

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ
ELEKTRONIKY**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Zajištění krizového napájení zdravotnického zařízení

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Hynek MENCL**

Osobní číslo: **E14B0040P**

Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**

Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**

Název tématu: **Zajištění krizového napájení zdravotnického zařízení**

Zadávací katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

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

1. Zpracujte teoretický úvod do problematiky krizového řízení v elektroenergetice.
2. Proveďte energetickou bilanci objektu.
3. Proveďte následné rozdělení obvodů dle priorit krizového napájení.
4. Popište metodiku přechodu na krizové napájení a navrhnete velikost vhodného náhradního zdroje.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah kvalifikační práce: 30 - 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Václav Mužík**
Regionální inovační centrum elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **14. října 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **8. června 2017**


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




Prof. Ing. Václav Kús, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2016

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na seznámení s problematikou návrhu krizového řízení zdravotnických zařízení. Dále je v ní řešeno rozdělení obvodů pro zdravotnický objekt a stanovení energetické bilance, včetně návrhu náhradních zdrojů.

Klíčová slova

Záložní zdroj, UPS, dieselagregát, energetická bilance, krizové napájení, elektrický rozvod pro lékařské účely, zdravotnická izolovaná soustava

Abstract

This bachelor thesis is focused on getting acquainted with the issue of design of crisis management of health institutions. Furthermore, the distribution of circuits of health facility and the determination of the energy balance, including the design of alternative sources are dealt with.

Keywords

Backup power supply, UPS, diesel generator, energetic balance, emergency power supply, electrical power distribution system for medical purposes, isolated power system for healthcare

Prohlášení

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

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

.....
podpis

V Plzni dne 7.6.2017

Hynek Mecní

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Václavu Mužíkovi za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

Úvod.....	10
Členění práce.....	10
Seznam symbolů a zkratk	12
1 Teoretický úvod do problematiky krizového řízení	13
1.1 TEORETICKÝ ÚVOD DO PROBLEMATIKY KRIZOVÉHO ŘÍZENÍ V ELEKTROENERGETICE 14	
1.2 KDE JE NUTNÉ ZAJISTIT KRIZOVÉ ŘÍZENÍ	15
1.3 ZPŮSOBY ZAJIŠTĚNÍ KRIZOVÉHO ŘÍZENÍ	16
1.3.1 Typy náhradních zdrojů	16
1.3.2 Možnosti využití dalších zdrojů elektrické energie.....	18
1.4 PROBLEMATIKA KRIZOVÉHO ŘÍZENÍ	18
1.4.1 Nutná opatření pro možnost krizového napájení	18
1.4.2 Rizika při špatně navrženém krizovém řízení.....	18
1.5 ROTAČNÍ ZÁLOŽNÍ ZDROJE	19
1.6 NÁROKY NA KVALITU VYROBĚNÉ ELEKTŘINY Z AGREGÁTU	19
2 Napájení v bezporuchovém stavu	19
2.1 ZPŮSOB NAPÁJENÍ.....	19
2.2 KOMPENZACE ÚČINÍKU	20
2.3 ČTVRTHODINOVÉ MAXIMUM	21
3 Rozdělení obvodů dle priorit krizového napájení	25
3.1 VÝCHODISKO PRIORIT OBVODŮ	26
3.2 ZPŮSOB ZAJIŠTĚNÍ NAPÁJENÍ DLE PRIORIT	27
3.2.1 Barevné značení zásuvek.....	28
3.2.2 Zdravotnická izolovaná soustava (ZIS)	30
3.3 ROZDĚLENÍ OBVODŮ PRO OBJEKT A JEJICH INSTALOVANÝ VÝKON.....	32
3.4 DIMENZOVÁNÍ HLAVNÍCH ZDROJŮ PRO OBJEKT	32
4 Výpočet energetické bilance objektu	33
4.1 ENERGETICKÁ BILANCE.....	33
4.2 VSTUPNÍ HODNOTY PRO STANOVENÍ ENERGETICKÉ BILANCE.....	34
4.2.1 Instalovaný (jmenovitý) výkon P_i	34
4.2.2 Hodinové maximum odběru elektrické energie v období celého roku P_{max}	34
4.2.3 Součinitel současnosti k_s	34
4.2.4 Součinitel využití k_z	34
4.2.5 Součinitel náročnosti β	34
4.2.6 Výpočtové zatížení P_p	35
4.2.7 Maximální současný příkon vztažený k jednotlivým zdrojům P_{smax}	35
4.3 PRAKTICKÝ VÝPOČET Z ODBĚROVÉHO DIAGRAMU.....	35
Výpočet instalovaného výkonu	36

5	Metodika přechodu na krizové napájení	38
5.1	KRIZOVÝ STAV VNITŘNÍ PŘÍČINY	38
5.2	KRIZOVÝ STAV VNĚJŠÍ PŘÍČINY.....	40
5.3	ŘEŠENÍ KRIZOVÝCH SITUACÍ PŘI BEZPORUCHOVÉM PROVOZU	41
5.4	ZPŮSOBY PRO PŘECHOD NA KRIZOVÉ NAPÁJENÍ A JEHO SIMULACE	41
6	Návrh velikosti náhradního zdroje	42
6.1	VÝPOČET VELIKOSTI VÝKONU NÁHRADNÍHO ZDROJE.....	42
6.2	VÝBĚR NÁHRADNÍCH ZDROJŮ A JEJICH KLÍČOVÉ PARAMETRY	43
6.3	OMEZENÍ V KRIZOVÝCH SITUACÍCH	44
Závěr	46
Seznam literatury a informačních zdrojů	1

Úvod

Otázka ostrovního provozu větších zdravotnických zařízení je v současné době vzhledem k nedávným událostem aktuálním tématem. Provoz těchto zařízení je klíčový pro správný chod státu, proto je snaha o zachování jejich funkce i v případě krizového stavu. Například při události v květnu 2017, kdy bylo napadeno 300 000 počítačů virem WanaCry, mezi nimiž byly i počítače anglických nemocnic, došlo tak k narušení krizové připravenosti nemocnic. K další události došlo v březnu 2017, a to k poškození VN vedení v Plzni, v důsledku čehož byla na několik hodin přerušena dodávka elektrické energie i ve fakultní nemocnici na Borech. Dále v říjnu 2014 byl z důvodu závady na rozvodně v Chodově velký výpadek proudu v Praze a tímto výpadkem byla zasažena i Thomayerova nemocnice.

Jedním z důvodů, proč jsem si vybral dané téma, bylo to, že jsem měl možnost nahlédnout do technického zázemí nemocnice a být přítomen u zkoušek HZS funkčnosti ostrovního provozu. Zajímá mě případné řešení krizových situací, které by mohly v nemocnici nastat a dále pak to, zda je nemocnice schopna tyto krize řešit efektivně. Navíc je toto téma vzhledem k výše uvedeným událostem a politickému napětím na Korejském poloostrově aktuální, neboť stále reálně hrozí riziko blackoutu a dobrou preventivní přípravou se dají jeho následky razantně snížit.

Členění práce

Předkládaná práce je zaměřena na řešení případných krizových stavů zdravotnického zařízení a je rozdělena do 6 částí. V 1. části před řešením samotné problematiky pokládám za podstatné uvést, kde nároky na zvládnutí krizového stavu vznikají. Dále zpracuji úvod do krizového řízení z hlediska zajištění dodávky elektrické energie, tedy kde je nutno mít nepřetržitou dodávku elektrické energie a jakými způsoby je možné toho dosáhnout. 2. část bude věnována napájení v bezporuchovém stavu, který pokládám za neméně důležitý, protože v takovém režimu se zdravotnická zařízení nachází po většinu času. V 3. části se budu zabývat výpočtem energetické bilance, která je nedílnou součástí návrhu pro řešení krizového stavu a pomáhá nám určit velikost záložních zdrojů, popřípadě dobu, po kterou

bude možné udržet dodávku elektrické energie. S předchozí kapitolou pak úzce souvisí část 4. - rozdělení obvodů dle priorit. Tento návrh se nesmí podcenit, protože je klíčovým faktorem při krizové situaci nemocnice. 5. část bude věnována metodice přechodu na krizové řízení, která zahrnuje široké spektrum řešení dle závažnosti situace. Poslední kapitolou je samotný návrh záložních zdrojů pro zajištění chodu nemocnice.

Seznam symbolů a zkratk

<i>L1, L2, L3</i>	Fázové vodiče napájecí soustavy
<i>N</i>	Střední pracovní vodič napájecí soustavy
<i>1f, 3f</i>	Počet fází
U_N	Jmenovité napětí
IT.....	Informační technologie
ERÚ.....	Energetický regulační úřad
MDO	Méně důležité obvody
DO.....	Důležité obvody
VDO	Velmi důležité obvody
UPS	Uninterruptible Power Supply (zdroj nepřerušovaného napájení)
MaR.....	Rozvaděč Měření a regulace
ZIS.....	Zdravotnická izolovaná soustava
HIS	Hlídač izolačního stavu
HZS	Hasičský záchranný sbor
OKRP	Odbor krizové připravenosti
KŠ	Krizový štáb
OVZ	Orgány ochrany veřejného zdraví
GSM.....	Globální Systém pro Mobilní komunikaci
EMOFF	Emergency Office
DUP.....	Dispečink urgentních příjmů
FN	Fakultní nemocnice
JIP	Jednotka intenzivní péče
s.....	sekunda
W.....	Watt
VA	Voltampér
U.....	Napětí
I.....	Proud

1 Teoretický úvod do problematiky krizového řízení

Důvody, jakými se můžeme dostat do krizové situace, nemusí být jen ryze technického hlediska. Krizové situace v nemocnicích rozdělujeme na vnitřní a vnější:

- Vnitřní – havárie elektroinstalace, vodohospodářství, plynu v prostorách zdravotnického zařízení
- Vnější – hromadný příjem postižených (nakažených epidemií nebo raněných), blackout, narušení dodávek léčiv a zdravotnického materiálu, přerušení dodávek energií (elektriny, plynu)

Soustava integrovaného záchranného systému, jejíž základní součástí jsou i všechna zdravotnická zařízení, je obsáhlým a náročným tématem, protože při zhroucení tohoto systému by byly ohroženy životy a bezproblémový chod státu. Jelikož je stát povinen zajistit zdravotnickou péči i při mimořádných událostech, vznikly organizace (OKRP, KŠ, OKV), které spravují celou problematiku zdravotnictví. V čele těchto organizací je ministerstvo zdravotnictví. Organizace vydávají různá preventivní opatření, která jsou dána zákony, normami a vyhláškami. Připravenost na krize je velmi důležitým faktorem pro zajištění nezbytné zdravotní péče všem obyvatelům republiky při jakýchkoliv událostech, proto jsou vytvořeny havarijní a krizové plány. Doba pro náběh z normálního provozu na krizový by měla být co nejmenší a realizována s co největší efektivitou. Z tohoto důvodu jednou ročně z pověření kraje, který je za nemocnice zodpovědný, kontrolují jednoty HZS připravenost zdravotnických zařízení. Obce mohou ale tuto připravenost povýšit na vyšší úroveň pomocí vyhlášek. [16]

Na řešení krizových situací se podílí všechna zdravotnická zařízení, ale páteřní zařízení jsou traumacentra (pohotovostní příjmy), které tvoří síť vytvořenou podle metodických opatření a u těch musí být z energetického hlediska zajištěn neustálý přísun energií. [16]

Krizová připravenost ve zdravotnictví

Krizová připravenost je schopnost zdravotnických zařízení a služeb i za krizových stavů a mimořádných situací poskytovat nezbytnou zdravotní péči (záchrana života nebo

vyvarování se těžké újmy na zdraví) v souladu se schválenými medicínskými postupy dle právních předpisů. [16]

Ke krizové připravenosti přispívají pravidelné nácviky, které mohou odhalit nedostatky a na jejich základě připravit plány. Nácviky má na starost HZS a reálně probíhají ve 2 variantách:

- Průběh pouze jen „jako“ – při případech, kdy si nemůžeme dovolit přerušit provoz (na sálech probíhá důležitá operace atd.)
- Reálný nácvik včetně zapojení veškerého personálu pro zvládnání krizové situace

Teoretický úvod do problematiky krizového řízení v elektroenergetice

Problematika krizového řízení v elektroenergetice řeší zajištění dodávky elektrické energie v případě, že selže primární dodávka elektrického proudu. V takovém případě bychom měli být připraveni primární zdroj nahradit záložními zdroji. Pozornost je kladena hlavně na rozsáhlejší objekty s větší mírou výskytu osob.

