

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta

Bakalářská práce

2022

Tomáš Vávra

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta



Periodická kontrola monitorovacího systému obalového souboru na JE Temelín

Bakalářská práce

Tomáš Vávra

Vedoucí práce: Mgr. Fuciman Marcel, Ph.D.

České Budějovice 2022

Anotace

Bakalářská práce „Periodická kontrola monitorovacího systému obalového souboru na jaderné elektrárně Temelín“ je rozdělena do dvou hlavních částí, kdy první teoretická část je věnována životnímu cyklu vyhořelého jaderného paliva od vyvezení z aktivní zóny reaktoru, přes bazén vyhořelého jaderného paliva až k dlouhodobému uložení ve skladu vyhořelého jaderného paliva. Ve větší úrovni detailu je poté popsán způsob monitorování obalových souborů, který přímo navazuje na praktickou část.

Druhá praktická část bakalářské práce je věnována samotné realizaci periodické kontroly monitorovacího systému obalového souboru, kde je blíže vymezen pracovní postup pro realizaci kontroly a popsány výstupy z realizovaného testování v prostředí jaderné elektrárny Temelín. Cílem této bakalářské práce je úspěšně provedená kontrola monitorovacího systému obalového souboru s hodnotami v platném rozsahu a vyhodnocení, zda zařízení splňuje požadavky na bezpečnost a provozuschopnost jaderné elektrárny Temelín.

Klíčová slova

monitorovací systém, vyhořelé jaderné palivo, měření, periodická kontrola, obalový soubor

Annotation

The bachelor thesis "Periodic control of the monitoring system of the cask package at the Temelín Nuclear Power Plant" is divided into two main parts, where the first theoretical part is devoted to the life cycle of spent nuclear fuel from the removal from the reactor core, through the spent nuclear fuel pool to the long-term storage in the spent nuclear fuel storage. At a higher level of detail, the monitoring of the cask assemblies is then described, which is directly linked to the practical part.

The second practical part of the bachelor thesis is devoted to the actual implementation of the periodic control of the monitoring system of the cask system, where the work procedure for the implementation of the control is defined in more detail and the outputs from the implemented testing in the environment of the Temelín nuclear power plant are described. The aim of this bachelor thesis is the successful inspection of the cask monitoring system with

the values in the valid range and the evaluation whether the equipment meets the requirements for safety and operability of the Temelín nuclear power plant.

Key words

monitoring system, spent fuel assembly, mensurations, periodic control, cask

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové/bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne _____

podpis

Poděkování

V této části bakalářské práce bych rád poděkoval panu Mgr. Marcelovi Fucimanovi Ph.D. za věcné připomínkování a dohled nad vedením práce. Dále mé poděkování patří pracovníkům společnosti ČEZ za možnost vypracování praktické části této bakalářské práce a předání podkladů a potřebných materiálů. Také velké poděkování zaslouží rodina, která mi dala čas a prostor a bez ní bych nemohl tuto práci v žádném případě dokončit.

1	Obsah	
	Seznam pojmů	1
	Seznam zkratek.....	3
	Úvod	4
1	Životní etapy vyhořelého jaderného paliva	6
1.1	Bazén skladování vyhořelého paliva (BSVP)	7
1.2	Obalový soubor (OS)	9
1.3	Sklad vyhořelého jaderného paliva (SVJP).....	11
1.4	Hlubinné úložiště (VJP).....	13
2	Manipulace s vyhořelým jaderným palivem v obalovém souboru	14
3	Monitorování obalových souborů	17
3.1	Účel zařízení MSOS	17
3.2	Technický popis zařízení MSOS.....	18
3.3	Použití MSOS	22
3.4	Provoz a obsluha	22
3.5	Alarmové stavy a poruchy obalového souboru zjištěné MSOS	22
3.6	Zpracování signálu.....	25
4	Cíle praktické části.....	28
5	Metodika a pracovní postup.....	28
5.1	Ověření provozní připravenosti.....	29
5.2	Kontroly prováděné na obslužném místě	29
5.3	Kontrola MSOS přes sběrnou skříň OS s testovacím boxem	34
6	Výstupy z realizace provedené kontroly a testování OS a kabelů	37
	Závěrečné zhodnocení	40
	Seznam literatury	41

Seznam obrázků.....	42
Seznam tabulek.....	43
Příloha - Protokol o kontrole MSOS.....	1

Seznam pojmů

Central Processor Unit (CPU)	Základní jednotka PLC, která ukládá uživatelský program (aplikaci) a zpracovává jeho instrukce.
Čidlový kabel	Kabelové spojení mezi zástrčkovým spojem a sběrnou skříní.
Hlášení	Změna stavu vlastnosti monitorované v rámci MSOS.
Kmenový kabel	Kabel mezi sběrnou skříní ve skladovací hale a měřicí dozornou.
Měřicí dělicí svorky	Spojují kmenové kabely s vedením uvnitř skříní. Rozpojení po žilách je možné.
Nadřazené signalizační zařízení	Systém hlášení, který přijímá sdružená hlášení poruch od různých komponent skladu obalových souborů a dává je pro informaci k dispozici personálu provozovatele.
Nadřazený informační systém	Systém pro shromažďování informačních zdrojů.
Panelové PC	Počítačový systém se speciální způsobilostí pro vizualizace a obsluhu.
Periodická zkouška	Série jednotlivých zkoušek, které se musejí provádět a dokumentovat v pravidelných intervalech.

Programovatelný logický automat (PLC)	Počítačový systém se speciální způsobilostí pro zpracování procesních signálů.
Referenční spínač	Obdobně jako hlavní spínač.
Skladovací pozice	Skladovací pozice obalového souboru na konkrétně určené místo ve skladovací hale.
Testovací box	Zařízení pro simulaci stavu spínačů a chybných stavů kabelového spojení.
Tiskárna hlášení	Jehličková tiskárna pro výstup hlášení na nekonečný papír.
Zástrčkové spojení	Mechanismus se zástrčkou, pomocí které je čidlový kabel spojen s OS.
Zkušební zdířky	Zařízení, které je instalováno na vnitřní straně dveří systémových skříní a je určeno pro zástrčkové připojení testovacího boxu. (pro každou skladovací pozici OS)

Seznam zkratek

ADR	Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečného zboží
AZ	aktivní zóna
BSVP	bazén skladování vyhořelého paliva
CDRK	centrální dozorna radiační kontroly
ETE	elektrárna Temelín
HVB	hlavní výrobní blok
IK	identifikační karta
JE	jaderná elektrárna
KP	kontrolované pásmo
MSOS	monitorovací systém obalového souboru
OS	obalový soubor
PS	palivový soubor
RA	radioaktivní
RIV	rejstřík informací o výsledcích
RO	radiační ochrana
SÚJB	státní úřad jaderné bezpečnosti
SVJP	sklad vyhořelého jaderného paliva
VJP	vyhořelé jaderné palivo

Úvod

Tématem této bakalářské práce je periodická kontrola monitorovacího systému obalového souboru na JE Temelín.

Hlavními cíli práce jsou:

- seznámit s obalovým souborem a procesy jeho monitoringu,
- popsat, úspěšně zrealizovat a vyhodnotit periodickou kontrolu monitorovacího systému obalových souborů.

První a druhá kapitola teoretické části se věnují životním etapám vyhořelého jaderného paliva s cílem uvést a vymezit význam a vlastnosti obalových souborů a popsat způsob jejich manipulace.

Popisují, jak se vyhořelé palivo z aktivní zóny JE Temelín pomocí zavážecího stroje přemístí k dochlazování do bazénu určeného pro vyhořelé jaderné palivo poblíž reaktoru, kde se po dobu cca 10-12 let uchovává. Po uplynutí této doby se palivo uzavře do speciální nádoby zvané „obalový soubor“ a převáží se pomocí železničního vagonu do skladu vyhořelého jaderného paliva (mezisklad), který je v provozu na JE Temelín od září roku 2010. Právě v tomto skladu vyhořelého jaderného paliva se nachází specializovaný monitorovací systém obalových souborů (dále MSOS), kterému se věnuje třetí kapitola teoretické části, jež čerpá zejména z interní dokumentace a předpisů JE Temelín. MSOS slouží k soustavnému monitorování obalových souborů a je nezbytnou součástí bezpečnostních zařízení využívaných na JE Temelín. Jedná se o zařízení s možností sledování tlaku přes tlaková čidla mezi víky a vnější teploty na povrchu obalových souborů uskladněných ve skladovací hale skladu vyhořelého jaderného paliva. Signály z těchto čidel jsou snímány na zástrčkových spojeních obalových souborů. Pro ověření správné funkčnosti MSOS se realizují periodické kontroly, které provádí k tomuto úkonu způsobilá obsluha s využitím tzv. testovacího boxu. Praktická část této práce se věnuje realizaci periodické kontroly a testování MSOS s cílem vyhodnotit připravenost systému k řádnému rozpoznání poruch a alarmových stavů obalového souboru. Popisuje samotnou periodickou kontrolu, co musí monitorovací zařízení splňovat před zahájením zkoušky, kvalifikace personálu, pracovní postup a průběh

zkoušky s měřením hodnot jak na obslužném místě, tak i přímo ve skladovací hale u obalového souboru.

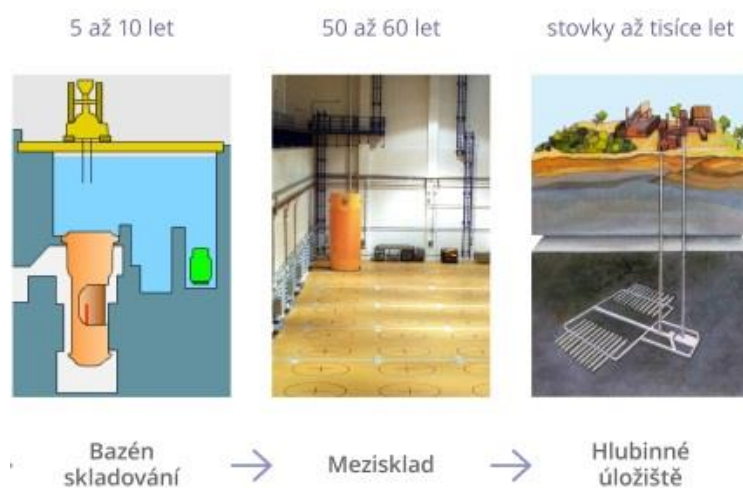
Nedílnou součástí realizované periodické kontroly je prezentace a vyhodnocení výsledků a příprava protokolu o měření.

TEORETICKÁ ČÁST

Teoretická část je rozdělena do třech hlavních kapitol. První kapitola je věnována životním etapám vyhořelého jaderného paliva s bližším popisem tzv. obalového souboru, který slouží k dlouhodobému uskladnění vyhořelého paliva ve skladu vyhořelého jaderného paliva popř. i v hlubinném uložišti. Druhá kapitola navazuje na první a popisuje manipulaci s obalovými soubory. Třetí kapitola se detailně věnuje účelu, technickému popisu a použití monitorovacího systému obalových souborů, jehož testování bude návazně realizováno v praktické části.

