

Тема 1.4

Выбор схем напряжений и схем присоединения промышленных предприятий к субъектам электроэнергетики

Схемы присоединения и выбор питающих напряжений

- Определяющими на начальном этапе выбора схем являются: значение расчетного максимума нагрузки $P_p = P_{\max}$ и число часов использования максимума, связанных с электропотреблением, $A = P_{\max} T_{\max}$

Исходные материалы (основные) для окончательного выбора:

- генеральный план завода ;
- данные по электроемкости, удельным расходам электроэнергии, по составу и характеру электрических нагрузок;
- данные по характеру производства, условиям пожаро- и взрывоопасности
- требования к надежности электроснабжения отдельных производств, цехов;
- основные чертежи (планы и разрезы) цехов и сооружений завода;
- данные по силовому электрооборудованию (паспорта основных агрегатов, включая электрические расчеты привода) и электроосвещению объектов завода;
- схему примыкающего района энергосистемы с характеристиками источников питания и сетей (внешнего электроснабжения);
- данные по токам и мощности короткого замыкания на шинах источников питания, характеристика места присоединения (трансформатор и выключатель; магистральное, радиальное или концевое присоединение и параметры ЛЭП),
- требования к компенсации реактивной мощности со стороны энергосистемы, к устройствам релейной защиты, автоматики, связи и телемеханики.

Основные параметры, определяющие конструктивное выполнение элементов и построение высоковольтной сети 35–220 кВ

- для линий электропередачи: номинальное напряжение, направление (откуда и куда осуществляется транзит электроэнергии) и протяженность, количество цепей, сечение провода;
- для подстанций: сочетание номинальных напряжений, количество и мощность трансформаторов, схема присоединения к сети высшего уровня и компенсация реактивной мощности.

Классификация сетей электроснабжения

- Сети внешнего электроснабжения (от места присоединения к системе до приемных пунктов на предприятии);
- Сети внутреннего электроснабжения (внутризаводские, внутрицеховые.)

Виды электроснабжения промышленного объекта (схемы подключения источников питания)

- От собственной электростанции
- От энергосистемы
- От энергосистемы при наличии собственной электростанции

Электроснабжение от собственной электростанции

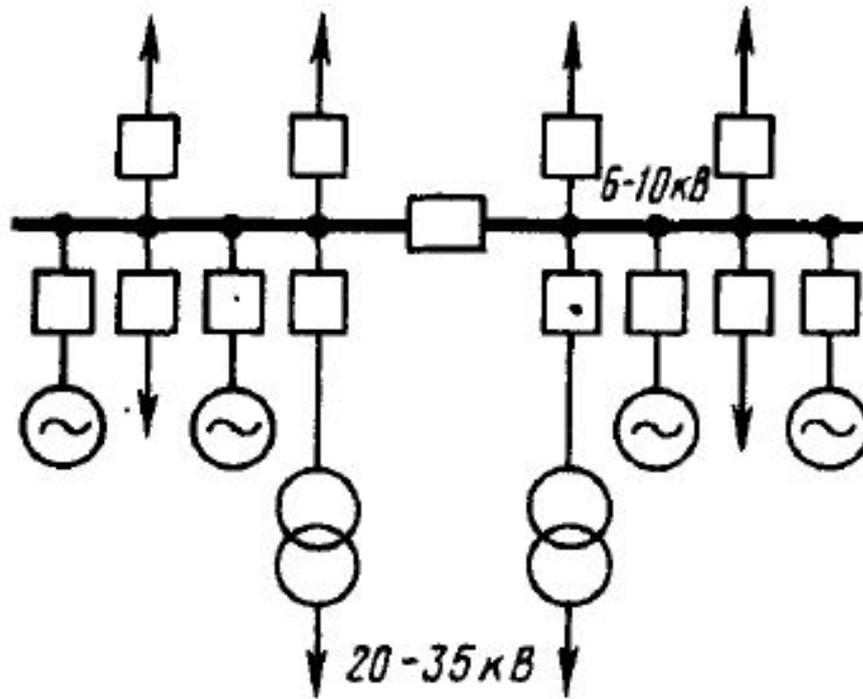
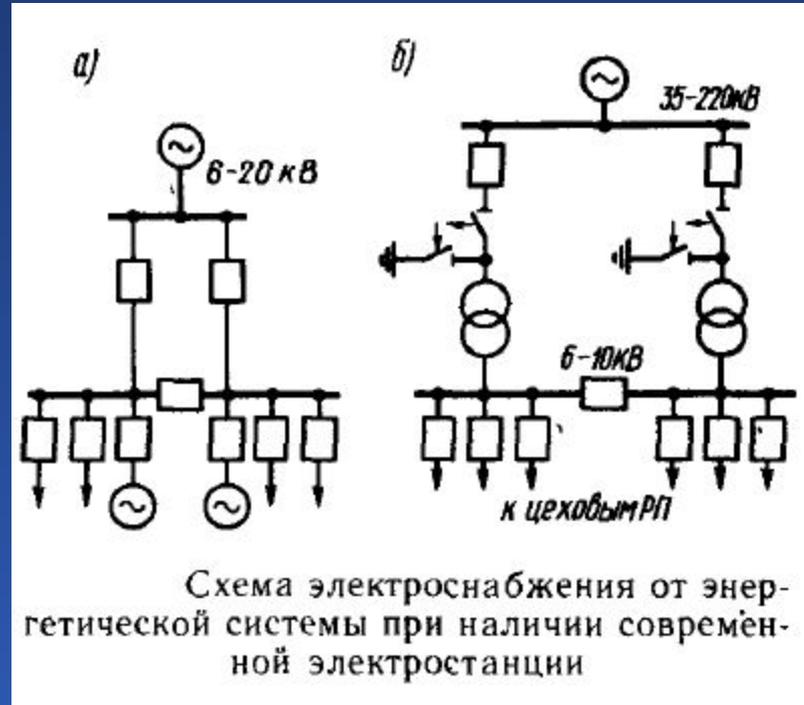


Схема электроснабжения от собственной электростанции

Электроснабжение от энергосистемы при наличии собственной подстанции



Электроснабжение от энергосистемы

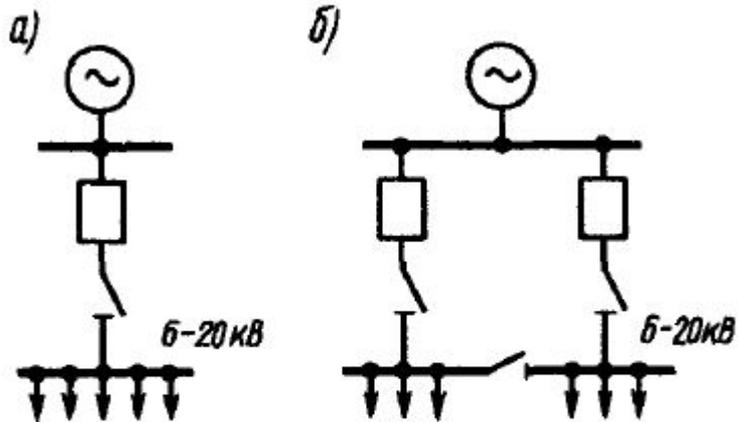


Схема электроснабжения от энергетической системы при напряжении 6—20 кВ

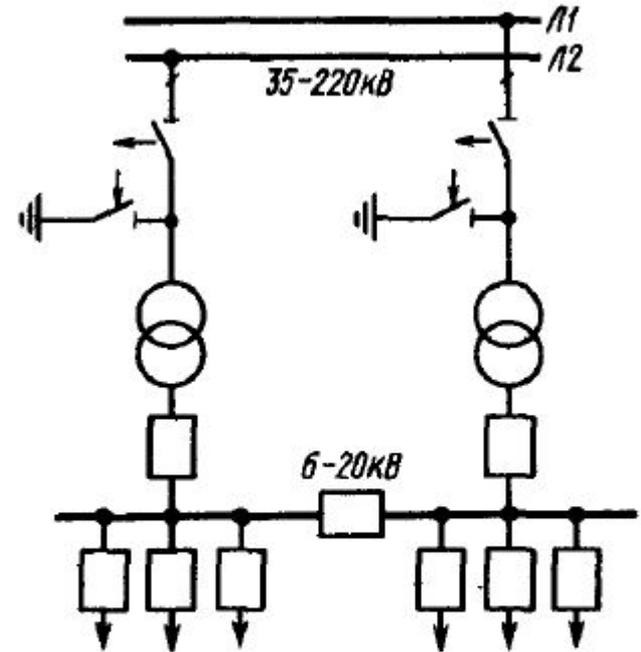


Схема электроснабжения от энергетической системы при напряжении 35—220 кВ

Выбор рационального напряжения системы внешнего электроснабжения

- эмпирические формулы, применяемые в США

($U = 4,24 * \sqrt{4,24 I + 16P}$) и Европе ($U = 3\sqrt{S} + 0,5I$), где P – активная мощность, МВт; S – полная мощность предприятия, МВА; I – длина питающей линии, км.

