



TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ
XO'JALIGINI MEKANIZATSIYALASH
MUHANDISLARI INSTITUTI



ФАН:

**СТАНЦИ ВА
ПОДСТАНЦИЯЛАРНИНГ
ЭЛЕКТР ҚИСМИ**

1

ТАЖРИБА

Электр станция, подстанция ва
энергетик системаларнинг электр
схемалари хақида маълумотлар

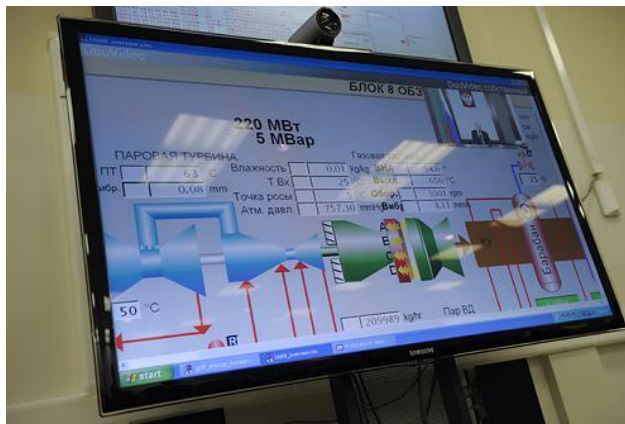


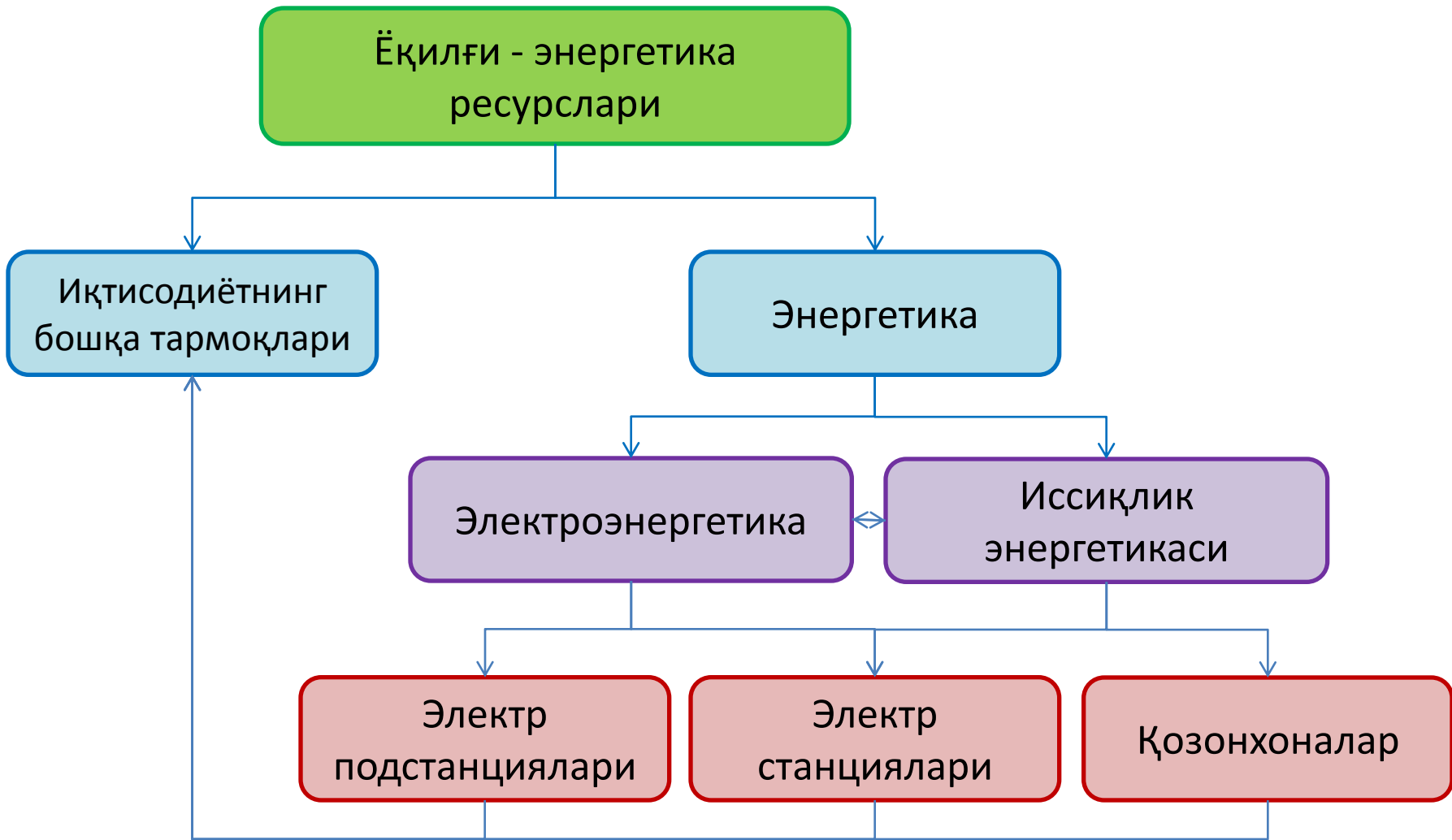
**БАБАЕВ
АЗИЗ
ГАЛИБОВИЧ**

ELECTR TA'MINOT VA QAYTA
TIKLANUVCHAN ENERGIYA MANABALARI
KAFEDRASI DOTSENTI

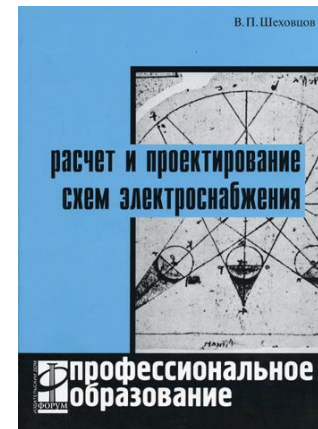
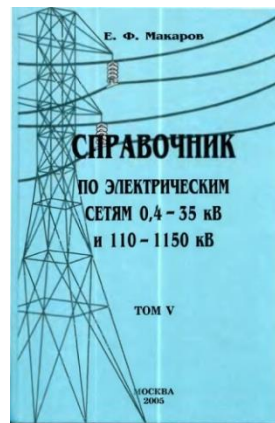
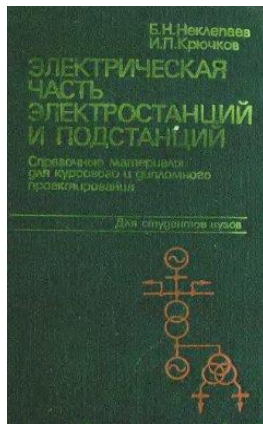
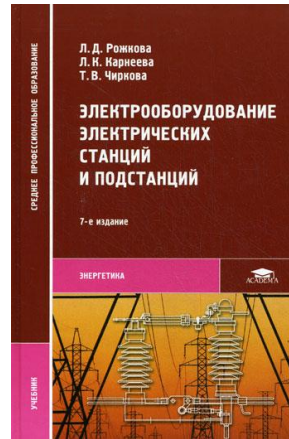


Электр станциялар ва подстанциялар





Адабиётлар



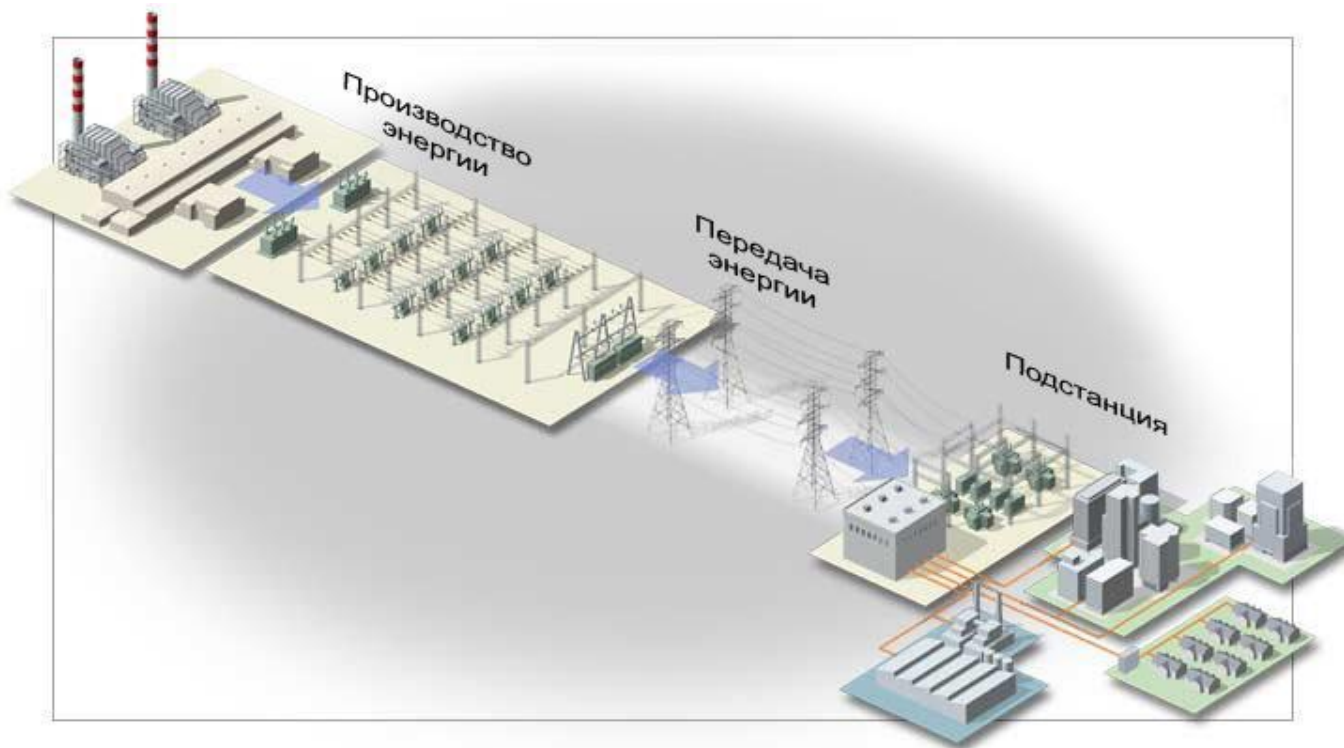
- Электрические станции и подстанции : учебное пособие / Сост. Кокин С.Е., Холян А.М. Екатеринбург: УПИ-Энерго, 2002. – 54 с. : ил.
- Выбор схем электрических соединений подстанций : Методические указания / сост. Кокин С.Е. – Екатеринбург: УПИ-Энерго, 2001. – 42 с. : ил.

