

Simulink a MATLAB pomáhají zachránit jadernou ponorku Kursk



12. srpna 2000 ruská atomová ponorka Kursk v Barentsově moři explodovala a klesla ke dnu se 118 muži na palubě. Ponorku poháněly dva atomové reaktory a byla vyzbrojena několika jadernými zbraněmi.

Koncem května 2001 kontaktovala ruská strana dvě holandské společnosti Mammoet a Smit International, které nabídly specializované technologie pro záchranu ponorky. O čtyři měsíce později, 8. října 2001, byl vrak ponorky vyzdvížen a dopraven do Murmansk, kde z něho byla odstraněna výzbroj a z jeho útrob byla vyjmuta mrtvá těla posádky.

Vyzvednutí Kursku byla zatím největší uskutečněná operace tohoto druhu. Klíčem k úspěchu byla simulace záchranné akce pomocí výpočetního a simulačního prostředí MATLAB a Simulink, kterou prováděli pracovníci německé strojírenské firmy IgH. Díky simulaci mohl záchranný tým při operaci předcházet nepředvídatelným situacím.

Průběh operace

Kursk byl vyzvednut speciálně upraveným plošinovým člunem Giant 4, zakotveným na hladině přímo nad ponorkou. Rozměry zařízení – délka 140 m, šířka 36 m, výška 8,5 m a hmotnost 5500 tun. Člun byl pro tento účel speciálně vybaven kajutami pro 50 lidí, jeho konstrukce byla opatřena roštem zpevňujícím horní palubu, vybráním dna člunu, speciální konstrukcí pro vlečení ponorky a 26 kusy vnitřního potrubí vedoucího z paluby ke dnu záchranného člunu, určeného pro vedení prvků vztlakového systému opatřeného zvedáky ukotvenými kabely k trupu ponorky. Vedle hloubky a hmotnosti vodou naplněné ponorky hrálo velkou roli turbulentní proudění vody a riziko spojené s atomovými zbraněmi a reaktory umístěnými na palubě. Hmotnost ponorky zvětšoval sací efekt měkké hlíny, ve které byl Kursk uvězněn. Technická data ponorky: délka 154 m, max. šířka 18,2 m. Ponorka ležela v hloubce 115 m.

Před záchrannou akcí posádka prohledala okolí Kursku, aby byly zjištěny aktuální podmínky prostředí. Proudem vody byla očištěna

oblast kolem oddělení č. 1, které muselo být od trupu ponorky odděleno. Tak byla zajištěna poměrně stálá poloha těžiště vraku při jeho zvedání. Dále bylo do pláště Kursku silným proudem vody obsahující abrazivní materiál vyřezáno 26 otvorů pro vztlakové zařízení. Průměr otvorů byl kolem 700 mm. Před vyzvednutím ponorky bylo třeba ukotvit zvedací člun



Giant 4 a spustit vodící lana z člunu do otvorů vyřezaných v trupu ponorky. Do vyřezaných děr byly spuštěny úchyty spojené se zvedacím lanem. Potom byla ponorka zvedána zvedacím systémem s kompenzací a po dosažení dna člunu byla ukotvena k jeho trupu.

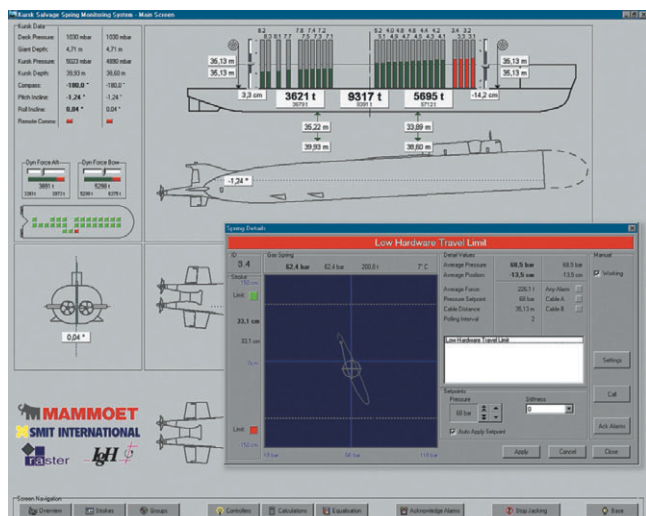
Během zvedání bylo nezbytné kompenzovat pohyb mořských vln tak, aby nedošlo k poškození kabelů mezi plošinou a ponorkou. Náklon ponorky větší než pět stupňů by mohl poškodit atomové reaktory a vystavit tak záchranný tým nebezpečí ozáření.

Vztlakový mechanismus

Každá zvedací šachta měla hydraulický zvedák upevněný na pneumatickém vyrovnávacím zařízení, které pomáhalo kompenzovat napětí v lanech, vznikající pohybem mořských vln. Každý kompenzátor měl čtyři pneumatické válce vyplněné dusíkem. Tento stlačený plyn fungoval jako vztlaková a tlaková pružina, čímž vznikala síla vyrovnávající polohu zvedáku. Plynová pružina musela být správně řízena, aby ochránila píst před nárazem do válců s kompenzátozem. Jinak by vlnobití mohlo přerušit kabel a tím celý systém poškodit.

