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

# تخصص قوى كهربائية

## مختبر القوى الكهربائية

**٢٦٦ كهر**

طبعة ١٤٢٩ هـ

# مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد 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 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 " **مختبر القوى الكهربائية** " لمتدربي تخصص " **قوى كهربائية** " في الكليات 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 وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة 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

# تمهيد

إن منظومة القوى الكهربائية تتألف من ثلاثة أجزاء رئيسية هي : التوليد والنقل والتوزيع. فمحطات التوليد بمختلف أنواعها مهمتها الأساسية هي توليد الطاقة الكهربائية، حيث تنقل هذه الطاقة عبر خطوط النقل الهوائية أو الأرضية للمستهلكين ( الأحمال ) ليتم بعد ذلك توزيعها..

ولضمان استمرارية التغذية وعدم انقطاعها يلزم حماية هذه الأجزاء من الأعطال والمشاكل المحتملة، وهي كثيرة كما سيمر معنا في الوحدة الرابعة .

وعليك أخي المتدرب حين دخول هذا المعمل أن تعايش ما تتلقاه وتعتبر نفسك المهندس الذي يدور في فلك هذه المنظومة كاملة. فإذا كنت أمام الأجهزة الصغيرة في المختبر فتخيل نفسك تعيش في أرض الوقع وأمام بل في بعض الأحيان داخل هذه الآلات الكبيرة متأملاً ومستمتعاً في تشغيلها أو صيانتها أو متابعتها..

وثق أخي المتدرب أن ما تجده من نتائج أمام أجهزتك الصغيرة هي ما ستراه في مستقبل أيامك في مجال عملك خارج المعمل، وإنها فرصة أنتهزها بالشكر والتقدير لكل من ساهم في إيجاد مثل هذه المعامل مسترخصين ذلك من أجلك، فلا تضيع الفرصة واغتنمها فلربما لا تجدها بعد ذلك. ثم احرص على فهم واستيعاب ما تراه عيناك وما تسمعه أذناك وما تعمله يداك مستعيناً بذلك بعد الله بمدربيك الذين لن يألوا جهداً في مساعدتك وإنارة الطريق أمامك.

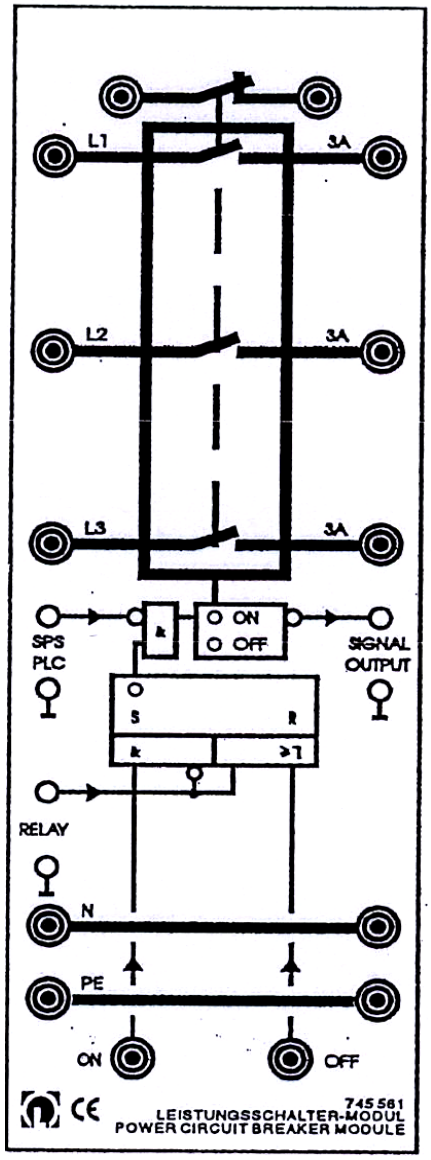
وفي هذا المختبر سندرس وحدتين أساسيتين وهما: التوليد والحماية كما هو مسمى المقرر، بالإضافة إلى وحدة أساسية هي الوحدة الأولى ابتدأنا بها قبل الشروع بالتجارب والخوض فيها مشتملة على تعريفات مهمة بأهم الأجهزة التي سنستخدمها في تجاربنا ، فارجع إلى ما تحتاجه منها في كل تجربة ليسهل عليك فهمها، مع العلم أن الرقم الطويل الذي يمر بك بين قوسين يمثل رقم القطعة المستخدمة.

# مختبر القوى الكهربائية

## تعريف عام بالأجهزة المستخدمة

# قاطع دائرة القدرة

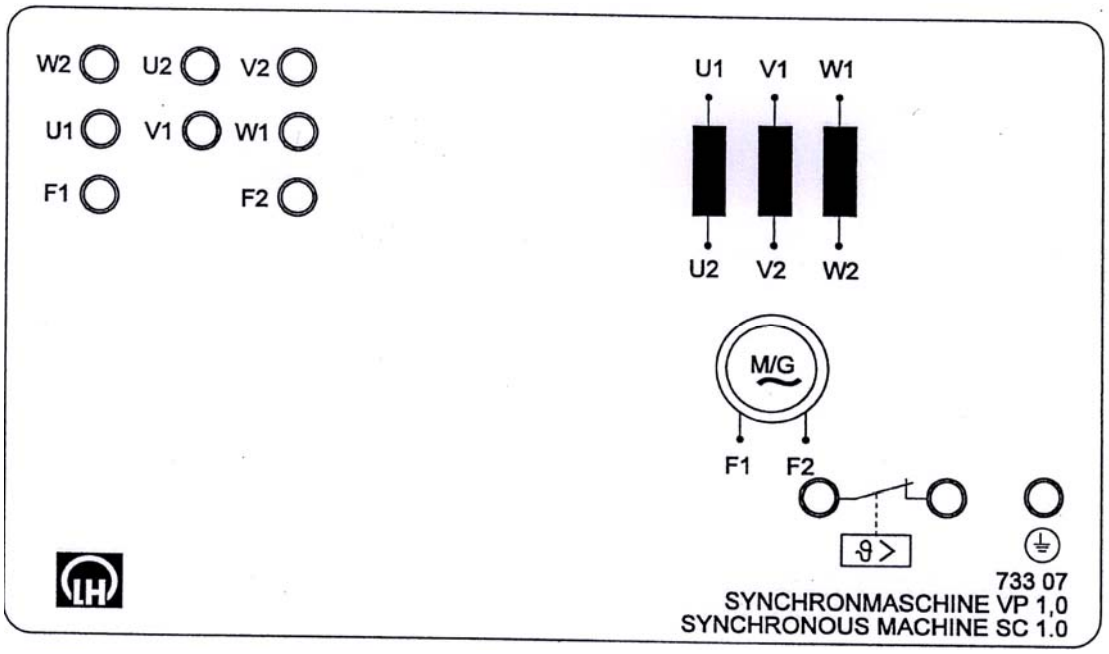
Power circuit – breaker (745 561)




- هذا الجهاز يمثل قاطع دائرة قدرة نموذجي ، ويستخدم لتشغيل وإطفاء الحمل .
- ومن الممكن أن يعمل مع المفاتيح المساعدة عبر اتصال المرحل ( في تجارب الحماية ) أو بواسطة استعمال وحدة التحكم القابلة للبرمجة (PLC) .

  ويوجد نقاط توصيل لتشغيل ساعة الإيقاف . وجهد المصدر 220 V AC .
- يوجد ضاغط "ON" وآخر "OFF" ، وعلامة "ON" لمبة بيان حمراء وعلامة "OFF" لمبة بيان خضراء. أما لمبة البيان الصفراء فتشير إلى وضع الاستعداد .

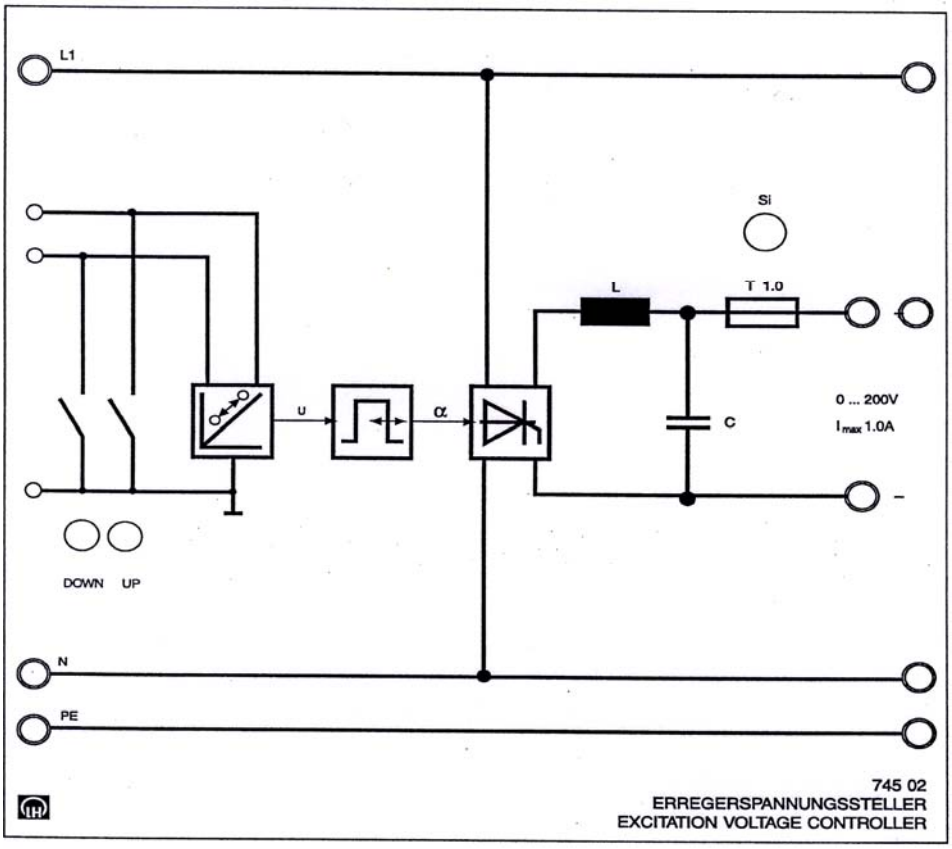
# آلة التوافق
# Synchronous machine (733 07)




- هذه الآلة هي قلب التجارب ولها أربعة أقطاب.
- يوجد عضو دوار في القلب بقطب غير صامت وملف مانع للارتجاج.
- يمكن أن تستخدم الآلة كمحرك أو مولد ولها المعلومات التالية:
  - ❖ القدرة الاسمية 1 kw
  - ❖ الجهد الاسمي 380 V
  - ❖ العضو الثابت موصل على شكل نجمة بتيار 1.7 A
  - ❖ أعلى جهد إثارة 200 V وأعلى تيار إثارة 1.5 A
  - ❖ السرعة الاسمية 1800 rpm عند 60 HZ (في أي اتجاه دوران) .
- الآلة محمية ضد زيادة الحمل بواسطة قاطع دائرة حراري.
- في التجارب الحالية تستخدم الآلة كمولد فقط.

# جهاز التحكم بجهد الإثارة

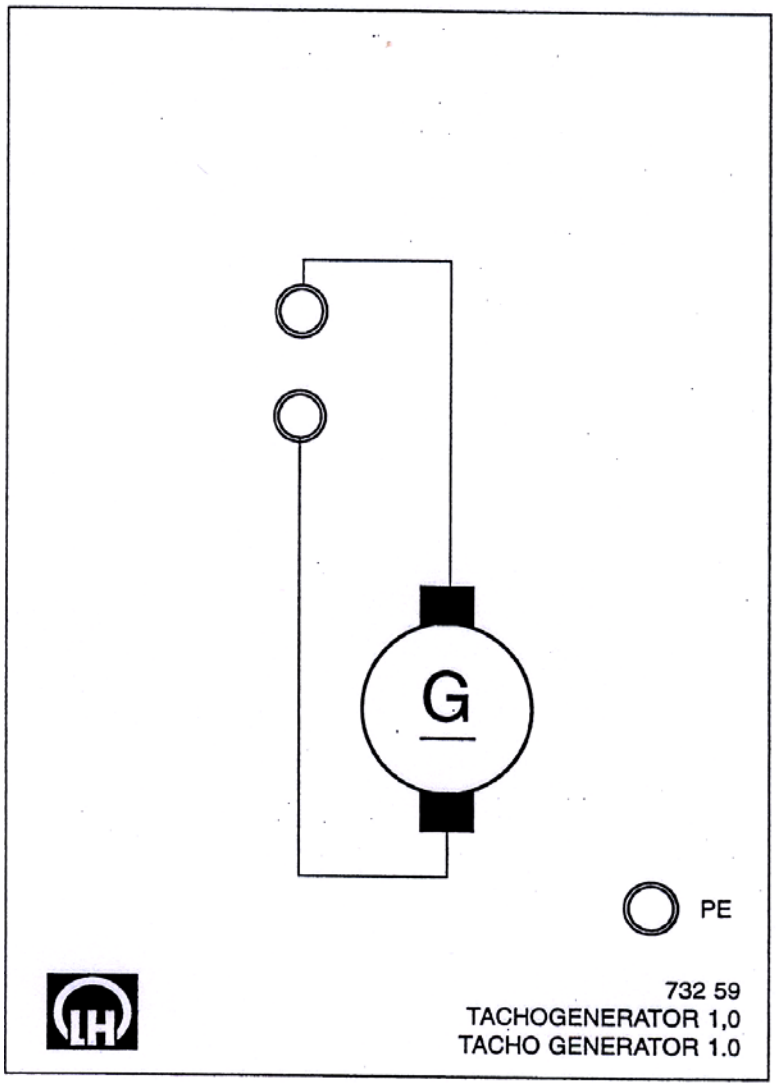
Excitation voltage controller (745 02)




- مصدر قدرة DC قابل للضبط يلزم لتغذية ملف إثارة آلة التوافق .
- هذا الجهاز يعطي جهد خرج مستمر من( 0 إلى 200 V ) عند أعلى تيار 1.0A **(مهم).**
- **انتبه !** عند مرور تيار أعلى من 1A فإن ذلك يؤدي إلى تلف المصهر (الفيوز)(T1.0).
- **انتبه !** لا تكثر الضغط على"UP"بقصد استعجال الإثارة لأن ذلك يؤدي إلى مرور تيار عالي في الخط L1 بسبب وجود المكثف وبالتالي احتراق المقاومة الموضوعة داخل الجهاز في طريق L1 وذلك لحماية الأجهزة الإلكترونية الأهم .
- يمكن أن يضبط الجهدDC إما داخلياً عبر الضاغطين UP / DOWN . أو خارجياً عبر مقبس4mm بمساعدة ملامسات القطع والوصل(Contacts)أو مستوىTTLأو جهد 24V DC.
- في التجارب الحالية سيكون التشغيل يدويا.
- جهد منبع الجهاز هو 220 V .

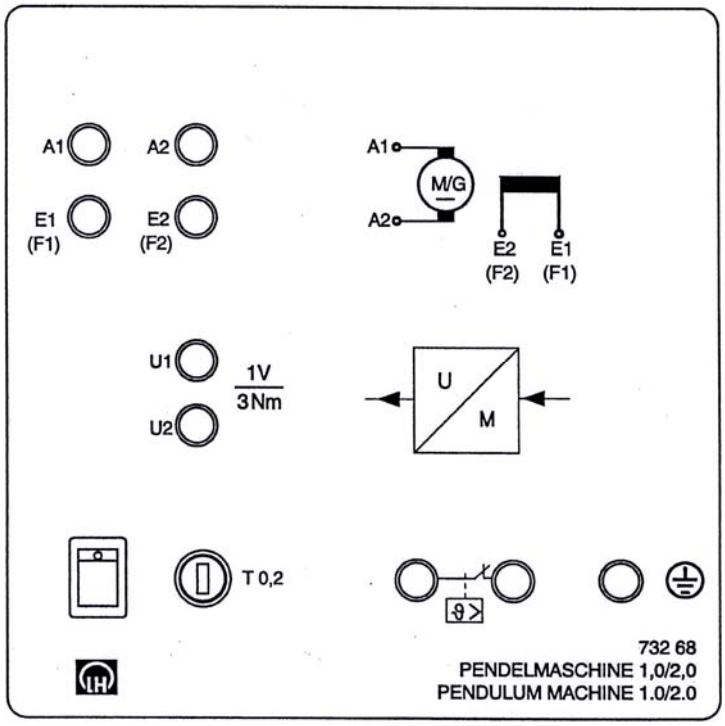
# مولد الدورات ( السرعة )

# Tacho generator (732 59)




- هذه تكون آلة DC صغيرة بجهد خرج 1V ± / 1000 rpm لكشف سرعة ضبط آلة التوليد .
- من الممكن أن يعاير مولد التاكو، ولهذه الوظيفة فإن الوحدة مبني فيها مقياس فرق جهد والذي يمكن الوصول إليه عبر فتحة في مقدمة الجهاز، ويمكن أن يضبط باستخدام مفك.

# آلة البندول
# Pendulum machine (732 68)




- آلة البندول تستخدم كمحرك يتحكم بمولد التوافق وهو ما سيحقق هنا .

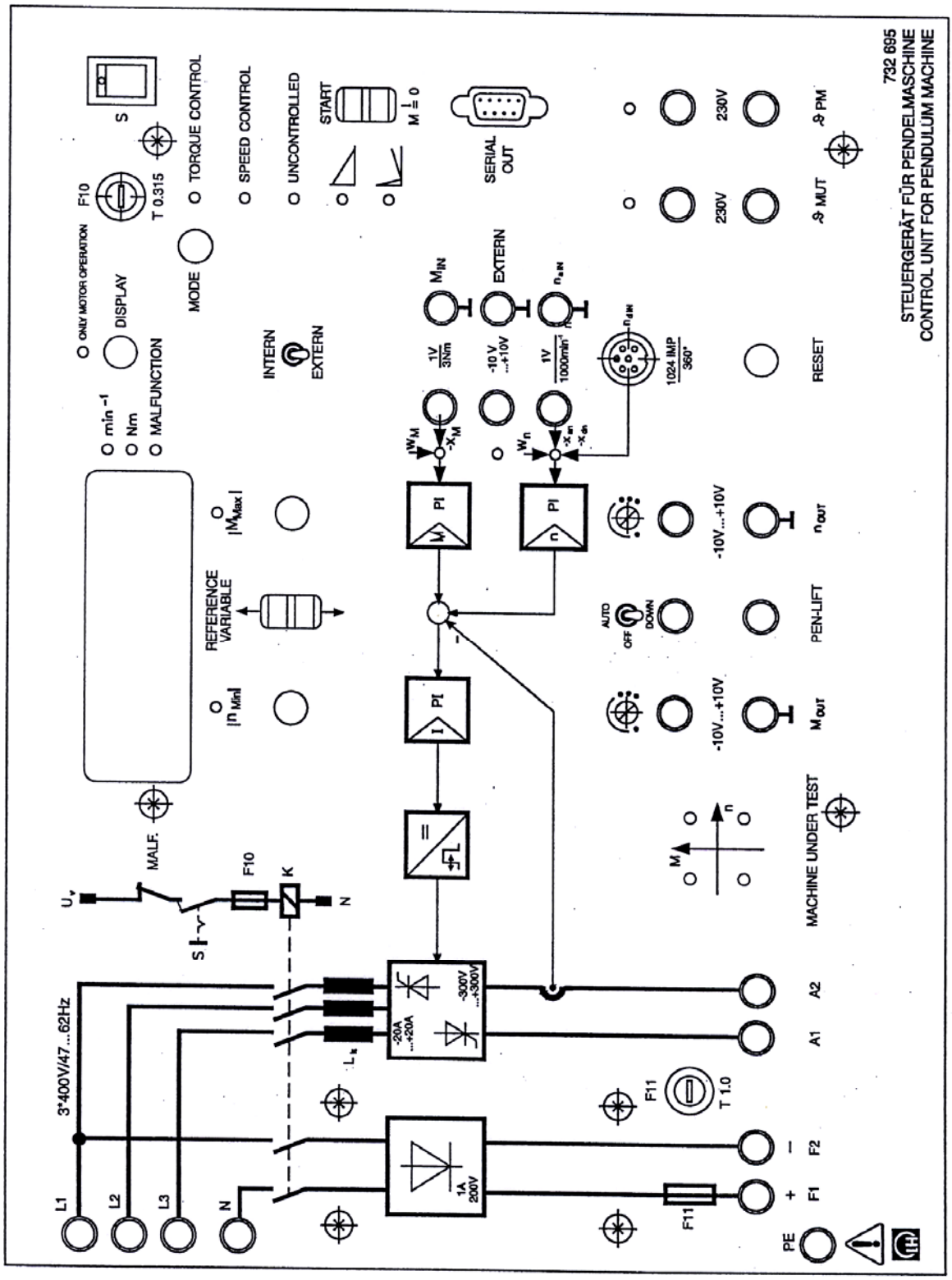
ولها المعلومات التالية:

- ❖ القدرة الاسمية 1KW (2KW) .
- ❖ جهد عضو المنتج 150V (300V)، و أعلى تيار عضو المنتج 8.5A
- ❖ جهد الإثارة 180 V، وأعلى تيار للإثارة 0.7A
- ❖ السرعة الاسمية 1800 rpm (3600 rpm) عند تردد 60 HZ (في أي اتجاه دوران).

- الآلة محمية ضد الحمل الزائد بواسطة قاطع دائرة حراري وتملك وسيلة تهوية مستقلة.
- من الممكن أن يعرض الجهد على وحدة التحكم.
- توصيلة جهد AC مستقلة (60HZ، 220V ) تستخدم لإمداد الطاقة إلى مروحة التهوية المستقلة.
- في التجارب الحالية تستخدم الآلة كمحرك قدرته الاسمية 1 KW.