Existují objekty, u kterých sebemenší výpadek elektrického proudu nepřichází z různých důvodů v úvahu. Tyto důvody jsou různého charakteru, od ekonomických až po ohrožení lidského zdraví. Byť tyto objekty mají primárně zajištěný určitý stupeň dodávky elektrické energie, díky kterému se riziko výpadku rapidně snižuje, výpadek to zcela nevyklučuje. Je zde proto na místě mít k dispozici své alternativní zdroje, díky kterým lze objekt provozovat dál bez omezení nebo s určitými omezeními.

Schopnost objektu fungovat v ostrovním provozu přináší spoustu opatření, aby byl zajištěn bezpečný přechod do tohoto režimu a zároveň schopnost bezpečně přejít do napájení ze sítě.

Při návrhu musíme postupovat v rámci norem. Normy upravující krizové napájení jsou:

- | | |
|-------------|---|
| ČSN 38 5422 | – Strojovny elektrických zdrojových soustrojí |
| ČSN 33 3140 | – Elektrická zdrojová soustrojí se spalovacími motory |
| ČSN 65 0201 | – Hořlavé kapaliny – provozovny a sklady |

ČSN 33 2000	- Elektrické instalace nízkého napětí
ČSN 33 2000-4-41	- Ochrana před úrazy elektrickým proudem
ČSN 33 0165	- Značení vodičů barvami a číslicemi
ČSN 33 0170-IEC 73	- Kódování sdělovačů a ovladačů barvami
ČSN EN 60529	- Stupně ochrany krytem
ČSN 35 7107	- Rozvaděče NN
ČSN 343100	- Bezpečnostní předpisy pro obsluhu a práci na el. zařízeních
ČSN 38 5422	- Strojovny elektrických zdrojových soustrojí
ČSN 33 2140	- Elektrický rozvod v místnostech pro lékařské účely
ČSN 34 1720	- Zdravotnická rentgenová pracoviště

Kde je nutné zajistit krizové řízení

O nutnosti zavedení elektrické zálohy v případě výpadku elektrické energie hovoří norma ČSN 34 1610, kde se každému objektu přiřazuje tzv. stupeň důležitosti spotřeby.

Existují celkem 3 stupně důležitosti spotřeby:

- **1. stupeň** – Takto označené objekty používají spotřebiče, u kterých může výpadek dodávky elektrické energie znamenat ohrožení zdraví nebo života nebo hrozí velké ekonomické ztráty. [1]

Objekty označené 1. stupněm musí být napájeny alespoň ze 2 transformátorů a musí být zálohovány ještě jiným zdrojem elektrické energie (dieselagregát, UPS). Mezi objekty 1. stupně elektrizace patří například zdravotnická zařízení, jaderné elektrárny, zařízení pro zpracování a přenos dat nebo ocelárny užívající elektrické pece. [1]

- **2. stupeň** – U objektů s tímto stupněm se výpadek projeví omezením nebo zastavením výroby, avšak nedochází k ohrožení života a zdraví nebo narušení technologií a tudíž k velkým ekonomickým ztrátám. [1]

Tyto objekty nemusí mít vlastní zálohu elektrické energie, ale snažíme se dodávku co nejrychleji obnovit. Příklady takových objektů jsou dílny s obráběcími stroji, mechanické dílny a průmyslové provozy. [1]

- **3. stupeň** – Tímto stupněm se označují všechny ostatní objekty, protože nevyžadují zvláštní opatření při výpadku elektrické energie. Do objektů s tímto stupněm patří domácnosti, sklady, školy, správní budovy.[1]

Způsoby zajištění krizového řízení

Typy náhradních zdrojů

Náhradní zdroje rozdělujeme do dvou základních skupin:

- Mobilní (centrály, energo kontejnery)
- Pevně instalované náhradní zdroje.[3]

Mobilní náhradní zdroje

Používají se v případě selhání náhradního zdroje u budov s 1. stupněm nutnosti zajištění dodávky elektrické energie nebo i v objektech, kdy je dodávka el. energie přerušena dlouhodoběji a tak by způsobila větší ekonomické ztráty. Mobilní náhradní zdroje nejsou určeny pro paralelní chod se sítí. Jednotky HSZ jsou standardně vybaveny mobilními centrály o výkonu 4 KVA, které ale nelze použít pro krizové napájení celé budovy, nýbrž jen pro osvětlení a malá čerpadla. Pro napájení celé budovy slouží energo kontejnery, které dosahují výkonů až 460KVA. Některé kontejnery jsou navrženy tak, že se mohou spojovat s dalšími a tak dosáhnout větších výkonů. Některé budovy mají instalovanou přípojku, kdy pak doba připojení kontejneru je minimální. Tam, kde není přípojka pro mobilní agregát, je nutno přepojit rozvaděče tak, aby nenastal případný paralelní chod se sítí.[3]

Pevně instalované náhradní zdroje

Instalují se do budov s 1. stupněm nutnosti zajištění dodávky el. energie. Zdroje jsou dimenzovány na celkové či částečné pokrytí. Tyto zdroje mohou zajistit téměř nepřerušenu dodávku el. energie. Většinou se užívají záložní zdroje o výkonu kolem 500KVA a v případě potřeby většího výkonu, např. 1MVA, je výhodné z hlediska zálohování použít takové agregáty dva tj. 2x500KVA.

Další rozdělení je podle druhu výstupního napětí:

- Střídavé
- Stejnoseměrné [4]

Střídavé záložní zdroje

Jsou to zdroje, které můžeme použít rovnou pro krizové napájení obvodů budovy. Jsou konstruované tak, aby na výstupních svorkách měly rovnou 230V AC \pm 10%. [4]

Stejnoseměrné záložní zdroje

Do této kategorie spadají například baterie v nouzových světlech, kde musí být zajištěno co nejrychlejší zapnutí a stálá funkce, i když selže i záložní generátor. [4]

Podle způsobu přeměny zdroje: *Chemické, točivé, statické*

Chemické

Sem patří palivové články, které pro vytvoření el. energie využívají chemických reakcí. Dnes se většinou jedná o vodíkové články. [4]

Točivé

Většinou jsou to motorgenerátory (spalovací motor + synchronní generátor). Motor při spálení paliva vytvoří kinetickou energii, kterou využije generátor pro vytvoření elektrické energie. Může být použit i setrvačnickový systém, kde elektrickou energii přeměníme na kinetickou a tu akumulujeme pro případ potřeby. Točivé záložní zdroje patří k nejpoužívanějším. [4]

Statické

Jedná se o baterie doplněné o střídač (UPS). Jejich výhoda spočívá v nepřerušené dodávce elektrické energie. Tyto zdroje nejsou použitelné pro napájení celého objektu dlouhodobě, ale mohou plnohodnotně nahradit motorgenerátor po dobu jeho náběhu na plný výkon.

Používají se pro zálohování serverů a tam, kde je nutná nepřetržitá dodávka el. energie. [4]

Možnosti využití dalších zdrojů elektrické energie

Ve větších budovách se nabízí možnost využít pro krizové napájení i další zdroje, které primárně neslouží pro výrobu elektrické energie. Takové soustrojí nazýváme kogenerační jednotka. Pokud technologicky umožníme ostrovní režim kogenerační jednotky, můžeme získat výkon na pokrytí spotřeby celé budovy.

Můžeme zde zvažovat využití obnovitelných zdrojů, ale na ty se nemůžeme stoprocentně spolehnout kvůli nezajištění stálého přísunu elektrické energie. Obnovitelné zdroje by přicházely v úvahu, kdybychom měli zajištěnou akumulaci elektrické energie v takovém objemu, abychom pokryli spotřebu objektu na určitou dobu.

Problematika krizového řízení

Nutná opatření pro možnost krizového napájení

Musíme zajistit, aby bylo vzájemně blokováno zajištění přenosu energie ze sítě nebo z generátoru k zálohovaným okruhům, tj. řešeno v silové části rozvaděče náhradního zdroje pomocí jističů s motorovým pohonem. Blokování je zajištěno třemi způsoby – funkcí řídicí jednotky, elektricky (využití pomocných kontaktů) a mechanicky.

Dále je nutné zajištění přívodu sítě i generátoru proti zkratu.

Zajištěné napájení spotřebičů vlastní spotřeby nouzového zdroje, tj. vytápění motoru, předehřev chladicí kapaliny pro udržení motoru v pohotovém stavu, dobíjení baterie.

Rizika při špatně navrženém krizovém řízení

Největším rizikem při řešení naší problematiky je nezajištění krizového napájení. Mezi další problémy patří například dlouhý přechod na krizové napájení, přetížení napájecí soustavy krizového řízení, nedostatečná doba nepřetržité dodávky, špatně realizovaný přechod z/do krizového řízení a tím možné riziko poškození soustavy, atd.

Rotační záložní zdroje

Jedná se o nejrozšířenější možnost zálohování zdravotnických zařízení. Výhody spočívají v možnosti nepřetržitého provozu, kde ve většině případů máme k dispozici 1000 litrovou nádrž paliva (výdrž kolem 10 hodin) a možnost jí za provozu doplňovat.

Většinou se jedná o soustrojí tvořené motorem, generátorem a chladičem uloženého prostřednictvím antivibračních bloků na ocelovém rámu. Takové uložení umožňuje přenést vibrace do konstrukce budovy a tak zabránit nadměrnému opotřebovávání.

Celé soustrojí je chlazeno prostřednictvím chladiče, kde cirkulaci chladiva obstarává čerpadlo poháněné motorem. Generátor je pak ještě samostatně chlazen odstředivým ventilátorem na hřídeli rotoru.

Nároky na kvalitu vyrobené elektřiny z agregátu

- Na výstupu generátoru musí být dle normy napětí v rozmezí $U_N \pm 5\%$
- Maximální pokles napětí při spuštění spotřebiče s největším příkonem musí být 20% z U_N
- Maximální pokles napětí při spuštění celé zálohované skupiny nesmí překročit 35% z U_N

Tyto hodnoty stanovuje norma ČSN 38 1120 [10]

Napájení v bezporuchovém stavu

Způsob napájení

Při návrhu napájení zdravotnického zařízení se řídíme dle pravidel normy pro provozování distribuční soustavy. Přípojka vn zdravotnického zařízení požaduje nadstandardní provedení (kvůli vyššímu stupni zabezpečení dodávky). Tento požadavek může být realizován třemi způsoby:

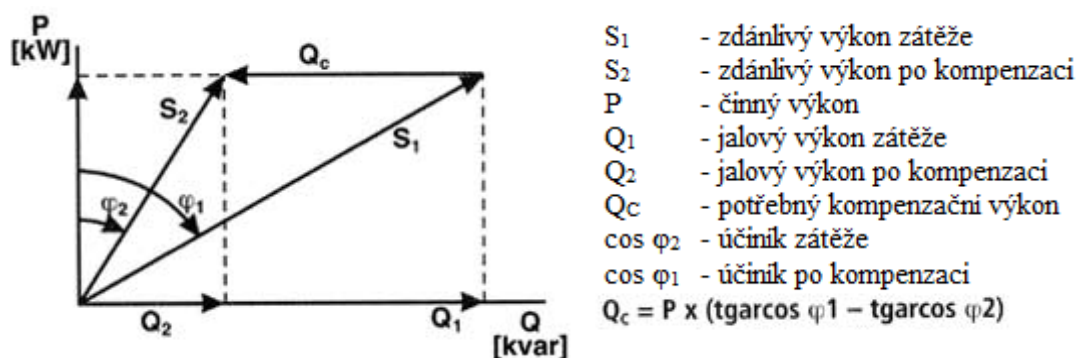
- je napájena z více linek vn (okružní vedení)
- pomocí více přípojek, připojených na odlišné linky venkovního vedení vn nebo různé transformovny 110kV/22kV
- kombinací předešlých způsobů

