



دانشگاه زنجان

## عنوان پروژه:

**A WAMS/PMU – based fault location technique :**

**«تکنیک مکان یابی خطا توسط استفاده گسترده از PMU»**

**استاد مربوطه: جناب آقای دکتر مظلومی**

**دانشجو: سعید حیدری**

**تابستان ۱۳۹۱**

## فهرست:

عنوان ..... صفحه

مقدمه ..... ۱

فصل ۱- معرفی ..... ۲

فصل ۲- دست یابی به فرمول های مکان یابی خطا ..... ۳

۱-۲ خطا روی یک باس (مثلا باس ۱) ..... ۳

۲-۲ خطا در یکی از خطوط انتقال ..... ۴

۳-۲ معادله ی ادمیتانس باس به همراه باس جدید F ..... ۷

۴-۲ بررسی معادله ی ۱۲ (بررسی پیش خطا) ..... ۹

۵-۲ تحلیل حاصل از فرمول های خطا یابی ..... ۱۱

۶-۲ بهبود روش مطرح شده ..... ۱۲

۷-۲ ساده سازی روش با استفاده از اندازه گیری ولتاژ به صورت غیر همزمان ..... ۱۳

فصل ۳- شبیه سازی و محاسبه ی نتایج ..... ۱۴

۱-۳ مورد اول ..... ۱۴

۲-۳ مورد دوم ..... ۱۷

فصل ۴- نتیجه گیری ..... ۲۰

منابع ..... ۲۱

۲۱

۲۱

۲۱

۲۱

## مقدمه

در ابتدا لازم است بدانیم WAMS مخفف عبارت {سیستم اندازه گیری در ناحیه گسترده} و PMU اسکده مندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان است. {اندازه گیری واحد به صورت فازور} می باشد.

در این پروژه از تکنیک مکان یابی خطا توسط استفاده گسترده از PMU استفاده می شود. این تکنیک از تغییراتی که در باس های کناری خطا و باس های مجاور آن ها در هنگام خطا رخ می دهد برای مکان یابی خطا استفاده می کند. اندازه گیری ولتاژ باس ها توسط PMU انجام می شود. پس جریان خطوط مابین این باس ها می توانند محاسبه شوند. در ابتدا نقطه خطا را با یک منبع جریان تزریقی مدل می

کنیم. در این پروژه می خواهیم نشان بدهیم اگر بتوانیم مقدار این جریان تزریقی را بدست بیاوریم مکان خطا را بدست خواهیم آورد.

در ضمن منابع جریان تزریقی دیگری هم در باس های کناری خطا مدل می کنیم که معادل تأثیر کل شبکه در این باس ها می باشد.

در این پروژه بر اساس استاندارد IEEE می خواهیم یک ۱۴ شینه و یک شبکه 500 kv را به عنوان نمونه در نظر بگیریم و درستی تکنیک مورد نظر را بررسی کنیم.

نرم افزاری که برای تشخیص درستی روش مطرح شده جهت شبیه سازی تست مورد نظر استفاده می کنیم. روش ATP/EMTP خواهد بود.

قابل ذکر است این روش برای انواع خطاهای ممکن (خطاهای اتصال کوتاه تکفاز به زمین ، دوفاز به زمین، سه فاز و ...) کاربرد خواهد داشت. همین طور مقاومت الکتریکی این خطاها را هم در نظر خواهیم گرفت.

## فصل ۱- معرفی

زمان زیادی است که مکان یابی خطا در خطوط انتقال مورد مطالعه و بررسی قرار می گیرد. محققان

به طور متعدد روی اطلاعاتی که از بوجود آمدن خطا به دست می آید کار کرده اند تا بتوانند تغییر ولتاژ

شین ها و یا تغییر جریان خطوط بر اثر رخداد خطا باشند.

با آمدن اولین نوع از GPS ها ، PMU ها در سال ۱۹۸۸ اختراع شدند. تکنولوژی استفاده همزمان از

اطلاعات بیش از یک دهه است که گسترش پیدا کرده است.

