

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
Katedra elektroenergetiky



Přenosová a distribuční soustava

A0M15EZS – Elektrické zdroje a soustavy

1. přednáška ZS 2011/2012

Ing. Tomáš Sýkora, Ph.D.



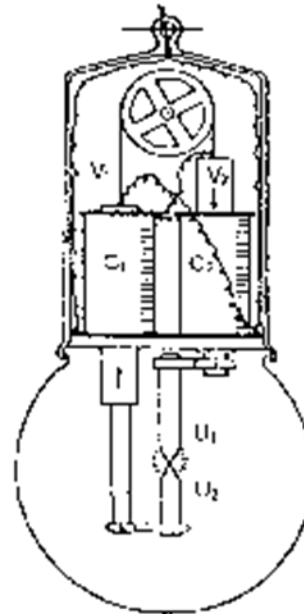
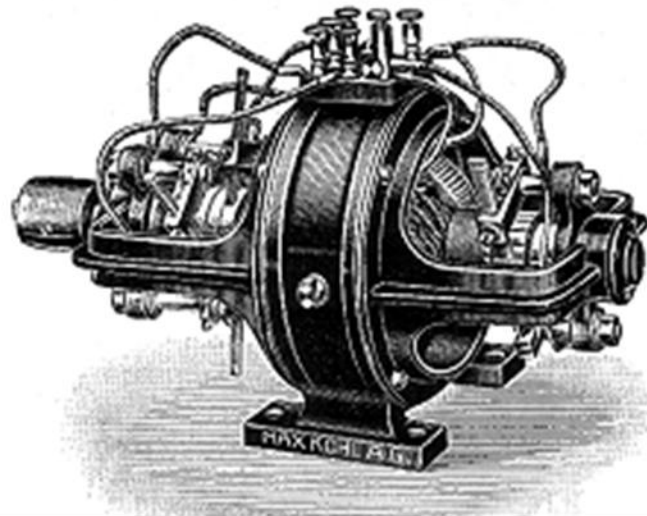
Historie vzniku elektrizačních soustav v ČR

- **1878** – prvním využitím elektrické energie v českých zemích byla instalace šesti obloukových lamp pro osvětlení tkalcovny Inu v Moravské Třebové. Lamy s proudem 25 A napájelo dynamo systém Gramme.
- 1879 – rozsvítla se světla v továrně na kůže **v Dřevěném Mlýně u Jihlavy** a elektrizace dalších objektů na sebe nenechala dlouho čekat. Výrobní zdroje již nesloužily pouze jejich zřizovatelům, ale vyráběná elektřina byla rozváděna, většinou vrchním vedením různých napěťových soustav a dalším odběratelům.
- Vznikaly tzv. **městské elektrárny**, které se staly nejen výrobci, ale i distributory elektřiny. 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 poháněná parními nebo naftovými motory.
- K monopolizaci přispěly i dobové technické možnosti použití střídavého proudu, jeho snadné transformace na libovolné napětí, a tím i možnost přenosu elektrické energie na podstatně větší vzdálenosti než umožňoval stejnosměrný proud.
- 1889 – za první veřejnou elektrárnu v Čechách se považuje instalace dynamo v Žižkovské plynárně, které sloužilo zejména pro elektrické osvětlení



Historie vzniku elektrizačních soustav v ČR

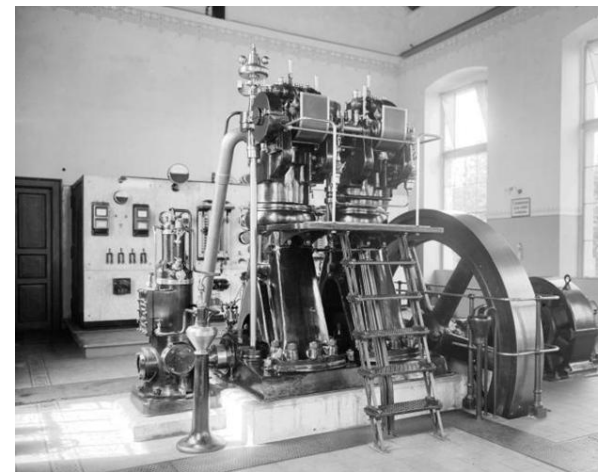
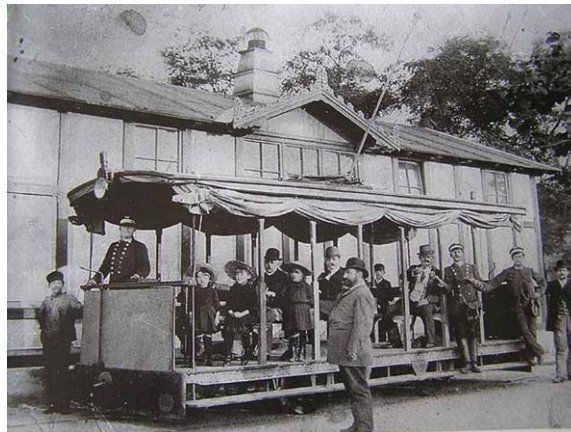
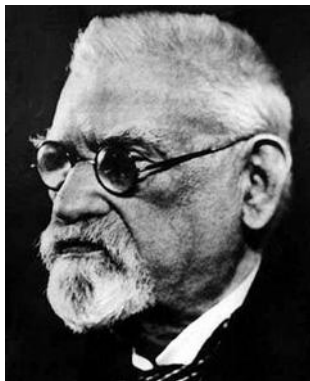
- Výroba a zavádění elektrické energie do pražské aglomerace je bezprostředně spjato se jménem českého elektrotechnika a průmyslníka **Františka Křižíka**. Narodil se v roce 1847 v Plánicích u Klatov.
- Po absolvování Českého učení technického nastoupil u rakouské dráhy. V roce **1883 osvětlovaly Křižíkovy elektrické obloukové lampy Staroměstské náměstí**; zdrojem stejnosměrného proudu byla dynamo poháněná plynovou turbinou.





