المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

الكليات التقنية

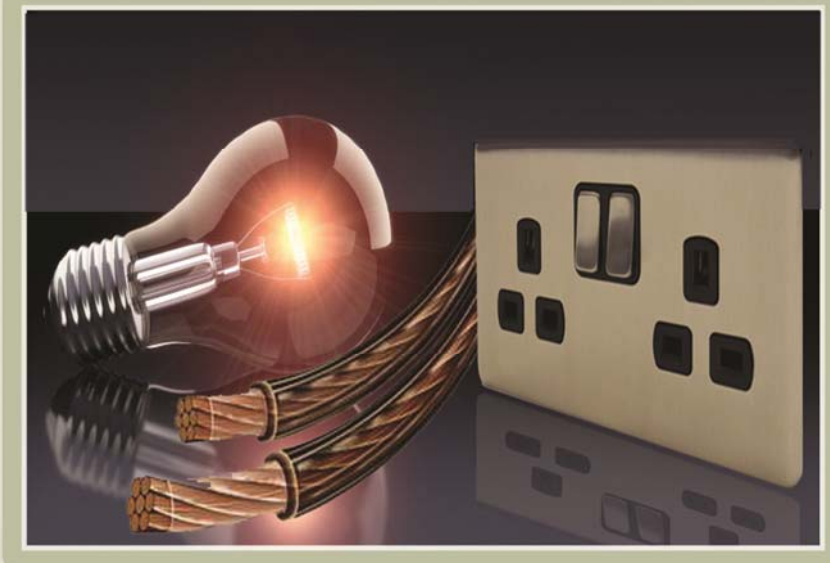
الحقيبة التدريبية :

آلات التيار المتردد (عملي)

في تخصصات

الآلات والمعدات الكهربائية

والقوى الكهربائية و مشغل لوحة التحكم



مقدمة

الحمد لله وحده،والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد بن عبدالله وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على الله ثم على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " آلات التيار المتردد (عملي) " لمتدربي تخصصات " **الآلات والمعدات الكهربائية و القوى الكهربائية و مشغل لوحة التحكم** " للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجلً أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، مدعم بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه؛ إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

الفهــرس

الموضـــوع	رقم الصفحة
مقدمة	1
الفهرس	2
تمهيد	7
الوحدة الأولى : المحركات الحثية ثلاثية الأوجه	10
التجربة الأولى : تركيب و نظرية عمل المحرك الحثي ثلاثي الأوجه	12
الهدف من التجربة	12
أدوات التجربة	12
خطوات التجربة	12
أولا : قراءة لوحة البيانات	12
خطوات العمل	13
ثانيا : التعرف على مكونات المحرك	14
خطوات العمل	14
ثالثا : كيفية توليد مجال مغناطيسي دوار منتظم	15
خطوات العمل	15
رابعا : توصيل المحرك و تشغيله	16
خطوات العمل	16
التجربة الثانية : تحديد عناصر الدائرة المكافئة	22
الهدف من التجربة	22
أدوات التجربة	22
نظرية التجربة	22

الموضـــوع	رقم الصفحة
خطوات العمل	24
أولا : اختبار اللاحمل	24
ثانيا : اختبار إعاقة الحركة	26
ثالثا : اختبار التيار المستمر	28
التجربة الثالثة : تسجيل منحنيات خواص المحرك الحثي ثلاثي الأوجه	31
الهدف من التجربة	31
أدوات التجربة	31
خطوات العمل	31
التجربة الرابعة : طرق بدء حركة المحرك الحثي ثلاثي الأوجه	36
الهدف من التجربة	36
أدوات التجربة	36
نظرية التجربة	36
أولا : البدء باستخدام مقاومات خارجية على التوالي مع ملفات العضو الدوار	37
خطوات العمل	37
ثانيا : البدء باستخدام محول ذاتي	39
خطوات العمل	39
ثالثا : البدء باستخدام مفتاح التحويل (Y/Δ)	41
خطوات العمل	41
التجربة الخامسة : طرق التحكم في سرعة المحرك الحثي ثلاثي الأوجه	43
الهدف من التجربة	43

الموضـــوع	رقم الصفحة
أدوات التجربة	43
نظرية التجربة	43
أولا : التحكم في السرعة باستخدام مقاومات خارجية على التوالي مع ملفات العضو الدوار	45
خطوات العمل	45
ثانيا : التحكم في السرعة باستخدام محرك حثي متغير الأقطاب	47
خطوات العمل	47
الوحدة الثانية : المحركات الحثية أحادية الوجه	53
التجربة السادسة : طرق التحكم في سرعة المحرك الحثي أحادي الوجه	55
الهدف من التجربة	55
أدوات التجربة	55
نظرية التجربة	55
أولا : البدء باستخدام الملف المساعد	57
خطوات العمل	57
ثانيا : البدء باستخدام مكثف	58
خطوات العمل	58
ثالثا : البدء باستخدام مكثفين	60
خطوات العمل	60
رابعا : منحنى خواص المحرك ذو المكثف الدائم	61
خطوات العمل	61
الوحدة الثالثة : المولدات التزامنية ثلاثية الأوجه	66

الموضـــوع	رقم الصفحة
التجربة السابعة : حساب عناصر الدائرة المكافئة للآلة التزامنية	68
الهدف من التجربة	68
أدوات التجربة	68
نظرية التجربة	68
أولا : اختبار اللاحمل	71
خطوات العمل	71
ثانيا : اختبار القصر	73
خطوات العمل	73
ثالثا : اختبار التيار المستمر	75
خطوات العمل	75
التجربة الثامنة : تسجيل منحنيات خواص المولد التزامني ثلاثي الأوجه	78
الهدف من التجربة	78
أدوات التجربة	78
أولا : حالة الحمل المادي	78
خطوات العمل	78
ثانيا : حالة الحمل الحثي	80
خطوات العمل	80
ثالثا : حالة الحمل السعوي	82
خطوات العمل	82
التجربة التاسعة : ربط المولد التزامني على الشبكة العامة	86
الهدف من التجربة	86

الموضـــوع	رقم الصفحة
أدوات التجربة	86
خطوات العمل	86
الوحدة الرابعة : المحرك التزامني ثلاثي الأوجه	90
التجربة العاشرة	92
أدوات التجربة	93
أولا : البدء كمحرك حثي	93
خطوات العمل	93
ثانيا : التحكم في معامل القدرة	95
خطوات العمل	95
المراجع	97

تمهيـــد

هذه الحقيبة الخاصة بالتجارب العملية المصاحبة لمقرر آلات التيار المتردد، لا تعتبر مستقلة بذاتها وإنما هي لدعم و مساندة المقرر النظري ، فالهدف الرئيسي لهذه الحقيبة هو ترسيخ المفاهيم التي تعلمها المتدرب نظرياً، فكل تجربة من التجارب العشر التي ستقدم في هذه الحقيبة تهدف إلى إيصال فكرة معينة إلى ذهن المتدرب أو التأكيد على مفهوم معين، وقد نص على الهدف من كل تجربة في مقدمتها، لذلك نؤكد على أهمية عدم تمكن المتدرب من إجراء التجربة إلا بعد دراسة الأساس النظري لها لأن ذلك يؤدي إلى عدم تحقق الفائدة المرجوة منها.

ولقد صممت هذه التجارب بطريقة مفصلة مع مراعاةً الاختلاف بين معامل الآلات الكهربائية في الكليات المختلفة من حيث الأدوات والتجهيزات المتاحة في كل معمل بحيث يسهل إجراء التجربة في أي معمل آلات كهربائية يحتوي على الأدوات والتجهيزات الأساسية، أما اختيار الأجهزة والأدوات المستخدمة وكيفية ضبطها وتحديد ظروف التشغيل فيبقى لمدرب المعمل. ولقد أدرج في كل تجربة عدد من الأسئلة تهدف من خلال الإجابة عليها إلى ترسيخ مفهوم معين أو إيصال فكرة معينة إلى ذهن المتدرب كما أنها تعتبر مقياساً لفهم واستيعاب المتدرب للتجربة والهدف منها.

إرشادات خاصة بالوقاية خلال التواجد بالمختبر وأثناء إجراء التجارب العملية

- قبل البدء في أي عمل يجب تعريف المتدربين بنظام الوقاية ونظام العمل داخل المختبر.
- نوصي بالحذر في التعامل مع الأجهزة والوحدات الكهربائية التي تكون موصلة بجهد كهربائي.
- المدرب فقط هو المسؤول عن توصيل وفصل مفتاح التغذية الرئيسي.
- يجب التبليغ عن الأجهزة المعطلة.
- يجب إخبار المدرب في حالة عدم التأكد من أي توصيل بالدائرة.
- يجب فصل الجهد الموصل بالتجربة في حالة مغادرة الطاولة ولو لوقت قصير.
- يجب فصل التغذية عن طاولة العمل فوراً في حالة حدوث أي خلل وذلك بالضغط على زر الحماية.

- كل تجربة لها مكان معين وأجهزة خاصة بها لذا يجب التأكد قبل بدء التجربة من تمام كل الأجهزة ومدى ملائمتها للتجربة موضع التنفيذ.

قواعد عامة في توصيل الدائرة الكهربائية:

- يراعى في اختيار الأسلاك التي ستستخدم في توصيل الدائرة تحمل شدة التيار المار فيها ، بحيث تتناسب مساحة مقطع هذه الأسلاك مع ازدياد شدة التيار.
- يراعى اختيار التدريج المناسب لأجهزة القياس المستخدمة مثل الأميتر، والفولتميتر، والواتميتر ويفضل أن يكون التدريج في البداية في وضع أعلى قيمة ، لأننا لا نعرف بالضبط القيم في الدائرة ، ثم بعد ذلك يمكن تغيير التدريج المناسب للجهاز.
- يراعى عند استخدام جهاز الفرملة و لوحة التحكم إتباع الخطوات التالية:

1- تثبيت الفرملة على عمود دوران المحرك.
2- توصيل الكيبل الخاص بالفرملة مع لوحة التحكم.
3- توصيل نقطتي الحماية الحرارية "<9 " من المحرك إلى لوحة التحكم.
4- وضع مفتاح الفرملة (BRAKE) على أقل قيمة.
5- ضبط مؤشر العزم على الصفر عن طريق جهاز الفرملة (الزر الجانبي).
6- الضغط على زر إعادة التشغيل (RESET).

إلى المتدرب:

لكي يحصل المتدرب على الفائدة المرجوة من التجربة ويحدث التكامل بين ما يدرس في الفصل وما ينفذ في المعمل ينصح المتدرب بإتباع ما يلي:

1- على المتدرب أن يطلع على الأساس النظري للتجربة في مقرر الفصل قبل تنفيذها لكي يسهل عليه فهمها و إدراك المغزى منها.
2- لكي يتجنب المتدرب إعادة التجربة مرة أخرى بسبب نسيان أو إهمال بعض القراءات أو حدوث بعض الأخطاء عليه أن يقوم بقراءة التجربة كاملة مع الأسئلة الواردة فيها قبل البدء في تنفيذها.

3- على المتدرب أن يجيب على الأسئلة الواردة في كل تجربة بنفسه من واقع نتائج التجربة أو من المقرر النظري ولا بأس أن يستعين بزميل أو مدرب إن لم يتمكن من الحصول على الإجابة الصحيحة بنفسه.

4- على المتدرب أن يقدم تقريراً إلى مدرب المعمل في الحصة القادمة عن التجربة التي قام بتنفيذها. ويجب أن يشتمل التقرير على ما يلي:

- اسم ورقم التجربة.
- الهدف من التجربة.
- مخطط توصيل التجربة.
- نتائج التجربة وإذا كان هناك منحنيات ترسم على ورقة مليمتريه.
- الإجابة الكاملة على الأسئلة الواردة في كل تجربة.
- إذا كان هناك أي إضافات من مدرب المعمل على التجربة مثل تبديل بعض الأجهزة أو تعليمات بخصوص كيفية الضبط أو تحديد ظروف التشغيل أو غير ذلك تضاف إلى التقرير تحت عنوان مستقل مثل (تعديلات أو تعليمات أو غير ذلك). هذا الجزء من التقرير سيكون مفيداً للمتدرب عند مراجعته للتجربة من أجل الاختبار العملي.

إلى المدرب:

1- ينصح أن يقوم المدرب بإجراء التجربة بنفسه لأول مرة قبل تقديمها للمتدرب وذلك لتلافي المفاجآت والصعوبات التي عادةً ما تحدث عند إجراء التجربة لأول مرة.

2- على المدرب أن يضيف ما يراه مناسباً أو ضرورياً أو ما يتلاءم مع ظروف المعمل إلى التجربة (مثل تبديل بعض الأجهزة أو تعليمات بخصوص ضبط الأجهزة أو تحديد ظروف التشغيل).

3- على مدرب المعمل أن يولي عناية خاصة بإجابات المتدربين على أسئلة كل تجربة لما لها من أهمية في ترسيخ هدف التجربة في ذهن المتدرب.

4- يحبذ حث المتدرب عند تنفيذ التجربة في وقت أقل من الوقت المخصص لها استغلال الوقت المتبقي في البدء بكتابة تقرير التجربة ومناقشة النتائج مع المدرب.

الوحدة الأولى

المحركات الحثية ثلاثية الأوجه

الهدف العام للوحدة: معرفة تركيب المحركات الحثية ثلاثية الأوجه و نظرية عملها وتعيين منحنيات خواصها وطرق بدء حركتها و التحكم في سرعتها.

الأهداف التفصيلية:

1- أن يتعرف المتدرب على تركيب المحرك الحثي ثلاثي الأوجه.
2- أن يتعرف المتدرب على نظرية عمل المحرك الحثي ثلاثي الأوجه.
3- أن يحدد المتدرب عناصر الدائرة المكافئة للمحرك الحثي ثلاثي الأوجه.
4- أن يحدد المتدرب منحنيات الخواص للمحرك الحثي ثلاثي الأوجه.
5- أن يتعرف المتدرب على طرق بدء حركة المحرك الحثي ثلاثي الأوجه.
6- أن يتعرف المتدرب على طرق التحكم في سرعة المحرك الحثي ثلاثي الأوجه.

التجربة الأولى

تركيب و نظرية عمل المحرك الحثي ثلاثي الأوجه

الهدف من التجربة :

1- قراءة لوحة البيانات.

2- التعرف عن قرب على مكونات المحرك الحثي ثلاثي الأوجه.

3- كيفية الحصول على مجال مغناطيسي دوار منتظم.

4- توصيل المحرك وتشغيله.

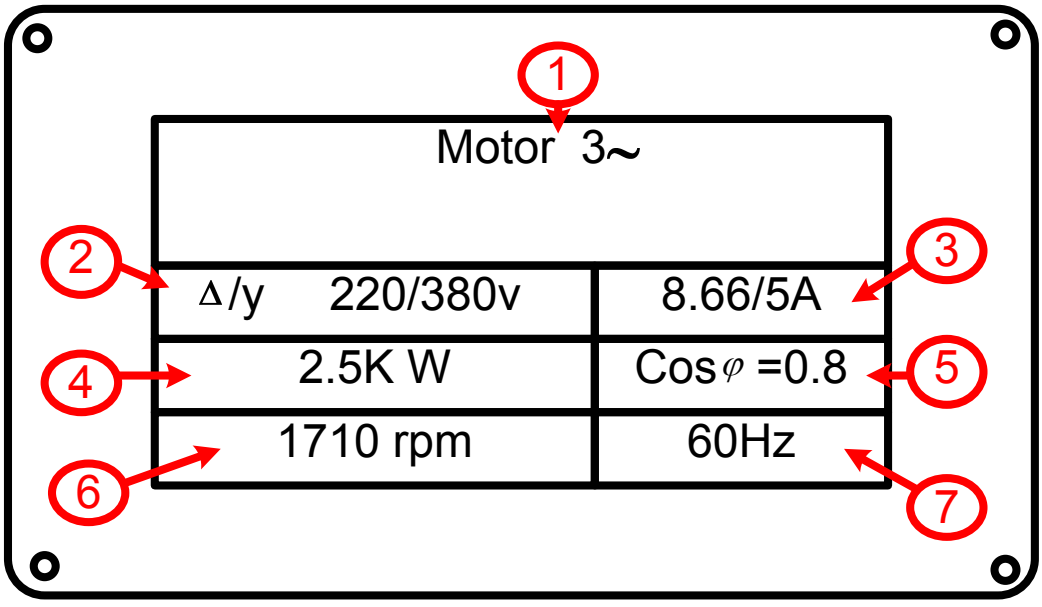
أدوات التجربة :

محرك حثي ثلاثي الأوجه (ذو العضو الدوار الملفوف) و مصدر جهد متردد ثلاثي الأوجه (متغير القيمة) و جهاز فولتميتر و جهاز أميتر و مقاومة بدء و جهاز ملتميتر و حبة رولمان بلي.

خطوات التجربة :

أولاً : قراءة لوحة البيانات

يبين الشكل (1-1) لوحة بيانات نموذجية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه.



الشكل (1-1): لوحة بيانات نموذجية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه

(1) : نوع المحرك (محرك حثي ثلاثي الأوجه).

(2) :: - الجهد في حالة التوصيلة دلتا (الجهد الذي يتحمله أحد الملفات الثلاثة) (V_{ph}=220V).

- الجهد في حالة التوصيلة نجمة (الجهد الذي يتحمله ملفين: V_L=380V).

(3) : - التيار في حالة التوصيلة دلتا (تيار الخط: I_L=8.66A).

- التيار في حالة التوصيلة نجمة (التيار الذي يمر و يتحمله أحد الملفات الثلاثة) (I_{ph}=5A).

(4) : القدرة الميكانيكية الخارجة (P_o=2.5kw).

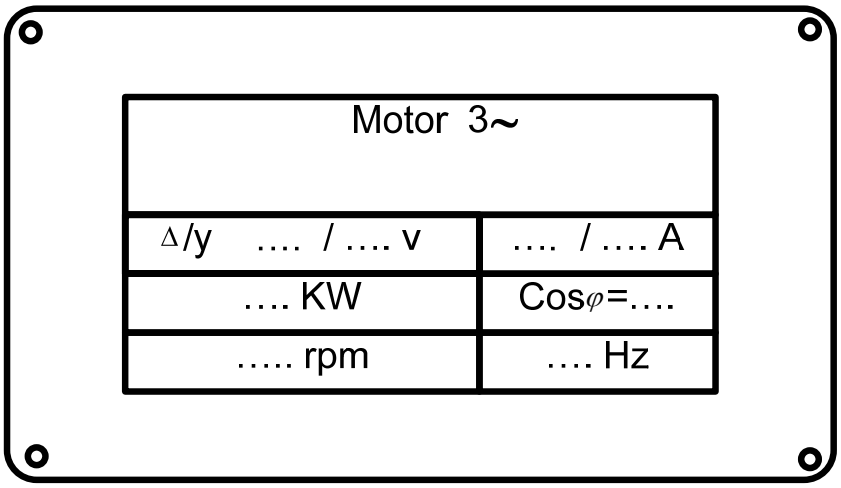
(5) : معامل القدرة ($\cos\theta$=0.8).

(6) : سرعة العضو الدوار (n=1710rpm).

(7) : تردد المصدر (f_s=60Hz).

خطوات العمل :

1- قم بتدوين بيانات المحرك الحثي ثلاثي الأوجه المعد للتجارب على لوحة البيانات التالية:



الشكل (2-1): لوحة بيانات المحرك الحثي ثلاثي الأوجه المعد للتجارب

2- أملأ الجدول التالي بأحد العبارات التالية:

توصيلة نجمة- توصيلة دلتا- لا يمكن التوصيل (أقل من الجهد المطلوب) - لا يمكن التوصيل (أكثر من الجهد المطلوب).

		الجهد المدون على لوحة بيانات المحرك		
		127/230V	230/400V	400/600V
مصدر جهد متردد ثلاثي الأوجه	127/230V			
	230/400V			

ثانيا : التعرف على مكونات المحرك

خطوات العمل :

1- قم بفك المحرك و إخراج العضو الدوار أو اطلع على محرك مفكوك في المعمل.

2- تعرف على تركيب المحرك عن قرب: العضو الثابت و العضو الدوار من حيث (التركيب - وعدد المجاري- و طريقة اللف - وحلقات الانزلاق - والفرش الكربونية).

3- كم عدد المجاري في العضو الثابت ؟

.....

4- كم عدد أقطاب الآلة ؟ وما نصيب كل قطب من مجاري العضو الثابت؟

.....

.....

5- كم نصيب كل وجه من مجاري العضو الثابت؟

.....

6- لماذا يصنع العضو الثابت و العضو الدوار من شرائح حديدية ؟

.....

7- ما فائدة حلقات الانزلاق ؟

.....

8- احسب السرعة التزامنية للآلة التي قمت باختبارها حسب المعادلة التالية:

$$n_s = \frac{120 \times f_s}{p}$$

.....

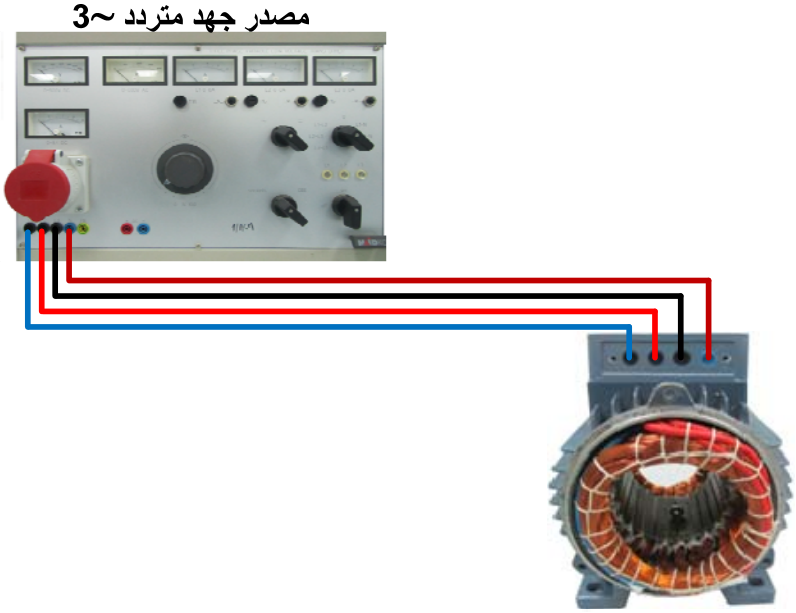
9- ما سبب اختلاف السرعة التزامنية عن السرعة المسجلة على لوحة بيانات المحرك؟

.....

ثالثا: كيفية توليد مجال مغناطيسي دوار منتظم

خطوات العمل:

1- ضع حبة الرولمان بلي داخل العضو الثابت ثم قم بتوصيله بمصدر جهد متردد ثلاثي الأوجه متغير القيمة.



الشكل (3-1): عضو ثابت لمحرك حثي ثلاثي الأوجه و حبة رولمان بلي صغيرة

2- قم بزيادة الجهد تدريجيا. ماذا تلاحظ؟

.....

3- قم بعكس طرفين من أطراف المصدر. ماذا تلاحظ؟

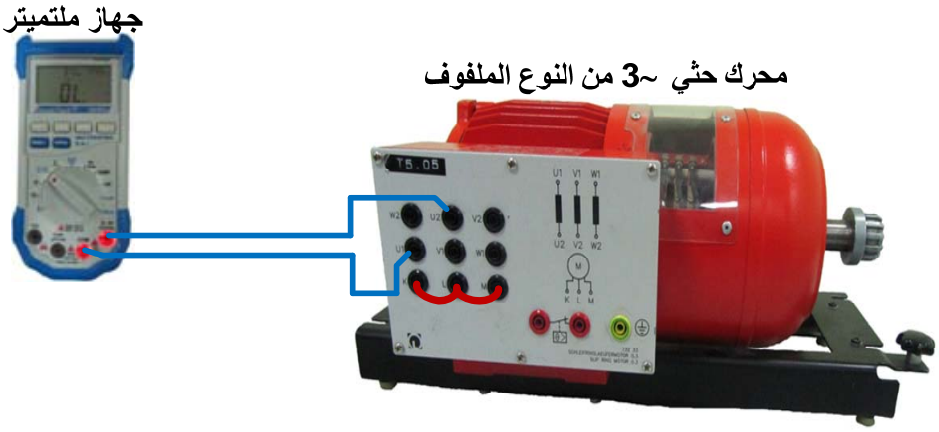
.....

رابعا : توصيل المحرك وتشغيله

خطوات العمل :

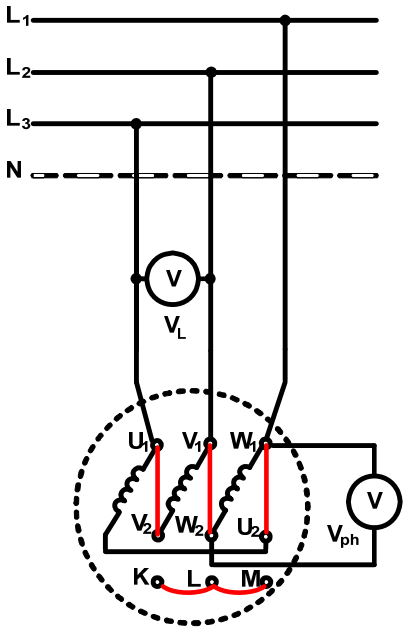
1- أحضر محركاً حثياً ثلاثي الأوجه ذو حلقات الانزلاق.

