دراسة إستقرارية خطوط النقل المتوسطة

(خط العبيدية 33 ك. ف)

بحث تكميلي لنيل درجة بكلاريوس الشرف في الهندسة الكهربائية (قدرة)

إعداد الطلاب :

خضر محمد خضر علي

عبد الرحمن حسن الماحي

محسن إدريس الطاهر

محمد احمد الحاج احمد

إشراف :

د: صديق عبدالرحمن إبراهيم

قسم الهندسة الكهربائية

كلية الهندسة

جامعة الشيخ عبد الله البدري

يناير 2021 -م

الآية

قال تعالى :

(وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْماً)

سورة طه

الآية ((114))

الإهداء

إلى اصحاب السيرة العطرة والفكر المستنير،

فلقد كان لهم الفضل الأول في بلوغنا التعليم العالي (اباؤنا الكرام)

أطال الله في عمرهم

إلى من وضعتني على طريق الحياة وجعلتني ربط الجأش،

و راعتنا حتى صرنا كباراً (ألام الغالية)

إلى إخوتنا،

و كل من كان لهم بالغ الأثر في كثير من العقبات والصعاب،

إلى جميع أساتذتنا الكرام،

لكل من لم يتوانوا في مد يد العون لنا

.إلي من جعلهم الله أخوتنا بالله .....طلاب قسم الكهرباء

....نهدي إليكم بحثنا .

الشكر و العرفان

أولا الشكر لله سبحانه وتعالي

لابد لنا ونحن نخطو خطواتنا الأخيرة في الحياة الجامعية من وقفه نعود إلي أعوام قضيناها في رحاب الجامعة مع اساتذتنا الكرام الذين قدموا لنا الكثير باذلين بذلك جهودا كبيره في بناء جيل الغد لنحيي ألامه من جديد وقبل أن نمضي نقدم اسمي آيات الشكر والامتنان والتقدير والمحبة إلي الذين حملوا أقدس رسالة في الحياة إلي الذين مهدوا لنا طريق العلم والمعرفة إلي جميع اساتذتنا الأفاضل

كن عالما ،فان لم تستطع فكن متعلما ،

فان لم تستطع فأحب العلماء ،

فان لم تستطع فلا تبغضهم ،،

ونخص بالشكر والقدير الدكتور الجليل صديق عبد الرحمن

الذي نقول له بشراك قول رسول الله صلي الله عليه وسلم

أن الحوت في البحر ،

والطير في السماء ليصلون علي معلم الناس الخير ،،

كما أننا نوجه خالص شكرنا وتقديرنا إلي الأب الكريم الجليل مربي الأجيال

إلي من علمنا التفاؤل والمضي إلي الأمام ،

إلي من رعانا وحافظ علينا والي من وقف بجانبنا عندما ضللنا الطريق (الشيخ عبد الله البدري)

ولا يفوتنا أن نشكر أيضا المهندسين الإجلاء الذين ساعدونا في الشورى والرأي

المهندس :صلاح عبد الحفيظ

المهندس: عبد الرحمن سامبو

فهرس المحتويات

الفصل الأول مقدمة عن البحث		
1-1	تمهيد	2
2-1	تعريف برنامج الايتاب	2
3-1	مشكلة البحث	2
4-1	أهمية البحث	2
5-1	الهدف من البحث	2
6-1	منهجية البحث	3
7-1	بنية البحث	3
الفصل الثاني دراسة إستقرارية منظومة القوى الكهربية		
1-2	تمهيد	5
2-2	دلالات استقرار منظومة القوى الكهربية	6
3-2	دراسات استقرار الشبكة	6
1-3-2	صعوبة دراسة الإستقرارية	6
2-3-2	دراسة استقرار زاوية القدرة Rotor Angle Stability	7
3-3-2	دراسة استقرار التردد Frequency Stability	9
1-3-3-2	تأثير القصور الذاتي على حجم التغير في التردد	9
2-3-3-2	المجالات التى يتغير فيه التردد	10
3-3-3-2	مراحل التحكم في التردد	11
4-3-2	دراسة استقرار الجهد Voltage Stability	12
1-4-3-2	انواع اسقرار الجهد	12
2-4-3-2	أساسيات دراسة استقرار الجهد	13
3-4-3-2	ظاهرة انهيار الجهد Voltage Collapse	15
4-4-3-2	طرق تحسين استقرار الجهد فى الشبكات	17
الفصل الثالث التصميم و المناقشة		

1-3	التصميم	21
2-3	تقرير سريان الحمولة للحالة الاولى	25
3-3	مناقشة النتائج	28
4-3	تقرير سريان الحمولة للحالة الثانية	29
الفصل الخامس الخاتمة والتوصيات		
1-4	الخاتمة	31
2-4	التوصيات	31
3-4	المراجع	32

فهرس الأشكال

1-2	تغير قيمة القدرة غير الفعالة للمولد أثناء تعرضه للاضطراب	5
2-2	القدرة المنقولة بين محطتين يربط بينهما خط نقل	8
3-2	منحنى زاوية القدرة	8
4-2	العلاقة بين القدرة المتولدة والأحمال المتصلة بالشبكة و التردد	9
5-2	مجالات تغير التردد	10
6-2	منظومة مولد تغذي قضيب لانهائي	13
7-2	منحنى P-V	14
8-2	المنحنى العلاقة بين VR و Q	14
9-2	تغير مساحة منحنى P-V	16
10-2	منحنى P-V مع قيم مختلفة لمعامل	17
11-2	منحنى P-V فى وجود وعدم وجود DG	19
1-3	تصميم خط العبيدية- الشقلة على برنامج الايتاب	21
2-3	تغير جهد قضيب التوزيع 265	22
3-3	يوضح تغير تردد قضيب التوزيع 265	22
4-3	التغير في زاوية الجهد لقضيب التوزيع 265	23
5-3	تغير تيار الاطراف للمولد	23
6-3	التغير في سرعة المولد المولد	24
7-3	تغير القدرة للمولد	24
8-3	تغير جهد قضيب التوزيع 247	26
9-3	التغير في زاوية الجهد لقضيب التوزيع 247	26
10-3	التغير في سرعة المولد المولد بسبب العطل	27
11-3	يوضح تغير تيار الاطراف	27
12-3	تغير القدرة الغير الفعالة للمولد	28

فهرس الجداول

1-2	حدود ونسب الفصل في السودان	11
1-3	تقرير سريان الحمولة للحالة الاولى	25
2-3	تقرير سريان الحمولة للحالة الثانية	29

قائمة الإختصارات

IEEE	Institute Electrical and Electronics Engineers
GIS	Geographic Information System
IEC	International Electro technical Commission
ETAP	Electrical Transient Analyzer Program
BBS	Bus Bur

المستخلص

في هذا المشروع تم تصميم شبكة لدراسة الاستقرارية في الخط الرابط بيين محطة الشقلة التحويلية ومنطقة العبيدية . تكمن المشكلة في تغيرات الجهد و تغير زاوية القدرة، يؤدي الي عدم استقرار الشبكة وقد يخرج الخط عن الخدمة استند البحث في الدراسة والتصميم على النظام العالمي IEC في طرق دراسة وتصميم خطوط نقل القدرة الكهربية المتوسطة و في تعريف مفهوم الاستقرارية .والهدف من دراسة الإستقرارية لخط العبيدية هو لمعالجة المشاكل التى تحدث فيه الناجمه عن الاعطال او الحالات العابرة و تم التصميم اعتمادا علي بيانات نظام GIS المستخدم لدى الشركة السودانية لتوزيع الكهرباء.

تم استخدام بيانات حقيقة لتصميم الخط . تم استخدام برنامج الايتاب لدراسة الخط وعمل النمحة و المحاكاة.

و من خلال الدرسة لخط العبيدية تم معرفة سلوك النظام عند تعرضه للاضطرابات و تاثيرها علي استقراره مع ملاحظة انه يوجد هبوط في الجهد في خط العبيدية مع اخفاض معامل القدرة للأحمال .و تم التوصل الي نتائج مرضية .

Abstract

In this project, a stability study was designed at the link between the Shekla substation of the infrastructure. The problem lies in the change in the required voltage and the power angle, which leads to instability in the network and the line may go out of service. Research in the study and international design IEC in methods of studying and designing electrical power lines and in defining the concept of stability. The aim of studying the stability of the Al-Obaidiyah line is to address the problems that occur It was designed on the data of the GIS system used by the Sudanese Electricity Distribution Company.

Real data is used for font design. The EITAB program was used to study streak, modeling, and simulation. And through the study of the Al-Obaidiyah line, the behavior of the system when exposed to turbulence and its effect on its stability was known, noting that there is a drop in voltage in the Al-Obaidiyah line with a decrease in the power factor of the loads. Satisfactory results were reached.

الفصل الأول

المقدمة

الفصل الأول

المقدمة

1-1 تمهيد :

تعد دراسات الإستقرار جزاء أساسياً من دراسات التخطيط طويلة الأمد لنظم القدرة الكهربية ، خاصة أنه مع توسع الشبكة الكهربية و امتدادها على مناطق جغرافية واسعة أصبح من الصعب المحافظة علي التزامن (Synchronization) بين مختلف الأجزاء للمنظومة الكهربية ، ومعلوم أن فقدان هذا التزامن بين أجزاء الشبكة هو السبب الرئيسي لحدوث الإعتام التام (Blackout) الذي يمكن أن يضرب الشبكة .

2-1 تعريف برنامج الايتاب :

يعتبر برنامج الايتاب من أهم برامج دراسة وتحليل الأداء العابر أو الديناميكي لنظم القوى الكهربية تحت ظروف التشغيل المختلفة و تقديم أعلى مستوى أداء لتحليل الشبكات الكبيرة التي تتطلب حسابات مكثفة مع الرصد والمراقبة الحية (On line monitoring) لتطبيقات التحكم على هذه الشبكات ، حيث يعمل في جميع المستويات أي كان مجالها وأيضا من أقوى البرامج في تحليل سريان القدرة الكهربية ويعطي أدق النتائج .

3-1 مشكلة البحث :

يعتبر استقرار الشبكات واحد من أكبر التحديات التي تواجه الشبكات الكبيرة (Interconnected Networks) و تزداد المشكلة تعقيدا كلما توسعت محطات التوليد وزادت الخطوط والأحمال، لأن هذه الشبكة معرضة للكثير من الأعطال ومعرضة أيضا لتغيرات في ظروف التشغيل .

و تكمن المشكلة في تغيرات الجهد و تغير زاوية القدرة، يؤدي الي عدم استقرار الشبكة وقد يخرج الخط عن الخدمة .

3 أهمية البحث :

معرفة سلوك الشبكة والأنظمة عند تعرضها للإضطرابات و الأخطاء لخط العبيدية- الشقلة .

4-1 الهدف من البحث :

دراسة الإستقرارية لخط العبيدية المغذى من محطة الشقلة التحويلية لمعالجة المشاكل التى تحدث فيه الناجمه عن الاعطال او الحالات العابرة .

5-1 منهجية البحث :

في هذه الدراسة تم إتباع المنهج الوصفي التحليلي وذلك لدراسة و تحليل الأنظمة عند تعرضها لحالة عدم الإستقرار. ثم استندعلي بحوث واوراق علمية و مراجع تناولت موضع الإستقرار. و تم الإستناد علي جمع البيانات الحقيقة للخط (سعة المحولات ،اطوال المغذيات ....) وذلك عن طريق نظام المعلومات الجغرافية (GIS) المستخدم لدى الشركة السودانية لتوزيع الكهرباء . و إستناداً علي هذة البيانات تم رسم شبكة العمل لخط العبيدية باستحدام برنامج الإيتاب وعمل النمذجة و التحليل و التوصل النتائج .

6-1 بنية البحث :

ارتكذت بنية البحث على اربعة فصول ، ابتدأت بالفصل الأول وهو مقدمة البحث التي تناولت تعريفاً عن الاستقرارية و برنامج الايتاب ، ثم مشكلة و اهداف و منهجية البحث . و في الفصل الثاني تم دراسة وتحليل مشاكل الاستقرارية الرئسية و هي زاوية القدرة ، التردد و الجهد ، ثم تناول الفصل الثالث التصميم و المناقشة ، واخيرا الخلاصة والتوصيات في الفصل الرابع مع ذكر اهم المراجع التي استند عليها البحث .

