

INTEGROVANÝ ODVOD VODÍKU ZE SYSTÉMU KOMPENZACE OBJEMU V TĚLESE HPV

INTEGRATED HYDROGEN DRAINAGE FROM THE VOLUME COMPENSATION SYSTEM IN THE HPV BODY

Martin Pulc

ŠKODA JS a.s.

Abstrakt

V aktivní zóně jaderného reaktoru vzniká především radiolýzou vody vodík, který se přednostně z primárního média odděluje v kompenzátoru objemu. Jedná se ale o nežádoucí plyn, který je především výborným tepelným izolantem a ve spojení se vzduchem tvoří třaskavou směs. Proto je nutné vodík v množství cca 40 kg/hod řízeně odvádět, a to nejlépe oddělováním z primárního média v kompenzátoru objemu. Tato prezentace volně navazuje na on-line Srní prezentaci v roce 2020, kdy byl představen systém odvodu vodíku aplikovaný na JE Temelín a JE Mochovce, který se sestává z externích zařízení a odběrových míst na přívodních potrubí k Hlavním Pojistným ventilům (HPV), Odlehčovacího ventilu (OV) a impulzních ventilech. Při letošní prezentaci bude představen nový systém odvodu vodíku kompletně integrovaný do tělesa HPV a OV systému kompenzace objemu. Tato nová konstrukce vznikla pro nový typ pojistných ventilů Sempell a ve spolupráci firem ŠJS a Sempell. Velkou výhodou integrovaného provedení je jeho kompaktnost, která vylučuje možnost poškození od vnějších vlivů, a to včetně integrovaného uzavíracího ventilu. Toto provedení je nyní firmou Sempell nabízeno pro všechny nové bloky, včetně elektrárny Paks. V tomto příspěvku je popsána historie vývoje tohoto systému v ČR a ve světě, a především je poprvé oficiálně představen tento systém odborné veřejnosti, a to u příležitosti konference v Srní.

Abstract

In the core of a nuclear reactor, hydrogen is mainly produced by radiolysis of water, which is preferably separated from the primary medium in the Pressurizer. However, hydrogen is an undesirable gas, as it is an excellent thermal insulator and is explosive when combined with air. It is, therefore, necessary to remove the hydrogen at a rate of approximately 40 kg/hr in a controlled manner, preferably separating it from the primary medium in a volume compensator. This presentation is loosely related to the online presentation in Srni 2020, when the hydrogen removal system applied at Temelín and Mochovce NPP was presented, consisting of external devices and sampling points on the supply lines to MainSafetyValve (MSV), ReliefValve (RV) and impulse valves. During this year's presentation, a new hydrogen venting system will be presented, completely integrated into the MSV and RV pressurizer system. This new design was developed for a new type of Sempell relief valve in collaboration between SJS and Sempell. The great advantage of the integrated design is compactness, which eliminates the possibility of damage from external influences - and includes the integrated shut-off valve. This design is now offered for all new units, including the Paks plant. This document describes the history of the development of this system in the Czech Republic and in the world – and above all, for the first time, this system is officially introduced to the professional public on the occasion of the conference in Srní.

Úvod

Vodík je výbušný plyn vznikající v primárním okruhu, který musí být cíleně odstraněn z těchto hlavních důvodů:

- Při náhlém otevření hlavního pojistného ventilu (HPV) nebo odlehčovacího pojistného ventilu (OV) dojde k velkému úniku nezkondenzovatelných plynů, které způsobí dřívější prasknutí průtržné membrány barbotážní nádrže (BN) a vznikne nebezpečná koncentrace výbušné směsi nejen v barbotážní nádrži ale i v jejím okolí.
- Vysoký obsah vodíku (vodík působí jako dobrý tepelný izolant) obsažený v parním polštáři kompenzátoru objemu (KO) způsobuje výrazný pokles teploty před pojistnými ventily (HPV, OV) i v části přívodního potrubí, což představuje nebezpečí tepelného rázu (thermal shock) v případě jejich otevření. Tato situace má nepříznivý vliv nejen na jejich životnost a spolehlivost, ale může ovlivnit i změnu jejich otevíracích tlaků. Na tento stav nejsou pojistné ventily kvalifikovány a může dojít i k jejich zaseknutí v otevřené poloze a tím k nekontrolovatelnému úniku primárního média přes prasklé membrány BN do hermetického prostoru.
- Vysoký obsah vodíku v primárním médiu vede k rozvoji vodíkové koroze nerezových povrchů primárního okruhu.

