

محطات التحويل (Substations)

اعداد المهندس
ازاد مصطفى محمود
وزارة البلديات والمصايف
المديرية العامة لبلديات السلیمانية

المحتويات:

مفهوم محطات التحويل
فكرة عامة عن المنظومة الكهربائية البسيطة
دور محطات التحويل في المنظومة الكهربائية
أنواع محطات التحويل
مكونات محطات التحويل
مفهوم محطات التحويل

تعتبر محطات التحويل من إحدى المكونات الرئيسية لأي نظام كهربائي ، إذ ان المنظومة الكهربائية كما هو الحال في دائرة كهربائية بسيطة تتكون من مصدر للطاقة وخطوط نقلها وتوزيعها ومن ثم الجهة المستهلكة لها، و دور محطات التحويل في هذه المنظومة هو دور كبير له اهميته حيث يتمثل بتحويل الفولتيات من قيم لأخرى حتى يتم نقلها أو التعامل معها بسهولة وسلامة كاملة .

من المعروف لدينا بان الطاقة الكهربائية تولد في محطات التوليد المختلفة حيث يتم اختيار بنائها بناءً على قرب مصادر الوقود و المياه وذلك لمراعاة النواحي الاقتصادية في تكلفة توليد الطاقة الكهربائية ، وقد تكون هذه المحطات بعيدة عن مراكز استهلاك الطاقة الكهربائية ، لذا لا بد من ضرورة نقل هذه الطاقة الى المستهلكين في اماكن تواجدهم رغم البعد ، مما يجعلنا نحتاج الى استخدام خطوط النقل الطويلة وضمن مسافات شاسعة لضمان وصول الطاقة الكهربائية من محطات التوليد الى مراكز الاستهلاك .

ان عملية نقل التيار الكهربائي عبر خطوط النقل يترتب عليه فقد في الطاقة الكهربائية المنقولة (Power Losses) وذلك بسبب ان الجزء المفقود يذهب في تسخين الموصلات الكهربائية ، وكلما زادت قيمة التيار الكهربائي المار تزداد كمية الفقد في الطاقة المنقولة وهذا يتضح حسب المعادلة ($P_{loss} = I^2 * R$) ، اذا يمكن التقليل في الفقد اذا حاولنا تقليل المقاومة (R) ، علما بأن التقليل في المقاومة يزيد لنا من

المقطع العرضي للموصل (Cross Sectional Area) وبالتالي الزيادة في كمية الموصل وزيادة التكلفة المترتبة عليه وخاصة عند الاستخدام لمسافات طويلة ، لذا قد تعتبر هذه الطريقة غير مجدية من النواحي الاقتصادية ، ومن هنا وجب علينا التفكير في تقليل الفقد عن طريق تقليل قيم التيار وهذا يتم فعليا من خلال رفع قيم الفولتية الى قيم عليا باستخدام مبدأ عمل محولات القوى الكهربائية التي تقوم برفع قيم الفولتية وتخفيض قيم التيار او بالعكس مع ثبات قيم القدرة وبنفس التردد .

المحول الكهربائي :

المحول الكهربائي عبارة عن جهاز ستاتيكي (غير متحرك) وظيفته تحويل تيار متردد ذو فولتية معينة إلى تيار متردد آخر بفولتية اخرى (أعلى أو أقل) مع ثبات القدرة والقيام بنقل الطاقة الكهربائية من أماكن توليدها إلى أماكن استهلاكها ، و تقسم محولات القوى إلى محولات رفع أو إلى محولات خفض وتكون وظيفتها إما بالرفع وإما بالخفض.

يتكون المحول الكهربائي من ملف ابتدائي – عبارة عن سلك نحاسي معزول – يتصل طرفاه بمصدر التغذية ومن ملف ثانوي – عبارة عن سلك نحاسي معزول – يوصل طرفاه بالحمل الكهربائي أو الجهة المستهلكة المراد إمدادها بالقوة الدافعة الكهربائية ، ويتكون أيضا من قلب حديدي مغلق مصنوع من الحديد المطاوع السيليكوني على شكل شرائح رقيقة معزولة عن بعضها البعض .

