

# Spouštění JE Temelín – specifika elektro a reflexe vlastní angažovanosti ve zkouškách

JIŘÍ HLEDÍK

## **Východiska a podmínky před spouštěním Temelína, aneb co spouštění předcházelo (ve zkratce)**

Spouštění předcházelo velký redesign, který odstartoval po misi NUS Halliburton (1992–1993) dodatkem Úvodního projektu dÚP347 a následně pak dalšími desítkami dÚP a tisíci technickými změnami. Těmi nejvíce dominantními s velkým vlivem na původní design byly:

- Záměna paliva a ochranného a řídicího systému reaktoru.
- Záměna kabeláže a implementace požadavků IEEE norem (podmínka pro implementaci SKŘ WEC) a požadavků EMC norem (elektro – magnetická kompatibilita).
- Změna algoritmů nespojitého a spojitého řízení technologie I. a II. okruhu.
- Změny v principech chránění a selektivitě elektrických ochran a automatik vyvedení výkonu a v radiálních sítích blokové vlastní spotřeby.
- Změny v koordinaci nastavení a působení regulací – automatik – ochran elektrických systémů.
- Změny provozních režimů a manévrovatelnosti bloků.
- Implementace požadavků na podpůrné služby (PpS) dle KODEXu ČEPS.
- ... a mnoho a mnoho dalších změn více či méně významných.

Změnami byla dotčena převážná část dílčích provozních souborů (DPS) a stavebních objektů (SO) a prakticky všechny základní profese. Stále jsme měli na paměti to, že ve strojovně byla instalována prototypová zařízení – především celé turbosoustrojí, tj. turbína + generátor. Také jednotkový výkon bloků ETE VVER 1000/V320 přinášel celou řadu specifických problémů, které na jiných blocích v ČSSR do té doby nebyly – v elektročásti mám na mysli především jejich vyvedení výkonu do elektrizační soustavy (ES) a dynamickou stabilitu dvoupólových strojů 1000 MWe na 3000 ot/min („rychloměšky“) při blízkých těžkých poruchách (třípólových zkratech).

Nejvíce problémů jsme v projektech řešili na II. okruhu. Ale i na I. okruhu jsme museli napnout síly a řešit některé generické nedostatky reaktorovny „milioníku“ – typickým nedostatkem bylo chvění parovodů v místnosti A820 (odstranění „pozounového efektu“ na části parovodů, kde jsou připojeny pojišťovací ventily parogenerátorů (PVPNG) a ventily přepouštěcích stanic do atmosféry (PSA) s dopadem do akustických poměrů v blokové dozorně. Na strojovně jsme řešili především chvění vysokotlaké (VT) a nízkotlaké (NT) části turbíny (rotory i průtočné části) samostatně i ve vazbě na konstrukci turbostolice. Hodně nás v energetickém spouštění také zaskočily nedostatky kroužkostroje rotorů generátorů (nevhodná konstrukce, technologická nekázeň při jejich výrobě), ladění pomocného hospodářství strojovny a mnoho dalších... .

Ve stavební části dominovaly práce kolem kontejnmentu (KTMT) a řešení problémů s diagnostikou dotvarování obálky KTMT a s průkazy jejich integrity.

### **Specifika spouštění elektročásti Temelína, aneb co bylo jinak než v EBO a EDU**

Co bylo stejné jako při spouštění v EBO či EDU bylo jasně dané postupem spouštěcích a seřizovacích prací (SSP) v průběhu spouštění,

tj. mít kompletně připravenou a odzkoušenou elektročást rezervního napájení vlastní spotřeby (RNVS) a pracovního napájení vlastní spotřeby (PNVS) kromě generátoru a budiče před zavázkou paliva včetně bezpečnostních systémů II. a I. kategorie ZN.

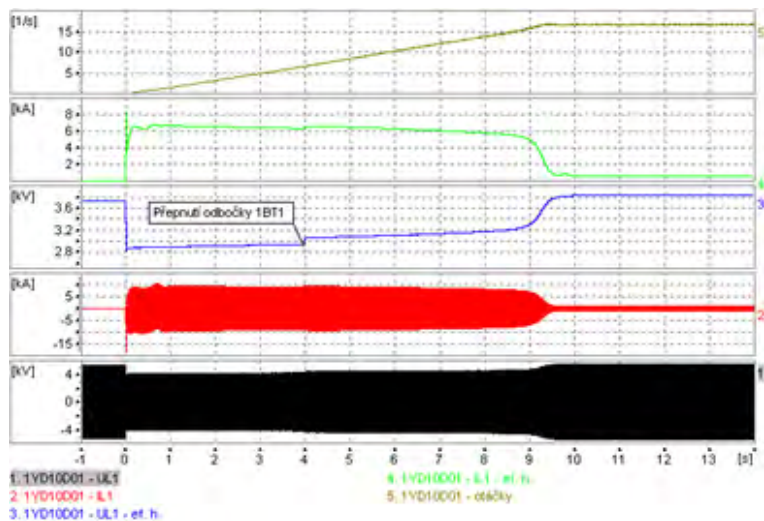
S ohledem na projekt elektročásti mělo spouštění této části ETE řadu specifik – mezi ty nejnámější patří především:

