



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

VYHODNOCOVÁNÍ CHOVÁNÍ ZAŘÍZENÍ NA BEZPEČNOSTNÍCH SYSTÉMECH JADERNÉ ELEKTRÁRNY TEMELÍN PŘI PŘECHODU Z NOMINÁLNÍHO NAPÁJENÍ NA NOUZOVÝ ZDROJ

VERIFICATION OF SECURITY SYSTEMS OF NUCLEAR POWER PLANT TEMELIN DURING
TRANSITION FROM NOMINAL POWER TO BACKUP SOURCE.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

David Holeš

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Petr Mastný, Ph.D.

BRNO 2018

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**
Ústav elektroenergetiky

Student: David Holeš

ID: 186081

Ročník: 3

Akademický rok: 2017/18

NÁZEV TÉMATU:

Vyhodnocování chování zařízení na bezpečnostních systémech Jaderné elektrárny Temelín při přechodu z nominálního napájení na nouzový zdroj

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznámení a popsání automatik postupného spouštění s návazností na přechod z nominálního napájení na nouzový zdroj
2. Definování důležitých signálů pro vyhodnocování zkoušek
3. Návrh způsobu vyhodnocení zkoušek, limit a kritérií sledovaných parametrů
4. Reálné ověření navržené metody vyhodnocení zkoušek nad naměřenými daty
5. Závěrečné vyhodnocení a doporučení z výsledků trendů nebo odchylek sledovaných parametrů

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Literatura je stanovena dle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 5.2.2018

Termín odevzdání: 29.5.2018

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Mastný, Ph.D.

Konzultant:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Vysoké učení technické v Brně / Technická 3058/10 / 616 00 / Brno

Bibliografická citace práce:

HOLEŠ, D. *Vyhodnocování chování zařízení na bezpečnostních systémech Jaderné elektrárny Temelín při přechodu z nominálního napájení na nouzový zdroj*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2018. 48 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Petr Mastný, Ph.D..

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Vyhodnocování chování zařízení na bezpečnostních systémech Jaderné elektrárny Temelín při přechodu z nominálního napájení na nouzový zdroj jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.“

V Brně dne: 25.5.2018

.....

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Otovi Marečkovi a panu Ing. Ivovi Benešovi ze společnosti TES s.r.o. za odbornou pomoc a poskytnuté materiály použité při tvorbě a zpracování této bakalářské práce.

V Brně dne: 25.5.2018

.....

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce obsahuje popis blokové vlastní spotřeby na jaderné elektrárně Temelín. Dále jaké jsou zdroje vlastní spotřeby, kde je popsán dieselgenerátor a jeho automatika postupného spouštění. Na konci jsou popsány sledované a vyhodnocované parametry vybraných zařízení při zkouškách na bezpečnostních systémech jaderné elektrárny Temelín z kampaně 2016–2017 provedených od března 2016 do května 2017 na 2. výrobním bloku.

KLÍČOVÁ SLOVA: automatika postupného spouštění (APS); bezpečnostní systémy; nouzový zdroj; dieselgenerátor; rozvodna zajištěného napájení

ABSTRACT

The thesis contains a description of block self-consumption in nuclear power plant Temelín. The types of sources for self-consumption will be described focusing on a diesel generator and its emergency load sequencer. At the end, there is a description of the monitored and evaluated parameters of selected devices from nuclear power plant Temelín security systems testing. The parameters were monitored from March 2016 to May 2017 at the 2nd production block.

KEY WORDS: emergency load sequencer (ELS); security systems; emergency source; diesel generator; power supply substation

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	8
SEZNAM TABULEK	9
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	11
1 ÚVOD	12
2 BLOKOVÁ VLASTNÍ SPOTŘEBA JETE	13
2.1 PROVOZ BEZPEČNOSTNÍCH SYSTÉMŮ A ZAŘÍZENÍ.....	15
2.2 ZDROJE VLASTNÍ SPOTŘEBY	15
2.2.1 ROZDĚLENÍ ZDROJŮ NAPÁJENÍ.....	15
2.2.2 ČLENĚNÍ NAPÁJENÍ PODLE KATEGORIE ZAJIŠTĚNOSTI.....	16
3 DIESELGENERÁTOR	18
3.1 FUNKCE DG	18
3.2 USPOŘÁDÁNÍ A TECHNICKÉ PARAMETRY DG.....	18
4 APS	19
4.1 SPUŠTĚNÍ APS	19
4.1.1 ZTRÁTA NAPĚTÍ SEKCE II. KATEGORIE	19
4.1.2 NEÚSPĚŠNÝ AZR SEKCE III. KATEGORIE.....	19
4.2 FUNKCE APS	20
4.3 PROGRAMY APS PRO ZATĚŽOVÁNÍ DG	20
4.3.1 PROGRAM APS-H	20
4.3.2 PROGRAM APS-S	20
4.4 UKONČENÍ APS	20
5 MONITOROVACÍ A MĚŘICÍ SYSTÉMY ELEKTROZAŘÍZENÍ JETE.....	21
5.1 MĚŘICÍ SYSTÉM NEMES	21
5.2 MONITOROVACÍ SYSTÉM MOSAD®5	21
5.2.1 PROGRAM LOGA.....	22
5.2.2 PROGRAM GRAF.....	23
5.2.3 WEB INTERFACE/ROZHRAŇÍ.....	24
6 SYSTÉMY ZN II. KATEGORIE A DG PŘI ZKOUŠKÁCH APS NA JETE 2. HVB I. DBS.....	25
6.1 SLEDOVANÉ A VYHODNOCOVANÉ PARAMETRY	25
6.1.1 KONTROLOVANÉ ČASY AUTOMATIKY APS	25
6.1.2 ZPOŽDĚNÍ PŘIPOJENÍ POHONŮ OD STUPŇŮ.....	25
6.1.3 PŘIPOJENÍ A ZATĚŽOVÁNÍ DG PŘI CHODU APS	27
6.1.4 DOBA TRVÁNÍ ROZBĚHOVÝCH PROUDŮ SKUPINY POHONŮ JEDNOTLIVÝCH STUPŇŮ APS	28
6.1.5 P A Q JEDNOTLIVÝCH STUPŇŮ PROGRAMU APS.....	29
6.1.6 DODANÁ ENERGIE DG PŘI CHODU PROGRAMU APS	29
6.2 TOLERANCE SLEDOVANÝCH A VYHODNOCENÝCH PARAMETRŮ	30
6.2.1 KONTROLOVANÉ ČASY AUTOMATIKY APS	30
6.2.2 MEZE ZPOŽDĚNÍ PŘIPOJENÍ POHONŮ OD STUPŇŮ APS.....	31

6.2.3 MEZE PŘIPOJENÍ A ZATĚŽOVÁNÍ DG PŘI CHODU APS	32
6.2.4 MEZE DOBY TRVÁNÍ ROZBĚHOVÝCH PROUDŮ JEDNOTLIVÝCH STUPŇŮ PROGRAMU APS	33
6.2.5 MEZE USTÁLENÝCH HODNOT VÝKONŮ SPOUŠTĚNÝCH POHONŮ V JEDNOTLIVÝCH STUPNÍCH APS.....	33
6.2.6 MEZE DODANÉ ENERGIE JEDNOTLIVÝCH STUPŇŮ APS	34
6.2.7 MEZE VYBRANÝCH PARAMETRŮ DG PŘI CHODU PROGRAMU APS	34
6.3 SEZNAM VYHODNOCENÝCH ZKOUŠEK.....	35
6.4 VYHODNOCENÍ 1. DIVIZE BEZPEČNOSTNÍHO SYSTÉMU	36
6.4.1 KONTROLOVANÉ ČASY AUTOMATIKY APS	36
6.4.2 ZPOŽDĚNÍ PŘIPOJENÍ POHONŮ OD STUPŇŮ APS	38
6.4.3 PŘIPOJENÍ A ZATĚŽOVÁNÍ DG PŘI CHODU APS	39
6.4.4 DOBA TRVÁNÍ ROZBĚHOVÝCH PROUDŮ SKUPINY POHONŮ JEDNOTLIVÝCH STUPŇŮ APS	41
6.4.5 P A Q JEDNOTLIVÝCH STUPŇŮ PROGRAMU APS.....	42
6.4.6 DODANÁ ENERGIE JEDNOTLIVÝCH STUPŇŮ APS.....	43
6.4.7 DODANÁ ENERGIE DG PŘI ZKOUŠKÁCH APS A USTÁLENÉ HODNOTY P, Q, F A U	44
7 ZÁVĚR.....	45
7.1 ČASY AUTOMATIK APS	46
7.2 SPÍNACÍ PRVKY VÝVODŮ ZAPÍNANÝCH V JEDNOTLIVÝCH STUPNÍCH AUTOMATIKY APS	46
7.3 MECHANICKÝ STAV A PARAMETRY DG PŘI ROZBĚHU, CHODU A DOBĚHU.....	46
7.4 MECHANICKÝ STAV POHONŮ SPOUŠTĚNÝCH V RÁMCI PROGRAMU APS.....	46
POUŽITÁ LITERATURA	47

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 2-1 Přehledové schéma zajištěného napájení vlastní spotřeby 2. bloku JETE [6].....</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 5-1 Programu LOGA sloužící pro analýzu a zpracování dvouhodnotových dat.</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 5-2 Programu GRAF sloužící pro analýzu a zpracování analogových dat.</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 5-3 WEB interface systému MOSAD[®]5 – JETE 2. HVB I. DBS.</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 6-1 Určení mezí pro doby trvání příslušných rozběhových proudů [5].....</i>	<i>28</i>

SEZNAM TABULEK

Tab. 6.1-1	Vyhodnocované parametry ústřednami NEMES	25
Tab. 6.1-2	Seznam pohonů zapínaných v rámci programu APS-H a monitorovaných systémem NEMES	26
Tab. 6.1-3	Seznam pohonů zapínaných v rámci programu APS-S a monitorovaných systémem NEMES	27
Tab. 6.2-1	Časy podpěťových relé spouštěcích kompletů automatiky APS.....	30
Tab. 6.2-2	Časy stupňů a aktivace APS-H	30
Tab. 6.2-3	Časy stupňů a aktivace APS-S	30
Tab. 6.2-4	Zpoždění připojení pohonů od jednotlivých stupňů APS-H.....	31
Tab. 6.2-5	Zpoždění připojení pohonů od jednotlivých stupňů APS-S [11].....	31
Tab. 6.2-6	Připojení a zatěžování DG při chodu APS [12]	32
Tab. 6.2-7	Doba trvání rozběhových proudů skupin pohonů 2., 3. a 4. stupně programu APS-H	33
Tab. 6.2-8	Doba trvání rozběhových proudů skupin pohonů 2. a 3. stupně programu APS-S	33
Tab. 6.2-9	Ustálené hodnoty P a Q spouštěných pohonů v jednotlivých stupních APS-H	33
Tab. 6.2-10	Ustálené hodnoty P a Q spouštěných pohonů v jednotlivých stupních APS-S	33
Tab. 6.2-11	Hodnoty E_p a E_q jednotlivých stupňů programu APS-H	34
Tab. 6.2-12	Hodnoty E_p a E_q jednotlivých stupňů programu APS-S	34
Tab. 6.2-13	Dodaná energie DG při zkouškách APS-H a ustálené hodnoty P , Q , f , U	34
Tab. 6.2-14	Dodaná energie DG při zkouškách APS-S a ustálené hodnoty P , Q , f , U	34
Tab. 6.3-1	Seznam vyhodnocených zkoušek pro I. DBS.....	35
Tab. 6.4-1	Časy podpěťových relé spouštěcích kompletů automatiky APS.....	36
Tab. 6.4-2	Časy stupňů a aktivace APS-H	37
Tab. 6.4-3	Časy stupňů a aktivace APS-S	37
Tab. 6.4-4	Zpoždění připojení pohonů od jednotlivých stupňů APS-H.....	38
Tab. 6.4-5	Zpoždění připojení pohonů od jednotlivých stupňů APS-H.....	38
Tab. 6.4-6	Zpoždění připojení pohonů od jednotlivých stupňů APS-S.....	39
Tab. 6.4-7	Připojení a zatěžování DG při chodu APS, hodnocení U a f	40
Tab. 6.4-8	Doba trvání rozběhových proudů skupin pohonů 2., 3. a 4. stupně programu APS-H	41
Tab. 6.4-9	Doba trvání rozběhových proudů skupin pohonů 2. a 3. stupně programu APS-S	41
Tab. 6.4-10	Hodnoty ustáleného činného a jalového výkonu spouštěných pohonů v jednotlivých stupních APS-H	42
Tab. 6.4-11	Hodnoty ustáleného činného a jalového výkonu spouštěných pohonů 2. a 3. stupně APS-S.....	42

<i>Tab. 6.4-12 Hodnoty dodané energie E_p a E_q v rámci rozběhů pohonů v jednotlivých stupních APS.....</i>	<i>43</i>
<i>Tab. 6.4-13 Hodnoty dodané energie E_p a E_q v rámci rozběhů pohonů v jednotlivých stupních APS.....</i>	<i>43</i>
<i>Tab. 6.4-14 Dodaná energie DG při zkouškách APS-H a ustálené hodnoty P, Q, f, U.....</i>	<i>44</i>
<i>Tab. 6.4-15 Dodaná energie DG při zkouškách APS-S a ustálené hodnoty P, Q, f, U.....</i>	<i>44</i>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

ADG	Automatika dieselgenerátoru	
APS	Automatika postupného spouštění	
APS-H	Automatika postupného spouštění při $T_{po} > 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$	
APS-S	Automatika postupného spouštění při $T_{po} < 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$	
AZR	Automatika zapnutí rezervy	
DBS	Divize bezpečnostních systémů	
DG	Dieselgenerátor	
DGS	Dieselgenerátorová stanice	
ETE	Elektrárna Temelín	
HVB	Hlavní výrobní blok	
JETE	Jaderná elektrárna Temelín	
MAX	Maximální hodnota	
MIN	Minimální hodnota	
NEMES	Nestandardní měřicí systém	
PO	Primární okruh	
PV	Podpět'ové vypínání	
R6kV	Rozvodna 6 kV	
SZN	Systém zajištěného napájení	
TVD	Technická voda důležitá	
ZAZR	Zpětný AZR	
ZN II	Zajištěné napájení druhé kategorie	
U_n	Jmenovité napětí	[V]
U_{L1-L2}	Sdružené napětí	[V]
P	Činný výkon	[W]
Q	Jalový výkon	[VAr]
E_p	Energie činná	[Wh]
E_q	Energie jalová	[VArh]
f	Frekvence	[Hz]

1 ÚVOD

Jaderná elektrárna Temelín se nachází v Jižních Čechách přibližně 24 km od Českých Budějovic. V prosinci roku 2000 byla elektrárna spuštěna do provozu. Elektrárna má dva výrobní bloky s tlakovodními reaktory VVER 1000 typu V 320. Přibližný výkon elektrárny je 2100 MW.