V České a Slovenské republice byla problematika řešení odvodu vodíku řešena již dříve, ale naléhavá celosvětová potřeba doplnění tohoto systému vznikla až po havárii Fukušima Daiichi, kdy k rozsáhlé havárii přispěl také následný požár z uvolněného vodíku.

Hlavní požadavky na systém odvodu vodíku

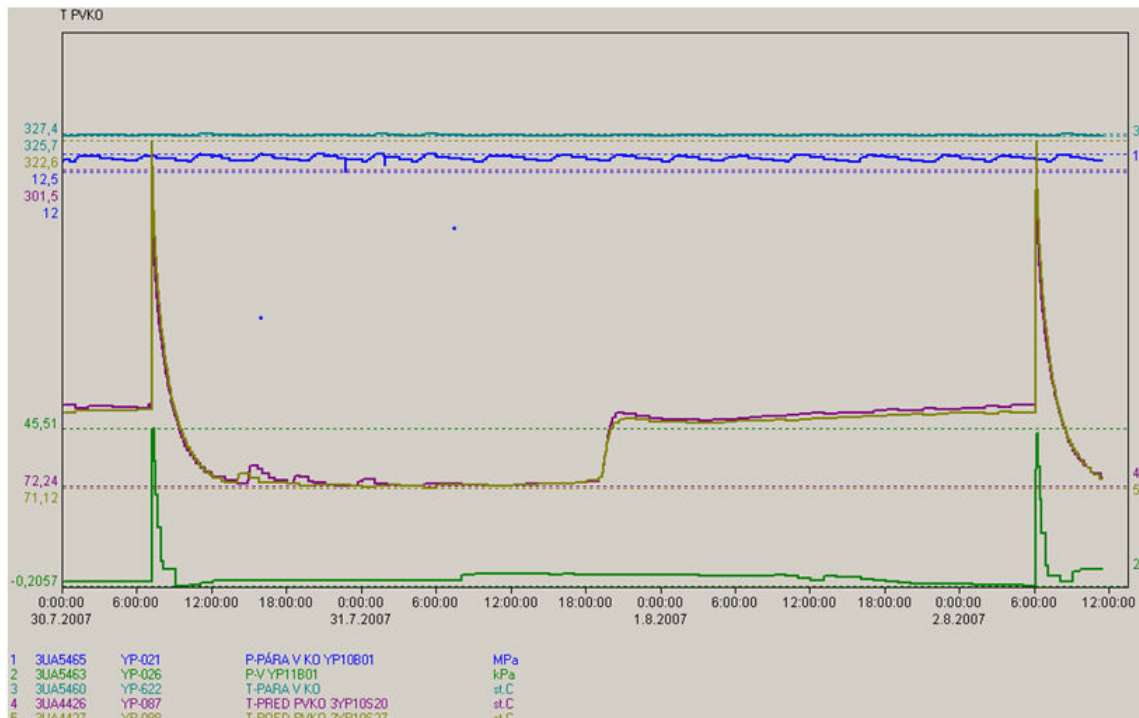
1. trvalé (kontinuální) odvádění s možností uzavření systému při některých režimech bloku (např. nouzový režim v případě výpadku napájení elektroohříváků KO),
2. odstranění vodíku ze všech nejvyšších míst systému kompenzace objemu,
3. spolehlivost a dlouhá životnost.

Historie vývoje systému odvodu vodíku

To, že nejde o jednoduchou problematiku, dokládá vývoj těchto systémů, který započal před více než 20 lety v Modřanské potrubní a pokračuje přechodem skupiny projektantů potrubářů do Škody JS v roce 2014.

