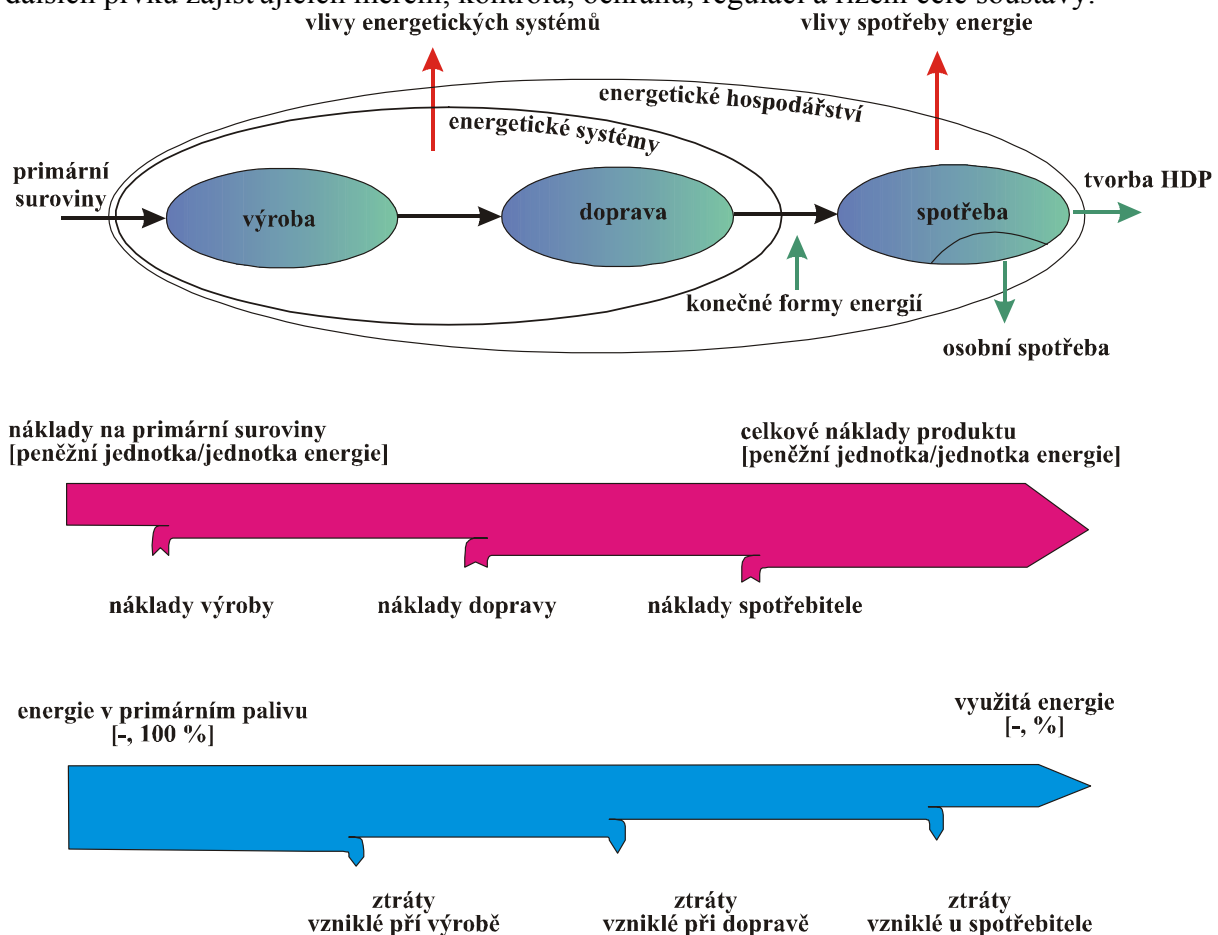


1. Elektrizační soustava (ES):

Energetický systém zajišťující výrobu a dopravu elektrické energie (konečná energetická forma) ke spotřebiteli a její využití spotřebiteli - obr.1. Tento systém je charakterizován energetickými ztrátami a nákladovými toky spojenými s realizací a provozem ES. Doprava se děje prostřednictvím přenosové soustavy (PS) a distribučních soustav (DS), popřípadě lokálních distribučních soustav (LDS). ES – obr.2, je centrálně a jednotně řízený soubor paralelně pracujících elektráren, elektrických přenosových a rozvodných zařízení a elektrických spotřebičů se společnou výkonovou rezervou. Jejím hlavním úkolem je spolehlivá dodávka dostatečného množství elektrické energie všem odběratelům v dohodnuté kvalitě, s minimálními náklady, při zaručené bezpečnosti práce. Kromě hlavního výrobního, přenosového a distribučního zařízení, které tvoří hlavní prvky tohoto systému, obsahuje řadu dalších prvků zajišťujících měření, kontrolu, ochranu, regulaci a řízení celé soustavy.



