

تقنية التوزيع الكهربائي

نظم التوزيع

(1-1) مقدمة

إن منظومة القوى الكهربائية من المنظومات عالية التعقيد وتتكون من ثلاثة أجزاء رئيسية وهي :

١- محطات التوليد Generation plant

٢- خطوط النقل Transmission lines

٣- منظومة التوزيع Distribution system

وتنقسم منظومة التوزيع إلى قسمين منظومة توزيع أولي ومنظومة التوزيع الثانوية. منظومة التوزيع الأولى هي التي تنقل القدرة من المحطات الفرعية للتوزيع إلى محولات التوزيع أما منظومة التوزيع الثانوية فهي التي تنقل القدرة من محولات التوزيع إلى المستهلكين. ويبين الشكل (1.1) منظومة القوى الكهربائية.

ويمكن القول إن نصيب منظومة التوزيع الكهربائية من رأس المال الكلي لمنظومة القوى الكهربائية تبلغ أكثر من ٥٠%. ولذلك يجب العناية بمنظومة التوزيع من ناحية التصميم والإنشاء والتشغيل والصيانة.

(1-2) نظم التوزيع Distribution Systems

يمكن القول إن منظومة التوزيع هي جزء هام من منظومة القوى الكهربائية وهي الرابط بين القدرة المتولدة والمستهلكين للطاقة وتحتوي منظومة التوزيع الكهربائية على العناصر الآتية :

