

Elektrárny 2

(Elektrická zařízení elektráren)

Přednášející: Karel Noháč, nohac@kee.zcu.cz, klapka 4343, kancelář EK314

Cvičící: Miloslava Tesařová, tesarova@kee.zcu.cz, klapka 4313, kancelář EK302

Literatura: Prof. Ing. Zbyněk Ibler, DrSc., Doc. Ing. Miloš Beran, CSc.-Elektrárny 2, VŠSE 1982

Doc. Ing. Miloš Beran, CSc.-Elektrická zařízení tepelných elektráren, VŠSE 1988

1. Dělení a provoz výroben elektrické energie (elektráren)

Dle typu technologie: Klasické tepelné elektrárny (elektrárny na fosilní paliva), jaderné elektrárny (dále JE), vodní elektrárny (akumulační, průtočné, přečerpávací), větrné elektrárny, sluneční elektrárny, ...

Dle zaměření výroby: Elektrárny (kondenzační elektrárny), teplárny (kogenerační jednotky)

Dle uspořádání: Blokové jednotky, propojená technologie

Tepelné elektrárny dle typu turbíny: Kondenzační, protitlaké, odběrové

JE dle počtu okruhů: Jedno, dvou a tříokruhové

Výroba musí zajistit potřebnou dodávku el. energie v odpovídající kvalitě dané velikostí a stabilitou parametrů:

- kmitočet
- úroveň velikosti napětí
- podíl vyšších harmonických napětí
- podíl nesymetrie napětí

Maximální spolehlivost a hospodárnost vyžaduje koordinaci výroby a obchodu s el. energií oproti spotřebě na základě diagramů zatížení pomocí:

- budování a provoz přečerpávacích elektrárenských bloků
- smluvní regulace odběrového diagramu velkoodběratelů
- posílení směnného průmyslového provozu a nočních tarifů
- využití systému hromadného dálkového ovládní (HDO) spotřebičů
- využití mezinárodní spolupráce v propojených elektrizačních soustavách

2. Elektrická schémata elektráren

Elektrické schéma určuje topologii vyvedení el. výkonu a zajištění napájení vlastní spotřeby (dále V.S.) s dostatečnou operativností, spolehlivostí, bezpečností a hospodárností.

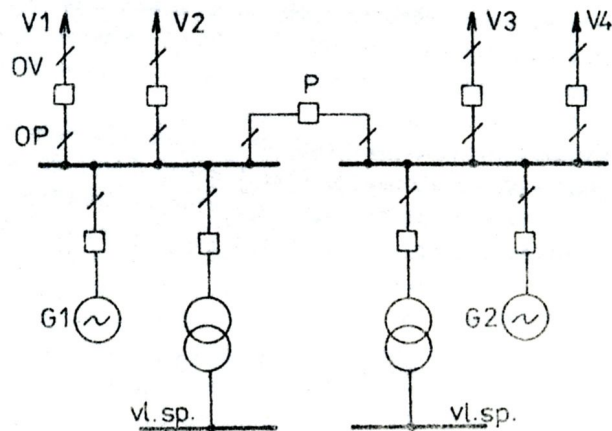
Existují tři stupně odběratelů, u nichž ztráta napájení způsobí:

1. Ohrožení života, havárii zařízení nebo velké hospodářské škody
2. Podstatné snížení výroby
3. Jen částečné omezení výroby

Spotřebitele 1. a druhého stupně je nutno zásobovat nejméně ze dvou nezávislých zdrojů.

