

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

**ZAJIŠTĚNÉ NAPÁJENÍ VLASTNÍ SPOTŘEBY
PARNÍ ELEKTRÁRNY**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

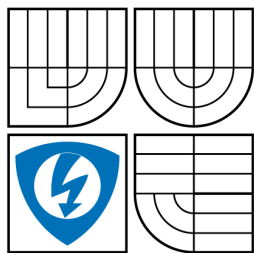
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. PETR TOMÁŠEK

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektroenergetika

Student: Bc. Petr Tomášek

ID: 84773

Ročník: 2

Akademický rok: 2008/2009

NÁZEV TÉMATU:

Zajištěné napájení vlastní spotřeby parní elektrárny

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Koncepce napájení zajištěné spotřeby vlastní spotřeby parní elektrárny.
2. Určení spotřebičů, které budou napájeny ze zajištěného napájení.
3. Dimenzování jednotlivých částí systému zajištěného napájení: výpočet usměrňovače, výpočet akumulátorové baterie, výpočet střídače, výpočet dieselgenerátoru.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího.

Termín zadání: 9.2.2009

Termín odevzdání: 25.5.2009

Vedoucí práce: Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA

POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Petr Tomášek

Bytem: Sulkovec 55

Narozen/a (datum a místo): 4.9.1984 v Poličce

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií,

se sídlem Údolní 244/53, 602 00 Brno,

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

☐ disertační práce

☒ diplomová práce

☐ bakalářská práce

☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

.....
(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP:	Zajištěné napájení vlastní spotřeby parní elektrárny
Vedoucí/ školitel VŠKP:	Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.
Ústav:	Ústav elektroenergetiky
Datum obhajoby VŠKP:	15.6.2009

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

☒ tištěné formě – počet exemplářů 1

☒ elektronické formě – počet exemplářů 1

* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☒ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....
Nabyvatel

.....
Autor

Bibliografická citace práce:

TOMÁŠEK, P. Zajištění napájení vlastní spotřeby parní elektrárny. Diplomová práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2009, 67 stran.

Prohlašuji, že jsem svou **diplomovou práci** vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

Zároveň bych chtěl poděkovat vedoucí diplomové práce Ing Jaroslavě Orságové, Ph.D. a Ing. Petru Přidalovi za cenné rady a připomínky k mé práci, poskytnutou literaturu a svým rodičům za podporu během celé doby mého studia.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



**Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav elektroenergetiky**

Diplomová práce

Zajištění napájení vlastní spotřeby parní elektrárny

Bc. Petr Tomášek

vedoucí: Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2009

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**Faculty of Electrical Engineering and Communication
Department of Electrical Power Engineering**

Master's Thesis

Safe uninterruptible power supply of power station internal consumption

by

Bc. Petr Tomášek

Supervisor: Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.

Brno University of Technology, 2009

Brno

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá problematikou zajištěného napájení. Pod pojmem zajištěného napájení se skrývá soubor technologických celků, které zajišťují napájení zařízení podílejících se na bezpečném odstavení elektrárny v případě výpadku napájení z běžného napájecího zdroje. Práce je členěna do dvou základních částí – teoretické a praktické.

Teoretická část pojednává o možnostech realizace zajištěného napájení. Je zde proveden výčet jednotlivých zařízení, která mohou být v sekci zajištěného napájení obsažena, a u každého je provedena jeho charakteristika. Jsou zde také zmíněna jednotlivá zařízení, která mohou být napájena ze sekce zajištěného napájení. Výčet těchto zařízení je proveden na základě normy ČSN 381120. V závěru teoretické části jsou zmíněny nové trendy v oblasti realizace zajištěného napájení. Těmito zdroji jsou bezakumulátorové technologie, které také nabízejí různé varianty řešení.

Praktická část obsahuje návrh zajištěného napájení pro konkrétní parní elektrárnu. Návrh zajištěného napájení se skládá z usměrňovačů, baterií, střídačů a dieselgenerátoru. Po výpočtu jednotlivých parametrů je v závěru praktické části vyobrazeno schéma uspořádání navrhované sekce zajištěného napájení.

KLÍČOVÁ SLOVA: zajištěné napájení; usměrňovač; baterie; střídač; dieselgenerátor

ABSTRACT

This thesis examines issues connected to safe uninterruptible power supplies. The term safe uninterruptible power supply is used for an aggregate of devices providing power for appliances that participate in safe rapid shutdown of a power plant in case power from a usual source fails. The thesis is divided into two parts – theoretical and practical.

Theoretical part deals with possibilities and ways of realizing an aggregation of safe uninterruptible power supply. Various devices that can appear in the section of a safe uninterruptible power supply are listed and each device is characterized. Appliances that can be provided for by the sources of safe uninterruptible power supply are mentioned as well. These appliances are listed in accordance with ČSN standard nr. 381120. The theoretical part concludes with new trends in realization of safe uninterruptible power supplies. One of these sources is a clean source technology that can also be implemented in various ways.

Practical part contains a suggestion of a safe uninterruptible power supply for particular steam power plant. This suggested safe uninterruptible power supply consists of rectifiers, batteries, inverters and a dieselgenerator. Calculated parameters of each device at the conclusion of the practical part are followed by a diagram of the suggested section of safe uninterruptible power supply.

KEY WORDS: uninterruptible power supply; rectifier; storage battery; inverter;
 dieselgenerator

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	12
SEZNAM TABULEK	13
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	14
CÍLE PRÁCE	16
1 ÚVOD	17
2 KONCEPCE NAPÁJENÍ ZAJIŠTĚNÉ SPOTŘEBY VLASTNÍ SPOTŘEBY PARNÍ ELEKTRÁRNY.....	18
3 URČENÍ SPOTŘEBIČŮ, KTERÉ BUDOU NAPÁJENY ZE ZAJIŠTĚNÉHO NAPÁJENÍ.....	22
4 ZAŘÍZENÍ PODÍLEJÍCÍ SE NA ZAJIŠTĚNÉM NAPÁJENÍ VLASTNÍ SPOTŘEBY	23
4.1 AKUMULÁTOROVÉ BATERIE.....	23
4.1.1 AKUMULÁTORY S VELKOPOVRCHOVÝMI Kladnými elektrodami	23
4.1.2 AKUMULÁTORY S TRUBKOVÝMI Kladnými elektrodami	24
4.1.3 AKUMULÁTORY S MŘÍŽKOVÝMI Kladnými elektrodami	24
4.1.4 AKUMULÁTORY S TYČOVÝMI Kladnými elektrodami VB	24
4.1.5 VENTILEM ŘÍZENÉ AKUMULÁTORY	24
4.1.6 PROVOZ AKUMULÁTORŮ	25
4.1.7 NABÍJENÍ A TRVALÉ DOBÍJENÍ.....	26
4.1.8 VÝPOČET PARAMETRŮ	27
4.2 DIESELGENERÁTORY	28
4.3 USMĚRŇOVAČE	29
4.3.1 USMĚRŇOVAČE S FÁZOVÝM ŘÍZENÍM.....	30
4.3.2 USMĚRŇOVAČE PULSNĚ ŘÍZENÉ	31
4.4 STŘÍDAČE.....	31
4.5 ROZVÁDĚČE	31
4.5.1 ROZVÁDĚČ STŘÍDAVÉHO NAPĚTÍ	31
4.5.2 ROZVÁDĚČ STEJNOSMĚRNÉHO NAPĚTÍ	32
5 NOVÉ TRENDY V OBLASTI ZAJIŠTĚNÉHO NAPÁJENÍ	33
5.1 ŘEŠENÍ NZ ²	34
5.2 ŘEŠENÍ DC ²	35
6 NÁVRH SYSTÉMU ZAJIŠTĚNÉHO NAPÁJENÍ	37
6.1 ZADÁNÍ.....	37
6.2 VÝPOČET BATERIOVÝCH ZDROJŮ ZAJIŠTĚNÉHO NAPÁJENÍ	40
6.2.1 BATERIOVÝ ZDROJ PRO NAPÁJENÍ SOUSTAVY 220 V DC A STŘÍDAČE 3BRU	40
6.2.2 BATERIOVÝ ZDROJ PRO NAPÁJENÍ SOUSTAVY 24 V DC	50
6.3 VÝPOČET DIESELGENERÁTORU	56
6.3.1 VÝPOČET DIESELGENERÁTORU PODLE PARAMETRŮ V ZADÁNÍ.....	56
6.3.2 VÝPOČET DIESELGENERÁTORU S VYUŽITÍM SOFTSTARTÉRU U VŠECH POHONŮ	62
6.3.3 VÝBĚR DIESELGENERÁTORU	64
6.4 USPOŘÁDÁNÍ SEKCE ZAJIŠTĚNÉHO NAPÁJENÍ	65

7 ZÁVĚR.....	66
POUŽITÁ LITERATURA	67
DALŠÍ ZDROJE	67

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr.2.1 : Vzorové schéma možné realizace zajištěného napájení pomocí energocentra</i>	<i>20</i>
<i>Obr.2.2 : Vzorové schéma možné realizace zajištěného napájení pomocí</i>	<i>21</i>
<i>“klasického“ způsobu.....</i>	<i>21</i>
<i>Obr.4.1 : Provoz akumulátorových baterií</i>	<i>26</i>
<i>Obr.4.2 : Průběh zatěžování dieselgenerátoru</i>	<i>29</i>
<i>Obr.4.3 : Obecné schéma usměrňovače</i>	<i>29</i>
<i>Obr.5.1 : Základní schéma fungování energocentra NZ²</i>	<i>35</i>
<i>Obr.5.2 : Konfigurace CleanSource DC a UPS.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr.6.1 - Schéma řešení zajištěného napájení.....</i>	<i>37</i>
<i>Obr.6.2 – Průběh zatěžování vybraného dieselgenerátoru.....</i>	<i>61</i>
<i>Obr.6.3 – Průběh zatěžování vybraného dieselgenerátoru.....</i>	<i>63</i>
<i>Obr.6.4 – Schéma uspořádání sekce zajištěného napájení</i>	<i>65</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab.6.1 - Spotřebiče napájené ze stejnosměrné soustavy 24 V</i>	<i>38</i>
<i>Tab.6.2 - Spotřebiče napájené ze stejnosměrné soustavy 220 V</i>	<i>38</i>
<i>Tab.6.3 - Spotřebiče napájené z dieselgenerátoru</i>	<i>39</i>
<i>Tab.6.4 – Zatěžování jedné baterie během pohotovostního stavu A</i>	<i>43</i>
<i>Tab.6.5 – Zatěžování baterie 3BTA během pohotovostního stavu B.....</i>	<i>44</i>
<i>Tab.6.6 – Zatěžování baterie 3BTB během pohotovostního stavu B.....</i>	<i>45</i>
<i>Tab.6.7 – Parametry baterie pro napájení sekce 220V DC a usměrňovače 3BRU</i>	<i>46</i>
<i>Tab.6.8 – Zatěžování jedné baterie během pohotovostního stavu A</i>	<i>52</i>
<i>Tab.6.9 – Zatěžování jedné baterie během pohotovostního stavu B</i>	<i>53</i>
<i>Tab.6.10 – Parametry baterie pro napájení sekce 24V DC</i>	<i>53</i>
<i>Tab.6.12 – Průběh zatěžování dieselgenerátoru</i>	<i>60</i>
<i>Tab.6.13 – Průběh zatěžování dieselgenerátoru</i>	<i>62</i>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

C_N	[Ah]	jmenovitá kapacita baterie
$\cos\varphi$	[-]	účinník
$\cos\varphi_z$	[-]	účinník při rozběhu pohonu
C_{10}	[Ah]	jmenovitá kapacita baterie při 10-ti hodinovém vybíjení
C_{20}	[Ah]	jmenovitá kapacita baterie při 20-ti hodinovém vybíjení
I	[A]	vybíjecí proud
I_{C1}	[A]	zatížení usměrňovače při normálním provozu
I_{C12}	[A]	zatížení usměrňovače při pohotovostním stavu A
I_{C2}	[A]	zatížení při chodu obou usměrňovačů
I_{C3}	[A]	dobíjecí proud baterií
I_{C4}	[A]	dobíjecí proud baterií při rychlém nabíjení
i_d	[A]	okamžitá hodnota stejnosměrného proudu
I_d	[A]	stejnosměrná složka proudu
Δi_d	[%]	zvlnění proudu
I_N	[A]	jmenovitý proud
$I_{nab.}$	[A]	proud usměrňovače pro nabíjení baterií
I_{NAC}	[A]	jmenovitý střídavý proud
I_{NDC}	[A]	jmenovitý stejnosměrný proud
I_{Nmax}	[A]	maximální odebíraný proud
I_R	[A]	proud usměrňovače pro napájení zátěže při normálním provozu
I_{RP}	[A]	proud usměrňovače pro napájení zátěže v pohotovostním stavu
I_z	[A]	záběrný proud
i_σ	[A]	střídavá složka proudu
L	[H]	indukčnost
MNN		modul nepřetržitého napájení
n	[-]	počet článků baterie
η	[- , %]	účinnost
$P_{dyn.}$	[W]	činný příkon při rozběhu pohonu
$P_{max.}$	[W]	maximální činný výkon

P_N	[W]	jmenovitý činný výkon
P_P	[W]	činný příkon
P_V	[W]	činný výkon
R_i	[Ω]	vnitřní odpor
$S_{\max.}$	[VA]	maximální zdánlivý výkon
S_N	[VA]	jmenovitý zdánlivý výkon
t	[s]	doba vybíjení
$t_{\text{fict.}}$	[s]	fiktivní doba vybíjení
τ	[s]	časová konstanta
U_C	[V]	napětí článku při trvalém dobíjení
$U_{\text{čl.}}$	[V]	napětí, na které je článek nabitý
u_d	[V]	okamžitá hodnota stejnosměrného napětí
U_d	[V]	stejnosměrná složka napětí
U_k	[V]	konečné vybíjecí napětí
$U_{\max.}$	[V]	maximální stejnosměrné napětí
$U_{\min.}$	[V]	minimální stejnosměrné napětí
U_N	[V]	jmenovité napětí
U_{NAC}	[V]	jmenovité střídavé napětí
U_{NDC}	[V]	jmenovité stejnosměrné napětí
UPS		bateriový zdroj zajištěného napájení
u_σ	[V]	střídavá složka napětí

CÍLE PRÁCE

1. Koncepce napájení zajištěné spotřeby vlastní spotřeby parní elektrárny.
2. Určení spotřebičů, které budou napájeny ze zajištěného napájení.
3. Dimenzování jednotlivých částí systému zajištěného napájení: výpočet usměrňovače, výpočet akumulátorové baterie, výpočet střídače, výpočet dieselgenerátoru.

1 ÚVOD

Cílem této práce je návrh systému zajišťujícího zajištěné napájení vlastní spotřeby parní elektrárny. Pod tímto pojmem si lze představit soubor technologických celků, které mají v případě výpadku napájení, a to i z venkovní sítě, zajistit napájení pro zařízení, která se podílejí na bezpečném doběhu elektrárny, aniž by došlo k materiálním škodám a ohrožení personálu. Jedná se tedy o nouzové zdroje napájení. Kromě poruchových stavů však tento systém také zajišťuje trvalé napájení stejnosměrných zařízení a střídavých zařízení vyžadujících nepřerušené napájení. Aby byly ekonomické náklady na tento systém v rozumných mezích, jsou v poruchovém stavu napájeny jen nezbytně nutné systémy.

2 KONCEPCE NAPÁJENÍ ZAJIŠTĚNÉ SPOTŘEBY VLASTNÍ SPOTŘEBY PARNÍ ELEKTRÁRNY

Před samotným započítáním tvorby koncepce zajištěného napájení je nejdůležitější si stanovit, jak velký výkon bude zálohován a o jak dlouhou dobu zálohování se bude jednat. Cílem koncepce zajištěného napájení je, aby dané řešení vyhovovalo jak z hlediska technického tak i ekonomického. Na základě těchto údajů pak můžeme postupovat v následujících krocích:

- 1) Volba způsobu realizace zajištěného napájení
- 2) Topologie zajištěného napájení
- 3) Napájení stejnosměrných spotřebičů

1. Volba způsobu realizace zajištěného napájení

[Schrack Technik GmbH, ©2005]

Zajištěné napájení může být realizováno použitím následujících systémů:

- **UPS** (Uninterruptible Power Supply), bateriové zdroje
- **Generátorové soustrojí** (nejčastěji diesel generátory)
- **Energocentra** (UPS v kombinaci s diesel generátorem)
- tzv. **klasickým způsobem** - V podstatě se jedná o podobné uspořádání jako v případě použití energocentra, rozdíl je však v tom, že usměrňovač, baterie a střídač nejsou integrovány do jednoho zařízení, jak je tomu u UPS, ale jsou realizovány odděleně.

U provozu s požadavkem na větší příkon zajištěného napájení se využívají buď energocentra nebo klasický systém. Důvodem je to, že realizovat zajištění větších odběrů čistě akumulátorovými zdroji je nákladné. Samotný diesel generátor nesplňuje podmínku nepřerušného napájení. Kombinací baterie a generátoru jakožto zdrojů snížíme pořizovací náklady oproti čistě bateriovému řešení. U zvláště velkých výkonů v průmyslových aplikacích je pak doporučováno použití energocentra, které má oproti „klasickému“ řešení propracovanější systém řízeného napájení a kontroly baterií. V případě elektráren závisí volba použití energocentra nebo „klasického“ řešení na poměru stejnosměrného a střídavého odběru, který je tímto zdrojem zajišťován.

2. Topologie zajištěného napájení

[Phoenix Zeppelin, ©2005-2006]

Dalším hlediskem pro dělení zdrojů zajištěného napájení je jaké topologie využívají při své činnosti. Tyto topologie jsou následující:

- A) Off-line
- B) Line-interactive
- C) Dvojitá konverze
- D) Delta konverze

Každá z těchto technologií má své výhody i nevýhody, které jsou stručně specifikovány níže.

A) Off-line technologie

Tato technologie je použita u nejlevnějších záložních zdrojů a má sloužit, obecně řečeno, k zálohování desktopů a nejméně náročných serverů. Zdroj umožňuje pracovat během krátkých výpadků napájení a náhlého poklesu napětí bez toho, že uživatel přišel o svá data. Při delším výpadku lze práci bezpečně uložit.

Výhodou je zejména nízká cena. Další výhodou je, že zařízení nespotřebovává žádnou energii pokud nedojde k výpadku.

Nevýhodou je poměrně dlouhá doba sepnutí na baterii a také žádné filtrování. Výstupní napětí má při zálohování obdélníkový průběh.

B) Technologie line-interactive

Tato technologie vznikla postupným vylepšováním off-lin technologie. Doba sepnutí je rychlejší (2-4 ms), filtrační vlastnosti jsou lepší. Zdroje line-interactive se nejčastěji používají od 700 VA do 5000 VA, což znamená, že pokrývají široké spektrum serverových produktů. K jednomu zdroji může být připojeno i více serverů s různými operačními systémy. V dnešní době je většina serverů a síťových zařízení zajištěna touto technologií. Pouze nejnovější typy umějí vytvořit sinusový průběh výstupního napětí.