Historie vzniku elektrizačních soustav v ČR

- 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. Patronát nad výstavou měl přímo císař, který při této příležitosti udělil Františku Křižíkovi koncesi pro stavbu a **provoz elektrické dráhy**.
- Podle ní postavil Křižík **první pokusnou elektrickou dráhu** od horní stanice lanové dráhy na Letné, Ovineckou ulicí až k hornímu vchodu do Královské obory. Měřila **800 metrů**; měla poprvé v Rakousko-Uhersku použitý kladkový sběrač proudu, elektromotor měl výkon osm koňských sil.
- Elektrický proud k pohonu vozů a k elektrickému osvětlení Ovinecké ulice i Královské Obory dodávalo **dynamo poháněné lokomobilou** v dřevěném objektu budovy u stanice letenské lanové dráhy.





Historie provozu elektrizačních soustav v ČR

- Elektřinou v Praze se zabývala zvláštní komise pro elektrické dráhy při městské radě, která se v roce **1897** změnila na správní radu elektrických drah a vytvořila **základ Elektrických podniků** královského hlavního města Prahy - (EP).
- Tato společnost do vínku dostala monopolní podnikání a provozování pražské dopravy, správu elektráren a rozvodu elektrické energie. Elektrické podniky měly v prvním roce své existence 6 administrativních zaměstnanců:
 - vrchního inženýra elektrotechnika
 - magistrátního sekretáře
 - inženýra elektrotechnika
 - inženýra pro stavbu drah
 - expedienta
 - sluhu
- **1897** – Schválen projekt výstavby **elektrárny v pražských Holešovicích** už s třífázovými generátory (1900 – Zahájen provoz prvních generátorů)
- **1918** – Ve vznikající **ČSR je elektrifikováno 11 %** měst a obcí s 34 % obyv.
- **1919** – Vydán zákon č. 438/1919 Sb. "O státní podpoře při zahájení soustavné elektrizace". Normalizováno síťové napětí 3x380V / 220V, frekvence sítě 50 Hz, napětí primárních distribučních sítí 22 kV a 100 kV. (25 všeužitečných elektrárenských společností)



Historie provozu elektrizačních soustav v ČR

- **1946** – zřízeny České energetické závody
 - prostředník mezi MPO a jednotlivými podniky
 - zřízen centrální dispečink pro řízení soustavy
- **1948 – 89**
 - vertikálně integrovaný systém: propojení výroby, přenosu a rozvodu elektrické energie až ke konečným zákazníkům
 - spojení výroby, přenosu a distribuce v jeden celek (územní monopol)
 - požadavek podpory ekonomického a sociálního rozvoje
 - plánované hospodářství s politikou „levné energie“
 - problémy s neefektivitou průmyslu a plýtvání energií
 - zpomalení ekonomického vzrůstu
- **1990 – 2000**
 - rozdělení Českých energetických závodů a jejich privatizace
 - oddělení teplárenských, oprávněných a montážních podniků
 - oddělení distribučních společností (REAS) vznik SČE, JČE, STE, VČE, PRE, ZČE, JME, SME
 - vyčlenění ČEPS jako provozovatele přenosové soustavy (srpen 1999)



Otevírání trhu s elektrickou energií v ČR

- Důvody k otevírání trhu:
 - technický vývoj vedoucí ke stavbě malých výrobních zdrojů v místě spotřeby schopných konkurovat velkým elektrárnám často značně vzdáleným od místa spotřeby
 - snaha odběratelů nakoupit elektřinu od levnějších výrobců
 - nižší efektivita monopolů než v podnicích pracujících v konkurenčním prostředí
 - znevýhodňování některých kategorií spotřebitelů na úkor druhých (používání dotací)
 - založeno na „**Energetickém zákoně č. 458/2000 Sb.**“

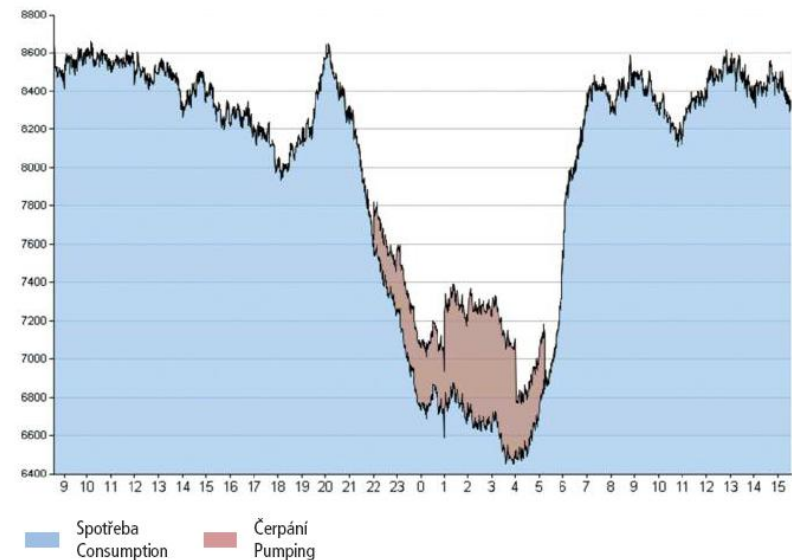
Datum	Spotřeba elektřiny	% otevření trhu
1.1.2002	< 40 GWh	30
1.1.2003	< 9 GWh	40
1.1.2005	< 100 MWh	50
1.1.2006	veškerá	100



Současný stav výroby a přenosu v ČR

- Elektrizaci soustavu České republiky tvoří:
 - přenosová vedení o napětí 400 kV, 220 kV a část 100 kV
 - elektrárny a.s. ČEZ
 - elektrárny ostatních výrobců
 - distribuční rozvod po vedeních 110 kV a vedeních nižších napětí
 - spotřebitelé elektrické energie
- Elektrizaci soustava 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.