1 Životní etapy vyhořelého jaderného paliva

Tato kapitola je věnována cestě vyhořelého jaderného paliva od vyvezení z aktivní zóny do bazénu vyhořelého jaderného paliva, kde se po určený čas uchovává a poté se umístí do speciální nádoby (to vše probíhá v hlavním výrobním bloku JE Temelín) a putuje do meziskladu (skladu vyhořelého jaderného paliva), kde se uchovává další desítky let.



Obrázek 1 - Etapy životního cyklu vyhořelého jaderného paliva [1]

1.1 Bazén skladování vyhořelého paliva (BSVP)



Obrázek 2 - Bazén skladování vyhořelého jaderného paliva [4]

BSVP o objemu 1440 m^3 se nachází v těsné blízkosti šachty reaktoru v kontejnmentu JE Temelín a obsahuje 705 skladovacích míst. 678 pro nepoškozené PS, 25 míst pro hermetická pouzdra na poškozené PS a 2 místa pro uložení pouzdra klastru. Za normálního provozu režimu bloku musí zůstat vždy alespoň 163 míst neobsazených z důvodu případného nutného havarijního vyvezení celé AZ reaktoru.

Pomocí zavážecího stroje se pod vodou provádí transport palivových souborů do těchto bazénů, kde jsou uloženy po dobu až 12 let. Pod vodou z důvodu potřebného chlazení a stínění VJP. Voda v BSVP obsahuje rozpuštěnou kyselinu boritou o minimální koncentraci 11,44 g/l. Normální provozní tepelná zátěž, která může dosáhnout hodnot až 2,83 MW je chlazena okruhy, které jsou dimenzovány, aby tuto zátěž bez jakýchkoliv problémů zvládly. [5]



Obrázek 3 - Zavážecí stroj nad BSVP [1]

BSVP primárně slouží pro přechodné skladování VJP a odvod zbytkového tepla z již použitých palivových souborů. Konstrukce bazénu jsou provedeny v obdélníkovém tvaru se železobetonovou nádrží s vnitřními stěnami. Zhotovením dvojité ocelové vystýlky podlah uvnitř bazénu je zajištěna hermetická celistvost. [7]

BSVP zajišťují tři důležité funkce:

1. Snížení a odvod zbytkového tepla palivových souborů
2. Uvedení vyhořelého paliva do podkritického stavu
3. Ochrana před RA zářením

Při normálním provozu bloku je BSVP samozřejmě zakrytý speciálním zakrytím, které má nosnost 400 kg/m^2 a plní primární funkci k zábraně pádu nebo vniknutí cizího předmětu do bazénu, ochranu zábranou pro obsluhu vůči záření z bazénu a omezení uniknutí páry a zároveň vniknutí vody do bazénu.



Obrázek 4 - Ukázka ramena zavážecího stroje při přesunu palivové kazety z reaktoru do BSVP [1]

1.2 Obalový soubor (OS)



Obrázek 5 - Obalový soubor ŠKODA 1000/19-M [8]

Po uplynutí doby skladování vyhořelého paliva v BSVP (pokles zbytkového tepelného výkonu a dávkového příkonu) se vyhořelé palivo přesouvá do speciálních kontejnerů pro transport do SVJP.

Výrobce těchto OS je momentálně ŠKODA JS a.s., OS odpovídají požadavkům vyhlášek ADR a RIV pro transport nebezpečných látek po silnici a železnici. Dále zde platí vyhláška 379/26 Sb., tzn., že OS je zařazen jako vybrané zařízení bezpečnostní třídy 2 a jsou na něho kladeny jedny z nejprísnejších požadavků na odolnost vůbec (konstrukce, požadované zkoušky, licencování, transport, značení atd.) I přesto vyhláška 379/26 Sb. neřeší veškeré požadavky, co se týče designu, výpočtů a materiálu. [8]

Konstrukce OS je složena z tlustostěnného tělesa ze speciální litiny uzavřeného dvěma víky z nerezů obsahujícího kovové těsnění typu HELICOFLEX s dlouhodobou životností (při skladování se doplní o další, třetí desku z uhlíkaté oceli). Uvnitř se nachází ochranná niklová vrstva a vnější vrstva se skládá z epoxidového nátěru, který lze v případě kontaminace lehce dekontaminovat. Na dně OS je nanесena hliníková vrstva proti oděru. Dále uvnitř OS je zkonstruován koš na 19 palivových souborů, který určuje jejich bezpečný rozptyl a také odvádí zbytkové teplo na stěny OS. Materiál koše je nerezová ocel obsahující bór a vložky z hliníku, které jsou rozmístěny mezi buňkami.

Klíčové vlastnosti konstrukce OS:

- Odolnost použitých materiálů vůči teplotě do - 40°C
- Odolnost proti pádu při transportu a manipulaci z 9 metrů na absolutně tuhou podložku a z 1 metru na ocelový výstupek o průměru 20 cm
- Odolnost (mechanická) proti tlaku vody v hloubce 200 metrů
- Protipožární odolnost do 800°C po dobu 30 minut při transportu
- Na pozici při skladování by měl OS odolat pádu motoru letadla o hmotnosti 300kg s nárazovou rychlostí 80 m/s

Zajímavosti ohledně výroby a vývoje:

- Na JE Temelín byl dodán první OS ŠKODA 1000/19 v roce 2018
- Do roku 2035 je plánováno dodat na JE Temelín 58 kusů těchto OS [8]

Parametr	Hodnota
počet palivových souborů [ks]	19
max. průměr obalového souboru [mm]	2341
max. výška obalového souboru bez ochranné desky [mm]	5497
max. výška obalového souboru s nasazeným terciálním víkem [mm]	5644
hmotnost zavezeného OS s PV a SV a ochrannou deskou [kg]	116561
hmotnost zavezeného OS s nasazeným terciálním víkem [kg]	119070
hmotnost primárního víka [kg]	5208
hmotnost sekundárního víka [kg]	2442
hmotnost terciálního víka [kg]	2495
plnicí médium pro vnitřní prostor OS	hélium
maximální teplota povrchu OS (přeprava) [°C]	85
maximální teplota dna OS během skladování [°C]	100
maximální zbytkový tepelný výkon VJP v OS [kW]	21,68

Tabulka 1 - Hlavní parametry obalového souboru ŠKODA 1000/19-M [8]

1.3 Sklad vyhořelého jaderného paliva (SVJP)



Obrázek 6 - Sklad vyhořelého jaderného paliva [9]

Stavební objekt SVJP se nachází ve střeženém prostoru areálu jaderné elektrárny Temelín, konkrétně jeho zadní části. Tento objekt byl postaven za účelem skladování VJP v obalových souborech a jejich monitorování v rámci ochrany životního prostředí před radioaktivním zářením tzn. bezpečné a spolehlivé skladování celkem 153 obalových souborů, k jejich manipulaci a servisním úkonům. Samotná budova byla zkonstruována firmou PSG Construction a.s. v dubnu roku 2010 a jako materiál byla použita železobetonová konstrukce o tloušťce 400-600 mm a ke střešní konstrukci byla použita železobetonová deska o tloušťce 400 mm uložená na železobetonových střešních vaznících. Železobetonový plášť haly s otvory pro větrání je opatřen žaluziemi zabraňujícími dešti s klapkami s ručním ovládáním. Materiál železobeton byl zvolen jako nejlépe vyhovující pro specifický provoz budovy jako takové z hlediska vnějších přírodních vlivů a vlivů lidského zapříčinění – tlaková vlna z důvodu výbuchu (výdrž přetlaku rázové vlny až 6kPa) nebo pádu létajících předmětů až do hmotnosti 2000kg. [9]



Obrázek 7 - Ukázka nakládání vazníků na vagón [10]



Obrázek 8 - Přeprava vazníků na JE Temelín pomocí železniční dopravy [10]

SVJP je rozdělen na několik částí:

1. Přízemí, kde se nachází vstup společně se čtečkou identifikačních karet (IK), která obsahuje příslušné přístupy do tohoto objektu dle ČSN 74 3305, provozní místnosti pro personál, rozvodna elektroinstalace a dozorna měření. Na chodbě objektu SVJP se nachází vstup do kontrolovaného pásma (KP), která obsahuje hygienickou smyčku s havarijní sprchou pro případnou dekontaminaci personálu. V tomto KP se dále nachází samotný skladovací prostor OS.
2. První podzemní podlaží disponuje kobkou kontrolní nádrže speciální kanalizace a dále kabelovými prostory a kabelovými kanály pro rozvodnu elektro.
3. Ve druhém nadzemním podlaží je rozvodna elektro, technologická, provozní a návštěvní místnost.
4. Třetí nadzemní místnost obsahuje strojovnu vzduchotechniky a plošinu pro návštěvu, která by chtěla navštívit SVJP a neměla by přístup do KP ve skladovacím prostoru OS tzv. „vyhlídková galerie“. [6]

Vliv SVJP na jeho okolí je nepatrné, jde pouze o vytváření tepla a záření, které vzniká jako doprovodný jev radioaktivní přeměny. Záření jako je alfa a beta se dá relativně snadno odstínit různými materiály. Obtížnější je to u neutronového a gama záření, které se dá snížit, bohužel ale nelze odstínit úplně. Materiály, které snižují intenzitu gama záření jsou ocel, olovo, beton a kovy jako takové. Proto se vyhořelé palivo umísťuje do příslušných kontejnerů a do SVJP, kde u oplocení SVJP je tak nízká intenzita záření, že člověk, který by pobýval u plotu po celý jeden rok neobdržel větší dávku než 0,1 mSV (od přírody i umělých zdrojů člověk obdrží ročně dávku kolem 2-3 mSV a povolená norma je 5 mSV).[11]

Ve světě existují dvě možnosti pro skladování vysoce radioaktivního odpadu. První je tzv. mokrá způsob, kde je použita, jako chladicí medium, demineralizovaná voda, tzn., že vyhořelé palivo je umístěno v pouzdrech uvnitř skladovacího bazénu. Chlazení probíhá pomocí cirkulace chladicí vody a tepelných výměníků. Samozřejmě musejí být bazény umístěny tak, aby splňovaly těsnost a nemohla se kontaminovaná voda nikdy dostat do životního prostředí. Takové mezisklady mají využití zejména v severských zemích a to zejména ve Švédsku, blízko mořského pobřeží. Druhá možnost je tzv. suchá metoda, která využívá pro chlazení přirozeného proudění vzduchu, které je použito i v SVJP na JE Temelín.

1.4 Hlubinné úložiště (VJP)

Hlavní účelem hlubinného úložiště je izolace VJP v obalových souborech hluboko pod zemskou kůrou v řádu několika stovek tisíc let. Lokalita splňující kritéria pro takovéto uložení musí dodržet přísné podmínky (rozsáhlý masiv určené horniny, bez přítomnosti vody a v seizmicky odolné a klidné oblasti). S touto variantou uložení vysoce radioaktivního materiálu souhlasí většina vlád zemí využívající jadernou energii společně i s Českou Republikou a včetně zemí EU. Avšak nejintenzivněji byly tyto možnosti zkoumány v zemích USA, Švédsku a Německu. O prvním úložišti se uvažovalo v 80. letech ve Spojených státech amerických, konkrétně v místě zvaném Yucca Mountain.

