

Elektrárny A1M15ENY

přednáška č. 1

Jan Špetlík

spetlij@fel.cvut.cz - v předmětu emailu „ENY“

Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky ČVUT, Technická 2, 166 27 Praha 6

Dělení a provoz výroben elektrické energie

Dle typu technologie:

- klasické tepelné (parní) elektrárny



Alholmens Kraft, FIN
240 MW

- na fosilní paliva

- biomasu

- paro-plynové elektrárny (elny s PPC)



EMĚ III 1x500 MW



Vřesová 2x185 MW

Dělení a provoz výroben elektrické energie

Dle typu technologie:

- jaderné elektrárny (JE)
- větrné elektrárny (VTE)



JETE 2x1000 MW



FVE Hrušovany 3,73 MW

- fotovoltaika (FVE)



Mravenečník 1,6 MW

Dělení a provoz výroben elektrické energie

Dle typu technologie:

- vodní elektrárny (VE)
- spalovací elektrárny
- ostatní (geoterm., příliv...)



PVE Dlouhé Stráně
2x325 MW

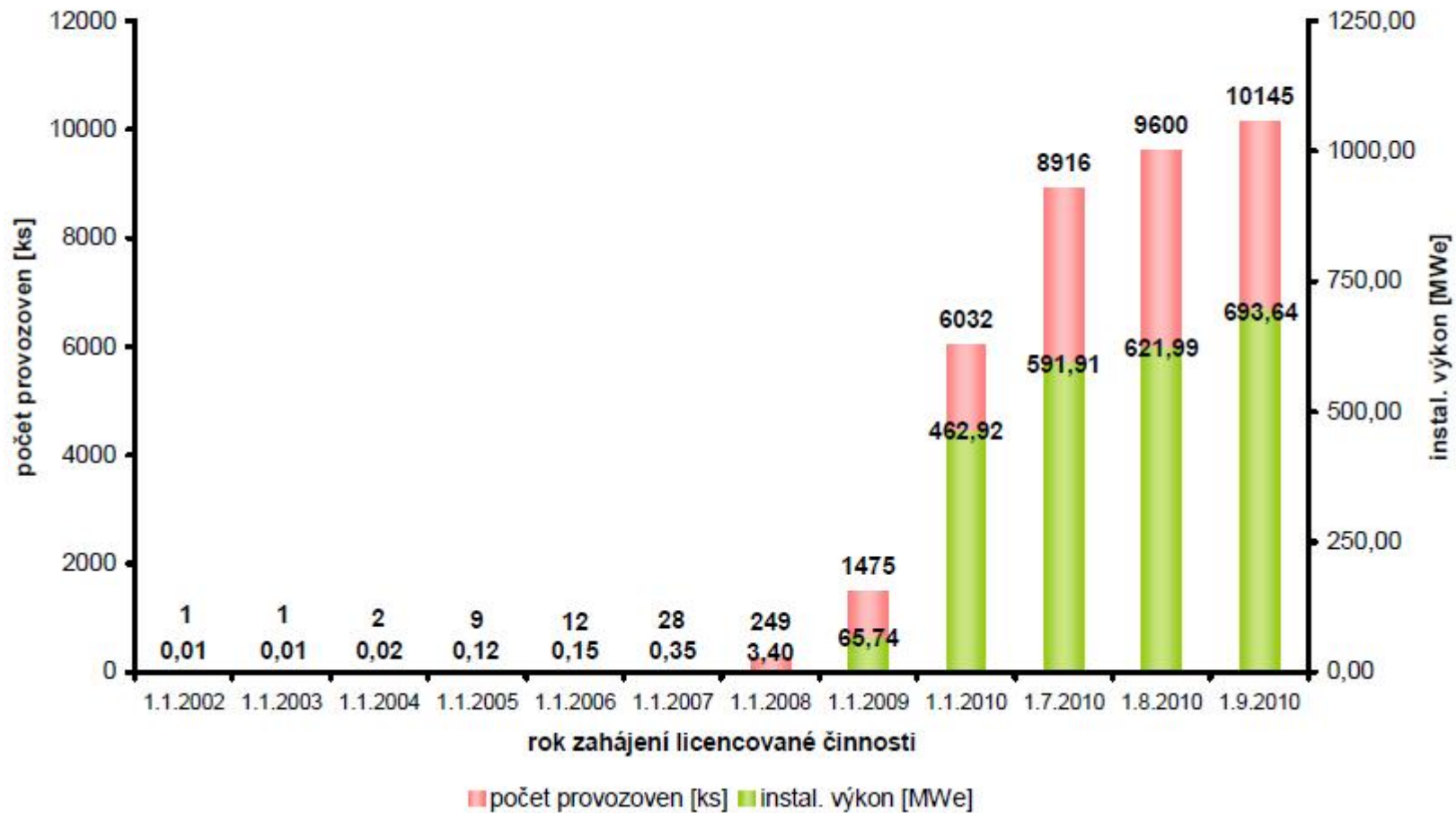
Statistika výroben 2000-2009

	Jednotka	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Výroba elektřiny celkem	GWh	73 466	74 647	76 348	83 227	84 333	82 578	84 361	88 198	83 518	82 250
parní elektrárny	GWh	57 550	57 421	54 751	55 551	55 422	54 789	54 992	59 367	54 319	51 666
jaderné elektrárny	GWh	13 590	14 749	18 738	25 872	26 325	24 728	26 046	26 172	26 551	27 208
spalovací elektrárny	GWh	13	10	11	6	13	13	17	8	14	16
vodní elektrárny	GWh	2 313	2 467	2 846	1 794	2 563	3 027	3 257	2 524	2 376	2 983
větrné elektrárny	GWh	-	-	2	4	10	21	49	125	245	288
solární elektrárny	GWh	-	-	-	-	-	-	-	2	13	89
Celkový instalovaný výkon	MW	15 323	15 433	16 310	17 343	17 434	17 412	17 508	17 562	17 724	18 326
parní elektrárny	MW	11 429	11 501	11 375	11 405	11 482	11 428	11 477	11 449	11 510	11 598
jaderné elektrárny	MW	1 760	1 760	2 760	3 760	3 760	3 760	3 760	3 760	3 760	3 830
spalovací elektrárny	MW	36	26	24	18	16	29	51	60	58	59
vodní elektrárny	MW	2 097	2 145	2 145	2 149	2 160	2 166	2 175	2 175	2 192	2 181