2- باستخدام جهاز الملتميتر على وضع الأوم تأكد من أطراف الملفات الثلاثة في العضو الثابت كما في الشكل التالي:

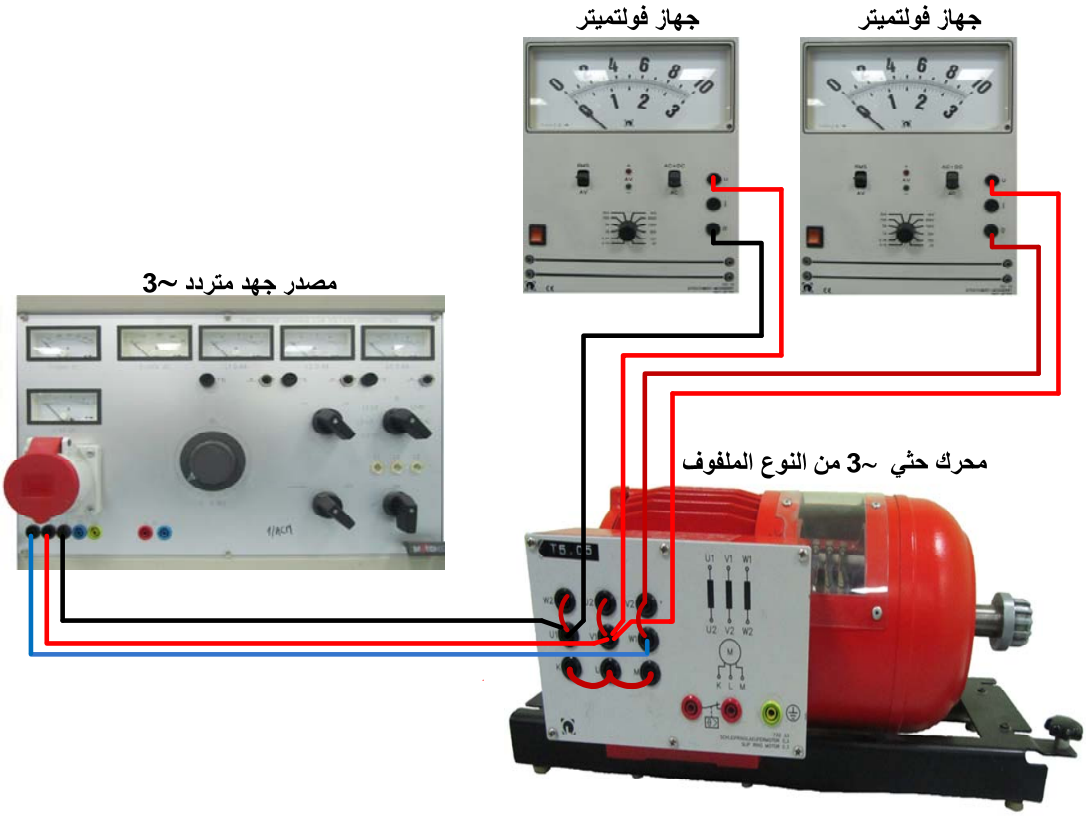


الشكل (4-1): كيفية تحديد ملفات العضو الثابت لمحرك حثي ثلاثي الأوجه

3- قم بتوصيل ملفات العضو الثابت على شكل دلتا و اقصر أطراف العضو الدوار ثم قم بتغذيتها من مصدر الجهد المناسب للمحرك كما في الشكلين (5-1) و (6-1):



الشكل (1-5): الدائرة العلمية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه ملفاته موصلة Δ وعضوه الدوار مقصور



الشكل (1-6): الدائرة التنفيذية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه ملفاته موصلة Δ وعضوه الدوار مقصور

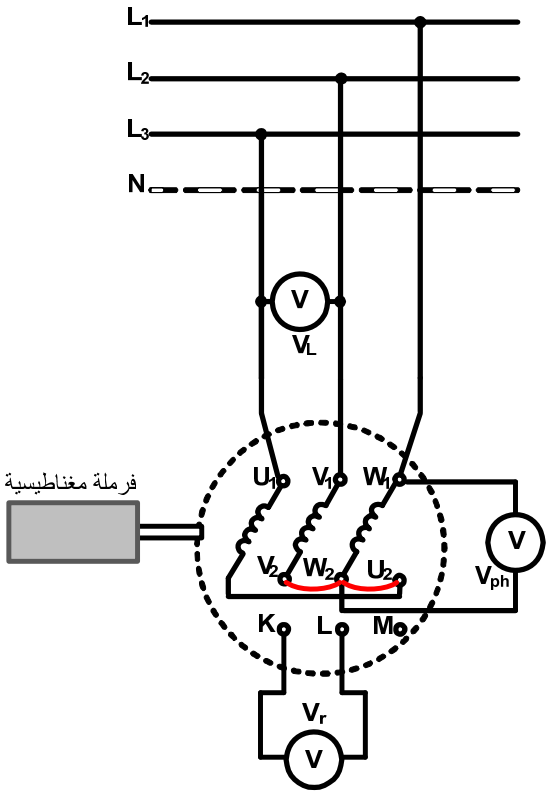
4- قم بتسجيل قراءتي جهد الوجه وجهد الخط و حدد العلاقة بينهما في حالة التوصيلة دلتا (Δ).

.....

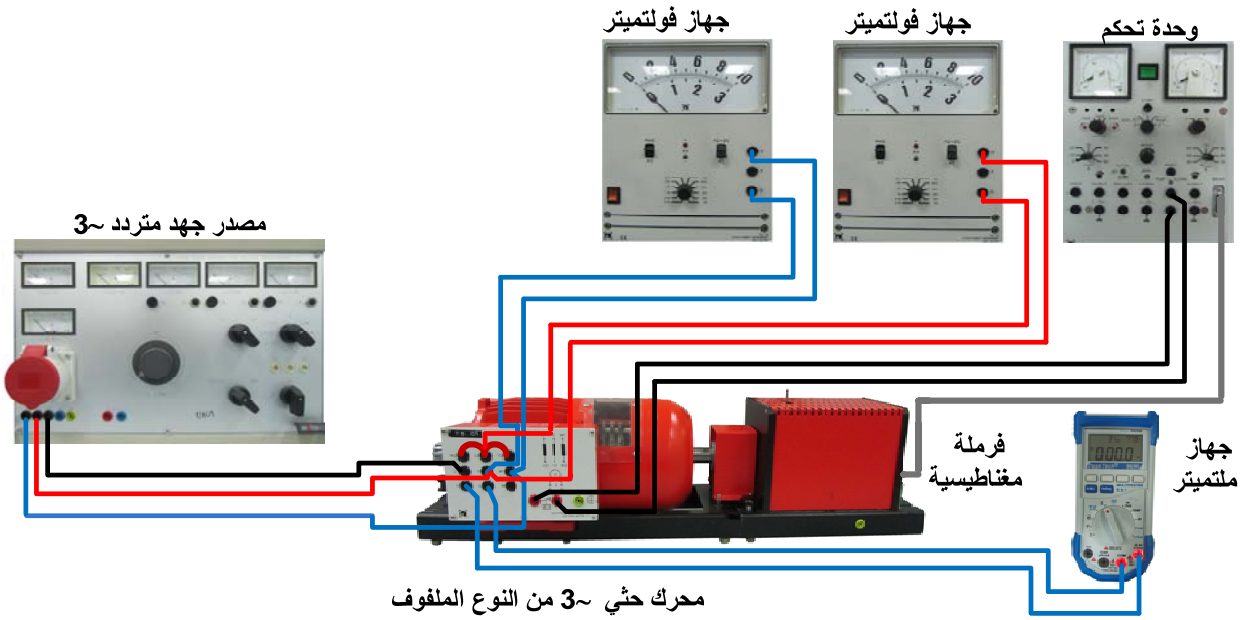
5- استنتج العلاقة بين تيار الوجه وتيار الخط في حالة التوصيلة دلتا (Δ).

.....

6- قم بتوصيل ملفات العضو الثابت على شكل نجمة و جهاز الملتميتر بين طرفين من أطراف العضو الدوار مع ترك الثالث مفتوح و ربط فرملة مغناطيسية مع محور الدوران كما في الشكلين (7-1) و (8-1):



الشكل (7-1): الدائرة العلمية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه ملفاته موصلة Y و عضوه الدوار مفتوح



الشكل (8-1): الدائرة التنفيذية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه ملفاته موصلة Y و عضوه الدوار مفتوح

7- بعد ضبط الفرملة على الحمل صفر قم بتشغيل المحرك و سجل القراءات عند الجهد المقنن في الجدول التالي: (جهاز الملتميتر استخدمه مرة على وضع V لقياس الجهد و مرة على وضع Hz لقياس تردد العضو الدوار).

V_L (v)	
V_{ph} (v)	
V_r (v)	
f_r (Hz)	

8- حدد العلاقة بين جهد الوجه وجهد الخط في حالة التوصيلة نجمة (Y).

.....

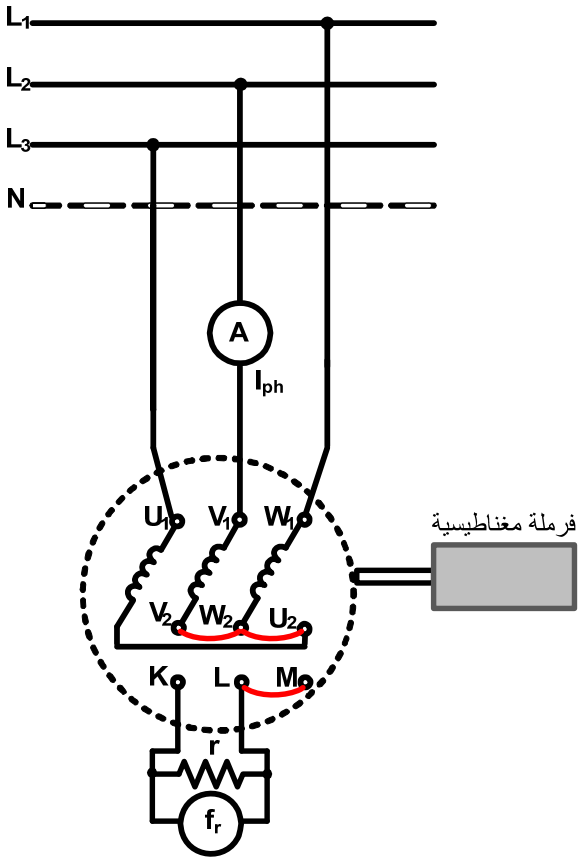
9- استنتج العلاقة بين تيار الوجه وتيار الخط في حالة التوصيلة نجمة (Y).

.....

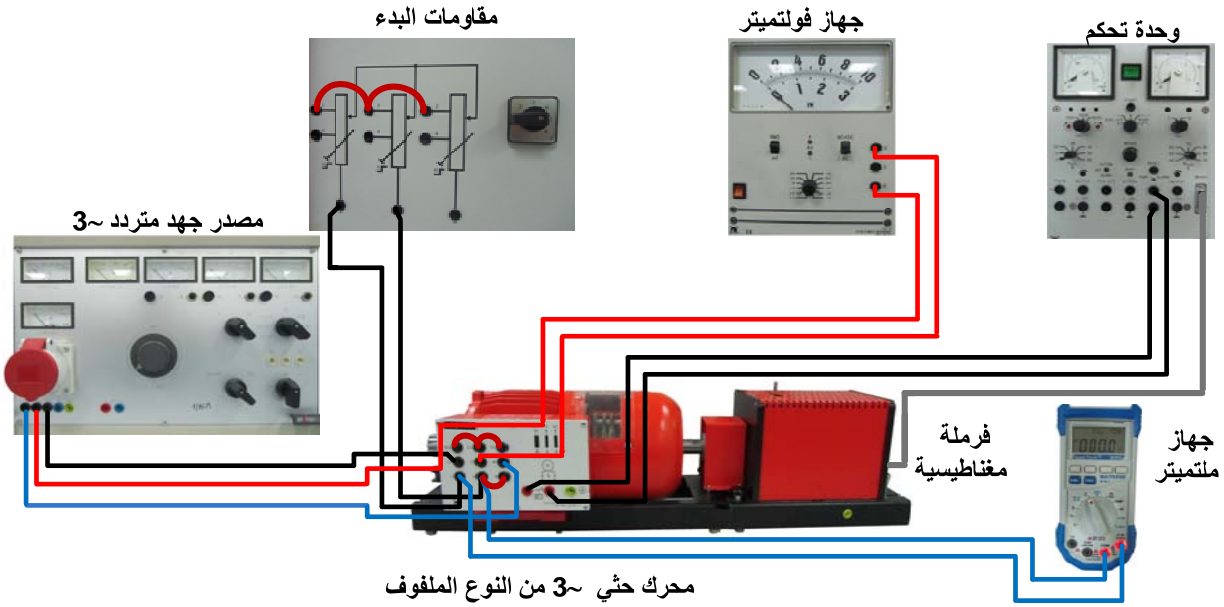
10- احسب نسبة عدد لفات العضو الثابت على عدد لفات العضو الدوار حسب القانون التالي:

$$a = \frac{N_s}{N_r} = \frac{V_L}{V_r}$$ .....

11- قم بتوصيل ملفات العضو الثابت على شكل نجمة و أقصر أطراف العضو الدوار عبر مقاومة صغيرة ($r=2\Omega$) ثم وصل جهاز الملتميتر بين طرفيها كما في الشكلين (1-9) و (1-10):



الشكل (1-9): الدائرة العلمية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه ملفاته موصلة Y و عضوه الدوار مقصور



الشكل (10-1): الدائرة التنفيذية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه ملفاته موصلة Y وعضو الدوار مقصور

12- بعد ضبط الفرملة على الحمل صفر قم بتشغيل المحرك ثم قم بتحميله إلى أن يصل التيار I_{ph} إلى التيار المقنن و سجل النتائج في الجدول التالي:

n (rpm)	
القيمة المقاسة f_r (Hz)	
$S = \frac{(n_s - n)}{n_s}$	
القيمة المحسوبة $f_r = S \times f_s$ (Hz)	

التجربة الثانية

تحديد عناصر الدائرة المكافئة

الهدف من التجربة :

تحديد قيم عناصر الدائرة المكافئة للمحرك الحثي ثلاثي الأوجه عن طريق الاختبارات التالية:

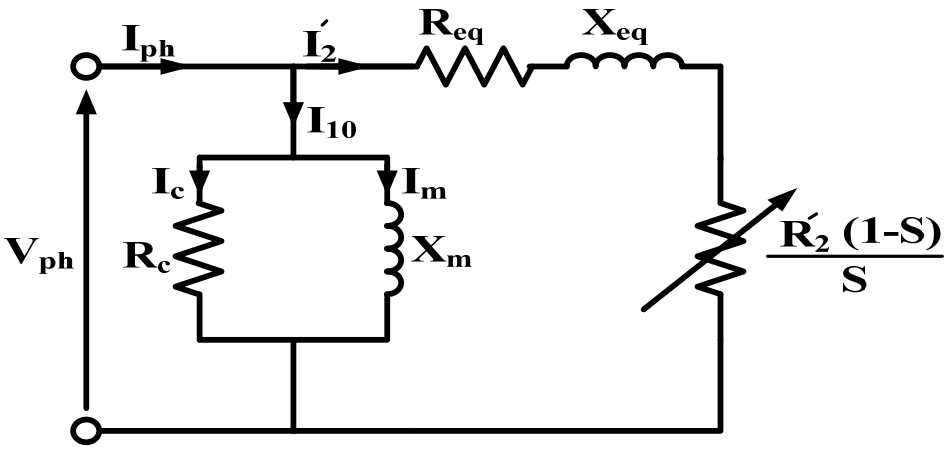
اختبار اللاحمل (الدائرة المفتوحة) ، اختبار إعاقة الحركة (الدائرة المقصورة) واختبار التيار المستمر.

أدوات التجربة :

محرك حثي ثلاثي الأوجه عضوه الدوار ذو القفص السنجابي أو الملفوف و جهاز أميتر وجهاز فولتميتر و جهاز قياس القدرة وفرملة مغناطيسية.

نظرية التجربة :

لحساب عناصر الدائرة المكافئة المبينة بالشكل (1-2) يجب إجراء الاختبارات التالية:

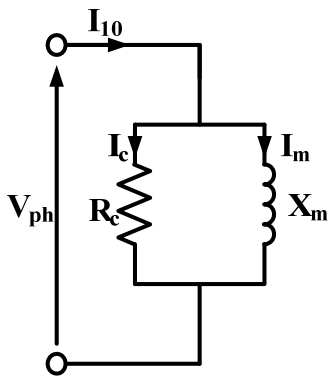


الشكل (1-2): الدائرة المكافئة لكل وجه لمحرك حثي ثلاثي الأوجه

1- اختبار اللاحمل

عند اللاحمل: $n = n_s \Rightarrow S = \frac{(n_s - n)}{n_s} = 0 \Rightarrow \frac{R_2^{'}(1-S)}{S} = \infty$

وهذا يعني أن الدائرة المكافئة أصبحت مفتوحة $(I_2^{'} = 0)$ و يمكن رسمها من جديد على النحو التالي:



الشكل (2-2): الدائرة المكافئة أثناء اختبار اللاحمل

من خلال هذه الدائرة يمكن حساب R_c و X_m كما يلي:

$$R_c = \frac{V_{ph}}{I_c}$$

$$X_m = \frac{V_{ph}}{I_m}$$

$$I_c = I_{10} \cos\theta \qquad (2\text{-}1)$$

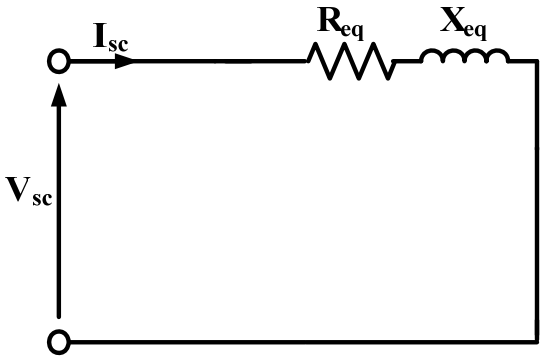
$$I_m = I_{10} \sin\theta$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{P_{10}}{V_{ph} I_{10}}\right)$$

2- اختبار إعاقة الحركة

عند إعاقة الحركة: $n = 0 \Rightarrow S = \frac{(n_s - n)}{n_s} = 1 \Rightarrow \frac{R_2^{'}(1-S)}{S} = 0$

وهذا يعني أن الدائرة المكافئة المبينة بالشكل رقم (2-1) أصبحت مقصورة ($I_2^{'} = I_{sc}$ و $V_{ph} = V_{sc}$) و يمكن رسمها من جديد على النحو التالي:



الشكل (2-2): الدائرة المكافئة أثناء اختبار إعاقة الحركة

من خلال هذه الدائرة يمكن حساب R_{eq} و X_{eq} كما يلي:

$$Z_{eq} = \frac{V_{sc}}{I_{sc}}$$

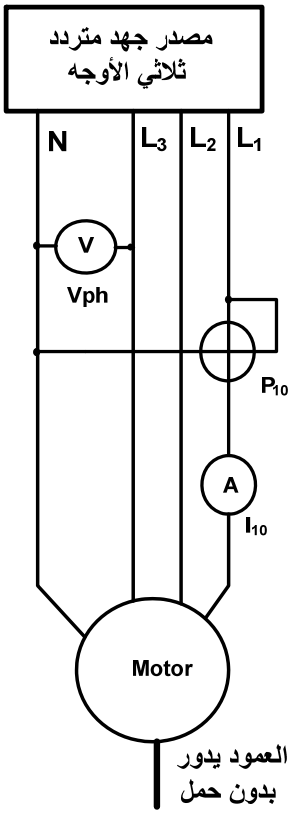
$$R_{eq} = \frac{P_{sc}}{I_{sc}^2}$$

$$X_{eq} = \sqrt{(Z_{eq}^2 - R_{eq}^2)} \qquad (2 - 2)$$

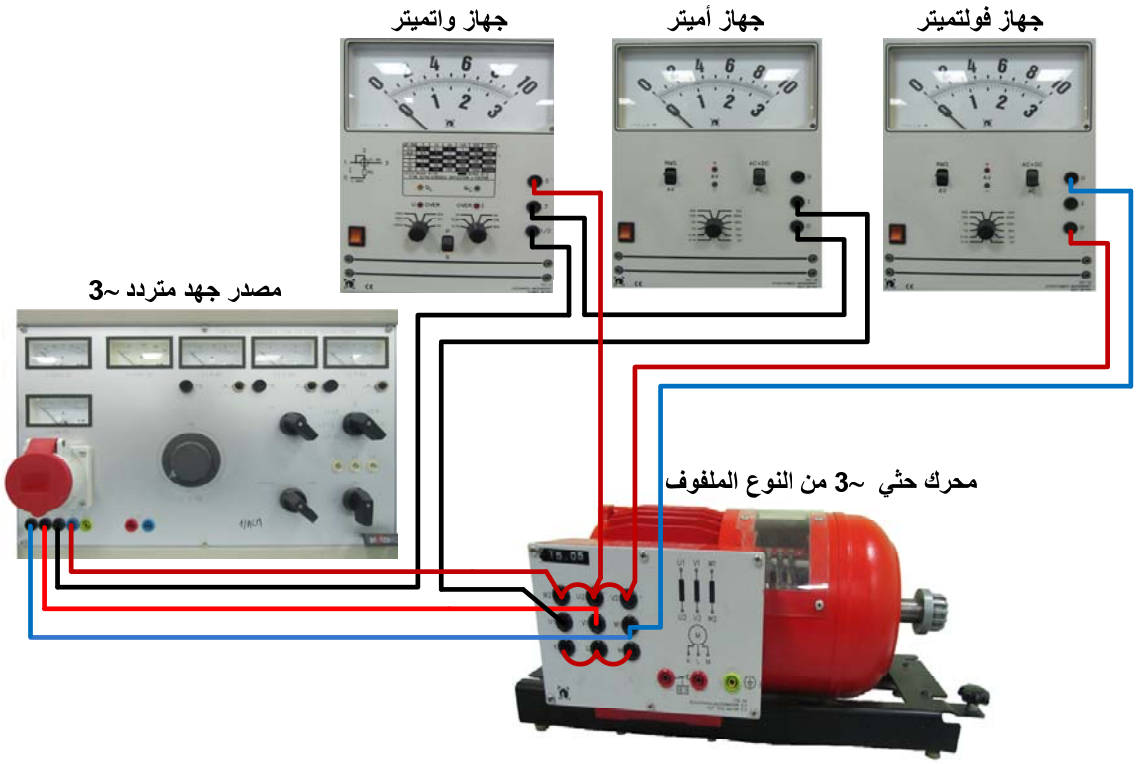
خطوات العمل:

أولاً: اختبار اللاحمل (الدائرة المفتوحة)

1- قم بتوصيل ملفات المحرك على شكل نجمة ثم توصيله بمصدر جهد مناسب كما هو موضح في الشكلين (2-3) و (2-4):



الشكل (2-3): الدائرة العلمية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه أثناء اختبار اللاحمل



الشكل (2-4): الدائرة التنفيذية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه أثناء اختبار اللاحمل

2- شغل المحرك عند الجهد المقنن ثم قم بتسجيل قراءات الأجهزة:

P_{10}=.....W I_{10}=.....A V_{ph}=.....V

3- من القيم المسجلة قم بحساب X_m و R_c حسب المعادلات رقم (2-1):

$$\theta = \text{.....}^{\circ}$$
$$I_c = \text{.....} \text{.....} A$$
$$I_m = \text{.....} \text{....} A$$
$$R_c = \text{.....} \text{....} \Omega$$
$$X_m = \text{.....} \text{...} \Omega$$

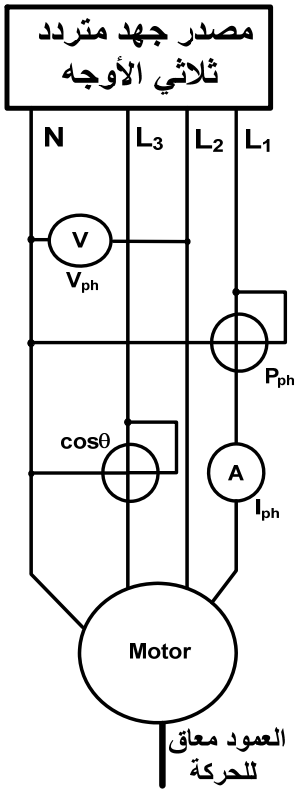
4- لماذا يسمى اختبار عدم الحمل أحياناً اختبار الدائرة المفتوحة؟

.....

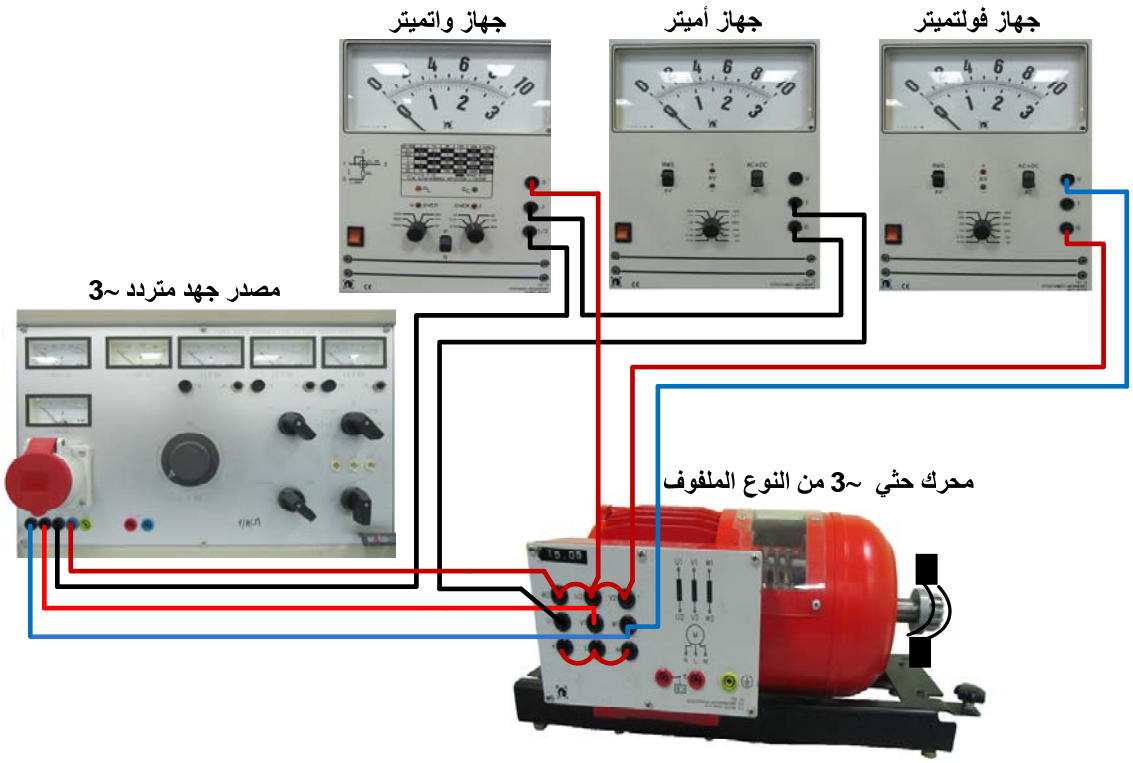
ثانياً: اختبار إعاقة الحركة

1- قم بربط الفرملة بالمحرك واضبطها على أقصى قيمة بحيث لا يتمكن المحرك من الدوران.

