

## تنظيم حماية المسافة لمنظومة الضغط الفائق ذات الخطوط المزدوجة باستخدام المرحلة المتعددة الأضلاع

د. عبد الغني عبد الرزاق عبد الغفور  
أستاذ مساعد  
السيد يوسف محمد يونس  
مدرس مساعد  
قسم الهندسة الكهربائية - كلية الهندسة  
جامعة الموصل

### الخلاصة

يتناول البحث عمل تنظيم الحماية المسافية لخطوط النقل المزدوجة التي تعمل بالضغط الفائق (EHV) باستخدام المرحلة المتعددة الأضلاع ، وذلك باستخدام برنامج ( MATLAB SIMULINK) لتمثيل العطل الثلاثي الطور وحالات حصول العطل الأرضي عند التشغيل في الظروف المختلفة مع الأخذ بنظر الاعتبار العوامل المؤثرة على الممانعة المقاسة من قبل المرحلة وبالذات تأثير مفاعلة الاقتران الصفري لتحقيق أنسب تنظيم لتلك المرحلة .

أثبتت النتائج بأنه بالإمكان جعل التنظيم لمرحلة المسافة في حالة العطل الأرضي هو نفسه في حالة العطل الطوري. كما ان تغيير عامل التنظيم يسبب في عدم تحديد موقع العطل بدقة. وأثبتت النتائج كذلك ان تأثير المحطة الوسطية يعمل على قصر المدى ، وان التنظيم المفاعلي لقطاعات الأسناد يميل الى التوفيق بين حالات التشغيل المختلفة.

Setting Of Distance Protection For Ehv Doubled Circuit Line By Using  
Quadrilateral Relay

**Dr. Abdul Ghani A. Abdul  
Ghafoor**

**Yousuf Mohammed Younis**

**Electrical Engineering Department  
College of Engineering  
University of Mosul**

## Abstract

This study describes the setting of distance protection for quadrilateral distance relay for double circuit lines which work at Extra High Voltage (EHV) by using (MATLAB SIMULINK) to simulate the three phase faults and states of earth faults for operation at different conditions taking into consideration the factors which effect on the measured impedance by relay especially the effect of zero mutual reactance to achieve the best setting.

The results proved that the setting with earth fault is the same as with phase fault. Also the change of setting factor causes undetermining of the fault location accurately. Also the results proved that the effect of intermediate station causes under reach and the reactance setting for backup zones tend to match among the different operation states.

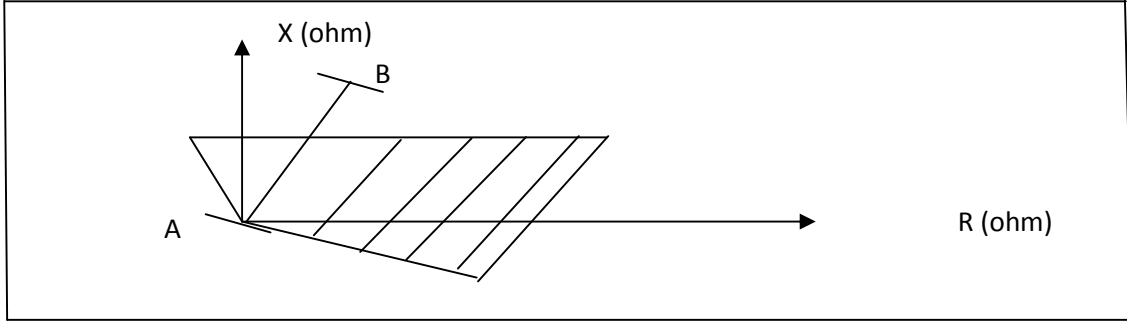
**Keywords:** Protection, Distance, Relay, Setting.

1- مقدمة :  
استلم في 2006/6/13

قبل في 2006/8/31

نظراً لكون الحماية المسافية هي حماية غير وحيدة كونها مستندة في طبيعتها على عدم توفر الإمكانية في تحديد المدى الحمائي بشكل دقيق ومضبوط ، إذ تعاني هذه الحماية بالأصل من مشكلة ضعف قابليتها التمييزية بين وقوع العطل داخل المدى الحمائي المخصص لها وخارجه ، وعليه يتم استخدام طريقة التدرج الزمني والمسافي لضمان الحصول على الناحية التمييزية .

٢- المرحلة المتعددة الأضلاع : هذه المرحلة تعمل على مبدأ المقارنات الطورية ، وفيها التنظيم المفاعلي يفصل عن التنظيم المقاومي ، خواصها مبينة في الشكل (2-1) [1].



الشكل (2-1) : خصائص المرحلة المتعددة الأضلاع

إن مرحلة المسافة متعددة الأضلاع تعمل وفق المبدأ التالي :

إذا كانت الممانعة المنظورة من قبل المرحلة أكبر من ، التنظيم لقطاع كشف

( Trip Signal)

ظيم فالمرحلة تصدر إشارة الإفلات وفق التدرج الزمني ، هذه المرحلة اتجاهية وهي مستقرة نسبياً تجاه تارجح القدرة نسبة إلى بقية المرحلات المسافية ولنفس الخط المحمي ولكون التنظيم المفاعلي فيها منفصل عن التنظيم المقاومي ، وحيث أن التنظيم المقاومي فيها يعطي تعويض كافي لمقاومة القوس الكهربائي مع تجنب التداخل مع حيز الحمل فإن هذه المرحلة أقل تأثراً بمقاومة القوس الكهربائي.

إن الطريقة المألوفة للحصول على التمييزية لمرحلة المسافة ، هي استخدام ثلاثة قطاعات محمية (Protective Zones) ، وتكون هذه القطاعات متعاقبة من حيث الوقت التشغيلي لكل قطاع ، ومن حيث التدرج المسافي [ 2].