Полученную расчетную величину напряжения округляли в большую сторону, учитывая увеличение загрузки во времени;

Для получения наиболее экономичного варианта в целом напряжение нужно выбирать прежде всего с учетом напряжений смежных звеньев

Выбор рационального напряжения системы внешнего электроснабжения

- Крупные потребители – 110, 150, 220, 330, 500 кВ
- Средние предприятия 20-35 кВ
- Для внутризаводского распределения 6-10 кВ

Протяженность сетей l_c и мощности трансформаторов P по России на начало века (2001 г., установленная мощность генерации 207 ГВт, располагаемая 180, совмещенный максимум 136 МВт, число часов использования максимума 4288 ч) приведены ниже:

U , кВ	750	500	330	220	154	110	–
l_c , тыс. км	3,0	37,4	10,5	101,8	2,8	293,6	$\Sigma 450,5$
P , ГВА	14,4	99,9	30,1	177,0	3,1	245,6	$\Sigma 572,1$

Способы присоединения предприятия к энергосистеме

- К подстанции
- К ЛЭП

Подключение к подстанции

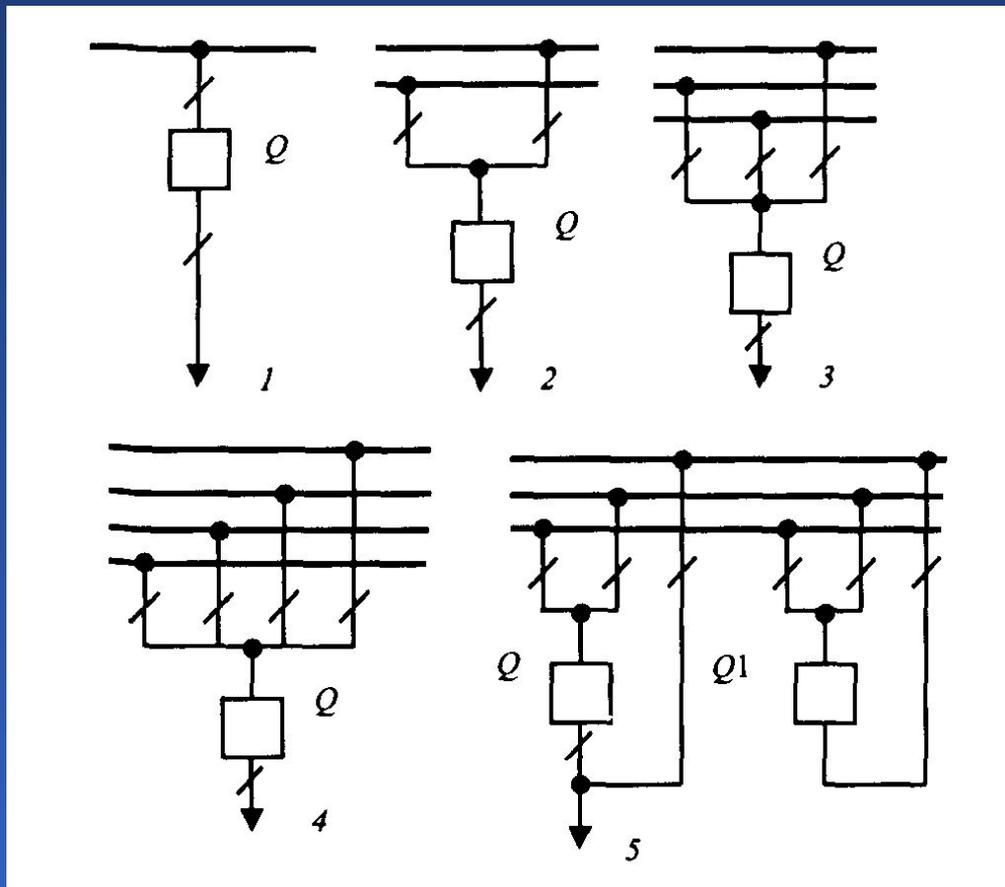


Рис. 4.1. Схемы присоединения потребителей к подстанциям энергосистемы:

1, 2, 3, 4 — соответственно с одной, двумя, тремя и четырьмя системами сборных шин; 5 — с двойной и обходной системами шин

Подключение к ЛЭП

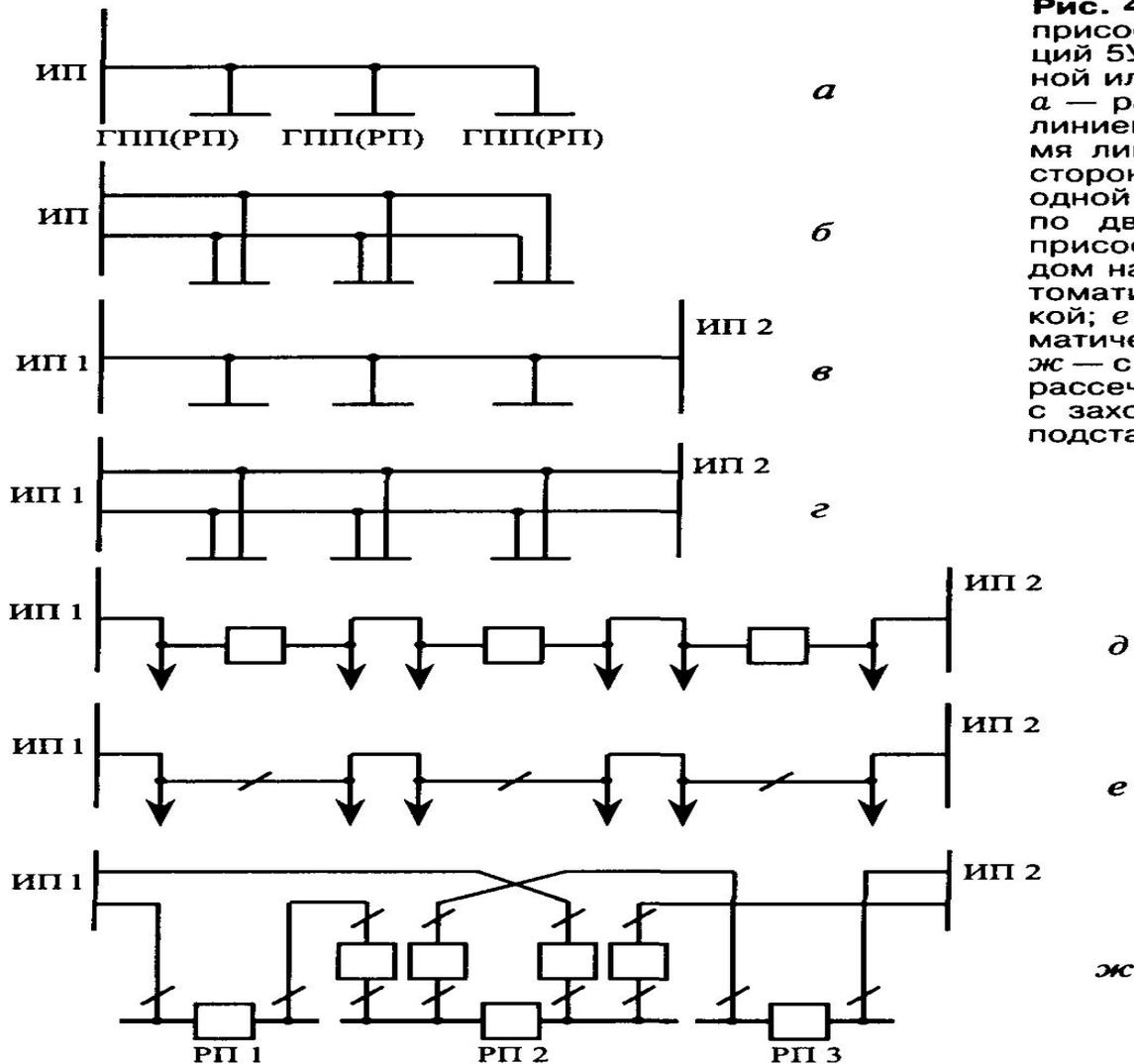


Рис. 4.2. Варианты схем присоединения подстанций 5УР — 3УР к одинарной или двойной ВЛ:
а — радиальная с одной линией; *б* — то же с двумя линиями; *в* — с двусторонним питанием по одной линии; *г* — то же по двум линиям; *д* — присоединение с заходом на подстанцию с автоматической перемычкой; *е* — то же с неавтоматической перемычкой; *ж* — с присоединением в рассечку каждой линии и с заходом обеих ВЛ на подстанцию

Источники питания потребителей и построение схемы электроснабжения

Выбор схемы распределения электроэнергии

Общие положения. Система электроснабжения может быть выполнена в нескольких вариантах, из которых выбирается оптимальный. При её выборе учитываются степень надёжности, обеспечение качества электроэнергии, удобство и безопасность эксплуатации, возможность применения прогрессивных методов электромонтажных работ.

