Υπολογιστική ρευστομηχανική
$7^{ο}$ εξάμηνο

Προαιρετικό θέμα 1

Προσομοίωση τυρβώδους ροής εντός αεροσύραγγας

Γεώργιος Νιδριώτης - mc18054
2 Φεβρουαρίου 2024

Περιεχόμενα

Εισαγωγή **1**

1 Κατασκευή πλέγματος **1**

1.1 Σχηματισμός πλέγματος κατά την ακτινική διεύθυνση 1

Εισαγωγή

Το παρόν θέμα περιλαμβάνει την προσομοίωση ροής εντός αεροσύραγγας. Η ροή είναι ασυμπίεστη, συνεκτική και τυρβώδης, και το πρόβλημα περιλαμβάνει δύο μέρη. Πρώτον, προσομοιώνουμε τη ροή εντός του αγωγού, χωρίς σώμα, όπως θα ήταν στο εσωτερικό κυλινδρικού αγωγού. Δεύτερον, εισάγουμε σε κάποια αξονική θέση και στο κέντρο ακτινικά της αεροσύραγγας τον δρομέα μιας ανεμογεννήτριας.

Επιπλέον, το πρόβλημα μοντελοποιείται ως αξονοσυμμετρικό και επομένως λύνεται ως διδιάστατο για τη μισή διάμετρο της αεροσύραγγας. Η ροή που μελετάται διέπεται απο τις εξισώσεις Navier-Stokes, διατυπωμένες για κυλινδρικό σύστημα συντεταγμένων για αξονοσυμμετρικό πεδίο ροής (εξ. 1).

$$\begin{aligned} \frac{1}{r}\frac{\partial(rv)}{\partial r} + \frac{\partial u}{\partial x} &= 0 \\ \frac{\partial(u^2)}{\partial x} + \frac{1}{r}\frac{\partial(ruv)}{\partial r} &= -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{Re}\left[\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial u}{\partial r}\right) + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\right] \\ \frac{\partial(uv)}{\partial x} + \frac{1}{r}\frac{\partial(rv^2)}{\partial r} &= -\frac{\partial p}{\partial r} + \frac{1}{Re}\left[\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial v}{\partial r}\right) + \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \frac{v^2}{r}\right] \end{aligned} \tag{1}$$

Οι εξισώσεις 1 είναι αδιαστατοποιημένες ως προς την ακτίνα του δρομέα και την ταχύτητα της αδιατάρακτης ροής.

Η επίδραση του δρομέα της Α/Γ στην ροή μοντελοποιείται με τη μέθοδο δίσκου ορμής όπου στην εξίσωση ορμής κατά x (δεύτερη εξίσωση των 1) προσθέτουμε έναν επιπλέον όρο στον όρο πηγής που μπορεί να περιγραφεί απο μια καταβόθρα ορμής στη θέση που βρίσκεται ο δρομέας (x και r). Ο όρος που προστίθεται είναι η ποσότητα του φορτίου που ασκείται απο τον δρομέα στο ρευστό, και μετά τη διακριτοποίηση, ο όρος που προσθέτουμε σε ένα κελλί δίνεται στη σχέση 2.

$$dF = -\frac{1}{2}\rho C_t U_\infty^2 dA \tag{2}$$

όπου,

- $\mathbf{U}_\infty$ είναι η μέση ταχύτητα στην επιφάνεια του δίσκου για αδιατάρακτη ροή (απουσία δίσκου)
- $\mathbf{dA} = 2\pi r dr$, με r τη μέση ακτίνα του εκάστοτε κελλιού, και dr το ακτινικό εύρος του κελλιού

1 Κατασκευή πλέγματος

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, το πρόβλημα μοντελοποιείται ως αξονοσυμμετρικό επιλύεται σε διδιάστατο πλέγμα. Για την αυξηση της ακρίβειας των αριθμητικών μεθόδων, εφαρμόσθηκε πύκνωση στις περιοχές όπου έχουμε υψηλές κλίσεις και συγκεκριμένα, στην περιοχή γύρω απο τον δρομέα, στο τοίχωμα της αεροσύραγγας, και κοντά στον άξονα συμμετρίας όπου αναπτύσσεται ο ομόρρου της ανεμογεννήτριας.

1.1 Σχηματισμός πλέγματος κατά την ακτινική διεύθυνση

Κατά την ακτινική διεύθυνση το πλέγμα χωρίστηκε σε τρείς περιοχές. Αρχικά στην περιοχή απο τον άξονα συμμετρίας έως την ακτίνα του δρομέα έχουμε ομοιόμορφο πλέγμα με μέγεθος dy_grid που εισάγεται απο τον χρήστη. Έπειτα, το υπόλοιπο ακτινικό χωρίο χωρίζεται στα δύο. Απο τη θέση y=1 (ακτίνα δρομέα) έως το μέσο του υπολοιπόμενου χωρίου, έχουμε σταδιακή αραίωση με γεωμετρική πρόοδο. Ενώ απο το μέσο του χωρίου έως το τοίχωμα έχουμε σταδιακή πύκνωση με τον ίδιο λόγο γεωμετρικής προόδου, επομένως έχουμε αντικατωπτρισμό του πλέγματος που δημιουργήθηκε στην δεύτερη περιοχή. Το πλέγμα σε αυτές τις περιοχές ελέγχεται απο τον χρήστη εισάγωντας τον αριθμό των κελλιών σε κάθε περιοχή και τον λόγο της γεωμετρικής προόδου. Οι τρεις περιοχές και το παραγόμενο πλέγμα φαίνονται στο σχήμα ??.

```
!--- Uniform grid in y-direction
    !From y=ymin to y=1 (disk radius)

! Second point is on symmetry line
y_grid(2)=ymin

do j=2,ngridy1-1
    y_grid(j+1)=y_grid(j) + dy_grid
enddo

! First point is symmetric to third
y_grid(1)=-y_grid(3)


```

Test