2 Manipulace s vyhořelým jaderným palivem v obalovém souboru

V této kapitole bakalářské práce je popsána manipulace s obalovým souborem jako takovým. Obalový soubor musí splňovat dané požadavky. Dále je zde popsáno, čím a jak se obalový soubor transportuje z hlavního výrobního bloku do skladu vyhořelého jaderného paliva, princip zaplňování ve skladovací hale na jednotlivé pozice, ale také cesta obalového souboru zpět do HVB.

Pro příjem OS z HVB do SVJP musí být vystaven pracovní příkaz a OS musí splňovat tyto požadavky:

- Montáž primárního víka a zkouška těsnosti
- Primární víko a jeho povrchová kontaminace je pod hodnotou 3 Bq/cm^2
- Montáž sekundárního víka, montáž spínače tlaku bez připojovacího kabelu nebo slepá příruba s těsněním
- Sekundární víko disponuje pečetí MAAE/EK
- Tlak odpovídá hodnotám ve vnitřním prostoru cca. $8,52 \times 10^4 \text{ Pa}$ a tlakem mezi primárním a sekundárním víkem cca. $6,5 \times 10^5 \text{ Pa}$
- Teplota na povrchu OS je do 85°C

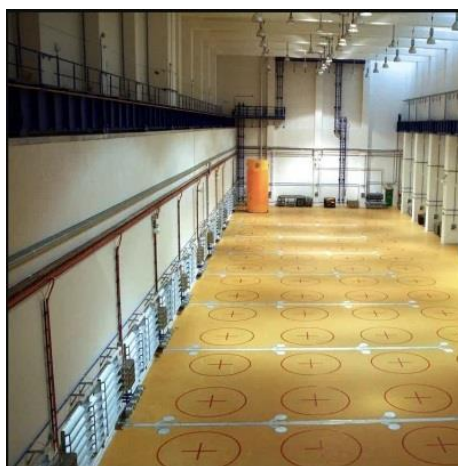
Transport OS se provádí speciálním vagonem a je využita komunikační síť areálu JE Temelín. Poloha OS je horizontální nebo vertikální a musí být definitivně utěsněno primární víko. Jakmile OS dorazí do příjmové části SVJP dochází k přichycení čepů (4x horní a 2x dolní) na OS k hlavnímu zdvihu mostového jeřábu (maximální nosnost je 160 tun) pomocí speciální traverzy OS. Poté se OS uvede do polohy vertikální a následně přepraví na servisní místo. Toto servisní místo disponuje plošinou, která slouží příslušným realizátorům k potřebným manipulacím a lepšímu přístupu k víku OS. Po kontrole na servisním místě se připojí tlakový spínač a zahájí se funkční zkouška tlakového spínače. Poté se prostor mezi víky zaplní héliem na tlak dle spínací úrovně tlakového spínače. Dále se provede héliová zkouška na těsnost sekundárního víka. Pokud je zkouška úspěšná může proběhnout montáž a zkouška těsnosti ochranné desky.

V případě úspěšné zkoušky těsnosti ochranné desky se umístí OS na předem určené skladovací místo opatřené plastovou podložkou a připojí se na systém kontroly teploty a tlaku, kde tyto parametry sledují pracovníci RO na CDRK. Přeprava OS se provádí výhradně ve výšce 0,3m nad zemí stejně jako je to u těžkých břemen.



Obrázek 7 - Přeprava OS ve výšce 0,3m nad zemí v SVJP na místo uložení [2]

Princip zaplňování skladovacích pozic v SVJP spočívá v tom, že probíhá ve čtveřicích a začíná se vždy od stěny skladu ve směru k uličce.



Obrázek 8 - umístění prvního OS dle uvedených principů [2]

Všechny jednotlivé OS mají vypracovanou dokumentaci ve formě zkušební knihy OS v originále a průvodní technické dokumentace vybraného zařízení.



Obrázek 9 - Ukázka zvedání OS z přepravního vagónu v prostoru SVJP [1]

Existuje také ale cesta OS zpět do HVB ETE z důvodu opravy (pokles tlaku OS mezi víky, teplota na povrchu OS překročila 100 °C, převržení nebo pád OS, apod.) nebo pro vyložení paliva. Také může samozřejmě po čase dojít k transportu OS ze SVJP do trvalého úložiště, který v dnešní době ještě není vybudováno a je ve fázi vyjednávání v rámci umístění tohoto úložiště. Nebo také může být OS určen k přepravování do jiného zařízení po nařízení SÚJB. [6]

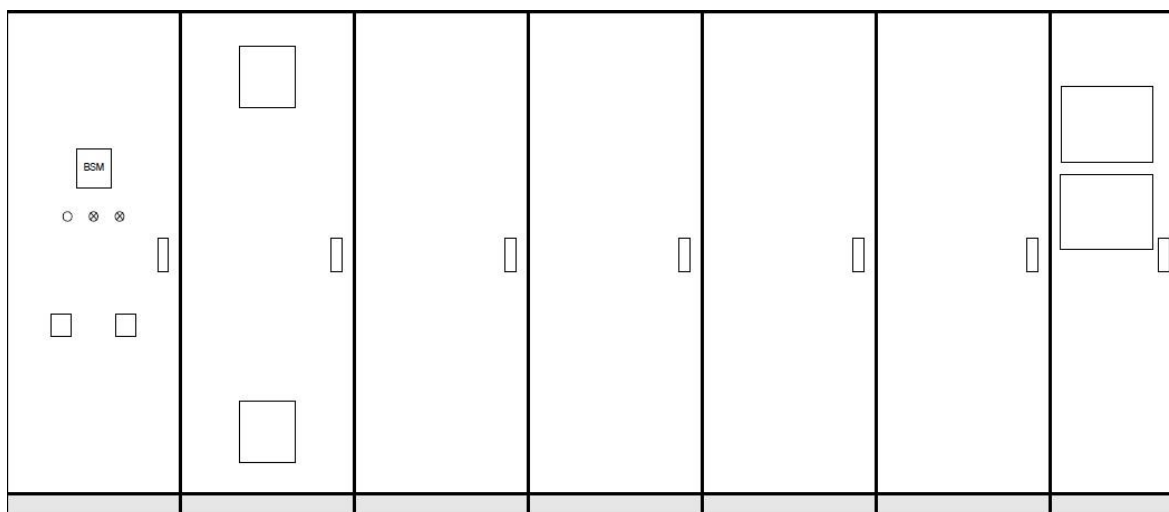
3 Monitorování obalových souborů

Tato kapitola bakalářské práce se zabývá principy monitorování obalových souborů, popisu systémových skříní a jednotlivých komponent, které provádí celý proces monitoringu a podávají informace ohledně technologického prostředí na skladu vyhořelého jaderného paliva.

3.1 Účel zařízení MSOS

MSOS je určen k nepřetržité kontrole a měření stavu tlakových spínačů mezi oběma víky obalového souboru a teplot na povrchu u obalových souborů, které jsou skladovány ve skladu vyhořelého paliva. MSOS přenáší informace ohledně hodnoty tlaku v hermetickém prostoru mezi víky a povrchové teploty (zbytkové teplo) v prostoru u každého zapojeného obalového souboru k MSOS. K měření teploty ve skladovacím prostoru je použito 6 prostorových teploměrů (TMR31), u kterých se daná teplota neustále zaznamenává do systému MSOS. Při jakékoliv odchylce výše zmíněných měření od běžného režimu dává MSOS hlášení přes PLC na panelové PC, současně s tím se hlášení i s příslušnými informacemi a grafem tisknou na signalizační tiskárnu umístěnou v kanceláři na obslužném místě v SVJP a také se hlášení zasílá nadřazenému informačnímu systému, které registruje provozovatel. Při běžném provozním režimu je těchto hlášení vygenerováno velice malé množství, výjimkou je zavážení obalového souboru do SVJP nebo periodické zkoušky MSOS. [1]

3.2 Technický popis zařízení MSOS



Obrázek 10 - Systémová skříň MSOS [1]

Systémová skříň MSOS a její dispoziční uspořádání provozních prostředků obsahuje:

- **pole č. 1 (napájení elektro):**
 - napájecí spínač,
 - ochrana proti přepětí,
 - základní poruchový hlásič,
 - akustické a optické poruchové hlášení,
 - výstupy AC 230 V,
 - výstupy DC 24 V,
- **pole č. 2 (automatizace + UPS):**
 - automatizační přístroj,
 - napájení proudem DC 24 V,
 - nepřerušitelný zdroj napájení DC 24 V,
 - servisní zásuvka 230 V,
- **pole č. 3, 4, 5 a 6 (komponenty automatizace):**
 - decentralizovaná periferie (11 racků),
 - měřicí a dělící svorky,
 - zkušební zdířky (pouzdra) – vnitřní strana dveří,
 - stínící lišty pro kmenové kabely,
- **pole č. 7 (obsluha + vizualizace):**

- panelové PC, dveřní montáž,
- připojovací krabice RJ45 pro komunikaci s nadřazeným informačním systémem,
- opakovač,
- dílčí montážní desky k zachytu papíru z tiskárny,
- servisní zásuvka 230 V.

Zkušební zdířky umístěné v systémové skříni (pole č. 3 a 6) slouží jako pouzdra pro připojení konektorů testovacího boxu k jednotlivým obalovým souborům pro test tlakových spínačů přes PLC.



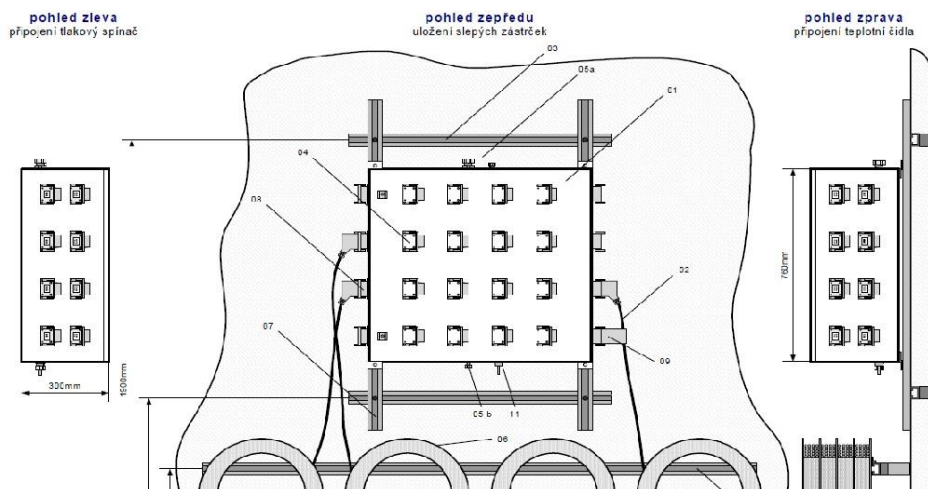
Obrázek 11 - Zdířky (vlastní foto)

Kmenové kabely slouží jako spojení mezi systémovou skříní na obslužném místě a sběrnou skříní ve skladovací hale. Přes kmenový kabel je veden signál až z osmi obalových souborů (tj. jedna skupina OS).

Signální kabely jsou navrženy stejně jako kmenové, ale slouží pouze k připojení halových teplotních čidel (odporové teploměry TMR31) k systémové skříni.