- Uzel společné rezervní diesel generátorové stanice (SRDGS) a jeho odzkoušení včetně blokových vazeb a automatiky master – slave, která jako sekvenční automat řídí zatěžování dieselgenerátorů (DG) tohoto uzlu vybranou zátěží obou bloků.
- Nové „kanály“ automatického záskoku rezervy (AZR) blokových sekcí rozvoden R 6kV (FAST TRANSFER, IN-FASE TRANSFER) včetně jejich zkoušek bez a se zátěží.
- Opatření pro posílení dynamické stability generátorů 1000 MWe – ta spočívala v (i) implementaci automatiky rychlého řízení ventilů (RŘV) TG 1000, v (ii) implementaci stabilizátorů regulace napětí v buzení stroje a v (iii) nasazení ochrany proti prokluzu pólů nabuzeného stroje a jejich odzkoušení.
- Získání design bases informací o zatěžování DG dodaných na ETE (know how získáno u firmy Sulzer...) a následná optimalizace zatěžování dieselgenerátorů bezpečnostních systémů (BS) a společné rezervní dieselgenerátorové stanice (SRDGS) a změny algoritmů automatiky postupného spouštění (APS) a jejich odzkoušení. Ty umožnily, že technologie (čerpadla) zasahují po ztrátě normálního napájení a obnově napětí z DG dříve.
- Zajištění plné selektivity v jištění v rozvodech zajištěného napájení (SZN) I. kategorie za střídači a její ověřování zkratovými zkouškami.
- Ověřování tvrdosti sítě a dynamiky regulátorů napětí odbočkových a rezervních transformátorů (TRF), generátorů (G), dieselgenerátorů (DG) při rozběhích výkonově významných pohonů 6kV blokové vlastní spotřeby (BVS).

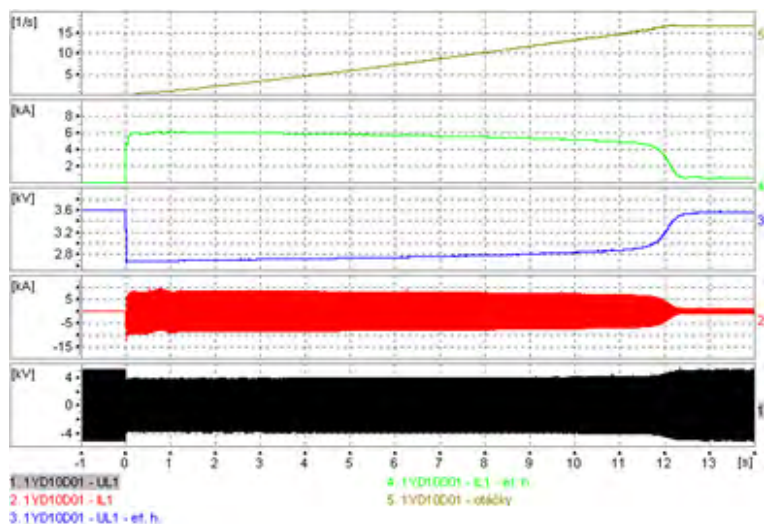
- Rozšíření projektových provozních režimů bloků ETE o tzv. „Station blackout“ (SBO) a jeho zkoušky a potvrzení dimenzování akubaterií systému zajištěného napájení (SZN) I. kategorie bezpečnostních divizí.
- Primární odzkoušení výškové nádrže oleje pro doběh turbogenerátoru (TG) při úplné ztrátě napájení vlastní spotřeby (ÚZN) resp. při Station blackoutu.
- „Odzkoušení“ chování bloku 1000 MWe při hlubokém podbuzení generátoru na 100 %  $N_{nom}$  při poruše budící soupravy. Šlo o neplánovanou poruchu, která vyvolala zcela unikátní přechodný děj (tranzient), jež nám (i) posloužil jako primární odzkoušení ochran proti ztrátě stability generátoru a (ii) k poznání následků provozu bloku při nesynchronních prokluzech na vnější přenosovou síť!
- Chování bloků při zapínání a vypínání kompenzační tlumivky 165 MVar v nadřazené rozvodně 400 kV TR Kočín.
- Měření zapínacích rázů blokového transformátoru 1200 MVA naprázdno a odezvy sousedního bloku na tento ráz z pohledu stabilizace elektrických ochran vyvedení výkonu.

