Elektrárny
B1M15ENY

přednáška č. 1

Obecný přehled
Legislativa
Schéma vyvedení výkonu
Obecné požadavky na VS

Ing. Jan Špetlík, Ph.D.
ČVUT FEL Katedra elektroenergetiky
E-mail: **spetlij@fel.cvut.cz**

Dělení a provoz výroben elektrické energie

z legislativy:

elektrárna = „výrobna elektrické energie"

- **tepelné (parní) elektrárny (TE)**

  - na fosilní paliva
  - biomasu
  - paro-plynové elektrárny (elny s PPC)
  - spalovny odpadů (waste-to-energy)

EMĚ III (uhlí) 1x500 MW

Alholmens Kraft, FIN (biomasa + uhlí) 240 MW

Vřesová (PPC) 2x185 MW

Dělení a provoz výroben elektrické energie

- **<u>jaderné elektrárny (JE)</u>**
- **<u>větrné elektrárny (VTE)</u>**
- **<u>fotovoltaika (FVE)</u>**

JETE 2x1000 MW

FVE Ralsko 55,8 MW

Větrný park Kryštofovy Hamry 42 MW

Dělení a provoz výroben elektrické energie

- **<u>vodní elektrárny (VE)</u>**
- **<u>ostatní (geoterm., příliv…)</u>**

PVE Dlouhé Stráně 2x325 MW

Základní energetické pojmy

Elektrizační soustava (ES)

= vzájemně propojený soubor zařízení pro **výrobu**, **přenos**, **transformaci a distribuci elektřiny**, včetně elektrických přípojek a přímých vedení, a systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky

Výkon soustrojí výroben připojených do ES:

Instalovaný výkon (P_i)

= součet jmenovitých výkonů všech objektů **připojených** nebo **připojitelných** k ES

Dosažitelný výkon (P_d)

= maximální výkon, kterého může zařízení dostáhnout při správném stavu a normálních provozních podmínkách

Pohotový výkon (P_p)

= maximální dosažitelný výkon, kterého může zařízení dosáhnout v určité době s ohledem na všechny technické a provozní podmínky, získáme jej odečtením výkonů zařízení v **odstávkách**, **plánovaných revizích** či **neplánovaných výpadcích** od dosažitelného výkonu

Základní energetické pojmy

Výroba elektřiny (brutto)

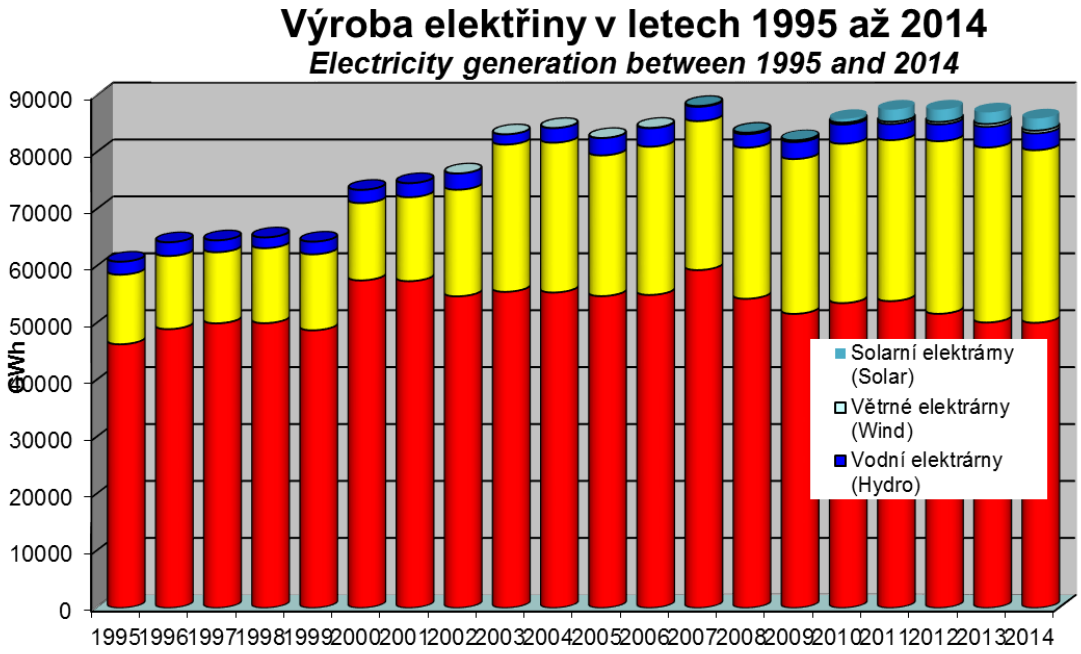
= celková výroba elektřiny na svorkách generátorů (zdrojů)

Výroba elektřiny (netto)

= výroba elektřiny brutto – technologická **vlastní spotřeba** na výrobu elektřiny (vč. ztrát).

Celkové ztráty v rozvodu

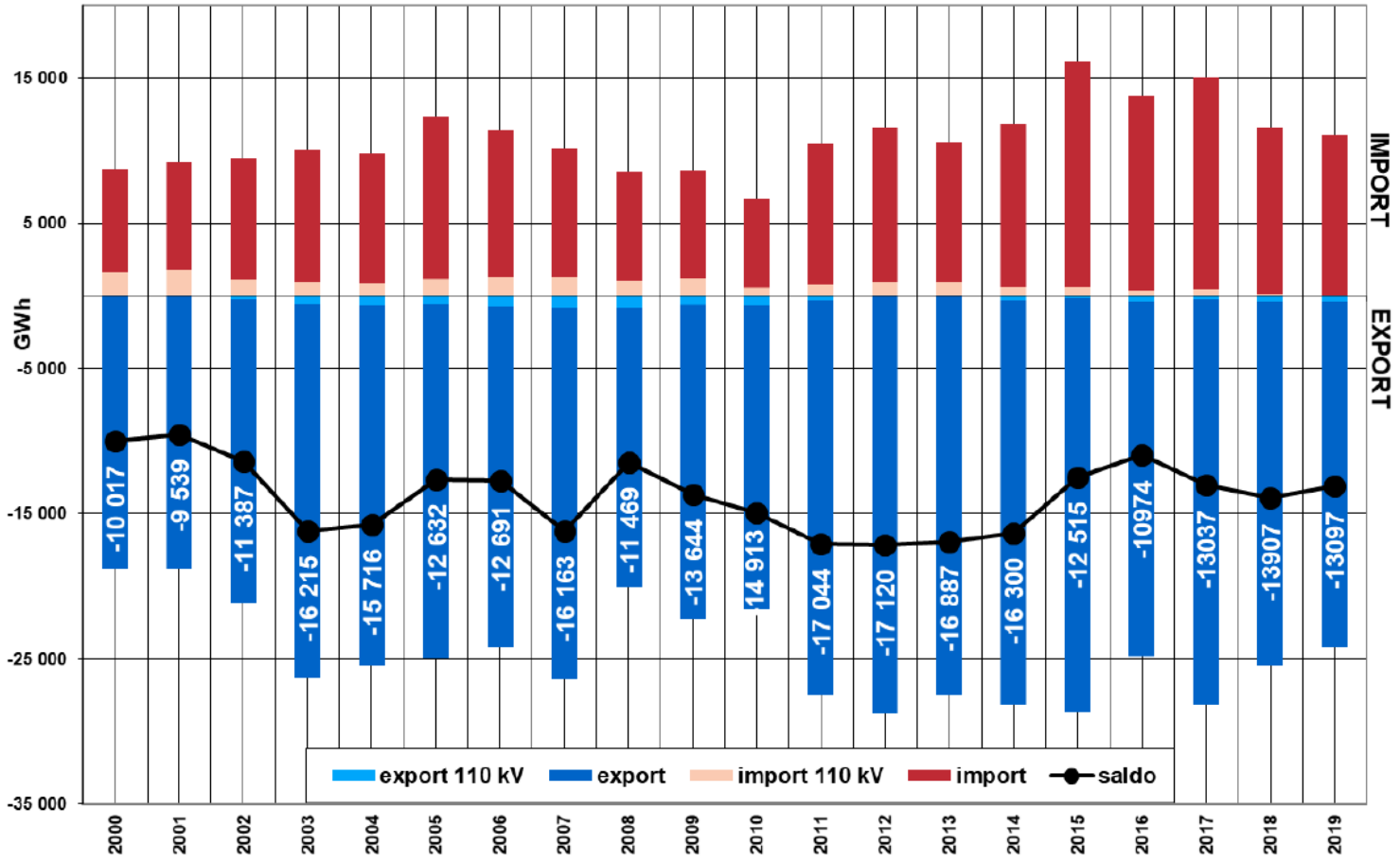
= ztráty v sítích provozovatelů jednotlivých **distribučních soustav** a **provozovatele přenosové soustavy**



Základní energetické pojmy

Saldo

= bilanční suma zahraničních výměn elektrické energie v daném období, kladná hodnota představuje převahu dovozu elektřiny nad vývozem a záporná převahu vývozu nad dovozem