Odporový teploměr TMR31 (průmyslový) je vyroben firmou Endress+Hauser Wetzer GmbH + Co. KG a jeho použití je využito ve skladovací hale SVJP pro měření teploty prostředí. Jeden z nejdůležitějších parametrů pro správnou funkci teploměru je délka ponoru, pokud by totiž byl ponor krátký, mohlo by dojít k chybě měření z důvodu vedení tepla přes procesní připojení a stěnu nádoby. Tzn., délka ponoru by měla odpovídat alespoň polovině průměru tělesa, do kterého je spodní část teploměru umístěna.

Sběrná skříň je umístěna ve skladovacím prostoru SVJP v počtu 18ks. Má vždy na levé a pravé straně připojena pouzdra (Harting), které přijímají signály jednotlivých OS a posílají je přes předávací svorkovou lištu do kmenových kabelů a dále do systémové skříně.



Obrázek 12 - Sběrná skříň [1]

Konektory Harting slouží k předávání signálu z čidlových kabelů do sběrných skříní. Dále bude zmíněno o připojení a použitelnosti konektorů v praktické části.



Obrázek 13 - Konektory Harting [1]

Čidlové kabely spojují obalový soubor se sběrnou skříní, proto jsou navrženy tak, aby splňovaly požadavky teplotního rozsahu vzniklého ve skladovacím prostoru SVJP. Dva čidlové kabely jednoho OS se nacházejí na straně sběrné skříně a jsou opatřeny konektory Harting (tlakový spínač – odporové zapojení 4x2,4 kΩ a vnější teplota OS – Pt100 4x vodič). Pro každou skupinu OS je zde 16 čidlových kabelů.

Testovací box je určen ke kontrole hlášení o OS a kabelových hlášení. K dispozici 2ks, kdyby u jednoho z nich došlo k jakémukoliv poruše. Je opatřen nosným držadlem a popruhem k snadnější manipulaci a ovládání. Na horní straně je obslužná deska s 9ti spínači, pomocí kterých lze simulovat jednotlivá hlášení. Stejně jako u čidlových kabelů jsou zde dvě připojovací vedení se zástrčkami Harting. Jedno připojení simuluje tlakový spínač a druhý vnější teplotu OS. Je zde i možnost pomocí adaptéru připojení na zkušební zdířky do systémových skříní, ale pouze tlakové spínače.



Obrázek 14 - Testovací box (vlastí foto)

Digitální multimetr je pomocné zařízení pro náhradní způsob měření a stanovení stavu tlakových spínačů a teplot na vnějším prostoru OS v případě abnormálního provozu MSOS. Měření se provádějí na zkušebních svorkách v systémové skříní přes odpor. K tomuto měření jsou přípustná měřicí zařízení, která při měření odporu nepřekročí v žádném okamžiku maximální proud v měřícím obvodu (méně než 10 mA) a maximální napětí v měřícím obvodu (méně než 24V), v případě překročení může dojít ke zničení tlakových spínačů.

Tiskárna (signalizační) je určena speciálně pro průmyslové prostředí v 24jehličkovém provedení a je spojena sériovým kabelem (RS 232C) s komunikačním modulem. Tiskárna je instalována na obslužném místě v prostoru blízko systémové skříně MSOS. Pod tiskárnou se nachází místo určené pro zásobu papíru (nekonečný papír). Napájení a spojovací kabel jsou vedeny ze systémové skříně přes určenou kabelovou trasu. Rychlost tisku alarmových hlášení je až 440 znaků za sekundu.

Panelové PC (2ks v redundantním provedení) obsahují PC platformu s průmyslovou konfigurací pro náročnější úkony v oblasti automatizace. Mají možnost rychlého připojení přes USB (USB Stick) pro přenos dat na paměťové zařízení. Dále PC obsahují integrované rozhraní PROFIBUS-DP/MPI pro možnost propojení a komunikace s PLC.



Obrázek 15 - Panelový počítač [1]

Obrázek 16 - Panelový počítač (vlastní foto)

3.3 Použití MSOS

Tato kapitola popisuje provoz monitorovacího systému obalových souborů, případné poruchové hlášení a prostředky, které informují o alarmech obsluhu na skladu vyhořelého jaderného paliva.

3.4 Provoz a obsluha

MSOS pracuje převážně bez zásahů uživatele, musí tedy zásadně fungovat v režimu bez přerušení, je tedy nastaven pro trvalý provoz. Výjimku tvoří nutné provedení periodické zkoušky, pravidelná údržba MSOS a je tedy dán požadavek pro dočasné přerušení provozu MSOS. Přerušení by mělo být na co nejkratší možnou dobu a musí se provádět proškoleným personálem z hlediska technických postupů.

3.5 Alarmové stavy a poruchy obalového souboru zjištěné MSOS

Poruchový hlásič (BSM)

Při jakékoliv poruše elektrického napájení a rozvodu elektrického proudu uvnitř MSOS je vyhodnoceno a signalizováno hlášení na BSM (blikání červené LED na hlásiči) a současně na sběrných hlášeních. Hlášení jsou typu např. „výpadek napájení“, „přepětí“,

„výpadek PLC“, „UPS v bateriovém provozu“ nebo „sběrná porucha“. Při potvrzení poruchy obsluhou červená LED přestane blikat a začne trvale svítit. Při odstranění poruchy červená LED zhasne. BSM je napájen DC 24 V za podpory UPS.

Akustická a optická signalizace hlášení poruch

K signalizaci sběrného poruchového hlášení slouží signalizační sloupek, který je nainstalován na viditelném místě, aby bylo možno informovat pracovníky v prostoru SVJP, že bylo spuštěno hlášení o poruše. Signalizace probíhá tak, že se rozsvítí signalizační sloupek pomocí oranžového výstražného rotujícího světla a trvale se spustí akustické hlášení v podobě sirény.

Hlášení o OS monitoruje stav tlakového spínače na přepravovaném a skladovacím OS. V případě rozpojení kontaktů tlakových spínačů na dobu neurčitou a nejsou známy další kabelové poruchy ohledně tlakového spínače a systémových poruch, předpokládá se, že je porucha na OS. Dále při překročení povrchové teploty OS nad 100°C se také vytvoří poruchové hlášení o OS. Tato hlášení se objeví na panelovém PC na obslužném místě, zároveň se začíná tisknout hlášení na signalizační tiskárně a dává se signál do nadřazeného informačního systému. Spustí se také optické a akustické sběrné hlášení. Jsou 3 stavy, kdy toto může nastat:

- tlak mezi víky je nízký
- referenční tlak je nízký
- teplota povrchu OS je překročena

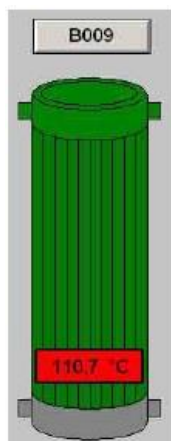
Hlášení o kabelech mezi PLC a konektory Harting na OS se spustí tehdy, když měřený analogový signál nelze interpretovat jako polohu spínače (obsazení pozice skladování OS, teplota povrchu OS nebo teplota na skladovací hale).

Hlášení ohledně kabelů patřící k OS:

- porucha signálu nebo zkrat na hlavním spínači
- porucha signálu nebo zkrat na referenčním snímači
- porucha signálu nebo zkrat na obsazení skladovací pozice
- porucha signálu nebo zkrat na čidle povrchové teploty OS

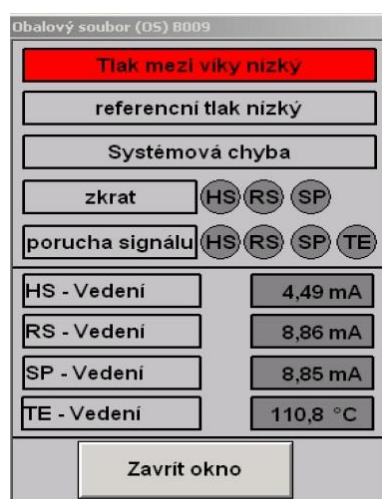
Hlášení týkající se kabelu pro halovou teplotu:

- porucha signálu na čidle pro halovou teplotu



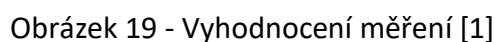
Obrázek 17 - Příklad poruchového hlášení – OS vysoká teplota [1]

Provozní hlášení informují o provozním stavu jednotlivých pozic skladování OS a jsou zobrazeny na panelovém PC v obslužném místě a ukládány do paměti těchto PC. Také jsou tato provozní hlášení vytištěna jednou za den na signalizační tiskárně. [1]



Obrázek 18 – Příklad poruchového hlášení OS – nízký tlak mezi víky [1]

Monitorovací systém obalového souboru je převážně určen k monitorování hlavních a referenčních spínačů na obalových souborech, které jsou v režimu přepravy nebo již jsou jimi obsazeny určené skladovací pozice. Dále je zde vyhodnocováno hlášení o obsazenosti těchto skladovacích pozic. MSOS rozlišuje mezi provozními, systémovými hlášeními, ale také o hlášení o obalových souborech nebo hlášení o stavu jednotlivých kabelů. Kromě tohoto hlášení MSOS také monitoruje nezávisle vnější teploty až 152 OS a vnějších teplot ve skladovacím prostoru SVJP (6x teploměry Pt100). [1]



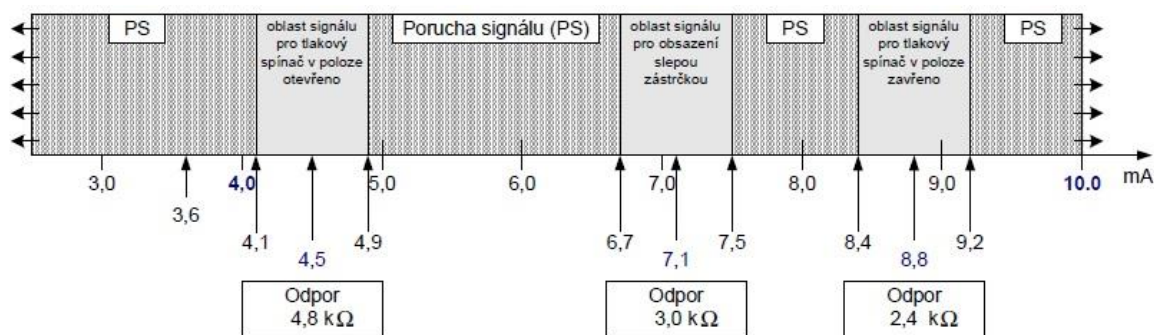
25

	Tlak mezi víky	Referenční tlak	Skladovací pozice obsazena
Připojena slepá zástrčka	$R_{6/7/8} = 3,0 \text{ k}\Omega$ $I = 7,1 \text{ mA}$	$R_{6/7/8} = 3,0 \text{ k}\Omega$ $I = 7,1 \text{ mA}$	$R_{6/7/8} = 3,0 \text{ k}\Omega$ $I = 7,1 \text{ mA}$
Obalový soubor s tlakovým spínačem připojen $p > \text{min}$ spínač uzavřen (sepnut)	$R_1 = 2,4 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 2,4 \text{ k}\Omega$ $I = 8,8 \text{ mA}$	$R_3 = 2,4 \text{ k}\Omega$ $R_4 = 2,4 \text{ k}\Omega$ $I = 8,8 \text{ mA}$	$R_5 = 2,4 \text{ k}\Omega$ $I = 8,8 \text{ mA}$
Obalový soubor s tlakovým spínačem připojen $p < \text{min}$ spínač otevřen (rozpojen)	$R_1 = 2,4 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 2,4 \text{ k}\Omega$ $I = 4,5 \text{ mA}$	$R_3 = 2,4 \text{ k}\Omega$ $R_4 = 2,4 \text{ k}\Omega$ $I = 4,5 \text{ mA}$	$R_5 = 2,4 \text{ k}\Omega$ $I = 8,8 \text{ mA}$
Testovací box se simulací tlakového spínače připojen otevřen / uzavřen (rozpojen / sepnut)	$R_1 = 2,4 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 2,4 \text{ k}\Omega$ $I = 4,5 \text{ mA}/8,8 \text{ mA}$	$R_3 = 2,4 \text{ k}\Omega$ $R_4 = 2,4 \text{ k}\Omega$ $I = 4,5 \text{ mA}/8,8 \text{ mA}$	$R_5 = 2,4 \text{ k}\Omega$ $I = 8,8 \text{ mA}$

