



**زیربرنامه:**

PlasmaShyy

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **توسعه دهندگان** | سیاوش کبیریان |  |
| **تهیه کنندگان مستند** | سیاوش کبیریان | |
| **تایید کنندگان** |  | |
| **تاریخ تنظیم سند** | 01/10/1395 | |
| **شناسه سند** | **MC2F151F1** | |
| **زبان برنامه‌نویسی** | **Fortran 90** | |

1. وظایف

در این زیربرنامه مقدار نیروی اعمال شده توسط محرک پلاسمایی با استفاده از مدل Shyy محاسبه می‌شود.

1. توضیحات و تئوری­ها

تغییرات میدان الکتریکی را می‌توان به صورت زیر نوشت:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

در رابطه ‏(1)  مقدار میدان الکتریکی روی ماده دی‌الکتریک در فضای بین الکترودها است که می‌توان آن را به صورت  تخمین زد که  فاصله بین الکترودها در راستای محور x و  مقدار ولتاژ اعمالی است. همچنین  و  ضرائب مثبت هستند. علامت این ثابت‌ها باعث می‌شود شدت میدان الکتریکی با حرکت در راستای مثبت محورهای مختصات کاهش پیدا کند.

مدت زمان مورد نظر برای یک سیکل به صورت گام زمانی تعریف می‌شود (نیم سیکل کارآمد) که در طی آن تخلیه پلاسما به وقوع پیوسته و بنابراین مومنتوم به جریان انتقال داده می‌شود. این نیرو به صورت شبه تعادلی به جریان وارد خواهد شد. همچنین توجه داشته باشید که به دلیل تاثیر ناچیز روی جریان، از نیروی ایجاد شده در نیم سیکل دیگر صرف‌نظر می‌شود. بنابراین می‌توان از نیرو میانگین زمانی گرفت:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

که در آن:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

مدت زمان هر سیکل با توجه به فرآیند تخلیه پلاسما انتخاب می‍شود که در مقیاس میکروثانیه است. در این چیدمان، جریان تخلیه زیاد و به تبع آن انتقال مومنتوم در نیم سیکل AC بالا خواهد بود. مقایس زمان  (به ویژه برای محدوده فرکانسی مورد بررسی ما در این رساله) در مقایسه با زمان جریان بسیار کم است. بنابراین مولفه‍های نیرو به صورت زیر حساب می‍شوند:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

این نیرو تنها در ناحیه‍ی حضور پلاسما که توسط قدرت میدان الکتریکی در آن ناحیه مشخص می‍شود اعمال می‍شود. با استفاده از تابع دلتا می‍توان این محدودیت را اعمال کرد:





مقدار در اینجا همان مقدار قدرت شکست میدان الکتریکی  است. نیروی موثر مولکول‍های خنثی توسط رابطه زیر مشخص می‍شود:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

در روابط بالا،  ضریبی است که با توجه به بازده برخورد مولکول‍ها انتخاب می‍شود. این نیرو تنها در یک نیم‍سیکل و در زمان  اعمال می‍شود که در طی آن پلاسما تشکیل شده است. از نیروی سیکل دوم به دلیل تشکیل پلاسمای ناچیز در این سیکل صرف‍نظر می‍شود. در فرکانس بالا (در حدود ) فرض ثابت بودن این نیرو منطقی است. بنابراین می‍توان در کل سیکل از این نیرو میانگین زمانی گرفت:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

بنابراین پریود زمانی سیکل همان پریود ولتاژ اعمالی است. بنابراین رابطه بالا را می‍توان به صورت زیر نوشت:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

در این رابطه،  فرکانس ولتاژ اعمالی است. روابط بالا به صورت ترم نیروی بدنی در معادلات ناویر-استوکس وارد می‍شوند. در اینجا هیچ پیش‍فرض دیگری مثل نحوه‍ی تشکیل پلاسما و اثرات آن روی میدان جریان و فیزیک پلاسما اعمال نشده و تنها اثر نهایی نیرو در نظر گرفته می‍شود.

مقادیر و  در نواحی بدون حضور اثر پلاسما صفر در نظر گرفته شده و به صورت زیر لحاظ می‍شود:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

و

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

شرایط مرزی در دیواره‍ها شرط عدم لغزش و در خروجی به صورت گرادیان بردار سرعت برابر صفر است. این پیش‍فرض با در نظر گرفتن این نکته که اثرات پلاسما در پایین دست جریان ناچیز است قابل قبول خواهد بود. همچنین مرز تخلیه پلاسما با در نظر گرفتن چگالی بار مشخص می‍شود. موارد زیر به ترتیب در روابط ‏(11)‏ و (12) مشخص شده است.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

1. بخش‌های زیربرنامه

در این قسمت تمام بخش های زیربرنامه مطابق با شماره گذاری موجود در برنامه کامپیوتری ارائه شده است.

1. مقداردهی اولیه

برخی از پارامترهای مربوط به نوع عملگر پلاسما با توجه به روابط بالا مقداردهی می‌شود.

1. تعیین نیروی بدنی پلاسما برای هر کدام از سلول‌ها

در این بخش با توجه به ناحیه و موقعیت مشخص شده روی جسم، نیروی بدنی محاسبه می‌شود.

1. حل معادله 1

در این بخش معادله ‏(1) حل می‌شود.

1. حل معادلات 4 و 5

در این بخش معادله شماره ‏(4) و ‏(5) حل می‌شود.

1. حل معادلات 14

در این بخش معادله ‏(14) حل می‌شود.