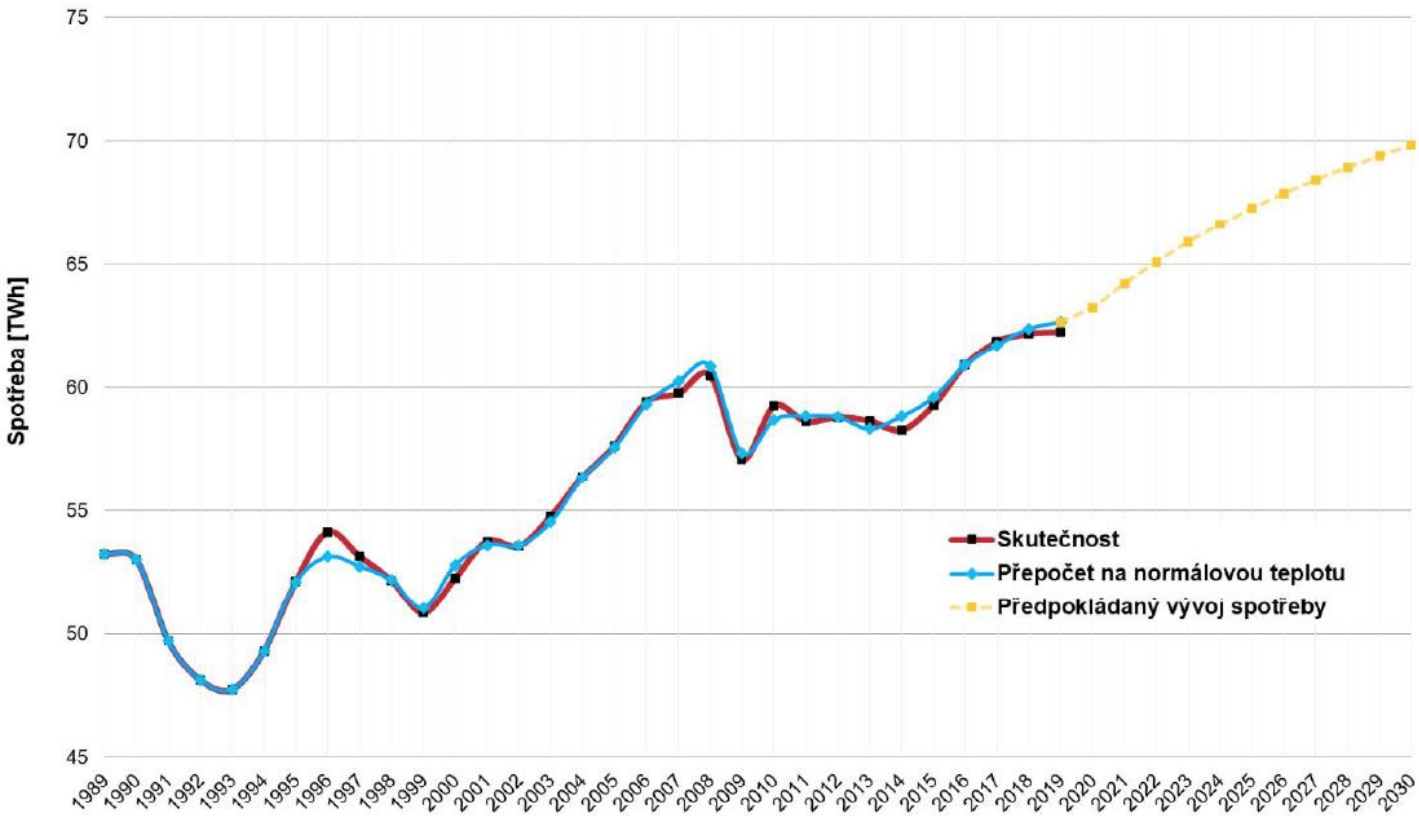


Základní energetické pojmy

Tuzemská čistá (netto) spotřeba

= (výroba elektřiny brutto celkem + saldo ES ČR)

– (vlastní spotřeba na výrobu elektřiny + ztráty v sítích + spotřeba na přečerpání v PVE)

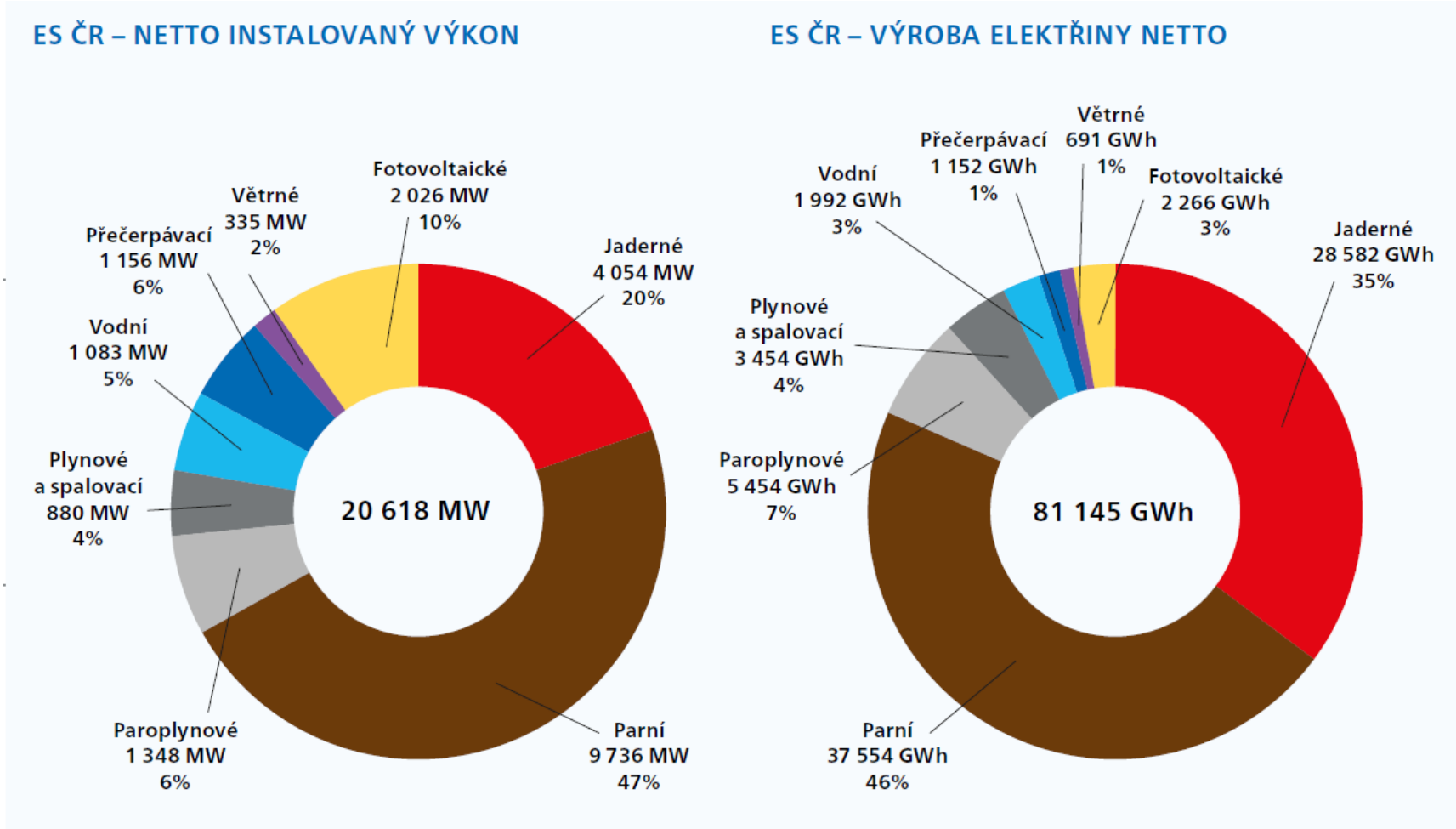


Výrobny elektrické energie v ČR - 2003-2014

	Jednotka	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Výroba elektřiny celkem	GWh	**83227**	**84333**	**82578**	**84361**	**88198**	**83518**	**82250**	**85910**	**87561**	**87573**	**87065**	**86003**
parní elektrárny	GWh	55557	55435	54802	55009	59375	54333	51682	53580	53928	51696	50167	50117
jaderné elektrárny	GWh	25872	26325	24728	26046	26172	26551	27208	27998	28283	30324	30745	30325
vodní elektrárny	GWh	1794	2563	3027	3257	2524	2376	2983	3381	2835	2963	3639	2961
solární elektrárny	GWh	-	-	-	-	2	13	89	616	2118	2173	2033	2123
větrné elektrárny	GWh	4	10	21	49	125	245	288	335	397	417	481	477
vlastní spotřeba	GWh	**6568**	**6414**	**6387**	**6477**	**6786**	**6433**	**6260**	**6446**	**6533**	**6485**	**6207**	**6118**
saldo (+ dovoz / - vývoz)	GWh	**-16213**	**-15717**	**-12634**	**-12631**	**-16153**	**-11469**	**-13644**	**-14948**	**-17044**	**-17120**	**-16887**	**-16300**
ztráty v rozvodu	GWh	**5087**	**5084**	**5027**	**4885**	**4915**	**4662**	**4487**	**4466**	**4405**	**4187**	**4098**	**3847**
čistá spotřeba	GWh	**55359**	**57118**	**58530**	**60368**	**60344**	**60954**	**57859**	**60050**	**59579**	**59781**	**59873**	**59738**
z toho domácnosti	GWh	**14508**	**14525**	**14719**	**15198**	**14646**	**14703**	**14687**	**15028**	**14200**	**14581**	**14716**	**14125**
Celkový instalovaný výkon	MW	**17343**	**17434**	**17412**	**17508**	**17562**	**17724**	**18326**	**20073**	**20250**	**20520**	**21079**	**21923**
parní elektrárny	MW	12149	12232	12184	12267	12265	12405	12592	11793	11889	11524	12158	13113
jaderné elektrárny	MW	3760	3760	3760	3760	3760	3760	3830	3900	3970	4040	4290	4290
vodní elektrárny	MW	2149	2160	2166	2175	2175	2192	2181	2203	2201,1	2216	2229	2252
solární elektrárny	MW	-	-	-	1	4	54	465	1959,1	1971	2086	2132	2068
větrné elektrárny	MW	11	16	29	44	114	150	193	217,8	218,9	263,0	270,0	278,1

