شرکت برق منطقه‌ای فارس

سومین کنفرانس سراسری شبکه‌های توزیع برق

شیراز - اردیبهشت ۱۳۷۲

اولویت‌بندی شرایط اضطراری هنگام اضافه بار و افت ولتاژ در شبکه

همایون برهمند پور — مرکز تحقیقات نیرو

مهرداد عابدی — دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده :

در این مقاله سعی بر آن است که الگوریتمهایی کارساز برای انتخاب بدترین شرایط اضطراری یا اولویت‌بندی شرایط اضطراری از دیدگاه اضافه بار خطوط و افت ولتاژ در شبکه‌های برق معرفی گردد. این روشها برای شبکه ۱۳۲ KV شمال استان خراسان پیاده شده و نتایج آن ارائه میگردد. با توجه به این نتایج میتوان آن دسته از خطوطی را که در اثر خروج ، سوءترین اثرات را در شبکه پدید می‌آورند مشخص نمود.

شرح مقاله :

در بررسی و مطالعه مقوله امنیت شبکه‌های برق ، هدف تعیین وقایعی است که باعث میشوند تا دامنه ولتاژ در شینها و توان انتقالی از خطوط از حد مجاز فراتر روند. با توجه به گستردگی شبکه‌ها محاسبات لازم برای چنین تحلیلی حتی توسط روشهای سریع مانند پخش بار خطی بسیار پر حجم و زمان بر است . از طرفی تمام خروجهای محتمل در شبکه منجر به نقض حدود مجاز نمیشود . لذا لزومی به شبیه‌سازی و بررسی این خروجها نبوده و فقط آن دسته از خروجها که باعث انحراف شدید نقطه کار شبکه میشود باید مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. بر این اساس روشهایی توسعه و تکامل یافته‌اند که شرایط اضطراری را اولویت‌بندی میکند تا

فقط اثر خروجهای سوء مورد توجه پرسنل بهره‌بردار و طراح قرار گیرد. لذا آن دسته از خروجها که فشار چندانی بر شبکه وارد نمی‌سازند از حیطه مطالعه و بررسی خارج میشوند . تمامی روشها جهت اولویت‌بندی شرایط اضطراری بر اساس تعریف یک شاخص عملکرد استوارند (PI).باید گفت PI میتواند معرف اضافه بار خطوط ، خروج دامنه ولتاژ شین‌ها از حدود مجاز، اضافه بار ژنراتور و نیز نقض حدود توان راکتیو ژنراتورها باشد . در هر صورت با مقایسه PI پس از هر خروج با PI در حالت مبنا (PI_{base}) وقایع محتمل اولویت بندی میگردند. سپس شبیه‌سازی و مطالعه از اولین واقعه با بیشترین PI آغاز گشته و تا آنجا ادامه می‌یابد که $PI < PI_{base}$ گردد . ازاین پس لزومی به شبیه‌سازی و بررسی وقایعی که PI آنها کمتر از PI_{base} است نخواهد بود. نتیجه آنکه تعداد شبیه سازیها به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد . در این مقاله فقط خروجهای اضطراری خطوط در مد نظر قرار گرفته و اثرات آن بر روی اضافه بار سایر خطوط و تغییر ولتاژها در نقاط مختلف شبکه اولویت بندی میگردد. لازم به تذکر است در این مطالعه فقط شرایط اضطراری یکانه در مد نظر بوده است . این بدان معنی است که در هرحالت از مرحله اولویت بندی فرض بر آن است که یک خط (یک مدار سه فاز) از سیستم خارج شده است .