Zatížení / Load (MW)

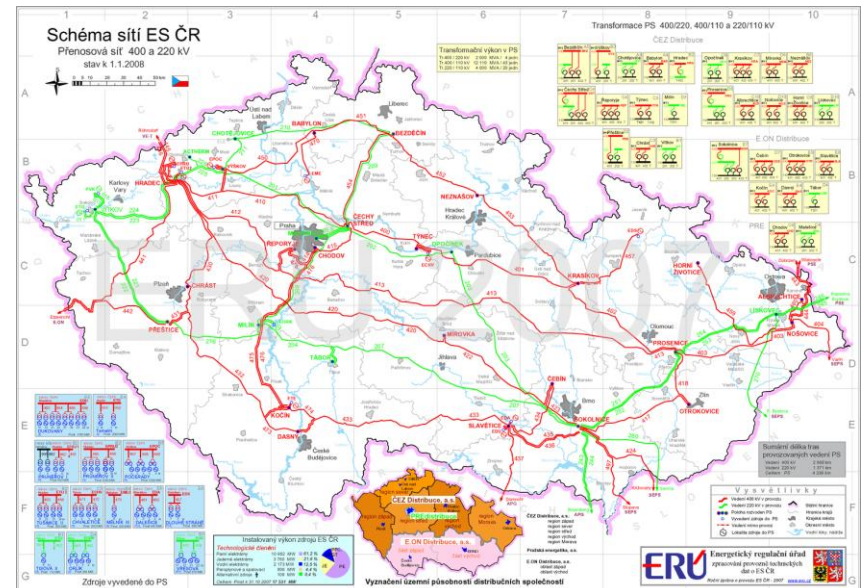




Přenosová a distribuční soustava

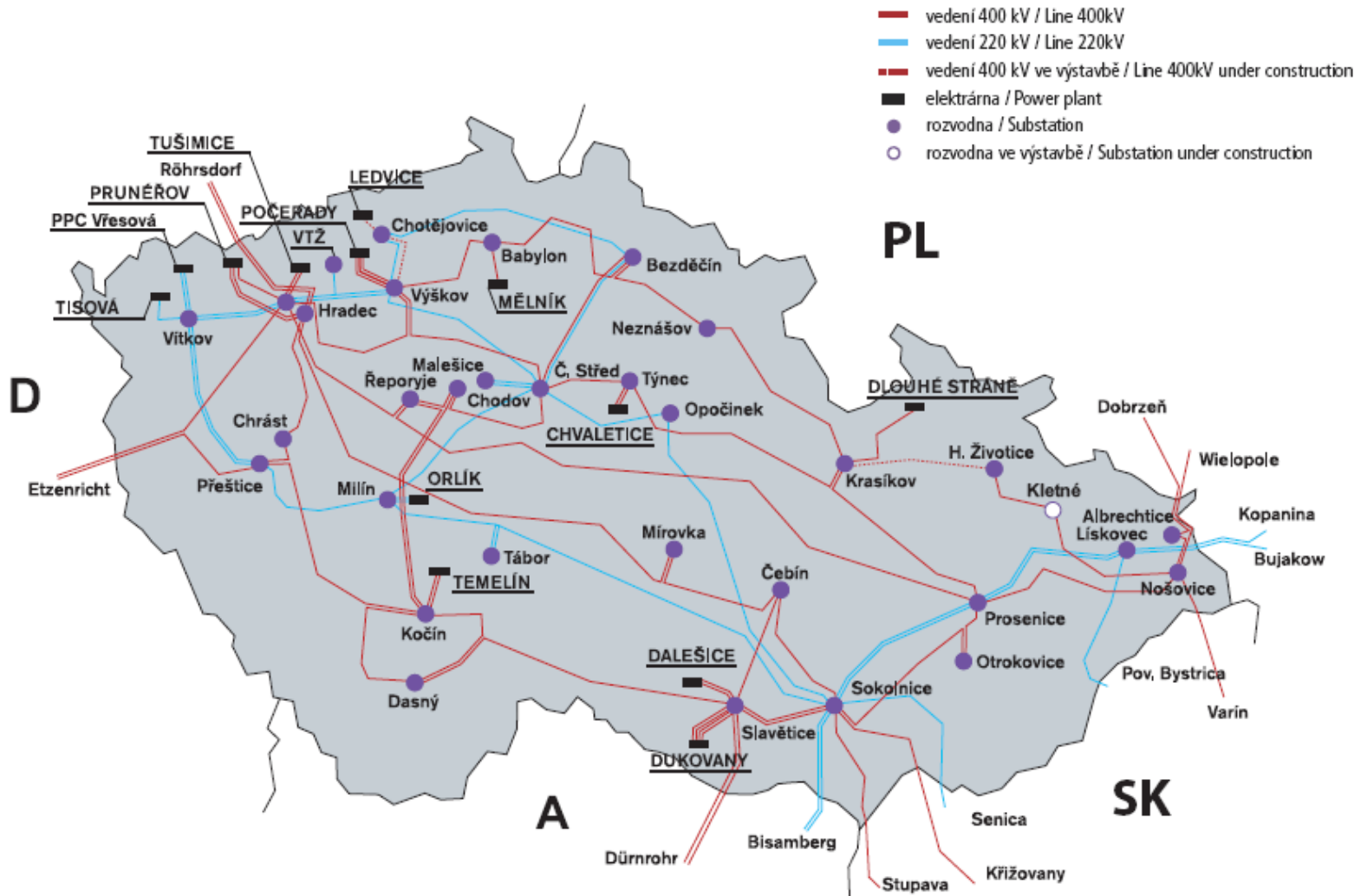
Uspořádání soustav v České republice

- přenosová (400, 220 kV):
 - velká rozloha na úrovni států či kontinentů
- rozdělovací (distribuční):
 - **primární** (110 kV) – rozloha na úrovni krajů
 - **sekundární** (22, 35 kV) – rozloha na úrovni okresů
- rozváděcí (distribuční):
 - **primární** (6 kV) – průmyslový rozvod, rozvod ve městech
 - **sekundární** (0,4 kV) - rozvod ve městech a obcích