# وحدة التحكم بآلة البندول ( بالمحرك )

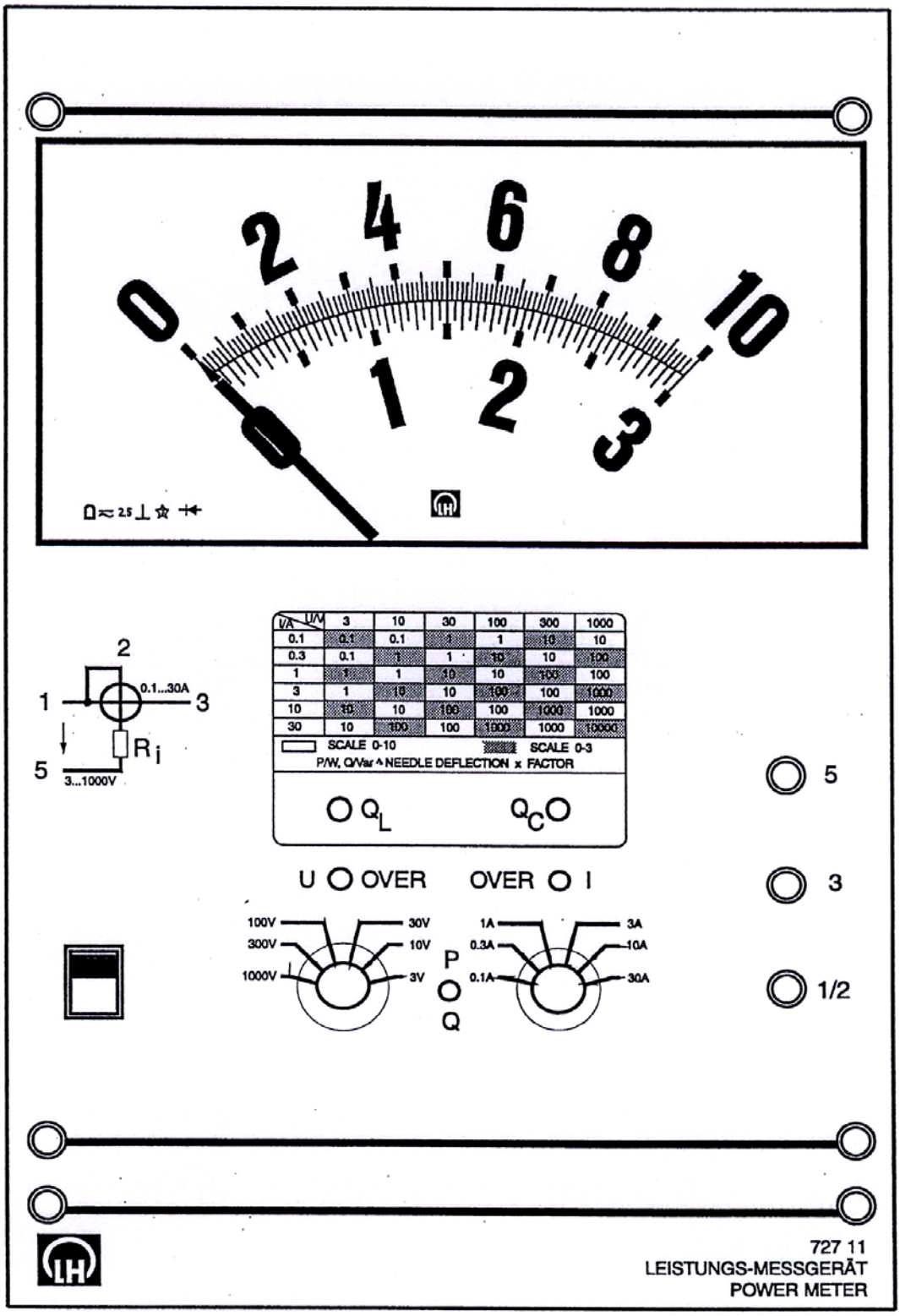
Control unit for pendulum machine (732 695)



- وحدة التحكم تخدم بإمداد الجهد إلى ملف الإثارة وملف عضو الإنتاج لآلة البندول .
- جهاز التحكم بالعمليات الدقيقة microprocessor صمم لأنظمة التشغيل الآتية:
  - ❖ عملية التحكم بالسرعة والعزم والعملية غير المتحكم بها.
  - ❖ التسجيل الآلي لعمل الجهاز وخصائص الحمل.
  - ❖ التشغيل الخارجي.
  - ❖ في التجارب الحالية سوف يكون الاستخدام للتحكم بالسرعة.
  - ❖ إذا ربط المولد بالموصلات الرئيسة نختار التشغيل غير المتحكم "uncontrolled operation" كما في التجربتين الرابعة والخامسة .

# جهاز قياس القدرة

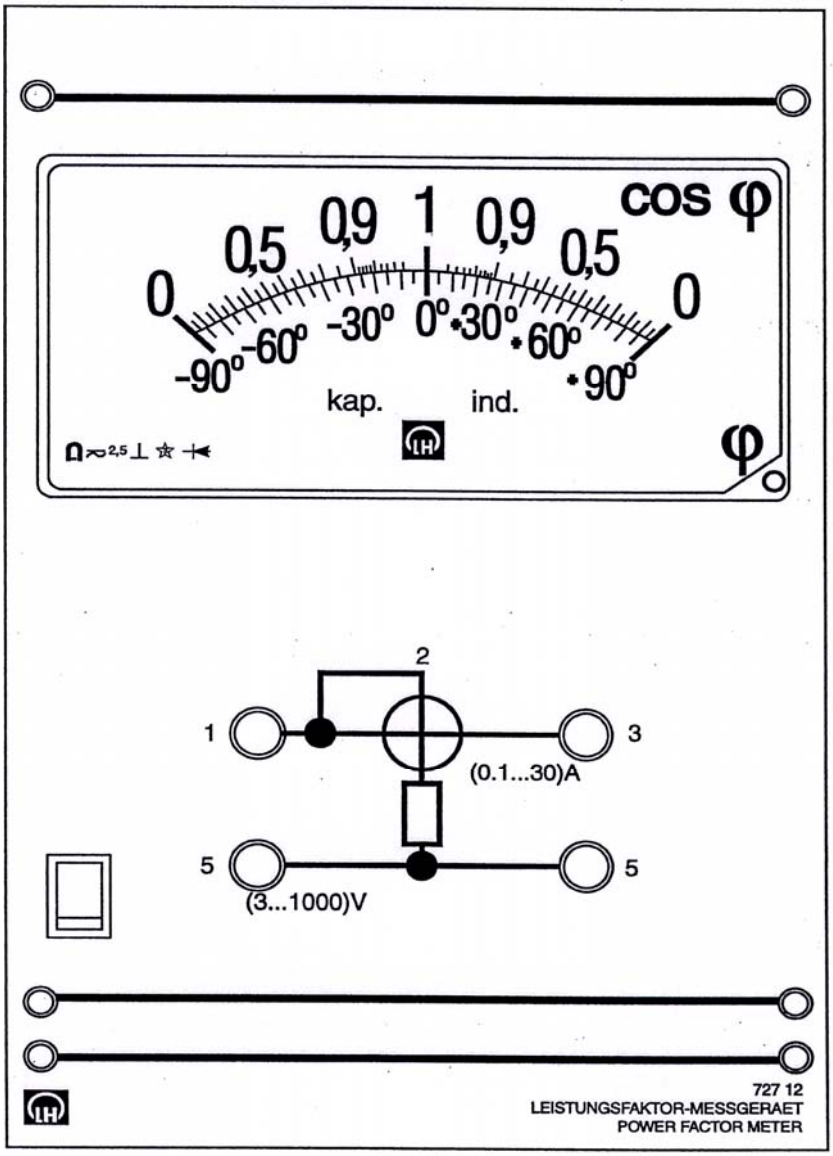
# Power meter (727 11)



- هذا الجهاز من نوع الوجه الواحد فيكون التوصيل بين موصل خارجي(فاز) وموصل تعادل .
- كما هو واضح من رسم الدائرة على الجهاز النقطة 2 /1 هي دخول الموصل الخارجي والنقطة 3 هي خروج هذا الموصل والنقطة 5 هي لموصل التعادل .
- يمكن أن يقيس القدرة الفعالة (يكون المفتاح على وضع P) أو القدرة غير الفعالة (يكون المفتاح على وضع Q ) .
- عند قياس القدرة غير الفعالة ، جهاز القياس سيوضح أيهما قدرة غير فعالة سعوية ($Q_c$) أو قدرة غير فعالة حثية ($Q_L$) تستهلك بواسطة دائرة معينة خلف جهاز القياس.
- للحصول على نتائج دقيقة يجب أن يكون مدى القياس مسموحاً به، مبتدئاً من مدى القياس الأعلى حتى الحصول على القياس الأنسب {علامة ذلك عدم إضاءة اللمبتين ( over U, over I ) }
- لمعرفة التدريج المستخدم ومعامل الضرب المختار
  - ❖ حدد مدى القياس المناسب للجهد والتيار ( حسب ما سبق )
  - ❖ من الجدول حدد مربع تقاطع القراءتين .
  - ❖ إن كان مربع التقاطع أبيض فالتدريج هو الأعلى (10-0) ومعامل الضرب هو المكتوب داخل هذا المربع.
  - ❖ إن كان مربع التقاطع مظلل بالأسود فالتدريج هو الأسفل (3-0) ومعامل الضرب هو المكتوب داخل هذا المربع .
- للحصول على القدرة الكلية المتولدة يمكن ضرب حاصل القدرة في الوجه الواحد بالعدد 3 في حالة اتزان الحمل للثلاثة أوجه .
- الجهاز يغذى بمصدر جهد 220 V .

# جهاز قياس معامل القدرة

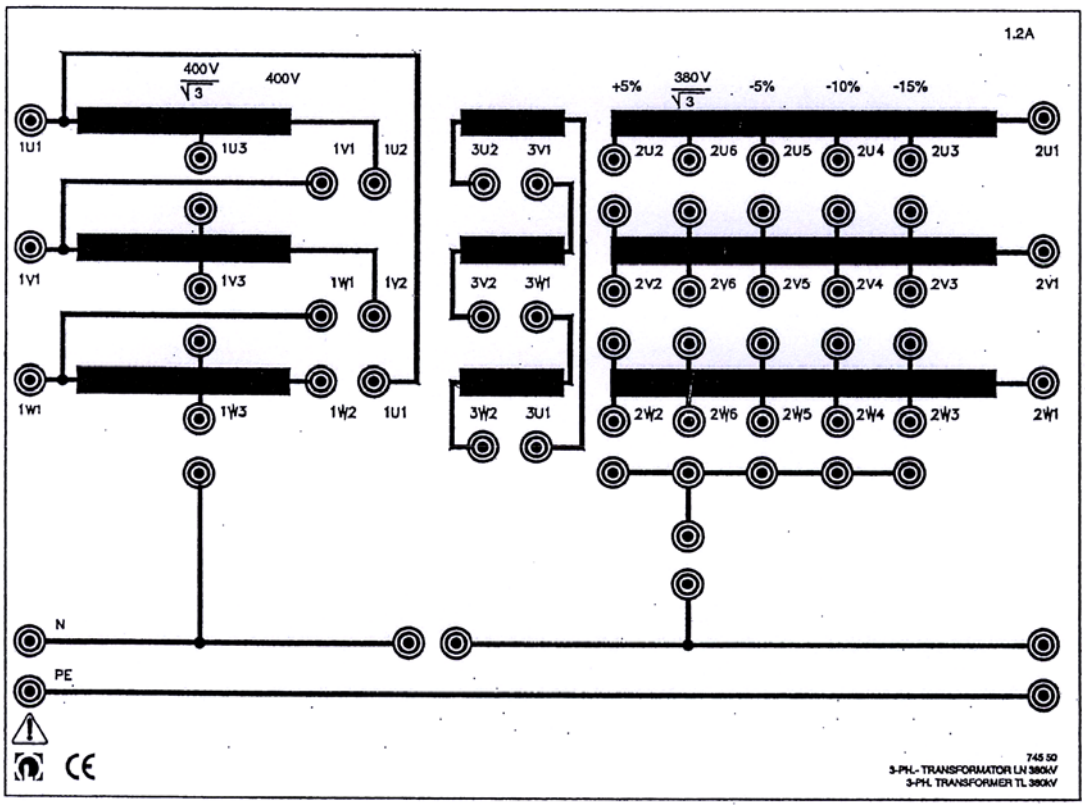
Power factor meter (727 12)




- هذا الجهاز يعمل ويوصل كما في جهاز قياس القدرة ولكن يختلف القياس .
- هذا الجهاز يقيس معامل قدرة الحمل Cosφ ، والزاوية φ ، وكذلك يحدد نوع الحمل (مادي أو حثي أو سعوي).
- لكي تكون القيم صحيحة لابد أن يكون كل من الجهد والتيار جيبي Sinusoidal .
- الجهاز يغذى بمصدر جهد 220 V .

# المحول ثلاثي الوجه

Three – phase transformer (745 50)




- هذا المحول مضغوط فيه ثلاث محولات أحادية الوجه ، والملف الابتدائي والثانوي معزولة كهربائياً.
- الأطراف الابتدائية تحتوي على : 1W1 – 1W3 و 1V1 – 1V3 و 1U1 – 1U3
  ومن الممكن أن توصل على شكل نجمة(قصر النهايات :1U3 مع 1V3مع 1W3)
  أو دلتا (النهاية مع البداية 1U2مع 1V1 و 1V2 مع 1W1 و 1W2 مع 1U1) عند جهد اسمي 220 V أو 380 V على الترتيب.
- الأطراف الثانوية تحتوي على : 2W1 – 2W6 و 2V1 – 2V6 و 2U1 – 2U6
  وصممت بتوصيلة نجمة مع توصيل نقطة التعادل .
- نظراً لتعدد نقاط الاتصال غير $U_N = 380$ V فإنه يمكن توصيل الجهود التالية :
  $U_N - 15\%$ و $U_N - 10\%$ و $U_N - 5\%$ و $U_N + 5\%$
- **انتبه!** أعلى تيار يمر في كل حالة مقداره 1.2A .
- **انتبه!** لا توصل حيادي الملف الابتدائي مع حيادي الملف الثانوي.

# مختبر القوى الكهربائية

## دراسة خواص المولد التزامني

# التجربة الأولى

## دراسة خواص أداء المولد التزامني في حالة اللاحمل (N.L)

## Performance characteristics of synchronous machine (No- Load)

**الجدارة:**

التعرف على تشغيل وفصل وحدة التوليد ، والتحقق عملياً من علاقة تيار الإثارة بالجهد المتولد على أطراف العضو الثابت للمولد في حالة اللاحمل.

**الأهداف:**

عندما تكتمل هذه التجربة تكون لديك القدرة على:

١) تشغيل وفصل وحدة التوليد.

٢) الإلمام بأداء مولد التزامن في حالة اللاحمل بواسطة معرفة العلاقة بين تيار الإثارة ($I_E$) والجهد على أطراف العضو الثابت للمولد ($V_S$) عند سرعات مختلفة.

**مستوى الأداء :**

لا تقل نسبة إتقان هذه المهارة عن 80%

**الوقت المتوقع للتدريب:**

ساعتان .

**الوسائل والأجهزة المستعملة:**

- مصدر جهد ثلاثي الوجه مع قاطع أوتوماتيكي FCCB (75 726).
- محرك كهربائي كمصدر حركة لمولد التزامن (68 732).
- وحدة تحكم بالمحرك الكهربائي (695 732).
- مولد تزامني (07 733).
- وحدة التحكم بجهد الإثارة (02 745).
- مولد التاكو ( مولد الدورات ) " يحول الجهد المتولد إلى سرعة " (59 732).
- أميتر و فولتميتر، مع أسلاك توصيل وجسور توصيل.

**خطوات تشغيل وحدة التوليد :**

وصل الدائرة كما في الشكل ( ١- ١ ) وتأكد من توصيل الأجهزة والأسلاك ثم شغل متبعاً الخطوات التالية :

١- شغل مفتاح وحدة التحكم بالمحرك (695 732) " S " مع ضغط الضاغط " DISPLAY " لأسفل في نفس الوقت .

٢- ستظهر لك على الشاشة إشارة "Error 1" وذلك بسبب عدم وصول التغذية الرئيسية للدائرة.

٣- ضع القاطع الرئيسي للتغذية FCCB (75 726) على وضع ON، ثم اضغط الضاغط " RESET " الموجود على نفس الوحدة (695 732) عند ذلك ستزول إشارة "Error 1".

٤- شغل مروحة تبريد المحرك (68 732).

٥- اختر الوضع" SPEED CONTROL" باستخدام الضاغط"MODE" على وحدة التحكم.

٦- سيبدأ عمل المحرك بالدوران بواسطة الضغط لأعلى على المفتاح الموجود على وحدة التحكم بالمحرك: " REFERENCE VARIABLE " .

٧- يمكن التحكم بواسطة المفتاح السابق " REFEREN VARIABLE " للوصول إلى السرعة المطلوبة.

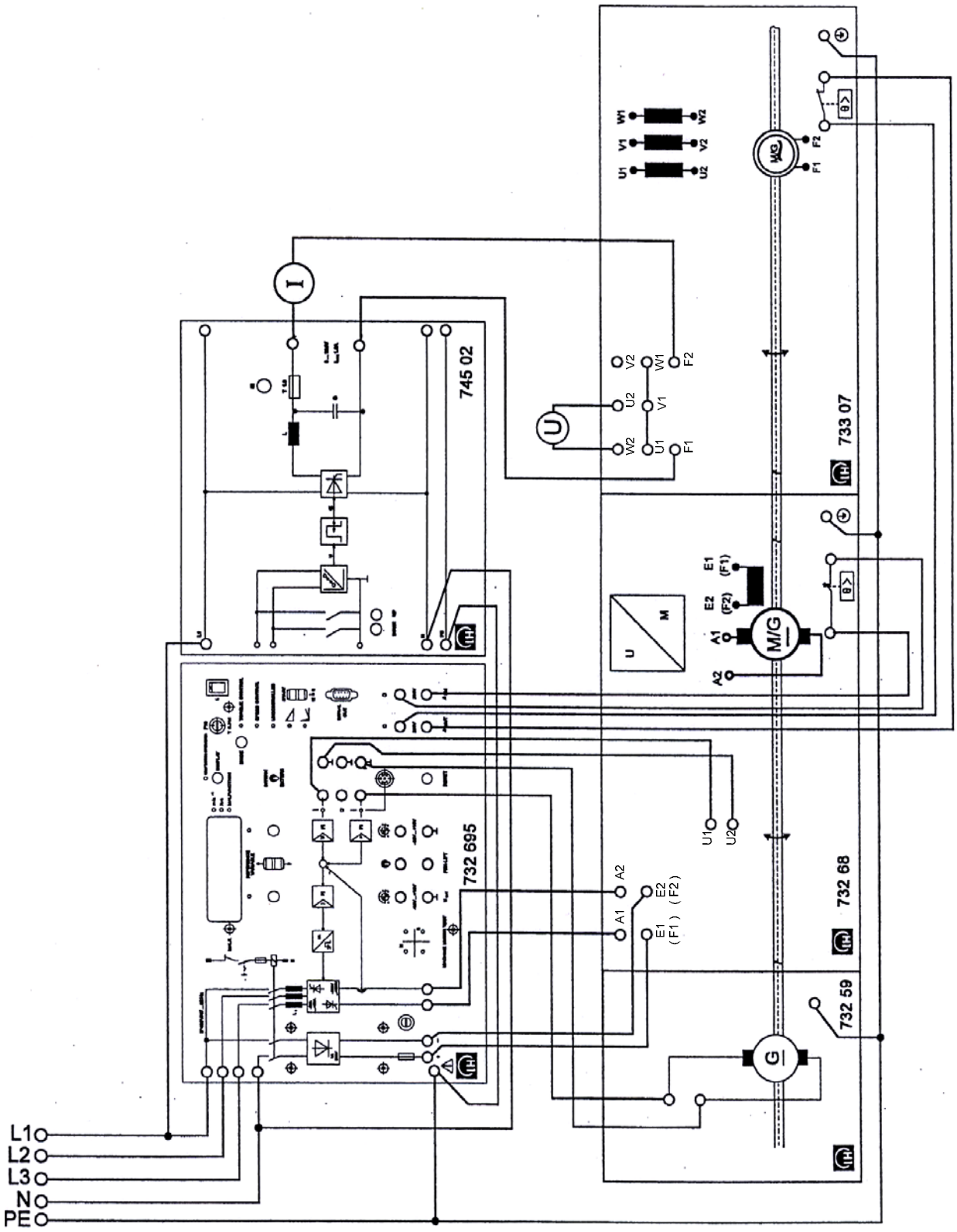
٨ - يمكن بعد ذلك التحكم بجهد أو تيار الإثارة بواسطة الضاغط "UP " الموجود على وحدة التحكم بجهد الإثارة (02 745) للوصول إلى الجهد المطلوب .

**خطوات فصل وحدة التوليد :**

١- قلل جهد الإثارة إلى الصفر عن طريق الزر " Down " بجوار الزر" UP " السابق.

٢- قلل سرعة المحرك إلى الصفر عن طريق ضغطة واحدة لأسفل على المفتاح "M=0 ".

٣- مباشرة أطفئ المفتاح "S" ثم افصل مفتاح التغذية الرئيس.


L1
L2
L3
N
PE
745 02
732 695
733 07
732 68
732 59
M/G
G
U1
U2
A1
A2
E1 (F1)
E2 (F2)
V1
V2
W1
W2
F1
F2

الشكل ( ١- ١ )

**خطوات العمل:**

المطلوب دراسة خصائص اللاحمل من خلال معرفة العلاقة بين تيار الإثارة ($I_E$) والجهد المتولد على العضو الثابت للمولد ($V_S$) في ثلاث حالات للسرعة هي 1800 rpm , 1500 rpm , 1000 rpm

- شغل وحدة التوليد كما سبق وثبت السرعة على 1000 rpm
- غير في تيار الإثارة حسب القيم في الجدول أدناه وسجل قراءة الجهد المناظرة لها.
- **انتبه !** الأميتر المستخدم لقياس تيار الإثارة على وضع (DC) ( لماذا؟ )
- يمكن توصيل جهاز قياس التردد لمعرفة العلاقة بين السرعة والتردد.
- أعد تسجيل القراءات عندما تكون السرعة 1500 rpm ، 1800 rpm ثم أكمل الجدول:

| | $I_E$(A) | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $n_1$= 1000 rpm | $V_S$(V) | | | | | | | | |
| $n_2$= 1500 rpm | $V_S$(V) | | | | | | | | |
| $n_3$= 1800 rpm | $V_S$(V) | | | | | | | | |

**النتائج والتعليق:**

- ارسم العلاقة (منحنى) بين تيار الإثارة على المحور الأفقي والجهد على المحور الرأسي في حالات السرعة الثلاث على الشكل(١- ٢).
- ما قيمة التردد عند السرعات المختلفة . وكيف نصل للتردد 60 HZ
- ما العلاقة بين سرعة دوران المحرك و التردد؟
- ما العلاقة بين تيار الإثارة والجهد على ملفات العضو الثابت ؟
- ما أثر زيادة السرعة على الجهد المتولد على ملفات العضو الثابت ؟
- قارن النتائج العملية بقانون حساب العلاقة بين التردد والسرعة .
- نتائج أخرى .. اذكرها

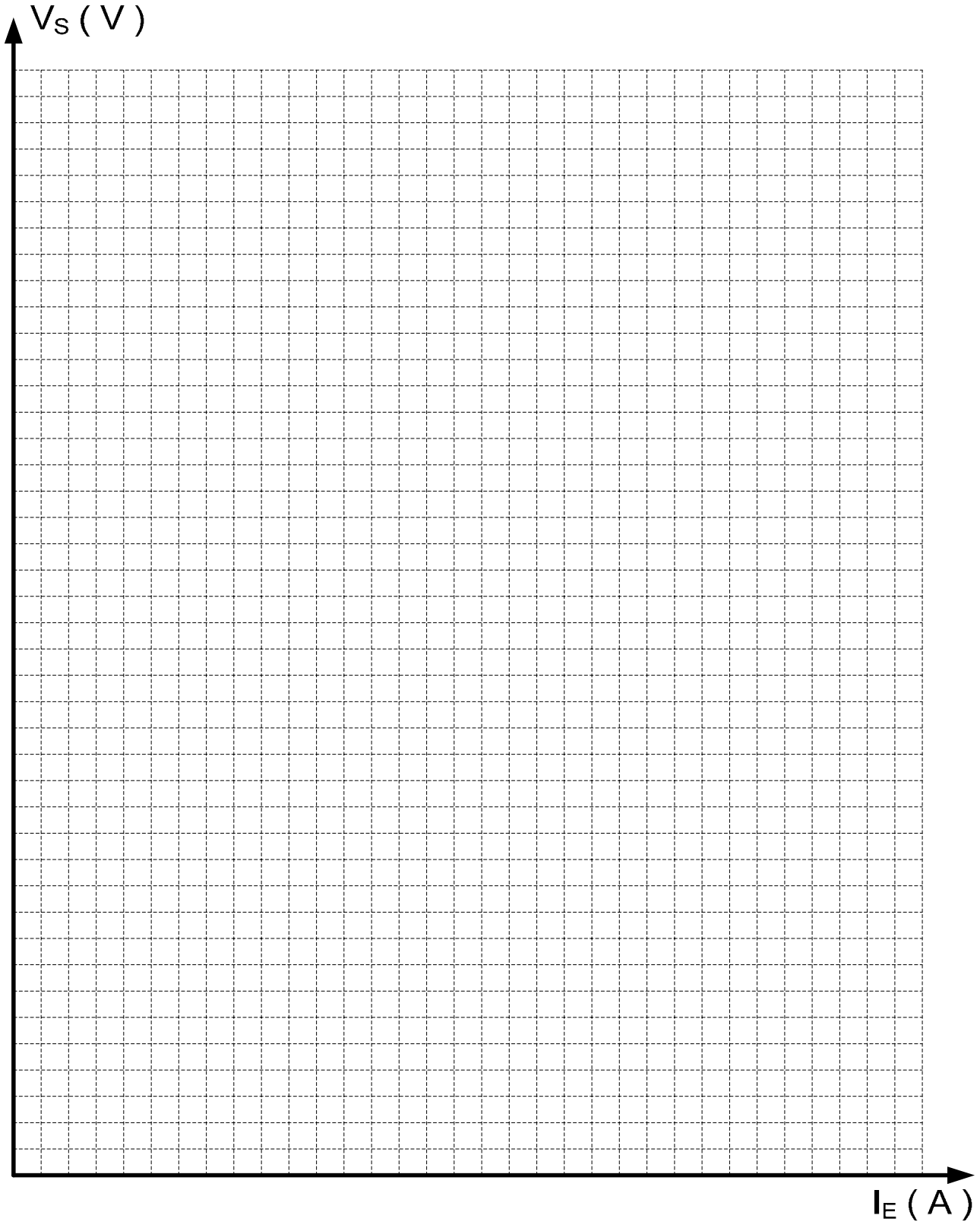
.....

