

Elektrárny A1M15ENY

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

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)



JETE 2x1000 MW

- větrné elektrárny (VTE)



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 2000-2011

	Jednotka	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Výroba elektřiny celkem	GWh	73466	74647	76348	83227	84333	82578	84361	88198	83518	82250	85910	87561
parní elektrárny	GWh	57550	57421	54751	55551	55422	54789	54992	59367	54319	51666	49950	49973
jaderné elektrárny	GWh	13590	14749	18738	25872	26325	24728	26046	26172	26551	27208	27998	28283
spalovací elektrárny	GWh	13	10	11	6	13	13	17	8	14	16	30	23
PPC a kogenerace	GWh	2758	2510	2468	2506	2526	2520	2465	2465	3099	3210	3601	3932
vodní elektrárny	GWh	2313	2467	2846	1794	2563	3027	3257	2524	2376	2983	3380	2835
větrné elektrárny	GWh	-	-	2	4	10	21	49	125	245	288	335	397
solární elektrárny	GWh	-	-	-	-	-	-	-	2	13	89	616	2118
Celkový instalovaný výkon	MW	15323	15433	16310	17343	17434	17412	17508	17562	17724	18326	20073	20250
parní elektrárny	MW	11429	11501	11375	11405	11482	11428	11477	11449	11510	11598	10769	10787,9
jaderné elektrárny	MW	1760	1760	2760	3760	3760	3760	3760	3760	3760	3830	3900	3970
spalovací elektrárny	MW	36	26	24	18	16	29	51	60	58	59	67,4	85,9
PPC a kogenerace	MW	723,1	718,7	729,3	726,3	733,8	726,8	739,4	756,1	836,5	934,9	956,9	1015
vodní elektrárny	MW	2097	2145	2145	2149	2160	2166	2175	2175	2192	2181	2203	2201,1
větrné elektrárny	MW	1	1	6	11	16	29	44	114	150	193	217,8	218,9
solární elektrárny	MW	-	-	-	-	-	-	1	4	54	465	1959,1	1971

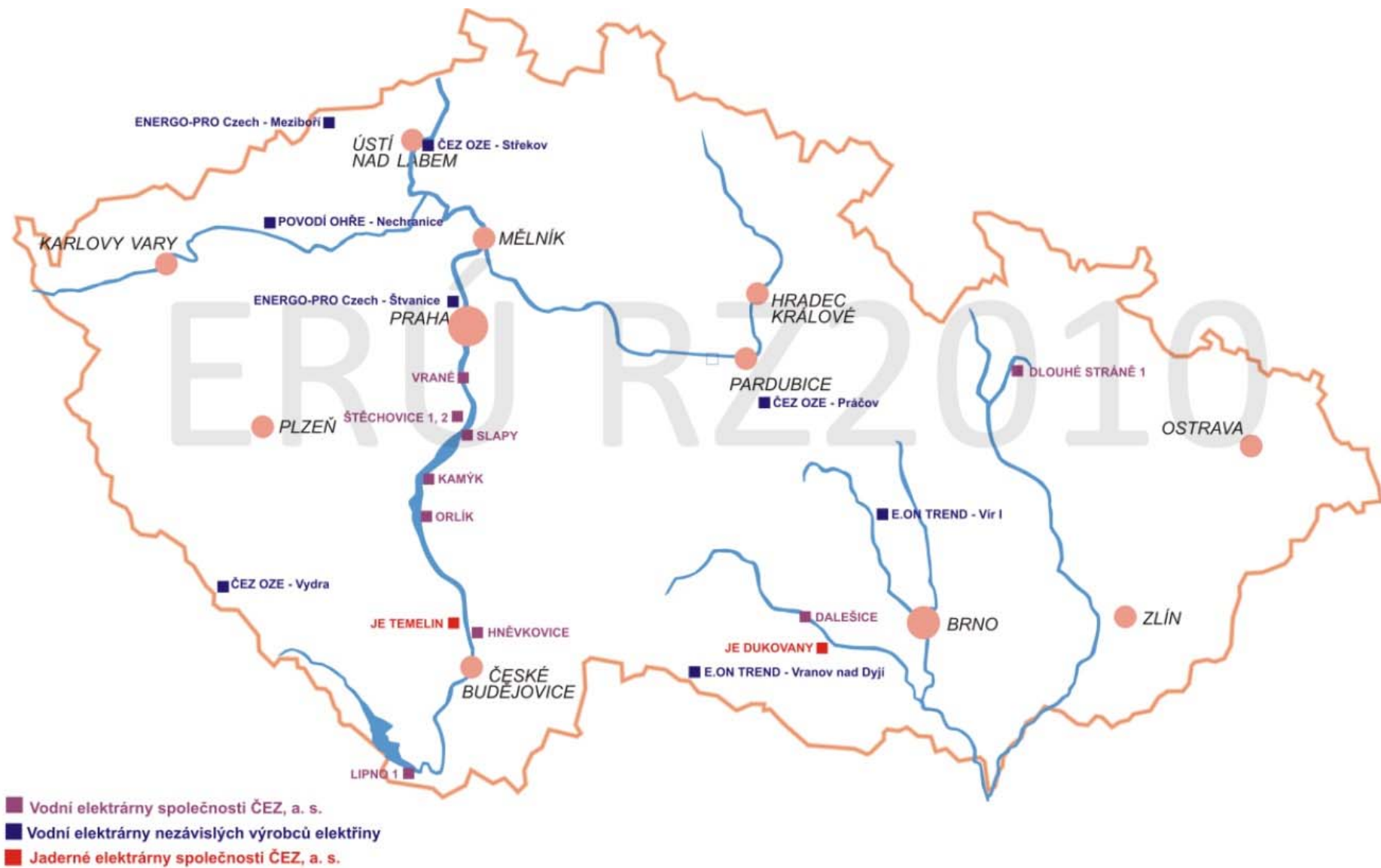
Zdroj: ČSÚ, výroba elektřiny je uvedena brutto