۱- اولویت بندی سوء ترین خروج احتمالی خط در شبکه و اثر آن بر روی اضافه بار سایر خطوط :

۱-۱- الگوریتم اول :

این الگوریتم براساس معادلات پخش بار خطی استوار است . در معادلات پخش بار خطی از مقاومتهای خطوط صرفنظر شده و ولتاژ تمام نقاط شبکه 1 PU در نظرگرفته میشود. پس در شبکه‌ای با n شین که در آن شین شماره (۱) شین مبنا میباشد. داریم [۱]:

$$[P]=[B][\delta] \qquad (۱)$$

که :

$[P]=[P_1 P_2 \ldots P_n]^t$ (بردار $1 \times n$ توانهای اکتیو تزریقی به شینها) (۱-۱)

$[\delta]=[0\ \delta_n \ \ldots \ \delta_n]^t$ (بردار $1 \times n$ زوایای شینها) (۱-۲)

$$\begin{bmatrix} \\ B \\ \\ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & B_{22} & \dots & B_{2n} \\ 0 & B_{n2} & \dots & B_{nn} \end{bmatrix} \qquad (n \times n \text{ ماتریس}) \quad (۳-۱)$$

عناصر ماتریس [B] این چنین به دست می‌آیند[1]:

$$B_{ii}(\text{عناصرقطری}) = \sum_{j} 1/X_{ij} \begin{bmatrix} i \neq j \\ i \neq 1 \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} \text{j شماره کلیه شین هایی} \\ \text{است که توسط خط} \\ \text{به شین i وصل می شود} \end{matrix} \qquad (۱ \text{ و } ۳-۱)$$

$$B_{ij}(\text{عناصر غیر قطری}) = -1/X_{ij} \begin{bmatrix} i \neq j \\ i \neq 1 \\ j \neq 1 \end{bmatrix} \qquad (۲ \text{ و } ۳-۱)$$

$X_{i} = j,i$ راکتانس خط بین شین

رابطه (۱) را این چنین می‌نویسیم

$$[\delta] = [\bar{X}][P] \qquad (۲)$$

که:

$$\begin{bmatrix} \\ \bar{X} \\ \\ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \bar{X}_{22} & \dots & \bar{X}_{2n} \\ 0 & \bar{X}_{n2} & \dots & \bar{X}_{nn} \end{bmatrix} \qquad (n \times n \text{ ماتریس}) \quad (۲-۱)$$

باید دانست [1]:

$$\begin{bmatrix} \bar{X}_{22} & \dots & \bar{X}_{2n} \\ \vdots & & \vdots \\ \bar{X}_{n2} & \dots & \bar{X}_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{22} & \dots & B_{2n} \\ \vdots & & \vdots \\ B_{n2} & \dots & B_{nn} \end{bmatrix}^{-1} \qquad (۲-۲)$$

حال طبق شکل (۱) دو خط از سیستم را در نظر میگیریم . در این سیستم قبل از

وقوع شرایط اضطراری توانهای P^o_g و P^o_k میگذرد . با توجه به نتایج پخش بار خطی قبل از بروز حادثه داریم [1] :

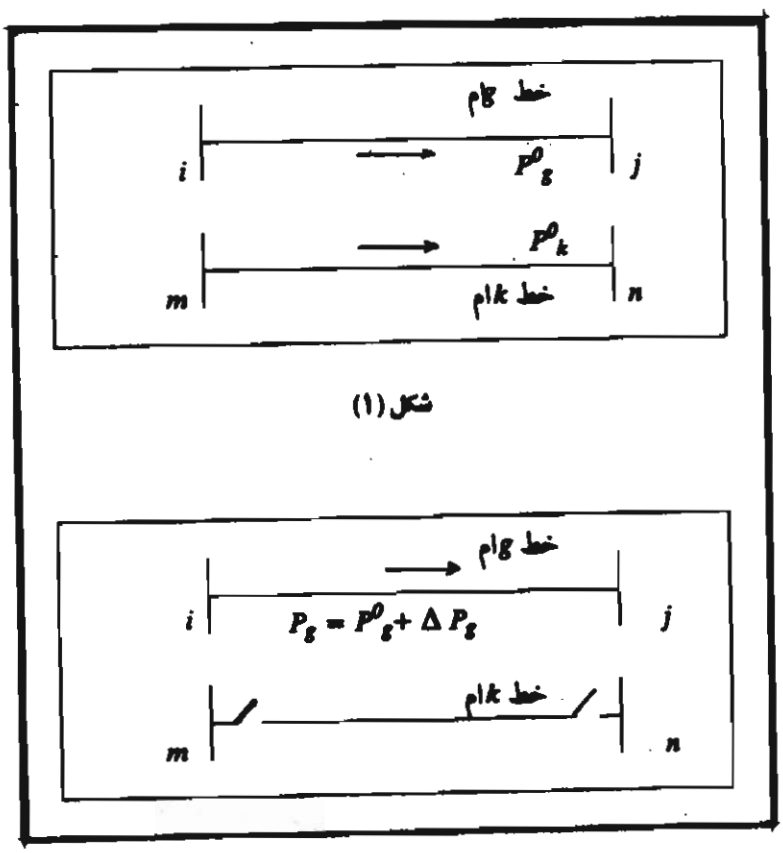
$$P^o_g = (\delta_i - \delta_j) / X_{ij} = (\delta_j - \delta_i) B_{ij} \qquad (۳)$$

