Pentru a putea modifica local distribuţia presiunii minime pe paletajul rotoric, se foloseşte meniul „Surface” în care se setează locaţia unde se doreşte adăugarea sau extragerea undei de material pe suprafaţa paletei de rotor indiferent că este vorba despre intradosul sau extradosul paletei rotorice.

3. Concluzii

■ Aplicaţia QTurbo3D a fost utilizată cu succes pe cazul turbinelor hidraulice axiale Kaplan şi Francis şi reprezintă o cale extrem de flexibilă pentru proiectarea, analiza şi optimizarea turbomaşinilor hidraulice cu performanţe energetice şi cavitaţionale superioare.

Rezultatele prezentate in acest articol au fost obţinute cu sprijinul Ministerului Muncii, Familiei şi Protecţiei Sociale prin Programul Operaţional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013, Contract nr. POSDRU/89/1.5/S/62557.

BIBLIOGRAFIE

[1] Moclinda, A., Gheorghiescu, P., *Romania 2000: Searching business opportunities in the existing unfinished hydropower schemes*, Hydro 2000. Making Hydro more Competitive, Berna, pag. 41-50, 2000.
[2] Ferrando, L., *Surface parameterization and optimum design methodology for hydraulic turbines*, PhD.-Thesis, Laboratory of Hydraulic Machinery, Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne, 2006.
[3] Balint, D., Câmpian, V., Nedelcu, D., Megheleş, O., *Hydrodynamics automatic optimization of runner blades for reaction hydraulic turbines*, 26th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, Beijing, 2012.

Dr.Ing. Daniel-Iosif BALINT, cercetător
Universitatea „Eftimie Murgu” Reşiţa - CCHAPT
e-mail: daniel.balint@gmail.com

Prof.Univ.Dr.Ing. Constantin Viorel CÂMPIAN, Director CCHAPT
Universitatea Eftimie Murgu Reşiţa
e-mail: v.campian@uem.ro

A XIII-a Conferinţă Naţională multidisciplinară – cu participare internaţională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2013

OPTIMIZAREA CURGERII ÎN TURBINELE HIDRAULICE CU AJUTORUL CALCULULUI NUMERIC

Daniel-Iosif BALINT, Constantin Viorel CÂMPIAN

FLOW OPTIMIZATION IN HYDRAULIC TURBINES BY NUMERICAL COMPUTING METHODS

The increasing need of green energy on the daily market [1] leads to the optimization of the design approach of hydraulic machinery, Kaplan and Francis turbines as well. The required costs (test rigs and time spent) to test experimentally the hydraulic performances of several technical solutions for a particular model of a power plant shows that a better way would be to develop numerical techniques for hydrodynamics optimization. This would increase the energo-cavitational performances for the studied hydraulic models.

Cuvinte cheie: turbine Kaplan, turbine Francis, optimizare numerică, dezvoltare de software, analiza rapidă a curgerii
Keywords: Kaplan turbines, Francis turbines, numerical optimization, software development, fast flow analysis