Topologie schémat:

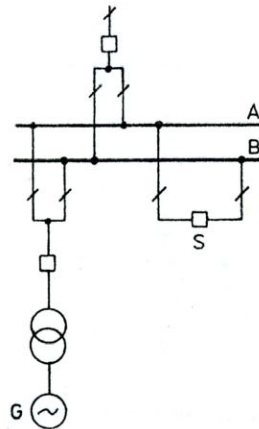
Jednoduchý systém přípojnic



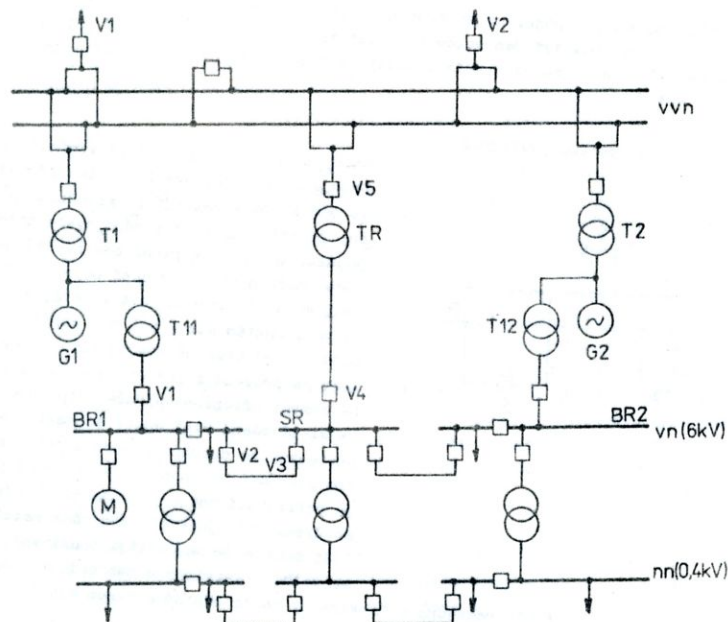
Každý vypínač má OP – přípojnicový a OV vývodový odpojovač

Podélný spínač je nutný pro oddělení části přípojnice, přípojnicového odpojovače či vypínače v poruše od druhého bloku a pro oddělený paralelní provoz snižující zkratové poměry.

Dvojitý systém přípojnic:



Dvojitý systém přípojnic a oddělená bloková a společná V.S.:



Další zlepšení je možno systémem se třemi přípojnicemi, nebo tzv. pomocnou přípojnicí.

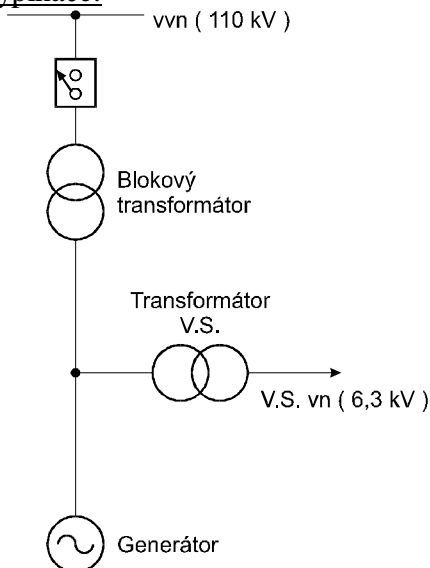
Požadavky na hlavní elektrická schémata elektráren jsou zajištění požadované:

- spolehlivosti a bezpečnosti (dle stupňů důležitosti spotřebitelů 1 až 3)
- operativnosti (umožňovat veškeré rozmanitosti provozu včetně mimořádných výrobních stavů, revizí a oprav)
- hospodárnosti (investiční a provozní)

Podle počtu bloků se instalují 1 – 2 najížděcí transformátory, popř. nově přebírá běžnou najížděcí funkci blokový transformátor.

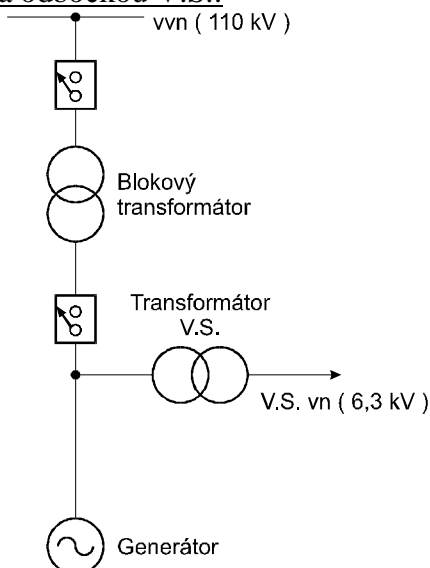
Schéma bloku alternátor – blokový transformátor – transformátor V.S.