První generace byla založena na jednoduché myšlence odvodu vodíku přes jednoduché by-passy umístěné u každého odběru přes clonku o velikosti cca 0,3 mm, která odpouštěla paroplynnou směs z prostoru před pojistnými ventily potrubí a dále do barbotážní nádrže. Tento systém byl ale velmi náchylný na ucpání clonky, nebo ve velmi krátké době došlo k jejímu poškození (vyšlehání). Dále nebylo možno tento systém za provozu odstavit. Tento systém je dodnes používán na elektrárnách od firmy Framatome a EBO V2.

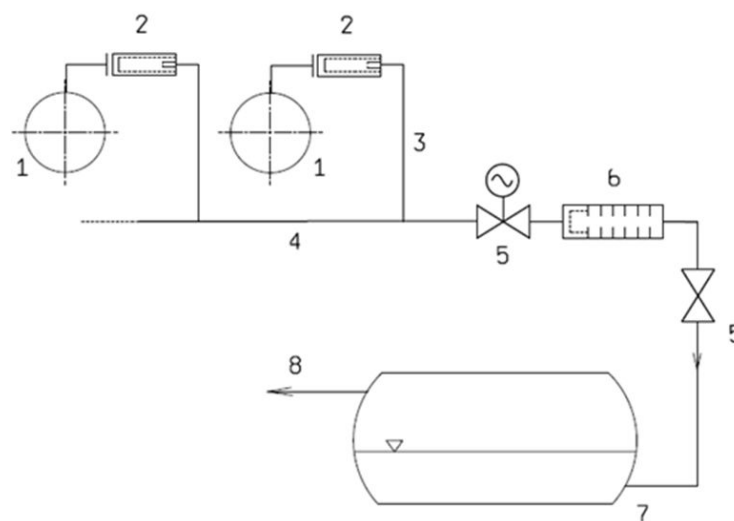
Další evoluční 2. generací byl systém s periodickým odpouštěním (aplikováno dosud na EDU), který odpouštěl jen nezbytně nutné množství paroplynné směsi, ale docházelo pouze k odpuštění již uvolněného vodíku z kolektoru – a velká část vodíku zůstávala neuvolněná v chladivu. Vodík se tedy znovu velmi rychle uvolňoval krátce po jeho odpuštění. Velkým problémem bylo tedy časté a velmi významné střídání teplot (rozdíl až 200 °C) na hlavních pojistných ventilech i ostatních komponentách celého systému.