الفصل الثاني

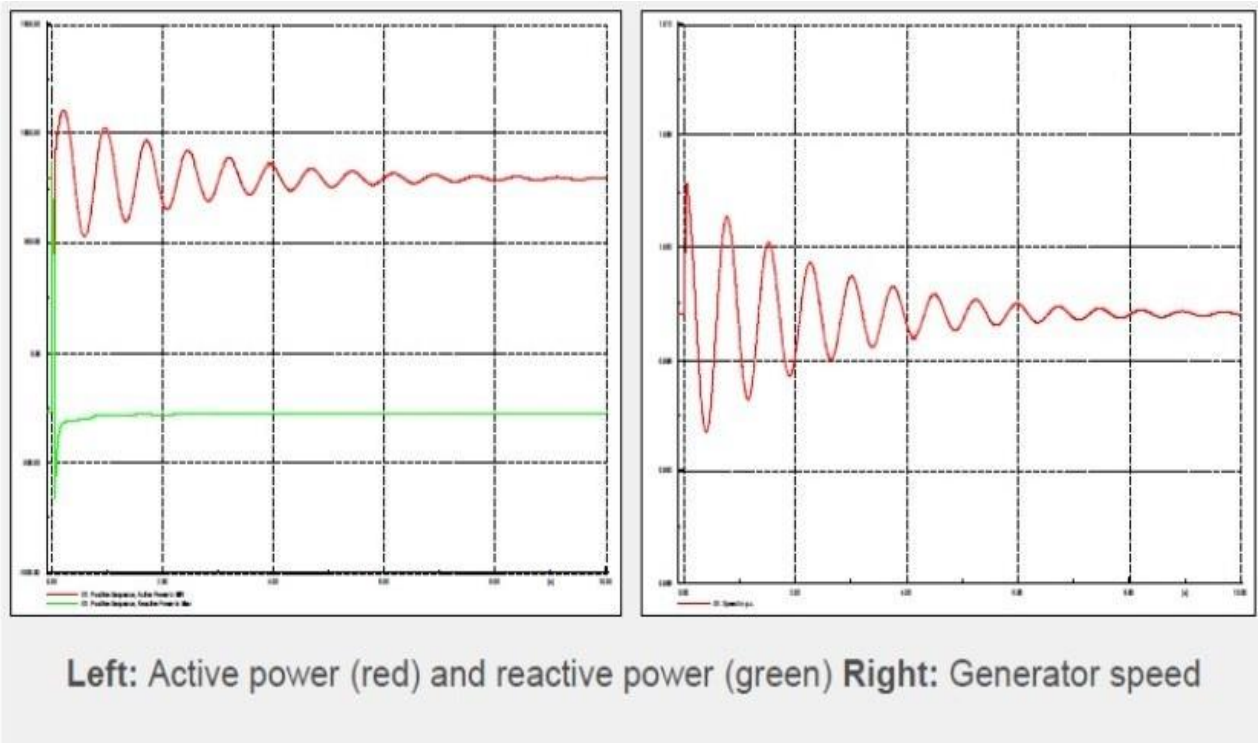
دراسة إستقرارية منظومة القوى الكهربية

الفصل الثاني

دراسة إستقرارية منظومة القوى الكهربية

1-2 تمهيد :-

وفقا لتعريف جمعية مهندسي الكهرباء والالكترونيات (IEEE) فإن الإستقرار (Stability) هو قدرة النظام على العودة إلى شروط التشغيل الطبيعية بعد تعرضه لإضطراب (Disturbance) معين ، فمثلا عند حدوث إضطراب ما في المنظومة و تغيرت قيمة القدرة الفعالة و القدرة غير الفعالة (Q,P) وكذلك السرعة. كما بالشكل (2-1) :



الشكل (2-1) يبين تغير قيمة القدرة غير الفعالة للمولد أثناء تعرضه للاضطراب

ويلاحظ من الشكل ان المنظومة في خلال ثواني رجعت مرة أخري إلى القيم الطبيعية ، فهنا يمكن القول أن هذا النظام مستقر stable. و يقصد بالظروف الطبيعية إن تكون عناصر نظام القدرة (Power System) الرئيسية الثلاثة ، التردد وزاوية القدرة والجهد أن تكون جميعا ضمن قيم مقبولة حسب قيم الضبط من قبل مشغلي النظام وبهذا تبقى الشبكة بشكل عام مستقرة ، وبدون أن يؤدي هذا الاضطراب إلى تفعيل انظمة الحماية والتحكم ، وهو التفعيل الذي يترتب عليه فقدان بعض الأجزاء الرئيسية من النظام أو تجزئة الشبكة

إلى مناطق (zone) وهو الإجراء المتبع عادة لتجنب حدوث الانهيار الكامل للنظام. فأما الجهد والتردد فقيمتهما محددة في الشبكة ، وأما قيمة زاوية الدوار فقيمتها (90-0) و يظل النظام مستقرا .

و كلما بعدت عن (90) درجة كلما كان هامش الاستقرار Stability margin واسعآ ، وهذا يعنى أن المنظومة قادرة على استيعاب الهزات .

2-2 دلالات استقرار منظومة القوى الكهربية :-

أهم الدلائل على استقرار الشبكة :

1- أن يكون حجم الأحمال المركبة على الشبكة + المفاقيد = حجم التوليد المتاح
2- أن تكون جميع المولدات على الشبكة في حالة تزامن (Synchronized) مع بعضها البعض
3- أن يكون التردد Frequency مستقرآ حول قيمته الاسمية (50/60 Hz) في أي نقطة بالشبكة
4- أن يكون الجهد عند كافة قضبان التوزيع BBs في الشبكة قريب من قيمته الطبيعية
5- أن تكون جميع الخطوط و الكوابل والمحولات والمولدات وغيرها تعمل جميعا وهي محملة بقيمة أقل من أو قريبة من القيمة المقننة لها بحيث يمكن أن تسمح بالزيادة ولكن لمدة وجيزة .

فالاستقرار بالشروط السابقة قد لا يتحقق في الشبكة لأكثر من عدة دقائق نتيجة تغير الأحمال، و قد تتغير ظروف التشغيل تغيرا دراماتيكيا نتيجة حدوث عطل مثلا بالشبكة .والاضطراب (Disturbance) الذي يحدث في الشبكة وقد يستمر لمدة وجيزة أو لمدة طويلة (Short and long term disturbance) .

2-3 دراسات استقرار الشبكة :-

طبقا لتصنيف جمعية مهندسي الكهرباء والالكترونيات IEEE، فان الدارس لموضوع الاستقراية (Stability) عليه أن يوجه نظره إلى ثلاثة أنواع من الدراسات الخاصة بموضوع الاستقرار :

1- استقرار زاوية القدرة (الدوار) Rotor Angle Stability
2- استقرار التردد Frequency Stability
3- استقرار الجهد Voltage Stability

2-3-1 صعوبة دراسة الإستقرارية :-

منظومة القدرة عموماً مصممة علي أن تكون مستقرة Stable خلال الاضطرابات التي تحدث كثيرا ، لكن بالطبع لا يمكن أن تصمم وان تكون مستقرة تحت كافة ظروف التشغيل. وصعوبة دراسة هذا الموضوع تكمن في سببين :

1- منظومة القدرة يمكن وصفها بأنها نظام غير خطي Non-Linear System وهذا يعنى أنه إذا تعرض النظام لعدة متغيرات فإن استجابة النظام Response System لهذه المتغيرات ليست

بالضرورة أن تكون مماثلة لكل متغير على حدة ، كما هو الحال في النظام الخطي وهذا ما يعقد الموضوع أكثر ، لأن توقع أداء النظام الغير خطي ليس بالسهولة كما في حالة النظام الخطي .

2- أن استجابة نظام القدرة لأي إضطراب Disturbance ليس فقط معقد رياضيا ولكن أيضا معقد من حيث سعة الانتشار، فتأثيرأى عطل يطال العديد من عناصر منظومة القوى . فحدوث قصر في الدائرة Short circuit ، مثلا على خط ثم فصل هذا الخط بواسطة أجهزة الوقاية وعزله بفتح قواطع الدائرة Circuit Breakers الخاصة به سيترتب عليه تغير في سريان الحمولة Power flow في خطوط الشبكة ، وهذا قد يؤدى إلى حدوث تغييرات في قيم الجهد عند بعض قضبان التوزيع BBs وقد يؤدى ذلك إلى تشغيل بعض منظمات الجهد Voltage Regulators ومن ثم قد تتغير أيضا سرعة بعض المولدات فينشأ عن ذلك تغييرات في التردد Frequency وتدخل من الحواكم Governors فعطل واحد دفعنا إلى دراسة الأنواع الثلاثة من أنواع الاستقرار Stability .

2-3-2 دراسة استقرار زاوية القدرة Rotor Angle Stability :-

دراسة استقرار زاوية القدرة (الدوار) تهتم بوضع المولدات المتزامنة بالنظام و التوازن بين العزم الكهربي Torque Electric و بين العزم الميكانيكي Mechanical Torque في هذه المولدات .

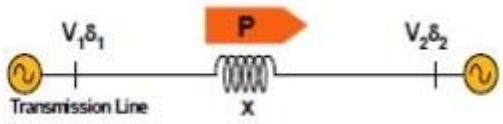
في الظروف الطبيعية يكون العزم الكهربي يساوي العزم الميكانيكي ، و يكون كلا المجالين المغناطيسيين ،المجال المغناطيسي للدوار Rotor magnetic field ، و المجال الكهربي للعضو الثابت Stator magnetic Field يدوران بنفس سرعة التزامن Synchronous speed، ولكن توجد بين مجال العضو الدوار Rotor field وبين مجال العضو الثابت Stator field زاوية هي التي نسميها زاوية القدرة او زاوية الدوار Rotor Angle .

يمكن التحكم فى زاوية العضو الدوار عن طريق التحكم فى القدرة الميكانيكية الداخلة إلى العضو الدوار .

ويترتب على تغير قيمة زاوية العضو الدوار Angle Rotor لمولدات موجودة فى جهة ما من خط نقل حدوث تغير أيضا فى قيمة ما نسميه بزاوية القدرة Angle Power وهى الزاوية التى تظهر فى المعادلة المشهورة التى تحدد قيمة القدرة المنقولة (Capacity Power Transfer) بين محطتين لهما جهد V2 and V1 ويربط بينهما خط نقل له معاوقة قدرها X .

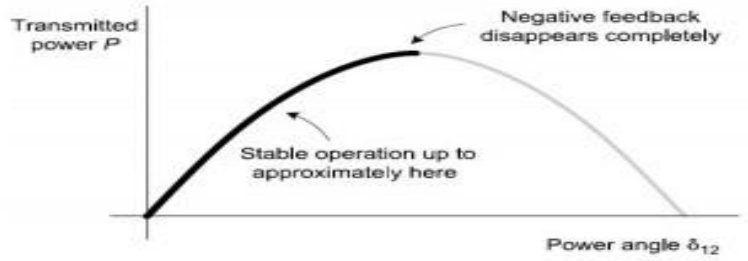
معادلة (2-1)

$$P = \frac{V_1 V_2}{X} \sin \delta_{12}$$



الشكل (2-2) يوضح القدرة المنقولة بين محطتين يربط بينهما خط نقل

فالزاوية δ12 هى التى تعرف بزاوية القدرة Power Angle وكلما زادت هذه الزاوية كلما زادت القدرة المنقولة بين المحطتين ، وتغيير هذه الزاوية يحتاج لتغيير زاوية العضو الدوار Rotor angle فى مولدات إحدى المحطتين عن طريق تغيير القدرة الميكانيكية الداخلة لهذا المولد.