Schéma bez alternátorového vypínače:



Nutný najížděcí transformátor pro najíždění i poruchové stavy. Levné a přehledné schéma vhodné pro menší bloky několika desítek MW.

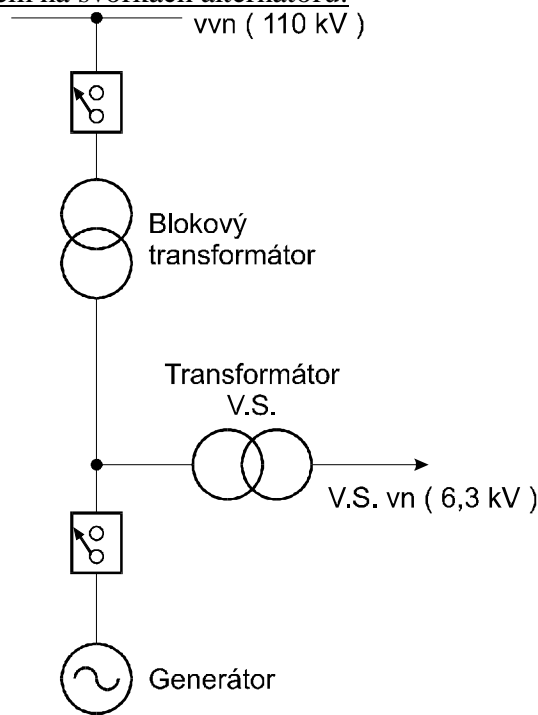
S alternátorovým vypínačem za odbočkou V.S.:



Opět nutný najížděcí transformátor pro najíždění i poruchové stavy. Výhodou je nepřetržitý provoz V.S. i alternátoru i při poruše na blokovém transformátoru, což je dobré

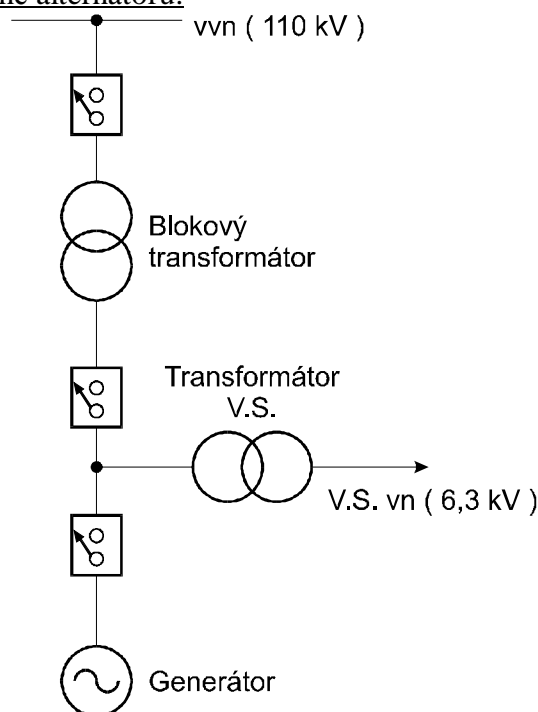
pro zvýšení stability alternátoru i pro případy provozu se sníženým výkonem jen do V.S.
Využívá se u JE.