Zdroj: ČSÚ, Pozn. výroba elektřiny je uvedena brutto

Výrobny elektrické energie v ČR – stávající stav

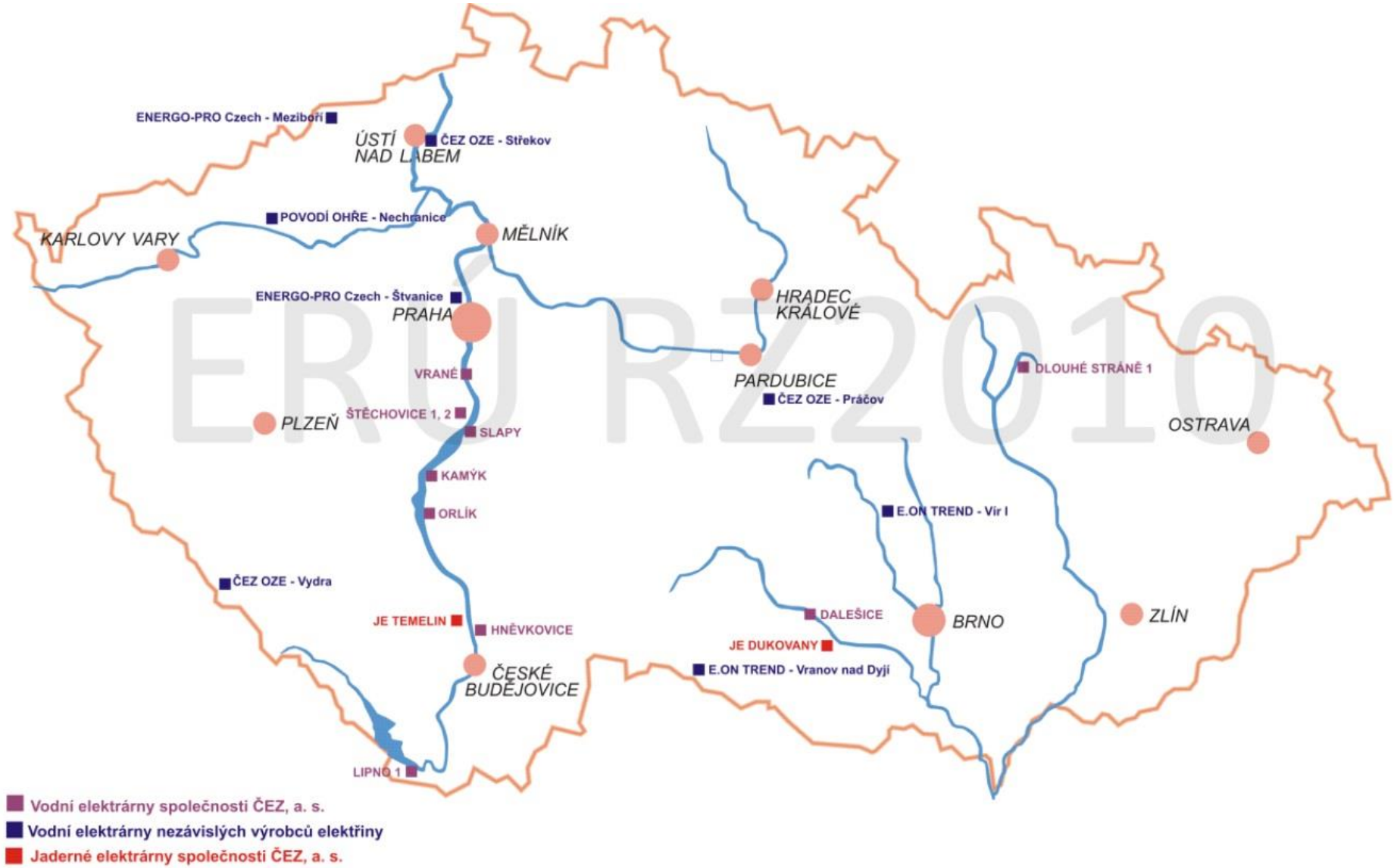


Zdroj: ČEPS, 2019

Největší TE v ČR

Zdroj: ERÚ, TE nad 5 MW inst., stav k 31.12.2010

Největší JE a VE v ČR

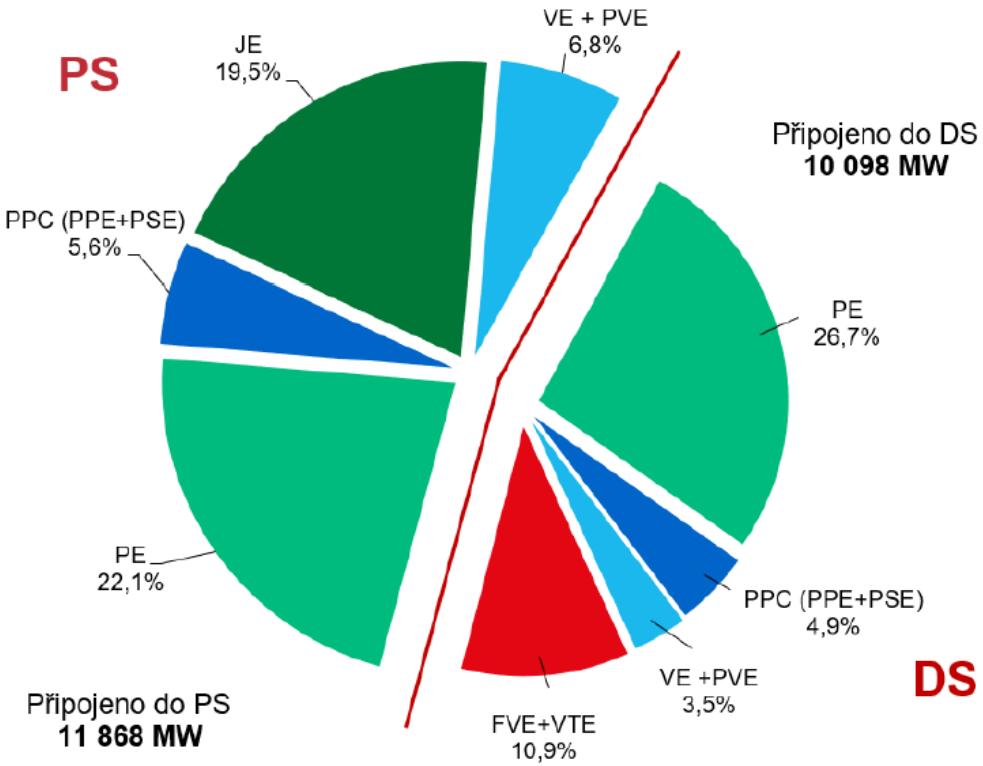


Zdroj: ERÚ, JE a VE nad 5 MW inst., stav k 31.12.2010

Největší FVE v ČR

Zdroj: ERÚ, FVE nad 5 MW inst., stav k 31.12.2010

Struktura instalovaného výkonu elektráren ČR



Použité zkratky:
PS - přenosová soustava
DS - distribuční soustavy
PE - parní elektrárny
PPE - paroplynové elektrárny
PSE - plynové a spalovací elektrárny
JE - jaderné elektrárny
VE - vodní elektrárny
PVE - přečerpávací vodní elektrárny
FVE - fotovoltaické elektrárny
VTE - větrné elektrárny