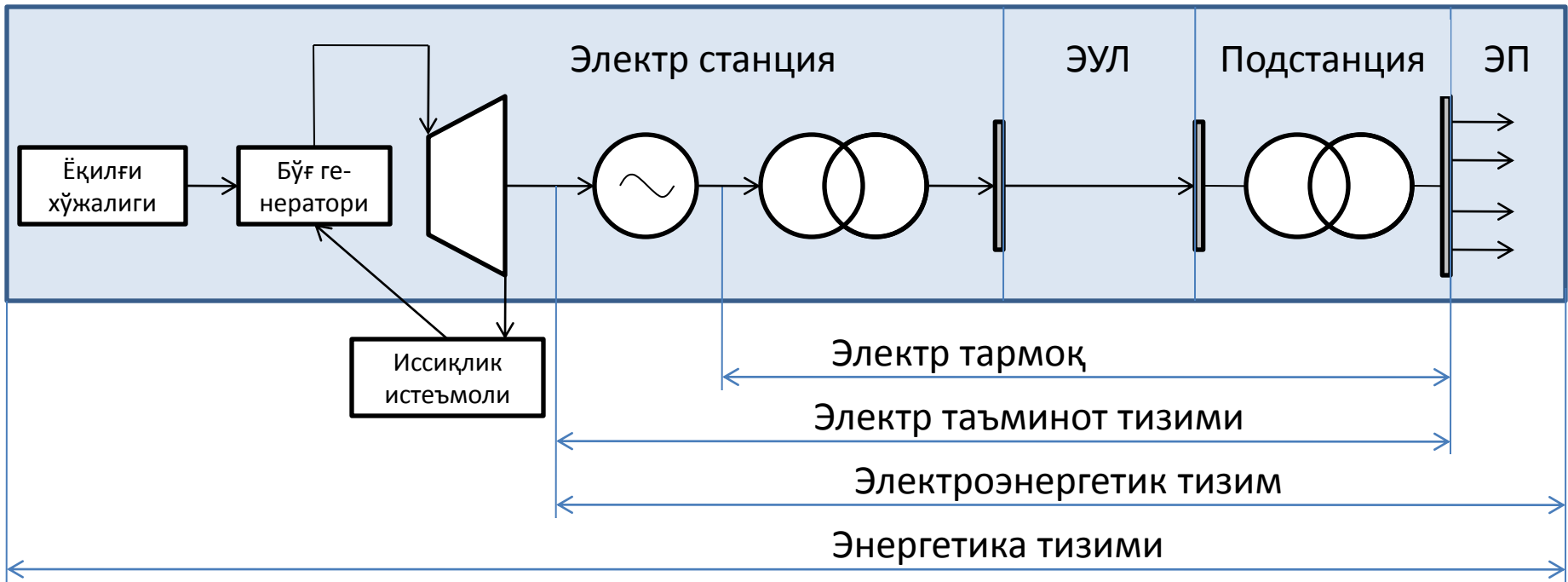
1. Електр станциялари ва подстансиялар энергия тизимининг элементлари сифатида

1.1 Энергетика ва электр tizimлар

Електр энергиясини ишлаб чиқариш асосан биргаликда (parallel равишда) ишлайдиган йирик электр станцияларида тўпланади. Електр энергиясини истеъмол қилиш марказлари (саноат корхоналари, шаҳарлар, қишлоқ жойлари ва бошқалар.) бир неча ўндан минглаб километргача бўлган масофалардаги манбалардан олиб ташланади ва муҳим ҳудудга тақсимланади. Баъзи ҳолларда, айниқса кичик ва ноанъанавий энергия объектлари учун, уларнинг истеъмолчилари учун станцияларнинг изоляция қилинган ишлаши ҳам мумкин.

Энергия ишлаб чиқариш ва истеъмол марказлари ўртасидаги номувофиқлик туфайли энергияни электр истеъмолчиларига ташиш ва тақсимлаш зарур. "Електр станцияси – истеъмолчи" комплекс палласида ушбу функциялар электр энергиясини узатиш ва тақсимлаш тизимини ташкил етувчи электр тармоқларига юкланган. Бундай марказлаштирилган электр таъминоти тизимининг вазифаси станцияларда ишлаб чиқарилган электр энергиясини истеъмолчиларга етказишдир.



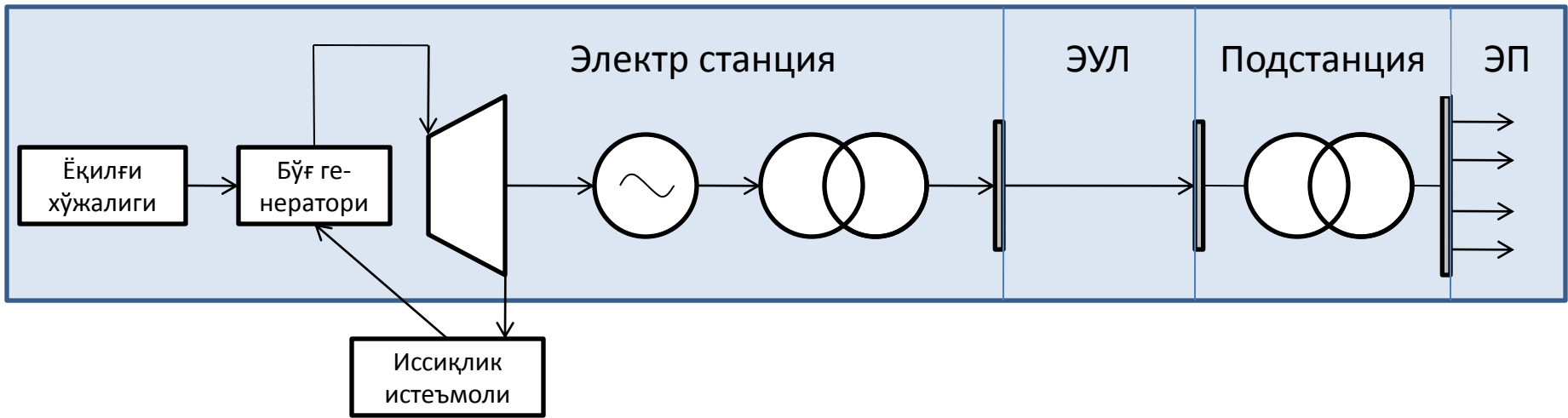


Энергия тизими (энергия тизими) - бу режимнинг умумий бошқаруви остида электр ва иссиқлик энергиясини ишлаб чиқариш, конвертация қилиш, узатиш ва тақсимлашнинг узлуксиз жараёнида бири-бирига уланган ва умумий режим билан боғланган электр станциялари, электр ва иссиқлик тармоқлари тўплами. (ПУЕ, 1.2.2-модда)

Электр тизими (электр энергияси тизими, ЕЕС) - бу электр станциялари ва энергия тизимининг электр тармоқлари ва у билан ишлайдиган электр энергиясини қабул қилувчиларнинг электр иншоотлари тўплами бўлиб, улар ишлаб чиқариш, узатиш, тақсимлаш ва истеъмол қилиш жараёнининг умумийлиги билан бирлаштирилган электр энергияси. (ПУЕ, параграфлар 1.2.3 ва 1.2.4)

Электр таъминоти тизими (СЕС) - истеъмолчиларни электр энергияси билан таъминлаш учун мўлжалланган электр иншоотлари тўпамидир. (ПУЕ, 1.2.5-модда)

Электр тармоғи-бу маълум бир ҳудудда ишлайдиган подстансиялар, электр узатиш мосламалари, ток ўтказгичлар, ҳаво ва кабел узатиш линияларидан иборат электр энергиясини узатиш ва тақсимлаш учун электр иншоотлари тўплами. (ПУЕ, 1.2.6-модда)



Електр энергиясини ишлаб чиқаришнинг технологик схемасининг барча элементлари энергия тизимининг элементлари ҳисобланади. Технологик схеманинг элементлари икки турга бўлинади:

- узатиш-транспартёр, бўғ линияси, ЭЭУЛ, электр линияси;
- ўзгартириш-қозон, турбина, generator, трансформатор

Технологик жараённинг самарадорлиги ушбу элементларнинг барчасига боғлиқ. Шунинг учун ускунанинг ишлаши билан боғлиқ мунтазам вазифалар тўплами мавжуд. Ишчи ускунанинг таркибини, уни юклаш ва ишлатиш режимини танлаш, технологик параметрлар бўйича барча чекловлар ва стандартларга риоя қилиш ва максимал самарадорликка еришиш керак.