S alternátorovým vypínačem na svorkách alternátoru:



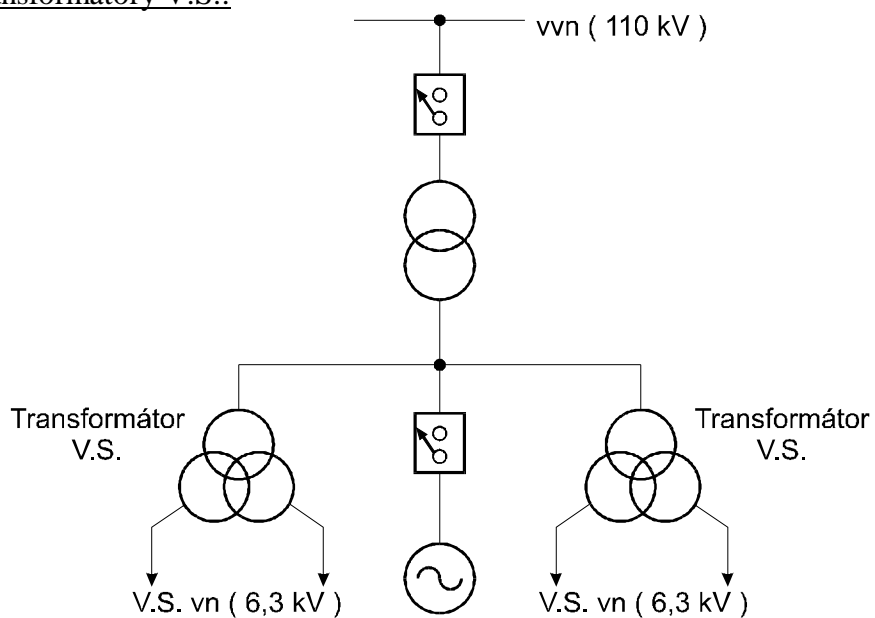
Blokový transformátor využíván i pro najíždění bloku, přesto existuje rezervní najížděcí transformátor pro více bloků. Využívá se u velkých bloků.

Se dvěma vypínači na straně alternátoru:



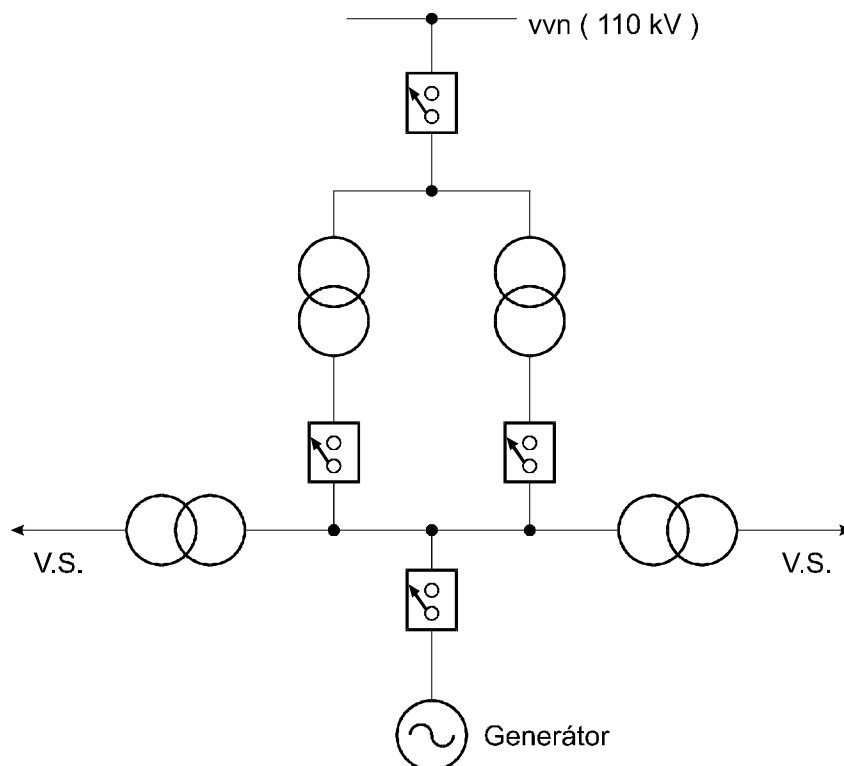
Spojuje výhody najíždění blokovým transformátorem a likvidace poruchových stavů

Se dvěma transformátory V.S.:



Využití u JE s výkonem přes 400 MW.