větrné elektrárny	MW	1	1	6	11	16	29	44	114	150	193
solární elektrárny	MW	-	-	-	-	-	-	1	4	54	465

Zdroj: ČSÚ

Solární elektrárny 2010!

Sluneční elektrárny, stav k 1.9.2010



Další dělení

Dle zaměření výroby:

- Výroba pouze elektrické energie
- Kombinovaná výroba elektrické energie a tepla (KVET)

Dle uspořádání:

- Klasické blokové uspořádání
- Propojená technologie

Dle typu turbíny u VE a TE:

- Kaplanova, Peltonova, Francisova (VE)
- Protitlaká, odběrová, kondenzační (TE)

Dle typu obnovitelného zdroje (OZE):

- Malé vodní (MVE)
- Fotovoltaika (FVE)
- Větrné elektrárny (VE)
- Ostatní (geotermální, příliv-odliv, sluneční ohřev... atd.)

ELEKTRICKÁ ČÁST VÝROBEN ELEKTRICKÉ ENERGIE

Kvalita elektrické energie

Vyrobená elektrická energie musí splňovat požadavky na její kvalitu plynoucí především:

- **Z požadavků distributora (DSO) – např. PPDS příl. č. 4**
- **Z požadavků přenosové soustavy (TSO) – např. Kodex ČEPS**

Proč?

- **Distributor je povinen dodávat el. energii dle ČSN EN 50160 resp. PNE 34 7509 + zákon 458/2000 Sb. a související právní předpisy**

To klade pro výrobní požadavky na zejména:

- **Frekvenci**
- **Úroveň velikosti napětí**
- **Podíl vyšších harmonických napětí**
- **Podíl nesymetrie napětí**
- **Kompenzaci jalového výkonu**
=> Realizace – kvalitoměry

Hospodárnost a spolehlivost elektrické energie

Požadavky na spolehlivost plynou opět:

- **Z požadavků distributora (DSO) – např. PPDS příl. č. 4**
- **Z požadavků přenosové soustavy (TSO) – např. Kodex ČEPS**

Proč?

- **ČSN EN 50160 resp. PNE 34 7509 + tržní mechanismy + zákon 458/2000 Sb. a související právní předpisy**

To klade pro výrobní požadavky na zejména:

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

=> Realizace – PpS (TSO), řízení z dispečinků DSO (pokud jsou na to dispečinky vybaveny 😊)

Topologie schémat

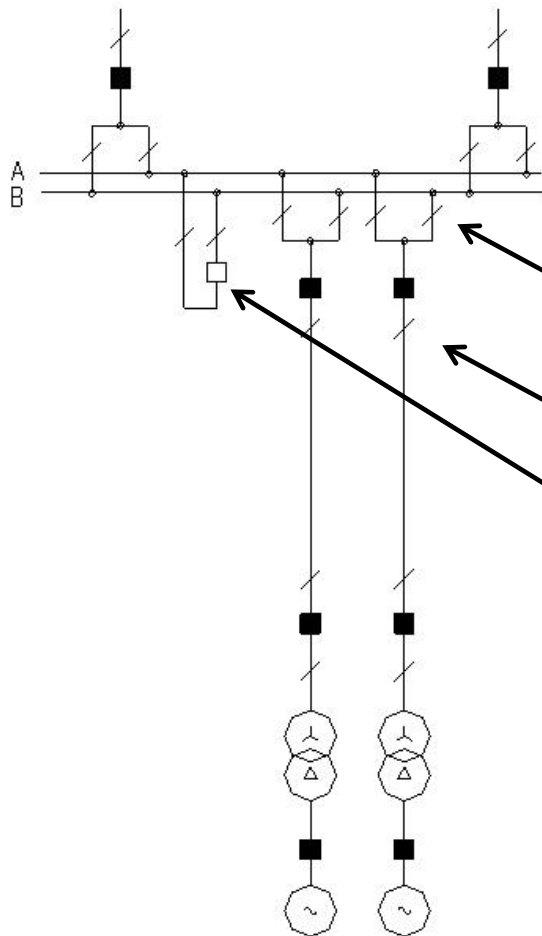
Hlavní požadavky:

- Spolehlivost a bezpečnost
 - 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
- Operativnost
 - možnost výměny zařízení bez narušení běžného provozu
- Hospodárnost provozu
 - možnost vyvést výkon způsobem, který minimalizuje ztráty v DS / PS

Topologie schémát

Hlavní rozvodna v elektrárně

a) žádná



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

→ přípojnicový odpojovač

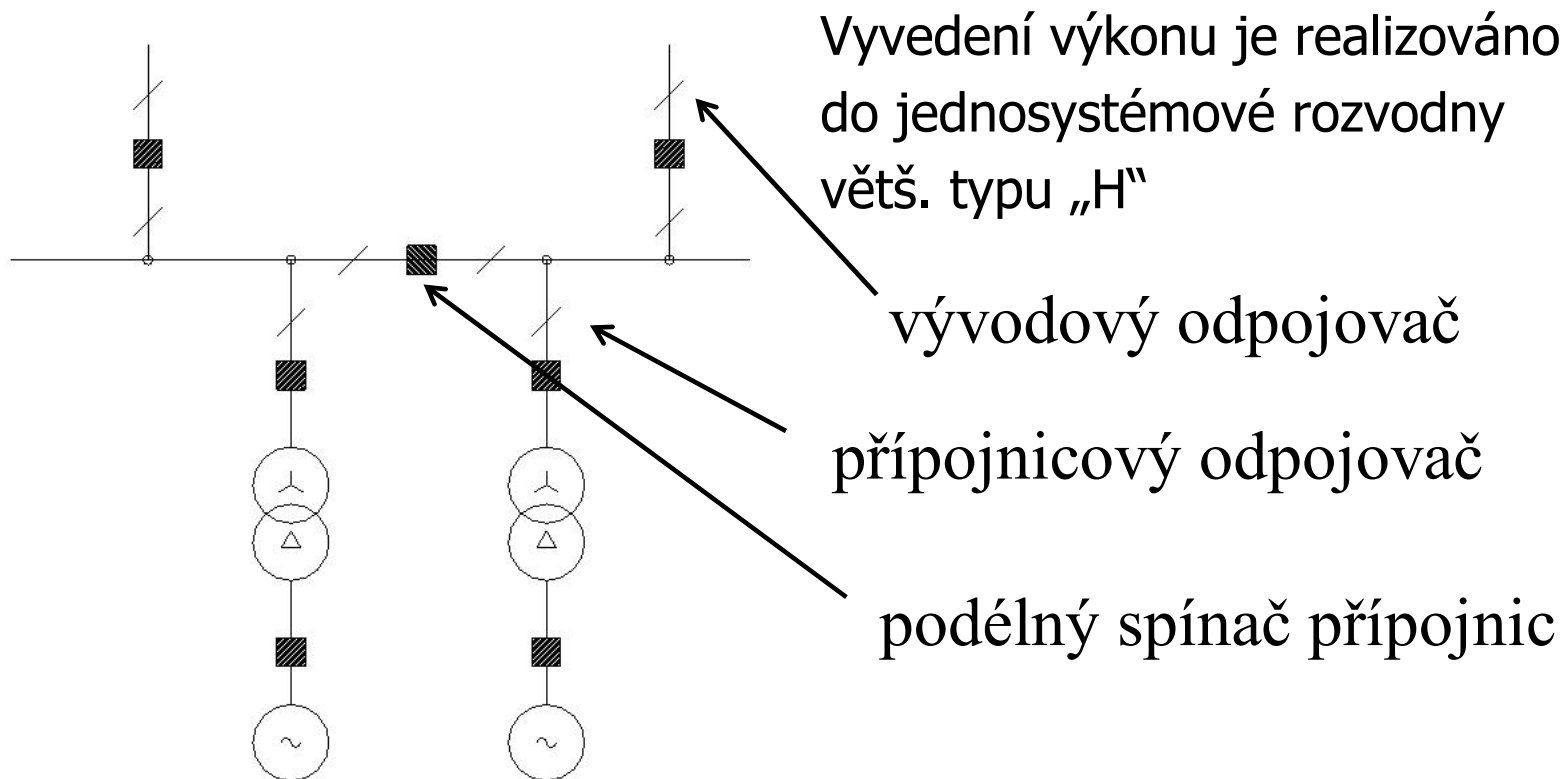
→ vývodový odpojovač

→ příčný spínač přípojnic

Topologie schémat

Hlavní rozvodna v elektrárně

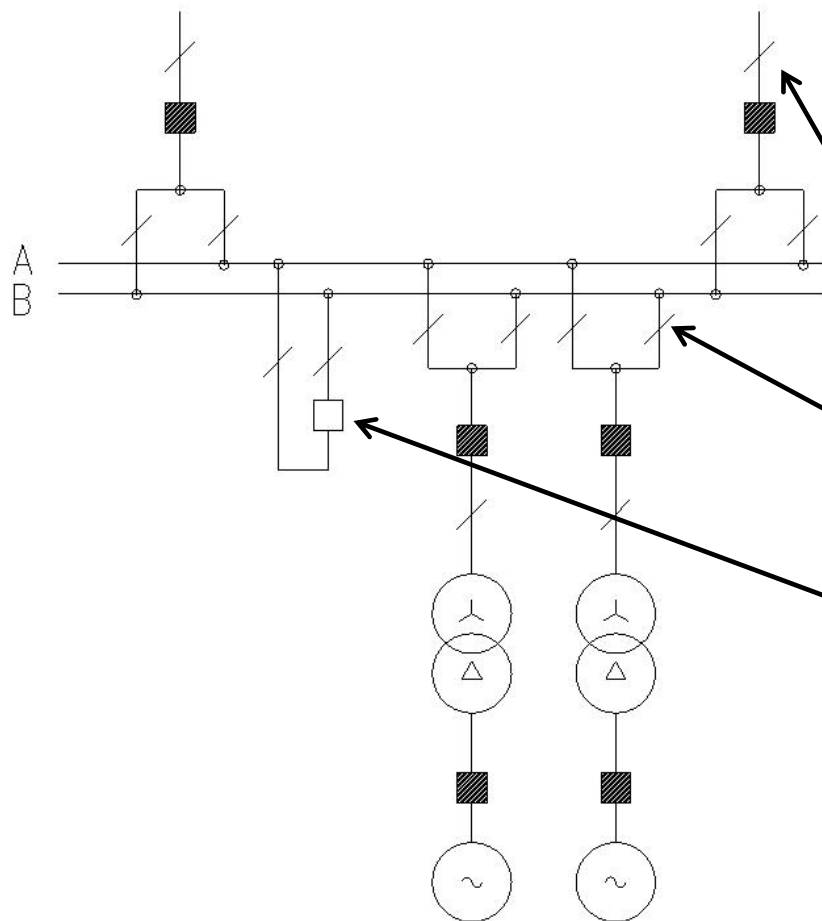
b) jednoduchý systém přípojnic (jednosystémová r.)



Topologie schémat

Hlavní rozvodna v elektrárně

c) dvojitý systém přípojnic (dvousystémová r.)