C) Technologie dvojitě konverze

Doba sepnutí u tohoto řešení je nulová. Usměrňovač je trvale připojen, tzn. že ze střídavého napětí sítě se v usměrňovači získá stejnosměrné napětí, které napájí stejnosměrné spotřebiče a pro spotřebiče vyžadující nepřetržité střídavé napájení se následně opět ve střídači mění na střídavé napětí. Zároveň se ze stejnosměrného obvodu dobíjejí baterie. Zdroje s touto technologií se vyrábějí zhruba v rozpětí 1 000 - 10 000 VA pro menší, jednofázové výkony, nebo pak v rozmezí 5 000 VA - 800 000 VA pro větší, třífázové výkony. Výstupní napětí má sinusový průběh a ze vstupu na výstup se nepřenášejí poruchy.

D) Technologie delta konverze

Delta konverze je speciální případem předchozího řešení, kdy je dvojitá konverze použita pouze ve zpětné vazbě. Tato technologie vychází z předpokladu, že za normálních okolností je na výstupu zdroje vždy určité napětí a určitý proud. Zdroj doplňuje jen odchylky od ideálního průběhu, tzn. že buď ubírá nebo přidává napětí a proud, a teprve v případě výpadku se automaticky přepne na záložní baterie.

Tímto přístupem byla dosažena nulová doba sepnutí a účinnost u zdrojů UPS se oproti technologii dvojitě konverze zvýšila asi o 3-4%. Maximální účinnost zdroje UPS s delta konverzí se v současné době pohybuje kolem 96,5%. Delta konverze je zatím uplatněna např. u UPS od 10 000 VA do 500 000 VA.

3. Napájení stejnosměrných spotřebičů

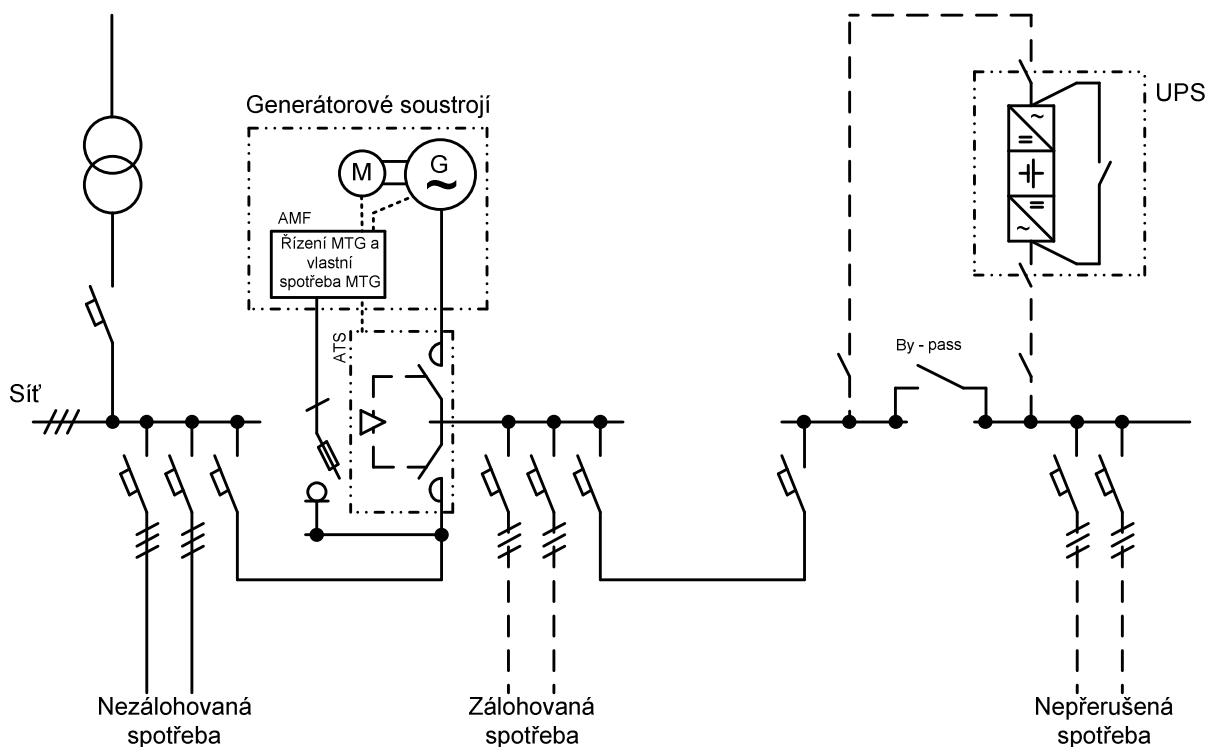
[ČSN 381120, 1964]

Dalším kritériem při volbě zdroje zajištěného napájení je hodnota jmenovitého napětí stejnosměrné soustavy, která bude tímto zdrojem napájena. Může se jednat o tyto napěťové hladiny:

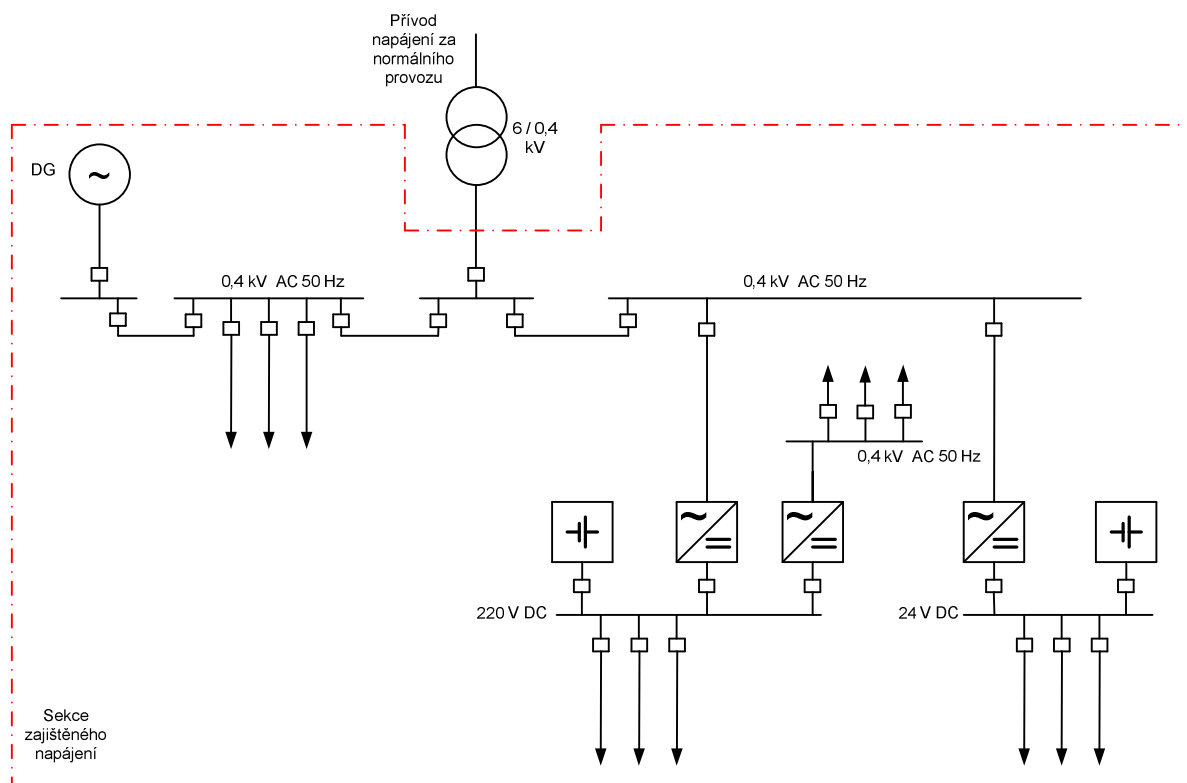
- 24 V
- 48 V
- 60 V
- 110 V
- 220 V

V případě „klasického“ řešení zajištěného napájení je napájení dané napěťové hladiny zajištěno přímo z bateriového obvodu, který je realizován dvěma akumulátorovými bateriemi, jejichž provoz je oddělený. Kapacitně jsou baterie dimenzovány na příslušnou spotřebu, která je k nim připojena, minimálně však na 50 % celkového zatížení obou baterií. Každá jednotlivá baterie musí vyhovět napěťovými poměry při poruchovém zatížení v trvání 30 minut při napájení celé spotřeby. Pokud je použito zdroje UPS, je způsob, jakým je stejnosměrné napětí získáno, závislý na poměru potřebného střídavého a stejnosměrného výkonu, který je zdrojem UPS zálohován. V závislosti na tomto poměru je napětí získáno stejně jako u klasického řešení přímo z bateriového meziobvodu a nebo je získáno pomocí usměrňovače připojeného na výstupu UPS.

Na následujících obrázcích obr. 2.1 a obr. 2.2 jsou vyobrazeny možné způsoby realizace zajištěného napájení.



OBR.2.1 : VZOROVÉ SCHÉMA MOŽNÉ REALIZACE ZAJIŠTĚNÉHO NAPÁJENÍ POMOCÍ ENERGOCENTRA [6]



OBR.2.2 : VZOROVÉ SCHÉMA MOŽNÉ REALIZACE ZAJIŠTĚNÉHO NAPÁJENÍ POMOCÍ
"KLASICKÉHO" ZPŮSOBU.

3 URČENÍ SPOTŘEBIČŮ, KTERÉ BUDOU NAPÁJENY ZE ZAJIŠTĚNÉHO NAPÁJENÍ

[ČSN 381120, 1964]

Určení spotřebičů, které budou zařazeny do zajištěného napájení závisí na tom, jaké technologie jsou v dané elektrárně použity. Jak již bylo řečeno v úvodu, jedná se o spotřebiče, které jsou nezbytně nutné k zamezení materiálních škod a ohrožení personálu. V zásadě sem patří část spotřebičů zařazených do 1. a 2. stupně důležitosti dodávky elektrické energie a to důležité a zajišťovací pohony, technologické dozorny a štíty. Patří sem také nouzové osvětlení. Konkrétně se například může jednat o následující spotřebiče :

- Ventilátory kotle
- Napáječky kotle
- Uzavírací šoupata turbíny
- Nouzová olejová čerpadla
- Zvedací olejová čerpadla
- Protáčecí zařízení turbíny
- Pohony ve vodíkovém chlazení generátoru
- Buzení
- Pohony v odsíření
- Požární systémy
- Řídící obvody rozváděčů
- Řídící obvody ochran a měření
- Řídící systém turbíny
- Řízení kotle

4 ZAŘÍZENÍ PODÍLEJÍCÍ SE NA ZAJIŠTĚNÉM NAPÁJENÍ VLASTNÍ SPOTŘEBY

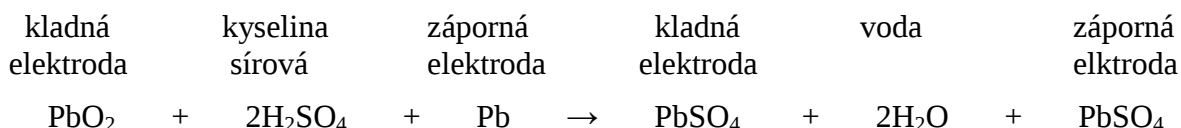
Největší část tohoto textu bude věnována akumulátorům, protože jejich funkce v zajištěném napájení je stěžejní. Slouží jako zdroj napájení stejnosměrné soustavy a zařízení střídavých která vyžadují nepřerušené napájení po dobu než naběhne dieselgenerátor a jsou zapotřebí i k samotnému provozu dieselgenerátoru.

4.1 Akumulátorové baterie

[Cenek M. a kolektiv , 2003]

Akumulátory jsou elektrochemickými zdroji a slouží jako zdroje nouzového napájení při přerušení dodávky elektrické energie z elektrorozvodné sítě. Pro energetická zařízení se obvykle používá akumulátorová baterie s olověnými články. Alkalické akumulátory jsou napětově silně závislé na zatížení a stupni vybití a mají nižší napětí na článek, takže počet článků pro požadovanou napětovou úroveň je vyšší než u akumulátorů olověných. V tomto textu tedy bude dále pojednáváno o sekundárních olověných staničních akumulátorech. Přestože se jedná o sekundární články, články umožňující vybíjení a nabíjení, nejsou určeny pro cyklický provoz, a proto během své životnosti prodělají jen malý počet cyklů a životnost baterií se udává v rocích provozu.

Na úvod bude stručně naznačena základní elektrochemická reakce probíhající v akumulátoru.



Jak již bylo řečeno v úvodu tohoto oddílu, jedná se o zdroje nouzového napájení, požaduje se proto jejich vysoká provozní spolehlivost a dlouhá životnost v provozu trvalého dobíjení na konstantní napětí 2,23 až 2,30 V na článek v závislosti na konstrukci. Staniční akumulátory se vyrábějí v rozsahu kapacit C_{10} řádově od 1 A·h do 10 000 Ah. U některých konstrukcí akumulátorů pro méně náročná zatěžování se uvádí také kapacita C_{20} . Životnost staničních akumulátorů bývá podle konstrukce přibližně 4 až 6 let, 8 až 12 let, 15 až 20 let a nad 20 let. Podle konstrukce kladných elektrod je dělíme na akumulátory s elektrodami velkopovrchovými, trubkovými, tyčovými nebo mřížkovými. Základní parametry konstrukcí olověných akumulátorů určují jejich nejvhodnější využití.

4.1.1 Akumulátory s velkopovrchovými kladnými elektrodami

Podle německé normy DIN 40738 se jednotlivé články vyrábějí s typovým označením GroE. Význam mají články s většími kapacitami od 500 Ah C_{10} (5 GroE 500) do 2 600 Ah C_{10} (26 GroE 2600). Při požadavku na větší kapacitu je možné akumulátory paralelně spojovat. Maximální vybíjecí proudy mohou u plně nabitých akumulátorů dosahovat po dobu 0,5 až 5 s hodnoty 1,2 násobku jmenovité kapacity C_{10} . Trvalým dobíjením se akumulátory udržují na konstantním napětí

2,23 V na článek. Jmenovitá provozní teplota je 20° C, přičemž teplotní rozsah umožňující provoz je 0° C až +55° C. Životnost trvale dobíjených akumulátoru je podle tloušťky elektrod 15 až 20 let. V případě potřeby je lze použít i pro cyklický provoz, v němž dosahují životnost 1 000 cyklů. Přestože mají tyto akumulátory relativně dlouhou životnost a malý elektrický odpor umožňující zatěžování velkými proudy, jsou využívány již jen omezeně.

4.1.2 Akumulátory s trubkovými kladnými elektrodami

V současné době jsou akumulátory této konstrukce pro staniční účely nejrozšířenější. Vyrábějí se v kapacitách C_{10} přibližně od 15 A·h do 12 000 Ah. Akumulátory jsou méně vhodné pro větší vybíjecí proudy než jednohodinové, protože je nutné použít akumulátory o větších jmenovitých kapacitách. V provozu trvalého dobíjení na konstantní napětí 2,23 V na článek a vybíjení například jen při výpadku síťového napětí dosahují životnosti 15 až 18 let. Konstrukce baterie je odolná ve všech provezech a nabízí širokou škálu možného použití. V cyklickém provozu dosahuje životnosti přes 1 000 cyklů.

4.1.3 Akumulátory s mřížkovými kladnými elektrodami

Jedná se o akumulátory se zaplavenými elektrodami. Vyrábějí se v monoblocích např. s napětím 12 V a 6 V o jmenovité kapacitě C_{10} 25 až 300 Ah. Napětí pro trvalé dobíjení je závislé na teplotě, např. pro 20° C toto napětí činí 2,23 V na článek. Životnost těchto akumulátorů se pohybuje v rozmezí 10 až 12 let.

4.1.4 Akumulátory s tyčovými kladnými elektrodami Vb

Akumulátory tohoto provedení se vyrábějí ve 12V a 6V monoblocích a o jmenovitých kapacitách 18 až 265 Ah. V provedení složeném z jednotlivých článků 2V se vyrábějí v řadě kapacit C_{10} 250 až 2 520 Ah. Díky malému vnitřnímu odporu lze akumulátory vybíjet až 10 minutovými vybíjecími proudy.

4.1.5 Ventilem řízené akumulátory

Tyto akumulátory se dále dělí podle typu použitých kladných elektrod.

4.1.5.1 Ventilem řízené akumulátory typu OPzV

Elektrolyt tvořený kyselinou sírovou je ztužen do konzistence gelu a elektrody jsou v trubkovém provedení. Akumulátory se vyrábějí v řadě kapacit C_{10} 200 až 3 000 Ah a jsou vhodné zejména pro bezúdržbové provoz. Rozsah přípustných provozních teplot je v rozsahu -10° C až +45° C. Přednost se ale dává teplotě okolo 20° C, která je pro provoz nejprůzračnější a napětí trvalého dobíjení při této teplotě činí 2,23 V na článek.

4.1.5.2 Ventilem řízené akumulátory typu VbV

Elektrolyt je ztužen v gelu SiO_2 a elektrody jsou tyčové. Akumulátory se vyrábějí v kapacitách C_{10} od 21 až 280 Ah a jsou vhodné pro vybíjecí doby od 10 minut do 10 hodin.

4.1.5.3 Ventilem řízené akumulátory typu SLA (OGiV)

Elektrody jsou mřížkové a elektrolyt je nasáknut v separátorech ze skleněných mikrovláken (systém AGM = Absorbet Glass Mat). V provozu trvalého dobíjení na konstantní napětí 2,27 V na článek je jejich životnost 12 let. Akumulátory mohou být vybíjeny vysokým (až jednominutovým) vybíjecím proudem.

4.1.5.4 Ventilem řízené akumulátory typu FG, FGH, FGC

Typy FG a FGH v provozu trvalého dobíjení na konstantní napětí 2,27 V na článek při teplotě 20° C jsou vhodné pro nouzová osvětlení, alarmy, a jiná zabezpečovací zařízení. Typy FGC jsou určeny pro cyklický provoz např. v přístrojích s vlastním napájením, napájení videokamer, přenosných televizorů a dalších spotřebičů. V cyklickém provozu se nabíjejí do vzestupu napětí na 2,45 až 2,50 V na článek. Baterie dosahují 200 cyklů při teplotě 20° C a vybíjení na 100% C_{20} , až 1 200 cyklů při vybíjení jen na 30% C_{20} .

4.1.6 Provoz akumulátorů

V aplikaci zajištěného napájení lze teoretický využít následující dva způsoby provozu:

1) Paralelní provoz

Spočívá v trvalém paralelním spojení usměrňovač – baterie – spotřebič. Tento druh provozu lze dále dělit na:

Paralelní provoz vyrovnávací

Tento provoz je charakteristický spoluprací baterie s usměrňovačem pracujícím v charakteristice W, dimenzovaným na střední odběr proudu spotřebiči. Při větším odběru pomáhá tento rozdíl krýt akumulátorová baterie. Při menším odběru se baterie dobíjí. V případě výpadku napájecí sítě kryje celý odběr baterie. Tento způsob provozu byl používán v době kdy nebyly k dispozici výkonné, proudově a napětově stabilizované usměrňovače. V případě kdy spotřebič odebíral větší proudy než je střední hodnota byly baterie nedostatečně nabíjeny a v opačném případě zas docházelo k jejich přebíjení.