Se dvěma transformátory blokovými i transformátory V.S.:



Se dvěma transformátory blokovými i transformátory V.S. bez nutného havarijního transformátoru:

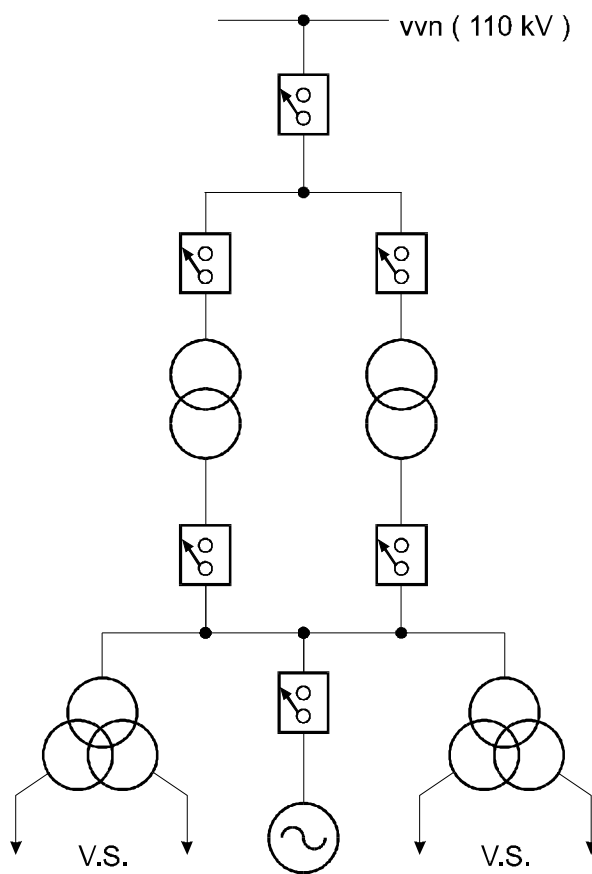
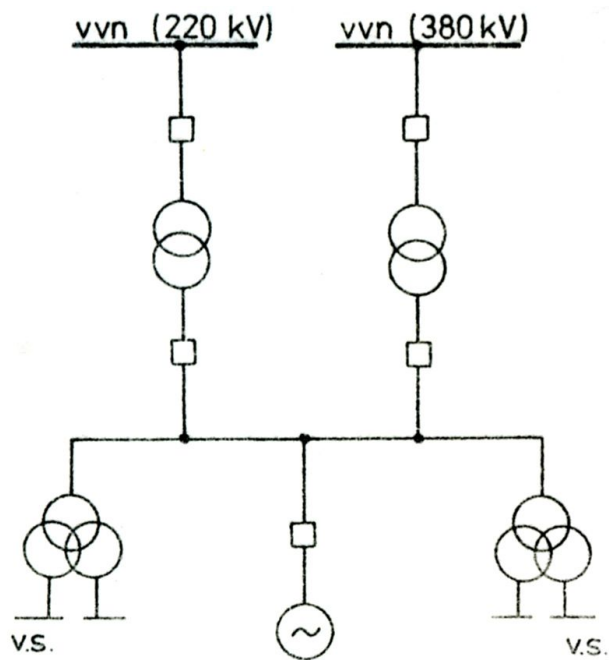
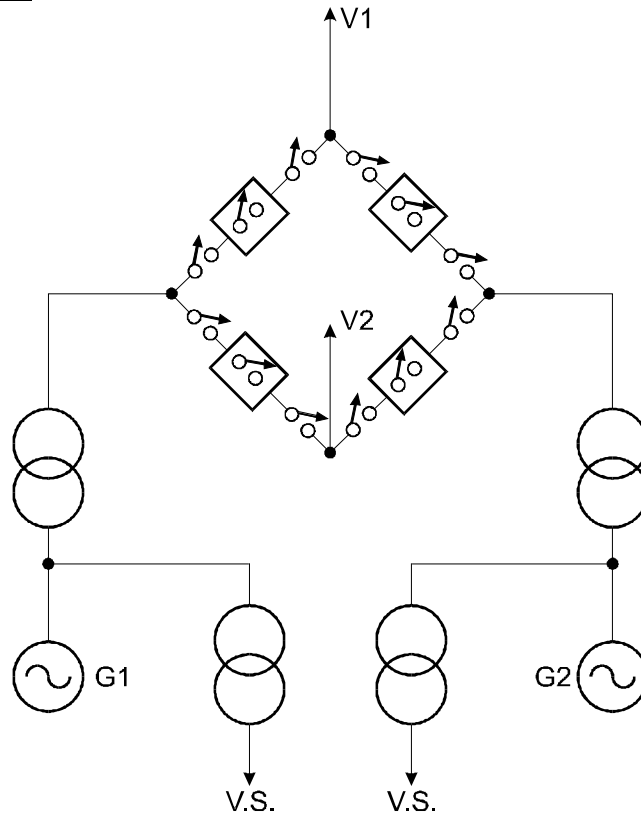