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

vývodový odpojovač

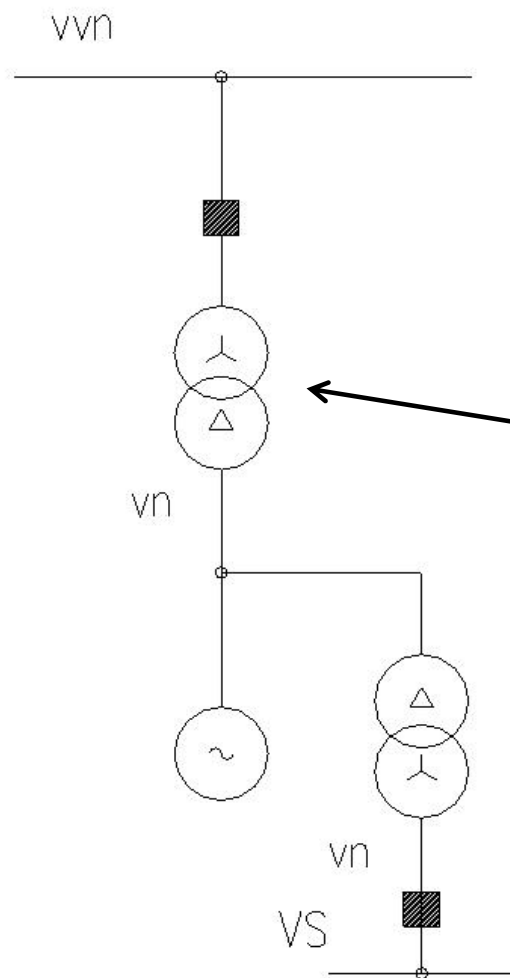
přípojnicový odpojovač

příčný spínač přípojnic

Topologie schémat

Schéma bloku

a) bez generátorového vypínače



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

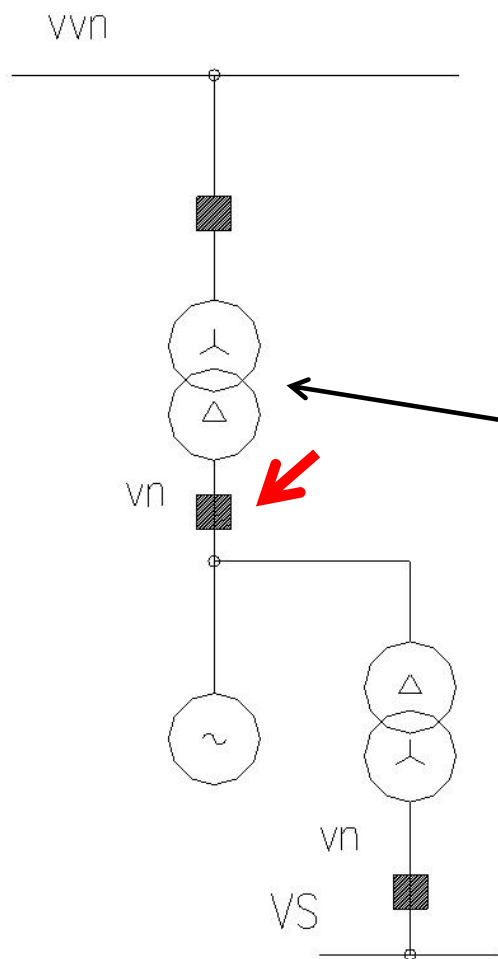
blokový transformátor

odbočkový transformátor

Topologie schémat