- При построении системы электроснабжения исходят из следующих положений:
- 1. Источники высокого напряжения следует максимально приближать к потребителям электроэнергии, а прием ее рассредоточивать по нескольким пунктам на территории предприятия.
- 2. При выборе элементов схемы необходимо исходить из условия их постоянной работы под нагрузкой, при таком режиме повышается надёжность электроснабжения и уменьшаются потери электроэнергии.
- 3. Следует предусматривать отдельную работу параллельных цепей схемы (ЛЭП, трансформаторов и т. п.), при этом снижаются токи КЗ, упрощаются коммутация и релейная защита подстанций.

Схемы строятся по уровневому принципу. Обычно применяется два-три уровня. Первым уровнем распределения электроэнергии является сеть между источником питания объекта и ПГВ, если распределение производится при напряжении 110–220 кВ, или между ГПП и РП 6–10 кВ, если распределение происходит на напряжении 6–10 кВ.

Вторым уровнем распределения электроэнергии является сеть между РП (или РУ вторичного напряжения ПГВ) и ТП (или отдельными электроприёмниками высокого напряжения).

На небольших и некоторых средних объектах чаще применяется только один уровень распределения энергии – между центром питания от системы и пунктами приёма энергии (ТП или электроприёмниками высокого напряжения).

Схемы электрических сетей промышленных предприятий на напряжения 6–10 кВ

Электрические сети выполняются по магистральным, радиальным или смешанным схемам.

Радиальные схемы распределения электроэнергии применяются в тех случаях, когда пункты приёма расположены в различных направлениях от центра питания. Они могут быть двух- или одноступенчатыми. На небольших объектах и для питания крупных сосредоточенных потребителей используются одноступенчатые схемы. Двухступенчатые радиальные схемы с промежуточными РП выполняются для крупных и средних объектов с подразделениями, расположенными на большой территории. При наличии потребителей первой и второй категории РП и ТП питаются не менее чем по двум отдельно работающим линиям. Допускается питание электроприёмников второй категории по одной линии, состоящей не менее чем из двух кабелей.

При двухтрансформаторных подстанциях каждый трансформатор питается отдельной линией по блочной схеме линия–трансформатор. Пропускная способность блока в послезаварийном режиме рассчитывается исходя из категорийности питаемых потребителей.

При однострансформаторных подстанциях взаимное резервирование питания небольших групп приёмников первой категории осуществляется с помощью кабельных или шинных перемычек на вторичном напряжении между соседними подстанциями.

Вся коммутационная аппаратура устанавливается на РП или ГПП, а на питаемых от них ТП предусматривается преимущественно глухое присоединение трансформаторов. Иногда трансформаторы ТП присоединяются через выключатель нагрузки и разъединитель. Радиальная схема с промежуточным РП, в которой выполнены указанные выше условия, приведена на рис. 4.

Радиальная схема питания обладает большой гибкостью и удобствами в эксплуатации, так как повреждение или ремонт одной линии отражается на работе только одного потребителя.

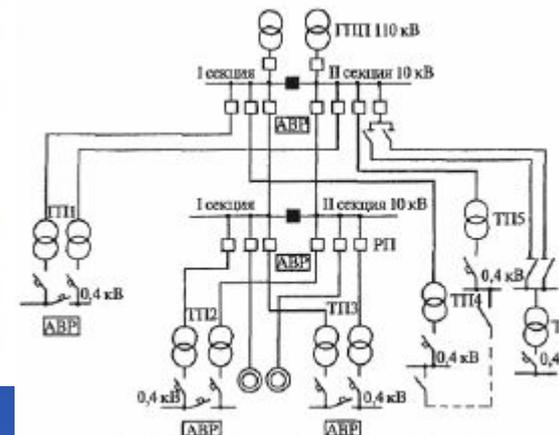


Рис. 4. Радиальная схема электроснабжения

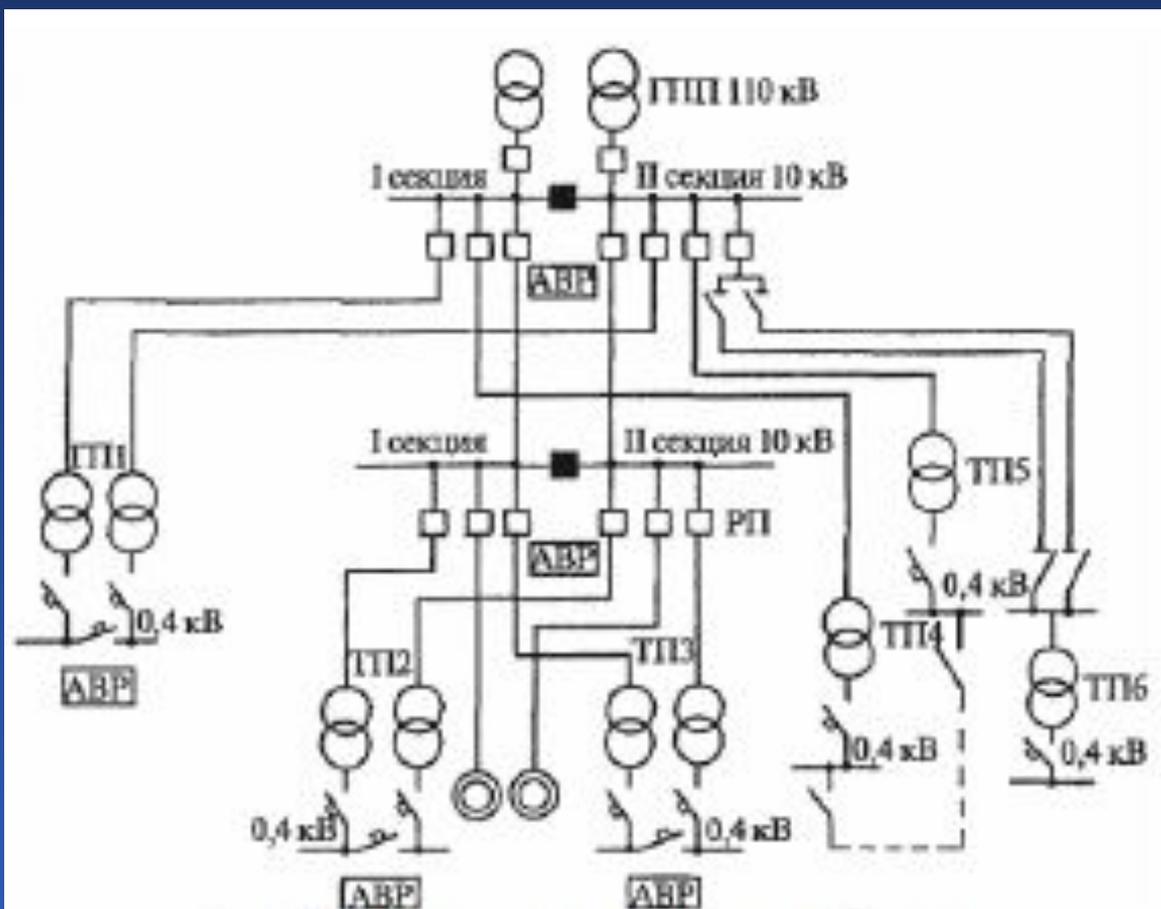
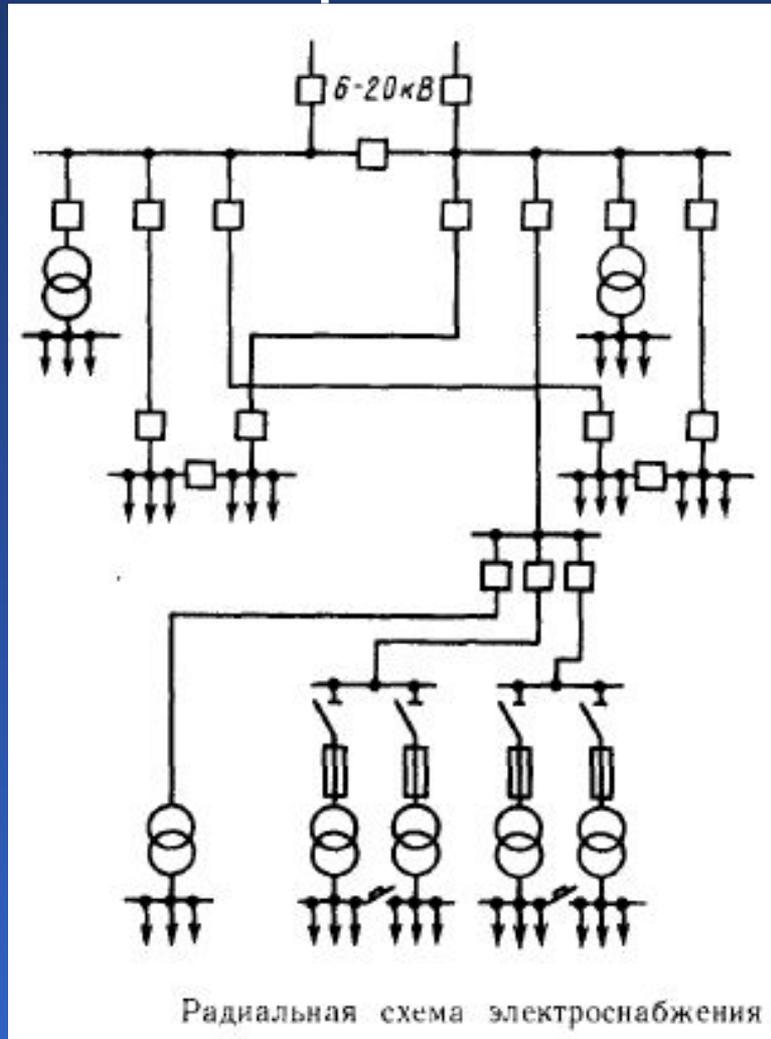