### ٣- ممانعة الاقتران الصفري في الخطوط المزدوجة :

يوضح (3-1) تأثير الاقتران الحثي للخطوط [3]. يظهر تأثير

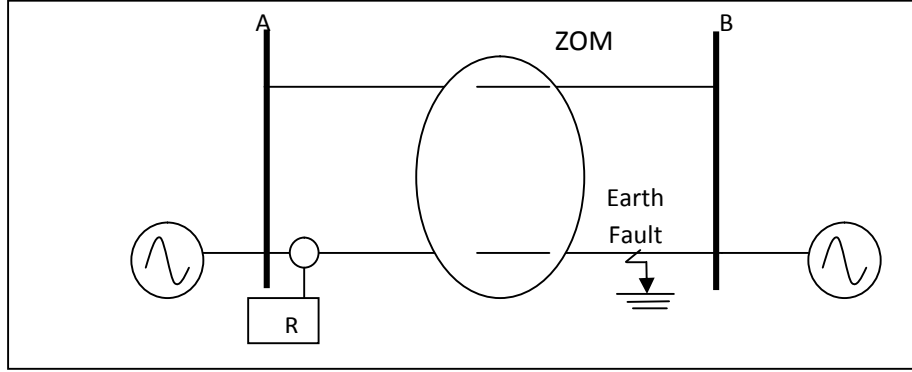
حصول الأعطال الأرضية إذ إن هذا التأثير يكون في دوائر

قليلاً ، لأن ممانعتي الاقتران الموجب والسالب تكونان أقل من 10% عليه

يمكن إهماله .

50-70%

[4].



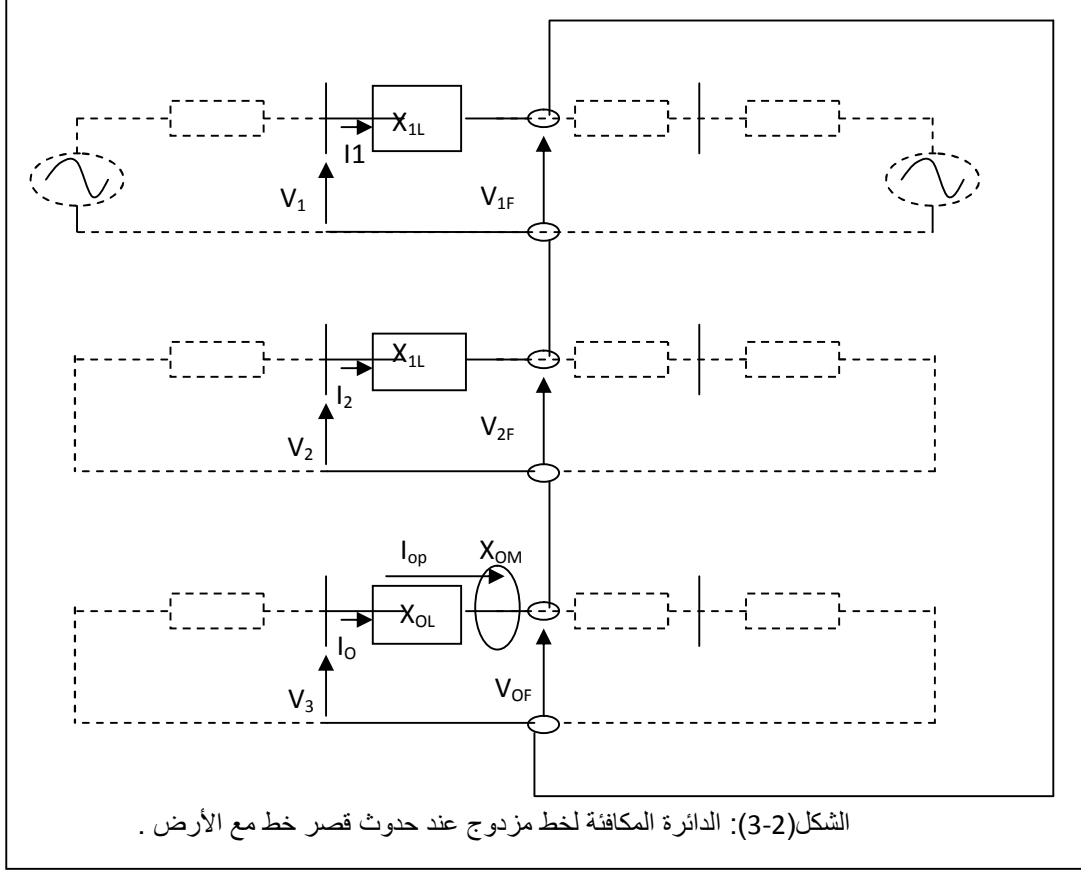
الشكل(1-3): تأثير الاقتران الحثي بين المسارين المتوازيين للخط المزدوج

المحمي من قبل المرحلة ، فإن تيار التتابع الصفري الذي يعبر عنه بـ ( $I_{op}$ ) سيحدث فولتية في هذا الخط بفعل

المغناطيسي.

ان هذه الفولتية المحتثة سوف تسبب إما في قصر أو بعد المدى ، فإذا كان اتجاه التيار فس اتجاه تيار العطل الأرضي ( $I_o$ ) للخط العاطل فان الممانعة المنظورة تكون اكبر من ممانعة التنظيم و عليه فان المرحلة ستميل الى قصر المدى .

أما إذا كان اتجاه التيار في الخط الموازي بعكس اتجاه تيار العطل الأرضي ، فإن الممانعة المنظورة تكون أصغر من ممانعة التنظيم وعليه فإن المرحلة ستميل الى بعد المدى [5].  
والمنظورة من قبل مرحلة المسافة في حالة عطل قصر خط مع الأرض وبإهمال قيم المقاومات ، وباستخدام المركبات المتماثلة مبينة في الشكل (3-2).