Schéma 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

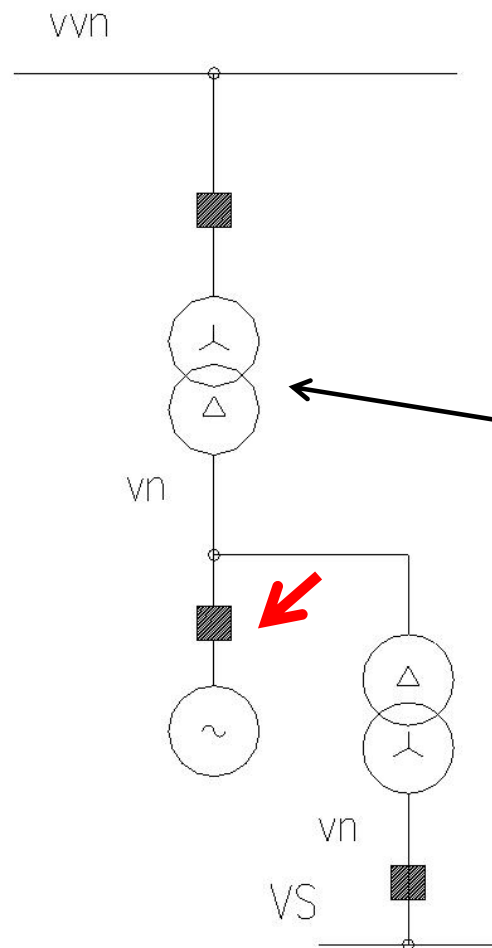
blokový transformátor

odbočkový transformátor

Topologie schémat

Schéma 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

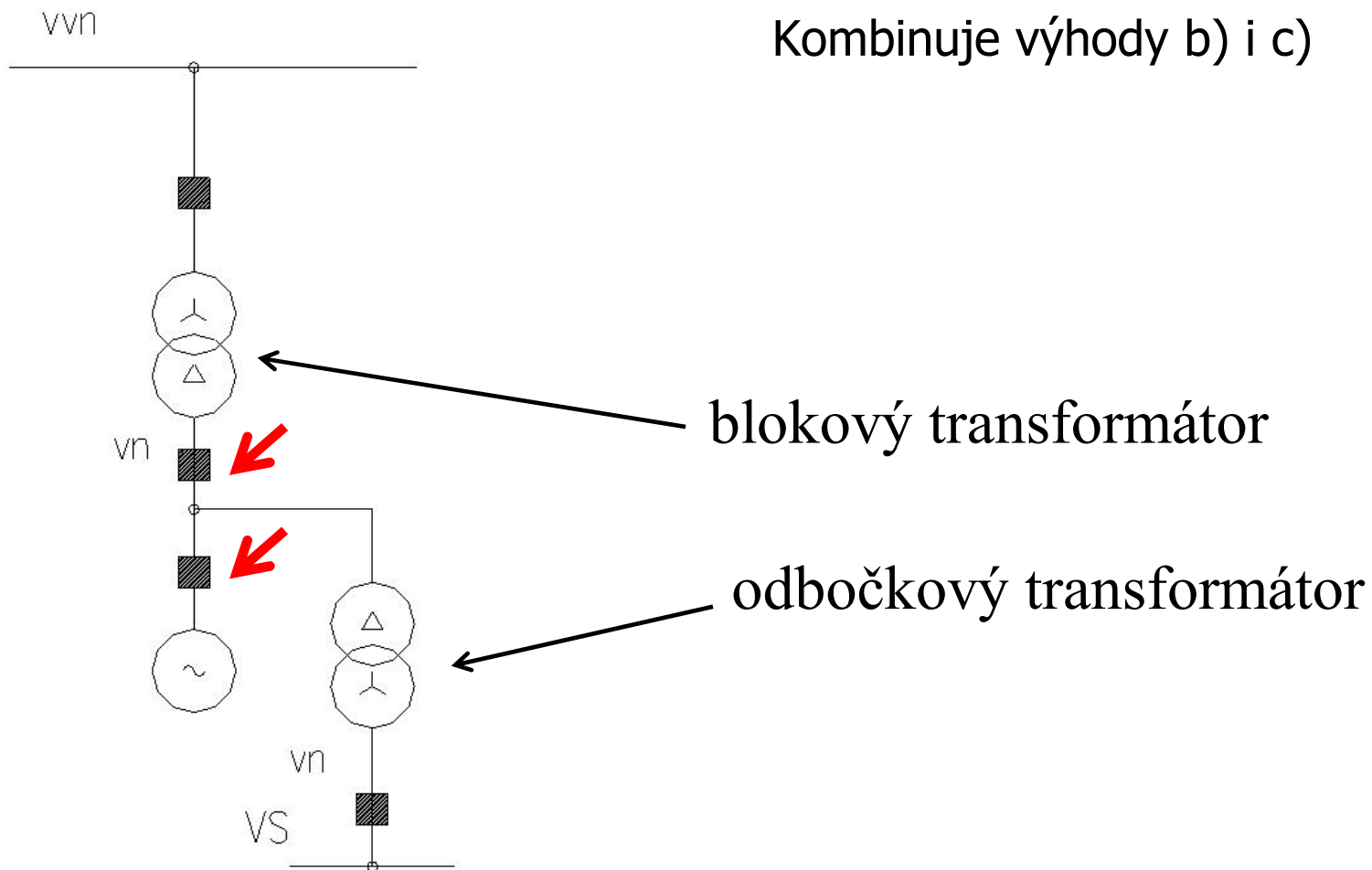
odbočkový transformátor

Topologie schémat

Schéma bloku

d) s generátorovým vypínačem před i za odbočkou VS

Kombinuje výhody b) i c)