$$P^o_k = (\delta_m - \delta_n) / X_{mn} = (\delta_n - \delta_m) B_{mn} \qquad (۴)$$

گیریم خط k ام از سیستم خارج شود (شکل ۲). در این صورت توان اکتیو انتقالی در خط g ام به میزان ΔP_g تغییر میکند و این تغییرات این چنین حساب میشود[1]

$$\Delta P_g = \frac{(\bar{X}_{im}+\bar{X}_{in}-\bar{X}_{im}-\bar{X}_{in})B_{ij}}{(\bar{X}_{mm}+\bar{X}_{nn}-2\bar{X}_{mn}-1/B_{mn})B_{mn}} \times P_k \qquad (۵)$$

کمیت های $\bar{X}$ و B در رابطه(۵) از روابط (۱-۲) و (۲-۲) مربوط به شرایط سیستم در قبل از خروج خط k ام به دست می‌آیند.



شکل(۱)

شکل۲

لذا توان اکتیو خط g ام پس از خروج خط k ام این چنین به دست می‌آید[1]

$$P_g = P^o_g + \Delta P_g \qquad (۶)$$

از آنجائی که در رابطه (۵) از نتایج پخش بار خطی قبل از خروج استفاده میشود، لذا کافی است یک بار پخش بار خطی را انجام داده و به سرعت P_g را برای تمام خطوط در اثر خروج یک خط به دست آورد (رابطه۶). برای اولویت‌بندی شرایط اضطراری شاخص عملکرد(PI) را این چنین تعریف میکنیم [3]

$$PI = \sum_{j=1}^{L} (P_j/P_{jmax})^2 W_j \qquad (۷)$$

که :

L: تعداد کل خطوط شبکه

j: شماره‌خط

P_j: توان اکتیو خط j ام

P_{jmax} : حد مجاز توان اکتیو خط j ام

W_j: ضریب وزنی خط j ام

لذا برای هر خروج ، PI رابطه (۷) را با توجه به روابط (۵) و(۶) حساب کرده و آنها را اولویت‌بندی میکنیم .

۲-۱- الگوریتم دوم :

در این الگوریتم مجددا" از شاخص عملکردی مطابق رابطه(۷) استفاده میشود[3]

$$PI = \sum_{j=1}^{L} (P_j/P_{jmax})^2 W_j$$

در این الگوریتم ابتدا PI برای حالت مبنا حساب میشود. حال گیریم خط k ام بین دو شین m و n از مدار خارج شود، در این صورت تغییرات شاخص عملکرد (ΔPI) در اثر خروج خط k ام به قرار زیر است [3] :

$$\Delta PI = \frac{U_k P_k^2}{(1+B_{mn}\bar{X}_k)^2} + \frac{2\hat{\theta}_k P_k}{(1+B_{mn}\bar{X}_k)} - W_k \left(\frac{P_k}{P_{k\,max}}\right)^2 \times \frac{1}{(1+B_{mn}\bar{X}_k)^2} \qquad (8)$$

که :

P_k :توان اکتیو خط k ام در شرایط مبنا که از نتایج پخش بار خطی قبل از بروز شرایط اضطراری حاصل میشود.