obr.1

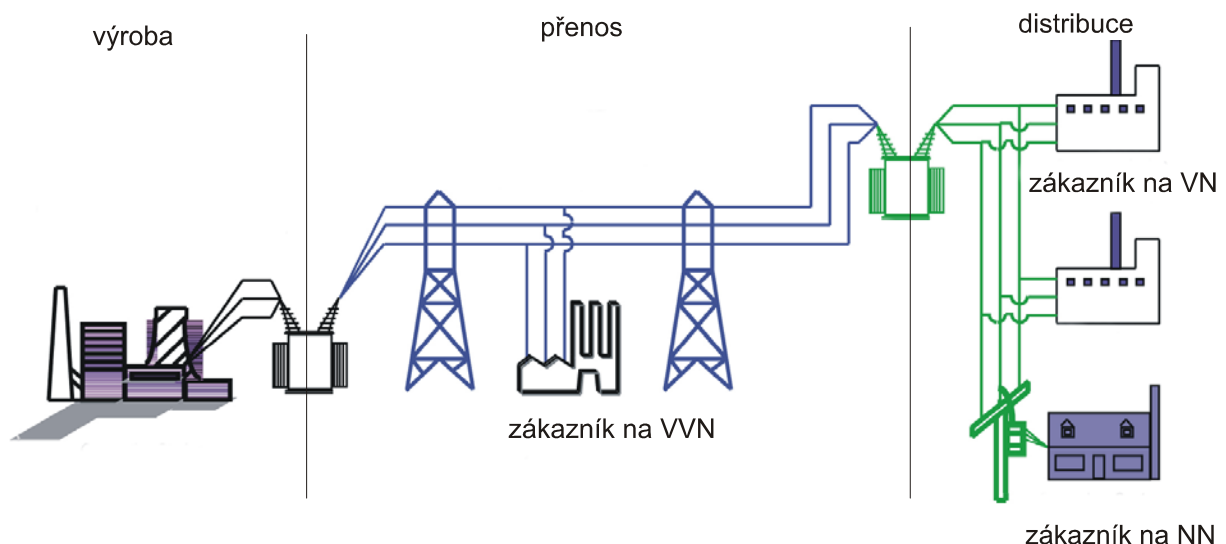
PS - Přenosová soustava představuje jeden ze základních subsystémů elektrizační soustavy, který propojuje všechny významné subjekty (elektrárny, velké podniky, apod.) v elektrizační soustavě a zajišťuje rozhodující podíl zahraniční spolupráce. Dále zajišťuje přenos elektřiny, provoz, údržbu a rozvoj přenosové soustavy a především dispečerské řízení elektrizační soustavy v reálném čase. Jako systémovou službu dále zpracovává a testuje plán obrany přenosové soustavy proti šíření poruch a plán obnovy elektrizační soustavy po rozsáhlých systémových poruchách. Technicky řídí systémové služby, jako je regulace výkonu a kmitočtu, regulace napětí a jalového výkonu a řídí potřebné výkonové rezervy.

DS - je soustava zařízení pro rozvod elektřiny z přenosové soustavy nebo ze zdrojů zapojených do ní ke koncovým uživatelům. Součástí distribuční soustavy jsou i její řídicí,

ochranné, zabezpečovací a informační systémy. V podmínkách elektrizační soustavy ČR se jedná o rozvody a zařízení do maximálního napětí 110 kV.

ES představuje tzv. propojené soustavy, tj. systémy dvou nebo více rozvodů vzájemně propojené mezisystémovými propojeními, jelikož v každé soustavě jsou různé typy zdrojů elektrické energie. Ze systému propojených soustav vyplývá několik zásadních výhod:

1. efektivní využívání různých typů zdrojů elektrické energie (soustavě jsou např. vzájemně propojeny tepelné, jaderné a vodní elektrárny).
2. možnosti výměny elektrické energie z důvodů posunů špiček zatížení v různých soustavách (např. nějaký podnik rozjíždí svou výrobu každé ráno v 6.00 a zapnutí strojů by mohlo při samostatném napojení na vodní elektrárnu způsobit zátěžovou špičku, jenž by vyhodila úplně proud v celé rozvodné síti).
3. snížení nutných záloh energií v jednotlivých soustavách (aby se zabránilo výpadku, je nutné regulovat a stabilizovat frekvenci, což v uzavřené soustavě znamená mít určitou zálohu energie, kterou je možné při poklesu frekvence do sítě pustit).
4. zvýšená kvalita dodávané energie (jedná se především o stálost frekvence, podle předchozího bodu).
5. nespornou výhodou vzájemného propojení elektrizační soustavy je relativně snazší regulace poruch a vyrovnávání možných přetížení v síti (do určité míry).