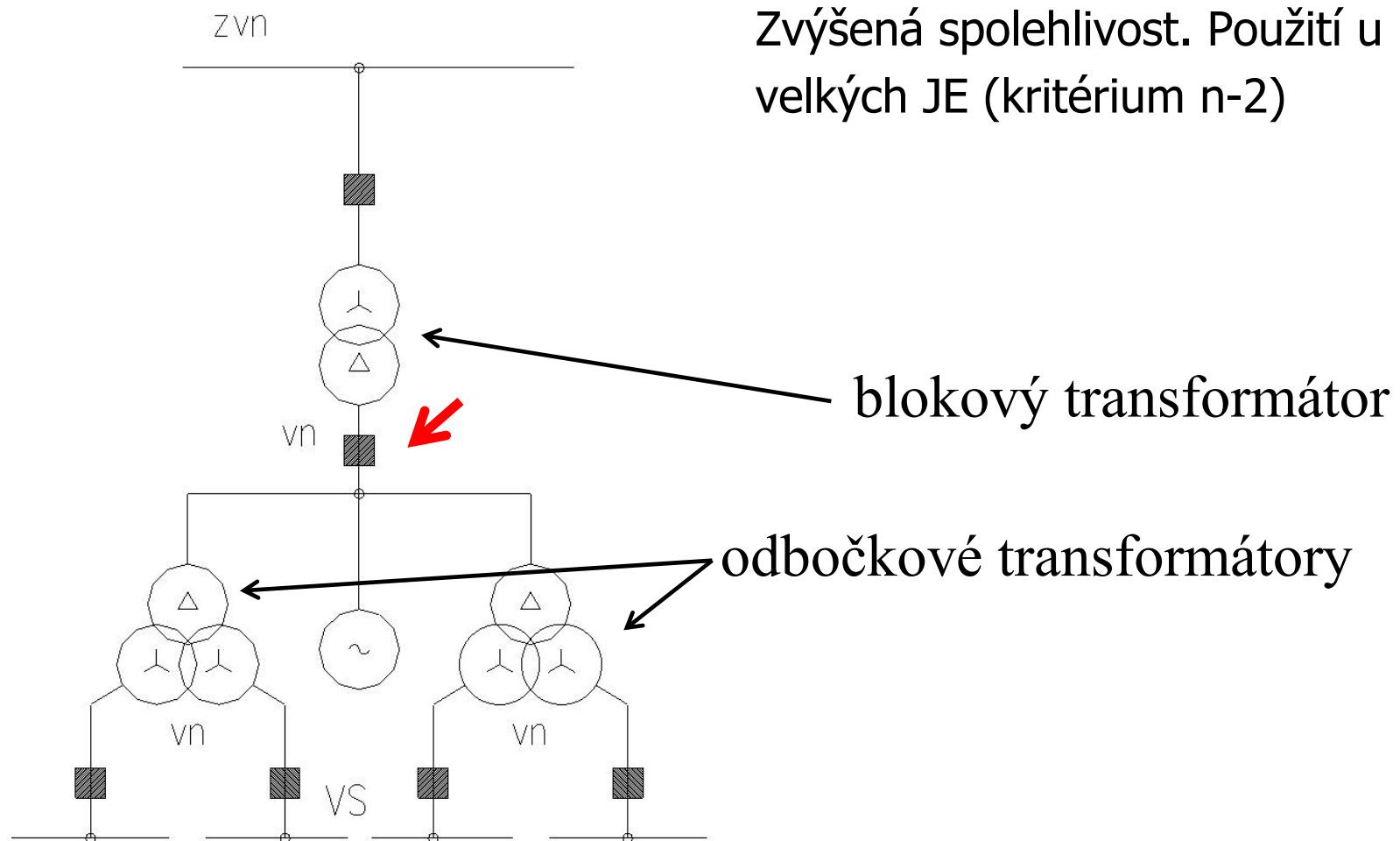


Topologie schémat

Schéma bloku

e) s generátorovým vypínačem + 2 x trf. VS

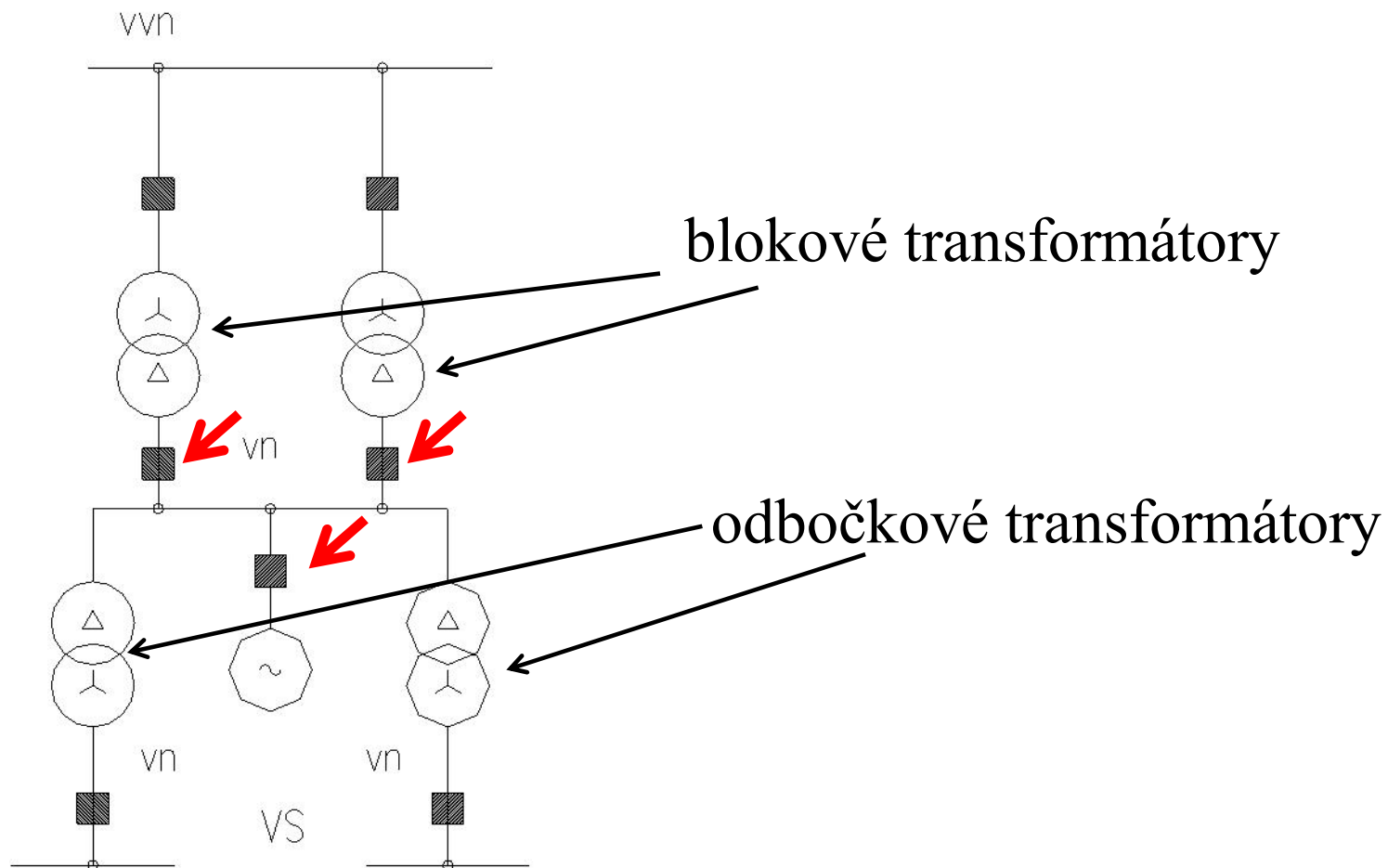
Zvýšená spolehlivost. Použití u velkých JE (kritérium $n-2$)



Topologie schémat

Schéma bloku

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



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, chladicí, (příp. topné) vody vč. úpravy
 - Odsíření spalin
 - Doprava a zpracování vedlejších energetických produktů (VEP)
 - Ventilace vzduchu a spalin
 - Buzení generátoru, napájení ŘS, ochran

Poznámka:

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
- teplotenský provoz
- poruchovost a účinnost zařízení

Poznámka:

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 nepřijatelným poklesům napětí
- provoz
 - => záložní napájení technologických rozvodů
 - => 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
Blokovaná rozvodna, rozvodna společné VS, další důležité technol. rozvodny
Pozn. pro méně důležité technol. rozvodny se někdy používá systém
2 ze 3, 3 ze 4 apod.
- zajištěné
=> bezvýpadkové (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)