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

Další kritéria

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.)

Energetický zákon

Zákon č. 458/2000 Sb. – 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

Prováděcí předpisy k zákonu (zejména):

- **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

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**
 - **Kompensaci 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 😊)

Požadavky na schéma

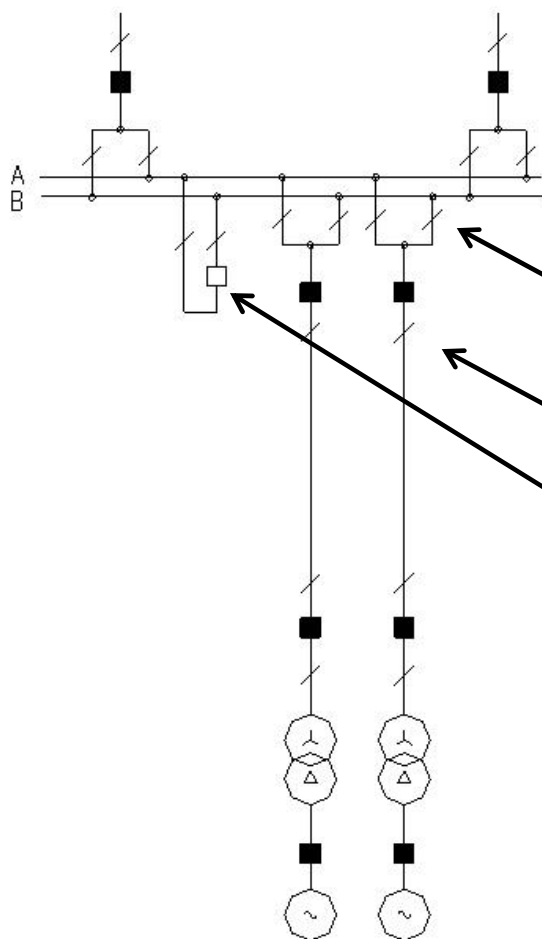
Hlavní požadavky:

- 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

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

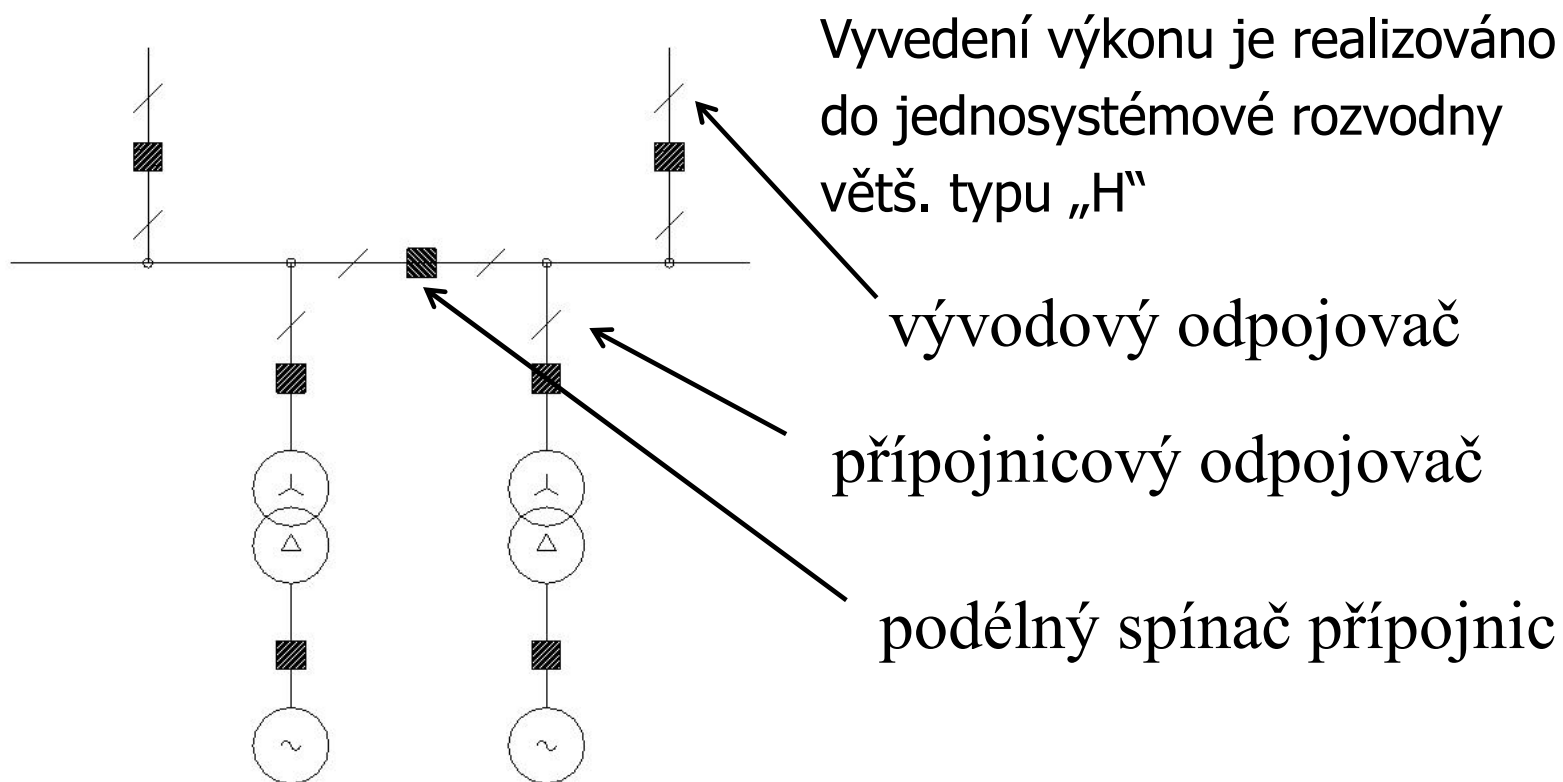
→ vývodový odpojovač

→ příčný spínač přípojnic

Vyvedení výkonu do sítě

Hlavní rozvodna v elektrárně

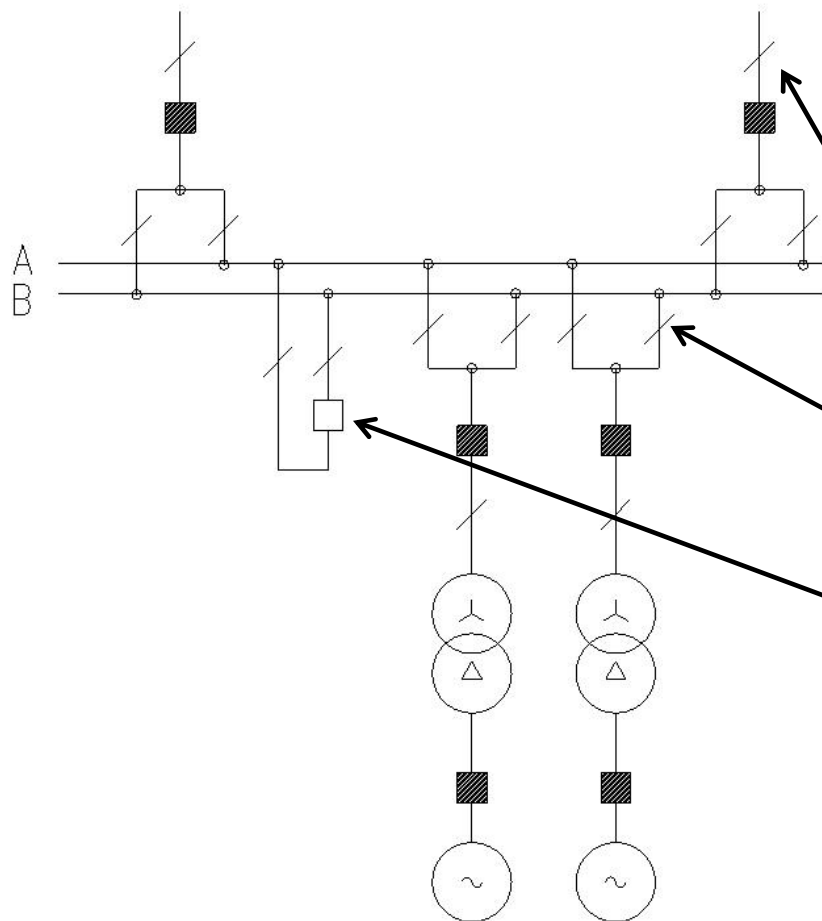
b) jednoduchý systém přípojnic (jednosystémová r.)