Энергия объектларининг ҳажми ва истеъмолчилар билан алоқаларига нафақат техник хусусиятлар, балки иқтисодий муносабатлар ҳам таъсир қилади. Битта энергия тизими миқёсида бозор тури, мулкчилик шакллари, шартномавий муносабатлар билан белгиланадиган маҳаллий қуйи тизимларни ажратиш мумкин. Бироқ, бир вақтнинг ўзида ҳам маҳаллий қуйи тизимлар ўртасидаги энергия алоқалари сақланиб қолади. Энергетика соҳасидаги ҳар қандай мулкчилик шаклида станцияларнинг аксарияти ягона энергия тизимида ишлайди. Ва фақат алоҳида станциялар ўз истеъмолчилари учун алоҳида ишлайди.

Ҳозирда давлат корхоналари (атом электр станциялари), жамоавий корхоналар (енерго ОАЖ, электр станциялари, тармоқ корхоналари), хусусий корхоналар (баъзи кичик энергетика объектлари, кичик тармоқ корхоналари) мавжуд.

Ишлаб чиқариш жараёни нафақат технологик, балки компания фаолиятининг барча соҳаларини ўз ичига олади. Ишлаб чиқаришни бошқаришда турли соҳалар мавжуд: таъминот, режалаштириш, ходимлар, эксплуатация, таъмирлаш, ишлаб чиқиш, атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва бошқалар. Улар, шунингдек, бошқарув харажатларига, маҳсулот нархларига ва корхонанинг бозордаги рақобатбардош устунликларига таъсир қилади. Жараён циклида электр энергияси маҳсулотларини ишлаб чиқариш харажатлари умумий харажатларни тахминан 50% га белгилайди.

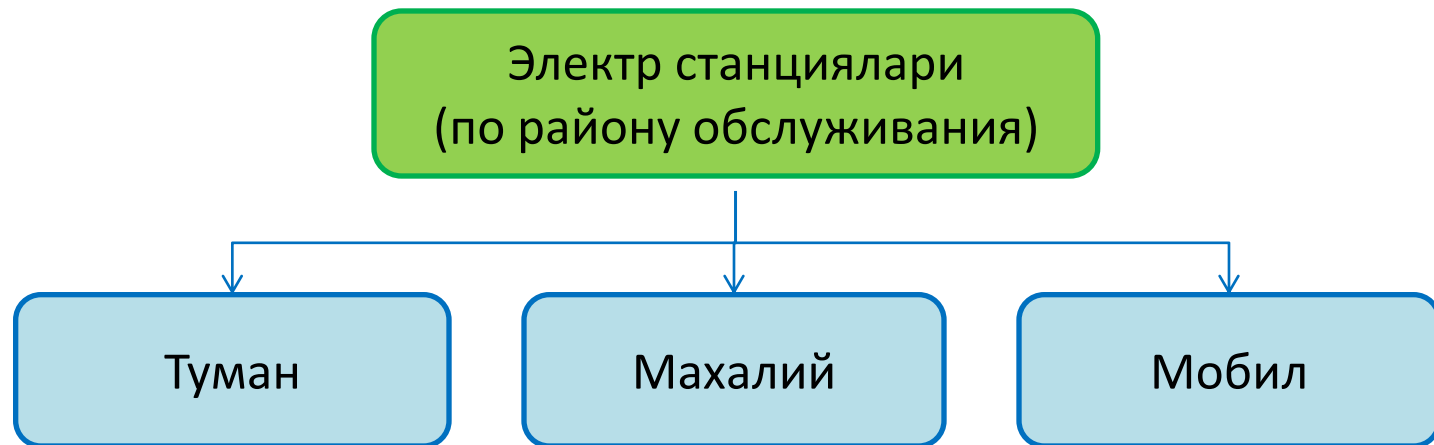
Иқтисодий шакл корхонанинг тижорат ва технологик фаолиятига таъсир қилади. Турли хил техник мақсадлар ва иқтисодий шаклларга ега бўлган корхоналар учун бошқарув муаммоларини ҳал қилишнинг ўзига хос хусусияти мавжуд.

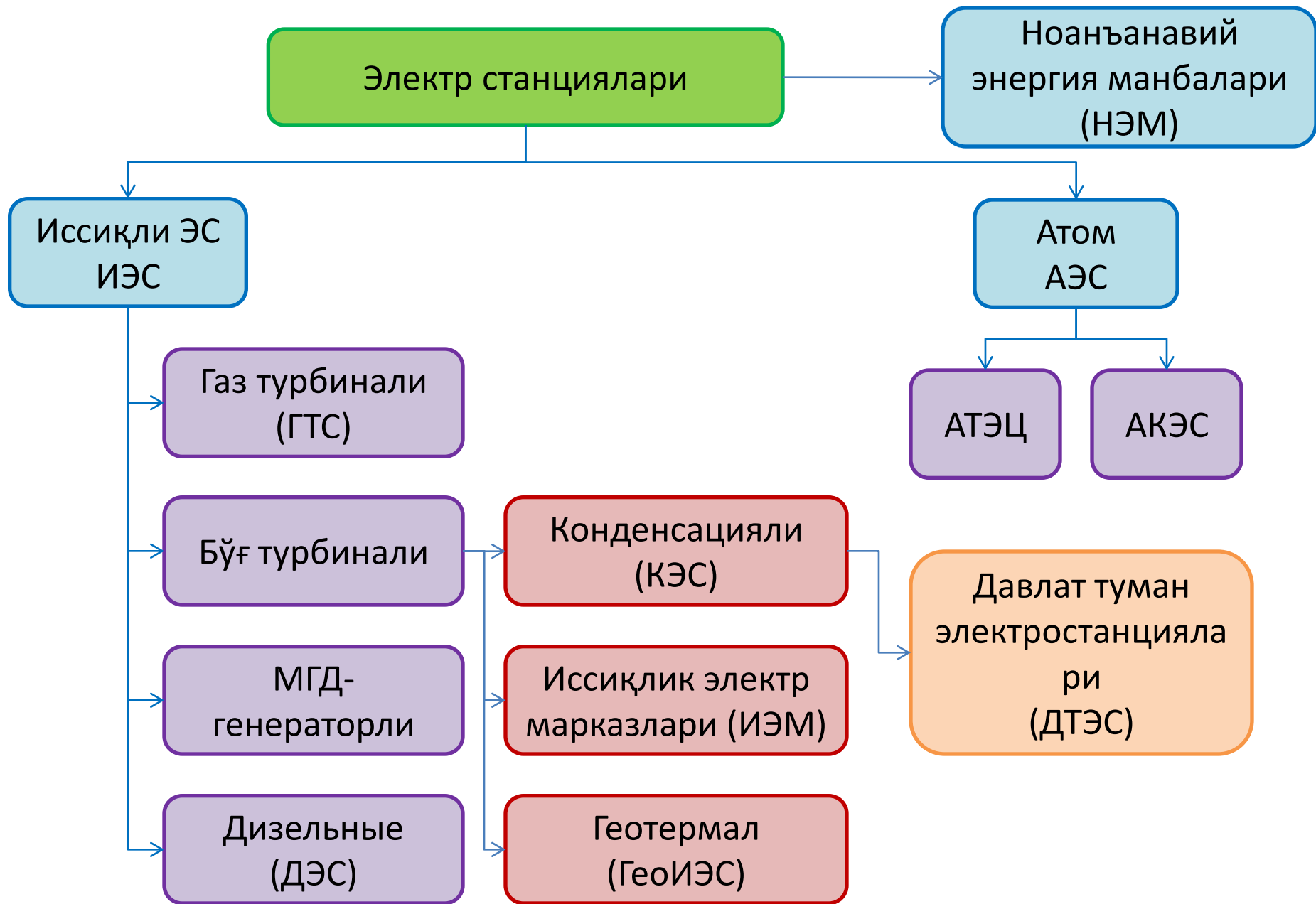
1.2 Электростанцилар ва уларнинг тавсифлари

Электр қурилма - бу электр энергиясини ишлаб чиқариш, конвертация қилиш, ўзгартириш, узатиш, тақсимлаш ва уни бошқа энергия турларига айлантириш учун мўлжалланган машиналар, аппаратлар, линиялар ва ёрдамчи ускуналар (улар ўрнатилган иншоотлар ва бинолар билан биргаликда) тўплами. (ПУЕ, 1.1.3-модда)

Электр станцияси - табиий энергия ташувчиларида мавжуд бўлган бирламчи энергиядан электр энергиясини ишлаб чиқариш (ишлаб чиқариш) учун мўлжалланган электр иншоотидир.

Электр станцияларининг асосий мақсади электр энергиясини ишлаб чиқариш ва уни саноат ва қишлоқ хўжалиги ишлаб чиқаришига, коммунал ва транспортга етказиб беришдир. Кўпинча электр станциялари корхоналар ва турар-жой биноларини бугъ ва иссиқ сув билан таъминлайди.