V nemocnici bychom pak měli mít dva paralelně pracující suché transformátory, kde v případě poruchy bude první transformátor schopen převzít zatížení toho druhého. [11]

Kompence účinníku

Jelikož nemocnice je většinou velkoodběratel elektřiny (příkon nad 250KVA), musíme kompenzovat účinník pomocí kondenzátorů paralelně připojených k zátěži. Kompence se provádí z důvodu eliminace zbytečného zatěžování vedení jalovým výkonem. Jalový výkon je zpravidla induktivního charakteru, protože si spotřebiče kromě činného odebírají také magnetizační výkon, který je pak následně vrácen do sítě. Tento výkon je pak přenášen z generátoru do spotřebiče a zpět a zbytečně zatěžuje vedení. Fázorový součet jalového a činného výkonu se nazývá zdánlivý výkon S a ten udává výsledný protékající proud. Vedení by pak muselo být dimenzováno na větší hodnoty výkonů a tím by se zvětšil požadavek na větší průřezy vodičů, robustnější vedení. [11]

$$S = U \cdot I \text{ [VA]} \quad (2.2)$$



Obr. 1 – Fázorový diagram kompenzace účinníku

Kompence realizujeme dle smluvních podmínek distributora. Při nedodržení stanoveného účinníku distributor účtuje kromě odebraného činného výkonu také odebranou jalovou energii. Doporučená hodnota výsledného účinníku je $\cos \varphi = 0,95$ ($\varphi = 18,20^\circ$). Penále za nekompenzování se dává při účinníku menším než $\varphi = 0,90$ ($\varphi = 25,84^\circ$).

Kompence účinníku se realizuje třemi způsoby:

- **Individuální**

Používá se u zařízení s konstantním odběrem. Kompenzační neproměnný kondenzátor je zapojen přímo ve spotřebiči. Tím je zajištěno, že vedení není vůbec namáháno. Je zde dosažena největší úspora, avšak hospodárnost kompenzace je závislá na využití spotřebiče, protože je zde instalován největší kompenzační výkon. Nejběžnějším příkladem individuální kompenzace je použití v zářivkách u transformátorů (kompenzace výkonu naprázdno) a asynchronních motorů v trvalém provozu.[9]

- **Skupinová**

Kompenzování výkonu probíhá například v rozvaděči, na který je připojena skupina spotřebičů. Odlehčujeme tak úsek vedení od rozvaděče ke zdroji. V závislosti na zátěži je pak regulovaná velikost kapacity připojováním/odpojováním kondenzátorů. Tato kompenzace je hospodárnější než individuální, protože kompenzační výkon může být díky nesoudobosti menší, než jalový výkon instalované zátěže.[9]

- **Centrální**

Jalový výkon kompenzujeme pro celý objekt. Kompenzační zařízení situujeme nejlépe k hlavní rozvodně nebo k transformátoru, ze kterého je objekt napájen. Potřebnou kapacitu pak regulujeme závislosti na velikost zátěže. Hospodárnost kompenzace je zde největší, protože koeficient nesoudobosti je zde největší, tedy poměr kompenzačního výkonu k jalovému výkonu instalované zátěže je nejmenší. [9]

Čtvrthodinové maximum

Čtvrthodinové maximum je hodnota odebraného výkonu za čtvrt hodinu. Tato hodnota je individuálně smluvně určena mezi distributorem a velkoodběratelem obvykle na jeden kalendářní rok. Pokud je tato hodnota překročena, je odběratel dle výše překročení penalizován, proto je nutné před uzavřením smlouvy provést analýzu odběrových diagramů objektu, neboť naddimenzování této hodnoty je ekonomicky nevýhodné. Kontrola čtvrthodinového maxima je realizována IT prostředky integrovaných do elektroměru. [5]

Princip: ERÚ vyšle patřičný signál po rozvodné síti (HDO) v době potřeby regulace

odběru. Tento signál přijme regulátor a synchronizuje počátky intervalu, neboť obvykle pracuje s vlastním generátorem času. [5]

Důvody zavedení čtvrt hodinového maxima:

- Zrovnoměrnění odběrového diagramu
- Zvýšení stability sítě
- Menší ztráty na vedení (ztráty rostou s kvadrátem proudu)
- Větší předvídatelnost chování spotřebitelů
- Zmenšení instalovaného výkonu elektráren
- Lepší využití levných zdrojů elektrické energie [5]

Měření odebírané energie:

- Intervalové – odebraná energie je určena z průměru naměřených výkonů za určitý čas. Odběr je měřen v intervalech od 10-40 sekund. Výsledný odběr je pak například při měření po 30s:

$$E = \frac{\sum_{n=1}^{30} P_n}{t} \text{ [kWh]} \quad (2.3.1)$$

kde E – výsledný odběr; P_n – okamžitá hodnota příkonu; t – čas [5]

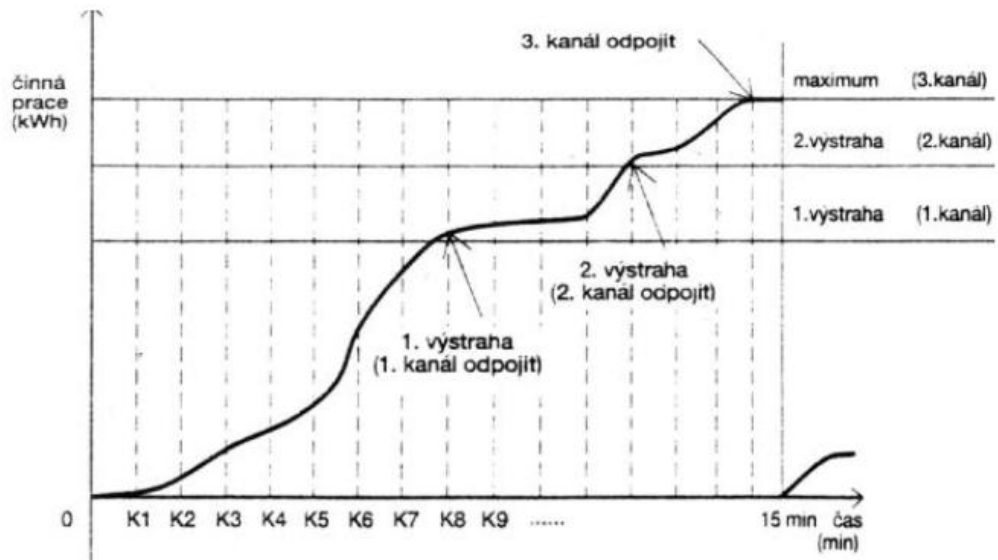
- Přímé – měření napětí a proudu v jednotlivých fázích probíhá neustále a převádí se na digitální signál. Výpočet spotřeby je pak proveden v CPU.

$$E = \int_0^t U \cdot I dt \text{ [kWh]} \quad (2.3.2)$$

Regulátor čtvrt hodinového maxima přijímá a vyhodnocuje údaje z elektroměru a synchronizační údaje z HDO. Na základě měření a výpočtů dochází k regulačním zásahům, aby nebyla překročena smluvená hodnota do konce čtvrt hodiny.

Režimy Regulátoru čtvrt hodinového maxima:

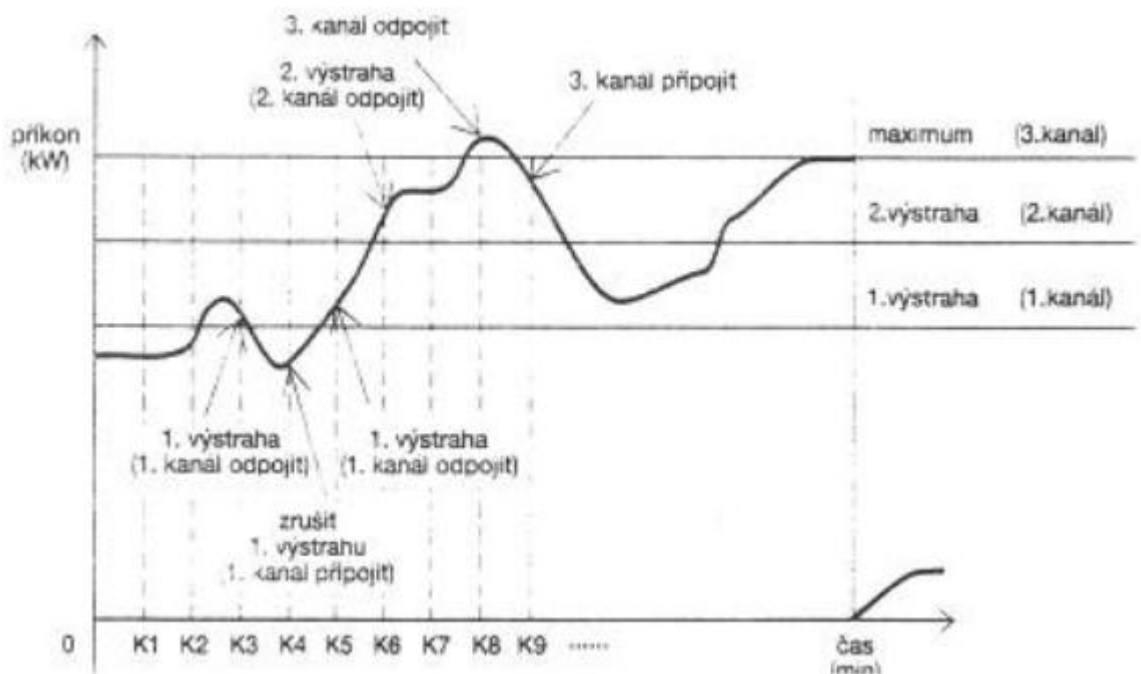
- a) Režim měření odebrané práce – regulátor měří odběr po čtvrt hodinových intervalech. Hodnota odběru je rozdělná do tří hladin. Překročí-li hodnota odběru 1. hladinu, bude personál objektu světelně upozorněn. Překročí-li 2. hladinu, tak je personál upozorněn zvukovou výstrahou a při překročení 3. hladiny jsou odpojeny příslušné výstupy. Výstupy jsou opětovně zapojeny až po uplynutí čtvrt hodinového intervalu.[5], [6]



Obr. 2 – Průběh režimu měření odebrané práce [6]

V hladinovém režimu počítáme s odebranou elektrickou energií, tedy přivedenou prací. [6]

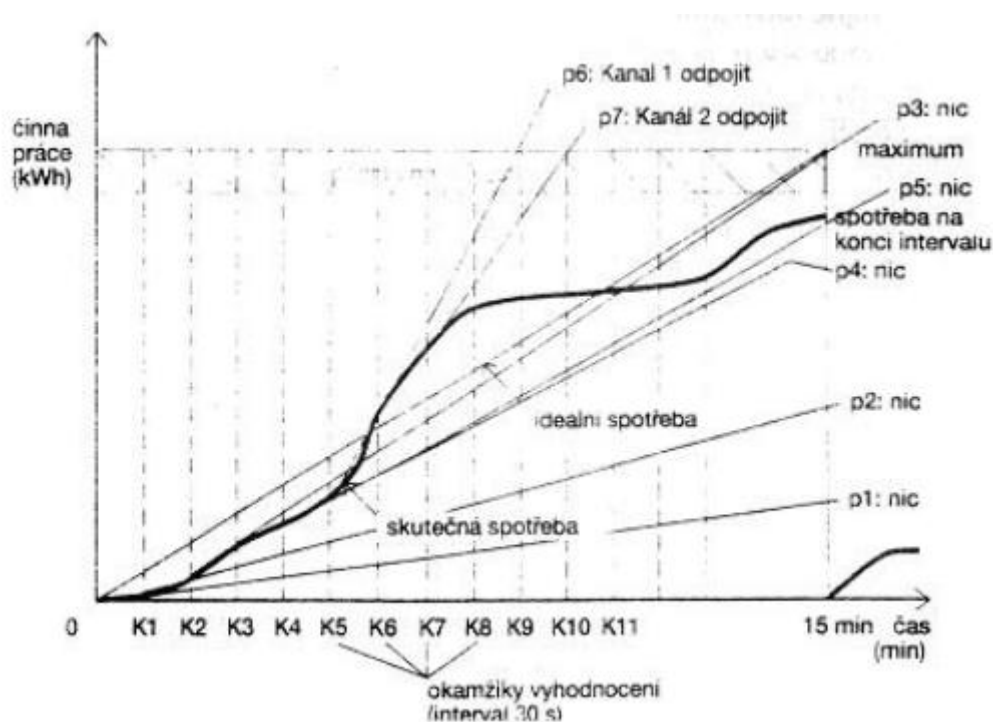
- b) Režim měření příkonu – v tomto režimu je měřen příkon objektu. Odpojené spotřebiče lze při poklesu příkonu opět zapnout. Tento regulátor si můžeme představit jako spojitý omezovač výkonu. [5], [6]