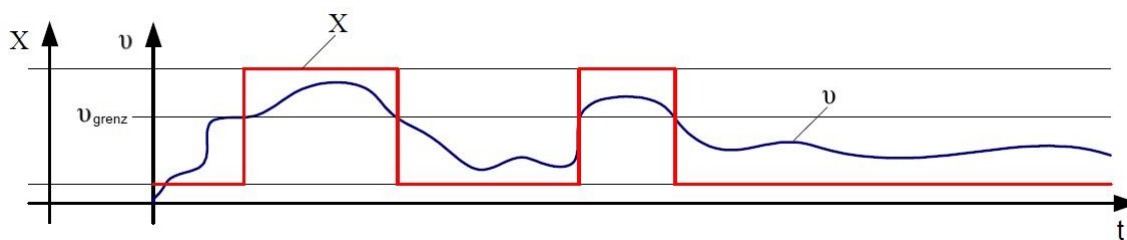
Tabulka 2 - Způsob měření [1]

Pro správné rozpoznání a vyhodnocení hlášení o OS a kabelech se na analogový vstup přivede načítaná měřená hodnota od 3 mA do 10 mA díky různými odporovými zapojeními. Veškeré rozsahy signálů a poruchy signálu se evidují a kontrolují dle vyhodnocení

Jakmile se hodnoty měření načtou, automaticky se hodnotám přiřadí různé stavy signálů podle tohoto schématu:



Obrázek 20 - Stavy signálu [1]



Obrázek 21 - Vyhodnocení signálu 4 - 10 mA [1]

Graf znázorňuje vyhodnocení signálu vysoké teploty na povrchu OS. V situaci, kdy naměřená teplota překročí hranici, aktivuje se signál poruchového hlášení. Jakmile teplota povrchu OS klesne pod danou hranici, dojde k deaktivaci signálu poruchového hlášení. Není v této situaci potřeba jakékoliv potvrzení ze strany obsluhy. [1]

PRAKTICKÁ ČÁST

Čtvrtá kapitola práce je již věnována výhradně praktické části a popisuje hlavní cíl, jehož by mělo být dosaženo a jaké jsou očekávané výsledky.

Pátá kapitola popisuje detailně metodiku a pracovní postup realizované kontroly vč. všech ukazatelů, které budou kontrolou sledovány a zhodnoceny. Ilustruje, jak má být periodická kontrola realizována.

Šestá kapitola již obsahuje výstupy a naměřené hodnoty z periodické kontroly provedené mou osobou na JE Temelín, která byla realizována v říjnu 2022.

V této kapitole je dostupný také přehled výsledných stavů sledovaných ukazatelů s informací, zda byl ukazatel vyhodnocen jako úspěšný.

4 Cíle praktické části

Hlavním cílem periodické zkoušky je vyhodnotit, že je MSOS ve funkčním stavu a je schopen správně vyhodnotit alarmové stavy a poruchy obalového souboru. Tohoto cíle lze dosáhnout realizací kontroly a testováním dle předem stanové metodiky a postupu. Pro vyhodnocení periodické kontroly celkově jako úspěšné, musí být všechny sledované kontroly a zkoušky jednotlivých ukazatelů také vyhodnoceny jako úspěšné, tj. musí odpovídat předem očekávaným výstupům či dosáhnout naměřených hodnot v platném rozsahu. V opačném případě nelze považovat periodickou kontrolu za úspěšnou. Předpokládaným výstupem praktické části je, že je MSOS ve správném stavu a plně funkční a periodická kontrola proběhne úspěšně.

5 Metodika a pracovní postup

Každý rok na jaderné elektrárně v Temelíně probíhá umístění několika naplněných obalových souborů na předem určené pozice do skladovací haly ve skladě vyhořelého jaderného paliva. Na těchto nově umístěných obalových souborech probíhají v rámci pracovního příkazu, který zadává systémový správce, periodické kontroly jak z obslužného místa, tak i pomocí testovacího boxu přímo na skladovací hale u pozice obalového souboru. Jedna tato periodická kontrola, po několika školeních a získání oprávnění, byla provedena mou osobou. K provedení této periodické kontroly jsou

zapotřebí dva stejně vyškolení realizátoři. Jeden musí obsluhovat MSOS z obslužného místa a druhý je přítomen na skladovací pozici v kontrolovaném pásmu. Je důležité před zkouškou provést kontrolu funkčnosti měřících zařízení (testovací box, multimetr, vysílačky), ale také alarmové zkoušky MSOS, které se evidují systémově i tištěnou formou. Základní parametr měření je elektrický odpor v mA a teplota v °C.

5.1 Ověření provozní připravenosti

Před realizací periodické kontroly MSOS se provádí ověření provozní připravenosti, která musí splňovat následující požadavky výrobce.

- MSOS a všechny komponenty jsou v kompletním stavu a jsou plně provozuschopné (vizuální kontrola).
- Kabeláž a kabelové trasy jsou v souladu s provozními podmínkami.
- Proškolený personál provozovatele je připraven pro obsluhu MSOS na obslužném místě.
- Podmínky pracovního prostředí v budově SVJP jsou dodrženy.
- Veškeré pracovní postupy, pracovní příkaz a příslušné dokumenty jsou k dispozici personálu provádějícího zkoušky.

5.2 Kontroly prováděné na obslužném místě

- **Vizuální kontrola**

Na úplném začátku probíhá vizuální kontrola systémové skříně, tzn.:

- veškeré provozní prostředky jsou úplné,
- všechny popisy jsou kompletní,
- kontrola svorek (dotažení),
- rozvaděče jsou ve vyhovujícím stavu (čistota).

- **Elektrické zkoušky**

Dále následuje zkouška vypojení automatů 230 V AC a 24 V DC ve spínací skříně, tzn.:

- vypojení automatu 230 V AC příslušnou svorkou (ověření na panelovém PC textem hlášení),
- pojistné vypnutí 230 V AC přes můstek (hlášení se zobrazí na panelovém PC i na BSM hlásiči),

- vypojení automatu 24 V DC příslušnou svorkou (ověření na panelovém PC textem hlášení),
- pojistné vypnutí 24 V DC přes můstek (hlášení se zobrazí na panelovém PC i na BSM hlásiči).

Následuje zkouška BSM modulu instalovanou na dveřích systémové skříně v poli č. 1:

- sběrná porucha (vyvolání libovolné poruchy a následné zvolenou poruchu odstranit, blikání na BSM),
- zkouška světelného zdroje „LT“ (zobrazení na BSM + optické hlášení signálním světlem),
- test funkčnosti „FT“ (zobrazení na BSM + akustické hlášení na signálním sloupku),
- dálkové potvrzení (vyvolání libovolné poruchy a následné odstranění dané poruchy, blikání na BSM + akustické hlášení).

Zkouška poruchy napájení ve spínací skříně:

- zkouška redundance 24 V (vypnutí automatu, zobrazení hlášení na BSM),
- detekováno podpětí (rozpojení zátěžového odpojovače, zobrazení hlášení na BSM),
- detekováno přepětí (vypojení dané svorky, zobrazení hlášení na BSM),
- kontrola hodnoty nastavení podpěťového relé (očekávaná hodnota 0,8 V),
- kontrola hodnoty nastavení napájení proudem (očekávaná hodnota 25 V DC),
- zkouška přepojení napájení (rozpojení zátěžového odpojovače, zobrazení hlášení na BSM),
- zkouška hlášení PLC v systémové skříně (přepínání mezi CPU 1 a CPU 2, doba naběhnutí příslušného CPU je cca 5s, zobrazení na panelovém PC),
- zkouška baterií v PLC (vyřazení baterie nastavením přepojovače do daného režimu, zobrazení na panelovém PC),
- zkouška USV bateriového provozu (odpojení od sítě, zobrazení hlášení na BSM),
- test poruchy komunikaci mezi panelovým PC a PLC (vytáhnutí dané sběrníkové zástrčky, zobrazení na panelovém PC),
- test poruchy komunikace na signalizační tiskárně (přepnutí tiskárny do „offline“ režimu, zobrazení na panelovém PC).

Zkouška testovacích boxů přes adaptér v systémové skříni pomocí svorek:

- tlak v meziprostoru – bez manipulace s testovacím boxem (odpor R1, svorka 1 a 2, platný rozsah $2,5 \text{ m}\Omega \pm 60\Omega$),
- tlak v meziprostoru – přepnutí testovacího boxu do polohy „tlak nízký“ (odpor R1+R2, svorka 1 a 2, platný rozsah $5 \text{ m}\Omega \pm 60\Omega$),
- tlak v meziprostoru – přepnutí testovacího boxu do polohy „přetržení vodiče“ (svorka 1 a 2, platný rozsah $\geq 10 \text{ M}\Omega$),
- tlak v meziprostoru – přepnutí testovacího boxu do polohy „zkrat“ (svorka 1 a 2, platný rozsah $\leq 60 \Omega$),
- tlak v referenčním prostoru – bez manipulace s testovacím boxem (odpor R4, svorka 3 a 4, platný rozsah $2,5 \text{ m}\Omega \pm 60\Omega$),
- tlak v referenčním prostoru – přepnutí testovacího boxu do polohy „tlak nízký“ (odpor R3+R4, svorka 3 a 4, platný rozsah $5 \text{ m}\Omega \pm 60\Omega$),
- tlak v referenčním prostoru – přepnutí testovacího boxu do polohy „přetržení vodiče“ (svorka 3 a 4, platný rozsah $\geq 10 \text{ M}\Omega$),
- tlak v referenčním prostoru – přepnutí testovacího boxu do polohy „zkrat“ (svorka 3 a 4, platný rozsah $\leq 60 \Omega$),
- skladovací pozice obsazena - bez manipulace s testovacím boxem (odpor R5, svorka 5 a 6, platný rozsah $2,5 \text{ m}\Omega \pm 60\Omega$),
- skladovací pozice obsazena - přepnutí testovacího boxu do polohy „přetržení vodiče“ (svorka 5 a 6, platný rozsah $\geq 10 \text{ M}\Omega$),
- skladovací pozice obsazena - přepnutí testovacího boxu do polohy „zkrat“ (svorka 5 a 6, platný rozsah $\leq 60 \Omega$),
- teplota OS na vnějším povrchu – nastavení testovacího boxu na polohu „20°C“ (svorky 1,2,3 a 4, platný rozsah $108 \Omega \pm 1 \Omega$),
- teplota OS na vnějším povrchu – nastavení testovacího boxu na polohu „50°C“ (svorky 1,2,3 a 4, platný rozsah $119 \Omega \pm 1 \Omega$),
- teplota OS na vnějším povrchu – nastavení testovacího boxu na polohu „80°C“ (svorky 1,2,3 a 4, platný rozsah $130 \Omega \pm 1 \Omega$),
- teplota OS na vnějším povrchu – nastavení testovacího boxu na polohu „110°C“ (svorky 1,2,3 a 4, platný rozsah $140 \Omega \pm 1 \Omega$),

- teplota OS na vnějším povrchu – nastavení testovacího boxu na polohu „přetržení vodiče“ (svorky 1,2,3 a 4, platný rozsah $\geq 10 \text{ M}\Omega$),
- teplota OS na vnějším povrchu – nastavení testovacího boxu na polohu „zkrat“ (svorky 1,2,3 a 4, platný rozsah $\leq 60 \Omega$).

