه فإن مقاومة دارة التحريض R_f تساوي:

$$R_f = \frac{100}{4} = 25\ \Omega$$

حيث تم رسم مستقيم المقاومة $R_f = 25\ \Omega$ أيضاً على الشكل السابق .

– حساب السرعة الحرجة عند المقاومة الاسمية .

نأخذ قيمة للتيار مثل $I_f=1.5A$ واقعة ضمن المنطقة الخطية ونرفع منها مستقيماً موازياً لمحور E . تقاطع هذا المستقيم مع منحنى خصائص اللاحمل يُحدّد قيمة القوة المحركة عند هذا التيار وعند سرعة 850 rpm ولتكن E_1 ، وتقاطع هذا المستقيم أيضاً مع مستقيم المقاومة ($R_f = 25\Omega$) ولتكن E_2 فنجد:

$$E_1 = 51 = C_e \cdot \phi \cdot n_1 \quad , \quad E_2 = 37 = C_e \cdot \phi \cdot n_2$$

وبالتالي تكون السرعة الحرجة: $n_2 = \frac{E_2}{E_1} n_1 = \frac{37}{51} \times 850 = 616.7 \text{ rpm}$

– المقاومة الحرجة عند السرعة الاسمية يمكن حسابها مباشرة من المنطقة الخطية لهذه الخواص حيث نجد ثانية E_1=51 (السابقة) عند تيار $I_f=1.5\ A$

ومنه المقاومة الحرجة هي : $R_{fC} = \frac{51}{1.5} = 34\ \Omega$.

المسألة /٦/

مولد تيار مستمر تفرعي يتطلب منه أن يعطي توتر ثابتاً عند جميع الأحمال مقداره (200 V) ، فإذا كان انخفاض السرعة عند الحمل الاسمي 10% من قيمة السرعة في حالة اللاحمل ، وهبوط التوتر ضمن المتحرض 10% . ما هو مقدار تغير مقاومة ملفات التحريض لتحقيق ثبوت التوتر في حالة التحميل هذه ، علماً أن خصائص اللاحمل معطاة بالجدول أدناه، حيث تمثل النقطة (4 A , 200 V) نقطة العمل الاسمية على اللاحمل .

I_f [A]	0.8	1.6	2.4	3.2	4	4.8	5.6	6.4
E_a[V]	54	110	150	178	200	216	228	236

الحـــل :

١- نرسم منحنى خصائص اللاحمـــل عنـــد الـــسرعة الاســـمية كمـــا هـــو مبـــيّن بالشكل (٥-٤)، وكذلك نرسم منحنى هذه الخواص عند سرعة منخفـــضة 10% مـــن السرعة الاسمية وذلك بضرب تراتيب كل نقطة من نقاطه بالمقدار 90 % على ذلك .

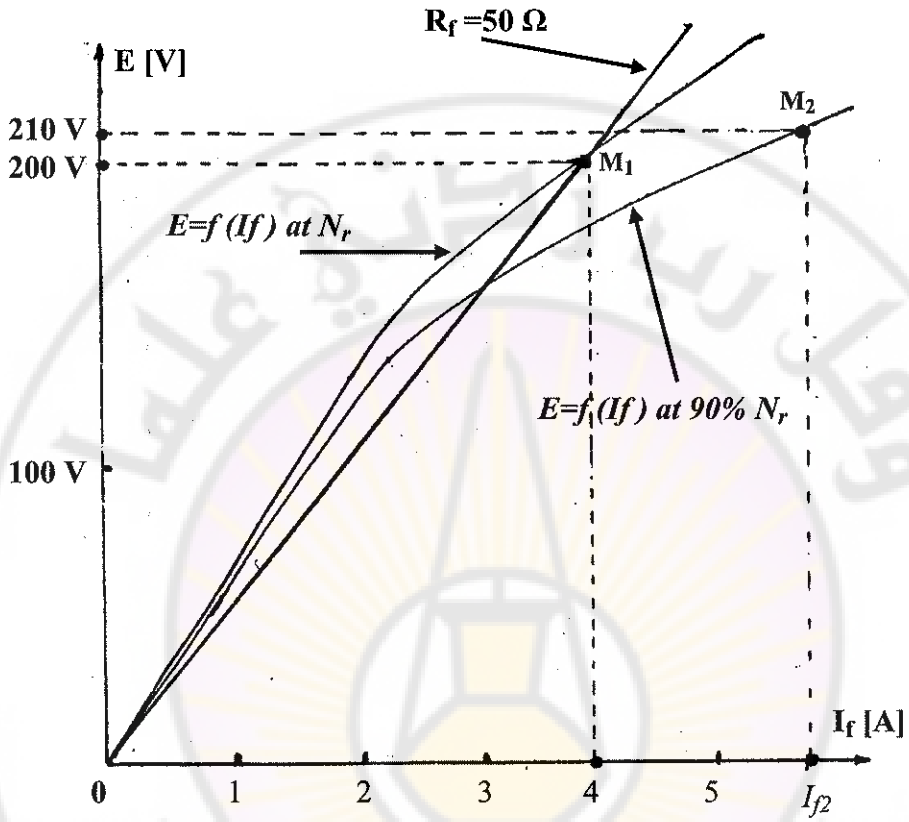
٢- نرسم خطاً أفقياً 100 V فيقطع منحنى خصائص اللاحمل عند الـــسرعة الاســـمية ولتكن النقطة M_1 هي أحد نقاط مستقيم المقاومة R_{f1} التي تعطي عندها الآلة توترها الاسمي في حالة اللاحمل من إحداثيات وتراتيب النقطة M_1 يمكن حساب المقاومة R_{f1} حيث: $R_{f1} = \frac{200}{4} = 50\ \Omega$.

٣- نرسم خطاً أفقياً ثابتاً من النقطة التي ترتيبها 210V وهي القوة المحركة المتولـــدة من حالة التحميل ، فيقطع منحنى خصائص اللاحمل المرسوم عنـــد ســـرعة تـــساوي 90 % من السرعة الاسمية في نقطة مثل M_2 مسقط النقطة M_2 يُحدّد قيمـــة التيـــار الذي يعطي قوة محركة كهربائية في حالة التحميل 210 V وتوتر على الحمل قـــدره 200V . إن قيمة تيار التحريض I_{f2} الموافقة للنقطة M_2 هي : $I_{f2} = 5.8A$

أن قيمة مقاومة ملفات الأقطاب التي تمرر التيار 5.8 A تحت تـــوتر مطبـــق علـــى الملفات 200V هي : $R_{f2} = \frac{200}{5.8} = 34.5\ \Omega$. وعليه مقدار تغير المقاومة هو :

$$R_f = R_{f1} - R_{f2} = 50 - 34.5 = 15.5\ \Omega$$

وهو المطلوب.



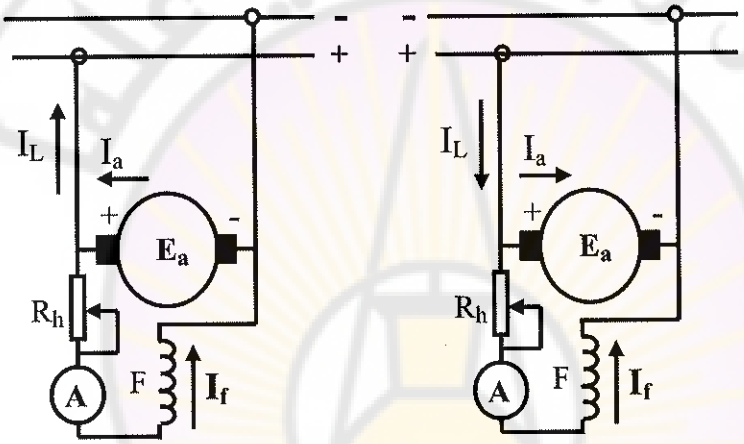
شكل (٥-٤)

ملاحظة : إن المنحنى الذي يمر من النقطة M_2 التي تنخفض بمقدار 10V على منحنى خصائص اللاحمل عند سرعة تساوي 90% من السرعة الاسمية والمشابه لمنحنى خصائص اللاحمل هو منحنى خصائص التحميل للمولد ، وعليه فإن مستقيم المقاومة R_{f2} يتقاطع مع منحنى التحميل في هذه الحالة وليس مع منحنى اللاحمل، وعليه لتحديد قيمة التوتر على طرفي المولد التفرعي في حالة التحميل نبحث عن نقطة تقاطع منحنى التحميل مع مستقيم المقاومة وليس منحنى اللاحمل .

المسألة /٧/

مولد تيار تفرعي يعطي استطاعة قيمتها 100 kW إلى قضبان توصيل توترها (220 V) ، وذلك عندما يدور بسرعة 300 rpm ، فإذا دار هذا المولد كمحرك على الشبكة واستجر استطاعة قيمتها 10 kW .

ما هي سرعة دورانه إذا كانت مقاومة المتحرض (0.025Ω) ، مقاومة ملفات الأقطاب (60Ω) ، الهبوط على المسفرات (1V) ، ورد فعل المتحرض مهمل .



شكل (٥-٥)

الحـــل:

لحساب سرعة دورانه في حالة محرك نحسب القوة المحركة الكهربائية المتولدة في حالة عمل الآلة كمولد ولتكن E_1 ، ثم نحسب هذه القوة عند عمله كمحرك ولتكن E_2 بمقارنة E_1 ، E_2 ، يمكن حساب السرعة المطلوبة .

١- في حالة عمل الآلة كمولد فإن :

$$E_1 = U_{AB} + I_a \cdot R_a + 2\Delta v_b \quad , \quad I_a = I_L + I_f$$

والتيار المقدم من قبل المولد للشبكة :

$$I_L = \frac{P}{U_{AB}} = \frac{100\times10^3}{220} = 454.6A$$

نحسب تيار التحريض في هذه الحالة من التشغيل فيكون:

$$I_f = \frac{U_{AB}}{R_f} = \frac{220}{60} = 3.67A$$

وبالتالي يصبح تيار المتحرض مساوياً :

$$I_a = 454.6 + 3.67 = 458.27A$$

$$E_1 = 220 + 0.025\times458.27 + 1 = 232.45\ V$$

أي أن قيمة القوة المحركة الكهربائية E_1 هي :

$$E_1 = C_e\cdot\phi_1\cdot n_1 = 232.45\ V$$

٢- في حالة عمل الآلة كمحرك فإن :

$$E_2 = U_{AB} - I_a\cdot R_a - 2\Delta v_b \quad , \quad I_a = I_L - I_f$$

والتيار المستجر من قبل المحرك :

$$I_L = \frac{P_M}{U_{AB}} = \frac{10\times10^3}{220} = 45.45A$$

$$I_a = 45.45 - 3.67 = 41.8A$$

حيث: I_f ثابت بين حالتي التشغيل مولد ومحرك .

$$E_2 = 220 - 0.025\times41.8 - 1 \approx 218\ V$$

$$E_2 = 218 = Ce\cdot\phi_2\cdot n_2$$

ولكن ϕ_2 في حالة التشغيل كمحرك تساوي ϕ_1 عند حالة التشغيل كمولد وعليه:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{C_e\cdot\phi\cdot n_1}{C_e\cdot\phi\cdot n_2} = \frac{232.6}{218}$$

ومنه :

$$n_2 = \frac{218}{232.6}\times n_1 = \frac{218}{232.6}\times300 = 281\ \ rpm$$

حيث: $n_1=300\ rpm$ من معطيات المسألة وعليه السرعة في حالة دوران الآلة كمحرك تساوي $n_2=281\ rpm$

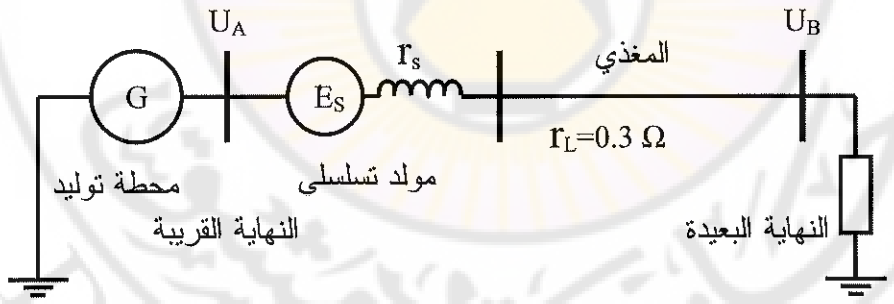
وهو المطلوب .

المسألة /٨/

مولد تيار مستمر تسلسلي له خواص خارجية خط مستقيم يبدأ من الصفر حتى النقطة ذات المحددات 200A و 50V . يُربط كمقوي للتوتر بين محطة توليد ومغذي طويل مقاومته (0.3 Ω) احسب فرق التوتر بين النهاية القريبة والبعيدة للمغذي وذلك عندما يمر تيار في الخط قيمته: آ ــ 160 A ، ب ــ 50 A

الغاية من المسألة :

التعرف على استخدامات المولد التسلسلي في شبكات نقل القدرة بالتيار المستمر ، حيث يُستخدم كمقوٍ، أو مُعضّد للتوتر حيث، يوصل على التسلسل مع أحد الخطين للشبكة بحيث إذا مر فيها تيار أكبر زادت القوة المحركة المتولدة، وأضيفت هذه القوة المحركة إلى توتر النقل، بحيث يُكافئ الهبوط الناتج في الخط شكل (٥-٦)



شكل (٥-٦)

انطلاقاً من الشكل (٥-٦) يمكن أن نكتب :

$$U_A + Es = I_L \cdot r_L + U_B$$

حيث: U_A : التوتر عند بداية المغذى أي عند محطة التوليد .

U_B : التوتر عند نهاية المغذى .

E_s : القوة المتولدة في المولد التسلسلي .

$I_L R_L$:هبوط التوتر ضمن المغذى (خط النقل) .

يمكن إعادة كتابة العلاقة السابقة بحيث تعطي فرق التوتر بين النهايتين بالشكل الآتي:

$$U_A - U_B = I_L \cdot r_L - E_S$$

آ- عند تيار شدته I_L=160A فإن هبوط التوتر على المغذي هو :

$$I_L.r_L = 0.3 \times 160 = 48V$$

أما القوة المحركة المتولدة في المولد عند تيار 160A يمكن حسابها، وباعتبار الخواص خطية بالعلاقة الآتية:

$$E_s = \frac{50}{200} \times 160 = 40 \text{ V}$$

وعليه :

$$U_A - U_B = 48 - 40 = 8 \text{ V}$$

وهو فرق التوتر بين النهاية القريبة والبعيدة للمغذى .

ب ــ عند تيار شدته 50A فإن :

$$I_L.r_L = 50 \times 0.3 = 15 \text{ V} \quad , \quad E_s = \frac{50}{200} \times 50 = 12.5\ V$$

وبالتالي يكون فرق التوتر في هذه الحالة مساوياً لـ :

$$U_A - U_B = 15 - 12.5 = 2.5 \text{V}$$

وهكذا نلاحظ أنه في الحالة الأولى كان الهبوط على المغذى بدون استخدام المولد التسلسلي هو 48V ، فأصبح مع موجود المولد 8 V فقط ، وكذلك أصبح في الحالة الثانية 2.5 V فقط بدلاً من 15 V .

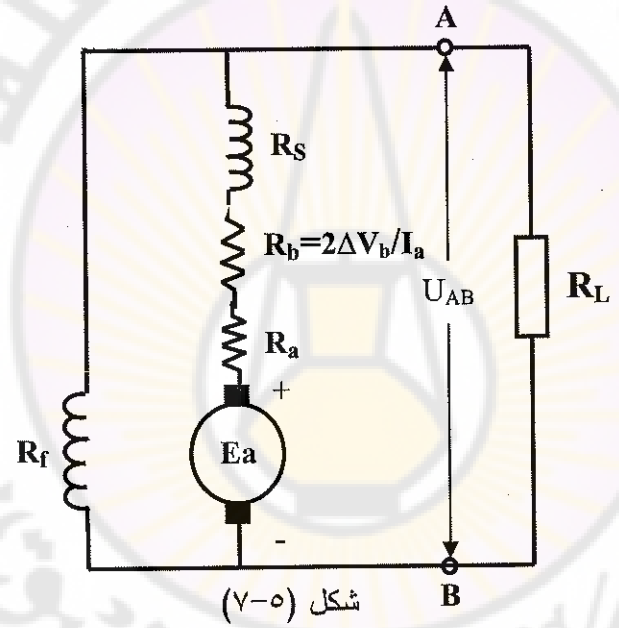
المسألة /٩/

مولد تيار مستمر مركب (توصيلة طويلة)، يعطي تياراً شدته 50A عند توتر 500V ، فإذا كانت مقاومة المتحرض والملفات التسلسلية والملفات التفرعية هي على التتابع (250Ω و 0.03Ω و 0.05Ω) .

احسب القوة المحركة الكهربائية المتولدة في حالة التحميل إذا كان هبوط التوتر على المسفرات (1V) لكل جانب .

الحل :

تُمثل دارة المولد المركب (توصيلة طويلة) كما في الشكل (٥-٧)



شكل (٥-٧)

من معطيات المسألة لدينا : $I_L=50A$, $U_{AB}=500$ وبالتالي تصبح علاقة القوة المحركة الكهربائية من الشكل الآتي:

$$E_L = I_a(R_a + R_s) + 2\Delta v_b + U_{AB}$$

وبالتالي تكون قيمة التيار :

$$I_a = I_L + I_f = 50 + \frac{500}{250} = 52A$$

$$E_L = 500 + 52 \times (0.05 + 0.03) + 2 \times 1 \Rightarrow E_L = 506.16\ V$$

وهو المطلوب.

المسألة /١٠/

مولد تيار مستمر مركب يعطي توتراً قدره (110V) ، مقاومة المتحرض (0.06Ω)، مقاومة الملفات التفرعية (25Ω)، و مقاومة الملفات التسلسلية (0.04Ω) . الحمل المربوط إليه مكون من (200) مصباح كهربائي استطاعة كل منهـا (55 W) عنـد توتر (110V) .

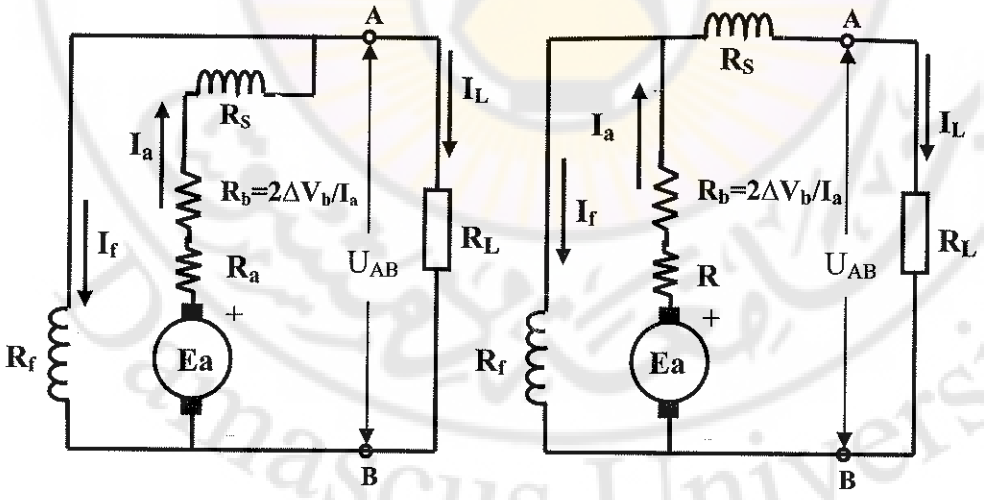
أوجد القوة المحركة الكهربائية المتولدة وتيار المتحرض وذلك عند :

آ ــ إذا كان المولد مركباً و ذا توصيلة طويلة .

ب ــ إذا كان المولد مركباً وذا توصيلة قصيرة .

كيف تتغير الأمبير لفات للملف التسلسلي إذا رُبطت مع الملفات التسلسلية على التفرع مقاومة قيمتها (0.1Ω) ؟ أهمل تأثير رد الفعل ، وهبوط التوتر على المسفرات فـي جميع الحالات .

الحـل :



الشكل(٥-٨)

يبين الشكل (٥-٨) الدارة المكافئة للمولد في حـــالتي المركـــب الطويـــل و المركـــب القصير.

آ ــ في حالة كون المولد مركباً طويلاً :

في جميع الحالات القوة المحركة الكهربائية المتولدة في حالة التحميل E_L تساوي القوة المحركة الكهربائية في حالة اللاحمل E نظراً لإهمال هبوط التوتر بـــسبب رد الفعـــل وعليه :

$$E_L = E = U_{AB} + I_a(R_a + R_s) \quad , \quad I_a = I_L + I_f$$

$$I_L = \frac{P}{U} = \frac{200 \times 55}{110} = 100A$$

$$I_f = \frac{U_{AB}}{R_f} = \frac{110}{25} = 4.4A$$

$$I_a = 100 + 4.4 = 104.4A$$

$$E = 110 + 104.4 \times (0.06 + 0.04) = 120.44\ V$$

ب ــ في حالة كون المولد مركب قصير فإن :

$$E = U_{AB} + I_L \cdot R_s + I_a \cdot R_a$$

باعتبار التوتر ثابتاً على الحمل بين الحالة الأولى والثانية ، فإن I_L=100A أيضاً .

لحساب تيار التحريض I_f في هذه الحالة نحسب أولاً التوتر U'_{AB} المطبـــق علـــى المقاومة انظر الشكل(٥-٨)

$$U'_{AB} = U_{AB} + I_L.R_s \quad \Rightarrow \quad U'_{AB} = 110 + 110 \times 0.04 = 114\ V$$

$$I_f = \frac{114}{25} = 4.561\ A$$

$$I_a = 100 + 4.561 = 104.576\ A$$

$$E = U'_{AB} + I_a.R_a = 114 + 104.561 \times 0.66 = 120.27$$

نستنتج من طريقتي الوصل أن الفرق بين تيار المتحرض في كلتا الحالتين لم يتجاوز:

$$I_a = 104.561 - 104.4 = 0.176\ A \quad , \quad \frac{I_a}{I_L} = \frac{0.176}{100} = 0.176\,\%$$

أي حوالي 0.001 فقط وأنه أكبر من حالة الوصل القصير، كما أن فرق القوة المحركة المتولدة والتوتر بين حالتي الوصل: $E = 120.4 - 120.27 = 0.13V$

أي أيضاً حوالي 0.001 وفي حالة الوصل الطويل القوة المحركة أكبر ، أو التوتر يكون أقل على الحمل بمقدار 0.001 .

ـ كيفية تغير الأمبير لفات عند وصل مقاومة على التفرع مع الملف التسلسلي:

لنأخذ حالة مركب قصير، في هذه الحالة التيار المار في الملف التسلسلي قبل وصل المقاومة I_{s1} هو $I_{s1} = I_L = 100\,A$ ، وبالتالي إذا كان N_s عدد لفات الملفات التسلسلي ، فإن الأمبير لفات للملف التسلسلي هي : $I_{s1} \cdot N_{s1} = 100 \times N_s$.

عند ربط مقاومة على التفرع قيمتها 0.1Ω ، فإن التيار يتجزأ ويمر في الملف التسلسلي تيار I_{s2} يمكن حسابه بتطبيق قاعدة مجزئ التيار بأنه :

$$I_{s2} = \frac{I_L . R_{add}}{R_s + R_{add}} = \frac{100 \times 0.1}{0.04 + 0.1} = 71.43\,A$$

وذلك بإهمال تأثير تغير المقاومة المكافئة للملف على باقي الدارة ، وعليه الأمبير لفات في هذه الحالة : $I_{s2} N_s = 71.43\,N_s$ ، وهكذا تصبح الأمبير لفات الجديدة كنسبة من الأمبير لفات قبل إضافة المقاومة $I_{s2} N_s = \frac{71.43}{100} I_{s1}\,N_s$ ، أي تقل بنسبة 29 % تقريباً .

المسألة /١١/

احسب عدد اللفات التسلسلية لمولد مركب يُعطي استطاعة قيمتها 500 kW إذا كان التوتر في حالة اللاحمل (500V) ، والتوتر في حالة التحميل (550V) والأمبير لفات لكل قطب تتغير من حالة اللاحمل إلى حالة التحميل من 7900 AT إلى11200 AT،

علماً أن الملفات التفرعية مُصممة لتعطي 500V في حالة اللاحمل وعند درجة حرارة $20C°$ ، بينما تصل درجة حرارة الملفات عند التحميل إلى $60C°$

الحل:

في حالة اللاحمل الملفات التفرعية هي التي تولد السيالة التي تنتج القوة المحركة الكهربائية ، وبالتالي فإن هذه الملفات تولد قوة محركة مغنطيسية 7900 AT تؤدي إلى توليد قوة محركة كهربائية 500V، وذلك عند درجة حرارة $20C°$ ، حيث مقاومة الملفات التفرعية R_{f1} والتيار المار فيها I_{f1} يساوي:

$$I_{f_1} = \frac{500}{R_{f1}}$$

وبالتالي : $I_{f1} \cdot N_f = \frac{500}{R_{f1}} N_f = 8900\,AT$.

عند التحميل تصبح درجة حرارة الملفات $60C°$ ، وبالتالي تصبح مقاومة الملفات:

$$R_{f2} = R_{f1} \times [1 + \Delta t(0.0043)] \Rightarrow R_{f2} = R_{f1}[1 + (60 - 20)(0.0043)]$$

وبالتالي : $R_{f2} = 1.172 R_{f1}$

التوتر المطبق عليها في هذه الحالة هو 550V بدلاً من 500V ، وبالتالي التيار المار فيها هو :

$$I_{f2} = \frac{550}{R_{f2}} = \frac{550}{1.172 \times R_{f1}}$$

والقوة المحركة المغنطيسية الناتجة عن الأقطاب التفرعية في هذه الحالة هي :

$$I_{f2} \cdot N_f = \frac{550}{1.172} N_f$$

باستبدال المقدار $\frac{N_f}{R_f}$ في حالة اللاحمل حيث هذا المقدار يساوي : $\frac{N_f}{R_f} = \frac{7900}{500}$

من المعادلة الأخيرة نجد :

$$I_{f2}.N_{f2} = \frac{550 \times 7900}{1.172 \times 500} = 7415\,A.T$$

وهي القوة المحركة الناتجة في حالة التحميل التفرعية ، وبالتالي القوة المحركة الناتجة من الملفات التسلسلية تساوي :

$$N_s \cdot I_L = 11200 - 8353 = 3785\,AT$$

قيمة تيار الحمل I_L هي :

$$I_L = \frac{P}{U_{AB}} = \frac{500 \times 10^3}{550} = 909\,A$$

أما عدد لفات الملفات التسلسلية هو :

$$\frac{I_L \cdot N_s}{I_L} = \frac{3785}{909} = 4\ \ Turns$$

ونلاحظ في هذه المسألة أن وجود 4 لفات على كل قطب كملف تسلسلي أدت إلى مكافئة هبوط التوتر ، وإلى جعل التوتر على الحمل يزداد بمقدار 50V بدلاً من أن يهبط ، ومن هنا تتبين فائدة إضافة الملفات التسلسلية ، واستخدام المولدات المركبة بدلاً من التفرعية .

المسألة /١٢/

مولد تيار مستمر مركب توتره في حالة اللاحمل (230V) عندما يدور بسرعة (1200 rpm) ، مقاومة المتحرض مع الملفات التسلسلية (0.09Ω) ، مقاومة الملفات التفرعية (164Ω) ، عدد اللفات التفرعية لكل قطب (2000) لفة. عند تحميله بتيار (65A) تنخفض السرعة إلى (1150 rpm) والمطلوب :

آ – أوجد التوتر على الحمل إذا كان عدد اللفات التسلسلية 6 لفة .

ب– أوجد كم يجب أن يكون عدد اللفات التسلسلية ليبقى التوتر على الحمل ثابتاً على (230V) إذا كانت مقاومة الخط الواصل بين المولد والحمل هي (0.2Ω).

استخدم الجدول المئوي .

الحـــل :

عندما لا تُعطى في مسألة ما قيمة 100% لكل من التوتر والتيار ويتطلب الاستخدام الجدول المئوي فيمكن أخذ قيمة التوتر في حالة اللاحمل وهو هنا 230V مساوياً لـ 100%، وكذلك التيار الموافقة له ليكن I_{fr} أيضاً مساوياً لـ 100% حيث :

$$I_{fr} = \frac{E}{R_f} = \frac{230}{164} = 1.4A$$

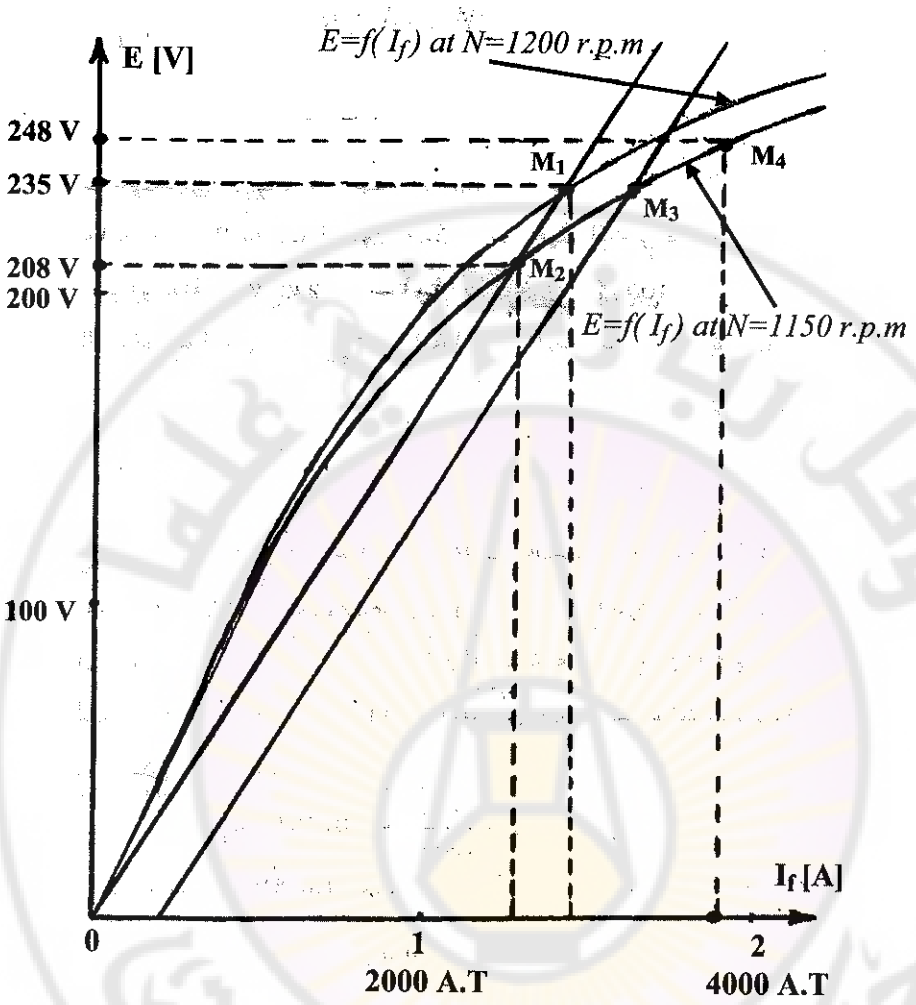
وفيما يلي جدول خصائص اللاحمل انطلاقاً من الجدول المئوي وذلك عند سرعة 1200 rpm وسرعة 1150 rpm وهي السرعة في حالة التحميل ، وإذا رمزنا بـ E_1 للقوة المحركة عند سرعة 1200 و E_2 للقوة المحركة عند سرعة 1150 . عند أي قيمة ثابتة لتيار التحريض يمكن أن نكتب:

$$E_2 = E_1 \frac{1150}{1200} = 0.9583\, E_1$$

I_f (A)	0.28	0.56	0.84	1.12	1.4	1.68	1.96	2.24
$I_f N_f$ (A.T)	561	1122	1683	2244	2805	3366	3927	4488
E1 (v)	62	127	172	205	230	248	262	274
E2 (V)	60	121	165	196	220	238	251	260

وهكذا حُسبت خصائص اللاحمل عند السرعة 1150 بدلالة هذه الخصائص عند السرعة 1200.

نرسم خصائص اللاحمل عند السرعتين 1200 rpm و 1150 rpm، فإذا رسمنا الآن مستقيم المقاومة (165Ω) ، فإن هذا المستقيم سوف يمر من النقطة التي ترتيبها (230V) ، ويقطع منحني خصائص اللاحمل عند السرعة 1200 rpm في النقطة M_1 الموافقة للترتيب السابق ، ويقطع منحنى اللاحمل عند السرعة 1150 rpm في النقطة M_2 التي ترتيبها (208V) ، أي أن القوة المحركة المتولدة في حالة اللاحمل عند سرعة 1150 rpm هي (208 V) بدلاً من (230 V) للإجابة على الطلب :



الشكل(٥-٩)

آ ــ تحديد التوتر على الحمل عندما يمر تيار قــدره 65A إذا كــان عــدد اللفــات التسلسلي 6 لفة.

في هذه الحالة الأمبير لفات الناتجة عن الملف التسلسلي هي: 65×6=390 AT . نرفع خط المقاومة السابق موازياً لنفسه بمقدار 390 A.T فيقطع منحنى خصائص اللاحمل عند سرعة 1150 rpm في النقطة M_3 . ترتيب النقطة M_3 يعطي القــوة المحركــة الكهربائية المتولدة في الآلة وتساوي هنا E_3 حيث: E_3=235V

التوتر على الحمل U_{AB} يساوي :

$$U_{AB} = E_3 - I_a.R_a = 235 - 65 \times 0.09 = 229V$$

ب ــ تحديد عدد اللفات التسلسلية ليبقى التوتر ثابتاً على الحمل .

في هذه الحالة القوة المحركة المتولدة على طرفي الآلة هي :

$$E_4 = U_{AB} + I_a(R_a + R_s) + I_a \cdot R_{Line}$$
$$E_5 = 230 + 65 \times 0.09 + 65 \times 0.2 = 248.85\ V$$

نرسم مستقيم ترتيبه 248.85 فيقطع منحنى خصائص اللاحمل عند السرعة 1150 في النقطة M_4 . مسقط هذه النقطة على المحور الأفقي يحدد لنا قيمة الأمبير لفات اللازمة لتوليد القوة المحركة الكهربائية السابقة تساوي مجموع الأمبير لفات للملفات التفرعية والتسلسلية وهذه القيمة نجدها من الشكل :

$$I_L \cdot N_S + I_f.N_f = 3800\ AT$$

القوة المحركة الكهربائية المتولدة من الملفات التفرعية هي : $I_{f4} \cdot N_f = 2000 \times I_f$

التيار I_f في هذه الحالة يمكن حسابه بعد حساب التوتر على طرفي المولد مباشرة ، وهذا التوتر U_{AB} يساوي:

$$U_{AB} = E - I_a(R_a + R_s) = 248.8 - 65 \times 0.09 = 243\ V$$
$$I_f = \frac{U_{AB}}{R_f} = \frac{243}{164} = 1.48A$$
$$N_f \cdot I_f = 1.43 \times 2000 = 2960\ AT$$
$$I_L \cdot N_s = 3800 - 2960 = 840\ AT$$
$$N_s = \frac{840}{65} = 12.9 \approx 13\ Turns$$

وهو المطلوب .

المسألة /١٣/

مولد تيار مستمر يعمل على توتر 220V له تيار تحريض أصغر I_{min}=2.5 A ، وتيار تخريض أعظمي I_{max}= 5 A . منظم تيار التحريض عبارة عن مقاومة ذات (10) خطوات تؤدي إلى تغيرات متساوية في قيمة التيار . فإذا كانت أسلاك المقاومة المتوفرة هي سلك ذو تيار اسمي (5.4A) ومقاومة نوعية (0.6 Ω/m) وسلك ذو تيار اسمي (3.6A) ومقاومة نوعية (1.0Ω/m)، وآخر ذو تيار اسمي (2.8A) ومقاومة نوعية (1.5Ω/m) أوجد الحد الأدنى من كمية الأسلاك اللازمة لتحقيق المنظم السابق .

الغاية من المسألة :

التعرف على مقاومات التنظيم لتيار المتحرض في المولدات التفرعية .

الحل :

يمر تيار تحريض أعظمي عندما تكون مقاومة التنظيم خارج دارة ملفات التحريض وبالتالي فإن قيمة مقاومة التحريض هي :

$$R_f = \frac{U}{I_{f\max}} = \frac{220}{5} = 44\ \Omega$$

عند إضافة كامل مقاومة المنظم ولتكن R_{add} ، فإن دارة التحريض تصبح ذات مقاومة كلية:

$$R_f + R_{add} = \frac{220}{2.5} = 88\ \Omega$$

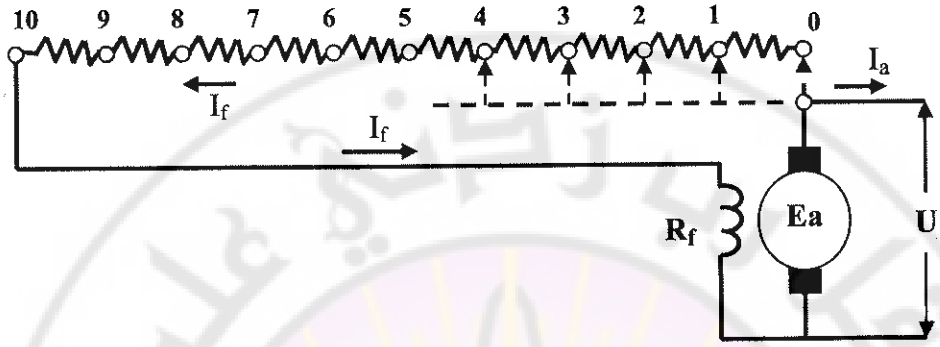
ومنها مقاومة التنظيم المضافة هي :

$$R_{add} = 88 - 44 = 44\ \Omega$$

هذه المقاومة يمكن تغييرها خلال عشر خطوات ، وبالتالي هذه المقاومة تتكون من أجزاء قيمة تغير التيار خلال كل جزء هي :

$$\frac{I_{\max} - I_{\min}}{10} = \frac{5 - 2.5}{10} = 0.25\,A$$

وعليه التيار المار في الجزء الأول من المقاومة عندما تكون كامل المقاومة في دارة الملفات هي :2.5A ، والتيار المار بعد الخطوة الأولى هو 2.75A انظر الشكل (٥-١٠).



الشكل (٥-١٠)

وعليه مقاومة المرحلة الأولى هي :

$$r_{0-1} = r_0 - r_1 = \frac{220}{2.5} - \frac{220}{2.76} = 88 - 80 = 8\ \Omega$$

مقاومة المرحلة الثانية هي :

$$r_{1-2} = r_1 - r_2 = 80 - \frac{220}{3} = 80 - 73.3 = 6.7\ \Omega$$

المرحلة الأولى والثانية يمكن صناعته من السلك الذي يتحمل شدة تيار 2 A وعليه طول السلك اللازم للمرحلتين معاً هو :

$$L_1 = \frac{8 + 6.7}{1.5} = 9.8\ m \approx 10\,m$$

التيار في الخطوة الثانية يصبح 3A ، وبالتالي مقاومة المرحلة الثالثة هي :

$$r_{2-3} = 73.3 - \frac{220}{3.25} = 5.6\ \Omega$$

المقاومة بين التلامستين 3-4 ، والتي يمر فيها تيار 3.25A فقط هي :

$$r_{3-4} = r_3 - r_4 = \frac{220}{3.25} - \frac{220}{3.5} = 4.84\ \Omega$$

مقاومة المرحلة الثالثة والرابعة يمكن صناعتها في السلك الذي يتحمل مـــرور شـــدته (3.6A) ، وبالتالي طول السلك هو :

$$L_2 = \frac{R}{\rho} = \frac{5.6 + 4.84}{1} = 10.44\ m$$

باقي المقاومة والكائنة بين التلامسة 4 والتلامسة الأخيرة هي :

$$r_{4-10} = \frac{220}{3.5} - 44 = 62.86 - 44 = 18.85\ \Omega$$

يُصنع من السلك الذي يتحمل تيار 5.4A وعليه طول هذا السلك:

$$L_2 = \frac{18.85}{0.6} = 31.4\ m$$

وهو المطلوب.

المسألة /١٤/

احسب قيمة المقاومة الإضافية R_a كنسبة من مقاومة ملفات الأقطاب R_f مـــن أجـــل تقليل تيار التحريض بنسبة n من تيار التحريض الاسمي. قارن بين الضياعات فـــي دارة التحريض قبل وبعد إضافة هذه المقاومة .

الحـــل :

تيار التحريض الاسمي هو التيار الذي نحصل عليه دون إضافة أي مقاومة وليكن I_{fr} و يساوي :

$$I_{fr} = \frac{U_f}{R_f} \qquad (1)$$

عند إضافة مقاومة R_d مع المقاومة R_f نحصل على تيار آخر وليكن I_f :

$$I_f = \frac{U_f}{R_f + R_d} \qquad (2)$$

إذا كان $I_f = n\, I_{fr}$ ، كما هو معطى من المسألة فإذا استبدلنا I_f المعادلة (٢) نجد :

$$nI_{fr} = \frac{U_f}{R_f + R_d} \qquad (3)$$

باستبدال أيضاً قيمة I_{fr} من المعادلة (١) نجد من المعادلة رقم (٣) .

$$n\frac{U_f}{R_f} = \frac{U_f}{R_f + R_d}$$

ومنه :

$$\frac{R_f}{n} = R_f + R_d$$

$$R_d = \frac{R_f - n \cdot R_f}{n} = R_f \frac{(1-n)}{n} \qquad (4)$$

علماً أن المقدار n أقل من الواحد لأنه عند إضافة مقاومة إلى ملفات المتحرض سوف يقل التيار.

مثال : إذا أصبح التيار $I_f = 0.8\, I_{fr}$

أي : n = 0.8 ، فإن المقاومة اللازمة لتحقيق ذلك هي :

$$R_d = R_f \frac{(1-0.8)}{0.8} = 0.25 \times R_f$$

أي تساوي 25% من المقاومة R_d ، يمكن أن تُكتب العلاقة (٤) بالقيمة المئوية n تعطي كقيمة مئوية بدلاً من قيمة كسرية وتصبح المعادلة :

$$R_d\% = R_f \frac{(100-n)}{n} \times 100$$

-المقارنة بين الضياعات :

١- قبل إضافة المقاومة هي : $P_f = I_{fr}^2 \cdot R_f$

٢- بعد إضافة المقاومة :

$$P_f = I_f^2 (R_f + R_d) = n^2 I_{fr}^2 \cdot R_f + R_f \frac{(1-n)}{n}$$

$$= n^2 I_{fr}^2 R_f (1 + \frac{1-n}{n}) = n^2 I_{fr}^2 \cdot Rf \cdot \frac{1}{n} = nI_{fr}^2 \cdot R_f \Rightarrow P_f = nP_{f_r}$$

أي أن الضياعات سوف تُخفض بنسبة n أيضاً فإذا طبقنا ذلك على المثال السابق فإن الضياعات ستصبح : $P_f = 0.8\, P_{fr}$

وهكذا عند استخدام مقاومة على التسلسل مع الملفات التفرعية للتحكم (ولتقليل) قيمة التيار فإن الضياعات الناتجة هنا تنخفض بسبب تخفيض التيار . تستخدم هذه الطريقة بكثرة في مولدات ومحركات التيار المستمر للتحكم بتيار التحريض .

المسألة /١٥/

مولدة تيار مستمر ذات تهييج مستقل يحتوي على ملفات تعويض وتمتلك المواصفات الاسمية الآتية:

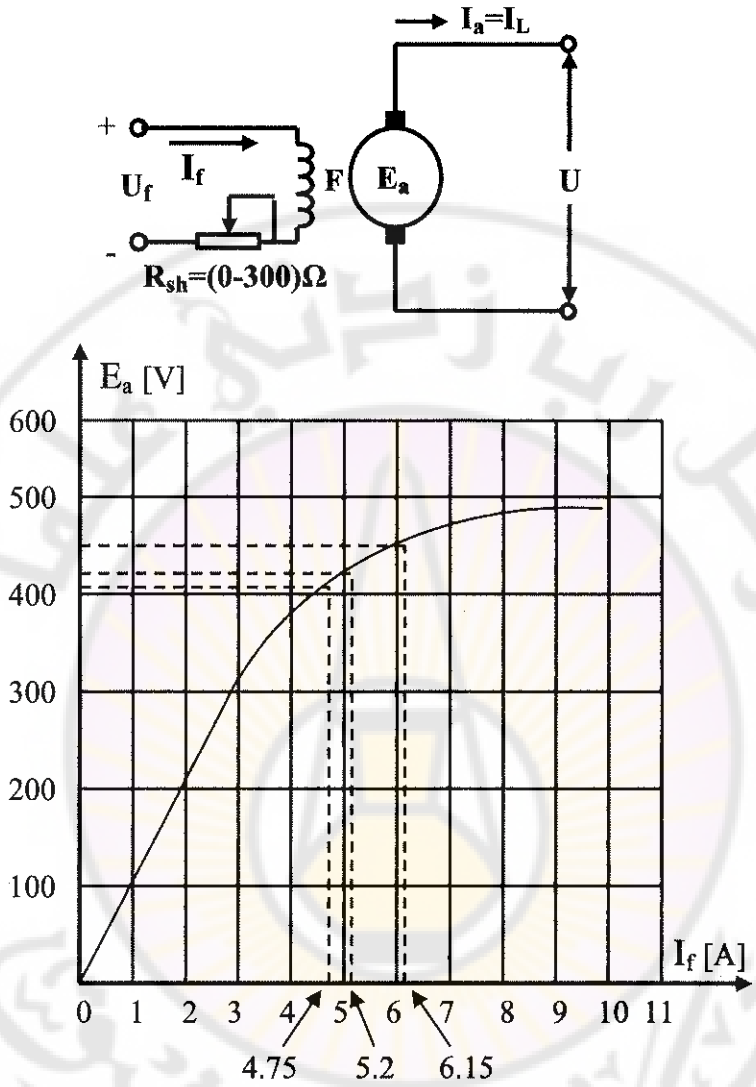
الاستطاعة الاسمية $P_n=127kW$، توتر منبع التهييج $U_f=430\ V$، التيار الاسمي $I_n=400\ A$ السرعة الاسمية $n_n=1800\ rpm$ ، مقاومة المتحرض $R_a=0.05\ \Omega$، مقاومة ملفات التهييج $R_f=20\ \Omega$، فإذا علمت أن قيمة المقاومة المتغيرة R_{sh} ، الموصولة على التسلسل مع ملف التهييج هي ضمن المجال $R_{sh}=(0\ \div\ 300)\Omega$.

المطلوب :

١- حساب قيمة التوتر المتولد على طرفي المولدة في حالة اللاحمل إذا ضُبطت المقاومة المتغيرة على القيمة $R_{sh}=63\ \Omega$ ، وسرعة دوران المولدة هي 1600 rpm .

٢- كم تصبح قيمة التوتر المتولد على أطراف المولدة إذا وصلت المولدة إلى حمل ذي مقاومة $R_L=1\ \Omega$ وهي تعمل بالشروط المبينة في الطلب الأول.

٣- ماهو الإجراء اللازم إتباعه لإعادة التوتر إلى القيمة التي كان عليها في حالة اللاحمل مع وجود الحمولة المذكورة في الطلب الثاني. علماً بأن منحني خصائص اللاحمل لهذه المولدة مبين في الشكل(٥-١١).



الشكل (٥-١١): منحني المغنطة للمولد عند السرعة 1800 r.p.m

الحـــل

١- في هذه الحالة من التشغيل تكون المقاومة الكلية لدارة التهييج هي:

$$R_f + R_{sh} = 20 + 63 = 83\ \Omega$$

وبالتالي يكون تيار التهييج :

$$\frac{U_f}{R_f} = \frac{430}{83} = 5.2\ A$$

من منحني المغنطة المبين في الشكل(٥-١١) نجد أن قيمة تيار التهييج هي I_f=5.2 A توافق توتراً (قوة محركة كهربائية) عند سرعة الدوران n_n=1800 rpm هي: E_a=430 V، فعند دوران المولدة عند السرعة n=1600 rpm ، فإن القوة المحركة الكهربائية سوف تهبط إلى قيمة جديدة وذلك عند ثبات التهييج :

$$\frac{E_{a2}}{E_{a1}} = \frac{n2}{n1} \Rightarrow \frac{E_{a2}}{430} = \frac{1600}{1800} \Rightarrow E_{a2} = 430\frac{1600}{1800} = 382\ V$$

ومنه نستنتج أن قيمة التوتر المتولد على أطراف المولدة في حالة اللاحمل (القوة المحركة الكهربائية) تتناسب مع سرعة الدوران : $U = E_a = 382\ V$.

٢- عند وصل الحمولة ذات المقاومة R_L=1 Ω ، فإن التيار المستجر من الحمل هو نفسه تيار المتحرض ويحسب من العلاقة الآتية:

$$I_a = I_L = \frac{E_a}{R_a + R_L} = \frac{382}{0.05 + 1} = 364\ A$$

وبالتالي يصبح التوتر المتولد عند هذه الحالة من التشغيل هو:

$$U = E_a - I_a \cdot R_a = 382 - 364 \times 0.05 = 364\ V$$

يمكن حساب التوتر من معرفة تيار الحمل ومقاومة الحمل أي:

$$U = I_L \cdot R_L = 364 \times 1 = 364\ V$$

٣- الإجراء الواجب إتباعه لإعادة التوتر إلى قيمته ماقبل التحميل هو زيادة القوة المحركة الكهربائية ، وبالتالي تغيير قيمة تيار التهييج (زيادة تيار التهييج) أي تصغير قيمة المقاومة R_{sh} المربوطة على التسلسل مع ملف تهييج المولدة.

المسألة /١٦/

تعمل مولدتان تفرعيتان على التوازي لتغذية حمل قدره 1000A، ولهما المعطيات الآتية:

المولد الأول: E_{a1}=440 V , R_{a1}=0.05Ω , R_{f1}=20 Ω

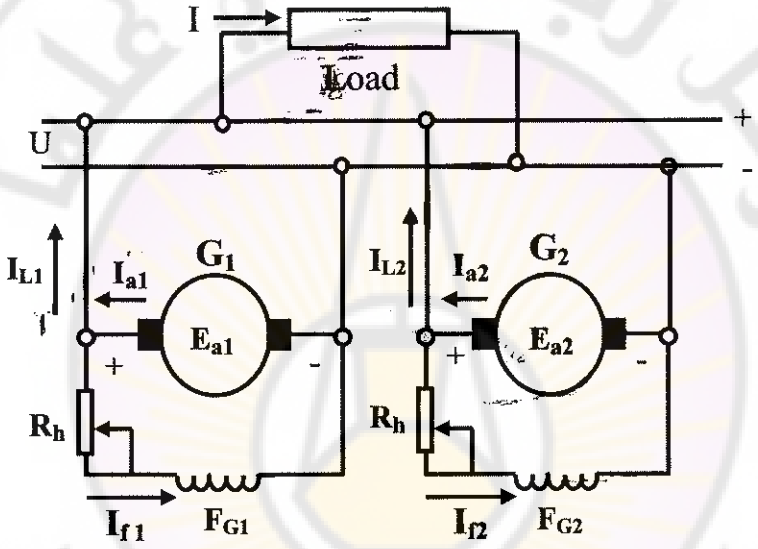
المولد الثاني: $E_{a2}=420\ V$, $R_{a2}=0.04\Omega$, $R_{f2}=25\ \Omega$

والمطلوب حساب :

١- مقدار مشاركة كل مولد بتيار واستطاعة الحمل.

٢- مقدار مشاركة كل مولد بتيار الحمل إذا أصبح توتر قضبان التجميع (الشبكة) 410 V .

الحـــل



الشكل(٥-١٢) يبين ربط المولدين على شبكة مشتركة لتغذي الحمل

من العودة لمعطيات المولدات نجد:

$$I_2 = 1000 - I_1 \quad ; \quad I_{f1} = \frac{U}{R_{f1}} = \frac{U}{20} \quad , \quad I_{f2} = \frac{U}{R_{f2}} = \frac{U}{25}$$

من معادلة القوى المحركة الكهربائية للمولدات نجد:

$$E_{a1} = U + I_{a1}R_{a1} = U + \left(I_1 + \frac{U}{20}\right) \times 0.05 = 440\ V \qquad (1)$$

$$E_{a2} = U + I_{a2}R_{a2} = U + \left(I_2 + \frac{U}{25}\right) \times 0.05 = 420 \ V \qquad (2)$$

بحل جملة المعادلتين (١) و(٢) نجد:

$$U = 405.855 \ V \ , \quad I_1 = 662.608 \ A \quad , I_2 = 337.392 \ A$$

وبالتالي تكون الاستطاعة المقدمة من المولدة الأولى:

$$P_{out1} = U \cdot I_1 = 405.855 \times 662.608 = 268.923 \ kW$$

الاستطاعة المقدمة من المولدة الثانية:

$$P_{out2} = U \cdot I_2 = 405.855 \times 337.392 = 136.932 \ kW$$

٢- عند هبوط توتر الشبكة إلى 410 فولت تصبح مشاركة المولد الأول بتيار الحمل هي:

$$E_{a1} = U + I_{a1}R_{a1} = 410 + I_{a1} \times 0.05 \ \Rightarrow \ I_{a1} = 600 \ A$$

$$I_1 = I_{a1} - I_{f1} = 600 - \frac{410}{20} = 579.5 \ A$$

ومشاركة المولد الثاني هي:

$$E_{a2} = U + I_{a2}R_{a2} = 410 + I_{a2} \times 0.04 \ \Rightarrow \ I_{a2} = 250 \ A$$

$$I_2 = I_{a2} - I_{f2} = 250 - \frac{410}{25} = 233.6 \ A$$

وبالتالي يصبح تيار الحمل الكلي مساوياً لـ :

$$I_L = I_1 + I_2 = 579.5 + 233.6 = 813.1 \ A$$

المسألة /١٧/

ربط مولدان تيار مستمر بتهييج مستقل ومتماثلان (لهما نفس المواصفات الاسمية) للعمل على التوازي ولتغذية حمل مقداره 50 A ، ويدوران بسرعة ثابتة تساوي السرعة الاسمية، فإذا علمت أن مواصفات المولدات هي:

U_n=220 V , P_n=11Kw , R_a=0.2 Ω

المطلوب :

١- حساب نسبة مشاركة كل مولد في تغذية الحمل علماً بأن للمولدين نفس تيار التهييج.

٢- حساب التوتر الناتج على أطرافهما (التوتر المطبق على الحمل).

الحل

١- بما أن المولدين متماثلان ويدوران بنفس السرعة وعند نفس تيار التهييج ، فهذا يعني أنهما سوف يتقاسمان الحمل مناصفة أي :

$$I_1 = I_2 = \frac{I_L}{2} = \frac{50}{2} = 25 \ A$$

٢- لحساب التوتر الناتج على أطرافهما في حالة الربط على التوازي وعند حالة التحميل السابقة:

$$I_n = I_2 = \frac{P_n}{U_n} = \frac{11\times10^3}{220} = 50 \ A$$

القوة المحركة الكهربائية المتولدة في كل مولد:

$$E_a = U_n + I_a R_a = 220 + 50\times0.2 \ \Rightarrow \ E_a = 230 \ V$$

الجهد المشترك يساوي إلى جهد المولدة الواحدة عند الحمولة 25 A :

$$U = E_a - I_a R_a = 230 - 25\times0.2 \ \Rightarrow \ U = 225 \ V$$

المسألة /١٨/

مولدة تيار مستمر تحتوي 4 أقطاب و تدور بسرعة 1500 rpm وتتحرض فيها قوة محركة كهربائية 220 V . السيالة المفيدة تحت القطب الواحد 0.02 Wb . المطلوب:

١- احسب عدد النواقل في المتحرض إذا كان اللف آ- انطباقياً بسيطاً ، ب - تموجياً بسيطاً.

٢- الاستطاعة التي تقدمها المولدة عندما تعمل كمولدة تفرعية وتعطي تيار خرج قدره 655.2 A . علماً أن مقاومة المتحرض الكلية 0.6 Ω ، وأن تيار التهييج 1.2 A .

الحـــل

١- من معادلة القوة المحركة الكهربائية المتولدة في الآلة:

$$E_a = C_e \cdot \phi \cdot n = \frac{p \cdot Z}{a \times 60} \cdot \phi \cdot n \quad \Rightarrow \quad Z = \frac{60 \times a \cdot E_a}{p \cdot \phi \cdot n}$$

عندما يكون اللف انطباقياً فإن:

$$2a = 2p \quad \Rightarrow \quad a = p$$

بالتبديل نحصل على عدد النواقل في هذه الحالة:

$$\Rightarrow \quad Z = \frac{60 \times 2 \times 230}{2 \times 0.02 \times 1500} = 460 \ coun.$$

عندما يكون اللف تموجياً فإن $a = 1 \quad \Rightarrow \quad 2a = 2$ بالتالي نجد:

$$\Rightarrow \quad Z = \frac{60 \times 1 \times 230}{1 \times 0.02 \times 1500} = 230 \ coun.$$

٢- من معطيات المسألة لدينا :

$$I = 65.2\,A \ , \ I_f = 1.2\ A$$

الاستطاعة التي تقدمها المولدة : $P_2 = P_{out} = U \cdot I$

التوتر على أطراف المولدة:

$$U = E_a + I_a R_a \quad , \quad I_a = I + I_f = 65.2 + 1.2 = 66.4\ A \quad \Rightarrow$$

$$U = E_a - I_a R_a = 230 - 66.4 \times 0.6 = 190.16\ V$$

الاستطاعة التي تقدمها الآلة للدارة الخارجية (للحمل) هي:

$$P_2 = P_{out} = U \cdot I = 190.16 \times 65.2 = 12398.48 \quad Watt$$

المسألة /١٩/

مولدة تيار مستمر ذات تهييج تفرعي وتمتلك المواصفات الاسمية الآتية:

الاســـتطاعة الاســـمية P_n=0.33kW، التـــوتر الاســـمي U_n=220 V، الـــسرعة الاسمية n_n=1500 rpm ، مقاومة المتحرض R_a=6.47 Ω، مقاومة ملفـــات التهيـــيج R_f=1100 Ω . المطلوب :

١- حساب القيم الاسمية لكل من لتيار التهييج ، التيار الاسمي للمولدة وتيار المتحرض.

٢- هبوط التوتر النسبي المئوي على مقاومة المتحرض عند الحمولة الاسمية.

٣- حساب القوة المحركة الكهربائية الاسمية .

٤- مقدار زيادة سرعة الدوران لتغطية هبوط التوتر المذكور في الطلب الثاني، بفرض أن تيار التهييج بقي ثابتاً.

الحل

١- تيار التهييج الاسمي:

$$I_f = \frac{U_a}{R_f} = \frac{220}{1100} = 0.2\,A$$

قيمة التيار الاسمي للمولدة:

$$I_n = \frac{P_n}{U_n} = \frac{0.33\times10^3}{220} = 1.5\,A$$

القيمة الاسمية لتيار المتحرض:

$$I_a = I_n + I_f = 1.5 + 0.2 = 1.7\,A$$

٢- هبوط التوتر على مقاومة المتحرض R_a عند الحمولة الاسمية يساوي إلى:

$$\Delta U_n = I_a \cdot R_a = 1.7\times6.47 = 11\,V$$

وبالتالي يكون هبوط التوتر النسبي المئوي على مقاومة المتحرض عند الحمولة الاسمية مساوياً لـ :

$$\frac{\Delta U_n}{U_n}\times100 = \frac{11}{220}\times100 = 5\%$$

٣- حساب القوة المحركة الكهربائية:

$$E_a = U + I_a R_a = 220 + 11 = 231\,V$$

٤- من أجل تعويض هبوط التوتر الناتج على مقاومة المتحرض، وبالتالي رفع التوتر على أطراف المولدة ليصبح $U' = E_a = 231\,V$ ، يجب زيادة سرعة دوران المولدة بحيث تصبح قيمة القوة المحركة الكهربائية الجديدة مساوية إلى:

$$E'_a = U' + I'_a R_a = 231 + 1.7 \times 6.47 = 242\ V$$

من علاقة القوة المحركة الكهربائية يتم حساب سرعة الدوران الجديدة:

$$E'_a = C_e \cdot \phi \cdot n'$$

ولكن القوة المحركة الكهربائية قبل عملية التعويض حيث السيالة ثابتة هي:

$$E_a = C_e \cdot \phi \cdot n$$

ومنه وبنسب المعادلتين السابقتين نجد:

$$\frac{E'_a}{E_a} = \frac{n'}{n} \quad \Rightarrow n' = \frac{E'_a}{E_a} n = 231 \times 1500 = 1571.4\ rpm$$

وبالتالي يكون مقدار الزيادة المطلوب في السرعة لتعويض هبوط التوتر هو:

$$\Delta n = n' - n = 1571.4 - 1500 = 71.4\ rpm$$

المسألة /٢٠/

مولدة تيار مستمر ذات لف تموجي ، توترها الاسمي 500 V واستطاعتها الاسمية 50 kW ، ذات ستة أقطاب ، يحتوي متحرضها على 492 ناقلاً ، أزيحت المسفرات بزاوية مقدارها 9 درجات ميكانيكية وذلك لتجنب حدوث الشرر على المبدل عند تيار الحمل الكامل . والمطلوب :

١- حساب القوة المحركة المغنطيسية (الأمبير لفة) لرد فعل المتحرض لكل قطب

الحل

- تيار المتحرض $I_a = \frac{50 \times 10^3}{500} = 100A$

عدد الدارات التفرعية في حالة اللف التموجي 2a=2 ، وبالتالي يكون تيار الدارة التفرعية الواحدة مساوياً إلى:

$$I_a = I_c = \frac{I_a}{2a} = \frac{100}{2} = 50\ A$$

القوة المحركة المغنطيسية (الأمبير لفات) لرد الفعل المباشر يساوي:

$$F_{ad(pole)} = I_a \cdot Z \cdot \frac{\beta}{360} = 50 \times 492 \times \frac{9}{360} = 615\ A.T$$

القوة المحركة المغنطيسية (الأمبير لفات) لرد الفعل العمودي يساوي:

$$F_{aq(pole)} = I_a \cdot Z \cdot (\frac{1}{4p} - \frac{\beta}{360}) = 492 \times 50 \times (\frac{1}{4 \times 3} - \frac{9}{360}) = 1435 \ \ A.T$$

المسألة /٢١/

مولدة تيار مستمر ذات أربعة أقطاب ولف تموجي . يمتلك متحرضها 41 مجرى ، وفي كل مجرى 10 نواقل . الفيض المغنطيسي تحت كل قطب 0.05 Wb . المطلوب:

١-حساب سرعة دوران المولدة لتكون القوة المحركة الكهربائية 500 V .

٢-حساب القوة المحركة المغنطيسية لكل قطب واللازمة للتغلب على رد الفعل العمودي عند إزاحة المسفرات 4 درجات ميكانيكية، وذلك من أجل تيار حمولة شدته 50 A.

الحل

١- تعطى القوة المحركة الكهربائية بالعلاقة الآتية:

$$E_a = C_e \cdot \phi \cdot n = \frac{p \cdot Z}{a \cdot 60} \cdot \phi \cdot n$$

وبالتالي فإن سرعة دوران المولدة هي:

$$n = \frac{E_a}{C_e \cdot \phi} = \frac{500}{13.66 \times 0.05} = 732 \ rpm \quad ,$$

حيث : $C_e = \frac{p \cdot Z}{60a} = \frac{2 \times 10 \times 41}{60 \times 1} = 13.66$

٢- حساب القوة المحركة المغنطيسية اللازمة لكل قطب:

$$F_{ad(pole)} = I_a \cdot Z \cdot \frac{\beta}{360} = 410 \times 25 \times \frac{4}{360} = 114 \ \ A.T$$

علماً بأن تيار المتحرض هو:

$$I_a = I_c = \frac{I_a}{2a} = \frac{50}{2} = 25 \ A$$

المسألة /٢٢/

تمتلك مولدة تيار مستمر ذات تهييج تفرعي المواصفات الاسمية الآتية:

التيار الاسمي $I_n=0.33kW$، التوتر الاسمي $U_n=110\ V$، المردود الاسمي$\eta_n=86\%$، مقاومة ملفات التهييج $R_f=55\ \Omega$ ، مجموع الضياعات الحديدية والميكانيكية : $\Delta P_{Fe}+\Delta P_{mech}$. المطلوب :

١- حساب مقاومة المتحرض لهذه المولدة.