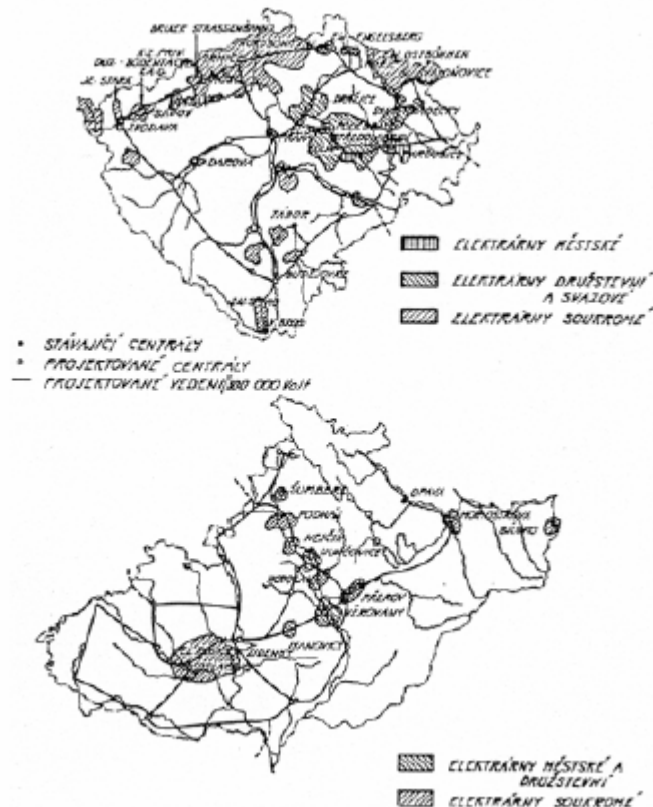
obr.2

Počátky elektrizace a ES na území ČR

1878 – Prvním využitím elektrické energie v českých zemích byla instalace šesti obloukových lamp pro osvětlení tkalcovny lnu v Moravské Třebové. Lampy s proudem 25 A napájelo dynamo systém Gramme. V následujícím roce bylo použito elektrické osvětlení v továrně na kůže v Dřevěném Mlýně u Jihlavy. Výroba a zavádění elektrické energie do pražské aglomerace je bezprostředně spjata se jménem českého elektrotechnika a průmyslníka Františka Křižíka. V roce 1883 osvětlovaly Křižíkovy elektrické obloukové lampy Staroměstské náměstí. Postupně pokračovala elektrizace dalších objektů na území Čech. Výrobní zdroje přestaly sloužit pouze jejich zřizovatelům, ale vyráběná elektřina byla rozváděna, většinou vrchním vedením různých napěťových soustav, dalším odběratelům.

1889 – Za první veřejnou elektrárnu v Čechách se považuje instalace dynama v Žižkovské plynárně. Sloužilo zejména pro elektrické osvětlení. Příležitostí k dalšímu zavedení elektrické energie pro pohon dopravního prostředku se stala Zemská jubilejní výstava v roce 1891. Byla to první průmyslová výstava na evropském kontinentě. Císař Františku Křižíkovi koncesi pro

stavbu a provoz elektrické dráhy – první elektrická dráha vedla od horní stanice lanové dráhy na Letné k hornímu vchodu do Královské obory. Vznikaly tzv. Městské elektrárny, které se staly nejen výrobci, ale i distributory elektriny. Městské elektrárny z počátku vyráběly energii především pro zajištění veřejného osvětlení. Na vzniklou elektrickou síť byly později postupně připojovány domácnosti. Zdrojem energie byla stejnosměrná dynamo.



obr 3.

1897 – Schválen projekt výstavby elektrárny v pražských Holešovicích už s třífázovými generátory (1900 – Zahájen provoz prvních generátorů).

1918 - 1930

1918 – Ve vznikající ČSR je elektrifikováno 11% měst a obcí s 34% obyvatel.

1919 – Vydán zákon č. 438/1919 Sb. "O státní podpoře při zahájení soustavné elektrizace". Normalizováno síťové napětí 3x380 V/220 V, frekvence sítě 50 Hz, napětí primárních distribučních sítí 22 kV a 100 kV. (25 všeužitečných elektrárenských společností). Prohlášením podniku za všeužitečný se mu přikazovala povinnost zásobovat elektrinou na určitém území každého, kdo o to požádá, neprokáže-li se, že by připojení bylo nerentabilní. Současně s těmito povinnostmi dostaly všeužitečné společnosti značná práva a výhody. V první polovině dvacátého století už bylo jasné, kam se elektrárenství bude ubírat. Trend jednoznačně směřoval k velkým propojeným podnikům, schopným pokrýt většinu požadavků společnosti. Tím, že vlastníky společností byl nejen stát, ale i místní samospráva a spotřebitelé, postupovala elektrizace velice rychle. Ta podpořila i český průmysl, který se na rozvoji energetiky a elektrizaci podílel. Na konci 20. let byl již elektrický proud přístupný 70 procentům obyvatel obr 3.

1930 - 1940

Pokračující elektrizace byla přerušena začátkem II. světové války. Byly vybudovány další velké elektrárny - Oslavany, Třebonice, Poříčí I., Mydlovary, Kolín, Andělská hora u Liberce, Brno - Špitálka. Většina z nich již neexistuje nebo po přestavbě slouží jako teplárny. Na konci 30. let již bylo elektrifikováno 70 procent všech obcí a k elektrině tak mělo přístup 90 procent obyvatel, a to i přes hlubokou celosvětovou hospodářskou krizi (1929 - 1936), která brzdila

ještě rychlejší postup elektrizace zejména v chudších oblastech a na venkově. Většina elektřiny je nadále spotřebovávána pro osvětlení.

1940 - 1950

V důsledku zapojení české energetiky do válečného průmyslu rostl počet výroben i během války. Technický stav elektráren však byl špatný a zastaralý. Válkou velmi utrpěl rozvod elektrického vedení. Tak jako v celém hospodářství, došlo i v energetice po válce k výrazným změnám vlastnických poměrů. Byly zřízeny Československé energetické závody - 1946, které zajišťovaly výrobu a rozvod elektřiny. Energetika přešla na plánované hospodářství. Oproti předchozím letům již není většina elektřiny spotřebovávána pro osvětlení, ale elektrickými spotřebiči. V českých zemích se objevoval nedostatek elektřiny, což řešil dovoz z Polska a zákaz přímotopů.

Pro jednotné řízení byl vytvořen dispečink pro celou zemi, rozdělený na dva zemské dispečinky.

1950 - 1960

Přes všechna dobová negativa lze hodnotit období padesátých let z hlediska elektrizační soustavy jako velice úspěšné. Výkony tehdejších elektráren se díky modernizacím zvýšily dvakrát až třikrát. Rozvíjela se výměna elektřiny s okolními státy - NDR, Rakouskem a Polskem. Byly vybudovány elektrárny sloužící do současnosti v Hodoníně, Poříčí II., Opatovicích, Tisové, Mělnice a Vltavská kaskáda - Lipno, Orlík, Štěchovice, Kamýk. Začala se však projevovat neefektivnost průmyslu a spotřeba rostla rychleji než výkon elektráren. V polovině padesátých se začalo vyskytovat vypínání elektřiny pro domácnosti, nejprve zcela živelně, poté regulovaně tak, aby dodávky pro průmysl byly zajištěny. Z tohoto důvodu, ale i vlivem nedostatku spotřebičů a bytové krize, začala zaostávat spotřeba elektřiny v českých domácnostech oproti zahraničí. 1955 - elektrifikováno celé území českých zemí.