مبدأ عمل المحول الكهربائي:

ومبدأ العمل يعتمد على الحث الكهرومغناطيسي - إذ ان من احدى المزايا الهامة للتيار المتردد مقارنة بالتيار المستمر إمكانية تغيير فولتيته بسهولة بواسطة الحث الكهرومغناطيسي- في توليد القوى الدافعة الكهربائية في كلا الملفين وتعتمد قيمها على عدد اللفات في كلا الملفين إذ ان العلاقة بينها طردية كما هي موضحة في المعادلة التالية:

$$(E1/E2 = N1/N2)$$

الابتدائي يحدث سيلا مغناطيسيا متناوبا في القلب الحديدي يقوم بدوره بتوليد القوى الدافعة الكهربائية في كل لفة من كلا الملفين .

المنظومة الكهربائية البسيطة

محطات التوليد (Power Plants) : التي تقوم بتوليد و انتاج الطاقة

الكهربائية ضمن فولتيات لا تتجاوز (٢٥ Kv.

محطات التحويل (نقل)/ محولات الرفع-Substations/Step

Up Power transformers:

التي تقوم برفع فولتية الطاقة المولدة في محطات التوليد إلى فولتية الشبكة الكهربائية المقررة.

خطوط النقل الكهربائي ذات الفولتيات العالية / شبكات النقل High

(Voltage Transmission Lines):

نقل الطاقة الكهربائية المولدة في محطات التوليد إلى محطات التحويل (الخفض) المنشأة بالقرب من مناطق الاستهلاك وهي إما ان تكون عبارة

عن شبكات هوائية (Overhead Lines) او كوابل ارضية

(Earthen Cables).

محطات التحويل (نقل) / محولات الخفض-Substations/Step-

Down transformers:

التي تبني بالقرب من مناطق الاستهلاك وهي تقوم بخفض فولتية الشبكة الكهربائية العالية إلى فولتية متوسطة وذلك تمهيدا لتوزيعها عبر خطوط شبكات التوزيع.

خطوط التوزيع الكهربائي ذات الفولتيات المتوسطة / شبكات التوزيع

(Medium Voltage Transmission Lines) :

يتم عن طريقها نقل الطاقة الكهربائية إلى محطات التوزيع المنتشرة في مناطق الاستهلاك وهي إما ان تكون عبارة عن شبكات هوائية

(Overhead Lines) او كوابل ارضية (Earthing

Cables).)

محطات التحويل (توزيع رئيسية) / محولات الخفض

Substations/Step-Down transformers: وهي

تبني في المناطق السكنية الكثيفة وبالقرب من الصناعيين المتوسطين و تقوم هذه المحطات بخفض فولتية الشبكة الكهربائية المتوسطة إلى فولتية متوسطة اخرى اقل لتوزيعها الى المستهلكين الصناعيين المتوسطين و محطات التوزيع الفرعية .

محطات التحويل (توزيع فرعية) / محولات الخفض

Substations/Step-Down transformers: التي

تقوم بخفض فولتية الشبكة الكهربائية المتوسطة إلى فولتية منخفضة وهي

تبنى بالقرب من المستهلكين المنزليين و التجاريين و الصناعيين الصغار .

خطوط التوزيع الكهربائي ذات الفولتيات المنخفضة / شبكات التوزيع
(Low Voltage Transmission Lines): التي يتم عن طريقها نقل الطاقة الكهربائية إلى المستهلك مباشرة وهي إما ان تكون عبارة عن شبكات هوائية (Overhead Lines) او كوابل ارضية (Earthing Cables).

المستهلك : (Consumer) وهو إما ان يكون مستهلك منزلي او تجاري او زراعي او صناعي او خدمات .
دور محطات التحويل في نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية (أولاً)- إيجاد وتوفير الربط الكهربائي الإقليمي لشبكات النقل ما بين الدول المتجاورة مما يزيد من كفاءة واعتمادية الأنظمة الكهربائية من حيث انتاج وتبادل الطاقة الكهربائية بين الدول المتجاورة.

ثانياً)- إيجاد نقاط الربط المشتركة لمحطات التوليد عن طريق ربطها بشبكة النظام الكهربائي الموحد من خلال رفع فولتية مولدات الطاقة الكهربائية في محطات التوليد الى فولتية شبكة النظام الموحدة ، وبالتالي التمكن من نقل الطاقة الكهربائية المولدة الى مراكز الاستهلاك.