Jaderná elektrárna Temelín byla projektována a postavena tak, aby byla odolná nepříznivým vnějším účinkům jako jsou klimatické účinky, vnější zátopy, dopad letících předmětů, tlakové vlny od explozí nebo zemětřesení.

Systémy, které jsou určeny k plnění bezpečnostních funkcí v jaderné elektrárně jsou označeny jako systémy důležité z hlediska jaderné bezpečnosti. Bezpečnostní systémy jsou navrženy tak, že v případě ztráty hlavního i rezervního elektrického napájení vlastní spotřeby elektrárny přejdou na napájení z nouzových zdrojů. Mezi nouzové zdroje patří dieselgenerátory a akubaterie, které jsou schopny elektricky napájet důležité systémy z hlediska jaderné bezpečnosti. Každý výrobní blok má tři dieselgenerátory a každý dieselgenerátor je součástí jednoho ze tří zálohovaných a nezávislých bezpečnostních systémů. Každý dieselgenerátor je schopen bezpečně odstavit reaktor, dochladit a udržet jej v bezpečném podkritickém stavu. [4]

V této práci se zaměřuji na popis bezpečnostních systémů vlastní spotřeby JETE. Jelikož je tato problematika rozsáhlá, zaměřil jsem se zejména na nouzový zdroj pro napájení vlastní spotřeby, kterým je dieselgenerátor. V praktické části se zabývám stanovením kritérií a limity nad naměřenými a vypočítanými parametry vybraných zařízení ze záznamů zkoušek. V práci jsou použita reálně naměřená data příslušných zkoušek z monitorovacích systémů elektrárny za období 2016–2017. Vyhodnocovány jsou jak dvouhodnotové signály, tak naměřené a vypočítané parametry analogových signálů jednotlivých zkoušek za sledované období.

2 BLOKOVÁ VLASTNÍ SPOTŘEBA JETE

Bloková vlastní spotřeba je spotřeba elektrické energie, která je nutná pro zajištění výroby elektrické energie včetně spotřeby všech pomocných provozů příslušného reaktorového bloku. Na elektrárně Temelín se pohybuje do 5 % vyráběného výkonu (50 MW) [2]

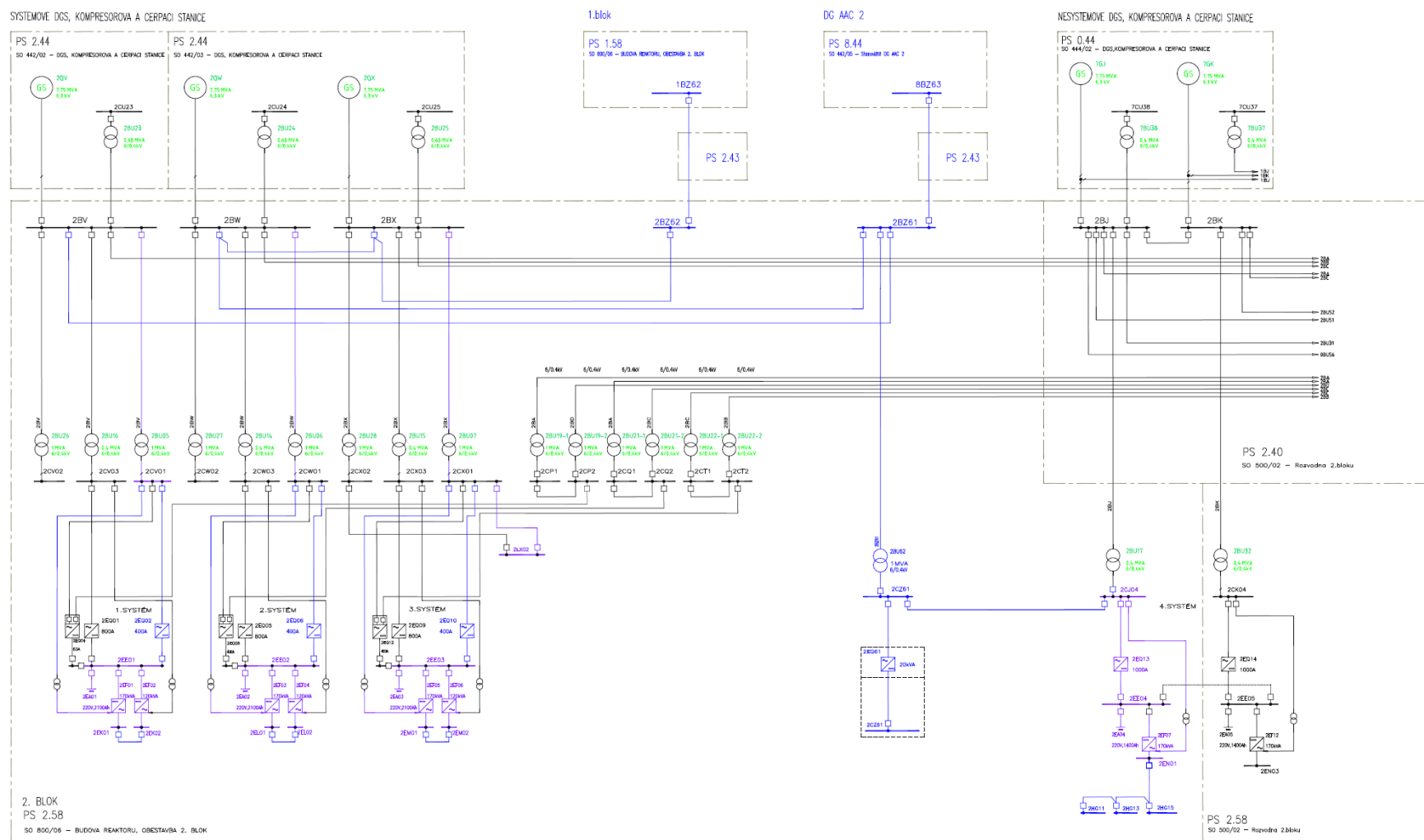
Základní elektrické schéma napájení vlastní spotřeby je tvořeno napájecími zdroji a rozvodnými sítěmi. Ty jsou tvořeny v souladu s celkovou bezpečnostní koncepcí s aplikovanými principy hloubkové ochrany. Všechny systémy a zařízení JETE jsou klasifikovány v souladu s ohledem na bezpečné provozování JETE. Tyto systémy a zařízení jsou pak dle důležitosti klasifikovány a děleny na:

- důležité z hlediska jaderné bezpečnosti (plní alespoň některou bezpečnostní funkci)
 - bezpečnostní systémy (plní tři kritéria jaderné bezpečnosti)
 - systémy související s jadernou bezpečností (ztráta jejich funkceschopnosti nenaruší plnění třech kritérií jaderné bezpečnosti)
- nedůležité z hlediska jaderné bezpečnosti (neplní žádnou bezpečnostní funkci)

Poznámka:

Tři kritéria jaderné bezpečnosti jsou:

- *Bezpečné odstavení reaktoru a udržet jej v podmínkách bezpečného odstavení*
- *Odvádění zbytkového tepla z aktivní zóny reaktoru*
- *Omezení úniku radioaktivních látek pod stanovené limity [1]*



Obr. 2-1 Přehledové schéma zajištěného napájení vlastní spotřeby 2. bloku JETE [6]

2.1 Provoz bezpečnostních systémů a zařízení

Řešení systémů elektrického napájení je provedeno tak, aby byla zachována funkceschopnost bezpečnostních systémů při všech předpokládaných událostech (poruchy a nehody zařízení, zemětřesení, požáry, vichřice, události způsobené lidskou činností...) a v případě jednoduché poruchy, oprav, revizí a zkoušení.

Pro zajištění spolehlivosti bezpečnostních systémů je u aktivních systémů na JETE přijata zásada zálohování 3x100 %. Je to nastaveno tak, aby jeden aktivní systém mohl být v opravě, revizi atd., druhý nefunguje z důvodu poruchy, ale třetí systém musí plnit požadovanou funkci.

Aktivní bezpečnostní systémy na JETE jsou uspořádány do tří divizí bezpečnostních systémů. Divize bezpečnostních systémů je množina systémů, která je samostatně schopna plnit tři kritéria jaderné bezpečnosti. Divize jsou vzájemně nezávislé, oddělené (technologicky, dispozičně, požárně, elektricky,...).[1]

2.2 Zdroje vlastní spotřeby

Pro napájení elektrických spotřebičů vlastní spotřeby JETE jsou na základě jejich důležitosti vytvořeny sítě různých kategorií zajištěnosti napájení. Tyto rozvodné sítě jsou napájeny z pracovních, rezervních nebo nouzových zdrojů. [1]

2.2.1 Rozdělení zdrojů napájení

2.2.1.1 Pracovní zdroje

Pracovním zdrojem napájení vlastní spotřeby bloku je dvojice regulačních transformátorů připojených do odbočky alternátoru 1000 MW. Tyto odbočkové transformátory mohou být napájeny z alternátoru 1000 MW nebo z rozvodny 400 kV Kočín, do které je vyveden výkon bloku. Pracovní zdroje se využívají pro napájení vlastní spotřeby při normálním i abnormálním provozu i při havarijních podmínkách bloku. [1]

2.2.1.2 Rezervní zdroje

Rezervním zdrojem je dvojice regulačních transformátorů. Tyto dva rezervní transformátory jsou společně napájeny jednou samostatnou linkou z rozvodny 110 kV Kočín. Rezervní zdroje se využívají pro napájení vlastní spotřeby při normálním i abnormálním provozu i při havarijních podmínkách při ztrátě pracovního napájení sekcí blokových R6kV. Přejechod na rezervní zdroje se uskutečňuje buď automaticky (při ztrátě pracovního napájení sekce zafunguje automatika AZR) nebo na povel operátora (s kontrolou fázorů pracovního a rezervního napájení). Přejechod z rezervního na pracovní napájení se provádí na povel operátora (s kontrolou fázorů pracovního a rezervního napájení). [1]

2.2.1.3 Nouzové zdroje

Systémy zajištěného napájení jsou pro případ ztráty pracovních i rezervních zdrojů vybaveny nouzovými zdroji el. napájení. Nouzové zdroje jsou instalovány v areálu JETE a jejich funkceschopnost nezávisí na stavu pracovních a rezervních zdrojů ani vnější sítě. Tím je zajištěno autonomní elektrické napájení systémů důležitých pro bezpečnost. [1]

Pro nejdůležitější spotřebiče menších výkonů, u kterých nesmí dojít k přerušení napájení elektrickou energií, jsou nouzovým zdrojem akumulátorové baterie. Nouzovým zdrojem pro napájení ostatních velmi důležitých spotřebičů jsou rychlestartující dieselgenerátory. [3]

Pro napájení bezpečnostních systémů jsou na každém z bloků vytvořeny tři systémy zajištěného napájení. Každý z těchto systémů zajištěného napájení má vlastní DG a vlastní nouzový zdroj sítě I. kategorie (staniční akumulátorová baterie). [1]

2.2.2 Členění napájení podle kategorie zajištěnosti

2.2.2.1 III. kategorie napájení

Napájení vlastní spotřeby je zajištěno ze dvou zdrojů (z pracovního a z rezervního zdroje napájení). Pokud dojde k úplné ztrátě napájení, kdy nejsou k dispozici ani pracovní ani rezervní zdroje, spotřebiče III. kategorie zůstávají bez napětí.

Do této kategorie jsou zařazeny spotřebiče, které nemají přímý vliv na jadernou bezpečnost. Nepodílí se na havarijním dochlazení bloku a nevyžadují napájení po zapůsobení ochran reaktoru, protože neplní bezpečnostní funkci.