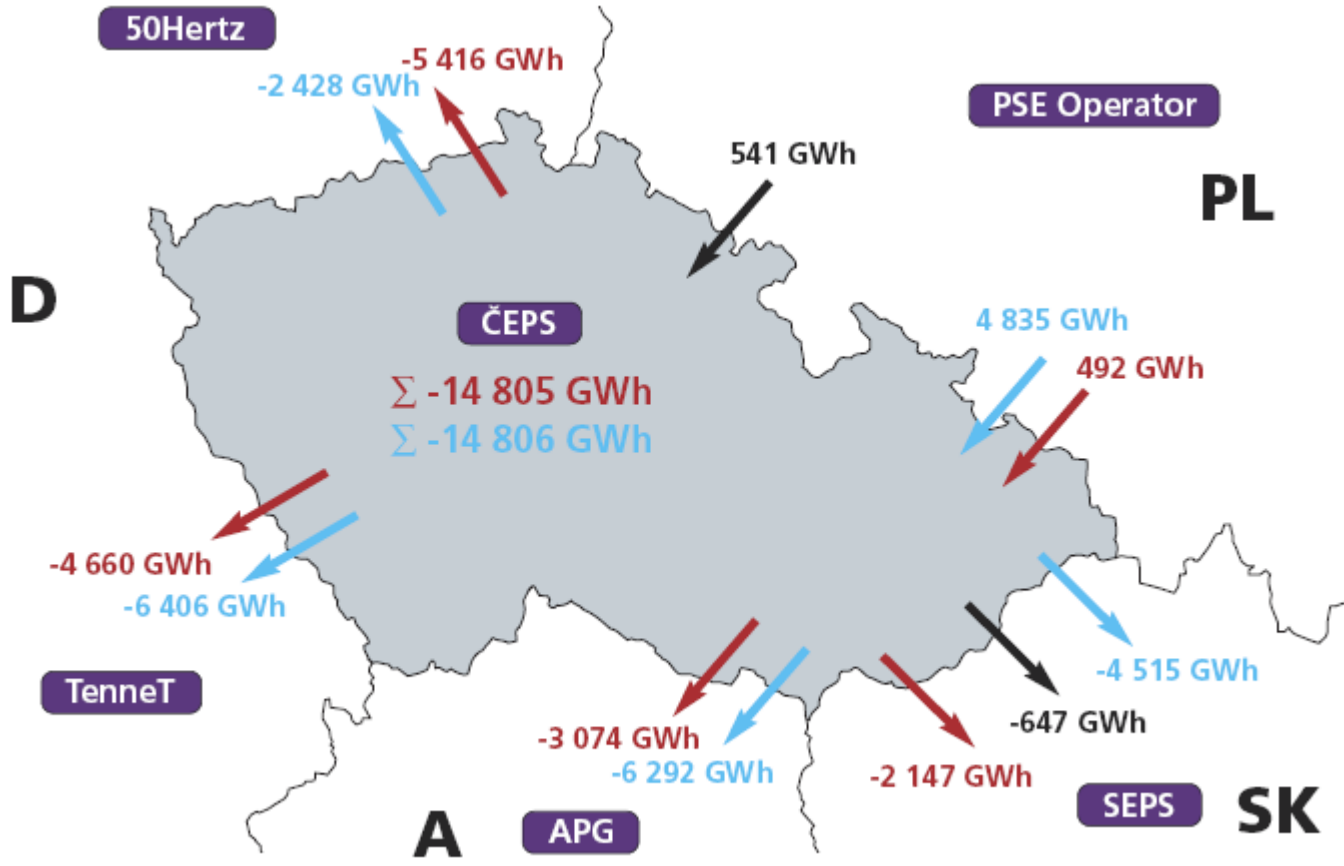


Přenosová a distribuční soustava





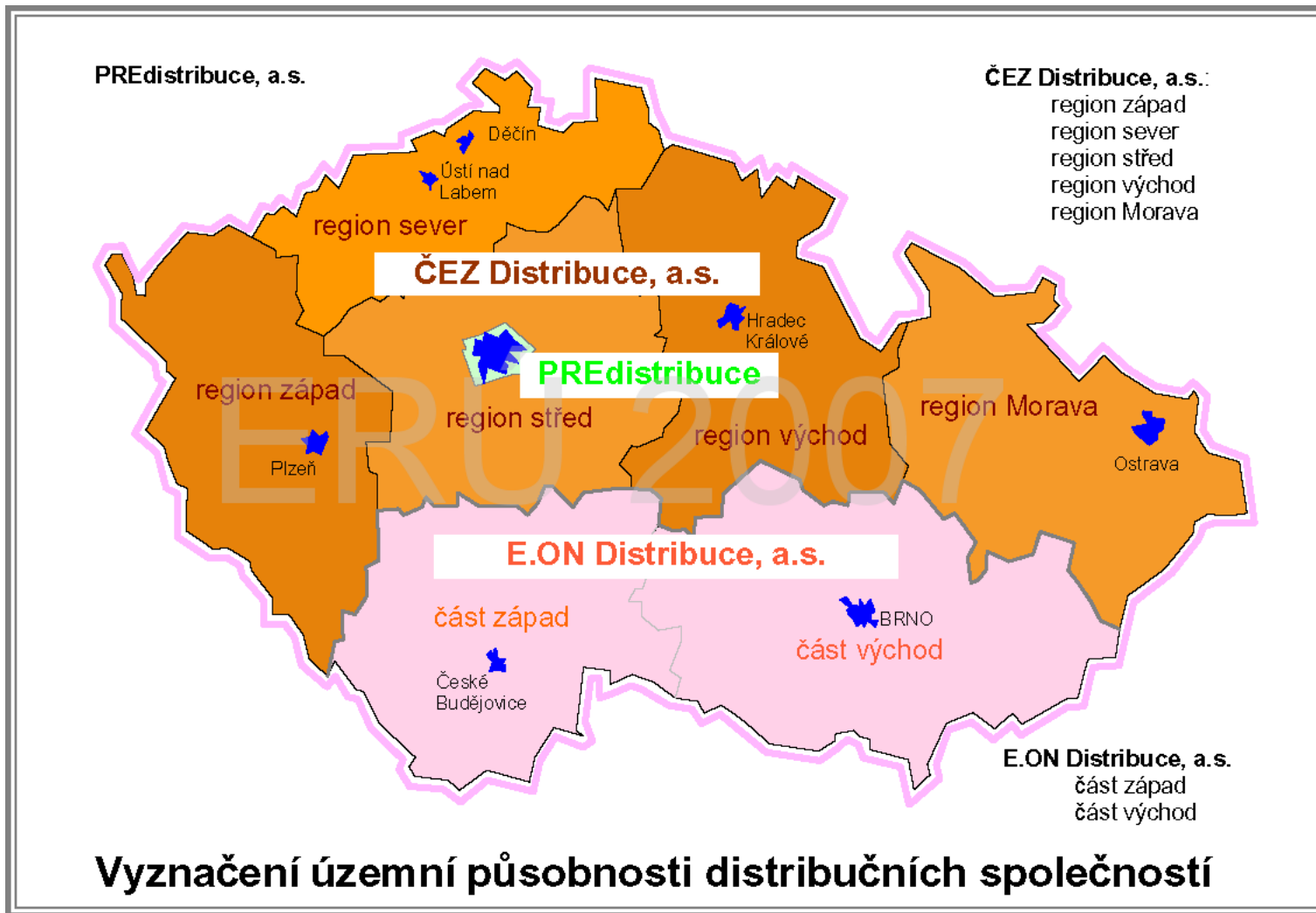
Přenosová soustava - bilance



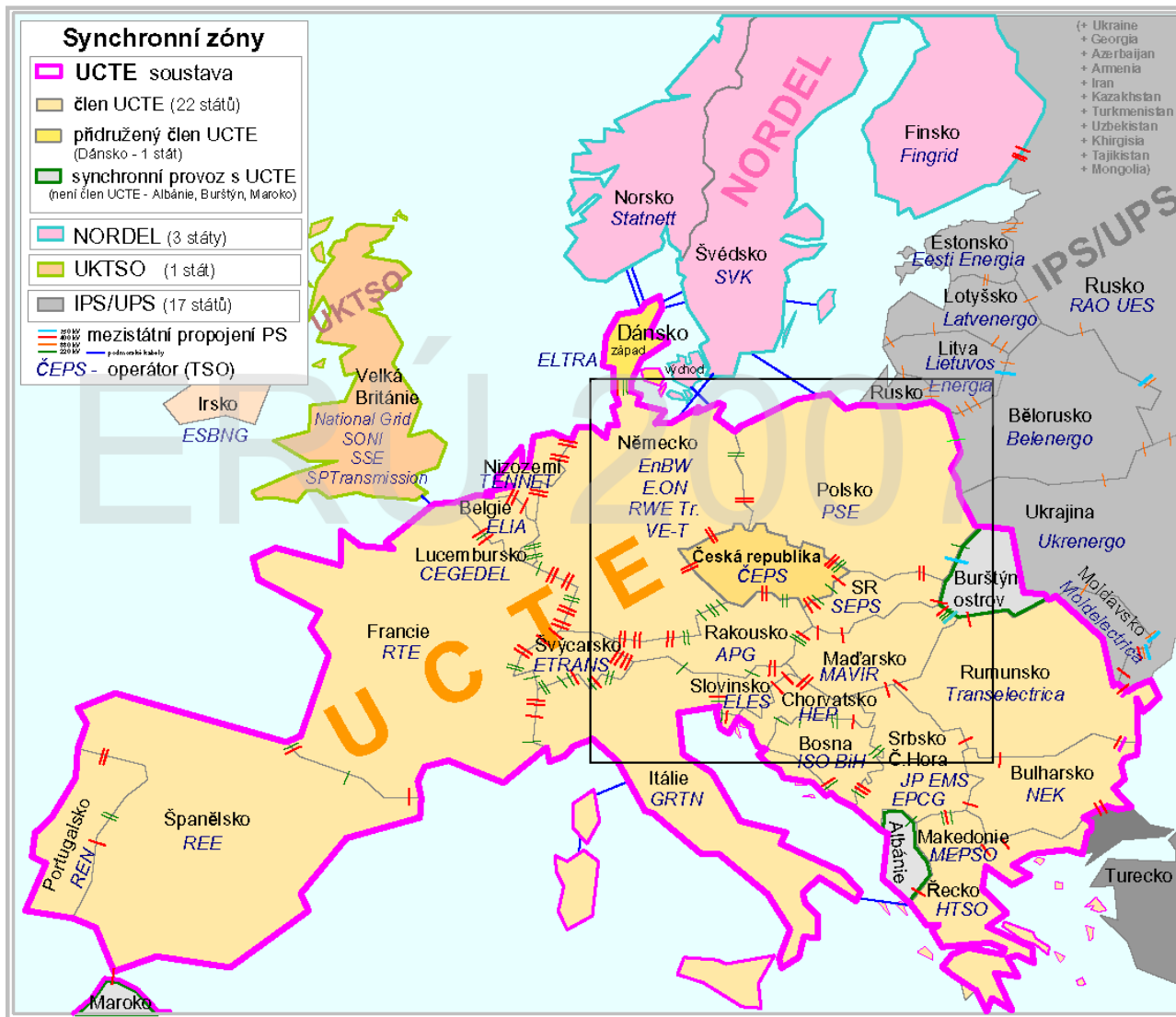
- Plánované výměny přes přenosovou soustavu, zahrnuté do regulačního salda ČR
Planned exchanges through the transmission system (controlled by the Central Control Centre)
- Skutečné výměny přes přenosovou soustavu, zahrnuté do regulačního salda ČR
Real exchanges through the transmission system (controlled by the Central Control Centre)
- Skutečné výměny po linkách 110 kV (a menších), nezahrnuté do regulačního salda ČR
Real exchanges through 110kV and lower voltage lines (not controlled by the Central Control Centre)