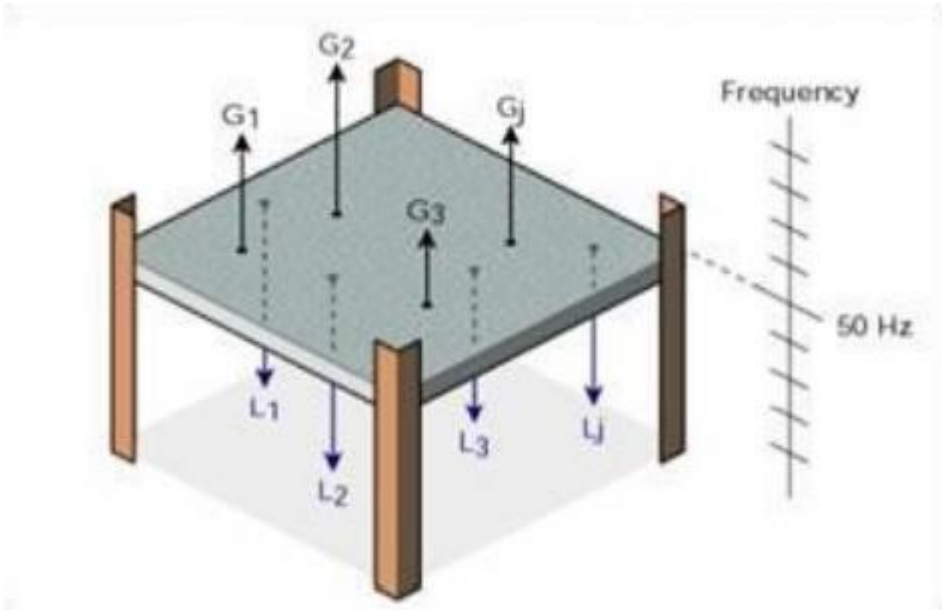
الشكل (2-3) يوضح منحنى زاوية القدرة

عند حدوث تغير كبير نتيجة خروج محطة توليد مثلاً أو حدوث أي عطل مؤثر بسبب حدوث اضطرابات كبيرة فإن فروق الزوايا Rotor Angle للمولدات قد تكون كبيرة لدرجة تؤدي إلى خروج المولدات عن التزامن ، وقد نحتاج إلى فصل الاحمال Load shedding لإعادة التزامن بين وحدات التوليد المركبة على الشبكة وهذه الظاهرة أو هذا النوع من الدراسات يسمى بالاستقرار العابر. وهو الأخطر والأهم لأنه قد يترتب عليه حدوث عدم تزامن بين وحدات التوليد . ومشاكل الاستقرار العابر Transient stabilityمعقدة لأنها تحدث من ثانية واحدة وتؤثر بشدة على المولد القريب من مكان الاضطراب . وهى أصعب أنواع الدراسات من وجهة النظر الرياضية لأننا نحتاج لتمثيل النظام بواسطة مجموعة من المعادلات التفاضلية الغير خطية (لأن التغير يحدث في زمن ضئيل جدا) على عكس دراسة حالة الاستقرار(Steady State Stability) التي تستخدم في تمثيل النظام مجموعة من المعادلات الخطية .وعموماً ، فان استقرار العضو الدوار Rotor angle Stability هو الأقدم من حيث الاهتمام به ومن حيث الدراسات التفصيلية الخاصة به ، فالنوعين الأخرين (استقرار التردد ، واستقرار الجهد) لم يظهر الاهتمام بهما إلا بعد مع ازدياد تعقد الشبكات .

ويمكن فهم موضوع الاستقرار العابر من خلال ما يعرف بمعيار المساحات المتساوية Equal Area Criteria والتي تمثل طريقة لفهم وتوقع تصرف النظام عند حدوث الحالات العابرة Transient Stability

2-3-2 دراسة استقرار التردد Frequency Stability :-

دراسة استقرار التردد تهتم بدراسة سداد العجز في القدرة الفعالة Active Power بالنظام مع تحقيق اقل فصل ممكن في الأحمال . و يعتبر التردد هو العامل الذي يوازن بين القدرة الخارجة Load output Power والقدرة الداخلة للمولد Generated input power .



الشكل (2-4) يوضح العلاقة بين القدرة المتولدة والأحمال المتصلة بالشبكة و التردد

فكما هو موضح فإن حدوث فصل لأحمال كبيرة بصورة مفاجئة (وهذا يكافئ ازدياد التوليد عن الحمل) فهذا يؤدي إلى حدوث زيادة في التردد . أما دخول أحمال زائدة على الشبكة بصورة مفاجئة أو لخروج بعض محطات التوليد فيؤدى إلى انخفاض التردد ، ومن ثم فالتردد هو ترمومتر الاتزان في الشبكة، وعادة لا يسمح للتردد أن يقل عن 49.2 HZ أو يزيد عن 50.3 HZ .

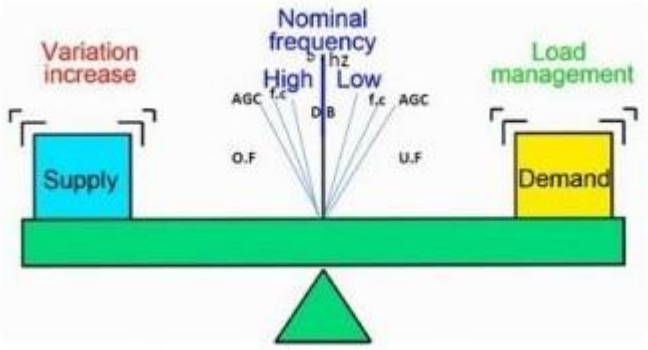
2-3-3-1 تأثير القصور الذاتي على حجم التغير في التردد :

يقاس القصور الذاتي Inertia بمقياس Hz/MW و كلما صغر ذلك المؤشر كان ذلك يعنى أنا القصور الذاتي كبير وأن المولد ضخم ، و كلما كان المولد كبيرا في الحجم كلما كان اتزانه أسهل .

فإن فقد نسبة من التوليد تؤدى إلى نسبة تغير في التردد أصغر كثيرا في المولدات التي لها قصور ذاتي كبير، و من ثم كان هذا العامل ماما فى توصيف المولدات.

2-3-3-2المجالات التى يتغير فيه التردد :

يتغير التردد في فرق Bands مختلفة على النحو الذي يظهر في الشكل (2-5):



شكل (2-5) يوضح مجالات تغير التردد

1- DB: Dead Band

هو مجال يسمح فيه بتغير التردد دون رد فعل من الشبكة أو الوحدة

2- F.C: Frequency Correction

هو مجال يحدث فيه تغير فى التردد ولكن هناك رد فعل تلقائي من خلال الحاكمة Governor

3- AGC: Automatic Generation Control

هو مجال يحدث فيه تغير التردد و لكن يكون رد الفعل عن طريق مركز التحكم القومي و أحيانا يكون من خلال المحطة نفسها.

4- UF: Under Frequency

هو مجال يحدث فيه انخفاض شديد في التردد مما يؤدى إلى فصلا الأحمال Load shedding عن طريق مراكز التحكم بنسب معينة .

5- OF: Over Frequency

هو مجال يحدث فيه ارتفاع شديد في التردد مما يؤدى إلى فصل التوليد Blackout عن طريق منظومات الوقاية بالوحدة.

معما لحظة أنا لحد المسموح به لتغير التردد وكذلك جدول فصل الأحمال يختلف من بلد إلي أخر كما موضح في الجدول (2-1) .

تنشأ اضطرابات التردد دائما بعد حدوث اضطراب فى تغذية القدرة الفعالة كخروج محطة توليد كبيرة مثال أو انقطاع خطوط الربط معها . إذا كان في مدى صغير فإذا زاد عن ذلك فيمكن التحكم فيه بواسطة الحاكمة Governor ، فإذا زاد مدى التغير فربما انقطاع خطوط الربط معها.

جدول (2-1) يوضح حدود ونسب الفصل في السودان

التردد Hz	نسبة فصل الحمل
49.2	%2
49.1	%3
49	%4
48.9	%7
48.8	%20
48.7	%20
48.6	%22

2-3-3-3 مراحل التحكم في التردد:

توجد عدة وسائل للتحكم في تغير التردد ، بعضها سريع جدا و الأخر يستغرق وقتا كما يلي :

التحكم الأساسي Primary control (1s to 15s) :

عندما يحدث تغير كبير في استهلاك الطاقة يقوم التحكم الأساسي control primary بتنظيم التردد بواسطة الحاكمة governor. عند حد معين وليس بالضرورة إلى قيمته الثابتة .

التحكم الثانوي Secondary control (15s to 3min) :

يستغرق وقت أكثر من التحكم الأساسي ، ولكنه يقوم بإعادة التردد إلى قيمتها الثابتة وهذا يحدث تلقائياً و لكنه متمركز بمعنى أن نطاقة محدود من حيث المساحة ، ولذلك فكل مولد يحتوى على متحكم أساسي و لكن ليس كل مولد يحتوى على متحكمة ثانوية .

التحكم العالي Tertiary control :

يستغرق وقت أكثر من التحكم الثانوي و وظيفتها استعادة التردد الأصلي للمولدات المتشاركة في التحكم الثانوي عن طريق توزيع الأحمال بينهم أو عن طريق تشغيل مولد إضافى وهذا ممكن أن يتم أوتوماتيكياً أو يدوياً .

التحكم بالوقت Time control :

هو آخر مستوى في التحكم و الذي يستغرق وقت أكثر من كل الأنواع السابقة وهو يقوم بقياس التردد كل يوم للتأكد أنه في نطاق التغير المسموح به .

2-3-4 دراسة استقرار الجهد Voltage Stability :-

حتى نهايات السبعينات كانت كل الكتب التى تدرس موضوع الأستقرار Stability تدرسها من وجهة نظر استقرار عمل المولدات فقط ، من خلال دراسة التوازن بين العزم الكهربي والميكانيكي في داخل المولد وهو النوع الاول من دراسات الاستقرار الذى سميناه بزاوية استقرار العضو الدوار، ثم بدأ الاهتمام يتزايد بنوع آخر من أنواع الاستقرار وهو استقرار الجهد Voltage Stability، وذلك مع تكرار حدوث عدة ظواهر جديدة على الشبكة آنذاك ، منها:

ظاهرة ارتعاش الجهد Voltage Fluctuation

ظاهرة إنهيار الجهد Voltage Collapse

استقرار الجهد يهتم بدراسة العجز في القدرة غير الفعالة بالنظام Reactive Power . و أهمية هذه الدراسات تكمن فى أن الإرتفاع أو الإنخفاض فى الجهد قد يؤدى إلى فصل بعض أنواع من الاحمال أو بعض الخطوط بواسطة أجهزة الحماية وهذا بالتبعية قد يؤدى إلى هزات فى النظام منها ، كما يمكن أن تتأثر المضخات والمحركات ومساعدات محطة التوليد الامر الذى قد يؤدى لخروج المولد نفسه من الخدمة ، وقد يترتب عليه حدوث الخروج المتتابع cascaded outage والذى يمكن أن يؤدى إلى حدوث الإعتام التام وكما ذكرنا سابقا فجميع أنواع الاستقرار قد تحدث متتابعة فخروج مولد نتيجة عدم استقرار زاوية العضو الدوار Rotor angle instability يمكن أن يؤدى إلى حدوث إنخفاض فى الجهد عند العديد من قضبان التوزيع BBs وهكذا.

1-4-3-2 انواع استقرار الجهد :-

يوجد نوعان من الدراسات المتعلقة باستقرار الجهد:

1. الاستقرار الديناميكي للجهد Dynamic Voltage Stability
2. الاستقرار الثابت للجهد Static Voltage Stability

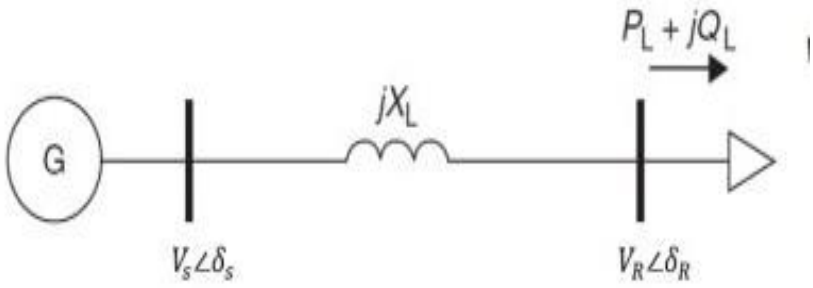
النوع الاول عبارة عن اهتزاز Fluctuation فى الجهد نتيجة دخول أجهزة من النوع سريع التأثير Fast acting devices مثل المحركات الحثية Induction Motors أو أجهزة نقل الجهد العالي المستمر HVDC والوقت المتاح لإستيعاب هذه الهزات فى حدود (10-20) ثانية وهذا يصنف بالظاهرة قصيرة المدى short term phenomenon .

أما النوع الثانى فيحدث لو كان التغير الحادث فى الجهد ناتج عن تغير بطئ فى الحمل أو نتيجة تحميل زائد مثال أو تغير فى Tap Changing Transformers ففى هذه الحالات سيكون لدينا وقت فى حدود عدة دقائق للتعامل مع الظاهرة وتصنف بالظاهرة طويلة المدى Long term phenomenon

2-4-3-2 أساسيات دراسة استقرار الجهد :-

ولدراسة هذا النوع من الاستقرار نحتاج دائما لدراسة بعض أنواع من المنحنيات أهمها P-V and Q-V.

اولا نبدأ بمنظومة صغيرة كما فى الشكل (2-6).



شكل (2-6) يوضح منظومة مولد تغذي قضيب لانهائي

فقيمة القدرة الفعالة المنقولة عبر هذا الخط التى ستصل للحمل ، وكذلك القدرة غير الفعالة الواصلة للحمل ستساويان على التوالى .