Spotřebiče III. kategorie jsou rozděleny do tří skupin:

- Skupina IIIa – Spotřebiče, které mají vliv na spolehlivý provoz bloku a vyžadují co nejrychlejší automatický přechod na rezervní napájení.
- Skupina IIIb – Spotřebiče, které připouští přerušení napájení na dobu ručního zapnutí rezervního napájení. Většinou se jedná o technologické spotřebiče, které nemají okamžitý vliv na provoz bloku.
- Skupina IIIc – Nedůležité spotřebiče bez vazby na technologii výroby, které nevyžadují rezervní napájení. [2]

2.2.2.2 II. kategorie zajištěného napájení

Při provozu je napájení spotřebičů II. kategorie zajištěno ze tří zdrojů (z pracovního, rezervního nebo nouzového zdroje napájení). Nouzovým zdrojem pro napájení těchto spotřebičů jsou systémové dieselgenerátory.

Spotřebiče II. kategorie mají vliv na jadernou bezpečnost, a proto mají zvýšené požadavky na spolehlivost napájení. Podle podmínek jaderné a radiační bezpečnosti se u nich připouští přerušení napájení na dobu od desítek sekund do desítek minut. Nezbytně vyžadují napájení po zapůsobení „rychlého odstavení reaktoru“. [2]

2.2.2.3 I. kategorie zajištěného napájení

Napájení těchto spotřebičů je zajištěno ze všech možných zdrojů (z pracovního, rezervního nebo obou typů nouzových zdrojů). Nepřetržité napájení při úplné ztrátě napájení ve vlastní spotřebě po dobu startu dieselgenerátorů zajišťují akumulátorové baterie.

Tyto spotřebiče mají zásadní vliv na jadernou bezpečnost, a proto mají také zvýšené požadavky na spolehlivost napájení. Podle podmínek jaderné a radiační bezpečnosti se u těchto spotřebičů nepřipouští přerušení napájení na dobu delší než na zlomky sekund. Vyžadují napájení ve všech provozních režimech bloku. [2]

3 DIESELGENERÁTOR

3.1 Funkce DG

Každý systém zajištěného napájení II. kategorie má svůj autonomní nouzový zdroj, kterým je dieselgenerátor. Za nominálního provozu je DG udržován v základním režimu v tzv. „horké rezervě“ - motor DG včetně pomocných hospodářství je udržován na předepsaných technických parametrech požadovaných pro úspěšný start.

V režimu ztráty pracovního napájení sekce R6kV SZN II. kategorie musí DG zajistit dodávku el. energie pro spotřebiče napájené z daného SZN včas (podle požadavků technologie) a v požadované kvalitě (dodržení dynamických odchylek U a f). Doba autonomie zajišťovaná nouzovým zdrojem (DG) musí být v souladu s požadavky na bezpečnostní funkci napájených spotřebičů. Provoz DG (spouštění, odstavení, doplňování paliva do provozní nádrže, udržování tlaku ve startovacích zásobnících stlačeného vzduchu a udržování DG v horkém stavu) je plně automatizován. DG se startují od podmínek vyjadřujících ztrátu napájení příslušné R6kV II. kategorie na povel vydaný automatikou APS. Doba rozběhu DG od podání povelu na start do vydání signálu o připravenosti k zatěžování je do 10 s. [1]

3.2 Uspořádání a technické parametry DG

Dieselgenerátory jsou umístěny v seismicky odolných stavebních objektech a uspořádání zabezpečuje separaci a dispoziční nezávislost. Toto dispoziční uspořádání maximálně zvyšuje odolnost proti vyřazení všech tří SZN jednou příčinou.

DG se skládá ze čtyřtákního dieselmotoru do V, který je na ocelovém rámu smontován se synchronním generátorem. Dieselový motor má výkon 6,6 MW, alternátor má jmenovitý výkon 7,9 MVA, 6,3 MW / 50 Hz, 6,3 kV. Dodavatel garantuje provoz DG nepřerušovaně po dobu 1000 hodin, z toho maximálně 250 hodin bez kontroly obsluhy. Pomocné zařízení nutné pro provoz DGS je seismicky odolné a zálohované pro zajištění spolehlivosti.

Kapacita nádrže paliva každého DG má objem 12 m³ a je dostatečná pro chod DG na 7 hodin. Za účelem prodloužení doby chodu DG je v odděleném seismicky odolném prostoru v sousedství DGS vybudována palivová nádrž o objemu 100 m³ a tím je zásoba paliva zajištěna ke dvoudennímu provozu.

Systém chlazení DG je řešen dvouokruhově, vnitřním tlakovým a vnějším otevřeným chladícím okruhem. Vnitřní chladicí okruh je předehříván a zajišťuje DG v „horké rezervě“. Bez přívodu vody pro vnější chladicí okruh může DG pracovat 90 s.

DG se spouští stlačeným vzduchem ze startovacích lahví.

Olejevý systém DG, který zajišťuje jeho mazání a chlazení, je čerpán olejovým čerpadlem mechanicky poháněným od hřídele DG.

Systém buzení je derivační s proudovou kompaundací a automatickou regulací napětí. Systém buzení je napájen z vývodů generátoru prostřednictvím transformátoru buzení a kompaundačního transformátoru. Pro počáteční nabuzení je použito napájení z akubaterií. Regulátor otáček DG je mechanicko-hydraulický. [1]

4 APS

Hlavní úlohou APS je odepnutí SZN od rozvodu III. kategorie a časově rozdělit připojování pohonů na rozvodny 6kV a 0,4kV SZN II. kategorie po přechodu z pracovního či rezervního napájení na napájení z DG tak, aby při rozběhu těchto pohonů nedošlo k nepřijatelnému přetížení DG.

Odepnutí SZN od rozvodu III. kategorie se děje vypnutím dvou sekčních vypínačů. Aby bylo vyčlenění SZN spolehlivě zajištěno i při možném selhání jednoho ze sekčních vypínačů, jsou tyto dva sekční vypínače zapojené v sérii. [1]

4.1 Spuštění APS

Automatika APS se spouští od podmínek vyjadřujících ztrátu napájení sekce II. kat. zajištěného napájení. [1]

4.1.1 Ztráta napětí sekce II. kategorie

Na R6kV II. kategorie jsou instalovány dva měřicí komplety, které vyhodnocují napětí. Při poklesu napětí pod hodnotu $0,25 U_n$ na dobu delší než dvě sekundy je vydán signál ke spuštění APS. Z důvodu spolehlivosti a zabránění falešných startů APS jsou na každém měřicím kanálu dvě relé a v logice je výstupní signál „ZTRÁTA NAPĚTÍ SEKCE II. KATEGORIE“ na start APS zkombinován do výběru 2 ze 4. [1]

4.1.2 Neúspěšný AZR sekce III. kategorie

Jedná se o diversní signál k signálu „ZTRÁTA NAPĚTÍ SEKCE II. KATEGORIE“. Signál vzniká, pokud nedojde k úspěšnému AZR R6kV III. kategorie je vyhodnocován ze stavů vypínačů pracovních a rezervních přívodů III. kategorie a stavu vypínače DG.

Signál je pro zabránění falešným startům DG vytvářen ve dvou kompletech, výsledný signál „NEÚSPĚŠNÝ AZR SEKCE III. KATEGORIE“ se tvoří v logickém součinu signálů z těchto kompletů.

Výsledný povel „ZTRÁTA NAPÁJENÍ SEKCE II. KATEGORIE“ na start APS je tvořen logickým součtem signálů „ZTRÁTA NAPĚTÍ SEKCE II. KATEGORIE“ a „NEÚSPĚŠNÝ AZR SEKCE III. KATEGORIE“ jako impuls o délce 30 s. [1]

4.2 Funkce APS

Od povelu „ZTRÁTA NAPÁJENÍ SEKCE II. KATEGORIE“ formuje APS povely na:

- Start DG do automatiky ADG. Povel na start má přednost před všemi ostatními povely s výjimkou havarijních ochran vlastního DG. Povel je zpožděný o 0,2 s pro zajištění selektivity mezi odpínáním zátěží a zapnutím vypínače DG v režimu opakovaného náběhu APS po neúspěšném přechodu na sekci III. kategorie.
- Vypnutí obou sekčních vypínačů mezi sekcí II. a III. kategorie. Vypnutí alespoň jednoho sekčního vypínače je nutnou podmínkou pro zapnutí dieselgenerátoru na sekci II. kategorie.
- Vydání povelu na odpojení zátěží od sběrnic. Pro zvýšení spolehlivosti odpínání pohonů před zatěžováním DG je v rozvodu II. kategorie realizováno podpětové vypínání PV II. Signál PV II vniká při poklesu jmenovitého napětí pod $0,5 U_n$ po dobu 5 s nebo po vypnutí jednoho ze sekčních vypínačů.
- Znovu připojení zátěží podle předem definované sekvence APS-H a APS-S, jakmile je DG připojen na II. kategorii SZN.
- Blokády zapnutí pohonů, jejichž start není nutný a jejichž rozběh by mohl přetížít DG.
- Blokády AZR vybraných pohonů.
- Blokády vypnutí důležitých spotřebičů.
- „Zpětný skok“ – přechod napájení dané rozvodny zajišťovaného z DG na pracovní napájení z příslušné R6kV NZN. [1]

4.3 Programy APS pro zatěžování DG

4.3.1 Program APS-H

Program APS-H zapíná, pokud je teplota I. okruhu větší jak $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ a po zapnutí vypínače DG s kontrolou přítomnosti napětí na rozvodně II. kategorie:

- zapínají postupně jednotlivé pohony
- na řadu pohonů, které se mají zapnout v čase 0 s programu APS-H, se vydává zapínací povel
- pohony systémů VF a TL10 jsou blokovány proti dálkovému vypnutí.

Pohony, které nejsou v daném typu havárie potřeba, pracují v režimu recirkulace. [1]

4.3.2 Program APS-S

Program APS-S zapíná, pokud je teplota I. okruhu menší nebo rovna $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ a po zapnutí vypínače DG s kontrolou přítomnosti napětí na rozvodně II. kategorie:

- postupně se zapíná omezená sestava pohonů
- Nejsou vytvářeny povely na zapnutí spotřebičů v čase 0 s.
- Není zablokováno vypnutí pohonů systémů VF a TL10 od technologických parametrů. [1]

4.4 Ukončení APS

Převedení napájení sekce II. kategorie z DG na sekci III. kategorie zabezpečuje automatika zpětného AZR (ZAZR). Převedení se uskutečňuje buď ručně operátorem nebo automaticky. Podmínkou je napětí na sekci III. kategorie $U > 0,9 U_n$. [1]

5 MONITOROVACÍ A MĚŘICÍ SYSTÉMY ELEKTROZAŘÍZENÍ JETE

Monitorovací systém elektro, označovaný jako NEMES, slouží ke sledování parametrů elektrických zařízení sadou analogových a dvouhodnotových modulů na platformě MOSAD[®]5 uspořádaných do měřicích ústředěn. Měřicí ústředna se skládá z procesorové jednotky a vstupní jednotky. Vstupní jednotka je propojena s procesorovou jednotkou optickou linkou, komunikaci zajišťují specializované komunikační karty.

Procesorová jednotka zajišťuje měřicí ústředně připojení do komunikační sítě Ethernet pro zpracování a ukládání dat, načtení konfigurace a pro komunikaci s řídicím interface systému, připojení na rozvod časového normálu GPS a připojení k vstupní jednotce. Naměřená data jsou ukládána na centrální uložení, ze kterého jsou přístupná uživatelům systému NEMES.

Vstupní jednotka je určena k přizpůsobení, galvanickému oddělení a úpravě měřených dvouhodnotových, analogových nebo jiných signálů. Jednotka poskytuje modulům snímání měřených signálů vstupními kartami se zaručenou synchronizací navzájem i dle normálu GPS. [7]

5.1 Měřicí systém NEMES

Měřicí systém NEMES slouží k přímému měření zvolených analogových a dvouhodnotových signálů v části elektro vlastní spotřeby a vyvedení výkonu obou bloků jaderné elektrárny Temelín. Měřicí systém NEMES lze rozdělit na:

- Řídicí část – centrální jednotky a datový/databázový server
- Měřicí část – tvořená měřicími ústřednami, které plní roli analogových nebo dvouhodnotových měřicích modulů
- Podpůrná část – lokální síť ethernet, rozvod jednotného času GPS včetně časových NTP serverů a rozvod zajištěného napájení 230 V AC [7]

5.2 Monitorovací systém MOSAD[®]5

Monitorovací systém MOSAD[®]5 umožňuje monitorování analogových a dvouhodnotových signálů s tím, že hlavní výkonné funkce plní analogové a dvouhodnotové moduly. Díky tomu je možné určit místo poruchy, a tak rychleji opravit vzniklý problém. Je možné sledovat změny vybraných signálů a prozkoumat grafy zvolených veličin. Hlavními funkcí systému je monitorování stavu a činností silnoproudých zařízení při přechodných a poruchových dějích. [7]

Monitorovací systém MOSAD[®]5 je náhradou za monitorovací systém MOSAD[®]4. Od roku 1998 byl na JETE spuštěný monitorovací systém MOSAD[®]4 pro doložení výsledků testů při najíždění bloku. Monitorovací systém MOSAD[®]4 byl postupně nahrazen systémem MOSAD[®]5 v průběhu let 2006 až 2008 na JETE.

