تأثير الربط على تخطيط الانظمه الكهربائية

د . إبراهيم محمود ملوخيه★ م . إبراهيم سالم فلاح
د . عبد الحميد القمودى★ م . عبد الحميد ضى★★

مقدمة

للربط الكهربائى عدة فوائد فنية وإقتصادية منها :-
زيادة مقدرة الأنظمة المترابطة على مجابهة الزيادة المتوقعة فى الأحمال دون الحاجة إلى زيادة فى التوليد وكذا التغلب على العجز الناشيء عن الخروج الإضطرارى لبعض وحدات التوليد . أيضا بالربط الكهربائى بين المنظومات يمكن إجراء الصيانة الدورية لوحدات التوليد بالمنظومات بشكل أكثر ملاءمة عنه فى حالة عملها منعزلة . كذلك من الناحية الإقتصادية يمكن توفير مصدر رخيص للطاقة الكهربائية وبالتالى يؤدى ذلك إلى خفض فى تكاليف التوليد .

من جهة أخرى فإن للربط مشاكل من حيث :
(1) التكاليف الإضافية لخطوط الربط والمعدات المترافقة
(2) إختيار أفضل الطرق للإتفاق بين المنظومات المطلوب ربطها
(3) الصعوبة فى كتابة الطريقة الرياضية التى تعكس تدفق القدرة والتحكم فى الجهد للمنظومات المترابطة

لمحة نظرية

إن تطبيقات نظرية الإحتمالات والإحصائيات فى مجال الطاقة الكهربائية بدأ يلقى أهتماما واسعا منذ عشرات السنين الماضيه [1 - 12] ويرجع السبب فى ذلك الى التطور الهائل فى هذا المجال والإستثمار الضخم (حوالى 40٪ من الدخل القومى) وذلك لتنفيذ خطط توليد ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية لمجابهة الحمل المتزايد [8,4] .

تنعكس متغيرات الإعتمادية على درجة إستمرارية مصدر الطاقة الكهربائية لتغذية المستهلكين وكان هذا موضوع عدة ورقات [13 , 14 , 17 , 21] فى العقد الماضى . هناك ثلاث طرق معروفة وتستعمل على نطاق واسع من قبل أغلب هيئات الكهرباء فى العالم وهى كالآتى [1 , 4 , 7 , 10 , 13] :-

أ - طريقة توقع فقدان الحمل
ب - طريقة توقع فقدان الطاقة
ج - طريقة الاستغراق والتردد

طريقة توقع فقدان الحمل

تعتبر هذه الطريقة من أسهل الطرق ولكنها تعطى مؤشرا واحدا فقط كمتغير للإعتمادية ، ويطلق عليها إحتمال فقدان الحمل أو بمعنى آخر إحتمال أن تتعدى قيم الحمل قيم التوليد المتاح وبهذا المفهوم فإن هذه الطريقة لاتعطى أى معلومات عن قيم ومدى تكرار العجز المتوقع فى التوليد وكذلك عن كميات الطاقة التى لن ترسل إلى المستهلك . ولكن بالمقابل فإن هذه الطريقة تستعمل على نطاق واسع من قبل الهيئات لسهولتها وقلة المعلومات المطلوبة لتطبيقها وكذا سهولة برمجتها على الحاسب الآلى للحصول على مؤشر متغير الإعتمادية للمنظومة الكهربائية .

طريقة توقع فقدان الطاقة

تعتبر هذه الطريقة من الطرق

★ جامعة الفاتح - كلية الهندسة - طرابلس - الجماهيرية ★★ الشركة العامة للكهرباء

البسيطة ولكنها أيضا تعطى مؤشرا واحدا فقد كمتغير للإعتمادية ، ويطلق عليها طريقة إحتمال فقدان الطاقة أو بمعنى آخر إحتمال أن تتعدى قيمة الطاقة المطلوبة القيمة المتاحة منها وبهذا المفهوم فإن هذه الطريقة لاتعطى أى معلومات عن قيم ومدى تكرار العجز المتوقع فى الطاقة وكذلك عن كميات الطاقة التى لن ترسل إلى المستهلك .