٢- حساب المردود الأعظمي عند نصف الحمولة مع الأخذ بالحسبان ثبات توتر الخرج على $110\ V$.

٣- حساب قيمة تيار الحمولة عند المردود الأعظمي.

الحل

١- استطاعة الخرج الاسمية التي تقدمها المولدة هي:

$$P_2 = 100 \times 110 = 11000\ W$$

استطاعة الدخل المقدمة للمولدة (استطاعة ميكانيكية):

$$P_1 = \frac{11000}{0.86} = 12790.7\ W$$

الضياعات الكلية:

$$\sum \Delta P = P_1 - P_2 = 12790.7 - 11000 = 1790.7\ W$$

تيار ملف التهييج وتيار المتحرض:

$$I_f = \frac{110}{55} = 2\ A \quad , \quad I_a = 100 + 2 = 102\ A$$

الضياع النحاسي في ملف التهييج:

$$\Delta P_{cop\,f} = 110 \times 2 = 220\ W$$

الضياع النحاسي في ملف المتحرض:

$$\sum \Delta Pcop = \sum \Delta P - (\Delta P_{copf} + \Delta P_{Fe} - \Delta P_{mech}) = I_a^2 \cdot R_a$$
$$= 1790.7 - (220 + 500) = 1070.7\ \text{W}$$

$$R_a = \frac{\Delta P_{cop}}{I_a^2} = \frac{1070.7}{(102)^2} = 0.1029 \ \Omega$$

٢- تبقى الضياعات الحديدية والميكانيكية ثابتة عند نصف الحمولة، وبالتالي يكون التيار عند نصف الحمولة:

$$I = \frac{100}{2} = 50 \ A \Rightarrow I_a = 50 + 2 = 52 \ A$$

$$\Rightarrow I_a^2 \cdot R_a = (52)^2 \times 0.1029 = 278.2 \ W$$

وبالتالي تكون الضياعات الكلية في هذه الحالة :

$$\sum \Delta P = 278.2 + 220 + 500 = 998.2 \ W$$

وتكون استطاعة الخرج للمولدة عند نصف الحمولة مساوية لـــ:

$$P_2 = P_{out} = 110 \times 50 = 5500 \ W$$

ومنه يصبح المردود عند نصف الحمولة مساوياً إلى:

$$\eta\% = \frac{P_{out}}{P_{out} + \sum \Delta P} = \frac{5500}{5500 + 998.2} \times 100 = 84.64\%$$

٣-تحسب قيمة تيار الحمولة عند المردود الأعظمي بالعلاقة الآتية:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta P}{R_a}} \sqrt{\frac{500 + 220}{0.1029}} = 83.7 \ A$$

مسألة /٢٣/

تمتلك مولدة تيار مستمر ذات تهييج مستقل المعطيات الآتية:

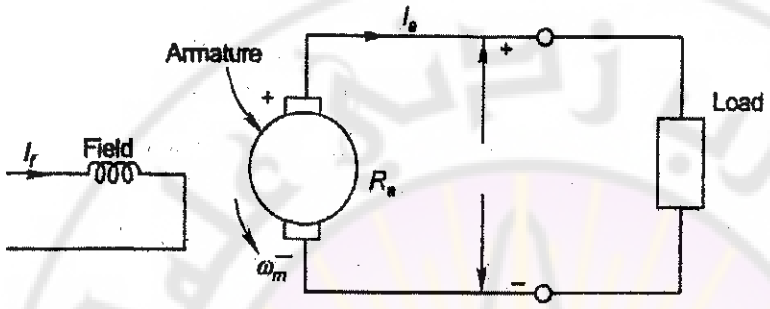
الاستطاعة الاسمية 1500 KW ، التوتر الاسمي 600 V ، تدور بسرعة 200 rpm.

والمطلوب :

١- ماهي السيالة المفيدة تحت كل قطب إذا كان لف متحرض الآلة انطباقي بسيط، عدد النواقل 2500 ناقل والضياعات النحاسية في المتحرض عند الحمل الاسمي 25 KW ؟

٢- احسب مساحة حذاء القطب إذا كانت كثافة السيالة في الثغرة الهوائيـــة 0.85 Tesla . علماً بأن المولدة تغذي حملها الكامل والبالغ 1500 KW عند التوتر الاسمي.

الحـــل:



الشكل (٥-١٣)

من معطيات المسألة نجد أن تيار الحمل الكامل هو:

$$I_a = \frac{P}{U} = \frac{1500 \times 1000}{600} = 2500\,A$$

المفاقيد النحاسية في دارة المتحرض : $P_{Losses-cu} = I_a^2 R_a = 25 \times 1000$ ، حيـــث R_a هي مقاومة المتحرض ومنه:

$$Ra = \frac{Pcu}{I_a^2} = \frac{25 \times 1000}{(2500)^2} = 4 \times 10^{-3}\ \Omega$$

من قانون كيرشوف في حساب القوة المحركة الكهربائية المتحرضة لدينا:

$$E_a = U + I_a R_a = 600 + 2500 \times 4 \times 10^{-3} = 610\,V$$

حيث : $E_a = \frac{p}{a}\frac{Z}{60}\phi \cdot n$ ، و ϕ هي السيالة المفيدة تحت القطب والتي تربط ملفات المتحرض . جزء من سيالة القطب تغلق دارتها مروراً بالمتحرض وتـــسمى الـــسيالة التسربية Leakage flux .

بتعويض القيم في معادلة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة نجد:

$$610 = \frac{16}{16} \times \frac{2500}{60} \times \phi \times 200 \quad \Rightarrow \quad \phi = 0.0732\ Wb$$

- تحسب مساحة حذاء القطب على النحو الآتي:

$$\text{Area of pole-shoe} = \frac{\phi_{total}}{B_g} = \frac{0.0732 \times 10^4}{0.85} = 861\ cm^2$$

مسألة /٢٤/

تمتلك آلة تيار مستمر المحددات الآتية:

عدد الأقطاب 4 أقطاب ، عدد النواقل في المتحرض 728 ناقلاً ذات لف انطباقي بسيط. يُغذّي ملف تهييجها من منبع تيار مستمر بحيث يسري في الثغرة الهوائية سيالة مغنطيسية $\phi = 32\,mWB?\,pole$. تُدار هذه الآلة كمولدة بوساطة محرك ديزل بسرعة 1600 rpm وتقدم للحمل المربوط إلى طرفيها تياراً شدته 100 A . المطلوب:

١- حساب الاستطاعة الكهرومغنطيسية المتولد في الآلة.

٢- حساب الاستطاعة الميكانيكية المُقدّمة لهذه المولدة من محرك الديزل.

٣- إيجاد العزم الميكانيكي المُقدّم من محرك الديزل .

الحـــل:

١- من علاقة القوة المحركة الكهربائية :

$$E_a = \frac{p}{a}\frac{Z}{60}\phi \cdot n = 1 \times \frac{32 \times 10^{-3} \times 1600 \times 728}{60} = 621.2\ V$$

التيار المستجر من المولدة هو 100 A وبالتالي تكون الاستطاعة الكهرومغنطيسية:

$$\text{Electromagnetic power developed } P_{em} = E_a I_a = \frac{621 \times 100}{1000} = 62.12\ KW$$

٢- الاستطاعة الميكانيكية المُقدّمة من محرك الديزل تساوي الاستطاعة الكهرومغنطيسية المتنتجة في الآلة وتساوي 62.12 KW .

٣- يتم حساب العزم المُقدم من محرك الديزل بالعلاقة : $P_m = T\omega_m$

$$T = \frac{P_m}{\omega_m} = \frac{62.12 \times 100}{\frac{2\pi \times 1600}{60}} = 370.75\ Nm$$

مسألة/٢٥/

مولدة تيار مستمر توترها الاسمي 220 V، وتغذى حملاً 4 KW عند توترها الاسمي، مقاومة المتحرض 0.4 Ω . إذا عملت المولدة كمحرك عند التوتر نفسه وشدة التيار نفسه . أحسب النسبة بين سرعة المولدة وسرعة المحرك ، علماً بأن السيالة المغنطيسية تحت كل قطب ترتفع بمقدار 10% في حالة عملها كمحرك .

الحل

من علاقة القوة المحركة الكهربائية نجد: $n \propto \frac{Ea}{\phi}$

- عند عمل الآلة كمولد :

$$I_a = \frac{P}{U} = \frac{4\times1000}{220} = 18.18\ A$$

$$E_{aG} = U + I_a R_a = 220 + 18.18\times0.4 = 227.3\ V$$

- عند عملها كمحرك:

$$E_{aM} = U - I_a R_a = 220 - 18.18\times0.4 = 212.7\ V$$

$$\phi_M = 1.1\phi_G \quad \Rightarrow \frac{n_G}{n_M} = \frac{227.3}{212.7}\times\frac{\phi_M}{\phi_G} = \frac{227.3}{212.7}\times\frac{1.1\phi_G}{\phi_G} = 1.176$$

مسألة /٢٦/

مولد تيار مستمر تفرعي يمتلك خواص اللاحمل الآتية عند سرعة دوران 300 rpm :

I_f (A)	0	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
U_{DC} (V)	7.5	93	135	165	186	202	215

تم تعيير مقاومة ملف التهييج للآلة على القيمة 354.5 Ω والسرعة 300 rpm .

المطلوب :

١- حدّد بيانياً توتر اللاحمل.

٢- احسب المقاومة الحرجة لملف التهييج.

٣- اوجد السرعة الحرجة عند القيمة المعطاة لمقاومة التهييج.

٤٤- ما قيمة المقاومة التي يجب إضافتها إلى ملفات التهييج من أجل خفض توتر اللاحمل إلى القيمة 175 V ؟

الحـــل

١- في البداية يتم رسم العلاقة $U=f(I_f)$ من خلال معطيات خواص الدارة المفتوحة (الشكل(٥-١٤)).

بعد أن تم رسم منحني اللاحمل يرسم منحني العلاقة $U_f=R_fI_f$ وهي علاقة خط مستقيم. ولرسم هذه العلاقة يكفي معرفة نقطتين منه حيث النقطة الأولى هي نقطة مبدأ الإحداثيات ، أما الثانية فيتم الحصول عليها من خلال العلاقة $U_f=R_fI_f$ وعند شدة تيار تهييج $I_f=0.2\ A$ يكون توتر التهييج الموافق هو :

$$U_f = I_f R_f = 0.2 \times 354.5 = 90.7\ V$$

برسم هذا الخط المستقيم نجد أنه يتقاطع مع منحني اللاحمل في نقطة توافق قيمة توتر أو قوة محركة كهربائية على المحور الشاقولي تساوي 195 V أي:

$$U = E_{a\ (no\ load)\ at\ Rf=354.5} = 195\ V$$

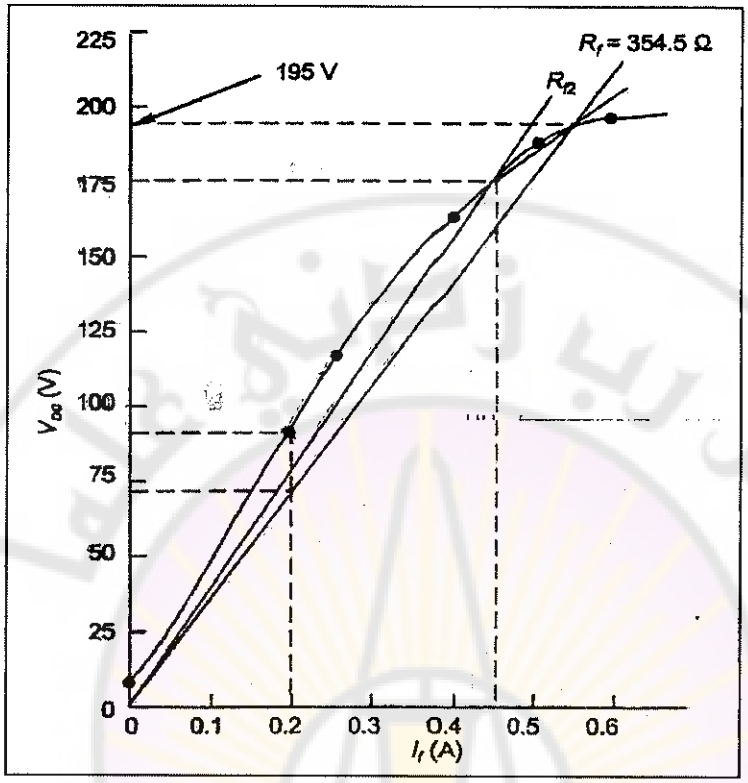
٢-لتحديد قيمة المقاومة الحرجة يتم رسم المماس لمنحني المغنطة (الدارة المفتوحة) فتكون:

$$R_{f(critical)} = \frac{90}{0.2} = 450\Omega$$

٣- يتم حساب السرعة الحرجة عند تيار التهييج نفسه من العلاقة:

$$\frac{n_{critical}}{n_{nominal}} = \frac{U_{R\ nominal}}{U_{Rf\ critical}} = \frac{70.9}{90}\ at\ I_f = 0.2\ A \quad \Rightarrow$$

$$n_{critical} = n_{nominal} \times \frac{70.9}{90} = 236.7\ rpm$$



الشكل (٥-١٤)

٤- لحساب المقاومة المضافة إلى دارة التهييج للحصول على توتر 175 V عند اللاحمل نتبع الآتي:

لدينا من منحني خواص اللاحمل أن التوتر أو القوة المحركة الكهربائية هي 175 V ومنه:

$$R_{f2} = \frac{E = U}{I_f} = \frac{175}{0.44} = 379.7\Omega$$

حيث: R_{f2} هي قيمة المقاومة التي ينخفض التوتر عندها إلى القيمة 175 . بما أن I_f=0.44 هي شدة تيار التهييج اللازمة لتوليد قوة محركة كهربائية قيمتها E=175 V ومنه المقاومة المضافة هي:

$$R_{fd} = R_{f2} - R_f = 397.7 - 354.5 = 43.2\Omega$$

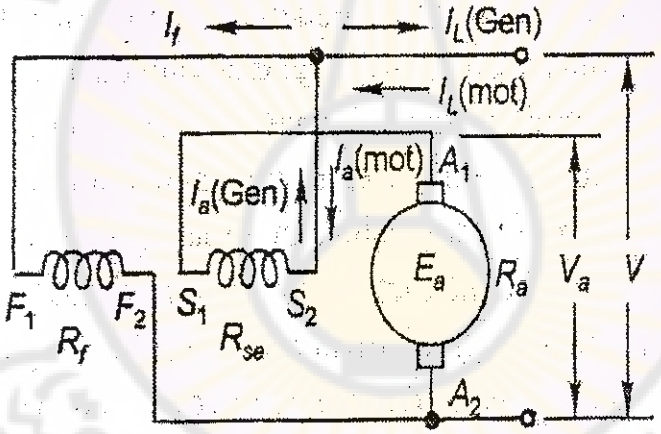
مسألة /٢٧/

مولدة تيار مستمر ذات تهييج مركب تكاملي طويل . المقاومة المكافئة للمتحرض 0.03 Ω ، مقاومة الملف التسلسلي 0.004 Ω ، بينما عدد لفات ملف التهييج التفرعي 1200 Turns/pole وعدد لفات الملف التسلسلي 5 Turns/pole . معطيات منحني المغنطة عند دوران المولد بسرعة 1000 rpm هي الآتي:

$I_{f\text{-}sh}$(A)	0	1	2.2	3.3	4.2	5.3	7.1
E_a (V)	11	33	100	167	200	215	222

المطلوب حساب توتر خرج المولد عند تيار تهييج لملف التهييج التفرعي شدته 5 A وسرعة دوران 950 rpm . أهمل مقاومة رد فعل المتحرض.

الحل



الشكل(٥-١٥)

$$I_L = \frac{P}{U} = \frac{100 \times 10^3}{200} = 500\,A$$

من الشكل (٥-١٥) لدينا:

$$I_a = I_L + I_{fsh} = 505\,A = I_{se}$$

تيار التهييج المكافئ للملفين هو:

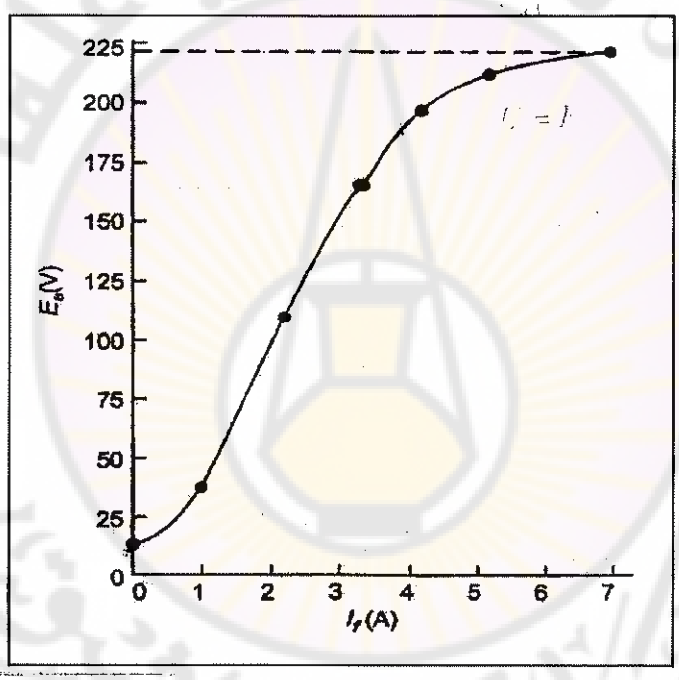
$$I_{feq} = I_{fsh} + \frac{N_{se}}{N_{fsh}} I_{se} = 5 + \frac{5}{1200} \times 505 = 7.1\,A$$

من منحني المغنطة المبين في الشكل (٥-١٦) نجد أنــه عنــد تيــار تهيــيج مكــافئ 7.1 A تكون : E_a=222.5 V

$$E_{a\,(n=950rpm)} = \frac{950}{1000} \times 222.5 = 211.38\,V$$

وبالتالي يحسب التوتر على أطراف المولدة من العلاقة:

$$U = E_a - I_a(R_a + R_{se}) = 211.38 - 505 \times (0.03 + 0.004) = 194.21\,V$$



الشكل (٥-١٦)

مسألة/٢٨/

مولدة تيار مستمر ذات تهييج تفرعي ، مقاومة متحرضها 0.03Ω وتوترهـا الاسـمي 200 V ، استطاعتها الاسمية 100KW وسرعتها الاسـمية 1000 rpm . تقـاد هـذه

المولدة عند سرعتها الاسمية وبتيار تهييج يعطي على أطرافها 200V في حالة اللاحمل، وتمتلك خواص اللاحمل الآتية:

I_{fsh} (A)	0	1	2.2	3.3	4.5	7.1
EMF (V)	10	32.5	100	167.5	200	222.5

المطلوب:

أحسب توتر خرج المولدة عندما يكون التيار المستجر منها 500 A .

بفرض أن المولدة تحتوي تهييج تسلسلي 5 Turns/pole ذات مقاومة أومية 0.005 Ω بحيث تصبح الآلة ذات تهييج مركب (توصيلة طويلة) . عدد لفات ملف التهييج التفرعي 1200 Turns/pole .

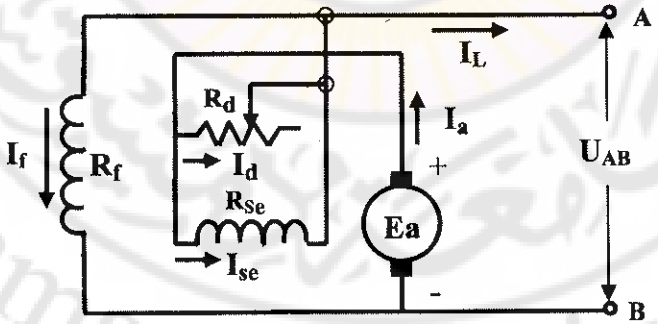
تم تعيير التهييج بفرعيه التسلسلي والتفرعي بحيث تولد 200 V عند الحمل الاسمي ، عندها كانت مقاومة الملف التفرعي مساوية إلى القيمة التي تعطي المولدة في حالة اللاحمل 200 V . المطلوب :

أوجد قيمة مقاومة مجزئ الملف التسلسلي (diverter) للحصول على الأداء المطلوب.

افرض أنه تم تعويض الأمبير لفات لرد فعل المتحرض .

الحل

يبين الشكل (٥-١٧) الدارة المكافئة للمولدة في حالة التحريض المركب (توصيلة طويلة)



الشكل (٥-١٧)

يبين الشكل (٥-١٨) منحني الخواص المغنطيسية للمولدة ومستقيم المقاومة R_f الموافق للتوتر 200 V وبذلك نحصل على:

$$R_f = \frac{U}{I_f} = \frac{U}{4.5} = 44.4\ A$$

$$I_a R_a = 500 \times 0.03 = 15\ V$$

حيث القيمة I_f=4.5 A تم الحصول عليها من الشكل (خواص اللاحمل) الموافق لقيمة توتر U=200 V .

برسم مستقيم يوازي مستقيم مقاومة التهييج R_f عند QQ'=15 V محصور بين منحني المغنطة ومنحني المقاومة R_f ، حيث توافق النقطة Q' التوتر 165 V . بإضافة الملفات التسلسلية إلى دارة التهييج بتوصيلة طويلة تكاملية تكون المقاومة المكافئة لدارة المتحرض هي:

$$R_{eq} = R_a + R_{se} = 0.03 + 0.005 = 0.035\Omega$$

هبوط التوتر في دارة المتحرض عندها يساوي:

$$\Delta u = I_a R_{eq} = 500 \times 0.035 = 17.5\ V$$

لتعويض هذا الهبوط فإن نقطة التشغيل على منحني اللاحمل OCC يجب أن يقع في النقطة R أي:

$$U = 200 + 17.5 = 217.5\ V$$

حيث أن كلاً من توتر اللاحمل وتوتر الحمل الكامل أو الاسمي يساوي 200 V ، فمن الشكل (٥-١٨) نحسب تيار التهييج التسلسلي منسوباً أو مكافئاً لتيار تهييج تفرعي :

$$I_{f,se} = 1.7\ A$$

الأمبير لفة الناتجة من الملف التسلسلي هي:

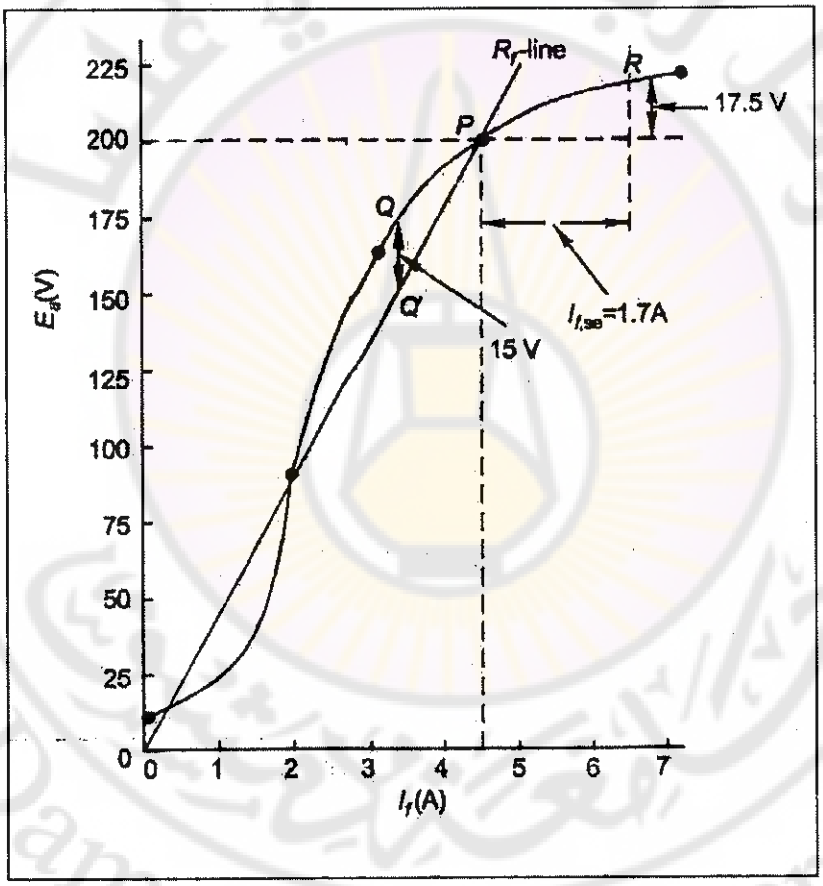
$$AT_{se} = I_{f,se} \times 1200 = 1.7 \times 1200 = 2040$$

$$I_{se} = \frac{AT_{se}}{N} = \frac{2040}{5} = 408\ A$$

يكون تيار المجزئ، المضاف على التفرع مع الملف التسلسلي، مساوياً :

$$I_{diverter} = 500 - 408 = 92\ A$$

$$R_{diverter} = 0.005 \times \frac{408}{92} = 0.022\ A$$



الشكل (٥-١٨)

مسألة/٢٩/

أجري اختبار اللاحمل على مولدة تيار مستمر ذات تهييج تفرعي فكانت النتائج الآتيـــة عند السرعة الاسمية:

I_f (A)	1	2.5	5	7	9	12	15	18
V_{DC} (V)	22	231	400	479	539	605	642	671

مقاومة ملف التهييج هي 46 Ω ومقاومة المتحرض 0.12 Ω .أحسب تـــوتر اللاحمـــل عندما تكون شدة تيار المتحرض 360 A في الحالتين الآتيتين:

- بإهمال تأثير رد فعل المتحرض.
- عندما يكون تيار التحريض ، المكافئ لرد فعل المتحرض ، مـــساوياً 1 A .

الحـــل

برسم منحني اللاحمل (OCC) وأيضاً مستقيم مقاومة التهييج R_f كما هو مبـــين فـــي الشكل (٥-١٩).

١- تيار المتحرض I_a=360 A فيكون هبوط التوتر على مقاومة المتحرض :

Armature voltage drop: $I_a R_a = 360 \times 0.12 = 43.2\ V$

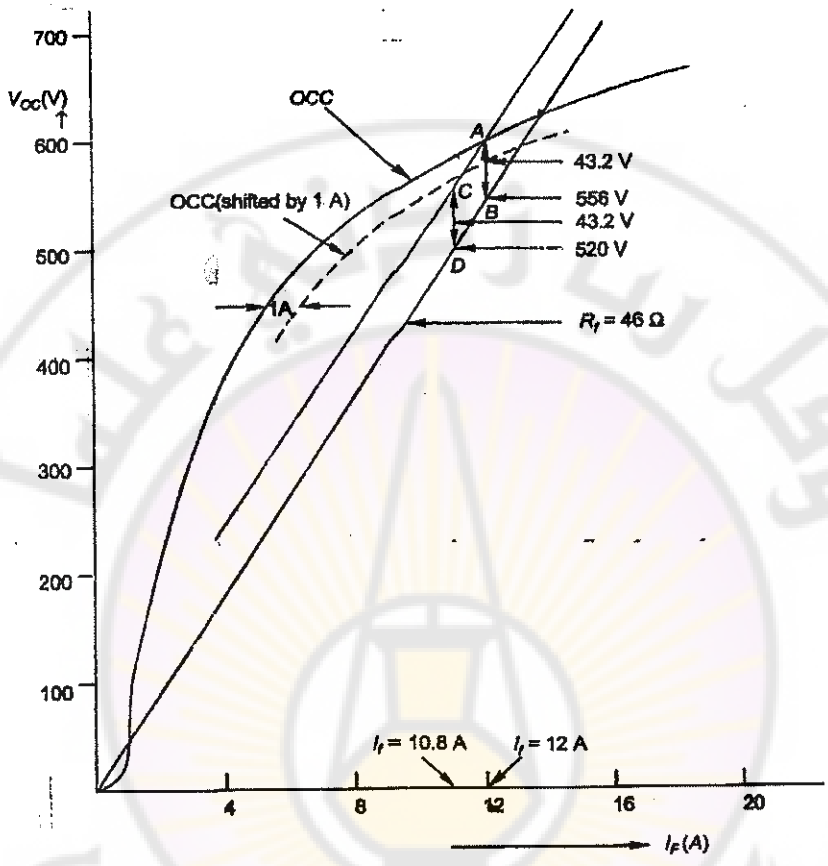
برسم مستقيم موازٍ لـــ R_f-line ويبعد عنه إلى الأعلى باتجاه التوتر V بمقـــدار 43.2 فولت ، عندها يُحدد التوتر الموافق لتيـــار التهيـــيج فـــي النقطـــة B علـــى مـــستقيم R_f (R_f-line) لنحصل على قيمة التوتر وتيار التهييج الموافق :

$U_o = 566\ V\ ;\ I_f = 13\ A$.

٢- تيار التهييج المكافئ لرد فعل المتحرض هو 1 A .

يزاح المنحني OCC إلى اليمين بمقـــدار 1 A ليقطـــع عنـــدها هـــذا المنحنـــي خـــط R_f (R_f-line) في النقطة C فنحصل على النقطة D على مستقيم R_f ، المحددة لتـــوتر اللاحمل وتيار التهييج الموافق:

$U_o = 520\ V\ ;\ I_f = 10.8\ A$.



الشكل (٥-١٩)

مسألة /٣٠/

مولد ذو تهييج تفرعي استطاعته الاسمية 100KW ، توتره لاسمي 250 V ، مقاومة متحرضه R_a=0.05 Ω ومقاومة ملف التحريض R_f=60 Ω . المطلوب :

آ- احسب قيمة القوة المحركة المتولدة عندما يُحمل المولد حمله الكامل (الاسمي).

ب- احسب قيمة القوة المحركة المتولدة عندما يُحمل المولد بنصف حمله الكامل (الاسمي).

الحـــل

معطيات المسألة هي: $P_2 = 100\,KW; U = 250V; R_a = 0.05\Omega;\ R_f = 60\Omega$

آ- حساب القوة المحركة عند الحمل الكامل:

$$E = U + I_a R_a = 250 + I_a R_a$$

- حساب تيار المتحرض I_a :

$$I_L = \frac{P_2}{U} = \frac{100\times10^3}{250} = 400\ A \quad ; \quad I_f = \frac{U}{R_f} = \frac{250}{60} = 4.2\ A$$

$$I_a = I_L + I_f = (400 + 4.2) = 404.2\ A \Rightarrow$$

$$E = 250 + 404.2\times0.05 = 250 + 20.2 = 270.2\ V$$

- عند نصف الحمل الكامل :

$$I_L = \frac{P_2}{U} = \frac{50\times10^3}{250} = 200\ A \quad ; \quad I_f = \frac{U}{R_f} = \frac{250}{60} = 4.2\ A$$

$$I_a = I_L + I_f = (200 + 4.2) = 204.2\ A \Rightarrow$$

$$E = 250 + 204.2\times0.05 = 250 + 10.2 = 260.2\ V$$

Damascus University

٥-٤: مسائل غير محلولة

المسألة /١/

مولد تيار مستمر ذو أربعة أقطاب ولف انطباقي بسيط . مقاومة ملفات الأقطاب 50Ω ، ومقاومة المتحرض 0.1Ω يُغذي (60) مصباحاً كهربائياً استطاعة كل منهما 40W عند التوتر 100V .

احسب تيار المتحرض وتيار الدارة التفرعية الواحدة والقوة المحركة الكهربائية إذا كان الهبوط عند كل مسفرة (1V) .

المسألة /٢/

مولد تيار مستمر تفرعي له خصائص اللاحمل المبينة بالجدول المئوي حيث 100% تُمثّل قوة محركة كهربائية (400V) ، وتيار تحريض (5A) إذا كانت مقاومة دارة التحريض آ - 80Ω ، ب- 70Ω ، ومقاومة المتحرض 0.2Ω .

١- ارسم منحني الخصائص الخارجية آخذاً بالحسبان أن مقاومة المتحرض من الشكل $(R_a + 2\times10^{-4}\ I_a)$.

٢- أوجد التيار المتحرض عند توتر خرج للآلة (350 V).

المسألة /٣/

مولد تيار مستمر مركب طويل يُعطي استطاعة قيمتها 200kW ، عندما يدور بسرعة 500 rpm و ذو (6) أقطاب ولف انطباقي . خواص اللاحمل له معطاة بالجدول المئوي حيث تُمثل 100% (55 mWb) لكل قطب ، و (6500) أمبير لفة . مقاومة المتحرض (0.035Ω) ، ومقاومة الملفات التسلسلية 0.015Ω ، ومقاومة الملفات التفرعية 100.Ω ، ويحتوي المتحرض على 1260 ناقلاً ، ويحتوي كل قطب على 1000 لفة كملف تفرعي ، إذا كانت الأمبير لفات اللازمة من الملفات التفرعية للتعويض عن رد الفعل تعادل 10% من الأمبير لفات لرد الفعل ، حدّد عدد لفات الملف التسلسلي

المطلوب لكل قطب من أجل المحافظة على التوتر ثابت على القيمة (500 V) عند الحمل الكامل . إذا كان هبوط التوتر على المسفرات (2V) . احسب أيضاً التوتر في حالة اللاحمل .

المسألة /٤/

مولد تيار مستمر ذو تحريض مركب يدور بسرعة (300 rpm) استطاعته الاسمية 500kW ، وتوتر الاسمي 500V ، وله على كل قطب لفتان تسلسليتان كملف تسلسلي. القوة المحركة المغنطيسية لكل قطب في حالة اللاحمل (8000 AT) ، والقوة المحركة المغنطيسية عند الحمل الكامل (10000 AT) ، فإذا كانت خصائص اللاحمل له معطاة بالجدول المئوي حيث (100%) تمثل 10000 AT . حدّد الخصائص الخارجية لهذا المولد عند دورانه بسرعة 250 rpm من أجل نفس المجال السابق للتيار ، علماً بأن مقاومة المتحرض (0.2 Ω) .

المسألة /٥/

مقاومة ملفات الحقل لمولد تيار مستمر (54Ω) . يمر في هذه الملفات تيار 5 A عندما تكون مقاومة التنظيم خارج دارة الملفات ، بينما يمر تيار قدره (2.5 A) عندما تكون هذه المقاومة بالكامل ضمن دارة الملفات. المطلوب:

أوجد القيمة الدنيا لمقاومة التنظيم هذه ، وإذا كانت هذه المقاومة ذات 20 خطوة وتعطي تغيرات متساوية من التيار حدد المقاومة بين الزوج الأول من التلامسات والزوج الأخير إذا كان توتر المولد (250V)

المسألة /٦/

آلة تيار مستمر تفرعية موصولة إلى منبع تيار مستمر توتره (250V) لها مقاومة متحرض مع التماس بين المسفرات والمجمع (0.12Ω) ، ومقاومة ملفات أقطابه (100Ω) . المطلوب:

أوجد نسبة سرعة دورانها كمولد إلى سرعة دورانها كمحرك إذا كان تيار الخط الواصل بينهما وبين المنبع في الحالتين 80 A .

المسألة /٧/

– آلة تيار مستمر ذات أربعة أقطاب تعمل كمولد ،عندما تدور بسرعة 1500 rpm وهي في حالة اللاحمل تتولد بين أطرافها قوة محركة كهربائية قدرها 210 V ، والمطلوب:

١– حساب قيمة السيالة المغنطيسية في الثغرة الهوائية وتحت كل قطب من الأقطاب الرئيسية عند عملها في حالة اللاحمل.

٢– حساب العزم الناشئ بين الثابت والدائر عند تحميلها بحمل يستجر تياراً مقداره 40A ، وذلك على فرض أن هذا التحميل يؤدي إلى نقصان السيالة بمقدار 10% وذلك عند الحالات الآتية:

- الآلة ذات لف انطباقي بسيط.
- الآلة ذات لف انطباقي مركب(m=2) .
- الآلة ذات لف تموجي بسيط.

٣– بفرض أن المسفرات على المحور الحيادي . حدّد عدد النواقل الواجب غرسها في حذاء كل قطب لإلغاء تأثير رد فعل المتحرض وذلك من أجل حالات اللف السابقة.

المسألة /٨/

يحتوي متحرض مولدة تيار مستمر ذات تهييج تفرعي على 90 مجرى، و يوجد في كل مجرى 6 نواقل. إذا علمت أن المولدة تدور بسرعة 1500 rpm ، وأن السيالة المغنطيسية تحت كل قطب تساوي 0.03 Wb . المطلوب:

١– حساب القوة المحركة الكهربائية المتحرضة في المولدة.

٢- حساب تيار الخرج عندما يكون تيار المتحرض مساوياً إلى $I_a=25$ A ، علماً بأن مقاومة المتحرض $R_a=1\Omega$ ، ومقاومة ملف التحريض التفرعي $R_f=200\ \Omega$.

٣- إذا أصبحت القوة المحركة الكهربائية تساوي 380 V ، فأوجد التيار في حمولة قدرها 40 Ω .

المسألة /٩/

تعمل مولدتان (تهييج مستقل) على التوازي لتغذية حمل قدره 200 A ، فإذا كانت المحددات للمولدتين هي الآتية:

المولدة الأولى: $E_{a1}=425$ V , $R_{a1}=0.05\ \Omega$

المولدة الثانية: $E_{a2}=440$ V , $R_{a2}=0.1\ \Omega$

المطلوب:

١- حساب التوتر على أطراف المولدتين.

٢- تيار الحمل ومشاركة كل من المولدين بتغذية الحمل. (إهمل تأثير رد فعل المتحرض في المولدتين).

المسألة /١٠/

مولدة تيار مستمر ذات تهييج مختلط (تفريعة قصيرة)، وتمتلك المواصفات الفنية الآتية:

$U_n=250$ V , $P_n=20$ kW , $R_f=100\ \Omega$, $R_a=0.05\ \Omega$, $R_s=0.025\ \Omega$

المطلوب : حساب القوة المحركة الكهربائية الاسمية.

مسألة /١١/

يُعطى منحني خواص اللاحمل لمولدة تيار مستمر تدور بسرعة 1800 rpm بالمعطيات المبينة في الجدول الآتي:

E_a (V)	8	40	74	113	152	213	234	248	266	278
I_f (A)	0	0.5	1	1.5	2	3	3.5	4	5	6

المطلوب:

١- أرسم منحني خواص اللاحمل عند السرعة 1500 rpm .

٢- احسب التوتر المتولد عندما تعمل المولدة بحالة اللاحمل عند تيار تحريض 4.6 A وسرعة دوران 1000 rpm.

٣- ما شدة تيار التحريض اللازم لتوليد توتر 120 V عند حالة اللاحمل و الدوران بسرعة 900 rpm .

٤- إذا عملت الآلة كمولدة تفرعية عند سرعة دوران 1800 rpm وتيار تحريض 4.6 A . ما هو توتر اللاحمل عندما تعمل المولدة بسرعة 1500 rpm ؟

مسألة/١٢/

تمتلك مولدة تيار مستمر المحددات الاسمية الآتية:

175 KW ; 400 V ; 1800 rpm ; R_a=0.05 Ω ; R_f=20 Ω ; R_{ext}=0 ÷ 300 Ω

حيث R_{ext} هي مقاومة لتنظيم التوتر تضاف في دارة التحريض التفرعية، حيث زودت هذه المولدة بملفات تعويض ، ويُبّين الجدول الآتي معطيات خواص المغنطة عند السرعة 1800 rpm.

I_f (A)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
U_{DC} (V)	100	200	300	370	415	440	465	475	480

وصلت ملفات التحريض لها بشكل تفرعي ويُديرها محرك بسرعة 1600rpm .

المطلوب:

١- أوجد قيمة المقاومة R_{ext} بحيث يكون التوتر المتولد على مخارج الآلة في حالة اللاحمل 400 V .

٢- إذا وُصلت إلى مخارج المولدة مقاومة حمل 1Ω ماقيمة المقاومة R_{ext} عندئذٍ ليصبح التوتر المطبق على الحمل 400 V ؟

٣- كم سيكون توتر خرج المولدة عندما تفصل مقاومة الحمل ؟ (الآلة غير مزودة بمنظم توتر) .

مسألة /١٣/

مولدة تيار مستمر ذات تحريض مركب وتمتلك المعطيات الآتية:

P_n=10 V ; ; R_a=0.06 Ω ; R_f=25 Ω ; R_{se}= 0.05Ω

يتكون حمل هذه المولدة من 200 مصباح ضوئي استطاعة الواحد منها 55 W وتوتره 100 V . المطلوب :

أوجد الـ ق.م.ك الكلية وتيار المتحرض عند توصيل ملفات التحريض في المولدة بشكل:

آ- تفرعي طويل . ب- تفرعي قصير .

جـ - كم ستتغير الأمبير لفات لملفات التحريض التسلسلية إذا أُضيفت مقاومة (مجزئ diverter) على التوازي مع الملفات التسلسلية قيمتها 1 Ω ؟ (أهمل تأثير رد فعل المتحرض والهبوط على المسفرات) .

مسألة /١٤/

مولدة تيار مستمر ذات تحريض تفرعي تم تحريضها بشكل مستقل وتمتلك خواص اللاحمل المبينة في الجدول الآتي:

I_f (A)	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.4	2
Emf (V)	80	135	178	198	210	228	246

عدد لفات ملف التحريض التفرعي 1000 Turns/pole والمقاومة الكلية 240 Ω .

المطلوب:

أوجد عدد لفات ملف التحريض التسلسلي اللازمة لجعل توتر الخرج يأخذ قيمة التوتر نفسها في حالة اللاحمل، وتقديم تيار شدته 50 A .

مقاومة دارة المتحرض متضمنة مقاومة ملفات التحريض التسلسلية في حالة التحريض المركب يمكن افتراضها 0.36 Ω وثابتة . أهمل رد فعل المتحرض.

مسألة /١٥/

مولدة تيار مستمر ذات تحريض مركب . عـد لفـات ملـف التحـريض التفرعـي 3600 Turns/pole ، وعدد لفات ملف التحريض التسلسلي 20 Turns/pole .

معطيات منحني الخواص المغنطيسية في حالة اللاحمل عند تحريض هذه المولدة بشكل مستقل باستخدام ملفات التحريض التفرعية وإدارتها بسرعتها الاسمية في حالة اللاحمل مُبيّنة في الجدول الآتي:

AT/pole	3120	4680	6240	7800	9360
Emf (V)	289	361	410	446	475

تيار المتحرض عند التحميل الاسمي هو 100 A وهبوط التـوتر الأومـي فـي دارة المتحرض، عند سريان التيار السابق هو 20 V بما في ذلـك هبـوط التـوتر علـى المسفرات. هبوط التوتر الأومي في حالة اللاحمل يمكن إهماله وتوتر الخرج 415 V . الانخفاض في السرعة من حالة اللاحمل إلى حالة التحميل الاسمي هو 8% . ملفات التحريض التفرعية موصولة على التوازي مع توتر خرج المولدة ومقاومتهـا ثابتـة.

المطلوب:

حدّد توتر الخرج واستطاعة الخرج عند تيار الحمل الاسمي والبالغـة شـدته 100 A (أهمل تأثير رد فعل المتحرض) .

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل السادس

خصائص محركات التيار المستمر

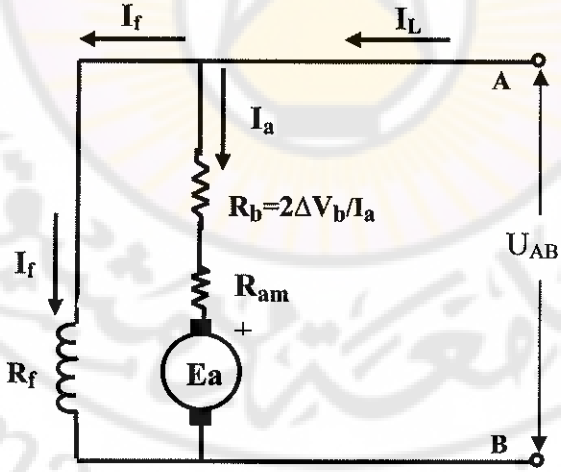
٦-١ :مقدمة

يتناول هذا الفصل مجموعة العلاقات الأساسية اللازمة لحل المسائل والتطبيقات التي تتعلق بخصائص محركات التيار المستمر ، إضافة إلى مجموعة من المسائل المحلولة وغير المحلولة المتعلقة بخصائص هذه المحركات عند حالات التشغيل المختلفة لاسيما عند حالات الاختبارات والاستثمار .

٦-٢ : العلاقات العامة:

٦-١-١ : المحركات التفرعية:

آ- العلاقة بين التوتر المطبق، والقوة المحركة الكهربائية المتولدة في المحركات ، والتيارات المار فيها انظر الشكل (٦-١)



الشكل(٦-١)

$$U_{AB} = E_L + I_a \cdot R_a + 2\Delta V_b = \mathrm{E}_a + \mathrm{I}_a (R_{am} + 2R_b) \ , \quad R_a = R_{am} + 2R_b$$

$$U_{\mathrm{AB}} = \mathrm{E}_L + \mathrm{I}_a \cdot R_a$$

$$I_a = I_L - I_f \quad , \quad I_f = \frac{U_{AB}}{R_f}$$

$$R_a = R_{am} + 2R_b \quad , \quad R_b = 0 \Rightarrow R_a = R_{am}$$

E_L: القوة المحركة الكهربائية المتولدة في حالة التحميل، وهي دوما عنـــد وجـــود رد فعل للمتحرض تساوي .

$$E_L = E - \Delta V_r$$

E: القوة المحركة في حالة اللاحمل .

ب- العلاقة بين السرعة والتوتر المطبق والسيالة :

$$E_L = \frac{p}{a}\frac{Z}{60} \cdot \varnothing \cdot n = C_e \cdot \varnothing \cdot n \quad ; \quad C_e = \frac{p}{a}\frac{Z}{60}$$

$$n = \frac{E_L}{C_e \cdot \varnothing_L}$$

جـ- العلاقة بين العزم والتيار والسيالة :

- علاقة العزم بين الثابت والدائر .

$$T_{em} = \frac{p}{a}\frac{Z}{2\pi}\varnothing_L \cdot I_a \quad , \quad T_{em} = C_m \cdot \varnothing_L \cdot I_a \quad ; \quad C_m = \frac{p}{a}\frac{Z}{2\pi}$$

-عندما تكون الخواص المغنطيسية خطية فإن:

$$\varnothing_L = \propto \cdot I_f \quad \Rightarrow T_{em} = C_m \cdot \propto \cdot I_f \cdot I_a = C'_m \cdot I_f \cdot I_a$$

د- علاقة العزم – السرعة:

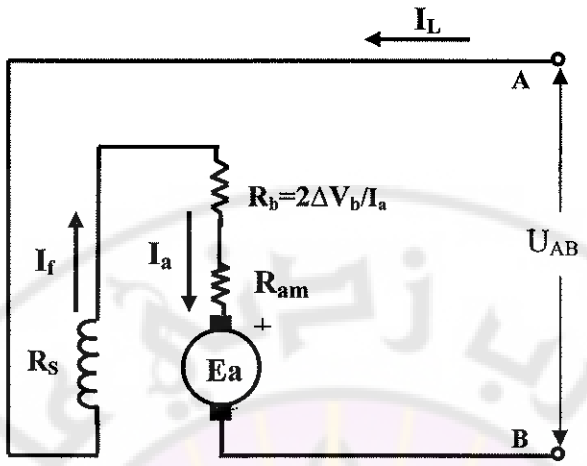
$$n = \frac{U_{AB}}{C_e \cdot \phi} - \frac{T \cdot R_a}{C_e \cdot C_m \cdot \phi_L^2}$$

عندما تكون الخواص المغنطيسية خطية فإن:

$$n = \frac{U_{AB}}{C_e \cdot \propto \cdot I_f} - \frac{T \cdot R_a}{C_e \cdot C_m \cdot \propto^2 \cdot I_f^2}$$

٢-المحركات التسلسلية:

آ- العلاقة بين التوتر المطبق والقوة المحركة الكهربائية الناتجة والتيار المار.



الشكل(٦-٢)

$$I_L = I_a = I_{fs}$$

حيث: $U_{AB} = E_L + I_a \cdot R_{am} + I_a \cdot R_s + 2\Delta V_b \quad \Rightarrow \quad U_{AB} = E_L + I_a\,(R_a + R_s)$

ث: $R_a = R_{am} + R_b\,)$

ب- العلاقة بين السرعة والتوتر و التيار والسيالة:

$$n = \frac{U_{AB} - I_a(R_a + R_s)}{C_e \cdot \Phi_L}$$

إذا كانت المغنطيسية للمحرك خطية فإن :

$$\phi_L = k_s \cdot I_a \quad \Rightarrow \quad n = \frac{U_{AB}}{C_e \cdot k_s \cdot I_a} - \frac{I_a(R_a + R_s)}{C_e \cdot k_s \cdot I_a}$$

أو:

$$C_e \cdot k_s = C'_e \;\Rightarrow\; \Rightarrow \quad n = \frac{U_{AB}}{C'_e \cdot I_a} - \frac{(R_a + R_s)}{C'_e}$$

جـ العلاقة بين العزوم والتيار:

$$T_{em} = C_m \cdot \Phi_L \cdot I_a$$

$$T_{em} = C_m \cdot k_s \cdot I_a^2 = C''_m \cdot I_a^2$$

د- علاقة العزم – السرعة:

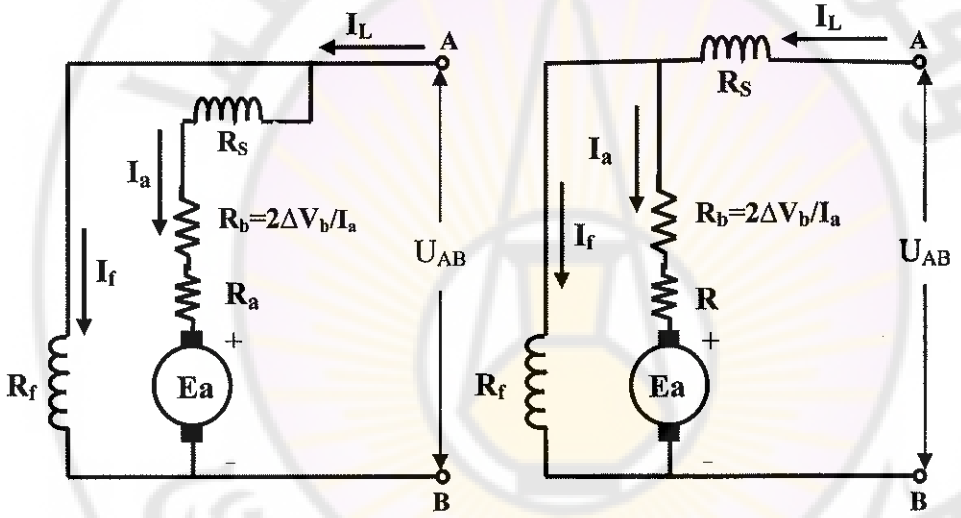
إذا كانت الخواص المغنطيسية خطية:

$$n = \frac{U_{AB}}{C'_e\sqrt{\frac{T}{C'_m}}} - \frac{R_a}{C'_e}$$

٣- المحركات المركبة :

آ-العلاقة بين التوتر والتيار والقوة المحركة الكهربائية:

١- مركب طويل:



الشكل(٦-٣)

- علاقات التوتر و التيارات:

$$I_L = I_a + I_f \quad , \quad U_{AB} = E_L + I_a(R_a + R_s)$$

٢- مركب قصير :

$$U_{AB} = E_L + I_a \cdot R_a + I_L \cdot R_s$$

- العلاقة بين القوة المحركة الكهربائية المتولدة والسيالة في حالة التحميل:

نقطة العمل تقع في المنطقة الخطية من الخصائص المغنطيسية ((الخصائص المغنطيسية خطية))

$$E_L = C_e(\Phi_f \pm \Phi_s)\cdot n$$

حيث:

Φ_f : السيالة الناتجة من الملفات التفرعية .

Φ_s : السيالة الناتجة من الملفات التسلسلية .

+ : في حالة المركب المتكامل .

ـ : في حالة المركب التفاضلي .

أو $E_L = C_e(K_s \cdot N_f \cdot I_f \pm K_s \cdot N_s \cdot I_a)\cdot n$ في حالة المركب الطويل.

أو $E_L = C_e(K_s \cdot N_f \cdot I_f \pm K_s \cdot N_s . I_L)\cdot n$ في حالة المركب القصير.

- الخصائص المغنطيسية غير خطية أو نقطة العمل ليست في المنطقة الخطية فإن حساب السيالة الناتجة في الملفات التفرعية و التسلسلية يتم عن طريقة منحنيات الخواص المغنطيسية (أو اللاحمل) بدلالة المقدار $I_f N_f \pm I_a N_s$

$I_f N_f$: الأمبير لفات للملفات التفرعية

$I_a N_s$ أو $I_L N_s$: الأمبير لفات للملفات التسلسلية .

ب- العلاقة بين السرعة والتوتر :

- الخصائص المغنطيسية خطية :

مركب طويل: $n = \dfrac{U_{AB} - I_a(R_a + R_s)}{C_e(\Phi_f \pm \Phi_s)}$ أو $n = \dfrac{U_{AB} - I_a(R_a + R_s)}{C_e k_s(N_f \cdot I_f \pm N_s \cdot I_s)}$

مركب قصير : $n = \dfrac{U_{AB} - I_a R_a - I_L R_s)}{C_e k_s(N_f \cdot I_f \pm N_s \cdot I_s)}$

-علاقة العزم والتيار:

الخصائص المغنطيسية خطية

$$T_{em} = C_m(\Phi_f \pm \Phi_s)\cdot I_a$$

في حالة مركب طويل: $T_{em} = C_m k'(N_f \cdot I_f \pm N_s \cdot I_a) \cdot I_a$

مركب قصير: $T_{em} = C_m k'(N_f \cdot I_f \pm N_s \cdot I_L) \cdot I_a$

أو $T_{em} = C_m k'\left[(N_f + N_s) \cdot I_f + N_s \cdot I_a)\right] \cdot I_a$

Damascus University

٦-٣: مسائل محلولة

المسألة /١/

محرك تفرعي ذو أربعة أقطاب يعمل على توتر (500 V) ، وذو لف تموجي بسيط يحتوي متحرضه على (720) ناقل . تيار الحمل الكامل له (60 A) ، والسيالة في الثغرة الهوائية (0.03Wb) . مقاومة المتحرض (0.2Ω) ، والهبوط على المسفرات (1V) على كل مسفرة . احسب السرعة عند الحمل الكامل .

ملاحظة :

أولاً:عندما لا يذكر في المسألة أية معطيات عن تأثير رد فعل المتحرض فإن تأثير رد الفعل مهمل .

ثانياً : عندما يعطى هبوط التوتر (ΔV_b)على مسفرة فهبوط التوتر الكلي ($2\Delta V_b$) مهما كان عدد المسفرات .

الحل :

1- من العلاقة التي تربط بين التوتر المطبق، والقوة المحركة الكهربائية والسرعة نكتب:

$$n = \frac{U_{AB} - I_a \cdot R_a - 2\Delta V_b}{\frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \Phi} = \frac{500 - 60 \times 0.2 - 2 \times 1}{\frac{2}{1} \times \frac{720}{60} \times 0.03} = 675\ rpm$$

المسألة /٢/

محرك تفرعي يدور تحت توتر(250 V) في حالة اللاحمل بسرعة (1000 rpm) ويستجر تياراً شدته (5A) ، فإذا كانت مقاومة المتحرض ($0.2\ \Omega$)، والملفات التفرعية ($250\ \Omega$) . احسب سرعته عند الحمل إذا كان تيار التحميل عندها (50A)، ورد فعل المتحرض يقلل من السيالة بمقدار 3% .

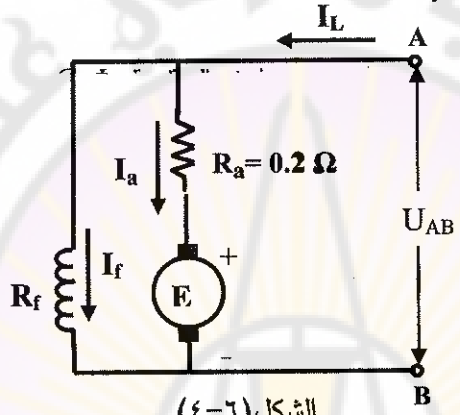
الغاية من المسألة:

التعرف على تأثير رد فعل المتحرض على خصائص السرعة- تيار

الحـــل :

1- نحسب أولاً القوة المحركة الكهربائية المتولدة في حالة اللاحمل والتـــي تتطلـــب حـــساب تيـــار المتحـــرض فـــي حالـــة اللاحمـــل : $I_{ao} = I_{Lo} - I_f$ ، حيـــث:

$I_f = \frac{U_{AB}}{R_f} = \frac{250}{250} = 1\ A$ ، ومنه $I_{ao} = 5 - 1 = 4\ A$.



الشكل(٦-٤)

القوة المحركة المتولدة في حالة اللاحمل :

$$E = U_{AB} - I_{ao} \cdot R_a = 250 - 4 \times 0.2 \Rightarrow E = 249.2\ V$$

$$E = 249.2 = C_e \cdot \phi \cdot n$$

$$C_e \cdot \phi = \frac{E}{n} = \frac{249.2}{1000} = 0.2492 \qquad (1)$$

2- نحسب القوة المحركة الكهربائية المتولدة في حالة الحمل الكامل ، حيـــث تيـــار المتحرض في هذه الحالة:

$$I_a = I_L - I_f = 50 - 1 = 49\ \text{A}$$

$$E_L = U_{AB} - I_a \cdot R_a = 250 - 49 \times 0.2 \Rightarrow E_L = 240.2\ V = C_e \cdot \phi_L \cdot n_L$$

حيث: n_L هي السرعة تحت الحمل و Φ_L السيالة عند الحمل . ولكن $\Phi_L=0.97\ \Phi$ من معطيات المسألة ، وعليه $E_L = C_e \times 0.97 \times \phi \times n_L = 240.2\ V$.

ومنه: $n_L = \dfrac{240.2}{0.97 \times C_e \times \Phi}$ ، سرعة الدوران في الدقيقة

أي :

$$n_L = \frac{240.2}{0.97 \times C_e \times \Phi} \qquad (2)$$

وباستبدال قيمة $C_e\Phi$ من العلاقة (١) في العلاقة (٢) نجد:

$$n_L = \frac{240.2}{0.97 \times 0.2492} = 993\ rpm$$

استنتاج :

كثيراً ما نختصر العلاقات السابقة ونكتب انطلاقاً من حالة أولى معروفة بين السرعة والسيالة والقوة المحركة الكهربائية مثلاً إلى حالة ثانية مجهول فيها أحد هذه القيم بأن نكتب في:

الحالة الأولى : $E_1 = C_e \cdot \phi_1 \cdot n_1$

الحالة الثانية : $E_2 = C_e \cdot \phi_2 \cdot n_2$

بتقسيم المعادلتين على بعضهما نجد:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\Phi_1 \cdot n_1}{\Phi_2 \cdot n_2} \quad ; \quad Ce = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} = Const.$$

فمثلاً في المثال السابق لدينا : $E_1 = 249.2$ و $E_2 = 240.2$ و $\Phi_2=0.97\Phi_1$ و $n_1 = 1000rpm$

وعليه نحسب n_2 مباشرة من العلاقة الآتية :

$$\frac{249.2}{240.2} = \frac{\Phi_1 \times 1000}{0.97 \times \Phi_1 \times n_2} = \frac{1000}{0.97 \times n_2} \Rightarrow n_2 = \frac{240.2 \times 1000}{0.97 \times 249.2} = 993\ r.p.m$$

المسألة /٣/

آلة تيار مستمر تقدم عندما تعمل كمولد توتراً قدره (250 V) عند اللاحمل، وعندما تدور بسرعة (1000 rpm) ، المقاومة الكلية للمتحرض مع التماس بين المسفرات والمجمع (0.5 Ω) ، وعندما تدور كمحرك تحت توتر (250 V) تستجر تياراً (4A) في حالة اللاحمل . احسب سرعة دورانها ومردودها عندما تستجر تياراً مقداره (40A) عند التوتر (250 V)، علماً أن رد فعل المتحرض يُخفّض السيالة بنسبة 4%.

الحـــل :

نرمز للقوة المحركة الكهربائية في حالة مولد E_1 وتساوي 250 V ، ونرمز لهذه القوة المحركة في حالة العمل كمحرك في حالة اللاحمل بـ E_2 ، كما نرمز بـ E_3 لهذه القوة أيضاً عند التحميل وعليه :

- من حالة مولد : $E_1 = C_e \cdot \phi_1 \cdot n_1 = 250 = C_e \cdot \phi \times 1000$ (1)

- في حالة محرك وبدون حمل:

ملاحظة : إذا لم يُعط أية معلومات عن ملفات التحريض يُعتبر تيار هذه الملفات مهملاً في هذه المسألة .

وعليه يمكن حساب سرعة دورانها في حالة اللاحمل n_2 من العلاقة الآتية :

$$E_2 = C_e \cdot \phi_2 \cdot n_2 \qquad (2)$$

بتقسيم العلاقة (١) و (٢) على بعضهما نجد :

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{250}{248} = \frac{C_e \cdot \phi_1 \cdot n_1}{C_e \cdot \phi_2 \cdot n_2} = \frac{1000}{n_2} \quad ; \quad \phi_1 = \phi_2 = const. \quad ;$$

حيث: $\Phi_2 = \Phi_1$ في حالة عمل كمولد وكمحرك في حالة اللاحمل.ومنه تصبح قيمة السرعة n_2 هي:

$$n_2 = \frac{248}{250} \times 1000 = 992 \ \ r.p.m$$

من حالة التحميل نجد أن القوة المحركة الكهربائية E_3 تساوي:

$$E_3 = 250 - 40 \times 0.5 = 230 \ V$$

وأيضاً (3) $E_3 = C_e \phi \cdot n_3$ و $\Phi_3 = 0.96 \ \Phi_1$.

بتقسيم العلاقة (٣) على العلاقة (١) نجد :

$$\frac{E3}{E1} = \frac{230}{250} = \frac{0.96 \times \Phi_1 \cdot n_3}{\Phi_1 \cdot n_1} \Rightarrow n3 = \frac{n_1 \times 230}{0.96 \times 250} = 958 \ rpm$$

استنتاج :

من قيمتي السرعة n_2 و n_3 من حالتي اللاحمل والتحميل نجد أن نقصان السرعة في حالة التحميل لم يقل كثيراً ، وقد ساهم في المحافظة على عدم انخفاض السرعة هذه رد فعل المتحرض ، و لولا وجود رد الفعل لكانت هذه السرعة 920 rpm بدلاً من 958 rpm .

المسألة /٤/

آلة تيار مستمر لها المعطيات الآتية :

المقاومة الكلية للمتحرض (0.3 Ω) ، مقاومة الملفات التفرعية (40 Ω) ، خواص اللاحمل لها عند السرعة (1000 rpm) تبين أنه من أجل تيار تحريض (5A) القوة المحركة الكهربائية المتولدة (220 V) ، بإهمال رد فعل المتحرض . أوجد مقاومة التنظيم التي يجب إضافتها للدارة التفرعية للحصول على سرعة (1000 rpm) عندما تدور كمحرك تحت توتر (220V) وعند الحمل الكامل المقابل للتيار (I_L= 35A)

الحل :

أولاً : نحسب القوة المحركة الكهربائية المتولدة في حالة عمل الآلة كمحرك:

$$E_2 = U_{AB} - I_a \cdot R_a \quad \text{و} \quad I_a = I_L - I_f$$

$$If = \frac{U_{AB}}{R_f} = \frac{240}{40} = 5.5 \ A \Rightarrow I_a = 35 - 5.5 = 29.5 \ A$$

ومنه:

$$E = 220 - 0.3 \times 29.5 = 211.5\,V$$

لحساب المقاومة التي يجب إضافتها للدارة التفرعية نجد من المعطيات أن الآلة عند نفس السرعة تعطي قوة محركة كهربائية قيمتها $E_1 = 220\ V$ عند $I_f = 5A$ و $E_2 = 200\ V$ عند $I_f = 4A$.

