

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra technologií a měření

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Záložní napájecí systém FN Lochotín

**vedoucí práce: Doc. Ing. Bohumil Skala Ph.D.
autor: Jaroslav Tolar**

2012

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jaroslav TOLAR**
Osobní číslo: **E09B0200P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Záložní napájecí systém FN Lochoťín**
Zadávající katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Specifikujte základní principy záložního napájecího systému.
2. Popište přívod a rozvod elektrické energie FN Lochoťín.
3. Uveďte popis strojů a přístrojů záložního napájecího systému FN Lochoťín a jejich parametrů.
4. Specifikujte činnost zařízení při výpadku elektrické energie a spouštění záložního napájecího systému
5. Proveďte zhodnocení systému, uveďte možná zlepšení.



Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:


1. schéma zapojení rozvaděčů
2. internet

Vedoucí bakalářské práce: Doc. Ing. Bohumil Skala, Ph.D.
Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

Datum zadání bakalářské práce: 17. října 2011
Termín odevzdání bakalářské práce: 3. června 2012


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Vlastimil Škočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Anotace

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na popis rozvodu a zálohování dodávky elektrické energie pro areál fakultní nemocnice Plzeň – Lochoťín. Dále je v ní uveden základní popis záložních zdrojů a dělení obvodů v místnostech pro lékařské účely.

Klíčová slova

Záložní zdroj, UPS, dieselagregát, nemocnice, elektrický rozvod v místnostech pro lékařské účely, přepínač ATS, automaticky přepínaná stykačová skříň

Abstract

This bachelor's thesis is focused on the description of the distribution and backup power supply for the premises of the Faculty Hospital in Pilsen - Lochotín. Furthermore, it gives a basic description of the UPS and the division circuits in the rooms for medical purposes.

Key words

Backup power, UPS, diesel generator, hospital, electrical wiring in rooms for medical purposes, ATS, automatic transfer switch

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne 5.6.2012

Jaroslav Tolar

.....

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Bohumilovi Skalovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále konzultantovi práce Pavlovi Tolarovi za ochotu, trpělivost a velké množství věnovaného času, který mi během zpracovávání poskytl.

Obsah

OBSAH	8
ÚVOD	10
1 ROZDĚLENÍ ZÁLOŽNÍCH ZDROJŮ	11
1.1 STATICKÉ ZDROJE	11
1.1.1 <i>Problémy, které dokáže statický záložní zdroj vyřešit</i>	11
1.1.2 <i>Dělení statických záložních zdrojů</i>	12
1.2 ROTAČNÍ ZDROJE	13
2 ENERGETIKA VE MĚSTĚ PLZEŇ	14
3 FAKULTNÍ NEMOCNICE PLZEŇ – LOCHOTÍN	14
3.1 PAVILONY FAKULTNÍ NEMOCNICE	14
3.2 ZDRAVOTNICKÁ IZOLOVANÁ SOUSTAVA	15
3.3 ROZVOD VYSOKÉHO NAPĚTÍ	15
3.3.1 <i>Připojení na energetickou síť města Plzně</i>	15
3.3.2 <i>Popis parametrů transformátorů v jednotlivých rozvodnách</i>	17
3.4 ROZVOD NÍZKÉHO NAPĚTÍ	18
3.4.1 <i>Hlavní rozvodná soustava</i>	18
3.4.2 <i>Obecný popis hlavních rozvodů FN Plzeň – Lochotín</i>	18
3.4.3 <i>Detaily a odlišnosti v provedení hlavních rozvodů jednotlivých pavilonů</i>	20
4 DĚLENÍ OBVODŮ	23
4.1 MĚNĚ DŮLEŽITÉ OBVODY	23
4.2 DŮLEŽITÉ OBVODY	23
4.3 VELMI DŮLEŽITÉ OBVODY	23
4.4 OBVODY OPERAČNÍHO SVÍTIDLA	23
5 DĚLENÍ NOUZOVÝCH ZDROJŮ ELEKTRICKÉ ENERGIE V MÍSTNOSTECH PRO LÉKAŘSKÉ ÚČELY	25
5.1 HLAVNÍ NOUZOVÝ ZDROJ ELEKTRICKÉ ENERGIE GE	25
5.2 SPECIÁLNÍ NOUZOVÉ ZDROJE ELEKTRICKÉ ENERGIE	26
5.2.1 <i>E1 – velmi důležité obvody</i>	26
5.2.2 <i>E2 – operační svítidla</i>	27
6 BAREVNÉ ZNAČENÍ ZÁSUVK	28
6.1 BÍLÁ BARVA	28
6.2 ZELENÁ BARVA	28
6.3 ŽLUTÁ BARVA	28
6.4 ORANŽOVÁ BARVA	28
6.5 TYRKYSOVÁ BARVA	28
6.6 HNĚDÁ BARVA.....	29

6.7	ČERVENÁ BARVA.....	29
7	ROZVADĚČ ATS	29
7.1	MANUÁLNÍ PŘEPÍNÁNÍ.....	30
7.2	AUTOMATICKÉ PŘEPÍNÁNÍ.....	30
7.2.1	<i>Záskokový automat</i>	<i>32</i>
7.2.2	<i>Časové prodlevy u přepínání stykače ATS.....</i>	<i>32</i>
8	ZHODNOCENÍ SYSTÉMU A MOŽNÁ ZLEPŠENÍ.....	34
	ZÁVĚR	35
	POUŽITÁ LITERATURA:	36

Úvod

Elektrická energie je jednou z neodmyslitelných součástí dnešního světa. Přerušení její dodávky nám vždy způsobí větší či menší komplikace, a proto je v některých případech nutno zajistit její nepřetržitou dodávku i v případě, že došlo k poruše hlavního zdroje elektrické energie. K tomuto účelu slouží systémy záložního nebo též nepřerušitelného napájení. Parametry takovýchto zařízení se odvíjejí od parametrů systému, který potřebujeme tímto způsobem zálohovat. Velký rozvoj zdrojů záložního napájení nastal během II. světové války. Někdy bylo nutné i po nepřátelském útoku, který mohl poškodit primární zdroj elektrické energie, zabezpečit napájení důležitých systémů sloužících k zaměřování a obraně napadeného objektu, například bitevní lodě. [1]

Velice často se u záložních napájecích systémů můžeme setkat se zkratkou UPS, která pochází z anglického Uninterruptible Power Supply. V současné době se zálohují zejména aplikace, kde by výpadek elektrického proudu mohl způsobit vysoké finanční ztráty, ztráty důležitých dat, poškození technologie a ohrožení lidských životů. Jedním z nejrizikovějších míst, kde může výpadek elektrické energie způsobit ohrožení lidských životů, jsou nemocnice. V nich se v současnosti vyskytuje velké množství elektrických přístrojů sloužících pro vyšetření pacienta či podporu jeho základních životních funkcí. Je proto nutné zajistit takovýmto přístrojům nepřetržitou dodávku elektrické energie, která je potřebná pro jejich bezpečnou funkci. [1]

Rozvoj polovodičové techniky v posledních dvaceti letech umožnil rychlý rozvoj a zkvalitnění dodávky elektrické energie pomocí UPS. Došlo také k rozšíření menších modelů do běžných domácností, kde se často tohoto zařízení využívá například jako záloha domácího počítače, kdy tak získá uživatel dostatek času pro uložení rozdělané práce. Dalším z mnoha využití v domácnosti může být napájení oběhového čerpadla kotle pro jeho dochlazení.[1]

1 Rozdělení záložních zdrojů

Náhradní zdroje se dají rozdělit dle mnoha kritérií. Může jimi být například jejich výkon, kapacita, nebo průběh výstupního napětí. Podle způsobu přeměny elektrické energie se ovšem záložní zdroje rozdělují do dvou skupin. [1,20]

1.1 Statické zdroje

Jedná se o zdroje nepřerušitelného napájení, nebo-li UPS. Základními součástmi bateriové UPS je usměrňovač, střídač, zásobník energie a obchvat. Jako zásobník elektrické energie jsou používány olověné akumulátory. V akumulátoru probíhají při jeho činnosti elektrochemické reakce. To znamená chemické reakce, jichž se zúčastní elektrony. [1,20]

Další součástí UPS je usměrňovač. Funkcí usměrňovače je usměrnění střídavého průběhu elektrické energie vyskytující se v distribuční soustavě. Pro usměrňování se využívá polovodičových prvků, jako jsou diody, tyristory, či tranzistory. Usměrňovač tak může být neřízený či s přídatným měničem pro řízení nabíjecího procesu. Řízený usměrňovač má příznivější charakter odebíraného síťového proudu. [1,20]

Střídač je měnič stejnosměrného napětí akumulátorů na střídavé napětí dodávané zátěži. Je realizován pomocí říditelných polovodičových součástek, zpravidla tranzistorů. Ty dokáží spínat stejnosměrné napětí baterie v takovém pořadí, že výstupní napětí tohoto bloku má opět charakter střídavý. [1,20]

Obchvat či by-pass slouží k překlenutí UPS v případě jejího přetížení, či poruchy některé z jejích součástí. Automaticky tak dojde k připojení zátěže přímo na napájecí síť. Tento mód (manuální by-bass) je také vhodný pro servisní účely. [1,20]

V současné době jsou ovšem vyvíjeny i jiné způsoby ukládání energie, než pomocí klasických akumulátorů. Akumulátory jsou v těchto UPS jednotkách nahrazovány super kondenzátory, supravodivými magnetickými zásobníky energie a setrvačníky. Takovéto záložní zdroje jsou díky své nízké kapacitě zásobníků energie určeny pro krátkodobé napájení. Tento fakt může být oproti klasickým bateriovým UPS nevýhodou. [1]

1.1.1 Problémy, které dokáže statický záložní zdroj vyřešit

Záložní zdroj má za úkol zabránit poškození nebo přerušení činnosti elektrických zařízení, ke kterému by mohlo dojít v důsledku nepředvídatelných událostí v rozvodné elektrické síti, jako jsou [2,3]:

- Blackout – jedná se o kompletní výpadek elektrické energie někdy až v okruhu několika kilometrů

- Krátkodobý výpadek – výpadek elektrické energie, který není delší, než dvě periody. Při frekvenci síťového napětí 50 Hz se tedy jedná o výpadek, který netrvá déle, než 40 ms ($T=1/f$).
- Dlouhodobé podpětí – někdy nazýváno jako brownout, jedná se o stav, kdy se napětí v síti liší o více než 15 % směrem dolů od své nominální hodnoty.
- Dlouhodobé přepětí – stav, při kterém je napětí v síti vyšší o více než 10 %, to může způsobit například nízká poptávka po elektrické energii.
- Rušení v síti (šum) – způsobeno regulačními systémy, mikrovlonným zařízením, atd.
- Změna frekvence – odchylka frekvence od nominálních 50 Hz, způsobena např. snížením otáček generátoru
- Napěťové rázy – velmi krátké napěťové špičky, běžně v rozsahu 2 kV – 20 kV o době trvání 10 až 100 mikrosekund. Jedná se o nejnebezpečnější stav v distribuční síti, velice snadno může dojít k proražení elektrické izolace, či úplnému zničení citlivých elektronických zařízení.
- Harmonické zkreslení – napětí v elektrické síti nemá ideálně sinusový průběh. Je způsobeno spotřebiči s nelineárním odběrem proudu, jako jsou různé aktivní prvky, tj. diody, tranzistory apod.