Vyvedení výkonu do sítě

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

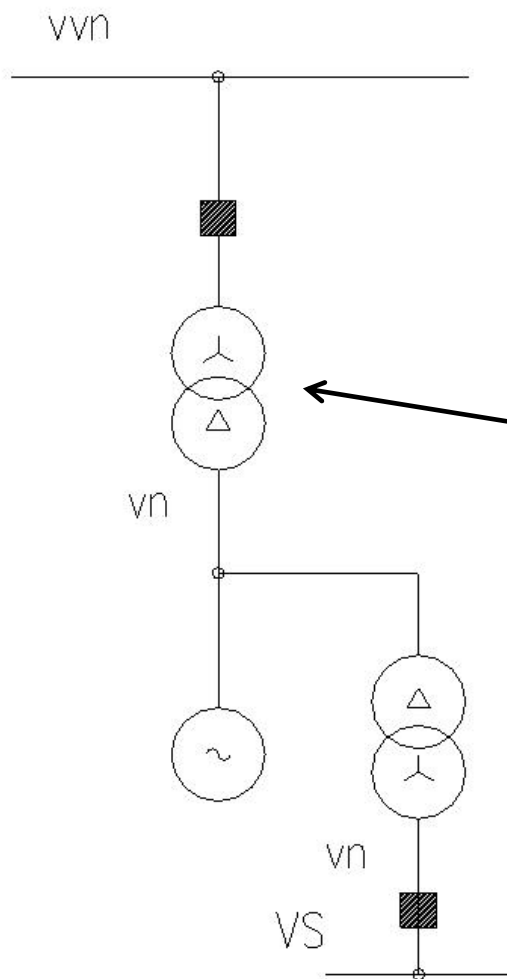
vývodový odpojovač

přípojnicový odpojovač

příčný spínač přípojnic