يمكن اعتبار أن الخصائص المغنطيسية (خصائص اللاحمل) خطية بين 4A و 5A وبالتالي معدل زيادة القوة المحركة الكهربائية بين القيمتين السابقتين بالنسبة للتيار هي:

$$\frac{\Delta E}{\Delta I_f} = \frac{220-200}{5-4} = \frac{20}{1}$$

يمكن حساب I_f عند عمل الآلة كمحرك بدلالة E حيث :

$$\Delta E = 211.5 - 200 = 11.5\,V$$

ومنه: $$\Delta I_f = \frac{\Delta E}{20} = \frac{11.5}{20} = 0.575\ A$$

ومنه: I_f في حالة عمل الآلة كمحرك:

$$I_f = I_{f1} - \Delta I_f = 4 + 0.575 = 4.575\ A$$

ومنها مقاومة دارة الأقطاب في هذه الحالة :

$$R_f + R_{add} = \frac{220}{4.575} = 48.19\ \Omega$$

ومنه المقاومة الإضافية : $R_{add} = 48.19 - 40 = 8.19\ \Omega$

المسألة /٥/

محرك تفرعي توتره الاسمي (240 V) مقاومة المتحرض مع التماس (0.04 Ω) ، ومقاومة الملفات التفرعية (100 Ω) .

آ – أوجد المقاومة التي يجب إضافتها لملفات الأقطاب لزيادة سرعتها من (1200 rpm) إلى (1500 rpm) عندما تسحب تياراً (200 A) .

ب – من أجل نفس المقاومة أوجد السرعة من أجل تيار متحـــرض 100A إذا دارت الآلة كمولد ، فأعطت تياراً 200 A عند توتر 240 V .

ج – أوجد تيار التهييج من أجل سرعة دوران قيمتها 1200 rpm .

د – أوجد السرعة عندما يكون تيار التهييج 2A ، وبإهمال رد الفعـــل، و بفـــرض أن الخواص المغنطيسية خطية في جميع الحالات .

الحـــل :

آ– لحساب المقاومة التي يجب إضافتها لرفع سرعتها من 1200 rpm إلـــى 1500 rpm عندما نسحب تياراً 200 A باعتبار أن التوتر ثابت والتيار ثابت في الحالتين ، فـــالقوة المحركة الكهربائية المتولدة في الحالتين واحدة وبالتالي:

$$E_2 = E_1 = U_{AB} - I_a \cdot R_a = C_e \cdot \Phi_1 \cdot n_1 = C_e \cdot \Phi_2 \cdot n_2$$

$$E = 240 - 200 \times 0.04 = 232\ V$$

وعليه : $\Phi_1 n_1 = \Phi_2 n_2$

باعتبار الخواص المغنطيسية خطية فإن :

$$I_{f1} \cdot n_1 = I_{f2} \cdot n_2$$

$$I_{f2} = \frac{I_{f1} \cdot n_1}{n_2}$$

$$I_{f1} = \frac{U_{AB}}{R_f} = \frac{240}{100} = 2.4A$$

$$I_{f2} = 2.4 \times \frac{1200}{1500} = 1.92\ A$$

$$R_{f2} = \frac{U_{AB}}{I_{f2}} = \frac{240}{1.92} = 125\ \Omega$$

ومنه المقاومة الإضافية : $R_{add} = R_{f2} - R_{f1} = 25\Omega$

ب – لتكن القوة المحركة المتولدة عند تيار 100 A هي :

$$E_3 = 240 - 100 \times 0.04 = 240 - 4 = 236\ V$$

ومنها يمكن حساب السرعة بمقارنة القوة المحركة المتولدة عند سرعة 1500 rpm مع القوة المحركة المتولدة في هذه الحالة:

$$E_2 = C_e \cdot \Phi \cdot n_2 = 232\ V$$
$$E_3 = C_e \cdot \Phi \cdot n_3 = 236\ V$$
$$n_3 = \frac{236}{232} \cdot n_2 = \frac{236}{232} \times 1500 = 1526\ rpm$$

ج – عند دورانها كمولد وإعطائها تياراً A 200 ، فإن القوة المحركة الكهربائية المتولدة هي :

$$E_4 = U_{AB} + I_a \cdot R_a = 240 + 200 \times 0.04$$
$$E_4 = 248\ V = C_e \cdot \Phi \cdot n_4$$

بمقارنة هذه القوة المحركة الكهربائية مع القوة المحركة الكهربائية المتولدة عند سرعة 1200 rpm وبحالة محرك نجد القيمة هي E_1 حيث:

$$E_1 = 232 = C_e \cdot \Phi \cdot n_1 \quad \Rightarrow \quad n_4 = \frac{248}{232} \times 1200 = 1283\ rpm$$

د – تيار التهييج في الطلب (آ) $240/100 = 2.4\ A$ ، وهذا التيار كان يعطي سيالة Φ_1.

التيار 2A من هذا الطلب يعطي سيالة Φ_5 باعتبار التيار الذي تعطيه الآلة كمولد في هذه الحالة نفس التيار في الطلب ج إذن :

$$E_5 = E_4 = 248\ V$$
$$E_4 = C_e \cdot \Phi_4 \times 1283 = C \cdot k_s \cdot I_{f1} \times 1283$$
$$E_5 = C_e \cdot \Phi_5 \times n_5 = C \cdot k_f \cdot I_{f5} \times n_5$$

من العلاقتين السابقتين نجد :

$$n_5 = \frac{I_{f1} \times 1283}{I_{f5}} = \frac{2.4 \times 1283}{2} \quad \Rightarrow \quad n_5 \approx 1540\ rpm$$

المسألة /٦/

محرك تسلسلي مقاومته الداخلية بين مربطيه(1 Ω) يدور بسرعة (800 rpm) تحت توتر (200 V) ويأخذ تياراً (15A) .

أوجد السرعة التي سيدور بها عندما توصل مع المتحرض على التسلسل مقاومة قيمتها(5Ω) ويأخذ نفس التيار عند نفس التوتر .

ملاحظة : المقاومة بين مربطي محرك تسلسلي تعني مقاومة المتحرض والتماس بين المسفرات والمجمع ومقاومة الملفات التسلسلية .

الحل :

القوة المحركة الكهربائية المتولدة في الحالة الأولى هي E_1 وتساوي:

$$E_1 = U_{AB} - I_a.R_{atot} = 200 - 15 \times 1 = 185 \text{ V}$$

وأيضاً :

$$E_1 = C_e \cdot \Phi_1 \cdot n_1 = 185 \ V \qquad (1)$$

القوة المحركة الكهربائية المتولدة بعد إضافة المقاومة هي E_2 وتساوي :

$$E_2 = U_{AB} - I_a(R_{atot} + R_{add}) = 200 - 15(1+5) = 110 \ V$$

$$E_2 = C_e \cdot \Phi_2 \cdot n_2 = 110 \ V \qquad (2)$$

باعتبار تيار المحرك ثابت في الحالتين فإن : $\Phi_1 = \Phi_2$ ، وبنسب العلاقة(٢) إلى العلاقة (١) نجد:

$$\frac{110}{185} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow n_2 = \frac{110}{185} \times n_1 = \frac{110}{185} \times 800 \ \Rightarrow \ n_2 = 476 \ r.p.m$$

المسألة /٧/

محرك تيار مستمر تسلسلي يعمل على توتر اسمي (240 V) ، ويأخذ تيار مقداره (40A) ، و يدور تحت هذا التوتر بسرعة (1500 rpm) وهذه القيم الاسمية للمحرك.

فإذا كانت مقاومة المتحرض والملفات التسلسلية والتماس($0.3\,\Omega$) . ما هي قيمة المقاومة التي يجب إضافتها للحصول على العزم الاسمي وذلك :

آ – عند الإقلاع .

ب – عند دورانه بسرعة 1000 rpm .

ملاحظة : عندما لا يعطى شكل الخصائص المغنطيسية " اللاحمل " للمحرك التسلسلي تعتبر هذه الخصائص خطية .

الحـــل :

آ– **نحصل على العزم الاسمي** T_r عند التيار الاسمي I_{ar} ، حيث أن الخصائص خطية وهكذا . عند الإقلاع تكون القوة المحركة الكهربائية المتولدة مساوية للصفر وبكتابة العلاقة بين هذه القوة المحركة الكهربائية والتوتر نجد أن :

$$E_1 = U_{AB} - I_a(R_a + R_{add}) = 0$$

وعليه:

$$U_{AB} = I_a(R_a + R_{ad}) \Rightarrow$$

$$R_{add} = \frac{U_{AB}}{I_a} - R_a \quad \Rightarrow R_{add} = \frac{240}{40} - 0.3 = 5.7\ \Omega$$

ب– عند دورانه بسرعة تساوي 1000 rpm :

لحساب هذه المقاومة نحسب القوة المحركة المتولدة في هذه الحالة ولتكن E_2 بدلالة هذه المقاومة ثم نحسب هذه القوة بدلالة السرعة بالمقارنة مع القوة المحركة المتولدة عند السرعة الاسمية ولتكن E :

$$E = U_{AB} - I_a \cdot R_a = 240 - 40 \times 0.3 = 228\ V$$

$$E = C_e \cdot \Phi_1 \cdot n_1 = 228\ V \qquad (1)$$

عند دورانها بسرعة n_2=1000 rpm فإن :

$$E_2 = U_{AB} - I_a(R_a + R_{2add}) = 240 - 40(R_a + R_{2add})$$

$$= C_e \cdot \Phi_2 \cdot n2 = 240 - 40 \times (R_a + R_{2add}) \qquad (2)$$

بتقسيم العلاقة (٢) على (١) نجد :

$$\frac{E_2}{E_1}=\frac{C_e\cdot\Phi_2\cdot n_2}{C_e\cdot\Phi_1\cdot n_1}=\frac{240-40\times(R_a+R_{2add})}{280}$$

بما أن التيار I_{a1} واحد في الحالتين والمحرك تسلسلي فإن $\Phi_1=\Phi_2$ وبالتالي :

$$\frac{1000}{1500}=\frac{240-40(R_a+R_{2add})}{228}$$

ومنه :

$$240-228\times\frac{1000}{1500}=40\times(R_a+R_{2add})$$

$$240-152=40\times(R_a+R_{2add}) \qquad \Rightarrow \qquad R_{2ad}=\frac{88}{40}-0.3=1.9\ \Omega$$

المسألة /٨/

محرك تسلسلي ذو أربعة أقطاب ولف تموجي بسيط يحتوي المتحرض على 944 ناقلاً، وعند حمل ثابت تكون السيالة الناتجة من الأقطاب (34.6 mWb) والعزم الميكانيكي الكلي (209 N.m) .

أوجد التيار الذي سيستجره والسرعة التي سيدور بها عند تطبيق توتر (500 V) على طرفيه ؛ علماً أن المقاومة الداخلية للمتحرض($R_{atot}=3\Omega$) .

الحـــل:

اولا- نوجد التيار من علاقة العزم حيث:

$$T_{em}=\frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{2\pi}\cdot\phi\cdot I_a$$

ومنه:

$$I_a=\frac{T}{\frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{2\pi}\cdot\phi}=\frac{209}{\frac{2}{1}\times\frac{944}{2\pi}\times0.0346}=20.1\ A\approx20\ A$$

ثانيا: لإيجاد السرعة التي يدور بها نوجد أولاً القوة المحركة الكهربائية المتولدة:

$$E=U_{AB}-I_a\cdot R_a \qquad \Rightarrow \qquad E=500-20\times3=400\ V$$

$$E = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi \cdot n = 400\ V$$

$$n = \frac{400}{\frac{2}{1} \times 944 \times 0.0346} = 404\ \ r.p.m \Rightarrow$$

$$N = n/60 = 404/60 = 6.735\ \ r.p.s$$

المسألة /٩/

محرك تسلسلي توتره الاسمي 240V ذو مقاومة متحرض كلية (0.2 Ω) يدور بسرعة 1800 rpm ويستجر تيار 40A . أوجد المقاومة التي يجب إضافتها وذلك:

أ- لتحديد سرعة دورانها بـــ (3600 rpm) عندما يأخذ تيار مقداره (10A). افتـــرض أن السيالة تتناسب طرداً مع التيار بين القيمتين 40A و 10A .

ب- لكي يدور بسرعة (400 rpm) و يستجر تياراً مقداره (60A) بفرض أن الـــسيالة عند هذا التيار تكون لأكبر بـــ 18% من قيمتها عند تيار شدته 40A .

جـــ- بأي سرعة يمكن أن يدور عند تطبيق توتر المنبع على طرفيه مباشـــرة ويأخـــذ تياراً شدته 60 A

ملاحظة: عندما يكون هبوط التوتر بسبب رد الفعل مهملاً فان: $E=E_L$

وسوف نرمز للمقدار E بدلاً من E_L في المسألة لان رد الفعل مهمل .

الحـــل:

أ- لتكن القوة المحركة المتولدة عند سرعة 1800 rpm وتيار 40A هي E_1 فنجد أن:

من ناحية $E_1 = 240 - 40 \times 0.2 = 232\ V$ ، $E_1 = U_{AB} - I_a \cdot R_{atot}$

ومن ناحية أخرى :

$$E_1 = C_e \cdot \phi \cdot n_1 = C_e \cdot k_s \cdot I_a \cdot n_1 = C_e \cdot k_s \times 40 \times 1800 \Rightarrow$$

$$E_1 = C_e \cdot k_s \cdot 72000 \qquad (1)$$

لحساب المقاومة التي يجب إضافتها لتحديد سرعة دورانه بـــ 3600 rpm ، نحـــسب القوة المحركة المتولدة من هذه الحالة ولتكن E_2 .

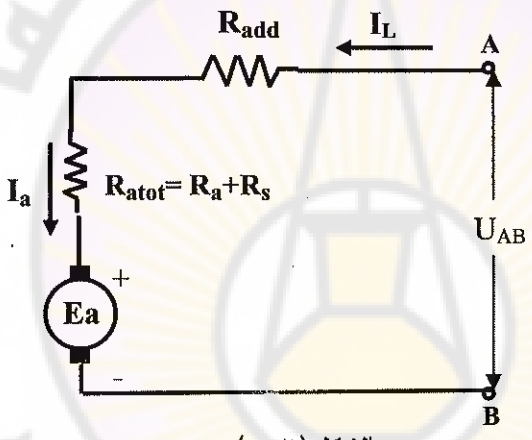
$$E_2 = C_e \cdot \phi \cdot n_2 = C_e \cdot k_s \times 10 \times 3600 \Rightarrow$$
$$E_2 = Ce \cdot k_s \times 36000 \qquad (2)$$

بمقارنة العلاقتين (١) و (٢) نكتب :

$$E_2 = E_1 \frac{600}{1200} = 232 \times \frac{36000}{72000} \Rightarrow E_2 = 116\ V$$

يمكن حساب المقاومة من العلاقة التي تربط بين التوتر المطبق و القوة المحركة (لاحظ الشكل ٦-٥)

$$E_2 = U_{AB} - I_a (R_{atot} + R_{2add})$$
$$116 = 240 - 10 \times (0.2 + R_{2add}) \Rightarrow R_{2add} = \frac{240 - 116}{10} - 0.2 = 12.2\ \Omega$$



الشكل(٦-٥)

ب- أيضا بنفس الطريقة المشروحة بالطلب(أ) نقوم أولا بحساب القوة المحركة الكهربائية والسرعة والسيالة فنجد:

$$E_3 = C_e \cdot \phi_3 \cdot n_3 = C_e \cdot \phi_3 \times 900 \qquad (3)$$

بتقسيم العلاقة (3) على العلاقة (1) نجد :

$$\frac{E_3}{E_1} = \frac{\phi_3 \times n_3}{\phi_1 \times n_1}$$

من معطيات هذه الطلب لدينا :

$$\phi_3 = 1.18\phi_1 \quad , \quad \frac{E_3}{E_1} = 1.18 \times \frac{n_3}{n_1}$$

ومنه:

$$E_3 = 1.18 \times \frac{n_3}{n_1} \times E_1 \quad \Rightarrow \quad E_3 = 1.18 \frac{900}{1800} \times 232 = 135.7\ V$$

من العلاقة بين التوتر و القوة المحركة الكهربائية هذه نحسب المقاومة المطلوبة حيث:

$$E_3 = U_{AB} - I_a(R_{atot} + R_{3add})$$

$$135.7 = 240 - 60(0.2 + R_{3add}) \quad \Rightarrow \quad R_{3add} = \frac{240 - 135.7}{60} - 0.2 = 1.54\Omega$$

جـ – تحديد سرعة دورانه عند تطبيق التوتر مباشرة على طرفيه وأخذ تيار 60A في هذه الحالة E_4 تكون :

$$E_4 = U_{AB} - I_a(R_{atot} + R_{4add}) \Rightarrow \ E_4 = 228\ V$$

ولكن:

$$E_4 = C_e \cdot \phi_4 \cdot n_4 \quad , \quad \phi_4 = \phi_3 = 1.18\phi_1 \qquad (4)$$

بتقسيم العلاقة (٤) على العلاقة (١) نجد:

$$\frac{E_4}{E_1} = \frac{C_e \cdot \phi_4 \cdot n_4}{C_e \cdot \phi_1 \cdot n_1}$$

$$n_4 = \frac{228 \times n_1}{232 \times 1.18} = \frac{228 \times 1800}{232 \times 1.18} = 1499\ rpm$$

الاستنتاج:

نلاحظ من الطلبات الأربعة السابقة بأنه ، كلما زادت شدة تيار المتحرض I_a انخفضت السرعة ، و كلما كبرت المقاومة الإضافية التي توصل على التسلسل مع المتحرض تنخفض السرعة.

المسألة /١٠/

محرك تسلسلي ذو أربعة أقطاب يدور مروحة بسرعة 600 rpm عندما يطبق عليه توتر (250 V) ويستجر تياراً شدته (20 A) ، جميع ملفات الأقطاب بهذه الحالة موصولة على التسلسل.

احسب سرعته و التيار الذي يستجره من المنبع إذا وُصلت ملفات الأقطاب بشكل مجموعتين على التفرع، بفرض أن عزم الحمل يتناسب مع مربع سرعة دورانه و السيالة متناسبة مع التيار.

الغاية من المسألة :

التعرف على طرق التحكم بالسرعة في محركات المراوح .

الحل:

عندما يدور المحرك بالحالة الأولى المعطاة في المسألة بسرعة 600 rpm ، تحت توتر مقداره 250 V يستجر تياراً شدته 20 A و باعتبار أنه لم تُعط في المسألة أية معلومة عن مقاومة المتحرض و الملفات فإنها تعتبر مهملة وعليه القوة المحركة في هذه الحالة: E_1

$$E_{L1} = U_{AB} = 250 = C_e \cdot \phi \cdot n_1 = \frac{C_e \cdot k_s}{60} I_a \cdot n_1$$

أو

$$E_{L1} = C'_e \cdot I_a \cdot N_1 = C'e \times 20 \times 600$$

حيث : $C'_e = \frac{C_e \cdot k_s}{60}$ ، وعليه يمكن حسابه المقدار $C'e$ حيث:

$$250 = 12000 \times C_e$$

وعليه: (1)

$$C'e = \frac{250}{12000} = 0.02$$

العزم الناتج عن المحرك في هذه الحالة يساوي :

$$T = C_m \cdot I_{a1} \cdot \phi_1 = C_m \cdot k_s \cdot I_a^{\,2} = C'_m \cdot I_a^{\,2}$$

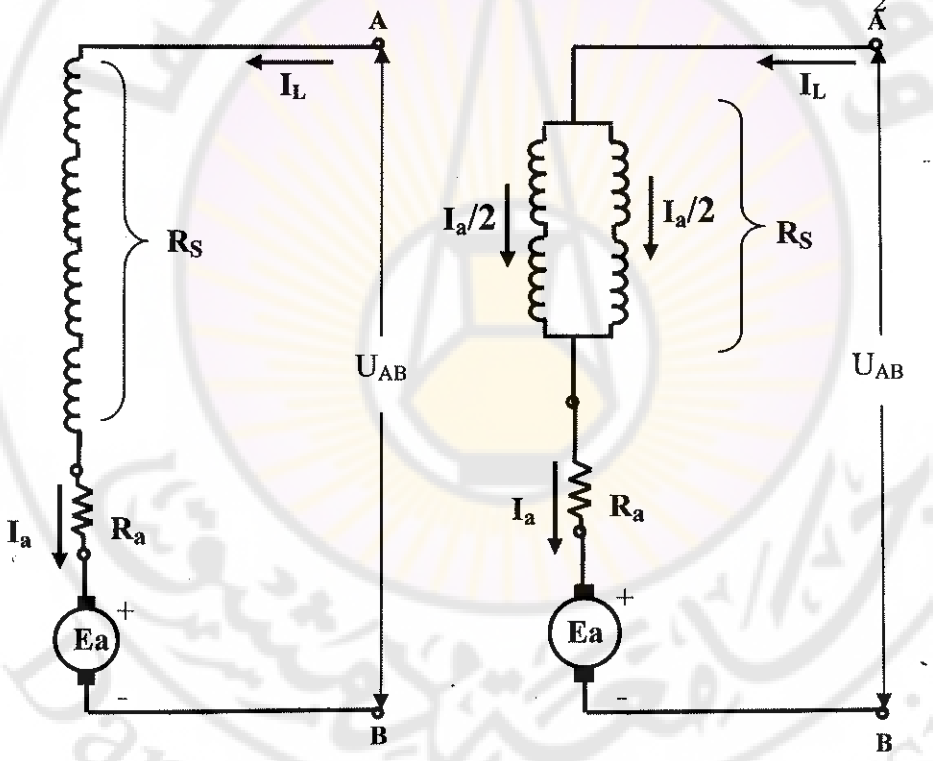
العزم الناتج من المروحة يتناسب مع مربع السرعة: $T_f = C_f \cdot N_1^{\,2}$ ، ولكن في هذه الحالة : $T_f = T$

ومنه : $$\frac{C'_m}{C_f} = \frac{{n_1}^2}{{I_{a1}}^2} = \frac{(600)^2}{(20)^2} = 900$$

نستنتج:

$$C'_m = 900 \times C_f \qquad (2)$$

عند وضع ملفات الأقطاب بشكل مجموعتين على التفرع فإن تيار التحريض التسلسلي $I = \frac{1}{2} I_a$ لاحظ الشكل(٦-٦)



الشكل(٦-٦)

وبالتالي القوة المحركة الكهربائية المتولدة في هذه الحالة هي أيضاً 250 V وتساوي :

$$E_{L2} = 250 = C_e \cdot \phi_2 \times n_2 = \frac{C_e \cdot k_s}{60} \cdot \frac{I_{a2}}{2} \times n_2$$

$$250 = \frac{1}{2} C'_e \cdot I_{a2} \cdot n_2$$

باستبدال C'_e بقيمتها من المعادلة (١) نجد :

$$250 = \frac{1}{2} \times \frac{250}{1200} \times I_{a2} \times n2$$

ومنه

$$I_a \cdot n_2 = 2400 \qquad (3)$$

وهي العلاقة التي تربط بين السرعة و التيار في الحالة الثانية . في هذه الحالة يكون العزم الناتج من المحرك مساوياً للعزم الناتج من المروحة $T_m = T_f$ ومنه :

$$T_m = C_m \frac{1}{2} \times I_a \times I_a = \frac{1}{2} C_m \times {I_a}^2$$

$$T_f = C_f \times {n_1}^2$$

$$\frac{1}{2} C'_m \cdot I^2_{a2} = C_f \times n_2^2$$

باستبدال C'_m بدلالة C_f من المعادلة (٢) نجد أن : $n_2^2 = 450 \times I^2_{a2}$ أو :

$$n_2 = \sqrt{450} \times I_{a2} \qquad (4)$$

وهي العلاقة الثانية بين التيار و السرعة.

باستبدال قيمة السرعة من العلاقة (٣) في المعادلة (٤) نجد :

$I^2_{a2} = \frac{24000}{\sqrt{450}} = 11314$ وهو الطلب الاول أما السرعة يمكن حسابها من العلاقة (٤) بالشكل الآتي: $n_2 = \sqrt{450} \times 33.64 \cong 713.6 \cong 714 \ rpm$

وهو الطلب الثاني:

المسألة /١١/

مروحة تتطلب لدورانها بسرعة 700 rpm استطاعة مقدارها (8 HP) ، تُربط هذه المروحة مباشرة إلى محرك تسلسلي . احسب سرعة دورانها و الاستطاعة التي يستجرها المحرك عندما يكون توتر المنبع 500V ، بفرض أن الاستطاعة المطلوبة

للمروحة تتغير مع مكعب السرعة. من أجل الحصول على الخواص المغنطيسية فـإن المحرك يدور كمولد (600 rpm) ويُحرض بشكل مستقل فنحصل على القيم الآتية:

التيار	27.5	14	10.5	7	I_a (A)
التوتر	458	434	393	347	E (V)

المقاومة الكلية للمتحرض وملفات الأقطاب (3.5 Ω)، و الضياع في الحديد و الاحتكاك وباقي الضياعات يمكن اعتبارها ثابتة وتساوي (450 W) وذلك مـن أجـل الـسرعة الموافقة للتوتر الاسمي.

الحـــل:

لحل هذه المسألة يجب أن نرسم خصائص استطاعة الخـرج- الـسرعة للمحـرك . وخصائص الاستطاعة- السرعة للمروحة ، ونقطة العمل لهذه المروحة هـي نقطـة تقاطع منحني هذه الخصائص ، حيث يكون عندها استطاعة الخرج للمحرك تساوي استطاعة الدخل للمروحة ومنها نوجد السرعة الموافقة ، وكـذلك اسـتطاعة الـدخل: بالنسبة للمروحة خصائص الاستطاعة – السرعة هي :

$$P_f = C_f \times n^3$$

من المعطيات: $n = 700rpm$ ، $P = 8HP$ سوف نعتبـر كـل حـصان مـساويا $1Hp = 736W$:

وعليه:

$$8 \times 736 = C_f \times (700)^3 \quad , \quad C_f = 17.4 \times 10^{-6}$$

وعليه علاقة (الاستطاعة – السرعة) للمروحة هي :

$$P_f = 17.4 \times 10^{-6} \times n_3 \qquad (1)$$

حيث السرعة هنا دورة في الدقيقة . بالنسبة للمحرك سوف نأخذ قيم متغيرة للتيـار I_a ونحسب عند كل قيمة:

أولاً : استطاعة الدخل من العلاقة:

$$P_{input} = I_a \times U_{AB} = 500 \times I_a \qquad (2)$$

ثانياً:استطاعة الخرج P_{output} .

$$P_{output} = P_{input} - P_{mloss} - I_a^2 \cdot R_a \qquad (3)$$

حساب $P_{m\,loss}$ الاستطاعة الميكانيكية و الثابتة.

$$P_{output} = 500 \times I_a - I_a^2 \times 3.5 - 450$$

ثالثاً : القوة المحركة المتولدة حيث:

$$E = U_{AB} - I_a \times R_a = 500 - 3.5 \times I_a \qquad (4)$$

رابعاً: من قيم القوة المحركة السابقة نحسب السرعة:

فإذا أخذنا لقيم I_a نفس قيم التيار المعطاة في الجدول السابق لخصائص اللاحمل لهذا المحرك ، فإنه يمكننا انطلاقا من السرعة التي أُوجدت عندها هذه الخصائص إيجاد السرعة من أجل قيمة أخرى للقوة المحركة، فإذا كانت E_{Gi} أحد القيم المعطاة في الجدول عند تيار I_{fsi} ، وكانت E_i قيمة القوة المحركة الكهربائية المحسوبة في حالة دورانه كمحرك انطلاقا من المعادلة (٤) عند قيم $I_{fsi} = I_{ai}$ ، أي أن تيار التحريض ثابت في الحالتين ، و يمكن أن نكتب :

$$E_{gi} = C_e \cdot I_{fsi} \cdot n_G$$
$$E_i = C_e \cdot I_a \cdot ni$$

ومن هاتين العلاقتين نجد :

$$n_i = \frac{E_i \times n_G}{E_{ai}} \qquad (5)$$

حساب $I_{ai} = I_{fsi}$ حيث i دلالة تشير إلى احد القيم المعطاة في الجدول .

انطلاقا من المعادلات (١) و (٢) و (٣) و (٤) و (٥)، يمكن أن ننظم الجدول الآتي:

I_a (A)	7	10.5	14	27.5	التيار
P_{input} (W)	3500	5250	7000	13750	استطاعة الدخل
P_{output} (W)	2878.5	4440	5864	12653	استطاعة الخرج
E (V)	475.5	463.25	451	403.75	القوة المحركة الكهربائية
n (rpm)	822	707.3	623.5	528.9	السرعة
P_f (W)	9664	6156.9	4218	2574.3	استطاعة المروحة

نرسم من الجدول السابق المنحنيات:

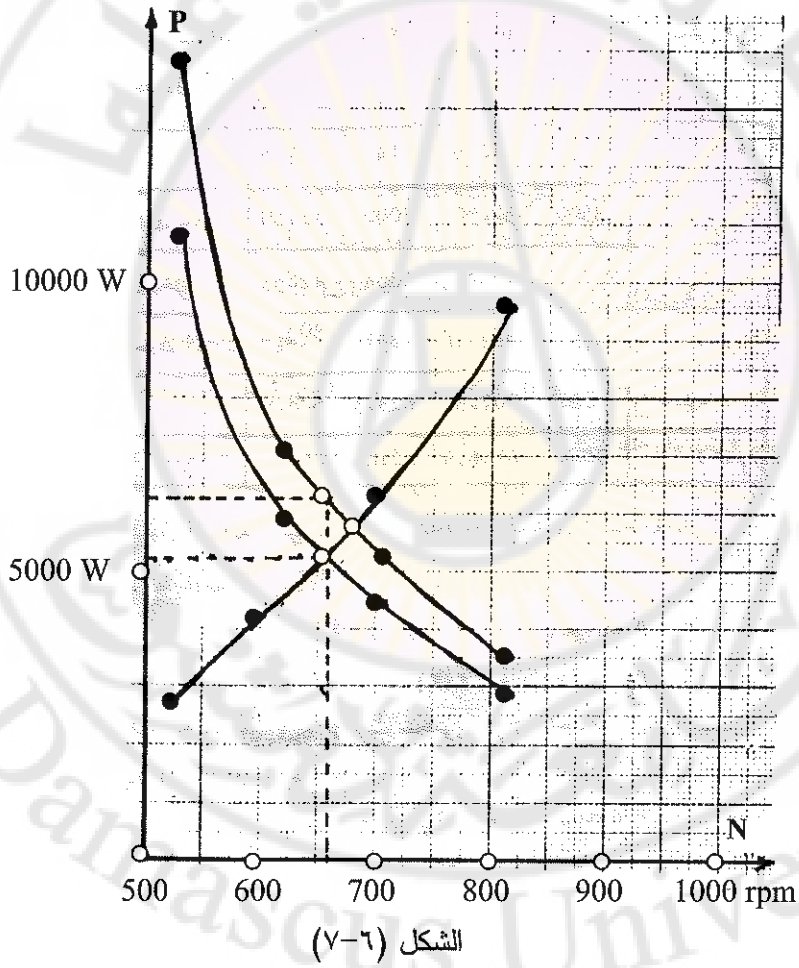
$P_{input} = f(n)$ ، $P_{output} = f(n)$ ، $Pf = f(n)$

من تقاطع منحني P_{output} مع منحني P_f نحدّد استطاعة وسرعة دوران المحرك وهي:

$P_{output} = P_f = 5100$ W ، $n = 660$ rpm

و برسم مستقيم موازٍ لمحور P مار من M نقطة تقاطع P_{output} و P_f ليقطع منحني P_{input} في نقطة N ، حيث مسقطها على المحور P يُحدّد قيمة P_{output} وهي:

$P_{input} = 6200$ W $P_{input} = 8.425$ HP



الشكل (٦-٧)

الاستنتاج: تُعدّ الطريقة السابقة هي الطريقة التي نتبعها عامة لتحديد نقطة العمل بين آلة ما، والمحرك الذي سوف يدير هذه الآلة ، وبالتالي تحديد استطاعة دخل هذا المحرك وباقي خصائصه.

المسألة /١٢/

محرك تفرعي استطاعته الاسمية 50 HP ، وتوتره الاسمي (500 V) . مردوده عند الحمل الكامل % 87 ، ويدور بسرعة 750 rpm . عند القيم الاسمية السابقة تضاف الملفات التسلسلية لتزيد السرعة إلى 800 rpm . أوجد تيار المتحرض والمردود عند هذه الظروف . علماً أن مقاومة المتحرض (0.4) ، ومقاومة الملفات التسلسلية (0.1 Ω) ، ومقاومة الملفات التفرعية (250 Ω) . افرض أن الحمل و الضياعات الثابتة بقيت ثابتة .

الحل:

- استطاعة الخرج للمحرك مقدرة بالواط هي P_2 :

$$P_2 = 746 \times 50 = 37300\ W$$

ملاحظة: أخذنا في هذه العلاقة $1HP = 746\,W$ ، هذا نحصل عليه عند تحويل القيمة باعتبار الحصان بالواحدات الإنكليزية ، حيث هذه القيمة تساوي $550\ ft \cdot lb/Sec$ أما عندما نحسب الحصان انطلاقاً من القيمة الاعتبارية في الوحدات المترية وهي $75\,Kg \cdot m/Sec$ فإننا نحصل على $1HP = 736\,W$ فقط ، وإذا لم يعط هذا المعدل فيمكن أن نأخذ أيهما شئنا.

- **استطاعة الدخل P_1 :**

$$P_1 = \frac{P_2 \times 100}{\eta} = \frac{37300 \times 100}{87} = 42873\ W$$

- **مجموع الضياعات :**

$$P_{Loss} = P_1 - P_2 = \underbrace{P_{M\,Loss} + P_{St\,Loss}}_{\text{الضياعات الثابتة}} + I_a^2 \cdot R_a + I_f^2 \cdot R_f$$

$$P_{M\,loss} + P_{St\,loss} = (P_1 - P_2) - I_a^2 \cdot R_a + I_f^2 R_f$$

- حساب تيار المتحرض I_a :

$$I_a = I_L - I_f = \frac{P_1}{U_{AB}} - \frac{U_{AB}}{R_f} = \frac{42873}{500} - \frac{500}{250} = 83.75\ A$$

ومنه:

$$P_{M\,Loss} + P_{St\,Loss} = (42873 - 37300) - (83.75)^2 \times 0.4 - (2)^2 \times 250$$

$$P_{M\,Loss} + P_{St\,loss} = 5573 - (2805 + 1000) = 1767.4\ W$$

- الاستطاعة المتحولة :

$$P_{em} = E_L \times I_a = P_2 + P_{M\,Loss} + P_{St\,loss}$$

$$P_{em} = E_L \times I_a = 37300 + 1767.4 = 39067\ W$$

باعتبار أن الحمل ثابت و الضياعات الثابتة في الحالتين عند دورانها بسرعة

$$n_2 = 800\ r.p.m \quad , \quad n_1 = 750\ r.p.m$$

فإن : $E_{L1} \cdot I_{a1} = E_{L2} \cdot I_{a2}$

باستبدال قيمة E_{L1}, E_{L2} نجد : $\phi_1 \cdot n_1 \cdot I_{a1} = \phi_2 \cdot n_2 \cdot I_{a2}$ أي:

$$\frac{\phi_1 \cdot n_1}{\phi_2 \cdot n_2} = \frac{I_{a2}}{I_{a1}} \qquad (1)$$

وهي العلاقة الأولى التي تربط بين التيار و السرعة في الحالتين . القوة المحركة المتولدة في الحالة الأولى هي:

$$E_{L1} = C_e \cdot \phi_1 \cdot n1 = 500 - 83.75 \times 0.4 = 466.5\ V$$

$$E_{L2} = C_e \cdot \phi_2 \cdot n_2 = 500 - I_{a2}(0.4 + 0.1)$$

$$C_e \cdot \phi_2 \cdot n_2 = 500 - 0.5 \times I_{a2}$$

من العلاقتين السابقتين نجد:

$$\frac{E_{L1}}{E_{L2}} = \frac{\phi_1 \times n_1}{\phi_2 \times n_2} = \frac{466.5}{500 - 0.5 \times I_{a2}} \qquad (2)$$

باستبدال $\frac{\phi_1 \cdot n_1}{\phi_2 \cdot n_2}$ من العلاقة (١) نجد :

$$\frac{I_{a2}}{I_{a1}} = \frac{466.5}{500 - 0.5 I_{a2}} \quad \Rightarrow \quad I_{a1} = 83.75\ A$$

ومنه:

$$0.5 \times I_a^2 - 500 \times I_{a2} = 466.5 \times 83.75 = 39079 \quad \Rightarrow$$

$$0.5I_a^2 - 500I_{a2} = 39079 \quad \Rightarrow \quad I_{a2} = 85.4\ A$$

وهو الطلب الأول:

- لحساب المردود في هذه الحالة نحسب استطاعة الدخل P_1 :

$$P_1 = P_{em} + I_a^2(R_a + R_s) + I_f^2 \cdot R_f \qquad P_{em}=Const.$$

$$P_1 = 39067 + (85.4)^2 \times (0.4 + 0.1) + 1000$$

$$P_1 = 43713.58$$

$$\eta\% = \frac{37300}{43713.58} \times 100 = 85.3\%$$

وهو الطلب الثاني:

استنتاج : في هذه المسألة تم إيجاد التيار ، المـــردود دون أن نعتبـــر أن الخـــصائص المغنطيسية خطية لذلك ليس هذه الخصائص خطية دوماً.

المسألة /١٣/

محرك مركب يعمل على توتر (220 V) ، ويدور في حالة اللاحمل بـــ (1200 rpm) مقاومة الملفات التفرعية (180 Ω) ، وعدد لفاتها (2000 T) لفة لكل قطب . أوجد عدد لفات الملفات التسلسلية لكل قطب لتقليل السرعة إلى 950 rpm عند تيار تحميل 75 A . افرض أن الضياعات عند هذا التيار 750 W في ملف المتحرض والتماس فـــي المسفرات ، و 375 W في الملف التسلسلي . استخدم الجدول المئوي.

الحـــل:

في حالة اللاحمل فإن الهبوط على مقاومة المتحرض و الملفات التسلسلية مهمل حيث، لم تعطِ المسألة تيار اللاحمل و بالتالي فإن :

$$E = U_{AB} = 220\ V = C_e \cdot \phi \cdot n_1 \qquad (1)$$

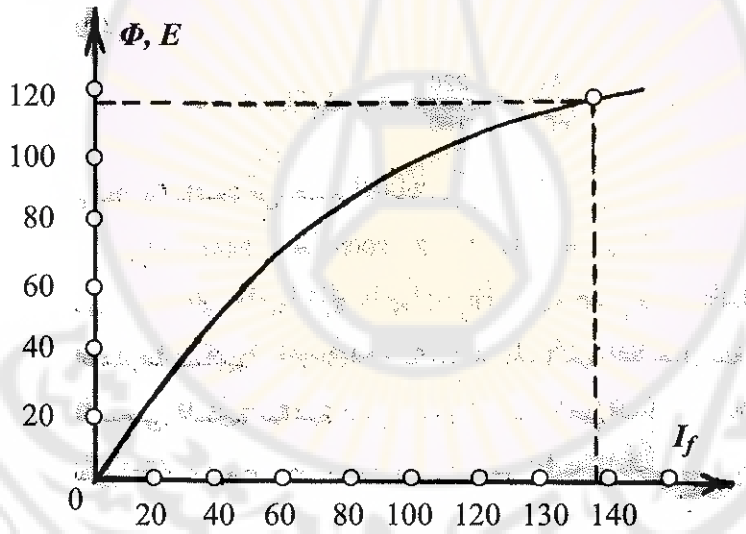
و تيار التحريض في هذه الحالة I_{f1} يساوي:

$$I_{f1} = \frac{U_{AB}}{R_f} = \frac{220}{180} = 1.22A$$

الأمبير لفات الناتجة عن هذه الأقطاب :

$$I_{f1} \cdot N_f = 1.222 \times 2000 = 2444\ A.T$$

المقادير ϕ و E_1 و I_{f1} و $I_{f1}.N_f$ السابقة يمكن اعتبارها مساوية 100% بالنسبة لخصائص اللاحمل ، ونقوم برسم المنحنى المئوي مباشرة دون تحويله إلى القيم العادية كما في الشكل(٥-١) ، حيث نُدّرج محور الفواصل بالامبير لفات المئوية ومحور التراتيب بالسيالة المئوية وهكذا تقابل 100% على محور الفواصل 2444AT ، بينما على محور التراتيب قيمة السيالة ϕ التي تعطيها المعادلة (1).



الشكل (٦-٨)

ثانيا: عند تحميل هذا المحرك بتيار شدته 75 A ، فإن الضياع في ملف المتحرض هو:

$I_a^2 \cdot R_a = 750\ W$ ، و الضياع في الملف التسلسلي $I_a^2 \cdot R_s = 375\ W$

ومنه: $I_a^2 \cdot (R_a + R_s) = 1125\ W$

$$R_a + R_s = \frac{1125}{I_a^2} = \frac{1125}{(75)^2} = 0.2 \ \ \Omega$$

عند إضافة الملفات التسلسلية فإن السرعة تـــنخفض إلـــى $n_2 = 950$ r.p.m ، القـــوة المحركة الكهربائية المتولدة في هذه الحالة هي :

$$E_2 = U_{AB} - I_a(R_a + R_s) \quad \Rightarrow \quad E_2 = 220 - 75 \times 0.2 = 205 \ V$$

$$E_2 = C_e \cdot \phi \cdot n_2 = 205 \ A \qquad (2)$$

بتقسيم المعادلة(٢) على المعادلة (١) السابقة نجد :

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{205}{220} = \frac{n_2 \cdot \phi_2}{n_1 \cdot \phi_1}$$

$$\frac{\phi_2}{\phi_1} = \frac{205 \times n_1}{220 \times n_2} = \frac{205}{220} \times \frac{1200}{950} \quad \Rightarrow \quad \phi_2 = 1.177 \times \phi_1$$

أي أن السيالة اللازمة في هذه الحالـــة تـــساوي $\phi_2 = 1.177\% \ \phi_1$ ، مـــن منحنـــى خصائص اللاحمل عند قيمة 1.177% نجد أن الأمبير لفات اللازمة لهـــا 156%مـــن الأمبير لفات الاسمية ، وبالتالي تساوي $\frac{156}{100} \times 2444 = 3813 \ A.T$.

هذه الأمبير لفات هي الناتجة من الملفات التفرعية و التسلسلية أي:

$$I_{f2} \cdot N_f + I_a \cdot N_s = 3813 \ A.T$$

وبفرض أن المولد تكاملي طويل فإن $I_{f2} = I_{f1}$ ، وبالتالي :

$$I_a \cdot N_s = 3813 - 2444$$

$$I_a \cdot N_s = 1369 \quad , \quad N_s = \frac{1369}{75} = 18 \ Turns$$

المسألة /١٤/

محرك قاطرة يتطلب لإقلاعه تحت عزم يساوي 140% من عزم الحمل الكامل تيـــار إقلاع يعادل 130% من تيار الحمل الكامل . حدّد الأمبير لفات للملفات التفرعية كنسبة

من الأمبير لفات الكلية عند الحمل الكامل . أوجد سرعة اللاحمل إذا كان هبوط التوتر على مقاومة المتحرض و الملفات التسلسلية هو12% في حالة الحمل الكامل و 2% في حالة اللاحمل .

الحـــل:

١-حساب الأمبير لفات للملفات التفرعية.

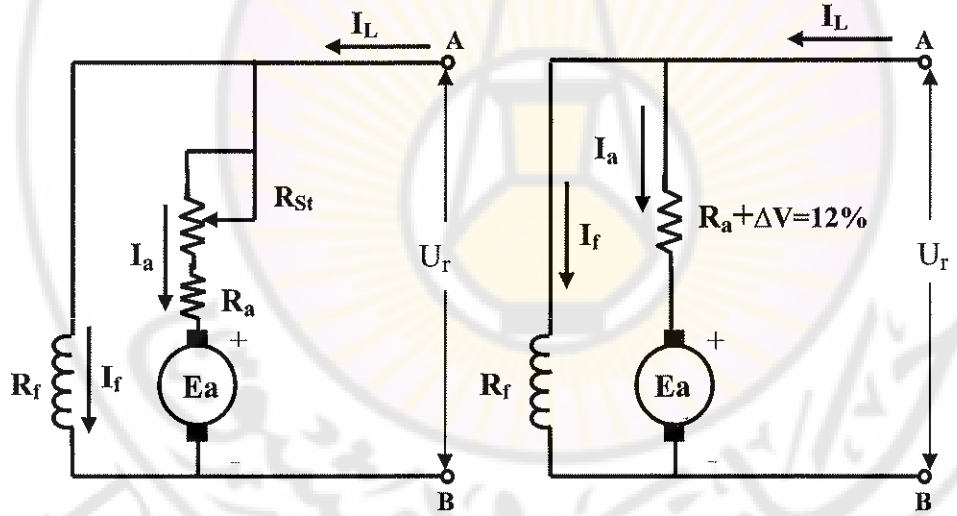
لنفرض أن I_{ar} التيار الاسمي (تيار الحمل الكامل) ،و T_r عزم الحمل الكامل .

و أن ϕ_{fr} السيالة الناتجة من الملفات التفرعية عند الحمل الكامل و ϕ_{sr} السيالة الناتجة من الملفات التسلسلية عند الحمل الكامل . إذا كانت الخصائص المغنطيسية خطية فإن:

$$\phi_{fr} = N_f \cdot I_f \quad , \quad \phi_{sr} = N_s \cdot I_{ar}$$

وعليه عزم الحمل الكامل :

$$T_r = C'_m \left(N_f \cdot I_f + N_s \cdot I_{ar}\right) \cdot I_{ar} \qquad (1)$$



الشكل(٦-٩)

عند الإقلاع تبقى الملفات التفرعية تُغذى مباشرة من المنبع وتستخدم مقاومة الإقـــلاع R_{st} مع المتحرض فقط ،و بالتالي العزم الناتج في هذه الحالة هو: T_S

$$T_S = C_m \left(N_f \cdot I_f + N_s \cdot I_{as}\right) \cdot I_{as}$$

ولكن من المعطيات : $I_{as} = 1.30 I_{ar}$, $T_S = 1.40 T_r$

وعليه:

$$1.40\times T_r = C'_m\left(N_f\times I_f + N_s\times 1.3\times I_{ar}\right)\times 1.3I_{ar}$$

$$1.4\times T_r = C'_m\left(N_f\times I_f + 1.3\times N_s\times I_{ar}\right)\times 1.3I_{ar} \qquad (2)$$

باستبدال قيمة T_r من المعادلة (1) نجد :

$$1.4C'_m\left(N_f\cdot I_f + N_s\cdot I_{ar}\right) = C'_m\left(N_f\cdot I_f + 1.3N_s\cdot I_{ar}\right)1.3I_a$$

$$1.4N_f\cdot I_f + 1.4N_s\cdot I_{ar} = 1.3N_f\cdot I_f + 1.69N_s\cdot I_{ar}$$

$$0.1N_f\cdot I_f = 0.29N_s\cdot I_{ar}$$

$$N_f\cdot I_f = 2.9\,N_S\cdot I_{ar}$$

$$N_f\cdot I_f + N_s\cdot I_{ar} = 2.9N_S\cdot I_{ar} + N_s\cdot I_{ar} = 3.9N_s\cdot I_{ar}$$

$$\frac{N_f\cdot I_f}{N_f\cdot I_f + N_s\cdot I_{ar}} = \frac{2.9}{3.9} = 0.74$$

$$\frac{N_f\cdot I_f}{A.T_{total}} = 74\%$$

ثانياً:حساب السرعة في حالة اللاحمل كنسبة من السرعة في حالة الحمل الكامل.

لتكن: n_r السرعة في حالة الحمل الكامل.

n السرعة في حالة اللاحمل.

من حالة التحميل نجد :

$$E_L = U_r - I_a\left(R_a + R_S\right) = \left(1-0.12\right)U_r = 0.88U_r$$

$$E_L = 0.88U_r = C_e\left(N_f\cdot I_f + N_s\cdot I_{ar}\right)\times n_r$$

في حالة اللاحمل يمكن إهمال تأثير الملفات التسلسلية وبالتالي:

$$E = U_r - I_{ao}\left(R_a + R_S\right) = \left(1-0.02\right) = 0.98U_r$$

$$E = C_e\cdot N_f\cdot I_f\cdot n = 0.98$$

وبالتالي:

$$\frac{E}{E_L} = \frac{0.98}{0.88} = \frac{N_f\cdot I_f\cdot n}{\left(N_f\cdot I_f + N_s\cdot I_{ar}\right)\times n_r}$$

باستبدال $\dfrac{N_f\cdot I_f}{N_f\cdot I_f + N_s\cdot I_{ar}}$ بقيمتها المحسوبة سابقا نجد:

$$\frac{0.98}{0.88}=\frac{0.74n}{n_r}$$

ومنه: $$\frac{n}{n_r}=\frac{0.98}{0.88\times 0.74}=1.5 \Rightarrow \quad n=150\%nr$$

المسألة /١٥/

يمتلك محرك تيار مستمر ذو تهييج تفرعي المواصفات الاسمية الآتية:

التوتر الاسمي $U_n=220\ V$، الاستطاعة الاسمية $P_n=18kW$، التيار الاسمي $I_n=101A$، السرعة الاسمية $n_n=800\ rpm$، مقاومة المتحرض $R_a=0.424\ \Omega$. والمطلوب:

١- رسم المميزة الميكانيكية الطبيعية.

٢- رسم المميزة الاصطناعية عند الحمولة الاسمية ومقاومة $R_r=0.97\ \Omega$.

الحـــل

١-من المعروف أنه لرسم أي من المميزات الطبيعية أو الاصطناعية يكفـــي معرفـــة نقطتين من كل مميزة .

فلرسم المميزة الطبيعية يكفي معرفة نقطتين منها ، حيث إحدى هذه النقـــاط معروفـــة وهي تقابل حالة عمل المحرك على اللاحمل أي:$(n=n_o\ ,\ T=0)$.

عند عمل المحرك على اللاحمل يكون التيار معدوماً $I_a=0$ ، وبالتالي تـــصبح علاقـــة القوة المحركة الكهربائية $E_o=U$ ، بينما في حالة التحميل تكون علاقة القوة المحركـــة الكهربائية مساوية لـــ:

$$E_a=U-I_a\cdot R_a$$

وبالتالي يمكن استخدام علاقة النسب للقوى المحركة الكهربائية من أجل حساب السرعة عند حالة اللاحمل وذلك اعتماداً على معرفتنا للسرعة عند حالة التحميـــل المفترضـــة وبالأخذ بالحسبان ثبات تيار التهييج وبالتالي ثبات السيالة:

$$\frac{E_o}{E_a}=\frac{C_e\cdot\phi\cdot n_o}{C_e\cdot\phi\cdot n_n}=\frac{U}{U-I_a\cdot R_a} \Rightarrow$$

$$n_n = n_o \frac{U_n}{U - I_a \cdot R_a} = 800 \times \frac{220}{220 - 101 \times 0.242} = 900 \ r.p.m$$

ومنه فإن إحداثيات النقطة الأولى هي:(900 , 0) .

لتحديد إحداثيات النقطة الثانية يتطلب ذلك حساب العزم الاسمي (عزم الحمل الاسمي) ويتم ذلك من خلال معادلة العزم :

$$T_n = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{P_n}{\frac{2\pi \cdot n}{60}} = \frac{60}{2 \times \pi} \times \frac{18 \times 10^3}{800} = 214.87 \ N.m$$

يمكن حساب العزم بالـ Kgm بدلاً من الـ N.m

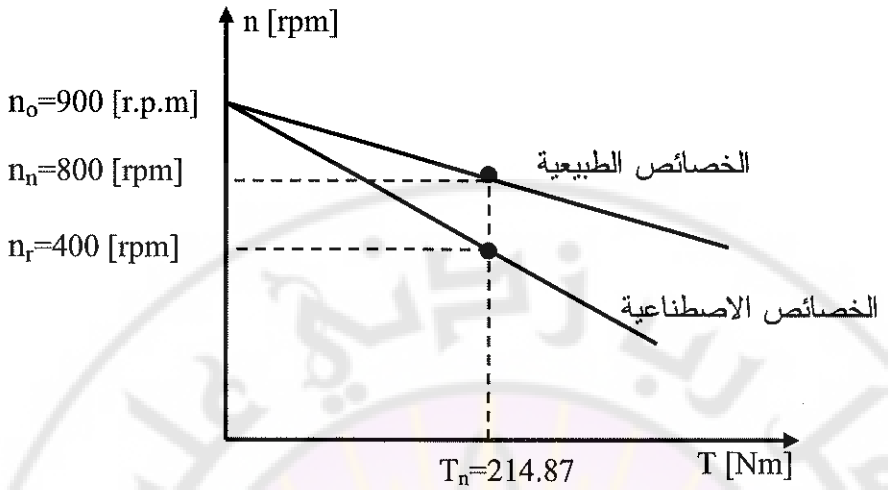
بالتالي تصبح إحداثيات النقطة الثانية من منحني الخصائص الميكانيكية الطبيعية هي: $(T_n , n_n)=(214.87 , 800)$. الشكل(٦-١٠) يبين منحني الخصائص الميكانيكية الطبيعية .

٢- لرسم منحني الخصائص الاصطناعية يلزمنا أيضاً معرفة نقطتين من هذا المنحني. علماً بأن إحدى هذه النقاط معروفة وقد تم تحديدها من الطلب الأول وهي ذات الإحداثيات (0,900) نقطة العمل على اللاحمل.

ولتحديد إحداثيات النقطة الثانية (T_n , n_r) من منحني الخصائص الاصطناعية بعد إضافة المقاومة R_r على التسلسل مع المتحرض وعند الحمولة الاسمية سوف نستخدم العلاقة الآتية :

$$n_r = n_o \left[\frac{U - I_a (R_a + R_r)}{U_n} \right] = 900 \times \frac{220 - 101 \times (0.97 + 0.242)}{220} = 400 \ r.p.m$$

وبالتالي تصبح إحداثيات النقطة الثانية من الخصائص الاصطناعية عند الحمل الاسمي هي: $(T_n , n_r) = (214.87 , 400)$ ، حيث n_r هي السرعة عند الحمولة الاسمية و بعد إضافة المقاومة R_r.



الشكل(٦-١٠)

المسألة /١٦/

محرك تيار مستمر ذو تهييج تفرعي . توتره الاسمي 230 V ، ويدور بسرعة 1000 rpm ، ويستجر من المنبع تياراً شدته 5A ، مقاومة المتحرض R_a=0.025Ω ، مقاومة ملف التهييج R_f=230 Ω . المطلوب حساب الهبوط في السرعة والذي يسببه تحميل المحرك بحمل يستجر عنده المحرك تياراً شدته 41 A (اهمل رد فعل المتحرض).

الحل

في حالة التشغيل الأولى لدينا : I=5 A , n=1000 rpm , U=230 V

ومنه :

$$I_{a1} = I - I_f = I - \frac{U}{R_f} = 5 - \frac{230}{230} = 4\ A$$

$$E_{a1} = U - I_{a1} \cdot R_a \ \Rightarrow\ E_{a1} = 230 - (4 \times 0.025) = 229.9\ V$$

في حالة التشغيل الثانية لدينا : I=41 A , n=? rpm , U=230 V

ومنه :

$$I_{a1} = I - I_f = I - \frac{U}{R_f} = 41 - 1 = 40\ A$$

$$E_{a2} = U - I_{a2} \cdot R_a \ \Rightarrow\ E_{a2} = 230 - (40 \times 0.025) = 229\ V$$

للحصول على السرعة في حالة التشغيل الثانية سيتم نسب علاقة القوة المحركة الكهربائية في حالتي التشغيل أخذين بالحسبان ثبوت تيار التهييج وبالتالي ثبوت السيالة المغنطيسية في حالتي التشغيل $\phi_1 = \phi_2 = \phi$ أي:

$$\frac{E_{a2}}{E_{a1}} = \frac{C_e \cdot \phi \cdot n_2}{C_e \cdot \phi \cdot n_1} = \ \Rightarrow\ n_2 = n_1 \frac{E_{a2}}{E_{a1}} = 1000 \times \frac{229}{229.9} = 996.1\ rpm \ \Rightarrow$$

$$\Delta n = 1000 - 996.1 = 3.9\ \ rpm$$

المسألة /١٧/

يتغذى محرك تيار مستمر ذو تهييج تسلسلي من شبكة توترها 110 V ، ويستجر تياراً قدره 30 A، عندما يدور بسرعة 1200 rpm فإذا علمت أن مقاومة المتحرض ومقاومة الملفات التسلسلية هي $R_a+R_s=0.4\ \Omega$. احسب سرعة هذا المحرك عندما يستجر من الشبكة تياراً مقداره 20 A . افرض أن منحني المغنطة لهذا المحرك هو خطي وأن رد فعل المتحرض مهمل.

الحل

- في حالة التشغيل الأولى التيار المستجر من المنبع هو 30 A ويدور بسرعة 1200 rpm ، وتكون القوة المحركة الكهربائية عند هذه الحالة من التشغيل:

$$E_{a1} = U - I_{a1} \cdot (R_a + R_s) = C_e \cdot \phi_1 \cdot n_1 \ \ = 110 - 30 \times 0.4 = 98\ V$$

- في حالة التشغيل الثانية التيار المستجر من المنبع هو 20 A والقوة المحركة الكهربائية تحسب من العلاقة الآتية:

$$E_{a2} = U - I_{a2} \cdot (R_a + R_s) = C_e \cdot \phi_2 \cdot n_2 \ \ = 110 - 20 \times 0.4 = 102\ V$$

العلاقتين السابقتين نجد:

$$n_2 = n_1 \frac{E_{a2}}{E_{a1}} \times \frac{\phi_1}{\phi_2}$$

وبما أن منحني المغنطة للمحرك هو خطي فهذا يعني أن:

$$\frac{\phi_1}{\phi_2} = \frac{\alpha \cdot I_1}{\alpha \cdot I_2} = \frac{30}{20} = 1.5 \quad n_2 = 1200 \times \frac{102}{98} \times 1.5 = 1873.5 \ \ r.p.m$$

المسألة /١٨/

محرك تيار مستمر تفرعي توتره الاسمي 100 V ، مقاومة ملف التهييج 50Ω، ومقاومة متحرضه 0.5 Ω . يدور بسرعة 1000 rpm مستهلكاً تيار قدره 10A من المنبع. إذا أصبحت مقاومة ملف التهييج 54Ω ونقص العزم إلى 75% من قيمته الأصلية . احسب سرعة المحرك الجديدة وقيمة التيار المستجر من المنبع.

الحل

- تيار التهييج في الحالة الأولى قبل زيادة مقاومة دارة ملف التهييج:

$$I_{f1} = \frac{U}{R_{f1}} = \frac{100}{50} = 2 \ A \quad , \quad I_a = 10 - 2 = 8 \ A$$

- تيار التهييج وتيار المتحرض في الحالة الثانية بعد زيادة مقاومة دارة ملف التهييج وإنقاص العزم هو:

$$I_{f2} = \frac{U}{R_{f2}} = \frac{100}{54} = 1.85 \ A \quad , \quad T = C_e \cdot \phi \cdot I_a$$

وبما أن السيالة تتناسب مع تيار التهييج $\phi = \alpha \cdot I_a$ يمكننا أن نكتب :

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{C_m \cdot \phi_1 \cdot I_{a1}}{C_m \cdot \phi_2 \cdot I_{a2}} = \frac{I_{f1} \cdot I_{a1}}{I_{f2} \cdot I_{a2}} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = 0.75 \times \frac{2 \times 8}{1.85 \times I_{a2}}$$

وبالتالي يصبح تيار المتحرض في الحالة الثانية هو:

$$I_{a2} = \frac{2 \times 8}{1.85 \times 0.75} = 11.53 \ A$$

- التيار الذي يستجره المحرك من المنبع في الحالة الثانية :

$$I = I_{a2} + I_{f2} = 11.85 + 1.85 = 13.38\ A$$

وبالتالي تكون القوة المحركة الكهربائية في الحالتين هي:

$$E_1 = U - I_{a1}R_a = 100 - (8 \times 0.5) = 96\ V$$

$$E_2 = U - I_{a2}R_a = 100 - (11.53 \times 0.5) = 94.23\ V$$

بالنسب بين القوى المحركة الكهربائية في الحالتين نصل على سرعة الدوران في الحالة الثانية:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{C_e \cdot \phi_2 \cdot I_{a2}}{C_e \cdot \phi_1 \cdot I_{a1}} = \frac{I_{f2} \cdot n_2}{I_{f1} \cdot n_1} \Rightarrow n_2 = n_1 \frac{E_2}{E_1} \times \frac{I_{f1}}{I_{f2}} \Rightarrow$$

$$n_2 = 1000 \times \frac{94.23 \times 2}{96 \times 1.85} = 1061.15\ rpm$$

المسألة /١٩/

محرك تيار مستمر تسلسلي توتره الاسمي 250 V ، مقاومة متحرضه 0.2 Ω ، ومقاومة ملف التهييج 0.1 Ω . يستجر تياراً شدته 35 A عندما يدور بسرعة 700 rpm . إذا أضيفت مقاومة 0.1 Ω على التوازي مع ملف التهييج ، وازداد عزم الحمل بمقدار 30% . المطلوب:

احسب التيار المستجر من المنبع وسرعة دوران المحرك عند هذه الحالة .

ملاحظة: افرض أن الفيض المغنطيسي يتناسب طرداً مع تيار التهييج (الدارة المغنطيسية خطية للمحرك).

الحل

$$T = C_m \cdot \phi \cdot I_a$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{C_m \cdot \phi_2 \cdot I_{a2}}{C_m \cdot \phi_1 \cdot I_{a1}} = \frac{\frac{I_{a2}}{2} I_{a2}}{I_{a1} \cdot I_{a1}} = \frac{I_{a2}^2}{2 \times I_{a1}^2}$$

حيث:

- قبل إضافة المقاومة إلى دارة التهييج لدينا : $\phi_1 = \alpha \cdot I_{a1}$ ، حيث α هو معامل تناسب.
- بعد إضافة المقاومة إلى دارة التهييج لدينا : $\phi_2 = \alpha \cdot \frac{I_{a2}}{2}$ ،، حيث α هو معامل تناسب.

وبالتبديل نحصل على:

$$1.3 = \frac{I_{a2}^2 / 2}{(35)^2} \quad \Rightarrow \quad I_{a2} = \sqrt{2 \times (35)^2 \times 1.3} = 56.5 \ A$$

- القوة المحركة الكهربائية في الحالة الأولى:

$$E_1 = U - I_a(R_a + R_s) = 250 - 35 \times (0.2 + 0.1) = 239.5 \ V$$

القوة المحركة الكهربائية بعد وصل المقاومة الإضافية وزيادة العزم:

$$E_2 = U - I_a(R_a + \frac{R_s}{2}) = 250 - 35 \times (0.2 + \frac{0.1}{2}) = 235.9 \ V$$

بنسب العلاقتين السابقتين إلى بعضهما نجد:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{C_e \cdot \phi_2 \cdot n_2}{C_e \cdot \phi_1 \cdot n_1} = \frac{\frac{I_{a2}}{2} \cdot n_2}{I_{a1} \cdot n_1} \quad \Rightarrow \quad n_2 = n_1 \cdot \frac{E_2}{E_1} \cdot \frac{I_{a1}}{I_{a2}/2}$$

$$\Rightarrow \quad n_2 = 700 \times \frac{235.9 \times 35}{239.5 \times 56.5 / 2} = 854 \quad rpm$$

مسألة/٢٠/

محرك تيار مستمر ذو لف انطباقي عدد نواقل المتحرض 400 ناقل ، عدد أقطابه أربعة أقطاب ، طول حذاء القطب 20 cm ، كثافة السيالة تحت كل قطب 0.4 Tesla قطر المتحرض 30 cm . أوجد :

١- العزم المتولد من المحرك.

٢- الاستطاعة المنقولة مابين الثابت والدائر (الاستطاعة الكهرومغنطيسية) ، وذلك عندما يُدير المحرك حملاً بسرعة 1500 rpm ويستجر من المنبع تياراً شدته 25 A .