ثالثاً)- القيام بتخفيض قيم الفولتية العالية و المتوسطة عند مراكز الاستهلاك ضمن الحدود والمتطلبات المناسبة للمستهلك.

رابعاً)- تنظيم فولتية الشبكة الكهربائية عن طريق مبدلات التفريجة (Tape Changers) المركبة داخل محولات القوى وعن طريق المكثفات (Capacitors) والمحاثات (Reactors) المتواجدة في محطات التحويل ذات القدرات العالية والمتوسطة.
خامساً)- حماية الدوائر الكهربائية المرتبطة بالنظام الكهربائي مثل دوائر المحولات و دوائر الخطوط عن طريق أنظمة الحماية التي تكفل لنا حصر الأجزاء المتضررة جراء الاعطال دون التأثير بالأجزاء الأخرى ، وبالتالي

الاستمرارية في نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية.

سادساً)- فصل الدوائر الكهربائية مثل دوائر الخطوط ودوائر المحولات عند الحاجة لإجراءات الصيانة والفحوصات المبرمجة أو عند الحاجة للتوسعة والتركيبات الإضافية عن طريق المفاتيح الكهربائية المتواجدة في محطات التحويل .

أنواع محطات التحويل

تقسم محطات التحويل إلى قسمين رئيسيين وهما موضحان كما يلي:

أولاً- محطات النقل:

وهي المحطات التي تقوم بتحويل فولتية النظام الكهربائي من فولتية عالية إلى فولتية عالية أخرى أو إلى فولتية متوسطة وهي إما ان تكون : محطات رفع وخاصة التي تكون مجاورة لمحطات التوليد ، حيث تقوم برفع فولتية المولدات الى فولتية الشبكة الوطنية الموحدة. محطات خفض والتي تقوم بتحويل الفولتية العالية الى فولتية عالية أخرى ذات قيمة أقل أو الى فولتية متوسطة تمهيدا لتوزيعها على مراكز الاستهلاك.

تقسم محطات النقل من حيث طبيعة و تصميم المحطة الى قسمين وهما

(1) محطات النقل الخارجية : وهي التي تكون جميع دوائرها للفولتية العالية في المساحات الخارجية والعازل المحيط بها هو الهواء الخارجي المحيط ، وأما دوائر الفولتية المتوسطة فتكون داخل مباني خاصة بها والعازل المحيط هو المطاط الصناعي أو البلاستيك المقوى وهي أكثر الانواع انتشارا في العالم .

(2) محطات النقل الداخلية : وهي التي تكون جميع مكوناتها موجودة داخل

مباني خاصة بها ، حيث تكون معدات ودوائر الفولتية العالية موجودة ضمن انابيب معدنية معزولة عن بعضها البعض باستخدام غاز سادس فلوريد الكبريت (SF6) ، وأما دوائر الفولتية المتوسطة فتكون في غرف مخصصة لها ومعزولة بالمطاط الصناعي أو البلاستيك المقوى... وتسمى هذه المحطات أيضا بمحطات النقل الداخلية التقليدية كون ان محولاتها متواجدة في الهواء الطلق خارج المباني وموصولة بالقضبان العمومية ومعدات الفولتية العالية عن طريق الشبكات الارضية.

ثانيا- محطات التوزيع:

وتقسم محطات التوزيع الى محطات رئيسية ومحطات فرعية وهي موضحة كما يلي :-

محطات التوزيع الرئيسية : وهي التي تقوم بتحويل فولتية شبكة التوزيع الرئيسية من فولتية متوسطة الى فولتية متوسطة اخرى ذات قيمة أقل . وهي إما ان تكون من حيث تصميم المحطة :-

محطات خارجية : بحيث تكون جميع دوائرها الرئيسية لكلا الفولتيتين موجودة في الساحات الخارجية والوسط العازل هو الهواء الخارجي المحيط وأما معدات القياس والحماية فتكون داخل مباني خاصة .
محطات داخلية : بحيث تكون جميع دوائرها الرئيسية لكلا الفولتيتين موجودة داخل مبنى خاص باستثناء محولات القوى ويكون الوسط العازل للمعدات هو المطاط الصناعي أو البلاستيك المقوى.