1958 – Založena CDO vznikla soustava Mír.

1960 - 1970

Pokračovalo budování elektrických sítí, především vedení o vyšších napětí, včetně mezinárodního propojení. V 1960 uveden do provozu první elektrárenský blok o výkonu 110 MW - Tisová a rozběhla výstavba velkých uhelných elektráren s bloky 110 MW a posléze i výstavba prvních bloků 200 MW. 1967 - uveden do provozu první 200MW elektrárenský blok v Ledvicích. Elektrizační soustava začala pracovat v rámci propojení elektrizačních soustav zemí RVHP. Byl zřízen trust Československé energetické závody, který se na konci šedesátých let rozdělil na České a Slovenské energetické závody. Spotřeba domácností oproti předchozímu období rostla rychleji i přes přetrvávající výpadky a vypínání, ale ke zpomalení růstu došlo u průmyslu. Po Berlínské a Bruselské krizi se snížil vývoz strojů a do rozvoje průmyslu se promítlo i omezení obchodních styků s Čínou. Téměř u konce byl proces intenzivní elektrifikace drah.

1970 - 1980

Pokračuje budování dalších velkých uhelných elektráren s bloky 200 MW v oblasti severních Čech v blízkosti hnědouhelných dolů - Počerady, Tušimice II., Chvaletice, Dětmárovice na severní Moravě. Plánované hospodářství se projevilo v energetice především v politice "levné elektřiny". Tato politika nevedla k racionalizaci spotřeby a k úsporám, čímž se naše země začala značně vzdalovat západním státům, které právě v tomto období, po tzv. "kubánské krizi", začaly hospodárněji nakládat s energiemi.

1978 -79 paralelní provoz Mír s JES SSSR. Dvoustraná výměna el energie s Rakouskem Sokolnice – Busamberg 2x 220 KV, 1 x 400 kV Slavětice – Dünhor přes ss spojkou, ostrovní provoz.

1980 - 1990

Nejdůležitější akcí elektroenergetiky byla výstavba Jaderné elektrárny Dukovany. Započala výstavba i druhé jaderné elektrárny v Temelíně. Politika levné elektřiny nadále přinášela

problémy a vedla k prohlubující se neefektivitě průmyslu a k plýtvání s elektřinou. Plně se ukázalo, že limity, sankce a normy, uplatňované pro usměrňování spotřeby, nemohou mít stejný efekt jako cena odpovídající nákladům. U průmyslu se takto uplatňovaly omezující regulační stupně a diagramy odběru s následnými majetkovými sankcemi v případě jejich nedodržení a u maloobděratelů limity spotřeby s penalizací v případě překročení. V období tzv. přestavby se objevila snaha, aby cena lépe odpovídala nákladům, ale bez většího úspěchu.

1990 - 2000

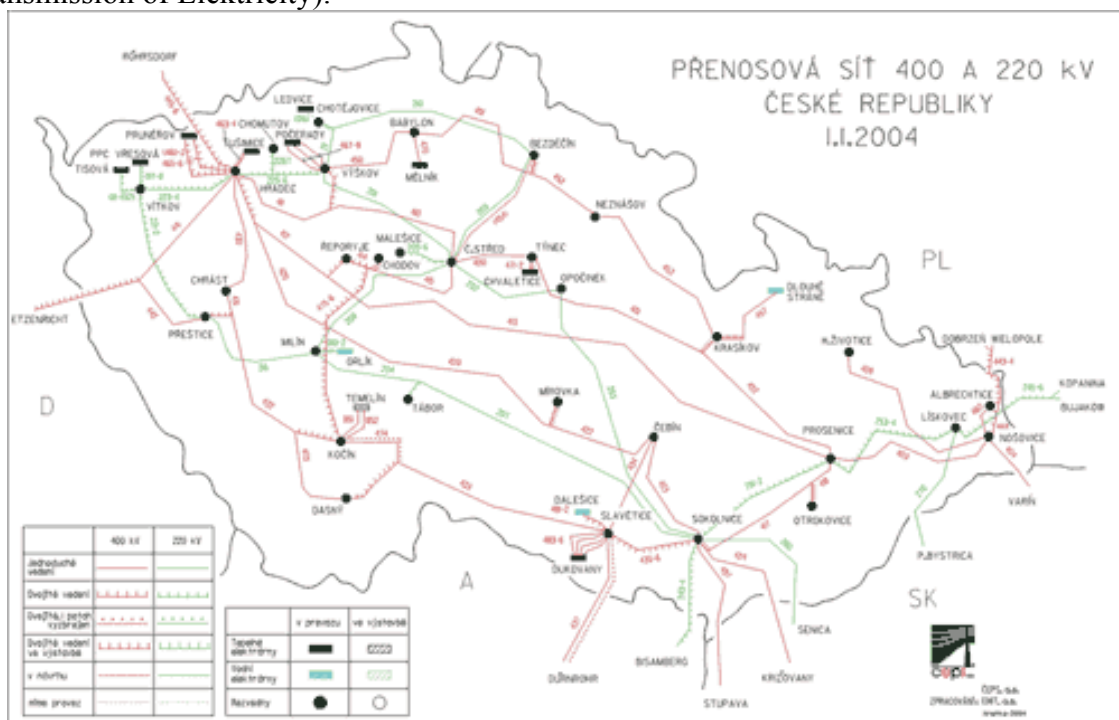
Po sametové revoluci prodělala i česká elektroenergetika zásadní změny. Ze státního podniku České energetické závody byly vyčleněny teplárenské podniky, opravárenské, montážní a další podniky a následně i osm distribučních společností, které dodávají elektřinu konečným zákazníkům. Projekt jaderné elektrárny Temelín byl přepracován a doplněn nejmodernější technologií. Zároveň bylo rozhodnuto o dostavbě pouze dvou bloků z původně plánovaných čtyř. Uhelne elektrárny byly kompletně odsířeny. Elektrizační soustava vstoupila jako první odvětví do Evropy a plně se propojila se západoevropskou soustavou. V roce 1992 byla založena soustava CENTREL – úkolem bylo co nejrychlejší připojení k soustavě UCPTÉ (Union for the coordination of production and transmission of electricity) a vznikl ČEZ.