طريقة الاستغراق والتردد

إن صعوبة المعالجة الرياضية وتحويلها إلى الحاسب الآلى وكذلك السعة التخزينية الكبيرة نسبيا هى من أهم العيوب الرئيسية لهذه الطريقة ، خصوصا عند دراسة ربط الشبكات الكهربائية إلى جانب الصعوبة فى تجميع المعلومات على مكونات الشبكة . بينما فى المقابل تمتاز هذه الطريقة بالحصول على العديد من المؤشرات التى تساعد مهندس التشغيل فى رفع درجة الإعتمادية وكذا تحديد أنسب الطرق الممكنة للتغلب على نقصان درجة الإعتمادية . أيضا تتيح هذه الطريقة إيجاد تأثير تغير معدلات الخروج والإصلاح لوحدات التوليد و / أو خطوط الربط على درجة الأعتمادية للمنظومات المترابطة وقد إستخدمت هذه الطريقة فى الدراسة الحالية مع إدخال بعض التعديلات التى أدت الى توفير كبير فى حجم الذاكرة المطلوب وكذا الزمن اللازم للحل . هذا التعديل يشمل إستبدال الوحدات المتشابهة بوحدة توليد واحدة لها عدد من حالات التوليد ويمكن الحصول على تفاصيل هذه الطريقة بالرجوع إلى الأبحاث ارقام [10 , 13 , 19 , 20 , 21] من قائمة المراجع فى نهاية الورقة .

نتائج الحالات تحت الدراسة

تمت دراسة حالات ربط الشبكات الكهربائية لكل من : تونس ، غرب الجماهيرية ، شرق الجماهيرية ومصر. توجد معلومات موجزة لكل نظام بالملحق أ- 1 حيث رتبت حالات الدراسة على النحو التالى :-

أ - ربط شبكة شرق الجماهيرية بغربها

ب - ربط شبكة الجماهيرية الموحدة بالشبكة التونسية

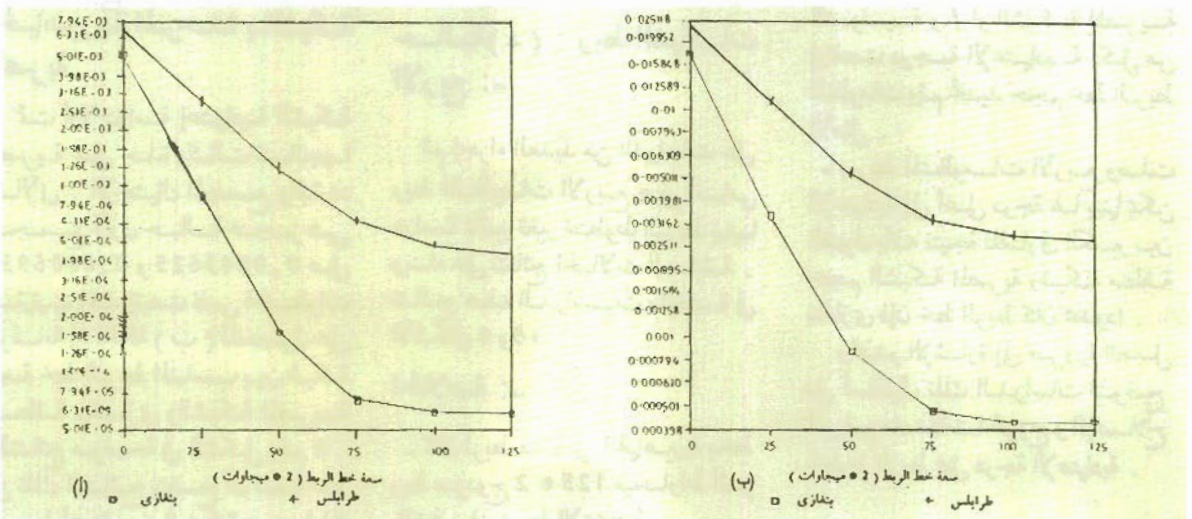
ج - ربط شبكة الجماهيرية الموحدة بالشبكة المصرية

د - ربط الشبكات الاربع

حالة (أ):ربط شبكة شرق الجماهيرية بغربها

نظرا لعدم وجود بيانات كافية فقد تم اعتبار قيم معدلات العطل ومعدلات الاصلاح لخط الربط بين الشبكتين على أساس 2 عطل كل سنة واصلاح واحد كل يوم كقيم متوسطة على الترتيب (وتجدر الاشارة الى أن هذه القيم تتوافق مع المعدلات العالمية) .

