جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

التدريب العملي

الصناعي/ توليد الطاقة الكهربائية ونقلها

الصف الثالث

تأليف

د. كريم كاظم جاسم
مهدي صالح جاسم
عامرة ماجد ثابت
عبد الوهاب عبد الرزاق نجم

د. قصي عبد الجبار جواد
حسين كاظم سلمان
صفاء شوكت عباس
عباس عبد الوهاب محمد رضا

الطبعة الرابعة
1446 هـ - 2024م

المقدمة

الطاقة المشغلة لمنظومة القوى ذات اهمية قصوى اذ تشمل عدداً هائلا من العناصر المرتبطة مع بعضها والتي تتكامل وظائفها لتحقيق الهدف الذي أنشئت من أجله المنظومة ألا وهو إنتاج الطاقة الكهربائية وتوزيعها للمستهلك المستفيد منها لأدارة الصناعة والزراعة ومتطلبات حياة المجتمع .

تكمن الاهمية في وجود كادر فني ماهر متخصص لأداء مهام الصيانة والتشغيل وأدارة تلك المنظومة بالشكل الأمثل من تشغيل وصيانة ومراقبة لجميع الآلات والمعدات والأجهزة المعدة لتوليد القدرة ونقلها وتوزيعها والتحكم بمتغيراتها المختلفة داخل المنظومة ومراقبة أداء أجزاء المنظومة أو تلك التي تستخدم لحماية مكونات المنظومة من الأخطاء المختلفة والمتضمنة أجهزة القياس والأنذار والأتصال .

لقد تطرق كتابنا التدريب العملي (توليد الطاقة الكهربائية ونقلها) بشكل شامل ومختصر لما يحتاجه المتدرب لأكتساب المهارة في اداء تلك المهام بفصوله الخمسة مبتدأ بالفصل الأول الذي يحوي تمارين عملية وأخرى للمشاهدة لتعذر أدائها داخل المدرسة حول الأعمال الميكانيكية المهمة التي تعالج حالات الخلل والتلف لأجزاء محطة التوليد الكهربائية مهما كانت الطاقة المستخدمة لأدارة المولدات سواء أكانت حرارية أم غازية أم مائية أم ديزلاً أو نووية - أما الفصل الثاني فيحوي تمارين عملية وأخرى للمشاهدة عن نقل الأستطاعة المولدة من محطة التوليد عبر خطوط النقل المحمولة على أبراج الضغط العالي والى محطات التحويل والتوزيع ومن ثم الى المستهلك أما الفصل الثالث فيحوي تمارين عملية حول المولدات الكهربائية والتي تمثل القلب النابض لمنظومة القوى ، أما الفصل الرابع فيستعرض تمارين عملية لمحطات نقل القدرة وتوزيعها ومن ضمنها محولات القدرة الكهربائية ، أما الفصل الخامس فيشمل تمارين عملية حول نظم الحماية والقياس والمراقبة والأنذار لمنظومة القوى من حماية خطوط النقل أو حماية المحولات والمولدات والموزعات في المحطات الرئيسة والثانوية ولا يمكن لأي محطة أن تعمل بصورة آمنة في حماية الأشخاص والمعدات بدونها وخصوصا عندما تستخدم الطاقه غير الآمنة كالطاقة النووية والتي تستخدم في توليد حرارة من خلال التفاعلات الأنشطارية لنواة اليورانيوم المشع التي تعمل على تحويل الماء الى بخار يوجه لتحريك التوربينات التي تحرك المولد الذي يعمل على توليد الطاقة الكهربائية .

وبهذا نكون قد قدمنا الى طلابنا الأعزاء تصورا عمليا وعلميا عن المفاهيم الشاملة لمنظومة القوى والوصول للهدف المنشود في تهيئة الكوادر الفنية المتخصصة المؤهلة التي تعمل على تقليل كلفة الصيانة والأداء الأمثل في التشغيل وأجراءات الأمان والطوارئ ..... ومن الله التوفيق

المؤلفون

الفهرس

الموضوع	الصفحة
مقدمة الكتاب	3
الفصل الأول / الأعمال الميكانيكية في محطات الطاقة الكهربائية	7
التمرين العملي (1)/ زيارة محطة توليد الكهرباء الحرارية	7
التمرين العملي (2)/ زيارة محطة توليد الكهرباء الغازية	9
التمرين العملي (3)/ عمل حلقة إنزلاق (بوشة)	11
التمرين العملي (4)/ صنع بكرة مدرجة	13
التمرين العملي (5)/ فتح إخدود (مجرى) خابور	16
التمرين العملي (6)/ فتح الأخاديد في الأعمدة (المحاور)	20
التمرين العملي (7)/ تنفيذ شبكة مياه شرب	26
التمرين العملي (8)/ لحام أنبوب مع إفلانجة	28
التمري ن العملي (9)/ لحام إنبوبين متقابلين	31
التمرين العملي (10)/ إصلاح الأنابيب المتضررة	36
التمرين العملي (11)/ اللحام بقوس قطب التنكستن والغاز الخامل (الأركون)	40
التمرين العملي (12)/ لحام الأنابيب بأستعمال قطب التنكستن والغاز الخامل	46
التمرين العملي (13)/ لحام الأنابيب بالقوس المعدني والغاز الخامل	50
التمرين العملي (14)/ لحام انبوبين	58
التمرين العملي (15)/ تفكيك وتركيب مضخات المياه والوقود	61
الفصل الثاني / نقل الطاقة الكهربائية	70
التمرين العملي (1)/ إنشاء برج ضغط عالٍ ونصبه	82
التمرين العملي (2)/ تمديد خطوط الضغط العالي على أبراج نقل الطاقة	89
التمرين العملي (3)/ قياس السعات الجهدية المتولدة في عوازل الأبراج وفحص صلاحيتها بأستخدام أجهزة قياس الجهد العالي .	106
التمرين العملي (4)/ فحص صلاحية عوازل أبراج خطوط نقل الإستطاعة وقياسها بأستخدام أجهزة قياس العازلية وأجهزة توليد الجهد العالي.	110

التمرين العملي (5)/ دراسة خطوط النقل ذات الجهد العالي في حالة اللاحمل وفي حالة الحمل المادي والحثي والسعوي.	122
التمرين العملي (6)/ توصيل خطي نقل الطاقة على التوازي	132
التمرين العملي (7)/ تمديد الكيبلات الأرضية ضغط عالي 11kv الناقلة للأستطاعة بأستخدام نظام القنوات وصناديق التفتيش.	135
الفصل الثالث / مولدات محطات الطاقة الكهربائية	146
التمرين العملي (1)/ توصيل مولد تيار متناوب تزامني (توافقي) 3 أوجه على التوازي مع الشبكة الكهربائية.	146
التمرين العملي (2)/ معرفة خواص المولد التزامني بأستخدام المنحنيات المميزة للمولد وحساب المفاعلة التزامنية له.	149
التمرين العملي (3)/ إختبار حمل (مادي،حثي، سعوي) لمولد تزامني ثلاثي الأطوار وتحديد معامل تنظيم الجهد له .	152
التمرين العملي (4)/ إجراء الفحوصات الوقائية والدورية لمولد متزامن ثلاثي الاطوار يعمل بمحرك ديزل وتحديد كفاءته .	156
الفصل الرابع/ محطات ومحولات نقل القدرة والتوزيع .	164
التمرين العملي (1)/ إجراء الفحوصات الدورية والوقائية لمحولات التوزيع الخافضة 11KV-400V~/50HZ/3ph وتحديد كفاءتها .	164
التمرين العملي (2)/ كيفية توصيل محولتين على التوازي والإستفادة منها لتغذية الأحمال وإجراء الفحوصات من جهد وتيار وقدرة.	178
التمرين العملي (3)/ طرق توصيل الملفات الأبتدائية والثانوية ومميزاتها لمحول أحادي الطور ولمحول ثلاثي الأطوار ولمحول ذاتي متغير أحادي وثلاثي الأطواروإجراء الفحوصات على متغيراتها.	182
التمرين العملي (4)/ إيجاد خواص اللاحمل(الدائرة المفتوحة) لحساب المفاقيد الحديدية (Piron) للمحول وخواص الحمل (الدائرة المقصورة) لحساب المفاقيد النحاسية (Pcu).	189

التمرين العملي (5)/ إستخدام مرحل مراقب الأطوار (إنقطاع أو إنعكاس الأطوار) أو عدم إتزانها لحماية خطوط تغذية الجهد الواطئ المجهزة لمجموعة أحمال في منشأة .	193
التمرين العملي (6)/ صيانة لوحات التوزيع ذات الجهدالمتوسط والمنخفض وكشف الخلل في المحطة الثانوية أو شبكة التوزيع وتحديده وكيفية تحسين عامل الإستطاعة لها .	197
الفصل الخامس / حماية منظومة القوى الكهربائية ومراقبتها .	208
التمرين العملي (1)/ حماية محطة التوزيع الكهربائية HV/LV بأستخدام طريقة التنسيق بين المصهرات.	210
التمرين العملي (2)/ حماية خطوط نقل وتوزيع القدرة والمغذيات لإنظمة الحماية الإتجاهية والمسافية والحماية من زيادة التيار بأستخدام القواطع والمرحلات والمفاتيح اليدوية	214
التمرين العملي (3)/ صيانة محطة فرعية تعمل بنظام التوزيع الحلقي المغذى من مصدر واحد مع عزل المغذي المتعرض للتسريب الأرضي أو لإحمال غير طبيعية واخراجه بدون قطع التيار عن الأحمال الخاصة بالمحطات الفرعية الأخرى مع إعادة النظام الى الوضع الطبيعي .	233
التمرين العملي (4)/ حماية محولات القدرة من القصر الجزئي أوالكلي بين ملفاتها والأرض بأستخدام المرحلات التفاضلية	239
التمرين العملي (5)/ حماية مولدات القدرة الكهربائية من القصر الجزئي أو الكلي بين ملفات الجزء الثابت أوالدوار أو بين ملفاتها والأرض بأستخدام المرحلات التفاضلية وتأمين الحماية من زيادة تيار التحميل.	243
المصادرالعربية	251
المصادر الاجنبية	252

الفصل الأول

الاعمال الميكانيكية في محطات التوليد

التمرين العملي رقم (1)

زيارة محطة توليد الكهرباء الحرارية

تتولى أدارة المدرسة أستحصال الموافقات وتحديد اليوم المناسب لزيارة الطلبة لأقرب محطة توليد للطاقة الكهربائية ، ومن الممكن أعادة الزيارة في وقت لاحق من العام الدراسي بعد أن أكتسب الطلبة المعلومات المعرفية والمهارية.

الزمن اللازم : 7 حصص .

الأهداف التعليمية : تعريف أجزاء المحطة الحرارية وكيفية عملها من خلال المشاهدة موقعياً .

التسهيلات التعليمية : أستحصال الموافقات الاصولية بتسهيل دخول الطلبة ومدربيهم الى محطة توليد الطاقة الكهربائية القريبة ، وتهيئة المدرب المختص في المحطة ، وتوفير واسطة نقل ذهاباً وايابا .

يطلب من الطالب جلب دفتر وقلم وتدوين الملاحظات ورسم تخطيطي للأجزاء للإفادة منها خلال العام الدراسي ، وتقديم تقرير بالمعلومات التي حصل عليها .

خطوات العمل :

عند التواجد في محطة التوليد يتطلب تنفيذ مايأتي:

1. أرتداء بدلة العمل والحذاء الواقي وغطاء الرأس وأتباع وسائل السلامة عند التجوال في المحطة.
2. التعرف على الأجزاء الرئيسة للمحطة ومواقعها وكيف تعمل .
3. التعرف على الأجزاء الثانوية أو المساعدة المكملة لعمل الأجزاء الرئيسة .

4. الأطلاع على الرسومات التوضيحية والمخططات للأجزاء .
5. الأطلاع على منظومات السيطرة اليدوية والالكترونية .
6. الاطلاع على دور التطور التكنولوجي بأستخدام الحاسوب في الأدارة والسيطرة على عمل الأجزاء .
7. التعرف على العمر الزمني للأجزاء وسبب أنتهاء العمر الزمني .
8. التعرف على العمل اليومي للفنيين في مراقبة الأداء في المحطة وتسجيل البيانات .
9. التعرف على الصيانة وأنواعها ، وكيف تحصل .
10. التعرف على البدء بأشتغال المحطة كيف يتم أطفاؤها (توقفها) .
11. بعد أنتهاء من زيارة المحطة ، كل طالب يكتب تقريراً مفصلاً عما أكتسب من خلال المشاهدة .

التمرين العملي رقم (2)

زيارة محطة توليد الكهرباء الغازية

يتم الأتصال باقرب محطة توليد كهرباء غازية وأستحصال الموافقات بزيارة الطلبة للمحطة ويفضل أن يكون الوقت خلال أجراء الصيانة للتوربين الغازي والمنظومات الملحقة به ، ومن الممكن أعادة الزيارة في يوم أخر من العام الدراسي.

الزمن اللازم : 7 حصص .

الأهداف التعليمية : تعريف أجزاء المحطة الغازية وكيفية عملها من خلال المشاهدة موقعياً .

التسهيلات التعليمية : أستحصال الموافقات الاصولية بتسهيل دخول الطلبة ومدربيهم الى المحطة وتهيئة المدرب المختص في المحطة ، وتوفير واسطة نقل ذهاباً وأياباً .

يطلب من الطالب جلب دفتر وقلم وتدوين الملاحظات ورسم تخطيطي للأجزاء للإفادة منها خلال العام الدراسي ، وتقديم تقرير بالمعلومات التي حصل عليها .

خطوات العمل :

عند التواجد في محطة التوليد الغازية يتطلب تنفيذ مايأتي :

1. أرتداء بدلة العمل والحذاء الواقي وغطاء الرأس وأتباع وسائل السلامة عند التجوال في المحطة.
2. تعرف الأجزاء الرئيسة للمحطة ومواقعها وكيف تعمل .
3. تعرف أجزاء التوربين الغازي وطريقة اشتغاله .
4. تعرف مصادر الوقود ، أنواع الوقود ، المعالجات والأضافات ، مضخات الوقود .
5. تعرف الأجزاء الثانوية أو المساعدة المكملة لعمل الأجزاء الرئيسة .
6. الأطلاع على الرسومات التوضيحية والمخططات للأجزاء .
7. الأطلاع على منظومات السيطرة اليدوية والالكترونية .
8. الاطلاع على دور التطور التكنولوجي بأستخدام الحاسوب في الأدارة والسيطرة على عمل الأجزاء .
9. تعرف العمر الزمني للأجزاء وسبب أنتهاء العمر الزمني .
10. تعرف العمل اليومي للفنيين في مراقبة الأداء في المحطة وتسجيل البيانات .
11. تعرف الصيانة وأنواعها ، وكيف تحصل .
12. تعرف البدء بأشتغال المحطة كيف يتم أطفاؤها (توقفها) .
13. يطلب من كل طالب كتابة تقرير مفصل مع الرسومات التوضيحية عن المحطة وأجزائها .

أستعمال المخرطة في تصنيع الأجزاء المتضررة

الكثير من محطات توليد الطاقة الكهربائية تحتوي على ورش للصيانة الميكانيكية والكهربائية ونرى من الضروري ممارسة الطالب على عمليات صناعة الأجزاء لأعطائه المهارة والقدرة على الأبتكار والثقة بالنفس عند ممارسة مختلف الاعمال ، وتعد المخرطة من أكثر المكائن إستعمالاً في تصنيع بدائل للأجزاء المتضررة عند أجراء الصيانة الدورية والمفاجئة ، وغالباً ماتتوافر المواد الأحتياطية للاجزاء الكبيرة أو التي يصعب تصنيعها إلا من قبل الشركة المنتجة للمحطة ، أما الأجزاء والقطع الصغيرة فيتم انتاجها داخل ورش صغيرة تتوافر فيها مكائن خراطة وتفريز وقشط ومكائن لحيم متنوعة وكذلك المثاقب ومكائن التجليخ اليدوية والألية ، وذلك لعدم توافر الأجزاء المطلوبة في الأسواق المحلية القريبة ، كذلك لأختصار الوقت بتصنيع وتوفير الأجزاء المطلوبة .

الأجزاء التي تنتج بماكنة الخراطة:

1. أنتاج اللوالب ذات المواصفات والقياسات الخاصة .
2. أنتاج القطع الهندسية المختلفة كبدائل عن أجزاء تعرضت للتلف في أثناء العمل .
3. أعادة تشغيل الأجزاء المتضررة بسبب الأحتكاك عـن طريق (أضافة طبقة من المعدن باللحام وأزالة الزيادة بماكنة الخراطة) .

التمرين العملي رقم (3)

عمل حلقة أنزلاق (بوشة)

الوقت اللازم : 7 حصص .

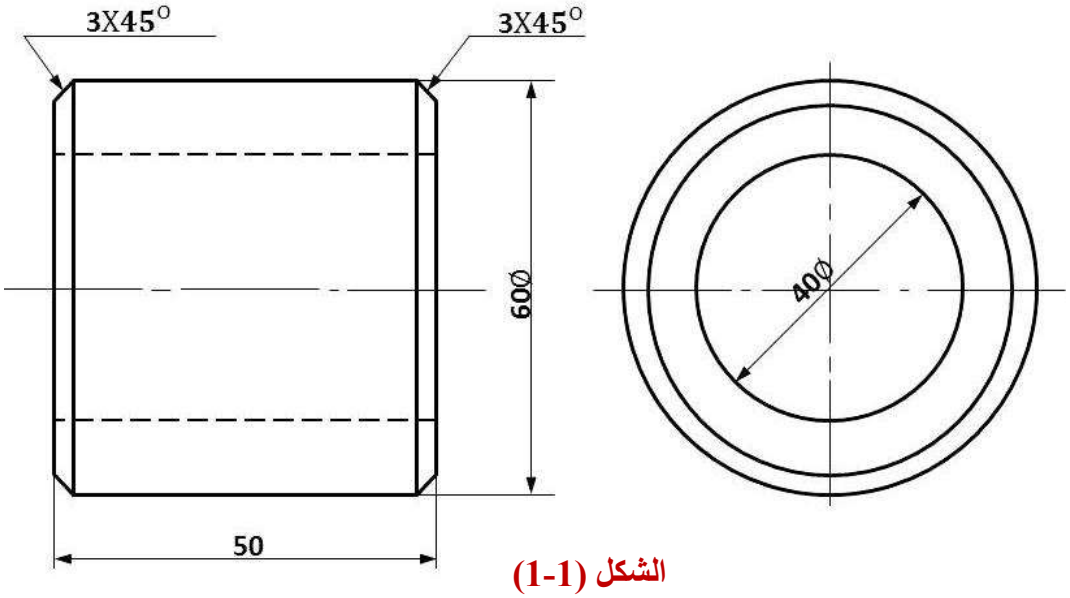
مكان العمل : ورشة ميكانيك (تحتوي مكائن خراطة) .

الهدف من التمرين : يكتسب الطالب المهارة في أنتاج حلقات الأنزلاق (البوش) بإستعمال مكائن الخراطة مع ضبط القياسات الدقيقة والحصول على النعومة العالية للاسطح الداخلية .

التسهيلات التعليمية :

مخرطة عامة مع ملحقاتها التشغيلية ، أقلام خراطة متنوعة ، مبرد مسطح ناعم ، سيت برايم مع طوبة المثقب ، بريمة مركز مناسبة ، قدمة قياس مناسبة ، قطعة عمل من الألمنيوم النقي قياس (قطر 65 ملم طول 62 ملم) .

الرسومات التوضيحية :



الشكل (1-1)

الأبعاد بالملمتر

مقدار التجاوز = ∓ **0.1 ملم لجميع القياسات**

خطوات العمل :

1. أرتد بدلة العمل المناسبة
2. ثبت قلم الخراطة الوجهية باحكام مع ضبط التمركز، كما موضح في الشكل (1-1) .
3. ثبت الشغلة في العينة الثلاثية ، بحيث يكون ثلثي طولها داخل العينة .
4. أختار السرعة المناسبة للعمل بحسب القطر الخارجي ونوع معدن الشغلة ونعومة السطح المطلوبة وكما تعلمت سابقاً .
5. عدل الوجه وأثقب ببريمة المركز لعمق مناسب ، مع كسر الزاوية (3 × 45 ^{o}) .
6. ثبت قلم الخراطة الطولية ، مع ضبط التمركز للقلم .
7. أفتح قطعة العمل وأعد ربطها في العينة مسافة (8) ملم وأسندها بالمركز الدوار .
8. قم بالخراطة الطولية بعدد من القطعيات وأضبط القطر (60) ملم . مستعملاً قدمة القياس .
9. أفتح قطعة العمل وأعد ربطها بحيث يكون أكثر من ثلثيها داخل العينة والوجه الغير مشغل الى الخارج.
10. أستعمل قلم الخراطة الوجهية وعدل الوجه الثاني مع ضبط الطول (50) ملم ، و كسر الزاوية بحسب القياسات في الرسم التوضيحي (3 × 45 ^{o}) .
11. أثقب ببريمة المركز لعمق مناسب ، ثم اثقب نافذ بالبرايم (6 – 12 – 18 – 22 – 28) ملم .
12. أربط قلم الخراطة الداخلية المناسب مع المحافظة على التمركز .
13. أختار السرعة المناسبة للماكنة ، والعمق المناسب للقطع وقم بالخراطة الطولية الداخلية لعدة قطعيات حتى تصل القياس (39) ملم .
14. ثبت الماكنة على سرعة عالية للحصول على النعومة المناسبة للسطح وأضبط القياس (40) ملم .
15. أستعمل المبرد المسطح الناعم وقم بأزالة النتوئات الموجودة في الحافات الحادة .
16. أفتح قطعة العمل ، وتمعن بها جيداً وتأكد من قياساتها وقم بتقييم عملك بنفسك .
17. نظف أدوات العمل كافة وأعدها الى أماكن خزنها .
18. نظف الماكنة ومكان العمل .

التمرين العملي رقم (4)

صنع بكرة مدرجة

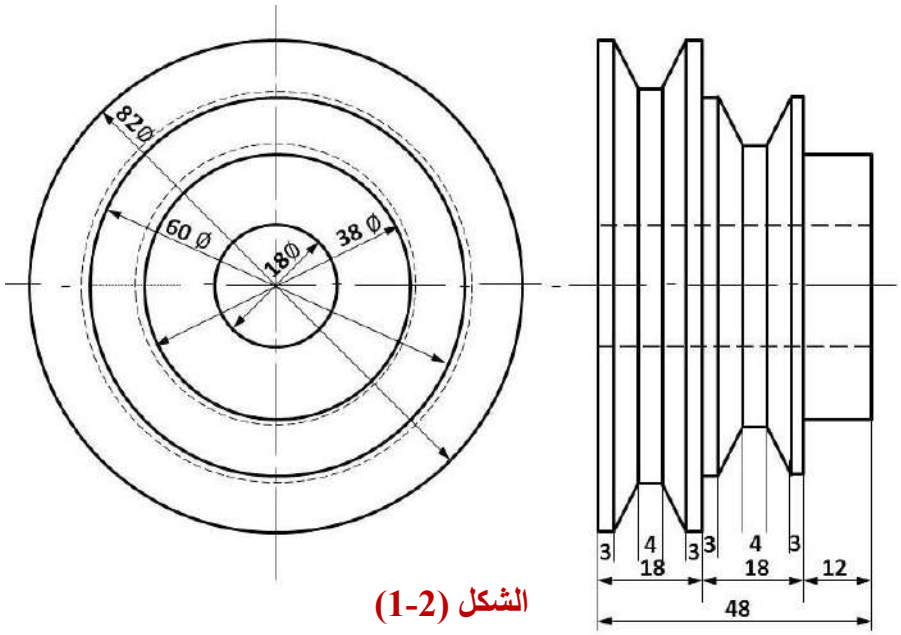
الزمن اللازم : 14 حصة .

مكان العمل : ورشة الميكانيك .

الاهداف التعليمية : التدريب والممارسة على الخراطة الطولية والعرضية والداخلية وعمل الأخاديد ، والتثقيب بإستعمال المخرطة ، مع ضبط الأبعاد على وفق السماحات المحددة .

التسهيلات التعليمية : ماكنة الخراطة مع كافة ملحقاتها التشغيلية ، أقلام خراطة متنوعة (للخراطة الطولية والعرضية والداخلية) قلم خراطة الأخاديد بزاوية (30^{o}) ، مبرد مسطح ناعم (300 ملم) ، سيت برايم ، بريمة مركز ، طوبة مثقب مع المفتاح ، قدمة قياس مناسبة ، محور (ماندل) للتثبيت ، قطعة ألمنيوم دائرية قياس الطول (55) ملم والقطر (85) ملم (أو بحسب القياسات المتوفرة في الورشة).

رسم التمرين : كما موضح في الشكل (2-1).



الشكل (2-1)

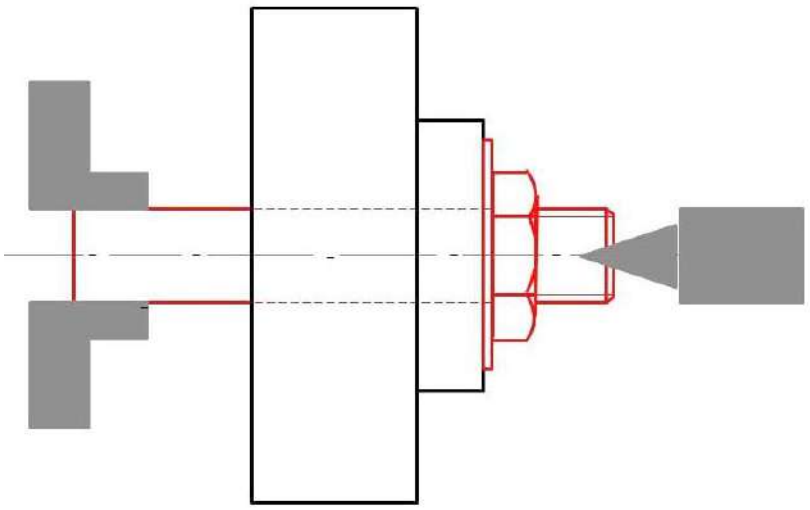
الأبعاد بالملمتر

التجاوز = $\mp$ 0.1 ملم

الثقب والسطوح الخارجية ناعمة جداً

خطوات العمل :

1. أرتدِ بدلة العمل المناسبة .
2. أربط قلم الخراطة الوجهية .
3. ثبت السرعة المناسبة بحسب قطر الشغلة ومعدنها .
4. ثبت قطعة العمل في العينة ، بحيث يكون ثلثاها في داخل العينة .
5. عدل الوجه ، ثم أثقب ببريمة المركز لعمق مناسب .
6. أثقب بالبرايم (6 – 12 – 17) ملم نافذ .
7. أربط قلم خراطة داخلية مناسب ، وأختار السرعة المناسبة للماكنة ، وأضبط القياس (18) ملم مع تحقيق نعومة عالية .
8. أربط قلم الخراطة الطولية الخارجية وثبت الماكنة على السرعة المناسبة .
9. أخرط القياس طول (12) ملم وقطر (38) ملم ، (يفضل تقريب القياسات بحيث يبقى (1- 2) ملم لكل قياس يتم ضبط القياس في المرحلة اللاحقة) .
10. أفتح قطعة العمل ، ثبتها في المحور (الماندل) ، ثم أربط في العينة وأسندها في المركز الدوار كما في الشكل (3 -1) .



الشكل (3-1) يوضح الربط بالمحور (الماندل)

11. أخرط القياسات الخارجية وأضبط الأطوال والأقطار وحافظ على الدقة بحدود التجاوز المسموح به .
12. أربــط قلم حفر الأخاديــد وباشر بعمل الأخــدود الأول على القياس (Ø60) ملم ضمن القياسات المطلوبة .
13. باشر بعمل الأخدود الثاني على القياس (Ø 82) مبتدأ من نـهاية الأخدود الأول ، وبعد الأنتهاء من عمل الثاني ستجد زيادة في طول قطعة العمل أتركها للخطوة اللاحقة .
14. أفتح قطعة العمل من المحور وأعد تثبيتها في العينة على القياس (Ø38) .
15. ثبت قلم الخراطة الوجهية وعدل الوجه الثاني مع ضبط الطول بحسب القياس المطلوب .
16. أستعمل المبرد الناعم لأزالة النتوأت وكسر الحافات الحادة .
17. أفتح قطعة العمل وتمعن بها جيداً وقم بالتأكد من دقة القياسات وقيم عملك .
18. نظف العدد والادوات وأعدها الى أماكن خزنها .
19. نظف الماكنة ومكان العمل .

التمرين العملي رقم (5)

فتح أخدود (مجرى) خابور

يتم ربط البكرات والمسننات على محاورها (Shafts) بواسطة الخوابير أو المفاتيح (Keys) التي تثبت بين المحور والعجلة التي تدور معه .

يتم فتح الأخاديد في الثقوب الداخلية للبكرات والمسننات بإستعمال:

أ- المقاشط النقارة (Slotting Machine) .

ب-المقاشط النطاحة (Shaping Machine) .

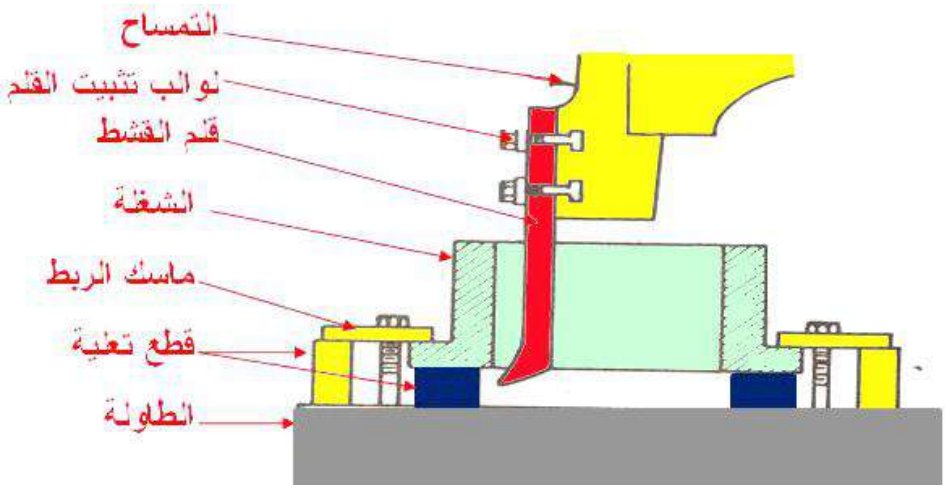
ت-عدة القشط الملحقة بمكائن التفريزالجامعة .

في الأنتاج المتعدد ولمعادن مختلفة يفضل إستعمال المقاشط العمودية (النقارة) ونراها تتواجد في أبسط الورش الميكانيكية لعمل الأخاديد في البكرات والمسننات ، وكذلك للتسنين الداخلي ، وأعمال أخرى كثيرة ، وتمتاز من المكائن الاخرى بحركة التمساح الشاقولية من الأعلى الى الأسفل في شوط القطع وبالعكس من الأسفل الى الأعلى في شوط الرجوع ، شوطها قصير ، سرعتها بطيئة ، أنظر الشكل (4-1) .

الشكل (4-1) يوضح ماكنة القشط العمودي

عند إنتاج الأخاديد في البكرات والمسننات يجب مراعات الشروط الأتية:

1. **تثبيت الشغلة في مركز الطاولة ، وخط المحور المار في منتصف الشغلة ينطبق على خط المحور المنصف لقلم القشط ، لانه إذا كان الشق (الأخدود) غير مركزي يصعب تثبيت البكرة أو المسنن على المحور مع الخابور .**
2. **يجب أن يكون عرض القلم مساويا لعرض الأخدود أو الشق .**
3. **يضبط طول الشوط بحيث يخرج القلم قليلاً فوق الشغل ويجتازها من الأسفل وأن لايصل سطح الطاولة فيؤذيها ، أنظر الشكل (5-1) .**



الشكل (5-1) يوضح ربط قطعة العمل في القشط العمودي

4. **اختيار سرعة واطئة (قليلة) للمحافظة على القلم والشغلة .**
5. **تكون حركة التغذية يدوية وبمساحة مقطع قليلة .**

الزمن المستغرق : 7 حصص .

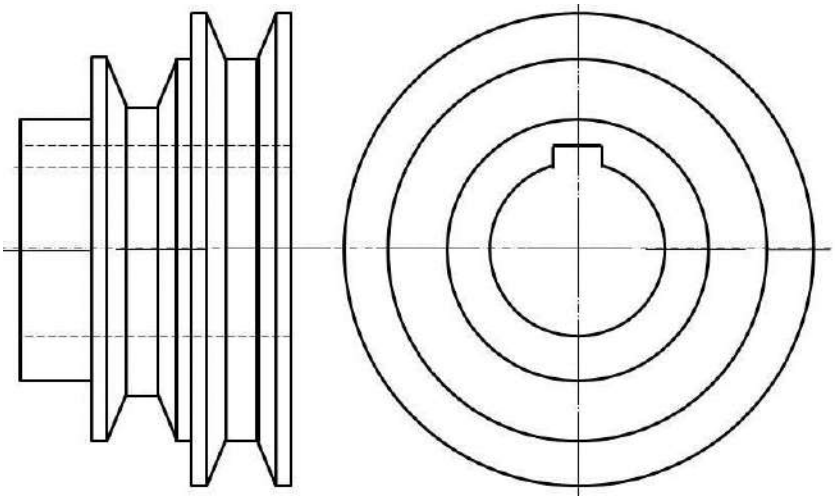
مكان العمل : ورشة الميكانيك .

الأهداف التعليمية : التدريب على فتح الأخاديد (المجاري) في البكرات .

التسهيلات التعليمية : مقشطة نقارة (عمودية) أو مقشطة ميكانيكية بحسب المتوافر في الورشة ، أو الراس النقار الملحق بماكنة التفريز أن وجد لأن جميعها تؤدي نفس العمل ، قلم فتح الأخدود الملائم

للماكنة ، ملزمة التثبيت مع قطع التعلية ، قدمة قياس مناسبة ، مبرد مسطح ناعم ، قطعة العمل في التمرين السابق ، أو أي قطعة عمل متوافرة مناسبة للتدريب .

رسم التمرين : الشكل (6-1) .



الشكل (6-1) يوضح قطعة العمل

خطوات العمل:

من الممكن تنفيذ العمل على:

أولاً- ماكنة القشط العمودي (النقارة) أو الرأس النقار الملحق بمكائن التفريز:

1. أرتدِ بدلة العمل المناسبة .
2. ثبت قطعة العمل على الطاولة بواسطة لوالب التثبيت والمساند وقطع التعلية بحيث يتم ترك مسافة كافية لينفذ قلم القطع أسفل قطعة العمل دون أن يمس سطح الطاولة ، أنظر الشكل (5- 1) .
3. ثبت قلم القشط في موضعه وأضبط طول الشوط بحيث يكون خلوص البداية والنهاية بمقدار قليل لأختصار زمن التشغيل .
4. ثبت سرعة الماكنة على سرعة مناسبة .
5. أبدأ بالعمل بأدخال قلم القشط في قطعة العمل مع تحديد تمركز القلم مع مركز الشغلة .
6. لامس القلم بمعدن الشغلة وحدد القياس المطلوب وباشر بالعمل ، مع التغذية اليدوية المستمرة بعد كل صعود لقلم القشط وتحرره من داخل الشغلة ، أستمر حتى تصل للقياس المطلوب من خلال قراءة التدريجة في يدة التدوير للماكنة .

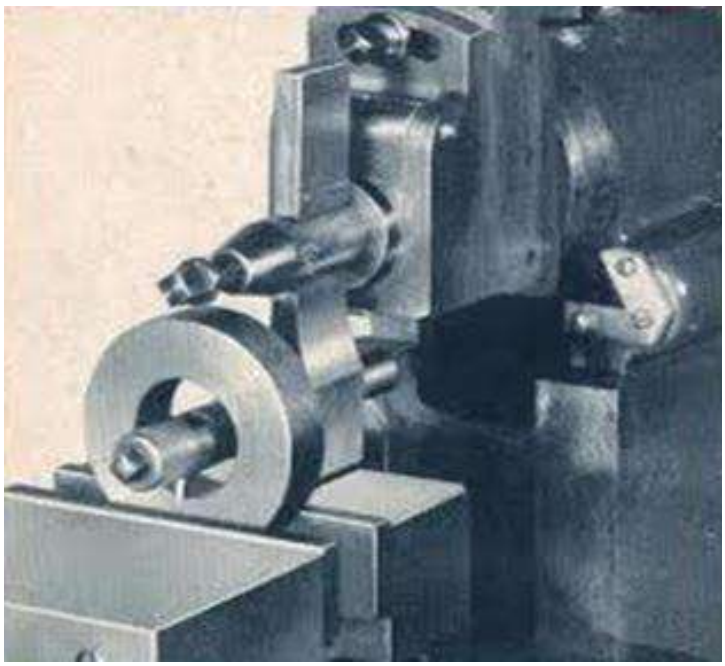
7 . أوقف الماكنة بحيث يكون قلم القشط خارج قطعة العمل ، ثم أفتح قطعة العمل ، وقم بأزالة النتوءات بالمبرد الناعم .

8. نظف العدد والأدوات وأحفظها في أماكنها .

9 . نظف الماكنة ومكان العمل .

ثانياً- ماكنة القشط الأفقية النطاحة:

1. أربط قطعة العمل بواسطة ملزمة الماكنة ، كما في الشكل (7- 1) .
2. أربط عدة قطع الأخاديد (المجاري) والتي تكون بشكل حرف (L) وفي نهايتها قلم القطع .
3. ثبت الماكنة على سرعة مناسبة (واطئة) ، وأربط مسمار تثبيت القلاب .
4. أدخل قلم القشط في قطعة العمل ولامسه معها وحدد العمق المطلوب في يدة التدوير .
5. باشر بالقطع لعدة قطعيات حتى تصل الى العمق المطلوب بحيث تكون التغذية في نهاية شوط الرجوع عند خروج القلم من قطعة العمل .
6. أوقف الماكنة بحيث يكون قلم القشط خارج قطعة العمل .
7. أفتح قطعة العمل من الملزمة ونظف الحافات الحادة والنتوءات بواسطة المبرد المسطح الناعم .
8. نظف العدد والأدوات وأعدها الى أماكن خزنها .
9. نظف الماكنة ومكان العمل .



الشكل (7-1) يوضح قطع أخدود بماكنة القشط الميكانيكية النطاحة (الأفقية)

التمرين العملي رقم (6)

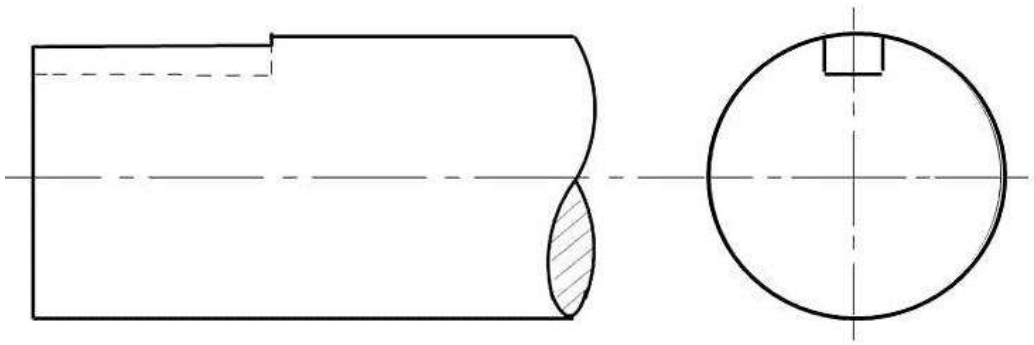
فتح الأخاديد في الأعمدة (المحاور)

الزمن اللازم : 7 حصص.

مكان العمل : ورشة الميكانيك .

التسهيلات التعليمية : ماكنة تفريز عمودية أو أفقية أو جامعة الأغراض مع ملحقاتها التشغيلية ، سكين تفريز ملائمة لنوع الماكنة وبقياس مناسب للتمرين ، مبرد مسطح ناعم ، قطعة العمل (شفت أسطواني بقياسات مناسبة من الألمنيوم أو الحديد) ، قدمة القياس .

الرسم التمرين: الشكل (8-1).



الشكل (8-1) يوضح (مجرى خابور) في محور ، القطع بماكنة التفريز العمودي

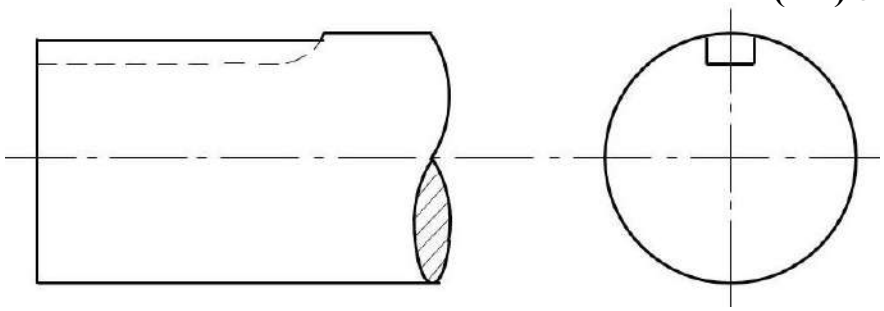
خطوات العمل :

أولاً- تنفيذ التمرين في ماكنة التفريز العمودية :

1. **أرتدِ بدلة العمل المناسبة .**
2. **ثبت قطعة العمل في ملزمة الماكنة وثبتهما معاً على طاولة الماكنة بأحكام .**
3. **أختارْ السكين (كتر التفريز) المناسب وثبته جيداً في الماسك الخاص به وأربطهما جيداً في الماكنة .**
4. **أختارْ سرعة الدوران المناسبة للماكنة بحسب نوع المعدن وقطر السكين (تلحق بالماكنة جداول خاصة بالسرع بحسب قطر السكين ونوع معدنها ونوع المعدن المشغل) .**

5. لامس سكين التفريز وحدد القراءة (صفر) على التدريجة الخاصة برفع الطاولة .
6. أبعد السكين عن سطح الشغلة وأرفع الطاولة مقدار عمق القطع للقطعية الأولى وباشر بالقطع للطول المطلوب للاخدود ، كرر العملية لعدة قطعيات حتى تحصل على العمق المطلوب .
7. أوقف الماكنة ، وأفتح قطعة العمل ، وأستعمل المبرد لأزالة النتوءات والحافات الحادة .
8. نظف العدد والأدوات وأعدها الى أماكن خزنها .
9. نظف الماكنة ومكان العمل .

رسم التمرين: الشكل (9-1) .



الشكل (9-1) يوضح (مجرى خابور) في محور ، القطع بماكنة التفريز الأفقي

ثانياً- تنفيذ التمرين في ماكنة التفريز الأفقية:

1. أرتدِ بدلة العمل المناسبة .
2. ثبت قطعة العمل في ملزمة الماكنة وثبتهما معاً على طاولة الماكنة بأحكام .
3. أختارْ السكين (كتر التفريز) المناسب وثبته جيداً في الماسك (حامل السكاكين) .
4. أختارْ سرعة الدوران المناسبة للماكنة بحسب نوع المعدن وقطر سكين التفريز ، وكذك حدد نوع القطع (قطع عكسي أم متماثل) .
5. لامس سكين التفريز وحدد القراءة (صفر) على التدريجة الخاصة برفع الطاولة .
6. أبعد السكين عن سطح الشغلة وأرفع الطاولة مقدار عمق القطع للقطعية الأولى وباشر بالقطع للطول المطلوب للاخدود ، كرر العملية لعدة قطعيات حتى تحصل على العمق المطلوب .
7. أوقف الماكنة ، وأفتح قطعة العمل ، وأستعمل المبرد لأزالة النتوءات والحافات الحادة .
8. نظف العدد والأدوات وأعدها الى أماكن خزنها .
9. نظف الماكنة ومكان العمل .
10. قارن بين (الأخدودين) المنتج بالماكنة العمودية والمنتج بالماكنة الأفقية ، أن وجدت ماكنتان في الورشة .

شبكات الأنابيب في محطات توليد الطاقة الكهربائية

الشكل (10-1) يوضح شبكة أنابيب في محطة حرارية لتوليد الطاقة الكهربائية

تستعمل منظومات الأنابيب (Tubing System) وملحقاتها (Fitting) في أجزاء رئيسة من محطات توليد الطاقة الكهربائية ، وهذه المنظومات يتم أنشائها على وفق تصاميم خاصة بشكل ظاهر فوق الأرض ومنها تحت سطح الأرض أو معلقة بنظام تعليق خاص ، تحمل في داخلها السوائل المختلفة مثل الماء وبخار الماء والزيوت والوقود وغيرها ، وبمرور الزمن تتعرض هذه الانابيب للتأكل ، في جزء صغير من الأنبوب أو بأكمله فيحصل تسريب لجزء من المادة المنقولة في الأنبوب مما يتسبب في أيقاف عمل المحطة وأجراء الصيانة ، وبذلك يتم تزويد المحطات بجداول لأجراء الصيانة بحسب العمر الزمني لكل جزء ومنها الأنابيب.

تلحق بمنظومة الأنابيب مجموعة من صمامات الأمان والمتحسسات والسدادات للأنذار بوجود الخطر نتيجة الضغوط العالية أو المنخفضة بسبب وجود التسرب وبذلك تكون المراقبة عن طريق الأجهزة وهي الأسهل والأفضل الى جانب المراقبة بالمشاهدة .

أنواع منظومات الأنابيب:

هنالك أربعة أنواع من منظومات الأنابيب بحسب نوع التوصيل ببعضها هي:

1.منظومة الأنابيب ذات النهايات الملولبة:

وتكون قياسات أقطارها قليلة قد لاتزيد على (150) ملم في الغالب تستعمل لنقل السوائل والغازات ذات الضغط الواطئ ، الحرارة الثابتة نسبياً (أي تتأثر سلباً في التمدد الكبير والأنكماش) ، ويتم توصيلها بأستعمال ملحقاتها ذات التسنين الداخلي والأشكال الهندسية المختلفة ، وبإستعمال مواد لاصقة أو شريط من مواد مطاطية أو خيوط أزبستية جميعها مقاومة للأنضغاط وتمنع حالات التسرب بعد عملية الربط ، أنظر الشكل (11- 1) .

الشكل (11- 1) يوضح توصيل الأنابيب الملولبة

2. منظومات أنابيب الربط بالافلانجات واللوالب:

يتم توصيل الأنابيب ذات القياسات المتوسطة نسبياً بواسطة الأفلانجة مع الأفلانجة المقابلة لها في الأنبوب الثاني، وهي أفضل عملياً من الربط بالتسنين وذلك بسبب التعرض لأجهادات الضغط والتمدد بسبب الحرارة ، وكذلك لسهولة أجراء الصيانة عند تبديل جزء معين من المنظومة، ويستعمل المطاط أو الورق السميك كحشوة مانعة للتسرب بين أي أفلنجتين تربط مع بعضهما ، أنظر الشكل (12- 1) .

الشكل (12- 1) يوضح توصيل الانابيب بالافلانجات

3. توصيل منظومات الأنابيب باللحام:

وتتم بتقابل الأنبوب مع أنبوب أخرمساوٍ له بالقياس وأجراءعملية اللحام بالقوس الكهربائي أو بأحدى الطرق الأخرى الملائمة تستعمل هذه الطريقة في توصيل الأنابيب الكبيرة القياسات والخاصة بنقل الغازات والسوائل ذات الضغط العالِ ودرجات الحرارة المختلفة ، وغالباً ما توضع فيها تقوسات تحسباً لحالات التمدد والتقلص في المسافات الطويلة ، وتستعمل هذه الطريقة بشكل واسع في أنابيب المراجل البخارية لمنع حالات التسرب التي قد تحصل في الأنابيب ذات الأفلانجات ، أنظر الشكل (13- 1) .

الشكل (13-1) يوضح توصيل الأنابيب وملحقاتها باللحام

4. طرق أخرى لتوصيل الأنابيب وملحقاتها:

هنالك طرق أخرى متنوعة بحسب نوع الإستعمال للأنابيب ومعادنها وقد لاتستعمل في محطات التوليد الكهربائية ألابشكل قليل، وغالباً ماتستعمل بنقل الماء في شبكات مياه الشرب في المدن، وأذا حدث التسرب لايتسبب بخسائر مادية أو ضرر في البيئة ، ومثال على ذلك التوصيل بالتداخل ، أي تدخل مقدمة الأنبوب الثاني في نهاية الأنبوب الاول ومع أستعمال حشوة من المطاط أو مواد لاصقة ، أنظر الشكل (14- 1) .

الشكل (14-1) يوضح توصيل الأنابيب بالتداخل

التمرين العملي رقم (7)

تنفيذ شبكة مياه شرب

الزمن اللازم : 7 حصص .

مكان العمل : ورشة الميكانيك .

الأهداف التعليمية : التدريب على قراءة مخططات الأنابيب مع ملحقاتها وعمل اللولبة (التسنين) والربط المحكم بأستعمال الأشرطة أو الخيوط المانعة للتسرب ، وفحص الشبكة من التسرب .

التسهيلات التعليمية : أنابيب ماء بقياسات مختلفة ($\frac{1}{2}$) ($\frac{3}{4}$) (1) أنج ، وأطوالها بحسب التمرين ، أو بحسب المتوفر ، ماكنة فتح اللوالب ، أو عدة اللولبة اليدوية ، ملزمة أنابيب ، لواسق (مادة صمغية أو صبغ) ، أو خيط حراري خاص بالأنابيب ، توصيلات مناسبة (Fitting) ، سداد يدوي ، أنابيب توصيل مطاطية ، عدد ربط الانابيب (سكروسبانر) ، قاطعة أنابيب ، شريط قياس مناسب .

رسم التمرين : رسم الشكل (15-1) يوضح طريقة الربط وليست التمرين المطلوب .

الشكل (15-1) طريقة ربط انابيب الماء

خطوات العمل:

ينفذ تمرين ربط أنابيب ماء في المدرسة بحسب الاحتياج (في الحديقة المدرسية أو في الصحيات الخاصة المدرسة) .

1. **أرتد بدلة العمل المناسبة .**
2. **حدد مكان تنفيذ التمرين بالتعاون مع المدرس المختص .**
3. **خذ شريط القياس وقس الأطوال المطلوبة للأنابيب ، سجل القاسات في دفتر الملاحظات .**
4. **حدد أقطار الأنابيب المطلوبة .**
5. **وحدد نوع التوصيلات اللازمة ونوع الصمامات وأعدادها ، سجل المواد المطلوبة في دفترك .**
6. **أستعمل عدة قطع الأنابيب وأقطع بحسب الأطوال المطلوبة .**
7. **قم بلولبة الأنابيب (سننها) مستعملاً العدة المتوفرة (ماكنة التسنين أو عدة التسنين اليدوي) .**
8. **قم بالربط وبالتسلسل من الموقع الأول (المصدر) ويسمى البداية وحتى النهاية .**
9. **أستعمل ملزمة الأنابيب ومفاتيح الأنابيب مع وضع الخيط أو الشريط المطاط لمنع التسرب .**
10. **قم بفتح مصدر الماء الى الشبكة التي نفذتها ولاحظ وجود تسرب في نقاط التوصيل .**
11. **نظف أدوات العمل وأعدها الى أماكن خزنها .**
12. **نظف مكان العمل .**

التمرين العملي رقم (8)

لحام أنبوب مع أفلانجة

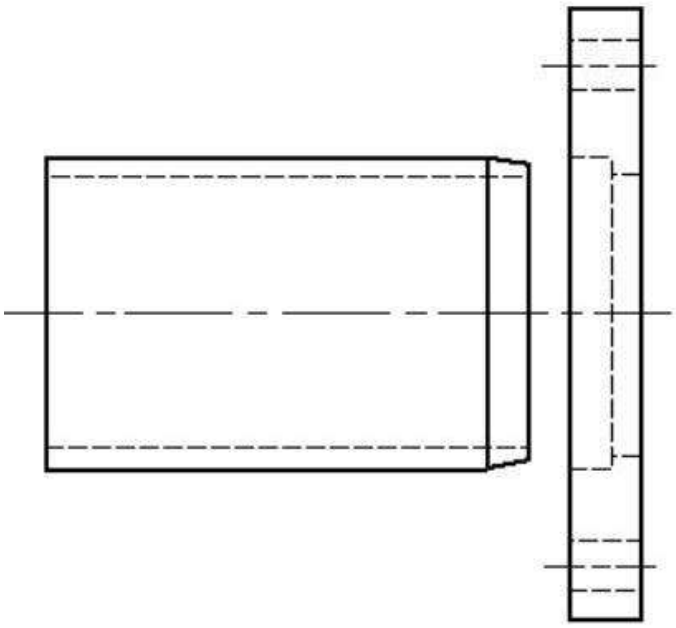
الزمن اللازم: 14 حصة .

مكان العمل: ورشة الميكانيك .

الاهداف التعليمية: التدريب على لحام الأنابيب مع الأفلانجات ، معالجة التسرب ، الممارسة على أختيار شدة التيار المناسبة في اللحام .

التسهيلات التعليمية: ماكنة لحام بالقوس الكهربائي مع ملحقاتها التشغيلية كافة، أسلاك لحام قياس (3.25) ، أفلانجة دائرية بقياس قطر لايقل (100) ملم وسمك لايقل عن (10) ملم ، أنبوب ملائم الى قطر الأفلانجة المتوفرة للتمرين وطول (100) ملم ، ماسكة حدادة ، مطرقة أزالة الخبث ، فرشة سلكية ، نظارات واقية ، كفوف جلدية ، كوسرة يدوية كهربائية .

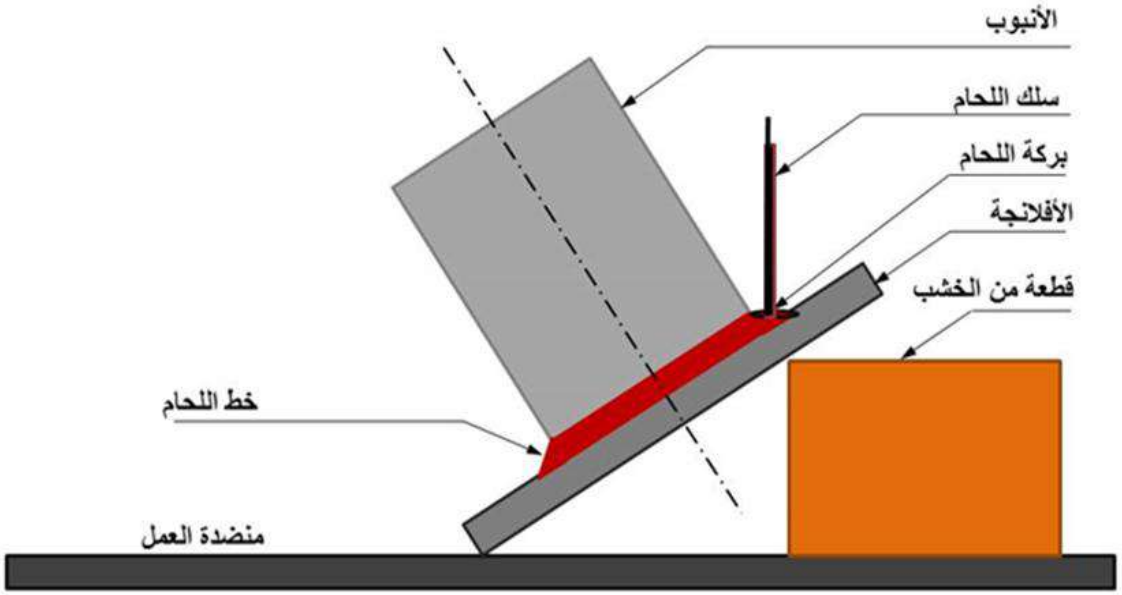
رسم التمرين: الشكل (16-1).



الشكل (16-1)

خطوات العمل :

1. أرتد بدلة العمل المناسبة والكفوف الجلدية .
2. هيء ماكنة اللحام ، وحدد التيار المناسب في اللحام .
3. أعمل سلبة مناسبة تساعد على دخول مقدمة الأنبوب في الأفلانجة مستعملاً الكوسرة اليدوية .
4. ضع الأفلانجة على طاولة العمل وأدخل فيها الأنبوب بشكل عمودي .
5. ثبت القطعتان بنقاط تثبيت يكون عددهـا بحسب قطر الأنبوب ، أربع نقاط تثبيت أو أكثر ، والمسافات بينهما متساوية.
6. باشـر باللحـام بين نقطتي تثبيت ، ثم فـي الجهة المقابلة لها ، يفضل وضع قطعة العمل بوضع مائـل بأسنادها بقطعة مـن الخشب أو المعدن لتكون بركـة اللحام بوضع أفقي ، مـع التدوير بأتجـاه معاكس لحركة سلك اللحام لتحصل على لحام جيد وكما يوضح الشكل (17-1) .



الشكل (17-1) يوضح الوضع الأفقي لبركة اللحام

7. دع اللحام يبرد قليلاً وقم بأزالة الخبث بالمطرقة الخاصة ثم الفرشة السلكية .
8. عاود اللحام في المنطقة الثالثة ثم المقابلة لها .
9. دع اللحام يبرد قليلاً وقم بأزالة الخبث بالمطرقة الخاصة ثم الفرشة السلكية .

10. قم بأصلاح المناطق الضعيفة أو المتبقية .
11. قم بزيادة التيار قليلاً وألحم القطعتين بخط لحام مستمر فوق الخط الاول لتحصل على لحام متجانس .
12. نظف قطعة العمل من الخبث جيداً ولاحظ اللحام وقيم عملك وما الأخطاء والصعوبات التي حصلت أثناء التنفيذ .
13. أطفيء الماكنة ، وأرجع أسلاك التوصيل الى أماكنها .
14. نظف أدوات العمل وأعدها الى أماكن خزنها .
15. نظف مكان العمل .

الشكل (18-1) يوضح لحام أنبوب مع أفلانجة

التمرين العملي رقم (9)

لحام أنبوبين متقابلين

أن لحام الأنابيب يتطلب المهارة الكافية لدى الفنيين لأنجاز العمل ، لأن الأنابيب متنوعة بحسب نوع المعدن وسمكه (الفرق بين القطر الخارجي والداخلي) ووضع الأنبوب (ثابت ضمن الشبكة ، أم متحرك يوضع على طاولة العمل أو الأرض) وغير ذلك ، وكل حالة تتطلب مهارة معينة وكما يأتي :

1. أختيار سلك اللحام بحسب نوع المعدن (الصلب طري ، الصلب السبائكي المنخفض ، الصلب المقاوم للصدأ ، الصلب عالي الكربون . معادن غير حديدية) والأختيار الصحيح يساعد في الحصول على لحام متجانس ومتانة عالية وأقل كلفة أقتصادية .

وهنالك أنواع من أسلاك اللحام على الفني معرفتها ليحسن أختيار السلك المناسب لأفضل لحام ، توضع المواصفات على العلبة الحاوية للأسلاك أو يستدل لها من خلال رموز تكتب على كل سلك أو لون المادة المغلفة للسلك ومنها :

1 - 1 : أسلاك اللحام الروتيلية التي تعطي 100% من أستعادة معدن اللحام:

Rutile Electrodes giving about 100% weld Metal Recovery

هذا النوع سهل الأستعمال وملائم في لحام الوصلات الصغيرة ويعطي نعومة وتناثر قليل .

1 - 2 : اسلاك اللحام الروتيلية العالية الكفاءة:

High Efficiency Rutile Electrodes

هذا النوع يعطي سرعة في اللحام والتجانس الجيد مع المعدن .

1 - 3 : الأقطاب الحامضية ، والحامضية العالية الكفاءة:

Acid Electrodes & High Efficiency Acid Electrodes

في كلا النوعين المادة المغطية للسلك لاتحتوي على برادة الحديد ، سرعة اللحام معتدلة ، درزة اللحام ملساء براقة والخبث الناتج سهل الإزالة ، وهي ملائمة في لحام الصلب الطري .

1 - 4 : أسلاك اللحام القاعدية: Basic Electrodes

وهي بأنواع مختلفة ،تستعمل في اللحام التصاعدي ،واللحام الخالي من التشققات ،وبذلك هي الاكثر ملائمة في لحام الأنابيب في المحطات الكهربائية وأنابيب نقل النفط ومشتقاته .

1 - 5 : الاسلاك السليلوزية: Cellulose Electrodes

يستعمل في لحام الأنابيب، جيد في اللحام العمودي النازل، واللحام فوق الرأس، مواصفات اللحام الميكانيكية جيدة، وتظهر في الفحص بالأشعة السينية مطابق لمتطلبات اللحام المعتمدة .

ويفضل وضع أسلاك اللحام في أفران تجفيف للتخلص من الرطوبة قبل البدء بعملية اللحام .

2. تحديد شدة التيار المناسب للعمل ونوع ماكنة اللحام (DC أو AC) ، وهذا يعتمد على قطر سلك اللحام المستخدم (كلما كان القطر كبيراً تكون قيمة التيار أعلى) وهنالك جداول توضح العلاقة بين قطر سلك اللحام والتيار المطلوب للعمل نجدها على العلب الحاوية للأسلاك تحددها الشركة المنتجة لها .
3. سمك الأنبوب: فأن الأنابيب ذات السمك الكبير نسبياً من الممكن زيادة التيار عند لحامها أما الأنابيب ذات السمك القليل فيفضل التيار الواطئ وأختيار سلك اللحام بقطر صغير لمنع ألانصهار الذي يسبب التشوهات في الأنبوب والتي تصعب معالجتها .
4. تحضير الحافة الجانبية للأنبوب بحيث تكون مقطوعة بشكل جيد، خالية من النتوءات ، مشطوفة بزاوية معينة مطابقة لزاوية حافة الأنبوب الأخر الذي سيلحم معه ، بحيث يتم الحصول على قناة منتظمة تملئ بمادة اللحام تحقق المتانة والمواصفات المطلوبة في ربط الأنابيب .

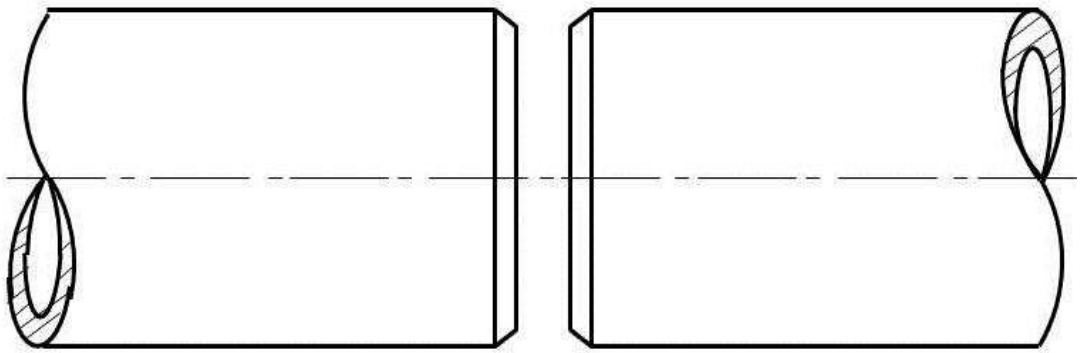
الزمن اللازم : 14 حصة .

مكان العمل : ورشة الميكانيك .

الأهداف التعليمية: الممارسة على لحام الأنابيب ،اللحام في أوضاع مختلفة .

التسهيلات التعليمية: ماكنة لحام بالقوس الكهربائي مع كافة ملحقاتها التشغيلية ،أسلاك لحام قياس (3.25) ،أنبوبان دائريان بقياس قطر لايقل (150) ملم وسمك لايقل عن (5) ملم ،وطول (100) ملم لكل منهما ،ماسكة حدادة ،مطرقة أزالة الخبث ،فرشة سلكية ، نظارات واقية ،كفوف جلدية ،كوسرة يدوية كهربائية .

رسم التمرين: الشكل (19-1).



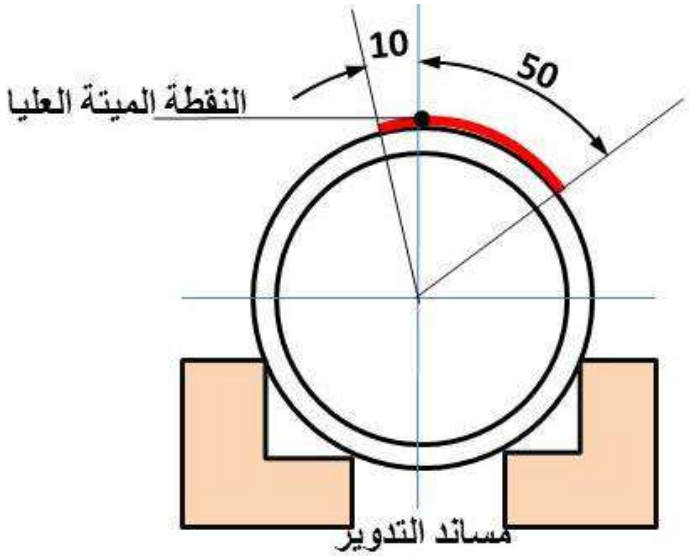
الشكل (19-1) يوضح رسم أنبوبين متقابلين

خطوات العمل :

1. أرتد بدلة العمل المناسبة والكفوف الجلية .
2. هيء ماكنة اللحام ،وحدد التيار المناسب في اللحام .
3. أعمل سلبة مناسبة في مقدمة كل أنبوب زاوية (45 °) مستعملاً الكوسرة اليدوية ،أو المخرطة .
4. ضع الأنبوب الاول على طاولة العمل بشكل أفقي وضع الأنبوب الثاني مقابل الى الأول وملامس له .
5. ثبت الأنبوبين بنقطة لحام واحدة في الأعلى ،ثم دور الأنبوبين معاً بحيث تكون نقطة اللحام في الاسفل وقم بالتثبيت بنقطة لحام ثانية بحيث تحافظ على تقابل الأنبوبين وتلامسهما .
6. قم بعمل نقاط تثبيت أخر أثنان أو أكثر يكون عددها بحسب قطر الأنبوب والمسافات بينهما متساوية.
7. نظف نقاط التثبيت من الخبث .
8. ضع الأنبوبين على قاعدة تساعد على تدويرهما بسهولة وتحافظ على أستقامتهما ، أوتعليقهما في ذراع تعليق لسهولة التدوير في أثناء اللحام والمحافظة على أن تكون بركة اللحام في الأعلى دائماً ،كما موضح في الشكل (20-1) ،وهنا يجب أستعمال واقي اللحام الذي يثبت في الرأس لتكون اليدين أحدهما لمسك مقبض اللحام والأخرى للتدوير المستمر.

الشكل (20-1) يوضح تثبيت ولحام أنبوبين بالقوس الكهربائي

9. باشر باللحام بين نقطتي تثبيت ،بحيث تبدأ قبل النقطة الميتة العليا ب(10°) وتستمر حتى تحقق خط لحام بزاوية (60°) وذلك لتحصل على بركة لحام أكثر أستقرار ، أنظر الشكل (21-1) .



الشكل (21-1) يوضح الزاوية المفضلة في لحام الأنابيب

10. دع اللحام يبرد قليلاً وقم بأزالة الخبث بالمطرقة الخاصة ثم الفرشة السلكية .
11. قم بتدوير قطعة العمل بحيث تكون نهاية خط اللحام قبل النقطة الميتة العليا بـ (10°) أي نفس الموقع الذي بدأت به في المرحلة الأولى من اللحام ،وأستمر باللحام حتى تحقق زاوية (60°) أخرى.
12. دع اللحام يبرد قليلاً وقم بأزالة الخبث بالمطرقة الخاصة ثم الفرشة السلكية .
13. كرر العمل كما في الفقرتين (9 و10) حتى تنجز اللحام الأنبوبين ثم نظف منطقة اللحام جيداً.
14. قم بزيادة التيار قليلاً وألحم القطعتين بخط لحام مستمر فوق الخط الأول لتحصل على لحام متجانس بحيث يكون وضع اللحام أفقياً أي مع التدوير بعكس حركة سلك اللحام .
15. نظف قطعة العمل من الخبث جيداً ولاحظ اللحام وقيم عملك .
16. أطفيء الماكنة ،وأرجع أسلاك التوصيل الى أماكنها .
17. نظف أدوات العمل وأعدها الى أماكن خزنها ،ثم نظف مكان العمل .

الشكل (22-1) يوضح الأنبوبين بعد اللحام

التمرين العملي رقم (10)

أصلاح الأنابيب المتضررة

تتعرض الأنابيب الناقلة للسوائل والغازات لحالات تلف، أنظر الشكل (23-1)، لأسباب كثيرة أهمها مايأتي:

الشكل (23-1) يوضح بعض حالات تلف الأنابيب

1. **التأثير الميكانيكي الخارجي : الأصطدام والسقوط للأجسام الكبيرة على الأنابيب يتسبب بأنبعاج أوحدوث كسر أوثقب .**
2. **وجود الأنبوب لمدة طويلة في الاجواء الخارجية معرض الى عوامل كالهواء الرطب والأمطار تساعد في صدأ السطح الخارجي بعمق يجعل الأنبوب بمتانة لاتكفي لاستعماله .**
3. **وجود الأنابيب تحت سطح الأرض في تربة رطبة أوطينية أيضاً تسبب وجود الصدأ الكلي أو الجزئي للأنابيب .**
4. **نوع المواد المنقولة في الأنابيب كالماء والبخار أومواد تسبب تأكل الأنابيب من الداخل الى الخارج .**

5. تعرض الأنابيب في المراجل الى الحرارة العالية بمرور الزمن تفقد الكثير من مواصفاتها الجيدة وتصبح عرضة للتشقق أو الانفجار .

للاسباب التي مر ذكرها وغيرها تجرى عمليات الصيانة على الأنابيب وهي :

1. أذاكان الأنبوب موصل بواسطة الأفلانجات واللوالب مع الأنابيب الأخرى يفتح ويستبدل باخر بنفس القياسات والمواصفات ،وكذلك أذا كان الانبوب ملولباً وموصلاً بالشبكة عن طريق الأجزاء الرابطة .
2. أذا كان الأنبوب المتضرر جزءاً صغيراً من شبكة موصلة باللحام فيتم قطع الجزء المتضرر بواسطة اللهب بالأوكسي أستلين ويستبدل باخر بنفس القياسات والمواصفات
3. في بعض الأحيان يحصل ضرر بمساحة صغيرة في أنبوب ذات قطر كبير ،والعمل لايتطلب تبديل الأنبوب بأكمله فيتم قطع الجزء الصغير ويتم عمل قطعة مشابهة في القياسات توضع بديلاً في المكان المقطوع وتلحم بشكل جيد .

مكان العمل : ورشة الميكانيك أو صيانة أنبوب متضرر في المدرسة .