Centrel – provozovatelé přenosové sítě -ČEPS, a.s. ČR; MAVIR ZRt. Maďarsko - Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zártkörűen Működő Részvénytársaság; PSE-Polsko Přenosny sytem Energoelektryki; SEPS – Slovensko Slovenská elektrizačná prenosová sústava, a.s.

1995 – zahájen pokusný paralelní provoz s UCPTÉ.

1997 - česká přenosová soustava byla trvale připojena k západoevropské soustavě UCTÉ, česká energetika jako první odvětví vstoupila plně do Evropy

1999 – řádný člen UCPTÉ a od roku 2001 UCTÉ (Union for the Coordination of Transmission of Electricity).



obr.4

Většina energetických společností byla plně privatizována, ČEZ a distribuční společnosti v rámci kuponové privatizace byly privatizovány z části. Spotřeba elektřiny v souvislosti s transformací ekonomiky na tržní prostředí poklesla, ale na konci devadesátých let již kopírovala vývoj HDP. Cena elektřiny začala postupně odrážet skutečné náklady.

2002 - zahájení zkušebního provozu prvního bloku Jaderné elektrárny Temelín
 2003 - uvedení druhého bloku Jaderné elektrárny Temelín do zkušebního provozu
 2003 – distribuce rozdělena do ČEZ, Eon.

Současná přenosová soustava ČR:

Celou přenosovou soustavu (obr.4) tvoří 38 rozvodných zařízení 420 kV a 245 kV umístěných ve 30 transformovnách, dále 2900 km tras vedení 400 kV a 1440 km tras vedení 220 kV. Do přenosové soustavy patří i dvě rozvodny 123 kV a 105 km tras vedení 110 kV. Struktura zařízení přenosové soustavy je uvedena tabulce 1. Z celkové délky vedení 110 kV až 400 kV (5 454 km) činí vedení vybavená optikou 2 628 km. Ve 30 transformovnách PS je celkový instalovaný výkon transformátorů 17 190 MVA a kompenzačních tlumivek 1 436 MVar.

Popis zařízení	Celkem ČR	Jednotky
Trasy vedení 400 kV	2 900	km
Trasy vedení 220 kV	1 440	km
Trasy vedení 110 kV	106	km
Délka vedení 400 kV	3 383	km
Délka vedení 220 kV	1 912	km
Délka vedení 110 kV	161	km
Zahraniční vedení 400 kV	10	ks
Zahraniční vedení 220 kV	6	ks
Zahraniční vedení 110 kV	0	ks
Rozvodny 420 kV	24	ks
Rozvodny 245 kV	14	ks
Rozvodny 123 kV	2	ks
Transformační výkon 400/220 kV	1 900	MVA
Transformační výkon 400/110 kV	11 290	MVA
Transformační výkon 220/110 kV	4 000	MVA
Transformační vazby 400/220 kV	4	ks
Transformační vazby 400/110 kV	41	ks
Transformační vazby 220/110 kV	20	ks
Kompenzační výkon 400 kV	660	MVar
Kompenzační výkon 35 kV	367	MVar
Kompenzační výkon 10 kV	409	MVar
Kompenzační uzly (tlumivky) 400 kV	4	ks
Kompenzační uzly (tlumivky) 35 kV	6	ks
Kompenzační uzly (tlumivky) 10 kV	9	ks