Zdroj: ČEPS r. 2020

Prognózy dalšího vývoje, zdrojová připravenost

Současný trend

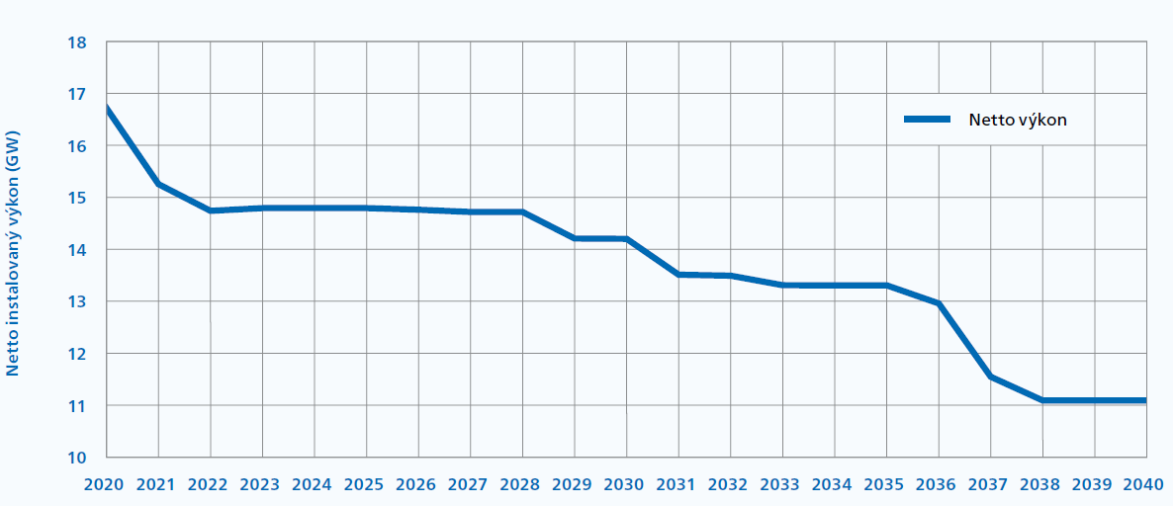
dožívání velkých elektráren a nárůst počtu a výkonu zdrojů decentrálních

Prognózy vývoje z pohledu provozovatele PS

scénáře zpracované v rámci ENTSO-E rozšířené vnitrostátní posouzení zdrojové přiměřenosti (progresivní, koncepční, referenční)

LOLE (Loss Of Load Expectations)

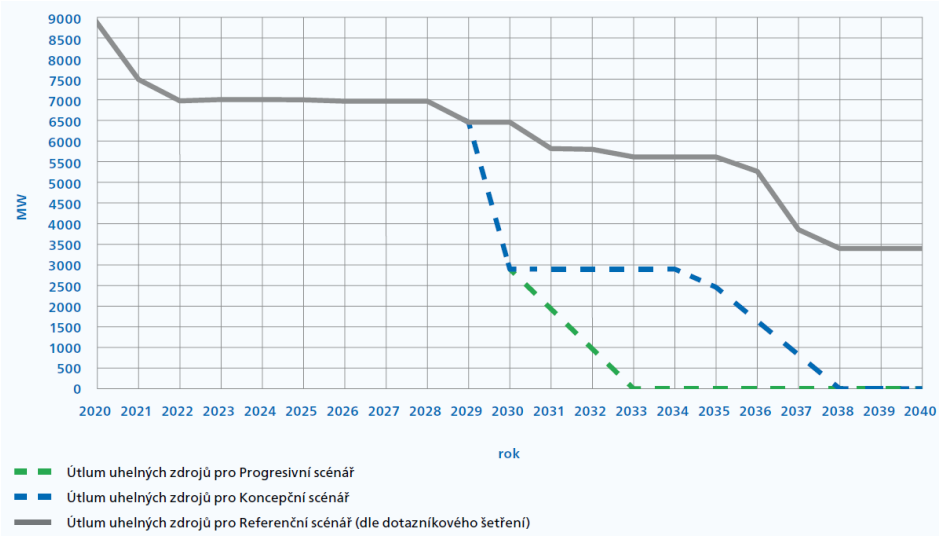
= udává počet hodin v roce, kdy nelze předpokládané zatížení plně pokrýt dostupnými zdroji.



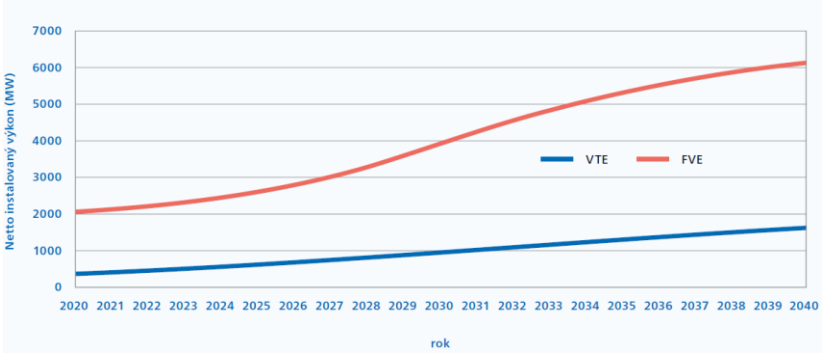
Vývoj netto instalovaného výkonu pro stávající zdroje ČR, zdroj ČEPS

Prognózy dalšího vývoje, zdrojová připravenost

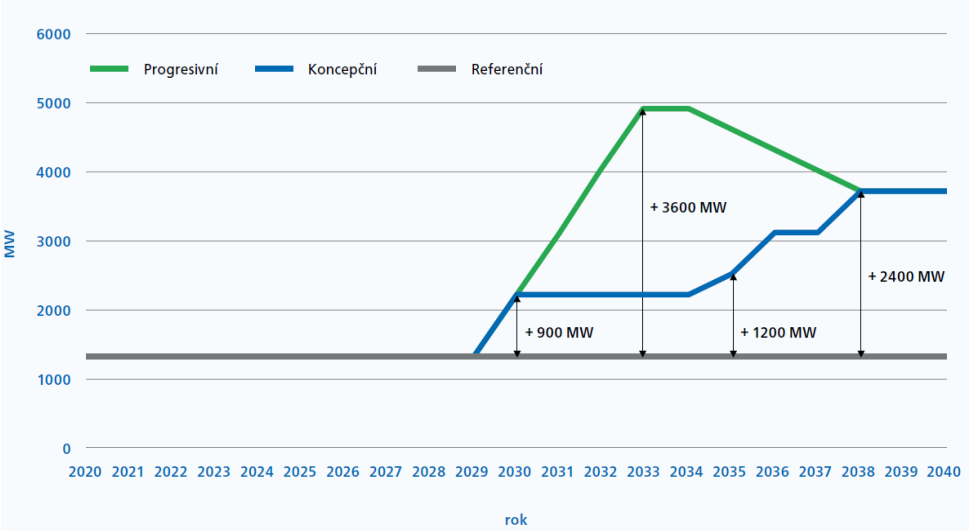
Útlum uhelných zdrojů



Predikce FVE a VTE do r. 2040



Dozdrojování – paroplynové elektrárny



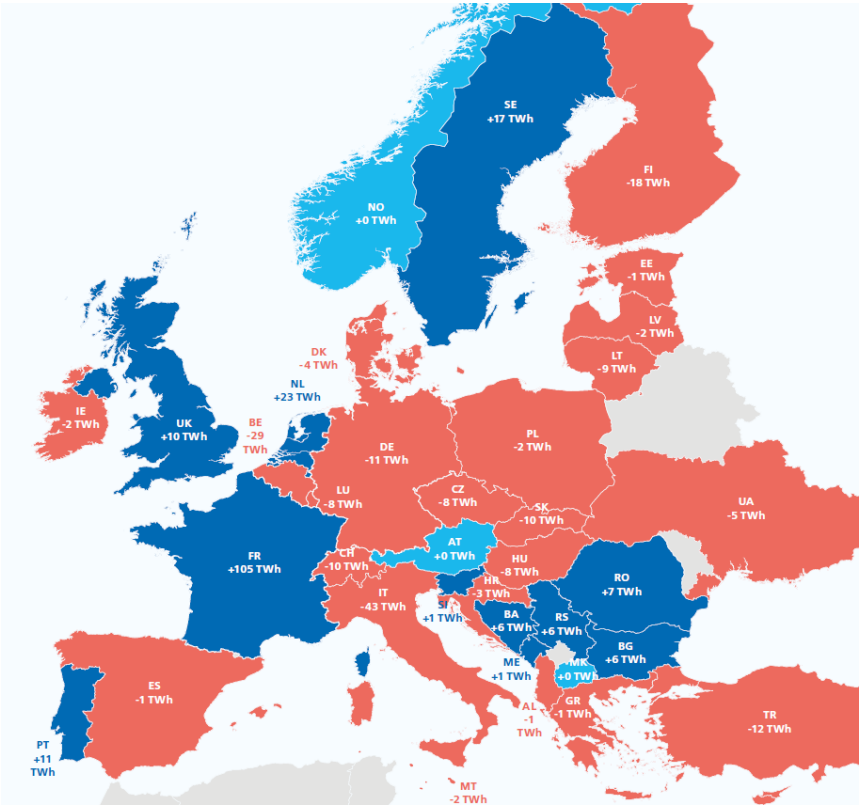
JE:

– dostavba 5. bloku JEDU, 2035

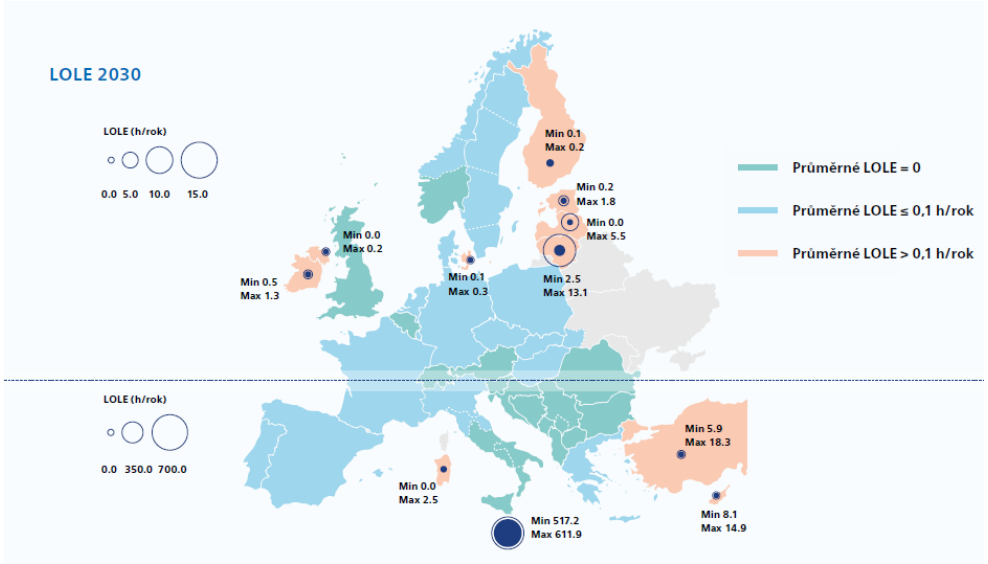
– dostavba 2 bloků JETE do r. 2040

Prognózy dalšího vývoje

Ve všech scénářích vývoje bude ČR čistým importérem v r. 2030



Predikce LOLE pro r. 2030



Koncepční scénář, zdroj ČEPS

ELEKTRÁRNY A LEGISLATIVA

Podmínky výstavby a provozu elektráren
Požadavky na vyrobenou elektrickou energii
Podpora OZE

Energetický zákon

<u>Zákon č. 458/2000 Sb.</u> – tzv. „Energetický zákon“

základní norma, která upravuje podmínky podnikání v energetice, v elektroenergetice pak postup a fungování liberalizace na trhu s elektřinou.

- **Zákon stanovuje v elektroenergetice licence na:**
  - **přenos elektřiny**
  - **distribuci elektřiny**
  - **výrobu elektřiny**
  - **operátora trhu s elektřinou**
  - **obchodování s elektřinou**

<u>Prováděcí předpisy k zákonu (zejména):</u>

- **Vyhlášky MPO (upravují např. organizaci trhu s elektřinou, dispečerský řád, způsoby měření, způsob podpory OZE, udělování státní autorizace)**
- **Vyhlášky a cenová rozhodnutí ERÚ (stanovují způsoby evidence a dokladování)**

Ostatní legislativa v energetice

Zákon č. 406/2006 Sb. – o hospodaření energií
stanovuje státní program na podporu úspor energie, energetické štítky, energetické audity

Zákon č. 165/2012 Sb. – o podporovaných zdrojích
stanovuje národní akční plán, formu a podmínky podpory OZE

Zákon č. 18/1997 Sb. – „Atomový zákon“

Zákon č. 183/2006 Sb. – „Stavební zákon“
obecná norma upravující též výstavbu v energetice

Zákon č. 137/2006 Sb. – „Zákon o veřejných zakázkách“
obecná norma upravující podmínky výběrových řízení, týká se také soukromých společností v regulovaných odvětvích (tj. i energetiky)

Legislativní podmínky pro elektrárny

Provoz:

Licence na výrobu elektřiny

IPPC - Integrované povolení (v případě zdrojů znečištění)

Výstavba:

EIA (dle velikosti zdroje)

státní autorizace na výstavbu (dle velikosti zdroje)

územní rozhodnutí, stavební povolení

uvedení do provozu, získání všech oprávnění pro provoz

Požadavky na výrobnu připojenou do ES

Způsob a chování připojeného zdroje, zajištění podpůrných služeb

Podrobněji řeší:

- **PPDS, příl. č. 4 (DSO)**
- **Kodex PS (TSO)**

To klade požadavky zejména na:

- **Regulaci činného výkonu**
- **Regulaci jalového výkonu**
- **Schopnost startu ze tmy**
- **Schopnost ostrovního provozu**

Kvalita elektrické energie

Distributor (DSO) popř. přenosová soustava (TSO) jsou povinni dodržovat parametry kvality el. energie dle

- **zákona 458/2000 Sb. + souvisejících právních předpisů**
- **podrobněji dle PPDS, Kodexu PS, ČSN EN 50160 resp. PNE 34 7509 aj.**

To klade pro distibutora (a následně pro výrobny) požadavky zejména na:

- **Frekvenci**
- **Úroveň velikosti napětí**
- **Podíl vyšších harmonických napětí**
- **Podíl nesymetrie napětí**
- **Kompenzaci jalového výkonu**

ELEKTRICKÁ ČÁST VÝROBEN ELEKTRICKÉ ENERGIE

ZÁKLADNÍ SCHÉMA VYVEDENÍ VÝKONU DO SÍTĚ

Požadavky
Možnosti řešení

Požadavky na schéma

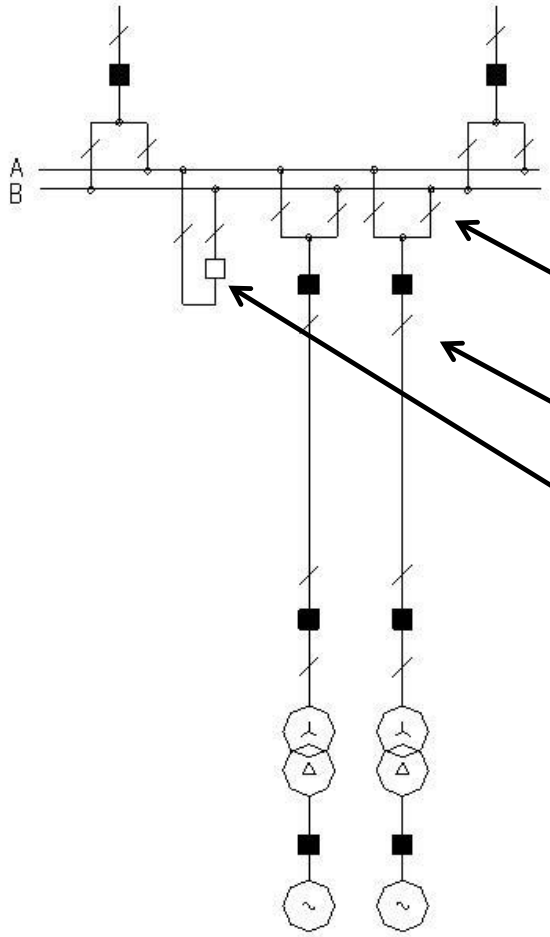
Hlavní požadavky:

- **<u>Spolehlivost a bezpečnost</u>**
  - zálohovatelnost napájení pro zařízení VS
  - zálohovatelnost při vyvedení výkonu
  - bezpečnost při manipulacích, údržbě a revizích
  - schopnost najetí ze tmy, ostrovního provozu
  - schopnost bezpečného odstavení elektrárny
- **<u>Operativnost</u>**
  - možnost výměny zařízení bez narušení běžného provozu
- **<u>Hospodárnost provozu</u>**
  - možnost vyvést výkon způsobem, který minimalizuje ztráty v DS / PS

Vyvedení výkonu do sítě

Hlavní rozvodna v elektrárně

a) žádná



Vyvedení výkonu je realizováno pomocí přímých vedení do blízké rozvodny v majetku distributora

přípojnicový odpojovač

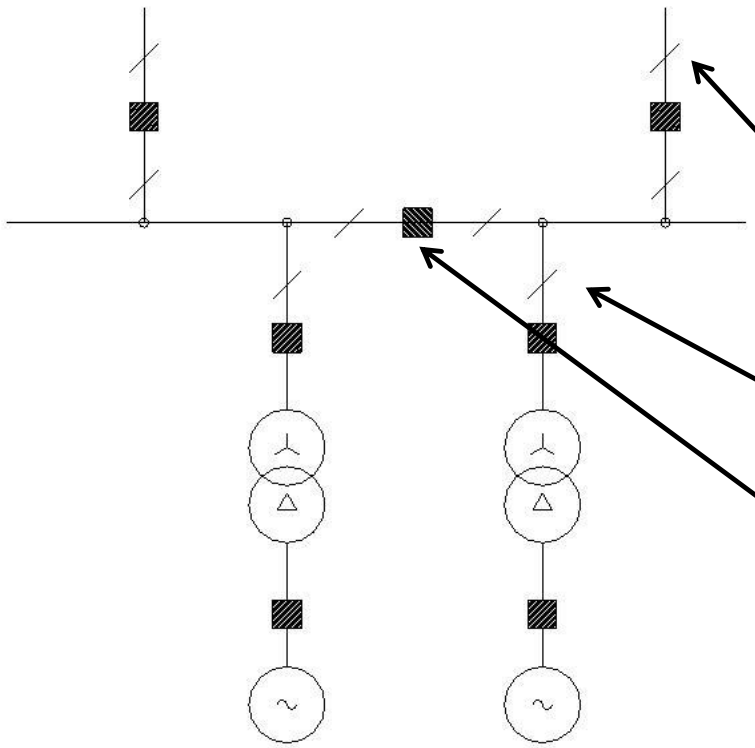
vývodový odpojovač

příčný spínač přípojnic

Vyvedení výkonu do sítě

Hlavní rozvodna v elektrárně

b) jednoduchý systém přípojnic (jednosystémová r.)