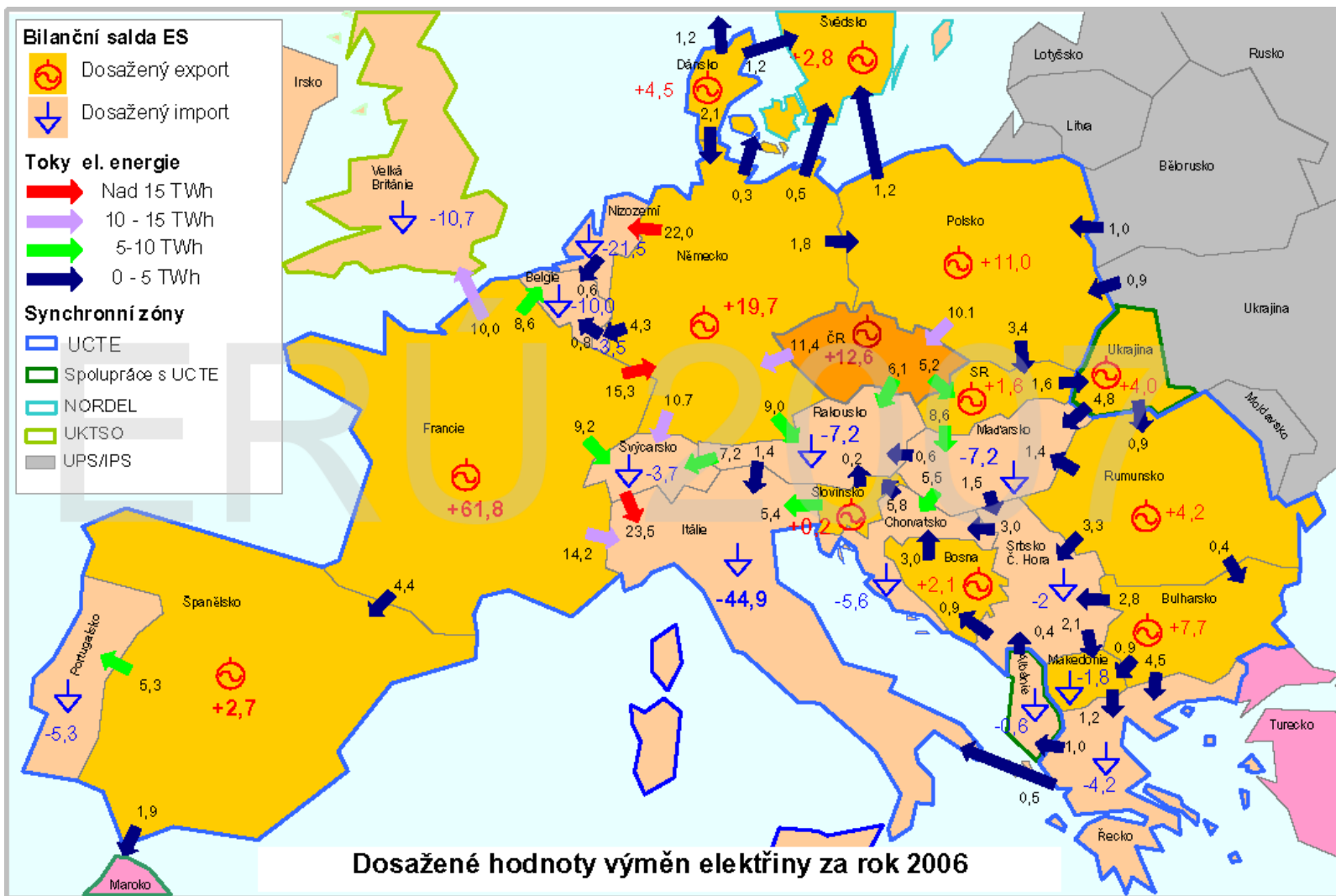
Distribuční soustava



Propojené přenosové soustavy střední Evropy



Propojené přenosové soustavy – salda výkonu





Kategorie napět'ových hladin

Kategorie napětí	Označení napětí	Název el. zařízení	Jmenovité napětí U (střídavé)		
			v uzemněné síti		v izolované síti
			mezi fází a zemí	mezi fázemi	mezi fázemi
I.	mn	malého napětí	$U \leq 50V$	$U \leq 50V$	$U \leq 50V$
II.	nn	nízkého napětí	$50 < U \leq 600V$	$50 < U \leq 1000V$	$50 < U \leq 1000V$
A	vn	vysokého napětí	$0,6 < U < 30kV$	$1 < U < 52kV$	$1 < U < 52kV$
B	vvn	velmi vysokého napětí	$30 \leq U < 171kV$	$52 \leq U < 300kV$	$52 \leq U < 300kV$
C	zvn	zvlášť vysokého napětí	-	$300 \leq U \leq 800kV$	-
D	uvm	ultra vysokého napětí	-	$U > 800kV$	-