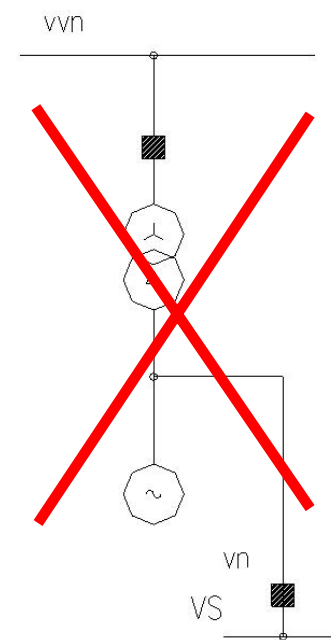
* myšleno napájecí cesty

Glosa k 1. přednášce

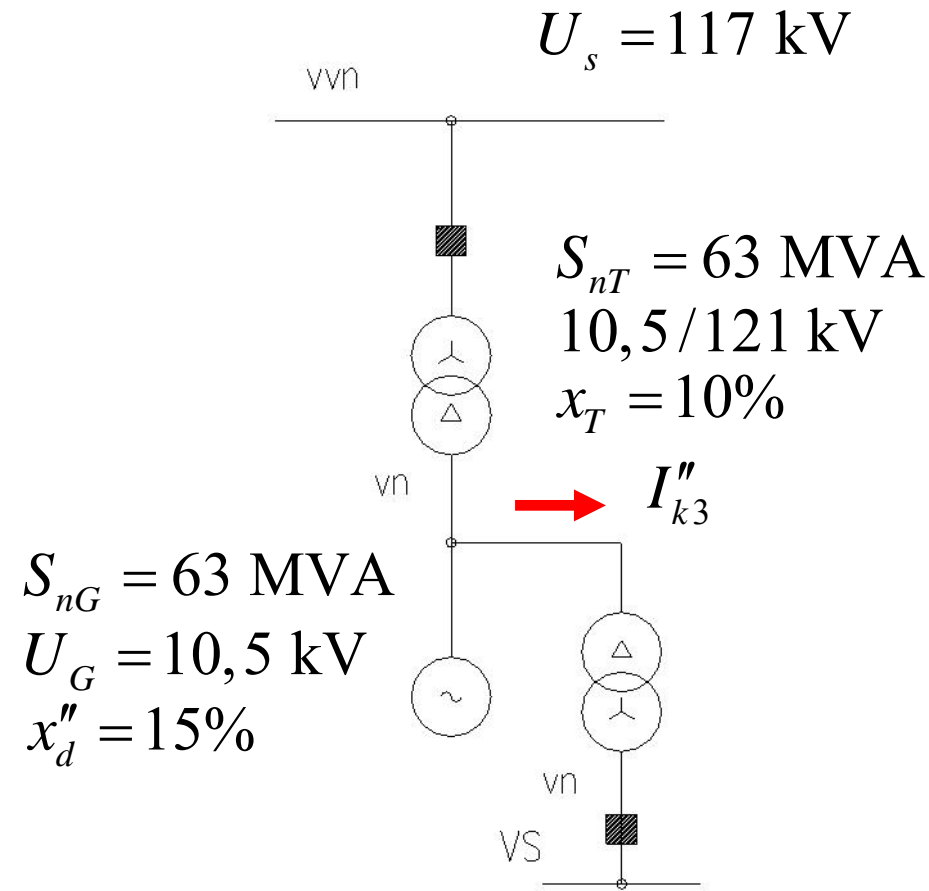
VS velkých i středních elektráren nikdy nespojujeme s generátorem přímo, ale přes odbočkový transformátor!

Důvody:

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

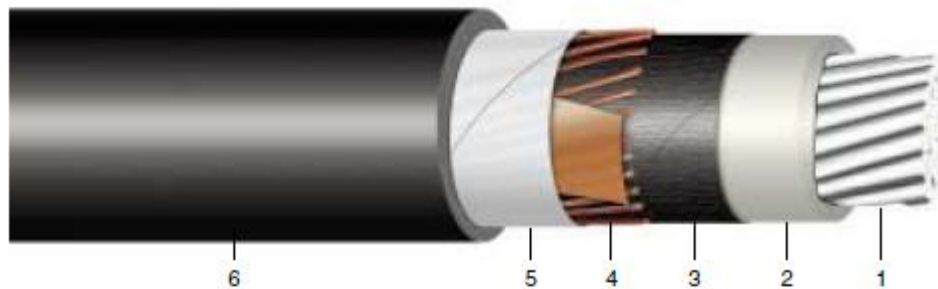


Příklad I: Spočítejte počáteční rázový zkratový proud I''_{k3} v odbočce bloku
 Příspěvek motorické zátěže zanedbejte, soustavu vvn uvažujte jako soustavu
 neomezeného zkratového výkonu



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 | 4. Cu koncentrický vodič |
| 2. PVC izolace | 5. Páska |
| 3. Polovodiivá páska | 6. PVC plášť |

Počet a průřez žil (mm ²)	Tvar jádra	Průměr inf. (mm)	Hmotnost inf. (kg/km)	Poloměr ohybu (mm)	Činný odpor (Ω/km)	Ekvivalentní zkrat. proud (kA)	Časová oteplovací konst. (sec)	Zatížitelnost na vzduchu (A)	Zatížitelnost v zemi (A)	Kapacita (μF/km)	Indukčnost (mH/km)	Obsah Cu/Al (kg/km)
No. of cores (mm ²)	Shape of the conductor	Diameter appr. (mm)	Cable mass appr. (kg/km)	Radius of bend (mm)	Effect. resist. of conductors (Ω/km)	Short circuit current-equiv. (kA)	Time heating constant (sec)	Current carrying cap. in air (A)	Current carrying cap. in ground (A)	Capacity (μH/km)	Inductivity (mH/km)	Content Cu/Al (kg/km)
1x35/16	RMV	21	569	315	0,868	2,680	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