1.1.2 Dělení statických záložních zdrojů

Statické záložní zdroje můžeme rozdělit do tří skupin a to podle toho, jak je výstupní napětí z UPS závislé na parametrech vstupního napětí. [1,19]

VFD (voltage frequency dependent)

Jedná se o záložní zdroje, které na svůj výstup přivádí jak změny frekvence, tak i změny hodnot vstupního napětí. K přechodu do střídačového režimu a napájení zátěže z baterií dojde až v okamžiku, kdy řídicí elektronika záložního zdroje vyhodnotí, že parametry dodávané elektrické energie klesly pod únosnou míru. Někdy jsou tyto zdroje nazývány jako pasivně pohotovostní či off-line.

VI (voltage independent)

Tento typ záložního zdroje dokáže částečně vyrovnat přepětí nebo podpětí v elektrické síti. Není tak nutno ihned přecházet do bateriového režimu, čímž se šetří kapacita baterií. K vyrovnávání napětí může posloužit například transformátor s odbočkami. Výstupní frekvenci ovšem tento transformátor neovlivní. Jestliže dojde k takové odchylce napětí v elektrické síti, kterou již nedokáže transformátor s odbočkami vyrovnat, přechází UPS do bateriového režimu. Zátěž je tak napájena z baterií přes střídač.

VFI (voltage frequency independent)

Záložní zdroj typu VFI převádí na vstupu veškerou energii, která je spotřebovávána zátěží na stejnosměrný průběh. Většina energie projde stejnosměrným meziobvodem a je na výstupu opět pomocí střídače převedena na střídavý průběh. Baterie jsou neustále dobíjeny ze stejnosměrného meziobvodu. Dojde-li k výpadku elektrické energie, je přechod na napájení z baterií zcela plynulý, bez jakéhokoliv přerušení, či zkreslení. Tento typ záložního zdroje je tedy zcela nezávislý na hodnotách frekvence a napětí sítě. Proto je používán v nejnáročnějších aplikacích, kde je nutno zajistit opravdu nepřetržitou dodávku elektrické energie. Nevýhodou je menší účinnost, která je způsobena dvojitým převodem elektrické energie. Dochází tak ke ztrátám, které jsou do okolí vyzařovány v podobě tepla.

1.2 Rotační zdroje

U vyšších výkonů se zpravidla jedná se o soustrojí generátoru a spalovacího vznětového motoru, které jsou spojeny rotační spojkou a uloženy na společném rámu. Jelikož motorgenerátor používá synchronní generátor, je výstupní frekvence napětí velice závislá na otáčkách diesellového motoru, který jej pohání. Rychlost otáčení je ovlivňována proudovým zatížením generátoru, proto musí být motor schopen vyvinout dostatečný krouticí moment k udržení konstantní frekvence. [6]

Dalším důležitým parametrem je kromě frekvence výstupní napětí generátoru, to je řízeno velikostí proudu protékajícího budícím vinutím. Výstupní frekvence, tedy rychlost otáčení generátoru, se řídí množstvím paliva, které je vstříkováno do spalovacích prostor motoru. Z toho vyplývá, že je v provozu potřeba věnovat zvýšenou pozornost mazacímu, palivovému a chladicímu systému, na kterém je bezproblémový chod poháněcího systému generátoru velice závislý. Zvýšenou pozornost je také potřeba věnovat startovacímu systému, zvláště pak stavu baterií, určených pro start generátoru. [6]

Tento typ záložního zdroje je určen pro zálohování zátěží s velkým odběrem elektrické energie. Motorgenerátor je vhodné doplnit UPS jednotkou, která slouží pro pokrytí výpadku elektrické energie po dobu jeho startu

Výhodou motorgenerátoru je, že lze palivo pro pohonné ústrojí snadno doplňovat. Dokáže tak dodávat elektrickou energii prakticky nepřetržitě. Naopak nevýhodou je již zmiňovaná doba najetí soustrojí a hlučnost chodu. Většinou je u motorgenerátoru nutný i stálý přehřev chladicího okruhu.

2 Energetika ve městě Plzeň

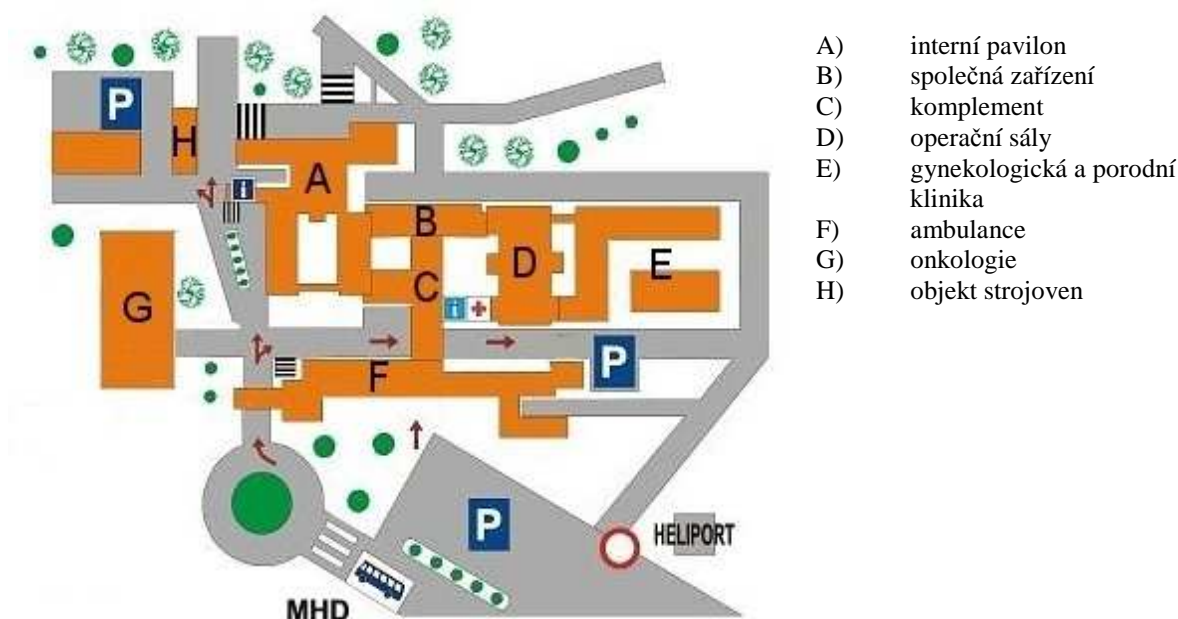
Město Plzeň nemá na svém území dostatečné zdroje elektrické energie, pro pokrytí veškeré poptávky. Z toho vyplývá, že je potřeba elektrickou energii na území města přivést z míst, kde je v dostatečném množství vyráběna. K přenosu elektrické energie se z důvodů minimalizací ztrát využívá vyšších napěťových hladin. Směrem blíže ke spotřebiteli se ale napětí v distribuční síti postupně snižuje v transformačních stanicích. Nižší napětí totiž neklade tak vysoké nároky na izolaci, která má za úkol ochránit člověka před úrazem elektrickým proudem.

Do rozvodny v Chrástu je přivedeno nejvyšší napětí používané v České distribuční síti, konkrétně 400 kV. Toto napětí je zde snižováno na napěťovou hladinu 110 kV, která je dále přivedena do transformoven na území města. Hlavními napájecími uzly pro město jsou čtyři transformovny 110 kV/22 kV, každá o výkonu 2x40 MVA. Transformovny Plzeň-město, Plzeň-Křimice, Plzeň-sever jsou napájeny z rozvodny v Chrástu, rozvodny Plzeň-jih je napájena z rozvodny u Přeštic. Dále jsou na území města transformovny zajišťující energii pro výrobní závod Škoda, konkrétně Škoda HTR a ELÚ III. [15]

3 Fakultní nemocnice Plzeň – Lochoťín

3.1 Pavilony fakultní nemocnice

Fakultní nemocnice se skládá z několika dílčích objektů, které jsou znázorněny na Obr.1. [14]:



Obr.1 Schéma nemocnice [11]

3.2 Zdravotnická izolovaná soustava.

Podle normy ČSN 33 2140 musí být na zdravotnickou izolovanou soustavu připojeny veškeré přístroje, jejichž vyřazení z provozu během vyšetření, ošetření, nebo operace pacienta by mohlo ohrozit jeho zdraví nebo život. Během určitých úkonů je totiž nepřipustné, aby se prvá závada izolace přístroje likvidovala přerušením dodávky elektrické energie. Došlo by tím k vypnutí zařízení, na kterém může záviset pacientův život. Jedná se o obvody, v normě [5] označované, jako DO a VDO (důležité obvody a velmi důležité obvody). Zdravotnická izolovaná soustava (ZIS) je realizována pomocí speciálního ochranného transformátoru, na který jsou kladeny zvýšené požadavky týkající se přídavné izolace, odporu a kapacitních proudů mezi jednotlivými vinutími, vznikne tak obvod, který je oddělený od země. [13, 14]

Jedná se o jednu z možností ochrany člověka před úrazem elektrickým proudem známou pod pojmem ochrana elektrickým oddělením. Při poruše, kdy se dostane napětí z živých částí přístroje na části neživé, nemůže skrz člověka protékat proud, protože zem a ZIS jsou od sebe vzájemně galvanicky odděleny ochranným transformátorem. Celý systém ZIS musí být navíc zálohován dieselangregátem. [13]

