جامعة البعث
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم الطاقة الكهربائية

اسم الطالب:
الرقم الجامعي:

السنة الخامسة امتحان القيادة الكهربائية(١) الفصل الدراسي الثاني ٢٠٢٣-٢٠٢٤

أجب عن الأسئلة الآتية :

السؤال الأول (٣٠ درجة)

دارة تقويم احادية الطور موجة كاملة متحكم بها توتر دخلها 440 V تغذي ملفي محرك تيار مستمر مستقل.مقاوماته 0,2 Ω و 200 Ω. من أجل زاوية قدح في دارة المتحرض 60^{o} كان تيار المتحرض 50 A. إذا علمت بأن ثابت جهد المحرك 1,35 V/A.rad , المطلوب:

١- أكتب العلاقة الرياضية لسرعة المحرك مبيناً المقادير المؤثرة على السرعة، ثم بين متى يمكننا إضافة مقاومة تسلسلية إلى ملف التهييج لتغيير سرعته؟
٢- أحسب سرعة المحرك إذا قل العزم المتولد بمقدار 20%.
٣- ماذا يفيدنا تغذية هذا المحرك عن طريق دارة تقويم مزدوجة أحادية الطور؟ مع الرسم.
٤- ما الذي سيتغير فيما إذا كان الوصل بين ملفات المحرك تسلسلي؟
٥- ماهي الفروقات الجوهرية بين هذا المحرك والمحرك المستمر من دون فحمات؟

السؤال الثاني (٤٠ درجة)

محرك تحريضي ثلاثي الطور له 4 أقطاب، تدور ساحته المغناطيسية بسرعة 1800 rpm، و يتغذى من قالبة ثلاثية الطور خطوية تعمل بنظام (steps) توتر دخلها 636V وتردد خرجها 50هرتز، مقاومة جزئه الدائر 0,3 أوم، مفاعلة الثابت التحريضية 7 أوم والدائر 3أوم. بإهمال مقاومة الثابت، المطلوب الإجابة عما يأتي :

١- رسم دارة التغذية وموجة الخرج
٢- كيف يمكن تغيير القيمة الفعالة لجهد خرج القالبة
٣- أحسب العزم الأعظمي وبين رياضياً كيف يمكن مضاعفة قيمته، وماهو شرط تحقيق هذه الزيادة ؟
٤- قارن بين قيمتي عامل الاستطاعة عند الإقلاع وعند السرعة الاسمية 1750 rpm , ماذا تلاحظ ؟
٥- ماهي معادلة العزم لهذا المحرك في جملة المحاور الثنائية الدوارة بدلالة التيار والفيض المغناطيسي، وكيف تصبح هذه المعادلة في حال كان المحرك متواقت وذو مغناطيس دائم؟ وكيف يمكن التحكم بقيمة هذا العزم عند زاوية عزم أعظمية ؟
أفرض كل ما تراه مناسب.

انتهت الأسئلة
مع تمنياتي بالنجاح والتوفيق للجميع
د. م. يوسف رزوق

حمص ٢٠٢٤/٠٧/٢٩

سلم التصحيح

القيادة الكهربائية – سنة 5 طاقة

الفصل الثاني 2023–2024

السؤال الأول (30 درجات)

الحل :

-1

$$n = \frac{V}{C_e.\phi} - \frac{R_a}{C_e.\phi} I_a$$

10

من هذه العلاقة يظهر أن السرعة تتغير بتغير الجهد ومقاومة المتحرض وكذلك مع الفيض، حيث تزداد مع زيادة الجهد وكذلك مع نقصان الفيض. فعند إضافة مقاومة تسلسلية إلى ملف التهييج سينخفض الفيض وبالتالي ستزداد تيار الدائر بشكل كبير. طريقة إضافة مقاومة تسلسلية إلى ملف التهييج يتم استخدامها بعد الوصول إلى السرعة الاسمية حيث لايمكن بعدها زيادة الجهد.