١- خطوط مادون النقل Subtransmission

٢- المحطات الفرعية للتوزيع Distribution substation

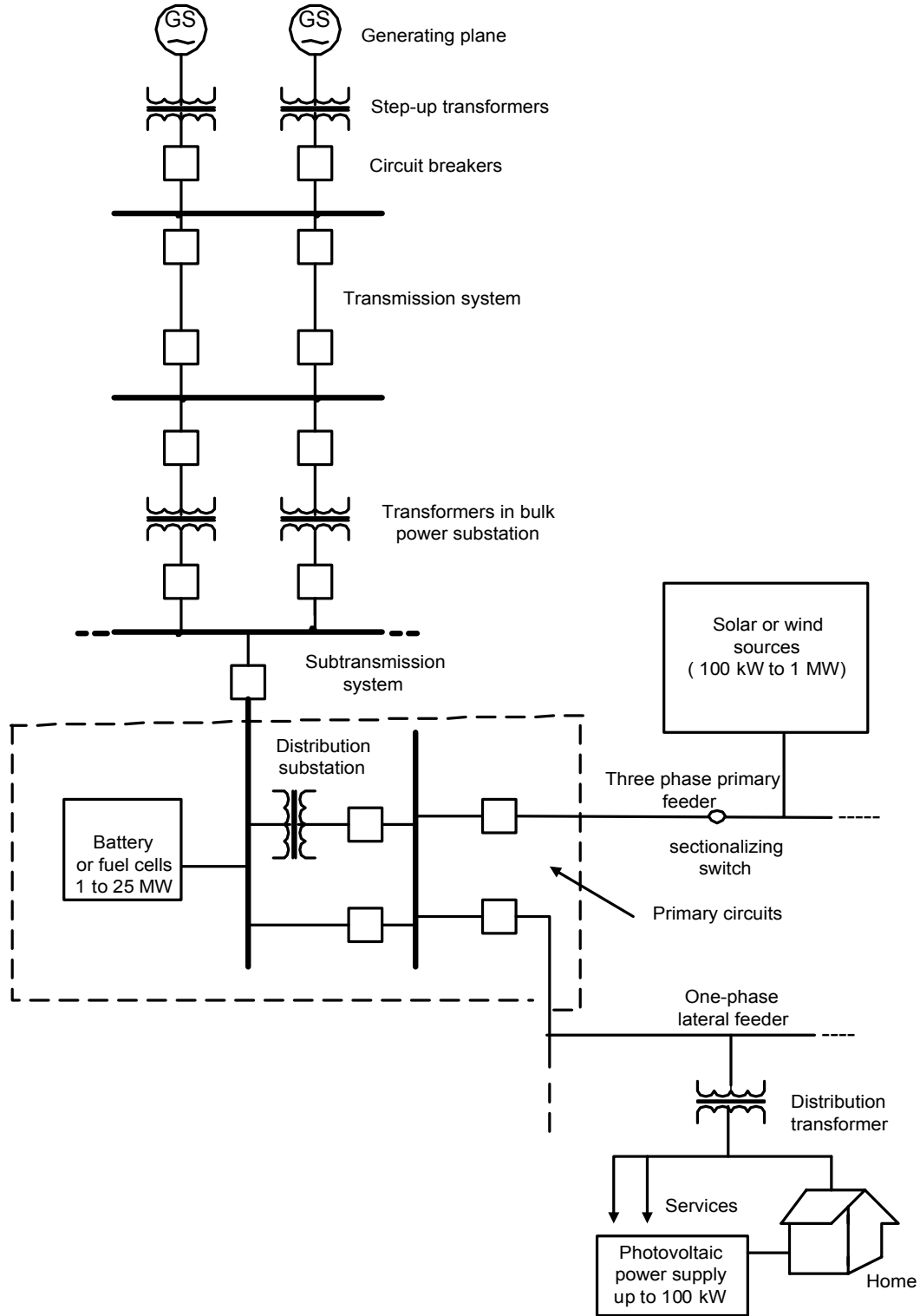
٣- المغذيات الأولى Primary feeders

٤- محولات التوزيع Distribution transformers

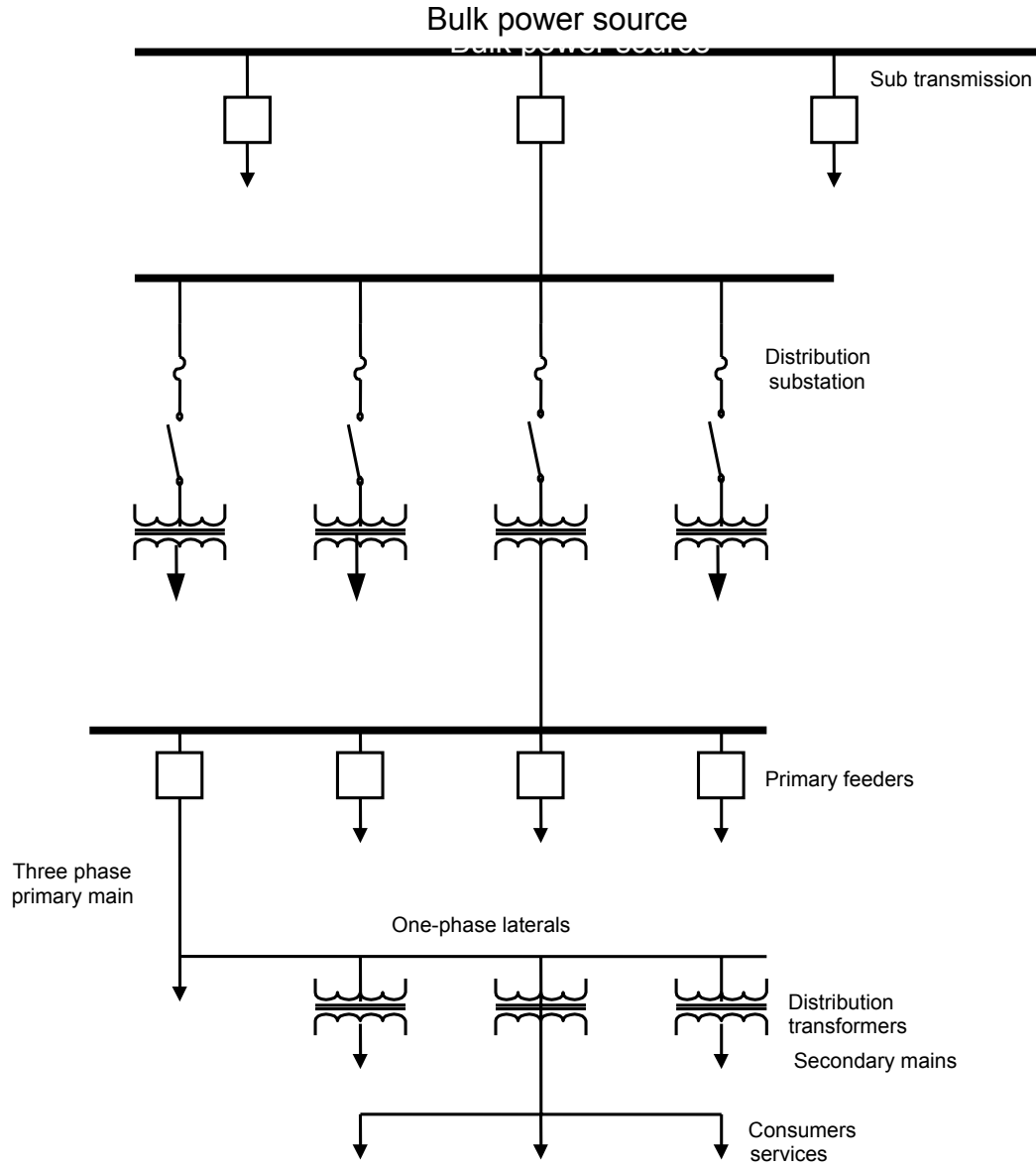
٥- المغذيات الثانوية Secondary circuits

٦- خدمة المستهلكين Service drops

ويبين شكل (1.2) أجزاء منظومة التوزيع الكهربائي. جهود خطوط مادون النقل الكهربائي تتراوح قيمها من 2.47 إلى 245 kV. محطات التوزيع يصل إليها الجهد من خطوط مادون النقل لتخفيضه وتوصيله عن طريق محولات قدرة إلى المغذيات الأولى. الجهد المستخدم في مغذيات التوزيع الأولى تتراوح قيمته من 4.16 إلى 34.5 kV وتربط مغذيات التوزيع الأولى محطات التوزيع بمحولات التوزيع. ومحولات التوزيع تتراوح قدرتها من 10 إلى 500 kVA وتقوم بخفض الجهد ليكون هو الجهد المستخدم للمستهلكين.



الشكل (1.1) منظومة القوى الكهربائية



الشكل (1.2) منظومة التوزيع

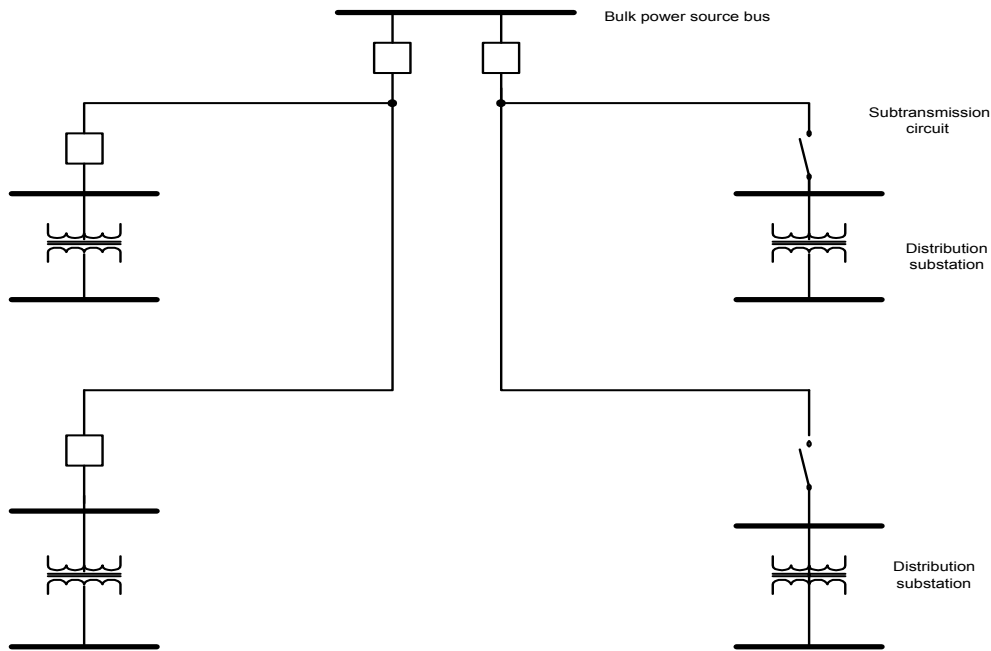
(١- ٣) خطوط ما دون النقل Subtransmission Lines

تعمل خطوط ما دون النقل على جهود تتراوح بين 12.47 إلى 245 kV ويمكن استخدام كابلات أرضية أو خطوط نقل هوائية. والجهود القياسية المستخدمة 138 kV أو 115, 69 ويجب معرفة أن الكابلات الأرضية تكلفتها أعلى وصيانتها عالية التكاليف عن الخطوط الهوائية ولذلك تستخدم الخطوط الهوائية بصورة أكبر.

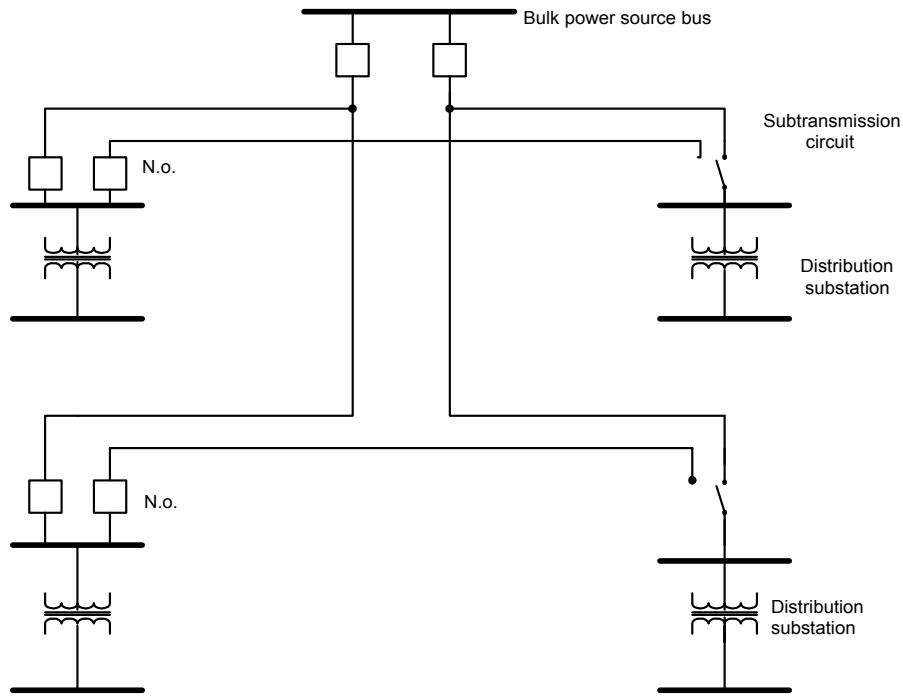
يمكن استخدام النظام نصف قطري فيما دون النقل ورغم أن هذا النظام تكلفته منخفضة، لكن لا توجد مرونة في هذا النظام ويبين الشكل (1.3) نظاماً نصف قطري، وكذلك يبين الشكل (1.4) نظاماً نصف قطري معدل.

وللتغلب على عدم المرونة والموثوقية نستخدم إما نظاماً حلقياً أو نظاماً شبكياً، ويبين الشكل (1.5) نظاماً حلقياً وهذا النظام له مرونة كبيرة.