B_{mn} : از ماتریس مربوط قبل از شرایط اضطراری به دست می‌آید.

$P_{k\,max}$: حد مجاز توان در خط K ام

$$\bar{X}_k = \bar{X}_{mm} + \bar{X}_{nn} - 2\bar{X}_{mn} \left[\begin{array}{c}\text{(عناصرماتریس } [\bar{X}]\text{)} \\ \text{قبل از بروز حادثه}\end{array}\right]$$

$$U_k = \bar{T}_{mm} + \bar{T}_{nn} - 2\,\bar{T}_{mn} \qquad \text{(عناصر ماتریس } [T]\text{)}$$

باید دانست :

$$[\bar{T}] = [\bar{X}]\,[W]\,[\bar{X}]$$

$$[W] = [A]^t\,[W_d][A]$$

$$[W_d] = \mathrm{diag}[W_1/K_1^2 \quad W_2/K_2^2 \quad \cdots \quad W_L/K_L^2]$$

$K_L = P_{Lmax}/B_{ij}$ (i و j شینهای ابتدا وانتهای خط L ام)

W_L = ضریب وزنی خط L ام

[A]ماتریس اتصالات شبکه است . این ماتریس L × n بوده که n تعداد شین ها و L تعداد خطوط است و داریم [۳]:

$A_{il} = +1$ (اگر خط L ام از شین i خارج شود)

$A_{il} = -1$ (اگر خط L ام به شین i وارد شود)

$A_{il} = 0$ (اگر خط L ام نه به شین i وارد و نه از آن خارج شود)

در رابطه(۸) همچنین داریم .

$$\hat{\theta}_k = \hat{\delta}_m - \hat{\delta}_n$$

$$[\hat{\delta}] = [X][W][\delta]$$

ΔPI در رابطه(۸) برای هر خروج به سرعت حساب میشود و علت سرعت این است که کلیه عناصر ماتریسهای به کار رفته در این شرایط مربوط به حالت قبل از بروز حادثه است .

سپس در هر حالت ΔPI را با PI حالت مبنا (رابطه ۷) جمع کرده و شرایط اضطراری را اولویت‌بندی میکنیم .

۲- اولویت‌بندی بدترین خروج احتمالی خط در شبکه و اثر آن بر روی تغییر ولتاژ شینهای مختلف شبکه :

در این روش برای سرعت بخشیدن از روش $[Z_{bus}]$ استفاده میشود. گیریم سیستم در حالت قبل از بروز حادثه باشد (شکل ۳) پس [۲]

$$[E] = [Z_{bus}]_{old}[I] \qquad (۹)$$

که :

$$[E] = [E_1 \ldots E_n]^t \qquad (۹-۱)$$ (بردار ولتاژ شینها)

$$[I] = [I_1 \ldots I_n]^t \qquad (۹-۲)$$ (بردار جریانهای تزریقی به شینها)

$$\begin{bmatrix} Z_{bus} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & \ldots & Z_{1n} \\ Z_{n1} & \ldots & Z_{nn} \end{bmatrix} \qquad (۹-۳)$$ (ماتریس $n \times n$)