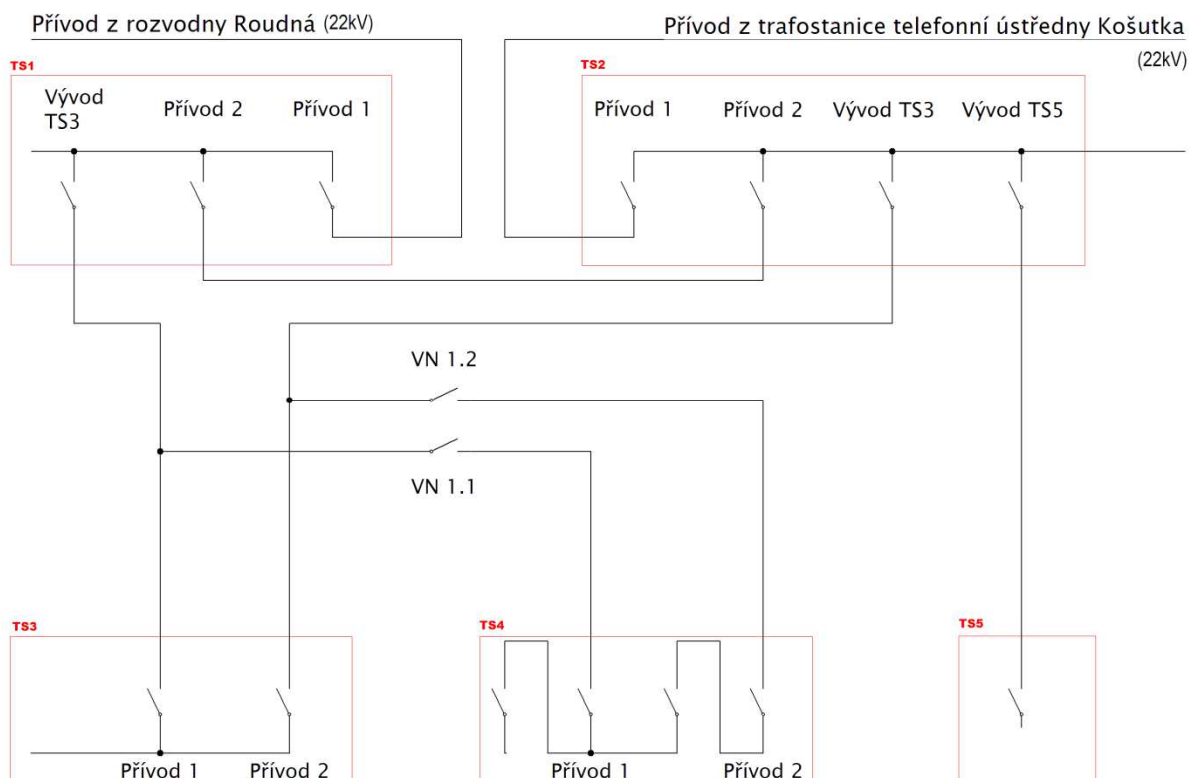
U ochrany elektrickým oddělením je potřeba dbát na to, aby v žádném případě nedošlo k propojení živých částí obvodu společně se zemí nebo živými částmi jiných elektrických obvodů. Tento stav oddělení je kontrolován hlídačem izolačního stavu a případné porušení izolace signalizováno optickou a odnastavitelnou akustikou signalizací. Oddělení od země lze také provést pomocí záložního zdroje, který musí splňovat stejné požadavky, jako jsou kladeny na oddělovací transformátor, pak není nutné vést výstupní napětí ze speciálního nouzového zdroje typu E1 na primární vinutí oddělovacího transformátoru, ale rovnou takovýto záložní zdroj připojit k VDO. [5,13]

3.3 Rozvod vysokého napětí

3.3.1 Připojení na energetickou síť města Plzně

Fakultní nemocnice Lochotín je připojena na napájecí soustavu ze dvou nezávislých stran. Směrem na městskou část Roudná se nachází transformovna Plzeň – Město, z ní je připojen do trafostanice TS1 první z vysokonapěťových přívodů, druhý je přiveden směrem od telefonní ústředny na Lochotíně do trafostanice TS2. Tento přívod je napájen z rozvodny Plzeň-sever. V obou případech se jedná o hodnoty napětí 22 kV s běžnou frekvencí 50Hz. Toto napětí je snižováno z původní hodnoty na klasických 0,4kV pomocí transformátorů o různých výkonech. Dva nezávislé vysokonapěťové přívody nejsou ve zdravotnictví podmínkou, jsou však pro nemocnici obrovskou výhodou. V případě výpadku elektrické

energie jednoho ze dvou přívodů totiž není nutné nemocnici napájet pomocí dieselařegátu, ale stačí manipulovat s vypínači tak, aby se napětí z TS1 dostalo do trafostanice TS2 a naopak. Toto řešení může uspořit spoustu financí, které by jinak byly vynaloženy za pohonné hmoty pro dieselařegát. Z trafostanice TS1 je dále odbočka vysokého napětí do trafostanic TS3 a TS4. TS3 a TS4 lze ale napájet i z trafostanice TS2, vše záleží na aktuálním stavu vypínačů. Jedinou trafostanicí, kterou nelze napájet jak z TS1, tak z TS2 je trafostanice pro nový objekt onkologie, tuto trafostanici lze napájet pouze vysokonapěťovou odbočkou z TS2. V případě, že by došlo k poruše jednoho z transformátorů, je možno objekt zásobovat nízkým napětím z nejbližšího transformátoru. To znamená, že hlavní rozvodny pro jednotlivé pavilony jsou zásobovány elektrickou energií ze svého transformátoru, zároveň je však do hlavní rozvodny přiveden nízkonapěťový přívod z nejbližšího transformátoru, to není nijak složité, protože např. v TS3 se nachází hned několik transformátorů a hlavních rozveden pro více pavilonů nemocnice. V případě poruchy transformátoru je tedy možné přepojit hlavní rozvodnu pro určitý pavilon na nízké napětí z jiného transformátoru. Jednotlivé transformátory jsou dimenzované tak, aby mohly v případě nouze, po odpojení některých zařízení, které nejsou nezbytně nutné pro bezpečný provoz nemocnice, krátkodobě zásobovat elektrickou energií zároveň dvě hlavní rozvodny. [14]



Obr.2 Schéma vysokonapěťových rozvodů (22kV) v areálu FN Lochotín [14]

3.3.2 Popis parametrů transformátorů v jednotlivých rozvodnách

TS1 – trafostanice číslo 1

Trafostanice se nachází v objektu zásobovací ústředny

Tab. 1 transformátory umístěné v TS1

transformátor	výkon	výrobce	místo zásobování elektrickou energií
T1	1000 kVA	BEZ	prádelna
T2	630 kVA	BEZ	zásobovací ústředna

TS2 – trafostanice číslo 2

Trafostanice se nachází v objektu strojoven.

Tab. 2 transformátory umístěné v TS2

transformátor	výkon	výrobce	místo zásobování elektrickou energií
T1	1000 kVA	BEZ	interní pavilon
T2	1000 kVA	BEZ	interní pavilon
T3	1000 kVA	Trihal	RTG interní pavilon, RTG onkologie

TS3 – trafostanice číslo 3

Trafostanice se nachází v budově společných zařízení

Tab. 3 transformátory umístěné v TS3

transformátor	výkon	výrobce	místo zásobování elektrickou energií
T1	1600 kVA	BEZ	komplement
T2	1000 kVA	BEZ	ambulance
T3	400 kVA	BEZ	rentgeny
T4	1000 kVA	BEZ	operační sály – zdravotnická zařízení
T5	1000 kVA	BEZ	operační sály – technická zařízení

TS4 – trafostanice číslo 4

Trafostanice se nachází v budově gynekologické a porodní kliniky (GPK)

Tab. 4 transformátory umístěné v TS4

transformátor	výkon	výrobce	místo zásobování elektrickou energií
T1	1000 kVA	trihal	GPK

TS5 – trafostanice číslo 5

Trafostanice se nachází v budově onkologie

Tab. 5 transformátory umístěné v TS5

transformátor	výkon	výrobce	místo zásobování elektrickou energií
T1	1000 kVA	trihal	onkologie

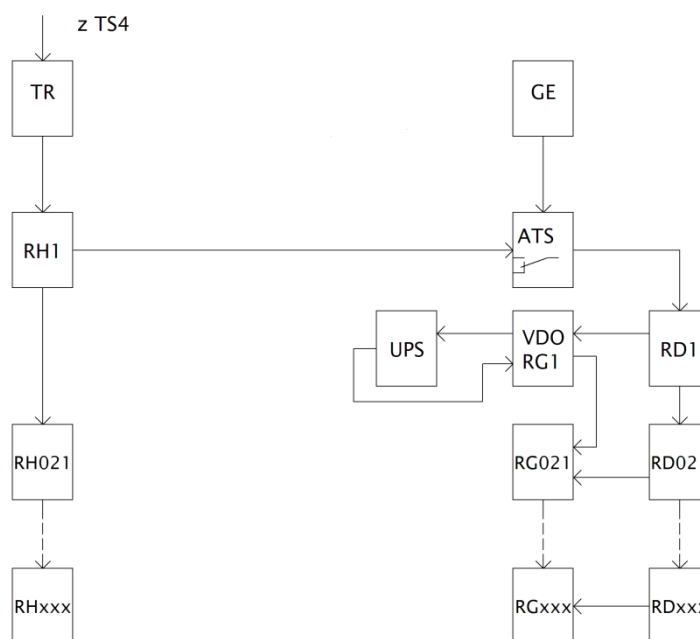
3.4 Rozvod nízkého napětí**3.4.1 Hlavní rozvodná soustava**

Hlavní rozvodná soustava je 3+PEN ~50 Hz, 400V TN-C. Tato soustava je použita pouze k propojení jednotlivých rozveden a hlavních rozveden velkých technologických celků. Dále se soustava TN-C mění na soustavu TN-S rozdělením vodiče PEN na vodiče PE a N. Tyto vodiče se už v celém zbytku elektroinstalace nesmějí nikdy spojit. Dále se v objektu vyskytuje zdravotnická izolovaná soustava (ZIS). Jedná se o soustavu IT, kde není žádná fáze ani uzel uzemněn nebo spojen se zemí přes nízkou impedanci. Tato soustava se vyskytuje zejména na operačních sálech a souvisejících prostorech. Jedná se o jednofázové rozvody 2~50 Hz, 230V. Další používaná soustava je 2~50 Hz, 24 V. Tohoto provozního napětí je použito pro napájení operačních svítidel, signalizačních prvků a hlídačů izolace.[10]

3.4.2 Obecný popis hlavních rozvodů FN Plzeň – Lochotín

Elektrické obvody jsou v jednotlivých pavilonech nemocnice provedeny a značeny identicky. V normálním provozním stavu, kdy je pavilon napájen ze sítě, je napětí přivedeno na transformátor, ze kterého je napájen hlavní rozvaděč objektu (RH1). Tento rozvaděč napájí své podružné rozvaděče (RHxxx) nezálohované sítě, které jsou umístěné na jednotlivých patrech, dále je z RH1 vyveden vývod do přiřazené rozvodny, kterou má v případě poruchy jejího transformátoru zásobovat nízkým napětím. Tento vývod je ovšem v případě, že na transformátoru druhé rozvodny nedošlo k poruše, odpojen. Mimo rozvaděčů nezálohované sítě je z RH1 napájen také celý systém VDO, DO a zálohované sítě. Vše je řešeno tak, že bezprostředně za rozvaděčem RH 1 se nachází rozvaděč ATS. Jedná se o automaticky

přepínanou stykačovou skříň, která má za úkol v případě přerušeni dodávky elektrické energie přepnout na hlavní nouzový zdroj (GE), musí tak ovšem učinit až po jeho naběhnutí na jmenovité napětí. Po dobu startu dieselařegátu je napájení VDO zajištěno z nouzového zdroje typu E1 (viz kapitola 5.2.1). V rozvaděči ATS je také umístěn programovatelný logický automat (PLC), který má za úkol dát v případě výpadku elektrické energie povel dieselařegátu k jeho nastartování. Za rozvaděčem ATS se nachází hlavní rozvaděč sítě zálohované elektrosoustrojím (RD1). Z něho jsou napájeny jak podružné rozvaděče (RDxxx), tak rozvaděč pro obvody zálohované UPS a obvody izolovaných soustav (RG1). Z rozvaděče RG1 je napájen zdroj elektrické energie typu E1 a UPS pro nouzové osvětlení. Výstupní napětí ze zdroje typu E1 je opět přivedeno do rozvaděče RG1 a odtud rozvedeno do podružných rozvaděčů na jednotlivých patrech (RGxxx). Z rozvaděčů RGxxx jsou napájeny oddělovací transformátory pro VDO a DO, proto je vždy na jednotlivých patrech do rozvaděčů RGxxx přivedeno také napětí z rozvaděčů RDxxx, které slouží pro napájení DO. Pro napájení VDO slouží již přivedené napětí ze zdroje typu E1. [14]