#### ٤- آلية التنظيم للحماية المسافية للأعطال الطورية لمنظومة نقل الضغط الفائق :

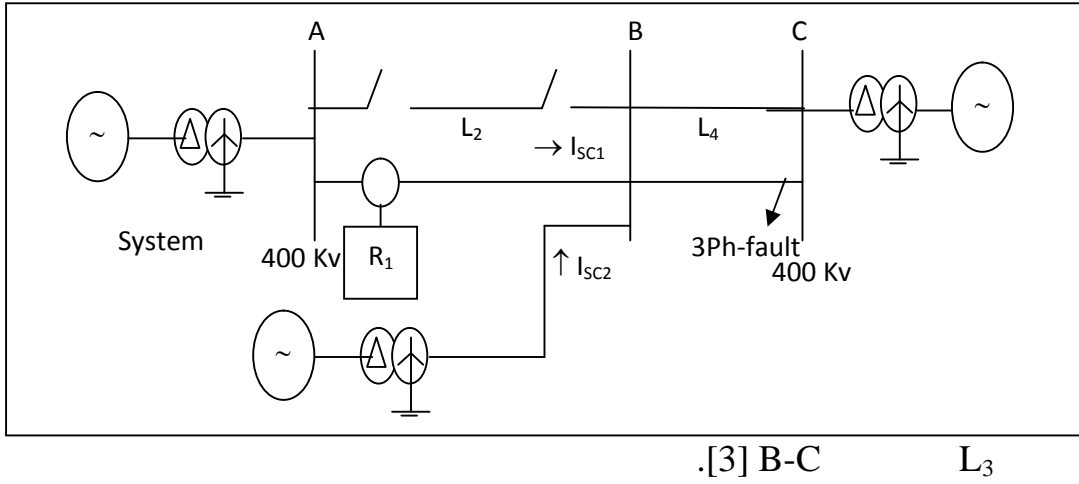
إن حسابات العطل تتم باستخدام قيم المفاعلات (Reactance Values) وإهمال قيم مقاومتها وذلك لغرض التبسيط.

تنظيم للحماية المسافية في حالة العطل الطوري لمنظومة الضغط الفائق نتخذ

( - ) :

- $(L_2)$  يكون مفتوحاً وذلك للحصول على تمييزية في التدرج.
- إن مرحلة المسافة موضوعة في بداية الخط  $(L_1)$  A-B
- نأخذ نصف مقنن مستوى القصر للمحطة الوسطية ، ومن ثم ممانعة هذه المحطة تصبح

ل ثلاثي الطور وهو أشد أنواع العطل الطوري يحدث عند نهاية الخط



يوضح الشكل ( - ) تمثيل حالة الشكل ( - ) باستخدام برنامج (MATLAB/SUMULINK) . [6]

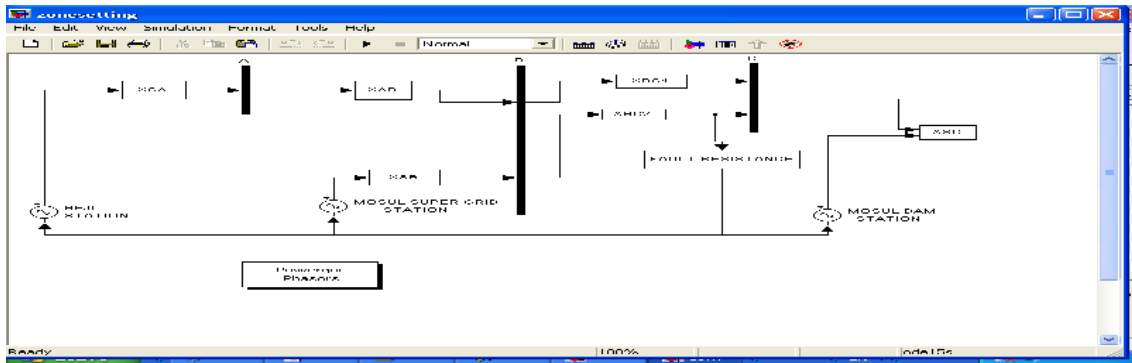
#### ٤-١ تنظيم التغطية المفاعلية لقطاعات الحماية المسافية للعطل الثلاثي الطور :

- تنظيم القطاع الأول : لعمل تنظيم للقطاع الأول ولمعالجة تأثير أخطاء التحويل والقياس وعدم الدقة في بيانات المنظومة نستخدم عامل تدرج (Grading Factor-GF) يساوي

الشكل (4-1) : مخطط أحادي الطور لمنظومة الضغط الفائق ولعطل ثلاثي الطور عند العمومي ( C ) وعلى المغذي رقم (3).

.[3] 0.85

ويحسب تنظيم القطاع الأول بالصيغة التالية :



الشكل (4-2) : تمثيل عطل ثلاثي الطور عند نهاية المغذي رقم (3) عند العمومي ( C ) .

$$X_1 = X_{A-B} \times GF \quad \dots (4.1)$$

حيث ان :

$$: X_1$$

GF : عامل التدرج.

$$: X_{A-B}$$

- تنظيم القطاع الثاني : في هذا القطاع نأخذ تأثير التغذية الوسطية بنظر الاعتبار مع استخدام B-C الذي يلي الخط المحمي A-B إن آلية حساب

المفاعلة لهذا القطاع [3]، هي:

$$X_2 = \left[ X_{AB} + \frac{X_{BC}}{2} * \left( 1 + \frac{I_{SC2}}{I_{SC1}} \right) \right] * GF \quad \dots (4.2)$$