اگر خط k ام از مدار بیرون رود، اثر این خروج را میتوان با تزریق دو جریان در شینهای i و j همچون شکل (۴) مدلسازی نمود. لذا تغییرات ولتاژ در اثر این خروج در سایر شینها بقرار زیراست [۲] :

$$[\Delta E] = [Z_{bus}]_{new}\,[I] \qquad (۱۰)$$

که :

$$[\Delta E] = [\Delta E_1 \ldots \Delta E_n]^t \qquad (۱۰-۱)$$

$$[I] = [0....- I_{ij} - I_{ji}...0]^t \qquad (۱۰-۲)$$

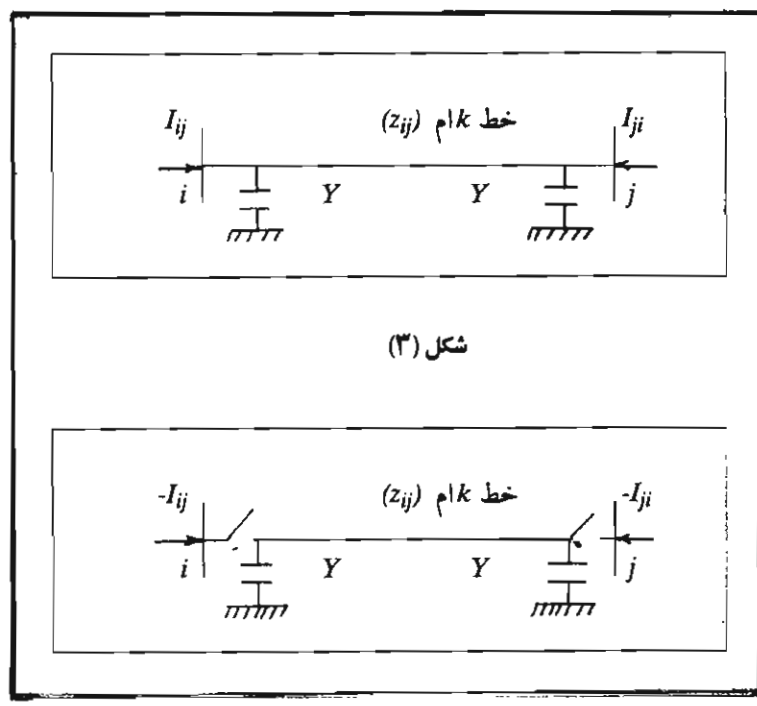
(عنصر j ام)(عنصر i ام)

لذا ولتاژ نهایی شین ها در اثر این خروج به قرار زیر است :

$$[E]^f = [E]+ [\Delta E] \qquad (۱۱)$$

که :

$$[E]^f = [E_1^f...E_n^f]^t \qquad (۱۱-۱) \text{ (بردار ولتاژ نهایی شین ها)}$$



شکل (۳)

شکل ۴

حال شاخص عملکرد زیر را حساب میکنیم [۴]:

$$PI = \sum_{i=1}^{q} W_i \left[\frac{|E_i^f| - |E_i^s|}{\Delta E_{imax}} \right]^2 \qquad (۱۲)$$

که :

q : تعداد شینهای بار (PQ)

W_i : ضریب وزنی

$|E_i|^f$: دامنه ولتاژ شین i پس ازخروج خط

$|E_i|^*$: دامنه ولتاژ مطلوب در شین i

ΔE_{imax}: حد مجاز تغییرات ولتاژ در شین i

باید متذکر شد که PI رابطه(۱۲) فقط برای شینهای بار محاسبه میشود و شینهای نیروگاهی (PV_{bus}) بخاطر ثابت بودن ولتاژ بدلیل عملکرد سیستمهای کنترل در PI (رابطه۱۲) ظاهر نمیشوند.

<u>نتایج عددی :</u>

بر اساس الگوریتمهای مندرج در این مقاله یک برنامه کامپیوتری بر روی PC | IBM تکامل یافته که بر روی شبکه‌های استاندارد IEEE تست گردیده و با نتایج مطلوب همراه بوده است . در این مقاله این برنامه بر روی شبکه ۱۳۲ KV شمال خراسان بکار برده شده و نتایج آن به شرح زیر ارائه میگردد.

الف - جدول (۱) اولویت‌بندی شرایط اضطراری از دیدگاه اضافه بار خطوط در هنگام خروج یک خط از سیستم را برای شبکه خراسان نشان میدهد. این نتایج توسط الگوریتم اول (پخش بار خطی) حاصل گشته است .