المعادلة (2-2)

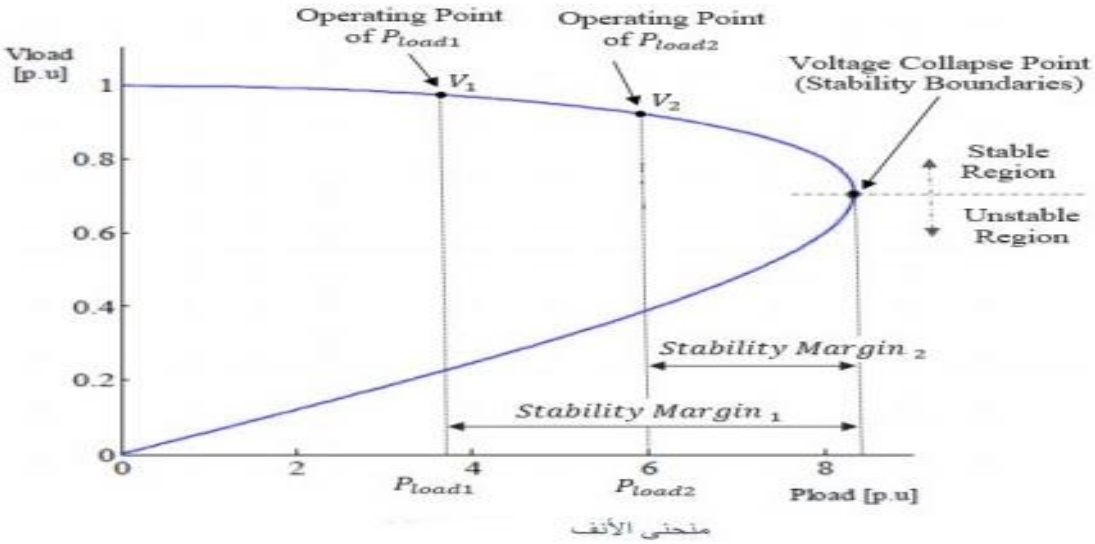
$$P_L = -\frac{V_S V_R}{X_L}\sin\delta$$

$$Q_L = -\frac{V_R^{\,2}}{X_L} + \frac{V_S V_R}{X_L}\cos\delta$$

بحل المعادلتين السابقتين بحثا عن قيمة V_R وهى قيمة الجهد عن الحمل نحصل على المعادلة :

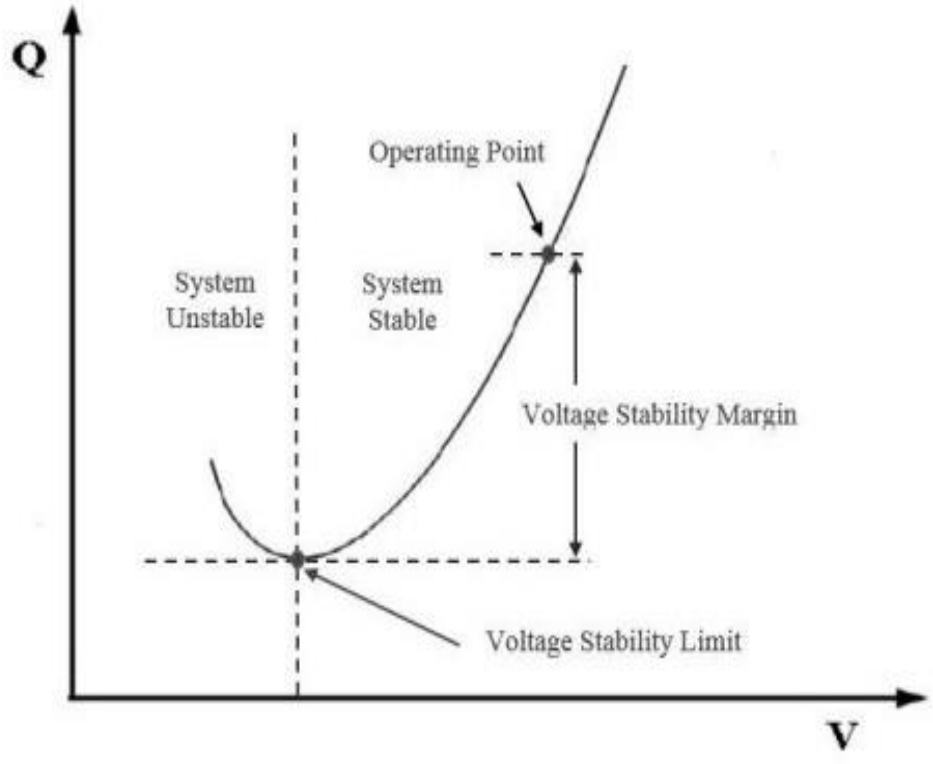
$$V_R = \sqrt{\frac{V_S^{\,2}}{2} - Q_L X_L \pm \sqrt{\frac{V_S^{\,4}}{4} - X_L^{\,2} P_L^{\,2} - X_L V_S^{\,2} Q_L}}$$

هذه المعادلة لها حلين وهذا واضح من رسم منحنى P-V فى الشكل (2-7) والذى يسمى فى معظم المراجع بمنحنى الانف Nose curve . بمعنى أنه لكل قيمة للقدرة الواصلة للحمل سواء كان (Load1،Load2) سيكون لدينا قيمتان للجهد المتوقع عند جهة الحمل إحداهما فى الجزء العلوى من المنحنى و الاخرى فى الجزء السفلي .



شكل (2-7) يوضح منحنى P-V

من المعادلة السابقة يمكن رسم المنحنى الممثل للعلاقة بين VR و Q كما فى الشكل (2-8)



شكل (2-8) يوضح المنحنى العلاقة بين VR و Q

والذى يتضح منه أن حدوث أى إنخفاض فى قيم القدرة غير الفعالة Q المتاحة من المصدر سيصاحبه إنخفاض فى قيمة الجهد الواصل للاحمال يمكن ايضآ أن تتسبب فى حدوث إنهيار الجهد .

والمعادلة السابقة لها صورة مبسطة كالتالي :

$$V_r = \frac{V_s + \sqrt{V_S^2 - 4X_1 Q_r}}{2}$$

حيث $Q_r = Q_S - Q_L$

ومنها يمكن استنباط عدة مفاهيم:

1- إذا كانت $Q_L = Q_S$ عندها تكون $Q_r = 0$ وتصبح $Vs = Vr$

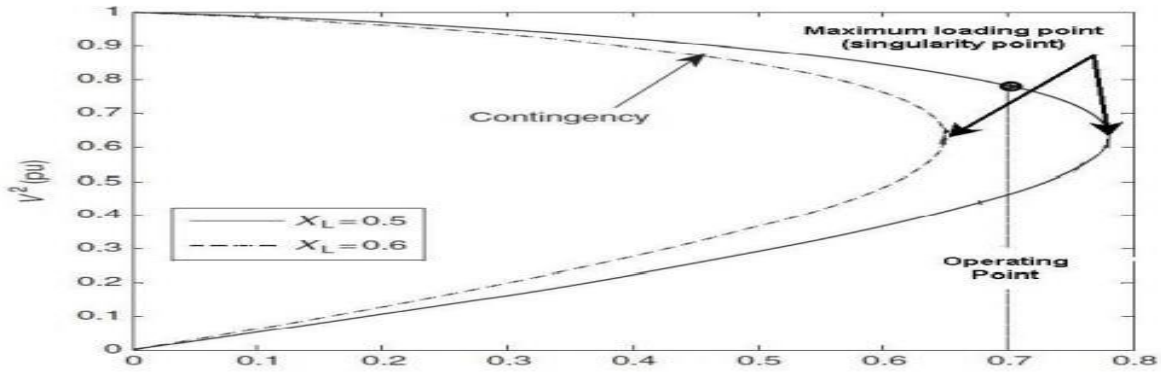
2- إذا كانت $Q_L > Q_S$ عندها تكون $Q_r = +$ وتصبح $Vs > Vr$

3- إذا كانت $Q_L < Q_S$ عندها تكون $Q_r = -$ وتصبح $Vs < Vr$

3-4-3-2 ظاهرة انهيار الجهد Voltage Collapse :-

وتعنى أن جهد قضبان التوزيع BBS معين يصل للصفر فجأة بدون حدوث أى عطل مرئى أو مادى . و هناك عدة أسباب تؤدى لحدوث هذه الظاهرة أهمها زيادة الاحمال . ومن الاسباب الاخرى :

1- تغير قيمة مفاعلة الخط Xline المكافئة الواصلة بين المصدرSource وبين الاحمال Load وذلك قد يحدث نتيجة فتح مفاجئ لاحد الخطوط بينهما فتزيد القيمة المكافئة للمفاعلة X ومن ثم فإن مساحة منحنى P-V ستقل (الخط المنقط فى الشكل (2-9))



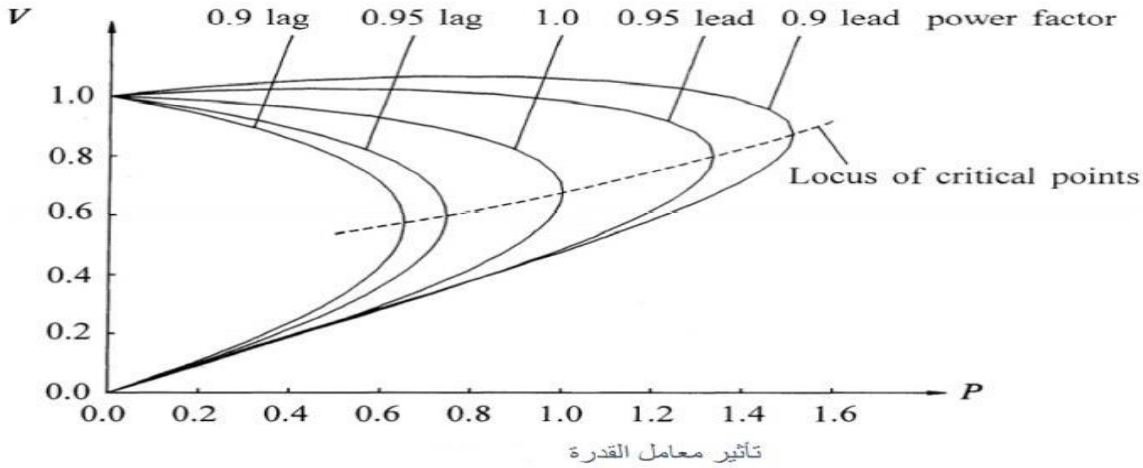
شكل (2-9) يوضح تغير مساحة منحنى P-V

واضح فى الشكل (2-9) أن حد الاستقرار Stability Limit قد صار أصغر و احتمالية اقتراب نقطة التشغيل من حد الاستقرار تزداد ايضا لاحظ أن القدرة تتناسب مع مربع الجهد .

2- ومن الظواهر التى قد تؤدى النهيار الجهد تزامن حدوث بدء Starting لعدد كبير من المحركات الحثية فى نفس الوقت ، وهذا يعنى سحب تيار بدء عالى جدا ويتسبب ذلك فى انخفاض جهد الشبكة بسبب هبوط الجهد Voltage drop ؛ بمعنى أن انخفاض الجهد عليها يصاحب بارتفاع التيار (P= V . I) وهذا يعنى تفاقم المشكلة بسبب تزايد قيمة التيار المسحوب وربما وصلنا لحد الإنهيار .

3- من الظواهر التى تساعد فى تسارع انهيار الجهد إنخفاض قيمة معامل القدرة للأحمال المركبة .

والمنحنيات الموجودة فى الشكل (2-8) تبين مدى تأثر هامش الإستقرار Margin Stability بتغير قيمة معامل القدرة لإرتباط ذلك بقيمة القدرة غير الفعالة المسحوبة للاحمال يسمى منحنى الأنف Nose Curve و يمكن إعادة رسمه مع قيم مختلفة لمعامل القدرة كما فى الشكل (2-10) حيث نلاحظ أن الوضع يزداد سوءا كلما انخفض معامل القدرة فيصبح مدى الاستقرار Stability Limit أصغر بينما يتحسن مع معامل القدرة المتقدم Leading PF .



الشكل (2-10) منحنى P-V مع قيم مختلفة لمعامل

4- أحد الاسباب الرئيسية لهذه الظاهرة هو ارتفاع الاحمال حتى تجاوزت قيمة أقصى قدرة يمكن نقلها على الخط ، وهو ما يؤدى إلى انتقالنا للعمل على الجزء السفلى من منحنى نقل القدرة.

5- ومن الاسباب الرئيسية أيضا أن أى انخفاض فى الجهد سيؤدى إلى زيادة سحب القدرة غير الفعالة وهو ما يؤدى إلى مزيد من الانخفاض فى الجهد وربما نصل لحافة منحنى الأنف Nose Curve سريعا وندخل إلى الجزء السفلى من المنحنى ومن ثم نتجه مباشرة إلى انهيار الجهد .

2-3-4-4 طرق تحسين استقرار الجهد فى الشبكات :-

اولا فى شبكات الجهد العالي :

1. تغيير التغذية الخاصة بالمثير Exciter لوحدات التوليد الموجودة بالخدمة مما يؤدي إلى زيادة أو نقصان القدرة الغير فعالة المولدة .
2. فصل وتوصيل المفاعلات Reactors على الشبكة جهد 500 ك.ف .
3. تشغل المكثفات المتزامنة .
4. ضبط مغيرات الجهد في محطات محولات 220/66 – 220 /500 ك.ف
5. يستعمل مغير الجهد Tap Changer لرفع وخفض الجهد في محولات جهد 66/11ك.ف
6. استخدام معوضات التوالي Series Capacitive Compensation .
7. استخدام أدوات تساعد فى عمل دعم ديناميكي للجهد Dynamic Voltage support عن طريق استخدام دعم ديناميكي للقدرة غير الفعالة .