Níže pro názornost a první přiblížení uvádím řadu typických tranzientů ze zkoušek ochran, automatik a regulací v neaktivním a aktivním vyzkoušení bloků ETE.

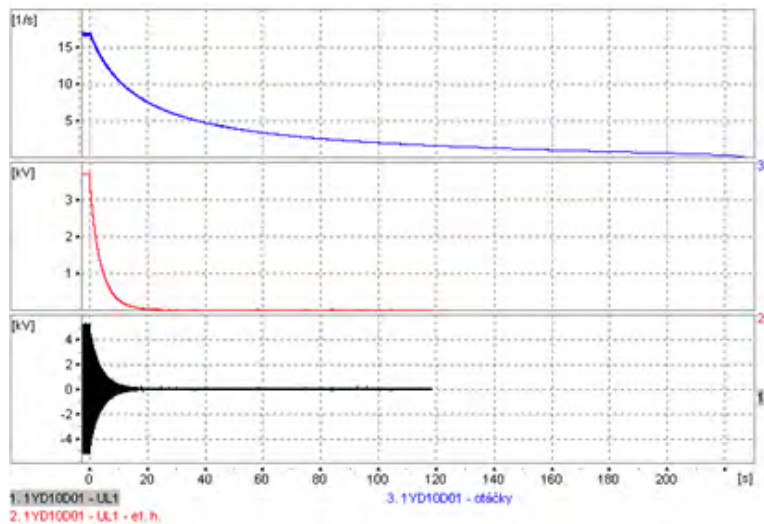
Rozběh HCČ z pracovního přívodu 1BAa (ze sítě 400 kV): n, I, U = f (t)



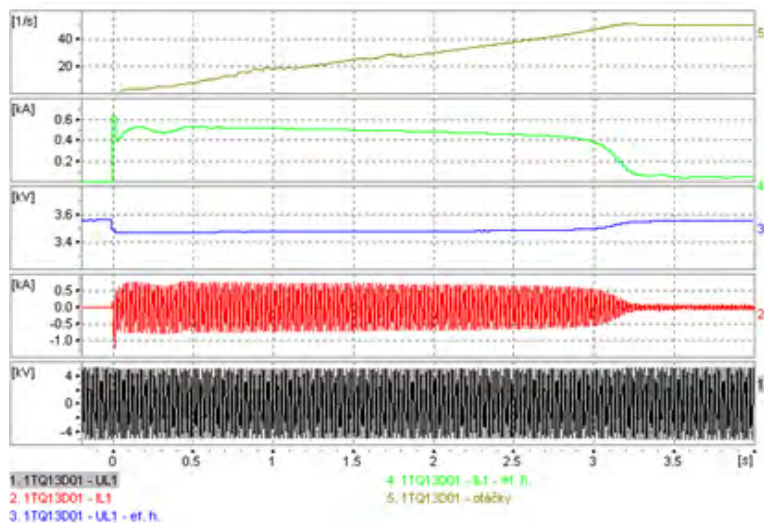
Rozběh HCČ z rezervního přívodu 1BAa (ze sítě 110 kV): n, I, U = f (t)



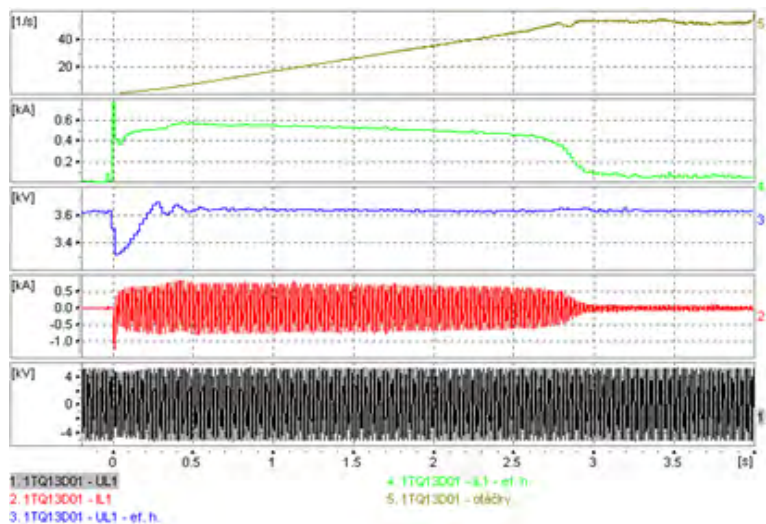
Doběh HCČ na 1BAa bez pohonů (bez magnetické vazby):  $n$ ,  $U = f(t)$