Рис. 4. Радиальная схема электроснабжения

Распределение на напряжении выше 1000 В по радиальной схеме



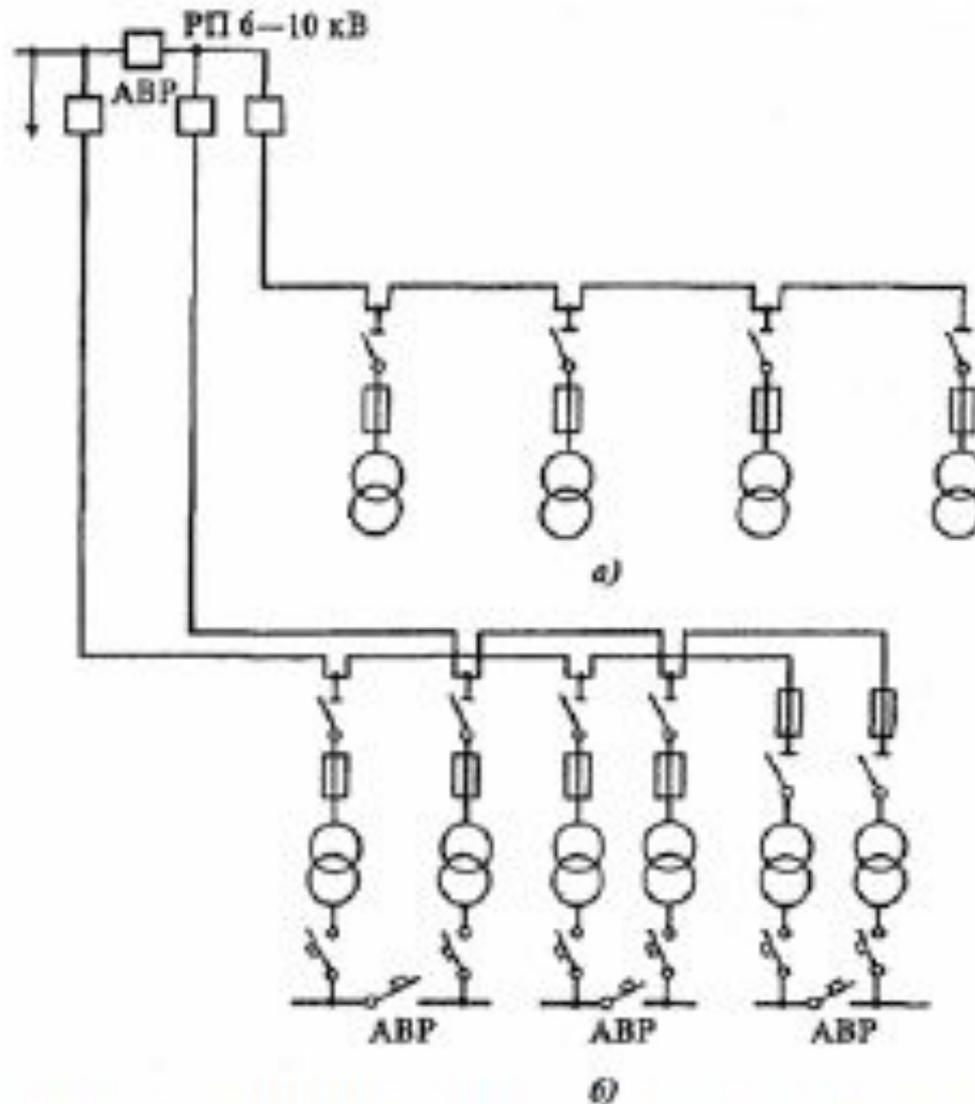
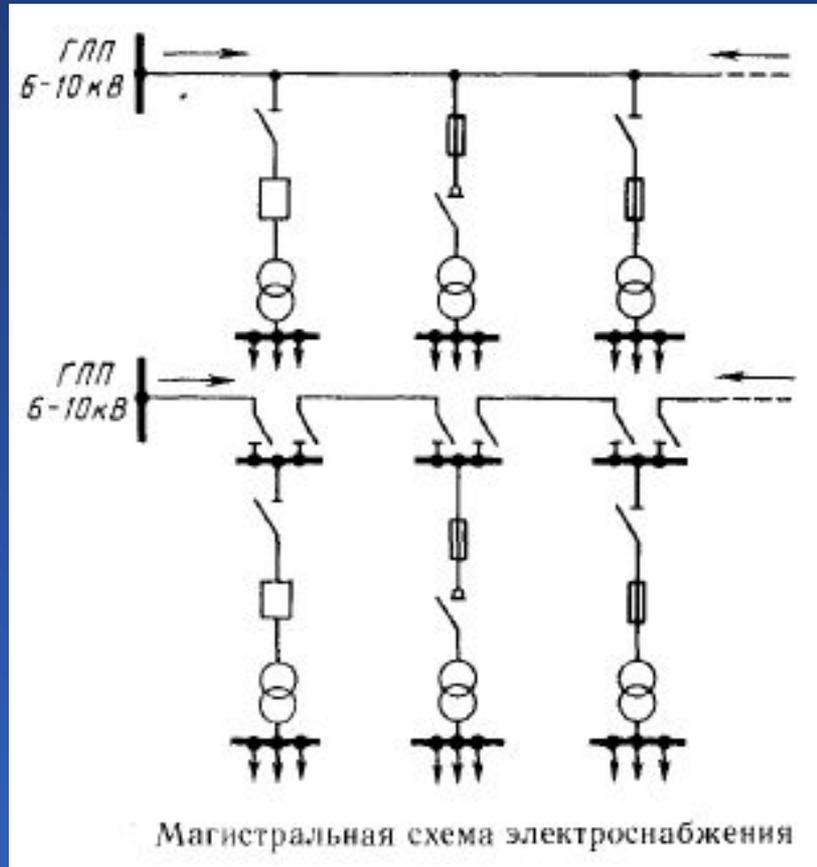
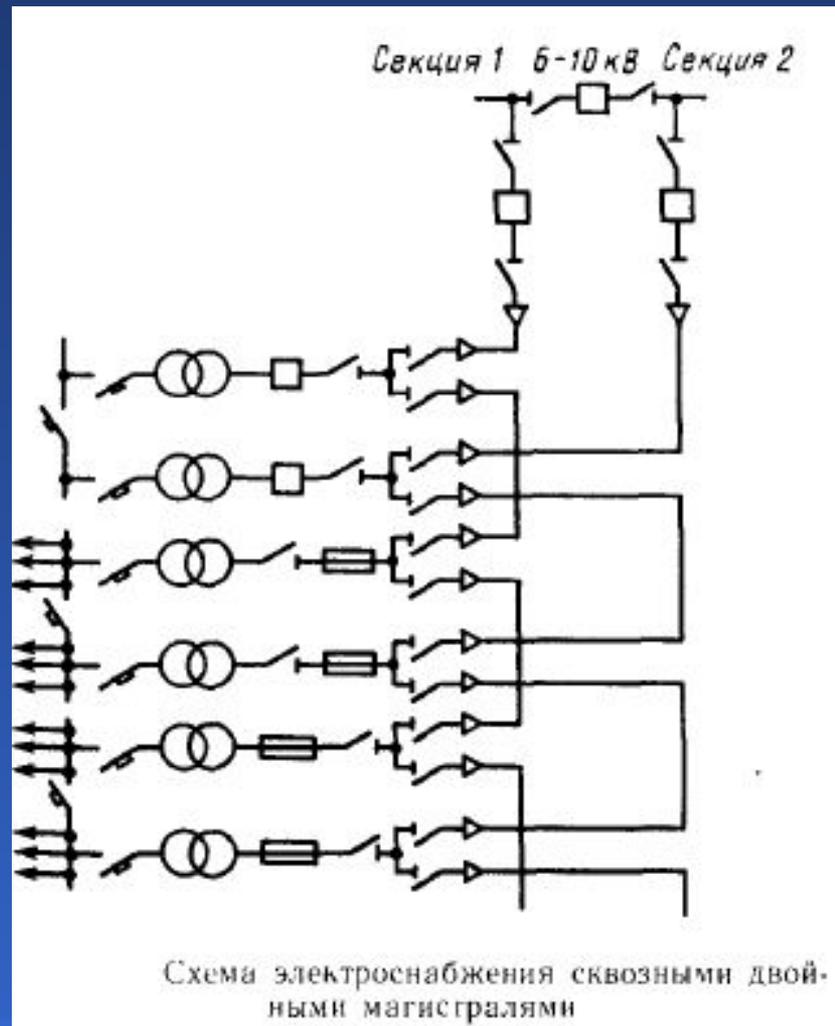