2- (5 درجات للعلاقات الصحيحة إذا كانت الإجابة الأخيرة خاطئة)

نحسب الجهد الأعظمي على مدخل المقوم وكذلك السرعة الزاوية للمحرك :

$$V_m = \sqrt{2} * 440 = 662,25\ V$$

فيكون جهد المتحرض عند زاوية إشعال 60^o :

$$V_a = \frac{2V_m}{\pi}(\cos \alpha_a) = 198,07\ V$$

في البداية لدينا أعلى قيمة لتيار التهييج وذلك عندما تكون زاوية قدح الثايرستورات في دارة التهييج مساوية للصفر $(\alpha_f = 0)$:

$$V_f = \frac{2V_m}{\pi}(\cos \alpha_f) = \frac{2V_m}{\pi} = 396,14\ V$$

- فيكون تيار التهييج :

8

$$I_f = \frac{V_f}{R_f} = 1,98\ A$$

- والعزم المتولد :

$$T_a = K_V * I_a * I_f = 133,65\ N.m$$

- القوة المحركة العكسية :

$$E_a = V_a - I_a * R_a = 188,07\ V$$

- السرعة الزاوية :

$$\omega = \frac{E_a}{K_V.I_f} = \frac{188,07}{1,35 * (1,98)} = 70,36\ rad/sec$$

- نحسب سرعة الدوران :

$$n = \frac{60.\omega}{2.\pi} = 672\ r.p.m$$

د. يوسف رزوم

إذا قل العزم بمقدار 20% سيقل تيار المتحرض بالنسبة نفسها، يصبح العزم المتولد:

- تيار المتحرض :

$$T = 0{,}8 * (133{,}65) = 106{,}92\ N.m$$

$$I_a = 0{,}8 * (50) = 40\ A$$

- القوة المحركة العكسية :

$$E_a = V_a - I_a * R_a = 190{,}07\ V$$

- السرعة الزاوية :

$$\omega = \frac{E_a}{K_V . I_f} = \frac{190{,}07}{1{,}35 * (1{,}98)} = 71{,}1\ rad/sec$$

- نحسب سرعة الدوران :

$$n = \frac{60.\omega}{2.\pi} = 679\ r.p.m$$

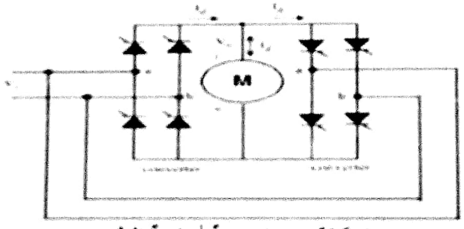
-3

القيادة عن طريق دارة تقويم مزدوجة احادية الطور :

هذه الدارة المزدوجة عبارة عن دارتي تقويم متحكم بهما وذلك في دارة متحرض المحرك كما يبين الشكل، بينما تتم تغذية دارة التهييج عن طريق دارة تقويم واحدة متحكم بها كما في الحالة السابقة، وهذا ما يمكننا من عكس اتجاه الجهد والتيار في دارة المتحرض.

تستخدم مثل هذه الدارات بشكل رئيسي مع التطبيقات التي تحتاج إلى محركات عالية الاستطاعة مع سرعة متغيرة.

4



دارة تقويم مزدوجة احادية الطور

فعند تشغيل دارة التقويم الأولى يكون الجهد على أطراف دارة المتحرض هو V_{a1} وتيار المتحرض I_{a1}، في هذه الحالة سيدور المحرك بالاتجاه الأمامي (في الربع الأول)، ويمكن فرملة المحرك بعكس قطبية ملف التهييج و زيادة زاوية إشعال دارة التقويم الأولى بحيث تكون أكبر من 90^o (حالة العمل في الربع الثاني). إذا أردنا عكس اتجاه دوران المحرك، يتم ذلك عن طريق تشغيل دارة التقويم الثانية.

-4

4

عندها ستكون مقاومة التهييج صغيرة، وسيمر بها تيار الحمولة، وسيكون فيض المحرك المغناطيسي متغير مع الحمولة وبالتالي تغير حساس للسرعة مع عزم الحمولة.