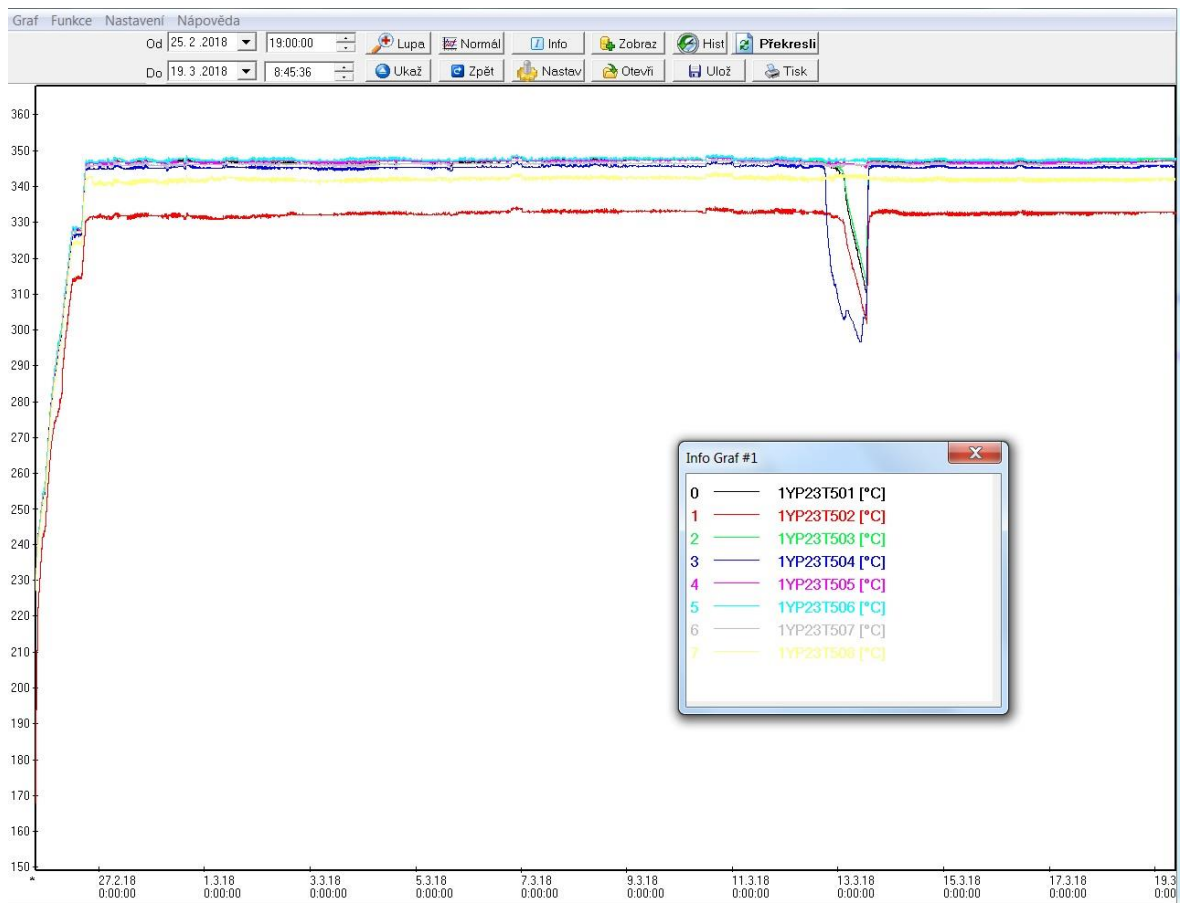
Obr. 1: Graf průběhu teplot při a po odpouštění vodíku na grafu z EDU

Jiné teoretické technické řešení je založeno na podobném principu, jako jsou jednoduché by-passy z každého odběru, ale součástí by-passu není clonka, ale plynový odpouštěč (na principu termostatického ventilu) – podle vynálezu US2013129034 [1]. Tento způsob je ale těžko kvalifikovatelný z důvodu nízké spolehlivosti a nemožnosti systém v případě potřeby na dálku uzavřít. Proto toto řešení nebylo nikde použité.

Třetí generace systému dle uděleného patentu CZ 308421 B6 [2] splnila všechny technické požadavky. Především vedla k rovnoměrnému odvodu vodíku ze systému kompenzace objemu – a tím k stále teplotě na pojistných ventilech. Dále se vyznačuje robustním uspořádáním centrálního mařiče a možnosti přizpůsobit množství odváděné paroplynné směsi z každého odběru zvlášť. V neposlední řadě je možno v případě potřeby odstavit celý systém (např. při ztrátě napájení vlastní spotřeby).



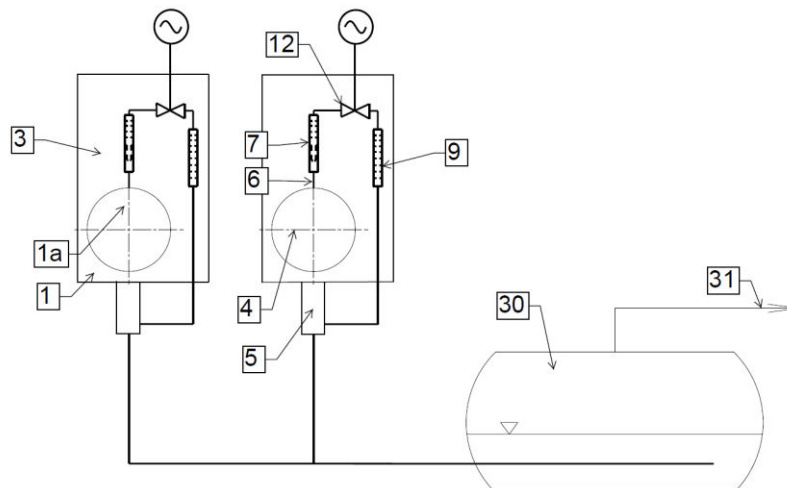
Obr. 2: Zjednodušené schéma odvodu vodíku 3. generace