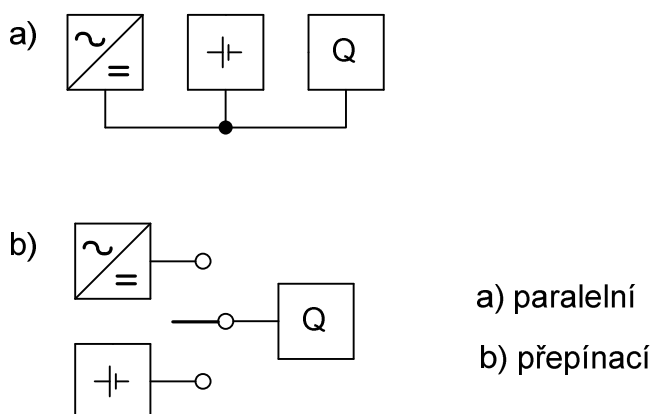
Paralelní provoz pohotovostní (trvalé dobíjení na konst. napětí)

Tento způsob provozu využívá usměrňovačů které jsou schopny zajistit maximální odběry proudů spotřebiči a zároveň dobíjet akumulátorové baterie. Napětí nastavené na usměrňovači musí být stabilizováno v celém rozsahu zatížení s přesností $\pm 1\%$. Při optimálním nastavení napětí usměrňovače v nabíjecí charakteristice U je možné baterie trvale dobíjet aniž by došlo ke

zkrácení životnosti akumulátorů. Nevýhodou této možnosti je nutnost použít výkonnější, napěťově stabilizované usměrňovače. Z těchto důvodů se využívá kombinovaná nabíjecí charakteristika IU.

2) Přepínací provoz

V tomto případě jsou spotřebiče napájeny ze sítě přes usměrňovač. Baterie je od spotřebičů oddělena a je dobíjena v určených časových intervalech odděleným usměrňovačem, nebo je nabíjena trvale na konstantní napětí. Spotřebiče jsou k baterii připojeny až v případě ztráty síťového napětí.



OBR.4.1 : PROVOZ AKUMULÁTOROVÝCH BATERÍ

4.1.7 Nabíjení a trvalé dobíjení

Neuvádí-li výrobce pro některý typ akumulátoru jiný nabíjecí proud, používají se u olověných akumulátorů zpravidla nabíjecí proudy 0,1 až 0,3 C_N (A) do vzestupu na plynovací napětí 2,4 V/čl. U akumulátorů se zaplavenými elektrodami se při pokračování nabíjení na vyšší napětí snižuje nabíjecí proud na 0,05 až 0,06 C_N aby nedošlo k poškození přebíjením. Velikost napětí na konci nabíjení závisí na konstrukci akumulátoru a nabíjecím proudem ke konci nabíjení. V případě větraných uzavřených akumulátorů se toto napětí může pohybovat kolem 2,4 až 2,7 V/čl. Akumulátory řízené ventilem pracující v cyklickém provozu se nabíjejí pouze do hodnoty plynovacího napětí, která činí 2,4 až 2,47 V/čl. při teplotě 20 °C. Plného nabití se dosáhne dodáním náboje (Ah) asi o 15% vyšším než kolik se během provozu z akumulátoru vybilo.

V případě trvalého dobíjení jsou hrazeny ztráty kapacity vznikající samovolným vybíjením. Při optimálním nastavení lze baterie trvale dobíjet po celou dobu životnosti aniž by došlo k jejich poškození. Velikost dobíjecího proudu je v tomto případě rovněž závislá na konstrukci akumulátoru. Dále pak na hustotě elektrolytu, teplotě prostředí, stáří a nastavené hodnotě napětí. Dobíjecí proud bývá v rozmezí 0,0002 až 0,001 C_N (A).

Samotné nabíjení pak probíhá podle nabíjecí charakteristiky. Tyto charakteristiky se dělí do tří skupin. Charakteristiky se používají buď samostatně, nebo se pro optimálnější nabíjení vhodně kombinují.

- a) Nabíjecí charakteristika I – nabíjení akumulátoru konstantním proudem
- b) Nabíjecí charakteristika U – nabíjení akumulátoru na konstantní napětí
- c) Nabíjecí charakteristika W – nabíjení akumulátoru klesajícím proudem v závislosti na vzestupu napětí nabíjených akumulátorů. Tato charakteristika není vhodná k trvalému dobíjení staničních akumulátorů

4.1.8 Výpočet parametrů

Pro výpočet parametrů baterie můžeme využít následující vzorce.

- Počet článků baterie pro dosažení požadovaného napětí je dán následujícím vztahem:

$$n = \frac{U_{max}}{U_{cl.}} \quad [-]$$

U_{max} – maximální stejnosměrné napětí

$U_{cl.}$ – napětí článku na které je článek nabitý

- Konečné vybíjecí napětí článku na které lze článek vybít:

$$U_k = \frac{U_{min.}}{n} \quad [V]$$

$U_{min.}$ – minimální stejnosměrné napětí

- Kapacita baterie:

$$C_{10} = \frac{I \cdot t \cdot 100}{\eta} \quad [A \cdot h]$$

C_{10} – jmenovitá kapacita akumulátoru při 10-ti hodinovém vybíjení (Ah)

I – vybíjecí proud (A)

t – doba vybíjení

η – využití kapacity akumulátoru při vybíjecím proudu po danou dobu vybíjení

4.2 Dieselgenerátory

[Broadcrown Inc., 2008], [Petr Koníř]

Jsou zdrojem střídavého napětí a v případě správné funkce by měly být schopny převzít 100% zatížení v řádu sekund. Zajišťují napájení zařízení u kterých je dovolena jistá beznapěťová pauza a také zajišťují napájení stejnosměrné soustavy. Doba, za kterou je soustrojí schopno převzetí zatížení, závisí na tom, jakým způsobem je proveden start. V zásadě se může jednat buď o start tzv. vzduchový nebo bateriový. U startu vzduchového je zařízení uvedeno do chodu pomocí stlačeného vzduchu, který roztočí soustrojí, díky čemuž se soustrojí rychleji dostane na požadované otáčky a je schopno převzít zatížení zhruba do 10 s. Bateriový start je klasický, kdy je soustrojí uvedeno do chodu pomocí startéru. V tomto případě je zapotřebí delšího časového intervalu, než se zařízení dostane na požadované otáčky oproti startu vzduchovému. Soustrojí je schopno převzít zatížení do 15 s.

Konstrukčně se jedná o zařízení složené ze dvou celků: spalovacího motoru a synchronního generátoru. Jako pohonné jednotky je používáno motorů, které jsou používány i k jiným účelům jako například pohonu nákladních automobilů a u dieselgenerátorů největších výkonů se jedná o motory lodní. Tyto motory v případě napětí o frekvenci 50 Hz mají nejčastěji otáčky regulovány na hodnotu 1500 otáček za minutu. Výstupní napětí generátorů bývá 400 V a účinník $\cos\varphi$ od 0,8. Konkrétní parametry dieselgenerátoru závisí na jeho výkonu, který volíme v závislosti požadavků na velikost výkonu nutného pro pokrytí spotřeby zajištěného napájení.

Pro vybraný generátor se pak sestaví křivka zatěžování, která je určena pomocí výkonu, jakým bude generátor v časovém horizontu zatěžován. V žádném okamžiku by neměl být překročen jeho jmenovitý výkon. V případě zatížení vyvolaném připojením motorů se odebíraný výkon určí nikoliv pomocí rovnice pro výpočet příkonu v ustáleném stavu, ale pomocí rovnice respektující jejich záběrné proudy. Tato rovnice pak nabývá tvaru:

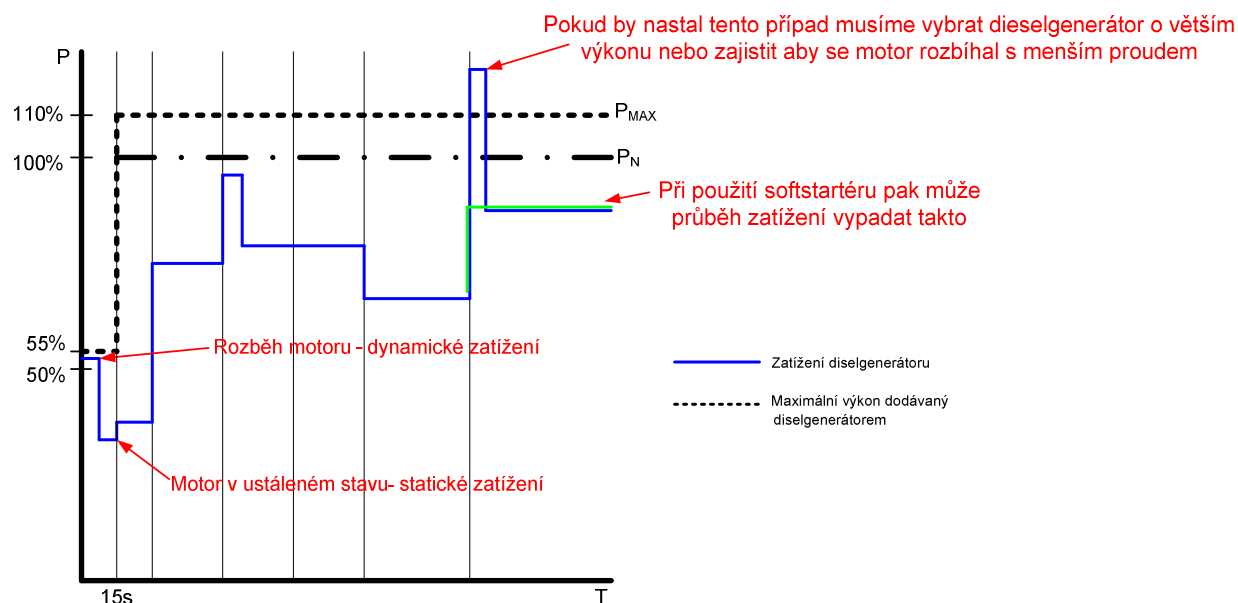
$$P_{dyn.} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_z \cdot \cos\varphi_z \quad [W]$$

U_N - jmenovité napětí pohonu

I_z - záběrný proud pohonu

$\cos\varphi_z$ - účinník při rozběhu pohonu

Pokud je v nějakém časovém okamžiku zjištěno překročení jmenovitého výkonu, je zapotřebí určit, o jak velké přetížení se bude jednat. Většina dieslgenerátorů totiž umožňuje přetížení o 10 % ve dvanáctihodinových intervalech, ale maximálně 1 hodinu nepřetržitě. To znamená, že jednu hodinu můžeme dieslgenerátor zatěžovat na celkem 110 % a poté musíme 12 hodin udržet výkon pod hodnotou maximálního stálého výkonu. Nebo 10 minut na 110 % a poté 2 hodiny pod hodnotou maximálního stálého výkonu. Pokud by přetížení překročilo tyto hranice, musíme vybrat dieslgenerátor o větším výkonu nebo musí být provedena taková opatření při rozběhu pohonů, kterými snížíme jejich odebíraný výkon. Toto řešení umožňuje například softstartér nebo frekvenční měniče, kterými lze snížit počáteční odebíraný výkon až na hodnotu jmenovitého.

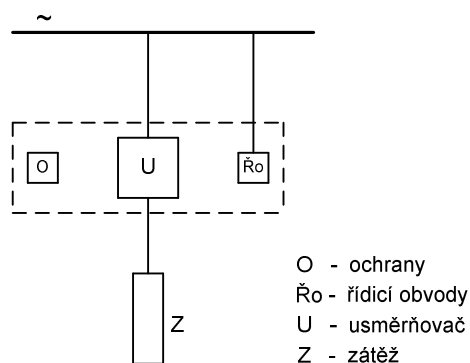


OBR.4.2 : PRŮBĚH ZATĚŽOVÁNÍ DIESELGENERÁTORU

4.3 Usměrňovače

[Vrba J., 2008]

Toto zařízení slouží pro napájení stejnosměrné soustavy a zajištění trvalého dobíjení akumulátorů. Jedná se polovodičový měnič, který vhodným spínáním polovodičových prvků provádí přeměnu střídavé elektrické energie na stejnosměrnou. Podle způsobu řízení dělíme usměrňovače na usměrňovače s fázovým řízením a usměrňovače pulsně řízené



OBR.4.3 : OBECNÉ SCHÉMA USMĚRŇOVAČE

4.3.1 Usměrňovače s fázovým řízením

Pracují na principu úmyslného a plynule nastavitelného zpoždění průtoku proudu vzhledem k bodu přirozené komutace (předávání proudů z jedné větve usměrňovače do druhé). Základním stavebním prvkem jsou neříditelná dioda a poloříditelný tyristor. Tyto usměrňovače dále dělíme podle počtu fází, průběhu usměrněného napětí, způsobu řízení a podle směru toku energie.

Činnost usměrňovačů je založena na postupném přepínání částí střídavého napětí na stejnosměrnou zátěž tak, aby výstupní napětí obsahovalo stejnosměrnou složku U_d . Při toku ze střídavé sítě do stejnosměrné zátěže musí být stejnosměrná složka kladná a při toku energie obráceným směrem musí být záporná.

Okamžitá hodnota stejnosměrného napětí u_d obsahuje stejnosměrnou složku U_d a střídavou složku u_σ .

$$u_d = U_d + u_\sigma \quad [\text{V}]$$

Okamžitý průběh stejnosměrného napětí u_d pak na stejnosměrné zátěži vytváří okamžitý průběh proudu i_d . Ten se skládá stejně jako napětí ze složky stejnosměrné a střídavé.

$$i_d = I_d + i_\sigma \quad [\text{A}]$$

Střídavou složku napětí lze ovlivnit typem použitého usměrňovače. Čím je usměrňovač vícepulsní, tím je střídavá složka napětí menší. Tím také zmenšujeme střídavou složku proudu. Velikost střídavé složky proudu při daném zapojení lze také ovlivnit velikostí indukčnosti ve stejnosměrné zátěži. Ve stavu kdyby $L \rightarrow \infty$ se střídavá složka stává nulovou a proud je zcela vyhlazen a jeho okamžitá hodnota i_d je rovna hodnotě střední I_d . Velikost této vyhlazovací indukčnosti (filtrační tlumivku) lze vypočítat z požadované velikosti zvlnění proudu Δi_d . Ta se pak zapojí do série se zátěží.

Pro dimenzování usměrňovačů jsou pak výchozími hodnotami velikost potřebného napětí na zátěži U_d a střední hodnota potřebného proudu I_d . Průchodem proudu dochází k oteplování jednotlivých částí obvodu a se změnou proudu se tyto části oteplují s časovou konstantou τ , která se pro různé části zařízení liší a platí že τ usměrňovače je několikanásobně menší než třeba motoru, který je z usměrňovače napájen. Několika sekundové přetížení motoru je pak pro usměrňovač trvalým zatížením. Proto se polovodiče usměrňovače dimenzují na maximální hodnotu stejnosměrného proudu. Pro zvýšení parametrů usměrňovačů pak můžeme provést sériové nebo paralelní řazení více usměrňovačů. Při paralelním řazení dosáhneme větší proud než je schopen dodat jeden usměrňovač a sériovým řazením dosáhneme většího napětí. Tímto řazením lze také snížit zvlnění stejnosměrného napětí a zlepšit účinník.

Usměrňovač s fázovým řízením představuje pro napájecí střídavou síť zátěž jalového charakteru a způsobuje že proudy tekoucí střídavou sítí jsou neharmonické. Kromě již zmíněných negativ také zarušuje napájecí síť vyššími harmonickými napětí. Z těchto důvodů se nedoporučuje zapojovat usměrňovač přímo do napájecí sítě. Pro odstranění negativních vlivů se používá filtrace a

kompenzace. Lze ji uskutečnit sériovým spojením L a C paralelně zapojením k usměrňovači. Tento způsob se nazývá pasivní filtrací. Moderní metodou je použití filtrů aktivních

4.3.2 Usměrňovače pulsně řízené

Pracují na jiném principu než usměrňovače s fázovým řízením a základní stavební prvky jsou vždy plně řiditelné – těmito prvky jsou tranzistory. Usměrňovače tohoto typu se dále dělí podle směru toku energie, podle počtu fází střídavého napájecího napětí a podle toho zda jde o usměrňovač napětí nebo proudu.

Tyto usměrňovače odstraňují negativní vlivy usměrňovačů s fázovým řízením. Z tohoto důvodu se těmito usměrňovačům také říká aktivní nebo též kompatibilní. Usměrňovač dovede vyrobit stejnosměrné napětí s malým zvlněním. Limitujícím faktorem ale je že střední hodnota napětí je vždy větší než amplituda střídavého napájecího napětí. Nemůžou tedy nahradit usměrňovače fázově řízené a používají se pro napájení střídačů a jsou součástí aktivních filtrů.

4.4 Střídače

Zajišťují napájení spotřebičů střídavé soustavy, které vyžadují nepřetržité napájení. Střídače jsou tedy napájeny ze soustavy stejnosměrné a stejně jako u usměrňovačů je pro jejich dimenzování důležité znát napětíovou hladinu zátěže a odebíraný proud.

4.5 Rozváděče

V sekci zajištěného napájení se nachází jak rozváděče střídavé tak i stejnosměrné, které budou specifikovány v následujícím textu.

4.5.1 Rozváděč střídavého napětí

[Phoenix-Zeppelin, 2008]

V aplikaci zajištěného napájení jsou použity dva typy rozváděčů střídavého napětí. Jednak klasické rozváděče nízkého napětí a pak rozvaděč automatického zásoku sloužící k automatickému nebo ručnímu přepnutí síťového napájení na napájení z dieselgenerátoru. Tento rozvaděč je řízen průmyslovým programovacím automatem, který sleduje, vyhodnocuje a řídí veškeré signály potřebné pro provoz dieselgenerátoru i rozváděče. Tento rozváděč může mít následující funkce:

- sledování přítomnosti napětí ze sítě i od dieselgenerátoru
- sledování kvality sítě
- vyslání signálu pro start dieselgenerátoru
- převzetí zátěže do 15 sekund po výpadku sítě dieselgenerátorem
- odpojení dieselgenerátoru po obnově dodávky ze sítě, připojení zátěže na síť a dochlazení dieselgenerátoru
- zpožděný start příp. stop dieselgenerátoru, uživatelsky nastavitelný dle přání
- doplňková měření a signalizace

4.5.2 Rozváděč stejnosměrného napětí

[Orságová J., 2008]

Principiálně se skládá ze dvou částí:

- a) Přívodních polí, ve kterých je připojena jednak akumulátorová baterie a jednak usměrňovač a přístroje pro možnost přímého připojení baterie k usměrňovači. Přívodní pole je dále vyzbrojeno vybíjecím odporem a relé pro hlášení poruchových stavů.
- b) Vývodových polí, jejichž počet závisí na rozsáhlosti napájených zařízení. Obvykle se oddělují vývody pro ovládání a signalizaci od vývodu pro silové spotřebiče a nouzové osvětlení.

