

Probabilistična toplotna in elektromagnetna analiza podmorskih elektromagnetnih ventilov za preprečevalnike izbruha

Baoping Cai – Yonghong Liu* – Congkun Ren – Aibaibu Abulimiti – Xiaojie Tian – Yanzhen Zhang

Fakulteta za strojništvo in elektrotehniko, Kitajska univerza za nafto, Kitajska

Članek obravnava raziskavo vpliva negotovosti materialnih lastnosti, fizičnih dimenzij in priključne napetosti na toplotne in elektromagnetne pojave z analizo po metodi končnih elementov (FEA), z namenom izboljšanja zmogljivosti podmorskih elektromagnetnih ventilov, vgrajenih v zaporne naprave za preprečevanje izbruha iz vrtin (angl. *blowout preventer*, *BOP*). Deterministična toplotna in elektromagnetna analiza po metodi končnih elementov je bila opravljena s programsko opremo ANSYS, probabilistične analize pa so bile izvedene z ANSYS-ovim sistemom za probabilistično snovanje (PDS).

Vpliv negotovosti petih materialnih lastnosti, štirih fizičnih dimenzij in priključne napetosti na maksimalno temperaturo v ventilu in elektromagnetno silo v zračni reži je bil raziskan s simulacijo Monte Carlo in metodo odzivne površine. Za toplotno analizo so bile kot naključne vhodne veličine vzete materialne lastnosti, vključno s toplotno prevodnostjo jekla 316L, nerjavnega jekla 440C in prevodnega olja, koeficient konvektivnega prenosa toplote morske vode, fizične dimenzije vključno s polmerom bata, notranjim in zunanjim polmerom batne puše ter polmerom magnetnega obroča, in priključna napetost. Naključna izhodna veličina je maksimalna temperatura v ventilu. Za elektromagnetno analizo so bile kot naključni vhodni parametri uporabljene materialne lastnosti vključno z relativno permeabilnostjo nerjavnega jekla 440C, štiri fizične dimenzije in priključna napetost. Naključna izhodna veličina je bila maksimalna elektromagnetna sila.

Rezultati deterministične analize so pokazali, da je maksimalna temperatura 97,16 °C v središču tuljave. Maksimalna temperatura je nižja od največje dovoljene temperature 120 °C. Minimalne temperature so na koncu ventila, proč od tuljave.

Rezultati probabilistične toplotne analize kažejo, da imajo polmer magnetnega obroča, priključna napetost in toplotna prevodnost nerjavnega jekla 440C pomemben vpliv na maksimalno temperaturo podmorskega elektromagnetnega ventila. Te tri spremenljivke so odgovorne za skoraj tri četrtine vpliva na verjetnost okvare, ostalih šest spremenljivk pa za preostalo četrtino. Pri snovanju ventila je zato treba posvetiti več pozornosti tem trem spremenljivkam. Probabilistična elektromagnetna analiza je pokazala, da imata polmer bata in notranji polmer batne puše pomemben vpliv na elektromagnetno silo podmorskega elektromagnetnega ventila. Dve spremenljivki sta odgovorni za več kot tri četrtine vpliva na verjetnost okvare, ostale štiri spremenljivke pa za preostalo verjetnost. Pri konstruiranju ventila je zato treba več pozornosti posvetiti polmeru bata in notranjemu polmeru batne puše.

Sprojektiran in izdelan je bil prototip podmorskega elektromagnetnega ventila za podmorske preprečevalnike izbruha. Za potrjevanje rezultatov analize po metodi končnih elementov sta bili izmerjeni temperatura v podmorskem elektromagnetnem ventilu in elektromagnetna sila kot funkcija zračne reže. Rezultati temperaturnih meritev kažejo, da imajo napovedane in eksperimentalne temperature podoben trend, napovedane temperature pa so nekoliko višje od eksperimentalnih. Rezultati potrjujejo pravilnost izračuna temperature s pomočjo ANSYS-a. Rezultati preizkusov elektromagnetne sile kažejo, da se napovedane sile dobro ujemajo z eksperimentalnimi, pri čemer so eksperimentalne rahlo višje od napovedanih. Rezultati potrjujejo pravilnost izračuna elektromagnetne sile s pomočjo ANSYS-a.

Ključne besede: metoda končnih elementov, elektromagnetne sile, elektromagnetno segrevanje, verjetnost, ventili, podmorski elektromagnetni ventil