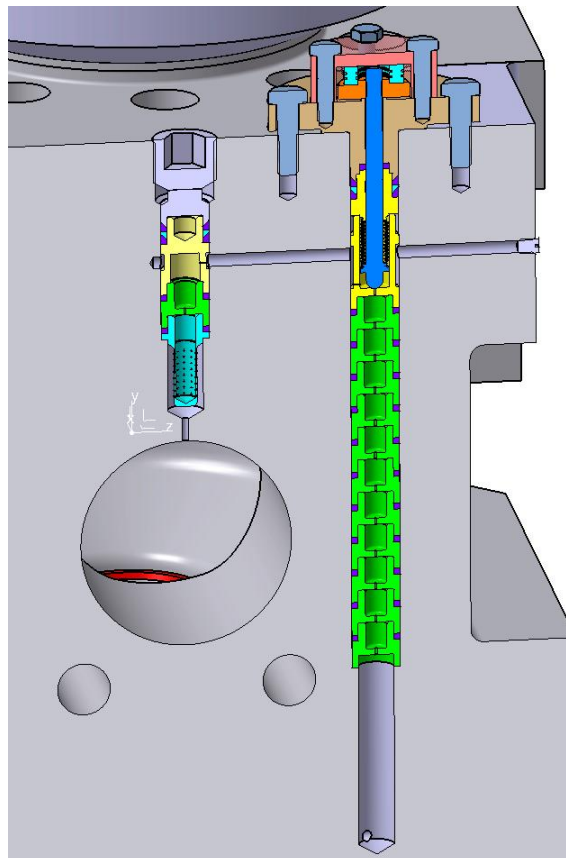
Obr. 3: Průběh teplot na odběrech při zkoušce odstavení systému odvodu vodíku na ETE

Nevýhodou tohoto systému ale je, že velké množství odběrových míst je propojeno potrubními trasami malých dimenzí, které jsou v místě složitého uzlu HPV náchylné na poškození. Vhodným dispozičním uspořádáním lze ale nebezpečí poškození do jisté míry eliminovat.

Čtvrtou generaci vyvinula a odzkoušela Škoda JS ve spolupráci s firmou Sempell (dodavatelem HPV a OV na elektrárnách typu VVER a PWR). Systém pak splňuje nejen všechny technické požadavky na odvod vodíku, ale protože je celý systém včetně uzavíracího vlnovcového ventilu integrovaný do tělesa armatury, tak splňuje velmi náročné požadavky na odolnost systému proti vnějšímu poškození. Odběrové místo je tvořeno separační komůrkou v horní části přívodu do tělesa PV doplněnou o vstupní filtr. Z důvodu vyššího počtu škrťících clon (z důvodu podkritického tlakového spádu) – jsou škrťící clony rozděleny do několika propojených vývrtů. Uzavírací vlnovcový ventil se sekundární ucpávkou je umístěn v horní části tělesa a umožňuje v případě potřeby uzavření systému. Po zpracování tlakového spádu na sestavě přímých a úhlových clonek je paroplyná směs výstupním kanálkem odvedena do výfukového hrdla PV.



Obr. 4: Zjednodušené schéma odvodu vodíku 4. generace



Obr. 5: Model konstrukčního řešení odvodu vodíku 4. generace

Literatura

- [1] VELAN, K., PAUZER, V. VELAN INC. (2012): *Hydrogen venting device for cooling water of nuclear reactors* WO 2013075229 A1(patent)
- [2] PULC, M., SLACH, J., KOSTKA, P. (2020): *Způsob odvádění paroplynové směsi alespoň jednoho nekondenzovatelného plynu, zejména vodíku, a páry z technologie tlakového systému a zařízení pro provádění tohoto způsobu*, ÚPV, Praha. CZ 308421 B6 (patent)