Obr. 3 – Průběh režimu měření příkonu [6]

- c) Trendový režim – je založen na predikčním algoritmu. Příslušná regulační hladina

se aktivuje, když je překročena nastavená hodnota odebíraného výkonu a současně je výpočtem zjištěno, že na konci čtvrt hodinového intervalu by bylo čtvrt hodinové maximum překročeno. Ke zpětnému připojení kanálů dochází tehdy, když hodnota odebírané energie klesne pod stanovenou mez a nehrozí překročení limitu do konce čtvrt hodinového intervalu. Kanály jsou v závislosti na odběru odpojovány jako v hladinovém režimu. Tento režim je vhodný zejména pro objekty s předvídatelnou zátěží. [5], [6]



Obr. 4 – Průběh trendového režimu [6]

Možnosti řízení spotřeby:

- Dvoupolohové (zapnout-vypnout) – nejčastěji používané
- Vícestupňové – využití u spotřebičů, kde lze jejich příkon postupně regulovat (topné spotřebiče, chladicí zařízení)
- Spojité řízení – užití u motorů (řízení otáček) [6]

Zrovnoměrnění odběru můžeme docílit i dobrou organizací práce, například vyvarováním se zapínání strojů najednou, dále pak používáním některých zařízení mimo ranní a odpolední hodiny.

Odpojované spotřebiče jsou takové, kde krátkodobým odpojením nedojde k jejich poškození a nebude ohrožena jejich funkce: elektrická topidla, bojler, kotle, sušárny,

sterilizátory, vyvíječe páry, vzduchotechnika a klimatizace, chladírny a mrazírny, ventilátory. [5], [6]

Pro lepší pokrytí spotřeby a dosažení výhodnějšího tarifu je výhodné použít kogenerační jednotku, která má pro nás spoustu výhod. Výhody spočívají hlavně v kombinaci výroby tepla a elektřiny a tím zmenšení energetické náročnosti budovy. Kogenerační jednotky jsou běžně přizpůsobeny na možnost funkce v ostrovním režimu a díky tomu nám mohou pokrýt nemalou část odběru potřebného pro krizový provoz.

Rozdělení obvodů dle priorit krizového napájení

Požadavky na elektrickou instalaci jsou ve zdravotnictví vyšší, protože je zde větší riziko úrazu elektrickým proudem (přítomnost kapalin, větší výskyt osob, více přístrojů a vodivých předmětů) než například v bytech. Místnosti proto rozdělujeme do řad typů s různými požadavky (P1 – P7, GE, E1, E2) podle prováděných vyšetření. Tyto požadavky jsou například na zajištění ochrany proti úrazu el. proudem nebo na ochranu proti nepřímému elektrickému nebezpečí (tedy elektrickému výpadku).

Z předchozího odstavce vychází, že existují místa, kde výpadek proudu může bezprostředně ohrozit chod nemocnice, proto se jednotlivým obvodům přiřazuje priorita. Většinou se jedná o 3 priority (MDO – méně důležité obvody, DO – důležité obvody, VDO – velmi důležité obvody).

Do skupiny MDO patří obvody, které mohou být vyřazeny bez újmy na zdraví či materiálních škod. Jsou to například prádelna, nákladní výtahy, některé zásuvkové obvody atd.

Skupina DO je tvořena spotřebiči, u kterých nevádí krátkodobý výpadek, ale jsou důležité pro omezený provoz. Patří sem havarijní čerpadla a ventilátory pro kotelnu, chladicí boxy, velín, MaR a část osvětlení a zásuvek pro omezenou možnost provozu.

Těmto spotřebičům je obnoveno napájení do 15 sekund.

Skupinu VDO tvoří spotřebiče, u kterých by měl sebemenší výpadek elektrické energie fatální následky. Patří sem osvětlení operačních sálů.

Východisko priorit obvodů

Priorita obvodů vyplývá z aplikace požadavků dle typu místnosti, které řeší norma ČSN 33 2000-7-710.

- Požadavek P1 – umístění přípojnice doplňujícího ochranného pospojování
- Požadavek P2 – stanovení maximální hodnoty odporu ochranných vodičů (skupina 1 max. $0,7 \Omega$ a skupina 2 max. $0,2\Omega$)
- Požadavek P3 – omezení dotykového napětí v místnostech určeným k přímým zásahům na srdci
- Požadavek P4 - zvýšená ochrana proudovými chrániči
- Požadavek P5 – instalace ZIS
- Požadavek P6 – ochrana oddělením obvodů
- Požadavek P7 – ochrana bezpečným napětím
- Požadavek GE – zajištění dodávky el. energie z náhradního zdroje do 120 s ve všech místnostech pro lékařské účely a dalších prostorách JIP a operačního traktu při výpadku základního zdroje
- Požadavek E1, E2 – napájení zdravotnických přístrojů, nahrazujících nebo podporujících základní životní funkce (E1) - obnovení dodávky elektrické energie do 15 sec při výpadku základního zdroje. Pro napájení operačních svítidel (E2) obnovení dodávky elektrické energie do 0,5 sec při výpadku základního zdroje. Pro oba požadavky se používá společného zdroje v provozu „ONLINE“ (bez přerušování napájení). Tento požadavek je tedy pro připojení na UPS, které běží paralelně se sítí (zapojení se synchronizací fází).
- Požadavek A – ochrana proti účinku statické elektřiny (pokládání elektrostaticky vodivé podlahy a pospojování všech vodivých předmětů s uzemňovací přípojnici)
- Požadavek I – ochrana před rušivými účinky elektromagnetických polí (místnost má kovový povrch a jsou použita svítidla výhradně s elektronickým předřadníkem). [18], [27]

Tab. 1 – Příklad rozdělení požadavků vybraných místností

Typy místností	Požadavek											
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	GE	E1	E2	A	I
1. Všeobecné vyšetřovny	a	c		c				c				
2. Zákrokové sály	a	a	c	a	c			c		c	a	
3. Sádrovny	a	c		c				c				
4. specializované vyšetřovny	a	a		a	c		c	c				
5. Radiologie	a	a		a				c		c	a	
6. Hydroterapie	a	a		a		c		c				
7. Lůžkové pokoje	a	c		c				c				
8. Operační a sterilizační místnosti	a	a		a				c				
9. Porodní sály	a	a	c	b	a			c		c	a	
10. Operační sály	a	a	a	b	a			a	c	a	a	a
11. Místnost intenzivní péče	a	a	c	b	a			a	c	c	a	c
12. Endoskopické vyšetřovny	a	a		a	c		c	c		c		

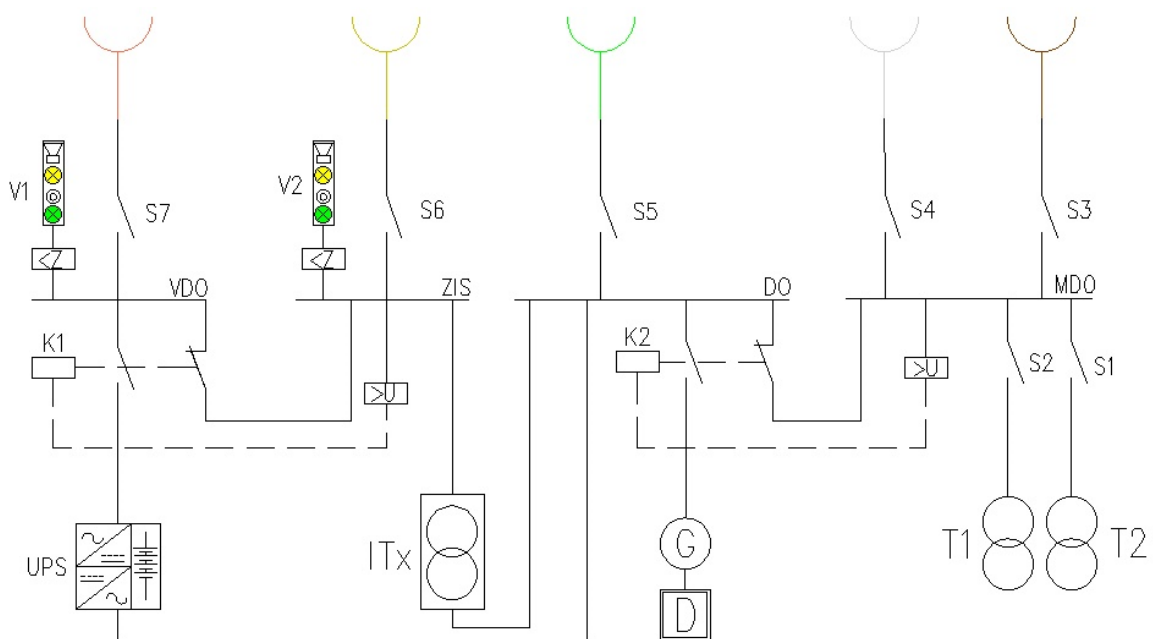
a – závazný požadavek

b – závazný požadavek pro přístroje specifikované v normě ČSN 33 21 40

c – doporučený požadavek

[24]

Způsob zajištění napájení dle priorit



Obr. 5 – Schéma napájení obvodů

Blok >U se stará o vyhodnocení výpadku nebo podpětí mimo toleranční mez a dává impuls pro rozběh generátoru dieselaagregátu D a následnému připojení generátoru G k obvodům DO a ZIS (VDO) pomocí stykače K2. Vzájemné spojení se sítí je v našem případě nežádoucí (napájení záložními zdroji pro nás znamená provoz v ostrovním režimu), napájení z G a základních zdrojů (transformátoru T1 a transformátoru T2) je vzájemně blokováno. Jelikož náběh D je z hlediska požadavků VDO pomalý, jsou obvody VDO připojeny na jednotku UPS, která je schopna v případě ztráty napájení na ZIS dodat energii hned, a to po dobu naběhnutí hlavních záložních zdrojů (ztráta napájení na VDO s požadavkem E2 je max. 0,5s). O přepínání záložních zdrojů se stará vyhodnocovací jednotka >U, která ovládá stykač K1. Opět kvůli možnosti špatné synchronizace je napájení UPS vzájemně blokováno s napájením z hlavního záložního zdroje. V případě používání kogenerační jednotky jako dalšího záložního zdroje, se musí zajistit správný sled fází pomocí synchroskopů s automatickým řízením, které jsou schopny zajistit synchronizaci napájecí soustavy v objektu.

Bloky V1 a V2 představují panely pro optickou a akustickou výstrahu obsluhy při poklesu impedance pod kritickou mez a jsou zobrazeny na obr. 7. Bloky <Z představují měření impedance obvodů v reálném čase a blok ITx představuje oddělovací transformátor. Více informací o ZIS je v odstavci 3.2.2. Jištění představují pak značky S1-S7.