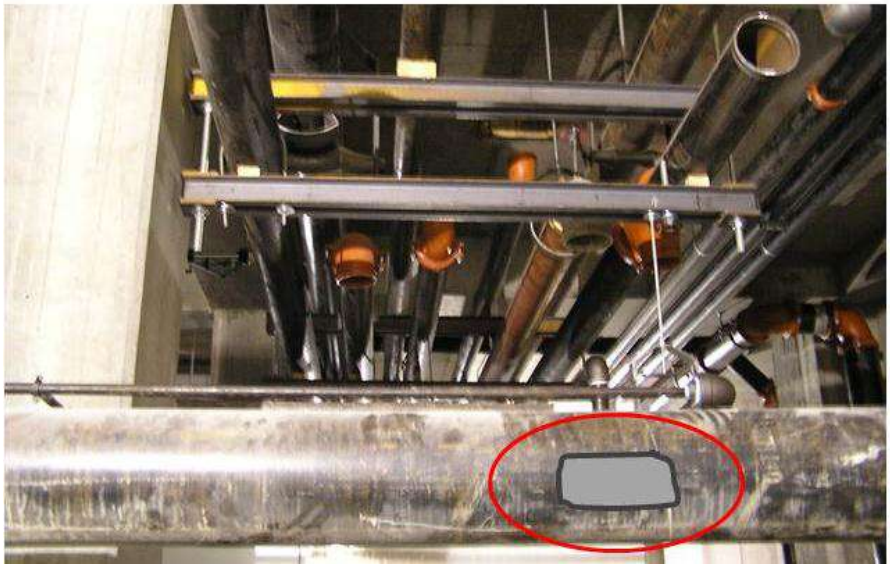
الزمن اللازم : 14 حصة .

الأهداف التعليمية : التدريب والممارسة على:

1. صيانة الأنابيب المتضررة .
2. التدريب على قطع الاجزاء بالأوكسي أستلين وعمل البديل المساوي لها .

التسهيلات التعليمية : جهز أوكسي أستلين مع الملحقات التشغيلية ، عدة القطع بالأوكسي أستلين ،ماكنة اللحام بالقوس الكهربائي مع ملحقاتها التشغيلية ،أسلاك لحام قياس (3.25 ملم . كماشة حداد ،قطعة طباشير مطرقة (300- 500) غم ،أنبوب بقياس كبير نسبياً أو بحسب المتوافر متضررجزئياً ،أنبوب أخر مماثل بديل ، كفوف جلدية .

الرسم التوضيحي: الشكل (24-1) .



الشكل (24-1) يوضح رفع جزء تالف من أنبوب لأصلاحه

خطوات العمل:

1. أرتدِ بدلة العمل المناسبة .
2. هيء جهاز القطع بالأوكسي أستلين .
3. ضع قطعة العمل على منضدة العمل ،وأذا كان الوزن والحجم كبيرين تترك على الأرض ،وحدد المنطقة المتضررة بالطباشير بحيث يكون خط التحديد قليل التعرجات والزوايا الحادة ،وكما في الشكل (25-1).
4. قم بقطع الجزء المتضرر بالأوكسي أستلين ،على أن يكون خط القطع فوق الخط المرسوم بالطباشير .
5. برد الجزء المقطوع بالماء .
6. ضع جزء المتضرر فوق الأنبوب البديل وأرسم بالطباشير حدود القطعة المتضررة لتحصل على جزء مشابة لها .
7. قم بقطع الجزء البديل بالأوكسي أستلين ،على ان يكون القطع باللهب فوق خط الطباشير وقليلاً الى الداخل ،لكي تكون القطعة الجديدة مماثلة بالقياس للقطعة المتضررة .
8. برد القطة بالماء، ثم قم بأزالة النتوئات الناتجة بسبب القطع .

9. ضع القطعة البديل في مكانها في الأنبوب المتضرر وتأكد من دخولها بشكل جيد ،قم بأزالة الزيادة في القياس بواسطة الأوكسي أستلين حتى تحصل على تطابق جيد .
10. هيء ماكنة اللحام بالقوس الكهربائي ،محدداً التيار الملائم بحسب قطر سلك اللحام .
11. ثبت القطعة البديل في مكانها الجديد من أحد أركانها باللحام ،أستعمل المطرقة للمساعدة في وضعها بالشكل الصحيح في موضعها .
12. ثبت القطعة البديل بنقاط تثبيت متعددة باللحام (يكون عددها بحسب مساحتها أي كلما كانت مساحتها كبيرة تزداد نقاط التثبيت) .
13. باشر باللحام بخط مستمر .
14. نظف منطقة اللحام من الخبث جيداً،عالج النقاط الضعيفة والتي لم تلحم بشكل جيد .
15. نظف القطعة جيداً من الخبث وأستعمل الكوسرة الكهربائية بأزالة مناطق اللحام البارزة .
16. نظف الأجهزة وأدوات العمل وأعدها الى أماكن خزنها .
17. نظف مكان العمل .

الشكل (25-1) يوضح تحديد المنطقة المتضررة

التمرين العملي رقم (11)

اللحام بقوس قطب التنكستن والغاز الخامل (اللحام بالأركون)

Gas Tungsten Arc Welding (TIG)

ماهو لحام الـ (TIG):

هو من العمليات الحديثة في لحام حديد الصلب بأنواعه والمعادن الحديدية وسبائكها ،يعطي جودة ومواصفات عالية .

لقد تعلمت اللحام بالأوكسي أستلين والذي يعتمد على توليد حرارة تكفي لصهر معدن القطعتين وسلك اللحام وتجانسمها ، واللحام بقطب التنكستن والغاز الخامل يعمل على أذابة معدن القطعتين وسلك الحام الذي يتحكم به يدوياً ولكن مصدر الحرارة يأتي من خلال تيار كهربائي عالِ وفرق جهد واطيء يمر من خلال قطب التنكستن في نهاية مسدس اللحام ،انظر الشكل (26-1) .

الشكل (26-1) يوضح أنواع وأجزاء مسدس اللحام

تستعمل أنواع مختلفة من الغازات الخاملة لعزل بركة اللحام عن الهواء ومنع الأكسدة ومنها (الأركون،الهليوم ، ثاني أكسيد الكربون أو خليط من الأركون مع أحد الغازات الأخرى بنسب معينة بحسب نوع المعدن والجودة المطلوبة .

يتكون جهاز اللحام من ماكنة أشبه بماكنة لحام القوس الكهربائي الأعتيادي في شكلها الخارجي ولكن تحتوي على أجهزة ذات كفاءة عالية في السيطرة على التيارات الواطئة وكذلك فرق الجهد لأن أي تذبذب يحصل في التيار ينتج عنه لحام غير مرغوب ، في الغالب الأجهزة المستخدمة في التدريب والورش الصغيرة تستعمل مكائن ذات فرق جهد (من 50 – 100) فولت ،وتيار (50 – 250) أمبير ،ولكلا النوعين (DC أو AC) ،إذ تستعمل ماكنة (AC) في لحام الألمنيوم وسبائكه ،بينما تستعمل الماكنة (DC) في لحام المعادن الأخرى .

تجهز مع ماكنة اللحام قنينة للغاز الخامل مع منظم لضغط ومعدل سريان الغاز تتصل مع مسدس اللحام بواسطة أنبوب مطاط ومعه أسلاك التوصيل .

تستعمل منظومة تبريد بالماء لتبريد مسدس اللحام للمكائن ذات التيارات العالية أكثر من (250) أمبير. وتحتوي أجهزة سيطرة وتحكم بتيار اللحام ومعدل تدفق الغاز ، ومنظومة توليد قوس الحام بتردد عالٍ دون ملامسة قطب التنكستن مع قطعة العمل .

طريقة تشغيل جهاز اللحام:

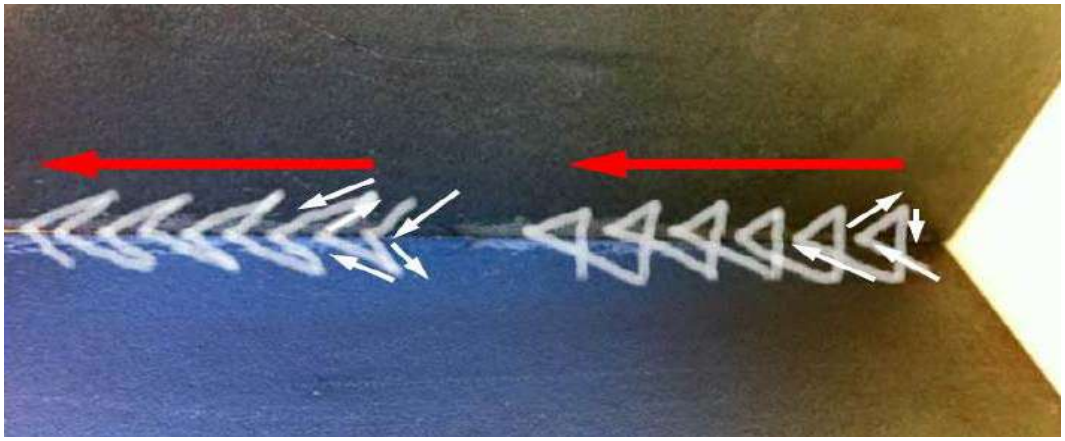
قبل البدء بالعمل نتبع الخطوات الأتية :

1. يتم أيصال الجهاز بمصدر الطاقة الكهربائية (220 فولت) .
2. تربط قنينة غاز الأركون الى جانب ماكن اللحام في موضع خاص بها وتثبت جيداً .
3. ربط منظم الغاز على فوهة القنينة ، وإيطال الأنبوب المطاط في محله في الماكنة .
4. بحسب نوع معدن قطعة العمل وسمكها ووضع اللحام يتم تهيئة مسدس اللحام (أختيار حجم فوهة الغاز المصنوعة من السيراميك ،تحديد بروز قطب التنكستن عن الفوهة ، مقدار التيار المطلوب وفرق الجهد).
5. أيصال القطب الموجب في قطعة العمل عن طريق معدن منضدة العمل ، والقطب السالب في مسدس اللحام وهذا يجعل السيل الهائل للألكترونات ينتقل من قطب التنكستن الى قطعة العمل ، ليعطي أستقراراً للمعدن الذائب في بركة اللحام .
6. تهيئة أسلاك اللحام ، نوعها بحسب نوع المعدن المطلوب لحامه ، والقطر بحسب حجم خط اللحام .
7. تهيئة قطعة العمل ، يجب أن تكون خالية من الزيوت والشحوم والأتربة والصدأ (سطح نظيف جداً) .

البدء بالعمل :

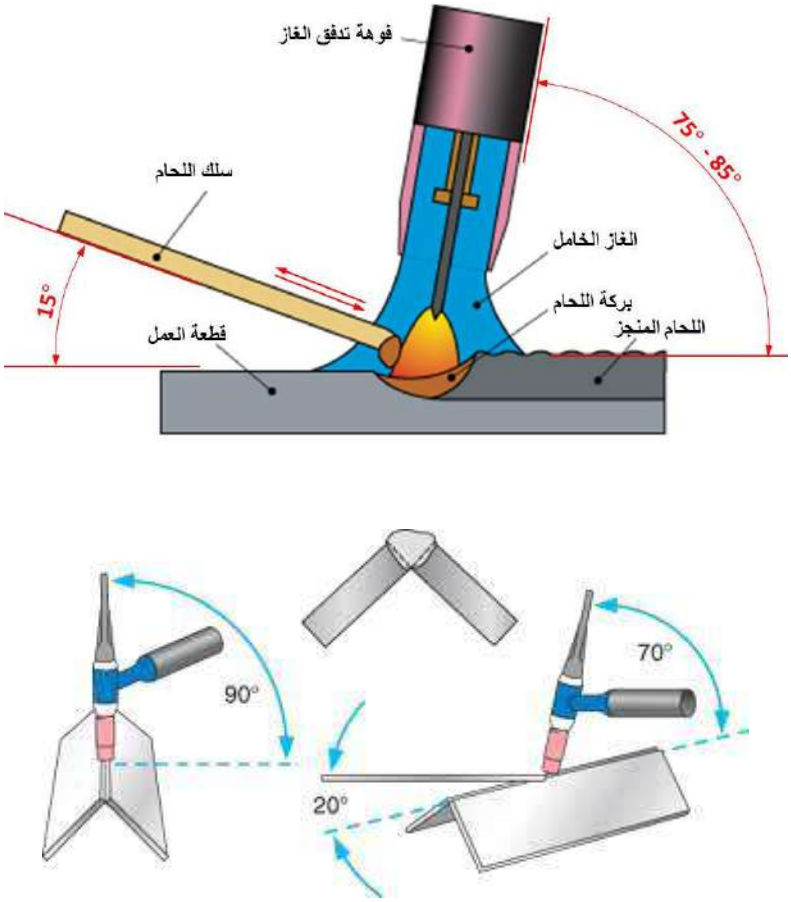
نتبع الخطوات الأتية عند اللحام بقطب التنكستن وغاز الآركون:

1. **أرتداء بدلة العمل المناسبة ، كفوف جلدية ، صدرية جلد ، واقي اللحام من النوع الذي يثبت في الرأس.**
2. **فتح صمام أسطوانة الغاز وتنظيم الضغط (2) ضغط جوي ، والتأكد من تدفق الغاز .**
3. **أربط فوهة الغاز المناسبة في مسدس اللحام وحدد بروز قطب التنكستن بعد التأكد من نظافته .**
4. **الجلوس أو الوقوف براحة تامة وحركة اليد على طول خط اللحام .**
5. **أقدح مسدس اللحام مبتدءاً من اليمين الى اليسار في اللحام (أي على العكس من حركة اللحام في القوس لكهربائي الأعتيادي) .**
6. **أستمر في اللحام مع حركة المسدس (زكزاك) ، كما يوضح الشكل (27-1) ، وأستمرار التغذية من سلك اللحام (في بعض حالات اللحام لانحتاج الى سلك التغذية ، أي اذابة معدن القطعتين معاً) .**



الشكل (27-1) يوضح حركة مسدس اللحام

7. **زاوية مسدس اللحام فوق سطح قطعة العمل يميل بزاوية (70° - 85 °) درجة ، والسلك المغذي للحام يميل بزاوية (15° - 20°) درجة فوق سطح قطعة العمل ، أنظر الشكل (28-1) .**



الشكل (28-1) يوضح زاوية مسدس اللحام وسلك اللحام مع قطعة العمل

أوضاع لحام قطب التنكستن والغاز الخامل:

يستعمل في الأوضاع كافه كما في لحام القوس الكهربائي الأعتيادي ،في الوضع الأفقي وهو الأسهل عند الفني المبتدأ ، وكذلك في الوضع الصاعد والنازل وهذا يتطلب المهارة الكافية في ضبط قيمة التيار والجهد ومقدار التغذية من سلك اللحام ومعدل تدفق الغاز ،وكذلك اللحام فوق الرأس .

عيوب اللحام:

هذا النوع من اللحام هو أفضل بكثير من لحام القوس الكهربائي الأعتيادي ويظهر بشكل منتظم إذا كان الفني ذاخبرة جيدة ،ولكن قد تظهر عيوب في اللحام لدى المبتدئين تزول من خلال الممارسة واهمها ما يأتي:

1. تظهر مسامات وثقوب في خط اللحام بسبب (معدل تدفق الغاز قليل، قطب التنكستن يخرج كثير عن الفوهة ، سطح اللحام غير نظيف) ،أنظر الشكل (29- 1) .
2. نقص في الأنصهار وعدم تغلغل المعدن الى الداخل بسبب (تيار اللحام غي صحيح ، معدل أنتقال حركة اليد غي صحيح ، التغذية في سلك اللحام غير منتظمة ، السطوح غير نظيفة) وجود التشققات في اللحام والسبب الرئيس هو وجود الملوثات على سطح المعدن وسلك اللحام
3. وكذلك التوقف للحظة ثم الأستمرار ممايتطلب تنظيف الأسطح جيداً وفي حالة التوقف تستعمل الكوسرة الكهربائية (لجراخة) بركة اللحام المتجمدة وأزالة طبقة قليلة منها ثم معاودة اللحام مرة ثانية .

الشكل (29- 1) يوضح عيوب اللحام 1. لحام جيد ، 2. لحام فيه عيوب كثيرة

مكان العمل : ورشة الميكانيك أو اللحام .

الزمن اللازم: 28 حصة .

الأهداف التعليمية: المعرفة والممارسة في إستعمال مكائن اللحام بالقطب التنكستن (TIG) .

التسهيلات التعليمية: ماكنة اللحام مع ملحقاتها التشغيلية كافة ، واقية لحام نوع تثبت في الرأس ، أسلاك لحام قطر (2) ملم ، كفوف جلدية ، قطعتي حديد نظيفة وخالية من الصدأ قياس (100 × 50 × 4) ملم

الرسم التوضيحي : الشكل (30-1) .

الشكل (30-1) يوضح ربط قطعتين بلحام قطب التنكستن وغازالأركون

خطوات العمل:

1. أرتدِ بدلة العمل المناسبة ، والكفوف الجلدية .
2. أوصل الماكنة بالتيار الكهربائي .
3. أفتح صمام الغاز على أن يكون (2) ضغط جوي .
4. هيء مسدس اللحام (أختار الفوهة المناسبة ، بروز قطب التنكستن (6 - 8) ملم عن الفوهة ، التأكد من تدفق الغاز من الفوهة) .
5. ضع قطعة العمل على الطاولة وأجلس بوضع مريح .
6. ثبت واقي اللحام في الرأس وأمسك مسدس اللحام باليد اليمنى ، وسلك اللحام باليد اليسرى.
7. أقدح وباشر باللحام التجريبي على سطح أحد القطعتين ، أعمل عدداً من خطوط اللحام ، تحكم بمقدار تيار اللحـام وذلك معدل تدفق الغاز ، كذلك معدل حركـة اليد فـي أنتقال مسدس اللحـام وأكتشف بنفسك الخطأ والصواب في أثناء العمل ، حتى تجد لديك الأمكانية في تثبيت القطعتين معاً .
8. ضع القطعتين متلاصقتين على طاولة العمل وباشر بتثبيتهما من الطرفين ، ثم باشر باللحام بأشراف المدرب المختص ومساعدته للأفادة من خبرته ، وبعد الأنتهاء تمعن في جودة اللحام ، وقيم عملك.
9. أقطع التيار الكهربائي عن ماكنة اللحام ، وأغلق صمام تدفق الغاز المثبت على رأس الأسطوانة ، ضع مسدس اللحام في موضعه وكذلك الأنبوب المطاط وأسلاك التوصيل .
10. نظف العدد والأدوات ونظف مكان العمل .

التمرين العملي رقم (12)

لحام الأنابيب بأستعمال قطب التنكستن والغاز الخامل

أن أغلب عمليات لحام الأنابيب تنجز في أماكنها وليست على منضدة العمل في الورش مما يتطلب ممارسة الفني على لحام الأنابيب الثابتة التي لاتقبل التدوير لتكون بركة اللحام أفقية والتي هي أسهل أوضاع اللحام ، لذلك لابد من تثبيت التمرين في ذراع تثبيت يسمح للمتدرب بحرية الحركة للممارسة في أنجاز اللحام بدون الأحساس بالتعب والمضايقات التي تؤثر سلباً على أمكانية التعلم الصحيح ، وكما يوضح الشكل (31-1) .

الشكل (31-1) يوضح التدريب على لحام الأنابيب

مكان العمل: ورشة الميكانيك أو المعادن .

الزمن اللازم: 21 حصة .

الاهداف التعليمية: المعرفة والممارسة على لحام الأنابيب بمكائن الـ (TIG) ، وكذلك الممارسة على اللحام بزوايا وأوضاع مختلفة (الأفقي ، الصاعد ، النازل ، وفوق الرأس) .

التسهيلات التعليمية: ماكنة اللحام مع كافة ملحقاتها التشغيلية ، واقية لحام نوع تثبت في الرأس ، أسلاك لحام قطر (2) ملم ، كفوف جلدية ، قطعتي أنبوب نظيفة وخالية من الصدأ قياس القطر (80) ملم، طول

(100) ملم وسمك (5) ملم ، مقطوع ومشطوف من أحد النهايتين بماكنة الخراطة ، كماشة أوبلايس ، مساند لتثبيت وتدوير الأنابيب ، أربع قطع حديد قياس (100 × 40 × 4) ملم .

الرسم التوضيحي: الشكل (32-1) .

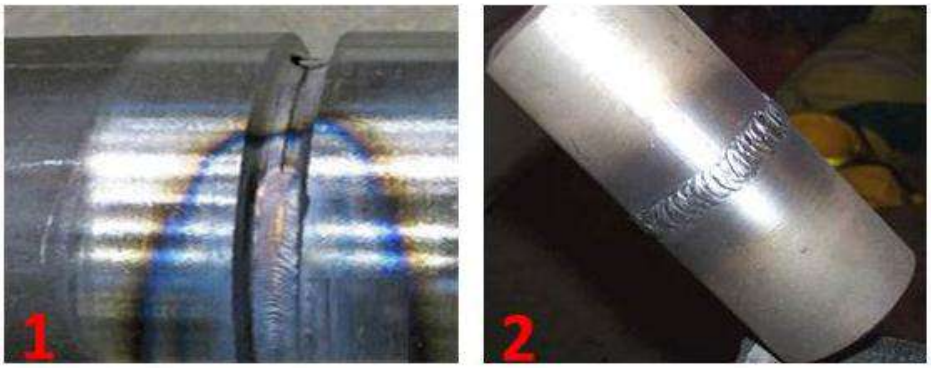
الشكل (32-1) يوضح تحضيرقطعة العمل

خطوات العمل :

1. أرتدِ بدلة العمل المناسبة ، والكفوف الجلدية .
2. أوصل الماكنة بالتيار الكهربائي .
3. أفتح صمام الغاز على أن يكون (2) ضغط جوي .
4. هيء مسدس اللحام (أختار قطر قطب التنكستن (2.4) ملم ، ويبرز (6 - 8) ملم عن الفوهة ، التأكد من تدفق الغاز من الفوهة بمعدل (150) لتر/ساعة ، والتيار (100) أمبير .
5. ثبت أحد الأنبوبين على ذراع تعليق بأرتفاع ملائم ، بحيث تقف بوضع مريح .
6. ثبت واقي اللحام في الرأس وأمسك مسدس اللحام باليد اليمنى ، وسلك اللحام باليد اليسرى.
7. أقدح وباشر باللحام التجريبي على سطح أحد الأنبوبين ، أعمل عدداً مـن خطوط اللحام ، تحكم بمقدار تيار اللحام وذلك بحسب معدل تدفق الغاز ، كذلك معدل حركة اليد في أنتقال مسدس اللحام ، وتغير زاوية اللحام وأكتشف مايطرأ من تغيير في بركة اللحام عند تغيير موضع اللحام ، وأكتشف الخطأ والصواب في أثناء العمل ، حتى تجد لديك الأمكانية في تثبيت الأنبوبين معاً ، أنظر الشكل (33-1) .

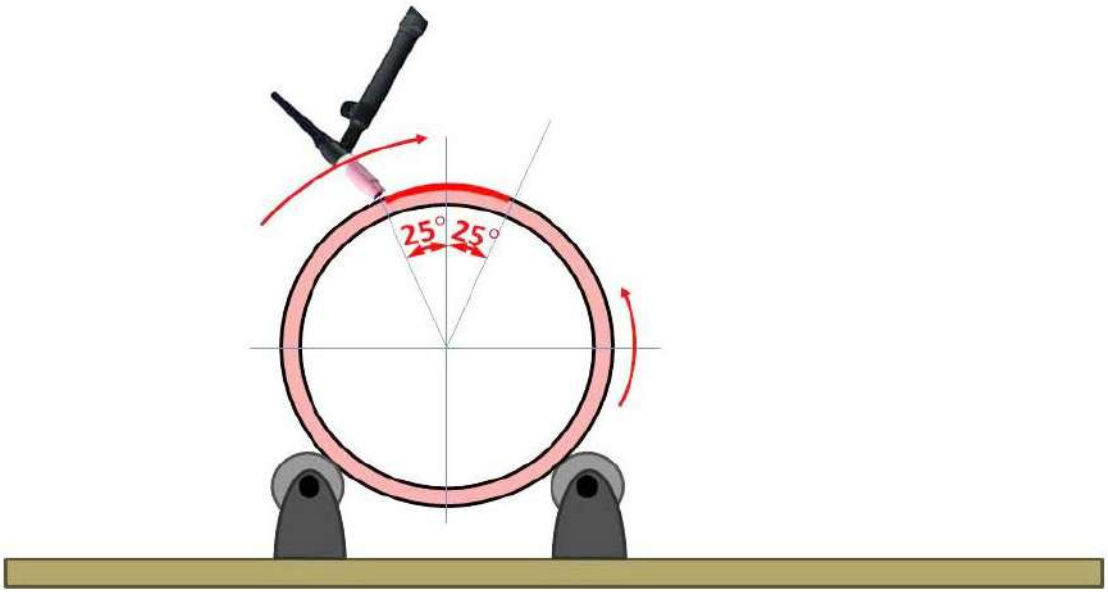
الشكل (33-1) يوضح اللحام التجريبي في قطعة العمل

8. ضع القطعتين متلاصقتين على طاولة العمل وباشر بتثبيتهما مـن ثلاث أو أربع نقاط تثبيت ، (عددها يعتمد على قطر الأنبوبين ووزنـهما، كلما كانا كبيرين يكون عـدد نقاط التثبيت أكثر) ، ثم باشر باللحام بأشراف المدرب المختص ومساعدته للأفادة من خبرته، وبعد أتمام اللحام بالكامل تمعن به جيداً وقيم عملك ، كما يوضح الشكل (34-1) .
9. أقطع التيار الكهربائي عن ماكنة اللحام ، وأغلق صمام تدفق الغاز المثبت على رأس الأسطوانة ، ضع مسدس اللحام في موضعه وكذلك الأنبوب المطاط وأسلاك التوصيل .
10. نظف العدد والأدوات ونظف مكان العمل .



الشكل (34-1) يوضح 1. نقطة التثبيت والمرحلة الأولى من اللحام ،2. الأنبوبان بعد اللحام

أما عند لحام أنبوبين على طاولة العمل يفضل وضعهماعلى مسند يساعد على تدويرهما بسهولة وأنجاز اللحام بحيث تكون بركة اللحام دائماً بوضع أفقي ، كما يوضح الشكل (35-1) ، ويفضل أستخدام هذه الطريقة في لحام الألمنيوم وسبائكه ، وكذلك تستخدم لجميع المعادن للحصول على جودة عالية .



الشكل (35-1) يوضح وضع الأنابيب على مساند لتدويرها في أثناء اللحام

التمرين العملي رقم (13)

لحام الأنابيب بالقوس المعدني والغاز الخامل

Gas Metal- Arc Welding Pipe

لحام الـ (Metal Inert Gas - MIG): هو من الطرق الحديثة (أستعمل لأول مرة في عام 1940) بأذابة قطعتي معدن بفعل دائرة كهربائية قصيرة ، وعزل المعدن الذائب عن أوكسجين الهواء بغاز خامل ويمتاز بمايأتي :

1. **السرعة العالية في ترسيب كمية كبيرة من معدن سلك اللحام بمدة زمنية قصيرة .**
2. **جودة عالية في منطقة اللحام ونعومته .**
3. **سهولة أجراء اللحام وقلة المخاطر ، ولذلك تعد سهلة التعلم في أثناء التدريب.**
4. **مواصفات ميكانيكية عالية ، ومقاومة الأجهادات .**
5. **تستعمل للصفائح الرقيقة ، والوصلات التي يصعب لحامها في الأنواع الأخرى .**

مكونات جهاز اللحام Welding Equipment:

تتكون منظومة اللحام بالـ (MIG) من الأجزاء الأتية:

1. **وحدة تجهيز القدرة (جهاز اللحام) (Power Supply Unit): يعمل بالطاقــة الكهربائية ، يعطي جهداً ثابتاً ، وتياراً بمديات مختلفة بحسب نـوع اللحام (نوع أنتقال المعدن) مـن (100- 500) أمبير لكلا النوعين (DC – AC) ، والجـدول (13- 1) يوضــح التيار المطلوب بحسب سمك المعدن وقطر سلك اللحام، وتتكون من وحدة تجهيز القدرة ووحدة السيطرة ومفاتيح السيطرة على القدرة الخارجية والسيطرة على الغاز الخامل أنظر الشكل (36-1) .**

الشكل (36-1) يوضح وحدة تجهيز القدرة في لحام الـ (MIG)

2. وحدة تغذية السلك (Wire Feeder Unit): هي عبارة عن سلك طويل يلف بأنتظام على بكرة توضع داخل الجهاز لحمايتها من التلوث ، يمر السلك في أنبوب مرن ليخرج من فوهة مسدس اللحام بحركة منتظمة يسيطر عليها من خلال منظومة دفع السلك ، وهذه تختلف من ماكنة لأخرى بحسب تصميم الشركة المنتجة ونوع الأستخدام للجهاز ، وفي بعض الأجهزة يكون سلك في بكرة صغيرة في مسدس اللحام .

3. مجموعة أسلاك التوصيل والأنابيب المطاطية الناقلة للغاز وماء التبريد ، تجمع مع بعضها لتكون مجموعة واحدة بطول معين يلائم العمل بحرية ، أنظر الشكل (37-1) .

الشكل (37-1) يوضح سلك اللحام وموضعه ، مسدس اللحام مع ألأنابيب وأسلاك التوصيل ، مسدس اللحام نوع حامل بكرة سلك اللحام

4. مسدس اللحام (مشعل اللحام): ينتج بانواع مختلفة بحسب شدة التيار ونوع حركة سلك اللحام .

5. منظومة تجهيز الغاز الخامل (Gas Supply System): وتتكون من أسطوانة لغاز الأركون أو ثاني أكسيد الكربون أو الهليوم ، أوأسطوانتين لعمل خليط من غازين بنسب معينة بحسب نوع المعدن والدقة المطلوبة ، في أعلى الأسطوانة صمام يتحكم بالضغط قبله مسخن كهربائي لمنع المنظم من الأنجماد والتعرض للضرر ، أنظر الشكل (38- 1) .

6. منظومة التبريد بالماء (Water Cooled): تتكون من حوض صغير لحفظ الماء ، ومضخة تدفع تدفع بالماء خلال أنابيب مطاطية الى مسدس اللحام ، يصل الماء الى أقرب منطقة أنبعاث للحرارة في مسدس اللحام لتبريده والمحافظة عليه من الذوبان ، ثم يعود الماء الى مبادل حراري صغير لتبريده بعد ذلك يذهب الى الحوض ، أنظر الشكل (38-1-3) .

الشكل (38-1) يوضح 1. صمام غلق قنينة الغاز ومنظم الضغط ومقياس معدل تدفق الغاز
2. موضع القنينة مع مجهز القدرة 3. منظومة ماء التبريد

أنواع اللحام :

يتم اللحام بحسب سمك ونوع المعدن بأحدى الحالات الأتية:

1. أنتقال المعدن بطريقة الرش (Spray Transfer): ويتم اللحام بأنتقاء احد الحالات في الجدول (1-1) لأنتاج اللحام الجيد:

سمك المعدن (ملم)	قطر سلك اللحام (ملم)	التيار المستعمل (أمبير)	فرق الجهد (فولت)	سرعة سلك اللحام (م/دقيقة)	حجم غاز الآركون (لتر/دقيقة)	سرعة اللحام (ملم/دقيقة)
2	0.8	130 – 90	24 – 22	7.5	12	700
3	1.0	150 – 100	24 – 22	6.0	14	650
4	1.2	200 – 150	25 – 24	5.0	14	600
5	1.6	240 – 180	25 – 24	4.6	15	600
6	1.6	270 – 220	25 – 24	5.0	15	600
8	2.0	300 – 250	26 – 25	4.8	18	550
10	2.0	320 – 280	28 – 26	5.0	18	500
12	2.4	370 – 300	28 – 26	3.8	18	450
20	2.4	400 – 350	28 – 26	4.0	20	300

الجدول (1-1) يوضح الأختيار الصحيح للتياروالجهد وقطر السلك بالنسبة الى سمك المعدن

2. أنتقال المعدن بأسلوب الغطس أوالغمر (Dip Transfer): في هذه الحالة ينغمر سلك اللحام في بركة اللحام لينقل تيار يصل الى (180– 200) أمبير وبفرق جهد (21) فولت وبشكل مستمر، هذا النوع ملائم في لحام الصلب بأنواعه ، والجدول (2-1) يوضح أفضل الحالات .

سمك المعدن ملم	1.2	1.6	3.2
قطرسلك اللحام ملم	0.8	0.8	1.0
سرعة تغذية السلك م/ د	3.5 – 2.9	4.7 – 4	4 – 3
التيار	70 – 60	90 – 80	120 – 100
الفجوة بين القطعتين	لاتوجد	1.6 – 0.8	3.2

الجدول (2-1) يوضح الظروف المثالية للحام الصلب الطري في الوضع المستوي بطريقة الغطس

3. الأنتقال النبضي أو الموجـي (Pulse Transfer): مجهز القدرة يقوم بتوليد نبضات (33 - 100) نبضة / ثانية بشكل سلسلة عالية التيار ، تجهز الى القوس تؤدي الى أنفصال القطرات المعدنية مـن نهايـة قطب اللحـام المستعمل قبل أن تصبح كبيرة الحجـم (أشبه بطريقة الرش) فتلتصق فـي المعدن لتكوين بركة اللحام ، والجدول (3-1) يوضح أفضل الحالات .

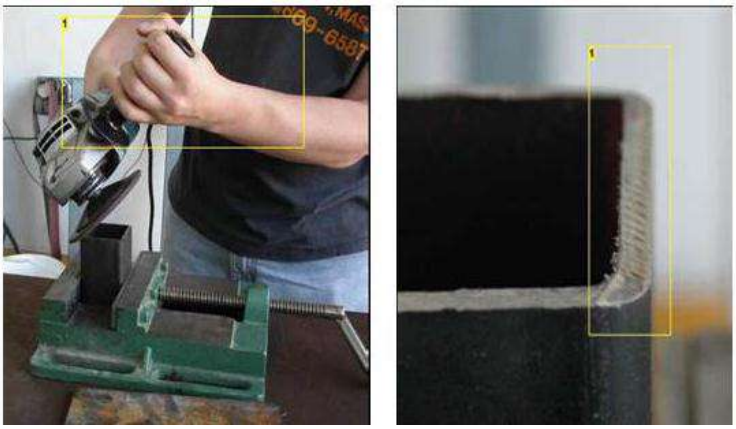
سمك المعدن / ملم	1.6	3.2
قطر سلك اللحام / ملم	1.2	1.2
سرعة تغذية السلك - م / دقيقة	2.6 – 2.4	3.8 – 3.7
سعة النبضة / فولت	40 – 38	40 – 38
فرق الجهد / فولت	22 – 21	24 – 23
معدل التيار / أمبير	105 – 95	140 – 130
المسافة بين حافتي القطعتين / ملم	0.8	1.6

الجدول (3-1) يوضح الضروف المثالية للحام الصلب الطري في الوضع المستوي بالأنتقال النبضي

لحام الأنابيب (Pipe Welding):

أن لحام الأنابيب يتطلب المهارة العالية للفني القائم بالعمل ، والحرص على تنفيذ النقاط الأتية:

1. **يجب أن تكون الحافات خالية من عيوب القطع ، بحيث يتم أنطباق القطعتين معاً بدون فراغ .**
2. **عند شطف الحافــة للمشغولات يجب المحافظة على أنتظام سمك وجــه الجــذر (Rot face) ، أنظر الشكل (39-1) .**



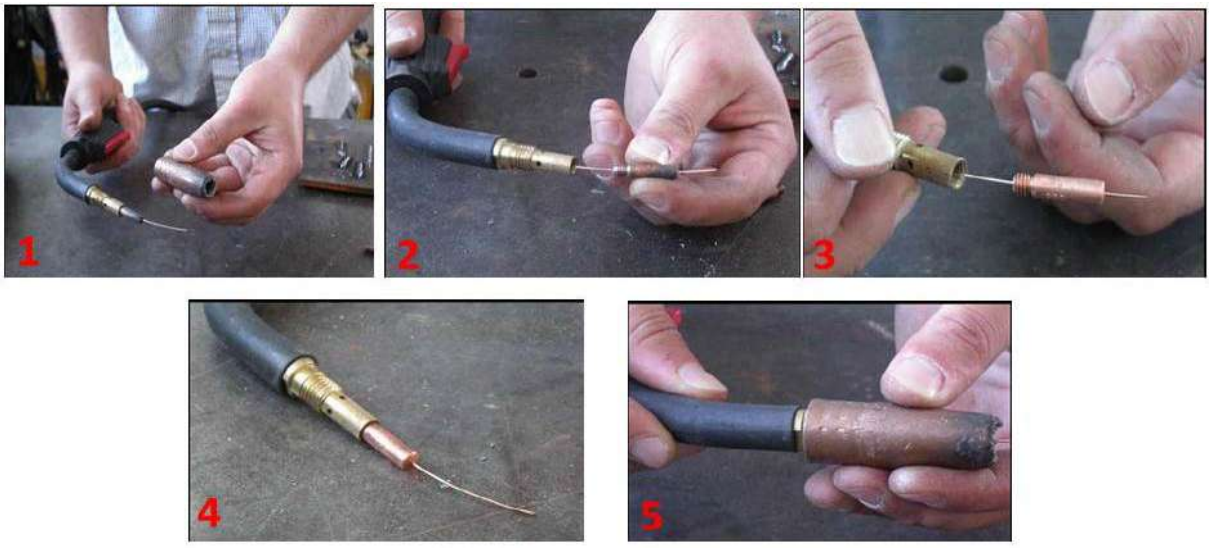
الشكل (39-1) يوضح الشطف المنتظم للقطع

3. **تطابق منتظم لحافتي الأنبوبين (تجنب الشكل الاهليلجي) .**
4. **تكون الفجوة المحددة بين الأنبوبين منتظمة .**
5. **السيطرة على تغلغل معدن اللحام ضمن منطقة خط لحام الجذر.**
6. **المعدل المنتظم للمعدن المترسب في كل الاوضاع .**
7. **المحافظة دائماً على بعد ثابت بين الأنبوب وطرف التماس (9- 13) ملم .**
8. **عند التوقف عن اللحام لأي سبب في نقطة معينة ، تستعمل الكوسرة الكهربائية اليدوية لتنعيم موضع التوقف في قطعة العمل ثم البدء باللحام .**
9. **يتطلب لحام الأنابيب السيطرة على زاوية مسدس اللحام والمسافة بين فوهة خروج الغاز ومنطقةاللحام والوضع المريح بأكمال اللحام بدون توقف، في لحام الأنابيب الكبيرة القياسات يتم اللحام بخطين: الأول لعمق معين ، والخط الثاني يسمى خط التغليف أو التغطية (Capping Pass) يتم زيادة التيار، وتنظيم فرق الجهد والحث بحيث يكون أعلى مما كان في الخط الأول وتنظيم سرعة سلك اللحام والسيطرة على معدل أنتقال مسدس اللحام ليكون خط لحام التغليف واحد .**

10. الأنتباه الى مقدمة سلك اللحام الخارج من مسدس اللحام بحيث يكون مدبباً ، وأذا وجد تكور أوقصر في الطول يسحب خارج فوهة الغاز ويقطع بمقدارقليل بحيث نحصل على طول ملائم لسلك اللحام ونظيف وخالٍ من تشوهات اللحام وكما يوضح الشكل (40-1) .

الشكل (40-1) يوضح نهاية سلك اللحام 1. نهاية متكورة لاتصلح للحام
2. يتم سحب السلك بواسطة الكماشة لطول مناسب

وأذا حصل لحام السلك مع أنبوب التماس النحاسي يتم فك الأجزاء التالفة وأستبدالها بجديد وكما يوضح الشكل (41-1) .



الشكل (41-1) يوضح 1. فتح فوهة تدفق الغاز 2. فتح دليل السلك التالف 3 . سحب السلك بمقدار مناسب وأدخال دليل جديد 4. تثبيت الدليل الجديد 5. تثبيت فوهة تدفق الغاز بعد تنظيفها

الحركة اليدوية لمسدس اللحام (Manipulation of Welding Gun):

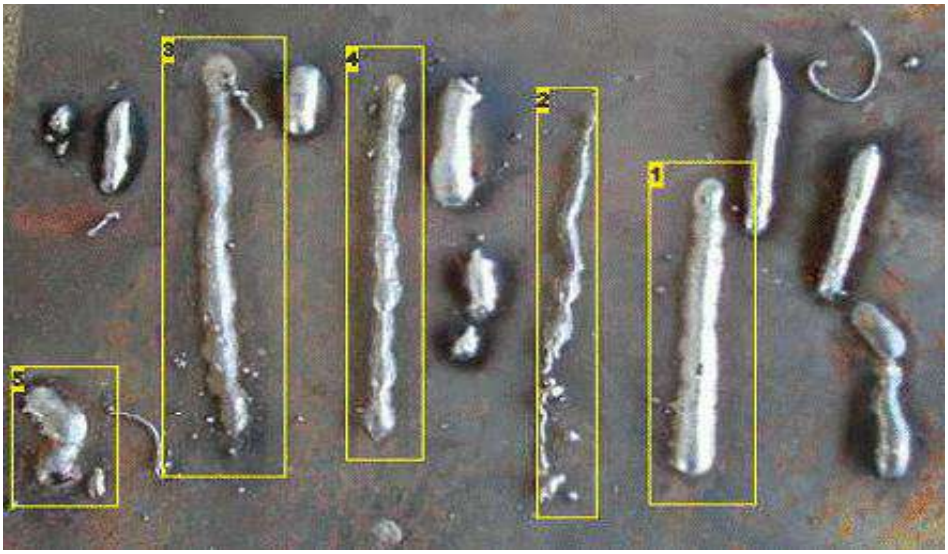
تعتمد دقة اللحام وجماليته على الوضع المريح للفني والتقيد بما يأتي :

1. السيطرة على زاوية اللحام بشكل دائم مع الانتقال المستمر لليد .
2. المحافظة على مسافة ثابتة بين فوهة تدفق الغاز وسطح الأنبوب .
3. أستعمال كلتا اليدين في مسك مسدس اللحام (في اليمنى يمسك المقبض وتشغيل المفتاح وفي اليسرى يسند عنق المسدس) ، وأستعمال واقي اللحام الذي يثبت فوق الرأس .
4. في بعض الحالات يتطلب ثني الركبتين وأسناد الجسم بوضع اليد اليسرى على الأنبوب .
5. أنتقال المسدس من اليمين الى اليسار فوق خط اللحام على العكس من حركة سلك اللحام في مكائن لحام القوس الكهرباي الأعتيادية .

كيف تبدأ باللحام:

عندما تبدأ باللحام للمرة الأولى عليك الأستعانة بالمدرب المختص وتنفيذ ما يأتي :

1. التأكد من تحوطات السلامة ومكافحة الحريق وتجنب أرتداء الملابس السهلة الأحتراق .
2. لبس القفازات الجلدية ، وصدرية جلد ، وواقي اللحام من النوع الذي يثبت في الرأس .
3. أيصال التيار الكهربائي الملائم للجهاز ، وتوصيل الكيبل الأرضي (الراجع) مع قطعة العمل .
4. فتح صمام الغاز والتأكد من خروج الغاز من مسدس اللحام .
5. ضبط معدل تدفق الغاز، وسرعة سلك اللحام بحسب نوع وسمك معدن قطعة العمل ، راجع الجداول الثلاث (1-1) ، (1-2) ، (1-3) .
6. خذ قطعة حديد نظيفة خالية من الزيوت والصدأ من المتوافر في الورشة (مهما كانت قياساتها) ، أبدأ باللحام التجريبي بخطوط متعددة ولاحظ تأثير (حركة اليد، وأرتفاع فوهة مسدس اللحام، ومعدل تدفق الغاز ، ومعدل سرعة السلك) ، حتى تتمكن من الحصول على لحام جيد وتشعر بالثقة بأنك قادر على لحام قطعتين مع بعضهما ، أنظر الشكل (1-42) و (1-43) .



الشكل (42-1) يوضح المحاولات الأولى في اللحام

الشكل (43-1) يوضح تحسن اللحام التجريبي لدى المبتدأ

التمرين العملي رقم (14)

تمرين لحام أنبوبين

الزمن اللازم : 28 حصة .

مكان العمل : ورشة الميكانيك أو اللحام .

الأهداف التعليمية : المعرفة والممارسة بلحام المعادن بالقوس المعدني والغاز الخامل (MIG) ، لحام الأنابيب .

التسهيلات التعليمية : ماكنة اللحام مع ملحقاتها التشغيلية كافة ، واقية لحام نوع تثبت في الرأس ، بكرات أسلاك لحام قياسات مختلفة ، قفازات جلدية، قطعتا أنبوب نظيفة وخالية من الصدأ قياس القطر (100) ملم طول (70) ملم وسمك (4) ملم ، مقطوع ومشطوف من أحد النهايتين بماكنة الخراطة ، كماشة أو بلايس منضدة عمل تحتوي ذراع فية ماسك للتثبيت .

الرسم التوضيحي : الشكل (44-1).

الشكل (44-1) يوضح تثبت قطعتي الأنبوب بنقاط تثبيت وتعليقهما بماسك بأرتفاع ملائم

خطوات العمل :

1. أرتدِ بدلة العمل المناسبة .
2. ثبت قطعتي الأنبوب معاً ، وثبتهما في ماسك بأرتفاع مناسب اليك لتتمكن من اللحام بوضع مريح .
3. أربط الأجهزة كافة معاً (جهازتوليد القدرة ، منظومة التبريد ، قنينة غاز الأركون ، جهاز السيطرة) مساعدة المدرب المختص .
4. أربط بكرة سلك اللحام في موضعها ، أوصل السلك الى خارج فوهة مسدس اللحام بمقدار مناسب .
5. أوصل المنظومة بالتيار الكهربائي ، وأفتح صمام الغاز وحدد معدل تدفق الغاز الملائم ، وتأكد من عمل منظومة التبريد .
6. أرتدِ القفازات الجلدية ، وثبت واقي اللحام في رأسك ، وتهيئ للبدء باللحام ، أنظر الشكل (45-1) .
7. بأشر باللحام من الأسفل الى الأعلى من أحد الجانبين وأستمر صعوداً الى النقطة الميتة العليا ثم نزولاً لاتنسى زاوية ميل مسدس اللحام (85°)، وبعد ثابت لفوهة مسدس اللحام عن بركة اللحام ، وانتقال اليد بسرعة ثابتة لتحصل على لحام منتظم ، حتى يكتمل اللحام وبدون توقف .
8. أذا توقفت أوحصل قطع لأي سبب أستعمل الكوسرة اليدوية وقم بتنعيم نهاية اللحام التي توقفت عندها ، ثم باشر باللحام ثانياً حتى ينجز بالكامل .
9. ضع مسدس اللحام جانباً أوتعليقه في موضع خاص به ، ثم أغلق صمام الغاز وأقطع التيار الكهربائي الرئيس المغذي للمنظومة.
10. تمعن جيداً باللحام وقيم عملك ، أذاكان اللحام رديئاً أعد التمرين مرة أخرى وبنفس الخطوات .
11. نظف العدد والأجهزة ومكان العمل .

الشكل (45-1) يوضح تطبيق شروط السلامة ومسك مسدس اللحام بشكل أفضل

الشكل (46-1) يوضح التمرين بعد أتمام عملية اللحام

التمرين العملي رقم (15)

تفكيك وتركيب مضخات المياه والوقود

المضخاتPumps: هي ألة ميكانيكية تستخدم لتحريك الموائع (السوائل والغازات) من موقع لأخر بضغط وسرعة معينين بنظام الأنابيب .

تستعمل المضخات بشكل واسع في محطات توليد الطاقة الكهربائية الحرارية والغازية ، ومحطات المياه، والأبار، وفي المصانع المختلفة ، والمختبرات الكيميائية والطبية وغيرها ، إذ تعمل المضخات على ضخ الماء والوقود والزيوت والغازات ومواد كيميائية ، ولذلك نجدها بأنواع متنوعة بحسب نوع المائع الذي تضخه ومعدل الضخ والضغط المطلوب وتقسم على نوعين رئيسين هما:

1. **مضخات الأزاحة المتغيرة .**
2. **مضخات الأزاحة الثابتة (الموجبة) .**

وكـلا النوعين يتضمن أنواعـاً مختلفة بحسب معدل الضخ والضغط المطلوب ونـوع المائـع والحيز الذي توضع فيه المضخة وكما يأتي :

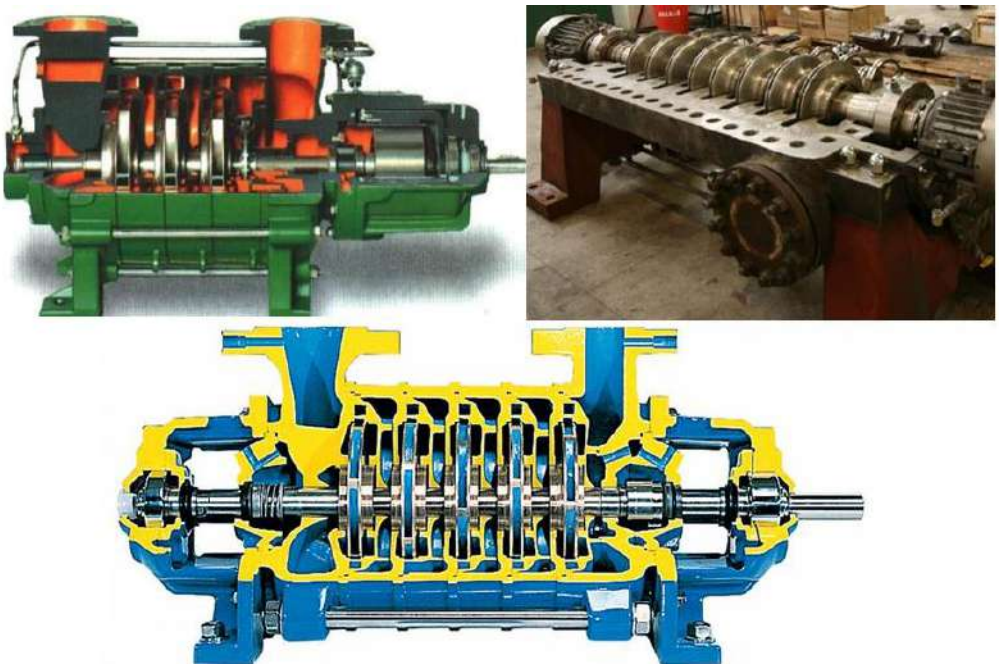
أ- مضخات الطرد المركزي:

وتكون بنوعين (المفرد والمتعدد) .

المفرد: وتكون عبارة عن مروحة (بشارة) واحدة مغلقة أومفتوحـة داخل غـلاف ملائم لقياساتها يحتوي فتحة دخول السائل وأخرى لخروجه ، أنظر الشكل (47-1) .

الشكل (47-1) يوضح المروحة المغلقة والمروحة المفتوحة (البشارة)

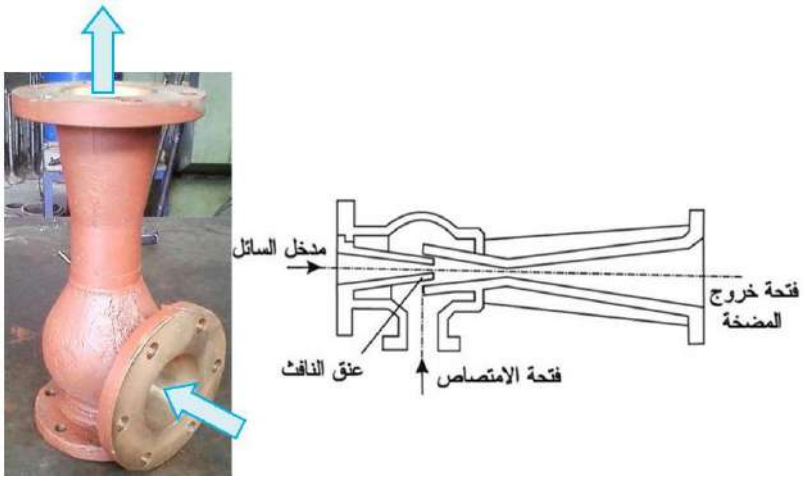
أما المتعدد: فإنها تحتوى على اكثر من مروحة دفع مثبتة على التوالى على عمود دوران واحد فى غلاف واحد ، ويتم عمل هذه المضخة بتوصيل السائل من منطقة الخروج من المروحة الاولى الى منطقة الدخول في المروحة الثانية التي تليها ، ومنها الى التي بعدها وهكذا بحسب عدد المراوح ، إذ يتسبب ذلك فى زيادة الضغط كلما مر السائل من مروحة الى أخرى أي من مرحلة الى مرحلة اخرى، كما موضح في الشكل (48- 1) ، ويستخدم هذا النوع من المضخات المتعددة المراحل فى المضخات الحلزونية وكذلك فى المضخات التوربينية ، إذا كان ارتفاع ضخ السائل كبيراً ، أو لمواجهة ضغط كبير كما في مضخات الماء المتكاثف عند ضخه الى المراجل ، وتصنع بأنواع مختلفة بحسب التصميم للشركات المصنعة .



الشكل (48-1) يوضح مضخات متعددة المراحل

ب- المضخات النفاثة:

وتتكون من أنبوب بقطر معين يضيق في نهايته وعند مرور سائل بداخله بسرعة وضغط عاليين ويصل الى المنطقة الضيقة تزداد سرعته ، وتدفق السائل بسرعة كبيرة يعمل على سحب سائل مماثل وامتصاصهِ بكمية أكبر من خزان أو حوض لينفثه خلال أنبوب أخر مكمل للأنبوب الأول ، وفي الغالب تستعمل للماء أو المواد الكيميائية ولأرتفاعات قليلة ، أنظر الشكل (49-1).



الشكل (49-1) يوضح المضخة النفاثة

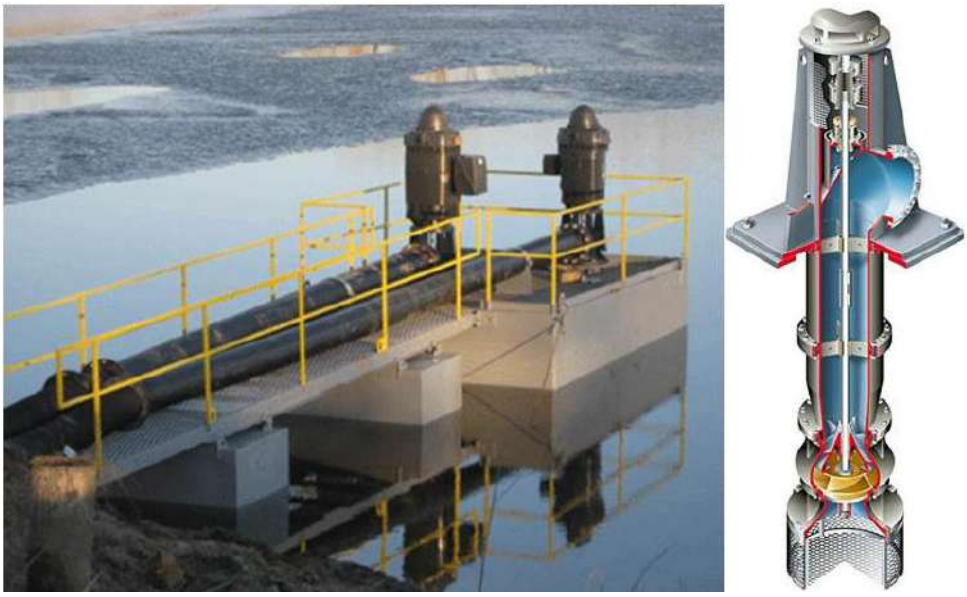
ت- المضخات الغاطسة (العمودية):

وهي بانواع وأحجام مختلفة وفي الغالب تكون متعددة المراحل ، تستخدم في الأبار والقنوات الضيقة، والأرتفاعات الكبيرة ، أنظر الشكل (50-1) .

الشكل (50-1) يوضح المضخات الغاطسة

ث- المضخات العمودية (المحورية):

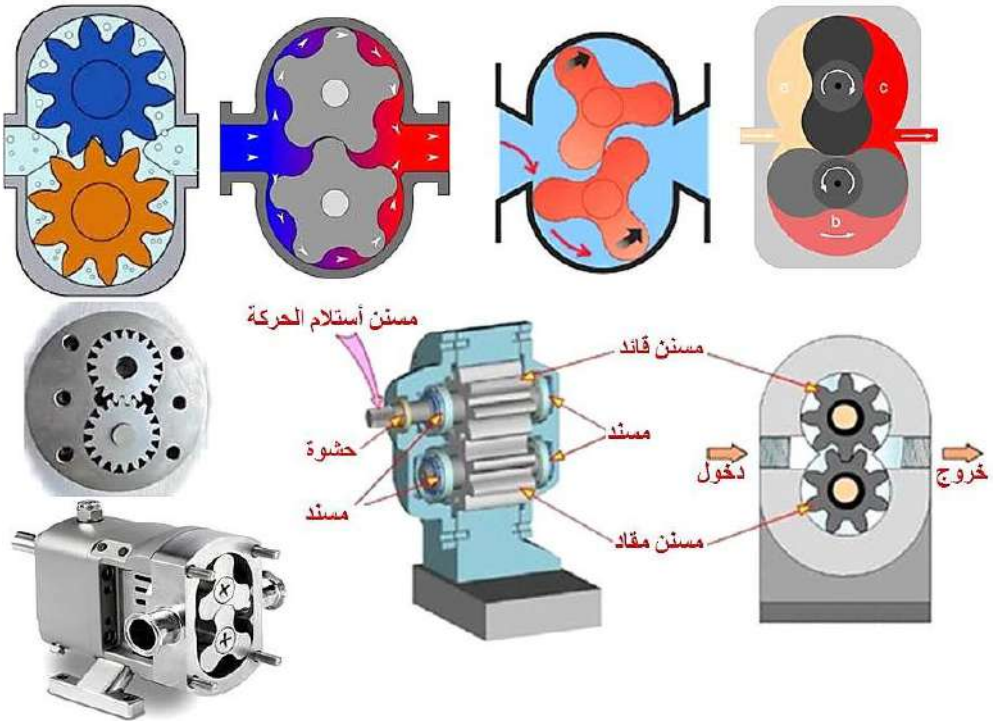
أنظر الشكل (51-1) ، هي مضخات عمودية نصف غاطسة (مروحة الدفع غاطسة) والمحرك عائم فوق الماء ، وتكون المسافة بين المحرك ومروحة الدفع بحسب الفرق بين أعلى منسوب للماء وأقل أنخفاض متوقع ، تنتقل الطاقة الحركية من المحرك الى مروحة الدفع بواسطة محور دوران يصنع من الصلب المقاوم للصدأ ومقاوم لعزم الدوران ، تصنع بأحجام مختلفة بحسب معدل الضخ وضغط الماء ، تستعمل في محطات التوليد الكهربائية الحرارية لضخ ماء النهر الى المبادلات الحرارية وتدار بمحركات كهربائية ذات قدرة عالية ، كذلك تستعمل لمياه الصرف الصحي وتصريف مياه الأمطار من المدن وكذلك للأرواء في المشاريع الزراعية ، وهي ذات معدل جريان عالٍ وضغط منخفض .



الشكل (51-1) يوضح نموذج لمضخة محورية (نصف غاطسة)

مضخات الإزاحة الموجبة (displacement): وتتكون من وعاء محكم من الصلب يدور بداخله مسننين (ترسين) متعشقين معاً أحدهما قائد والثاني مقاد ونهاية الأسنان تلامس السطح الداخلي للوعاء وعند دورانهما يدخل السائل بين فجوات الأسنان وسطح الوعاء ثم يخرج من الطرف الأخر ، وعدد اسنان المسننين أثنان أوثلاث فأكثر بحسب عمل المضخة .

تعمل على ضخ السوائل بضغط عالٍ ومعدل تدفق ثابت ، وتجهز بصمام أمان لمنع الأضرار الناتجة من زيادة الضغط ، تصنع بأنواع وأحجام مختلفة بحسب مقدار الضغط المطلوب ومعدل الضخ ، تستعمل في أجهزة الرفع الهيدروليكي في المكائن والأليات ، وتزييت الأجزاء المنزلقة في المحركات ، وأعمال أخرى كثيرة ، أنظر الشكل (52-1).



الشكل (52-1) يوضح نموذج لمضخات الأزاحة الموجبة

التوقفات والأعطال التي تحصل للمضخات خلال العمل:

من الأعطال الشائعة التى تحدث للمضخات هي :

1. المضخة تدور ولاتضخ أوتضخ أقل من المقرر طاقتها، وذلك بسبب :

أ ـ المحرك يدور فى الأتجاه العكسي وهذا يحصل للمضخات التي تعمل بنظام مصدر ثلاثي الأطوار .

ب ـ أرتفاع الضخ أكبر من طاقة المضخة .

ت ـ أنسداد فتحة السحب للمضخة بواسطة مواد غريبة أو ترسبات طينية .

ث ـ وجود فقاعة هوائية في المضخة .

ج ـ أنخفاض سرعة المضخة نتيجة أنخفاض سرعة المحرك الذي يمد المضخة بالطاقة الحركية .

ح ـ أنسداد في الأنابيب أوصمام عدم الرجوع .

خ- وجود أحتكاك بين مروحة الضخ وجسم المضخة يمنعها من الدوران بشكل منتظم .

د ـ حدوث ثقب فى أنابيب السحب .

ذ ـ تكسر في زعانف المروحة أو أنزلاقها على محورها لتلف الحاصرة (سيل) .

2 . المضخة لا تـدور بشكل نهائي وذلك بسبب فقدان الأتصال بين محـوري المضخة والمحـرك (أنقطاع السيور الناقلة للحركة ، أو تحطم الكوبلنك ، أو أنزلاق أحدا البكرات على محوها) .

3. سماع أصوات طرق وضوضاء وحصول أهتزازات نتيجة تحطم المساند .

4 . حصول نضح للسائل تحت المضخة نتيجة تلف الحشوات المانعة للتسرب .

صيانة المضخات:

هنالك ثلاثة أنواع مـن الصيانة التي تجرى للمضخات وخاصة فـي المضخات المستعملة في محطـات توليد الطاقة الكهربائية لأن توقفها يتسبب بمشاكل تؤثر سلباً على أداء المحطة وهي :

1. الصيانــة اليومية: إذ يعمل الفني على التأكد من سلامة المضخة وجـودة أدائها ومتابعة معدل الضخ والأهتزازات وأنتظام نقل الحركة وتزييت المساند فيعمل على أصلاح الخلل بشكل سريع .

2. الصيانــة الشهرية: وتتم بعد مضي شهر أو عدة شهور بحسب نـوع المضخة وعملها ، فيتم أيقافها وأجـراء الفحص وتبديل المسانـد والبوش والحشوات المانعة للتسرب وفحص مروحــة الضخ وتبديلها أوأصلاحها أن وجد بها ضرر معين .

الصيانة السنوية : وتتم بعد مضي سنة أو أكثر ، فيتم أيقاف المضخة وتفكيكها بشكل كامل وتبديل ألأجزاء الخاضعة للتبديل حتى وأن كانت تعمل وذلك للحصول على كفاءة عالية والتخلص من التوقفات المفاجئة .

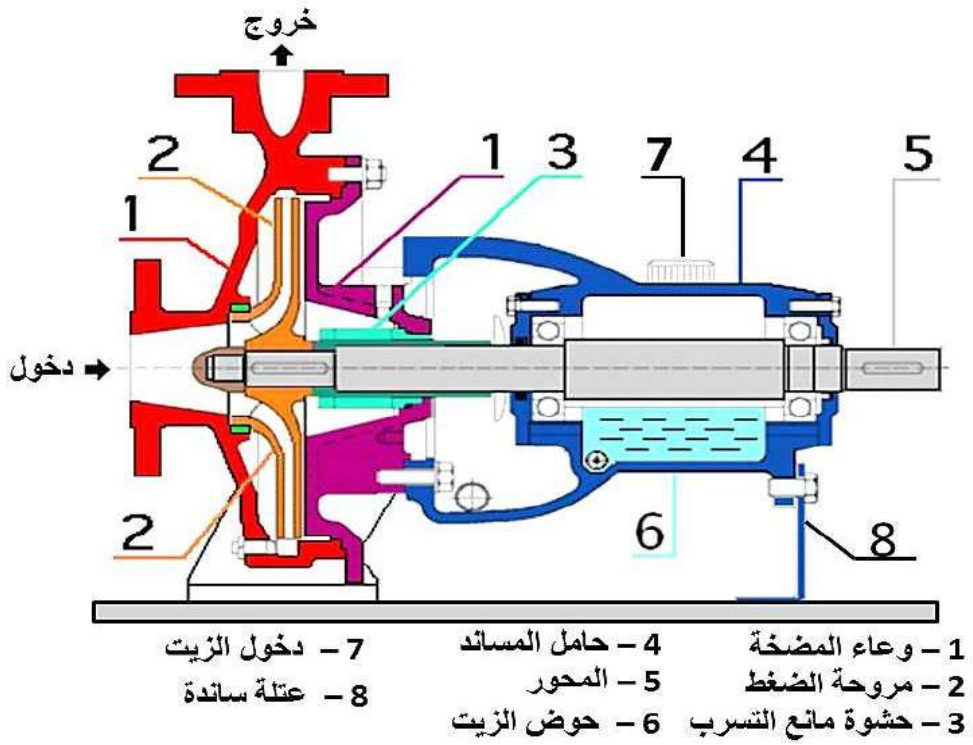
الزمن اللازم : 14 حصة.

مكان العمل : ورشة الميكانيك .

الأهداف التعليمية: الممارسة على تفكيك وتركيب المضخات وصيانتها .

التسهيلات التعليمية: منضدة عمل ، سيت مفاتيح مفتوح وأخر مغلق ، سيت لقم ، سيت ألن كي ، سيت مطارق بأوزان مختلفة ، سيت أقلام تأجين ، فخة ثلاثية ، مضخات متنوعة بحسب المتوفر ، علبة تحتوي على شحوم للتزييت .

الرسم التمرين: الشكل (53-1) .



الشكل (53-1) يوضح شكل مضخة

خطوات العمل :

1. أرتدِ بدلة العمل المناسبة .
2. ضع المضخة فوق منضدة العمل بعد تنظيفها أذا تطلب ذلك .
3. خذ المفتاح المناسب وأفتح الصواميل واللوالب وأنتبه الى أماكنها عند أعادة ربطها .
4. أستعمل المطرقة وأفتح الأغطية .
5. أفتح لولب أو صامولة تثبيت مروحة الدفع وضعها جانباً .
6. قم بفتح مروحة الدفع وذلك بسحبها بأحدى اليدين والطرق الخفيف على الجانب حتى تخرج .
7. أستعمل الفخة لأخراج مروحة الدفع أذاكانت مثبتة على محورها بالضغط وضعها جانباً .
8. أفتح المحور ومعه المساند وقم بفحصها والتأكد من سلامتها .
9. قم بتظيف الأجزاء بقطعة قماش وضعها على المنضدة بالترتيب كي لاتخطأ عند تركيبها .
10. أعد تركيب الأجزاء بالترتيب أي الجزء الذي فتح أخيراً يربط أولاً .
11. أستعمل الشحم لتزييت الأجزاء المنزلقة والمساند .
12. أستعمل الطرق الخفيف وتجنب العنف عند الربط للمحافظة على الأجزاء من التلف .
13. بعد الأنتهاء من تركيب وربط الأجزاء تأكد من دوران المحور وذلك بتدويره باليد .
14. نظف منضدة العمل والعدد والأدوات التي أستعملتها وأعدها الى أماكن حفظها .
15. نظف مكان العمل .

أسئلة الفصل الاول

علل مايأتي :

1. **يفضل أصطحاب الطلبة في زيارة لأقرب محطة توليد للطاقة الكهربائية عند بدأ العام الدراسي .**
2. **أغلب محطات توليد الطاقة الكهربائية تحتوي ورشة متكاملة للأعمال الميكانيكية والكهربائية .**
3. **تعد مكائن اللحام هي الاولى الواجب توافرها في ورش الصيانة في محطات التوليد .**
4. **تستعمل شبكة أنابيب بمواصفات جيدة لنقل الماء العالي النقاوة في محطات التوليد .**
5. **عند لحام أنبوبين معاً تستعمل مساند التدوير .**
6. **يستعمل غاز خامل في أثناء اللحام بقطب التنكستن .**
7. **تستعمل المضخات المتعددة المراحل في ضخ الماء المتكاثف الى المرجل .**
8. **معظم عمليات اللحام تتطلب سطحاً خالياً من الملوثات .**
9. **مضخات الأزاحة الموجبة تعمل بمعدل ضخ ثابت .**
10. **عند لحام أنبوب مع فلانجة تثبت بنقاط تثبيت متعددة أولاً ثم المباشرة باللحام .**

الفصل الثاني

نقل القدرة الكهربائية

يتم توليد القدرة الكهربائية في محطات توليد كبيرة تصل قدرتها الى آلاف الميكاواط بجهد منخفض نسبيا عن جهد النقل مقداره 11000 V بتردد 50 HZ ويكون موقع تلك المحطات قريبة من مصدر الطاقة الأساسي على الأكثر وربما بعيدة عن المدن المحتاجة لهذه الطاقة وبالتالي نحتاج الى طرق ووسائل ليتم نقلها .

1. نقل القدرة الكهربائية بنظام تيار متناوب HVAC (High voltage A.C) .
2. نقل القدرة الكهربائية بنظام تيار مستمر HVDC (High voltage D.C) .

في العراق يستخدم نظام نقل القدرة المتناوب HVAC لنقل الطاقة من محطة التوليد والى المدينة بسبب قدرة النظام على تحويل الجهد الكهربائي المتناوب الى مستويات مختلفة بأستخدام المحول الكهربائي فعند رفع الجهد ينخفض التيار وعند خفض الجهد يرتفع التيار وتبقى القدرة ثابتة تقريبا أي أن (قدرة الدخل للمحول = قدرة خرج المحول – قدرة الخسائر) وهذه الخاصية أستخدمت في نقل القدرة الكهربائية الى مسافات بعيدة وبالتالي تقليل الخسائر في الجهد وحجم الأسلاك الناقلة وتقليل التيار المنقول الى أدنى حد .