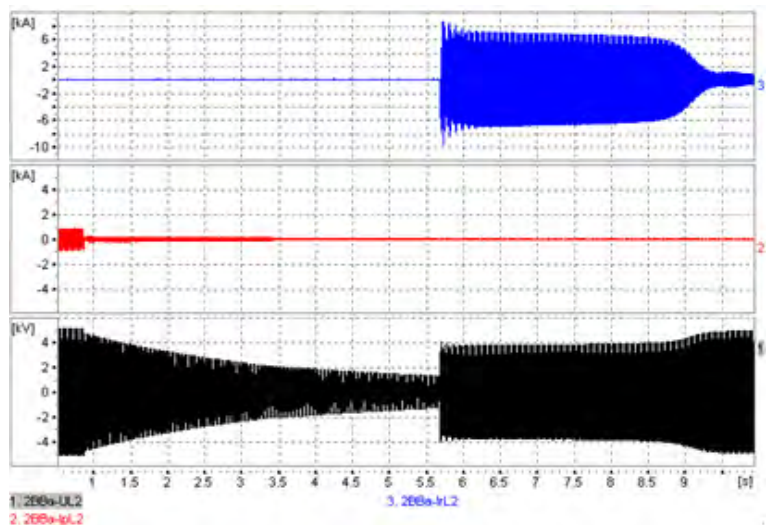
Rozběh VTTQ z pracovního přívodu 1BAb (ze sítě 400 kV):  $n$ ,  $I$ ,  $U = f(t)$



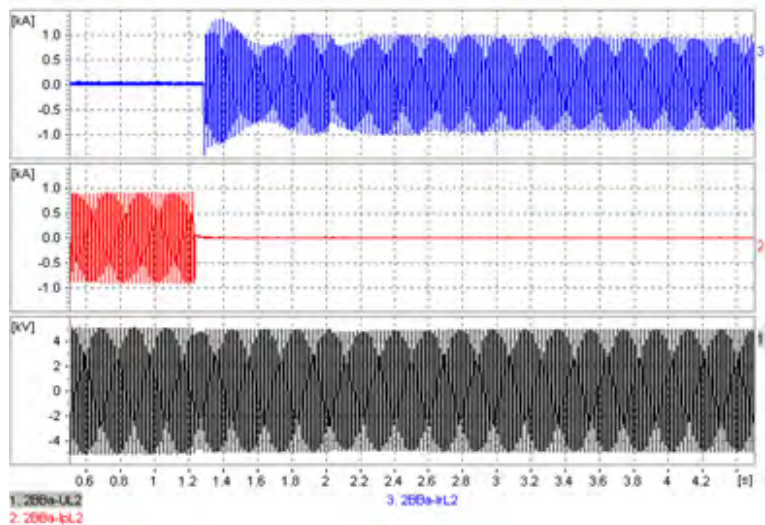
Rozběh VTTQ z dieselgenerátoru 1GV (forsírovka RN):  $n, I, U = f(t)$



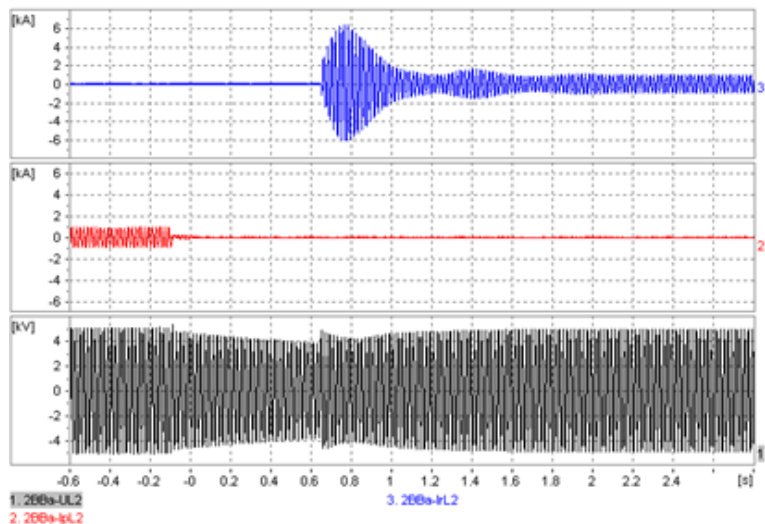
Zások na 2BBa IAZR-U1 při HAZR („U“ TRANSFER):  $I, U = f(t)$