2- قم بتوصيل أجهزة القياس بالمحرك مع مصدر جهد قابل للتحكم كما هو موضح في الشكلين (2-5) و (2-6):



الشكل (2-5): الدائرة العلمية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه أثناء اختبار إعاقة الحركة



الشكل (2-6): الدائرة التنفيذية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه أثناء اختبار إعاقة الحركة

3- قم بزيادة الجهد تدريجياً (الجهد لا يتجاوز 5% من الجهد المقنن) حتى يصل التيار إلى القيمة المقننة للمحرك.

4- عند هذه النقطة سجل قراءات الأجهزة:

P_{sc}=……..W I_{sc}=……..A V_{ph}=……..V

5- من القيم المسجلة قم بحساب R_{eq} و X_{eq} حسب المعادلات (2-2):

$$Z_{eq} = \text{.....}\Omega$$
$$R_{eq} = \text{.....}\Omega$$
$$X_{eq} = \text{.....}\Omega$$

6- لماذا يسمى اختبار إعاقة الحركة أحياناً باختبار القصر؟

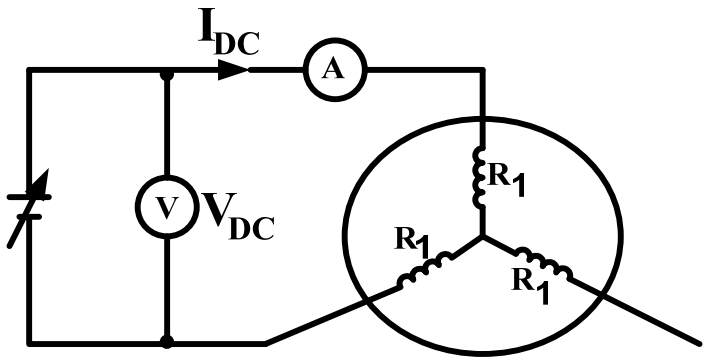
.....

7- لماذا يقع إضافة الجهد تدريجا أثناء اختبار عدم الحركة؟

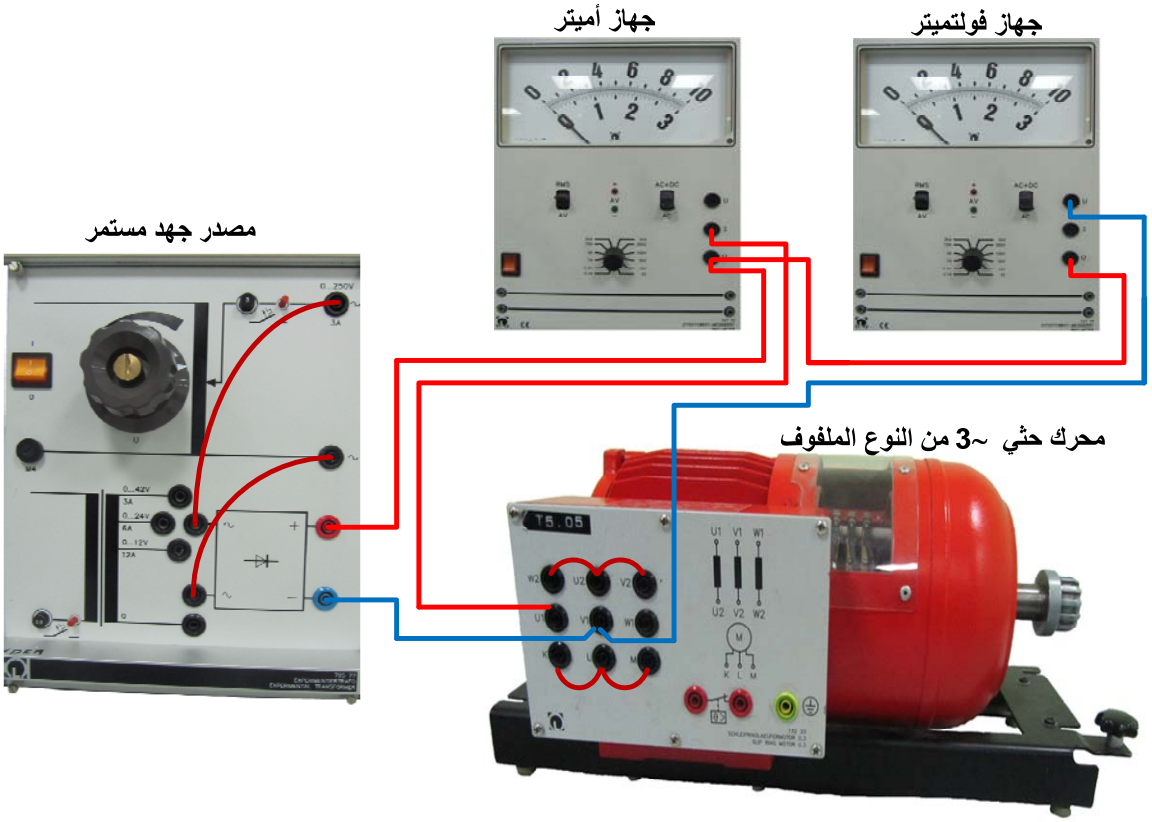
.....

ثالثا: اختبار التيار المستمر

1- قم بتوصيل أطراف المحرك بمصدر تيار مستمر كما هو موضح في الشكلين (2-7) و (2-8):



الشكل (2-7): الدائرة العلمية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه أثناء اختبار التيار المستمر



الشكل (8-2): الدائرة التنفيذية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه أثناء اختبار التيار المستمر

2- قم بزيادة الجهد تدريجياً حتى يصل التيار إلى القيمة المقننة للمحرك.

3- سجل قراءات الجهد والتيار.

V_{DC}=.....V I_{DC}=.....A

4- قم بحساب قيمة R_1 طبقاً للمعادلة التالية:

$$R_1 = \frac{V_{DC}}{2 \times I_{DC}} = ...\Omega$$

5- قيمة المقاومة المحسوبة من اختبار التيار المستمر هل تعتبر صحيحة 100% ؟

.....

6- قم بحساب قيمة $R_2^{'}$ طبقاً للمعادلة التالية:

$$R_2^{'} = R_{eq} - R_1 = ...\Omega$$

7- ارسم الدائرة المكافئة موضحاً عليها القيم التي قمت بحسابها.

التجربة الثالثة

تسجيل منحنيات خواص المحرك الحثي ثلاثي الأوجه

الهدف من التجربة :

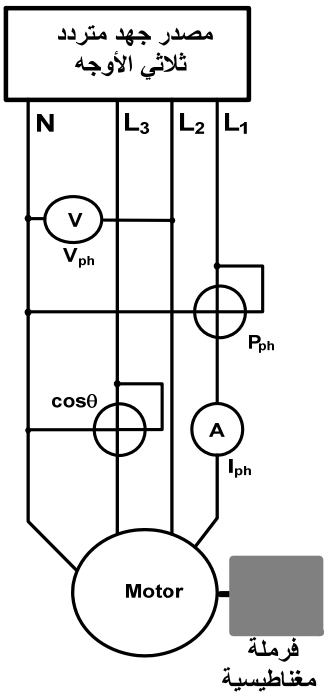
تسجيل منحنيات التيار ومعامل القدرة والانزلاق والكفاءة والسرعة كدالة للعزم .

أدوات التجربة :

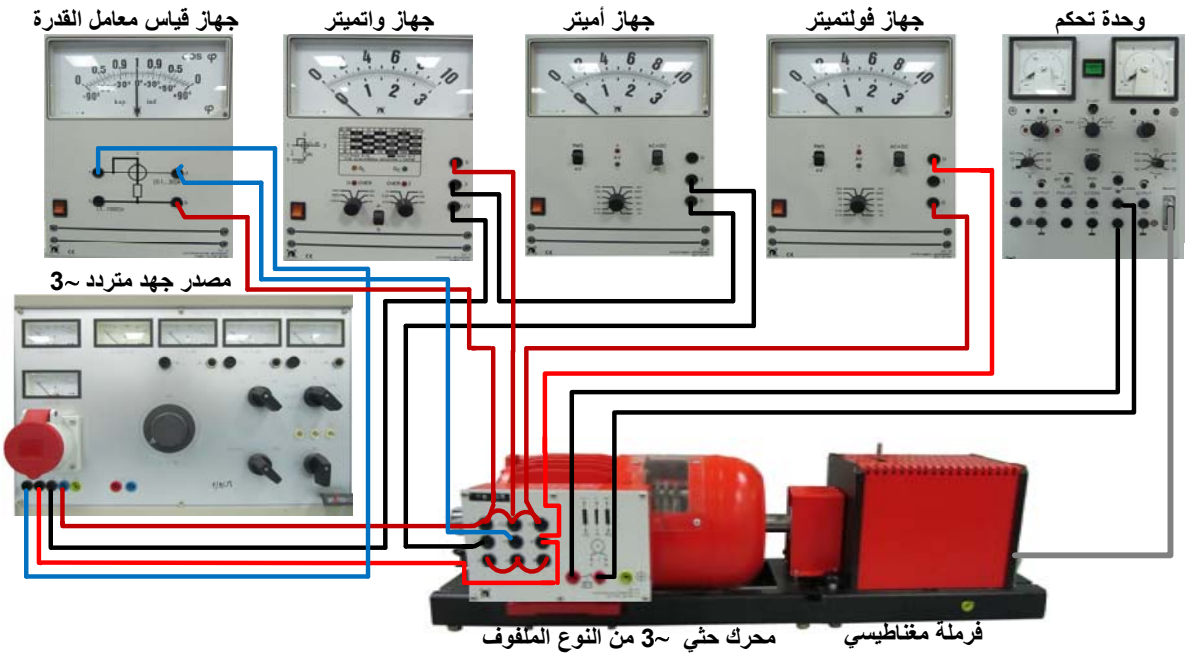
محرك حثي ثلاثي الأوجه ذو قفص السنجابي أو الملفوف وجهاز أميتر وجهاز فولتميتر وجهاز قياس معامل القدرة و جهاز قياس القدرة و فرملة مغناطيسية و جهاز قياس السرعة.

خطوات العمل :

1- قم بتوصيل ملفات المحرك على شكل نجمة ثم قم بتوصيله إلى مصدر جهد مناسب بعد توصيل أجهزة القياس كما هو موضح في الشكلين (1-3) و (2-3):



الشكل (1-3): الدائرة العلمية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه أثناء اختبار الحمل الكامل



الشكل (2-3): الدائرة التنفيذية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه أثناء اختبار الحمل الكامل

2- قم بربط فرملة مغناطيسية بعمود المحرك.

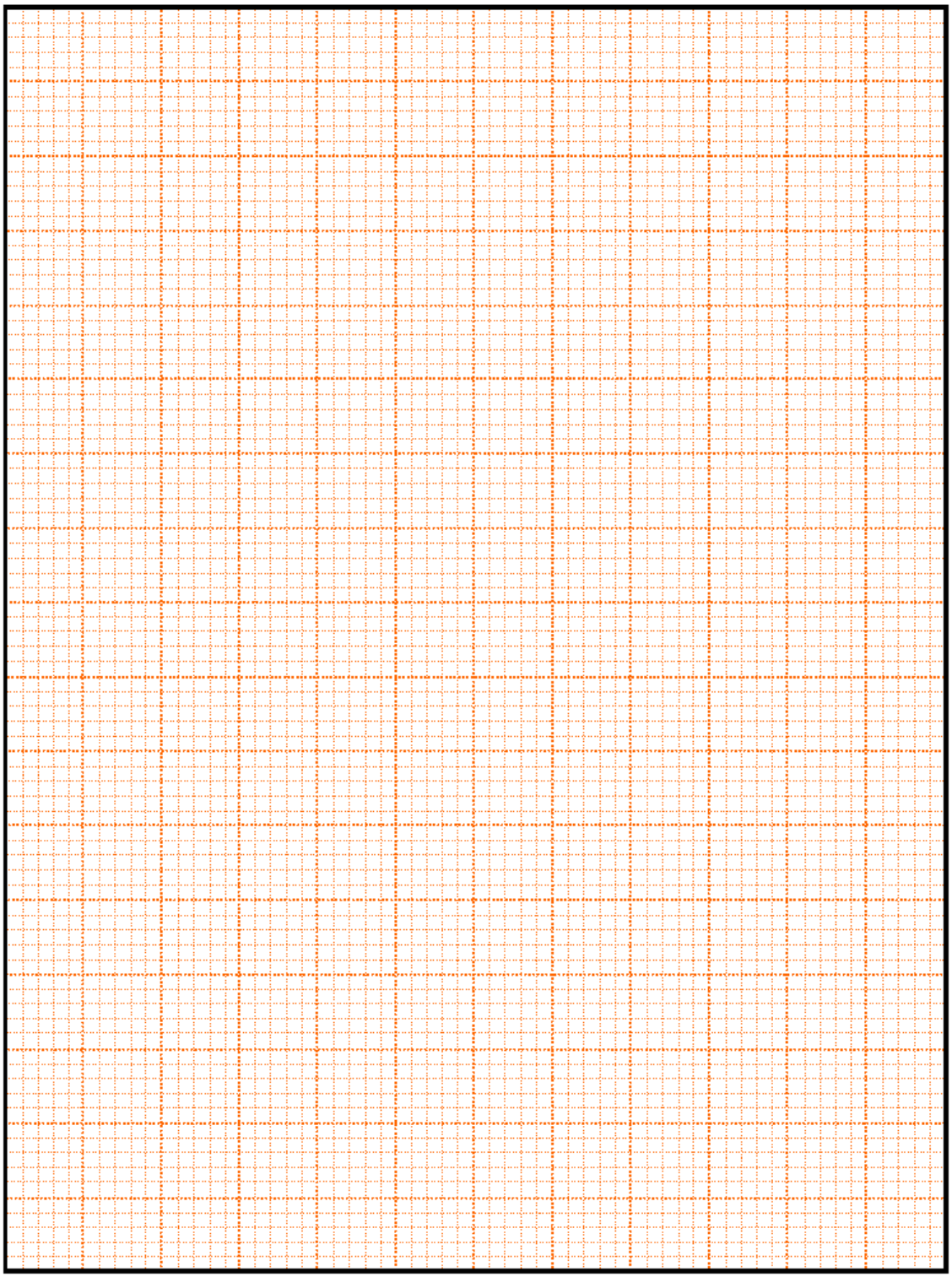
3- شغل المحرك وقم بتحميله تدريجياً ابتداءً من عدم الحمل إلى الحمل المقنن مع تسجيل القراءات في الجدول التالي:

T (Nm)								
n (rpm)								
I_{ph} (A)								
$\cos\theta$								
(W) P_{ph}								
$P_{in} = 3 \times P_{ph}$ (W)								
$P_o = T \times \frac{2\pi n}{60} = \frac{T \times n}{9.55}$ (W)								
$\eta\% = \frac{P_o}{P_{in}} \times 100$								
$S = \frac{(n_s - n)}{n_s}$								

3- قم برسم المنحنيات التالية:

* $T=f(n)$
* $T=f(I_{ph})$
* $T=f(\cos\theta)$
* $T=f(\eta)$
* $T=f(S)$

الرسم البياني :



4- صف كيفية تغير القيم التالية مع زيادة الحمل (العزم)

* التيار

.....

* السرعة

.....

* معامل القدرة

.....

* الكفاءة

.....

* معامل الانزلاق

.....

التجربة الرابعة

طرق بدء حركة المحرك الحثي ثلاثي الأوجه

الهدف من التجربة :

دراسة تأثير استخدام مقاومات البدء أو محول ذاتي أو مفتاح تحويل (Y/ Δ) على تيار و عزم البدء للمحرك الحثي ثلاثي الأوجه.

أدوات التجربة :

محرك حثي ثلاثي الأوجه عضوه الدوار من النوع الملفوف وجهاز أميتر و جهاز فولتميتر وفرملة مغناطيسية ومقاومات البدء و محول ذاتي ثلاثي الأوجه و مفتاح تحويل (Y/ Δ).

نظرية التجربة :

بالرجوع إلى الدائرة المكافئة المبينة بالشكل رقم (2-1) وعند بدء الحركة:

$$n = 0 \Rightarrow S = \frac{(n_s - n)}{n_s} = 1 \Rightarrow \frac{R_2^{'}(1-S)}{S} = 0$$

نلاحظ أن المقاومة $\frac{R_2^{'}(1-S)}{S}$ أصبحت مقصورة وهذا يعني أن تيار البدء أصبح عالياً جداً. (تيار البدء عادةً يتراوح من 6 إلى 8 أضعاف تيار الحمل الكامل).

هذا التيار العالي عند البدء يتسبب في حدوث بعض المشاكل مثل:

1- رفع درجة حرارة ملفات المحرك مما يؤدي مع التكرار إلى انهيار عزلها .

2- التأثير على وسائل توصيل الكهرباء إلى المحرك كالكيابل والقواطع وأجهزة الحماية .

3- حدوث هبوط في جهد الأجهزة المشتركة مع المحرك في نفس الخط .

لذلك لابد من اتخاذ بعض التدابير للتقليل من قيمته خصوصاً في المحركات الكبيرة.

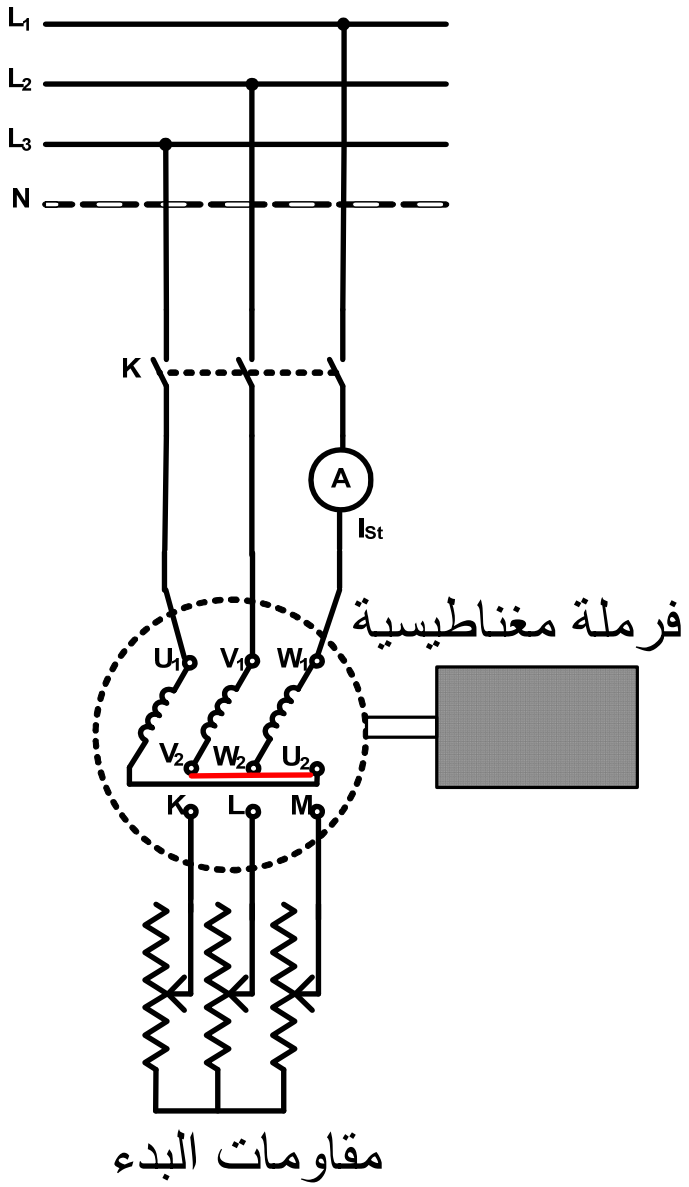
فيما يلي ثلاث طرق لتقليل تيار البدء جميعها تعتمد على المعادلة (3-1) وذلك إما بتقليل البسط (الجهد) أو بزيادة المقام (مقاومات العضو الدوار).

$$I_{st} = \frac{V_{ph}}{\sqrt{(R_1 + R_2^{'})^2 + X_{eq}^2}} \qquad (3-1)$$

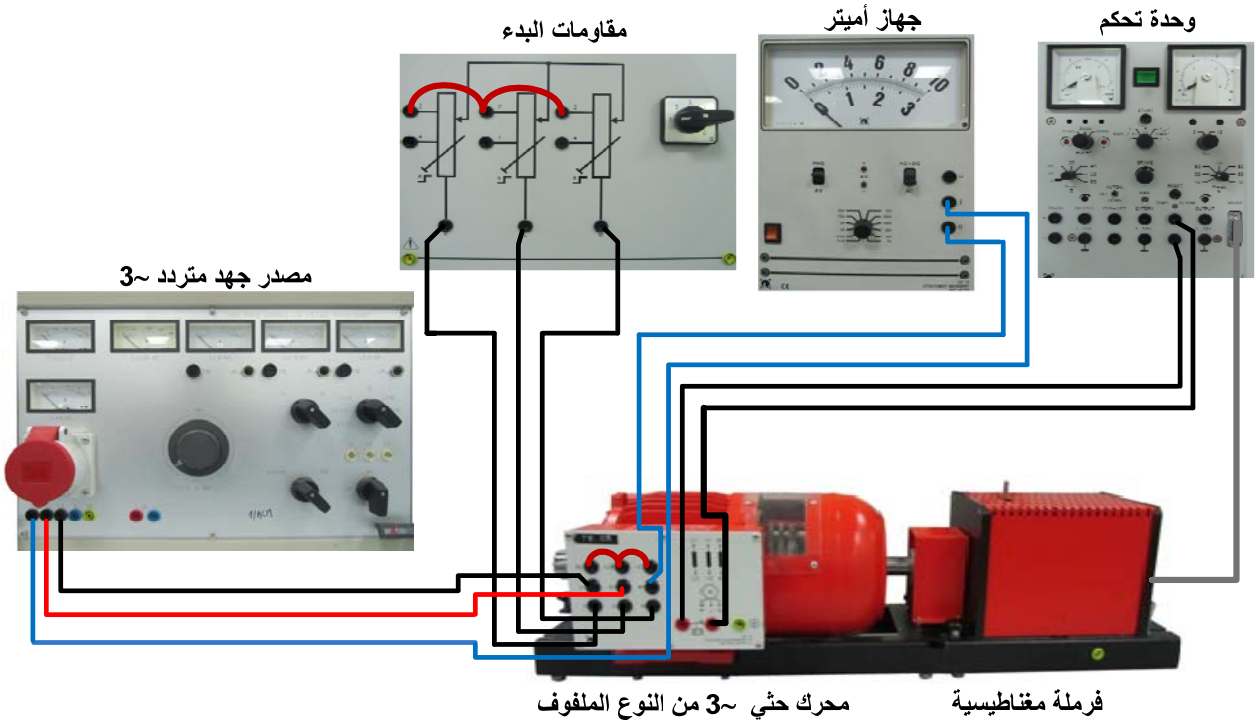
أولا : البدء باستخدام مقاومات خارجية متغيرة على التوالي مع ملفات العضو الدوار

خطوات العمل :

1- قم بتوصيل ملفات المحرك على شكل نجمة ثم وصل مقاومات البدء بأطراف العضو الدوار كما هو موضح في الشكلين (1-4) و (2-4):



الشكل (1-4): الدائرة العلمية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه باستخدام مقاومات البدء



الشكل (2-4): الدائرة التنفيذية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه باستخدام مقاومات البدء

2- قم بربط فرملة مغناطيسية بعمود المحرك واضبطها على نصف الحمل المقنن.

3- اضبط مقاومات بدء الحركة على أعلى قيمة.

4- قم بتوصيل القاطع الرئيسي و سجل قيمة التيار و كذلك العزم لحظة البدء.

I_{st}=.....A T_{st}=.....Nm

5- بعد تسارع المحرك ابدأ بتخفيض قيمة مقاومة البدء ماذا تلاحظ.

.....

6- قم بعملية البدء بدون مقاومات البدء و سجل قيمة تيار البدء وكذلك عزم البدء.

I_{st}=.....A T_{st}=.....Nm

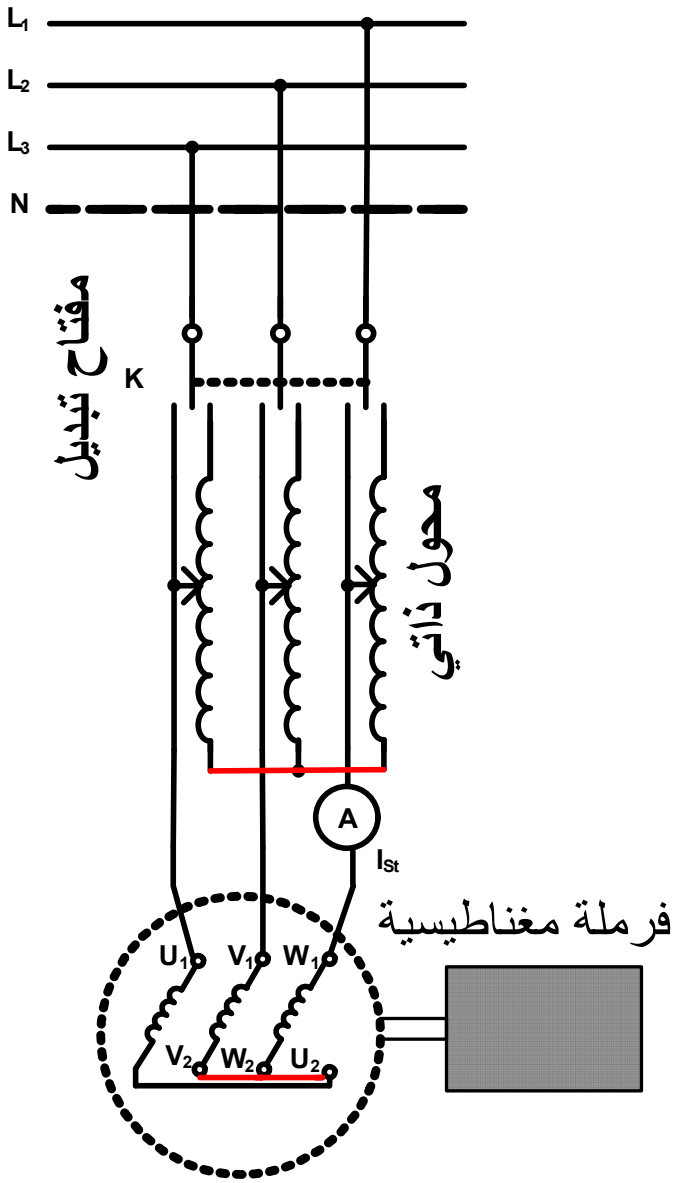
7- كم نسبة انخفاض التيار في حالة استخدام مقاومات البدء.