МГД – магнитогидродинамик генераторлари

Электр станциялар (ҚТЭМ)

Гидравлика (ГЭС)

Шамол (ШЭС)

Қуёш

Тұғонли

Тұғон яқинида

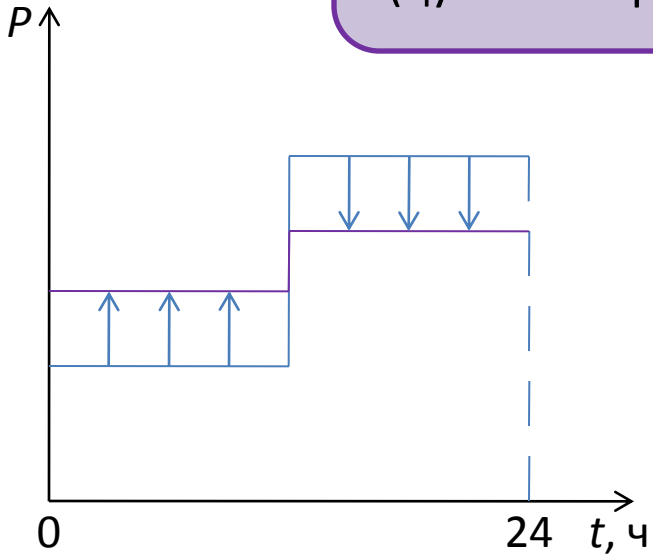
Деривацион

Оқимли (ОЭС)

Гидроаккумуляцион (ГАЭС)

Бұғ турбинали

Фотоэлектр-
ўзгартиргич (ФЭЎ)
(қуёш батареялари)



*1.3 Електр станцияларини
энергия тизимига
бирлаштиришнинг
афзалликлари*

Електр станцияларини електр тизимга бирлаштиришда қуйидагиларга еришилади:

- ҳар бир електр станциясининг ўрнатилган қувватидан фойдаланиш ортади;*
- умумий қувват захирасини камайтириш;*
- умумий максимал юкни камайтириш;*
- електр станциялари сиғимида мавсумий ўзгаришлар тенг бўлмаган тақдирда ўзаро ёрдам;*
- истеъмол юклари тенгсиз мавсумий ўзгаришлар ҳолда ўзаро ёрдам;*
- таъмирлаш пайтида ўзаро ёрдам;*
- истеъмолчиларга електр таъминоти ишончилигини ошириш;*
- қувват, електр, частота, кучланиш режимлари яхши томонга ўзгариб бормоқда;*
- агрегатлар ва електр станцияларининг бирлик қувватини ошириш имконияти;*
- битта бошқарув марказининг имконияти.*

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, бирлаштиришда електр станцияларининг техник-иқтисодий кўрсаткичлари яхшиланади ва уларнинг харажатлари камаяди ва бу нарх стратегияси учун жуда муҳимдир. Катта уюшмаларнинг камчиликлари бундай объектларни бошқаришнинг мураккаблиги. Бизга тизимни умуман бошқаришга имкон берадиган воситалар ва бошқарув тизимлари комплекслари керак.

*1.4 Электр энергия
tizimlarining texnologik
xususiyatlari*

Електр энергия деярли тўпланмайди. Ишлаб чиқариш, трансформация, тарқатиш ва истеъмол бир вақтнинг ўзида ва деярли бир зумда содир бўлади. Шунинг учун энергия тизимининг барча элементлари режимнинг бирлиги билан ўзаро боғлиқдир.

Жараёнларнинг нисбий тезлиги:

- тўлқин жараёнлари - (10-3-10-6) с,
- ўчириш ва ёқиш-10-1 с,
- қисқа туташувлар – (10-1-1) с,
- беланчак – (1-10) с.

Энергия тизими sanoat ва транспортнинг барча тармоқларига уланган бўлиб, турли хил электр қабул қилувчилар билан ажралиб туради.

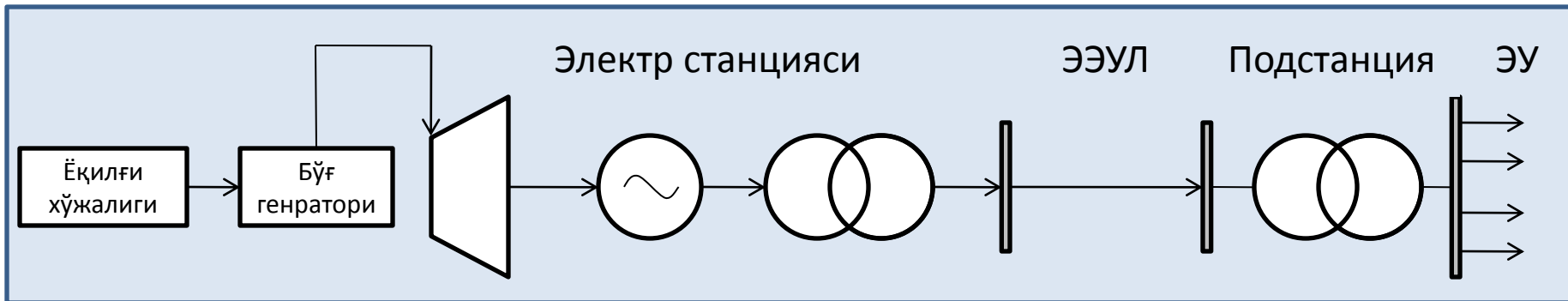
Електр энергиясини истеъмол қилиш турли хил тасодифий ва ноаниқ омилларга боғлиқ. Бир неча дақиқалик электр энергиясини истеъмол қилишни кутишдаги хатолар тахминан 2% ни ташкил қилади ва йиллик қўрғошин вақти 10% гача.

Биринчидан, истеъмолчи-харидор маҳсулотдан (электр энергияси) фойдаланади ва кейин уни тўлайди.

Энергиянинг ривожланиши электр энергияси истеъмолининг ўсишидан устун бўлиши керак, акс ҳолда қувват захираларини яратиш мумкин емас. **Энергетика сектори алоҳида элементларнинг номуносиблигисиз тенг равишда ривожланиши керак.**

1.5 Электр тармоқлар

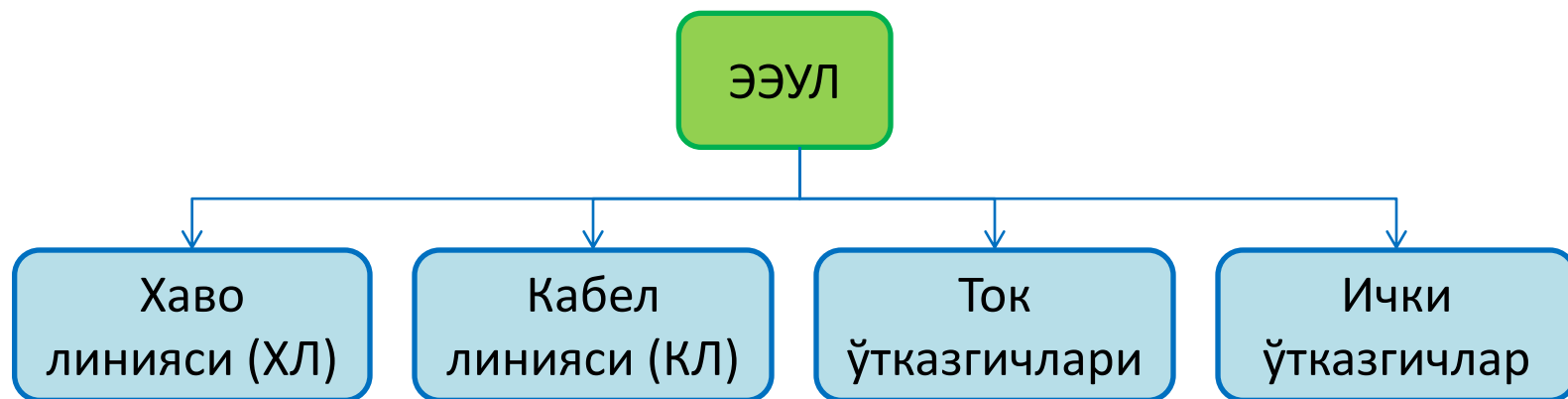
Қувватларидан енг яхши фойдаланиш учун бир қатор электр станцияларини бирлаштирган энергия ва электр тизимларининг енг муҳим элементлари узатиш электр тармоқлари, коммутаторлар ва подстансиялардир.



Электр тармоғи-бу маълум бир ҳудудда ишлайдиган подстансиялар, электр узатиш мосламалари, жорий қувурлар, ҳаво ва кабел узатиш линияларидан иборат электр энергиясини узатиш ва тақсимлаш учун электр иншоотлари тўплами. (ПУЕ, 1.2.6-модда)

Электр тармоқлари ва электр таъминот тизимининг асосий узатувчи элементларидан бири электр узатиш линиялари ҳисобланади.

Электр узатиш линияси (ЛЕП) - бу электр энергиясини мумкин бўлган оралиқ намуна олиш билан масофага узатиш учун мўлжалланган электр иншооти.

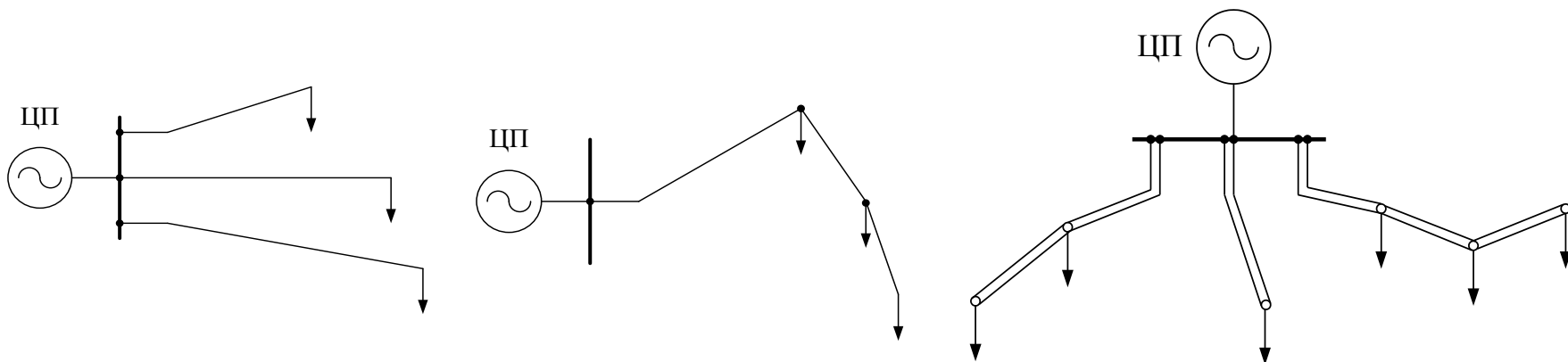


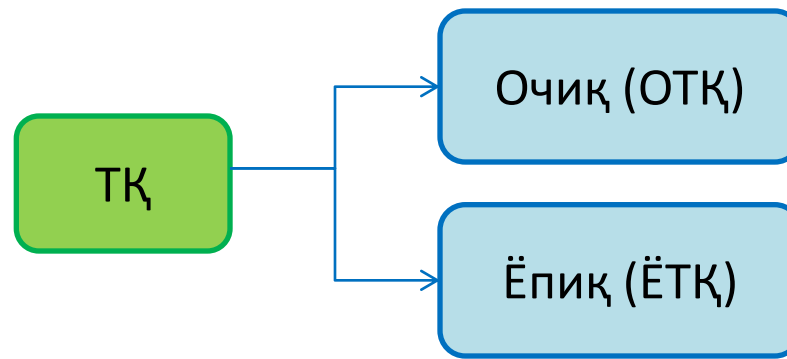
Електр узатиш линиясининг асосий параметрлари:

- тармоқли кенглиги;
- тармоқли кенглиги;
- nominal кучланиш;
- занжирлар сони;
- фазалардаги симларнинг кесими;
- конструктив ижро.

Ушбу параметрларни танлаш қийин техник ва иқтисодий вазифадир.

Електр тармоқлари radial, магистрал ёки аралаш схемаларга мувофиқ амалга оширилади.



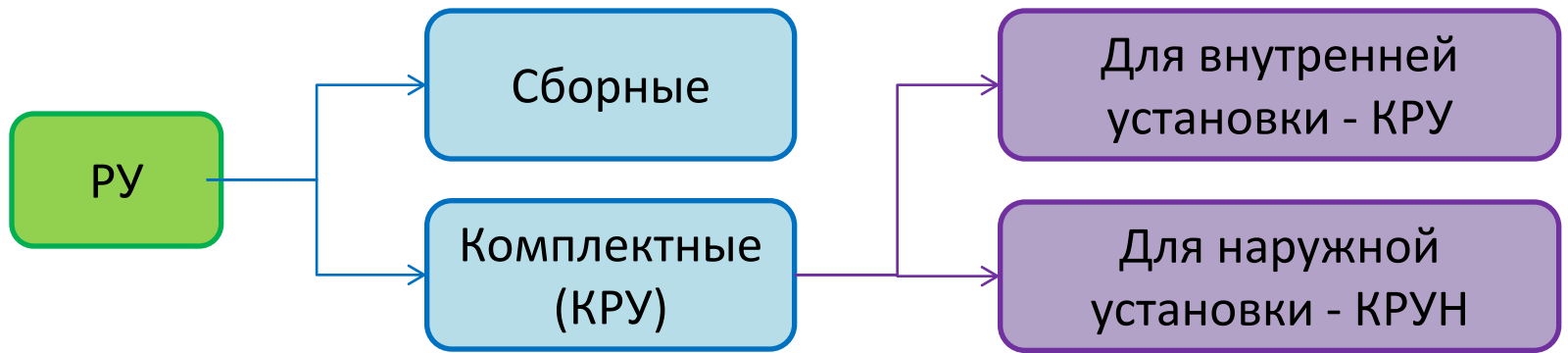


Очиқ тақсимлаш қурилмалари (ОТҚ) - бошқарув блоки деб аталади, унинг барчаси ёки асосий жиҳозлари очиқ ҳавода жойлашган. (ПУЕ, 4.2.2-модда)

Ёпиқ тақсимлаш қурилмалари (ЁТҚ) - бу жиҳозлари бинода жойлашган коммутатор. (ПУЕ, 4.2.2-модда)

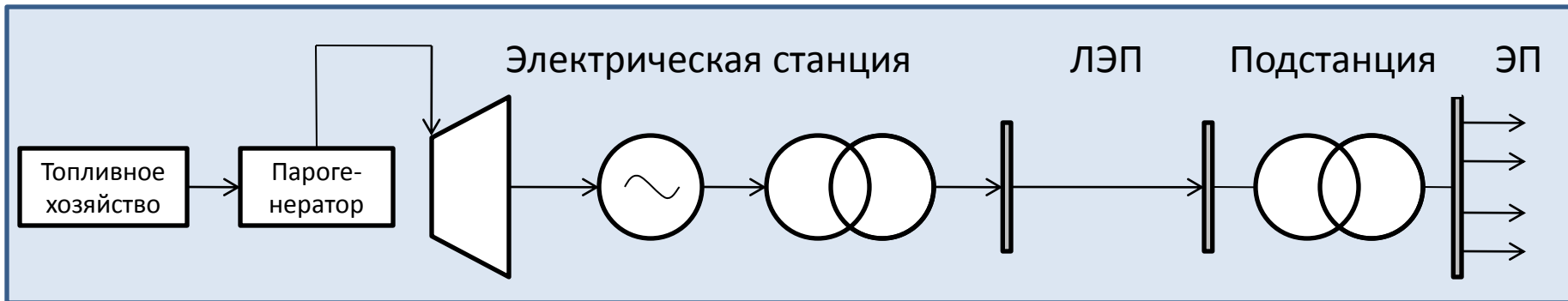
Очиқ тақсимлаш қурилмаларининг афзаллиги шундаки, қурилиш ишлари ҳажми, уларнинг нархи ва бажарилиш муддати **ёпиқ тақсимлаш қурилмаларига** нисбатан кичикроқ ва уларнинг камчиликлари паст ҳароратларда ва ёмон об-ҳаво шароитида, катта ишғол қилинган майдонда техник хизмат кўрсатишнинг ноқулайлиги.



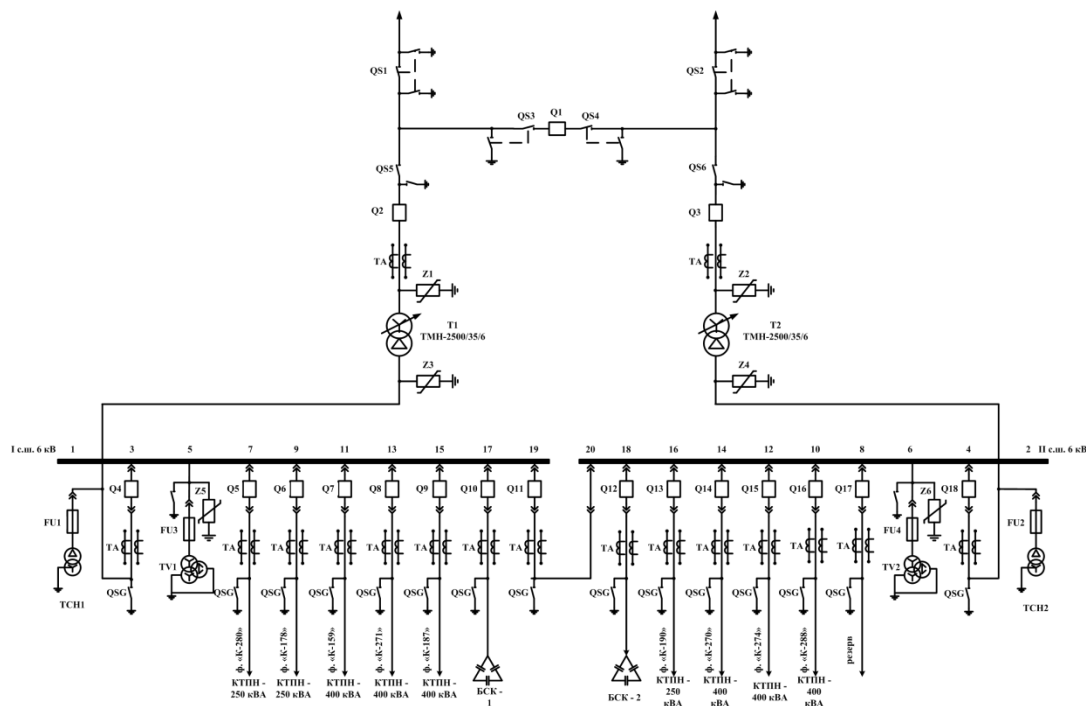


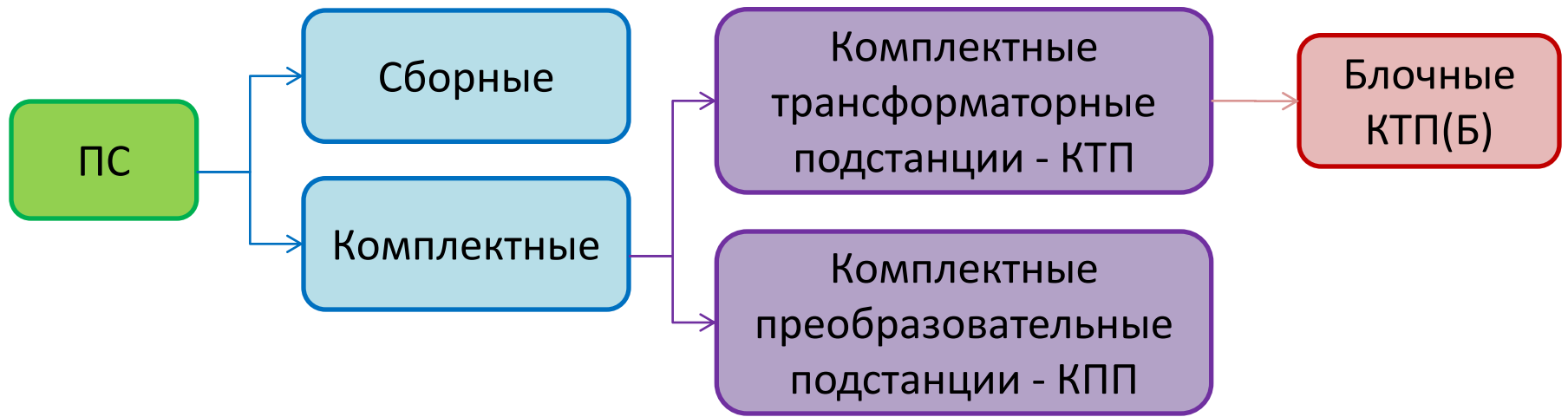
Комплектным распределительным устройством называется РУ, состоящее из полностью или частично закрытых шкафов или блоков со встроенными в них аппаратами, устройствами защиты и автоматики, поставляемое в собранном или полностью подготовленном для сборки виде. (ПУЭ, п. 4.2.3)