Vyvedení výkonu je realizováno do jednosystémové rozvodny větš. typu „H"

vývodový odpojovač

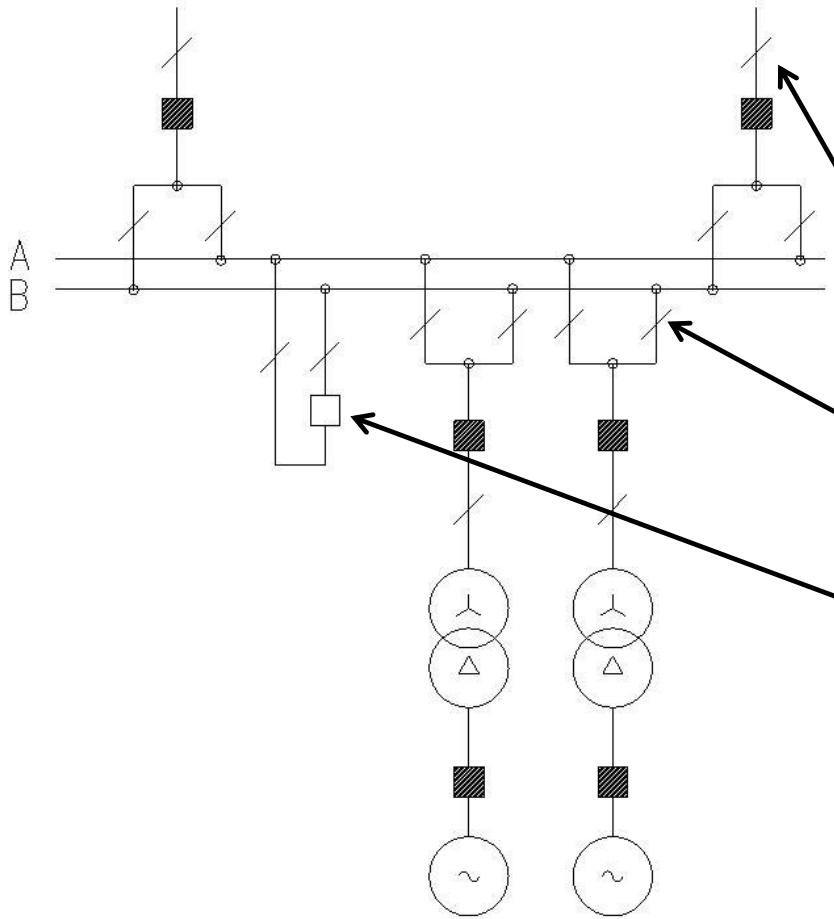
přípojnicový odpojovač

podélný spínač přípojnic

Vyvedení výkonu do sítě

Hlavní rozvodna v elektrárně

c) dvojitý systém přípojnic (dvousystémová r.)



Vyvedení výkonu je realizováno do dvousystémové rozvodny, která v běžném stavu rozděluje dvě uzlové oblasti

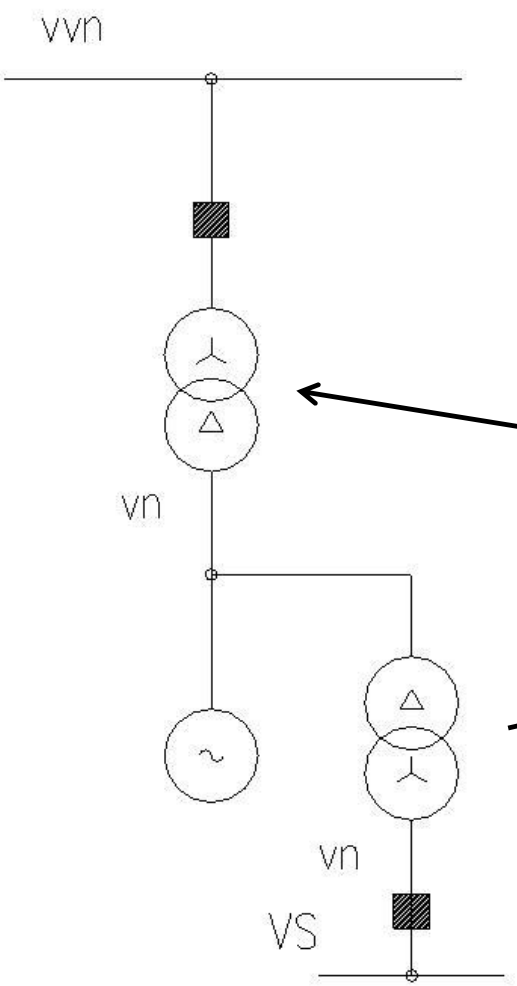
vývodový odpojovač

přípojnicový odpojovač

příčný spínač přípojnic

Schéma elektrárenského bloku

a) bez generátorového vypínače



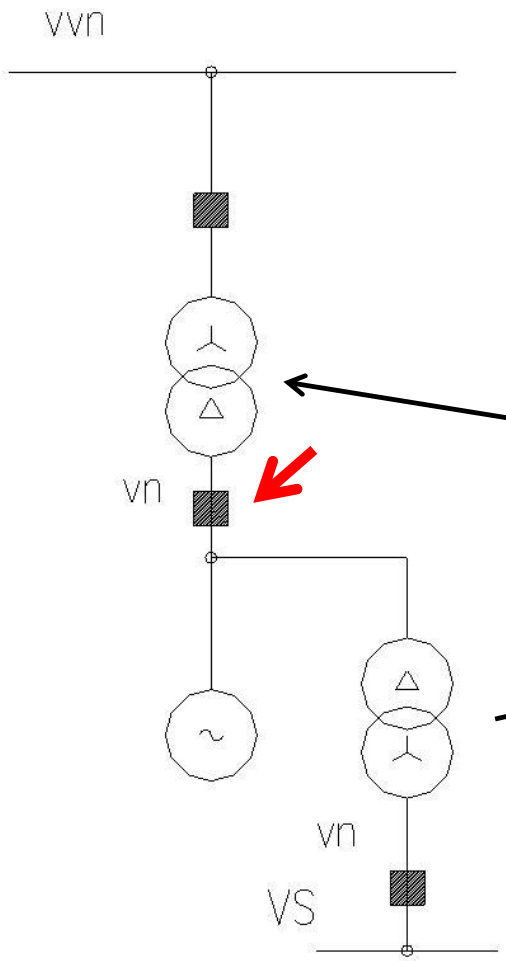
Nutný najíždějící transformátor i pro poruchové stavy. Levné, přehledné schéma. Bylo uplatňováno pro bloky menších výkonů

blokový transformátor

odbočkový transformátor

Schéma elektrárenského bloku

b) s generátorovým vypínačem za odbočkou VS



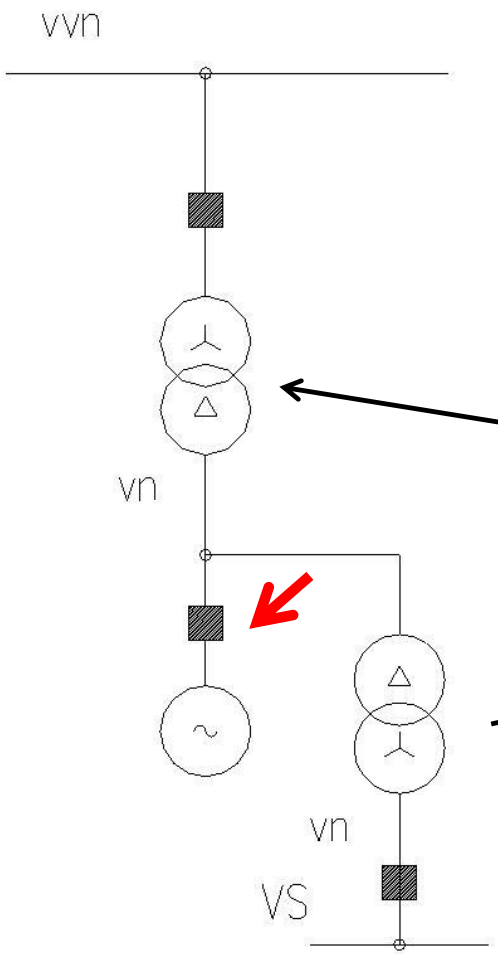
Nutný najížděcí transformátor i pro poruchové stavy. Možnost provozu do VS i při poruše na blok. trf. Užívá se u JE