Rozváděč může být v provedení s jednoduchým nebo dvojitým systémem přípojníc. Stejnosměrná zařízení se provozují s oběma póly izolovanými nebo s uzemněným plus pólem. Jištění proti zkratům a přetížení se provádí jističem nebo pojistkou. V prvním případě se jistí oba póly, v druhém případě pól neuzemněný. Uzemněný pól baterie musí být spojen se zemním svodem rozpojovací svorkou. Spojení akumulátorové baterie, usměrňovače a přípojníc stejnosměrného rozváděče je provedeno tak, aby umožňovalo čtyři druhy provozu:

- nabíjení baterie
- odběr z baterie bez usměrňovače
- normální provoz tj. trvalé nabíjení baterie a současný odběr
- přímé napájení z usměrňovače

5 NOVÉ TRENDY V OBLASTI ZAJIŠTĚNÉHO NAPÁJENÍ

[Phoenix-Zeppelin, ©2005 - 2006]

V posledních letech se objevují řešení nabízející nové možnosti v oblasti záložního napájení. S těmito systémy se můžeme setkat i v českých elektrárnách, ale zásadní úlohu zde stále hrají klasická řešení. Zástupci v této oblasti jsou technologie využívající místo baterií setrvačnickové technologie a jsou tedy označovány jako bezbateriové. Potřebná energie pro překlenutí beznapětového stavu je uložena v rotační hmotě setrvačnicku a tato část zařízení bývá označována zkratkou MNN (modul nepřetržitého napájení). Tyto zdroje ke své činnosti nutně potřebují dieselgenerátor a také nabízejí různé varianty realizace. Rozdílnost řešení spočívá ve způsobu spojení setrvačnicku s dieselgenerátorem.

Méně dokonalým způsobem je případ, kdy setrvačnick a dieselgenerátor nemají společnou hřídel. V případě zatížení tohoto zdroje na 75 % je setrvačnick schopen dodávat energii pouze po dobu 20 s. Tato krátká doba neumožňuje opakovaný start dieselgenerátoru, což může vést ke kolapsu. Odstranění tohoto nedostatku sebou nese zvyšování nákladů.

Dokonalejším řešením je uspořádání, kdy je dieselgenerátor a setrvačnick na společné hřídeli. Potřebná energie pro start dieselgenerátoru je brána ze setrvačnicku, tím odpadá problém neúspěšného startu. Tento zdroj, co se kvalit týče, lze srovnat s energocentrem s VFI topologií.

V následujícím textu bude provedena stručná charakteristika bezakumulátorových řešení od firmy Phoenix-Zeppelin, na kterých bude ukázáno, jakým způsobem bezakumulátorové zdroje pracují. Bezakumulátorové moduly nepřetržitého napájení (MMN) tohoto výrobce používají k akumulaci energie ocelový setrvačnick rotující na magnetických ložiscích rychlostí 7700 otáček za minutu ve vakuu v uzavřeném válcovém plášti. V plášti setrvačnicku jsou cívky vytvářející elektrické pole (budící cívky) a cívky kotvy sloužící k roztáčení setrvačnicku a k jeho udržení v otáčkách. Při generátorovém chodu setrvačnicku působí cívky kotvy jako stator přeměňující energii uloženou v točící se části setrvačnicku na elektrickou energii. Sestava setrvačnicku je uložena ve stejné skříni jako silové elektronické komponenty a je řízena a monitorována stejnou základní CPU jednotkou a LCD displeji. Systém umožňuje použití jednoho až tří modulů MNN, čímž umožňuje zálohovat síť o maximálním příkonu 250; 500 nebo 750 kVA.

Modul MNN nepřetržitě monitoruje parametry rozvodné sítě, při čemž využívá energii setrvačnicku, a pokud v rozvodné síti dojde k poruše, poruchu rozvodné sítě koriguje. Při ztrátě napětí v rozvodné síti nebo není-li napětí rozvodné sítě ve stanovených mezích, se setrvačnick stává generátorem, který zabezpečuje energii pro spotřebiče. Vynakládaná energie začne zpomalovat otáčky setrvačnicku a přitom klesá i jeho výstupní napětí a kmitočet. Toto napětí a kmitočet jsou převáděny měničem na stejnosměrné napětí a zpět na stanovené napětí a kmitočet pro spotřebiče. Jestliže se obnoví přívod energie z rozvodné sítě nebo úlohu zdroje energie převezme zdrojové soustrojí, setrvačnick se znovu rotočí na své jmenovité otáčky. Modul MNN je "on-line", tudíž u něj nedochází k přerušení dodávky elektrické energie během přechodu z rozvodné sítě na energii ze

setrvačníku. Systém kompenzuje harmonické složky vznikající ve spotřebičích a spotřebovává minimum energie, a současně se vyznačuje malou hodnotou zkreslení vstupního proudu.

Použití:

- přídavné zařízení pro zvýšení spolehlivosti standardních instalací UPS
- zdroj energie pro startér záložního generátoru (energocentra) v případě výpadku – až desetinásobné zvýšení spolehlivosti startu záložního systému
- překlenutí krátkodobých poruch v napájené síti

Výrobce Phoneix-Zeppelin nabízí řešení ve dvou variantách s typovým označením:

NZ²
DC²

5.1 Řešení NZ²

Energocentrum NZ² v základním provedení je nepřerušitelný zdroj elektrické energie o napětí 3 x 400V / 50 Hz a typovém výkonu do zátěže 250 kVA / 200 kW. Tento výkon je energocentrum NZ² schopno dodávat minimálně po dobu 13 hodin, v případě vybavení zařízením pro doplňování paliva pak prakticky neomezeně.

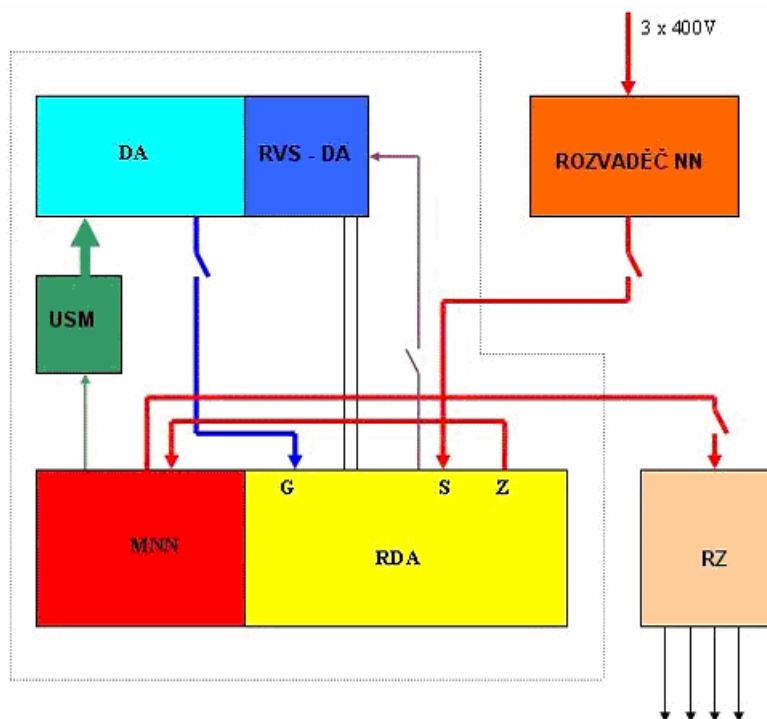
Energocentrum NZ² je kompaktní produkt, který má z pohledu uživatele tři připojovací body: vstup distribuční sítě, plnicí hrdlo palivové nádrže a výstup zabezpečené elektrické energie pro zálohovanou zátěž. Energocentrum NZ² v kontejnerovém provedení lze umístit kdekoli v blízkosti zálohovaného objektu s minimálními stavebními nároky a v případě potřeby jej operativně přemístit na jiné místo.

Základním stavebním prvkem kompaktního energocentra NZ² je ocelový kontejner, v němž jsou umístěny všechny elementy energocentra. Kontejner je vybaven na straně sání chladicího vzduchu i na straně výtlaku tlumícími komorami s dostatečným akustickým útlumem. Uvnitř kontejneru je pak instalován dieselaagregát Caterpillar 3306 s elektronickou regulací. Jmenovitý výkon dieselaagregátu je 300 kVA ve STBY režimu, což odpovídá trvalému výkonu 220 kW. Další součástí energocentra NZ² je modul nepřetržitého napájení Caterpillar o typovém výkonu 250 kVA. I když je účinnost modulu MNN vysoká, přece jen zde určité ztrátové teplo vzniká. Proto je ventilátor autochladiče, který je součástí dieselaagregátu, doplněn dalším výkonným ventilátorem pro odvětrání vnitřního prostoru kontejneru. Nezbytnou součástí energocentra NZ² je rozvaděč pro převzetí zátěže včetně příslušenství pro komunikaci.

Energocentrum NZ² má tyto základní provozní stavy:

- Provoz ze sítě, kdy zátěž je napájena napětím z běžné distribuční sítě, které je filtrováno modulem MNN. Modul MNN zároveň pracuje jako kompenzátor účinníku.
- Krátkodobý výpadek (do 15 sekund), kdy je zátěž napájena z modulu MNN.
- Dlouhodobý výpadek, kdy je zátěž napájena z dieselaagregátu.

Provozní režim energocentra NZ^2 je monitorován diagnostickým systémem, který umožňuje nejen měření všech důležitých veličin, ale i změny nastavení parametrů a diagnostiku mimořádných provozních událostí. Komunikace obsluhy s energocentrem je možná buď přímo prostřednictvím dotykového displeje, nebo vzdáleně přes seriové nebo GSM rozhraní.



OBR.5.1 : ZÁKLADNÍ SCHÉMA FUNGOVÁNÍ ENERGOCENTRA NZ^2

5.2 Řešení DC^2

Energocentrum NZ^2 je založeno na myšlence "přemostění" krátkého časového intervalu, který je třeba k přechodu zátěže na záložní generátor nebo na jiný alternativní zdroj energie po přerušení napájení. Ale v řadě případů není použití energocentra NZ^2 optimální proto, že znamená úplnou rekonstrukci elektrické instalace, demontáž zdrojů UPS, rozsáhlé úpravy v kabeláži atd. Systém DC^2 rovněž uchovává záložní energii v rotující hmotě, ale jeho instalace je jednodušší.

Systém DC^2 kombinuje řešení s klasickými zdroji UPS. Řešení energocentra jako celku je ale vždy postaveno na centrální roli dieselaagregátu Caterpillar. Zdroj UPS, jako pomocné zařízení, sloužící k překlenutí výpadku sítě než je dieselaagregát schopen dodávat energii, je na stejné úrovni významnosti jako např. silový rozvaděč.

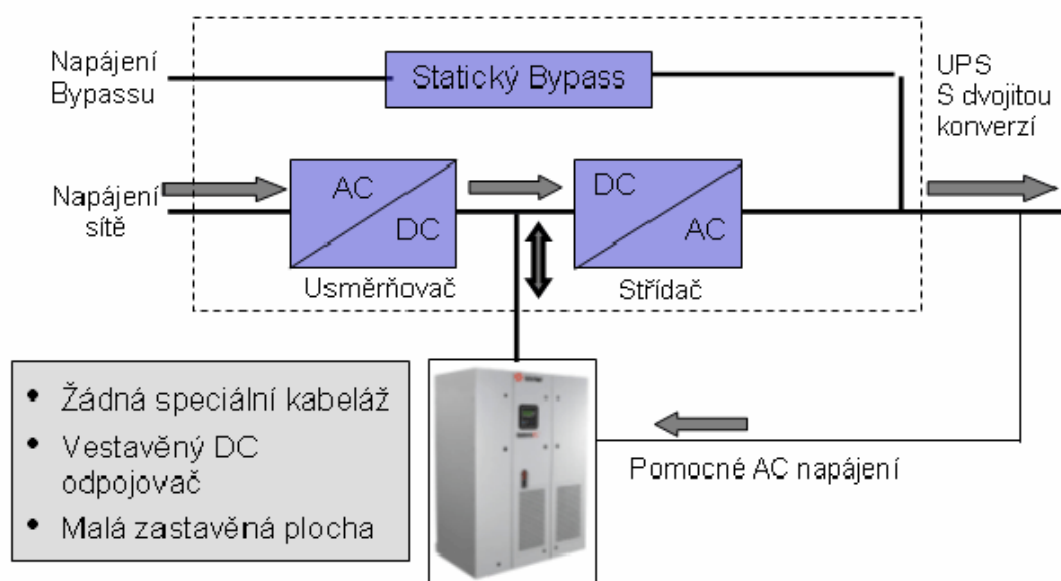
Filosofie řešení DC^2 je založena na požadavku, aby instalace byla pro uživatele co nejjednodušší a přitom odstranila kritické olověné baterie. Řešení DC^2 zachovává veškerou výkonovou kabeláž na úrovni NN, nemění se rozvaděče, zůstává i původní dieselgenerátor a zdroj UPS. Pouze bateriová skříň je nahrazena novým systémem CleanSource 2 - DC.

Řešení DC² je možné použít i u nových instalací, ale zejména u starších zdrojů UPS, u kterých původní bateriové řetězce překročily svou životnost a bylo by nutné je celé vyměnit za nové.

Princip funkce je následující: Energie v rotujícím setrvačnicku - generátoru (identická konstrukce jako v energocentru NZ²) je AC/DC měničem transformována na stejnosměrné napětí požadované velikosti. Stejným měničem v reverzním chodu je pak setrvačnick při částečném vybití (snížení otáček) znovu roztáčen na původní rychlost. Řešení DC² umožňuje ponechat u zdroje UPS i původní baterie. Protože ale mikrovýpadky do 2 sekund (98% všech případů) jsou zachyceny setrvačnickem, razantně klesá počet pracovních cyklů baterie a tím se prodlužuje její životnost.

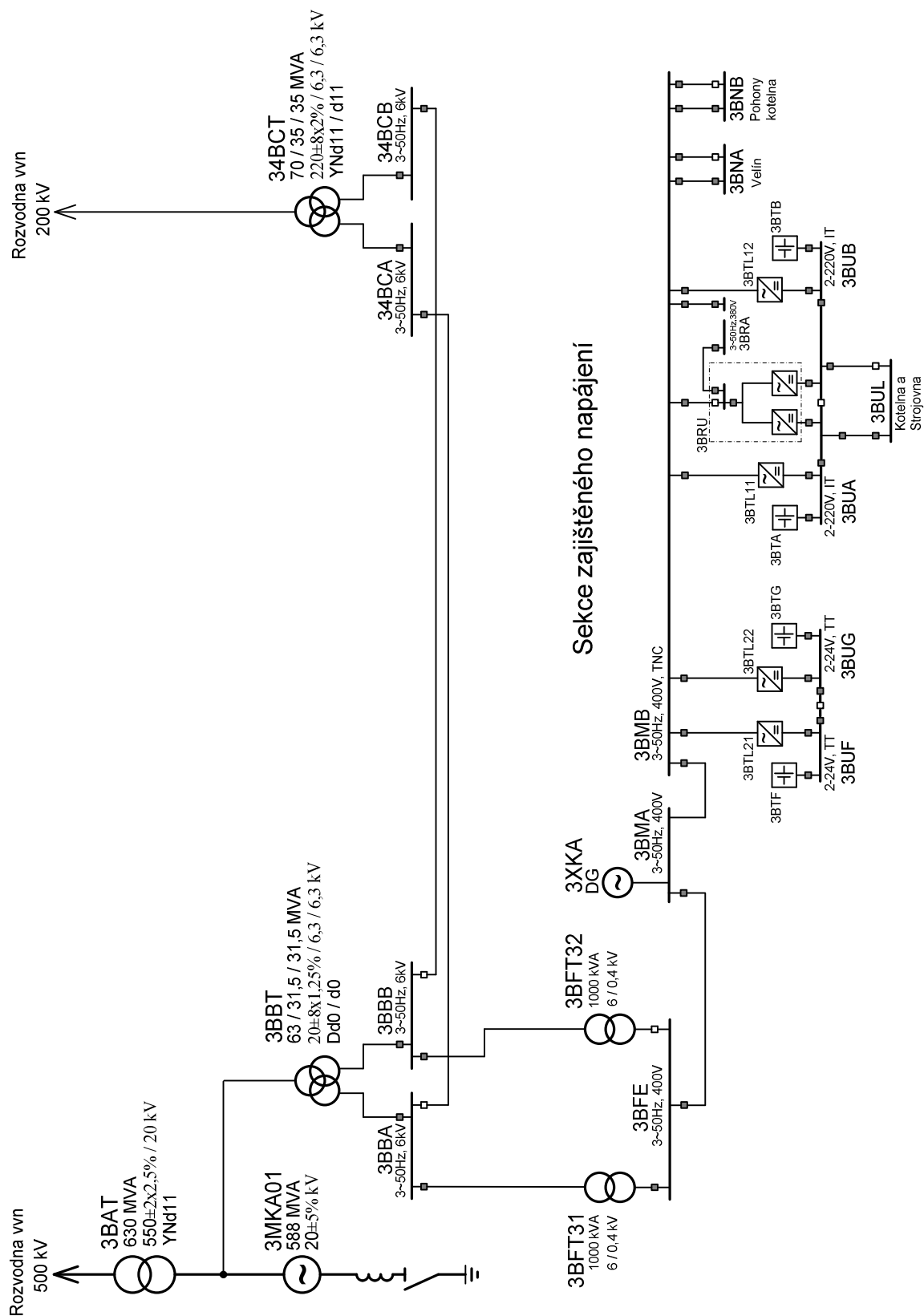
Řešení DC² zahrnuje vlastní jednotku Clean Source 2 - DC, kompatibilní se standardním zdrojem UPS, odpojovač DC sběrnice a veškeré servisní služby. Typický výkon zdroje UPS, kde lze řešení DC² použít, je 60 - 500 kVA, což jsou aplikace velkých technologických celků a budov. Celkové náklady jsou nižší, než při použití baterií.

Původní zaměření pro použití tohoto řešení bylo plánováno pro výpočetní střediska a lékařská zařízení, ale je používán i v průmyslu. V praxi byla také ověřena možnost napájení asynchronních motorů s frekvenčními měniči, což bývá u standardních zdrojů UPS problémem.



OBR.5.2 : KONFIGURACE CLEANSOURCE DC A UPS

6.1 Zadání



OBR.6.1 - SCHÉMA ŘEŠENÍ ZAJIŠTĚNÉHO NAPÁJENÍ

Pro zajištění napájení bude použito bateriových zdrojů v kombinaci s dieslgenerátorem. Doba zálohování v případě výpadku napájení se uvažuje 1 hodina. V následujících tabulkách je přehledně uvedeno, z jakého zdroje budou napájeny příslušné spotřebiče.