Schéma elektrárenského 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

Schéma elektrárenského bloku

b) s generátorovým vypínačem za odbočkou VS

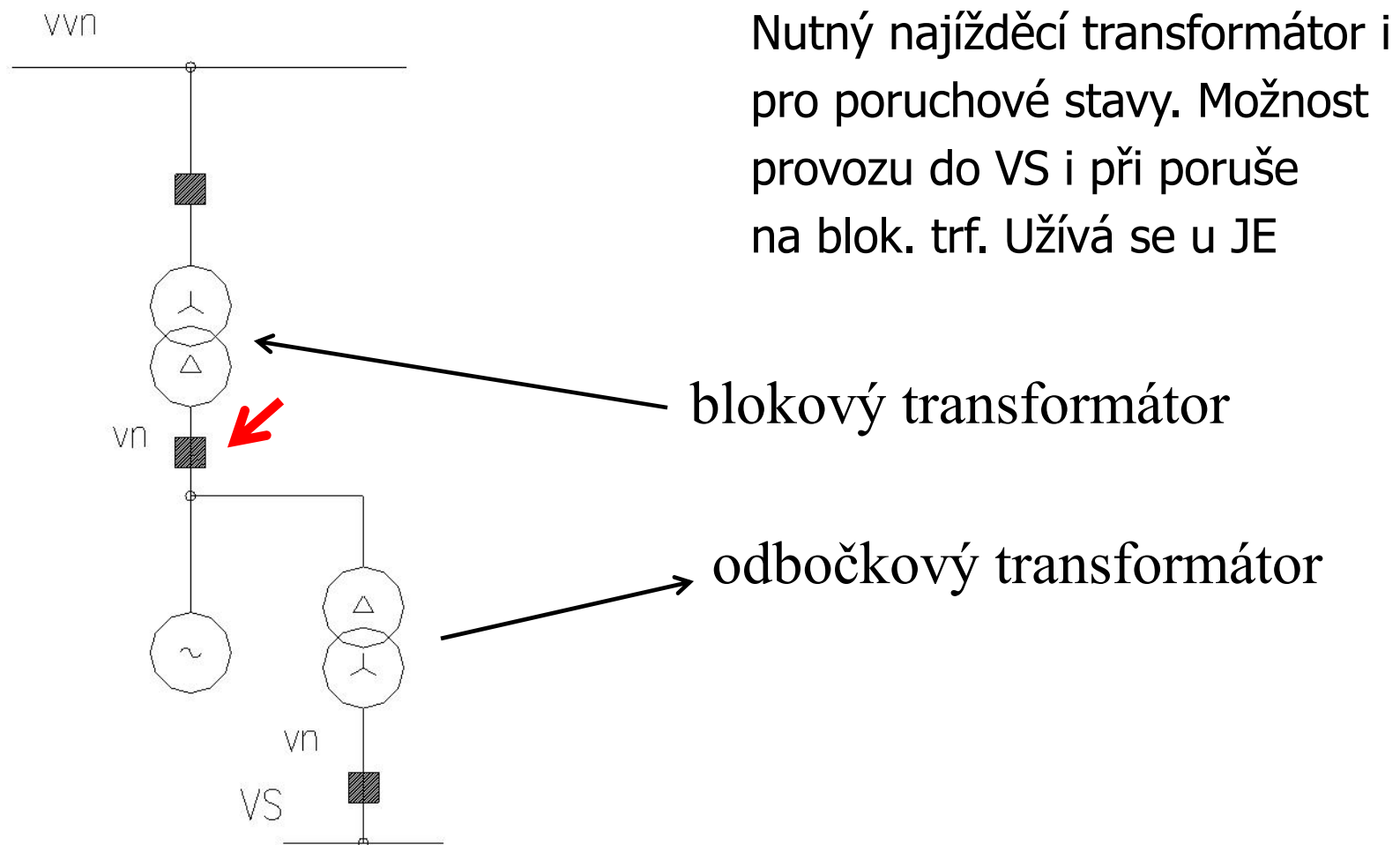
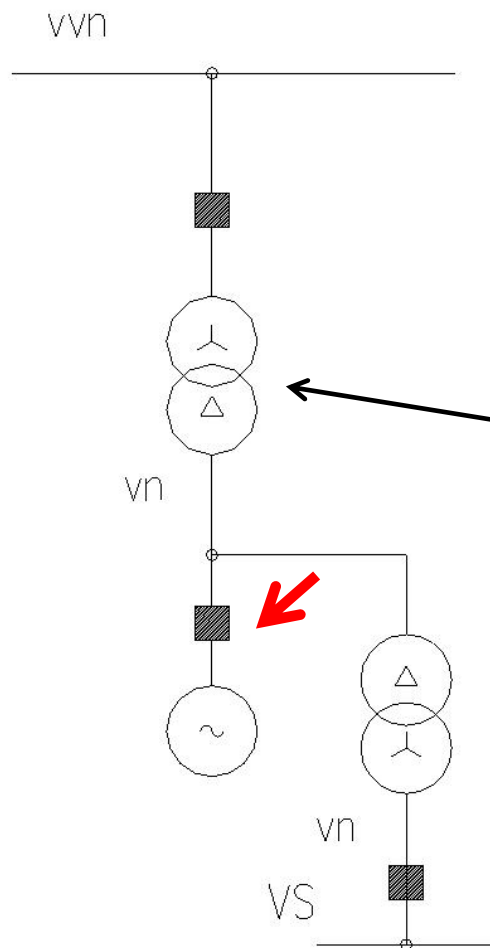