حيث ان :

$$: X_2 \quad \text{الثاني}$$

$$I_{SC1} : \text{تيار} \quad .L2$$

$$I_{SC2} : \text{تيار} \quad \text{المجهز من المحطة الوسطية.}$$

- تنظيم القطاع الثالث : مفاعلة القطاع الثالث تحسب كما ي [3] :

$$X_3 = (X_{AB} + X_{BC}) * N \quad \dots (4.3)$$

إذ :

$$: X_3$$

N : يساوي (1.1) يؤخذ بنظر الاعتبار في المعادلة لضمان تغطية أكبر ما يمكن من الخط

- تنظيم قطاع كشف العطل : إن آلية حساب مفاعلة قطاع كشف العطل ( $X_{+A}$ ) والذي يميز بين العطل والاضطرابات الأخرى مثل زيادة الحمل وتأرجح القدرة هي كالآتي [3]:

$$X_{+A} = (X_{AB} + 2 * X_{BC}) * N \quad \dots (4.4)$$

:

$$: X_{+A}$$

لضمان تغطية بعد نهاية المغذي المجاور للخط المحمي وخاصة في حالة المغذيات القصيرة نستخدم N (4.4) .

## ٢-٤ تنظيم التغطية المقاومة للحماية المسافية للعطل الثلاثي الطور:

لعمل تنظيم التغطية المقاومة للقطاعات فإن هذا التنظيم يعتمد على ممانعة الحمل الطبيعي للخط ( ).

إن آلية التنظيم تتم على فرض أن النسبة بين حدود الإفلات المقاومة المفاعلية لكل قطاع هي (1) ويشمل القطاعات الثلاثة ، ويعد تقريب مقبولاً لتبسيط عملية الحسابات من أجل عمل تنظيم الحماية المسافية لمنظومة الضغط الفائق ، لكونه يعطي تعويض كافي لمقاومة العطل مع تجنب التداخل مع حيز الحمل وبالتالي يضمن للمرحلة أداءً جيداً ومن [3].

## 3-4 التنظيم الزمني لقطاعات مرحلة المسافة:

يعمل القطاع الأول بدون تأخير زمني . زمن القطاع الثاني فهو يحسب بالصيغة الآتية :

- الذي يتراوح من زمن دورة إلى دورتين كهربائيتين (20-40 msec) .
  - زمن تشغيل (B-C) الذي يساوي (30 msec)
  - زمن إعادة التنظيم (Reset Time) لمرحلة المسافة والذي يساوي (40 msec)
  - (Security Margin) والذي يعتمد على دقة المرحلات ولكون لدينا مرحلة رقمية ، فإن هذا الزمن يكون بحدود (100 msec) [3].  $T_3$  يساوي :
- $$T_2 = 40 \text{ (msec)} + 30 \text{ (msec)} + 40 \text{ (msec)} + 100 \text{ (msec)}$$
- $\therefore T_2 = 210 \text{ (msec)}$

يحسب زمن القطاع الثالث بالصيغة التالية :

- زمن القطاع الثاني للمغذي المجاور الذي يساوي (0.21 sec).
  - زمن تشغيل قاطع الدورة على (30-msec).
  - زمن إعادة تنظيم مرحلة المسافة (40-msec).
  - حد الأمان الذي يساوي (100-msec) [3].  $T_3$  هو :
- $$T_3 = 210 + 30 + 40 + 100 = 380 \text{ (msec)}$$



يحسب زمن قطاع الإفلات ( ) بالصيغة التالية :

- زمن تشغيل القطاع الثالث للمغذ (0.38-sec).
  - زمن تشغيل قاطع الدورة على المغذي المجاور (30-msec).
  - زمن إعادة تنظيم مرحلة المسافة (40-msec).
  - (100-msec) [3]. وعليه فإن  $T_4$  يحسب كما يلي :
- $$T_4 = 380 + 30 + 40 + 100 = 550 \text{ (msec)}$$

$$\therefore T_4 = 0.55 \text{ (sec)}$$

#### ٥- تنظيم التغطية المفاعلية لعطل قصر طور مع الأرض للقطاع الأول:

يعتمد هذا التنظيم على فرض نسبة التغطية المفاعلية الى التغطية المقاومة تكون ( ) وعليه سنركز اهتمامنا على التغطية المفاعلية وذلك لكافة القطاعات .

إن التنظيم المفاعلي للخطوط المفردة يعتمد على عامل تنظيم المرحلة ( $K_{XER}$ ) حين يعتمد التنظيم المفاعلي للخطوط المزدوجة على ( $K_{XER}$ ) عامل تعويض ( $K_{XEM}$ ) هذا إضافة الى ظروف التشغيل المختلفة للخطوط المزدوجة ،

:

- ( حالة التشغيل الأولى ) .
- ( حالة التشغيل الثانية ) .
- من طرفيه ( حالة التشغيل الثالثة ) .

#### ٥-١ التنظيم المفاعلي عندما تكون الخط المتوازي بالخدمة :

هذه الحالة مبينة في الشكل (5-1) ولعطل على بعد  $x$  من المرحلة ، وبإهمال قيم عند موقع المرحلة هي :

$$X_{Ph-E} = m \cdot X_L \cdot \frac{1 + K_{XEL} + K_{XEM} \cdot \frac{m}{2-m}}{1 + K_{XER}} \dots (5.1)$$

حيث أن:

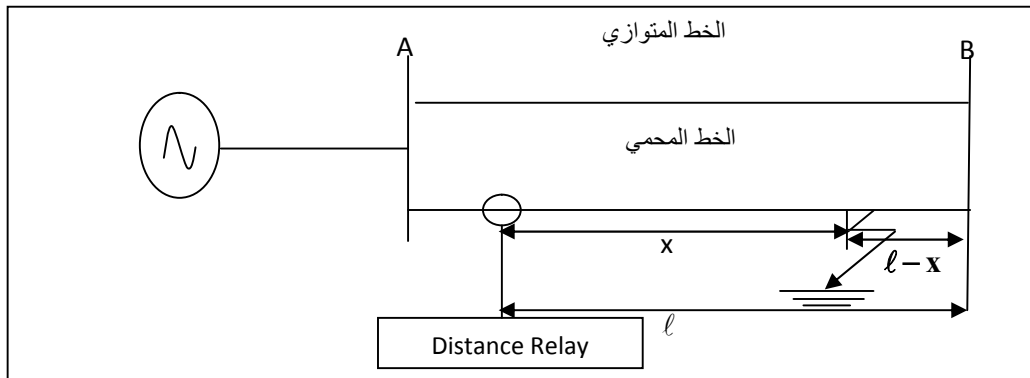
$$m = \left( \frac{x}{l} \right)$$

$X_L$

$X_E$

$X_{oL}$

$X_{OM}$

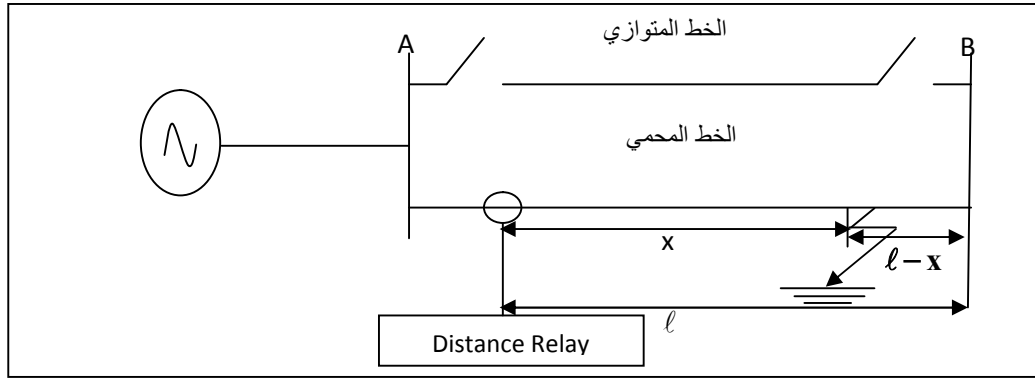


الشكل (5-1): مخطط الطور الواحد لخط مزدوج يتعرض فيه الخط المحمي إلى عطل قصر طور مع الأرض.

٢-٥ المفاعلة المقاسة عندما يكون الخط المتوازي مفتوح:

هذه الحالة مبينة في الشكل ( - ) ، ولعطل على بعد  $x$  من المرحلة ، وبإهمال قيم عند موقع المرحلة هي :

$$X_{Ph-E} = m \cdot \frac{X_L + X_E}{1 + K_{XER}} \quad \dots ( .2)$$

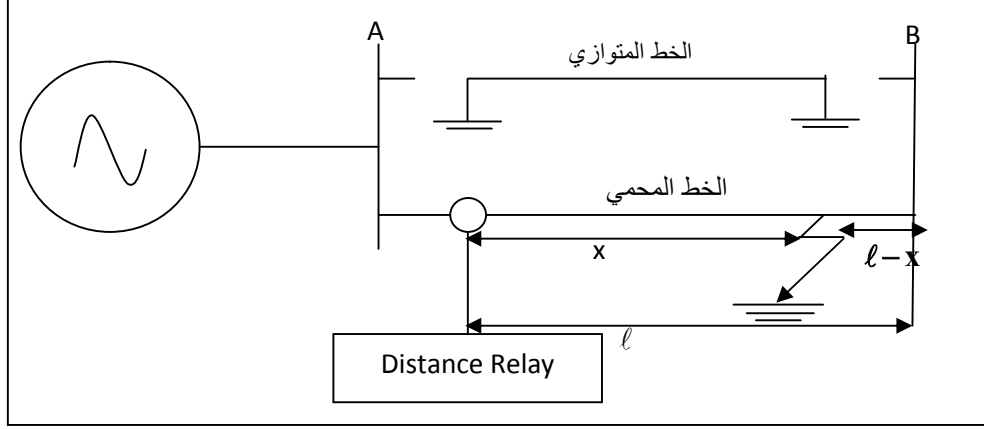


الشكل ( ٥-٢ ): الخط الموازي للخط المحمي المعرض لعطل قصر طور مع الأرض يكون مفتوحاً.

### ٥-٣ المفاعلة المقاسة عندما الخط المتوازي يكون مفتوح ومؤرض :

هذه الحالة مبينة في الشكل ( - ) ولعطل على بعد  $x$  من المرحلة ، وبإهمال قيم عند موقع المرحلة هي :

$$X_{Ph-E} = m \cdot X_L \frac{1 + K_{XEL} - K_{XEM} \frac{X'_{OM}}{X'_{OL}}}{1 + K_{XER}} \quad \dots ( .3)$$



الشكل(3-5): تاريض وفتح الخط الموازي للخط المحمي المعرض إلى عطل قصر خط مع الأرض.

ان المفاعلة المقاسة عند موقع المرحلة وحسب المعادلات أعلاه ولظروف التشغيل المختلفة يمكن الاعتماد عليها عند عمل التنظيم المفاعلي للقطاع الاول.

### ٦- تنظيم التغطية المفاعلية لعطل قصر طور مع الأرض لقطاع بعد المدى:

$(Z_{IB})$  هو قطاع الحماية المحصور بين نهاية القطاع الأول ونهاية الذي يعمل بتأخير زمني هو زمن التأخير للقطاع الثاني.