Zkouška měření teploty ve skladovací hale:

- zkouška teplotního snímače ve skladovací hale (uvolnění kabelové zástrčky na čidle nebo vyvolání teplotní změny na snímači teploty, zobrazení na panelovém PC).

Měření odporu teplotních čidel Pt100 umístěných na vnějším povrchu OS a následné vyhodnocení:

Pro možnost provedení měření odporu a vyhodnocení teplot na vnějším povrchu OS je třeba předchozí zjištění impedance jednotlivých systémových kabelů mezi systémovými skříněmi a sběrnými skříněmi. Impedance kabelů se vypočítává a její korektnost lze dokázat porovnáním teplot OS vypočtených v daném protokolu a teplot vyobrazených na panelovém PC.

Příklad výpočtu:

Impedance kabelu určená výrobcem (R_p): $35,837 \Omega/\text{km}$

Délka kabelu mezi systémovou a sběrnou skříní (l): $130 \text{ m} = 0,13 \text{ km}$

$$Z = R_p \times 2l = 35,837 \times 0,26 = 9,3176 \Omega = 9,32 \Omega$$

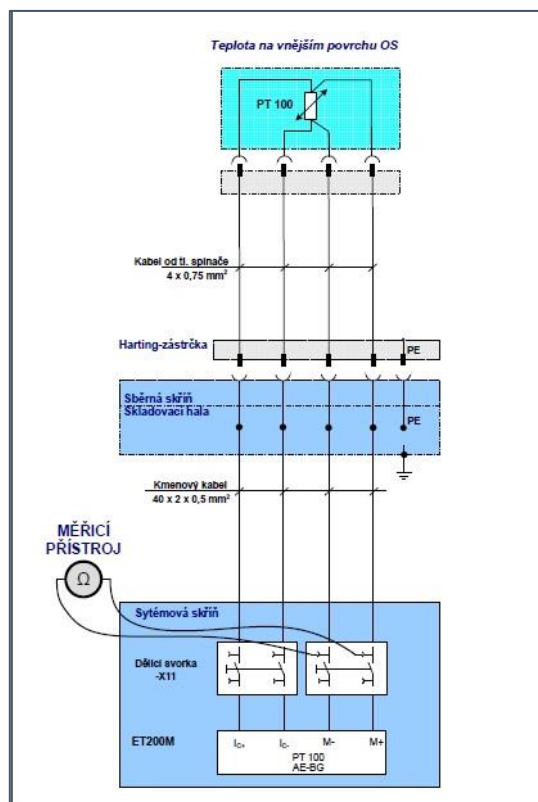
Vypočtená impedance pro OS 1 až OS 8 (Z): $9,32 \Omega$

Tato vypočtená impedance Z se odečte od naměřené hodnoty odporu u OS 1 až OS 8.

Obalové soubory	Impedance kabelu dle výrobce [Ω/km]	Délka kabelu mezi skříněmi [m]	Vypočtená impedance kabelu [Ω]
1 až 8	35,837	130	9,32
9 až 16	35,838	115	8,24
17 až 24	35,837	108	7,84
25 až 32	35,837	101	7,24
33 až 40	35,837	95	6,81
41 až 48	35,837	88	6,31
49 až 56	35,837	80	5,73

Tabulka 3 - Vypočtená impedance do OS 56

K měření hodnot odporu čidel teploty na vnějším povrchu OS je zapotřebí na systémové skříní provést rozpojení příslušné zkušební svorky na svorkovnici. Tím docílíme měření bez jakéhokoliv zásahu PLC.



Obrázek 22 - Koncepte měření teplotních čidel [1]

5.3 Kontrola MSOS přes sběrnou skříň OS s testovacím boxem

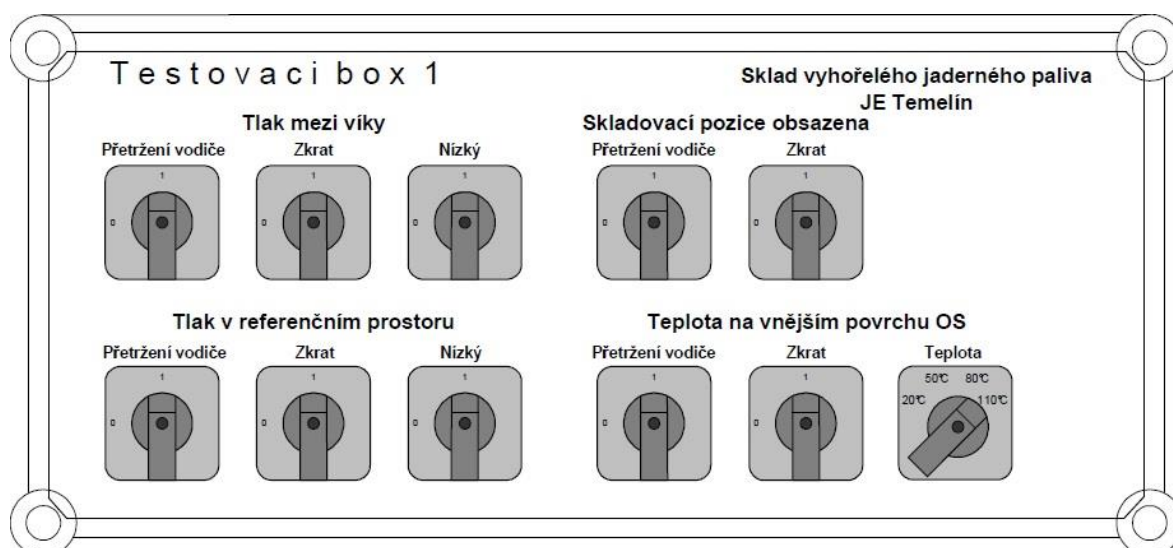
Je-li vše v pořádku dle kontrol popsaných v kapitolách 5.1 a 5.2, může se přejít na samotnou kontrolu jednotlivých obalových souborů. Kontrola probíhá tak, že je proškolenému realizátorovi přidělen jeden ze dvou testovacích boxů, u kterého vyzkouší jeho správnou funkci přes zdířky v systémové skříni na obslužném místě pomocí adaptéru. Pokud není testovací box funkční, je mu přidělen druhý testovací box, který by měl být již funkční. Dále provede realizátor zkoušku vysílačky, kterou bude potřebovat pro komunikaci s druhým proškoleným realizátorem. Ten bude po celou dobu zkoušky na obslužném místě u systémové skříně. Poté se druhý realizátor s testovacím boxem a vysílačkou přemístí do šatny, kde je připraveno oblečení určené do kontrolovaného pásma (pracovní oděv, helma, rukavice). Po převlečení do pracovního oděvu realizátor obdrží osobní dozimetr, který si připevní na určené místo na pracovním oděvu a přes kontrolovaný vstup se dostane do prostoru skladovací haly s obalovými soubory. Dle pracovního příkazu a pracovního postupu odpojí slepé zástrčky a pomocí testovacího boxu se připojí přes konektory Harting do příslušné sběrné skříně na správný obalový soubor, který se bude testovat. V případě, že realizátor stojí čelem ke sběrné skříni, připojí z levé strany pomocí konektoru tlakové spínače a z pravé strany teplotní čidla. S realizátorem na obslužném místě si potvrdí, že je již vše zapojeno a můžou přikročit k simulaci potřebných stavů OS. Při vykonávání této činnosti si zároveň realizátor stojící v prostoru skladovací haly hlídá obdržení dávek radiace přes osobní dozimetr, který dává zvukovou signalizaci najevo každou jednu dávku, která se sčítá na displeji osobního dozimetru v jednotkách mSv.

Poté si realizátor na obslužném místě přes vysílačku určuje postup zkoušky tím, že druhému realizátorovi sdělí, jaká hodnota se bude v danou chvíli měřit a do jaké polohy má uvést ovládací konektor na testovacím boxu. Při každé této nasimulované poloze se musí na panelovém PC objevit hlášení o dané nasimulované poruše a při přepnutí konektoru na testovacím boxu zpět, musí dojít k odrušení dané poruchy. Tyto informace si realizátoři sdělují a potvrzují přes vysílačky.

Seznam zkoušek signálů skladovací pozice OS s testovacím boxem:

- skladovací pozice OS – připojení testovacího boxu (tlakový spínač) a nastavení na „tlak v meziprostoru mezi víky **nízký**“ (poloha „1“), platný rozsah 4 – 5 mA,
- skladovací pozice OS – připojení testovacího boxu (tlakový spínač) a nastavení na „tlak v meziprostoru mezi víky **nízký**“ (poloha „0“), platný rozsah 8 – 9 mA,
- skladovací pozice OS – připojení testovacího boxu (tlakový spínač) a nastavení na „tlak v meziprostoru mezi víky **zkrat**“ (poloha „1“), platný rozsah 0,0 mA,
- skladovací pozice OS – připojení testovacího boxu (tlakový spínač) a nastavení na „tlak v meziprostoru mezi víky **zkrat**“ (poloha „0“), platný rozsah 8 – 9 mA,
- skladovací pozice OS – připojení testovacího boxu (tlakový spínač) a nastavení na „tlak v meziprostoru mezi víky **přetržení vodiče**“ (poloha „1“), platný rozsah 0,0 mA,
- skladovací pozice OS – připojení testovacího boxu (tlakový spínač) a nastavení na „tlak v meziprostoru mezi víky **přetržení vodiče**“ (poloha „0“), platný rozsah 8 – 9 mA,
- skladovací pozice OS – připojení testovacího boxu (tlakový spínač) a nastavení na „tlak v referenčním prostoru **nízký**“ (poloha „1“), platný rozsah 4 – 5 mA,
- skladovací pozice OS – připojení testovacího boxu (tlakový spínač) a nastavení na „tlak v referenčním prostoru **nízký**“ (poloha „0“), platný rozsah 8 – 9 mA,
- skladovací pozice OS – připojení testovacího boxu (tlakový spínač) a nastavení na „tlak v referenčním prostoru **zkrat**“ (poloha „1“), platný rozsah 0,0 mA,
- skladovací pozice OS – připojení testovacího boxu (tlakový spínač) a nastavení na „tlak v referenčním prostoru **zkrat**“ (poloha „0“), platný rozsah 8 – 9 mA,
- skladovací pozice OS – připojení testovacího boxu (tlakový spínač) a nastavení na „tlak v referenčním prostoru **přetržení vodiče**“ (poloha „1“), platný rozsah 0,0 mA,
- skladovací pozice OS – připojení testovacího boxu (tlakový spínač) a nastavení na „tlak v referenčním prostoru **přetržení vodiče**“ (poloha „0“), platný rozsah 8 – 9 mA,
- skladovací pozice OS - připojení testovacího boxu (tlakový spínač) a nastavení na „pozice obsazena **zkrat**“ (poloha „1“), platný rozsah 0,0 mA,
- skladovací pozice OS - připojení testovacího boxu (tlakový spínač) a nastavení na „pozice obsazena **zkrat**“ (poloha „0“), platný rozsah 8 – 9 mA,
- skladovací pozice OS - připojení testovacího boxu (tlakový spínač) a nastavení na „pozice obsazena **přetržení vodiče**“ (poloha „1“), platný rozsah 0,0 mA,
- skladovací pozice OS - připojení testovacího boxu (tlakový spínač) a nastavení na „pozice obsazena **přetržení vodiče**“ (poloha „0“), platný rozsah 8 – 9 mA,