Schéma elektrárenského bloku

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

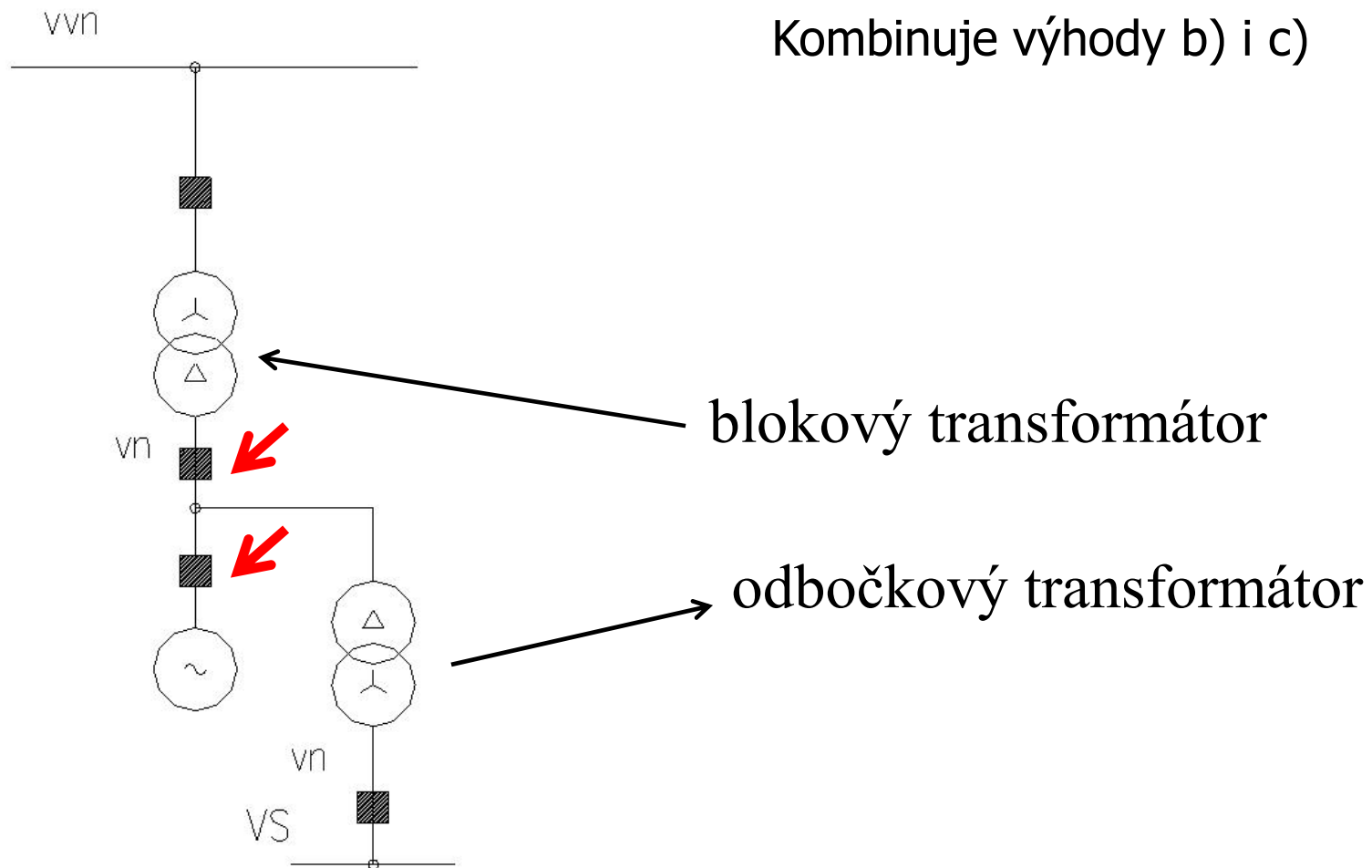


Schéma elektrárenského bloku

e) s generátorovým vypínačem + 2 x trf. VS