ثانيا فى الجهد المتوسط والمنخفض :

1- استخدام المكثفات الثابتة :

تستخدم وحدة أو أكثر من المكثفات ، ويتم توصيلها بطرق مباشرة ومستديمة على قضبان التوزيع الرئيسية لتعطى مستوى ثابت من تعويض القدرة الغير فعالة.

2- استخدام بطاريات المكثفات الاوتوماتيكية :

وتستخدم في معظم الاماكن حيث يكون معدل التغير في كل من القدرة الفعالة والغير فعالة كبيرا نسبيا نتيجة لتغير الاحمال و يكون استخدام المكثفات الثابتة أوفر اقتصاديا وأبسط فنيا من بطاريات المكثفات الاوتوماتيكية .

غير أن تحديد استخدام أي من الطريقتين السابقتين وتفادى احتمال حدوث مشاكل عند توصيل مكثفات على الشبكة مع عدم وجود أحمال يتوقف على كل من قدرة محول التوزيع وقدرة المكثفات طبقا للقاعدة (2-3) :

$15\% < Q_C / S_n$: تستخدم بطاريات المكثفات الأوتوماتيكية ، حيث:

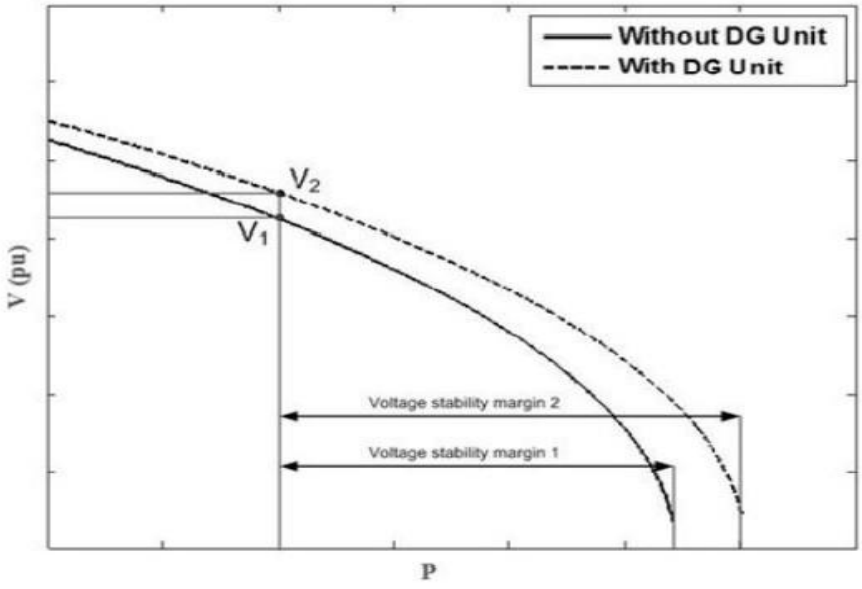
Q_C : قدرة المكثفات (kVAR)

S_n: قدرة محول التوزيع (kVA)

3- استخدام وحدات التوليد الموزعة DG

وحـديثا اضـيفت طريقـة ثالثـة لتحسـين اتـزان الجهـد بالشـبكة وذلـك بإضـافة مـا يسـمى بالتوليـد المـوزع Distributed Generation, وهى مولدات غالبا تعمل على إحدى أنواع مصادر الطاقة الجديدة مثل الطاقة الشمسية أو الرياح . لكنها تدخل فى مرحلة التوزيع وليس فى مرحلة التوليد كما فى نظم القوى الكهربية التقليدية والتى تتكون عادة من ثلاثة مراحل و هى التوليد ثم النقل ثم التوزيع. أما فى هذا النظام الجديد DG فإن المولدات تدخل فى المرحلة الاخيرة (مرحلة التوزيع) لتكون بالقرب من الاحمال فتقل القدرة المفقودة فى الخطوط.

و أيضا لتساهم بكفاءة فى تحسين إتزان الجهد بالشبكة كما في المنحنى شكل (2-11) الذى يمثل نفس منحنى الانف Nose Curve السابق لكن فى وجود وعدم وجود DG ومنه يتبين أن هامش الاستقرار Stability Margin زاد وبالتالي تحسن استقرار النظام .



الشكل (2-10) يوضح منحنى P-V فى وجود وعدم وجود DG

4- فصل الاحمال

إذا لم يتيسر شئ من الطرق السابقة فلن يكون هناك حل للمحافظة على استقرار الجهد مع تزايد الاحمال واقتراب نقطة التشغيل من حافة منحنى الانف Nose Curve سوى بفصل بعض الاحمال أو ما يعرف بفصل الاحمال Load Shedding .

5- إعادة توزيع االحمال

هو حل على المدى البطئ وفكرته هو إعادة توزيع الاحمال داخل الشبكة لتقليل الضغط على الموزعات أو المحولات المحملة بشدة ، وهو ما يسمى بإعادة بناء الشبكة Network Reconstruction أو إعادة تشكيل الشبكة Network Reconfiguration .

6- حلول أخرى

وهي عمل خليط بين حلين أو ثلاثة من الحلول السابقة معا كأن نستخدم DG مع مكثفات مثلا.

الفصل الثالث

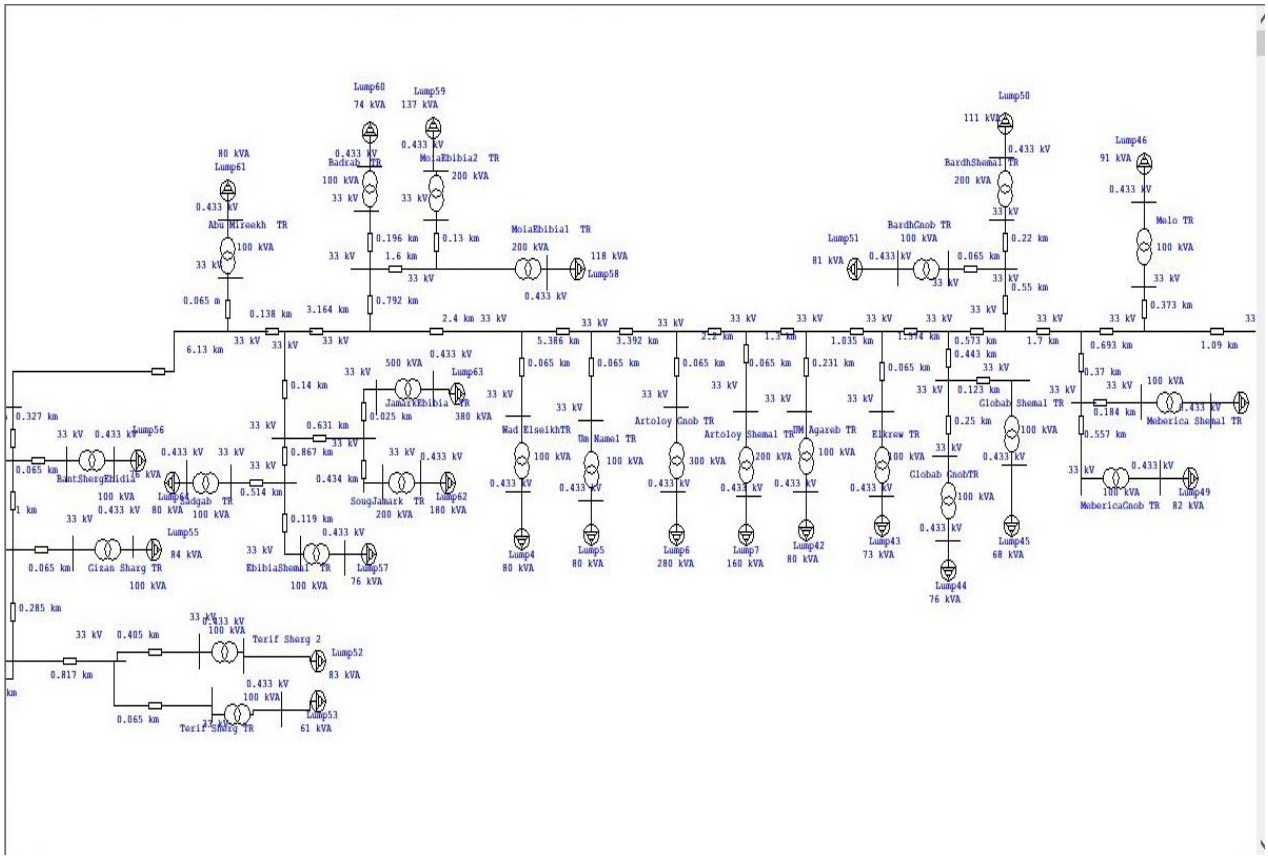
التصميم و المناقشة

الفصل الثالث

التصميم و المناقشة

1-3 التصميم :

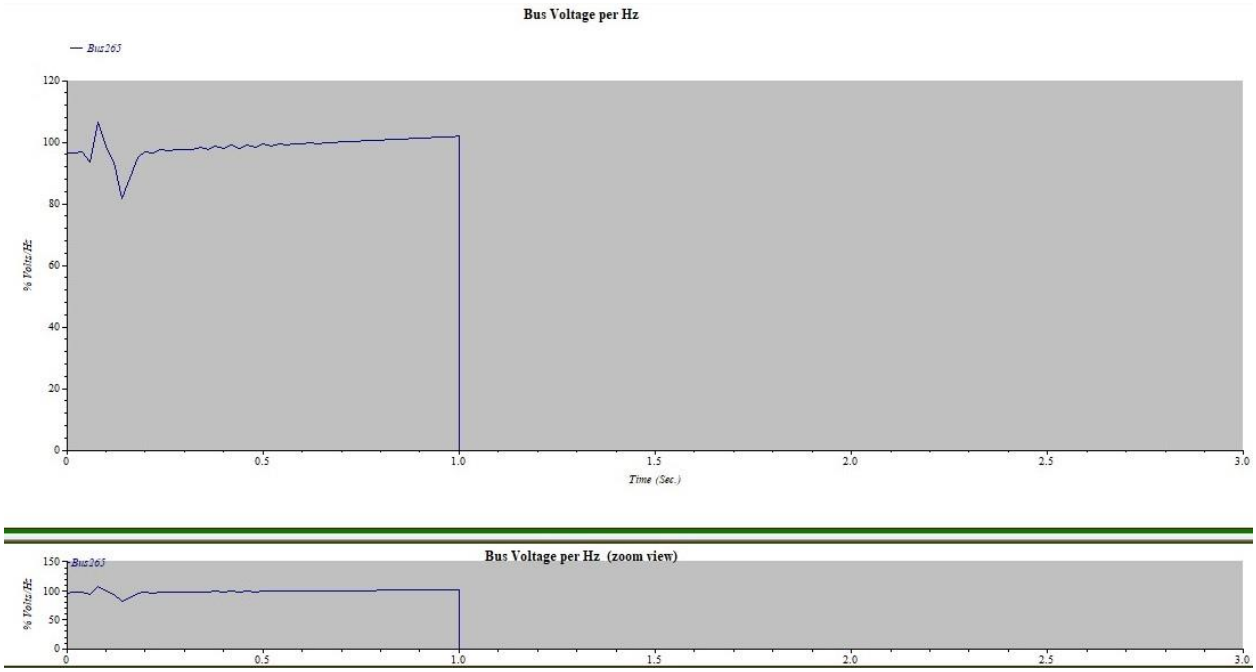
في هذا الباب تم تصميم وتنفيذ نمذجة و محكاة لخط العبيدية من محطة الشقلة التحويلية و تم الاعتماد علي بيانات حقيقة كما بالشكل (3-1). تم استخدام بيانات نظام المعلومات الجغرافية (GIS) لرسم الخط ،وإستخدام برنامج الايتاب للتصميم والتنفيذ . تم عمل سريان الحمولة للخط في حالة التشغيل الطبيعي و دراسة حالات عدم الاستقرار .