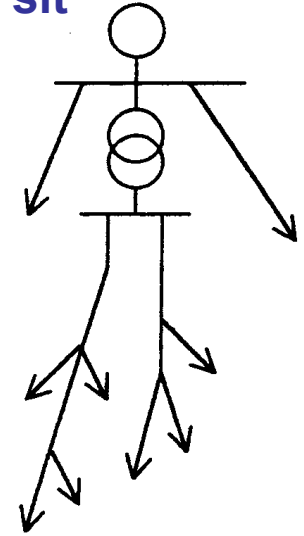


Přenosová a distribuční soustava

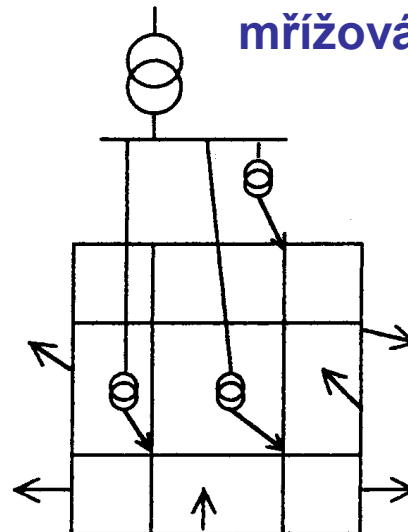
Zapojení jednotlivých elektrických sítí

- přenosová soustava (400, 220 kV):
 - okružní síť
- distribuční soustava (110 kV, 22, 35 kV)
 - síť paprsková nebo dvoupraprková
 - okružní síť
- distribuční soustava (6, 0,4 kV)
 - převážně paprsková síť
 - průběžná síť
 - mřížová síť

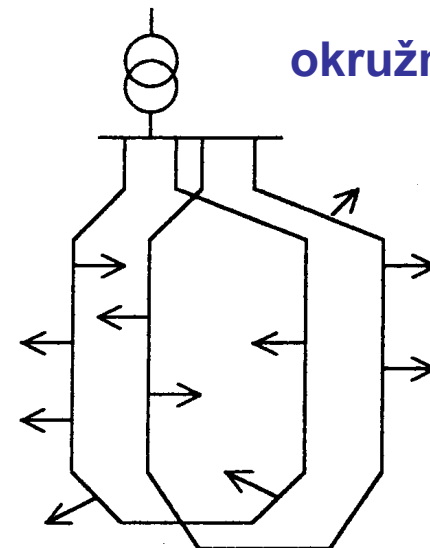
paprsková síť



mřížová síť



okružní síť





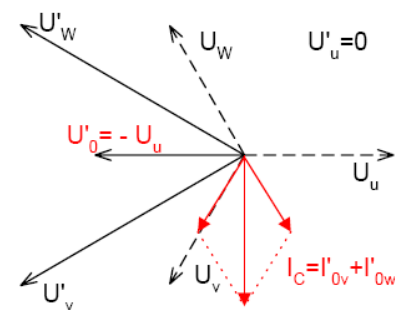
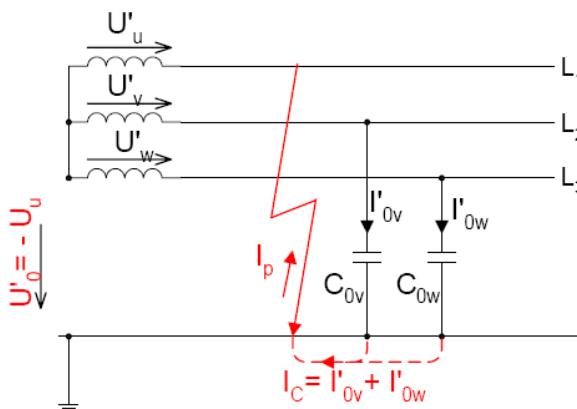
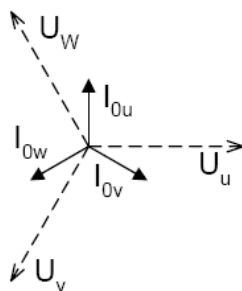
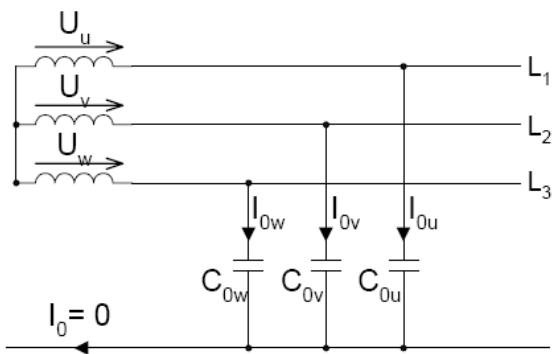
Zapojení uzlů transformátorů u elektrických soustav

Zapojení uzlu transformátoru má vliv na:

- velikost proudu při spojení jedné či více fází se zemí (výrazný vliv má na velikost jednopólového zkratového proudu)
- velikost napětí mezi fázovým vodičem a zemí

Izolované sítě

- uzel vinutí transformátoru není spojen se zemí
- při spojení jedné fáze se zemí vzroste napětí uzlu vinutí transformátoru vůči zemi na napětí fázové (před poruchou bylo nulové)
- napětí zdravých fází vzroste vůči zemi na napětí sdružené