Barevné značení zásuvek

Zajištění napájení jednotlivých obvodů naznačuje obrázek 6. Je důležité mít VDO, DO, MDO řádně označené, proto se ve zdravotnických zařízeních používají barevné zásuvky, kde jednotlivé barvy vyjadřují, jaká priorita je zásuvce určena, a tedy jestli za určitého poruchového stavu je schopna napájet zařízení. Barevné značení pak usnadňuje personálu správné užívání elektroinstalace.

Oranžové zásuvky – jsou zásuvky, kterým je určena priorita VDO a nesou označení V. Jsou jediné, které jsou při rozsáhlé závadě v provozu, ale pouze na omezenou dobu, než se vybije náhradní zdroj. Využívají všechny možnosti napájení, kterými jsou záložní zdroj a agregát. Tyto zásuvky musí mít obnoveno napájení do 15 s, protože nouzový zdroj napájení VDO má omezený výkon. Oranžové zásuvky jsou používány pro zdravotnické přístroje zajišťující životní funkce, IT systémy a spotřebiče, u kterých by výpadek narušil

chod nemocnice nebo způsobil nenahraditelné škody. Pro plné využití výhod oranžových zásuvek je potřeba zajistit nepřetížitelnost. [12]

Žluté zásuvky – písmenné označení je Z a přiřazená priorita VDO. Takto označené zásuvky jsou připojeny na izolovanou soustavu. Jsou zde tedy připojeny takové přístroje, u kterých by nám vadilo, že v případě závady by byly odpojeny. [12]

Zelené zásuvky – označují se písmenem D a mají prioritu DO. Slouží pro připojení přístrojů, u kterých výpadek nezpůsobí ohrožení života či újmu na zdraví pacientů či materiální škody. Na těchto zásuvkových vývodech dochází k obnově napájení maximálně do 2 minut. V bezporuchovém stavu jsou napájeny ze základního zdroje a v případě výpadku jsou zálohovány dieselaagregátem. [12]

Hnědé zásuvky – písmenné značení je MF a jejich priorita je MDO. Tyto zásuvky jsou připojeny přes proudový chránič s reziduálním proudem 30 mA. Slouží pro připojení spotřebičů, které přichází do kontaktu s pacientem. Vzhledem k novelizaci norem ČSN 33 2000-4-41 ed. 2, ČSN 33 2130 ed. 2 tyto zásuvky postrádají u nových nemocnic smysl, protože dle uvedených norem musí být všechny jednofázové okruhy do 20A a třífázové okruhy do 32A připojeny přes chránič s reziduálním proudem 30 mA. Třífázové okruhy s proudem nad 32A se pak připojují přes chránič s reziduálním proudem 100 mA. [12]

Bílé zásuvky – značení těchto zásuvek je písmenem M a jejich priorita je MDO. Jsou napájeny pouze základním zdrojem, nemají tedy žádný záložní zdroj. Ochranu proti úrazu elektrickým proudem mají pouze základní. Slouží především k připojení údržbářských přístrojů či strojů a dalších spotřebičů jako jsou rádia, televize, vařiče, ledničky, atd. Jen v mimořádných situacích slouží pro spotřebiče, které by byly jinak připojeny na zelených, oranžových či hnědých zásuvkách. [12]

Můžou se vyskytnout i další zásuvky s různými barvami, kde bude mít každá své specifické vlastnosti a užití. Pro přehlednost a celkem jednoduchou zapamatovatelnost se ale nejčastěji užívají pouze výše uvedené barvy.

Spotřebiče můžou mít barevné vidlice dle výše uvedených barev, a tak je obsluze vizuálně doporučena nejvhodnější volba napájení. [12]

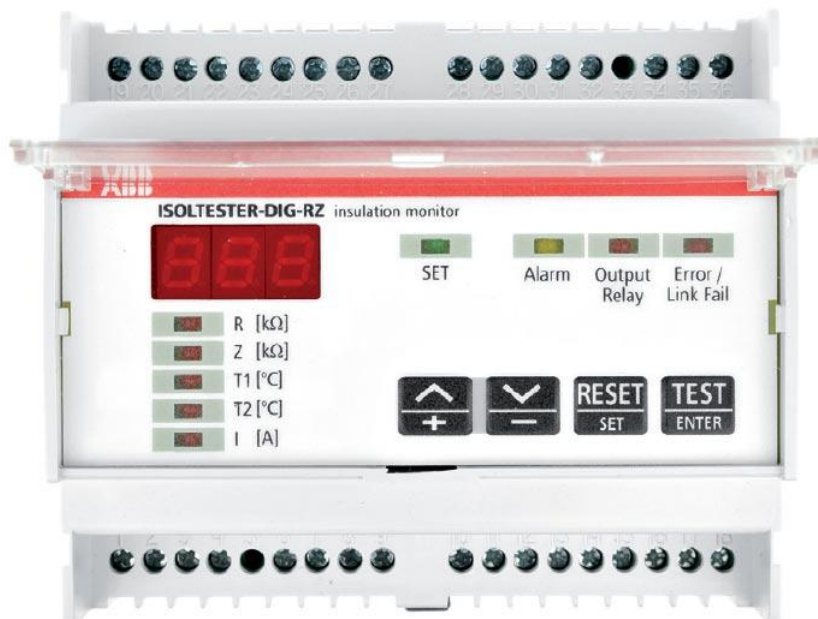
Zdravotnická izolovaná soustava (ZIS)

Izolovaná soustava nám přináší jednu velkou výhodu, a to, že takovou soustavu můžeme provozovat i za poruchy v izolaci, protože žádná živá část není přímo spojena se zemí a tak má proti zemi nulový potenciál. V uzemněných sítích přímé spojení živé části se zemí při závadě v izolaci znamená vytvoření zkratového proudu a tím i odpojení obvodu, což si nemůžeme v některých aplikacích ve zdravotních zařízeních dovolit. Při poruše místo velkého poruchového proudu teče jen malý svodový proud způsobený kapacitou mezi živou částí a zemí. [14]

ZIS je napájena pomocí oddělovacího transformátoru nebo z nezávislého zdroje. Obvod není jistěn klasickými ochranami (jistič, proudový chránič), ale je zde přítomno neustálé měření a monitorování stavu izolace pomocí HIS. HIS je umístěn v místě trvalé obsluhy a indikuje 3 stavy. [15]

- Bezporuchový stav - svítí zelená kontrolka (přítomnost napájecího napětí)
- Přetížení sítě – svítí červená kontrolka (přítomnost nadproudu, přehřátí oddělovacího transformátoru)
- Snížení izolačního odporu pod kritickou mez – svítí žlutá kontrolka (odpor izolační soustavy klesl pod 50 k Ω)

Při stavu přetížení nebo snížení izolačního odporu je obsluha upozorněna i akusticky, přičemž toto upozornění lze vypnout, ale světelné indikace lze vypnout až po odstranění poruchy. [15]



Obr 6 – Digitální HIS [15]

Oddělovací transformátor musí být umístěn co nejblíže k místu, kde vytváříme izolovanou síť (max. 25 m), takže je nejčastěji umisťován do podružných rozvaděčů přímo na odděleních. Unikající proud výstupního vinutí, proud krytem při jmenovitém napětí a frekvenci bez zátěže nesmí překročit 0,5 mA. [13]

Výkon oddělovacích transformátorů se pohybuje od 0,5 kVA do 10 kVA. V případě požadavku na třífázovou síť se musí použít třífázový transformátor, nikoliv 3 jednofázové. V případě potřeby vyššího výkonu je potřeba založit novou ZIS, protože nemůžeme dle normy zapojit transformátory paralelně. [13]

Přednosti ZIS

- Spolehlivější provoz (trvalé hlídání stavu izolace, možnost provozu při poruše, okamžité upozornění závady)
- Větší požární bezpečnost (degradace izolace je zjištěna v počátečním stavu, zamezení vniku el. oblouku, možnost separátního hlídání zařízení s vyšším rizikem výbuchu nebo požáru)
- Zemnicí soustava může mít větší impedanci
- Menší riziko úrazu el. proudem [14]

Rozdělení obvodů pro objekt a jejich instalovaný výkon

Obvody	Zdroj	
	Transformátory	Kogenerační jednotka
	P_i [KW]	P_i [KW]
Zdravotnická technologie	800	-
Um. osvětlení, zásuvky	400	-
Vzduchotechnika, chlazení	660	-
Ústřední vytápění, zdravotní technika	150	-
Výtahy	-	80
Prádelna	-	40
Kuchyně	-	470
Ostatní (venkovní osvětlení, heliport, tlaková stanice, atd.)	-	50
Rezerva	100	100

Tab. 1 – Rozdělení obvodů pro objekt

Jelikož transformátory se jeví jako spolehlivější zdroj energie (nevzniká tam kinetická energie, nic se nespaluje), připojujeme na ně důležitější obvody.

Z obvodů pak vybíráme důležité přístroje, kterým bude učena priorita napájení a podle přiřazené priority budou zálohovány. Rezervu výkonu stanovujeme vždy, a to například pro mimořádné případy. Pro dimenzování hlavních zdrojů (transformátory, kogenerační jednotka) je potřeba ještě vypočítat energetickou bilanci, protože zdroje by byly podle instalovaného výkonu zbytečně předdimenzované.

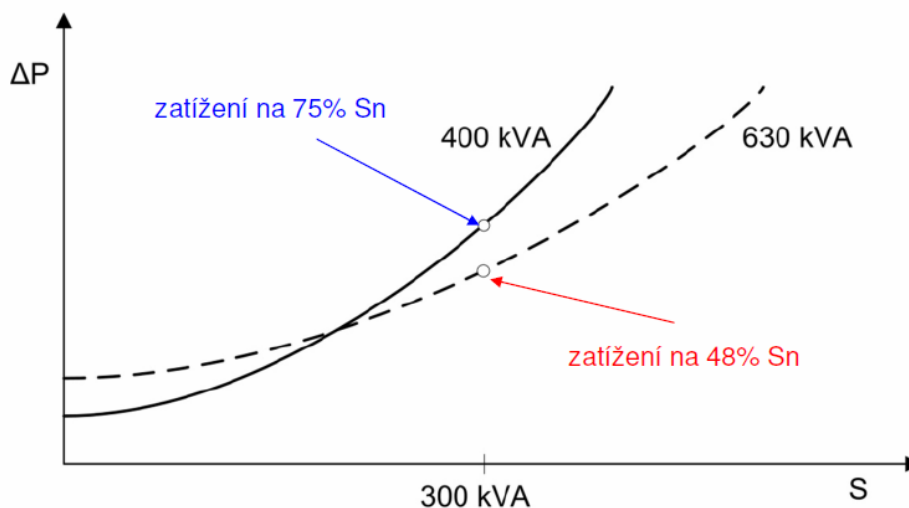
Dimenzování hlavních zdrojů pro objekt

Dimenzování hlavních zdrojů je důležitá část návrhu a může nám ušetřit nemalou peněžní částku už při pořizování zdrojů a dále při jejich dlouhodobém provozu. Přílišné naddimenzování by vedlo ke zbytečně vysokým nákladům a využití zdrojů by nebylo tak efektivní. Poddimenzování by pak mohlo vést k výpadkům kvůli přetížení.

Nemocnici je vhodné napájet alespoň z 2 transformátorů, aby v případě poruchy mohl fungovat alespoň jeden, přičemž ve většině případů by byl podporován ještě kogenerační jednotkou, která běží za normálního provozu paralelně s transformátory. Transformátory volíme stejného typu (stejně napětí nakrátko u_k – eliminace toku vyrovnávacích proudů). Dále volíme transformátor výkonově o třídu výš, protože z hlediska ztrát je to výhodné

(viz. obr. 7) a vyšší počáteční investice se nám pro určité době provozu vrátí.

U kogenerační jednotky je hlavní kritérium výběru vyrobené teplo, takže řešení ztrát v generátoru je až druhořadé. Hlavní je generátor nepřetížít, protože bychom mohli soustrojí poškodit jak v elektrické části, tak i v mechanické.