وبتغير سعة خط الربط بمقدار 25 ميجاوات لكل خطوة تم حساب السعة القصوى لهذا الخط ، ودراسة تأثير هذا التغير على مستوى درجة الاعتمادية على كل من النظامين . والشكل (1) يوضح العلاقة بين متغير الاعتمادية وسعة خط الربط لهذه الحالة . من هذا الشكل يتضح ان خط الربط المزدوج بسعة 2*125 ميجاوات كسعة قصوى يعتبر مناسبا وبالتالى تم تثبيت هذه القيمة فى الحالات الاخرى التى شملتها



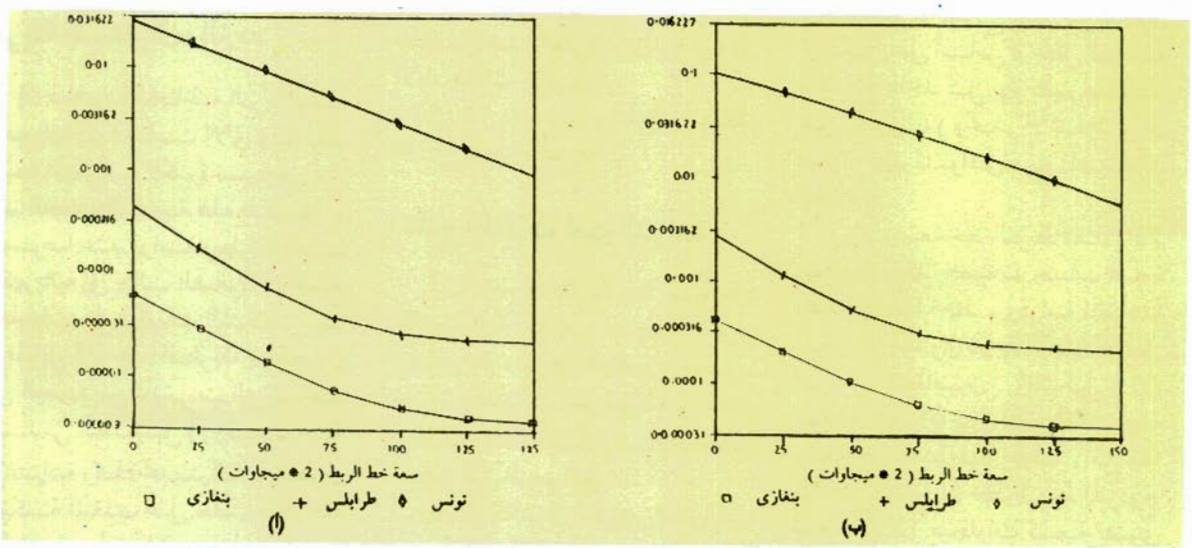
شكل (1) ربط شبكتى طرابلس وبنغازى

الدراسة .

حالة (ب) : ربط شبكة الجماهيرية الموحدة بالشبكة التونسية

تمت أولا دراسة إعتمادية الشبكة التونسية على حدة وكانت نتائجها كالآتى : الإحتمال المجمع والتردد المجمع لأول حالة عجز هى 0,002828 و 0 . 1054 على الترتيب وتعتبر هذه القيم عالية جدا ويرجع ذلك إلى زيادة الحمل على الشبكة التونسية وعدم وجود وفرة فى التوليد مما قد يؤدى إلى حدوث مشاكل تشغيلية نظرا لزيادة إحتمالية فقدان الحمل الناشيء عن الخروج الإضطرارى لأى من وحدات التوليد بالشبكة .