Obr.3 Schéma elektrických rozvodů gynekologické a porodní kliniky [14]

Legenda Obr. 3

TR	-transformátor
RH1	-hlavní rozvaděč (nezálohované sítě)
RH021	-podružný rozvaděč
GE	-dieselařegát (hlavní nouzový zdroj)
ATS	-rozvaděč s automatickým přepínačem
RD1	-rozvaděč dieselařegátu (rozvaděč sítě zálohované dieselařegátem)
RD021	-podružný rozvaděč dieselařegátu
VDO, RG1	-rozvaděč pro obvody zálohované UPS a pro obvody izolovaných soustav
RG021	-podružný rozvaděč pro obvody zálohované UPS a pro obvody izolovaných soustav
UPS	-nepřerušitelný zdroj napájení (E1)

3.4.3 Detaily a odlišnosti v provedení hlavních rozvodů jednotlivých pavilonů

Následující kapitola byla sepsána na základě konzultací s [14]

Gynekologická a porodní klinika (GPK) FN Plzeň – Lochotín

Trafostanici TS 4, určenou pro tento objekt, je možno napájet jak z trafostanice TS1, tak TS2. V 2 p.p. (podzemním patře) je umístěn transformátor o výkonu 1000 VA a nouzový zdroj typu E1. Výkon UPS (nouzového zdroje typu E1) je 80 kVA. Vně objektu gynekologické a porodní kliniky FN Plzeň – Lochotín je jako hlavní nouzový zdroj elektrické energie (GE) použit dieselaagregát s výkonem 800 kVA, který je umístěn v protihlukovém kontejneru. [10]

Ambulance, komplement, společná zařízení

Každý z pavilonů má svůj transformátor umístěný v trafostanici TS3, ve které se nachází celkem pět transformátorů označených zkratkami T1 až T5. Tato trafostanice se nachází v suterénu budovy, která je ve výkresech označována jako společná zařízení. Jednotlivé rozvodny RH1 a RD1 jsou umístěny až v přízemí příslušného pavilonu. Na rozdíl od GPK zde však již každý pavilon nemá svůj vlastní nouzový zdroj typu GE, ale pro všechny pavilony je určen pouze jeden společný generátor Caterpillar s výkonem 1000 VA.

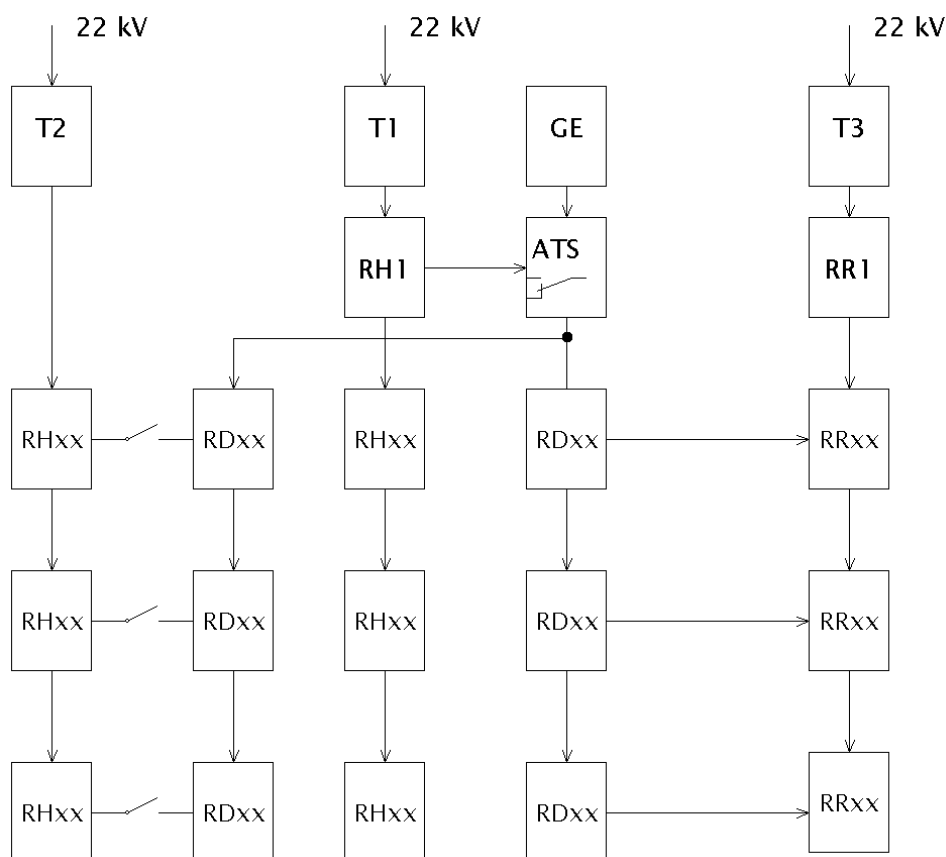
Protože je na jeden dieselaagregát potřeba napojit více pavilonů, musejí zde být rozvody nízkého napětí provedeny s drobnými změnami. Pro napájení budovy komplementu a budovy společných zařízení je určen transformátor T1, který má za úkol zásobovat elektrickou energií jak rozvaděče RHxx, tak rozvaděče RDxx. Schéma rozvodů je tedy obdobné jako na gynekologicko-porodní klinice (obr. 3), s tím rozdílem, že z rozvaděče ATS musejí být navíc provedeny odbočky pro napájení pavilonu ambulancí. V případě, že není potřeba využít nouzového napájení ze zdroje GE, jsou tedy na tento rozvaděč připojeny pouze rozvaděče RDxx budovy komplementu a společných zařízení. Nejzásadnější změny v zapojení rozvaděčů RHxx a RDxx jsou znázorněny na velice zjednodušeném schématu (Obr.4), včetně zapojení rozvaděčů určených pro napájení rentgenů (RRxx).

Rozvaděče RDxx budovy ambulance jsou v případě, že v distribuční síti nedošlo k poruše, napájeny odbočkami z rozvaděčů RHxx, které jsou provedeny na jednotlivých patrech. Je tak zaručeno, že v elektrických zástrčkách nezálohovaných a zálohovaných obvodů, které mohou být umístěny v bezprostřední blízkosti, je vždy napětí se shodnými parametry. Pro napájení rozvaděčů RHxx v objektu, komplementu a společných zařízení slouží vlastní transformátor, který přes stykač ATS zásobuje elektrickou energií také zálohované obvody. Jakmile nastane přerušování dodávky elektrické energie, dojde v pavilonu ambulancí k automatickému odpojení rozvaděčů RHxx od rozvaděčů RDxx. Záložní zdroj GE

tak není zbytečně zatěžován přístroji, které není nutno zálohovat. Po naběhnutí dieselagregátu na požadované otáčky, od toho se odvíjející hodnoty napětí a frekvence, dojde k sepnutí stykače v rozvaděči ATS a to do takové polohy, že jsou z tohoto rozvaděče napájeny rozvaděče RDxx ve všech pavilonech nemocnice, které mají být tímto zdrojem zálohovány.

Veškeré rentgeny na těchto pavilonech jsou napájeny z transformátoru T3. V bezprostřední blízkosti transformátoru se nachází rozvaděč, uvnitř něhož jsou paralelně zapojeny tři jističe s hodnotami vypínacích proudů 250 A a 2x315 A. Od jističů jsou vodiče vedeny do rozvaděčů RRxx, které slouží k napájení rentgenů na jednotlivých pracovištích. Tento transformátor tedy napájí veškeré rentgeny umístěné ve zmiňovaných pavilonech. Vybrané rentgeny, jejichž nečinnost by mohla ohrozit život, či zdraví pacientů jsou navíc zálohovány dieselagregátem. Zálohování rentgenů je realizováno napojením vybraného rozvaděče RRxx také na rozvaděč RDxx příslušného patra.

Tímto dieselagregátem je teoreticky možné napájet elektrickou energií téměř celou nemocnici, protože jednotlivé rozvaděče RD1 jsou vzájemně propojené kvůli již zmiňované vzájemné záloze zdrojů GE. Zálohování celé nemocnice jedním generátorem se ovšem nevyužívá. Důvodem není nedostatečný výkon generátoru, ale délka kabelové trasy ke vzdálenějším pavilonům, na níž by docházelo k příliš vysokému úbytku napětí. Prakticky jsou tedy tímto dieselagregátem zálohovány pouze transformátory T1, T2 a T3, trafostanice TS3.



Obr.4 Schéma elektrických rozvodů pavilonů ambulance, společná zařízení, komplement [14]

Legenda Obr.4

- T1 -transformátor ambulance
- T2 -transformátor komplement, společná zařízení
- T3 -transformátor rentgeny (RTG)
- GE -hlavní nouzový zdroj (dieselagregát)
- ATS -rozvaděč s automatickým přepínačem
- RR1 -hlavní rozvaděč rentgenů
- RRxx -podružný rozvaděč rentgenů
- RH1 -hlavní rozvaděč (nezálohované sítě)
- RHxx -podružný rozvaděč nezálohované sítě
- RDxx -rozvaděč sítě zálohované dieselem

Operační sály

Operační sály mají pro svoji potřebu dva transformátory, které jsou umístěny v trafostanici T3. První transformátor T4 je určen pro napájení zdravotnických zařízení, druhý transformátor T5, zásobuje elektrickou energií technická zařízení. Tyto transformátory jsou zálohovány dvěma dieselagregáty, umístěnými v 2.p.p budovy operačních sálů. Oba dieselagregáty mají instalovaný výkon 800kVA. Generátor dieselagregátu je od výrobce SDMO, jako pohonné ústrojí je použit dieselový motor od firmy Perkins. Velmi důležité obvody (VDO) jsou navíc zálohovány nouzovými zdroji typu E1.

Interní pavilon, onkologie

Pro napájení těchto budov je určena trafostanice TS2, uvnitř které se nacházejí tři transformátory dva pro napájení interního pavilonu a jeden sloužící pro napájení rentgenů interního pavilonu a onkologie. Pro zálohování obvodů, které jsou zásobovány elektrickou energií z transformátorů T1 a T2 slouží dieselagregát, který je umístěn v objektu strojoven (obr.1). Jedná se o agregát od firmy Caterpillar, jehož výkon je 1200 kVA.