در طی این مدت راهکارهای جدید بسیاری مطرح شدند که یکی از این روش ها WAMS بود.

مزیت این روش این است که قابلیت سیستم قدرت را از نظر سرپرستی ، به کار گیری و کنترل شبکه

افزایش داده است. در سال های اخیر تکنیک های مکان یابی خطا بدین صورت است که PMU ها

اطلاعات ولتاژ و جریان ها دو ترمینال از خطوط انتقال را به طور همزمان اندازه گیری می کنند. در این

پروژه روشی مطرح می شود که با استفاده از این اطلاعات می توان مکان خطا را محاسبه کرد.

در واقع تمرکز اصلی این مقاله روی بدست آوردن فرمول های مکان یابی خطا توسط استفاده همزمان از

اطلاعاتی که از اندازه گیری های ولتاژ توسط PMU های موجود در شبکه قدرت بدست می آیند به

همراه معادلات ادمیتانس گره می باشد.

در قسمت دوم با جزئیات الگوریتم پیشنهادی جهت مکان یابی خطا آشنا خواهیم شد.

در قسمت سوم شبیه سازی توسط نرم افزار ATP/EMTP جهت تأیید صحت و درستی روش مورد نظر

انجام خواهد شد. و در نهایت نتایج بدست آمده را ذکر خواهیم کرد.

## فصل ۲- دست یابی به فرمول های مکان یابی:

همان طور که می دانیم حالت ماندگار یک سیستم قدرت  $n$  باس را می توان با معادله ادمیتانس زیر گره اش اسکده مندی گروه

نشان دهیم:

$$[Y_{n \times n}] [U_n^{(0)}] = [I_n^{(0)}] \quad (1)$$

یا معادله امپدانس گره:

$$[Z_{n \times n}] [I_n^{(0)}] = [U_n^{(0)}] \quad (2)$$

در این فرمول ها  $[U_n^{(0)}]$  نمایانگر ولتاژ باس ها قبل از وقوع خطا است.  $[I_n^{(0)}]$  نیز جریان های تزریقی هر آزمایشگاه پروژ برق اسکده مندی گروه

باس را مشخص می کند.

$$[Z_{n \times n}] = [R_{n \times n}] + j[Y_{n \times n}] \quad \text{و} \quad [Y_{n \times n}] = [G_{n \times n}] + j[B_{n \times n}]$$

به ترتیب ماتریس های  $n \times n$  ادمیتانس گره و امپدانس گره می باشند.

### ۱-۲ خطا روی یک باس (مثلاً باس ۱):

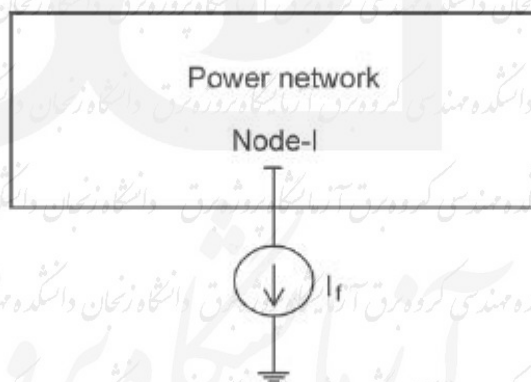


Fig. 1. Fault on node-I.

با توجه به شکل ۱ که در آن باس ۱ نشان داده شده است، معادله ادمیتانس گره که در معادله ۱ به

صورت زیر خواهد شد:

$$[Y_{n \times n}] ([U_n^{(0)}] + [\Delta U_n]) = [I_n^{(0)}] + [\Delta I_n] \quad (3)$$

$$\text{در اینجا } [\Delta I_n] = [I_n^{(f)}] - [I_n^{(0)}] \text{ و } [\Delta U_n] = [U_n^{(f)}] - [U_n^{(0)}]$$

به ترتیب مؤلفه‌هایی هستند که بعد از وقوع خطا ظاهر می‌شوند.

$[U_n^{(f)}]$  ولتاژ باس های  $n$  ام بعد از خطا می باشد.  $[I_n^{(f)}]$  نیز جریات تزریقی باس  $n$  ام بعد از خطاست.