تمت دراسة ربط الشبكة التونسية بالمنظومة الليبية عن طريق خط ربط مزدوج بين شبكة طرابلس والشبكة التونسية وتم إعتبار عدد كبير من حالات الربط حيث زيدت سعة خط الربط كل مرة بمقدار 25 ميجاواط الشكل رقم 2 يوضح نتائج تلك الدراسة والتى منها يمكن القول بأن خط الربط المناسب هو 2 * 150 ميجاواط



شكل (2) ربط شبكات بنغازي - طرابلس - تونس

حالة (ج) : ربط شبكة الجماهيرية الموحدة بالشبكة المصرية

تمت أولا دراسة إعتمادية الشبكة المصرية على حدة وكانت نتائجها كالآتى : الإحتمال المجمع والتردد المجمع لأول حالة عجز هى 0,0006936 و 0,0043625 على الترتيب وقد إتبعت نفس الخطوات الموضحة فى الحالة (ب) للحصول على سعة خط الربط المناسب بين شبكة منطقة بنغازى والشبكة المصرية والنتائج موضحة فى الشكل رقم 3 . من تلك النتائج يتضح أن سعة خط الربط أعلى من 2 * 75 ميجاواط سوف يرفع من درجة الإعتمادية

حالة (د) : ربط الشبكات الاربع :-

تم إجراء العديد من الدراسات على ربط المنظومات الاربع على أساس دراسة تأثير تغير خطوط الربط بينها وبناء على نتائج الحالات السابقة . نتائج هذه الدراسات ملخصة فى الأشكال 4 و5 .

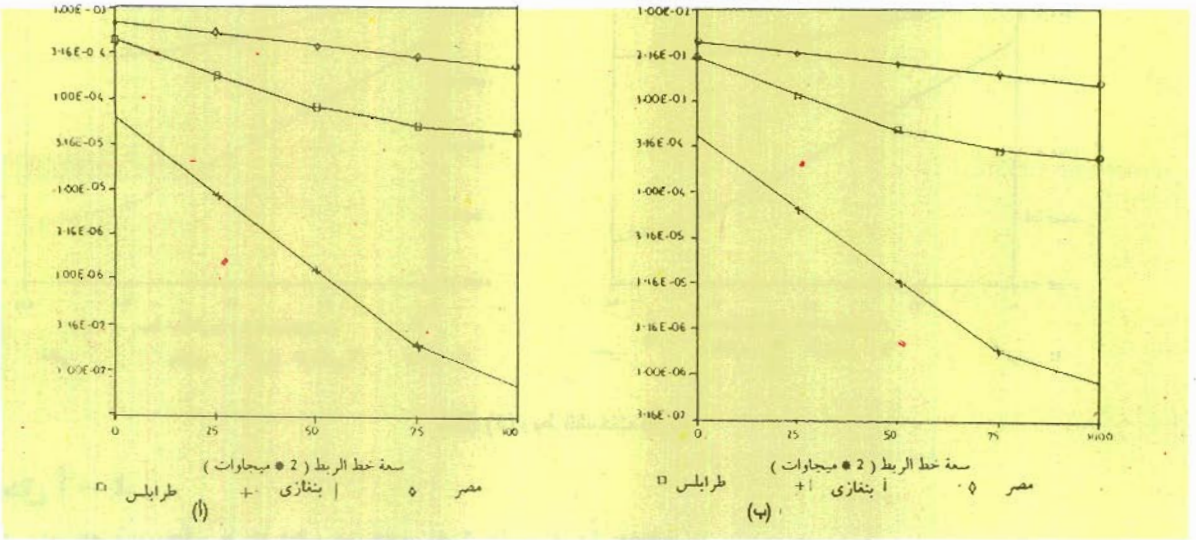
الخلاصة :-

- كان لربط منظومتى الجماهيرية بخط ربط مزدوج 2 * 125 ميجاواط أثر بالغ فى رفع درجة الإعتمادية .