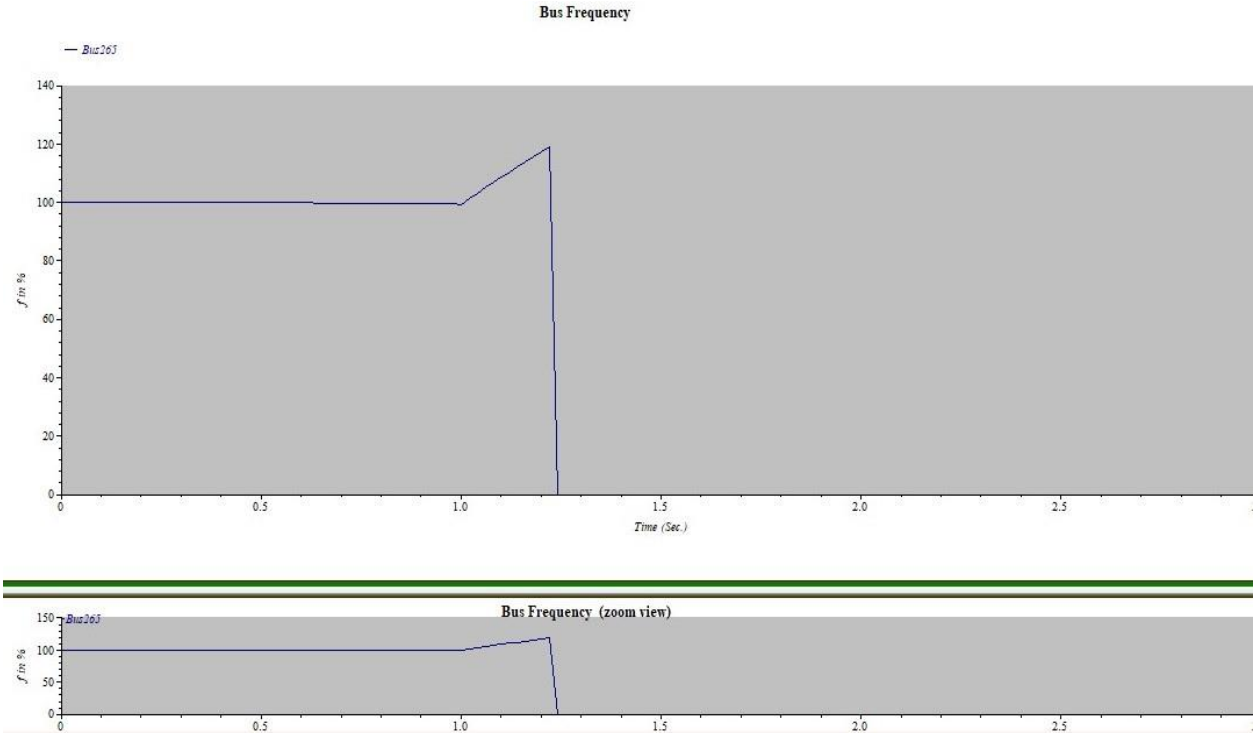
الشكل (3-1) يوضح تصميم خط العبيدية- الشقلة على برنامج الايتاب

2-3 الحالات تحت الدراسة :

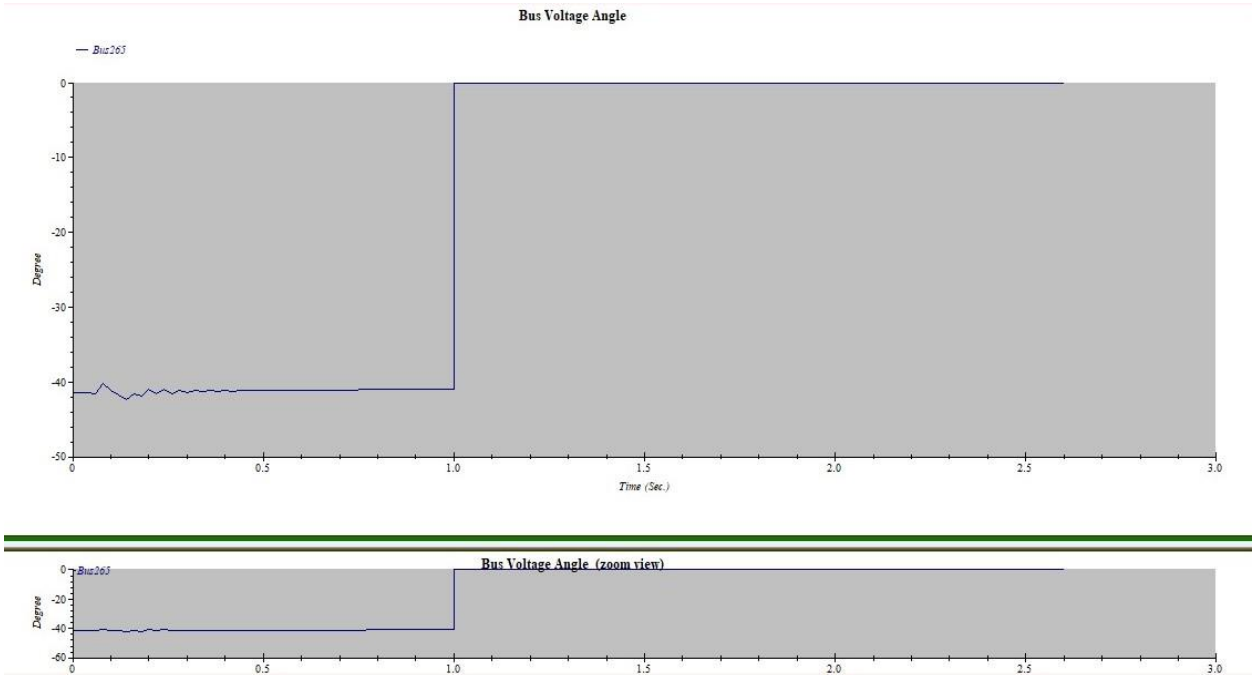
الحالة الاولى في حالة حدوث قصر ثلاثي الطور علي قضيب التوزيع 265 (265 ,BBS) عند القيم الحقيقية للخط وذلك عند الزمن واحد ثانية و استخراج النتائج .



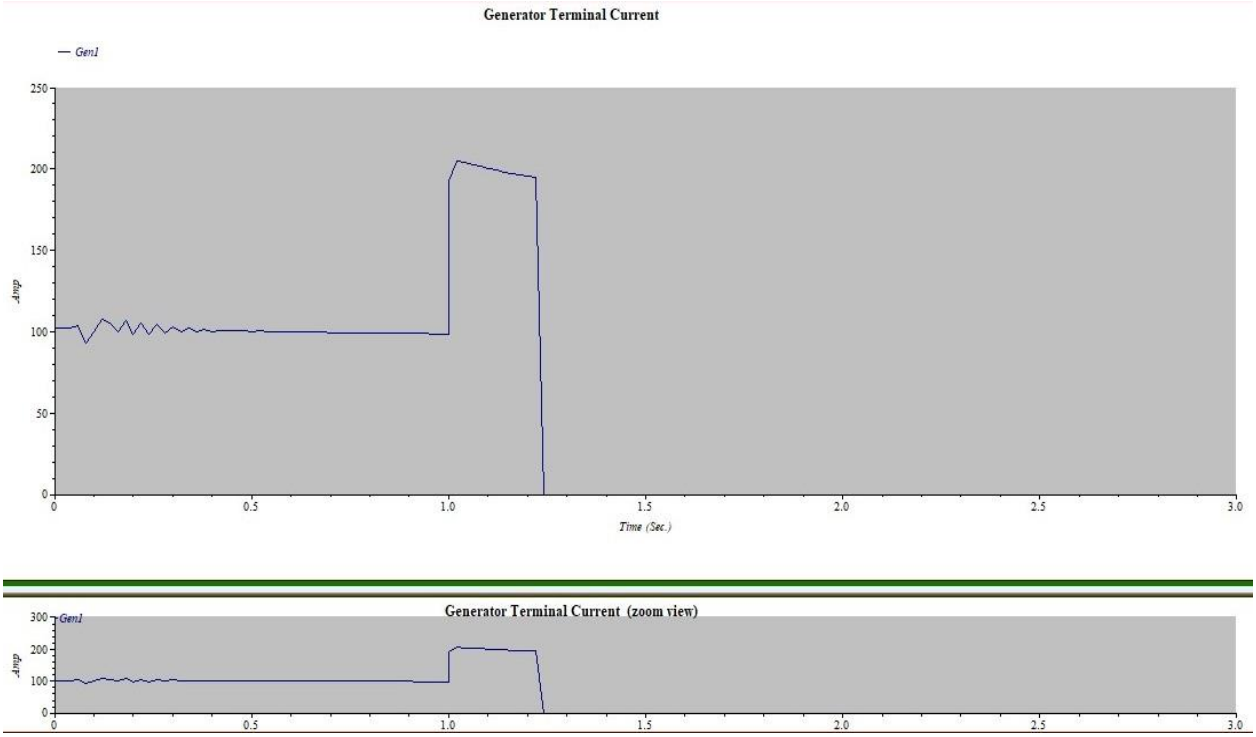
الشكل (3-2) يوضح تغير جهد قضيب التوزيع 265



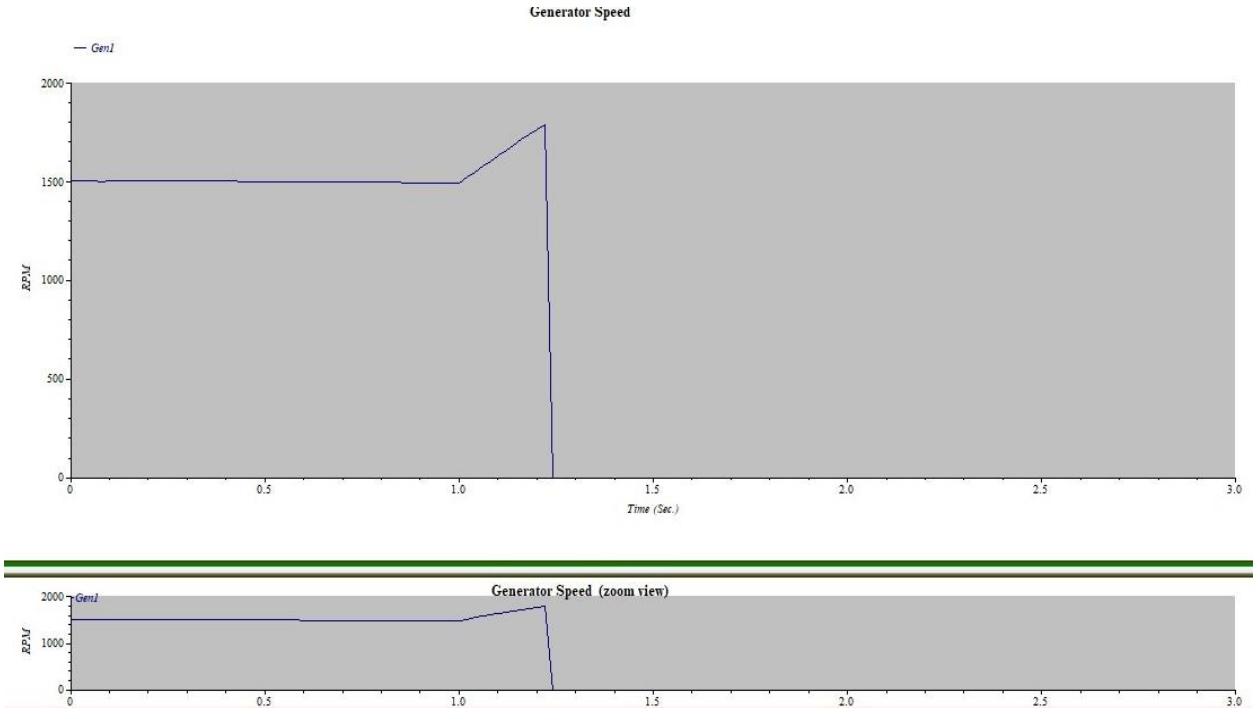
الشكل (3-3) يوضح تغير تردد قضيب التوزيع 265



