

مدلسازی جریان در کانال روباز با استفاده از روش معکوس لاپلاس De Hoog

حسین صبور کازران^۱، محمود فغفور مغربی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد گروه عمران دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

H_VESPER_S@yahoo.com

خلاصه

با توجه به محدودیت‌های منابع آبی و لزوم مدیریت و کنترل صحیح این منابع، مخصوصاً در کانال‌های آبیاری که نقش مهمی در انتقال آب دارند، نیاز به مدل‌های دقیقی برای توصیف دینامیک جریان در کانال روباز می‌باشد. رفتار پیچیده معادلات حاکم که به معادلات سنت-ونانت معروف می‌باشند، باعث گردیده تا روش‌های حل موثری برای یافتن پاسخ این معادلات برای شرایط مختلفی از جریان پیشنهاد گردند. یکی از این روش‌ها استفاده از تبدیلات لاپلاس و لاپلاس معکوس برای یافتن پاسخ تحلیلی معادلات است. یکی از دقیق‌ترین مدل‌های شناخته شده برای تحلیل جریان، مدل خطی شده سنت-ونانت می‌باشند. مزیت این معادلات این است که با نگه داشتن تمام ترم‌های اصلی در معادله کلی، چنانچه نوسانات حول شرایط جریان پایدار اولیه اندک باشند، دارای جواب بسیار دقیقی می‌باشد. بدین ترتیب با استفاده از روش‌هایی مانند بسط تیلور و انتقال به حوزه فرکانس بخشی از پیچیدگی‌ها حل می‌گردد. توابع انتقال در حوزه فرکانس، ارتباط بین عمق و دبی در بازه‌ای از کانال بین دو سازه کنترل جریان را براساس اندرکنش دو موج نوسانی حاصل از اغتشاشات ناشی از باز و بست دریچه و یا تغییر دبی بیان می‌کنند. با استفاده از روش عددی شتاب یافته موثر *De Hoog* پاسخ حوزه زمان به عنوان خروجی تحلیل جریان بدست می‌آید. برای ارزیابی کامل‌تر، نتایج با مدل عددی پریزن مقایسه شده که نشان از هماهنگی قابل قبول آن‌ها می‌باشد.

کلمات کلیدی: معادلات سنت-ونانت، کانال باز، حوزه لاپلاس، الگوریتم عددی معکوس لاپلاس *De Hoog*.

۱- مقدمه

آب یکی از منابع ارزشمندی است که لزوم مدیریت صحیح و کنترل اصولی در جهت بهره برداری از آن امروزه بیش از پیش مطرح بوده است. آبیاری و بحث انتقال آب به مصرف کننده از طریق کانال‌های روباز ۸۰٪ منابع آب تازه را در سرتاسر دنیا تشکیل می‌دهد. در جهت مدیریت بهتر این منبع ارزشمند، خودکارسازی مراحل بهره برداری برای تحویل دبی لازم به مصرف کننده منجر به بازدهی بهتر مدیریت منابع آب در خیلی از سیستم‌های آبیاری که همواره به دلیل عملکرد ضعیف در کنترل سازه‌های هیدرولیکی در معرض تلفات آب زیادی بوده‌اند، خواهد گشت. بهرحال این سیستم‌ها به آسانی قابل کنترل نبوده و با آشفتگی‌های زیاد و دینامیک پیچیده‌ای همراه هستند. معادلات حاکم بر رفتار جریان در کانال باز معادلات سنت-ونانت می‌باشند که توصیف دقیقی از دینامیک جریان در کانال باز را فراهم می‌آورند [۱ و ۲]. این معادلات، معادلات دیفرانسیلی جزئی غیرخطی از نوع هذلولوی بوده که بصورت کلی استفاده از آن‌ها برای اهداف کنترلی مشکل است. به منظور غلبه بر مشکلات مربوط به غیر خطی بودن این معادلات، یکی از مدل‌های ساده شده، مدل خطی شده سنت-ونانت می‌باشد که حول شرایط جریان پایدار خطی سازی می‌گردند. اگرچه که این معادلات در شرایط نوسانات کم معتبرند، اما نتایج موثری در روند کنترل جریان در کانال‌های آبیاری فراهم آورده است [۳]. مدل خطی شده سنت-ونانت نسبت به سایر مدل‌های ساده سازی شده مانند موج سینماتیک یا پخشی، این مزیت را دارد که تمام ترم‌ها در معادله اصلی حفظ می‌شوند و تنها تغییرات از مرتبه اول برای ترم‌های مختلف در معادلات سنت-ونانت در نظر گرفته می‌شوند [۴]. نظر به اینکه تغییرات مرتبه بالاتر برای برخی از ترم‌ها از قبیل دبی به صورت خود به خودی صفر می‌گردد، معادله حاصل برای برخی ترم‌ها دارای دقت بالا است. در نتیجه می‌توان گفت که مدل خطی شده سنت-ونانت مدلی انعطاف پذیر برای تبدیل به فرم لاپلاس بوده تا بتوان با حذف متغیر زمان از معادله و تبدیل *PDE* حاصل به یک *ODE* ساده‌تر به حل تحلیلی دست یافت. تلاش‌های زیادی برای تشریح رفتار معادلات سنت-ونانت در دینامیک جریان کانال باز صورت گرفته است، تا ابزاری کارآمد برای کنترل جریان فراهم شود، که از جمله می‌توان به کارهای *Weyer* [۵] در زمینه طراحی کنترل گرها و تعیین معادلات مشخصه جریان در کانال باز و همچنین در