Obr. 7 – Graf ztrát transformátorů [2]

Výpočet ztrátového výkonu transformátoru v případě vytížení na 75% S_N .

$$P_{K75} = 3 \cdot R_K \cdot 0,75 \cdot I_N^2 \text{ [W]} \quad (3.4)$$

Kde R_K je odpor primárního a sekundárního vinutí.

Výpočet energetické bilance objektu

Energetická bilance

Energetická bilance se nepočítá jen v oblasti elektro, ale například i v oblasti stavebnictví, kde se počítá například energetická bilance tepla.

Energetická bilance v oblasti elektro vyjadřuje skutečné využití instalovaného výkonu a slouží pro dimenzování základních i záložních zdrojů, průřezu vodičů, velikosti pojistek a jističů. Jinými slovy představuje souhrn elektrických potřeb elektrické energie v rámci stavebního objektu.

Vstupní hodnoty pro stanovení energetické bilance

Instalovaný (jmenovitý) výkon P_i

Tj. suma výkonů všech spotřebičů bez ohledu na četnost jejich používání.

$$P_i = \sum_{n=1}^n P_n [W] \quad (4.2.1)$$

n – počet spotřebičů [-]

P_n – příkon n -tého spotřebiče [W]

Hodinové maximum odběru elektrické energie v období celého roku P_{\max}

Jedná se o maximální naměřenou hodnotu odebraného výkonu. Měření může být realizováno regulátorem čtvrt hodinového maxima, který umožňuje naměřené hodnoty ukládat do paměti nebo při předběžném návrhu může být určeno z provozu podobného charakteru. [8]

Součinitel současnosti k_s

Číslo udávající poměr instalovaných výkonů spotřebičů, které jsou současně v chodu k instalovanému výkonu všech spotřebičů. Nabývá hodnot $< 0,1 >$.

$$k_s = \frac{P_{ip}}{P_i} [-] \quad (4.2.3)$$

P_{ip} – instalovaný výkon všech spotřebičů, které jsou současně v provozu [W] [8]

Součinitel využití k_z

Tj. poměr skutečného výkonu spotřebičů, které jsou současně v provozu k jejich instalovanému výkonu. Nabývá hodnot $< 0,1 >$.

$$k_z = \frac{P_{vp}}{P_{ip}} [-] \quad (4.2.4)$$

P_{vp} – skutečný výkon všech spotřebičů, které jsou současně v chodu [W] [8]

Součinitel náročnosti β

V případě výpočtu potřebujeme výše uvedené veličiny. Nabývá hodnot $< 0,1 >$. Jedná se o bezrozměrné číslo vyjadřující pravděpodobnost současně pracujících spotřebičů v seskupení. [8]

β lze určit třemi způsoby:

- U stávajících staveb s možností měření odběru po celý rok (určení z odběrového diagramu). [8]

$$\beta = \frac{P_{max}}{P_i} [-] \quad (4.2.5.1)$$

- Při návrhu nových staveb, kde je k dispozici seznam hlavních spotřebičů a způsob jakým jsou provozovány. [8]

$$\beta = \frac{k_s \cdot k_z}{\eta_m \cdot \eta_s} [-] \quad (4.2.5.2)$$

η_m – účinnost spotřebičů v daném využití

η_s – účinnost napájecí soustavy od uvažovaného místa až ke spotřebičům

- V případě, že nemáme podklady pro určení součinitele náročnosti β , můžeme β určit odhadem na základě podobného objektu v daném odvětví nebo využít tabulek normy ČSN 34 1610. [8]

Výpočtové zatížení P_p

Určuje maximální možný odběr skupiny obvodů (např. výtahy, osvětlení, kuchyně).

$$P_p = P_i \cdot \beta \text{ [W]} \quad (4.2.6)$$

Maximální současný příkon vztažený k jednotlivým zdrojům P_{smax}

Vyjadřuje, jaký maximální odběr může nastat. Podle tohoto výsledku jsou dimenzovány veškeré zdroje.

$$P_{smax} = P_p \cdot \beta_p \text{ [W]} \quad (4.2.7)$$

β_p – nesoudobost mezi skupinami odběrů (většinou určeno z tabulek nebo měření odběru podobného zařízení)

Praktický výpočet z odběrového diagramu

Pro názornost uvedu nejmenší odběr z uvedených obvodů v tabulce (prádelna).

Číslo	Spotřebič	Výkon [kW]
1	Sušička	8
2	Sušička	6
3	Odstředivka	2
4	Odstředivka	2,5
5	Pračka	3
6	Pračka	3
7	Pračka	4,5
8	Pračka	5
9	Žehlicí automat	3
10	Žehlicí automat	3

Tab. 2 – Seznam spotřebičů prádelny

Výpočet instalovaného výkonu

Dosazením výkonu spotřebičů do rovnice 4.2.1 dostaneme:

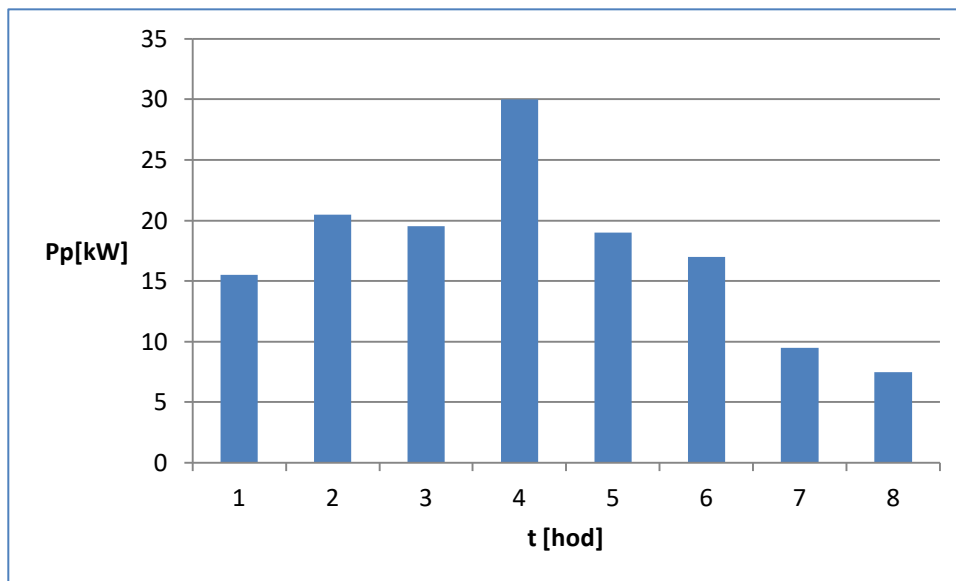
$$P_i = \sum_{n=1}^n P_n = 8 + 6 + 2 + 2,5 + 3 + 3 + 4,5 + 5 + 3 + 3 = 40 \text{ kW}$$

Spotřebič	Čas [hod]							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	4	8	8	3	3	2
2	0	4	6	3	2	0	3	4
3	0	2	1,5	2	2	1,5	0	0
4	0	2,5	2	1	0	2,5	1,5	0
5	3	1,5	2	2	1	2	0	0
6	3	1	1	2	0	2	0	0
7	4,5	4,5	3	3,5	0	0	0	0
8	5	5	0	2,5	0	0	0	0
9	0	0	0	3	3	3	1,5	1
10	0	0	0	3	3	3	1	0,5
P_{ip}[kW]	20,5	29	24	40	25	30,5	18,5	20
P_p[kW]	15,5	20,5	19,5	30	19	17	9,5	7,5

Tab. 3 – Seznam spotřebičů prádelny

Z průběhů můžeme stanovit i instalovaný výkon všech spotřebičů, které jsou současně v provozu P_{ip}

$$P_{ip} = \sum_{n=1}^n P_n = 8 + 6 + 2 + 2,5 + 3 + 3 + 4,5 + 5 = 29 \text{ kW}$$



Obr. 8 – Průběh zatížení P_p prádelny během směny

Získanou nejvyšší naměřenou hodnotu výkonu dosadíme do vzorce 4.2.5.1 a dostaneme součinitel náročnosti β .

$$\beta = \frac{P_{max}}{P_i} = \frac{30}{40} = 0,75[-]$$

Odběr	Základní zdroj – napájení MDO					
	Transformátory			Kogenerační jednotka		
	P_i [KW]	β	P_p [KW]	P_i [KW]	β	P_p [KW]
Zdravotnická technologie	800	0,6	480	-	-	-
Um. osvětlení, zásuvky	400	0,6	240	-	-	-
Vzduchotechnika, chlazení	660	0,75	550	-	-	-
Ústřední vytápění, zdravotní technika	150	0,6	90	-	-	-
Výtahy	-	-	-	80	0,75	60
Prádelna	-	-	-	40	0,75	30
Kuchyně	-	-	-	470	0,6	280
Ostatní (venkovní osvětlení, heliport, tlaková stanice, atd.)	-	-	-	50	0,8	40
Rezerva	100	0,8	80	100	0,8	80
MEZISOUČET	2.110		1.440	740		490
β_p		0,7			0,7	
P_{smax}			<u>1.000</u>			<u>340</u>

Tab. 4. – Přehled výkonů na obvodech

Metodika přechodu na krizové napájení

Dle charakteru a rozsahu krizového stavu přizpůsobujeme metodiku. Existují havarijní a krizové plány zpracovány krizovými organizacemi, podle kterých bychom se měli řídit. Krizové situace energetického charakteru obvykle potřebujeme vyřešit co nejdříve, protože dochází k nežádoucímu omezení provozu. Pro zvládnutí krizových situací zřizujeme velíny, systém EMOFF a kontaktní místa.

Krizový stav vnitřní příčiny

Příčina a důsledky

Takový stav může být způsoben poruchou vnitřní elektroinstalace nebo některého přístroje v důsledku poruch, požáru, záplav atd. Za krizový stav nepokládáme drobné závady na elektroinstalaci a elektrických strojích/přístrojích. Důsledky se pro nás liší dle místa a rozsahu škod. Můžeme být odkázáni na záložní napájení, protože máme požár v trafostanici nebo strojovně nebo je zasažen pouze rozvaděč některého oddělení. Druhů

vnitřních krizových stavů je opravdu mnoho a je potřeba všechny včasné řešit a při tom dbát na péči o pacienty.

Řešení

Při velkém rozsahu škod (záplava, větší požár) se snažíme pacienty přemístit do jiných zdravotnických zařízení nebo do nepostižené části areálu. Kdyby se jednalo o poruchu vnitřní trafostanice, museli bychom situaci řešit dostupnými záložními zdroji. V mém příkladu nemocnice bychom použili dieselaagregát, kogenerační jednotku, UPS. V tomto případě bychom použili všechny zálohy na maximum (Dieselaagregát, kogenerační jednotka) a z těchto zdrojů by byla zároveň dobíjena UPS. Omezení je pak závislé na velikosti instalovaného výkonu nouzových zdrojů, kdy v mém případě je to cca 46 % omezení. Takové napájení je možné udržet po dobu obnovení primárního zdroje elektrické energie, protože pro takový případ je zajištěn stálý přísun nafty a plynu. Omezení se týká hlavně obvodů MDO (zdravotnická technologie 12,5 %; umělé osvětlení 44 %; vzduchotechnika 82 %; ústřední vytápění a zdravotní technika 56 %; výtahy 33 %; prádelna 100 %; kuchyně 86 %; venkovní osvětlení, heliport, tlaková stanice 75 %).

Dále například při poruše přívodu rozvaděče nebo totálního selhání záložních zdrojů postrádám zásuvku pro napojení malé elektrocentrály do podružných rozvaděčů (například rozvaděče jednoho oddělení). Alespoň částečné obnovení napájení VDO a DO pomocí malých elektrocentrál (4 KW), které vlastní každá hasičská jednotka nebo by jich bylo několik ve vlastnictví nemocnice s ohledem na její velikost (dáno například vyhláškou), by bylo pro svou rychlost elegantní. Tyto zásuvky by představovaly přípojku vnějšího zdroje elektrického proudu rozvaděče a měly by své barevné značení například modrou barvou a příslušný připojovací kabel by byl umístěn v krytu u rozvaděče. Zástrčky na obou koncích kabelu by byly opatřeny ochrannou krytkou, která by se odstranila bezprostředně před připojením.