.....

.....

.....

.....




الشكل (١- ٢)

# التجربة الثانية

## دراسة خواص المولد التزامني في حالة القصر( S.C )

Performance characteristics of synchronous machine (Short circuit)

**الجدارة:**

تشغيل وحدة التوليد في وقت أقل ، ووصف العلاقة بين تيار الإثارة وتيار العضو الثابت عند قصر ملفاته.

**الأهداف: عندما تكتمل هذه التجربة تكون لديك القدرة على :**

١- ضبط تشغيل وحدة التوليد في زمن أقل.

٢- الإلمام بأداء مولد التزامن في حالة قصر ملفات العضو الثابت من خلال معرفة العلاقة بين تيار الإثارة وتيار القصر على ملفات العضو الثابت عند سرعات مختلفة .

**مستوى الأداء:**

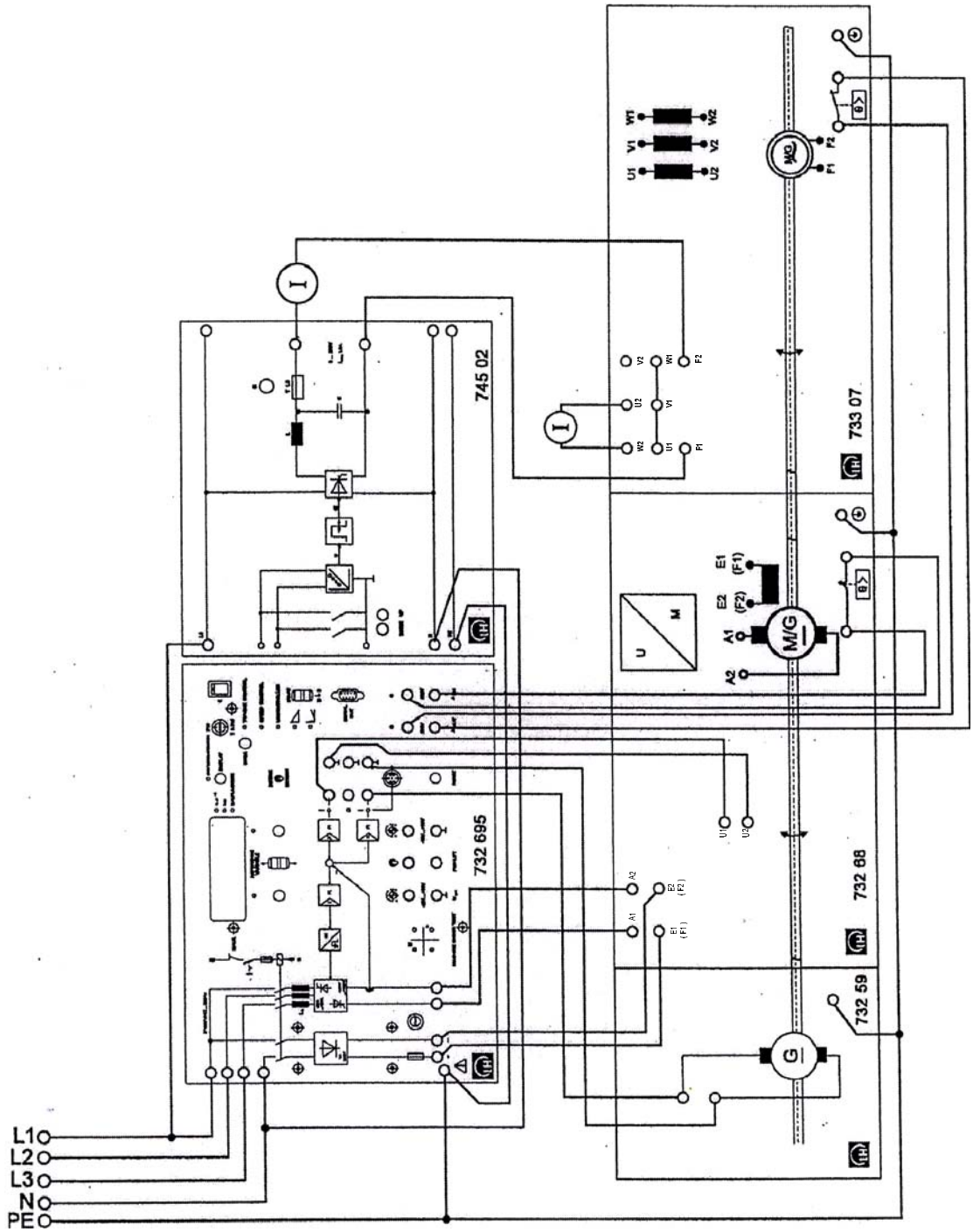
لا يقل إتقان هذه المهارة عن 90%

**وقت التدريب المتوقع:**

ساعتان.

**الوسائل و الأجهزة المستخدمة:**

نفس الأجهزة المستخدمة في التجربة الأولى ( اللاحمل ) مع استبدال الفولتميتر المستخدم لقياس جهد ملفات العضو الثابت بأميتر كما في الشكل ( ٢- ١ ) ( كيف ؟ ).




الشكل ( ٢- ١ )

**خطوات التشغيل و العمل:**

أعد نفس الخطوات السابقة في تجربة (اللاحمل )، وسجل النتائج في الجدول التالي :

| | $I_E$(A) | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $n_1$= 1000 rpm | $I_S$(A) | | | | | |
| $n_2$= 1500 rpm | $I_S$(A) | | | | | |
| $n_3$= 1800 rpm | $I_S$(A) | | | | | |

**النتائج و التعليق:**

- ارسم العلاقة ( خطية ) بين تيار الإثارة على المحور الأفقي وتيار القصر على المحور الرأسي في حالات السرعة الثلاث على الشكل (٢- ٢).. (سجل ملاحظاتك)
- ما العلاقة بين تيار القصر وتيار الإثارة ؟
- هل يعتمد تيار القصر على سرعة الدوران ؟
- نتائج أخرى...

.....

.....

.....

.....

.....

.....

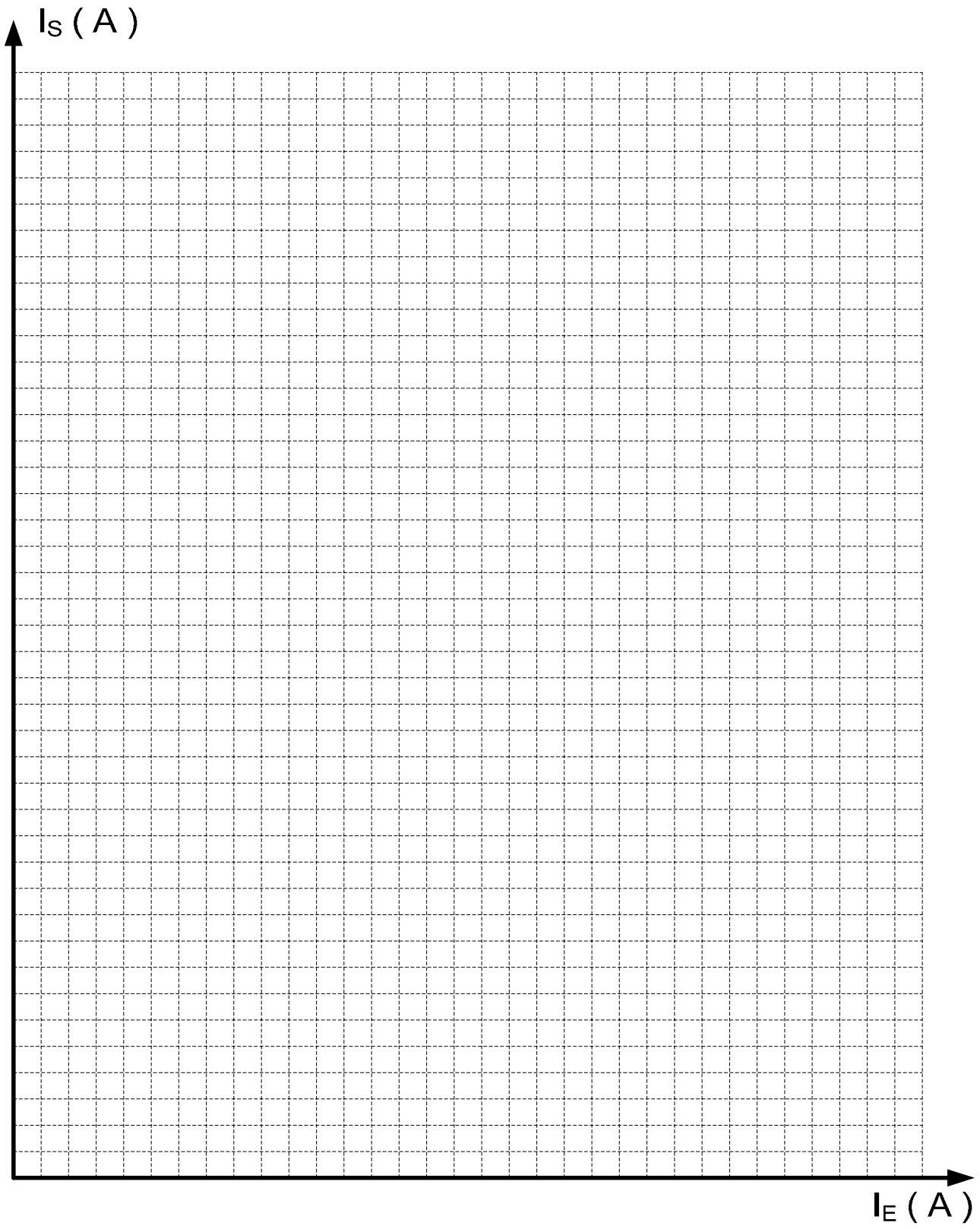
.....

.....

.....

.....

- افصل وحدة التوليد كما في التجربة السابقة.




الشكل (٢- ٢)

# التجربة الثالثة

## . دراسة خواص أداء المولد عند التحميل بأحمال مختلفة .

## Performance characteristics of synchronous machine (Various load)

**الجدارة:**

دراسة أثر الأحمال المختلفة على خواص أداء المولد تحت ظروف معينة .

**الأهداف:**

- التحقق من علاقة تيار و جهد ملفات العضو الثابت للمولد المتزامن بالأحمال ، وخواص كل حمل عند ثبات السرعة .
- التحقق من علاقة التيار بالجهد في حالة الأحمال المختلفة .

**مستوى الأداء:**

لا تقل نسبة إتقان هذه المهارة عن 90%

**الوقت المتوقع للتدريب:**

ساعتان.

**الوسائل و الأجهزة المستخدمة:**

جميع الأجهزة المستخدمة في التجربة الأولى بالإضافة إلى

١- جهاز أميتر.
٢- حمل مادي (10 733).
٣- حمل حثي (42 732)
٤- حمل سعوي (11 733 ).

**خطوات التشغيل و العمل :**

- وصل الأجهزة كما في الشكل ( ٣- ١ ) مبتدئاً بالحمل المادي على شكل نجمة .
- شغل وحدة التوليد كما سبق على سرعة دوران 1500 rpm.
- ثبت تيار الإثارة على 0.6 A تقريباً . (لا تنس أن التيار DC)
- غير في الحمل المادي مبتدئاً بكامل القيمة 100% كما في الجدول ( ١ ) وسجل قراءة التيار والجهد .
- أعد التجربة عند التحميل بحمل حثي على شكل نجمة أيضاً وسجل قراءة التيار و الجهد كما في الجدول ( ٢ ).
- أعد التجربة عند التحميل بحمل سعوي على شكل نجمة أيضاً وسجل قراءة التيار و الجهد كما في الجدول ( ٣ ).

**في حالة الحمل المادي:**

| R ( % ) | 100 | 80 | 60 | 45 | 20 | 10 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $I_s$ ( A ) | | | | | | | |
| $V_s$ ( V ) | | | | | | | |

جدول ( ١ )

**في حالة الحمل الحثي :**

| L ( H ) | 4.8 | 2.4 | 1.2 | 1 |
|---|---|---|---|---|
| $I_s$ ( A ) | | | | |
| $V_s$ ( V ) | | | | |

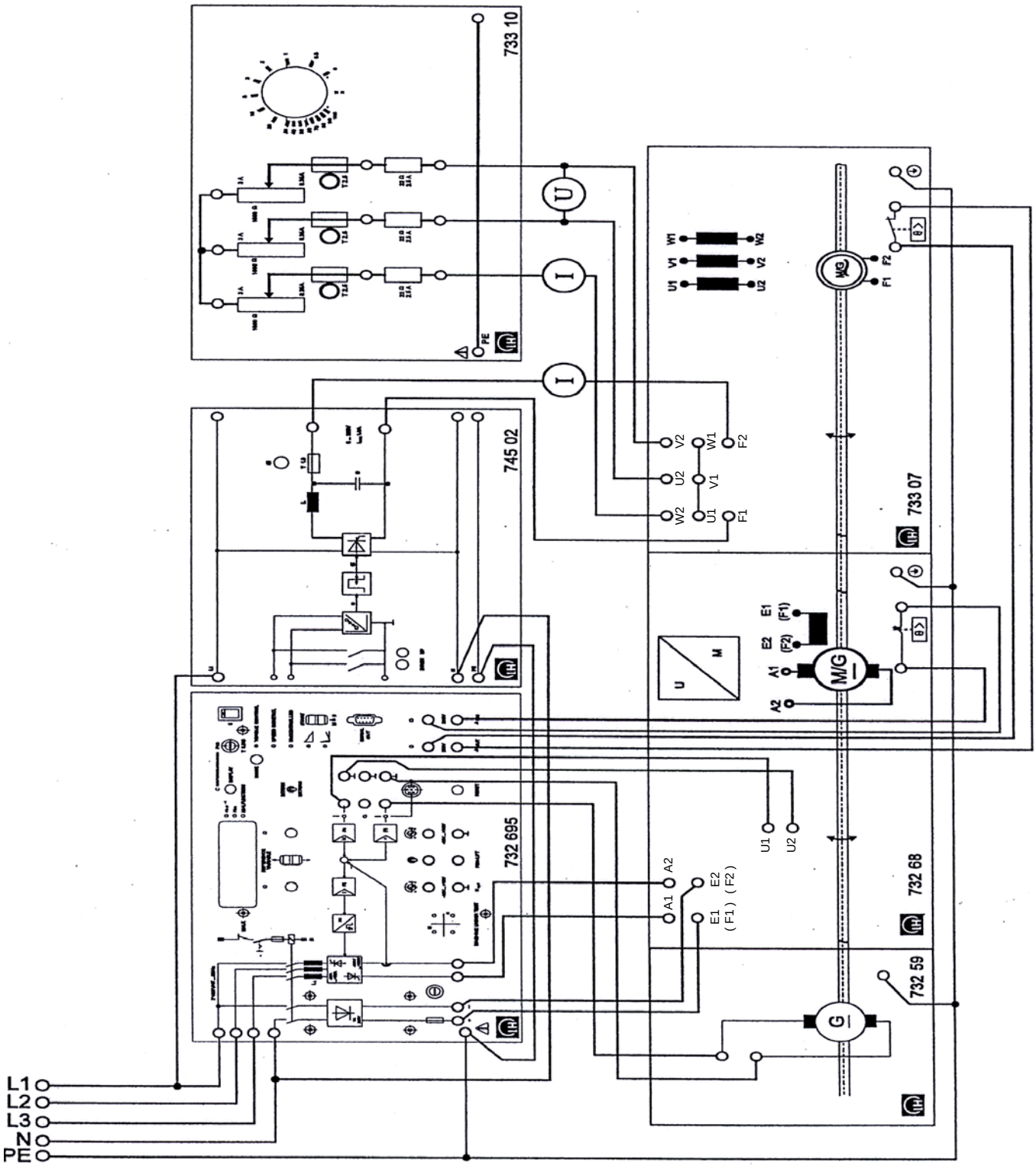
جدول ( ٢ )

**في حالة الحمل السعوي :**

| C(μF) | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|
| $I_s$ ( A ) | | | | | |
| $V_s$ ( V ) | | | | | |

جدول ( ٣ )

**انتبه!** اسأل عن التوصيل الصحيح للحمل السعوي و تأكد ،وخاصة 6 μF أو 10 μF .




الشكل ( ٣- ١ )

## النتائج و التعليق :

- ارسم العلاقة بين التيار $I_s$ على المحور الأفقي و الجهد $V_s$ على المحور الرأسي في حالة كل حمل على الشكل(٣- ٢) .
- ما علاقة الجهد و التيار في كل حالة حمل ؟(" علاقة عكسية " أو" علاقة طردية " ).
- ما أثر كل حمل على الجهد والتيار؟
- مع زيادة التيار، أيهما أشد هبوطاً في الجهد ( في حالة الحمل المادي أم الحثي ).
- نتائج أخرى....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

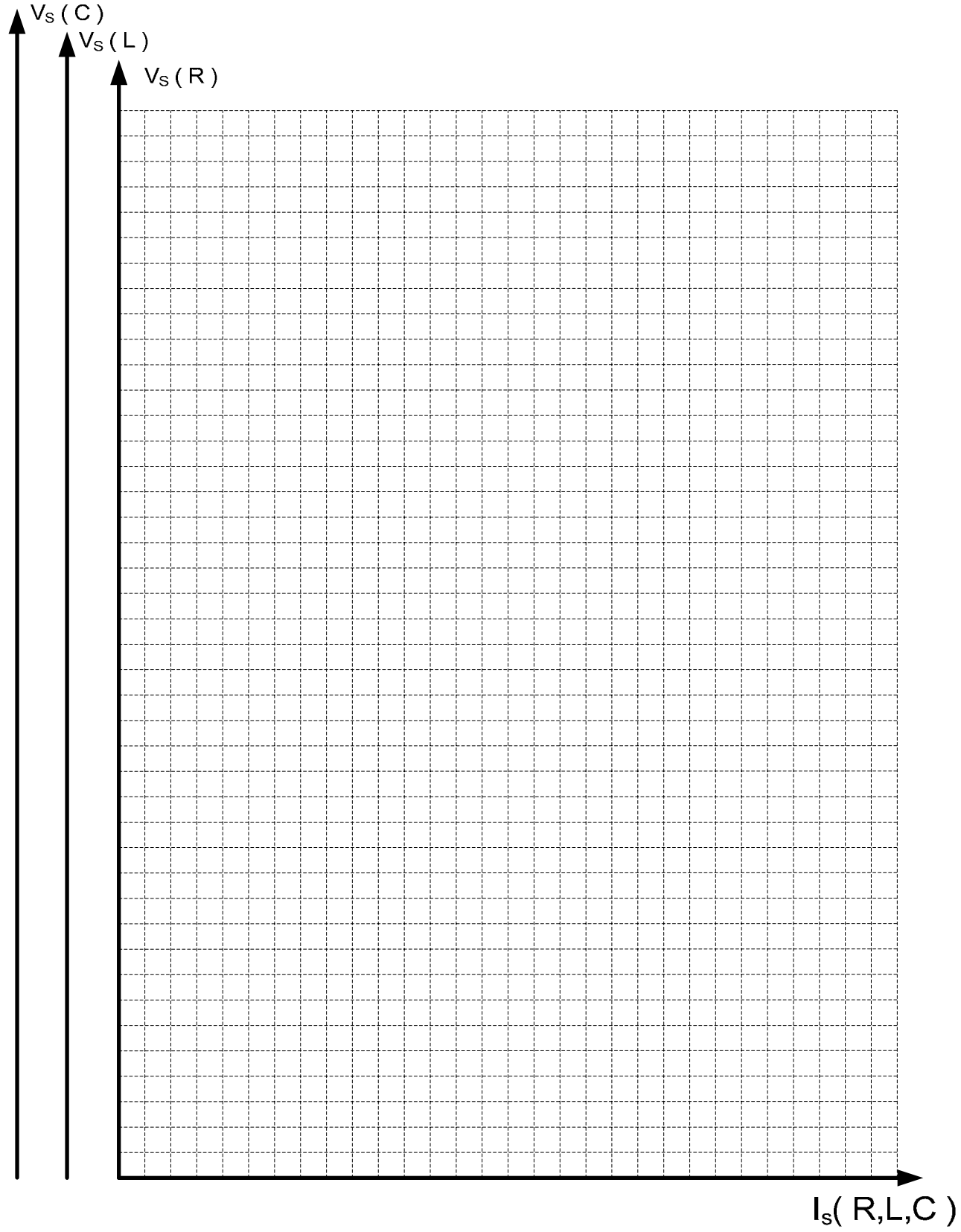
.....

.....

.....

.....

.....




الشكل (٣- ٢)

# التجربة الرابعة

## ربط محطة التوليد مع الشبكة

Generator connection to the network

**الجدارة:**

تحقيق شروط الربط بين المولدات .

**الأهداف: عند ما تكتمل هذه التجربة تكون لديك القدرة على :**

- معرفة شروط الربط بين المولدات ، وكيفية ربطها و فصلها .
- التأكيد بأهمية تسلسل خطوات التشغيل و الفصل.
- معرفة الأخطاء التي تحصل عند الربط أو الفصل وأثر ذلك .

**مستوى الأداء:**

لا تقل نسبة إتقان هذه المهارة عن 90%

**الوقت المتوقع للتدريب:**

ساعتان .