- skladovací pozice OS - připojení testovacího boxu (tlakový spínač a teplota na povrchu OS) a nastavení na „teplota na vnějším povrchu OS“ (poloha „20°C“), platný rozsah 19 – 21°C,
- skladovací pozice OS - připojení testovacího boxu (tlakový spínač a teplota na povrchu OS) a nastavení na „teplota na vnějším povrchu OS“ (poloha „50°C“), platný rozsah 49 – 51°C,
- skladovací pozice OS - připojení testovacího boxu (tlakový spínač a teplota na povrchu OS) a nastavení na „teplota na vnějším povrchu OS“ (poloha „80°C“), platný rozsah 79 – 81°C,
- skladovací pozice OS - připojení testovacího boxu (tlakový spínač a teplota na povrchu OS) a nastavení na „teplota na vnějším povrchu OS“ (poloha „110°C“), platný rozsah 109 – 111°C,
- skladovací pozice OS - připojení testovacího boxu (tlakový spínač a teplota na povrchu OS) a nastavení na „teplota na vnějším povrchu OS **zkrat**“ (poloha „1“), platný rozsah 0°C,
- skladovací pozice OS - připojení testovacího boxu (tlakový spínač a teplota na povrchu OS) a nastavení na „teplota na vnějším povrchu OS **zkrat**“ (poloha „0“), platný rozsah 19 - 21°C,
- skladovací pozice OS - připojení testovacího boxu (tlakový spínač a teplota na povrchu OS) a nastavení na „teplota na vnějším povrchu OS **přetržení vodiče**“ (poloha „1“), platný rozsah 0°C,
- skladovací pozice OS - připojení testovacího boxu (tlakový spínač a teplota na povrchu OS) a nastavení na „teplota na vnějším povrchu OS **přetržení vodiče**“ (poloha „0“), platný rozsah 19 - 21°C.



Obrázek 23 - Testovací box [1]

Všechna tato měření se evidují v protokolu, který je vložen do přílohy této bakalářské práce. Po ukončení této zkoušky si realizátoři přes vysílačky potvrdí, že je již vše splněno a realizátor na skladovací hale u OS může zahájit odpojování konektorů od sběrné skříně. Nejprve odpojí teplotní čidla z pravé strany sběrné skříně a následně tlakové spínače z levé strany. Poté opustí prostor skladovací haly a přesune se na měření radioaktivity do rentgenového rámu připraveného na vstupu na tzv. „čistou stranu“ SVJP. Testovací box, vysílačku a jiné drobné předměty vloží do rentgenové skříně a pouze v pracovním oděvu vstoupí do rentgenu. Po této kontrole realizátor vrátí zpět osobní dozimetr na určené místo a jde se převléci z pracovního oděvu do šatny, kde má osobní věci. Testovací box s vysílačkou odevzdá realizátor na příslušná místa, aby tato zařízení byla připravena na další testování. Dále probíhá vypracování protokolu o zkoušce MSOS a předání příslušnému systémovému správci pro archivaci. [1]

6 Výstupy z realizace provedené kontroly a testování OS a kabelů

Následující přehledová tabulka shrnuje výstupy z realizované kontroly a uvádí naměřené hodnoty a celkové zhodnocení sledovaného ukazatele/úkonu. Kompletní protokol o kontrole MSOS je součástí této bakalářské práce v příloze.

Sledovaný ukazatel/úkon	Naměřená hodnota	Povolené rozmezí	Zhodnocení kontroly
MSOS a všechny komponenty jsou v kompletním stavu a jsou plně provozuschopné (vizuální kontrola)	-	-	✓
Kabeláž a kabelové trasy jsou v souladu s provozními podmínkami.	-	-	✓
Proškolený personál provozovatele je připraven pro obsluhu MSOS na obslužném místě.	-	-	✓
Podmínky pracovního prostředí v budově SVJP jsou dodrženy.	-	-	✓
Veškeré pracovní postupy, pracovní příkaz a příslušné dokumenty jsou k dispozici personálu provádějícího zkoušky.	-	-	✓
Měření tlaku v meziprostoru mezi víky (nízký tlak, poloha „1“)	4,57 mA	4 mA – 5 mA	✓
Měření tlaku v meziprostoru mezi víky (nízký tlak, poloha „0“)	8,77 mA	8 mA – 9 mA	✓
Měření tlaku v meziprostoru mezi víky (zkrat, poloha „1“)	0,00 mA	0 mA	✓
Měření tlaku v meziprostoru mezi víky (zkrat, poloha „0“)	8,68 mA	8 mA – 9mA	✓
Měření tlaku v meziprostoru mezi víky (přetržení vodiče, poloha „1“)	0,00 mA	0 mA	✓
Měření tlaku v meziprostoru mezi víky (přetržení vodiče, poloha „0“)	8,43 mA	8 mA – 9mA	✓
Měření tlaku v referenčním prostoru (nízký tlak, poloha „1“)	4,42 mA	4 mA – 5 mA	✓
Měření tlaku v referenčním prostoru (nízký tlak, poloha „0“)	8,55 mA	8 mA – 9mA	✓
Měření tlaku v referenčním prostoru (zkrat, poloha „1“)	0,00 mA	0 mA	✓
Měření tlaku v referenčním prostoru (zkrat, poloha „0“)	8,54 mA	8 mA – 9mA	✓
Měření tlaku v referenčním prostoru (přetržení vodiče, poloha „1“)	0,00 mA	0 mA	✓

Měření tlaku v referenčním prostoru (přetržení vodiče, poloha „0“)	8,46 mA	8 mA – 9mA	✓
Pozice obsazena (zkrat, poloha „1“)	0,00 mA	0 mA	✓
Pozice obsazena (zkrat, poloha „0“)	8,61 mA	8 mA – 9mA	✓
Pozice obsazena (přetržení vodiče, poloha „1“)	0,00 mA	0 mA	✓
Pozice obsazena (přetržení vodiče, poloha „0“)	8,58 mA	8 mA – 9mA	✓
Teplota na vnějším povrchu OS (poloha „20°C“)	20,3°C	19°C - 21°C	✓
Teplota na vnějším povrchu OS (poloha „50°C“)	50,5°C	49°C - 51°C	✓
Teplota na vnějším povrchu OS (poloha „80°C“)	80,2°C	79°C - 91°C	✓
Teplota na vnějším povrchu OS (poloha „110°C“)	110,4°C	109°C - 111°C	✓
Teplota na vnějším povrchu OS (poloha „20°C“)	20,4°C	19°C - 21°C	✓
Teplota na vnějším povrchu OS (zkrat, poloha „1“)	0°C	0°C	✓
Teplota na vnějším povrchu OS (zkrat, poloha „0“)	20,2°C	19°C - 21°C	✓
Teplota na vnějším povrchu OS (přetržení vodiče, poloha „1“)	0°C	0°C	✓
Teplota na vnějším povrchu OS (přetržení vodiče, poloha „0“)	20,5°C	19°C - 21°C	✓

Tabulka 4 - Výstupy z realizace provedené kontroly a testování OS a kabelů

Závěrečné zhodnocení

Dle vyhodnocení v protokolu o periodické zkoušce monitorovacího systému obalového souboru se může stanovit, že cíle byly naplněny. Kontrola úplnosti provozních prostředků byla v pořádku. Komplettnost správného označení a popisů, čistota v systémových skříních a namátkové dotažení šroubových spojů proběhlo také dle očekávání. Byla vyměněna záložní baterie v PLC (preventivní činnost). Všechny naměřené hodnoty splňují platný rozsah a neohrožují bezpečnost a provozuschopnost elektrárny. Realizátoři splňovali veškeré kvalifikace, postupovali řádně dle pracovních postupů a evidovali data do protokolu uvedeného v příloze této bakalářské práce. Alarmová hlášení, která byla plánována v rámci těchto zkoušek fungovala také bez jakékoli závady, jak akustické, tak i optické hlásiče oznamovaly každou zkoušku a obsluha měla možnost informace o těchto alarmových stavech monitorovat na příslušném panelovém PC a BSM hlásiči.

Celkově lze zhodnotit, že periodická kontrola proběhla úspěšně a vyhodnotila MSOS jako plně funkční pro monitoring stavu obalových souborů.

Na základě provedené kontroly byl zhotoven také protokol o měření, jež je přílohou této práce.

Bakalářská práce by mohla být dále rozšířena o popsání procesů a kontrol, které předcházejí samotnému umístění obalového souboru do SVJP, případně o procesy, jak postupovat v případě, že periodická kontrola MSOS neproběhne úspěšně a jsou shledány nedostatky. Jak mohou být zjištěné nedostatky řešeny, jak lze zajistit alternativní kontrolu obalových souborů. Další z možných variant rozšíření bakalářské práce je i srovnání monitorovacích systémů obalových souborů v různých zemích.