محطات التوزيع الفرعية : وهي التي تقوم بتحويل فولتية شبكة التوزيع الرئيسية من فولتية متوسطة الى فولتية منخفضة تتناسب مع توزيعها على الاحياء السكنية والتجارية والخدماتية وغيرها ، وهي إما ان تكون:

محطات داخلية : وهذه المحطات يمكن تركيبها ضمن حاويات معدنية مجمعة ومجهزة لتوصيل الخطوط الكهربائية لها بحيث توضع على قواعد

مصممة لها ، ويمكن تركيبها وتصميمها داخل مباني مخصصة أو تحت الشوارع والارصفة.

محطات خارجية : وهذه المحطات تتركب في الخارج بحيث قد تكون مركبة على الأعمدة الكهربائية أو قد تكون مركبة على قواعد أرضية.

مكونات محطات التحويل

أولاً- مكونات محطات النقل :

الأجزاء الرئيسية:

1)المحولات : (Transformers) وهي على عدة انواع كمايلي

:

المحولات الرئيسية (محولات القوى) وتعمل هذه المحولات على رفع الفولتية القادمة من المصدر أو القيام بخفضها وذلك قبل إرسالها عبر الشبكات الكهربائية أو الى محطات التوزيع وهي ذات قدرات عالية. المحولات المساعدة (محولات التأريض) : وهي المحولات التي تكون مرافقة لمحولات القوى الرئيسية ذات القدرة العالية أو المتوسطة ، ولها عدة فوائد نذكرها كما يلي:

تأمين نقطة تعادل للدائرة الثانوية في محولات القوى. تزويد احتياجات محطة التحويل بالطاقة الكهربائية كالإنارة والتدفئة والتبريد والشواحن .

محولات القياس : وهي محولات التيار ومحولات الفولتية والتي تستخدم لإغراض القياس والحماية وذلك عن طريق تخفيض قيم التيار والفولتية الى قيم مناسبة وحسب المتطلبات الفنية ١١٠ . (V/1A)
(2)المفاتيح الكهربائية:

وهي المفاتيح الكهربائية التي تقوم بإجراء عمليات الفصل و الوصل

وعمليات العزل و التأريض للاجزاء والدوائر الكهربائية في محطات التحويل ، وهي موضحة كمايلي:

القواطع الآلية: (Circuit Breakers)

وهي القواطع التي تقوم بفصل و وصل التيار الكهربائي للمعدات الكهربائية في الظروف الطبيعية عند الحاجة للصيانة او التركيبات الاضافية وفي الظروف غير الطبيعية بسبب الأعطال اللحظية أو الدائمة وهي مهياة لإطفاء القوس الكهربائي الناتج عن عملية فصل التيار الكهربائي ، ولها عدة أنواع من حيث آلية العمل وطريقة ومادة العزل.

المستعزلات اليدوية : (Isolators)

وهي المستعزلات المستخدمة لتأمين العزل المرئي للدائرة الكهربائية بعد إجراء فصلها بالقاطع الآلي مسبقاً ، إذ يوجد نظام تقاقل كهربائي (Interlock) ما بين القاطع الآلي والمستعزل اليدوي بحيث يضمن عدم فتح المستعزل اليدوي إلا بعد فصل الدائرة بالقاطع الآلي وذلك بسبب ان العازل اليدوي لا يمكن به إطفاء الشرارة الناتجة بسبب فصل التيار الكهربائي .

مفاتيح التأريض : (Earthing Switches)

وهي المفاتيح المصاحبة للمستعزلات اليدوية وتستخدم من أجل تاريض الجزء المفصول والمعزول وذلك لتأمين الحماية للعاملين على معدات الدوائر الكهربائية عند عمليات الصيانة والفحص لها .

(3)القضبان العمومية :

وهي مخصصة لتجميع الطاقة الكهربائية القادمة من المصدر تمهيدا لتوزيعها على الاحمال والمحولات ودوائر الخطوط ، وتقسم القضبان العمومية إلى عدة أقسام وأنظمة تعتمد على قدرة المحطة المغذية وهي:

نظام القضبان المفرد: والذي يستخدم في المحطات ذات القدرات المنخفضة والفولتيات المتوسطة

نظام القضبان المزدوج : والذي يستخدم في المحطات ذات القدرات العالية وانظمة الفولتية العالية وذلك من أجل الاستفادة من توزيع ونقل الاحمال الكهربائية في حالات الصيانة على الدوائر الكهربائية في المحطة وبالتالي استمرارية التغذية للاحمال الكهربائية.