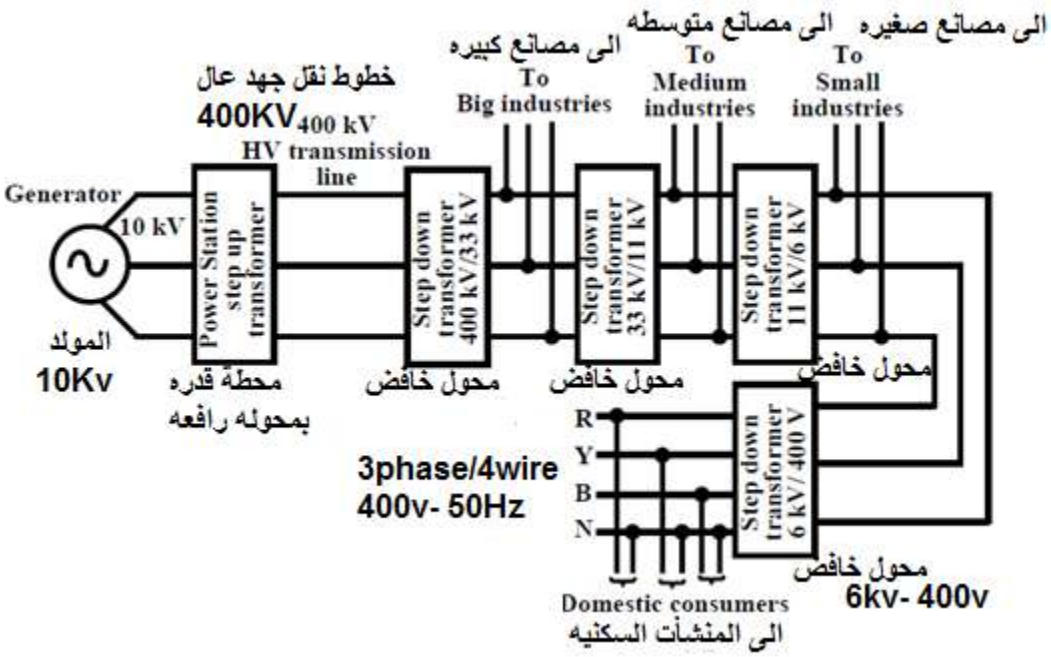
فمثلا أن كان لدينا محطة توليد كهربائية بطاقة 120MW ونريد نقل هذه القدرة الى مسافات بعيدة بجهد 10KV من المولد الرئيس للمحطة ونستلمها في المدينة بنفس الجهد (LINE TO LINE) سيكون مقدار التيار المنقول بنظام 3PH – A.C يساوي 8660A عند معامل قدرة cos Ø مقداره 0.8،

وهو تيار عال يحتاج الى أحجام أسلاك كبيرة ويسبب توليد حرارة عالية في الأسلاك الناقلة وهبوط في الجهد وبالتالي خسارة في القدرة المنقولة أما أذا رفعنا قيمة الجهد المرسل الى 400KV فأننا سنرسل تيار مقداره 261.5A فقط عبر أسلاك نحاسية بخسائرأقل من السابق .

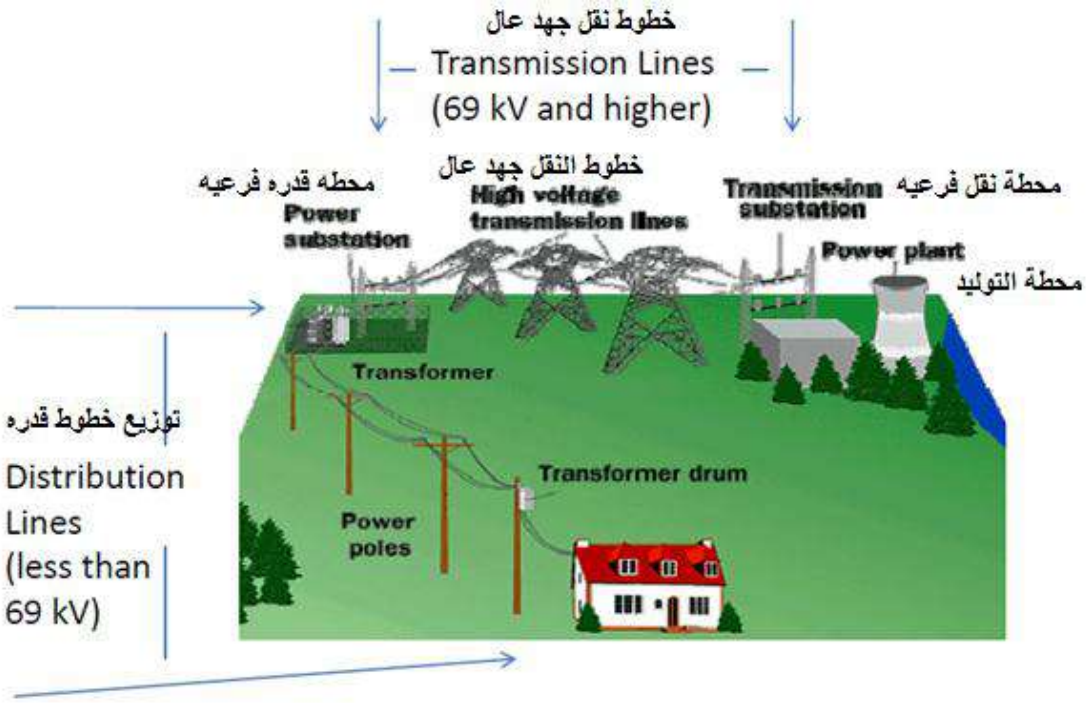
لذا يتم تحويل الجهد الكهربائي 11000V/ 50HZ الثلاثي الأطوارلمولد المحطة بواسطة محولات رافعة للجهد (step up transformer) ذات قدرة عالية الى جهد عال نحو 132KV أو400KV أعتمادا على مسافة النقل وكلفته ومن ثم تهيئتها ونقلها عبر خطوط نقل القدرة الهوائية أو الأرضية وملحقاتها فقد نحتاج الى أبراج (towers)كبيرة تعلق عليها الأسلاك الهوائية والتي يمر بها تيار كهربائي بجهد يصل

الى 400KV أوعبرالكابلات الأرضية بالرغم من كلفتها العالية بالمقارنة مع الأسلاك الهوائية لكن تلك الزيادة يمكن قبولها داخل المدينة أو المناطق السكنية أما خارجها فالآنسب كلفة هي الموصلات الهوائية وعند الأقتراب من المدينة أو الموقع يتم خفض الجهد الكهربائي الى 33KV ومن ثم الى 11KV ثلاثي الأطوار كجهد توزيع في المحطات الثانوية ومنه الى 400V-220V/50HZ بواسطة محولات خافضة للجهد (step down transformer) الى المنشأت الصناعية والسكنية .

الشكل (1-2) a و(1-2) b يبين شبكة خطوط النقل ومحطات التوزيع الثانوية والمحطة الرئيسة كنظام توليد ونقل متكامل:



الشكل (1-2) a مثال لنظام نقل قدرة يبين مستوى الجهود من المولد والى المستهلك



الشكل (2-1) b نظام نقل وتوليد قدرة متكامل بجهد نقل 69KV

أن جهود النقل يمكن أن تتفاوت بشكل كبير فعند نقل كمية كبيرة من القدرة مع زيادة المسافة فمن الضروري زيادة الجهد لتقليل الضياعات والخسائر على خط النقل والتي تتناسب مع المسافة ومربع التيار أما عيوب مضاعفة الجهد فتكون بزيادة التكلفة عمليا وتشمل (العوازل ، نوع الموصلات ، شكل الأبراج الناقلة .....) ويصبح كل عنصر أكبر حجما ومشاكل العازلية أكثر تعقيداً .

في بعض الدول الأوربية يستخدم نظام نقل القدرة الكهربائية HVDC أي نقل الأستطاعة بجهد مستمر VDC عال بدلا عن VAC إذ يملك النظام مميزات أقتصادية وتقنية وكما يأتي :

1. **نظام DC لا ينتج محاثة في الخط وهذا يترجم قابليته لنقل قدرة عالية .**
2. **نظام DC يملك مقاومة خط منخفضة وبالتالي ضياعات خط منخفضة علما أن نظام AC يملك ظاهرة تأثير (الكرونا) تبعا للتردد 50HZ والذي ينتج عنه مقاومة للخط .**
3. **القدرة في نظام DC عنصر فعلي (أومي) فقط ولا وجود للتأثيرالحثي .**
4. **التردد في نظام DC يساوي صفر وبالتالي لا وجود لتغيرات التردد ، وفي التوصيل لا يتطلب التوقيت والأستقرار خلال عطل أو تبديل التغذية ولا وجود للأشعاع المغناطيسي .**

5. خط النقل DC يتطلب ناقلين بينما يتطلب خط النقل AC ثلاث نواقل على الأقل أي بكلفة الثلثين لنفس المقدار في نقل الجهد الفعال DC والمساوي للجهد الفعلي بينما الجهد الأعظم AC أعلى ب 40%.
6. نظام DC يمكن أن يحمل جهد فعلي أعلى من خط ال AC لحجم مكافئ .

وتتم عملية نقل القدرة في نظام HVDC في خطوط النقل الطويلة كالاتي : تحمل معظم القدرة من مواقع التوليد البعيدة AC وترفع لأعلى جهد حمولة (AC الى AC بوساطة المحول) ثم تحول الى جهد DC (AC الى DC بواسطة الموحدات) لتنقل عبر خطوط النقل ثم يعاد تبديلها الى AC (DC الى AC بواسطة العاكس inverter) بجهد منخفض الى المستهلك ، ويجدر الأشارة الى أن كلفة محطات التبديل عند كلا النهايتين تعادل الكلفة الاخفض للخط وهذه الخطوات تتحمل ضياعات أضافية ثقيلة وتكاليف الصيانة ووقت أصلاح الخلل أكبر.

الجهد القياسي لنقل الطاقة (Standard Voltage):

66KV,110KV,132KV,220KV,400KV وهي قيم الجهود القياسية العالية المستخدمة لنقل الطاقة عالميا بسماحية مقدارها ±10% الى حدود جهد 220KV وسماحية مقدارها ±5% الى 400KV والمستخدم في العراق جهود قياسية مقدارها 132KV و400KV . أن أختيار قيمة الجهد العالي يعتمد على كمية القدرة المطلوب نقلها وطول خطوط النقل (المسافة) ومقدار الخسارة في الطاقة المنقولة والكلفة الأبتدائية والتشغيلية الحاصل في الجهد المنقول .

والجدول (1-2) يبين مستويات من الجهد الأقتصادي المطلوب لنقل مستويات من القدرة (للأطلاع فقط) .

مستوى الجهد الأقتصادي KV	مسافة خطوط النقل KM	القدره المطلوب نقلها MW
765	500	3600
400	400	500
220	150	120
132	50	80

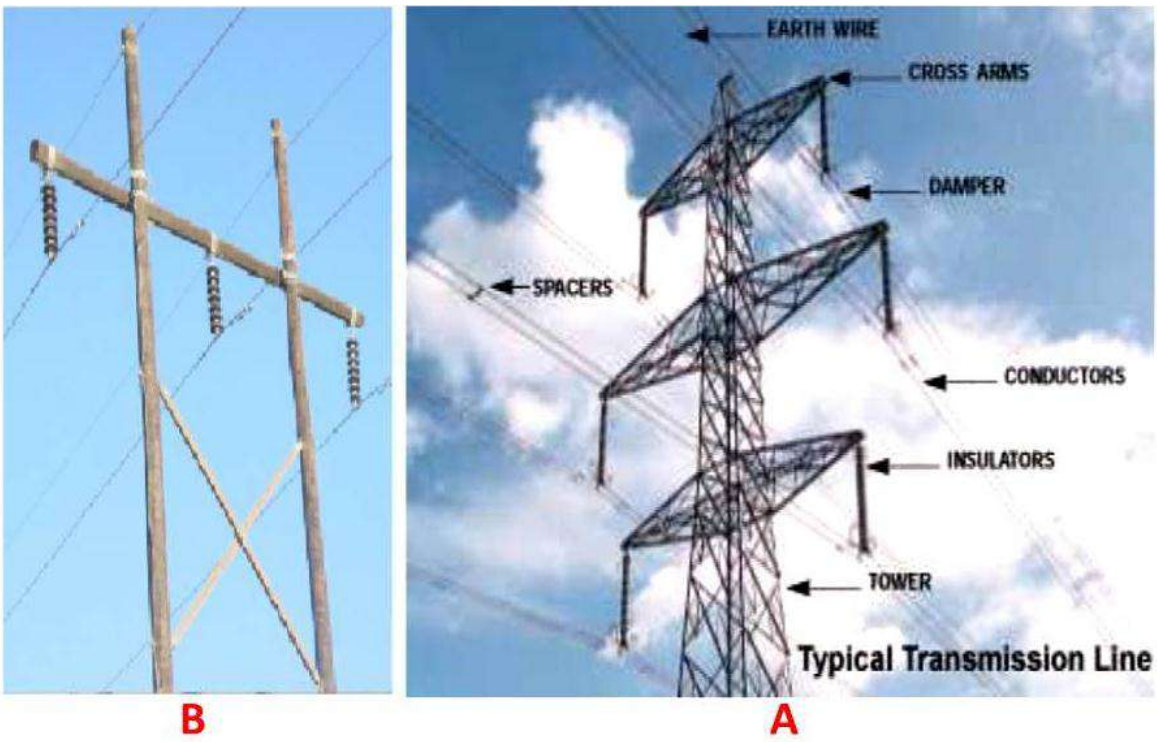
الجدول (1-2) مستوى الجهد الأقتصادي في نقل الطاقة بشكل كفوء

خطوط نقل الطاقة بأستخدام الموصلات الهوائية:

عناصر خطوط النقل (Component of transmission line) وتشمل :

1. الموصلات Conductors .
2. سلك الأرضي Earth wire .
3. العوازل Insulators .
4. برج الضغط العالي (برج النقل) Transmission tower .
5. الماسكات (الملازم) والفواصل Spacer & Clamp .
6. مخمدات الأهتزاز Vibration dampers .

ونلاحظ تلك العناصر خارج المناطق السكنية عند خطوط النقل الهوائية المحمولة على أبراج الضغط العالي ويتباين فيها مواصفات برج النقل من حيث طوله أعتمادا على مقدار الجهد العالي المنقول وزاوية أنحراف الخط التي تعتمد على التضاريس الأرضية التي يسلكها خط النقل وقد تستخدم حوامل مضاعفة لتحمل وزن النواقل فمن أجل جهد 735KV يتطلب 30 عازلاً بشكل سلسلة مثلا، وتختلف المواد الكيميائية المصنع منها العازل ، أما الموصل فهو من مادة النحاس ويعد من أفضل الموصلات المستخدمة في النقل لكن في الواقع العملي يستخدم الألمنيوم وسبائكه في تصنيع جميع الموصلات الناقلة بسبب أن وزنه وتكلفته أقل من النحاس إذ أن كل ناقل يتألف من عدة أسلاك مجدولة كل سلك بقطر 1.5mm مشتركة لتعطي مساحة مقطع أجمالي مقداره $450mm^2$ ومعظم النواقل فولاذ أو المنيوم + فولاذ ليعطي قوة أضافية للخط وعلى طول المسار ويكون الهواء هو العازل بين الموصلات . والشكل (2-2) A يوضح برج ضغط عال مشاراً الى أجزاء عناصر خط النقل .



الشكل (2-2) A برج جهد عال مشار الى أجزاء عناصر النقل فيه ، B عمود خشبي على شكل الحرف H لحمل وتثبيت خطوط نقل الطاقة

برج نقل الضغط العالي (Transmission tower):

وظيفة أبراج خطوط النقل هي تثبيت الموصلات الهوائية المسؤولة عن نقل القدرة وحملها ويوجد منه أنواع مختلفة منها تلائم حالة الظروف المناخية والطبيعية والجمالية وكما يأتي:

1.الأعمدة الخشبية Wood poles :

وتصنع من خشب الصنوبرأو الأرز وذلك لطولها وأستقامتها وتتوافر بأطوال (130ft- 25ft) تقريبا وتتميز بمرونتها ورخص ثمنها ، فالمرونة تعطي قابلية للعمود للأنحناء أذا تعرض للأجهاد الميكانيكي والعودة الى وضعه الطبيعي عند زوال المؤثر كالرياح مثلا ، وتتم معالجة عمود الخشب بمشتقات القطران حتى يتشبع تماما والتي تجعل عمر الخشب يتراوح بين 40 - 50 سنة ما لم يهاجم بالعفن أوغيرها والشكل (2-2) B يبين صوره لتركيب من الأعمده الخشبية المزدوجة على شكل الحرف H .

إذ تتميز هذه التركيبة بالقوة لتحمل وزن الموصلات ذات مساحة مقطع اكبر ولمسافة كبيرة بين كل برجين متتاليين من أبراج خطوط النقل ذات الجهود العالية جدا وتتميز الأعمدة الخشبية بمقاومتها لمرور التيار الكهربائي .

2. الأعمدة الخرسانية Concrete pole والمعدنيه Metallic poles:

عندما لا يمكن توفير الأعمدة الخشبية بطريقة أقتصادية والمطلوب (المتانة والشكل الجمالي) تستخدم الأعمدة الخرسانية والمعدنية إذ تصنع بمقاطع دائرية أو مربعة أو مضلعة فالمعدنية منها تكون مجوفة لتقليل وزنها ويستغل التجويف داخلها في تمرير الكيبلات التي تقوم بتوصيل الكهرباء الى أعلى العمود ،أما الأعمدة الخرسانية فتستخدم أعمدة تسليح معدنية عمودية في صورة حلزون ملفوف حول أسياخ طولية لتثبيتها ويتم لحامه بطريقة تمنع حركة الأعمدة في أثناء صب الخرسانة ، وتمتاز بنهايتها المدببة والشكل (3-2) يبين أشكالها.

الشكل (3-2) أشكال من الأعمدة الخرسانية والمعدنية

تمتاز الأعمدة الخرسانية عن الخشبية بما يأتي :

- لا تتاثر بالتعفن ولا بالطيور ولا بالنار ولا تصدأ ولا بالمواد الكيميائية .
- أقوى وأصلب من الخشب ولا تحتاج الى عناية.
- لا تؤثر الرطوبة والجو فيها بل تعمل لصالحها فتزيد من صلابتها ومتانتها .
- أقل تكلفة من الأعمدة الأخرى .

وبالخصوص الأعمدة المعدنية سهلة النقل حيث يمكن أعادة تجميعها موقعيا .

3. الأبراج الحديدية (steel tower):

البرج يتكون من هيكل معدني (شبكي) متوازن من سبيكة الصلب المكلفن لتجنب صبغها وبالتالي حمايتها من الصدأ ، درجة الدقه في التصميم والبناء لها مرتفعة التكلفة إذ لا توجد نقاط أو مناطق لحام أو برشام أنما تستخدم اللوالب والصواميل في تركيب الهيكل المعدني الذي يمكن رفعه الى 200m

أعتمادا على مقدار الجهد العالي المنقول و أن له أربعة أرجل على الأغلب ، يستخدم لنقل أستطاعة جهد عال 66KV فما فوق إذ تستخدم الأبراج لتقليل عدد المواقع المطلوبة كنقاط خدمة للموصلات الناقلة بسماحية تأريض وللحصول على تدعيم ضد الرياح وتحميل بنسبة سماحية تعادل وزن الموصلات الناقلة وتكون المسافة بين كل برجين 250m فما فوق ولخط مسير الأبراج الناقلة يثبت الهيكل فوق خرسانة من الكونكريت (أسمنت + حديد مسلح) . وهي من أكثر أنواع الأعمدة أستخداما لما تتميز به من:

- متانة عالية ومقاومة للأجهادات الميكانيكية .
- أطول عمراً وذات تكلفة معقولة .
- يمكن نقل مكونات البرج بسهولة وتجميعها في مكان الأنشاء .

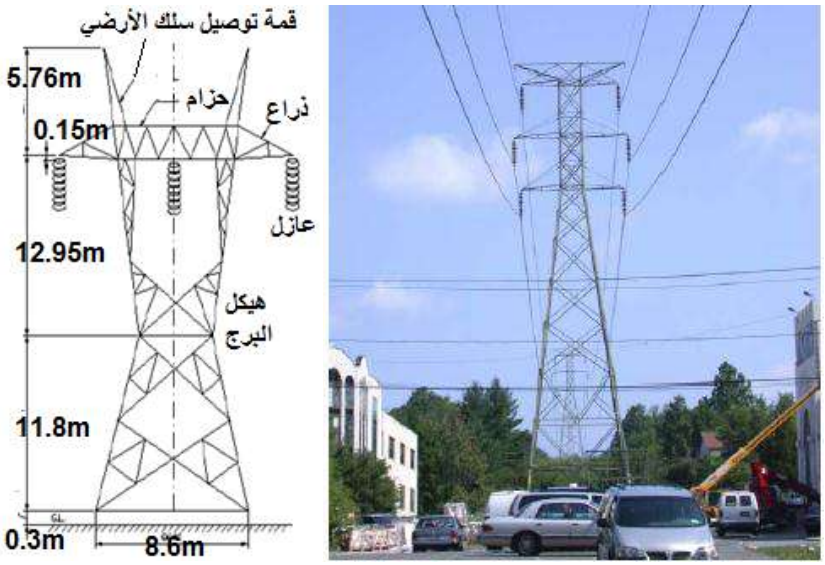
والشكل (4-2) يبين هيكل أحد تلك الأبراج .

الشكل (4-2) برج ضغط عال 400KV

أنواع وأشكال أبراج نقل الضغط العالي الحديدية :

1. برج التماس والتعليق (A) (Tangent tower with suspension string):

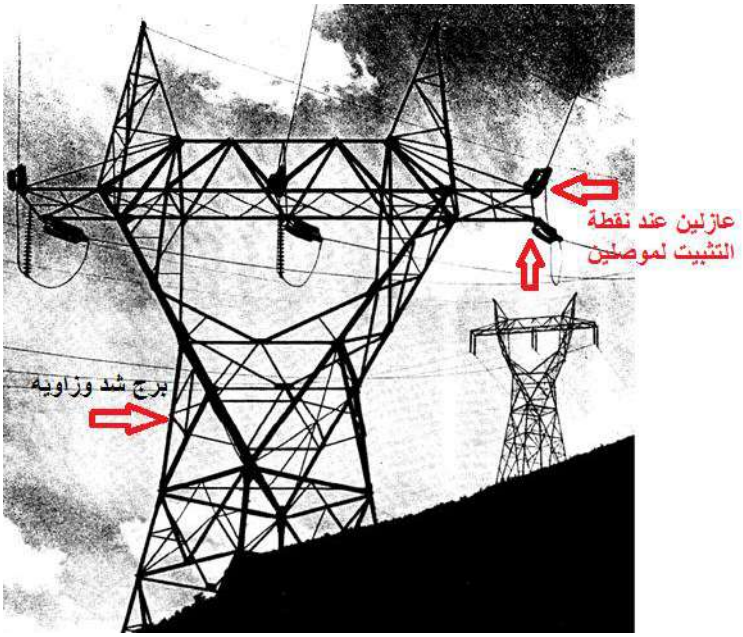
يستعمل هذا النوع لحمل وتمديد خطوط نقل بمسار مستقيم تقريبا بزاوية أنحراف خط مقدارها لايتجاوز 2 درجة ولا يبذل البرج أي شد على الموصل فهو بمثابة نقطة تعليق وحمل فقط ، ويختلف برج التعليق عن برج التثبيت في وضع الموصل بالنسبة للعازل ، ففي برج التثبيت يكون العازل مثبتا رأسيا الى الأعلى ويكون السلك موضوعا فوق العازل أما في برج التعليق فيكون العازل مثبتا رأسيا الى الأسفل ويكون السلك معلقا في الأسفل ولا يكون السلك مربوطاً في العازل وكما في الشكل (5-2) .



الشكل (5-2) برج نقل طاقة نوع A تعليق نوع دائرة مزدوجة وآخر مفردة

2. برج شد وزاوية ضغط (Angle tower with tension string) ويشمل الأنواع:

- برج B : برج بزاوية أنحراف صغيرة لحمل وتمديد خطوط نقل بزاوية شد مقدارها من 2° - 15°.
- برج C : برج بزاوية أنحراف متوسطة لحمل وتمديد خطوط نقل بزاوية شد مقدارها من 15° - 30°.
- برج D : برج بزاوية أنحراف كبيرة لحمل وتمديد خطوط نقل بزاوية شد مقدارها من 30° - 60°.



الشكل (6-2) برج نوع شد وزاوية ضغط عال

يمكن تمييز هذا البرج بوجود عازلين عند كل نقطة تثبيت إذ يكون الموصل مربوطاً بين العازل الأول و البرج الذي سبقه والموصل الأخر بين العازل الثاني والبرج الذي يليه ويوضح الشكل (6-2) هذا النوع من الأبراج ويركب هذا البرج بعد كل عدة أبراج تعليق مثلا بعد كل 4-10 أبراج تعليق واحد شد لتفادي سقوط خط ناقل من أحد الأبراج حالة حدوث قطع فيه ،لأنه لو كانت جميع الأبراج على مسار الخط أبراج تعليق وحدث قطع في أحد خطوط النقل فأن الموصل سيسقط من على جميع الأبراج ويتطلب إعادته وقت طويل ومجهود كبير وكلفة صيانته عالية .

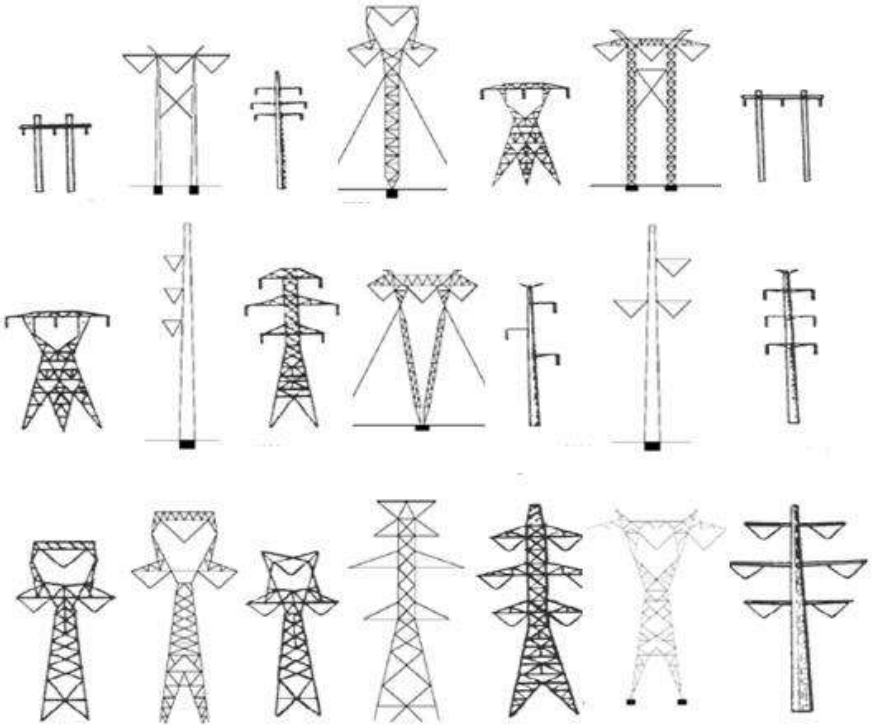
3. برج النهاية E (Dead end tower with tension string):

يستخدم هذا النوع من الأبراج لحمل وتمديد خطوط نقل في نهايات مسار الخطوط أو بدايتها ويكون معرضا للشد من ناحية واحدة ويلزم أخذ هذا الشد بنظر الأعتبار عند تصميمه وتثبيته .

4. أبراج خاصة:

فيها المسافة بين كل برجين تقريبا 1000m يستخدم لعبور الأنهر أو لعبور الجبال أو المسطحات المائية .

والشكل (7-2) يبين أشكال وأنواع الأبراج .



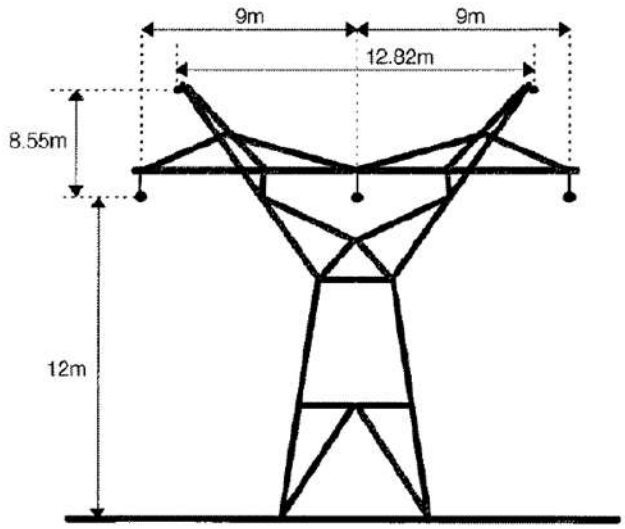
الشكل (7-2) أشكال وأنواع أبراج الضغط العالي

شروط أختيار تركيبة وشكل ونوع البرج (Selection of tower):

يتم اختيار تركيبة البرج على أساس الشروط الأتية :

1. لحمل دائره مفردة من الموصلات أم دائرتين .
2. طول العازل المستخدم لتعليق الموصلات الناقلة .
3. السماحية الصغرى للمسافة بين سلك الأرضي والموصلات ومابين الموصلات والبرج .
4. متوسط سماحية طول البرج لمناسبة الظروف المناخية كالرياح ومقدار تأرجح الموصلات وحماية الموصلات الناقلة من البرق .
5. أقل سماحية لأنخفاض الموصلات فوق مستوى الأرض .
6. مستوى الجهد العالي المسموح والذي يحدد أبعاد البرج من أرتفاعه والمسافات بين الأذرع المستعرضة وأتساعها .
7. زاوية أنحراف خط النقل وطريقة تثبيته في موقعه على الخط .

والشكل (8-2) يعرض تركيبة برج ضغط عال 765KV (للأطلاع فقط).



765 KV Tower Structure

الشكل (8-2) تركيبة برج شد ضغط عال 765KV

من الشكل (8 – 2) نلاحظ الأتي :

- أرتفاع البرج (Tower Height) وهي المسافة من الأرض الى أعلى نقطة فيه .
- عرض القاعدة وهي المسافة بين أرجل البرج (Base width) .
- عرض نهاية التخميد (Top damper width) وتساوي 12.82m .
- طول تقاطع الأذرع (Cross arms length) ويساوي 18m.

8. تأثيرحالة تلف أو أنقطاع موصلات النقل على أستقرار البرج جراء قوة الشد قبل تلف الموصلات، ففي حالة أنقطاع أثنين من الموصلات في جهة واحدة من البرح سيؤدي ذلك الى خلل في أتزان البرج وأستقراره .
9. التكلفة الأقتصادية عالية.

حالة أنقطاع أحد الموصلات أو حزمة منها (Broken wire condition):

تشد الموصلات المحمولة على الأبراج بقوة شد مناسبة مقدارها (T) ، أما أن حدث وأنقطع الموصل فأن تلك القوة تحاول سحب البرج بالأتجاه المعاكس وبالتالي ستتولد قوة أتزان مكافئة لها . وهناك أنواع مختلفة أخرى من الأجهادات المؤثرة على البرج منها أجهاد الأنحناء والقص والتحميل الناشئ من وزن الموصلات المسمى (وزن الخط) وللتغلب عليها تحسب بضربها بعامل أمان مقداره 2.5 مرة .

التمرين العملي رقم (1)

أسم التمرين : إنشاء برج ضغط عال ونصبه (Transmission line tower).

موقع العمل : مشاهدة في إحدى مواقع نصب الأبراج .

الزمن : 8 ساعات .

الأهداف التعليمية : بعد الأنتهاء من مشاهدة نصب البرج وتركيبه يكتسب الطالب مهارة في معرفة:

1. **خواص التربة المطلوب أقامة البرج عليها (مترابطة ، غير مترابطة) .**
2. **مراحل بناء قاعدة البرج .**
3. **كيفية أختيار نوع البرج في الموقع وتحديد زاوية أنحراف الخط ومقدار الشد .**
4. **مراحل نصب البرج على قاعدته .**
5. **تأريض البرج .**
6. **الأجهادات والقوى المؤثره على البرج .**
7. **كتابة تقرير مفصل بما شاهده والتعليمات المسموعة من قبل المختصين في الموقع .**

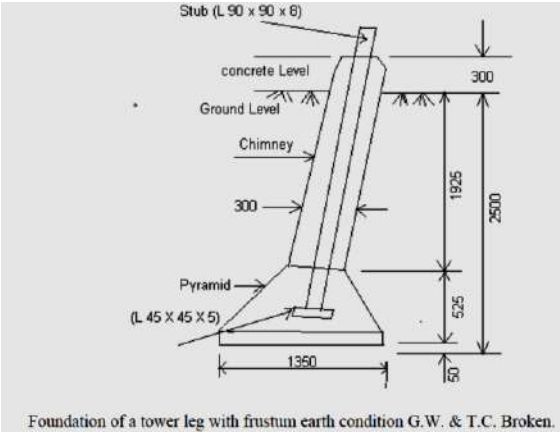
التسهيلات التعليمية: فضلاً عن مواد وعدة العمل (مواد الخرسانة من الأسمنت ، حديد تسليح ، برج ضغط عال متكامل ، رافعة ، حفارة ، قوالب خشبية ، عمال وفنيين ومهندس) ، وسيلة نقل الى الموقع ، بدلة عمل ، غطاء واقي الرأس ، كفوف وأحذية واقية ، دفتر للملاحظات .

خطوات العمل والنقاط الحاكمة :

1. **سجل فحص نوع التربة بعد حفر بعمق 1.5m تقريبا وعلى أساسها يكون الفحص فهي أما أن تكون :**
   - **تربة عادية زاوية الحفر تساوي 30° .**
   - **تربة غاطسة أو رطبة زاوية الحفر تساوي 15° .**
   - **تربة هشة زاوية الحفر تساوي 0° .**

أن مسار أبراج الضغط العالي تصادف عدة أنواع من التربة والأكثر شيوعا التربة العادية .

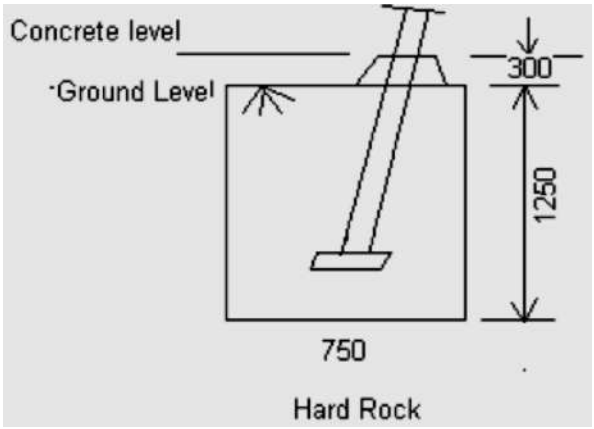
وفيما يأتي طريقة أسناد أحد أرجل برج ضغط عال في التربة العادية بعمق 3m تقريبا موضحة في الشكل (2-9) .

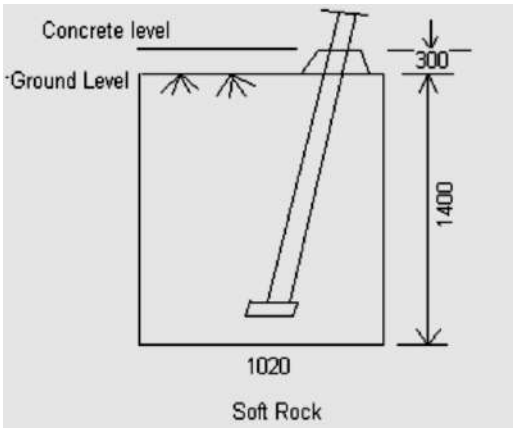


الشكل (2-9) أسناد أحد أرجل برج ضغط عال في حفرة لتربة عادية بعمق 2.5m

- **تربة صخرية قاسية .**
- **تربة صخرية ناعمة .**

والشكل (2-10) يوضح أبعاد الحفرة لأسناد أحد أرجل البرج في حالة الأرض الصخرية بنوعيها .





الشكل (2-10) أسناد أحد أرجل برج ضغط بعمق تقريبا 1.4m في أرض صخرية

2. شاهد حفر حفرة أبعادها ضعف أبعاد قاعدة البرج ثم طريقة مساواة قاعدة الحفرة وفرش النايلون ثم تغطيتها بالأسمنت وكما في الشكل (2-11).

الشكل (2-11) عمل حفرة بعمق 2.5m أبعادها ضعف أبعاد قاعدة البرج

3. شاهد وتعرف على عمل شبكة من الحديد المسلح في قاع الحفرة كما في الشكل (2-12).

الشكل (2-12) شبكة حديد التسليح في قاع حفرة برج الضغط العالي

4. شاهدعمل هيكل من الحديد المسلح عند مساند أرجل البرج كما في الشكل (2-13).

الشكل (2-13) عمل هيكل من الحديد لتثبيت أرجل البرج فوقها

5.شاهد وتعرف على صب قاع الحفرة بالخرسانة الأسمنتية وكما في الشكل (14-2) .

الشكل (14-2) صب قاع حفرة البرج بالخرسانة الكونكريتية

6. شاهد عمل القالب الخشبي لمساند أرجل برج الضغط العالي كما في الشكل (15-2) .

الشكل (15-2) عمل قالب خشبي لمساند أرجل برج الضغط العالي

7. شاهد تركيب الهيكل الحديدي لقاعدة البرج لضبط أبعاد القاعدة كما في الشكل (16-2).

الشكل (16-2) تركيب الهيكل الحديدي لقاعدة البرج بين مساند الأرجل

8. شاهد تثبيت هيكل قاعدة البرج في الهيكل الحديدي لمساند أرجل البرج كما في الشكل (2-17) .

الشكل (2-17) تثبيت الهيكل الحديدي لقاعدة البرج في الهيكل الحديدي للحفرة

9. شاهد صب الخرسانة في القالب الخشبي للمساند وتركها تجف كما في الشكل (2-18).

الشكل (2-18) صب الخرسانة الكونكريتية لمساند أرجل البرج

10. شاهد عملية سكب الأسفلت المانع للرطوبة في قاع الحفرة وعلى المساند الكونكريتية كما في الشكل (2-19).

الشكل (2-19) سكب الأسفلت المانع للرطوبة في حفرة البرج وعلى مساند أرجل البرج

11. شاهد ملى الحفرة بالتراب مع دكها وأن لا يظهر منها سوى رؤوس مساند الأرجل كم في الشكل (2-20) .

الشكل (2-20) ملئ الحفرة بالتراب ومن ثم دكها ولا يظهر منها سوى رؤوس المساند

12. شاهد وتعرف تهيئة البرج وفحصه من العيوب وتركيب أجزاءه أستعدادا لنصبه وتشييده كما في الشكل (2-21) .

الشكل (2-21) تهيئة البرج وفحصه لأجل تشييده

13.شاهد وتعرف أستخدام الرافعة لأيقاف ونصب البرج كما في الشكل (2-22).

الشكل (2-22) أستخدام الرافعة في نصب البرج

14. أكتب تقريرك المفصل من بداية الأنشاء وحتى الأنتهاء من نصب البرج كما في الشكل (23-2).

الشكل (23-2) أنهاء العمل ونصب البرج

التمرين العملي رقم (2)

أسم التمرين : تمديد خطوط الضغط العالي على أبراج نقل الطاقة .

موقع العمل : أحد مواقع أبراج نقل الطاقة .

الزمن : 8 ساعات .

وأن تعذر ذلك يمكن الاستعانة بفلم يوضح كيفية تنفيذ العمل.

الأهداف التعليمية: بعد المشاركة في مشاهدة تنفيذ عمل تمديد خطوط نقل الطاقه بين برجين يكتسب الطالب مهارة ليصبح قادرا على معرفة الأتي :

1. **سماحية الفراغ لأدنى أرتفاع للموصلات عن الأرض والمسافة فيما بينها وبين سلك التأريض والمسافة بينها وبين البرج وفي حالة عبورها الأنهر والجبال أوسكك الحديد أو أسلاك الهاتف أو أسلاك نقل الطاقة المنخفضة .**
2. **خواص الموصلات المستخدمة في التمديد وأختيار العوازل المناسبة لها بما يحقق قوة شد ونقل جهد بالمواصفات الفنية للبرج .**
3. **تأريض برج نقل الطاقة .**
4. **شروط السلامة وأحتياطات الأمان من تأثير الظروف المناخية والطبيعة (رياح ، صواعق، أنهيار العازل ، أنقطاع أحد الخطوط).**

المعلومات النظرية :

أنواع مواد الموصلات المستخدمة في خطوط النقل الهوائية (type of conductors):

1. **الألمنيوم المقوى بالصلب:**

ACSR=Aluminium conductor steel reinforced

2. **الألمنيوم :**

AAC=ALL aluminium conductor

3. **سبائك الألمنيوم كسبيكة (الألمنيوم والمغنسيوم والسيليكون) المعالجة حراريا:**

AAAC=ALL alloy aluminuim conductor

4. **الألمنيوم المقوى بسبيكة الألمنيوم:**

ACAR= Aluminum conductor alloy reinforced

5. سبيكة الألمنيوم المقوى بالصلب:

AACSR= Aluminum alloy conductor steel reinforced

وفيما يأتي جدول رقم (2-2) يبين سماحية ومواصفات الموصلات النحاسية والألمنيوم ووزنها Kg/Km ومساحة المقطع والمقاومة الأومية عند درجة حرارة 20C° (للأطلاع فقط).

مساحة مقطع النحاس mm2	مساحة مقطع الألمنيوم البديل mm2	المساحه الكليه المنيوم ستيل mm2	القطر mm	الوزن kg/km	المقاومه الأوميه في 20c* ohm/km
129	212	261.5	21	974	0.14090
258.1	429.5	529.8	29.82	1970.5	0.06918
258	428.9	484.5	28.62	1620	0.06915
322.6	528.5	597	31.77	2000	0.05633

الجدول (2-2) المواصفات الفنية للموصلات من نوع ACSR المستخدمة في نقل الطاقة

أما أشكال الأسلاك الهوائية المستخدمة في نقل القدرة فهي موضحة في الشكل (2-24) .

كيبل نحاس قياسي — كيبل نوع ACSR — كيبل نوع ACSR مطور

كيبل المنيوم – ستيل R-H Lay — كيبل نوع Anaconda hollow نحاس

الشكل (2-24) أشكال لأنواع مختلفة من الموصلات الهوائيه المستخدمه في نقل الطاقة

أنواع خطوط النقل الكهربائية الهوائية:

تستخدم خطوط النقل الهوائية موصلات غير معزولة (مكشوفة) للأفادة من الهواء المحيط كعازل طبيعي وكذلك لتبريدها ، ويمكن أن تصمم لتعمل بنظام ثلاثي الأطوارعلى أحد الشكلين:

- دائرة ثلاثية الاطوارمفردة Three phase single circuit system .
- دائرة ثلاثية الاطوارمزدوجة Three phase double circuit system .

ويمكن تصنيف خطوط نقل الطاقة بحسب طول الخط الى :

1. خطوط نقل قصيرة : أذا كان طول الخط حتى 60KM حيث يمكن أهمال سعته C والأكتفاء بالمقاومة المادية R والمفاعلة الحثية XL .
2. خطوط نقل متوسطة : أذا كان طول الخط يتراوح بين 120Km- 60Km إذ لا يمكن أهمال السعة الكهربائية C بل يتم تركيزها في نقطة منتصف الخط وتقسيم كل من المقاومة المادية R والمفاعلة الحثية XL للخط الى نصفين متماثلين على جانبي الخط بتمثيل T للخط .
3. خطوط نقل طويلة : أذا كان طول الخط أكبر من 120Km إذ لا يمكن أهمال السعة الكهربائية C وأيضا لايمكن تركيزها في نقطة ما على الخط بل يتم توزيعها بأنتظام على طول الخط وكذلك الحال بالنسبة للمقاومة المادية والمفاعلة الحثية للخط .

أختيار حجم الموصل الناقل للقدرة:

بعد تحديد مقدار القدرة الكهربائية المطلوب نقلها ،نختار حجم الموصل الناقل ونوع مادته الذي يحقق:

1. الأحتياجات الكهربائية .
2. الأحتياجات الميكانيكية .

1. الأحتياجات الكهربائية :

أن تتحقق المواصفات الاتية في الموصل الناقل:

- يجب أن يكون الجهد ثابتا على طول الخط الناقل والعمل على تقليل هبوط الجهد لأدنى حد .
- يجب أن يكون الفقد في القدرة أقل ما يمكن (تقليل الخسارة في القدرة المنقولة) ، لكي تكون كفاءة النقل عالية وتكلفتها قليلة .
- أن لايتسبب الفقد في القدرة تسخين الموصل لدرجة تسبب تغيرا في الخواص الكهربائية والميكانيكية للموصل .
- مقدرة الموصل على الأستمرارية في أمرار معدل التيار المقرر continuous current rating.

- تحمل التغيرات الشديدة والمفاجئة في أرتفاع التيار (Short time rating) .
- تقليل قطر الموصل الناقل للطاقة كحد أدنى .

أن مساحة مقطع الموصل أو حجمه يتم تحديده بناءا على مجموعة عوامل منها التيار المنقول والهبوط في الجهد والسعة الحرارية وطول الخط الناقل للموصل وتكلفة الموصل والقدرة المنقولة .

وحجم الموصل الطبيعي في كل الأحوال لا يتجاوز قطره 1cm لكل 17.5 KV منقول ، أما في حالة نقل جهد 400KV فتستخدم رزمة أودائرتين نقل من الموصلات .

سماحية الفراغ الهوائي (البُعد) بين الموصلات الناقلة للقدرة والمعلقة على أبراج الضغط العالي.

يبين الجدول (3-2) أقل بُعد مسموح به بين الموصلات كمسافة عمودية ومسافة افقية مقابل مايحمله الموصل من قيم للجهد العالي المنقول بما يحقق الأمان (للأطلاع فقط) .

Clearances b/n Conductors

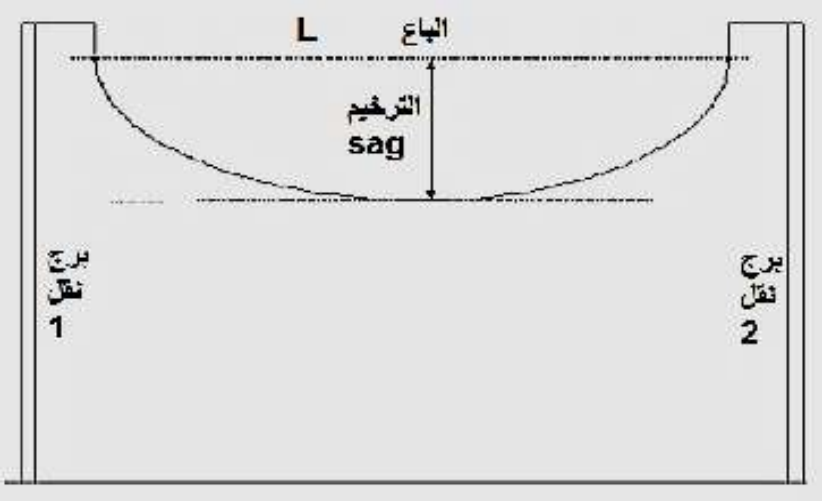
SYSTEM VOLTAGE	TYPE OF TOWER		Vertical spacing b/n conductors(mm)	Horizontal spacing b/n conductors(mm)
66 kV	SINGLE CIRCUIT	A(0-2°)	1080	4040
		B(2-30°)	1080	4270
		C(30-60°)	1220	4880
	DOUBLE CIRCUIT	A(0-2°)	2170	4270
		B(2-30°)	2060	4880
		C(30-60°)	2440	6000
132 KV	SINGLE CIRCUIT	A(0-2°)	4200	7140
		B(2-30°)	4200	6290
		C(30-60°)	4200	7150
		D(30-60°)	4200	8820
	DOUBLE CIRCUIT	A(0-2°)	3965	7020
		B(2-15°)	3965	7320
		C(15-30°)	3965	7320
		D(30-60°)	4270	8540

220 kV	SINGLE CIRCUIT	A(0-2°)	5200	8500
		B(2-15°)	5250	10500
		C(15-30°)	6700	12600
		D(30-60°)	7800	14000
	DOUBLE CIRCUIT	A(0-2°)	5200	9900
		B(2-15°)	5200	10100
		C(15-30°)	5200	10500
		D(30-60°)	6750	12600
400 KV	SINGLE CIRCUIT	A(0-2°)	7800	12760
		B(2-15°)	7800	12760
		C(15-30°)	7800	14000
		D(30-60°)	8100	16200

الجدول (3-2) البُعد (المسافة) بين الموصلات المحمولة على الأبراج

حساب الشد والأرتخاء (Sag) لخطوط نقل الطاقة:

نلاحظ في المسافة بين برجين متتاليين والتي تسمى خطوة البرج span تكون الموصلات معلقة على الأبراج عن طريق عوازل تعزلها عن البرج ومقدار الأرتخاء فيها يحدده وزن الموصل أولا ومقدار ما يتراكم عليه من ثلوج أو تأثير الرياح ثانيا ويتخذ الموصل شكلاً منحنياً والتراخي (او التدلي)عند أية نقطة هو مقدارأنخفاض هذه النقطة عن مستوى نقطة التعليق وفي حالة كون نقطتي التعليق على نفس المستوى يحدث أقصى تراخي sag في منتصف المسافة بين البرجين عند أقرب نقاطه من سطح الأرض وكما في الشكل (2-25) .



الشكل (2-25) التراخي أو الترخيم للموصل بين برجي نقل متتاليين

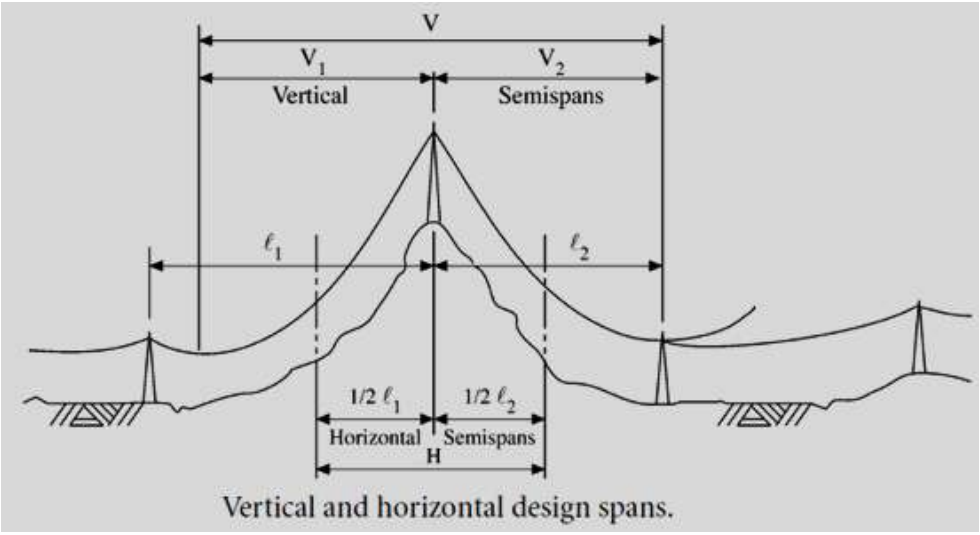
العوامل التي تؤثر في التراخي أو الترخيم sag:

يتحدد مقدار الأرتخاء بمقدار وزن الناقل (الخط) بين كل برجين والمسافة الأفقية والعمودية بين الموصلات والمسافة بين برجين متتاليين (L) والمسماة الباع (SPAN) ولمستوى جهد الخط ، أما مقدار الشد في السلك T فكلما أزداد مقداره قل التراخي بحيث لا يتعدى القيمة المسموح بها بالرغم من تعرض الأسلاك الى أسوء عوامل الحمل الميكانيكي والعوامل البيئية من درجة الحرارة وتراكم الثلوج وتحسب السماحية لتأرجح الموصلات على أساس تأثير الرياح على الموصلات الناقلة .

وحساب الترخيم (التدلي) في خطوط النقل الكهربائي له أهمية في تحديد مقدار المسافة بين السلك والأرض والتأكد من مطابقته لشروط السلامة والأمان .

وهنا تأخذ المسافة بين كل برجين متماثلين على أرض مستوية لتطبيق العلاقة التي تحسب مقدار الأرتخاء.

أما الحالة الأخرى فتأخذ بين برجين فيهما نقاط تثبيت الموصلات ليست على نفس المستوى أو عندما تكون الموصلات معلقة بين برجين مختلفين بالنوع أو بالأرتفاع عن الأرض أو عندما يكون مسار الخط مارا بمنطقة جبلية أو هضبية وكما في الشكل (2-26) (للأطلاع فقط) .



Vertical and horizontal design spans.

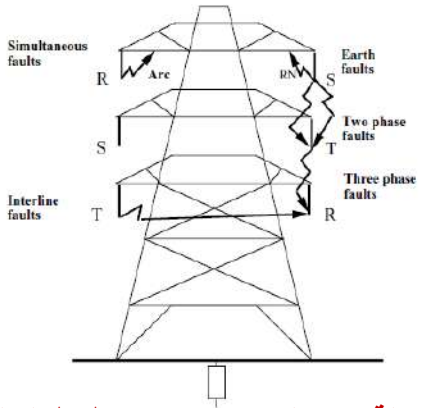
الشكل (2-26) تمديد خطوط نقل القدرة بين أبراج على أرض جبلية وحساب التراخي فيها

اما البرج فنختارارتفاعه بما يحقق السماحية المطلوبة بين أدنى موصل ومستوى الأرض والشكل (2-27) يبين أشكال من ابراج الضغط العالي المتباينة بالطول والحاملة لعدد من النواقل ولمقدار من الجهد العالي.

الشكل (2-27) أشكال من أبراج الضغط العالي الحامله لعدد من النواقل ولمقدارمن الجهدالعالي

خط (سلك) الأرضي Earth wire:

يمدد سلك الأرضي أعلى خطوط النقل ويمر في منتصف المسافة الأفقية بين النواقل ، وفي كل برج يستخدم لحماية خطوط النقل من الضربة المباشرة للبرق أو الطيور وغيرها فهو يقلل من شدة الجهد الكهربائي عبر عازل التعليق في أثناء ضربة البرق لذا يجب أن يكون حجمه كاف للتخلص بفترة قصيرة جدا من تيار البرق الفائق الشدة والذي قد يصل الى 100KA وأن يتحمل درجة الحرارة المتولدة أثناء ذلك ،أن الفترة الزمنية المتوقعة للبرق = 20 مايكروثانية وحدود أمان تحمل سلك الأرضي لأرتفاع درجة الحرارة يساوي 300C° تقريبا ويركب فوقه بالون بلون أحمر دليل تنبيه من جهه ويساعد في جمع شحنات التأين. نلاحظ في الشكل (2-28) حصول تسريب بين خطوط نقل الطاقة الكهربائية بسبب عدم تمديد سلك الارضي.



الشكل (2-28) يبين حالة حصول تسريب بين خطوط النقل وضرورة سلك التأريض

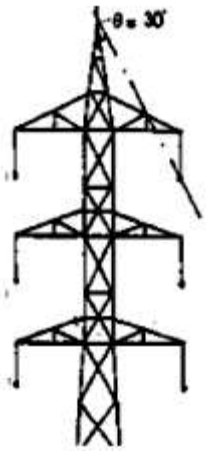
أو تأثير الصواعق سيكون مدمر على خطوط النقل أو على العوازل بدون تأمين الحماية من خلال سلك الأرضي وكما نلاحظ في الشكل (29-2).

الشكل (29-2) تأثير الصاعقة على سلامة نقل الطاقة

أما زاوية الأنحراف بين سلك الأرضي وأول موصل ناقل فيتحدد بمقدارالجهد العالي:

- 25°-30° up to 220 KV
- 20° for 400 KV and above

والشكل (30-2) يبين تلك الزاوية.



الشكل (30-2) زاوية الأنحراف بين سلك الأرضي وأول موصل لتأمين الحماية

أما نوع مادة سلك الأرضي يستخدم ACSR (موصل- المنيوم- ستيل- مقاوم للصدأ) وسماحية المسافة لسلك الأرضي وأعلى خط نقل قدرة في موقع منتصف المسافة بين برجين مبينة بالجدول (4-2) .

System voltage	Mid span clearance(m)
≤ 66 KV	3.0
110 KV	4.5
132 KV	6.1
220 KV	8.5
400 KV	9.0

الجدول (4-2) سماحية المسافة بين سلك الأرضي وأعلى خط نقل أستطاعة في الوسط

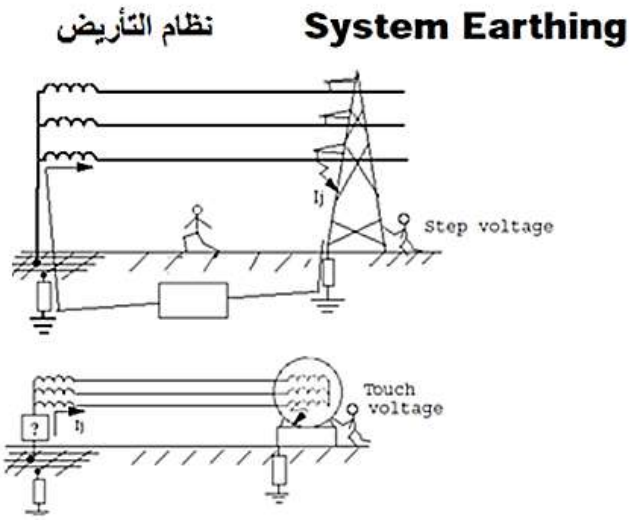
تأريض برج نقل خطوط الضغط العالي (Tower Grounding):

من أجل السلامة والأمان للأشخاص من التسريب الذي قد يحصل بين الموصلات وجسم البرج والوقاية من ضربة البرق والحفاظ على العوازل من الأجهادات الكهربائية ولتقليل الأعتماد الكلي في الحماية على سلك الأرضي يتم تأريض البرج على أن تكون المقاومة الأومية لمادة البرج لكل قدم تساوي تقريبا 10 أوم ولا تتجاوز 20 أوم لأي ظرف أما مقاومة الأرضي فتعتمد على ممانعة الأرض وأن تكون قيمتها عموما 100 أوم لكل متر كي يكون الأرضي فعال في الحماية كما في الشكل (2-31) .

أما أقل مقدار لسماحية أرتفاع قطب الأرضي في هيكل البرج موضح بالجدول (2-5) (للأطلاع فقط).

S.No.	Voltage level	Ground clearance(m)
1.	≤33 KV	5.20
2.	66 KV	5.49
3.	132KV	6.10
4.	220 KV	7.01
5.	400 KV	8.84

الجدول (2-5) سماحية أرتفاع قطب الأرضي في هيكل البرج



الشكل (2-31) نظام تأريض الأبراج لوقاية الأشخاص من الصدمة الكهربائية

سماحية عبور خطوط نقل الطاقة عبر وفوق (الأنهر، سكك الحديد ، خطوط الأتصالات):

1. عبر الأنهر وفوقها: تتحدد المسافة فوق أعلى حد للنهر عن أدنى موصل ناقل = 3.5m .
2. عبر خطوط الأتصالات التلفونية وفوقها : أدنى سماحية للمسافة بين أدنى موصل ناقل وخط الأتصالات ونحسب الجهد العالي المنقول مبين في الجدول رقم (2-6) .

Voltage Level	Minimum Clearance(mm)
≤33 KV	2440
66KV	2440
132 KV	2740
220 KV	3050
400 KV	4880

الجدول (2-6) سماحية أدنى مسافة بين الموصل القريب من الأرض وخطوط الهواتف

3. عبر خطوط سكك الحديد وفوقها :أقصى أرتخاء لخطوط نقل القدرة فوق سكك الحديد أو فوق خطوط الجهد المستمر 1500VD.C الخاصة بالقطارات الحديثة مبينة في الجدول (7-2) كأدنى سماحية .

System Voltage Level	Broad Gauge		Meter & Narrow Gauge	
	Inside station limits(m)	Out side station limits(m)	Inside station limits(m)	Out side station limits(m)
≤66 KV	10.3	7.9	9.1	6.7
132 KV	10.9	8.5	9.8	7.3
220 KV	11.2	8.8	10.0	7.6
400 KV	13.6	11.2	12.4	10.0

الجدول (7-2) سماحية عبور خطوط الضغط العالي فوق سكك الحديد للقطارات

أما سماحية مسافة عبور خطوط الضغط العالي فوق خطوط أخرى للجهد العالي فمبينة في الجدول (8-2) .

System Voltage Level	Clearance(m)
≤ 66 KV	2.40
132 KV	2.75
220KV	4.55
400 KV	6.00

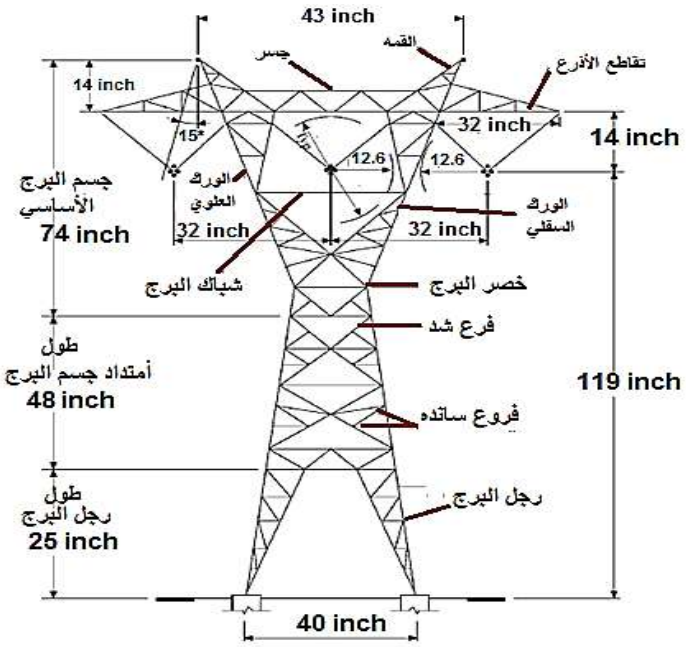
الجدول (8-2) سماحية أقل مسافة لعبور خطوط الضغط العالي فوق خطوط أخرى EHT

2. الأحتياجات الميكانيكية :

أن تتحقق الشروط الميكانيكية (المتانة،المرونة،معامل التمدد الحراري) لتحمل تصميم البرج ،والعوازل للأجهاد الميكانيكي الواقع عليها نتيجة وزن الموصلات من جهة وقوة توتر أو شد الموصلات من جهة أخرى وأحتمالية أنقطاع أحداها ومن أجل تحمل الأهتزازات لذا تستخدم مخمدات الأهتزاز ويفضل الموصل خفيف الوزن كي تكون قوة الشد المؤثرة عليه قليلة،كذلك يمكن زيادة المسافة بين الأبراج لتقليل كلفة انشاء الخط وأن يتحقق شرط تحمل البرج والخطوط لضغط الرياح ولتراكم الثلوج والمواد المتراكمة على

الموصل التي تسبب تآكله وأنحراف الخط في الظروف الجوية من درجة الحرارة (العظمى 67C° ، والصغرى 0C° ، والأعتيادية 32C°) والسماحية فيها يجب أن لا تكون قليلة ، كما ويؤخذ تأثير وزن الموصلات (span Weight) في حساب الأجهادات على زاوية أرجل البرج ولخطين محمولين بما يحقق الأمان والتكلفة على أن تكون نسبة الوزن الى القطر أقل مايمكن ، في حالة المسافات الطويلة بين الأبراج يقلل من التراخي من أجل الأقتصاد ويستخدم موصل من نوع ACSR ، وفي حالة تجاوز المسافة لعبور نهر 1000m نستخدم نوع موصل AAAC بسبب القوة والقابلية على الصمود ضد الأهتزازات .

وفيما يأتي الأبعاد التصميمية لبرج ضغط عال نوع Lattice Tower لخط نقل منفرد أو ما يسمى بدائرة مفردة كما في الشكل (32-2) (للأطلاع فقط).



الشكل (32-2) أبعاد برج ضغط عال نوع شبكي Lattice يحمل خطوط نقل مفردة أخذت بنظر الأعتبار الأحتياجات الميكانيكية عند تصميمه ، علما أن الأنج = 2.45 سنتمتر

العازل Insulator:

من الضروري وجود العوازل لعزل خطوط نقل الطاقة المعلقة عليها عند تمديدها على أبراج نقل القدرة ضمن مواصفاتها الفنية لتتحمل الجهد العالي من جهة وقوة الشد والتعليق من جهة أخرى أما أختيار العازل المناسب فهو محكوم بالمتوافر منه والكلفة الأقتصادية وسهولة الصيانة .

تستخدم العوازل في تعليق خطوط النقل الهوائية على أبراج نقل الضغط العالي 66KV والى 400KV لمنع تسرب التيار الكهربائي الى الأرض من نقاط التثبيت .

تصنف العوازل المستخدمة في حمل خطوط نقل الطاقة وعزلها على أساس أما:

- **نوع المادة العازلة (عوازل البورسلين ،عوازل زجاجية مضغوطة ميكانيكيا ،عوازل الأسيتايت).**
- **شكلها ودرجة الأمان والذي يعتمد على مقدار الجهد العالي المنقول وبحسب متطلبات البرج الحامل لخطوط النقل الى (عوازل مسمارية pin type insulator ،عوازل التعليق suspension type insulator ،عوازل الأجهاد ، عوازل البكرة أو القيد ،عوازل الدعم).**

تتركب العوازل المستخدمة في حمل خطوط النقل وتعليقها من مواد صلبة تمتلك المواصفات الاتية:

- **قوية ومتينة ميكانيكيا كالبورسلين يتحمل قوة شد أو ضغط تقريبا 70Kg/cm.**
- **ذات مقاومة عزل عالية .**
- **مادة العازل غير مسامية (لاتحتوي على فقاعات هوائية) وبدون شوائب (نقية)وغير حاوية على شروخ وغير قابلة لنفاذ الغازات او السوائل .**
- **مقاومة لتيارات التسريب وذو عازلية لمقدار من الجهد العالي تتفاوت مع نوع المادة فالبورسلين يتحمل جهد دون أنهيار الى 60KV/cm بينما الزجاج الى 140KV/cm .**

يمكن أن يحدث الأنهيار بين خطوط النقل الكهربائية والأرض عبر برج النقل المعدني الحامل لها أي بين الموصل ومسمار ربط العازل كما يحدث الأنهياربسبب تسريب الشرارة الكهربائية عبر العازل .

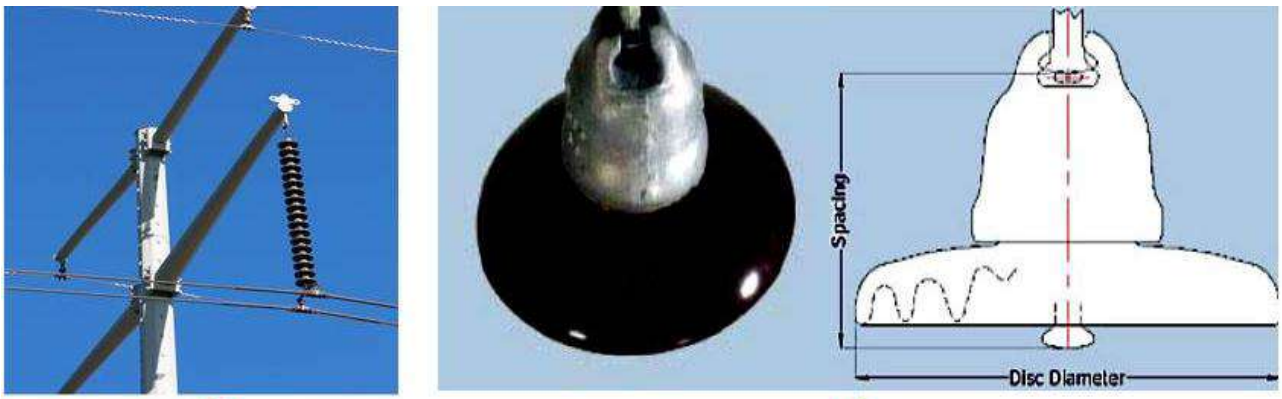
تستخدم أحدى أنواع العوازل المسماة بالمسمارية (Pin type insulator) منفردة كقطعة واحدة في الجهود المنخفضة دون 1000v وقطعتين منه في الجهود المتوسطة والعالية أو بزيادة قطر العازل لتحمل جهد عال أكبر ولكن من وجهة النظر العملية لا نستطيع زيادة سمك العازل بشكل مطلق ،ويخترق العازل مسمار من الحديد ليثبته في ذراع برج النقل وكما في الشكل (33-2).

الشكل (33-2) العازل المسماري ومسمار تثبيته في ذراع البرج

مع زيادة الجهد العالي المنقول يصبح العازل المسماري ثقيلا ومعقدا في التركيب وتزداد كلفته لذا فهو غير أقتصادي للجهود العالية جدا وعندها تستخدم عوازل أخرى تسمى عوازل التعليق والمؤلفة من عدد من الأقراص العازلة المتصلة على شكل سلسلة بأستخدام مادة الأسمنت ذات القوة والمتانة والصلابة لتتحمل الأحمال الناشئة عن الشد والضغط و لمسك وتعليق الخط الناقل خارج طريق ذراع البرج أويربط عدد منها على التوالي برابط معدني وتعلق موصلات الخط الكهربائي في نهايتها، لذا فهي تصمم بالمواصفات التالية:

- كل وحدة من عوازل التعليق تتحمل جهد 11KV .
- عند أنهيار أحدى الوحدات في السلسلة يمكن أستبدالها بسهولة .
- مرنة التعليق ولها أمكانية تأرجح وحصر الأجهادات في قوى الشد فقط .
- تقليل تأثير موصلات الخط الكهربائي بالصواعق الكهربائية .
- أستخدام أكثر من موصل لكل وجه في الخط الكهربائي على نفس الوحدات العازلة .

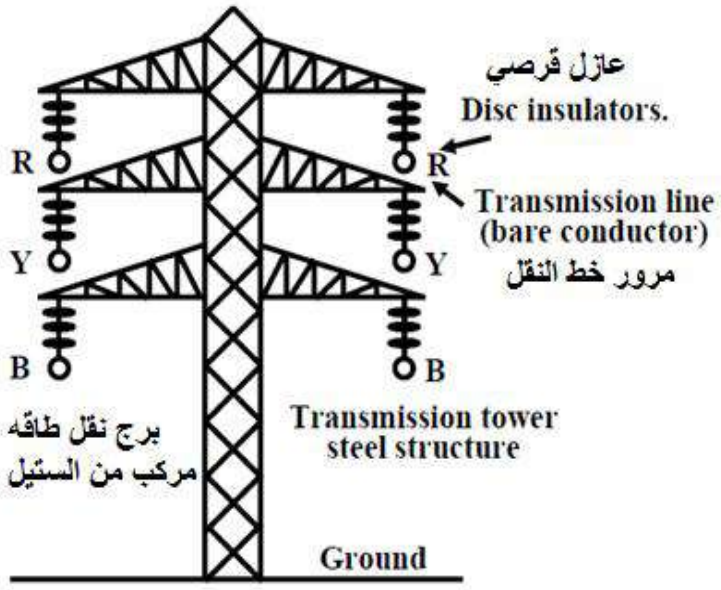
والشكل (34-2) A يبين العازل من نوع السلسلة أو المقرنص.