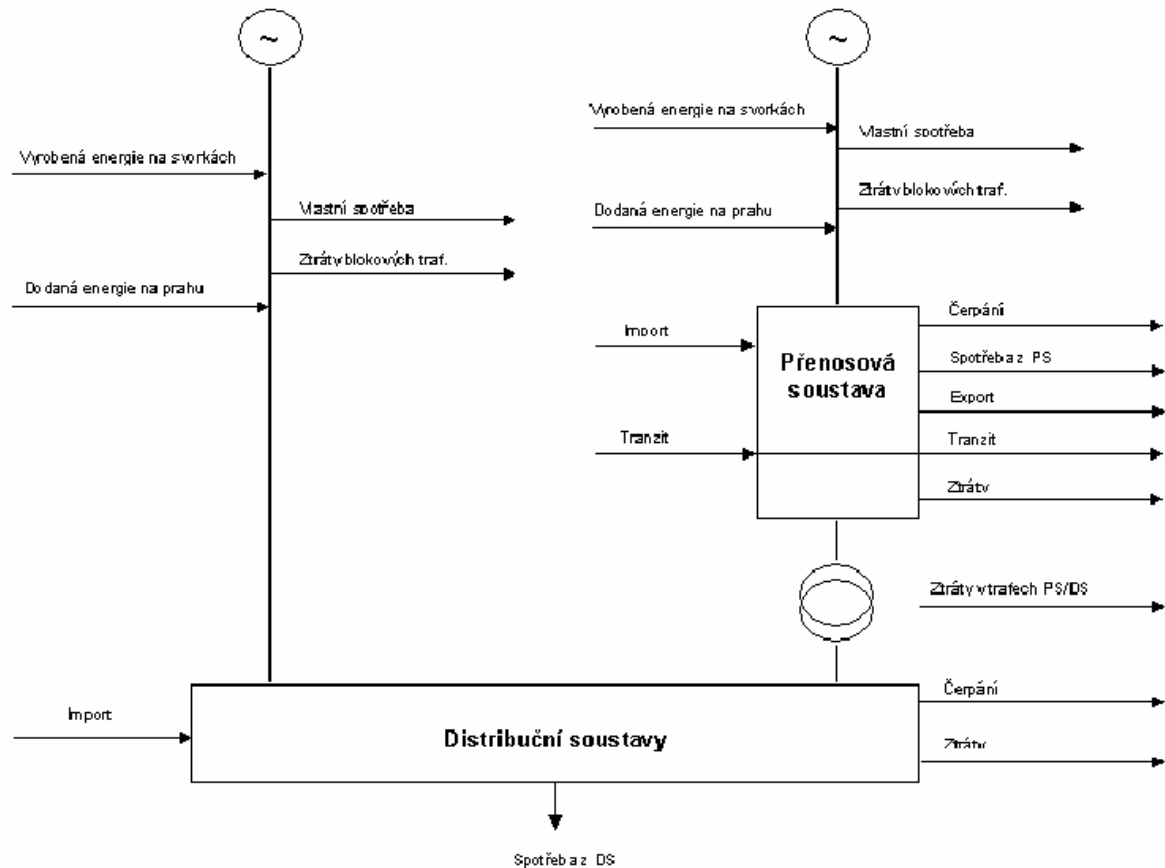
Tab.1

Ukazatele přenosové soustavy:

Lze je definovat na základě Energetická bilance

- Energetická bilance uvádí
 - pro daný územní celek celkové množství opatřené energie na straně jedné
 - a celkové množství spotřebované energie na straně druhé
 - a to za určité období, zpravidla:
 - rok
 - čtvrtletí
 - měsíc

- Obecně může být bilancována libovolná forma (druh) energie. Pro elektrickou energii je důležitá bilance elektrické energie ES (obr.5).



Obr.5

• Zpravidla se bilance zpracovávají ve formě tabulek a grafů, přičemž se v tuzemských i mezinárodních materiálech forma a detailnost energetických bilancí vzájemně často liší. Pojem výroba elektřiny se používá k označení množství elektřiny vyrobené v určitém časovém období (den, měsíc, rok) všemi zdroji dané oblasti (ES). Rozlišuje se:

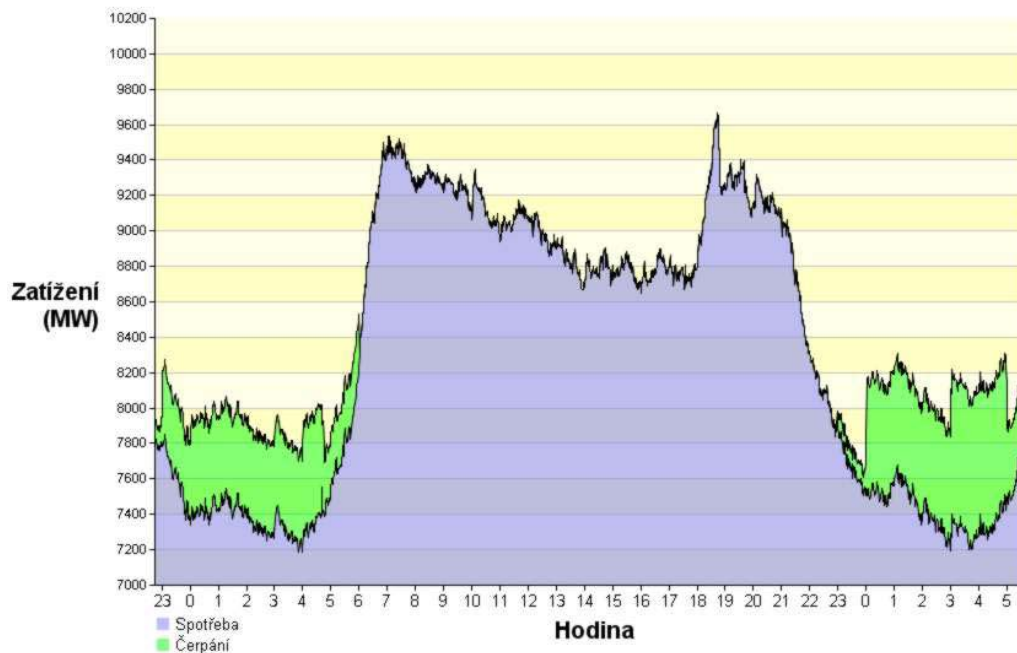
- brutto výroba elektřiny - je celkový součet vyrobené elektřiny změřené (nebo přepočtené) na svorkách všech generátorů dané ES,
- netto výroba elektřiny - je brutto výroba elektřiny bez vlastní spotřeby na výrobu elektřiny