الحـــل

من العلاقات الرياضية لمحركات التيار المستمر لدينا:

$$\phi_{pole} = B_{av}\left(\frac{2\pi r}{2p}\right)\ell = B_{av}\left(\frac{\pi D}{2p}\right)\ell \Rightarrow B_{av} = \left(\frac{2p\phi}{2\pi}\right)\frac{1}{r\ell}$$

$$T = B_{av}\cdot I_c\cdot\ell\cdot Z\cdot r = \frac{1}{2\pi}\phi\cdot I_c\cdot Z\cdot 2p = \frac{1}{2\pi}\phi\cdot I_a\cdot Z\cdot\frac{2p}{2a} = K_a\cdot\phi\cdot I_a ;$$

$$\phi = B_{av}\cdot\tau_p$$

حيث τ_p الخطوة القطبية وتساوي:

$$\tau_p = \left(\frac{2\pi r}{2p}\right) = \left(\frac{\pi D}{2p}\right)$$

$$T\cdot\omega_m = K_a\cdot\phi\cdot\omega_m\cdot I_a = E_a\cdot I_a$$

ومنه السيالة المغنطيسية للقطب الواحد :

$$\phi_{pole} = \left(\frac{2\times\pi\times 15\times 10^{-2}}{4}\right)\times 20\times 10^{-2}\times 0.4 = 0.0188\ Wb$$

القوة المحركة الكهربائية المتحرضة:

$$E_a = \frac{2p}{2a}\cdot\frac{Z}{60}\phi\cdot n = \frac{4}{4}\times\frac{400}{60}\times 0.0188\times 1500 = 188\ V$$

وبالتالي تصبح الاستطاعة المنقولة بين الدائر والثابت هي:

$$E_a\cdot I_a = 188\times 25\times 0^{-3} = 4.7\ KW$$

$$T = \frac{4.7\times 1000}{\frac{2\pi\times 1500}{60}} = 2.99\ Nm$$

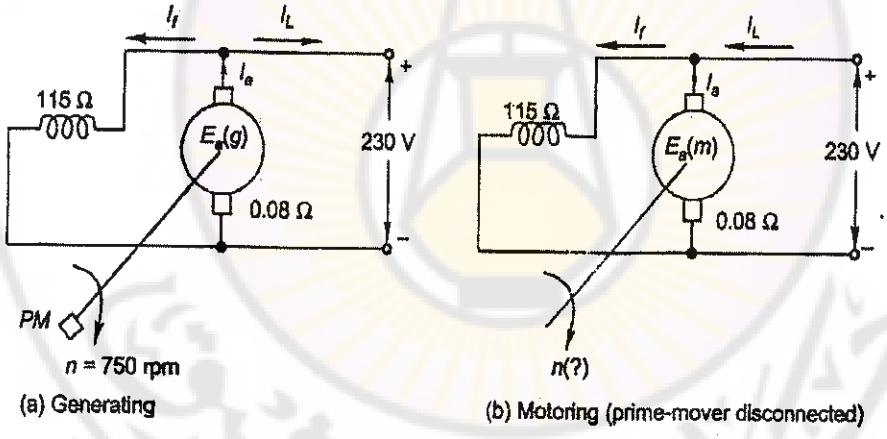
مسألة /٢١/

مولدة تيار مستمر ذات تحريض تفرعي تقاد بمحرك يدور بسرعة 750 rpm وتقدم إلى الشبكة استطاعة 1000KW عند توتر 230 V . إذا قُطع الوصل مابين محـــور دوران المولدة والمحرك لتدور المولدة عندها كمحرك تيار مستمر يستجر اســتطاعة 9 KW من الشبكة . المطلوب:

أحسب السرعة التي تدور بها الآلة بعد تحولها لمحرك علماً بأن مقاومـــة المتحـــرض 0.08 Ω ومقاومة ملف التحريض 115 Ω .

الحـــل

يبين الشكل(٦-١١) مخططي الدارة المكافئة لحالتي عمل الآلة كمولد وكمحرك تيـــار مستمر.



الشكل (٦-١١)

- تيار التحريض ثابت في كلتا حالتي عمل آلة التيار المستمر كمولد وكمحرك:

$$I_f = \frac{U}{R_f} = \frac{230}{115} = 2\,A$$

- **عند حالة العمل كمولد لدينا:**

$$I_L = \frac{P}{U} = \frac{100 \times 1000}{230} = 434.8\ A$$

$$I_f = 2\ A \Rightarrow \quad I_a = I_L + I_f = 434.8 + 2 = 436.8\ A$$

$$E_{aG} = U + I_a R_a = 230 + 0.08 \times 436.8 = 237.8\ V \quad ; \quad n_G = 750\ rpm$$

- عند عمل الآلة كمحرك:

$$I_L = \frac{P}{U} = \frac{9 \times 1000}{230} = 39.13\ A$$

$$I_f = 2\ A \Rightarrow \ I_a = I_L - I_f = 39.13 - 2 = 37.13\ A$$

$$E_{aM} = U - I_a R_a = 230 - 0.08 \times 37.13 = 229.3\ V$$

بما أن السيالة تحت الأقطاب لم تتغير وتيار التهييج ثابت في كلتا حالتي التشغيل للآلة ، فإن القوة المحركة الكهربائية تتناسب مع السرعة أي:

$$\frac{n_M}{n_G} = \frac{E_M}{E_G} \Rightarrow \quad \frac{n_M}{750} = \frac{229.3}{237.3} \quad \Rightarrow \quad n_M = 723.2\ rpm$$

مسألة /٢٢/

محرك تيار مستمر مركب تكاملي طويل توتره 240 V يمتلك خواص اللاحمل الآتيـــة عند سرعة الدوران الاسمية 850 rpm :

Excitation, AT/pole	1200	2400	3600	4800	6000
Generated emf, V	76	135	180	215	240

هبوط التوتر في دارة المتحرض عند الحمل الاسمي هو 25 V إضافة إلـــى أن الـــــ ق.م.م لملفات التهييج التفرعية وملفات التهييج التسلسلية متساوية عند التحميل الأسمي.

أحسب القوة المحركة المغنطيسية mmf لكل قطب في حالة اللاحمل.

حدّد السرعة التي يدور بها المحرك عند فصل الحمل الكامل علماً بأن هبـــوط التـــوتر على مقاومة المتحرض عند هذه الحالة هو 3 V . أهمل رد فعل المتحـــرض وهبـــوط التوتر على المسفرات . وأن طريقة وصل ملفات التحريض هـــي طريقـــة الوصـــل التكاملي الطويل.

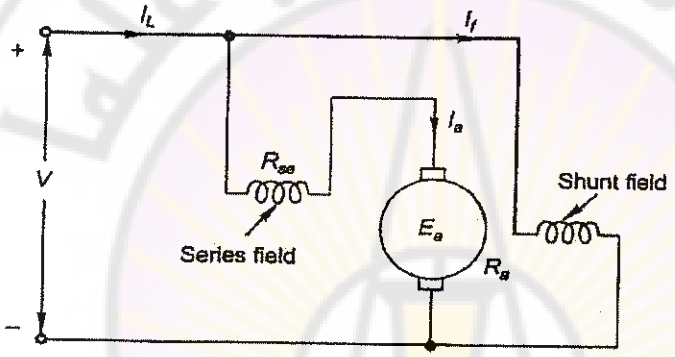
الحـــل

عند الحمل الكامل(الاسمي) الشكل (٦-١٢) تكون قيمة القوة المحركة الكهربائية:

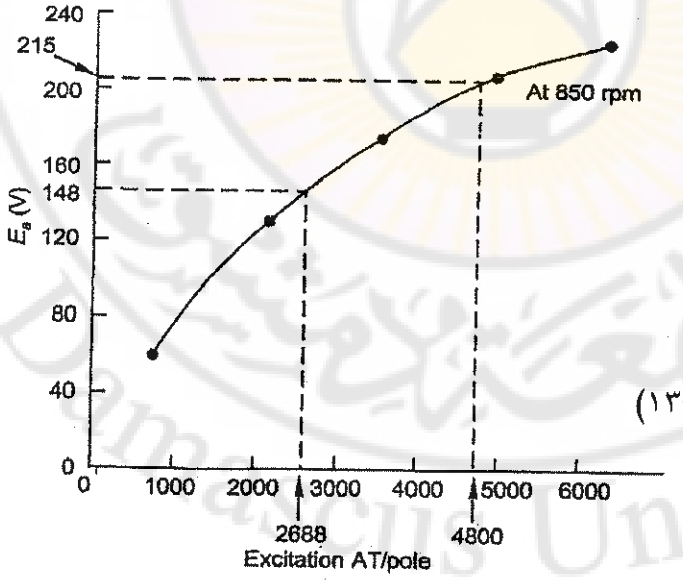
$$E_a = U - I_a(R_a + R_{Ser}) = 240 - 25 = 215\ V$$

من منحني العلاقة $U=f(I_f)$ الشكل (٦-١٣) نجد أن الـــ ق.م.م الكلية لملفي التهيـــيج (بالأمبير – لفة) الموافقة لهذه القوة المحركة ، هـــي $AT_{net(full-load)} = 4800$ بمـــا أن الأمبير لفة للملفات التسلسلية عند الحمل الكامل مساوية الآمبير – لفة للملفات التفرعية:

$$AT_{sh(load)} = AT_{se(load)} = 4800$$



Long-shunt compound dc motor الشكل(٦-١٢)



الشكل(٦-١٣)

الأمبير– لفة للملف التسلسلي في حالة اللاحمل هي:

$$I_a(\text{no-load}) = \frac{3}{25} I_a(\text{full-load});\ I_a(\text{no-load}) = I_f(\text{shunt fied})\ ;\ AT_{sh} = 2400 = const.$$

$$AT_{se(no-load)} = \frac{3}{25} \times 2400 = 288$$

وبالتالي تكون الأمبير– لفات التي يقدمها ملفي التهييج في حالة اللاحمل هي:

$$AT_{net}(\text{no-load}) = 2400 + 288 = 2688 = AT_{sh(noload)} + AT_{se(noload)}$$

من منحني المغنطة نحسب:

القوة المحركة الكهربائية E_a عند سرعة دوران 850 rpm و أمبير لفات للملفين AT_{net} في حالة اللاحمل هي: E_a=148 V .

سرعة الدوران في حالة اللاحمل:

$$n_{(\text{no load})} = n_{(\text{full load})} \times \frac{E_{a(\text{no load})}}{E_a} = 850 \times \frac{237}{148} = 1361\ rpm$$

مسألة /٢٣/

يمتلك محرك تيار مستمر ذو تهييج تفرعي المعطيات الآتية :

$$P = 8\ KW\ ;\ U_n = 230\ V\ ;\ n = 1200\ rpm\ ;\ R_a = 0.7\ \Omega$$

تم تعيير تيار التهييج عند عمل المحرك بحالة اللاحمل وتوتر تغذية 250 V ليدور هذا المحرك بسرعة 1250 rpm ويستجر متحرضه تياراً شدته 1.6 A .

بعد ذلك طبق على محور هذا المحرك حمل فارتفع تيار المتحرض إلى 40A وانخفضت السرعة إلى 1150 rpm . المطلوب:

– احسب مقدار الانخفاض في سيالة القطب $\phi / pole$ بسبب رد فعل المتحرض.

الحل:

من علاقة القوة المحركة الكهربائية :

$$E_a = \frac{p}{a}\frac{Z}{60}\phi \cdot n \Rightarrow n = \frac{a}{p}\frac{60}{Z}\frac{E_a}{\phi} = K_n \frac{E_a}{\phi} = K_n\left(\frac{U - I_a R_a}{\phi}\right)$$

أو

$$\phi = K_n(\frac{U - I_a R_a}{n})$$

حيث: $K_n = \frac{a}{p}\frac{60}{Z}$ ثابت ومنه يمكن مقدار السيالة من العلاقة:

بالتعويض في القيم المعطاة نحصل على

- السيالة المغنطيسية تحت القطب في حالة اللاحمل:

$$\phi_{(no-Load)} = K_n(\frac{250 - 1.6 \times 0.7}{1250}) = 0.2\,K_n$$

- السيالة المغنطيسية تحت القطب في حالة التحميل :

$$\phi_{(Load)} = K_n(\frac{250 - 40 \times 0.7}{1150}) = 0.193\,K_n$$

- الانخفاض في السيالة بسبب رد فعل المتحرض هو:

$$\Delta\phi\% = \frac{0.2 - 0.193}{0.2} \times 100 = 3.5\%$$

مسألة /٢٤/

يمتلك محرك تيار مستمر ذو تهييج تفرعي المعطيات الآتية: P=20 KW ; U=250 V

R_a=0.18 Ω ، ويستجر متحرضه تياراً شدته 85 A عند الحمل الكامل وسرعة دوران 1100 rpm . المطلوب:

١- حساب العزم الكهرومغنطيسي المتولد.

٢- إيجاد العزم الداخلي (الكهرومغنطيسي) الناتج عند حدوث انخفاض مفاجئ في تيار التهييج إلى 80% من القيمة الأساسية مع بقاء تيار المتحرض ثابتاً .

٣- تعيين سرعة الدوران التي يستقر عليها المحرك عند حالة العمل في الطلب الثاني مع فرض أن الحمل بقي ثابتاً .

الحـــل:

١-

$$E_a = U - I_a R_a = 250 - 0.18 \times 85 = 234.7V$$

$$E_a I_a = T_{em}\omega = P_{em}$$

$$234.7 \times 85 = T_{em} \times \frac{2\pi \times 1100}{60} \Rightarrow T_{em} = 173.2\ Nm$$

٢- بما أنه لم يُعط أي معلومات عن الخصائص المغنطيسية للمحرك يمكن اعتبارها خطية أي $\phi \propto I_f$.

انخفاض تيار التهييج إلى القيمة 80% من قيمته الأساسية ، وبفرض أن تيار المتحرض بقي ثابتاً فإن قيمة العزم الكهرومغنطيسي عند الحالة هذه :

$$T_{em} = 0.8 \times 173.2 = 103.9\ \ Nm$$

٣- عند انخفاض تيار التهييج وبقاء الحمل ثابتاً، فإن القيمة الجديدة لتيار المتحرض والسرعة الناتجتين تحسبان بالشكل الآتي:

$$T_{em} = K'_p I_f \times 85 = K'_T \times 0.8 I_f \times I_{a1} \quad ; \quad K'_p = K'_T$$

$$I_{a1} = \frac{85}{0.8} = 106.25\ A \quad \Rightarrow \quad E_a = 250 - 0.18 \times 106.25 = 230.9\ V$$

$$234.7 = K'_a I_f \times 1100 \qquad (1)$$

$$230.9 = K_a \times 0.8 I_f \cdot n_1 \qquad (2)$$

بتقسيم العلاقتين (١) و(٢) على بعضهما نجد:

$$\frac{E_{a1}}{E_a} = \frac{0.8 n_1}{n} \Rightarrow \frac{230.9}{234.7} = \frac{0.8 n_1}{1100} \Rightarrow n_1 = 1353\ rpm \ ; \ K'_a = K_a = const.$$

الاستنتاج :

نلاحظ أن تيار متحرض المحرك وسرعة الدوران تتغير عند إنقاص تيار التهييج مع بقاء عزم الحمل ثابتاً .

مسألة /٢٥/

محرك تيار مستمر تفرعي موصل إلى منبع تغذية 220 V ويدور بسرعة 1200 rpm بحالة اللاحمل ويستجر من المنبع تياراً شدته 5 A ، مقاومة المتحرض ومقاومة ملفات

التهييج هي $R_a=0.25\ \Omega$ و $R_f=110\ \Omega$ على التوالي . عند تحميل المحرك يستجر من المنبع تياراً شدته 62 A . المطلوب :

١- كم ستصبح سرعته بعد التحميل ؟ إفرض أن رد فعل المتحـــرض أدى إلـــى انقاص شدة السيالة بمقدار 5% .

٢- احسب العزم الداخلي (الكهرومغنطيسي) المتولد في المحـــرك عنـــد حـــالتي اللاحمل والتحميل.

٣- ماهو العزم المتشكل على محور المحرك عند التحميل ، علماً بأن هذا العـــزم هو الذي سوف يجر الحمل الميكانيكي المطبق على محور المحرك.

الحـــل:

في المحرك التفرعي لدينا :

$$I_L = I_a + I_f \ ; \quad I_f = \frac{U}{R_f} = \frac{220}{110} = 2\,A$$

حيث تيار التهييج ثابت عند جميع حالات التشغيل.

- في حالة اللاحمل (At no load):

$$I_{ao} = 5 - 2 = 3\ A$$

$$E_{ao} = 220 - 0.25 \times 3 = 219.25\ V \ ; \ n_o = 1200\ rpm$$

ولكن:

$$E_{ao} = K'_a \phi \cdot n_o \ \Rightarrow \ 219.25 = K'_a \phi \times 1200$$

$$T_o \omega_o = E_{ao} I_{ao} \ \Rightarrow \ (\frac{2\pi \times 1200}{60}) T_o = 219.25 \times 3 \Rightarrow T_o = 5.23\,Nm$$

هذا العزم يتم انتاجه من قبل المحرك لتغطية الضياعات الحديدية والتهوية والاحتكاك.

- في حالة التحميل (on load):

$$I_{a1} = 62 - 2 = 60\ A \ ; \quad I_f = \frac{220}{110} = 2\,A = const >$$

$$E_{a1} = 220 - 0.25 \times 60 = 205\ V \ ; \quad Flux/pole\ \phi_1 = 0.95\phi$$

$$E_{a1} = K'_a \phi_1 \cdot n_1 \ \Rightarrow \ 205 = K'_a \times 0.95\phi \cdot n_1$$

بما أن تيار التهييج ثابت في كلتا حالتي التشغيل فإن:

$$\frac{Ea1}{Eao}=\frac{K'_a\times 0.95\phi\cdot n_1}{K'_a\phi\cdot n_o}\ \Rightarrow\ \frac{0.95n_1}{1200}=\frac{250}{219.25}\ \Rightarrow\ n_1=1181\ rpm$$

إن الهبوط في سرعة دوران المحرك هو فقط 1.6% في حالة التحميل ، وهذا بسبب الانخفاض في السيالة $\phi/pole$ الناتج عن تأثير رد فعل المتحرض مع الأخذ بالحسبان هبوط السرعة الناتج بسبب هبوط التوتر على مقاومة المتحرض.

$$T_1\omega_1=E_{a1}I_{a1}$$

$$(\frac{2\pi\times 1181}{60})T_1=205\times 60\ \Rightarrow\ T_1=99.5\ Nm$$

$$T_{1(shaft)}=99.5-5.23=94.2\ Nm$$

مسألة /٢٦/

محرك تيار مستمر ذو تهييج تسلسلي استطاعته 7.5 KW وتوتره 220 V ربط على محوره مروحة .

عندما يدور هذا المحرك بسرعة 400 rpm يستجر من المنبع تياراً شدته 30 A . العزم اللازم للمروحة يتناسب مع مربع السرعة ، حيث مقاومة المتحرض لهذا المحرك R_a=0.6 Ω ومقاومة الملف التسلسلي R_{se}=0.6 Ω . بإهمال تأثير رد فعل المتحرض والضياعات الدورانية ، وفرض أن الخواص المغنطيسية لهذا المحرك خطية.

المطلوب:

١- حساب الاستطاعة المقدمة إلى المروحة والعزم الناتج من المحرك.

٢- إيجاد قيمة المقاومة الخارجية الواجب إضافتها على التسلسل مع المتحرض لتخفيض سرعة المروحة إلى 200 rpm .

٣- حساب الاستطاعة المقدمة للمروحة عند السرعة في الطلب الثاني.

الحل:

بإهمال الضياعات الدورانية (الاحتكاك) يكون:

$$P_{fan}=P_{dev}=P\ ;\ P=E_aI_a$$

$$T_{fan} = K'_a I_{se} I_a = K'_a I_a^2 \quad ; \quad I_{se} = I_a$$

$$T_{fan} = K_f \cdot n^2$$

$$T_{dev} = T_{fan} = T \; ; \; I \propto n$$

عند دوران المحرك بالسرعة 400rpm والمقاومة الخارجية معدومة Rext=0 يكون:

$$E_a = 220 - (0.6 + 0.4) \times 30 = 190 \; V \; ; \; I_a = 30 \; A \quad \Rightarrow$$

$$P = 190 \times 30 = 5.7 \; KW$$

$$T\omega = P = E_a I_a \quad \Rightarrow \quad T = \frac{5700}{\frac{2\pi \times 400}{60}} = 136 \; Nm$$

٢- عند دوران المحرك بسرعة 200 rpm ومقاومة خارجية R_{ext}=? يكون:

$$T = 136 \times (\frac{200}{400})^2 = 34 \; Nm \; ;$$

$$\frac{T_{n=400}}{T_{n=200}} = (\frac{n_1}{n_2})^2 = (\frac{400}{200})^2$$

$$T_{n=200} = T_{n=400} (\frac{200}{400})^2 = 136 \times (\frac{200}{400})^2 = 34 \; Nm$$

$$I_a = 30 \times (\frac{200}{400}) = 15 \; A$$

$$T\omega = E_a I_a \quad \Rightarrow$$

$$34 \times (\frac{2\pi \times 200}{60}) = [220 - (0.6 + 0.4) + R_{ext}) \times 15] \times 15 \Rightarrow R_{ext} = 10.5 \Omega$$

$$P = T\omega = 34 \times (\frac{2\pi \times 200}{60}) = 0.721 \; KW$$

مسألة /٢٧/

محرك تيار مستمر ذو تهييج تفرعي ، توتره الاسمي 200 V ، مقاومة ملف التهييج R_f=200 Ω ، مقاومة دارة المتحرض R_a=0.5 Ω . يعمل المحرك في حالة اللاحمل بسيالة كاملة ويدور بسرعة 1000 rpm ويستجر من الشبكة تيار متحرض 4 A . بإهمال الإشباع المغنطيسي ورد فعل المتحرض احسب:

١- التيار والسرعة عندما يُحمّل المحرك بحمل ذي عزم 100 Nm .

٢- احسب قيمة المقاومة المضافة في دارة التحريض إذا طبق على المحرك حمل مقداره 10 HP ويدور بسرعة 1200 rpm .

الحـــل

-١

$$E = C_e \cdot \phi \cdot n \quad or \quad E = K_1 \cdot I_f \cdot \omega_m$$

$$I_f = \frac{U}{R_f} = \frac{200}{200} = 1\ A$$

القوة المحركة في حالة اللاحمل :

$$E = U - I_a R_a = 200 - 4 \times 0.5 = 198\ V \quad \Rightarrow$$

$$K_1 = \frac{198}{1 \times (\frac{2\pi \times 1000}{60})} = 1.89$$

$$T_{em} = K_1 I_f I_a \quad \Rightarrow \quad I_a = (100/1.89) = 52.9\ A$$

وبالتالي يصبح التوتر مساوياً لـــ:

$$U = E + I_a R_a \quad \Rightarrow \quad E = 200 - 52.9 \times 0.5 = 173.55 \quad V$$

- القوة المحركة الكهربائية بعد التحميل :

$$E = K_1 \cdot I_f \cdot \omega_m \ \Rightarrow \ \omega_m = \frac{173.55}{1.89 \times 1} = 91.8\ rad/\sec = \frac{91.8 \times 60}{2\pi} = 876\, rpm$$

٢- من أجل حمولة 10 HP و سرعة دوران 1200 rpm

$$T_{em} = \frac{(10746)}{(\frac{2\pi \times 1200}{60})} = 59.34\ Nm$$

$$T_{em} = K \cdot I_f \cdot I_a \ \Rightarrow \ 59.34 = 1.89\ I_f \cdot I_a \ \Rightarrow \ I_f \cdot I_a = 31.4 \Rightarrow$$

$$U = E + I_a R_a \ \Rightarrow \ 200 = 1.89 \times (\frac{2\pi \times 1200}{60}) I_f + 0.5 I_a \ \Rightarrow$$

$$200 = 237.6 I_f + 0.5 I_a$$

بما أن $I_f \cdot I_a = 31.4$ والتعويض من العلاقة السابقة نجد :

$$200 = 237.6 I_f + \frac{0.5 \times 31.4}{I_f}$$

المعادلة السابقة هي من الدرجة الثانية وبحلها نحصل على قيمتين لتيار التهييج :

$$I_{f1} = 0.754\ A \ ; \ I_{f2} = 0.754\ A$$

ومنه وبالتعويض نحصل على قيمتين لتيار المتحرض I_a

$$I_f = 0.754\ A \quad \Rightarrow \quad I_a = 31.4 / I_f = 41.6\ A$$

$$I_f = 0.088\ A \quad \Rightarrow \quad I_a = 31.4 / I_f = 356.8\ A$$

يتم اختيار قيمة تيار التحريض الأولى 0.754 وإهمال القيمة الثانية كونها تنتج تيار متحرض كبير . ولهذا تصبح المقاومة الكلية .

$$R_f = 200 / 0.754 = 265.25 \Omega$$

ومن ثمّ تصبح المقاومة الخارجية المطلوبة :

$$R_{ext} = 265.25 - 200 = 65.25\ \Omega$$

مسألة /٢٨/

محرك ذو تحريض تفرعي . المقاومة الأومية للمتحرض 0.5 Ω ، ومقاومة ملف التحريض 200 Ω . استطاعته 10 HP وتوتره الاسمي 250 V .

آ- عند العمل في حالة اللاحمل وعند التوتر الاسمي وسرعة دوران 1200 rpm كان تيار المتحرض مساوياً 3A .

ب- عند الحمل الكامل والتوتر الاسمي كان تيار الخط هو 40 A والسيالة أقل بمقدار 5% من قيمتها بحالة اللاحمل بسبب رد فعل المتحرض . احسب سرعة الدوران عند الحمل الكامل .

الحل

-حالة اللاحمل :

$$U = E_1 + I_{a1} R_a \Rightarrow \ U = E_1 + 3 \times 0.5 \ \Rightarrow$$

$$E_1 = U - 3 \times 0.5 = 250 - 3 \times 0.5 = 248.5\ V \ ; \ I_f = \frac{U_f}{R_f} = \frac{250}{200} = 1.25\ A$$

عند حالة التحميل بقي تيار التحريض ثابتـاً (I_f=const.) ، وبالتـالي يكـون تيـار المتحرض عند التحميل مساوياً:

$$I_{a2} = I_L - I_f = 40 - 1.25 = 38.75\,A$$

ومنه تصبح القوة المحركة الكهربائية:

$$E_2 = U - I_{a2}R_a \Rightarrow \quad E_2 = 250 - 38.75 \times 0.5 = 230.6\,V$$

بفرض ϕ_1 السيالة في حالة اللاحمل فإن:

$$\phi_2 = \phi_1 - 0.05\phi_1 = 0.95\phi_1$$

$$E_1 = \frac{p}{a} Z \phi_1 n_1 \quad ; \quad E_2 = \frac{p}{a} Z \times 0.9\phi_1 n_2$$

وبإهمال تأثير رد فعل المتحرض وتأثير تغيرات تيار التحريض وأثر المحارضة نجد:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\frac{p}{a}\frac{Z}{60}\phi_1 n_1}{\frac{p}{a}\frac{Z}{60} \times 0.9\phi_1 n_2} = \frac{n_1}{0.9 n_2} \Rightarrow n_2 = \frac{n_1 E_2}{0.9 E_1} = \frac{1200 \times 230.6}{0.9248.5} = 1170\,rpm$$

مسألة /٢٩/

محرك ذو تحريض تفرعي استطاعته الاسـمية 10 HP ، تـوتره الاسـمي 230 V ، وسرعته الاسمية 500 rpm ويستجر متحرضه عند الحمل الكامل تياراً شدته 37 A . يتم إقلاعه بأربعة مراحل ومقاومة متحرضه R_a=0.39 Ω ومقاومات الإقـلاع حـسب تتابع إخراجها من الدارة هي:

0.39 Ω ، 0.78 Ω ، 1.56 Ω . بإهمال تغيرات تيار التحريض ورد فعل المتحـرض والمحارضة . المطلوب :

أوجد شدة التيار الأعظمية I_{amax} وشدة التيار الأصغري I_{amin} للمتحـرض وسرعة الموافقة لكل مرحلة من مراحل الإقلاع.

الحـل

معطيات المسألة : 10 HP , U=230 V , n=500 V , I_a at full load= 37 A

عدد مراحل الإقلاع أربعة.

المرحلة الأولى:

قبل البدء بالإقلاع يكون E=0 ومقاومة الإقلاع الكلية $R_{st(1)} = 1.56 + 0.78 + 0.39 + 0.39 = 3.12\ \Omega$ وبالتالي يكون تيار الإقلاع عند هذه اللحظة مساوياً I_{st1} .

$$I_{st1} = \frac{U}{R_{st(1)}} = \frac{220}{3.12} = 73.7\ A \approx 74\ A = I_{\max}$$

خلال مرحلة الإقلاع الأولى سيحدث هبوط في التيار بسبب مقاومة المتحرض وسيعود التيار إلى القيمة I_{amin}=37 A في نهاية هذه المرحلة ، وبالتالي تصبح القوة المحركة الكهربائية E في المحرك :

$$E_1 = 230 - 3.12 \times 37 = 230 - 115.44 = 114.56\ V$$

القوة المحركة الكهربائية التي ستتولد في متحرض المحرك عندما يصل إلى سرعته الاسمية وهو محمل الحمل الاسمي وبعد إخراج جميع المقاومات خارج دارة المتحرض.

$$E = U - I_a R_a = 230 - 37 \times 0.39 = 230 - 14.43 = 215.57\ V$$

وبالتالي تكون السرعة عندما تكون القوة المحركة الكهربائية مساوية 114.56 V مساوية :

$$n_1 = \frac{E_1}{E_{final}} n_{final} = \frac{114.56}{215.57} \times 500 = 265.7\ rpm$$

- **المرحلة الثانية:** تُحسب بعد إخراج أول مرحلة من المقاومة وهي 1.56 Ω، بالتالي تصبح مقاومة الإقلاع هي:

$$R_{st(2)} = 3.12 - 1.56 = 1.56\ \Omega$$

السرعة في بداية هذه المرحلة هي n=265.7 rpm والتي عندها تكون القوة المحركة الكهربائية E_1=114.56 V ، والتيار يصبح في بداية هذه المرحلة (بعد حذف أول مرحلة) :

$$I_a = \frac{U - E_1}{R_{st(2)}} = \frac{115.44}{1.56} = 74\ A$$

وباعتبار أن قيمة التيار النهائية هي: $I_{a\min} = I_a = 37\ A$ تصبح قيمة القوة المحركة الكهربائية الموافقة لهذه المرحلة هي:

$$E_2 = 230 - 37 \times 1.65 = 230 - 57.72 = 172.28\ V$$

وبالتالي تصبح السرعة الموافقة في نهاية هذه المرحلة:

$$n_2 = \frac{E_2}{E_{final}} n_{final} = \frac{172.28}{215.57} \times 500 = 399.6 \approx 400\ rpm$$

المرحلة الثالثة:

في بداية هذه المرحلة ستكون المقاومة المتبقية في دارة المتحرض هي: $R_{st(3)}=0.78\Omega$ وتكون السرعة في بداية هذه المرحلة هي 399.6 rpm ، والقوة المحركة الكهربائية هي 172.28 V والتيار الابتدائي في هذه المرحلة يساوي:

$$I_{a\max} = (230 - 172.28)/0.78 = 74\ A$$

وباعتبار التيار $I_{amin}=37$ A نجد أن قيمة القوة المحركة الكهربائية هي:

$$E_3 = 230 - 37 \times 0.78 = 201.14\ V$$

وبالتالي السرعة الموافقة هي:

$$n_3 = \frac{E_3}{E_{final}} n_{final} = \frac{201.14}{215.57} \times 500 = 266.5\ rpm$$

والجدول الآتي يبين شدة التيار والقوة المحركة الكهربائية خلال مراحل الإقلاع.

No. of step	Current [A]		Speed [rpm]	
	Ini	Final	Ini	Final
1	74	37	0	266
2	74	37	266	400
3	74	37	400	467
4	74	37	467	500

مسألة /٣٠/

محرك تيار مستمر ذو تحريض تفرعي يعمل على توتر 400 V ويستجر من المنبع تياراً شدته 5.6 A عند حالة اللاحمل ، و 68.3 A عند عمله تحت الحمل الاسمي ، فإذا علمت أن رد فعل المتحرض يخفض السيالة بمقدار 3% . المطلوب:

احسب النسبة بين سرعتي المحرك عند حالتي اللاحمل والتحميل الاسمي ، حيث مقاومة دارة المتحرض R_a=0.18 Ω ، هبوط التوتر على المسفرات يساوي 2 V ، مقاومة ملف التحريض R_f=200 Ω .

الحل:

$$I_f = \frac{U}{R_f} = \frac{400}{200} = 2\ A$$

- تيار المتحرض عند حالة اللاحمل:

$$I_{ao} = I_{(no-load)} - I_f = 5.6 - 2 = 3.6\ A$$

$$E_{ao} = U - I_{ao}R_a - \Delta V_{br} = 400 - 3.6 \times 0.18 - 2 = 397.4\ V$$

- تيار المتحرض عند حالة التحميل الاسمي:

$$I_{a(full-load)} = I_{(full-load)} - I_f = 68.3 - 2 = 66.3\ A$$

$$E_{a(full-load)} = U - I_{a(full-load)}R_a - \Delta V_{br} = 400 - 66.3 \times 0.18 - 2 = 386.1\ V$$

$$\frac{n_{(full-load)}}{n_{(no-load)}} = \frac{n_{(full-load)}}{n_{(no-load)}} \times \frac{\phi_{(no-load)}}{\phi_{(full-load)}} = \frac{386.1}{397.4} \times \frac{1}{0.97} = 1$$

الاستنتاج:

من خلال النتائج نجد أن الانخفاض في الحقل أو التحريض وبالتالي السيالة الذي سببه تأثير رد فعل المتحرض أدى إلى تساوي السرعة في كلتا حالتي التشغيل (اللاحمل والتحميل) .

مسألة /٣١/

محرك تيار مستمر ذو تحريض تفرعي يمتلك المعطيات الآتية:

P=750 KW ; U=250 V ; n=1200 rpm ; R_f=41.67 Ω ; R_a=0.03 Ω

زود هذا المحرك بملفات لتعويض رد فعل المتحرض ، الضياعات الحديدية وضياعات الاحتكاك مهملة. حُمّل المحرك بحمل ذي عزم ثابت ويستجر تياراً شدته 126 A عندما يدور بسرعة 1105 rpm .

١- بفرض أن الخواص المغنطيسية للمحرك خطية ، فكم يصبح التيار المستجر والسرعة إذا خُفّض تيار التحريض إلى القيمة A 5 ؟ احسب ايضاً عزم الحمل.

٢- بفرض أن المحرك يمتلك الخواص المغنطيسية المبينة في الجدول أدناه عند السرعة 1200 rpm. احسب سرعة المحرك وتيار المحرك وكذلك تيار الخط كما في الطلب الأول. قارن بين نتائج الحالتين السابقتين.

I_f(A)	4	5	6	7
V_{DC} (V)	217	250	267	280

الحـــل:

١- من الخواص المغنطيسية الخطية :

$$I_{f1} = \frac{U}{R_f} = \frac{250}{41.67} = 6\ A$$

$$I_{a1} = 126 - 6 = 120\ A$$

$$E_{a1} = U - I_{a1}R_a = 250 - 120 \times 0.03 = 246.4\ V$$

نعلم أن سرعة المحرك هي $n = 1105\ rpm\ ;\ \omega_1 = \frac{1105}{60} = 115.7\ rad/\sec$

$$E_a = K_a\phi\omega = K'_a\omega = K''_a I_f \omega \qquad (1)$$

$$T = K_a\phi I_a = K'_a I_a = K''_a I_f I_a \qquad (2)$$

من المعادلة (١) نجد:

$$E_{a1} = 246 = K''_a \times 6 \times 115.7 \Rightarrow K''_a = 0.355 \Rightarrow$$

$$T = 0.355 \times 6 \times 120 = 255.6\ Nm$$

بعد تخفيض تيار التحريض إلى $I_{f2} = 5\ A$ يكون:

$$T_{(const.)} = K''_a I_{f1} I_{a1} > K''_a I_{f2} I_{a2}$$

$$I_{a2} = 120 \times \frac{6}{5} = 144\ A\ ;\ I_{L2} = 144 + 2 = 146\ A$$

$$E_{a2} = 250 - 144 \times 0.03 = 245.65\ V \Rightarrow 245.65 = 0.355 \times 5 \times \omega_2 \Rightarrow$$

$$\omega_2 = 138.4\ rad/\sec\ or\ 1322\ rpm$$

٢- برسم منحني المغنطة والخواص خطية:

$$I_{f1} = 6\,A \Rightarrow V_{OC} = 267\,V \;\; at \;\; 1200\,rpm \;\; or \;\; 125.7\,rad/\sec$$

$$267 = K_a\phi_1 \times 125.7 \quad \Rightarrow \quad K_a\phi_1 = 2.124$$

$$I_{f2} = 5A \Rightarrow \quad V_{OC} = 250\,V \;\; at \;\; 1200\,rpm \;\; or \;\; 125.7\,rad/\sec$$

$$K_a\phi_2 = \frac{250}{125.7} = 1.989$$

$$T_{(const.)} = K_a\phi_2 I_{a2} = K_a\phi_1 I_{a1} \Rightarrow \; I_{a2} = I_{a1}\frac{K_a\phi_1}{K_a\phi_2} = 120 \times \frac{2.124}{1.989} = 128.1\,A$$

$$I_{L2} = 128.1 + 2 = 130.1\;A$$

$$E_{a2} = 250 - 0.03 \times 128.1 = 246.16\;V$$

$$246.16 = K_a\phi_2\omega_2 \;\Rightarrow\; \omega_2 = \frac{246.16}{1.989} = 123.76\;rad/\sec \;\; or \;\; 1182\;rpm$$

الاستنتاج والمقارنة بين النتائج :

إن السرعة كما حسبت مع فرض خطية الخواص المغنطيسية هي :

$$\frac{1322 - 1182}{1182} \times 100 = 11.8\%$$

أعلى من القيمة التي أخذ فيها بالحسبان الخواص المغنطيسية الحقيقية . لذلك الخطية ليست جيدة من أجل تقدير السرعة.

مسألة /٣٢/

يمتلك محرك تيار مستمر ذو تحريض تفرعي المعطيات الآتية:

U=250 V , R_f=150 Ω ; R_a=0.6 Ω

يعمل المحرك في حالة اللاحمل عند سيالة تحريض اسمية وعند الدوران بالسرعته الاسمية 1000 rpm وتيار I_a=5A . إذا حمل المحرك بحمل يحتاج لعزم 100Nm .

المطلوب :

١- احسب تيار المتحرض وسرعة المحرك .

٢- إذا قدم المحرك استطاعة 10 KW عند السرعة 1200rpm. ما هي قيمة المقاومة الخارجية التسلسلية اللازم إضافتها في دارة التحريض ؟ أهمل الإشباع وتأثير رد فعل المتحرض .

الحل

من معادلة القوة المحركة الكهربائية لدينا:

$$E_a = K_a\phi\omega_m = K\omega_m \qquad (1)$$

$$T = K_a\phi I_a = KI_a \qquad (2)$$

- في حالة اللاحمل:

$$250 - 5\times 0.6 = K\times\frac{2\pi\times 1000}{60} \;\Rightarrow\; K = 2.36$$

- عندما يُحمل المحرك بعزم 100Nm نجد:

$$I_a = \frac{T}{K} = \frac{100}{2.36} = 42.4\,A$$

$$\omega_m = \frac{E_a}{K} = \frac{250 - 42.4\times 0.6}{2.36} = 95.15\,rad/\sec \;\Rightarrow\; n = \frac{60}{2\pi}\omega_m = 909\ rpm$$

لكي يقدم المحرك استطاعة خرج 10 KW عند السرعة 1200rpm، وبفرض أن الخواص المغنطيسية خطية يمكن إعادة كتابة المعادلات (١) و(٢)بالشكل الآتي:

$$E_a = K'_a I_f \omega_m \qquad (3)$$

$$T = K'_a I_f I_a \qquad (4)$$

من معطيات حالة العمل عند اللاحمل لدينا:

$$I_f = \frac{U}{R_f} = \frac{250}{150} = 1.67\ A \quad ; \quad K'_a = \frac{K}{I_f} = \frac{2.36}{1.07} = 1.413$$

الآن:

$$(250 - 0.6I'_a)I'_a = 10\times 1000$$

$$250I'_a - 0.6I'^2_a - 10\times 1000 = 0$$

بحل المعادلة واستبعاد القيمة العليا للتيار نجد: $I'_a = 44.8$

بالتعويض في المعادلة (٣) نجد:

$$250 - 0.6 \times 44.8 = 1.413 I'_f \times \frac{2\pi \times 1200}{60} \quad \Rightarrow \quad I'_f = 1.257\ A$$

$$R_{f(total)} = \frac{250}{1.257} = 199\ \Omega \quad \Rightarrow \quad R_{f(external)} = 199 - 150 = 49\ \Omega\ .$$

مسألة /٣٣/

يبين الجدول الآتي خواص الدارة المفتوحة تم الحصول عليها بالتحريض المستقل لمحرك تسلسلي عند سرعة دوران 900 rpm .

E_a [V]	0	78	150	192	220
I_f [A]	0	50	100	150	200

مقاومة المتحرض وملف التحريض التسلسلي هي 0.035Ω و 0.015 Ω على التوالي.

حدّد السرعة والعزم الناتج من المحرك عند تيار متحرض 200 A بتطبيق منبع ذي توتر 220 V ويعمل عند:

أ- عدد لفات التحريض كاملة.

ب- عند تخفيض عدد لفات التحريض إلى النصف.

الحل

$$R_{a(total)} = 0.035 + 0.015 = 0.05\Omega$$

$$E_a = 250 - 200 \times 0.05 = 210\ V$$

١-عند كامل ملفات التحرض وسريان تيار 200 A ، وسرعة دوران 900rpm تكون القوة المحركة الكهربائية المتحرضة هي 220 V (من منحني الخواص المغنطيسية) لتصبح سرعة دوران المحرك مساوية : $n = 900 \times \frac{210}{220} = 859.1\ rpm$.

$$T = \frac{E_a I_a}{\omega} = \frac{210 \times 200}{\frac{2\pi \times 859.1}{60}} = 466.85\ Nm$$

٢- عند تخفيض عدد اللفات في دارة التحريض إلى النصف تصبح :

$$R_{se} = \frac{0.015}{2} = 0.0075$$

$$R_{a(total)} = 0.035 + 0.0075 = 0.0425\,\Omega$$

$$E_a = 220 - 200 \times 0.0425 = 211.5\ V$$

التيار المكافئ للتحريض الكامل أو الاسمي هو :

$$Equivalent\ full\ field\ turns\ current = \frac{200}{2} = 100\,A$$

من منحني الخواص المغنطيسية لدينا : $E_a = 150\ V(at\ 900\,rpm)$.

$$Motor\ speed = 900 \times \frac{211.5}{150} = 1269\ rpm$$

$$T = \frac{211.5 \times 200}{\frac{2\pi \times 1269}{60}} = 318.5\ Nm$$

مسألة /٣٤/

محرك تيار مستمر ذو تحريض تفرعي يمتلك المحددات الآتية :

P=10 KW ; U=250 KV ; R_a=0.8 Ω ; R_f=275 Ω .

يستجر هذا المحرك تياراً شدته 3.91A عندما يدور في حالة اللاحمل بتطبيق التوتر الاسمي والدوران بالسرعة الاسمية. المطلوب:

١- احسب الضياعات في ملف التحريض ، والضياعات الثابتة (constant losses)

٢- احسب مردود الآلة عند:

أ- عملها كمولد يقدم استطاعته الاسمية البالغة 10 KW بالتوتر الاسمي.

ب- عملها كمحرك يستجر من الشبكة استطاعته الاسمية البالغة 10 KW وعند التوتر الاسمي.

الحل

١- الضياعات في ملف التحريض التفرعي هي ضياعات نحاسية وتحسب بالعلاقة:

$$P_{sh-cu} = \frac{U^2}{R_f} = \frac{(250)^2}{275} = 227.3\ W$$

الضياعات الثابتة: Constant losses P_k:

$$P_k = UI_a - (I_a)^2 R_a = 250 \times 3.91 - (3.91)^2 \times 0.8 = 965\ W$$

٢-آ- عندما تعمل الآلة كمولد تفرعي:

يحسب التيار المستجر من المنبع وتيار التحريض بالعلاقات الآتية:

$$I_L = \frac{P}{U} = \frac{10 \times 1000}{250} = 40\ A \ ; \ I_f = \frac{U}{R_f} = \frac{250}{275} = 0.91\ A$$

$$I_a = I_L + I_f = 40 + 0.91 = 40.91\ A$$

$$\sum P_{Losses} = P_{sh-cu} + P_k + P_{a-cu} =$$

$$= [965 + 227.9 + (40.91)^2 \times 0.8] \times 10^{-3} = 2.53\ KW \Rightarrow$$

$$\eta_G = \frac{P_2}{P_2 + \sum P_{Losses}} = \frac{10}{10 + 2.53} \times 100 = 79.8\%$$

٢-ب : عند عمل الآلة كمحرك:

$$I_a = I_L - I_f = 40 - 0.91 = 39.1\ A$$

$$\sum P_{Losses} = P_{sh-cu} + P_k + P_{a-cu} =$$

$$= [965 + 227.9 + (39.1)^2 \times 0.8] \times 10^{-3} = 2.415\ KW \Rightarrow$$

$$\eta_M = \frac{P_{1-\sum P_{Losses}}}{P_1} = \frac{10 - 2.415}{10} \times 100 = 78.55\%$$

٦-٤: مسائل غير محلولة

المسألة /١/

أوجد السيالة المفيدة تحت كل قطب لمحرك تفرعي ذي 6 أقطاب ولف تموجي بسيط إذا كان عدد لفات المتحرض 110 Turn لفة ، ومقاومة المتحرض مع التماس بين المسفرات والمجمع (0.2Ω) ، وتيار اللاحمل (13.3 A) وعند سرعة دوران في حالة اللاحمل (908 rpm) . علماً أن المحرك يعمل على التوتر (250 V) .

المسألة /٢/

محرك تفرعي ذو لف تموجي بسيط يحتوي متحرضه على 472 ناقلاً . السيالة الناتجة تحت كل قطب عند تيار تحريض 2A هي (3.6 mWb) و عند تيار 4A هي (42 mWb) ، إذا كانت مقاومة ملفات التحريض (125Ω) . احسب سرعة دوران المحرك في حالة اللاحمل إذا كان التوتر المطبق هو:

أ- 500 V و ب- 250 V

علماً أن هبوط التوتر على مقاومة المتحرض من حالة اللاحمل إلى حالة التحميل مهملة.

المسألة /٣/

مولد تيار مستمر يعطي استطاعة (50 KW) عند توتر (250V) ، وسرعة دوران (400 rpm) ، مقاومة المتحرض (0.02 Ω) ، ومقاومة الملفات التفرعية (50Ω). احسب سرعة دورانه كمحرك عندما يستجر استطاعة مقدارها (50 kW) عند توتر (250 V) إذا كان هبوط التوتر على كل مسفرة (1V).

المسألة /٤/

محرك تفرعي يعمل على توتر (220 V) ، مقاومة متحرضه (0.5Ω) ، تيار التحريض له ثابت. يدور المحرك عند الحمل الكامل بسرعة (500 rpm) ، ويستجر المتحرض تيار قيمة (30A) . إذا وضعت مقاومة قيمتها (1Ω) على التسلسل مع المتحرض . احسب السرعة عند الحالات الآتية:

أ-عزم الحمل كامل ، ب-عند ضعف عزم الحمل الكامل ، ج- أوجد عزم الإيقاف لهذا المحرك .

المسألة /٥/

محرك تفرعي يعمل على التوتر (500 V) . استطاعته الاسمية (10HP) ، ومردوده عند الحمل الاسمي (85%) عند نفس تيار التحريض و تيار المتحرض . نقلل السرعة حوالي (30%) بإضافة مقاومة مع المتحرض. افرض أن الضياعات في المحرك عدا الضياعات النحاسية تتغير مع السرعة (بشكل خطي) . احسب قيمة هذه المقاومة الإضافية والمردود عند هذه السرعة المخفضة ، علماً أن مقاومة ملفات الأقطاب(400Ω) ، ومقاومة المتحرض (0.25Ω) .

المسألة /٦/

محرك تفرعي يعمل على توتر مقداره (240 V) ، يدور بسرعة (1000 rpm)، ويعطي استطاعة قيمتها (15 HP) ، عندما يكون تيار المتحرض (50A) ، وتيار التحريض (1.0A) . المتحرض ذو لف تموجي بسيط ذو (540) ناقلاً، مقاومة المتحرض (0.1Ω) والهبوط على كل مسفرة (1V) . أوجد:

آ-العزم المفيد ، ب-العزم الكلي ، ج- السيالة المفيدة لكل قطب ، د- الضياعات الميكانيكية ، هـ- المردود .

المسألة /٧/

يحتوي محرك تيار تسلسلي يعمل على توتر (440V) على **مقاومة تنظيم R موصولة** على التسلسل مع المتحرض. مقاومة المتحرض (Ω 0.3) **عندما تكون R=0** والتيار I_a=20A يدور المحرك بسرعة 1200r.p.m . أوجد السرعة **عندما** R=3Ω وتيار المتحرض I_a =15 A ، وكذلك نسبة الاستطاعة **الميكانيكية الكلية في الحالتين** إذا كانت السيالة عند التيار 15A تساوي 80% من قيمتها عند التيار 20A .

المسألة /٨/

محرك تيار مستمر تسلسلي يدور بسرعة (1000 rpm) ، **ويعطي استطاعة قيمتها** (5 HP)، التيار الذي يستجره عندما تكون ملفات الأقطاب **جميعها موصولة على التسلسل** (20A) وهو التيار الذي سوف يستجره من أجل نفس **استطاعة الخرج السابقة**. إذا رُبطت ملفات الأقطاب بشكل مجموعتين على التوازي معاً ماهو العزم الناتج والسرعة في هذه الحالة إذا كانت مقاومة المتحرض (Ω 1.1) ، وإن مقاومة كل جزء من الملف (Ω 0.4) . استخدم الجدول المئوي لخصائص اللاحمل.

المسألة /٩/

محرك تيار مستمر تسلسلي يعمل على توتر (500V) ، يدور بسرعة (400 rpm) مردوده 90% . العزم المفيد على محوره (144 lb.ft) . احسب التيار الذي يستجره هذا المحرك.

المسألة /١٠/

محرك تيار مستمر يُستخدم كمحرك لجر قطار يعمل على توتر (500V) استطاعته الاسمية (35 HP) ، ذو أربعة أقطاب، ويحتوي كل قطب على (44 لفة)، و يحتوي المتحرض على (744) ناقلاً ، ذو لف تموجي بسيط **مقاومة المتحرض** (0.3Ω)

ومقاومة الملفات التسلسلية (0.18Ω) . منحني خصائص اللاحمل لـــه وفــق الجــدول المئوي (المعطى سابقاً) ، حيــث تمثــل الـــ 100% ســيالة قيمتهــا (30 mWb) 3000A.T, لكل قطب . أوجد السرعة عند تيار 30A و 60A من أجل تــوتر للمنبــع 500V وذلك :

أ- إذا كانت هناك مقاومة موصولة على التسلسل مع المتحرض قيمتها (5Ω) .

ب- إذا كان التوتر موصولاً بشكل مباشر.

ج-إذا كان التوتر موصولاً مباشرة ، وكان هناك مقاومــة تفرعيــة مــع ملفــات الأقطاب قيمتها (0.36Ω) .

المسألة /١١/

محرك تيار مستمر تسلسلي له مقاومة بين مربطيه (1Ω)، يُدير مروحة يتناسب العزم الناشئ عنها مع مربع السرعة . وعند توتر مقداره (220V) تدور المجموعة بــسرعة (300 rpm) وتأخذ تيار مقدار 25A . يُراد زيادة السرعة إلى (400 rpm) عن طريق زيادة التوتر.

أوجد التوتر الواجب تطبيقه والتيار المار وذلك في الحالتين :

أ- نقطة العمل للمحرك تقع في النقطة المشبعة من الخصائص المغنطيــسية (أي السيالة ثابتة) .

ب- نقطة العمل للمحرك تقع في المنطقة الخطية (أي السيالة تتناسب مع التيار).

المسألة /١٢/

بين أن الزمن اللازم لكي يتسارع المحرك إلى سرعة $\omega\ rad/sec$ هي:

$$t=\frac{20\times\pi\times j\times\omega\times a}{p\times I\times Z\times\phi}$$

حيث:

a:عدد أزواج الدارات التفرعية .

p :عدد أزواج الأقطاب .

J :عزم العطالة مقدراً بـ $g.c.m^2$.

Ø :السيالة تحت القطب .

Z :عدد النواقل.

I :التيار الذي يُستجر عند التسارع افرض أنه ثابت.

المسألة /١٣/

محرك تيار مستمر تفرعي يعمل على توتر (500V) ، استطاعته الاسمية (50 HP) يستجر تياراً مقدار(81A) عند الحمل الكامل ويدور بسرعة (500 rpm)، عزم العطالة للمجموعة الدائرة (المتحرض + الآلة المربوطة معه) هي ($20\ kg.m^2$). أوجد الزمن اللازم لتصل سرعته إلى السرعة الاسمية إذا أقلع المحرك تحت عزم مساويا للعزم الاسمي ، وإن تيار الإقلاع كان يتراوح بين 1.1 و 1.4 التيار الاسمي. افرض أن المردود ثابت عند تيار مساوٍ لقيمته عند الحمل الاسمي خلال مرحلة الإقلاع.

المسألة /١٤/

-ليكن لديك محرك تيار مستمر ذو تهييج تفرعي ، ويمتلك المواصفات الاسمية الآتية:

التوتر الاسمي $U_n= 220\ V$ ، الاستطاعة الاسمية $P_n= 24\ kW$ ، $n_n= 3000\ rpm$ ، $\eta_n=$ 88% ، $R_f=116\ \Omega$ ، $R_a=0.035\ \Omega$. والمطلوب :

- حساب تيار التهييج وتيار المتحرض.
- مجموع الضياعات الحديدية والميكانيكية.
- حساب تيار المتحرض عندما يعمل المحرك عند مردود أعظمي.
- حساب العزم الاسمي للمحرك.
- حساب سرعة المحرك عند الحمل الاسمي مع إضافة مقاومة تسلسلية مع المتحرض مقدارها $0.5\ \Omega$.

مسألة /١٥/

محرك تيار مستمر ذو تحريض تفرعي 250 V ، 10 KW ، مقاومة دارة متحرضه 0.5 Ω ومقاومة ملفات التحريض 200 Ω . عند العمل في حالة اللاحمل بالتوتر الاسمي كانت السرعة 1200 rpm وشدة تيار المتحرض 3 A . عند تحميله الاسمي استجر من المنبع تياراً شدته 47 A ، علماً بأن تأثير رد فعل المتحرض أدى إلى نقصان قيمة السيالة بمقدار 4% عن قيمتها في حالة اللاحمل . المطلوب:

١- ما سرعة دوران المحرك عند الحمل الاسمي ؟

٢- ما العزم الكهرومغنطيسي المتولد في المحرك عند تحميله الاسمي ؟

مسألة /١٦/

محرك تيار مستمر ذو تحريض تفرعي توتره الاسمي 200 V ، مقاومة دارة المتحرض R_a=0.1 Ω ، مقاومة دارة التحريض R_f=240 Ω والضياعات الدورانية 236 W (الضياعات الميكانيكية) . عند تحميل المحرك بالحمل الاسمي كانت شدة التيار المستجر من المنبع 9.8 A وسرعة دورانه 1450 rpm . المطلوب :

١- احسب الاستطاعة الميكانيكية المتولدة في المحرك.

٢- احسب استطاعة الخرج .

٣- عزم الحمل .

٤- مردود المحرك عند تحميله بالحمل الاسمي .

مسألة /١٧/

محرك تيار مستمر (غير مشبع) ذو تحريض تفرعي 220 V ، مقاومة دارة المتحرض مع المسفرات وأقطاب التبديل 0.04 Ω ، مقاومة ملفات التحريض 100 Ω . المطلوب:

١- أوجد قيمة المقاومة اللازم إضافتها لدارة التحريض لزيادة سرعة دوران المحرك من 1200 rpm إلى 1600 rpm فاستجرار عندها المحرك تياراً شدته 200 A .

٢- احسب سرعة المحرك عند بقاء مقاومة دارة ملف التحريض كما في الحالة (١) والمحرك يستجر من المنبع تياراً شدته 120 A .

٣- احسب شدة تيار التحريض إذا عملت الآلة كمولد تيار مستمر يقدم تياراً شدته 200 A بتوتر 220 V ويدور بسرعة 1300 rpm .

٤- احسب السرعة عندما يكون تيار التحريض 2 A .

مسألة /١٨/

يمتلك محرك تيار مستمر ذو تحريض تفرعي المعطيات الآتية:

50 KW ; 230 V ; R_a=0.1 Ω ; R_f=200 Ω

ويدور في حالة اللاحمل بسرعة دوران 1400 rpm ويستجر من المنبع تياراً شدته 10 A . عندما يُدير المحرك حملاً يستجر من المنبع تياراً شدته 200 A . المطلوب:

١- إيجاد سرعة دوران المحرك عند هذا الحمل وأيضاً العزم المتولد.

افرض أن تأثير رد فعل المتحرض أدى إلى انخفاض السيالة/ القطب بمقدار 4% من قيمتها في حالة اللاحمل.

مسألة /١٩/

محرك تيار مستمر ذو تحريض تسلسلي توتره الاسمي 250 V ويمتلك خواص اللاحمل المبينة في الجدول الآتي عند سرعة دوران 1200rpm

I_f (A)	5	10	15	20	25	30
V_{DC} (V)	100	175	220	240	260	275

مقاومة دارة المتحرض R_a=0.3 Ω ومقاومة ملف التحريض التسلسلي R_{se}=0.3 Ω .

أوجد سرعة المحرك عند:

١- تيار متحرض شدته I_a=25 A .

٢- عزم كهرومغنطيسي متولد في المحرك مقداره 40 Nm .

مسألة /٢٠/

محرك تيار مستمر ذو تحريض تفرعي يمتلك المعطيات الآتية:

P=15 KW ; U= 250 V ; n=1200 rpm ; 2p=4 ; 2a=4 ;

عدد النواقل في المتحرض Z=900 Conductor ومقاومة المتحرض R_a=0.2 Ω .

عند دوران المحرك بالسرعة الاسمية واستطاعة خرج اسمية يستجر كان تيار متحرضه I_a=75 A وتيار التحريض I_f=1.5 A . المطلوب :

١- احسب السيالة تحت القطب Flux/pole .

٢- العزم المتولد من المحرك.

٣- الضياعات الدورانية .

٤- المردود.

٥- العزم المتولد على محور المحرك.

إذا بقي العزم المحسوب على محوره ثابتاً وتم تخفيض سيالة التحريض إلى 70% من قيمتها . احسب سرعة الدوران عندئذٍ.

مسألة /٢١/

محرك تيار مستمر استطاعته 100 KW ، توتره الاسمي 600 V ، يدور بسرعة 600 rpm يعمل كمحرك جر كهربائي(series wound railway motor) ، مقاومة ملف التحريض ودارة المتحرض متضمنة مقاومة المسفرات 0.155 Ω و شدة تيار الحمل الاسمي عند التوتر الاسمي والسرعة الاسمية هي 206 A .

منحني خواص المغنطة عند السرعة 400 rpm حسب الجدول الآتي:

I_f (A)	188	206	216	250	290	333
Emf (V)	375	390	400	425	450	475

المطلوب:

١- حدّد تأثير رد فعل المتحرض عند استجرار شدته تيار 206 A .

٢- احسب العزم الداخلي المتولد عند تيار الحمل الاسمي.

٣- افرض أن الـــ ق.م.ك لرد فعل المتحرض (demagnetizing armature reaction mmf) تتناسب مع مربع تيار المتحرض I_a^2. أوجد عزم الإقلاع الداخلي عند تيـــار إقلاع شدته 350 A .

مسألة /٢٢/

يقود محرك تيار مستمر مولدة باستطاعة 100KW ، مردودها 87% . المطلوب :

١- حساب الاستطاعة الاسمية للمحرك بالـــ KW .

٢- إذا كان المردود الكلي لمجموعة محرك-مولد 74% . ما مردود المحرك ؟

٣- احسب الضياعات في كل من المولد والمحرك .

مسألة /٢٣/

يُدير محرك تيار مستمر توتره الاسمي 600 V حملاً استطاعته 60 KW عند ســـرعة دوران 900 rpm . مقاومة ملف التحريض التفرعي 100 Ω ومقاومة دارة المتحـــرض R_a=0.16 Ω . إذا كان مردود المحرك 85% . حدّد :

١- السرعة عند عمل المحرك بحالة اللاحمل، وتنظيم السرعة.

٢- الضياعات الدورانية (الضياعات الحديدية في حالـــة اللاحمـــل والـــضياعات الميكانيكية)

مسألة /٢٤/

يُراد إقلاع محرك تيار مستمر توتره 220 V باستخدام المقاومات ، فـــإذا علمـــت أن التيار الأعظمي المسموح I_{amax}=55 A والتيار الأصغري I_{amin}=35 A . أوجد عـــدد

مراحل الإقلاع المناسبة ، واحسب مقاومة كل مرحلة من مراحل الإقلاع علماً بان مقاومة المتحرض للمحرك $R_a=0.4\ \Omega$.

مسألة /٢٥/

محرك مروحة تسلسلي ذو أربعة أقطاب يتغذى من منبع 230 V، ويستجر متحرضه تياراً شدته 50 A عند الدوران بسرعة 2000 rpm وتوصيل ملفات التحريض الأربعة على التسلسل .

إذا وصلت ملفات التحريض الأربعة بشكل مجموعتين تفرعيتين ، كل ملفين على التسلسل ، وبفرض أن السيالة / قطب تتناسب مع مربع تيار التحريض وعزم الحمل يتناسب مع مربع السرعة. أوجد السرعة وتيار المتحرض لهذه الحالة ، علماً أن مقاومة المتحرض $R_a=0.2\Omega$ ، ومقاومة كل ملف من ملفات التحريض التسلسلية $R_{se}=0.2\Omega$ (أهمل الضياعات).

الفصل السابع

مسائل دورات سابقة محلولة وغير محلولة

آ-المسائل المحلولة

دورة حزيران /١٩٧٧/

المسألة الأولى:

آلة تيار مستمر ذات أربعة أقطاب تدور بسرعة 1500 rpm، يحتوي متحرضها على 1200 ناقل موضوعة في 30 مجرى والمطلوب :

١ – ماهي السيالة المغنطيسية لكل قطب حتى تولد الآلة قوة محركة كهربائية في حالة اللاحمل قيمتها 240 V وذلك:

آ – إذا كانت الآلة ذات لف انطباقي بسيط .

ب – إذا كانت الآلة ذات لف تموجي ، وعندما تعطي الآلة تياراً شدته $I_a = 40\ A$. ماهو التيار المار في النواقل في كلتا الحالتين .

٢ – بفرض أن الآلة ذات لف انطباقي بسيط . ماهي القوة المحركة المغنطيسية لكل من رد الفعل العمودي والمباشر والناتجة من النواقل الموزعة خلال خطوتين قطبيتين إذا كانت المسفرات مزاحة بزاوية 9^o درجة عن المحور الحيادي باتجاه الدوران وذلك عند تحميلها بتيار شدته 40A .

٣ – عند نفس التيار السابق ماهي القوة المحركة الكهربائية الناتجة من التحريض الذاتي في الوشيعة الواقعة تحت التبديل إذا كان قطر المتحرض 31.8 cm وطوله 40 cm والسماحية المغنطيسية $\Lambda = 6 \times 10 - 6\ H/m$. وماهي كثافة السيالة المطلوبة تحت أقطاب التبديل لإلغاء أثر هذه القوة ؟

الحل:

من معطيات المسألة لدينا: $2p=4$, $n=1500$ rpm , $N_{s\ell}=30$, $Z=1200$

١ – قيمة السيالة التي تولد قوة محركة كهربائية في الآلة عند حالة اللاحمل تساوي (240 V) .