Подстанция (ПС, п/ст) - бу электр энергиясини қабул қилиш, конвертация қилиш ва тарқатиш учун ишлатилган ва трансформаторлар (трансформатор подстанцияси, ТП) ёки бошқа энергия конверторлари (конвертор подстанцияси, ПП), коммутаторлар, бошқарув мосламалари ва ёрдамчи тузилмалардан иборат электр иншооти. (ПУЭ, 4.2.4-модда)





Тўлиқ трансформатор (ўзгартиргич) подстанцияси-бу йиғилган ёки йиғиш учун тўлиқ тайёрланган трансформаторлар (конверторлар) ва блоклардан (СРУ ёки СРУН ва бошқа элементлардан) иборат подстанция. (ПУЕ, 4.2.8-модда).

Тўлиқ трансформатор (конвертор) подстанциялари (КТП, КПП) ёки уларнинг бино ичида ўрнатилган қисмлари ёпиқ иншоотларга, очиқ ҳавода - очиқ иншоотларга тегишли.



ПС

Отдельно-
стоящие

Пристроенные

Встроенные

Внутрицеховые

Пристроенной подстанцией называется подстанция, непосредственно примыкающая к

Киосковые

Столбовые
(мачтовые)

и называется закрытая подстанция, вписанная в контур

основного здания. (ПУЭ, п. 4.2.5)0

Столбовой (мачтовой) трансформаторной подстанцией называется

открытая трансформаторная подстанция, все оборудование которой

расположено на открытом воздухе (открытая или вращательная в закрытом виде, т.е. требующей

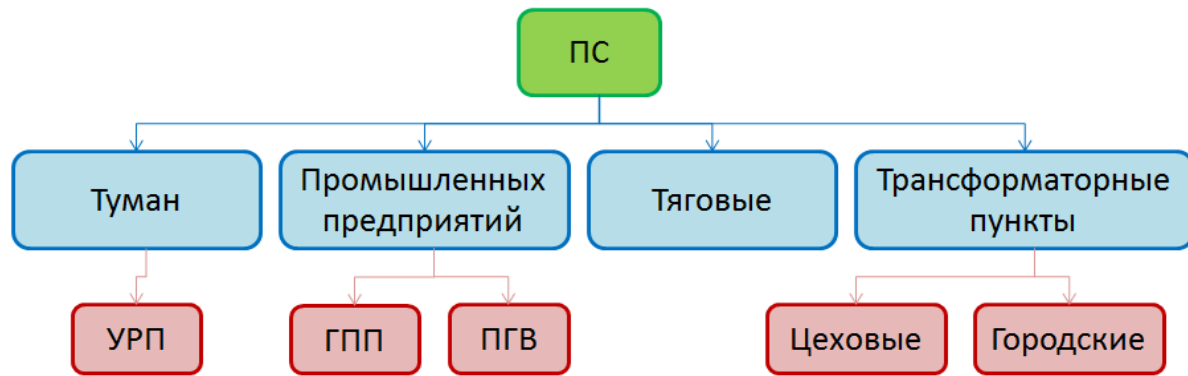
ограждения подстанции. (ПУЭ, п. 4.2.9)



ри



Трансформатор подстансиялари электр таъминоти тизимининг асосий бўғини ҳисобланади. Қувват тизимидаги позицияга, мақсадга, бирламчи ва иккиламчи кучланишнинг катталигига қараб, уларни қуйидагиларга бўлиш мумкин:



Тортиш подстансиялари электрлаштирилган транспорт еҳтиёжлари учун ишлатилади.

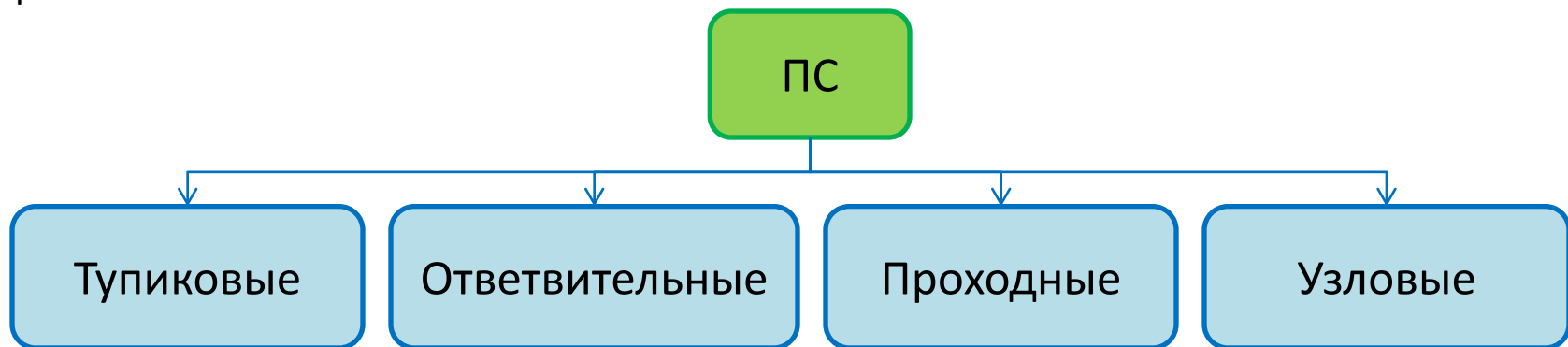
Туман подстансиялари-бу энергия тизимининг туман (магистрал) тармоқлари билан ишлайдиган подстансиялар. Улар саноат, шаҳар, қишлоқ хўжалиги ва бошқа электр энергияси истеъмолчилари жойлашган йирик ҳудудларни электр энергияси билан таъминлаш учун мўлжалланган. Туман подстансияларининг бирламчи кучланишлари 750, 500, 330, 220, 150 ва 110, иккиламчи– 220, 150, 110, 35, 20, 10 ёки 6 кв.

Асосий дастга тушурувчи подстансиялар (ГПП) 35 - 220 кв кучланишли энергия тизимларидан электр энергиясини олиш ва уни 6-10 кв кучланишли завод тармогининг кучланишига электр сеҳи ва дўконлараро подстансияларга айлантириш учун мўлжалланган. Витес қутиси ва УРП ўртасидаги асосий фарқ шундаки, етказиб бериладиган энергия ўзгаради, шунингдек УРПГА қараганда камроқ қувват.11

Чуқур кириш подстансиялари (ПГВ) алоҳида объект ёки ҳудудни қувватлантириш учун мўлжалланган подстансиялардир. Улар электр энергиясини электр тармогидан ёки ушбу корхонанинг УРП-дан оладилар. Улар одатда 110 – 220 кв кучланишли соддалаштирилган коммутация схемалари бўйича амалга оширилади.

Шаҳар туманларининг бир ёки бир нечта устахоналарини, бўлимларини қувватлантириш учун мўлжалланган кичик ва ўрта қувватли трансформатор станциялари (ТП). Улар электр энергиясини 6 – 10 кв кучланишдан 220 – 660 В иккиламчи кучланишга айлантиради.

Норматив ҳужжатларда подстансияларнинг электр тармоғига уланиш жойи ва усули бўйича таснифи белгиланмаган. Аммо баъзи манбаларда ишлатиладиган тармоқ конфигурацияси турлари ва мумкин бўлган подстансияга уланиш схемалари асосида тасниф берилган.