.....

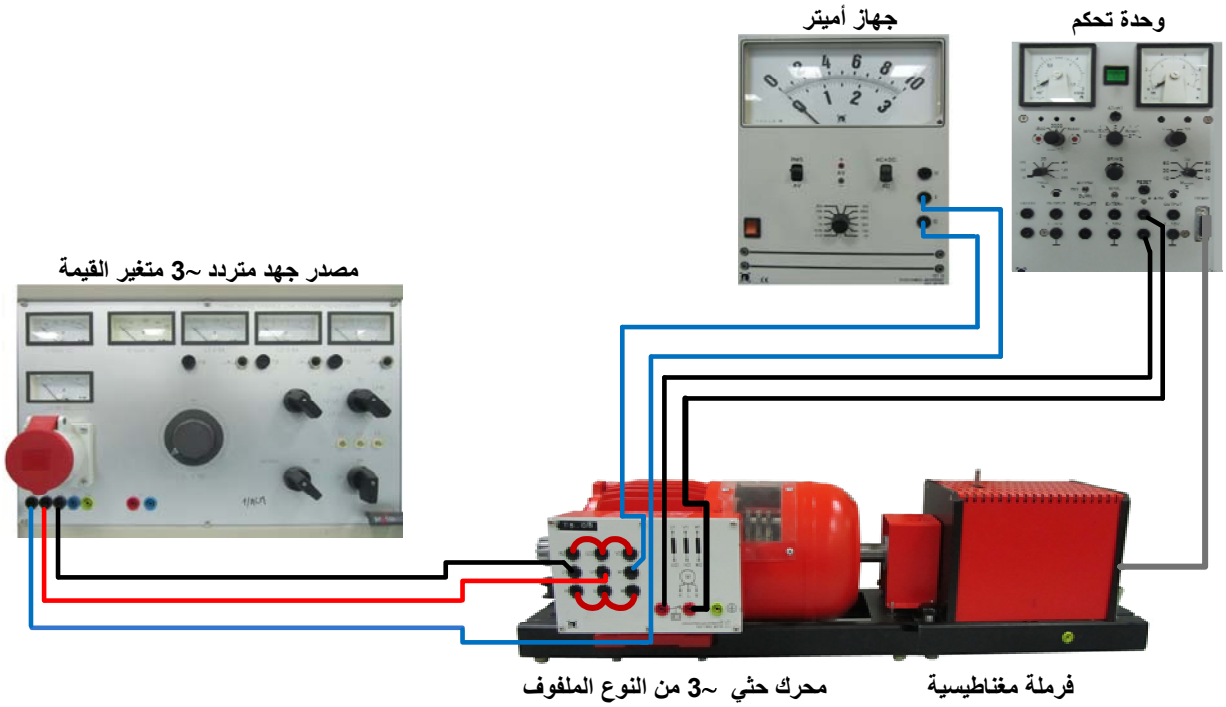
ثانيا : البدء باستخدام محول ذاتي

خطوات العمل :

1- قم بتوصيل ملفات المحرك على شكل نجمة ومن ثم توصيلها إلى أطراف المحول الذاتي عن طريق مفتاح التبديل كما هو موضح في الشكلين (4-3) و (4-4):



الشكل (4-3): الدائرة العلمية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه باستخدام محول ذاتي



الشكل (4-4): الدائرة التنفيذية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه باستخدام محول ذاتي

2- قم بربط فرملة مغناطيسية بعمود المحرك واضبطها على نصف الحمل المقنن للمحرك.

3- اضبط المحول الذاتي بحيث يعطي نصف الجهد تقريباً.

4- قم بتوصيل القاطع الرئيسي و سجل قيمة التيار و كذلك العزم لحظة البدء.

I_{st}=.....A T_{st}=.....Nm

5- بعد تسارع المحرك استخدم مفتاح التبديل لعزل المحول الذاتي وتوصيل المحرك مباشرة إلى مصدر الجهد ماذا تلاحظ.

.....

6- قم بعملية البدء بدون المحول الذاتي ولاحظ قيمة تيار البدء وكذلك عزم البدء.

I_{st}=.....A T_{st}=.....Nm

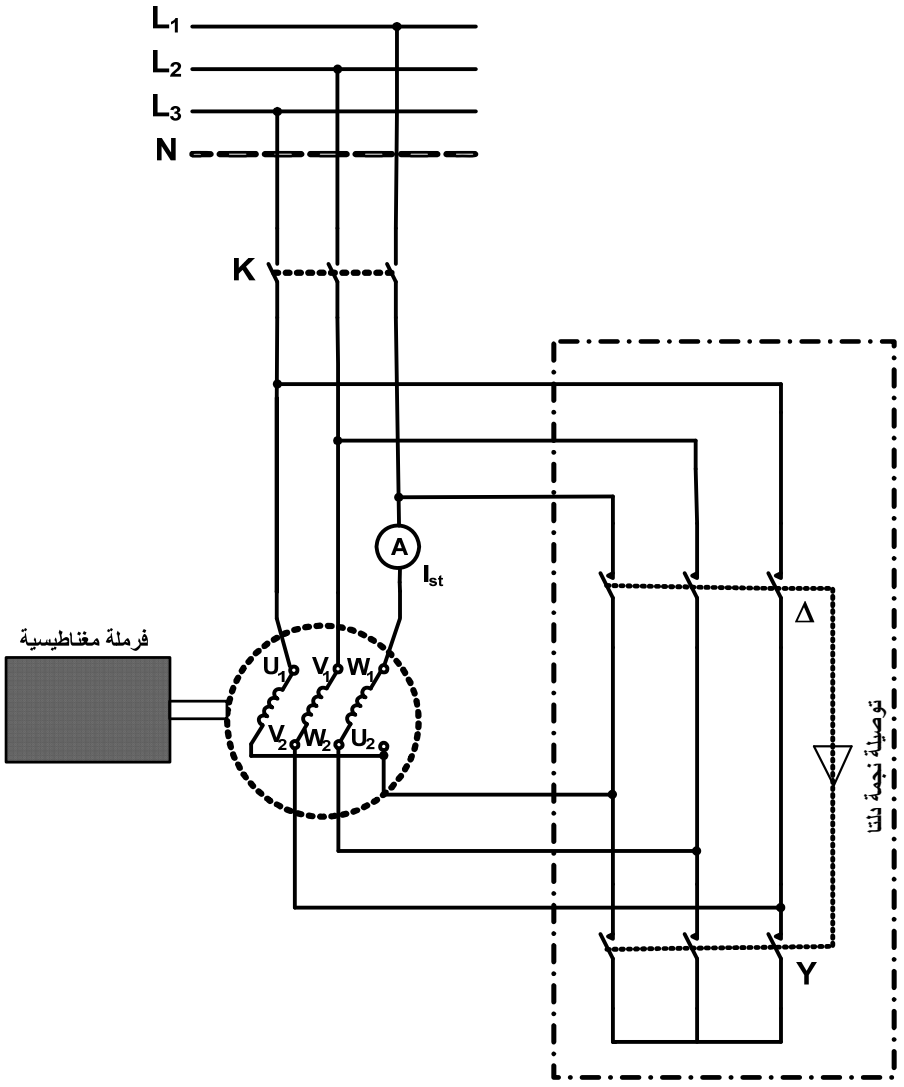
7- كم نسبة انخفاض التيار في حالة استخدام المحول الذاتي.

.....

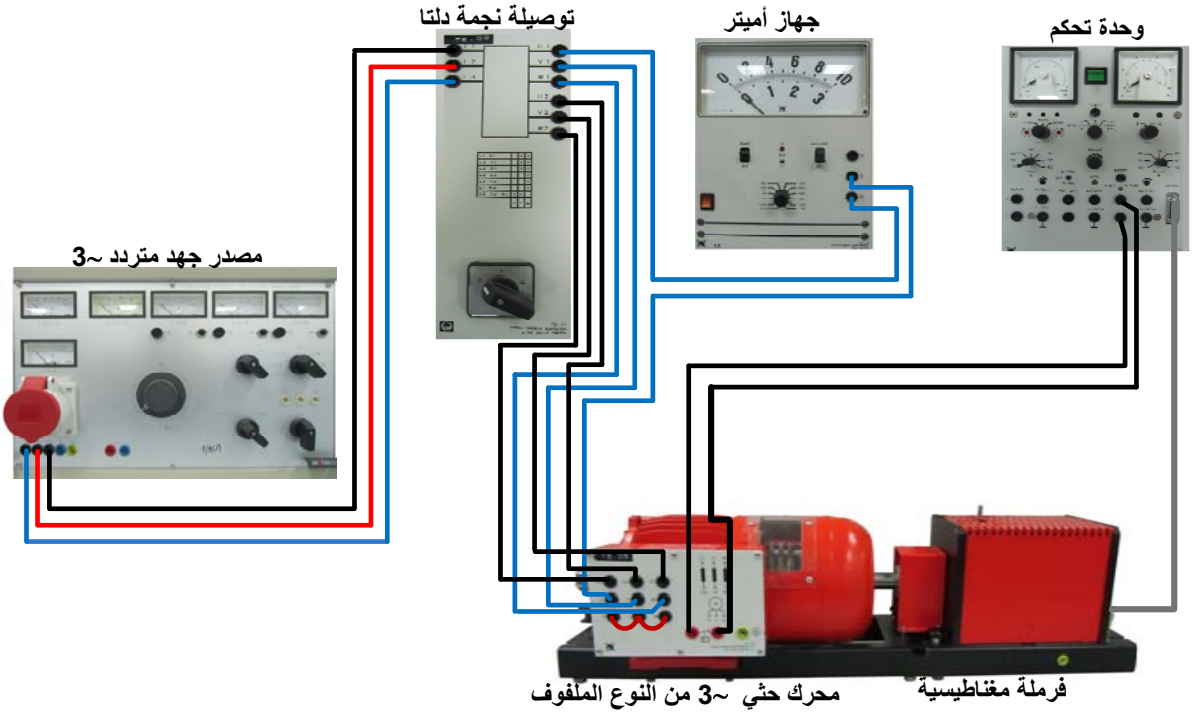
ثالثا : البدء باستخدام مفتاح التحويل (Y / Δ)

خطوات العمل :

1- قم بتوصيل الأطراف الستة لملفات المحرك إلى مفتاح التحويل (Y/ Δ) كما هو موضح في الشكلين (4-5) و (4-6):



الشكل (4-5): الدائرة العلمية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه باستخدام توصيلة نجمة دلتا



الشكل (6-4): الدائرة التنفيذية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه باستخدام توصيلة نجمة دلتا

2- قم بربط فرملة مغناطيسية بعمود المحرك واضبطها على نصف الحمل المقنن للمحرك.

3- اضبط مفتاح التحويل على الوضع Y ثم قم بتوصيل القاطع الرئيسي و سجل قيمة التيار و كذلك العزم لحظة البدء.

I_{st}=.....A T_{st}=.....Nm

4- بعد تسارع المحرك حول مفتاح التبديل إلى الوضع Δ وسجل قيمة تيار البدء وكذلك عزم البدء.

I_{st}=.....A T_{st}=.....Nm

5- قم بعملية البدء بالتوصيل مباشرةً على الوضع Δ ولاحظ قيمة تيار البدء وكذلك العزم.

I_{st}=.....A T_{st}=.....Nm

6- كم نسبة انخفاض التيار في حالة استخدام طريقة (Δ /Y).

.....

التجربة الخامسة

طرق التحكم في سرعة المحرك الحثي ثلاثي الأوجه

الهدف من التجربة :

دراسة كيفية التحكم في سرعة المحرك الحثي ثلاثي الأوجه:

- ذو العضو الدوار الملفوف بإضافة مقاومات خارجية على التوالي مع دائرة العضو الدوار .
- ذو القفص السنجابي بتغيير عدد أقطاب العضو الثابت (طريقة داهلندر).

أدوات التجربة :

محرك حثي ثلاثي الأوجه ذو العضو الدوار الملفوف وآخر ذو القفص السنجابي متغير الأقطاب و جهاز أميتر و فرملة مغناطيسية و مقاومات بدء حركة و جهاز قياس السرعة.

نظرية التجربة :

المحرك الحثي ثلاثي الأوجه يعتبر المحرك المثالي للتطبيقات التي لا تتطلب تغيراً في السرعة وذلك لأن سرعته ثابتة تقريباً عند قيمة أقل من السرعة التزامنية بقدر بسيط وعندما يتغير الحمل تتغير سرعته بشكل طفيف. ، ولذلك فهو يعتبر محركاً ذو سرعة ثابتة تقريباً. ونظراً لوجود بعض التطبيقات التي تتطلب تحكماً في السرعة أمكن التحكم المحدود في سرعته بعدد من الطرق و بالرجوع إلى المعادلة التالية:

$$n = n_s(1-S)$$

$$n = \frac{120 \times f_s}{p}(1-S) \qquad (5\text{-}1)$$

نجد أن سرعة العضو الدوار يمكن التحكم فيها إما بتغيير الانزلاق أو بتغير السرعة التزامنية، التي يمكن أن تتغير إما بتغير عدد الأقطاب أو بتغير تردد المصدر . وبناءً عليه يمكن التحكم في سرعة المحرك الحثي ثلاثي الأوجه بإحدى ثلاث طرق: إما بتغيير الانزلاق أو بتغيير عدد الأقطاب أو بتغيير تردد المصدر. في هذه التجربة سوف يتم التركيز على الطريقة الأولى و الثانية:

1ـ تغيير قيمة الانزلاق:

هذه الطريقة تستخدم فقط مع المحركات ذات حلقات الانزلاق وذلك بتوصيل مقاومات على التوالي مع ملفات العضو الدوار ، انظر الشكل (3-5). إن أي تغيير في مقاومة

ملفات العضو الدوار سيؤدي إلى تغيير موضع العزم الأقصى طبقاً للمعادلة التالية:

$$S_m = \frac{R_2'}{X_2'} \qquad (5-2)$$

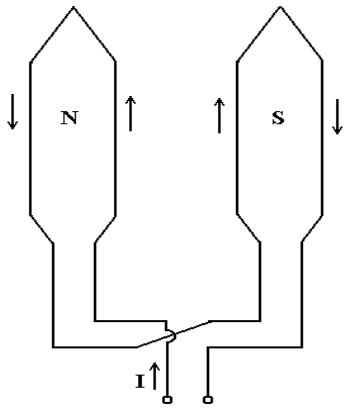
وبالتالي تتغير السرعة مع تغير الانزلاق طبقاً للمعادلة رقم (5-1).

هذه الطريقة تعطي تحكماً محدوداً في السرعة و يحبذ أن لا يزيد عن 15% من السرعة التزامنية وذلك لأن زيادة هذه المقاومة تؤدي إلى زيادة المفاقيد النحاسية في العضو الدوار وبالتالي قلة كفاءة المحرك.

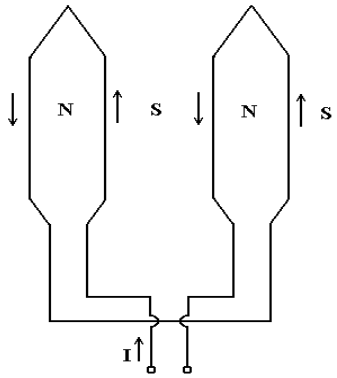
2ـ تغيير عدد الأقطاب:

يمكن تغيير عدد أقطاب العضو الثابت في المحرك الحثي ذو القفص السنجابي بإعادة توصيل ملفاته بطريقة مختلفة بحيث نحصل على نصف عدد الأقطاب أو الضعف (طريقة داهلندر) و بهذه الطريقة يصبح لدينا سرعتان تزامنيتان الواحدة نصف الأخرى . فإذا كانت الأقطاب الأساسية قطبان كما هو موضح في الشكل (5-1) يمكن إعادة التوصيل بحيث تصبح أربعة أقطاب كما هو موضح في الشكل (5-2).

هذه الطريقة غير مناسبة للمحرك ذو العضو الدوار الملفوف لأن ذلك يستدعي إعادة توصيل ملفات العضو الدوار لكي تصبح أقطابه متساوية مع أقطاب العضو الثابت كلما أردنا تغيير السرعة وهذا غير مناسب. بينما العضو الدوار ذو القفص السنجابي يتلاءم تلقائياً مع أي عدد من الأقطاب في العضو الثابت.



الشكل (5-1): توصيل الملفات على شكل قطبين

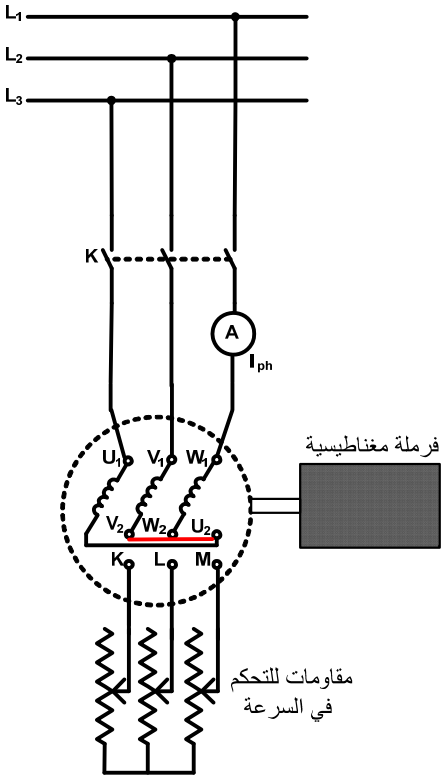


الشكل (2-5): توصيل الملفات على شكل أربعة أقطاب

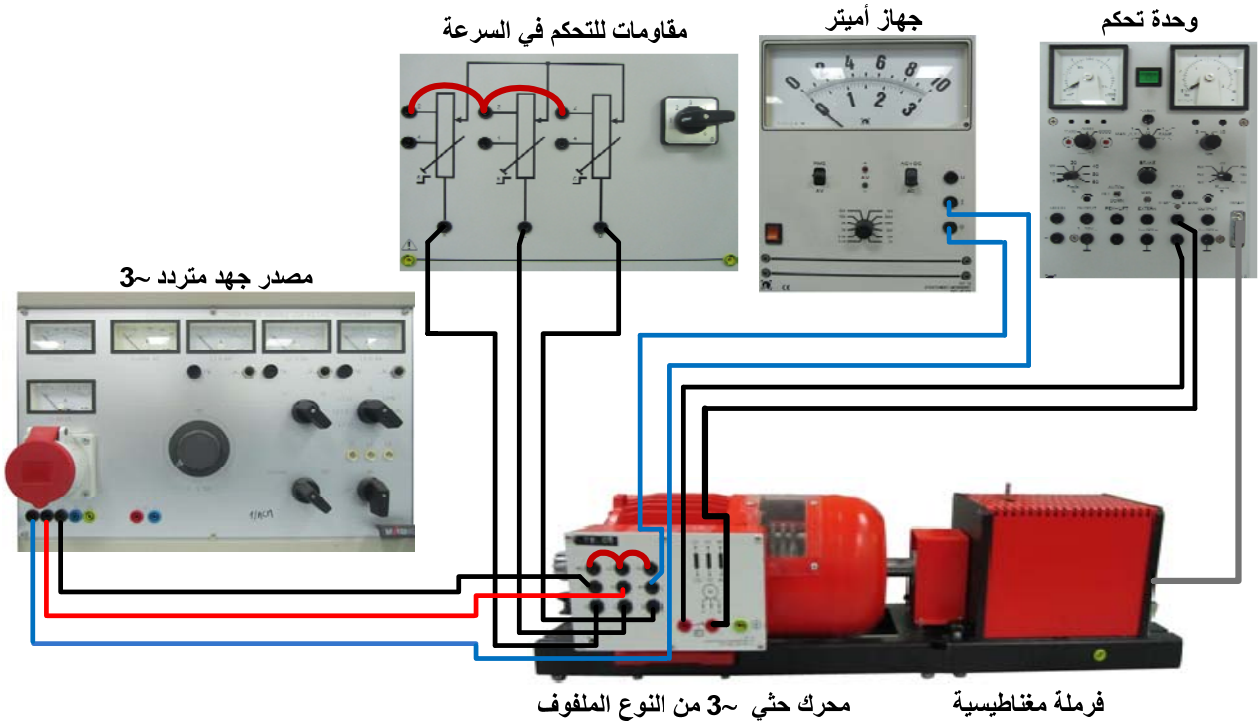
أولا : التحكم في السرعة باستخدام مقاومات خارجية متغيرة على التوالي مع ملفات العضو الدوار

خطوات العمل :

1- قم بتوصيل ملفات المحرك على شكل نجمة ثم وصل مقاومات التحكم في السرعة بأطراف العضو الدوار كما هو موضح في الشكلين (1-5) و (2-5):



الشكل (3-5): الدائرة العلمية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه باستخدام مقاومات للتحكم في السرعة



الشكل (4-5): الدائرة التنفيذية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه باستخدام مقاومات للتحكم في السرعة

2- قم بربط فرملة مغناطيسية بعمود المحرك مع ضبطها على وظيفة قياس العزم.

3- اضبط مقاومات التحكم في السرعة على الوضعية 1 ثم شغل المحرك و قم بتحميله تدريجيا وسجل قراءات العزم والسرعة والتيار في الجدول المناسب ثم كرر ذلك عند الوضعية 3 و الوضعية 5 لمقاومات التحكم في السرعة:

مقاومات التحكم في السرعة على الوضعية 1	T(Nm)						
	n(rpm)						
	I_{ph} (A)						

مقاومات التحكم في السرعة على الوضعية 3	T(Nm)						
	n(rpm)						
	I_{ph} (A)						

مقاومات التحكم في السرعة على الوضعية 5	T(Nm)						
	n (rpm)						
	I_{ph} (A)						

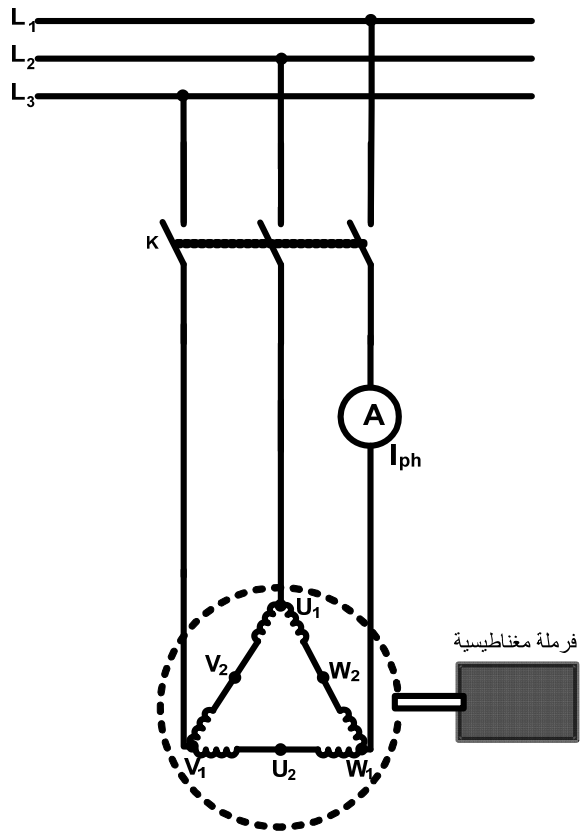
3- قم برسم المنحنيات التالية في الوضعيات الثلاثة السابقة:

* $T=f(n)$
* $T=f(I_{ph})$

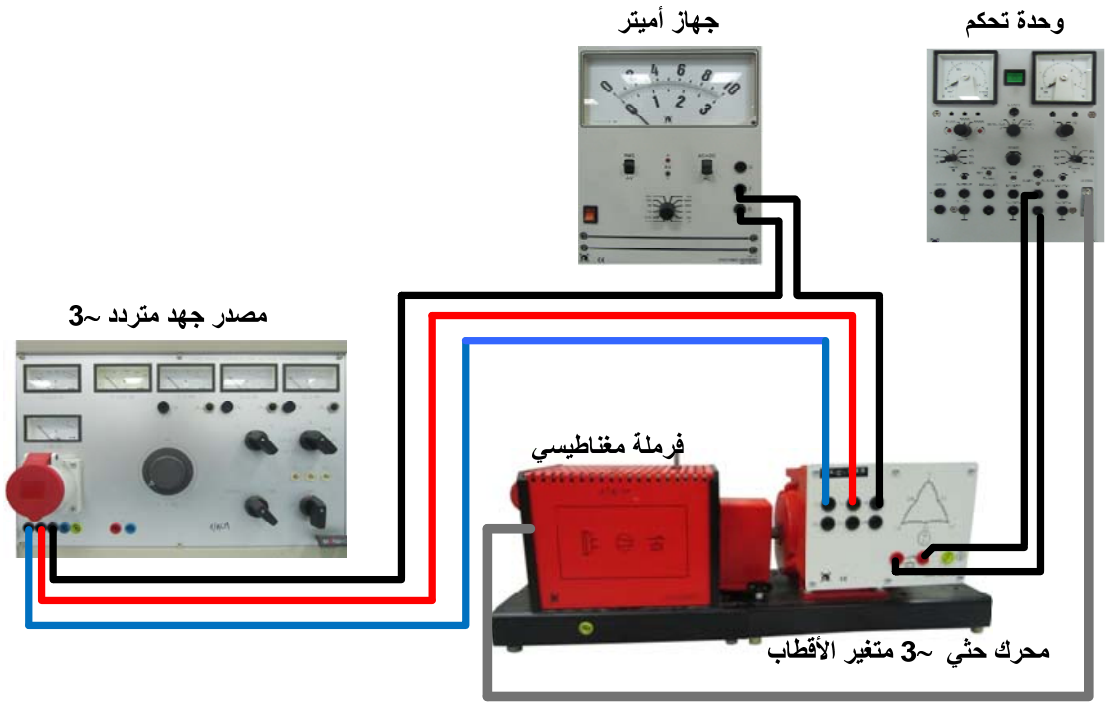
ثانيا : التحكم في السرعة باستخدام محرك حثي متغير الأقطاب

خطوات العمل :

1- قم بتوصيل ملفات المحرك كما هو موضح في الشكلين (5-5) و (5-6):



الشكل (5-5): الدائرة العلمية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه إذا كان عدد الأقطاب 4



الشكل (5-6): الدائرة التنفيذية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه إذا كان عدد الأقطاب 4

2- قم بربط فرملة مغناطيسية بعمود المحرك مع ضبطها على وظيفة قياس العزم.