Záskok na 2BBa IAZR-F při HAZR („FAST“ TRANSFER):  $I, U = f(t)$

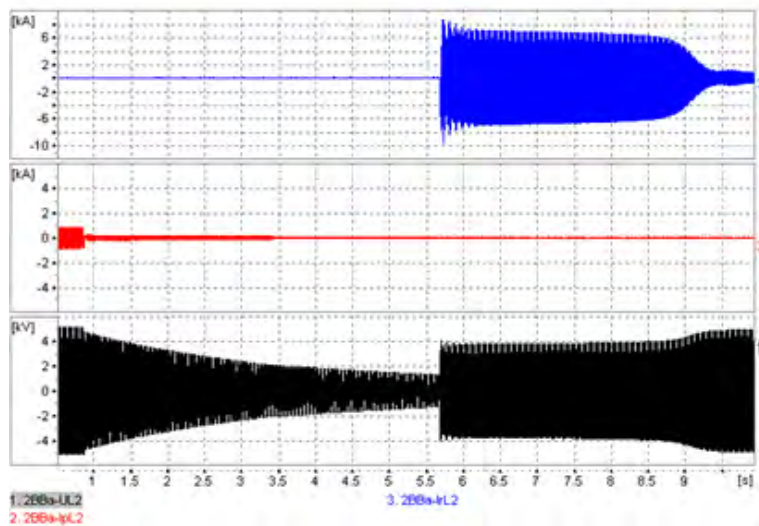


Záskok na 2BBa IAZR-I při HAZR („IN PHASE“ TRANSFER):  $I, U = f(t)$

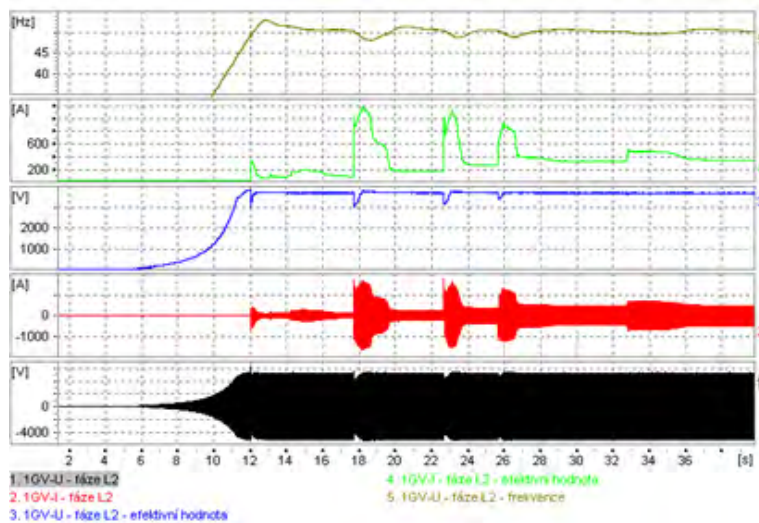




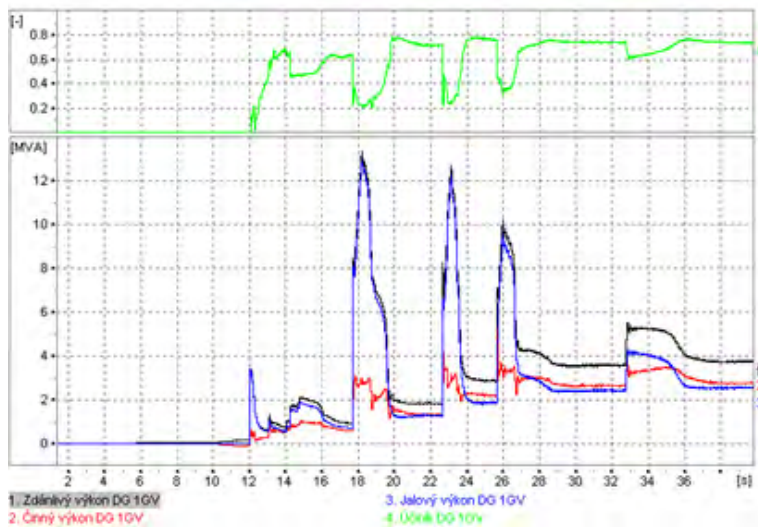
Záskok na 2BBa IAZR-U1 při HAZR („U“ TRANSFER):  $I, U = f(t)$