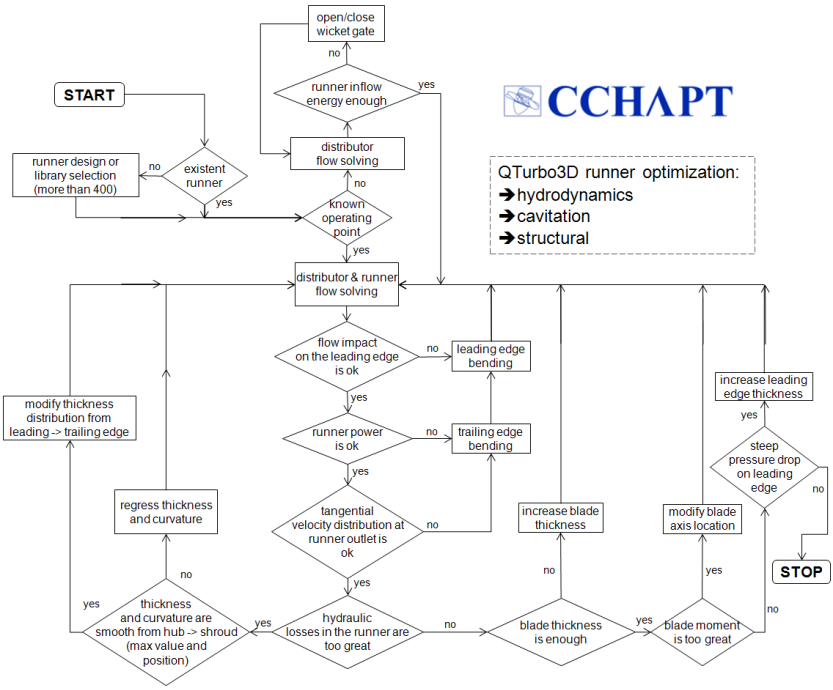
1. Introducere

Pentru optimizarea funcţionării turbinelor hidraulice axiale şi radial-axiale este nevoie cu precădere de resurse numerice avansate de calcul, precum şi de dezvoltarea unor aplicaţii in-house [2], proprii, care să permită flexibilitatea de a aduce modificări ale suprafeţei paletelor de rotor. Aplicaţii avansate de optimizare a turbomaşinilor sunt întâlnite în literatura de specialitate la toate companiile mari de profil şi rezultatele validărilor acestora sunt de asemenea de găsit în

amenajările hidroenergetice unde sunt instalate hidroagregatele proiectate şi optimizate cu aceste aplicaţii de calcul numeric.

În această direcţie se înscrie şi prezenta lucrare care prezintă o aplicaţie proprie denumită QTurbo3D şi dezvoltată în cadrul Centrului de Cercetări în Hidraulică, Automatizări şi Procese Termice (CCHAPT) din cadrul Universităţii Eftimie Murgu din Reşiţa [3].

1.1. Procedura de optimizare a rotoarelor turbinelor hidraulice implementată în cadrul aplicației QTurbo3D

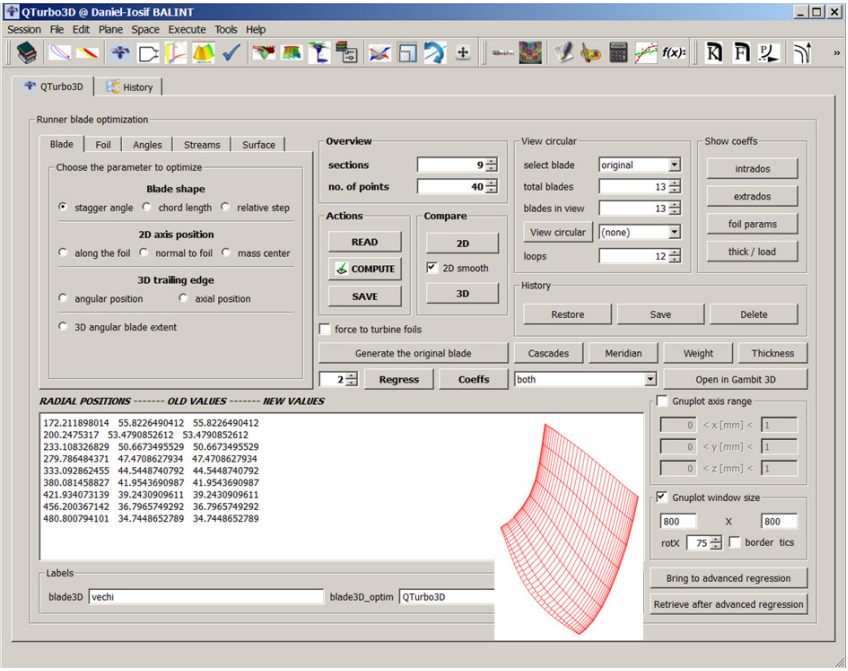


Pentru a putea optimiza curgerea tridimensională în rotorul turbinelor hidraulice (indiferent dacă sunt axiale sau radial-axiale) este nevoie de a avea o distribuţie a câmpului de viteză amonte de rotorul turbinei. Pentru aceasta se proiectează cu ajutorul aplicaţiei QTurbo3D un distribuitor al turbinei (sau se foloseşte distribuitorul existent dacă este deja în cadrul amenajării care se retehnologizează). În urma simulării curgerii 3D în distribuitorul turbinei şi al analizei câmpului de viteză rezultat la ieşirea din acesta, se poate impune câmpul de viteze la intrarea în rotorul turbinei hidraulice.