ب - جدول (۲) اولویت‌بندی شرایط اضطراری از دیدگاه نقض محدوده بار خطوط را در هنگام خروج یک خط از سیستم خراسان نشان میدهد. این نتایج توسط الگوریتم دوم بدست آمده است .

ج - جدول (۳) اولویت‌بندی شرایط اضطراری از دیدگاه نقض محدوده ولتاژ شینها را در هنگام خروج یک خط از سیستم خراسان نشان میدهد.

د - با توجه به نتایج جدول (۱) و (۲) مشاهده میشود که از هر دو روش تقریبا" به یک جواب می رسیم .

ه - خطوطی که در جداول (۱) و (۲) نیامده‌اند به معنای آن است که خروج آنها PI کمتری نسبت به PI_{base} ایجاد میکنند لذا بررسی آنها اهمیت خود را از دست میدهد.

و - خطوطی که در جدول (۳) نیامده‌اند به معنای آن است که خروج آنها PI بسیار ناچیزی ایجاد میکنند و شبیه‌سازی آنها بی مورد است .

ز - در تمام مطالعات فوق ضرایب وزنی (W) معادل یک انتخاب شده است . این بدان معنی است که برای خروج همه خطوط وزن یکسانی انتخاب شده است . اگر خطی به دلایلی بیشتر از مدار بیرون میرود باید ضریب وزنی

بیشتری به آن اختصاص یابد . برعکس اگر خطی بندرت خارج میشود و یا اصلا" از مدار بیرون نمی‌رود میتواند ضریب وزنی صفر را در مطالعه بخود اختصاص دهد.

نتیجه :

در این مقاله الگوریتم‌هائی جهت اولویت‌بندی شرایط اضطراری برای خروج خطوطی که سوءترین اثر را در شبکه داشته‌اند ارائه شده‌است . این الگوریتمها برای شبکه خراسان پیاده شده و نتایج آن ارائه گشته است . با توجه به این نتایج میتوان در بهره‌برداری بهتر از این شبکه همت گماشت . نکته جالب این است که خروج بعضی از خطوط بر نقض محدوده ولتاژ مؤثراند ، اما در اضافه بار سایر خطوط اثری ندارد. فی‌المثل میتوان از خط بین نیشابور- سلطان‌آباد نام برد که در جدول (۳) ظاهر شده اما در جداول (۱) و (۲) در اولویت قرار نمی‌گیرد.

منابع :

1- A.S.DEBS , "MODERN POWER SYSTEM CONTROL AND OPERATIONS , KLUWER ACADEMIC PUBLISHER 1988.

2- G.L. KUSIC , " POWER SYSTEM ANALYSIS , " PRENTICE HALL 1986.

3- T.A. MIKOLINNAS, B. F. WOLLENBERG " AN ADVANCED CONTINGENCY SELECTION ALGORITHM , " IEEE TRAUNS , VOL PAS102 , 1981 , PP608 - 612.

۴- همایون برهمندپور، "بررسی پخش بار در شرایط اضطراری در سیستمهای قدرت " تز فوق لیسانس دانشگاه امیر کبیر، ۱۳۷۰