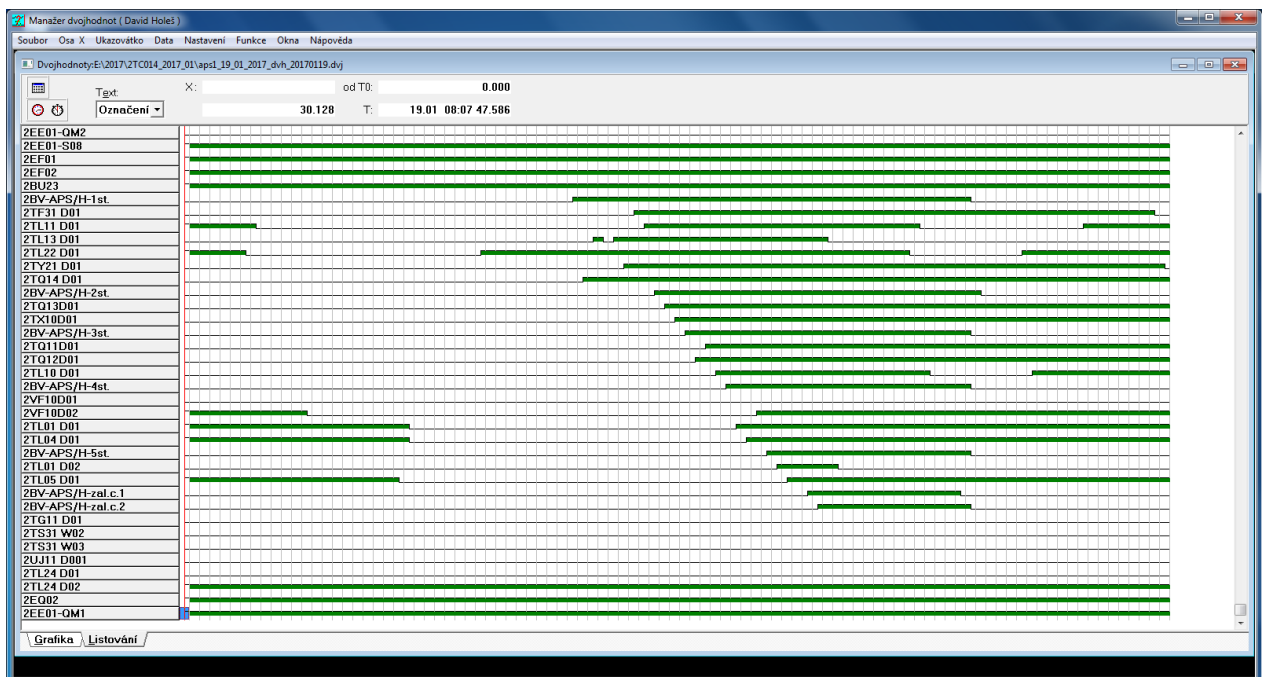
Pro vyhodnocování naměřených dat monitorovacím systémem MOSAD[®]5 se používá tento software:

- Program Loga
- Program Graf
- WEB interface/rozhraní. [8]

5.2.1 Program LOGA

Program LOGA slouží pro kompletní zpracování naměřených dvouhodnotových dat. Mezi základní nástroje programu patří:

- Správa programových databází
- Konverze naměřených dat
- Prezentace naměřených dat
- Měření časů
- Editor logických funkcí
- Editor DVJ souborů
- Test naměřených dat srovnávacími moduly [9]

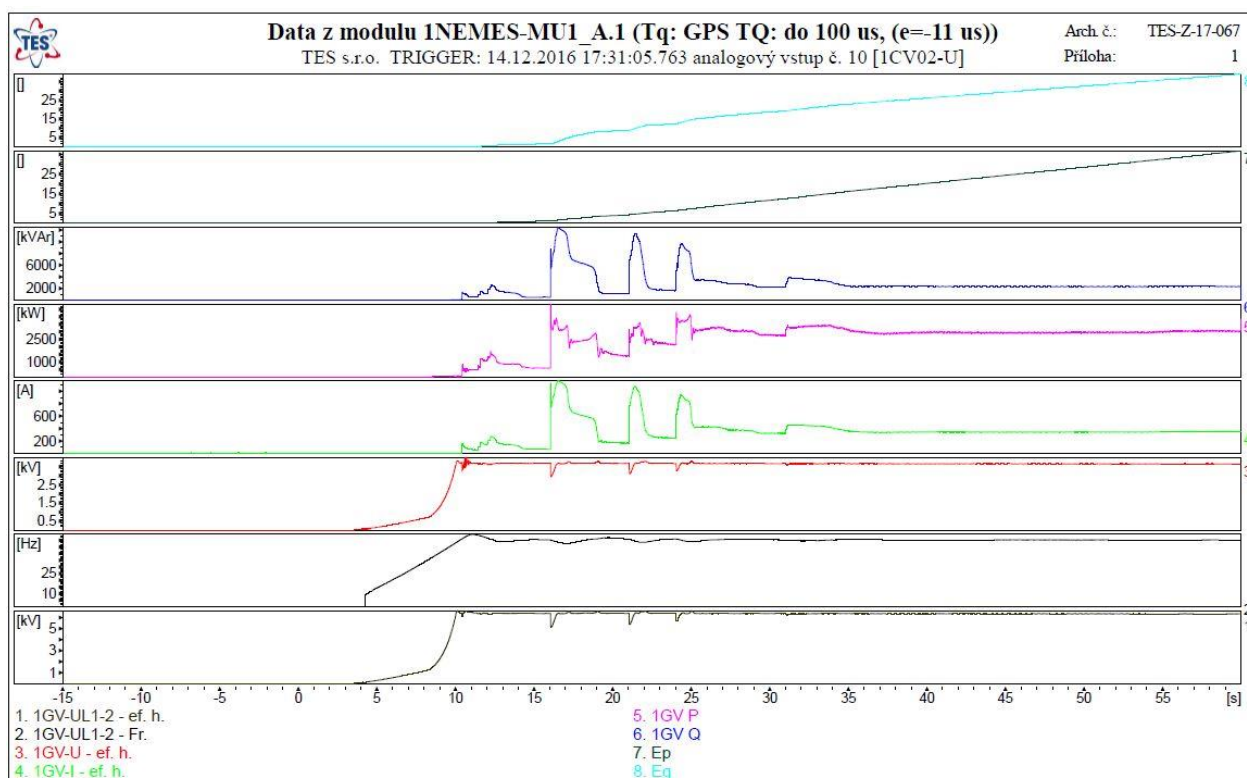


Obr. 5-1 Programu LOGA sloužící pro analýzu a zpracování dvouhodnotových dat.

5.2.2 Program Graf

Program Graf slouží k zobrazování, analýzám a zpracování průběhů analogových signálů. Při zpracování analogových signálů se využívá těchto hlavních nástrojů programu:

- možnost načtení a zpracování až 128 časových průběhů fyzikálních veličin současně
- grafické zobrazení skupiny vybraných časových průběhů s možností volby vztažných souřadnicových os
- výběr zajímavých časových úseků a jejich detailní zobrazení (zoom)
- vyhledávání lokálních extrémů, určení hodnot a jejich vynášení přímo do grafu
- proložení průběhů polynomem
- vytváření obalové křivky
- matematické operace mezi funkčními hodnotami v daném case
- výpočet střední a efektivní hodnoty fyzikálních veličin
- výpočet odvozených fyzikálních veličin (fázový posun, účinník, frekvence, elektrický výkon, impedance, harmonické složky periodických veličin - FET, apod.)
- makrojazyk pro prvotní zpracování naměřených dat a rychlý tisk na místě měření (formulace příkazu pro spuštění základních funkcí programu Graf)
- programovatelný kalkulátor sloužící k práci s analogovými průběhy (obdobu programovacího jazyka PASCAL)
- vkládání názvů a popisů
- tisk a ukládání grafu časových průběhů veličin včetně popisu [10]

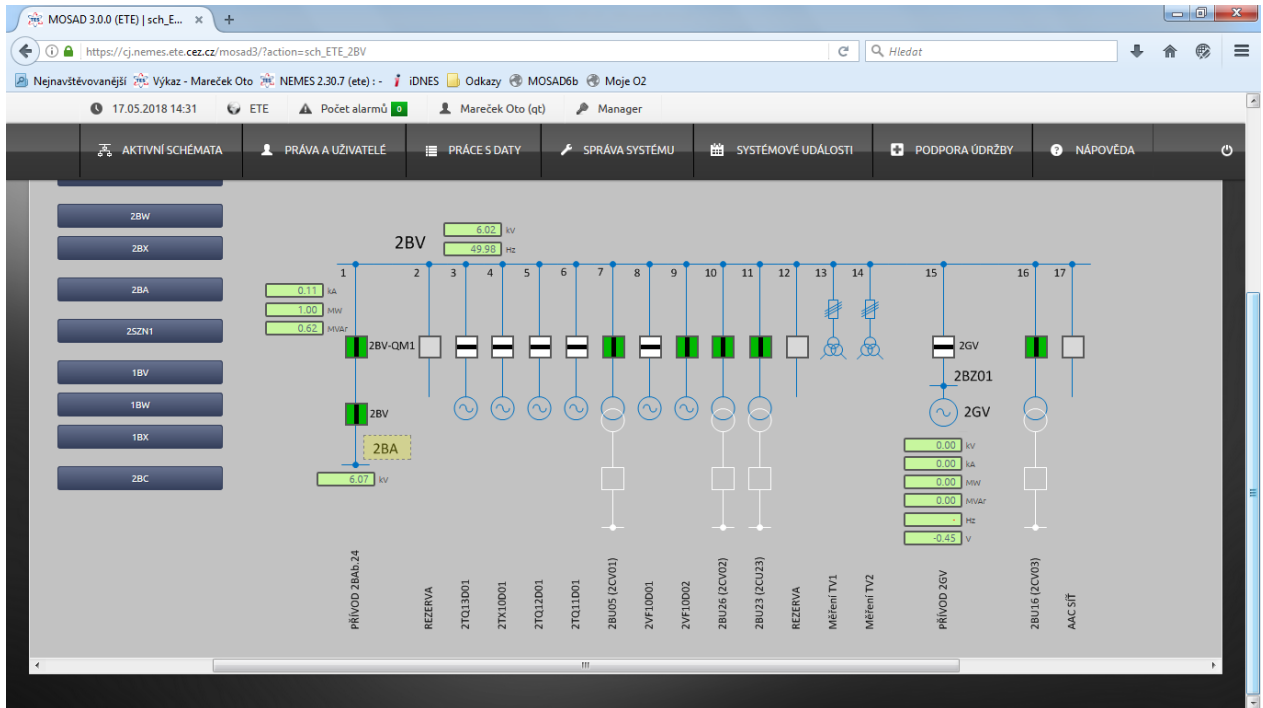


Obr. 5-2 Programu GRAF sloužící pro analýzu a zpracování analogových dat.

5.2.3 WEB interface/rozhraní

WEB interface/rozhraní nasazený nad monitorovacím systémem MOSAD[®]5 slouží k uživatelsky příjemnějšímu přístupu k tomuto monitorovacímu systému. WEB interface/rozhraní mezi uživatelem a monitorovacím systémem MOSAD[®]5 umožňuje:

- získávání a prezentace dat
- správu a parametrizaci systému [7]



Obr. 5-3 WEB interface systému MOSAD[®]5 – JETE 2. HVB I. DBS.

6 SYSTÉMY ZN II. KATEGORIE A DG PŘI ZKOUŠKÁCH APS NA JETE 2. HVB I. DBS

6.1 Sledované a vyhodnocované parametry

Jsou vyhodnocovány záznamy z analogové i dvouhodnotové části ústředny 2NEMES-MU1. Data jsou porovnávána a statisticky vyhodnocována pro I. divizi bezpečnostního systému a je sledována stabilita vyhodnocovaných parametrů v rámci kampaně 2016 – 2017.