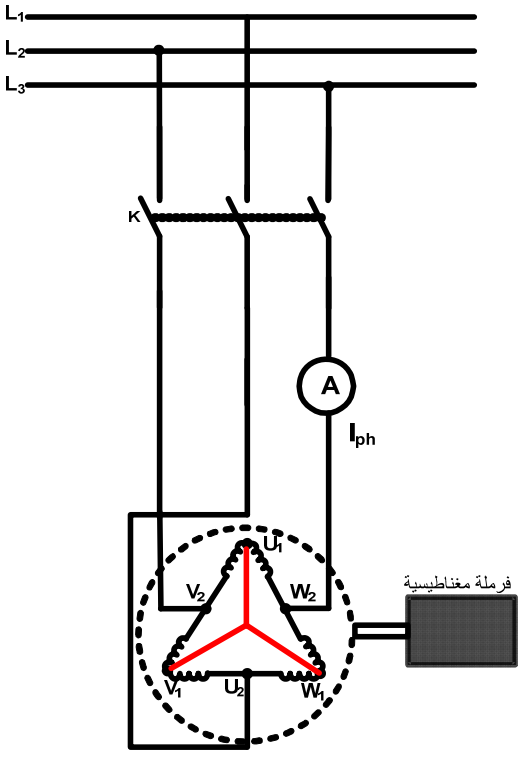
3- شغل المحرك و قم بتحميله تدريجيا وسجل في كل مرة قراءات العزم والسرعة والتيار في الجدول التالي:

T(Nm)						
n(rpm)						
I_{ph} (A)						

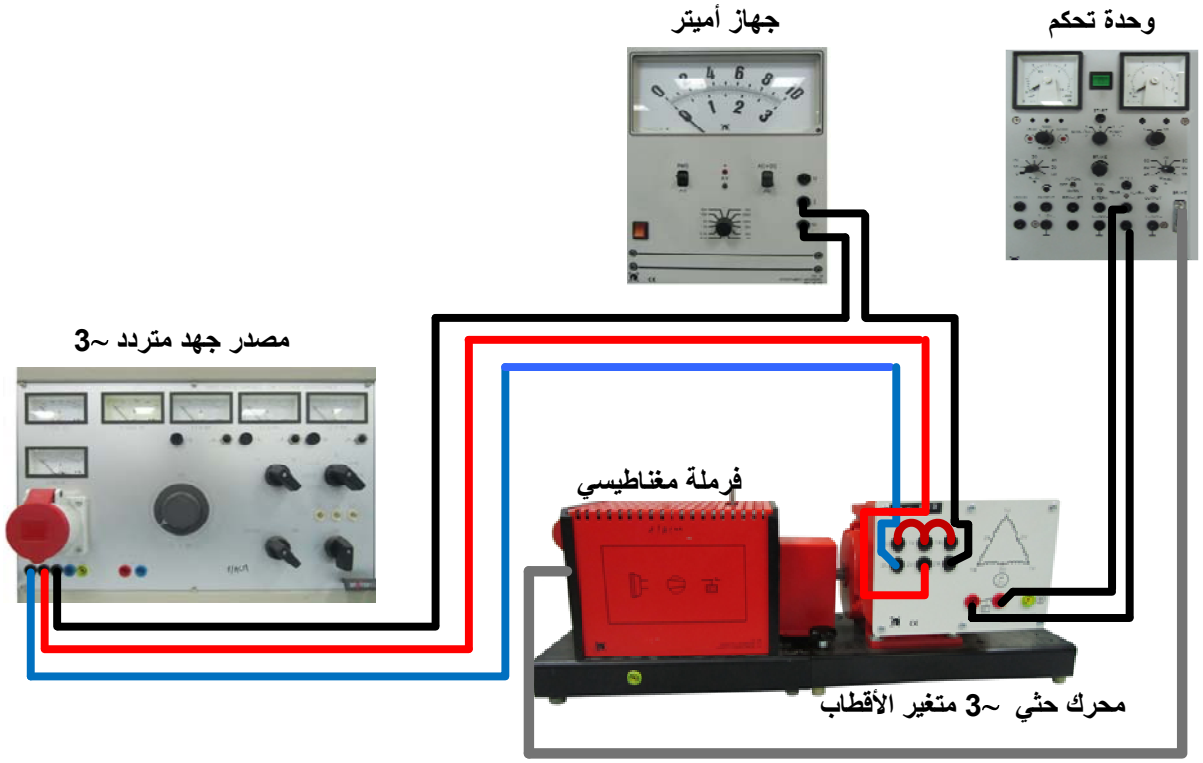
4- قم برسم المنحنيات التالية:

* $T=f(n)$
* $T=f(I_{ph})$

5- قم بتوصيل ملفات المحرك كما هو موضح في الشكلين (7-5) و (8-5):



الشكل (7-5): الدائرة العلمية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه إذا كان عدد الأقطاب 2



الشكل (8-5): الدائرة التنفيذية لمحرك حثي ثلاثي الأوجه إذا كان عدد الأقطاب 2

6- قم بربط فرملة مغناطيسية بعمود المحرك مع ضبطها على وظيفة قياس العزم.

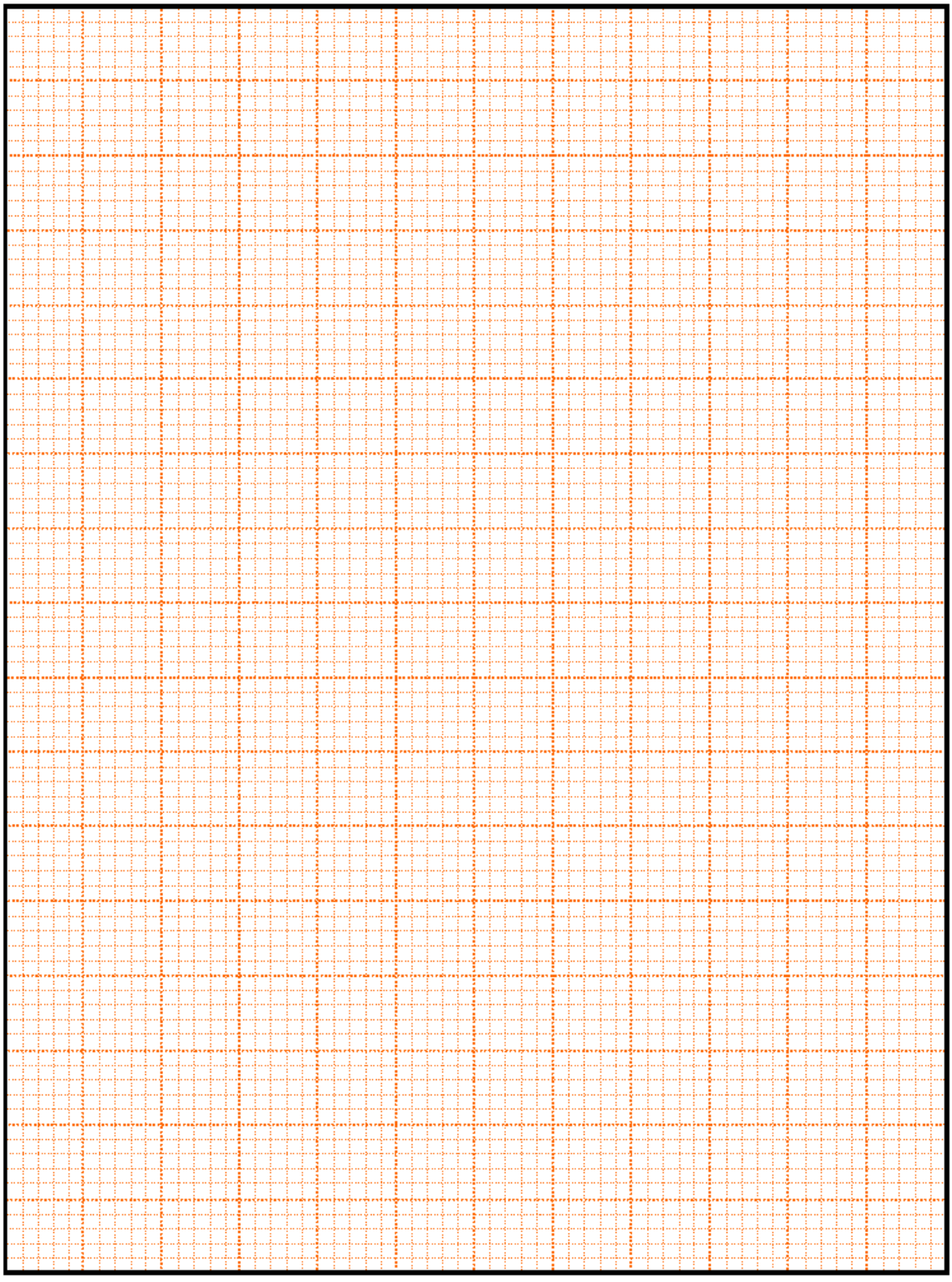
7- شغل المحرك و قم بتحميله تدريجيا وسجل في كل مرة قراءات العزم والسرعة والتيار في الجدول التالي:

T(Nm)						
n (rpm)						
I_{ph} (A)						

8- قم برسم المنحنيات التالية:

* $T=f(n)$
* $T=f(I_{ph})$

الرسم البياني :



الوحدة الثانية

المحركات الحثية أحادية الوجه

الهدف العام للوحدة: معرفة طرق بدء حركة المحركات الحثية أحادية الوجه وتعيين منحنى خواص المحرك ذو المكثف الدائم.

الأهداف التفصيلية:

1- أن يتعرف المتدرب على نظرية عمل المحرك الحثي أحادي الوجه.
2- أن يتعرف المتدرب على طرق بدء حركة المحرك الحثي أحادي الوجه.
3- أن يرسم المتدرب منحنى خواص المحرك ذو المكثف الدائم.

التجربة السادسة

طرق بدء حركة المحرك الحثي أحادي الأوجه

الهدف من التجربة :

دراسة طرق بدء الحركة للمحرك الحثي أحادي الوجه و رسم العلاقة بين العزم و السرعة للمحرك ذو المكثف الدائم.

أدوات التجربة :

محرك حثي أحادي الوجه ذو المكثفين وجهاز أميتر و فرملة مغناطيسية و محول ذاتي ثلاثي الأوجه و جهاز لقياس السرعة.

نظرية التجربة :

عند تغذية ملف العضو الثابت من مصدر جهد متردد، ذو موجة جيبيه مع الزمن، فإن موجة القوة الدافعة المغناطيسية المتولدة، تكون موزعة توزيعاً جيبياً في الثغرة الهوائية، وأيضاً متناسبة جيبياً مع الزمن، ويمكن كتابتها كدالة جيبيه في الفراغ والزمن كما توضح ذلك المعادلة (6-1):

$$F_1 = F_{1max}\ \cos(\omega_s \cdot t).\cos(\theta) \qquad (6-1)$$

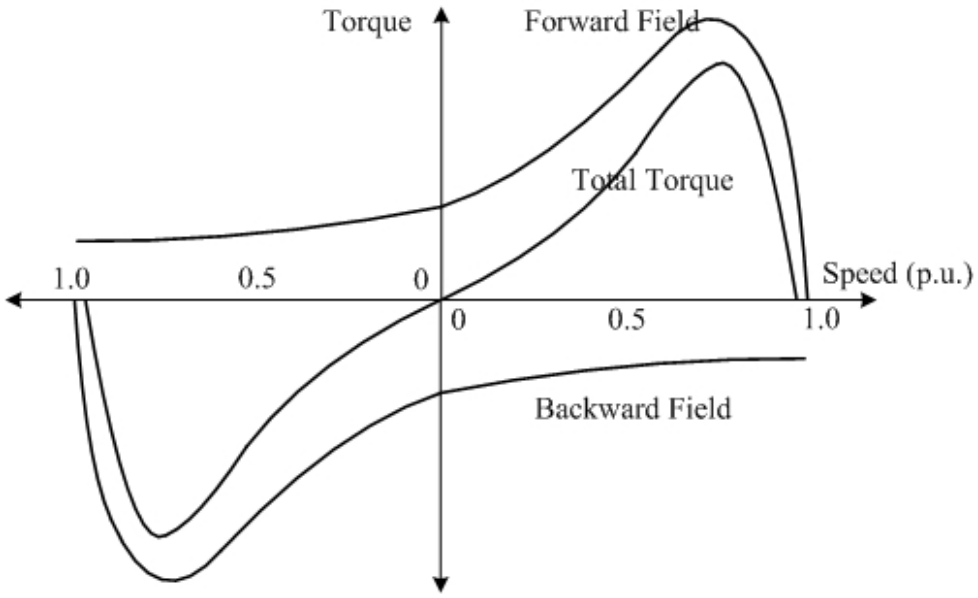
هذه القوة الدافعة المغناطيسية تولد مجالا مغناطيسيا، له نفس خواص التوزيع الجيبي في الثغرة الهوائية، والتناسب الجيبي مع الزمن، ويمكن تمثيله رياضيا بالمعادلة (6-2):

$$B_1 = B_{1max}\ \cos(\omega_s \cdot t).\cos(\theta) \qquad (6-2)$$

يمكن تحليل هذا المجال المغناطيسي إلى مجالين مغناطيسيين دوارين، الأول يدور عكس عقارب الساعة، و يسمى بالمجال الأمامي و الثاني يدور في اتجاه عقارب الساعة ويسمى بالمجال الخلفي، المعادلة (6-3) توضح هذا التحليل:

$$B_1 = \frac{1}{2} B_{1max}\ \cos(\theta - \omega_s \cdot t) + \frac{1}{2} B_{1max}\ \cos(\theta + \omega_s \cdot t) \qquad (6-3)$$

كل من هذين المجالين المغناطيسيين الدوارين يولد عزم دوران في الاتجاه الذي يدور فيه، كما في حالة المحركات الحثية ثلاثية الأوجه. إذا يمكننا الحصول على خواص المحرك الحثي أحادي الوجه، بجمع خواص محركين متماثلين، كل منهما ثلاثي الأوجه و يدور عكس الآخر. إذا قمنا برسم منحنى العلاقة بين العزم والسرعة، لكل من المجالين، نستطيع الحصول على منحنى خواص المحرك الحثي أحادي الوجه، كما هو مبين في الشكل (1-6).



الشكل (1-6): منحنى العزم مع السرعة للمجالين الأمامي والخلفي و المحصلة

في حالة سكون العضو الدوار وعند بدء الحركة يكون عزم الدوران الناتج عن المجال الأمامي، مساوياً ومضاداً في الاتجاه للعزم الناتج عن المجال الخلفي، مما يجعل محصلة عزم الدوران المؤثر على العضو الدوار مساوية للصفر فلا يكون هناك عزم لبدء الحركة، وهي إحدى خصائص هذا النوع من المحركات. ولكن إذا بدأ المحرك حركته الدورانية بوسيلة مساعدة في اتجاه معين فسيستمر في الدوران في نفس ذلك الاتجاه (يمكن اعتبار عزم الدوران الناشئ عن المجال الخلفي كعزم دوران فرملي يعيق حركة دوران المحرك).

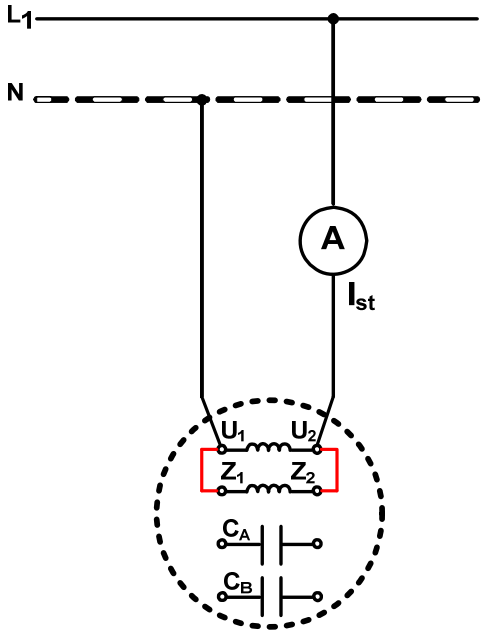
تصنف المحركات الحثية أحادية الوجه طبقاً للطريقة المستخدمة لبدء حركتها، فيما يلي نتناول المحركات الحثية أحادية الوجه الشائعة الاستخدام:

- البدء باستخدام الملف المساعد.
- البدء باستخدام مكثف.
- البدء باستخدام مكثفين.

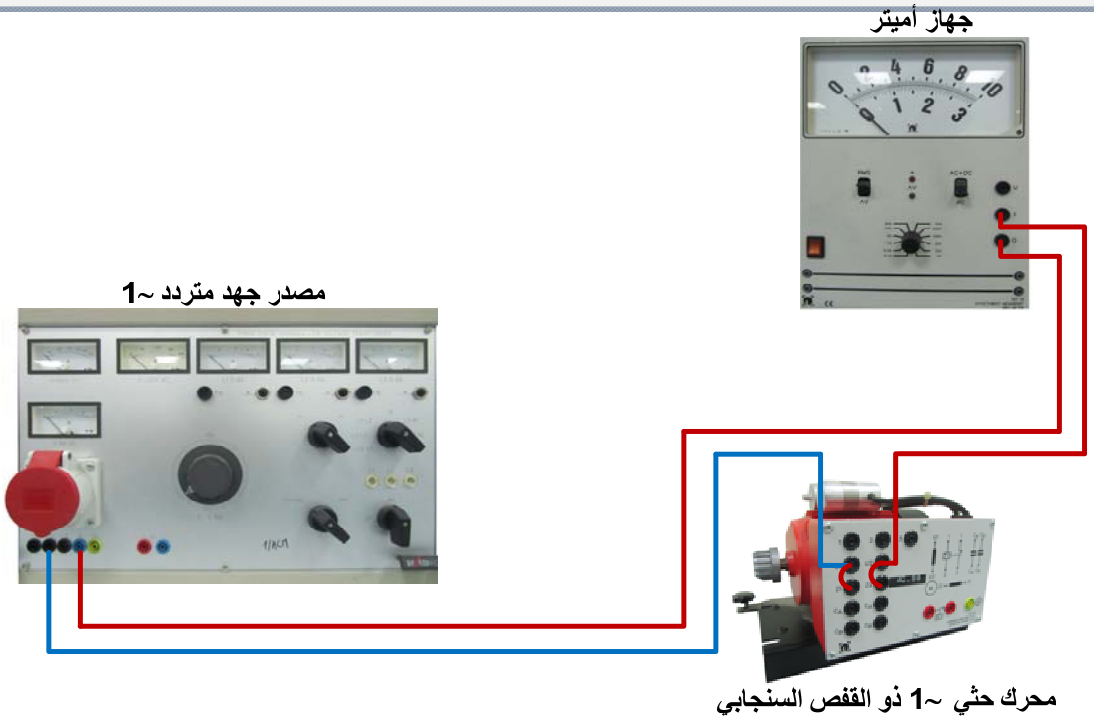
أولا : البدء باستخدام الملف المساعد

خطوات العمل :

1- قم بتوصيل ملفات المحرك كما هو موضح في الشكلين (2-6) و (3-6):



الشكل (2-6): الدائرة العلمية لمحرك حثي أحادي الوجه ذو الملف المساعد



الشكل (3-6): الدائرة التنفيذية لمحرك حثي أحادي الوجه ذو الملف المساعد

2- قم بتغذية المحرك من مصدر جهد متردد أحادي الوجه، ماذا تلاحظ ؟

.....

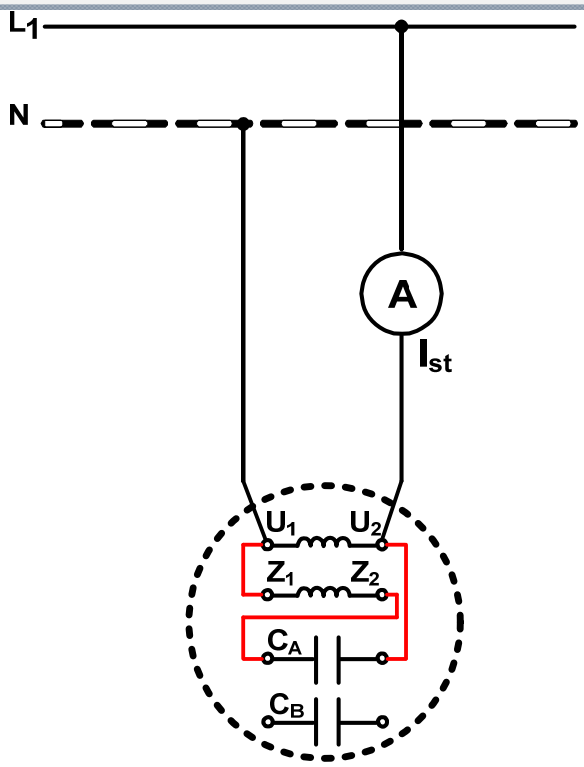
3- سجل قيمة التيار لحظة البدء.

I_{st}=.....A

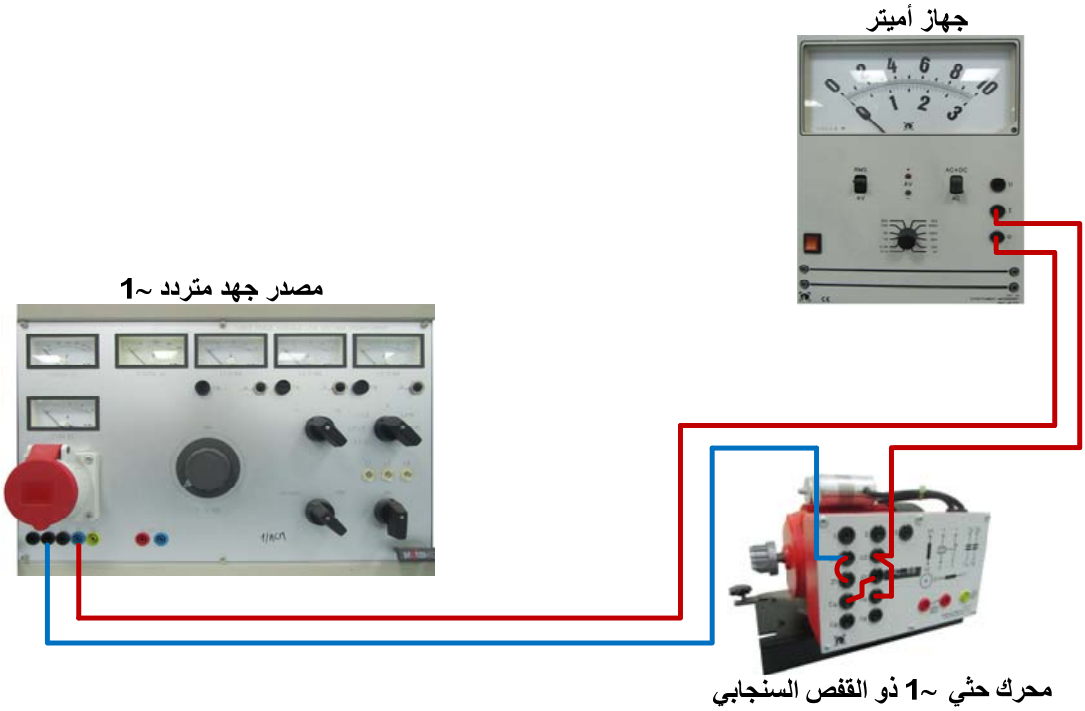
ثانيا : البدء باستخدام مكثف

خطوات العمل :

1- قم بتوصيل ملفات المحرك كما هو موضح في الشكلين (4-6) و (5-6):



الشكل (6-4): الدائرة العلمية لمحرك حثي أحادي الوجه ذو مكثف البدء



الشكل (6-5): الدائرة التنفيذية لمحرك حثي أحادي الوجه ذو مكثف البدء

2- قم بتغذية المحرك من مصدر جهد متردد أحادي الوجه، ماذا تلاحظ ؟

.....

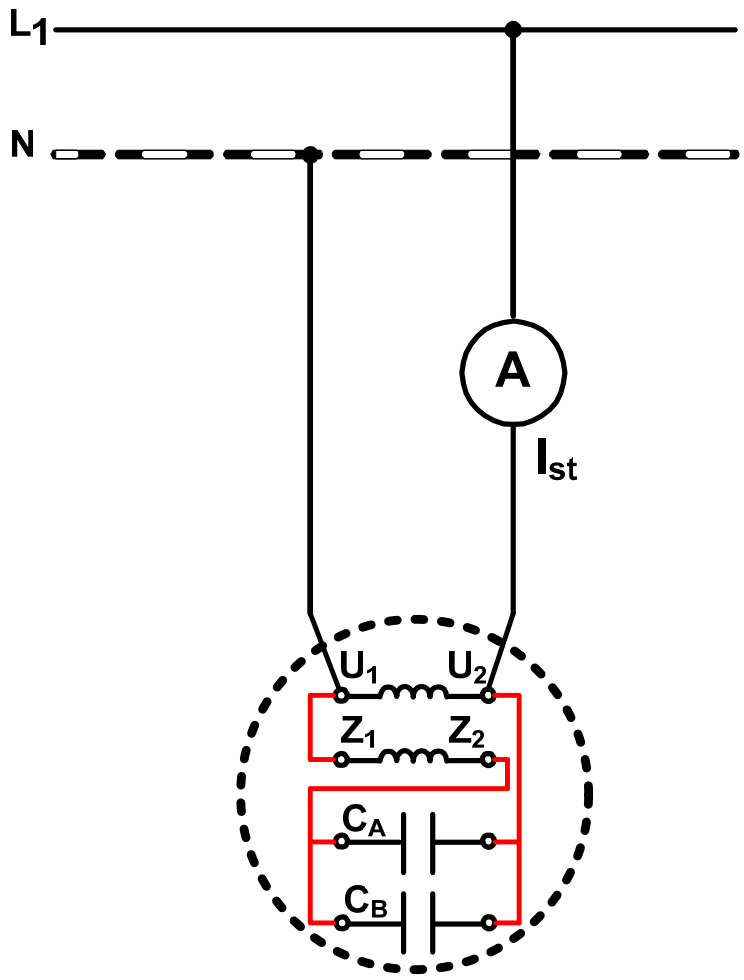
3- سجل قيمة التيار لحظة البدء.