**الوسائل والأجهزة المستخدمة:**

- مصدر جهد متغير مع قاطع أوتوماتيكي (75 726) .
- محرك كهربائي كمصدر حركة لمولد التزامن (68 732).
- وحدة تحكم بالمحرك الكهربائي (695 732).
- مولد تزامني (07 733).
- مولد التاكو ( مولد الدورات ) " يحول الجهد المتولد إلى سرعة " (59 732).
- جهاز تشغيل الربط الآلي (04 745).
- قاطع دائرة القدرة (561 745).
- وحدة تحكم بجهد التحكم (03 745).
- وحدة التحكم بجهد الإثارة (02 745).
- جهاز قياس الجهد مزدوج (25 727) .
- جهاز قياس التردد مزدوج (27 727) .
- مؤشر اختبار التزامن (62 731).

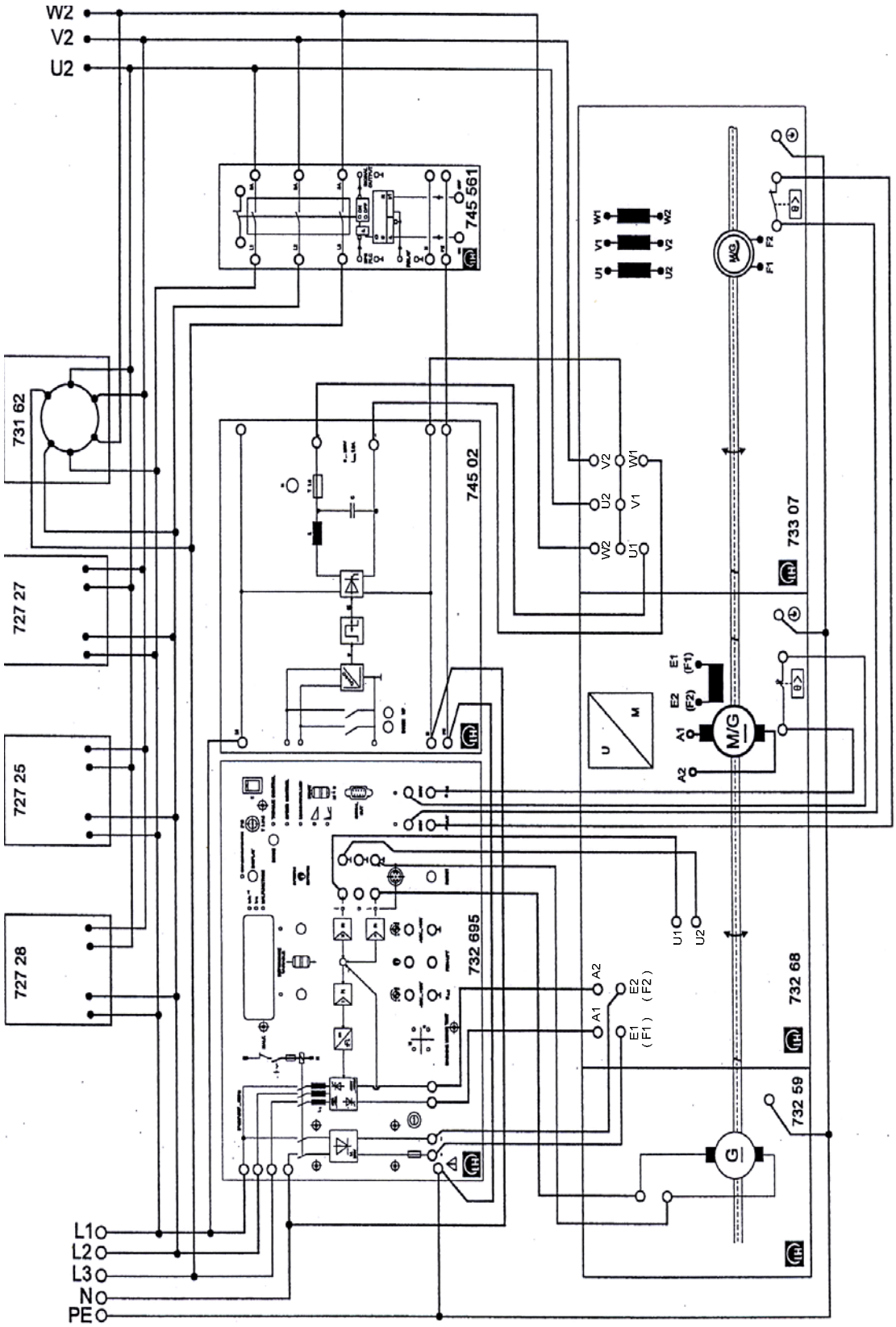
- جهاز مدى التزامن synchronoscope (28 727).
- أسلاك وجسور توصيل.

**طريقة التشغيل والعمل:**

## أولاً : التشغيل يدوياً

وصل الدائرة و الأجهزة كما في الشكل ( ٤- ١ ).

- لابد من التأكد من ترتيب الثلاث أوجه على الشبكة وكذلك على المولد.
- ضع المفتاح الموجود على وحدة التحكم بالمحرك على وضع " ENTERN ".
- شغل مفتاح وحدة التحكم بالمحرك "S" مع الضغط على الضاغط " DISPLAY " لأسفل في نفس الوقت.
- ستظهر لك على الشاشة إشارة "Error1" كما سبق.
- ضع القاطع الرئيسي FCCB على وضع " ON " ثم اضغط على الضاغط " RESET " عند ذلك ستزول إشارة "Error1" كما سبق.
- شغل مروحة تبريد المحرك.
- اختر الوضع " SPEED CONTROL " باستخدام الضاغط " MODE " الموجود على وحدة التحكم بالمحرك.
- للتحكم بسرعة المحرك ارفع المفتاح " REFERENCE VARIABLE " الموجود على وحدة التحكم بالمحرك لأعلى حتى تصل السرعة 1800 rpm تقريباً وذلك للحصول على نفس تردد الشبكة 60 HZ. (كيف ؟ ولماذا ؟ ).
- للتحكم بجهد الإثارة اضغط الضاغط "UP " الموجود على وحدة التحكم بجهد الإثارة (74502) وذلك للحصول على جهد خرج المولد 380 v . لماذا؟..
- لابد من تساوي تردد المولد مع تردد الشبكة . وكذلك جهد خرج المولد مع جهد الشبكة.
- إذا تحقق التساوي سيكون دوران مؤشر جهاز مدى التزامن synchronoscope بطيء جداً، فعندما يكون عمودياً لأعلى، ولمبات اختبار التزامن مطفأة يمكن تشغيل قاطع دائرة القدرة (745 561) بالضغط على الضاغط "ON" وبذلك يحصل الربط.


W2
V2
U2
745 561
731 62
745 02
727 27
727 25
727 28
732 695
733 07
732 68
732 59
L1
L2
L3
N
PE
M/G
G

الشكل ( ٤ – ١ )

**بيان بالرموز والأخطاء المتوقع ظهورها على الشاشة :**

CON: ..... تم الربط بنجاح

Er1: ..... جهد المولد الذي اخترته للتزامن قليل (يحتاج إلى زيادة)

Er2: ..... جهد المولد الذي اخترته للتزامن عالي (يحتاج إلى تقليل)

Er3: ..... تردد المولد الذي اخترته للتزامن قليل (يحتاج إلى زيادة)

Er4: ..... تردد المولد الذي اخترته للتزامن عالي (يحتاج إلى تقليل)

Er6: ..... خطأ في الربط لعدم تحقق الشروط .

**خطوات فصل وحدة التوليد :**

١- اضغط على الضاغط "OFF" الموجود على قاطع الدائرة لفتح الدائرة فينفصل مولد التزامن من الشبكة.

٢- قلل جهد الإثارة بالضغط على مفتاح " Down " حتى الصفر

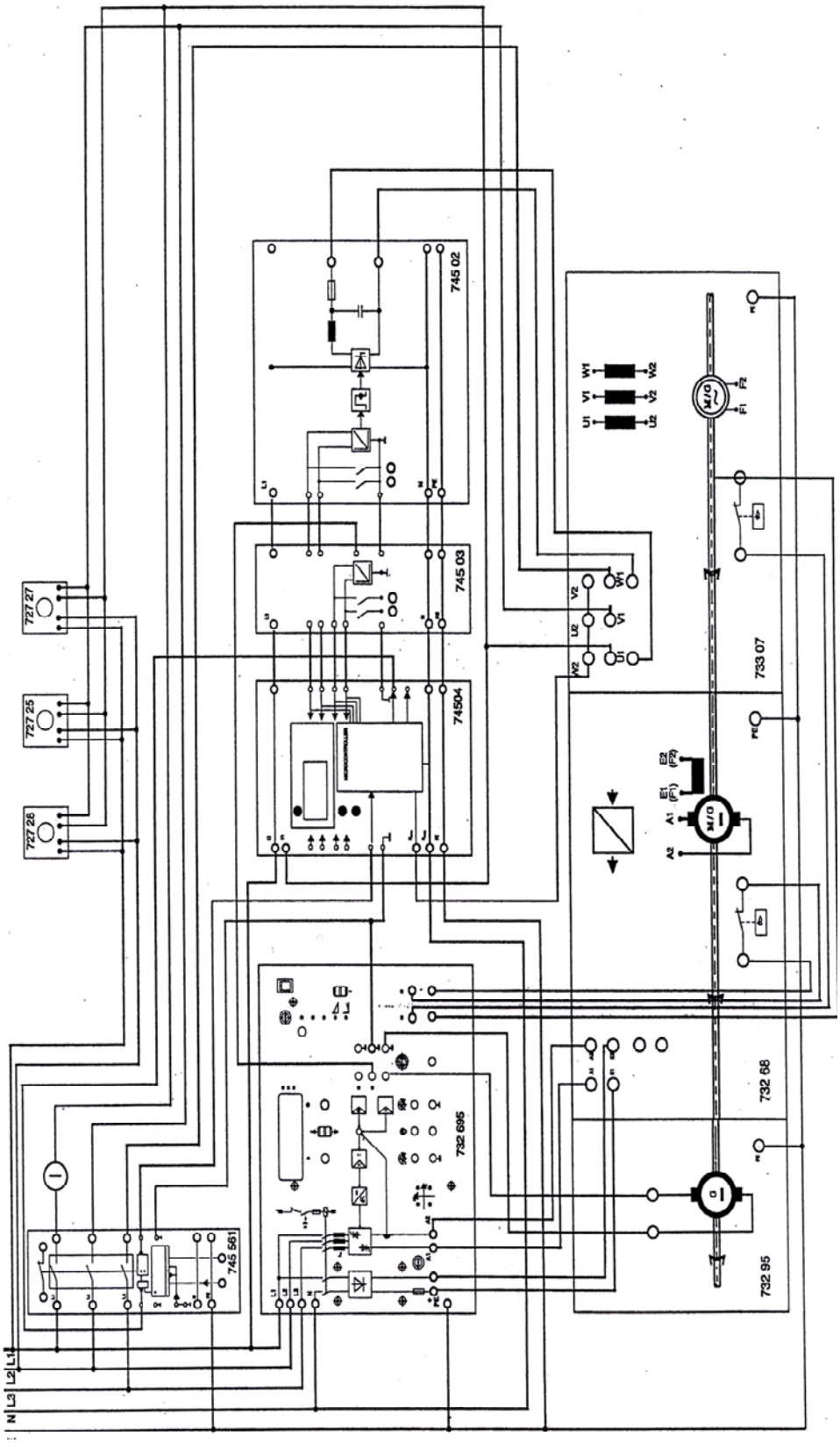
٣- قلل السرعة عن طريق الضغط على الضاغط "Down" الموجود على وحدة التحكم بجهد التحكم أو اضغط المفتاح "M=0" لأسفل ضغطة واحدة لتقليل سرعة المحرك إلى الصفر .

٤- افصل المفتاح "S" ثم مفتاح التغذية الرئيس مباشرة.

## ثانياً : التشغيل آلياً :

وصل الدائرة والأجهزة كما في الشكل ( ٤- ٢ )

- ضع المفتاح الموجود على وحدة التحكم بالمحرك على وضع " EXTERN ".
- ضع المفتاح الموجود على جهاز الربط الآلي على الوضع "AUTO".
- باستخدام مفتاح " DISPLAY MODE " الموجود على جهاز الربط الآلي يمكن اختيار شروط الربط المناسبة بالنسبة للجهد والتردد والزاوية.
- اضغط على الضاغط "ON" الموجود على قاطع الدائرة، عند ذلك ستضيء اللمبة الصفراء S استعداداً للتشغيل.
- شغل مفتاح وحدة التحكم بالمحرك " S " مع الضغط على الضاغط " DISPLAY " لأسفل في نفس الوقت.
- ستظهر لك على الشاشة إشارة "Error1" كما سبق.
- ضع القاطع الرئيسي FCCB على وضع "ON" ثم اضغط على الضاغط " RESET " عند ذلك ستزول إشارة "Error1" كما سبق.
- شغل مروحة تبريد المحرك.
- تأكد أن الوضع " UNCONTROLLED ".
- للتحكم بسرعة المحرك اضغط الضاغط " UP " الموجود على وحدة التحكم بجهد التحكم (745 03) واستمر بالضغط لبعض الوقت حتى يبدأ المحرك بالدوران ( ضع السرعة في البداية على قيمة مناسبة للتزامن (1000 rpm) مثلاً أو أكثر.
- اضغط الضاغط "UP " الموجود على وحدة التحكم بجهد الإثارة (74502) وذلك للحصول على جهد خرج للمولد مناسب للتزامن (300 V) مثلاً.
- اضغط على الضاغط "START/STOP" الموجود على جهاز الربط الآلي (745 04).
- سيبدأ الجهاز بتحقيق شروط الربط آليا بحيث يتساوى جهد المولد بجهد الشبكة وكذلك التردد وتتابع الطور.
- ستظهر على الشاشة عبارة "CON" حيث تعني حصول الربط آليا بنجاح.
- عند ظهور خطأ ما على الشاشة لابد من إصلاحه قبل الربط مرة أخرى.(أي بعد الضغط على "START/STOP" ).




الشكل ( ٤- ٢ )

- أضف جهاز مدى التزامن كما في الشكل السابق.

**خطوات إضافية أثناء الربط :**

إذا زدت أو قللت تيار (جهد) الإثارة ماذا يحدث ؟ ( مع الحذر من الزيادة السريعة أوالعالية )

- هل تغيرت قراءة الأجهزة ؟
- هل زاد أو قل جهد الإثارة فعلياً ؟ ( للإجابة على السؤال افصل مولد التزامن من الشبكة ولاحظ قراءة الأجهزة)

.....

.....

.....

كذلك الحال عند زيادة وتقليل السرعة (مع الحذر من الزيادة السريعة أوالعالية)

- ما دلالة ذلك ؟

.....

.....

.....

- افصل وحدة التوليد كما في أولا.
- **سؤال..** ما شروط ربط المولد بالشبكة ،وما فوائده ،وما سلبياته ؟ .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

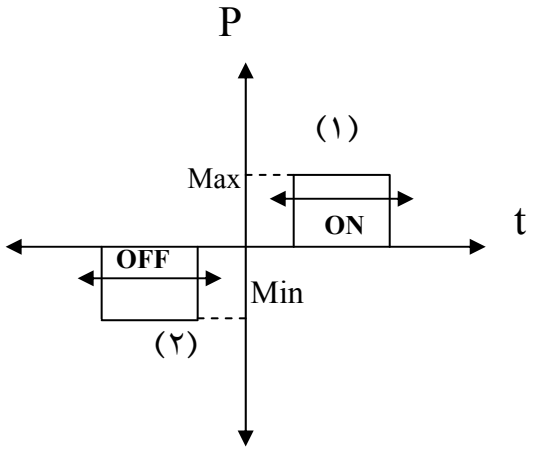
.....

## التحكم في القدرة الفعالة وغير الفعالة

- الهدف من التجربة :هو التحكم بالقدرة الفعالة والقدرة غير الفعالة للمولد.
- يتم التحكم بين الوحدتين عن طريق حاكم "controller" من نوع حاكم ذي نقطتين (2- point controller) أو.(ON\OFF controller)
- للتغيير في القدرة الفعالة أو غير الفعالة في النظام يوجد محاكي بوتنشوميتر potentiometer على الوحدتين يسمى قيمة الضبط (SET VALUE).
- يكون للقيمة المدخلة عن طريق (set value) إشارة سالبة (ـ) دائما ليتم مقارنتها بالقيمة الحقيقية المقروءة من النظام ( المولد ).
- الناتج يسمى الخطأ = القيمة الحقيقية – قيمة الضبط

(set value) - (Actual value) =.

- هنا تبدأ وظيفة الحاكم بحيث يقوم بفتح وإغلاق الملامسات الموصلة معه بهدف التغيير بسرعة المنظومة للوصول إلى ناتج خطأ يساوي صفرا .
- يلاحظ أن للحاكم بوتنشوميتر خاص به يسمى حساسية "sensitivity" وظيفتها التغيير في القيمة العظمى والقيمة الصغرى حسب تحديد موقع هذا المفتاح مابين النقطتين أدنى← أعلى Min→Max .
- الفكرة الأساسية في الحاكم هو التغيير بالمناطق (2) و (1) كما في الشكل من خلال مفتاح الحساسية للوصول إلى أقرب قيمة مقروءة من النظام بشكل حقيقي حتى تساوى القيمة المدخلة وذلك للوصول إلى فرق يساوي صفرا .



- تغيير الحساسية للحاكم هي تغيير السماحية والدقة المطلوبة منه للوصول إلى القيمة الفعالة .

على سبيل المثال

- إذا كانت القيمة المطلوبة الوصول إليها 600W وكانت حساسية الحاكم ٪50 (في المنتصف)، فإن الحاكم يبدأ بزيادة سرعة النظام أو إنقاصها تباعا للوصول إلى القيمة المطلوبة، فيبدأ التصرف على مدى قياس 900= % 50 +600 ← 600-50%=300 فيسمح له بالتحرك من 300←900 وذلك حسب القيمة المقروءة فعلا .

- فعليا الحاكم يأخذ عدة قراءات ما بين 300←900 ويحاول الوصول إلى المتوسط لها وهو أقرب ما يكون من 600W .

- إذا غيرنا في قيمة الضبط للقدرة الفعالة أو معامل القدرة تكون استجابة الحاكم كما هو متوقع بإصدار أوامر " أعلى" أو" أقل" لحاكم الجهد(control voltage controller)
- يمكن الوصول إلى نقطة الضبط وتثبيتها في إطار دقة القياس وداخل المسموح به.
- لاحظ أن قياس الحاكم للقدرة وعرضها تكون لوجه واحد .
- مع العلم أن آله التزامن تعطي جهد توليد ثلاثي الأوجه غير متماثل وذلك بسبب:
  ١) تشوه المجال بسبب حجم الآلة الكبير في حالة القدرة الفعالة.
  ٢) الجهد المتولد يكون مصحوبا بهرمونية عالية تؤثر على القدرة غير الفعالة وقياسها .
- يشتغل الحاكم بأحسن طريقة إذا كانت استجابته لقيمة الضبط سريعة وكان مستقرا في المنطقة المستقرة للآلة، ويتحقق ذلك
  - بضبط الحساسية على 50% في حالة القدرة الفعالة و % 70-60 في حالة معامل القدرة.
  - بضبط وقت التشغيل % 40-30 في كلا الحالتين مع العلم أن هذا يتغير من جهاز إلى آخر.
- بالنسبة لجهاز التحكم بمعامل القدرة:
  - الوضع "cap" يشير إلى أن الآلة تستقبل قدرة غير فعالة سعوية $Q_C$ وتعطي قدرة غير فعالة حثية $Q_L$ للشبكة ( تشغيل إثارة إضافي)
  - الوضع "ind" يشير إلى أن الآلة تأخذ قدرة غير فعالة حثية $Q_L$ وتعطي قدرة غير فعالة سعوية $Q_C$ للشبكة ( تشغيل إثارة تقليلي) .

# التجربة الخامسة

## التحكم في القدرة الفعالة وغير الفعالة للمولد

Active- Reactive power control

**الجدارة:**

دراسة بعض التطبيقات على عملية التوافق.

**الأهداف: عندما تكتمل هذه التجربة تكون لديك القدرة على :**

- مشاهدة أثر المولد بعد التزامن مع الشبكة
- التحكم بالقدرة الفعالة وغير الفعالة للمولد
- التأكد من استجابة أجهزة التحكم واختيار أفضل وضع للمتغيرات .

**مستوى الأداء:**

لا تقل نسبة إتقان هذه المهارة عن 80%

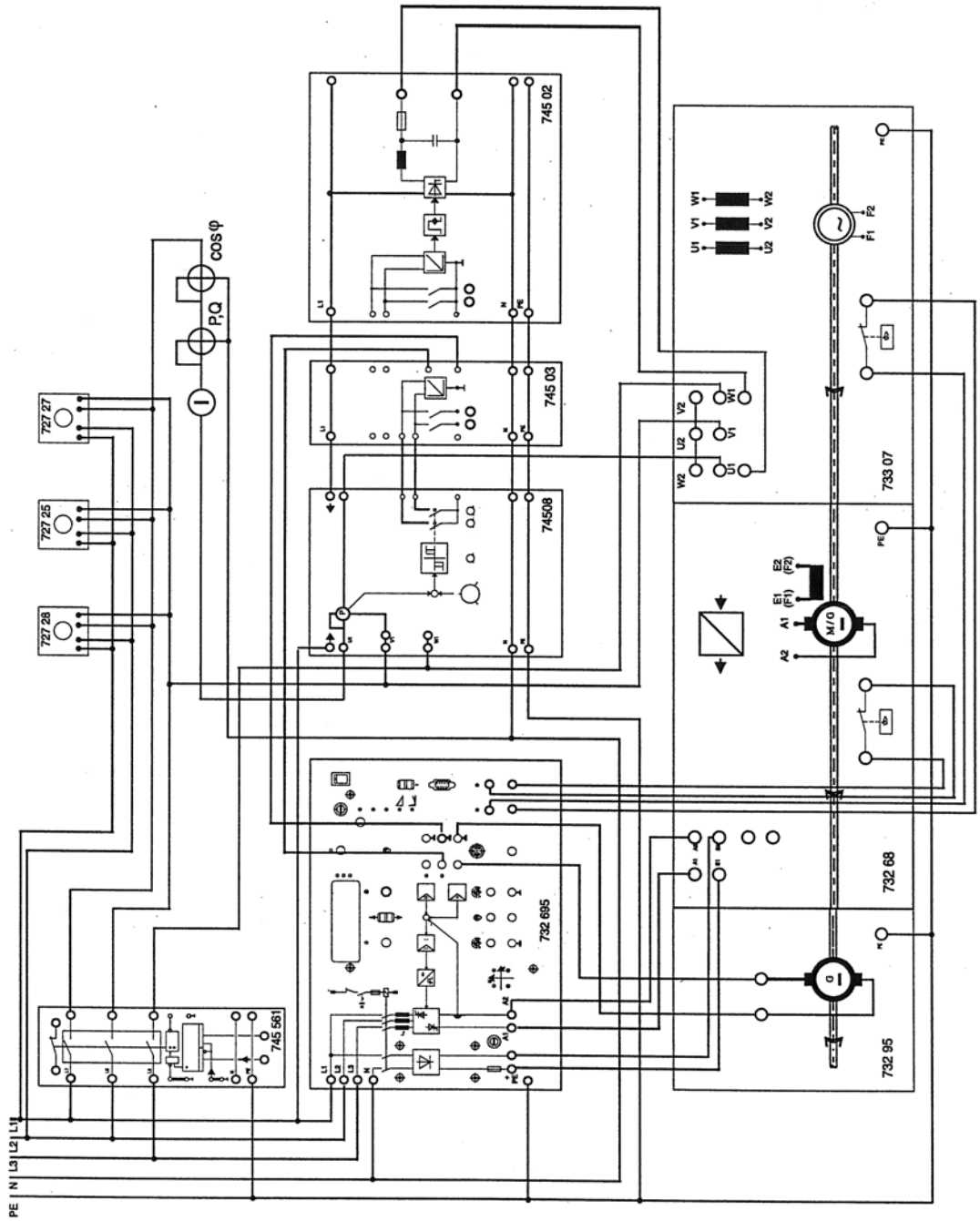
**الوقت المتوقع للتدريب:**

ساعتان .