آ – الآلة ذات لف انطباقي بسيط :

$$\frac{p}{a}=\frac{2}{2}=1\ ,\quad E=\frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{60}\cdot\phi\cdot n\ \Rightarrow\ \phi=\cdot\frac{E}{\frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{60}\cdot n}$$

$$\phi=\frac{240}{1\times\frac{1200}{60}\times1500}=0.088\ Wb$$

ب– الآلة ذات لف تموجي بسيط:

$$\frac{p}{a}=\frac{2}{1}\qquad\Rightarrow\ \phi=\frac{240}{\frac{2}{1}\times\frac{1200}{60}\times1500}=0.04\ Wb$$

– تيار النواقل: يعطى تيار النواقل بالعلاقة الآتية : $I_c=\frac{I_a}{2a}$

في حالة اللف الانطباقي البسيط: $2a=4\quad\Rightarrow I_c=\frac{40}{4}=10\ A$

في حالة اللف التموجي البسيط: $2a=2\quad\Rightarrow I_c=\frac{40}{2}=20\ A$

٢– الآلة ذات لف انطباقي بسيط والمطلوب حساب رد الفعل المباشر والعمودي عندما تكون المسفرات مزاحة بزاوية مقدارها 9^o درجات باتجاه الدوران:

– رد الفعل المباشر:

$$F_{ad}=\frac{I_a\cdot Z}{2a}\cdot\frac{\beta}{180}\ \Rightarrow\ F_{ad}=\frac{40\times1200}{4}\times\frac{9}{180}=600\ A.T$$

– رد الفعل العمودي:

$$F_{aq}=\frac{I_a\cdot Z}{4a\times p}-F_{ad}\ \Rightarrow\ F_{aq}=\frac{40\times1200}{4\times2\times2}-600=2400\ A.T$$

٣– من معطيات المسألة لدينا:

$$D_a=31.5\ cm\ ,\quad L_a=40\ cm\qquad,\quad \Lambda=6\times10^{-6}\ Henry/m$$

القوة المحركة الناشئة من التحريض الذاتي:

$$e_L = 2 \times N_s \cdot L \cdot V \cdot A$$

$$N_s = \frac{Z}{N} = \frac{1200}{2 \times 30} = 20$$

$$\pi \cdot D_a \cdot \frac{n}{60} = 3.14 \times 0.318 \times \frac{1500}{60} = 25 \; m/sec$$

$$A = \frac{I_a \cdot Z}{2a \cdot \pi \cdot Da} = \frac{40 \times 1200}{2 \times \pi \times 0.318} = 12012 \quad AC/m$$

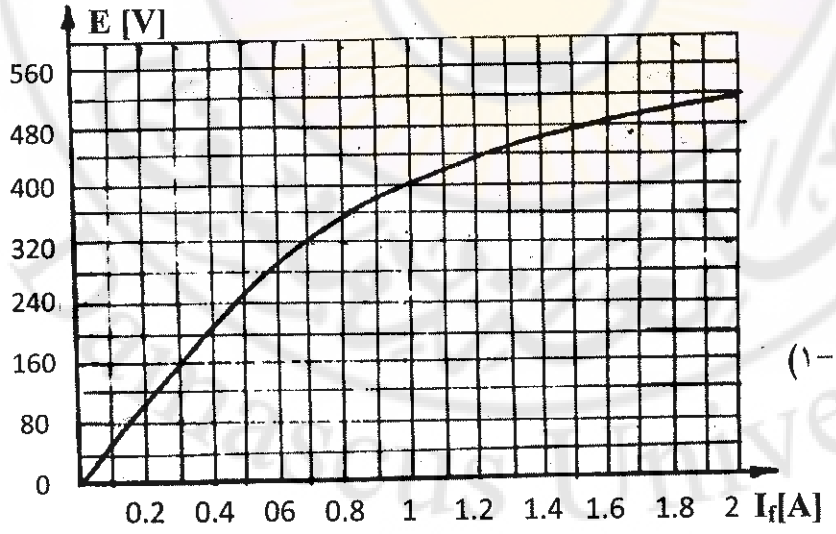
$$e_L = 2 \times 20 \times 0.4 \times 25 \times 12012 \times 610^{-6} = 28.8 \; V$$

وبالتالي تكون كثافة السيالة المطلوبة تحت أقطاب التبديل:

$$B_c = A \times \Lambda = 12012 \times 6 \times 10^{-6} = 0.072 \quad Wb/m^2$$

المسألة الثانية:

آلة تيار مستمر ذات ستة أقطاب توترها الاسمي 400 V وسرعتها الاسميةrpm 1000، تحتوي أقطابها على ملفات تفرعية مجهولة المقاومة وملفات تسلسلية مقاومتها 0.2Ω. مقاومة المتحرض مع مقاومة التماس بين المسفرات والمجمع 0.4 Ω . عند إجراء تجربة الدارة المفتوحة عليها بتحريضها تحريضاً مستقلاً حصلنا على الخواص المبينة بالشكل وذلك عندما تدور بسرعتها الاسمية، المطلوب :



شكل(٧-١)

١ – تحديد قيمة مقاومة دارة الأقطاب لكي تعطي توترها الاسمي في حالة اللاحمل وعند سرعتها الاسمية .

٢ – تحديد قيمة المقاومة الحرجة عند السرعة الاسمية .

٣ – تحديد السرعة الحرجة عند قيمة المقاومة المحسوبة في الطلب الأول .

٤ – بفرض أن التوتر في حالة اللاحمل 400 V وأن تأثير رد الفعل مهمل . ماهو التوتر الذي سيظهر على طرفي الحمل عند تحميلها بتيار شدته I_a=20 A وذلك بفرض:

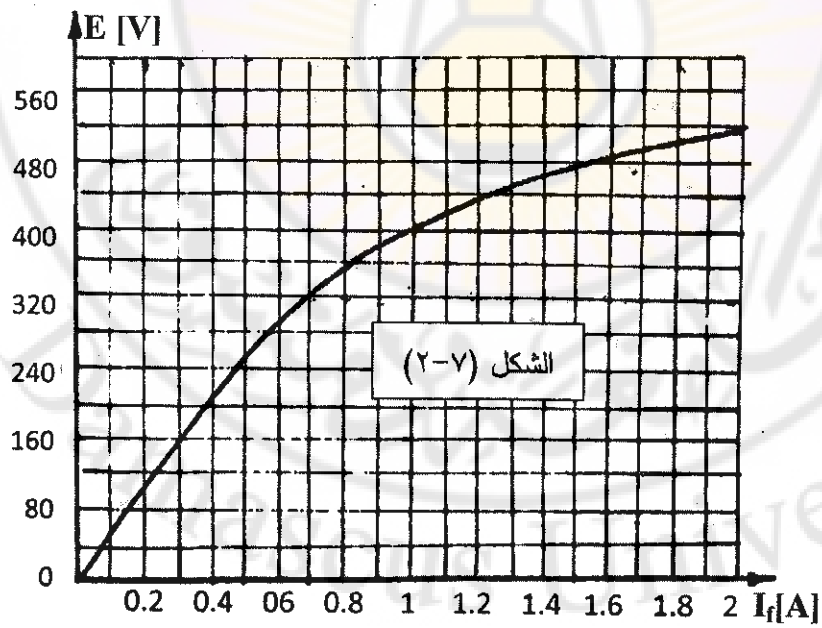
آ – أن الآلة تدور كمولد تفرعي .

ب – أن الآلة تدور كمولد مركب تكاملي ونسبة عدد لفات الملفات التسلسلية إلى عدد لفات الملفات التفرعية للأقطاب $\frac{1}{50}$.

الحل:

من معطيات المسألة لدينا : R_s=0.2Ω , R_a=0.4 Ω , 2p=6 , n=1000 rpm

R_p=? , U=400 V ، ومنحنى الدارة المفتوحة مُبيّن في الشكل (٧-٢) أدناه :



الشكل (٧-٢)

١- **تحديد قيمة مقاومة دارة الأقطاب التي تعطي** عندها الآلة التوتر الاسمي في حالة اللا حمل.

من المنحنى المبين أعلاه وعندما E=400 V فإن I_f=1 A وهي نقطة من مستقيم المقاومة R_f وعليه:

$$R_f = \frac{400}{1} = 400\ \Omega$$

٢- **قيمة المقاومة الحرجة** : نحصل عليها بتقسيم ترتيب أي نقطة في المنطقة الخطية على فاصلتها ، حيث مستقيم المقاومة الحرجة ينطبق على المنحنى في المنطقة الخطية فمثلاً عند : E=160 V و I_f=0.3 A فإن المقاومة الحرجة هي:

R_{fc}=160/0.3=533 Ω

٣- تحديد السرعة عند قيمة المقاومة المحسوبة في الجدول الأول :

نحصل على السرعة الحرجة بمقارنة بين ترتيب أي نقطة من مستقيم المقاومة 400Ω وترتيب هذه النقطة على منحنى الخواص المغنطيسية من اجل نفس القيم للتيار I_f وذلك خلال المرحلة الخطية ، حيث عندما تنخفض السرعة إلى السرعة الحرجة ينخفض منحنى الخواص وينطبق على مستقيم المقاومة في المرحلة الخطية فمثلاً نجد عند تيار I_f=0.3 A أن E=160 V نفس القيم المأخوذة في الطلب السابق بينما قيمة ترتيب هذه النقطة على مستقيم المقاومة ولتكن E1 هي: 0.3×400=120 V

وعليه فإن : $\frac{E_1}{E} = \frac{C_e \cdot \phi \cdot n_1}{C_e \cdot \phi \cdot n}$ حيث تيار التحريض ثابت أي أن السيالة ثابتة Φ=const. وبالتالي تحسب السرعة الحرجة بالعلاقة الآتية:

$$n_c = n_1 = \frac{E_1}{E} \times n = \frac{120}{160} \times 1000 = 750 \quad r.p.m$$

٤- من معطيات المسألة لدينا : E=400 V , I_a=20 A ومنه:

١ - التوتر على طرفي الحمل عندما تعمل الآلة كمولد تفرعي:

$$U_{AB} = E - I_a R_a = 400 - 20 \times 0.4 = 392\ V$$

٢- التوتر على طرفي الحمل عندما تعمل الآلة كمولد مركب تكاملي في هذه الحالة:

- الآمبير لفات للملف التفرعي: $I_f \times N_f = 1 \times N_f$

- الآمبير لفات للملف التسلسلي $I_a N_s = 20 \times N_s$

وبالتالي تصبح الآمبير لفات الكلية: $I_f N_f + I_a N_s = \frac{(1+20N_s)N_f}{N_f}$

ولكن : $\frac{N_s}{N_f} = \frac{1}{50}$ ومنه $I_f N_f + I_a N_a = N_f(1+\frac{20}{50})$ وبتقسيم الطرفين على N_f نجد: $\frac{I_f N_f + I_a N_s}{N_f} = 1.4\,A$ أي إضافة الملفات التسلسلية تعادل زيادة تيار التحريض للملفات التفرعية من 1 A إلى 1.4 A ، وبالتالي بالرجوع إلى منحني اللاحمل نجد أن القوة المحركة الكهربائية E عند تيار I=1.4 هي E=460 V

ومنها:

$$U_{AB} = E - I_a R_a - I_a R_s = E - I_a(R_a - R_s) = 460 - 20 \times (0.4 + 0.2) = 448\,V$$

دورة أيلول /١٩٧٧/

المسألة الأولى:

آلة تيار مستمر ذات 6 أقطاب تدور بسرعة 1500 rpm ، يحتوي متحرضها على 1500 ناقل . تولد قوة محركة كهربائية في حالة اللاحمل 240 V والمطلوب:

١) : ما هو العزم الناشئ بين الثابت والدائر وذلك عند تحميلها بتيار I_a يساوي 40 A في الحالتين الآتيتين:

a- الآلة ذات لف تطابقي.

b- الآلة ذات لف تموجي.

٢) : بفرض أن الآلة ذات لف انطباقي بسيط . ما هي القوة المحركة المغنطيسية لكل من رد الفعل المباشر والعمودي إذا كانت المسفرات على المحور الحيادي. ما هو عدد النواقل الواجب غرسها في حذاء كل قطب لإلغاء تأثير رد الفعل العمودي وذلك عند نفس قيمة التيار السابق.

٣) : حدّد عدد لفات كل قطب من أقطاب التبديل وذلك عند نفس التيار السابق. وبفرض عدم وجود ملفات تعويض وأن قطر المتحرض 31.8 cm وطوله 40 cm والسماحية المغنطيسية النوعية $\Lambda = 6\times10^{-6}\ Henry/m$ وطول الثغرة الهوائية تحت الأقطاب $\ell_{gc} = 1.5\ mm$ ، و $\frac{\ell_a}{\ell_c} = 1$ ، و $K_{gc} = 1.1$.

الحـــل:

من معطيات المسألة لدينا :

$2p = 6\ ,\ N = 1500\ rpm\ ,\ E = 240\ V\ ,\ Z = 1500\ Cond.$

١- حساب العزم بين الثابت والدائر عندما يكون التيار : I_a=40 A

$$T = \frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{60}\cdot\phi\cdot\frac{I_a}{2\pi} \quad \Rightarrow \quad \phi = \frac{E}{\frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{60}\cdot n}$$

- **في حالة اللف الانطباقي:** $\frac{p}{a} = 1$ وبالتالي تكون قيمة كل من السيالة العزم الناتجين هي:

$$\phi = \frac{240}{1\times\frac{1500}{60}\times1500} = 6.4\times10^{-3}\ Wb$$

$$T = \frac{p}{a}\cdot Z\cdot\phi\cdot\frac{I_a}{2\pi} = 1\times1500\times6.4\times10^{-3}\times\frac{40}{2\pi} = 61.1\ N.m$$

- **في حالة اللف التموجي:** $\frac{p}{a} = 3$ وبالتالي تكون قيمة كل من السيالة والعزم الناتجين هي:

$$\phi = \frac{240}{\frac{3}{1}\times\frac{1500}{60}\times1500} = 2.13\times10^{-3}\ Wb$$

$$T = \frac{p}{a}\cdot Z\cdot\phi\cdot\frac{I_a}{2\pi} = \frac{3}{1}\times1500\times2.13\times10^{-3}\times\frac{40}{2\pi} = 61.1\ N.m$$

ويمكن أن نحسب العزم لكلتا حالتي اللف بالعلاقة الآتية:

$$T = \frac{E \times I_a}{\omega} = \frac{240 \times 40}{2 \times \pi \times \frac{1500}{60}} = 61.1\ N.m$$

٢- الآلة ذات لف انطباقي والمطلوب حساب الأمبير لفات لرد الفعل العمودي والمباشر بفرض أن المسفرات على المحور الحيادي وكذلك عدد النواقل الواجب غرسها في حذاء كل قطب لتعويض رد الفعل العمودي .

عندما تكون المسفرات على المحور الحيادي هذا يعني أن: $F_{ad}=0$

$$F_{aq} = F_a = \frac{Z \times I_a}{4 \times p \times a} = \frac{1500 \times 40}{4 \times 3 \times 3} = 1667\ A.T$$

حساب عدد النواقل الواجب غرسها في حذاء كل قطب:

$$Z_{cq} = \frac{F_{aq}}{I_a} \times \alpha_p = \frac{1667}{40} \times 0.7 = 29\ Conductors.$$

٣ – تحديد عدد لفات كل قطب من أقطاب التبديل حيث :

$$I_a = 40\,A\ ,\ D_a = 31.5\ cm\ ,\ \ell_{gc} = 1.5\,mm\ ,\ \Lambda = 6 \times 10^{-6}\ Henry/m$$

$$Kgc = 1.1\ ,\ \frac{L_c}{L_a} = 1$$

وبالتالي يكون عدد لفات كل قطب من أقطاب التبديل هو :

$$B_c = A \cdot \Lambda\ \ ,\ \ N_c = \frac{1}{I_a}\left(\frac{B_c \cdot \ell_{gc} \cdot K_{gc}}{\mu o} + \frac{1}{2} F_{aq}\right)$$

$$A = \frac{I_c \cdot Z}{\pi \cdot Da} = \frac{I_a \cdot Z}{2a \cdot \pi \cdot Da} = \frac{40 \times 1500}{2 \times 3 \times 3.14 \times 0.318} = 10010$$

$$B_c = 10010 \times 6 \times 10^{-6} = 0.06\ Wb/m^2$$

$$N_c = \frac{1}{40} \times \left(\frac{0.06 \times 1.5 \times 10^{-3} \times 1.1}{4 \times \pi \times 10^{-7}} + \frac{1}{2} \times 1667\right) = \frac{1}{40} \times (79 + 834) = 23\ Turns$$

المسألة الثانية:

آلة تيار مستمر ذات أربع أقطاب توترها الاسمي 400 V وسرعتها الاسمية 1200 rpm . تحتوي أقطابها على ملفات تفرعية مقاومتها 400Ω وملفات تسلسلية

مقاومتها Ω 0.2 ، ومقاومة التماس بين المسفرات والمجمع مع مقاومة المتحرض Ω 0.3 وعندما تدور كمولد ذو تحريض مستقل فإنها تعطي توترها الاسمي عند تيار تحريض شدته I_f=1 A وبفرض أن نقطة العمل تقع في المنطقة الخطية والمسفرات على المحور الحيادي . المطلوب:

١- ما هو التوتر الذي سيظهر على طرفي حمل يستجر تيار شدته30A مربوط على طرفي الآلة عندما تدور كمولد ذي تحريض مستقل عند تياراً تحريض 1 A .

٢- ماهي سرعة دورانها كمحرك تفرعي في حالة اللاحمل عند تطبيق توتر على طرفيها مقداره 400 V .

٣- كم تصبح سرعة دورانها عند تحميلها إذا أدى هذا التحميل إلى أن يستجر متحرضها تياراً شدته I_a=40 A وما تزال تدور كمحرك.

٤- كم تصبح سرعة دورانها عند نفس الحمل السابق عند إضافة الملفات التسلسلية إليها بشكل تفاضلي قصير علماً أن نسبة عدد لفات للملفات التسلسلية إلى الملفات التفرعية 1/40.

الحل:

من معطيات المسألة لدينا:

$2p=4$, U_r=400 V , n=1200 rpm , R_f=400 Ω , R_s=0.2 Ω , R_a=0.3 Ω , I_{fr}=1 A

نقطة العمل تقع في المنطقة الخطية والمسفرات على المحور الحيادي.

١ – حساب التوتر الذي سيظهر على طرفي الحمل عندما يستجر تيار شدته 30 A وعندما يدور كمولد ذي تحريض مستقل I_f=1 A عندما تكون الخواص المغنطيسية خطية فإن رد الفعل لا يؤدي إلى هبوط توتر وبالتالي :

$$E = E_1 = U_r = 400\,V \quad , \quad E_1 = U_{AB} + I_a R_a \Rightarrow U_{AB} = E - I_a R_a$$

$$U_{AB} = 400 - 30 \times 0.3 = 391\,V$$

٢ – سرعة دورانها كمحرك تفرعي في حالة اللاحمل عند تطبيق توتر على طرفيها مقداره 400 V .

طالما أنه لم يعط أي شيء عن تيار اللاحمل فبالتالي هبوط التوتر في حالة اللاحمل مهمل وبالتالي القوة المحركة الكهربائية المتولدة في حالة العمل كمحرك هي E=400V.

وبالتالي سرعة دورانها كمحرك في حالة اللاحمل تساوي سرعة دورانها كمولد في حالة اللاحمل وتساوي: n=1200 rpm

٣ – لحساب سرعة دورانها كمحرك عند تحميلها بتيار I_a=40 A نحسب القوة المحركة الكهربائية المتولدة عند هذه الحالة:

$$E` = U_{AB} + I_a R_a$$

$$E_1 = 400 - 40 \times 0.3 = 388\ V \quad , \quad E_1 = C_e \cdot \phi \cdot n_1$$

فإذا كانت E القوة المحركة الكهربائية في حالة دورانها كمولد عند السرعة الاسمية n=1200 rpm ، فإن $E = C_e \cdot \phi_1 \cdot n \quad , \quad \phi_1 = \phi = const.$

وبالأخذ بالحسبان أن الخواص المغنطيسية خطية ولاتأثير برد الفعل فإن:

$$\frac{E}{E_1} = \frac{n}{n_1} \Rightarrow n_1 = n \times \frac{E_1}{E} = \frac{1200 \times 388}{400} \Rightarrow n_1 = 1164\ r.p.m$$

٤–حساب السرعة عند إضافة الملفات التسلسلية بشكل تفاضلي قصير علما أن النسبة:

$$\frac{N_s}{N_f} = \frac{1}{40}$$

نحسب ثانية القوة المحركة المتولدة في هذه الحالة حيث N_f عدد لفات ملف التحريض التفرعي:

$$E_2` = U_{AB} - I_a(R_a + R_s) \Rightarrow E_2 = 400 - 40 \times (0.3 + 0.2) = 380\ V$$

نهمل هبوط التوتر على الملفات التسلسلية، وبالتالي السيالة الناتجة عن الملفات التفرعية تبقى كما هي في حالة مولد وعليه وبالأخذ بالحسبان الخواص خطية فإن السيالة بعد إضافة الملفات التسلسلية بشكل تفاضلي تصبح:

$$\phi_{f.s.} = \phi_f - \phi_s = K \cdot I_f \cdot N_f - K \cdot I_s \cdot N_s = K \cdot I_f \cdot N_f \left(1 - \frac{I_s}{I_f} \cdot \frac{N_s}{N_f}\right)$$

وعليه بتقسيم القوة المحركة E في حالة مولد على القوة المحركة E_2 المحسوبة بهذا الطلب نجد :

$$\frac{E_2}{E}=\frac{388}{400}=\frac{C_e\cdot\phi_{fs}/n_2}{C_e\cdot\phi_f/n_1}\Rightarrow\frac{388}{400}=\frac{(C_e\cdot K\cdot I_f\cdot N_f(1-\frac{I_s}{I_f}\cdot\frac{N_s}{N_f})\times n_2}{(C_e\cdot K\cdot I_f\cdot N_f)\times n_1}$$

$$\frac{388}{400}=\frac{(1-\frac{I_s}{I_f}\cdot\frac{N_s}{N_f})\times n_2}{n_1}\quad,\quad\frac{I_s}{I_f}=\frac{40}{1}\quad,\quad\frac{N_s}{N_f}=1$$

$$\frac{388}{400}=\frac{(1-40)}{50}\cdot\frac{n_2}{n_1}=0.2\times\frac{n_2}{n_1}\Rightarrow n_2=\frac{388}{0.2\times400}\times1200=5820\ r.p.m$$

دورة حزيران /١٩٧٨/

المسألة الأولى:

آلة تيار مستمر ذات ثمانية أقطاب يحتوي متحرضها 1200 ناقل موزعة ضمن 24 مجرى . مقطع الناقل يسمح بمرور تيار شدته A 5 ضمن شروط العمل النظامية، فإذا كانت السرعة الاسمية 1500 rpm، وكانت السيالة في الثغرة الهوائية تحت كل قطب 7 mWb . والمطلوب :

١- تحديد قيمة القوة المحركة الكهربائية المتولدة في حالة اللاحمل وتيار المتحرض والاستطاعة الاسمية والعزم الناشىء عند تحميله بتيار الحمل الكامل وذلك في الحالات الآتية:

آ – إذا كانت الآلة ذات لف انطباقي بسيط .

ب – إذا كانت الآلة ذات لف تموجي بسيط .

ج – إذا كانت الآلة ذات لف تطابقي مركب m=2 .

٢ – إذا كان عدد لفات كل قطب من أقطاب هذه الآلة هو 1000 لفة ومقاومة هذا الملف 105 Ω وكانت الأمبير لفات اللازمة لدارة كل قطب لتوليد السيالة السابقة

7 mWb هي 1000A.T أمبير-لفة . حدّد طريقة وصل هذه الملفات لتعمل الآلة كمولد ذي تحريض ذاتي وذلك في الحالات الثلاث السابقة للف وكذلك تيار التحريض الكلي .

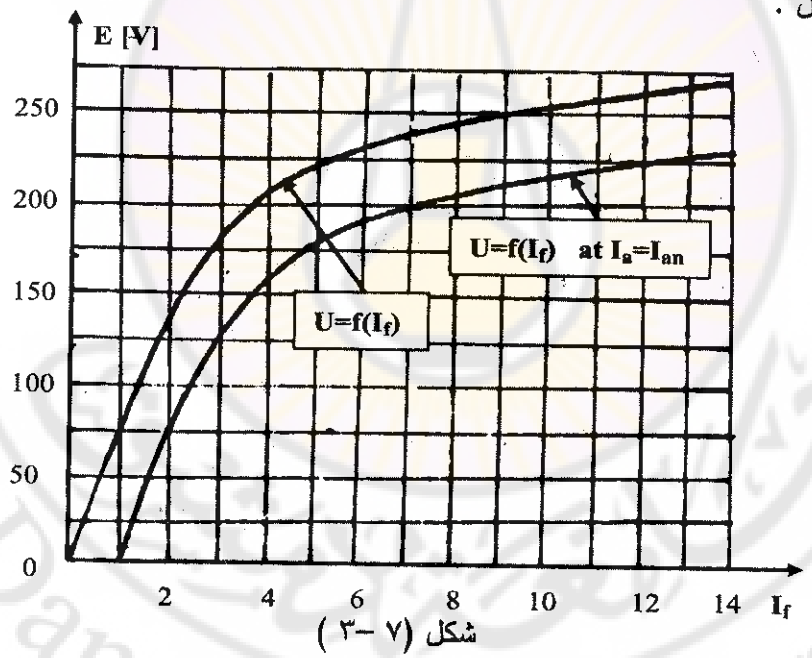
٣ – بفرض أن الآلة ذات لف انطباقي بسيط وأن المسفرات على المحور الحيادي وأن مقاومة المتحرض مع التماس بين المسفرات والمجمع 0.25 Ω ، فإذا كانت منحنيات خواص اللاحمل وخواص التحميل عند التيار الاسمي مبينة بالشكل المبين أدناه .

عندما تعطي الآلة تيارها الاسمي عند توتر 210 V . المطلوب تحديد مايلي :

١ – هبوط التوتر على مقاومة المتحرض والمسفرات .

٢ – هبوط التوتر بسبب رد فعل المتحرض .

٣ – تحديد عدد اللفات الواجب غرسها في حذاء كل قطب من الأقطاب الرئيسية لإلغاء تأثير رد فعل المتحرض . علماً أن هذه الملفات الإضافية سوف توصل جميعها على التسلسل .



شكل (٧ –٣)

٤ – بفرض أن الآلة ذات لف انطباقي بسيط أيضاً وطبق عليها توتر 210 V لتدور كمحرك، ماهي سرعة دورانها في حالة اللاحمل إذا كان التيار المستجر في هذه الحالة

A 5 ، وكم تصبح سرعة دورانها عندما تستجر تيار الحمل الكامل آخذين بالحسبان تأثير رد الفعل في هذه الحالة. ماهي قيمة الضياع والمردود في هذه الحالة ؟

الحـــل:

١- تحديد قيم القوة المحركة الكهربائية المتولدة في حالة اللاحمل وتيار المتحـــرض والاستطاعة الاسمية.

آ- في حالة اللف الانطباقي يجب أن تكون النسبة: $\frac{p}{a}=1$ ، وبالتـــالي تكـــون القـــوة المحركة الكهربائية:

$$E=\frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{60}\cdot\phi\cdot n=1\times\frac{1200}{60}\times7\times10^{-3}\times1500=210\ V$$

- تيار المتحرض : $I_a=2a\cdot I_c=8\times5=40\ A$

- الاستطاعة الاسمية: $P_r=E\cdot I_a=8400\ W$

ب- في حالة اللف التموجي: $a=1\ ,\ p=4$

- القوة المحركة:

$$E=\frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{60}\cdot\phi\cdot n=4\times\frac{1200}{60}\times7\times10^{-3}\times1500=840\ V$$

- تيار المتحرض: $I_a=2a\cdot I_c=2\times5=10\ A$

- الاستطاعة الاسمية : $P_r=E\cdot I_a=840\times10=8400\ W$

جـــ- الآلة ذات لف انطباقي مركب : m=2

$$2a=2pm=2\times2\times4=16\ ,\ a=8\ ,\ p=4\ ,\ \frac{p}{a}=\frac{4}{8}$$

- القوة المحركة الكهربائية

$$E=\frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{60}\cdot\phi\cdot n=\frac{4}{8}\times\frac{1200}{60}\times7\times10^{-3}\times1500=105\ V$$

- تيار المتحرض : $I_a=2a\cdot I_c=16\times5=80\ A$

- الاستطاعة الاسمية : $P_r=E\cdot I_a=105\times80=8400\ W$

٢- تحديد طريقة وصل الملفات لتعمل الآلة بتحريض ذاتي في حالات اللف السابقة.

لتحديد طريقة وصل الملفات نراعي التوتر المطبق على ملفات الأقطاب والذي يساوي إلى القوة المحركة الكهربائية المطبقة . علماً أن التيار I_{fp} اللازم لكل قطب هو :

$$I_{fp} = \frac{I_f \cdot N_f}{N_f} = \frac{1000}{1000} = 1 \ A$$

ومقاومة كل ملف: $R_f = 105\Omega$

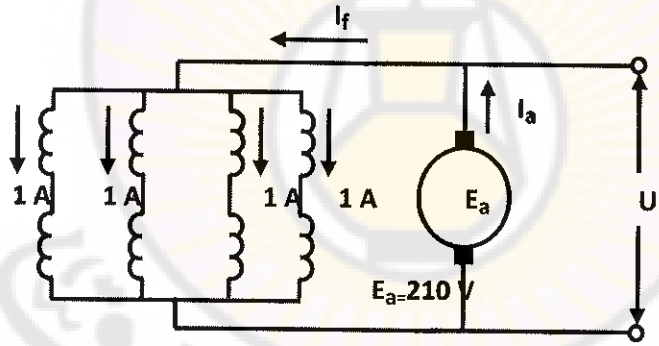
آ- الآلة ذات لف انطباقي E=210 V

يمكن أن نحسب عدد الملفات التي يمكن وصلها على التسلسل وليكن هذا العدد m_s بأن نكتب :

$$m_s \cdot R_f \cdot I_{fp} = E \quad \Rightarrow \quad ms = \frac{210}{105 \times 1} = 2$$

إذاً عدد ملفات الأقطاب في كل دارة تسلسلية يساوي 2 وبالتالي يتم وصل الملفات كما في الشكل المبين أدناه: الشكل(٧-٤)

$$I_f = 4 \times I_{fp} = 4 \times 1 = 4 \ A$$



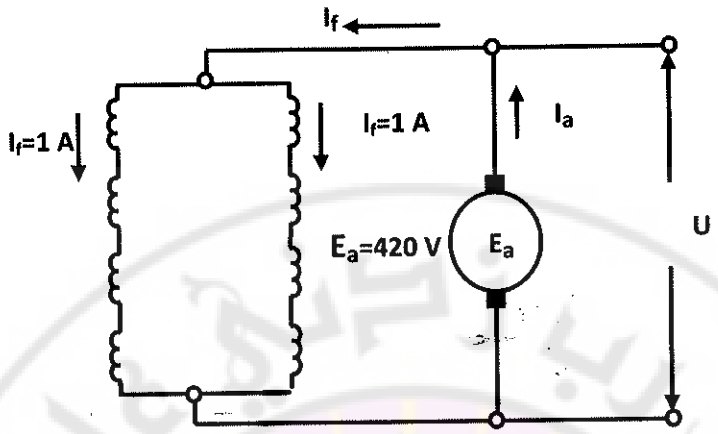
الشكل(٧-٤)

ب- الآلة ذات لف تموجي بسيط :E=420V

$$m_s = \frac{E}{R_f \cdot I_{fp}} = \frac{420}{105} = 4$$

عدد المقاومات التي يمكن وصلها على التسلسل هي 4 مقاومات وعليه يتم وصل الملفات كما في الشكل أدناه: الشكل(٧-٥)

$$I_f = 2 \times I_{fp} = 2 \times 1 = 2 \ A$$

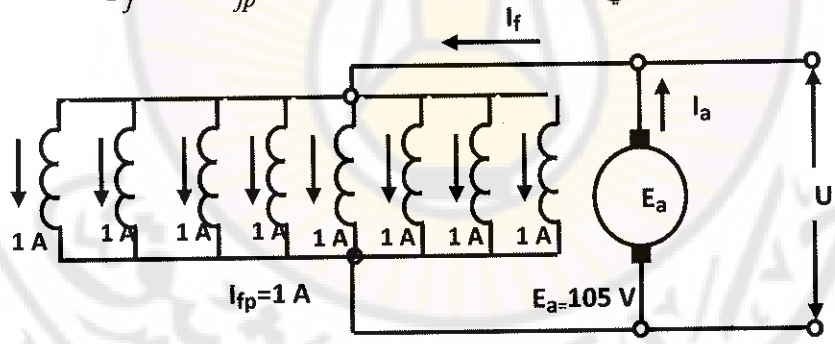


الشكل(٧-٥)

جـ- الآلة ذات لف تطابقي مركب: E=105 V

$$m_s = \frac{E}{R_f \cdot I_{fp}} = \frac{105}{105 \times 1} = 1$$

يتم وصل الملفات كما في الشكل أدناه $I_f = 8 \times I_{fp} = 8 \times 1 = 8\ A$



شكل(٧-٦)

٣- مقاومة المتحرض مع التماس بين المسفرات والمجمع 0.25 أوم.

التيار الاسمي في هذه الحالة تم حسابه سابقاً I_a=40 A

١- هبوط التوتر على مقاومة المتحرض والمسفرات: $I_a \cdot R_a = 40 \times 0.25 = 10\ V$

٢- **هبوط التوتر بسبب رد فعل المتحرض:** من خصائص اللاحمل والتحميل المعطاة نجد أن هبوط التوتر الكلي :

$$E - U = I_a R_a + \Delta V_r = 45\ V$$

ومنها:

$$\Delta V_r = 45 - I_a R_a = 45 - 10 = 35\ V$$

٣- تحديد عدد الملفات التسلسلية الواجب إضافتها على كل قطب:

يمكن تحديد الأمبير لفات اللازمة وذلك برسم خط ترتيبه 200 V أو برسم منحني $E_L=f(I_f)$ والذي يرتفع عن منحني التحميل المعطى بالشكل بمقدار 10 V وعند نقطة تقطع المستقيم الذي ترتيبه 200 V مع المنحني $U=f(I_f)$ أو تقاطع المستقيم الذي ترتيبه 210V مع المنحني $E_L=f(I_f)$. فاصله نقطة التقاطع هذه تحدد لنا التيار ونلاحظ من الشكل أن: $I_f=7$ A . ومقدار زيادة التيار للتغلب على رد الفعل هو:

$$\Delta I_f = I_{f2} - I_{f1} = 7 - 4 = 3\ A$$

ومقدار زيادة الأمبير لفات:

$$\Delta I_f \cdot N_f = 3 \times 1000 = 3000\ A.T$$

وبالتالي عدد الملفات التسلسلية Ns يساوي:

$$N_s = \frac{I_f \cdot N_f}{I_s} = \frac{3000}{40} = 75\ Turns$$

حيث الملفات التسلسلية هي التي سوف تولد هذه الأمبير لفات . عندما تدور الآلة كمحرك فإن القوة المحركة الكهربائية المتولدة في حالة اللاحمل حيث هبوط التوتر بسبب رد الفعل مهمل هي:

$$E_1 = U - I_a R_a = 210 - 5 \times 0.25$$

$$E_1 = 208.75 = C_e \cdot \phi \cdot n_1$$

بمقارنة هذه القوة المحركة الكهربائية مع القوة المحركة الكهربائية في حالة المولد عند السرعة 1500 rpm

$$E = C_e \cdot \phi \cdot n = 210\ V$$

ومنها:

$$\frac{E_1}{E} = \frac{208.75}{210} = \frac{n_1}{n} \quad \Rightarrow \quad n = \frac{208.75}{210} \times 1500 = 1491\ rpm$$

- **حساب السرعة عند الحمل الكامل:** لتكن القوة المحركة الكهربائية المولدة في هذه الحالة E_2 وبالتالي:

$$E_2 = U_{AB} - I_a R_a + \Delta V_r = 210 - 40 \times 0.25 + \Delta V_r$$

$$E_2 = 200 + \Delta V_r \;\Rightarrow\; E_2 - \Delta V_r = 200\ V$$

$$E_{L2} = 200\ V$$

$$E_{L2} = C_e \cdot \phi_L \cdot n_2$$

السيالة ϕ_L يمكن أن نحصل عليها من منحني التحميل ومنحني اللاحمل حيث وجـدنا عند تيار I_a=4 A أي $\Delta V_r = 35\ V$.

$$35 = C_e \cdot \Delta\phi_1 \cdot n_1 \;\Rightarrow\; \Delta\phi_1 = \frac{35}{C_e \cdot n_1}$$

$$\phi_L = \phi - \Delta\phi_1$$

$$\phi_L = \frac{210}{C_e \cdot n_1} - \frac{35}{C_e \cdot n_1} = \frac{175}{C_e \cdot n_1}$$

وهي السيالة الناتجة عند تحميل الآلة بتيار 40 أمبير بعد الأخذ بالحسبان تأثير رد الفعل وهي الناتجة في حالة محرك.

باستبدالها في علاقة حساب القوة المحركة الكهربائية مع حالة محرك نجد:

$$E_{L2} = C_e \times \frac{175}{C_e} \times \frac{n_2}{n_1} = 175 \times \frac{n_2}{n_1} \;\Rightarrow$$

$$n_2 = \frac{E_{L2} \times n_1}{175} = \frac{200 \times 1500}{175} = 1714\ rpm$$

-دورة كانون الثاني /٢٠٠٢/

آلة تيار مستمر ذات أربعة أقطاب يحتوي متحرضها على 1800 ناقل موزعة ضمن 18 مجرى ويحتوي المبدل على 36 نصله عندما تدور بسرعة 1500 rpm، يتولد في كل وشيعة لف قوة محركة كهربائية وسطية قيمتها 50 V فولت فإذا كان لف المتحرض من النوع البسيط ومقاومته R_a=1.25 Ω وكانت الخصائص المغنطيسية للآلة خطية . والمطلوب :

آ-عندما تعمل الآلة كمولد :

١- ماهو التوتر الذي سيظهر بين مربطي المتحرض عندما يكون تيار المتحرض I_a=40 A ؟

٢- ما هو العزم اللازم لإدارتها في حالة التحميل السابقة إذا كان هذا العزم في حالة اللاحمل T_o=10 N.m ؟

٣= ما قيمة كل من مركبتي رد الفعل إذا كانت المسفرات على المحور العمودي. ماقيمة عدد اللفات لملفات التعويض؟

٤- ماهو مردودها إذا كانت الضياعات في ملفات التحريض P_f=450 W ؟

ب- يُطبق على طرفي متحرض هذه الآلة توتر قيمته 450 V لتعمل كمحرك مع بقاء قيمة تيار التحريض ثابتة على ماكانت عليه في حالة العمل كمولد، والمطلوب :

١- ماهي سرعة دورانه في حالة اللاحمل ؟

٢- كم تصبح هذه السرعة إذا حُمل بحيث أصبح تيار المتحرض I_a=40 A ؟

٣- ما قيمة المقاومة الواجب إضافتها إلى المتحرض حتى يقف عن الدوران وهو تحت الحمل السابق ؟

٤- كم تصبح سرعة دورانه إذا أضيفت مقاومة لملفات التحريض تساوي مقاومة هذه الملفات وهو تحت الحمل السابق ؟

الحـــل

$$E_o = 450 - \frac{1474}{450} \times 1.25 = 450 - 4.36 = 445.64 = C_e \cdot \phi \cdot n \qquad (1)$$

في حالة عملها كمولد في حالة اللاحمل:

$$E_G = C_e \cdot \phi_G \cdot n_G = 450 = C_e \cdot \phi_G \times 1500 \qquad (2)$$

بنسب العلاقة 1 إلى العلاقة 2 نجد:

$$\frac{E_o}{E_G} = \frac{n_o}{n_G} \quad \Rightarrow$$

- في حالة إهمال الهبوط في التوتر :

$$\frac{E_o}{E_G} = \frac{n_o}{n_G} \quad \Rightarrow \quad n_G = \frac{E_o}{E_G} \times n_o = \frac{450}{450} \times 1500 = 1500\ rpm$$

- في حالة أخذ الهبوط بالحسبان:

$$\frac{E_o}{E_G}=\frac{n_o}{n_G} \quad \Rightarrow \quad n_G=\frac{E_o}{E_G}\times n_o=\frac{445.6}{450}\times 1500=1485\ rpm$$

٣- كم تصبح هذه السرعة إذا حُملت الآلة (المحرك) بحيث أصبح تيار المتحرض I_a=40 A

- في حالة عملها كمحرك لدينا:

$$E_1=U-I_a\cdot R_a=450-40\times 1.25=400=C_e\cdot\phi_1\cdot n_1 \qquad (3)$$

- في حالة عملها كمولد في حالة اللاحمل:

$$E_G=C_e\cdot\phi_G\cdot n_G=450=C_e\cdot\phi_G\times 1500 \qquad (4)$$

بنسب العلاقة ٣ إلى العلاقة 4 علماً أن $\phi_G=\phi_1$ لأن الخصائص خطية نجد:

$$n_1=\frac{400}{450}\times 1500=1333.3\ rpm$$

٣- **ماقيمة المقاومة الواجب إضافتها ليقف المحرك عن الدوران:**

عند الوقوف عن الدوران تصبح $n_2=0$, $E=0$ ، وبالتالي تصبح معادلة التوتر من الشكل الآتي :

$$0=U-I_a(R_a+R_{add.}) \Rightarrow R_{add.}=\frac{U}{I_a}-R_a=\frac{450}{40}-1.25=10\ \Omega$$

٤-عند وضع المقاومة مع ملفات التحريض وهي تدور كمحرك تحت الحمل السابق فإن سرعة دورانها المطلوب حسابها ولتكن n_3 ، تحسب من العلاقات الآتية:

$$E_3=C_e\cdot\phi_3\cdot n_3=U-I_aR_a=450-40\times 1.25=400\ V$$

بنسبة هذه العلاقة إلى العلاقة 2 نجد:

$$\frac{E_3}{E_2}=\frac{\phi_3\cdot n_3}{\phi_2\cdot n_2}=\frac{400}{450}$$

ولكن هنا $\phi_3=\frac{1}{2}\phi_1$ لأن تيار التحريض ينخفض إلى نصف قيمته في حالة مولد نظرا لإضافة المقاومة في دارة التحريض :

$$n_3=2\times\frac{400}{450}\times 1500=2660.6\ rpm$$

- دورة حزيران /٢٠٠٢/

آلة تيار مستمر عندما تدور بسرعة 1500 rpm ، وعند تحميلها بحملها الاسمي كمولد يكون التوتر على طرفيها المستهلك 220 V ويكون التيار المار في الحمل هو 20 A ، فإذا علمت أن هبوط التوتر الذي حصل من حالة اللاحمل إلى حالة التحميل هو 9.1% من التوتر الاسمي، وأن الآلة قد أعطت مردودها الأعظمي في حالة التحميل هذه والبالغ 91.66 % . المطلوب:

١- القوة المحركة الكهربائية المتولدة في حالة اللاحمل.

٢- هبوط التوتر بسبب رد الفعل.

٣- عدد النواقل الواجب غرسها في حذاء كل قطب لإلغاء تأثير رد الفعل.

٤- نوع اللف وعدد الأقطاب إذا علمت أن التوتر الوسطي بين نصلات المبدل 20 V وعدد المجاري 24 مجرى.

يُطبّق على طرفي المتحرض توتر مقداره 220 V لتعمل الآلة كمحرك ويُحمّل هذا المحرك بحيث يستجر المتحرض تياره الاسمي مع بقاء تيار التحريض ثابتاً على قيمته في حالة العمل كمولد. والمطلوب إذا كان الحمل ذا عزم ثابت .

١-ما هي سرعة دورانه في هذه الحالة ؟

٢- كم تصبح هذه السرعة إذا وصلت مع المتحرض مقاومة 2.5 Ω ؟

٣- كم تصبح سرعته إذا ارتفع التوتر المطبق عليه إلى 300 V بعد رفع المقاومة من دارته ؟

٤-حدّد المقاومة الواجب إضافتها إلى المتحرض ليدور المحرك بسرعة1000 rpm ؟

الحـل

١- حساب القوة المحركة المتولدة في حالة اللاحمل: القوة المحركة الكهربائية E هي :

$$E = U + \Delta u = U + I_a R_a + \Delta V_r \quad ; \quad \Delta u = 9.1\% U$$

$$E = 220 + 220 \times \frac{9.1}{100} = 240\ V$$

٢-حساب هبوط التوتر بسبب رد الفعل يمكن حسابه بعد حساب هبوط التوتر على المقاومة وهو $I_a R_a$ حيث I_a=40 A ، أما Ra ، فتحسب من علاقة المردود الأعظمي حيث :

$$I_a^2 \cdot R_a + P_o = P_1 - P_2 = \frac{P_2}{\eta} - P_2 = \frac{220 \times 20}{0.9166} - 220 \times 20 = 400\ W$$

عند المردود الأعظمي:

$$I_a^2 \cdot R_a = P_o \frac{400}{2} = 200\ W \quad \Rightarrow \quad I_a \cdot R_a = \frac{200}{20} = 10\ V$$

$$\Delta u = E - U - I_a R_a + \Delta V_r \quad \Rightarrow \quad \Delta V_r = 20 - 10 = 10\ V$$

٣- يمكن تحديد عدد النواقل الواجب غرسها في حذاء كل قطب إلغاء تأثير رد الفعل من العلاقة $Z_{eq} = \frac{Z}{4ap} \times \alpha_p$ بدلالة كل من عدد نواقل المتحرض والنسبة α_p .

٤- أما عدد الأقطاب فيمكن تحديده من معطيات الطلب الرابع حيث عدد المجاري 24 والتوتر الوسطي 20V، وبالتالي القوة المحركة الكهربائية المتولدة من مسفرتين تساوي جداء التوتر الوسطي في عدد النصلات الكائن بين المسفرات:

$$E = 20 \times K_b = 240 \quad K_b = \frac{240}{20} = 12$$

وبالتالي الآلة ذات قطبين واللف انطباقي بسيط.

$$Z_{eq} = \frac{Z}{4 \times 1 \times 1} \alpha_p = \frac{Z \cdot \alpha_p}{4}$$

- في حالة عمل الآلة كمحرك:

١- ماهي سرعة دورانه في هذه الحالة : يمكن تحديدها بعد حساب E_{L1}

$$E_{L1} = U - I_a \cdot R_a = 220 - 20 = 200\ V$$

بمقارنة هذه الحالة مع حالة المولد المعطاة حسب نص المسألة:

$$E_{LG} = U + I_a \cdot R_a = 220 + 10 = 230\ V$$

$$\frac{E_{L1}}{E_{LG}}=\frac{C_e\cdot\phi_1\cdot n_1}{C_e\cdot\phi_G\cdot n_G}\quad\Rightarrow\quad n_1=\frac{E_{L1}\times n_G}{E_{LG}}=\frac{200}{230}\times1500=1304\ rpm$$

٢-كم تصبح هذه السرعة إذا أضيفت مع المتحرض مقاومة قيمتها **2.5Ω** .

يمكن حسابها بعد حساب E_{L2} ، وهذه يمكن حسابها بدلالة التوتر والهبوطات، ولما كان العزم ثابتاً وتيار التحريض ثابتاً فإن تيار المتحرض ثابت ويساوي 20 A :

$$E_{L2}=U-I_a\cdot R_a-I_a\cdot r_s=220-20\times0.5-20\times2.5=160\ V$$

$$\frac{E_{L2}}{E_{LG}}=\frac{C_e\cdot\phi_{L2}\cdot n_2}{C_e\cdot\phi_{LG}\cdot n_G}\quad\Rightarrow\quad n_2=\frac{E_{L2}\times n_G}{E_{LG}}=\frac{160}{230}\times1500=1041\ rpm$$

٣-إذا ارتفع التوتر إلى 300 V فولت ورُفعت المقاومة التسلسلية من دارة المتحرض تصبح القوة المحركة الكهربائية E_{L3} وبالتالي يمكن حساب السرعة من العلاقة:

$$E_{L3}=300-10=290\quad\Rightarrow\quad n_3=\frac{E_{L3}\times n_G}{E_{LG}}=\frac{290}{230}\times1500=1826\ rpm$$

٤- يمكن تحديد قيمة المقاومة المراد إضافتها لتصبح السرعة 1000 rpm بعد تحديد قيمة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة عند هذه الحالة من التشغيل ولتكن E_{L4} :

$$\frac{E_{L4}}{E_{LG}}=\frac{C_e\cdot\phi_{L4}\cdot n_4}{C_e\cdot\phi_{LG}\cdot n_G}=\frac{1000}{1500}\quad\Rightarrow\quad E_{L4}=E_{LG}\times\frac{1000}{1500}=230\times\frac{1000}{1500}=153V$$

ومنه:

$$153=E_{L4}=220-I_a\cdot R_a-I_aR_{add}=220-10-I_aR_{add}\quad\Rightarrow$$

$$I_a\cdot R_{add}=210-153\quad\Rightarrow\quad R_{add}=\frac{210-153}{20}=2.85\Omega$$

- دورة كانون الثاني /٢٠٠٣/

آلة تيار مستمر ذات ستة أقطاب يحتوي متحرضها على 1800 ناقل موزعة ضمن 18 مجرى وذات لف انطباقي بسيط ، السيالة تحت كل قطب في حالة اللاحمل 10 mWb. والمطلوب عندما تدور بسرعة 1200 rpm كمولد:

١- احسب القوة المحركة الكهربائية الوسطية المتولدة في كل ناقل في حالة اللاحمل.

٢- احسب العزم الوسطي المؤثر على كل ناقل عند تحميلها إذا كان التيار المار في المتحرض I_a=40 A ، ورد الفعل يؤدي إلى نقصان السيالة بنسبة 5% من قيمتها في حالة اللاحمل.

٣- احسب عدد النواقل الواجب غرسها في حذاء كل قطب لإلغاء تأثير رد الفعل علماً أن $\alpha_p = 0.7$.

٤- احسب مردود الآلة في حالة التحميل السابقة إذا كان التوتر على طرفي الحمل 330 V وهذا المردود هو المردود الأعظمي.

بفرض أن الآلة تمتلك خصائص اللاحمل كمولد ذي تحريض مستقل معطاة في الجدول الآتي:

I_f %	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
I_f	0	0.5	1	1,5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
E %	0	27.5	55	75	90	100	108	114	118	120	120
E	0	110	220	300	360	400	432	456	472	480	480

حيث تمثل 100% لتيار 2.5A و100% للقوة المحركة الكهربائية 400 V عند سرعة دوران 1200 rpm . المطلوب :

١- احسب التوتر الذي سيظهر على طرفيها عندما تعمل كمولد تفرعي إذا كانت مقاومة ملفات التحريض : آ- 180 Ω ب- 144 Ω

٢- ماهي المقاومة الحرجة للسرعة 1200 rpm ؟

٣- ماهي السرعة الحرجة للمقاومة 180 Ω ؟

٤- ماهي سرعة دورانها كمحرك تفرعي عند تطبيق توتر على طرفيه قيمته 360 V والتيار المار في المتحرض 40 A ؟

الحـــل:

الطلب الأول: ماهي القوة المحركة الكهربائية المتولدة في كل ناقل.

نحسب أولاً القوة المحركة الكهربائية الكلية من العلاقة :

$$E = \frac{p}{a}\frac{Z}{60}\cdot\phi\cdot n = 1\times\frac{1800}{60}\times 10\times 10^{-3}\times 1200 = 360\ V$$

نحسب القوة المحركة الوسطية المتولدة في الناقل $e_{c\,avr}$ ، حيث القوة المحركة السابقة متولدة بـــ $Z/2a$ ناقل:

$$e_{c\,avr} = \frac{E}{Z/2a} = \frac{360}{1800/6} = 1.2\ V$$

الطلب الثاني: ماهو العزم الوسطي المتولد في الناقل الواحد عند تحميلها إذا كان التيار المار في المتحرض I_a=40 A ورد الفعل يؤدي إلى نقصان السيالة بنسبة 5% من قيمتها في حالة اللاحمل ؟

نحسب أولاً العزم الناتج من كل النواقل من العلاقة:

$$T_L = \frac{p}{a}\frac{Z}{2\pi}\cdot\phi_L\cdot I_a \quad or \quad T = \frac{E_L\cdot I_a}{\omega}$$

$$T_L = 1\times\frac{1800}{2\pi}\times 10\times 10^{-3}\times 0.95\times 40 = 108.9\ \ N.m$$

وبالتالي يحسب العزم الوسطي الناتج من الناقل الواحد $T_{c\,avr}$

$$T_{c\,avr} = \frac{T}{Z} = \frac{108.9}{1800} = 0.0605\ N.m$$

الطلب الثالث: ماهو عدد النواقل الواجب غرسها في حذاء كل قطب لإلغاء تأثير رد الفعل علماً أن $\alpha_p = 0.7$ ؟

نحسب عدد النواقل من العلاقة:

$$Z_{cq} = \frac{Z}{4a\cdot p}\alpha_p = \frac{1800}{4\times 3\times 3}\times 0.7 = 35\ Conductors.$$

الطلب الرابع : ماهو مردودها في حالة التحميل السابقة إذا كان التوتر على طرفي الحمل 330 V وهذا هو المردود الأعظمي.

- نحسب بداية استطاعة الخرج :

$$P_2 = 330\times 40 = 13200\ W$$

- نحسب الضياعات علماً بأن المردود هو أعظمي.

- $\sum PLosses = 2P_o = 2\times I_a^2\times R_a$

- نحسب المقدار I_aR_a من علاقة التوترات حيث:

$$E_L = U + I_a \cdot R_a \;\; ; \;\; E_L = 0.95E = 360 \times 0.95 = 342\ V$$

$$I_a \cdot R_a = E_L - U = 342 - 330 = 12\ V$$

$$\sum P_{Losses} = 2 \times 12 \times 40 = 960\ W$$

$$P_1 = P_2 + \sum P_{Losses} = 13200 + 960 = 14160\ W$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100 = \frac{13200}{14160} \times 100 = 93.22\%$$

- الجزء الثاني من المسألة:

١- ماهو التوتر الذي سيظهر على طرفي الآلة عندما تُحول للعمل كمولد تفرعي إذا كانت مقاومة ملفات التحريض آ- 180 أوم ب-144 أوم

يمكن الحصول على النتيجة بعد رسم منحني الخصائص الخارجية ، ويمكن مباشرة من الجدول ، حيث النقطة التي إحداثياتها (2 A , 360 V) هي نقطة مشتركة بين خصائص اللاحمل ومستقيم المقاومة ، وبالتالي التوتر الذي سيظهر على المقاومة 180 أوم هو 360 V .

كذلك النقطة التي إحداثياتها (3 A, 432 V) هي نقطة مشتركة أيضاً وبالتالي التوتر الذي سيظهر هو 432 V .

٢- تُحسب المقاومة الحرجة للسرعة 1200 rpm من العلاقة :

$$R_{fcr} = \frac{E}{I_f} = \frac{160}{0.5} = 220\ \Omega$$

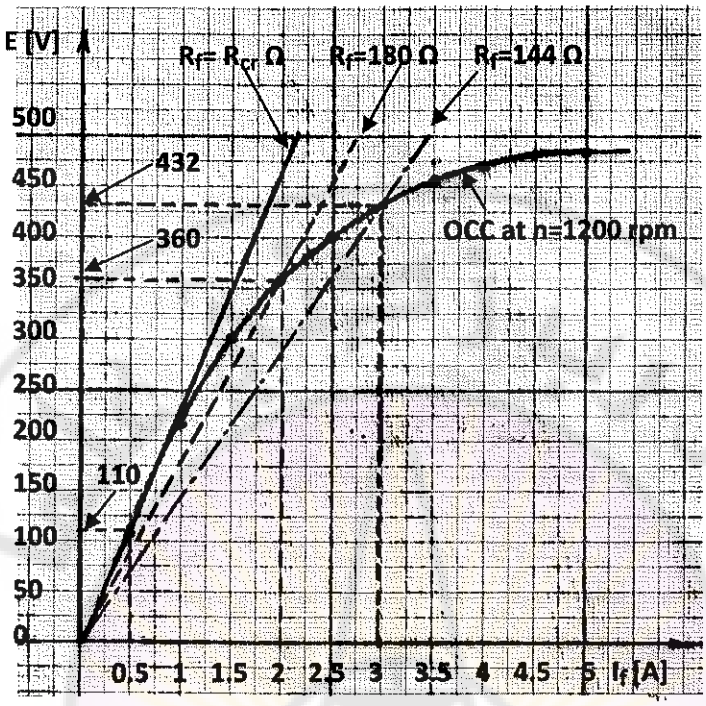
وهي تقع في المنطقة الخطية.

٣- تُحسب السرعة الحرجة للمقاومة 180 أوم من العلاقة :

$$n_{cr} = n \times \frac{U_f}{E} = 1200 \times \frac{180 \times 0.5}{380} = 284 \quad rpm$$

٤-تُحسب سرعة دورانها كمحرك.

$$n_m = \frac{n_G}{E_{LG}} E_{Lm} = \frac{1200}{342} \times 348 = 1221\ rpm$$



الشكل (٧-٧)

دورة حزيران /٢٠٠٣ /

آلة تيار مستمر ذات ستة أقطاب يحتوي متحرضها على 17 مجرى في كل مجرى أربعة جوانب من جوانب وشائع اللف، وعدد لفات كل وشيعة لف 20 لفه . عندما تُدار كمولد ذو تحريض مستقل بسرعة 1200 rpm يتولد على طرفي المتحرض في حالة اللاحمل قوة محركة كهربائية قيمتها (816V) عندما تكون السيالة في الثغرة الهوائية (10 mWb)، فإذا علمت أن استطاعتها الاسمية (15.5kW) وتيارها الاسمي (20A)، ومقاومة المتحرض 1 Ω . المطلوب:

١-ما نوع اللف لهذه الآلة وماهي القوة المحركة الكهربائية الوسطية المتولدة بين نصلتي مبدل متجاورتين في حالة اللاحمل ؟

٢-ما مقدار نقصان السيالة النسبي أو (المئوي) بسبب رد فعل المتحرض عند تحميلها بحمولتها الاسمية ؟

٣-إذا كانت ضياعات اللاحمل فيها $P_o=800W$ ماقيمة مردودها في حالة التحميل السابق وما قيمة مردوها **الأعظمي** ؟

٤- ماقيمة العزم اللازم لإدارتها في حالة التحميل السابقة إذا كانت ($P_f=400W$) ، وما قيمة استطاعة الدخل لها ؟

٥- ماهي قيمة سرعة دورانها **كمحرك** إذا طبق على طرفي المتحرض توتر قيمته(800V) مع بقاء كل من تيار التحريض وتيار التحميل ثابتاً على نفس القيم التي كانت في حالة تحميلها كمولد بحمولتها الاسمية ؟

٦- ما هي استطاعة الخرج لها كمحرك في حالة التحميل"السابقة وما هو مردودها ؟

الحـــل

١- مانوع اللف لهذه الآلة وما هي القوة المحركة الكهربائية الوسطية بين نصلتي مبدل متجاورتين .

يمكن التعرف على نوع اللف من علاقة القوة المحركة الكهربائية $E=\frac{p}{a}\frac{Z}{60}\cdot\phi\cdot n$

وذلك بمعرفة قيمة الحد $\frac{p}{a}$ حيث من المعطيات:

$$E=816\,V\ ;\ Z=4\times20\times17=1360\ ;\ \phi=10\,mWb\ ;$$

ومنها:

$$\frac{p}{a}=\frac{E}{\frac{Z}{60}\phi\cdot n}=\frac{E\times60}{Z\cdot\phi\cdot n}=\frac{816\times60}{1360\times0.01\times1200}=3=p$$

وبالتالي اللف تموجي بسيط **حيث** من خصائصه $\frac{p}{a}=p$

٢- القوة المحركة الوسطية بين نصلتي مبدل هي القوة المحركة المتولدة في P وشيعة. القوة المحركة المتولدة في الوشيعة تساوي القوة المحركة المتولدة بين مربطي الآلة مقسومة على عدد وشائع اللف في الدارة التفرعية وفي اللف التموجي تُشكل وشائع اللف دارتين تفرعيتين:

عدد الوشائع الكلية : $S = \mu \times N_{s\ell} = 2 \times 17 = 34$

عدد وشائع الدارة التفرعية الواحدة : $\frac{S}{2} = 17$ وشيعة

القوة المحركة المتوسطة في الوشيعة : $\frac{E}{17} = \frac{816}{17} = 48\ V$

القوة المحركة بين نصلتي مبدل : $E' = 3 \times 48 = 144\ V$

٢- ماهو مقدار نقصان السيالة النسبي أو (المئوي) بسبب رد الفعل عند تحميلها بحمولتها الاسمية . يمكن حساب هذا النقصان بعد حساب القوة المحركة الكهربائية عند حالة التحميل E_L حيث:

$$\frac{\Delta\phi}{\phi} = \frac{\Delta E}{E} = \frac{E - E_L}{E} = \frac{\Delta V_r}{E}$$

حيث E القوة المحركة الكهربائية في حالة اللاحمل و E_L القوة المحركة الكهربائية في حالة التحميل حيث:

$$E_L = U + I_a R_a \ ; \quad U = \frac{P}{I} = \frac{15500}{20} = 775\ V \quad \Rightarrow$$

$$E_L = 775 + 20 \times 1 = 795 \quad V$$

$$\frac{\Delta Vr}{E} = \frac{816 - 795}{816} = \frac{21}{816} = 0.0257 \ \ OR \ \ 2.57\%$$

٣-إذا كانت قيمة ضياعات اللاحمل P_o=800 W ما قيمة مردودها في حالة التحميل السابق وما قيمة مردودها الأعظمي.

$$\eta = 1 - \frac{\sum P_{Losses}}{P_1} = \frac{P_2}{P_1}$$

$$\sum P_{Losses} = P_o + I_a^2 R_a = 800 + (20)^2 \times 1 = 1200\ W$$

$$P_1 = P_2 + \sum P_{Losses} = 15500 + 1200 = 16700\ W$$

$$\eta = 1 - \frac{1200}{16700} = \frac{15500}{16700} = 0.928 \quad or \quad 92.8\%$$

المردود الأعظمي:

$$\eta_{max} = 1 - \frac{2P_o}{I_{a\eta max}U} \quad ; \quad I_{a\eta max} = \sqrt{\frac{P_o}{R_a}} = \sqrt{\frac{800}{1}} = 28.28$$

بفرض ثبوت هبوط التوتر بسبب رد الفعل فإن U تساوي:

$$U = E - \Delta V_r - I_a \cdot R_a = 816 - 21 - 28.28 \times 1 = 766.72$$

$$\eta_{max} = 1 - \frac{2 \times 800}{28.28 \times 766.72} = 0.9362 \ or \ 93.62\%$$

٤-ما قيمة العزم اللازم لإدارتها وخاصة في حالة التحميل السابق:

$$T_E = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{2\pi} \cdot \phi_L \cdot I_a = \frac{E_L \cdot I_a}{\omega} = \frac{795 \times 20}{(2 \times \pi \times 1200)/60} = 126.53 \ N.m$$

$$T_o = \frac{P_o - P_f}{\omega} = \frac{800 - 400}{(2 \times \pi \times n)/60} = \frac{400}{(2 \times \pi \times 1200)/60} = 3.18 \ N.m$$

العزم اللازم لإدارة الآلة يجب أن يكافئ مجموع العزمين (الكهرومغنطيسي وعزم الضياعات بحالة اللاحمل).

حيث:

T_M :العزم اللازم لإدارتها، و T_E :العزم الناتج من مرور التيار من المتحرض ، و

T_O :عزم الضياعات من حالة اللاحمل.

٥-ما هي سرعة دورانها كمحرك إذا طبق على أطراف المتحرض توتر قيمته 800 V.

يمكن حساب سرعة دورانها في هذه الحالة بعد حساب E_{LM} من حالة عملها كمحرك ومقارنتها بحالة عملها كمولد حيث:

$$\frac{E_{LM}}{E_{LG}} = \frac{n_M}{n_G} \Rightarrow n_M = n_G \times \frac{E_{LM}}{E_{LG}} \ ; \ C_e = \frac{p}{a}\frac{Z}{60} \ ; \ \phi_{LM} = \phi_{LG}$$

$$E_{LM} = U - I_a \cdot R_a = 800 - 20 \times 1 = 780 \ V$$

$$E_{LG} = 795 \ V \ ; \ n_G = 1200 \ r.p.m \Rightarrow n_M = 1200 \times \frac{780}{795} = 1177 \ r.p.m$$

٦- ماهي استطاعة الخرج لها عند عملها كمحرك عند حالة التحميل السابقة وما هي مردودها.

$$P_2 = T_M \cdot \omega = (T_E - T_o) \times \omega = (126.53 - 3.18) \times \frac{2 \times \pi \times 1177}{60} = 15200\ W$$

$$P_1 = U \cdot I_a + P_f = 800 \times 20 + 600 = 16600$$

$$\eta_M = \frac{P_2}{P_1} = \frac{15200}{16600} = 0.916 \quad or \quad 91.6\%$$

دورة كانون الثاني 2004 الفصل الأول:

آلة تيار مستمر ذات أربعة أقطاب يحتوي متحرضها على 1500 rpm ناقل موزعة ضمن 15 مجرى ويحتوي المبدل على 30 نصله . ذات لف تموجي بسيط .عندما تُدار كمولد بسرعة 1200 rpm يتولد في كل وشيعة لف قوة محركة كهربائية وسطية قيمتها 20V في حالة اللاحمل، فإذا كانت مقاومة المتحرض الكلية $R_a=0.75\Omega$ وأن رد الفعل يؤدي إلى نقصان السيالة بمقدار 5% من قيمتها في حالة اللاحمل وأن مقاومة ملفات الأقطاب $R_f=300\Omega$. المطلوب :

١- ما هي القوة المحركة الكهربائية المتولدة بين مربطي المتحرض في حالة اللاحمل، وما هي السيالة تحت القطب الواحد ؟

٢- ما هو التوتر الناتج على طرفيها عند تحميلها بتيارها الاسمي والبالغ 20A وما قيمة العزم الناشئ بين الثابت والدائر؟

٣- ما قيمة كل من مركبتي رد الفعل، ماهو عدد النواقل الواجب غرسها في حذاء كل قطب لإلغاء هذا التأثير؟

٤- إذا طبق على طرفي هذه الآلة توتراً قيمته 300V لتعمل كمحرك تفرعي. ما هي سرعة دورانها في حالتي اللاحمل والتحميل بالتيار الاسمي؟ علماً أن المتحرض يستجر تياراً في حالة اللاحمل قدره $I_{ao}= 2\ A$.