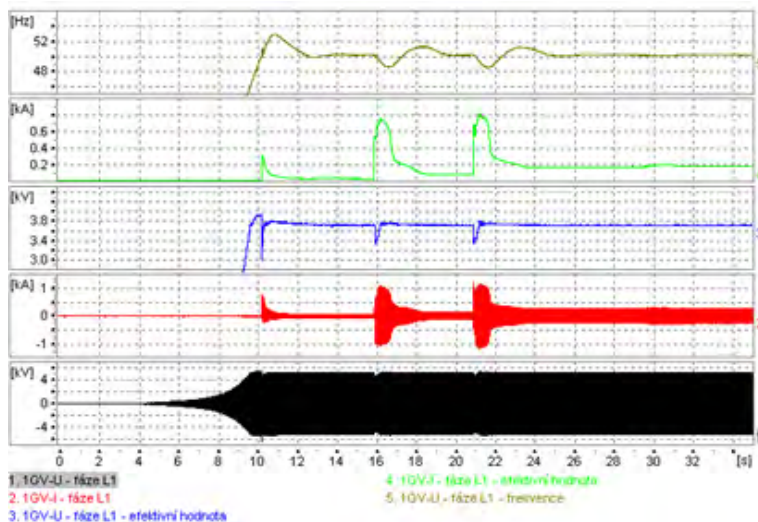
Zatěžování DG IGV při APS-H na 1.BS 1.HVB („horká“):  $f, I, U = f(t)$



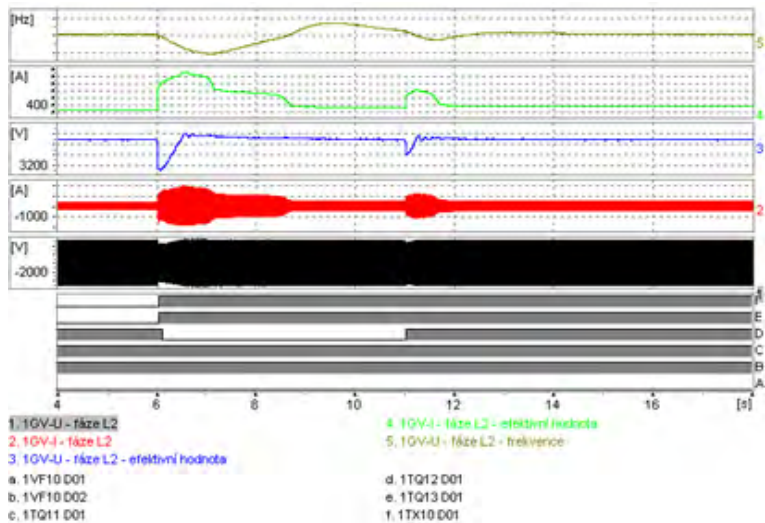
Zatěžování DG IGV při APS-H na 1.BS 1.HVB („horká“): P, Q, S,  $\cos\varphi = f(t)$



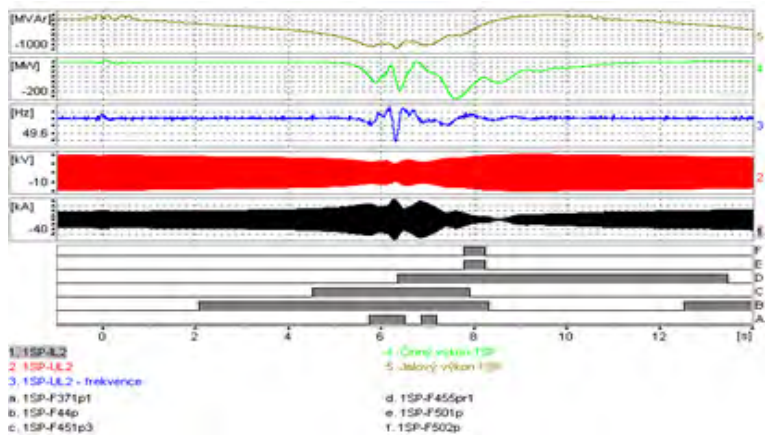
Zatěžování DG IGV při APS-S na 1.BS 1.HVB („studená“): f, I, U = f(t)