**الوسائل والأجهزة المستخدمة:**

- مصدر جهد متغير مع قاطع أوتوماتيكي (75 726) .
- محرك كهربائي كمصدر حركة لمولد التزامن (68 732).
- وحدة تحكم بالمحرك الكهربائي (695 732).
- مولد تزامني (07 733).
- جهاز تشغيل الربط الآلي (04 745).
- قاطع دائرة القدرة (561 745).
- وحدة تحكم بجهد التحكم (03 745).
- وحدة التحكم بجهد الإثارة (02 745).
- مولد التاكو ( مولد الدورات ) " يحول الجهد المتولد إلى سرعة " (59 732).
- جهاز التحكم بالقدرة الفعالة (08 745) .
- جهاز التحكم بالقدرة غير الفعالة(جهاز التحكم بمعامل القدرة) (06 745) .
- جهاز قياس الجهد مزدوج (25 727) .

- جهاز قياس التردد مزدوج (27 727) .
- مؤشر اختبار التزامن (62 731).
- جهاز مدى التزامن synchronoscope (28 727).
- أسلاك وجسور توصيل.




الشكل (٥- ١)

**طريقة التشغيل والعمل:**

## أولاً : التحكم بالقدرة الفعالة (Active power control)

- وصل الدائرة كما في الشكل ( ٥- ١ ) مع إضافة جهاز مؤشر اختبار التزامن .
- بما أن الربط في هذه التجربة يدويا فلا بد من توصيل دخل spc الموجود على قاطع الدائرة بالأرض بواسطة جسر توصيل كما في الشكل السابق .
- في البداية ضع قراءة "set value" الموجود على جهاز التحكم بالقدرة الفعالة على الصفر .
- ضع مفتاح الحساسية (sensitivity) على % 50 ، ومفتاح وقت التشغيل(operator time) على % 30-40
- اختر قيم متغيرة تقريبية وبالتدريج عن طريق مفتاح "set value" الموجود على جهاز التحكم بالقدرة الفعالة حسب الجدول التالي وأكمل القراءات (يجب ألا يزيد تيار خارج المولد $I_s$ عن واحد).

| set value(W) | P(W) | Q (VAR) | Cosφ | حالة الحاكم |
|---|---|---|---|---|
| 0 | | | | |
| 100 | | | | |
| 300 | | | | |
| 400 | | | | |
| 200 | | | | |
| 0 | | | | |

اكتب الملاحظات حول استجابة جهاز التحكم بالجهد للتغير الحاصل .

.....

.....

.....

.....

- عند تيار خرج المولد $I_s$ =1A تقريبا (هناك خطورة عند الزيادة عن 1A لفترة طويلة) عن طريق جهاز التحكم بجهد/ تيار المجال وذلك لتغيير القدرة غير الفعالة المنتجة أو المستهلكة بواسطة آلة التزامن، زد تدريجيا تيار المجال $I_f$ وسجل القراءة.

-. أكمل الجدول التالي مع تحديد نوع Q و Cosφ

$I_s = 1A$ ( تقريبا)

| $I_f$ (A) | $I_s$(A) | P(w) | Q(VAR) | Cosφ | استجابة الحاكم |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

- **سجل ملاحظاتك**

.....

.....

.....

- اختبر استجابة جهاز التحكم بالقدرة الفعالة عند قيم مختلفة لكل من:

مفتاح الحساسية ومفتاحي وقت التشغيل وسجل ملاحظاتك:

.....

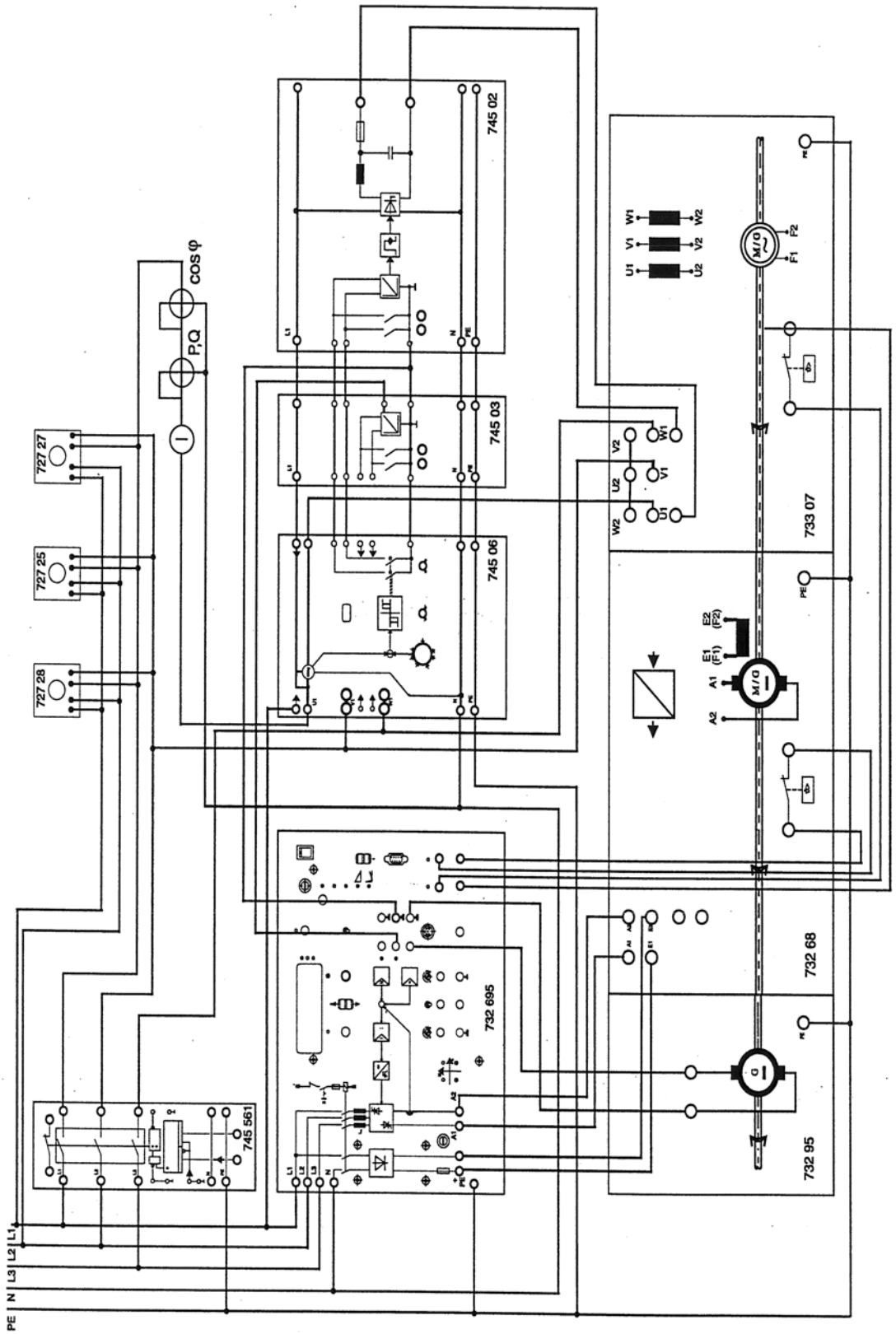
.....

.....

- ما أفضل وضع لهذه المتغيرات؟

.....

.....


745 02
745 03
745 06
745 561
732 695
733 07
732 68
732 95
727 27
727 25
727 28
cos φ
P,Q
L1
L2
L3
N
PE

الشكل(٥- ٢)

## ثانيا : التحكم بالقدرة غير الفعالة/معامل القدرة
## Reactive power control /cosφ control

استبدل جهاز التحكم بالقدرة الفعالة في الشكل السابق بجهاز التحكم بمعامل القدرة (74506) كما في الشكل(٥- ٢)

**خطوات التشغيل :**

- في البداية ضع قراءة "set value" على جهاز التحكم بمعامل القدرة على 1 .
- ضع مفتاح الحساسية على 60-70% ومفتاح وقت التشغيل على 30-40%
- غير في مفتاح "set value" بالتدريج وسجل ملاحظاتك :

.....

.....

.....

.....

غير في مفتاح "Set value" بالتدريج وسجل ملاحظاتك:

- على مدى استجابة جهاز التحكم بالجهد.
- على قراءة الأجهزة .
- عند التغيير بين p وQ ( المفتاح الموجود على جهاز التحكم بمعامل القدرة) .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

# مختبر القوى الكهربائية

## خطوط النقل

# تمهيد

## خطوط النقل Transmission Lines

إن نموذج خط النقل المستخدم في المختبر على شكل $\pi$ (نموذج رقم 51 745) ويحتوي العناصر التالية :

١- مقاومة (R).

٢- ملف (L).

٣- مكثف ($C_B$).

بحيث يسمح لنا باختيار ثلاثة أطوال مختلفة 144 Km , 216 Km , 360 Km .

**وخط النقل ينقسم إلى ثلاثة أقسام :**

١- خط نقل قصير: ويكون أقل من 80 Km.

٢- خط نقل متوسط: ويكون أطول من 80 Km وأقل من 250 Km .

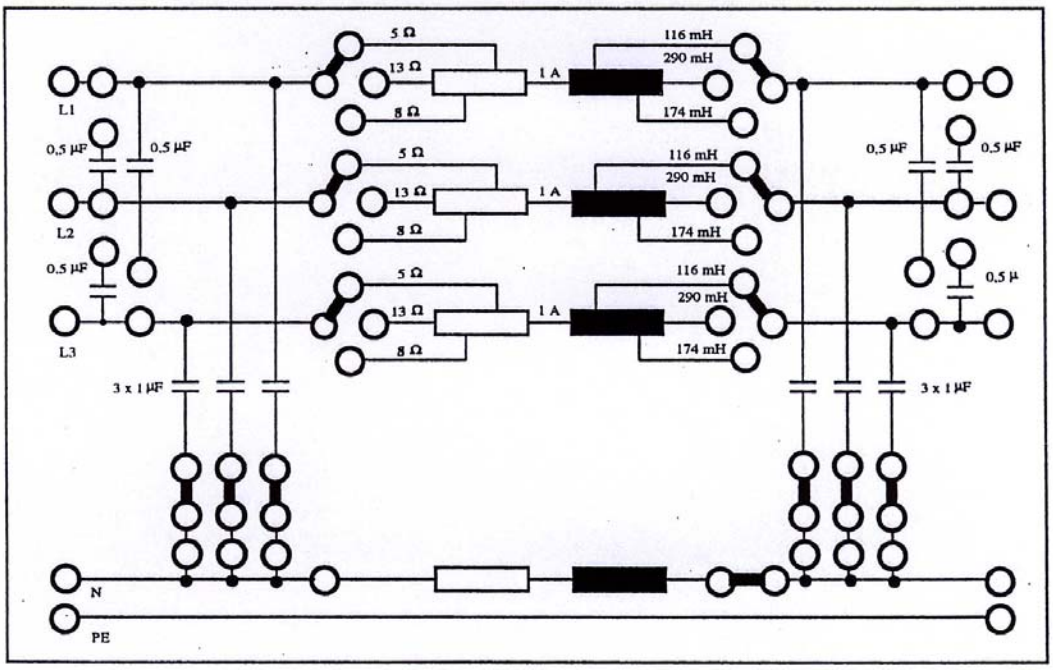
٣- خط نقل طويل: ويكون أطول من 250Km .

ومواصفات خط النقل للأطوال المختلفة كما في الجدول ( ١ ) :

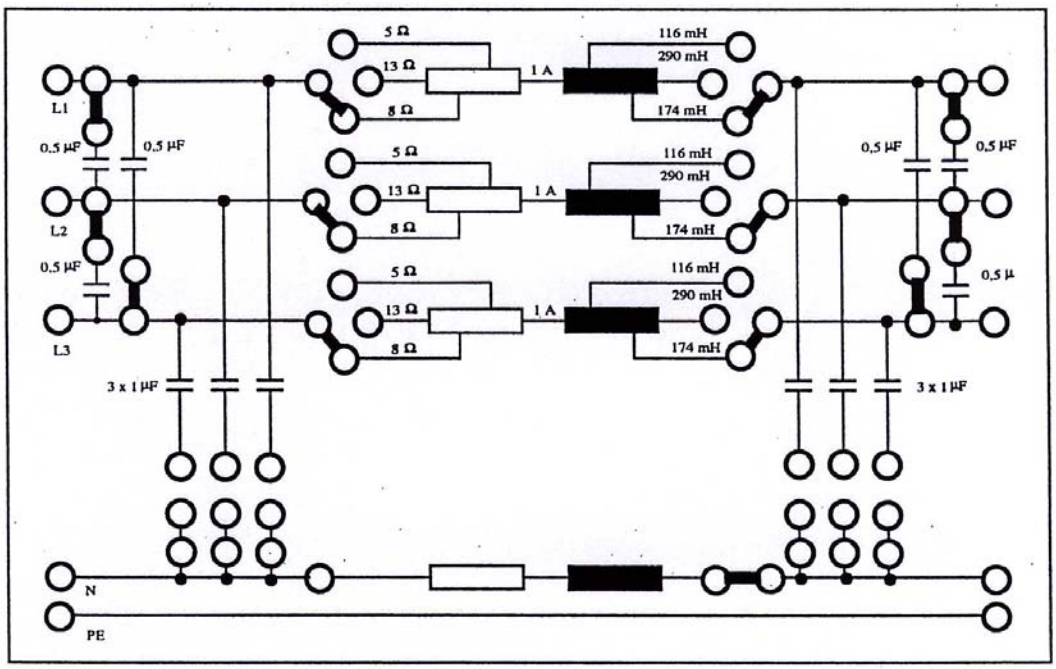
| الطول (Km) | 144 | 216 | 360 |
|---|---|---|---|
| الطول (%) | 40 | 60 | 100 |
| R ( Ω ) | 5 | 8 | 13 |
| L (mH) | 116 | 174 | 290 |
| $C_B$ (μF) | 2 | 3 | 5 |

جدول ( ١ )

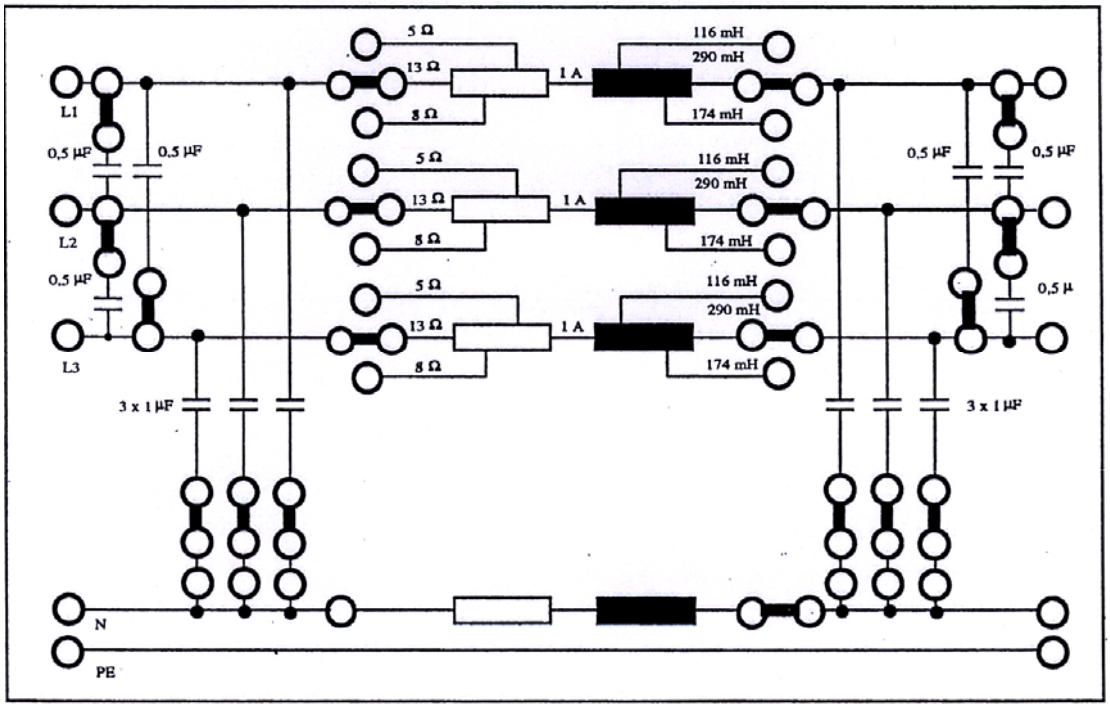
والأشكال التالية توضح كيفية التوصيل للحصول على الطول المطلوب :




النموذج يمثل طول الخط ١٤٤كم ( ٤٠٪ من طول الخط الكلي )




النموذج يمثل طول الخط ٢١٦كم ( ٦٠٪ من طول الخط الكلي )




النموذج يمثل طول الخط ٣٦٠كم ( ١٠٠٪ من طول الخط الكلي )

والجدول التالي يبين القيم الحقيقية على الشبكة وما يناظرها معملياً :

| القيم الحقيقية | ما يناظرها معمليا |
|---|---|
| 1 KV | 1V |
| 1KA | 1A |
| 1MW | 1W |
| 1MVA | 1VA |

# التجربة السادسة

## دراسة خطوط النقل ذات الجهد العالي في حالة اللاحمل

## High voltage transmission lines at no - load

**الجدارة:**

تحليل ظاهرة فرانتي .

**الأهداف:**

عند اكتمال هذه التجربة تكون لديك القدرة على :

١- التمييز بين خطوط النقل المختلفة ( قصير – متوسط – طويل ) وطريقة توصيلها.

٢- وصف ظاهرة فرانتي وتحليلها ( عملياً و رياضياً ) .

٣- تحديد العلاقة بين المسافة و الجهد على طول الخط .

**مستوى الأداء:**

لا تقل نسبة إتقان هذه المهارة عن 90% .

**الوقت المتوقع للتدريب:**

ساعتان .

**الوسائل و الأجهزة المستخدمة:**

- مصدر جهد ثلاثي الأوجه(75 726) .
- قاطع دائرة قدرة (561 745) .
- محول ثلاثي الأوجه (50 745).
- نموذج خط نقل (51 745).
- عدد (2) فولتميتر.
- جهاز أميتر
- جهاز قياس القدرة الفعالة وغير الفعالة ( 11 727 ).
- أسلاك توصيل مختلفة الأطوال و جسور توصيل.

**توصيل الدائرة و خطوات العمل :**

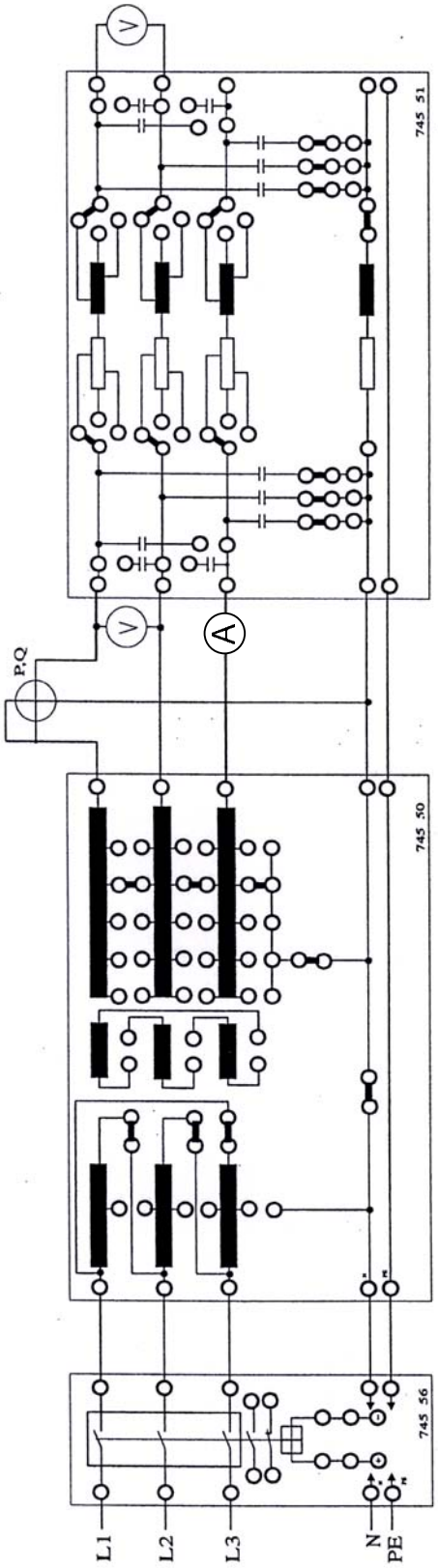
- وصل خط نقل طوله 144 Km ( والذي يمثل 40% من طول الخط الكلي ) كما في الشكل ( ٦- ١ ) .
- توصيلة الملف الابتدائي للمحول ( دلتا ) و الجهد الثانوي على $U_N$ -10%
- تأكد من توصيل جميع الأجهزة المطلوبة توصيلاً صحيحاً .
- أطلق التيار عن طريق قاطع الدائرة بعد التأكد من وصول التيار لطاولة العمل.
- سجل قراءة الأجهزة في الجدول أدناه .
- أعد قراءة الأجهزة بعد استبدال خط النقل السابق بخط نقل طوله 216 Km ( والذي يمثل 60% من طول الخط الكلي ) كما في الشكل ( ٦- ٢ ) .
- كرر العملية السابقة في حالة خط نقل 360 Km ( والذي يمثل 100% من طول الخط الكلي) كما في الشكل ( ٦- ٣ ) .

| المسافة (L) | 40% | 60% | 100% |
|---|---|---|---|
| جهد الإرسال ($V_s$) | | | |
| جهد الاستقبال ($V_r$) | | | |
| تيار الإرسال ($I_s$) | | | |
| قدرة الإرسال الفعالة ($P_s$) | | | |
| قدرة الإرسال غير الفعالة ($Q_s$) | | | |
| نسبة معامل التنظيم $(V_s - V_r / V_r)\times 100\%$ | | | |

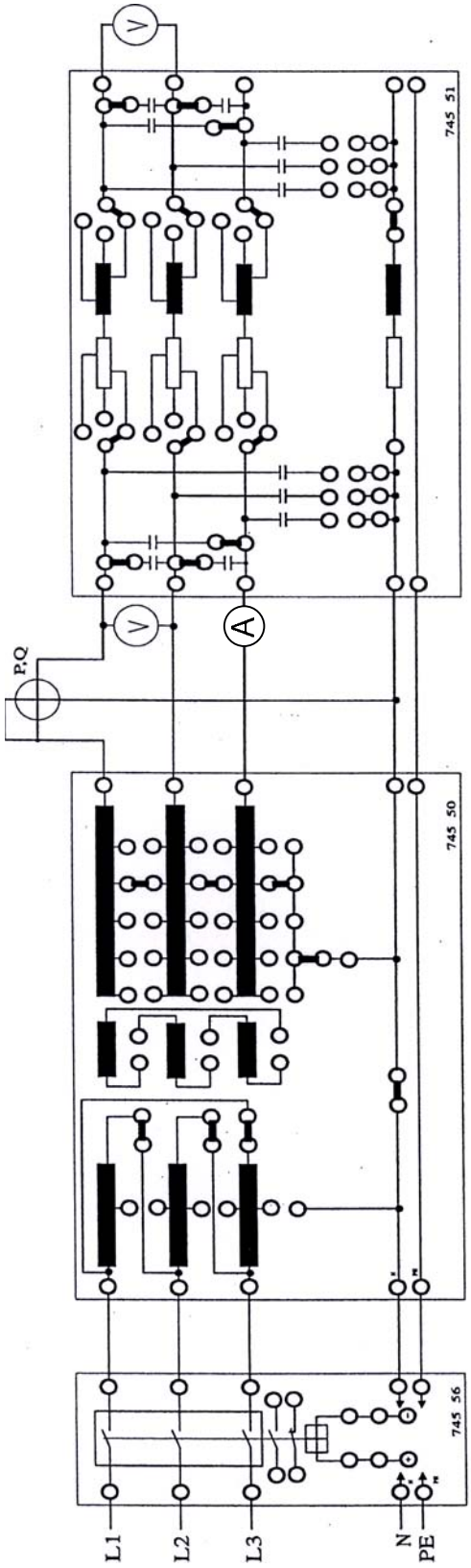
- ارسم العلاقة بين المسافة وجهد الاستقبال (منحنى) على الشكل ( ٦- ٤ ) وماذا تستنتج ؟

.....