الشكل (34-2) A وحدة من عوازل التعليق المستخدمة في حمل موصلات الجهد العالي في البرج

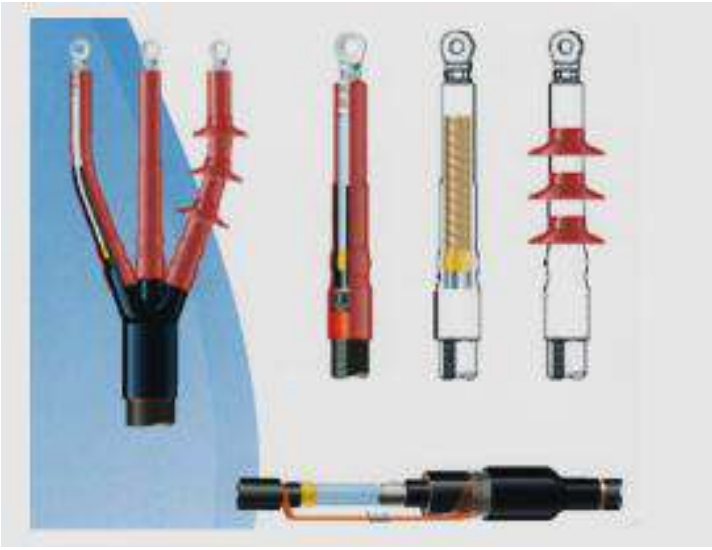
B عوازل مقرنصة على شكل (عصا) تحمل خطوط نقل 66KV على البرج

ونرى في الشكل (35-2) طريقة حمل دائرة مزدوجة ثلاثية الأوجة على عوازل نوع سلسلة أقراص نوع تعليق لبرج نقل جهد عال (Transmission tower).



الشكل (2-35) عوازل التعليق القرصية المفردة والمزدوجة وكيفية تعليقها على البرج

للأختيار شكل وطول السلسلة العازلة تحسب الأجهادات المطبقة على العازل نتيجة قوى شد الناقل عليه . وهناك عوازل أخرى مستخدمة لعزل نهايات الكيبلات والأسلاك من النوع الحراري تنتهي بمرابط تصل الى المحولات في المحطات الثانوية إذ يصل مقدار جهد العزل لها الى ما فوق 170KV ولا تقل عن 36KV كما في الشكل (2-36).



الشكل (2-36) أنواع من عوازل ومرابط الجهد العالي لعزل نهايات الكيبلات

خطوات العمل والنقاط الحاكمة والرسومات التوضيحية:

1. أرتدي بدلة العمل والخوذة وكفوف العزل الكهربائية والأحذية العازلة والنظارات الواقية على أن تكون سرعة الرياح V=35m/s ودرجة الحرارة (10 – 50) درجة مئوي .
2. شاهد أستخدام العربة الحاملة للكيبلات الهوائية وقياس طول خط النقل بين برجين إن كانت الأرض مستوية فطول خط النقل مساوي تقريبا للمسافة بين البرجين على أن يكون وزن الناقل بما يعادل G0 = 3.5Kg/m .
3. أحسب مقدار التيار الذي سينقله الخط الواحد إن كانت مقدار القدرة المطلوب وصولها للمستهلك من محطة التوليد = 600MW بمقدار توتر Ur= 400KV عندها سيكون التيار Ir يساوي:

PL = Ur.Ir ومنها Ir= 600000KW ÷ 400KV = 1500A = 1.5 KA

4. شاهد وتعرف على تهيئة ناقل مناسب بعد حساب قطره d= 4.6cm والمناسب لنقل معدل تيار=1.5KA ويمكن أن نختار ناقلين قطر كل واحد منهما = 2.3cm على التوازي لنقل نفس التيار.
5. أحسب هبوط الجهد المتوقع من جراء مسافة خط النقل والتي تساوي (500ميل) أي 800Km على فرض أن مقاومة طول الناقل لكل ميل = 0.04 Ω ومنها:

R_{total}= 0.04 x 500 = 20 Ω

ولأن التمديد يكون لخطين أي دائرتين فأن :

Rp1= R_{total} ÷ 2= 20 ÷ 2= 10Ω

وبالتالي هبوط الجهد الفعلي = ΔU =R × I

ΔU= 10 X 1.5 KA = 15KV

6. أحسب مقدار الجهد العالي الذي من المفروض أن ينقل من المحطة الثانوية الرافعة للجهد = US والذي ينقل عبر خطوط الضغط العالي، حيث :

US = Ur + ΔU

US= 400 + 15 = 415 KV

7. أحسب النسبة المئوية لتغير الجهد العالي ΔU% حيث :

ΔU% =(US +Ur) /Ur ×100=(415 +400)/400×100= 3.75%

8. أحسب مقدار المفاقيد في القدرة المنقولة في كل خط إذ إن:

$\Delta P_{LOSS}=Ir^2 \times Rp1 =(1.5/2)^2 \times 10= 5.625MW$

$\Delta P_{LOSS\ total}$= 2× 5.625 = 11.25MW

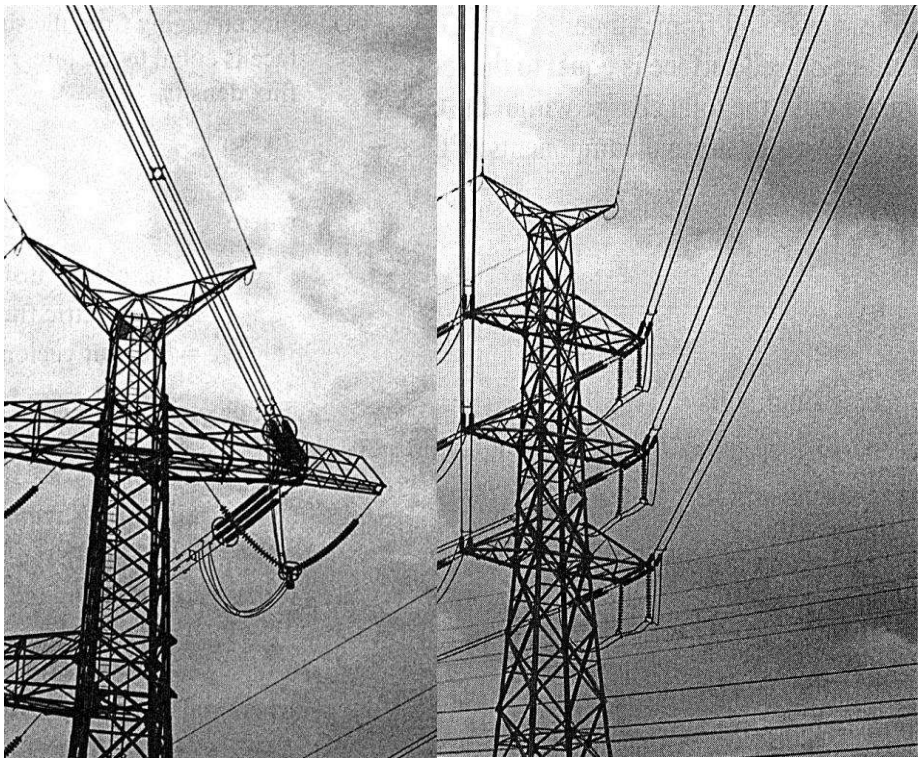
9. أحسب مقدار القدرة التي من المفروض أن تنقل من المحطة لنحصل على قدرة واصلة للمدينة 600MW كما يأتي:

$$P= P1 + \Delta P_{LOSS\ total} = 600+11.25 = 611.25MW$$

ومنها تنظيم القدرة $\Delta P\%$ يمكن حسابها:

$$\Delta P\% =(P – P1)/P1\times100=(611.25-600)/600\times100=1.87\%$$

10. شاهد أستخدم الرافعة الهيدروليكية لرفع النواقل الى مستوى التعليق في الحوامل العازلة للبرج الأول .
11. شاهد وتعرف على شد النواقل في ماسكات العوازل لبرج الشد.
12. شاهد وأستخدم الرافعة الهيدروليكية لرفع النواقل الى مستوى التعليق في الحوامل العازلة للبرج الثاني .
13. شاهد سحب كل ناقل بأستخدام آلة الشد بحيث لا تتجاوز سماحية الأرتخاء المطلوبة .
14. أكتب تقريراً مفصلاً بما رأيت يتضمن جميع الملاحظات بعد الأنتهاء من تمديد الكيبلات بين الأبراج كما في الشكل (37-2).



الشكل (37-2) النواقل معلقة مزدوجة أو رباعية على عوازل النواقل الأبراج

التمرين العملي رقم (3)

أسم التمرين : قياس السعات الجهدية المتولدة في عوازل الأبراج وفحص صلاحيتها بأستخدام أجهزة قياس الجهد العالي .

مكان العمل : ورشة الكهرباء .

الزمن : 3 ساعة.

الأهداف التعليمية : بعد الأنتهاء من أداء التمرين يكتسب الطالب مهارة يكون قادرا على معرفة:

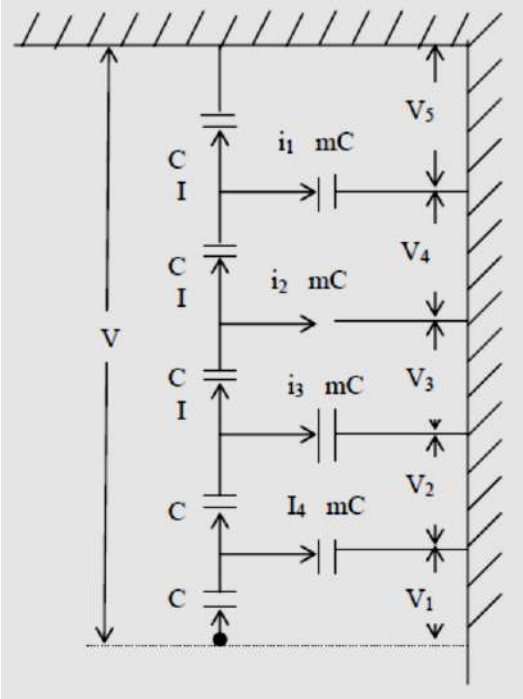
1. **أختيار نوع العازل المناسب لعزل قيمة الجهد العالي على ابراج النقل .**
2. **قياس تيار وجهود السعات المتولدة لعوازل خطوط الضغط العالي .**
3. **توزيع السعات الجهدية (grading ring capacitor) للعوازل المسمارية وعوازل التعليق لأبراج النقل وقياسها.**
4. **تأثير توليد السعات الجهدية على مفاعلة خطوط النقل والمسببة لضياع جزء من الطاقة المنقولة .**

المعلومات النظرية:

توزيع الجهد على سلسلة العوازل المعلقه في برج نقل القدرة:

نفترض أن هناك سلسلة عوازل معلقة تحتوي خمس وحدات عزل من البورسلين تنحصر بين معدني الربط لذلك فهي تكون متسعات سعتها C فاراد تسمى السعة المتبادلة .

بالأضافه لهذه السعات هناك سعة بين كل معدن ربط وذراع البرج أي بين معدن ربط العازل والأرض . وأيضا هناك سعة بين معدن الربط وموصل الخط ولكن قيمتها صغيرة جدا يمكن أهمالها وكما في الشكل (2-38) (للأطلاع فقط) .



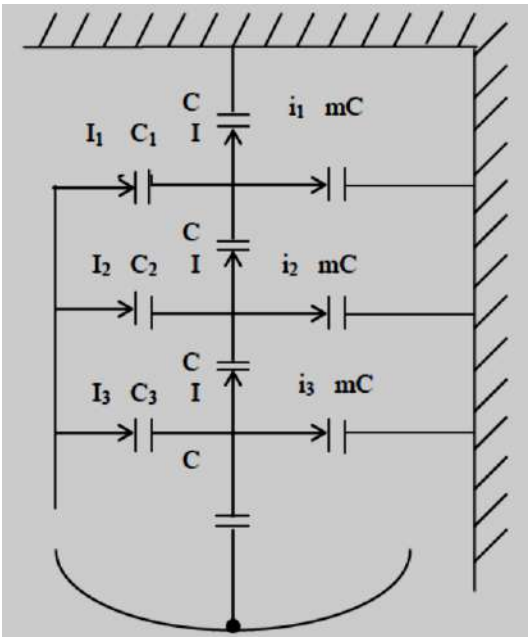
الشكل (2-38) السعات المتولدة بين العوازل والبرج والعازل وخطوط النقل

توزيع الجهود على وحدات سلسلة العوازل:

على فرض أن مقدار الثابت m = 0.1 ، mc = السعة المتبادلة بين العازل والأرض بالفاراد لتقليل mc نزيد المسافة بين سلسلة العوازل والبرج المعدني وبتعبير آخر نزيد طول ذراع البرج .

يمكن مساواة الجهد الواقع على وحدات العوازل بالسلسلة بأستخدام حلقة الحماية وهي حلقة معدنية لها قطر كبير وتوصل بخط النقل الهوائي الكهربائي وتحيط بالوحدة السفلى من سلسلة العوازل وهذه الحلقة تزيد سعة المتسعات بين الروابط المعدنية بالسلسلة والخط الكهربائي .

يفترض أن هناك سلسلة مكونة من أربع وحدات عازلة حيث c هي سعة كل وحدة أما السعة بين الروابط المعدنية والحلقة هي C_3,C_2,C_1 وبفرض أن V هو الجهد الواقع على كل وحدة من وحدات السلسلة وحيث أن سعات وحدات السلسلة متساوية فأن تيار الشحن I سيكون أيضا متساوي وكما في الشكل (2-39).



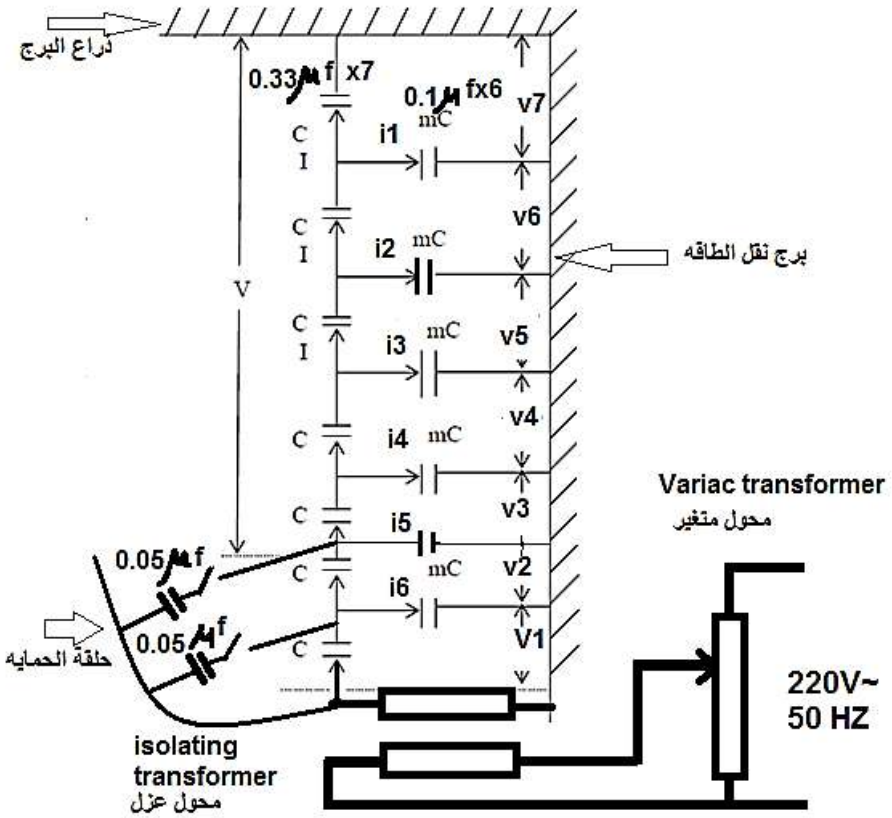
الشكل (2-39) أستخدام حلقة الحماية (guard ring) لمساواة الجهود على وحدة السلسلة

الأدوات والأجهزة المستعملة:

محول متغير (variac transformer) ، متسعات بالقيم 0.1µf عدد 6 ، 0.33µf عدد 7 ، 0.55µf عدد 2 وجميعها بجهد تحمل 400v ، مصدر تغذية متناوب ~220v ، جهاز قياس AVO .

خطوات العمل والنقاط الحاكمة :

1. **أرتد بدلة العمل المناسبة متبعا أرشادات السلامة المهنية .**
2. **وصل الدائرة على أن تعد جسم البرج هو القطب المتعادل للمحولة كما في الشكل (2-40).**



الشكل (40-2) دائرة قياس جهود وتيارات السعات المتولدة بين العازل والبرج والعازل وخطوط النقل

3. أضبط الجهد الخارج من الملف الثانوي للمحول المتغير = ~30v .

4. قس الجهود (v7,v6,v5,v4,v3,v2,v1) بأستخدام جهاز AVO .

5. ضع مفتاحي متسعات الحماية 0.05 µf بوضع ON .

6. أعد الخطوة 4 .

7. قس قيم التيارات لكل من المتسعات المتولدة بأستخدام جهاز AVO على وضع A.C .

8. أخفض جهد التغذية الخارج من المحول المتغير الى ~15V .

9. اعد الخطوات من 4 – 7 .

التمرين العملي رقم (4)

أسم التمرين : فحص صلاحية عوازل أبراج خطوط نقل القدرة وقياسها بأستخدام أجهزة قياس العازلية وأجهزة توليد الجهد العالي.

مكان التنفيذ : ورشة الكهرباء .

الزمن : 8 ساعة .

ألأهداف التعليمية : بعد الأنتهاء من التمرين يكتسب الطالب مهارة يكون قادرا على معرفة:

1. **أسباب أنهيار عوازل أبراج خطوط النقل .**
2. **فحص وتحديد مقدار التلف الحاصل في عوازل أبراج نقل الطاقة بأستخدام أجهزة قياس العازلية (الميجر) وأجهزة توليد وفحص الجهد العالي المختلفة .**
3. **تأثير تغيير سمك العازل على مقدار تحمل العازل لمقدار الجهد العالي .**

المعلومات النظرية:

لابد أن يتوافر في العازل الجيد الخصائص الاتية:

- **قوة شد ميكانيكية عالية.**
- **فقد كهربائي قليل .**
- **مقاوم للتلف الحراري والكيميائي .**
- **غير مسامٍ وخالٍ من الفراغات الغازية والرطوبة .**

فالعوازل المصنوعة من اللدائن polymers ضعيفة في مقاومتها للشرارة الكهربائية مما يجعلها عرضة للأنهيار عتد تعرضها للمجالات الكهربائية العالية وعند حصول الأنهيار على السطح تسمى الظاهرة بالتسيير tracking أو يحصل الأنهيار في لب العازل وتسمى الظاهرة بالتشجير treeing ، فالنوع الأول من الأنهيار يحدث في الأماكن المعرضة للتلوث مثل المواقع القريبة من البحر أو المناطق الزراعية إذ تحمل الرياح الأملاح والغبار ومخلفات المصانع والتي عادة تكون مواد آيونية شبه موصلة وترسبها على سطح العازل يسبب زيادة في تيار التسريب بصورة طردية وأرتفاع درجة حرارة العازل لذا فأن سطح العازل سيتلف تدريجيا الى أن ينهار وينشأ قوس كهربائي flashover مما يسبب فقد خاصية العزل .

أما النوع الثاني من الأنهيار فسببه وجود جيوب هوائية على شكل فقاعات تسبب أنهيار العازل الصلب ناتج من زيادة شدة المجال الكهربائي وتلف العازل .

أسباب أنهيار العازل:

- كسر العازل بسبب الأجهادات الناتجة عن التمدد غير المتساوي والأنكماش بسبب الحرارة الموسمية .
- عيوب نوع مادة العازل .
- مسامية المادة العازلة مما يسمح بأمتصاص الرطوبة من الهواء وزيادة طردية في تيار التسريب المسبب للأنهيار العازل .
- صقل سطح العازل غير كاف مما يسمح لبقاء الماء نتيجة الأمطار أو الندى على السطح وتراكم الغبار مكونا موصلا للتيار الكهربائي وخفض مسافة شرارة سطح العازل .
- لوحدثت شرارة على سطح العازل تسبب تسخين السطح وتلفه .
- الأجهاد الميكانيكي الناتج عن شد العازل يصل حد يؤدي الى كسره .
- القصر إذ تسبب الطيور الضخمة في حدوث شرارة وتلف العازل التدريجي .

لفحص مقدار تحمل العازل للجهد الكهربائي دون أن ينهار فأن ذلك يعتمد على سمك المادة العازلة ونوعها وجودة صناعتها ويتم الفحص في مختبرات توليد الجهد العالي لأختبار عزل الكيبلات الكهربائية والقواطع الكهربائية والمحولات والاجزاء العازلة كما في الشكل (41-2) .

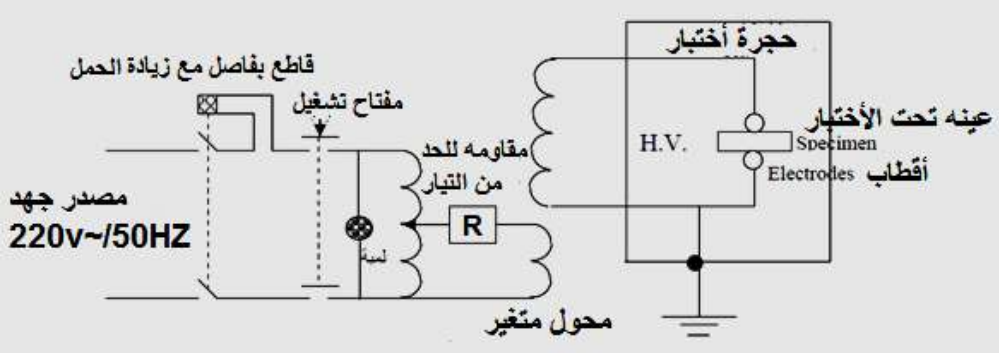
الشكل (41-2) أحد مختبرات الضغط العالي لفحص صلاحية وجودة ومواصفات العوازل

وعادة ما يكون جهد الأختبار أعلى من الجهد الذي يعمل عنده ذلك العازل كي يتحدد مقدار عامل الأمان لعمله ، ولا بد لأي معمل جهد عال أن يحتوي على أجهزة توليد الجهود المرتفعة الأتية:

1. جهود عالية مترددة (متناوبة) .
2. جهود عالية مستمرة .
3. جهود عالية نبضية أو دفعية .

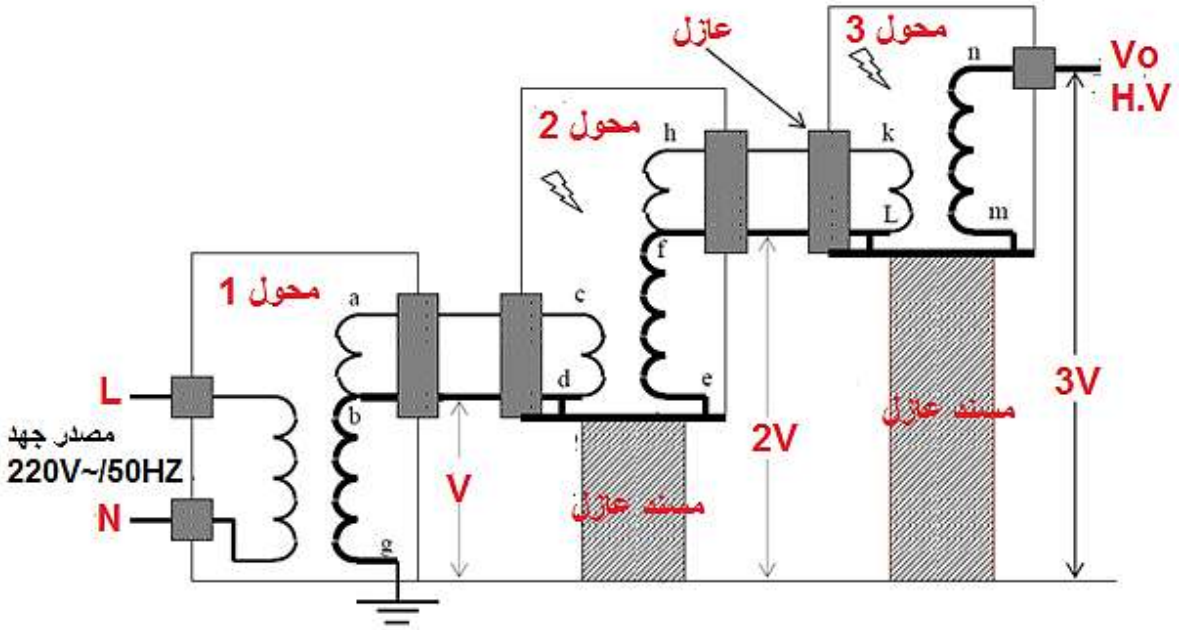
1. توليد الجهود العالية المتناوبة HVAC:

يمكن توليد الجهد العالي المتردد بأستخدام محولات الجهد العالي الرافعة والتي تختلف في تصميمها عن محولات القدرة بزيادة عزل ملفاتها لتتحمل الأجهادات الناشئة عن القصر في حالة أنهيار العينة تحت الأختباروصمودها أمام الجهود العالية كما في الشكل (2-42) ويمكن توليد الجهد العالي المتناوب أيضا بطريقة الرنين Fc (للأطلاع فقط).



الشكل (2-42) توليد جهد عال متناوب مسلط على عينة تحت الأختبار بأستخدام محول منفرد متغير من 0-200KV وسعتها الظاهرية تصل الى 100KVA

أن مستوى العزل المطلوب للمحولات المفردة المستخدمة في توليد الجهود الفائقة القيمة EHV عادة تكون كبيرة الحجم وغالية الثمن وصعبة التحميل والتركيب لذلك من الأنسب تصنع عدة محولات ذات حجم أصغر وتكلفة أقل ويتم توصيلها على التوالي لنحصل على جهد يتناسب مع عدد المراحل أو الوحدات (Cascaded transformer) لتوليد جهـود تصل الى مئات الكيلوفولت كما فـــي الشكل (2-43) و(2-48) و(2-49) (للأطلاع فقط).

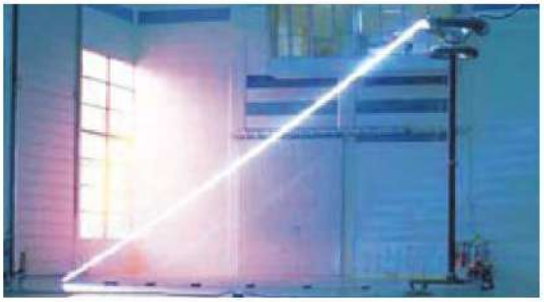


الشكل (2-43) محولات موصلة على التوالي افقيا لتوليد الجهود العالية جدا

ولتحقيق متطلبات السلامة فأنه يجب عزل المحول المتعدد المراحل داخل منطقة الأختبار في معمل الجهد العالي فضلاً عن عزل كل وحدة عن الأرض كما في الشكل (2-44) .

الشكل (2-44) وحدات محول متوالي أفقيا بجهد خرج 350KV الى وحدة تفريغ

الشكل (2-45) وحدات من محولات تيار متناوب متوالية بشكل رأسي لتوفير الأمان



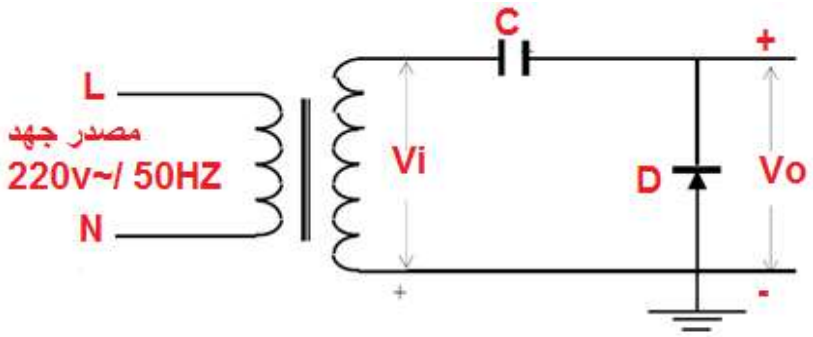
الشكل (2-46) مختبر ضغط عال يستخدم جهود بمعدل 750KVAC ، 800KVDC

2. توليد الجهود العالية المستمرة HVDC:

يستخدم الجهد العالي المستمر في أختبار العناصر الكهربائية ذات السعات العالية مثل الكيبلات والعناصرالعازلة والتي أذا ما تم أختبارها عند الجهود العالية المتناوبة سيؤدي ذلك الى مرورتيارات عالية بأستمرار بسبب الممانعة السعوية لها ، وهناك طريقتان لتوليد الجهود العالية المستمرة:

- أستخدام دوائر لتوحيد أو مضاعفة الجهود العالية المترددة Rectification .
- أستخدام المولدات الكتروستاتيكية Electrostatic generator .
- أستخدام دوائر النبضية Impulse voltage .

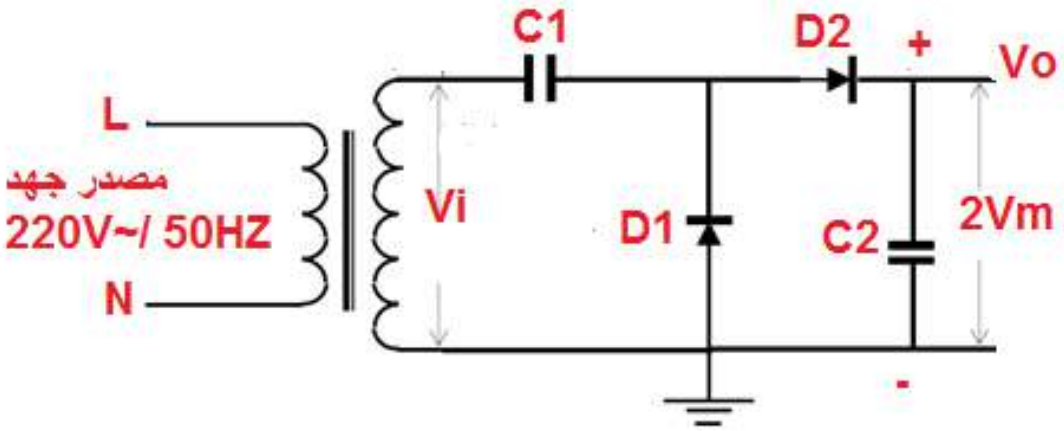
أستخدام دوائر التوحيد بتحويل الجهد العالي المتردد الى جهد عال مستمر بأستخدام الموحدات السليكونية si وبما أن قيمة الجهد العكسي الأعظم peak reverse voltage لها محدد الى 2500v كحد أقصى وللحصول على عدة مئات من الكيلوفولتات يتم بتوصيل عدة دايودات على التوالي ،أو تستخدم دوائر مضاعفة الجهد Voltage multiplying cct ودائرة فيلارد (vilard) هي أبسطها ويحسب جهد الخرج v0 =2vmax وكما في الشكل (2-47) .



الشكل (2-47) دائرة مضاعف نصف موجة

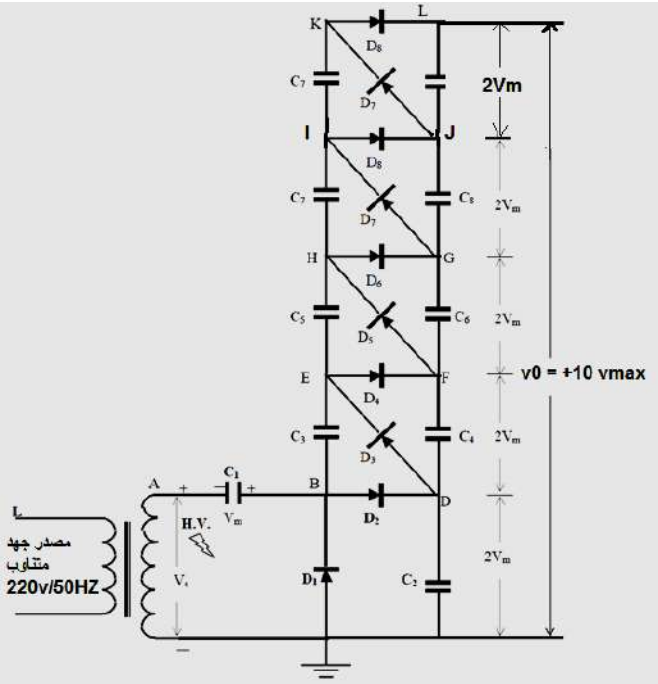
دائرة كوكروفت- والتون (Cockroft – Walton):

الدائرة الأساسية لمضاعف موجة كاملة كما في الشكل (2-48) .



الشكل (2-48) دائرة كوكروفت الأساسية لمضاعف موجة كاملة

ولتوليد جهود مرتفعة جدا تزيد عن 1MV يمكن الحصول عليها بتوصيل عدة وحدات من دائرة كوكروفت - والتون الأساسية على التوالي ويستخدم محول جهد عال متردد واحد لتغذية جميع المراحل إذ يمكن الحصول على خرج بجهد عال مستمر= 100KV وتيار 10mA من مرحلتين لتوحيد الجهد موصلة الى محول جهد عال متردد خرجه 25KV وقدرته 1KVA يكون عدد المراحل المثالية n = 10 مرحلة تقريبا1MV =1000KV= 10x100 = Vmax 10 = V0 . وكما في الشكل (2-49) (للأطلاع فقط).

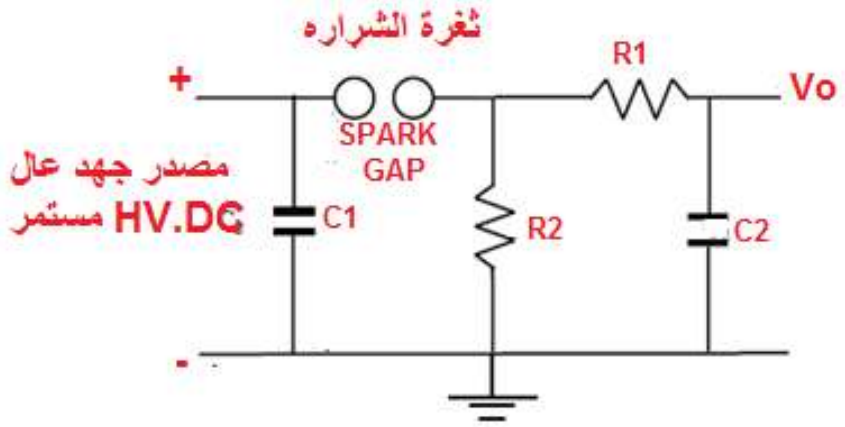


الشكل (2-49) دائرة مضاعف موجة كاملة (كوكروفت - والتون) 10 مراحل

3. توليد الجهود العالية النبضية impulse high voltage :

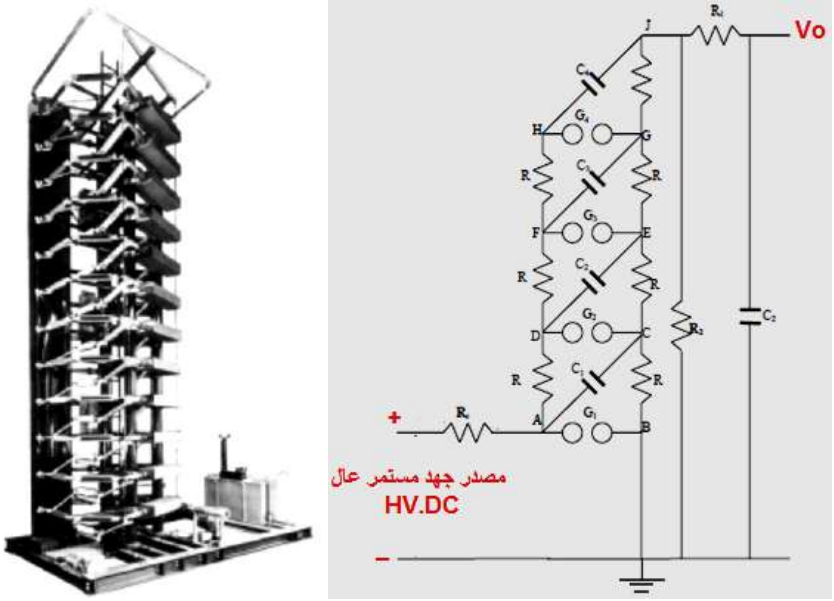
أن الجهد النبضي هو جهد أحادي الأتجاة يرتفع بصورة سريعة أي بزمن قصير والذي يميز الموجة النبضية الناتجة من الصواعق Light impulse voltage وتلك الناتجة عن توصيل وفصل دوائر النقل الكهربائية بوساطة القواطع switching impulse voltage إذ أن جهد موجة الصواعق والفصل والوصل قد يتجاوز مليون فولت وخاصة في الشبكات التي تعمل بالجهد الفائق ويمكن توليد الجهود العالية النبضيه أما:

- بأستخدام مولد منفرد كما موضح في الشكل (2-50).



الشكل (2-50) مولد نبضة منفرد

- **بأستخدام عدة مراحل متوالية من نوع ماركس Marx كما في الشكل (2-51) (للأطلاع فقط).**

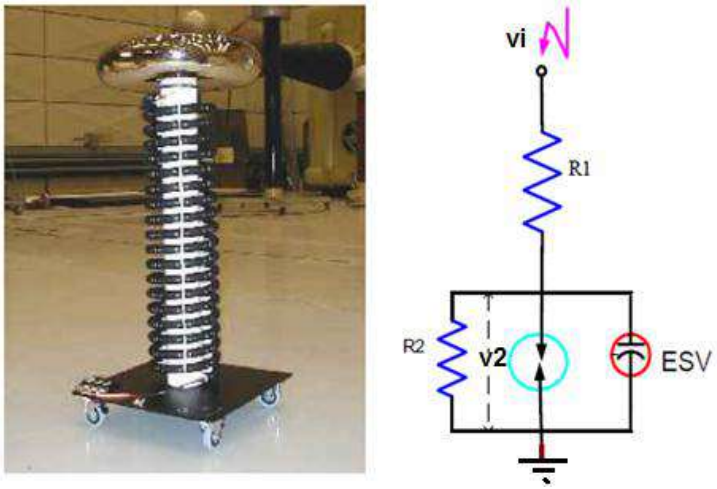


الشكل (2-51) مولد ماركس النبضي متعدد المراحل

من الضروري قياس الجهد العالي بدقة في أختبارات الصيانة والصناعة والتأكد بدقة من سلامة الأشخاص والمعدات المستخدمة في نقل الطاقة وحماية الفنيين العاملين في الصيانة من جهود متسعات التسريب .

1. قياس الجهد العالي المستمر:

لو أخذنا مثالاً لجهاز قياس الجهد العالي المستمر بأستخدام مجزءات جهد أومية (مقاومات) كما في الشكل (2-52) .



الشكل (2-52) تقنية قياس الجهد العالي بأستخدام مقاومات وفولتميتر ذات ممانعة عالية

والشكل يوضح الجهاز المكون من مجزء جهد (R_2,R_1) وجهاز فولتميتر كهروستاتيكي ESV أو فولتميتر ذو مقاومة عالية ويلغى تأثير درجة الحرارة والجهد على العناصر وتحسب بالمعادلة:

$$Vi = (R1+R2)\ V2/R2$$

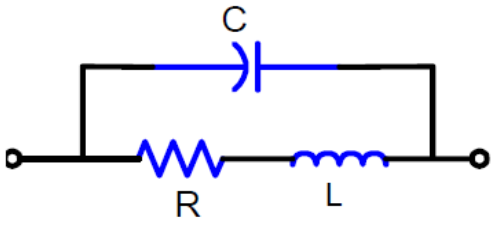
حيث V_2 = الجهد المستمر على طرفي المقاومة R_2

لتجنب التفريغ غير المرغوب به تستخدم أطراف حرة على شكل متسعة تعمل على تفريغ الجهد العالي غير المرغوب به لذا تصنع مجزءات الجهد بدقة تصل الى 0.05% حتى جهد 100KV وبدقة تصل 0.1% حتى جهد 300KV وبدقه تصل 0.5% حتى جهد 500KV .

2. قياس الجهد العالي المتناوب والجهود النبضية:

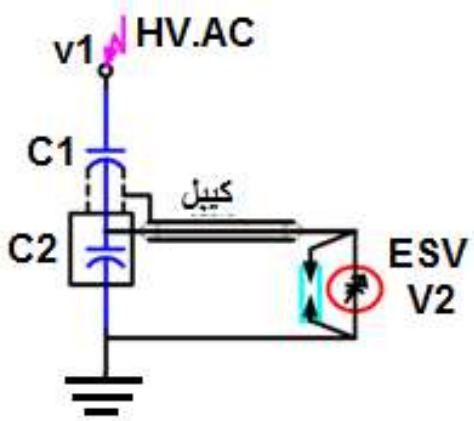
تستعمل طرق عديدة لقياس الجهد العالي المتناوب مثل فولتميتر مع معاوقة متوالية أو مع مجزءات جهد أو مع محولات جهد أو فولتميتر كهروستاتيكي مع أختلاف تصميمهم عن تلك االمستخدمة لقياس الجهد العالي المستمر والدائرة الموضحة في الشكل (2-53) توضح دائرة متوالية مع فولتميتر إذ تستعمل

ظاهرة الممانعة في تقليل التيار المار تخفيض الجهد الى الحد ضمن مدى قياس الجهاز ألا أن التردد سيؤثر بشكل ما على قيمة الممانعة .



الشكل (2-53) أستخدام دائرة ممانعة كدائرة متوالية مع جهاز الفولتميتر

ولتحسين دقة القياس تستعمل طريقة القياس بوساطة مجزءات الجهد بأستخدام المتسعات مع فولتميتر كهروستاتيكي حيث المتسعة C_1 معزولة بمادة غاز سادس فلوريد الكبريت أما المتسعة C_2 فمعزولة بمادة الميكا أو الورق والدائرة موضحة في الشكل (2-54) (للأطلاع فقط).



الشكل (2-54) مجزء جهد سعوي

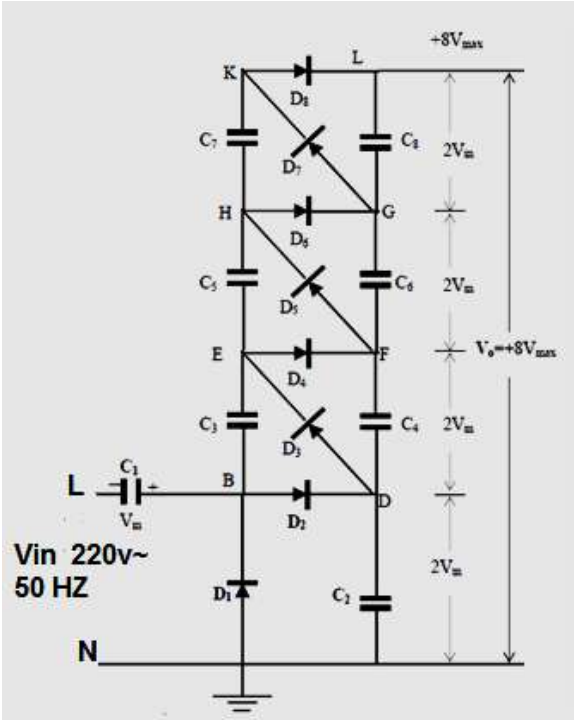
الأدوات والأجهزة المستعملة في التمرين:

متسعات بسعة 0.1µF / 400V عدد 8، دايود رقم 1N4007 عدد 8 ، أسلاك توصيل حجم $1mm^2$ ، لوحـــة تجـــارب الكترونية Bread board ، مقياس جهد عال مستمر، فاحص العازلية (ميجر) 2500v ، قطع من كيبلات جهود منخفضة ومتوسطة ثلاثية بأحجام مختلفة لا يزيد طولها عن 10cm والشكل (2-55) يبين أحد أجهزة قياس العازلية 0 الميجر) نوع رقمي وعصا فحص الجهد العال 40KV .

الشكل (2-55) جهاز قياس العازلية وعصا فاحص ومقياس جهد عال 40 KV

خطوات العمل والرسومات التوضيحية :

1. **أرتد بدلة العمل المناسبة مع كفوف وأحذية واقية من خطر الجهد العالي مع أستخدام الحزام اليدوي المؤرض .**
2. **صُل دائره كوكروفت– والتون كما في الشكل (2-56) على لوحة التجارب المختبريةBread board (للأطلاع فقط).**



الشكل (2-56) دائرة مضاعف موجة كاملة (كوكروفت)

3. غذي الدائرة بجهد مصدر متناوب مقداره 220v ~ / 50HZ .
4. قس الجهود المستمرة عند النقاط D ، F ، G ، L نسبة الى القطب السالب N بأستخدام جهاز قياس الجهد المستمرالعال .
5. أطفئ المصدر المغذي المتناوب 220V~/50HZ وفرغ دائرة المضاعف من الجهد المتبقي في المتسعات وذلك بتوصيل طرفي خرج المضاعف معا لفترة قليلة وفصلهما .
6. وصل عند أطراف خرج المضاعف طرفين لسلكي كيبل جهد واطي ثم أفصل وركب سلكي كيبل جهد متوسط كلا منهم وعلى التوازي ولمدة لا تقل عن الدقيقة بعد تشغيل مصدر الجهد المغذي 220V`/50HZ ثم سجل ملاحظاتك .
7. قس عازلية كلا من الكيبلين اللذين سلط عليها الجهد العالي بأستخدام جهاز قياس العازلية (insulation resistance tester) (الميجر) بعد فصل التغذية الرئيسة 220V`/50HZ مسجلا ملاحظاتك عن حالة كل كيبل .

التمرين العملي رقم (5)

أسم التمرين : دراسة خطوط النقل ذات الجهد العالي في حالة اللاحمل وفي حالة الحمل المادي والحثي والسعويHigh voltage transmission line at no load & at load.

مكان العمل: ورشة الكهرباء .

الزمن: 4 ساعة.

الأهداف التعليمية: بعد الأنتهاء من التمرين يكتسب الطالب مهارة تعرفه على :

- **التمييز بين خطوط النقل المختلفة (قصير ، متوسط ، طويل) وطريقة توصيلها .**
- **ظاهرة فرانتي وتحليلها .**
- **العلاقه بين المسافة والجهد على طول الخط .**
- **كيفية قياس الجهد والتيار عند التحميل بحمل مادي .**
- **كيفية قياس الجهد والتيار عند التحميل بحمل حثي .**
- **كيفية قياس الجهد والتيار عند التحميل بحمل سعوي .**
- **تأثير تغيير الحمل على الجهد والتيار والقدرة من حيث (التقدم ، التأخر ، الكفاءة ---).**

المعلومات النظرية:

أن نموذج خطوط النقل المستخدم في الورشة تكون على شكل دائرة تحتوي العناصر (مقاومة R ، ملف L ، متسعه C) بحيث يسمح لنا أختيار ثلاثة أطوال مختلفة 144Km ، 216Km ، 360Km) .

وبما إن خط النقل ينقسم الى ثلاثة أقسام :

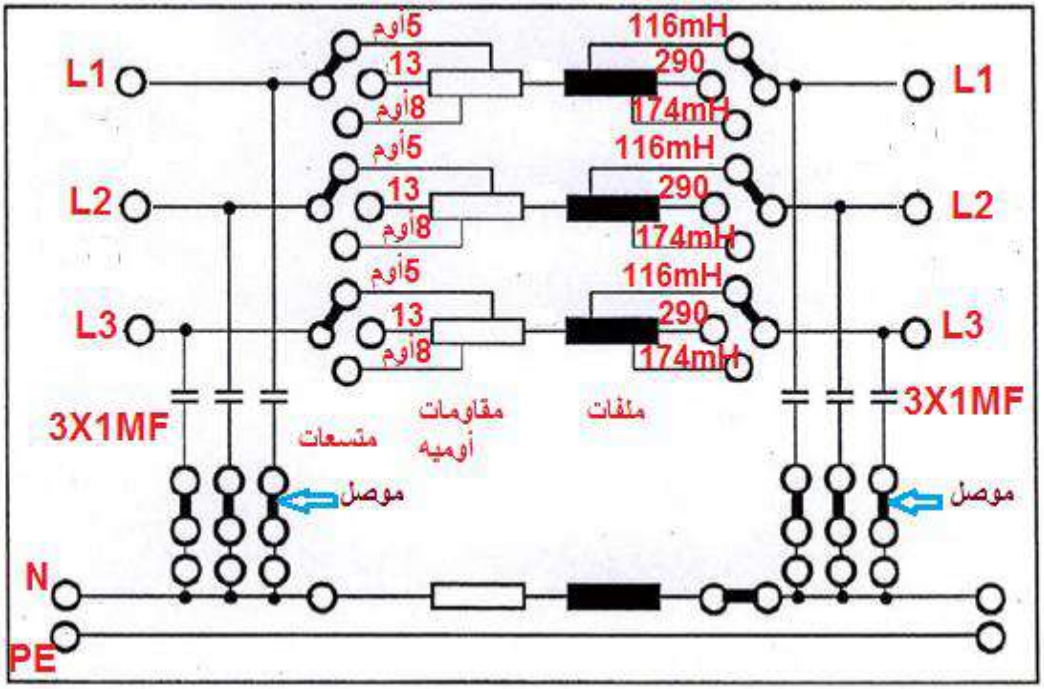
1. **خط نقل قصير ويكون أقل من 80Km .**
2. **خط نقل متوسط ويكون طوله من 80Km وأقل 250Km .**
3. **خط نقل طويل ويكون أطول من 250Km .**

تكون مواصفات خط النقل لتلك الأطـوال المختلفة بما يناسبها من قيم (R , L , C) وكما فـي الجدول (2-9) (للأطلاع فقط).

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

الجدول (2-9) يوضح مواصفات نماذج التطبيق المختبري لأطوال خطوط النقل

أما شكل النماذج فلكي نحصل على الطول المطلوب لخط النقل مختبريا فهي الشكل (2-57) (للأطلاع فقط).



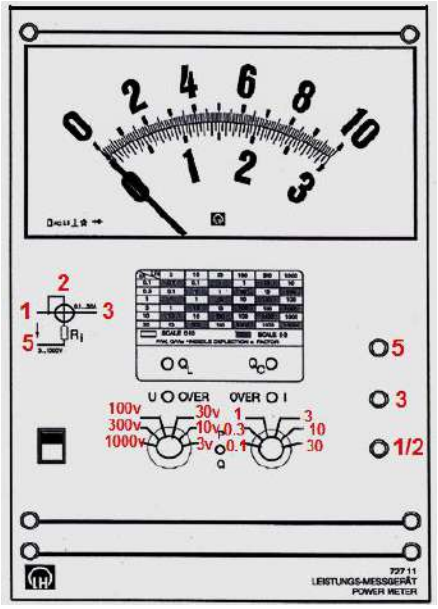
الشكل (2-57) نموذج يمثل طول الخط 144Km (40% من طول الخط الكلي)

والجدول (2-10) يبين القيم الحقيقية على الشبكة وما يناظرها عمليا.

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

الجدول (10-2) يبين القيم الحقيقية على الشبكة وما يناظرها معمليا في المختبر

التسهيلات التعليمية: مصدر جهد ثلاثة أطوار 380v~/50Hz ، قاطع دائرة قدره CB ، محول ثلاثة أطوار خافض ~30V -380V~ ، نموذج خط نقل ، جهاز فولتميتر عدد 2 ،جهاز أميتر عدد 2 ، جهاز قياس القدرة (الفعالة وغير الفعالة) ،جهاز قياس معامل القدرة، حمل مادي ، حمل حثي ، حمل سعوي ، أسلاك توصيل مختلفة الأطوال وجسور توصيل والشكل (58-2) يبين بعض الأجهزة المستخدمة .



الشكل (58-2) جهاز قياس القدرة (power meter)

يتمتع جهاز قياس القدرة الموضح في الشكل (58-2) بالمواصفات الفنية الاتية:

- **للحصول على نتائج دقيقة يجب أن يكون مدى القياس مسموحا به مبتدءا من مدى القياس الأعلى حتى الوصول الى مدى القياس الأنسب لدائرة قياس قدرة الحمل (علامة ذلك عدم إضاءة اللمبتين over I ، over U) .**
- **لمعرفة التدريج المستخدم ومعامل الضرب المختار:**

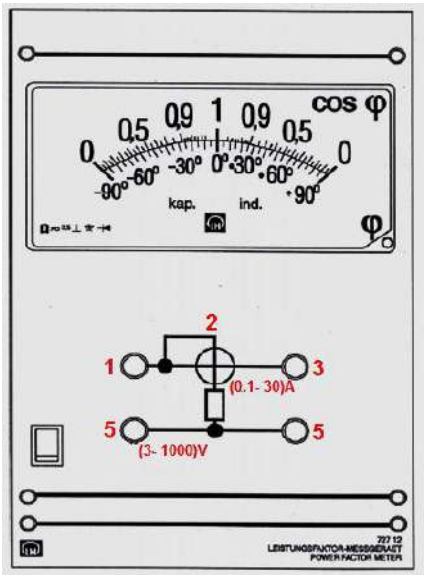
أ- حدد مدى القياس المناسب للجهد والتيار للدائرة تحت الأختبار .

ب- من الجدول المرسوم أعلى بكرتي الأختيار I ، U في الجهاز حدد مربع تقاطع قراءتي الجهد والتيار .

ت- إن كان مربع التقاطع أبيض اللون فالتدريج هو الأعلى في شاشة المؤشر ويكون (0-10) ومعامل الضرب هو المكتوب داخل المربع .

ث- إن كان مربع التقاطع مظللاً بالأسود فالتدريج هو الأسفل ويكون (0-3) ومعامل الضرب هو المكتوب داخل هذا المربع .

- للحصول على القدرة الكلية المتولدة لدائرة حمل ثلاثية الأطوار يمكن ضرب حاصل القدرة للطور الواحد × 3 عند إتزان الأحمال .
- الجهاز يغذى بمصدر جهد ~220V .



الشكل (2-59) جهاز قياس معامل القدرة (power factor meter)

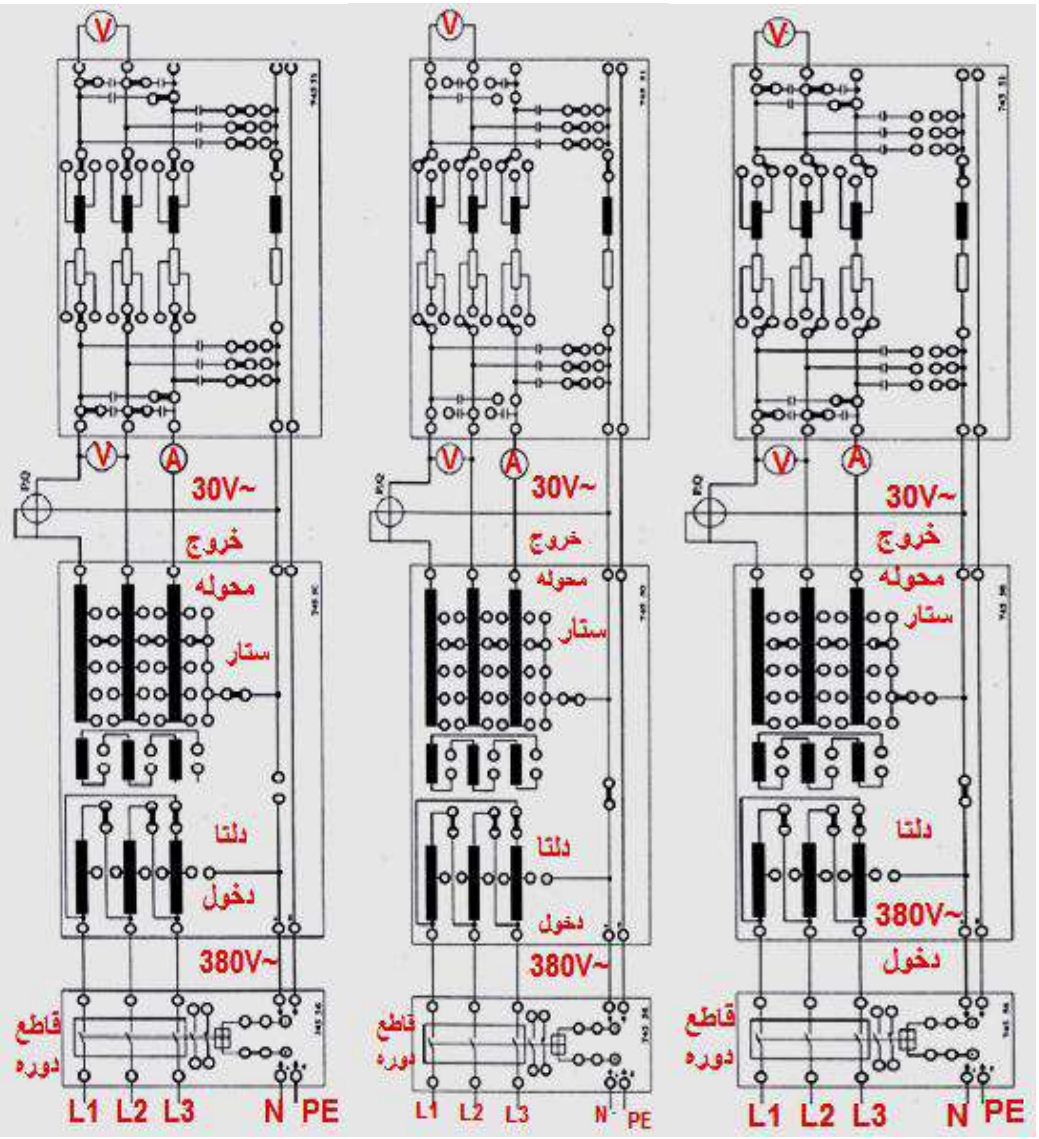
يتمتع جهاز قياس معامل القدرة الموضح في الشكل (2-59) بالمواصفات الفنية التالية:

- الجهاز يعمل ويوصل كما في جهاز قياس القدرة .
- الجهاز يقيس معامل قدرة الحمل cos Ø ، والزاوية Ø وكذلك يحدد نوع الحمل (مادي أو حثي أو سعوي) .
- لكي تكون قيم القراءات صحيحة لابد أن يكون كُل من الجهد والتيار جيبياً Sinsoidal .
- الجهاز يغذى بمصدر جهد متناوب ~220v .

خطوات العمل والنقاط الحاكمة والرسومات التوضيحية:

أولا - دراسة خطوط النقل ذات الجهد العالي في حالة اللاحمل (NO LOAD):

1. أرتد بدلة العمل المناسبة مع كافة لوازم الوقاية من الصدمة الكهربائية (كفوف ، أحذية).
2. وصل خط النقل طولة 144Km مع الدائرة .
3. وصل الملف الأبتدائي للمحول دلتا والجهد الثانوي على UN - 10% .
4. وصل أجهزة القياس (الفولتميتر ، الأميتر ، الواطميتر ، معامل القدرة) كما في الشكل (60-2) بالتتابع c ، b ، a (للأطلاع فقط) .



الشكل (60-2) توصيل دائرة خطوط النقل بالأطوال a. 360Km b. 144Km c. 216Km

5. غذي الدائرة عبر قاطع القدرة CB بجهد 380V~/50Hz 3ph (L3,L2,L1).

6. سجل قراءة اجهزة القياس .

7. أعد قراءة الأجهزة بعد أستبدال خط النقل السابق بخط 216Km كما في الشكل (60-4).

8. كرر العملية كما في الخطوة 7 في حالة طول خط النقل 360Km كما في الشكل (60-4).

9. أملى الجدول (11-2).

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 $(V_s - V_r / V_r)\times 100\%$			

الجدول (11-2) قيم قراءات أجهزة القياس لدائرة خطوط نقل الجهد العالي المختبرية بدون حمل

10. أرسم العلاقة بين المسافة وجهد الأستقبال والعلاقة بين المسافة والتيار المنقول.

11. هل أن خطوط النقل النموذجية تتطلب قدرة حقيقية في حالة عدم وجود حمل .

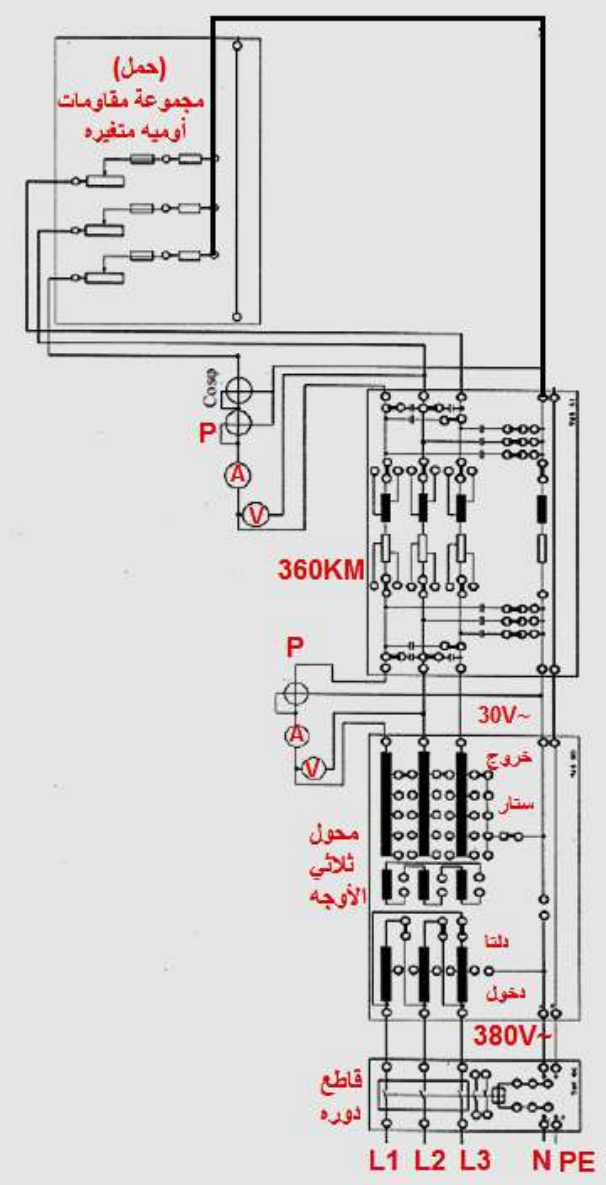
ثانيا- دراسة خطوط النقل ذات الجهد العالي في حالة التحميل بحمل مادي (RESISTANCE LOAD):

12. أرتد بدلة العمل المناسبة مع لوازم الوقاية كافة من الصدمة الكهربائية (كفوف ، أحذية).

13. وصل خط النقل طوله 360Km مع الدائرة .

14. وصل الملف الأبتدائي للمحول دلتا والجهد الثانوي على UN - 5% .

15. وصل أجهزة القياس (الفولتميتر ، الأميتر ، الواطميتر ، معامل القدرة) كما في الشكل (61-2) (للأطلاع فقط).



الشكل (2-61) توصيل خطوط نقل الطاقة المختبري بطول 360Km الى حمل مادي

16. غذي دائرة خطوط النقل بحمل مادي بجهد تغذية 380v~/50Hz عبرقاطع القدرة CB.

17. قلل قيمة المقاومة أبتداءا من 100% حتى 10% كما في الجدول (2-12) مسجلا قراءة الأجهزة علما أنه يرمز الرمز S : لجهد الأرسال sending ويرمز r : لجهد الأستقبال receiving .

R%	V_s(V)	I_s(A)	P_s(W)	Q_s(VAR)	V_r(V)	I_r(A)	cosφ_r	P_r(W)
100								
90								
80								
70								
60								
50								
40								
30								
20								
10								

الجدول (2-12) قيم قراءات أجهزة القياس في حالة الحمل المادي

18.أرسم العلاقة بين تيار الأستقبال i_r على المحور الأفقي وجهد الأستقبال v_r على المحور الرأسي ،مانوع العلاقة .

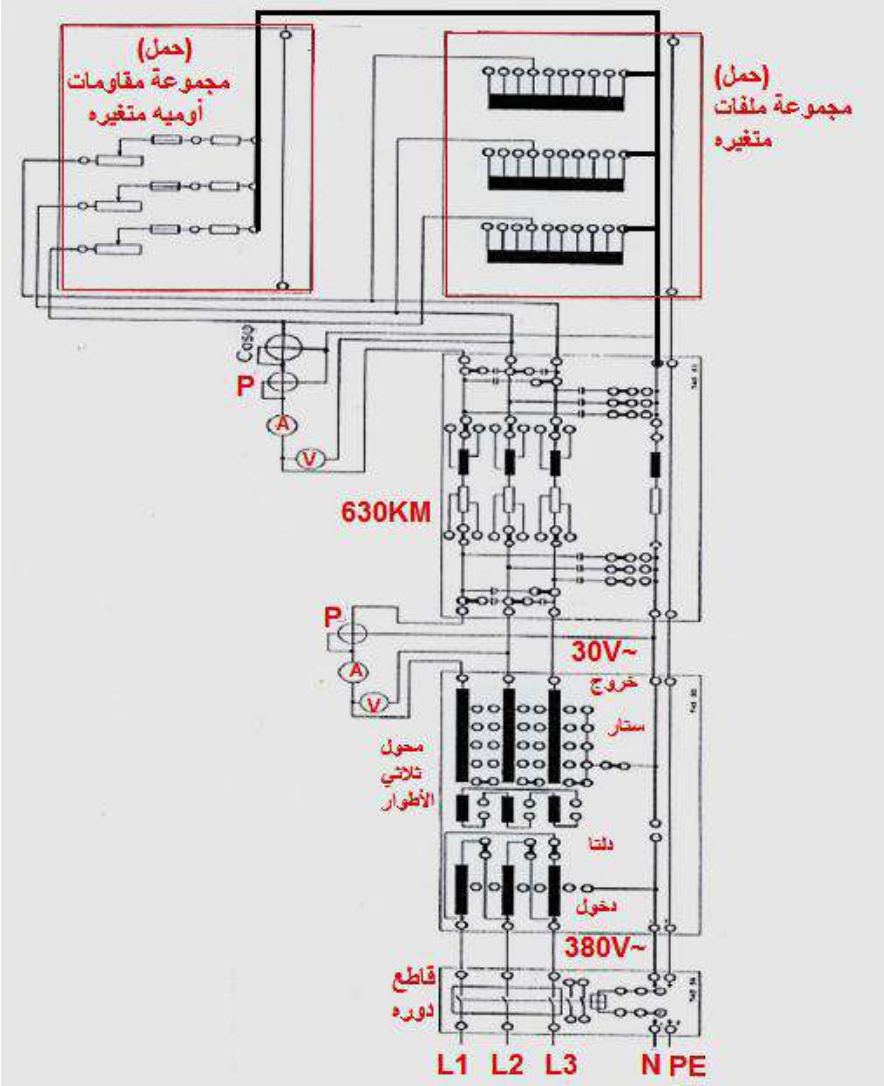
19.أحسب كفاءة الخط ومعامل التنظيم ، ثم أحسب p_r من القانون $p_r=v_r\, i_r \cos \emptyset$ ومقارنة النتيجة ب p_r المقاسة ،لاحظ أن القيمة المقاسة هي لوجه واحد ولقياس القدرة لثلاثة أطوار أضرب القيمة السابقة × 3 وسجل النتائج في الجدول (2-13) .

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

الجدول (2-13) مقدار كفاءة الخط الناقل ومعامل التنظيم والقدرة المستقبلة

ثالثاـ دراسة خطوط النقل ذات الجهد العالي في حالة التحميل بحمل حثي (inductive- load):

20. أعد الخطوات 12 ،13، 14 أما الخطوة 15 فنصل أجهزة القياس فضلاً عن جهاز قياس القدرة الفعالة وكما في الشكل (62-2) (للأطلاع فقط) .



الشكل (62-2) توصيل دائرة خطوط نقل الطاقة المختبري بطول 360Km الى حمل مادي ـ حثي

21. ضع الحمل الحثي في البداية على قيمة 1.2H مع تغيير المقاومة أبتداءا من 100% مع ملئ الجدول (14-2) .

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)	cosφ_r
100								
80								
60								
40								

الجدول (2-14) قراءات أجهزة القياس المختلفة لحمل حثي في دائرة خطوط النقل

22. كرر ملئ نفس الجدول (2-14) عندما يكون قيمة حث الملفات 1H .

23. ضع حملاً حثياً فقط (بدون حمل مادي) ثم كررالقراءات لأجهزة القياس وأكمل الجدول (2-15) .

L(H)	V_s(V)	I_s (A)	P_s (W)	Q_s(VAR)	V_r(V)	I_r(A)	P_r(W)	cosφ_r
1.2								
1								
0.8								

الجدول (2-15) قراءات أجهزة القياس في حالة الحمل الحثي فقط لدائرة خطوط النقل 360Km

24. أرسم العلاقة بين v_r، i_r عند التحميل بحمل مادي – حثي وهل الحمل الحثي بمفرده يستهلك قدرة فعالة .

25. أحسب p_r للطور الواحد من القانون $p_r=v_r. i_r. \cos\theta$ ومقارنة النتيجة ب p_r المقاسة ثم أحسب كفاءة الخط ومعامل التنظيم .

التمرين العملي رقم (6)

أسم التمرين: توصيل خَطي نقل الطاقة على التوازي Parallel connection of the line.

مكان العمل : ورشة الكهرباء .

الزمن : 3 ساعة.