V jednotlivých tabulkách je doba provozu zařízení v pohotovostním režimu uváděna vzhledem k časové ose průběhu pohotovostního stavu (např.: 10 sec. – 60 min. znamená, že zařízení je v provozu od 10 sekundy, kdy nastal pohotovostní režim, až do konce tohoto stavu).

TAB.6.1 - SPOTŘEBIČE NAPÁJENÉ ZE STEJNOSMĚRNÉ SOUSTAVY 24 V

Seznam spotřebičů	Odebíraný proud [A]			Doba provozu v pohotovostním stavu
	trvalý odběr		pohotovostní režim	
	<i>normální provoz</i>	<i>turbína odstavena</i>		
Řídicí systém turbíny	50	50	50	0 - 60 min.
Šoupata, klapky turbíny	100	25	100	0 - 60 min.
Řídicí systém	50	25	50	0 - 60 min.
Kotelna - měření	90	90	90	0 - 60 min.

Pozn.: Dovolené výchyly napětí:

Řídicí systém turbíny - $10\%U_N$ + $15\%U_N$

TAB.6.2 - SPOTŘEBIČE NAPÁJENÉ ZE STEJNOSMĚRNÉ SOUSTAVY 220 V

Seznam spotřebičů	Odebíraný proud [A]		Doba provozu v pohotovostním stavu
	normální provoz	pohotovostní režim	
Nouzové olejové čerpadlo č.1 (MAV54AP001)	0	115 *	0 - 60 min.
Nouzové olejové čerpadlo č.2 (MAV55AP001)	0	115 *	V provozu při selhání DG
Přečerpávací olejové čerpadlo (XAV42AP001)	0	115 *	10 sec. - 60 min.
Nouzové čerpadlo olejových ucpávek (MKW12AP001)	0	33 *	0 - 60 min.
Nouzové čerpadlo olejových ucpávek (MKW34AP001)	0	33 *	0 - 60 min.
Nouzové olejové čerpadlo (LAC10GU012)	0	20 *	10 sec. - 60 min.
Nouzové osvětlení	0	120	0 - 60 min.
Řídicí obvody vn rozváděčů 6 kV	10	10	0 - 60 min.
Řídicí obvody nn rozváděčů 0,4 kV	98	98 (po 10 sec. 67)	0 - 60 min.
Řídicí obvody ochran a měření	7	7	0 - 60 min.
Obvody buzení	6	20 (po 10 sec. 6)	0 - 60 min.
Kotelna - rozváděč 3BUL	15	15	0 - 60 min.
Střídač 3BRU	313	313	0 - 60 min.

Pozn.: Doba rozběhu pohonu se uvažuje 10 sec.

Spotřebiče, které mají u hodnoty příkonu symbol *, mají záběrný proud rovný $3xI_N$.

Dovolené výchylky napětí:

Ochrany	- 20% U_N	+15% U_N
Měniče	- 15% U_N	+15% U_N
Relé	- 20% U_N	+10% U_N
Pohony	- 15% U_N	+10% U_N
Řídicí systém buzení	- 12% U_N	+10% U_N
Osvětlení	- 15% U_N	+10% U_N
Střídač	- 15% U_N	+15% U_N

TAB.6.3 - SPOTŘEBIČE NAPÁJENÉ Z DIESELGENERÁTORU

Seznam spotřebičů	Příkon [kW]	Doba provozu v pohotovostním stavu
Usměrňovač 220 V BTL11	Na základě výpočtu	55 sec. - 60 min.
Usměrňovač 220 V BTL12	Na základě výpočtu	Při poruše BTL11
Usměrňovač 24 V BTL21	Na základě výpočtu	35 sec. - 60 min.
Usměrňovač 24 V BTL22	Na základě výpočtu	Při poruše BTL21
Nouzové olejové čerpadlo (MAV53AP001)	30,0 (soft start)	0 - 60 min.
Protáčecí zařízení turbíny (XAK10AE001)	11,0 *	10 min. - 60 min.
Zvedací olejové čerpadlo (MAV64AP001)	55,0 *	40 min. - 60 min.
Zvedací olejové čerpadlo (MAV65AP001)	55,0 *	Při poruše MAV64AP001
Předehříváč vzduchu (HDL10AC001)	15,0 *	0 - 60 min.
Předehříváč vzduchu (HDL10AC002)	15,0 *	Při poruše HDL10AC001
Předehříváč vzduchu (HDL20AC001)	15,0 *	0 - 60 min.
Předehříváč vzduchu (HDL20AC002)	15,0 *	Při poruše HDL20AC001
Vakuové čerpadlo olej. ucpávky (MKW60AP001)	4,0 *	0 - 60 min.
Řízení a regulace	10,0	0 - 30 min.
Protáčecí zařízení (MAK10AE001)	22,0 (soft start)	40 min. - 60 min.
Čerpadlo olejové ucpávky (MKW11AP001)	7,5 *	10 min. - 60 min.
Čerpadlo olejové ucpávky (MKW31AP001)	7,5 *	10 min. - 60 min.
Zvedací olejové čerpadlo (XAV12AP001)	3,0 *	10 min. - 60 min.
Zvedací olejové čerpadlo (XAV15AP001)	3,0 *	10 min. - 60 min.
Pohony z BNB	12,0 *	0 - 60 min.
Ostatní spotřebiče z BNB	10,0	0 - 60 min.
Olejové čerpadlo (XAV41AP001)	22,0 (soft start)	0 - 60 min.
Požární čerpadlo vody	160,0 (soft start)	0 - 60 min.

Pozn.: Spotřebiče, které mají u hodnoty příkonu symbol *, mají záběrný proud rovný $8xI_N$.

Doba rozběhu pohonu se uvažuje 5 sec.

6.2 Výpočet bateriových zdrojů zajištěného napájení

V následujícím textu bude proveden výpočet jednotlivých komponent bateriových zdrojů. Na základě výpočtů bude proveden výběr konkrétního zařízení.

6.2.1 Bateriový zdroj pro napájení soustavy 220 V DC a střídače 3BRU

Systém napájení vlastní spotřeby stejnosměrné sekce 220V DC a střídače 3BRU je zajištěn prostřednictvím dvou bateriových zdrojů. Rozváděč stejnosměrné sekce 3BUA je napájen z usměrňovače 3BTL 11 a baterie 3BTA, rozváděč stejnosměrné sekce 3BUB je napájen z usměrňovače 3BTL 12 a baterie 3BTB. Oba rozváděče stejnosměrné sekce jsou spojeny podélným spínačem přípojníc. Usměrňovače jsou napájeny z rozváděče střídavé soustavy 400 V. Střídač 3BRU je napájen z rozváděče 3BUA a 3BUB.

6.2.1.1 Výpočet baterie

[EnerSys, © 2005 – 2009]

Kapacita baterie je závislá na typu výpadku střídavého napájení. Při výpočtu jsou uvažovány následující dvě varianty pohotovostního stavu:

- **pohotovostní stav A** - napájení vlastní spotřeby je zajišťováno jednou baterií, střídavé napájení je obnoveno po 1 minutě pomocí dieselgenerátoru.
- **pohotovostní stav B** - obě baterie společně napájí vlastní spotřebu, střídavé napájení není obnoveno a spuštění dieselgenerátoru se nezdařilo.

Jmenovité napětí	$U_N = 220 \text{ V}$	
Doba vybíjení	$t = 1 \text{ h}$	
Typ článku	OPzV (ventilem řízené)	
Jmenovité napětí článku	$U_N = 2 \text{ V/článek}$	
Napětí při trvalém dobíjení	$U_C = 2,23 \text{ V/článek}$	
Účinnost při 1hodinovém vybíjení	$\eta = 49,6 \%$	
Vnitřní odpor 1 článku	$R_i = 0,17 \text{ m}\Omega$	
Přípustné výchylky napětí:	$U_{\min}$	$U_{\max}$
Ochrany	$- 20\%U_N$	$+15\%U_N$
Měníče	$- 15\%U_N$	$+15\%U_N$
Relé	$- 20\%U_N$	$+10\%U_N$
Pohony	$- 15\%U_N$	$+10\%U_N$
Řídicí systém buzení	$- 12\%U_N$	$+10\%U_N$
Osvětlení	$- 15\%U_N$	$+10\%U_N$
Střídač	$- 15\%U_N$	$+15\%U_N$

Jako referenční hodnoty pro výpočet napěťových mezí použijeme ty, které nám dovolují nejmenší toleranční rozsah. V tomto případě to jsou napěťové meze řídicího systému buzení. Uvažované meze pro výpočet tedy jsou: $88\%U_N - 110\%U_N$

$$U_{\min} = 90\%U_N = 0,90 \cdot 220 = 198 \text{ V}$$

$$U_{\max} = 112\%U_N = 1,12 \cdot 220 = 246,4 \text{ V}$$

Hodnoty $U_{\max}$ a $U_{\min}$ se liší od předem definovaných o 2 % s ohledem na to, že se uvažuje úbytek napětí na kabelových přívodech právě 2 % U_N .

Počet článků:

$$n = \frac{U_{\max}}{U_c} = \frac{246,4}{2,23} = 110,49 = 110 \text{ článků}$$

Baterie bude složená z 110 článků.

Napětí, při kterém je článek považován za vybitý:

$$U_k = \frac{U_{\min}}{n} = \frac{198}{110} = 1,8 \text{ V/článek}$$

Na základě této hodnoty je zvoleno konečné napětí, při kterém je článek považován za vybitý 1,80 V/článek.

Kapacita baterie:

$$C_{10} = \frac{I \cdot t \cdot 100}{\eta} [Ah; A, h, \%]$$

kde $I = 854,0 \text{ A}$ (Tab.6.4 – pohotovostní stav A)

$$t = 1 \text{ h}$$

$$\eta = 49,6\%$$

$$C_{10} = \frac{854 \cdot 1 \cdot 100}{49,6} = 1721,77 \text{ Ah}$$

Při volbě příslušné kapacity musíme brát v úvahu také vliv teploty okolního prostředí, ve kterém jsou baterie skladovány. Provoz baterií je optimální při okolní teplotě +20 °C. Nižší teploty snižují kapacitu baterie o 2 % s každým snížením teploty o 1 °C. Vyšší teploty zkracují životnost baterií. Stálé zvýšení teploty o 10 °C zkracuje životnost baterie o 50 %. Z tohoto důvodu by teplota prostředí, kde jsou baterie uloženy, měla být v rozsahu od +15 °C do +20 °C. Pro teplotu +15 °C, kdy se snižuje kapacita baterie, se vypočtená kapacita zvýší o 2 % na každý 1 °C. Potřebná kapacita baterie je pak následující:

$$C_{10} = 1,1 \cdot 1721,77 = 1893,95 \text{ Ah}$$

Na základě vypočítaných hodnot je vybrána baterie s jmenovitou kapacitou $C_{10} = 2500 \text{ Ah}$.

Pro kontrolu, zda bude zvolená kapacita vyhovovat, se provádí výpočet tzv. fiktivní doby vybíjení (vztahuje se k maximálnímu zátěžnému proudu):

$$t_{fict} = \frac{(I_1 \cdot t_1) + (I_2 \cdot t_2) + \dots + (I_n \cdot t_n)}{I_{N\ MAX}}$$

Tento výpočet se provede pro oba uvažované pohotovostní stavy.

Pohotovostní stav „A“ (tab. 6.4)

$$I_1 = 1124,0 \text{ A}, t_1 = 10\text{s}$$

$$I_2 = 1124,0 \text{ A}, t_2 = 10\text{s}$$

$$I_3 = 854,0 \text{ A}, t_3 = 40\text{s}$$

$$I_4 = 354,0 \text{ A}, t_4 = 59\text{min}$$

$$t_{fict} = \frac{\left(1124,0 \cdot \frac{10}{60}\right) + \left(1124,0 \cdot \frac{10}{60}\right) + \left(854,0 \cdot \frac{40}{60}\right) + (354,0 \cdot 59)}{1124} = 19,42 = 20 \text{ min}$$

Podle tabulky 6.7 uvádějící přípustné vybíjecí proudy baterie je pro dobu vybíjení 30 min tento proud roven 1293 A a pro kratší časové úseky je tento proud ještě vyšší. Z toho vyplývá, že pro maximální odebíraný proud 1124 A je kapacita baterie dostačující.

Pohotovostní stav „B“, baterie 3BTB (tab. 6.6)

$$I_1 = 742,0 \text{ A}, t_1 = 10\text{s}$$

$$I_2 = 822,5\text{A}, t_2 = 10\text{s}$$

$$I_3 = 552,5\text{A}, t_3 = 59\text{min}, 40\text{s}$$

$$t_{fict} = \frac{\left(742,0 \cdot \frac{10}{60}\right) + \left(822,5 \cdot \frac{10}{60}\right) + \left(552,5 \cdot \frac{3580}{60}\right)}{822,5} = 40,39 = 41\text{min}$$

Podle tabulky 6.7 uvádějící přípustné vybíjecí proudy baterie je pro dobu vybíjení 60 min tento proud roven 1081 A, což je hodnota větší než největší odebíraný proud 822,5 A. Kapacita baterie je dostačující.

TAB.6.4 – ZATĚŽOVÁNÍ JEDNÉ BATERIE BĚHEM POHOTOVOSTNÍHO STAVU A

Spotřebiče	Normální odběr	Odběr v nouzovém stavu – časové intervaly průběhu zatížení				
		MOTOR 3xI _N *)	MOTOR 3xI _N *)			
		0"-10"	10"-20"	20"-1'	1'-20'	20'-60'
	A	A	A	A	A	A
Nouzové olejové čerpadlo č.1 MAV54AP001	0	*)345,0	115,0	115,0	115,0	115,0
Nouzové olejové čerpadlo č.2 MAV55AP001	0	0	0	0	0	0
Přečerpávací olejové čerpadlo XAV42AP001	0	0	*)345,0	115,0	115,0	115,0
Nouzové čerpadlo olejových ucpávek MKW12AP001	0	*)98,0	33,0	33,0	33,0	33,0
Nouzové čerpadlo olejových ucpávek MKW34AP001	0	*)98,0	33,0	33,0	33,0	33,0
Nouzové olejové čerpadlo LAC10GU012	0	0	*)60,0	20,0	20,0	20,0
Nouzové osvětlení	0	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0
Řídicí obvody vn rozváděčů 6kV	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Řídicí obvody nn rozváděčů 0,4kV	98,0	98,0	67,0	67,0	67,0	67,0
Řídicí obvody ochrany a měření	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Budicí obvody	6,0	20,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Kotelna – rozváděč 3BUL	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Střídač 3BRU	313,0	313,0	313,0	313,0	313,0	313,0
Celkové zatížení	449,0	1124,0	1124,0	854,0	854,0	854,0
Napájení z usměrňovače	449,0	DG Mimo provoz			DG V provozu	
		0	0	0	500	500
Napájení z baterií	0	1124,0	1124,0	854,0	354	354

TAB.6.5 –ZATĚŽOVÁNÍ BATERIE 3BTA BĚHEM POHOTOVOSTNÍHO STAVU B

Spotřebiče	Normální odběr	Odběr v nouzovém stavu – časové intervaly průběhu zatížení				
		MOTOR 3xI _N)				
		0"-10"	10"-20"	20"-1'	1'-20'	20'-60'
	A	A	A	A	A	A
Nouzové olejové čerpadlo č.1 MAV54AP001	0	*)345,0	115,0	115,0	115,0	115,0
Nouzové čerpadlo olejové ucpávky MKW12AP001	0	*)98,0	33,0	33,0	33,0	33,0
Nouzové osvětlení	0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Řídící obvody vn rozváděčů 6kV	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Řídící obvody nn rozváděčů 0,4kV	49,0	49,0	33,5	33,5	33,5	33,5
Řídící obvody ochran a měření	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Budící obvody	3,0	17,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Kotelna - rozváděč 3BUL	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Střídač 3BRU	156,5	156,5	156,5	156,5	156,5	156,5
Celkové zatížení	225,0	742,0	417,5	417,5	417,5	417,5
Napájení z usměrňovače	225,0	DG mimo provoz				
		0	0	0	0	0
Napájení z baterií	0	742,0	417,5	417,5	417,5	417,5

TAB.6.6 – ZATĚŽOVÁNÍ BATERIE 3BTB BĚHEM POHOTOVOSTNÍHO STAVU B

Spotřebiče	Normální odběr	Odběr v nouzovém stavu – časové intervaly průběhu zatížení				
		MOTOR 3xI _N)	MOTOR 3xI _N)			
		0"-10"	10"-20"	20"-1'	1'-20'	20'-60'
	A	A	A	A	A	A
Nouzové olejové čerpadlo č.2 MAV55AP001	0	*)345,0	115,0	115,0	115,0	115,0
Přečerpávací olejové čerpadlo XAV42AP001	0	0	*)345,0	115,0	115,0	115,0
Nouzové čerpadlo olejové ucpávky MKW34AP001	0	*)98,0	33,0	33,0	33,0	33,0
Nouzové olejové čerpadlo LAC20AP011	0	0	*)60,0	20,0	20,0	20,0
Nouzové osvětlení	0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Řídící obvody vn rozváděčů 6kV	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Řídící obvody nn rozváděčů 0,4kV	49,0	49,0	33,5	33,5	33,5	33,5
Řídící obvody ochran a měření	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Budící obvody	3,0	17,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Kotelna – rozváděč 3BUL	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Střídač 3BRU	156,5	156,5	156,5	156,5	156,5	156,5
Celkové zatížení	225,0	742,0	822,5	552,5	552,5	552,5
Napájení z usměrňovače	225,0	DG mimo provoz				
		0	0	0	0	0
Napájení z baterií	0	742,0	822,5	552,5	552,5	552,5

TAB.6.7 – PARAMETRY BATERIE PRO NAPÁJENÍ SEKCE 220V DC A USMĚRŇOVAČE 3BRU [8]

Constant current discharge in amperes

Voltage end of discharge : 1.80 V/cell

Type	15'	30'	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	12h	20h	Type
4 OPzV 200	189	153	111	72,2	54,5	44,2	37,1	32,4	28,7	25,7	23,4	21,5	18,7	12,2	4 OPzV 200
5 OPzV 250	234	191	138	90,2	68,1	55,2	46,4	40,4	35,8	32,2	29,3	26,9	23,3	15,3	5 OPzV 250
6 OPzV 300	279	228	165	108	81,6	66,3	55,7	48,5	43,0	38,6	35,1	32,3	28,0	18,4	6 OPzV 300
5 OPzV 350	286	246	188	127	97,0	79,1	66,9	58,5	51,9	46,5	42,5	39,1	33,8	21,9	5 OPzV 350
6 OPzV 420	340	293	224	152	116	94,8	80,2	70,1	62,2	55,8	51,0	46,9	40,6	26,3	6 OPzV 420
7 OPzV 490	392	340	260	177	135	111	93,5	81,7	72,6	65,1	59,5	54,8	47,4	30,7	7 OPzV 490
6 OPzV 600	422	375	302	218	171	141	120	105	92,9	83,5	76,4	70,5	61,3	40,0	6 OPzV 600
8 OPzV 800	584	515	412	294	230	189	160	140	124	112	102	94,1	81,8	53,4	8 OPzV 800
10 OPzV 1000	722	638	511	366	286	236	200	175	155	139	128	118	102	66,7	10 OPzV 1000
12 OPzV 1200	858	759	610	438	343	282	240	210	186	167	153	141	123	80,1	12 OPzV 1200
12 OPzV 1500	837	769	644	481	383	317	271	237	211	190	173	158	137	88,9	12 OPzV 1500
16 OPzV 2000	1146	1044	871	648	514	424	362	317	282	254	231	211	183	118	16 OPzV 2000
20 OPzV 2500	1412	1293	1081	806	641	529	452	396	352	317	289	264	228	148	20 OPzV 2500
24 OPzV 3000	1675	1538	1289	963	767	634	541	474	422	380	347	317	274	178	24 OPzV 3000