4 Dělení obvodů

Rozvod elektrické energie v nemocnicích musí být proveden v souladu s normou ČSN 33 2140. Tato norma specifikuje požadavky pro navrhování údržbu a provozování elektrických rozvodů v místnostech pro lékařské účely. Norma dělí elektrické obvody ve zdravotnických zařízeních do tří skupin. [5]

4.1 Méně důležité obvody

Prvním skupinou jsou méně důležité obvody (MDO). Tyto obvody nemusejí mít zajištěno napájení z nouzových zdrojů elektrické energie, jelikož nefunkčnost spotřebičů připojených na tyto rozvody neohrozí život ani zdraví pacientů. [5,12]

4.2 Důležité obvody

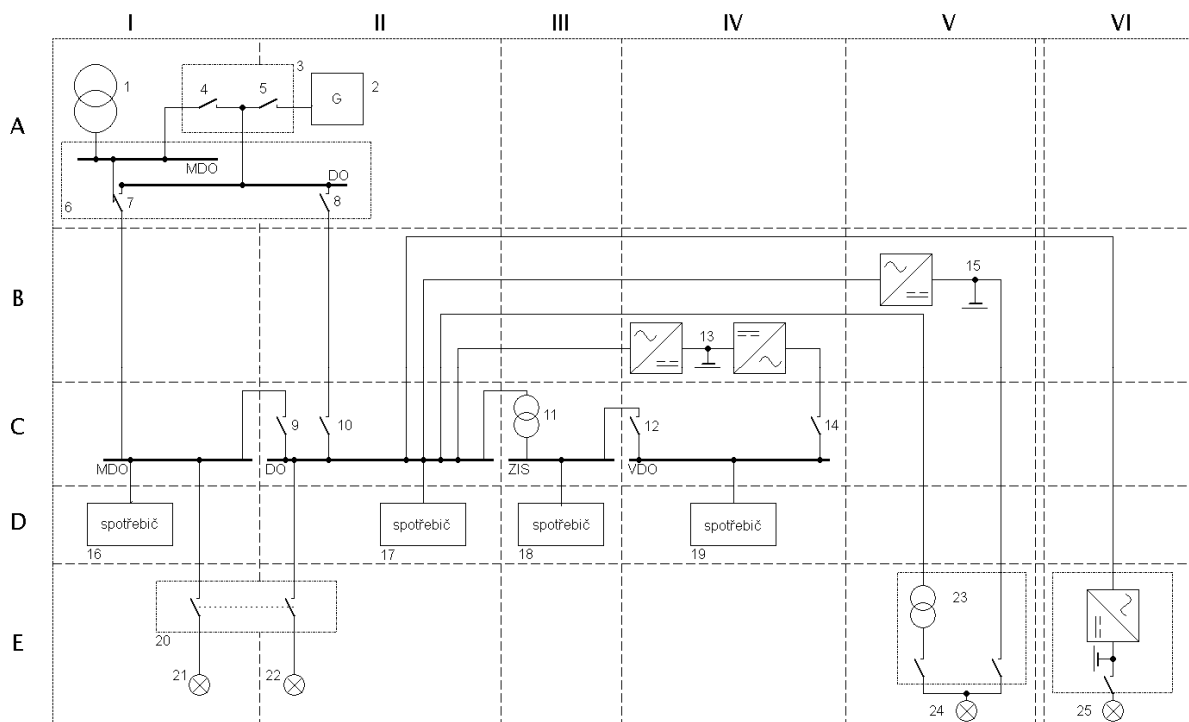
Druhou skupinou jsou důležité obvody (DO). Jedná se o část elektrických rozvodů, u nichž potřebujeme zajistit dodávku elektrické energie i po výpadku hlavního přívodu. Jako záloha slouží dieselagregát (GE). Tímto zdrojem je potřeba napájet zdravotnická zařízení, u nichž by mohlo dojít po době delší než 120 s k přerušení provozu přístrojů, které jsou důležité pro život pacienta, bezpečnost provozu, nebo by v důsledku přerušení dodávky elektrické energie mohlo dojít ke ztrátě nenahraditelných dat. [5,12]

4.3 Velmi důležité obvody

Třetí skupinou jsou velmi důležité obvody označované zkratkou VDO. Jedná se o část důležitých obvodů, jenž jsou určeny pro napájení spotřebičů, které musejí mít zajištěno napájení ze speciálních nouzových zdrojů elektrické energie typu E1. Jedná se o zařízení, jejichž nečinnost by mohla vést k ohrožení zdraví či života pacientů. [5,12,21]

4.4 Obvody operačního svítidla

Další speciální skupinou jsou obvody pro napájení operačního svítidla. Bezpečný provoz operačních svítidel má obrovský podíl na úspěšnosti operačního zákroku, jejich výpadek by mohl mít tragické následky. Pro napájení operačních svítidel se využívají přenosné UPS.[4,5]



Obr.5 Dělení elektrických obvodů v nemocnicích [5]

Legenda Obr. 5

- I – méně důležité obvody (MDO)
- II – důležité obvody (DO)
- III – zdravotnická izolovaná soustava (ZIS)
- IV – velmi důležité obvody (VDO)
- V – obvody operačního svítidla
- VI – obvody nouzového orientačního osvětlení

- A – zdroje, které mohou být umístěné mimo budovu s místnostmi pro lékařské účely
- B – zdroje, které musí být umístěny v blízkosti místností pro lékařské účely
- C – rozvaděč zdravotnického oddělení
- D – spotřebiče, nebo zásuvkové vývody
- E – osvětlení

- 1 – základní zdroj elektrické energie
- 2 – hlavní nouzový zdroj elektrické energie (GE)
- 3 – rozvaděč hlavního nouzového zdroje (rozvaděč ATS)
- 4 – spínač sítě
- 5 – spínač generátoru
- 6 – hlavní rozvodna nn
- 7 – přepínač hlavního přívodu rozvaděče zdravotnického oddělení
- 8 – vypínač záložního přívodu rozvaděče zdravotnického oddělení
- 9 – vypínač přípojnice méně důležitých obvodů (MDO) a důležitých obvodů (DO)
- 10 – spínač záložního přívodu
- 11 – ochranný oddělovací transformátor
- 12 – spínač přípojnice zdravotnické izolované soustavy (ZIS) a velmi důležitých obvodů (VDO)
- 13 – zdroj typu E1 (nabíječka, akumulátorová baterie, střídač)
- 14 – spínač zdroje typu E1
- 15 – zdroj typu E2 (nabíječka, akumulátorová baterie)
- 16 – spotřebič napájený z méně důležitých obvodů (MDO)
- 17 – spotřebič napájený z důležitých obvodů (DO)
- 18 – elektrický přístroj zdravotnický napájený ze zdravotnické izolované soustavy (ZIS)
- 19 – elektrický přístroj zdravotnický napájený z velmi důležitých obvodů (VDO)
- 20 – instalační spínač řazení 2
- 21 – svítidlo celkového osvětlení
- 22 – svítidlo nouzového náhradního osvětlení
- 23 – spínací skříňka operačního svítidla
- 24 – operační svítidlo
- 25 – svítidlo nouzového orientačního osvětlení

5 Dělení nouzových zdrojů elektrické energie v místnostech pro lékařské účely

5.1 Hlavní nouzový zdroj elektrické energie GE

Norma hovoří o hlavním záložním zdroji elektrické energie, který je v ní označen zkratkou GE. Dle normy musí tento záložní zdroj zajistit napájení do 120s od výpadku elektrické energie základního zdroje a dodávku zajistit po celou dobu trvání výpadku hlavního zdroje elektrické energie. Pro tento účel je tedy nejvhodnější použít dieselaagregát s dostatečnou zásobou paliva. Po dobu startu dieselaagregátu tedy zajišťují dodávku elektrické energie pro velmi důležité obvody speciální nouzové zdroje, které norma rozděluje na dva typy, a to E1 a E2. Po dosažení jmenovitého napětí na výstupních svorkách motorgenerátoru, dojde k jeho připojení k elektrickým rozvodům budovy. Poté jsou speciální záložní zdroje E1 a E2 napájeny záložním zdrojem typu GE. [5]

Dieselaagregát dodává do obvodů, které má za úkol zálohovat, napětí o velikosti 0,4kV, které se již nemusí pomocí transformátorů transformovat. V případě, že během výpadku elektrické energie dojde k poruše na dieselaagregátu, lze obvody, které jím mají být zálohovány, propojit obdobně jako transformátory s rozvaděčem dieselu (RD) jiného pavilonu. Dieselaagregáty jsou pro toto použití dostatečně dimenzovány. Před propojením je ale nutno nejprve nefunkční dieselaagregát odpojit od rozvaděče ATS a zajistit proti nechtěnému automatickému startu. Nouzové zdroje GE není možno propojovat stejnou trasou, jako jsou propojovány hlavní rozvodny (RH1) při poruše transformátoru. Důvodem je rozvaděč ATS, který rozvaděč RH1, v případě výpadku elektrické energie, od generátoru odpojí. Dieselaagregáty tak musejí být propojeny mezi jejich rozvodnami RD1. Vypínače, které jsou k propojení generátorů určeny, se nacházejí v rozvodnách RD1 a jsou tedy na trase vždy dva. Dojde-li k poruše generátoru, musí pracovník tyto vypínače obsluhovat ručně, to platí také pro vypínače sloužící pro propojování rozveden RH1 v případě poruchy transformátorů. Bateriové UPS sloužící k zálohování VDO během startu dieselaagregátu jsou navrženy pouze pro zálohování jednoho pavilonu. Pokud mezi okamžikem výpadku a přepnutím stykače v rozvaděči ATS dojde k poruše záložního zdroje E1, budou VDO bez napětí do doby naběhnutí dieselaagregátu na provozní otáčky a následnému sepnutí stykače ATS. [14]

Tab. 6 přehled výkonů jednotlivých dieselařegátů a zálohovaných transformátorů

výkon generátoru	výrobce	zálohovaná rozvodna	zálohované transformátory	jištění dieselařegátu [A]
1100 kVA	Caterpillar	TS2;TS1	T1, T2;T1,T2	1588 A
1000 kVA	Caterpillar	TS3	T1, T2, T3	1443 A
800 kVA	SDMO	TS3	T4	1250 A
800 kVA	SDMO	TS3	T5	1250 A
800 kVA	SDMO	TS4	T1	1250 A

5.2 Speciální nouzové zdroje elektrické energie

Ve stávajících objektech nemocnice se nachází přes 200 bateriových UPS. Přibližně 60 z nich má výkon v rozmezí 3-80 kVA. UPS s vyšším výkonem slouží pro zálohování elektrických obvodů, ke kterým je připojeno větší množství zdravotnických přístrojů, dále jednotlivých operačních svítidel, obvodů nouzového osvětlení a rozvaděčů požární ochrany. Zbylé zdroje nepřerušitelného napájení jsou ve většině případů použity pro zálohování počítačů s důležitými daty. Speciální nouzové zdroje elektrické energie se dělí do následujících skupin. [5,14]

5.2.1 E1 – velmi důležité obvody

Záložní zdroje elektrické energie typu E1 jsou určeny pro zálohování velmi důležitých obvodů. Dodávku elektrické energie musí tento typ zajistit do 15 s od výpadku základního zdroje. Zároveň musí zajistit nepřetržitou dodávku elektrické energie po dobu minimálně tří hodin od okamžiku poruchy hlavního zdroje elektrické energie.[5]

Komentář [21] k normě ČSN 33 2140 [5] upravuje maximální dobu, během které musí být zabezpečena dodávka elektrické energie z nouzového zdroje elektrické energie. Tato úprava maximální doby výpadku se týká obvodů, na které jsou připojeny přístroje, sloužící pro chirurgické aplikace, nebo přístroje pro udržení nebo nahrazení základních životních funkcí pacientů. Tento čas je v komentáři zkrácen z 15 s na 0,5 s. Tento zdroj nouzového napájení ovšem nelze použít současně také pro napájení operačních svítidel. Pro jejich napájení je určen doplňující záložní zdroj se stejnou maximální dobou výpadku. Dále je v komentáři uvedeno, že řada zdravotnických přístrojů využívající mikroprocesory, vyžaduje dodávku elektrické energie bez přerušení. Důvodem je vysoká citlivost těchto zařízení na odchylky parametrů napájecího napětí od předepsaných hodnot.