I_{st}=.....A

ثالثا : البدء باستخدام مكثفين

خطوات العمل :

1- قم بتوصيل ملفات المحرك كما هو موضح في الشكلين (6-6) و (6-7):



الشكل (6-6): الدائرة العلمية لمحرك حثي أحادي الوجه ذو المكثفين

الشكل (6-7): الدائرة التنفيذية لمحرك حثي أحادي الوجه ذو المكثفين

2- قم بتغذية المحرك من مصدر جهد متردد أحادي الوجه، ماذا تلاحظ ؟

.....

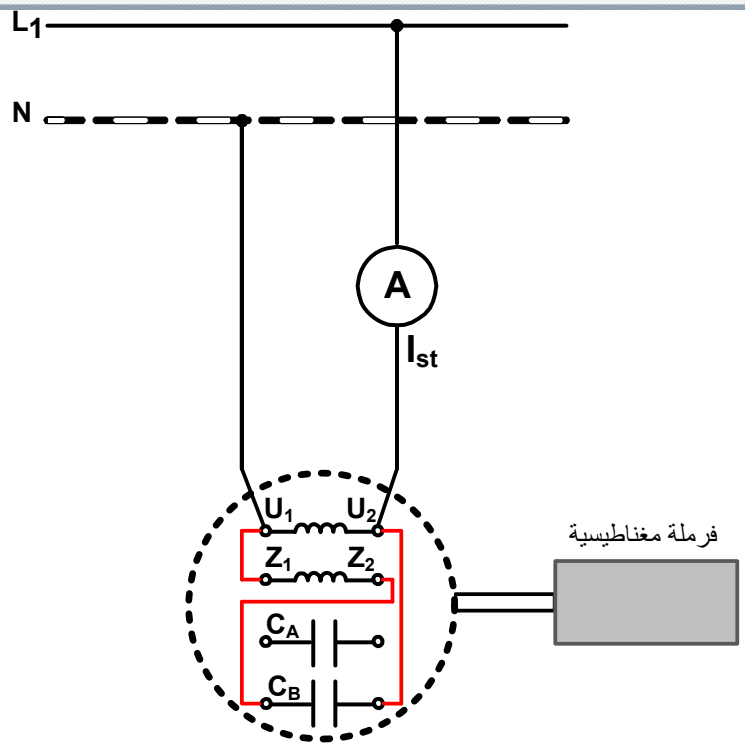
3- سجل قيمة التيار لحظة البدء.

I_{st}=.....A

منحنى خواص المحرك ذو المكثف الدائم

خطوات العمل:

1- قم بتوصيل ملفات المحرك كما هو موضح في الشكلين (6-8) و (6-9):



الشكل (6-8): الدائرة العلمية لمحرك حثي أحادي الوجه ذو المكثف الدائم

الشكل (6-9): الدائرة التنفيذية لمحرك حثي أحادي الوجه ذو المكثف الدائم

2- قم بربط فرملة مغناطيسية بعمود المحرك مع ضبطها على وظيفة قياس العزم.

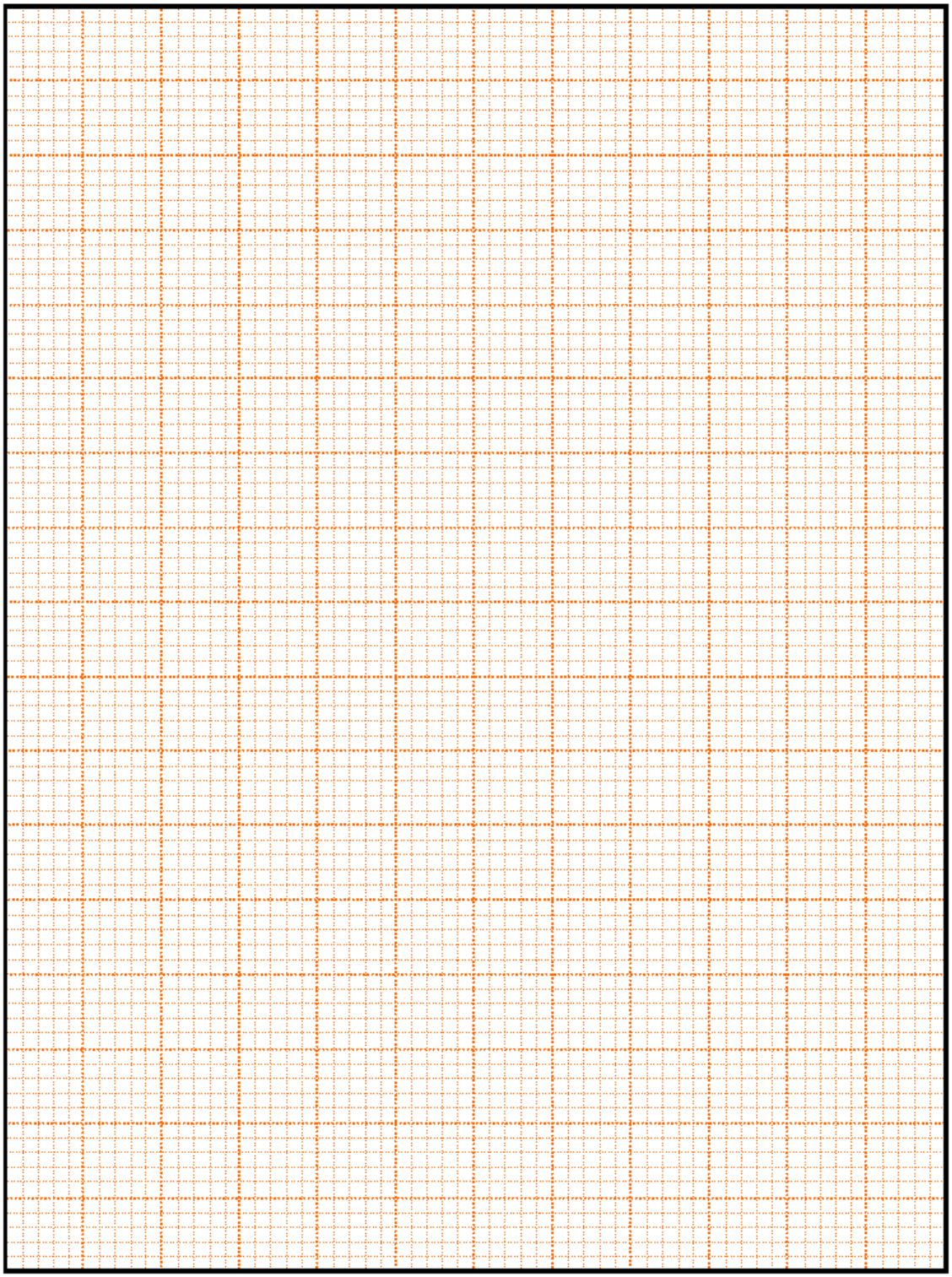
3- شغل المحرك و قم بتحميله تدريجيا وسجل في كل مرة قراءات العزم والسرعة والتيار في الجدول التالي:

T(Nm)						
n(rpm)						
I_{ph} (A)						

3- قم برسم المنحنيات التالية:

* $T=f(n)$
* $T=f(I_{ph})$

الرسم البياني :



الوحدة الثالثة

المولدات التزامنية ثلاثية الأوجه

الهدف العام للوحدة: تعيين عناصر الدائرة المكافئة و منحنيات الخواص للمولدات التزامنية ثلاثية الأوجه و كيفية ربطها على الشبكة العامة.

الأهداف التفصيلية:

1- أن يحدد المتدرب عناصر الدائرة المكافئة للمولد التزامني ثلاثي الأوجه.

2- أن يحدد المتدرب منحنيات الخواص للمولد التزامني ثلاثي الأوجه.

3- أن يتعرف المتدرب على كيفية ربط المولد التزامني ثلاثي الأوجه على الشبكة العامة.

التجربة السابعة

حساب عناصر الدائرة المكافئة للآلة التزامنية

الهدف من التجربة :

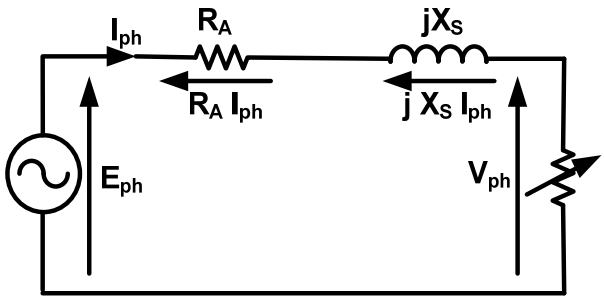
إجراء اختبارات اللاحمل والقصر و التيار المستمر للآلة التزامنية ثم رسم منحنى الدائرة المفتوحة ومنحنى القصر لحساب المفاعلة التزامنية للآلة.

أدوات التجربة :

آلة تزامنية ثلاثية الأوجه و محرك تيار مستمر و 3 أجهزة أميتر و جهاز فولتميتر و جهاز قياس السرعة.

نظرية التجربة :

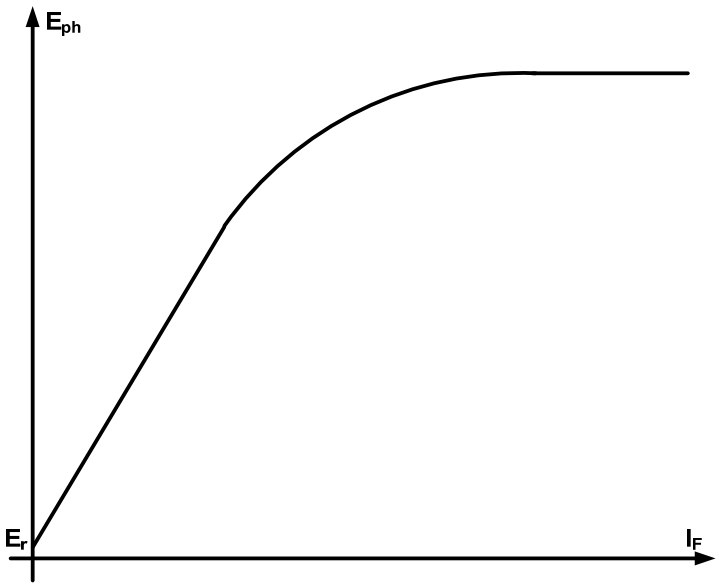
لحساب عناصر الدائرة المكافئة المبينة بالشكل (1-7) يجب إجراء الاختبارات التالية:



الشكل (1-7): الدائرة المكافئة لكل وجه لمولد تزامني ثلاثي الأوجه

1 - اختبار اللاحمل

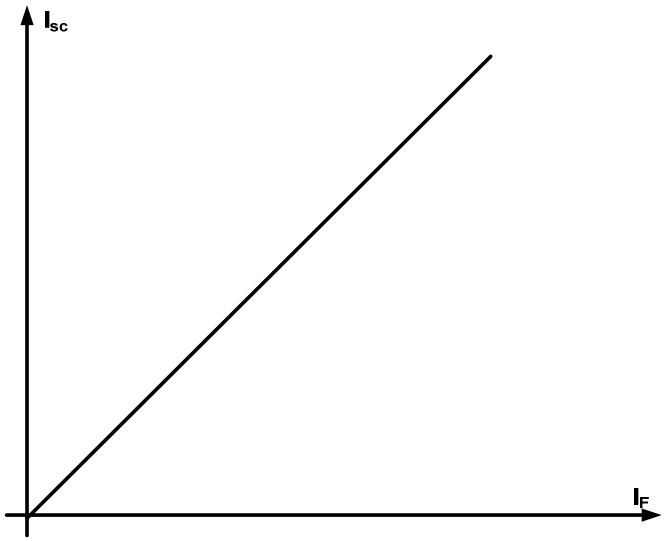
في هذا الاختبار تترك أطراف المنتج مفتوحة وتدار الآلة حتى تصل إلى سرعتها التزامنية ومن ثم تقع زيادة تيار المجال تدريجياً ابتداءً من الصفر، هذه الزيادة في تيار المجال تؤدي إلى زيادة الفيض المغناطيسي و بالتالي زيادة الجهد المتولد على أطراف المنتج المفتوحة وتسجل قيم التيار والجهد في جدول ثم ترسم العلاقة بينهما كما هو موضح في الشكل (2-7).



الشكل (2-7): منحنى اللاحمل

2- اختبار إعاقة الحركة

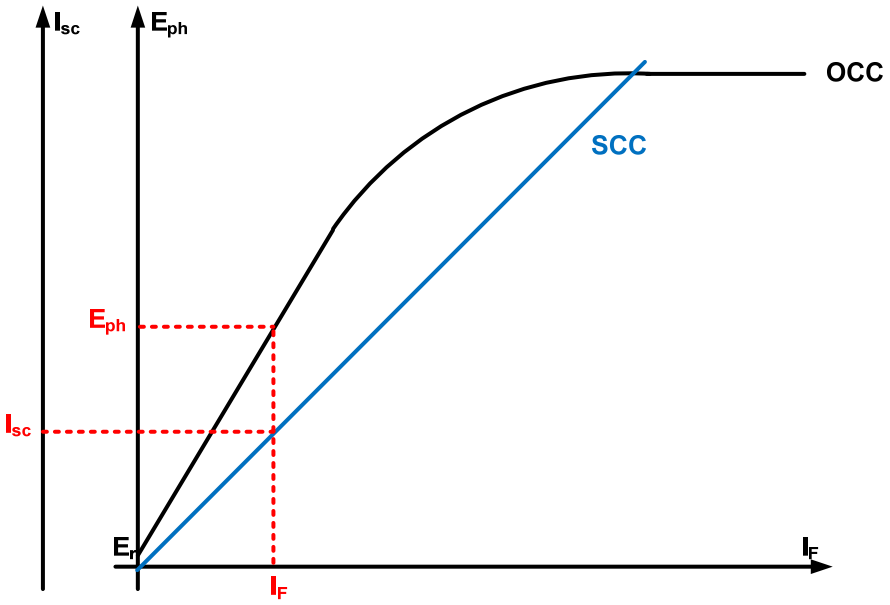
في هذا الاختبار تقصر أطراف المنتج الثلاثة مع بعضها البعض وتدار الآلة حتى تصل إلى السرعة التزامنية ثم تقع زيادة تيار المجال تدريجياً وتسجل قيمة تيار المنتج وقيمة تيار المجال المقابلة في جدول ثم ترسم العلاقة بينهما كما هو موضح في الشكل (3-7):



الشكل (3-7): منحنى القصر

يمكن حساب الممانعة التزامنية (X_S) للآلة التزامنية باستخدام منحنى اللاحمل (O.C.C) ومنحنى القصر (S.C.C) كما يلي:

1- يقع اختيار قيمة لتيار المجال I_F قبل التشبع يتم من خلالها تحديد القوة الدافعة الكهربائية المتولدة E_{ph} و تيار القصر I_{sc} كما هو موضح في الشكل (4-7):



الشكل (4-7): منحنى اللاحمل والقصر

2- تحسب المعاوقة التزامنية (Z_S) من المعادلة التالية:

$$Z_S = \frac{E_{ph}}{I_{SC}} \qquad (7-1)$$

3- تحسب (X_S) من المعادلة التالية:

$$X_S = \sqrt{Z_S^2 - R_A^2} \qquad (7-2)$$

حيث R_A هي مقاومة ملفات المنتج ويمكن حسابها من اختبار التيار المستمر كما سيوضح لاحقا.

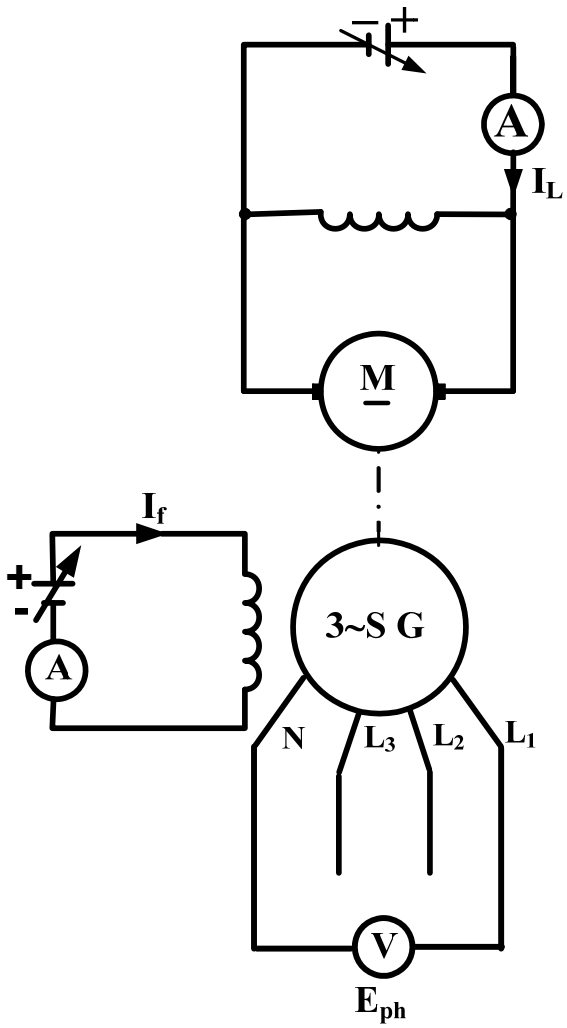
أولاً : اختبار اللاحمل

خطوات العمل :

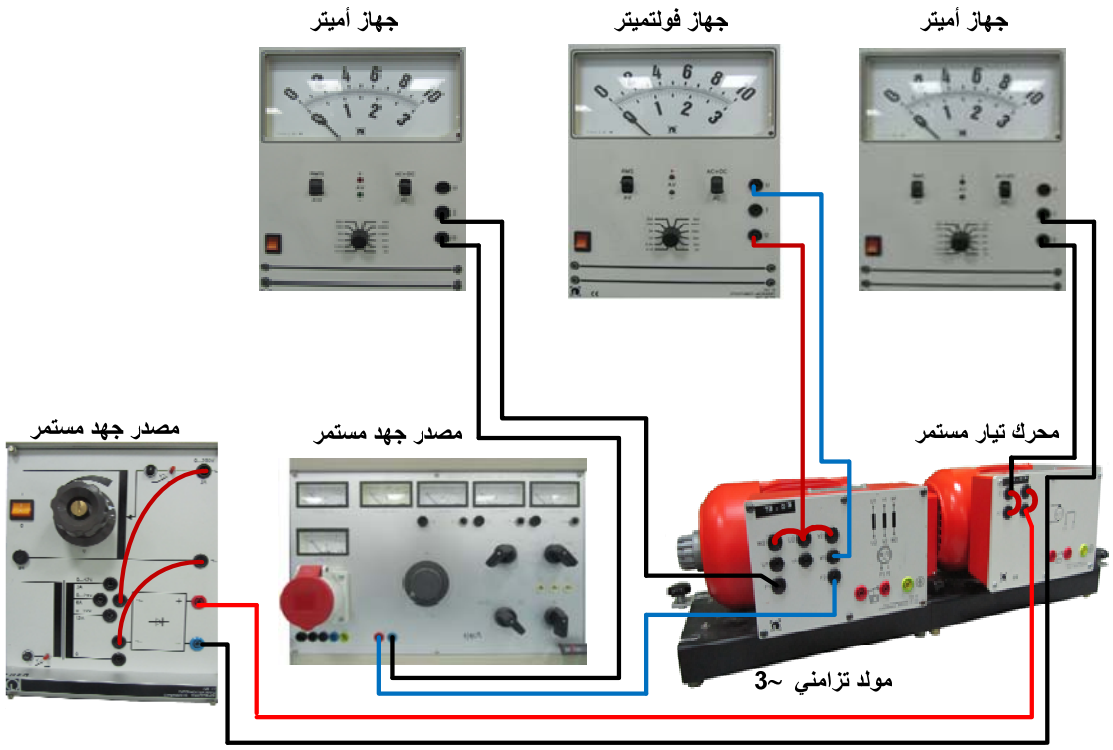
1- قم بربط محور الدوران لمحرك التيار المستمر بمحور دوران الآلة التزامنية ثم قم بتغذيته من مصدر جهد مستمر مناسب.

2- قم بتغذية ملفات المجال من مصدر جهد مستمر مناسب.

3- وصل ملفات المنتج على شكل نجمة ثم اترك أطرافه مفتوحة بعد توصيل جهاز فولتميتر بين أي أحد الأطراف الثلاثة و المحايد كما هو موضح في الشكلين (5-7) و (6-7):



الشكل (5-7): الدائرة العلمية لمولد تزامني ثلاثي الأوجه أثناء اختبار اللاحمل



الشكل (5-7): الدائرة التنفيذية لمولد تزامني ثلاثي الأوجه أثناء اختبار اللاحمل

4- قم بتشغيل محرك التيار المستمر حتى تصل سرعته إلى السرعة التزامنية للمولد.

5- عند قيمة تيار المجال صفر سجل قيمة الجهد المتولد على أطراف المولد.

6- قم بزيادة تيار المجال تدريجيا و سجل في كل مرة قيمة القوة الدافعة الكهربائية المتولدة مع الحرص على أن تبقى السرعة ثابتة طيلة التجربة.

7- دون القراءات في الجدول التالي ثم ارسم العلاقة بين تيار المجال I_F و القوة الدافعة الكهربائية المتولدة E_{Ph} .

E_{ph} (v)							
I_F (A)							

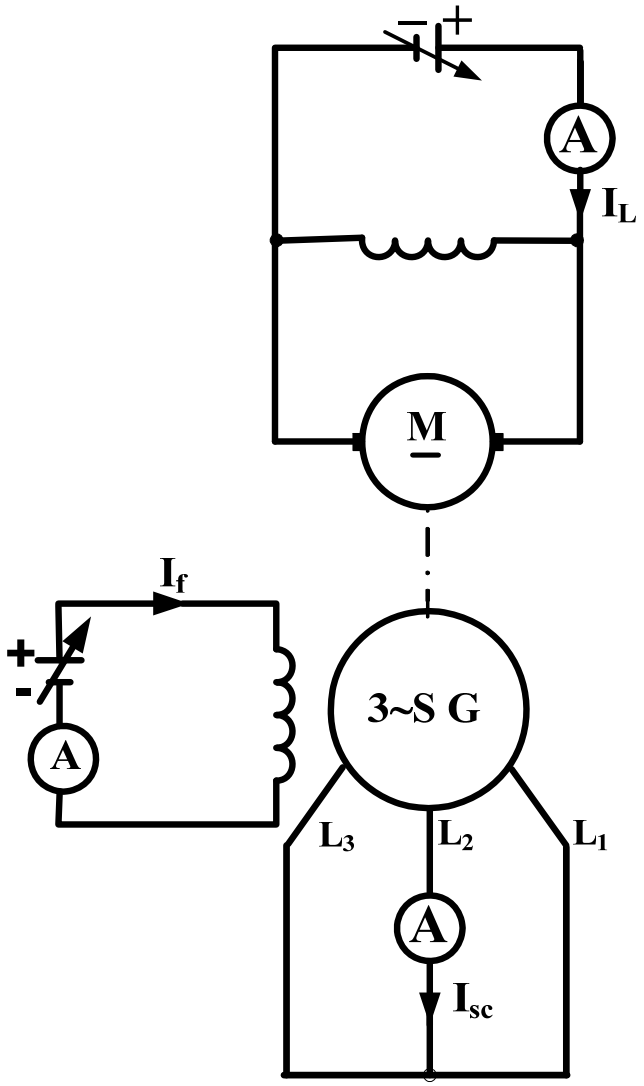
ثانياً : اختبار القصر

خطوات العمل :

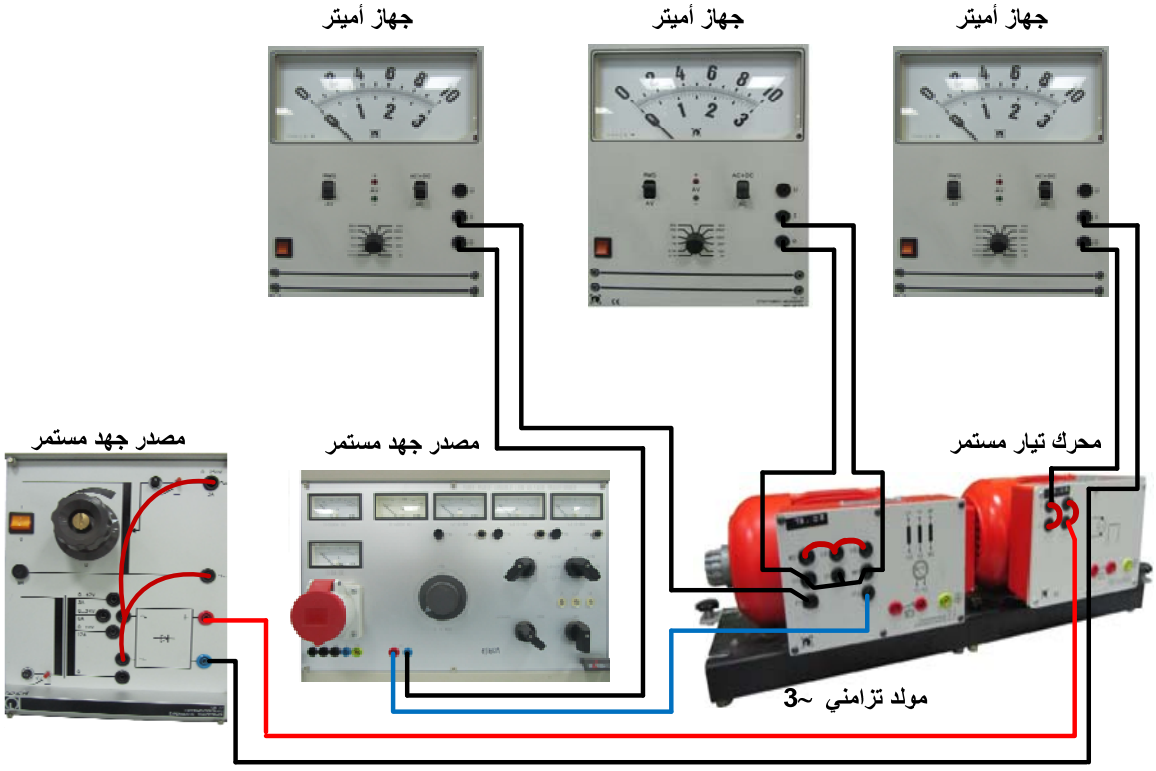
1- قم بربط محور الدوران لمحرك التيار المستمر بمحور دوران الآلة التزامنية ثم قم بتغذيته من مصدر جهد مستمر مناسب.