Ztráty v elektrizační soustavě

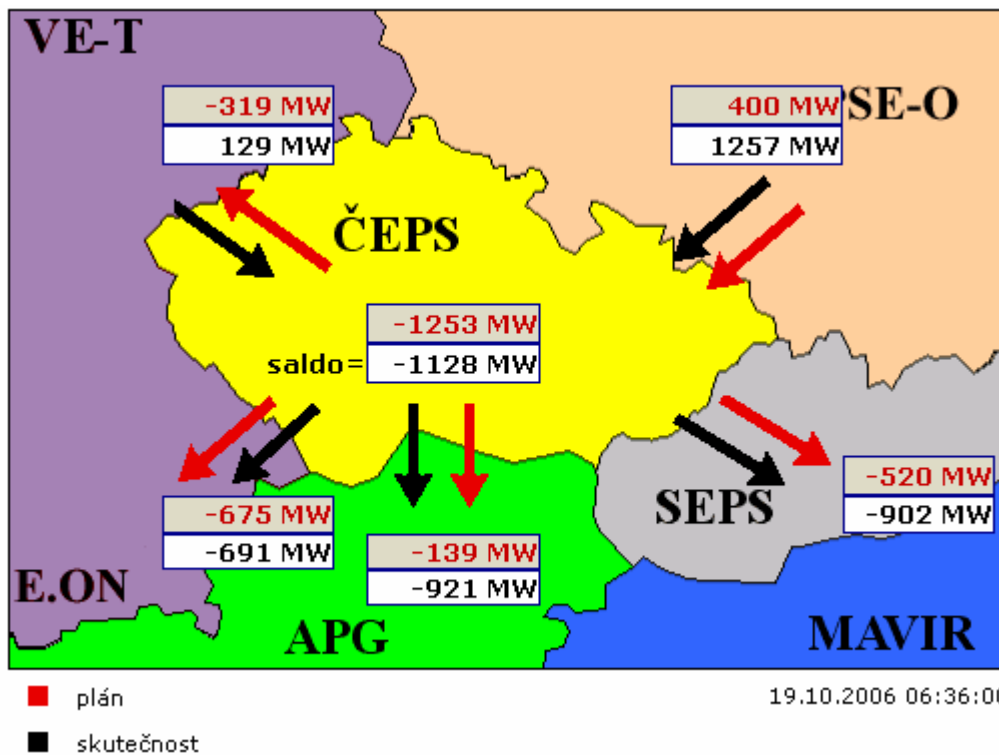
- označují množství (objem) elektřiny, které se spotřebuje při přenosu, přeměně a distribuci (rozvodu) elektřiny ve vedení elektrizační soustavy

Spotřeba elektrické energie má časově proměnný charakter a je přímo závislá na pracovní aktivitě a klimatických podmínkách. Grafickým znázorněním požadavků na spotřebu elektrické energie ze určité časové období je diagram zatížení (obr.6). Rozlišujeme:

- roční diagram zatížení (RDZ), je ovlivňován především přírodními cykly
- týdenní diagram zatížení (TDZ), je charakterizován střídáním pracovních a nepracovních dnů
- denní diagram zatížení (DDZ), je ovlivňován střídáním dne a noci, a střídáním pracovní a nepracovní doby



obr.6



obr.7

Propojování ES

Propojování ES přináší výhody, které lze klasifikovat:

- optimalizace využití instalovaných kapacit
- zvýšení spolehlivosti, snížení dopadu výpadků
- lepší řízení frekvence, minimalizace rušení
- napěťová stabilita
- snížení nutné rezervy výkonu
- poskytování vzájemné výpomoci v případě nouze

V Evropě existuje několik propojených soustav. Největší je • UCTE (The Union for the Co-ordination of Transmission of Elektriciry), pak NORDEL.

UCTE

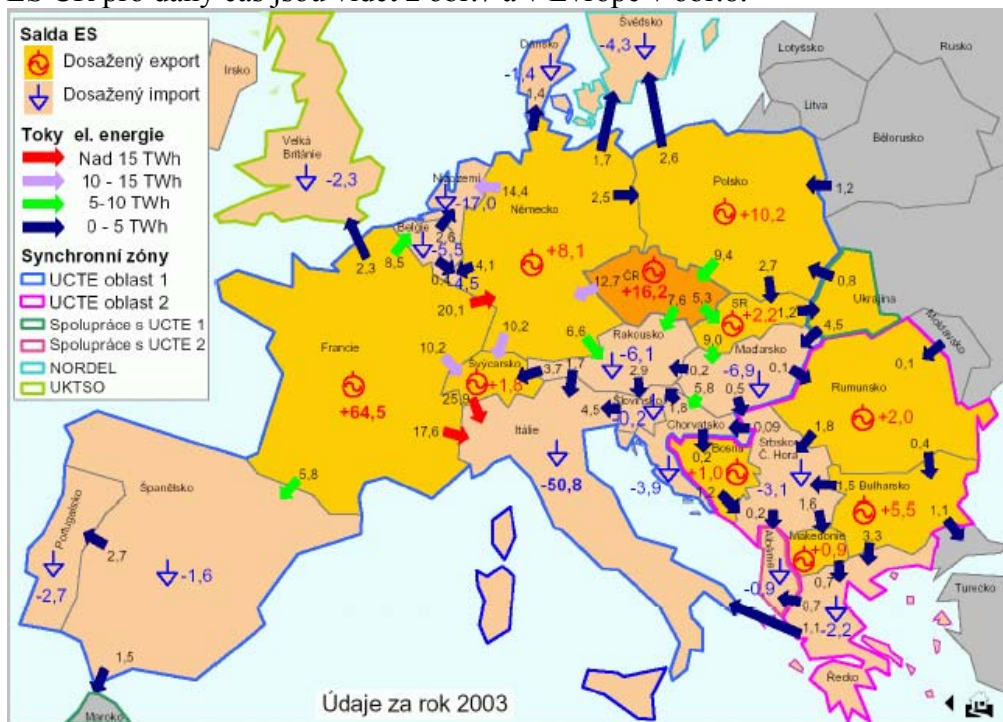
- od r. 1951 koordinuje provoz mezinárodních přenosových sítí vvn
- technická pravidla a doporučení k udržení frekvence 50 Hz, tj. udržení rovnováhy mezi výrobou a spotřebou elektřiny
- jeden z nejrozsáhlejších synchronně pracujících elektrických systémů na světě
- 23 zemí, 34 PPS, 530 GWe, 210 000 km vedení, 500 mil. obyvatel