6.2.1.2 Výpočet usměrňovače 3BTL11, 3BTL12

Při výpočtu potřebného proudu usměrňovače vycházíme z následujících údajů:

- Konstantní zatížení při normálním provozu – v provozu jeden usměrňovač 3BTL11 (nebo 3BTL12):

$$I_{C1} = 449,0 \text{ A (viz Tab.6.4)}$$

- Odběr při pohotovostním stavu A, v provozu jeden usměrňovač – DG je v provozu:

$$I_{C2} = 854,0 \text{ A (viz Tab.6.4)}$$

- Konstantní zatížení při provozu obou usměrňovačů – pohotovostní stav B:

$$I_{C12} = 225,0 \text{ A (viz Tab.6.5 nebo Tab.6.6)}$$

- Dobíjecí proud baterií:

$$I_{C3} = 0,02 \cdot C_{10} = 0,02 \cdot 2500 = 50,0 \text{ A}$$

- Proud při rychlém nabíjení baterií:

$$I_{C4} = 0,2 \cdot C_{10} = 0,2 \cdot 2500 = 500,0 \text{ A}$$

- Požadovaný proud usměrňovače pro napájení zátěže při normálním provozu:

$$I_R = I_{C1} + I_{C2} = 449,0 + 50,0 = 499,0 \text{ A}$$

- Požadovaný proud usměrňovače pro nabíjení baterie:

$$I_{\text{Nab.}} = I_{C3} = 500,0 \text{ A}$$

- Požadovaný proud usměrňovače v pohotovostním stavu (baterie se nedobíjejí)

$$I_{RP} = I_{C2} = 854,0 \text{ A}$$

Z výše uvedených údajů vyplývá, že by měl být vybrán usměrňovač s výstupním proudem minimálně 854,0 A. V tomto případě ale vybereme usměrňovač s jmenovitým výstupním proudem 500 A, kdy nám tento proud stačí pro normální provoz i pro nabíjení baterií. Zbývající proud potřebný pro napájení zátěže v pohotovostním stavu bude odebírán z baterií. Při výpočtu však musíme vzít v úvahu jisté ztráty, které během přenosu energie od usměrňovače ke spotřebiči vzniknou. Účinnost usměrňovače je závislá na tom jaké technologie využívá. Usměrňovače s tyristory mívají účinnost 75 % – 80 %, kdežto usměrňovače s IGBT technologií mívají účinnost 90 % - 93 % [11]. V našem případě tedy budeme uvažovat použití usměrňovačů s IGBT technologií a účinností 90 %. Na usměrňovači tedy budou ztráty 10 %. Vstupní proud tedy představuje 100 % a potřebný proud 500 A je 90 %. Na základě těchto předpokladů provedeme výpočet parametrů.

Nejprve si určíme hodnotu stejnosměrného proudu, který bude představovat 100 %.

$$I_{100\%} = \frac{I_{NDC}}{90} \cdot 100 = \frac{500}{90} \cdot 100 = 555,55 \text{ A}$$

Na základě tohoto proudu nyní spočítáme příkon a jmenovitý vstupní proud.

$$P_p = I_{100\%} \cdot U_{NDC} = 555,55 \cdot 220 = 122,22 \text{ kW}$$

$$I_{NAC} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_{NAC} \cdot \cos \varphi} = \frac{122,22 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 220,51 \text{ A}$$

Výkon usměrňovače určíme následovně:

$$P_v = I_{NDC} \cdot U_{NDC} = 500 \cdot 220 = 110,0 \text{ kW}$$

Parametry usměrňovače jsou pak následující:

Vstupní parametry

Jmenovité napětí	: 3 x 400 V AC
Jmenovitá frekvence	: 50 Hz
Jmenovitý proud	: 220,51 A (při uvažovaném účinníku $\cos \varphi = 0,8$)
Jmenovitý příkon	: 122,22 kW

Výstupní parametry

Jmenovité napětí	: 220 V DC
Jmenovitý proud	: 500 A
Jmenovitý výkon	: 110 kW (při uvažované účinnosti 90 %)

6.2.1.3 Výpočet střídače 3BRU

Pro výpočet střídače vycházíme z údajů uvedených v tab. 6.2, z kterých vyplývá, že je střídač na svém vstupu zatížen konstantním proudem o velikosti 313 A. Dále uvažujeme, že střídač bude využívat také IGBT technologie a bude mít účinnost 90 % a účiník zátěže uvažujeme $\cos\varphi = 0,8$.

Příkon a výkon střídače pak bude následující.

$$\text{Příkon: } P_p = I_{NDC} \cdot U_{NDC} = 313 \cdot 220 = 68,86 \text{ kW}$$

$$\text{Výkon: } P_v = P_p \cdot \eta = 68,86 \cdot 0,9 = 61,97 \text{ kW}$$

Nyní můžeme stanovit jmenovitý výstupní proud.

$$I_N = \frac{P_v}{\sqrt{3} \cdot U_{NAC} \cdot \cos\varphi} = \frac{61,97 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 111,81 \text{ A}$$

Parametry střídače jsou pak následující:

Vstupní parametry

Jmenovité napětí	: 220 V DC
Jmenovitý proud	: 313 A
Jmenovitý příkon	: 68,86 kW

Výstupní parametry

Jmenovité napětí	: 3 x 400 V AC
Jmenovitá frekvence	: 50 Hz
Jmenovitý proud	: 111,81 A (při uvažovaném účiníku $\cos\varphi = 0,8$)
Jmenovitý výkon	: 61,97 kW (při uvažované účinnosti 90 %)

6.2.1.4 Výběr usměrňovače 3BTL11, 3BTL12 a střídače 3BRU

Z výše spočítaných parametrů jednotlivých zařízení máme k dispozici následující údaje, na jejichž základě bude proveden výběr jednotlivých komponent.

Usměrňovač:

Vstupní parametry

Jmenovité napětí	: 3 x 400 V AC
Jmenovitá frekvence	: 50 Hz
Jmenovitý proud	: 220,3 A (při uvažovaném účiníku $\cos\varphi = 0,8$)
Jmenovitý příkon	: 122,1 kW

Výstupní parametry

Jmenovité napětí	: 220 V DC
Jmenovitý proud	: 500 A
Jmenovitý výkon	: 110 kW (při uvažované účinnosti 90 %)

Střídač:Vstupní parametry

Jmenovité napětí	: 220 V DC
Jmenovitý proud	: 313 A
Jmenovitý příkon	: 68,86 kW

Výstupní parametry

Jmenovité napětí	: 3 x 400 V AC
Jmenovitá frekvence	: 50 Hz
Jmenovitý proud	: 111,81 A (při uvažovaném účinníku $\cos\varphi = 0,8$)
Jmenovitý výkon	: 61,97 kW (při uvažované účinnosti 90 %)

Na základě těchto údajů provedeme výběr konkrétních zařízení. Výběr provádíme tak, že pokud dané zařízení neodpovídá přímo parametrům, které jsme spočítali, vybereme zařízení s nejbližšími vyššími jmenovitými parametry.

Usměrňovač:**Výrobce – Benning: Typ TRANSOTRONIC [9]**Vstupní parametry

Jmenovité napětí	: 3x 400 V AC (-10/+10 %)
Jmenovitá frekvence	: 50 Hz (-5/+5 %)
Jmenovitý účinník	: $\geq 0,99$
Jmenovitý proud	: 190 A (při napětí DC obvodu 245V)
Zařízení umožňuje softstart bez proudového zatěžovacího rázu	
Jmenovitý příkon	: 130,3 kW (při napětí DC obvodu 245V a $\cos\varphi = 0,99$)
Maximální příkon	: 141 kVA (při napětí DC obvodu 264V) 139,6 kW (při napětí DC obvodu 264V a $\cos\varphi = 0,99$)

Výstupní parametry

Jmenovité napětí	: 220 V DC
Stabilita napětí (bez baterií)	: statická ± 1 % dynamická ± 10 %
Jmenovitý proud	: 500,0 A
Jmenovitý výkon	: 110 kW
Účinnost	: 93 % (při jmenovitém zatížení)

Zařízení umožňuje paralelní provoz.

Střídač:**Výrobce – Benning: Typ INVERTRONIC [9]**Vstupní parametry

Jmenovité napětí	: 220 V DC (-15/+20 %)
Jmenovitý proud	: 383 A
Jmenovitý příkon	: 84,20 kW

Výstupní parametry

Jmenovité napětí	: 3x 400 V AC
Regulace napětí	: $\pm 5 \%$
Stabilita napětí	: statická $\pm 1 \%$ dynamická $\pm 4 \%$
Jmenovitá frekvence	: 50 Hz ($\pm 0,1 \%$)
Jmenovitý proud	: 144,0 A (při uvažovaném účinníku $\cos\varphi = 0,8$)
Jmenovitý výkon	: 80 kW (při uvažované účinnosti 95%)
Účinnost	: 95 %(při jmenovitém zatížení)
Přetížitelnost	: 110 % - 20 minut 125 % - 10 minut 150 % - 1 minuta

Zařízení je vybaveno statickým by-passem a umožňuje paralelní provoz.

6.2.2 Bateriový zdroj pro napájení soustavy 24 V DC

Systém napájení stejnosměrné soustavy 24 V vlastní spotřeby se skládá ze dvou hlavních rozváděčů 3BUF a 3BUG. Rozváděč stejnosměrné sekce 3BUF je napájen z usměrňovače 3BTL21 a baterie 3BTF, rozváděč stejnosměrné sekce 3BUG je napájen z usměrňovače 3BTL22 a baterie 3BTG. Oba rozváděče jsou propojeny podélným spínačem přípojnic. Usměrňovače jsou napájeny z rozváděče diesel sekce na hladině 400 V.

6.2.2.1 Výpočet baterie

[EnerSys, © 2005 – 2009]

Stejně jako je tomu v případě baterií pro zajištění napájení stejnosměrné sekce 220 V a střídače 3BRU, i v tomto případě je kapacita baterie závislá na typu výpadku střídavého napájení. Při výpočtu jsou uvažovány následující dvě varianty pohotovostního stavu:

- **pohotovostní stav A** - napájení vlastní spotřeby je zajišťováno jednou baterií, střídavé napájení je obnoveno po 1 minutě pomocí dieselgenerátoru
- **pohotovostní stav B** - obě baterie společně napájí vlastní spotřebu, střídavé napájení není obnoveno a spuštění dieselgenerátoru se nezdařilo.

Jmenovité napětí	$U_N = 24 \text{ V}$
Doba vybíjení	$t = 1 \text{ h}$
Typ článku	OPzV(ventilem řízené)
Jmenovité napětí článku	$U_N = 2 \text{ V/článek}$
Napětí při trvalém dobíjení	$U_C = 2,23 \text{ V/článek}$
Účinnost při 1hodinovém vybíjení	$\eta = 52,8 \%$
Vnitřní odpor 1 článku	$R_i = 0,49 \text{ m}\Omega$
Přípustné výchylky napětí:	$U_{\min} \quad U_{\max}$
Řídicí systém turbíny	$- 10\%U_N \quad +15\%U_N$

Uvažované meze napětí tedy jsou : $90\%U_N - 115\%U_N$

$$U_{\min} = 92\%U_N = 0,92 \cdot 24 = 22,08 \text{ V}$$

$$U_{\max} = 117\%U_N = 1,17 \cdot 24 = 28,08 \text{ V}$$

Hodnoty $U_{\max}$ a $U_{\min}$ se liší od předem definovaných o 2 % s ohledem na to, že se uvažuje úbytek napětí na kabelových přívodech právě 2 % U_N .

Počet článků

$$n = \frac{U_{\max}}{U_C} = \frac{28,08}{2,23} = 12,59 = 12 \text{ článků}$$

Baterie bude složena ze 12 článků.

Napětí při kterém je článek považován za vybitý

$$U_k = \frac{U_{\min}}{n} = \frac{22,08}{12} = 1,84 \text{ V/článek}$$

Na základě této hodnoty je zvoleno konečné napětí, při kterém je článek považován za vybitý 1,85 V/článek.

Kapacita baterie

$$C_{10} = \frac{I \cdot t \cdot 100}{\eta} [Ah; A, h, \%]$$

kde $I = 145 \text{ A}$ (Tab.6.9 – pohotovostní stav B)

$$t = 1 \text{ h}$$

$$\eta = 52,8 \%$$

$$C_{10} = \frac{145 \cdot 1 \cdot 100}{52,8} = 274,62 \text{ Ah}$$

Při volbě příslušné kapacity musíme brát v úvahu také vliv teploty okolního prostředí, ve kterém jsou baterie skladovány. Provoz baterií je optimální při okolní teplotě +20 °C. Nižší teploty snižují kapacitu baterie o 2 % s každým snížením teploty o 1 °C. Vyšší teploty zkracují životnost

baterií. Stále zvýšení teploty o 10 °C zkracuje životnost baterie o 50 %. Z tohoto důvodu by teplota prostředí, kde jsou baterie uloženy, měla být v rozsahu od +15 °C do +20 °C. Pro teplotu +15 °C, kdy se snižuje kapacita baterie, se vypočtená kapacita zvýší o 2 % na každý 1 °C. Potřebná kapacita baterie je pak následující:

$$C_{10} = 1,1 \cdot 274,62 = 302,08 \text{ Ah}$$

Na základě vypočítaných hodnot je vybrána baterie s jmenovitou kapacitou $C_{10} = 490 \text{ Ah}$.

Pro kontrolu, zda bude zvolená kapacita vyhovovat, v tomto případě výpočet fiktivní doby vybíjení neprovádíme, jelikož baterie jsou v průběhu vybíjení po celou dobu zatíženy stejným vybíjecím proudem. Pouze si podle tabulky ověříme, zda baterie zvolené kapacity snese dané proudové zatížení.

Pohotovostní stav „A“

$I_1 = 290,0 \text{ A}$ – po dobu 1 minuty

Podle tabulky 6.10 uvádějící přípustné vybíjecí proudy je maximální možný odebíraný proud při 15 minutovém zatížení 319 A, pro kratší časové úseky je tento proud ještě větší. Kapacita baterie je dostačující.

Pohotovostní stav „B“

$I_1 = 145,0 \text{ A}$ – po dobu 1 hodiny

Podle tabulky 6.10 uvádějící přípustné vybíjecí proudy je maximální možný odebíraný proud při 1h zatížení 223 A. I v tomto případě je kapacita baterie dostačující.

TAB.6.8 – ZATĚŽOVÁNÍ JEDNÉ BATERIE BĚHEM POHOTOVOSTNÍHO STAVU A

Spotřebiče	STALÝ ODBĚR		Odběr v nouzovém stavu – časové intervaly průběhu zatížení	
	NORMÁLNÍ PROVOZ	ODSATVENÍ TURBÍNY		
	A	A	0 – 1'	1 – 60'
ŘÍDÍCÍ SYSTÉM TURBÍNY	50,0	50,0	50,0	50,0
ŠOUPATA, KLAPKY TURBÍNY	100,0	25,0	100,0	100,0
ŘÍDÍCÍ SYSTÉM.	50,0	25,0	50,0	50,0
KOTELNA – MĚŘENÍ	90,0	90,0	90,0	90,0
Celkové zatížení	290,0	190,0	290,0	290,0
Napájení z usměrňovače	290,0	190,0	DG mimo provoz	DG v provozu
			0	290,0
Napájení z baterií	0	0	290,0	0

TAB.6.9 – ZATĚŽOVÁNÍ JEDNÉ BATERIE BĚHEM POHOTOVOSTNÍHO STAVU B

Spotřebiče	STÁLÝ ODBĚR		Odběr v nouzovém stavu – časové intervaly průběhu zatížení	
	NORMÁLNÍ PROVOZ	ODSTAVENÍ TURBÍNY		
	A	A	0 – 1´	1 – 60´
ŘÍDÍCÍ SYSTÉM TURBÍNY	25,0	25,0	25,0	25,0
ŠOUPATA, KLAPKY TURBÍNY	50,0	12,5	50,0	50,0
ŘÍDÍCÍ SYSTÉM	25,0	12,5	25,0	25,0
KOTELNA – MĚŘENÍ	45,0	45,0	45,0	45,0
Celkové zatížení	145,0	95,0	145,0	145,0
Napájení z usměrňovače	145,0	95,0	DG mimo provoz	
			0	0
Napájení z baterií	0	0	145,0	145,0

TAB.6.10 – PARAMETRY BATERIE PRO NAPÁJENÍ SEKCE 24V DC [8]

Constant current discharge in amperes

Voltage end of discharge : 1.85 V/cell

Type	15´	30´	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	12h	20h	Type
4 OPzV 200	155	130	96,2	65,0	49,7	40,5	34,3	29,9	26,5	23,9	21,8	20,2	17,6	11,6	4 OPzV 200
5 OPzV 250	192	161	120	81,0	62,1	50,5	42,9	37,4	33,1	29,9	27,3	25,2	22,0	14,6	5 OPzV 250
6 OPzV 300	228	192	143	97,0	74,4	60,5	51,4	44,8	39,7	35,8	32,7	30,2	26,3	17,5	6 OPzV 300
5 OPzV 350	233	205	161	112	87,2	71,7	61,3	53,7	47,7	43,2	39,6	36,6	31,9	21,1	5 OPzV 350
6 OPzV 420	277	244	192	134	104	85,9	73,4	64,3	57,2	51,8	47,5	43,9	38,2	25,3	6 OPzV 420
7 OPzV 490	319	282	223	156	122	100	85,6	75,0	66,6	60,3	55,3	51,2	44,6	29,5	7 OPzV 490
6 OPzV 600	340	309	254	190	153	127	109	95,8	85,3	77,2	70,7	65,4	56,9	37,7	6 OPzV 600
8 OPzV 800	475	425	346	257	206	171	147	128	114	103	94,6	87,5	76,1	50,3	8 OPzV 800
10 OPzV 1000	586	526	430	320	257	214	183	160	143	129	118	109	95,1	62,8	10 OPzV 1000
12 OPzV 1200	694	626	512	383	308	256	219	192	171	155	142	131	114	75,4	12 OPzV 1200
12 OPzV 1500	647	627	535	411	335	281	243	214	191	173	158	147	128	85,9	12 OPzV 1500
16 OPzV 2000	888	853	724	554	449	377	326	287	256	232	212	196	171	115	16 OPzV 2000
20 OPzV 2500	1094	1056	898	689	560	470	406	358	319	289	264	245	214	143	20 OPzV 2500
24 OPzV 3000	1294	1255	1070	822	670	562	486	428	382	346	317	294	257	172	24 OPzV 3000

6.2.2.2 Výpočet usměrňovače 3BTL21, 3BTL22

Při výpočtu potřebného proudu usměrňovače vycházíme z následujících údajů:

- Konstantní zatížení při normálním provozu i během pohotovostního stavu A – v provozu jeden usměrňovač 3BTL21 (nebo 3BTL22):

$$I_{C1} = 290,0 \text{ A} - \text{viz Tab.6.8}$$

- Konstantní zatížení při provozu obou usměrňovačů – pohotovostní stav B:

$$I_{C12} = 145,0 \text{ A} - \text{viz Tab.6.9}$$

- Dobíjecí proud baterií:

$$I_{C3} = 0,02 \cdot C_{10} = 0,02 \cdot 490 = 9,8 \text{ A}$$

- Proud při rychlém nabíjení baterií:

$$I_{C4} = 0,2 \cdot C_{10} = 0,2 \cdot 490 = 98 \text{ A}$$

- Požadovaný proud usměrňovače pro napájení zátěže:

$$I_R = I_{C1} + I_{C2} = 290,0 + 9,8 = 299,8 \text{ A}$$

- Požadovaný proud usměrňovače pro nabíjení baterií:

$$I_{\text{Nab.}} = I_{C3} = 9,8 \text{ A}$$

Z výše uvedených údajů vyplývá, že by měl být vybrán usměrňovač s výstupním proudem minimálně 299,8 A. Musíme však vzít v úvahu jisté ztráty, které během přenosu energie od usměrňovače ke spotřebiči vzniknou. Na usměrňovači, jak již bylo uvedeno při výpočtu pro soustavu 220V DC, uvažujeme ztráty 10%. Vstupní proud tedy představuje 100 % a potřebný proud 299,8 A je 90 %. Na základě těchto předpokladů provedeme výpočet parametrů.