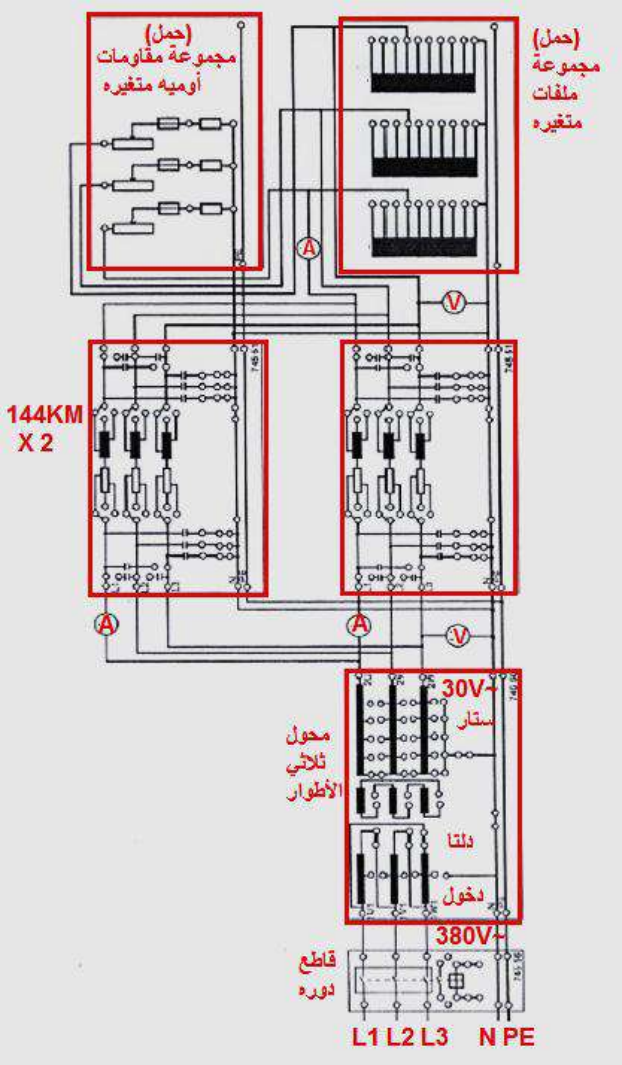
الأهداف التعليمية: بعد أداء التمرين يكتسب الطالب مهارة لمعرفة :

- **قياس التيار عند الأرسال والأستقبال في أثناء توصيل خطين على التوازي .**
- **تأثير أزالة أحد الخطين .**
- **تأثير التحميل نوع مادي – حثي .**
- **تأثير أزالة أحد خطوط النقل المتوازية على التيار والجهد .**

التسهيلات التعليمية : مصدر جهد ثلاثة أطوار 380v~/50Hz ، قاطع دائرة قدرة CB ، محول ثلاثة أطوار خافض ~30V -~380V ، نموذج خط نقل ، جهاز فولتميتر عدد 2 ،جهاز أميتر عدد 3 ، جهاز قياس القدرة (الفعالة وغير الفعالة) ،جهاز قياس معامل القدرة، حمل مادي ، حمل حثي ، حمل سعوي ، أسلاك توصيل مختلفة الأطوال وجسور توصيل .

خطوات العمل والنقاط الحاكمة :

1. **أرتد بدلة العمل المناسبة مع لوازم الوقاية كافة من الصدمة الكهربائية (كفوف ، أحذية).**
2. **وصل دائرة خطوط نقل الطاقة بطول 144Km المختبرية كما في الشكل (2-63) (للأطلاع فقط).**



الشكل (2-63) توصيل خطي نقل قدرة على التوازي وقياس متغيرات دائرتها

3. وصل الملف الأبتدائي للمحول دلتا والجهد الثانوي على UN - 5% .

4. وصل الحمل الحثي على 0.6H .

5. غذي الدائره بجهد 380V~/50HZ 3ph عن طريق قاطع الدورة CB .

6. غير من قيمة الحمل حتى يصل تيار الحمل I=1.5A .

7. سجل قراءة الأجهزه كما في الجدول (2-16) .

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				

الجدول (2-16) قراءات أجهزة القياس لدائرة توصيل خطي قدرة على التوازي

8. أفصل الخط الثاني بصورة مؤقتة وأعد القياسات السابقة وأملأ الجدول (2-17).

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			

الجدول (2-17) قراءات أجهزة القياس في حالة فصل أحد خطوط النقل المتوازية

9. كرر الخطوات من 2- 8 بأستخدام دائرة خطوط نقل الطاقة بطول 360Km مبينا الفائدة من توصيل خط نقل أو أكثر على التوازي .

التمرين العملي رقم (7)

أسم التمرين : تمديد الكيبلات الأرضيه ضغط عال 11kv (Underground distribution lines) الناقلة للقدرة بأستخدام نظام القنواتduct bank وصناديق التفتيش Manhole .

مكان العمل: مشاهد في موقع تمديد كيبلات أرضية.

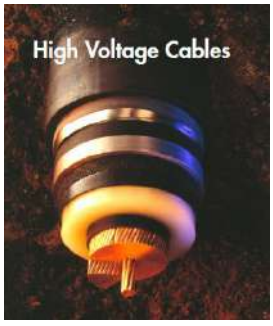
الزمن: 5 ساعة.

الأهداف التعليمية : يجب على الطالب بعد الأنتهاء من المشاهدة معرفة :

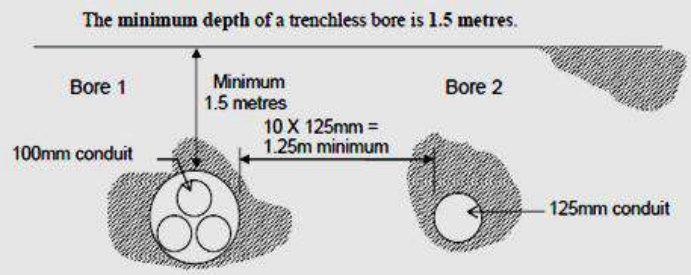
1. **أختيار المكان المناسب لتمديد الكيبلات الأرضية ضغط عال 11kv .**
2. **قياس أبعاد صندوق التفتيش (manhole) وتحديده والمسافة بين صندوقين على نفس المسار .**
3. **كيفية تنفيذ شروط الأمان وحساب معاملات الكيبلات الأرضية ضغط عال.**
4. **كيفية تقليل تأثير المجالات المغناطيسية لأدنى حد .**

المعلومات النظرية:

تنقل القدرة لمسافات طويلة بجهود عالية جدا داخل المدن أيضا بطريقة تمديد الكيبلات الأرضية بدلا عن الموصلات الهوائية على شكل شبكة أرضية من الكيبلات تمدد بنظام يحدده تصميم المدينة أو المنشأة الصناعية لتلافي الحوادث التي قد تحصل من أصطدام بينها وبين المباني المستقبلية أو بينها وبين خطوط نقل قدرة أخرى أوبين شبكة المياه أو المجاري لذا تترك على الأقل 6ft بينها وبين أي خط خدمي (ماء أومجاري) ما عدا نقطة التقاطع يترك قدم واحد للضرورة ، يتم تمديد الكيبلات الأرضية بالدفن المباشر في الأرض أو داخل قنوات أو أنابيب كونكريتية أو بلاستيكية أوخندق مهيأ خصيصا لها تحت الأرض ، أما الطريقه البسيطة في تمديد الكيبلات الأرضية هي طريقة الدفن المباشر تحت الأرض إذ يشترط أن تكون الكيبلات من النوع المسلح وكما في الشكل(64-2) و (65-2) على أن يكون أدنى عمق للدفن 1.5m وبينه وبين أي كيبل آخر أفقيا مسافة 1.25m والشكل يوضح كيبل XLPE ضغط عال.

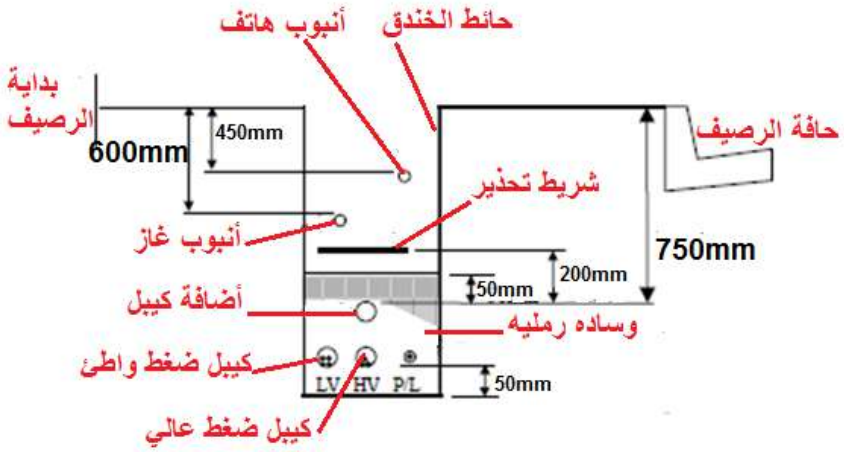


الشكل (64-2) كيبل XLPE ضغط عال



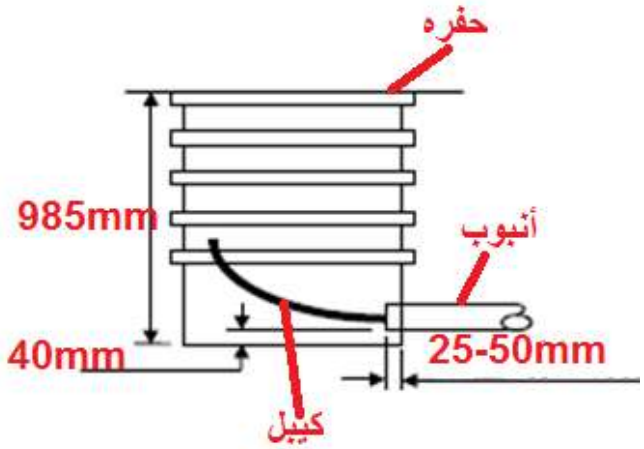
الشكل (2-65) طريقة دفن الكيبلات الأرضية بشكل مباشر

أو تستخدم طريقة حفر خنادق تحت سطح الأرض (COMMON SERVICE TRENCH) بعمق 1000mm وعرض 600mm وقد يصل الى 1200mm أعتمادا على نوع التربة وضغط أقدام الأشخاص أو المركبات عليه ذو قالب كونكريتي يحوي على رمل تدفن فيه كيبلات الجهد العالي والمتوسط ويقع الخندق قريباً من حافة الرصيف ووسط الرصيف ويشار اليه بدلالة بحسب المواصفات الفنية ETSA وهذه الطريقة تجنب الكيبلات المدفونة تحت الأرض ضغط الشاحنات وغيرها ويوضع شريط دلالة تحذيري فوق الكيبلات بمسافة 20cm للتنبيه في أثناء عمليات الحفر والصيانة والشكل (2-66) يبين هذه الطريقة في تمديد الكيبلات الأرضية .



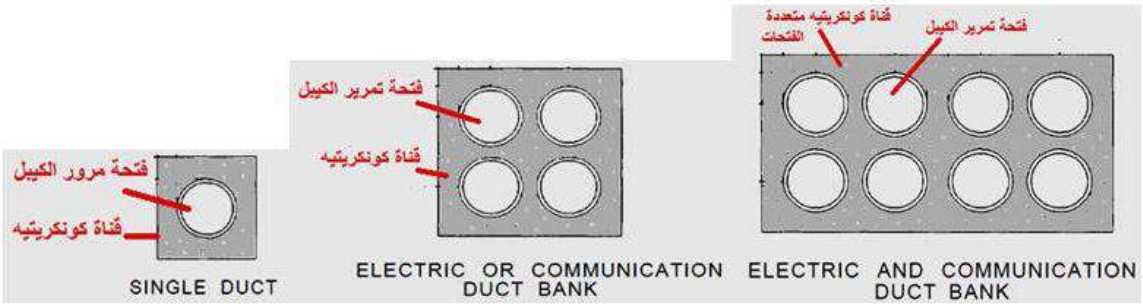
الشكل (2-66) طريقة تمديد الكيبلات الأرضية جهد عالي داخل خندق وسط الرصيف

وتستخدم طريقة الحفرة pit في تغذية أحد الأعمدة وتكون بعمق 1000mm تقريبا ويدخل الأنبوب بمسافة 25mm -50mm داخلها وعلى أرتفاع 40mm من أرضيتها وكما في الشكل (2-67).



الشكل (2-67) طريقة تمديد الكيبلات الأرضية الى حفرة لتغذية عمود كهربائي

طريقة التمديد بأستخدام القنوات الكونكريتية أو الأنابيب البلاستيكية أو الصلب المغلفة ب pvcأما القنوات الكونكريتية المستخدمة في تمرير وتمديد الكيبلات الأرضية خلالها فهي متوافرة بطول 200ft لأمكانية تغيير مسارها داخل الأرض فمنها مفرد الفتحه أو متعدد الفتحات دائرية وبحسب الطلب وكما في الشكل (2-68) .



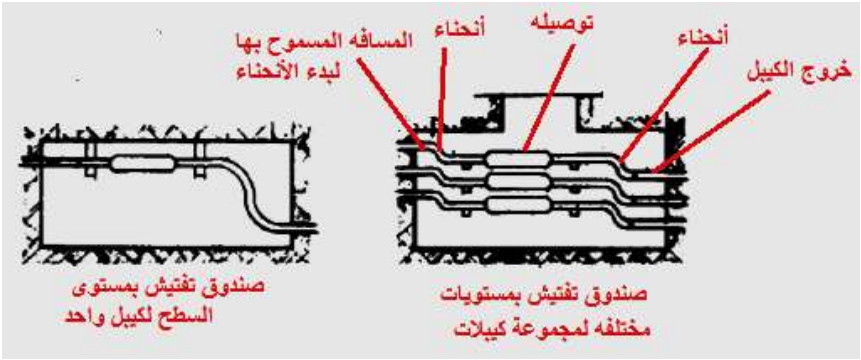
الشكل (2-68) قنوات كونكريتية مفردة ومتعددة الفتحات

أما القنوات البلاستيكية فيشترط تحملها لأرتفاع درجة حرارة الكيبل والموصلات فيها تكون من النحاس أو الالمنيوم بحجم 4AWG أوأكثر وكما في الشكل (2-69) .

الشكل (2-69) تمديد الكيبلات المفردة داخل انابيب بلاستيكية

تجتمع القنوات أو الأنابيب في صناديق أو نقطة تفتيش تسمى (مين هول) (manhole) على شكل شبه مكعب من الكونكريت الأسمنتي عمقه 6ft وطول ضلع قاعدته 4ft تحت الأرض له غطاء تفتيش عند سطح الأرض يعتمد موقعه على التصميم الجيوليجي وقاية من ضغط الشاحنات والفتحة العلوية دائرية بقطر 30inch من حديد الزهر أومن الكونكريت المسلح مصمم بشكل يضمن عدم الكسر ليسمح بأداء الصيانة وفحص التمديد بحسب نظام NESC وتصميم المدينة .

يتم أختيارموقع صندوق التفتيش (المين هول) (manhole) في تقاطع الشوارع فهو مناسب لدخول الأنابيب أو القنوات بشكل مستقيم وبزاوية حادة كي يسمح بدخول الكيبل وأنحنائه داخل صندوق التفتيش وخروجه بخط مستقيم مرة أخرى وأقل أنحناء يساوي 12 مرة مجموع أقطارالكيبلات والشكل (2-70) يبين صندوق التفتيش وتمديد الكيبلات داخله .



الشكل (2-70) صندوق تفتيش يحوي التقاء تمديدات لكيبلات أرضية مسلحة له فوهة

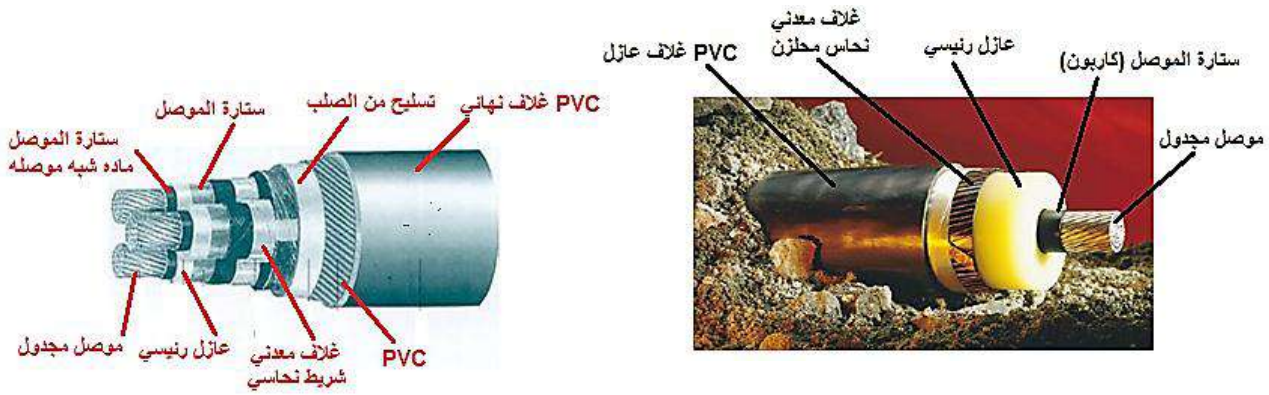
يجهز الصندوق بمضخة لسحب المياه عند أمتلائه بالماء وسلم ثابت أو متحرك أما الأحتياجات الكهربائية فلا توضع داخل الصندوق (manhole) .

أن تكلفة عزل الكيبلات الأرضية تكون عالية مقارنة بالموصلات الهوائية التي تكون مكشوفة والهواء هو العازل بينما الكيبلات الأرضية فيتم عزلها بمواد عالية التكلفة وتغلف بغلاف ستيل لحماية العازل من تأثير التربه وتوفير الحماية الميكانيكية للكيبل لذا فأن كلفة تمديد الكيبلات الأرضية تساوي 10 أضعاف كلفة التمديد بالموصلات الهوائية ،أضافة للعامل الأقتصادي فأن هناك الجهد العالي الذي يحد من أستخدام الكيبلات الأرضية ولمسافات طويلة حيث تكون السعه المتولدة بين الموصلات أكبر من المحاثة ويكون تيار الشحن كبير جدا مما يسبب أرتفاعا كبيرا في الحرارة ،إلا أن الكيبلات الأرضية تتميز بأنها أكثر أمانا للأفراد وأقل عرضة للكوارث الطبيعية مثل البرق والرياح والطيور والتلوث والثلوج .

أنواع الكيبلات الأرضية: يمكن تصنيف الكيبلات الأرضية بحسب عدد موصلاتها الى:

1. كيبل ذو قلب واحد single core cable .
2. كيبل متعدد القلوب multi core cable .

والشكل (71-2) يبين تركيب كيبل من نوع XLPE (A) مفرد ، (B) متعدد .



(B) (A)

الشكل (71-2) أنواع من الكيبلات الأرضيه أحادية ومتعددة القلوب

والمفاضلة بين الكيبل المفرد والمتعدد يخضع لعوامل أقتصادية وتقنية في حين أن الكيبل المتعدد أقل كلفة من المفرد في التمديد لكن الكيبل المفرد له مرونة أفضل وسهولة في التركيب والتوصيل ويفضل أستخدامه داخل المباني نظرا لقابليته على الأنحناءات المتعددة وسهولة عمل التفرعات والتوصيلات .

أوتصنف الكيبلات الأرضية تبعا لنوع المادة العازلة الى:

1. **كيبل عازل ورقي Paper insulation cable أو الورقي المشبع بالزيت أوالغاز: يعمل بنطاق جهد عال مابين 750KV–66KV وكما في الشكل (72-2) .**

الشكل (72-2) كيبل ذو عازل ورقي مشبع بالزيت مسلح

كيبلات العوازل البوليمرية Polymer insulated cable : تكون مادة العزل فيها من الصناعات البتروكيمياوية مثل pvc والبولي أثيلين التشابكي XLPE والمطاط وEPRومطاط البيتيل PR وتتراوح الجهود العالية التي تعمل عليها تلك الكيبلات مابين 275KV–3.3KV .

أو تصنف الكيبلات الأرضية تبعا لمستوى الجهد الى:

1. **كيبلات الجهد العالي والفائق High voltage cables .**
2. **كيبلات الجهد المتوسط Medium voltage cable .**
3. **كيبلات الجهد الواطئ Low voltage cable .**

أو تصنف الكيبلات الأرضية تبعا لأستخدامها الى:

1. **كيبلات النقل والتوزيع من 275KV–11KV .**
2. **كيبلات المنشآت الصناعية العامة من 33KV–11KV .**
3. **كيبلات التمديدات الكهربائية جهد منخفض الى 1000V .**
4. **كيبلات المصانع الكيميائية والبتروكيميائية .**
5. **الكيبلات البحرية .**

معاملات الكيبل وأنواع المشكلات التي قد تحصل للكيبلات الأرضية:

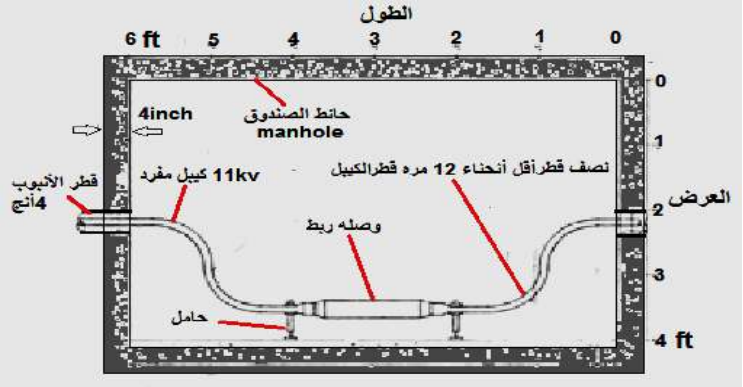
لمعرفة كفاءة الكيبل يلزم حساب معاملاته والتي تشمل:

(*مقاومة الموصل * مقاومة العازل *المحاثة * السعة) إذ تحدد هذه المعاملات مقدار الفقد في القدرة المنقولة ومقدار الهبوط في الجهد وتيار الشحن للكيبل . ان كفاءة الكيبل تحدده السعة الأمبيرية والفقد فيها يتحول الى حراره تؤدي الى تسخين الكيبل وبالتالي زيادة مقاومته وأرتفاع الحرارة يجب أن لا يتعدى الحدود المسموحه لعازل الكيبل ولحساب الهبوط فـــي الجهد تضرب معاوقــة الكيبل (حثي ،سعوي،مادي) × التيار المار فيه ومعظم هذه المعاملات يمكن الحصول عليها من النشرات الفنية التي تصدرها الشركات المنتجة للكيبلات ، أما أنواع المشكلات التي قد تحدث للكيبلات الأرضية فهي :

1. **تلف الموصل ويشمل القصر بين موصلين أو التسريب أو القطع بسبب أعمال الحفر لذا يتم الحذر من ذلك بأستخدام أجهزة كشف وتحديد مسار الكيبل قبل بدء الحفر أودفن شريط تحذير بلون أصفر بحوالي 20cm فوق الكيبل .**
2. **تلف العازل ويشمل أما تعرض العازل لأجهادات كهربائية أكبر من تحمله وتتسبب بفقد خاصيته أو تلفه بسبب أرتفاع درجة حرارته ناتجة من زيادة الأحمال أو حدوث قصر بين الموصلات أو تقادم عمر الكيبل .**
3. **الفيض أو المجالات المغناطيسية المتولدة نتيجة مرور التيار ويمكن تقليلها الى أدنى حد بزيادة المسافة بين الموصلات للكيبلات المفردة .**

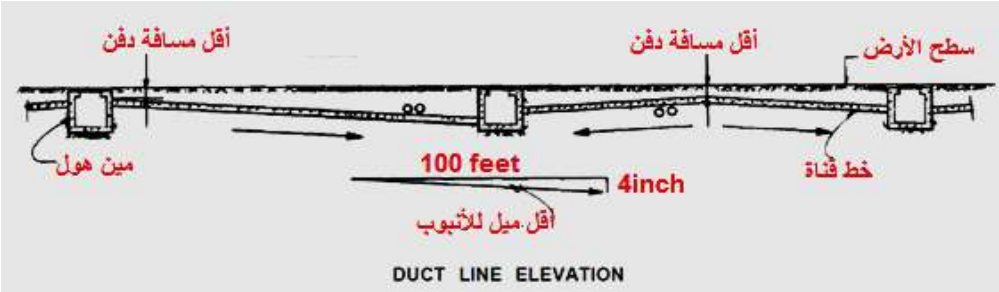
خطوات العمل والمشاهدة:

1. **شاهد تحديد مسار مرور الكيبلات الأرضية بنظام القنوات على أن يكون يمين الطريق وسط الرصيف**
2. **شاهد عملية حفر مكان صندوقي تفتيش متتاليين المسافة بينهما 100ft ،عمق الحفرة لكل صندوق 6ft بطول 6ft وعرض 4ft من الكونكريت الأسمنتي سمك حائطه 4inch وسمك غطائه الأسمنتي العلوي وأرضيته 8inch بفتحة دائرية للغطاء العلوي ذات غطاء من حديد الزهر قطرها 30inch ، يحوي فتحات دخول الأنابيب أو القنوات على أن تكون مستوى الفتحات بزاوية تعطي سماحية أنحناء كافٍ لكل كيبل داخل المين هول بمقدارنصف قطر دائرة تعادل 12 مرة مجموع أقطار الكيبلات الداخلة وبفتحة دخول وخروج كيبل مفرد لا يقل قطرها عن 4inch وكما موضح في الشكل (73-2).**



الشكل (2-73) منظر علوي لصندوق تفتيش (manhole) ذوحائط كونكريتي

3. شاهد حفر المجرى الحاوي على القنوات بموجب نظام NEC بين صندوقي التفتيش على أن يكون مستوى الحفر مائل بدرجة تحقق تصريف مياه الأمطار كما في الشكل (2-74).

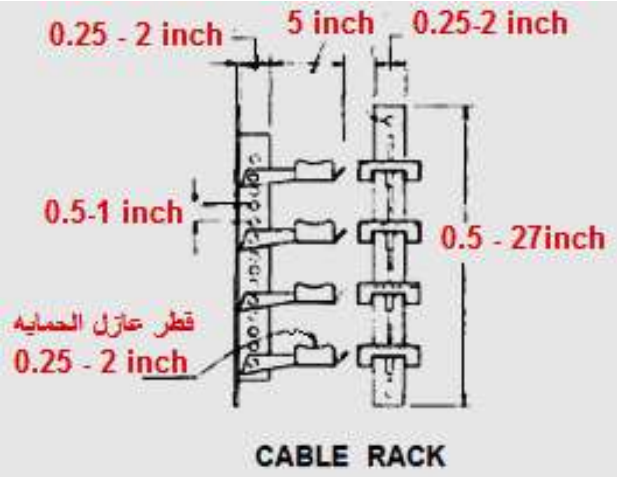


الشكل (2-74) نظام تمديد القنوات بين صندوقي تفتيش

4. لاحظ الفتحات الدائرية على سطح الأرض والتي تغطى بغطاء من حديد الزهر أوالكونكريت قطره 30inch ، هل من الممكن أستبدالها بأغطية مربعة ولماذا ؟

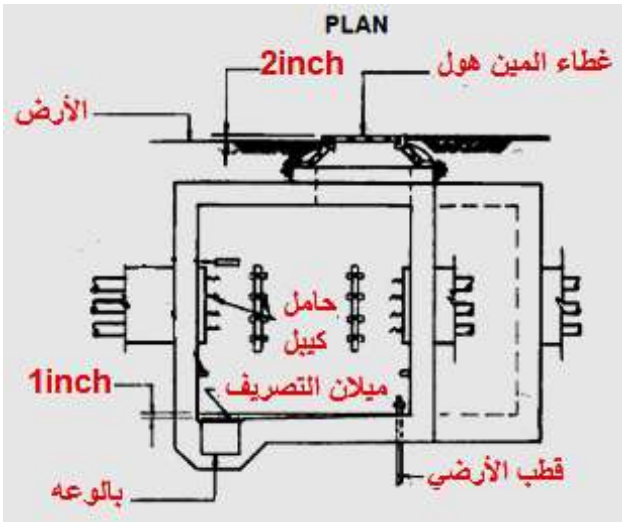
5. لاحظ ترك سماحية فراغ في كل أنبوب بحدود 25% من حجم الكيبلات .

6. لاحظ تثبيت وتعليق نقاط ربط الكيبلات داخل المين الهول وأن تبتعد 2ft عن بعضها وربطها في حائط المين هول وكما في الشكل (2-75) .



الشكل (2-75) تثبيت وتعليق حوامل الكيبلات الأرضية داخل المين هول

7. أنشى قطباً أرضياً (earth rod) في أحد أركان أرضية المين هول للتخلص أو التقليل من كمية الشحنات المتولدة نتيجة الفيض المغناطيسي ووصله بأغلفة الصلب للكيبلات وكما في الشكل (2-76).



الشكل (2-76) أنشاء قطب الأرضي في أرضية المين هول

8. أكتب تقريراً شاملاً لخطوات المشاهدة وملاحظاتك حول عملية التمديد للكيبلات الأرضية .

أسئلة الفصل الثاني

1. كيف يتم نقل الطاقة الكهربائية بنظام نقل القدرة المتناوب HVAC ؟ وما مميزاته؟
2. أذكر قيم الجهود القياسية لنقل القدرة الكهربائية في العراق موضحا العلاقة بينها وبين مسافة النقل؟
3. عدد عناصر خطوط نقل القدرة الكهربائيه خارج المدن ؟
4. ما مميزات أبراج نقل القدرة الكهربائية ؟
5. لماذا يستخدم برج نوع شد بين كل 4-10 أبراج نوع تعليق في نظام نقل القدرة الكهربائية ؟
6. عدد شروط أختيار شكل ونوع برج الضغط العالي ؟
7. أذكر الأحمال والأجهادات الميكانيكية المؤثرة على برج نقل القدرة الكهربائية ؟
8. وضح بتخطيط مبسط الفرق بين أسناد أحد الأرجل لبرج نقل القدرة الكهربائية في حالة التربة الطينية وفي حالة التربة الصخرية ؟
9. بِمَ تتصف الموصلات الهوائية المستخدمة في نقل القدرة الكهربائية خارج المدن ؟
10. ما أهمية تأريض برج نقل القدرة الكهربائية ؟
11. كيف يتم تصنيف خطوط النقل تبعا لطول خط القدرة الكهربائية الناقل ؟
12. ما العوامل المحددة لحجم الموصل الناقل للقدرة الكهربائية ؟
13. عرف التسميات الاتية (الشد ، الأرتخاء ، خطوة البرج ، وزن الموصل) ؟
14. كيف تتم الوقاية من الصواعق التي قد تسبب ضررا كبيرا في نظام نقل القدرة الكهربائية؟
15. أعطي مثالا لسماحية عبور خطوط نقل القدرة الكهربائية بالأرقام لجهد نقل 400KV فوق خطوط سكك حديد ، خطوط هاتف ، خطوط أخرى للجهد العالي ؟
16. أذكر المواصفات الفنية للعوازل المستخدمة في حمل وتعليق خطوط نقل القدرة الكهربائية ؟
17. بِمَ تمتاز عوازل التعليق المستخدمة في حمل خطوط نقل القدرة الكهربائية ؟
18. أحسب هبوط الجهد المتوقع لخط نقل القدرة الكهربائية ذو الجهد القياسي 400KV ولمسافة نقل 600Km على فرض أن مقاومة طول الناقل لكل ميل تساوي 0.03Ω لتمديد دائرة مفردة، وما مقدار الجهد العالي الحقيقي الذي من المفروض أن يتم توليده من محطة التوليد والنقل للتغلب على مشكلة الهبوط في الجهد ؟

19.ما تأثير السعات الجهدية المتولدة في عوازل أبراج نقل القدرة الكهربائية على مفاعلة الخط وقدرة النقل ؟

20.أذكر اسباب انهيار عوازل خطوط نقل القدرة الهوائية خارج المدن ؟

21.كيف تتم معرفة صلاحية وسلامة عوازل الجهد العالي مختبريا ؟

22.في أي حالة يستخدم الفحص والقياس بالجهود النبضية العالية لعناصرنظام نقل القدرة الكهربائية؟ أرسم دائرة مولد نبضة مفردة ؟

23.وضح بالرسم دائرة قياس الجهد العالي المستمر،وهل بالأمكان أستعمال دائرة كوكروفت في فحص عازلية الكيبلات الكهربائية جهد واطئ ؟

24.أرسم العلاقة بين مسافة نقل القدرة الكهربائية و(جهد الأستقبال ، التيار المنقول) لخط نقل بطول 360Km أن كان الحمل لدائرة النقل مقاومة مادية فقط ؟

25.لماذا يوصل خطي نقل قدرة على التوازي ؟

26.عدد المشكلات والأعطال التي قد تحدث للكيبلات الأرضية جهد عال داخل المدن ؟

27.أذكر مميزات تمديد الكيبلات الأرضية الناقلة للقدرة بجهد عال وطرقها ومساوؤها ؟

الفصل الثالث

مولدات محطات الطاقة الكهربائية

التمرين العملي رقم (1)

أسم التمرين: توصيل مولد تيار متناوب تزامني (توافقي) ثلاثة أطوار على التوازي مع الشبكة الكهربائية

مكان تنفيذ التمرين: ورشة الكهرباء .

الزمن: 3 ساعة.

الأهداف التعليمية : بعد الأنتهاء من تنفيذ التمرين يكتسب الطالب معرفة :

1. **إجراء عملية التزامن لتوصيل مولد تزامني ثلاث أطوار مع الشبكة الكهربائية أو مولد بقدرة أعلى .**
2. **إجراء القياسات اللازمة قبل توصيل المولد مع الشبكة توافقيا وكيفية ضبط جهد وتردد المولد التزامني .**

المعلومات النظرية:

عندما يزداد الحمل على مولد الشبكة بمقدار أكبر من قدرة المولد نفسه ففي هذه الحالة يلزم تشغيل مولد آخر يوصل مع مولد الشبكة على التوازي يعمل على رفع القدرة الكلية والتي ستساوي مجموع قدرة المولدتين معا على أن تتحقق الشروط الأتية قبل التوصيل :

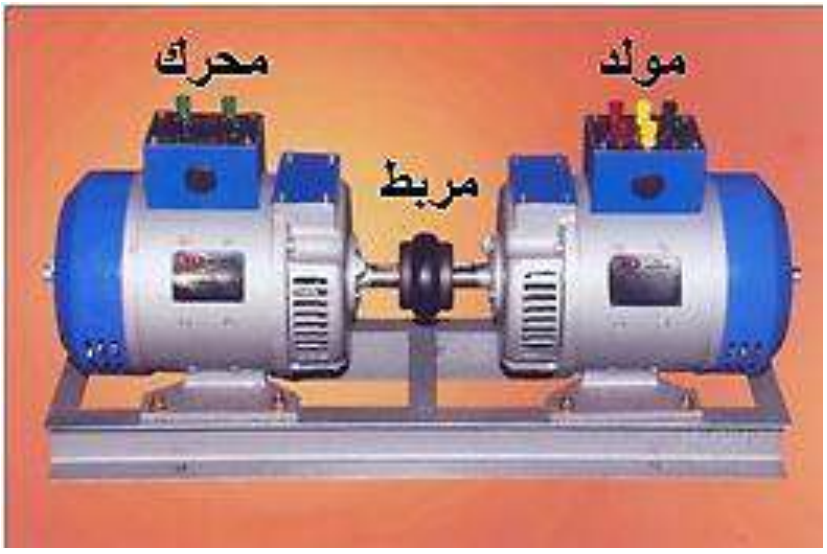
- **تساوي القوة الدافعة الكهربائية (الجهد الكهربائي) للمولد مع مولد الشبكة .**
- **تساوي تردد المولد مع تردد الشبكة .**
- **تساوي التتابع الطوري للمولد والشبكة .**
- **أنطباق زاوية أطوار المولد على زاوية أطوار الشبكة .**

التسهيلات التعليمية (مواد ،أجهزة ،أدوات):

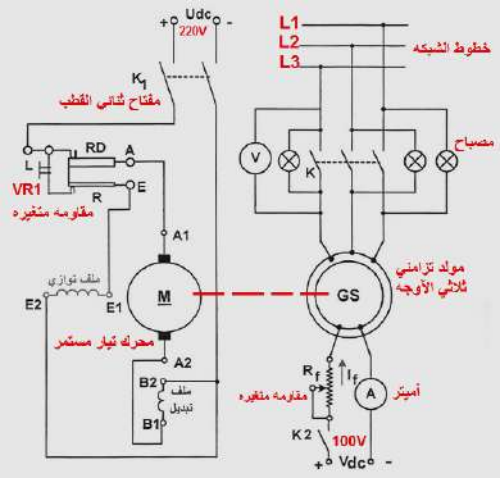
محرك تيار مستمر متوازي الأثارة 220v/ 3.5kw ، مولد تزامني ثلاثي الاطوار ، مربط مفصلي ميكانيكي بين المحرك والمولد ، قاطع دورة 3ph/5A عدد 2 ، مفتاح يدوي SPST ،مفتاح يدوي DPST ، مفتاح يدوي ثلاثي القطبية ، مقاومة متغيرة سلكية 50W/50Ω عدد 2 ، جهاز قياس سرعة دورانية Tacho جهاز قياس أفوميتر عدد 3 ، جهاز قياس تيار كلامبميتر ، جهاز قياس القدرة 0-3KW ، جهاز قياس معامل القدرة ، جهاز قياس تردد ، جهاز فحص التزامن ، دائرة توحيد 400V/ 50A ، ثلاثة مصابيح 440V/60W ، أسلاك توصيل نحاسية ، كتر كهربائي ، بلايس ، درنفيس فحص ، مرابط حجم ملم^2.

خطوات العمل والنقاط الحاكمة والرسومات التوضيحية:

1. **إرتد بدلة العمل مع لوازم الحماية من الصدمة الكهربائية .**
2. **وصل المحرك بدائرة التحكم بسرعته والمولد بدائرة التحكم بجهده (ملفاته الثلاث توصيل ستار) والى الشبكة الكهربائية والجزء الدوار الى جهد مستمر كما في الشكل (2-3) مع تعشيق المحرك المستمر مع المولد بمربط ميكانيكي coupling كما في الشكل (1-3) .**



الشكل (1-3) ربط المحرك مع المولد ميكانيكيا بمربط



الشكل (2-3) دائرة تحقيق تزامن بين مولد تزامني والشبكة الكهربائية

3. تأكد من أن جميع المفاتيح K,K1,K2 في وضع OFF .

4. سجل بيانات اللوحة الأسمية لكل من المحرك والمولد .

5. أغلق المفتاح K1 والمقاومة المتغيرة المتوالية معه بأقصى قيمة لها .

أضبط سرعة المحرك المستمر بتقليل قيمة المقاومة المتغيرة المتوالية معه تدريجيا لتحصل على التردد 50HZ من المولد بحسب القانون: $F=\frac{np}{60}$ **HZ**

مقيساً السرعة بواسطة جهاز قياس السرعة Tacho على أن تجهز جهد مستمر مقداره 100v عن طريق المفتاح K2 والتحكم بمقدارالتيار بواسطة المقاومة المتغيرة RF الى الجزء الدوار للمولد التزامني للحصول على الجهد المطلوب المساوي لجهد الشبكة .

6. قِس قيمة الجهد بواسطة جهاز الأفوميتر بين خط الشبكة وخط المولد .

7. قس مقدار التردد لدائرة المولد والشبكة الوطنية بواسطة جهاز قياس التردد .

8. لاحظ أضاءة المصابيح الثلاث إذ يجب أن تكون مطفأة لتحقيق التزامن وعندها تنطبق زاوية أطوار المولد على زاوية أطوار الشبكة .

9. المصابيح الثلاثة تضي في البداية وتنطفئ معا وعكس هذا يعني أن زوايا الطور بين المولد والشبكة غير متطابقة وفي هذه الحالة يجب تبديل أطوار المولد مع بعضها أو أطوار الشبكة مع بعضها او تعديل تيار الجزء الدوار للمولد المتزامن عن طريق المقاومة المتغيرة RF .

10. بعد تحقيق شروط التزامن قم بتوصيل المولد مع الشبكة عن طريق المفتاح K .

11. قس مقدار القدرة المستهلكة بواسطة جهاز قياس القدرة .

التمرين العملي رقم (2)

أسم التمرين: معرفة خواص المولد التزامني بأستخدام المنحنيات المميزة للمولد وحساب المفاعلة التزامنية لها .

مكان تنفيذ التمرين : ورشة الكهرباء .

الزمن : 3 ساعة.

الأهداف التعليمية : بعد الأنتهاء من التمرين يكتسب الطالب معرفة :

1. **إجراء أختبار عدم الحمل ورسم منحنى الدائرة المفتوحة المسمى O.C.C open circuit (Characteristic) للمولد التزامني .**
2. **إجراء أختبار القصر ورسم منحنى القصر المسمى S.C.C(short circuit characteristic) للمولد التزامني .**
3. **حساب المفاعلة التزامنية بأستخدام منحني الدائرة المفتوحة والقصر .**

المعلومات النظرية :

الآلة التزامنية هي الأكثر أستخداما لغرض تحويل الطاقة الميكانيكية الى كهربائية فهي أما تستخدم كمولد تزامني أو محرك تزامني وتسمية التزامن أو التوافق جاءت بسبب التزامن التام بين سرعة دوران المجال المغناطيسي والعضو الدوار وفي المولدات التزامنية يفضل أن تكون ملفات أنتاج الطاقة الكهربائية مركبة على الجزء الثابت بينما تكون ملفات المجال المغناطيسي مركبة على العضو الدوار وذلك لعدة أسباب أهمها:

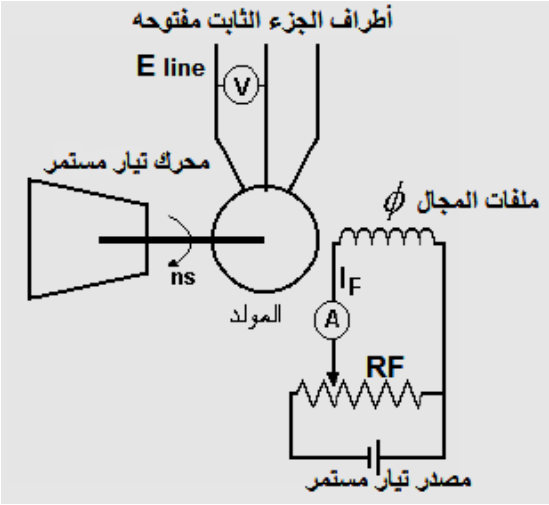
- **التيار المسحوب من الآلة كبير لذا يفضل أن يؤخذ مباشرة من ملفات الجزء الثابت للمولد وليس عن طريق حلقلت انزلاق للجزء الدوار .**
- **تقليل عدد حلقات انزلاق من 6 حلقات الى 2 فقط ذلك لتغذية الجزء الدوار بالجهد المستمروالمنتج للأثاره المغناطيسية.**
- **سهولة تبريد ملفات إنتاج الطاقة الكهربائية عندما تكون ثابتة .**
- **حماية ملفات إنتاج الطاقة الكهربائية من قوة الطرد المركزي بسبب وزنها الكبير .**

خطوات العمل والنقاط التوضيحية والرسومات :

1. أرتد بدلة العمل ولوازم الوقاية من الصدمة الكهربائية .

أولا- أختبار عدم الحمل:

2. أربط محرك التيار المستمر بالمولدة التزامنية ميكانيكيا .
3. وصل محرك التيار المستمر عبر مقاومة التحكم بسرعتة الى مصدر تيار مستمر بحدود 100V .
4. وصل التيار المستمر عبر المقاومة المتغيرة RF عبر جهاز الأميتر .
5. وصل ملفات الجزء الثابت (المنتج) على شكل نجمي ثم أترك أطرافة مفتوحة بعد توصيل جهاز الأفوميتر بين أي طرفين من الأطراف الحرة للجزء الثابت وكما في الشكل (3-3).



الشكل (3-3) دائرة أختبارعدم الحمل لمولد متزامن ثلاثي الأطوار

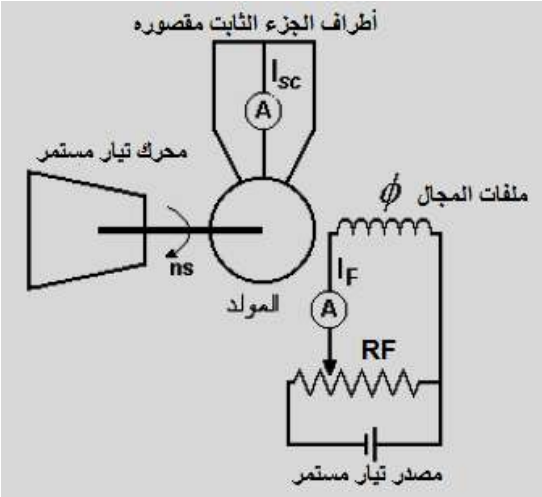
6. قم بتشغيل محرك التيار المستمر حتى تصل سرعته الى السرعة التزامنية للمولد .
7. أضبط قيمة تيار المجال = صفر ثم سجل قيمة الجهد المتولد على الأطراف المفتوحة .
8. زد قيمة تيار مجال الجزء الدوار للمولد التزامني تدريجيا مقيسا قيمة الجهد المتولد عند الأطراف المفتوحة في كل حالة .
9. دون القراءات في الجدول (1-3) ثم أرسم العلاقة بين تيار المجال IF وجهد الأطراف Eph.

جهد الأطراف (Eph)										
تيار المجال (If)	0									

الجدول (1-3) نتائج العلاقة بين تيار المجال وجهد أطراف الخرج Eph

ثانيا ـ أختبار القصر:

10. أعد الخطوات 2 ،3 ، 4 .
11. وصل ملفات الجزء الثابت (المنتج) بشكل نجمي ثم قم بقصر أطرافه مع بعضها عن طريق جهاز الميتر كما في الشكل (4-3) .



الشكل (4-3) دائرة أختبار القصر للمولد المتزامن

12. قم بتشغيل محرك التيار المستمر حتى تصل سرعته الى السرعة التزامنية للمولد .
13. أضبط قيمة تيار المجال على الصفر ثم سجل قيمة التيار المار في الجزء الثابت Isc .
14. زد تيار المجال تدريجيا الى أن يصبح التيار المار في الجزء الثابت مساويا للتيار المقنن للمولد التزامني مع ملاحظة أن السرعة تقل مع زيادة تيار المجال وبالتالي يجب ضبط السرعة دائما عند السرعه التزامنية في كل مرة .
15. سجل القراءات في الجدول (2-3) ثم أرسم العلاقة بين تيار المجال IF وتيار الجزء الثابت (المنتج) Isc :

تيار المنتج (I_{sc})										
تيار المجال (I_F)	0									

الجدول (2-3) نتائج العلاقة بين تيار المجال وتيار الجزء الثابت Isc

16. من نتائج الأختبارين عدم الحمل والقصر أوجد المفاعلة التزامنية للمولد ثم أرسم العلاقة بينهما وبين تيار المجال بعد قياس مقاومة ملفات المنتج RA بأستخدام الأوميتر.

التمرين العملي رقم (3)

أسم التمرين: إختبار حمل (مادي ، حثي ، سعوي) لمولد تزامني ثلاثي الأطوار وتحديد معامل تنظيم الجهد له .

مكان التنفيذ : ورشة الكهرباء.

الزمن : 4 ساعة .

الأهداف التعليمية: بعد الأنتهاء من التمرين يكتسب الطالب مهارة معرفة :

1. تأثير زيادة تحميل المولد على جهد التوليد وعدم تجاوزالحد الأقصى لمقدارالحمل .
2. تغيير مقدار الحمل وتأثيره على هبوط أو أرتفاع الجهد للمولد التزامني.

وكيفية أستخدام دائرة تنظيم وتثبيت الجهد مع تغير الحمل .

المعلومات النظرية :

تُعد معرفة معامل تنظيم الجهد voltage regulation مهما للمولد التزامني وذلك لأنه يعطي فكرة واضحة عن مدى التغيير الذي يحدث في قيمة الجهد على أطراف الآله عند تحميلها أو عند تغيير الأحمال بشكل كبير وهو مؤشر لكفاءة المولد ويعرف بأنه التغير في جهد الأطراف من حالة عدم الحمل الى حالة الحمل الكامل منسوبا الى قيمة الجهد في حالة الحمل الكامل وكما في العلاقة :

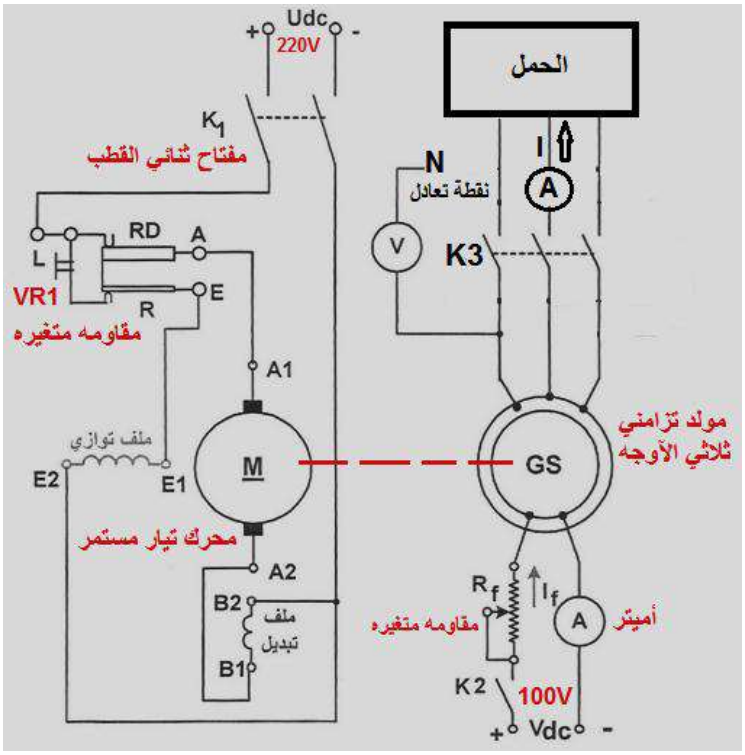
$$VR = \frac{E_{Ph} - V_{Ph}}{V_{Ph}} \times 100$$

التسهيلات التعليمية (مواد ، أجهزه ، عدد): بدلة عمل ، كفوف وأحذية واقية ، خوذة رأس ،محرك تيار مستمر متوازي الأثارة 3.5kw / 220v ، مولد تزامني ثلاثي الاطوار ، مربط مفصلي ميكانيكي بين المحرك والمولد ، قاطع دورة 3ph/5A عدد 2 ، مفتاح يدوي SPST ،مفتاح يدوي DPST ، مفتاح يدوي ثلاثي القطبية ، مقاومة متغيرة سلكية 50W/50Ω عدد 2 ، جهاز قياس سرعة دورانية Tacho ، جهاز قياس أفوميتر عدد 3 ، جهاز قياس تيار كلامبميتر ، جهاز قياس القدرة 0-3KW ، جهاز قياس معامل القدرة ، جهاز قياس تردد ، جهاز فحص التزامن ، دائرة توحيد 400V/ 50A ، حمل مقاومة مادية

متغير ثلاثية الأطوار، حمل حثي ثلاثي الاطوار يمكن تغييره ، حمل سعوي ثلاثي الاطوار يمكن تغييره ،أسلاك توصيل نحاسية ، كتر كهربائي ، بلايس ، درنفيس فحص ، مرابط حجم ملم^2.

خطوات العمل والرسومات التوضيحية :

1. إرتد بدلة العمل ولوازم الوقاية من الصدمة .
2. وصل دائرة المولد التزامني على أن توصل ملفات الجزء الثابت له بشكل نجمي وكما في الشكل (5-3) .



الشكل (5-3) توصيل دائرة مولد تزامني لأختبار الحمل

أولا ـ الحمل مقاومة أومية ثلاثية الطور متغيرة :

3. إغلق المفتاح K1 .
4. قم بتشغيل المحرك بتقليل قيمة المقاومة المتغيرة VR1 تدريجيا لزيادة السرعة الى السرعة التزامنية للمولد على أن تبقى السرعة ثابتة طوال التجربة .
5. أغلق المفتاح K2 وغير من قيمة تيار المجال IF للجزء الدوار للمولد عن طريق المقاومة المتغيرة RF الى أن تصل الى جهد التوليد 380V~ بين كل طرفين من أطراف الجزء الثابت .

6. قس مقدار جهد التوليد في حالة اللاحمل (المفتاح K3 مفتوح) Vo بواسطة الفولتميتر.
7. أغلق المفتاح k3 وغير مقاومة الحمل أبتداءا من أعلى قيمة لها مثلا 100Ω ونزولا لسبعة قيم وسجل كلا من تيار الحمل I بواسطة جهاز الأميتر أو الكلامبميتر وقيمة فرق الجهد بين الطور والمتعادل Vo عند سرعه = r.p.m وتيار مجال A = IF مسجلا القيم في الجدول (3-3) .

تيار الحمل I(A)								
جهد الطورLVo مع الحمل								
جهد الطور Vo بدون حمل								
الهبوط في الجهد Vo-VoL								

الجدول (3-3) نتائج قياس المتغيرات v ، i في حالة الحمل الأومي

ثانيا- الحمل محاثة ثلاثية الأطوار متغيرة بدلا عن الحمل الأومي في الدائرة شكل (3-9):

1. أعد تنفيذ الخطوات 3 ،4 ،5، 6 .
2. أغلق المفتاح K3 وغير قيمة الحمل الحثي ثم قس قيمة تيار الحمل I وجهد الطورمع المتعادل وأملئ الجدول (3-4) ويفضل أخذ نفس قيم تيار الحمل التي أخذت في حالة الحمل الأومي حتى تسهل المقارنة عند سرعة = r.p.m وتيار مجال A = IF :

تيار الحمل I(A)								
جهد الطورLVo مع الحمل								
جهد الطورVo بدون حمل								
الهبوط في الجهد Vo-VoL								

الجدول (3-4) نتائج قياس المتغيرات v ، i في حالة الحمل الحثي

ثالثا- الحمل سعوي ثلاثي الأطوار متغير بدلا عن الحمل الحثي في الدائرة شكل (9-3) .

1. أعد تنفيذ الخطوات 3 ،4 ،5 ،6 .

2. أغلق المفتاح K3 وغير سعة الحمل السعوي ثم قس قيمة تيار الحمل I وجهد الطورمع المتعادل وأملئ الجدول (5-3) ويفضل أخذ نفس قيم تيار الحمل التي أخذت في حالة الحمل الأومي حتى تسهل المقارنة عند سرعة = r.p.m وتيار مجال A = IF .

تيار الحمل I(A)								
جهد الطور LVo مع الحمل								
جهد الطور Vo بدون حمل								
الهبوط في الجهد Vo-VoL								

الجدول (5-3) نتائج قياس متغيرات v ، i في حالة الحمل السعوي

3. أرسم منحنيات للعلاقة بين جهد الخرج Vo في حالات التحميل الأومي والحثي والسعوي مع تيار الحمل I عند تغيير تلك الأحمال .

4. أرسم منحنيات هبوط الجهد Vo-VoL مع تيار الحمل في الحالات الثلاثة للتحميل .

التمرين العملي رقم (4)

أسم التمرين : إجراء الفحوصات الوقائية والدورية لمولد تزامني ثلاثي الاطوار يعمل بمحرك ديزل وتحديد كفاءته .

مكان التنفيذ : موقع لمولد ديزل 250KVA أو 400KVA .

الزمن : 5 ساعة.

الأهداف التعليمية : بعد الأنتهاء من تنفيذ التمرين يكتسب الطالب مهارة معرفة:

1. **الفحوصات الأولية قبل تشغيل المولد (أداء الصيانة الدورية)**
2. **تشغيل مولدة الديزل بدون حمل وقياس متغيراتها (سرعة ، ضغط الزيت، حرارة المحرك ،حالة البطارية وشحن الداينمو).**
3. **تحميل المولد وقياس متغيراتها .**
4. **تحديد كفاءة مولد الديزل من خلال الأختبارات والقراءات في حالة الحمل الكامل .**

المعلومات النظرية:

تستخدم المولدات العاملة بمحركات الديزل كوحدات أحتياطية لاتعمل في الأحوال العادية ، تجهز بها المنشآت التي يسبب أنقطاع الكهرباء عنها خطراً أو خسارة لا تعوض كالمستشفيات وبرادات الأغذية وغيرها حيث تنطلق للحركة فور حدوث الأنقطاع في تجهيز الشبكة الكهربائية لأي سبب كان ، تتراوح سرعة محركات مولدات الديزل بين 250 – 1500 r.p.m

وأن محركات الديزل من أفضل أنواع المحركات لتوليد الكهرباء في الأستطاعات التي تصل حتى 5000 HP وتحدد الأستطاعة الأجمالية في المحطة الواحدة عادة من 15 – 20 MW .

التسهيلات التعليمية: جهاز أفوميتر ، جهاز كلامبميتر ، جهاز قياس الحرارة ليزري ، بدلة عمل ، كفوف واحذية واقية ، واقية رأس ، مقياس سرعة ضوئي ، فاحص عن بعد ذو منبة صوتي .

خطوات العمل والرسومات التوضيحية :

1. **أرتد بدلة العمل ولوازم الوقاية من الصدمة .**
2. **لاحظ وسجل مايأتي :**
   - **اسم المولدة .**

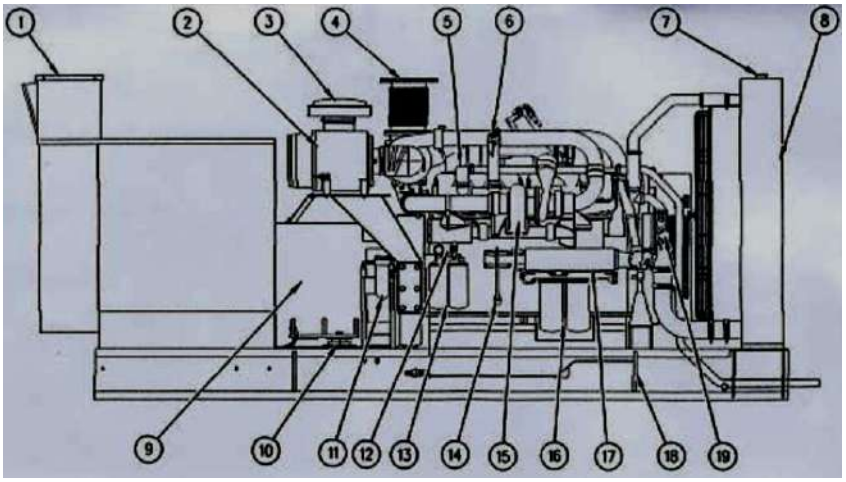
- تاريخ صنع المولدة .
- تاريخ بدء أول تشغيل المولدة.
- ساعات التشغيل اليومية .
- عدد أسطوانات محرك الديزل.
- نوع المولد ومخطط توصيل لفاته وصنف عزله .
- نوع منظم السرعة governor (ميكانيكي ، كهروميكانيكي ، كهربائي).
- نوع التربوجارجر (ميكانيكي ، كهربائي).
- قدرة المولدة الظاهرة بوحدة KVA.
- القدرة المجهزة (الحقيقيه) بوحدة KW.
- معامل القدرة للمولدة cos ∅.
- فولتية الخرج بوحدة الفولت .
- عدد الأطوار .
- سرعة التوليد r.p.m.
- التردد بوحدة الهرتز.
- البطاريات عددها وطريقة توصيلها (2 توالي، 24v ، 150A مثلا).
- نوع مسيطر العمليات ومبين الأعطال وبادئ التشغيل يدوي أو أوآلي وكما في الشكل (3-6) الذي يعرض مسيطر عملياتي (Diesel manual control module).

الشكل (3-6) مسيطر تشغيل وبيان مولدة 250KVA

- العلامات المبينة على شاشة المسيطر والداله على تنبيه الخلل الحاصل في المولدة موضحة في الشكل (3-7).

الشكل (3-7) العلامات الدالة والمنبه لوجود خلل في أحد أجزاء المولدة لمسيطرأوتوماتيكي

- ملاحظة أجزاء المحرك والمولد المختلفة وكما في الشكل (3-8).



الشكل (3-8) أجزاء مولدة ديزل قدرتها الظاهرية 250KVA

1. لوح السيطرة 2. فلتر الهواء 3. فلترهواء أبتدائي 4. الصالنصة 5. تنفيس غطاء الكامات 6.غطاء فلتر الدهن 7. غطاء الراديتر 8.الراديتر 9. راس التوليد 10. مثبت 11. فلتر كاز أبتدائي 12. مضخة ديزل

أبتدائية Pump.13 فلتر كاز 14. مقياس مستوى زيت المحرك 15 . التربوجارجر 16 . فلتر زيت 17 . مبرد زيت 19 . مضخة الماء .

3. أفحص ولاحظ وسجل الأختبارات الاتية : (نعطيك مثالا على الأجابه أمام كل سؤال):

A- أختبارات المحرك (Diesel – engine):

- أختبار منظومة التبريد بالماء- الهواء :

1. تبديل ماء الراديتربالمواصفات الفنية 1.2 unit DCA4؟ كلا (ماء أسالة)
2. حالة الراديتر وتثبيتها مع فحص خزان الماء التابع لها ؟ لم يتم تنظيفها
3. لا يوجد تسريب من المنظومة وبالخصوص من الراديتر ؟ لا يوجد غطاء راديتر
4. مضخة الماء (Water – pump) ومسيطر الحرارة يعملان بشكل جيد ؟ نعم
5. حالة قوايش تدوير مضخة الماء وشدها ؟ مقبولة
6. حالة مقياس درجة حرارة ماء المحرك ؟ يعمل
7. حالة مروحة التبريد بالهواء وسلامة فتحات التهوية ؟ جيدة
8. مستوى الماء في الراديتر عند المستوى القياسي ؟ نعم
9. حالة فلتر الهواء (الشوته) ، تنظيف / تبديل ؟ تبديل

- أختبار منظومة التزييت :

1. تبديل فلتر الزيت بالمواصفات الفنية بعد كل تبديلتين زيت محرك ؟ نعم نوع LF 3000
2. حالة زيت المحرك يبدل بعد 100 ساعه تشغيل شتاءا و70 ساعة تشغيل صيفا ؟ تبديل
3. مستوى الزيت في المقياس عند الحد القياسي ؟ نعم
4. نوع الزيت وحالته مطابق للمواصفات class-D ؟ ADDINOL 20W 50
5. لا يوجد نضوح زيت من الفلتر أومن فتحة التفريغ بعد غلقها ؟ نعم
6. حالة مقياس ضغط الزيت وحساس الزيت ؟ يعمل

- أختبار منظومة الوقود :

1. حالة خزان الوقود وأنابيب التوصيل وقفايص الربط الخاصة بها لكل من الملئ ،الزائد ،التفريغ ، الراجع ، التهوية وعدم وجود تسريب لتلافي عدم أنتظام عمل المحرك؟ رديئة
2. حالة مقياس الوقود الخاص بالخزان ؟ تالف
3. مقدار كثافة الكاز المستخدم بالمواصفات 820g/ml؟ لم يتوفرمقياس لكثافة الكاز
4. تبديل فلتر الكاز مطابق للمواصفات الفنية كل 15 يوم تشغيل فعلي ؟ نعم FS 1212

5. أستبدال فلتر الهواء (الشوتة) ؟ لم تستبدل
6. فحص حالة (Turbocharger)؟ فيه نضوح زيت

*حالة كراسي مضاد الأهتزازات وتثبيتها مع فحص حالة كاتم الصوت وتغليفها ؟ جيدة

B - أختبار المنظومة الكهربائية (رأس التوليد - البطارية - لوحة التحكم والقياس والأنذاروالبيان والتشغيل):

1. حالة البطاريات من حيث الجهد الكهربائي (2/25.5V×12V بالقياس)، مستوى السائل الألكتروليتي لها (قياسي)، سلامة رؤوس التوصيل لأقطابها (سليمة) ، كيبلات البطاريات مطابقة للمواصفات الفنية (نعم) .
2. حالة قوايش شاحن البطاريات (الداينمو) ؟ جيدة .
3. سلامة توصيل أسلاك الداينمو (سليمة) ، حساس الحرارة (سليمة) ، حساس السرعة (مطلوب صيانتها) ، الكفرنر الكهربائي (سليمة) ، حساس ضغط الزيت (مطلوب صيانة)، لوحة AVR (سليمة).
4. سلامة أجهزة القياس الفولتميتر (مطلوب صيانة) ، الأميتر (مطلوب صيانة) ، مقياس التردد (لايعمل) ، مقياس الحرارة (يعمل)، مقياس الضغط (يعمل)،مقياس السرعة (يعمل لكن VDO التابع له عاطل).
5. سلامة مصابيح البيان الدالة على (تشغيل بتحميل ،ضعف البطارية ،أرتفاع درجة الحرارة)؟ لا تعمل
6. حالة عمل الحماية من أنخفاض أو ارتفاع الجهد الكهربائي أو انقلاب الاطوار؟ جهاز phase monitor غير موجود في لوحة السيطرة (مطلوب صيانة) .
7. سلامة مفتاح التشغيل اليدوي – الأوتوماتيكي ؟ يدوي فقط يعمل .
8. أطراف كيبلات خرج المولد بتسلسل الاطوار المرتبة L1,L2,L3 ؟ نعم .
9. مجهزة بنظام الحماية MCCB-4POLE ؟ 3-POLE MCCB .
10. توصيل قطب الأرضي المعد مسبقا بشاصية المولد بصورة جيدة ؟ لا يوجد قطب أرضي .
11. حالة شد الكابل الرئيس المغذي للأحمال مع القاطع الرئيس للمولد ؟ جيد.

الأختبارات بعد التشغيل : درجة حرارة الجو وقت الأختبار *c : *15C.

أولا- أختبارعمل المسيطر (Control) من:

12. تشغيل محرك المولد بواسطة مفتاح التشغيل (يعمل) ، الحماية من أرتفاع السرعة فوق الحدود المقبولة للمحرك (ردئ) ، أنخفاض ضغط الزيت (يعمل) ، أرتفاع حرارة المحرك ما فوق *80c (يعمل) ، فشل شحن البطارية (يعمل) ، التأخير الزمني عند بدء التشغيل (لايعمل).

ثانيا- عند البدء بتشغيل المولدة يجب التأكد من عمل المحرك بصورة طبيعية ولا يوجد أي صوت غير أعتيادي بالنظر والسمع لجميع اجزائها وهي تعمل ومن خلال ملئ الجدول (6-3).

13. نتائج فحص تشغيل المولدة بدون حمل (no load): القدره ب KW تساوي 0 .

الزمن بالدقيقه Min	التردد بالهرتز HZ	السرعة r.p.m	التيار المسحوب للطور بالأمبير			فولتية الطور - المتعادل بالفولت			الفولتية بين كل طورين بالفولت			ضغط الزيت bar	درجة حرارة المحرك C*
			L1	L2	L3	L1.N	L2.N	L3.N	L1.L2	L1.L3	L2.L3		
1	50	1490	0	0	0	225	225	226	396	396	396	3	45
10	50	1490	0	0	0	225	225	225	396	396	395	2.5	45

الجدول (6-3) نتائج فحص المولدة 250KVA بدون حمل

ثالثا- بعد التأكد من قراءات الجدول السابق سليمة تكون المولدة جاهزة للتحميل وعندها نضع قاطع الدورة الرئيس MCCB بوضع ON وتحميل المولدة تحميلا تدريجيا ومتوازنا وأن لاتصل بزيادة الحمل الى ما مقداره 300A لكل طور في حالة المولد أستطاعة 250KVA وملئ الجدول (7-3).

14. نتائج فحص تشغيل المولدة بحمل (with load) : السرعة القياسية = 1490 r.p.m .

درجة حرارة المحرك C*	ضغط الزيت bar	الفولتية بين كل طورين بالفولت			فولتية الطور-المتعادل بالفولت			التيار المسحوب للطور بالأمبير			القدرة ب KW	التردد بالهرتز HZ	الزمن بالدقيقة Min
		L2.L3	L1.L3	L1.L2	L3.N	L2.N	L1.N	L3	L2	L1			
50	2	394	392	395	220	220	205	93	58	45	قليلة	50	10
60	1.8	395	394	396	217	211	224	136	127	142	متوسطة	50	15
70	1.8	394	396	396	224	224	226	168	160	155	أكبر حمل متوفر	50	20

الجدول (7-3) نتائج فحص المولدة 250KVA مع الحمل

15 سجل تقييمك لكفاءة المولدة من النتائج التي حصلت عليها ؟

عند رجوع كهرباء الشبكة للتغذية مرة أخرى والحاجة لأطفاء المولدة نتبع مايأتي:

16 أفصل قاطع التغذية الرئيس للمولدة MCCB الى الوضع OFF .

17 أنتظر بحدود 10-15 min قبل أطفاء المحرك .

أسئلة الفصل الثالث

1. ما الطريقة المتبعة لتلافي أزدياد الحمل على الشبكة الكهربائية بمقدار أكبرمن قدرة المولد نفسه مع ذكر الشروط المتبعة لتحقيق ذلك ؟
2. أذكر خطوات عمل تزامن بين المولد التزامني 3ph والشبكة الكهربائية يدويا ؟
3. ما الأختبارات اللازم أجراءها لمعرفة خواص المولد التزامني ؟
4. أذكر أسباب تركيب ملفات أنتاج الطاقة الكهربائية في الجزء الثابت للمولد التزامني ؟
5. كيف يتم التحكم بجهد وتردد خرج المولد التزامني ؟
6. ما تأثير نوع الحمل (مادي، حثي ، سعوي)على جهد التوليد وأستقراره لمولد تزامني مع تسمية الدائرة التي تعمل على ثباته ؟
7. أرسم مخططاً لدائرة توصيل مولد تزامني لأختبار حمل مادي ؟
8. أذكر الفحوصات الأولية التي تجرى لمولد تزامني 3ph يعمل بمحرك ديزل ثم أذكر أهم المتغيرات التي تعمل على الأيقاف القسري للمولد عند حصول خلل أو ظروف غير طبيعية ؟
9. أعمل جدولاً لنتائج فحص وتشغيل مولد 400KVA بدون حمل وآخر بحمل يتدرج الى الحمل الكامل مشيرا الى المتغيرات المحددة لمعرفة كفاءة عمل المولد تحت الأختبار ؟

الفصل الرابع

محطات ومحولات نقل القدرة والتوزيع

التمرين العملي رقم (1)

أسم التمرين: إجراء الفحوصات الدورية والوقائية لمحولات التوزيع الخافضة .

11KV-400V~/50HZ/3ph وتحديد كفائتها .

مكان العمل: موقع محطة توزيع صندوقية (KIOSK).

الزمن: 8 ساعة .

الأهداف التعليمية: بعد الأنتهاء من تنفيذ التمرين يكتسب الطالب مهارة لمعرفة كيفية:

1. **فحص فواصم الحماية .**
2. **فحص درجة حرارة المحول أثناء التحميل .**
3. **فحص منظومة الزيت (مستوى، صلاحية ،مضخة ،راديتر التبريد).**
4. **فحص أتزان الأحمال .**
5. **فحص جهود خرج ودخل المحولة.**
6. **فحص جودة تأريض المحول .**
7. **فحص المتمم الحراري الذي يعادل تياره معدل تيار قدرة المحولة+25% منه.**
8. **فحص تجهيز محول التوزيع بأستخدام مجهز فولتية من خلال عاكس 3ph .**
9. **فحص المقاومة الأومية لملفات المحول الصالحة للعمل وتحديد قيمتها .**
10. **فحص عازلية الملفات الأبتدائية للمحول عن الثانوية وعن القلب الحديدي.**
11. **فحص سلامة العوازل وشد المرابط لنهايات الكيبلات الموصلة للمحولة .**

المعلومات النظرية :

تصنف المحولات من حيث الوظيفة بغض النظر إن كانت رافعة أو خافضة الى:

1. محولات قدرة power transformer: وهي المحولات المستخدمة في شبكات النقل الكهربائية ومحطات التوليد الكهربائية وكما في الشكل (1-4).