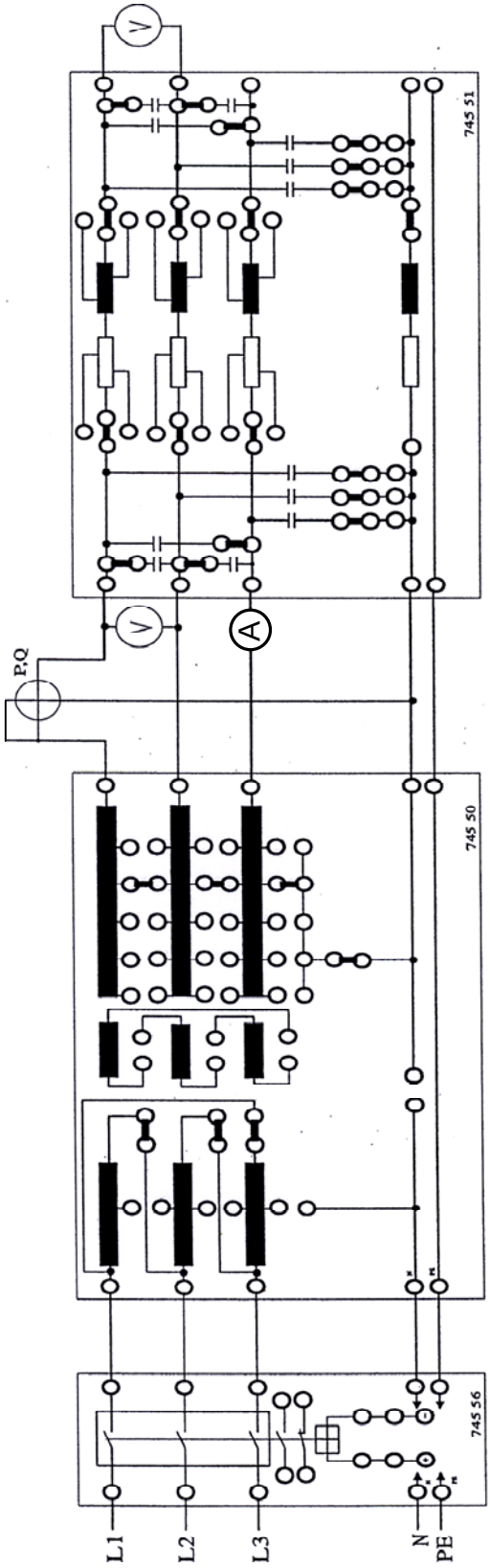
.....




الشكل ( ٦- ١ )




الشكل ( ٦- ٢ )




الشكل ( ٦- ٣ )

**النتائج والتعليق :**

- من جدول النتائج : ما العلاقة بين المسافة والجهد ؟

.....

- استنتج العلاقة بين المسافة والتيار .

.....

- هل خطوط النقل النموذجية تتطلب قدرة حقيقية في حالة عدم وجود حمل ؟ وضح ذلك . وبعبارة أخرى : وجود قدرة في الإرسال دليل على وجود تيار، كيف تولد التيار مع عدم وجود حمل ؟

.....

- ما نص ظاهرة فرانتي ؟

.....

- ما قيمة $I_r$ ؟ ولماذا؟ وعلل وجود قراءة لـ $I_s$ .

.....

- ما قيمة $P_r$ ؟ ولماذا ؟ وعلل وجود قراءة لـ $P_s$.

.....

- ارسم الدائرة الكهربائية على شكل($\pi$) في حالة اللاحمل واستنتج من المعادلات علاقة$V_s$ بـ $V_r$.

.....

.....

- ارسم متجهات الجهد و التيار.

.....

.....

.....

- هل تحققت لديك الآن ظاهرة فرانتي ؟

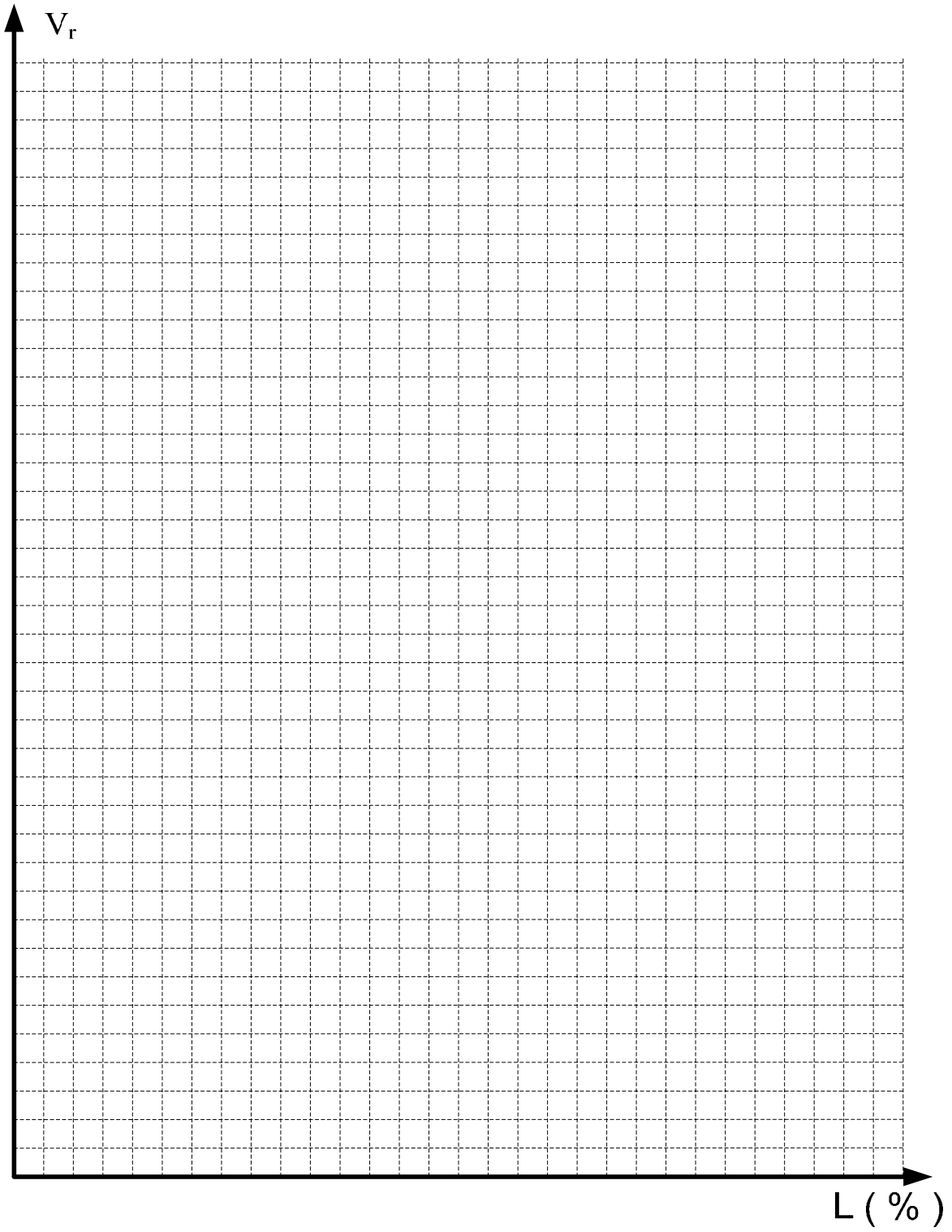
.....

- نتائج أخرى ....

.....

.....

.....




الشكل ( ٦- ٤ )

# التجربة السابعة

## دراسة خطوط النقل ذات الجهد العالي في حالة التحميل بحمل مادي

## High voltage transmission lines (Resistive - load)

**الجدارة:**

التأكيد على بعض العلاقات الرياضية عملياً .

**الأهداف: عندما تكتمل التجربة تكون لديك القدرة على :**

١- قياس و تفسير العلاقات المختلفة بين الجهد و التيار عند التحميل بحمل مادي .

٢- قياس تأثير الحمل على الجهد و التيار و القدرة من حيث ( التقدم و التأخر و الكفاءة و.....)

٣- تعليل لما ذكر في ثانيا.

**مستوى الأداء:**

لا تقل نسبة إتقان هذه المهارة عن 90% .

**وقت التدريب:**

ساعتان .

**الوسائل و الأجهزة المستخدمة:**

- مصدر جهد ثلاثي الأوجه (75 726).
- قاطع دائرة قدرة C.B (561 745).
- محول ثلاثي الأوجه (50 745).
- نموذج خط نقل(51 745) .
- حمل مادي (10 733).
- جهاز أميتر عدد (2).
- جهاز فولتميتر عدد (2).
- جهاز قياس القدرة (الفعالة و غير الفعالة ) ( 11 727 ) عدد (2).
- جهاز قياس معامل القدرة (12 727).
- أسلاك توصيل و جسور توصيل .

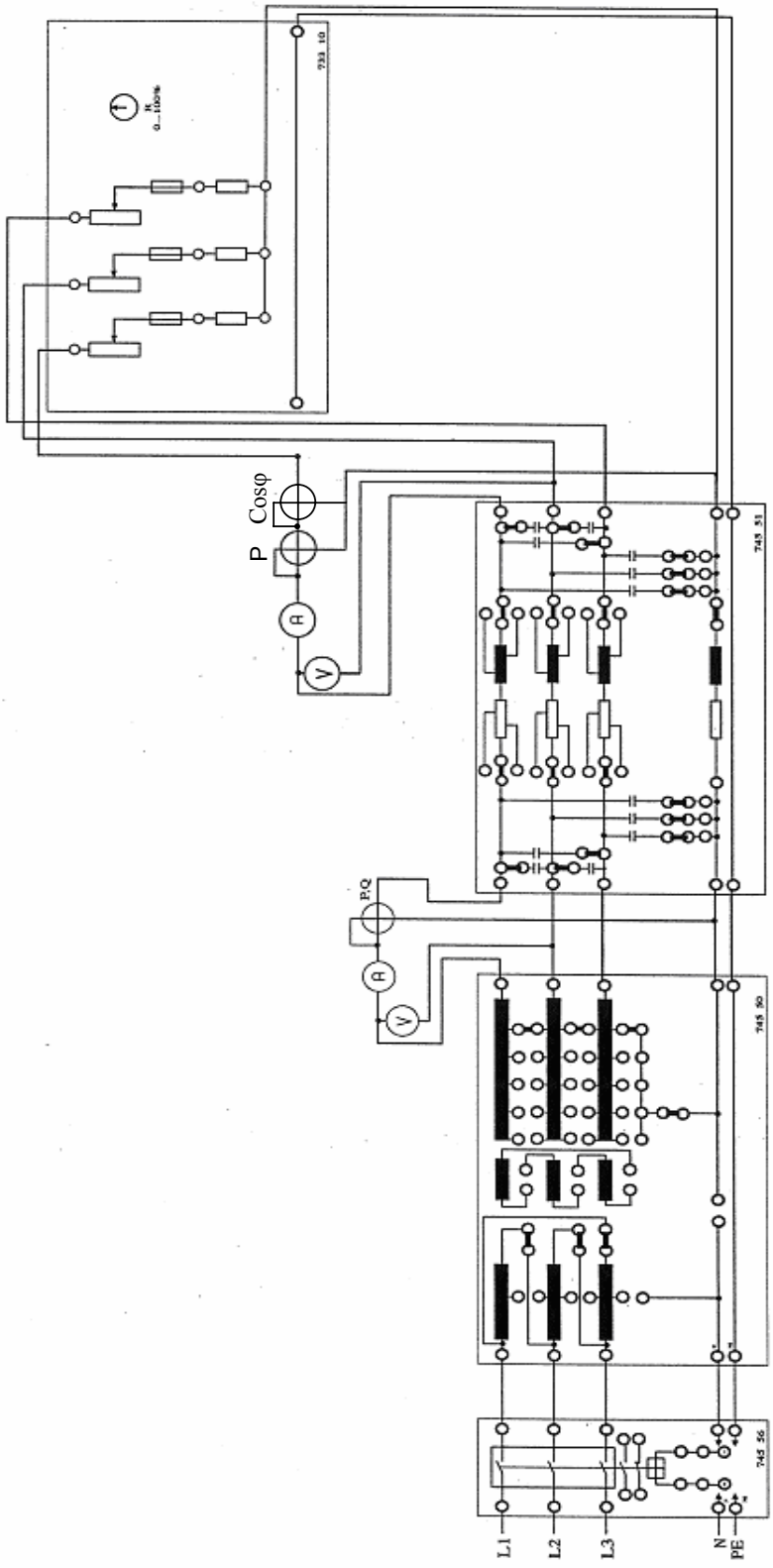
**توصيل الدائرة و خطوات العمل :**

- وصل الدائرة كما في الشكل ( ٧- ١ ) حيث طول الخط 360 Km ( 100% من طول الخط الكلي ).
- توصيلة الملف الابتدائي للمحول (دلتا) ، و الجهد الثانوي على $U_N - 5\%$ .
- وصل جميع الأجهزة المطلوبة كما في الشكل .
- أطلق التيار عن طريق قاطع دائرة القدرة C.B .
- قلل قيمة المقاومة ابتداءً من 100% حتى 10% كما في الجدول أدناه .
- سجل قراءة الأجهزة في الجدول عند كل قراءة حيث :

  s : ترمز إلى جهة الإرسال (sending) .

  r : ترمز إلى جهة الاستقبال (receiving) .

| R% | $V_s$(V ) | $I_s$(A) | $P_s$(W) | $Q_s$(VAR) | $V_r$(V) | $I_r$(A) | $\cos\varphi_r$ | $P_r$(W) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | | | | | | | | |
| 90 | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | |
| 70 | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |




الشكل ( ٧- ١ )

**النتائج و التعليق:**

- ارسم العلاقة بين تيار الاستقبال $I_r$ على المحور الأفقي و جهد الاستقبال $V_r$ على المحور الرأسي وذلك على الشكل ( ٧- ٢ )
- ماعلاقة الجهد بالتيار من خلال النتائج والمنحنى ؟

.....

- عند أي مدى كان سلوك الحمل سعوياً . ومتى كان حثياً ؟

.....

- عند أي مدى للحمل تلاشت القدرة غير الفعالة.

.....

- احسب كفاءة الخط ومعامل التنظيم كما في التجربة السابقة، وكذلك احسب $P_r$ من القانون $P_r = V_r I_r \cos\varphi_r$ ومقارنة النتيجة بـ $P_r$ المقاسة..(**لاحظ** أن القيمة المقاسة هي لوجه واحد ولقياس القدرة لثلاثة أوجه اضرب القيمة السابقة في ثلاثة).

وسجل النتائج في الجدول التالي:

| R % | $\eta\ \% = P_r / P_s$ | $Reg\ \% = (V_s - V_r)/ V_r$ | $P_r$ (حسابياً) |
|---|---|---|---|
| 100 | | | |
| 70 | | | |
| 40 | | | |
| 10 | | | |

- ملاحظات أخرى ....

.....

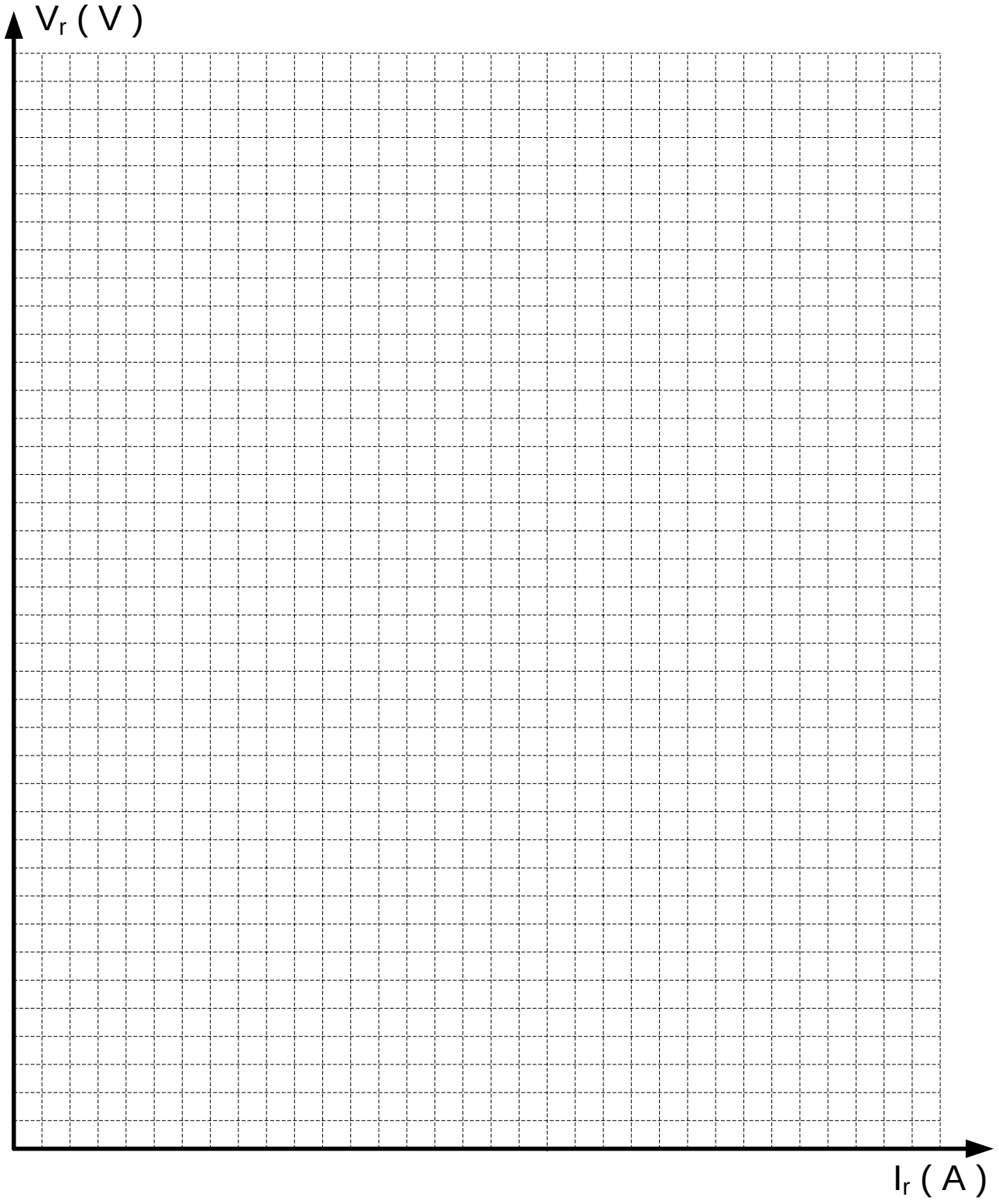
.....

.....

.....

.....

.....




الشكل ( ٧ - ٢ )

# التجربة الثامنة

## دراسة خطوط النقل ذات الجهد العالي في حالة التحميل بحمل حثي

High voltage transmission lines (Inductive-load)

**الجدارة:**

التأكيد على بعض العلاقات الرياضية عملياً .

**الأهداف:**

١- قياس و تفسير العلاقات المختلفة بين الجهد و التيار عند التحميل بحمل حثي .

٢- قياس تأثير الحمل على الجهد و التيار و القدرة من حيث ( التقدم و التأخر و الكفاءة و.....)

٣- تعليل لما ذكر في ثانيا.

**مستوى الأداء:**

لا تقل نسبة إتقان هذه المهارة عن 90% .

**وقت التدريب:**

ساعتان .

**الوسائل و الأجهزة المستخدمة:**

- مصدر جهد ثلاثي الأوجه (75 726).
- قاطع دائرة قدرة C.B (561 745).
- محول ثلاثي الأوجه (50 745).
- نموذج خط نقل(51 745) .
- حمل مادي (10 733).
- حمل حثي (42 732 ) .
- جهاز أميتر عدد (2).
- جهاز فولتميتر عدد (2).
- جهاز قياس القدرة (الفعالة و غير الفعالة ) ( 11 727 ) عدد (2).
- أسلاك توصيل و جسور توصيل .

**توصيل الدائرة و خطوات العمل:**

- **أولا: عند التحميل بحمل حثي- مادي**

- وصل الدائرة كما في الشكل ( ٨- ١ ) حيث طول الخط 360 Km ( 100% من طول الخط الكلي ).
- توصيلة الملف الابتدائي للمحول (دلتا) ، و الجهد الثانوي على $U_N + 5\%$ .
- وصل جميع الأجهزة المطلوبة كما في الشكل،مع إضافة جهاز القدرة الفعالة عند الاستقبال.
- ضع الحمل الحثي في البداية على 1.2 H
- أطلق التيار عن طريق قاطع دائرة القدرة C.B .
- غير في قيمة المقاومة ابتداءً من 100% .
- سجل قراءة الأجهزة في الجدول التالي عند كل قراءة حيث :

s : ترمز إلى جهة الإرسال (sending) .

r : ترمز إلى جهة الاستقبال (receiving) .