Nejprve si určíme hodnotu stejnosměrného proudu, který bude představovat 100 %.

$$I_{100\%} = \frac{I_{NDC}}{90} \cdot 100 = \frac{299,8}{90} \cdot 100 = 333,11 \text{ A}$$

Na základě tohoto proudu nyní spočítáme příkon a jmenovitý vstupní proud.

$$P_P = I_{100\%} \cdot U_{NDC} = 333,11 \cdot 24 = 7,99 \text{ kW}$$

$$I_{NAC} = \frac{P_P}{\sqrt{3} \cdot U_{NAC} \cdot \cos \varphi} = \frac{7,99 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 14,42 \text{ A}$$

Výkon usměrňovače určíme následovně:

$$P_V = I_{NDC} \cdot U_{NDC} = 299,8 \cdot 24 = 7,19 \text{ kW}$$

Parametry usměrňovače jsou pak následující:

Vstupní parametry

Jmenovité napětí : 3 x 400 V AC
 Jmenovitá frekvence : 50 Hz
 Jmenovitý proud : 14,42 A (při uvažovaném účinníku $\cos\varphi = 0,8$)
 Jmenovitý příkon : 7,99 kW

Výstupní parametry

Jmenovité napětí : 24 V DC
 Jmenovitý proud : 299,8 A
 Jmenovitý výkon : 7,19 kW (při uvažované účinnosti 90 %)

6.2.2.4 Výběr usměrňovače 3BTL21, 3BTL22

Z výše spočítaných parametrů máme k dispozici následující údaje, na jejichž základě bude proveden výběr usměrňovače.

Vstupní parametry

Jmenovité napětí : 3 x 400 V AC
 Jmenovitá frekvence : 50 Hz
 Jmenovitý proud : 14,42 A (při uvažovaném účinníku $\cos\varphi = 0,8$)
 Jmenovitý příkon : 7,99 kW

Výstupní parametry

Jmenovité napětí : 24 V DC
 Jmenovitý proud : 299,8 A
 Jmenovitý výkon : 7,19 kW (při uvažované účinnosti 90 %)

Parametry vybraného usměrňovače:

Výrobce – Benning: Typ THYROTRONIC [9]

Vstupní parametry

Jmenovité napětí : 3x 400 V AC (-10/+10 %)
 Jmenovitá frekvence : 50 Hz (-5/+5 %)
 Jmenovitý účinník : 0,83 (při jmenovitém napětí sítě a udržovacím nabíjení)
 Jmenovitý proud : 14,73 A (při uvažovaném účinníku $\cos\varphi = 0,83$)
 Jmenovitý příkon : 8,47 kW

Výstupní parametry

Jmenovité napětí : 24 V DC
 Stabilita napětí : $\pm 0,5$ %
 Nastavitelnost výstupního napětí : $\pm 5,0$ %

Jmenovitý proud	: 300 A
Stabilita výstupního proudu	: $\pm 2,0 \%$
Jmenovitý výkon	: 7,20 kW (při uvažované účinnosti 85%)
Účinnost	: 85% (při jmenovitém zatížení)

Toto zařízení umožňuje paralelní provoz.

Z výše zmíněných parametrů vyplývá, že usměrňovač svými parametry zcela vyhovuje potřebám zátěže.

6.3 Výpočet dieselgenerátoru

V tomto oddíle bude realizován výpočet zatěžování dieselgenerátoru a na základě těchto údajů bude proveden výběr konkrétního dieselgenerátoru. Výpočet bude proveden ve dvou variantách a to dle parametrů připojených pohonů obsažených v zadání a pak s variantou, kdy bude u všech pohonů použit softstartér.

6.3.1 Výpočet dieselgenerátoru podle parametrů v zadání

U jednotlivých spotřebičů provedeme výpočet příkonu, jakým budou zatěžovat dieselgenerátor. V případě pohonů se bude jednat o zatížení dynamické a statické. Statické zatížení známe z tabulky v zadání (tab. 6.3). Dynamické zatížení představuje příkon při rozběhu daného pohonu a pro jeho určení použijeme následující vztah:

$$P_{dyn.} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_Z \cdot \cos \varphi_z$$

U_N - jmenovité napětí pohonu

I_Z - záběrný proud pohonu

$\cos \varphi_z$ - účinník při rozběhu pohonu

V následujícím textu bude tedy proveden výpočet dynamického zatížení, tento výpočet se bude týkat všech pohonů, které nejsou opatřeny softstartérem (seznam pohonů viz. tab. 6.3). Jelikož jsou k dispozici pouze údaje o jmenovitém příkonu a záběrném proudu jednotlivých pohonů, bude výpočet proveden na základě předem odhadnutých parametrů nutných pro výpočet dynamického zatížení.

Odhad bude proveden na základě následujících údajů. Účinník při rozběhu pohonu bývá v rozmezí $\cos \varphi_z = 0,2 - 0,3$ [10]. Jmenovitý účinník pak nabývá hodnot v rozmezí $\cos \varphi = 0,7 - 0,95$, kde hodnota závisí na konstrukci motoru a jeho zatížení. V závislosti na rozsahu těchto hodnot pak byly pro výpočet vybrány následující:

$$\cos \varphi = 0,8$$

$$\cos \varphi_z = 0,4 - \text{zvoleno z ohledem na to, aby měl dieselgenerátor jistou výkonovou rezervu}$$

$$I_Z = 8 \times I_N - \text{zadáno}$$

Protáčekci zařízení turbíny (XAK10AE001) , P_n = 11,0 kW

$$\text{Určíme jmenovitý proud: } I_{N.} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \varphi} = \frac{11,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = \underline{19,85} \text{ A}$$

$$\text{Hodnota } P_{dyn} \text{ pak činí: } P_{dyn.} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_Z \cdot \cos \varphi_z = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 8 \cdot 19,85 \cdot 0,4 = \underline{44,0} \text{ kW}$$

Zvedací olejové čerpadlo (MAV64AP001) , P_n = 55,0 kW

$$\text{Určíme jmenovitý proud: } I_{N.} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \varphi} = \frac{55,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = \underline{99,23} \text{ A}$$

$$\text{Hodnota } P_{dyn} \text{ pak činí: } P_{dyn.} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_Z \cdot \cos \varphi_z = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 8 \cdot 99,23 \cdot 0,4 = \underline{220,0} \text{ kW}$$

Zvedací olejové čerpadlo (MAV65AP001) , P_n = 55,0 kW

$$\text{Určíme jmenovitý proud: } I_{N.} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \varphi} = \frac{55,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = \underline{99,23} \text{ A}$$

$$\text{Hodnota } P_{dyn} \text{ pak činí: } P_{dyn.} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_Z \cdot \cos \varphi_z = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 8 \cdot 99,23 \cdot 0,4 = \underline{220,0} \text{ kW}$$

Přehříváč vzduchu (HDL10AC001) , P_n = 15,0 kW

$$\text{Určíme jmenovitý proud: } I_{N.} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \varphi} = \frac{15,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = \underline{27,06} \text{ A}$$

$$\text{Hodnota } P_{dyn} \text{ pak činí: } P_{dyn.} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_Z \cdot \cos \varphi_z = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 8 \cdot 27,06 \cdot 0,4 = \underline{60,0} \text{ kW}$$

Přehříváč vzduchu (HDL10AC002) , P_n = 15,0 kW

$$\text{Určíme jmenovitý proud: } I_{N.} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \varphi} = \frac{15,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = \underline{27,06} \text{ A}$$

$$\text{Hodnota } P_{dyn} \text{ pak činí: } P_{dyn.} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_Z \cdot \cos \varphi_z = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 8 \cdot 27,06 \cdot 0,4 = \underline{60,0} \text{ kW}$$

Přehříváč vzduchu (HDL20AC001) , P_n = 15,0 kW

$$\text{Určíme jmenovitý proud: } I_{N.} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \varphi} = \frac{15,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = \underline{27,06} \text{ A}$$

$$\text{Hodnota } P_{dyn} \text{ pak činí: } P_{dyn.} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_Z \cdot \cos \varphi_z = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 8 \cdot 27,06 \cdot 0,4 = \underline{60,0} \text{ kW}$$

Přehříváč vzduchu (HDL20AC002) , P_n = 15,0 kW

$$\text{Určíme jmenovitý proud: } I_{N.} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \varphi} = \frac{15,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = \underline{27,06} \text{ A}$$

$$\text{Hodnota } P_{dyn} \text{ pak činí: } P_{dyn.} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_Z \cdot \cos \varphi_z = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 8 \cdot 27,06 \cdot 0,4 = \underline{60,0} \text{ kW}$$

Vakuové čerpadlo olej. ucpávky (MKW60AP001) , P_n = 4 kW

$$\text{Určíme jmenovitý proud: } I_{N.} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \varphi} = \frac{4,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = \underline{7,22} \text{ A}$$

$$\text{Hodnota } P_{dyn} \text{ pak činí: } P_{dyn.} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_Z \cdot \cos \varphi_z = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 8 \cdot 7,22 \cdot 0,4 = \underline{16,0} \text{ kW}$$

Čerpadlo olejové ucpávky (MKW11AP001) , P_n = 7,5 kW

$$\text{Určíme jmenovitý proud: } I_{N.} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \varphi} = \frac{7,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = \underline{13,53} \text{ A}$$

$$\text{Hodnota } P_{dyn} \text{ pak činí: } P_{dyn.} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_Z \cdot \cos \varphi_z = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 8 \cdot 13,53 \cdot 0,4 = \underline{30,0} \text{ kW}$$

Čerpadlo olejové ucpávky (MKW31AP001) , P_n = 7,5 kW

$$\text{Určíme jmenovitý proud: } I_{N.} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \varphi} = \frac{7,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = \underline{13,53} \text{ A}$$

$$\text{Hodnota } P_{dyn} \text{ pak činí: } P_{dyn.} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_Z \cdot \cos \varphi_z = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 8 \cdot 13,53 \cdot 0,4 = \underline{30,0} \text{ kW}$$

Zvedací olejové čerpadlo (XAV12AP001) , P_n = 3,0 kW

$$\text{Určíme jmenovitý proud: } I_{N.} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \varphi} = \frac{3,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = \underline{5,41} \text{ A}$$

$$\text{Hodnota } P_{dyn} \text{ pak činí: } P_{dyn.} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_Z \cdot \cos \varphi_z = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 8 \cdot 5,41 \cdot 0,4 = \underline{12,0} \text{ kW}$$

Zvedací olejové čerpadlo (XAV15AP001) , P_n = 3,0 kW

$$\text{Určíme jmenovitý proud: } I_{N.} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \varphi} = \frac{3,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = \underline{5,41} \text{ A}$$

$$\text{Hodnota } P_{dyn} \text{ pak činí: } P_{dyn.} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_Z \cdot \cos \varphi_z = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 8 \cdot 5,41 \cdot 0,4 = \underline{12,0} \text{ kW}$$

Pohony z BNB , P_n = 12,0 kW

$$\text{Určíme jmenovitý proud: } I_{N.} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \varphi} = \frac{12,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = \underline{21,65} \text{ A}$$

$$\text{Hodnota } P_{dyn} \text{ pak činí: } P_{dyn.} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_Z \cdot \cos \varphi_z = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 8 \cdot 21,65 \cdot 0,4 = \underline{48,0} \text{ kW}$$

Dále provedeme výpočet zatížení, které budou představovat usměrňovače pro napájení stejnosměrné soustavy 220 V a 24 V.

Usměrňovače 3BTL11, 3BTL12

Tyto usměrňovače umožňují softstart bez proudového zatěžovacího rázu. Výkon, jakým budou zatěžovat dieslgenerátor, je tedy roven jejich jmenovitému příkonu.

$$P = P_N = \underline{130,30} \text{ kW (viz. kapitola 6.2.1.4)}$$

Usměrňovače 3BTL21, 3BTL22

V případě těchto usměrňovačů nejsou k dispozici údaje o možném softstartu a tudíž uvažujeme, že budou pro dieslgenerátor představovat zátěž rovnou $1,3 \cdot P_N$ [13].

$$P = 1,3 \cdot P_N = 1,3 \cdot 8,47 = 11,00 \text{ kW (viz. kapitola 6.2.2.4)}$$

Průběh zatěžování dieslgenerátoru je zpracován v tabulce 6.12.

TAB.6.12 – PRŮBĚH ZATĚŽOVÁNÍ DIESELGENERÁTORU

Spotřebič		Příkon	Průběh zatěžování v čase											
MOTOR 8x(I _N *) SOFT START **)			0"-15"	15"-35"	35"-55"	55"-10'	10'-15'	15'-20'	20'-30'	30'-40'	40'-60'			
			kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW		
						130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3		
			V provozu při poruše 3BTL11											
UPS 3BTL11														
UPS 3BTL12														
UPS 3BTL21					11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0			
UPS 3BTL22														
Nouzové olejové čerpadlo MAV53AP001			30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0		
Protáčekací zařízení. XAK10AE001							44,0 *)	11,0	11,0	11,0	11,0			
Zvedací olejové čerpadlo MAV64AP001											220,0 *)			
Zvedací olejové čerpadlo MAV65AP001														
Přehříváč vzduchu HDL10AC001			60,0 *)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0			
Přehříváč vzduchu HDL10AC002														
Přehříváč vzduchu HDL20AC001			60,0 *)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0			
Přehříváč vzduchu HDL20AC002														
Vakuové čerpadlo olejové ucpávky MKW60AP001			16,0 *)	4	4	4	4	4	4	4	4			
Řízení a regulace			10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0				
Protáčekací zařízení MAK10AE001											22,0			
Čerpadlo olejové ucpávky MKW11AP001							30,0 *)	7,5	7,5	7,5	7,5			
Čerpadlo olejové ucpávky MKW31AP001							30,0 *)	7,5	7,5	7,5	7,5			
Zvedací olejové čerpadlo XAV12AP001							12,0 *)	3,0	3,0	3,0	3,0			
Zvedací olejové čerpadlo XAV15AP001							12,0 *)	3,0	3,0	3,0	3,0			
Pohony z BNB			48,0 *)	12	12	12	12	12	12	12	12			
Ostatní spotřebiče z BNB			10	10	10	10	10	10	10	10	10			
Olejovém čerpadlo . XAV41AP001			22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0			
Požární čerpadlo vody			160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0			
Celkové zatížení			416	---	---	---	547,30	---	---	---	683,30			
			278,0	278,0	289,0	419,3	451,3	451,3	441,3	518,3				

Na základě údajů o zatěžování dieselgenerátoru z tab. 6.12 byl vybrán dieselgenerátor s následujícími parametry:

Výrobce – Broadcrown: Typ BCP 900P – 50 [9]

Jmenovitý výkon : $S_N = 900 \text{ kVA}$

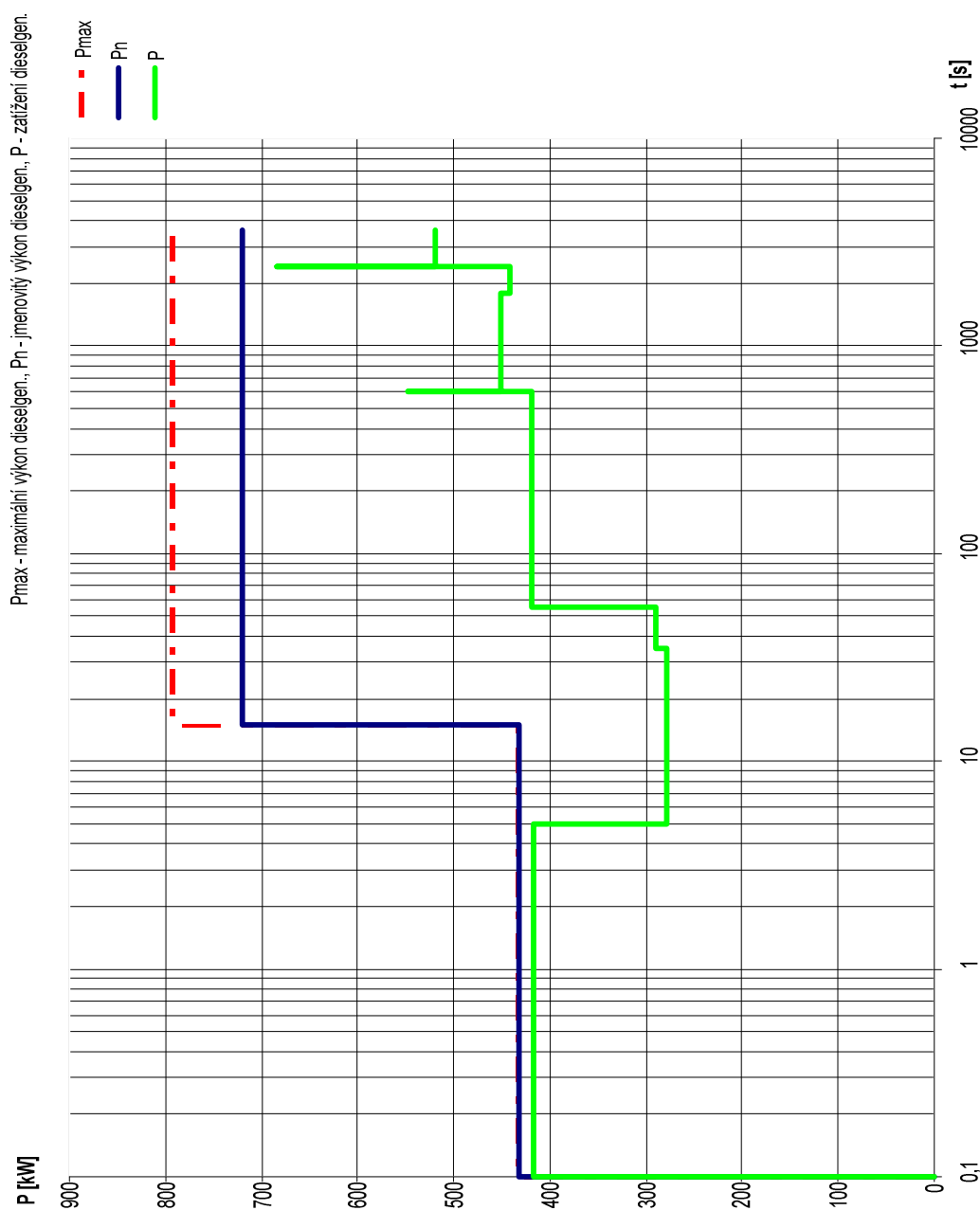
$P_N = 720 \text{ kW}$

Jmenovitý účinník : $\cos\varphi = 0,8$

Počáteční zatížitelnost se uvažuje 60% S_N a doba rozběhu 15s [13]

Přetížitelnost : $S_{\max} = 1,1 \cdot S_N = 990 \text{ kVA}$

$P_{\max} = 792 \text{ kW}$



OBR.6.2 – PRŮBĚH ZATĚŽOVÁNÍ VYBRANÉHO DIESELGENERÁTORU

6.3.2 Výpočet dieselgenerátoru s využitím softstartéru u všech pohonů

V tomto případě neprovádíme výpočet dynamického zatížení a uvažujeme pouze jmenovité příkony daných zařízení, viz. tab.6.3. Zatížení vyvolané usměrňovači bude v tomto případě stejné jako v předchozí kapitole. Průběh zatěžování dieselgenerátoru je zpracován v tabulce 6.13.