2- قم بتغذية ملفات المجال من مصدر جهد مستمر مناسب.

3- وصل ملفات المنتج على شكل نجمة ثم قم بقصر أطرافه مع بعضها البعض عن طريق جهاز أميتر كما هو موضح في الشكلين (7-7) و (8-7):



الشكل (7-7): الدائرة العلمية لمولد تزامني ثلاثي الأوجه أثناء اختبار القصر



الشكل (8-7): الدائرة التنفيذية لمولد تزامني ثلاثي الأوجه أثناء اختبار القصر

4- قم بتشغيل محرك التيار المستمر حتى تصل سرعته إلى السرعة التزامنية للمولد.

5- اضبط قيمة تيار المجال على الصفر ثم سجل قيمة التيار المار في المنتج I_{SC}.

6- قم بزيادة تيار المجال تدريجيا و سجل في كل مرة قيمة تيار المنتج مع الحرص على أن تبقى السرعة ثابتة طيلة التجربة و أن لا يتجاوز تيار المنتج التيار المقنن.

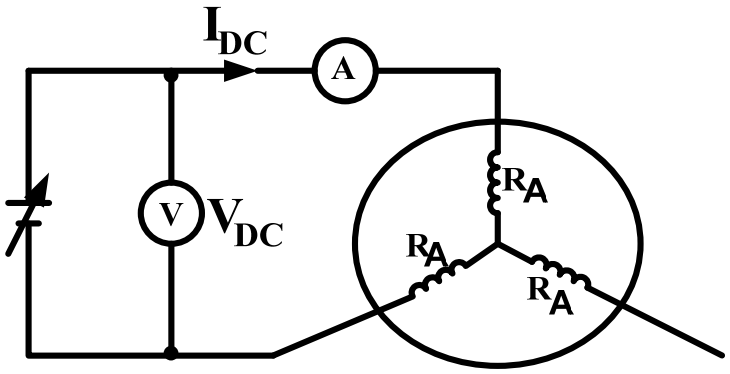
7- دون القراءات في الجدول التالي ثم ارسم العلاقة بين تيار المجال I_F وتيار القصر I_{SC}.

I_{sc} (A)							
I_F (A)							

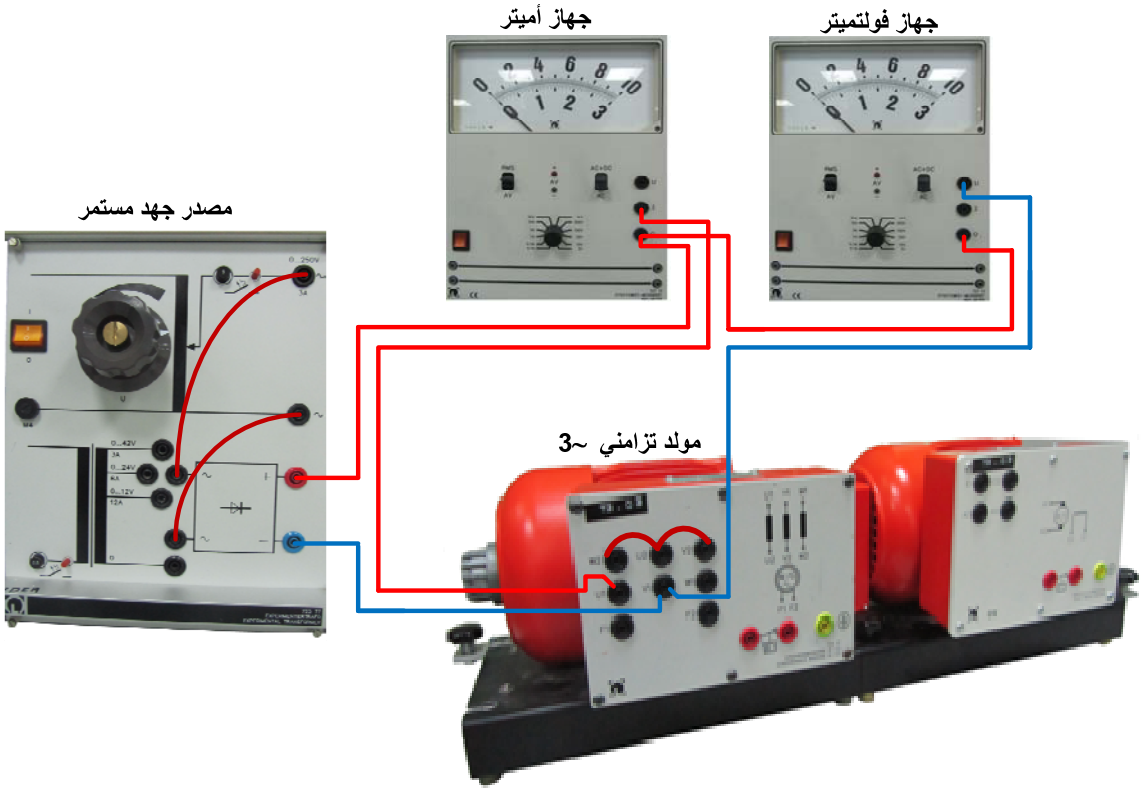
ثالثًا : اختبار التيار المستمر

خطوات العمل :

1- قم بتوصيل أطراف المولد بمصدر تيار مستمر كما هو موضح في الشكلين (7-9) و (7-10):



الشكل (7-9): الدائرة العلمية لمولد تزامني ثلاثي الأوجه أثناء اختبار التيار المستمر



الشكل (7-10): الدائرة التنفيذية لمولد تزامني ثلاثي الأوجه أثناء اختبار التيار المستمر

2- قم بزيادة الجهد تدريجياً حتى يصل التيار إلى القيمة المقننة.

3- سجل قراءات الجهد والتيار.

V_{DC}=……..V I_{DC}=……..A

4- قم بحساب قيمة R_1 طبقاً للمعادلة التالية:

$$R_A = \frac{V_{DC}}{2 \times I_{DC}} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\Omega$$

5- من نتائج اختباري اللاحمل والقصر ارسم العلاقة بين تيار المجال من جهة و القوة الدافعة الكهربائية المتولدة و تيار القصر من جهة أخرى على نفس المنحنى.

6- قم بحساب قيمة المعاوقة التزامنية Z_S طبقاً للمعادلة (7-1).

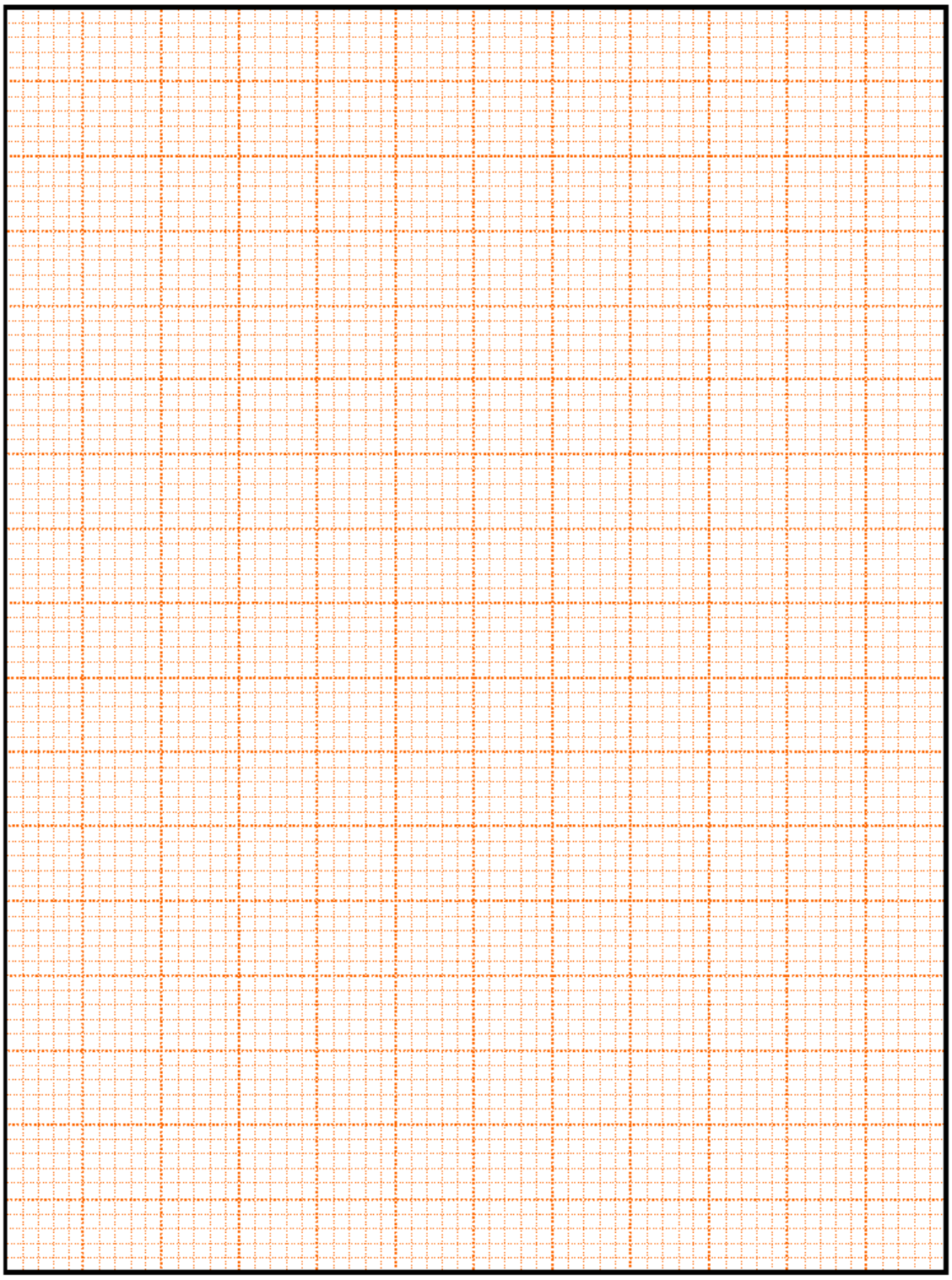
……

7- قم بحساب قيمة الممانعة التزامنية X_S طبقاً للمعادلة (7-2).

……

8- ارسم الدائرة المكافئة موضحاً عليها القيم التي قمت بحسابها.

الرسم البياني :



التجربة الثامنة

تسجيل منحنيات خواص المولد التزامني ثلاثي الأوجه

الهدف من التجربة :

تسجيل منحنيات التيار والقدرة الخارجة والسرعة كدالة للعزم .

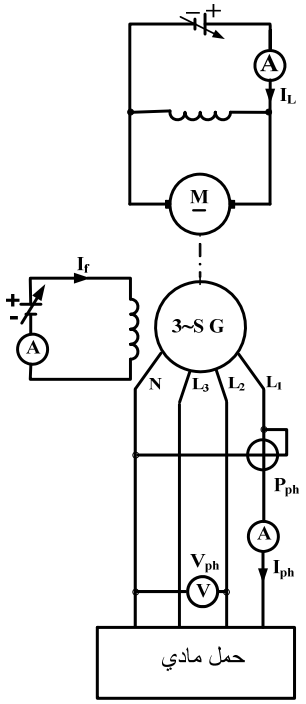
أدوات التجربة :

مولد تزامني ثلاثي الأوجه و محرك تيار مستمر توازي و ثلاثة أجهزة أميتر وجهاز فولتميتر و جهاز قياس القدرة و حمل مادي و حمل حثي و حمل سعوي و جهاز قياس السرعة.

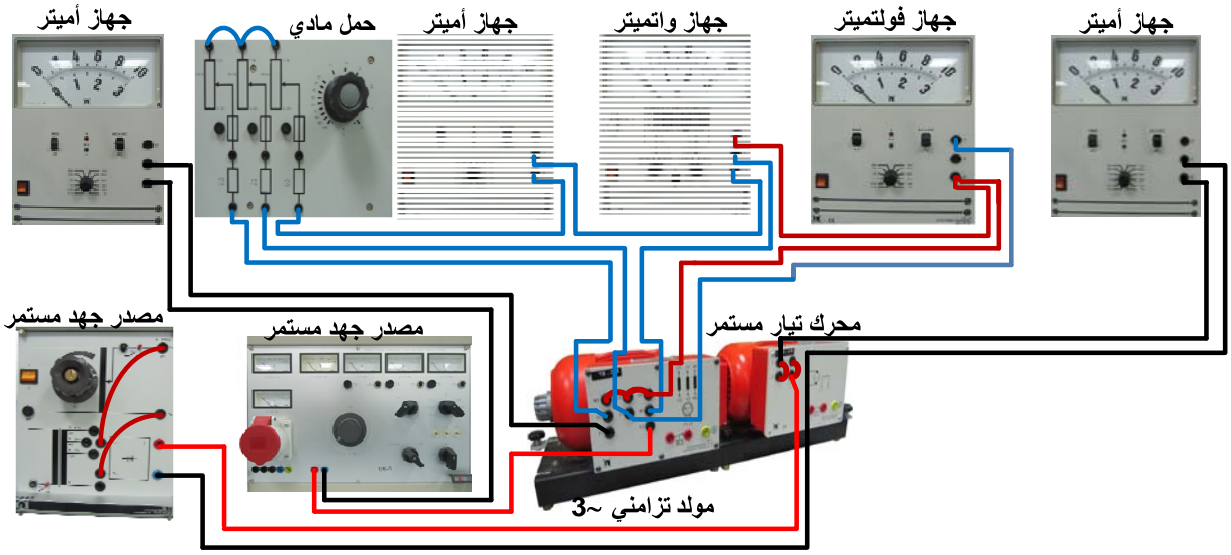
أولا : حالة الحمل المادي

خطوات العمل :

1- قم بتوصيل ملفات المولد على شكل نجمة ثم قم بربطه ميكانيكيا بمحرك تيار مستمر مناسب بعد توصيل أجهزة القياس كما هو موضح في الشكلين (8-1) و (8-2):



الشكل (8-1): الدائرة العلمية لمولد تزامني ثلاثي الأوجه في حالة حمل مادي



الشكل (2-8): الدائرة التنفيذية لمولد تزامني ثلاثي الأوجه في حالة حمل مادي

2- قم بتشغيل محرك التيار المستمر حتى تصل سرعته إلى السرعة التزامنية للمولد.

3- اضبط تيار المجال على القيمة المقننة المدونة على لوحة بيانات المولد.

4- انطلاقا من أعلى قيمة للحمل و بتخفيفه تدريجيا سجل في كل مرة التيار و الجهد و القدرة مع الحرص على أن تبقى السرعة ثابتة طيلة التجربة.

5- دون القراءات في الجدول التالي:

V_{ph} (V)								
I_{ph} (A)								
$P_o = 3 \times P_{ph}$ (W)								
$Q_o = 3 \times Q_{ph}$ (VAR)								

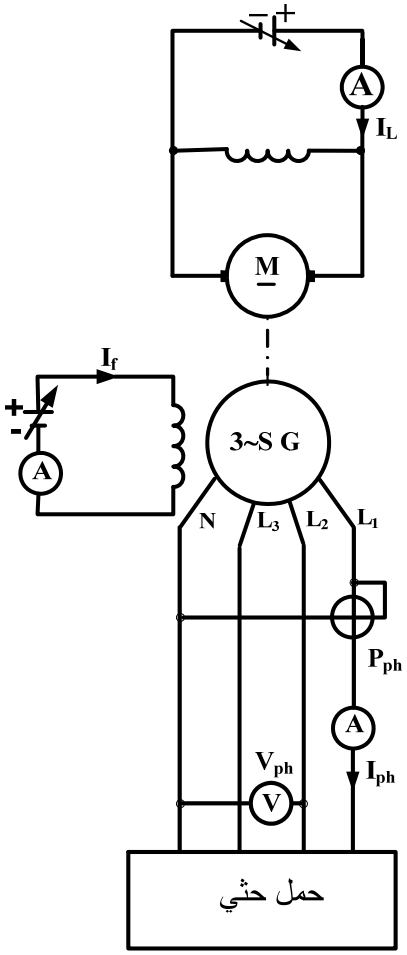
6- قم برسم المنحنيات التالية:

* $V_{ph}=f(I_{ph})$
* $P_o=f(I_{ph})$

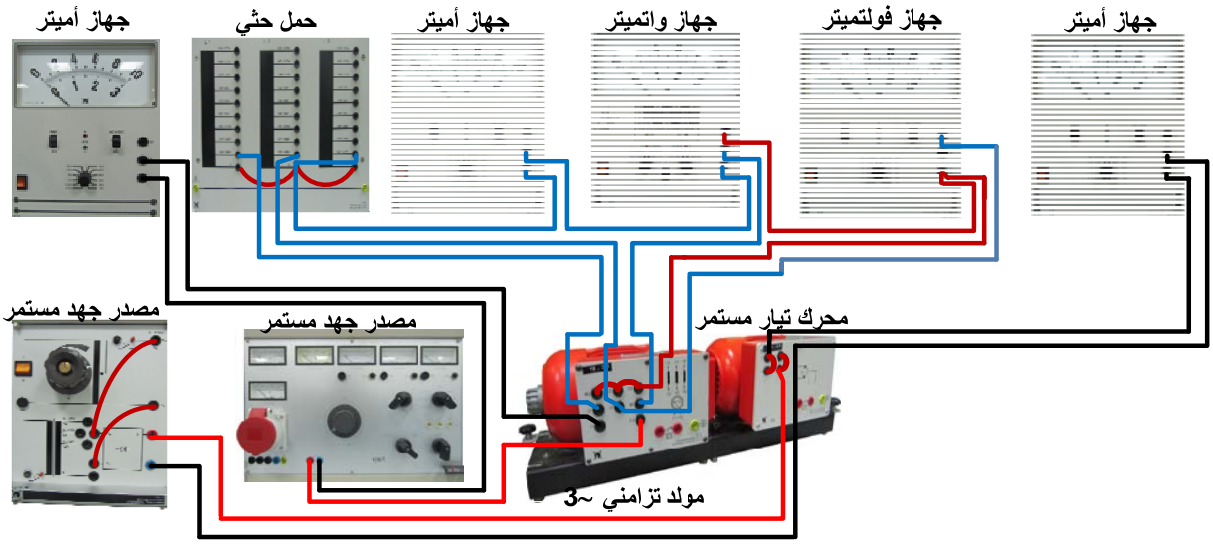
ثانيا : حالة الحمل الحثي

خطوات العمل :

1- قم بتوصيل ملفات المولد على شكل نجمة ثم قم بربطه ميكانيكيا بمحرك تيار مستمر مناسب بعد توصيل أجهزة القياس كما هو موضح في الشكلين (8-3) و (8-4):



الشكل (8-3): الدائرة العلمية لمولد تزامني ثلاثي الأوجه في حالة حمل حثي



الشكل (4-8): الدائرة التنفيذية لمولد تزامني ثلاثي الأوجه في حالة حمل حثي

2- قم بتشغيل محرك التيار المستمر حتى تصل سرعته إلى السرعة التزامنية للمولد.

3- اضبط تيار المجال على القيمة المقننة المدونة على لوحة بيانات المولد.

4- انطلاقا من اصغر قيمة للحمل و برفعه تدريجيا سجل في كل مرة التيار و الجهد و القدرة مع الحرص على أن تبقى السرعة ثابتة طيلة التجربة.

5- دون القراءات في الجدول التالي:

V_{ph} (V)								
I_{ph} (A)								
$P_o = 3 \times P_{ph}$ (W)								
$Q_o = 3 \times Q_{ph}$ (VAR)								

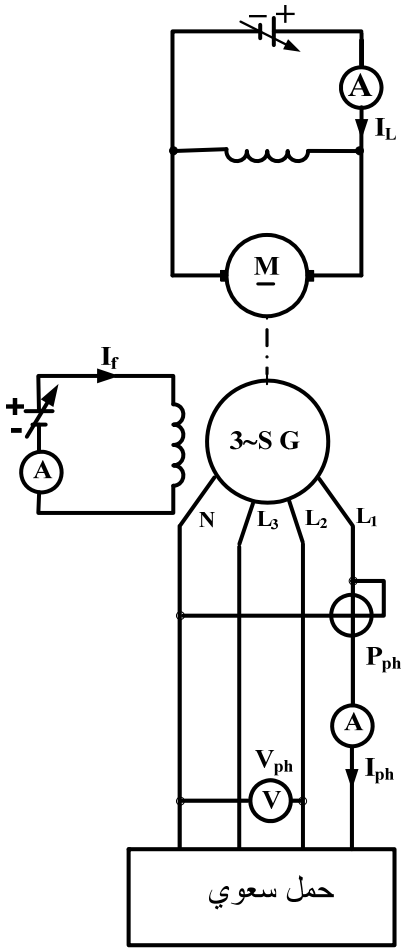
6- قم برسم المنحنيات التالية:

* $V_{ph}=f(I_{ph})$
* $Q_o=f(I_{ph})$

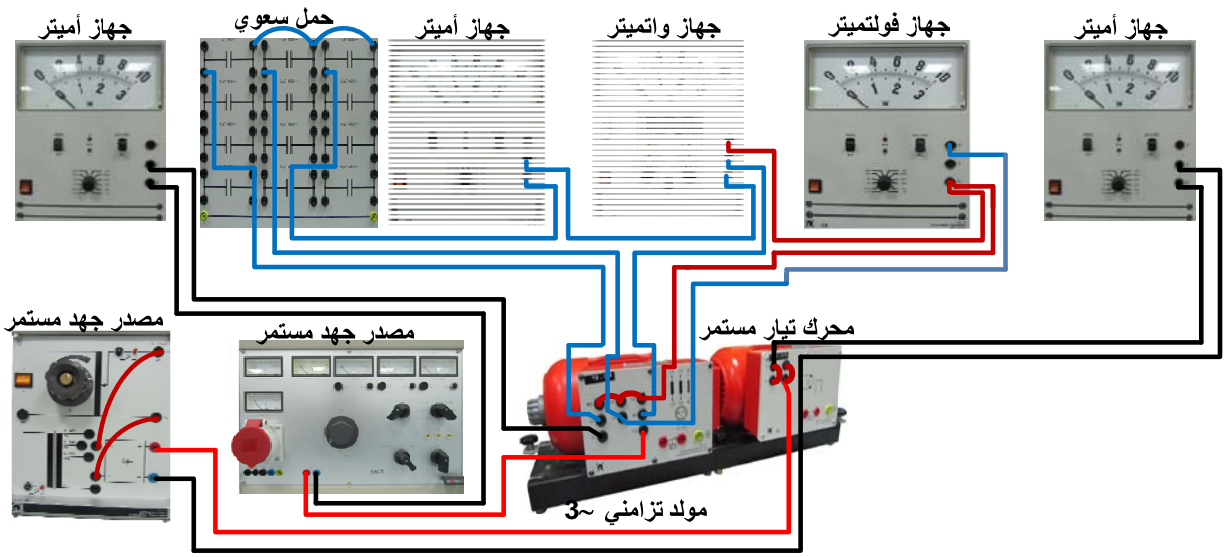
ثالثا : حالة الحمل السعوي

خطوات العمل :

1- قم بتوصيل ملفات المولد على شكل نجمة ثم قم بربطه ميكانيكيا بمحرك تيار مستمر مناسب بعد توصيل أجهزة القياس كما هو موضح في الشكلين (5-8) و (6-8):



الشكل (5-8): الدائرة العلمية لمولد تزامني ثلاثي الأوجه في حالة حمل سعوي



الشكل (6-8): الدائرة التنفيذية لمولد تزامني ثلاثي الأوجه في حالة حمل سعوي

2- قم بتشغيل محرك التيار المستمر حتى تصل سرعته إلى السرعة التزامنية للمولد.

3- اضبط تيار المجال على القيمة المقننة المدونة على لوحة بيانات المولد.

4- انطلاقا من اصغر قيمة للحمل و برفعه تدريجيا سجل في كل مرة التيار و الجهد و القدرة مع الحرص على أن تبقى السرعة ثابتة طيلة التجربة.

