

ODVOD VODÍKU ZE SYSTÉMU KOMPENZACE OBJEMU

HYDROGEN DRAINAGE FROM THE PRESSURIZER SYSTEM

Martin Pulc, Jiří Slach a Pavel Kostka

ŠKODA JS a.s.

Abstrakt

V tlakovodních reaktorech jaderných elektráren vzniká radiolýzou vody a také chemickými procesy v primárním médiu nežádoucí vodík, který je nutno z bezpečnostních důvodů z primárního okruhu odvádět řízeným způsobem. Systém odvodu vodíku dle projektu ŠJS slouží k odělování a odvádění vodíku z paroplynné směsi ze systému kompenzace objemu jaderné elektrárny typu VVER a PWR. 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 pressurized water reactors of nuclear power plants, unwanted hydrogen is generated by radiolysis of water and also by chemical processes in the primary medium. For safety reasons, this undesirable hydrogen must be removed from the primary circuit in a controlled manner. The hydrogen removal system designed by ŠJS serves to separate and remove hydrogen from the steam-gas mixture in the volume compensation system of VVER and PWR nuclear power plants. 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 nebezpečné koncentraci výbušné směsi v barbotážní nádrži.
- 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

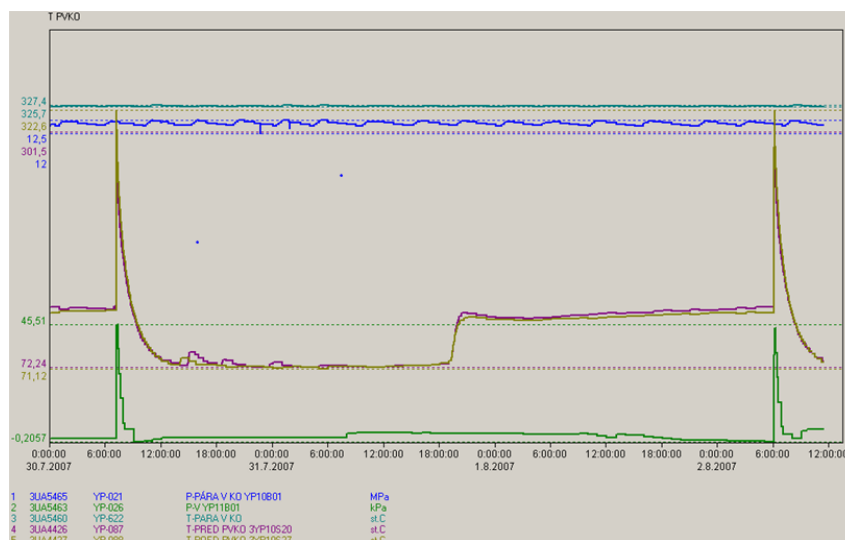
1. Trvalé (kontinuální) odvádění s možností uzavření systému při některých režimech bloku (např. nouzový režim v případě výpadku napájení elektroohříváků KO),
2. odstranění vodíku ze všech nejvyšších míst systému kompenzace objemu,
3. spolehlivost a dlouhá životnost.

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 vyvrcholil přechodem skupiny projektantů potrubářů do společnosti ŠKODA JS a.s. v roce 2014.

První systém byl založen na jednoduché myšlence odvodů 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, neboť 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.

Další evoluční variantou byl systém s periodickým odpouštěním (aplikováno 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.

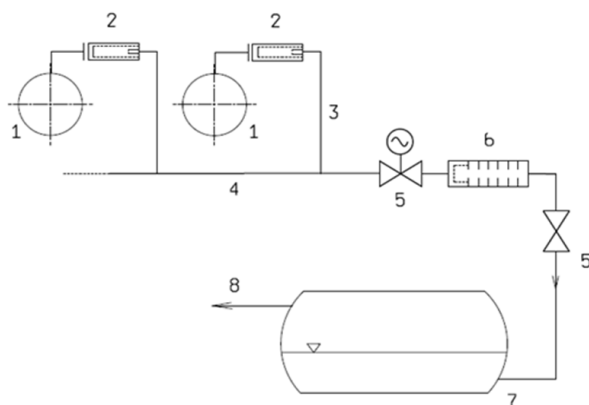


Obr. 1: Graf průběhu teplot při a po odpouštění vodíku na grafu z EDU

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 by-passy v případě potřeby na dálku uzavřít. Proto toto řešení nebylo nikde použito.