لازم به ذکر است که از  $I_f$  نیز به عنوان جریان خطا در نقطه خطا استفاده خواهیم کرد.

واضح است در فرمول فوق بخش  $[\Delta I_n] = [Y_{n \times n}] [\Delta U_n]$  تغییرات بوجود آمده بر اثر خطا را نشان می

دهد که به صورت نوعی تغییر در جریان های تزریقی باس ها در آمده است.

تغییر بوجود آمده در جریان هایی تزریقی باس ها در اثر خطای واقع شده در باس  $a$  به صورت

زیر خواهد بود:

$$[\Delta I_n] = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ \Delta I_a \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ I_f \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ I \\ \vdots \\ N \end{bmatrix} \quad (4)$$

در  $[\Delta I_n]$  فقط باس  $a$  ام است که تغییر جریان تزریقی اش به میزان  $\Delta I_a$  یا همان  $I_f$  می باشد. در بقیه

باس ها تغییری در جریان تزریقی شان بوجود نخواهد آمد.

بنابراین با بررسی  $[\Delta U_n]$  می توانیم بفهمیم خطا در کدام باس اتفاق افتاده است.

## ۲-۲ خطا در یکی از خطوط انتقال:

حال می خواهیم فرض کنیم خطایی در خط  $a-l$  بین باس  $a$  و باس  $l$  اتفاق می افتد. فاصله بین نقطه

خطا (نقطه  $F$ ) و باس  $a$  و به اندازه  $X_{l-a}$  می باشد. (  $l$  کل فاصله بین باس  $a$  و باس  $l$  است و  $X$  عددی در برق آزمایشگاه

بازه  $[0, 1]$  می باشد)

این حالت را می توان در شکل ۲ مشاهده کنیم :

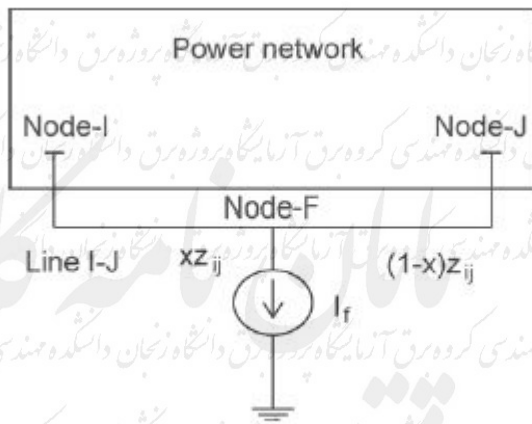


Fig. 2. Fault in line I-J.

در اینجا  $Z_{ij}$  امپدانس موجود در خط I-J می باشد. در این قسمت هم تغییری که در جریان های تزریقی

باس ها در هنگام خطا بوجود می آید به صورت رابطه زیر می باشد:

$$[Y_{n \times n}][\Delta U_n] = [\Delta I_n] = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ \Delta I_I \\ \vdots \\ \Delta I_J \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ (1-x)I_f \\ \vdots \\ xI_f \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ I \\ \vdots \\ J \\ \vdots \\ N \end{bmatrix} \quad (5)$$

اگر خطا مثلاً در باس ۱ اتفاق می افتاد  $x=0$  بود و داشتیم :

$$\Delta I = (1-x)I_f = I_f$$

$$\Delta I_j = xI_f = 0$$

بنابراین رابطه کلی ذکر شده ، هم برای خطاهای به وجود آمده در باس و هم خطاهایی که در خط انتقال

رخ می دهند می تواند کاربرد داشته باشد.

همان گونه که مشاهده می شود در  $[\Delta I_n]$  تغییر جریان تزریقی حاصل از خطا فقط در باس  $i$  ( $\Delta I_i$ ) و باس  $J$  ( $\Delta I_J$ ) ظاهر می شود که منبع هر دوی اینها از جریان نقطه خطا  $I_f$  سرچشمه می گیرند.