$(PI_{base} = 119/2914)$

اولویت	PI	نام خط	اولویت	PI	نام خط
۲	۱۵۰/۲۰۰۵	یکی ازمدارهای عطار، شریعتی	۱	۱۶۲/۰۰۴۶	یکی ازمدارهای کوهسنگی،طوس
۴	۱۲۹/۰۰۲۸	یکی از مدارهای عطار،نیشابور	۳	۱۲۱/۹۱۱۲	یکی از مدارهای خواجاربیع ، شریعتی
۶	۱۲۲/۳۱۱۲	یکی از مدارهای قوچان ،طوس	۵	۱۲۲/۶۰۴۵	یکی از مدارهای خواجه ربیع ، طوس
۸	۱۲۱/۲۸۶۱	مدار بین ریوش ، شادمهر	۷	۱۲۲/۲۲۴۵	یکی از مدارهای فریمان ، شریعتی
۱۰	۱۲۱/۵۹۰۴	مدار بین فریمان ، تربت جام	۹	۱۲۱/۶۵۸۲	یکی از مدارهای بین شادمهر،تربت حیدریه
۱۲	۱۲۱/۱۰۵۴	مدار بین خاف ،تربت حیدریه	۱۱	۱۲۱/۲۰۴۲	مداربین جلگه رخ ، شادمهر
۱۴	۱۲۱/۰۲۶۴	مدار بین ریوش ، عطار	۱۳	۱۲۱/۰۹۸۲	یکی از مدارهای بجنورد، شیروان
۱۶	۱۲۰/۵۲۱۵	مدار بین فریمان ، خیرآباد	۱۵	۱۲۰/۵۲۲۱	مدار بین رشتخوار، تربت حیدریه
۱۸	۱۲۰/۱۹۸۰	مدار بین جلگه رخ ، عطار	۱۷	۱۲۰/۲۵۲۸	مدار بین بجنورد ، اشخانه
۲۰	۱۱۹/۲۶۰۴	مدار بین تایبات ، رشتخوار	۱۹	۱۱۹/۹۵۵۲	یکی ار مدارهای شادمهر، کاشمر
۲۲	۱۱۹/۶۲۲۱	مدار بین خاف ، تایبات	۲۱	۱۱۹/۲۵۲۲	مدار بین غلامان ، بجنورد
۲۴	۱۱۹/۲۴۹۲	یکیازمدارهای کاشمر،بردسکن	۲۳	۱۱۹/۲۲۵۶	یکی از مدارهای شادمهر ، فیض آباد
۲۶	۱۱۹/۲۲۲۰	یکیازمدارهای فریمان،اسدآباد	۲۵	۱۱۹/۲۴۲۱	یکی از مدارهای شریعتی ، سرخس
۲۸	۱۱۹/۲۰۲۹	یکیازمدارهای فیض آباد،جنگل	۲۷	۱۱۹/۲۱۲۲	یکی از مدارهای شریعتی ، سرخس
۳۰	۱۱۹/۲۸۱	مداربین خیرآباد،تربت جام	۲۹	۱۱۹/۲۹۸۰	یکی از مدارهای کلات نادری ، طوس

جدول ۱ - اولویت بندی خروج خطوط از دیدگاه اضافه بار سایر خطوط با استفاده از الگوریتم شماره (۱)

(PIbase = ۱۱۹/۲۹۱۴)

اولویت	PI	نام خـــط	اولویت	PI	نام خـــط
۲	۱۴۸/۲۴۶۶	همانند جدول (۱)	۱	۱۶۱/۱۱۴۲	همانند جدول (۱)
۴	۱۳۶/۱۳۵۶	همانند جدول (۱)	۳	۱۴۱/۳۳۴۲	همانند جدول (۱)
۶	۱۲۲/۲۵۱۹	همانند جدول (۱)	۵	۱۳۰/۵۵۱۹	همانند جدول (۱)
۸	۱۲۲/۰۹۸۲	همانند جدول (۱)	۷	۱۲۲/۱۳۴۲	همانند جدول (۱)
۱۰	۱۲۱/۵۳۰۲	یکی از مدارهای شادمهر،تربت حیدریه	۹	۱۲۱/۵۷۵۲	مداربین جلگەرخ ،شادمهر
۱۲	۱۲۱/۲۹۸۶	مدار بین ریوش ، عطار	۱۱	۱۲۱/۴۹۱۵	مداربین نریمان،تربت جام
۱۴	۱۲۱/۰۸۳۱	مدار بین تربت حیدریه، خاک	۱۳	۱۲۱/۱۰۲۶	همانند جدول (۱)
۱۶	۱۲۰/۶۲۲۲	مداربین جلگه رخ ، عطار	۱۵	۱۲۰/۲۰۵۲	همانند جدول(۱)
۱۸	۱۲۰/۴۴۴۲	مداربین نریمان ، خیرآباد	۱۷	۱۲۰/۴۵۶۲	همانندجدول (۱)
۲۰	۱۱۹/۲۶۸۶	مانند جدول (۱)	۱۹	۱۱۹/۹۳۴۲	همانند جدول (۱)
۲۲	۱۱۹/۶۲۲۵	مانند جدول (۱)	۲۱	۱۱۹/۲۵۵۹	همانند جدول(۱)
۲۴	۱۱۹/۳۴۹۲	مانند جدول(۱)	۲۳	۱۱۹/۳۲۵۱	همانند جدول(۱)
۲۶	۱۱۹/۳۳۱۶	مانند جدول (۱)	۲۵	۱۱۹/۳۳۲۹	همانند جدول(۱)
۲۸	۱۱۹/۳۰۲۹	مانند جدول (۱)	۲۷	۱۱۹/۳۱۷۶	همانند جدول (۱)
۳۰	۱۱۹/۲۶۳۳	مانندجدول (۱)	۲۹	۱۱۹/۲۹۸۰	همانند جدول (۱)