Рис. 5. Магистральные схемы с односторонним питанием:
 а – одиночные; б – двойные с резервированием на низком напряжении

Распределение по магистральной схеме



Распределение на напряжении выше 1000 В по двойным магистралям



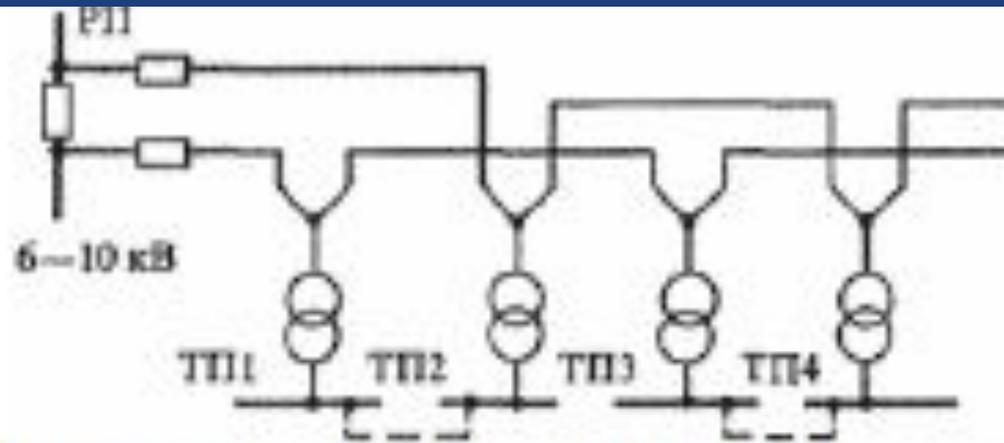


Рис. 6. Одиночные магистрали с частичным резервированием по связям вторичного напряжения

Магистральные схемы напряжением 6–10 кВ применяются при линейном (упорядоченном) размещении подстанции на территории объекта, когда линии от центра питания до пунктов приёма могут быть проложены без значительных обратных направлений. Магистральные схемы имеют следующие преимущества: лучшая загрузка кабелей при нормальном режиме; меньшее число камер на РП. К недостаткам магистральных схем следует отнести усложнение схем коммутации при присоединении ТП и одновременное отключение нескольких потребителей, питающихся от магистрали, при ее повреждении.

Число трансформаторов, присоединяемых к одной магистрали, обычно не превышает трех при мощности трансформаторов 1000–2500 кВА и пяти при мощности 250–630 кВА.

Магистральные схемы выполняются одиночными и двойными, с односторонним и двусторонним питанием.

Одиночные магистрали без резервирования (рис. 5, а) применяются в тех случаях, когда отключение одного потребителя вызывает необходимость по условиям технологии производства отключения всех остальных потребителей (например, непрерывные технологические линии). При кабельных магистралях их трасса должна быть доступна для ремонта в любое время года, что возможно при прокладке в каналах, туннелях и т.п. Надёжность схемы с одиночными магистралями можно повысить, если питаемые ими однотрансформаторные подстанции расположить таким образом, чтобы была возможность осуществить частичное резервирование по связям низкого напряжения между ближайшими подстанциями. На рис. 6 показана схема, на которой близко расположенные трансформаторные подстанции питаются от разных одиночных магистралей с резервированием по связям на низшем напряжении. Такие магистральные схемы можно применять и для потребителей первой категории, если их мощность не превышает 20% от общей нагрузки трансформаторов. Трансформаторы подключаются к разным магистралям, присоединенным к разным секциям РП или РУ.

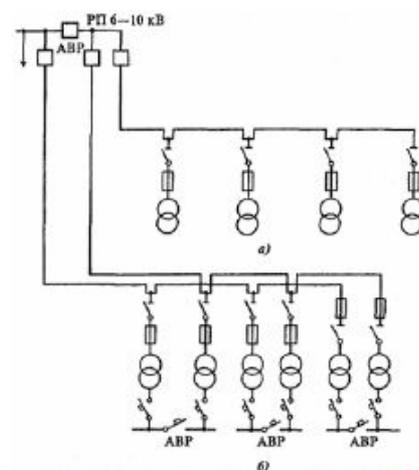


Рис. 5. Магистральные схемы с односторонним питанием:
а – одиночные; б – двойные с резервированием на низком напряжении

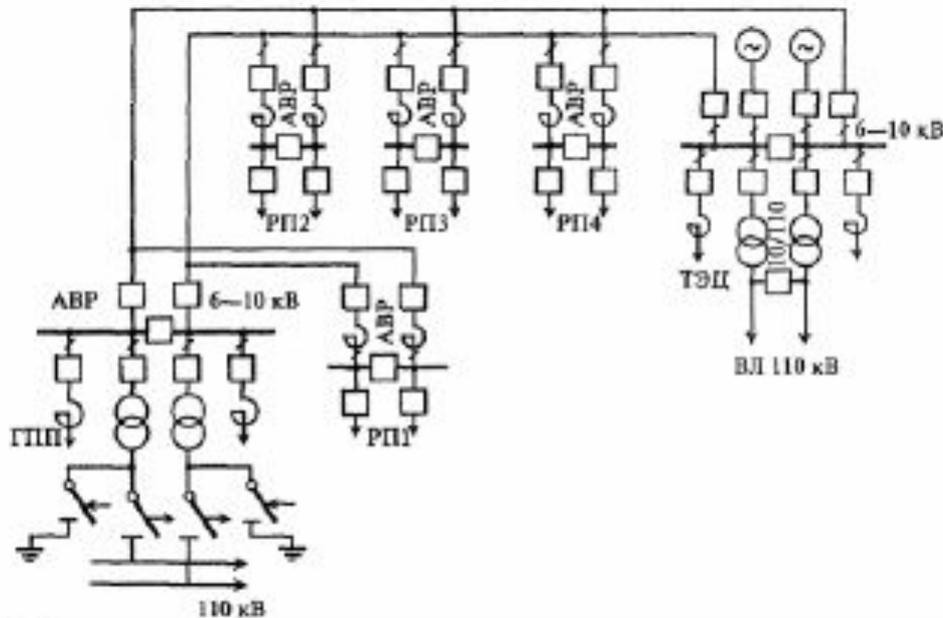


Рис. 7. Магистральная схема распределения электроэнергии с применением мощных токопроводов