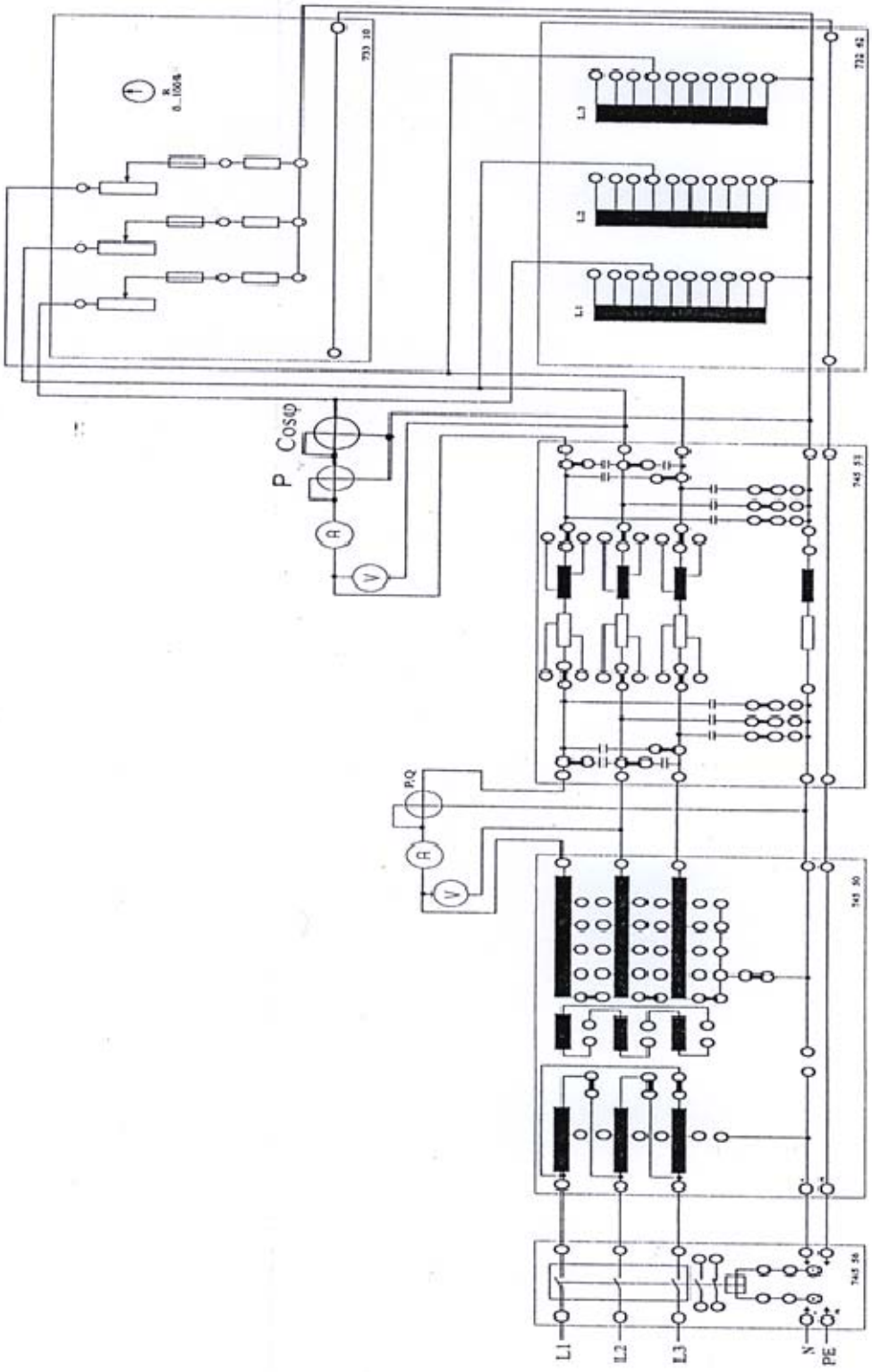
L=1.2H

| R% | $V_s$(V ) | $I_s$ (A) | $P_s$ (W) | $Q_s$(VAR) | $V_r$(V) | $I_r$(A) | $P_r$(W) | cos$\varphi_r$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | |

- أعد قياسات الجدول السابق عند L=1H

L=1H

| R% | $V_s$(V ) | $I_s$ (A) | $P_s$ (W) | $Q_s$(VAR) | $V_r$(V) | $I_r$(A) | $P_r$(W) | cos$\varphi_r$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | |




شكل ( ٨- ١ )

- **ثانيا: عند التحميل بحمل حثي فقط (بدون حمل مادي)**

- كرر الخطوات السابقة مع ملاحظة فصل القاطع في كل مرة وأكمل الجدول التالي :

| L(H) | $V_s$(V ) | $I_s$ (A) | $P_s$ (W) | $Q_s$(VAR) | $V_r$(V) | $I_r$(A) | $P_r$(W) | $\cos\varphi_r$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.2 | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | |
| 0.8 | | | | | | | | |

**النتائج :**

- ارسم العلاقة بين $I_r$ و $V_r$ عند التحميل بحمل مادي – حثي في الحالتين وذلك على الشكل (٨- ٢) ، وسجل ملاحظاتك.
- ما الخصائص التي لاحظتها على الجهد عند التحميل بالأحمال المختلفة السابقة .
- ما علاقة الجهد بالتيار من خلال النتائج والمنحنى . وضع ذلك برسم المتجهات.
- هل الحمل الحثي يستهلك قدرة فعالة ؟ ولماذا ؟.
- **يمكن** حساب $P_r$ للوجه الواحد من القانون $P_r = V_r I_r \cos\varphi_r$ ومقارنة النتيجة بـ $P_r$ المقاسة، وكذلك حساب كفاءة الخط ومعامل التنظيم كما في التجربة السابقة.
- ملاحظات أخرى ....

.....

.....

.....

.....

.....

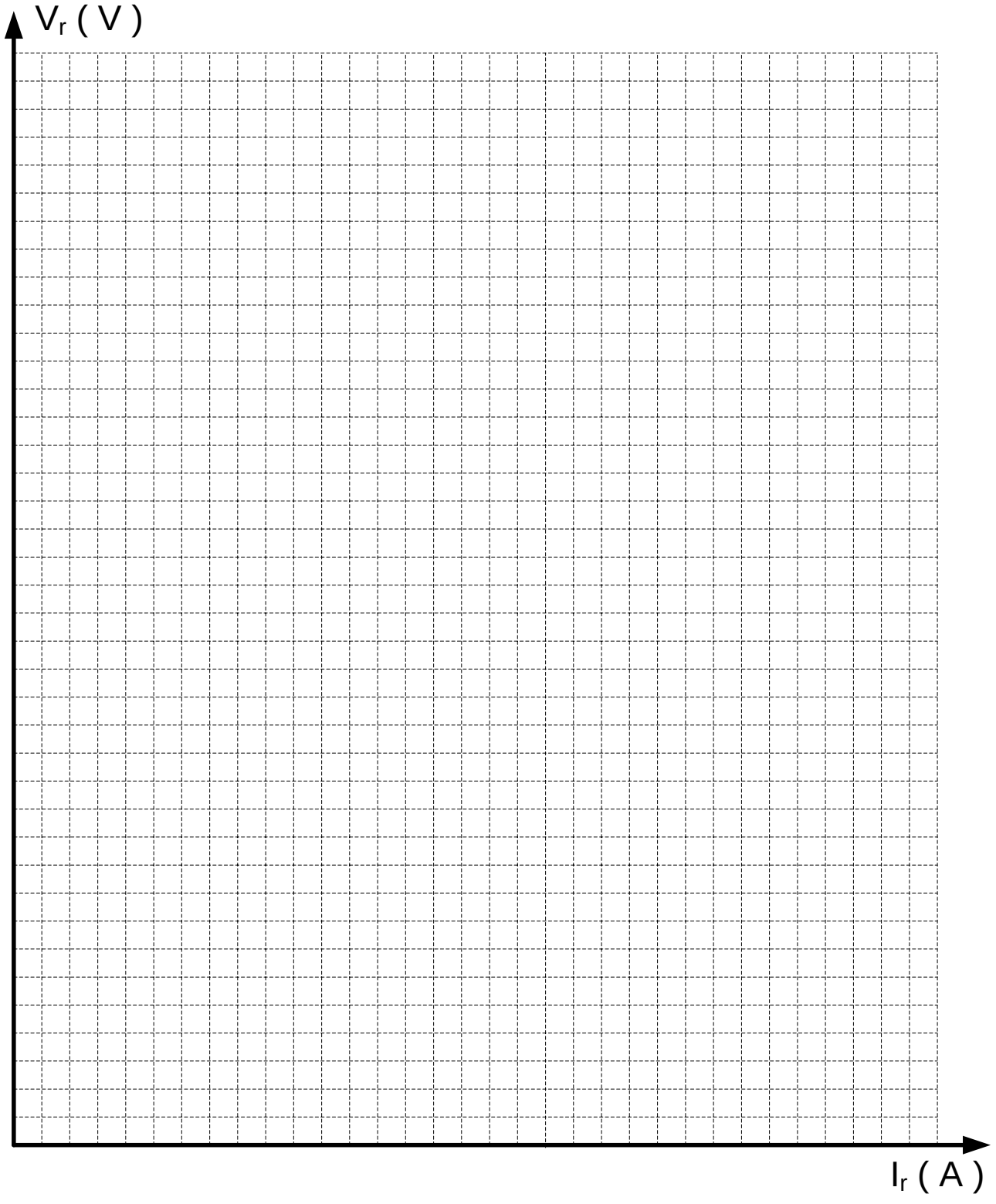
.....

.....

.....

.....

.....




الشكل ( ٨ - ٢ )

# التجربة التاسعة

## دراسة خطوط النقل ذات الجهد العالي في حالة التحميل بحمل سعوي

## High voltage transmission lines (capacitive-load)

**الجدارة:**

التأكيد على بعض العلاقات الرياضية عملياً .

**الأهداف: عندما تكتمل هذه التجربة تكون لديك القدرة على :**

١- قياس و تفسير العلاقات المختلفة بين الجهد و التيار عند التحميل بحمل سعوي.

٢- قياس تأثير الحمل على الجهد و التيار و القدرة من حيث ( التقدم و التأخر و الكفاءة و.....)

٣- تعليل لما ذكر في ثانيا.

**مستوى الأداء:**

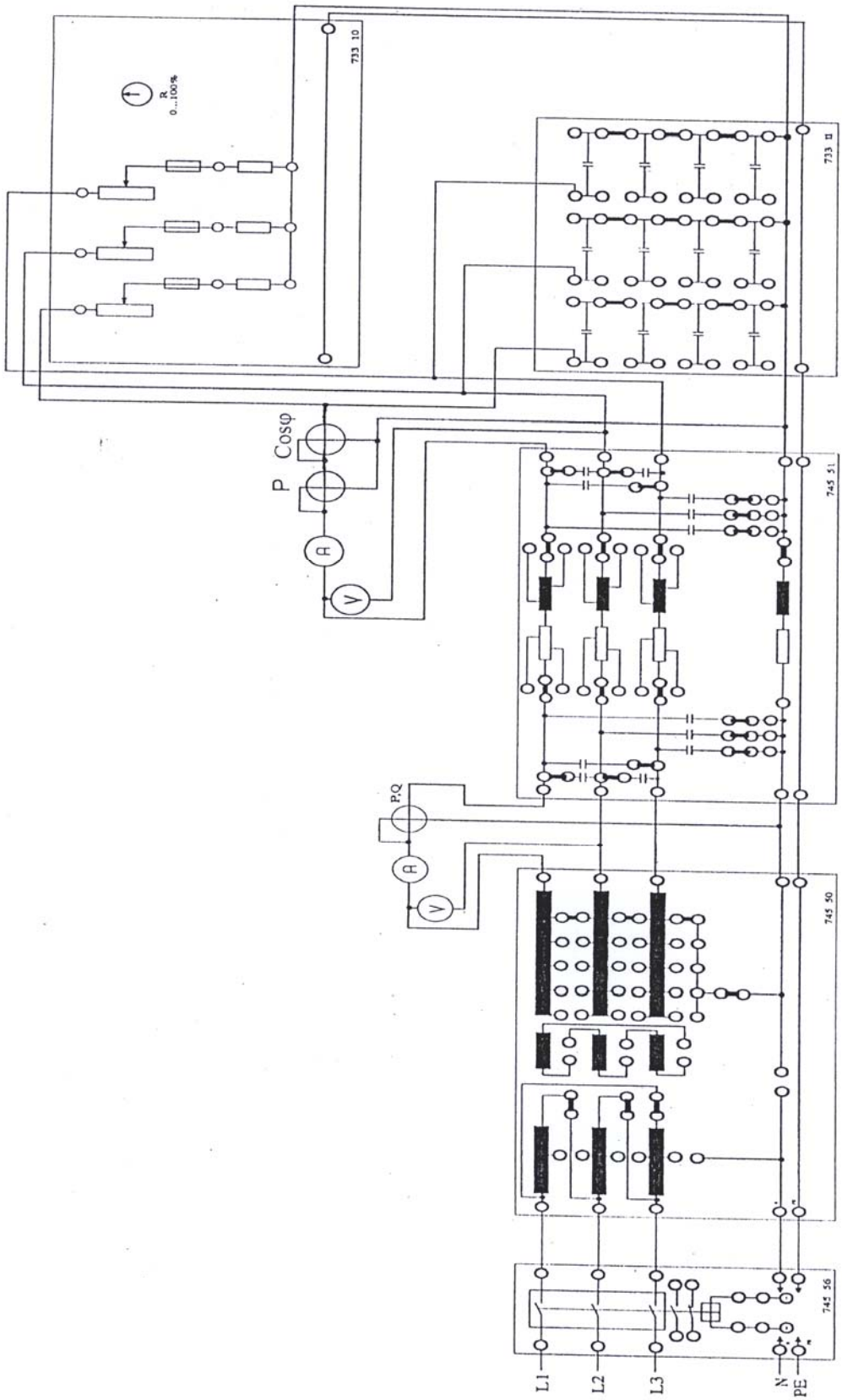
لا تقل نسبة إتقان هذه المهارة عن 90% .

**وقت التدريب:**

ساعتان .

**الوسائل و الأجهزة المستخدمة:**

- مصدر جهد ثلاثي الأوجه (75 726).
- قاطع دائرة قدرة C.B (561 745).
- محول ثلاثي الأوجه (50 745).
- نموذج خط نقل(51 745) .
- حمل مادي (10 733).
- حمل سعوي (11 733 ) .
- جهاز أميتر عدد (2).
- جهاز فولتميتر عدد (2).
- جهاز قياس القدرة (الفعالة و غير الفعالة ) ( 11 727 ) عدد (2) .
- أسلاك توصيل و جسور توصيل .




شكل ( ٩- ١ )

**توصيل الدائرة و خطوات العمل :**

- وصل الدائرة مع جميع الأجهزة كما في الشكل ( ٩- ١ ) حيث طول الخط 360 Km .
- توصيلة الملف الابتدائي للمحول (دلتا) ، و الجهد الثانوي على $U_N$ –15 % .
- ضع الحمل السعوي في البداية على 2 μF
- أطلق التيار عن طريق قاطع دائرة القدرة C.B .
- غير قيمة المقاومة ابتداءً من 100 % وسجل قراءة الأجهزة كما في الجدول أدناه :

C = 2 μF

| R% | $V_s$(V ) | $I_s$ (A) | $P_s$(W ) | $Q_s$(VAR) | $V_r$(V) | $I_r$(A) | $P_r$(W) | cos$\varphi_r$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | |

- أعد قياسات الجدول السابق عند C = 4 μF

C = 4 μF

| R% | $V_s$(V ) | $I_s$ (A) | $P_s$(W) | $Q_s$(VAR) | $V_r$(V) | $I_r$(A) | $P_r$(W) | cos$\varphi_r$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | |

- **عند التحميل بحمل سعوي فقط (بدون حمل مادي)**

- كرر الخطوات السابقة مع ملاحظة فصل القاطع في كل مرة وأكمل الجدول التالي :

| C(μF) | $V_s$(V) | $I_s$(A) | $P_s$(W) | $Q_s$(VAR) | $V_r$(V) | $I_r$(A) | $P_r$(W) | cos$\varphi_r$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |

**النتائج :**

- ارسم العلاقة بين $I_r$ و $V_r$ عند التحميل بحمل مادي – سعوي في كلا الحالتين وذلك على الشكل (٩- ٢) وسجل ملاحظاتك.
- ما الخصائص التي لاحظتها على الجهد عند التحميل بالأحمال المختلفة السابقة .
- ما علاقة الجهد بالتيار من خلال النتائج والمنحنى . وضع ذلك برسم المتجهات.
- هل الحمل السعوي يستهلك قدرة فعالة ؟ ولماذا ؟.
- **يمكن** حساب $P_r$ من القانون $P_r = V_r I_r \cos\varphi_r$ ومقارنة النتيجة بـ $P_r$ المقاسة ، وكذلك حساب كفاءة الخط ومعامل التنظيم كما في التجربة السابقة.
- ملاحظات أخرى ...

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

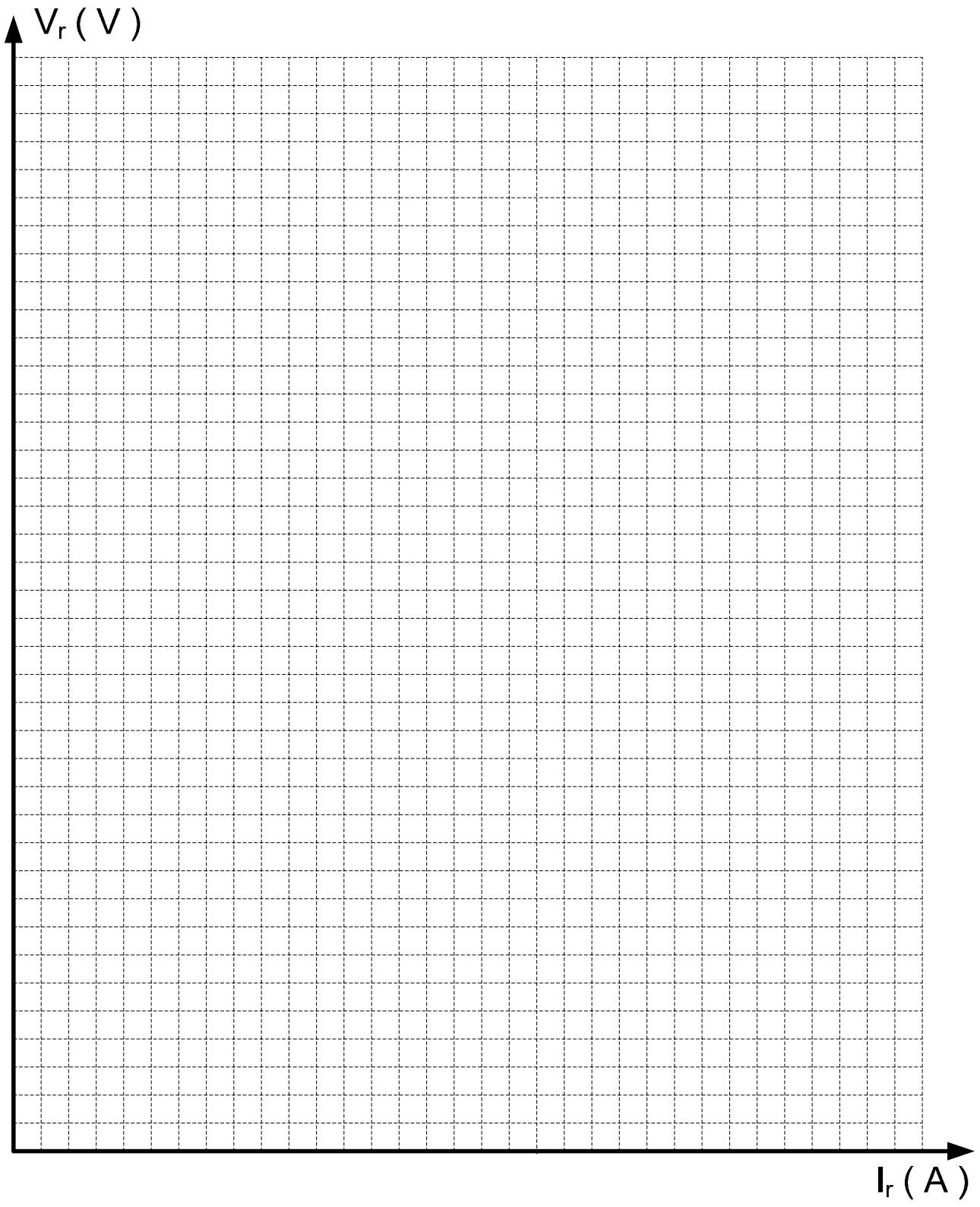
.....

.....

.....

.....

.....




الشكل ( ٩ - ٢ )

# التجربة العاشرة

## توصيل خطين على التوالي

## Series connection of two lines

**الجدارة:**

أثر إضافة خط آخر على التوالي .

**الأهداف: عندما تكتمل خذه التجربة تكون لديك القدرة على :**

١- قياس الجهد والتيار عند الإرسال والاستقبال وما بينهما أثناء توصيل خطين على التوالي .

٢- أثر التحميل بحمل مادي

٣- تحديد العلاقة بين طول الخط (عند توصيل خطين على التوالي ) والهبوط في الجهد.

**مستوى الأداء:**

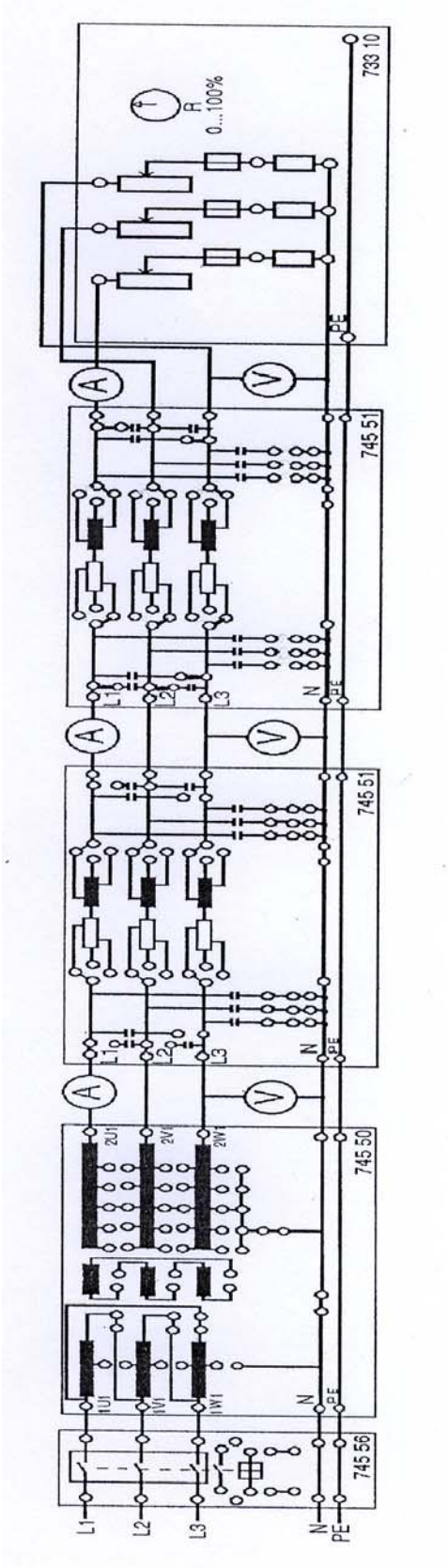
لا تقل نسبة إتقان هذه المهارة عن 90% .

**وقت التدريب:**

ساعتان .

**الوسائل و الأجهزة المستخدمة:**

- مصدر جهد ثلاثي الأوجه (75 726).
- قاطع دائرة قدرة C.B (561 745).
- محول ثلاثي الأوجه (50 745).
- نموذج خط نقل(51 745) . عدد (٢) .
- حمل مادي (10 733).
- جهاز أميتر عدد (٣)
- جهاز فولتميتر عدد (٣).
- أسلاك توصيل وجسور توصيل .