Simulační model

Pracovníci firmy IgH si rychle uvědomili, že kompenzátory nelze brát jako samostatná zařízení. Bylo třeba vytvořit počítačový model systému, jehož součástí jsou zvedací člun, vrak ponorky, kompenzátory a vnější vlivy jako je vlnobití. Tento systém byl vytvořen a modelován v prostředí Simulinku a obsahoval přesný matema-



Aplikace pro řízení a monitorování záchranné operace byla vytvořena v MATLABu

tický model celého záchranného systému. Tak bylo možné před realizací záchranných prací zkoumat různé vlivy a předpovídat účinnost jednotlivých rozhodnutí.

Do modelu byly vloženy rovnice pohybu záchranné plošiny Giant 4 a ponorky Kursk v šesti stupních volnosti se zahrnutím hydrodynamických sil vytvářených mořskými vlnami. Dále model obsahoval termodynamický model stlačovaného plynu ve válcích, mechanický model kompenzátorů a zvedáků, model plně programovatelného logického kontroléru (PLC) se zahrnutím snímačů a posilovačů a rozhraní k počítačům řídicím PLC. Do modelu byla zahrnuta také délka kabelů a signály snímačů snímající dva úhly natočení.

V úvahu se brala poloha kompenzátorů s ohledem na polohu kabelů a na hmotnosti, kterou byl každý kabel zatížen.

Protože řídicími parametry kompenzátorů byly plynové pružiny a jejich tuhosti, hlavním předmětem simulace bylo určovat tyto parametry z podmínek okolního prostředí. Parametry pro různé scénáře simulace byly určeny pomocí grafického rozhraní vyvinutého v MATLABu.

Simulační model obsahoval rozhraní k počítačům, které řídily ventily regulující tlak ve válcích s plynem a četly signály ze snímačů délky kabelů umístěných na jejich ukotvených koncích.

Firma IgH plně využila otevřené prostředí Simulinku s možností integrace C kódu. Dr. Wilhelm Hegemeister, generální ředitel IgH situaci zhodnotil slovy: „Mnoho programových balíků určených pro vývoj technických aplikací postrádá určité funkce. To znamená, že si musíte naprogramovat všechno sami. Naopak MATLAB a Simulink řadu těchto funkcí obsahuje a proto může být v MATLABu řešeno mnoho úloh a v případě potřeby lze jednoduše implementovat vlastní zdrojový kód.“

IgH použila Simulink také k vývoji programů na řízení tlaku v kompenzátoch. Tento software mohl automaticky počítat optimální rozložení zatížení ve všech 26 kabelech a nastavovat tak energii plynů ve zdvihových kompenzátoch. Software mohl spolupracovat s modelem Simulinku nebo přímo s PLC. Před nasazením do akce byla plně vyzkoušena a ověřena součinnost všech částí záchranného systému.

Použitím uvedeného simulinkového modelu firma IgH získala jedinečnou možnost plně porozumět navrhovanému systému jako celku.

Krátce před začátkem operace porovnávali ruští experti výsledky svých vlastních výpočtů a pokusů s modelem ponorky s výsledky simulace IgH. Na základě takto získaných výsledků, které byly skoro stejné, mohlo začít vyprošťování Kursku a tragická nehoda

tak mohla být uzavřena. Na obr. pod nadpisem vlečou záchranné čluny ponorku Kursk do přístavu v Murmansk.

Přínos simulace k celé záchranné operaci

Práce byla dokončena v krátkém termínu. Záchranný tým měl na řešení úkolu čtyři měsíce. „Bez MATLABu a Simulinku by nebylo možné tento úkol dokončit včas“, řekl Dr. Hagemeister.

Rychlé a ekonomické školení pro záchranáře

Simulace umožnila vycvičit operátory na pěti řídicích počítačích člunu Giant 4 a tím ušetřit čas a peníze. Zároveň se snížila rizika záchranné akce na minimum. Operátoři záchranného týmu simulovali vyvednutí Kursku při různých povětrnostních podmínkách s reálnými chybami, které mohly při akci nastat.

Možnost rychle reagovat na nepředvídatelné podmínky

S blížícím se termínem nebylo dále možné čekat na dobré počasí. Simulace umožnila záchrannému týmu optimalizovat kritéria a vložit do systému aktuální data, což bylo při rozhodování, kdy a za jakých podmínek bude Kursk vyloven, rozhodující.



Výhradní distributor pro ČR a SR:

HUMUSOFT, s. r. o.

**Novákových 6
180 00 Praha 8, ČR
Tel.: +420/284 011 730
Fax: +420/284 011 740
e-mail: info@humusoft.cz
http://www.humusoft.cz**

38