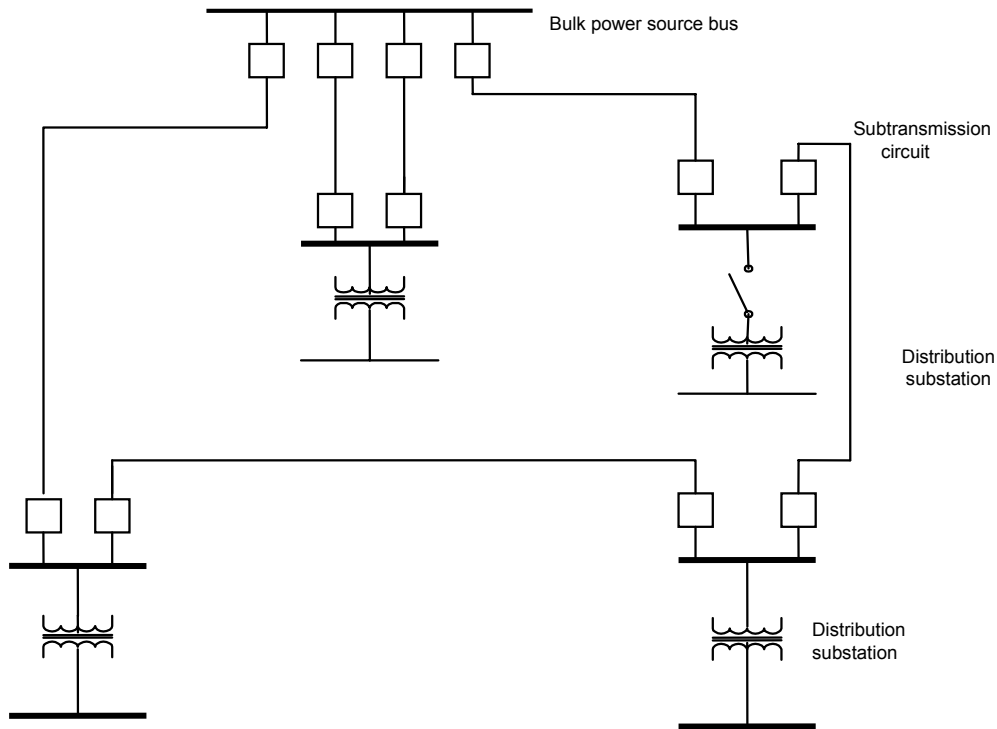
ويبين الشكل (1.6) نظاماً شبكياً لخطوط ما دون النقل وتستخدم فيه أكثر من نقطة تغذية وذلك للحصول على مرونة و موثقية عاليتين ولكن على الجانب الآخر فإن هذا النظام تكلفته عالية.



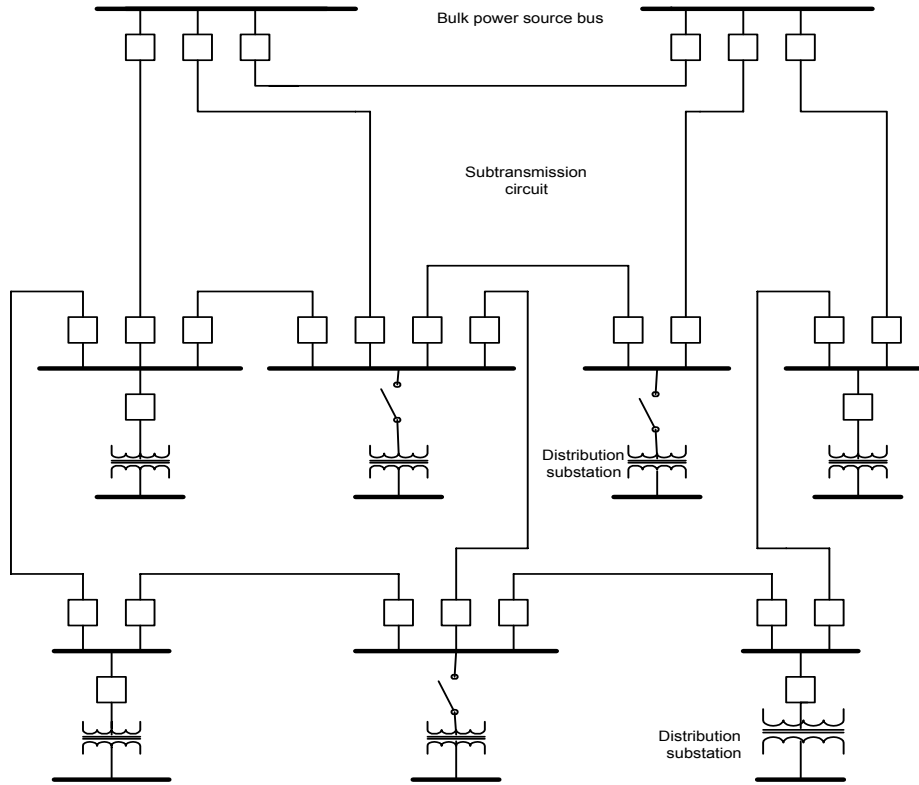
الشكل (1.3) النظام النصف قطري لخطوط النقل الثانوية



الشكل (1.4) النظام النصف قطري المعدل لخطوط النقل الثانوية



الشكل (1.5) النظام الحلقي لخطوط النقل الثانوية



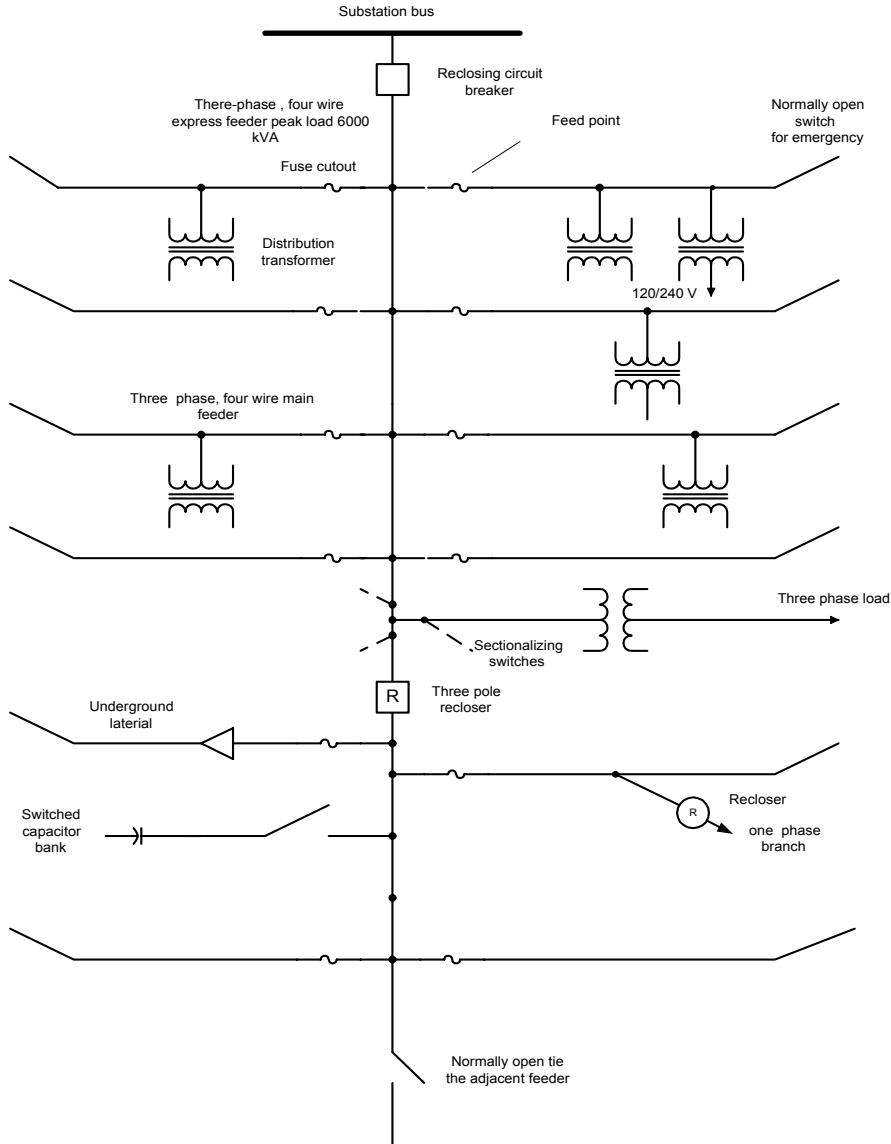
الشكل (1.6) النظام الشبكي لخطوط النقل

(1-4) نظم المغذيات الأولية Primary distribution systems

المغذيات الأولية هي جزء من منظومة التوزيع وتصل بين محطة التوزيع الفرعية ومحول التوزيع ويبين الشكل (1.7) نظام التوزيع الأولي .