V případě totálního selhání náhradních zdrojů mají hasičské jednotky větších měst k dispozici elektrocentrály EC30 (30 kVA) a roty záchranných útvarů HZS ČR ve Zbirohu a Hlučíně energokontejnery EC400 (400 kVA) popisované již v odstavci 1.3.1. Tudíž selhání náhradních zdrojů má fatální následky a plnohodnotnou náhradu za záložní zdroje nemáme k dispozici v řádech hodin. [25]

Krizový stav vnější příčiny

Příčina a důsledky

Krizové stavy vnějšího charakteru jsou pro nás častější, protože mohou nastat z mnoha důvodů (přerušené vedení kvůli kalamitám a přírodním živlům, poruchy na rozvodnách, blackout). Ať už je důvod přerušení dodávky energií jakýkoliv, vede k odkázání nemocnice na své záložní zdroje, případně na pomoc z nepostižených oblastí.

Řešení

Oba krizové stavy mohou mít podobné nebo stejné důsledky, proto si můžeme řešení lokálního krátkodobého výpadku dovolit řešit jako v předchozím případě.

V případě výpadku elektrického proudu a tím pádem i přísunu plynu a vody v delším časovém horizontu nastává velmi kritická situace, kdy je potřeba omezit spotřebu na minimální hodnotu nutnou pro chod nemocnice tak, aby mohla plnit svoji funkci (poskytování nezbytné zdravotní péče). Zde mohou nastat ještě další kritické scénáře, kdy nebude zajištěna dodávka nafty (případ blackoutu a sněhové kalamity najednou). V takovém případě už počítáme každou spotřebovanou kilowatthodinu. Pro takové případy je řešením pacienty shromáždit do co nejméně místností (ušetření energie za teplo a světlo) – zřízení tzv. kontaktního místa. Zde by stálo za uvážení si stanovit úroveň závažnosti situací a postavit na nich havarijní/krizový plán. Z energetického hlediska by se jednalo o sestavení automatiky, kdy by dispečer z řídicího centra na základě dostupných informací z ministerstva zdravotnictví (vnitřně) vyhodnotil závažnost situace a do systému ji nahrál nebo by to probíhalo na základě GSM brány přímo z ministerstva a proces by byl plně automatizován. Personál by byl akusticky a vizuálně informován a řídil by se dle havarijního/krizového plánu. Úroveň závažnosti by se stanovila z doby potřebné pro obnovení dodávek energií. [26]

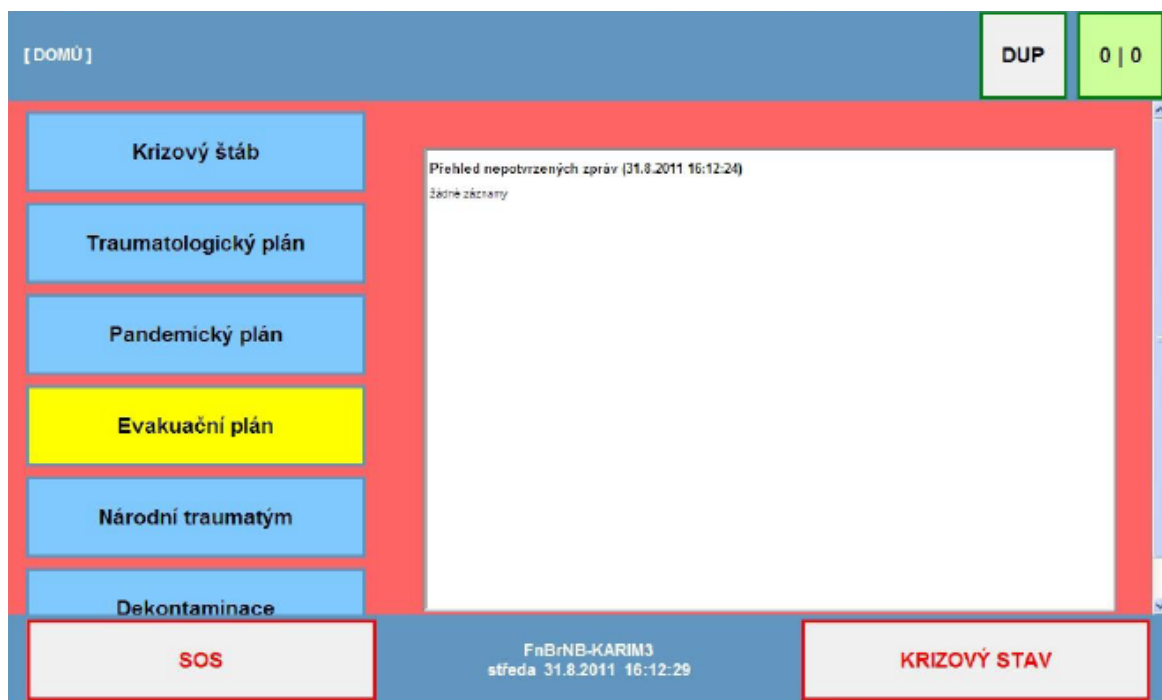
V případě mého příkladu nemocnice by byla naprogramována automatika, kdy při ztrátě primárních zdrojů a vyhlášení nejvyššího stupně krizové situace by bylo zajištěno postupné ubírání výkonu v souladu s krizovým plánem. Zde bude rozhodující čas na přesun pacientů, včetně všech potřebných přístrojů, do kontaktního místa. K urychlení přesunu by bylo možné pomocí nouzových světel korigovat cesty ke kontaktnímu místu, a to například jejich blikáním.

Řešení krizových situací při bezporuchovém provozu

Krizová situace nastává také při hromadném neštěstí. Nemocnice pak musí zvládnout velký příjem pacientů. Pro zvýšení efektivity personálu a rychlého jednání se využívá systém EMOFF.

System EMOFF

Tento softwarový nástroj slouží v normálním provozu pro plánování služeb, dynamickou tvorbu týmů, týmové a individuální vyrozumění a jejich monitorace, řízené svolávání personálu mimo službu, datové propojení s dalšími objekty (například s FN). V případě krizové situace umožňuje rychlé svolávání personálu a urychluje příjem a koordinaci pacientů. Velká přednost tohoto systému je jeho přehlednost a rychlost zadávání. [16], [17]



Obr.8 – Ukázka systému EMOFF [17]

Způsoby pro přechod na krizové napájení a jeho simulace

Pro hasičské zkoušky probíhající jednou ročně se používá hlavní vypínač umístěný v rozvodně VN. Tak je možné simulovat krizový stav.

Další možností je spuštění přes programovatelnou řídicí jednotku, která řídí činnost soustrojí a sleduje důležité provozní veličiny motoru. Řídicí jednotka umožňuje práci soustrojí v automatickém, ručním a zkušebním provozu.

Pro naši problematiku je důležitý automatický start soustrojí. Řídící automatika provádí automatický start soustrojí na základě signálu o ztrátě napětí v síti a programové odstavení soustrojí po obnovení napětí v síti. Zároveň ovládá spínání sítě a jističe generátoru.

Návrh velikosti náhradního zdroje

Výpočet velikosti výkonu náhradního zdroje

Pro výpočet velikosti náhradních zdrojů pak ještě počítáme s koeficientem soudobosti mezi skupinami odběrů. Tento koeficient je v předběžném návrhu těžko předvídatelný, a tak se využívá odběrových diagramů podobných objektů anebo ho stanovujeme z normy ČSN 34 1610 a ČSN EN 61439. [19]

Odběr	NÁHRADNÍ ZDROJ (DO)						NOUZOVÝ ZDORJ E1, E2 (VDO)		
	Dieselagragát			Kogenerační jednotka			UPS		
	P_i [KW]	β	P_p [KW]	P_i [KW]	β	P_p [KW]	P_i [KW]	β	P_p [KW]
Zdravotnická technologie	450	0,8	370	-	-	-	50	1,0	50
Um. osvětlení, zásuvky	150	0,7	100	-	-	-	10	1,0	10
Vzduchotechnika, chlazení	-	-	-	100	1,0	100	-	-	-
Ústřední vytápění, zdravotní technika	-	-	-	40	1,0	40	-	-	-
Výtahy	-	-	-	40	1,0	40	-	-	-
Prádelna	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kuchyně	-	-	-	50	0,8	40	-	-	-
Ostatní (venkovní osvětlení, heliport, tlaková stanice, atd.)	-	-	-	20	0,5	10	-	-	-
Rezerva	100	0,8	80	100	0,8	80	20	0,5	10
MEZISOUČET	700		550	350		310	80		70
β_p		0,75			0,8			0,8	
P_{smax}			415			250			60

Tab. 5 – Přehled zálohovaných obvodů včetně výkonů záložních zdrojů

Výběr náhradních zdrojů a jejich klíčové parametry

Důležité parametry záložních zdrojů pro návrh nouzového napájení:

- Činný Výkon
- Zdánlivý výkon
- Napětí
- Frekvence
- Spotřeba
- Účinnost
- cena

Při návrhu celé strojovny zařízení se pak musí uvažovat odvádění vyzářeného tepla, zajištění provozních kapalin, ochrany proti přetížení atd.. Toto je však už nad rámec této bakalářské práce.

Volby příslušných zdrojů:

Dieselagregát GP 560 S-P (motor Volvo Penta) – údaje z datasheetu jsou uvedeny v tabulce 6. [20]

Maximální jalový výkon	550 kVA
Jmenovitý jalový výkon	500 kVA
Maximální činný výkon	440 kW
Jmenovitý činný výkon	400 kW
Frekvence	50 Hz
Napětí	400/230 V
Účinnost	0,8
Spotřeba nafty při 75% zatížení	77,1 l/h
Spotřeba při chodu naprázdno	36 l/h

Tab. 6 – Technické parametry dieselagregátu

V nabídce byly 3 poháněcí motory, přičemž se v praxi nejvíce osvědčují motory Volvo pro svou spolehlivost a také vynikají nejmenší spotřebou.

Velikost nádrže paliva si můžeme volit už od 490 litrů, musíme mít ale na paměti, že nafta časem degraduje, a tak dimenzování nádrže musí být i ekonomicky výhodné. Většinou se instalují nádrže o objemu 1000 l.

Kogenerační jednotka Tedom Cento 410 – údaje z datasheetu jsou uvedeny v tabulce 7

U kogenerační jednotky je primárním parametrem vytvářené teplo a až druhořadý je výkon

elektrický, proto při výběru kogenerační jednotky se musíme přizpůsobit požadavkům na vytápění. [21], [22]

Jmenovitý jalový výkon	500 kVA
Jmenovitý činný výkon	400 kW
Frekvence	50 Hz
Napětí	400/230 V
Účinník	1
Spotřeba plynu při 75% zatížení	83 m ³ /h

Tab. 7 – Technické parametry generátoru (47.2 M7) kogenerační jednotky

Česká republika sice disponuje velkými zásobníky zemního plynu, cca 3 miliardy m³, ale na jeho dodávku v případě blackoutu se spoléhat nemůžeme. Proto je na místě mít v případě využívání kogenerační jednotky nějaké zásobníky k dispozici. V zásobníku 17 m³, který se běžně prodává, lze uložit v kapalně podobě 4420 m³ zemního plynu.

UPS AVARA multi 80 – Technické parametry v tabulce 8 [23]

Max. zdánlivý výkon	80 kVA
Max. činný výkon	72 kVA
Doba zálohy (typická zátěž)	113 min
Doba zálohy (maximální zátěž)	63 min
Provozní napájecí napětí	400/230 V
Rozsah napětí	180-264 V
Výstupní účinník	0,9
Frekvence	40-72 Hz
Doba nabití	6 h

Tab. 8 – Technické parametry UPS

Omezení v krizových situacích

Pro přehlednost zdrojů a jejich spotřeby, zásoby paliva a akumulované energie je vytvořena tabulka tab. 9.