blokový transformátor

odbočkový transformátor

Schéma elektrárenského bloku

c) s generátorovým vypínačem před odbočkou VS



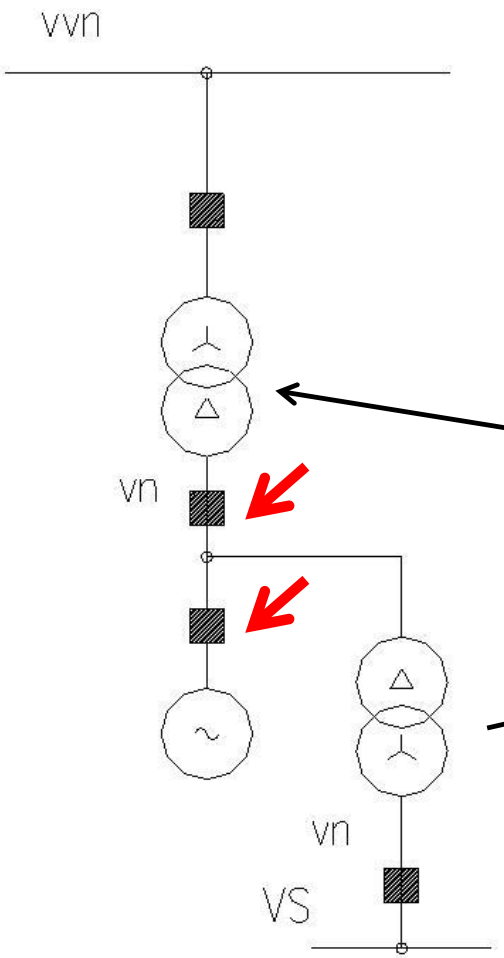
blok. trf využíván k najíždění bloku Přesto se doplňuje rezervní najížděcí transformátor pro více bloků. Užívá se u bloků velkých výkonů

blokový transformátor

odbočkový transformátor

Schéma elektrárenského bloku

d) s generátorovým vypínačem před i za odbočkou VS



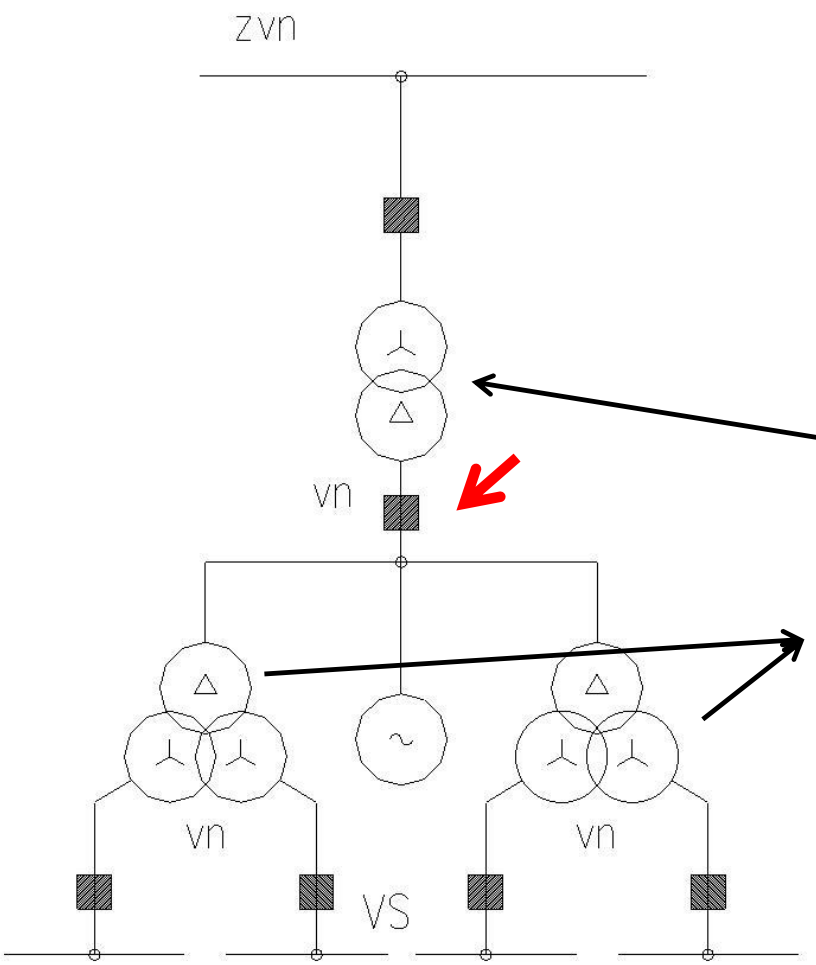
Kombinuje výhody b) i c)

blokový transformátor

odbočkový transformátor

Schéma elektrárenského bloku

e) s generátorovým vypínačem + 2 x trf. VS



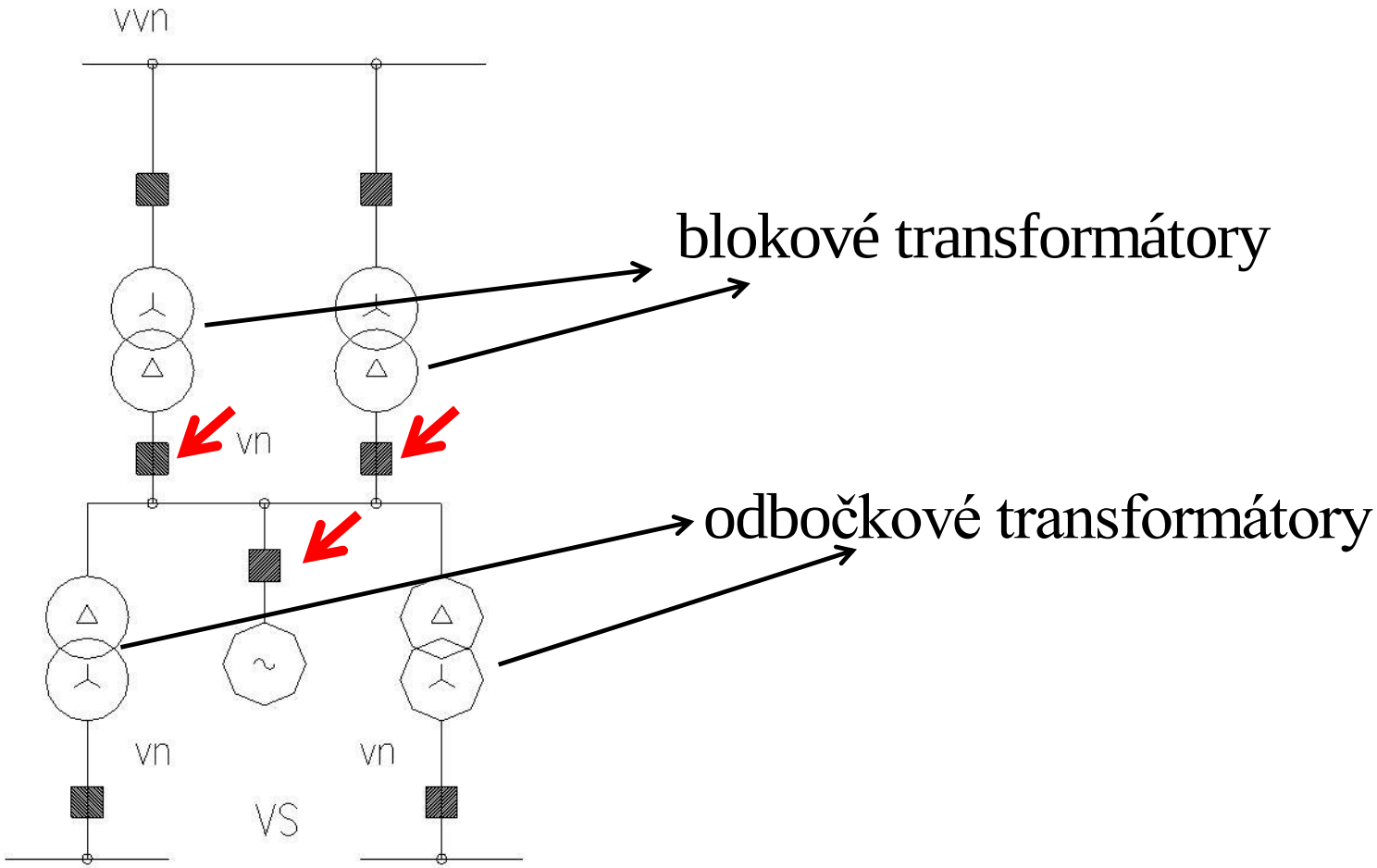
Zvýšená spolehlivost. Použití u velkých JE (kritérium n-2)

blokový transformátor

odbočkové transformátory

Schéma elektrárenského bloku

f) s generátorovými vypínači + 2 x trf. VS i BT



VLASTNÍ SPOTŘEBA

Schéma
Dimenzování
Pohony pro VS

Vlastní spotřeba

= Spotřeba elektrické energie při výrobě v hlavních i pomocných provozech elny

- Doprava a úprava paliva + ostatních médií nutných pro výrobu (např. vápenec, mazací olej…)
- Čerpání napájecí, chladící, (příp. topné) vody vč. úpravy
- Odsíření spalin
- Doprava a zpracování vedlejších energetických produktů (VEP)
- Ventilace vzduchu a spalin
- Buzení generátoru, napájení ŘS, ochran

<u>Poznámka:</u>

V některých provozech je jako zdroj energie použita technol. pára (např. turbonapaječky, parní oběhová čerpadla apod.)