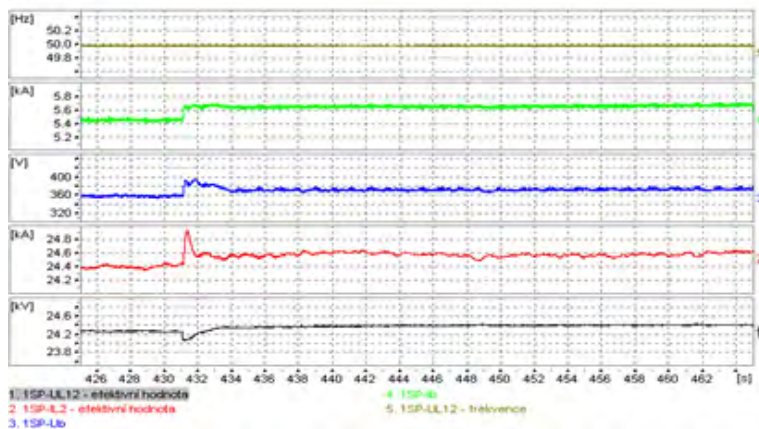
Zatěžování DG IGV při APS-N na 1.BS 1.HVB („needed“):  $f, I, U = f(t)$



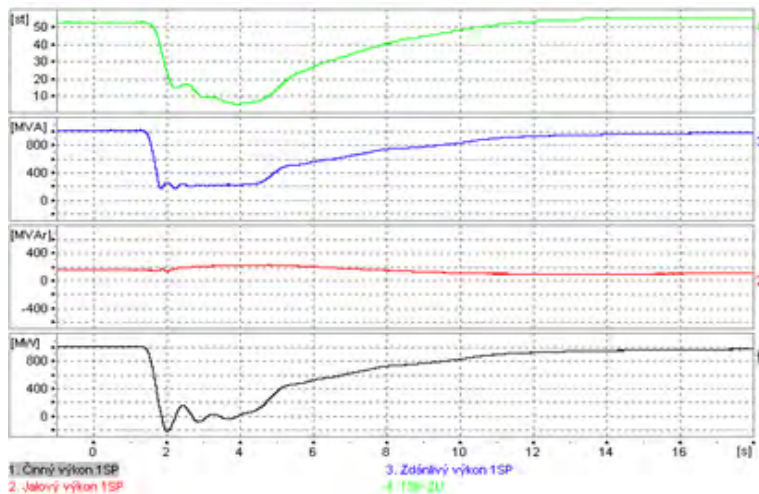
Asynchronní chod generátoru ISP po poruše buzení na 100 % Nnom



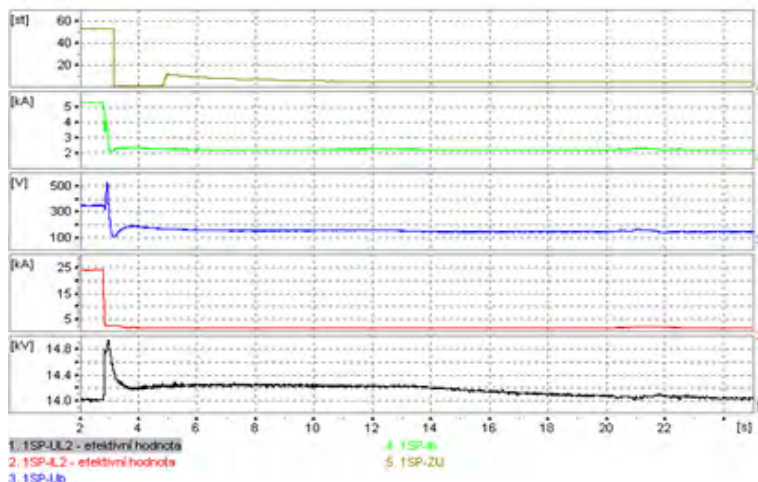
Zapnutí tlumivky v TR Kočín a odezva generátoru 1SP:  $U_g, I_g, F_g = f(t)$



Působení RŘV TG1 na 100 % od imitace chybného působení:  $P, Q, S, ZU = f(t)$



## Zregulování TG1 ze 100 % na vlastní spotřebu 1.HVB: U, I, ZU = f(t)



## Vlastní angažovanost ve spuštění ETE, aneb kdo a jak to začal

Tohle téma je pro mě osobně i přes více jak 20 let od spuštění Temelína citlivé a do budoucna může být i aktuální. O co tehdy šlo? Psal se rok 1999 a **Franta Hezoučký** na jednom z mnoha meetingů s Generálním dodavatelem technologie (GDt) a s Leošem Tomíčkem škodovákům jasně řekl: „... a bude spuštěn ten lepší!“ Tahle jeho strategie měla dopad i na mě osobně – dostal jsem od Franty nejenom důvěru, že pro elektročást ETE to budu já, kdo zkoušky elektrosystémů povede, ale vybavil mě k tomu i příslušnými pravomocemi a zbytek už byl na mně!