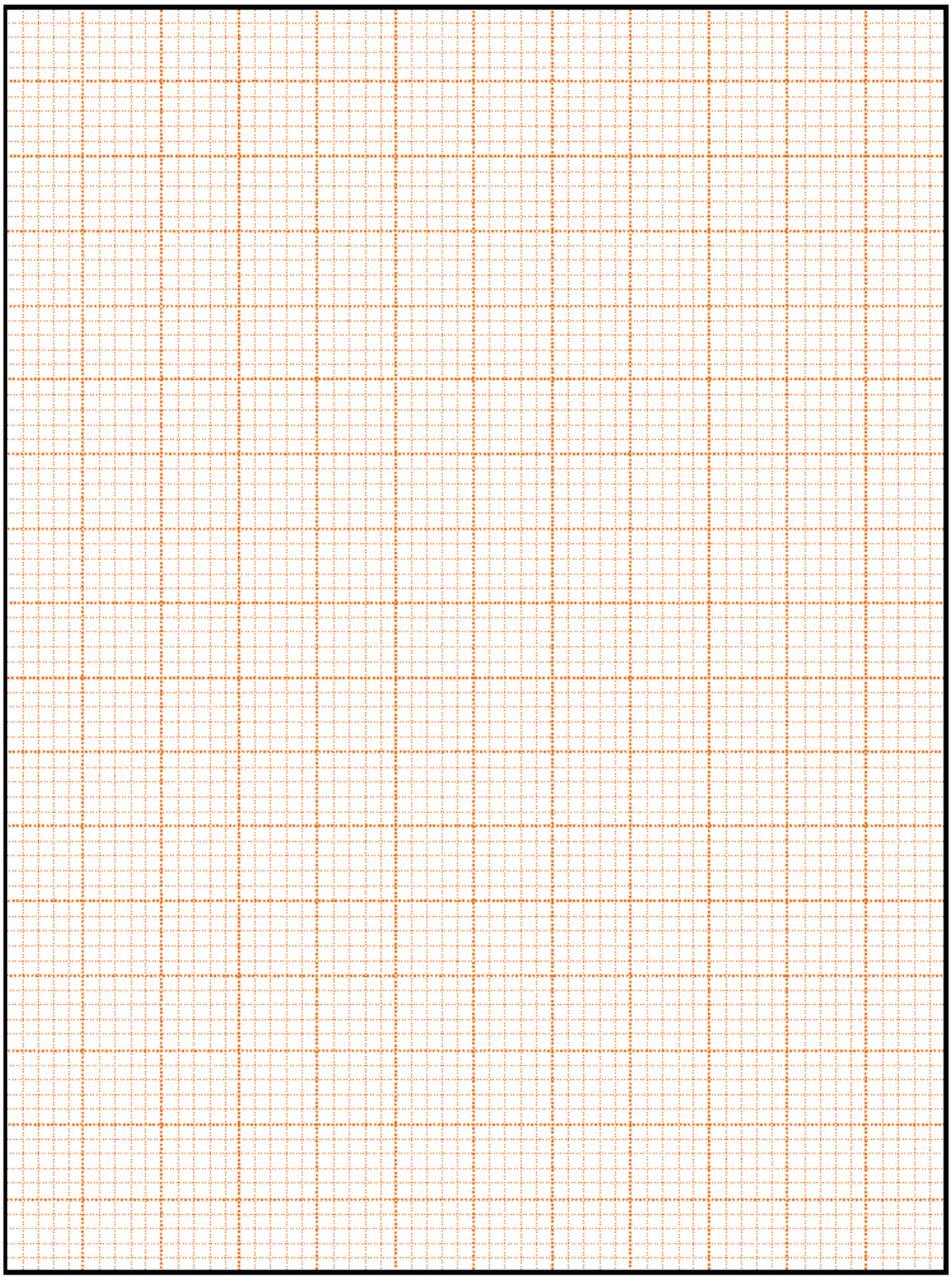
5- دون القراءات في الجدول التالي:

V_{ph} (V)								
I_{ph} (A)								
$P_o = 3 \times P_{ph}$ (W)								
$Q_o = 3 \times Q_{ph}$ (VAR)								

6- قم برسم المنحنيات التالية:

* $V_{ph}=f(I_{ph})$
* $Q_o=f(I_{ph})$

الرسم البياني :



4- صف كيفية تغير كل مما يلي مع تغير الحمل (التيار).

❖ في حالة الحمل المادي

* الجهد

.....

* القدرة

.....

❖ في حالة الحمل الحثي

* الجهد

.....

* القدرة

.....

❖ في حالة الحمل السعوي

* الجهد

.....

* القدرة

.....

التجربة التاسعة

ربط المولد التزامني على الشبكة العامة

الهدف من التجربة :

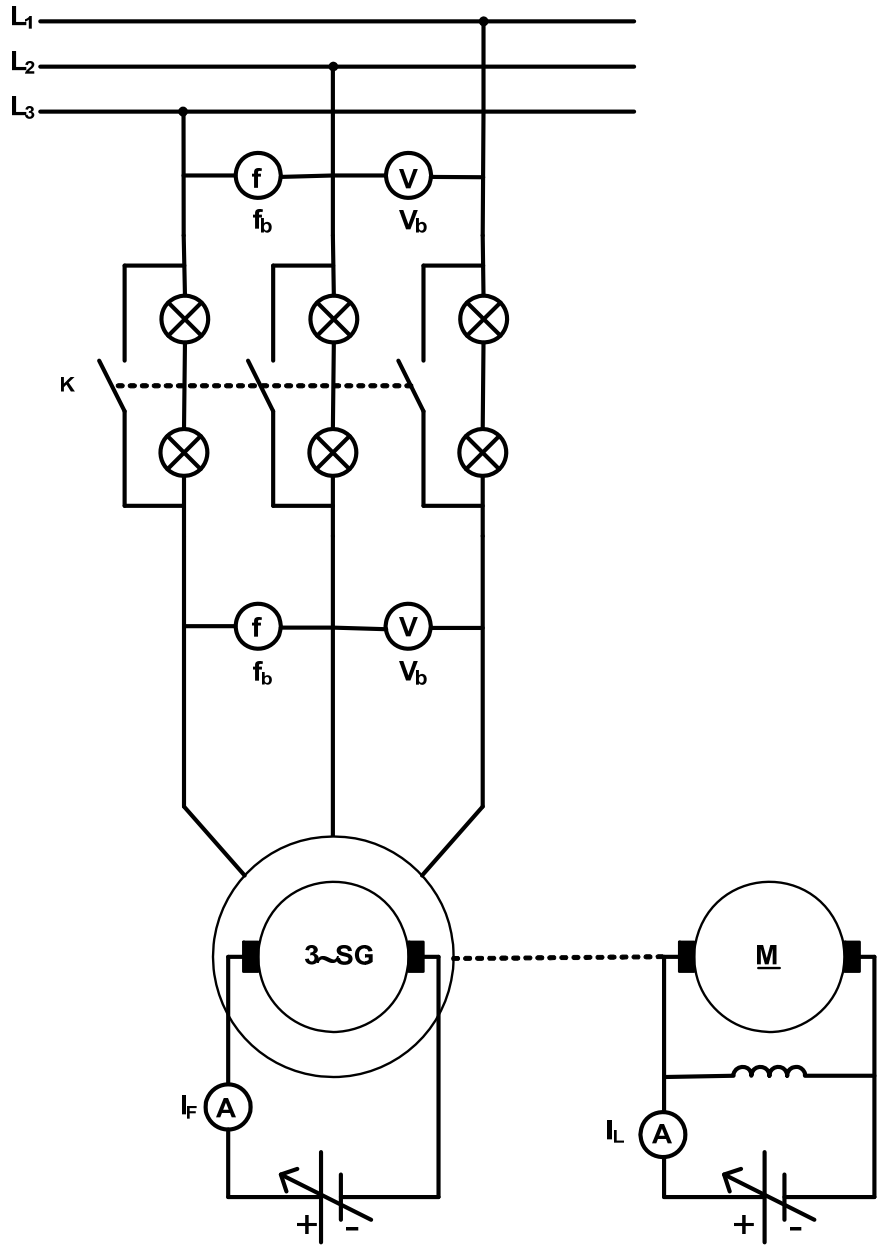
إجراء عملية التزامن باستخدام طريقة المصابيح من أجل ربط المولد التزامني بقضيب لا نهائي (الشبكة العامة) بعد التأكد من تحقق شروط التزامن الأربعة.

أدوات التجربة :

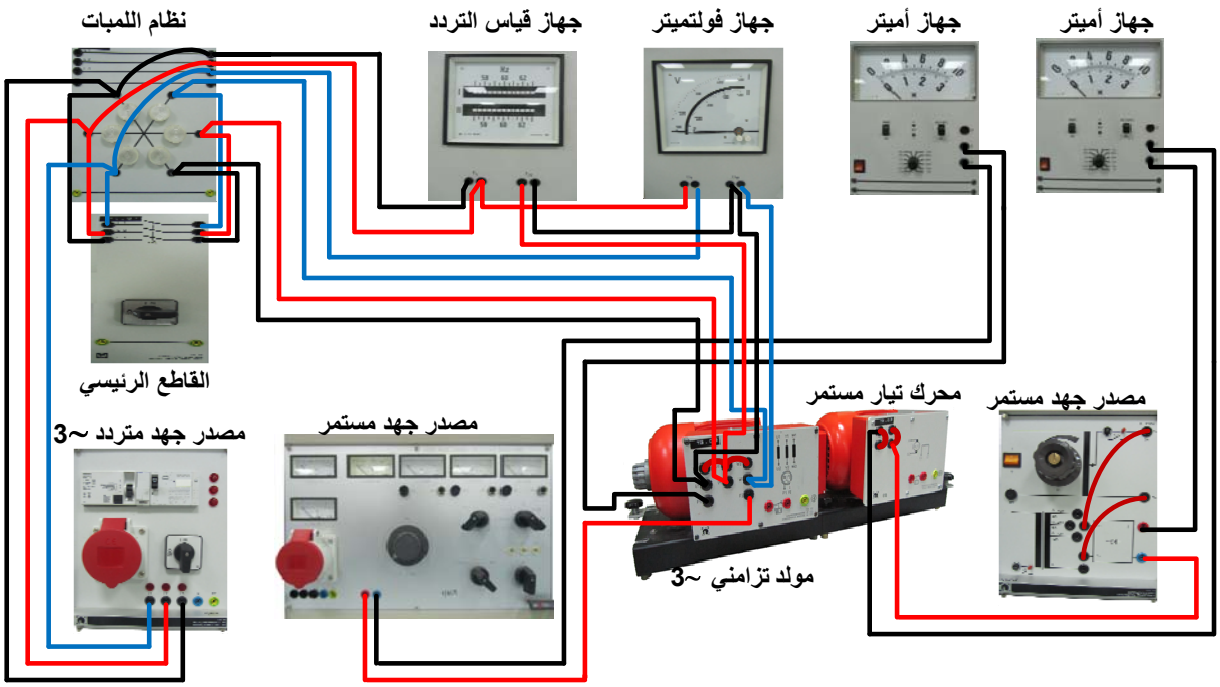
آلة تزامنية ثلاثية الأوجه و محرك تيار مستمر و (2) أجهزة فولتميتر و جهاز قياس السرعة و(2) أجهزة قياس التردد و (3) ثلاثة مصابيح و قاطع رئيسي.

خطوات العمل :

1- قم بتوصيل ملفات المولد على شكل نجمة ثم قم بربطه ميكانيكيا بمحرك تيار مستمر مناسب بعد توصيل أجهزة القياس كما هو موضح في الشكلين (9-1) و (9-2):



الشكل (1-9): الدائرة العلمية لمولد تزامني ثلاثي الأوجه في حالة الربط على الشبكة العامة



الشكل (2-9): الدائرة التنفيذية لمولد تزامني ثلاثي الأوجه في حالة الربط على الشبكة العامة

2- قم بتشغيل محرك التيار المستمر حتى تصل سرعته إلى السرعة التزامنية للمولد.

3- ارفع جهد المولد حتى يكون مساوياً لجهد القضيب ($V_m = V_b$) وذلك بزيادة تيار المجال.

4- اضبط تردد المولد بحيث يكون قريباً من تردد القضيب وذلك بزيادة سرعة الدوران عند محاولة ضبط سرعة الدوران تحدث إحدى حالتين بالنسبة للمصابيح :

الحالة الأولى : جميع المصابيح تضيئ وتنطفئ بشكل عشوائي وهذا يعني أن شرط تتابع الأطوار للمولد والقضيب مختلف وعندها يجب المبادلة بين أي طرفين من أطراف المولد لكي ينعكس تتابع أطوار المولد وبعدها نلاحظ أن إضاءة المصابيح أصبحت بشكل منتظم ومتتابع.

الحالة الثانية : جميع المصابيح تضيئ وتنطفئ بشكل منتظم ومتتابع وهذا يعني أن تتابع الأطوار للمولد والقضيب اللانهائي متماثل.

إذا تحققت الحالة الثانية يتبقى ضبط التردد وذلك عن طريق التحكم بالسرعة التزامنية للآلة، ويتضح ذلك من خلال سرعة تتابع الإضاءة فإذا زادت سرعة تتابع إضاءة المصابيح يلزم زيادة أو تقليل سرعة المولد بحيث يكون تتابع إضاءة المصابيح بطيء قدر الإمكان وفي اللحظة التي تنطفئ فيها كل المصابيح يكون الشرط الرابع قد تحقق أي أن الجهود أصبحت في نفس الطور ، في هذه اللحظة تكون الآلة في لحظة تزامن مع القضيب اللانهائي وعندها قم بإغلاق القاطع الرئيسي (يصبح المولد التزامني محرك تزامني).

5- بعد إتمام ربط المولد على الشبكة العامة قم بزيادة سرعة المحرك أو إنقاصها ماذا تلاحظ؟

.....

6- بعد إغلاق القاطع الرئيسي هل القدرة منتقلة من المحرك إلى الشبكة أو العكس؟

.....

7- لماذا لم تتغير سرعة المحرك عند محاولة زيادتها أو إنقاصها؟

.....

8- إذا كان ($V_m = V_b$) لكن زادت سرعة تتابع إضاءة المصابيح فماذا يعني ذلك؟

.....

9- ما خطورة إغلاق القاطع الرئيس بشكل عشوائي؟

.....

10- أحياناً قد تنتقل القدرة من الشبكة إلى الآلة متى يحدث ذلك؟

.....

الوحدة الرابعة

المحرك التزامني ثلاثي الأوجه

الهدف العام للوحدة: عملية بدء حركة المحرك التزامني ثلاثي الأوجه كمحرك حثي ثم تحميله من أجل دراسة منحنى خواصه.

الأهداف التفصيلية:

1- أن يتعرف المتدرب على كيفية تشغيل المحرك التزامني ثلاثي الأوجه.

2- أن يحدد المتدرب منحنيات خواص المحرك التزامني ثلاثي الأوجه.

التجربة العاشرة

المحرك التزامني ثلاثي الأوجه

الهدف من التجربة :

بدء حركة المحرك التزامني كمحرك حثي ثم تحميله من أجل التحكم في معامل القدرة.

أدوات التجربة :

محرك تزامني ثلاثي الأوجه و فرملة مغناطيسية و جهاز قياس القدرة و جهاز قياس معامل القدرة و (2) أجهزة أميتر و جهاز قياس السرعة و مفتاح تبديل.

أولا : البدء كمحرك حثي

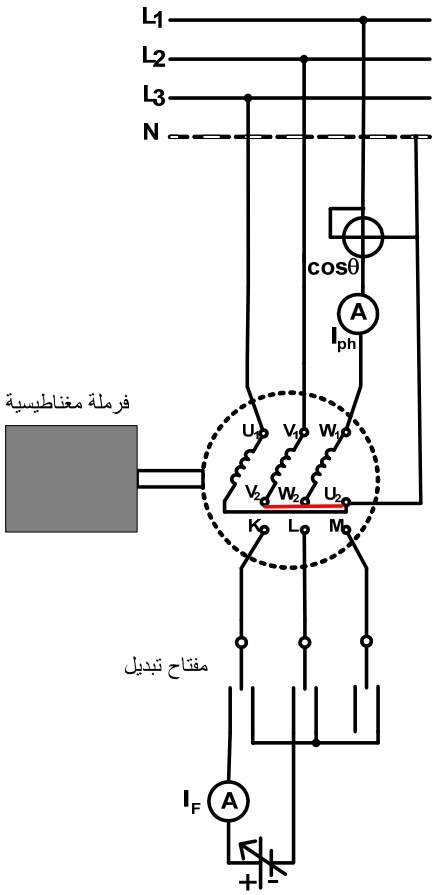
خطوات العمل :

1- قم بتوصيل ملفات المنتج للآلة التزامنية على شكل نجمة ثم اربط الفرملة المغناطيسية مع محور الدوران.

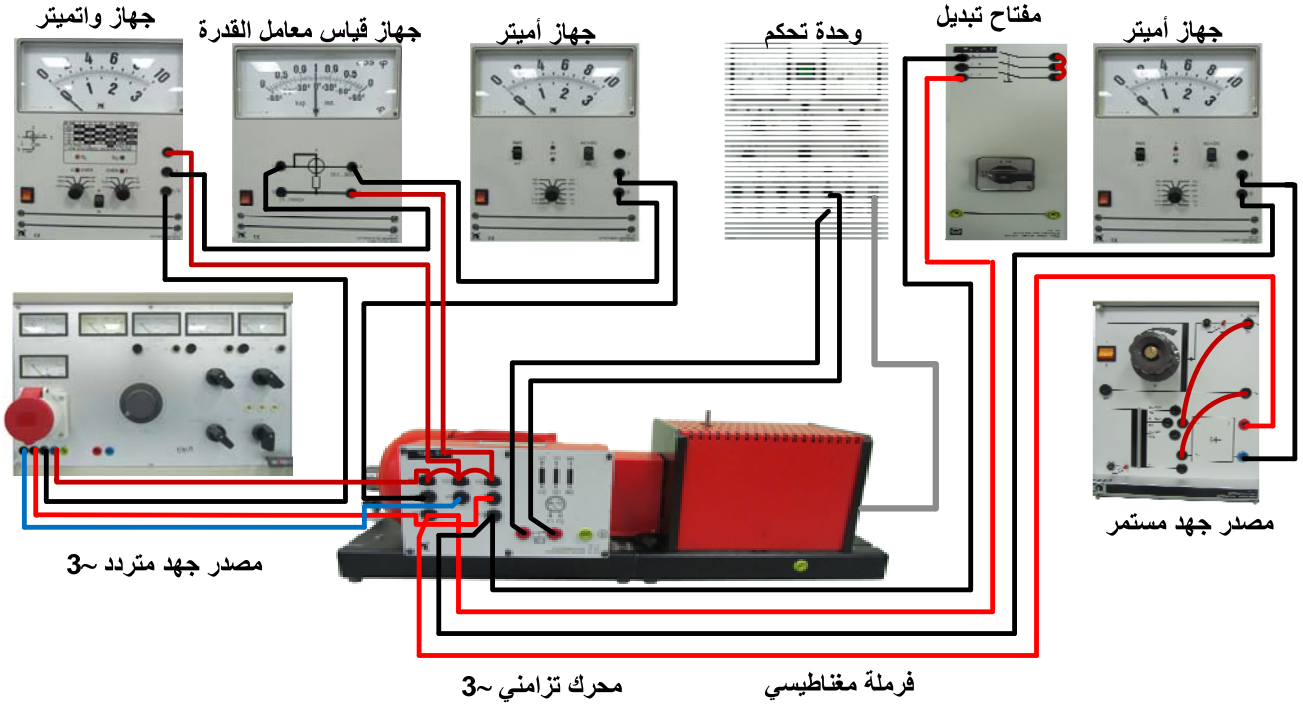
2- قم بقصر أطراف العضو الدوار مع بعضها البعض بواسطة مفتاح التبديل.

3- صِلْ أطراف المنتج بمصدر الجهد لكي تشتغل الآلة كمحرك حثي.

4- بعد أن تستقر سرعة المحرك قم بفتح مفتاح التبديل و تغذية ملفات العضو الدوار من مصدر جهد مستمر كما هو موضح في الشكلين (1-10) و (2-10):



الشكل (1-10): الدائرة العلمية لمحرك تزامني ثلاثي الأوجه



الشكل (2-10): الدائرة التنفيذية لمحرك تزامني ثلاثي الأوجه

5- هل تتغير سرعة المحرك قبل التغذية بالتيار المستمر وبعد ذلك ؟

.....

ثانيا : التحكم في معامل القدرة

خطوات العمل :

1- بعد أن يصل المحرك إلى سرعته التزامنية قم بتحديد الحمل المراد.

2- قم بتغيير تيار المجال بالزيادة أو النقصان.

3- سجل قيمة تيار المجال I_F و تيار الوجه I_{ph} و معامل القدرة $\cos\theta$ في الحالات التالية :

بدون حمل	I_{sc} (A)							
	I_F (A)							
	$\cos\theta$							

نصف الحمل	I_{sc} (A)							
	I_F (A)							
	$\cos\theta$							

الحمل الكامل	I_{sc} (A)							
	I_F (A)							
	$\cos\theta$							

4- ارسم منحنى $I_{ph}=f(I_F)$ في الحالات الثلاثة السابقة.

5- لماذا لا يستطيع المحرك التزامني البدء تلقائياً؟

.....

6- متى يفضل استخدام المحرك التزامني على المحرك الحثي؟

.....

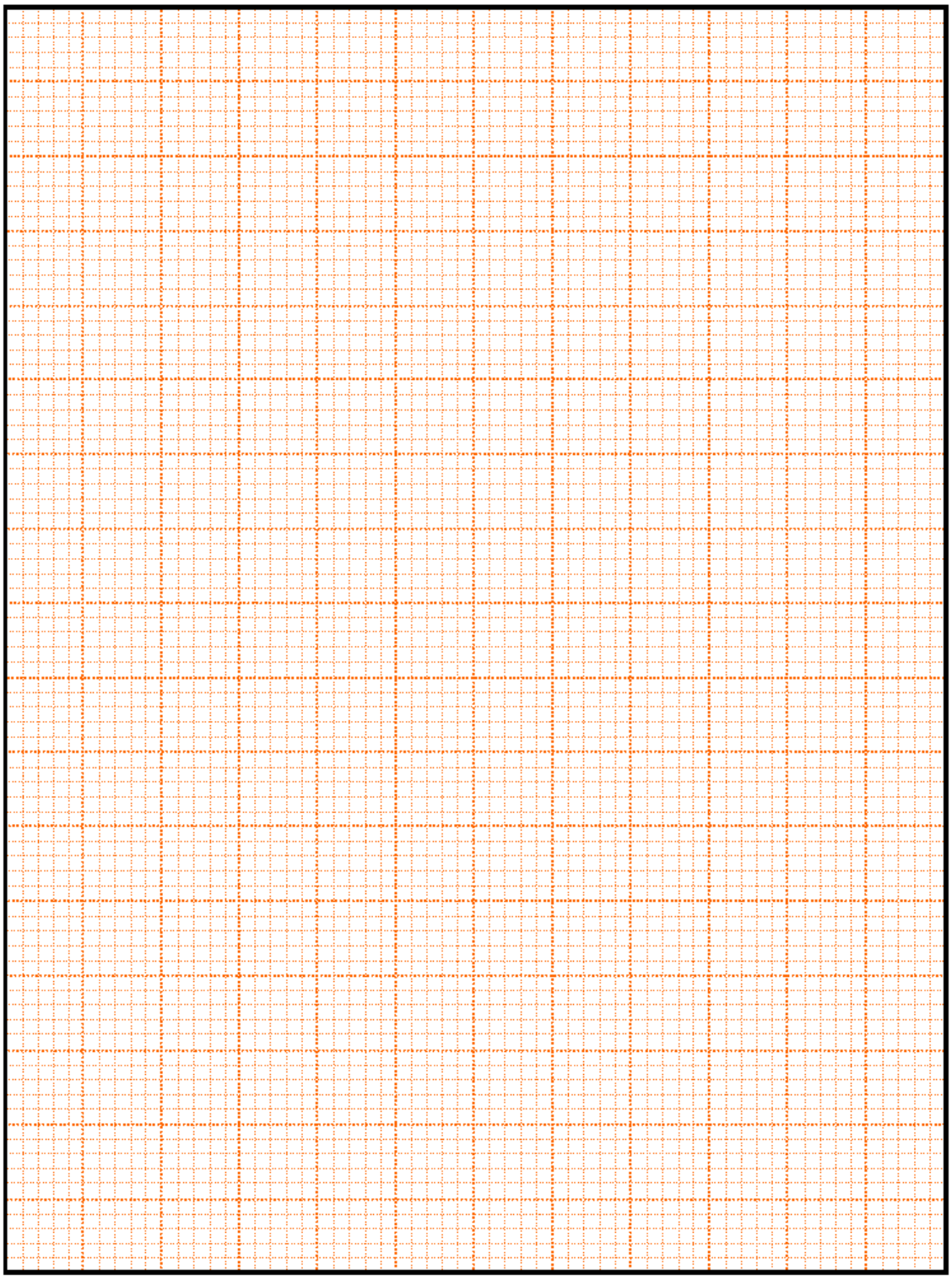
7- ما تأثير زيادة أو نقص تيار المجال على المحرك؟

.....

8- إلى أي مدى يظل المحرك التزامني محافظاً عل سرعته عند زيادة تحميله تدريجياً؟

.....

الرسم البياني :



نموذج تقويم المتدرب لمستوى أدائه

يعبأ من قبل المتدرب وذلك بعد التدريب العملي أو أي نشاط يقوم به المتدرب

بعد الانتهاء من التدريب على المحرك التزامني ثلاثي الأوجه ، قوِّم نفسك وقدراتك بواسطة إكمال هذا التقويم الذاتي بعد كل عنصر من العناصر المذكورة، وذلك بوضع علامة (✓) أمام مستوى الأداء الذي أتقنته، وفي حالة عدم قابلية المهمة للتطبيق ضع العلامة في الخانة الخاصة بذلك.

اسم النشاط التدريبي الذي تم التدرب عليه : .....(**المحرك التزامني ثلاثي الأوجه**) .....

م	العناصر	مستوى الأداء (هل أتقنت الأداء)			
		غير قابل للتطبيق	لا	جزئيا	كليا
.1	فهم عملية بدء تشغيل المحرك التزامني كمحرك حثي ثلاثي الأوجه .				
.2	فهم كيفية التحكم في معامل القدرة من خلال منحنيات (V) للمحرك التزامني ثلاثي الأوجه.				

يجب أن تصل النتيجة لجميع المفردات (البنود) المذكورة إلى درجة الإتقان الكلي أو أنها غير قابلة للتطبيق، وفي حالة وجود مفردة في القائمة "لا" أو "جزئيا" فيجب إعادة التدرب على هذا النشاط مرة أخرى بمساعدة المدرب.

المراجـع

اسم المرجع	المؤلف
Electric Machinery Fundamentals,	Stephen J . Chapman, McGRAW-Hill, 1991.
An Introduction to Electrical Machines and Transformers	George McPherson, John Wiley & Sons, 1981.
Electric Machines	M . S . Sarma, West Publishing Company, 1994.
Electrical Technology Construction & Development, 1989	B . L . Theraja and A . K . Theraja, Nirja