Vlastní spotřeba

Podíl VS podle typu technologie

- Klasická uhelná elektrárna 7 - 11%
  (je-li použita turbonapaječka 4 - 6%)
- Paroplynová elektrárna 5 - 6%
  (je-li použita turbonapaječka 2,5 – 3,5%)
- Jaderná elektrárna 6 - 7%
- Vodní, fotovoltaická elektrárna >1%

Podíl spotřeby elektrické energie pro VS ovlivňuje:

- užití jiné formy energie (technol. pára)
- kvalita a dostupnost použitého paliva
- pracovní bod výrobního bloku a s tím související celková účinnost
- teplárenský provoz
- poruchovost a účinnost zařízení

<u>Poznámka:</u>
U obnovitelných zdrojů ještě také to, co je jako VS vykázáno (viz. problematika výkaznictví)

Vlastní spotřeba

Vlastní spotřeba musí zajistit bezpečné a spolehlivé

- **spouštění**

  => zajištění dostatečné transformační kapacity

  => nesmí dojít k nepřípustným poklesům napětí

- **provoz**

  => záložní napájení technologických rozvoden

  => minimální četnost odstavování reaktoru u JE

- **odstavování**

  Při doběhu je nutné zajistit napájení všech zařízení, jejichž nefunkčnost by způsobila velké škody na technologii

  => dochlazování jaderného reaktoru u JE

  => čerpadla mazacího oleje do turbíny

  => napáječka / nouzová napáječka u TE

  => měření, ochrany a ŘS

Vlastní spotřeba

Proto podle důležitosti spotřebičů dimenzujeme pro všechny projektové stavy a poruchy tři nezávislé zdroje* napájení:

- **pracovní**

  => pro běžný bezporuchový provoz

- **záložní**

  => při výpadku pracovního napájení, s časovou prodlevou

  Bloková rozvodna, rozvodna společné VS, další důležité technol. rozvodny

  Poznámka:

  Pro méně důležité technol. rozvodny se někdy používá systém 2 ze 3, 3 ze 4 apod.

- **bezvýpadkové**

  => UPS (usměrňovač + baterie / střídač)

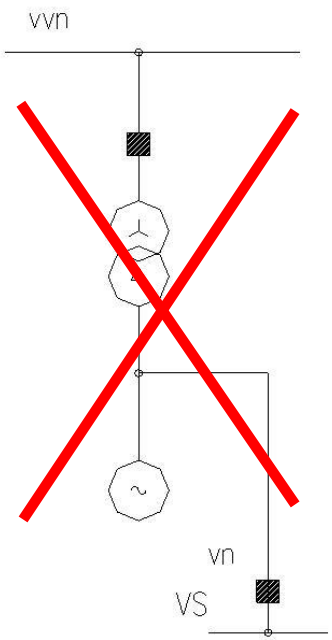
  stř. ŘS, ochrany a měření, nouzové osvětlení, olejová čerpadla, přístroje v rozvodně (230 V AC)

  ss. ochrany, ss. olejová čerpadla, ss. nouzové osvětlení (110 nebo 220 V DC)

* myšleno napájecí cesty

Glosa k 1. přednášce

VS velkých i středních elektráren nikdy nespojujeme s generátorem přímo, ale přes odbočkový transformátor!

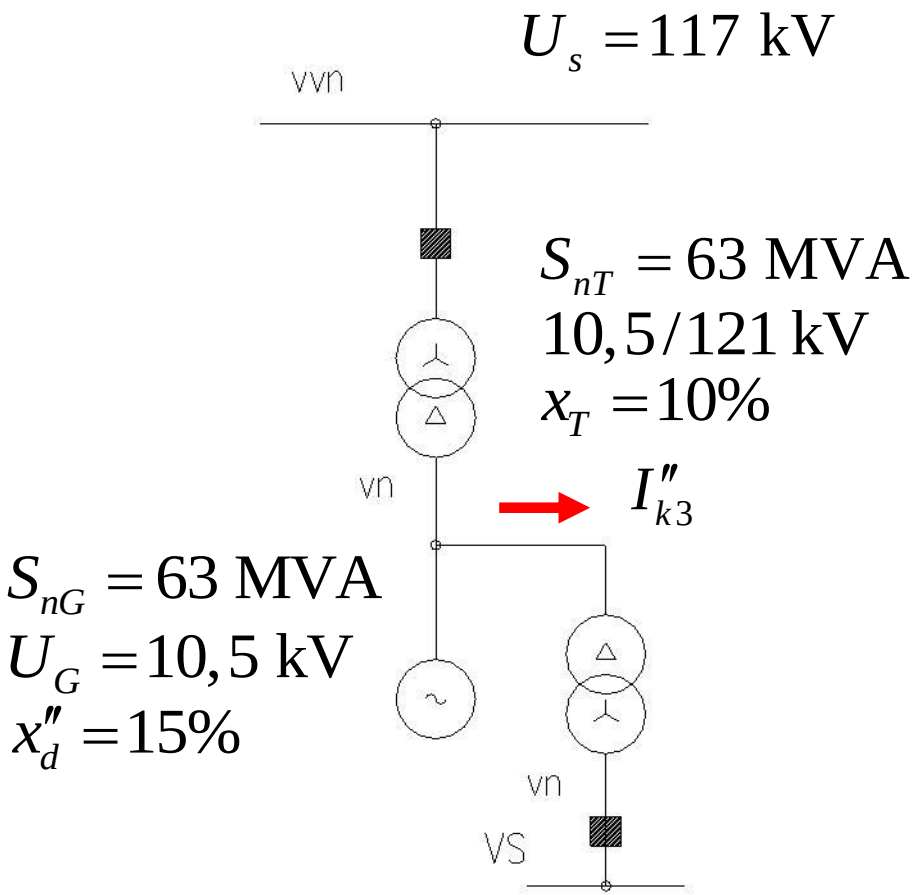


Důvody:

1) Rozdílná hladina napětí
2) Velký zkratový proud v odbočce
3) Značný proud zemního spojení v rozvodech VS

Příklad I:

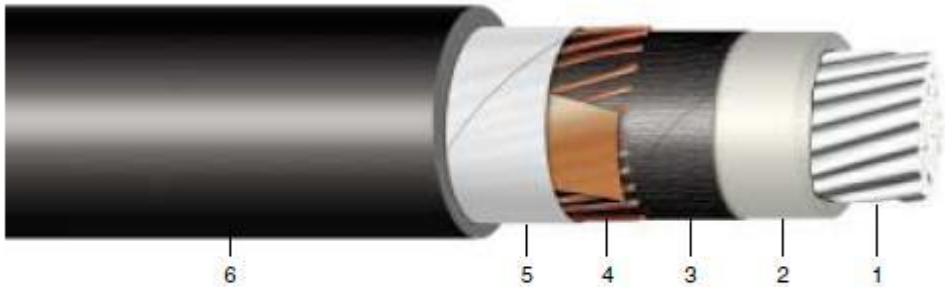
Spočítejte počáteční rázový zkratový proud I″k3 v odbočce bloku. Příspěvek motorické zátěže zanedbejte, soustavu vvn uvažujte jako soustavu neomezeného zkratového výkonu



Příklad II:

Spočítejte proud zemního spojení v rozvodech VS, je-li celková délka její kabelové sítě 20 km a je tvořena kabely 1 x 3 x 6-AYKCY 70/16 VS je provozována na síti IT(r) 6,3 kV (podélné impedance zanedbejte)

6-AYKCY



Konstrukce:

1. Hliníkové jádro
2. PVC izolace
3. Polovodivá páska
4. Cu koncentrický vodič
5. Páska
6. PVC plášť

Počet a průřez žil (mm²) / No. of cores (mm²)	Tvar jádra / Shape of the conductor	Průměr inf. (mm) / Diameter appr. (mm)	Hmotnost inf. (kg/km) / Cable mass appr. (kg/km)	Poloměr ohybu (mm) / Radius of bend (mm)	Činný odpor (Ω/km) / Effect. resist. of conductors (Ω/km)	Ekvivalentní zkrat. proud (kA) / Short circuit current-equiv. (kA)	Časová oteplovací konst. (sec) / Time heating constant (sec)	Zatížitelnost na vzduchu (A) / Current carying cap. in air (A)	Zatížitelnost v zemi (A) / Current carying cap. in ground (A)	Kapacita (µF/km) / Capacity (µH/km)	Indukčnost (mH/km) / Inductivity (mH/km)	Obsah Cu/Al (kg/km) / Content Cu/Al (kg/km)
1x35/16	RMV	21	569	315	0,868	2,660	195	135	147	0,660	0,600	157/105
1x50/16	RMV	22	660	330	0,641	3,800	273	163	173	0,730	0,590	157/150
1x70/16	RMV	24	747	360	0,443	5,330	338	205	212	0,850	0,560	157/210
1x95/16	RMV	26	856	390	0,320	7,230	419	250	252	0,960	0,540	157/285
1x120/16	RMV	27	955	405	0,253	9,130	497	290	286	1,050	0,530	157/360
1x150/25	RMV	29	1 149	435	0,206	11,400	810	327	314	1,150	0,520	245/450