ويمكن أن تقسم أشكال التوزيع إلى أربعة أقسام وهي:

- ١- النظام النصف قطري Radial distribution system
- ٢- النظام الحلقي Loop/Ring distribution system
- ٣- النظام الشبكي Network distribution system
- ٤- النظام الانتقائي الأولي Primary selective distribution system



الشكل (1. 7) نظام التوزيع الأولي

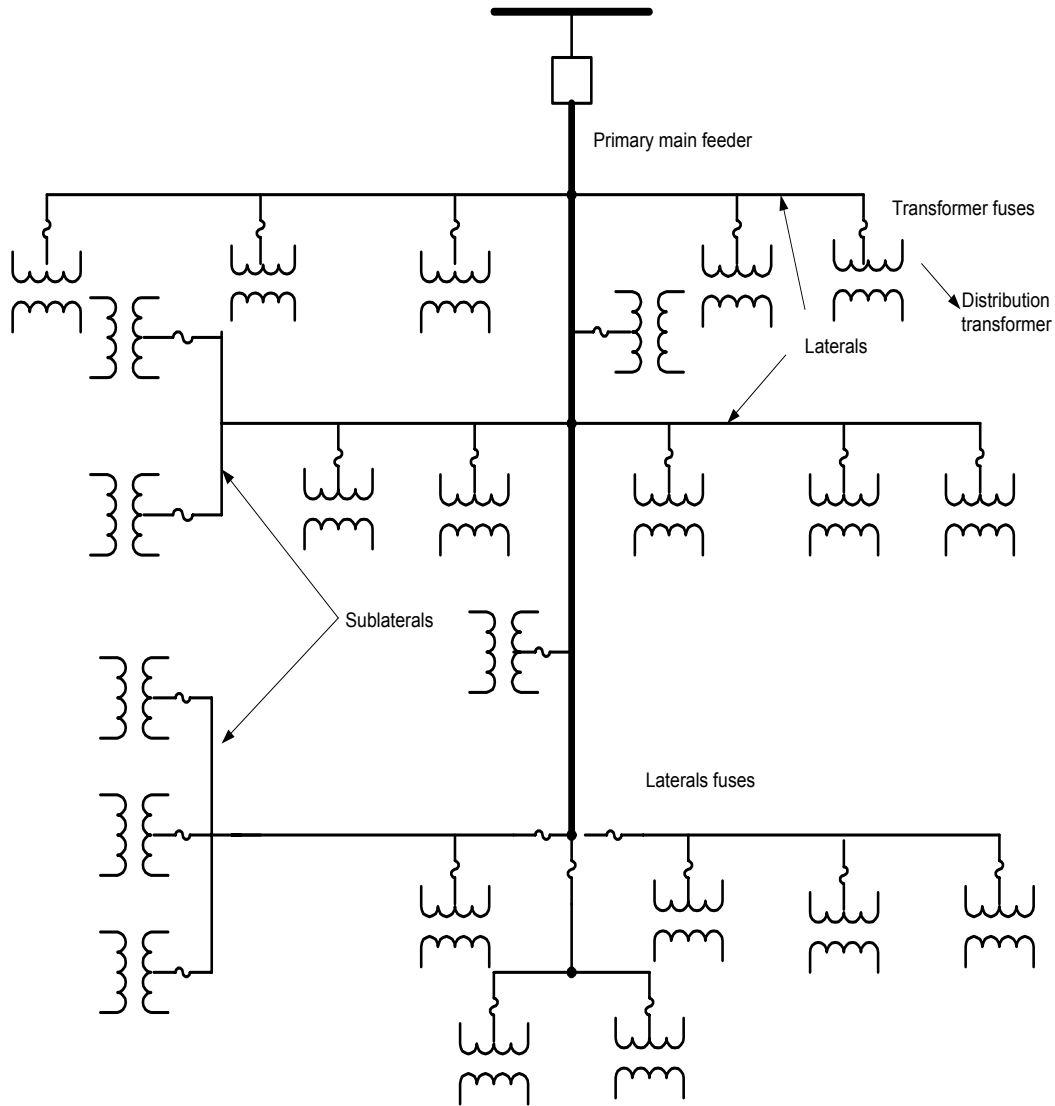
(1-4-1) النظام النصف قطري الأولي Radial type primary feeder

يبين الشكل (1. 8) النظام النصف قطري الأولي ويمتاز هذا النظام بقلة تكلفته وبساطته، وهذا النظام يتكون من ثلاثة أوجه وثلاثة أسلاك أو أربعة أسلاك وتكون القيمة الكبرى للتيار عند المخرج من المحطة الفرعية. ومن عيوب هذا النظام أن الموثوقية في استمرار الخدمة به قليلة وإذا حدث خطأ في مكان ما للمغذي الأولي تنقطع الخدمة عن جميع المستهلكين. كذلك عند صيانة القاطع الرئيس تنقطع الخدمة عن جميع المستهلكين.

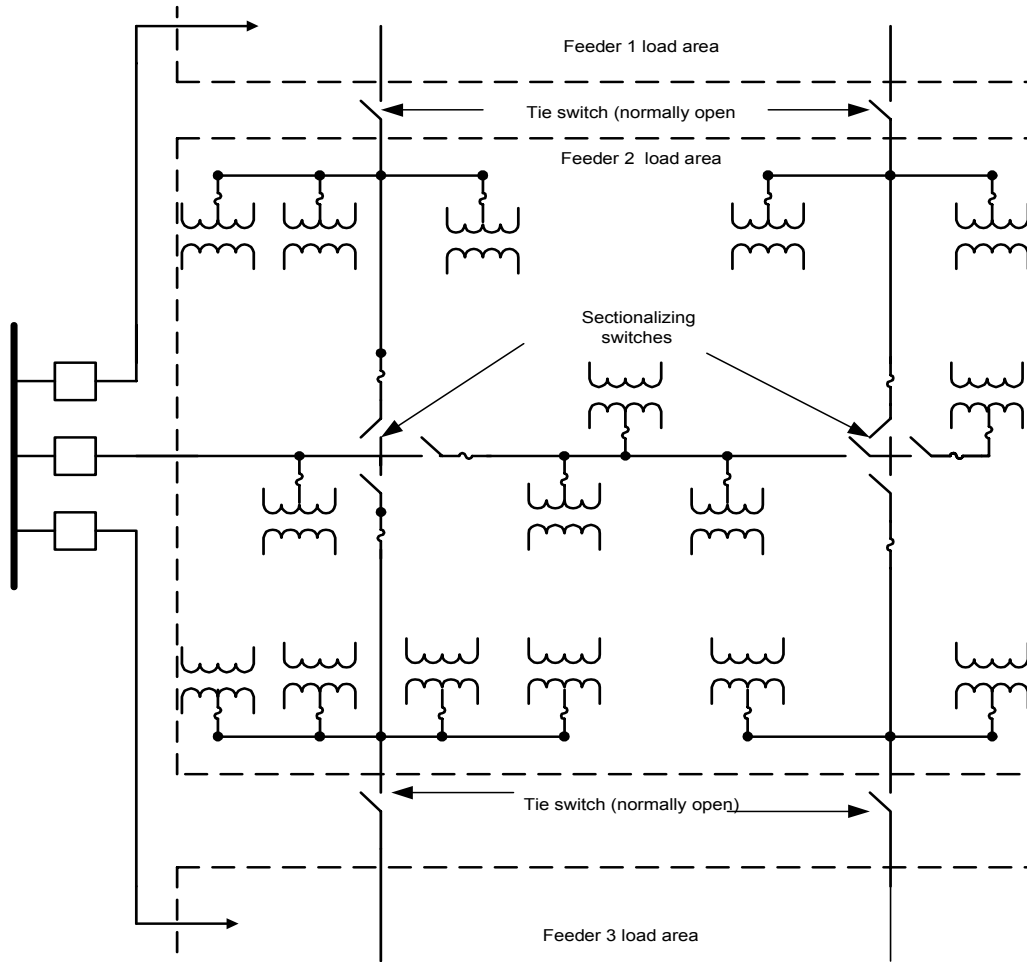
ويبين الشكل (1.9) النظام النصف قطري المعدل مزوداً بمفاتيح ربط تكون في حالة التشغيل مفتوحة دائماً وقواطع كهربائية، وفي حالة حدوث خطأ توصل مفاتيح الربط لتغذي الأحمال وبذلك يتم تحسين الخدمة للمستهلكين.