2. Aplicarea metodologiei de optimizare a rotoarelor turbinelor hidraulice Kaplan și Francis

Proiectarea unei prime soluţii tehnice pentru paleta de rotor a turbinei hidraulice se face cu ajutorul aplicaţiei QTurbo3D sau se porneşte de la soluţia deja existentă în centrală. Cu ajutorul aplicaţiei QTurbo3D se modifică succesiv geometria paletei de rotor şi se recalculează curgerea 3D din ansamblul cuplat distribuitor-rotor (calculul se face cu ajutorul programului comercial ANSYS/Fluent pentru care QTurbo3D generează automat fişierele de comenzi necesare generării geometriei şi a calculului curgerii).

2.1. Aplicația de optimizare a rotoarelor turbinelor axiale Kaplan și radial-axiale Francis

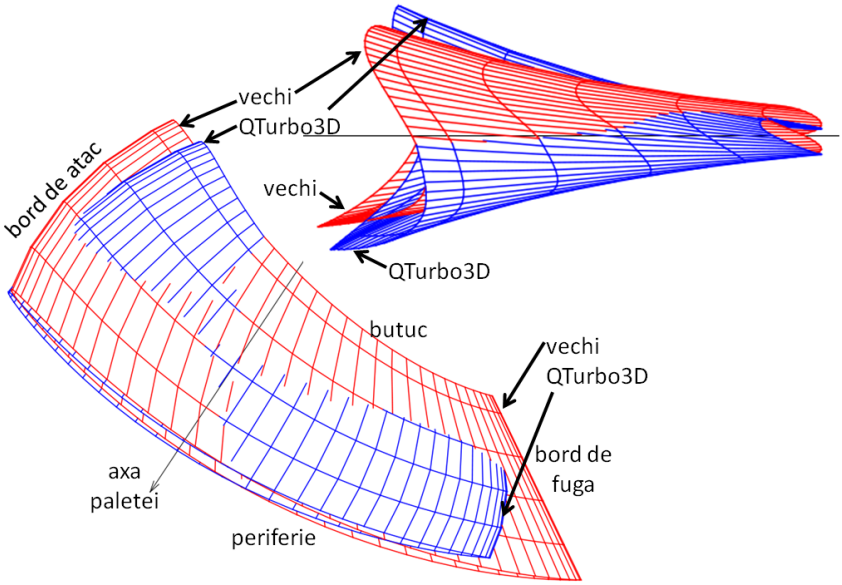


Funcţiile obiectiv pentru optimizarea curgerii sunt: impactul curgerii provenite din distribuitorul turbinei pe paleta de rotor, puterea preluată de rotor din curentul de apă, distribuţia vitezei (cuantificată în momentul hidraulic) la ieşire de pe paletajul de rotor precum şi suma pierderilor hidraulice de pe paleta de rotor, iar din punct de vedere cavitaţional se urmăreşte valoarea şi distribuţia presiunii minime pe

extradosul paletei. După cum se poate observa şi în imaginea de mai sus, optimizarea rotoarelor turbomaşinilor este împărţită în câteva părţi şi anume: paletă (blade), profil hidrodinamic (foil), unghiurile paletei la intrare/ieşire (angles), tuburile de curent (streams) şi suprafaţa paletei de rotor (surface).

Partea dedicată formei tridimensionale a paletei de rotor cuprinde modificarea separată a unghiului de instalare a profilelor hidrodinamice de pe paleta de rotor, a corzii acestora, a pasului lor relativ, a poziţiei axei de stivuire a profilelor în plan (pe cele două axe) şi în spaţiu (axial şi circumferenţial), precum şi a extinderii unghiulare a paletei de rotor de la butuc către periferia paletei de rotor.