V tabulce č. 6-1 je uveden seznam vyhodnocovaných parametrů, které jsou těmito ústřednami monitorovány a měřeny. [5]

Tab. 6.1-1 Vyhodnocované parametry ústřednami NEMES

Měřicí ústředna	Vyhodnocované parametry z příslušných záznamů
Dvouhodnotová ústředna	Časy podpěťových relé spouštěcích kompletů automatiky APS
	Časy stupňů a aktivace APS
	Zpoždění připojení pohonů od jednotlivých stupňů APS
	Připojení DG
	Trendy startu a odstavení DG
Analogová ústředna	Doba trvání rozběhových proudů skupiny pohonů jednotlivých stupňů APS
	P a Q jednotlivých stupňů APS
	Dodaná energie DG při zkouškách APS
	Ustálené hodnoty DG – U, f, P, Q
	Minimální a maximální hodnoty U a f při zatěžování DG

6.1.1 Kontrolované časy automatiky APS

Jsou komplexně shrnuty vyhodnocované časy působení podpěťových relé spouštěcích kompletů automatiky APS a časy stupňů a aktivace APS, které jsou kontrolovány z jednotlivých zkoušek v rámci sledované kampaně. [5]

6.1.2 Zpoždění připojení pohonů od stupňů

Dalším sledovaným parametrem je zpoždění zapnutí jednotlivých vypínačů vývodů zapínaných ve všech stupních automatiky APS. Tato zpoždění jsou určena změnou stavu vypínače daného vývodu oproti vygenerování zapínacího impulzu od automatiky APS na základě zaznamenaných dvouhodnotových signálů. Sledované vývody jsou uvedeny v tabulkách 6.1-2 a 6.1-3 podle typu programu APS. Dovolené časy zpoždění pohonů byly stanoveny na základě kvalifikovaného odhadu. [5]

Tab. 6.1-2 Seznam pohonů zapínaných v rámci programu APS-H a monitorovaných systémem NEMES

Stupeň APS	Čas [s]	Označení	Připojovaný spotřebič	Napět'ová úroveň	Jmenovitý výkon
1	0	2TF31D01	Čerpadlo meziokruhu	0,4 kV	100 kW
		2TL11D01	Ventilátor ventilačních systémů PO	0,4 kV	14 kW
		2TL13D01	Ventilátor ventilačních systémů PO	0,4 kV	3 kW
		2TL22D01	Ventilátor ventilačních systémů PO	0,4 kV	10 kW
		2TY21D01	Čerpadlo organizovaných úniků	0,4 kV	110 kW
		2TQ14D01	VT podávací čerpadlo borového koncentrátu	0,4 kV	55 kW
2	5	2TQ13D01	Čerp. havarijního vstřiku borového koncentrátu	6 kV	835 kW
		2TX10D01	Čerpadlo havarijního doplňování PG	6 kV	800 kW
3	10	2TQ11D01	Sprchové čerpadlo	6 kV	500 kW
		2TQ12D01	Čerpadlo havarijního dochlazování	6 kV	800 kW
		2TL10D01	Ventilátor ventilačních systémů PO	0,4 kV	15 kW
4	18	2VF10D01	Čerpadlo TVD	6 kV	680 kW
		2VF10D02	Čerpadlo TVD	6 kV	680 kW
		2TL01D01	Ventilátor ventilačních systémů PO	0,4 kV	66 kW
		2TL04D01	Ventilátor ventilačních systémů PO	0,4 kV	66 kW
5	20	2TL01D02	Ventilátor ventilačních systémů PO	0,4 kV	66 kW
		2TL05D01	Ventilátor ventilačních systémů PO	0,4 kV	66 kW
1 zal.	25	-	Záložní 1. stupeň programu APS-H	-	-
2 zal.	30	-	Záložní 2. stupeň programu APS-H	-	-

Tab. 6.1-3 Seznam pohonů zapínaných v rámci programu APS-S a monitorovaných systémem NEMES

Stupeň APS	Čas [s]	Označení	Připojovaný spotřebič	Napětíová úroveň	Jmenovitý výkon
1	0	-	-	-	-
2	5	2TQ12D01	Čerpadlo havarijního dochlazování	6 kV	800 kW
		2TL01D01	Ventilátor ventilačních systémů PO	0,4 kV	66 kW
		2TL04D01	Ventilátor ventilačních systémů PO	0,4 kV	66 kW
		2TL10D01	Ventilátor ventilačních systémů PO	0,4 kV	15 kW
3	10	2VF10D01	Čerpadlo TVD	6 kV	680 kW
		2VF10D02	Čerpadlo TVD	6 kV	680 kW
		2TL01D02	Ventilátor ventilačních systémů PO	0,4 kV	66 kW
		2TL05D01	Ventilátor ventilačních systémů PO	0,4 kV	66 kW

6.1.3 Připojení a zatěžování DG při chodu APS

Při hodnocení připojení DG je v souladu s provozním předpisem 2TC014/5 rozhodující doba od vydání povelu na start DG automatikou APS po okamžik sepnutí vypínače DG při splnění podmínek U a f na svorkách DG.

Dle 2TC014/5 je tato doba stanovena maximální hodnotou 10 s. U času startu DG se kontroluje, nedochází-li k prodlužování a překročení meze určeného trendu startovacích časů. Zásadní vliv na prodlužování délky času startu mají zejména:

- startovací obvody DG,
- systém startovacího vzduchu DG,
- regulátor otáček,
- systém paliva.

Pro přesnější diagnostiku je potřeba rozbor dalších hodnocených parametrů jako např.:

- kontrola trendu otáček DG (časová délka změny otáček DG z 90 ot/min na 500 ot/min při startu DG),
- zvyšování ustálené hodnoty činného a jalového výkonu v rámci několika startů APS,
- nárůst energie spotřebované za prvních 40 s chodu DG od sepnutí DG vypínače v rámci několika startů APS.

Komplexní vyhodnocení těchto parametrů by mohlo poukázat například na vznikající mechanickou závadu DG popřípadě i závadu budící soustavy DG.

Hodnoty U a f při zatěžování a odlehčování DG v jednotlivých stupních mohou překračovat nastavené meze elektrických ochranných DG, proto je dále vyhodnocováno i působení signálu elektrických ochranných v okruhu "A i B".

Při povelu na odstavení DG dojde k zavření přívodu paliva a setrvačnému mechanickému doběhu DG. Pokud dochází k postupnému zrychlenému poklesu frekvence napětí v rámci několika odstavení, může to ukazovat na změnu mechanického odporu soustrojí, což může indikovat např. zadírající se ložisko rotoru.

V rámci měřených parametrů se vyhodnocuje trend odstavení DG, což je časová délka změny otáček DG z 500 ot/min na 90 ot/min dobíhajícího soustrojí. [12]

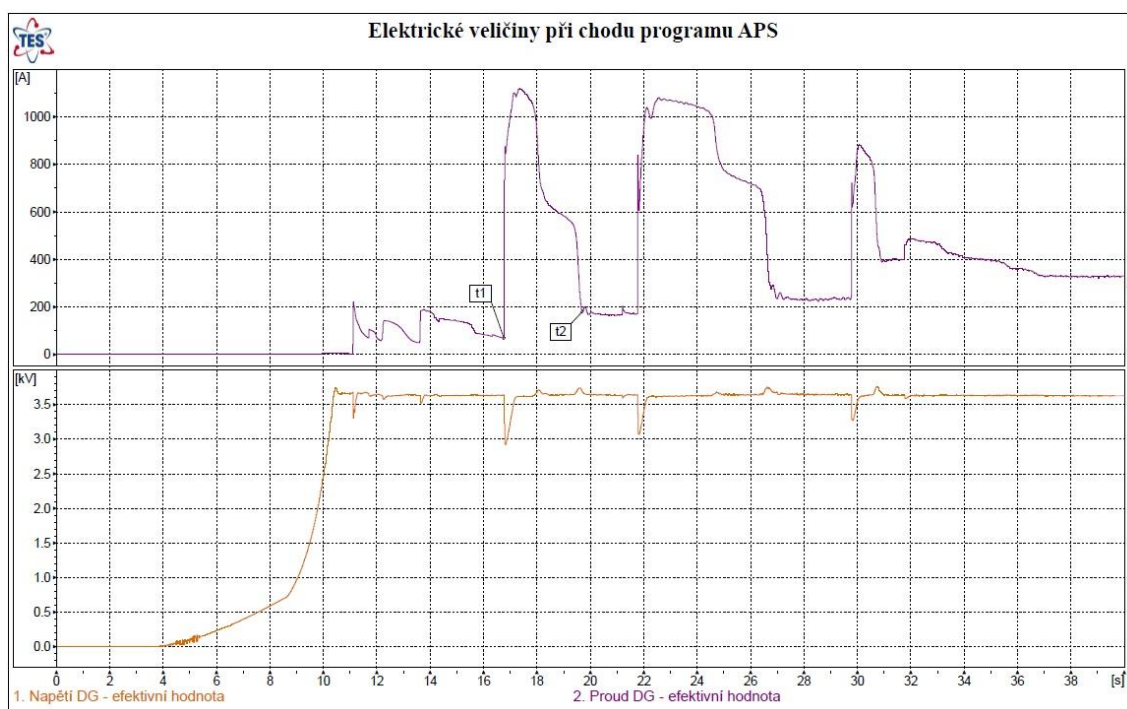
6.1.4 Doba trvání rozběhových proudů skupiny pohonů jednotlivých stupňů APS

Při posuzování doby trvání příslušných rozběhových proudů skupiny pohonů se vychází ze statistického porovnání jednotlivých stupňů zkoušek APS při účasti všech pohonů v nominálním režimu. Z tohoto důvodu je důležité hodnotit zapnutí pohonů v dané časové toleranci.

Počátek doby trvání rozběhového proudu je určen nástupnou hranou rozběhového magnetizačního proudu a konec prvním poklesem pod ustálenou hodnotu proudu příslušného stupně APS.

Postupný nárůst doby trvání rozběhového proudu ve stupni APS může poukazovat na zhoršující mechanický stav některého ze spouštěných soustrojí nebo jejich navazující technologie (ložiska, ucpávky, zpětné klapky, armatury atd.).

Určování proudových hran pulzů jednotlivých stupňů je zobrazeno na obrázku č. 6-1, na příkladu pohonů spuštěných 2. stupněm APS (t_2-t_1). [5]



Obr. 6-1 Určení mezí pro doby trvání příslušných rozběhových proudů [5]

6.1.5 P a Q jednotlivých stupňů programu APS

U jednotlivých stupňů APS jsou vyhodnocovány ustálené hodnoty činných P a jalových Q výkonů vždy po ukončení rozběhu a připojení všech zátěží. Z důvodu možné neúčasti některého z pohonů zařazených v programu APS nejsou vyhodnocovány hodnoty absolutních výkonů, ale relativní změny výkonů vztažené k předcházející hodnotě ustáleného výkonu.

Po skončení programu APS je na závěr odečtena hodnota ustáleného celkového výkonu. Ze změn nárůstu výkonu v jednotlivých stupních můžeme usuzovat na:

- chování regulace DG,
- absenci pohonu,
- mechanické potíže jednotlivých spouštěných soustrojí,
- chování soupravy DG.

Měření proudu DG je v systému NEMES zavedeno jednofázově, uváděné výkony jsou přepočteny na třífázové. [5]

6.1.6 Dodaná energie DG při chodu programu APS

U provedených zkoušek je vyhodnocována dodaná energie jednotlivých stupňů APS a dodaná energie DG při chodu programu APS, která je měřena od připojení DG na sekci (sepnutí DG vypínače) po dobu chodu programu APS. Pokud celková energie v rámci jednotlivých startů narůstá, může poukazovat na těžší chod jednotlivých pohonů spouštěných v rámci programu APS. [12]

6.2 Tolerance sledovaných a vyhodnocených parametrů

V následující kapitole jsou uvedeny tolerance jednotlivých sledovaných parametrů při zkouškách APS včetně nastavení. [5]

6.2.1 Kontrolované časy automatiky APS

Přípustné tolerance sledovaných časů jsou dány provozním předpisem 2TC014/5. [11]

Tab. 6.2-1 Časy podpěťových relé spouštěcích kompletů automatiky APS

Parametr	Označení	Tolerance
Aktivace APS - 2BV(W,X).13-F372 - 0,25 U _n / 2 s	F372/I	2,000 ± 0,200 s
Aktivace APS - 2BV(W,X).14-F372 - 0,25 U _n / 2 s	F372/II	2,000 ± 0,200 s
Aktivace APS - 2BV(W,X).13-F371 - 0,25 U _n / 2 s	F371/I	2,000 ± 0,200 s
Aktivace APS - 2BV(W,X).14-F371 - 0,25 U _n / 2 s	F371/II	2,000 ± 0,200 s
PVII 2BV(W,X).13-F373 - 0,5 U _n / 5 s	PVII F373/I	5,000 ± 0,700 s
PVII 2BV(W,X).14-F373 - 0,5 U _n / 5 s	PVII F373/II	5,000 ± 0,700 s
Povel z APS na ZAZR - 2BV(W,X).13-F372 - 0,25 U _n / 0,5 s	Z F372/I	0,500 ± 0,050 s
Povel z APS na ZAZR - 2BV(W,X).14-F372 - 0,25 U _n / 0,5 s	Z F372/II	0,500 ± 0,050 s
Povel z APS na ZAZR - 2BV(W,X).13-F371 - 0,25 U _n / 0,5 s	Z F371/I	0,500 ± 0,050 s
Povel z APS na ZAZR - 2BV(W,X).14-F371 - 0,25 U _n / 0,5 s	Z F371/II	0,500 ± 0,050 s

Tab. 6.2-2 Časy stupňů a aktivace APS-H

Parametr	Označení	Tolerance
Aktivace APS – doba trvání	Δ aktiv APS	30,000 ± 3,000 s
Povel z APS na start DG 2GV(W,X) - K2.11	povel DG/I	0,230 ± 0,040 s
Povel z APS na start DG 2GV(W,X) - K2.41	povel DG/II	0,230 ± 0,040 s
APS/H-1. stupeň (0,5 s)	APS1	0,500 ± 0,050 s
APS/H-2. stupeň (5 s)	APS2	5,000 ± 0,500 s
APS/H-3. stupeň (10 s)	APS3	10,000 ± 0,500 s
APS/H-4. stupeň (18 s)	APS4	18,000 ± 0,500 s
APS/H-5. stupeň (20 s)	APS5	20,000 ± 0,500 s
APS/H-zal. stupeň č. 1 (25 s)	APSz1	25,000 ± 0,500 s
APS/H-zal. stupeň č. 2 (30 s)	APSz2	30,000 ± 0,500 s
Povel z APS na ZAZR - doba trvání	Δ ZAZR	1,000 ± 0,100 s

Tab. 6.2-3 Časy stupňů a aktivace APS-S

Parametr	Označení	Tolerance
Aktivace APS – doba trvání	Δ aktiv APS	30,000 ± 3,000 s
Povel z APS na start DG 2GV(W,X) - K2.11	povel DG/I	0,230 ± 0,040 s
Povel z APS na start DG 2GV(W,X) - K2.41	povel DG/II	0,230 ± 0,040 s
APS/H-1. stupeň (0,5 s)	APS1	0,500 ± 0,050 s
APS/H-2. stupeň (5 s)	APS2	5,000 ± 0,500 s
APS/H-3. stupeň (10 s)	APS3	10,000 ± 0,500 s
Povel z APS na ZAZR - doba trvání	Δ ZAZR	1,000 ± 0,100 s