Výpadek elektrické energie na dobu maximálně 15 s je povolen pro zdravotnické přístroje, jejichž nečinnost by po tuto dobu neohrozila zdraví či život pacienta. Další obvody, které mohou mít dobu přerušení až 15 s, jsou obvody nouzového a orientačního osvětlení, osvětlení únikových cest, evakuační a požární výtahy, systémy pro odsávání kouře, požární detektory a zařízení pro dodávku medicinálních plynů.[5,21]

Ve FN – Lochotín jsou proto použity dva typy UPS. Pro zálohování nouzového a orientačního osvětlení je použit typ VFD, ten přechází do střídačového režimu až po poruše hlavního zdroje elektrické energie. Pro zálohování velmi důležitých obvodů (VDO) jsou v nemocnici použity nepřerušitelné zdroje napájení typu VFI, jedná se tedy o zdroj elektrické energie, který není napětově a frekvenčně závislý na průběhu napětí a frekvence sítě. UPS používané ve FN Lochotín nejsou vybaveny oddělovacím transformátorem, protože tyto transformátory jsou umístěny až za rozvaděči RGxxx na jednotlivých patrech. [10,14]

Výkon a kapacita UPS se odvíjejí od charakteru oddělení, které mají za úkol zálohovat. Jelikož je pořízení a provoz tohoto typu záložního napájení velice nákladnou záležitostí, je používán v co nejméně případech a pouze s takovým výkonem, aby vyhovoval předepsané normě [5]. Proto se s ním můžeme setkat například na oddělení kardiologickém nebo operačních sálech, naopak na psychiatrické klinice je zálohováno pomocí UPS naprosté minimum elektrických zásuvek. Prvním důvodem k tomuto kroku jsou poměrně vysoké ztráty elektrické energie vznikající ve vnitřních obvodech UPS během provozu usměrňovačů a střídačů. Druhým hlavním důvodem je cena baterií, které se v nepřerušitelných zdrojích napájení používají jako zdroj elektrické energie, tyto baterie je navíc potřeba po jejich zestárnutí a poklesnutí kapacity pod určitou hranici vyměnit. Kapacitu baterií pravidelně měří autorizovaná firma, která v případě, že kapacita baterií již nevyhovuje, doporučí jejich výměnu. Výměna se provádí přibližně po pěti letech provozu baterií. Životnost baterií závisí na podmínkách, ve kterých jsou provozovány a na jejich kvalitě. Výhoda tohoto zdroje záložního napájení je, že elektrickou energii dodává bez jakéhokoliv přerušení na výstupu, i když dojde k přerušení dodávky elektrické energie z hlavního zdroje. [14]

5.2.2 E2 – operační svítidla

Typ E2 slouží pouze pro napájení operačních svítidel a musí zajistit napájení do 0,5s od výpadku základního zdroje elektrické energie. Jedná se o přenosnou UPS, která je připojena k důležitým obvodům. Ve FN Lochotín jsou pro tento účel použity záložní zdroje typu VFI s výstupním napětím 24 V a frekvencí 50 Hz

Při provozu nouzových zdrojů elektrické energie nesmí být snížena úroveň ochrany před nebezpečným dotykovým napětím.[5]

6 Barevné značení zásuvek

Aby bylo u zásuvek možno jednoduše rozlišit, zda-li jsou zálohované a pro jaké přístroje je vhodné je použít, jsou od sebe jednotlivé obvody barevně rozlišeny. Je nutné počet barev omezit na co nejméně, aby se zdravotnický personál nemusel učit příliš mnoho kombinací použití zásuvkových vývodů.[10,12,14]

6.1 Bílá barva

Ve FN Lochotín jsou pro nezálohované obvody použity spínače a zásuvky v barvě bílé. Tyto zásuvkové vývody jsou opatřeny pouze základní ochranou proti úrazu elektrickým proudem. Jsou určeny pro přístroje, jako jsou údržbářské a úklidové stroje, dále například pro lednice, rychlovarné konvice, radiopřijímače, které se často vyskytují na sesternách. Jedná tedy o méně důležité obvody (MDO).

6.2 Zelená barva

Pro zásuvky, které jsou v případě výpadku hlavního zdroje elektrické energie zálohovány dieselaagregátem je použita barva zelená.

6.3 Žlutá barva

Pro obvody zdravotnické izolované soustavy, bez okamžité zálohy zásuvek je použita barva žlutá (DO). Tyto obvody jsou připojeny na oddělovací transformátor, jehož primární vinutí je v případě výpadku hlavního zdroje napájeno z hlavního nouzového zdroje (GE)

6.4 Oranžová barva

Pro velmi důležité obvody s okamžitou zálohou jsou použity zásuvky v barvě oranžové. Jedné se o obvody, které jsou chráněny elektrickým oddělením. V případě výpadku hlavního zdroje elektrické energie je jejich oddělovací transformátor napájen pomocí speciálního nouzového zdroje typu E1.

6.5 Tyrkysová barva

Vypínače zálohovaného osvětlení jsou provedeny v tyrkysové barvě. Pro nepřetržitě napájení nouzového osvětlení je určena vlastní UPS.

6.6 Hnědá barva

Pro datovou techniku, jako jsou počítače, je použito zásuvek v barvě hnědé, které jsou vybaveny přepětovou ochranou. Tyto zásuvky jsou jinak připojeny na dieselagregát společně se zásuvkami zelenými.

6.7 Červená barva

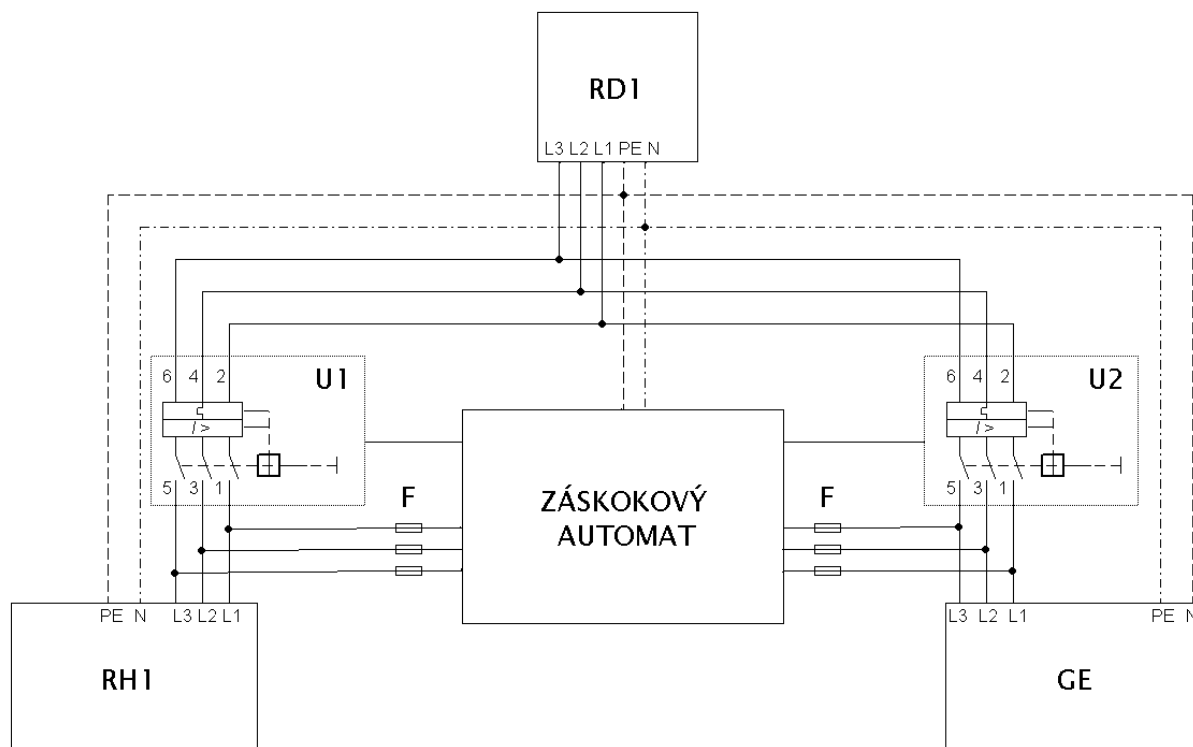
Červená barva zásuvkových vývodů je použita pro počítače a jinou datovou techniku, která vyžaduje okamžité zálohování elektrickou energií.

7 Rozvaděč ATS

Protože není možné dodávat elektrickou energii pomocí motorgenerátoru do elektrických rozvodů v budově, aniž by nejdříve nedošlo k odpojení budovy od distribuční sítě, je součástí rozvodů rozvaděč označovaný zkratkou ATS. Důvodem odpojení distribuční sítě od záložního zdroje je nebezpečí, že by napětí generované záložním zdrojem nebylo dodáváno pouze do rozvodů budovy, ale také zpět do distribuční sítě, což by mohlo vést k poškození, nebo zničení, některých jejích součástí, např. transformátorů. Proto je rozvaděč ATS velice důležitým prvkem celého systému záložního napájení. [7,14, 21]

V rozvaděči ATS (Automatic Transfer Switch) je umístěný přepínač, jehož funkcí je přepínání mezi kontakty přivedenými do rozvaděče z distribuční sítě a kontakty, které jsou přivedeny od motorgenerátoru umístěného v objektu. Přepínač ATS musí být navržen tak, aby nebylo možné zároveň propojit svorky motorgenerátoru s distribuční sítí. Výjimku tvoří pouze soustrojí, u nichž je používána krátkodobá synchronizace. Záložní zdroj, který je možno synchronizovat se sítí (vstřícné fázování) při funkční zkoušce neběží bez zátěže, ale dojde k jeho připojení k zálohovaným obvodům. Připojení k zálohovaným obvodům je umožněno právě díky synchronizaci s elektrickou sítí, která zabrání nevhodnému ovlivňování napájení citlivých technických zařízení. [7,14, 21]