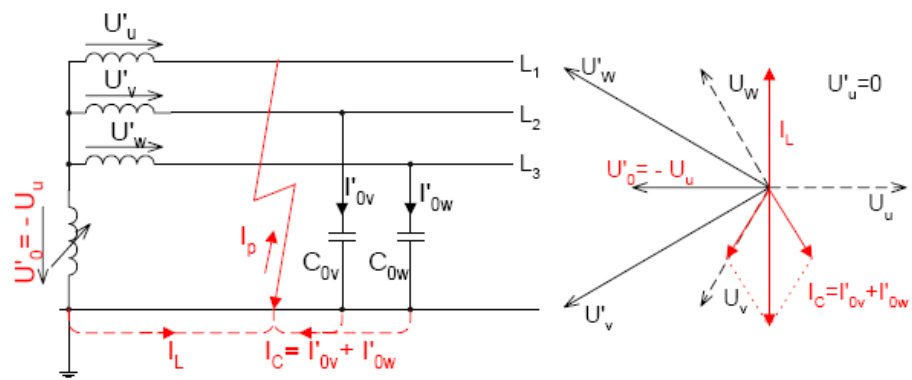
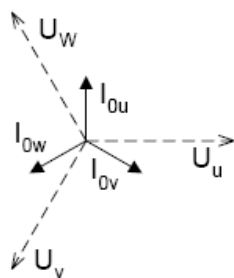
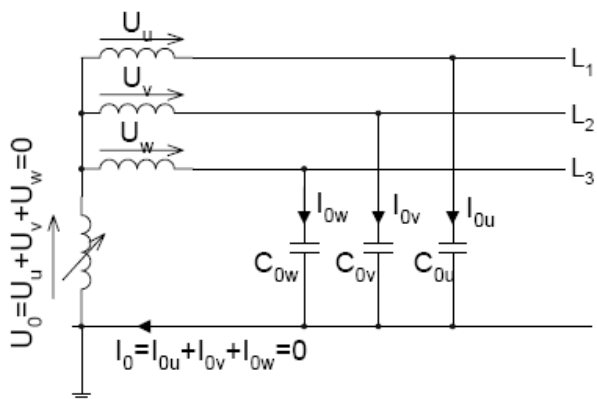




Zapojení uzlů transformátorů u elektrických soustav

Nepřímo uzemněné sítě

- **kompenzované sítě zhášecí tlumivkou**
- pro kompenzaci kapacitního zemního proudu se do uzlu transformátoru se pro kompenzaci zapojuje zhášecí (Petersenova) tlumivka
- při poruše se síť chová jako síť izolovaná
- kapacitní proud je závislý na konfiguraci sítě
- ekonomické výhody → nižší náklady na uzemnění
- kompenzace u venkovních vedení do proudu 300 A

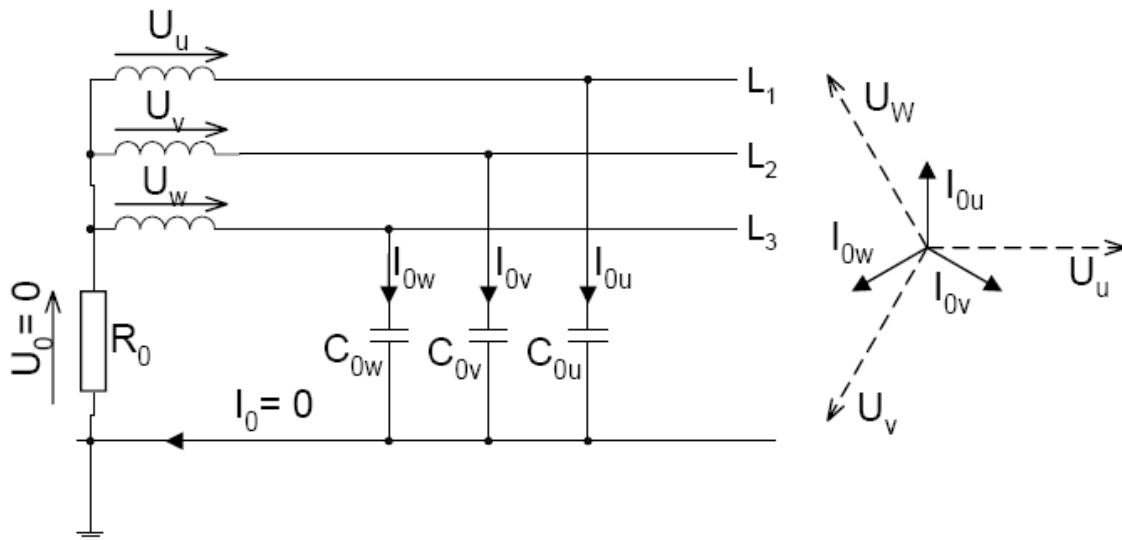




Zapojení uzlů transformátorů u elektrických soustav

Nepřímo uzemněné sítě

- **kompenzované sítě přes rezistor**
- uzel transformátoru je uzemněn přes rezistor
- především u kabelových sítí velkého rozsahu
- výhoda – tlumení přechodných jevů, omezení provozních přepětí
- nevýhoda – nutnost vypnutí postiženého úseku vedení





Přenosová a distribuční soustava

Literatura

- Fejt, Z., Čermák, J.: Elektroenergetika, Skripta ČVUT Praha
- Orságová, J.: Rozvodná zařízení, Skripta VUT Brno
- Trojánek, Z., Hájek, J., Kvasnica, P.: Přechodné jevy v elektrizačních soustavách. SNTL, Praha

- www.eru.cz
- www.ceps.cz
- www.cez.cz
- www.eon.cz
- www.pre.cz