6.2.2 Meze zpoždění připojení pohonů od stupňů APS

Tab. 6.2-4 Zpoždění připojení pohonů od jednotlivých stupňů APS-H

Pohony	Deklarace	Zpoždění
2TF31(2,3)D01	Kvalifikovaný odhad	max. 2,100 s
2TL11D01(2,3)	Kvalifikovaný odhad	max. 2,900 s
2TL13D01(2,3)	Kvalifikovaný odhad	max. 0,700 s
2TL22D01(2,3)	Kvalifikovaný odhad	max. 2,900 s
2TY21(2,3)D01	Kvalifikovaný odhad	max. 2,100 s
2TQ1(2,3)4D01	Kvalifikovaný odhad	max. 0,080 s
2TQ1(2,3)3D01	Kvalifikovaný odhad	max. 0,120 s
2TX1(2,3)0D01	Kvalifikovaný odhad	max. 0,120 s
2TQ1(2,3)1D01	Kvalifikovaný odhad	max. 0,120 s
2TQ1(2,3)2D01	Kvalifikovaný odhad	max. 0,120 s
2TL10D01(2,3)	Kvalifikovaný odhad	max. 0,800 s
2VF1(2,3)0D01	Kvalifikovaný odhad	max. 0,120 s
2VF1(2,3)0D02	Kvalifikovaný odhad	max. 0,120 s
2TL01D01(3,5)	Kvalifikovaný odhad	max. 0,080 s
2TL04D01(2,3)	Kvalifikovaný odhad	max. 0,080 s
2TL01D02(4,6)	Kvalifikovaný odhad	max. 0,080 s
2TL05D01(2,3)	Kvalifikovaný odhad	max. 0,080 s

Tab. 6.2-5 Zpoždění připojení pohonů od jednotlivých stupňů APS-S [11]

Pohony	Deklarace	Zpoždění
2TQ1(2,3)2D01	Kvalifikovaný odhad	max. 0,120 s
2TL01D01(3,5)	Kvalifikovaný odhad	max. 0,080 s
2TL04D01(2,3)	Kvalifikovaný odhad	max. 0,080 s
2TL10D01(2,3)	Kvalifikovaný odhad	max. 0,800 s
2VF1(2,3)0D01	Kvalifikovaný odhad	max. 0,120 s
2VF1(2,3)0D02	Kvalifikovaný odhad	max. 0,120 s
2TL01D02(4,6)	Kvalifikovaný odhad	max. 0,080 s
2TL05D01(2,3)	Kvalifikovaný odhad	max. 0,080 s

6.2.3 Meze připojení a zatěžování DG při chodu APS

Tab. 6.2-6 Připojení a zatěžování DG při chodu APS [12]

Parametr	Označení	Deklarace	Tolerance
Připojení DG na sekci ZN II od povelu na start [s]	Start DG	2TC014/5 str.: 53/188	max. 10,00 s
Minimální dosažená frekvence DG [Hz]	Frekvence min.	2TC014/5 str.: 53/188	min. 47,00 Hz
Maximální dosažená frekvence DG [Hz]	Frekvence max.	Nebyla stanovena	--
Trend zvyšování otáček při startu DG [s]	Trend startu DG	Kvalifikovaný odhad	max. 6,50 s
Trend snižování otáček při odstavení DG [s]	Trend odst. DG	Kvalifikovaný odhad	min. 55,00 s
Napětí ve fázi L1 min. [kV]	Fázové napětí L1 min.	2TC014/5 str.: 53/188	min. 2,84 kV
Napětí ve fázi L1 max. [kV]	Fázové napětí L1 max.	Nebyla stanovena	--
Sdružené napětí mezi fázemi L1 – L2 min. [kV]	Sdruž. napětí L1-L2 min.	2TC014/5 str.: 53/188	min. 4,92 kV
Sdružené napětí mezi fázemi L1 – L2 max. [kV]	Sdruž. napětí L1-L2 max.	Nebyla stanovena	--
Působení elektrických ochran DG	Působení el. ochran	Nebyla stanovena	--

6.2.4 Meze doby trvání rozběhových proudů jednotlivých stupňů programu APS

Tab. 6.2-7 Doba trvání rozběhových proudů skupin pohonů 2., 3. a 4. stupně programu APS-H

Parametr	Deklarace	Tolerance
2. Stupeň	Kvalifikovaný odhad	max. 3,20 s
3. Stupeň	Kvalifikovaný odhad	max. 5,20 s
4. Stupeň	Kvalifikovaný odhad	max. 1,40 s

Tab. 6.2-8 Doba trvání rozběhových proudů skupin pohonů 2. a 3. stupně programu APS-S

Parametr	Deklarace	Tolerance
2. Stupeň	Kvalifikovaný odhad	max. 5,20 s
3. Stupeň	Kvalifikovaný odhad	max. 1,40 s

6.2.5 Meze ustálených hodnot výkonů spouštěných pohonů v jednotlivých stupních APS

Tab. 6.2-9 Ustálené hodnoty P a Q spouštěných pohonů v jednotlivých stupních APS-H

Parametr	Deklarace	Tolerance
P_{1st} [kW]	Kvalifikovaný odhad	$580 \pm 15 \%$
P_{2st} [kW]	Kvalifikovaný odhad	$820 \pm 10 \%$
P_{3st} [kW]	Kvalifikovaný odhad	$560 \pm 10 \%$
P_{4st} [kW]	Kvalifikovaný odhad	$1060 \pm 10 \%$
P_{5st} [kW]	Kvalifikovaný odhad	$130 \pm 15 \%$
Q_{1st} [kVAr]	Kvalifikovaný odhad	$420 \pm 15 \%$
Q_{2st} [kVAr]	Kvalifikovaný odhad	$650 \pm 10 \%$
Q_{3st} [kVAr]	Kvalifikovaný odhad	$460 \pm 10 \%$
Q_{4st} [kVAr]	Kvalifikovaný odhad	$1415 \pm 10 \%$
Q_{5st} [kVAr]	Nebyla stanovena	--

* - U jalového výkonu 5. stupně není stanovena tolerance, protože tato hodnota je velmi rozkolísaná z důvodu provozního stavu již spuštěných pohonů.

Tab. 6.2-10 Ustálené hodnoty P a Q spouštěných pohonů v jednotlivých stupních APS-S

Parametr	Deklarace	Tolerance
P_{2st} [kW]	Kvalifikovaný odhad	$600 \pm 10 \%$
P_{3st} [kW]	Kvalifikovaný odhad	$640 \pm 10 \%$
P_{2+3st} [kW]*	Kvalifikovaný odhad	$1090 \pm 10 \%$
Q_{2st} [kVAr]	Kvalifikovaný odhad	$320 \pm 10 \%$
Q_{3st} [kVAr]	Kvalifikovaný odhad	$410 \pm 10 \%$
Q_{2+3st} [kVAr]*	Kvalifikovaný odhad	$750 \pm 10 \%$

* - Při některé zkoušce se parametry rozbíhajícího se pohonu ve 2. stupni nestačí ustálit do rozběhu pohonu ve 3. stupni, proto vyhodnocujeme přírůstek výkonů ve 2. a 3. stupni dohromady.

6.2.6 Meze dodané energie jednotlivých stupňů APS

Tab. 6.2-11 Hodnoty E_p a E_q jednotlivých stupňů programu APS-H

Parametr	Deklarace	Tolerance
$E_{p\ 1st}$ [kWh]	Kvalifikovaný odhad	$0,95 \pm 10 \%$
$E_{p\ 2st}$ [kWh]	Kvalifikovaný odhad	$2,13 \pm 10 \%$
$E_{p\ 3st}$ [kWh]	Kvalifikovaný odhad	$3,47 \pm 10 \%$
$E_{p\ 4st}$ [kWh]	Kvalifikovaný odhad	$0,95 \pm 10 \%$
$E_{p\ 5st}$ [kWh]	Kvalifikovaný odhad	$2,50 \pm 10 \%$
$E_{q\ 1st}$ [kVArh]	Kvalifikovaný odhad	$1,46 \pm 10 \%$
$E_{q\ 2st}$ [kVArh]	Kvalifikovaný odhad	$6,34 \pm 10 \%$
$E_{q\ 3st}$ [kVArh]	Kvalifikovaný odhad	$12,65 \pm 10 \%$
$E_{q\ 4st}$ [kVArh]	Kvalifikovaný odhad	$2,08 \pm 10 \%$
$E_{q\ 5st}$ [kVArh]	Kvalifikovaný odhad	$2,62 \pm 10 \%$

Tab. 6.2-12 Hodnoty E_p a E_q jednotlivých stupňů programu APS-S

Parametr	Deklarace	Tolerance
$E_{p\ 2st}$ [kWh]	Kvalifikovaný odhad	$1,48 \pm 10 \%$
$E_{p\ 3st}$ [kWh]	Kvalifikovaný odhad	$0,52 \pm 10 \%$
$E_{p\ 2+3st}$ [kWh]*	Kvalifikovaný odhad	$2,50 \pm 10 \%$
$E_{q\ 2st}$ [kVArh]	Kvalifikovaný odhad	$7,20 \pm 10 \%$
$E_{q\ 3st}$ [kVArh]	Kvalifikovaný odhad	$1,50 \pm 10 \%$
$E_{q\ 2+3st}$ [kVArh]*	Kvalifikovaný odhad	$11,40 \pm 10 \%$

* - Při některé zkoušce se parametry rozbíhajícího se pohonu ve 2. stupni nestačí ustálit do rozběhu pohonu ve 3. stupni, proto vyhodnocujeme přírůstek dodané energie ve 2. a 3. stupni dohromady.

6.2.7 Meze vybraných parametrů DG při chodu programu APS

Tab. 6.2-13 Dodaná energie DG při zkouškách APS-H a ustálené hodnoty P , Q , f , U

Parametr	Deklarace	Tolerance
P [kW]	Kvalifikovaný odhad	$2940 \pm 5 \%$
Q [kVAr]	Kvalifikovaný odhad	$2130 \pm 5 \%$
E_p [kWh]	Kvalifikovaný odhad	$27,05 \pm 5 \%$
E_q [kVArh]	Kvalifikovaný odhad	$38,10 \pm 5 \%$
f [Hz]	Kvalifikovaný odhad	$50,00 \pm 1 \%$
U_{L1-L2} [kV]	Kvalifikovaný odhad	$6,27 \pm 1 \%$

Tab. 6.2-14 Dodaná energie DG při zkouškách APS-S a ustálené hodnoty P , Q , f , U

Parametr	Deklarace	Tolerance
P [kW]	Kvalifikovaný odhad	$1300 \pm 5 \%$
Q [kVAr]	Kvalifikovaný odhad	$900 \pm 5 \%$
E_p [kWh]	Kvalifikovaný odhad	$13,50 \pm 5 \%$
E_q [kVArh]	Kvalifikovaný odhad	$19,30 \pm 5 \%$
f [Hz]	Kvalifikovaný odhad	$50,00 \pm 1 \%$
U_{L1-L2} [kV]	Kvalifikovaný odhad	$6,27 \pm 1 \%$

6.3 Seznam vyhodnocených zkoušek

Všechny zkoušky proběhly podle provozního předpisu 2TC014. [11] Měření byla vykonána v období od června 2016 do května 2017 pomocí ústředěn systému NEMES na 2. bloku ETE. Záznamy analogových dat byly pořízeny měřicí ústřednou 2NEMES-MU1. Ze všech zkoušek byly vydány protokoly o měření, které obsahují průběhy stavů dvouhodnotových signálů a jejich vyhodnocení a průběhy analogových signálů. Ve sledovaném období byly provedeny zkoušky uvedené v tabulce níže. Jednotlivé zkoušky probíhají buď podle programu APS-H (při $T_{po} > 70$ °C) nebo APS-S (při $T_{po} < 70$ °C). [5]

Tab. 6.3-1 Seznam vyhodnocených zkoušek pro I. DBS

Označení zkoušky	Datum	Čas	Typ zkoušky	Poznámka
2016/12	18.6.2016	17:39:28	APS-S	[13]
2016/17	29.8.2016	11:33:42	APS-H	[14]
2016/24	27.10.2016	8:01:22	APS-H	[15]
2017/01	19.1.2017	8:08:26	APS-H	[16]
2017/05	13.4.2017	8:14:27	APS-H	Neúspěšná [17]
2017/08	13.4.2017	13:03:15	APS-H	[18]

6.4 Vyhodnocení 1. divize bezpečnostního systému

6.4.1 Kontrolované časy automatiky APS

Tab. 6.4-1 Časy podpěťových relé spouštěcích kompletů automatiky APS

Zkouška	F372/I [s]	F372/II [s]	F371/I [s]	F371/II [s]	PVII F373/I [s]	PVII F373/II [s]	Z F372/I [s]	Z F372/II [s]	Z F371/I [s]	Z F371/II [s]
2016/12	2,065	2,065	2,040	2,065	4,971	4,974	0,550	0,537	0,547	0,549
2016/17	2,033	2,045	2,045	2,032	4,974	4,974	0,525	0,538	0,550	0,547
2016/24	2,075	2,068	2,075	2,075	4,969	4,968	0,544	0,556	0,532	0,531
2017/01	2,047	2,039	2,047	2,039	4,965	4,966	0,536	0,546	0,546	0,536
2017/05	-*	-*	-*	-*	4,954	4,959	-*	-*	-*	-*
2017/08	2,040	2,040	2,040	2,040	4,954	4,959	0,535	0,542	0,543	0,547
Min	2,033	2,039	2,040	2,032	4,954	4,959	0,525	0,537	0,532	0,531
Max	2,075	2,068	2,075	2,075	4,974	4,974	0,550	0,556	0,550	0,549
Mez - Min	1,800	1,800	1,800	1,800	4,300	4,300	0,450	0,450	0,450	0,450
Mez - Max	2,200	2,200	2,200	2,200	5,700	5,700	0,550	0,550	0,550	0,550