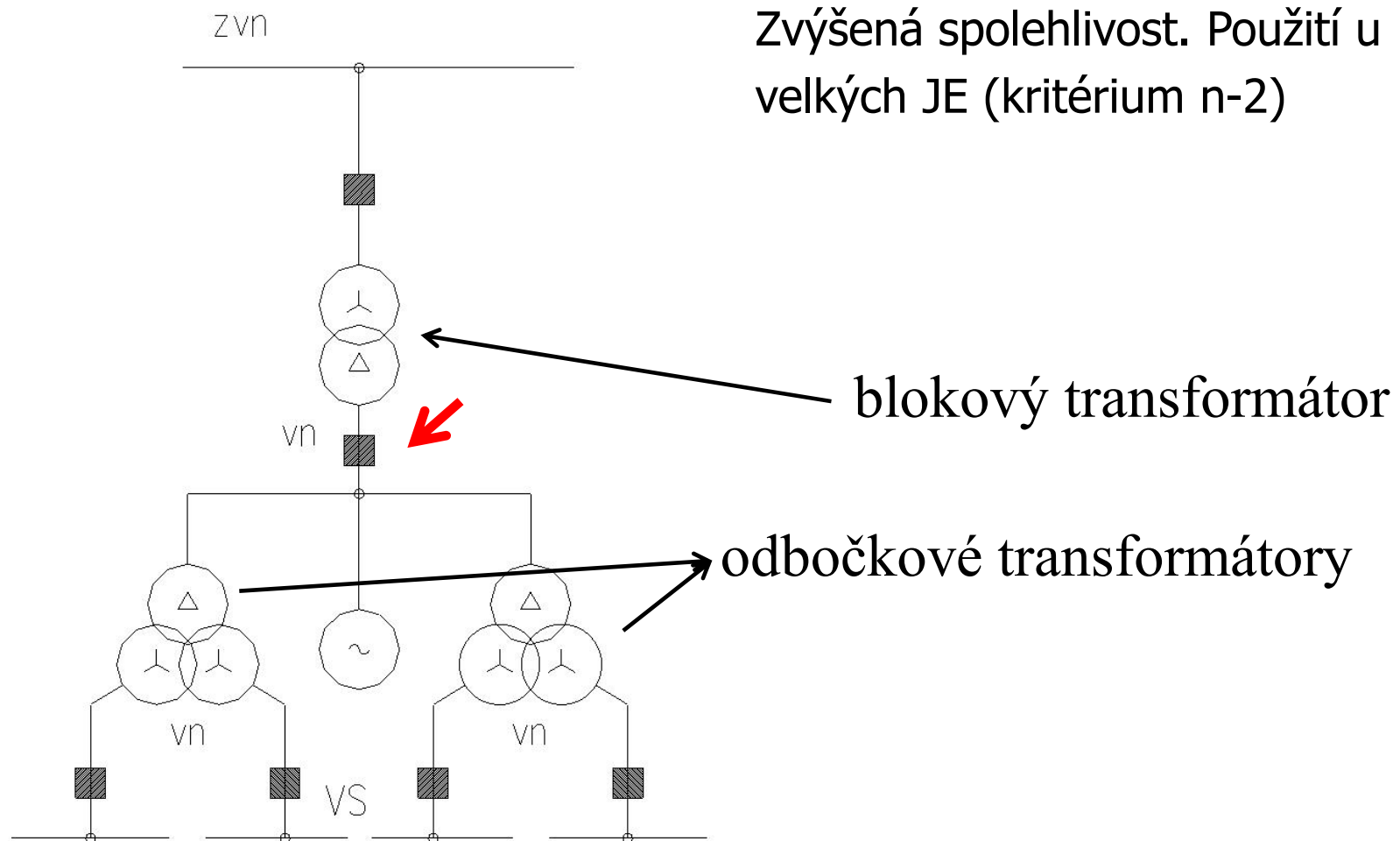
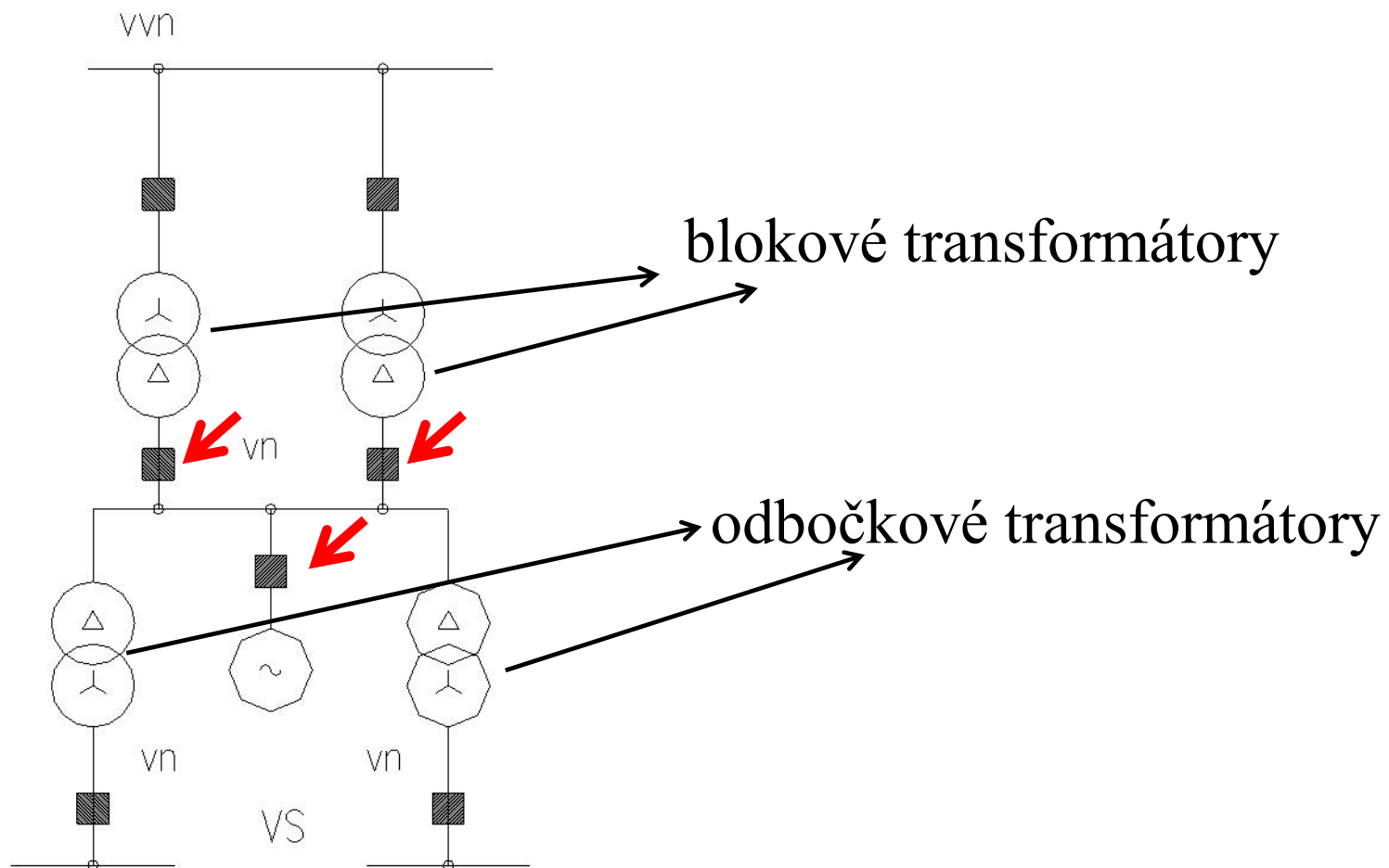


Schéma elektrárenského bloku

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.
- 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)