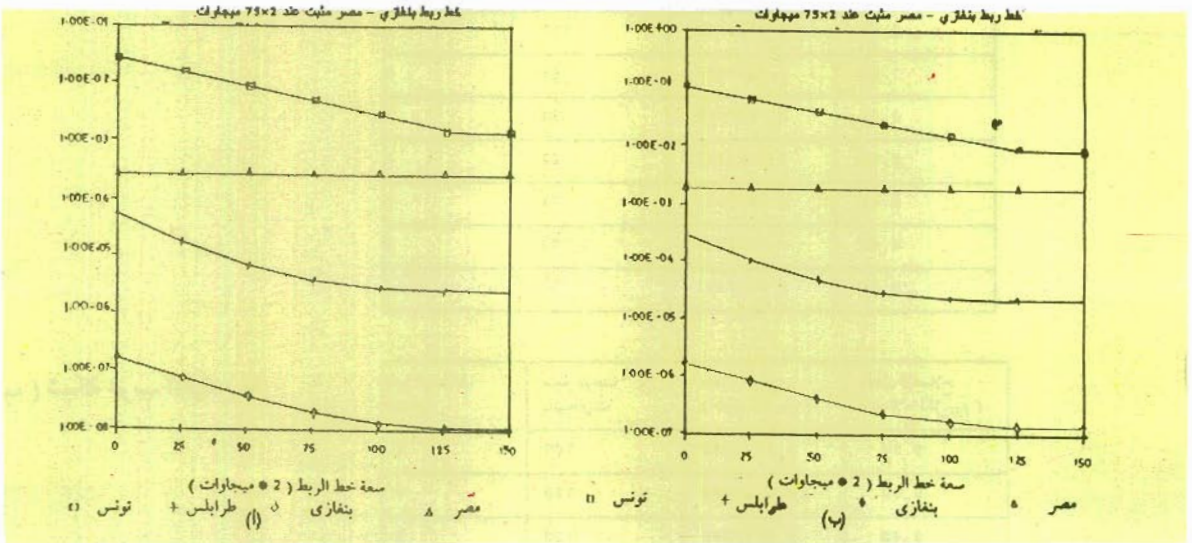
- بربط منظومة كل من الشبكة التونسية و / أو الشبكة المصرية إرتفعت درجة الإعتمادية لكل من المنظومات وتم تحديد حجم خط الربط الأمثل .

- بربط المنظومات الأربع وصلت الإعتمادية إلى أعلى درجة لها بينما يمكن القول بأنه نتيجة للفارق الكبير بين حجم الشبكة المصرية وشبكة منطقة بنغازى فإن خط الربط كان محدودا .

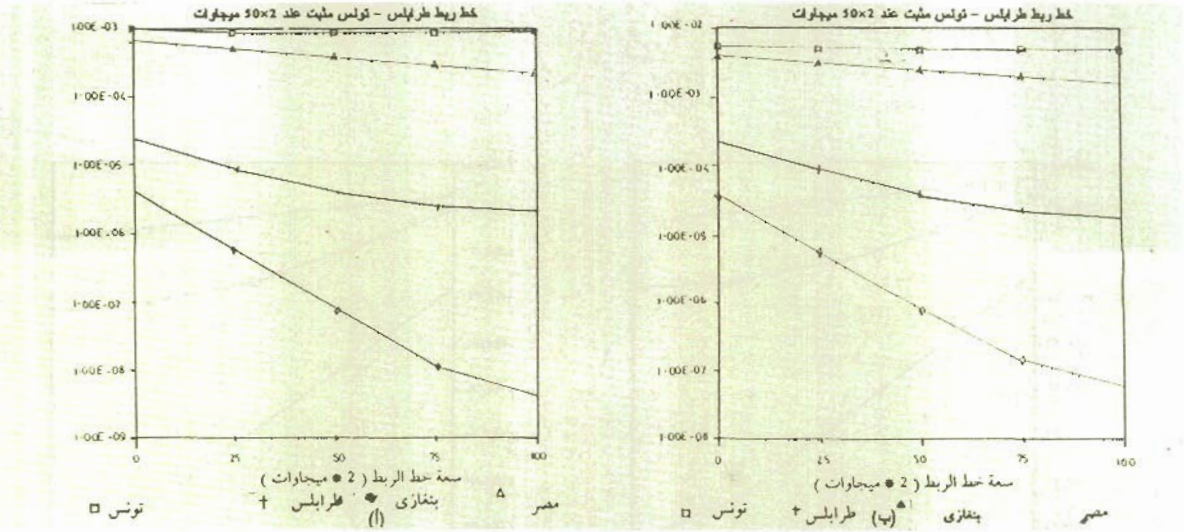
وتجدر الإشارة إلى ضرورة العمل على أستكمال تلك الدراسات لتوضيح تأثير قيم معدلات الخروج و الإصلاح لخطوط الربط على درجة الإعتمادية .