يبين الشكل (1.10) النظام النصف قطري بمغذي أولي صريح. ويتم ربط المحطة الفرعية من جهة الجهد المنخفض إلى مراكز الأحمال بدون أن يتفرع منها لتغذية الأحمال.

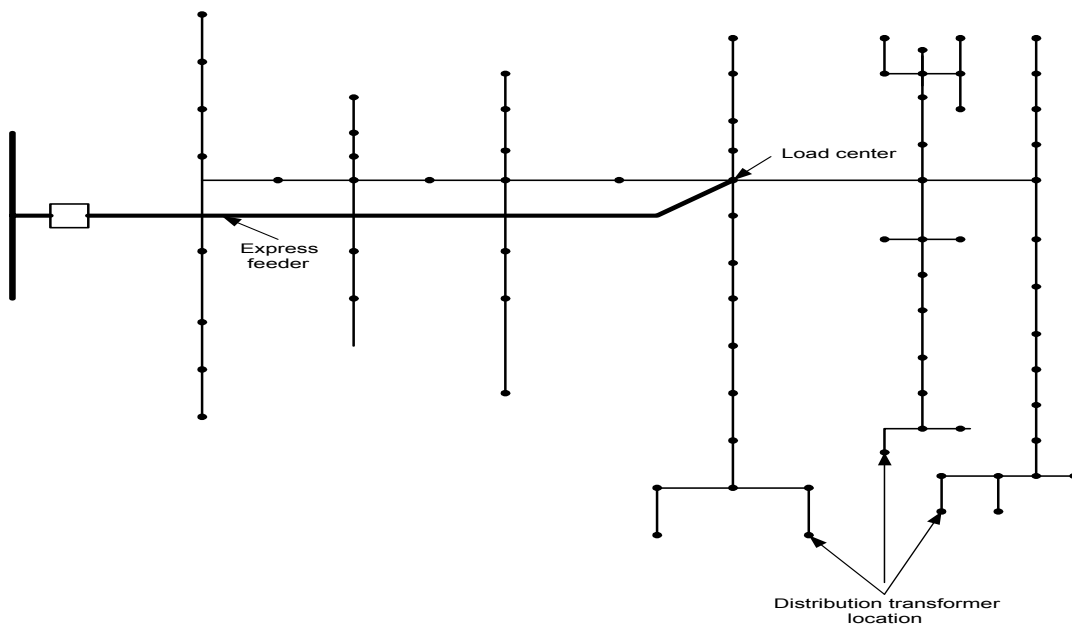
ويبين الشكل (1.11) كيفية تقسيم النظام القطري من مغذيات ثلاثية الأوجه إلى مناطق تغذي بمغذيات ذات وجه واحد مع الأخذ في الاعتبار اتزان الأحمال لثلاثة الأوجه.



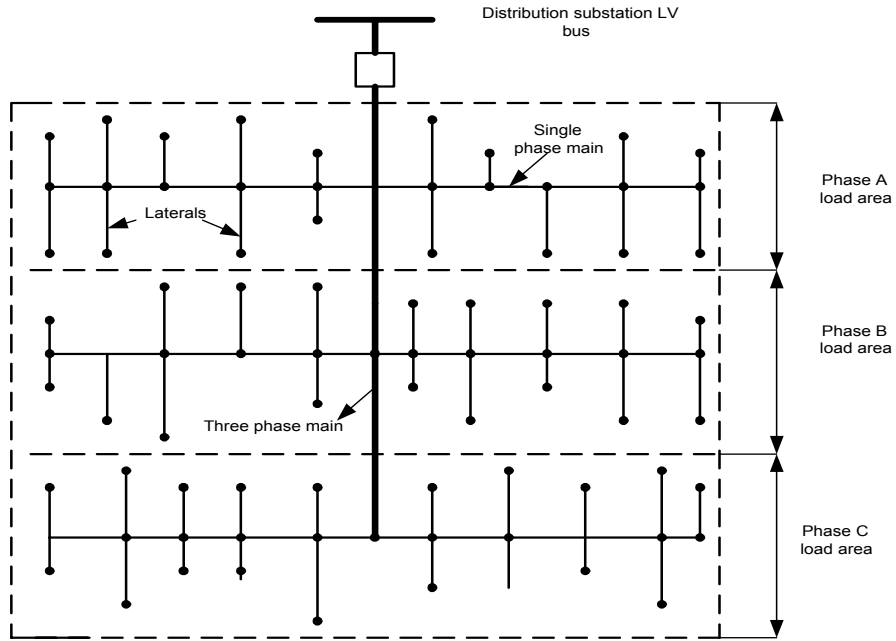
الشكل (1.8) النظام النصف قطري الأولي



الشكل (1.9) النظام النصف قطري المعدل الأولي



الشكل (1.10) النظام النصف قطري بمغذٍ أولي صريح



الشكل (1.11) كيفية تقسيم النظام القطري مقسماً

من ثلاثي الأوجه إلى مناطق تغذى بوجه واحد

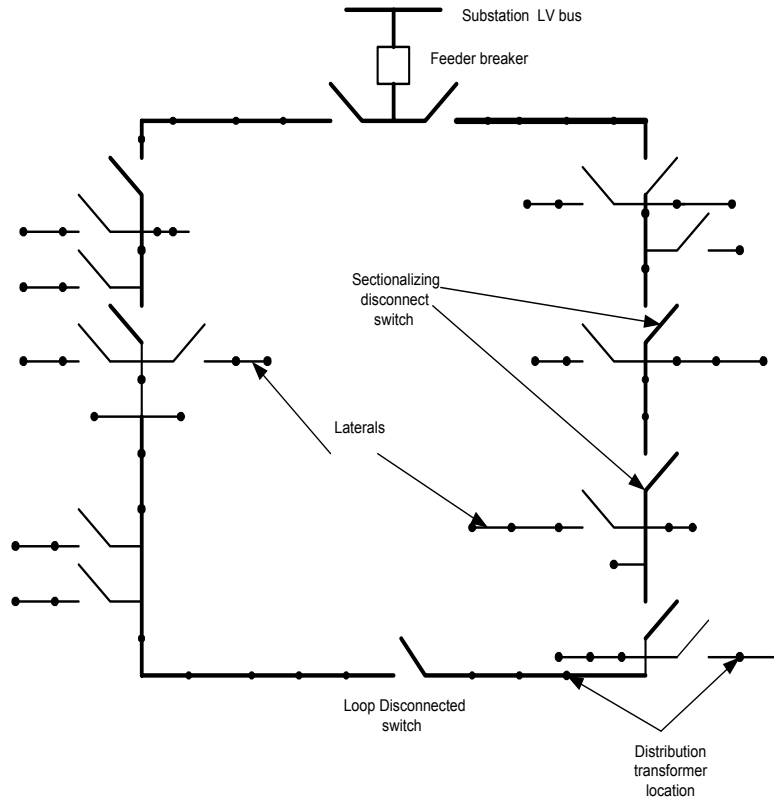
(1-4-2) النظام الحلقي الأولي Loop type primary feeders