Výstup z rozvaděče ATS je vyveden dále do rozvaděče RD. Přepínač je realizován pomocí dvou jističů, které pracují, jako spínače. První z nich je umístěn na přívodu hlavního zdroje elektrické energie (za rozvaděčem RH1) a druhý na přívodu záložního zdroje GE. Poloha jednotlivých jističů je ve FN Plzeň – Lochotín řízena automaticky pomocí PLC. [7,14, 21]



Obr. 6 Vnitřní silové obvody rozvaděče ATS [14, 18]

Legenda Obr. 6

RD1- rozvaděč dieselu

RH1 – hlavní rozvaděč

GE – hlavní nouzový zdroj elektrické energie

U1, U2 – jističe s motorovým pohonem

F – pojistky

PE – ochranný vodič

N – pracovní vodič

L1, L2, L3 – fázové vodiče

7.1 Manuální přepínání

Vedle automatického přepínače se vyskytují také přepínače, které jsou ovládány ručně. U takového přepínače ovšem nepoužíváme zkratku ATS, nýbrž MTS z anglického manual transfer switch. Manuální přepínání se volí tam, kde není potřeba okamžitě obnovit dodávku elektrické energie, takovým provozem mohou být například mrazírny. Obsluha v případě dlouhodobějšího výpadku elektrické energie nejdříve nastartuje diesलगрегát a po jeho naběhnutí odpojí obvody, které je potřeba zálohovat od distribuční sítě a poté tyto obvody připojí k záložnímu zdroji. Takovéto provedení přepínače je méně finančně náročné. [7]

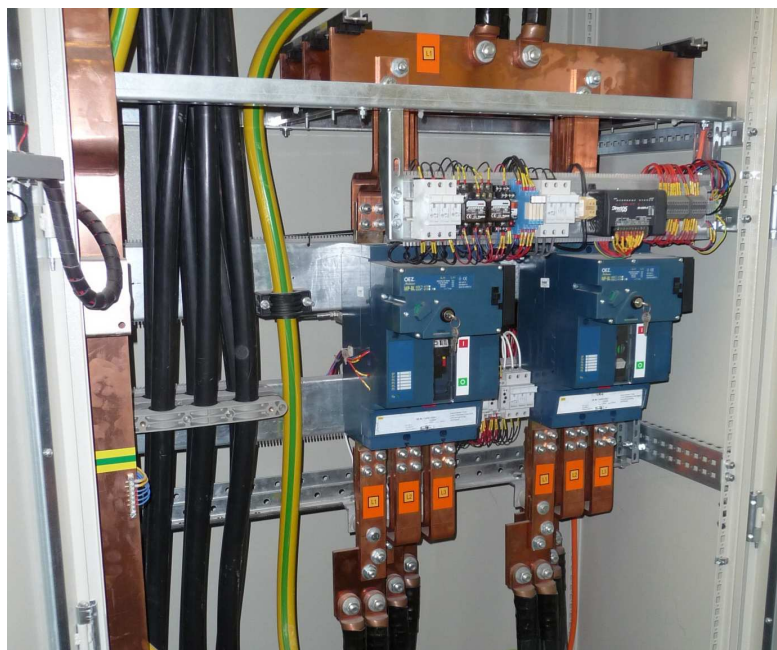
7.2 Automatické přepínání

Automatické přepínání se volí tam, kde chceme dodávku elektrické energie zabezpečit s vyšší prioritou, než bychom byli schopni dosáhnout pouze prostým manuálním přepínačem. Automatický přepínač je totiž navíc vybaven mikropočítačem, který neustále sleduje parametry napětí hlavního zdroje elektrické energie. V případě, že některý z parametrů neodpovídá podmínkám pro bezpečný provoz připojených zařízení, dá povel k odpojení

přepínače od distribuční sítě a dále ke startu motorgenerátoru. Mikropočítač dále sleduje parametry elektrické energie dodávané motorgenerátorem jako je napětí, frekvence, ale také velikost výstupního proudu a v případě nutnosti odpojí i jej. Zpravidla je také možno pomocí mikropočítače zaznamenávat dobu provozu generátoru, historii startů a délku výpadků elektrické energie. [7,14]

Po obnovení dodávky energie z hlavního zdroje řídí počítač odpojení motorgenerátoru od elektrických rozvodů budovy a jejich připojení k hlavnímu zdroji. Dále se postará o to, aby byl motorgenerátor v provozu ještě po dobu, která je potřebná pro jeho dochlazení, poté přeruší jeho provoz. Mikropočítač samozřejmě potřebuje ke své činnosti napájení elektrickou energií. Aby byl její přísun zajištěn i během výpadku hlavního zdroje, je napájení velice často realizováno ze startovacích baterií určených pro start motorgenerátoru. [7,14]

Jestliže chceme realizovat automatické přepínání mezi hlavním a hlavním nouzovým zdrojem, již nám nebude postačovat klasický jistič, který vyžaduje ruční obsluhu. Jistič pro automatické přepínání je třeba doplnit o motorový pohon. Tento pohon umožňuje automatické ovládání, tj. zapínání a vypínání jističe. Pohon se skládá z motoru a střádače. Jako střádač je použita pružina, ve které je naakumulována energie potřebná pro zapnutí nebo vypnutí jističe. K natažení pružiny je potřeba motorového pohonu. Toto řešení umožňuje sepnutí či rozepnutí kontaktů do 70ms. Delší doba je ovšem potřeba pro cyklické spínání a rozepínání kontaktů, jelikož je mezi kroky vždy potřeba natáhnout střádač. Uvolnění střádače a zapnutí jističe umožňuje zapínací cívka, která je součástí motorového pohonu jističe. Tato cívka je ovládána záskokovým automatem. [17]



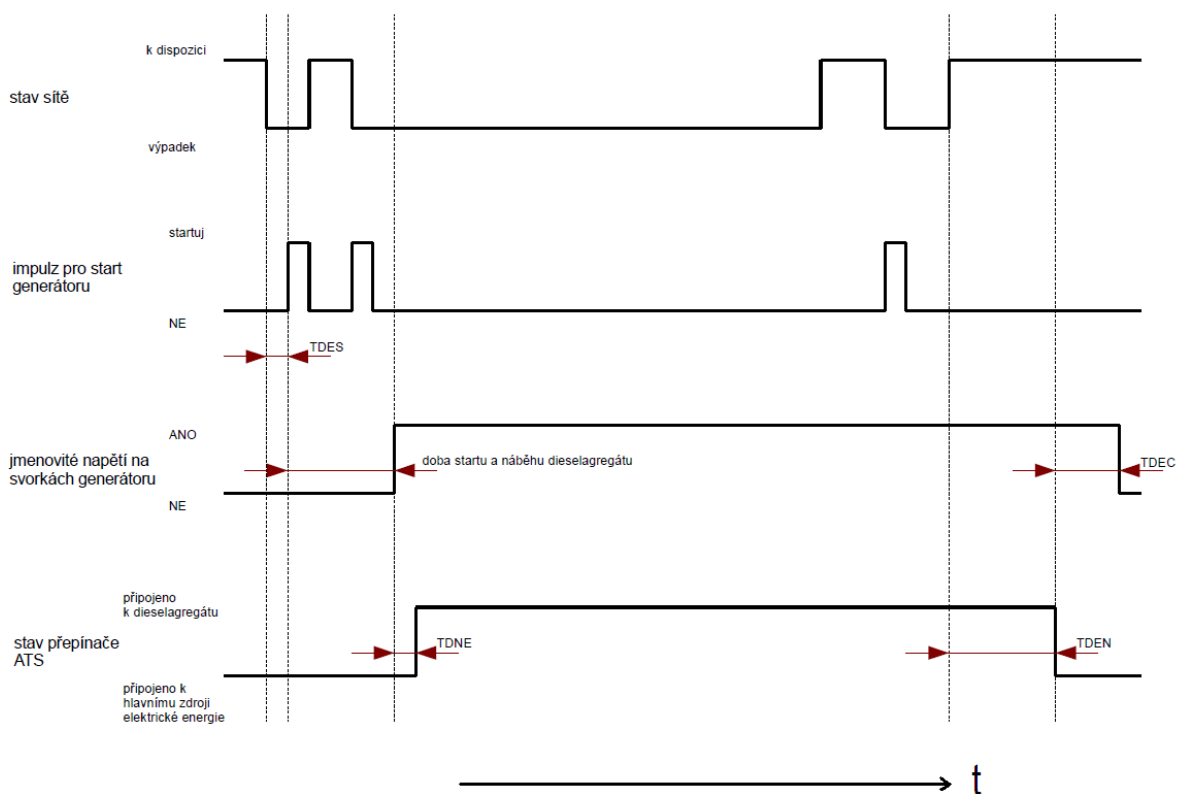
Obr. 7 Rozvaděč ATS, gynekologická a porodní klinika

7.2.1 Zászkový automat

Jako řídicí jednotku pro automatické přepínání lze použít buďto mikropočítače, které jsou navrženy a vyráběny speciálně pro tento účel, nebo programovatelný automat (PLC), který lze pro tento účel vhodně naprogramovat. Předprogramované moduly lze na internetu nalézt pod heslem automatic transfer switch (ATS) controller a vyrábějí je firmy zabývající se automatizací a přenosem elektrické energie jako jsou společnosti Siemens, Schneider Electric, Lovato, Eaton, ABB, OEZ a mnoho dalších. [14]

7.2.2 Časové prodlevy u přepínání stykače ATS

U zászkového automatu lze nastavit dobu trvání jednotlivých kroků, které musí rozvaděč ATS provést při přepínání z hlavního zdroje na záložní a naopak. Časový diagram vybraných prodlev je znázorněn na Obr. 8. [8,16]



Obr. 8 Časový diagram vybraných prodlev nastavitelných u řídicí jednotky stykače ATS [14]

TDNE – Time Delay Normal to Emergency

Časové zpoždění mezi přepnutím z hlavního zdroje na zdroj nouzový. Toto zpoždění dovolí motorgenerátoru zahřátí předtím, než dojde k jeho připojení k zátěži. Odpočítávání času začne v okamžiku, kdy je na výstupních svorkách dieselagregátu k dispozici napětí o

provozních parametrech. Jestliže během této doby obnoví dodávku elektrické energie hlavní zdroj, nedojde k přepnutí zátěže na motorgenerátor a odpočítávání je zrušeno.

TPRE – Pretransfer Delay Time

Pokud jsou rozvody budovy napájeny z motorgenerátoru a dojde k obnově dodávky elektrické energie z distribuční sítě, není již důvod napájet tyto obvody z nouzového zdroje elektrické energie. Protože během přepínání kontaktů rozvaděče ATS dojde ke krátkodobému přerušení dodávky elektrické energie, vyšle řídicí jednotka varování určitým zařízením, aby dokončily svojí činnost. Takovým zařízením může být například výtah, který potřebuje čas, aby dojel do příslušného patra.

TDES – Time Delay Engine Start

Jedná se o čas, který uplyne mezi ztrátou dodávky elektrické energie z hlavního zdroje a vydáním povelu ke startu dieselagregátu. Tento čas je zde nastavován z toho důvodu, že až 70% výpadků elektrické energie má dobu trvání kratší, než 1s [9]. Během takto krátké doby nemůže dieselagregát v žádném případě stihnout svůj start. Pro takto krátkodobé výpadky elektrické energie slouží bateriové UPS. Proto je vhodné nastavit automat tak, aby vydal povel ke startu například až po době uplynutí jedné sekundy, nebude tak zbytečně docházet ke startům dieselagregátu, které by byly až ze 70% zbytečné.