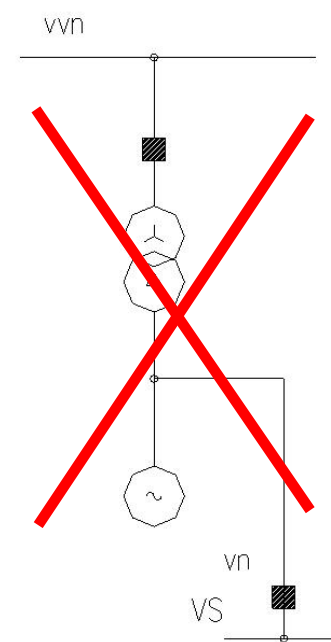
* myšleno napájecí cesty

Glosa k 1. přednášce

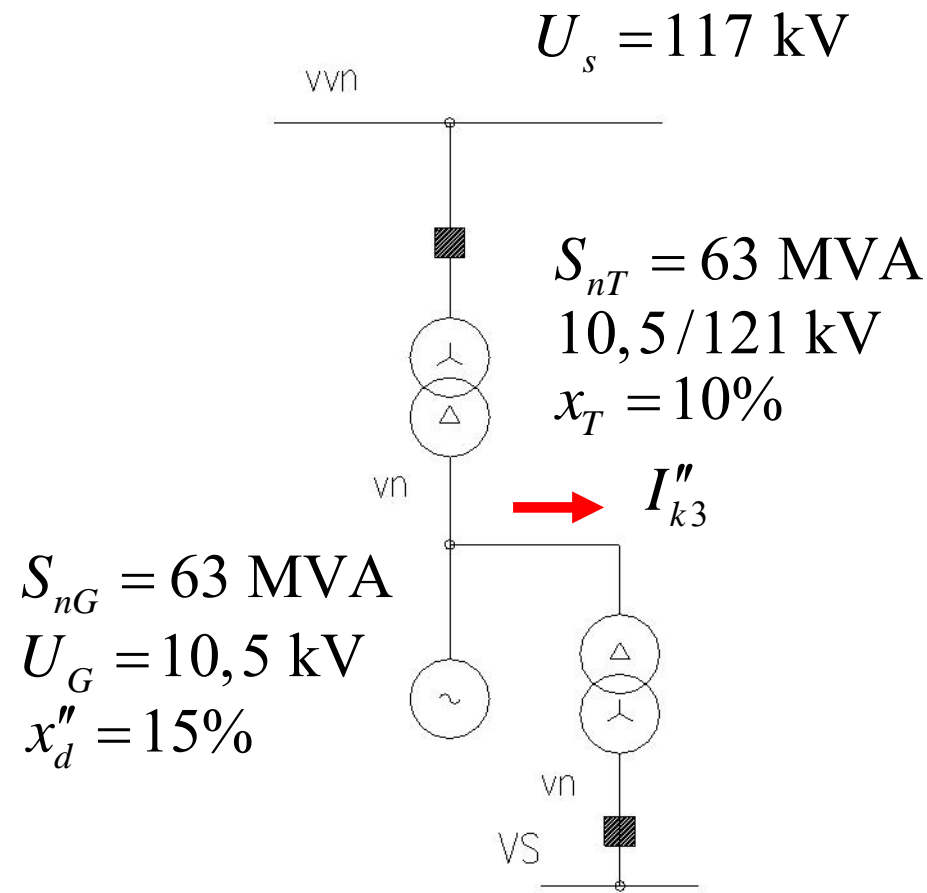
VS velkých i středních elektráren nikdy nespojujeme s generátorem přímo, ale přes odbočkový transformátor!

Důvody:

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

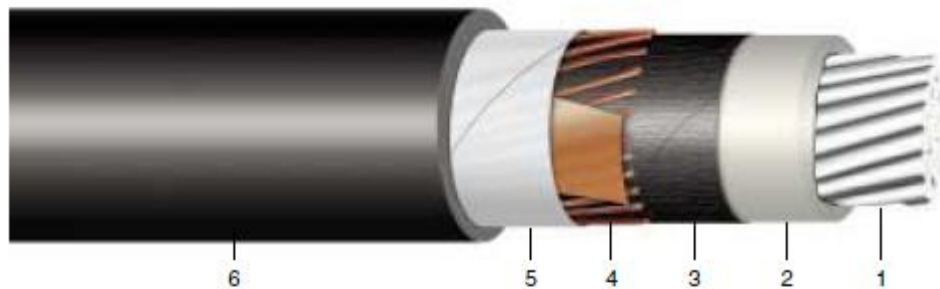


Příklad I: Spočítejte počáteční rázový zkratový proud I''_{k3} v odbočce bloku
 Příspěvek motorické zátěže zanedbejte, soustavu vvn uvažujte jako soustavu
 neomezeného zkratového výkonu



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 | 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