

حل مسأله پخش بار به کمک برنامه ریزی ریاضی



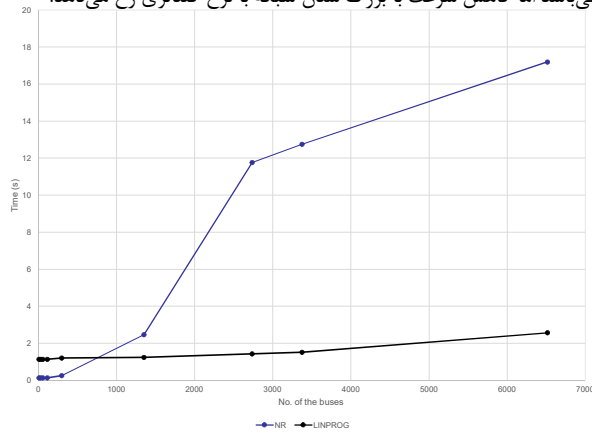
محمدرضا فتحعلی
استاد راهنما: دکتر امینی فر
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران



نتایج

در نمودار زیر سرعت رسیدن به جواب دو روش نیوتون-رافسون معمولی و روش برنامه‌ریزی ریاضی برای تعدادی از case های matpower 6.0 نشان داده شده است.

همان‌طور که مشخص است روش نیوتون-رافسون در شبکه‌های کوچک‌تر سرعت بیشتری دارد اما با بزرگ شدن شبکه این سرعت کاهش می‌یابد اما در روش برنامه‌ریزی ریاضی سرعت در شبکه‌های کوچک نسبت به روش معمولی کم‌تر می‌باشد اما کاهش سرعت با بزرگ شدن شبکه با نرخ کندتری رخ می‌دهد.



جمع بندی

طبق نتایج به دست آمده مشاهده شد که استفاده از برنامه ریزی ریاضی در شبکه‌های بزرگ برای حل مسأله پخش بار روشی بهینه تر نسبت به محاسبه معکوس ماتریس ژاکوبین می‌باشد.

کاربرد های صنعتی:

از این روش با توجه به سرعت بالا می‌توان در مطالعات لحظه‌ای مرکز دیسپاچینگ و مطالعات بازار برق استفاده نمود.

مراجع اصلی

- Alexander Schrijver, "Theory of Linear and Integer Programming". John Wiley & sons, 1998, ISBN 0-471-98232-6 (mathematical)
- MathWorks Inc. 1994-2018, "Matlab 2018a Optimization Toolbox Help", <https://www.mathworks.com/help/optim/ug/linprog.html>.

مقدمه / خلاصه

با توجه به گسترش شبکه‌های انرژی و نیاز به مطالعه و زیر نظر داشتن آن‌ها، نیاز به روش‌های دقیق و سریع برای حل معادلات پخش بار وجود دارد.

به علت بالا بودن مرتبه ماتریس ژاکوبین در روش نیوتون-رافسون و نیاز به معکوس گیری از آن، این روش در شبکه‌های بزرگ سرعت کافی ندارد. در این پروژه سعی شده با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی و استفاده از مینیمم یابی به جای معکوس گیری از ماتریس ژاکوبین مسأله پخش بار را حل نمود.

روش / ساختار / مدل پیشنهادی

روش نیوتون-رافسون یک روش مبتنی بر تکرار می‌باشد که مقادیر تغییرات ولتاژ و زاویه در هر مرحله از آن توسط رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\begin{bmatrix} \Delta\theta \\ \Delta|V| \end{bmatrix} = -J^{-1} \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix}$$

که در آن:

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial \Delta P}{\partial \theta} & \frac{\partial \Delta P}{\partial |V|} \\ \frac{\partial \Delta Q}{\partial \theta} & \frac{\partial \Delta Q}{\partial |V|} \end{bmatrix}$$

در شبکه‌های بزرگ مرتبه ماتریس ژاکوبین بالا بوده و معکوس گیری از آن می‌تواند فرآیندی زمان‌گیر باشد که به حافظه بالایی احتیاج دارد. برای رفع این مشکل میتوان از دستور linprog نرم‌افزار matlab استفاده نمود.

فرم کلی مسأله‌ای که توسط این دستور حل می‌شوند به صورت زیر است:

$$\min f^T x \quad \text{subject to} \quad \begin{cases} A x \leq b \\ Aeq x = beq \\ lb \leq x \leq ub \end{cases}$$

با افزودن S به ماتریس تغییرات ولتاژ و زاویه و همچنین افزودن یک ستون جدید به ماتریس L، که در آن مولفه ردیف اول برابر یک و مولفه‌های بقیه ردیف‌ها صفر می‌باشد و تشکیل ماتریس new L، مسأله پخش بار، به مسأله‌ای مانند مسأله بالا تبدیل می‌شود و می‌توان آن را با استفاده از دستور فوق حل نمود.

$$\min s \quad \text{subject to} \quad J_{new} \begin{bmatrix} \Delta\theta \\ \Delta|V| \\ s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} \quad \& \quad s \geq 0$$

که در آن:

$$J_{new} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \Delta P}{\partial \theta} & \frac{\partial \Delta P}{\partial |V|} & 1 \\ \frac{\partial \Delta Q}{\partial \theta} & \frac{\partial \Delta Q}{\partial |V|} & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial \Delta P}{\partial \theta} & \frac{\partial \Delta P}{\partial |V|} & 0 \end{bmatrix}$$