عطل قصر طور مع الأرض لهذا القطاع وللخط المحمي وعلى اعتبار أن العطل الأرضي هو عند نهاية الخط المحمي هي :

$$X_{Ph-E} = \frac{1 + K_{XEL1} + K_{XEM1-2}}{1 + K_{XER}} X_{L1} \quad \dots ( .1)$$

أما حدود التنظيم لهذا القطاع فتكون ضمن المدى  $(X_{L1} \geq X_{IB} > GF_1 \cdot X_{L1})$ .

( . ) يتضح . خطأ قياس موجب  $\left( \frac{1 + K_{XEL1} + K_{XEM1-2}}{1 + K_{XER}} \right)$  ، وهذا

الخطأ ناتج عن تأثير التتابع الصفري و لتخلص من هذا الخطأ يتم إضافة عامل تعويض

$$(K_{XEM1-2}) \text{ وهي } \left( \frac{1 + K_{XEL1} + K_{XEM1-2}}{1 + K_{XER} + K_{XEM1-2}} \right)$$

( وبهذه الإضافة فإن المفاعلة المقاسة من قبل المرحلة تتغير خطياً مع بعد العطل عن المرحلة ومن ثم يتم تجنب قصر المدى للمرحلة وتحقيق الترحيل ضمن حدود تنظيم المرحلة ، ومن الجدير بالذكر بأن المفاعلة المقاسة للقطاع الأول وقطاع بعد المدى ستكون خاضعة ( . ) وذلك عندما يكون الخط الموازي للخط العاطل بالخدمة.

### ٧- تنظيم قطاعات الإسناد أثناء الأعطال الأرضية:

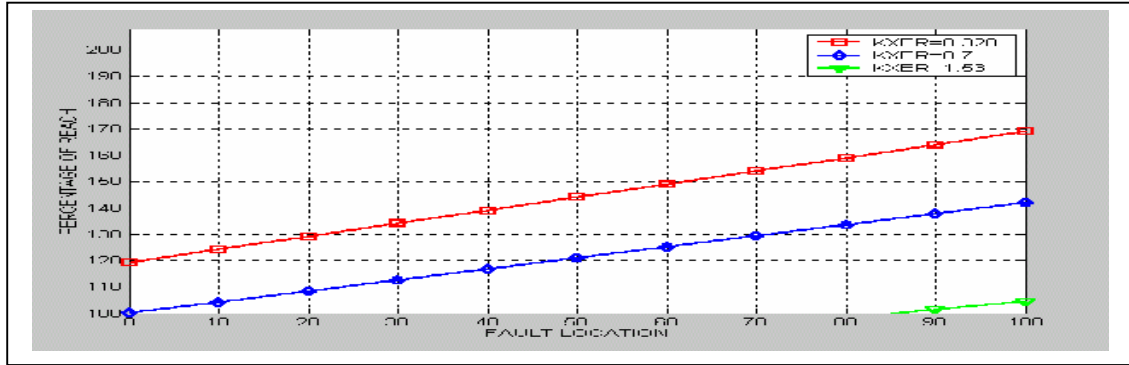
إن قطاعات الإسناد تشمل القطاع الثاني من نهاية الخط المحمي إلى نهاية حدود هذا

### ٧-١ حساب المفاعلة المنظورة من قبل المرحلة لحالة التشغيل الأولى :

هي:

$$X_{Ph-E} = \frac{1+K_{XEL1} + K_{XEM1-2}}{1+K_{XER} + K_{XEM1-2}} X_{L1} + 2.m. \frac{1+K_{XEL2}}{1+K_{XER} + K_{XEM1-2}} . X_{L2} \quad \dots ( .1)$$

كما تم اختبار النسبة المئوية للتغطية المفاعلية للمرحلة المسافية ضمن قطاعات الخط المجاور للخط المحمي وذلك عند قيم مختلفة من عامل تنظيم المرحلة وكما مبين في الشكل ( - )

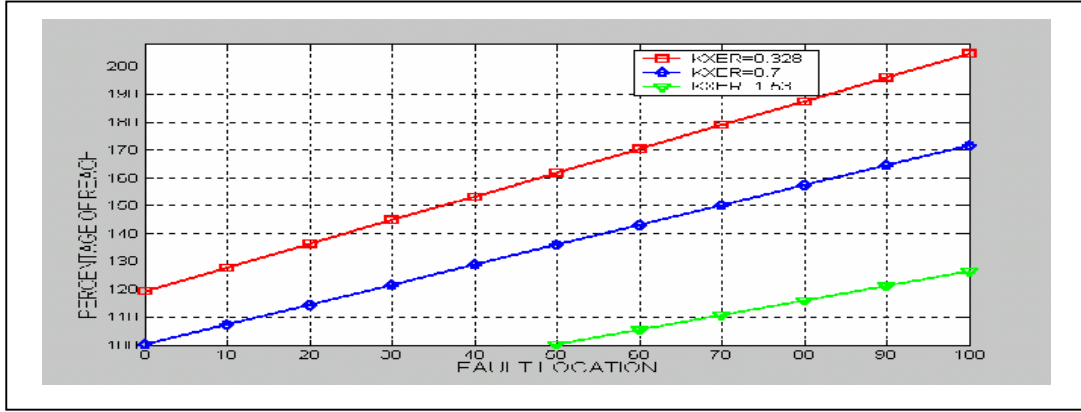


الشكل (٧-١): النسبة المئوية للتغطية المفاعلية لمواقع عطل مختلفة على الخط المجاور للخط المحمي لحالة التشغيل الأولى

إدخال تأثير المحطة الوسطية فإن المفاعلة المقاسة من قبل المرحلة  
المعادلة كما يلي:

$$X_{Ph-E} = \frac{1+K_{XEL1} + K_{XEM1-2}}{1+K_{XER} + K_{XEM1-2}} X_{L1} + m \left( 2 + \frac{I_B}{I_K} \right) \cdot \frac{1+K_{XEL2}}{1+K_{XER} + K_{XEM1-2}} . X_{L2} \quad \dots (7-2)$$

كما تم اختبار النسبة المئوية للتغطية المفاعلية للمرحلة المسافية ضمن قطاعات الإسناد  
الخط المجاور للخط المحمي وذلك عند قيم مختلفة من عامل تنظيم  
المرحلة عند إدخال تأثير المحطة الوسطية ، كما مبين في الشكل ( - ) .