في النظام الحلقي الأولي ينقسم المغذي الأولي إلى نصفين ويمكن تغذية الأحمال من كلتا الجهتين، وفي حالة حدوث خطأ يتم تغذية الأحمال من الجهة الأخرى وذلك أولاً بالبحث عن مكان الخطأ عن طريق مفاتيح فصل الحمل واحداً تلو الآخر حتى نحدد مكان الخطأ. ويبين الشكل (1.12) نظاماً حلقياً أولياً. ومن عيوب النظام السابق عند حدوث خطأ في أي مكان يتم فصل الخدمة عن جميع المستهلكين ويمكن التغلب على هذا العيب عن طريق استخدام قاطعين (قاطع لجهة الشمال وقاطع لجهة اليمين) وذلك لعدم فصل الخدمة عن أي حمل حيث نستخدم مفتاحي فصل حمل.

الشكل (1.12) يبين نظام توزيع أولي حلقي (Loop / Ring) وينقسم المغذي في هذا النظام إلى نصفين ويمكن ربط النصفين عن طريق مفتاح ربط (يكون مفتوحاً في حالة التشغيل العادية). ويتكون هذا النظام من قاطع رئيس يفتح آلياً في حالة وجود أي خطأ في أي جزء من أجزاء المغذي، وفي حالة حدوث الخطأ نبدأ في البحث عن مكان الخطأ وفصله وتتم التغذية من النصف الآخر. ويمكن القول إنه عند تصميم المغذي الأولي يجب أن يتحمل هذا المغذي مجموع الأحمال في النصفين.

ومن مزايا هذا النظام استمرارية الخدمة والمرونة أما عيوب هذا النظام فتكلفته أعلى من تكلفة النظام النصف قطري.

ويمكن تحسين هذا النظام باستخدام قاطع رئيس لكل نصف من الحلقة وكذلك استخدام مفتاحي فصل الحمل بدلاً من مفتاح واحد. وفي هذه الحالة يمكن فصل الخدمة عن النصف فقط عند حدوث الخطأ. وكذلك فإنه بعد عزل الخطأ يمكن تغذية النظام من الجانب الآخر.

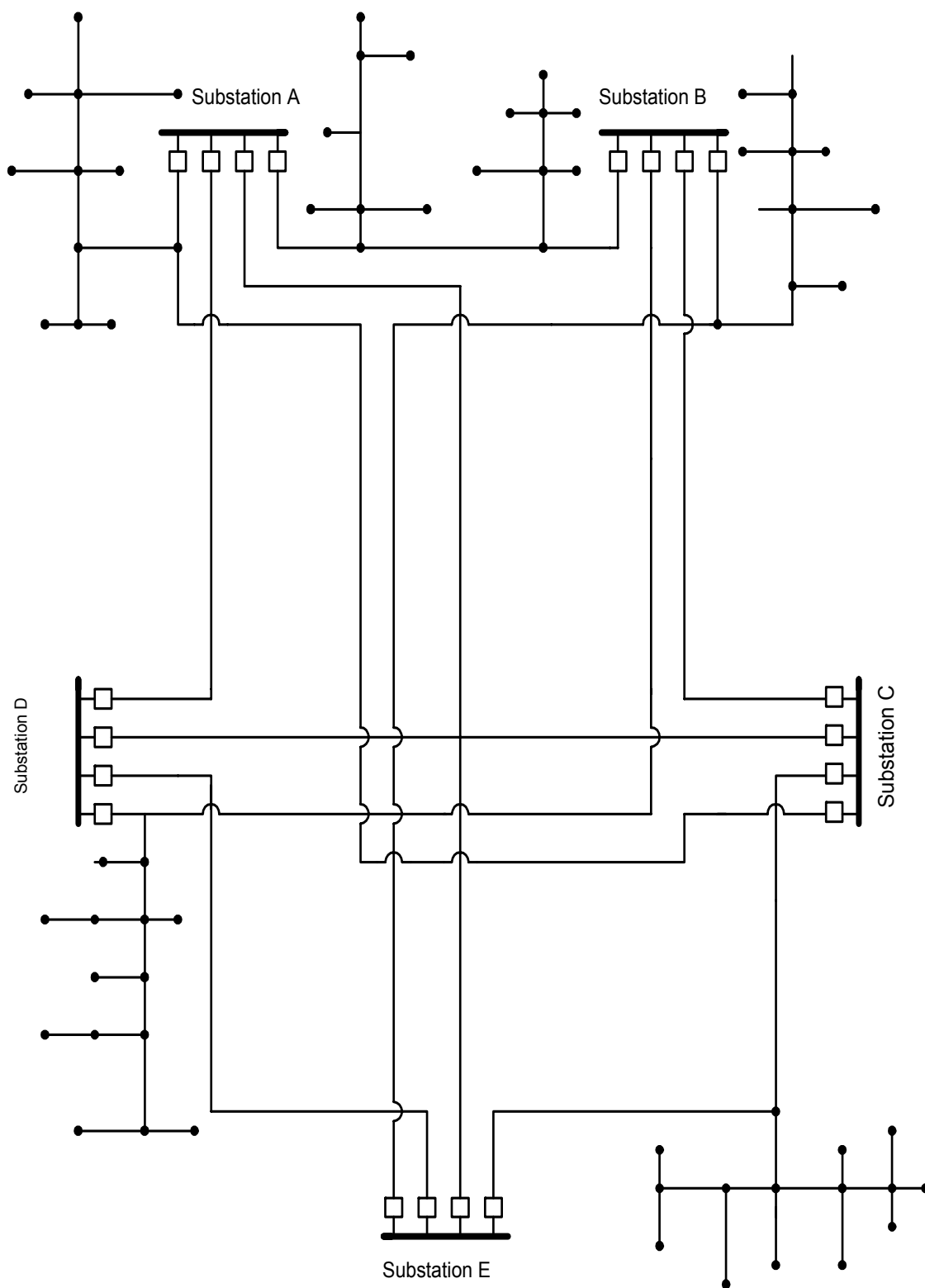


الشكل (1.12) نظام التوزيع الأولي الحلقي

(1-4-3) النظام الشبكي الأولي Primary network

يبين شكل (1.13) نظام شبكي أولي. وفي هذا النظام يتم ربط أكثر من محطة فرعية ببعضها ببعض عن طريق مغذيات أولية ويكون لكل مغذ قاطع خاص به ويمكن تغذية الأحمال من جميع الاتجاهات.

يمتاز هذا النظام بالموثوقية والمرونة العالية واستمرار الخدمة وقلة المفاويع في القدرة أي كفاءة أعلى من الأنظمة السابقة. ولكن من عيوب هذا النظام علو تكلفته مقارنة بالنظام النصف قطري والحلقي وكذلك صعوبة التشغيل وصعوبة التصميم لهذا النظام.



الشكل (1.13) النظام الشبكي الأولي

(1-4-4) مستوى الجهد في نظام التوزيع الأولي Primary feeder voltage level

هناك عوامل كثيرة لتحديد مستوى الجهد منها العامل الاقتصادي والتشغيل وطول المغذي الأولي وعدد وقدرة محطات التوزيع والصيانة وغيرها من العوامل الأخرى. الجدول (1-1) يبين مستوى الجهود لنظم التوزيع الأولي . والجهد الشائع الاستخدام هو 15 kV .