Nejnovější 3. generace odvodu vodíku

Až třetí verze systému dle uděleného patentu CZ 308421 B6 [2] splnila všechny požadavky. Především vedla k rovnoměrnému odvodu vodíku ze systému kompenzace objemu – a tím k stálé 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

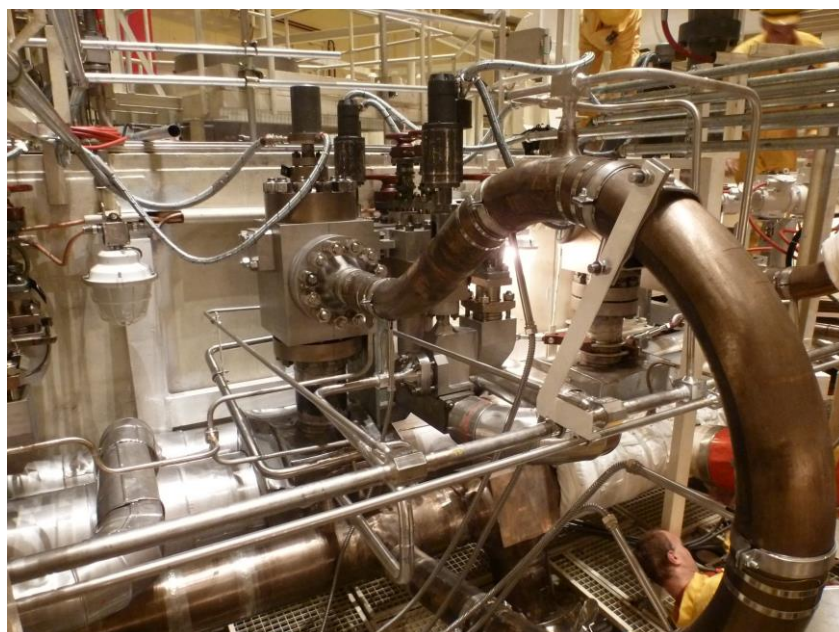
Systém odvodu vodíku 3. generace je patentově chráněn:

- konstrukce centrálního mařiče – užitný vzor CZ 23338 U1 [3],
- způsob a zařízení pro odvádění paroplynné směsi – patent CZ 308421 B6 [2].

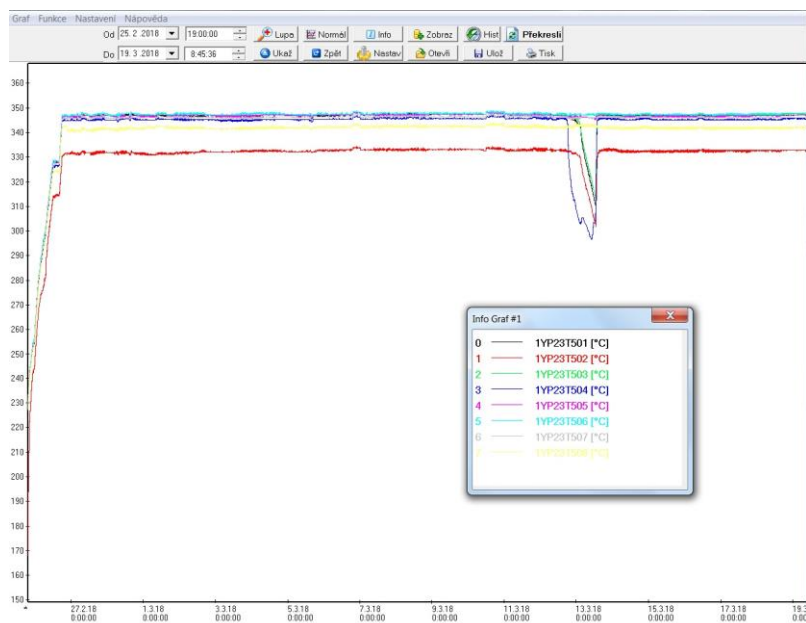
Systém se skládá z odběrných míst, ve kterých se nacházejí primární clonky (které mají některé klíčové funkce), dále ze spojovacího potrubí, uzavíracích armatur s elektropohonem a centrálního mařiče [3], který řídí celkové množství odpouštěné paroplynné směsi a dále z potrubí odvodu paroplynné směsi do barbotážní nádrže, odkud je vodík po ochlazení odváděn dále do systému pro spalování vodíku.