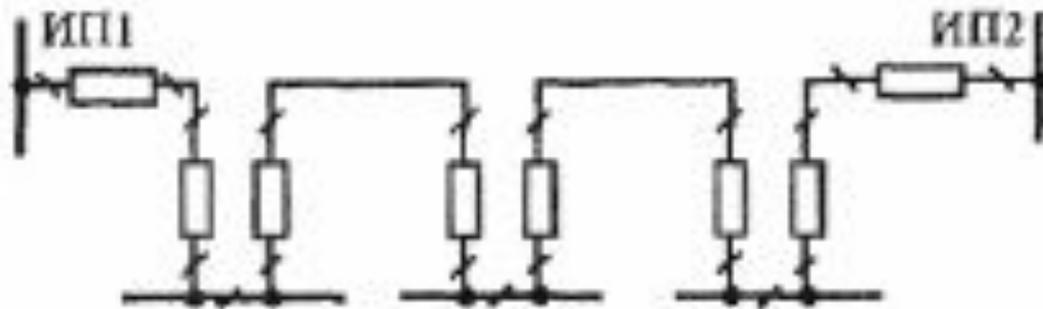


Рис. 8. Магистраль с двухсторонним питанием

Одиночные магистрали с глухими отпайками, т.е. без разъединителей на входе и выходе магистрали, применяются главным образом на воздушных линиях. На кабельных линиях глухое присоединение может быть применено лишь для питания неответственных подстанций мощностью не выше 400 кВА.

Схемы с двойными (сквозными) магистралями (см. рис. 5, б) применяются для питания ответственных и технологически слабо связанных между собой потребителей одного объекта. Установка разъединителей на входе и выходе линии магистрали не требуется.

На крупных предприятиях применяются два или три магистральных токопровода (рис. 7), прокладываемые по разным трассам через зоны размещения основных электрических нагрузок. На менее крупных предприятиях применяются схемы с одиночными двухцепными токопроводами. На ответвлениях от токопроводов к РП устанавливаются реакторы для ограничения мощности короткого замыкания до значения мощности, отключаемой выключателями типа ВМП. От каждого трансформатора питаются два токопровода перекрестно, т.е. разные цепи каждого токопровода питаются

Одиночные и двойные магистрали (рис. 8) с двусторонним питанием (встречные магистрали) применяются при питании от двух независимых источников, требуемых по условиям обеспечения надёжности электроснабжения для потребителей первой и второй категории. При использовании в нормальном режиме обоих источников производится деление магистрали примерно посередине на одной из промежуточных подстанций. Секционные выключатели нормально разомкнуты и снабжены устройством АВР.

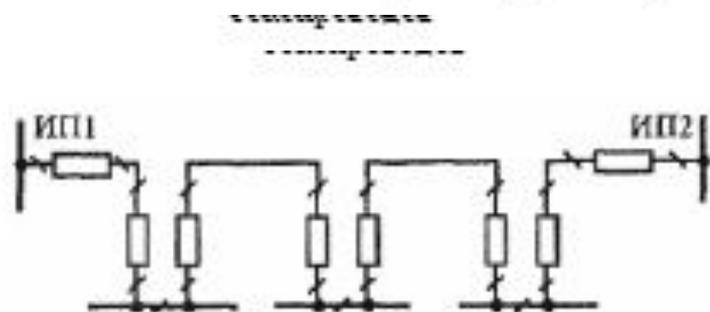


Рис. 8. Магистрали с двусторонним питанием

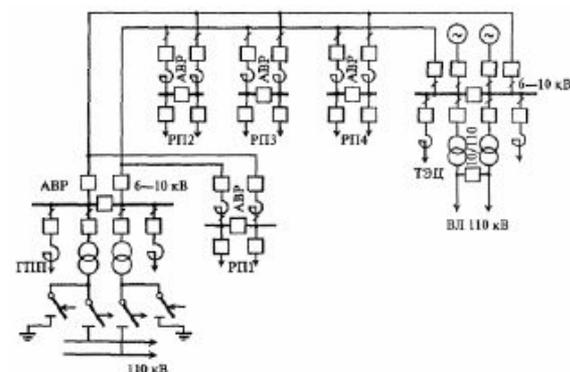
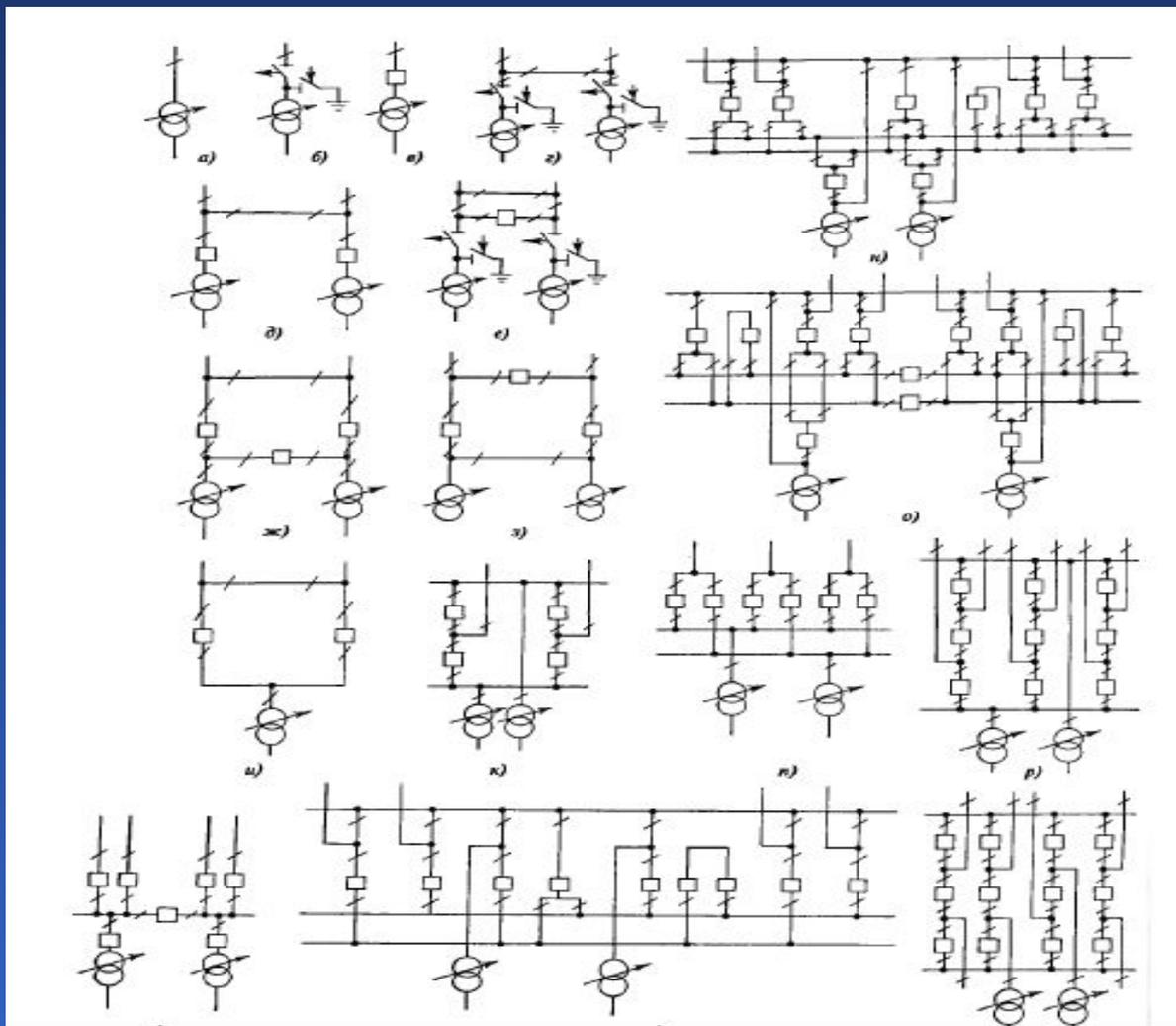
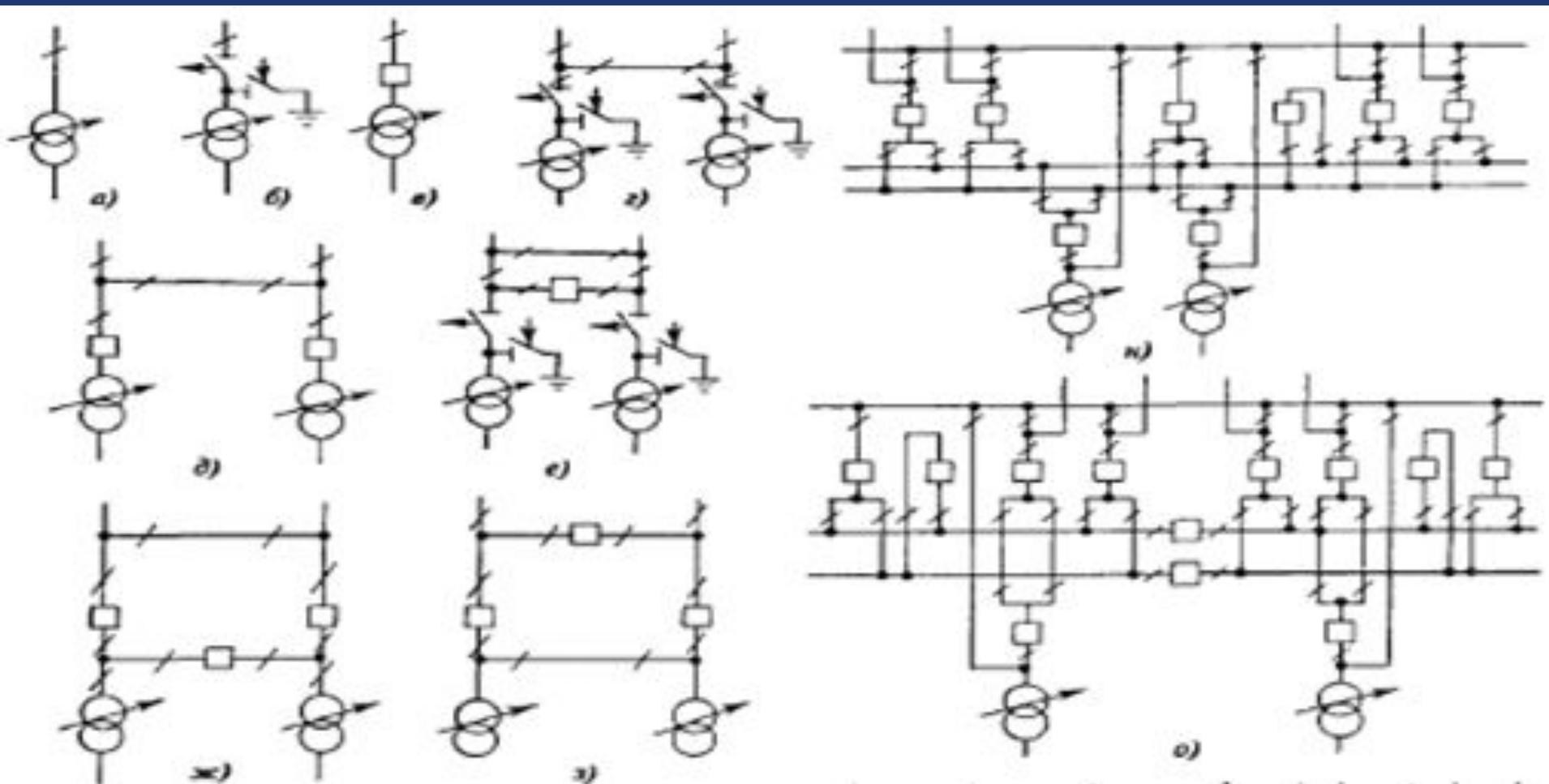