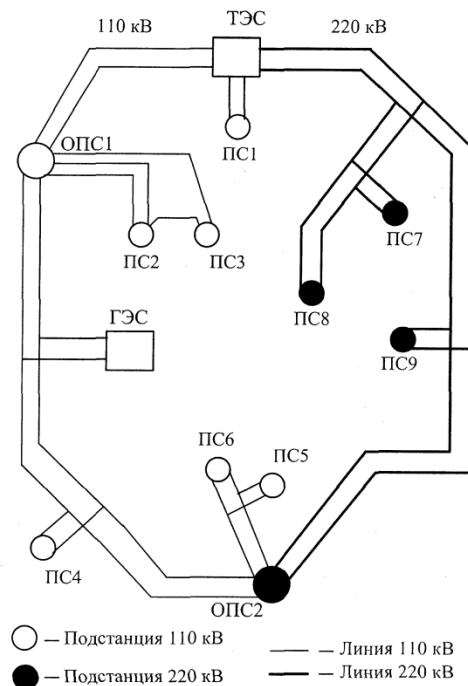


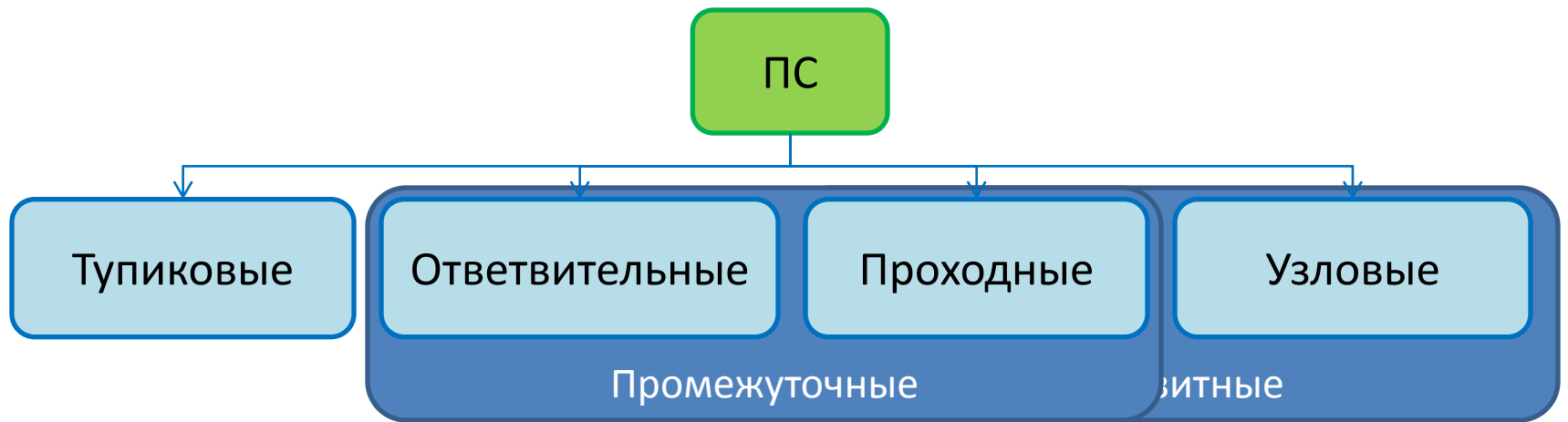
Тупик ПС - бир ёки иккита radial линия билан қувватланади;

Таксимловчи ПС-филиалларда бир ёки иккита ўтиш линиясига уланган;

ПС орқали ўтиш-икки томонлама қувват манбаи билан битта линияни киритиш орқали тармоққа уланган;

Туғун ПС-тармоққа камида учта таъминот линияси орқали уланган.

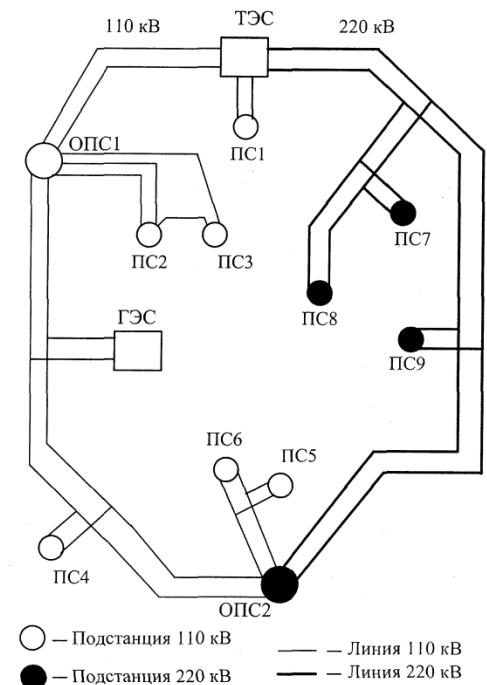




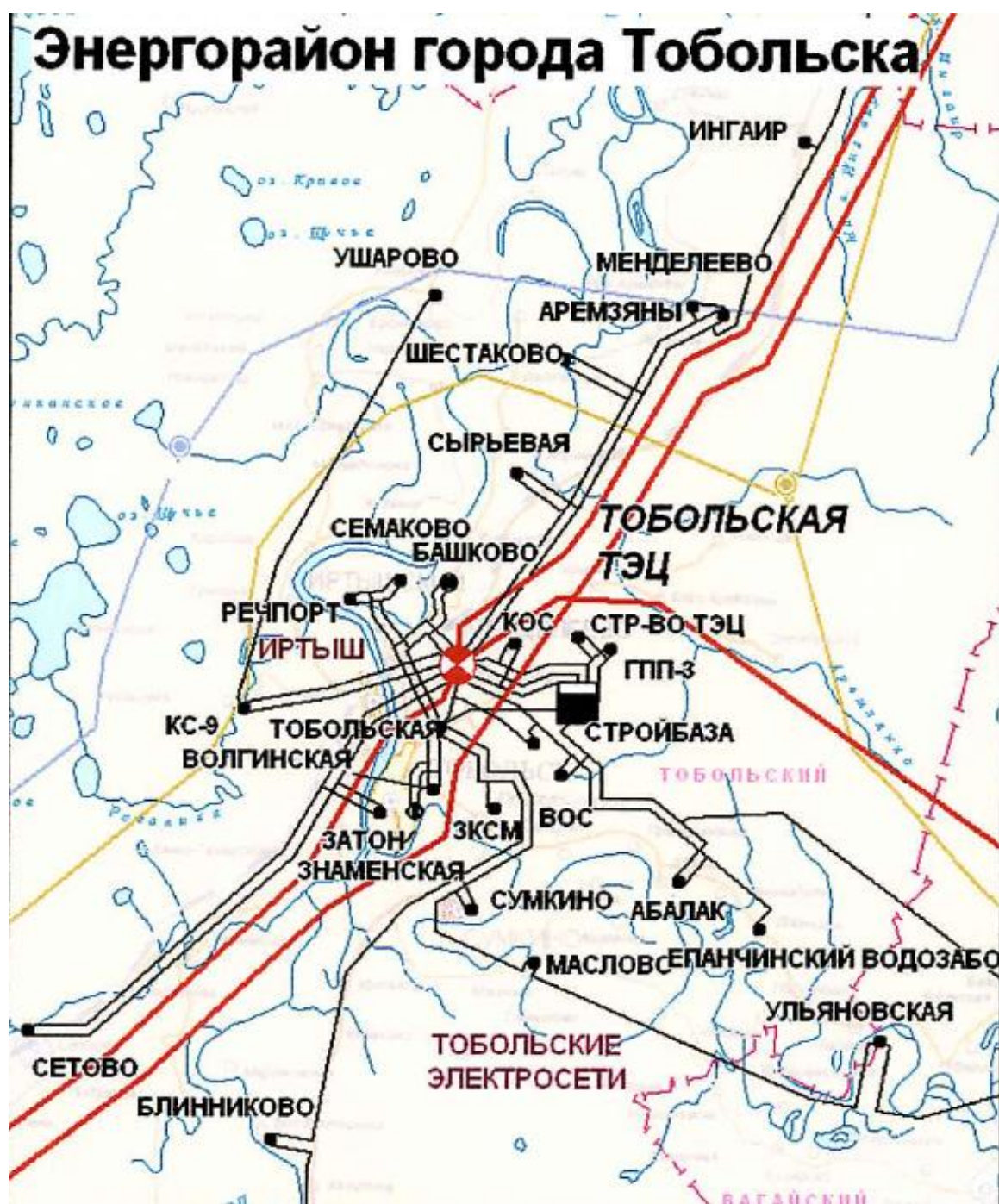
Ответвительные и проходные подстанции объединяют понятием **промежуточные**, которое определяет размещение подстанции между двумя центрами питания или узловыми подстанциями.

Проходные и узловые подстанции, через шины которых осуществляются перетоки мощности между узлами сети, называют **транзитными**.

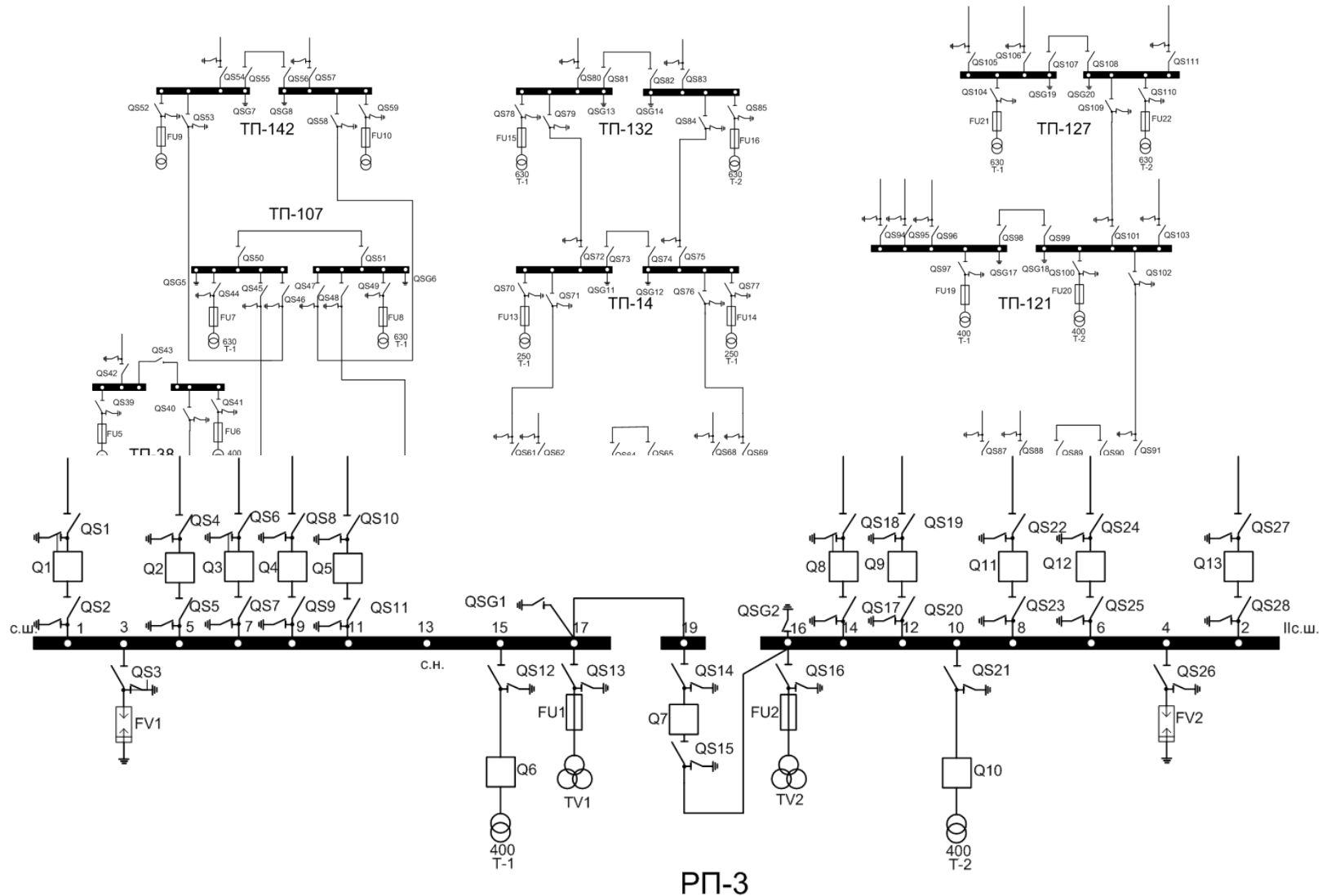
Также используется термин «**опорная подстанция**», который как правило обозначает подстанцию более высокого класса напряжения по отношению к рассматриваемой подстанции или сети. Хотя для этого значения целесообразнее использовать термин «**центр питания**».