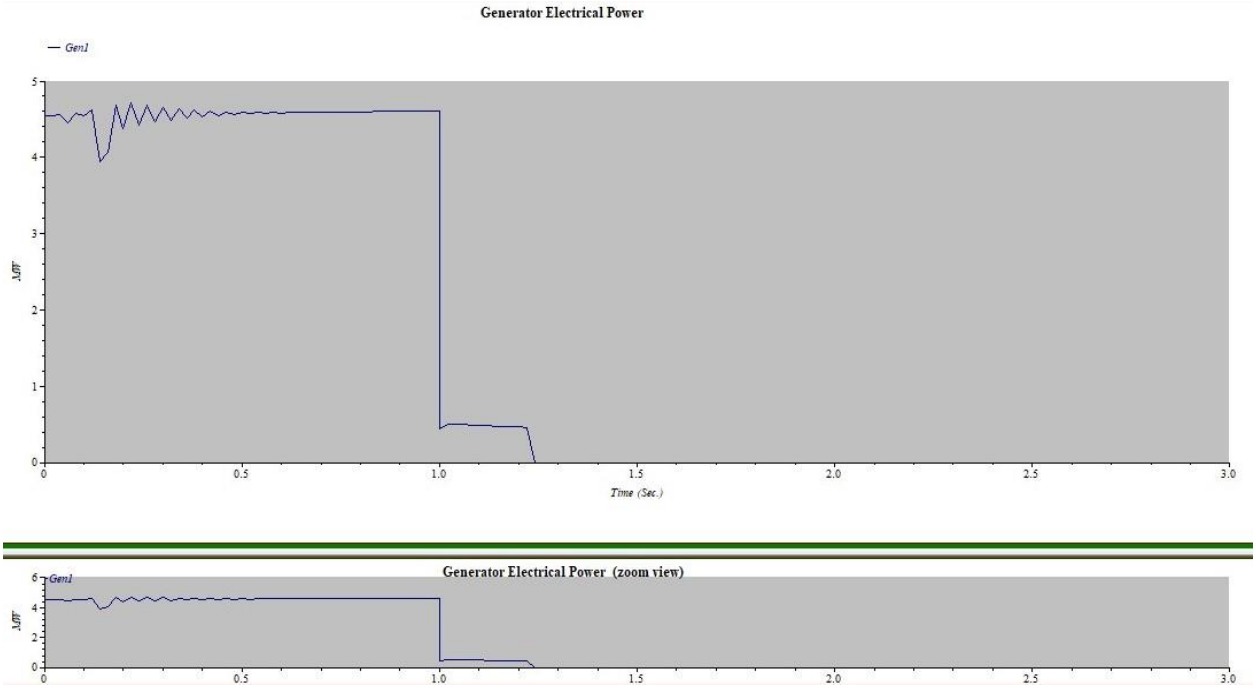
شكل (3-4) يوضح التغير في زاوية الجهد لقضيب التوزيع 265



الشكل (3-5) يوضح تغير تيار الاطراف للمولد



الشكل (3-6) التغير في سرعة المولد المولد



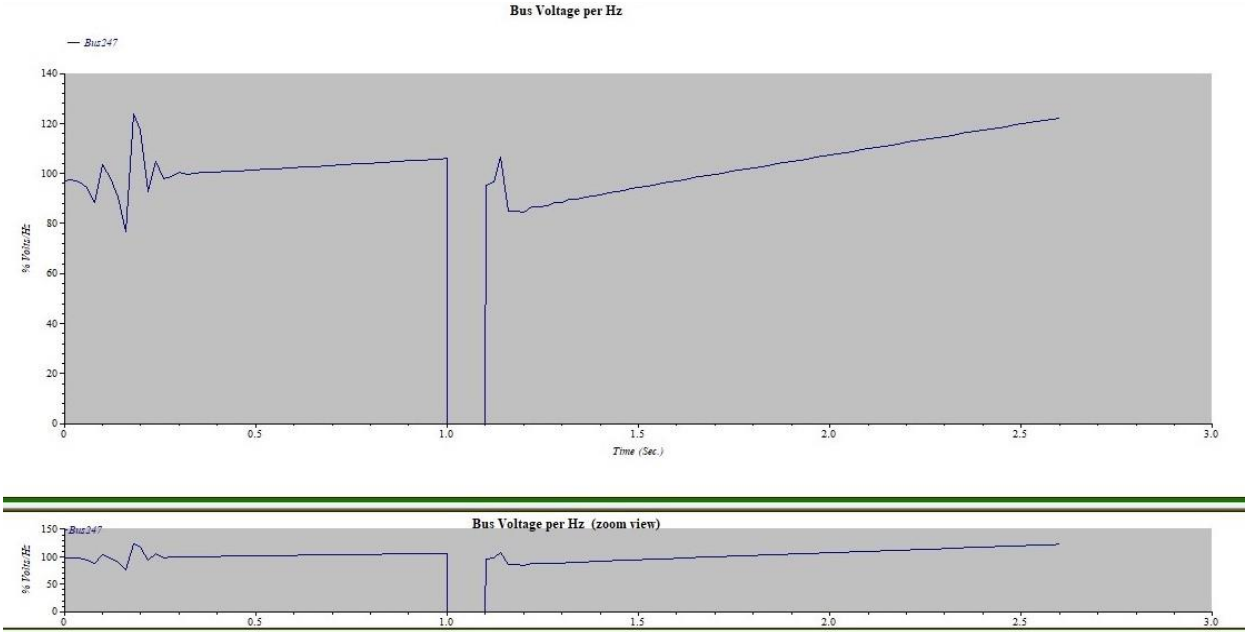
الشكل (3-7) يوضح تغير القدرة للمولد

تقرير سريان الحمولة للحالة الاولى :-

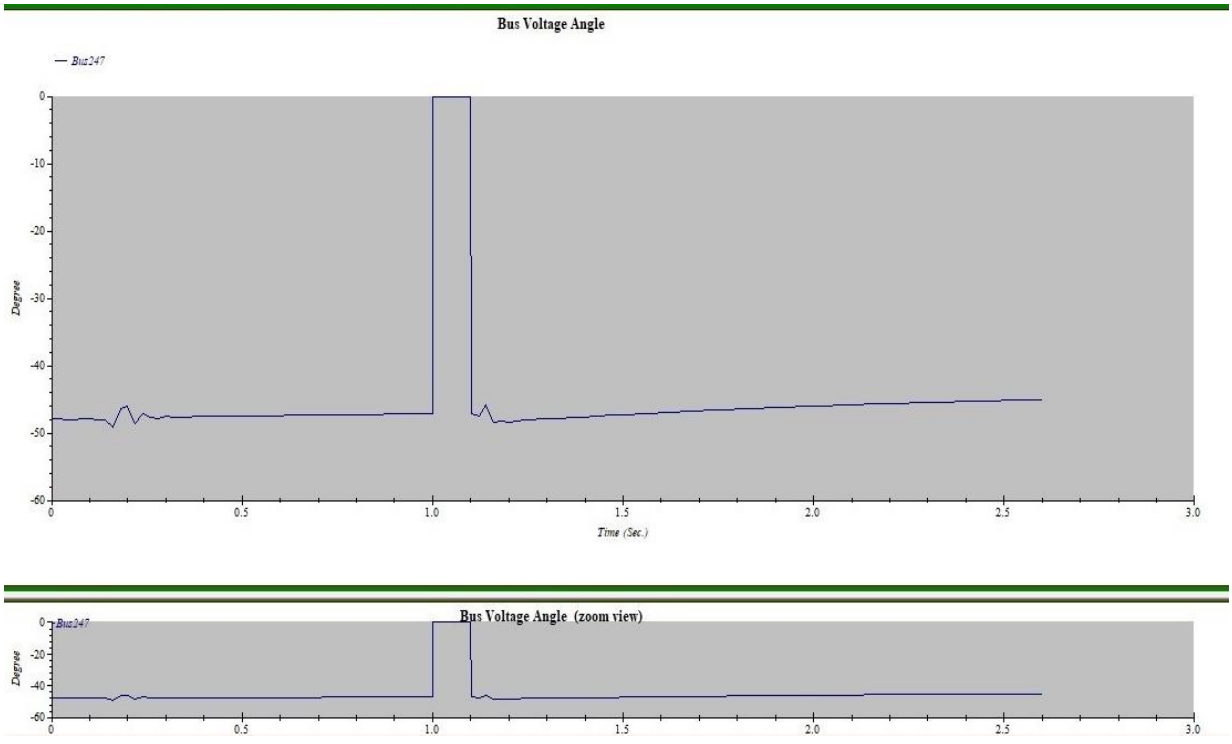
LOAD FLOW REPORT @ T = 0.000-

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow					XFMR
ID	kV	% Mag.	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	% Tap
25BAS	33.000	94.451	-41.6	0	0	0	0	Bus333	-0.065	-0.050	1.5	79.5	
								Bus354	0.065	0.050	1.5	79.5	
*Bus92	33.000	100.000	-40.9	0	0	0	0	Bus211	4.543	3.667	102.1	77.8	
								Gen1	-4.543	-3.667	102.1	77.8	
Bus163	0.433	92.848	-41.8	0	0	0.053	0.051	Bus164	-0.053	-0.051	106.1	71.9	
Bus164	33.000	95.961	-41.4	0	0	0	0	Bus290	-0.055	-0.053	1.4	71.4	
								Bus163	0.055	0.053	1.4	71.4	
Bus166	33.000	95.950	-41.4	0	0	0	0	Bus291	-0.059	-0.061	1.5	69.3	
								Bus219	0.059	0.061	1.5	69.3	
Bus174	33.000	95.942	-41.4	0	0	0	0	Bus293	-0.047	-0.039	1.1	77.5	
								Bus286	0.047	0.039	1.1	77.5	
Bus176	33.000	95.941	-41.4	0	0	0	0	Bus293	-0.058	-0.060	1.5	69.1	
								Bus177	0.058	0.060	1.5	69.1	
Bus177	0.433	92.510	-41.8	0	0	0.056	0.058	Bus176	-0.056	-0.058	116.2	69.5	
Bus178	0.433	91.433	-41.9	0	0	0.049	0.050	Bus179	-0.049	-0.050	102.3	70.3	
Bus179	33.000	94.449	-41.6	0	0	0	0	Bus332	-0.051	-0.052	1.3	69.8	
								Bus178	0.051	0.052	1.3	69.8	
Bus180	0.433	92.264	-42.0	0	0	0.086	0.065	Bus181	-0.086	-0.065	155.6	80.0	
Bus181	33.000	94.469	-41.6	0	0	0	0	Bus338	-0.088	-0.067	2.0	79.5	
								Bus180	0.088	0.067	2.0	79.5	
Bus183	0.433	91.040	-41.7	0	0	0.048	0.062	Bus355	-0.048	-0.062	114.6	60.8	
Bus195	0.433	91.509	-42.1	0	0	0.056	0.044	Bus353	-0.056	-0.044	104.0	78.4	
Bus211	33.000	97.730	-41.3	0	0	0	0	Bus263	1.296	0.976	29.0	79.9	
								Bus244	3.166	2.640	73.8	76.8	
								Bus92	-4.462	-3.616	102.8	77.7	
Bus215	33.000	94.450	-41.6	0	0	0	0	Bus332	-0.077	-0.069	1.9	74.3	
								Bus216	0.077	0.069	1.9	74.3	
Bus216	0.433	90.198	-42.3	0	0	0.074	0.065	Bus215	-0.074	-0.065	146.5	75.1	
Bus219	0.433	92.480	-41.8	0	0	0.057	0.058	Bus166	-0.057	-0.058	117.6	69.8	
Bus244	33.000	97.612	-41.3	0	0	0	0	Bus262	0.247	0.240	6.2	71.7	
								Bus211	-3.163	-2.640	73.8	76.8	
								Bus245	2.916	2.400	67.7	77.2	
Bus245	33.000	97.297	-41.3	0	0	0	0	Bus261	0.053	0.059	1.4	66.9	
								Bus244	-2.908	-2.401	67.8	77.1	
								Bus246	2.854	2.341	66.4	77.3	
Bus246	33.000	97.085	-41.3	0	0	0	0	Bus260	0.064	0.061	1.6	71.9	
								Bus245	-2.849	-2.342	66.5	77.2	

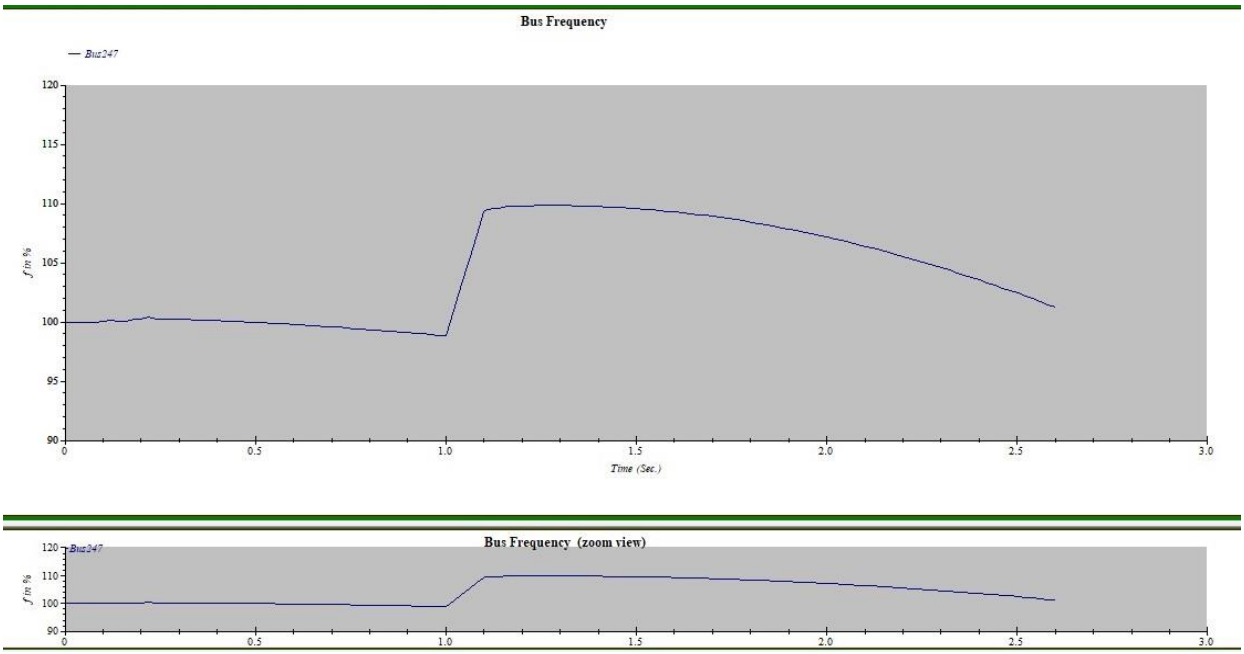
الحالة الثانية في حالة ازالة العطل من قضيب التوزيع 265 عند الزمن 1.1 ثانية ، و استخراج النتائج .