جدول ۲- اولویت بندی خروج خطوط از دیدگاه اضافه بار سایر خطوط با استفاده از الگوریتم شماره (۲)

اولویت	PI	نام خط	اولویت	PI	نام خط
۲	۱۱/۸۲۶۲	مدار بین خاف ، تربت حیدریه	۱	۱۸/۸۴	مدار بین رشتخوار ، تربت حیدریه
۴	۲/۶۴۹۲	مدار بین فریمان ، خیرآباد	۳	۹/۲۸۴۸	یکی از مدارهای فریمان ، ثریمنی
۶	۲/۲۹۶۱	مدار بین نیشابور، سلطان آباد	۵	۲/۸۶۲۲	مدار بین تابیبات ، رشتخوار
۸	۱/۸۲۸۸	مدار بین فریمان ، تربت جام	۷	۱/۹۲۶۲	مدار بین بجنورد، اشخانه
۱۰	۰/۸۲۸۲	یکی از مدارهای بجنورد ، شیروان	۹	۰/۸۴۰۵	مدار بین خاف ، تربت حیدریه
۱۲	۰/۶۲۴۱	مدار غلامان ، بجنورد	۱۱	۰/۶۸۲۲	مدار بین خیرآباد ، تربت جام
۱۴	۰/۲۹۲۵	یک از مدارهای شیروان ،اسفراین	۱۳	۰/۴۵۱۸	یکی از مدارهای تربت حیدریه،شادمهر
۱۶	۰/۲۲۵۵	مدار اشخانه ، جاجرم	۱۵	۰/۲۸۱۴	مدار بین شادمهر، جلگه رخ
۱۸	۰/۲۶۲۲	مدار شادمهر ، ریوش	۱۷	۰/۲۲۸۸	یکی از مدارهای شادمهر ، کاشمر
۲۰	۰/۱۸۹۱	مدار غلامان ، جاجرم	۱۹	۰/۲۲۲۲	مدار بین-داورزن ، سبزوار
۲۲	۰/۱۴۱۱	یکی از مدارهای ثریمنی ، سرخس	۲۱	۰/۱۶۲۸	مدار بین سبزوار ، نیشابور
۲۴	۰/۱۰۸۱	یکی از مدارهای کوهسنگی ، طوس	۲۳	۰/۱۱۲۶	مدار بین جاجرم ، ایستگاه
۲۶	۰/۰۸۲	یکی از مدارهای طوس، خواجهربیع	۲۵	۰/۰۹۱	یکی از مدارهای اسفراین ، دشت جوین

جدول ۲ - اولویت بندی فروج خطوط از دیدگاه نقش افت مجاز در شبکه‌های شبکه