الشكل (٧-٢) : النسبة المئوية للتغطية المفاعلية لمواقع عطل مختلفة على الخط المجاور للخط المحمي عند إدخال تأثير المحطة الوسطية

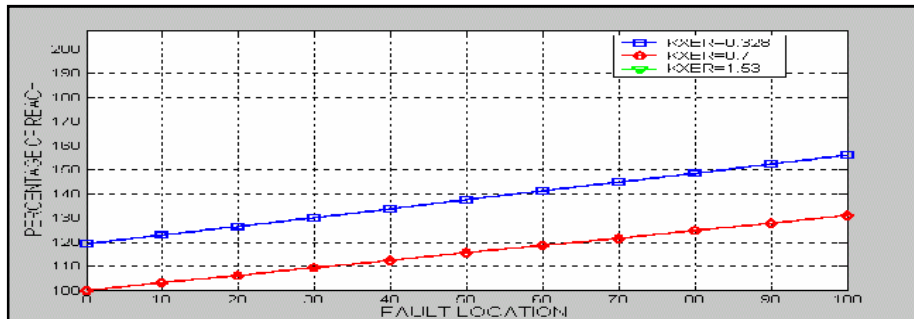
## ٧-٢ حساب المفاعلة المنظورة من قبل المرحلة لحالة التشغيل الثانية:

المقاسة هنا:

$$X_{Ph-E} = \frac{1 + K_{XEL1} + K_{XEM1-2}}{1 + K_{XER} + K_{XEM1-2}} X_{L1} + 2.m. \frac{1 + K_{XEL2} - K_{XEM3-4} \frac{X'_{OM}}{X'_{OL}}}{1 + K_{XER} + K_{XEM1-2}} X_{L2} \quad \dots (7.3)$$

كما تم اختبار النسبة المئوية للتغطية المفاعلية للمرحلة المسافية ضمن قطاعات الإسناد الخط المجاور للخط المحمي وذلك عند قيم مختلفة من عامل تنظيم

المبين في الشكل (3- )



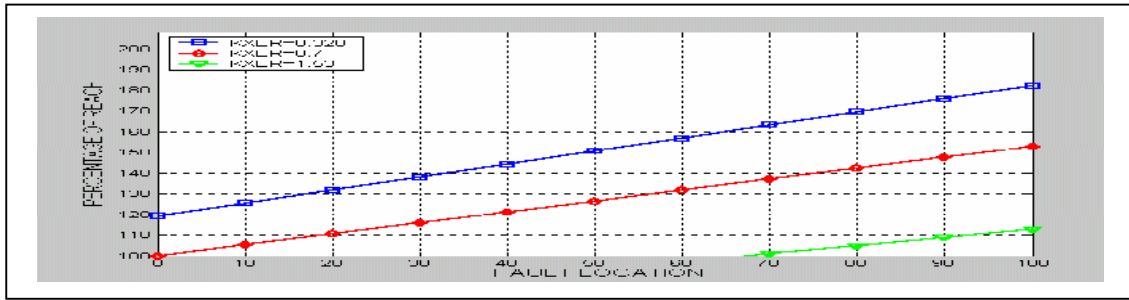
الشكل (٧-3): النسبة المئوية للتغطية المفاعلية لمواقع عطل مختلفة على الخط المجاور للخط المحمي

إدخال تأثير المحطة الوسطية

كما يلي :

$$X_{Ph-E} = \frac{1+K_{XEL1} + K_{XEMI-2}}{1+K_{XER} + K_{XEMI-2}} \cdot X_{L1} + m \cdot \left( 2 + \frac{I_B}{I_K} \right) \cdot \frac{1+K_{XEL2} - K_{XE3-4} \frac{X'_{OM}}{X'_{OL}}}{1+K_{XER} + K_{XEMI-2}} \cdot X_{L2} \quad (7.4)$$

كما تم اختبار النسبة المئوية للتغطية المفاعلية للمرحلة المسافية ضمن الخط المجاور للخط المحمي وذلك عند قيم مختلفة من عامل تنظيم



الشكل (٧-4) : النسبة المئوية للتغطية المفاعلية لمواقع عطل مختلفة على الخط المجاور للخط المحمي وعند إدخال تأثير المحطة الوسطية.

المرحلة وعند إدخال تأثير المحطة الوسطية ، كما مبين في الشكل ( - ) .

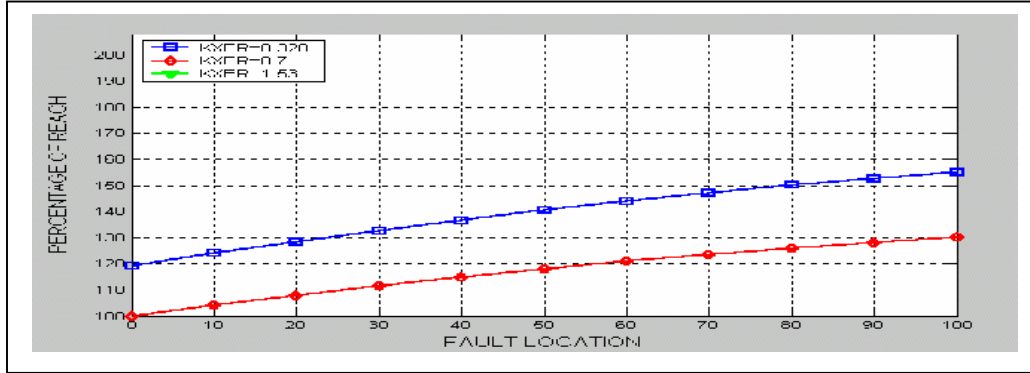
### 7.3 حساب المفاعلة المنظورة من قبل المرحلة لحالة التشغيل الثالثة :