شكل (3) ربط شبكات طرابلس – بنغازي – مصر



شكل (4) ربط الشبكات الأربع



شكل (5) ربط الشبكات الأربع

ملحق أ – 1

معلومات التوليد والأحمال للمنظومات الكهربائية الأربع لسنة 1995.

1. معلومات التوليد

(أ) شبكة شرق الجماهيرية

عدد الوحدات المتشابهة	سعة الوحدة بالميجاوات	معدل العطل (عطل لكل يوم)	معدل الإصلاح (إصلاح لكل يوم)
2	100	0.0122448	0.60
4	65	0.0244897	1.20
3	30	0.0521739	0.60
4	20	0.0533333	0.48
2	15	0.0533333	0.48
2	10	0.1058823	0.60
4	7	0.0537931	0.36

(ب) شبكة غرب الجماهيرية

عدد الوحدات المتشابهة	سعة الوحدة بالميجاوات	معدل العطل (عطل لكل يوم)	معدل الإصلاح (إصلاح لكل يوم)
2	100	0.0122448	0.60
4	120	0.0122448	0.60
2	120	0.0717241	0.48
5	65	0.0555560	0.50
6	85	0.0163265	0.80
6	15	0.0423529	0.24
4	20	0.0409638	0.20

(ج) الشبكة التونسية

عدد الوحدات المتشابهة	سعة الوحدة بالميجاوات	معدل العطل (عطل لكل يوم)	معدل الإصلاح (إصلاح لكل يوم)
5	150	0.141176	0.80
4	24	0.074118	0.42
1	300	0.068420	1.30
17	20	0.057778	0.52

(د) الشبكة المصرية :

عدد الوحدات المتشابهة	سعة الوحدة بالميجاوات	معدل العطل (عطل لكل يوم)	معدل الإصلاح (إصلاح لكل يوم)
12	140	0.02525	2.50
7	35	0.03673	1.80
4	55	0.04898	2.40
9	240	0.09889	0.89
3	10	0.02449	1.20
3	24	0.02010	0.65
24	20	0.02583	0.62
3	80	0.04892	0.65
1	200	0.09889	0.89
8	88	0.04892	0.65
5	40	0.03673	1.80
5	12	0.02449	1.20
3	52	0.04898	2.40
9	100	0.03989	0.53
10	120	0.03989	0.53
9	26	0.02010	0.65
2	28	0.02010	0.65
4	70	0.05645	0.75
4	250	0.09889	0.89
4	48	0.03250	0.78
7	18	0.02583	0.62
1	480	0.09889	0.89

2 . معلومات الأحمال بالميجاواط (للعام 1995)

تونس		شرق الجماهيرية		مصر		غرب الجماهيرية	
الحمل	الايام	الحمل	الايام	الحمل	الايام	الحمل	الايام
860	365	423	365	5408	365	955	365
910	3	435	2	5694	10	1077	1
955	59	474	27	6008	6	1159	2
985	106	494	57	6200	7	1216	4
1030	63	516	75	6363	6	1261	5
1070	72	530	60	6582	13	1293	14
1110	42	556	75	6739	30	1326	9
1150	18	586	48	7142	53	1349	20
1185	2	610	20	7920	60	1357	23
		632	1	8357	59	1404	35
				8712	62	1436	25
				9013	42	1446	26
				9368	16	1487	18
				9832	1	1518	32
						1566	90
						1635	41
						1666	10
						1692	7
						1711	2
						1733	1

ملحق أ – 2

ايجاد نموذج السعة للوحدة المكافئة لمجموعة وحدات توليد متشابهة:

بفرض مجموعة N من وحدات التوليد المتطابقة لكل منها سعة مقدارها K ميجاوات ، معدل عطل F ، ومعدل إصلاح R وإحتمال أنها فى حالة جيدة P يمكننا الحصول على معادلات معدل الإنتقال إلى حالة أعلى وحالة أدنى وكذا تكرار هذه الحالة على النحو التالى :

$$C_i = N_o K \quad MW \qquad (A-1)$$

$$P_i = \frac{N!}{N_o!\,(N-N_o)!}\, p^{N_o}\,(1-p)^{N-N_o} \qquad (A-2)$$

$$\rho_+(C_i) = N_o \cdot r \qquad (A-3)$$

$$\rho_-(C_i) = (N - N_o) \cdot f \qquad (A-4)$$

$$f(C_i) = p_i \cdot [\rho_+(C_i) - \rho_-(C_i)] \qquad (A-5)$$

حيث:

Ci هي القدرة الكلية للوحدة المكافئة.

pi هي احتمالية وجود عدد No من الوحدات خارجة عن العمل.

$\rho_+(C_i)$ هي معدل الإرتقاء إلى مستوى أعلى.

$\rho_-(C_i)$ هي معدل الهبوط إلى مستوى أدنى.

f (Ci) هي مقدار تردد هذه الحالة.

المراجع

[1] R.N. ALLAN, R, Billinton & S.LEE; Bibliography on the Application of Probability Methods in Power System Reliability Evalaution; 1977–1982 IEEE Transactions On Power Apparatus and SYSTEM, Vol. PAS–103, No. 2, Feb. 198g, pp 275–282.

[2] IEEE COMMITTEE; Bulk Power System Reliability Assessment Why & How Part 1: Why IEEE Transactions On Power Appa–Ratus And Systems, Yol PAS–101 ,No. 9, Sep. 1982 ,pp 3439–34g5.

[3] IEEE COMMITTEE; Bulk Power System Reliability Assessment Why & How Part 2: How IEEE TRANSACTIONS ON POWER APPARATUS AND SYSTEMS, Vol. PAS–101 ,No 9, Sep. 1982, pp 3446–345h.

[4] G. HAMOUD & R. BILLINTON; Uncertainty Aspects in Lole Calculations for Two Interconnected Systems; IEEE TRANSACTONS ON POWER APPARATUS AND SYSTEMS, Vol PAS–100 No. 5, Sep/Oct 1981, pp 2320–2328.

[5] IEEE COMMITTEE; IEEE RTS: Reliability Test System; IEEE TRANSACTIONS ON POWER APPARATUS AND SYSTEMS, Vol. PAS–98 ,no. 6, Nov/Dec 1997, pp 2047–2054.

[6] IEEE COMMITTEE; Bibliography on the Application of Probability Methods in power System Reliability Evaluation: 1971–1776; IEEE TRANSACTIONS ON POWER APPARATUS AND SYSTEMS, Vol. PAS–97 ,No 6, Nov/Dec 1978, pp 2235–2242.

[7] A.K. AYOUB & A.D. PATTON; A Frequency and duration Method Generation System Reliability Evaluation; IEEE TRANSACTIONS ON POWER AND SYSTEMS ,Vol. PAS–95, No. 6 ,Nov/Dec 1976,pp 1929–1933.

[8] R.K. DEB; Effective Load Carrying Capability of Interties; IEEE TRANSACTIONS ON POWER APPARATUS, Vol. PAS–103, No. 12 ,Dec 1984,pp 3480–3487.

[9] R. BILLINTON et al.; Comprehensive Bibliography on Electrical service interruption costs IEEE TRANSACTIONS ON POWER APPARATUS AND SYSTEMS, Vol. PAS–102, No. 6, June 1983, pp 1831–1837.

[10] G.J.ANDERS : A Novel Approach to Frequency and Duration Analysis and Uncertainty Considerations for radial and Two Intecnnected Systems IEEE TRANSACTIONS ON POWER APPARATUS AND SYSTEMS, Vol. PAS - 102, NO. 7, July 1983 ; PP 2165 - 2172 .

[11] G.HAMOUD . et al. ; Use of Cumulant Method in Computing the Frequency and Duration Indices of Single and Two Interconnected Systems , IEEE TRANSATIONS ON POWER APPARATUS AND SYSTEMS , Vol. PAS - 102, NO 8, Aug. 1983, PP 2399 .