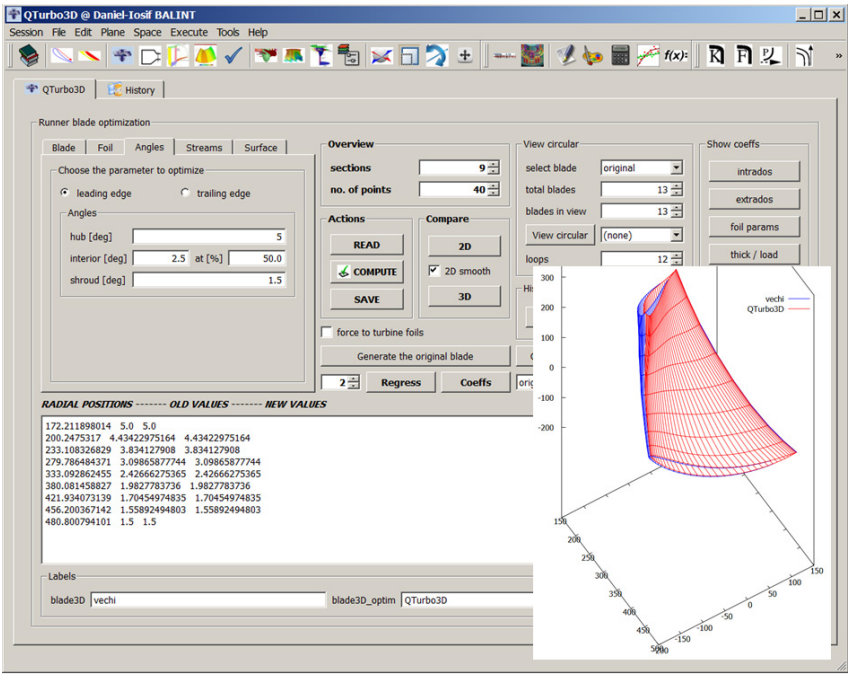
2.2. Procedura de optimizare a rotoarelor turbinelor hidraulice Kaplan implementată în cadrul aplicației QTurbo3D



Practic, se calculează toţi aceşti parametri de la butuc spre periferie şi se rafinează distribuţia acestora după care se reconstruieşte paleta de rotor. Rezultatul aplicat pe cazul unei turbine hidraulice axiale de tip Kaplan se poate observa şi în imaginea de mai sus. Astfel se poate observa modificarea poziţiei bordurilor de atac şi de fugă ale paletei de rotor, precum şi devierea formei bordului de fugă de la o muchie dreaptă (rază) la o formă provenită dintr-o alegere diferită a

distribuţiei pasului relativ de la butuc spre periferie cumulat şi cu o alegere diferită a poziţionării axei de stivuire a profilelor.

2.3. Procedura de optimizare a rotoarelor aplicată pe cazul turbinelor hidraulice radial-axiale de tip Francis



Partea de modificare a formei profilelor cuprinde modificarea grosimii maxime relative şi a poziţionării acesteia de la bordul de atac spre cel de fugă, precum şi modificarea săgeţii maxime relative a profilelor hidrodinamice care intră în componenţa paletei de rotor.

Totuşi, cea mai importantă parte rămâne modificarea unghiurilor paletei de rotor în bordul de atac şi succesiv în bordul de fugă aşa cum se poate observa şi în imaginea de mai sus pentru cazul unei turbine hidraulice radial-axiale de tip Francis. Astfel se poate alinia (în paşi succesivi de modificare) bordul de atac al paletei de rotor pe curentul incident de apă menţinând fix pe poziţie bordul de fugă al paletei (pentru a obţine şoc minim la intrare în paletajul rotoric). Ulterior se fixează bordul de atac şi se modifică bordul de fugă pentru a obţine puterea necesară la arborele rotoric.