قبل المرحلة في هذه الحالة هي :

$$X_{Ph-E} = \frac{1+K_{XEL1} + K_{XEMI-2}}{1+K_{XER} + K_{XEMI-2}} \cdot X_{L1} + \frac{m(2-m) \cdot (1+K_{XEL2}) + (m)^2 \cdot K_{XEM3-4}}{1+K_{XER} + K_{XEMI-2}} \cdot X_{L2} \quad \dots (7.5)$$



كما تم اختبار النسبة المئوية للتغطية المفاعلية للمرحلة المسافية ضمن قطاعات الإسناد الخط المجاور للخط المحمي وذلك عند قيم مختلفة من عامل تنظيم



الشكل (5-7): النسبة المئوية للتغطية المفاعلية لمواقع عطل مختلفة على الخط المجاور للخط المحمي

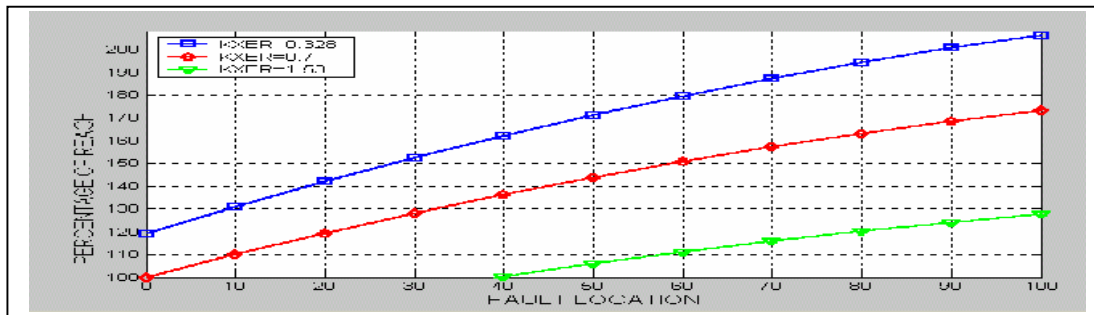
المرحلة، كما مبين في ا (5-).

تأثير المحطة الوسطية على حالة التشغيل الثالثة

:

$$X_{Ph-E} = \frac{1 + K_{XEL1} + K_{XEM1-2}}{1 + K_{XER} + K_{XEM1-2}} \cdot X_{L1} + \frac{m \cdot (2-m) \cdot (1 + K_{XEL2}) + (m)^2 \cdot K_{XEM3-4}}{1 + K_{XER} + K_{XEM1-2}} \cdot \left(1 + \frac{I_B}{I_K}\right) \cdot X_{L2} \quad \dots (7.6)$$

تم اختبار النسبة المئوية للتغطية المفاعلية للمرحلة المسافية ضمن قطاعات الإسناد الخط المجاور للخط المحمي وذلك عند قيم مختلفة من عامل تنظيم



الشكل (6-7): النسبة المئوية للتغطية المفاعلية لمواقع عطل مختلفة على الخط المجاور للخط المحمي

المرحلة عند إدخال تأثير المحطة الوسطية ، كما مبين في الشكل (6-).

يتضح من النتائج التي تم الحصول عليها بأن التنظيم  
أنه بالإمكان جعل التنظيم  
المسافة في حالة العطل الأرضي هي نفسها في حالة العطل الطوري .

(( 7-1 ) ( 7-6 )) نستنتج كذلك بأن تغيير قيمة عامل التنظيم يسبب لنا  
تغير نسبة موقع العطل بالنسبة إلى طول الخط  $(x/l)$  ديد موقع العطل بدقة.  
أيضاً بأن تأثير المحطة الوسطية يعمل على قصر المدى ( زيادة قيمة المفاعلة المنظورة من قبل المرحلة ) .

التنظيم المفاعلي الإسناد يميل إلى التوفيق بين حالات التشغيل المختلف  
ولا بأس من كون المفاعلة المقاسة مختلفة عن القيمة الفعلية لمفاعلة العطل في قطاعات الإسناد  
وذلك لكون الدقة في هذه القطاعات أقل أهمية من الدقة المطلوبة في الخط المحمي ( والسبب في ذلك يعود إلى كون قطاعات الإسناد تمثل حماية إسناد )

## 9- References:

- [1] Y.G. Paithanka, R. "Transmission Network Protection Theory & Practical" ISBN 0-827-9911-9, Marcel Dekker, 1998.
- [2] A. R. Van C. Warrington, "PROTECTIVE RELAYS, THEIR THEORY & PRACTICE", Volume Two, Third Edition, Fletcher & Son Ltd, Norwich, 1977.
- [3] Gerhard Ziegler, "Numerical Distance Protection, Principles & Application" Siemens, Erlangen, Publics-MCD-Verl. 1999.
- [4] G. E. Alexander & J.G. Andrick, "Ground Distance: Problem & Principles", General Electric Company, Malvern, PA, October 20, 1991.

[5] M. Johnson, “Line Protection & Power System Collapse”, Ph.D. THESIS, Department of Electric Power Engineering , Chalmers University of Technology, Gotebory, Sweden, 2001.

[6] MATLAB FUNCTION REFERENCES, “The Language of Technical Computing”, MATLAB User Guide Version 6.5, 2001 by Math works In., PP.294-303, September 1980.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة – جامعة الموصل