الشكل (1-4) محولات قدرة كهربائية

وفيما يأتي أنواع من محولات قدرة مصنفة على أساس طريقة تبريدها :

- **محولات قدرة ذات التبريد الطبيعي (زيت فقط) ONAN بمجموعة توصيل DYN11 وبنسبة تحويل 33KV/11KV وبسعات مختلفة (5MVA ، 10MVA ، 16MVA، 30MVA) .**
- **محولات قدره ذات التبريد الطبيعي (زيت) و(هواء) قسري بمراوح تبريد ONAF وبمجاميع توصيل YNDYN ، YNYND وبنسبة تحويل 132KV/33KV/11KV وبسعات 63MVA وكما في الشكل (2-4).**

الشكل (2-4) محول قدرة تبريد نوع ONAF سعة 25MVA

والشكل (4-3) يوضح أحد مراكز الصيانة لمحولات القدرة الرافعة للجهد 500KV/345KV سعة 3150KVA .

الشكل (4-3) مركز صيانة للأحد محولات القدرة سعة 3150KVA

أما التركيب الداخلي لتلك المحولات الذي يبين ثلاث مجاميع من الملفات تضم كل مجموعة ملفان أبتدائي وثانوي والتي توصل مع بعضها لتحقق محول ثلاثي الأطوار وتعزل أطرافها الخارجية بعوازل من البورسلين وكما في الشكل (4-4) .

الشكل (4-4) يبين التركيب الداخلي لأحد محولات القدرة

2. محولات التوزيع Distribution transformer: وهي المحولات المستخدمة في شبكات التوزيع (الخافضة للجهد) وكما في الشكل (5-4) .

الشكل (5-4) يوضح شكل لعدد من محولات التوزيع

أما أنواع المحولات الكهربائية الخافضه فهي تصنف على أساس طريقة تبريدها فمنها الزيتية وأخرى جافة وأخرى بسوائل تبريد خاصة والشكل (6-4) يوضح بعضاً منها.

الشكل (6-4) محول توزيع بنسبة تحويل 11kv/416v أو33KV/416V تبريد زيت ONAN سعة 1000KVA توصيل DYN11 ونوع آخر جاف

وفيما يأتي المواصفات الفنية لأحدها (للأطلاع فقط):

UTEC (أسم الشركة) 60076TO IEC (نظام العمل) .

USED SERIAL NO : 08-100-03-0001 (الرقم المخزني) .

INSULATION LIQUID OIL (ONAN) (العزل بالزيت فقط) .

TEMP-RISE OIL 45C*/50C* (أعلى درجة حرارة للزيت) .

Total mass 2125kg (الكتلة الكلية) .

LIQUID VOLUME 515L (حجم السائل) .

PRESSURE MIN/MAX 50/130 KPA (أعلى وأقل قيمة لضغط الزيت).

RESISTANCE HV= 2.567Ω / LV=0.00277Ω (قيمة مقاومة الملفات).

RATING KVA 630 / 3PH / 50HZ (القدرة الظاهرة الثلاثية الأطوار) .

HV 11000V / NO LOAD 416V (جهد الدخل 11KV وجهد الخرج 416V) .

AMPER H.V = 88.1A / AMPER L.V 416A (قيمة تيار الدخل والخرج) .

INSULATION LEVEL 175/AC2B-AC3 (درجة العزل) .

COOLING TYPE ONAN (نوع التبريد بالزيت فقط) .

YEAR OF MANUFACTOR 2006 (سنة الصنع) .

CONNECTION ¥ - Δ (توصيل الملفات الأبتدائية دلتا والثانوية ستار).

STEP DOWN TRANSFORMER(محول خافض للجهد).

المواصفات أعلاه مهمة جدا في تحديد الأختيار الأمثل للمحولات المستخدمة داخل المدن وتكون أما معلقة على الأعمدة للتغذية من الشبكة الكهربائية الهوائية أو داخل صندوق توزيع المسمى كيوسك (KIOSK) أو المحطة الصندوقية المغلفة package sub station وكما في الشكل (4-7) a وb الذي يبين محولة 11kv/416v سعة 1000KVA نوع زيتي .

الشكل (4-7) a نصب محول توزيع خافض للجهد داخل المحطة الصندوقية (KIOSK)

الشكل (4-7) b المحطة الصندوقية KIOSK

تركيب محولات القدرة والتوزيع الثلاثية الأطوار- تتركب من الأجزاء الاتية:

1. الملفات الأبتدائية عدد 3 (primary winding).
2. الملفات الثانوية عدد 3 (secondary winding).
3. القلب الحديدي (core).
4. خزان الزيت الرئيسي (main oil tank).
5. خزان التمدد (conservator).
6. الراديتر (مجموعة مواسير لتبريد الزيت) (radiator).
7. مضخة الزيت (oil pump).
8. مجموعة مراوح التبريد (cooling fan).
9. مقياس مستوى الزيت (magnetic oil level indicator).
10. ريلي بوخلز لحماية المحول من تيارات القصر(buchholz relay).

11. ريلي صمام الضغط (pressure relief valve).

12. مقياس درجة حرارة الزيت (oil thermometer with contacts).

13. عوازل الجهد العالي .

14. عوازل الجهد الواطئ .

15. ثرموميتر تحكم أشتغال المراوح .

16. ريلي الثرموميتر.

17. صمام ملئ الزيت .

18. صمام تفريغ الزيت.

19. متنفس إزالة الماء (Dehydrating breather).

20. صمام أخذ عينة الأسفل.

21. صمام أخذ عينة العلوي.

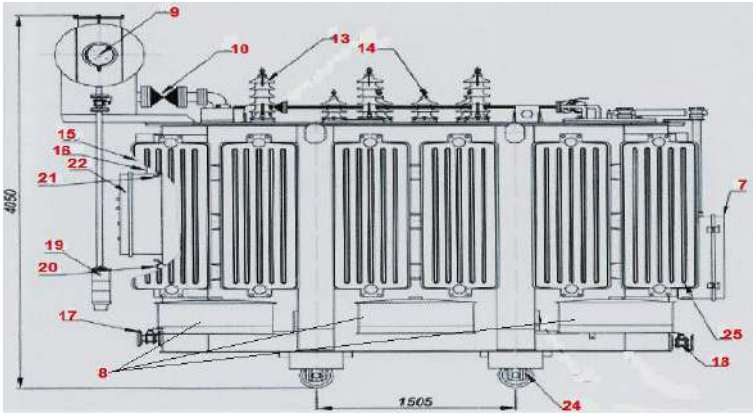
22. لوحة تحكم عمل المراوح.

23. مراوح الراديتر.

24. عجلات .

25. مشتتات حرارية.

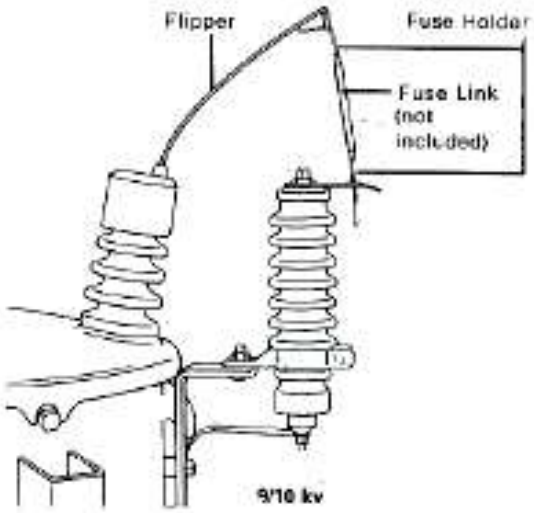
والشكل (8-4) يوضح أجزاء محول التوزيع (للأطلاع فقط).



الشكل (8-4) أجزاء محول قدره زيتي + قسري بالهواء

أجهزة الحماية في محول القدرة أو محول التوزيع:

1. الوقاية الكهربائية وتشمل فواصم الحماية وقيمة تيار أنهيارها يعتمد على قيمة التيار المقنن للمحول وكما في الشكل (9-4) .



الشكل (9-4) فاصم جهد عال (9/10 kv fuse)

والمتممات الحرارية والتي تركب عند خرج أطراف الملفات الثانوية وتزود بعتلة فعند زيادة قيمة التيار المسحوب الى أكبر من المعدل المسموح به يتم الفصل ميكانيكيا ، كذلك الوقاية التفاضلية تعمل على فصل التغذية عن المحول في حالة وجود تسريب أرضي .

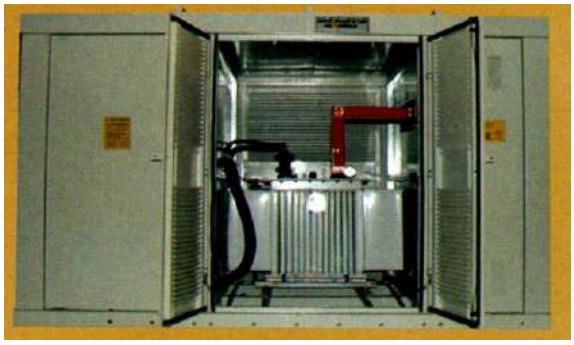
2. الوقاية الميكانيكية ومن ضمنها ريلي بوخلز وهو جهاز متصل بجسم المحول بين الخزان الرئيس للزيت وخزان التمدد conservator عن طريق أنبوبة معدنية متصلة بجسم المحولة وظيفته حماية المحولة من القصر الداخلي بين ملفات المحول أوفي حالة الحمل العالي (over loading) فكرة عمل ريلي بوخلز ،أن التيار العالي المار في ملفات المحولة يؤدي الى تسخين الزيت الموجود داخلها مما ينشأ عنه تحلل للزيت وتحوله من سائل الى غاز ولأن كثافته أقل يتصاعد الى أعلى متجها الى خزان التمدد وبذلك سيمر بالبوخلز والذي يحوي عوامتين موضوعتين بطريقة معينة متصلة بدائرة أنذار والأخرى بدائرة الفصل (tripping) .

التسهيلات التعليمية: محطة صندوقية KIOSK ، بدلة عمل ، كفوف وأحذية واقية ، خوذة رأس ، جهاز AVO ، جهاز كلامبميتر، جهاز فحص العازلية (ميجر) . جهاز فحص الجهد العالي ، درنفيس عدل وآخر مربع ، كتر كهربائي ، بلايس ، سيت سبانة .

خطوات العمل والنقاط الحاكمة والرسومات التوضيحية:

1. أرتد بدلة العمل ومكملات السلامة والأمان (كفوف كهربائية، أحذية واقية ،خوذة ، مناظرواقية).

- أجري عملية الفحص اليومية لمحولة خافضة للجهد Delta / / 50HZ (11kv/400v)step down star with neutral تبريد زيت فقط ONAN– سعة 1000KVA للمحطة الصندوقية الموضحة في الشكل (4-10).



الشكل (4-10) المحطة الصندوقية سعة 1000KVA

تتم عملية الفحص الدوري اليومي عندما تكون المحولة في حالة تحميل وبالخصوص عند وجود تغيرات في درجة حرارة الجو الى الأرتفاع وكما يلي :(المحولة تعمل والمراقبة عن بعد وبدون لمس للأجزاء):

1. أفحص حالة الحواجز والأبواب والتأكد من عدم وجود أي حيوانات أو زواحف أو آثار تدل عليها .
2. أفحص مستوى الزيت في خزان التمدد والمقياس موضح في الشكل (4-11) .

الشكل (4-11) مقياس مستوى الزيت في خزان التمدد

3. أفحص أن كان هناك تسريب في الزيت أوأنسكابة بأندفاع شديد من خزان التمدد أو أنخفاضه عن المستوى المسموح وعندها يجب فصل المحول أضطراريا .
4. أفحص أن كان هناك كسرفي القرص الزجاجي أوتلف في صمامات تسريب الضغط والشكل (12-4) يوضح حساس الضغط المرتفع الذي يعمل على خفض الضغط للمحولة في حالة أرتفاعه ومن ثم الرجوع لحالته الطبيعية بعد أنخفاضه، وهنا يجب فصل المحول أضطراريا .

الشكل (12-4) حساس ضغط الزيت

5. راقب درجة حرارة المحول بواسطة الثرموميتر ، أن الأرتفاع غير العادي في درجة حرارة الزيت عند الحمل المقنن وعدم وجود خلل في عمل مجموعة التبريد وسريان الزيت في الدائرة بصورة طبيعية وعمل مضخة الزيت والمراوح بشكل طبيعي يفسر هذا وجود قصر بين ملفات المحول وعليه يجب فصل المحول أضطراريا والشكل (13-4) يبين أحد أجهزة الثرموميترات المستخدمة.

الشكل (13-4) ثرموميتر مستخدم لقياس الحرارة بحماية تماس فصل أو بدون

6. أفحص عمل ريلي بوخلز والمسؤول عن حماية المحولة من حصول قصر بين الملفات أو بين الملفات وجسم المحولة أو أنهيار جزئي بالعزل ففي الحالة الأعتيادية يكون الجهاز مملوءاً بالزيت ونقاط التوصيل مفتوحة وفي حالة زيادة الحمل فوق الحدود المقررة للمحول ترتفع درجة حرارة الزيت مسببة

تبخر الزيت وبالتالي ظهور فقاعات غاز الهيدروجين وأول أوكسيد الكاربون والتي تتجمع أعلى المحول أي في جهاز بوخلز المملوء بالزيت عادة وعندها تعمل عوامة الجهاز الأولى وتتحول ملامساتها الى وضع ON أي الى الأنذار فقط كمرحله أولى، لكن في حالة حصول قصر جزئي أو كلي في ملفات المحول أو بين الملفات والأرض فأن تكوين الفقاعات سيكون شديدا جدا وعلى شكل نافورة من الغازات مسببة تغيير وضع العوامة الثانية ومن ثم تغيير تماساتها الى وضع ON والمتصلة مع جزء الفصل للقاطع الألي مسببة فصل القاطع وتوقف التغذية عن المحول كمرحلة ثانية كما يوضح الشكل (14-4) يوضح جهاز بوخلز.

ملاحظة : يكون فحص عمل ريلي بوخلز في حالة وجود خلل بعد وضع المحول خارج العمل.

الشكل (14-4) ريلي بوخلز لحماية المحول من التلف الكلي

7. أفصل التغذية عن المحولة (المحولة خارج العمل) للنقاط من 8 – 11 .
8. أفحص صلاحية قطب الأرضي .
9. أفحص حالة العوازل وملاحظة حدوث شروخ أو تشققات فيها أووجود آثار لشرارة ينتج عنها طنين قوي، وتحدث هذه الحالة نتيجة أن المحول يعمل تحت جهد اكبر من المقنن أو أنفصال سلك الأرضي الموصل بجسم المحولة .
10. أفحص وجود تسريب بين ملفات المحول والمسبب لحدوث شرارة بين الملفات وجسم المحول أو بين ملفات الجهد العالي نفسه مما يؤدي الى فصل متكرر لقاطع الحماية بعد مدة من التحميل للمحولة والناتج عن:
    - الجهود الزائدة المرتفعة .
    - حدوث تغير في خواص الزيت (أي تواجد الرطوبة أو الأرتفاع نسبة الشوائب او زيادة الحامضية) .

- أنخفاض شديد في منسوب الزيت .
- تلف عزل الملفات .
- تلف الوصلات غير الجيدة الأحكام لنهاية الملفات .

والشكل (15-4) يوضح فحص العازلية لملفات المحولة في أحد مصانع محولات القدرة .

الشكل (15-4) فحص العازلية للمحولة بأستخدام أجهزة توليد الجهد العالي (الميجر)

11. أفحص حالة قضبان التوزيع وشد الكابلات فيها والتأكد من جودة توصيل الوصلات بأطفاء التغذية الرئيسة للجهد العالي وشدها إن كانت مرتخية وأن تعذر الأطفاء نعمل على الفحص بقياس درجة الحرارة فيها عن بعد بأستخدام جهاز فحص درجة الحرارة بالأشعة تحت الحمراء ويبين الجزء المعطوب أرتفاع واضح في درجة الحرارة والشكل (16-4) يوضح مجموعة من مرابط كابلات الجهد العالي .

الشكل (16-4) مجموعة مرابط لكابلات الجهد العالي

12. قس قيمة الجهود المغذية للحمل بين كل طورين من خلال المقاييس على لوحة المراقبة للمحطة الصندوقية (KIOSK) أن تتساوى بالقيمة = ~380V .

13. قس قيمة تيارات الأطوار الثلاث بأستخدام جهاز الكلامبميتر على أن تكون متقاربة بالقيمة وهذا يدل على أتزان الأحمال وإلا فأن عدم الأتزان يسبب رفع درجة حرارة المحولة ويمكن تصحيح الأتزان بتوزيع الأحمال من جديد بالتساوي على الأطوار الثلاثة قدر الأمكان وكما في الشكل (4-17) .

الشكل (4-17) قياس تيار الأطوار الثلاث كدلالة على أتزان الأحمال

- أجري عملية فحص المحول شهريا تبعا للبرنامج السنوي المقررلأداء المحطة وكما يأتي:

1. أفحص وجود فقاعات هوائية داخل جهاز بوخلز وتحديد طبيعة الخطأ الحاصل وفقا للون الغاز المتصاعد للفقاعات بأستخدام جهاز أختبار الغازات المتصاعدة والذي هو عبارة عن أنبوبتين زجاجيتين مملوئتين بمحاليل مختلفة ،يركب في متمم بوخلز بعد فتح صمامه ،نلاحظ تغير ألوان المحاليل الكاشفة في الأنبوبتين وترسباتها فاللون الأبيض دليل عيب في ورق العازل وللون الأصفر دليل تلف في الأجزاء الخشبية واللون الأسود دليل تلف زيت العازل والجهاز في الشكل (4-18) يقيس مقدار التسريب في الغازات أو الأبخرة الناتجة عن أرتفاع درجة حرارة الزيت ويركب في دورة الزيت .

الشكل (4-18) جهازحماية وقياس مقدار تسريب الغازات لمحولات القدرة

2. قس مقدار الجهد العالي الداخل للمحول بواسطة المقياس الفاحص للجهد العالي ذي العصا العازلة والذي يقيس بحدود 40KV كحد أقصى وكما في الشكل (4-19).

الشكل (4-19) مقياس الجهد العالي الى حد 40KV

3. نظف جميع أجزاء المحول بشكل جيد بعد أطفائها ولاحظ أي ظواهر غير أعتيادية مثل تسرب الزيت من أعلى العوازل أو من أماكن الربط وعليه تجرى عملية الصيانة .

4. أفحص حالة القصر لملفات المحولة عن طريق مختبر مجهز بمصدر توليد الجهد المطلوب لتغذية المحول بنظام قياس وحماية لتحديد التلف في أي من الملفات وكما في الشكل (4-20).

الشكل (4-20) مختبر فحص محولات القدرة بأستخدام جهاز العاكس الثلاثي الأطوار

التمرين العملي رقم (2)

أسم التمرين: كيفية توصيل محولتين على التوازي والأستفادة منها لتغذية الأحمال وإجراء الفحوصات من جهد وتيار وقدرة .

مكان العمل : ورشة الكهرباء.

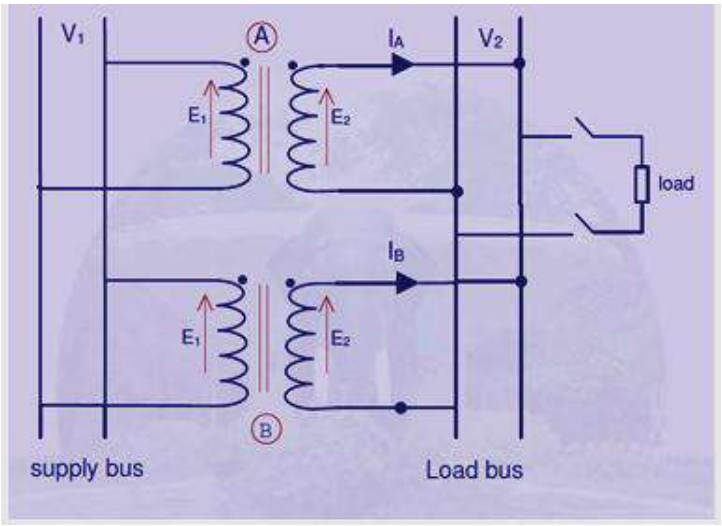
الزمن : 5 ساعة .

الأهداف التعليمية : بعد الأنتهاء من التمرين يكتسب الطالب مهارة لمعرفة :

- **توصيل محولتين أحادية الطور على التوازي وتغذية حمل مادي وقياس متغيرات الدائرة (جهد ، تيار ، قدرة) .**
- **توصيل محولتين ثلاثية الأطوار على التوازي وتغذية أحمال (أومية ، حثية ، سعوية) وتسجيل مواصفات المحولة المكافئة .**

المعلومات النظرية:

أحيانا لاتكفي قدرة المحول لتغذية الأحمال الموجودة في الدور السكنية والمعامل الصناعية لذا يتوجب ربط أكثر من محول على التوازي ،على أن تكون المحولتان بغض النظر أن كانت أحادية الطور أو ثلاثية الطور متشابهة بجميع مواصفاتها الفنية وطريقة توصيل ملفاتها وفيما يلي طريقة توصيل أطراف محولتين أحادية الطور على التوازي وكما في الشكل (21-4).



الشكل (21-4) توصيل محولتين أحادية الطورعلى التوازي ثم الى الحمل

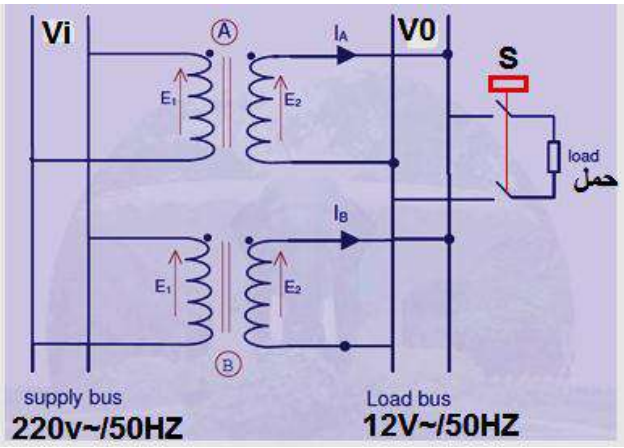
أو توصيل محولتين على التوازي ثلاثية الأطوار على أن تكون متماثلة في مواصفاتها الفنية ومتشابهة في طريقة توصيل ملفاتها الأبتدائية والثانوية.

التسهيلات التعليمية (مواد ،عدد ، أجهزة) :

محول أحادي الطور خافض للجهد 220v~-12v~/50HZ /1A عدد2 ، محول ثلاثي الأطوار دلتا – ستار خافض للجهد 380v~-40v~/50HZ/3ph/2A عدد 2 ، مقاومة متغيرة ثلاثية 100Ω/50W سلكية ، مجموعة متسعات عدد 28× 10µF متوازية ، محرك أستنتاجي ~3ph110v/ ، قاطع دورة 3ph/5A عدد1 ، جهاز كلامبميتر أو أميتر عدد 3 ، جهاز أفوميتر عدد 2 ، أسلاك توصيل حجم 1.5mm2 .

خطوات العمل والنقاط الحاكمة والرسومات التوضيحية:

1. أرتد بدلة العمل المناسبة وعدة السلامة والأمان (كفوف ، قبعة ، مناظرواقية ، أحذية عازلة) .
2. سجل البيانات المدونة باللوحة المعدنية الخاصة بالمحولات .
3. وصل المحولتين 1 و2 الأحادية الطور على التوازي على لوحة التدريب الخشبية كما في مخطط الدائرة الكهربائية في الشكل (22-4).



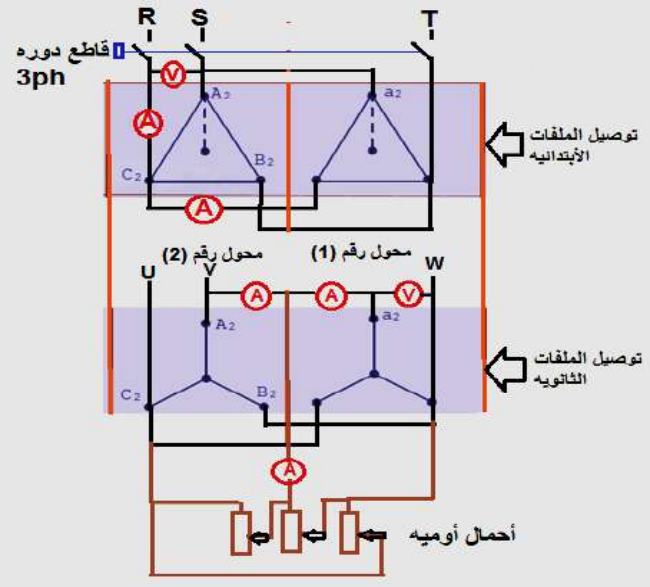
الشكل (22-4) توصيل محولتين أحادية الطور على التوازي

3. جهز دخل الملفات الأبتدائية للمحولتين جهد تغذية 220v~/50HZ عند Vi .
4. أختر قيمة مقاومة الحمل 30Ω/50w ثم أغلق المفتاح S .
5. قس مقدار V0 بأستخدام الأفوميترثم Ii,I0 بأستخدام جهاز الكلامبميتر أو الأميتر.

6. غير قيمة مقاومة الحمل الى أن يصل تيار الحمل بما يعادل التيار الأقصى لأحدى المحولتين ،هل هناك مشكلة مثل سخونة المحولة أو تلف ---- .

7. افصل مصدر التغذية الكهربائية وفك الدائرة .

8. وصل المحولتين ثلاثية الأطوار على التوازي مع أجهزة القياس المطلوبة والى أحمال أومية بقيمة 100Ω على أن تكون بأعلى قيمة لها كما في الشكل (4-23) (للأطلاع فقط) .



الشكل (4-23) توصيل محولتين على التوازي وقياس متغيراتها

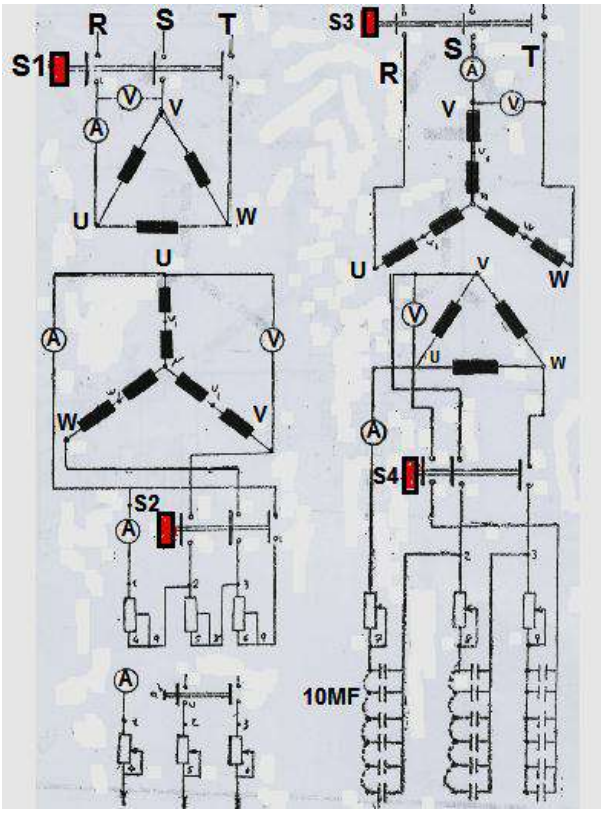
9. جهز دخل الملفات الأبتدائية للمحولتين بجهد من مصدر تغذية 380v~/50HZ .

10. قس الكميات (تيار كل طور ، فرق الجهد بين كل طورين) بأستخدام جهاز الكلامبميتر والأفوميتر ثم أستخرج مقدار القدرة الواصلة الى الحمل .

11. غير من قيمة المقاومة المتغيرة الثلاثية بحذرحتى تصل بالتيار المسحوب للتيار الأقصى لمحولة واحدة ، سجل ملاحظاتك عن وجود أرتفاع في درجة حرارة المحولات أم لا ولماذا ؟

12. افصل جهد المصدر الكهربائي فك الدائرة .

13. أوصل الدائرة لمحولة واحدة ثلاثية الأطوار على أن يكون الحمل ماديا أولا ثم حثيا ثم سعويا كما في الشكل (4-24) (للأطلاع فقط).



الشكل (24-4) طرق توصيل محولات ثلاثية الأطوار مع أحمال أومية،سعوية

14. قس متغيرات الدائرة (جهد ،تيار ، قدرة) لكل من الحالات في الفقرة 13 .

التمرين العملي رقم (3)

أسم التمرين: طرق ومميزات توصيل الملفات الأبتدائية والثانوية لمحول أحادي الطور ولمحول ثلاثي الأطوار ولمحول ذاتي متغير أحادي وثلاثي الأطوار وإجراء الفحوصات على متغيراتها .

مكان العمل: ورشة الكهرباء.

الزمن: 5 ساعة .

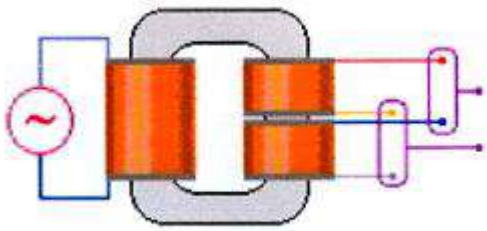
الأهداف التعليمية: بعد الأنتهاء من تنفيذ التمرين يكتسب الطالب مهارة لمعرفة:

طرق توصيل المحولات الأحادية والثلاثية الطور ومميزات توصيل كل نوع .

المعلومات النظرية:

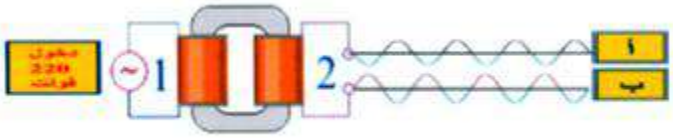
أولا- يمكن توصيل الملفات الثانوية لمحول أحادي الطور وبحسب تصميم المحولة الى:

1. ملفان ثانويان على التوازي (للحصول على قدرة أعلى أي تيار أعلى) وكما في الشكل (25-4) .



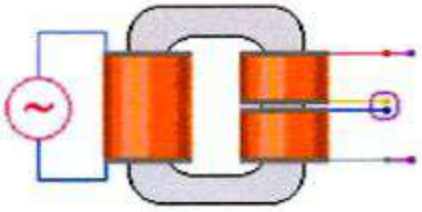
الشكل (25-4) توصيل الملفات الثانوية على التوازي

أما شكل الموجات المتناوبة التي تمثل جهد الملفات الثانوية والتي يتبعها شكل موجة التيار فموضحة في الشكل (26-4).



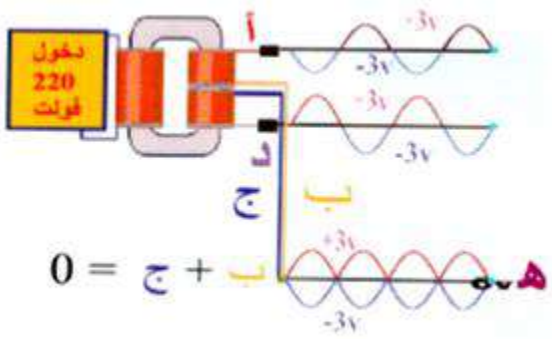
الشكل (26-4) شكل الموجات الخارجة من أطراف الملف الثانوي النهائية

2. ملفان ثانويان على التوالي (للحصول على الجهد المطلوب) كما في الشكل (4-27).



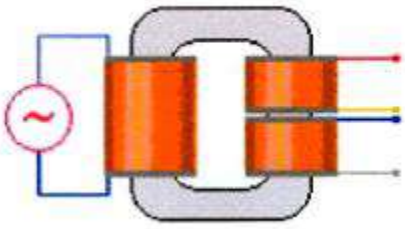
الشكل (4-27) توصيل الملفات الثانويه للمحول على التوالي

أما شكل الموجات الخارجة من الملفات الثانوية فموضحة في الشكل (4-28) .



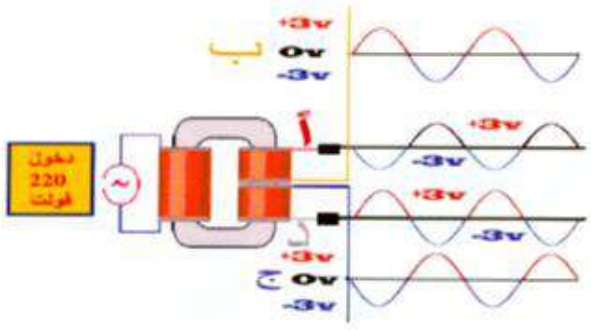
الشكل (4-28) شكل الموجات المتناوبة الخارجة من الملفات الثانوية المتوالية

3. ملفان ثانويان منفصلان : تطلب الحاجة أحيانا الفصل بين مصدرين متناوبين وعندها نستخدم هذا النوع من المحولات وكما في الشكل (4-29).



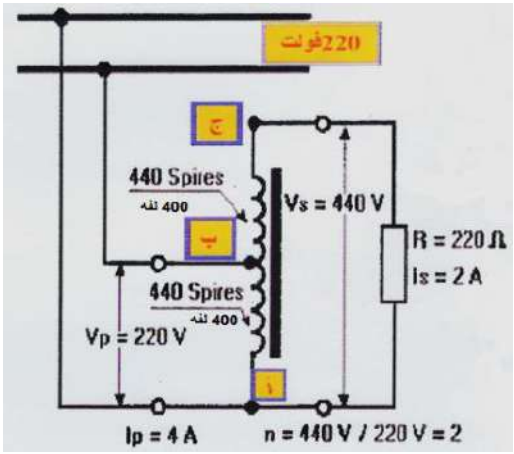
الشكل (4-29) الملفان المنفصلان لمحول أحادي الطور

أما شكل الموجات الخارجة من الملفات فموضحة في الشكل (4-30) .



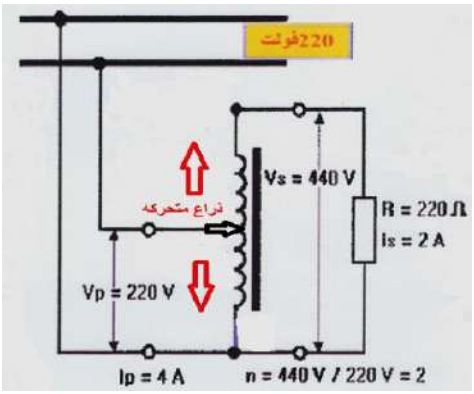
الشكل (4-30) شكل الموجات الخارجة من الملفين الثانويين لمحول أحادي الطور

4. محول ذو ملف واحد بدلا عن ملفين منفصلين ويسمى بالمحول الذاتي كما في الشكل (4-31) .



الشكل (4-31) محول ذاتي ثابت رافع للجهد ~220v-~400v

يستعمل المحول الذاتي الموضح في الشكل لرفع الجهد الخارج من المحول على حساب النقصان في قيمة التيار لكي تبقى القدرة الخارجة = القدرة الداخلة – الخسائر أي تطبق نفس نظريات المحولة العادية على المحول الذاتي (على فرض المحول مثالي) لذا فان 400V X I = 220 v x 4A ومنها I= 2A أي أننا رفعنا الجهد على حساب تقليل التيار . وأذا أستخدمنا النوع المتغير من هذه المحولات فيمكننا أن نحصل على جهد منخفض أو جهد مرتفع يبدأ من 220V والذي يساوي جهد المصدروالى 400V فأن تحريك الذراع الى الأعلى نحصل على جهد منخفض وبالعكس أذا حركنا الذراع الى الأسفل والى الحد الأدنى وهو منتصف اللفات كما في الشكل (4-32).

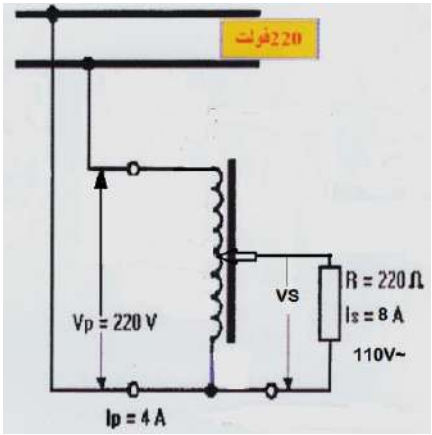


الشكل (4-32) محول ذاتي متغير الجهد من ~400V -220V~

ويستخدم تصميم القلب الحديدي الدائري (النواة) نوع المغلق في صناعة المحولات الذاتية المتغيرة وكما في الشكل (33- 4) .

الشكل (4-33) محولات النواة المغلقة

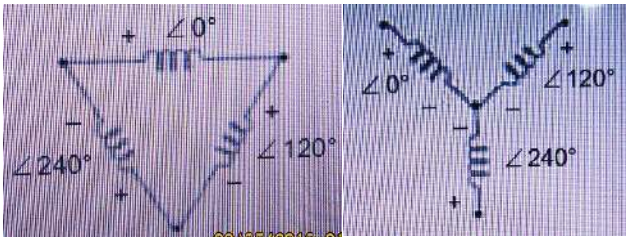
ويمكن الحصول على جهد متغير من 0V والى ~220V بواسطة المحول الذاتي المتغير عندما يستخدم هذا النوع في صناعة مجهزات القدرة المتناوبة أو المستمرة وكما في الشكل (4-34) نرى عندما يكون الجزء المتحرك في منتصف الملفات نحصل على جهد ~110V عند خرجها .



الشكل (4-34) محول ذاتي متغير من 0V والى ~220V

ثانيا- التوصيلات المختلفة لملفات محول ثلاثي الأطوار هي كما يأتي:

توصل الملفات الأبتدائية أو الملفات الثانوية بأحدى الطريقتين فهي أما توصيل نجمي (ستار) أو توصيل مثلثي (دلتا) ففي توصيل النجمة توصل بدايات الملفات أو نهاياتها بنقطة واحدة أما في توصيلة دلتا فتوصل بداية مع نهاية وكما في الشكل (35-4) .



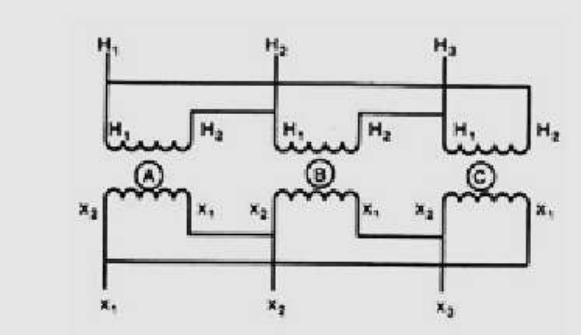
الشكل (35-4) توصيل الملفات الأبتدائية أو الثانوية في المحولات ثلاثية الأطوار

1. توصيلة نجمة – نجمة (ستار- ستار):

يتميز هذا التوصيل بأنه أقتصادي والمحولة في هذا التوصيل صغيرة الحجم نسبيا بالمقارنة مع مثيلاتها بسبب العزل الأقل وعدد لفات ملفاتها الأقل .

هذا التوصيل جيد في حالة أتزان الأحمال عند الملفات الثانوية فقط وفيها نقطة التعادل N يساوي جهدها صفرا وان كانت الأحمال غير متزنة فأنه سيتولد فرق جهد عند نقطة التعادل N وفرق جهد غير متساوي بينها وبين الأطوار .

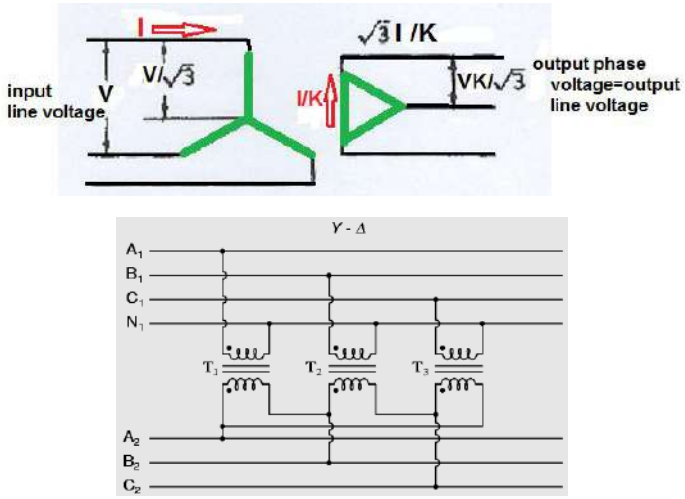
2. توصيلة مثلث – مثلث (دلتا – دلتا): موضح في الشكل (36-4) .



الشكل (36-4) توصيل مثلث- مثلث لمحول ثلاثي الأطوار

يمتاز هذا النوع من التوصيل لملفات المحول ثلاثي الأطوار بأنه أقتصادي نسبيا سواء أكانت المحولة رافعة أو خافضة ، أن جهد الخط فيها يساوي جهد الطورمما يؤدي هذا الى زيادة عدد اللفات لكل طور وزيادة في تكلفة العزل وتطبق قوانين المحولة عليها ومن ضمنها نسبة التحويل (ratio transformation) والذي يرمز اليه ب K .

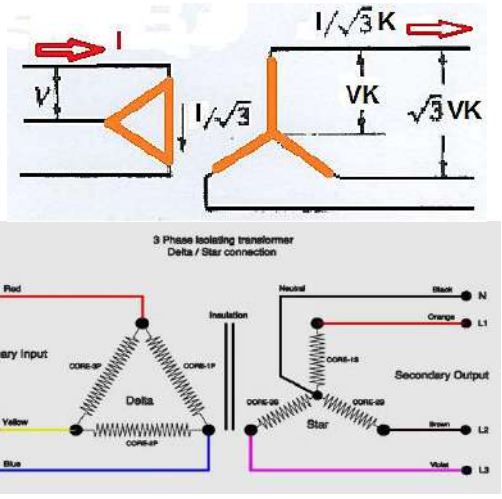
3. توصيلة نجمة ـ مثلث (ستار ـ دلتا): موضح في الشكل (37-4) .



الشكل (37-4) توصيلة نجمة ـ مثلث لمحول ثلاثي الأطوار

يستخدم هذا التوصيل في نهاية المحطة الثانوية لخط نقل الطاقة لخفض الجهد (stepped – down substation) ونسبة التحويل بين الملفات الثانوية الى الأبتدائية K تعمل على خفض الجهد الى($\frac{1}{\sqrt{3}}$ جهد الخط الداخل V) وهناك زحف في الطور مابين جهد خط الملف الأبتدائي والثانوي مقداره *30 ولا يمكن توصيلها على التوازي مع محول توصيلة نجمة ـ نجمة أو مثلث ـ مثلث .

4. توصيلة مثلث ـ نجمة (دلتا ـ نجمة): موضح في الشكل (38-4) .



الشكل (38-4) توصيلة مثلث – نجمة لمحول ثلاثي الأطوار (Delta / wye)

يستخدم هذا النوع من توصيل المحولات ثلاثية الأطوار(Dy) في شبكات التوزيع التي تتطلب تجهيز الحمل بأربعة اسلاك (4 wire system) مما أعطى أمكانية لتشغيل مصابيح الانارة والاحمال الاخرى بجهد

منخفض وأن نظام توصيل المحولة بهذه الطريقة أمكن الحد من الضوضاء الناشئة بسبب توصيل الملفات الابتدائية على شكل دلتا Δ .

ملاحظة: هناك نوع من المحولات ثلاثية الأطوار متغيرة يكون فيها عدد لفات الملفات الثانوية متغيرة عن طريق ملامستها بواسطة فرش كربونية عدد 3 لتوصل الى الحمل الثلاثي الأطوار وغالبا ما تستخدم في أجهزة القدرة الكهربائية المتغيرة .

التسهيلات التعليمية: بدلة عمل مناسبة ، محول أحادي الطور متعدد الملفات الثانوية ، محول أحادي الطور متغير 0-220V ، محول ثلاثي الاطوار توصيل مثلث – نجمة متغير ، جهاز أفوميتر عدد 3 ، جهاز كلامبميتر عدد 3 ، أحمال أومية مختلفة 30Ω ، 50Ω ، 100Ω ، 150Ω ، 200Ω ،300Ω بقدره 50W عدد 3 من كل قيمة ، لوحة تدريب خشبية ، أسلاك توصيل ، قاشطة أسلاك كهربائية حجم 1.5 ملم^2 .

خطوات العمل والنقاط الحاكمة والرسومات التوضيحية:

1. أرتد بدلة العمل المناسبة مع جميع لوازم الوقاية من الصدمة الكهربائية .
2. وصل المحول الأحادي الطور الخافض للجهد والذي جهد ملفه الأبتدائي =~220v والمتعدد ملفاته الثانوية الى مصدر الجهد المتناوب المغذي على التسلسل * ملفان ثانويان على التوازي * ملفان ثانويان على التوالي * ملفان منفصلان كما في الأشكال (26-4) و(28-4) و(30-4) .
3. قس جهد الملفات الثانوية في كل حالة توصيل في الفقرة 2 بأستخدام الأفوميتر .
4. وصل الى أطراف الملفات الثانوية مقاومات ثابتة قيمها على التوالي 30Ω ، 50Ω ، 100Ω ، 150Ω ، 200Ω ، 300Ω .
5. قس قيمة تيار الحمل الأومي في كل مرة وتيار الملف الأبتدائي بأستخدام الكلامبميتر .
6. وصل أطراف محول ثلاثي الأطوارللملفات الأبتدائية توصيلة مثلث – نجمة متغير الى مصدر التغذية ~380v .
7. غير في موضع الجزء الدوار للمحولة عدة مرات كي تحصل على قيم VO مختلفة .
8. قس مقدار جهد الخط وجهد الطور للملفات الأبتدائية دلتا وللملفات الثانوية ستار بأستخدام الأفوميتر .
9. وصل الحمل المادي الثلاثي 30Ω وبعده 100Ω ومن ثم200Ω بعد أطفاء التغذية.
10. أضبط جهد الخط للملف الثانوي الى 40v .
11. قِس مقدار جهد الطور للملف الأبتدائي والثانوي .
12. قس قيمة تيار كل من (الملفات الأبتدائية ، الملفات الثانوية).
13. غير من مقدار جهد الخط الى 60v وأعد الخطوات (9 -12) .

التمرين العملي رقم (4)

أسم التمرين: إيجاد خواص اللاحمل (الدائرة المفتوحة) لحساب المفاقيد الحديدية للمحول (Piron) وخواص الحمل (الدائرة المقصورة) لحساب المفاقيد النحاسية (Pcu) .

مكان العمل : ورشة الكهرباء .

الزمن : 3 ساعة .

الأهداف التعليمية : بعد الانتهاء من تنفيذ التمرين يكتسب الطالب مهارة لمعرفة:

1- **أيجاد المفاقيد الحديدية (المفاقيد الثابتة) والتي تنشا نتيجة التيارات الدوامة وتأثير الفيض المغناطيسي للقلب الحديدي للمحول .**
2- **أيجاد المفاقيد النحاسية عند الحمل الكامل والتي تنشا نتيجة مقاومة أسلاك الملفات لأيجاد جودة المحول والجهد الكلي المفقود في الملفين الأبتدائي والثانوي .**

المعلومات النظرية:

يمكن أعتبار المحول مكون من دائرتين أحدهما مغناطيسية تتمثل بالقلب الحديدي المصنوع من رقائق على شكل اللواح من الصلب السليكوني المعزولة بالطلاء الكيميائي والأخرى دائرة كهربائية تتمثل بالملفات (الملف الأبتدائي والملف الثانوي) ومن هاتين الدائرتين تنشأ المفاقيد الحديدية والنحاسية والتي نعبر عنهما بالقدرة المفقودة أو الضائعة أو خسائر القدرة والتي تطرح قيمتها من القدرة الداخلة لنحصل على مقدار القدرة الحقيقية الخارجة للمحول والمغذية للحمل .

أن قيمة المفاقيد الحديدية تتناسب طرديا مع مربع التردد ومربع الفيض المغناطيسي ومربع سمك الشرائح المصنوع منها القلب الحديدي وتتناسب عكسيا مع مقاومة النوعية لمادة القلب . ومما سبق يمكن تقليل المفاقيد الحديدية والتيارات الدوامة عن طريق :

1. **تقليل كثافة الفيض المغناطيسي .**
2. **أستخدام سبيكة من الحديد لها مقاومة نوعية عالية .**
3. **أستخدام شرائح ذات سمك صغير .**

وعمليا تحسب المفاقيد الحديدية بقياس تيار الملف الأبتدائي (Iopen cct) وهو تيار اللاحمل وجهد الملف الأبتدائي Vi والقدرة الداخلة بالواط (P(open cct عندما تكون أطراف الملف الثانوي حرة (غير موصلة بحمل) أي أن دائرة الملف الثانوي مفتوحة وعليه فأن تيار الملف الأبتدائي يكاد أن ينعدم بفعل الحث الذاتي الذي يعمل على توليد تيار تأثيري عكسي يكاد يكون مساويا ومعاكسا للتيار الأصلي فنجد أن جهاز

الأميتر يقيس تيار اللاحمل وهو تيار صغير يتراوح عادة من 2 – 10 % من تيار الحمل الكامل للمحول أي لا يحدث أستهلاك للطاقة .

ومن هنا يظهر معامل القدرة الكهربائية PF (POWER FACTOR) (cos ∅) وهو النسبة بين القدرة الحقيقية KW بالكيلوواط (ما يقيسه جهاز الواطميترPo) الى القدرة الظاهرة مقاسة بـKVA(REACTIVE POWER) المسماة القدرة غير الفعالة والناشئة من المجال المغناطيسي والتي تساوي حاصل ضرب التيارالمقاس للملف الأبتدائي)X (I_i) الجهد المقاس للملف الأبتدائي (Vi) وكما في العلاقة :

$$\text{POWER FACTOR } (\cos \emptyset) = \frac{Po}{Vi \times Io}$$

وهنا القدرة المفقودة في الحديد = القدرة الداخلة بالواط = Piron ويرمز لها ايضا P_{Fe} .

وتهمل المفاقيد النحاسية في هذه الحالة للملفات الأبتدائية ويكون التيار المار في الملف الثانوي = صفر لأن أطرافة مفتوحة لذلك تعد قراءة الواطميتر والمركب عند الملف الأبتدائي هي المفاقيد الحديدية فقط .

أما لحساب المفاقيد النحاسية (Pcu) فيتم عمل قصر لأطراف الملف الثانوي أو توصيل الأطراف الى حمل قليل القيمة الأومية (لمدة قصيرة تكفي للقياس فقط تجنبا لتلف المحول) فعند تسليط الجهد على طرفي الملف الأبتدائي بالقيمة المقننة فإن تياراً كبيراً جدا سيمر في ملفات المحول علما أنه يجب أن يخفض جهد الملف الأبتدائي الى 0.1 الجهد المقنن وفي هذه الحالة تهمل المفاقيد الحديدية . وتتمثل المفاقيد النحاسية بمقدار القدرة في حالة الحمل والقصر = Ps أما مقدار تيارالحمل أو القصر Is وهوالتيار المار في الملفات الأبتدائية للمحول أما الجهد المغذي للملف الأبتدائي = Vi فهو جهد المصدر المغذي (نستخدم محولاً آخر ذاتياً متغيراً لخفض مقدار جهد التغذية الى 0.1x220v~ = 22v حرصا على سلامة المحول تحت الأختبار) ، وعمليا تعد ما يقيسه جهاز الواطميتر(بالواط) والمركب عند الملف الأبتدائي هي مقدار المفاقيد النحاسية (Pcu)وتهمل في هذه الحالة المفاقيد الحديدية .

ويمكن حساب المفاقيد النحاسية أيضا أن علمت قيمة مقاومة الملفات الأبتدائية بالقانون:

القدرة = مربع التيار × المقاومة

التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ، أجهزة) : بدلة عمل ، محول أحادي الطور 220v~/12v~-50HZ عدد 1، محول ذاتي متغير الخرج من 0–220V~ عدد1 ، جهاز AVO عدد 2 ،جهاز فولتميتر A.C من 0- 500V~ عدد1، جهاز أميتر A.C من 0-1A عدد1 ، جهاز قياس قدرة (واطميتر) عدد 1 ،أسلاك توصيل

حجم 1.5mm2 ، كتر كهربائي ، درنفيس فحص . والشكل (4-39) يبين نوعين من المحول الذاتي المتغير أحدهما يوفر عزل .

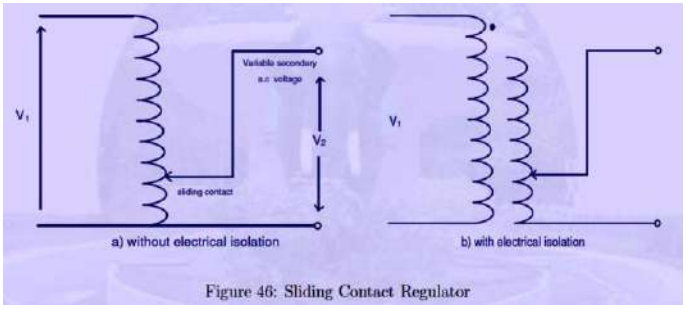


Figure 46: Sliding Contact Regulator

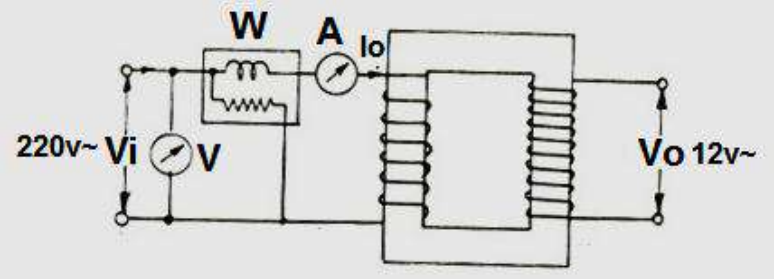
الشكل (4-39) نوعان من المحول الذاتي المتغير أحدهما يوفر عزل

خطوات العمل والنقاط الحاكمة والرسومات التوضيحية:

1. أرتد بدلة العمل المناسبة .

أولا - لإيجاد المفاقيد الحديدية (Piron) .

2. وصل الدائرة الكهربائية الموضحة بالشكل (4-40) .



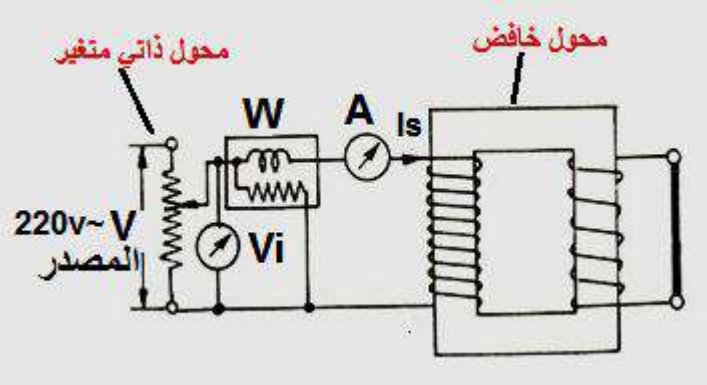
الشكل (4-40) توصيل محول خافض لقياس المفاقيد الحديدية بدون حمل

3. وصل الدائرة الى مصدر جهد متناوب 220v~/50HZ (vi) .
4. قس قيمة التيار Io للملف الأبتدائي في حالة اللاحمل .
5. قس قيمة الجهود vi ، vo .
6. قس قيمة القدرة Po بأستخدام جهاز الواطميتر .
7. سجل قيمة المفاقيد الحديدية .

8. أعد الخطوات (4 ،5 ،6 ،7) عند تغذية نفس المحول عن طريق المحول الذاتي لغرض خفض الجهد الداخل بواسطتها ولعدة قيم ~200v ، ~180v ،~150v ،~100v ثم قارن قيمة قياس جهاز الواطميتر في كل حالة مع الخطوة 7 .

ثانيا- لإيجاد المفاقيد النحاسية (Pcu) .

1. وصل الدائرة الموضحة في الشكل (41-4) .



الشكل (41-4) توصيل محول خافض لقياس المفاقيد النحاسية للمحول (حمل كامل)

2. أجعل طرفي الملف الثانوي في حالة قصر (short circuit) .
3. جهز طرفي الملف الأبتدائي بجهد ~22v عبر المحول الذاتي المتغير .
4. قس قيمة تيار القصر Is .
5. قس قيمة الجهد Vi .
6. قس قيمة القدرة بأستخدام جهاز الواطميتر عند الملف الأبتدائي .
7. سجل مقدار المفاقيد النحاسية (Pcu) .

التمرين العملي رقم (5)

أسم التمرين : أستخدام مرحل مراقب الأطوار (أنقطاع أو أنعكاس الأطوار) أوعدم إتزانها لحماية خطوط تغذية الجهد الواطئ المجهزة لمجموعة أحمال في منشأة .

مكان التنفيذ : ورشة الكهرباء .

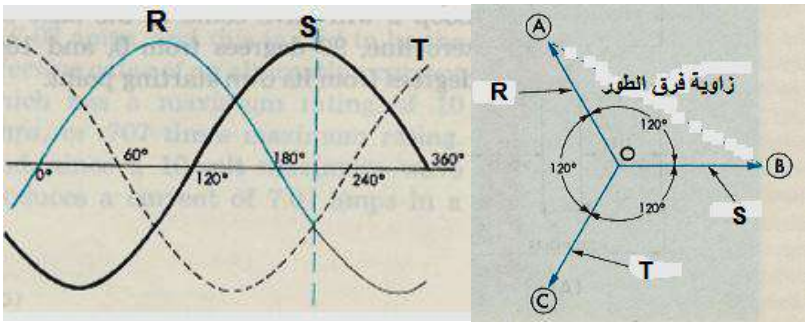
الزمن : 3 ساعة .

الأهداف التعليمية : بعد تنفيذ التمرين يكتسب الطالب مهارة لمعرفة :

- **أهمية تتابع أطوار التغذية الكهربائية الرئيسة وتأثيرها على الأحمال .**
- **أختيار مرحل مراقب الأطوار في حماية الأحمال الكهربائية .**
- **تعديل الأختلاف الذي قد يحدث في أطوار تغذية الشبكة الكهربائية للأحمال.**

المعلومات النظرية :

تنتج ملفات الجزء الثابت لمولدات محطات التوليد ثلاث موجات جيبية بتردد 50HZ بفرق جهد بين كل طور وآخر يساوي جهد التوليد لمولد المحطة إلا إنها مختلفة بالطور وأن مقدار الأختلاف بين كل طوروالذي يليه زاوية مقدارها *120 وكما في الشكل (42-4) .



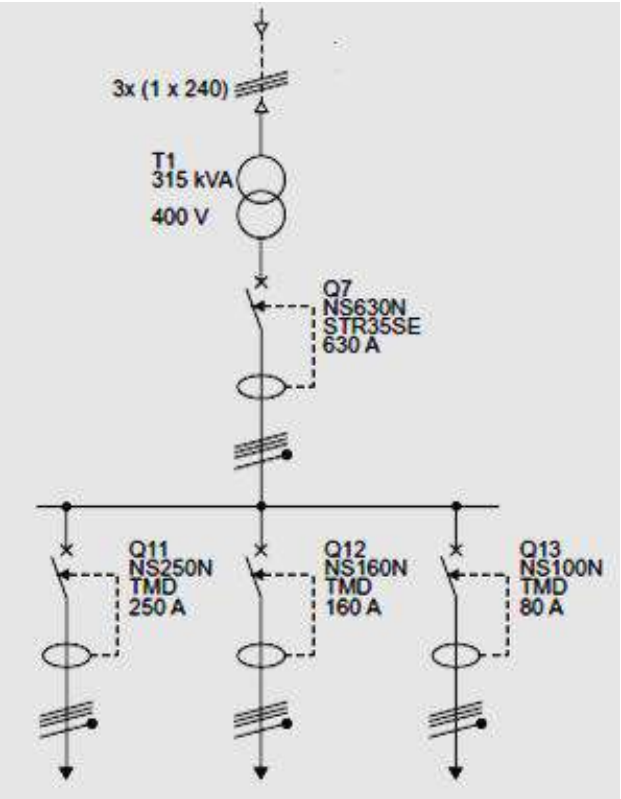
الشكل (42-4) تتابع فرق الطور بين الأوجه الثلاثة لمولد محطة التوليد نظام 3 wire

أن تتابع الأطوار هو أصطلاح يستخدم لتحديد الأتجاه الزاوي الذي تصل به متجهات الجهد والتيار لقيمتها العظمى بتتابع الزمن في نظام ثلاثة أطواريمكن أن يكون الأتجاه مع دوران عقرب الساعة (positive sequence) بتتابع أما (U,V,W) أو(R,S,T) أو(L1,L2,L3) أو (Red,Yellow,Blue) .

يختلف تتابع الأطوار على أطراف الملف الثانوي لمحول القدرة إذا تم التبديل بين طرفين من أطراف الملف الأبتدائي المتصل بأطراف مولد المحطة .

لايمكن فحص تتابع الأطوار بأجهزة الفحص الكهربائية مثل الفاحص الكهربائي أو الأفوميتر أو غيرها ويمكن ملاحظة التتابع إن توافر لدينا راسم أشارة ثلاثي القناة (oscilloscope)،سنلاحظ في شاشة الجهاز شكل الموجات الثلاثة الموضحة في الشكل (4-42) وتستخدم أصابع فحص خاصة ذات خواص تخفيضية عالية لتوصيل جهاز راسم الأشارة بالأطوار الثلاثة . وعندما يراد العمل بصندوق توزيع رئيس تمت تغذيته من مصدر شبكة كهربائية ثلاثي الأطواروالذي يغذي بدوره أحمال في مصنع أو ورشة عمل بما يحتويه من مكائن فأن الخطأ الناشي من أختلاف الأطوار أو ربطها بصورة عشوائية أو أنقطاع أحد الأطوار يؤدي الى حدوث تلف في المكائن وبالتالي تلف الأنتاج لان المكائن ستدور بعكس أتجاه دورانها .

نجد في صندوق التوزيع الرئيس ثلاثة خطوط رئيسة قادمة من المغذي الرئيس للمحطة + القطب المتعادل ونلاحظ وجود عناصر حماية تبدأ بالقاطع الرئيس ذي الحماية الحرارية المغناطيسية للفصل الأوتوماتيكي عند حدوث زيادة غير مرغوب بها للتيار أو الفصل اليدوي عند الرغبة بقطع المصدر الرئيس وكذلك وجود قواطع فرعية تفصل ذاتيا لحماية الكيبلات الفرعية والتي يعد كل واحد منها رئيس بالنسبة الى عدة مكائن يغذيها ويحتوي الصندوق كذلك قواطع فرعية لتغذية باقي الخدمات من إنارة وتهوية وتكييف وغيرها بفرق جهد 220v~/50HZ ، ويتم التوزيع كما في شكل (4-43).



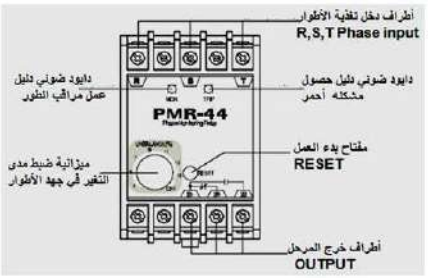
الشكل (4-43) توزيع قواطع الحماية من المغذي الرئيس والى الفروع

لذا من الضروري هنا تركيب مرحل حماية من أنعكاس أو أنقطاع أحد الأطواروعلى ملف الفصل للقاطع الرئيس ويسمى (phase monitor) وسنطبق ذلك وكما يأتي:

التسهيلات التعليمية: بدلة عمل ، قاطع دورة 3A / 3ph / mcb ، مرحل مراقبة الطور PMR- / 3PH 44 ، محرك حثي 1.5HP / 1500r.p.m / 3PH ، كونتكتر 380V~/50HZ/Ith 20A ، مفتاح ضغط تشغيل NO عدد1 ، مفتاح ضغط أيقاف NC عدد 1 ، أسلاك توصيل حجم 1.5mm2 ، كتر كهربائي ، بلايس ، درنفيس فحص ، جهاز أفوميتر ، لوحة خشبية قياس 60cmx60cm تدريبية .

خطوات العمل والنقاط الحاكمة والرسومات التوضيحية :

1. أرتد بدلة العمل المناسبة .
2. أختر مرحل مراقب الطور موديل PMR – 44 والموضح شكله وتركيبه ومواصفاته الفنية في الشكل (4-44) .



Specification

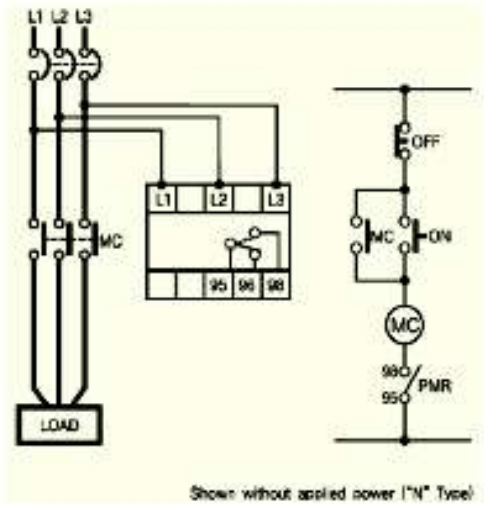
Control Voltage	Type	Range
	220	3φ 160 - 300VAC, 50/60Hz
	440	3φ 340 - 480VAC, 50/60Hz
Reset		Manual (Instantaneous) / Electrical Automatically reset with 5 sec delay when supply power comes to normal.
Output Relay	Mode	1 - SPDT (1C)
	Rating	5A/250VAC Resistive
	Status	Normally Energized
Mounting		35mm DIN-rail/Rail

الشكل (4-44) شكل وتركيب ومواصفات فنية لمرحل مراقب الطور PMW – 44

للمرحل أمكانية ضبط مدى عدم الأستقرار في الجهد مابين طور وآخر عن طريق المقاومة المتغيرة المسماة KNOB بزمن قطع عند حصول الأضطراب مقداره 5sec + %(2-15).

وزمن قطع في حالة أنعكاس الأطوار مقداره 0.1s وزمن قطع في حالة أنقطاع أحد الأطوار مقداره 1s وله أمكانية تصفيره أوتوماتيكيا بزمن مقداره 5s و يحوي على مفتاح ضغط reset يدوي ويعمل المرحل على جهد تغذية 380v~/50HZ .

3. وصل دائرة تشغيل المحرك الحثي مع حماية لمراقب الطور Phase monitoring relay الموضحة في الشكل (45-4).



الشكل (45-4) دائرة تشغيل محرك حثي مع حماية لمراقب الطور

4. غذي دائرة تشغيل المحرك الحثي بجهد 380v~/3Ph نظام 3wire .
5. شغل المحرك بالضغط على مفتاح التشغيل start مسجلا أتجاه دوران المحرك .
6. قس قيمة الجهد بين كل طورين بواسطة الأفوميتر مسجلا ذلك .
7. أطفئ المحرك عن طريق مفتاح الأطفاء stop مع تغيير وضع القاطع الى وضع off .
8. أعكس طورين من اطوار التغذية الثلاثة أحدهما مكان الآخر معيدا الخطوات من 4 -7 .
9. أفصل أحد الأطوار المغذية للدائرة معيدا الخطوات من 4-7 . ماذا سيحصل ؟
10. سجل حالة مرحل مراقبة الأطوار في الفقرات 5 ،9,8 .
11. أطفي المصدر المغذي وفكك الدائرة معيدا الأجهزة والأدوات الى مكانها .

التمرين العملي رقم (6)

أسم التمرين: صيانة لوحات التوزيع ذات الجهد المتوسط والمنخفض وكشف وتحديد الخلل في المحطة الثانويه أو شبكة التوزيع وكيفية تحسين عامل الأستطاعة لها .

مكان تنفيذ التمرين : موقع محطة ثانوية.

الزمن :4 ساعة.

الأهداف التعليمية : بعد أداء خطوات التمرين يكتسب الطالب معرفة:

1. **مخطط موقع المحطة الثانوية ومخطط شبكة التوزيع الى المستهلك.**
2. **كيفية تجهيز مستهلك بخط تغذية فرعية من الشبكة الكهربائية .**
3. **طرق تحسين عامل أستطاعة الشبكة الكهربائية $\cos \emptyset$.**
4. **كيفية أجراء صيانة دورية على عناصر حماية المحطة الثانوية .**

المعلومات النظرية :

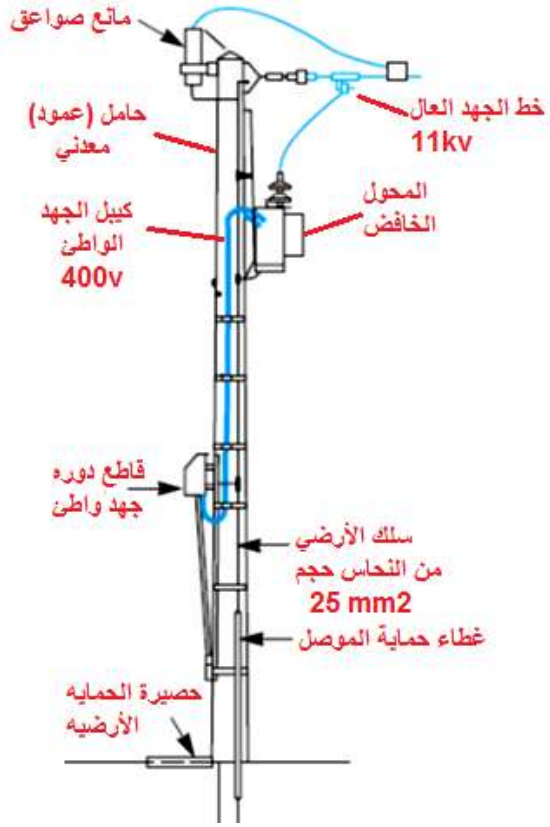
أن منظومة القوى الكهربائية تتكون من محطة التوليد Generation plant والتي تعمل على توليد الجهد بحدود 11KV ولأعتبارات فنية أهمها العزل لملفات المولد فأن الحد الأقصى لجهد توليد لهذه المولدات = 33KV وبالتالي يكون التيار المتولد الخارج من المولد عالياً جدا يصل مئات الأمبيرات مما يستوجب تخفيضه دون المساس بكمية الطاقة المتولدة وتنشأ قرب محطة التوليد أو في بداية خطوط النقل محطة أخرى تسمى محطة النقل Transmission substation وهي نوع من أنواع محطات التحويل وظيفتها ربط المولدات بشبكة نقل القدرة الكهربائية ورفع الجهد من مستويات التوليد الى مستويات عالية وفائقة تتناسب مع المسافات الطويلة الى حيث توجد مراكز الأحمال لذايتم رفع جهد التوليد من 11KV الى 33KV والى 66KV والى 132KV والى جهد النقل 400KV بواسطة محولات ثلاثية الأطوار ذات قدرة عالية رافعة للجهد تنقل عبر خطوط النقل الى محطات التوزيع الفرعية الأولية والثانوية وهي أحدى أنواع محطات التحويل والتي تقع في الطرف الثاني لخط النقل أي عند الأستقبال حيث يوجد المستهلك تعمل هذه المحطات على خفض جهد النقل الفائق الى جهود متوسطة في محطات توزيع أولية ومن ثم الى جهد منخفض ~380V في محطات توزيع ثانوية وهي المرحلة النهائية لتجهيز المستهلك بالطاقة ويتم خفض الجهد بعدة مراحل خفض 400KV والى 132KV والى 66KV والى 33KV والى 11KV والى ~380V .