العزم في المحركات التفرعية يتناسب مع تيار المتحرض ($T_a = \alpha . I_a$)، في حين أن هذا العزم يتناسب مع مربع التيار ($T_a = \alpha . I_a^2$) في المحركات التسلسلية، وهذا يعني أن المحرك المستمر التسلسلي ينتج عزم اقلاع أعلى مما ينتجه المحرك التفرعي، فيما يخص السرعة فإنه وكما رأينا بأن سرعة دوران المحرك المستمر التفرعي تقريباً ثابتة (حالة المميزة الطبيعية)، بينما تتغير السرعة بشكل كبير مع الحمل في المحركات التسلسلية، وتذهب للانهاية في حالة العمل على فراغ. استطاعة العمل المفيدة تعطى بالعلاقة الآتية :

$$P_{out} = \omega . T = \frac{2.\pi.n}{60} . T$$

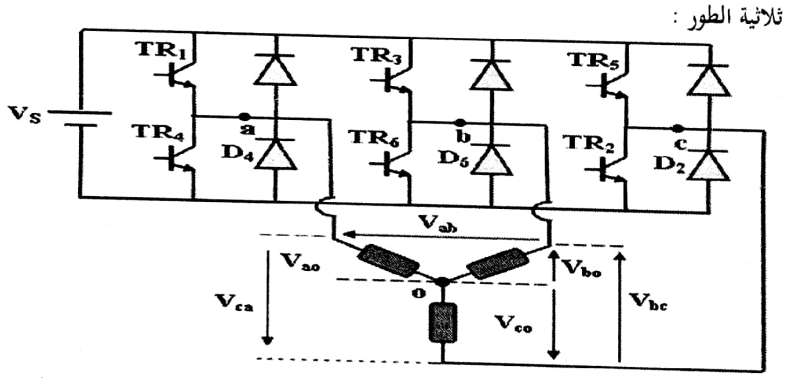
في المحرك المستمر التفرعي ثابتة لذلك فإن الاستطاعة تتناسب طرداً مع العزم ($P_{out} = \alpha.T_a$)، بينما تتناسب الاستطاعة مع جذر العزم في المحرك المستمر التسلسلي ($P_{out} = \alpha.\sqrt{T_a}$) (كون السرعة تتناسب عكسياً مع جذر العزم). هذا يعني أن تغيرات الحمولة ضمن مجال واسع في المحركات التسلسلية سيكون له تغيرات في العزم أقل حدة منها في المحركات التفرعية، وهذا ما يفسر قدرة المحركات المستمرة التسلسلية على تحمل زيادة في التحميل أكثر منها في المحركات التفرعية والمستقلة.

5- محرك التيار المستمر التقليدي يستخدم الطريقة الميكانيكية لتبديل تغذية ملف الدائر، أي يحتاج إلى فحمات ومبدلة نحاسية، بينما المحرك المستمر من دون فحمات لا تستخدم المسفرات للتبديل وبدلاً من ذلك تستخدم التبديل الإلكتروني. إن هذه المحركات لها عدة مزايا على محرك التيار المستمر التقليدي منها **إمكانية العمل بالسرعات العالية**، وبما أن ملفات المحرك على الثابت وبالتالي فإن التبديد الحراري يتم بشكل أفضل، وعطالة الدوار تكون منخفضة وبالتالي **استجابة ديناميكية عالية** ويكون المحرك مناسب لأنظمة التحكم الحساسة (الروبوت، أنظمة السيرفو). إضافةً لما سبق فإن **نسبة العزم إلى الحجم** هي الأكبر بين المحركات المعروفة، مما يجعلها مفيدة للتطبيقات عندما يكون الفراغ والوزن عواملين مهمين جداً. إلا أن هذه المحركات لا تخلو من بعض المساوئ نذكر منها: **دارة القيادة المعقدة** إلى حدٍ ما وبالتالي **الكلفة المرتفعة**. كما أن هذا المحرك يحتاج إلى **حساس لموضع الدوار** بالإضافة إلى سيئة في مميزاته متعلقة بحدوث **تموجات** في منحني العزم.