TAB.6.13 – PRŮBĚH ZATĚŽOVÁNÍ DIESELGENERÁTORU

Spotřebič	Příkon	Průběh zatěžování v čase											
		SOFT START **)											
		0"-15"	15"-35"	35"-55"	55"-10'	10'-15'	15'-20'	20'-30'	30'-40'	40'-60'			
UPS 3BTL11	130,3 kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
UPS 3BTL12	130,3 kW				130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3
UPS 3BTL21	8,47 kW												
UPS 3BTL22	8,47 kW												
Nouzové olejové čerpadlo MAV53AP001	30,0 kW **)	30,0 **)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Protáček zařízení XAK10AE001	11,0 kW **)					11,0 **)	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Zvedací olejové čerpadlo MAV64AP001	55,0 kW **)												55,0 **)
Zvedací olejové čerpadlo MAV65AP001	55,0 kW **)												
Předehříváč vzduchu HDL10AC001	15,0 kW **)	15,0 **)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Předehříváč vzduchu HDL10AC002	15,0 kW **)												
Předehříváč vzduchu HDL20AC001	15,0 kW **)	15,0 **)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Předehříváč vzduchu HDL20AC002	15,0 kW **)												
Vakuové čerpadlo olejové ucpávky MKW60AP001	4 kW **)	4,0 **)	4,0	4,0	4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Řízení a regulace	10,0 kW	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Protáček zařízení MAK10AE001	22,0 kW **)												22,0 **)
Čerpadlo olejové ucpávky MKW11AP001	7,5 kW **)					7,5 **)	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Čerpadlo olejové ucpávky MKW31AP001	7,5 kW **)					7,5 **)	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Zvedací olejové čerpadlo XAV12AP001	3,0 kW **)					3,0 **)	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Zvedací olejové čerpadlo XAV15AP001	3,0 kW **)					3,0 **)	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Pohony z BNB	12 kW **)	12,0 **)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Ostatní spotřebiče z BNB	10 kW	10,0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Olejovém čerpadlo XAV41AP001	22,0 kW **)	22,0 **)	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0
Požární čerpadlo vody	160,0 kW **)	160,0 **)	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0
Celkové zatížení	Statické zatížení	278,0	278,0	289,0	419,3	451,3	451,3	451,3	451,3	451,3	441,3	518,3	

Na základě údajů o zatěžování dieselgenerátoru z tab. 6.13 byl vybrán dieselgenerátor s následujícími parametry:

Výrobce – Broadcrown: Typ BCP 640P – 50 [9]

Jmenovitý výkon : $S_N = 640 \text{ kVA}$

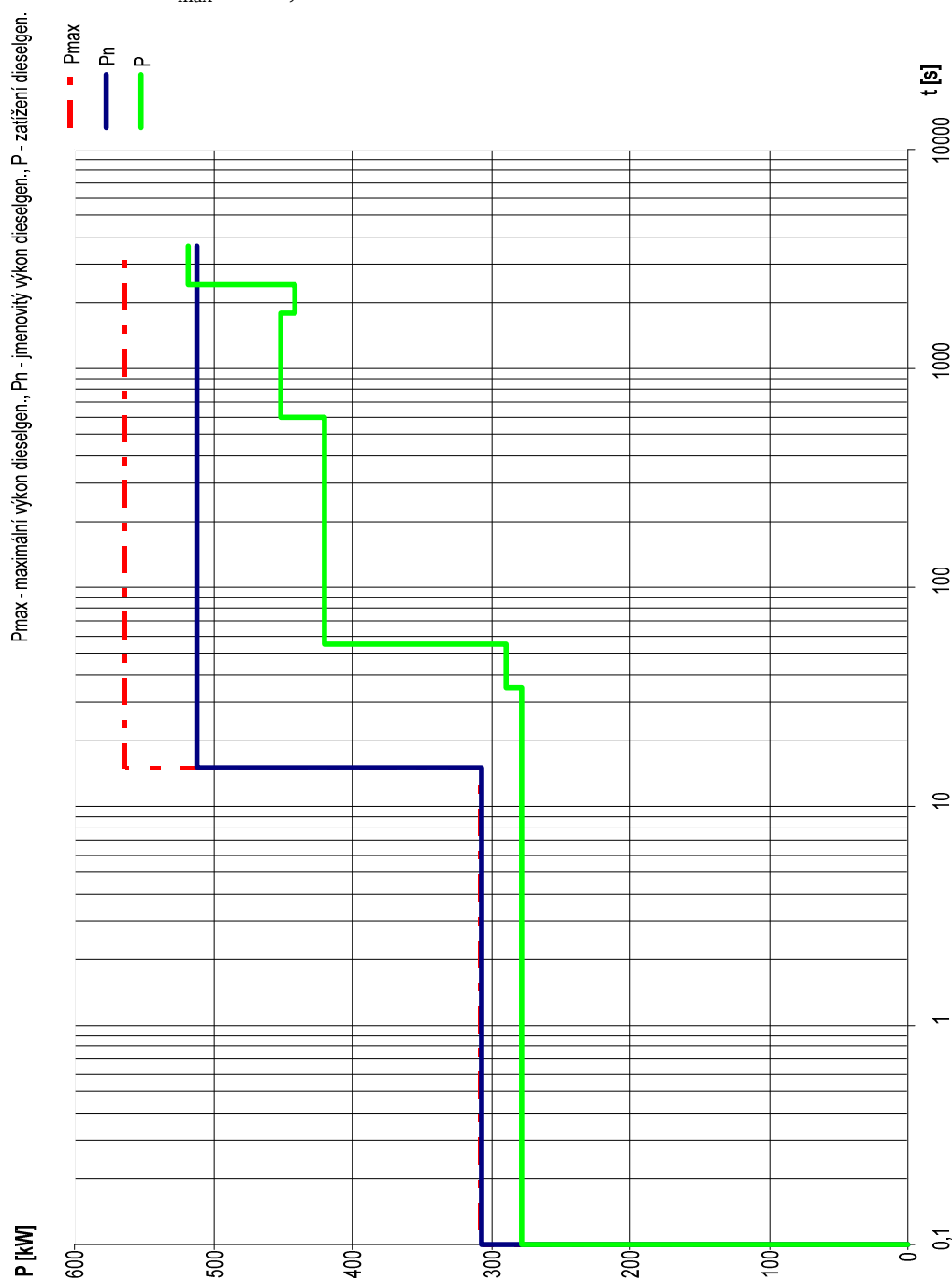
$$P_N = 512 \text{ kW}$$

Jmenovitý účinník : $\cos\varphi = 0,8$

Počáteční zatížitelnost se uvažuje 60% S_N a doba rozběhu 15s [13]

Přetížitelnost : $S_{\max} = 1,1 \cdot S_N = 704 \text{ kVA}$

$$P_{\max} = 563,2 \text{ kW}$$



OBR.6.3 – PRŮBĚH ZATĚŽOVÁNÍ VYBRANÉHO DIESELGENERÁTORU

6.3.3 Výběr dieselgenerátoru

Na základě výše provedených výpočtů a následného grafického zhodnocení bylo zjištěno, že pro sekci zajištěného napájení bude vhodnější použít dieselgenerátor s jmenovitým výkonem $S_N = 640$ kVA. Investiční náklady tohoto dieselgenerátoru budou cca o 38 % nižší [12] oproti první variantě a také samotný provoz bude levnější, jelikož dieselgenerátor bude mít menší spotřebu paliva. Využití výkonu v celém provozním rozsahu bude také mnohem lepší. Byl tedy vybrán dieselgenerátor s následujícími parametry:

Výrobce – Broadcrown: Typ BCP 640P – 50 [7]

Jmenovitý výkon : $S_N = 640$ kVA

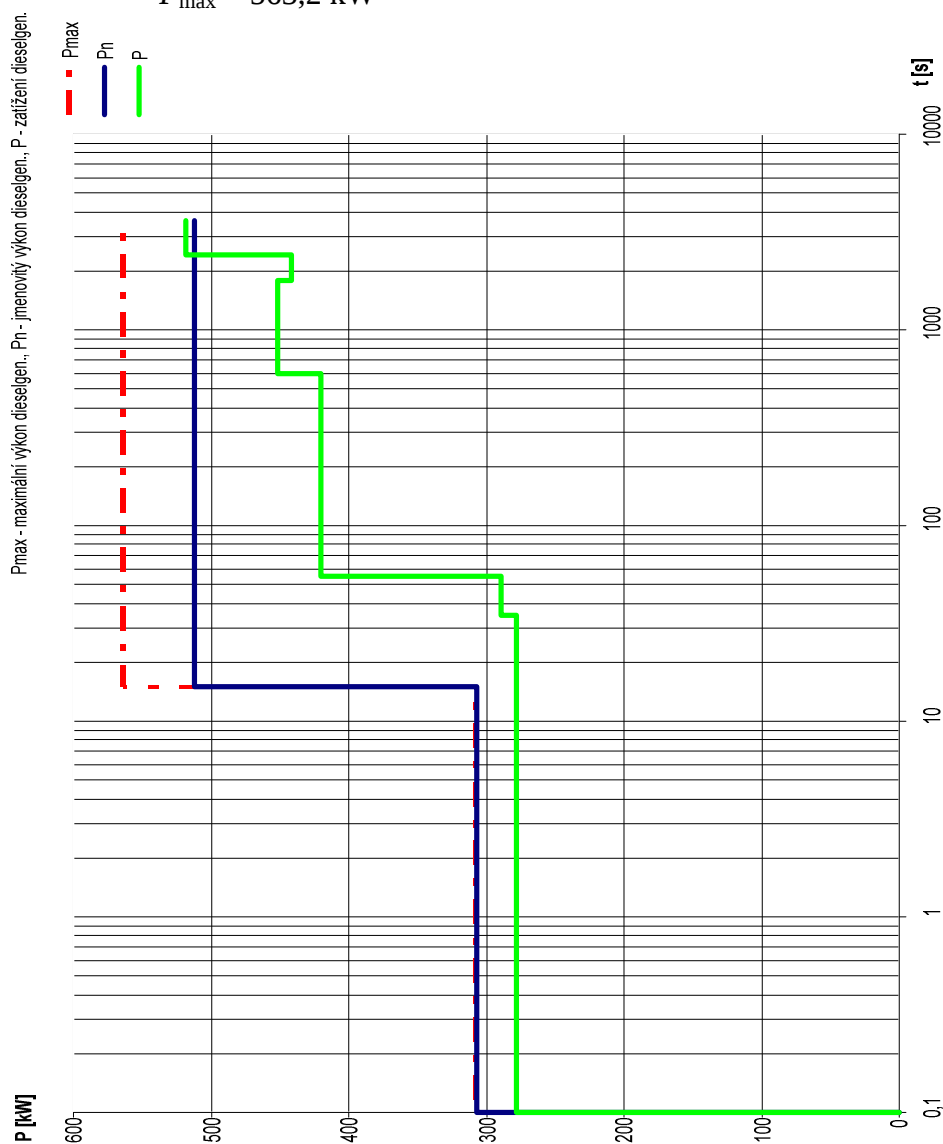
$P_N = 512$ kW

Jmenovitý účinník : $\cos\varphi = 0,8$

Počáteční zatížitelnost se uvažuje 60% S_N a doba rozběhu 15s [13]

Přetížitelnost : $S_{\max} = 1,1 \cdot S_n = 704$ kVA

$P_{\max} = 563,2$ kW



OBR.6.3 – PRŮBĚH ZATĚŽOVÁNÍ VYBRANÉHO DIESELGENERÁTORU

7 ZÁVĚR

Diplomová práce se věnuje problematice zajištěného napájení, přičemž tématické dělení práce je následující: seznámení s možnostmi realizace zajištěného napájení a uvedení spotřebičů, které mohou být napájeny ze sekce zajištěného napájení. Na tyto teoretické části navazuje výpočet zajištěného napájení pro konkrétní parní elektrárnu.

V samém úvodu práce je zmíněn význam zajištěného napájení a důvod, proč se používá. První část práce se dále zaměřuje na koncepci zajištěného napájení, kde je zmíněno, jakých zdrojů a uspořádání můžeme v sekci zajištěného napájení využít. Je zde také zmínka o jednotlivých spotřebičích, které jsou napájeny ze sekce zajištěného napájení, kde jejich výčet závisí na tom, jaké technologie jsou v dané elektrárně použity. V návaznosti na koncepci jsou dále vyjmenovány jednotlivá zařízení, která se v sekci zajištěného napájení mohou objevit a je zde uvedena jejich charakteristika. Úplným závěrem teoretické části této práce jsou zmíněny nové trendy v oblasti zajištěného napájení, které představují setrvačnickové technologie.

Samotný návrh zajištěného napájení byl proveden pro jeden blok parní elektrárny o jmenovitém výkonu 588 MVA. Doba zálohování se uvažuje jedna hodina a sekce zajištěného napájení je realizována pomocí dieselgenerátoru a bateriových zdrojů. Spotřebiče jsou podle důležitosti přiřazeny k jednotlivým zdrojům v sekci zajištěného napájení. Napájení spotřebičů vyžadujících nepřetržité napájení je realizováno stejnosměrnými zdroji a spotřebiče, které dovolují jistou beznapětovou pauzu, jsou napájeny přímo z rozváděče 3BMB. Stejnosměrné zdroje jsou realizovány na dvou napětových hladinách a to 220 V a 24 V, kde ze zdroje 220 V je napájen i usměrňovač zajišťující napájení střídavých spotřebičů vyžadujících nepřetržité napájení. Jmenovité střídavé napětí je 400 V.

Stejnosměrná soustava 220 V DC se skládá z několika komponent. Aktivním zdrojem této soustavy je ventilem řízená baterie OPzV s kapacitou $C_{10} = 2500$ Ah složená ze 110 článků. Napětím, při kterém jsou články považovány za vybité, je $U_k = 1,8$ V/článek. Dále je zde použit usměrňovač od firmy Benning s typovým označením TRANSOTRONIC s jmenovitým příkonem 130,3 kW a jmenovitým výstupním proudem 500 A. Střídač pro napájení střídavých spotřebičů je také od firmy Benning a nese typové označení INVERTRONIC. Střídač má příkon 84,2 kW a jmenovitý vstupní proud 383 A.

Soustava 24 V DC rovněž využívá ventilem řízené baterie OPzV s jmenovitou kapacitou $C_{10} = 490$ Ah a baterie je složena z 12 článků. V tomto případě je konečným napětím, při kterém se články považují za vybité, $U_k = 1,85$ V/článek. Usměrňovač pro tuto napětovou hladinu je zvolen také od firmy Benning s typovým označením THYROTRONIC s příkonem 8,47 kW a jmenovitým výstupním proudem 300 A.

Pro napájení střídavé soustavy byl vybrán dieselgenerátor od firmy Broadcrown s typovým označením BCP 640P – 50, který má jmenovitý výkon $S_N = 640$ kVA a jmenovitý účinník $\cos\varphi = 0,8$.

V závěru praktické části je pak vyobrazeno schéma uspořádání navrhované sekce zajištěného napájení.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Vrba J.: Výkonová elektronika I, elektronická skripta VUT
- [2] Cenek M., Jindra J., Jon M., Kazelle J., Kozumplík J., Vrba J.: Akumulátory od principu k praxi, FCC Public s.r.o. Praha, 2003
- [3] Orságová J.: Elektrické stanice a vedení, skripta VUT Brno, 2008
- [4] ČSN 38 1120: Projektování vlastní spotřeby parních elektráren a tepláren, Vydavatelství úřadu pro měření a normalizaci Praha, 1964
- [5] *Phoenix-Zeppelin, spol. s r.o. : UPS* [online]. © 2005-2006 [cit. 2008-12-04]. Dostupný z WWW: <<http://p-z.cz/product.php?id=166&sid=162>>.
- [6] *SCHRACK TECHNIK GMBH. : ZÁLOŽNÍ ZDROJE - UPS* [online]. © 2005 [cit. 2008-12-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.schrack.cz/silnopruda-elektrotechnika/zalozni-zdroje-ups/cs/>>.
- [7] *Broadcrown Inc.: Product selector* [online] [2008] [cit. 2008-12-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.broadcrown.com/product-selector.php?cat=1&subcat=2&certcat=1>>.
- [8] *EnerSys : Reserve power – documents* [online] © 2005 – 2009 [cit. 2009 – 15 -05] Dostupný z WWW: <http://www.enersys-emea.com/pdf/DCE1002G_1102.pdf>
- [9] *Benning : Výrobky a služby* [online] [2009] [cit. 2009 – 15 - 05] Dostupný z WWW: <<http://cz.benning.de/cz/corporate/vyrobky-sluzby/prumyslenergetika.html>>

DALŠÍ ZDROJE

- [10] Přidal Petr: Siemens s.r.o.
- [11] Miškovský Josef: Benning
- [12] Šotola Jiří : Schrack
- [13] Koníř Petr: Schrack