الشكل ( ١٠- ١ )

**توصيل الدائرة و خطوات العمل :**

- وصل الدائرة كما في الشكل ( ١٠- ١ ) حيث طول الخط الأول 144 Km والخط الثاني 216 Km .
- توصيلة الملف الابتدائي للمحول (دلتا) ، و الجهد الثانوي على $U_N - 5\%$ .
- وصل جميع الأجهزة المطلوبة كما في الشكل .
- أطلق التيار عن طريق قاطع دائرة القدرة C.B .
- غير في قيمة المقاومة حتى تحصل على قيمة التيار المدون في الجدول التالي ثم أكمل الجدول :

| $I_3$(A ) عند الحمل | $V_1$ (V) عند بداية الخط | $V_2$ (V) عند 144 Km | $V_3$ (V) عند 360 Km | $I_1$(A) عند بداية الخط | $I_2$(A) عند 144 Km |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 | | | | | |
| 1 | | | | | |

- غير ترتيب الخطوط بحيث يكون طول الخط الأول 216 Km والثاني 144 Km وأكمل الجدول التالي :

| $I_3$(A ) عند الحمل | $V_1$ (V) عند بداية الخط | $V_2$ (V) عند 216 Km | $V_3$ (V) عند 360Km | $I_1$ (A) عند بداية الخط | $I_2$ (A) عند 216 Km |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 | | | | | |
| 1 | | | | | |

من النتائج السابقة .

| الحالة | عند بداية الخط | | عند 144 Km | | عند 216 Km | | عند 360 Km | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | التيار | الجهد | التيار | الجهد | التيار | الجهد | التيار | الجهد |
| $I_3$= 0.5A | | | | | | | | |
| $I_3$=1A | | | | | | | | |

- ارسم العلاقة بين التيار والجهد في الحالتين وذلك على الشكل (١٠- ٢) .
- سجل ملاحظاتك على قراءة التيارات المختلفة .
- ما العلاقة بين الجهد والتيار .
- نتائج أخرى:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- لو أعدت التجربة بدون استخدام المكثفات التي على الخط، ماذا ستلاحظ ؟
- ما أثر المكثفات على الجهد على طول الخط ؟
- ما تأثير طول الخط على الجهد ؟ ولماذا ؟

.....

.....

.....

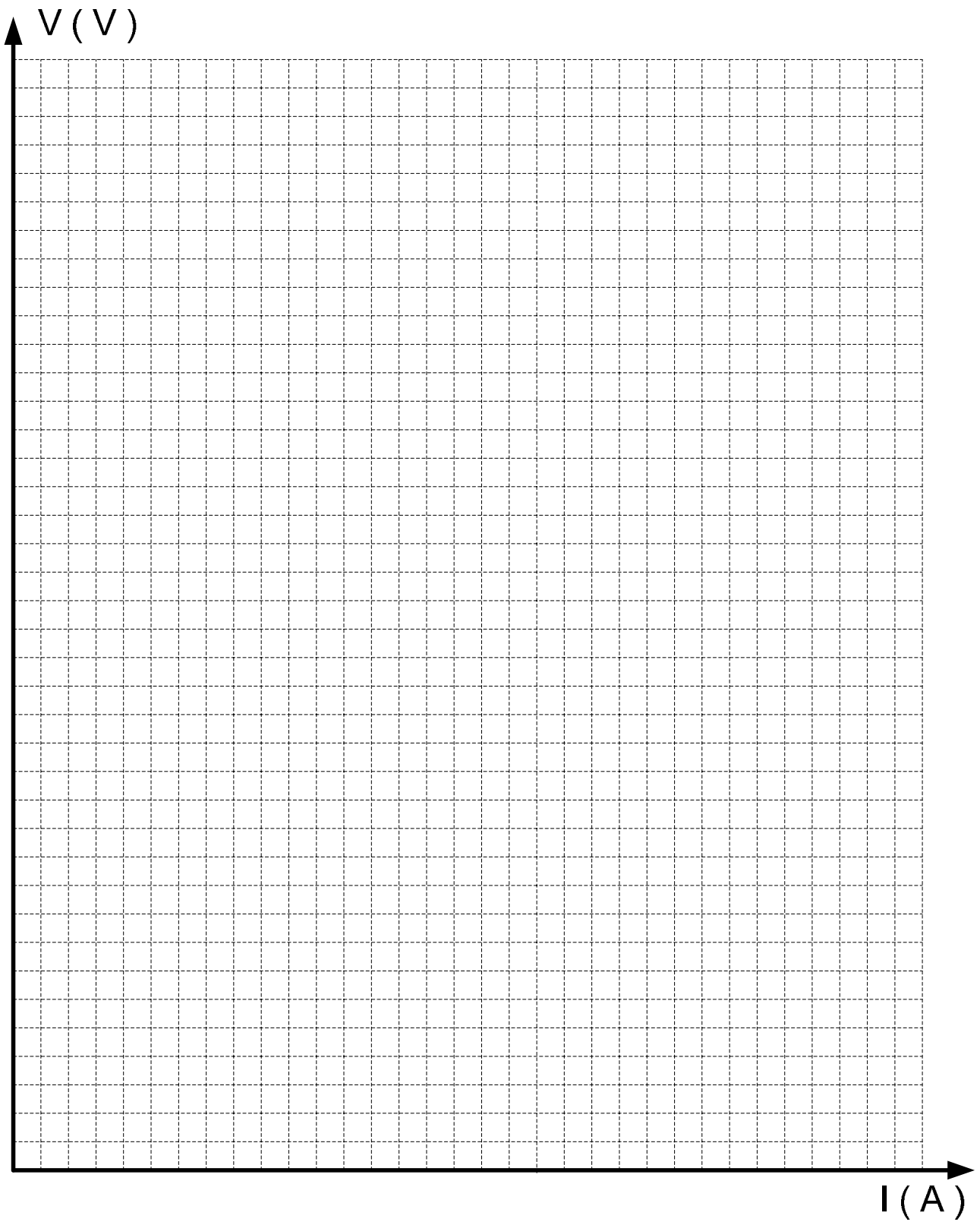
.....

.....

.....

.....

.....




الشكل (١٠- ٢)

# التجربة الحادية عشرة

## توصيل خطين على التوازي

## Parallel connection of tow lines

**الجدارة:**

أثر إضافة خط آخر على التوازي .

**الأهداف: عندما تكتمل هذه التجربة تكون لديك القدرة على :**

١- قياس الجهد والتيار عند الإرسال والاستقبال أثناء توصيل خطين على التوازي .

٢- مشاهدة أثر إزالة أحد الخطين.

٢- مشاهدة أثر التحميل بحمل مادي - حثي

٣- إيجاد الفرق بين خط واحد وخطين على التوازي وأثر ذلك على التيارات والجهود.

**مستوى الأداء:**

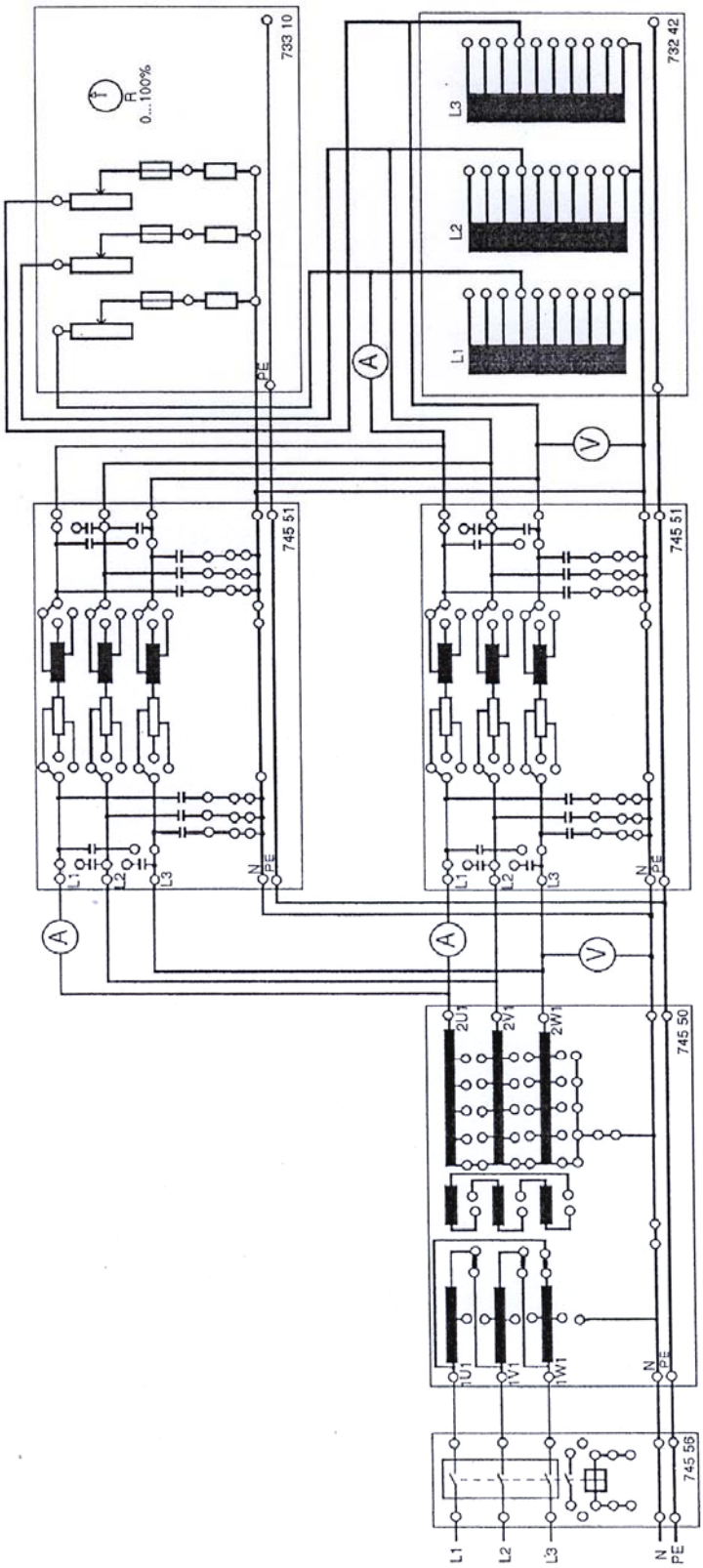
لا تقل نسبة إتقان هذه المهارة عن 90% .

**وقت التدريب:**

ساعتان.

**الوسائل و الأجهزة المستخدمة:**

- مصدر جهد ثلاثي الأوجه (75 726).
- قاطع دائرة قدرة C.B (561 745).
- محول ثلاثي الأوجه (50 745).
- نموذج خط نقل(51 745) عدد (٢).
- حمل مادي (10 733).
- حمل حثي (42 732).
- جهاز أميتر عدد (٣).
- جهاز فولتميتر عدد (٢).
- أسلاك توصيل و جسور توصيل.




الشكل ( ١١- ١ )

**توصيل الدائرة و خطوات العمل :**

**اولا :**

- وصل الدائرة كما وجميع الأجهزة المطلوبة كما في الشكل ( ١١- ١ ) حيث يكون طول كل من الخطين 144 Km .
- توصيلة الملف الابتدائي للمحول (دلتا) ، و الجهد الثانوي على $U_N + 5\%$ .
- وصل الحمل الحثي على 0.6 H .
- أطلق التيار عن طريق قاطع دائرة القدرة C.B .
- غير في قيمة الحمل حتى يصل تيار الحمل $I_3 = 1.5A$
- سجل قراءة الأجهزة في الجدول التالي:

| $I_3$(A ) | $V_1$ (V) الجهد بداية الخطين | $V_2$(V) الجهد عند الحمل | $I_1$ (A) التيار عند بداية الخط الأول | $I_2$ (A) التيار عند بداية الخط الثاني |
|---|---|---|---|---|
| 1.5 | | | | |

**ثانياً :**

افصل الخط الثاني بصورة مؤقتة وأعد القياسات السابقة :

| $I_3$(A ) | $V_1$ (V) الجهد بداية الخطين | $V_2$(V) الجهد عند الحمل | $I_1$ (A) التيار عند بداية الخط الأول |
|---|---|---|---|
| 1.5 | | | |

- سجل ملاحظاتك على التيارات والهبوط في الجهد.

.....

.....

.....

.....

.....

## ثالثاً :

وصل الخط الثاني 360 km وأعد القياسات السابقة :

| $I_2$ (A) التيار عند بداية الخط الثاني | $I_1$ (A) التيار عند بداية الخط الأول | $V_2$(V) الجهد عند الحمل | $V_1$ (V) الجهد بداية الخطين | $I_3$(A ) |
|---|---|---|---|---|
| | | | | 1.5 |

- سجل ملاحظاتك :

.....

.....

.....

- ما فائدة توصيل الخطوط على التوازي؟

.....

.....

.....

- قارن بين توصيل الخطوط على التوالي وتوصيلها على التوازي.

.....

.....

.....

.....

# مختبر القوى الكهربائية

## تحسين معامل القدرة

# التجربة الثانية عشر

## تحسين معامل القدرة للحمل

## Power factor correction

**الجدارة :**

كيفية تحسين معامل القدرة وأهمية ذلك .

**الأهداف : عندما تكتمل هذه التجربة تكون لديك القدرة على :**

- التأكيد على معرفة سبب تحسين معامل القدرة والآثار السلبية المترتبة على تركه .
- معرفة طريقة هذا التحسين .
- معرفة العلاقة بين كل من الحمل والقدرة غير الفعالة ومعامل القدرة .
- ضبط التشغيل يدوياً و أوتوماتيكيا .

**مستوى الأداء :**

لا تقل نسبة إتقان هذه المهارة عن 90% .

**الوقت المتوقع للتدريب :**

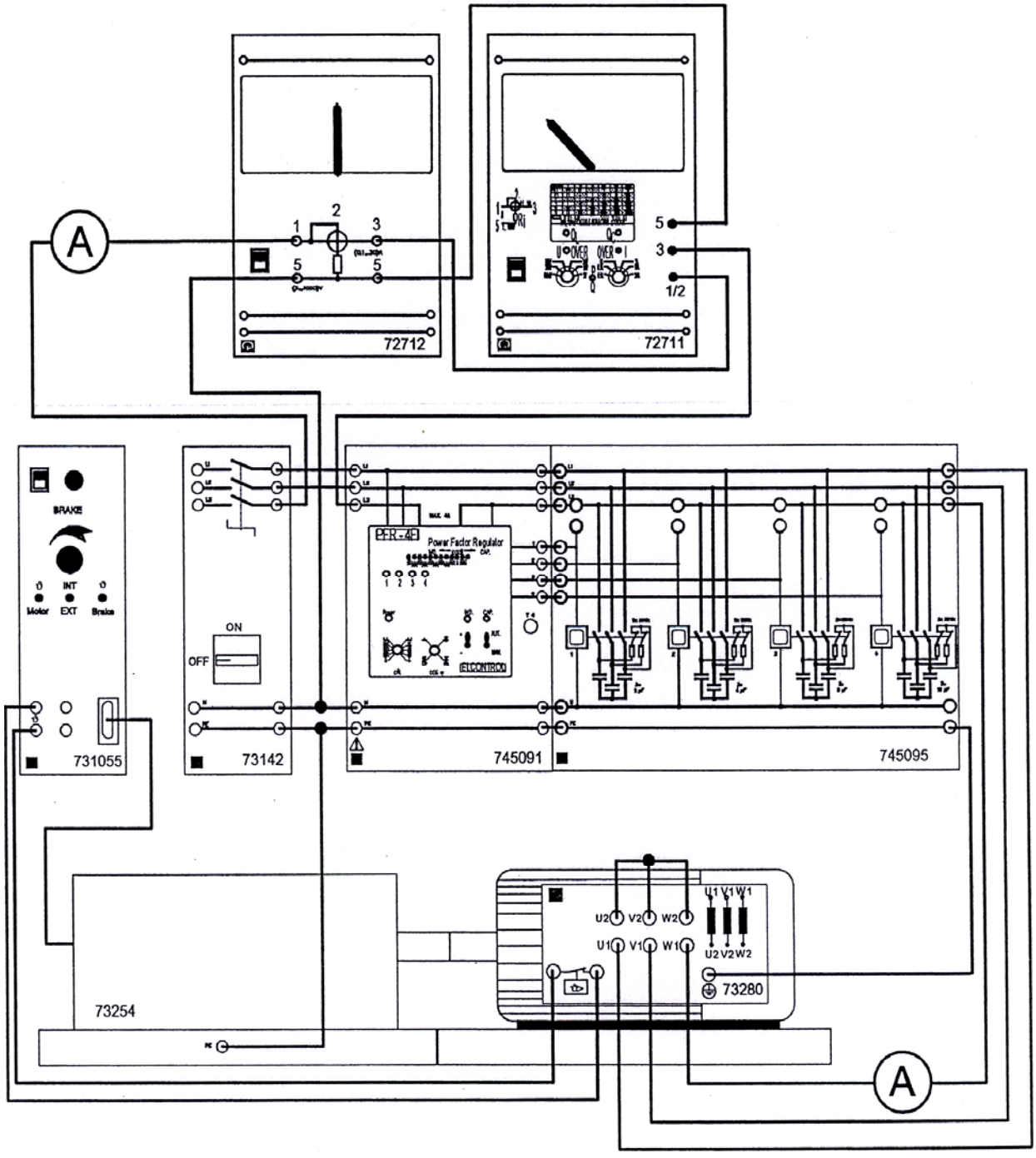
ساعتان .

**الوسائل و الأجهزة المستخدمة :**

- مصدر جهد ثلاثي الأوجه (75 726).
- جهاز التحكم بالقدرة غير الفعالة (091 745) .
- مجموعة مكثفات (095 745) .
- جهاز كبح الحمل (055 731) .
- محرك ذو القفص السنجابي ثلاثي الوجه (80 732) .
- جهاز فرملة القدرة المغناطيسي (54 732) .
- جهاز قياس القدرة (الفعالة وغير الفعالة).(11 727).
- جهاز قياس معامل القدرة (12 727) .
- أميتر عدد (2) مع أسلاك و جسور توصيل .

## طريقة التشغيل و العمل :

وصل الدائرة و الأجهزة كما في الشكل ( ٥- ١ ) .




الشكل ( ٥- ١ )

**ملاحظة:** يمكن إضافة عداد قياس الطاقة ( Kwh و Kvarh )

**انتبـــه !**

- تأكد أن توصيلة المحرك ذو القفص السنجابي نجمة .
- افصل التيار عن طريق قاطع القدرة عند كل معايرة جديدة أو اجعل التحكم يدوي وأخرج المكثفات من التوصيل .
- أعلى تيار للحمل 2.2A كما هو مدون على المحرك .

**أولاً : التشغيل يدوياً ...**

- عاير جهاز التحكم بالقدرة غير الفعالة على الأوضاع التالية :
  - $\cos\varphi = 1$
  - $C/K = 0.1$
  - المفتاح على وضع يدوي (Man) ووضع المفتاح المرتبط به على محايد (المنتصف) فليس + ( إضافة مكثفات) ولا ـ ( فصل مكثفات) .
- ضع كابح الحمل (055 731) على الصفر .
- شغل الدائرة واضبط معامل القدرة على 0.3 lag (متأخر) وذلك بالتحكم بمفتاح كابح الحمل .
- سجل قراءة الأجهزة في الجدول التالي .
- أضف المكثفات حسب الجدول وسجل القراءات المناظرة لها .

| المكثفات المضافة يدوياً | تيار الحمل I (A) | تيار الشبكة I (A) | Q (VAR) | P (W) | Cosφ |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | | | | | 0.3 lag |
| 1+2 | | | | | |
| 1+3 | | | | | |
| 1+4 | | | | | |

**سجل ملاحظاتك**

.....

.....

- ما المكثفات التي إذا أضيفت يكون معامل القدرة يساوي 1 أو أقرب ما يكون منه .

| المكثفات المضافة | تيار الحمل (A) | تيار الشبكة (A) | Q (VAR) | P (W) | Cosφ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**ثانياً : التشغيل أوتوماتيكيا .**

- عاير جهاز التحكم بالقدرة غير الفعالة على الأوضاع التالية :
  - $Cos\varphi = 0.5$ lag
  - $C / K = 0.1$
  - المفتاح على وضع يدوي (Man) في البداية .
- ضع كابح الحمل على الصفر في البداية .
- شغل الدائرة واضبط معامل القدرة على 0.3 lag (متأخر) بواسطة التحكم في مفتاح كابح الحمل .
- حول المفتاح في جهاز التحكم بالقدرة غير الفعالة على وضع آلي (Auto) ، وانتظر حيث سيبدأ الجهاز بتوصيل المكثفات المناسبة آلياً عندئذ سجل القراءات في الجدول .
- غير وضع معامل القدرة في الجهاز على 0.8 lag (متأخر) بدلاً من 0.5 lag وسجل القراءات .
- غير وضع معامل القدرة في الجهاز على 0.98 lag بدلاً من 0.8 lag وسجل القراءات .

**انتبـــه !**

- في كل مرة لابد من فصل التيار عن طريق القاطع أو فصل المكثفات يدوياً ثم معايرة الجهاز على معامل القدرة المطلوب ثم التحويل آلياً .

| $Cos\varphi$ | P (W) | Q (VAR) | تيار الشبكة I (A) | تيار الحمل I (A) | المكثفات المضافة آليا |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 lag | | | | | |
| 0.8 lag | | | | | |
| 0.98 lag | | | | | |

**سجل ملاحظاتك** .....

.....

.....

# المراجع

*** المراجع العربية :**

- تحليل نظم القدرة.

تأليف جارلس أي كروس.

تعريب الكتور أحمد إبراهيم شبير ،نجم الدين محسن عباس ،أودا أبلحد قس يونان

*** المراجع الأجنبية :**

- Power Station Control.
  By Prof. G. Schultz, September 1996.
- Transmission Line Model 380KV.
  By Prof. G. Schultz, September 1994.
- Series and parallel connection of High-voltage lines.
  By Prof. G. Schultz.
- Electric distribution and transmission.
  By Luces M. Faulkenberry.
- Power system stability and control.
  By P. kundur.
- Reactive Power compensation of an inductive Load.
  By Dipl.-Ing. M. Thiel.

# المحتويات

المقدمة
تعريف عام بالأجهزة المستخدمة ١
التجربة الأولى: دراسة خواص أداء المولد التزامني في حالة اللاحمل ١٢
التجربة الثانية: دراسة خواص أداء المولد التزامني في حالة القصر ١٧
التجربة الثالثة: دراسة خواص أداء المولد التزامني عند التحميل بأحمال مختلفة ٢١
التجربة الرابعة: ربط محطة التوليد مع الشبكة ٢٦
التحكم بالقدرة الفعالة وغير الفعالة للمولد(تمهيد) ٣٣
التجربة الخامسة: التحكم بالقدرة الفعالة وغير الفعالة للمولد ٣٥
خطوط النقل (تمهيد) ٤١
التجربة السادسة: دراسة خطوط النقل ذات الجهد العالي في حالة اللاحمل ٤٤
التجربة السابعة: دراسة خطوط النقل ذات الجهد العالي في حالة التحميل بحمل مادي ٥١
التجربة الثامنة: دراسة خطوط النقل ذات الجهد العالي في حالة التحميل بحمل حثي ٥٦
التجربة التاسعة: دراسة خطوط النقل ذات الجهد العالي في حالة التحميل بحمل سعوي ٦١
التجربة العاشرة: توصيل خطين على التوالي ٦٦
التجربة الحادية عشرة: توصيل خطين على التوازي ٧١
التجربة الثانية عشرة: تحسين معامل القدرة للحمل ٧٥
المراجع: ٧٩
المحتويات ٨٠