٥- احسب في الحالتين السابقتين كل من استطاعة الدخل والضياعات والمردود ؟

٦- كم تصبح سرعة دورانها إذا أضيفت مع المتحرض مقاومة $3.25\ \Omega$ ، وماهي المقاومة الواجب إضافتها مع المتحرض ليقف المحرك عن الدوران ؟ علماً أن المحرك يعمل تحت حمل ذي عزم ثابت يساوي عزمه الاسمي.

الحـــل

١-ما هي القوة المحركة الكهربائية المتولدة بين مربطي المتحرض في حالة اللاحمل، وماهي السيالة تحت كل قطب.

$$E = e_{savr} \cdot \frac{S}{2a} \quad , \quad S = K = 30$$

بما أن اللف تموجي: $2a = 2$ وقيمة القوة المحركة الوسطية بين مسفرتين $e_{savr} = 20\ V$

$$E = 20 \times \frac{30}{2} = 300\ V \quad ; \quad \phi = \frac{E}{\frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot n} = \frac{300}{2 \times \frac{1500}{60} \times 1200} = 0.005\ Wb$$

$$or\ 5 \times 10^{-3}\ mWb$$

٢- ما هو التوتر الناتج على طرفيها عند تحميلها بتيارها الاسمي والبالغ 20A وما قيمة العزم الناشئ بين الثابت والدائر .

$$U = E - I_a \cdot R_a = (E - \Delta V_r) - I_a \cdot R_a = 0.95 - I_a \cdot R_a$$
$$U = 0.95 \times 300 - 20 \times 0.75 = 270\ V$$
$$T_E = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{2\pi} \cdot \phi_L \cdot I_a = 2 \times \frac{1500}{2\pi} \times 0.95 \times 0.005 \times 20 = \frac{142.5}{\pi} = 45.38\ N.m$$

٣- ما قيمة كل من مركبتي رد الفعل، وماهو عدد النواقل الواجب غرسها في حذاء كل قطب لإلغاء هذا التأثير.

- المسفرات على المحور العمودي للآلة لم يذكر أي إزاحة وكون نقصان السيالة بسبب رد الفعل صفر وبالتالي تحسب المركبة المباشرة والمركبة العمودية كما يلي:

$$F_{ad} = 0$$

$$F_{aq} = F_{amax} = \frac{I_a \cdot Z}{4 \times a \cdot p} = \frac{20 \times 1500}{4 \times 1 \times 2} = 3750\ A.T$$

$$Z_{cq} = N_{cq} = \frac{F_{amax}}{I_a} \times \alpha_p = \frac{Z}{4 \times a \cdot p} \times \alpha_p = \frac{1500}{4 \times 1 \times 2} \times 0.7 = 131\ conductors$$

٤- إن طُبق على طرفي هذه الآلة توتر قيمته 300V لتعمل كمحرك تفرعي ماهي سرعة دورانها في حالتي اللاحمل والتحميل بالتيار الاسمي .علماً أن المتحرض يستجر تياراً في حالة اللاحمل $I_{ao} = 2A$.

-سرعة اللاحمل :

$$n_o = n_G \frac{E_M}{E_G} \quad ; \quad E_M = U - I_a \cdot R_a = 300 - 2 \times 0.75 = 298.5\ V$$

$$n_o = 1200 \times \frac{298.5}{300} = 1194\ rpm$$

-السرعة بعد التحميل :

$$n_L = n_G \frac{E_{ML}}{E_{GL}} \quad ; \quad E_{ML} = 300 - 20 \times 0.75 = 285\ V$$

$$E_{GL} = E_G \times 0.95 = 285\ V \quad \Rightarrow \quad n_L = 1200 \times \frac{285}{285} = 1200\ rpm$$

٥- احسب في الحالتين السابقتين كل من استطاعة الدخل والضياعات والمردود:

- في حالة اللاحمل :

$$P_{in\ put} = I_{Lo} \times U = (I_f + I_{ao}) \times U$$

$$I_f = \frac{U}{R_f} = \frac{300}{300} = 1\ A \Rightarrow P_{in\ put} = (1+2) \times 300 = 900\ W$$

$$\eta o = \frac{Pout\ put}{Pin\ put} = \frac{0}{900} = 0 \ ; \ \sum P_{Losses} = P_o = P_{in\ put} = 900\ W$$

-في حال التحميل :

$$P_{in\ put} = I_L \cdot U \ ; \ I_L = I_f + I_a = 1 + 20 = 21\ A$$

$$P_{in\ put} = 21 \times 300 = 6300\ W$$

$$\sum P_{Losses} = P_o + I_a^2 \cdot R_a = 900 + (20)^2 \times 0.75 = 1200\ W$$

$$\eta = 1 - \frac{\sum PLosses}{P_{in\ put}} = 1 - \frac{1200}{6300} = 0.81\ \ or\ \ 81\%$$

٦- كم تصبح سرعة دورانها إذا أضيفت مع المتحرض مقاومة 3.25 Ω وما هي المقاومة الواجب إضافتها مع المحرك ليقف عن الدوران علماً أن المحرك يعمل تحت حمل ذي عزم ثابت يساوي عزمه الاسمي.

$$n_6 = \frac{E_{L6}}{E_{LG}} n_G \ \ ; \ \ E_{L6} = 300 - 20 \times (3.25 + 0.75) = 220\ V$$

$$n_6 = \frac{220}{285} \times 1200 = 926\ rpm$$

-عند الوقوف: $E_{L6} = 0$ أي $0 = U - I_a(R_{add} + R_a)$

$$R_{add} = \frac{300}{20} - R_a = 15 - 0.75 = 14.25\ \Omega$$

- دورة حزيران 2004 الفصل الثاني:

آلة تيار مستمر ذات 6 أقطاب، ولف انطباقي بسيط . عندما تُدار كمولد ذي تحريض مستقل بسرعتها الاسمية يتولد على طرفي المتحرض 600 V في حالة اللاحمل ، ويتولد في الناقل الواحد قوة محركة كهربائية وسيطية 2.4 V، ويكون العزم المبذول لإدارتها $\frac{30}{\pi} N.m$ ، وتكون الاستطاعة الكهربائية المفقودة في دارة ملفات الأقطاب 600 W . أما عند تحميلها بتيارها الاسمي والبالغ 20 A فإن العزم المبذول $\frac{330}{\pi} N.m$ ، فإذا علمت أن الخصائص المغنطيسية لها خطية ، وأن مقاومة المتحرض هي $R_a = 1.5\ \Omega$. المطلوب:

١-حساب سرعة دورانها الاسمية بالـ rpm .

٢-حساب استطاعة الدخل والخرج لها والمردود في حالة التحميل بالتيار الاسمي.

٣-عدد النواقل الواجب غرسها في حذاء كل قطب لإلغاء تأثير رد الفعل علماً بأن $\alpha_a = 0.7$.

٤-ماهي سرعة دورانها كمحرك عند تطبيق توتر خارجي على طرفي المتحرض قيمته 600 V مع بقاء التوتر المطبق على ملفات التحريض ثابتاً على ماكان عليه في حالة العمل كمولد ، وذلك في حالتي اللاحمل والتحميل بحيث يمر في المتحرض التيار الاسمي ؟

٥- كم تصبح السرعة إذا أضيفت لدارة ملفات التحريض مقاومة مساوية لمقاومة هذه الملفات وذلك إذا كان الحمل على محور المحرك: آ- ذا استطاعة ثابتة. ب- ذا عزم ثابت.

الحـــل

١): حساب سرعة الدوران الاسمية للآلة مقدرة بالـــ: (rpm): من علاقة القوة المحركة الكهربائية نجد:

$$E = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi \cdot n \quad \Rightarrow \quad n = \frac{E}{\frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi} \; ; \; E = 600\,V \; ; \; \frac{p}{a} = 1$$

من معطيات المسألة لدينا:

$$E = 600\,V \; ; \; \frac{p}{a} = 1 \; ; \; e_c = 2.4V \; ; \; E = \frac{Z}{2a} e_c \Rightarrow$$

$$\frac{Z}{2a} = \frac{E}{e_c} = \frac{600}{2.4} = 250$$

$$Z = 2a \times 250 = 6 \times 250 = 1500 \; conductors$$

يحسب الفيض من علاقة العزم:

$$\phi = \frac{T}{\frac{p}{a} \times \frac{Z}{2\pi} \times I_a} \; ; \; T = T_M - T_o = \frac{330}{\pi} - \frac{30}{\pi} = \frac{300}{\pi} \; N.m$$

$$\Rightarrow \quad \phi = \frac{300/\pi}{1 \times \frac{1500}{2\pi} \times 20} = \frac{300}{15000} = 0.02\,Wb = 20\,mWb$$

$$n = \frac{600}{1 \times \frac{1500}{60} \times 2 \times 10^{-3}} = 1200\ rpm$$

٢): حساب استطاعة الدخل والخرج والمردود:

-حساب استطاعة الدخل من العلاقة الآتية:

$$P_{input} = P_1 = P_m + P_f = Tm \times \omega + P_f$$

$$P1 = \frac{330}{\pi} \times \frac{2\pi \times 1200}{60} + 600 = 13800\ W$$

-حساب استطاعة الخرج من العلاقة الآتية:

$$P_2 = U_L \cdot I_L \ ; \ I_L = I_a = 20\ A$$

$$U_L = E - \Delta V_r - I_a \cdot R_a = 600 - 20 \times 1.5 = 570 V$$

حيث: $\Delta V_r = 0$ لأن الخصائص خطية:

$$P_2 = 570 \times 20 = 11400\ W$$

-حساب المردود من العلاقة الآتية:

$$\eta\% = \frac{P_2}{P_1} \times 100 = \frac{11400}{13800} \times 100 = 82.61\%$$

٣): حساب عدد النواقل الواجب غرسها في حذاء كل قطب لإلغاء تأثير رد فعل المتحرض:

آ- باعتبار أن الخصائص خطية فلا حاجة لغرس نواقل لإلغاء تأثير رد الفعل .

ب- حساب عدد هذه النواقل من العلاقة:

$$N_{cq} = Z_{cq} = \frac{Z}{4a \cdot p} \alpha_p = \frac{1500}{4 \times 3 \times 3} \times 0.7 = 29\ Conductors / pole$$

٤): تحسب سرعة دورانها كمحرك بالاستناد إلى سرعة دورانها كمولد بعد حساب القوة المحركة الكهربائية المتولدة فيها كمحرك في حالة اللاحمل E_{mo} :

$$E_{mo} = U - I_{ao} \cdot R_a \ ; \ I_{ao} = \frac{P_o - P_f}{U} = \frac{P_{mech} + P_{st}}{U} =$$

$$\frac{T_o \cdot \omega}{U} = \frac{\frac{30}{\pi} \times \frac{2\pi \cdot n}{60}}{600} = 2\ A$$

$$E_{mo} = 600 - 2 \times 1.5 = 597\ V$$

$$\frac{E_{mo}}{E_G} = \frac{597}{600} = \frac{\frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi \cdot n_{mo}}{\frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi \cdot n_{mo}} = \frac{n_{mo}}{n_G} = \frac{n_{mo}}{1200} \Rightarrow$$

$$n_{mo} = \frac{1200 \times 597}{600} = 1194\ rpm$$

كما نحسب سرعة دورانها عند التحميل بعد حساب أيضاً القوة المحركة E_{m0} في المحرك بعد التحميل:

$$E_m = U - I_a \cdot R_a = 600 - 20 \times 1.5 = 570\ V$$

$$\frac{E_m}{E_G} = \frac{570}{600} = \frac{n_m}{n_G} = \frac{n_m}{1200} \Rightarrow n_m = \frac{1200 \times 570}{600} = 1140\ rpm$$

٥): حساب السرعة بعد إضافة المقاومة:

عند إضافة مقاومة مساوية لمقاومة ملفات الأقطاب مع ثبوت التوتر المطبق عليها ينخفض تيار التحريض إلى نصف قيمته وإذا كانت الخصائص خطية فإن السيالة تنخفض لنصف قيمتها وبالتالي:

آ-في حالة كون الحمل ذا استطاعة ثابتة فهذا يعني ثبوت تيار الحمل ويمكن حساب السرعة بعد حساب القوة المحركة الكهربائية للمحرك ومقارنتها في حالة مولد أي مع أي حالة من الحالات السابقة ولتكن E_{m1} :

$$E_{m1} = U - I_a \cdot R_a = 600 - 20 \times 1.5 = 570\ V$$

$$\frac{E_{m1}}{E_G} = \frac{\frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi_{m1} \cdot n_{m1}}{\frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi_G \cdot n_G} = \frac{\phi_{m1}}{\phi_G} = \frac{n_{m1}}{n_G} \Rightarrow$$

$$\phi_m = \frac{\phi_G}{2} \Rightarrow n_{m1} = \frac{1200 \times 570}{600} = 2280\ rpm$$

ب- في حالة كون الحمل ذو عزم ثابت : فنجد عند انخفاض السيالة إلى نصف قيمتها يزداد تيار المتحرض:

$$T = Const. = \frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{2\pi}\phi_{m1}\cdot I_{a1} = \frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{2\pi}\phi_{m2}\cdot I_{a2} \Rightarrow \phi_{m1}\cdot I_{a1} = \phi_{m2}\cdot I_{a2}$$

حيث يمثل الحد الأول قيمة العزم قبل إضافة المقاومة بينما يمثل الحد الثاني من المعادلة قيمة العزم بعد إضافة المقاومة:

$$I_{a2} = I_{a1}\times\frac{\phi_{m1}}{\phi_{m2}} = 2\times I_{a1} = 2\times 20 = 40\ A$$

$$E_{m2} = U - I_{a2}\cdot R_a = 600 - 401.5 = 540\ V$$

$$n_{m2} = n_G\frac{\phi_G}{\phi_{m2}}\frac{E_{m2}}{E_G} = 1200\times\frac{2\times 540}{600} = 2160\ rpm \quad ; \quad \phi_m = \frac{\phi_G}{2}$$

- دورة كانون ثاني 2005 فصل أول:

آلة تيار مستمر ذات أربعة أقطاب ، يحتوي متحرضها على 32 مجرى ويحتوي المبدل على 64 نصلة ، عدد لفات كل وشيعة لف من وشائع المتحرض 10 لفات . على جسم كل قطب من أقطاب الآلة نوعان من الملفات . الأول عدد لفاته 2000 لفة ومقاومته 100 أوم وعند مرور تيار فيه شدته 1 A تنشأ سيالة تحته قيمتها 15 mWb ، والثاني عدد لفاته 50 لفة ومقاومته 0.25 أوم . عندما تُربط هذه الآلة إلى منبع توتر مستمر قيمته 400 V لتعمل كمحرك تفرعي بعد وصل ملفات الأقطاب الخاصة بذلك مع بعضها على التسلسل تستجر تياراً من المنبع شدته 5 A في حالة اللاحمل وعند تحميلها بحيث يصبح التيار المستجر 41 A تبقى سرعتها ثابتة على قيمتها في حالة اللاحمل ، فإذا كانت قيمة مقاومة المتحرض مع التماس R_a=1.25 أوم . المطلوب:

١- اختر نوع اللف لهذه الآلة ، واحسب عدد نواقل المتحرض.

٢- احسب سرعة دورانها كمحرك تفرعي مقدرة بالـ rpm .

٣- مامقدار نقصان السيالة بسبب رد الفعل ؟

٤- ماهي الضياعات والمردود لها عند عملها كمحرك تفرعي في حالتي اللاحمل والتحميل ؟

٥- ماهي سرعة دورانها مقدرة بالـ rpm إذا استبدلت الملفات التفرعية بالملفات التسلسلية وهي تحت نفس الحمل وتحت نفس التوتر ؟

٦- ماهو التوتر الناتج بين مربطي المتحرض عندما تُدار بنفس سرعة دورانها كمحرك لتعمل كمولد ذي تحريض مستقل مع بقاء ملفات الأقطاب موصولة إلى نفس المنبع ذي التوتر 400 V وعندما يمر في متحرضها نفس التيار الوارد في حالة التحميل كمحرك ؟

٧- ماهو العزم اللازم لإدارتها في حالتي اللاحمل والتحميل كمولد ؟

٨- قارن بين استطاعات الخرج لها في حالات التحميل الثلاث ،محرك تفرعي ، محرك تسلسلي ، مولد .

الحل:

الطلب الأول:

- نوع اللف: انطباقي بسيط ذو أربعة طبقات لأن عدد مجاري المتحرض زوجي وعدد نصلات المبدل ضعف عدد المجاري .

- عدد نواقل المتحرض : عدد لفات وشيعة اللف يساوي عدد نواقل الطبقة الواحدة وبالتالي :

$$Z = 10 \times 4 \times 32 = 1280 \ \ Conductors$$

الطلب الثاني:حساب سرعة دوران الآلة مقدرة بالـ rpm .

يتم حساب السرعة من علاقة القوة المحركة الكهربائية المتولدة E_o المتولدة من حالة اللاحمل حيث:

$$E = \frac{p}{a} \cdot \frac{z}{60} \phi \cdot n = U - I_a \cdot R_a$$

بالتبديل بالقيم نجد:

$$E = 1 \times \frac{1280}{60} \times 15 \times 10^{-3} n_o = 400 - 4 \times 1.25 = 395\ V \ \Rightarrow$$

$$no = \frac{395 \times 60}{1 \times 1280 \times 15 \times 10^{-3}} = 1234.4\ rpm$$

الطلب الثالث: مامقدار نقصان السيالة بسبب رد فعل المتحرض.

نحسب القوة المحركة الكهربائية في حالة التحميل ونسبتها إلى القوة المحركة الكهربائية في حالة اللاحمل ولتكن E_1:

$$E_1 = 1 \times \frac{1280}{60} \times \phi_{L1} \times n = 400 - 40 \times 1.25 = 350\ V \ \Rightarrow$$

$$\frac{\phi_{L1}}{\phi} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{350}{395} \Rightarrow \phi_{L1} = \phi \times \frac{350}{395} = 0.886 \times \phi \ \Rightarrow$$

$$\phi_{L1} = 0.886 \times 15 \times 10^{-3} = 13.29 \times 10^{-3}\ Wb$$

الطلب الرابع: ماهي الضياعات والمردود لها عند عملها كمحرك تفرعي في حالتي اللاحمل والتحميل.

- الضياعات في حالة اللاحمل :

$$\sum P_{Losses} = P_o = I_{Lo} \cdot U = 5 \times 400 = 2000\ W$$

- المردود في حالة اللاحمل :

$$\eta_o = \frac{P_2}{P_1} = \frac{0}{P_1} = 0$$

- الضياعات في حالة التحميل:

$$\sum P_{Losses} = P_o + I_{ao}^2 R_a = 2000 + (40)^2 \times 1.25 = 4000\ W$$

- المردود في حالة اللاحمل :

$$\eta = 1 - \frac{\sum P_{Losses}}{U \cdot I_L} = 1 - \frac{4000}{400 \times 41} = 0.756\ \ or\ \ 75.6\%$$

الطلب الخامس: ماهي سرعة دورانها مقدرة بـــ rpm إذا استبدلت الملفات التفرعيـــة بالملفات التسلسلية وهي تحت نفس الحمل وتحت نفس التوتر.

إذا وصلت الملفات التسلسلية مع بعضها على التسلسل ومر فيها تيار شدته I_a=40 A عندها تكون القوة المحركة المغنطيسية لكل قطب هي $40\times 50 = 2000\,A.T$ وهي نفس القوة المحركة للملفات التفرعية وبالتالي تبقى السيالة في هذه الحالة هي نفس السيالة في حالة الملفات التفرعية نكتب علاقة القوة المحركة الكهربائية في هذه الحالة ومنها نحسب:

$$E_{Ls} = \frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{60}\phi\cdot n_s = U - I_a(R_a + R_s)\ ;\ R_s = 4\times 0.25 = 1\,\Omega$$

$$E_{Ls} = 400 - 40\times(1.25+1) = 310\ V$$

حيث: R_s وE_{Ls} هما السرعة والقوة المحركة الكهربائية المتولدة بعد ربط ملفات التحريض التسلسلية.

$$\frac{n_s}{n_o} = \frac{E_{Ls}}{E_1} = \frac{310}{350} \Rightarrow n_s = n_o\times\frac{310}{350} = 1234.4\times\frac{310}{350} = 1093.3\ rpm$$

الطلب السادس: ماهو التوتر الناتج بين مربطي المكتحرض عندما تُدار بنفس سرعة دورانها كمحرك لتعمل كمولد ذي تحريض مستقل مع بقاء ملفات الأقطاب موصولة لإبى نفس المنبع ذي التوتر 400 V وعندما يمر في متحرضها نفس التيار الوارد في حالة الحميل كمحرك.

إن بقاء ملفات الأقطاب موصولة إلى نفس المنبع يعني أن سيالة الأقطاب بقيت كما هي، والتحميل بنفس التيار يعني أن رد الفعل بقي له نفس التأثير ، وبالتالي ϕ_{LG} في هذه الحالة هي نفس ϕ_L، وباعتبار أنها تُدار بنفس سرعة الدوران فإن القوة المحركة الكهربائية المتولدة هي نفسها القوة في حالة العمل كمحرك وعليه:

$$E_{LG} = E_{L1} = 350\ V$$

حيث: E_{LG} هي القوة المحركة الكهربائية في حالة العمل كمولد ، E_{L1} هي القوة المحركة الكهربائية في حالة العمل كمحرك.

$$U_L = E_{LG} - I_a\cdot R_a = 350 - 40\times 1.25 = 300\ V$$

الطلب السابع: ماهو العزم اللازم لإدارتها في حالتي اللاحمل والتحميل.

- في حالة اللاحمل:

$$T_{mo} = T_o = \frac{P_o - P_f}{\omega} = \frac{2000 - 1\times 400}{2\pi \times \frac{1234.4}{60}} = 12.38\ N.m$$

- في حالة التحميل:

$$T_m = T_o + T_E = 12.38 + \frac{350\times 40}{2\pi \times \frac{1234.4}{60}} = 12.38 + 108.36 = 120.74\ N.m$$

الطلب الثامن: قارن بين استطاعات الخرج لها في حالات التحميل الثلاث محرك تفرعي ، محرك تسلسلي ، مولد.

- حالة محرك تفرعي:

$$P_{2p} = T_m \cdot \omega = (T_E - T_o)\times \omega =$$
$$= (108.36 - 12.38)\times \frac{2\pi \times 1234.4}{60} = 12400.67\ W$$

- حالة محرك تسلسلي:

$$P_{2s} = T_m \cdot \omega = (T_E - T_o)\times \omega =$$
$$= (108.36 - 12.38)\times \frac{2\pi \times 1093.3}{60} = 10983\ W$$

- في حالة مولد:

$$P_{2G} = U \times I_a = 300 \times 40 = 12000\ W$$

- دورة حزيران ٢٠٠٥ فصل ثاني:

آلة تيار مستمر ذات أربعة أقطاب يحتوي متحرضها على 32 مجرى ويحتوي المبدل على 64 نصلة. عدد لفات كل وشيعة لف من وشائع المتحرض 10 لفات . عندما تعمل الآلة كمحرك تفرعي تحت توتر 400 V تستجر تياراً من المنبع قيمته 5 A في حالة اللاحمل و 41 A في حالة الحمل الكامل دون أن تتغير سرعتها ، فإذا علمت أن مقاومة

المتحرض 1Ω ومقاومة دارة ملفات الأقطاب 400 Ω ، وأن السيالة تحت كل قطب في حالة اللاحمل هي 15.47 mWb . المطلوب :

١- احسب سرعة دورانها كمحرك تفرعي مقدرة بالـــ: rpm .

٢- كم تصبح هذه السرعة عند إضافة مقاومة مع المتحرض قيمتهـــا 2Ω ، ومـــاهي المقاومة التي ستؤدي إلى إيقافه ؟

٣- ماهو التوتر الذي سيظهر على طرفي المتحرض عند عملها كمولد ذي تحـــريض مستقل في حالتي اللاحمل والتحميل إذا بقي كل من تيار التحريض والمتحرض ثابتين على قيمتهما في حالة عملها كمحرك.

٤- مامقدار هبوط التوتر بسبب رد فعل المتحرض ، وماعدد النواقل الواجب غرســـها في حذاء كل قطب لإلغاء تأثير رد الفعل.

٥- ماهي الضياعات والمردود في حالتي التحميل لهذه الآلة كمحرك وكمولد.

الحـــل

١- احسب سرعة دورانها كمحرك تفرعي مقدرة بـــ: rpm .

تحسب السرعة من علاقة القوة المحركة الكهربائية في حالة اللاحمل حيث:

$$E = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi \cdot n = U - I_{ao} \cdot R_a \qquad (1)$$

المقدار $\frac{p}{a} = 1$ ، حيث اللف لا يصلح إلا الانطباقي من معطيات المسألة وليكن بسيطاً، وأن $S = K = 64$ ، وبالتالي:

$$Z = 2 \times 64 \times 10 = 1280 \, Conductors$$

$$R_a = 1\,\Omega \; ; \; I_{ao} = I_{Lo} - I_f = 5 - 1 = 4 \; A \; ; \; \phi = 15.47 \times 10^{-3} \; Wb$$

من المعطيات $U = 400$ وبالتالي :

$$n = \frac{U - I_{ao} \cdot R_a}{\frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi} = \frac{400 - 4 \times 1}{1 \times 1280 \times 15.47 \times 10^{-3}} = 1200 \; rpm$$

وهي نفس سرعة دورانه في حالة التحميل.

٢-كم تصبح هذه السرعة عند إضافة مقاومة مع المتحرض قيمتها 2 أوم ، وماهي المقاومة التي ستؤدي إلى إيقافه.

$$E_L = \frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{60}\cdot\phi_L\cdot n = U - I_a\cdot R_a \qquad (2)$$

من المعطيات:

$$R_a = 1\Omega \;;\; I_a = I_L - I_f = 41-1 = 40\ A \;;\; U = 400\ V$$

في حالة عمله كمحرك في حالة اللاحمل $n = 1200\ rpm$.

بنسب العلاقة ٢ إلى العلاقة ١ بدون إضافة مقاومة نحسب الفيض Φ_L حيث :

$$\frac{E_L}{E} = \frac{\phi_L}{\phi} = \frac{U - I_a\cdot R_a}{U - I_{ao}\cdot R_a} = \frac{400-40\times1}{400-4\times1} = \frac{360}{396} \Rightarrow$$

$$\phi_L = 0.91\times\phi$$

عند إضافة المقاومة نكتب علاقة القوة المحركة ثانية ولتكن E_{L1} :

$$E_{L1} = \frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{60}\cdot\phi_L\cdot n_1 = U - I_a(R_a + R_{add}) = \qquad (3)$$

$$= 400 - 40\times(1+4) = 280\ V$$

بنسبة العلاقة (٣) إلى العلاقة (٢) نجد :

$$\frac{E_{L1}}{EL} = \frac{n_1}{n} = \frac{280}{360} \quad \Rightarrow \quad n_1 = n\frac{280}{360} = 1200\times\frac{280}{360} = 933.33\ rpm$$

-المقاومة الواجب إضافتها حتى يقف المحرك عند الدوران تحت الحمل السابق: في حالة وقوفه تصبح القوة المحركة $E_{L2} = 0$ ومنها :

$$E_{L2} = 0 \;= U - I_a(R_a + R_{add}) \;\Rightarrow\; R_{add} = \frac{U - I_a R_a}{I_a} =$$

$$= \frac{400-40\times1}{40} = 9\ \Omega$$

٣- ماهو التوتر الذي سيظهر على طرفي المتحرض عند عملها كمولد ذو تحريض مستقل في حالتي اللاحمل والتحميل إذا بقي كل من تياري التحريض والمتحرض ثابتين على قيمتهما في حالة عملها كمحرك.

بفرض أن السرعة أيضاً بقيت ثابتة ، في هذه الحالة القوة المحركة الكهربائية المتولدة تبقى ثابتة على قيمتها في حالة اللاحمل والتحميل :

في حالة اللاحمل $U = E_G = 396V$

في حالة التحميل $U = E_{LG} - I_a \cdot R_a$

E_L : تُحسب من علاقة القوة المحركة الكهربائية عند Φ_L والتي تم حسابها في حالة العمل كمحرك.

$$E_L = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi_L \cdot n = 1 \times \frac{1280}{60} \times 0.91 \times 15.47 \times 10^{-3} \times 1200 = 360\ V$$

$$E_{LG} = E_L = 360\ V$$

ملاحظة : E_L هي قيمة القوة المحركة في حالة العمل كمحرك بدون إضافة مقاومة :

$$U_G = E_{LG} - I_a \cdot R_a = 360 - 40 \times 1 = 320\ V$$

٤- ما مقدار هبوط التوتر بسبب رد الفعل.

$$\Delta V = E - E_{LG} = 396 - 360 = 36\ V$$

$$\Delta v = E - E_{Lo} = 396 - 360 = 36V$$

وما عدد النواقل الواجب غرسها في حذاء كل قطب لإلغاء تأثير رد الفعل.

من العلاقة يمكن حساب عدد النواقل حيث :

$$N_{cq} = Z_{cq} = \frac{Z}{4a \cdot p} \Rightarrow Z_{cq} = \frac{1280}{4 \times 2 \times 2} = 80\ Conductors$$

٥- ما هي الضياعات والمردود في حالتي التحميل لهذه الآلة كمحرك وكمولد.

١-كمحرك : مجموع الضياعات :

$$\sum PLosses = P_o + I_a^2 \cdot R_a$$

$$P_o = I_{Lo} \cdot U = 5 \times 400 = 2000\ W$$

$$I_a^2 \cdot R_a = (40)^2 \times 1 = 1600\ W$$

$$\sum PLosses = 2000 + 1600 = 3600\ W$$

استطاعة الدخل:

$$P_1 = U \cdot I_L = 400 \times 41 = 16400\ W$$

$$\eta_m = 1 - \frac{\sum P_{Losses}}{P_1} = 1 - \frac{3600}{16400} = 0.78 \quad or \quad 78\%$$

٢-كمولد مجموع الضياعات تبقى ثابتة طالما بقي كل من السرعة والتيار ثابتين أي:

$$\sum P_{Losses} = 8600\ W$$

استطاعة الدخل P_1 :

$$P_1 = P_2 + \sum P_{Losses}$$

$$P_2 = U_G \cdot I_a = 320 \times 40 = 12800 \ \Rightarrow \ P_1 = 12800 + 3600 = 16400\ W$$

$$\eta_G = \frac{P_2}{P_1} = \frac{12800}{16400} \approx 0.78 \ \Rightarrow \ \eta_G = 78\%$$

- دورة 2005-2006 – الفصل الثاني:

آلة تيار مستمر ذات ستة أقطاب ولف انطباقي بسيط . عندما تُدار كمولد ذي تحريض ذاتي تفرعي تعطي قوة محركة كهربائية على طرفيها في حالة اللاحمل قيمتها 900 V عند سرعة دوران 1500 rpm ، وعند تحميلها بتيارها الاسمي البالغ I_a=60 A يصبح التوتر على طرفيها 800 V وتعطي عندها مردودها الأعظمي والبالغ 80% . فإذا علمت أن القوة المحركة المغنطيسية $F_{a\ max}$=6000 AT في حالة التحميل هذه ، وبإهمال تأثير تغير تيار التحريض من حالة اللاحمل إلى حالة التحميل . المطلوب:

١- حدد عدد نواقل المتحرض .

٢- حدد قيمة السيالة المغنطيسية في حالتي اللاحمل والتحميل.

٣- احسب قيمة مقاومة المتحرض.

٤- احسب العزم اللازم لتدويرها في حالة التحميل المعطاة بنص المسألة.

٥- احسب تيار المتحرض المار في حالة التحميل، إذا علمت أن الضياعات في ملفات التحريض هي نصف ضياعات اللاحمل.

- إذا طبقنا على هذه الآلة توتراً قيمته 800 V لتعمل كمحرك تفرعي . المطلوب:

٦- سرعة دوران المحرك وهو محمل، بحيث يمر في متحرضه نفس التيار الاسمي.

٧- ماهي المقاومة الواجب إضافتها للمتحرض حتى تنخفض سرعته إلى 80% من سرعته السابقة. علماً بأن التيار المار في المتحرض لم يتغير (انخفاض السرعة يعني انخفاض التوتر بنفس النسبة).

٨- كم تصبح سرعته إذا رفع الحمل عن محوره ، وماهو نوع الحمل الذي كان واقفاً عليه (ملاحظة اهمل التيار I_{ao}) .

الحـــل

١- تحديد عدد النواقل Z :

$$F_{amax} = \frac{I_a \cdot Z}{4 \times a \cdot p} \Rightarrow Z = \frac{4 \times a \cdot p \cdot F_{amax}}{I_a}$$

بما أن اللف انطباقي بسيط هذا يعني أن: $2a = 2p$

$$2p = 6 \Rightarrow p = 3 \Rightarrow 2a = 6 \Rightarrow a = 3 \Rightarrow$$

$$Z = \frac{4 \times 3 \times 3 \times 6000}{60} = 3600 \ Conductors$$

٢-تحديد قيمة السيالة المغنطيسية في حالتي التحميل واللاحمل :

آ-في حالة اللاحمل :

$$\phi = \frac{E}{\frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot n} = \frac{900}{1 \times \frac{3600}{60} \times 1500} = 0.01 \ Wb = 10 \ mWb$$

ب-في حالة التحميل نحسب E_L:

$$E_L = E - \Delta V_r = U - I_a \cdot R_a$$

بما أن الآلة تعطي مردودها الأعظمي البالغ 80% هذا يعني : $I_a^2 \cdot R_a = P_o$

$$I_a^2 \cdot R_a + P_o = 2 \times I_a^2 \cdot R_a = P_1 - P_2 = P_2 \times \left(\frac{P_1}{P_2} - 1 \right) = P_2 \times \left(\frac{1}{\eta_{max}} - 1 \right)$$

حيث : $P_2 = I_a \cdot U = 60 \times 800 = 48000 \ W$

$$I_a^2 \cdot R_a + P_o = 2 \times I_a^2 \cdot R_a = 48000 \times (0.8 - 1) = 48000 \times 0.25 = 12000\ W$$

$$I_a \cdot R_a = \frac{1200}{2 \times 60} = 100\ V \quad , \quad E_L = 800 + 100 = 900\ V$$

$$\phi_L = \frac{E_L}{\frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot n} = \frac{900}{1 \times \frac{3600}{60} \times 1500} = 0.01\ Wb = 10\ mWb$$

٣-حساب مقاومة المتحرض:

$$I_a \cdot R_a = 100\ V \Rightarrow R_a = \frac{I_a \cdot R_a}{I_a} = \frac{100}{60} = 1.667\ \Omega$$

٤- حساب العزم اللازم لتدوير الآلة في حالة التحميل :

$$T_m = T_E + T_o = \frac{E_L \cdot I_a}{\omega} + \frac{P_o - P_f}{\omega} \quad ; \quad P_f = \frac{P_o}{2}$$

وبما أن : $I_a^2 \cdot R_a + P_o = 12000\ W$

$$\Rightarrow P_o = 12000 - I_a^2 \cdot R_a = 12000 - (60)^2 \times 1.667 \approx 6000\ W$$

$$P_f = \frac{P_o}{2} = \frac{6000}{2} = 3000\ W$$

$$\Rightarrow T_m = \frac{900 \times 60 + 3000}{\frac{2\pi \times 1500}{60}} = 324.84\ N.m$$

٥-حساب تيار التحريض :

$$P_f = 3000 = U_f \cdot I_f \Rightarrow I_f = \frac{P_f}{U_f} = \frac{3000}{800} = 3.75\ A$$

٦-عندما تعمل الآلة كمحرك :

$$E_{LM} = U - I_a \cdot R_a = 800 - 60 \times 1.667 = 800 - 100 = 700\ V$$

ولأن تياري التحريض والتحميل ثابتان:

$$E_{LG} = C_e \cdot \phi_{LG} \cdot n_G$$
$$E_{LM} = C_e \cdot \phi_{LM} \cdot n_M$$

$$\Rightarrow \quad n_M = n_G \times \frac{E_{LM}}{E_{LG}} = 1500 \times \frac{700}{900} = 1166.7 \ \ rpm$$

٧-حساب المقاومة المراد إضافتها للمتحرض لتخفيض السرعة إلى 80% عند عدم تغير تيار المتحرض .

إن انخفاض السرعة 80% يعني انخفاض القوة المحركة بنفس النسبة.

$$E_{LM1} = 0.8 \times E_{LM} = 0.8 \times 700 = 560 \ \ V$$

وبما أن :

$$C_e \cdot \phi_{LM} \cdot n_{M1} = E'_{LM1} = U - I_a (R_a + R_{add}) \ \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \ R_{add} = \frac{E'_{LM1} - U + I_a \cdot R_a}{I_a} = \frac{700 - 560 + 60 \times 1.667}{60} = 4 \ \Omega$$

٨-السرعة التي يدور بها المحرك:

لدينا : $E_{LMo} = U = 700 \ V$

$$n_{Mo} = n \times \frac{E_{LMo}}{E} = 1500 \times \frac{700}{800} = 1312.5 \ \ rpm$$

إن نوع الحمل هو حمل ذو عزم ثابت نظراً لثبوت التيار المستجر مع ثبوت السيالة .

- دورة 2006-2007 - الفصل الثاني:

آلة تيار مستمر تدور بسرعة 1200 rpm ، وعندما تحمل بحملها الاسمي كمولد يكون التوتر على أطرافها المغذية للحمل 240 V ، ويكون التيار المار في الحمل هو 20 A ، فإذا علمت أن هبوط التوتر الذي حصل من حالة اللاحمل إلى حالة التحميل هو 12.5% من التوتر الاسمي ، وان الآلة قد أعطت مردودها الأعظمي في حالة التحميل هذه والبالغ 92.3% . المطلوب:

١- القوة المحركة الكهربائية المتولدة في حالة اللاحمل.

٢- هبوط التوتر بسبب رد الفعل.

٣- نوع اللف وعدد الأقطاب ، إذا علمت أن التوتر الوسطي بين نصلات المبدل 22.5 V وعدد المجاري 24 مجرى.

٤- اكتب العلاقة التي تحدد عدد النواقل الواجب غرسها في حذاء كل قطب لإلغاء تأثير رد الفعل ، وبماذا تتعلق ، ناقشها في هذه المسألة.

- إذا طبقنا على طرفي المتحرض توتراً مقداره 240 V لتعمل الآلة كمحرك ويُحمل هذا المحرك بحيث يمر في المتحرض التيار الاسمي مع بقاء تيار التحريض ثابتاً على قيمته في حالة العمل كمولد ، فإذا كان الحمل ذا عزم ثابت . المطلوب:

٥- احسب سرعة دوران المحرك.

٦- كم تصبح هذه السرعة إذا أضيفت لدارة المتحرض مقاومة قدرها 1.5 Ω ؟

٧- كم تصبح سرعة دوران المحرك إذا ارتفع التوتر المطبق عليه إلى 330 V بعد رفع المقاومة من دارته ؟

٨- حدد المقاومة الواجب إضافتها إلى المتحرض ليدور بسرعة 1000 rpm .

الحـــل:

١): حساب القوة المحركة الكهربائية المتولدة في حالة اللاحمل:

$$E = U + \Delta u = U + I_a \cdot R_a + \Delta V_r \quad ; \quad \Delta U = I_a \cdot R_a + \Delta V_r \Rightarrow$$

$$E = 240 + 240 \times \frac{12.5}{100} = 240 + 30 = 270\ V$$

٢): حساب هبوط التوتر بسبب رد الفعل :

يمكن حساب هذا الهبوط بعد حساب هبوط التوتر على المقاومة الأومية لملفات المتحرض $I_a.R_a$ حيث $I_a = 20\ A$، أما R_a نحسبها من علاقة المردود الأعظمي:

$$I_a^2 R_a + P_o = P_1 - P_2 = \frac{P_2}{\eta} - p_2 = P_{Losses}$$

$$= \frac{240 \times 20}{93.5} \times 100 - 240 \times 20 = 5200 - 4800 = 400\ W$$

عند المردود الأعظمي :

$$I_a^2 R_a = P_o = \frac{400}{2} = 200\ W$$

$$I_a R_a = \frac{P_o}{I_a} = \frac{200}{20} = 10 \ \Rightarrow \ R_a = \frac{10}{20} = 0.5\ \Omega$$

$$\Delta u = E - U = I_a \cdot R_a + \Delta V_r \ ; \ \ \Delta u = I_a \cdot R_a + \Delta V_r \ \Rightarrow$$

$$\Delta V_r = 30 - 10 = 20\ V \ \Leftrightarrow \Delta V_r = \Delta u - I_a \cdot R_a$$

٣): تحديد نوع اللف وعدد الأقطاب:

القوة المحركة الكهربائية المتولدة بين مسفرتين = التوتر الوسطي × عدد النصلات بين المسفرات.

$$E = 22.5 \times K_b \quad \Rightarrow \ 270 = 22.5 \times K_b \ \Rightarrow \ K_b = \frac{270}{22.5} = 12$$

وهو عدد النصلات بين المسفرات، وبالتالي عدد الأقطاب هو $\frac{24}{12} = 2$ قطب والآلة ذات لف انطباقي بسيط : $\frac{p}{a} = 1 \ ; \ 2a = 2p = 1$

٤): إن عدد النواقل الواجب غرسها في حذاء كل قطب لإلغاء تأثير رد الفعل تحسب من العلاقة :

$$Z_{cq} = \frac{Z}{4 \times a \times p} \times \alpha_p$$

حيث: α_p معامل ثابت ويعطى عادة بـــ: 0.7

Z : عدد النواقل الإجمالية ويعطى بالأساس أو يحسب من العلاقة :

$$E = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi \cdot n$$

٥): حساب سرعة الدوران.

إن p : تتعلق بعدد الأقطاب، و a بعدد الدارات التفرعية وفي مثالنا اللف انطباقي بسيط $\frac{p}{a} = 1$:

$$E_{L1} = U - I_a \cdot R_a = \ 240 - 20 \times 0.5 = 230\ V \ \Rightarrow$$

$$E_{LG} = U + I_a \cdot R_a = 240 + 20 \times 0.5 = 250\ V \Rightarrow$$

$$\frac{E_{L1}}{E_{LG}} = \frac{C_e \cdot \phi_1 \cdot n_1}{C_e \cdot \phi_G \cdot n_G} \Rightarrow n_1 = n_G \times \frac{E_{L1}}{E_{LG}} = 1200 \times \frac{230}{250} = 1104\ rpm$$

٦): عند إضافة مقاومة مقدارها 1.5 Ω :

$$E_{L2} = U - I_a \cdot R_a - I_a \cdot R_{add} = 240 - 20 \times 0.5 - 20 \times 1.5 = 200\ V \Rightarrow$$

$$\frac{E_{L2}}{E_{LG}} = \frac{C_e \cdot \phi_{L2} \cdot n_2}{C_e \cdot \phi_{LG} \cdot n_G} \Rightarrow n_2 = n_G \times \frac{E_{L2}}{E_{LG}} = 1200 \times \frac{200}{250} = 960\ rpm$$

٧): حساب المقاومة الواجب إضافتها للمتحرض حتى تنخفض السرعة حتى 80% من سرعته السابقة.

$$E_{L3} = 330 + 20 \times 0.5 = 320\ V \Rightarrow$$

$$n_3 = n_G \times \frac{E_3}{E_{LG}} = 1200 \times \frac{320}{250} = 1536\ rpm$$

$$\frac{E_{L4}}{E_{LG}} = \frac{n_4}{n_G} = \frac{1000}{1200} \Rightarrow E_{L4} = 250 \times \frac{1000}{1200} = 208.3\ V$$

٨): حساب المقاومة الواجب إضافتها للمتحرض حتى يدور المحرك بسرعة 1000 rpm .

$$E_{L4} = U - I_a \cdot R_a - I_a \cdot R_{add} \Rightarrow 208.33 = 250 - 20 \times 0.5 - 20 \times R_{add} \Rightarrow$$

$$R_{add} = 1.58\ \Omega$$

- دورة 2007-2008 – الفصل الثاني:

آلة تيار مستمر ذات 8 أقطاب ولف انطباقي بسيط . عندما تدور كمولد ذي تحريض مستقل بسرعتها الاسمية يتولد على طرفي المتحرض توتر قدره 880 V في حالة اللاحمل ، ويتولد في الناقل الواحد من نواقل المتحرض قوة محركة كهربائية وسطية 3.2 V ويكون العزم المبذول لإدارتها (عزم اللاحمل) $\frac{40}{\pi} N.m$ وتكون الاستطاعة الكهربائية المغذية لدارة ملفات الأقطاب 800 W . أما عند تحميلها بتيارها

الاسمي والبالغ 16 A فإن العزم المبذول لإدارتها (عزم التحميل) هو $\frac{360}{\pi} N.m$ ، فإذا علمت أن الخصائص المغنطيسية لها خطية ، وأن مقاومة المتحرض R_a=2.5 أوم .

المطلوب حساب مايلي:

١- عدد نواقل الآلة. ٢- عزم الآلة الفعلي. ٣- السيالة المغنطيسية .

٤- سرعة الدوران الاسمية للآلة مقدرة بالـــ: rpm .

٥- استطاعة الدخل والخرج والمردود في حالة التحميل بالتيار الاسمي.

٦- ماهو عدد النواقل الواجب غرسها في حذاء كل قطب لإلغاء رد فعل المتحرض علماً بأن $\alpha_{pp} = 0.7$.

٧- ماهي سرعة الدوران للآلة في حالة العمل كمحرك عند تطبيق توتر خارجي على طرفيها قيمته 880 V مع بقاء التوتر المطبق على ملفات التحريض ثابتاً على ماكان عليه في حالة المولد ، وذلك في حالتي اللاتحميل والتحميل بحيث يمر في المتحرض التيار الاسمي.

٨- كم تصبح هذه السرعة إذا أضفنا لدارة ملفات التحريض مقاومة مساوية لمقاومة ملفات التحريض وكان الحمل المطبق على محور المحرك :

آ- حملاً ذا عزم ثابت . ب- حملاً ذا استطاعة ثابتة.

الحـــل:

١): حساب عدد النواقل للآلة:

$$E = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi \cdot n \; ; \quad E = 660\ V$$

- الآلة ذات لف انطباقي بسيط $2a = 8 \; ; \; \frac{p}{a} = 1$ ومنه عدد الدارات التفرعية يساوي عدد الأقطاب.

ولدينا: $E = \frac{Z}{2a} e_c$.

$$\Rightarrow \; 880 = \frac{Z}{8} \times 3.2 \Rightarrow \; Z = \frac{880 \times 8}{3.2} = 2200 \; Conductors$$

٢): حساب العزم الفعلي (العزم الناتج بسبب الحمل).

بما أن عزم اللاحمل هو $\frac{40}{\pi}\ N.m$، وعند التحميل هو $\frac{360}{\pi}\ N.m$، فيكون عـزم الآلة الفعلي هو: $T = T_m - T_o$

$$\Rightarrow T = \frac{360}{\pi} - \frac{40}{\pi} = \frac{320}{\pi}\ N.m$$

٣): حساب السيالة لدينا :

$$T = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{2\pi} \cdot \phi \cdot I_a \Rightarrow$$

$$\phi = \frac{T}{\frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{2\pi} \cdot I_a} = \frac{\frac{320}{\pi}}{1 \times \frac{2200}{\pi} \times 16} = 0.0182\ Wb = 18.2\ mWb$$

٤): حساب سرعة دوران الآلة:

$$E = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi \cdot n \Rightarrow n = \frac{E}{\frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi} = \frac{880}{1 \times \frac{2200}{60} \times 0.0182} = 1333.33\ rpm$$

٥): حساب استطاعة الدخل والخرج والمردود عند التحميل بالتيار الاسمي:

$$P_{input} = P_1 = P_{mech} + P_f = T_{mech} \cdot \omega + P_f$$

$$\Rightarrow P_1 = T_{mech} \cdot \omega + P_f = \frac{360}{\pi} \times \frac{2\pi \times 1333.33}{60} + 800$$

$$= 16000 + 800 = 16800\ W = 16.8\ KW$$

$$P_2 = U_L \cdot I_L \ , \ I_L = I_a = 16\ A$$

$$U_L = E - \Delta V_r - I_a \cdot R_a = 880 - 0 - 16 \times 2.5 = 880 - 40 = 840\ V$$

حيث أهمل الهبوط الناتج عن رد فعل المتحرض كون الخصائص المغنطيسية خطية.

$$\Rightarrow P_2 = 840 \times 16 = 13440\ W = 13.44\ KW$$

$$\Rightarrow \eta\% = \frac{P_2}{P_1} = \frac{13.44}{16.8} \times 100 \approx 80\%$$

آ-باعتبار أن الخصائص خطية فلا حاجة لغرس نواقل لإلغاء تأثير رد فعل المتحرض (حل أول).

ب- يمكن حساب هذه النواقل كما يلي (حل ثاني):

$$N_{cq} = Z_{cq} = \frac{Z}{4 \times a \cdot p} \times \alpha_p = \frac{2200 \times 0.7}{4 \times 4 \times 4} = 24 \; Conductors$$

٧): نحسب سرعة الدوران كمحرك بالاستناد إلى سرعة الدوران كمولدة بعد حساب القوة المحركة المتولدة فيه كمحرك في حالة اللاحمل:

$$E_{Mo} = U - I_a \cdot R_a$$

$$I_{ao} = \frac{P_o - P_f}{U_L} = \frac{P_{mech} + P_{st}}{U_L} = \frac{T_o \cdot \omega}{U_L} = \frac{T_o \times \frac{2\pi \cdot n}{60}}{U_L}$$

$$= \frac{\frac{40}{\pi} \times \frac{2\pi \times 1333.33}{60}}{880} = 2.02 \; A \approx 2 \; A$$

$$\Rightarrow \; E_{Mo} = 880 - 2 \times 2.5 = 875$$

$$\frac{875}{880} = \frac{E_{Mo}}{E_G} = \frac{n_{Mo}}{n_G} \; \Rightarrow \; n_{Mo} = n_G \times \frac{E_{Mo}}{E_G} = 1333.33 \times \frac{875}{880} = 1325.75 rpm$$

في حالة التحميل تحسب $\mathbf{E_M}$ أيضا في المحرك بالعلاقة الآتية:

$$E_M = U - I_a \cdot R_a = 880 - 16 \times 2.5 = 840 \; V$$

$$\Rightarrow \; \frac{E_M}{E_G} = \frac{n_M}{n_G} \; \Rightarrow \; n_M = n_G \times \frac{E_M}{E_G} = 1333.33 \times \frac{840}{880} = 1272.725 \; rpm$$

٨): حساب السرعة بعد إضافة المقاومة:

عند إضافة المقاومة وبنفس قيمة مقاومة ملفات الأقطاب هذا يعني أن التيار سينخفض إلى النصف حتماً لأن الخصائص خطية وكذلك السيالة تنخفض لنصف قيمتها.

آ – إذا كان الحمل ذا استطاعة ثابتة يعني فهذا ثبوت تيار الحمل بحسب السرعة بعد حساب القوة المحركة الكهربائية للمحرك ونقارنها في حالة المولد.

$$E_M = U - I_a \cdot R_a = 880 - 16 \times 2.5 = 840 \; V$$

$$\frac{E_M}{E_G} = \frac{\frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{60}\cdot\phi_M\cdot n_M}{\frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{60}\cdot\phi_G\cdot n_G}$$

وبما أن $\phi_G = 2\times\phi_M$ $\Leftarrow$

$$n_M = \frac{E_M\cdot\phi_G\cdot n_G}{E_G\cdot\frac{\phi_G}{2}} = \frac{840}{880}\times 2\times 1333.33 = 2545.45\ rpm$$

- دورة 2008-2009 - الفصل الأول:

آلة تيار مستمر ذات أربعة أقطاب يحتوي متحرضها 36 مجرى ومبدلها على 72 نصله ، وعدد لفات كل وشيعة لف من وشائع المتحرض 15 لفه . عندما تعمل الآلة كمحرك تفرعي تحت توتر 480 V تستجر تياراً من المنبع شدته 6A في حالة اللاحمل و تستجر 46A في حالة الحمل الكامل دون أن تتغير سرعتها ، فإذا علمت أن مقاومة المتحرض 1.5Ω ، ومقاومة دارة ملفات الأقطاب 420 Ω ، وأن السيالة تحت كل قطب في حالة اللاحمل 12.17 mWb . المطلوب :

١ - حدد نوع لف هذه الآلة .

٢ - عدد نواقل المتحرض .

٣ - سرعة الآلة عند دورانها كمحرك تفرعي في حالة اللاحمل مقدره بال rpm إذا كان تيار التحريض I_f=1.6 A .

٤ - احسب السيالة في حالة التحميل .

٥ - كم تصبح السرعة عند إضافة مقاومة على التسلسل مع المتحرض مقدارها 1.5 Ω؟

٦ - ماهي قيمة المقاومة التي ستؤدي إلى إيقاف الآلة (المحرك) ؟

٧ - ما هو التوتر الذي سيظهر على طرفي المتحرض عند عملها كمولد ذي تحريض مستقل في حالتي اللاحمل والتحميل أذا بقي كل من تيار التحريض والمتحرض ثابتين على قيمتها في حالة عملها كمحرك ؟

٨ – ما هو مقدار هبوط التوتر بسبب رد الفعل وما عدد النواقل الواجب غرسها في حذاء كل قطب لإلغاء تأثير رد الفعل ؟

٩ ــ ما هي الضياعات والمردود في حالتي التحميل لهذه الآلة كمحرك وكمولد ؟

الحـــل

١– من معطيات المسألة لدينا عدد المجاري 36 مجرى وعدد نصلات المبدل 72 ، ومنه يكون لف الآلة هو انطباقي بسيط $\frac{p}{a}=1$.

٢–حساب عدد نواقل المتحرض :

$$Z = 2\times S\times N_s = 2\times 72\times 15 = 2160 \ \ Conductors$$

٣–حساب سرعة الآلة عند دورانها كمحرك تفرعي :

$$E=\frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{60}\cdot\phi\cdot n=U-I_{ao}\cdot R_a \qquad \Rightarrow n=\frac{U-I_{ao}\cdot R_a}{\frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{60}\cdot\phi}$$

ومنه تيار المتحرض في حالة اللاحمل هو :

$$I_{ao}=I_{Lo}-I_f=6-1.6=4.4\ A$$

$$\Rightarrow \quad n=\frac{480-4.4\times 1.5}{1\times\frac{2100}{60}\times 12.17\times 10^{-3}}=1080\ rpm$$

٤–حساب السيالة في حالة التحميل :

بما أن السرعة (n) ثابتة في حالتي الحمل واللاحمل : $I_f=CONST.$

$$\frac{E_L}{E}=\frac{\phi_L}{\phi}=\frac{U-I_a\cdot R_a}{U-I_{ao}\cdot R_a}$$

ومنه يصبح تيار المتحرض في حالة التحميل:

–في حالة التحميل يصبح التيار المستجر من المتحرض هو :

$$\Rightarrow I_a=I_L-I_f=46-1.6=44.4\ A$$

ومنه وبنسب قيمتي القوة المحركة الكهربائية في حالتي اللاحمل والتحميل نجد :

$$\frac{E_L}{E}=\frac{480-44.4\times 1.5}{480-4.4\times 1.5}=\frac{413.4}{473.4}=\frac{\phi_L}{\phi}$$

ومنه السيالة تحت القطب في حالة التحميل هي : ϕ_L

$$\frac{\phi_L}{\phi} = 0.873 \Rightarrow \phi_L = \phi \times 0.873 = 10.624\ mWb$$

٥-عند إضافة مقاومة في دارة المتحرض سوف تتغير قيمة السرعة وبالتالي :

$$E_{L1} = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi_L \cdot n = U - I_a \times (R_a + R_{add}) =$$
$$= 480 - 44.4 \times (1.5 + 1.5) = 346.8V$$

ومنه :

$$\frac{E_L}{E} = \frac{n_1}{n} = \frac{346.8}{413.4} \quad \Rightarrow \quad n_1 = 1080 \times \frac{346.8}{413.4} = 906\ rpm$$

٦-حساب المقاومة الواجب إضافتها لكي تتوقف الآلة عن الدوران كمحرك :

حتى تتوقف الآلة عن الدوران هذا يعني أن القوة المحركة الكهربائية أصبحت صفراً أي :

$$E_{L2} = 0 \quad E_{L2} = 0 = U - I_a \times (R_a + R_{add})$$
$$\Rightarrow R_{add} = \frac{U - I_a \cdot R_a}{I_a} = \frac{480 - 44.4 \times 1.5}{44.4} = 9.31\ \Omega$$

٧-حساب التوتر المتولد على أطراف الآلة عند عملها كمولد ذي تحريض مستقل في حالتي اللاحمل والتحميل وعند بقاء كل من تيار التحريض والمتحرض ثابتين:

آ- في حالة اللاحمل :

$$U = E_G = U - I_{ao} \cdot R_a = 480 - 4.4 \times 1.5 = 473.7\ V$$

ب- في حالة التحميل :

$$U = E_{LG} - I_a \cdot R_a$$

وبالتالي يجب حساب E_{LG} من علاقة القوة المحركة الكهربائية في حالة التحميل عند حالة العمل كمحرك .

$$E_{LG} = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi_L \cdot n = 1 \times \frac{2160}{60} \times 10.624 \times 10^{-3} \times 1080 = 413.06\ V$$
$$\Rightarrow \quad E_{LG} = E_{LM}$$

$$U_G = E_{LG} - I_a \cdot R_a = 413.06 - 44.4 \times 1.5 = 346.46\ V$$

٨- حساب هبوط التوتر بسبب رد فعل المتحرض، وعدد النواقل الواجب غرسها في حذاء القطب لإلغاء رد فعل المتحرض:

$$\Delta V = E - E_{LG} = 473.4 - 413.06 = 60.34\ V \quad , \quad U_G = 346.46\ V$$

أما عدد النواقل الواجب غرسها في حذاء القطب فهي :

$$N_{cq} = Z_{cq} = \frac{Z}{4 \times a \cdot p} \times \alpha_p = \frac{2160}{4 \times 2 \times 2} \times 0.7 = 94.5\, Conductors$$

٩-حساب الضياعات والمردود عند التحميل لهذه الآلة كمحرك وكمولد:

آ-في حالة العمل كمحرك:

$$\sum P_{Losses} = P_o + I_a^2 R_a \quad ; \quad P_o = I_{Lo} \cdot U = 6 \times 480 = 2880\ W$$

$$I_a^2 \cdot R_a = (44.4)^2 \times 1.5 = 9957\ W$$

$$\Rightarrow \quad \sum P_{Losses} = 2880 + 2957 = 5837\ W$$

$$P_{1M} = U \cdot I_L = 480 \times 46 = 22080\ W$$

ومنه:

$$\eta\% = \left(1 - \frac{\sum P_{Losses}}{P_1}\right) \times 100 \Rightarrow \eta\% = \left(1 - \frac{5837}{22080}\right) \times 100 = 73\%$$

ب-في حالة العمل كمولد :

مجموع الضياعات تبقى ثابتة طالما أن السرعة والتيار ثابتان إنما تختلف استطاعة الدخل .

$$P_1 = P_2 + \sum P_{Losses}$$

$$P_2 = 15937.16 + 5837 = 21774.16\ W$$

$$\eta\% = \left(1 - \frac{\sum P_{Losses}}{P_1}\right) \times 100 \Rightarrow \eta\% = \left(1 - \frac{5837}{21774.16}\right) \times 100 = 73\%$$

- دورة 2008-2009- الفصل الثاني:

آلة تيار مستمر ذات لف انطباقي بسيط وستة أقطاب . عدد نواقل المتحـــرض 1800 ناقل ، وكثافة السيالة المغنطيسية $0.218\ Wb/m^2$ ، القوة المحركة الكهربائية الوسطية لناقل واحد 1.2 V وتدور بسرعة 1200 rpm والمطلوب :

١- احسب طول وقطر المتحرض إذا كان طول المتحرض يساوي الخطوة القطبية .

٢- احسب القوة المحركة الكهربائية المتولدة بين طرفي المتحرض .

٣- احسب السيالة المغنطيسية تحت كل قطب من الأقطاب .

٤- إذا حُملت الآلة نقصت السيالة بنسبة من قيمتها 5% من قيمتها في حالة اللاحمل وكان تيار نواقل المتحرض $I_c=6.667A$. احسب عزم واستطاعة هذه الآلة والقوة المحركة الكهربائية المتولدة بين طرفي المتحرض في حالة التحميل .

٥- ماهو مردود الآلة الأعظمي إذا كان التوتر على طرفي الحمل هو 330V .

٦- إذا عملت كمحرك عند توتر تغذية 330V وتيار المتحرض نفسه في الطلب الرابع ماهي قيمة المقاومة اللازم إضافتها للمحرك لإيقافه عن الدوران ؟

الحـــل

من معطيات المسألة لدينا : $2p=6$

في حالة اللف الانطباقي البسيط : $2a=2p=6 \Rightarrow \frac{p}{a}=1$

١): حساب طول وقطر المتحرض عندما يكون طول المتحرض مساوياً للخطوة القطبية .

$$e_{cavr}=B_{avr}\cdot L_a\cdot V$$

$$v=\frac{2\pi n}{60}\frac{D_a}{2}=2\times 3.14\times\frac{1200}{60}\times\frac{D_a}{2}=62.8\times D_a$$

من الفرض لدينا :

$$L_a=\tau=\frac{\pi}{p}\times\frac{D_a}{2}=\frac{3.14}{3}\times\frac{D_a}{2}=0.523\times D_a$$

وبالتعويض نجد :

$$1.2 = 0.218 \times 0.523 \times D_a \times 62.8 \times D_a \Rightarrow$$

$$D_a = \sqrt{\frac{1.2}{7.16}} = 0.409\ m \approx 41\ Cm$$

$$L_a = 0.523 \times 0.41 = 0.214\ m \approx 21.4\ Cm$$

٢): حساب القوة المحركة الكهربائية المتولدة بين طرفي المتحرض.

$$E = \frac{Z}{2a} e_{cavr} = \frac{1800}{6} \times 1.2 = 360\ V$$

٣): حساب السيالة المغنطيسية تحت كل قطب من الأقطاب :

$$E = \frac{p}{a}\frac{Z}{60} \cdot \phi \cdot n$$

$$360 = 1 \times \frac{1800}{60} \times \phi \times 1200 \Rightarrow \phi = 0.01\ Wb = 10\ mWb$$

٤): حساب عزم واستطاعة الآلة عند التحميل وهبوط السيالة 5% من قيمتها في حالة اللاحمل وكذلك القوة المحركة الكهربائية بين طرفي المتحرض في حالة التحميل .

$$\phi_L = 0.95 \times \phi = 0.95 \times 10 = 9.5\ mWb$$

$$E_L = \frac{p}{a}\frac{Z}{60} \cdot \phi_L \cdot n$$

$$= 1 \times \frac{1800}{60} \times 9.5 \times 10^{-3} \times 1200 = 342\ V$$

$$T = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{2\pi} \cdot \phi_L \cdot I_a$$

$$I_a = 2a \cdot I_c = 6 \times 6.667 = 40\ A$$

$$T = 1 \times \frac{1800}{2 \times 3.14} \times 9.5 \times 10^{-3} \times 40 = 108.917\ N.m$$

$$P = T \cdot \omega = T \times \frac{2\pi n}{60}$$

$$P = 108.917 \times 2 \times 3.14 \times \frac{1200}{60} = 13680\ W = 13.68\ KW$$

٥): المردود الأعظمي إذا كان التوتر على طرفي الحمل **330V** نحسب استطاعة خرج الآلة :

$$P_2 = U \times I_a = 330 \times 40 = 13200\ W = 13.2\ KW$$

نحسب الضياعات في حالة المردود الأعظمي

$$\sum P_{Losses} = 2P_o = 2I_a^2 \cdot R_a = 2\Delta u I_a$$

$$E_L = U + I_a \cdot R_a \ \Rightarrow \ I_a \cdot R_a = E_L - U \ \Rightarrow \ I_a \cdot R_a = 342 - 330 = 12\ V$$

$$\sum P_{Losses} = 2 \times 12 \times 40 = 960\ W$$

$$P_1 = P_2 + \sum P_{Losses} = 13.2 + 0.96 = 14.16\ KW$$

$$P_1 = P_2 + \sum P_{Loss}$$

$$\eta\% = \frac{P_2}{P_1} \times 100 = \frac{13.2}{14.16} \times 100 = 0.932 \times 100 = 93.2\%$$

-طريقة ثانية لحل الطلب الخامس :

$$E_L = U + I_a \cdot R_a \ \Rightarrow \ I_a \cdot R_a = E_L - U = 342 - 330 = 12\ V$$

$$I_a \cdot R_a = 12\ V \ \Rightarrow \ R_a = \frac{12}{40} = 0.3\ \Omega \quad , \quad I_a = 40\ A$$

$$\sum P_{Losses} = 2I_a^2 \cdot Ra = 2 \times (40)^2 \times 0.3 = 960\ W$$

وتتم متابعة الحل السابق للحصول على المردود .