Seznam literatury

- [1] VICOVSKÝ, Miroslav a Miloš TRÉGL. *PP pro systém kontroly a řízení MSOS: systémový provozní předpis*. Jaderná elektrárna Temelín, 2014.
- [2] MEZISKLAD POUŽITÉHO PALIVA: JAK TO FUNGUJE. *SVĚT ENERGIE: Vzdělávací portál ČEZ* [online]. [cit. 2022-10-21]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/jaderne-elektrarny-pro-deti/co-vsechno-v-jaderne-elektrarne-najdeme/mezisklad-pouziteho-paliva/jak-to-funguje>
- [3] Národní zpráva pro účely Společné úmluvy o bezpečnosti při nakládání s vyhořelým palivem a o bezpečnosti při nakládání s radioaktivními odpady. 2005. Dostupné také z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/zpravy/narodni_zpravy/NZ_VP_RAO_2_3_C_Z.pdf
- [4] Temelín začal zavážet palivo do druhého bloku. *Budějcká DRBNA* [online]. 19.5.2014 [cit. 2022-10-21]. Dostupné z: <https://budejcka.drbna.cz/zpravy/spolecnost/temelin-zacal-zavazet-palivo-do-druheho-bloku.html>
- [5] Národní zpráva pro účely Společné úmluvy o bezpečnosti při nakládání s vyhořelým palivem a o bezpečnosti při nakládání s radioaktivními odpady. In: *Národní zpráva* [online]. 2005 [cit. 2022-10-21]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/zpravy/narodni_zpravy/NZ_VP_RAO_2_3_C_Z.pdf
- [6] HUDEČEK, Antonín, František JANTAČ a Miroslav KIBUS. *Systémový provozní předpis: Provozní předpis pro SVJP (sklad vyhořelého jaderného paliva)*. Jaderná elektrárna Temelín, 2021.
- [7] MLČÁK, Roman, *Primární část JE VVER 1000: Palivo a komponenty aktivní zóny reaktoru VVER 1000 JE Temelín*. Brno, 2019.
- [8] SVOBODA, Václav. *Škoda JS a.s.: Obalové soubory ŠKODA pro skladování a transport vyhořelého jaderného paliva pro elektrárny Temelín a Dukovany*. Plzeň, 2020.
- [9] KOLEKTIV AUTORŮ. *Stavební objekty: Stavební část JE VVER 1000*. Brno, 2021.
- [10] Sklad vyhořelého jaderného paliva v jaderné elektrárně Temelín. *PSG* [online]. Otrokovice, 2010 [cit. 2022-10-21]. Dostupné z: <https://www.psg.cz/reference/sklad-vyhoreleho-jaderneho-paliva-v-jaderne-elektrarne-temelin-1>
- [11] BLAŽKOVÁ. *Odpad: Radioaktivní odpady a vyhořelé jaderné palivo*. *MUNI SCI Ústav fyziky* [online]. [cit. 2022-10-21]. Dostupné z: physics.muni.cz

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Etapy životního cyklu vyhořelého jaderného paliva [1]	6
Obrázek 2 - Bazén skladování vyhořelého jaderného paliva [4]	7
Obrázek 3 - Zavážecí stroj nad BSVP [1]	7
Obrázek 4 - Ukázka ramena zavážecího stroje při přesunu palivové kazety z reaktoru do BSVP [1]	8
Obrázek 5 - Obalový soubor ŠKODA 1000/19-M [8]	9
Obrázek 6 - Sklad vyhořelého jaderného paliva [9]	11
Obrázek 7 - Přeprava OS ve výšce 0,3m nad zemí v SVJP na místo uložení [2]	15
Obrázek 8 - umístění prvního OS dle uvedených principů [2]	15
Obrázek 9 - Ukázka zvedání OS z přepravního vagónu v prostoru SVJP [1]	16
Obrázek 12 - Systémová skříň MSOS [1]	18
Obrázek 13 - Zdířky (vlastní foto)	19
Obrázek 14 - Sběrná skříň [1]	20
Obrázek 15 - Konektory Harting [1]	20
Obrázek 16 - Testovací box (vlastí foto)	21
Obrázek 17 - Panelový počítač [1]	22
Obrázek 18 - Panelový počítač (vlastní foto)	22
Obrázek 19 - Příklad poruchového hlášení – OS vysoká teplota [1]	24
Obrázek 20 – Příklad poruchového hlášení OS – nízký tlak mezi víky [1]	24
Obrázek 21 - Vyhodnocení měření [1]	25
Obrázek 22 - Stavy signálu [1]	26
Obrázek 23 - Vyhodnocení signálu 4 - 10 mA [1]	27
Obrázek 24 - Koncepce měření teplotních čidel [1]	33
Obrázek 23 - Testovací box [1]	37

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Hlavní parametry obalového souboru ŠKODA 1000/19-M [8]	10
Tabulka 2 - Způsob měření [1]	26
Tabulka 3 - Vypočtená impedance do OS 56	33
Tabulka 4 - Výstupy z realizace provedené kontroly a testování OS a kabelů	39

Příloha - Protokol o kontrole MSOS

Název zkoušky	Nastavení testovacího boxu	Panelové PC (zobrazení)	BSM panel (zobrazení)	BSM optické hlášení	BSM akustické hlášení	Výstup na tiskárnu	Hodnoty očekávané + rozsah	Potvrzení zkoušky	Datum	Podpis	Naměřené hodnoty
Skladovací pozice OS (měření tlaku v meziprostoru mezi víky)	Tlak v meziprostoru mezi víky nízký – poloha „1“	OK	OK	OK	OK	OK	Očekávaná hodnota 4,45 mA, platný rozsah 4 mA – 5 mA	✓	12-10-2022		Hodnota na panelovém PC [mA] = 4,57 mA
	Tlak v meziprostoru mezi víky nízký – poloha „0“	X	X	X	X	X	Očekávaná hodnota 8,5 mA, platný rozsah 8 mA – 9 mA	✓	12-10-2022		Hodnota na panelovém PC [mA] = 8,77 mA
	Tlak v meziprostoru mezi víky zkrat – poloha „1“	OK	OK	OK	OK	OK	Očekávaná hodnota 0 mA, platný rozsah 0 mA	✓	12-10-2022		Hodnota na panelovém PC [mA] = 0,00 mA
	Tlak v meziprostoru mezi víky zkrat – poloha „0“	X	X	X	X	X	Očekávaná hodnota 8,5 mA, platný rozsah 8 mA – 9 mA	✓	12-10-2022		Hodnota na panelovém PC [mA] = 8,68 mA
	Tlak v meziprostoru mezi víky přetržení vodiče – poloha „1“	OK	OK	OK	OK	OK	Očekávaná hodnota 0 mA, platný rozsah 0 mA	✓	12-10-2022		Hodnota na panelovém PC [mA] = 0,00 mA
	Tlak v meziprostoru mezi víky přetržení vodiče – poloha „0“	X	X	X	X	X	Očekávaná hodnota 8,5 mA, platný rozsah 8 mA – 9 mA	✓	12-10-2022		Hodnota na panelovém PC [mA] = 8,43 mA
Skladovací pozice OS (měření tlaku v referenčním prostoru)	Tlak v referenčním prostoru nízký – poloha „1“	OK	OK	OK	OK	OK	Očekávaná hodnota 4,45 mA, platný rozsah 4 mA – 5 mA	✓	12-10-2022		Hodnota na panelovém PC [mA] = 4,42 mA
	Tlak v referenčním prostoru nízký – poloha „0“	X	X	X	X	X	Očekávaná hodnota 8,5 mA, platný rozsah 8 mA – 9 mA	✓	12-10-2022		Hodnota na panelovém PC [mA] = 8,55 mA
	Tlak v referenčním prostoru zkrat – poloha „1“	OK	OK	OK	OK	OK	Očekávaná hodnota 0 mA, platný rozsah 0 mA	✓			Hodnota na panelovém PC [mA] = 0,00 mA

	Tlak v referenčním prostoru zkrat – poloha „0“	X	X	X	X	X	Očekávaná hodnota 8,5 mA, platný rozsah 8 mA – 9 mA	✓	12-10-2022		Hodnota na panelovém PC [mA]= 8,54 mA
	Tlak v referenčním prostoru přetržení vodiče – poloha „1“	OK	OK	OK	OK	OK	Očekávaná hodnota 0 mA, platný rozsah 0 mA	✓	12-10-2022		Hodnota na panelovém PC [mA]= 0,00 mA
	Tlak v referenčním prostoru přetržení vodiče – poloha „0“	X	X	X	X	X	Očekávaná hodnota 8,5 mA, platný rozsah 8 mA – 9 mA	✓	12-10-2022		Hodnota na panelovém PC [mA]= 8,46 mA
Skladovací pozice OS (pozice obsazena)	Pozice obsazena zkrat – poloha „1“	OK	OK	OK	OK	OK	Očekávaná hodnota 0 mA, platný rozsah 0 mA	✓	12-10-2022		Hodnota na panelovém PC [mA]= 0,00 mA
	Pozice obsazena zkrat – poloha „0“	X	X	X	X	X	Očekávaná hodnota 8,5 mA, platný rozsah 8 mA – 9 mA	✓	12-10-2022		Hodnota na panelovém PC [mA]= 8,61 mA
	Pozice obsazena přetržení vodiče – poloha „1“	OK	OK	OK	OK	OK	Očekávaná hodnota 0 mA, platný rozsah 0 mA	✓	12-10-2022		Hodnota na panelovém PC [mA]= 0,00 mA
	Pozice obsazena přetržení vodiče – poloha „0“	X	X	X	X	X	Očekávaná hodnota 8,5 mA, platný rozsah 8 mA – 9 mA	✓	12-10-2022		Hodnota na panelovém PC [mA]= 8,58 mA
Skladovací pozice OS (teplota na vnějším povrchu OS)	Teplota na vnějším povrchu OS – poloha „20°C“	Nepožaduje se					Očekávaná hodnota 20°C, platný rozsah 19°C - 21°C	✓	12-10-2022		Hodnota na panelovém PC [°C]= 20,3°C
	Teplota na vnějším povrchu OS – poloha „50°C“	Nepožaduje se					Očekávaná hodnota 50°C, platný rozsah 49°C - 51°C	✓	12-10-2022		Hodnota na panelovém PC [°C]= 50,5°C
	Teplota na vnějším povrchu OS – poloha „80°C“	Nepožaduje se					Očekávaná hodnota 80°C, platný rozsah 79°C - 81°C	✓	12-10-2022		Hodnota na panelovém PC [°C]= 80,2°C

	Teplota na vnějším povrchu OS – poloha „110°C“	OK	OK	OK	OK	OK	Očekávaná hodnota 110°C, platný rozsah 109°C - 111°C	✓	2022		Hodnota na panelovém PC [°C]= 110,4°C
	Teplota na vnějším povrchu OS – poloha „20°C“	X	X	X	X	X	Očekávaná hodnota 20°C, platný rozsah 19°C - 21°C	✓	12-10-		Hodnota na panelovém PC [°C]= 10,4°C
	Teplota na vnějším povrchu OS zkrat – poloha „1“	OK	OK	OK	OK	OK	Očekávaná hodnota 0°C	✓			Hodnota na panelovém PC [°C]= 0,0°C
	Teplota na vnějším povrchu OS zkrat – poloha „0“	X	X	X	X	X	Očekávaná hodnota 20°C, platný rozsah 19°C - 21°C	✓	2022		Hodnota na panelovém PC [°C]= 10,2°C
	Teplota na vnějším povrchu OS přetržení vodiče – poloha „1“	OK	OK	OK	OK	OK	Očekávaná hodnota 0°C	✓	12-10-		Hodnota na panelovém PC [°C]= 0,0°C
	Teplota na vnějším povrchu OS přetržení vodiče – poloha „0“	X	X	X	X	X	Očekávaná hodnota 20°C, platný rozsah 19°C - 21°C	✓			Hodnota na panelovém PC [°C]= 10,5°C

Práci realizoval:

Tomáš Vávra

12-10- 2022

Vypracoval protokol:

Tomáš Vávra

12-10- 2022