يوجد نوعان من محطات التوزيع الثانوية هما:

1. محطات توزيع معزولة بالهواء Insulated outdoor substation .

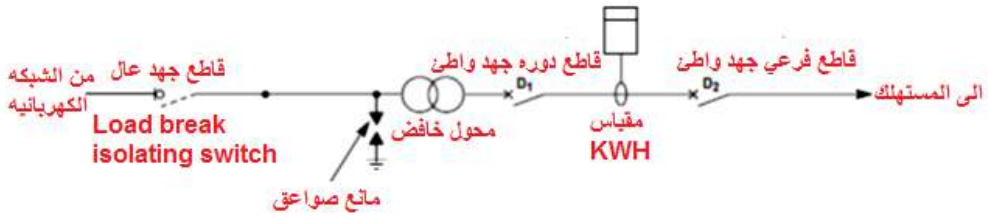
2. محطات توزيع صندوقية داخلية تسمى KIOSK (Indoor substation equipped with metal – enclosed).

في محطات التوزيع المعزولة بالهواء substation pole-mounted transformer تكون موصلات الجهد العالي في الهواء الطلق وتفصلها مسافة كافيه للعزل بينها وكما في الشكل (4-46) .



الشكل (4-46) محطة توزيع ثانوية تحتوي محولة معلقة على عمود

وتغذية المستهلك من هذه المحطة يتم كما في الشكل (4-47) .

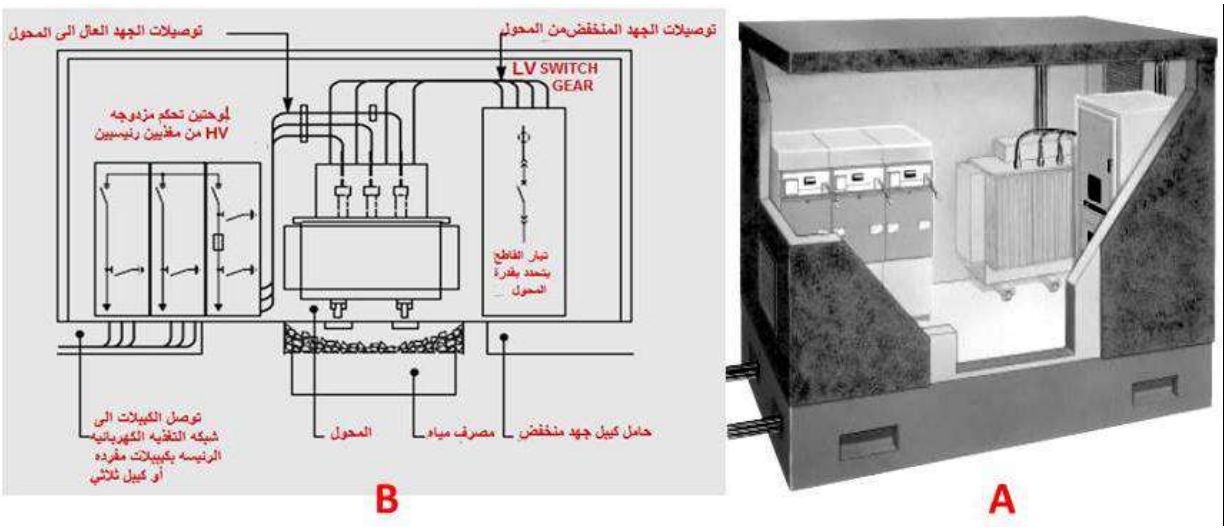


الشكل (4-47) تغذية مستهلك من محطة توزيع ثانوية خارجية

أما المحطات الصندوقية وهي محطات توزيع داخلية مغلقة تحوي الأجزاء التالية :

- محول قدرة خافض للجهد .
- قواطع آليه للتيار ومرحلات حماية .
- محولات قياس CT تيار وجهد .
- قضبان ربط وتوزيع bas bar .
- عوازل تيار وأجهزة فصل وتوصيل .
- غلاف معدني ضد الصدأ بأبواب وتهوية .

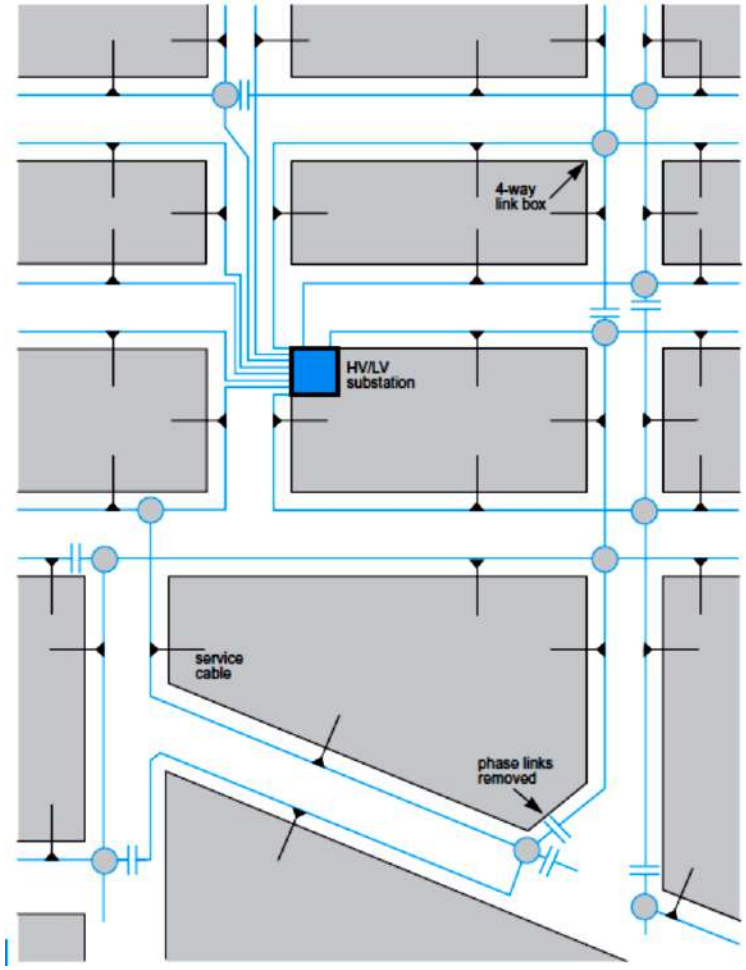
والشكل (4-48) A يبين شكل المحطة وB يبين تركيب محطة التوزيع الثانوية الداخلية (للأطلاع فقط).



الشكل (4-48) A. شكل المحطة الثانوية الداخلية KIOSK B. أجزاء محطة توزيع ثانوية داخلية

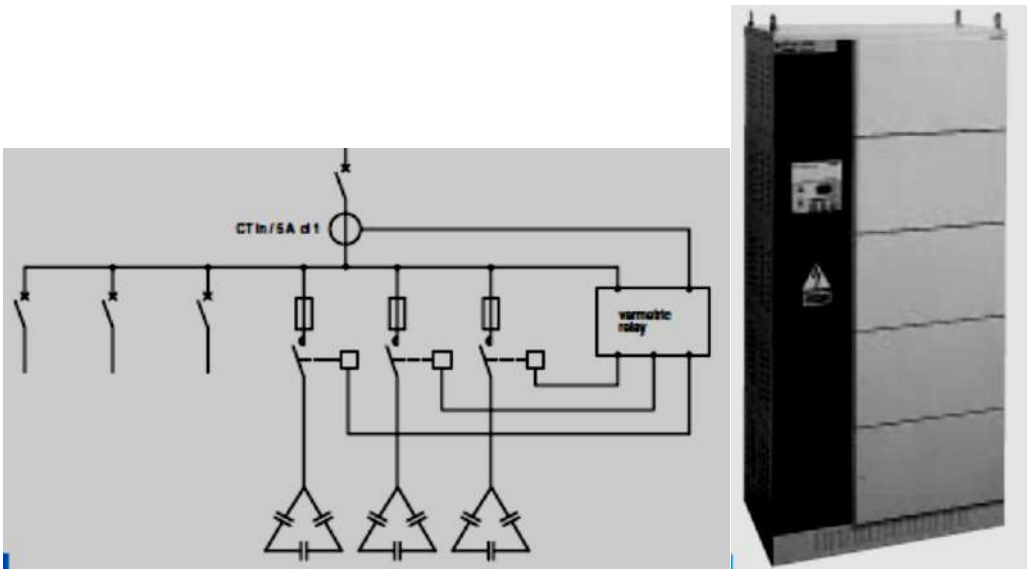
في المدن المتوسطة والكبيرة يستخدم نظام تمديد الكيبلات الأرضية من محطات التوزيع الثانوية HV/LV (واحدة أو أثنين قدرة 1000KVA) والتي تغذي هذه الكيبلات الى مسافة 500-600m عنها أو بقطر 300m حول المحطة كما وتوزع صناديق تفتيش وفحص في مواقع متعددة غالبا عند التقاطع لغرض أجراء الصيانة لهذه الخطوط وأمكانية فصل الجزء المعطوب عن طريق المرابط النحاسية داخل تلك الصناديق كما في الشكل (4-49) الذي يوضح موقع المحطة الثانوية الخافضة للجهد تخرج منها عدة كيبلات أرضية ويدخل اليها كيبل تغذية واحد أو أثنين يحمل الجهد العال ، تغذي الكيبلات الأرضية الخارجة

والحاملة للجهد المنخفض عدة وحدات سكنية مارا بنقاط تفتيش التي تسمى مين هول وعدة نقاط ربط بالأضافة الى وجود كيبلات أحتياطية تغذي هذه المناطق في دائرة حلقية تستخدم فيما لو حصل خلل في أحد الكيبلات كوحدة طوارئ (للأطلاع فقط) .



الشكل (49-4) شوارع مدينة تحتوي محطة توزيع ثانوية وشبكة توزيع LV مرتبة شعاعيا

أما لتحسين عامل القدرة (Power factor) للشبكة الكهربائية والذي يساوي النسبة بين القدرة الحقيقية ب KW الى القدرة الظاهرة ب KVA والتي تصل أعلى قيمة لها = 1 ، فهنالك أجهزة ألية للسيطرة على رفع عامل القدرة الى الحد المقبول 0.8 تقريبا .



الشكل (4-50) تركيب جهاز تعويض عامل الأستطاعة الأوتوماتيكي في الشبكة الكهربائية

يحوي جهاز تعويض عامل الأستطاعة على مجاميع من المكثفات المنفصلة والتي يمكن أن ترتبط بالشبكة من خلال تشغيل الكونتكترات التابعة لها أي يمكن تغيير عدد المتسعات المرتبطة بالشبكة أوتوماتيكيا وكما نلاحظ ذلك في الشكل (4-50) .

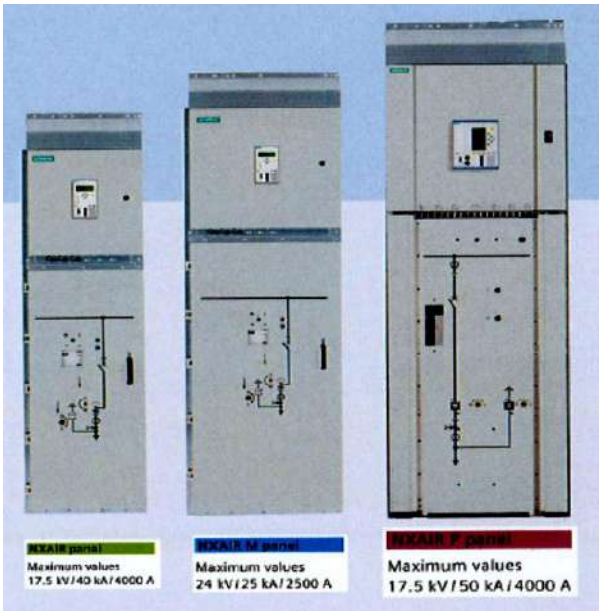
لوحات التوزيع Distribution boards:

تعرف لوحة التوزيع بأنها المنطقة التي تغذى بالمصدر الرئيسي وتتفرع منها بشكل منفصل عدة دوائريمكن السيطرة على عملها عن طريق مفاتيح تحكم switch gear وتحمى بواسطة الفواصم والقواطع والمرحلات وتحوي أجهزة بيان وقياس في الوجة الخارجي لها كما وتتركب من صندوق وأبواب محمية صناعيا من الصدأ والحرارة ومن أمكانية دخول الحشرات والحيوانات ومن تأثير الأهتزازات والأتربة والرطوبة ونفاذ الماء ومؤرضة لحماية العاملين على صيانتها ولأستقرار أداءها ، تصنف لوحات التوزيع عموما الى:

1. لوحات توزيع جهد متوسط M.V SWITCHGEAR BOARD: تعمل على جهد متوسط 33KV,11KV وتوجد على الأغلب ضمن محطة التوزيع الصندوقية الثانوية المغلقة. تتركب من عناصر حماية مثل قواطع نوع SF6 أو القواطع المفرغة وتعد وحدة التحكم والحماية الخاصة بتغذية المحول الخافض داخل المحطة وكما في الشكل (4-51).

الشكل (4-51) لوحة توزيع جهد متوسط ضمن المحطة الصندوقية KIOSK

أو قد يوجد منها مستقلة يمكن تركيبها في مكان محدد بعيد عن المحولة كما في الشكل (4-52).



الشكل (4-52) لوحات توزيع جهد متوسط تعمل بجهود وتيارات مختلفة مستقلة

2. لوحات توزيع جهد منخفض BOARD L.V SWIT CHGEAR: تعمل على جهد منخفض وتوجد على الأغلب ضمن محطة التوزيع الصندوقية الثانوية المغلقة KIOSK وتتركب من قواطع حماية نوع MCCB (Moulded case circuit breaker) واحد أو أثنين رئيس يكون تياره الأكبر وبحسب طلب المستهلك مثلا 2500A مزود بنظام فصل أوتوماتيكي ميكانيكي كهربائي وقواطع أخرى فرعية أقل تيارا بحيث أن مجموع تياراتها يساوي تيار القاطع الرئيس ومجهزة اللوحة بنظام مراقبة وبيان وقياس مع مصحح عامل أستطاعة وكما في الشكل (4-53) .

الشكل (4-53) لوحة توزيع جهد منخفض ضمن محطة التوزيع الصندوقية KIOSK

ويوجد منها أنواع مستقلة يمكن تركيبها في مكان محدد بعيد عن المحول وتصنف بموجب المواصفات التي يتطلبها المستهلك الى:

- لوحة توزيع رئيسة Main low tension panel أوmain general distribution board وكما في الشكل (4-54).

الشكل (4-54) لوحة توزيع جهد منخفض رئيسة

- لوحة توزيع فرعية ورئيسة Main & sub main distribution board : وكما في الشكل (4-55) .

الشكل (4-55) لوحة توزيع جهد منخفض فرعية

- لوحة توزيع محلية عامة Local general distribution board : وكما موضح في الشكل (4-56).

الشكل (4-56) لوحة توزيع جهد منخفض محلية عامة

- لوحات توزيع تحكم عملياتي Process control distribution board: منها الثابت والمتحرك التي تحوي وحدات منفصلة كل وحده تخص تغذية حمل داخل المصنع يمكن أجراء الصيانة عليها وذلك بسحبها من المجر في الهيكل الرئيس ولا يؤثر ذلك على أداء عمل الوحدات الأخرى أو عمل اللوحة الأساسية ولا نحتاج الى فصل التغذية الرئيسة عنها وكما في الشكل (4-57) .

الشكل (4-57) لوحة توزيع تحكم عملياتي Motor control center fixed/drawout

التسهيلات التعليمية: بدلة عمل ، خوذة ، كفوف وأحذية عازلة ، جهاز AVO ، فاحص تيارعن بعد ، فاحص حرارة عن بعد ليزري ، كلامبميتر ، عدة كهربائي ، فاحص مقاومة الأرضي ، قطعة قماش ومنظف ضد الصدأ ، جهاز فحص العازلية (ميكر) ، مجموعة مفكات مختلفة القياس .

خطوات العمل والنقاط الحاكمة والرسومات التوضيحية:

لأجراء الصيانة الوقائية والأختبارات نتبع الآتي:

1. أرتد بدلة العمل المناسبة والكفوف والحذاء والخوذة الواقية .

أجراء الفحوصات والأختبارات الاتية في حالة عمل المحطة:

2. قِس قيمة الجهود بين كل طور وآخر الخارج من المحول بأستعمال المقاييس في واجهة المحطة .
3. قِس قيمة تيارات الأطوار الثلاثة المغذية للأحمال بأستعمال مقاييس واجهة المحطة أو الكلامبميتر .
4. قِس قيمة تردد المحطة بأستعمال جهاز متعدد الأغراض MMT.
5. أفحص بأستخدام جهاز قياس الحرارة الليزري درجة حرارة كلا من المحول ، نقاط الربط ، قواطع الحماية ، المرحلات مسجلا ومقارنا القيم بالفحوصات السابقة .
6. أختبر مراوح التبريد وأماكن التهوية .
7. قِس مقاومة الأرضي للمحطة بأستخدام جهاز قياس الأرضي .
8. أفحص سمعيا وجود أزيز محددا منطقة السمع ثم شم وجود رائحة غير طبيعية أن وجدت.
9. قِس مستوى زيت المحول ومستوى زيت القواطع الزيتية .
10. قِس الفترة الزمنية للفصل والوصل للقواطع والمفاتيح ثم عايرها .

أجراء الأختبارات التالية في حالة أطفاء المحطة من مفاتيح أو قواطع الفصل للجهد المتوسط:

11. أفتح أغطية المحول للتأكد من عدم وجود جسم غريب يمنع دخول هواء تبريد أجزاء المحول أو حشرات وغيرها لتجنب حصول قصر .
12. أختبار مقاومة العزل بين أطراف المحول والأرض بأستخدام جهاز الميجر الموضح في الشكل (4-658) ويتم الأختبار وفقا للمواصفات الموضوعة من قبل الشركة المصنعة مثلا مقاومة العزل = 1000MΩ في درجة حرارة 20 درجة مئوي يعتبر المحول في هذه الحالة غير آمن .
13. شد براغي المرابط وتأكد من جودة توصيل أطراف الملفات والكيبلات .
14. أفحص الأجزاء الخارجية للتأكد من عدم وجود صدأ أو تآكل في الهيكل الخارجي .
15. نظف الأتربة على العوازل وما بين المرابط وعلى الملفات بالمسح بقماش .

16. أفحص المقاومة الأومية لتوصيل وفصل المفاتيح والقواطع على أن تكون المقاومة مساوية للصفر عند التوصيل ومالانهاية عند الفصل .

17. قِس مقاومة العزل للقاطع بين الأطوار الثلاثة والأرض وبين الأطراف المتحركة والثابتة للكونتكتر بأستخدام جهاز الميكر المبين بالشكل (58-4).

الشكل (58-4) جهاز الميجر لفحص العازلية والتسريب

أسئلة الفصل الرابع

1. أذكرالفحوصات الدورية والوقائية لمحولات التوزيع الخافضة للجهد في منظومة القوى الكهربائية؟
2. صنف محولات القدرة الكهربائية على أساس نوع التبريد ؟
3. أذكر الأجزاء التي تتركب منها محولات القدرة والتوزيع ؟
4. ما اسباب أرتفاع درجة حرارة محول القدرة وكيف تتم عملية تحديد الخلل ومعالجته فيها ؟
5. صف آلية عمل ريلي بوخلز في محولات التوزيع ؟
6. ما الأسباب المتوقعة عند تكرار فصل قاطع الحماية الرئيس لمحول القدرة ؟
7. كيف تتم عملية تصحيح أتزان الاحمال لمحول قدرة نوع توزيع ؟
8. ما جهاز القياس المناسب لفحص دخل محول خافض 11KV-380V~3PH/ ؟
9. ما الغاية من ربط محولتي قدرة 3ph على التوازي؟ أذكرشروط التوصيل ؟
10. ما مميزات المحول الذاتي المتغير 3ph ؟ وأين يستخدم ؟
11. عدد طرق التوصيل المختلفة لملفات المحول 3ph الأبتدائية والثانوية مع رسم مخطط التوصيل لكل طريقة ومميزاتها ؟
12. ما الطريقة المفضلة لتوصيل ملفات محول ثلاثي الأطوار عند أستخدامها في نقل قدرة أو توزيعها ولماذا مع رسم مخطط التوصيل ؟
13. كيف تنشأ المفاقيد الحديدية للمحول وما هي العوامل التي تقلل منها ؟
14. كيف تنشأ المفاقيد النحاسية للمحول وما العوامل التي تقلل منها ؟
15. وضح بمخطط دائرة أستخدام مرحل حماية مراقب الطور في حماية حمل ؟
16. عدد أنواع محطات التوزيع الثانوية ثم أذكر أجزاء كل نوع ؟
17. وضح كيف تتم عملية تحسين معامل القدرة ∅ وما تأثيرها في أداء الشبكة الكهربائية؟
18. صف لوحة توزيع الجهد المتوسط في نظام القدرة الكهربائية ؟

الفصل الخامس

حماية منظومة القوى الكهربائية ومراقبتها
(خطوط نقل ، محطات نقل وتوزيع ، محولات ومولدات قدرة كهربائية)

عند ظروف التشغيل الطبيعية (العادية) تكون منظومة القوى الكهربائية في حالة أستقرار إلا إنها قد تتعرض لحوادث غير طبيعية مثل الحمل الزائد الناتج عن التوزيع غير السليم لأحمال محطة التوزيع المسمى عدم الأتزان أوقصر بين الموصلات الناقلة أو بين موصل والأرض أو بين ملفات المحول أو المولد والمسبب لهاعارض خارجي من جراء الحيوانات أو الحشرات أو بسبب داخلي ناتج من تلف عوازل ملفات المحول أو المولد أو تلف عوازل الموصلات أو العزل عن الأرض نتيجة الأخطاء في التشغيل أو أرتفاع وأنخفاض الجهد أوأنقطاع أو أنعكاس الأطوار في نظام التغذية ثلاثي الأطوار وجميع هذه الأعطال تؤدي الى توقف أوتسبب تلف جزئي أو كلي في جزء أو أجزاء من عناصر الشبكة الكهربائية وبالتالي أنقطاع التيار الكهربائي مما يسبب توقف عمل منشأت صناعيه ذات حيوية أقتصادية لذا تأتي هنا أهمية حماية منظومات القوى الكهربائية لتلافي أتساع التلف وتحديده بمنطقة الخلل فقط وأن من أهم أسس الحماية أن يتم عزل المنطقة التي حدث بها عطل عن باقي أجزاء الشبكة وبأقصى سرعة ممكنة لكي نقلل من الأضرار الناتجة عن العطل قدر الأمكان مع الأبقاء على عمل الأجزاء الأخرى من الشبكة في الخدمة دون قطع . وتقدر تكلفة أجهزة الحماية في نظام القدرة بين (1 الى2%) من التكلفة الكلية لنظام القدرة والشكل (1-5) يبين أحدى محطات توليد الطاقة الكهربائية .

الشكل (1-5) محطة توليد كهربائية بخارية تعمل بالوقود النووي

مهمة عناصر حماية منظومة القوى الكهربائية تتلخص بمايأتي:

1. **مراقبة ظروف العمل لكل عنصر من عناصر منظومة القوى الكهربائية عن طريق الأظهار والبيان من خلال أجهزة القياس والأنذار والمراقبة .**
2. **كشف الأعطال وتحديد حالة المنظومة .**
3. **إمكانية عزل الجزء المعطل من الشبكة بواسطة قواطع أو مرحلات الحماية .**

تشمل أجهزة الحماية العناصرالاتية:

1. **المصهرات FUSES .**
2. **مفاتيح التشغيل والأطفاء Gear switches والقواطع الآليه circuit breaker .**
3. **المرحلات relays .**
4. **مانعات الصواعق Lighting arrestors .**

يجب أن تركب أجهزة الحماية في الأماكن المناسبة التي تلائم عملها لضمان أدائها وأبعادها عن الصدمات الميكانيكية ولوقاية الفنيين والعاملين من أخطار الصدمة الكهربائية .

وبغض النظر عن نوعية منظومة الحماية يجب أن تتصف هذه المنظومة بالصفات التالية:

1. **الأنتقائية selectivity وهي القدرة على عزل الجزء المعطل فقط عن باقي الشبكة .**
2. **الموثوقية reliability أي أن تعمل المرحلات بدون خلل عند حدوث عطل .**
3. **الأستقرارية stability نعبر عنها بقدرة أجهزة الحماية أن تكون غير عاملة بالنسبة للأعطال التي تحدث خارج المنطقة المحمية ودون تذبذب .**
4. **الحساسية sensitivity وهي تجاوب المرحلات مع الأعطال ودرجة التباين عن القيمة المحددة من قبل الفني بالزيادة أوالنقصان عن تلك القيمة .**
5. **سرعة العمل speed of operation بكل الأحوال يجب أن لاتتجاوز سرعة فصل أجهزة الحماية عن 1sec بعد حصول الخطا وكلما طالت فترة العطل أستمر تيار العطل وبالتالي زاد التلف فمثلا لخطوط النقل ذات الجهد الفائق فأن زمن الفصل للخط المتعطل يتراوح بين 0.1-0.2sec وبالنسبة لخطوط نقل الجهد العالي فأن زمن الفصل للخط يتراوح بين 0.15-0.3sec أما في شبكات الجهد المتوسط فأن زمن الفصل يتراوح بين 0.5-1.5 sec .**

وبما أنه لايمكن معايرة تلك الصفات بأستمرار وتساوي المؤثرات الخارجية والتشغيلية بين تلك الأجهزة حتى لو كانت مصنعة لنفس الشركة لذا من الضروري وضع أجهزة حماية أحتياطية لأجهزة الحماية الرئيسة ففي حالة فشل أحد الأجهزة بالفصل يعمل الجهازالآخر.

التمرين العملي رقم (1)

أسم التمرين : حماية محطة التوزيع الكهربائية HV/LV بأستخدام طريقة التنسيق بين المصهرات .

مكان التنفيذ : ورشة الكهرباء .

الزمن : 2 ساعة .

الأهداف التعليمية : بعد الأنتهاء من تنفيذ التمرين يكتسب الطالب مهارة معرفة كيفية حماية محطة التوزيع الثانويه بأستخدام طريقة التنسيق بين المصهرات تبعا لقدرة المحطة .

المعلومات النظرية:

للتنسيق بين مصهرين على التوالي في شبكة التوزيع يمكن الرجوع الى جداول أنتقاء خاصة تعطيها الشركات المصنعة كما في الجدول (1-5) (للأطلاع فقط) .

I_{Nmax} (أمبير)	I_{Nmin} (أمبير)	سعة المحول (kVA)
16	16	50
40	25	100
63	40	200
63	25	250
100	63	400
100	63	500
160	63	630
200	100	800
200	100	1000

الجدول (1-5) مقدارالتيارالمقنن والتيار الأعظم لمصهرات الجهد العالي (10-12KV) المستخدمة لحماية المحولات الخافضة HV/LV ذات قدرات ظاهرة مختلفة

فالعمود الأول يعطي خصائص قدرة المحول أما العمود الثاني فيعطي القيمة الطبيعية للتيار المقنن In min للمصهر والعمود الثالث يعطي القيمة العظمى للتيار المقنن In max وهو تيار أنصهار المصهر .

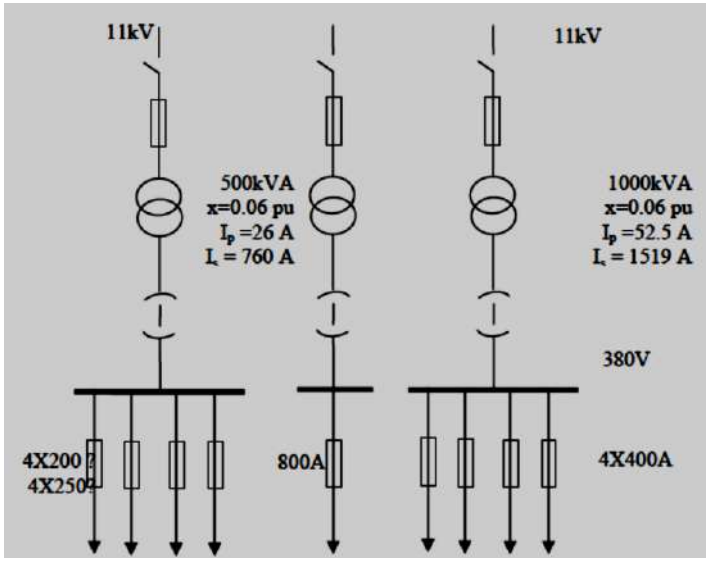
والمصهرات المستخدمة من نوع أسطواني cartridge مملوء بمادة خامدة للقوس الكهربائي كالكوارتز .

أما الجدول (2-5) فيبين التيارات المقننة لمصهرات الجهد المنخفض (400V) والتي يقابلها التيارات المقننة لمصهرات الجهد العالي (10-12KV) المناظر لها والمتناسقة معها في المحولات (للأطلاع فقط).

سعة مصهر جهد منخفض (أمبير)	80	125	160	200	250	400	500	?	800	1000
سعة مصهر جهد عالي (أمبير)	60	25	25	40	63	100	100	160	160	200

الجدول (2-5) سعة مصهرات الجهد المنخفض والعالي لمحولات HV/LV

فأذا فرضنا أن سعة مصهر الجهد المنخفض 250A نجد أن سعة مصهر الجهد العالي يجب أن يكون 63A وكما في الشكل (2-5).



الشكل (2-5) تنسيق مصهرات لمحطة توزيع ثانوية خافضة للجهد

والجدولان (3-5) ، (4-5) يبينا الأختيار الدقيق للتيار المقنن الطبيعي لمصهرات الحماية لمحولات خافضة للجهد المتوسط (3- 40KV) والى جهد منخفض(400-480V) بحسب القدرة الظاهرة لها مقدره ب KVA (للأطلاع فقط) .

supply voltages (kV)		nominal transformer ratings (kVA)																
rated	nominal	25	50	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1,000	1,250	1,600	2,000	2,500
3.6	3	16	25	40	50	50	63	80	80	100	125	160	200	250				
	3.3	16	25	40	50	50	63	80	80	100	125	160	200	250				
7.2	4.16	10	25	31.5	40	50	50	63	80	80	100	125	160	200	250			
	5.5	10	16	25	31.5	40	40	50	63	63	80	100	125	160	200	250		
	6	10	16	25	31.5	31.5	40	50	50	63	80	80	100	125	160	200	250	
	6.6	10	16	25	25	31.5	40	40	50	63	80	80	100	125	160	200	250	
12	10	6.3	10	16	25	25	31.5	31.5	40	50	50	63	80	80	100	125	160	200
	11	6.3	10	16	25	25	25	31.5	31.5	40	50	63	63	80	100	125	160	200
17.5	13.8	6.3	6.3	10	16	25	25	25	31.5	31.5	40	50	63	63	80	100	160	160
	15	6.3	6.3	10	16	16	25	25	31.5	31.5	40	50	50	63	80	80	100	160
24	20	6.3	6.3	10	10	16	16	25	25	31.5	31.5	40	50	50	63	80	80	160
	22	6.3	6.3	10	10	10	16	25	25	25	31.5	31.5	40	50	50	63	80	160
36	33	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	16	16	16	16	16	31.5	31.5	40	50	63	80
40.5	36.5	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	16	16	16	16	16	25	25	31.5	40	50	63

table C19: rated current (A) of HV fuses for transformer protection according to IEC 282-1.

الجدول (5-3) يبين الأختيار الأفضل لسعة معدل تيار الفاصم المناسب للجهد العال أو المتوسط بموجب قدرة المحول مقدره ب KVA (للأطلاع فقط)

	In (A)			
voltage (at no load)	400 V	420 V	433 V	480 V
rated power (kVA)				
50	72	69	67	60
100	144	137	133	120
160	231	220	213	192
250	361	344	333	301
315	455	433	420	379
400	577	550	533	481
500	722	687	667	601
630	909	866	840	758
800	1155	1100	1067	962
1000	1443	1375	1333	1203
1250	1804	1718	1667	1504
1600	2309	2199	2133	1925
2000	2887	2749	2667	2406
2500	3608	3437	3333	3007

table B19: IEC-standardized kVA ratings of HV/LV 3-phase distribution transformers and corresponding nominal full-load current values.

الجدول (5-4) يبين الأختيارالأنسب لمعدل تيار خرج المحول الخافض بموجب قدرتها وجهدها

التسهيلات التعليمية:

محول خافض 220V~/12V-50HZ/10A ،جهاز أفوميتر ، جهاز كلامبميتر عدد 2، مقاومة متغيرة (حمل) 50Ω/50w REHOSTAT سلكية، فواصم مختلفه القيم 220v/0.1A,0.3A,0.5A,0.8A,1A ، 12V/9A,10A,12A ، لوحة خشبية ، بدلة عمل .

خطوات العمل والنقاط الحاكمة:

1. **أرتد بدلة العمل .**
2. **وصل طرفي الملف الثانوي للمحول الخافض 220V~/12V الى طرفي الريوستات 50Ω على أن تكون قيمتها الأومية بأقصى قيمة .**
3. **وصل أطراف الملف الأبتدائي الى مصدر جهد 220V~/50HZ عبر قاطع دوره 1A .**
4. **أجعل القاطع بوضع تشغيل .**
5. **قس قيمة الجهد على طرفي الملف الأبتدائي والثانوي بأستخدام AVO .**
6. **ضع فكي جهاز الكلامبميتر الأول حول أحد طرفي خط التغذية للملف الأبتدائي وفكي جهاز الكلامبميتر الثاني حول خط تغذية الحمل (الريوستات) .**
7. **غير قيمة المقاومة المتغيره الريوستات تدريجيا وبحذر بالنزول 5Ω في كل خطوة مسجلا قيمة التيار للملفين الأبتدائي والثانوي .**
8. **قس قيمة التيار للملف الأبتدائي عند وصول تيار الملف الثانوي الى ما يقارب 10A .**
9. **أطفئ المصدر ثم ركب الفواصم بالقيم المقاسة العظمى لحماية المحول من الحمل الزائد .**

التمرين العملي رقم (2)

أسم التمرين : حماية خطوط نقل وتوزيع القدرة والمغذيات لأنظمة الحماية الأتجاهية والمسافية والحماية من زيادة التيار بأستخدام القواطع والمرحلات والمفاتيح اليدوية SWITCH GEAR & CIRCUIT BREAKER & RELAYS.

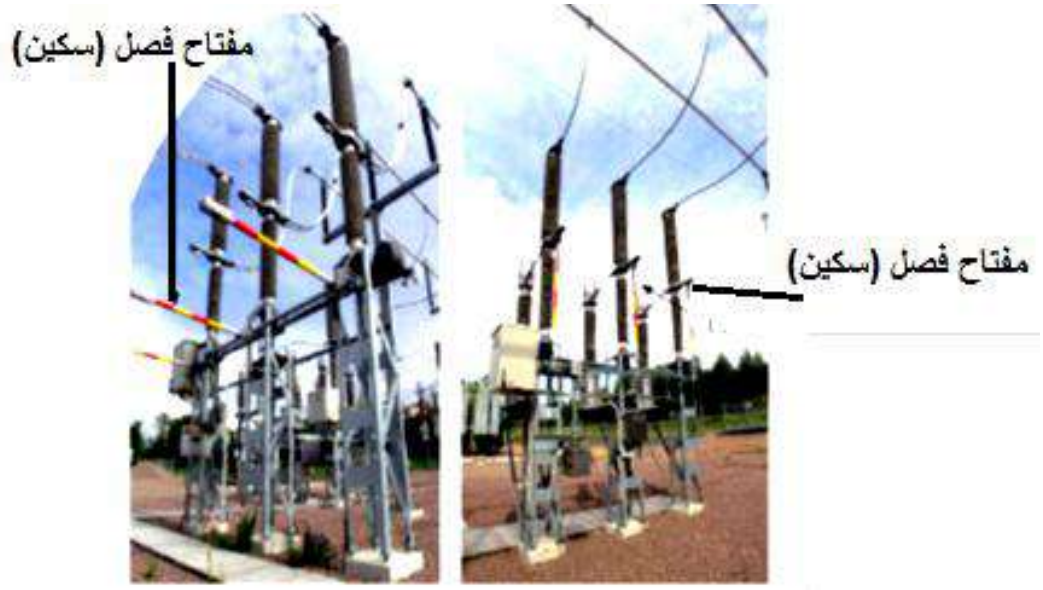
مكان العمل: ورشة الكهرباء .

الزمن:5 ساعة.

المعلومات النظرية:

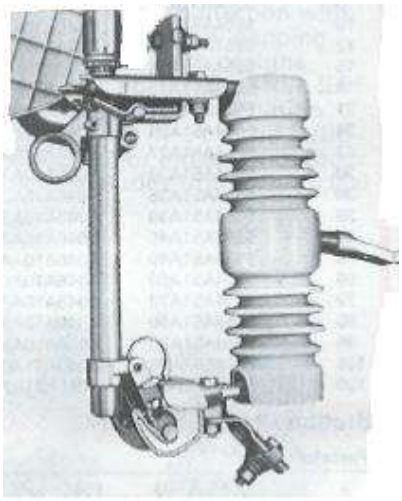
تصنف مفاتيح قفل فتح دائرة القوى للشبكة الكهربائية تحت ظروف التشغيل العادية الى مايأتي:

1. مفاتيح الفصل Disconnect switch gear: يختلف تصميمها من محطة الى أخرى الى مفتاح سكين عمودي مفرد وآخرمزدوج ومفتاح سكين مركزي وآخرمفتاح سكين أرضي وتستخدم لفصل عناصر الشبكة وعزلها كخط النقل أو جزء من المحطة لغاية أجراء الصيانة ويتم تأريض المفتاح ليسمح لعامل الصيانة التعامل مع الخلل وتتميز هذه المفاتيح بتحملها تيار قصر يصل الى 63KA وتزود مفاتيح الفصل بذراع متحركة أو ناقل للحركة لتسهيل التحكم بها إلا أن لا قدرة لها على الفصل الذاتي والشكل (3-5) يوضح تركيبها مع منظومة القوى الحاوية على قواطع جهد عال ومتوسط .



الشكل (3-5) مفاتيح فصل لمحطة تحويل ثانوية من نوع سكين

2. مفاتيح قطع الحمل Load-break switch gear: المستخدمة في محطات التوزيع سواء أكانت صندوقية أم هوائية وكما في الشكل (5-4) الذي يستخدم في محطة توزيع خارجية أو هوائية يحوي نظام حماية بفاصم بمواصفات 200A/15KV أو 50A/20KV وتحمل تيار قصر 20KA .

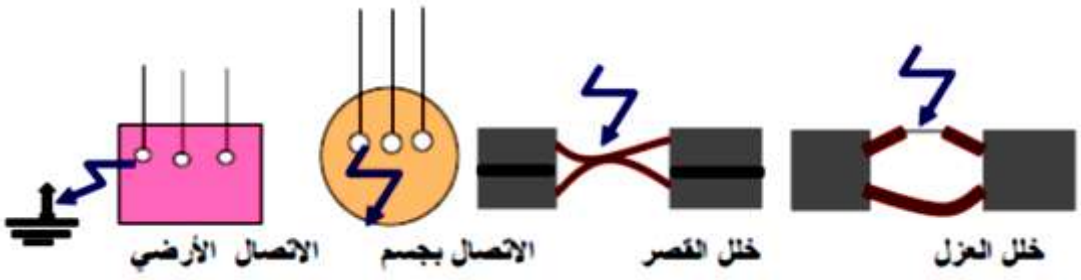


الشكل (5-4) مفتاح قطع الحمل في محطة توزيع

3. قواطع الدائرة: هي أجهزة ميكانيكية للتوصيل والفصل أو قطع الدائرة أوتوماتيكيا في حالة الظروف غير العادية وبالتالي حماية الشبكة الكهربائية ومعداتها ،علما أن ظروف التشغيل غير العادية تنتج أما عن:

- **زيادة الحمل وبالتالي سحب تيار عال ينتج عنه أرتفاع درجة الحرارة .**
- **حدوث أنهيار في العزل الكهربائي يؤدي الى قصر بين الموصلات أو بين الموصل والأرض ومرور تيار عال جدا قد يصل الى 100KA .**
- **حالة هبوط أو أرتفاع الجهد يسبب سحب تيار عال وأضطراب عمل الآلات .**

والشكل (5-5) يبين حالات الخلل المختلفة.



الشكل (5-5) حالات الخلل من قصر أو تسريب الممكن حصولها في الآلات

لذا تصنف القواطع من حيث الطراز بحسب نوع الوسط الذي يتم فيه أطفاء القوس الكهربائي الى:

1. قاطع هوائي مغناطيسي Air magnetic circuit breaker .

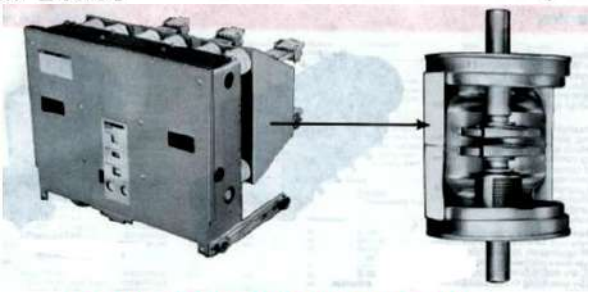
2. قاطع دفع هوائي Air – blast circuit breaker .

3. قاطع فراغي Vaccum circuit breaker .

4. قاطع زيتي Oil circuit breaker .

5. قاطع غازي (سادس فلوريد الكبريت) SF6}Sulpherhexa fluoride c.b (.

والشكل (6-5) يبين أشكال للقواطع أعلاه .

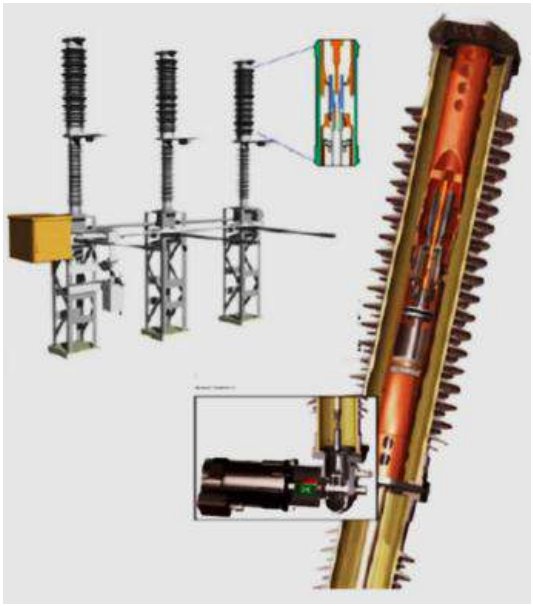


Air magnetic circuit breaker (MCCB)

الشكل (6-5) يبين أشكال لأنواع مختلفة من قواطع الجهد العالي

كذلك يمكن تصنيف القواطع من حيث جهد التشغيل الى أربعة أنواع هي:

1. **قواطع الجهد المنخفض حتى 1000v (Low voltage c.b) والممثلة بالقواطع الهوائية المغناطيسية وتيارالتشغيل المتواصل يصل الى 1200A وتيار القصر الى 10KA و نلاحظ في الشكل (5-6) Moulded- case circuit breaker .**
2. **قواطع الجهد المتوسط أكبرمن 1KV حتى 33KV (Medium voltage c.b) والممثلة بالقواطع الزيتية بنوعيها قليلة الزيت وكثيرة الزيت .**
3. **قواطع الجهد العالي أكبر من 33kv حتى 240kv (High- voltage c.b) والممثل بالقواطع الفراغية VCP أو القواطع الغازية مثل SF6-C.B وكما في الشكل (5-6) .**
4. **قواطع الجهد الفائق أكبر من 240KV (Extra-high voltage c.b) والممثل بالقواطع الفراغية VCP أو القواطع الغازية والشكل (5-7) يبين أجزاء لأحد القواطع الغازية .**

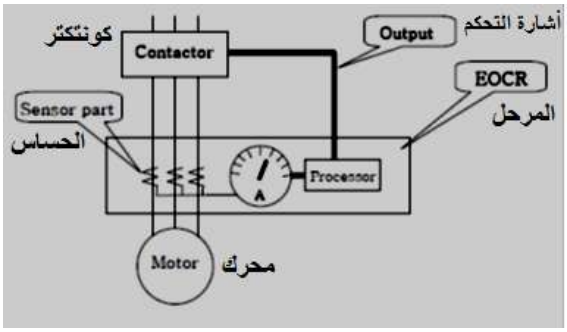


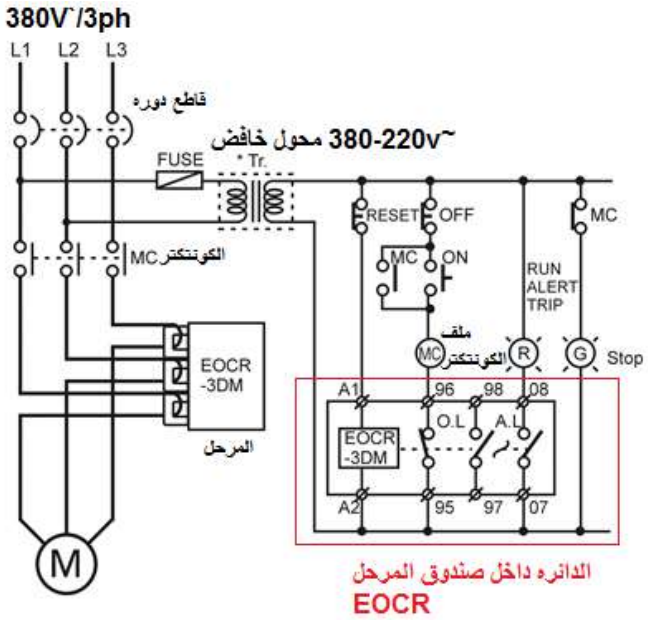
الشكل (5-7) التركيب الداخلي لقاطع الجهد العالي الحديث الغازي

المرحلات Relays:

هي أجهزة حماية تستقبل إشارة التحكم من دائرة القوى (القدرة) المركب معها بأستخدام محولات خافضة خاصة بنسب خفض عالية وتبعا لذلك تتم معالجة تلك الأشارة بمقارنتها بأخرى أو مقارنتها بقيمة ثابتة يعاير عليها القاطع والمقننة للحماية ، والمرحل لا يعطي فعل خرج في ظروف التشغيل الأعتيادية إلا أنه يعطي فعل توصيل أو فصل لنقاط تلامسه وفصل التيار عن ملف الكونتكتر لدائرة القوى وفي أقل زمن

ممكن في حالة ظروف التشغيل غير الأعتيادية كحصول أخطاء مثل زيادة التيار أو تيار القصر أو أرتفاع الجهد أو أنخفاضه أو عدم تتابع الأطوار وبالتالي قطع تيار المغذي الموصل معه المرحل وفصله عن باقي الشبكة وتغذى دوائر المرحل بجهد مستمر عن طريق بطارية يعاد شحنها باستمرار من نفس الشبكة للحفاظ على عمل المرحل في حالة أنقطاع التغذية عنه والشكل (8-5) يبين تركيب مرحل نوع ستاتيكي (الكتروني) من زيادة التيار ودائرة توصيلة مع دائرة القوى لحماية محرك حثي 3ph (للأطلاع فقط) .





الشكل (8-5) تركيب دائرة مرحل ستاتيكي الكتروني EOCR

أما الكميات المتحسس بها لدائرة القوى فيميزها المرحل بين الحالة العادية وغير العادية عن طريق قياسها وتكون هذه الكميات أما تيارا أو جهدا أو الأثنين معا وتنقسم الكميات المقاسة في معظم المرحلات على ماياتي:

- قياس مقدار الزيادة أو النقصان الشديد في التيار أوالزيادة أو النقصان في الجهد .

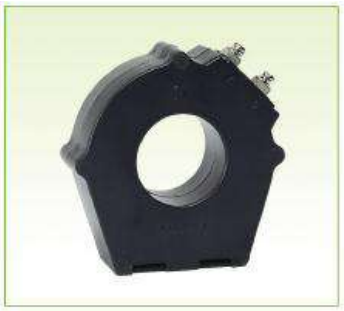
- قياس النسبة كما في مرحلات المعاوقة تكون النسبة المقاسة V/I .
- قياس الفرق كما في المرحلات الفرقية بين كميتين التيار والجهد .

والجزء الحساس المتصل بالمرحل لقياس تلك الكميات هو محول تيار أو جهد . فمحول التيار يقوم بخفض مقدار التيارات العالية (بالآلآف) لدوائر القوى الى تيار قليل مناسب لأجهزة القياس والمرحلات بنسبة تحويل (1 A– 400A) وعزل دائرة المرحل عن الجهد العال للشبكة وذلك لضمان سلامة الذين يعملون في غرفة التحكم والمراقبة ويوجد منها أحادية الطور وأخرى ثنائية الأطوار وأخرى ثلاثية الأطوار كما في الشكل (5-9) .

2CT-200 نسبة التحويل لها 400-5A

3CT -200 نسبة التحويل لها 5A - 400

SR – CT -400 /400-5A



ZCT – ZERO phase current

الشكل (5-9) عدد من محولات التيار المختلفة الأستعمال

أما محول الجهد فيستعمل لخفض الجهود الكهربائية العالية للشبكة من مئات الكيلوفولتات الى جهود قليلة مناسبة لأجهزة القياس كالفولتميتر والواطميتر كذلك المرحلات ، فالعنصر الأهم في محولات الجهد هو نسبة التحويل مثل 100V -11000 .

وتصنف المرحلات بحسب مبدأ عملها أو تركيبها الى:

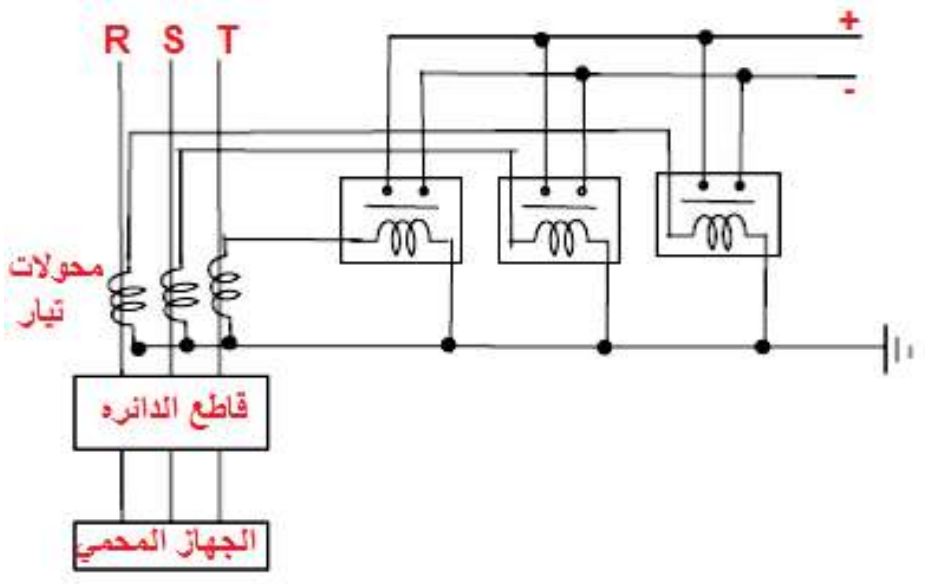
1. مرحلات حرارية Thermal relays .
2. مرحلات كهرومغناطيسية ذات مبدأ الجذب Electromagnetic – attracted – relays
3. مرحلات كهرومغناطيسية ذات مبدأ حثي Electromagneyic – induction relays .
4. مرحلات أستاتيكية (الكترونية) مثل EOCR .

إن المرحلات الحثية هي الأكثر أستخداما في منظومات الحماية نظرا للتنوع في خصائصها الزمنية والتي يعتمد مبدا عملها على الفعل المتبادل بين فيضين مغناطيسيين وبين التيارات الدوامة المتولدة في القرص المتحرك من المرحل وأن زمن تشغيل المرحل يتناسب عكسيا مع مربع التيارالمارولهذا فإن هذه المرحلات تعرف بالمرحلات ذات الزمن العكسي (Inverse-time relays) يزود المرحل الحثي بوسيلتين للتحكم بالمسافة وزمن حركة القرص:

- ضبط الزمن من خلال ضبط المسافة التي يدورها القرص قبل أن يتلامس طرفا المرحل .
- ضبط لتيار التمغنط عن طريق تغيير وضع قابس تيارحلقة التظليل ويتغير تبعا لذلك عدد اللفات التي يمر فيها التيار.

مرحلات زيادة التيار:

توجد عدة طرق لتوصيل مرحلات زيادة التيار Over current relays والتنسيق بينها وبين أجهزة الحماية الأخرى من ناحية التدرج الزمني وتدرج التياروأن أكثر الطرق شيوعا تلك التي تستخدم ثلاثة محولات تيار وثلاث مرحلات كما مبين في الشكل (10-5).



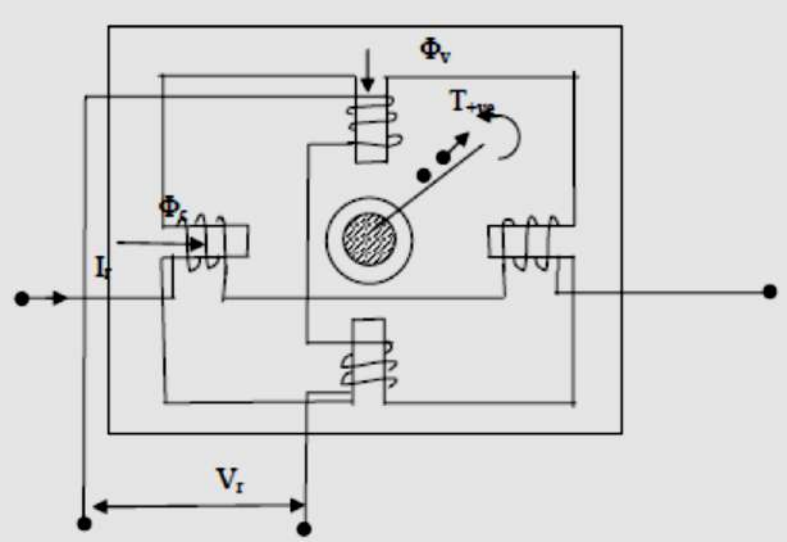
الشكل (10-5) توصيل ثلاثة مرحلات مع دائرة القوى لحمايتها من زيادة التيار

المرحلات المسافية Distance relays:

عندما يكون خط نقل القدرة طويلا نستخدم مرحلات الممانعة أو المسافة حيث يتم مقارنة التيار مع الجهد في طور معين داخل المرحل يعمل التيار على توليد قوة وعزما مقداره KI^2 في ملف التياروالذي يحاول أغلاق ملامس المرحل ومغناطيس متولد نتيجة الجهد في ملف الجهد ليولد عزما مقداره KV^2 يحاول أن يبقي الملامس مفتوحا ويحدث العمل في المرحل عندما يتغلب عزم التيار على عزم الجهد .

المرحلات الأتجاهية Directional relays:

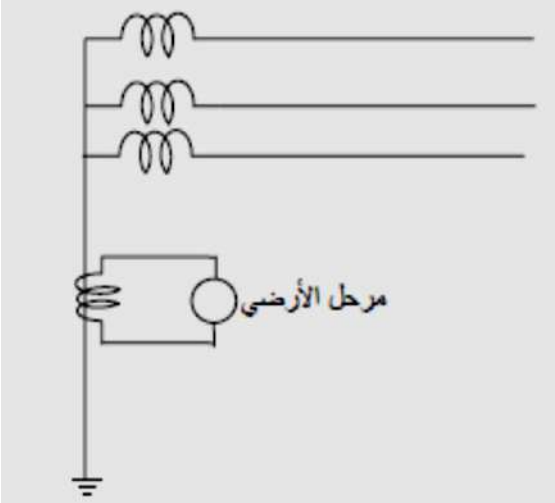
تستخدم الحماية الأتجاهية في أنظمة القدرة والشبكات الكهربائية التي تتغذى من مصدرين أو في الشبكات الحلقيه أو الدوائر المتوازية وليس من الضروري أستخدام هذه المرحلات في الدوائر الشعاعية المفردة والمغذاة من مصدر واحد ويعتمد مبدأ عمل المرحل الأتجاهي على الأستجابة لسريان التيار بأتجاه واحد ولا تستجيب لسريان التيار بالأتجاه المعاكس مهما كانت قيمته. والمرحلات الأتجاهية هي مرحلات حثية مزودة بملفين (ملف تيار وملف جهد) والشكل (5-11) يبين كيفية توصيل مرحل أتجاهي.



الشكل (5-11) تركيب مرحل أتجاهي للحماية من عكس أتجاه التيار

مرحل التسريب الأرضي Earth leakage relays:

يوصل مرحل الأرضي مع عمود التأريض للنقطة المشتركة لتوصيلة ستار للمحول الخافض المتعادلة لمحطة التوزيع والذي يعمل في حالة مرور تيار خطا في موصل الأرضي ناتج عن تلف في العزل والشكل (5-12) يبين توصيل المرحل مع القطب المتعادل للملف الثانوي في محول خافض ثلاثي الأطوار .



الشكل (12-5) مرحل أرضي موصل الى خط التأريض لمحول خافض

المرحلات الأستاتيكية:

تتفوق هذه المرحلات في أدائها على المرحلات الكهروميكانيكية كمرحلات الممانعة أو المرحلات الفرقية وهي أجهزة الكترونية تتألف من عنصر متحسس لكشف الكمية المقاسة مثل التيار أو الجهد أو الطور أو التسريب والجزء الآخر دائرة مقارنة أو حساب الفرق أو الجمع والجزء الأخير هي دائرة التضخيم والتحكم والتي تعني خرج المرحل والذي يعمل على فصل أو وصل تماسات المرحل عند عمله ويوجد منها أنواع مبرمجة حديثة تتمتع بحساسية ودقة ومرونة .

الأهداف التعليمية: بعد أجراء التمرين يكتسب الطالب مهارة تمكنه من معرفة :

1. **أختيار عناصر حماية منظومة القوى وتركيبها بالمواصفات الفنية المطلوبة .**
2. **عمل مرحل زيادة التيار أو نقصان التيار ومرحل زيادة الحمل ومعايرتهم وقياس زمن التأخير وملاحظة أستجابته .**
3. **عمل مرحل أرتفاع أو أنخفاض الجهد ومعايرته وقياس زمن التأخير .**
4. **عمل مرحل العطل الأرضي ومعايرته وقياس وضبط زمن التأخير .**

التسهيلات التعليمية: محول متغير ثلاثي الأطوار 30W بمدى 415-0V/50HZ عدد 1 ،قاطع دورة 6A/3Ph عدد 1 ، كونتكتر 220V~/50HZ/20A عدد1 ، محرك 3PH حثي سرعة 1500R.P.M/ 2HP ستار ، مصابيح بيان 220V~ عدد2 ، محول عزل 380V~-380V~ عدد 1 ، مفتاح تشغيل ضغط PUSH SWITCHNO-، مفتاح أطفاء ضغط NC-PUSH SWITCH، فاصم حمايه 1A ، مرحل

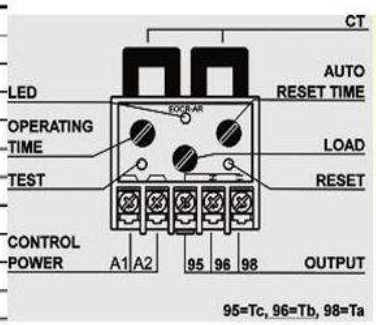
زيادة التيار EOCR-AR ، مرحل زيادة الحمل EOCR-SS ،مرحل زيادة الحمل المسيطر عليه بحساسين جهد وتيار EOCR-3E، مرحل نقصان التيار EUCR-3C ، مرحل أرتفاع وأنخفاض الجهد من 160-415VEVR- ، مرحل تسريب أرضي ELR ، مرحل الخطأ الأرضي EFR2.5 ،أسلاك توصيل حجم $1.5mm^2$ ، جهاز قياس أفوميتر، جهاز قياس كلامبميتر ، حمل ميكانيكي بمقياس . مقاومه 2KΩ .

خطوات العمل والنقاط الحاكمة :

1. أرتد بدلة العمل المخصصة ولوازم الوقاية من الصدمة الكهربائية.
2. أختر مرحل زيادة التيار (solid state over-current relay) موديل EOCR-AR الموضح شكله ومواصفاتة الفنية في الشكل (13-5) (للأطلاع فقط).

Specification

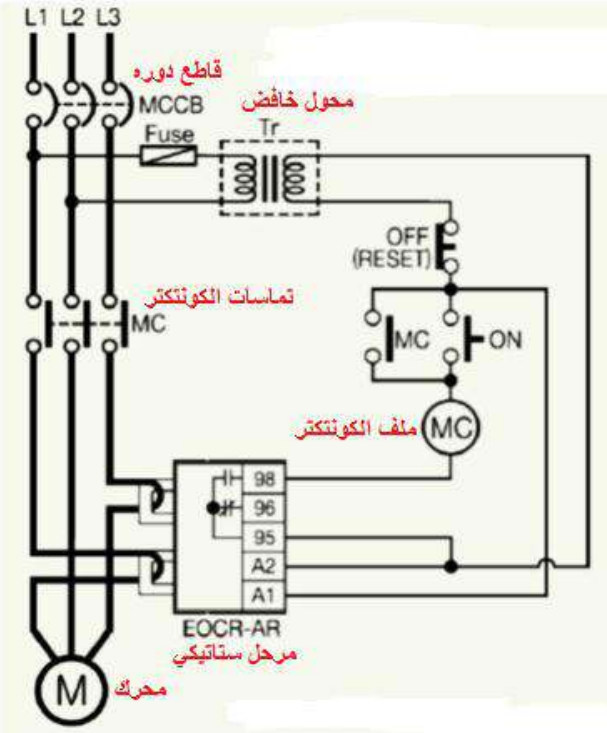
Current Setting	Type	Range
	05	0.5 - 6A
	30	3 - 30A
	60	5 - 60A
	100~ (over 60A)	Ext. CT Option
Time Setting	Trip O-TIME	0.2 - 30 sec
	Reset R-TIME	0.2 - 120 sec
Control Voltage	220	90 - 260VAC
(50/60Hz)	440	320 - 480VAC
Output Relay	Mode	1-SPDT(1C)
	Rating	3A/250VAC Resistive
	Status	Normally Energized
Time-Current Characteristic		Definite
Operating (Trip) Indication		LED
Mount		35mm Din-rail / Panel



الشكل (13-5) شكل ومواصفات فنية لمرحل زيادة التيار EOCR-AR

من قائمة مواصفات المرحل التالي: له عدد 2 محولات تيارحساسة خارجية، معدل ضبط تيار المرحل 0.5A-60A ، ضبط زمن الفصل /TRIP-TIME0.2-30SEC ، ضبط زمن بدء التشغيل بعد الأطفاء /RESET TIME0.2-120 SEC ، جهد تغذية المرحل 380V~/50HZ ، له مفتاح فصل في حالة التشغيل الطبيعية /NC250V/3A ، له مصباح أشارة دليل الفصل .

3. وصل مخطط دائرة تشغيل وحماية محرك حثي 3PH بحماية من زيادة التيار كما في الشكل (14-5) .



الشكل (14-5) دائرة تشغيل وحملية محرك حثي 3PH من زيادة التيار

4. أقرأ لوحة مواصفات المحرك مسجلا معدل تياره .

5. أضبط تيار مرحل زيادة التيار بمقدار مساوي لتيار المحرك + 0.15 تيار المحرك .

6. غير قيمة جهد التغذية زيادة ونقصان بواسطة المحول المتغير 3PH مقيسا قيمة التيار المسحوب بواسطة الكلامبميتر أضافة لقياس الجهد بين كل طورين في كل حالة تغيير مسجلا ملاحظاتك .

7. سجل مقدار زمن الفصل وزمن أعادة بدء التشغيل .

8. ثبت جهد التغذية 380V~/50HZ .

9. غير مقدار الحمل الميكانيكي على محور دوران المحرك مقيسا قيمة االتيار بواسطة الكلامبميتر في كل حالة تغيير للحمل مسجلا ملاحظاتك .

10. فكك الدائرة بعد أطفائها .

11. أختر مرحل زيادة الحمل (Electronic overload relays) موديل EOCR-SS الموضح شكله ومواصفاته كما في الشكل (15-5).

Specification

Current Setting	Type		Range
	05		0.5 - 6A
	30		3 - 30A
	60		5 - 60A
	100~ (over 60A)		Ext. CT Option
Time	Start	D-TIME	0.2 - 30 sec
Setting	Trip	O-TIME	0.2 - 10 sec
Control Voltage	220		90 - 260VAC
(50/60Hz)	440		320 - 480VAC
Output Relay	Mode		1-SPDT(1C)
	Rating		3A/250VAC Resistive
	Status		Normally Energized
Time-Current Characteristic			Definite
Operating (Trip) Indication			2-LED
Mount			35mm Din-rail / Panel

EOCR-SS

الشكل (15-5) مرحل زيادة الحمل ومواصفاته الفنية

12. أعد الخطوات السابقه من 4 الى 10 .

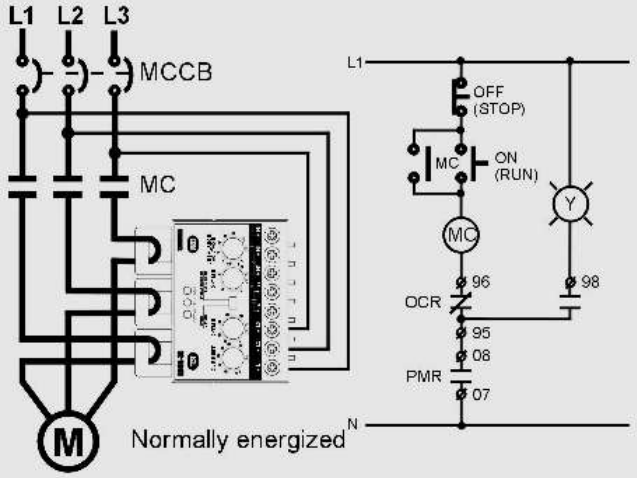
13. فكك الدائرة بعد أطفائها .

14. أختر مرحل زيادة الحمل المسيطر عليه بحساسين جهد وتيار ويفضل نوع EOCR-3E الذي يؤمن حماية من:

- **أنعكاس أو أنقطاع أحد الأطوار الثلاثة للجهد الداخل (Phase squence detect).**
- **زيادة التيار أو أنقطاع أحد أطراف تغذية المحرك .**
- **عدم أستقرار الجهد المغذي voltage unbalance بحدود تغير من 2-15% .**
- **ضمان زمن تأخير الفصل وزمن بدء التشغيل .**

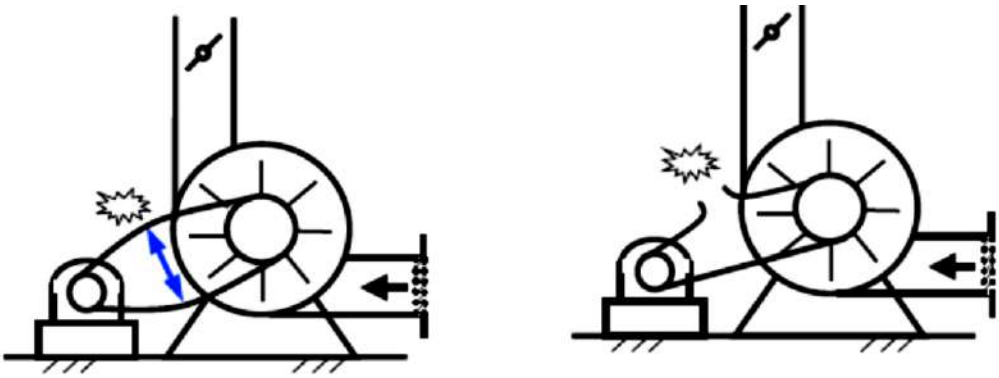
ويبين الجهاز أشارتين ضوئيتين تدل على حالة الخطأ ومفتاح reset تصفير يدوي أو اوتوماتيكي .

15. وصل دائرة تشغيل محرك حثي بحماية من زيادة التيار أو أنعكاس او أنقطاع أحد الأطوار أو عدم أستقرار الجهد وكما في الشكل (16-5).



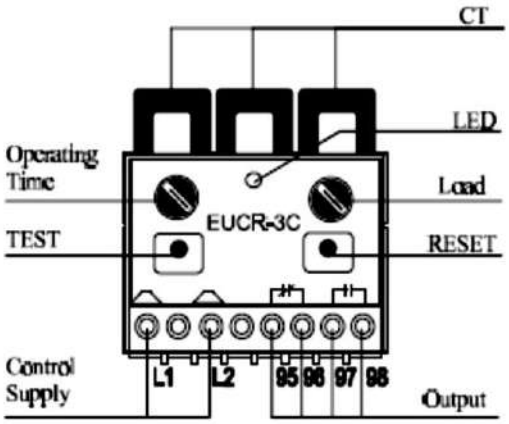
الشكل (5-16) مخطط دائرة تشغيل وحماية محرك حثي 3ph

16. أعد الخطوات السابقه من 4-9 .
17. أفصل أحد الأطوار والمحرك في حالة عمل مسجلا ملاحظاتك .
18. أقطع التغذية عن الدائرة بواسطة قاطع الدورة .
19. أعكس طورين أحدهما مكان الأخر ثم شغل القاطع وسجل ملاحظاتك .
20. فكك الدائرة بعد أطفائها .
21. أختر مرحل أنخفاض التيار Electronic undercurrent relay موديل EUCR-3C والذي يستخدم للحماية في حالة أنقطاع السير بين المحرك والحمل أو أرتخائهِ والذي يؤدي الى أنخفاض التيار وكما في الشكل (5-17) .