٦): ما هي المقاومة اللازم إضافتها للمحرك لإيقافه عن الدوران. حتى تقف الآلة يجب تحقق :

$$E = 0 \ \Rightarrow \ n = 0$$

$$E = U - I_a(R_a + R_{add})$$

$$0 = 330 - 40 \times (0.3 + R_{add})$$

$$0 = 330 - 12 - 40 \times R_{add} \ \Rightarrow \ R_{add} = \frac{318}{40} = 7.95\ \Omega$$

- دورة : 2010-2009- الفصل الأول:

آلة تيار مستمر ذات ستة أقطاب تحتوي على 24 مجرى في كل مجرى أربعة جوانب من جوانب وشائع اللف، عدد لفات كل وشيعة لف 30 لفة. عندما تُدار كمولد ذي تحريض مستقل بسرعة 1500 rpm يتولد على طرفي المتحرض في حالة اللاحمل قوة

محركة كهربائية قيمتها 1296 V وسيالة في الثغرة الهوائية 6 mWb، فإذا علمت أن استطاعتها الاسمية 24600 W وتيارها الاسمي 20A، ومقاومة المتحرض1Ω، والمطلوب :

١- ماهو نوع لف هذه الآلة ؟

٢- احسب مقدار نقصان الـ ق.م.ك النسبي (المئوي) بسبب رد فعل المتحرض عند تحميلها بحمولتها الاسمية .

٣- إذا كانت قيمة ضياعات اللاحمل فيها P_o=1400 W ، ماهو مردود هذه الالة في حالة التحميل الاسمي وماهو مردودها الأعظمي ؟

٤- ماقيمة العزم اللازم لإدارتها في حالة التحميل السابقة إذا كانت P_f =600W ، وماقيمة استطاعة الدخل ؟

٥- احسب قيمة كل من مركبتي رد الفعل، وماهو عدد النواقل الواجب غرسها في حذاء كل قطب لإلغاء هذا التأثير ؟

٦- احسب القوة المحركة الكهربائية الوسطية المتولدة في كل ناقل من نواقل المتحرض .

٧- ماهي السرعة التي يجب أن تدور بها الآلة كمحرك إذا طبقنا عليه توتراً قدره 1200V مع بقاء المعطيات ثابتة في حالة التحميل ؟

الحل

١-تحديد نوع الملف:

$$E=\frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{60}\cdot\phi\cdot n \quad ; \quad Z=4\times30\times24=2880\ Turns$$

$$1296=\frac{p}{a}\times\frac{2880}{60}\times6\times10^{-3}\times1500 \Rightarrow \frac{p}{a}=\frac{1296\times60\times10^{-3}}{2880\times6\times1500}=3$$

بما أن $a=1\ ;\ \frac{p}{a}=p=3 \Leftarrow$ اللف تموجي بسيط.

٢-حساب مقدار نقصان الـ ق.م. ك النسبي(المئوي) بسبب رد فعل المتحرض عند تحميل الآلة بحمولتها الاسمية.

$$U = \frac{P}{I} = \frac{24600}{20} = 1230\ V$$

$$E_L = U + I_a R_a = 1230 + 20 \times 1 = 1250\ V$$

$$\frac{E_o - E_L}{E_o} = \frac{\Delta V_r}{E_o} = \frac{1296 - 1250}{1296} = \frac{46}{1296} = 0.035 \Leftrightarrow 3.5\%$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = 1 - \frac{\sum P_{Losses}}{p_1}$$

$$p_1 = P_2 + \sum P_{Losses}$$

$$\sum P_{Losses} = P_o + I_a \times R_a = 1400 + (20)^2 \times 1 = 1800\ W$$

$$P_1 = 24600 + 1800 = 26400\ W$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{24600}{26400} = 0.9321 \Leftrightarrow 93.2\%$$

$$\eta_{max} = 1 - \frac{2P_o}{I_{amax} \cdot U} \quad ;$$

حيث: $2P_o = P_o + I_a \cdot R_a \quad ; \quad P_o = I_a \cdot R_a$

$$I_{amax} = \sqrt{\frac{P_o}{R_a}} = \sqrt{\frac{1400}{1}} = 37.417\ A$$

$$U = E - \Delta V_r + I_{amax} \cdot R_a = 1296 - 46 - 37.417 \times 1 = 1212.59\ V$$

$$\eta_{max} = 1 - \frac{21400}{37.417 \times 1212.59} = 1 - 0.0617 = 0.938 = 93.8\%$$

$$T_M = T_E + T_o$$

$$T_E = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{2\pi} \cdot \phi \cdot I_a = \frac{E_L \cdot I_a}{\omega} = \frac{E_L \cdot I_a}{2\pi n / 60}$$

$$= \frac{1250 \times 20}{2 \times 3.14 \times \frac{1500}{60}} = 159.236\ N.m$$

أو بشكل آخر يتم حساب T_E بعد حساب ϕ_L كما يلي :

$$\phi_L = \frac{3.5 \times 6}{100} - 6 = 5.79\ mWb$$

بعد التعويض في العلاقة الأساسية لـ T_E نجد:

$$T_E = 3\times\frac{2880}{2\times 3.14}\times 5.79\times 10^{-3}\times 20 = 159.317\ N.m$$

$$T_o = \frac{P_o - P_f}{\omega} = \frac{1400-600}{2\times 3.14\times\frac{1500}{60}} = 5.1\ N.m$$

$$\Rightarrow\quad T_M = 159.236 + 5.1 = 164.336\ N.m$$

٥-حساب مركبتي رد الفعل:

$$P = T\cdot\omega = 164.336\times 2\pi.\times\frac{1500}{60} = 25800\ Watts$$

$$F_{ad} = 0\quad\Rightarrow\quad N_{cd} = Z_{cd} = 0$$

$$F_{aq} = F_{a\max} = \frac{I_a\cdot Z}{4a\cdot p} = \frac{20\times 2880}{4\times 3\times 1} = 4800\ AT$$

$$Z_{cq} = N_{cq} = \frac{F_{a\,max}}{I_a}\times\alpha_p = \frac{4800}{20}\times 0.7 = 168\ Conductors$$

٦-حساب القوة المحركة الكهربائية الوسطية المتولدة في كل ناقل من نواقل المتحرض.

$$e_{cavr} = \frac{E}{Z/2a} = \frac{1296}{2880/2} = 0.9\ V$$

٧- لحساب سرعة الدوران عند عمل الآلة كمحرك عند تغذيته بتوتر 1200 فولت عند ثبوت Φ لدينا:

$$U = E_M + I_a\cdot R_a\ \Rightarrow\ 1200 = E_M + I_a\cdot R_a \Rightarrow\ E_M = 1200 - 20 = 1180\ V$$

من شروط المسألة لدينا :

$$\frac{E_M}{E_G} = \frac{\frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{60}\cdot\phi\cdot n_M}{\frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{60}\cdot\phi\cdot n_G}\ \Rightarrow\ \frac{E_M}{E_G} = \frac{n_M}{n_G}$$

وبالتعويض نجد :

$$\frac{1180}{1250} = \frac{n_M}{1500}\quad\Rightarrow\ n_M = \frac{1180\times 1500}{1250} = 1416\ rpm$$

- دورة 2012 -2011 – الدورة الثالثة:

آلة تيار مستمر ذات ستة أقطاب ، عدد النواقل في المتحرض 3600 ناقل ، تدور بسرعة 1500 rpm ، القوة المحركة الكهربائية المتوسطة لناقل واحد 3 V . المطلوب:

١- إذا كانت الآلة ذات لف انطباقي بسيط. احسب السيالة المغنطيسية الناتجة تحت كل قطب.

٢- إذا كانت الآلة ذات لف تموجي بسيط. احسب قطر وطول المتحرض علماً بأن الخطوة القطبية تساوي طول الآلة ، والكثافة الوسطية للسيالة المغنطيسية $0.56\ Wb/m^2$.

٣- احسب عزم واستطاعة الآلة في حالتي اللف الانطباقي البسيط والتموجي البسيط إذا كان تيار نواقل المتحرض I_c=15A ، وهبوط التوتر يعادل 5% عند التحميل ، والخصائص المغنطيسية للآلة غير خطية.

٤- إذا عملت الآلة عند التحميل كمحرك ذي تحريض مستقل ولف تموجي بسيط وكان تيار الحمل 30 A ومقاومة المتحرض 1.5 Ω ، والهبوط على المسفرات 5 V . احسب:

أ- السرعة عند هذه الحالة من التحميل.

ب- المقاومة الواجب إضافتها إلى مقاومة المتحرض حتى تتوقف الآلة عن الدوران مع بقاء هبوط التوتر على المسفرات ثابتاً.

الحـــل

من معطيا المسألة لدينا:

$$2p = 6\ ;\ n = 1500\,rpm\ ;\ Z = 3600\ Cond.\ ;\ e_{cavr} = 3\ V$$

١): إذا كان اللف انطباقياً بسيطاً احسب السيالة تحت كل قطب:

$$2a = 2p = 6 \Rightarrow \frac{p}{a} = 1 \Rightarrow E = \frac{p}{a}\frac{Z}{60}\cdot\phi\cdot n \Rightarrow \phi = \frac{E}{\frac{p}{a}\cdot\frac{Z}{60}\cdot n}$$

$$E = \frac{E}{2a}\times e_{cavr} = \frac{3600\times E}{6}\times 3 = 1800\ V \Rightarrow$$

$$\phi = \frac{1800}{1 \times \frac{3600}{60} \times 1500} \approx 0.02\ Wb = 20\ mWb$$

٢): إذا كانت الآلة ذات لف تموجي بسيط احسب قطر وطول المتحرض حيث $Z_p = L_a$ من الفرض .

عند اللف التموجي البسيط:

$$2a = 2\ ;\ a = 1 \Rightarrow \frac{p}{a} = 3$$

$$e_{cavr} = B_{avr} \cdot L_a \cdot V = B_{avr} \cdot L_a \cdot \omega \cdot \frac{D_a}{2}$$

$$e_{cavr} = B_{avr} \cdot L_a \cdot \frac{2\pi n}{60} \cdot \frac{D_a}{2}\ ;\ \tau_p = L_a = \frac{\pi D_a}{2p}$$

$$e_{cavr} = B_{avr} \cdot \frac{\pi D_a}{2p} \cdot 2\pi \cdot \frac{n}{60} \cdot \frac{D_a}{2} \Rightarrow$$

$$3 = 0.56 \times \frac{3.14}{6} \times D_a \times 2 \times 3.14 \times \frac{1500}{60} \times \frac{Da}{2} \Rightarrow$$

$$Da^2 = \frac{3 \times 6 \times 60 \times 2}{0.56 \times 3.14 \times 2 \times 3.14 \times 1500} = 0.13\ m^2 \Rightarrow D_a = 0.361\ m = 36.1\ Cm$$

$$L_a = \frac{\pi \cdot D_a}{2p} = \frac{3.14 \times 36.1}{6} = 18.892\ Cm = 0.18892\ m$$

٣): احسب عزم واستطاعة الآلة في حالتي اللف وعند هبوط في التوتر يعادل 5% علماً بأن الخصائص المغنطيسية غير خطية.

$$I_c = 15\ A\ ;\ T = \frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{2\pi} \cdot \phi_L \cdot I_a$$

-حالة اللف الانطباقي البسيط :

$$I_a = 2 \times a \times I_c = 6 \times 15 = 90\ A$$

$$\phi_L = (1 - 0.05)\phi = 0.95 \times \phi \Rightarrow$$

$$T = 1 \times \frac{3600}{2 \times 3.14}(0.95 \times 20 \times 10^{-3} \times 90) = 980.25\ N.m$$

$$P = \omega \cdot T = 2\pi \cdot \frac{n}{60} \cdot T = 2 \times 3.14 \times \frac{1500}{60} \times 980.25 = 154\ KW$$

لا تتغير الاستطاعة والعزم للآلة عند نفس المعطيات إذا كان تيار الناقل هو المعطى ويمكن الحساب.

-حالة لف تموجي بسيط:

$$I_a = 2 \cdot a \cdot I_c = 2 \times 15 = 30\ A\ ;\ a = 2$$

$$T = 3 \times \frac{3600}{2 \times 3.14} \times 0.95 \times 20 \times 10^{-3} \times 30 = 980.25\ N.m$$

$$P = T \cdot \omega = 154\ KW$$

٤): بفرض أن الآلة تعمل كمحرك ذي تحريض مستقل (لف تموجي بسيط):

$$I_L = 30\ A\ ;\ R_a = 1.5\Omega\ ;\ 2\Delta V_b = 5\ V$$

آ- السرعة عند تيار حمل :

$$E = U - I_a \cdot R_a - 2\Delta V_b \ \Rightarrow\ n = \frac{U - I_a \cdot R_a - 2\Delta V_b}{\frac{p}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi_L}$$

$$I_a = I_L = 30\,A$$

بما أن اللف تموجي بسيط ←

$$2a = 2 \ \Rightarrow\ \frac{p}{a} = 3$$

$$E = \frac{Z}{2a} \cdot e_{cavr} = \frac{3600}{2} \times 3 = 5400\ V$$

$$E - U - I_a \cdot R_a - 2\Delta V_b \ \Rightarrow$$

$$U = E + I_a \cdot R_a + 2\Delta V_b = 5400 + 30 \times 1.5 + 5 = 5450\ V$$

$$\Rightarrow n = \frac{5450 - 30 \times 1.5 - 5}{3 \times \frac{3600}{60} \times 0.95 \times 20 \times 10^{-3}} = 1578.9\ rpm$$

ب- المقاومة الواجب إضافتها إلى مقاومة المتحرض على التسلسل لإيقاف المحرك عن الدوران:

$$n = 0 \ \Rightarrow\ E = 0$$

$$E = U - I_a(R_a + R_{add}) - 2\Delta V_b \Rightarrow$$

$$0 = 5450 - I_a(1.5 + R_{add}) - 2\Delta V_b \Rightarrow$$

$$R_{add} = \frac{5450 - 30 \times 1.5 - 5}{30} = 180\ \Omega$$

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

ب- المسائل غير المحلولة

دورة ايلول /١٩٧٨/

المسألة الأولى:

آلة تيار مستمر ذات أربعة أقطاب تدور بسرعة 1500 rpm ، يحتوي متحرضها على 1200 ناقل . تولد قوة محركة كهربائية في حالة اللاحمل مقدارها 210 V . المطلوب:

١- ماهي قيمة السيالة في الثغرة الهوائية تحت كل قطب من الأقطاب الرئيسية عند حاله اللاحمل ، وما هي قيمة العزم الناشئ بين الثابت والدائر عند تحميلها بتيار شدته $I_a=40A$.

بفرض أن هذا التحميل يؤدي إلى نقصان السيالة بمقدار 10% وذلك في الحالات الآتية:

آ- الآلة ذات لف انطباقي بسيط.

ب - الآلة ذات لف انطباقي مركب $m=2$.

جـ - الآلة ذات لف تسلسلي بسيط (تموجي بسيط).

٢- بفرض أن المسفرات على المحور الحيادي حدّد عدد النواقل الواجب غرسها في حذاء كل قطب لإلغاء تأثير رد الفعل ، وذلك في حالات اللف السابقة.

٣- بفرض أن الآلة ذات لف انطباقي بسيط وأن قطر المتحرض 32 cm ، وطول قطب التبديل مساوٍ لطول المتحرض . حدّد كثافة السيالة اللازمة تحت كل قطب من أقطاب التبديل وذلك عند تحميل الآلة بتيار شدته $I_a=60$ A ، والسماحية المغنطيسية $\Lambda = 8\times10^{-6}\ Henry/m$.

المسألة الثانية:

آله تيار مستمر ذات 8 أقطاب ، ويحتوي كل قطب على ملف تفرعي مقاومته 400 Ω وملف تسلسلي مقاومته 0.1 Ω . تُربط الملفات التفرعية أولاً إلى منبع مستقل توتره

400 V فاستجر تياراً شدته I_f=2 A وتدور بسرعة 1500 rpm كمولد فيتحرض على طرفيها توتر مقداره 400 V في حالة اللاحمل . المطلوب:

١ــ كيف تم وصل ملفات الأقطاب إلى المنبع ؟

٢ــ ماذا يحدث للتوتر على طرفي الآلة إذا رُبطت ملفات التحريض مباشرة على طرفي المتحرض بدلاً من المنبع المستقل على أن مقاومه المتحرض والتماس بين المسفرات والمجمع 1Ω ، فكم يجب أن تصبح سرعة دورانها **حتى** يظهر على طرفيها توتر مقداره 400 V ؟

٣ــ ما هي سرعة دورانها كمحرك تفرّعي عند تحميلها بتيار شدته 40 A ، إذا أدى هذا التحميل إلى نقصان السيالة في الثغرة الهوائية بمقدار 8% عن قيمتها في حالة اللاحمل .

دورة ايلول /١٩٧٩/

المسألة الأولى:

آلة تيار مستمر ذات 12 قطباً ويحتوي متحرضها على 1200 ناقل موزعة ضمن 48 مجرى وملفوفة بشكل تطابقي بسيط ذي طبقتين . عندما تدور بسرعة 500 rpm يتولد على طرفيها توتر حالة اللاحمل مقداره 400 V فولت . والمطلوب :

١ – ماهي السيالة اللازمة تحت كل قطب حتى يظهر على طرفيها التوتر السابق ؟

٢ – ماهي قيمة القوة المحركة الكهربائية الوسطية المتولدة في كل لفة من لفات المتحرض ، وماهي قيمة القوة المحركة الكهربائية الوسيطة بين نصلتين من نصلات المجمع ؟

٣ – إذا حُملت الآلة كمولد بحيث أعطى متحرضها استطاعة مقدارها 40 KW على طرفيه ، وللمحافظة على التوتر ثابت على 400 V تطلب زيادة السيالة في الثغرة الهوائية بنسبة 13% ، فإذا كانت مقاومة المتحرض مع التماس بين المسفرات والمجمع 0.3 Ω . احسب :

a- التيار المار في النواقل I_c .

b- العزم الناشئ بين الثابت والدائر .

c- هبوط التوتر بسبب رد فعل المتحرض .

٤ – احسب القوة المحركة الكهربائية التي سوف تنشأ عند تغير اتجاه التيار في حالة التحميل السابق وكان قطر المتحرض $D_a = 60\ cm$ وطوله $L_a = 30\ cm$ وأن السماحية المغنطيسية هي: $\Lambda = 6\times10^{-6}\ Henry/m$.

المسألة الثانية:

آلة تيار مستمر ذات 6 أقطاب يحتوي كل قطب من أقطابها على ملف تفرعي عدد لفاته 1000 لفة ومقاومته Ω 100 يتحمل سلكه تيار شدته حتى 5A ، وملف تسلسلي عدد لفاته 50 لفة ومقاومته Ω 0.05 ، بالإضافة إلى ملفات التبديل والتعويض ذات المقاومة المهملة والموصولة بشكل دائم مع المتحرض . من أجل الحصول على قوة محركة كهربائية مقدارها 400 V في حالة اللاحمل عند سرعة 1000 rpm يتطلب تطبيق 2000 أمبير – لفة على كل قطب، فإذا بقيت الخواص خطية حتى تطبيق 5000 أمبير – لفة على كل قطب وكانت مقاومة المتحرض مع التماس بين المسفرات Ω 0,5. المطلوب :

١ – كيف يتم وصل الملفات التفرعية لجميع الأقطاب إلى منبع مستقل توتره 400 V حتى تعطي الآلة توترها الاسمي عند سرعتها الاسمية ؟

٢ – إذا بقيت الملفات موصولة كما هي في الحالة السابقة ورُبط على طرفي المتحرض حمل استجر تياراً شدته I_a=50 A . المطلوب :

أ – ما هو التوتر الذي سيظهر على الحمل في هذه الحالة ؟

ب – كم يصبح هذا التوتر إذا أُضيفت الملفات التسلسلية مع المتحرض وجميعها موصولة على التسلسل مع بعضها بعضاً ؟

٣ – إذا طبق توتر مقداره 400 V على طرفي المتحرض لتعمل الآلة كمحرك فإذا كان تيار المتحرض مهملاً في حالة اللاحمل . اوجد السرعة التي يمكن أن يدور بها في حالة اللاحمل إذا غُيرت طريقة وصل الملفات التفرعية مع بعضها.

٤ – اختر أحد السرع السابقة واحسب ماذا تصبح هذه السرعة إذا طُبق حمل ميكانيكي على الآلة تطلب أن يستجر المتحرض تياراً شدته 50 A ، وكم تصبح هذه السرعة إذا أُضيفت الملفات التسلسلية بشكل تفاضلي وبقي التيار ثابت .

– دورة كانون الثاني /١٩٨٠/

المسألة الأولى:

آلة تيار مستمر يحتوي متحرضها على 540 ناقلاً تدور بسرعة 1000 rpm ذات أربعة أقطاب . القطر الخارجي للمتحرض 28 cm والطول المحوري لكل من المتحرض والقطب 20 cm ، ونسبة قوس القطب إلى الخطوة القطبية 0.72 ، فإذا كانت كثافة السيالة الوسطية تحت حذاء القطب $0.8\ Wb/m^2$ وحُملت الآلة باستطاعة كلية مقدارها 12 KW فكان التوتر على الحمل 200 V ، فإذا كانت مقاومة المتحرض مع التماس 0.3Ω ، وكان المتحرض ذا لف انطباقي بسيط . المطلوب:

١– ماهي قيمة السيالة تحت كل قطب في حالة اللاحمل وماهي قيمة القوة المحركة الكهربائية المتولدة ؟

٢– ماهي قيمة هبوط التوتر بسبب رد فعل المتحرض وماهي قيمة نقصان السيالة في حالة التحميل ؟

٣– ماهي قيمة العزم الناشئ بين الثابت والدائر في حالة التحميل ؟

٤– بفرض أن الأمبير– لفة لكل قطب من الأقطاب الرئيسية 3000 AT وأزيحت المسفرات بزاوية 10^o درجة عن المحور الحيادي . ماهو مقدار هبوط التوتر الأعظمي بسبب هذه الإزاحة ؟

المسألة الثانية:

آلة تيار مستمر ذات 8 أقطاب تدور بسرعة اسمية 600 rpm ، يحتوي كل قطب على ملف تفرعي مقاومته 100Ω وعدد لفاته 2000 لفة وملف تسلسلي مقاومته 0.1 Ω وعدد لفاته 2000 لفة بالإضافة إلى ملفات التعويض وتبديل موصلة بشكل دائم مع المتحرض وذات مقاومة مهملة . فإذا كانت مقاومة المتحرض مع التماس بين المسفرات والمجمع 0.4 Ω ، والتوتر الاسمي 400 V ، والاستطاعة الاسمية للمتحرض 15 KW وتيار التحريض المار في كل ملف تفرعي للحصول على التوتر الاسمي هو 1 A ، والمطلوب:

١- إذا كان عزم الإقلاع المطلوب 2.2 مرة عزم الحمل الاسمي وبفرض أن الآلة تدور كمحرك تفرعي تحت التوتر الاسمي أوجد:

آ- مقاومة الإقلاع.

ب- تيار المتحرض عندما تكون سرعته الاسمية مساوية 25% من سرعته الاسمية أثناء الإقلاع.

٢- قيمة المقاومة الواجب إضافتها إلى دارة المتحرض ليدور بسرعة ثابتة مقدارها 450 rpm عندما يكون العزم المطبق عليه 0.7 من العزم الاسمي وذلك:

آ- إذا بقي المحرك تفرعياً.

ب- إذا أُضيفت الملفات التسلسلية وجميعها على التسلسل وبشكل تكاملي (الخواص المغنطيسية خطية).

دورة حزيران/١٩٨٠/

آلة تيار مستمر تمتلك المعطيات الآتية:

عدد الأقطاب 2p=4 ، عدد النواقل Z=768 C ، عدد مجاري المتحرض N_{sp}=32 مجرى ، نوع اللف انطباقي بسيط بطبقتين ، توتر العمل الاسمي 400 V ، مقاومة المتحرض مع التماس بين المسفرات والمجمع R_a=0.5 Ω ، على كل قطب من أقطابها

ملف تفرعي عدد لفاته $N_f=2000$ لفة ، ومقاومته $R_f=100\ \Omega$ وملف تسلسلي عدد لفاته $N_s=100$ لفة ومقاومته $R_s=0.01\ \Omega$. ملف التعويض وملفات التبديل ذات مقاومة مهملة وعدد لفات مجهولة وموصولة بشكل دائم مع المتحرض، الاستطاعة الاسمية لهذه الآلة 16 KW .

إذا كانت هذه الآلة تعطي توترها الاسمي كمولد عند تطبيق أمبير لفات على كل قطب قيمتها 4000 AT ودوران المتحرض بالسرعة الاسمية البالغة 1500 rpm ، وبفرض أن الدارة المغنطيسية تبقى خطية في جميع شروط العمل والمسفرات على المحور الحيادي . المطلوب:

١-ماهي الطرائق الممكنة لوصل ملفات الأقطاب الأربعة مع بعضها . حدّد في كل طريقة التوتر الواجب تطبيقه عليها حتى تعطي الآلة توترها الاسمي كمولد ذي تحريض مستقل عندما تدور بسرعتها الاسمية . ماهي قيمة تيار التحريض الكلي ؟

٢- يفرض أن الآلة تدور كمولد ذي تحريض مستقل بسرعتها الاسمية وعلى طرفيها يتولد التوتر الاسمي بدون حمل ، ثم وضع حمل استجر تياراً مساوياً للتيار الاسمي ، ماهي قيمة التوتر على الحمل ، مقاومة الحمل، ماقيمة الضياعات والمردود عندها؟ ماقيمة العزم الناشئ بين الثابت والدائر ؟

٣- إذا أضيفت إلى الحالة السابقة الملفات التسلسلية مع المتحرض وجميعها مربوطة مع بعضها على التفرع ونُظّمت مقاومة الحمل بحيث بقي التيار مساوياً للتيار الاسمي . ماهي قيمة التوتر على الحمل ، مقاومة الحمل ، قارن بين استطاعة الخرج والمردود في الحالتين : ٢ و ٣.

٤- اذكر القوى المحركة الكهربائية المتولدة في الوشيعة المارة تحت التبديل في حالات التحميل السابقة تحديداً ولماذا ؟ (أعد قراءة المسألة جيداً).

٥- إذا رفعنا ملف التعويض من دارة المتحرض في حالات التحميل السابقة ماذا يحدث للتوتر على طرفي الآلة ؟ (أعد قراءة المسألة جيداً).

٦- إذا طُبق توتر على طرفي الآلة السابقة قيمته 400V من منبع خارجي بعد وصل الملفات التفرعية على طرفي المتحرض فاستجر تياراً كلياً من المنبع قيمته A 10 حدّد

السرعة التي سوف تدور بها كمحرك تفرعي بدون حمل، هل يمكن مضاعفتها أو خفضها إلى النصف تقريباً وكيف سيتم ذلك ، بفرض أن التوتر بقي ثابتاً ؟

٧- يُراد استخدام هذه الآلة كمقوٍ للتوتر على خط نقل تيار مستمر الهبوط الواقع عليه عند تيار 40 A حوالي 100 V . احسب واشرح كيف يتم ذلك ؟

-دورة كانون الثاني/١٩٨١/

المسألة الأولى:

آلية تيار مستمر لها المعطيات الآتية:

الاستطاعة الاسمية 30 KW ، التوتر الاسمي 600 V، السرعة الاسمية 750 rpm ، عدد الأقطاب 2p=8 ، عدد نواقل المتحرض Z=1500 ناقل ، ذات لف تموجي بسيط ومقاومة المتحرض مع التماس بين المسفرات والمجمع Ω 0.3 . يحتوي كل قطب من أقطابها على ملف تفرعي عدد لفاته 1800 لفة ومقاومته Ω 150 ، وملف تسلسلي عدد لفاته 30 لفة ومقاومته Ω 0.1 . للحصول على القوة المحركة الكهربائية الاسمية عند السرعة الاسمية في حالة اللاحمل يتطلب أن تكون القوة المحركة المغنطيسية لكل قطب 1800 أمبير- لفة . المطلوب:

آ- بفرض أن الآلة تدور كمولد ذي تحريض مستقل بالسرعة الاسمية وتولد القوة المحركة الاسمية وبدون حمل:

١- ماهي قيمة السيالة تحت كل قطب ؟

٢- ماهي المقاومة المغنطيسية لكل من الثغرة الهوائية والجزء الحديدي إذا كان طول الثغرة الهوائية ℓ_g=2 mm وكثافة السيالة عندها $0.7\ Wb/m^2$ ؟

ب-إذا طُبق على طرفيها وهي تدور كما في الحالة السابقة حمل استجر تياراً شدته 50A :

١- ماهو التوتر على طرفي هذا الحمل إذا كانت الخواص المغنطيسية للآلة خطية ؟

٢- ماهي قيمة الأمبير - لفة لرد الفعل العمودي علماً أن المسفرات على المحور الحيادي ؟

جـ- إذا وُصلت ملفات الأقطاب على طرفي المتحرض وطبق على طرفي المتحرض توتر مقداره 600 V لتدور كمحرك تفرعي ، وبعد تطبيق حمل ميكانيكي على محوره دار هذا المحرك بسرعة n=730 rpm والمطلوب:

١-ماهو التيار الكلي الذي يستجره المحرك ؟

٢-كم تصبح سرعة دورانه إذا أُضيفت الملفات التسلسلية مع المتحرض وجميعها موصولة على التسلسل بشكل تفاضلي قصير ؟

-دورة حزيران /١٩٨١/

المسألة الأولى:

آلة تيار مستمر تمتلك المعطيات الآتية:

الاستطاعة الاسمية 30 KW ، التوتر الاسمي 600 V، السرعة الاسمية 750 rpm ، عدد الأقطاب 2p=6 ، عدد نواقل المتحرض Z=1500 ناقل ، ذات لف انطباقي بسيط ، ومقاومة المتحرض مع التماس بين المسفرات والمجمع Ω 0.2 . يحتوي كل قطب من أقطابها على ملف تفرعي عدد لفاته 1800 لفة ومقاومته Ω 200 وملف تسلسلي عدد لفاته 10 لفة ومقاومته Ω 0.1 . للحصول على التوتر الاسمي في حالة اللاحمل وعند دورانها بالسرعة الاسمية يتطلب أن تكون القوة المحركة المغنطيسية لكل قطب 1800 أمبير- لفة . المطلوب:

آ-بفرض أن الآلة تدور كمولد ذي تحريض مستقل بسرعتها الاسمية في حالة اللاحمل والمطلوب:

١- ماهي السيالة المغنطيسية تحت كل قطب ؟

٢- ماهي قيمة المقاومة المغنطيسية للدارة المغنطيسية العائدة لقطب واحد ؟

ب- إذا طُبق على طرفيها حمل استجر تياراً قدره 50 A وهي مازالت تعمل كمولد ذي تحريض مستقل ، وبفرض الخواص المغنطيسية خطية وسرعتها بقيت ثابتة . المطلوب:

١- ماهو التوتر على طرفي الحمل ؟

٢- ماهي قيمة الأمبير – لفات لرد الفعل العمودي.

٣- كم يصبح هذا التوتر إذا أُضيفت الملفات التسلسلية مع المتحرض وجميعها موصولة على التسلسل ؟

جـ- رُبطت الملفات التسلسلية وغُذيت الآلة بتوتر قدره 600 V لتدور كمحرك .

المطلوب:

١- ماهي سرعة دورانها في حالة اللاحمل إذا استجرت تياراً شدته 7 A ؟

٢- ماهي سرعة دورانها إذا طُبق على محورها حمل ميكانيكي أدى إلى استجرار تياراً شدته 52 A ؟

دورة كانون الثاني/١٩٨٢/

المسألة الأولى:

تولد آلة تيار مستمر رباعية الأقطاب قوة محركة كهربائية قيمتها 250 V وذلك عندما تدور بسرعة 1500 rpm ، فإذا كان عدد النواقل المتحرض 1000 ناقل ، وكان سطح الثغرة الهوائية المقابل للقطب الواحد 100 cm^2 وطولها 2 mm ، وعدد المجاري 50 مجرى والآلة ذات لف انطباقي بسيط بطبقتين $\mu=1$. المطلوب حساب:

١- السيالة المفيدة تحت كل قطب.

٢- القوة المحركة المغنطيسية اللازمة للثغرة الهوائية حيث: $\mu_o=4\times10^{-7}$.

٣- التوتر الوسطي بين نصلتي مجمع.

٤- المركبة المباشرة والمركبة العمودية لرد فعل المتحرض عندما تكون المسفرات مزاحة بزاوية قدرها 10^o عند تيار شدته 40 A .

المسألة الثانية:

مولدة تيار مستمر تفرعية تُعطى خواصها في حالة اللاحمل بالجدول الآتي وذلك عند السرعة 1000 rpm .

E (Volts)	150	184	238	250	272	288
F (AT/pole)	1800	2400	3600	4050	4800	5400

مقاومة ملف التهييج 104 أوم وعدد لفاته بالقطب الواحد 1800 لفة. عندما تدور بسرعة 1000 rpm . أوجد القوة المحركة الكهربائية ، ومقاومة المتحرض.

تستعمل هذه المولدة كمحرك تفرعي وذلك بتغذيتها من منبع كهربائي توتره 234 V . أوجد في هذه الحالة سرعة المحرك عندما يستجر من المنبع تياراً شدته 100 A (اهمل تأثير رد فعل المتحرض).

المسألة الثانية:

محرك تيار مستمر تسلسلي مقاومة متحرضه وملفه التسلسلي هي , $R_s=0.1\ \Omega$ $R_a=0.15\ \Omega$ على التوالي. يتصل المحرك بمنبع ذي توتر ثابت مقداره 200 V ويستجر تياراً شدته 60 A ، وذلك عندما يدور بسرعة قدرها 900 rpm وبافتراض أن الآلة غير مشبعة وأن أثر رد فعل المتحرض مهمل أوجد:

آ- سرعة المحرك عندما ينقص عزمه بمقدار 20% .

ب- المقاومة الواجب ربطها على التفرع مع الملف التسلسلي حتى ترتفع سرعة المحرك إلى 1080 rpm وذلك عندما يستجر من المنبع تياراً شدته 100 A .

دورة حزيران /١٩٨٢/

المسألة الأولى:

آلة تيار مستمر رباعية الأقطاب يحتوي متحرضها على 24 مجرى وفي كل مجرى 60 ناقلاً ذا لف انطباقي بسيط $\mu=1$. السيالة تحت كل قطب 30 mWb وتدور بسرعة 600 rpm . عند تحميلها بتيار شدته 50 A تنخفض السيالة تحت كل قطب بنسبة 5% بسبب رد فعل المتحرض ، فإذا كان التوتر المطبق على الحمل 400 V احسب:

١- القوة المحركة الكهربائية المتولدة في حالة اللاحمل .

٢- العزم الناشئ بين الثابت والدائر.

٣- هبوط التوتر بسبب رد الفعل.

٤- مقاومة المتحرض.

٥- إذا كان قطر المتحرض 30 cm والسماحية المغنطيسية المكافئة للمجرى $\Lambda=8\times10^{-6}$ H/m .

المسألة الثانية:

مولد تيار مستمر تفرعي استطاعته الاسمية 400 KW وسرعته الاسمية 200 rpm ، مقاومة دارة متحرضه 0.04 Ω ، المقاومة الكلية لفرع التحريض **4 Ω بحيث** يكون عدد اللفات للقطب 575 T/pole ، والجدول الآتي يبين خصائص الدارة المفتوحة للمولد عند السرعة الاسمية.

E (Volts)	150	180	200	225	238	250	270
F (A.T/pole)	13570	17710	20815	25800	27267	30475	35362

نضيف إلى المولد ملفاً تسلسلياً مقاومته الكلية 0.0015 Ω وعدد لفاته للقطب الواحد 5 لفة ونضع مع الملف التسلسلي مقاومة على التفرع تساوي 0.0035 ، أهمل تأثير رد فعل المتحرض وافرض أن المولد يعمل كمولد مركب طويل تكاملي . المطلوب:

أوجد المقاومة الواجب إضافتها على التسلسل مع الملف التفرعي كي يصبح التوتر المربطي عند تيار متحرض شدته 123 A مساوياً إلى 230 V وذلك عندما تدور بسرعة 210 rpm .

المسألة الثالثة:

محرك تيار مستمر تفرعي استطاعته الاسمية 18 KW وسرعته الاسمية 1000 rpm وتوتره الاسمي 200 V ومردوده الاسمي 80% ، مقاومة دارة المتحرض 0.2 Ω ومقاومة دارة التحريض 0.5 Ω ، اعتبر أن خصائص المحرك المغنطيسية خطية .

أوجد مايلي:

آ- التيار عند الحمولة الاسمية.

ب- المقاومة الواجب إضافتها إلى ملف التحريض (التهييج) وذلك كي ترتفع سرعة المحرك إلى 1200 rpm وذلك عندما يكون العزم المطبق على محوره مساوياً إلى 85% من العزم الاسمي.

- دورة كانون الثاني /١٩٩٢/

المسألة الأولى:

آلة تيار مستمر استطاعتها ذات 6 أقطاب ولف تموجي بسيط يحتوي متحرضها على 35 مجرى في كل مجرى 40 ناقلاً وزعوا في طبقتين وعلى كل قطب من أقطابها ملفان احدهما تفرعي ذو 2000 لفة ومقاومة 100 أوم، والثاني تسلسلي ذو 40 لفة ومقاومة 0.1 أوم عندما تُدار هذه الآلة كمولد بسرعة 1200 rpm يتولد على طرفيها قوة محركة كهربائية قيمتها في حالة اللاحمل 300 فولت وذلك عندما تكون القوة المحركة المغنطيسة الناتجة من كل قطب 2000 أمبير- لفة، فإذا علمت أن مقاومة المتحرض الكلية 0.4 أوم وأن الآلة تحتوي على ملفات تعويض موصولة بشكل دائم مع المتحرض وذات مقاومة مهملة . المطلوب :

١- احسب السيالة المغنطيسية ومقاومة الدارة المغنطيسية لكل قطب في حالة اللاحمل.

٢- احسب التوتر الذي سيظهر على طرفيها عند تحميلها بحيث يمر في متحرضها تيار 50A وهبوط التوتر بسبب رد الفعل.

٣- احسب العزم اللازم لإدارتها في حالة التحميل السابق إذا كان عزم اللاحمل لها $T_o = \frac{25}{\pi} N.m$.

٤- عدد النواقل الواجب غرسها في حذاء كل قطب للتعويض عن تأثير رد الفعل العمودي علماً $\alpha_p = 0.7$.

٥- إذا علمت أن الآلة في حالة التحميل السابق كانت تعمل كمولد تقرعي احسب الضياعات والمردود لها .

المسألة الثانية:

-إذا علمت أن خصائص اللاحمل للآلة السابقة هي :

F_a [AT]	0	1000	2000	3000	6000
$(\Phi$ /pole)$\times 10^{-3}$ [Wb]	0	2	3.75	5	7

المطلوب: عندما يطبق على طرفيها توتر قيمته 300V لتعمل كما يلي:

آ- كمحرك تفرعي فقط حساب سرعة دورانها في حالة اللاحمل وذلك في الحالات الآتية:

١- ملفات الأقطاب مع بعضها جميعاً على التسلسل.

٢- ملفات الأقطاب مع بعضها بشكل مجموعتين تفرعتين.

٣- ملفات الأقطاب مع بعضها بشكل ثلاث مجموعات تفرعية.

٤- ملفات الأقطاب مع بعضها جميعاً على التفرع.

ب- لتعمل كمحرك تسلسلي حساب سرعة دوراتها عندما يكون تيار المتحرض 50 A أمبير والملفات التسلسلية مع بعضها جميعاً على التسلسل.

-دورة كانون ثاني/١٩٩٥/

- المسألة الأولى:

آلة تيار مستمر ذات 6 أقطاب يحتوي متحرضها على 18 مجرى في كل مجرى 104 نواقل موزعة على أربع طبقات. عندما تعمل هذه الآلة كمولد ذو تحريض مستقل يتولد على طرفيها توتر في حالة اللاحمل قدره 600 V ، وذلك عند دورانها بسرعة 1200 rpm ويصبح هذا التوتر مساوياً إلى 560 V عند تحميلها بتيار شدته 50 A وتُعطى عنده مردودها الأعظمي، فإذا علمت أن مقاومة المتحرض $R_a = 0.5\ \Omega$ ، وتيار التحريض المار في ملف كل قطب هو 0.5 A ،ومقاومة كل ملف $200\ \Omega$.

المطلوب حساب مايلي :

١- السيالة في الثغرة الهوائية في حالتي اللاحمل والتحميل.

٢- القوة المحركة الكهربائية الوسطية بين نصلتي مبدل متجاورتين.
٣- العزم اللازم لإدارتها في حالتي اللاحمل والتحميل.
٤- الضياعات والمردود الأعظمي لها.

- المسألة الثانية:

إذا طبقنا على طرفي الآلة الواردة في المسألة الأولى توتراً قدره 600 V لتعمل كمحرك تفرعي بعد أن توصل ملفات الأقطاب مع بعضها على التسلسل. المطلوب :

١- ارسم دارة الإقلاع لها باستخدام مقاومات الإقلاع إذا كان تيار الإقلاع الأعظمي $I_{a\,max} = 150\ A$ وتيار الإقلاع الأصغري $I_{a\,min} = 100A$. حدّد قيم مقاومات الإقلاع، وعدد مراحل المقلع والسرعة التي يتم تغيير المقاومة عندها لكل مرحلة وذلك بفرض أن السيالة في حالة الإقلاع ثابتة على قيمة السيالة في حالة التحميل بتيار 50 A والواردة في المسألة الأولى.

٢- احسب سرعة دورانها عند تحميلها ويمر في متحرضها تيار شدته 50 A **[بعد رفع مقاومات الاقلاع من الدارة].**

٣- كم تصبح هذه السرعة إذا أعيدت مقاومة الإقلاع بقيمتها الأعظمية إلى الدارة ومازال يمر في المتحرض تيار يساوي 50 A .

-دورة حزيران /١٩٩٥/

آلة تيار مستمر استطاعتها الاسمية 12 kW، تعطى هذه الاستطاعة في حالة عملها كمولد ذي تحريض مستقل إلى حمل عند توتر اسمي قيمته 400 V ويكون مردودها في هذه الحالة موافقاً للمردود الأعظمي والبالغ 90% ، فإذا علمت أن رد الفعل يؤدي إلى تخفيض السيالة في حالة التحميل هذه بمقدار 4% من قيمتها في حالة اللاحمل. المطلوب :

١- ماهو التوتر الذي سيظهر على طرفيها إذا رفع الحمل عنها وبقيت سرعة دورانها ثابتة ؟

٢- ماقيمة العزم الناتج بين الثابت والدائر عندما كانت محملة وكانت سرعة دورانها 1500 r.p.m ؟

٣- ما نوع اللف لهذه الآلة إذا علمت أن السيالة عند عملها بحالة اللاحمل هي 17.67 mWb وأن عدد النواقل 1200 ناقل للمتحرض ؟

المسألة الثانية:

إذا طُبق على طرفي المتحرض للآلة المطروحة في المسألة الأولى توتر قيمته 400 V لتعمل كمحرك تفرعي بحيث يستجر متحرضه استطاعة قدرها 12kW نتيجة وجود عزم ميكانيكي على محور المحرك وكان تيار التحريض المستجر مساوياً لقيمتة عندما كانت تعمل كمولد تحت نفس الاستطاعة . المطلوب :

١- ماهي سرعة دورانها في هذه الحالة، لاحظ سرعة دورانها كمولد في الطلب ٢ من المسألة الأولى ؟

٢- كم تصبح سرعة دورانها إذا أضيفت مقاومة للمتحرض فأصبحت مقاومة المتحرض مع المقاومة المضافة 1.5Ω ؟

٣- كم تصبح سرعة دورانها إذا رُفع العزم الميكانيكي عن محورها واستجر متحرضها تياراً شدته 1 A فقط ؟

-دورة كانون الثاني/١٩٩٧/

- المسألة الأولى:

آلة تيار مستمر ذات 6 أقطاب يحتوي متحرضها على 19 مجرى في كل مجرى 50 ناقلاً. عندما تعمل هذه الآلة كمولد ذي تحريض مستقل عند سرعة1200 rpm تُعطي استطاعة قدرها 14400 W تحت توتر 240 V ، فإذا علمت أن تيار النواقل في هذه الحالة هو I_a=10 A ، والتيار المار في ملف كل قطب هو 1 A وعدد لفاته 2000 Turns، ومقاومته 40Ω ، والسيالة المغنطيسية في حالة اللاحمل 0.014Wb، ومقاومة المتحرض R_a = 0.25Ω . المطلوب :

١- استنتج نوع اللف لمتحرض هذه الآلة واحسب خطوات اللف . ارسم ثلاث وشائع متتالية منه فقط، احسب زاوية فرق الصفحة وزاوية الإزاحة له.

٢- احسب قيمة هبوط التوتر بسبب رد فعل المتحرض عند حالة التحميل الواردة في نص المسألة، ثم احسب المقاومة المغنطيسية لدارة القطب الواحد في حالتي اللاحمل والتحميل.

٣- إذا علمت أن مردودها في حالة التحميل الواردة في نص المسألة هو 90% ما قيمة العزم اللازم لإدارتها، وما قيمة التيار الموافق للمردود الأعظمي ؟

- المسألة الثانية:

آلة تيار مستمر لها نفس معطيات الآلة الواردة في المسألة الأولى . المطلوب:

إذا طُبق توتر قدره 240 V على طرفيها لتعمل كمحرك تفرعي بعد وصل ملفات الأقطاب مع بعضها على التسلسل ماهي سرعة دورانها:

أ- في حالة اللاحمل . ب- عند تحميلها بحيث يمر في المتحرض تيار شدته I_a=60 A.

١- كم تصبح هذه السرعة إذا أضيفت مقاومة مع المتحرض قيمتها 1.5Ω مع بقاء تيار التحميل ثابتاً ؟

٢- ماهي المقاومة الواجب إضافتها مع مقاومة المتحرض التسلسل وذلك:

آ- حتى يدور المحرك بسرعة 600 rpm .

ب- حتى يقف المتحرض عن الدوران مع بقاء قيمة تيار المتحرض ثابتة على I_a=60 A.

-دورة حزيران /١٩٩٧/

- المسألة الأولى:

آلة تيار مستمر ذات 4 أقطاب ومتحرضها ذو لف انطباقي بسيط يحتوي على 17 مجرى في كل مجرى 50 ناقلاً ، السيالة في الثغرة الهوائية في حالة اللاحمل هي

20 mWb، وعند تحميلها كمولد ذي تحريض مستقل بتيار شدته 50 A يظهر على طرفيها توتر قدره 400 V عند دورانه بسرعة 1500 rpm وثابتة، فإذا كانت مقاومة المتحرض الكلية $R_a = 0.3\ \Omega$. المطلوب :

١-القوة المحركة الكهربائية المتولدة في حالة اللاحمل بين مربطي المتحرض والقوة المحركة الوسطية في كل ناقل .

٢-العزم الناتج بين الثابت والدائر في حالة التحميل الواردة في نص المسألة والعزم اللازم لإدارتها علماً أن العزم اللازم لإدارتها في حالة اللاحمل هو: $\frac{25}{\pi}\ N.m$.

٣-إذا علمت أن الضياع في ملفات التحريض هو 400 W ، ماهو مردودها في حالة التحميل السابقة، وماهو مردودها الأعظمي ؟

٤-هل هناك هبوط توتر بسبب رد الفعل ؟ ما قيمة هذا الهبوط، وماقيمة مركبتي رد الفعل بفرض المسفرات على المحور العمودي ؟

- المسألة الثانية:

إذا طُبق توتر قدره 400 V على طرفي المتحرض للآلة الواردة قي المسألة الأولى وبقيت ملفات التحريض موصولة إلى منبع توتر مستقل كما هي في حالة العمل كمولد. المطلوب :

١- حساب سرعة دورانها في حالة اللاحمل وشدة التيار المستجر.

٢- حساب سرعة دورانها عند تحميلها بحيث يمر في المتحرض تيار شدته 50 A .

٣- إذا أُريد توقيف المحرك خلال ثلاث تخفيضات متساوية للسرعة وهو في حالة التحميل السابقة . ما قيمة المقاومة الواجب إضافتها مع المتحرض في كل مرحلة لتحقيق ذلك ؟

- دورة كانون الثاني /١٩٩٨/

آلة تيار مستمر يحتوي متحرضها على 24 مجرى في كل مجرى 100 ناقل، ويحتوي المبدل على 48 نصله وعلى كل قطب من أقطابها ملفين أحدهما ذو 2000 لفة ومقاومة

قيمتها 60 Ω والثاني ذو 40 لفة ومقاومتة 0.1Ω . عندما تُدار هذه الآلة كمولد ذو تحريض مستقل بسرعة 1500 rpm والقوة المحركة المغنطيسية الناتجة من كل قطب هي 2000 A.T تتولد في كل وشيعة لف قوة محركة كهربائية وسطية قيمتها 20 V ، وتتولد أيضاً بين مربطي المتحرض قوة محركة كهربائية قيمتها 240 V في حالة اللاحمل، فإذا علمت أن مقاومة المتحرض $R_a = 0.4\Omega$ ، وأن التيار الاسمي لهذه الآلة هو $I_a = 50\,A$ ، وأن مردودها الاسمي 84% وأن خصائصها المغنطيسية خطية المطلوب:

١- بفرض أن اللف بسيط . ماهو نوع هذا اللف، وما هو عدد أقطابها ؟

٢- ماهي المقاومة المغنطيسية لدارة القطب الواحد ؟

٣- ماهي قيمة توترها الاسمي واستطاعتها الاسمية كمولد ذو تحريض مستقل ؟

٤- ماقيمة العزم الميكانيكي اللازم لإدارتها كمولد ذو تحريض مستقل في حالتي اللاحمل والتحميل ؟

٥- ما هي السرعة التي ستدور بها هذه الآلة كمحرك تفرعي يُغذى من توتر 240 V بعد إختيارك لطريقة وصل الملفات التفرعية مع بعضها وذلك في حالتي اللاحمل والتحميل بالتيار الاسمي ؟

٦- ماهي السرعة التي ستدور بها كمحرك تسلسلي فقط وتحت توتر 240 V وعند الحمل الاسمي بعد اختيارك طريقة وصل الملفات التسلسلية مع بعضها ؟

٧- ماهي سرعة دورانها كمحرك مركب تكاملي وتحت توتر 240 V وعند الحمل الاسمي وفق اختيارك السابق لطريقة وصل الملفات مع بعضها ؟

- دورة حزيران/١٩٩٨/

آلة تيار مستمر ذات ثمانية أقطاب يحتوي متحرضها على 32 مجرى. عندما تدور كمولد ذو تحريض مستقل بسرعة 1200 rpm يتولد على طرفيها في حالة اللاحمل

توتراً قدره 320 V . ينخفض هذا التوتر إلى 300 V عند تحميلها بحمولتها الاسمية ويكون عدد الأمبير ناقل في كل مجرى 200 AC ، فإذا علمت أن مقاومة المتحرض الكلية $R_a = 0.25\Omega$ والدارة المغنطيسية خطية . المطلوب :

١- تحديد نوع اللف وعدد نواقل المتحرض.

٢- تحديد قيمة الاستطاعة الاسمية لهذه الآلة.

٣- قيمة السيالة المغنطيسية في الثغرة الهوائية.

٤- حساب مركبتي رد فعل المتحرض وهبوط التوتر الناشئ منها " بفرض أن المسفرات على المحور العمودي" .

٥- حساب مردود هذه الآلة إذا علمت أن استطاعة الدخل لها في حالة اللاحمل $P_o = 800\ W$.

- **المسألة الثانية:**

تُربط الآلة الواردة في المسألة الأولى إلى منبع توتره 320 V لتعمل كمحرك تفرعي، فإذا علمت أن مقاومة ملف كل قطب $R_f = 40\ \Omega$ ، وأن تيار التحريض الذي يستجره هذا المحرك $I_f = 1\ A$. المطلوب :

١- تحديد طريقة ربط ملفات الأقطاب مع بعضها بعضاً.

٢- تحديد سرعة دورانها في حالة اللاحمل.

٣- تحديد سرعة دورانها عند تحميلها بحمل ميكانيكي يؤدي إلى مرور تيار في المتحرض يساوي إلى التيار الاسمي.

٤- تحديد قيمة المقاومة الواجب إضافتها إلى دارة المتحرض لتخفيض سرعة دورانها إلى 1000 rpm وهي محملة بالحمل السابق.

٥- كم تصبح سرعة دورانها وهي محملة بالحمل السابق والمقاومة مازالت في دارة المتحرض إذا أُضيفت إلى دارة ملفات الأقطاب مقاومة قيمتها 80Ω .

- دورة كانون الثاني/١٩٩٩/

آلة تيار مستمر ذات أربعة أقطاب يحتوي متحرضها على 15 مجرى وفي كل مجرى 80 ناقلاً، ويحتوي المبدل على 15 نصله . وُضع على جسم كل قطب ملفان أحدهما ذو عدد لفات يساوي 2500 لفة ومقاومته 100 أوم، والثاني ذو عدد لفات 100 لفة ومقاومته 0.1 أوم هذه الملفات بنوعيها موصولة مع بعضها على التسلسل . لهذه الآلة ملفات تعويض موصولة بشكل دائم مع المتحرض مقاومتها مع مقاومة المتحرض الكلية 0.4 أوم . المقاومة المغنطيسية لدارة القطب تتغير مع القوة المحركة المغنطيسية الناتجة من القطب كما يلي :

F_a [A.T]	5000	4000	3000	2500	2000	1500	1000	500	0
$Rm \times 10^5$[1/He]	2.25	1.8	1.4	1.25	1.11	1	1	1	1

المطلوب :

١- اختر نوع اللف لهذه الآلة، واحسب خطوات اللف. وارسم ثلاث وشائع متتالية منه.

٢- احسب القوة المحركة الكهربائية المتولدة على طرفي هذه الآلة في حالة اللاحمل عند عملها كمولد ذي تحريض مستقل ودورانها بسرعة 1000 rpm والتيار المار في ملفات التحريض $I_f = 1A$.

٣- احسب التوتر المتولد على طرفيها عند تحميلها بتيار شدته $40\,A$ وبفرض هذا هو التيار الاسمي لها . ماهي استطاعتها الاسمية ؟

٤- إذا أعطت هذه الآلة مردودها الأعظمي عند تيارها الاسمي، ما قيمه هذا المردود وما قيمة العزم اللازم لإدارتها في حالة اللاحمل ؟

٥- ارسم منحني خصائص اللاحمل $E = f(I_f)$ عند سرعة 1000 rpm انطلاقاً من المعلومات الواردة عن الدارة المغنطيسية .

٦- حدُد قيمة التوتر الذي سيظهر على طرفي المتحرض عند قلبه من مولد ذي تحريض مستقل إلى مولد تفرعي في حالة اللاحمل.

٧- حدُد قيمة المقاومة الحرجة الموافقة لسرعة 1000 rpm.

٨- حدُد سرعة دورانها كمحرك تفرعي عند تطبيق توتر على طرفي المتحرض قدره **400 V** و تستجر تياراً شدته **40 A** .

٩- حدّد سرعة دورانها كمحرك تسلسلي تحت نفس التوتر السابق وعند نفس التيار السابق.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثامن

الاختبارات العملية على آلات التيار المستمر

(المولدات والمحركات)

مقدمة:

سيتم في هذا الفصل التعرف على طرائق إجراء الاختبارات العملية على آلات التيار المستمر للتعرف على الخصائص الرئيسة في مولدات التيار المستمر ، وعلى الخصائص الكهربائية والميكانيكية في محركات التيار المستمر (راجع الفصل السادس).

- الغاية من إجراء الاختبارات :

تفيد الاختبارات التي تُجرى على الآلات الكهربائية بشكل عام في إيجاد ثوابت الدارة المكافئة للآلة ، وإيجاد منحنيات الأداء الممثلة لخواص تشغيل الآلة عند الحالات المختلفة من التحميل، مثل اختبار اللاحمل – القصر – الخواص الخارجية – قياس المقاومات الأومية ..... ، وهذه القيم والمنحنيات التي نحصل عليها تعطي فكرة واضحة عن فعالية استثمار الآلة من خلال تحديد الضياعات الحديدية والنحاسية ، وتحديد المردود للآلة كما أن هناك تجارب تتعلق بالبيانات والقيم الاسمية التي تعطيها الشركة الصانعة مثل(التوتر – التيار – الاستطاعة – نوع العازل المستخدم – درجة الحرارة وذلك للتأكد منها ، أو إيجادها في حال فقدانها .

ولهذه الاختبارات كلمة الفصل في قبول الآلة أو رفضها وذلك بعد مقارنة النتائج التي نحصل عليها مع القيم الاسمية للآلة والمعايير الدولية الموجودة.

٨-١- الإجراءات الواجب اتباعها قبل البدء بإجراء الاختبارات:

٨-١-١- تعليمات عامة حول العمل في مخبر الآلات الكهربائية:

١- العمل في مخبر الآلات الكهربائية فيه خطـورة، ويمكـن تجنـب ذلـك باتبـاع الإجراءات الآتية:

آ- يمنع منعا باتاً توصيل عناصر الدارة الكهربائية الخاصة بالتجربـة وهـي تحـت التوتر.

ب-يجب أن تكون توصيلات الدارة الكهربائية واضحة .

ج- يجب أن يكون الوصول إلى لوحة التوصيل سهلاً وبدون أي عائق.

٢- يفترض أن المعلومات النظرية المتعلقة بالتجربة واضـحة. وعلـى المـشرف أن يجعل إجراء الاختبار مرهوناً بنوعية التحضير، ويمكن له تأجيلها إذا ارتأى ذلك.

٣- تبدأ التجارب في مواعيد ثابتة محددة في جدول الدوام الأسبوعي.

٤- يوزع الطلاب إلى مجموعات على الطاولات المخبرية . ويبدأ طلاب المجموعـة بدراسة تجهيزات هذه الطاولة والتعرف عليها بدقة. كما وتـسجل المعطيـات كافـة وبخاصة للآلات . المعطيات المسجلة على لوحة التسمية للآلة، و المثبتة فـي العـادة على جسم الآلة ،هي قيم اسمية. فمثلاً التوتر المسجل هو توتر اسمي (U) تعمل عليـه الآلة عند التحميل الاسمي لها. يجب ألا يزيد التوتر ، لأي حالة تشغيل ، علـى هـذا التوتر الاسمي إلا في حالات خاصة، وبحدود %(30 ÷ 20)، ولدقائق معدودة. أما التيار المسجل فهو التيار الاسمي (I_n) الخطي، المسموح بسريانه لفتـرة طويلـة. يـسمح ، ولفترة قصيرة جداً (بضع دقائق) ، بمرور تيار يزيد علـى التيـار الاسـمي بحـدود %(20 ÷ 15) عند إجراء بعض التجارب الخاصة. أما الاستطاعة فتمثل الاسـتطاعة أو استطاعة الحمل الاسمية. وتقدر للآلات ، التي تعمل كمحركات أو كمولـدات ، إمـا بالكيلووات (KW)، أو بالحصان الكهربائي (hp) . أما السرعة المسجلة علـى هـذه اللوحة فتعني سرعة الدوران الفعلية الاسمية للآلة عندما تحمّل بالحمـل الاسـمي. إن المقصود بالحمل الاسمي هو الاستطاعة الاسمية عند التوتر الاسمي والتيار الاسـمي نادراً ما يعطي عدد الأقطاب .

٥- تُدرس التوصيلات الخاصة بالتجربة ولكل دارة من قبل المجموعة مع الأجهـزة المتممة (قياس-إقلاع -حماية) بعناية فائقة.

٦- ضرورة الانتباه عند اختيار أجهزة القياس ، وبغاية الدقة في النتائج ، إلى:

أ- مجالات القياس المطلوبة في العمل بحيث تكون القراءات ضمن (90÷20)% من مجال تدرج الجهاز.

ب- نوع الجهاز من حيث عمله بالتيار المتناوب أو المستمر.

ج- هناك اختصارات مصطلح عليها لبعض معطيات التشغيل وتكون مسجلة على لوحة تدريج الجهاز:

A : أمبير

V : فولت

W : وات (الاستطاعة الفعالة)

٧- يجب تنسيق العمل ما بين طلاب المجموعة الواحدة أثناء القيام بإجراء التجربة . كأن يقوم طالب أو أكثر بقراءة الأجهزة المختلفة ، وآخر بتسجيل القراءة و ثالث بتنظيم معطيات التجربة من التيار والتوتر وغيره . أما الرابع فيعمل على تنظيم تسلسل إعطاء المعلومات عند التسجيل .

٨- يجب الاعتناء بالأدوات والأجهزة في المخبر ، إن الأعطال الناتجة عن سوء استخدام الأجهزة تعني تغريم المسبب بالتكاليف كلها .وأن أي عطل وجد قبل إجراء التجربة يجب أن يبلغ عنه المشرف فوراً ، وأي محاولة للخداع تعني الفصل من المشاركة في تجارب المخبر .

٩- بعد الانتهاء من توصيل التجربة يؤخذ رأي المشرف لوصلها بالمنبع الكهربائي والبدء بإجراءات القياسات .

١٠- بعد الانتهاء من إجراء التجربة يعلم المشرف ،قبل البدء في تفكيك الدارة، ليتحقق من سلامة الأجهزة ويؤشر على الجداول الخاصة بالتجربة .

١١- تعاد جميع الأجهزة إلى أماكنها بعد الانتهاء من التجربة ،و كذلك توضع الأسلاك مرتبة ،حسب الطول،على حامل الأسلاك .

١٢- بعد كل تجربة يقدم تقرير عنها بحيث يكون واضحاً ويشتمل على ما يلي :

آ- اسم ورقة التجربة .

ب- اسم ورقم منظم التقرير حسب جدول الدوام .

ج- رقم المجموعة وتاريخ إجراء التجربة .

هـ - المعطيات الاسمية للآلات، المسجلة على لوحات التسمية لها .

و- الهدف من التجربة .

ز- رسم التوصيلات المستخدمة في التجربة .

ح- المبادئ الأساسية النظرية المتعلقة بالتجربة مع العلاقات الرياضية المحددة لهذه الأسس .

ط- الجداول الخاصة بالقياسات .

ي- المخططات البيانية مع النتائج .

ك- مناقشة النتائج مع التعليق و تبيان الخطأ والصواب منها مع التعليل .

ل- مدى مطابقة هذه النتائج مع الدراسة النظرية .

يجب أن يكون التقرير مرتباً بشكل واضح ، ويراعي تسمية المحاور للمخططات البيانية والمنحنيات ورسمها بمقياس رسم مناسب ، بحيث لا تزيد نسبة أبعاد المنحني على المحورين (1.5÷2) إلى 1 .