Zdroj	Zásoby paliva	baterie	spotřeba	Doba chodu při Zatížení 75%
Dieselagregát	1000 l	-	77,1 l/hod	12 h 58 min
Kogenerační jednotka	4420 m ³	-	83 m ³ /h	53 h 15 min
UPS	-	72 kW	-	1 h 53 min

Tab. 9 – Přehled spotřeby a doby provozu záložních zdrojů

Z tabulky je patrné, že při 75% zatížení záložních zdrojů můžeme krýt spotřebu 90,6 %

spotřebičů zapojených v DO a VDO po dobu skoro 13 hodin, než by došla nafta dieselaagregátu. Poté by nám zbyl už jen plyn v zásobníku, kde při 75% vytížení kogenerační jednotky by poskytovala výkon 300 kW (omezení spotřeby o 59 %) po zbývajících dobu 40 h 43 minut. energii v UPS si uchováváme po celou dobu běhu záložních zdrojů, protože je zbytečné s ní krýt spotřebu určenou pro dieselaagregát a kogenerační jednotku, jelikož by se nám do 63 minut vybila a záložní zdroje by odlehčila nepatrně. Při omezování výkonů by se musela pracoviště shluknout do určité části nemocnice, nejlépe tam, kde je zřízené kontaktní místo. Čas 12 h 58 min je pro tento přesun a zařízení provizorních pracovišť dostatečný. Stažení výkonu by se pak týkalo obvodů DO v osvětlení, výtahů, zdravotnické technologie, vzduchotechniky a rezervy.

Závěr

Dnešní úroveň zdravotnictví má úplně jinou podobu, než která byla například před 40 lety. S vývojem polovodičové techniky, která se úspěšně v oblasti zdravotnictví používá, rostou nároky na neustálý přísun elektrické energie. I přes poměrně vysokou kvalitu naší přenosové a distribuční soustavy se můžou vyskytnout závady, v důsledku kterých se nemocnice může ocitnout bez přísunu elektrické energie. Vzhledem k tomu, že prioritou nemocnic je péče o lidské zdraví, je třeba jejich chod zabezpečit tak, aby byly připravené na případné krizové situace, které mohou nastat.

V průběhu psaní této bakalářské práce jsem se proto zabýval krizovými situacemi, které mohou postihnout zdravotnická zařízení, a jejich řešením. Pro své výpočty a závěry jsem si vytvořil fiktivní nemocnici. Mým hlavním úkolem bylo navrhnout řešení pro krizové situace z energetického hlediska. Zdravotnická zařízení se ale mohou dostat do krizové situace i z jiných důvodů. Těmto situacím se pak z technického hlediska také klade pozornost, neboť nám určité softwarové pomůcky mohou pomoci k jejich efektivnímu řešení.

S rostoucím počtem napsaných řádků rostl i můj rozhled o krizovém řízení ve zdravotnictví, přičemž mě napadaly různé varianty, jak takové situace řešit. Nedá se říci, že reálných řešení je málo, ale zdaleka ne všechna řešení jsou z hlediska krizové připravenosti nemocnice vhodná.

Z mého pohledu jsou naše zdravotnická zařízení obstojně připravena krizové situace řešit, a to díky síti záchranných útvarů a samotných jednotek HZS. Postrádám pouze dobře navržené krizové plány samotných nemocnic, které by řešily regulační zásahy v případě úplného odříznutí nemocnice od dodávek energií potřebných pro jejich funkci.

Zhodnocení postupu

Na počátku jsem hledal vlastní příčiny, kvůli kterým se může zdravotnické zařízení do krizové situace dostat. Tyto příčiny jsem se pak snažil eliminovat nebo snížit jejich následky prostřednictvím dobře navrženého krizového řízení a samotné napájecí soustavy. Pro samotný návrh jsem využil získané teoretické znalosti o záložních zdrojích, samotném

ostrovním provozu a zdravotnických technologiích. Z analýzy poznatků vyplynulo, že se obvody musí řádně rozdělit dle požadavků. Rozdělením následně vyšla priorita napájení. Dalším stěžejním bodem bylo stanovení energetické bilance, pomocí které lze stanovit potřebný výkon pro napájení. Dosažený výsledek mě pak pomohl v zamyšlení se nad metodikou přechodu na krizové napájení a dále byl důležitý pro výběr adekvátních záložních zdrojů.

Všechny získané poznatky jsem se pak snažil zpracovat tak, aby i přes velké množství informací bylo vše stručné a přehledné.

Připomínky

Jedním z nástrojů pro určení energetické bilance je norma ČSN 34 1610. Její kvalita se odráží na délce platnosti, která letos dosáhne 54 let. Vzhledem k dynamickému rozvoji v oblasti energetiky by bylo jistě na místě tuto normu novelizovat.

Budoucí vývoj

Problematika krizového napájení je velmi rozsáhlá, a proto ji tato práce řeší jen z té nejdůležitější části, kterou je návrh záložních zdrojů.

Další vývoj bych proto viděl ve vytvoření regulačního rozboru, kde by následoval samotný návrh regulačních procesů a tím následnému prodloužení doby ostrovního provozu. Případně by se zde dala uvážit možnost napájení pomocí obnovitelných zdrojů.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Záložní zdroje elektrické energie: 1.díl: Úvod do problematiky. *OENERGETICE.cz* [online]. Jan Moravec, 2015 [cit. 2017-01-02]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/zalozni-zdroje-elektricke-energie-1-dil-uvod-do-problematiky/>
- [2] Přednášky z předmětu EE2 ak. rok 2016/217
- [3] Nouzové napájení budov elektrickou energií. *Elektro: časopis pro elektrotechniku* [online]. Praha: ELEKTRO. FCC PUBLIC, 2010 [cit. 2017-06-02]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/nouzove-napajeni-budov-elektrickou-energi--10641>
- [4] Rotační záložní zdroje elektrické energie: motorgenerátor a setrvačnick. *OENERGETICE.cz* [online]. Jan Moravec, 2016 [cit. 2017-03-02]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/elektroenergetika/rotacni-zalozni-zdroje-elektricke-energie-motorgenerator-setrvacnik/>
- [5] Čtvrthodinové maximum. *ELEKTRO: časopis pro elektrotechniku* [online]. Praha: František Majda, 2008 [cit. 2017-08-02]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/ctvrthodinove-maximum--12120>
- [6] HOLUBOVÁ, Františka. *Regulace spotřeby elektrické energie: Učební text VOŠ a SPŠ Kutná Hora* [online]. In: . 2016, s. 29 [cit. 2017-08-02]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/4975060-Regulace-spotreby-elektricke-energie-ucebni-text-vos-a-sps-kutna-hora.html>
- [7] ČSN 34 1610. *Elektrotechnické předpisy ČSN: Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách*. 2. dopl. vyd. Praha: ÚNMZ, 1963.
- [8] TESAŘOVÁ. *Výpočtové zatížení* [online]. Plzeň [cit. 2017-018-02]. Dostupné z: <https://cw.zcu.cz/CoursewarePortlets2/DownloadDokumentu?id=37515>.

Západočeská univerzita, Fakulta elektrotechnická, Katedra elektroenergetiky a ekologie.

- [9] Individuální kompenzace jalového výkonu. *Elektro: časopis pro elektrotechniku* [online]. Praha: ELEKTRO. FCC PUBLIC, 2009 [cit. 2017-018-02]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/individualni-kompence-jaloveho-vykonu--11095>
- [10] ŠPETLÍK, Jan. *Elektrárny: Výpočet velikosti zdrojů pro VS* [online]. Praha, 2014 [cit. 2017-025-02]. Dostupné z: https://www.powerwiki.cz/attach/ENY/A1M15ENY_PR2_2014.pdf. ČVUT, Katedra elektroenergetiky.
- [11] *PRAVIDLA PROVOZOVÁNÍ DISTRIBUČNÍCH SOUSTAV* [online]. Provozovatelé distribučních soustav, 2016 [cit. 2017-03-03]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file-other/cezes/pro-zakazniky/ppds_2016-vcetne-priloh.pdf
- [12] Stejskal, E. Základní bezpečnostní požadavky na elektrické rozvody ve zdravotnictví. *Elektroinstalatér 2/2002*. Praha: ČNTL. [cit. 2017-07-03]
- [13] SLUKA, Jiří. *Provozní podmínky pro transformátory pro zdravotnickou IT síť* [online]. 2015 [cit. 2017-07-03]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/provozni-podminky-pro-transformatory-pro-zdravotnickou-it-sit/view>
- [14] Individuální kompenzace jalového výkonu. *Elektro: časopis pro elektrotechniku* [online]. Praha: ELEKTRO. FCC PUBLIC, 2008 [cit. 2017-07-03]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/trvale-monitorovani-a-lokalizace-poruchy-izolacniho-odporu-v-izolovanych-sitich--11938>
- [15] KADĚRA, Pavel. Panel dálkové signalizace k hlídači izolačního stavu [online]. 2015 [cit. 2017-07-03]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/provozni-podminky-pro-transformatory-pro-zdravotnickou-it-sit/view>

- [16] FIŠER, Václav. *Krizové řízení v oblasti zdravotnictví* [online]. Praha, 2006 [cit. 2017-015-05]. Dostupné z: <https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiLmZOIz-XTAhWMChoKHfYRC8QQFgghMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.hzscr.cz%2Fsoubor%2Fmodul-j-kr-v-oblasti-zdravotnictvi-pdf.aspx&usg=AFQjCNE11iX71tYf0kDYFXto-gdwGMW-UA> Krizové řízení
- [17] URBÁNEK, Pavel. *Krizová připravenost nemocnice* [online]. In: . Brno, s. 42 [cit. 2017-016-05]. Dostupné z: <http://www.zsa.cz/katastrofy2012/urbanek.pdf>
- [18] ČSN 33 2000-7-710: *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 7-710: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech - Zdravotnické prostory. Vid 2*. Praha: ÚNMZ, 2013.
- [19] KLIMŠA, David. Jak rozumně stanovit soudobost a prokázat správně dimenzované rozvody [online]. 2015 [cit. 2017-09-04]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/jak-rozumne-stanovit-soudobost-a-jak-prokazat-ze-jsou-rozvody-spravne-dimenzovany>
- [20] Dieselgenerátory. *STAMP UNI* [online]. [cit. 2017-028-05]. Dostupné z: <http://www.stamp.cz/generators-prehled.php?aktivni=0>
- [21] Datasheet kogenerační jednotky Cento L410 [online]. Dostupný z: <http://www.shentongroup.co.uk/wp-content/uploads/2016/11/Cento-L410-Natural-Gas-Indoor-Canopy-Datasheet.pdf>
- [22] Datasheet generátoru 47.2 M7 [online]. Dostupný z: <https://www.raad-eng.com/techdata/LeroySomer/LeroySomer%20LSA-47.2.pdf>
- [23] Datasheet UPS AVARA multi 80 [online]. Dostupný z: http://image.schrack.com/datenblaetter/h_usml_cs.pdf [23]
- [24] FABIÁN, Vratislav a Martin DOBIÁŠ. *Použití technických norem ve zdravotnictví: zkušenosti autorizovaného metrologického střediska, malovýrobce a dodavatele*

- zdravotnické techniky* [online]. In: . 2008, s. 75 [cit. 2017-019-04]. Dostupné z: <http://www.fbmi.cvut.cz/e/pouziti-technicky-norem-ve-zdravotnictvi/1846.pdf>
- [25] Záchranný útvar. *Záchranný útvar: hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. ČR: Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/organizacni-slozky-zachranny-utvar-hzs-cr.aspx>
- [26] WINNIKE, Allison. *Control Measures and Public Health Emergencies: A Texas Bench Book* [online]. Houston, 2016 [cit. 2017-018-05]. Dostupné z: <https://www.law.uh.edu/healthlaw/HLPIBenchBook.pdf>
- [27] TNI 33 2140 Elektrický rozvod v místnostech pro lékařské účely - komentář k ČSN 33 2140. Praha: Český normalizační institut, 2007. 36 s