Musel jsem si to odpracovat, aby spouštěči ŠP pochopili, že spuštění elektročásti bude nakonec pro všechny OK. Co se tehdy stalo bych dnes zpětně nazval „leadership“, „koučink“ a „technický mentoring“.

- Psal jsem programy PKV vybraných elektrosystémů (dostal jsem povolení je psát pro EZ Praha).

- Řídil jsem přípravu, realizaci a vyhodnocení zkoušek elektro-systémů v neaktivním a aktivním vyzkoušení bloků.
- Reportoval jsem ze zkoušek vedení spouštění a divize Výstavba JE Temelín.
- Řešil jsem nedostatky s vazbou na projekt díky aktivnímu zapojení útvaru Technická podpora (viz dále).

Časem jsme všichni pochopili, že takto můžeme efektivně a úspěšně společně fungovat. Přestali jsme řešit svoje ega a daleko více nám šlo „o věc“, tj. splnit všechna očekávání = ukončit převážnou část zkoušek PKV a KV elektrosystémů před zavezením paliva a fyzikálním spouštěním (FS). V ten okamžik pak vše probíhalo zcela bezproblémově.

Jedinou, ne zcela příjemnou vzpomínkou, byly pro mě poruchy kroužkostroje rotorů prototypových generátorů ETE, které se nám při primárních zkouškách elektrických ochran generátoru 2. HVB 2x po sobě zkratovaly! Znamenalo to tehdy časový zásek do energetického spouštění (ES)! Následovaly tehdy takové „inkviziční“ snahy některých škodováků vinit z toho mě jako vedoucího primárních zkoušek elektrických ochran generátoru. Ale nakonec se jasně prokázaly konstrukční chyby kroužkostrojů a hrubá technologická nekázeň při jejich výrobě. Poté už k žádným excesům ve vzájemných vztazích nedocházelo a vše, co ještě bylo před námi, jsme v přátelském a konstruktivním duchu dokončili.

Pro mě osobně to byla výborná škola leadershipu, ze které těžím až do dnes!

### **Tuning projektových změn v průběhu spouštění Temelína, aneb jak to pokračovalo dál**

Realitou bylo, že ne vše v projektu ETE se nám podařilo při jeho redesignu změnit bez chyb! Změn bylo v průběhu výstavby a redesignu celkově obrovské množství a ti, kteří změnovým řízením prošli a měli v sobě „spouštěcí geny“ (zkušenosti z EBO, EDU...) věděli, že

spouštění ETE bude další fází tuningu jeho projektu. A tak to také bylo. Je korektní v tomto kontextu spouštění ETE také hodnotit.

V elektročásti, kterou jsem ze své pozice v průběhu redesignu projektu ETE nejvíce ovlivňoval, jsme s týmem spouštěčů ze ŠKODA Praha (ŠP), Elektromontážních závodů Praha 10 (EZ), TES, ZAT, ORGREZ, ... v průběhu spouštění našli celou řadu chyb. Ty jsme ale díky zkušenostem z projektování (redesignu) a díky úzkým vazbám na útvar Technická podpora, který jsem do odchodu na spouštění řídil, úspěšně a velmi rychle řešili v režimu:

Neúspěšná zkouška → identifikace a popis problému → řešení problému a návrh technické změny → implementace dočasné změny projektu odstraňující problém → opakovaná zkouška a ověření změny → úspěšně ukončená zkouška → překlopení dočasné změny projektu na trvalou.

Takto jsme postupovali i v ostatních profesích. Před uvedením bloků do zkušebního provozu se tímto způsobem projekt dále ladil a počet chyb a nedostatků se snížil na akceptovatelnou mez s ohledem na bezpečný a spolehlivý provoz bloků.

I v dalších letech provozu tento tuning projektu pokračoval, ale v daleko menším rozsahu. Probíhal však ve zcela jiném prostředí z hlediska řízení technických změn – zavedli jsme proces a workflow **řízení změn konfigurace zařízení (ZKZ)**, vytvořili jsme standard ST\_0069 (pravidla a principy), stanovili jsme pravidla pro klasifikaci ZKZ ME\_0184 a zavedli jsme proces řízení a realizace projektů (modifikací) jež obsahoval velmi důležitý mezikrok = **komplexní posuzování změn konfigurace zařízení**. Tím jsme řízení technických změn povýšili na světový jadernický standard dle INPO AP-929, který je aplikován na obě provozované JE ETE a EDU. Aktuálně jsme po mnoha letech a zkušenostech tento proces ještě evolučně vylepšili o tzv. nezávislé ověřování konfigurace JE dle metodiky ME\_1045, která významně pomáhá zajišťovat soulad mezi projektovou dokumentací a fyzickým stavem jaderné elektrárny.