مکان خطا می تواند از فرمول زیر به دست آید:

$$x = \frac{\Delta I_J}{\Delta I_I + \Delta I_J} \quad (6)$$

جریان نقطه خطا  $I_f$  هم می تواند از رابطه زیر به دست بیاید:

$$I_f = \Delta I_I + \Delta I_J \quad (7)$$

رابطه  $[\Delta I_n]$  برای مؤلفه های مثبت و منفی و صفر به صورت زیر خواهد شد:

مؤلفه مثبت (رابطه 8a)

$$[Y_{n \times n(1)}][\Delta U_{n(1)}] = [\Delta I_{n(1)}] = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ \Delta I_{f(1)} \\ \vdots \\ \Delta I_{J(1)} \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ (1-x)I_{f(1)} \\ \vdots \\ xI_{f(1)} \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I \\ \vdots \\ J \\ \vdots \\ N \end{bmatrix}$$

مؤلفه منفی (رابطه 8b)

$$[Y_{n \times n(1)}][U_{n(2)}] = [I_{n(2)}] = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ I_{f(2)} \\ \vdots \\ I_{J(2)} \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ (1-x)I_{f(2)} \\ \vdots \\ xI_{f(2)} \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ J \\ \vdots \\ N \end{bmatrix}$$



مؤلفه صفر (رابطه 8c)

$$[Y_{n0 \times n0(0)}][U_{n0(0)}] = [I_{n0(0)}] = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ I_f(0) \\ \vdots \\ I_f(0) \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ (1-x)I_f(0) \\ \vdots \\ xI_f(0) \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ I \\ \vdots \\ J \\ \vdots \\ N_0 \end{bmatrix}$$

ابتدا باید متذکر شویم که ماتریس روابط (8a) و (8b) دارای N سطر و ماتریس رابطه (8c) دارای  $N_0$  سطر می باشد. در این روابط زیروندهای 1 و 2 و 0 به ترتیب مربوط به مؤلفه های مثبت و منفی و صفر در

خطوط انتقال سه فاز می باشند.

در حالت ماندگار خط هیچ مؤلفه منفی و صفری نداریم. یعنی

$$[U_s^{(0)}] = 0 \quad \text{و} \quad s=0,2$$

$N_0$  نیز بیشترین عددی است که می توانیم به باس ها بدهیم و مربوط به مؤلفه صفر می باشد. معادله (8c) برای همه خطاهای زمین (خطاهای تکفاز و دو فاز به زمین) و معادله (8b) برای همه خطاهای نامتقارن استفاده می شود. برای خطاهای سه فاز هم معادله (8a) به کار می رود.

### ۲-۳ معادله ادمیتانس باس به همراه باس جدید F :

اگر خطا در خط l-a واقع در بین دو باس a و l اتفاق بیفتد (همان گونه که در شکل ۲ نشان داده شده است) ، باس جدیدی به نام F در نقطه خطا ظاهر می شود و به دنبال آن ادمیتانس باس جدید به شکل

زیر درمی آید :

$$[Y_{(n+1) \times (n+1)}] ([U_{n+1}^{(0)}] + [\Delta U_{n+1}]) = [I_{n+1}^{(0)}] + [\Delta I_{n+1}] \quad (9)$$

که در اینجا :

#### فصل ۴- نتیجه گیری:

در این پروژه تکنیک جدیدی جهت مکان یابی خطا بر اساس WAMS/PMU مطرح شد. این تکنیک

به طور همزمان از ولتاژهای خطی دو باس متصل به خط دارای خط و باس های مجاورشان استفاده

می کند تا بتواند موقعیت خطا را محاسبه کند. اندازه گیری این ولتاژهای خطا که در باس ها صورت

می گیرد به عهده PMU ها می باشد. با اندازه گیری این ولتاژها جریان های خط بین این باس ها

می توانند محاسبه شوند. پس از آن جریان های تزریقی معادلی ، در باس های دو طرف خط دارای خطا

تشکیل می شوند که از این جریان های خط به وجود آمده اند.