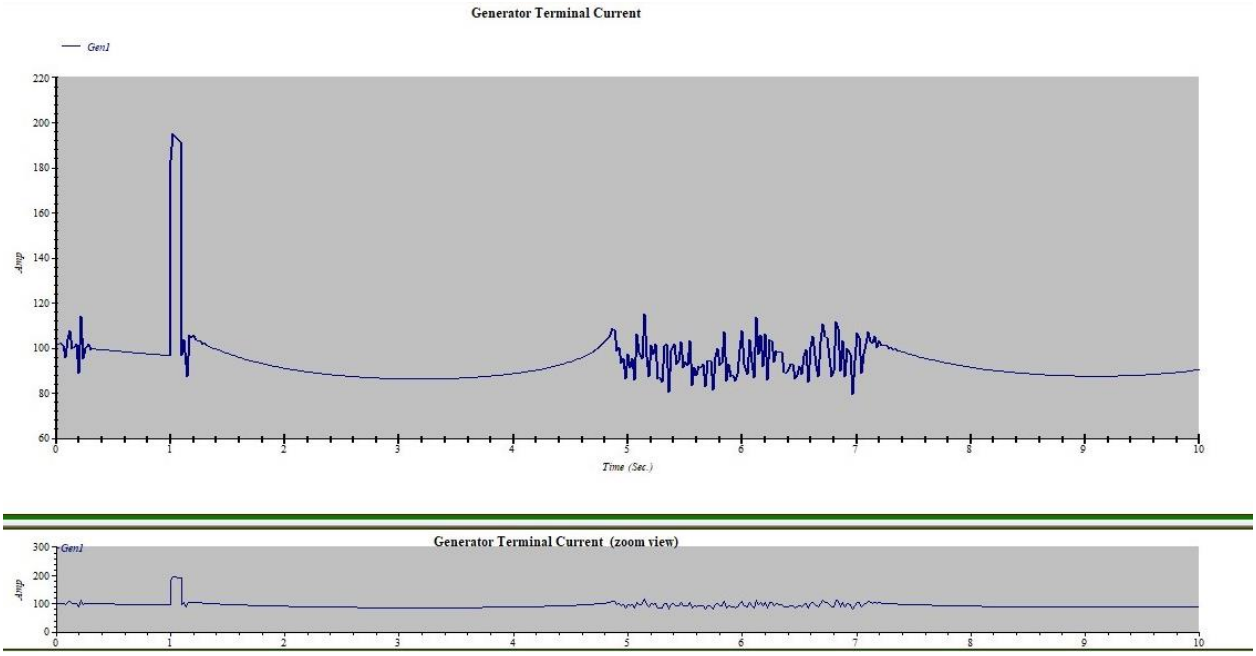
الشكل (3-8) يوضح تغير جهد قضيب التوزيع 265



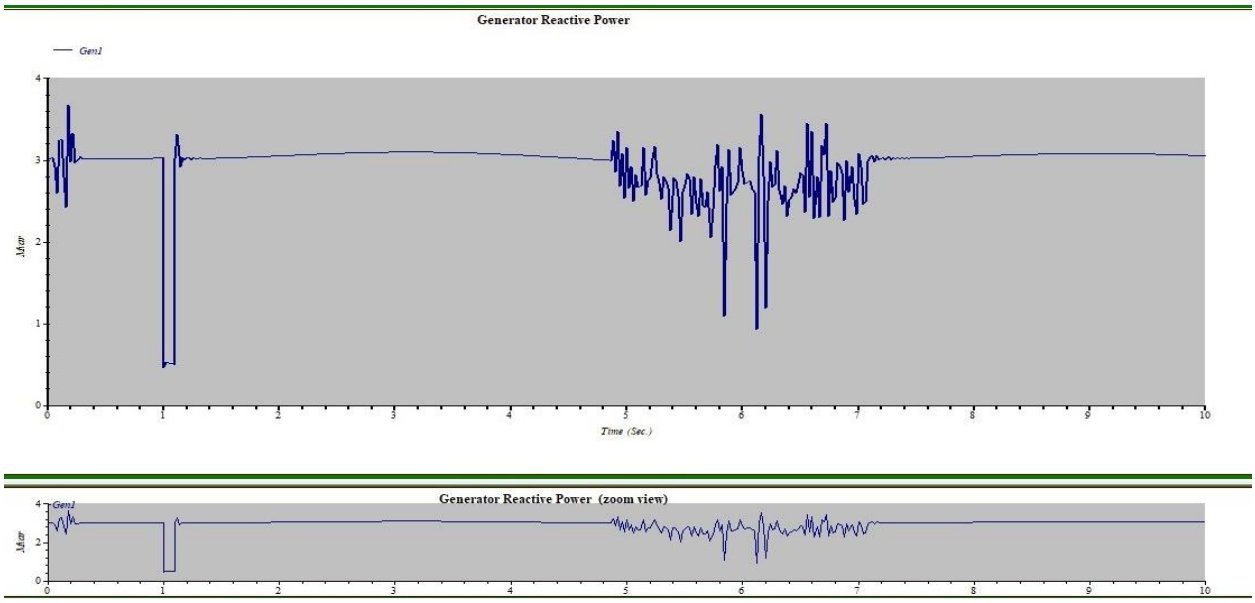
شكل (3-9) يوضح التغير في زاوية الجهد لقضيب التوزيع 265 .



الشكل (3-10) التغير في سرعة المولد المولد



الشكل (3-11) يوضح تغير تيار الاطراف



الشكل (3-12) يوضح تغير القدرة الغير الفعالة للمولد

مناقشة النتائج :

في الحالة الاولى يلاحظ انه عند حدوث عطل عابر ثلاثي الطور علي القضيب 265 يؤدي الي خروج الخط عن الخدمة نسبة للهبوط في الجهد بسبب العطل، وفي الحالة التانية بعد ازالة العطل عن قضيب التوزيع يلاحظ انه تتغير قيم و منحنيات التردد والجهد و تغير سرعة المولد ، ثم استعاد النظام القيم الطبيعية للتشغيل . ويلاحظ ان تيار العطل يكون كبير مما يؤدي الي زيادة سرعة المولد مما يؤدي الي تغير قيمة التردد الاسمية مع بقاء النظام في حالة استقرار .

3-3 تقرير سريان الحمولة :-

LOAD FLOW REPORT

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow					XFMR
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap
25BAS	33.000	94.826	-1.0	0	0	0	0	Bus333	-0.069	-0.044	1.5	84.2	
								Bus354	0.069	0.044	1.5	84.2	
*Bus92	33.000	100.000	0.0	4.984	3.017	0	0	Bus211	4.984	3.017	101.9	85.5	
Bus163	0.433	93.341	-1.5	0	0	0.063	0.039	Bus164	-0.063	-0.039	105.8	85.0	
Bus164	33.000	96.237	-0.7	0	0	0	0	Bus290	-0.064	-0.041	1.4	84.3	
								Bus163	0.064	0.041	1.4	84.3	
Bus166	33.000	96.226	-0.7	0	0	0	0	Bus291	-0.071	-0.046	1.5	84.2	
								Bus219	0.071	0.046	1.5	84.2	
Bus174	33.000	96.218	-0.7	0	0	0	0	Bus293	-0.052	-0.033	1.1	84.4	
								Bus286	0.052	0.033	1.1	84.4	
Bus176	33.000	96.216	-0.7	0	0	0	0	Bus293	-0.070	-0.045	1.5	84.2	
								Bus177	0.070	0.045	1.5	84.2	
Bus177	0.433	93.046	-1.6	0	0	0.069	0.043	Bus176	-0.069	-0.043	115.7	85.0	
Bus178	0.433	92.528	-1.6	0	0	0.050	0.031	Bus179	-0.050	-0.031	84.0	85.0	
Bus179	33.000	94.825	-1.0	0	0	0	0	Bus332	-0.050	-0.032	1.1	84.4	
								Bus178	0.050	0.032	1.1	84.4	
Bus180	0.433	92.719	-1.6	0	0	0.092	0.057	Bus181	-0.092	-0.057	155.1	85.0	
Bus181	33.000	94.842	-1.0	0	0	0	0	Bus338	-0.093	-0.059	2.0	84.5	
								Bus180	0.093	0.059	2.0	84.5	
Bus183	0.433	91.720	-1.9	0	0	0.067	0.041	Bus355	-0.067	-0.041	114.0	85.0	
Bus195	0.433	92.244	-1.7	0	0	0.056	0.035	Bus353	-0.056	-0.035	95.4	85.0	
Bus211	33.000	97.839	-0.5	0	0	0	0	Bus263	1.345	0.906	29.0	82.9	
								Bus244	3.558	2.061	73.5	86.5	
								Bus92	-4.903	-2.966	102.5	85.6	
Bus215	33.000	94.826	-1.0	0	0	0	0	Bus332	-0.077	-0.049	1.7	84.1	
								Bus216	0.077	0.049	1.7	84.1	
Bus216	0.433	91.306	-2.0	0	0	0.075	0.046	Bus215	-0.075	-0.046	128.5	85.0	
Bus219	0.433	93.017	-1.6	0	0	0.069	0.043	Bus166	-0.069	-0.043	117.2	85.0	
Bus244	33.000	97.739	-0.5	0	0	0	0	Bus262	0.291	0.184	6.2	84.5	
								Bus211	-3.554	-2.060	73.5	86.5	
								Bus245	3.263	1.876	67.4	86.7	
Bus245	33.000	97.510	-0.5	0	0	0	0	Bus261	0.067	0.042	1.4	84.5	
								Bus244	-3.255	-1.874	67.4	86.7	
								Bus246	3.188	1.831	66.0	86.7	
Bus246	33.000	97.307	-0.5	0	0	0	0	Bus260	0.075	0.047	1.6	84.6	
								Bus245	-3.182	-1.832	66.0	86.7	

الفصل الرابع

الخلاصة والتوصيات

الفصل الرابع

الخلاصة والتوصيات

4-1 الخلاصة :-

من خلال الدراسة لإستقرار خط العبيدية تم التوصل الي النتائج :

1. معرفة سلوك النظام عند تعرضه للإضطرابات و تاثيرها علي استقراره .
2. يلاحظ انه يوجد هبوط عام في الجهد في خط العبيدية نسبة لطوله و لكثرة الاحمال وكبر المشاريع التي يغذيها الخط .
3. إنخفاض معامل القدرة للأحمال .

4-2 التوصيات :

من الدراسة تم التوصل الي حوجة الخط الي :

- تركيب مكثفات ثابتة ومتغيرة للخط بغرض الوصول لتحسين حد الاستقرار (Stability Limit) وليس مجرد تحسين معامل القدرة وهذا يستلزم استخدام تقنيات التحديد (Optimization Techniques) لتحديد أفضل الاماكن وأدق القيم لهذه المكثفات .

- التوسع فى إستخدام معوضات القدرة غير الفعالة (VAR Compensators) فهي تساهم بشكل فعال جداً فى تحسين ثبات الجهد عند حدوث اهتزازات قوية (Dynamic Stability) .

المراجع

المراجع العربية :-

{1} أ.د. محمود جيلانى - هندسة القوى الكهربية –الطبعة الاولى -2016 .

{2} م. مصطفى احمد عنتر - تحسين استقرار نظام القدرة الكهربائي -2017

{3} ملف من الشركة السودانية لتوزيع الكهرباء –مركز تدريب الكوادر البشرية (أم حراز)

المراجع الاجنبية :-

{1} IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants,1993

{2}Electrical Technology, B. L. Theraja,2005

{3} Elements of Power System Analysis, William Stevenson, McGraw-Hill Publishing, 4th edition

{4} Electric Power Substation Engineering, 2nd Edition, Edited by John D. McDonald, CRC press, 2007