Měřítkem úspěšnosti již několik let provozovaného systému 3. generace na ETE je především velmi nízké množství nátoky vody do barbotážní nádrže (odvádí se jen takové množství, které odpovídá vzniklému množství nezkondenzovatelných plynů) a především je dosahována stabilní teplota nejen hlavních pojistných ventilů – ale i celého potrubního systému – blížící se teplotě I.O.

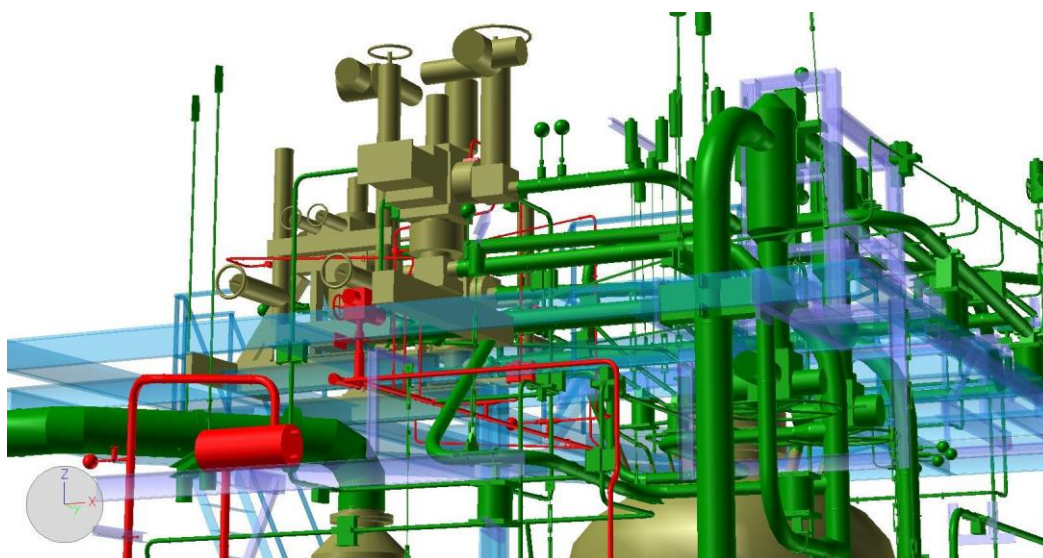
Na funkčnost systému ukazuje také zkouška provedená na ETE, při které byl systém odvodu vodíku při výkonu bloku 100 % dne 12. 3. 2018 v 16:00 hod odstaven a po cca 21 hodinách opět otevřen. Uzavření odvodu vodíku se projevilo očekávaným postupným poklesem teploty před PV. Po následném otevření armatury se teploty vrátily k normálu – viz následující graf.



Obr. 3: Instalace odvodu vodíku 3. generace na ETE



Obr. 4: Průběh teplot na odběrech při zkoušce odstavení systému odvodu vodíku na ETE



Obr. 5: Systém se shodnou konfigurací je již nainstalován a částečně odzkoušen také na EMO34

Po nehodě ve Fukushima bylo rozhodnuto o doplnění všech elektráren PWR (USA) systémem řízeného odvodu vodíku. Podle dostupných informací však dosud obdobný systém na PWR doplněn ještě nebyl.

Literatura

- [1] Velan, K., Pauzer, V. (2012): *Hydrogen venting device for cooling water of nuclear reactors*. Patent VELAN, INC., WO 2013075229 A1.
- [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*. Patent, CZ 308421 B6, ÚPV, Praha.
- [3] Pauzer, V. (2011): *Clonkový škrtič tlaku rozebíratelný*. Užiténý vzor, CZ 23338 U1, ÚPV, Praha.