من الضروري التقيد أيضا"بنقاط القياس حسب الجداول المأخوذة من نتائج التجربة. أما المنحني البياني فيرسم من قيم وسطية لنقاط القياس المختلفة . تمثل نقطة القياس المخبرية ، وتجاوزا للخطأ في قراءة المقياس أو غير ذلك ، بدائرة قطرها 2mm (⊗) بحيث يمر أو يمس المنحني البياني معظم هذه النقاط .

يتم وضع القراءات المأخوذة من الجداول على محوري الإحداثيات إما بالقيم الحقيقية (فولت،أمبير،وات) أو القيم المنسوبة (القيم الواحدية).

١٣- تناقش التقارير مع المشرف بعد أسبوعين من انتهاء التجربة ،ويرفض كل تقرير يقدم بعد هذه الفترة.

٨-١-٢- معطيات اللوحة الاسمية للمولد والمحرك:

قبل البدء بالتعامل مع أي آلة كهربائية يجب قراءة محتويات اللوحة الاسمية الخاصة بها ، وعادة تكون مثبتة على الجسم الخارجي للآلة ، بحيث يسهل على المستثمر الوصول لها وقراءتها .

تتضمن اللوحة الاسمية لأي آلة كافة المعطيات (التي تتعلق باستثمار الآلة) اللازمة والضرورية للتعامل معها (سواء كانت محركاً أم مولداً) لتحاشي سوء الاستخدام والتوصيل لهذه الآلة مع المنبع أو التجهيزات اللازمة للاختبارات وهي:

آ- مولد التيار المستمر: D.C Generator

- الاستطاعة الاسمية : P_n= [kW] or [HP]
- التوتر الاسمي : U_n= [V]
- التيار الاسمي : I_n= [A]
- تيار التحريض الاسمي :. I_{exc} = [A]
- توتر التحريض : U_{exc} = [V]
- السرعة الاسمية : n_n= r.p.m
- نموذج التحريض :

ب- محرك التيار المستمر : D.C Motor

- الاستطاعة الاسمية : P_n= [Kw] or [HP]
- التوتر الاسمي : U_n= [V]
- التيار الاسمي : I_n= [A]
- تيار التحريض الاسمي : I_{exc}= [A]
- توتر التحريض : U_{exc}= [V]
- السرعة الاسمية : n_n= r.p.m
- نموذج التحريض :

٨-٢- اختبارات الخصائص الرئيسة لمولدات التيار المستمر ذات التهييج المستقل :

٨-٢-١- اختبار خصائص اللاحمل (اختبار الخصائص المغنطيسية):

يُقصد بهذا الاختبار دراسة العلاقة بين القوة المحركة الكهربائية (E) وتيار التحريض أي $E=f(I_f)$ عند سرعة دوران ثابتة عند السرعة الاسمية وتيار خرج معدوم (دارة مفتوحة)أي:

$$E = U = \frac{p}{a} \cdot Z \cdot \phi \cdot n = C_e \cdot \phi \cdot n = f(I_f) \text{ at } I_a=0 \ , \ n=n_n=const.$$

آ- الغاية من الاختبار:

إن الهدف من هذا الاختبار إضافة إلى التعرف على العلاقة بين (E) و (I_f) هي التعرف على:

- خواص (جودة) الدارة المغنطيسية ، حيث كلما ارتفعت هذه المنحنيات كلما دلت على جودة المعدن المصنعة منه الآلة.
- التعرف على الضياعات ، فكلما اقتربت المنحنيات من بعضها (المنحني أثناء زيادة التيار I_f والمنحني أثناء نقصان التيار I_f فإن هذا يدل على قلة الضياعات الحديدية.
- التعرف على نقطة العمل للآلة والاختبار السليم ، حيث هذه النقطة يجب أن تكون في نهاية المنطقة الخطية وبداية منطقة الإشباع.
- التعرف على أثر المغنطيسية المتبقية .

ب- مراحل إجراء الاختبار:

١- القيام بتوصيل الدارة حسب المخطط المبين في الشكل(٨-١).

٢- تدوير الآلة حتى السرعة الاسمية ، ودارة الأقطاب مفتوحة (قاطع تغذية ملف التحريض مفتوح)،وقصر ملف المتحرض بواسطة مقياس فولت .

٣- وصل قاطع ملفات التحريض عند كون $I_f=0$.

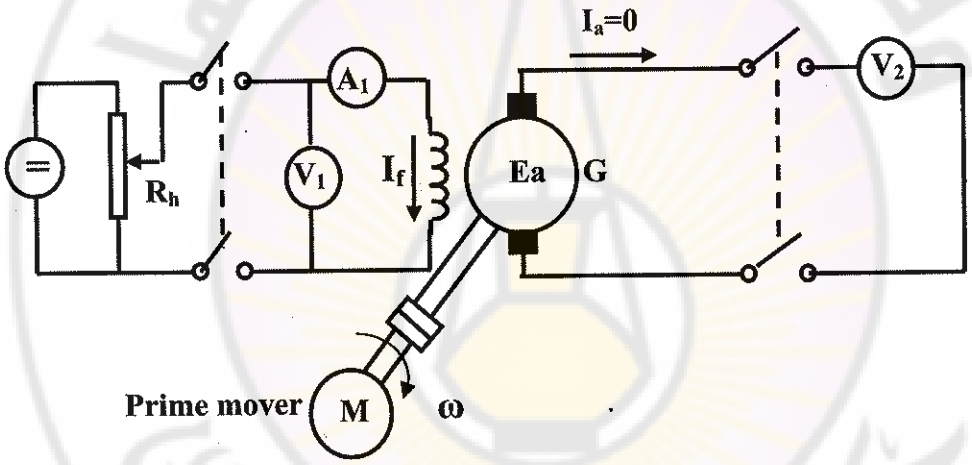
٤- البدء بزيادة تيار التحريض إلى أن يقيس أو يشير مقياس الفولت إلى قيمة تساوي تقريباً $(120\div130)\%U_n$. عند كل قيمة لتيار التحريض يتم قياس التوتر الناتج أو

القوة المحركة الكهربائية E المتولدة ووضعها في جدول كما هو مبين في الجدول (٨-١) .

٥- البدء بتخفيض تيار التحريض اعتباراً من القيمة التي تولد عندها التوتر 120% In حتى الوصول إلى قيمة تيار تحريض يساوي الصفر . عند كل قيمة لتيار التحريض يتم قياس التوتر الناتج أو القوة المحركة الكهربائية E المتولدة ووضعها في جدول كما هو مبين في الجدول (٨-٢) .

٦- رسم المنحنيات البيانية التي تمثل الخواص المغنطيسية اعتماداً على القيم المدرجة في الجداول.

٧- مناقشة النتائج .



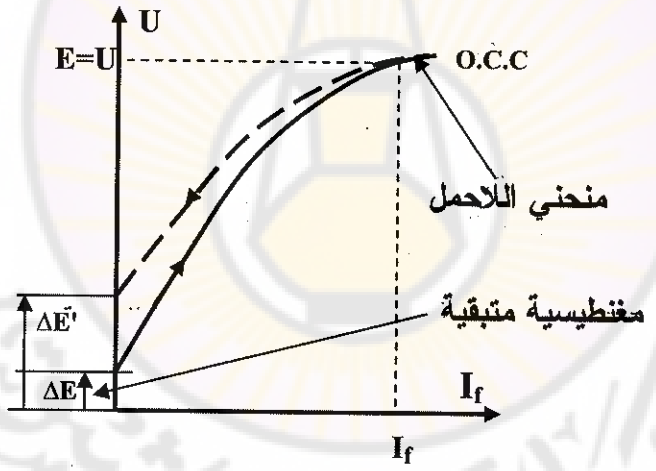
الشكل (٨-١)

- الجدول (٨-١): يبين قيم القـ.م.ك كتابع لتزايد تيار التحريض بدءاً من الصفر حتى قيمة عظمى .

I_f (A)	0 →	I_{f1}	I_{f2}	I_{f3}	I_{f4}		I_{fn}	I_{fmax}
E= U (V)	ΔE → تزايد	E_1	E_2	E_3	E_4		E_n	E_{max}
Ia (A)	$I_a=0$, n= const.							

- الجدول (٨-٢): يبين قيم الـــ ق.م.ك كتابع لتناقص تيار التحريض بدءاً من قيمة عظمى حتى الصفر .

If (A)	0	I_{f1}	I_{f2}	I_{f3}	I_{f4}		I_{fn} ←	I_{fmax}
E= U (V)	$\Delta E'$	E'_1	E'_2	E'_3	E'_4		E'_n ← تناقص	E'_{max}
Ia (A)	$I_a=0$, n= const.							



الشكل (٨-٢)

٨-٢-٢- اختبار خصائص التحميل (اختبار الخـصائص المغنطيـسية عنـد التحميل):

آ- الغاية من الاختبار:

يُقصد بهذا الاختبار دراسة العلاقة بين التوتر (U) وتيار التحريض أي $U=f(I_f)$ عند تيار متحرض ثابت وسرعة دوران ثابتة أي:

$U=f(I_f)$ at $I_a=const.$, $n=n_n=const$

يتم الحصول على هذه الخصائص تجريبياً بدءاً من دارة التجربة في حالة اللاحمل ، حيث يتم إضافة مقاومة متغيرة على خرج المولد عبر مقياس أمبير وقاطع .

يعطينا هذا الاختبار الفوائد التالية :

١- التعرف على قيمة القوة المحركة الكهربائية E_L المتولدة في حالة التحميل .

٢- عند أي قيمة من قيم تيار التحريض يمكن التعرف على كلٍ من : I_aR_a , R , E_L , U , ΔV_r.

٣- التعرف على جودة الدارة الحديدية فكلما انخفض المقدار ΔV_r دل على جودة الدارة ، والتعرف على جودة الدارة النحاسية ، فكلما انخفض المقدار I_aR_a كانت الدارة النحاسية أجود.

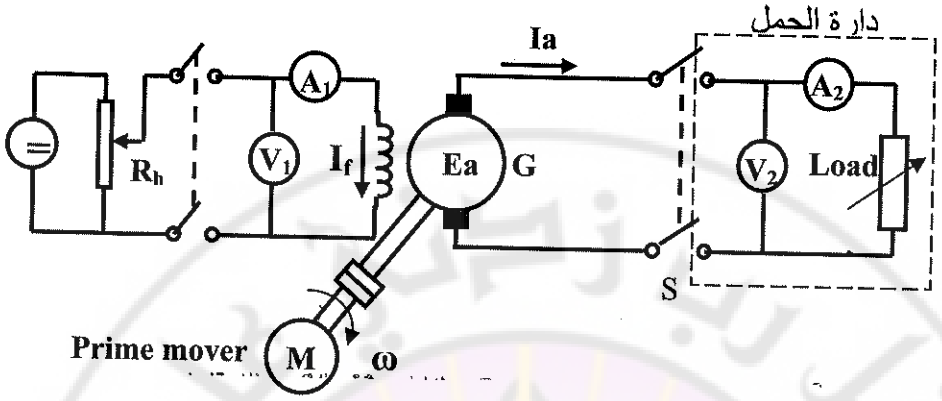
٤- التعرف على مقدار زيادة تيار التحريض على المحور الأفقي من أجل تغطية هبوطات التوتر الناتجة عن رد فعل المتحرض (رد الفعل العمودي).

ب- مراحل إجراء الاختبار:

١- يتم أولاً إجراء اختبار اللاحمل على هذه الآلة عن طريق زيادة تيار التحريض حتى يتم الحصول على أعلى قيمة ممكنة لهذا التيار يصل عندها التوتر إلى 120% من التوتر الاسمي.

٢- يتم إغلاق القاطع (S) دارة الحمل وتغيير قيمة مقاومة الحمل حتى يمر التيار I_a الذي نريده أن يبقى طيلة فترة التجربة وقد يكون مساوياً للتيار الاسمي .

٣- يتم تخفيض تيار التحريض على مراحل وفي كل مرحلة يتم تثبيت التيار I_a على نفس القيمة الأولى عن طريق تغيير المقاومة ونأخذ قيمة التوتر الموافق لتيار التحريض وتدون النتائج في جدول .

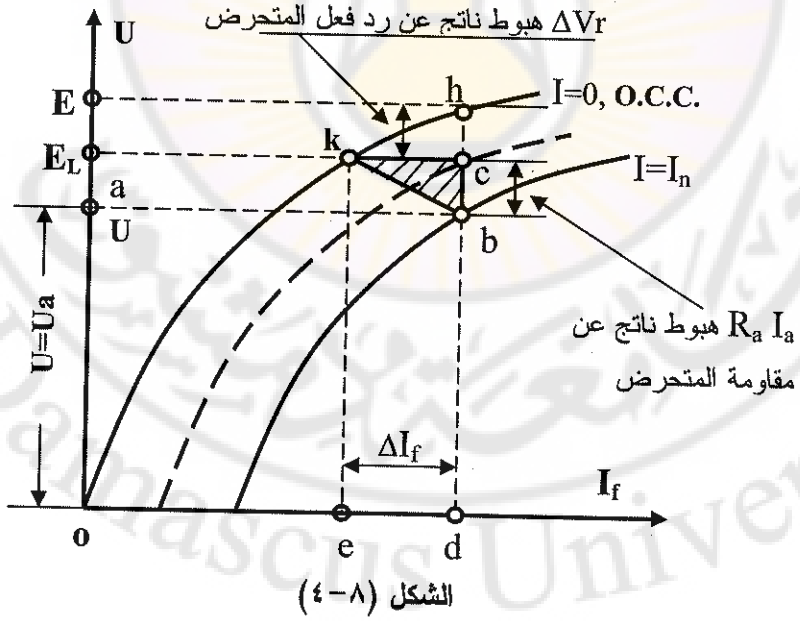


الشكل (٨-٣)

٤- رسم العلاقة بين التوتر الناتج وتيار التحريض .

٥- حساب هبوط التوتر على المقاومة الداخلية وهبوط التوتر بسبب رد فعل المتحرض وذلك بالمقارنة مع نتائج تجربة اللاحمل.

٦- يمكن إعادة الاختبار من اجل قيم أخرى للتيار I_a مثلاً عند $I_a=I_n/4$, $I_a=I_n/2$.



الشكل (٨-٤)

الجدول (٨-٣)

I_f (A)	I_{fn}	I_{f1}	I_{f2}	I_{f3}	I_{f4}			I_f
U (V)	Un	U_1	U_2	U_3	U_4			0
Ia (A)	Ia=const. , n= const							

٨-٤-٣- **اختبار خصائص التنظيم :**

آ- الغاية من الاختبار:

التعرف على العلاقة بين تيار المتحرض وتيار التحريض عند توتر خرج ثابت ، وسرعة ثابتة أي:

$I_f=f(I_a)$ *at U=const. , n=const.*

ب- مراحل إجراء الاختبار:

١- يحافظ على التوصيل كما في حالة اختبار التحميل .

٢-فتح دارة الحمل وتنظيم تيار التحريض بحيث يتم الحصول على التوتر الذي يراد أن يبقى طيلة فترة التجربة.

٣- يتم وضع قيمة مقاومة الحمل بحيث يتم وضعها على أعلى قيمة ممكنة ثم يُغلق القاطع (S_a) ليمر تيار وليكن $I_a=I$ ، ثم يقاس كل من التيار I والتوتر U . يتم تغيير تيار التحريض حتى يعود التوتر إلى نفس القيمة قبل إغلاق القاطع ونأخذ قيمة كلٍ من التيار I_f و التيار I_a .

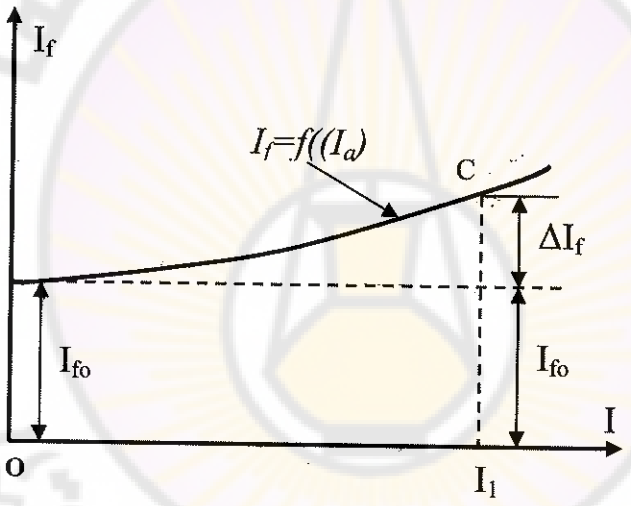
٤- نغير تيار التحميل على مراحل وفي كل مرحلة يتم تغيير قيمة تيار التحريض حتى يعود التوتر إلى نفس القيمة الأولى ، وتؤخذ قراءة كلٍ من مقياس تيار التحريض ومقياس تيار الحمل ، وهكذا حتى يتم الحصول على قيمة لتيار التحميل تتراوح مابين $(120\div130)\%I_{an}$.

٥- دون النتائج كما هو مبين في الجدول (٨-٤) .

٦- من النتائج المدونة في الجدول يتم رسم منحنى الخواص التنظيمية .

الجدول (٨-٤)

I_a (A)	0	I_{a1}	I_{a2}	I_{a3}	I_{a4}			I_{an}
I_f (A)	I_{fo}	I_{f1}	I_{f2}	I_{f3}	I_{f4}			I_{fn}
U (V)	U=const. , n= const							



الشكل (٨-٥)

٨-٢-٤- اختبار خصائص القصر :

آ- الغاية من الاختبار:

التعرف على العلاقة بين تيار المتحرض كتابع لتيار التحريض عند توتر خرج U=0، وسرعة ثابتة أي:

$I_a=I_{SC}=f(I_f)$ at $U=0$, $n=const.$

أيضاً من هذا الاختبار (خصائص القصر) وخصائص اللاحمل رسم جميع الخصائص الأخرى للمولدة ورسم مثلث التحريض الذي يُحدد قيمة هبوط التوتر على المقاومة الداخلية للمتحرض، وهبوط التوتر بسبب رد فعل المتحرض ، وذلك من اجل تيار I_a معين .

ب- مراحل إجراء الاختبار:

١- ينفذ توصيل المخطط كما في هو مبين في الشكل (٨-٦) .

٢- يتم قصر طرفي المولد عن طريق مقياس أمبير مناسب .عندما يتم قصر طرفي المتحرض وتيار التحريض يساوي الصفر يُلاحظ مرور تيار قصر دارة المتحرض ، وهذا التيار ناتج عن المغنطيسية المتبقية (راجع خواص القصر للمولد في الفصل السادس).

$\Delta E = E = U + \Delta V_r + I_{asc} R_a$, $U=0$

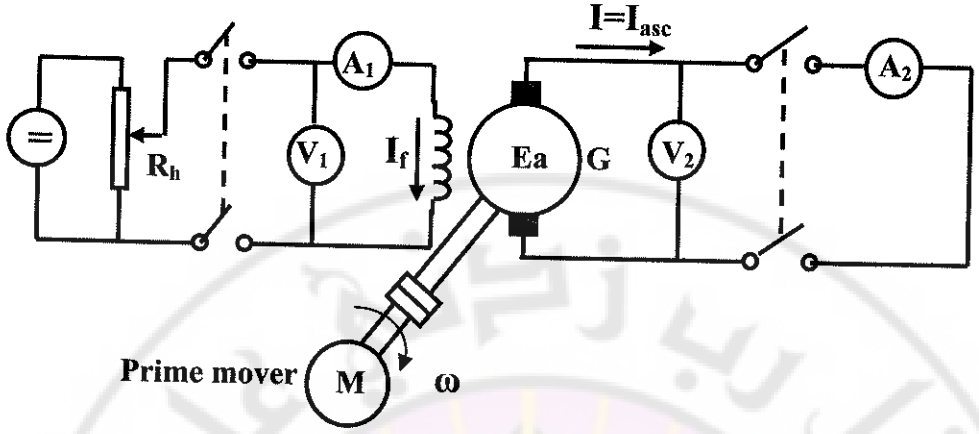
في اللحظة الأولى وعند $I_f = 0$ فإن $\Delta E = I_{asc}.R_a$ وبالتالي: $I_{asc} = \Delta E / R_a$.

٣- نقوم بزيادة تيار التحريض بالتدريج وعلى مراحل وفي كل مرحلة يتم أخذ قيمة تيار القصر المقابل إلى أن يصبح تيار القصر مساوياً لـ $I_{sc}=125\%\ I_{an}$. تدون هذه القيم في جدول ويرسم منها هذه الخصائص بالتالي:

$$I_{asc} = f(I_f) = E - \Delta V_r = I_{asc} R_a \quad \Rightarrow I_{asc} = \frac{E - \Delta V_r}{R_a} \approx I_{asc} = \frac{E}{R_a}$$

٤- أحياناً وفي بعض الاختبارات تتم إزالة المغنطيسية المتبقية من الآلة عند اختبار القصر وذلك بتشغيل الآلة على الفراغ وتغذية ملفات تحريضها بتيار معاكس حتى تصبح القوة المحركة الكهربائية المتبقية وتيار القصر مساوية للصفر .

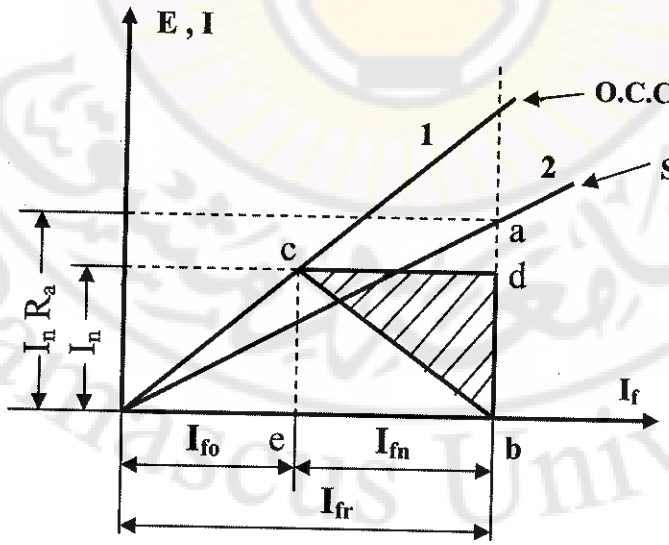
Damascus University



الشكل (٨-٦)

الجدول (٨-٥)

I_f (A)	0	I_{f1}	I_{f2}	I_{f3}	I_{f4}		I_{fn}	I_f
I_{asc} (A)	I_{asco}	I_{asc1}	I_{asc2}	I_{asc3}	I_{asc4}		I_{an}	$125\%I_{an}$
U (V)	U=0. , n= const							



الشكل (٨-٧)

٨-٢-٥- اختبار الخواص الخارجية:

آ- الغاية من الاختبار:

عند ازدياد تيار الحمولة ينخفض توتر المولدة قليلاً ويُعزى ذلك إلى سببين :

١- هبوط التوتر على المقاومة الداخلية للمتحرض .

٢- انخفاض القوة المحركة الكهربائية بسبب انخفاض الفيض المغنطيسي بتأثير رد فعل المتحرض لذلك مع ازدياد التيار I يستمر هبوط التوتر بالازدياد ومن هنا كانت الغاية من هذا الاختبار التعرف على العلاقة بين التوتر U وتيار الحمل عند ثبوت تيار التحريض.

$$U=f(I_L)\ ,\ I_f=const.\ ,\ n=const.$$

ب- مراحل إجراء الاختبار:

نحصل على هذا الاختبار بدءاً من تجربة خصائص التحميل وذلك وفق الخطوات التالية:

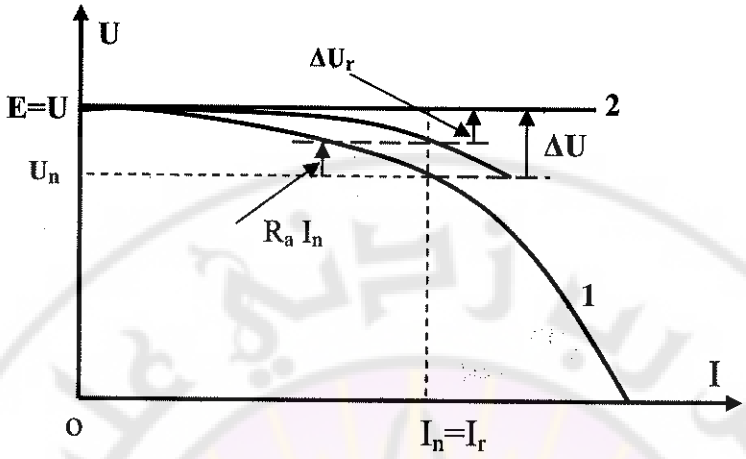
١- يتم فتح دارة الحمل ويُنظّم تيار التحريض If حتى الحصول على التوتر المراد منه إجراء الاختبار.

٢- تُغلق دارة الحمل بعد تنظيم قيمة مقاومة الحمل على أعلى قيمة ممكنة، وتسجل قيمة كلٍ من التيار المار بعد إغلاق القاطع (دارة الحمل) وقيمة التوتر المقابل له.

٣- يتم تخفيض مقاومة دارة الحمل على مراحل، وفي كل مرحلة يتم قياس قيمة التوتر حتى يتم الحصول على قيمة التيار المقابل I_a وهكذا حتى نحصل على قيمة للتيار $I_a=(120\div125)\%I_{an}$ تدون النتائج في جدول ، ونرسم منه الخصائص الخارجية مع التأكيد أنه في كل مرة يجب التأكد من ثبات السرعة وتيار التحريض $\Delta U=\Delta V_r+R_aI_a$.

٤- يعرف هبوط التوتر النسبي المئوي $\frac{\Delta U}{U}\%$ عند حمولة ما بالعلاقة الآتية:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{Un}\% = \frac{E-U}{Un}\%$$



الشكل (٨-٨)

الجدول (٨-٦)

U (V)	U=E	U_1	U_2	U_3	U_4		U_n	U
I_a (A)	0	I_{a1}	I_{a2}	I_{a3}	I_{a4}		I_{an}	$125\%I_{an}$
I_f (A)	I_f =const. , n = const							

٨-٣- اختبارات الخصائص الرئيسة لمولدات التيار المستمر ذات التهييج الذاتي:

في هذه الفقرة سوف نتعرض لاختبارات الخواص الرئيسة في المولدات ذات التحريض الذاتي (**المولد التفرعي- المولد ذو التحريض التسلسلي - المولد ذو التحريض المركب بنوعيه التكاملي والتفاضلي**).

٨-٣-١- المولد ذو التحريض التفرعي:

٨-٣-١-١- اختبار اللاحمل (اختبار الخواص المغنطيسية):

يُقصد بهذا الاختبار دراسة العلاقة بين القوة المحركة الكهربائية (E) وتيار التحريض أي $E=f(I_f)$ عند سرعة دوران ثابتة (السرعة الاسمية)، وتيار خرج مدوم (دارة مفتوحة)أي:

$$E = U = \frac{p}{a} \cdot Z \cdot \phi \cdot n = C_e \cdot \phi \cdot n = f(I_f) \text{ at } I_a=0 \ , \ n=n_n=const.$$

آ- الغاية من الاختبار:

إن الهدف من هذا الاختبار إضافة إلى التعرف على العلاقة بين (E) و (I_f) هي التعرف على:

- خواص (جودة) الدارة المغنطيسية ، فكلما ارتفعت هذه المنحنيات دلت على جودة المعدن المصنعة منه الآلة.
- التعرف على الضياعات ، فكلما اقتربت المنحنيات من بعضها (المنحني أثناء زيادة التيار I_f والمنحنى أثناء نقصان التيار I_f دل ذلك على قلة الضياعات الحديدية.
- التعرف على نقطة العمل للآلة والاختبار السليم لها ، حيث هذه النقطة يجب أن تكون في نهاية المنطقة الخطية وبداية منطقة الإشباع.
- التعرف على أثر المغنطيسية المتبقية .

ب- مراحل إجراء الاختبار:

١- القيام بتوصيل الدارة حسب المخطط المبين في الشكل(٨- ٩).

٢- تدوير الآلة حتى السرعة الاسمية ، ودارة الأقطاب مفتوحة (قاطع تغذية ملف التحريض مفتوح)،وقصر ملف المتحرض بواسطة مقياس فولت .

٣- وصل قاطع ملفات التحريض عند كون $I_f=0$ ،

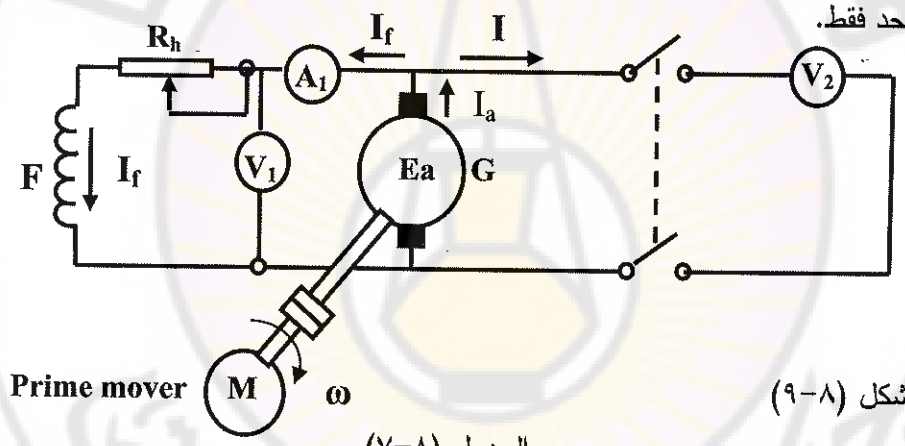
٤- البدء بزيادة تيار التحريض إلى أن يقيس أو يشير مقياس الفولت إلى قيمة تساوي تقريباً $(120\div130)\%U_n$. عند كل قيمة لتيار التحريض يتم قياس التوتر الناتج أو القوة المحركة الكهربائية E المتولدة ووضعها في جدول كما هو مبين في الجدول (٨-٩) .

٥- البدء بتخفيض تيار التحريض اعتباراً من القيمة التي تولد عندها التوتر 120% In حتى الوصول لقيمة تيار تحريض يساوي الصفر . عند كل قيمة لتيار التحريض يتم قياس التوتر الناتج أو القوة المحركة الكهربائية E المتولدة ووضعها في جدول كما هو مبين في الجدول (٨-٧) .

٦- رسم المنحنيات البيانية التي تمثل الخواص المغنطيسية اعتماداً على القيم المدرجة في الجداول.

٧- مناقشة النتائج .

ملاحظة: لاتختلف خواص اللاحمل في هذا النوع من المولدات عن خواص اللاحمل في المولدات ذات التحريض المستقل . ولكن بما أن التحريض الذاتي يتم باتجاه واحد لتيار التحريض لذلك نحصل على خصائص اللاحمل لهذا النوع من المولدات باتجاه واحد فقط.



الشكل (٨-٩)

الجدول (٨-٧)

I_f (A)	0	I_{f1}	I_{f2}	I_{f3}	I_{f4}		I_{fn}	I_{fmax}
E≠ U (V)	ΔE	E_1	E_2	E_3	E_4		E_n	E_{max}
E= U (V)	ΔE'	E'_1	E'_2	E'_3	E'_4		E'_n	E_{max}
I_a (A)	I_a=0 ← n= const. تزايد						تناقص	

٨-٣-١-٢- اختبار خواص التحميل:

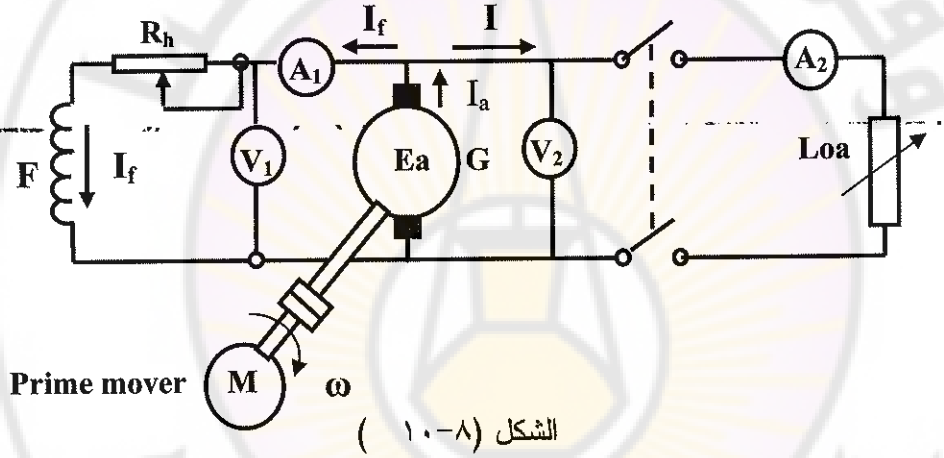
آ- الغاية من الاختبار:

يُقصد بهذا الاختبار دراسة العلاقة بين التوتر (U) وتيار التحريض أي $U=f(I_f)$ عند تيار متحرض ثابت وسرعة دوران ثابتة أي:

$$U=f(I_f) \text{ at } I_a=const. \ , \ n=n_n=const$$

ب- مراحل إجراء الاختبار:

يتم إجراء هذا الاختبار بالأسلوب نفسه الذي تم اتباعه في حالة اختبار خواص التحميل في المولدات ذات التحريض المستقل ، وبالتالي ستكون الخواص متماثلة في الحالتين.



الشكل (٨-١٠)

الجدول (٨-٨)

If (A)	Ifn تناقص	I_{f1}	I_{f2}	I_{f3}	I_{f4}			If
U (V)	Un تناقص	U_1	U_2	U_3	U_4			0
Ia (A)	Ia=const. , n= const							

٨-٣-١-٣- اختبار خصائص التنظيم:

آ- الغاية من الاختبار:

التعرف على العلاقة بين تيار المتحرض وتيار التحريض عند توتر خرج ثابت ، وسرعة ثابتة أي:

$I_f=f(I_a)$ at $U=const.$, $n=const.$

ب- مراحل إجراء الاختبار:

يتم إجراء هذا الاختبار بنفس الأسلوب الذي تم إتباعه في حالة اختبار خواص التحميل في المولدات ذات التحريض المستقل ، وبالتالي ستكون الخواص متماثلة في الحالتين.

الجدول (٨-٩)

I_a (A)	0	I_{a1}	I_{a2}	I_{a3}	I_{a4}			I_{an}
I_f (A)	I_{fo}	I_{f1}	I_{f2}	I_{f3}	I_{f4}			I_{fn}
U (V)	U=const. , n= const							

٨-٣-١-٤- اختبار خصائص القصر :

هذا النوع من الاختبار لايمكن إجراؤه على هذا النوع من المولدات بسبب انعدام التوتر على طرفي المولد وبالتالي انعدام توتر التحريض $U_a=U_f=0$, $I_f=0$.

يمكن الحصول على هذه الخصائص لهذا النوع من المولدات بتغذية ملف التحريض من منبع خارجي **(تحويلها إلى مولد ذي تحريض مستقل)** .

٨-٣-١-٥- إختبار الخصائص الخارجية مع وجود أقطاب تبديل C.P في المولد:

آ- الغاية من الاختبار:

هنا كانت الغاية من هذا الاختبار للتعرف على العلاقة بين التوتر U وتيار الحمل عند ثبوت تيار التحريض.

$U=f(I_L)$, $I_f=const.$, $n=const.$

ب- مراحل إجراء الاختبار:

١- تنفيذ مخطط التوصيل المبين في حالة اختبار التحميل المبين في الشكل(٨-١٠).

٢- رفع سرعة دوران المولد إلى السرعة الإسمية.

٣- زيادة تيار التحريض إلى أن يصل التوتر على أطراف المولدة إلى التوتر الاسمي للمولدة .

٤- زيادة الحمل على أطراف المولدة تدريجياً وقياس التيار عند كل حالة حتى يصل التيار المستجر من المولدة إلى 120% In مع المحافظة على تيار التحريض ثابتاً .

٥- وضع قيم تيار الحمل الذي تم قياسه كما في الجدول رقم (٨-١٠).

٦- حساب تيار المتحرض عند كل قيمة لتيار الحمل من العلاقة $I_a=I_L+I_f$ ووضعها في الجدول المذكور ، علماً بأن تيار التحريض ثابت .

٧- رسم العلاقة بين التوتر المقاس وتيار الحمل .

٨- مناقشة النتائج والمنحنيات.

الجدول (٨-١٠)

I_L (A)	0 ← تزايد	I_{L1}	I_{L2}	I_{L3}	I_{L4}			$120\%I_n$
U (V)	U_n → تناقص							
I_a (A)								
I_f (A)	$I_f=const.$, n= const و مع وجود أقطاب تبديل							

٨-٣-١-٦- اختبار الخصائص الخارجية بدون وجود أقطاب تبديل C.P في المولد:

١- يُجرى الاختبار بالخطوات نفسها التي تمت في الاختبار السابق ،ولكن بعد فصل طرفي أقطاب التبديل ، وبالتالي التعرف على العلاقة $U=f(I_L)$ ، $I_f=const.$ ، $n=const.$

٢- يتم تسجيل النتائج في جدول كالجدول السابق ، ثم رسم العلاقة بين التوتر وتيار الحمل عند ثبوت تيار التحريض اعتماداً على قيم الجدول.

٣- مناقشة النتائج والمنحنيات والمقارنة بين نتائج هذا الاختبار مع نتائج الاختبار السابق وتعليل الفرق في النتائج والمنحنيات .

الجدول (٨-١١)

I_L (A)	0 → تزايد	I_{L1}	I_{L2}	I_{L3}	I_{L4}			120%I_n
U (V)	U_n → تناقص							
I_a (A)								
I_f (A)	I_f=const. , n= const و عدم وجود أقطاب تبديل							

٨-٣-٢- الخواص الرئيسة للمولد ذي التحريض التسلسلي :

سنجري على هذا المولد اختبار الخواص الخارجية فقط لأن باقي الاختبارات لامعنى لها ولافائدة من إجرائها مثلاً : في اختبار اللاحمل لايمكن الحصول على توتر خرج لأن $I_a=I_f=0$. يمكن إجراء هذا الاختبار إذا تم تغذية ملف التحريض من منبع خارجي **(تحويل المولد إلى مولد ذي تحريض مستقل)**.

٨-٣-٢-١- اختبار الخواص الخارجية:

آ- الغاية من الاختبار:

الغاية من هذا الاختبار التعرف على العلاقة بين التوتر U على أطراف المولد وتيار الحمل المربوط مع المولد عند ثبوت تيار التحريض.

$U=f(I_L)$, I_f=const. , n =const.

ب- مراحل إجراء الاختبار:

١- تنفيذ مخطط التوصيل المبين في حالة اختبار التحميل المبين في الشكل(٨-١٠).

٢- رفع سرعة دوران المولد إلى السرعة الإسمية.

٣- زيادة تيار التحريض إلى أن يصل التوتر على أطراف المولدة إلى التوتر الاسمي للمولدة .

٤- زيادة الحمل على أطراف المولدة تدريجياً وقياس التيار عند كل حالة حتى يصل التيار المستجر من المولدة إلى In 120% مع المحافظة على تيار التحريض ثابتاً .

٥- وضع قيم تيار الحمل الذي تم قياسه كما في الجدول رقم (٨-١٠).

٦- حساب تيار المتحرض عند كل قيمة لتيار الحمل من العلاقة $I_a=I_L+I_f$ ووضعها في الجدول المذكور ، علماً بأن تيار التحريض ثابت .

٧- رسم العلاقة بين التوتر المقاس وتيار الحمل .

٨- مناقشة النتائج والمنحنيات.

الجدول (٨-١٠)

I_L (A)	0 → تزايد	I_{L1}	I_{L2}	I_{L3}	I_{L4}			120%I_n
U (V)	U_n → تناقص							
I_a (A)								
I_f (A)	مع وجود أقطاب تبديل و I_f=const. , n= const							

٨-٣-١-٦- اختبار الخصائص الخارجية بدون وجود أقطاب تبديل C.P في المولد:

١- يُجرى الاختبار بالخطوات نفسها التي تمت في الاختبار السابق ،ولكن بعد فصل طرفي أقطاب التبديل ، وبالتالي التعرف على العلاقة $U=f(I_L)$, $I_f=const.$, $n=const.$

٢- يتم تسجيل النتائج في جدول كالجدول السابق ، ثم رسم العلاقة بين التوتر وتيار الحمل عند ثبوت تيار التحريض اعتماداً على قيم الجدول.

٣- مناقشة النتائج والمنحنيات والمقارنة بين نتائج هذا الاختبار مع نتائج الاختبار السابق وتعليل الفرق في النتائج والمنحنيات .

الجدول (٨-١١)

I_L (A)	0 → تزايد	I_{L1}	I_{L2}	I_{L3}	I_{L4}			$120\%I_n$
U (V)	U_n → تناقص							
I_a (A)								
I_f (A)	عدم وجود أقطاب تبديل و $I_f=const.$, $n=const$							

٨-٣-٢- الخواص الرئيسة للمولد ذي التحريض التسلسلي :

سنجري على هذا المولد اختبار الخواص الخارجية فقط لأن باقي الاختبارات لامعنى لها ولافائدة من إجرائها مثلاً : في اختبار اللاحمل لايمكن الحصول على توتر خرج لأن $I_a=I_f=0$. يمكن إجراء هذا الاختبار إذا تم تغذية ملف التحريض من منبع خارجي **(تحويل المولد إلى مولد ذي تحريض مستقل).**

٨-٣-٢-١- اختبار الخواص الخارجية:

آ- الغاية من الاختبار:

الغاية من هذا الاختبار التعرف على العلاقة بين التوتر U على أطراف المولد وتيار الحمل المربوط مع المولد عند ثبوت تيار التحريض.

$U=f(I_L)$, $I_f=const.$, $n=const.$

ب- مراحل إجراء الاختبار:

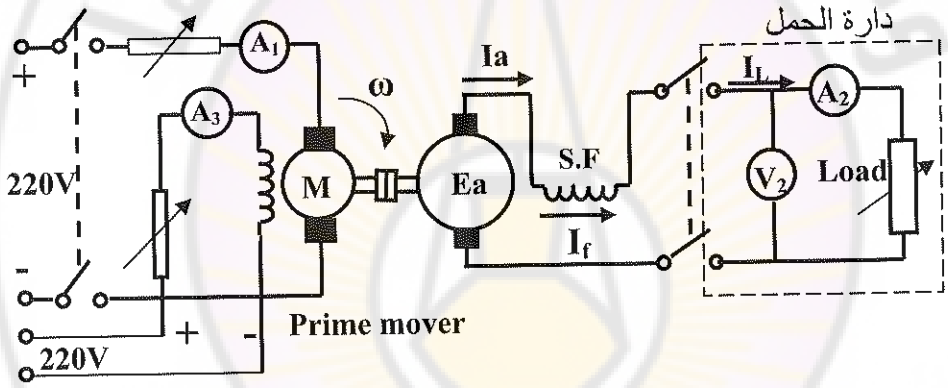
١- تنفيذ مخطط التوصيل المبين في الشكل (٨-١١) .

٢- رفع سرعة دوران المولد إلى السرعة الاسمية .

٣- زيادة الأحمال بالتدريج (زيادة التيار المستجر من المولد من خلال تغيير قيمة مقاومة الحمل) حتى الوصول إلى قيمة تيار حمل تساوي $I_L=120\%\ I_n$ ،تسجيل قيم تيار الحمل والتوتر الناتج في كل خطوة في جدول .

٤- رسم العلاقة بين التوتر كتابع لتيار الحمل اعتماداً على قيم الجدول .

٥- مناقشة النتائج .



الشكل (٨-١١)

الجدول (٨-١٢)

I_L (A)	0 → تزايد	I_{L1}	I_{L2}	I_{L3}	I_{L4}			$120\%I_n$
U (V)	U_n → تناقص							
I_f (A)	$I_f = I_a = I_L$, n= const							

٨-٣-٢- الخواص الرئيسة للمولد ذي التحريض المركب :

٨-٣-٢-١- الخواص الخارجية لمولد ذي تحريض مركب تكاملي :

آ- الغاية من الاختبار:

الغاية من هذا الاختبار التعرف على العلاقة بين التوتر U على أطراف المولد وتيار الحمل المربوط مع المولد عند ثبوت تيار التحريض.

$U=f(I_L)$, $I_f=const.$, $n=const.$

ب- مراحل إجراء الاختبار:

١- تنفيذ مخطط التوصيل المبين في الشكل (٨-١٢).

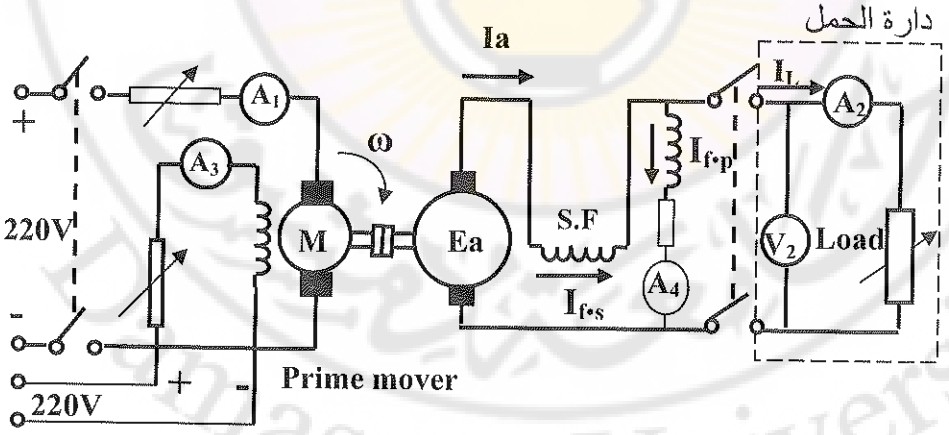
٢- رفع سرعة دوران المولد إلى السرعة الاسمية ، وتثبيت تيار التحريض على قيمة ثابتة ، وقياس قيمة التوتر والتيار المطبقين على الحمل عند قيمة تيار التحريض هذه .

٣- زيادة الحمل بالتدريج (زيادة التيار المستجر من قبل الحمل وذلك من خلال تصغير قيمة مقاومة الحمل) حتى الوصول إلى قيمة تيار حمل يساوي I_n 120% .

٤- حساب تيار المتحرض من العلاقة : $I_a=I_L+I_{f.p}$.

٥- رسم العلاقة بين توتر الحمل كتابع لتيار الحمل : $U=f(I_L)$

٦- مناقشة النتائج والمنحني المرسوم .



الشكل (٨-١٢)

الجدول (٨-١٣)

I_L (A)	0 → تزايد	I_{L1}	I_{L2}	I_{L3}	I_{L4}			$120\%I_n$
U (V)	U_n → تناقص							
I_a (A)								
I_f (A)	I_f=const. , n= const و I_a ، تيار التحريض التسلسلي متغير ويساوي							

٨-٣-٣-٢- الخواص الخارجية لمولد ذي تحريض مركب تفاضلي:

آ- الغاية من الاختبار:

الغاية من هذا الاختبار التعرف على العلاقة بين التوتر U على أطراف المولد وتيار الحمل المربوط مع المولد عند ثبوت تيار التحريض.

$U=f(I_L)$, I_f=const. , n =const.

ب- مراحل إجراء الاختبار:

١- تنفيذ مخطط التوصيل المبين في الشكل (٨-١٣).

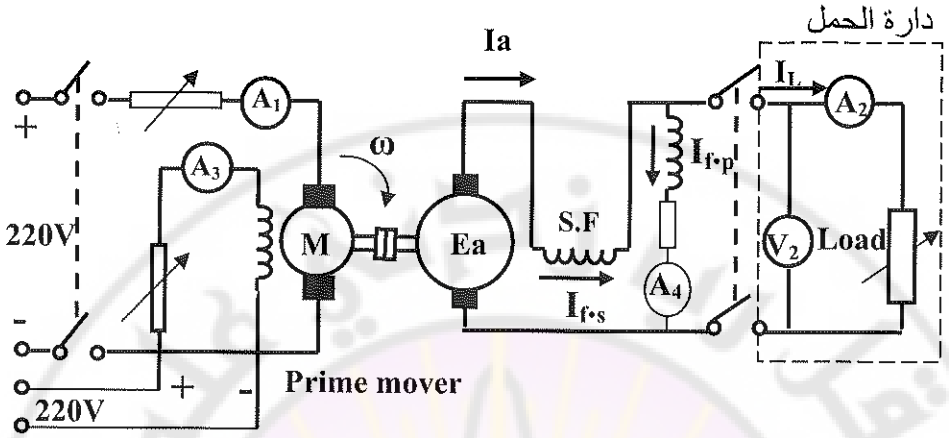
٢- رفع سرعة دوران المولد إلى السرعة الاسمية ، وتثبيت تيار التحريض على قيمة ثابتة ، وقياس قيمة التوتر والتيار المطبقين على الحمل عند قيمة تيار التحريض هذه .

٣- زيادة الحمل بالتدريج (زيادة التيار المستجر من قبل الحمل وذلك من خلال تصغير قيمة مقاومة الحمل) حتى الوصول إلى قيمة تيار حمل يساوي I_n 120% .

٤- حساب تيار المتحرض من العلاقة : $I_a=I_L+I_{f.p}$.

٥- رسم العلاقة بين توتر الحمل كتابع لتيار الحمل : $U=f(I_L)$

٦- مناقشة النتائج والمنحني المرسوم ، مقارنة المنحني الناتج في هذا الاختبار مع المنحنى الناتج من الاختبار السابق (الخاص بالمحرك المركب التكاملي) وبيان أسباب الفروقات بينهما .



الشكل (٨-١٣)

الجدول (٨-١٤)

I_L (A)	0 → تزايد	I_{L1}	I_{L2}	I_{L3}	I_{L4}			$120\%I_n$
U (V)	U_n → تناقص							
I_a (A)								
I_f (A)	I_f=const. , n= const و Ia تيار التحريض التسلسلي متغير ويساوي							

٨-٤- اختبارات الخصائص الرئيسية لمحركات التيار المستمر :

Main D.C. Motor Characteristics .

تصنف الخصائص الرئيسية لمحركات التيار المستمر ضمن شكلين هما :

آ ــ الخصائص الكهربائية:

وهي التي تعطى بعلاقة n , T و كتابع لتيار المتحرض أو الاستطاعة المفيدة للمحرك أي :

$n,T = f(P_2)_{\ U=Const}$ or $n,T = f(I_a)_{\ U=Const}$, , I_f=const

ب ــ الخصائص الميكانيكية:

وهي التي تعطي العلاقة بين سرعة دوران المتحرض كتابع لعزم المحـــرك (العـــزم المتولد في المحرك) أي :

$n = f(T)_{\ U=Const}$

٨-٤-١- الخصائص الكهربائية والميكانيكية للمحرك التفرعي:
Shunt–Motor Electrical and Mechanical Characteristics

- خطوات العمل:

١- ينفذ المخطط المبين في الشكل (٨-١٤) .

٢- يتم تغذية ملفات التحريض للمحرك وملفات التحريض للمولد مـــن منبـــع التيـــار المستمر .

٣- تكون في بداية التجربة دارة حمل المولد مفتوحة أي القاطع المغذي للحمل بحالـــة off

٤- يتم البدء بزيادة الحمل على المولدة مع المحافظة على تيار التحـــريض للمحـــرك وتوتره ثابت .

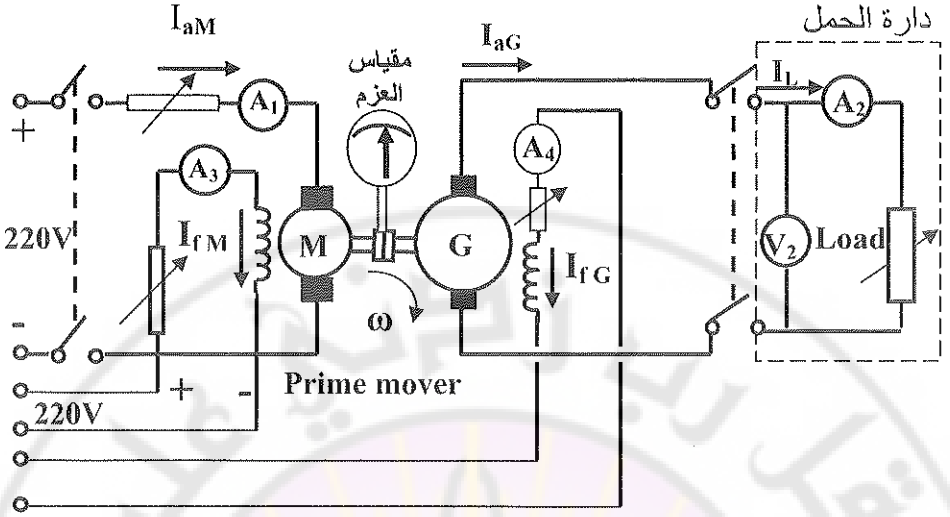
٥- يتم أخذ قراءات المقاييس المستخدمة في التجربة وتسجيلها في جدول كما هو مبين في الجدول رقم (٨-١٥).

٦- يتم رسم الخواص الكهربائية للمحرك من خلال القيم التي سُجلت في الجدول .

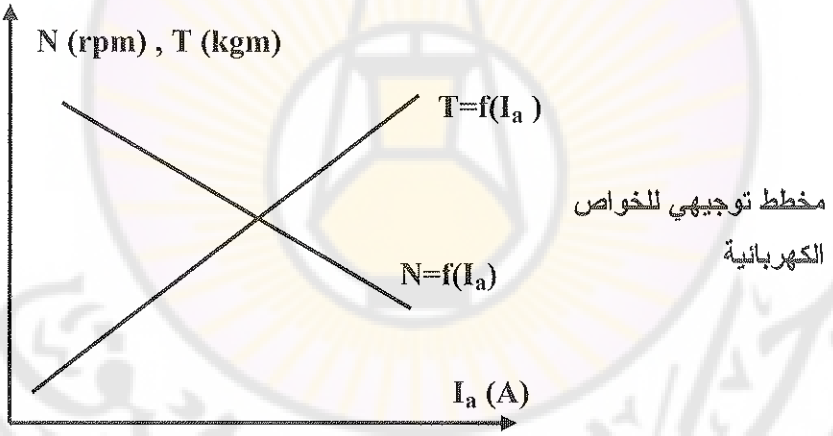
٧-مناقشة النتائج والتعليق على المنحنيات التي تم الحصول عليها.

الجدول (٨-١٥)

U_S (V)	$I_{a\,M}$ (A)	$I_{f\,M}$ (A)	n rpm	T Kgm	U_{GL} (V)	$I_{f\,G}$ (V)	I_L (A)



الشكل (٨-١٤)



مخطط توجيهي للخواص الكهربائية

٨-٤-٢- تنظيم السرعة عند استطاعة ثابتة

الغاية من هذا الاختبار هي إيجاد العلاقة بين السرعة والعزم كتابع لتيار التحريض عند توتر ثابت وتيار متحرض ثابت:

$$n,T = f(I_{f.M})_{\ U=Const}\ ,\ I_{aM} = const.\ ,\ n = f(T)_{\ U=Const}$$

- خطوات العمل :

١- يتم تنفيذ التوصيل كما في المخطط المبين في الشكل (٨-١٥) .

٢- يتم إقلاع المحرك ثم تحميله حتى يصل تيار متحرضه إلى 50% من قيمته I_{am}.

٣- يُحافظ على تيار المتحرض ثابتاً ويتم تغيير سرعة المحرك وذلك بتغيير المقاومة الموجودة في دارة التحريض (وهنا يتم تغيير السرعة من خلال عملية تغيير الفيض (راجع الفصل السابع – طرق تنظيم السرعة).

٤- تسجيل القيم المراد قياسها وترتيبها في جدول كما في الجدول المبين رقم (٨-١٦) وهي تيار المتحرض للمحرك ، سرعة المحرك ، عزم المحرك ، توتر التغذية ، الموافقة لكل حالة (عند كل قيمة لسرعة المحرك) .

٥- رسم منحنيات العلاقة بين السرعة وتيار التحريض ، العزم وتيار التحريض ، العزم والسرعة .

٦- مناقشة النتائج والتعليق عليها .

الجدول (٨-١٦)

U_S (V)	I_{aM} (A)	I_{fM} (A)	n rpm	T Kgm

٨-٤-٣- اختبار الخصائص الكهربائية والميكانيكية للمحرك التسلسلي:

- الغاية من الاختبار :

دراسة العلاقة بين n , T كتابع لتيار المتحرض أو الاستطاعة المفيدة للمحرك في الخواص الكهربائية أي :

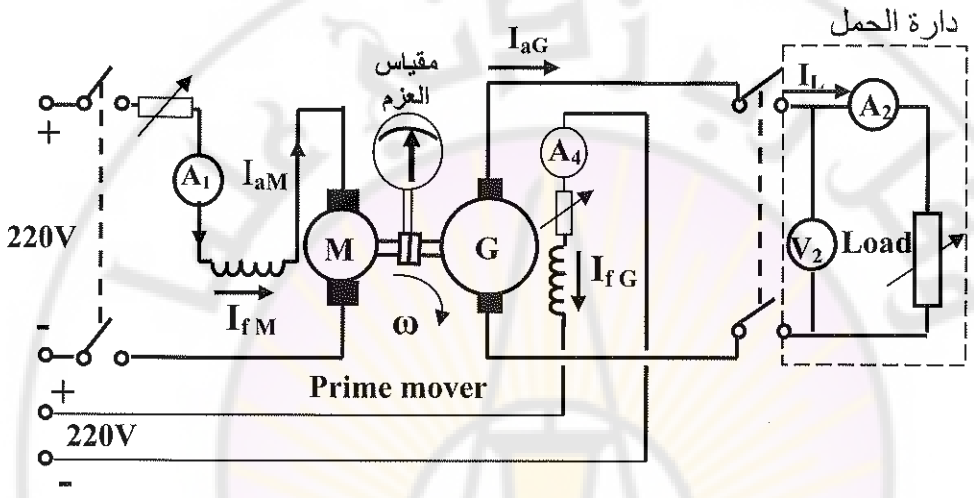
$$n,T = f(P_2)_{\ U=Const} \quad \text{or} \quad n,T = f(I_a)_{\ U=Const} \quad , \ I_f=const$$

وكذلك العلاقة بين سرعة دوران المتحرض كتابع لعزم المحرك (العزم المتولد في المحرك) في الخواص الميكانيكية أي :

$$n = f(T)_{\ U=Const}$$

- خطوات إجراء الاختبار :

١- تنفيذ مخطط التوصيل المبين في الشكل (٨-١٥):



الشكل(٨-١٥)

٢- يتم إقلاع المحرك حتى يصل تيار المتحرض إلى قيمة تساوي 125% من التيار الاسمي .

٣- تتم المحافظة على التوتر ليبقى ثابتاً .

٤- تتم زيادة الأحمال بالتدريج وتتم قراءة قيم كل من التيار والسرعة والعزم عند كل حالة.

٥- يتم تسجيل النتائج في الجدول المناسب ، ومن ثم رسم علاقة السرعة كتابع لتيار المتحرض ، العزم كتابع لتيار المتحرض، السرعة كتابع للعزم .

٦- التعليق على النتائج .

الجدول (٨-١٧)

U_S (V)	$I_{aM} = I_{fM}$ (A)	n rpm	T Kgm	U_{GL} (V)	I_{fG} (V)	I_L (A)

٨-٤-٤- اختبار الخواص الكهربائية والميكانيكية لمحرك مركب (تفاضلي) :

- الغاية من الاختبار :

دراسة العلاقة بين n , T كتابع لتيار المتحرض أو الاستطاعة المفيدة للمحرك في الخواص الكهربائية أي :

$$n,T = f(P_2)_{\ U=Const} \text{ or } n,T = f(I_a)_{\ U=Const} \quad , \quad I_f=const$$

وكذلك العلاقة بين سرعة دوران المتحرض كتابع لعزم المحرك (العزم المتولد في المحرك) في الخواص الميكانيكية أي :

$$n = f(T)_{\ U=Const}$$

- خطوات إجراء الاختبار :

١- تنفيذ مخطط التوصيل المبين في الشكل (٨-١٦):

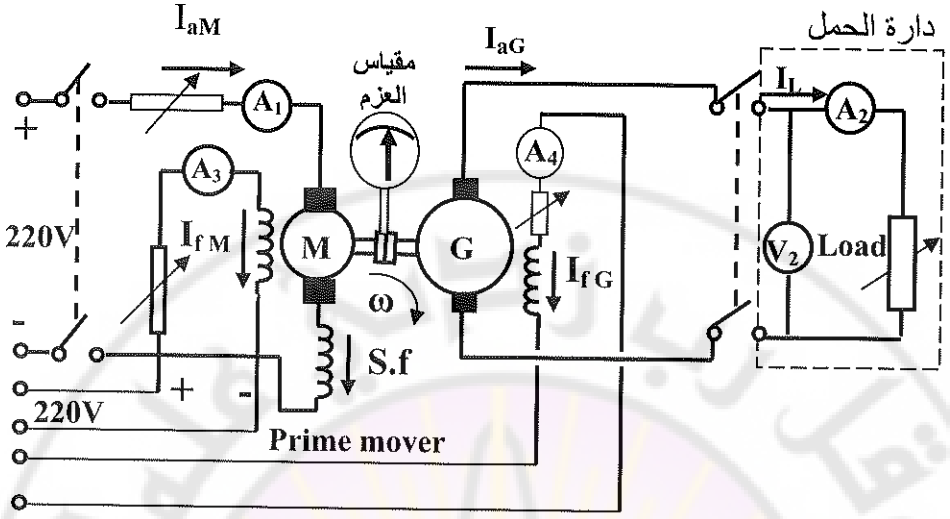
٢- ندير المحرك حتى يصل تيار التحريض إلى قيمته الاسمية والمحافظة عليه ثابتاً.

٣- تتم المحافظة على التوتر ليبقى ثابتاً .

٤- تتم زيادة الأحمال بالتدريج وتتم قراءة قيم كل من تيار المتحرض والسرعة والعزم الموافق لها.

٥- يتم تسجيل النتائج في الجدول المناسب ، ومن ثم رسم علاقة السرعة كتابع لتيار المتحرض ، العزم كتابع لتيار المتحرض، السرعة كتابع للعزم .

٦- التعليق على النتائج .



الشكل (٨-١٦)

الجدول (٨-١٨)

U_S (V)	I_{aM} (A)	I_{fM} (A)	n rpm	T Kgm	U_{GL} (V)	$I_{f\,G}$ (V)	I_L (A)

٨-٤-٥- اختبار الخواص الكهربائية والميكانيكية لمحرك مركب (تكاملي):

يتم هذا الاختبار بالخطوات نفسها التي تم اتباعها في حالة اختبار المحرك المركب التفاضلي .تسجل النتائج في الجدول المناسب والمبين في الشكل (٨-١٦)

ويتم رسم المنحنيات ومناقشة النتائج وإجراء المقارنة بين نتائج هذا الاختبار (حالة المحرك المركب التكاملي) ونتائج الاختبار السابق (حالة المحرك المركب التفاضلي) .

الجدول (٨-١٩)

U_S (V)	I_{aM} (A)	I_{fM} (A)	n rpm	T Kgm	U_{GL} (V)	I_{fG} (V)	I_L (A)

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المراجع العلمية
References

آ- المراجع العربية:

[١] د. محي الدين دسوقي، د. هاكوب بوغوص، "الآلات الكهربائية - آلات التيار المستمر ، منشورات جامعة دمشق ، ١٩٨٣.

[٢] د. محي الدين دسوقي ، "الآلات الكهربائية - آلات التيار المستمر" ، الجزء العملي، منشورات جامعة دمشق ، ١٩٨٣.

[٣] د. جرجس سليم سعادة، "الآلات الكهربائية/١/- آلات التيار المستمر، منشورات جامعة البعث، ٢٠٠٥- ٢٠٠٦ .

ب- المراجع الأجنبية:

[1] M. Kostenko, L. Piotrvsky, " **Electrical Machines- Direct Current Machines and Transformers**", Mir Publishers, Third Edition, Moscow, 1977.

[2] MULUKUTL A S. Sarma, " **Electrical Machines – Steady state Theory and Dynamic performance**", second Edition, copyright 1994.

[3] D. P. Kothari, I. J. Nagrath, " **Electrical Machines** ", Third Edition, MCGRAW-Hill, 2005.

[4] B. Adkins and RG. Harley, " **The General theory of Alternating Machines** ", book ,London, Chapman and Hall, 1957.

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

اللجنة العلمية:

- الأستاذ الدكتور: الياس جبور
- الأستاذ الدكتور: هاكوب بوغوص
- الأستاذ الدكتور: عبد المطلب أبو سيف

المدقق اللغوي:

- الدكتورة: فاتن كوكـــة

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات - جامعة دمشق

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University