الشكل (5-17) حالة أنقطاع أو أرتخاء سير المحرك وتأثيره على مقدار تياره

وهنا فهو ضروري جدا كي لا يتسبب أنقطاع السيرأو أرتخاءهُ توقف جزء مهم من الآله يستعمل المرحل والشكل (5-18) يوضح شكل ومواصفات مرحل أنخفاض التيار (للأطلاع فقط) .



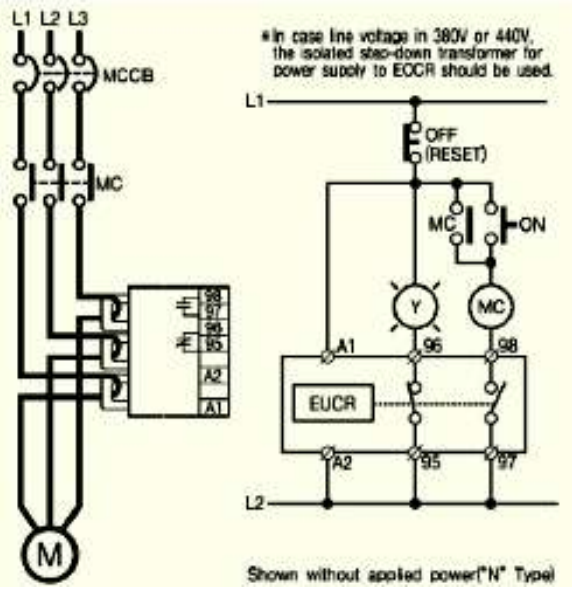
Specification

Current Setting		Type	Setting Range
		05	0.5 - 6A
		30	3.0 - 30A
		60	5.0 - 60A
		100 - 600	05 Type fitted to External CT (Current Ratio: 100/5A - 600/5A)
Trip Time Setting		O-TIME	0.2 - 30 sec
Reset			Manual (Instantaneous) / Electrical (Remote)
Time-current Characteristics			Definite
Power Supply	Voltage	24	24VAC/DC
		110	110VAC
		220	220VAC
	Frequency		50/60Hz
Output Relay	Mode		2-SPST (1a1b)
	Rating		3A/250VAC Resistive
	Status		Normally Energized
Mounting			35mm DIN-rail / Panel

الشكل (5-18) تركيب مرحل انخفاض التيار ومواصفاتهِ EUCR-3C

المواصفات الفنية للمرحل EUCR-3C: له ثلاث محولات تيار حساسة بنسبة خفض 5A-600 ، يوفر حماية من أنخفاض الحمل بمدى تيار يتراوح من 0.5-60A ، زمن تأخير الفصل يتراوح بين 0.2-30 sec ، فولتية التغذية 220v~/50HZ ، له مفتاحي حماية وأنذار nc&no بتيار 3A/250V~ .

22. وصل دائرة تشغيل محرك حثي 3PH مع حماية من أنخفاض التيار وكما في الشكل (5-19).



الشكل (5-19) مخطط دائرة تشغيل وحماية محرك حثي 3ph من أنخفاض التيار

23. أعد الخطوات السابقة من 4-8 .
24. حمل المحرك بالحمل الطبيعي له ثم عاير المرحل مرة أخرى .
25. حرر المحرك من الحمل الميكانيكي ولاحظ عمل المرحل ثم سجل ملاحظاتك .
26. فكك الدائرة بعد أطفائها .
27. أختر مرحل الحماية من أنخفاض أو أرتفاع الجهد Electronic AC voltage relay موديل EVR كما موضح في الشكل (5-20) مواصفاته الفنية وشكله وتركيبه .

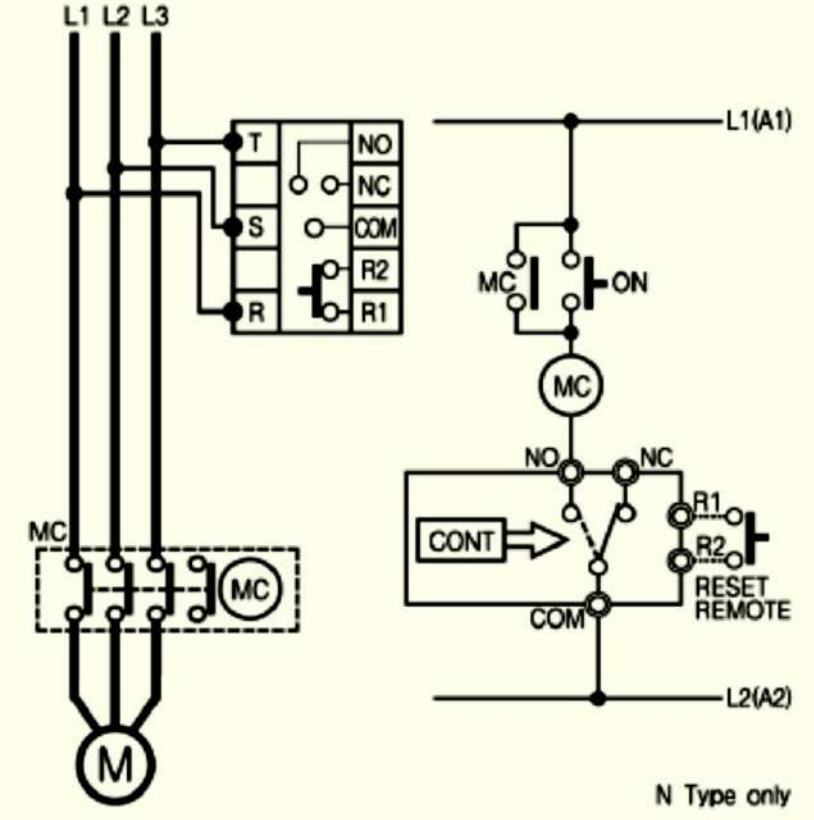
Specification

		EVR - 220	EVR - 380	EVR - 415
Rated Voltage		220V	380V	415V
Voltage Setting	OVR-VOLT	220 - 300V	380 - 460V	415 - 500V
	UVR-VOLT	160 - 220V	300 - 380V	340 - 415V
Trip Time Setting	OVR-TIME	0.5 - 2 sec		
	UVR-TIME	1 - 5 sec		
Phase Loss Trip Time		within 0.5 sec		
Phase Reversal Trip Time		within 0.5 sec (after Supply Power)		
Time-current Characteristic		Definite		
Output Relay		1-SPDT(1C), 5A/250VAC Resistive		
Reset	M	Manual Reset		
	A	Automatic Reset (Reset Time = 5 sec)		
TEST		Trip in 1 sec (after Pushing TEST Button)		
ASCERTAIN S/W (Trip Cause Indication)		Trip Cause is memorized for 24 hours and Trip Cause will be indicated via LED by pushing Ascertain S/W.		
Allowable Tolerance	Voltage	±5%		
	Time	±15%		

الشكل (5-20) تركيب لمرحل الحماية وشكله ومواصفاته من انخفاض أو أرتفاع الجهد

المواصفات الفنية للمرحل : له أمكانية في حماية الحمل من أرتفاع أوأنخفاض الجهد المغذي أو أنعكاس أو أنقطاع أحد الأطوار بزمن تأخير مقداره 0.5 sec وبزمن تأخير فصل لأرتفاع الجهد من 0.5-2 sec ولأنخفاض الجهد من 1-5 sec وبمدى يمكن معايرته مابين 160v – 415v ويعمل بجهد تشغيل 220v~/ 50HZ .

28. وصل دائرة تشغيل المحرك الحثي 3ph بحماية مرحل حماية من أرتفاع أو أنخفاض الجهد موديل EVR كما في الشكل (21-5) .

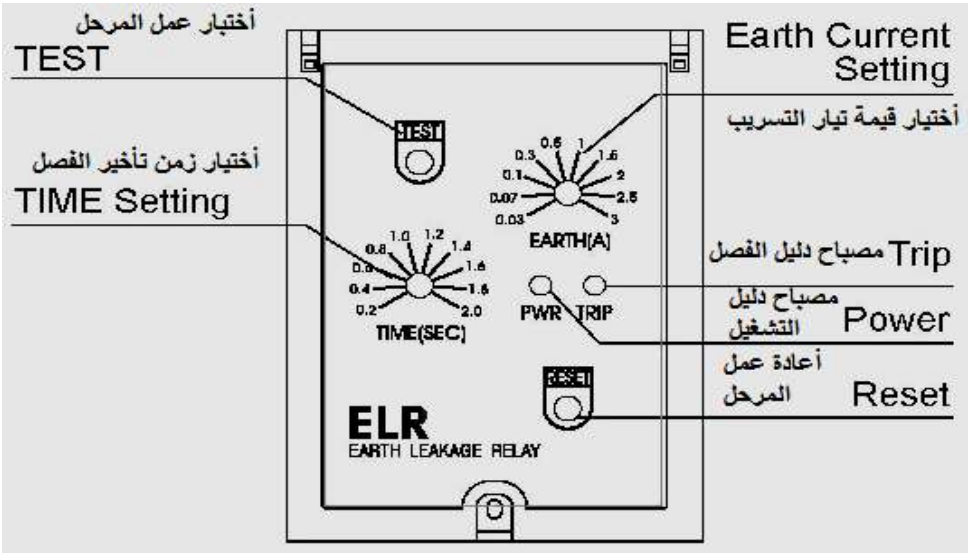


الشكل (21-5) مخطط دائرة تشغيل محرك حثي مع حماية من أنخفاض أو أرتفاع الجهد

29. أعد الخطوات السابقه من 4-8 .

30. فكك الدائرة بعد أطفائها .

31. أختر مرحل الحماية من حدوث تسريب الى الأرض لوقاية الأشخاص العاملين في الصيانة من حدوث الصدمة الكهربائية (Earth leakage relays) موديل ELR وكما في الشكل (22-5) الذي يوضح شكل وتركيب ومواصفات المرحل (للأطلاع فقط).

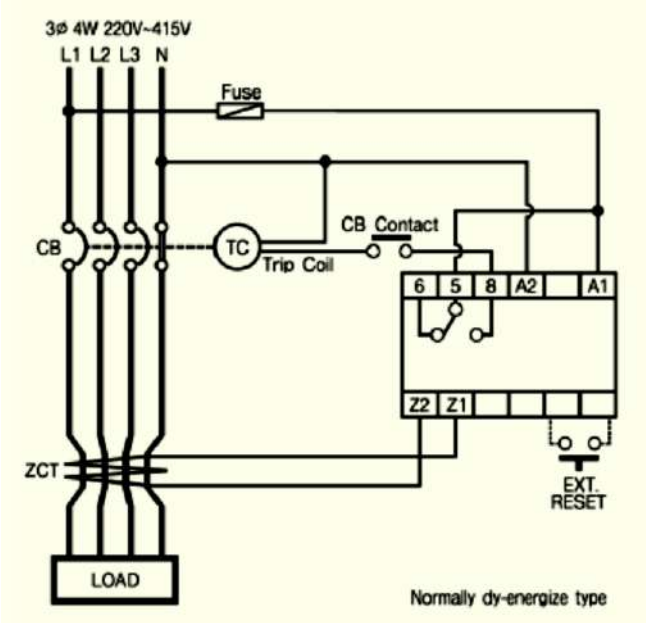


Specification

تيار التسريب	Current Setting	0.03 ~ 3A (0.03, 0.07, 0.1, 0.3, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 and 3A Tap)
زمن تأخير الفصل	Time Setting	0.2 ~ 2.0sec (0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8 and 2.0 sec Tap)
CT محول	Operating Characteristic	Definite Time
	Current Sensing	ZCT(CBCT) - Zero Phase Current Detection
جهد التشغيل	Control Voltage	240VAC ±10%
	Frequency	50/60Hz
سماحية التياروالزمن	Current Tolerance	±5%
	Time Tolerance	±5%
تماسات خرج المرحل	Output Contact	5A/250VAC Resistive
		1-SPDT / Normally De-energized
جهد العزل	Rated Insulation Voltage	600VAC, 50/60Hz

الشكل (22-5) تركيب لمرحل الحماية من التسريب الارضي وشكله ومواصفاتهِ ELR

32. وصل دائرة تشغيل حمل ثلاثي الأطوار مع حماية من التسريب الأرضي بواسطة المرحل ELR كما في الشكل (23-5).



الشكل (23-5) مخطط دائرة تشغيل حمل حثي مع حماية من التسريب الأرضي

33. أضبط مقدار قيمة تيار التسريب 30 ملي أمبير وزمن تأخير الفصل 0.5s لمرحل التسريب .

34. جهز الدائرة بالجهد 380v~/50HZ /3PH-N ، (4 أسلاك) مسجلا حالة الحمل .

35. وصل المقاومة 2KΩ مابين أحد الأطوار والقطب المتعادل N مسجلا ملاحظاتك .

36. فكك الدائرة بعد أطفائها .

37. أختر مرحل خطأ الأرضي Ground (Earth)fault relay موديل EFR2.5 لحماية دائرة التشغيل من تلف عزل الحمل وكما في الشكل (24-5) الذي يوضح شكل ومواصفات وتركيب المرحل.

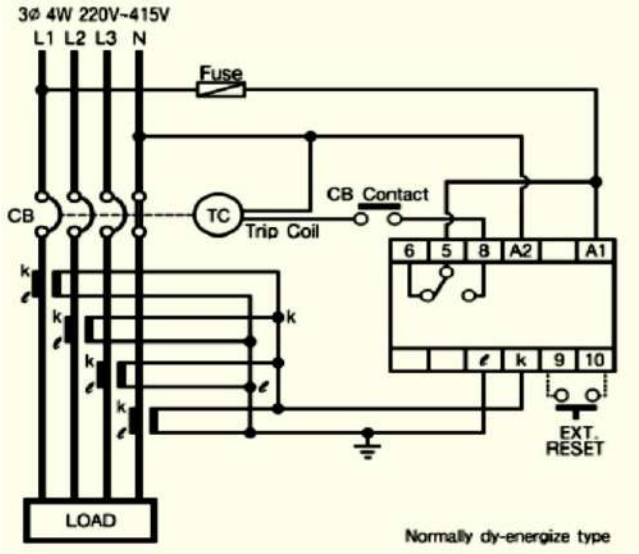
Specification

Current Setting	0.1 ~ 2.5A (0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0 , 1.3, 1.5, 1.7, 2.0 and 2.5A Tap)
Time Setting	0.2 ~ 2.0sec (0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8 and 2.0 sec Tap)
Operating Characteristic	Definite Time
Current Sensing	Residual Current Detection
Control Voltage	240VAC ±10%
Frequency	50/60Hz
Current Tolerance	±5%
Time Tolerance	±5%
Output Contact	5A/250VAC Resistive 1-SPDT / Normally De-energized
Rated Insulation Voltage	600VAC, 50/60Hz

الشكل (24-5) شكل ومواصفات مرحل خطأ الأرضي EFR 2.5

المواصفات الفنية لمرحل خطأ الأرضي : أختيار مدى تيار الخطأ من 0.1-2.5A ومدى تأخير تيار فصل من 0.2-2s ،يعمل على جهد 240v~/50HZ ، ومفتاح فصل خرج 5A/250V~ ،مقاومة عزل لجهد مقداره 600V .

38. وصل دائرة التشغيل والحماية من خطأ الأرضي بأستخدام المرحل EFR 2.5 كما في الشكل (25-5).



الشكل (25-5) مخطط دائرة تشغيل وحماية من خطأ الأرضي

39. أضبط مقدار تيار الخطأ 0.2A وزمن تأخير الفصل 0.5S لمرحل خطأ الأرضي.

40. أعد الخطوات السابقة 25 -27 .

التمرين العملي رقم (3)

أسم التمرين: صيانة محطة فرعية تعمل بنظام التوزيع الحلقي المغذى من مصدر واحد مع عزل وأخراج المغذي المتعرض للتسريب الأرضي أو لإحمال غير طبيعية بدون قطع التيار عن الأحمال الخاصة بالمحطات الفرعية الأخرى مع أعادة النظام الى الوضع الطبيعي .

مكان التنفيذ: ورشة الكهرباء .

الزمن: 3 ساعة .

الأهداف التعليمية : بعد الأنتهاء من تنفيذ التمرين يكتسب الطالب مهارة تمكنه من معرفة :

1. طرق حماية المغذيات المستعملة في التوزيع بالجهدين المتوسط والمنخفض .
2. أختيار والتنسيق بين (الباسبارات والموصلات) ووسائل الحماية .
3. كيفية حماية دوائر التوزيع الأولية والثانوية للجهد المتوسط .
4. كيفية حماية دوائر التوزيع ضد خطأ الأرضي .

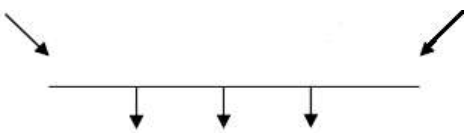
المعلومات النظرية:

مغذيات التوزيع: المغذي هو خط تابع لمحطة التوزيع الفرعية الثانوية (أحد أنواع محطات التحويل) يتصل به أحمال على طوله لتغذية عدد من المستهلكين ويغذى المغذي من محطة التوزيع الثانوية الأخيرة إذ ينخفض الجهد من جهد النقل الى جهد التوزيع الأبتدائي ثم ينخفض الجهد مرة أخرى بواسطة محطة توزيع فرعية ثانوية واحدة أو أكثر . تحتوي هذة المحطات على وسائل للتحكم بجهد المغذي بأضافة مجموعة من المحولات وبالتالي يمكن زيادة الجهد أو خفضه في حدود 5% ودائما تصمم المغذيات بحيث ألايكون الفقد في الجهد على أمتدادها يزيد عن 5% وذلك بالتحكم في مساحة مقطع المغذيات .

أنواع المغذيات بحسب التغذية:

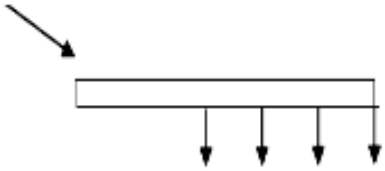
1. مغذيات تغذى من ناحية واحدة ويكون أقصى فقد في الجهد عند آخرها .

2. مغذيات تغذى من ناحيتين ويكون أقصى فقد في الجهد عند نقطة في المنتصف .

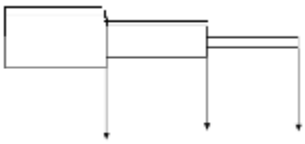


أنواع المغذيات بحسب مساحة المقطع:

1. مغذيات ثابتة المقطع.



2. مغذيات مختلفة المقطع .



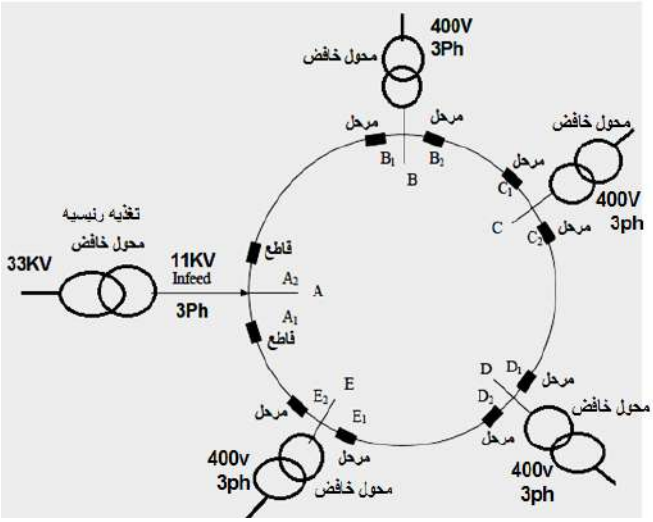
أنواع أنظمة التوزيع: يوجد نوعان من أنظمة التوزيع:

1. النظام الشعاعي Radial system:

يستخدم هذا النظام في خدمة عدد محدود من المستهلكين والمغذي من هذا النوع يتزود من مصدر واحد على الأغلب وهو نظام ذو تكلفة قليلة إلا أن أحتمال إنقطاع التيار فيه لا يمكن تجنبها .

2. النظام الحلقي (وحدة التوزيع الحلقي) Ring main unit (R.M.U):

في هذا النظام يتم تغذية الأحمال من مصدر واحد أو من أكثر من مصدر بدون أنقطاع في التيار الكهربائي عن الأحمال في حالة حدوث أعطال إلا إنه ذو تكلفة إنشائية عالية ويغذي نطاق محدود، والشكل (5-26) يوضح حماية منظومة تغذية حلقية .



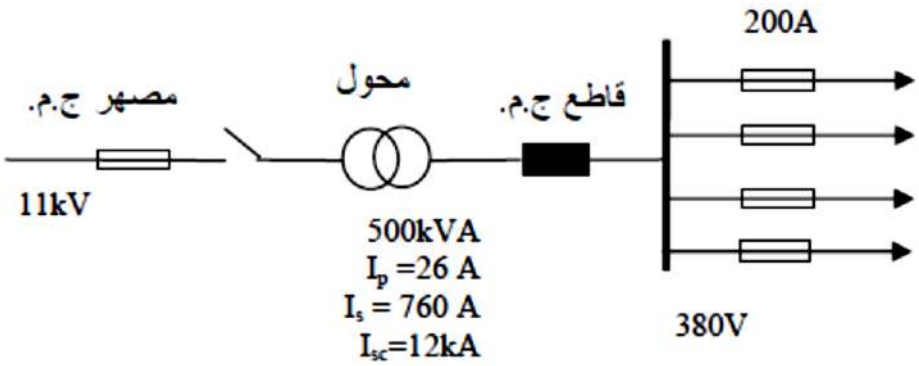
الشكل (5-26) حماية منظومة تغذية حلقية

حماية الخطوط الموصلة على التوازي protection of parallel lines:

في الشكل (5-27) منظومة حماية خطين مربوطين على التوازي ومغذيين من مصدر واحد وهذه الحالة هي حالة خاصة للخط الحلقي ويتم تركيب مرحلات زيادة التيار الأتجاهية في نهاية الخطين عند B,D . ويشير السهم المبين على هذين المرحلين الى أتجاه الفصل وتركب مرحلات زيادة التيار في الأتجاهية في بداية الخطين A,C ويجب أن يدرج المرحل A مع المرحل B وكذلك يجب أن يدرج المرحل C مع المرحل D بالنسبة للزمن وذلك بواسطة أستخدام هامش زمني 0.4sec .

الشكل (5-27) حماية الخطوط المتوازية

أما نظام التوزيع بعد المحول الخافض 11kv-380V~/3PH/50HZ فتتم حمايتة من زيادة التيارعند الملف الثانوي له بواسطة قاطع رئيسي والى باسبارات التوزيع ذات مستوى واحد كما في الشكل (5-28).



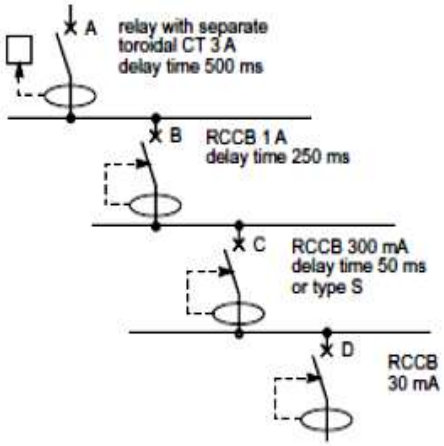
الشكل (5-28) نظام التوزيع للجهد المنخفض بمستوى واحد

أو التوزيع بأربع مستويات (4LEVEL) وهنا نختار مرحلات تيار بتدرج (تنسيق) تيار الفصل والزمن كما في الشكل (5-29) على أن تكون بتناقص بأتجاه أحمال المستهلكين:

discrimination at 3 or 4 levels

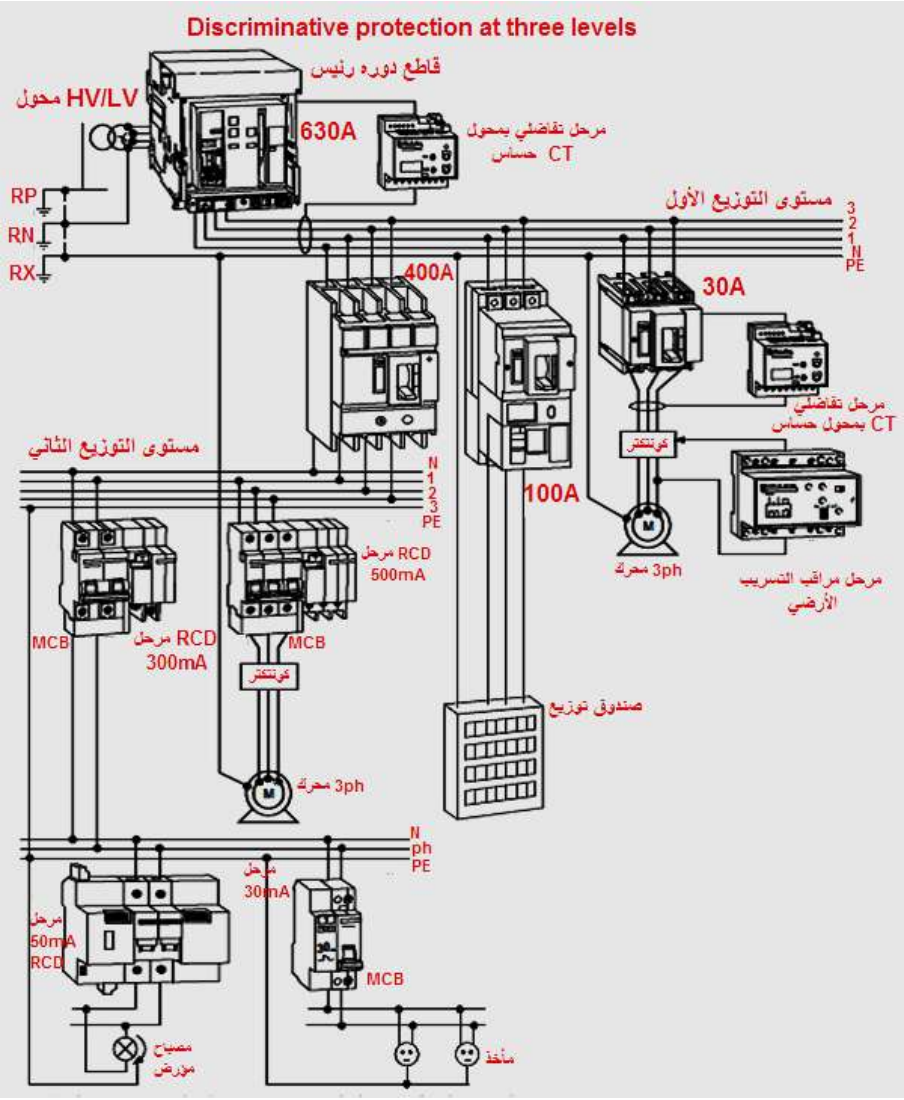
Protection:

- level A: RCD time-delayed (setting III),
- level B: RCD time-delayed (setting II),
- level C: RCD time-delayed (setting I) or type S,
- level D: RCD instantaneous.



الشكل (5-29) التنسيق بين مرحلات التيار لضمان حماية فعالة بأربعة مستويات بدءاً من القاطع الرئيس

أو بثلاثة مستويات بنظام حماية متكامل والى أحمال المستهلك كما في الشكل (5-30).



الشكل (5-30) تنسيق القواطع والمرحلات في لوحة توزيع بتدرج التيار والزمن بثلاثة مستويات متتالية

أما لأختيار الباسبارات المناسب حجمها لقيم التيارات المارة في لوحات التوزيع الأبتدائية والثانوية والنهائية للمستهلك فهي موضحة في الجدول (5-5) (للأطلاع فقط) .

Flat busbars for distribution up to 4000A

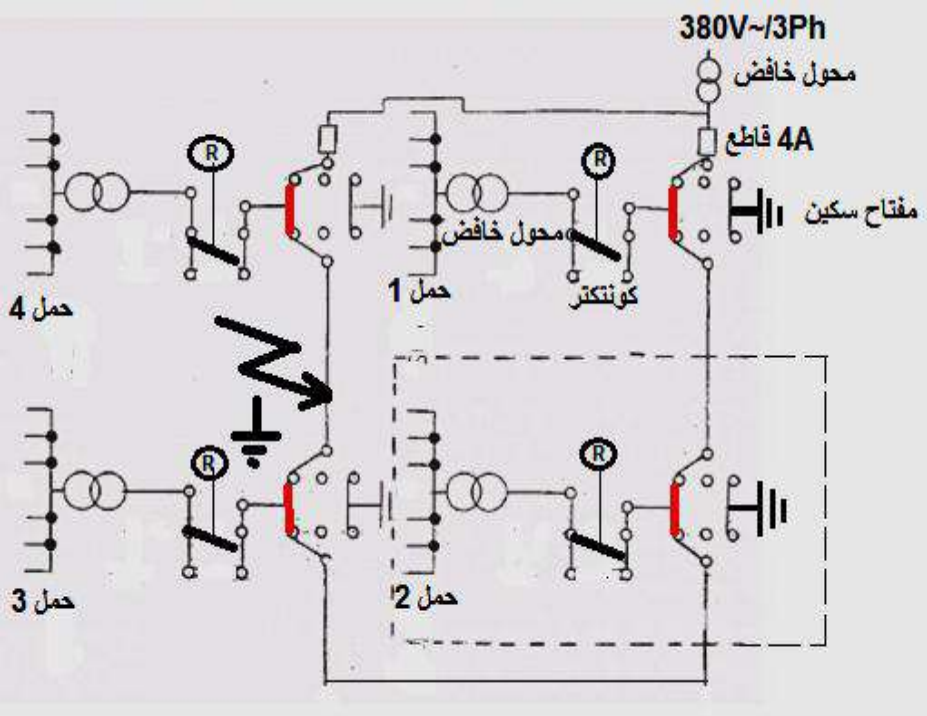
Cross-section	In (A)	N° busbar/phase	capacity (A) IP31	IP41	IP65	max Icw (kA)	WxT (mm)
	400	1	530	490	400	35	30x5
	630	1	772	695	630	50	50x5
	800	1	951	863	800	50	60x5
	1250	1	1431	1347	1250	50	100x5
	1600	1	1836	1710	1600	105	100x10
	2000	1	2250	2110	2000	105	120x10
	2500	2	3056	2700	2500	105	100x10
	3200	2	4018	3600	3200	105	120x10
	4000	3	4460	4250	4080	105	120X10

الجدول (5-5) حجم الباسبارات المناسبة لمعدل التيار المار فيها In المستخدمة في لوحات التوزيع

التسهيلات التعليمية: بدلة عمل ، محولة خافضة 380v-220v/50HZ /3Ph /40w عدد 1 ، محولة خافضة 220v-110v/50HZ/3Ph/10w عدد 4، مفتاح سكين 30A ثنائي عدد 4 ، قاطع دورة هوائي 4A عدد 2 ، كونتكتر ~20A/220V عدد 4 ، مرحل ستاتيكي زيادة التيار+ خطأ أرضي + أميتر رقمي مبرمج نوع EOCR- 3EZ DIGITAL OVER CURRENT RELAY WITH GROUND FAULT PROTECTION& AMMETER عدد 4 ، مقاومه سلكية 50Ω/50W متغيرة ثلاثية عدد 4 ،أسلاك توصيل حجم 2.5 ملم^2، قاطع رئيسي 1A/ 3ph ، جهاز قياس AVO .

خطوات العمل والنقاط الحاكمة:

1. أرتد بدلة العمل المناسبة .
2. وصل الشبكة الكهربائية للنظام الحلقي بحماية من زيادة التيار وخطأ الأرضي بفصل أوتوماتيكي ويدوي كما في الشكل (5-31).



الشكل (5-31) نظام حلقي بتغذية من مصدر أحادي بحماية مرحلات من زيادة التيار

3. غذي الدائرة من المغذي الرئيس ~380V على أن تكون مفاتيح السكين بوضع تشغيل كما في الشكل (5-31) .
4. أفصل التغذية عن الحمل رقم 2 بواسطة السكين رقم 2 مسجلا ملاحظاتك .
5. أضبط تيار فصل المرحلات الأربعة بقيم تتوافق مع قيم الأحمال الأربعة .
6. غير قيمة الحمل رقم 2 الى أن يعمل المرحل رقم 2 على فصل الدائرة أوتوماتيكيا .
7. أعمل توصيلة الى الأرض كما في الأشارة للشكل (5-33) ماذا يحصل سجل ملاحظاتك .
8. أقرأ قيمة تيارات الأحمال الأربعة بواسطة شاشة المرحلات الأربعة في حالة التشغيل الطبيعي أو بالقياس بواسطة جهاز الكلامبميتر .
9. غير قيمة الحمل رقم 1 الى نقصان المقاومة بشكل تدريجي الى أن يعمل المرحل رقم 1 على فصل التغذية عن المحول الخافض ~220V/110V` .
10. قس مقدار الجهد بين الاطوار الثلاثه لجميع المحولات الخافضة .

التمرين العملي رقم (4)

أسم التمرين: حماية محولات القدرة من القصر الجزئي أو الكلي بين ملفاتها أو بين ملفاتها والأرض بأستخدام المرحلات التفاضلية .

مكان تنفيذ التمرين: مشاهده في محطة النقل .

الزمن : 6 ساعة .

الأهداف التعليمية : بعد الأنتهاء من المشاهدة يكتسب الطالب مهارة تمكنه من معرفة:

1. **الحماية التفاضلية وكيفية أستخدامها في حماية محولات القدرة .**
2. **أنواع الأعطال المحتملة في محولات القدرة وتوصيلاتها .**
3. **عمل المرحلات التفاضلية .**
4. **حماية محولات القدرة ضد زيادة الحمل والخطأ الأرضي .**
5. **المواصفات الفنية لمحولات القدرة وطرق كشف اعطالها .**

التسهيلات التعليمية: بدلة عمل ، كفوف واقية ،أحذية واقية ، قبعة واقية ، جهاز قياس درجة الحرارة عن بعد ليزري ، جهاز كلامبميتر ، جهاز تحسس بمرور التيار عن بعد ، جهاز AVO ، دفتر ملاحظات.

المعلومات النظرية:

حماية محولات القدرة الكهربائية : تعتمد الحماية على وظيفة المحولة وموقعها في الشبكة فمثلا محولات التوزيع ذات القدرة أقل من 2.5MVA تتم حمايتها بواسطة المصهرات أما المحولات التي تتراوح قدرتها الظاهرية 2.5MVA-5MVA فإن حمايتها تتم بأستخدام واحدة من الطريقتين:

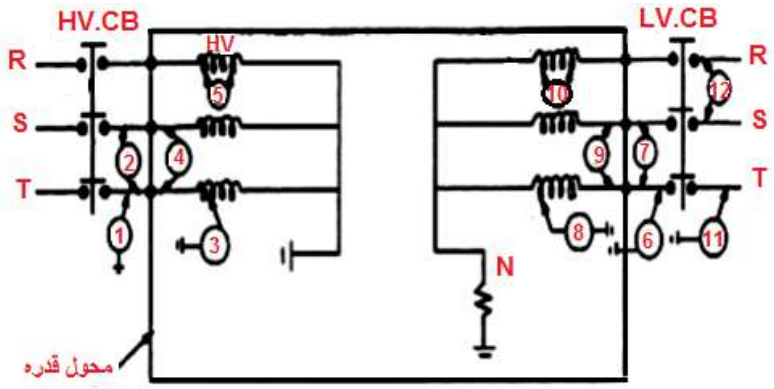
- **الحماية التفاضلية ذات المعاوقة العالية ونوع مرحل الحماية المستخدم عادة هو مرحل الحافظة المنجذبة الذي يتمتع بسرعة فصل عالية .**
- **الحماية التفاضلية الأنحيازية التوافقية ونوع المرحل المستخدم يكون عادة مرحلا من النوع الحثي القرصي Induction disc relay .**

أنواع الأعطال (الأخطاء) التي يتعرض لها المحول:

- **قصر خارجي أما بين أحد أطراف توصيل الكيبلات بملفات الجهد العالي أو الجهد المنخفض والأرض أو بين طرفي توصيل الكيبلات بملفات الجهد العالي أو المنخفض .**
- **قصر داخلي أما بين أحد ملفات الجهد العالي او المنخفض والأرض أو بين ملفات الجهد العالي أو بين ملفات الجهد المنخفض نفسها .**

- تسريب أو قصر جزئي لأحد ملفات المحول مع الأرض أو بين الملفات نفسها .

والشكل (32-5) يوضح تلك الأعطال بمواقعها مشارا اليها بالرقم الذي يدل على نوع القصر (للأطلاع فقط).



الشكل (32-5) محول قدرة نوع ستار – ستار وعلية مناطق الأعطال الشائعة

عمل المرحلات التفاضلية:

في منظومة القدرة الكهربائية لا تفي مرحلات زيادة التيار بجميع الشروط الوقائية اللازمة لان زمن الفصل يزيد دائما بأتجاه المصدر بغض النظر عن طريقة التدرج المستخدمة وهذا يشكل خطرا على محطات التوليد والتحويل وبالتالي التأثير المباشر على الشبكة لذا تستخدم المرحلات التفاضلية والتي تعمل على مبدأ Merz – Price .

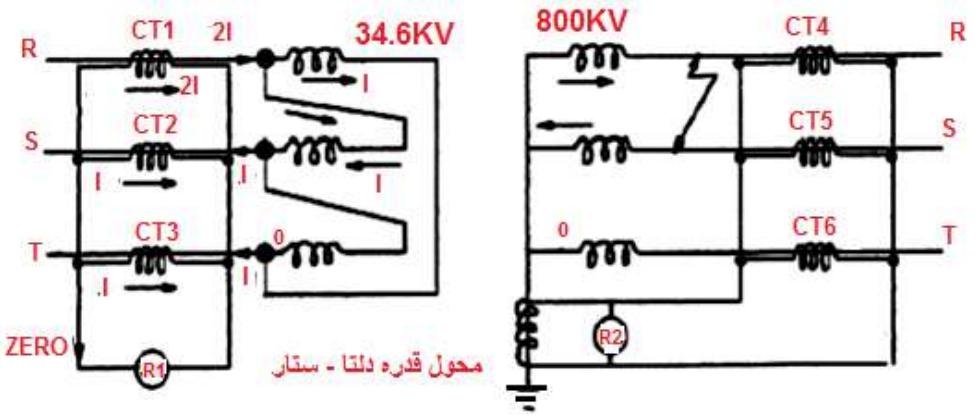
ملاحظة :

أولا : أن حدث عطل خارج المنطقة المحمية لا يعمل المرحل .

ثانيا : أن التيار المار في المرحل يساوي الفرق بين تيارات المغنطة المارة في محولات التيار الموجودة على خط دخول وخروج المنطقة المحمية وحتى لو أستخدمنا محولات تيار متشابهة بالمواصفات الفنية وبنسب تحويل تتناسب مع مقدار الخفض بالتيار للمحولة فإننا لا نضمن أن يكون لهما نفس تيارات المغنطة بسبب عدم التطابق الدقيق صناعيا وأن هذا الفرق مهما كان طفيفا سيؤدي ذلك الى عدم الأتزان في عمل المرحل وخصوصا في لحظة التشغيل أو في حالة حصول خلل خارج المنطقة المحمية وعمليا تحل هذه المشكلة بأستخدام أحد نوعي المرحلات الأتية:

- مرحلات توافقية عالية المعاوقة (High impedance differential relay).
- مرحلات تفاضلية أنحيازية (Biased differential relays).

تستخدم المرحلات التوافقية عالية المعاوقة نوع الحافظة المنجذبة في دوائر الحماية التفاضلية المنفصلة وفيها يتم حماية الملفات الأبتدائية والملفات الثانوية كلا على حدة وبالتالي نحتاج الى مرحلين تفاضليين ثلاثي الأطوار وثلاث محولات تيار لتحقيق التحسس بأتزان التيارات الثلاثية الأطوار ومحول تيار رابع للتحسس بالخطأ الأرضي مع كل مرحل وكما في الشكل (33-5) .



الشكل (33-5) حماية محول دلتا – ستار بأستخدام المرحلات التفاضلية المنفصلة

ميزة المعاوقة العالية في المرحل هي لضمان عدم عمل أجهزة الوقاية نتيجة تشبع أحد محولات التيار بسبب خطأ خارجي .

مزايا الحماية التفاضلية المنفصلة للمحولات يمكن تلخيصها كما يأتي:

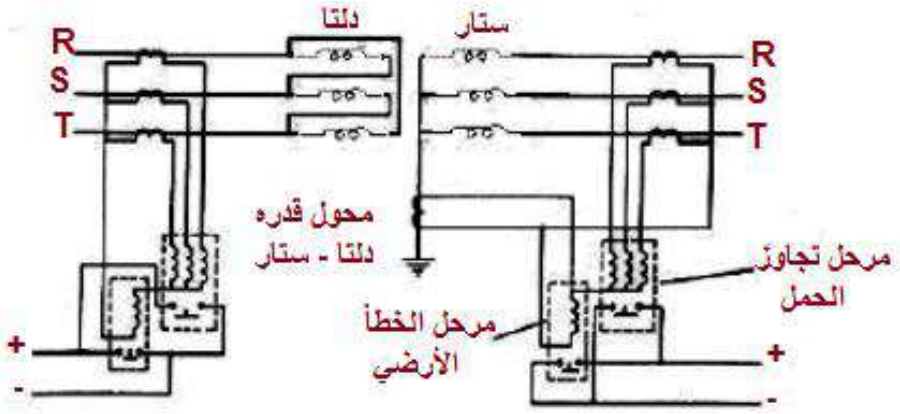
- لا تعمل الحماية تحت ظروف التشغيل العادية .
- لا تتأثر بتيار الحمل ولا بالأخطاء الخارجية لتيار المغنطة اللحظي لمحولات التيار .
- لا تتأثر بنسبة التحويل لمحول القدرة أو محولات التيار .
- تؤمن حماية كاملة لملفات المحول إذا كانت نقطة تعادل النجمة مؤرضة تأريضا مباشرا.
- تعمل الحماية نتيجة الخطا الواقع خلال منطقة الحماية .

أما عيوب هذه الطريقة:

- عدم أمكانية كشف القصر الداخلي بين طوريين أو ثلاثة أطوار .
- لا تؤمن حماية كاملة لملفات المحول إذا كانت نقطة التعادل النجمة مؤرضة من خلال معاوقة أو مقاومة عالية .

وتتميز الحماية التفاضلية الأنحيازية الكاملة بالآتي:

- يبقى المرحل الأنحيازي لا يعمل أي يبقى متزنا تحت ظروف التشغيل العادية والأخطاء الخارجية.
- يمكن أضافة الحماية ضد الخطأ الأرضي الى الحماية من زيادة في الحمل وكما في المخطط في الشكل (5-34) (للأطلاع فقط) .



الشكل (5-34) حماية المحول من زيادة الحمل والخطأ الأرضي

ويستخدم مرحل بوخولز لحماية المحولات المغمورة بالزيت لمنع تلف المحول نتيجة الحرارة العالية والناتجة عن زيادة الأحمال وتكون غازات وتبخر الزيت أو نقصانه .

خطوات المشاهدة والمتابعة:

1. أرتد بدلة العمل وخوذة الرأس وكفوف الوقاية والأحذية العازلة .
2. شاهد وسجل المواصفات الفنية لمحول التحويل والنقل .
3. شاهد وسجل أنواع المرحلات المستخدمة للحماية في كل مرحلة قبل وبعد محولة النقل .
4. شاهد وسجل مقدار التيارات الداخلة والخارجة لمحول النقل .
5. أستخدم طرق الكشف عن بعد للكشف عن وجود خلل في المرحل أوفي المرابط أو في المنطقة المشكوك بعطلها والمنظومة في حالة عمل عن طريق مقياس درجة الحرارة الليزري ومقارنتها بدرجة الحرارة في حالة العمل الطبيعية لها حيث أن دليل بداية العطب هو أرتفاع درجة حرارة الجزء المرشح للعطل .
6. شاهد وسجل القراءات الأخرى من جهد وتردد ولا تستخدم أجهزة قياس الجهد الواطئ لأي نوع من القياسات تجنبا لصدمة كهربائية مميتة .
7. شاهد وسجل ملاحظاتك حول تأريض المحطة وتوصيلاتها .
8. أكتب تقريراً مفصلاً بما شاهدت وتعرفت مع الملاحظات الفنية للمختصين في المحطة .

التمرين العملي رقم (5)

أسم التمرين: حماية مولدات القدرة الكهربائية من القصر الجزئي أو الكلي بين ملفات الجزء الثابت أو الدوارأو بين ملفاتها والأرض بأستخدام المرحلات التفاضلية ، وتأمين الحماية من زيادة تيار التحميل .

مكان التنفيذ: مشاهدة في محطة التوليد

الزمن: 6 ساعة

الأهداف التعليمية: بعد الأنتهاء من المشاهدة يكتسب الطالب مهارة تمكنه من معرفة:

1. **أختيار قيمة قاطع الدورة لحماية المولدات الصغيرة .**
2. **الحماية التفاضلية وكيفية أستخدامها في حماية مولدات القدرة .**
3. **أنواع الأعطال المحتملة في مولدات القدرة وطرق معالجتها**
4. **حماية مولدات القدرة ضد زيادة الحمل والخطأ الأرضي .**

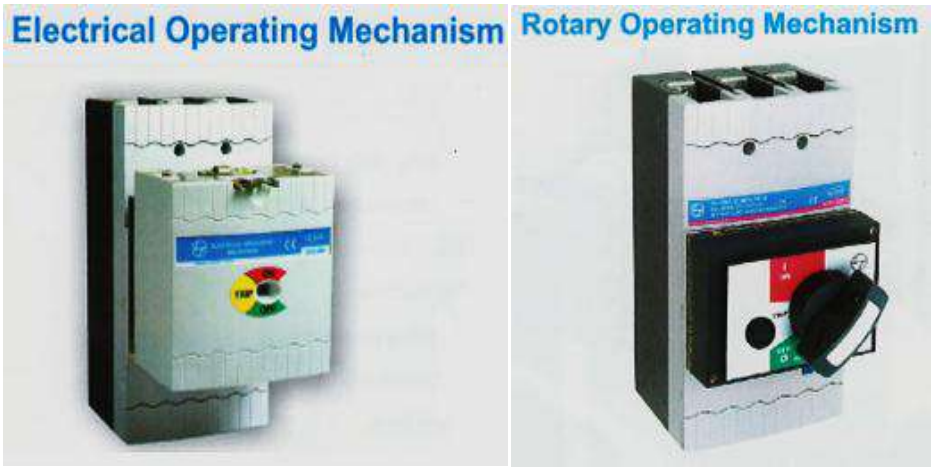
التسهيلات التعليمية: بدلة عمل ، كفوف واقية ،أحذية واقية ، قبعة واقية ، جهاز قياس درجة الحرارة عن بعد ليزري ، جهاز كلامبميتر ، جهاز تحسس بمرور التيار عن بعد ، جهاز AVO ، دفتر ملاحظات، جهاز فحص التزامن .

المعلومات النظرية :

حماية المولدات الكهربائية: يتحدد نوع الحماية لمولدات القدرة على مقدار القدرة الظاهرة التصميمية لها وكما يأتي :

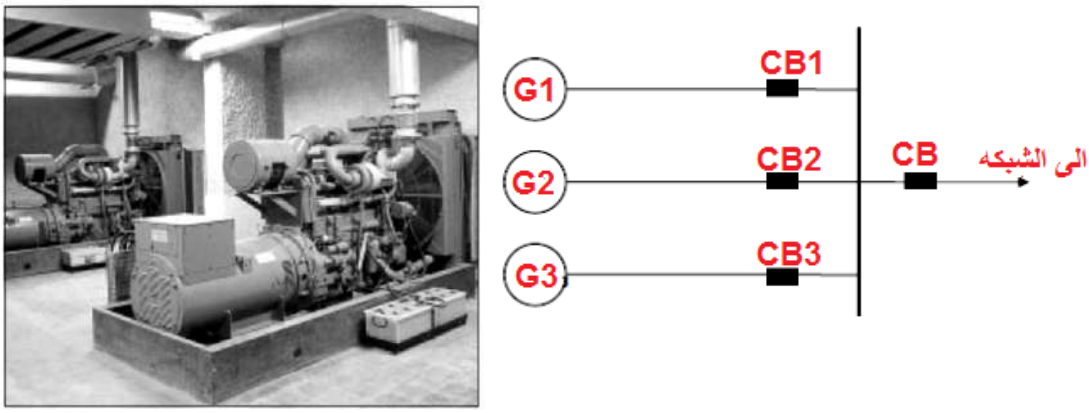
- **مولد يعمل بمحرك ديزل 10KVA – 1.7MVA .**
- **مولد يعمل بواسطة تربينة الغاز 10MVA – 150MVA .**
- **مولد يعمل بواسطة تربينة بخارية 100MVA – 600MVA .**
- **مولد يعمل بواسطة تربينة هيدروليكية 50MVA – 300MVA .**

المولدات الصغيرة يتم ربطها الى الشبكة الكهربائية مباشرة من خلال قاطع دوره نوع Mccb(Moulded case circuit breaker) متحكم به يدويا أو أوتوماتيكيا بمدى تيار عمل (In) 63A - 1600A للطور الواحد لحماية مولد تصل قدرته الى 1.2MVA كما في الشكل (5-35) .



الشكل (5-35) نوعي التحكم اليدوي والأوتوماتيكي لقاطع الدورة الخاص بحماية المولدات الصغيرة

ويمكن ربط مجموعة مولدات كلا منها الى قاطع دورة والى قاطع رئيسي ومنها الى الشبكة كما في الشكل (5-36).



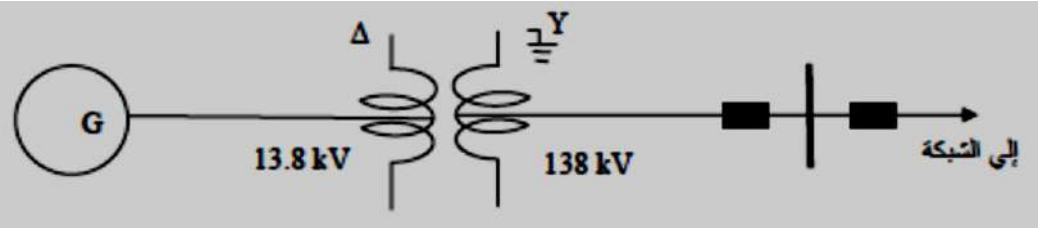
الشكل (5-36) ربط مجموعة مولدات صغيرة بالشبكة الكهربائية

حساب قيمة تيار القطع (cutoff current) وتيار المعدل (rated current) للقاطع:

تحسب التيارات على أساس قدرة المولد الظاهرية وكالأتي:

مثلا مولدة قدرتها الظاهرية 500KVA نضرب هذه القيمه 4 X = 2000امبيروهي قيمة مجموع التيارات لثلاثة أطوار نقسم المقدار على 3 والمقدار الناتج التقريبي= 666أمبير وهو أقصى معدل لتيار القاطع (تيار الأستمرار) أما تيار قطع القاطع يضاف 25% من معدل التيار الى معدل تيار القاطع أي666 ÷ 4 فسيكون المقدار 166تقريبا + 666 = 830 أمبير والمتوفر منه 820A وهو المناسب .

أما بالنسبة للمولدات الكبيرة أو محطات التوليد الأساسية فإنه يتم ربطها الى الشبكة من خلال محول لرفع الجهد والقاطع الآلي المسؤول عن حماية المولد يتم وضعه عادة بعد محول الرفع كما في الشكل (37-5).



الشكل (37-5) ربط المولدات الكبيرة بالشبكة الكهربائية

الأعطال الكهربائية المتوقعة الحصول في مولدات القدرة:

1. فشل العزل في ملفات العضو الثابت وأنهياره بسبب قصر كهربائي بين طورين أو بين طور والأرض وتيار القصر نفسه بالتالي قد يؤدي الى تلف ملفات الجزء الثابت بالكامل بما فيه الصفائح الحديدية وبعض الأسباب الرئيسة لأنهيار عزل الملفات هي :
   - أرتفاع زائد في جهد التوليد .
   - عدم توازن تيارات الاطوار الثلاثة للمولدة وهذا بدوره يؤدي الى أرتفاع كبير في درجة حرارة ملفات الجزء الثابت وبالتالي أنهيار مادة العزل .
   - مشاكل فنية في نظام تهوية وتبريد المولد الرئيسي .
2. أعطال الجزء الدوار : يعمل الجزء الدوار عند جهد 500V بينما يعمل الجزء الثابت عند جهد يتراوح بين 13.8- 23KV وأن ملفات الجزء الدوار غير مؤرضة لذا نجد أعطاله تتلخص بمايأتي:
   - قطع في ملفات الجزء الدوار (عطل الدائرة المفتوحة) بسبب الحرارة العالية المتولدة عن عدم توازن تيارات الاطوار الثلاثة .
   - قصر بين ملفات الجزء الدوار والأرض .
3. أعطال أخرى وتشمل :
   - أرتفاع زائد في تيار الجزء الثابت نتيجة زيادة التحميل over load والمسبب لتلفه الجزئي أو الكلي .
   - هبوط في قيمة التردد مما يؤدي الى تلف شفرات التوربين نتيجة الأهتزاز .

- عمل المولد كمحرك نتيجة توقف حركة التوربين لأي سبب من الأسباب وهذا يؤدي الى تلف شفرات الضغط المنخفض للتوربين .
- توصيل المولد الى الشبكة قبل التأكد من تواؤم تتابعية الأطوار وهذا يؤدي الى تلف ميكانيكي لملفات المولد والتوربين .
- قصر أرضي ناحية المولد ويتم التأكد منه بفصل خطوط التغذية من المولد .
- قصر بين طوري ناحية المولد .

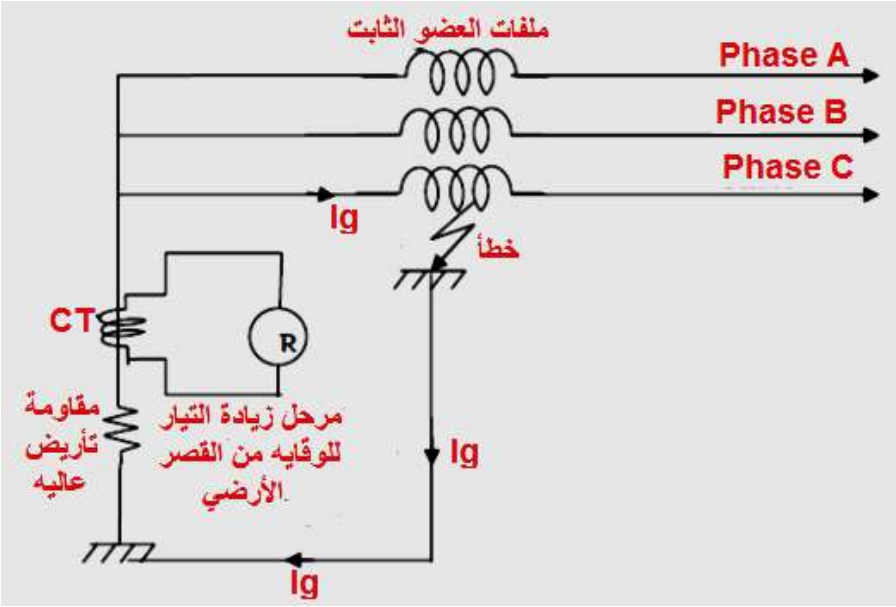
الحماية التفاضلية للعضو الثابت في مولد القدرة:

تستخدم الحماية التفاضلية نوع الأنحيازية لحماية ملفات الجزء الثابت ،أما بالنسبة الى المولدات الكبيرة ذات القدرة العالية فإنة يتم تجزئة ملفات الجزء الثابت الى ملفان لكل طور **split winding** .

حماية ملفات الجزء الثابت بواسطة مرحل الخطأ الأرضي:

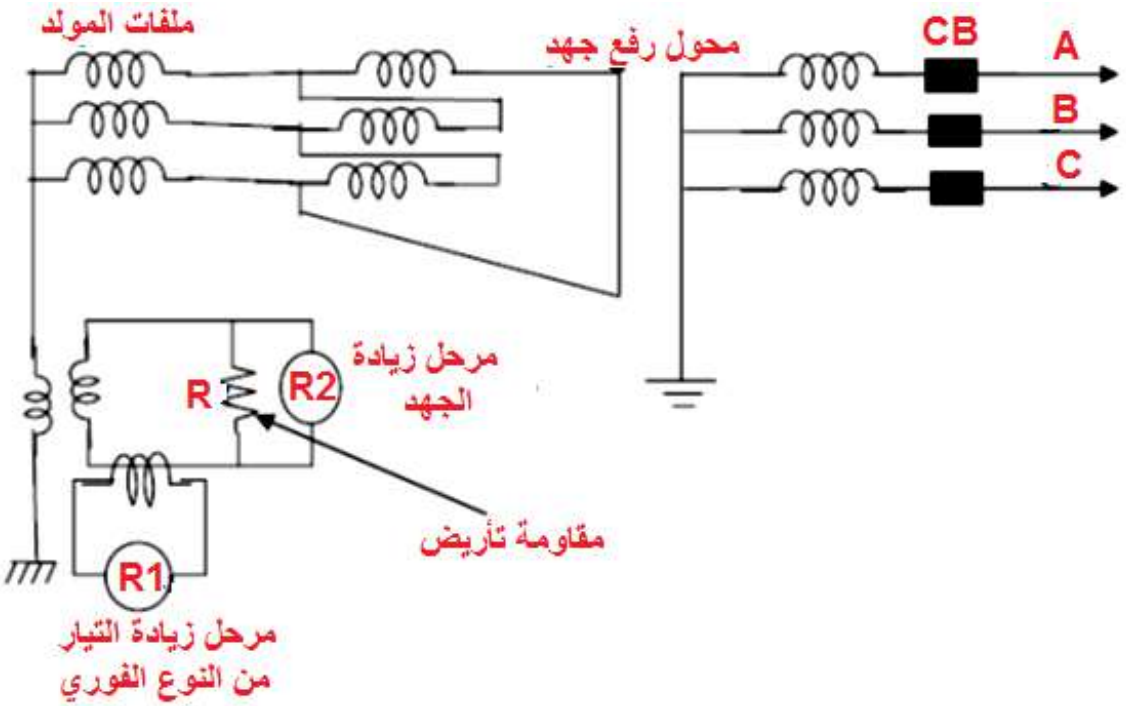
عادة يتم تأريض الحيادي لملفات الجزء الثابت في مولدات القدرة وذلك لضمان مسار تيار القصر الأرضي وتسهيل عملية الكشف والحماية .

في المولدات الصغيرة أو متوسطة الحجم والقدرة تتم عملية التأريض من خلال مقاومة عالية والهدف منها هو تقليل تيار خطأ الأرضي ويتم توصيل مرحل الحماية من الخطأ الأرضي بتوصيل محول التيار CT في دائرة الأرضي لمراقبة وقياس تيار الخطأ وكما في الشكل (38-5) (للأطلاع فقط).



الشكل (38-5) أستخدام مرحل خطأ ألارضي لحماية المولدات الصغيرة والمتوسطة الحجم

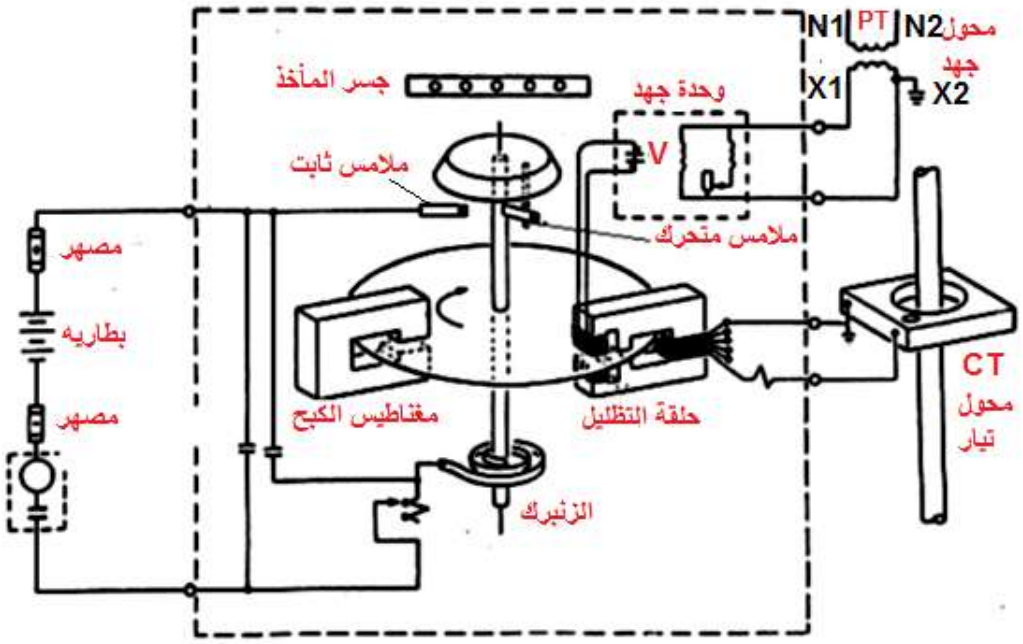
أما بالنسبة الى المولدات الكبيرة التي يتم ربطها بالشبكة من خلال محول رفع جهد فيوصل المرحل فيها كما في الشكل (5-39) (للأطلاع فقط).



الشكل (5-39) حماية المولدات الكبيرة بأستخدام مرحل الخطأ الأرضي

حماية المولدات من حصول قصر في ملفات الجزء الثابت أو الدوار:

يستخدم مرحل زيادة التيار المحكوم بالجهد VOLTAGE CONTROLLED O/C RELAY كحماية أحتياطية في حالة حصول خطأ داخلي والفكرة تعتمد على حصول هبوط في جهد التوليد نتيجة قصر داخلي بين اللفات وبالتالي يتم أيقاف المولد أوتوماتيكيا والشكل (5-40) يبين المرحل المستخدم وهو عبارة عن مرحلين مرحل زيادة التيار ومرحل نقص الجهد (للأطلاع فقط) .



الشكل (40-5) مرحل زيادة التيار المحكوم بالجهد لحماية ملفات المولد

في الحالة الطبيعية للتوليد يكون تماس مرحل نقص الجهد المتصلة على التوالي مع ملف حلقة التضليل لمرحل زيادة التيارمفتوح وهذا بدوره سيمنع عمل وحدة زيادة التيار إذا كانت قيمة جهد التوليد أعلى من الجهد المضبوط عليه مرحل هبوط الجهد (عادة يكون 80% من جهد التوليد) ولكن بمجرد حصول قصر داخل المولد وفشل عمل الحماية التفاضلية على فرض سيؤدي ذلك الى هبوط جهد التوليد وقفل ملامس مرحل نقص الجهد مما يؤدي الى عمل مرحل زيادة التيار وفصل المولد عن الشبكة وأيقاف التوليد .

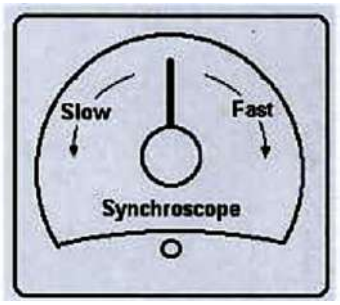
حماية المولدات من زيادة الحمل:

إن زيادة تيار الحمل الى قيمة أعلى من قيمة تيار المولد المقنن ولمدة زمنية طويلة قد يؤدي الى أرتفاع حرارة الجزء الثابت الى قيمة أعلى من درجة الحرارة القصوى التي يتحملها عزل ملفاته ولابد من حماية المولد حماية ضد زيادة الحمل بواسطة مرحل حراري Thermal relay مجهز بتأخير زمني مناسب .

أما بالنسبة للمولدات الكبيرة فيتم وضع مزدوجات حرارية (Thermocouples) في فتحات التهوية للجزء الثابت والتي توصل الى أجهزة تحكم وحماية وأنذار وقياس مما يتيح للفني قراءة الأرتفاع في درجة الحرارة ومعالجة ذلك بتخفيض أو فصل بعض الأحمال من دون أيقاف المولد كليا عن تغذية الشبكة .

خطوات المشاهدة والمتابعة:

1. أرتد بدلة العمل وخوذة الرأس وكفوف الوقاية والأحذية العازلة .
2. شاهد وسجل المواصفات الفنية لمولد المحطة الرئيسي ،القدرة الظاهرة ، جهد التوليد ، التردد ، سرعة الدوران .
3. سمي نوع الحماية المستخدمة في حماية رأس التوليد من زيادة الحمل ، تيار القصر ، أرتفاع الجهد ، أنخفاض الجهد ، أختلاف التردد ، القصر الداخلي .
4. كم جهد الجزء الدوار وما نوعه .
5. أستخدم طرق الكشف عن بعد للكشف عن وجود خلل في المرحل أوفي المرابط أو في المنطقة المشكوك بعطلها والمولد في حالة عمل عن طريق مقياس درجة الحرارة الليزري
6. شاهد وسجل القراءات الأخرى من جهد وتردد ولا تستخدم أجهزة قياس الجهد الواطئ لأي نوع من القياسات تجنبا لصدمة كهربائية مميتة .
7. سجل ملاحظاتك حول تأريض المولد ومرحل خطأ الأرضي .
8. أستعمل جهاز التزامن (synchroscope) للتأكد من أن جهد المولد في نفس الطور مع جهد القضبان النهائية للشبكة الكهربائية وأن لهما نفس التردد (أي بدليل المصابيح الثلاث) والموضح في الشكل (41-5) والجهاز عبارة عن محرك حثي لمجالين مغناطيسيين الأول الشبكة والآخر المولد التزامني أما العضو الدوار فمركب عليه مؤشر يتحرك بأتجاه عقارب الساعة وعكس عقارب الساعة يعتمد على تردد المولد التزامني أعلى أم أقل من تردد الشبكة وعندما يقف المؤشر في الوسط بشكل عمودي فهذا يعني أن جهد المولد في نفس الطور مع جهد الشبكة عند هذه الحالة يمكن توصيل المولد التزامني على التوازي مع الشبكة عن طريق القاطع الرئيس بأمان .



الشكل (41-5) جهاز فحص التزامن يؤشر مؤشره دليل التزامن

9. أكتب تقريراً مفصلاً بما شاهدت وسجلت مع الملاحظات لفني ومهندسي المحطة .

أسئلة الفصل الخامس

1. ما المهمة التي تقوم بها عناصر حماية القوى الكهربائية ، عدد أربعة منها ؟
2. ماذا نعني بالتنسيق بين المصهرات وضح بمخطط مبسط لمحطة توزيع ثانوية خافضة للجهد 11kv-380v قدرتها الظاهرة 500KVA ؟
3. أين تستخدم مفاتيح الفصل المسماة (مفتاح سكين) وما هي أنواعه ؟
4. بما يختلف قاطع الجهد العالي عن قاطع الجهد المنخفض وما الظروف غير العادية التي يستخدم فيها قاطع الجهد العالي في حماية دوائر القوى الكهربائية ؟
5. صنف قواطع الجهد العالي تبعا لنوع الوسط الذي يتم فيه أطفاء القوس الكهربائي ؟
6. أرسم مخطط دائرة مرحل زيادة التيار في حماية حمل كهربائي موضحا مسار التيار فيها ؟
7. بما يختلف القاطع عن المرحل من حيث مبدأ العمل ؟
8. أين تستخدم المرحلات الأتجاهية وما نوع الحماية التي توفرها ؟
9. ما الغرض من أستخدام مرحل أنخفاض التيار في حماية الدوائر الكهربائية ؟
10. أرسم مخطط دائرة تشغيل محرك حثي مع حماية من أنخفاض أو أرتفاع الجهد بتأخير زمني ؟
11. بما يختلف مرحل الحماية من التسريب الأرضي ELR عن مرحل خطأ الأرضي ؟
12. عدد أنظمة التوزيع ومميزات كل نوع ؟
13. أعطي مثالاً لنظام توزيع من بعد محول خافض للجهد ذي مستوى واحد وآخر بأربعة مستويات وذلك برسم مخطط مبسط ؟
14. كيف تتم أستخدام الحماية التفاضلية في حماية محولات القدرة أذكر الطرق المستخدمة والنوع المفضل في الحماية ولماذا ؟
15. مولد 3ph قدرته الظاهره 500KVA، أختر قيمة تيار قطع قاطع الحماية المناسب له ، ثم أذكر مقدار التيار الطبيعي In له ؟
16. ما الأعطال الكهربائية المتوقع حصولها في مولدات القدرة ؟
17. كيف تتم حماية المولدات التزامنية 3ph من حصول قصر في ملفات الجزء الثابت والدوار ؟
18. كيف تتم حماية المولدات الكبيرة 3ph من زيادة الأحمال ؟

المصادر العربية:

1. حماية منظومات توزيع القوى الكهربائية / د .عبد المنعم موسى & د .آسر زكي - شركة منشورات دار الراتب الجامعية ، بيروت ، 1987.
2. مذكرة وقاية النظم الكهربائية/ د .محمد محمود عبد الغني / قسم التقنية الكهربائية- الكليه التقنية بالدمام 1996.
3. ماكينات كهربائية ومعمل ماكينات كهربائية/شعبة قوى كهربائية وشبكات بمدرسة جلال فهمي الفنية الصناعية، وزارة التربية القاهرة 1985
4. كتيبات منتجات شركات مختلفة - Schneider Electric / شركة الزوراء العامة لصناعة المحولات الكهربائية:

Compact substation (KIOSK) شركة ASTOR (EFG) لصناعة المحولات شركة ديالى للصناعات الكهربائية

5. آلالات التيار المتناوب / المولدات التزامنية ثلاثية الأوجه / المؤسسه العامه للتعليم الفني والتدريب المهني / المملكة العربية السعودية .
6. لوحات التوزيع (جهد منخفض) / المؤسسة العامه للتعليم الفني والتدريب المهني / المملكه العربية السعودية .

المصادر الأجنبية:

1. **Electrical Installation Guide according to IEC international standard by Schneider electric**
2. **Electrical transmission and distribution reference book by central Station engineers of the Westinghouse electric corporation .**
3. **Application guide for industrial generator protection GEC company 1995**
4. **Transmission line by RAVI SHANKAR SINGH with one of reference Standards /Manual on transmission line tower,technical report NO.9 March 1977**
5. **Transformer protection application guide, basler electric company, 1996**
6. **Application guid lines for protection of industrial three phase motor,GEC company 1995**
7. **Simens power generation product line feartures (http:/www.siemens.com**