الجدول (1-1) مستوى الجهود في نظام التوزيع الأولي

Three phase voltage	Class
2300 3w- Δ 2400 3w- Δ^*	2.5 kV
4000 3w-Y or 3W-Y 4160 3w-Y* 4330 3w- Δ 4400 3w- Δ 4600 3w- Δ 4800 3w- Δ	5 kV
6600 3w- Δ 6900 3w- Δ or 4W-Y 7200 3w- Δ or 4W-Y* 7500 4w-Y 8320 4w-Y	8.66kV
11000 3w- Δ 11500 3w- Δ 12000 3w- Δ or 4W-Y 12470 3w- Δ^* 13200 3w- Δ or 4W-Y* 13800 3w- Δ^* 14400 3w- Δ	15 kV
22900 4W-Y* 24940 4W-Y*	25 kV
34500 4W-Y*	34.5 kV

❖ هذا النوع شائع الاستخدام في هذه الجهود

(1-5) نظام التوزيع الثانوي Secondary distribution system

نظام التوزيع الثانوي يقوم بنقل القدرة من نظام التوزيع الأولي إلى المستهلكين ويجب اختيار مكان محولات التوزيع بحيث تكون قريبة من مراكز الأحمال وكذلك مراعاة هبوط الجهد عند جهد الانتفاع.

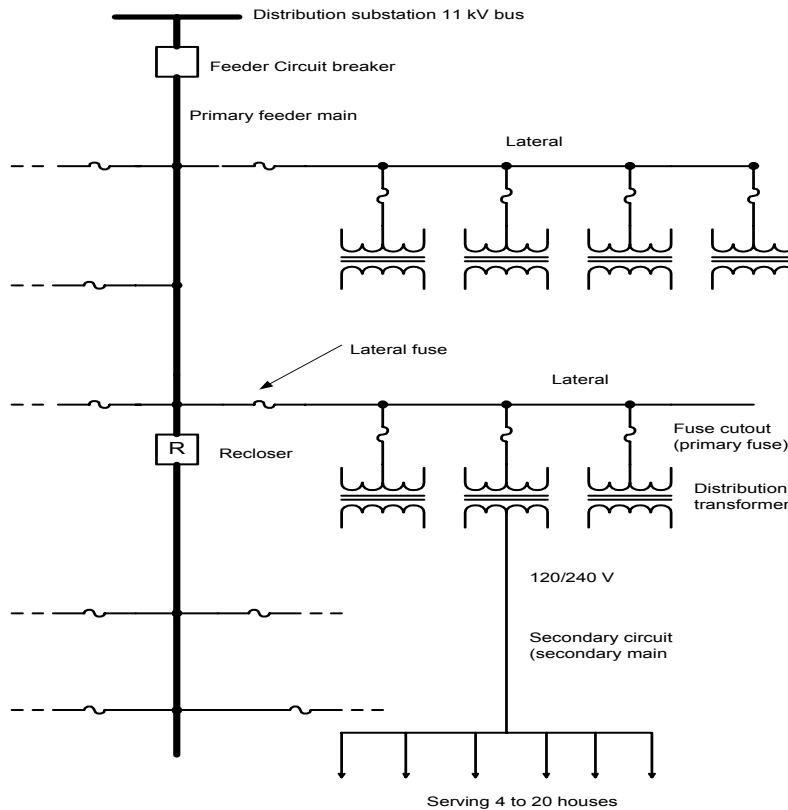
تتكون منظومة التوزيع الثانوي من محول لخفض الجهد ومغذيات من المحول إلى المستهلك وأجهزة الحماية وأجهزة تسجيل الطاقة المستهلكة لكل مستهلك. وتستخدم أنظمة ثلاثة الأوجه للأحمال التجارية والصناعية والوجه الواحد أو ثلاثية الأوجه للأحمال المنزلية (اعتماداً على أنواع الأحمال).

أنواع نظم التوزيع الثانوي هي:

- ١- النظام الثانوي الذي يغذى حملاً واحداً ويستخدم محولاً واحداً.
- ٢- النظام النصف قطري الثانوي الذي (يغذى مجموعة من الأحمال عن طريق محول)
- ٣- النظام التجميعي الثانوي الذي (يغذى مجموعة من المحولات عن طريق مغذٍ ثانوي)
- ٤- النظام الشبكي الثانوي.

(1-5-1) النظام النصف قطري الثانوي Radial Secondary system

يبين الشكل (1.14) النظام النصف قطري الثانوي والذي يتميز بالبساطة وقلة التكلفة أما عيوبه فتتمثل في عدم المرونة وعدم استمرارية الخدمة.



الشكل (1.14) نظام النصف قطري الثانوي

Secondary banking النظام التجميعي الثانوي (1-5-2)

نظام التوزيع التجميعي الثانوي هو نظام تشغيل المحولات على التوازي لمحولين أو أكثر وتغذى المحولات عن طريق المغذيات الأولية . ومن مزايا هذا النظام:

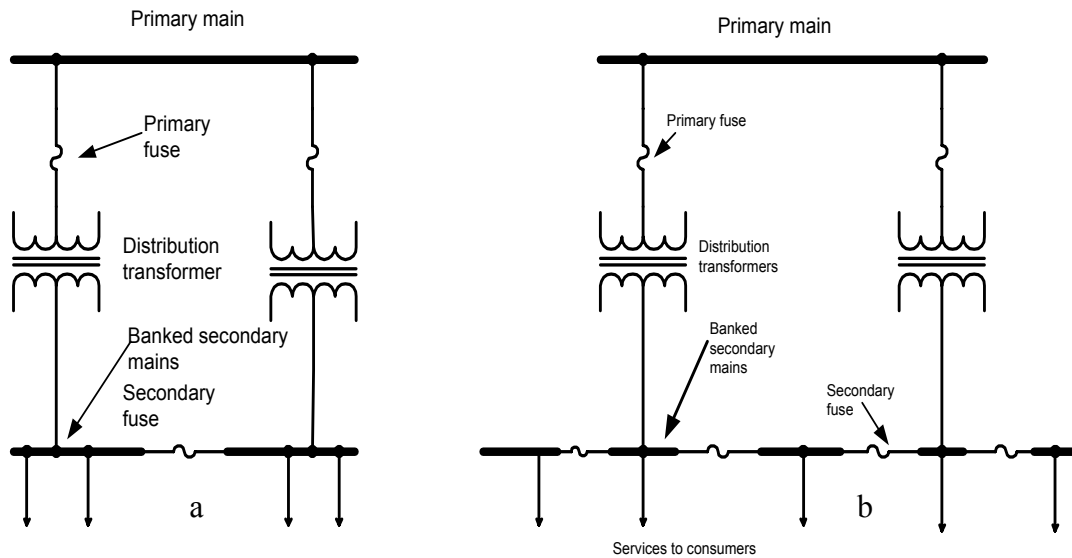
١. إمكانية تنظيم الجهد

٢. التحسين في استمرارية الخدمة والموثوقية عالية.

٣. التحسين في مرونة النظام وتقليل التكلفة عند نمو الأحمال.