TDEN – Time Delay Emergency to Normal

Jestliže dojde k obnovení dodávky elektrické energie z distribuční sítě ještě předtím, než začne záskokový automat vydávat jakékoliv povely pro odpojení motorgenerátoru, počká přednastavený čas, aby si vyzkoušel, zda-li je dodávka z hlavního zdroje opravdu stabilní.

TDEC – Time Delay Engine Cool-down

Jedná se o časovou prodlevu mezi odpojením motorgenerátoru od rozvodů budovy a jeho zastavením. Tato prodleva dovolí generátoru jeho bezpečné dochlazení během naprázdno po přednastavený čas.

TDN – Time Delay Neutral

Při přechodu z nouzového napájení na napájení pomocí hlavního zdroje je potřeba nechat po určitou dobu oba výkonové stykače odpojeny. Důvodem jsou dobíhající motory, zvláště synchronní, které mohou dodávat do sítě protinapětí. U asynchronních motorů trvá tento stav pouze několik desítek milisekund.

TDEF – Time Delay Emergency Fail

Jestliže je na svorkách generátoru jmenovité napětí, dojde k jeho připojení k zátěži. Náhlý odběr proudu ovšem může způsobit zakolísání výstupní frekvence, či pokles napětí. Aby ochrany, které mají za úkol hlídat parametry výstupního napětí, generátor neodpojily, lze na

záskokovém automatu nastavit určitý čas, po který jsou tyto ochrany vyřazeny z provozu. Dieselagregátu je tak dán krátký čas na to, aby upravil množství paliva vstříkovaného do spalovacích prostor a navýšil tak svoje otáčky na požadovanou hodnotu.

8 Zhodnocení systému a možná zlepšení

Fakultní nemocnice Plzeň – Lochoťín je díky svojí rozlehlosti a velikosti spotřebovávané elektřiny zásobována z více distribučních transformátorů. Taktéž zálohování pomocí většího množství zdrojů záložního napájení zvyšuje spolehlivost dodávky elektrické energie. Jak transformátory, tak záložní zdroje se spalovacími motory lze vzájemně zálohovat. Výhodou jsou také dva vysokonapěťové přívody. V případě poruchy jednoho z nich je možné areál nemocnice přepojit na druhý vysokonapěťový přívod.

Na kabelové trase mezi zálohovanými stroji jsou vždy dva jistící prvky. V normálním provozním stavu, tzn. ve stavu, kdy nedošlo k poruše transformátoru nebo dieselagregátu, je pokaždé jeden jistící prvek v zapnutém a druhý v rozpojeném stavu tak, aby byla celá kabelová trasa pod napětím. V případě, že se na transformátoru či dieselagregátu vyskytne porucha a je její potřeba zálohovat jiným zdrojem elektrické energie, musí obsluha v areálu nemocnice vyhledat příslušný jistič, který se nachází v rozepnutém stavu, a sepnou jej. Současně je nutno stroj, který je mimo provoz odpojit od veškerých elektrických rozvodů. Jednotlivé jistící prvky často od sebe mohou být umístěny několik desítek metrů, protože se zpravidla nacházejí v různých pavilonech nemocnice. Obsluze tak může trvat zbytečně dlouhou dobu, než poškozený stroj odpojí od rozvodů budovy, vyhledá rozpojený jistič od stroje, jenž má poškozený stroj zálohovat a sepnou jej. Po tuto dobu mají sice za úkol zálohovat VDO bateriové UPS, nicméně většina elektrických zařízení může být dočasně mimo provoz. Tento problém by u takto rozlehlého areálu mohlo řešit dálkové spínání nejdůležitějších jističů a signalizace jejich polohy do jednoho místa, například dílny elektrické údržby.

Závěr

Rozvoj elektrotechniky v posledním století, zvláště pak polovodičové elektroniky v posledních pár desetiletích umožnil vývoj vyspělých technologií, kterých se s úspěchem využívá také v oboru zdravotnictví. Díky nejmodernějším přístrojům je v dnešní době možno provádět operační zákroky, o kterých se před pár lety odborníkům pouze zdálo. Veškeré tyto technologie jsou ovšem závislé na stálé dodávce elektrické energie o předepsaných parametrech. Nestálost dodávky elektrické energie nebo dodávka elektrické energie o odlišných parametrech, než které jsou předepsány výrobcem elektrického zařízení, může způsobit nesprávnou funkčnost přístroje a následné ohrožení zdraví či života pacienta. Proto je nutné určitým zařízením používaných ve zdravotnictví zajistit dodávku elektrické energie pokud možno v jakémkoliv případě. Stanovit veškeré provozní a bezpečnostní parametry je úkolem zvláště normy ČSN 33 2140 [5].

Tato norma ovšem nabyla platnosti již v roce 1986 a byla sepsána s ohledem na možnosti tehdejší techniky. Za těch několik let však stouply jak požadavky přístrojů, tak i možnosti bateriových UPS. Proto byl v roce 2007 k této normě vydán komentář pod označením TNI 33 2140. Tento komentář doplňuje nové informace a normu upravuje tak, aby korespondovala se souborem norem ČSN 33 2000 a nároky současných zdravotnických přístrojů. [21]

V současnosti je připravována nová norma s označením ČSN 33 2000-7-710, která má za úkol stanovit nové požadavky na elektrické rozvody v místnostech pro zdravotnické účely. Zmiňovaný komentář k normě vydané roku 1986 byl sepsán právě proto, aby upravil zásadní rozdíly mezi předpisy doposud platné ČSN 33 2140 a nově připravované normy.[12,21]

V doposud platné normě je uvedena doba přerušování napájení maximálně 15 sekund, která je komentářem v předepsaných případech upravena na 0,5 s. Během tohoto časového rozpětí může dojít k úplnému výpadku napájení veškerých elektrických zařízení napojených na zálohovaný okruh. Výpadek dlouhý 15 s dnes již nepřipadá v úvahu, protože by mohl být pro pacienta, který je na přístrojích životně závislý, příliš dlouhý.

Princip funkce diesellového motorgenerátoru a jeho připojení k zálohovaným obvodům se během let prakticky nezměnil. Co se ovšem velice změnilo je způsob řízení těchto součástí záložního napájení. Veškerá činnost zařízení, jako je start, řízení otáček motoru, hlídání parametrů výstupního napětí a připojení k zálohované síti, je v současnosti řízena elektronicky. Toto řešení zvyšuje spolehlivost provozu, zmenšuje rozměry výrobku a zvyšuje variabilitu nastavení veškerých parametrů, což je výhodné zvláště u nastavování parametrů na řídicím panelu rozvaděče ATS.

Použitá literatura:

- [1] PODAL, Pavel. *Záložní zdroj energie (UPS)* [online]. Brno, 1.6.2009 [cit. 2011-10-23]. ID 78390. Dostupné z:
http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=16360.
Bakalářská práce. VUT. Vedoucí práce Milan Chmelar.
- [2] Záložní zdroje - UPS. *HD elektro* [online]. [cit. 2011-10-23]. Dostupné z:
<http://www.hd.cz/rady/ups.php>
- [3] CHMIEL, Pavel. UPS (Uninterruptible Power Supply). *Výukové materiály pro žáky* [online]. [2009] [cit. 2011-11-18]. Dostupné z:
http://chmiel.chytry.cz/files/ovt_epo_ps/me/cast1_21_ups.pdf
- [4] Napájení operačních svítidel. *ELEKTRO odborný časopis pro elektrotechniku* [online]. [2009] [cit. 2012-01-11]. Dostupné z:
<http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/42914.pdf>
- [5] ČSN 33 2140. *Elektrotechnické předpisy: Elektrický rozvod v místnostech pro lékařské účely*. 1. 9. 1987.
- [6] SDMO. *Návod k obsluze a údržbě motorgenerátoru: SDMO X910K MICS – TELYS*.
- [7] SCHNACKENBERG, Paul a George OUGHTON. GEN-TRAN CORPORATION. *Automatic transfer switch* [patent]. US 6172432 B1. Uděleno 01. 09. 2001. Dostupné z: <http://www.freepatentsonline.com/6172432.html>
- [8] ATC-300 Automatic Transfer Switch Controller. *EATON* [online]. [© 2005] [cit. 2012-02-25]. Dostupné z:
http://es.eaton.com/atc300/breaker/demo.html?KeepThis=true&TB_iframe=true&height=600&width=800
- [9] Parametry elektřiny. *EON* [online]. [© 2012] [cit. 2012-03-02]. Dostupné z:
<http://www.eon.cz/cs/info/parameters.shtml>
- [10] MOTTL, Josef. PROJEKTY ELEKTRO. *Technická zpráva: Vnitřní silnoproudé rozvody*. Plzeň, 2007.
- [11] Kontaktní informace. *Plastická estetická chirurgie* [online]. [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: <http://plasticka-chirurgie.net/files/planek.jpg>
- [12] Elektrické rozvody v místnostech pro lékařské účely. *ČVUT* [online]. [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.fbmi.cvut.cz/esf-realizovane/www.fbmi.cvut.cz/e/zis/1840.pdf>
- [13] Ochranné oddělení. *ELEKTRO odborný časopis pro elektrotechniku* [online]. 2004 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z:

- http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=26155
- [14] konzultant Pavel Tolar, zaměstnanec FN Plzeň – Lochotín, oddělení elektroúdržba, Tel: 377 103 111, [cit. 2011 – 2012]
- [15] Elektrická energie. *Magistrát města Plzně - obor správy infrastruktury: Energetika* [online]. [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://energetika.plzen.eu/energetika-ve-meste/elektricka-energie/elektricka-energie.aspx>
- [16] ATS 100 Controller User Manual. *Monicon International Co., Ltd* [online]. [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://www.monicon.com.tw/04service/pdf/ATS/ATS%20100%20User%20Manual.pdf>
- [17] Kompaktní jističe: Změna parametrů motorového pohonu MP-BL-X230 a MP-BL-X110. *OEZ* [online]. [2007] [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://www.oez.cz/file/10>
- [18] Zásokový automat MODI. *OEZ* [online]. [2011] [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://www.oez.cz/file/567>
- [19] RASMUSSEN, Neil. Různé typy systémů UPS. *Schneider Electric* [online]. © 2010 [cit. 2012-05-11]. Dostupné z: http://www.apcmedia.com/salestools/SADE-5TNM3Y_R7_CZ.pdf
- [20] NÁHRADNÍ ZDROJE ELEKTRICKÉ ENERGIE. *VŠB-TU Ostrava* [online]. 2006 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z: http://fe1.vsb.cz/kat420/vyuka/BC_FBI/Prednasky/nahradni%20zdroje.pdf
- [21] TNI 33 2140. *Elektrický rozvod v místnostech pro lékařské účely – Komentář k ČSN 33 2140*. 2007
- .