* - Zkouška 2017/05 byla vyhodnocena jako neúspěšná, protože při zkoušce došlo k výpadku napájení rozváděče WEC 2JV60. [17]

Tab. 6.4-2 Časy stupňů a aktivace APS-H

Zkouška	Δ aktiv APS [s]	povel DG/I [s]	povel DG/II [s]	APS1 [s]	APS2 [s]	APS3 [s]	APS4 [s]	APS5 [s]	APSz1 [s]	APSz2 [s]	Δ ZAZR [s]
2016/17	30,176	0,261	0,261	0,537	5,066	10,067	18,067	20,067	25,067	30,067	1,040
2016/24	30,156	0,262	0,261	0,536	5,106	10,107	17,107	20,107	25,108	30,107	1,033
2017/01	30,145	0,263	0,262	0,548	5,068	10,069	18,069	20,069	25,070	30,069	1,034
2017/05	-*	-*	-*	0,535	5,103	10,103	18,103	20,103	25,104	30,103	1,030
2017/08	30,154	0,262	0,261	0,539	5,101	10,101	18,101	20,101	25,102	30,101	1,032
Min	30,145	0,261	0,261	0,535	5,066	10,067	17,107	20,067	25,067	30,067	1,030
Max	30,176	0,263	0,262	0,548	5,106	10,107	18,103	20,107	25,108	30,107	1,040
Mez - Min	27,000	0,190	0,190	0,450	4,500	9,500	17,500	19,500	24,500	29,500	0,900
Mez - Max	33,000	0,270	0,270	0,550	5,500	10,500	18,500	20,500	25,500	30,500	1,100

* - Zkouška 2017/05 byla vyhodnocena jako neúspěšná, protože při zkoušce došlo k výpadku napájení rozváděče WEC 2JV60. [17]

Tab. 6.4-3 Časy stupňů a aktivace APS-S

Zkouška	Δ aktiv APS [s]	povel DG/I [s]	povel DG/II [s]	APS1 [s]	APS2 [s]	APS3 [s]	Δ ZAZR [s]
2016/12	30,144	0,263	0,262	0,547	5,089	10,088	1,045
Min	30,144	0,263	0,262	0,547	5,089	10,088	1,045
Max	30,144	0,263	0,262	0,547	5,089	10,088	1,045
Mez - Min	27,000	0,190	0,190	0,450	4,500	9,500	0,900
Mez - Max	33,000	0,270	0,270	0,550	5,500	10,500	1,100

6.4.2 Zpoždění připojení pohonů od stupňů APS

Tab. 6.4-4 Zpoždění připojení pohonů od jednotlivých stupňů APS-H

Zkouška	2TF31D01 [s]	2TL11D01 [s]	2TL13D01 [s]	2TL22D01 [s]	2TY21D01 [s]	2TQ14D01 [s]	2TQ13D01 [s]	2TX10D01 [s]	2TQ11D01 [s]
2016/17	1,979	2,694	0,532	2,673	1,971	0,041	0,061	0,062	0,061
2016/24	1,765	1,970	0,555	Z	1,755	0,033	0,061	0,062	0,062
2017/01	1,237	1,721	0,548	Z	1,229	0,032	0,060	0,062	0,062
2017/05	1,430	1,372	0,546	Z	1,420	0,144*	0,060	0,061	0,062
2017/08	1,753	2,608	0,581	Z	1,739	0,031	0,060	0,061	0,062
Max	1,979	2,694	0,581	2,673	1,971	0,144	0,061	0,062	0,062
Mez - Max	2,100	2,900	0,700	2,900	2,100	0,080	0,120	0,120	0,120

z – Pohon byl již zapnutý před příchodem signálu příslušného stupně APS.

* - Při zkoušce 2017/05 byla překročena maximální mez pro připojení pohonu 2TQ14D01.

Tab. 6.4-5 Zpoždění připojení pohonů od jednotlivých stupňů APS-H

Zkouška	2TQ12D01 [s]	2TL10D01 [s]	2VF10D01 [s]	2VF10D02 [s]	2TL01D01 [s]	2TL04D01 [s]	2TL01D02 [s]	2TL05D01 [s]
2016/17	0,062	0,640	x	0,062	0,050	0,060	0,051	0,047
2016/24	0,062	0,607	0,061	x	0,060	0,057	0,039	0,050
2017/01	0,061	0,647	x	0,062	0,049	0,052	0,035	0,047
2017/05	0,063	0,669	0,062	x	0,048	0,053	0,049	0,041
2017/08	0,062	0,653	0,062	x	0,045	0,046	0,030	0,042
Max	0,063	0,669	0,062	0,062	0,060	0,060	0,051	0,050
Mez - Max	0,120	0,800	0,120	0,120	0,080	0,080	0,080	0,080

x – Vypínač pohonu při zkoušce nezapnul.

Tab. 6.4-6 Zpoždění připojení pohonů od jednotlivých stupňů APS-S

Zkouška	2TQ12D01 [s]	2TL10D01 [s]	2VF10D01 [s]	2VF10D02 [s]	2TL01D01 [s]	2TL04D01 [s]	2TL01D02 [s]	2TL05D01 [s]
2016/12	x	x	x	0,065	x	x	x	x
Max	-	-	-	0,065	-	-	-	-
Mez - Max	0,120	0,800	0,120	0,120	0,080	0,080	0,080	0,080

x – Vypínač pohonu při zkoušce nezapnul.

6.4.3 Připojení a zatěžování DG při chodu APS

- Start DG - Čas mezi povelom na start DG a sepnutím vypínače DG (komplet I a II)
- Frekvence min. - Minimální dosažená frekvence napětí na sekci ZN II po dosažení frekvence 50 Hz
- Frekvence max. - Maximální dosažená frekvence napětí na sekci ZN II
- Trend startu DG - Časová délka změny otáček DG z 90 ot/min na 500 ot/min při startu DG (komplet I a II)
- Trend odst. DG - Časová délka změny otáček DG z 500 ot/min na 90 ot/min při odstavení DG (komplet I a II)
- Fázové napětí L1 min. - Minimální dosažené napětí DG ve fázi L1 po připojení DG na sekci ZN II
- Fázové napětí L1 max. - Maximální dosažené napětí DG ve fázi L1 po připojení DG na sekci ZN II
- Sdružené napětí L1-L2 min. - Minimální dosažené napětí DG mezi fázemi L1 a L2 po připojení DG na sekci ZN II
- Sdružené napětí L1-L2 max. - Maximální dosažené napětí DG mezi fázemi L1 a L2 po připojení DG na sekci ZN II
- Působení el. ochran - Doba působení signálu „Působení elektrických ochran 2GV“ (okruh A a B) [5]

Tab. 6.4-7 Připojení a zatěžování DG při chodu APS, hodnocení U a f

Zkouška	Start DG		Frekvence		Trend startu DG		Trend odst. DG		Fázové napětí L1		Sdruž. napětí L1-L2		Působení el. ochran	
	I [s]	II [s]	min. [Hz]	max. [Hz]	I [s]	II [s]	I [s]	II [s]	min. [kV]	max. [kV]	min. [kV]	max. [kV]	Okruh A [s]	Okruh B [s]
2016/12	7,990	7,991	49,73	51,89	5,459	5,522	62,772	63,082	3,21	3,81	5,59	6,53	x	x
2016/17	8,177	8,177	48,36	51,58	5,525	5,612	63,460	64,132	2,92	3,76	5,06	6,53	0,768	x
2016/24	8,038	8,039	48,52	51,67	5,419	5,504	62,279	62,887	2,91	3,84	5,06	6,52	0,149	x
2017/01	7,677	7,678	48,76	51,88	5,179	5,243	63,247	63,658	2,91	3,76	5,04	6,51	0,119	x
2017/05	8,065	8,066	48,81	52,02	5,497	5,575	64,195	64,045	2,91	3,80	5,05	6,54	0,118	x
2017/08	8,170	8,171	48,42	51,72	5,631	5,620	63,805	63,988	2,94	3,77	5,09	6,57	0,128	x
Min	-	-	48,36	-	-	-	62,279	62,887	2,91	-	5,04	-	0,118	-
Max	8,177	8,177	-	52,02	5,631	5,620	-	-	-	3,84	-	6,57	0,768	-
Mez - Min	--	--	47,00	--	--	--	55,000	55,000	2,84	--	4,92	--	--	--
Mez - Max	10,000	10,000	--	--	6,500	6,500	--	--	--	--	--	--	--	--

x – Signál při zkoušce nezapůsobil.

6.4.4 Doba trvání rozběhových proudů skupiny pohonů jednotlivých stupňů APS

Tab. 6.4-8 Doba trvání rozběhových proudů skupin pohonů 2., 3. a 4. stupně programu APS-H

Zkouška	Doba trvání rozběhových proudů skupiny pohonů		
	2. Stupně APS [s]	3. Stupně APS [s]	4. Stupně APS [s]
2016/17	2,90	5,02	1,10
2016/24	2,94	4,97	1,09
2017/01	2,99	4,85	1,13
2017/05	3,00	4,93	1,12
2017/08	2,89	4,64	1,13
Max	3,00	5,02	1,13
Mez - Max	3,20	5,20	1,40

Tab. 6.4-9 Doba trvání rozběhových proudů skupin pohonů 2. a 3. stupně programu APS-S

Zkouška	Doba trvání rozběhových proudů skupiny pohonů	
	2. Stupně APS [s]	3. Stupně APS [s]
2016/12	--	1,14
Max	--	1,14
Mez - Max	5,20	1,40

6.4.5 P a Q jednotlivých stupňů programu APS

Tab. 6.4-10 Hodnoty ustáleného činného a jalového výkonu spouštěných pohonů v jednotlivých stupních APS-H

Zkouška	P _{1st} [kW]	P _{2st} [kW]	P _{3st} [kW]	P _{4st} [kW]	P _{5st} [kW]	Q _{1st} [kVAr]	Q _{2st} [kVAr]	Q _{3st} [kVAr]	Q _{4st} [kVAr]	Q _{5st} [kVAr]
2016/17	665	813	551	1126	115	480	676	364*	1500	104
2016/24	473*	737*	585	1122	136	388	611	531*	1391	352
2017/01	562	795	620*	1043	137	415	602	509*	1381	521
2017/05	523	860	546	986	145	434	673	425	1419	471
2017/08	655	876	527	1016	143	420	678	436	1431	-440
Min	473	737	527	986	115	388	602	364	1381	-440
Max	665	876	620	1126	145	480	678	531	1500	521
Mez - Min	493	738	504	954	111	357	585	414	1274	-
Mez - Max	667	902	616	1166	150	483	715	506	1557	-

* - U některých zkoušek APS byla zjištěna odchylka od stanovených mezí činného a jalového výkonu DG v jednotlivých stupních APS. Tyto odchylky jsou zřejmě způsobeny různým provozním stavem technologie při spouštění a chodu pohonů, ale neznamenají však indikaci problému dlouhodobého charakteru.

Tab. 6.4-11 Hodnoty ustáleného činného a jalového výkonu spouštěných pohonů 2. a 3. stupně APS-S

Zkouška	P _{2st} [kW]	P _{3st} [kW]	P _{2+3st} [kW]	Q _{2st} [kVAr]	Q _{3st} [kVAr]	Q _{2+3st} [kVAr]
2016/12	_*	677	-	-	455	-
Min	-	677	-	-	455	-
Max	-	677	-	-	455	-
Mez - Min	540	576	981	288	369	675
Mez - Max	660	704	1199	352	451	825

* - Při zkoušce 2016/12 nezapnul pohon zařazený do 2. stupně APS-S 2TQ12D01.