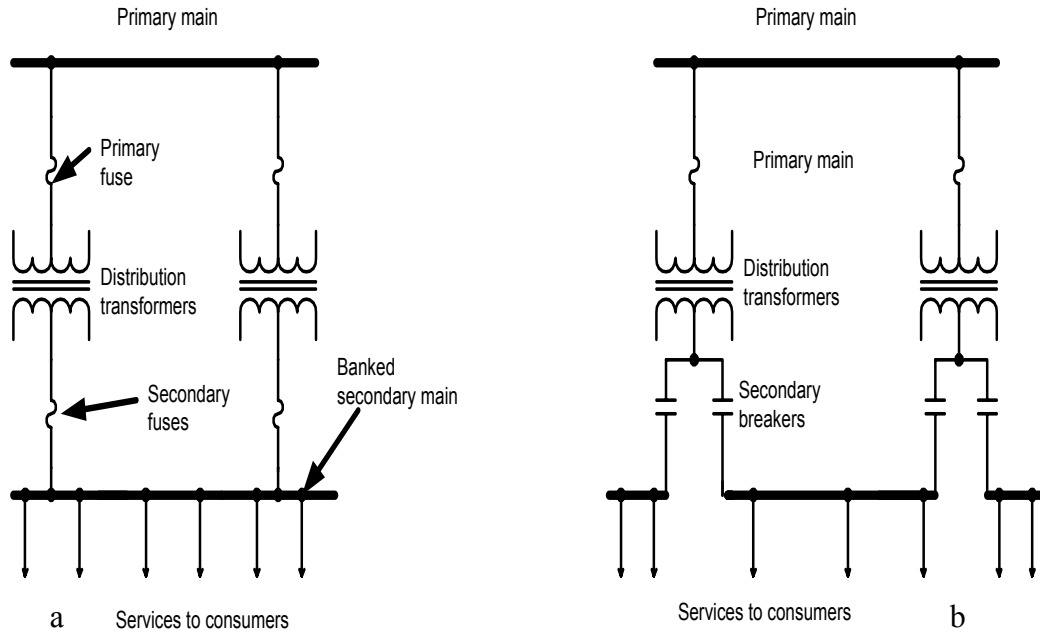
٤. يمكن التوفير في kVA عند التصميم بقيم قد تصل إلى 30%

ويبين الشكل (1.15) نظامين لكيفية الربط بين المحولات. النظام الموضح بالشكل (1.15a) أكثر سهولة في الاستخدام وأقل في التكلفة من النظام الموضح بالشكل (1.15b).



الشكل (1.15) يبين كيفية الربط بين المحولات

ويبين الشكل (1.16) نوعين مختلفين للربط بين نظم التوزيع الثانوي. في الشكل (1.16a) تكون تغذية الأحمال من المحولات بدون أجهزة الحماية أما الشكل (1.16b) فيبين كيفية ربط المحولات في ظل حماية خاصة بكل محول (تتكون الحماية من قاطع ومجموعة من المرحلات بحيث لا تسمح بمرور القدرة من القضبان الثانوية إلى المحول).



الشكل (1.16) يبين نوعين مختلفين للربط بين نظم التوزيع الثانوي

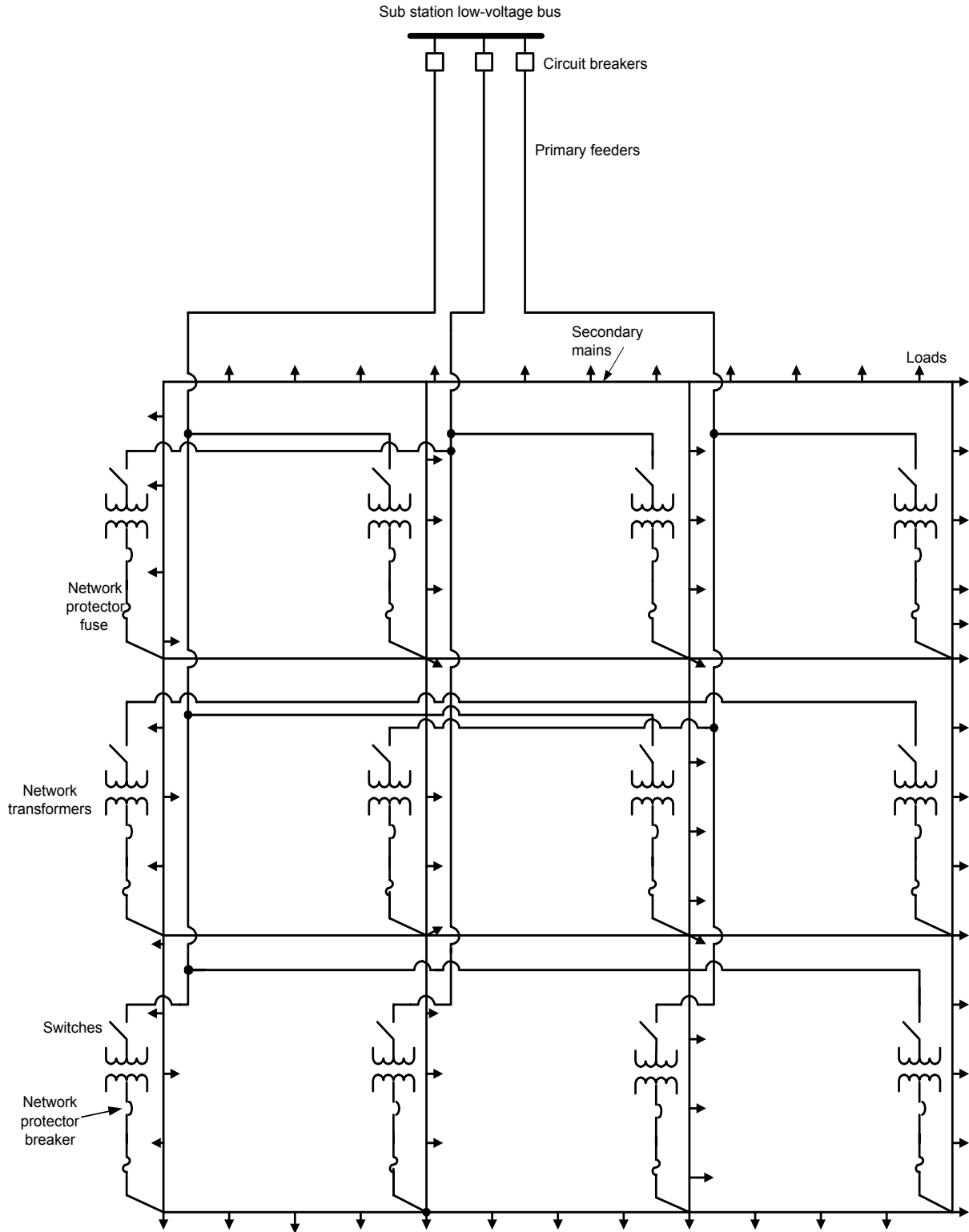
(1-5-3) النظام الشبكي الثانوي Secondary Network

من الضروري لبعض الأحمال الهامة مثل المطارات وبعض المواقع العسكرية والمستشفيات ورئاسة الوزراء وبعض المصانع استمرارية الخدمة والمرونة والموثوقية وذلك قبل التكلفة الاقتصادية ويفضل في هذه الحالة استخدام الكابلات الأرضية على خطوط النقل الهوائية.

يبين الشكل (1.17) يبين نظاماً شبكياً ثانوياً، بحيث تغذى الشبكة الثانوية من ثلاثة مغذيات أولية (ومن الممكن زيادة عدد المغذيات الأولية) ويجب أن يؤخذ في عين الاعتبار خروج مغذٍ واحد أو اثنين من الخدمة في وقت واحد (single/double contingency) على أن تتحمل المغذيات الأخرى الحمل كاملاً.

(1-5-4) مستوى الجهد في النظام الثانوي Secondary voltage level

إن مستوى الجهد لشبكة التوزيع الثانوية في المنازل هي 120/208 V و 120 V وتستخدم للأجهزة الصغيرة كالإضاءة والثلاجات وأجهزة الكمبيوتر وتستخدم 208 V للأجهزة مثل المكيفات والسخانات والدفايات. وطبقاً للمواصفة ANSI فإن الجهود في نظم التوزيع الثانوي هي 120/240 V أو 240/416 V أو 240/480 V .



الشكل (1.17) النظام الشبكي الثانوي