نظام القضبان الحلقي : والذي يستخدم في المحطات ذات القدرات العالية وانظمة الفولتية الفائقة ويتكون من عدة مفاتيح كهربائية مربوطة مع بعضها البعض على التوالي ، و تربط عدة دوائر كهربائية وذلك من أجل الاستفادة من توزيع ونقل الاحمال الكهربائية في حالات الصيانة على الدوائر الكهربائية في المحطة وبالتالي استمرارية التغذية للاحمال الكهربائية.

(4)المواسعات والمحاثات: وهي تستخدم لتنظيم الفولتية عن طريق التحكم بالقدرة المراكسة الناتجة في النظام الكهربائي بسبب تغير الأحمال إما عن طريق سحبها (إمتصاصها) بالمحاثات أو تعويضها وتوليدها بالمواسعات.

(5)حارفات الصواعق الكهربائية: وتستخدم لحماية المحولات والمحاثات من الزيادة في الفولتية.

الأجزاء الثانوية:

أجهزة الحماية والقياس : التي تقوم بحماية الدوائر الكهربائية وقياس القيم الكهربائية.

لوحات التحكم ومعدات الاتصالات : التي تقوم بالتحكم بتشغيل الاجهزة والمعدات الكهربائية إما عن طريق مركز المراقبة والتحكم باستخدام معدات الاتصالات المتوفرة في المحطة أو مباشرة من داخلها عن طريق شخص يكون مخول ومكلف بذلك .

دوائر التيار المستمر والتيار المتردد.

أجهزة الفحص ومعدات السلامة والاطفاء وأجهزة التكييف والتبريد والتدفئة.

عدادات الطاقة الكهربائية ولوحات تسجيل الاعطال ولوحات الاشارة

والانذار.

نظام التأريض العلوي والسفلي والعوازل الداعمة وأبراج المعدات .

ثانياً- محطات التوزيع:

مكونات محطات التوزيع الرئيسية:

المحولات : (Transformers) وتقسم الى نوعين كمايلي:

محولات القوى : (Power Transformers) تقوم بخفض
الفولتية المتوسطة الى قيم متوسطة أقل تمهيدا لتوزيعها على المستهلكين.

محولات التأريض : (Earthlings Transformers) ولها

نفس مبدأ عمل محولات التأريض في محطات النقل.

المواسعات : (Capacitors) التي تتحكم بالقدرة المراكسة وبالتالي
تنظيم الفولتية وتحسين معمل القدرة .

لوحات المبدلات : (Changers Panels) وهي تتكون من:

قواطع الدارة الكهربائية : تقوم بالفصل والوصل للدوائر الكهربائية في
الظروف الطبيعية وغير الطبيعية.

محولات القياس : التي تقوم بخفض قيم التيار والفولتية من اجل اجهزة
الحماية والقياس.

القضبان العمومية: المخصصة لتجميع الطاقة الكهربائية وهي من النوع
المفرد .

حارفات الصواعق : (Surge Arrestors) حماية معدات محطة
التحويل من الزيادة في الفولتية.

لوحات التحكم والقياس والحماية ولوحات الاشارة والانذار.

معدات الاتصالات والتأريض.

دوائر التيار المستمر والتيار المتردد وأجهزة الفحص والسلامة والإطفاء.

مكونات محطات التوزيع الفرعية :

محولات القوى : تقوم بخفض الفولتية المتوسطة الى قيم منخفضة تمهيدا
لتوزيعها على المستهلكين.

المفاتيح الكهربائية : وهي المفاتيح الكهربائية التي تقوم بإجراء عمليات الفصل و الوصل وعمليات العزل للمحولات عن المصدر المغذي لها ، وهي إما ان تكون عدة مفاتيح كما في النظام الحلقي أو مفتاح واحد كما في النظام الشعاعي ذو مصدر التغذية المفرد.