6.4.6 Dodaná energie jednotlivých stupňů APS

Tab. 6.4-12 Hodnoty dodané energie E_p a E_q v rámci rozběhů pohonů v jednotlivých stupních APS

Zkouška	$E_{p\ 1st}$ [kWh]	$E_{p\ 2st}$ [kWh]	$E_{p\ 3st}$ [kWh]	$E_{p\ 4st}$ [kWh]	$E_{p\ 5st}$ [kWh]	$E_{q\ 1st}$ [kVArh]	$E_{q\ 2st}$ [kVArh]	$E_{q\ 3st}$ [kVArh]	$E_{q\ 4st}$ [kVArh]	$E_{q\ 5st}$ [kVArh]
2016/17	0,97	2,12	3,64	0,96	2,49	1,39	6,33	12,80	2,04	2,68
2016/24	0,97	2,09	3,41	0,87	2,32	1,47	6,28	12,77	2,02	2,55
2017/01	0,80	2,17	3,50	0,93	2,53	1,44	6,41	12,54	2,10	2,57
2017/05	0,92	2,11	3,44	0,97	2,59	1,47	6,44	12,60	2,13	2,74
2017/08	0,97	2,23	3,47	1,00	2,55	1,48	6,17	12,06	2,09	2,60
Min	0,80	2,09	3,41	0,87	2,32	1,39	6,17	12,06	2,02	2,55
Max	0,97	2,23	3,64	1,00	2,59	1,48	6,44	12,80	2,13	2,74
Mez - Min	0,86	1,92	3,12	0,86	2,25	1,31	5,71	11,39	1,87	2,36
Mez - Max	1,05	2,34	3,82	1,05	2,75	1,61	6,97	13,92	2,29	2,88

Tab. 6.4-13 Hodnoty dodané energie E_p a E_q v rámci rozběhů pohonů v jednotlivých stupních APS

Zkouška	$E_{p\ 2st}$ [kWh]	$E_{p\ 3st}$ [kWh]	$E_{p\ 2+3st}$ [kWh]	$E_{q\ 2st}$ [kVArh]	$E_{q\ 3st}$ [kVArh]	$E_{q\ 2+3st}$ [kVArh]
2016/12	-*	0,49	-	-	1,42	-
Min	-	0,49	-	-	1,42	-
Max	-	0,49	-	-	1,42	-
Mez - Min	1,33	0,47	2,25	6,48	1,35	10,26
Mez - Max	1,63	0,57	2,75	7,92	1,65	12,54

* - Při zkoušce 2016/12 nezapnul pohon zařazený do 2. stupně APS-S 2TQ12D01.

6.4.7 Dodaná energie DG při zkouškách APS a ustálené hodnoty P, Q, f a U

Tab. 6.4-14 Dodaná energie DG při zkouškách APS-H a ustálené hodnoty P, Q, f, U

Zkouška	P [kW]	Q [kVAr]	Ep [kWh]	Eq [kVArh]	f [Hz]	U _{L1-L2} [kV]
2016/17	2935	2121	27,29	38,51	49,80	6,28
2016/24	2837	2103	26,02	38,03	49,80	6,27
2017/01	2974	2134	27,20	38,05	50,03	6,27
2017/05	2904	2143	26,64	38,20	50,02	6,27
2017/08	3075	2164	28,23	37,56	49,90	6,29
Min	2837	2103	26,02	37,56	49,80	6,27
Max	3075	2164	28,23	38,51	50,03	6,29
Mez - Min	2793	2024	25,70	36,20	49,50	6,21
Mez - Max	3087	2237	28,40	40,01	50,50	6,33

Tab. 6.4-15 Dodaná energie DG při zkouškách APS-S a ustálené hodnoty P, Q, f, U

Zkouška	P [kW]	Q [kVAr]	Ep [kWh]	Eq [kVArh]	f [Hz]	U _{L1-L2} [kV]
2016/12	934*	615*	9,81*	7,96*	50,33	6,29
Min	934	615	9,81	7,96	50,33	6,29
Max	934	615	9,81	7,96	50,33	6,29
Mez - Min	1235	855	12,83	18,34	49,50	6,21
Mez - Max	1365	945	14,18	20,27	50,50	6,33

* - Při zkoušce 2016/12 byly zjištěny odchylky od stanovených mezí výkonu DG a dodané energie DG. Při zkoušce nezapnul pohon zařazený do 2. stupně APS-S 2TQ12D01.

7 ZÁVĚR

V teoretické části práce byla na začátku popsána problematika vlastního napájení JETE. Z hlediska vlastní spotřeby JETE jsem zmínil, z jakých zdrojů je napájena vlastní spotřeba a rozdělení jednotlivých zdrojů elektrické energie na tři kategorie z hlediska zabezpečení dodávky elektrické energie. V další části jsem popsal jeden z nouzových zdrojů vlastní spotřeby, a to dieselgenerátor. Byla popsána funkce automatiky APS. V posledním bodě teoretické části jsem vysvětlil z čeho se skládá monitorovací a měřicí systémy elektrozařízení Jaderné elektrárny Temelín.

V praktické části jsou vyhodnoceny vybrané parametry pro vyhodnocení stability a případné predikce poruch pohonů čerpadel a ventilátorů zařazených v programu APS, relé automatik APS a chování DG divizí bezpečnostních systémů ze záznamů zkoušek APS. Měření a vyhodnocování proběhlo na JETE na systémech ZN II. kategorie a DG při zkouškách APS pro oba hlavní výrobní bloky a pro všechny tři divize. Vyhodnocované parametry pro oba dva bloky jsou podobné, liší se jen v některých parametrech, a všechny bezpečnostní divize na příslušném výrobním bloku jsou v principu rovnocenné. Tato práce se zabývá zpracováním a vyhodnocením vybraných parametrů pouze na 1. divizi bezpečnostních systémů 2. HVB z kampaně 2016 - 2017 provedených od června 2016 do května 2017. V práci jsou vyhodnoceny jak dvouhodnotové signály, tak naměřené a vypočítané parametry analogových signálů z jednotlivých zkoušek.

Definované parametry jsou porovnávány s tolerancemi stanovenými provozními předpisy nebo tolerancemi, které byly určeny statistickou odchylkou, případně kvalifikovaným odhadem z naměřených hodnot z pravidelných zkoušek APS. Naměřené hodnoty se využívají k určení životnosti součástí, analýze poruchových stavů a průběhů při najíždění nebo odstavování důležitých pohonů.

Kromě parametrů vyhodnocovaných standardně při každé provozní zkoušce APS:

- čas startu DG
- frekvence a napětí DG
- časy sepnutí relé a automatik APS
- vizuální kontroly průběhu napětí a proudu

byly kontrolovány i další parametry:

- zpoždění zapnutí jednotlivých vypínačů vývodů zapínaných v jednotlivých stupních automatiky APS
- trend startu a odstavení startu DG
- ustálené hodnoty U, I, f
- doba trvání rozběhových proudů pohonů jednotlivých stupňů programu APS
- ustálený činný a jalový výkon DG po jednotlivých stupních programu APS a celkový výkon po ukončení programu APS
- jalová a činná energie DG dodaná při chodu programu APS

7.1 Časy automatik APS

Časy spínání podpěťových relé spouštěcích kompletů automatik APS a AZR za sledované období jsou stabilní a nevybočují ze stanovených tolerancí.

7.2 Spínací prvky vývodů zapínaných v jednotlivých stupních automatiky APS

Tolerance pro vyhodnocení časů připojení pohonů od jednotlivých stupňů programu APS byly stanoveny kvalifikovaným odhadem z naměřených hodnot z pravidelných zkoušek APS. Naměřené časy u pohonů 2TF31D01, 2TL11D01 a 2TY21D01 jsou nestabilní a v průběhu kampaně kolísají.

7.3 Mechanický stav a parametry DG při rozběhu, chodu a doběhu

Maximální doba připojení DG na sekci byla 8,177 s. Maximální dosažená frekvence napětí na sekci ZN byla 52,02 Hz a minimální 48,36 Hz. Sdružené napětí na sekci ZN II po připojení DG dosáhlo maximální hodnoty 6,57 kV a minimální hodnoty 5,04 kV. Napětí ve fázi L1 na sekci ZN II po připojení DG dosáhlo maximální hodnoty 3,84 kV a minimální hodnoty 2,91 kV.

Pro zkoušky provedené v režimu APS-H se ustálená hodnota frekvence napětí na sekci ZN pohybovala od 50,14 do 50,25 Hz. Ustálená hodnota napětí na sekci ZN II se pohybovala od 6,27 do 6,29 kV. Ustálené hodnoty činného výkonu po ukončení chodu programu APS byly v rozmezí 2837 až 3075 kW. Ustálené hodnoty dodané činné energie po ukončení programu APS byly v rozmezí 26,02 až 28,23 kWh.

U zkoušky provedené v režimu APS-S byla ustálená hodnota frekvence napětí na sekci ZN II 50,33 Hz. Ustálená hodnota napětí na sekci ZN II byla 6,29 kV. Činný výkon po ukončení chodu programu APS-S byl 934 kW a ustálená hodnota dodané činné energie byla 9,81 kWh. Při zkoušce však nezapnul pohon zařazený do 2. stupně APS-S 2TQ12D01.

Trendy změn otáček DG při startu i při doběhu soustrojí po povelu na odstavení DG jsou ve sledovaném období ustálené, tudíž nedochází ke změně mechanického odporu rotoru soustrojí při rozběhu ani doběhu DG. K zapůsobení signálu od elektrických ochran DG dochází v okruhu „A“ a nejdelší čas působení tohoto signálu byl 0,768 s.

7.4 Mechanický stav pohonů spouštěných v rámci programu APS

Doby trvání rozběhových proudů skupin pohonů, hodnoty činného a jalového výkonu a dodané energie DG v jednotlivých stupních programu APS při zkouškách v rámci kampaně jsou stabilní a nevybočují ze stanovených tolerancí. U některých zkoušek APS byla zjištěna odchylka od stanovených mezí činného a jalového výkonu DG v jednotlivých stupních APS. Tyto odchylky jsou způsobeny různým provozním stavem technologie při spouštění pohonů, ale neznamenají indikaci problému dlouhodobého charakteru.

Z uvedeného vyplývá, že není nutný žádný mimořádný zásah do způsobu provozu a způsobu údržby tohoto zařízení.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] SÝKORA, Milan. *Předběžná bezpečnostní zpráva 1,2 revize 0: Díl 8 – Elektrické systémy*. 2009.
- [2] ELEKTRICKÁ ČÁST JE VVER 1000: *UČEBNÍ TEXT PRO PŘÍPRAVU PERSONÁLU JE*. BRNO, 2013.
- [3] TICHÁ, Gabriela. *Učební text pro přípravu personálu JE II. část: Učební text pro přípravu personálu JE*. Brno, 2011.
- [4] ČEZ. *Temelín* [online]. [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/jaderne-elektrarny-cez/ete.html>
- [5] BENEŠ, Ivo, Jakub BRUKNER a David HOLEŠ. *Technická zpráva: Vyhodnocení systémů ZN II. kategorie a DG při zkouškách APS na ETE 2. HVB za kampaň 2016 - 2017*. TES s.r.o., 2017.
- [6] OKROUHLÍKOVÁ. I&C ENERGO. *Základní elektrické schéma AAC 2HVB: JE Temelín 2.HVB*. Arch. č. ZE 04398/TD/D339_0211. 2014.
- [7] ŘÍHA, Daniel, Kristýna MACHÁČKOVÁ, Pavel NOVOTNÝ, Milan ŠÁLEK a Tomáš PALKO. *POSOUZENÍ VYUŽITÍ NEMES/MSE PRO OPTIMALIZACI ÚDRŽBY ELEKTROZAŘZENÍ: TES-Z-11-195*. TES s.r.o.
- [8] KULVÁNEK, Martin, Michal DOBEŠ a Karel RADKOVSKÝ. *Měřicí ústředna MOSAD@5-MST01 Popis ústředny: ZT08064*. Revize č. 0. TES s.r.o., 2008.
- [9] MAREČEK, Oto a Radomil JAŠA. *Manuál programu LOGA v. 2.0.3.34: ZT02163*. Revize č. 0. TES s.r.o., 2002.
- [10] TEŠNAR, Pavel. *Manuál programu GRAF v. 4.22: ZT02164*. Revize č. 0. TES s.r.o., 2002.
- [11] TRUBKA, Ondřej, Jiří KOFROŇ, Milan PETERKA, Pavel BROM a Petra PILEČKOVÁ. *PP pro provozní zkoušky funkce systémů a zařízení podle limit a podmínek - část elektro: 2TC014/5*. Revize č. 4. ČEZ ETE.
- [12] VOGL, Jaroslav, Ondřej TRUBKA a Miroslav KIBUS. *Provozní předpis pro elektročást DGS (1. ÷ 3. systém): 2TS409*. Revize č. 5. ČEZ ETE.
- [13] BROM, Pavel. *Vyhodnocení ke zkoušce APS č. 2TC014/2016/12: Zkouška spuštění systémového DG a odzkoušení programu APS-H po ztrátě napětí na sekci 6kV rozvodny ZN II. kategorie - 2BV*. ČEZ ETE, 2016.
- [14] TRUBKA, Ondřej. *Vyhodnocení ke zkoušce APS č. 2TC014/2016/17: Zkouška spuštění systémového DG a odzkoušení programu APS-H po ztrátě napětí na sekci 6kV rozvodny ZN II. kategorie - 2BV*. ČEZ ETE, 2016.
- [15] BROM, Pavel. *Vyhodnocení ke zkoušce APS č. 2TC014/2016/24: Zkouška spuštění systémového DG a odzkoušení programu APS-H po ztrátě napětí na sekci 6kV rozvodny ZN II. kategorie - 2BV*. ČEZ ETE, 2016.
- [16] TRUBKA, Ondřej. *Vyhodnocení ke zkoušce APS č. 2TC014/2017/01: Zkouška spuštění systémového DG a odzkoušení programu APS-H po ztrátě napětí na sekci 6kV rozvodny ZN II. kategorie - 2BV*. ČEZ ETE, 2017.
- [17] BROM, Pavel. *Vyhodnocení ke zkoušce APS č. 2TC014/2017/05: Zkouška spuštění systémového DG a odzkoušení programu APS-H po ztrátě napětí na sekci 6kV rozvodny ZN II. kategorie - 2BV*. ČEZ ETE, 2017.

- [18] BROM, Pavel. *Vyhodnocení ke zkoušce APS č. 2TC014/2017/08: Zkouška spuštění systémového DG a odzkoušení programu APS-H po ztrátě napětí na sekci 6kV rozvodny ZN II. kategorie - 2BV. ČEZ ETE, 2017.*