[12] P.R. KURAGANTY & R.BILLINTON ; A Reliability Assessment of the west Canada , IEEE TRANSACTIONS ON POWER APPARATUS AND SYSTEMS , Vol. PAS - 102. NO. 9, Sep. 1983 , PP 2826 - 2833 .

[13] RILLINTON et al . ; " Digital Computer Algorithms for the Calculation of Generation Capacity Reliability Indices " , IEEE TRANSACTIONS ON POWER APPARATUS AND SYSTEMS . Vol . PAS–101 , No . 1 , Jan . 1982 , pp 203–211 .

[14] R . BILLINTON & C . WEE ; " A Frequency and Duration Approach for Interconnected Systems Reliability Evaluation " , IEEE TRANSACTIONS ON POWER APPARATUS AND SYSTEMS , Vol . PAS–101 , No . 5 , May 1982 , pp 1030–1039.

[15] EYPTIAN ELECTRICITY AUTHORITY Report ; " Feasibility Study for the Interconnection of the Egyptian and Libyan Electrical Systems , Vol .1 ; Cairo / Tripoli , 1991.

[16] B.R.M.LASSAAD & CH.CHEDLY ; " Summary Report on a Generation Expansion Plan for Tunisia ; Study Period : 1996–2025 " , Tunis , 1992.

[17] G.HAMOUD & R.BILLINTON ; " Uncertainty Considerations in Frequency and Duration Analysis for Radial and Two Interconnected SYstems " ; IEEE TRANSACTIONS ON POWER APPARATUS AND SYSTEMS , Vol. PAS–101 , No.10 , Oct. 1982 , pp 3658–3668.

[18] N.S.RAU et al. ; " Reliability of Interconnected Power Systems with correlated demands " , IEEE TRANSACTIONS ON POWER APPARATUS AND SYSTEMS , Vol. PAS–101 , NO. 9 , Sep. 1892 , pp 3421–3430.

[19] I.M.MOLOKHIA & I.S.FALAH ; " Power System Reliabiliy Using the Frequency and Duration Approach " ; THE SECOND LIBYAN ARAB INTERNATIONAL CONFERERENCE ON ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING , March 1989 , Tripoli , Libya.

[20] I.M.MOLOKHIA & I.S.FALAH ; " Reliability Evaluation of Interconnected Power Systems " ; THE SECOND LIBYAN ARAB INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING , March 1989 , Tripoli , Libya .

[21] I.M.MOLOKHIA , I.S.FALAH & H.A.HADDOUD ; " A Frequency and Duration Approach for Interconnected System Reliability Evaluation " ; Proceeding of the IASTED International Symposium , FIFTH IASTED INTERNATIONAL CONFERENCE ON RELIABILITY & QUALITY CONTROL , Logano , Switzerland , june 1989 , pp 123–126.

ملخص :

تستعرض هذه الورقة تأثير الربط الكهربائى لكل من الشبكات الكهربائية : الليبية والتونسية والمصرية عن طريق خط مزدوج الدائرة .

فى البداية تمت دراسة حالة ربط شبكة غرب الجماهيرية بشرقها وذلك بهدف تحديد سعة خط الربط المناسب . ومن ثم أجريت دراسة حالة ربط إحدى الشبكتين (التونسية أو المصرية) بالشبكة الليبية وأخيراً حالة ربط الشبكات الكهربائية الأربع .

استعملت طريقة الإستغراق والتردد لتقييم درجة الإعتمادية فى كل الحالات . من خلال النتائج المتحصل عليها تم تحديد حجم خط الربط المناسب فى كل حالة ، وإتخذت قيمتا الإحتمال المجمع و التردد المجمع لحالة أول عجز فى التوليد من جداول الفائض فى التوليد كمؤشر لتقييم متغيرات درجة الإعتمادية .

إن النتائج المبينة بهذه الورقة تبرز أهمية ربط الشبكات الكهربائية لما لأثرها البالغ فى رفع درجة الاعتمادية لكل من المنظومات المترابطة .