بر اساس جریان های تزریقی محاسبه شده نقطه خطا می توان محاسبه کرد که این نقطه در کجا واقع

است و یا به عبارت دیگر مکان خطا محاسبه می شود. همان طور که ذکر شد صحت و درستی این روش

توسط نرم افزاری به نام EMTP سنجیده می شود. شبکه ای ۱۴ شینه و شبکه ای با خطوط انتقال

500Kv با این نرم افزار شبیه سازی شد و مشخص گردید که با استفاده از این روش میتوان با خطای

بسیار کمی موقعیت خطا را شناسایی کرد.

## References

[1] C. Pereira, L. Zanetta, Fault location in transmission lines using one-terminal post fault voltage data, IEEE Trans. Power Delivery 19 (2) (2004) 570–575.

[2] H. Ha, B. Zhang, Z. Lv, A novel principle of single-ended fault location technique for EHV transmission lines, IEEE Trans. Power Delivery 18 (4) (2003) 1147–1151.

[3] S.M. Brahma, Fault location scheme for a multi-terminal transmission line using synchronized voltage measurements, IEEE Trans. Power Delivery 20 (2) (2005) 1325–1331.

[4] S.M. Brahma, A.A. Girgis, Fault location on a transmission line using synchronized voltage measurements, IEEE Trans. Power Delivery 19 (4) (2004) 1619–1622.

[5] G. Song, J. Suonan, Q. Xu, P. Chen, Y. Ge, Parallel transmission line fault location algorithm based on differential component net, IEEE Trans. Power Delivery 20 (4) (2005) 2396–2405.

[6] T. Kawady, J. Stenzel, A practical fault location approach for double circuit transmission line using single end data, IEEE Trans. Power Delivery 18 (4) (2003) 1166–1173.

[7] J. Gracia, A. Mazon, I. Zamora, Best ANN structures for fault location in single- and double-circuit transmission lines, IEEE Trans. Power Delivery 20 (4) (2005) 2389–2395.

[8] D. Thukaram, H. Khincha, H. Vijaynarasimha, Artificial neural network and support vector machine approach for location faults in radial distribution systems,

IEEE Trans. Power Delivery 20 (2) (2005) 710–721.

[9] Y.H. Lin, C.W. Liu, C.S. Chen, A new PMU-based fault detection/location technique for transmission lines with consideration of arcing fault discrimination-part

1: theory and algorithms, IEEE Trans. Power Delivery 19 (4) (2004) 1587–1593.

[10] Y.H. Lin, C.W. Liu, C.S. Chen, A new PMU-based fault detection/location technique for transmission lines with consideration of arcing fault discrimination-part

2: performance evaluation, IEEE Trans. Power Delivery 19 (4) (2004) 1594–

1601.

[11] S. Brahma, A.A. Girgis, Fault location on a transmission line using synchronized voltage measurements, IEEE Trans. Power Delivery 19 (4)

(2004) 1619–1622.

[12] C.S. Yu, C.W. Liu, S.L. Yu, J.A. Jiang, A new PMU-based fault location algorithm for serious compensated lines, IEEE Trans. Power Delivery 17 (1)

(2002)

33–46.

[13] J.A. Jiang, J.Z. Yang, Y.H. Lin, C.W. Liu, J.C. Ma, An adaptive PMU based fault detection/location technique for transmission lines part-1: theory and algorithms,

IEEE Trans. Power Delivery 15 (4) (2000) 486–493.

[14] J.A. Jiang, Y.H. Lin, J.Z. Yang, T.M. Too, C.W. Liu, An adaptive PMU based fault detection/location technique for transmission lines

part-2: PMU implementation

IEEE Trans. Power Delivery 17 (1) (2002) 33–46.

and performance evaluation, IEEE Trans. Power Delivery 15 (4) (2000)

1136–1146.

[15] J.J. Grainger, W.D. Stevenson, Power System Analysis, McGraw-Hill Inc., 1994.

[16] Technical information, Digital dynamic real-time simulator, 2002, China

# پایان نامه کارشناسی



# آزمایشگاه برق