4

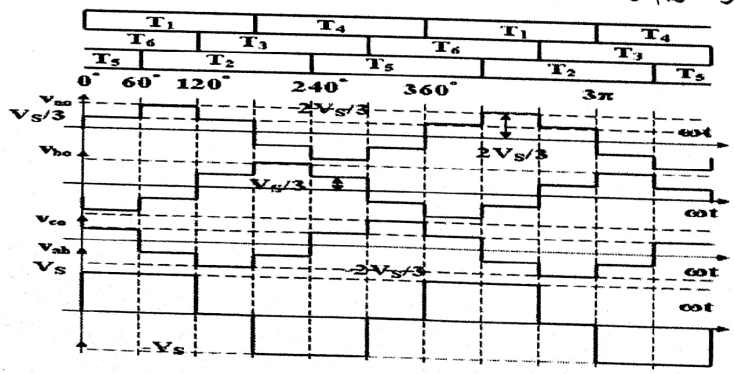
السؤال الثاني (40 درجة)

1- قالبة الجهد ثلاثية الطور :



بشكل مشابه للقالبات الجسرية أحادية الطور، تتغذى القالبات الجسرية الثلاثية من منبع للتيار المستمر، مدخرة أو من الشبكة عبر دارة تقويم أو .... ، وتتألف من 6 مفاتيح إلكترونية (ترانزستورات) وستة ديودات على التفرع.

10



2- جهد الطور على خرج المبدلة :

5

$$V_{P.rms} = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{2}}{3} V_s = \quad 0{,}4714\, V_s = 300V$$

إن تغيير قيمة جهد الدخل المستمر على مدخل القالبة سيقدم إمكانية تغيير القيمة الفعالة لجهد خرج القالبة المتناوب. يمكن تحقيق ذلك باتباع إحدى الطرق الآتية :

1- استخدام دارة تقويم متحكم بها (تضم ثايرستورات أو ترانزستورات).
2- استخدام دارة تقويم غير متحكم بها متبوعة بمقطع جهد.
3- استخدام تقنية التعديل النبضي العرضاني PWM.

3- العزم الأعظمي :

$$T_{max} = \frac{3V^2}{2\omega_{sync}(X_1 + X_2')} =$$

نحسب السرعة الزاوية:

$$\omega_{sync} = \frac{2 \,.\, 3{,}14 . n1}{60} = 188{,}4 \text{ rad/sec}$$

العزم الأعظمي :

/10

$$T_{max} = 71{,}65\ N.m$$

مضاعفة قيمة العزم تعني الحصول على عزم أعظمي قيمته

$$T_{max} = 143{,}3\ N.m$$

يمكن تحقيق ذلك بزيادة قيمة جهد الطور المتناوب حتى القيمة 424 V بالاعتماد على معادلة العزم الأعظمي، وهذا يتطلب زيادة قيمة توتر الدخل المستمر حتى القيمة 900 V. لكن بشرط أن يكون المحرك قادرا على تحمل هذا الجهد دون أن يؤثر ذلك على عازليته.

-4

$$Cos\varphi_2 = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + s^2X_2^2}}$$

/5

عند الاقلاع يكون الانزلاق مساو للواحد.

$$Cos\varphi_2 = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + s^2X_2^2}} = 0{,}1$$

أما عند الحمولة الاسمية *والسرعة* 1750 يكون الانزلاق 0,027، فيكون عامل الاستطاعة :

$$Cos\varphi_2 = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + s^2X_2^2}} = 0{,}96$$

نلاحظ أن عامل استطاعة المحرك التحريضي يكون صغير جدا عند الاقلاع وعند السرعات المنخفضة، لذلك يفضل أن يعمل المحرك عند حمولة قريبة من حمولته الاسمية.

/10

5- معادلات العزم **للمحرك التحريضي** تأخذ الشكل التالي :

$$T = P\left(\mathrm{i}_{sq} \cdot \psi_{sd} - \mathrm{i}_{sd} \cdot \psi_{sq}\right)$$

علاقة العزم الكهرومغناطيسي في **حالة محرك تزامني بمغناطيس دائم** تكتب بالشكل التالي :

$$T_{em} = \frac{3}{2}\frac{p}{2}\psi_m \mathrm{i}_s = \frac{3}{2}\frac{p}{2}\psi_m \mathrm{i}_{sq}$$

اذا حافظت زاوية العزم على القيمة $\left(\frac{\pi}{2}\right)$ وبقي الفيض (ψ_m) ثابتاً فإنه يتم التحكم بالعزم الكهرومغناطيسي الذي يولد المحرك عن طريق التحكم بمطال تيار الثابت (الركبة العرضية لتيار الثابت $(\mathrm{i}_{sq}$

انتهى السلم
د. يوسف رزوق