Энергорайон города Тобольска



Распределительным пунктом называется устройство, предназначенное для приема и распределения электроэнергии на одном напряжении без преобразования и трансформации, не входящее в состав подстанции. (ПУЭ, п. 4.2.10)



1.6 Шкала номинальных напряжений электроустановок

Номинальным напряжением ($U_{\text{ном}}$) называется действующее значение линейного напряжения, при котором электроустановки могут работать нормально и развивать мощность, указанную в паспорте (номинальную мощность).

Номинальные напряжения установлены для согласования режимов работы всех элементов СЭС, начиная от генераторов электрических станций и закончивая самыми удаленными электроприёмниками. На эти же напряжения изготавливают электрооборудование.

Номинальное напряжение сети это то напряжение, которое необходимо для нормальной работы электроприемников, оно совпадает с номинальным напряжением приемников. Номинальное напряжение генераторов, также как и для вторичных обмоток трансформаторов принимается на 5 % выше номинального напряжения сети. Это вызвано необходимостью учета потерь напряжения, вызванных протеканием тока по проводам сети и поддерживать у потребителя номинальное напряжение.

Согласно ПУЭ имеются две категории напряжения **до** и **свыше 1000 В**.

Шкала номинальных линейных напряжений электроустановок до 1000 В определяется по ГОСТ 21128-83, свыше 1000 В по ГОСТ 721-77.

Шкала номинальных напряжений электроустановок до 1000 В

Вид тока	Номинальное напряжение	
	источников и преобразователей	СЭС, сетей и приемников
Постоянный	(6); 12; 24; (28,5); 36; 48; 60; (62); 115; 230; 460	(6); 12; 24; (27); 36; 48; 60; 110; 220; 440
Переменный: однофазный	(6); 12; 24; (28,5); 36; 42; (62); (115); (133); 230	(6); 12; 24; (27); 36; (40); 42; (60); (110); (127); 220; 380
	36; 42; (230/133); 400/230; 690/400	36; (40); 42; (220/127); 380/220; 660/380
трехфазный		

Шкала номинальных напряжений электроустановок свыше 1000 В

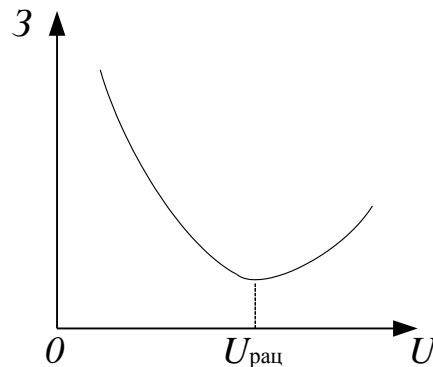
Сети и приемники	Генераторы и синхронные компенсаторы	Трансформаторы и автотрансформаторы			
		без РПН		с РПН	
		первичные обмотки	вторичные обмотки	первичные обмотки	вторичные обмотки
(3)	(3,15)	(3); (3,15)*	(3,15); (3,3)	-	(3,15)
6	6,3	6; 6,3*	6,3; 6,6	6; 6,3*	6,3; 6,6
10	10,5	10; 10,5*	10,5; 11	10; 10,5*	10,5; 11
20	21	20	22	20; 21*	22
35	-	35	38,5	35; 36,75	38,5
110	-	-	121	110; 115	115; 121
(150)	-	-	(165)	(158)	(158)
220	-	-	242	220; 230	230; 242
330	-	330	347	330	330
500	-	500	525	500	-
750	-	750	787	750	-
1150	-	1150	1200	1150	-

Классификация и применение напряжений

Напряжение, кВ	до 1 кВ	(3) 6 – 35	110 – 220	330 – 750	1150, 1500
Охват территории	местные сети		район	регион	
Назначение	распределительные			системообразующие	

При увеличении номинального напряжения сети возрастает стоимость электрооборудования. С другой стороны, при снижении напряжения увеличиваются потери мощности и энергии, так как возрастает ток при той же передаваемой мощности.

Примерная зависимость приведенных затрат от напряжения показана на рисунке



Напряжение, при котором затраты имеют минимум, называется **рациональным**.

Рациональное напряжение зависит от длины линий и передаваемой мощности и может быть определено:

- по специальным таблицам;
- по номограммам;
- по эмпирическим формулам.

При определении рационального нестандартного напряжения по эмпирическим формулам (в кВ) можно воспользоваться, например, формулой Стилла:

$$U_{рац} = 4,34 \cdot \sqrt{16 \cdot P + L}.$$

где P – передаваемая расчетная активная мощность на одну цепь, МВт;

L – длина линии, км.

Эта формула дает приемлемые результаты при $L \leq 250$ км и $P \leq 60$ МВт.

При $L \leq 1000$ км и $P_p \geq 60$ МВт в расчетах рационального напряжения можно использовать формулу Залеского

$$U_{рац} = \sqrt{P \cdot (0,1 + 0,15 \cdot \sqrt{L})}.$$

Также для расчетов довольно часто применяют формулу Илларионова, дающую удовлетворительные результаты для шкалы напряжений от 35 до 1150 кВ при больших протяженностях линии и значительных мощностях, особенно при $P \geq 1000$ МВт:

$$U_{рац} = \frac{1000}{\sqrt{500/L + 2500/P}}.$$

Результатом расчета по приведенным выше формулам является нестандартное рациональное напряжение, поэтому после расчета обычно намечают два ближайших стандартных напряжения (больше и меньше рационального). Окончательно номинальное напряжение электрической сети выбирается путем технико-экономического сравнения.

Для намеченных вариантов номинальных напряжений определяют ежегодные приведенные затраты на строительство и эксплуатацию (стоимость обслуживания, ремонта, амортизационные отчисления, стоимость потерь электроэнергии).

$$Z = E_n \cdot K + И,$$

где E_n – нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных вложений (для расчетов в электроэнергетике довольно часто $E_n = 0,1 \text{ год}^{-1}$);

K – капитальные вложения, руб.;

$И$ – ежегодные эксплуатационные расходы, руб./год, предполагаемые неизменными в течение всего рассматриваемого периода эксплуатации;

Вариант с меньшими затратами принимают за оптимальный.

При учебном проектировании допускается округлять рациональное напряжение до одного ближайшего стандартного.

Следует отметить, что при реальном проектировании выбор номинального напряжения весьма ограничен. Как правило, электрическая сеть не проектируется «с нуля», а представляет собой динамически развивающийся объект. Поэтому проектирование сводится к развитию сети, когда новые отдельные участки необходимо привязать к уже существующей сети. В этих условиях номинальное напряжение новых участков во многом предопределено уже имеющимися в районе напряжениями.

Пример.

Проектируется завод с максимальной нагрузкой 32 МВ·А и средним $\cos \varphi = 0,92$. Завод предполагается питать от районной подстанции, имеющей напряжения 110, 35 и 10 кВ, которая удалена от завода на 50 км.

Требуется выбрать предварительное напряжение ЛЭП для этой цели.

Решение.

Определяем передаваемую активную мощность по ЛЭП

$$P_p = S_{\max} \cdot \cos \varphi,$$
$$P_p = 32 \cdot 0,92 = 29,44 \text{ МВт.}$$

Рассчитаем рациональное напряжение по формуле Стилла:

$$U_{\text{рац}} = 4,34 \cdot \sqrt{16 \cdot P_p + L},$$
$$U_{\text{рац}} = 4,34 \cdot \sqrt{16 \cdot 29,44 + 50} = 99,07 \text{ кВ.}$$

Округляем найденное напряжение до ближайшего стандартного – 110 кВ, при помощи которого и будет запитан завод.

Также в качестве рационального напряжения возможен вариант 35 кВ. Эффективность того или иного варианта необходимо доказывать при помощи технико-экономических расчетов, с учетом цен и издержек в электроэнергетике на каждый конкретный объект.