Рис. 7. Магистральная схема распределения электроэнергии с применением мощных токопроводов

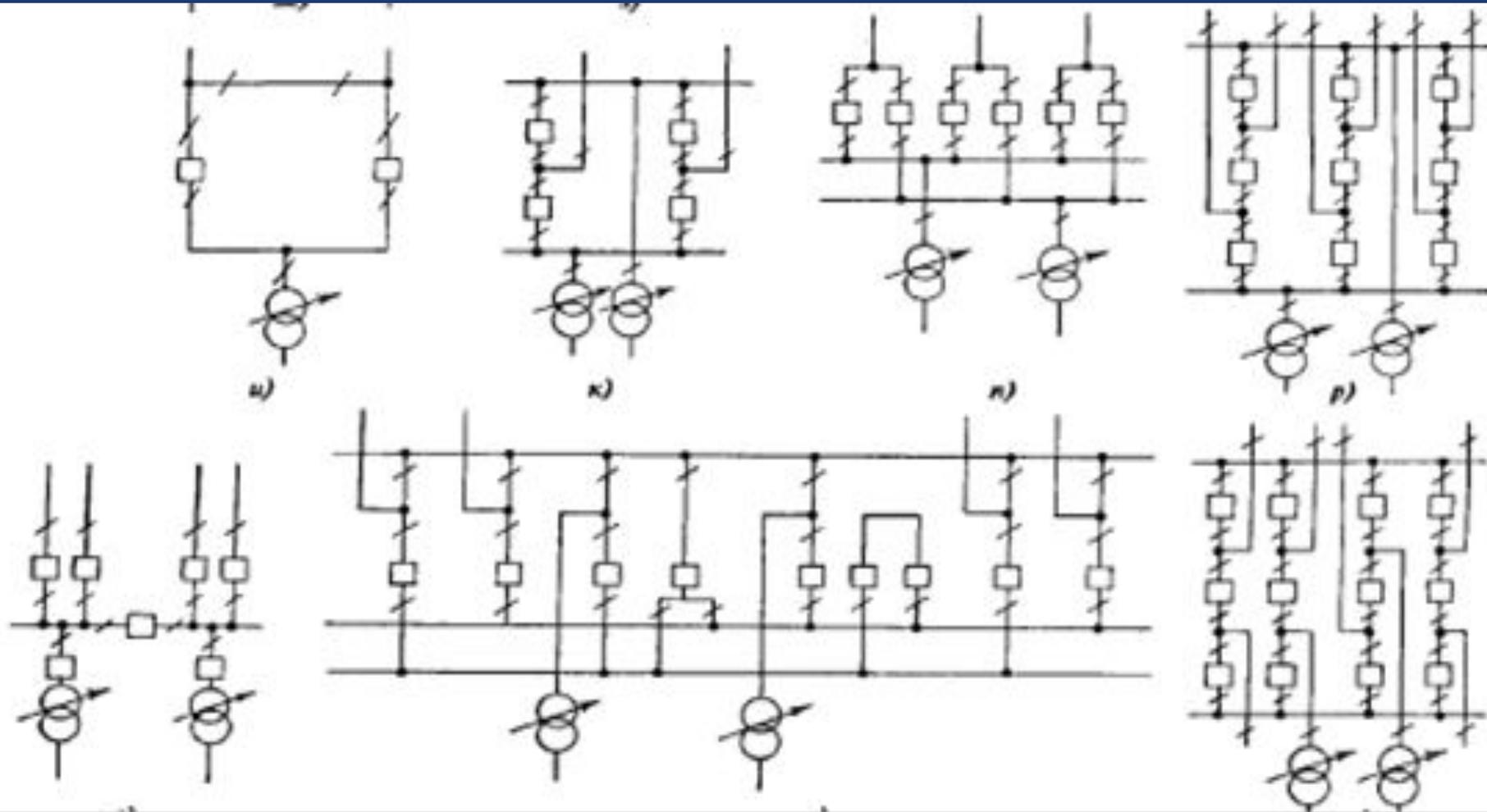
Типовые схемы соединений для РУ 6-750 кВ понижающих подстанций энергосистем



Типовые схемы соединений для РУ 6-750 кВ понижающих подстанций энергосистем



Типовые схемы соединений для РУ 6-750 кВ понижающих подстанций энергосистем



Схемы строятся по уровневому принципу. Обычно применяется два-три уровня. Первым уровнем распределения электроэнергии является сеть между источником питания объекта и ПГВ, если распределение производится при напряжении 110–220 кВ, или между ГПП и РП 6–10 кВ, если распределение происходит на напряжении 6–10 кВ.