Schéma pro dva napěťově rozdílné systémy vvn

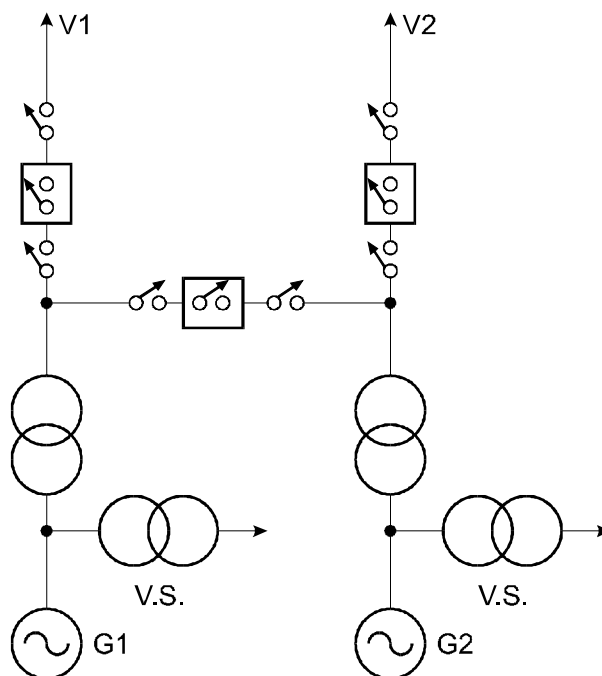


Čtyřúhelníkové schéma:



Přes svou jednoduchost umožňuje přechod alternátorů mezi vývody. Nevýhodou je menší přehlednost.

Schéma „H“



Zjednodušení předchozího schématu vhodné pro prostorově limitovaná řešení u vodních elektráren nebo distribučních rozvodů.

3. Vlastní spotřeba (V.S.) elektrické energie elektráren

V.S. elektrické energie je spotřeba při výrobě u hlavního i u všech pomocných provozů včetně ztrát mimo nevýrobních spotřebičů:

- Doprava a úprava paliva
- Čerpání napájecí a chladicí vody a jejich úprava
- Odsíření spalin
- Ventilace vzduchu a spalin

Podíl V.S.:

- | | | |
|--|---|----------------|
| • Uhelné tepelné elektrárny | - | 7 až 11 % |
| (pokud je pohon napaječky parní turbínou | - | 4 až 6 %) |
| • Tepelné elektrárny na plyn, mazut | - | 5 až 6 % |
| (pokud je pohon napaječky parní turbínou | - | 2,5 až 3,5 %) |
| • Teplárny | - | 14 až 18 % |
| • Jaderné elektrárny | - | 6 až 7 % |
| • Vodní elektrárny | - | do 1 % |