Cíle UCTE:

- zajistit spolehlivý a bezpečný provoz propojených PS
- snížit náklady na přenos (koordinace el. toků, sdílení záložních výkonů)
- podpora mezinárodního trhu s elektrickou energií (právně, technicky)
- rozvoj trhu a propojení směrem na JV Evropy

Toky v ES a mezi soustavami

Mezi jednotlivými ES a propojenými soustavami dochází k výměně elektrické energie. Soustavy mohou spolupracovat s přímým propojením, nebo jsou řídicí systémy odděleny a dochází jen ke sjednané výměně na požadované výkonové hladině bez vzájemné koordinace. Toky v ES ČR pro daný čas jsou vidět z obr.7 a v Evropě v obr.8.



obr.8

2. Řízení elektrizačních soustav

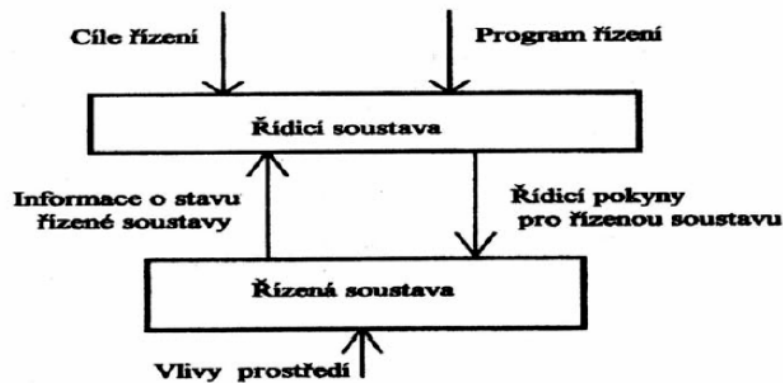
Řízení technologických procesů

Řídicí systém umožňuje cílevědomě působit na řízený objekt tak, aby vždy bylo dosaženo požadovaného stavu technologického systému podle projektu, při splnění technických standardů a norem.

Optimalizace řízení umožňuje pomocí matematického vyjádření respektovat ekonomické, technické, fyzikální a jiné požadavky kladené na chování technologického systému. Parametry jakosti řízení definuje zákazník. Zhotovitel řídicího systému musí prokázat

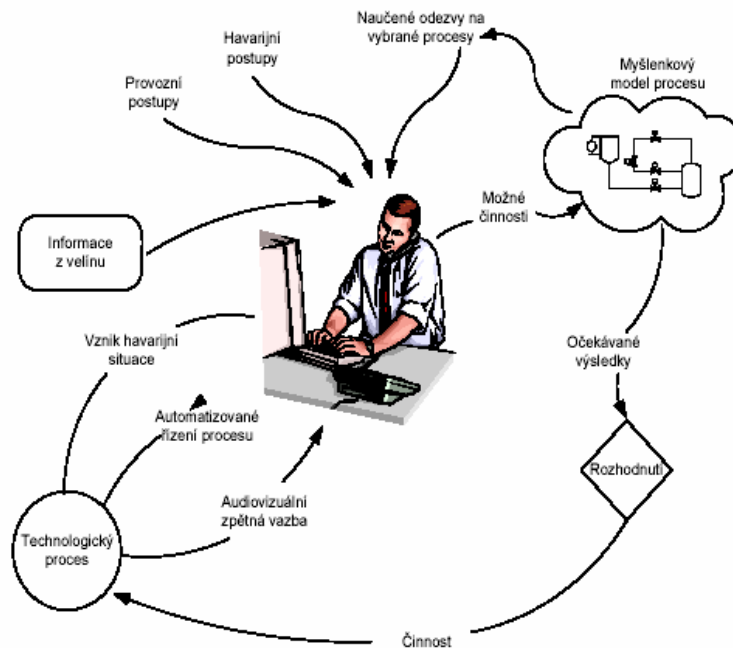
zákazníkovi nejen funkčnost odpovídající projektu, ale hlavně jakost provedeného díla. Proto je nejvhodnější, když v průběhu tvorby řídicího systému je vzájemně odsouhlasena definice znaků jakosti řídicího systému, způsob a podmínky, za kterých má být požadovaná jakost docílena.

V praxi používaným způsobem hodnocení dynamických vlastností regulačních obvodů a plnění požadavků na jejich funkci je vyhodnocování kritérií jakosti regulace. Tento postup posuzuje jakost regulace v časové oblasti podle tvaru odezvy na jednotkový impuls nebo jednotkový skok nebo pomocí integrálních kritérií nebo pomocí dalších speciálních funkcí.



obr.8

Od řídicího systému je požadováno plnění jednotlivých určitých úkolů buď úplně (obr.8), anebo částečně jako podíl na úkolu sdíleném s jiným systémem nebo s personálem (obr.9).



obr.9