Вторым уровнем распределения электроэнергии является сеть между РП (или РУ вторичного напряжения ПГВ) и ТП (или отдельными электроприёмниками высокого напряжения).

На небольших и некоторых средних объектах чаще применяется только один уровень распределения энергии – между центром питания от системы и пунктами приёма энергии (ТП или электроприёмниками высокого напряжения).

Выбор места расположения ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ.

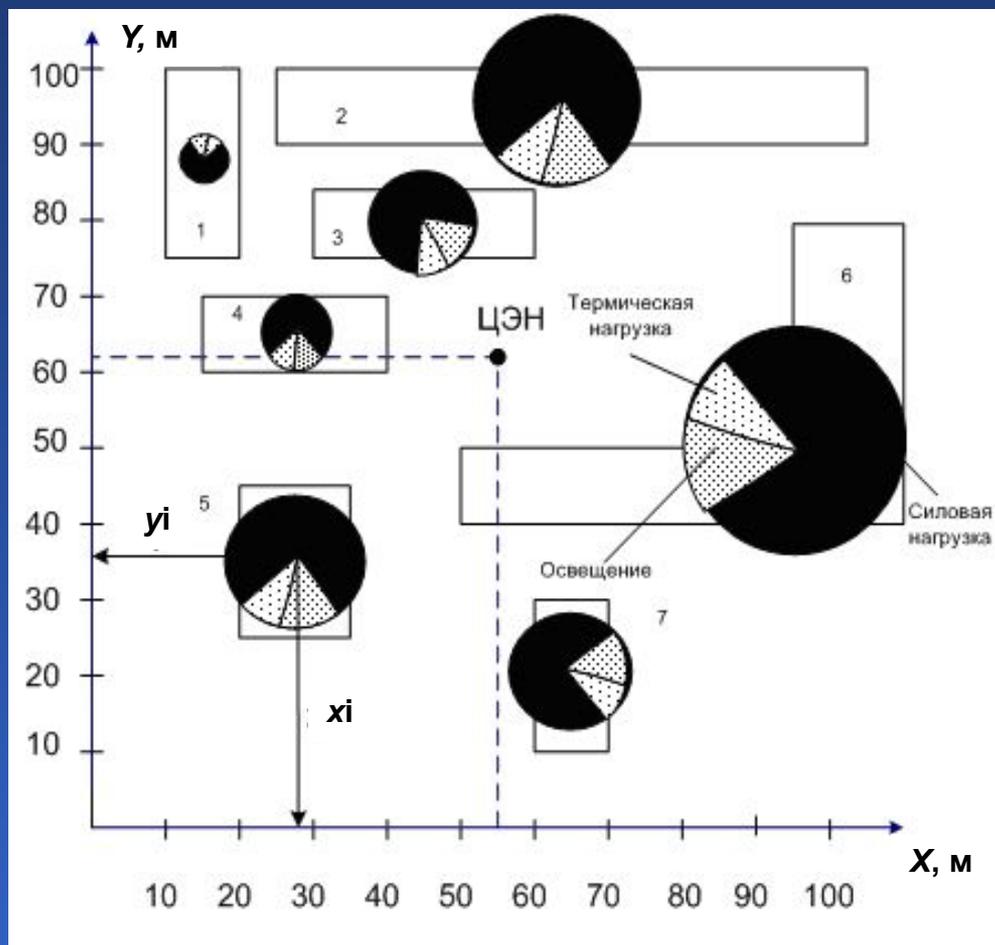
- При разработке схемы электроснабжения промышленных предприятий
- рекомендуется размещать источники питания с наибольшим приближением к центру питаемой нагрузки, под которым понимается условный центр. Проведя аналогию между массами и электрическими нагрузками производств, цехов, отделений, участков, координаты их центра для размещения источника питания следующего уровня системы электроснабжения можно определить по формулам:

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i x_i}{\sum_{i=1}^n P_i}; \quad Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i y_i}{\sum_{i=1}^n P_i}.$$

Схема плана промышленного предприятия и картограмма нагрузок по цехам

$$r_i = \frac{1}{m} \sqrt{\frac{P_p(i)}{\pi}}$$

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{po}}{P_p + P_{po}}$$



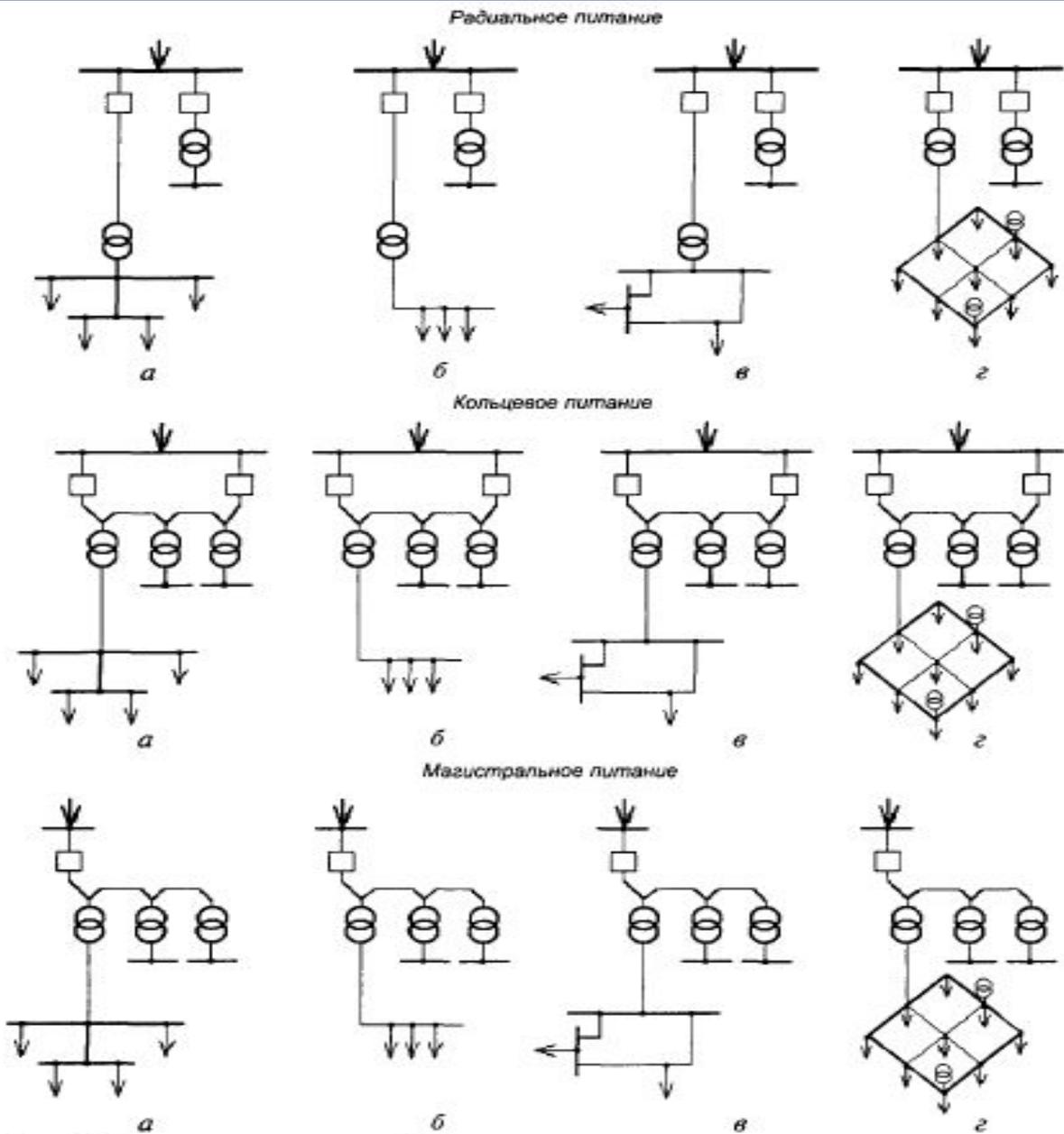


Рис. 4.4. Основные виды структур СЭС:
 а — радиальная сеть; б — магистральная сеть; в — кольцевая (замкнутая) сеть; г — петлевая сеть

- Существуют 3 вида питания (радиальное, кольцевое, магистральное)
- и 4 вида структуры : радиальная, магистральная, кольцевая, петлевая. Области применения структур зависят от уровня электроснабжения