Objem V.S. ovlivňuje:

- Jednotkový výkon blokových strojů a pohonných agregátů
- Kvalita a dostupnost použitého paliva
- Využití elektrárny v diagramu zatížení a charakter jejího nasazení
- Technická úroveň (především účinnost) pohonů

V.S. musí být zajištěna jak při provozu, tak při najíždění a konečně i při odstavování elektrárenského bloku. Při doběhu je důležité zajistit napájení zařízení, která by ohrozila spolehlivost elektrárny a to zejména:

- Dochlazování jaderného reaktoru u JE
- Čerpadla ložiskového oleje turbosoustrojí
- Ovládací servomechanismy turbosoustrojí
- Měřicí, řídicí a ochranné systémy

Technické zajištění V.S. se historicky vyvíjelo od samostatných turbosoustrojí u stěžejních zařízení, přes dedikované alternátory a elektrické pohony, alternátory na společné hřídeli hlavního soustrojí (používá se dodnes u vodních elektráren - např. Slapy, nebo částečně u JE – např. Jaslovské Bohunice) až po řešení odbočkou z vývodu alternátoru s doplněním zajištěného napájení přes zvláštní transformátor z nezávislého zdroje.

U JE kromě toho je třeba zajistit zvýšenou bezpečnost a spolehlivost plus minimální četnost odstavování reaktoru. Toto vyžaduje rozdělení spotřebičů ve V.S. do skupin zajištěného napájení dle důležitosti, posílení kvality kabeláže, průchodek, atd. Pro každý blok je nutno zajistit tři zcela nezávislé systémy napájení dostatečné pro všechny provozní stavy a projektové poruchy, tedy systémy napájení:

- Pracovního
- Záložního
- Zajištěného

Kromě toho existuje u JE ještě čtvrtý systém zajištěného napájení pro obvody s maximální důležitostí a výpočetní techniku. Dalším specifikem V.S. u JE je minimální společná V.S., protože většina spotřebičů je blokově orientovaných. Systémy musí mít

samočinné přepínání zásoků. V.S. se rozdělena na nezávislé sekce pro každou výrobní jednotku.

Rozdělení spotřebičů do skupin:

1. Spotřebiče povolující krátkodobé přerušení napájení či pokles napětí na dobu max. 1 sec. (cirkulační čerpadla primárního okruhu, řízení a ochrana reaktoru, pohony olejových čerpadel turbosoustrojí).
Pohony jsou rozděleny na tři stupně:
 - I. Ztráta napájení způsobuje ohrožení osob či havárii zařízení, popř. vyřazení výroby více jednotek (napájecí čerpadla kotlů, cirkulační chladicí čerpadla) (dle normy do 50 MW jednotkového výkonu je zajištěné napájení realizováno ze staniční baterie, u větších pak dieselaagregátem, popř. jejich kombinací). Stykače v tomto stupni buď neodpadávají, nebo se musí samočinně zpětně zapínat.
 - II. Ztráta napájení způsobuje vyřazení nebo snížení výroby jednotky. Tyto pohony jsou opatřeny podpěťovou ochranou. Opětné zapnutí je s jistou provozní prodlevou.
 - III. Ztráta napájení nemá vliv na velikost výroby. Tyto pohony jsou opatřeny rychlým nulovým vypínáním. Opětné zapnutí je samočinné s prodlevou nebo ruční.
2. Spotřebiče povolující krátkodobé přerušení napájení či pokles napětí na dobu max. 3 minut (havarijní napájecí čerpadla, čerpadla chladícího mezikruhu, čerpadla kyseliny borité, doplňková ventilace)
3. Spotřebiče s menšími nároky.

Je třeba při koncepci systému ochrany brát v úvahu přetížení transformátoru V.S. při najíždění během samočinného spouštění. Podobně je třeba nastavit i chránění všech pohonů.